Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هفدهم، شماره‌ی ۵۷
بهار ۱۳۹۶، صفحات ۱۹۴-۱۷۵

*امیرپویا صراف[۱]
گلناز محققزاده[۲]
نازنین محققزاده[۳]

پهنه‌بندی سیلاب رودخانه‌ی شاپورخشت با بهره‌گیری از تصاویر Orthophoto

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۳/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰٦/۰۳

چکیده

به‌منظور شناخت رفتار رودخانه در زندگی انسان‌ها به‌عنوان تأمین‌کننده‌ی آب و همچنین ایجاد کننده تخریب و خسارت، لازم است که تعیین پهنه‌ی سیل‌گیر رودخانه با دقت زیادی انجام گیرد. هدف از پژوهش حاضر، مشخص نمودن پهنه‌ی سیل‌گیر بخشی از رودخانه‌ی شاپورخشت در بخش خشت و کمارج شهرستان کازرون، واقع در جنوب‌غربی استان فارس، حدفاصل روستای چروم تا روستای چیتی به طول ۲۳ کیلومتر می‌باشد. در این تحقیق، از یکی از جدیدترین انواع عکس‌های هوایی برای مشخص نمودن عوارض و محدوده‌ی موردمطالعه، استفاده شده است. از عکس‌های Orthophoto منطقه (عکس‌های هوایی هستند که پس از تصویربرداری، طی فرآیندی، انحراف‌های حاصل در سیستم دوربین و انحراف‌های حاصل از تغییرات ارتفاع در این عکس‌ها را از بین می‌برند و سپس با تلفیق مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و تصاویر اصلاح شده هوایی با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری، اقدام به تهیه آن‌ها می‌نمایند) با دقت ۱:۲۰۰۰ و با تلفیق الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) و نرم‌افزار HEC-RAS، اقدام به مدل‌سازی سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله شده است.

*۱- گروه مهندسی عمران، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران. (نویسنده مسئول) E-mail: sarraf@riau.ac.ir
۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد سازه‌های آبی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.
۳- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد سازه‌های آبی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

بدین منظور ابتدا الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS با بهره‌گیری از عکس‌های Orthophoto، مشخصات هندسی رودخانه برای ۳٤٤ مقطع عرضی استخراج و پس از واسنجی مدل هیدرولیکی HEC-RAS، مدل‌سازی رودخانه به انجام رسید و همچنین پروفیل سطح آب برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ برآورد و تخمین زده شد. سپس جهت تهیه‌ی پهنه‌ی سیل‌گیر مجدداً از الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS استفاده گردید و نتایج، حاکی از آن بود که در این محدوده، تفاوت چشمگیری بین پهنه‌های سیلابی موردمطالعه وجود نداشته و همچنین شرایط جریان رودخانه در این دوره بازگشت‌ها مؤید آن بود که رودخانه، شرایط جریان زیر بحرانی را تجربه می‌کند.

کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی، پهنه‌بندی سیل، رودخانه‌ی شاپورخشت کازرون، ArcGIS، HEC-RAS، تصاویر Orthophoto.

مقدمه

افزایش خسارات جانی و مالی ناشی از جاری شدن سیلاب در جهان، در طی چند دهه‌ی اخیر، مهندسان و متخصصان علوم آب را بر آن داشته تا چاره‌ای جهت کنترل و مدیریت این پدیده‌ی طبیعی بیاندیشند. بررسی و تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که علت افزایش خسارت‌های ناشی از سیلاب، به دلیل وقوع سیلاب‌هایی با دوره بازگشت‌های کوتاه و یا با شدت جریان زیاد نبوده، بلکه افزایش استفاده از اراضی سیلاب‌دشت یا اراضی سیل‌گیر مجاور رودخانه‌ها، عامل اصلی ایجاد خسارات می‌باشند (رستمی‌قراگزلو و همکاران، ۱۳۸٤). از اساسی‌ترین اقداماتی که ضرورت دارد در مدیریت سیلاب‌دشت انجام گیرد، تعیین دقیق مرزها یا همان پهنه‌بندی سیل می‌باشد که دست‌یابی به این نتایج، جز با تحلیل هیدرولیکی رودخانه، امکان‌پذیر نخواهد بود. یکی از ابزارهای شبیه‌سازی جریان رودخانه، استفاده از مدل‌سازی عددی است که بر مبنای روش‌های ریاضی در این زمینه، می‌توان به مدل ریاضی HEC-RAS اشاره نمود (سازمان برنامه‌وبودجه، ۱۳۸٤: ۳۰۷). این نرم‌افزار، قادر به شبیه‌سازی جریان‌های یک‌بعدی دائمی و غیردائمی رودخانه بوده و با استفاده از اطلاعاتی نظیر مشخصات هندسی رودخانه، ضریب زبری در مقاطع، دبی و شرایط مرزی رودخانه، مدل‌سازی هیدرولیکی را انجام می‌دهد. همچنین، این نرم‌افزار می‌تواند سازه‌های عرضی مانند پل را در مسیر مدل‌سازی آورده و اثرات آن‌ها را نیز بررسی نماید. لذا مجموعه‌ی قابلیت‌های یاد شده، امکان در دسترس‌بودن و گرافیک بسیار بالای این نرم‌افزار جهت نمایش مقاطع و پروفیل سطح آب، باعث گردیده که در سال‌های اخیر، این مدل مورد توجه بسیاری از محققان علوم آب قرار بگیرد. برای تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی سیلاب، روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از جدیدترین روش‌های به‌کار گرفته شده در این زمینه، تلفیق مدل‌های هیدرولیکی مانند HEC-RAS با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS)، با بهره‌گیری از الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS می‌باشد که این الحاقیه، قادر است با پتانسیل بالایی، اطلاعات توپوگرافی مقاطع عرضی بازه‌ی رودخانه‌ی مورد مطالعه را از روی عکس‌های Orthophoto (عکس‌های هوایی هستند که پس از تصویر برداری، طی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

فرآیندی، انحراف‌های حاصل در سیستم دوربین و انحراف‌های حاصل از تغییرات ارتفاع در این عکس‌ها را از بین می‌برند و سپس با تلفیق مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و تصاویر اصلاح شده هوایی با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری، اقدام به تهیه آن‌ها می‌نمایند) استخراج نماید. در سال‌های اخیر بسیاری از محققان علوم آب با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و با بهره‌گیری از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS)، اقدام به بررسی پهنه‌ی سیلابی رودخانه‌های مختلف نموده‌اند که از آن جمله می‌توان به تحقیقات ذیل اشاره نمود:

قمی‌اویلی و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه‌ی موردی رودخانه‌ی کارون حدفاصل بند قیر تا اهواز، اقدام به شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS نمودند و نتایج این تحقیق مبین آن بود که وسعت اراضیِ در معرض خطر سیلاب، در دوره بازگشت‌های مختلف، تفاوت چشم‌گیری با یکدیگر ندارند.

یمانی و همکاران (۱۳۹۱)، در مطالعه‌ی موردی بازه‌ی بالادست سد طالقان از پل گلینک تا پل وشته، اقدام به تعیین پهنه‌ی سیل‌گیر با استفاده از مدل HEC-RAS نمودند و نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که از کل مساحت تحت پوشش سیلاب ۲۰۰ ساله، حدود ۸۸/۱۶ درصد، مستعد سیل‌گیری توسط سیل‌های ۲۵ سال و کم‌تر از آن است.

روشان و همکاران (۱۳۹۲)، با تلفیق مدل هیدرولیکی HEC-RAS با نرم‌افزار ArcView از مجموعه نرم‌افزارهای ArcGIS از طریق الحاقیه HEC-GeoRAS به منظور شبیه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی رودخانه‌ی بشار واقع در استان کهکیلویه و بویراحمد استفاده نمودند و نتایج حاصل از این شبیه‌سازی نشان داد که مدل HEC-RAS، قادر است مقادیر عددی مناسبی را جهت مطالعه‌ی خصوصیات هیدرولیکی جریان در رودخانه‌ها ارائه داده و جهت پهنه‌بندی سیلاب با دقت بالا و هزینه اندک، مورد استفاده قرار گیرد.

درخشان و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه‌ی موردی رودخانه‌ی کارون حدفاصل بند قیر تا اهواز، اقدام به شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیلاب رودخانه‌های گوهر رود و سیاه‌رود با استفاده از مدل HEC-RAS نمودند و نتایج این تحقیق مبین آن بود که وسعت اراضیِ در معرض خطر سیلاب، در دوره بازگشت‌های مختلف، تفاوت چشم‌گیری با یکدیگر ندارند.

عاشوری و همکاران (۱۳۹۲)، اقدام به بررسی کارایی مدل هیدرولیکی در پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از ArcGIS در مطالعه موردی پایین‌دست سد ستارخان اهر نمودند و به این نتیجه رسیدند که می‌توان از ArcGIS و مدل هیدرولیکی، برای پهنه‌بندی سیلاب استفاده نمود.

پاپنبرگر[4] (۲۰۰۵)، در پژوهشی اقدام به پهنه‌بندی خطر سیلاب در بخشی از حوضه‌ی آبریز جاجرود با استفاده از مدل HEC-RAS و ArcGIS نموده و چنین نتیجه گرفت که این مدل، قابلیت مناسبی در تحلیل هیدرولیکی رقوم سطح آب را دارا می‌باشد.

4- Pappenberger

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

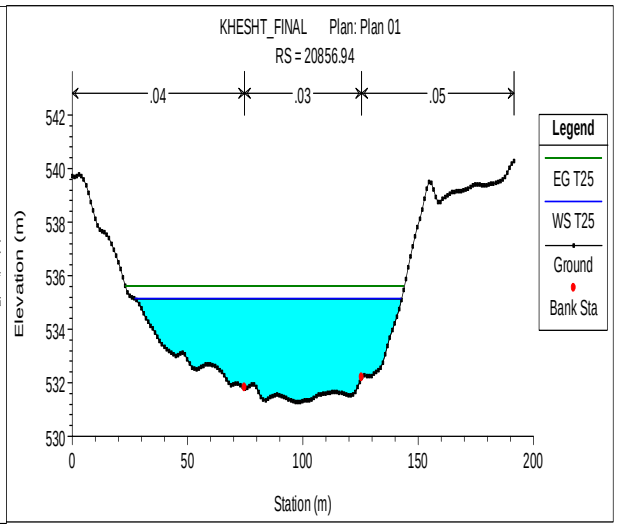
شهیری‌پارسا و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS اقدام به شبیه‌سازی پهنه‌ی سیلاب رودخانه‌ی جُهور در منطقه‌ی تینجی نمودند و سپس به بررسی حساسیت این مدل نسبت به ضریب زبری، بازشدگی و تنگ‌شدگی رودخانه و شیب انرژی پرداختند و نتیجه حاکی از آن بود که مدل، بیش‌ترین حساسیت را نسبت به ضریب زبری دارد و همچنین مورفولوژی رودخانه (تنگ‌شدگی و بازشدگی رودخانه) را به‌عنوان مهم‌ترین عامل در شدت سیل مشخص نمودند.

