دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

مکان‌یابی مناطق مناسب برای پخش سیلاب با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی در حوزه آبخیز سد باغان بوشهر

حمید محقق پور[۱]، ایوب بحرانی فرد[۲]، سیاوش کلبی[۳] و نسیم آرمان[۴]

۱- کارشناس ارشد آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان بوشهر، (نویسنده مسوول: Hamid.mohagheghpour@gmail.com)
۲- کارشناس ارشد آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان بوشهر
۳- دکتری علوم جنگل، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان بوشهر
۴- دکتری آبخیزداری، استادیار دانشگاه خاتم‌الانبیاء بهبهان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۴
صفحه: ۱۴۵ تا ۱۵۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: پخش سیلاب یکی از روش‌های مناسب برای مهار و استفاده بهینه از سیلاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و به‌دنبال آن، مکانیابی مناطق مستعد برای پخش سیلاب از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. هدف از این پژوهش، مکان‌یابی مناطق مستعد برای پخش سیلاب در حوزه آبخیز سد باغان شهرستان جم واقع در استان بوشهر می‌باشد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور، لایه‌های تأثیرگذار شامل شیب، کاربری اراضی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و گسل به‌عنوان گزینه‌های معیار ویژگی‌های فیزیکی، لایه‌های نفوذپذیری و ضخامت آبرفت به‌عنوان گزینه‌های معیار ویژگی‌های هیدرولوژیکی و لایه‌های فاصله از چاه، قنات، شهر و روستا و جاده به‌عنوان گزینه‌های معیارهای ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی، به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی رقومی در نظر گرفته شد و با منطق فازی استانداردسازی گردید. در مرحله بعد لایه‌های شیب، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی نیز به‌عنوان محدودیت با منطق بولین استانداردسازی شد. بر اساس میانگین‌گیری از نظرات کارشناسان، لایه‌ها به روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) وزن دهی و نرخ ناسازگاری (۰/۰۹) محاسبه گردید. تلفیق لایه‌ها با روش ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCE) و تکنیک ترکیب خطی وزنی (WLC) انجام و نقشه‌های نهایی مناطق مستعد تهیه گردید.

یافته‌ها: نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، نشان داد که عامل فاصله از گسل با وزن ۰/۲۳۸ دارای بیشترین و عامل فاصله از چاه با وزن ۰/۰۰۵ دارای کمترین ارزش در مکان‌یابی پخش سیلاب در حوزه آبخیز سد باغان بودند. نرخ ناسازگاری برابر ۰/۰۹ محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصل از تلفیق معیاره ها توسط نرم‌افزار Terrset، حوزه آبخیز سد باغان به ۵ منطقه نامناسب (۸۸ درصد)، ضعیف (۰/۱۰ درصد)، متوسط (۱/۶ درصد)، خوب (۵ درصد) و خیلی خوب (۵/۳ درصد) (شکل ۱۴) تقسیم‌بندی شد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان داد که ۸۸ درصد از این منطقه دارای قابلیت نامناسب، ۰/۱ درصد دارای قابلیت ضعیف، ۱/۶ درصد دارای قابلیت متوسط، ۵ درصد دارای قابلیت خوب و ۵/۳ درصد دارای قابلیت خیلی خوب برای پخش سیلاب می‌باشد. نقشه نهایی با وضعیت موجود منطقه توسط ۳۰ نقطه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی نشان داد که بین نقشه نهایی و وضعیت عرصه، تفاوت معناداری وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، ارزیابی چندمعیاره مکانی، باغان، تحلیل سلسه‌مراتبی، سیلاب

مقدمه

از گذشته تاکنون، آب و انرژی از بااهمیت‌ترین منابع دارای بحران جدی هستند. کارشناسان، صاحب‌نظران و متخصصین در عرصه منابع طبیعی به این نتیجه رسیده‌اند که تنها راه‌کار مقابله با این تبعات احتمالی، روش‌های منتهی به بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی تجدیدشونده و به‌خصوص خاک و آب است (۱۳). براساس پیش‌بینی کارشناسان فائو، میزان سرانه منابع آب ایران از ۲۲۰۰ مترمکعب در سال ۱۹۹۰، به عددی حدود ۷۲۶ تا ۸۶۰ مترمکعب، در سال ۲۰۲۵ میلادی کاهش می‌یابد و بر این اساس کشور ایران با کمبود شدید آب روبرو است (۲۶). در مناطق خشک و نیمه‌خشک که ریزش‌های جوی ضمن ناچیز بودن از پراکنش نامتناسب برخوردار هستند، استفاده و بهره‌برداری از سیلاب‌ها کلید حل بسیاری از مشکلات ناشی از کم‌آبی می‌باشد (۱۱). پخش سیلاب بر آبخوان‌ها از روش‌های مناسب برای مهار و استفاده بهینه از سیلاب و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آید (۲۵،۵). پخش سیلاب عبارت است از مهار سیلاب (هرزآب‌های سطحی) و گسترش آن به‌وسیله عملیات مکانیکی ساده در سطح زمین براثر نیروی ثقل (۸). یکی از ویژگی‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا که بخش‌های وسیعی از کشور ما را نیز شامل می‌شود، وجود خشک‌سالی‌های متوالی و بروز سیلاب‌های مهیب و مخرب است. با توجه به کاهش بارندگی، توزیع نابرابر زمانی و مکانی بارش و همچنین ناتوانی در تأمین نیاز آبی، به دلیل نبود رودخانه‌های دائمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده مناسب از رواناب‌های سطحی در زمان بارش‌های طولانی، شدید و سیل‌آسای باران، تغذیه و به‌دنبال آن افزایش آب سفره‌های زیرزمینی را در پی خواهد داشت. نتایج حاصل از مقایسه آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی نشان می‌دهد که آب‌های زیرزمینی ازنظر کمیت، میزان ذخیره طبیعی، امکان استفاده از ذخایر در تمام فصول، میزان تبخیر و تعرق، کاهش آلودگی، کاهش میزان تصرف زمین و ایجاد نشدن جریان‌های سیلابی مخرب، نسبت به آب‌های سطحی برتری دارد. در بیشتر کشورها ازجمله ایران و از ادوار گذشته تاکنون، سامانه‌های پخش سیلاب به‌عنوان آسان‌ترین و ارزان‌ترین روش برای مهار رواناب و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، شناخته‌شده است. در این شرایط اقلیمی، استفاده از سیلاب‌ها با روش‌های پخش و تزریق در آبخوان‌ها می‌تواند آثار تخریبی آن‌ها را کاهش داده و باعث تقویت منابع آب‌های زیرزمینی گردد (۲۲) و سهمی از نیازهای مردم در مصارف شرب، صنعت و کشاورزی را تأمین کند. مکان‌یابی مناطق مناسب برای اجرای پخش سیلاب برای کمک به تغذیه سفره‌های آب

