تهیه نقشه حساسیت‌پذیری سیلاب با رویکرد مبتنی بر AHP-GIS؛ مطالعه موردی: حوزه آبخیز الموت‌رود

محمدحسن نامی*، مریم رستمی**

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۰۶

چکیده

نقشه حساسیت به سیلاب اقدامی نرم یا غیرسازه‌ای و منبعی جامع برای پیش‌بینی و جلوگیری از آثار مخرب سیلاب در سراسر جهان به‌ویژه در مناطقی با پیشینه وقوع سیلاب‌های مکرر، است. این نقشه‌ها برای بسیاری از حوزه‌های آبخیز کشورهای درحال‌توسعه تاکنون تهیه نشده و وجود ندارند. ازآنجایی‌که هنوز درک درستی از عوامل اصلی ایجادکننده سیلاب وجود ندارد، بنابراین این مخاطره همچنان به‌عنوان یک مشکل حل‌نشده در سطح جهان باقی مانده است. این تحقیق با بهره‌گیری از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم‌افزار ArcGIS Pro پاسخی به برخی پارامترهای ایجادکننده سیلاب و آثار آن بر حساسیت به سیلاب در حوزه آبخیز الموت‌رود ارائه می‌دهد. بدین منظور ابتدا مجموعاً چهار پارامتر به‌عنوان عوامل مؤثر بر وقوع سیلاب در این حوضه به ترتیب فاصله از رودخانه، بارندگی سالیانه، شیب و کاربری اراضی، در سامانه اطلاعات جغرافیایی آماده‌سازی شده و پس از ایجاد ماتریس زوجی و انجام رتبه‌بندی، درنهایت وزن نهایی عوامل تهیه شدند. از ترکیب همه این پارامترهای ایجادکننده سیلاب بر اساس وزن و رتبه آن‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب به دست آمد. بر این اساس منطقه موردمطالعه به پنج پهنه خطر طبقه‌بندی شده است. ۷/۳ درصد و ۸/۲ درصد وسعت حوضه به ترتیب در پهنه‌های خطر خیلی زیاد و خطر زیاد قرار گرفته است. این نقشه نسبت به داده‌های سیلاب تاریخی گردآوری‌شده در منطقه موردمطالعه و بهره‌گیری از روش ارزیابی آماری ماتریس درهم‌ریختگی، به‌طور دقیق ارزیابی شد و نتایج مؤید دقت بالای نقشه تولید شده است. یافته‌های این تحقیق می‌تواند در پیدا کردن درک مناسبی از مشکل فعلی سیلاب در این حوضه، شناسایی علل واقعی آن و برنامه مدیریت آب سودمند واقع گردد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی خطر، سیلاب، الموت‌رود، Arc GIS، AHP.

* دانشیار، گروه جغرافیای سیاسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه علوم و فنون فارابی، تهران، ایران. Dr.mh.nami@gmail.com
** استادیار، مرکز بین‌المللی تاب‌آوری شهری، پژوهشکده سوانح طبیعی، تهران، ایران.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

مقدمه

مخاطرات طبیعی از قبیل زمین‌لغزش، زلزله، سیل و غیره هرساله منجر به خسارت‌های مالی و جانی گسترده‌ای در نقاط گوناگون جهان و کشور ما می‌شوند. در میان بلایای طبیعی، سیلاب یکی از جدی‌ترین پدیده‌ها و رخدادهای هیدرواقلیمی است که به‌طور مکرر سالانه خسارات قابل‌توجهی را در سراسر جهان بر جای می‌گذارد؛ ارزیابی دقیق خطرات این بلای ویرانگر به علت کمبود دانش و اطلاعات در مورد تلفات ناشی از آن، در مقیاس‌های مختلف اغلب با شکست مواجه است (Al-Suhili & Cullen, 2019; Das, 2018; Winsemius et al., 2016; Wang et al., 2010; Yahaya et al., 2010). تغییر در فرکانس و بزرگی سیلاب‌های جهان طی سالیان اخیر یکی از تأثیرات گرمایش جهانی است (Hirabayashi et al., 2013) که بر سیستم کنترل سیلاب در پایین‌دست اثر می‌گذارد (Yang et al., 2006). تغییر اقلیم باعث وقوع مشکلاتی از قبیل سیلاب و درنتیجه آن، افزایش ناگهانی آب و بروز خطرات ناشی از آن در سطح حوضه‌ها، به‌خصوص در دشت‌های سیلابی و مناطق مجاور رودخانه‌ها به‌عنوان فضاهای مناسب برای انجام فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی و درنتیجه مستعد خسارات بالا، می‌شود (ESCAP, 2019). در ایران به علت آب‌وهوا متنوع، دما و بارندگی‌های متغیر در بیشتر حوضه‌ها، به‌خصوص در مناطق شمالی کشور، هرساله شاهد سیلاب‌های متعددی هستیم. سیل‌گیری از مهم‌ترین پدیده‌های هیدرواکولوژیک طبیعت است که در هر دوره منجر به وارد شدن خسارت‌هایی به دستاوردهای بشری می‌شود (Yang et al., 2006). سیل‌گیری عبارت از سرریز شدن آبی است که سبب غرق شدن زمین‌های اطراف و حاشیه می‌شود؛ به‌طوری‌که در هنگام بارش باران سنگین، میزان تخلیه جریان در یک رودخانه به‌سرعت افزایش یافته و سطح آب از سطح نرمال بالا می‌رود و دشت سیلابی و اطراف آن را پوشش داده و موجب وقوع سیلاب‌های خسارت‌بار به زمین‌های کشاورزی، مناطق شهری و نیز تلفات جانی می‌شود. سیل‌گیری همچنین سبب ایجاد خسارت‌های جدی به حمل‌ونقل، میراث فرهنگی، اکوسیستم‌های طبیعی، اقتصاد و زندگی انسان می‌شود. روند رو به افزایش سیلاب در سال‌های اخیر حاکی از افزایش ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی ناشی از آن در نقاط مختلف کشور است؛ به‌طوری‌که به‌عنوان‌مثال بارش‌های اواخر اسفند ۱۳۹۷ و اوایل فروردین ۱۳۹۸ خود به‌تنهایی منجر به ایجاد سیلاب در استان‌های مختلف شد و ۲۵ استان، ۲۰۰ شهر و بیش از ۴۴۰۰ روستا در معرض سیلاب قرار گرفتند و خسارات سنگینی به زیرساخت‌های مسکن، کشاورزی، حمل‌ونقل، آب و فاضلاب، برق، نفت و گاز و بهداشت و درمان کشور وارد شد. استان‌های خوزستان، لرستان، گلستان، ایلام، کرمانشاه و مازندران، بیشترین خسارت‌ها را متحمل شدند. بر اساس برآورد PDNA[1]، ایران در اثر سیل سال ۲۰۱۹ در مناطق منتخب تلفات و خسارتی بالغ بر ۱/۴۷۰ میلیارد دلار متحمل شده است. بخش مسکن با برآورد ۴۱۳/۳۲ میلیون دلار بیشترین ضرر را متحمل شده و پس‌ازآن کشاورزی، شیلات و دامپروری (۳۷۹/۲۰ میلیون دلار آمریکا)، حمل‌ونقل (۲۰۹/۷۵ میلیون دلار)، آب، بهداشت و درمان (۱۶۸/۹۵میلیون دلار آمریکا) قرار دارند. به بخش اشتغال و معیشت ۱۳۵/۹۱ میلیون دلار خسارت وارد شده است. مجموع مبلغ موردنیاز برای بازسازی، ۱/۵۱۳ میلیارد دلار یعنی کمی بیشتر از میزان خسارات واردشده، برآورد گردید. مسکن (۷۰۹/۵۳ میلیون دلار آمریکا) در صدر فهرست و پس‌ازآن مشاغل و معیشت (۱۹۷/۸۸ میلیون دلار

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

آمریکا)، آب، بهداشت و درمان (۱۷۳/۱۴ میلیون دلار آمریکا) و حمل‌ونقل (۱۶۵/۶۶ میلیون دلار آمریکا) قرار دارند (دهقانی و همکاران ۱۳۹۵). لازم به ذکر است خسارات غیرملموس از قبیل خسارات واردشده بر جنگل‌ها، مراتع، منابع خاک، محیط‌زیست و طبیعت ایران و صدمات اجتماعی سیلاب‌ها در این محاسبات وارد نشده است.

از مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده خسارات ناشی از سیلاب، تغییر کاربری اراضی، توسعه ساخت‌وسازها و دخل و تصرف غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه است. بنابراین تعیین بستر و حریم رودخانه و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب ازلحاظ برنامه‌ریزی جهت مدیریت، پیش‌بینی و کاهش خطرات و خسارات ناشی از آن در این مناطق از اهمیت خاصی برخوردار است؛ چراکه در مدیریت سیلاب، برخی از این عوامل قابل‌کنترل هستند که در طرح‌های کنترل سیلاب بیشتر باید آن‌ها را مدنظر قرار داد. همان‌طور که پیش‌ازاین اشاره شد، سانحه سیلاب هر دوی تبعات طبیعی و انسانی را باعث می‌شود که درنتیجه آن‌ها، آسیب‌های اقتصادی و اجتماعی افزایش یافته و مناطق مسکونی و کشاورزی تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Hong et al., 2018; Lagmay et al., 2017; Gigovic et al., 2017; Forkuo, 2011; Das, 2018).

بااین‌وجود هنوز هیچ راه‌حل واحدی از منظر طرح مدیریت سیلاب ارائه نشده و سیستم هشدار سیلاب همچنان روشی دقیق جهت پیش‌بینی است (Montz & Gruntfest, 2002). بنابراین تعیین و شناسایی مناطق مستعد و خطرپذیر سیلاب برای مدیریت آب حوضه ضروری است (Ouma & Tateishi, 2014; Kazakis et al., 2015). نقشه حساسیت‌پذیری سیلاب ابزاری برای مدیریت مکانی آب جهت ارتقای استراتژی‌های پیشگیری و کاهش سیلاب است (Dano, 2020; Vojtek, 2019)، که تهیه آن به‌ویژه برای مناطق سیل‌خیز ضروری است (Seejata et al., 2018). پهنه‌بندی خطر سیلاب بخشی از اقدامات نرم و غیرسازه‌ای برای جلوگیری و کاهش آثار مخرب سیلاب است (Saaty, 1980). نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌تواند به‌منزله ابزاری مؤثر در برنامه‌ریزی مسیر توسعه آینده حوزه‌های آبخیز باشد و همچنین برای شناخت نواحی‌ای که نیازمند توسعه زیرساخت‌های تخلیه و زهکشی سیلاب هستند، استفاده شود (Büchele et al., 2006; Demir et al., 2016). از موارد کاربرد این نقشه‌ها می‌توان به تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، پیش‌بینی و هشدار سیلاب، عملیات امداد و نجات و بیمه سیلاب اشاره نمود (خلیلی‌زاده و همکاران ۱۳۸۴). همچنین از تطبیق نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری با نقشه‌های کاربری اراضی می‌توان مناطق تحت خطر شامل شهرها، روستاها، پل‌ها، کارخانه‌ها و غیره را شناسایی کرد و سپس می‌توان از نتایج این تطبیق به‌منظور مقاوم‌سازی سازه‌ها در برابر خطر، اجتناب از مناطق تحت خطر و نیز برنامه‌ریزی به‌منظور مقابله با خطر و انجام اقدامات لازم برای حفاظت از این سرمایه‌ها استفاده کرد (دهقانی و همکاران ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر به علت رشد جمعیت و پراکنش زمین‌ها در اطراف حریم رودخانه‌ها، ارزیابی سیلاب‌های منطقه‌ای به‌طور قابل‌توجهی گسترش یافته و به‌تبع آن روش‌های پیش‌بینی جدید نیز توسعه پیدا کرده است. در تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل‌گیری و آنالیز حساسیت آن، به معیارهای مختلفی نیاز است که باید ارتباط آن‌ها با وقوع سیلاب بررسی شود. ازاین‌رو پیشرفت تکنولوژی سبب شده بشر در جست‌وجوی ابزار جدید و پیشرفته برای نیل به این

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

مهم باشد. بر این اساس فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) که توسط ساعتی[۲] توسعه داده شده (Saaty, 1980) به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل چند معیاره (MCAs)، یک روش تصمیم‌گیری کارآمد، مقرون‌به‌صرفه، سریع و راحت است که بر اساس آن متغیرها در یک ساختار سلسله‌مراتبی مرتب می‌شوند (Das, 2018; Kaliraj et al., 2014; Saaty, 1990). در حال حاضر تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عناصر کلیدی برای فرایندهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌ویژه در مدیریت منابع آب تبدیل شده‌اند (Kaliraj et al., 2014). MCA روشی برای وزن‌دهی پارامترهای فیزیکی به‌طور منطقی در GIS است (Seejata et al., 2018). ترکیب MCA (روش AHP) و GIS در تحقیقات گوناگون در مورد مسائل مدیریت آب (Das, 2018; Rincón et al., 2018; Samanta et al., 2016) به‌ویژه برای تهیه نقشه حساسیت‌پذیری سیلاب استفاده می‌شود. روش‌های AHP و GIS می‌توانند مشکلات مدیریت آب را در جنبه‌های مختلف ازجمله شناسایی، ارزیابی و شبیه‌سازی مناطق مستعد سیل و آثار آن (Komi et al., 2016)، برای کاهش هزینه‌های جانی و مالی، به‌ویژه برای حوزه‌های آبخیز و شهرهای کشورهای درحال‌توسعه، حل کنند (Dano, 2020). در حوضه الموت‌رود نیز شاهد وقوع سیلاب‌های خسارت‌باری در منطقه الموت غربی و شرقی بوده‌ایم. باتوجه‌به فراوانی وقوع سیلاب در این منطقه، برای جلوگیری از تلفات جانی و آسیب‌های اقتصادی و اجتماعی توجه به نقشه‌های حساسیت سیلاب ضروری می‌نماید. تهیه نقشه‌های پتانسیل سیلاب و توجه به اهمیت کاهش آثار آن یکی از اهداف اولیه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز است؛ بر این اساس بسیاری از محققین داخلی و خارجی طی سال‌های اخیر با هدف ارزیابی عوامل هیدروژئومورفولوژیکی با بهره‌گیری از ابزار مناسب به مطالعه و تهیه چنین نقشه‌هایی برای مناطق مختلف پرداختند. در مطالعه پیش‌رو نقشه حساسیت سیلاب حوضه الموت‌رود با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) توسعه داده شده و ارزیابی شد و به سطوح مختلف خطر سیل، ازنظر مکانی تقسیم‌بندی شد. این نقشه حساسیت به سیل برای هشدار سیل و مدیریت پایدار آب در این حوضه مفید خواهد بود و می‌تواند برای حوضه‌های دیگر کشور نیز تهیه و مورداستفاده قرار گیرد.

ادبیات موضوع

تاکنون پژوهش‌های مرتبط زیادی با هدف پهنه‌بندی خطر سیلاب با بهره‌گیری از رویکرد تحلیل سلسله‌مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در سطح جهان و کشور صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات پیشین زیر اشاره کرد.

تعیین مناطق مستعد سیلاب با استفاده از روش یکپارچه‌سازی داده‌های سنجش‌ازدور و بهره‌گیری از GIS و AHP و با در نظر گرفتن معیارهای تجمع جریان[۳]، شیب، کاربری اراضی، شدت بارش، زمین‌شناسی، نوع خاک، فاصله از زهکش، شاخص رطوبت توپوگرافی[۴] و ارتفاع در منطقه کریشنای یونان (Lappas & Kallioras, 2019).

