دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هفدهم، شماره‌ی ۵۸
تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۲۰۷-۱۹۱

ایرج جباری[1*]
رسول قبادیان[2]
مجید احمدی ملاوردی[3]

رابطهٔ بین شاخص LFH و پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف (مطالعهٔ موردی: رودخانهٔ قره سو)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰٦/۰٤

چکیده

شاخص LFH با استفاده از پارامترهای مورفومتری رودخانه، احتمال سیل‌خیزی را در مئاندرها نشان می‌دهد، در حالی که مدل HEC-RAS داده‌های هیدرولوژیک و توپوگرافیک را برای پیش‌بینی مقدار سیل برای هر قطعه‌ای از حاشیه رودخانه به‌کار می‌گیرد. در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از میزان رابطه بین این دو روش پیش‌بینی، امکان جایگزینی روشی ساده به‌جای مدل HEC-RAS ارزیابی شود. از این‌رو، نخست محدوده خاک‌ریزهای طبیعی در طی بازدید میدانی با دستگاه GPS تعیین حدود شد و پلان رودخانه از روی نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۰۰۰ ترسیم گردید. سپس مقدار شاخص LFH برای ۳۱ قوس رودخانه محاسبه گردید و با استفاده از مدل HEC-RAS و الحاقیه HEC-GeoRAS، پهنه سیل در دوره بازگشت‌های مختلف مشخص و ارتباط آن‌ها با مقادیر شاخص LFH با استفاده از نرم‌افزار SPSS بررسی شد. نتایج نشان داد بین پهنه‌های سیل و مقادیر شاخص LFH ارتباط معناداری وجود ندارد. با جایگزین کردن پهنه‌های سیل با فواصل بین خاک‌ریزهای طبیعی در شاخص LFH و ثابت در نظر گرفتن سایر پارامترها، مقادیر LFH جداگانه‌ای برای هر دوره بازگشت محاسبه گردید و ارتباط آن‌ها با شاخص LFH اندازه‌گیری شده، مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین همبستگی با LFH

[*]۱- گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه (نویسندهٔ مسئول). E-mail: Ir_Jabbari@yahoo.com
۲- گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

محاسباتی ۲ ساله وجود دارد و می‌توان پهنه سیل ۲ ساله را به‌طور غیرمستقیم با مدل رگرسیون چند جمله‌ای درجه دوم پیش‌بینی کرد.

کلید واژه‌ها: خطر سیل، رودخانه قره‌سو، شاخص LFH، HEC-RAS، GIS

مقدمه

بین ویژگی‌های زمین ریخت‌شناسی و شرایط وقوع سیل ارتباط متقابلی وجود دارد (هو و یومیتسو[4]، ۲۰۱۱: ۱۰۸۲) و به همین دلیل ویژگی‌های مورفومتری رودخانه نقش مهمی در برآورد هیدرولیکی گسترش و عبور امواج سیل دارد (شام ۱۹۶۳ و لوکزی[5] و همکاران، ۲۰۰۹). از آن جا که داده‌های هیدرولوژیک برای همه نقاط یک رودخانه نمی‌تواند وجود داشته باشد، اغلب پژوهشگران سعی می‌کنند از ویژگی‌های مورفومتری مجرای رود (موزلی[6]، ۱۹۷۹؛ وُلف و برگر[7]، ۱۹۹٤؛ شیونو[8]، ۲۰۰٤؛ تیمار و گابریز[9]،۲۰۰۸؛ افتخاری و همکاران، ۱۳۹۰؛ مساعدی و توکلی، ۱۳۸۲). وهابی (۱۳۸۵: ٤۰) یا دشت سیلابی (لسترا[10] و همکاران ۲۰۰۸؛ جباری و خزائی، ۱۳۹۰: ۷۳) برای برآورد ویژگی‌های هیدرولوژیک آن‌ها بهره ببرند.

لوکزی و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از پارامترهای مورفومتری مجرای رود شاخصی تحت عنوان خطر محلی سیل[11] را معرفی کردند و با اعتقاد به این که کاهش فاصله بین دایک ها عامل افزایش خطر سیل هستند احتمال وقوع سیل در مجاری مئاندری پیش‌بینی کردند که به اتکا این مدل نیز بیاتی‌خطیبی (۱۳۹۰ و ۱۳۹۱) به برآورد پتانسیل خطر سیل در رودخانه‌های شور و آجی چای پرداخت.

نتیجه کاربردی پیش‌بینی سیلاب‌ها با استفاده از ویژگی‌ها و شاخص‌های مورفومتریک و ژئومورفیک اغلب به‌صورت نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب ظاهر می‌شود. هرچند که این بررسی‌ها از لحاظ مقیاس مطالعاتی در مقیاس ناحیه‌ای و مقیاس منطقه‌ای صورت می‌گیرد (سرحدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲)، ولی بیش‌تر نقشه‌های خطر سیل در مقیاس محلی ۱:۲۰۰۰ تا ۱:۲۰۰۰۰ تهیه می‌شود (مرز[12] و همکاران، ۲۰۰۷: ۲۳۲). تهیه این نقشه‌ها عمدتاً براساس روش‌های هیدرولوژیک و ژئومورفولوژیک صورت می‌گیرد (هو و یومیتسو، ۲۰۱۱: ۱۰۸۲). مدل‌های هیدرولوژیک گوناگونی برای پیش‌بینی جریان در مجاری ارایه شده است که مدل هیدرولیک HEC-RAS در سال‌های اخیر در سطح

4- Ho & Umitsu
5- Loczy
6- Mosely and Muto
7- Wolff and Burges
8- Shiono
9- Timar &Gabris
10- Lastra
11- Local Flood Hazard (LFH)
12- Merz

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

گسترده‌ای به‌کار گرفته شده است (از جمله: اوزال و تارن[13]، ۲۰۰۶؛ قمی اویلی و همکاران، ۱۳۸۹؛ غفاری و همکاران، ۱۳۸٦؛ غفاری و امینی، ۱۳۸۹؛ یمانی و همکاران،۱۳۹۱) و بعضی از پژوهشگران سعی نموده‌اند برای افزایش دقت آن از روش‌های آماری (ماسکورا[14] و احمد، ۲۰۰۷: ۵۹۱) و GIS و سنجش از دور (فیلیپ و استفان[15]، ۱۹۹۸: ۲۹۵) استفاده کرده و فاصله بین نیمرخ‌ها را کوتاه انتخاب کنند (صادقی و همکاران، ۱۳۸۲: ٤٥). با وجود این، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز این مدل به برداشت‌های میدانی گسترده‌ای نیاز دارد که اغلب پر هزینه و وقت‌گیر می‌باشد و کالیبره کردن زبری بستر رودخانه در مقاطع مختلف و اعمال شرایط مرزی در محاسبات اغلب به بروز خطا می‌انجامد.