زیرزمینی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و تأثیر به‌سزایی در عملکرد سامانه‌های پخش سیلاب‌ها دارد (۱۲،۳،۲). مکان‌یابی با روش درست و در مکانی مناسب منجر به کاهش هرچه بیشتر خسارات جانی و مالی و نفوذ بیشترین حجم سیلاب خواهد شد که این امر متضمن در نظر گرفتن داده‌های دقیق و درست است. به‌طورکلی فرآیند مکان‌یابی شامل مراحل شناخت، تهیه داده‌ها، تعیین فاکتورهای موردنیاز و تأثیرگذار، شناخت دقیق محدوده مطالعاتی، گردآوری و آماده‌سازی داده‌ها، تهیه و تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه خروجی دانست (۶،۱). بسیاری از محققین در تحقیقات و مطالعات خود از سامانه اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی و تخصیص خودکار زمین به کاربری‌های مختلف با روش‌های چندمعیاره و چند هدف استفاده کرده‌اند (۲۷،۲۴،۴). مطالعات متعددی به‌منظور مکان‌یابی در کشور انجام‌شده است که نتایج آن‌ها نشان داد که روش ارزیابی چندمعیاره مکانی در تشخیص سریع و دقیق پخش سیلاب کارآمد است و می‌توان از این مدل برای مکان‌یابی سامانه پخش سیلاب در حوزه‌های آبخیز مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده نمود (۲۳،۲۱،۲۰،۱۹،۱۰،۷).

یکی از مناسب‌ترین روش‌های ارائه‌شده برای مکان‌یابی، روش ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCE) است. این روش به‌وسیله فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی پشتیبانی می‌شود (۱۴). درواقع SMCE ترکیبی از MCE و GIS می‌باشد که هدف MCE مشارکت دادن فضاهای غیرمکانی همراه با وزن‌های آن‌ها برای ارزیابی می‌باشد (۱۸). این روش متشکل از روش‌هایی از قبیل مجموع وزن‌ها یا تحلیل‌های همگرایی است که در آن پارامترهای مرتبط به یک موضوع پس از وزن دهی و امتیازدهی، بر اساس نظر کارشناسان مجرب و همچنین بهره‌بردارها، رتبه‌بندی می‌شوند.

ماندهی (۱۵) در پژوهشی از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در مقابل سیل در شهر پونه هندوستان استفاده کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، در تصمیم‌گیری‌های مهمی که به‌طور مستقیم تعیین نمی‌گردند، ارزشمند می‌باشد.
نسینگهام و همکاران (۱۷) در رواندا از مدل SMCE برای ارزیابی زمین‌لغزش استفاده کردند. با استفاده از ۹۸۰ مکان زمین‌لغزش در سال‌های گذشته گذشته، اعتبارسنجی انجام شد و نتایج بسیار رضایت‌بخش عنوان گردید.
پارسایی و همکاران (۱۹) برای مکان‌یابی پخش سیلاب در استان گلستان، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده کردند. نقشه نهایی در سه کلاس نامناسب، مناسب و کاملاً مناسب تهیه گردید. نتایج کارایی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره را با صرف زمان و هزینه کم، اثبات نمود.

حسن‌زاده نفوتی و همکاران (۷) برای مکان‌یابی پخش سیلاب در حوضه پدوا شهرستان بم از روش ارزیابی چندمعیاره مکانی استفاده نمودند. با توجه به نتایج مثبت و همپوشانی مناسب، استفاده از این روش برای تشخیص سریع و دقیق مکان پخش سیلاب در مناطق مشابه کشور توصیه گردید.

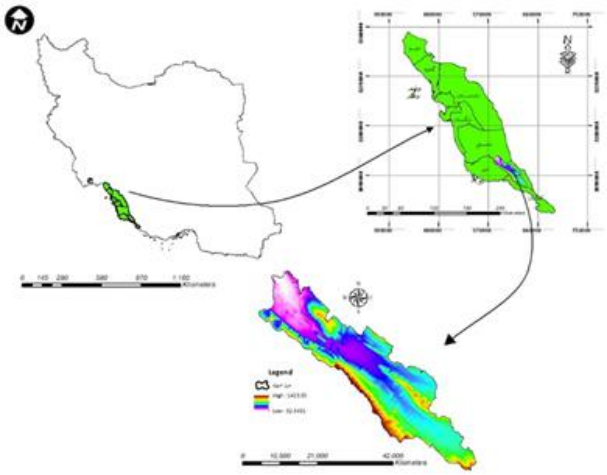
عباسپور و محمودی میمند (۱) برای مکان‌یابی مناطق مناسب پخش سیلاب در شهرستان خاتم یزد، از تلفیق سامانه‌های اطلاعات مکانی و تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کردند. نقشه نهایی به پنج طبقه کاملاً نامناسب تا کاملاً مناسب تقسیم‌بندی شد. نتایج نشان داد که نه درصد از مساحت شهرستان برای پخش سیلاب توان کاملاً مناسب دارد که این مکان‌ها روی مخروط افکنه‌ها، سازندهای دوران چهار و شیب‌های کمتر از سه درصد قرار دارند.
حسن‌شاهی و همکاران (۶) با به‌کارگیری مدل ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCE) اقدام به اولویت‌بندی محل‌های مناسب برای احداث سدهای اصلاحی توری سنگی (گابیون) در حوزه آبخیز گندمینه الیگودرز نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از این نوع مدل موجب تسریع در مکان‌یابی بندهای اصلاحی و همچنین افزایش دقت و کاهش هزینه‌ها در مدیریت حوزه آبخیز خواهد شد.