تهیه نقشه حساسیت‌پذیری سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و AHP در محدوده حوزه آبخیز آتلانتی در هند با بهره‌گیری از معیارهای شیب، ارتفاع، شاخص رطوبت توپوگرافی، تراکم زهکشی، کاربری اراضی و پوشش زمین، فاصله از آبراهه‌ها، جهت، لیتولوژی و بارش برای تهیه ماتریس زوجی و تعیین وزن عوامل

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

(Penki et al., 2022).

تهیه نقشه پتانسیل سیل‌گیری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل سلسله‌مراتبی، تاپسیس و مدل آماری وزن واقعه (WOE) در شهرستان جهرم استان فارس با در نظر گرفتن ۹ عامل درجه شیب، شکل شیب، ارتفاع، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص توان آبراهه، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی، بارندگی و سنگ‌شناسی (رضوی و همکاران، ۱۳۹۷).

تجزیه‌وتحلیل و ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر لامرد با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی، منطق فازی و تلفیق آن با امکانات سیستم اطلاعات جغرافیایی و با در نظر گرفتن ۸ معیار تأثیرگذار طبیعی (فاصله از آبراهه، زمین‌شناسی، شیب)، انسانی (شبکه معابر، پل‌های شهری، کاربری‌های مسکونی، کاربری‌های کشاورزی - جنگلی و قابلیت اراضی) (غلامی و احمدی، ۱۳۹۸).

پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از GIS و AHP در حوزه آبخیز گلورد نکا (عقیلی و همکاران، ۱۳۹۷) و با بهره‌گیری از عوامل شیب، کاربری اراضی، ارتفاع از سطح دریا، ارتفاع رواناب، فاصله از رودخانه، بارندگی سالیانه، لیتولوژی و شماره منحنی برای ایجاد ماتریس زوجی و محاسبه وزن و ارجحیت معیارها.

ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه یک شیراز در برابر خطر سیلاب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی و رویکرد بهترین - بدترین مبتنی بر GIS برای ترکیب نقشه‌های معیار (کاربری اراضی، تراکم جمعیت، بافت فرسوده، شیب، شبکه آبراهه و فاصله از پل) و تولید وزن اولیه آن‌ها (قنبری‌نسب و همکاران، ۱۴۰۱).

لازم به ذکر است مطالعات بسیاری در سطح دنیا با استفاده از روش‌های ترکیبی مانند درخت تصمیم‌گیری، رگرسیون لجستیک و ماشین‌های بردار پشتیبان و یا با بهره‌گیری از روش‌های هیدرولوژیکی مختلفی ازجمله مدل‌های بارش - رواناب (چون HEC-HMS، IHACRES، ANUGA و WBNM) به شناسایی نقاط سیل‌گیر و صحت‌سنجی نتایج خروجی بر اساس اطلاعات سیلاب‌های گذشته و پارامترهای مؤثر بر وقوع آن‌ها می‌پردازند. باتوجه‌به ماهیت مدل‌های هیدرولوژیکی در مدل‌سازی بارش - رواناب می‌توان بیان داشت که مدل‌های مذکور برای تحلیل‌های جامع رودخانه‌ها و مناطق تحت مشکل سیلاب‌گرفتگی، مناسب نیستند. ازاین‌رو، بسیاری از محققین برای مطالعات هیدرولوژیکی و سیل‌خیزی به استفاده از تجزیه‌وتحلیل‌های مکانی در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) روی آورده‌اند (تهرانی و همکاران ۲۰۱۴ و و نبل و همکاران ۲۰۱۴). بنابراین روش‌های به کار برده‌شده به‌منظور بررسی و تعیین نقشه‌های پتانسیل سیلاب، طی سال‌های اخیر شامل روش نسبت فراوانی، آنالیزهای چند متغیره آماری، WoE یا وزن معیارها در GIS، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، روش ماشین‌بردار پشتیبان و درخت تصمیم‌گیری هستند (تهرانی و همکاران ۲۰۱۴). ازاین‌رو، باتوجه‌به مطالب فوق و کمبود اطلاعات و داده‌های دارای کیفیت مناسب در اکثر حوزه‌های آبخیز کشور ازجمله حوضه الموت‌رود، بهره‌گیری از این روش‌ها برای ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز بسیار حائز اهمیت است. بنابراین هدف از این مطالعه، پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوزه آبخیز الموت‌رود با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی و پشتیبانی سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

روش تحقیق

مشخصات عمومی حوزه آبخیز دربرگیرنده روستا حوزه

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

آبخیز الموت‌رود واقع در شمال شرقی قزوین، بخشی از حوزه آبخیز دریای خزر است که با تلاقی به رودخانه طالقان‌رود در ۱۱ کیلومتری جنوب شرق آبادی شهرک (در محلی بنام شیرکوه)، رودخانه شاهرود را تشکیل می‌دهد، رودخانه شاهرود هم به همراه رودخانه قزل‌اوزن سفیدرود را تشکیل می‌دهند. حوضه کاملاً منطبق با حدود و مرز بخش رودبار الموت به مرکزیت معلم کلایه از توابع شهرستان قزوین بوده و بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۳ دقیقه و ۱۹ ثانیه و ۵۰ درجه و ۵۲ دقیقه و ۱۷ ثانیه شرقی و بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه و ۱۴ ثانیه و ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۴ ثانیه شمالی واقع گردیده است. ارتفاع متوسط حوضه ۲۳۷۶ متر بوده و شیب‌های بیش از ۵۰ درصد بالغ بر ۷۲ درصد از سطح حوضه را به خود اختصاص می‌دهند. این حوضه کوهستانی با دینامیک بالای فرسایش رودخانه‌ای و آبی است. عمده مساحت حوضه تحت پوشش بوته‌زار و گیاهان مرتعی متوسط تا تنک است. این حوضه دارای فیزیوگرافی خشن و پرشیب، گسترش وسیع تشکیلات حساس به فرسایش (تشکیلات آذرآورای پالئوژن و رسوبات تبخیری - تخریبی نئوژن) و ضعف پوشش گیاهی است که همین عوامل باعث شده این حوضه به‌عنوان حوضه‌ای با میزان فرسایش بالا در کشور قلمداد شود. الموت قزوین منطقه‌ای تاریخی است که به نظر می‌رسد از دوران اسماعیلیه تا زمان قاجار، زیستگاه و پناهگاه صخره‌ای امنی برای سکنه خود بوده است، اما حالا زیر پایش چنان خالی شده که امروز به‌عنوان یکی از مناطق حاد و مستعد بحران سیلاب و رانش مطرح است. در دهه‌های اخیر به دلیل توسعه فعالیت‌های کشاورزی و بهره‌گیری از روش‌های آبیاری سنتی در دامنه‌های شیب‌دار اطراف روستاها، گسترش خانه‌سازی در مناطق مستعد خطر و از بین رفتن پوشش گیاهی خودرو، بخش‌های زیادی از مناطق مسکونی الموت مستعد وقوع سیلاب‌هایی با خسارات جانی و مالی و همچنین اختلال در شبکه آب‌رسانی، برق و گاز و ... شده‌اند.

خصوصیات اقلیمی حوضه

باتوجه‌به تعیین تیپ آب و هوایی حوزه آبخیز موردمطالعه بر اساس روش طبقه‌بندی کوپن، روش دمارتن و ضریب خشکی آن، روش طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه و نمودار آمبروترمیک و بررسی کلیماگرام منطقه، توسط مهندسین مشاور سوگرا ویژگی‌های اقلیمی زیر برای این منطقه ارائه می‌گردد.