کاردوانی و قلعه (۲۰۱۳)، در پژوهشی اقدام به بررسی کارایی مدل هیدرولیکی در پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از ArcGIS در مطالعه موردی رودخانه‌ی آغدایموش نمودند و به این نتیجه رسیدند که می‌توان از ArcGIS و مدل هیدرولیکی، برای پهنه‌بندی سیلاب استفاده نمود.

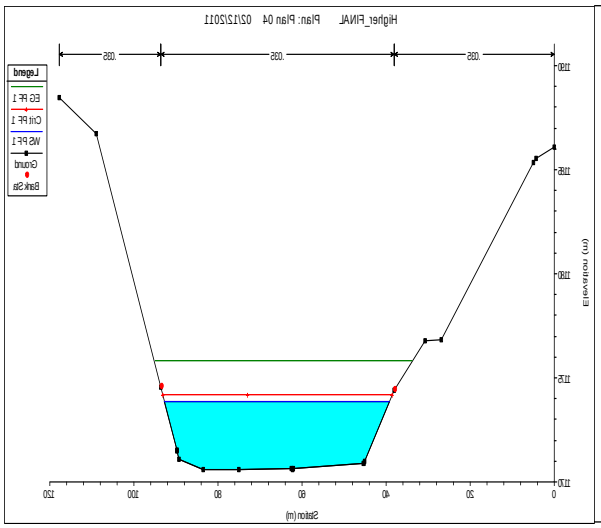
کمان‌بدست (۲۰۱۱)، در پژوهشی اقدام به پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS و ArcGIS نموده و چنین نتیجه گرفتند که این مدل، قابلیت مناسبی در تحلیل هیدرولیکی رقوم سطح آب را دارا می‌باشد. در سال‌های اخیر برای تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌ی سیلاب، از نقشه‌برداری زمینی استفاده می‌گردد که علاوه بر وقت‌گیر بودن، بسیار دشوار نیز می‌باشد؛ زیرا برای آن‌که دقت نقشه‌برداری بالا رود لازم است تعداد مقاطع عرضی برداشت شده بیش‌تر و در فواصل کمی انجام شود و با در نظر گرفتن این موضوع که بسیاری از رودخانه‌ها در مناطقی واقع‌اند که دسترسی به آن‌ها به سهولت امکان‌پذیر نبوده و همچنین امکان برداشت کلیه‌ی عوارض موجود در بازه، غیرممکن یا به سختی بوده است در مقاطع عرضی برداشت شده، نقشه‌برداری تعداد نقاط برداشت، بسیارکم و دارای دقت پایینی در نشان‌دادن توپوگرافی مقطع است (شکل ۱)، نمایی از مقطع عرضی رودخانه‌ی نقشه‌برداری شده که توسط مدل هیدرولیکی HEC-RAS، به‌دست آمده است را نشان می‌دهد)؛ اما در حال حاضر، با توجه به پیشرفت علم نقشه‌برداری و استفاده از تکنولوژی عکس‌های هوایی، تهیه‌ی نقشه‌های رودخانه‌ای، بسیار ساده‌تر و با دقت بسیار بالایی صورت می‌گیرد. به منظور تهیه‌ی محدوده‌ی رودخانه به جای نقشه‌برداری زمینی، در بازه‌های مورد نظر، عکس‌های هوایی، تصویربرداری شده و نقشه‌ی رقومی این مناطق نیز تهیه گردیده و سپس در عکس‌های هوایی برداشت شده طی فرآیندی، انحراف‌های حاصل در سیستم دوربین و انحراف‌های حاصل از تغییرات ارتفاع از بین می‌روند و در نهایت با تلفیق مدل ارتفاعی-رقومی و تصاویر اصلاح‌شده هوایی و با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری، اقدام به تهیه‌ی عکس‌های تلفیقی با مدل رقومی-ارتفاعی می‌گردد که اصطلاحا به عکس‌های Orthophoto مشهور می‌باشند. استفاده از این عکس‌ها علاوه بر سهولت استفاده، می‌تواند کلیه‌ی عوارض موجود در مسیر رودخانه با جزئیات بسیار بالا را به ما نشان داده و حتی مکان‌های صعب‌العبور و عوارضی که با چشم غیرمسلح امکان مشاهده‌ی آن‌ها، امکان‌پذیر نمی‌باشد را با جزییات قابل‌قبول، مشخص سازد (شهیری‌پارسا و همکاران، ۲۰۱۳). در (شکل ۲)، نمایی از مقطع عرضی رودخانه‌ی مورد مطالعه که استخراج شده از عکس Orthophoto می‌باشد، توسط مدل هیدرولیکی HEC-RAS نمایش داده شده است. همچنین (شکل‌های ۱ و ۲)،

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

گویای این مطلب هستند که استفاده از عکس‌های Orthophoto، دقت بسیار بالایی در نشان دادن توپوگرافی مقطع دارند.



شکل ۱: نمایی از مقطع عرضی حاصل از نقشه‌برداری زمینی



شکل ۲: نمایی از مقطع عرضی استخراج شده از عکس Orthophoto

در تحقیق حاضر به‌منظور مشخص‌کردن بستر رودخانه‌ی شاپورخشت حدفاصل روستای چروم تا روستای چیتی به طول ۲۳ کیلومتر با استفاده از عکس‌هایی با دقت ۱:۲۰۰۰ منطقه و نقشه‌ی رقومی–ارتفاعی زمین با دقت ۱:۱ با بهره‌گیری از الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS، به منظور استخراج خصوصیات هندسی رودخانه با معرفی ۳٤٤ مقطع عرضی و مقادیر زبری مانینگ برای هر یک از مقاطع در بستر، سیلاب دشت‌های چپ و راست، خصوصیات جریان و مشخصات هیدرولیکی در مدل HEC-RAS مشخصات جریان در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله محاسبه و سپس اطلاعات خروجی از مدلHEC-RAS به الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS انتقال داده می‌شود تا پهنه‌ی سیل‌گیر در دوره بازگشت‌های محاسبه‌شده در مدل را تخمین و نمایش دهد.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

بازه‌ی مطالعاتی رودخانه‌ی شاپورخشت واقع در استان فارس، شهر شیراز (شهرستان کازرون) در حدفاصل روستای چیتی تا روستای چروم به طول جغرافیایی ´۲۵ °۵۱ و ´۱۷ °۵۱ و عرض جغرافیایی ´۳۵ °۲۹ و ´۳۵ °۲۹، به طول ۲۳ کیلومتر می‌باشد و در (شکل ۳) تصاویری از آن به نمایش در آمده است. مشخصات فیزیوگرافی این حوضه با بارندگی ٥٤٤ میلی‌متر در سال در (جدول ۱)، آورده شده است. ضمناً، جنس مواد بستر و کف رودخانه، عمدتاً درشت دانه و متشکل از قطعه‌سنگ، قلوه‌سنگ و شن می‌باشد. لازم به ذکر است که به دلیل وجود باغات نخل، اراضی کشاورزی و روستاهای موجود در حاشیه‌ی این رودخانه، این بازه، برای مطالعه، انتخاب گردیده است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی شاپورخشت

ردیف	پارامتر	واحد	مقدار
۱	مساحت	km^2	۲۱٤۱/۷٦
۲	محیط	km	٤۰۲/٤
۳	طول آبراهه‌ی اصلی	km	۱۱۰/۹
٤	ضریب گراویلیوس	-	۲/٤۳
٥	نسبت دایره‌ای	-	۰/۱۷
٦	طول مستطیل معادل	km	۱۸۹/۹
۷	عرض مستطیل معادل	km	۱۱/۳
۸	نسبت کشیدگی	-	۰/٥۹
۹	ضریب شکل	-	۰/۱۷
۱۰	Lca	-	٤۲/۲
۱۱	حداکثر ارتفاع	m	۳۰۱۸
۱۲	حداقل ارتفاع	m	٥۲۷
۱۳	شیب متوسط حوضه	درصد	۲۸/۷
۱٤	عامل شکل	Li	۱٦/۸
۱٥	Lm	km	۸۹/۱
۱٦	زمان تمرکز روش SCS	h	۱۱/۸

شکل ۳: تصاویری از وضع موجود بازه مورد مطالعه رودخانه

یافته‌ها و بحث

- تعیین پهنه‌ی سیلاب

- شبیه‌سازی هیدرولیک جریان با استفاده از نرم‌افزار HEC- RAS

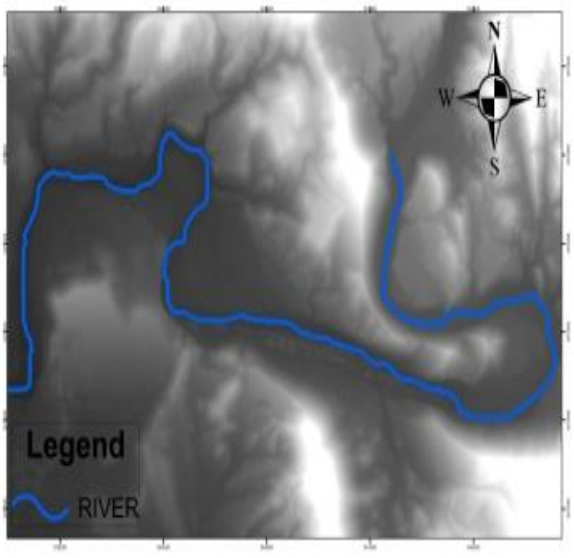
به‌طور خلاصه اطلاعات مورد نیاز مدل HEC-RAS به‌منظور شبیه‌سازی هیدرولیکی جریان در رودخانه شامل: مشخصات هندسی یا فیزیک رودخانه، دبی جریان، ضریب مقاومت جریان و شرایط مرزی است. به‌طوری که