در سالیان اخیر به دلیل وجود پالایشگاه جم و منطقه صنعتی عسلویه، حوزه آبخیز سد باغان (مناطق جم، ریز و باغان) ازنظر صنعتی و به‌خصوص صنعت نفت به‌شدت گسترش پیداکرده است. کاهش مشهود سطح آب سفره‌های زیرزمینی، استخراج بی‌رویه آب‌های زیرزمینی، ازدیاد جمعیت منطقه، بارش‌های سیل‌آسا با حجم رواناب زیاد در زمستان و ساختار درشت‌دانه آبرفت‌های این حوضه، ضرورت مطالعه و تحقیق در خصوص چگونگی تغذیه مصنوعی و آب‌های زیرزمینی این حوزه آبخیز را نمایان می‌سازد. با توجه به قابلیت بالای روش ارزیابی چندمعیاره مکانی در تعیین مناطق مناسب، هدف از این پژوهش مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب با استفاده از روش تحلیل چندمعیاره مکانی و مقایسه میان مناطق پیش‌بینی‌شده توسط روش SMCE، با مناطق اجراشده پخش سیلاب در سال‌های گذشته در حوزه آبخیز سد باغان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد پژوهش

حوزه آبخیز سد باغان (شکل ۱) به مساحت ۹۰۹۱۹/۲ هکتار، در شهرستان جم و در ۲۲۰ کیلومتری جنوب شرق شهر بوشهر واقع شده است. این حوضه از دو بخش کوهستان و دشت تشکیل‌شده است. حوضه مذکور شکل کشیده و مستطیلی داشته که محور طولی آن به‌موازات روند ارتفاعات زاگرس از جنوب شرق به سمت شمال و شمال غرب است. این منطقه دارای دامنه ارتفاعی از ۱۴۱۲/۷ تا ۵۲/۳ متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه حوضه برابر با ۳۲۶/۴ میلی‌متر و حجم بارش برابر با ۲۹۶/۸ میلیون مترمکعب برآورد می‌گردد. در این حوضه رودخانه‌های جم و ریز و حرمیک جریان دارند که در انتهای حوضه به‌هم‌پیوسته و تحت نام رودخانه باغان به رودخانه مند واقع در خروجی حوضه می‌ریزد. اقلیم غالب منطقه با استفاده از روش دومارتن، خشک گرم می‌باشد (۱۶).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران، استان بوشهر، منطقه مطالعه شده
Figure 1. Location of the study area in Iran, Bushehr province, study area

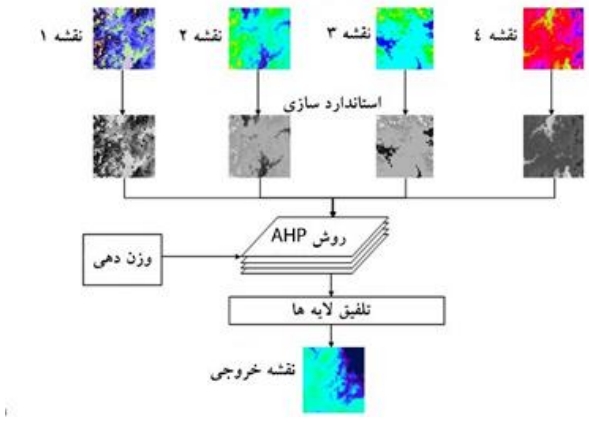
روش تحقیق

برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی رقومی مورداستفاده در این پژوهش با استناد به نتایج مقالات و مطالعات مشابه انجام‌شده در داخل و خارج از کشور و همچنین با استفاده از نظرات کارشناسان بومی و آشنا به منطقه، معیار ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی (شامل زیرمعیارهای: نزدیکی به جاده، قنات، چاه، چشمه و مناطق مسکونی و صنعتی)، معیار ویژگی‌های فیزیکی (شامل زیرمعیارهای: شیب، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی و فاصله از گسل‌ها) و معیار ویژگی‌های هیدرولوژیکی (شامل زیرمعیارهای: نفوذپذیری و ضخامت آبرفت) به‌عنوان لایه‌های مؤثر در فرآیند پخش سیلاب در این منطقه انتخاب گردید. در این پژوهش لایه‌های عامل با استفاده از منطق فازی (صفرتا یک) استانداردسازی گردید و لایه‌های محدودیت با استفاده از منطق بولین (صفر و یک) تهیه گردید. در این مطالعه برای وزن دهی لایه‌ها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. برای تلفیق لایه‌ها از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) استفاده گردید (شکل ۲). در این مطالعه برای انجام مراحل مختلف از نرم‌افزارهای ArcGIS و Terrset استفاده شد.

تهیه لایه‌های اطلاعاتی

نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM)

یک نقشه رقومی است که حاوی ارتفاع تمامی نقاط منطقه تحت پوشش خود است و به‌عنوان نقشه پایه برای تهیه سایر نقشه‌ها نظیر شیب، جهت شیب و غیره به کار می‌رود. در این مطالعه مدل رقومی ارتفاع (نقشه‌های DEM) از سایت search.asf.alaska.edu و باقدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر دانلود گردید و استفاده شد.



شکل ۲- تلفیق لایه‌ها به روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)
Figure 2. Combining layers by weighted linear composition (WLC) method

نقشه کاربری اراضی

کاربری اراضی ازجمله فاکتورهایی است که در مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی نقش به‌سزایی دارد. استفاده از این نقشه به‌عنوان محدودیت، تأثیر به‌سزایی در مکان‌یابی دارد، زیرا اجرای عملیات پخش سیلاب در اراضی کشاورزی و سایر مناطق دارای محدودیت به علت معارض اجتماعی و

تنش‌های احتمالی مقدور نیست. نقشه کاربری اراضی حوضه موردپژوهش از به‌روزرسانی و اصلاح نقشه‌های موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان بوشهر با استفاده از پردازش و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای Landsat8 سنجنده OLI مربوط به سال ۲۰۲۰ استفاده گردید. این نقشه به چهار طبقه اراضی کشاورزی (باغات، اراضی دیم و آبی)، مراتع، مناطق مسکونی و صنعتی و آبراهه‌ها طبقه‌بندی شد و مرز این طبقات بر اساس کاربری فعلی مشخص گردید (شکل ۳).

نقشه شیب

شیب زمین به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر توپوگرافی، نقش بسیار مهمی در کنترل عواملی همچون پتانسیل سیل‌خیزی، نفوذپذیری و حفاظت خاک دارد. در این پژوهش نقشه شیب حوضه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) تهیه گردید و از دامنه کلاس‌های شیب، ۰-۲، ۲-۴، ۴-۸ و بیشتر از ۸، برحسب درصد استفاده شد (شکل ۴).