فصل بهار و زمستان، فصول پرباران سال در منطقه هستند. بیشترین بارش منطقه به ترتیب مربوط به فصول بهار، زمستان، پاییز و تابستان با درصد بارش ۳۶/۰۹، ۳۴/۸۶، ۲۷/۳ و ۱/۷۵ نسبت به کل بارش سالانه است. منطقه ازنظر دمایی تغییرپذیری بسیار کمتری نسبت به بارش داشته و دارای یک فصل بسیار سرد و یک فصل گرم است که طول مدت هرکدام باتوجه‌به میزان ارتفاع متغیر است. عواملی نظیر ارتفاع و جهت ناهمواری‌ها باتوجه‌به موقعیت کوهستانی و مرتفع منطقه، نقش مهمی در آب‌وهوای محلی و اختلافات اقلیمی دارند. زمان، نوع و مقدار بارش برف و باران بسته به ارتفاع متغیر است، به‌طوری‌که بارش در ارتفاعات الموت‌رود بیشتر به شکل برف بوده که گاهی عمق آن به ۸۰ سانتی‌متر می‌رسد؛ درصورتی‌که در نواحی پست مقدار این نوع بارش کمتر و عمق آن از حدود ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر فراتر نمی‌رود. علاوه بر این، طول مدت رویش گیاه و تراکم پوشش نیز از طبقه‌بندی سطوح

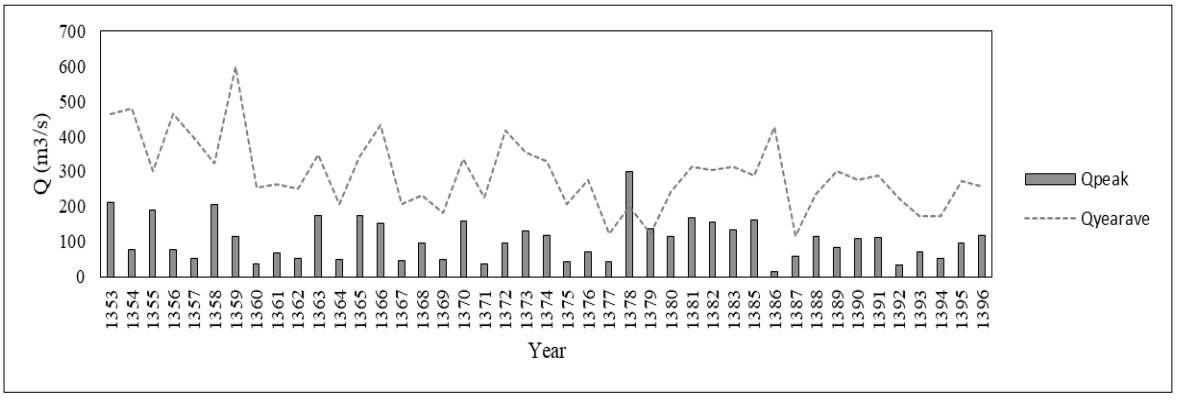
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

ارتفاعی تبعیت می‌کند، به‌طوری‌که در ارتفاعات این مقادیر کمتر و در نواحی کم‌ارتفاع و حواشی و بستر رودخانه بیشتر هستند.

هیدرولوژی حوضه

این حوضه حدود ۱۴/۵ درصد از حوضه شاهرود و ۱/۲۵ درصد از حوزه آبخیز سفیدرود را در برمی‌گیرد. در این حوضه زهکش اصلی یعنی الموت‌رود، که از ارتفاعات ۳۷۰۰ متری در شرق و شمال شرق روستای اواتر سرچشمه می‌گیرد، در جهت شرق به غرب جریان دارد و شاخه‌های فرعی آن عمدتاً با جهت کلی شمالی و جنوبی (تقریباً به‌موازات یکدیگر) به آن می‌پیوندند. حوضه الموت‌رود تقریباً به‌صورت یک شبکه شاخه درختی است که الموت‌رود زهکش یا رودخانه اصلی است که آبراهه‌های فرعی به‌صورت شبکه‌هایی هم‌گرا به آن می‌پیوندند. روستاهای مختلفی در بخش الموت شرقی و غربی و در امتداد شاخه‌های اصلی و فرعی واقع شده‌اند. براساس آمار هیدرومتری ایستگاه باغکلای- وزارت نیرو مقدار متوسط حجم آب جریان‌یافته در رودخانه الموت‌رود ۳۴۸/۷۳ میلیون مترمکعب و ارتفاع بارندگی معادل آن برابر با ۵۶۱/۵۷ میلی‌متر برآورد شده است.

نوسانات مقادیر دبی در طول سال و از سالی به سال دیگر متغیر است. به‌عنوان‌مثال براساس آمار دبی لحظه‌ای ایستگاه باغکلای- وزارت نیرو در سال آبی ۱۳۷۸ بین حداکثر دبی ۳۷۲/۵ مترمکعب در ثانیه و حداقل دبی ۱/۵۹ مترمکعب در ثانیه، ۳۷۱ واحد اختلاف وجود دارد. همچنین ملاحظه می‌شود، میزان دبی لحظه‌ای بسیار تغییرپذیر است، به‌طوری‌که بین ۳۷۲ مترمکعب در ثانیه در فروردین‌ماه سال ۱۳۷۹ تا ۲/۱۷ مترمکعب در ثانیه در فروردین‌ماه سال ۱۳۸۶ نوسان دارد. نکته دیگری که ذکر آن حائز اهمیت است، این است که امکان وقوع دبی‌های لحظه‌ای قابل‌توجه در تمام طول ایام سال وجود دارد. ذکر این نکته حائز توجه است، همان‌طور که در تصویر شماره ۱ ملاحظه می‌شود می‌توان گفت روند تغییرات دبی متوسط سالانه بین سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۶ نزولی بوده درحالی‌که این روند در مورد دبی‌های پیک لحظه‌ای برعکس است و این خود در کنار تأثیر فعالیت‌های انسانی از قبیل تغییر کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی و افزایش ساخت‌وساز در حریم آبراهه‌ها و رودخانه‌ها دلیلی بر افزایش وقوع سیلاب و خسارات ناشی از آن در سال‌های اخیر است.

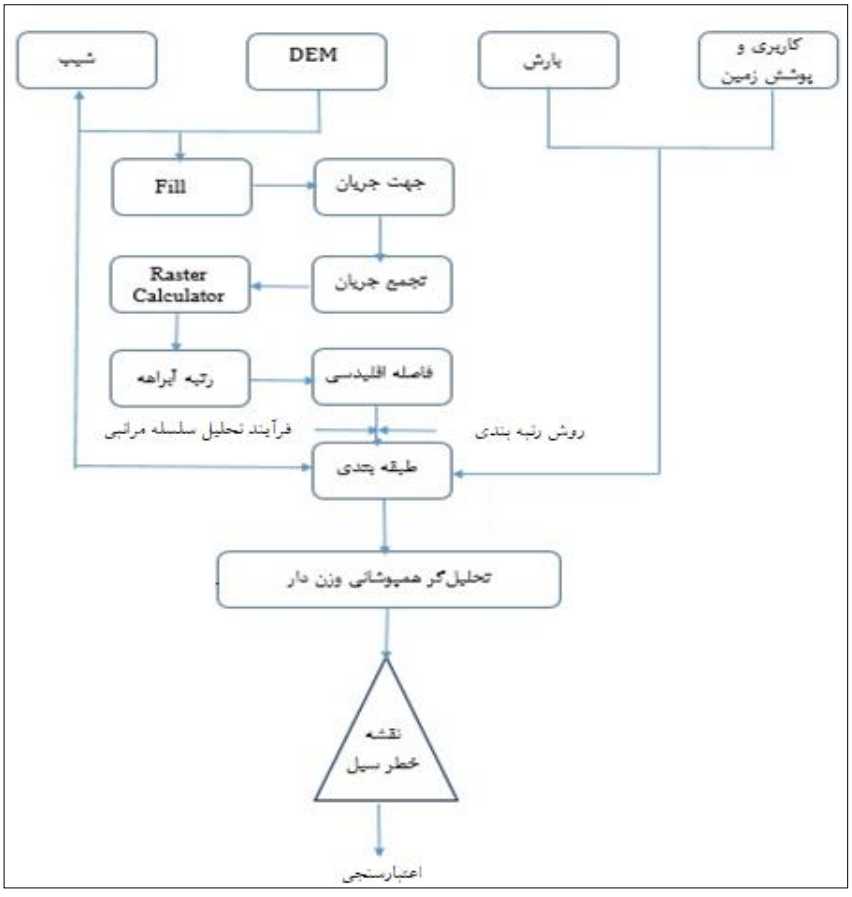


ت ۱. تغییرات دبی متوسط سالانه و دبی پیک لحظه‌ای حوزه آبخیز الموت‌رود بین سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۶