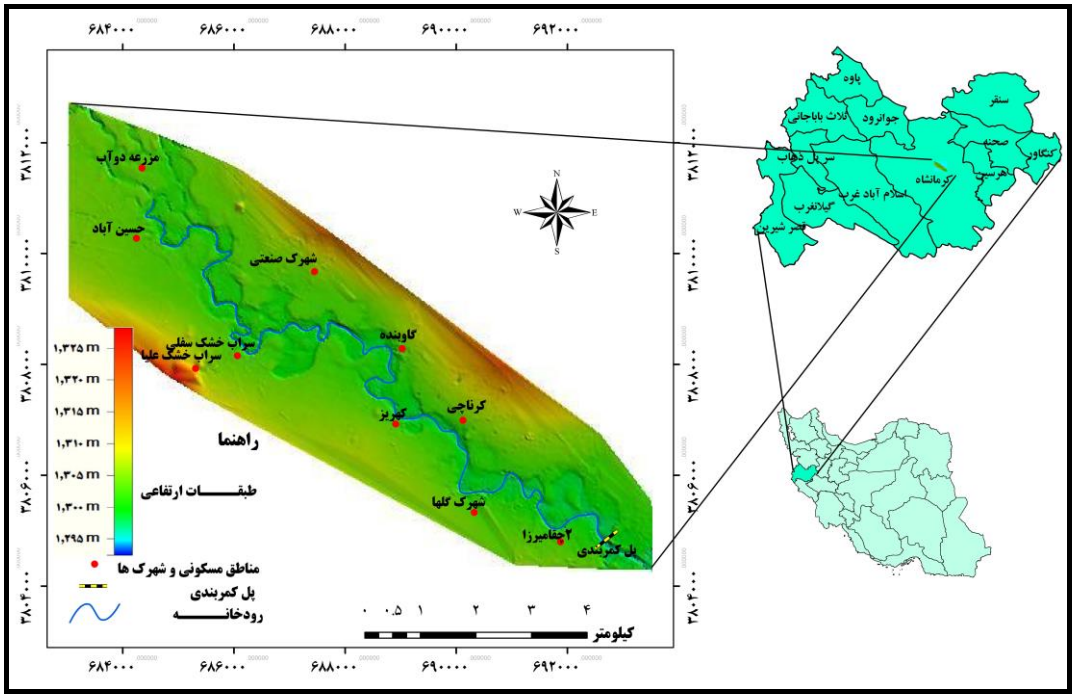
از سوی دیگر، استفاده از شاخص‌هایی مانند شاخص LFH هر چند که با سرعت بیش‌تری به برآورد سیل گیری قطعات رودخانه‌ای منجر می‌شود ولی این شاخص‌ها تنها بیان بالقوه‌ای از وقوع سیل با استفاده از عواملی مانند میزان پیچش مئاندر و فاصله خاک‌ریزهای طرفین مجرا هستند و برای اهداف کاربردی پهنه را بر اساس دوره بازگشت نشان نمی‌دهند. از این‌رو، در این پژوهش سعی می‌شود نشان داده شود که شاخص LFH با کدام یک از پهنه‌های سیل با دوره بازگشت‌های مختلف که با استفاده از مدل HEC-RAS مشخص شده، تطبیق می‌کند. در این صورت می‌توان مدلی به‌دست آورد تا از شاخص LFH پهنه سیل را برای هر قوس با دوره بازگشت معین برای حوضه‌های فاقد ایستگاه هیدرومتری پیش‌بینی کرد.

منطقه مورد مطالعه

رودخانه قره‌سو یکی از سر شاخه های رودخانهٔ کرخه می باشد که از منطقه سراب روانسر سرچشمه گرفته و با پیوستن به رودخانه‌های مِرگ و رازآور در محلی به نام دوآب قزانچی رودخانه قره‌سوی بزرگ را به‌وجود می‌آورد. در ادامه، این رودخانه به موازات ناهمواری‌های زاگرس در جهت شمال‌غربی به جنوب‌شرقی جریان یافته و از شهر کرمانشاه عبور می‌کند تا سرانجام در منطقه هرسین به رودخانه گاماسیاب پیوسته و رودخانه سیمره را تشکیل می‌دهد. در این تحقیق قطعه‌ای از این رودخانه به طول ۱۸/۵ کیلومتر از دوآب قزانچی تا ورودی شهر کرمانشاه (پل کمربندی امام حسین) مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱). در این قطعه رود یک الگوی مئاندری را ساخته است؛ در حالی که در طی فرآیند تحول آن مجاری متروک و دریاچه‌های نعل اسبی زیادی نیز به جا مانده است که در سطح دشت سیلابی قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۲). اکنون در حواشی مجرا خاک‌ریزهای طبیعی عارضه اصلی رود به شمار می‌رود که عمدتاً از سیلت و رس تشکیل شده و با شیبی ملایم به سمت دشت سیلابی ادامه پیدا می‌کنند.

13- Usul & Turan
14- Mosquera
15- Philip & Stephen

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

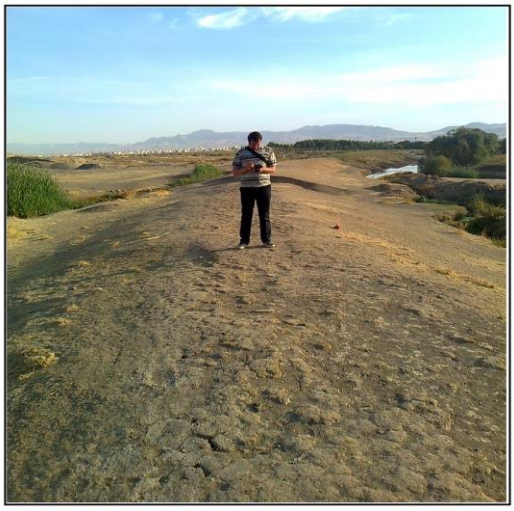
به منظور بررسی ارتباط بین شاخص LFH که با استفاده از بعضی ویژگی‌های مورفومتری رودخانه به ارزیابی خطر وقوع سیل در رودخانه‌های مئاندری می‌پردازد و پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف که با مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS پیش‌بینی شده‌اند نخست میزان خطر محلی وقوع سیل (LFH) برای ۳۱ قوس رودخانه در طول بازه مورد مطالعه محاسبه شد (شکل ۳). در این رابطه، پارامترهای هندسی رودخانه که نقش مهمی در محاسبه پتانسیل سیل‌خیزی مسیرهای مئاندری دارند به‌کار گرفته شد. در طول یک رودخانه اندازه مسیر سیلاب‌ها را پهنای کمربند مئاندر (B) و مقطع عرضی دشت‌های سیلابی فعال، یعنی محدوده‌هایی که آخرین پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی ناشی از عبور سیلاب باقی مانده‌اند (d) کنترل می‌کند؛ بنابراین از نسبت فواصل بین پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی (d) و پهنای کمربند مئاندر (B) مسیر تقریبی فروکش سیلاب‌ها (FR)[16] تعیین می‌شود. همچنین از نسبت بین دامنه واقعی مئاندر (A_{act})[17] و بزرگ‌ترین مئاندر ممکن در مسیر رودخانه (A_{max})[18] می‌توان مرحله سازگاری مجرا (CA)[19] را محاسبه کرد. با توجه به این‌که محاسبه و اندازه‌گیری A_{max} بسیار دشوار است می‌توان به‌جای آن از d استفاده کرد و از اختلاف بین FR و CA خطر وقوع سیلاب (LFH) را در مسیر رودخانه‌های مئاندری با استفاده از رابطه ۱ محاسبه نمود (لوکزی و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۰۶).

16- Floodway Reduction
17- Actual meander Amplitude
18- The possible largest meander
19- Channel Adjustment

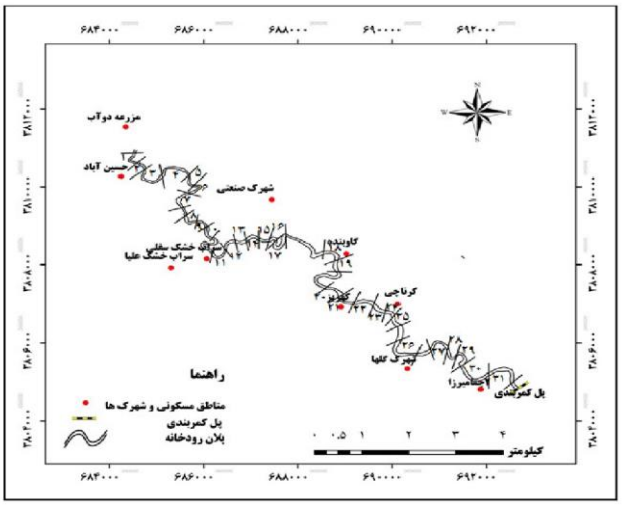
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

$$LFH = 1 - (FR/CA) = 1 - (d/B)/(A_{act}/A_{max}) = 1 - (d^2/BA_{act}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

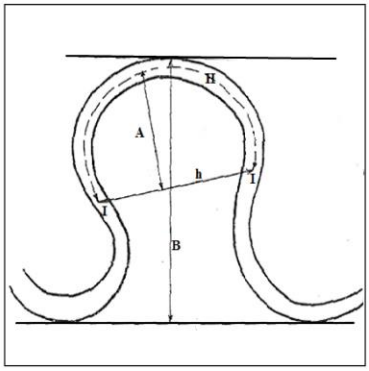
جهت محاسبه پارامترهای مورد نیاز ابتدا محدوده پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی (d) با استفاده از دستگاه GPS تک فرکانسی مدل S۷۵۰ به روش آنی[20] تعیین موقعیت شده (شکل ۲) و در محیط GIS بر روی نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۰۰۰ منتقل گردید. استخراج پلان رودخانه قره‌سو از روی این نقشه‌ها (شکل ۳) اجازه داد تا پارامترهای هندسی مورد نظر اندازه‌گیری شوند. این پارامترها عبارت بودند از: نقاط عطف (I)، محور رودخانه (شکل ٤، H)؛ یعنی، طول کانال در امتداد خط مرکزی، طول دره (شکل ٤، h)؛ به عبارتی، فاصله دو نقطه عطف متوالی به خط مستقیم، پهنای کمربند مئاندر (شکل ٤، B)؛ یعنی، حداکثر فاصله عرضی بین انحنای بیرونی دو قوس متوالی و بالاخره، دامنه واقعی مئاندر (شکل ٤، A)؛ یعنی، فاصله عمودی رأس مئاندر از محور رودخانه تا طول دره (h).



