مکان‌یابی بندهای اصلاحی به منظور کنترل فرسایش با کمک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

ایرج رحیمی: *دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس.*
سید مرتضی سیدیان*: *استادیار، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس.*
حامد روحانی: *استادیار، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس.*
رضا احمدی: *کارشناس ارشد، سازه‌های آبی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان.*

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۱ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۲/۱)

چکیده

خاک یکی از مهم‌ترین عناصر منابع طبیعی در هر کشور است. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی‌شود، خاک‌ها به تدریج فرسایش می‌یابد و حاصلخیزی خود را از دست می‌دهد. یکی از پیامدهای کاهش حاصلخیزی خاک، عدم امکان تأمین غذای کافی است. معمولاً برای حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش، دو روش مستقیم و غیرمستقیم وجود دارد. یکی از روش‌های مستقیم جلوگیری از فرسایش، احداث بندهای اصلاحی است. این سازه‌ها در بستر آبراهه‌ها و عمود بر جریان ساخته می‌شود تا سرعت آب و قدرت فرسایش رواناب در اثر کاهش شیب بستر را کاهش دهد. هدف پژوهش حاضر، اولویت‌بندی مکانی محل احداث بندهای سنگی ـ ملاتی و گابیونی در حوزه‌ی آبخیز قورچای رامیان براساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. اولویت‌بندی بر اساس معیارهای تأثیرگذار مانند فیزیوگرافی، هیدرواقلیم، زمین‌شناسی و خاک‌شناسی و عوامل اقتصادی ـ اجتماعی با استفاده از مدل AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شد. وزن معیارهای اقتصادی ـ اجتماعی، هیدرواقلیم، فیزیوگرافی، خاک و زمین‌شناسی به ترتیب برابر با ۰/۴۰۹، ۰/۱۲۴، ۰/۰۵۸ و ۰/۴۰۹ است که میزان تأثیر معیارها را بر مکان‌یابی محل احداث بند گابیونی و سنگی ـ ملاتی نشان می‌دهد. بر اساس اولویت‌بندی که در بین وزن‌ها صورت گرفته، اولویت‌های ۱ تا ۵ برای احداث بندهای سنگی ـ ملاتی به‌ترتیب متعلق به زیرحوزه‌های ۱۴، ۱۰، ۱۳، ۶ و ۹ است. زیرحوزه‌ی ۱۴ با وزن ۰/۳۰۴ به‌عنوان اولویت اول و زیرحوزه‌ی شماره ۱ با وزن ۰/۱۲۹ در اولویت آخر است. از بین زیرمعیارها، زیرمعیار حساسیت به فرسایش سازند با وزن ۰/۳۶ دارای بیشترین تأثیر و زیرمعیار ضریب سیل‌خیزی و درصد شیب با وزن ۰/۰۵ دارای کمترین تأثیر در انتخاب اولویت اول یعنی زیر حوزه‌ی ۱۴ است. براساس اولویت‌بندی که در بین وزن-های نهایی ۶۲ زیرحوزه با آبراهه درجه ۲ برای احداث بندهای گابیونی صورت گرفت، اولویت‌های ۱ تا ۵ به ترتیب به زیرحوزه‌های ۳۶، ۳۵، ۳۴، ۳۲ و ۵۷ تعلق دارد. زیر حوزه‌ی شماره‌ی ۳۶ با وزن ۰/۴۵۳ به‌عنوان اولویت اول و زیر حوزه‌ی شماره‌ی ۱ با وزن ۰/۱۱۳ به عنوان اولویت آخر برای احداث بند گابیونی پیشنهاد شد.

واژگان کلیدی: اولویت‌بندی مکانی، بند سنگ ـ سیمان، بند گابیونی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، قورچای.

* نویسنده مسئول: s.m.seyedian@gmail.com

۱- مقدمه

منابع طبیعی تجدید شونده، زیر ساخت توسعه‌ی هر کشور است. اما امروزه در بیشتر مناطق کشور توسعه‌ی اقتصادی و استفاده‌های بی‌رویه و نادرست، به بحرانی شدن وضعیت منابع آبی و خاکی و برهم خوردن تعادل اکولوژیک منجر شده‌است. ناپایداری توسعه در گذر زمان به بحران‌های اقتصادی ـ اجتماعی و به تبع آن سیاسی منجر خواهد شد. به دلیل وجود آثار درون منطقه‌ای و برون منطقه‌ای ناشی از تخریب این منابع، در نیم قرن گذشته برای کنترل و مبارزه با این خطرها طرح‌های آبخیزداری در عرصه‌های منابع طبیعی کشور اجرا شده‌است (Ahmadi et al, 2004). یک ی از سیاست‌های مدیریت آبخیزداری برای حفاظت از خاک در حوزه‌های آبخیز، استفاده از روش‌های مکانیکی است. سازه‌های اصلاحی بر بالادست و پایین‌دست آبراهه اثر دارند؛ در بالادست سبب اصلاح جریان آب و انتقال رسوب به‌وسیله‌ی تله‌اندازی جریان شده‌است که به کاهش سرعت، دبی اوج و کاهش شیب آبراهه منجر می‌شود و در نهایت، زمان نفوذ رواناب افزایش می‌یابد (Mishra et al, 2007). علاوه بر آن، مناطق رسوبی بالادست توزیع رطوبتی خاک را تغییر می‌دهد (Nichols et al, 2012) که ممکن است نقطه‌ی شروعی برای پوشش گیاهی مجدد[1] آبراهه باشد.

در بسیاری از کشورها، سازه‌های اصلاحی یک روش مکانیکی ساده و اقتصادی برای تله‌اندازی رسوبات و کاهش شیب بستر آبکندها و آبراهه‌ها است (Zhao et al, 2017 & Vaezi et al, 2017) که با استفاده از مصالحی مانند چوب، سنگ، سنگ و ملات و توری ـ سنگ ساخته می‌شود. در سال‌های اخیر، دستگاه‌های اجرایی از لی ن سازه‌ها در سطح گسترده‌ای از طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری استفاده کردند و بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به آنها اختصاص دادند (Abbasi, 2012). انتخاب نوع مصالح، ابعاد، فاصله و ارتفاع این سازه‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد؛ نظیر منابع قرضه، شیب و ابعاد آبراهه، مصالح بستر، مقدار بارندگی و سطح حوزه‌ی بالادست. انتخاب مناسب مصالح، ابعاد، فاصله و ارتفاع سازه‌ها، در کاهش هزینه‌ها نقش مهمی دارد. سازه‌های اصلاحی به ذخیره‌سازی موقت آب و ممانعت در برابر حرکت آن منجر می‌شود، همچنین کاهش شیب و در نتیجه کاهش دبی اوج، حجم سیلاب، سرعت، تنش برشی و توان تخریبی جریان را در پی دارد (Javan et al, 2015).

بررسی عملکرد سازه‌های اصلاحی در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج سیل در حوزه‌ی آبخیز نوکنده در استان گلستان نشان داد که مخازن احداث‌شده، در کاهش دبی اوج سیلاب ورودی مؤثر است و دب ی اوج را در دوره‌های بازگشت مختلف از ۴۰ تا ۸۳ درصد کاهش می‌دهد (Nourali et al, 2008). ارزیابی فنی آثار عملیات اجرایی آبخیزداری بر رودخانه‌ی حوزه‌ی آبخیز سیرا ـ کلوان، بیانگر نقش سازه در کاهش دبی اوج و حجم سیل به‌ترتیب ۶۵ و ۴۸ درصد است (Karimzadeh, 2009). یافته‌های تحقیقاتی در مورد نقش سازه‌های اصلاحی بر دبی اوج در حوزه‌ی منشاد یزد مشخص کرد که این سازه‌ها به‌طور متوسط دبی اوج و حجم سیلاب را به‌ترتیب ۱۰ و ۸ درصد کاهش می‌دهند. بررسی اقدامات آبخیزداری بر رژیم جریان در سه دوره‌ی قبل، حین و بعد از اجرای پروژه‌های آبخیزداری در حوزه‌ی مندرجان نشان داد که طرح‌های آبخیزداری در زمان اجرا ۴۲ درصد و بعد از اجرا ۷۰ درصد به کاهش دبی جریان منجر شده‌است (Eskandari et al, 2012). Xiang-zhou و همکاران (2004) نشان دادند یک ی از مؤثرترین راه‌های حفاظت از خاک در آب‌وهوای خشک و خاک بی‌حاصل دشت بادرفتی در چین، استفاده از سدهای اصلاحی در

[1] revegetation

* نویسنده مسئول: s.m.seyedian@gmail.com

آبکندها است. همچنین Da-Chuan و همکاران (2008) نیز معتقدند که سدهای اصلاحی، مؤثرترین روش برای کاهش سریع رسوبات دانه درشت وارد شده به رود زرد است.

با وجود همه‌ی تلاش‌ها و اقدامات صورت گرفته در بخش ساخت سازه‌های اصلاحی، مشکلات اصلی یعنی فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی همچنان به‌عنوان یک عامل محدودکننده‌ی رشد و توسعه‌ی کشور محسوب می‌شود که احتمالاً دلیل آن مکان‌یابی نامناسب سدهای اصلاحی، تعداد، نوع و ابعاد سازه‌ها است (Ahmadi et al, 2004). وسعت حوزه‌های آبخیز کشور به همراه محدودیت‌های اجرایی، زمانی و مالی باعث شده‌است که اقدامات سازه‌ای در بخش کوچکی از حوزه‌ها عملیاتی شود (Dehghani et al, 2013). اجرای یک ارزیابی مورد قبول و مناسب برای مکان‌یابی سازه‌های اصلاحی، شامل تجزیه و تحلیلی جامع از جنبه‌های مختلف پارامترهای مؤثر بر سیل‌خیزی و رسوب است. این فرایند، یک مسأله‌ی تصمیم‌گیری چالش برانگیز است، ولی رویکردی مهم و کلیدی برای مجریان به شمار می‌رود تا آگاهانه‌تر به انتخاب مناطق مناسب و دارای اولویت بیشتر از نظر ریسک خطر سیل و فرسایش بپردازندکه این امر در نهایت، با حداقل ساختن هزینه‌ها به کاهش خسارت ناشی از این پدیده منجر خواهد شد (Rouhani and Mohammadi (Ostad Kalaleh, 2015 .

بنابراین برای مواجهه با پیچیدگی‌های این گونه مسائل تصمیم‌گیری، استفاده از رویکردهای جدید و بین رشته‌ای امری ضروری است. در دهه‌های اخیر، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه یکی از روش‌هایی است که استفاده از آن در تحلیل ریاضی سیستم‌های با اطلاعات ناقص و فقدان اطمینان و ناکامل بودن اطلاعات، روند رو به رشدی دارد. این روش‌ها، راهکار مناسبی برای انتخاب دقیق‌تر گزینه‌ها، تحلیل مشخصه‌های کمی و کیفی مؤثر و بررسی اثرات متقابل آنها فراهم کرده‌است (Nikjoy and Rouhani, 2015). هر اندازه معیارها، اجزای هدف را بیشتر پوشش دهد و بیان‌کننده‌ی هدف باشد، احتمال دست‌یافتن به نتیجه‌ی دقیق‌تر افزایش می‌یابد.

روش‌هایی مانند تحلیل سلسله‌مراتبی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی، برای پردازش و تجزیه‌و تحلیل داده‌های پرحجم در زمینه‌های مختلفی استفاده شده‌است. با این روش، بررسی معیارها و شاخص‌ها به‌طور جامع و در تقابل با یکدیگر برای دستیابی به هدف با دقت زیاد ممکن است. همچنین سرعت کار و دقت نتایج افزایش می‌یابد و امکان تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی مناطق دارای اولویت فراهم می‌شود. AHP روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی استفاده می‌شود که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد (Marinoni, 2004). روش تحلیل سلسله‌مراتبی، روش ساده‌ی محاسباتی برای عملیات اصلی بر روی ماتریس‌ها است. با ایجاد سلسله مراتب و پردازش گام به گام، ساخت ماتریس‌های مقایسه‌ای در سطوح مختلف، بردار وزن و مقادیر ویژه‌ی آن را می‌توان محاسبه و با ترکیب بردارها، ضرایب وزنی گزینه‌های مختلف را برآورد کرد (Yue et al, 2006).

طی سالیان متمادی، پژوهش‌های گسترده‌ای در مورد کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی صورت گرفته‌است؛ از جمله پیدا کردن بهترین مسیر در پروژه‌های راه‌سازی (Gitau and Mundia, 2017)، مناطق مناسب برای احداث سد زیرزمینی (Ahmadi Pirmoradi et al, 2010 & Kheirkhah Zarkesh et al, 2008 & Chezgi et al, 2011)، پخش سیلاب و نفوذ آب به داخل سفره‌های زیرزمینی (Chabak Boldachi et al, 2011)، برداشت آب (Al-shabeeb, 2016

(Al-Adamat et al, 2010 & Bouaziz et al, 2011 & Vulević et al, 2015)، مناطق مناسب اجرای پروژه‌های بند سنگ ـ سیمان و گابیونی (Souri et al, 2011). Malekian و همکاران (2013) و Nikjoy and Rouhani (2015) نیز با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوزه‌ی آبخیز اخترآباد و رامیان پرداختند.