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

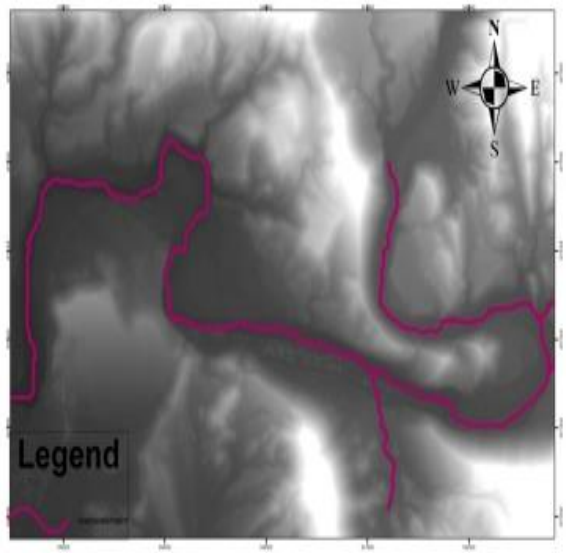
هندسه‌ی رودخانه، جزو اولین و اصلی‌ترین اطلاعات لازم جهت شبیه‌سازی هیدرولیک رودخانه می‌باشد. در واقع بر مبنای شکل سطح مقطع رودخانه است که پارامترهای هیدرولیکی آن نظیر سرعت، عمق و سطح آب‌گرفتگی مشخص می‌شود. در تحقیق حاضر، عملیات نقشه‌برداری به‌صورت هوایی انجام پذیرفته و برای مشخص نمودن خصوصیات هندسی رودخانه از الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS به‌شرح زیر استفاده شده است:

- مشخص کردن خط‌القعر رودخانه

با استفاده از الحاقیه‌ی ARC SWAT در نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از نقشه‌ی DEM، شبکه‌ی آبراهه و خط‌القعر رودخانه مشخص می‌گردد (شکل ٤) و سپس به‌منظور مشخص کردن جریان و موقعیت رودخانه مورد مطالعه در الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS در قسمت CreateStream Centerline و با کمک گرفتن از الحاقیه‌ی ARC SWAT که خط‌القعر رودخانه را مشخص نموده است، خط جریان رودخانه (شکل ٥) را معرفی نموده و با کمک گرفتن از عکس‌های اورتوفوتوی محدوده‌ی موردمطالعه، جداسازی مجرای جریان اصلی رودخانه از سواحل در الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS در قسمت Banks آن، توسط این لایه (شکل ٦) انجام گرفت که از آن، جهت مشخص نمودن ابعاد مسیر هیدرولیکی جریان در مجرای اصلی جریان و سواحل چپ و راست در ناحیه‌ی سیلاب گیر استفاده گردید که برای این منظور در الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS مسیر هیدرولیکی جریان را در قسمت Flowpaths را معرفی نموده (شکل ٧) و در نهایت موقعیت، وضعیت و پهنای مقاطع در این لایه معرفی می‌شوند به‌طوری که برای این منظور در الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS در قسمت Xcutlines، مقاطع (شکل ٨) معرفی گردید. در تحقیق پیش‌رو، ٣٤٤ مقطع عرضی به مدل معرفی شده است. در (شکل ٩)، لایه‌های ذکر شده در بالا بر روی عکس Orthophoto، نشان داده شده‌اند.

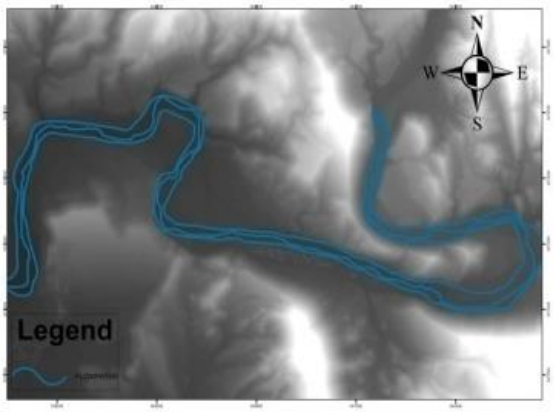


شکل ٤: نمایی از نقشه رقومی زمین و شبکه آبراهه

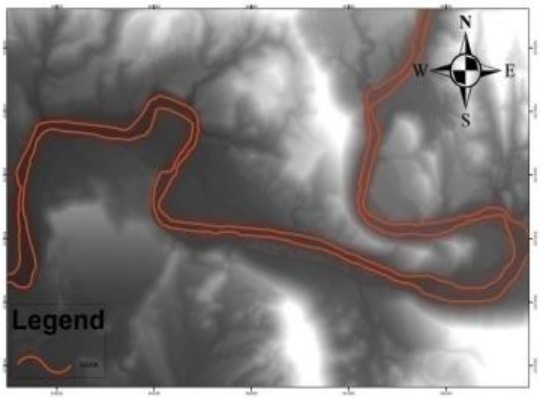


شکل ٥: نمایی از نقشه رقومی زمین و خط مرکزی جریان

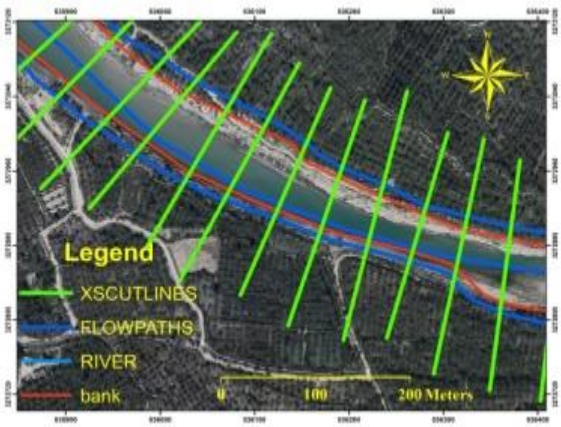
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025



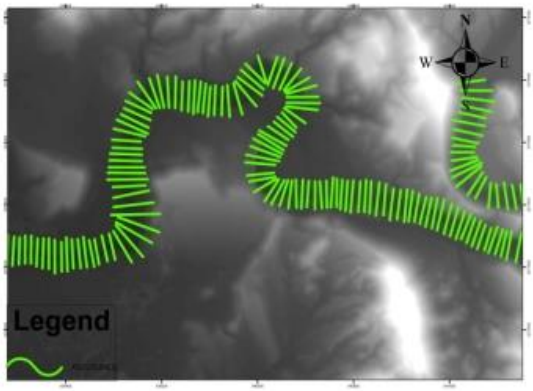
شکل ٦: نمایی از نقشه رقومی زمین و خط سواحل جریان



شکل ۷: نمایی از نقشه رقومی زمین و ابعاد مسیر هیدرولیکی

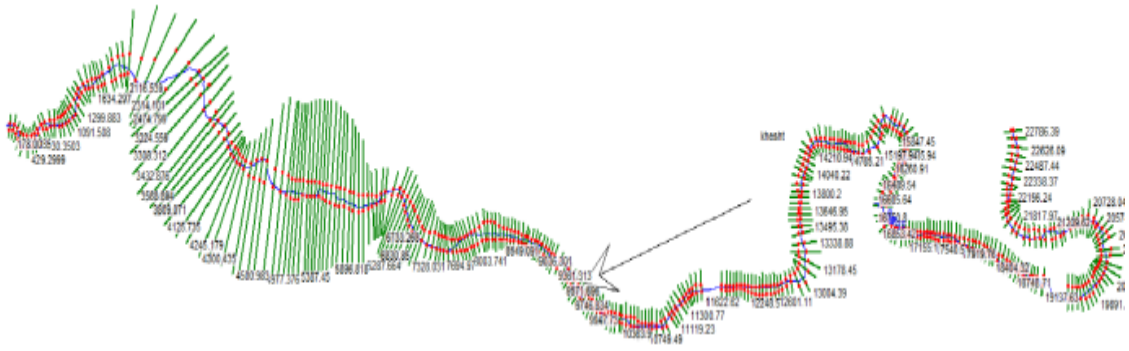


شکل ۸: نمایی از نقشه رقومی زمین و مقاطع عرضی



شکل ۹: نمایی از عکس ارتوفوتو و معرفی مشخصات هیدرولیکی در HEC-GeoRAS

پس از وارد کردن لایه‌های مورد نیاز الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS از این الحاقیه، یک خروجی برای نرم‌افزار HEC-RAS که مشخصات هندسی رودخانه را به این مدل معرفی می‌نماید، گرفته شد. در (شکل ۱۰)، نمای کلی از مشخصات هندسی رودخانه‌ی وارد شده در نرم‌افزار HEC-RAS، مشاهده می‌گردد (فرجی‌سبکبار و همکاران، ۱۳۹۳؛ درخشان و همکاران، ۱۳۸۹: ١٤؛ درویشی‌لاسبز و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۱۰: نمای کلی رودخانه‌ی شاپورخشت در مدل هیدرولیکی HEC-RAS

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

با توجه به هدف تحقیق حاضر مبنی بر تعیین بستر رودخانه‌ی شاپورخشت، محاسبات هیدرولیکی جریان برای دبی سیلابی با دوره بازگشت‌های مختلف به انجام رسیده است. برای مشخص کردن دبی این بازه از رودخانه از مقادیر دبی جریان به ازای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله استفاده شده است. در این حوضه، بارندگی سالیانه ۵۵٤ میلی‌متر بوده و برای به‌دست آوردن دبی این بازه، حوضه‌ی آبریز مطالعاتی، به ۳ زیر حوضه تقسیم گردیده که در (جدول ۲)، مقادیر سیلاب به‌دست آمده در خروجی زیرحوضه‌های نامبرده، آورده شده است. با توجه به این نکته که در بازه‌ی انتخاب شده، آمار اندازه‌گیری باران و دبی به حد کفایت موجود نبوده است، در برآورد دبی رودخانه با دوره بازگشت‌های مختلف، از روش هیدروگراف اشنایدر (به این دلیل که در منطقه مورد مطالعه، ایستگاه آب‌سنجی که هیدروگراف طبیعی ثبت شده داشته باشد موجود نبوده و تنها با اطلاعات در دسترس فیزیوگرافی و بارش در منطقه، پس از بررسی هیدروگراف‌های واحد مصنوعی در نرم‌افزار HEC-HMS و واسنجی مدل، این روش انتخاب گردید)، استفاده شده است.