شکل ۲: یکی از خاک‌ریزهای طبیعی قره‌سو



شکل ۳: پلان رودخانه قره‌سو و تعداد مئاندرهای اندازه‌گیری شده



شکل ٤: پارامترهای مورفومتری رودخانه و روش اندازه‌گیری آن‌ها

20- Real-time

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

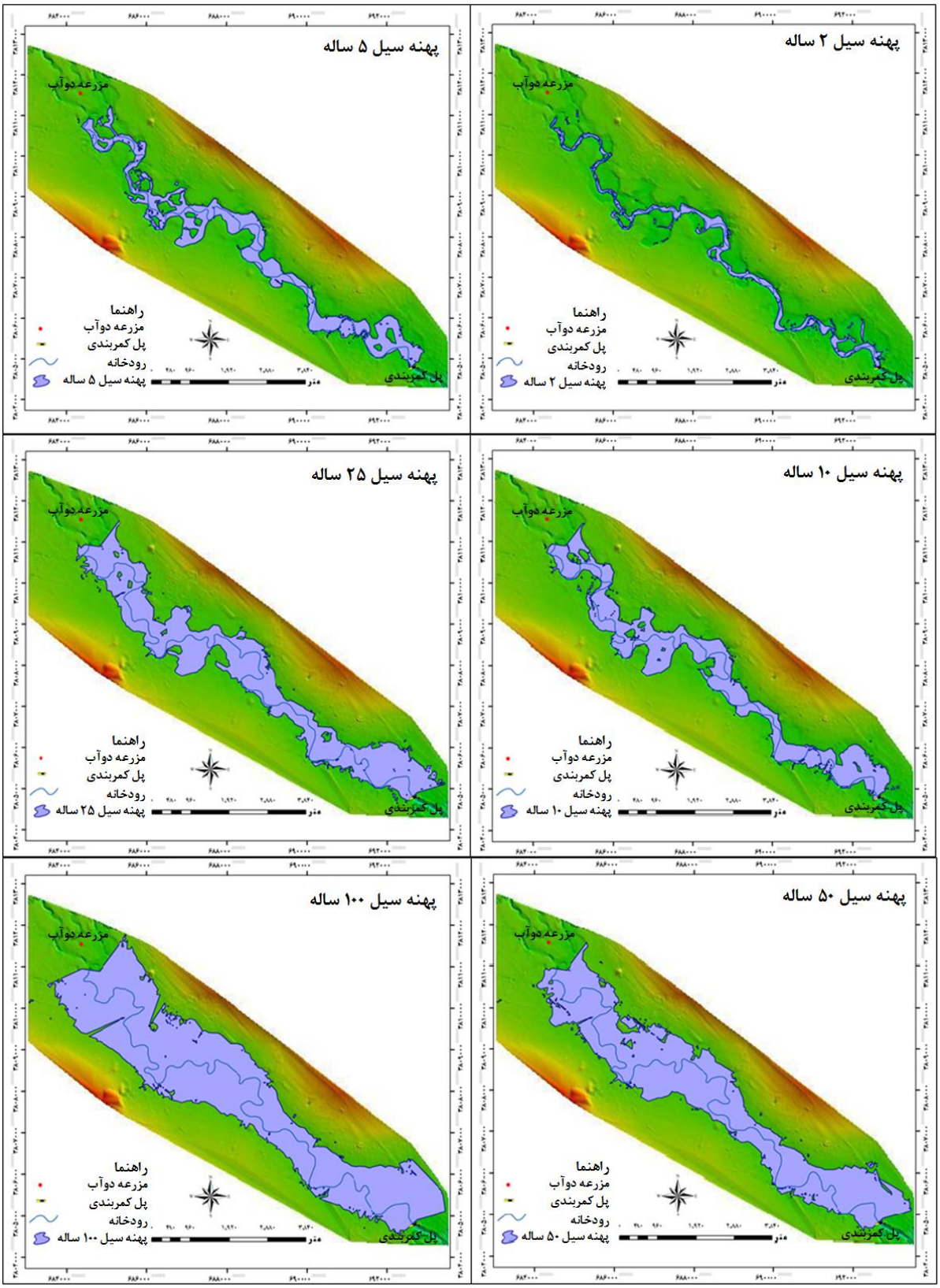
در مرحله بعد اقدام به تهیه نقشه پهنه سیل در دوره بازگشت‌های مختلف توسط مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS و GIS شد به این منظور ابتدا TIN منطقه مورد مطالعه از روی نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۰۰۰ که از سازمان آب منطقه‌ای استان کرمانشاه دریافت شده بود تهیه و اصلاح گردید.

از آنجا که نقشه کامل محدوده مورد مطالعه از ۲۵ برگ نقشه تشکیل شده بود در نرم‌افزار اتوکد به هم متصل شدند. در ایجاد این نقشه یکپارچه از محدوده مورد نظر به این نکته توجه شد که در تمام بخش‌های محدوده، مسیر رودخانه پهنای باندی در حدود ٤ کیلومتر داشته باشد تا در اجرای برنامه در هنگام پهنه‌بندی سیلاب مشکلی ایجاد نشود. برای انجام محاسبات و تجزیه‌وتحلیل جریان در نرم‌افزار HEC-RAS از مقاطع عرضی استفاده می‌گردد؛ ولی این مقاطع به دلیل این‌که از روی TIN استخراج می‌شوند از دقت مناسبی برای نمایش نتایج برخوردار نمی‌شوند. از این‌رو، برای افزایش دقت نتایج و به‌دست آوردن مقطع عرضی مناسب و نزدیک به واقعیت، نقاط مقطع عرضی با مقیاس ۱:۵۰۰ که توسط سازمان آب منطقه‌ای نقشه برداری شده بود به نقاط تشکیل دهنده TIN اضافه گردید و TIN منطقه اصلاح شد.

پس از آماده شدن TIN منطقه مورد مطالعه، برای شبیه‌سازی رودخانه و تهیه فایل ورودی به HEC-RAS از نرم‌افزار ARC GIS و الحاقیه HEC-GEORAS استفاده شد. بدین صورت که با استفاده از الحاقیه HEC-GEORAS داده‌های مورد نیاز مدل HEC-RAS از روی TIN منطقه استخراج گردید که شامل لایه‌های خط مرکزی جریان، سواحل رودخانه، مسیر جریان و مقاطع عرضی می‌باشد. سپس جهت اجرای مدل HEC-RAS ابتدا فایل داده‌های هندسی که در مرحله قبل تهیه شده بود، وارد گردید و در مرحله بعدی نیز کلیه اطلاعات هیدرولیک و جریان سیل از قبیل ضریب مانینگ، دبی، هیدروگراف‌های سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله، شیب بالادست و پایین‌دست به‌عنوان شرایط مرزی و غیره به مدل معرفی شد.

از آنجاکه پدیده سیلاب در دسته جریان‌های غیردائمی قرار دارد از این‌رو برای پهنه‌بندی در این محدوده مطالعاتی، حالت جریان غیردائمی به مدل معرفی گردید. پس از اجرای محاسبات هیدرولیک در مدل HEC-RAS نتایج خروجی به‌صورت فایلی با فرمت SDF به Arc GIS ارسال گردید. این فرمت توسط الحاقیه HEC-GEORAS به فرمت XML جهت پس پردازش و ایجاد نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب تبدیل شد. در نهایت نقشه پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف در محیط GIS تهیه گردید (شکل ۵).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]



شکل ۵: نقشه پهنه‌ی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

یا در مرحله آخر عرض پهنه‌های سیل در امتداد هریک از مئاندرها اندازه‌گیری شد و ارتباط بین این عرض‌ها و LFH محاسباتی در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله با شاخص LFH اندازه‌گیری شد و با استفاده از روش همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت بعد از این‌که مشخص گردید شاخص مذکور با چه دوره بازگشتی ضریب همبستگی بالایی دارد جهت به‌دست‌آوردن بهترین مدل پیش‌بینی، مدل‌های مختلف رگرسیون ارزیابی و مدلی که دارای بیش‌ترین ضریب تعیین (R^2) و کم‌ترین سطح معنی‌داری (sig) بود به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شد.