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

تهیه لایه‌های موضوعی

همان‌طور که در تصویر شماره ۲ نشان داده شده است، در این مطالعه از یک تکنیک AHP مبتنی بر GIS برای تولید نقشه حساسیت به سیل استفاده شده است. داده‌های این مطالعه از منابع مختلفی مانند سازمان‌های دولتی و تصاویر ماهواره‌ای برای ترسیم مناطق مختلف خطر سیل در حوزه آبخیز الموت‌رود به دست آمده است. وضوح ۳۰ متری یک مدل ارتفاعی دیجیتال (DEM) که از پایگاه داده آنلاین USGS به دست آمده و در نرم‌افزار ArcGIS Pro نسخه ۳/۱ برای ترسیم نقشه‌های حوزه آبخیز الموت و تهیه نقشه ارتفاع پردازش شده است. نقشه‌های موجود در تصویر شماره۳ با بهره‌گیری از نقشه‌های پایه بارش متوسط بلندمدت (۴۰ ساله)، تهیه‌شده با استفاده از داده‌های GPCC و اصلاح‌شده با داده‌های ایستگاهی زمینی، شیب تهیه‌شده از مدل رقومی ارتفاعی با تفکیک مکانی ۳۰ متر، نقشه کاربری اراضی تهیه‌شده از تصاویر پوشش زمین به‌دست‌آمده از ESA Sentinel-2 با تفکیک مکانی ۱۰ متر و نقشه فاصله اقلیدسی تهیه‌شده با روشی که در تصویر شماره ۲ نمایش داده شده، وضعیت خطر سیلاب حوزه آبخیز الموت‌رود را نشان می‌دهد. پس از آماده‌سازی، هر چهار لایه موضوعی به فرمت شطرنجی با وضوح ۳۰ متر تبدیل و با استفاده از رتبه‌های AHP مجدداً طبقه‌بندی شدند.



ت ۲. مراحل به کار برده‌شده برای تهیه نقشه خطر سیلاب حوزه آبخیز الموت‌رود

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

تجزیه‌وتحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره: فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

وزن پارامترها را می‌توان با بهره‌گیری از تکنیک AHP یعنی آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره، اختصاص داد. روش AHP مسئله را در قالب یک مدل سلسله‌مراتبی با تقلید از مفاهیم پیچیده مغز انسان برای دستیابی به تصمیم درست بر اساس اطلاعات موجود به بخش‌هایی تقسیم می‌کند. فرایند مقایسه زوجی بخش اصلی تکنیک AHP است که اعدادی را برای نمایش اطلاعاتی جهت تعیین وزن هر پارامتر اختصاص می‌دهد. مقادیر و معیارهای پارامترها برای نشان دادن اهمیت نسبی بین دو پارامتر ارائه می‌شوند. مرحله بعدی محاسبه میانگین وزنی حسابی برای به دست آوردن مقدار ویژه است. هدف از این فرایند، اندازه‌گیری وزن‌ها در یک ماتریس مقایسه زوجی است. وزن هر پارامتر در یک ماتریس مقایسه زوجی با استفاده از رویکرد ردیف میانگین تعیین می‌شود.

یافته‌ها

چهار مرحله برای حصول نتایج این مطالعه و تهیه نقشه نهایی طی شده است. اولین مرحله تهیه یک ماتریس مقایسه زوجی است که وزن هر پارامتر به‌عنوان نتیجه از آن حاصل می‌شود. بخش دوم، تهیه نقشه‌های موضوعی است که نقشه‌های پارامترهای اثرگذار بر سیلاب را به همراه نتایج امتیازات رتبه‌بندی هر کلاس پارامتر نشان می‌دهد. بخش سوم، تخمین مکانی خطر سیلاب ازطریق نقشه حساسیت‌پذیری سیلاب حوزه الموت‌رود و بخش آخر، ارزیابی نقشه حساسیت‌پذیری به سیلاب است. جزئیات انجام هر بخش و نتیجه در ادامه ارائه شده است.

ماتریس مقایسه زوجی

AHP که در سال ۱۹۹۰ توسط ساآتی توسعه داده شد (Saaty, 1990)، یکی از چندین روش وزن‌دهی معیارهای MCDM است. این روش اجازه مقایسه دو معیار را در یک زمان ازطریق ماتریس مقایسه زوجی فراهم می‌کند، به‌طوری‌که مقادیر اهمیت نسبی یک معیار نسبت به سایر معیارها نشان داده می‌شود. این روش اندازه سطح قضاوت ثابت حمایت‌شده با یک پیشینه نظری را ارائه می‌دهد. مقیاس استاندارد اهمیت نسبی بین ۱ تا ۹ تغییر می‌کند، به‌طوری‌که ۱ معادل با اهمیت برابر و ۹ معادل اهمیت فوق‌العاده است (جزئیات در جدول شماره ۱ نشان داده شده است). AHP در سراسر جهان در زمینه‌های گوناگونی از قبیل صنعت، آموزش، سلامت در میان دیگر حوزه‌ها به‌خصوص در مواقعی که نیاز به تصمیم‌گیری است، مورداستفاده قرار می‌گیرد (Majumer, 2015).

ج ۱. مقیاس Saaty برای تعیین وزن

تعریف	شدت اهمیت
اهمیت برابر	۱
اهمیت برابر تا متوسط	۲
اهمیت متوسط	۳
اهمیت متوسط تا قوی	۴
اهمیت قوی	۵
اهمیت قوی تا خیلی قوی	۶
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت خیلی قوی تا فوق‌العاده قوی	۸
اهمیت فوق‌العاده	۹

این روش طی سالیان اخیر، به‌طور فزاینده‌ای در مدیریت سیلاب به کار گرفته می‌شود؛ چراکه مطالعات متعددی کارایی و قابلیت اعتماد بالای این روش را در مناطق مختلف جهان به اثبات رسانده‌اند. از آن میان می‌توان به نمونه‌های زیر اشاره کرد:

تحقیق صورت‌گرفته در منطقه Eldoret Municipality کنیا، AHP را برای تعیین مناطق آسیب‌پذیر در مقابل سیلاب به کار گرفت و بر اساس فرایند اعتبارسنجی مشخص شد نتایج مبتنی بر AHP-GIS در مقایسه با نتایج شبیه‌سازی HEC-RAS

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

دقت۹۲ درصدی داشتند (Ouma & Tateishi, 2014). به‌طور مشابه، در مطالعه صورت‌گرفته برای حوزه آبخیز رودخانه یاسوج در ایران، از AHP برای شناسایی مناطق دارای پتانسیل وقوع مخاطره سیلاب استفاده شد، اعتبارسنجی این مدل در مقابل نتایج مناطق آب‌گرفته شبیه‌سازی‌شده با مدل HEC-RAS نشان‌دهنده قابلیت نقشه مخاطره سیلاب بود (United States Department of Agriculture, 2018). مطالعه دیگری در مالزی که از AHP برای تولید نقشه مناطق حساسیت‌پذیر به سیلاب استفاده کرده بود، شباهت معنی‌داری بین این نقشه و نقشه سیلاب اصلی تهیه‌شده توسط دپارتمان آبیاری و زهکشی یافت (Elsheikh et al., 2015).