جدول ۲- دبی اوج رودخانه‌ی شاپورخشت با دوره بازگشت‌های مختلف

روش محاسبه‌ی دبی	$Q_{۱۰۰}$	$Q_{۵۰}$	$Q_{۲۵}$	مساحت ($km^۲$)	زیرحوضه	ردیف
هیدروگراف اشنایدر	۱۱۲۵/٦	۹٦٤/۳	۸۰۷/۳	۲۱٤۱/۷٦	۰	۱
	۱۱۷٤/۰	۱۰۰۵/۵	۸٤۱/۹	۲۲۰۳/۰۷	۱	۲
	۱۱۷۷/۳	۱۰۰۸/۵	۸٤٤/۳	۲۳۹۱/۹۵	۲	۳

جدول ۳- مقادیر ضریب زبری رودخانه‌ی شاپورخشت

فاصله از انتها / ضریب زبری	۲۱٦۵۱ – ۲۲۷۸٦	۲۱۰۸۵ – ۲۱٦۵۱	۱۹٦۰۷ – ۲۱۰۸۵	۱۷۵۸۵ – ۱۹٦۰۷	۱٦٦۵٦ – ۱۷۵۸۵	۱٤٤۰۰ – ۱٦٦۵٦	۱۳٦۰۲ – ۱٤٤۰۰	۱۳۱۷۸ – ۱۳٦۰۲	۱۲۲۹۸ – ۱۳۱۷۸	۱۰۷٤۹ – ۱۲۲۹۸	۱۰۳۰٤ – ۱۰۷٤۹	۹۸٤٦ – ۱۰۳۰٤	۸۰۰۳ – ۹۸٤٦	٤۷۷۲ – ۸۰۰۳	۳۵۸۸ – ٤۷۷۲	۲۱۷۹ – ۳۵۸۸	٦۰ – ۲۱۷۹	٦۰ – انتها
سیلاب‌دشت چپ	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰٤	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
کانال اصلی	۰/۰٤	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰٤	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰/۰٤
سیلاب دشت راست	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰۵	۰/۰٤	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵

نظر به این‌که مقاومت جریان، پارامتر عمده‌ی افت انرژی در رودخانه‌ها می‌باشد و نقش مؤثری در تراز سطح آب و سرعت جریان در هر مقطع دارد، تعیین مناسب این ضریب که معرف شرایط واقعی رودخانه می‌باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کاربردی‌ترین روش تعیین ضریب مانینگ، بازدید صحرایی، قضاوت مهندسی و استفاده از

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

جداول ارائه شده توسط محققان که عموماً بر مبنای نوع دانه‌بندی بستر و پوشش آن ارائه شده است، می‌باشد. در تحقیق حاضر با بهره‌گیری از جداول ضرایب مانینگ نرم‌افزار و بازدید صحرایی، ضرایب مانینگ انتخاب شده است. در (جدول ۳)، مقادیر ضرایب سیلاب‌دشت راست، سیلاب‌دشت چپ و کانال اصلی بازه‌ی موردمطالعه آورده شده است.

از آنجا که در محدوده‌ی موردمطالعه، به دلیل عدم وجود ایستگاه هیدرومتری، اطلاعاتی از شرایط مرزی مورد نیاز نرم‌افزار HEC-RAS که شامل یکی از موارد؛ سطح آب، عمق نرمال، عمق بحرانی و منحنی دبی اشل بوده تا به‌عنوان شرایط مرزی لحاظ گردد وجود ندارد، لذا فرض گردیده، جریان در مرز پایین‌دست و مرز بالادست، شرایط نرمال را تجربه می‌کند. با توجه به برابری شیب سطح آب با شیب کف رودخانه در شرایط نرمال، شیب متوسط رودخانه به‌عنوان شرط مرزی به مدل معرفی گردید، به طوری‌که شرط مرزی بالادست و پایین‌دست به‌ترتیب برابر با ۰/۱۳۹ و ۰/۱۱۰ می‌باشند.

- اجرا و واسنجی مدل هیدرولیکی

با معرفی مشخصات هندسی، ضریب زبری مانینگ، دبی سیلاب و شرایط مرزی به مدل هیدرولیکی، اجرای مدل برای مقادیر دبی‌های سیلابی با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله انجام شد و در محدوده‌ی مطالعاتی به دلیل عدم وجود ایستگاه هیدرومتری و فقدان اطلاعات اندازه‌گیری شده‌ی جریان، به‌منظور بررسی صحت نتایج محاسبات، از حساسیت‌سنجی مدل هیدرولیکی استفاده شده است (تُد، ۲۰۰٤).

- حساسیت‌سنجی مدل

نرم‌افزارهای مورد استفاده در علم مهندسی، در واقع ابزارهایی هستند که درجه‌ی اعتماد به خروجی آن‌ها، بستگی به چگونگی استفاده از مدل دارد و تنها با ورود اطلاعات اولیه و عدم کنترل تطابق‌پذیری نتایج آن با آن چه در شرایط واقعی رخ می‌دهد، ممکن است به خطاها و اشتباه‌های محسوسی منجـر شود. بر همین اساس، ضرورت دارد تا نتایج حاصل از شبیه‌سازی جریان رودخانه، مورد واسنجی قرار گیرد.

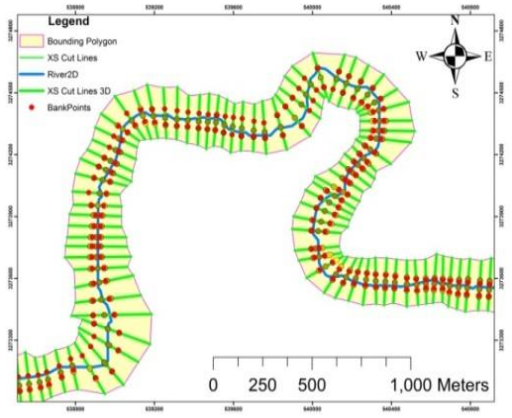
به‌منظور کنترل مقادیر ضرایب زبری مانینگ رودخانه‌ی شاپورخشت، بررسی حساسیت‌سنجی مدل مربوطه نسبت به ضرایب مربوطه‌ی مذکور، ضروری می‌باشد. نظر به این که سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله، مبنای تعیین حد بستر رودخانه‌ی شاپورخشت قرار گرفته است، لذا واسنجی مدل هیدرولیکی بر مبنای این سیلاب، از اهمیت بیش‌تری برخوردار می‌باشد. بدین منظور با تغییرات افزایشی و کاهشی به میزان ۰/۰۰۵ ±، ضریب مانینگ دیگر پارامترهای جریان ارزیابی گردید. در این راستا، درصد تغییرات ضریب زبری مانینگ برای تغییرات متوسط ارتفاع، سرعت متوسط و متوسط عرض سطح آزاد آب، به ازای تغییرات ضریب زبری مانینگ، محاسبه شد که نتایج در (جدول ٤)، آمده است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

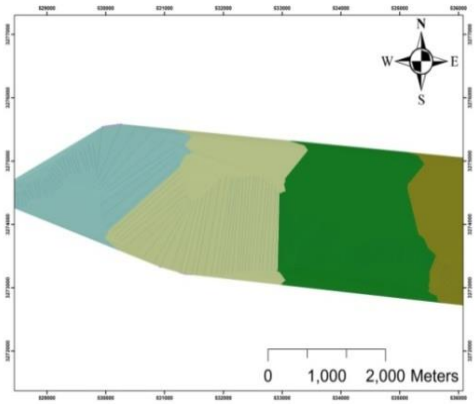
جدول ٤- متوسط درصد تغییرات متوسط ارتفاع، سرعت و عرض سطح آزاد آب با تغییرات ضریب زبری برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله

درصد تغییرات ضریب مانینگ	متوسط درصد تغییرات عرض سطح آب	متوسط درصد تغییرات عمق آب	متوسط درصد تغییرات سرعت جریان
-۰/۰۰۵	۳/۸	۰	۸/٤
۰	٤/۰	۰	۷/۹
+۰/۰۰۵	٤/۲	۰	۷/۳

خاطر نشان می‌گردد که خروجی الحاقیه HEC-GeoRAS وارد نرم‌افزار HEC-RAS می‌گردد تا خصوصیات هندسی رودخانه را به‌منظور مدل‌سازی به آن معرفی نموده و سپس با واردکردن ضرایب زبری کانال اصلی، دبی و شرایط مرزی جریان، مدل‌سازی هیدرولیکی جریان رودخانه آغاز گردد. همچنین برای این منظور، ضروری است شرایط رژیم جریان را که عبارت از زیر بحرانی، فوق بحرانی و یا ترکیبی از آن‌ها است را انتخاب نماییم (روشان و همکاران، ۱۳۹۲: ۷). در تحقیق حاضر، رژیم جریان ترکیبی انتخاب شده است تا بتواند عبور جریان از حالت زیربحرانی به فوق‌بحرانی و وقوع پرش هیدرولیکی را نیز مشخص سازد. پس از مشخص شدن خصوصیات هیدرولیکی جریان مانند سرعت، عدد فرود، تراز سطح آب و ...، از نرم‌افزار HEC-RAS خروجی گرفته شده و نتایج خروجی مجدداً جهت تعیین پهنه‌ی سیلاب به الحاقیهHEC-GeoRAS، مطابق (شکل ۱۱)، وارد گردیده و سپس بر اساس داده‌های ورودی از محدوده‌ی مورد نظر، مساحت محدوده‌ی مطالعاتی (شکل ۱۲)، مشخص و پس از آن، اقدام به پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های مورد نظر می‌گردد (پاپنبرگر و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۳؛ اسمیت[5]، ۱۹۹۵: ۱۲٤؛ تال[6] و همکاران، ۱۹۹۹: ۲۲۳).