Yasser و همکاران (2013) با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، مکان‌های مناسب را برای احداث سد خاکی تعیین کردند. Peng و Tang (2013) نیز با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، به تطابق ظاهری سدهای اصلاحی احداث شده با محیط طبیعی اطراف آن پرداختند و نشان دادند این روش، علمی و کارآمد است. Ghazal and Salman (2015) با استفاده از لایه‌های اطلاعات منطقه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌های مناسب را برای احداث سدهای کوتاه (بند) تعیین کردند. Choo و همکاران (2017) با استفاده از اطلاعات پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، شیب، رودخانه و توپوگرافی ـ که در حوزه‌ای در کره‌ی جنوبی بر مبنای امتیازدهی توسط AHP صورت گرفت ـ به اولویت‌بندی مکان‌های مناسب برای ساخت سد پرداختند. نتایج نشان داد این روش برای مکان‌یابی سد، مناسب است. Aly و همکاران (2013) به‌منظور مکان‌یابی احداث بندهای خاکی، سنگی ـ ملاتی وگابیونی در حوزه‌ی آبخیز دوراهان استان چهارمحال و بختیاری، از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی عوامل طبیعی، اقتصادی و محدودیت‌های مکانی استفاده کردند که پس از استانداردسازی عوامل و وزن‌دهی آنها از طریق مقایسه‌ی زوجی در روش AHP، محل احداث بندهای توری سنگی، خاکی وسنگی ـ ملاتی در حوزه‌ی مربوط اولویت‌بندی شد. Emamgholi و همکاران (2015) با استفاده از معیارهای اقتصادی اجتماعی، رواناب، فرسایش، منابع موجود و ویژگی‌های حوضه و وزن‌دهی بر مبنای روش AHP، به تعیین آبراهه‌های مناسب برای احداث بند گابیونی در حوضه‌ی سیازخ پرداختند.

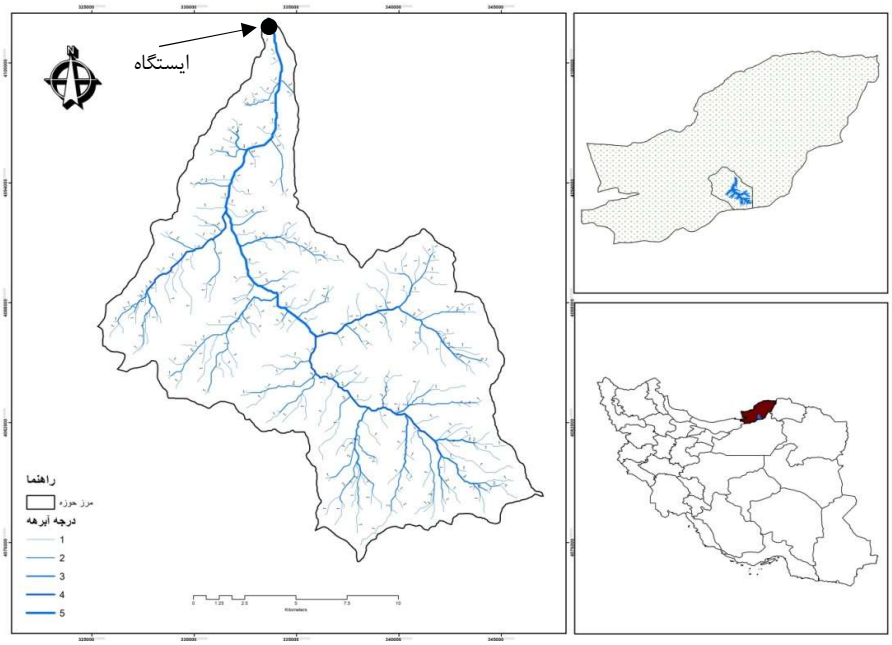
جمع‌بندی اقدامات انجام شده‌ی قبلی نشان می‌دهد که مکان‌یابی سازه‌ها در طرح‌های کنترل سیل و رسوب اهمیت زیادی دارد. با توجه به اهمیت و لزوم اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه‌ی آبخیز قورچای به دلیل پتانسیل سیل‌خیزی بالا و فرسایش‌های شدید (Rouhani and Mohammadi Ostad Kalaleh, 2015)، مکان‌یابی آگاهانه‌ی سازه‌های اصلاحی با توجه به شاخص‌های قابل انطباق و کاربردی با توجه به عوامل تأثیرگذار و شرایط فعلی حوزه‌ی آبخیز از اهمیت زیادی برخوردار است. در تصمیم‌گیری‌های چند شاخصه با دستیابی به تجهیزات محاسباتی و سیستم‌های تصمیم-گیری توانمند، امکان انتخاب دقیق‌تر گزینه‌ها، تحلیل مشخصه‌ها یا شاخص‌های کمی و کیفی مؤثر و بررسی اثرات متقابل آنها بر هم فراهم شده‌است.

هدف این پژوهش، بهبود فضای تصمیم‌گیری در پهنه‌بندی سازه‌های اصلاحی (گابیونی و سنگ ملاتی) از طریق وزن‌دهی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌های اصلاحی در حوزه‌ی آبخیز قورچای با بکارگیری و تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط GIS است.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز قورچای ـ که یکی از زیرحوزه‌های حوزه‌ی آبخیز گرگان‌رود است ـ در جنوب حوزه‌ی آبخیز گرگان‌رود و جنوب شهرستان رامیان از استان گلستان قرار دارد (شکل ۱). منطقه‌ی مورد مطالعه از لحاظ موقعیت سیاسی، در مرز استان‌های سمنان و گلستان واقع شده‌است. این حوزه در طول جغرافیایی ″۲۴ ′۲ °۵۵ تا ″۴۷ ′۱۶ °۵۵ شرقی

و عرض جغرافیایی ″۲۶ ′۴۸ °۳۶ تا ″۵ ′۳ °۳۷ شمالی قرار دارد و مساحت کل آن، ۲۴۸/۱۶ کیلومترمربع است. شیب متوسط کل حوزه برابر با ۲۲/۴۰ درصد، ارتفاع متوسط وزنی آن ۱۲۷۱/۸۰ متر و جهت غالب حوزه نیز شمال و غرب است. رودخانه‌ی قورچای در محدوده‌ی مطالعاتی با ۳۵/۸ کیلومتر طول، از قسمت‌های کوهستانی جنوب حوزه سرچشمه گرفته‌است و از شمال حوزه خارج می‌شود. شهرستان رامیان در محل خروجی حوزه قرار دارد و از شهرهای مهم منطقه-ی مطالعاتی است. از روستاهای مهم حوزه نیز می‌توان به روستاهای ملچ‌آرام، شش‌آب، ویرو، قورچای و پاقعله اشاره کرد. پست‌ترین نقطه‌ی حوزه با ارتفاع ۱۵۰ متر، در منتهی‌الیه شمال حوزه و بلندترین نقطه‌ی آن با ارتفاع ۲۸۵۰ متر، در جنوب حوزه قرار دارد. حوزه‌ی مورد مطالعه عمدتاً دارای الگوی شاخه درختی و زیرحوزه‌ها نیز اغلب دارای اشکال گرد است. ضریب گراولیوس برای کل حوزه ۱/۶۲ است. پوشش جنگلی مناسب و عمق کم خاک از مشخصات بارز این منطقه به شمار می‌رود. متوسط بارندگی این حوزه ۶۶۳/۵۲ میلی‌متر و اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، از نوع مرطوب است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی‌حوزه‌ی آبخیز قورچای رامیان در حوزه‌ی آبخیز گرگان‌رود و کشور

برای بررسی و اجرای مطالعات هیدرولوژی، از آمار ایستگاه هیدرومتری رامیان و نوده استفاده شد که به ترتیب در داخل حوزه‌ی مورد مطالعه و در مجاورت با آن قرار دارند. با توجه به شرایط فیزیوگرافی و توپوگرافی همچنین با در نظر گرفتن هدف مطالعه، حوزه‌ی آبخیز قورچای به ۱۴ واحد کاری یا زیرحوزه (بر اساس آبراهه‌های درجه ۳) برای مکان‌یابی بندهای سنگی ملاتی و ۶۲ زیرحوزه (بر اساس آبراهه‌های درجه ۲) برای مکان‌یابی بندهای گابیونی به‌صورت جداگانه تقسیم شد.

۳- مواد و روش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و روش جمع‌آوری اطلاعات، توصیفی است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی و به‌کارگیری مدلی برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره در شرایط پاسخ‌های بی‌نهایت، مکان‌یابی بندهای سنگی ملاتی در آبراهه‌های درجه ۳ و بندهای گابیونی در آبراهه‌های درجه ۲ با روش تحلیل سلسله مراتبی است. در تحلیل سلسله مراتبی، ابتدا عملیات نرمال‌سازی به روش نرم ساعتی بر روی ماتریس مقایسه‌ی گزینه‌ها انجام می‌شود. سپس بردار وزن گزینه‌ها به روش میانگین هندسی محاسبه می‌شود؛ به طوری‌که امتیاز هر گزینه در برابر زیرمعیارها با رعایت وزن نسبی زیرمعیارها محاسبه می‌شود. برای محاسبه‌ی امتیاز نهایی گزینه‌ها و رتبه‌بندی آنها، ماتریس امتیاز گزینه‌ها در برابر معیارهای اصلی در ماتریس وزن معیارهای اصلی ضرب شد. با توجه به مطالعات پیشین (Rouhani and Mohammadi Ostad Kalaleh, 2015 & Nikjoy and Rouhani, 2015)، شرایط حوزه‌ی قورچای و براساس نظر استادان و کارشناسان از بین معیارهای مؤثر در مکان‌یابی، معیارهای فیزیوگرافی، هیدرواقلیم، زمین‌شناسی و خاک‌شناسی و مسائل اقتصادی و اجتماعی انتخاب شد. برای مکان‌یابی محل احداث بندهای گابیونی و سنگی ملاتی، اطلاعات اولیه در مورد منطقه‌ی مورد مطالعه شامل وضعیت خاک و زمین، اطلاعات هواشناسی و کاربری اراضی تهیه شد. معیارهای لازم برای مکان‌یابی بندهای اصلاحی، در قالب پرسش‌نامه تهیه شد و برای وزن‌دهی براساس میزان تأثیرگذاری در اختیار کارشناسان دانشگاهی و منابع طبیعی قرار گرفت. براساس نظر کارشناس نسبت به منطقه، شاخص‌ها به صورت دو به دو با هم مقایسه شد. پس از جمع‌آوری، تصحیح و تعدیل قضاوت‌ها و سلیقه‌های شخصی کارشناسان در وزن‌دهی معیارها، براساس میزان ناسازگاری قضاوت‌ها (کمتر از ۰/۱) با استفاده از محاسبه‌ی میانگین هندسی برای هر آرایه، ماتریس مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها حاصل شد. ذکر این امر لازم است که مقایسه‌ی اهمیت معیارها و زیرمعیارها با استفاده از پرسش‌نامه انجام شده؛ درصورتی‌که امتیاز طبقات مختلف هر زیر معیار با امتیازدهی مستقیم بیان شده‌است. پاسخ‌هایی که از پرسش‌نامه‌ها جمع‌آوری شده و امتیازدهی مستقیم طبقات هر زیرمعیار، ورودی مدل تحلیل سلسله مراتبی است.

عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌های اصلاحی

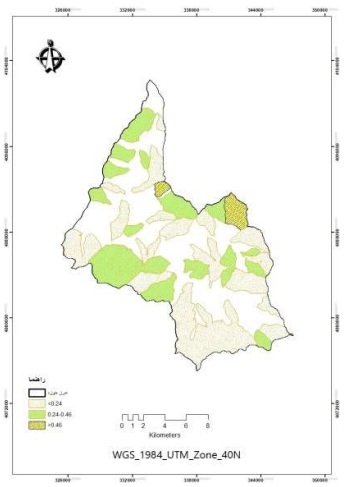
الف- معیار فیزیوگرافی

شکل حوزه

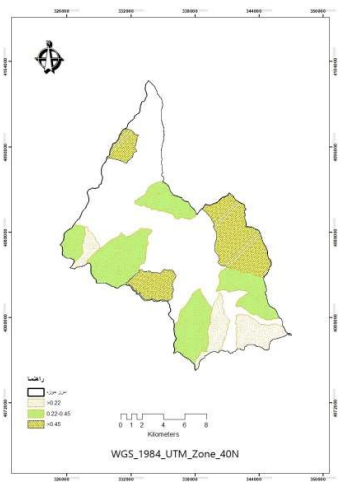
در صورت برابری شرایط زمین‌شناسی، پوشش‌گیاهی، شیب و اقلیم حاکم بر حوزه‌ها، یک حوزه‌ی باریک طویل با داشتن نسبت انشعاب بالا، دبی پیکی پایین اما ثابت را به‌وجود می‌آورد؛ در حالی که حوزه‌های گرد با نسبت انشعاب پایین، هیدروگرافی تیز را به‌وجود می‌آورد (Garde, 2006). حوزه‌ی آبخیز قورچای از نوع حوزه‌های کشیده است که امتداد شرقی ـ غربی دارد. در این مطالعه برای محاسبه‌ی ضریب شکل حوزه، از روش هورتن استفاده شد که برمبنای رابطه‌ی (۱) است:

$$F/F=A/L^2$$ رابطه‌ی (۱)