یافته‌ها و بحث

بررسی خطر وقوع سیل رودخانه قره‌سو در بازهٔ مورد بررسی با استفاده از پارامترهای مورد نیاز نشان می‌دهد که تقریباً ۵۰ درصد از قوس‌ها میزان سیل‌خیزی پایین (مقدار LFH کم‌تر از ۰/٤)، ۲۰ درصد سیل‌خیزی متوسط (مقدار LFH بین ۰/٤ تا ۰/۸) و ۳۰ درصد سیل‌خیزی زیاد (مقدار LFH بیش از ۰/۸) دارند. با این توضیح که ضرایب حاصل از شاخص مذکور هرچه به عدد یک نزدیک باشد خطر وقوع سیل زیاد و هرچه کم‌تر و یا منفی باشد خطر وقوع سیل کم است و امکان آب‌گرفتگی در طرف دیگر پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی (d) کاهش می‌یابد (جدول ۱).

جدول ۱- پارامترهای مورفومتریک برای محاسبه شاخص LFH

شماره	B	Aact	d	LFH
۱	۲۷۰/۹۸	۱۱۲/۸۲	٤۰/۱٤	۰/۹٤۷
۲	۲۲۹/۱۲	۹٤/۷٤	۱٥٦/۹۸	-۰/۱۳٥
۳	٤۳۸/۱۸	۱۹٤/۲۷	۱۰٥/٤۱	۰/۸٦۹
٤	٤۲۷/٥۱	۱۹٥/٦	۷۷/٥۳	۰/۹۲۸
٥	۱۸٦/۱۹	۷٦/٤٥	۱۳۲/۱٥	-۰/۲۲۷
٦	۳۱٤/۰۹	۱۱٥/۳٦	۲۸۲/٥۱	-۱/۲۰۳
۷	۳۲۳/٦۲	۱٤۸/٤۱	۱۱۹/۷٦	۰/۷۰۱
۸	۲۲۱/۳۸	۹۱/۳۱	۱۱۲/۳۱	۰/۳۷٦
۹	۲٤۸/٤٤	۱۰۹/۱٦	۱۱۱/٦۲	۰/٥٤۱
۱۰	۱٥٥/۱۱	٦۱/٥۷	۱۱۰/٥۸	-۰/۲۸
۱۱	۳٦٤/۱۲	۱۷۰/۰٤	۹٤/٤٤	۰/۸٥٦
۱۲	۲۲٤/۰۳	۹۷/۱۲	۱٤۸/۹	-۰/۰۱۹
۱۳	۱۲۸/۸٦	٤۹/۹٦	۸٦/٤٥	-۰/۱٦۱
۱٤	۱٦۸/۲۹	۷۰/٦٤	۱۱۲/۱۳	-۰/۰٥۸
۱٥	۱۲۳/٥٦	٤۸/۲۸	۱٤٤/۱٦	-۲/٤۸٤
۱٦	۲۱۱/٤۱	۹٥/۳٤	٥۰/۳۷	۰/۸۷٤
۱۷	۳۳۱/۹۹	۱۳٥/۰٤	۱۳٦/۹۲	۰/٥۸۲

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

ادامه جدول ۱- پارامترهای مورفومتریک برای محاسبه شاخص LFH

۰/۷۷۷	۱۱۵/۸٤	۱٦۲/۰۷	۳۷۱/۲٤	۱۸
-۰/٤٦٥	۹٥/۷٦	٤۹/٦۳	۱۲٦/۱٥	۱۹
-۰/۳۹٤	۱۳٤/۸۸	۷۳/۲۱	۱۷۸/۲۲	۲۰
۰/٥۷۷	۱۰۹/۹۲	۱۱۳/۲	۲٥۲/۳٥	۲۱
۰/٥۳۱	۹٥/۳۲	۹۲/۳٥	۲۰۹/۹	۲۲
-۳/٦٥۱	۱٦۱/۰٤	٤٦/٤٥	۱۲۰/۰٤	۲۳
-۰/۹۸٤	۱۳۸/۰۹	٦۳/٥۹	۱٥۱/۱۸	۲٤
-۲/٥۹۹	۹۸/٥٥	۳۰/٥۷	۸۸/۲۷	۲٥
۰/۹۳۲	۱۳۷/٦۱	۳٥۷/۲۹	۷۷۷/٥۹	۲٦
۰/۹٥	٦٤/٥۳	۱۹٥/٥٤	٤۲۷/۹۳	۲۷
-۰/٦٦۲	۲۰۰/۳٥	۹۸/۸٤	۲٤٤/۲۹	۲۸
۰/۹۰۱	٥٥/۷٤	۱۱۱/۲۸	۲۸۲/۲٦	۲۹
۰/۸۹٥	۱۲٤/۳٤	۲٦٥/۸	٥٥۳/٥۷	۳۰
۰/۸٤٤	۱۳۱/۲۱	۲۱٥/۰۱	٥۱٤/۷۸	۳۱

همبستگی بین شاخص LFH با فاصله بین پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی (d) و پهنه‌ی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد که بین شاخص LFH و فاصله بین خاک‌ریزها رابطه معناداری وجود دارد (r= -۰/٤٤ ،P<۰/۰٥) (جدول ۲)؛ اما بین شاخص LFH و پهنه‌ی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف رابطه معنادار نیست (جدول ۳).

جدول ۲- عرض پهنه‌های سیل برحسب متر در دوره بازگشت‌های مختلف. w2yr ،w5yr ،w10yr ،w25yr ،w50yr ،w100yr به‌ترتیب عرض پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله هستند

شماره	w۲yr	w٥yr	w۱۰yr	w۲٥yr	w٥۰yr	w۱۰۰yr
۱	٥٦/۹۲	۳٦۲/۲۱	۹۲۳/۳۷	۱۱۱٤/۷۷	۱۲۹۲/۷	۲۲۱٤/٦۸
۲	۸۸/۷۲	۹٥/۰۸	۳۱۸/۱۳	۱۱۰۷/۳۷	۱۲٥۷/۹	۲۱۹۷/٥٦
۳	٦۲/۷۲	۱٤۱/۸٦	٤۳٦/۹۸	۱۲۸۷/۱٥	۲۰۰۷/٦۹	۲۲۸۳/۹۸
٤	٥٤/۲	۱۸۷/۹۷	۳۳۰/۰٦	۱۲۷٤/۳۳	۱٥۳۰/۰۹	۲٤۷٦/۳
٥	۸٥/۳۸	۳۹٤/۱۹	٤۲۱/۱۸	۱۰۸٦/٤۹	۱۳۷٦/٤٥	۱۹۱۹/٤۹
٦	۷۷/٦۹	۲۷۹/۷	۳۳۸/۲۹	۹۱۸/۷۱	۱۰٦۳/۹٤	۱۹۹٦/۷۸
۷	۱۲۳/۳	۱٥۲/۹٤	٦٤۱/۱۳	۷۷۰/۹۲	۷۷۷/۲٦	۷۹٦/۳۸
۸	۷۱/۷٤	۱۰۸/۰٥	۸۰۳/۳۲	۸٦۱/۱۱	۱۱٤۸/۷۳	۱۷۸٤/٦۳
۹	۹۹/۹۲	۱٤۳/۸٦	٥۹٥/۲	٦٥۳/۷۷	۷٤۸/۸٥	۱٤٦۲/۰۸
۱۰	۱۱۲/٤۷	٤۲۳/۹	٥۰٤/۱۱	٦۱٤/٥۲	٦۷۸/۰۱	۱٦٥۲/۸۲
۱۱	٤٤/۳۷	٦٤/۸۸	۲۹٦/٤۱	۳٦۹/۲۲	۳۸٦/۳٥	٤۳٥/٤۹
۱۲	۱۰۱/۰۸	۱۲۸/٦۷	۱۷۲/٤۱	۳٦۸/۹٥	۱۳۸٥/۳٥	۱۸٥٥/٦
۱۳	۷۹/۲۱	۳٦٤/۷۷	۱۰٦۷/۳۷	۱٤۷٥/۹٥	۱۷۳٦/٦٥	۲۳۷۳/۲۹