نقشه ژئومورفولوژی

در مناطقی که فاقد اطلاعات زیرسطحی است، نقشه‌های ژئومورفولوژی می‌تواند به‌عنوان معیاری مناسب برای تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب مورداستفاده قرار گیرند. در این مطالعه از نقشه‌های موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان بوشهر استفاده شد و در طبقات کوهستان (Mio)، تپه‌ماهور (Hi)، آبراهه (Qr) و مخروط افکنه‌ها و دشت‌های سیلابی (Qt) طبقه‌بندی گردید (شکل ۵).

نقشه زمین‌شناسی

عوامل زمین‌شناسی نظیر جنس سنگ، مقاومت آن در برابر بارگذاری، روند و نوع شکستگی‌ها، فاصله‌داری و بازشدگی درزه‌ها، موقعیت گسل‌های منطقه، امکان لرزه‌خیزی و ... نقش اساسی را در تعیین موقعیت مکانی سازه‌های آبخیزداری دارد. در این مطالعه از نقشه‌های موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان بوشهر استفاده شد و در طبقات پادگانه‌های آبرفتی جوان (Qt)، آبرفت بستر شریانی رودخانه‌ها (Qal)، ریزش‌ها و واریزه‌ها (Qs) و سایر (Mgs) طبقه‌بندی شد (شکل ۶).

نقشه فاصله از گسل‌ها

گسل‌ها به دلیل ایجاد فضاهایی در سازندها و واحدهای زمین‌شناسی، ازنقطه‌نظر پخش آب و حرکت آن به سمت نقاط پایین‌دست، ازجمله مناطق نامطلوب برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب، در نظر گرفته می‌شوند. نقشه گسل‌های حوضه با استفاده از نقشه گسل‌های کشور، تهیه گردید. این نقشه به چهار طبقه ۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰، ۳۰۰۰-۲۰۰۰ و بیشتر از ۳۰۰۰ برحسب متر کلاس‌بندی شد (شکل ۷).

نقشه نفوذپذیری

مقدار نفوذ آب در زمین به بافت و ساختمان خاک بستگی دارد. نقشه نفوذپذیری نقاط مختلف حوضه مدنظر در این پژوهش، از استخراج و درون‌یابی داده‌های آماری (نتایج آزمایش‌ها نفوذپذیری خاک به روش حلقه مضاعف) موجود در شرکت آب منطقه‌ای استان بوشهر مربوط به سال ۱۳۹۷، تهیه گردید. این نقشه به چهار طبقه ۰-۱۰، ۱۰-۳۰، ۳۰-۵۰ و بیشتر از ۵۰ برحسب میلی‌متر بر ساعت کلاس‌بندی شد (شکل ۸).

نقشه فاصله از جاده (راه‌ها)

شبکه راه‌ها به‌عنوان یک عامل که در میزان هزینه‌ها تأثیر دارد، موردبررسی قرار می‌گیرند. با استفاده از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ (نقشه‌های توپوگرافی دوبعدی) و پس از به‌روزرسانی نقشه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه فاصله از جاده، تهیه گردید. در این مطالعه بافرهایی با طبقات ۰-۵۰۰، ۵۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۴۰۰۰ و بیشتر از ۴۰۰۰ برحسب متر در نظر گرفته شد (شکل ۹).

نقشه ضخامت آبرفت

عمق سطح آب زیرزمینی نشان‌دهنده ضخامت این لایه است. در این پژوهش برای تولید نقشه ضخامت آبرفت از گزارش مشخصات فنی چاه‌های منطقه که توسط شرکت آب منطقه‌ای استان بوشهر تهیه‌شده بود، استفاده گردید. برای این نقشه، چهار طبقه ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۶۰ و بیشتر از ۶۰ برحسب متر در نظر گرفته شد (شکل ۱۰).

نقشه فاصله از چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها

با استفاده از اطلاعات ثبت‌شده در خصوص چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها در شرکت آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی استان بوشهر، این نقشه‌ها تهیه گردید. در این مطالعه بافرهایی بافاصله ۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰ و بیشتر از ۲۰۰۰ برحسب متر، در نظر گرفته شد (شکل‌های ۱۱، ۱۳ و ۱۴).

نقشه فاصله از مناطق مسکونی و صنعتی (شهر و روستا)

برای تهیه این نقشه چهار بافر با طبقات ۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰ و بیشتر از ۲۰۰۰ برحسب متر در نظر گرفته شد (شکل ۱۲).

نتایج و بحث

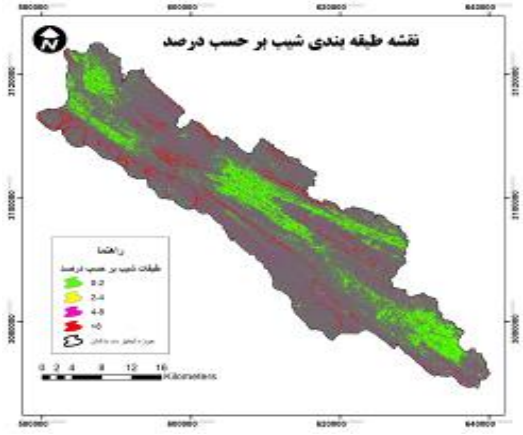
نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، نشان داد که عامل فاصله از گسل با وزن ۰/۲۳۸ دارای بیشترین و عامل فاصله از چاه با وزن ۰/۰۰۵ دارای کمترین ارزش در مکان‌یابی پخش سیلاب در حوزه آبخیز سد باغان بودند (جدول ۱). نرخ ناسازگاری برابر ۰/۰۹ محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصل از تلفیق معیاره ها توسط نرم‌افزار Terrset، حوزه آبخیز سد باغان به ۵ منطقه نامناسب (۸۸ درصد)، ضعیف (۰/۱۰ درصد)، متوسط (۱/۶ درصد)، خوب (۵ درصد) و خیلی خوب (۵/۳ درصد) (شکل ۱۴) تقسیم‌بندی شد (جدول ۲ و شکل ۱۵).

صحت سنجی نقشه‌های خروجی

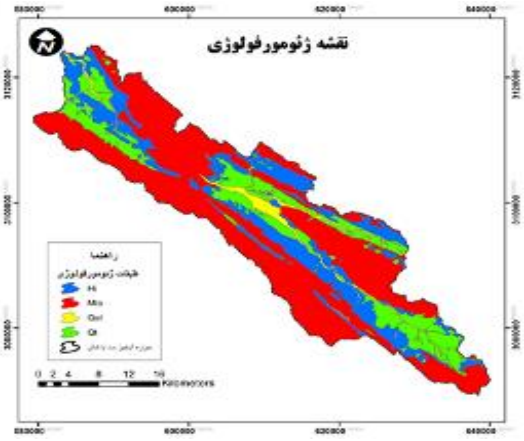
پس از جانمایی مختصات پخش سیلاب اجراشده در سال‌های گذشته گذشته بر روی نقشه خروجی این پژوهش، مشخص گردید که سازه مذکور در محدوده پیشنهادی خوب قرارگرفته است. در مرحله بعد برای ارزیابی مطالعه انجام‌شده ۳۰ نقطه به‌صورت تصادفی در تمام کلاس‌ها انتخاب و با

وضعیت عرصه مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج ارزیابی با استفاده از آزمون K نشان داد که تفاوت معناداری بین نقشه تهیه شده و عرصه وجود ندارد (جدول ۳ و شکل ۱۶).