که در آن A، مساحت حوزه به km^2 و L، طول حوزه به km است. هر چه ضریب فرم هورتن کوچک‌تر باشد، مقدار L با مساحت ثابت بیشتر بوده و در نتیجه حوزه‌ی آبخیز کشیده‌تر است. از سوی دیگر، هر چه این ضریب به عدد یک نزدیک‌تر باشد، حوزه شکل گردتری دارد و تمرکز سیلاب در آن سریع‌تر صورت می‌گیرد (Mahdavi, 2000). مقادیر ضریب شکل هر زیرحوزه، محاسبه (جدول ۱ و ۲) و با در نظر گرفتن دامنه‌ی تغییرات به سه طبقه تقسیم شد (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲: طبقات ضریب شکل زیرحوزه‌های با آبراهه‌ی درجه۲



شکل ۳: طبقات ضریب شکل زیرحوزه‌های با آبراهه‌ی درجه ۳

جدول ۱: برخی خصوصیات مورفومتری زیرحوزه‌های با آبراهه‌ی درجه ۲

زیرحوزه	مساحت (km^2)	شیب متوسط (٪)	ضریب شکل	زمان تمرکز (h)	زیرحوزه	مساحت (km^2)	شیب متوسط (٪)	ضریب شکل	زمان تمرکز (h)	زیرحوزه	مساحت (km^2)	شیب متوسط (٪)	ضریب شکل	زمان تمرکز (h)
۱	۰/۶۶	۳۶/۷	۰/۱۴	۰/۷۷	۲۲	۸/۶۶	۴۲/۵۹	۰/۳۳	۱/۲۹	۴۳	۱/۶۳	۴۶/۴۱	۰/۱۸	۱/۰۴
۲	۲/۳۹	۳۹/۴۸	۰/۱۶	۱/۱۶	۲۳	۱/۴۱	۴۰/۶	۰/۲۵	۰/۸۳	۴۴	۲/۱۹	۴۷/۲۷	۰/۱۴	۱/۰۶
۳	۱/۹۷	۳۳/۹۴	۰/۲۸	۰/۸۸	۲۴	۳/۶۱	۳۶/۶۶	۰/۱۸	۱/۲۱	۴۵	۲/۱۳	۳۱/۸۷	۰/۱۷	۱
۴	۱/۲۸	۲۶/۴۲	۰/۱۹	۰/۸۲	۲۵	۲/۳۲	۳۱/۵۳	۰/۱۶	۰/۹۹	۴۶	۱/۵۶	۳۱/۵۱	۰/۱۸	۰/۸۴
۵	۱/۱۷	۲۸/۲۲	۰/۱۷	۰/۸۲	۲۶	۱/۴۲	۵۱/۰۹	۰/۲۳	۰/۷۱	۴۷	۲/۴۸	۳۹/۶	۰/۲۱	۰/۹۴
۶	۴/۶۵	۲۹/۷۲	۰/۱۲	۱/۶۹	۲۷	۳/۱۳	۴۲/۸۴	۰/۱۸	۱/۱۳	۴۸	۲/۶۳	۳۵/۷۴	۰/۳	۰/۸۳
۷	۴/۵۲	۳۵/۰۹	۰/۱۳	۱/۵۱	۲۸	۱/۱۷	۴۲/۲۷	۰/۱۲	۰/۸۸	۴۹	۵/۴۵	۳۳/۰۳	۰/۴۶	۰/۹۲
۸	۰.۸۶	۳۳.۸۸	۰/۱۷	۰/۶۷	۲۹	۲/۰۲	۵۳/۵۳	۰/۲۹	۰/۶۹	۵۰	۴/۵۱	۲۶/۸۸	۰/۲۱	۱/۲۵
۹	۱.۶۵	۳۷/۲۳	۰/۱۴	۰/۹۵	۳۰	۱/۱۹	۵۰/۵۱	۰/۱۵	۰/۹۶	۵۱	۲/۰۱	۲۳/۰۲	۰/۲۹	۰/۷۴
۱۰	۲/۶۷	۳۹/۴۹	۰/۱۵	۱/۱۴	۳۱	۲/۳۵	۵۰/۸۷	۰/۲۸	۰/۸۴	۵۲	۱/۵۹	۲۳/۱۶	۰/۱۹	۰/۹۱
۱۱	۳/۶۸	۳۵/۱۶	۰/۱۴	۱/۳۲	۳۲	۲/۶۴	۳۱/۵	۰/۲۵	۱/۱۳	۵۳	۱/۷۱	۲۳/۰۲	۰/۲۴	۰/۸۲
۱۲	۱/۸۸	۳۸/۴۸	۰/۱۶	۰/۹۷	۳۳	۰/۶۸	۳۶/۹۲	۰/۳۲	۰/۸	۵۴	۱/۳۹	۳۷/۵۲	۰/۲۶	۰/۷۴
۱۳	۱/۲۸	۴۰/۷	۰/۲	۰/۸	۳۴	۱/۰۱	۳۱/۲	۰/۳۱	۰/۸۴	۵۵	۱/۶۴	۴۱/۲۸	۰/۳۲	۰/۷۷
۱۴	۳/۶۸	۳۲/۳۴	۰/۱۴	۱/۴	۳۵	۳/۸۸	۳۲/۰۵	۰/۳۲	۱/۲۱	۵۶	۲/۱۲	۲۹/۰۶	۰/۱۹	۰/۹۸
۱۵	۵/۰۸	۴۰/۸۹	۰/۲۴	۱/۲	۳۶	۰/۸۸	۳/۷۹	۰/۱۹	۱	۵۷	۱/۲۶	۳۶/۹۲	۰/۲۵	۰/۶۷
۱۶	۴/۶۵	۴۴/۲۱	۰/۱۹	۱/۲۵	۳۷	۳/۶۸	۴۳/۰۷	۰/۲۳	۱/۱۳	۵۸	۲/۶۹	۳۴/۴۲	۰/۱۵	۱/۱۸
۱۷	۳/۱	۳۹/۲۱	۰/۲۵	۰/۹	۳۸	۱/۱۸	۳۸/۷۴	۰/۲۵	۰/۸	۵۹	۳/۷	۳۴/۲	۰/۱۹	۱/۱۸
۱۸	۱/۶۴	۲۹/۷۶	۰/۱۴	۱/۰۲	۳۹	۱/۳۶	۳۶/۴۳	۰/۱۶	۰/۸۶	۶۰	۱/۸	۳۴/۳۶	۰/۲۳	۰/۷۷
۱۹	۱/۲۳	۴۴/۶۷	۰/۱۷	۰/۷۸	۴۰	۵/۵۷	۴۳/۸۱	۰/۲۸	۱/۱۵	۶۱	۱/۱۹	۲۴/۳۶	۰/۱۵	۰/۲۳
۲۰	۱/۱۳	۳۸/۷۶	۰/۱۴	۰/۸۱	۴۱	۱/۵۱	۵۶/۵۳	۰/۳۶	۰/۸۴	۶۲	۰/۸۶	۲۷/۷۲	۰/۲۷	۰/۹۱
۲۱	۵/۶۸	۴۳/۱۶	۰/۲۸	۱/۱۱	۴۲	۱/۸۶	۳۷/۴	۰/۱۸	۱					

جدول ۲: برخی خصوصیات مورفومتری زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۳

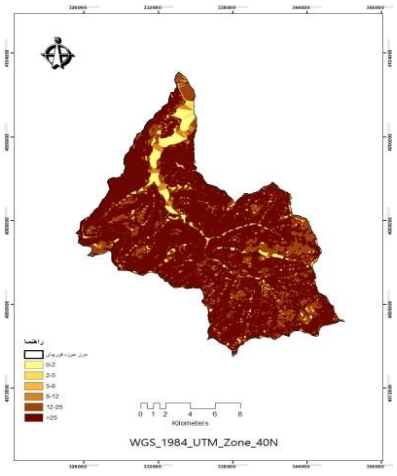
زیرحوزه	مساحت (km^2)	شیب متوسط (٪)	ضریب شکل	زمان تمرکز (h)	زیرحوزه	مساحت (km^2)	شیب متوسط (٪)	ضریب شکل	زمان تمرکز (h)	زیرحوزه	مساحت (km^2)	شیب متوسط (٪)	ضریب شکل	زمان تمرکز (h)
۱	۷/۴۵	۳۶/۶۹	۰/۱۴	۱/۶۵	۶	۴/۶۵	۲۹/۷۱	۰/۱۲	۱/۵۰	۱۱	۳/۶۸	۳۵/۱۶	۰/۱۴	۱/۲۵
۲	۲/۳۹	۳۹/۴۷	۰/۱۶	۱/۱۰	۷	۴/۵۲	۳۵/۰۸	۰/۱۳	۱/۰۵	۱۲	۱/۸۸	۳۸/۴۷	۰/۱۶	۱/۲۳
۳	۱/۹۷	۳۳/۹۴	۰/۲۹	۲/۲۷	۸	۰/۶۸	۳۳/۸۷	۰/۱۷	۱/۱۵	۱۳	۱/۲۸	۴۰/۷۰	۰/۲۰	۲/۰۱
۴	۱/۲۸	۲۶/۴۱	۰/۱۹	۱/۹۸	۹	۱/۶۵	۳۷/۲۳	۰/۱۴	۱/۷۰	۱۴	۳/۶۸	۳۲/۳۴	۰/۱۴	۱/۲۴
۵	۱/۱۷	۲۸/۲۲	۰/۱۸	۱/۲۵	۱۰	۲/۶۷	۳۹/۴۹	۰/۱۵	۰/۰۴					

شیب

شکل کلی مقطع عرضی رودخانه و شیب حوزه می‌تواند اطلاعات مفیدی را در مورد حوزه در اختیار محقق قرار دهد؛ مانند سرعت حرکت آب، قدرت فرسایشی رودخانه و زمان تمرکز. از سوی دیگر، رابطه‌ی مستقیم و نسبتاً پیچیده‌ای با مقدار نفوذپذیری و جریان سطحی دارد. نقشه‌ی شیب زیر حوزه‌های مورد مطالعه، با استفاده از DEM[1] منطقه در نرم‌افزار Arc GIS ۱۰/۲ تهیه شد (شکل ۴). در جدول (۱) و (۲)، شیب زیرحوزه‌ها در هر یک از آبراهه‌های

[1] Digital Elevation Model

درجه دو و سه نشان داده شده‌است. مقادیر شیب متوسط هر زیرحوزه‌ی آبراهه‌ی درجه دوم و آبراهه‌ی درجه سوم، به ۶ طبقه (۲-۰، ۵-۲، ۸-۵، ۱۲-۸، ۲۵-۱۲ و بزرگ‌تر از ۲۵ درصد) تقسیم شد.



شکل ۴: نقشه‌ی شیب حوزه‌ی آبخیز قورچای رامیان

ب- معیار هیدرواقلیم

شدت بارش برابر با زمان تمرکز

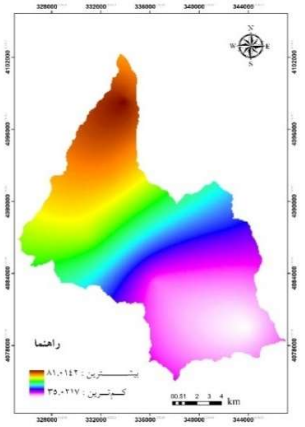
برای محاسبه‌ی شدت بارش با دوره بازگشت ۲۵ سال و شدت بارش برابر با زمان تمرکز، اطلاعات بارندگی روزانه از ایستگاه‌های باران‌سنجی تهیه شد. در این تحقیق با توجه به حداکثر بارش ۲۴ ساعته در ۱۲ ایستگاه در داخل و مجاورت منطقه‌ی مورد مطالعه، میان‌یابی با روش کریجینگ انجام و از رابطه‌ی (۲)، بارش با دوره بازگشت ۲۵ سال (شکل ۵) و شدت بارش برابر با زمان تمرکز (شکل ۶) محاسبه شد (Vaziri, 1993). سپس مقادیر متوسط این دو پارامتر برای هر یک از زیرحوزه‌های آبراهه‌ی درجه دوم و درجه سوم با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS۱۰/۲ استخراج شد (جدول ۳ و ۴).

رابطه‌ی (۲)

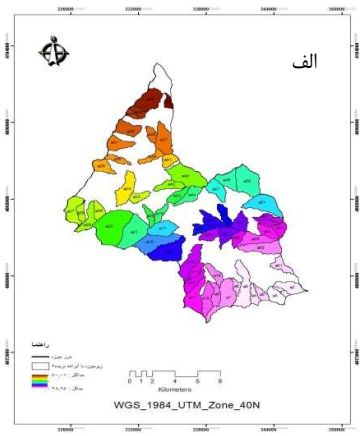
$$p(1H,10Y)=(1.3352-0.1964\ LN(PD\ max)$$

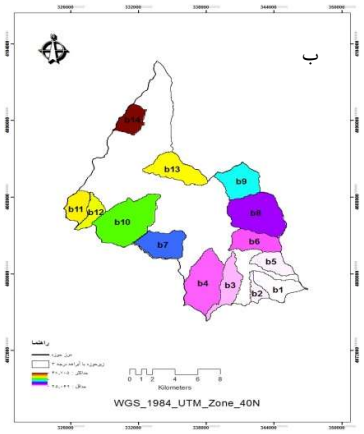
$$(0.1\leq T\leq 2)\Rightarrow P=((0.4601+0.2363\ LN(Tr-0.4643))(-1.3823+2.399\ T^{(0.1311)}\ p(1H,10Y)$$

(۱H و ۱۰Y) P: بارندگی یک‌ساعته در دوره بازگشت ۱۰ ساله، PDmax: متوسط حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در طی دوره آماری، Ln: لگاریتم طبیعی، P: مقدار بارندگی در تداوم و دوره بازگشت معین (میلی‌متر)، T: تداوم کمتر از ۲۴ ساعت (ساعت)، Tr: دوره بازگشت (سال).