شکل ۱۱: نمای داده‌های ورودی به الحاقیه‌ی Hec-GeoRAS از نرم‌افزار HEC-RAS



شکل ۱۲: نمایی از سطح محدوده‌ی مطالعاتی در الحاقیه‌ی HEC-GeoRAS

5- Smith
6- Tale

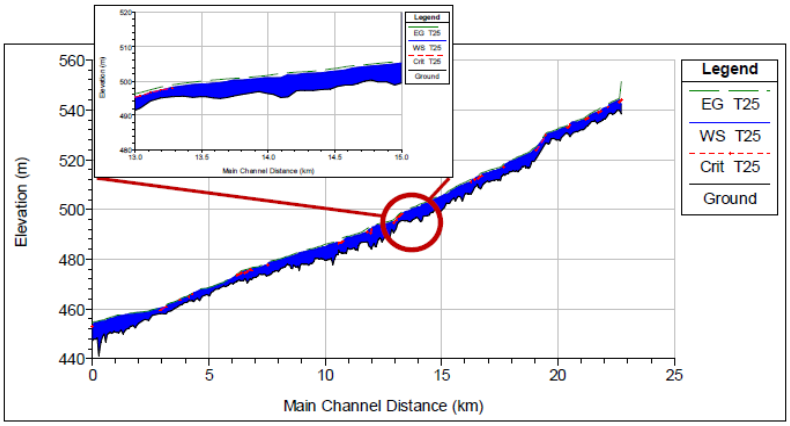
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

در این پژوهش، مشخصات جریان در تمام مقاطع با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS مشخص گردیده و از هر کیلومتر، یک مقطع به‌عنوان نمونه در (جداول ۵ تا ۷)، آورده شده است. همچنین با به‌کارگیری مدل یاد شده، پروفیل سطح آب نیز در (شکل‌های ۱۳ تا ۱۵)، به تصویر کشیده شده است.

جدول ۵- مقادیر پارامترهای هیدرولیکی در مقاطع مختلف رودخانه‌ی شاپورخشت با دوره بازگشت ۲۵ سال

عدد فرود کانال	عرض سطح آزاد (m)	سطح مقطع جریان (m^2)	سرعت کانال (m/s)	تراز خط انرژی (m/m)	شیب خط انرژی (m)	عمق بحرانی (m)	تراز سطح آب (m)	حداقل عمق آب (m)	پروفیل	کیلومتراژ	نام رودخانه
۳/۲۶	۴۷/۴۳	۶۶/۶۱	۱۳/۹	۰/۱۳۹۹۰	۵۵۱/۳۵	۰/۰۶	۵۴۱/۹۷	۵۳۸/۳۹	T۲۵	۲۲۷۸۶/۳۹	شاپورخشت
۰/۶۹	۸۶/۶۵	۲۵۹/۱۵	۴/۳۰	۰/۰۰۲۶۵	۵۴۱/۱۳		۵۴۰/۳۶	۵۳۵/۹۹	T۲۵	۲۱۹۸۵/۷۵	شاپورخشت
۰/۶۱	۹۷/۷۲	۲۷۷/۳۸	۳/۴۷	۰/۰۰۲۱۷	۵۳۶/۰۲		۵۳۵/۴۶	۵۳۱/۶۹	T۲۵	۲۰۹۸۲/۱۱	شاپورخشت
۰/۸۰	۱۱۷/۷۶	۲۲۹/۳۰	۳/۶۸	۰/۰۰۴۳۲	۵۳۱/۹۱		۵۳۱/۲۴	۵۲۸/۱۹	T۲۵	۱۹۹۵۰/۳۰	شاپورخشت
۰/۶۴	۶۷/۸۴	۲۱۴/۸۲	۳/۷۸	۰/۰۰۶۶۲	۵۲۴/۴۱		۵۲۳/۶۹	۵۱۹/۳۱	T۲۵	۱۸۹۹۷/۵۰	شاپورخشت
۰/۵۰	۸۷/۳۶	۲۶۷/۴۸	۳/۰۷	۰/۰۰۳۹۴	۵۱۹/۵۷		۵۱۹/۰۹	۵۱۵/۰۷	T۲۵	۱۷۹۸۳/۰۴	شاپورخشت
۰/۶۸	۸۷/۵۴	۲۳۰/۰۰	۳/۷۷	۰/۰۰۲۷۸	۵۱۵/۲۴		۵۱۴/۵۶	۵۱۱/۲۳	T۲۵	۱۶۹۹۶/۸۶	شاپورخشت
۰/۶۷	۷۸/۴۱	۲۱۳/۱۸	۴/۰۲	۰/۰۰۴۵۵	۵۱۰/۵۲		۵۰۹/۷۵	۵۰۴/۲۶	T۲۵	۱۵۹۹۶/۵۶	شاپورخشت
۰/۵۸	۷۳/۶۳	۲۴۳/۳۸	۳/۳۴	۰/۰۰۳۶۲	۵۰۵/۳۹		۵۰۴/۸۳	۴۹۹/۷۵	T۲۵	۱۴۹۵۱/۹۴	شاپورخشت
۰/۶۰	۸۸/۲۵	۲۴۳/۲۵	۳/۱۳	۰/۰۰۳۹۷	۵۰۱/۳۶		۵۰۰/۷۸	۴۹۶/۹۳	T۲۵	۱۳۹۹۰/۵۵	شاپورخشت
۰/۵۷	۱۱۸/۸۲	۲۸۶/۷۲	۲/۸۳	۰/۰۰۲۱۳	۴۹۵/۴۹		۴۹۵/۰۸	۴۹۱/۹۹	T۲۵	۱۲۹۱۸/۵۴	شاپورخشت
۰/۴۸	۵۸/۲۷	۲۴۷/۱۲	۳/۵۲	۰/۰۰۱۶۹	۴۹۲/۷۹	۰/۳۸	۴۹۲/۲۰	۴۸۴/۷۴	T۲۵	۱۱۹۹۹/۴۰	شاپورخشت
۰/۴۸	۸۸/۴۶	۲۹۵/۰۱	۲/۸۶	۰/۰۰۱۹۷	۴۸۹/۲		۴۸۸/۷۳	۴۸۲/۲۲	T۲۵	۱۰۹۷۴/۴۴	شاپورخشت
۰/۵۷	۶۷/۵۰	۲۹۳/۳۸	۳/۵۰	۰/۰۰۲۵۵	۴۸۵/۴۹		۴۸۴/۸۹	۴۸۰/۱۲	T۲۵	۹۹۴۷/۷۳	شاپورخشت
۰/۵۳	۸۴/۳۷	۲۶۴/۸۲	۳/۰۵	۰/۰۰۲۳۸	۴۸۳/۱۲		۴۸۲/۶۵	۴۷۷/۵۸	T۲۵	۸۹۹۱/۸۲	شاپورخشت
۰/۵۳	۱۳۸/۵۹	۳۱۳/۶۷	۲/۶۵	۰/۰۰۱۸۰	۴۷۹/۷۲		۴۷۹/۳۶	۴۷۵/۲۹	T۲۵	۷۹۶۰/۳۵	شاپورخشت
۰/۴۴	۲۷۵/۹۳	۴۳۶/۶۶	۲/۴۲	۰/۰۰۱۱۸	۴۷۶/۷۳		۴۷۶/۴۶	۴۷۲/۳۷	T۲۵	۶۹۶۶/۵۱	شاپورخشت
۰/۷۷	۵۵۷/۶۷	۴۶۲/۶۷	۲/۵۵	۰/۰۰۵۱۲	۴۷۱/۹۲		۴۷۱/۷۳	۴۷۰/۰۳	T۲۵	۵۹۵۵/۵۸	شاپورخشت
۰/۵۸	۴۸۳/۱۶	۴۸۲/۷۸	۲/۱۲	۰/۰۰۲۶۶	۴۶۸/۳۶		۴۶۸/۰۹	۴۶۵/۸۶	T۲۵	۴۹۷۷/۳۷	شاپورخشت
۰/۵۸	۶۶۲/۳۲	۵۵۹/۶۳	۲/۳۱	۰/۰۰۳۴۳	۴۶۴/۴۲		۴۶۴/۲۶	۴۶۱/۹۱	T۲۵	۳۹۱۳/۳۲	شاپورخشت
۰/۴۱	۵۰۱/۰۲	۶۱۸/۸۸	۱/۴۴	۰/۰۰۱۳۶	۴۶۰/۳۵	۰/۴۸	۴۶۰/۲۶	۴۵۸/۱۹	T۲۵	۲۹۷۴/۱۸	شاپورخشت
۰/۲۵	۱۸۶/۵۴	۵۷۴/۵۴	۱/۴۱	۰/۰۰۰۷۰	۴۵۸/۴۵		۴۵۸/۳۵	۴۵۳/۵۶	T۲۵	۱۹۶۳/۳۲	شاپورخشت
۰/۵۳	۷۸/۸۱	۲۷۱/۸۱	۳/۰۵	۰/۰۰۳۰۴	۴۵۶/۹۶		۴۵۶/۵۰	۴۵۰/۹۳	T۲۵	۹۹۱/۲۷	شاپورخشت
۱/۰۲	۴۹/۹۵	۱۵۰/۲۳	۵/۵۵	۰/۰۱۱۴۶	۴۵۴/۳۴	۰/۸۲	۴۵۲/۸۲	۴۴۷/۳۱	T۲۵	۶۰/۸۵	شاپورخشت

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

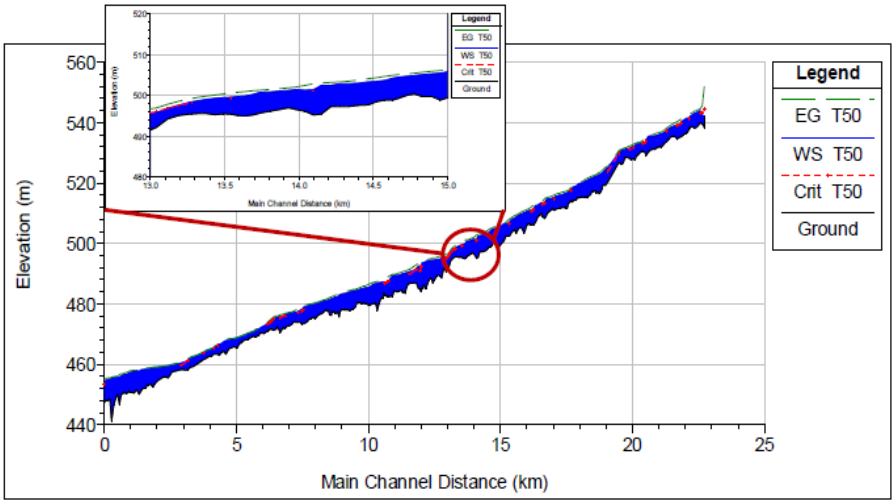


شکل ۱۳: پروفیل سطح آب با دوره بازگشت ۲۵ سال

جدول ٦- مقادیر پارامترهای هیدرولیکی در مقاطع مختلف رودخانه‌ی شاپورخشت با دوره بازگشت ۵۰ سال