ازجمله مزیت‌های روش AHP، مناسب بودن آن برای تصمیم‌گیری گروهی، کارکرد آن با هر دو داده‌های کمّی و کیفی، یافتن پاسخ توسط ذی‌نفعان ازطریق سؤالات زوجی، پیکربندی سلسله‌مراتبی معیارها، فراهم کردن امکان ارزیابی ترجیح اولویت و ارائه روشی برای حمایت سطحی از قضاوت پایدار ازطریق پیشینه نظری، است.

مقایسه زوجی، وزن هر یک از پارامترهای ایجادکننده سیلاب را برای یک روش AHP تعیین حساسیت سیلاب ارائه می‌دهد. نتایج میانگین حسابی وزنی نیز در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

ج ۲. مقادیر وزن و رتبه‌بندی نرمال‌شده پارامترهای مؤثر بر سیلاب

تعریف	فاصله	کاربری	شیب	بارش
وزن	۰/۳۲	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۲۸

نقشه‌های موضوعی

مجموع چهار نقشه موضوعی تأثیرگذار بر سیلاب (تصویر شماره ۳) به همراه توضیحاتی در خصوص هر پارامتر در ادامه موردبحث قرار گرفته است.

۱. فاصله از رودخانه (فاصله اقلیدسی): نقشه‌های موضوعی ایجاد شده و به تصویر رستری تبدیل شدند (تصویر شماره ۳). بر اساس ویژگی‌های منطقه فاصله از رودخانه با وزن نرمال شده ۰/۳۲ تأثیرگذارترین عامل برای وقوع سانحه سیلاب در منطقه موردمطالعه در نظر گرفته شده است.

۲. بارش: منطقه موردمطالعه به ترتیب دارای حداقل، حداکثر و متوسط بارش بلندمدت سالیانه ۳۰۰، ۸۰۰ و ۲۹۵ میلی‌متر است. وزن نرمال‌شده اختصاص داده شده به معیار بارش ۰/۲۸ است.

۳. شیب: منطقه به ترتیب دارای حداقل، حداکثر و متوسط شیب ۰، ۷۱ و ۲۴ درصد است. شیب دارای وزن ۰/۲۳ برای این منطقه است.

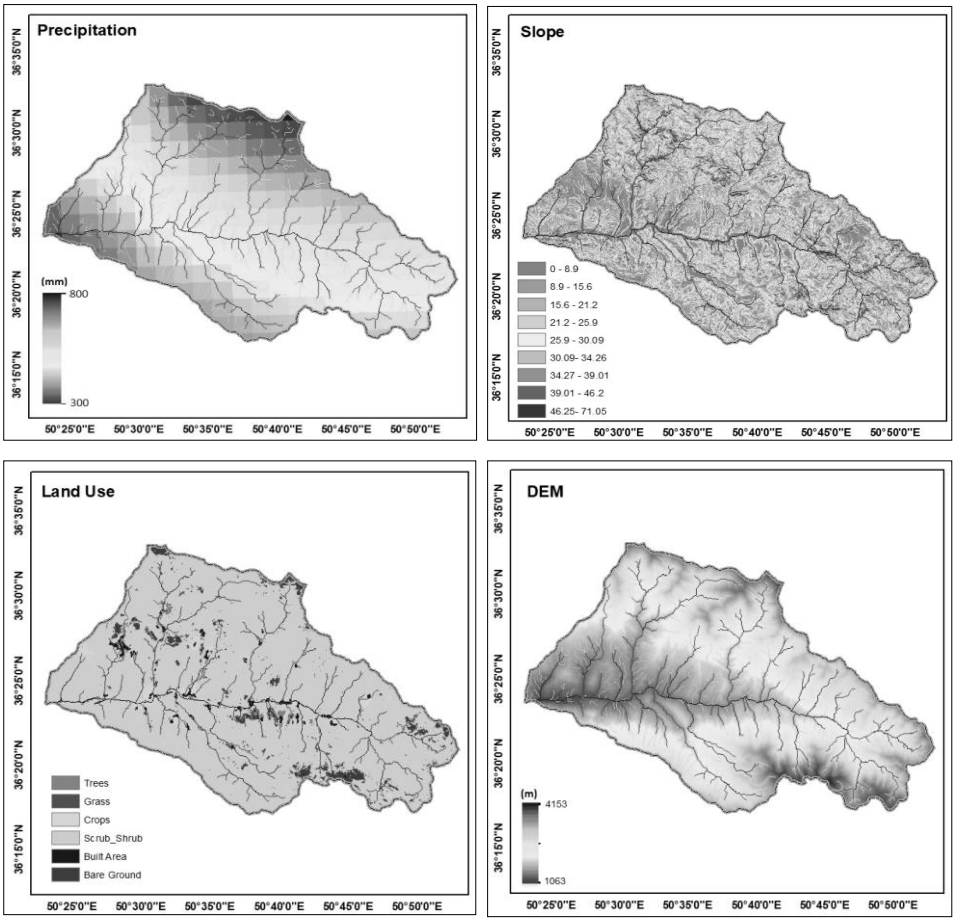
۴. کاربری زمین: نقشه کاربری اراضی الموت‌رود نیز در تصویر شماره ۳ ارائه شده است، وزن نرمال‌شده اختصاص‌داده‌شده به این نقشه ۰/۱۷ است.

تهیه نقشه حساسیت به سیلاب

همه نقشه‌های پارامترهای مؤثر بر سیلاب با استفاده از تکنیک جای‌گذاشت در نرم‌افزار ArcGIS Pro نسخه ۳/۱ برای تولید نقشه حساسیت‌پذیری منطقه موردمطالعه به سیلاب ترکیب شدند. پارامترها با استفاده از روش ترکیب خطی وزن باتوجه‌به وزن و رتبه هر پارامتر روی‌هم قرار داده شدند. نقشه حساسیت‌پذیری سیلاب منطقه موردمطالعه با استفاده از روش شکست طبیعی (Jenks) در پنج سطح مختلف خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد. سطوح حساسیت مکانی به سیلاب عبارت‌اند از: سیلاب خیلی زیاد (۷/۳ درصد)، سیلاب زیاد (۸/۲ درصد)، سیلاب متوسط (۷۳/۴ درصد)، سیلاب کم (۶/۴ درصد) و سیلاب خیلی کم (۴/۷ درصد) که در سراسر منطقه موردمطالعه توسعه یافته در تصویر شماره ۴ نشان داده

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

شده است. سیلاب زیاد عمدتاً در امتداد رودخانه رتبه ۴ و ۵ و در محدوده دشت سیلابی در قسمت‌های نزدیک به خروجی جریان متمرکز شده که در یک منطقه قرمز روی نقشه نشان داده شده است. در مقابل، مناطق آبی تیره روی نقشه نشان‌دهنده حساسیت بسیار کم سیلاب است که در مناطق مرتفع شمال، شمال غربی و شمال شرقی منطقه موردمطالعه پراکنده است که در تصویر شماره ۴ نشان داده شده است.