شکل ۶: شدت بارش برابر با زمان تمرکز در حوزه‌ی آبخیز قورچای





شکل ۵: حداکثر بارش ۲۴ ساعته میان‌یابی شده در زیرحوزه‌های با آبراهه‌ی الف) درجه ۲ و ب) درجه ۳

دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال

از مهم‌ترین روابط متداول در برآورد سیلاب، می‌توان به روابط دیکن، فولر و کریگر اشاره کرد. با توجه به اینکه ضریب منطقه‌ای در ایستگاه‌های رامیان و نوده با محدوده‌ی مطالعاتی یکسان فرض شده‌اند، همچنین نتایج روش فولر تقریباً متوسط نتایج دو روش دیگر در منطقه‌ی مورد مطالعه است (Nikjoy and Rouhani, 2015) ، در این پژوهش از رابطه‌ی فولر برای برآورد دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال (رابطه‌ی ۳) استفاده شد. در این رابطه Q، دبی اوج سیلاب به مترمکعب بر ثانیه و A، مساحت حوزه به کیلومترمربع است.

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^{0.8}\left(\frac{1+266A_1^{-0.3}}{1+266A_2^{-0.3}}\right)$$ رابطه‌ی (۳)

بعد از محاسبه‌ی دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال برای هر زیرحوزه‌ی با آبراهه‌ی درجه دوم و سوم (جدول ۳ و ۴)، مقادیر به‌دست آمده در سه طبقه تقسیم شد.

ضریب سیل‌خیزی

ضریب سیل‌خیزی، معیاری است که اثر مساحت حوزه را در افزایش دبی پیک حذف می‌کند. برای تعیین این ضریب از رابطه‌ی هاگر [1] (رابطه‌ی ۴) در ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده شد. سپس مقدار ضریب سیل‌خیزی برای هر زیرحوزه‌ی با آبراهه‌ی درجه دوم و سوم (جدول ۳ و ۴) محاسبه و مقادیر به‌دست آمده در سه طبقه تقسیم شد.

$$KT=100\times1.0\frac{LogQT-6.0}{LogA-8.0}$$ رابطه‌ی (۴)

که در آن KT: ضریب سیل‌خیزی، QT: دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال برحسب مترمکعب برثانیه و A: مساحت

[1] Hager

زیرحوزه بر حسب کیلومتر مربع است.

جدول ۳: مقادیر معیارهای هیدرواقلیم در هر یک از زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۲

زیرحوزه	شدت بارش برابر با زمان‌تمرکز	دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال	ضریب سیل‌خیزی	زیرحوزه	شدت بارش برابر با زمان‌تمرکز	دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال	ضریب سیل‌خیزی	زیرحوزه	شدت بارش برابر با زمان‌تمرکز	دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال	ضریب سیل‌خیزی
۱	۲۵/۲۵	۶/۵۲	۳/۴۴	۲۲	۳۹/۷۶	۲/۳۱	۳/۳۵	۴۳	۳۸/۷۸	۴/۴۵	۳/۴۰
۲	۲۵/۵۹	۳/۸۱	۳/۳۹	۲۳	۴۲/۱۵	۴/۷۳	۳/۴۱	۴۴	۳۷/۶۹	۳/۹۵	۳/۳۹
۳	۲۵/۲۹	۴/۱۲	۳/۳۹	۲۴	۴۳/۵۴	۳/۲۴	۳/۳۷	۴۵	۳۲/۱۰	۴	۳/۳۹
۴	۲۵/۷۷	۴/۹۳	۳/۴۱	۲۵	۴۱/۱۸	۳/۸۶	۳/۳۹	۴۶	۳۲/۳۵	۴/۵۳	۳/۴۰
۵	۲۶/۱۷	۵/۱۲	۳/۴۱	۲۶	۴۱/۸۵	۴/۷۱	۳/۴۱	۴۷	۳۶/۳۹	۳/۷۶	۳/۳۹
۶	۲۵/۵۵	۲/۹۳	۳/۳۶	۲۷	۴۱/۸۰	۳/۴۳	۳/۳۸	۴۸	۳۷/۰۳	۳/۶۷	۳/۳۸
۷	۲۷/۱۱	۲/۹۷	۳/۳۷	۲۸	۴۱/۶۶	۵/۱	۳/۴۱	۴۹	۳۷/۰۳	۲/۷۶	۳/۳۶
۸	۲۶/۲۵	۵/۸۱	۳/۴۳	۲۹	۴۵/۱۴	۴/۰۸	۳/۳۹	۵۰	۳۵/۵۷	۲/۹۷	۳/۳۷
۹	۲۷/۷۴	۴/۴۳	۳/۴۰	۳۰	۴۵/۷۹	۵/۰۷	۳/۴۱	۵۱	۳۱/۱۴	۴/۰۹	۳/۳۹
۱۰	۲۸/۱۳	۳/۶۵	۳/۳۸	۳۱	۴۶/۷۱	۳/۸۴	۳/۳۹	۵۲	۲۹/۰۰	۴/۵۰	۳/۴۰
۱۱	۲۸/۷۸	۳/۲۱	۳/۳۷	۳۲	۴۷/۶۵	۳/۶۶	۳/۳۸	۵۳	۲۸/۸۴	۴/۳۷	۳/۴۰
۱۲	۲۹/۱۸	۴/۲۰	۳/۴۰	۳۳	۴۸/۳۸	۶/۴۳	۳/۴۴	۵۴	۳۲/۵۰	۴/۷۵	۳/۴۱
۱۳	۲۹/۰۸	۴/۹۳	۳/۴۱	۳۴	۴۸/۸۷	۵/۴۲	۳/۴۲	۵۵	۳۰/۰۸	۴/۴۵	۳/۴۰
۱۴	۲۹/۸۰	۳/۲۱	۳/۳۷	۳۵	۴۹/۵۷	۳/۱۵	۳/۳۷	۵۶	۳۱/۱۴	۴	۳/۳۹
۱۵	۳۲/۲۰	۲/۸۳	۳/۳۶	۳۶	۵۰/۰۸	۵/۷۵	۳/۴۳	۵۷	۲۹/۱۶	۴/۹۵	۳/۴۱
۱۶	۳۴/۴۵	۲/۹۳	۳/۳۶	۳۷	۴۶/۹۳	۳/۲۱	۳/۳۷	۵۸	۲۸/۲۵	۳/۶۴	۳/۳۸
۱۷	۳۵/۵۰	۳/۴۴	۳/۳۸	۳۸	۴۶/۹۳	۵/۰۹	۳/۴۱	۵۹	۲۷/۳۹	۳/۲۱	۳/۳۷
۱۸	۲۷/۴۰	۴/۴۵	۳/۴۰	۳۹	۴۵/۷۳	۴/۷۹	۳/۴۱	۶۰	۲۶/۰۲	۴/۲۸	۳/۴۰
۱۹	۳۸/۰۲	۵	۳/۴۱	۴۰	۴۰/۸۳	۲/۷۳	۳/۳۶	۶۱	۲۹/۵۰	۵/۰۶	۳/۴۱
۲۰	۳۸/۷۸	۵/۱۷	۳/۴۲	۴۱	۴۴/۴۰	۴/۶۰	۳/۴۰	۶۲	۳۰/۰۸	۵/۸۷	۳/۴۳
۲۱	۳۷/۶۸	۲/۲۷	۳/۳۶	۴۲	۴۰/۹۷	۴/۲۲	۳/۴۰				

جدول ۴: مقادیر معیارهای هیدرواقلیم در هر یک از زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۳

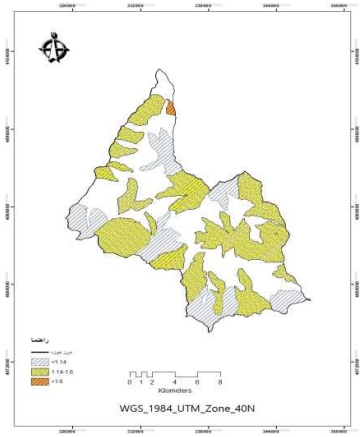
زیرحوزه	شدت بارش برابر با زمان‌تمرکز	دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال	ضریب سیل‌خیزی	زیرحوزه	شدت بارش برابر با زمان‌تمرکز	دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال	ضریب سیل‌خیزی
۱	۲۵/۰۷	۱/۷۸	۳/۳۳	۸	۲۹/۹۸	۲/۴۵	۳/۳۵
۲	۲۵/۳۲	۲/۱۹	۳/۳۴	۹	۳۵/۳۸	۳/۶۰	۳/۳۸
۳	۲۶/۳۰	۱/۷۰	۳/۳۳	۱۰	۳۹/۲۶	۲/۳۸	۳/۳۵
۴	۲۷/۶۳	۲/۷۰	۳/۳۶	۱۱	۴۲/۲۸	۱/۸۲	۳/۳۳
۵	۲۵/۲۵	۳/۰۹	۳/۳۷	۱۲	۴۱/۶۴	۲/۶۵	۳/۳۶
۶	۲۷/۷۶	۲/۱۷	۳/۳۴	۱۳	۴۲/۰۹	۲/۳۸	۳/۳۵
۷	۳۳/۱۴	۲/۷۱	۳/۳۶	۱۴	۴۸/۷۱	۲/۲۱	۳/۳۴

ج- معیار زمین‌شناسی و خاک‌شناسی

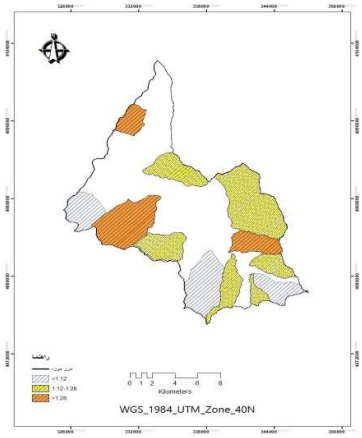
ضریب حساسیت سنگ به فرسایش

یکی از فاکتورهای بسیار مؤثر در میزان فرسایش و رسوب‌دهی، حساسیت سنگ‌های سطح حوزه بـه خردشـدگی و فرسایش است. تغییر عوامل محیطی مانند اقلیم و پوشش‌گیاهی در مقیاس حوزه‌های آبخیز کوچک، عموماً کم و ثابـت است. این در صورتی است که خصوصیات سنگ‌شناسی ذاتی مواد می‌تواند حتی در حوزه‌های کوچک نیز متغیر باشـد.

برای اندازه‌گیری این پارامتر، ابتدا میزان فرسایش‌پذیری هر واحد سنگی بر اساس (Kamali et al, 2011 & Peyrowan and Shariat Jafari, 2013) تعیین شد. براساس مقادیر محاسبه شده، ضریب حساسیت سنگ به فرسایش از ۰/۱۴ تا ۰/۵ برای زیرحوزه‌های مختلف متفاوت است که در نهایت در سه طبقه تقسیم شده‌است (شکل ۷ و ۸).



شکل ۷: حساسیت سازند به فرسایش زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۲



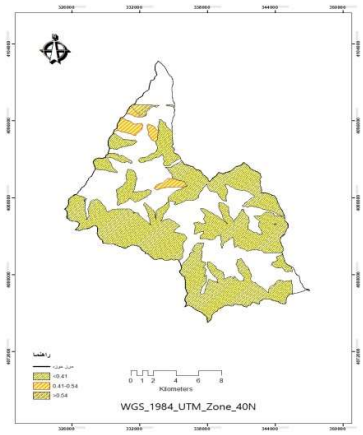
شکل ۸: حساسیت سازند به فرسایش زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۳

ضریب حساسیت خاک به فرسایش

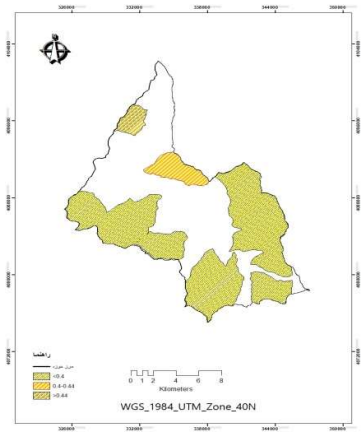
فرسایش خاک، فرایند پیچیده‌ای است همراه با اثرات زیست محیطی و اجتماعی آشکار و پنهان؛ به همین سبب، جلوگیری و کاهش رسوبات فرسایش‌یافته در پروژه‌های آبخیزداری بسیار مهم می‌باشد. از سوی دیگر، فرسایش یکی از اصلی‌ترین منابع آلودگی‌های غیرنقطه‌ای است (Wang and Cui, 2005). خاک‌های مختلف با توجه به میزان شیب و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تشکیل‌دهنده‌ی آن، حساسیت متفاوتی به فرسایش دارند. خاک‌های منطقه از نظر فرسایش‌پذیری به سه گروه خیلی زیاد (وزن برابر ۰/۵۴)، زیاد (وزن برابر ۰/۳۸) و کم (وزن برابر ۰/۰۸) مطابق جدول (۵) طبقه‌بندی شدند (شکل ۹ و ۱۰).