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ۲- عرض پهنه‌های سیل برحسب متر در دوره بازگشت‌های مختلف. w2yr، w5yr، w10yr، w25yr، w50yr، w100yr به‌ترتیب عرض پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله هستند

۱۹۳۹/٤٥	۱۷۷٤/٤٤	۱۱٤۸/۰۸	۱۰٥۲/۲۸	۱٦۳/۳	۱۰۳/۹۳	۱٤
۱۷۹٦/۳۲	۱٥۳٥/۳٥	۹۷۹/۸٦	۹٤۷/۱۸	۳۱٤/۰۱	۱٤۲/۳۹	۱٥
۱۸۹٥/٦٦	۱۷۳۳/٤۳	۱٥۳۱/٥٥	٦۹۰/٤٦	٦۳٥/۲	۱۲۳/٤	۱٦
۱٦۹٤/۸۱	۱۲۸٤/۸۱	٦۷۷/۷۹	٥۷۹/۳٤	٥٤۷/۳٤	۱۹٥/۰٦	۱۷
۱٤۳۲/۲٦	۱۲٥٤/٥۹	۱۰۱۹/۸٥	٤٤٥/٥٥	۳٥٤/۳۳	۱٤۲/۱۸	۱۸
۱٦٤۷/٤	۱۳٥۸/۲٦	۸۹٦/٦٥	٥۱۱/۱٤	۲۸٤/۳۱	۱۱٥/۹	۱۹
۸۷۸/۷۷	۷۷۱/٤٦	٦۳٦/۸۷	۳۱۷/۱٦	۲۰۱/۳٤	۹۷/۲۹	۲۰
۱۱۱۹/٦۱	۱۰۰۱/۰٥	۷۷۸/٤۷	٥۸۳/٤٥	٤۸٥/۲۲	۱۰۷/۲۲	۲۱
۸۳۳/۳٤	٥۲٥/۰٥	۳۰۹/۸٦	۳٥٥/٦۱	۲۰۹/۰٤	۱۰۲/٥٥	۲۲
۸۱۷/۷۳	٥۷۱/۲۱	٤۱٥/۷٤	۳٥۷/۳٤	۱۹۸/۲	۱٥۹/٥٦	۲۳
۷۷۷/٤۲	٦۱۳/۰٦	٤۷۰/۹	٦۸۷/٦٤	۱٤۰/۷۸	۱۱٦/۳۸	۲٤
۷٦۱/٥۹	٦۲۸/۳	۳٥۱/۹۹	۱۰٥/۰۷	۱٦۲/۷	۱۰۰/۳۳	۲٥
۱۰۸۱/۸٦	۱۰۰٤/٦٥	۹٤۹/٤٤	٥۸۳/٤۷	٤٤۹/٦۷	۱٥۹/۸٦	۲٦
۱۱۰۱/۷٥	۸٥۲/٥٦	٥۹۹/٤٦	٥۲٦/۱٦	٥۲۱/۹٤	۲۲۷/۰٦	۲۷
۱۰٦٦/٥	۸۸٦/۷۹	٦۷۹/۲۱	٤۲۳/۱۷	۳٤۰/۹۱	۲۳۱/۷۳	۲۸
۱۱٤٤/٥۱	۹٦۳/۲۲	۸٤٥/۲٤	٥۲۷/۸۲	۳٦۱/۰۸	۳۹/٤۱	۲۹
۱۳٤۲/۱٦	۱۲٥۷/۹	۱۱۷٥/۰۹	۱۱۱٦/٤۲	۱۷۹/۰۱	۱۳۱/۱	۳۰
۱٥۳۷/۹۸	۱۲٥٤	۸٥۳/۹٥	٦۷٥/۲٥	۳٦۲/۷٦	۱٤۱/۸۷	۳۱

جدول ۳- همبستگی بین شاخص LFH با فاصله بین خاک‌ریزهای طبیعی و پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌های مختلف

		LFH	d	w۲yr	w۵yr	w۱۰yr	w۲۵yr	w۵۰yr	w۱۰۰yr
LFH	همبستگی پیرسون	۱	-.٤٥٦**	-.۱٥۸	.۲۱۳	.۱٥۸	.۳۳۰	.۲۲۷	.۱۷۷
	معناداری(دو طرفه)		.۰۱۰	.۳۹۷	.۲٥۰	.۳۹٦	.۰۷۰	.۲۲۰	.۳٤۰
	تعداد داده	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱
**همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنادار است (دوطرفه)									

همان‌طور که قبلاً اشاره شد شاخص LFH حاصل بیلان بین پارامترهای مختلف است یکی از این پارامترها فاصله بین خاک‌ریزهای طبیعی است که نشان‌دهنده عبور موج سیلاب می‌باشد. شاخص مذکور احتمال آب‌گرفتگی در طرف دیگر خاک‌ریزها به دلیل ناکافی بودن ظرفیت انتقال آب بین آن‌ها را هنگام وقوع سیل نشان می‌دهد از این‌رو جهت بررسی ارتباط پهنه سیل با شاخص LFH به‌طور غیرمستقیم، پهنه سیل اندازه‌گیری شده در دوره بازگشت‌های مختلف (جدول ۲) جایگزین فاصله بین خاک‌ریزها در شاخص LFH شد و در نتیجه برای هر دوره بازگشت شاخص LFH به‌صورت جداگانه محاسبه گردید و ارتباط آن با LFH اندازه‌گیری شده، مورد بررسی قرار گرفت (جدول ٤).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ٤- شاخص LFH محاسباتی برای دوره بازگشت‌های مختلف. LFH2yr، LFH5yr، LFH10yr، LFH25yr، LFH50yr، LFH100yr به‌ترتیب LFH محاسباتی برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله می‌باشد.