عدد فرود کانال	عرض سطح آزاد (m)	سطح مقطع جریان (m²)	سرعت کانال (m/s)	تراز خط انرژی (m/m)	شیب خط انرژی (m)	عمق بحرانی (m)	تراز سطح آب (m)	حداقل عمق آب (m)	پروفیل	کیلومتراژ	نام رودخانه
۳/۳۱	۵۰/۱۲	۷۵/۸۸	۱٤/۸۸	۰/۱۳۹۸	۵۵۲/٦۸	٥٤٤/٤۰	٥٤۲/۱٦	٥۳۸/۳۹	T۵۰	/۳۹	شاپورخشت
۰/۷۰	۹۲/۰۳	۲۹٦/٤۸	٤/٥۷	۰/۰۰۲٦	٥٤۱/٦٤		٥٤۰/۷۸	٥۳٥/۹۹	T۵۰	/۷٥	شاپورخشت
۰/٦۱	۱۰۱/۳٤	۳۱٥/۷٤	۳/٦۸	۰/۰۰۲۱	٥۳٦/٤۷		٥۳٥/۸٥	٥۳۱/٦۹	T۵۰	/۱۱	شاپورخشت
۰/۸۲	۱۱۹/٥٥	۲٥٥/۱۲	۳/۹۷	۰/۰۰٤٤	٥۳۲/۲٤	٥۳۱/۲۰	٥۳۱/٤٦	٥۲۸/۱۹	T۵۰	/۳۰	شاپورخشت
۰/٦٥	٦۹/۲٦	۲۳۸/٤٤	٤/۰٦	۰/۰۰٦۷	٥۲٤/۸۷		٥۲٤/۰۳	٥۱۹/۳۱	T۵۰	/٥۰	شاپورخشت
۰/٥۳	۹۱/۲۹	۲۹٤/٥۷	۳/۳٤	۰/۰۰٤۲	٥۱۹/۹٥		٥۱۹/٤۰	٥۱٥/۰۷	T۵۰	/۰٤	شاپورخشت
۰/٦۸	۹۰/۲۰	۲٦۱/۲۹	۳/۹۹	۰/۰۰۲۷	٥۱٥/٦٦		٥۱٤/۹۲	٥۱۱/۲۳	T۵۰	/۸٦	شاپورخشت
۰/٦۸	۸۰/٦۲	۲۳۸/۳۲	٤/۳۰	۰/۰۰٤٦	٥۱۰/۹٤		٥۱۰/۰۷	٥۰٤/۲٦	T۵۰	/٥٦	شاپورخشت
۰/٥۹	۷٤/۷٦	۲۷۲/۸۹	۳/٥٦	۰/۰۰۳٦	٥۰٥/۸٦		٥۰٥/۲۲	٤۹۹/۷٥	T۵۰	/۹٤	شاپورخشت
۰/٥۸	۹۰/٥٦	۲۷۹/۷٤	۳/۲٤	۰/۰۰۳۷	٥۰۱/۸۲		٥۰۱/۱۹	٤۹٦/۹۳	T۵۰	/٥٥	شاپورخشت
۰/٥۰	۱۲٥/۰۸	۳٥۷/۷۰	۲/۷۳	۰/۰۰۱٥	٤۹٦/۰٤		٤۹٥/٦٦	٤۹۱/۹۹	T۵۰	/٥٤	شاپورخشت
۰/٥۱	٥۹/۹٤	۲٦۹/۹۹	۳/۸۷	۰/۰۰۱۸	٤۹۳/۲۹	٤۹۰/۸۰	٤۹۲/٥۹	٤۸٤/۷٤	T۵۰	/٤۰	شاپورخشت
۰/٤۷	۹۳/٤۲	۳٤۱/٤٥	۳/۰۰	۰/۰۰۱۸	٤۸۹/٦۷		٤۸۹/۲٤	٤۸۲/۲۲	T۵۰	/٤٤	شاپورخشت
۰/٥۹	٦۹/۳٤	۲٦٥/۲۰	۳/۷۸	۰/۰۰۲٦	٤۸٥/۹۷		٤۸٥/۲۷	٤۸۰/۱۲	T۵۰	۹۹٤۷/۷۳	شاپورخشت
۰/٥٥	۸٦/٤٥	۲۹٦/٤۰	۳/۲۸	۰/۰۰۲٤	٤۸۳/٥٦		٤۸۳/۰۱	٤۷۷/٥۸	T۵۰	۸۹۹۱/۸۲	شاپورخشت
۰/٥۲	۱۳۹/۸۰	۳٦۲/۰۸	۲/۷۷	۰/۰۰۱۷	٤۸۰/۰۹		٤۷۹/۷۱	٤۷٥/۲۹	T۵۰	۷۹٦۰/۳٥	شاپورخشت
۰/٤٦	۳۰۳/۷٤	٥۰۱/۰۷	۲/٦۰	۰/۰۰۱۲	٤۷٦/۹۹		٤۷٦/٦۹	٤۷۲/۳۷	T۵۰	٦۹٦٦/٥۱	شاپورخشت
۰/۷۷	٥۸۸/۲٤	٥۳٥/۲٥	۲/٦۲	۰/۰۰٥۰	٤۷۲/۰٥		٤۷۱/۸٦	٤۷۰/۰۳	T۵۰	٥۹٥٥/٥۸	شاپورخشت
۰/٥٦	٥٤٤/۳٥	٥۷۳/۰٦	۲/۱۹	۰/۰۰۲٤	٤٦۸/٥٥		٤٦۸/۳٦	٤٦٥/۸٦	T۵۰	٤۹۷۷/۳۷	شاپورخشت
۰/٥۹	۷۸۰/۰٥	٦٤۲/۷٥	۲/٤٥	۰/۰۰۳٥	٤٦٤/٥٥		٤٦٤/۳۷	٤٦۱/۹۱	T۵۰	۳۹۱۳/۳۲	شاپورخشت
۰/٤۱	٥۲٤/۰۰	٦۹۹/۷۳	۱/٥۳	۰/۰۰۱۳	٤٦۰/٥۲	٤٥۹/٦۰	٤٦۰/٤۱	٤٥۸/۱۹	T۵۰	۲۹۷٤/۱۸	شاپورخشت
۰/۲٤	۱۹۰/٤٥	٦۷۲/۸٥	۱/٤٥	۰/۰۰۰٥	٤٥۸/۹۸		٤٥۸/۸۷	٤٥۳/٥٦	T۵۰	۱۹٦۳/۳۲	شاپورخشت
۰/٥۲	۹۲/۲۰	۳۲۰/۹۹	۳/۱۲	۰/۰۰۲۷	٤٥۷/٥٤		٤٥۷/۰٦	٤٥۰/۹۳	T۵۰	۹۹۱/۲۷	شاپورخشت
۱/۰۲	٥٤/٥٥	۱۷۳/۷۳	٥/۷۳	۰/۰۱۱۳	٤٥٤/۸۹	٤٥۳/۲۷	٤٥۳/۲۷	٤٤۷/۳۱	T۵۰	٦۰/۸٥	شاپورخشت

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

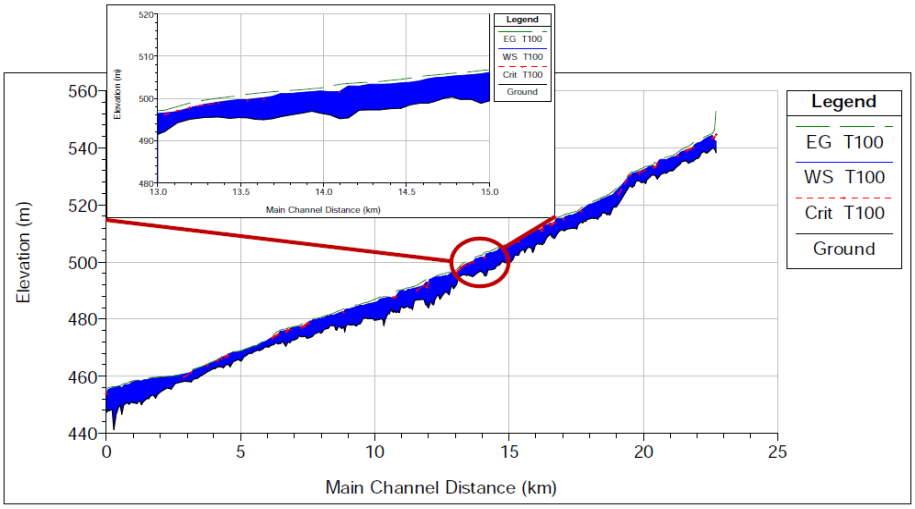


شکل ١٤: پروفیل سطح آب با دوره بازگشت ۵۰ سال

جدول ۷- مقادیر پارامترهای هیدرولیکی در مقاطع مختلف رودخانه‌ی شاپورخشت با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