جدول ۵: حساسیت به فرسایش خاک‌های منطقه

جنس	نفوذپذیری	حساسیت به فرسایش
سیلتی، شن و شیل	کم	زیاد
لس	زیاد	خیلی زیاد
مواد مارنی، رسوبات آواری و سیلابی لسی	زیاد	خیلی زیاد
پادگانه‌های آبرفتی با کمتر از ۱۵٪ سنگریزه	متوسط تا زیاد	زیاد



شکل ۹: حساسیت خاک به فرسایش زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۲

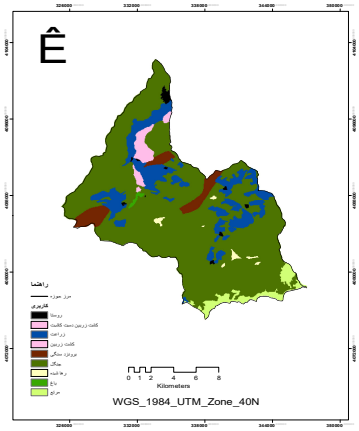


شکل ۱۰: حساسیت خاک به فرسایش زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۳

د- معیار عوامل اقتصادی و اجتماعی

کاربری اراضی

تغییر در واکنش هیدرولوژیک یک حوزه‌ی آبخیز در مقیاس زمانی میان مدت و بلند مدت، به تغییر در نوع توزیع پوشش گیاهی بستگی دارد. تأثیرات هیدرولوژیک کاربری اراضی و مدیریت پوشش گیاهی در قالب تغییر در عمق رواناب، دبی حداقل، دبی حداکثر، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق آشکار می‌شود (Sikka et al, 2003). شکل (۱۱)، نقشه‌ی کاربری اراضی حوزه‌ی آبخیز قورچای را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱: کاربری اراضی حوزه‌ی آبخیز قورچای

فاصله از جاده و فاصله از روستا

فاصله از جاده یکی از زیرمعیارهای بخش اقتصادی و اجتماعی است. در صورتی‌که محل احداث سازه، فاصله‌ی زیادی از جاده داشته باشد به افزایش هزینه‌ها منجر می‌شود (Forzieri et al, 2008). نقشه‌ی فاصله از جاده با استفاده از نقشه‌ی وکتوری مربوط به جاده‌های حوزه‌ی آبخیز قورچای با استفاده از توابع فاصله‌ای (Distance) تهیه شد. سپس این نقشه در ۳ طبقه‌ی (۰-۲۰۰)- (۲۰۰-۴۰۰) و بیش از ۴۰۰ متر کلاس‌بندی شد. همچنین فاصله از روستا یکی از زیرمعیارهای

بخش اقتصادی و اجتماعی است. فاصله از روستا زیرمعیاری است که از وارد شدن خسارت‌های جانی و مالی و دیگر پیامدها مانند خالی شدن منطقه از سکنه و مهاجرت به شهرها جلوگیری می‌کند و هر دو جنبه‌ی اقتصادی و اجتماعی را در نظر می‌گیرد. همچنین نزدیکی به روستا باعث می‌شود نیروی کار به راحتی در دسترس باشد و هزینه‌ها کمتر شود (Forzieri et al, 2008).

۴- یافته‌ها (نتایج)

هدف این مطالعه، اولویت‌بندی محل احداث بندهای سنگی ملاتی و بندهای گابیونی به‌ترتیب در آبراهه‌های درجه سوم و دوم است. در مرحله‌ی دوم، وجود معیارها و شاخص‌هایی است که برای ارزشیابی موضوع انتخاب می‌شود. معیارهای تحقیق نیز به عنوان فاکتورهای تأثیرگذار بر مکان‌یابی محل احداث سازه‌های اصلاحی، در خوشه‌های جداگانه برای لایه‌ی دوم طراحی می‌شود. کلاس‌ها یا گزینه‌های مورد نظر نیز بر اساس طبقات خطر در خوشه‌ای جداگانه در لایه‌ی سوم قرار می‌گیرد. تأثیرگذاری عوامل مختلف بر اولویت‌بندی محل احداث بندهای اصلاحی در تحقیق حاضر، بر اساس تحلیل سلسله مراتبی از طریق پرسش‌نامه صورت می‌گیرد که نتایج مربوط به محاسبات ماتریس مقایسات زوجی در جدول (۶) ارائه شده‌است. در صورتی که میزان سازگاری مقایسه زوجی به‌دست آمده ــ که بیانگر سازگاری نتایج است ــ از حد آستانه (۰/۱) کمتر باشد، نیازی به تجدید نظر در قضاوت‌ها نیست و وزن‌های محاسباتی بر روی ورودی‌ها یعنی نقشه‌های کلاسه‌بندی شده اعمال می‌شود. براساس نتایج به دست آمده، دو معیار حساسیت خاک و سازند به فرسایش و معیار اقتصادی اجتماعی با مقدار ۰/۴۰۹، بیشترین وزن را به خود اختصاص می‌دهند. دو معیار هیدرواقلیم و فیزیوگرافی نیز به‌ترتیب با مقادیر ۰/۱۲۴ و ۰/۵۰۸، در درجه‌ی بعدی اهمیت قرار دارند. سپس هر شاخص در سه گروه کم تا متوسط (وزن برابر ۰/۰۸)، زیاد (وزن برابر ۰/۳۸) و خیلی زیاد (وزن برابر ۰/۵۴) طبقه‌بندی می‌شود.

در مرحله‌ی بعد، اطلاعات به‌دست آمده به نرم‌افزار ARC-GIS وارد و برای همه‌ی زیرحوزه‌ها، لایه‌ی وزنی معیارهای مختلف تهیه می‌شود. در نهایت، لایه‌های وزنی با هم تلفیق و نقشه‌ی رتبه‌بندی محل احداث بندهای اصلاحی تهیه می‌شود (شکل ۱۹).

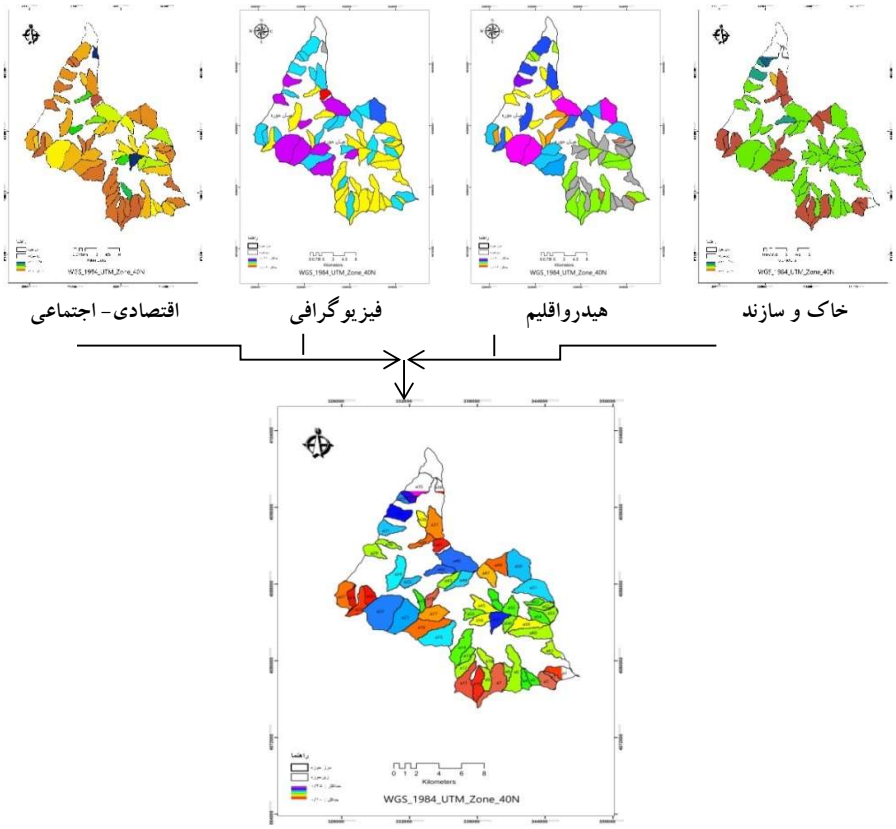
جدول ۶: وزن عوامل مؤثر بر مکان‌یابی بند اصلاحی

وزن معیارها و زیرمعیارها				گابیونی		سنگی- ملاتی	
معیار	وزن	زیرمعیار	وزن	شاخص	وزن	شاخص	وزن
هیدرواقلیم	۰/۱۲۴	شدت بارش	۰/۲۶۸	<۳۳	۰/۰۸	<۳۳/۶	۰/۰۸
				۳۳-۴۸/۷	۰/۳۸	۳۳/۶-۵۰	۰/۳۸
				>۴۸/۷	۰/۵۴	>۵۰	۰/۵۴
		دبی ویژه	۰/۱۱۷	<۲/۳۳	۰/۰۸	<۳/۸	۰/۰۸
				۲/۳۳-۳/۶	۰/۳۸	۳/۸-۶/۵	۰/۳۸
				>۳/۶	۰/۵۴	>۶/۵	۰/۵۴
		سیل‌خیزی	۰/۶۱۴	<۲۲/۸	۰/۰۸	<۱۶/۱۴	۰/۰۸
				۲۲/۸-۳۳/۴	۰/۳۸	۱۶/۱۴-۲۵/۱۵	۰/۳۸
				>۳۳/۴	۰/۵۴	>۲۵/۱۵	۰/۵۴
فیزیوگرافی	۰/۰۵۸	درصد شیب	۰/۶۶۷	<۳۲/۷	۰/۰۸	<۲۱/۳۸	۰/۰۸
				۳۲/۷-۴۳/۵	۰/۳۸	۲۱/۳۸-۵۶/۵	۰/۳۸
				>۴۳/۵	۰/۵۴	>۵۶/۵	۰/۵۴
		شکل حوزه	۰/۳۳۳	<۰/۲۲	۰/۰۸	<۰/۲۴	۰/۰۸
				۰/۲۲-۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۲۴-۰/۴۶	۰/۳۸
				>۰/۴۵	۰/۵۴	>۰/۴۶	۰/۵۴
حساسیت خاک و سازند به فرسایش	۰/۴۰۹	خاک	۰/۳۳۳	<۰/۴	۰/۰۸	<۰/۴۱	۰/۰۸
				۰/۴-۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۴۱-۰/۵۴	۰/۳۸
				>۰/۴۴	۰/۵۴	>۰/۵۴	۰/۵۴
		سازند	۰/۶۶۷	<۱/۱۲	۰/۰۸	<۱/۱۴	۰/۰۸
				۱/۱۲-۱/۲۸	۰/۳۸	۱/۱۴-۱/۶	۰/۳۸
				>۱/۲۸	۰/۵۴	>۱/۶	۰/۵۴
اقتصادی واجتماعی	۰/۴۰۹	فاصله از روستا	۰/۶۰۵	۰-۲۰۰	۰/۰۸	۰-۲۰۰	۰/۰۸
				۲۰۰-۴۰۰	۰/۳۸	۲۰۰-۴۰۰	۰/۳۸
				>۲۰۰	۰/۵۴	>۲۰۰	۰/۵۴
		فاصله از جاده	۰/۱۰۵	۰-۲۰۰	۰/۰۸	۰-۲۰۰	۰/۰۸
				۲۰۰-۴۰۰	۰/۳۸	۲۰۰-۴۰۰	۰/۳۸
				>۲۰۰	۰/۵۴	>۲۰۰	۰/۵۴
		کاربری اراضی	۰/۲۹۱	مسکونی	۰/۳۹۲	مسکونی	۰/۳۹۲
				باغ	۰/۲۲۷	باغ	۰/۲۲۷
				زراعت	۰/۱۵۸	زراعت	۰/۱۵۸
				جنگل	۰/۱۰۲	جنگل	۰/۱۰۲
				مرتع	۰/۰۵۹	مرتع	۰/۵۹
				رها شده	۰/۰۳۸	رها شده	۰/۳۸
				برون‌زد سنگی	۰/۰۲۴	برون‌زد سنگی	۰/۲۴

مکان‌یابی محل احداث بندهای گابیونی

براساس نتایج حاصل از هم‌پوشانی معیارها و تهیه‌ی لایه‌ی نهایی مکان‌یابی محل احداث بندهای گابیونی در زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۲، اولویت‌بندی این سازه‌ها در شکل (۱۲) و جدول (۷) و (۸) ذکر شده‌است. با بررسی رتبه‌ی زیرحوزه‌ها مشاهده می‌شود که اولویت‌های ۱ تا ۵ احداث بندهای گابیونی به‌ترتیب متعلق به زیرحوزه‌های شماره‌ی ۳۶، ۳۵، ۳۴، ۳۲ و ۵۷ است (جدول ۷) که اغلب در منتهی‌الیه حوزه‌ی آبخیز قرار دارد؛ یعنی جایی که مواد آبرفتی وگسسته با بالاترین درجه حساسیت به فرسایش، نزدیک به مناطق مسکونی و دبی بالا وجود دارد. زیر حوزه-های شماره‌ی ۱۹، ۳ و ۱ کمترین رتبه را کسب کردند (وجود سنگ آهک و ماسه‌سنگ کوارتزیتی با حساسیت پایین نسبت به فرسایش). زیر حوزه‌ی شماره ۳۶ با وزن نهایی ۰/۴۵۳ (جدول ۷) و اختلاف زیاد نسبت به زیرحوزه‌های دیگر،

در اولویت اول و زیرحوزه‌ی ۱ با وزن ۰/۱۱۳، در اولویت آخر احداث بندهای گابیونی در آبراهه‌ی درجه دو قرار دارد. در این زیرحوزه با توجه به جدول (۸) زیرمعیار نزدیکی به روستا (W=۰/۳۲)، وجود سازندهایی مانند شیل، ماسه‌سنگ و زغال‌سنگ (W=۰/۳۶) و شیب زیاد (W=۰/۳۶) نسبت به دیگر زیرحوزه‌های منطقه دارای وزن بیشتری بود و در نتیجه رتبه‌ی اول را در احداث بند گابیونی به خود اختصاص داد.