شماره	LFH۲yr	LFH۵yr	LFH۱۰yr	LFH۲۵yr	LFH۵۰yr	LFH۱۰۰yr
۱	۰/۹۲۵	۰/۵۲٤	-۰/۲۱۲	-۰/٤٦	-۰/٦۹۷	-۱/۹۰۸
۲	۰/۳۱۲	۰/۳۵۸	-۱/۳۰۱	-۷/۰۱	-۸/۰۹۷	-۱٤/۸۹۲
۳	۰/۹۲۲	۰/۸۲٤	۰/٤۵۹	-۰/۵۹	-۱/٤۸٦	-۱/۸۲۸
٤	۰/۹۵	۰/۸۲٦	۰/٦۹٤	-۰/۱۸	-۰/٤۱۹	-۱/۲۹٦
۵	۰/۲۰۷	-۲/٦٦	-۲/۹۱	-۹/۰۹	-۱۱/۷۷۹	-۱٦/۸۲
٦	۰/۳۹٤	-۱/۱۸۱	-۱/٦۳۸	-٦/۱٦	-۷/۲۹۵	-۱٤/۵٦۹
۷	۰/٦۹۳	۰/٦۱۹	-۰/۵۹۹	-۰/۹۲	-۰/۹۳۸	-۰/۹۸٦
۸	۰/٦۰۱	۰/٤	-۳/٤٦۳	-۳/۷۸	-۵/۳۸۲	-۸/۹۱۵
۹	۰/۵۸۹	۰/٤۰۸	-۱/٤۵	-۱/٦۹	-۲/۰۸۲	-۵/۰۱۸
۱۰	-۰/۳۰۲	-۳/۹۰۸	-٤/۸۳۷	-٦/۱۲	-٦/۸۵۱	-۱۸/۱۳۸
۱۱	۰/۹۳۲	۰/۹۰۱	۰/۵٤۸	۰/٤٤	۰/٤۱۱	۰/۳۳٦
۱۲	۰/۳۰۸	۰/۱۱۹	-۰/۱۸	-۱/۵۲	-۸/٤۸۱	-۱۱/٦۹۹
۱۳	-۰/۰٦٤	-۳/۸۹۸	-۱۳/۳۳۳	-۱۸/۸۲	-۲۲/۳۲	-۳۰/۸۷
۱٤	۰/۰۲	-۰/۵٤	-۸/۹۲۵	-۹/۸۳	-۱۵/۷۳۷	-۱۷/۲۹۳
۱۵	-۲/٤٤۱	-٦/۵۸۸	-۲۱/۸۸۹	-۲۲/٦۸	-۳٦/۱۰۳	-٤۲/٤۰۹
۱٦	۰/٦۹۲	-۰/۵۸۷	-۰/۷۲۵	-۲/۸۳	-۳/۳۳۲	-۳/۷۳۷
۱۷	۰/٤۰٤	-۰/٦٦۹	-۰/۷٦۹	-۱/۰۷	-۲/۹۲٤	-٤/۱۷٦
۱۸	۰/۷۲٦	۰/۳۱۸	۰/۱٤۲	-۰/۹٦	-۱/٤۱۵	-۱/۷۵۸
۱۹	-۰/۷۷۳	-۳/۳٤۹	-٦/۸۱۸	-۱۲/۷۱	-۱۹/۷۷۵	-۲٤/۱۹۷
۲۰	-۰/۰۰٦	-۱/۰۸۱	-۲/۲۷۹	-۵/۵۸	-٦/۹۷۵	-۸/۰۸٤
۲۱	۰/۵۸۷	-۰/۸٦۷	۰/۵۱۷	-۲	-۲/۸۵۲	-۳/۳۰۸
۲۲	۰/٤۹٦	-۰/۰۲۸	-۰/۷٤۹	-۰/۵۲	-۱/۵۸۲	-۳/۰۹۸
۲۳	-۳/٦۰۸	-٤/۷۲٤	-۹/۳۲۱	-۱۱/۰۱	-۱۵/٤۹۷	-۲۲/٦۱۷
۲٤	-۰/٦۷۲	-۱/۰۲۲	-۸/۸۷۷	-۵/۷٦	-۷/۸۰٦	-۱۰/۱٦۷
۲۵	-۲/٦٦٤	-٤/۹٤۲	-۲/۸۳۷	-۱۱/۸٦	-۲۱/۹٤٦	-۲٦/۸۱٤
۲٦	۰/۹۲۱	۰/۷۷۷	۰/۷۱۱	۰/۵۳	۰/۵۰۲	۰/٤٦٤
۲۷	۰/۸۲۵	۰/۵۹۷	۰/۵۹٤	۰/۵٤	۰/۳٤۳	۰/۱۵
۲۸	-۰/۹۲۳	-۱/۸۲۹	-۲/۵۱۱	-٤/٦٤	-٦/۳۵۸	-۷/۸٤۹
۲۹	۰/۹۳	۰/۳۵۹	۰/۰٦۳	-۰/۵	-۰/۷۰۹	-۱/۰۳۱
۳۰	۰/۸۸۹	۰/۸٤۹	۰/۰۵۷	۰/۰۱	-۰/۰٦۳	-۰/۱۳٤
۳۱	۰/۸۳۲	۰/۵۷	۰/۲	-۰/۰۱	-۰/٤۸۷	-۰/۸۲۳

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

نتایج حاصل از این همبستگی نشان می‌دهد که بین شاخص LFH اندازه‌گیری شده (جدول ۱) و LFH محاسباتی[۲۱] در دوره بازگشت‌های مختلف (جدول ٤) ارتباط معناداری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد، ولی میزان این ارتباط با دوره بازگشت‌های مختلف متفاوت است (جدول ۵). به این صورت که بیش‌ترین ارتباط با دوره بازگشت ۲ ساله (۰/۹۹۵ = r) و کم‌ترین ارتباط با دوره بازگشت ۱۰ ساله (۰/٦٦٤= r) وجود دارد. نکته‌ای که در همبستگی بین داده‌های مذکور وجود دارد این است که میزان همبستگی تا دوره بازگشت ۱۰ ساله سیر نزولی دارد ولی در دوره بازگشت‌های بالاتر (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله) میزان همبستگی سیر صعودی پیدا می‌کند و شدت ارتباط رو به افزایش می‌گذارد.

جدول ۵- همبستگی بین شاخص LFH واقعی و LFH محاسباتی در دوره بازگشت‌های مختلف

		LFH	LFH۲yr	LFH۵yr	LFH۱۰yr	LFH۲۵yr	LFH۵۰yr	LFH۱۰۰yr
LFH	همبستگی پیرسون	۱	/۹۹۵**	/۸۳٦**	/٦٦٤**	/۷٤۱**	/۷۷۰**	/۷۹۳**
	معناداری (دوطرفه)		/۰۰۰	/۰۰۰	/۰۰۰	/۰۰۰	/۰۰۰	/۰۰۰
	تعداد داده	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنادار است (دوطرفه)

با توجه به این‌که بیش‌ترین ارتباط بین خطر محلی سیل (LFH اندازه‌گیری شده) به‌عنوان متغیر مستقل و خطر وقوع سیل دوساله (LFH محاسباتی دوساله) به‌عنوان متغیر وابسته وجود دارد می‌توان با پیش‌بینی خطر سیل دوساله، به‌طور غیرمستقیم پهنه سیل در دوره بازگشت دوساله را برآورد کرد؛ بنابراین از تحلیل رگرسیون استفاده شد و جهت به‌دست آوردن بهترین مدل پیش‌بینی، مدل‌های مختلف رگرسیون ازجمله خطی، لگاریتمی، نمایی، توانی، چند جمله‌های درجه دوم، درجه سوم، معکوس و لجستیک مورد بررسی قرار گرفت. در بین مدل‌های یاد شده مدل‌های چندجمله‌ای درجه سوم، درجه دوم و خطی مدل‌های مناسبی نشان دادند (شکل ٦) ولی مدلی که دارای بیش‌ترین ضریب تعیین (R^2) و کم‌ترین سطح معنی‌داری (sig) بود به‌عنوان بهترین مدل پیش‌بینی انتخاب شد؛ بنابراین مدل چندجمله‌ای درجه دوم با ضریب تعیین ۰/۹۹۷ و سطح معنی‌داری نزدیک به صفر به‌عنوان بهترین مدل انتخاب گردید (جدول ٦) که معادله آن به‌صورت رابطه (۲) زیر می‌باشد:

$$LFH2yr=0.145+0.838LFH-0.058LFH^2$$

رابطه (۲)

همان‌طورکه قبلاً اشاره شد در محاسبه خطر سیل ۲ ساله، پهنه سیل ۲ ساله (w2yr) جایگزین فاصله بین پشته‌ها و خاک‌ریزها در شاخص LFH گردید (رابطه ۳):

۲۰- منظور از LFH اندازه‌گیری شده، همان شاخص LFH می باشد که فاصله بین خاکریزهای طبیعی (d) درآن قرار گرفته ولی منظور از LFH محاسباتی، شاخصی است که پهنه‌های سیل به جای فاصله بین خاک ریزهای طبیعی به کار رفته است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

رابطه (۳)

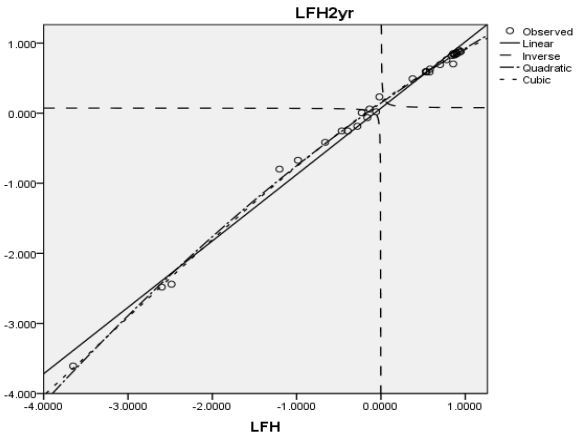
$$LFH2yr = 1 - \frac{\frac{W2yr}{B}}{CA}$$

بنابراین جهت استخراج پهنه سیل ۲ ساله (w2yr) برای هریک از قوس‌های رودخانه ابتدا از معادله رگرسیون چندجمله‌ای درجه دوم، خطر سیل ۲ ساله (yr۲LFH) پیش‌بینی می‌شود رابطه (۲). سپس با توجه به رابطه (۳) پهنه سیل ۲ ساله به‌صورت رابطه (٤) محاسبه می‌شود.

رابطه (٤)

$$W2yr = [1 - LFH2yr]B\ CA$$

لازم به ذکر است که متغیر (LFH2yr) در رابطه (٤) مقدار خطر سیل ۲ ساله است که از مدل رگرسیون چند جمله‌ای درجه دوم در رابطه (۲) پیش‌بینی می‌شود.