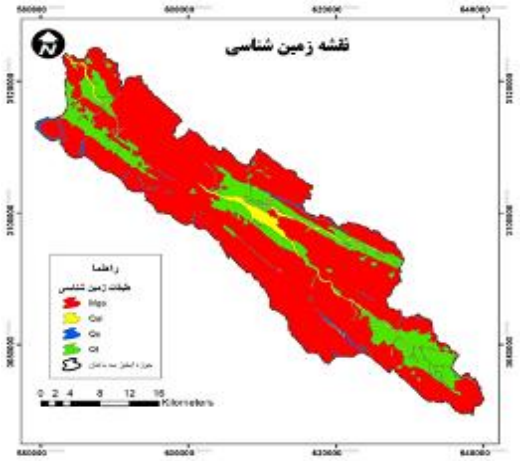
شکل ۳- نقشه طبقات کاربری اراضی
Figure 3. Class map of land use classes



شکل ۴- نقشه طبقات شیب برحسب درصد
Figure 4. Class map of slope classes in percentage

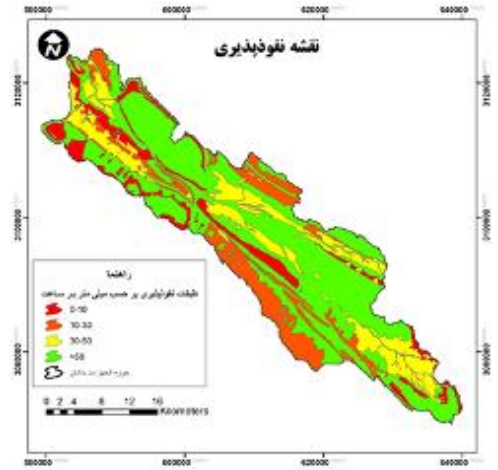


شکل ۵- نقشه طبقات ژئومورفولوژی
Figure 5. Class map of geomorphological classes

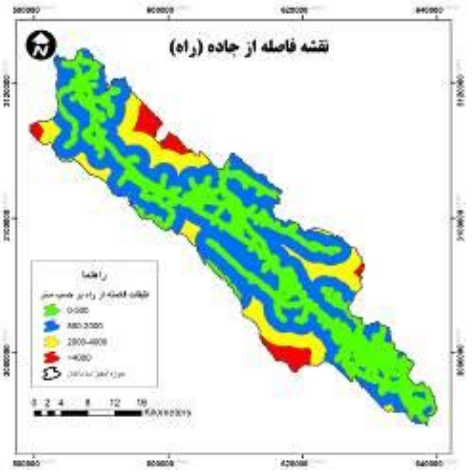


شکل ۶- نقشه طبقات زمین‌شناسی
Figure 6. Class map of geological classes

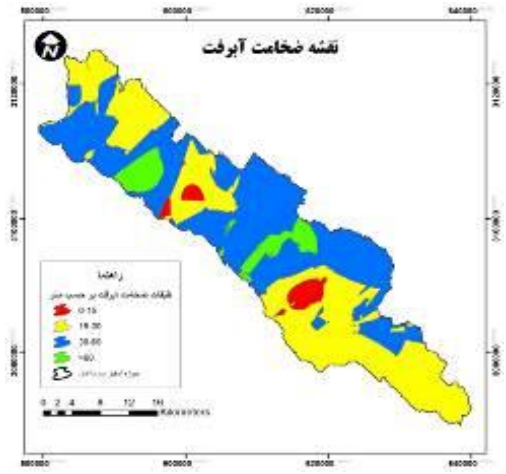
شکل ۷- نقشه طبقات فاصله از گسل برحسب متر
Figure 7. Class map of distance from fault in meters



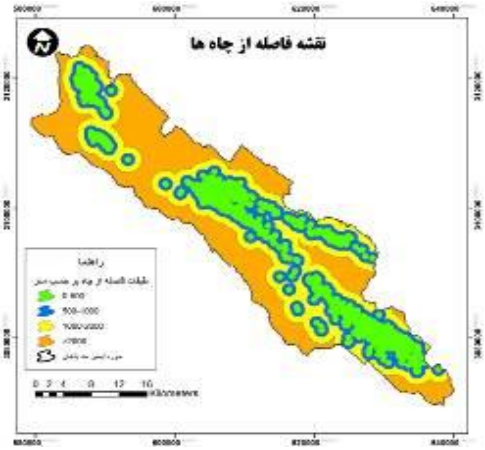
شکل ۸- نقشه طبقات نفوذپذیری برحسب میلی‌متر بر ساعت
Figure 8. Class map of permeability classes in millimeters per hour



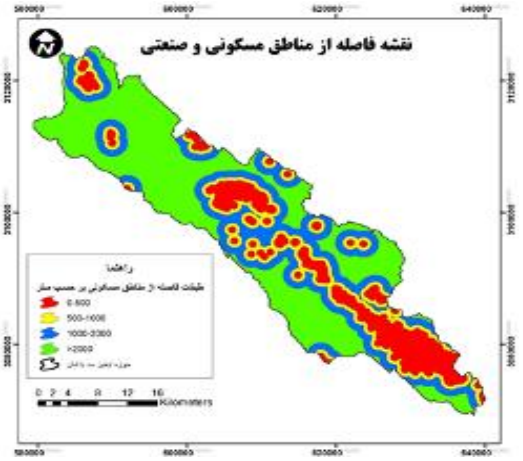
شکل ۹- نقشه طبقات فاصله از جاده‌ها برحسب متر
Figure 9.class map of distance from roads in meters