ت ۳. نقشه‌های پایه جهت تولید نقشه حساسیت‌پذیری به سیلاب حوزه آبخیز الموت‌رود

ارزیابی نقشه حساسیت‌پذیری به سیلاب

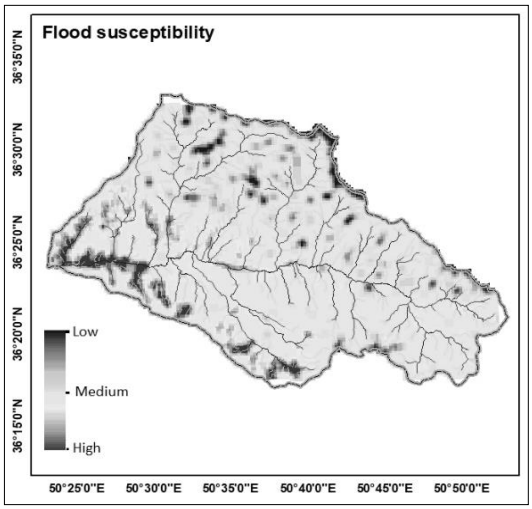
نقشه حساسیت‌پذیری به سیلاب ازنظر صحت و قابلیت اعتماد با داده‌های سیلاب تاریخی گردآوری‌شده در منطقه موردمطالعه و بهره‌گیری از روش ارزیابی آماری ماتریس درهم‌ریختگی[5] مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. آمار دبی و سیلاب‌های منطقه موردمطالعه از وزارت نیرو- مرکز تحقیقات منابع آب برای سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۹۶ اخذ شده است. دقت نقشه تخمین صحیحی از مناطق سیلابی و غیرسیلابی را در مقایسه با داده‌های مشاهده‌شده نشان می‌دهد. نقشه بر اساس آزمون صورت‌گرفته دارای دقت ۷۰ درصد است.

بحث

اگرچه روش AHP برای نقشه‌برداری حساسیت به سیل در حوضه الموت‌رود با موفقیت به کار گرفته شد، اما نکات، عدم قطعیت‌ها و محدودیت‌هایی وجود دارد که باید برای مطالعه موردتوجه قرار گیرند. اولین نکته

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

قابل‌بحث، انتخاب پارامترهای ایجادکننده سیلاب برای تجزیه‌وتحلیل AHP است که متأثر ازنظر کارشناسی، مطالعات صورت‌گرفته در مناطق مشابه و در دسترس بودن داده‌ها و اطلاعات است. پارامترهای مختلفی در مطالعات مختلف تعیین حساسیت سیلاب با استفاده از AHP مورداستفاده قرار گرفته‌اند. فهرست متفاوتی از پارامترها می‌توانند برای تعیین حساسیت‌پذیری سیلاب باتوجه‌به ویژگی‌های فیزیکی خاص هر حوضه و همچنین جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی آن تعیین شود. پارامترهای ایجادکننده سیل، بسته به منطقه موردمطالعه و کیفیت و کمیت اطلاعات در دسترس متغیر هستند. آن‌ها را می‌توان در دسته‌بندی‌هایی از قبیل پارامترهای هیدروگرافی/ مورفومتریکی (فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی، ارتفاع، شیب، لندفرم، شاخص زبری و ...)، هیدرولوژیکی (بارش، ژئومرفولوژی، شاخص قدرت آبراهه، ارتفاع، CN و...)، نفوذپذیری (زمین‌شناسی، نوع خاک، رطوبت خاک، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص فرسایش‌پذیری خاک، شاخص فرسایندگی باران و ...)، دینامیکی (کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی/NDVI و ...) و حتی مداخلات انسانی (تراکم جمعیت، مناطق غیرقابل نفوذ انسان‌ساخت، فاصله از جاده و ...) دسته‌بندی کرد. مطالعات نشان می‌دهد، بیشتر بودن تعداد پارامترهای مورداستفاده برای تحلیل، لزوماً منجر به افزایش دقت نقشه خروجی نخواهد شد (Rincón et al., 2018). در این تحقیق، چهار پارامتر در ایجاد سیلاب مورداستفاده قرار گرفته‌اند: فاصله از رودخانه، شیب، ارتفاع، بارش. سه پارامتر اول ساکن در نظر گرفته شده و پارامتر کاربری اراضی دینامیک، بدین معنی است که در طول زمان تغییر می‌کند. هرچند برخی مطالعات بسته به منطقه موردمطالعه، بارندگی را نیز معیاری دینامیک در نظر می‌گیرند. اما ازآنجایی‌که بررسی روند تغییرات بارش در این منطقه تغییرات قابل‌توجهی را نشان نداده است، لذا این پارامتر برای این منطقه ساکن در نظر گرفته شد. به‌طورکلی، مؤثرترین فرایند برای تولید نقشه حساسیت به سیلاب را می‌توان با دو عامل داده و روش ایجاد کرد. تکنیک AHP روشی مناسب و مؤثر برای تحلیل چند معیاره است. بااین‌حال، این نقشه حساسیت به سیلاب را می‌توان در صورت وجود داده‌های بهتر و در دسترس و همچنین در صورت بهره‌گیری از سایر روش‌های مؤثر در مقایسه با AHP و انجام ارزیابی بهبود بخشید.



ت ۴. نقشه تولیدشده حساسیت‌پذیری به سیلاب حوزه آبخیز الموت‌رود

نتیجه

تعیین حساسیت‌پذیری به سیلاب با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در ارزیابی مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب‌های مکانی در حوضه الموت‌رود، موفق عمل می‌کند. AHP روشی مقرون‌به‌صرفه و مناسب به لحاظ صرف زمان موردنیاز جهت مطالعه است. بهره‌گیری از کمترین ورودی و درعین‌حال به دست آوردن بهترین خروجی با کمترین عدم قطعیت هدف عمده مطالعات علمی در حوزه‌های

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

مختلف است. ازاین‌رو، باتوجه‌به کیفیت و کمیت داده‌های در دسترس در منطقه موردمطالعه، چهار پارامتر مورفومتریکی (فاصله از رودخانه و شیب)، هیدرولوژیکی (بارش)، دینامیکی (کاربری اراضی) به‌عنوان پارامترهای ایجادکننده سیلاب در الموت‌رود تعیین و مورداستفاده قرار گرفتند. بالاترین وزن نرمال‌شده در این مطالعه، فاصله از رودخانه و پس‌ازآن به ترتیب بارش، شیب و کاربری اراضی است. نتیجه نشان می‌دهد که ۷/۳ درصد از کل منطقه موردمطالعه به‌عنوان یک منطقه با پتانسیل سیلاب بسیار بالا در پایین‌دست و حوالی تجمع جریان‌های شبکه زهکشی حوضه بالادست و در دشت سیلابی شناسایی شده است. همچنین ۸/۲ درصد تحت پوشش مناطق مستعد سیلاب زیاد، ۷۳/۷ درصد تحت پوشش مناطق مستعد سیلاب متوسط، ۶/۴ درصد تحت پوشش مناطق مستعد سیلاب کم و ۴/۷ درصد تحت پوشش مناطق مستعد سیلاب بسیار کم هستند. سیلاب رودخانه‌ای نوع غالب سیلاب در منطقه موردمطالعه است، زیرا بالاترین وزن در حساسیت به سیلاب مربوط به پارامتر فاصله از رودخانه است. نقشه حساسیت‌پذیری به سیلاب در مقایسه با داده‌های تاریخی سیلاب و با استفاده از ارزیابی آماری ماتریس درهم‌ریختگی نشان‌دهنده دقت ۷۰ درصدی است. روش AHP برای ترسیم حساسیت به سیلاب حوضه الموت‌رود به‌خوبی عمل می‌کند و می‌تواند در حوضه‌های دیگر مورداستفاده قرار گیرد. بااین‌حال، تنظیم پارامترها برای کاهش عدم قطعیت‌های احتمالی مرتبط با منطقه موردمطالعه و کیفیت و کمیت داده‌های در دسترس توصیه می‌شود. این روش می‌تواند برای سایر مطالعات چند معیاره مانند مطالعه خشکسالی، ارزیابی پتانسیل آب‌های زیرزمینی و غیره نیز به کار گرفته شود.