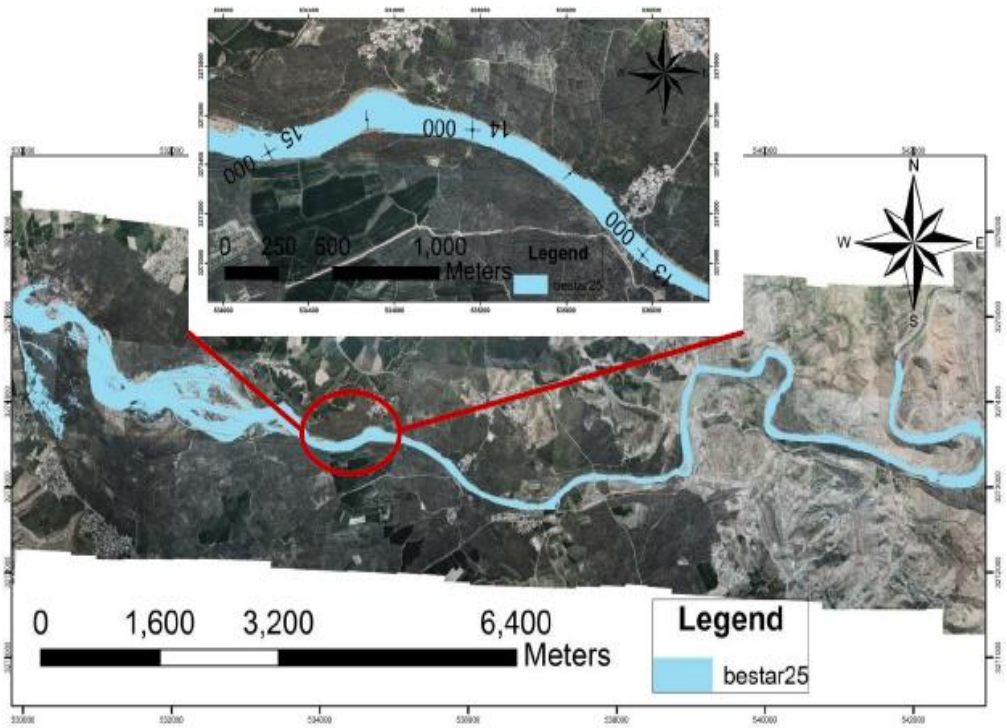
نام رودخانه	کیلومتراژ	پروفیل	حداقل عمق آب (m)	تراز سطح آب (m)	عمق بحرانی (m)	شیب خط انرژی (m)	تراز خط انرژی (m/m)	سرعت کانال (m/s)	سطح مقطع جریان (m²)	عرض سطح آزاد (m)	عدد فرود کانال
شاپورخشت	٢٢٧٨٦/٣٩	T١٠٠	٥٣٨/٣٩	٥٤٢/٣٣	٥٤٤/٧٤	٥٥٣/٩١	٠/١٣٩٧	١٥/٧	٨٤/٩٤	٥١/٨٨	٣/٣٥
شاپورخشت	٢١٩٨٥/٧٥	T١٠٠	٥٣٥/٩٩	٥٤١/١٦		٥٤٢/١٠	٠/٠٠٢٥	٤/٨١	٣٣٢/٣٩	٩٤/٠٧	٠/٧٠
شاپورخشت	٢٠٩٨٢/١١	T١٠٠	٥٣١/٦٩	٥٣٦/١٧		٥٣٦/٨٧	٠/٠٠٢١	٣/٩٣	٣٤٨/٧٢	١٠٥/٨٢	٠/٦٢
شاپورخشت	١٩٩٥٠/٣٠	T١٠٠	٥٢٨/١٩	٥٣١/٦٥	٥٣١/٤٣	٥٣٢/٥٥	٠/٠٠٤٦	٤/٢٧	٢٧٨/٧٧	١٢٧/٢٩	٠/٨٥
شاپورخشت	١٨٩٩٧/٥٠	T١٠٠	٥١٩/٣١	٥٢٤/٣٦		٥٢٥/٣١	٠/٠٠٦٨	٤/٣٢	٢٦١/١٨	٧٠/٤٩	٠/٦٧
شاپورخشت	١٧٩٨٣/٠٤	T١٠٠	٥١٥/٠٧	٥١٩/٦٨		٥٢٠/٣١	٠/٠٠٤٥	٣/٦٣	٣٢٠/٧١	٩٧/٤٦	٠/٥٥
شاپورخشت	١٦٩٩٦/٨٦	T١٠٠	٥١١/٢٣	٥١٥/٢٧		٥١٦/٠٨	٠/٠٠٢٥	٤/١٧	٢٩٣/٤٣	٩٢/٨٢	٠/٦٨
شاپورخشت	١٥٩٩٦/٥٦	T١٠٠	٥٠٤/٢٦	٥١٠/٣٩		٥١١/٣٥	٠/٠٠٤٦	٤/٥٢	٢٦٤/٩٨	٨٦/٦٧	٠/٦٩
شاپورخشت	١٤٩٥١/٩٤	T١٠٠	٤٩٩/٧٥	٥٠٥/٦١		٥٠٦/٣٢	٠/٠٠٣٥	٣/٧٥	٣٠٢/٠٥	٧٥/٦٠	٠/٦٠
شاپورخشت	١٣٩٩٠/٥٥	T١٠٠	٤٩٦/٩٣	٥٠١/٥٨		٥٠٢/٢٥	٠/٠٠٣٤	٣/٣٥	٣١٥/٠٤	٩٢/٣٨	٠/٥٨
شاپورخشت	١٢٩١٨/٥٤	T١٠٠	٤٩١/٩٩	٤٩٦/٢٢		٤٩٦/٥٨	٠/٠٠١٢	٢/٦٦	٤٣٠/٧٨	١٣٥/٠١	٠/٤٦
شاپورخشت	١١٩٩٩/٤٠	T١٠٠	٤٨٤/٧٤	٤٩٢/٩٥	٤٩١/٢٥	٤٩٣/٧٦	٠/٠٠٢٠	٤/١٩	٢٩١/٧٧	٦١/٠٨	٠/٥٣
شاپورخشت	١٠٩٧٤/٤٤	T١٠٠	٤٨٢/٢٢	٤٨٩/٧٣		٤٩٠/١٩	٠/٠٠١٩	٣/١٢	٣٨٨/٧٢	٩٧/٨٥	٠/٤٧
شاپورخشت	٩٩٤٧/٧٣	T١٠٠	٤٨٠/١٢	٤٨٥/٦٣		٤٨٦/٤٣	٠/٠٠٢٨	٤/٠٤	٢٩٠/٨٦	٧١/٤١	٠/٦١
شاپورخشت	٨٩٩١/٨٢	T١٠٠	٤٧٧/٥٨	٤٨٣/٣٦		٤٨٣/٩٨	٠/٠٠٢٤	٣/٤٨	٣٢٦/٧٤	٨٧/٥٤	٠/٥٦
شاپورخشت	٧٩٦٠/٣٥	T١٠٠	٤٧٥/٢٩	٤٧٩/٩٩		٤٨٠/٤٢	٠/٠٠١٦	٢/٩٣	٤٠١/٥٧	١٤٠/٢٥	٠/٥٢
شاپورخشت	٦٩٦٦/٥١	T١٠٠	٤٧٢/٣٧	٤٧٦/٨٩		٤٧٧/٢٣	٠/٠٠١٣	٢/٧٨	٥٦٦/٣٤	٣٤٨/٣٥	٠/٤٧
شاپورخشت	٥٩٥٥/٥٨	T١٠٠	٤٧٠/٠٣	٤٧١/٩٨		٤٧٢/١٨	٠/٠٠٤٩	٢/٦٤	٦١١/١٥	٦٢٤/٥٩	٠/٧٧
شاپورخشت	٤٩٧٧/٣٧	T١٠٠	٤٦٥/٨٦	٤٦٨/٥٢		٤٦٨/٧١	٠/٠٠٢٢	٢/٢٥	٦٦٥/٠٤	٥٩٧/٤٨	٠/٥٥
شاپورخشت	٣٩١٣/٣٢	T١٠٠	٤٦١/٩١	٤٦٤/٤٨		٤٦٤/٦٧	٠/٠٠٣٦	٢/٥٩	٧٣٣/٥٦	٨٨٤/٦٧	٠/٦١
شاپورخشت	٢٩٧٤/١٨	T١٠٠	٤٥٨/١٩	٤٦٠/٥٨	٤٥٩/٧٢	٤٦٠/٦٩	٠/٠٠١٢	١/٦٠	٧٨٧/٥٤	٥٧١/٨٦	٠/٤١
شاپورخشت	١٩٦٣/٣٢	T١٠٠	٤٥٣/٥٦	٤٥٩/٣٧		٤٥٩/٤٨	٠/٠٠٠٥	١/٤٨	٧٦٧/٩٨	١٩١/٨٨	٠/٢٣
شاپورخشت	٩٩١/٢٧	T١٠٠	٤٥٠/٩٣	٤٥٧/٥٦		٤٥٨/٠٦	٠/٠٠٢٤	٣/٢٣	٣٦٧/٠٣	٩٥/٦٣	٠/٥٠
شاپورخشت	٦٠/٨٥	T١٠٠	٤٤٧/٣١	٤٥٣/٦٩	٤٥٣/٦٩	٤٥٥/٤١	٠/٠١٠٨	٥/٨٩	١٩٧/٣٦	٥٧/٤٩	١/٠١

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025



شکل ۱۵: پروفیل سطح آب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

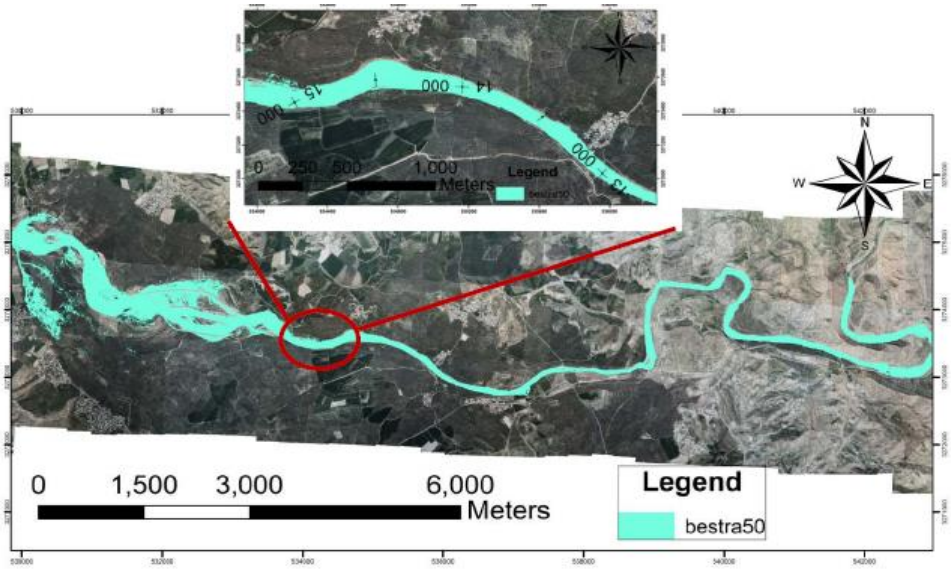
در ادامه، نقشه‌ی پهنه‌ی سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله، بر روی عکس‌های Orthophoto با استفاده از مشخصات هیدرولیکی رودخانه به‌دست آمده است که در (شکل‌های ۱۶ تا ۱۸)، به‌چشم می‌خورد (فالکنر[۷] و همکاران، ۲۰۰۹: ۱٤).