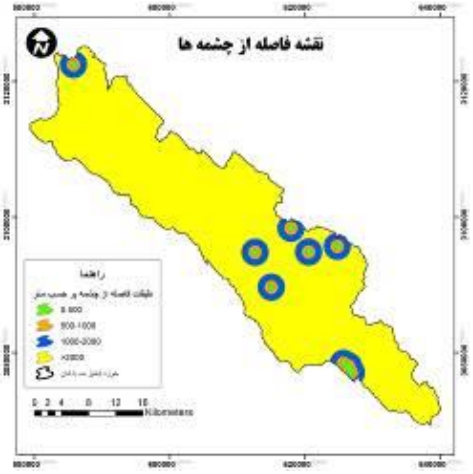
شکل ۱۰- نقشه طبقات ضخامت آبرفت برحسب متر
Figure 10.class Map of alluvial thickness classes in meters



شکل ۱۱- نقشه طبقات فاصله از چشمه‌ها برحسب متر
Figure 11. Class map of distance from springs in meters



شکل ۱۲- نقشه طبقات فاصله از مناطق مسکونی برحسب متر
Figure 12. class map of distance from residential areas in meters



شکل ۱۳- نقشه طبقات فاصله از چاه‌ها برحسب متر
Figure 13. Class map of distance from wells in meters

شکل ۱۴- نقشه طبقات فاصله از قنات‌ها برحسب متر
Figure 14. class map of distance from aqueducts in meters

جدول ۱- وزن معیارها و عوامل

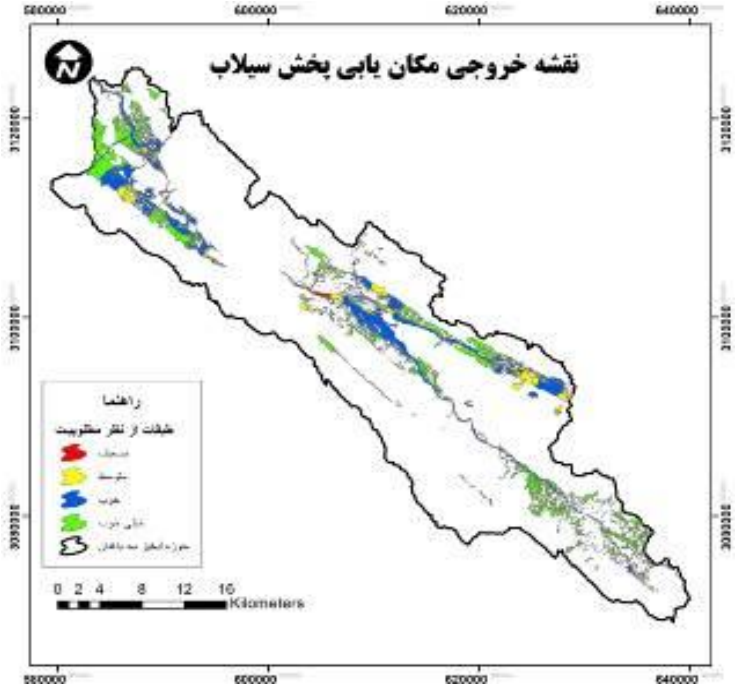
Table 1. Weight of criteria and factors

نام معیار	وزن معیار	نام عوامل	وزن عوامل	وزن نهایی
ویژگی‌های فیزیکی	۰/۷۰۰۹	ژئومورفولوژی	۰/۲۹۲۶	۰/۲۰۵
		فاصله از گسل	۰/۳۳۹۰	۰/۲۳۸
		کاربری اراضی	۰/۱۰۸۰	۰/۰۷۶
		شیب	۰/۱۲۵۶	۰/۰۸۸
		زمین‌شناسی	۰/۱۳۴۷	۰/۰۹۴
نام معیار	وزن معیار	نام عوامل	وزن عوامل	وزن نهایی
ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی	۰/۵۶۲	فاصله از چشمه	۰/۱۵۹۸	۰/۰۰۹
		فاصله از چاه	۰/۰۸۵۷	۰/۰۰۵
		فاصله از قنات	۰/۱۳۷۳	۰/۰۰۸
		فاصله از مسکونی-صنعتی	۰/۴۳۱۲	۰/۰۲۴
		فاصله از جاده	۰/۱۸۶۱	۰/۰۱۰
نام معیار	وزن معیار	نام عوامل	وزن عوامل	وزن نهایی
ویژگی‌های هیدرولوژیکی	۰/۲۴۳۰	ضخامت آبرفت	۰/۵۰	۰/۱۲۲
		نفوذپذیری	۰/۵۰	۰/۱۲۲

جدول ۲- نتایج مکان‌یابی پخش سیلاب به روش SMCE

Table 2. Results of SMCE flood location

رتبه منطقه	قابلیت مکان‌یابی پخش سیلاب	مساحت منطقه (هکتار)	مساحت منطقه به حوزه آبخیز (درصد)
۱	نامناسب	۷۹۹۵۰/۲۵	۸۸
۲	ضعیف	۱۳۵/۸۳	۰/۱۰
۳	متوسط	۱۴۷۹/۶۵	۱/۶
۴	خوب	۴۵۳۲/۷۹	۵
۵	خیلی خوب	۴۸۲۰/۷۴	۵/۳



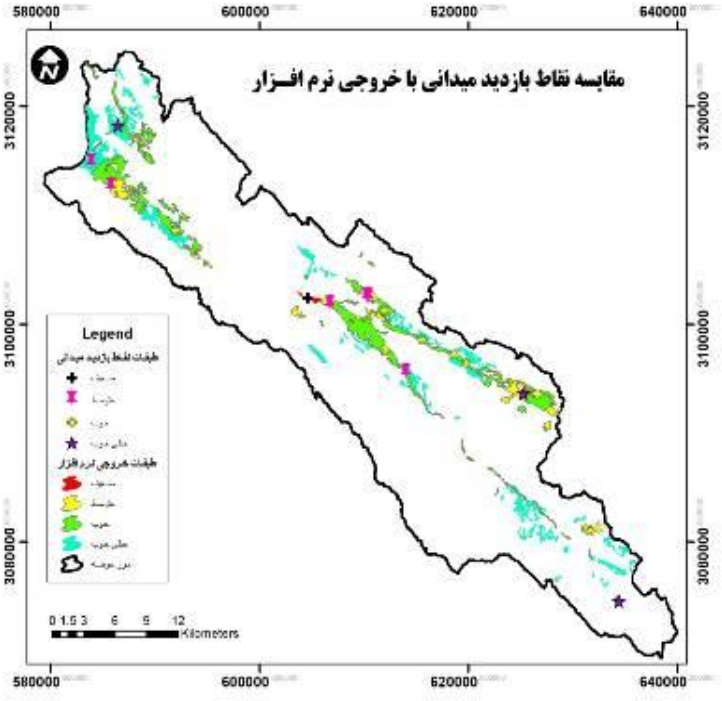
شکل ۱۵- نقشه قابلیت مکان‌یابی پخش سیلاب بر اساس روش چندمعیاره مکانی (SMCE)