شکل ٦: پراکنش داده‌های LFH اندازه‌گیری و محاسباتی ۲ ساله

جدول ٦- خلاصه نتایج مدل‌های رگرسیونی

Equation		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	R Square	R
		B	Std. Error	Beta				
Linear	LFH	/۹٤۷	/۰۱۸	/۹۹۵	۵۲/۸۲٤	/۰۰۰	/۹۹	/۹۹۵
	(Constant)	/۰۷۱	/۰۲۰		۳/۵۰٤	/۰۰۲		
Inverse	۱ / LFH	/۰۰۵	/۰۲۰	/۰٤۷	/۲۵٦	/۸۰۰	/۰۰۲	/۰٤۷
	(Constant)	/۰۷٤	/۲۰۷		/۳۵۸	/۷۲۳		
Quadratic	LFH	/۸۳۸	/۰۱۷	/۸۸۰	٤۹/۲۷۰	/۰۰۰	/۹۹۷	/۹۹۸
	LFH ** ۲	-/۰۵۸	/۰۰۷	-/۱٤۳	-۷/۹۸۲	/۰۰۰		
	(Constant)	/۱٤۵	/۰۱۵		۹/۸۵۹	/۰۰۰		
Cubic	LFH	/۸٤۵	/۰۱۷	/۸۸۷	٤۸/۹٦۰	/۰۰۰	/۹۹۷	/۹۹۹
	LFH ** ۲	-/۰۸۷	/۰۲۱	-/۲۱۵	-٤/۰۸۵	/۰۰۰		
	LFH ** ۳	-/۰۰۹	/۰۰٦	-/۰۷۹	-۱/٤۵۹	/۱۵٦		
	(Constant)	/۱٦۱	/۰۱۸		۸/۹٤۵	/۰۰۰		

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

در این تحقیق شاخص LFH محاسبه و نشان داده شد که حدود ۷۰ درصد از قوس‌های رودخانه سیل‌خیزی متوسط تا کمی دارند، ولی ارتباط ضعیف و معکوسی (r = -/٤٥٦) بین مقدار شاخص LFH و فاصله بین پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی وجود دارد و این از نظر منطقی درست به نظر می‌رسد؛ زیرا، هر اندازه فاصله پشته‌ها افزایش می‌یابد سیل‌گیری آن به فاصله برگشت بیشتری نیاز پیدا می‌کند و همچنین شاخص LFH غیر از عامل یادشده به عوامل دیگری نیز ارتباط دارد و این میزان اثرگذاری فاصله خاک‌ریزها در پیش‌بینی سیل رقم صحیحی است که نشان‌گر اندازه‌گیری‌های دقیق حاصل از دستگاه GPS تک فرکانسی و دقت محاسبات می‌باشد. از سوی دیگر لوکزی و همکاران (۲۰۰۹) نیز به این نکته رسیدند که هر اندازه فاصله بین خاک‌ریزهای طبیعی کم باشد میزان سیل‌خیزی هریک از مئاندرها افزایش می‌یابد؛ ولی عدم ارتباط شاخص LFH با پهنه‌های سیل حاصل از مدل HEC-RAS به عوامل بنیادی دیگری بستگی دارد که برای اهداف کاربردی نیاز به تغییرات در شاخص LFH را ضروری می‌گرداند.

شاخص LFH در رودخانه‌های مئاندری کاربرد دارد از این‌رو در رودخانه‌هایی که دارای الگوی مستقیم هستند نمی‌توان از آن استفاده کرد (لوکزی و همکاران) در حالی که مدل HEC-RAS در رودخانه‌های با الگوی متفاوت به کار گرفته می‌شود. شاخص مذکور با استفاده از خصوصیات هندسی رودخانه پتانسیل سیل‌خیزی هر قوس را به‌صورت مجزا نشان می‌دهد که از مزیت کاربرد این شاخص در حوضه‌های فاقد داده‌های هیدرولوژیک محسوب می‌شود؛ بنابراین می‌توان با استفاده از آن، هریک از قوس‌های رودخانه را در بخش‌های مختلف به‌دلخواه انتخاب و میزان سیل‌خیز بودن آن را مشخص کرد؛ به عبارت دیگر لزومی ندارد که در بازه‌ای از رودخانه قوس‌های متوالی انتخاب شود. در حالی که مدل HEC-RAS با استفاده از خصوصیات هیدرولیک جریان پهنه سیل در تمام بخش‌های رودخانه را به‌صورت ممتد نشان می‌دهد. از طرفی مدل مذکور پهنه‌های سیل در دوره بازگشت‌ها مختلف را با دقت بالایی پیش‌بینی می‌کند؛ ولی شاخص LFH احتمال آب‌گرفتگی در طرف دیگر موانع طولی کنار رودخانه مانند پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی به دلیل ناکافی بودن ظرفیت انتقال آب بین آن‌ها را هنگام وقوع سیل نشان می‌دهد. باوجود این، در این شاخص معلوم نیست وقوع سیل با چه دوره بازگشتی آب از خاک‌ریزها بیرون می‌زند. از این‌رو اگر فاصله بین پشته‌ها و خاک‌ریزهای حاشیه رودخانه در شاخص LFH که نشان دهنده عبور موج سیلاب است به‌جای پهنه‌های مختلف سیل که توسط مدل HEC-RAS به‌دست آمده فرض شود به‌نوعی می‌توان گفت شاخص LFH مانند مدل HEC-RAS حداقل پیش‌بینی کننده یک پهنه سیل می‌باشد. بنابراین، شاخص LFH در واقع بیان بالقوه سیل گیری هر قوسی از مئاندر براساس ویژگی‌های موفومتریک هر قوس می‌باشد در حالی که در مدل HEC-RAS ظرفیت تحمل سیل هر بخشی از ناحیه بر اساس ویژگی‌های توپوگرافیک و هیدرولیک پیش‌بینی می‌شود. بنابراین، جهت استفاده از شاخص LFH به‌جای مدل HEC-RAS نخست باید تغییراتی در عوامل شاخص LFH به کار گرفته شود و سپس به جستجوی عوامل مورفومتریکی باید بود تا پیش‌بینی را حتی در مجاری مستقیم نیز انجام دهد. در این تحقیق با جایگزین کردن پهنه‌های سیل با فواصل بین پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی (d) در شاخص LFH و ثابت در نظر گرفتن سایر پارامترها (پهنای کمربند مئاندر (B)، دامنه واقعی مئاندر (A_{act}) و بزرگ‌ترین مئاندر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