پی‌نوشت

1. Post Disaster Need Assessment
2. Saaty
3. Flow Accumulation
4. Topographic Wetness Index (TWI)
5. confusion matrix

فهرست منابع

– رضوی‌ترمه، سید وحید؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ علی‌دادگان فرد، فاطمه. (۱۳۹۷). تهیه نقشه پتانسیل سیل‌گیری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس و مدل آماری وزن واقعه (مطالعه موردی: شهرستان جهرم، استان فارس)، *پژوهشنامه مدیریت* حوزه آبخیز، سال ۹. شماره ۱۷.

– عقیلی، نجمه؛ لشکری‌پور، غلامرضا؛ حافظی‌مقدس، ناصر. (۱۳۹۷). پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از GIS و AHP در حوزه آبخیز گلورد نکا، نخستین کنفرانس ملی نقش مهندسی عمران در کاهش مخاطرات.

– غلامی، محمد؛ احمدی، مهدی. (۱۳۹۸). ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر لامرد با استفاده از AHP و GIS و منطق فازی. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، دوره ۸، شماره ۲۰.

– قنبری نسب، علی؛ عسگری، امید؛ هاشمی فسایی، ابراهیم؛ حسینی، سید محمد. (۱۴۰۱). ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر خطر سیلاب با استفاده از روش بهترین – بدترین مبتنی بر GIS. *فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران*. شماره ۲۲.

- Al-Suhili, R., Cullen, C., Khanbilvardi R. 2019, An urban flash flood alert tool for megacities Application for Manhattan, New York City, USA. Hydrology. 6(2).

- Büchele, B., et al. 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. Natural Hazards and Earth System Sciences No.6, PP: 485–503.

- Demir, V and Kisi, O, 2016, Flood hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: Mertriver, samsun, turkey, Advances in Meteorology, pp, 1-9.

- Dehghani M, Abbasnejad A, Negaresh H., 2016. Assessment of Flood Hazard and its Zoning in Baft Plain (South East Part of Iran), Geography and Territorial Spatial Arrangement. 6: 141-152. [Persian].

- Das S. 2018, Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India. Arabian Journal of Geosciences. 11(19).

- Dano UL. 2020, Flash flood impact assessment in Jeddah city: An analytic hierarchy process approach. Hydrology. 7(1).

- ESCAP, 2019, APDIM and Tehran University, Build

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]

[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]

vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. Water (Switzerland). 6(6):1515-45.
- Penki R., Basina S.S., and Tanniru, S.R , 2022, Application of Geographical Information System-Based Analytical Hierarchy Process Modeling for Flood Susceptibility Mapping of Krishna District in Andhra Pradesh, https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1399020/v1
- Rincón D, Khan UT, 2018, Armenakis C. Flood Risk Mapping Using GIS and Multi-Criteria Analysis: A Greater Toronto Area Case Study. Geosciences. 8(8):275.
- Seejata K, Yodying A, Wongthadam T, Mahavik N, Tantanee S, editors. Assessment of flood hazard areas using Analytical Hierarchy Process over the Lower Yom Basin, Sukhothai Province. Procedia Engineering; 2018.
- Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill; 1980.
- Saaty TL. 1990, How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research. 48(1):9-26.
- Samanta S, Koloa C, Pal DK, Palsamanta B. 2016, Flood risk analysis in lower part of Markham river based on multi-criteria decision approach (MCDA). Hydrology. 3(3).
- Tehrany MS, Lee MJ, Pradhan B, Jebur MN, Lee S., 2014. Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models. Environ Earth Sci. 71 (10): 4001- 4015.
- United States Department of Agriculture. Urban Hydrology for Small Watersheds Technical Release 55. Natural Resources Conservation Services. Conservation Engineering Division; 1986. Available online:
https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf (accessed on 26 July 2018).
- Vojtek M, Vojteková J. 2019, Flood Susceptibility Mapping on a National Scale in Slovakia Using the Analytical Hierarchy Process. Water. 11(2):364.
- Winsemius HC, Aerts Jeroen CJH, van Beek Ludovicus PH, Bierkens Marc FP, Bouwman A, Jongman B, et al. 2016, Global drivers of future river flood risk. Nature Climate Change. 6(4):381-5.
- Wang Y, Li Z, Tang Z, Zeng G. 2011, A GIS-Based Spatial Multi-Criteria Approach for Flood Risk Assessment in the Dongting Lake Region, Hunan, Central China. Water Resources Management. 25(13):3465-84.
- Yahaya S, Ahmad N, Abdalla R. 2010, Multicriteria analysis for flood vulnerable areas in Hadejia Jama'are River basin, Nigeria. European Journal of Scientific Research ISSN. 42:1450-216.
- Yang j., R D Townsend and B. Daneshfer, 2006, Floodplain Visualization using TINS, Center for in river network floodplain delineation", Can. J. Civ. Eng. No: 33, pp: 19-28.

DOI: 10.22034/42.182.125

a Bridge on Flood Risk Management (South-South and Regional Cooperation for Flood Risk Management in the Islamic Republic of Iran), 9-10 October.
- Elsheikh, R.F.A.; Ouerghi, S.; Elgah, A.R. 2015, Flood Risk Map Based on GIS, and MultiCriteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia). J. Geogr. Inf. Syst., 7, 348–357.
- Forkuo EK. 2011, Flood Hazard Mapping using Aster Image data with GIS. Int J Geomat Geosci.1.
- Gigovic L, Pamučar D, Bajić Z, Drobnjak S. 2017. Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas. Water. 9:1-26.
- Hirabayashi Y, Mahendran R, Koirala S, Konoshima L, Yamazaki D, Watanabe S, et al. 2013, Global flood risk under climate change. Nature Climate Change. 3(9):816-21.
- Hong H, Tsangaratos P, Ilia I, Liu J, Zhu AX, Chen W. 2018, Application of fuzzy weight of evidence and data mining techniques in construction of flood susceptibility map of Poyang County, China. Science of The Total Environment. 625:575-88.
- Khalilizadeh M, Mosaedi A, Najafinejad A., 2005. Flood hazard zonation in a part of Ziarat river in Gorgan urban watershed. J.Agric.Sci. Natur. Resour. 12 (4): 138-146. [Persian].
- Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K., Maidment, D.R. 2005. Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS\RAS: A Case Study for the San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event. Journal of Environmental Management. 75: 325-336.
- Kaliraj S, Chandrasekar N, Magesh NS. 2014, Identification of potential groundwater recharge zones in Vaigai upper basin, Tamil Nadu, using GIS-based analytical hierarchical process (AHP) technique. Arabian Journal of Geosciences. 7(4):1385-401.
- Kazakis N, Kougias I, Patsialis T. 2015, Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope– Evros region, Greece. Science of The Total Environment. 538:555-63.
- Komi K, Amisigo BA, Diekkrüger B. 2016, Integrated flood risk assessment of rural communities in the Oti River basin, West Africa. Hydrology. 3(4).
- Lappas I., Kallioras A. 2019, Flood Susceptibility Assessment through GIS-Based Multi-Criteria Approach and Analytical Hierarchy Process (AHP) in a River Basin in Central Greece, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 06 Issue: 03.
- Lagmay AMF, Racoma BA, Aracan KA, Alconis-Ayco J, Saddi IL. 2017, Disseminating near- real-time hazards information and flood maps in the Philippines through Web-GIS. Journal of Environmental Sciences.59:13-23.
- Montz BE, Gruntfest E. 2002, Flash flood mitigation: Recommendations for research and applications. Environmental Hazards. 4(1):15-22.
- Majumer, M. 2015, Multi Criteria Decision Making. In Impact of Urbanization on Water Shortage in Face of Climatic Aberrations; Springer: New York, NY, USA, pp. 35–48, ISSN 2194 7244.
- Ouma YO, Tateishi R. 2014, Urban flood

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-27]
[DOI: DOI: 10.22034/42.182.125]