Figure 15. Flood distribution location map based on spatial multi-criteria (SMCE) method

جدول ۳- ارزیابی نقشه با آزمون K-square

Table 3. Map evaluation with K-square test

	Value	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	43.821[a]	0.001
N of Valid Cases	30	



شکل ۱۶- مقایسه نقاط بازدید میدانی با خروجی نرم‌افزار
Figure 16. Comparison of field visit points with software output

اجرای پخش سیلاب در مخروط افکنه‌های خروجی حوضه‌ها، با هدف بهره‌برداری از سیلاب‌ها (که عموماً وقوع ناگهانی و غیر قابل اجتنابی دارند)، به عنوان یک روش مناسب و تاثیرگذار برای ذخیره و بهره‌برداری از آب حاصل از سیلاب خشکه‌رودها، رودخانه‌های فصلی و همچنین جریان مازاد رودخانه‌های دائمی شناخته می شود (۱۱،۵). هدف از این مطالعه، مکان‌یابی مناطق مستعد پخش سیلاب با استفاده از راهبرد ترکیب خطی وزنی و مقایسه نقشه خروجی نهایی با عرصه حوزه آبخیز سد باغان بود. نتایج نشان داد که استفاده از روش تحلیل چندمعیاره مکانی (SMCE) و راهبرد ترکیب خطی وزنی (WLC) روش قابل قبولی است و از دقت مناسبی نیز برخوردار می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد تلفیق روش چندمعیاره مکانی با سیستم اطلاعات جغرافیایی قابلیت این روش را افزایش داده و در بهبود نتایج مؤثر است. این روش با در نظر گرفتن کلیه عوامل دخیل در انتخاب مکانی مناسب برای اجرای پروژه‌های پخش سیلاب نظیر عوامل طبیعی و عوامل اقتصادی و تجزیه‌وتحلیل این عوامل می‌تواند ضمن حذف اراضی و محدوده‌های نامناسب، با اولویت‌بندی صحیح و دیدی واقع‌بینانه محققین را در این زمینه یاری دهد. در مطالعات پیشین، حسن‌زاده‌نفوتی و همکاران (۱۳۹۷)، پارسایی و همکاران (۱۳۹۷)، عباسپور و محمودی‌میمند (۱۳۹۶)، جعفری‌سالیانه و جمالی (۱۳۹۲)، چابک و همکاران (۱۳۸۹) و جمالی و همکاران (۱۳۸۹) همگی از ارزیابی چندمعیاره مکانی برای مکان‌یابی پخش سیلاب استفاده نمودند و نتایج را رضایت‌بخش عنوان کردند. با مقایسه نتایج مطالعه حاضر با نتایج سایر مطالعات عنوان‌شده، مشخص گردید که نتایج این مطالعه نیز با نتایج آن‌ها مطابقت دارد. بر همین اساس می‌توان اذعان نمود که نقشه نهایی حاصل از راهبرد WLC دقت بالایی داشته و عوامل به کار گرفته‌شده در مدل نیز برای دستیابی به مکان پخش سیلاب مناسب بوده است. از طرفی با توجه به اینکه در مطالعه حاضر، مناطق ازنظر قابلیت‌های مکانی برای اجرای سامانه پخش سیلاب شناسایی و اولویت‌بندی شدند، این موضوع به مدیران و برنامه‌ریزان این امکان را می‌دهد تا بتوانند براساس داده‌های مکانی، بهتر تصمیم‌گیری نمایند؛ بنابراین با توجه به‌سرعت و دقت در تشخیص و همچنین کارآمد بودن، پیشنهاد می‌گردد که در حوزه‌های آبخیز سایر مناطق خشک و نیمه‌خشک از این مدل، برای مکان‌یابی پخش سیلاب استفاده گردد. البته با توجه به شرایط خاص هر منطقه، می‌توان عواملی را اضافه کرد و یا کاهش داد.

منابع

1. Abbaspour, R. and H. Mahmoodi-meymand. 2017. Locating suitable areas for flood spreading using network analysis process (ANP) in khatam city of yazd. Journal of Watershed Management Research (Research and Construction), 116: 61-72 (In Persian).
2. Bazr-afshan, O., M. Aliaei and H. Gholami. 2016. Comparison of integrated methods in identifying suitable areas for flood spreading in the coastal plains of southern Iran (Case study of Sarkhon plain, Hormozgten province), 4(13): 46-56 (In Persian).
3. Chabok, M., M. Hasanzadeh and Z. Ebrahimi. 2010. Locating the floodplain using hierarchical delivery (AHP). Journal of Watershed Management Science and Engineering, 13: 33-40 (In Persian).
4. Fallah-shamsi, S., A. Darvishsefat, A. Saeed, H. Sobhani and A. Faraji-dana. 2006. Land use allocation using multi-criteria land evaluation method. Iranian Journal of Natural Resources, 59(4): 1025-1316 (In Persian).
5. Fazelpour-aghdaei, M., H. malekinejad, M. Ekhtesasi and J. Barkhordari. 2018. The effects of flood spreading on qanat discharge using standard discharge Index (Case Study: Qanats of Myankooh of Mehriz). Journal of Watershed Management Research, 9(17): 235-245 (In Persian).
6. Hasan-shahi, J., A. Jamali and A. Rahim-abadi. 2014. Application of multi-criteria spatial evaluation model (SMCE) in prioritizing the construction Site of stone mesh rehabilitation dams (Gabion) (Case Study of Aligudarz Wheat Watershed). 1th National Conference on the Application of Advanced Spatial Analysis Models (Remote Sensing and GIS) in Land Management., Yazd, Iran (In Persian).
7. Hasanzade-nofoti, M., A. Jamali and M. Teymori. 2018. Flood distribution location using multi-spatial criteria assessment (SMCE) (Case study: Padua Basin, Bam city). Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 40: 125-129 (In Persian).
8. Ismaili-avry, A. and Kh. Abdollahi. 2010. Soil conservation and watershed management, Mohaghegh Ardabili University Publication, first print (In Persian).
9. Jafari-salyane, M. and A. Jamali. 2013. Multi-spatial criteria analysis (SMCE) and decision making techniques in prioritizing flood distribution (A Case Study of the North Golpayegan Watershed in Khomein). 1th Conference on the application of new sciences and technologies in agriculture and natural resources., Meybod, Iran (In Persian).
10. Jamali, A., P. Ashori and S. Zareh-kia. 2010. Determining and prioritizing suitable flood spreading zones for feeding aqueducts, wells and springs in arid areas (Case study: Mian-Kuh Yazd watershed), 17(1): 106-114 (In Persian).
11. Javadi, M., M. Bagheri, M. Vafakhah and S. Gholami. 2014. Effect of flood spread on soil physical properties (Case Study: Delijan Flood Spread, Markazi Province). Journal of Watershed Management Research, 5(9): 119-129 (In Persian).
12. Karimi, H., B. Nazari and F. Naderi. 2013. Appointment of suitable sites for flood spreading and artificial recharge in Chedavel Watershed, Ilam Province using BLM model. Watershed Management Science and Engineering, 7(21): 71-84 (In Persian).
13. Kowsar, A. 1992. Desertification control floodwater spreading in Iran. An International Journal of Forestry and Forest in dustries, 43: 27-30.
14. Morgan, R.P.C. 1996. Soil erosion and conservation.2nd ed. Silsoe College, Cranfield University, UK.
15. Mundhe, N. 2018. Multi-criteria decision making for vulnerability mapping of flood hazard (A Case Study of Pune City). Journal of Geographical Studies, 2(1): 41-52.
16. Netpa consulting engineers. 2005. Detailed executive studies of Jam, riz and baghan constituencies of Jam city (In Persian).
17. Nsengiyumva, J.B., G. Luo, L. Nahayo, X. Huang and P. Cai. 2018. Landslide susceptibility assessment using spatial multi-criteria evaluation model in rwanda. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(2): 243.
18. Ochola, W.O. and P. Kerkides. 2004. An integrated indicatorbasedspatialdecision support system for land quality assessment in kenya, Computers and Electronics in Agriculture, 45: 3-26.
19. Parsaei, L., A. Mofidi-khajeh, M. Parsa-mehr and M. Solbi. 2018. Location of flood prone areas in golestan province. 7th National Conference on Rainwater catchment systems, 804-814pp., Tehran, Iran (In Persian).