شکل ۱۲: اولویت‌بندی مکانی محل احداث بندهای گابیونی درزیرحوزه‌های با آبراهه‌ی درجه ۲

جدول ۷: اولویت‌بندی زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۲ برای احداث بندهای گابیونی

زیرحوزه	وزن	رتبه	زیرحوزه	وزن	اولویت بندی	زیرحوزه	وزن	رتبه
۹	۰/۱۷۷	۴۳	۶۰	۰/۲۰۸	۲۲	۳۶	۰/۴۵۳	۱
۳۸	۰/۱۷۰	۴۴	۲۹	۰/۲۰۸	۲۳	۳۵	۰/۲۸۸	۲
۴۷	۰/۱۵۴	۴۵	۳۰	۰/۲۰۷	۲۴	۳۴	۰/۲۶۶	۳
۱۷	۰/۱۴۶	۴۶	۴۳	۰/۲۰۷	۲۵	۳۲	۰/۲۶۴	۴
۳۷	۰/۱۴۲	۴۷	۶	۰/۲۰۶	۲۶	۵۷	۰/۲۶۱	۵
۱۶	۰/۱۳۹	۴۸	۵۸	۰/۲۰۴	۲۷	۴۲	۰/۲۵۱	۶
۲۷	۰/۱۳۸	۴۹	۵۵	۰/۲۰۲	۲۸	۴۰	۰/۲۴۹	۷
۳۹	۰/۱۳۷	۵۰	۵۲	۰/۱۹۹	۲۹	۲۲	۰/۲۴۷	۸
۴۹	۰/۱۳۶	۵۱	۱۴	۰/۱۹۹	۳۰	۳۳	۰/۲۴۵	۹
۲۵	۰/۱۳۰	۵۲	۵۴	۰/۱۹۸	۳۱	۲۱	۰/۲۴۱	۱۰
۲	۰/۱۲۸	۵۳	۴	۰/۱۹۷	۳۲	۲۳	۰/۲۳۳	۱۱
۲۶	۰/۱۲۷	۵۴	۴۶	۰/۱۹۴	۳۳	۵۰	۰/۲۳۲	۱۲
۲۸	۰/۱۲۶	۵۵	۲۰	۰/۱۹۳	۳۴	۳۱	۰/۲۳۲	۱۳
۴۱	۰/۱۲۳	۵۶	۵	۰/۱۹۲	۳۵	۴۴	۰/۲۲۷	۱۴
۱۰	۰/۱۲۲	۵۷	۶۳	۰/۱۹۲	۳۶	۵۱	۰/۲۲۷	۱۵
۱۱	۰/۱۱۷	۵۸	۱۳	۰/۱۸۷	۳۷	۱۵	۰/۲۲۳	۱۶
۷	۰/۱۱۶	۵۹	۶۲	۰/۱۸۳	۳۸	۲۴	۰/۲۲۰	۱۷
۱۹	۰/۱۱۶	۶۰	۵۳	۰/۱۸۲	۳۹	۵۹	۰/۲۱۷	۱۸
۳	۰/۱۱۵	۶۱	۱۲	۰/۱۸۱	۴۰	۵۶	۰/۲۱۶	۱۹
۱	۰/۱۱۳	۶۲	۸	۰/۱۷۹	۴۱	۴۵	۰/۲۱۶	۲۰
				۰/۱۷۹	۴۲	۱۸	۰/۲۱۰	۲۱

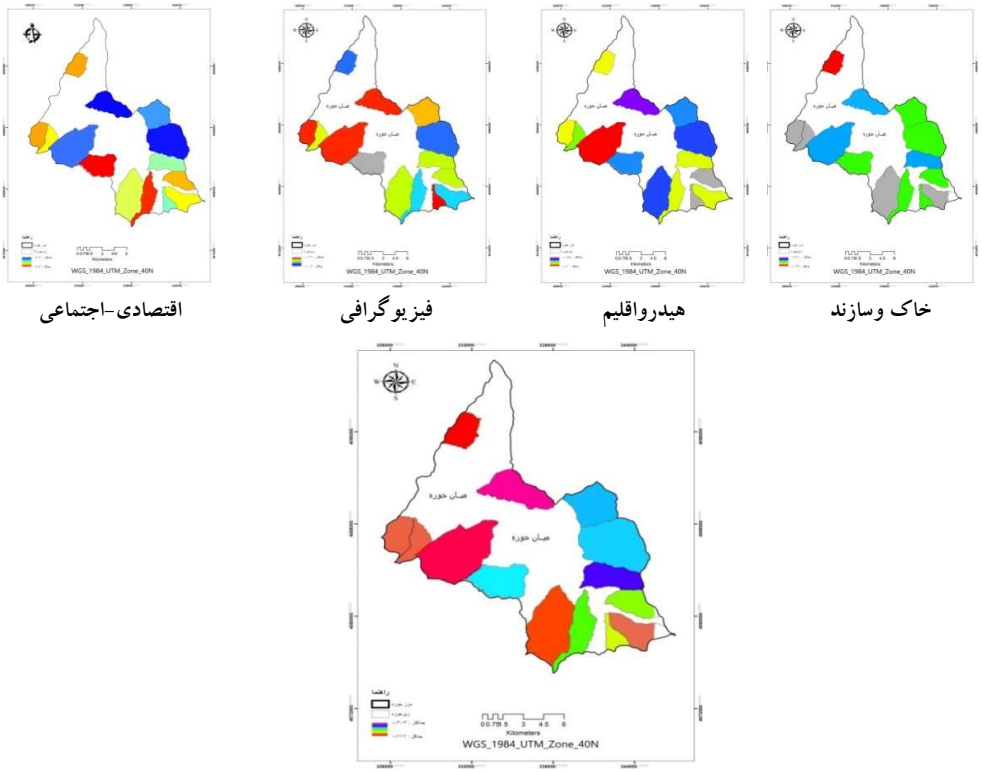
جدول ۸: وزن معیارها وزیرمعیارها در اولویت‌های ۱تا ۵ زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۲ برای احداث بند گابیونی

رتبه	زیرحوزه	وزن نهایی	فیزیوگرافی		هیدرواقلیم			خاک و سازند		اقتصادی و اجتماعی		
			درصد شیب	ضریب شکل	دبی ویژه	بارش برابر زمان تمرکز	سیل‌خیزی	فرسایش پذیری سازند	فرسایش پذیری خاک	فاصله از جاده	فاصله از روستا	کاربری اراضی
۱	۳۶	۰/۴۵۳	۰/۳۶	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۳۶	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۱۰
۲	۳۵	۰/۲۸۸	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۳
۳	۳۴	۰/۲۶۶	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳
۴	۳۲	۰/۲۶۴	۰/۲۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۳
۵	۵۷	۰/۲۶۱	۰/۲۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۳۶	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۳

مکان‌یابی محل احداث بندهای اصلاحی سنگی ـ ملاتی

مکان‌یابی محل احداث بندهای اصلاحی سنگی ـ ملاتی مشابه بند گابیونی است. پس از محاسبه‌ی ضریب اهمیت هر معیار و طبقه‌بندی زیرمعیارها با استفاده از ابزار Raster calculator، وزن هر معیار در لایه‌ی مربوط ضرب و تمام لایه‌ها با یکدیگر جمع می‌شود تا محل احداث بندهای سنگی ـ ملاتی در زیرحوزه‌های با آبراهه‌ی درجه ۳ اولویت‌بندی شود. پهنه‌بندی چهار معیار مورد بررسی و نقشه‌ی نهایی مکان‌یابی محل احداث بندهای اصلاحی سنگی ـ ملاتی حاصل از تلفیق نقشه‌ی وزنی معیارهای خاک و سازند، هیدرواقلیم، فیزیوگرافی و اقتصادی ـ اجتماعی در شکل (۱۳) آورده شده‌است. در نهایت در جدول (۹)، اولویت‌های محل احداث بند سنگی ملاتی و در جدول (۱۰)، وزن معیارها و

زیرمعیارهای اولویت‌های ۱ تا ۵ ــ که به ترتیب متعلق به زیرحوزه‌های (۱۴، ۱۰، ۱۳، ۶ و ۹) می‌باشد ــ نشـان داده‌شـده‌است.



شکل ۱۳: اولویت‌بندی محل احداث بندهای سنگی ـ ملاتی

جدول ۹: اولویت‌بندی مکانی زیرحوزه‌های با آبراهه درجه ۲ برای احداث بندهای سنگی ـ ملاتی

زیرحوزه	وزن نهایی	اولویت‌بندی
۱۴	۰/۳	۱
۱۰	۰/۳	۲
۱۳	۰/۲۹	۳
۶	۰/۲۷	۴
۹	۰/۲۴	۵
۸	۰/۲۳	۶
۷	۰/۲۲	۷
۳	۰/۲	۸
۵	۰/۱۹	۹
۲	۰/۱۸	۱۰
۴	۰/۱۴	۱۱
۱۱	۰/۱۳	۱۲
۱۲	۰/۱۳	۱۳
۱	۰/۱۳	۱۴

جدول ۱۰: وزن معیارها وزیرمعیارها در اولویت‌های ۱تا ۵ زیرحوزه‌ها با آبراهه درجه۳ برای احداث بند سنگی -ملاتی

اقتصادی و اجتماعی			خاک وسازند		هیدرواقلیم			فیزیوگرافی		وزن نهایی	زیرحوزه	اولویت
کاربری اراضی	فاصله از روستا	فاصله از جاده	فرسایش‌پذیری خاک	فرسایش‌پذیری سازند	سیل‌خیزی	بارش برابر زمان تمرکز	دبی ویژه	ضریب شکل	درصد شیب			
۰/۰۳۲	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۳۰۴	۱۴	۱
۰/۰۳۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۳۶	۰/۲۹۶	۱۰	۲
۰/۰۳۰	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۳۶	۰/۲۹۰	۱۳	۳
۰/۰۳۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۲۶۵	۶	۴
۰/۰۳۶	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۲۳۶	۹	۵

۵- بحث و نتیجه‌گیری

براساس نقشه‌ی نهایی اولویت‌بندی محل احداث بندهای سنگی ـ ملاتی (شکل ۱۳)، زیرحوزه‌ی شماره‌ی ۱۴ با وزن ۰/۳۰۴ به عنوان اولویت اول (در منتهی‌الیه حوزه که دارای شیب زیاد و فرسایش‌پذیری زیاد به دلیل وجود سازندهایی مانند سنگ آهک و مارن) و زیرحوزه‌ی شماره‌ی ۱ با وزن ۰/۱۲۹ اولویت آخر است (جنس سازند شیل، ماسه‌سنگ و زغال‌سنگ با حساسیت بالا به فرسایش و دوری از مناطق مسکونی و دوری از منابع قرضه). معیار زمین‌شناسی و خاک‌شناسی، همچنین معیار عوامل اقتصادی و اجتماعی دارای وزن بیشتری نسبت به معیارهای فیزیوگرافی و هوا اقلیم است. از بین زیرمعیارها، حساسیت به فرسایش سازند با وزن ۰/۳۶ دارای بیشترین تأثیر در انتخاب اولویت اول یعنی زیرحوزه‌ی ۱۴ است و زیر معیار فاصله از جاده با وزن ۰/۰۱ کمترین تأثیر را دارد. در تحقیق Souri و همکاران (2011)، چهار معیار اقتصادی -اجتماعی، اقلیم، هیدرولوژی، خاک و فیزیوگرافی، معیار هیدرولوژی برای مکان‌یابی بند گابیونی در میخوران کرمانشاه با روش AHP بررسی شد. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن بود که معیار هیدرولوژی با وزن ۰/۵۷۹ بیشترین و معیار فیزیوگرافی با وزن ۰/۰۷۱ کمترین تأثیر را دارد. همچنین از بین معیارهای تأثیرگذار بر مکان‌یابی بند سنگ ـ سیمان، معیار هیدرولوژی با وزن ۰/۵۷۳ بیشترین و معیارفیزیوگرافی با وزن ۰/۰۳۴ کمترین تأثیر را دارد. وزن معیارهای انتخاب شده در این تحقیق، فیزیوگرافی (۰/۰۵۸)، هیدرواقلیم (۰/۱۲۴)، خاک-شناسی و زمین‌شناسی (۰/۴۰۹) و اقتصادی ـ اجتماعی (۰/۴۰۹) است. در هر دو تحقیق، معیار فیزیوگرافی کمترین وزن را دارد، ولی بیشترین وزن در تحقیق Souri و همکاران (2011) مربوط به هیدرولوژی و در تحقیق حاضر مربوط به خاک و سازند و مسائل اقتصادی ـ اجتماعی است. در حوزه‌ی آبخیز قورچای به دلیل وجود سازندهای حساس به فرسایش مانند سیلت، مارن و سازندهای آهکی وخاک‌های لسی با بافت غنی رسی و پایین بودن نفوذپذیری، معیار خاک و سازند در ایجاد فرسایش اهمیت بیشتری دارد. همچنین تغییر کاربری اراضی و تبدیل زمین‌ها به کشت دیم و باغ به اهمیت یافتن معیار اقتصادی ـ اجتماعی منجر شده‌است؛ در حالی‌که در حوزه‌ی آبخیز میخوران کرمانشاه، بارندگی و پوشش گیاهی کمتر بوده و نفوذپذیری ساختمان خاک در مقایسه با خاک‌های لسی منطقه‌ی قورچای رامیان

بیشتر است و تأثیر کمتری بر مقدار فرسایش دارد. در تحقیق Emamgholi و همکاران (2015) نیز حساسیت به فرسایش، بیشترین امتیاز را دارد که مشابه این تحقیق است.