ممکن در مسیر رودخانه (A_{max}) سعی شد LFH محاسباتی برای هر دوره بازگشت به‌دست آید (جدول ٤). نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین LFH های واقعی و LFH های محاسباتی وجود دارد ولی این روابط در دوره‌های بازگشت مختلف به‌طور متفاوت ظاهر می‌شود که برای اهداف پیش‌بینی تنها پهنه‌های سیل ۲ ساله با مدل رگرسیون چند جمله‌ای درجه سوم قابل پیش‌بینی می‌گردد (r= ۰/۹۵۸، p<۰/۰۱) و این از نظر منطقی درست به نظر می‌رسند؛ زیرا، محدوده پهنه سیل در دوره بازگشت ۲ ساله همگون است و مطابقت بیش‌تری با محل پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی دارد؛ به عبارتی، سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲ ساله به‌وسیله خاک‌ریزهای کنار رودخانه محدود شده و اراضی حاشیه رودخانه را در بر نمی‌گیرد. از سوی دیگر پارامترهای به‌کار رفته در شاخص LFH، خطر سیل در مقیاس محلی یعنی در قوس‌ها و اراضی حاشیه رودخانه را نشان می‌دهد نه محدوده‌های خارج از دشت سیلابی فعال را. از این‌رو، منطقی است که LFH واقعی با LFH محاسباتی ۲ ساله بیش‌ترین همبستگی را داشته باشد. ولی در دوره بازگشت‌های بالاتر اراضی خارج از محدوده خاک‌ریزهای طبیعی نیز دچار آب‌گرفتگی می‌شوند. این آب‌گرفتگی به دلیل شیب ناچیز دشت سیلابی در سطح وسیع‌تر صورت می گیرد که به‌موازات مجرا در حواشی نزدیک به بستر گستره ناهمگونی پیدا می‌کند ولی در دورتر از مجرا این گستره کمی یکنواخت‌تر رخ می‌دهد؛ زیرا، تحول و تغییرات بستر رودخانه مانند جابه‌جایی مئاندرها و ایجاد دریاچه های نعل اسبی در نزدیک مجرای فعلی توپوگرافی ناهمواری را به‌جا گذاشته است که عامل جریان ناهمگون آب به‌موازات مجرا در سیلاب‌های با دوره بازگشت ۵ تا ۱۰ ساله و از این‌رو تأثیر آن در رابطه ضعیف LFH واقعی با LFH محاسباتی ۵ و ۱۰ ساله می‌باشد. در حالی که هموار شدن دشت سیلابی در فواصل دورتر از مجرا باعث می‌شود این اراضی تقریباً به‌صورت یکنواخت زیر پوشش سیل بروند و روند افزایش همبستگی LFH اندازه‌گیری شده با LFH محاسباتی ۲۵ ساله و بالاتر را توجیه کنند (شکل ۵).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش دو نتیجه مهم به‌دست آمد: نخست این‌که شاخص مورفومتری رودخانه‌ها مانند پهنای کمربند مئاندر، دامنه واقعی مئاندر، عرض دشت سیلابی فعال در حد فاصل بین پشته‌ها و خاک‌ریزهای طبیعی و میزان تحول رودخانه نقش مهمی در برآورد هیدرولیک گسترش و عبور امواج سیل دارد؛ نتایجی که محققان زیادی نیز به آن تأکید کرده‌اند (مانند شام ۱۹٦۳؛ لوکزی وهمکاران، ۲۰۰۹: ۲۰۰؛ تیمار و گابریز، ۲۰۰۸: ۲۵۰؛ لسترا و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۷۷). دوم این‌که این امکان وجود دارد تا براساس داده‌های حاصل از مورفومتری رودخانه‌ها پیش‌بینی را حتی تا سطح مدل‌های پیشرفته و پیچیده‌ای مانند HEC-RAS انجام داد و ممکن است این امکان نیز وجود داشته باشد تا فراتر از مورفومتری مجاری با جایگزینی مورفومتری دشت‌های سیلابی که جباری و خزائی (۱۳۹۰: ۷۳) نیز براساس آن پیش‌بینی انجام داده‌اند، شاخص جدیدی تعریف شود تا آن شاخص جایگزینی برای مدل‌های پیچیده‌ای که به پهنه آب‌گرفتگی با دوره‌های برگشت مختلف می‌پردازند، باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

منابع

- افتخاری، ا؛ سلاجقه، ع؛ حسینی، س (۱۳۹۰)، «ارزیابی پهنه‌بندی سیل با تغییرات ضریب زبری (مطالعه موردی: رودخانه اترک)»، ***فصلنامه جغرافیای طبیعی***، شماره ۱۲، صص ۱۰۶-۹۱.

- بیاتی‌خطیبی، م (۱۳۹۰)، «بررسی پتانسیل وقوع سیل در مسیر رودخانه‌های مئاندری با استفاده از شاخص LFH (مطالعه موردی: رودخانه شور واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند)»، ***پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۷۵، صص ۱۶-۱.

- بیاتی‌خطیبی، م (۱۳۹۱)، «بررسی و برآورد سیلاب‌های مسیر رودخانه‌های مئاندری با استناد به تغییرات قوس خمیدگی مسیر رود (مطالعه موردی: رود آجی چای در شمال‌غرب ایران)»، ***جغرافیا و مخاطرات محیطی***، شماره ۳، صص ۵۶-۳۹.

- جباری، ا؛ خزائی، ع (۱۳۹۰)، «پیش‌بینی آب‌گرفتگی دشت کرمانشاه با استفاده از نقشه‌های زمین‌ریخت‌شناسی»، ***جغرافیا و توسعه***، شماره ۲۲، صص ۸۸-۷۳.

- سرحدی، ع؛ سلطانی، س؛ مدرس، ر (۱۳۸۷)، «تحلیل خطر سیل گرفتگی با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی HEC-RAS و HEC-GeoRAS در منطقه جیرفت»، مجموعه مقالات سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز، صص ۹-۱.

- صادقی، س؛ جلالی‌راد، ر؛ علی‌محمدی سراب، ع (۱۳۸۲)، «پهنه‌بندی سیل با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوضه آبخیز شهری داراباد تهران»، ***پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر***، شماره ۲، صص ۳۴-۴۷.

- غفاری، گ؛ امینی، ع (۱۳۸۹)، «مدیریت دشت‌های سیلابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی رودخانه قزل اوزن)»، ***فصلنامه فضای جغرافیایی***، شماره ۳۲، صص ۱۳۴-۱۱۷.

- غفاری، گ؛ سلیمانی، ک؛ مساعدی، ا (۱۳۸۶)، «پهنه‌بندی خطر و ارزیابی خسارت سیل با استفاده از HEC-GeoRAS (مطالعه موردی رودخانه بابلرود)»، ***نشریه منابع طبیعی ایران***، شماره ۶۰، صص ۴۵۱-۴۳۹.

- قمی‌اویلی، ف؛ صادقیان، م؛ جاوید، ا؛ میرباقری، س (۱۳۸۹)، «شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه کارون حدفاصل بند قیر تا اهواز)»، ***فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی***، شماره ۱، صص ۱۱۵-۱۰۵.

- مساعدی، ا؛ توکلی، م (۱۳۸۲)، «بررسی مناسب‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ و پهنه‌بندی خطر سیل در بخشی از اترک میانی (مراوه)»، ***مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی***، شماره ٤، صص ۱۶۰-۱۵۳.

- وهابی، ج (۱۳۸۵)، «پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: طالقان رود)»، ***پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی***، شماره ۷۱، صص ۴۰-۳۳.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

- یمانی، م؛ تورانی، م؛ چزغه، س (۱۳۹۱)، «تعیین پهنه‌های سیل‌گیر با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: بالادست سد طالقان از پل گلینک تا پل وشته)»، ***جغرافیا و مخاطرات محیطی***، شماره ۱، صص ۱۵-۱.

- Ho, T. K., Umitsu, M., (2011), "Micro-landform classification and flood hazard assessment of the Thu Bon alluvial plain, central Vietnam via an integrated method utilizing remotely sensed data" ***Applied Geography***, 31: 1082-1093.

- Loczy, D., Kis, E., Schweeitzer, F., (2009), "Local flood hazards assessed from channel morphometry along the Tiza River in Hungary", ***Geomorphology***, 113: 200-209.

- Lastra, J., Fernandez, E., Diez-Herrero, A., Marquinez, J., (2008), "Flood hazard delineation combining geomorphological and hydrological methods: an example in the Northern Iberian peninsula", ***Nat Hazards***, 45: 277-293.

- Merz, B., Thieken, A. H, Gocht, M., (2007), "Flood risk mapping at the local scale: concepts and challenges", In: S. Begum et al. (eds.), ***Flood Risk Management in Europe***, Springer, 231-251.

- Mosely, M. P., (1979), "Prediction of hydrologic variables from channel morphology, South Island Rivers", ***Nal of Hyrology***, 18 (2): 109-120.

- Mosquera-Machado, S., Ahmad, S., (2007), "Flood hazard assessment of Atrato River in Colombia", ***Water Resource Manage***, 21: 591-609.

- Philip, A. T., Stephen, J. W., (1998) "Modeling flood plain inundation using an integrated GIS with radar and optical remote sensing", ***Geomorphology***, 21: 295-312.

- Schumm, S. A., (1963), "Sinuosity off alluvial channels on the Great Plains", ***Geological Society of America Bulletin***, 74: 1089-1100.

- Shiono, K., Muto,Y., (1998), "Complex flow mechanisms in compound meandering channels with overbank flow", ***Journal of Fluid Mechanic, Cambridge University Press***, 376, 221-261.

- Timar, G., Gabris, G., (2008), "Estimation of water conductivity of natural flood channels on the Tisza flood-plain, the Great Hungarian Plain", ***Geomorphology***, 98: 250-261.

- Usul, N., Turan, B., (2006), "Flood forecasting and analysis within the Ulus Basin,Turkey,using geographic information systems", ***Nat Hazard***, 39: 213-229.

-Wolff, G. G., Burges, S. J., (1994), "An analysis of the influence of river channel properties on flood frequency", ***Journal of Hydrology***, 154: 317-337.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]