20. Qhermez-cheshmeh, B. 2000. Determination of required parameters for locating flood spreadingprojects. Proceedings of the Second National Congress on aquifer storage sketch, 39-50 (In Persian).
21. Salami, H., H. Naseri and M. Taleb-bidokhti. 2012. Determine suitable areas for flood spreeding using analytic hierarchy process method in bam city watershed, 5th National Conference of Watershed and Soil and Water Resource Management., Kerman, Iran (In Persian).
22. Soltani, M. 2002. Land evaluation to suitable areas selection of the flood spreading in the GIS. M.Sc. thesis, Department of Civil Engineering, Universityof K.N. Toosi, Tehran, Iran (In Persian).
23. Vaghar-fard, H. and H. Moghim. 2019. Technical report of locating suitable areas of flood distribution system using AHP method and GIS technology (Case study: Naeem Abad region, Fars province). Journal of Watershed Engineering and Management, 10(4): 761-772 (In Persian).
24. Watkins R., C. Cocklin and M. Laituri. 1997. The Geographic information system for resource evaluation: a new zealand example. Journal of Environmental Planning and Management, 40(1): 37-57.
25. Yazdani-moghadam, Y., S. Sadati-nejad, A. Nazari-samani and H. Ghasemieh. 2012. Efficiency of multi-criteria decision making method in locating flood spread (Case Study: Kashan Plain). Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, 4(3): 65-80 (In Persian).
26. Zarghaami, M. 2005. Uncertain criteria in ranking interbasin water transfer projects in Iran. 73rd Annual Meeting of ICOLD, 180 pp., Tehran, Iran.
27. Zhang, Y. 1996. An integrated management planning system for multiple-use of forests. Journal of the Japanese Forestry Society, 78(3): 319-326.

Locating Areas Prone to Flood Spreading using the Weighted Linear Composition Method in the Watershed of Baghan Dam in Bushehr

Hamid Mohagheghpour[1], Ayoub Bahranifard[2], Siavash Kalbi[3] and Nasim Arman[4]

1- M.Sc. in Watershed Management Engineering, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Bushehr Province, (Corresponding Author: Hamid.mohagheghpour@gmail.com)
2- M.Sc. in Watershed Management Engineering, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Bushehr Province
3- Doctor of Forest Sciences, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Bushehr Province
4- PhD in Watershed Management, Assistant Professor, Khatam Al-Anbia University, Behbahan
Received: 3 May, 2021 Accepted: 5 July, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Flood spreading is one of the suitable methods for controlling and optimal use of flood in arid and semi-arid regions, and consequently, locating areas prone to flood spreading is very important. The purpose of this study is to locate areas prone to flood spreading in the Baghan Dam watershed of Jam city located in Bushehr province.

Material and Methods: For this purpose, effective layers including slope, land use, geology, geomorphology and fault as standard options for physical properties, permeability layers and alluvial thickness as standard options for hydrological properties and distance from wells, aqueducts, City, village, and road were considered as options for the criteria of economic and social characteristics, as digital information layers, and were standardized by fuzzy logic. In the next stage, slope, land use, geology and geomorphology layers were standardized as Boolean logic as constraints. Based on the average of experts' opinions, the layers were weighted by hierarchical analysis (AHP) and the incompatibility rate (0.09) was calculated. The layers were combined by multivariate spatial evaluation (SMCE) and weighted linear composition (WLC) techniques and final maps of susceptible areas were prepared.

Results: The results of hierarchical analysis (AHP) showed that the distance from the fault with a weight of 0.238 had the highest and the distance from the well with a weight of 0.005 had the lowest value in locating the flood spread in the watershed of Baghan dam. The incompatibility rate was calculated to be 0.09. Based on the results of combining the criteria by Terrset software, Baghan dam watershed into 5 areas unsuitable (88%), poor (0.10%), moderate (1.6%), good (5%) and very good (3.5%) (Figure 14) was divided.

Conclusion: Overall, the results showed that 88% of this area has poor capability, 0.1% has poor capability, 1.6% has moderate capability, 5% has good capability and 3.5% has very good capability for flood spreading. The final map with the current situation of the area was evaluated by 30 points. The evaluation results showed that there is no significant difference between the final map and the condition of the arena.

Keywords: Aquifer, Baghan, Evaluation of several spatial criteria, Flood, Hierarchical analysis