در دوراهان بختیاری (Aly و همکاران 2013) بعضی از عوامل به عنوان محدودیت در نظر گرفته شده‌است؛ به عنوان مثال، شیب بیش از ۴۰ وکمتر از ۵ درصد برای برنامه‌های حفاظت خاک بررسی نشده و در درخت سلسله مراتبی، به عنوان محدودیت در نظر گرفته شده‌است. شیب بین ۵ تا ۴۰ درصد وزن‌دهی شده و خارج از این محدوده دارای ارزش صفر می‌باشد و وزن‌دهی نشده‌است. همچنین Morghan (2005) با بررسی نقشه‌ی شیب در مناطق مختلف پیشنهاد داد که شیب کمتر از ۲۰ و بیش از ۷۵ درص،د کمتر به حفاظت خاک نیاز دارد. در حوزه‌ی آبخیز قورچای، نقشه‌ی شیب برای زیرحوزه‌ها وزن‌دهی شده‌است و زیرحوزه‌های با شیب بیشتر، وزن بیشتری را از لحاظ اولویت‌بندی به خود اختصاص داده‌اند که علت این امر، تأثیرگذاری میزان شیب بر زمان تمرکز است. در تحقیق Emamgholi و همکاران (2015) نیز شیب‌های کم و زیاد دارای امتیاز کمی هستند که بی‌نیازی این مکان‌ها به بندهای اصلاحی را نشان می‌دهد. ذکر این امر لازم است که در شیب‌های زیاد، امکان احداث سازه وجود ندارد و این مکان‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. به طورکلی، اندازه‌ی شیب یا مقدار فاصله از جاده یا دیگر موارد ــ که در تصمیم‌گیری‌ها لحاظ می‌شود ــ با توجه به هدف کار و وضعیت منطقه امتیاز داده می‌شود؛ زیرا عدد جهانی خاص برای این معیارها وجود ندارد. به بیان دیگر، شیب کمتر از ۵ درصد به کار ساختمانی نیاز ندارد و بیش از ۴۰ درصد نیز از لحاظ عملیات سازه‌ای ایجاد محدودیت می‌کند. در تحقیق Aly و همکاران (2013) در حوزه‌ی آبخیز دوراهان بختیاری، مکان‌های دارای برونزد سنگی و آبراهه‌های درجه ۲ دارای دسترسی به جاده مناسب احداث بندهای توری سنگی در نظر گرفته شده‌است، اما در این تحقیق مکان-های دارای برونزد سنگی، اهمیت کمی برای احداث سازه دارد. دلیل اهمیت برونزد سنگی برای احداث بند توری سنگی در دوراهان بختیاری، وجود سنگ برای استفاده در توری سنگ است که یکی از شاخص‌های مهم یعنی بحث اقتصادی احداث سازه‌ها می‌باشد. اما در این تحقیق فرض شده در مکان‌های دارای برونزد سنگی، کمترین مقدار فرسایش وجود دارد و نیازی به احداث سازه نمی‌باشد.

به منظور بررسی دقت روش AHP و GIS در مکان‌یابی سازه‌های اصلاحی، مقایسه‌ای با مکان‌های اولیه‌ی انتخاب شده توسط North Consulting Engineers (2006) انجام شد. نتایج نشان داد در بیشتر موارد نتیجه‌ی مکان‌یابی انجام گرفته در این تحقیق با نتایج اولیه‌ی کارشناسی مهندسین مشاور شمال منطبق است.

نتایج این تحقیق نیز همانند تحقیقات Aly و همکاران (2013)، Jamalia و همکاران (2010)، Ramesht و Arab Ameri (2013)، Radmehr و Araghinejad (2016)، Singh و همکاران (2017) - که استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را برای اولویت‌بندی مناسب و مفید می‌دانند - در یک راستا می‌باشد.

رشد سریع اقتصادی و فناوری در چند دهه‌ی اخیر، زندگی بشر را به‌شدت متحول و جوامع مدرن را با مسائل پیچیده‌ی تصمیم‌گیری مواجه کرده‌است که مشخصه‌ی اساسی این گونه مسائل، وجود معیارها یا اهداف ناموزون و ناسازگار مانند هزینه، قابلیت اطمینان، عملکرد، ایمنی و بهره‌وری می‌باشد. تصمیم‌گیری چند معیاره یک ی از رویکردهایی است که می‌توان از آن در حل مسائل پیچیده در حوزه‌های مختلف فعالیت انسان از علوم مهندسی گرفته تا علوم اجتماعی، اقتصاد و مدیریت استفاده کرد. پژوهش حاضر با هدف تعیین اولویت هر یک از

زیرحوزه‌های حوزه‌ی آبخیز قورچای به منظور احداث بندهای اصلاحی انجام شد. با توجه به اینکه در حوزه‌ی آبخیز با پدیده‌هایی مواجه هستیم که عواملی متعدد، پیچیده و غالباً کیفی چون شرایط آب و هوایی، فیزیوگرافی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و جوامع گیاهی و جانوری در رخ دادن آنها مؤثرند؛ بنابراین، تصمیم‌گیری در مورد مدیریت حوزه‌ی آبخیز به‌علت نقش متفاوت هر کدام از پارامترها بر پدیده‌ی مورد نظر بسیار مشکل است. در انتخاب بهترین طرح برای حوزه‌ی آبخیز، باید همه‌ی این عوامل در تصمیم‌گیری قابل توجه قرار گیرد و چه بسا نادیده‌گرفتن عوامل متعدد در بررسی‌های کارشناسی، اولویت‌های برنامه را با تغییرات اساسی مواجه می‌سازد (Dehghani et al, 2013). نتایج این پژوهش نیز نشان داد یک عامل به‌تنهایی نمی‌تواند اولویت اجرایی عملیات احداث بندهای اصلاحی را تعیین کند، بلکه مجموعه عوامل و آثار آنها تعیین‌کننده‌ی اولویت نهایی هستند. از آنجا که مدل‌های تصمیم‌گیری متعارف کارایی لازم را برای تبیین این معیارها ندارند، بنابراین از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده می‌شود. این مدل‌ها، امکان ورود همزمان چندین تصمیم‌گیرنده را با معیارها و اهداف گوناگون فراهم می‌آورد و در تبیین دقیق مدل‌های تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی بندهای اصلاحی از قابلیت لازم برخوردار است. برای اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از زیرمعیارها و شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. به دلیل نبود آستانه یا ابزار مشخص برای تعیین ارزش و اهمیت دقیق شاخص‌ها و معیارها، نظر کارشناسان و افراد باتجربه با یکدیگر ترکیب و با استفاده از روش‌های چندمعیاره، وزن نهایی شاخص‌ها محاسبه می‌شود.

براساس نتایج پرسش‌نامه‌ها از بین عوامل مطالعاتی، معیارهای زمین‌شناسی و خاک‌شناسی با وزن ۰/۴۰۹ و عوامل اقتصادی و اجتماعی با وزن ۰/۴۰۹ بیشترین وزن و اهمیت را در مکان‌یابی محل احداث بندهای سنگی ملاتی و گابیونی به‌دست آوردند. همچنین در اولویت‌بندی نهایی زیرحوزه‌های با آبراهه‌ی درجه ۳ برای احداث بند اصلاحی سنگی ـ ملاتی، رتبه‌ی اول تا پنجم به زیرحوزه‌های شماره‌ی ۱۴، ۱۰، ۱۳، ۶ و ۹ و رتبه‌ی آخر به زیرحوزه‌ی شماره‌ی ۱ اختصاص یافت. در زیرحوزه‌های با آبراهه‌ی درجه ۲، اولویت‌بندی نواحی محل احداث بند اصلاحی گابیونی برای اولویت اول تا پنجم به ترتیب زیرحوزه‌های ۳۶، ۳۵، ۳۴، ۳۲ و ۵۶ است. اولویت‌بندی محل احداث بندهای سنگی ـ ملاتی و گابیونی، موقعیت مکانی محل‌هایی از حوزه را نشان می‌دهد که به اقدامات حفاظتی بیشتری نیاز دارد و برنامه‌ریزی‌های آینده را در خصوص عملیات سازه‌ای تسهیل می‌سازد. مقایسه‌ی مکان‌های تعیین شده توسط North Consulting Engineers (2006) با این تحقیق نشان می‌دهد که در ۷۰٪ مکان‌ها، همپوشانی مناسبی وجود دارد. به طور کلی، بازدیدهای میدانی نشان داد که مکان‌یابی بندهای اصلاحی گابیونی نسبت به بندهای سنگی ملاتی با دقت بیشتری انجام شده‌است؛ بنابراین در این روش پس از تعیین اولویت‌های مکانی، برای تأیید ساختگاه‌ها به بازدیدهای میدانی نیاز می‌باشد. در روش تحلیل سلسله مراتبی، نظر چندین کارشناس قابل توجه قرار می‌گیرد و مکان‌یابی بر اساس نظر افراد مختلف انجام می‌شود، اما در حالت معمول نظر یک کارشناس یا تعداد بسیار محدودی از افراد قابل توجه است و باعث افزایش احتمال خطا می‌شود.

هدف کاربردی این پژوهش، کمک به مدیران و تصمیم‌گیران در بخش اجرایی آبخیزداری برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه‌های موجود و رتبه‌بندی مکان سازه‌ها براساس انتخاب بهترین گزینه‌های تصمیم و تأکید بر تصمیم‌گیری‌های کارا با معرفی و کاربرد روش‌های علمی تصمیم‌گیری است.

منابع

1. Abbasi, A. A., 2012. Field survey and presenting a new relationship for determining the gradient in upstream corrective sections, *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 19 (6), 1- 6. (in Persian).
2. Ahmadi Pirmoradi, R.; Nakhaei, M.; & F. Asadiyan, 2010. Determination of suitable areas for the construction of underground dam using geographic information system and hierarchical analysis (A case study of Malayer plain in Hamadan province), *Journal of National Geography*, 3 (8), 51- 66. (in Persian).
3. Ahmadi, H.; Nazari Samani, A. A.; Ghoddousi, J.; & M. R. Ekhtesasi, 2004. A Model for Evaluation of Watershed Management Projects, *Iranian Journal of Natural Resources*, 56 (3), 337 - 349. (in Persian).
4. Al-Adamat, R.; Diabat, A.; & G. Shatnawi, 2010. Combining GIS with multicriteria decision making for siting water harvesting ponds in Northern Jordan, *Journal of Arid Environments*, 74 (11), 1471 - 1477.
5. Al-shabeeb, A. R., 2016. The Use of AHP within GIS in Selecting Potential Sites for Water Harvesting Sites in the Azraq Basin—Jordan, *Journal of Geographic Information System*, 8 (1), 73 - 88.
6. Aly, A. A.; Saltani, S.; Bashari, H.; & A. honarbakhsh, 2013. The location of rocky and Ghabion check dams in watershed of Dorahean in Chaharmahal and Bakhtiari province, Paper presented at The First National Conference of Water Use Optimization, Iran. (in Persian)
7. Bouaziz, M.; Leidig, M.; & R. Gloaguen, 2011. Optimal parameter selection for qualitative regional erosion risk monitoring: A remote sensing study of SE Ethiopia, *Geoscience Frontiers*, 2 (2), 237 - 245.
8. Chabak Boldachi, M.; Hassanzadeh Nefoti, M.; & Z. Ebrahimi Khosfi, 2011. Location of the flood spreading area using Analytical Hierarchy Process Analysis (AHP) Case Study: Eshgabad Watershed Tabas, *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 4 (13), 31- 40. (in Persian).
9. Chezgi, J.; Moradi, H. R.; & M. M. Kheirkhah, 2011. Location of suitable sites for construction of underground dam using a multi-criteria decision-making method with an emphasis on water resources (Case study: West of Tehran province), *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 4 (3), 65 - 78. (in Persian).
10. Choo, T. H.; Ahn, S. H.; Yang, D. U.; & G. S. Yun, 2017. A Study on the Estimating Dam Suitable Site based on Geographic Information using AHP, Paper presented at 6th International Conference on Developments in Engineering and Technology, Thailand.
11. Comprehensive Executive plan of Ghorchai basin., 2006. Iran: North Consulting Engineers. (in Persian)
12. Da-Chuan, R. A. N.; Quan-Hua, L. U. O.; Zu-Hao, Z. H. O. U.; Guo-Qing, W. A. N. G.; & X. H. Zhang, 2008. Sediment retention by check dams in the Hekouzhen-Longmen Section of the Yellow River, *International Journal of Sediment Research*, 23 (2), 159 - 166.
13. Dehghani, M.; Ghasemi, H.; & A. Malekian, 2013. Prioritization of flood control and control operations Erosion using fuzzy logic method (Case study: Furga Watershed), *Journal of Rangeland and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources*, 66 (1), 73 - 88. (in Persian).
14. Emamgholi, M.; Khosravi, Kh.; & N. Sedaii, 2015. Suitable site selections for gabion check dams construction using analytical hierarchy process and decision making methods, *Journal of Soil Environment*, 1 (1), 35 - 44.
15. Eskandari, M.; Dasturani, M. T.; Ftahi, A.; & A. Nasri, 2012. Evaluation of Watershed Management actions on Zayanderood watershed (case study: sub catchment), Paper presented at the Third National Conference on Integrated Water Resources Management, Iran. (in Persian).

16. Forzieri, G.; Gardenti, M.; Caparrini, F.; & F. Castelli, 2008. A methodology for the pre-selection of suitable sites for surface and underground small dams in arid areas: A case study in the region of Kidal, Mali, *Physics and Chemistry of the Earth*, 33 (1), 74 - 85.
17. Garde, R. J., 2006. River Morphology. New Delhi: New Age International.
18. Ghazal, N. K., & S. R. Salman., (2015). Determining the Optimum Site of Small Dams Using Remote Sensing Techniques and GIS. *International Journal of Scientific Engineering and Research*. 3 (9), 69 - 73.
19. Gitau, I. K., & C. N. Mundia., (2017). GIS Modeling for an Optimal Road Route Location: Case Study of Moiben-Kapcherop-Kitale Road. *American Journal of Geographic Information System*. 6 (1), 26 - 39.
20. Jamalia, A. A.; Ghoddousi, J.; & M. Farahpourc, 2010. Spatial multi criteria analysis and decision techniques in order to watershed prioritizing for gabion check dams building, *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 90 (2), 1 - 9. (in Persian)
21. Javan, M.; Seyedian, S. M.; Kaheh, M.; & A. Heshmat Pour, 2015. Evaluation of Check Dams' Height on Pick and Volume Flood (Case Study: Gorgandooz Watershed), *Irrigation Science and Engineering*, 39 (4), 60 - 70. (in Persian).
22. Kamali, N.; Ahmadi, H.; Sadeghipur, A.; & P. Kamali, 2011. Investigation on Environmental Factors Influencing Water Erosion Case Study: Taleghan Basin, Varkesh Sub-basin, *Environmental Erosion Research Journal*, 1 (4), 1 - 16. (in Persian)
23. Karimzadeh, K., 2009. Technical appraisal of the effects of Watershed management operations on river flow (Case study: Sierra-Kalav watershed), Master's thesis, University of Tehran, 104 p. (in Persian).
24. Kheirkhah Zarkesh, M. M.; Naseri, H. R.; Davodi, M. H.; & H. Salami, 2008. Using analytical hierarchy process for ranking suitable location of groundwater dams construction, case study: Northern slopes of Karkas mountains in Natanz, *Pajouhesh & Sazandegi*, 21 (2), 93 - 101. (in Persian).
25. Mahdavi, M., 2000. Applied Hydrology. Iran: Tehran University Press. (in Persian).
26. Malekian, A.; Oftadegan Khuzani, A.; & Q. Ashurnejad, 2013. Flood Hazard Zoning in Watershed Scale using Fuzzy Logic (Case study: Akhtar Abad Watershed), *Natural Geography Research Quarterly*, 44 (4), 131 - 152. (in Persian).
27. Marinoni, O., 2004. Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS, *Computers & Geosciences*, 30 (6), 637 - 646.
28. Mishra, A.; Froebrich, J.; & P. W. Gassman, 2007. Evaluation of the SWAT model for assessing sediment control structures in a small watershed in India, *Transactions of the ASABE*, 50 (2), 469 - 477.
29. Morghan, R. P. C., 2005 Soil Erosion and Conservation. USA: Blackwell publication.
30. Nichols, M. H.; McReynolds, K.; & C. Reed, 2012. Short-term soil moisture response to low-tech erosion control structures in a semiarid rangeland, *Catena*, 98, 104 - 109.
31. Nikjoy, M., & H. Rouhani., (2014). Zoning the flood potential potential of Ghorchai Ramayan Basin. *Extension and Development of Watershed Management*. 3 (10), 36 - 29. (in Persian).
32. Nourali, G. M. M.; Najafi, N. A.; & N. Noura, 2008. THE study of performance of nowkandeh multipurpose dam in province of golestan for flood control using hec-hms model, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan*, 15 (1), 119 - 130. (in Persian).
33. Peng, S. H., & C. Tang., (2015). Blending the Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Logical Systems in Scenic Beauty Assessment of Check Dams in Streams. *Water*. 7 (12), 6983 – 6998.

34. Peyrowan, H. R., & M. Shariat Jafari., (2013). Presentation of a comprehensive method for determining erodibility rate of rock units with a review on Iranian geology. Journal of Watershed Engineering and Management. 5 (1), 199 - 213. (in Persian).
35. Radmehr, A., & S. Araghinejad., (2016). Optimal Urban Flood Management Using Spatial Multi Criteria Decision Making Approach. *Amirkabir Journal of Civil and Environmental Engineering*. 48 (3), 227 - 240. (in Persian)
36. Ramesh, M. H., & A. Arab Ameri., (2013). The zoning of Bayaziye basin for the purpose of artificially feeding groundwater using the AHP and GIS. *Journal of Geography and Planning*. 17 (45), 69 - 96. (in Persian).
37. Rouhani, H., & A. Mohammadi Ostad Kabh., (2015). Application of Bootstrap Remarketing Method and Multi-Criteria Decision-Making in Priority Flood Potential. *Quantitative geomorphology sciences*. 4 (3), 181 - 196. (in Persian).
38. Sikka, A. K.; Samra, J. S.; Sharda, V. N.; Samraj, P.; & V. Lakshmanan, 2003. Low flow and high flow responses to converting natural grassland into bluegum (Eucalyptus globulus) in Nilgiris watersheds of South India, *Journal of hydrology*, 270 (1-2), 12 - 26.
39. Singh, L. K.; Jha, M. K.; & V. M. Chowdary, 2017. Multi-criteria analysis and GIS modeling for identifying prospective water harvesting and artificial recharge sites for sustainable water supply, *Journal of Cleaner Production*, 142, 1436 - 1456.
40. Souri, M.; Jafari, M.; Azarnivand, H.; Ghodousi, J.; & M. Farahpour, 2011. Determining suitable locations for small dams using analytical hierarchy process and geographical information systems (Case study: Kermanshah Province), *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 97 (2), 83 - 91. (in Persian).
41. Vaezi, A. R.; Abbasi, M.; Keesstra, S.; & A. Cerdà, 2017. Assessment of soil particle erodibility and sediment trapping using check dams in small semi-arid catchments, *Catena*, 157, 227 - 240.
42. Vaziri, F., 1993. Determination of regional relations of short-term rainfall in Iran, University of Khajehnasiruddin, Tehran. (in Persian).
43. Vulević, T.; Dragović, N.; Kostadinov, S.; Simić, S. B.; & I. Milovanović, 2015. Prioritization of Soil Erosion Vulnerable Areas Using Multi-Criteria Analysis Methods, *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (1), 317 - 323.
44. Wang, X., & P. Cui., (2005). Support soil conservation practices by identifying critical erosion areas within an American watershed using the GIS-AGNPS model. *Journal of Spatial Hydrology*. 5 (2), 31 - 44.
45. Xiang-zhou, X.; Hong-wu, Z.; & Z. Ouyang, 2004. Development of check-dam systems in gullies on the Loess Plateau, China, *Environmental Science & Policy*, 7 (2), 79 - 86.
46. Yasser, M.; Khazaei, J.; & M. Ataei, 2013. Earth dam site selection using the analytic hierarchy process (AHP): a case study in the west of Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, 6 (9), 3417 ‑ 3426.
47. Yue, J.; Chen, B.; & M. C. Wang, 2006. Generating ranking groups in the analytical hierarchy process, *Journal of the Operational Research Society*, 57 (2), 190 - 201.
48. Zhao, G.; Kondolf, G. M.; Mu, X.; Han, M.; He, Z.; Rubin, Z.; & W. Sun, 2017. Sediment yield reduction associated with land use changes and check dams in a catchment of the Loess Plateau, China, *Catena*, 148, 126 - 137.

Check dam suitable locations for erosion control using hierarchical analysis process

Iraj Rahimi: Graduated Student, Department of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad- Kavous.

Seyed Morteza Seyedian[1]: Assistant Professor, Department of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad- Kavous.

Hamed Rouhani: Assistant Professor Department of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad- Kavous.

Reza Ahmadi: Master of Science in Watershed Management, Watershed Management and Natural Resources Office of Gorgan.

Article History (Received: 2018/12/2 Accepted: 2019/04/21)

1- Introduction

Watershed describes an area of land that contains a common set of streams and rivers , which all drain into a single large body of water. For sustainable management of watersheds, soil erosion is a major factor, which accelerates the rate of land degradation and hence influences agricultural productivity, run off movement and sometimes leads flood in the lower basin. Soil is one of the most important elements of natural resources in each country. In areas where erosion is not controlled, soil gradually erodes and loses fertility. There are two methods to maintain soil and prevent erosion: direct method and indirect method. One of the direct methods to prevent erosion is the construction of checking dam. These structures are constructed in floodplains and perpendicular to the flow of reducing water velocity and run off erosion by reducing the bed slope. Check dams are constructed using materials such as wood, stone, rock, and mortar and gravel (gabion). The aim of the present research is to determine the suitable location of mortar and gabion check dam in Ghorchay Ramiyan watershed based on multi-criteria decision-making methods.

2- Methodology

Gorkhay basin (one of the sub basins of Gorgan Rood basin) is located in the southern Gorgan Rood basin and in south of the city of Ramiyan, Golestan province. The hydrometric stations of Ramiyan and Nodeh were used for data analysis that located inside and in the neighbor of study area respectively. Criteria and indicators are chosen for evaluation of topic. The research criteria were also considered as factors influencing the location of check dam construction site in separate clusters for the second layer. The classes or options are classified in the third layer based on the risk classes in a separate cluster. In a hierarchy analysis, the normalization is performed using Saati method on the comparison matrix. In this research, the vector of the weight of the options is calculated using the geometric mean method. Prioritization was done using the AHP model and GIS based on effective criteria such as physiography, hydrology, geology , soil science and socioeconomic factors.

3- Results

The weight of socioeconomic, hydrological, physiographic, soil and geological criteria is equal to 0.409, 0.124, 0.0558 and 0.409 respectively, which indicates the impact of criteria on site selecting of gabion and stone-mortar check dam. Based on weights prioritization, priorities 1 to 5 is selected for construction stone-mortar check dam belongs to 14, 10, 13, 6 and 9 sub-basin. Sub-basin No. 14 with a weight of 0.304

[1] **Corresponding Author: s.m.seyedian@gmail.com**

* نویسنده مسئول: s.m.seyedian@gmail.com

is the first priority and sub-basin No. 1 with weight of 0.129 is the last priority. Among the sub-criteria, the sub- criteria of sensitivity to erosion of geology formation with 0.36 weight has the greatest effect and the sub- criteria of flooding coefficient and slop percent with weight 0.05 have the least effect on the selection of the first priority, that is, sub-basin No. 14. On the basis of prioritization of 62 sub-basins final weights with 2nd grade channel for construction of gobbins, the priorities 1 to 5 belong to the sub-basins 35-35-34-32-57, respectively. Sub-basin No. 36 with a weight of 0.453 as the first priority and sub-basin No. 1 with a weight of 0.113 was proposed as the last priority for construction of gabion.

4- Discussion & Conclusions

The rapid growth of technology and economic has transformed human's life in recent decades and has challenged modern societies with sophisticated decision making. The basic characteristic of such issues is the existence of non-homogeneous and inappropriate criteria or objectives, such as cost, reliability, performance, safety and productivity. Sub-basin No. 14 with weight 0.304 as the first priority (at the end of the basin, which has a slope and high erosion due to formations such as limestone and marn) and sub basin No. 1 is the last priority with weight 0.129 (Shale Formation, Sandstone and coal with high sensitivity to erosion and distance from residential areas and away from resources). Among the sub-criteria, formation erosion sensitivity sub-criteria with weight 0.36 has the greatest effect and the sub-criterion of distance from the road with a weight of 0.01 has the least effect on the selection of the first priority, the sub-basin No. 14. The purpose of this research is to assist managers and decision makers in the Watershed Management Department to select the most appropriate options and to rank the location of structures based on choosing the best decision options and emphasizing on effective decision making by introducing and applying scientific decision making methods.

Key Words: Site Prioritization, GIS, AHP, Ghorchay.