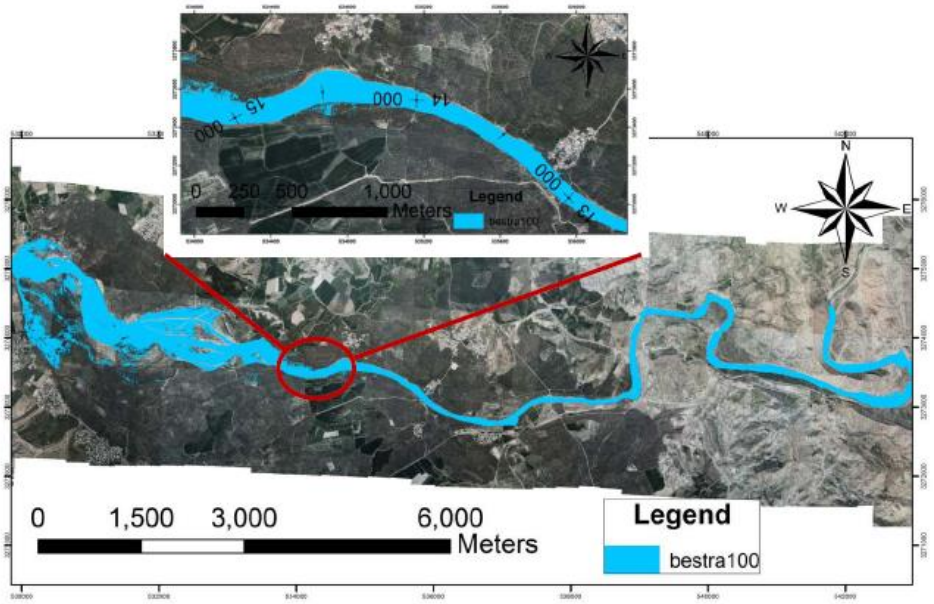
شکل ۱٦: پهنه‌ی سیلاب رودخانه‌ی شاپورخشت با دوره بازگشت ۲۵ سال

7- Falkner

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025



شکل ۱۷: پهنه‌ی سیلاب رودخانه‌ی شاپورخشت با دوره بازگشت ۵۰ سال



شکل ۱۸: پهنه‌ی سیلاب رودخانه‌ی شاپورخشت با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

مطالعات رژیم جریان از دیدگاه زیربحرانی و فوق بحرانی، مقادیر حداکثر و حداقل سرعت و ...، می‌تواند اطلاعات مناسبی در مورد مشخصات جریان در شرایط سیلابی ارائه دهد. بدین منظور اطلاعات رودخانه‌ی شاپورخشت در (جدول ۸) آورده شده است و همان‌گونه که از اعداد مندرج در جدول برمی‌آید، جریان در اکثر بازه‌ها، شرایط زیر بحرانی را تجربه می‌نماید و همچنین متوسط سرعت رودخانه با دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله، به‌ترتیب برابر با ۳/۲، ۳/٤ و ۳/٦ متر بر ثانیه است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

جدول ۸- مقادیر حداقل، متوسط و حداکثر مشخصه‌های جریان به ازای سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف رودخانه‌ی مورد مطالعه

دوره بازگشت وقایع سیلاب	مشخصه‌ی جریان	ساحل (سیلاب‌دشت) راست رودخانه			کانال اصلی رودخانه			ساحل (سیلاب‌دشت) چپ رودخانه		
		حداکثر	متوسط	حداقل	حداکثر	متوسط	حداقـل	حداکثر	متوسط	حداقل
۲۵ ساله	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	۳/۷۸	۱/۵۲	۰/۰٤	٦/۵۱	۳/۲۷	۱/۳۹	۵/۷۹	۱/۷۱	۰/۰٤
	عرض سطح آب (متر)	۳۵۹/۱٤	۲۹/۹۰	۰/۰۳	۳٦٦/٦۵	۸۰/۸۳	۲٦/۹٦	٦۰۲/۳۷	٤۱/۷۷	۰/۰۱
	سطح مقطع جریان (متر مربع)	۳۹۸/٤۷	۳۲/۸۱	۰/۰۲	۵۵٤/۷۹	۲۲۲/۲۵	۵٦/۳۸	٤۵۵/۲۳	٤٤/۹٦	۰/۰۱
	عدد فرود جریان	–	–	–	۳/۲٦	۰/٦۱	۰/۲۲	–	–	–
۵۰ ساله	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	٤/۰٤	۱/٦٤	۰/۱۲	۷/۹۸	۳/٤۸	۱/٤۵	٦/۱۰	۱/۸۳	۰/۰٦
	عرض سطح آب (متر)	۳٦۳/۰۹	۳۲/۷۱	۰/۲۰	۳۷۵/۸۳	۸۱/۸۷	۲٦/۹٦	٦۸۷/۷٤	٤۷/۰۲	۰/۰۹
	سطح مقطع جریان (متر مربع)	٤٤۵/۹۸	۳۸/۱۹	۰/۰۲	٦٤۷/۱۸	٦۲/۰۸	٦۲/۰۸	۵۳۵/۹۲	۵۳/۳۲	۰/۰٤
	عدد فرود جریان	–	–	–	۳/۳۱	۰/٦۲	۰/۲۲	–	–	–
۱۰۰ ساله	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	٤/٤۳	۱/۷۵	۰/۱۱	۸/۷٦	۳/٦٦	۱/٤۸	۵/۸۰	۱/۹۳	۰/۱٤
	عرض سطح آب (متر)	۳٦٦/۸۹	۳٦/۲۵	۰/۱۲	۳۸۷/۵۱	۸۲/۸۵	۲٦/۹٦	۷۹۷/۲۱	۵۳/۰۸	۰/۳۸
	سطح مقطع جریان (متر مربع)	٤۹۲/۱۹	٤۵/۱۵	۰/۰٤	۷۳٤/۹٦	۲۷٤/۱۱	٦۷/٤۳	٦۲۵/۱۹	٦۲/۳۱	۰/۰۵
	عدد فرود جریان	–	–	–	۳/۳۵	۰/٦۳	۰/۲۳	–	–	–

نتیجه‌گیری

در تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌های سیلاب، یکی از بخش‌های مهم مدل‌سازی، معرفی دقیق هندسه و خصوصیات رودخانه است. در گذشته برای آن‌که بتوان مدل‌سازی دقیقی را به انجام رسانید، ضرورت داشت از تعداد مقاطع عرضی بسیاری با فاصله مناسب، نقشه‌برداری به عمل می‌آمد تا بتوان به صحت مدل‌سازی، اعتماد نمود. در نتیجه با توجه به آنکه بخش اعظم رودخانه‌ها در مناطق صعب‌العبور واقع شده و امکان نقشه‌برداری از این مناطق سخت یا غیرممکن می‌باشد، نیاز به ساده‌سازی نقشه‌برداری احساس می‌گردد و لذا امروزه با استفاده از عکس‌های Orthophoto، این مهم، محقق گردیده است. استفاده از عکس‌های Orthophoto به جای نقشه‌برداری زمینی، باعث می‌شود که در زمان صرفه‌جویی گردد زیرا نقشه‌برداری زمینی، بسیار وقت‌گیر و دشوار بوده و تعداد نقاط برداشت شده در یک مقطع عرضی در این روش، بسیار زیاد می‌باشد و لذا استفاده از عکس‌های یاد شده، باعث افزایش دقت در تهیه‌ی پهنه‌های سیل‌گیر می‌گردد. همچنین از دیگر مزایای این روش آن است که دیگر محدودیتی نیز برای مشخص نمودن تعداد و

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

مکان مقاطع عرضی نخواهیم داشت. در خصوص مدل‌سازی هیدرولیکی رودخانه‌ی موردمطالعه در این پژوهش نیز با توجه به سهولت دسترسی، بدون هزینه بودن و سایر قابلیت‌های موجود در نرم‌افزار HEC-RAS از جمله انطباق با فرمت اطلاعات نقشه‌برداری، نقشه‌های توپوگرافی، قابلیت گرافیکی قوی، خصوصیات کاربردی در تهیه‌ی پهنه‌ی سیلاب و الحاق آن به نرم‌افزار ArcGIS، باعث گردید تا از این روش مدل‌سازی، بهره‌مند شویم. همچنین خاطرنشان می‌گردد که مطالعات رژیم جریان از دیدگاه زیربحرانی و فوق‌بحرانی، مقادیر حداقل و حداکثر سرعت و ... نیز می‌تواند اطلاعات مناسبی در مورد مشخصات جریان در شرایط سیلابی ارائه دهد، به‌طوری که در رودخانه‌ی شاپورخشت (رودخانه‌ی موردمطالعه) حد فاصل روستای چروم تا روستای چیتی، جریان در اکثر بازه‌های خود، شرایط جریان زیر بحرانی را تجربه کرده و متوسط سرعت این رودخانه در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب برابر با ۳/۲، ۳/٤ و ۳/٦ متر بر ثانیه می‌باشد. همچنین در این بازه از رودخانه، پهنه‌های سیل‌گیر با دوره بازگشت‌های مختلف، تفاوت چندانی در میزان اراضی سیل‌گیر ندارند. لذا در نهایت می‌توان به‌طور کلی اظهار داشت که از نقشه‌های پهنه‌ی سیل‌گیر می‌توان در تدوین طرح‌های مقابله‌ی اضطراری با سیلاب، مشخص نمودن اراضی سیل‌گیر در سامانه‌های هشدار سیلاب، کمک‌رسانی و تخلیه‌ی مناطق در خطر سیلاب، تعیین نرخ بیمه‌ی سیلاب پهنه‌بندی‌شده با خطرات متفاوت و تحلیل اقتصادی طرح‌های مهار سیلاب در حوزه‌ی علوم و مهندسی رودخانه، استفاده و بهره‌ی کافی است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

منابع

– درخشان، ش؛ غلامی و؛ تقوی‌سلیمی، ا (۱۳۸۹)، «شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌های گوهررود و سیاه‌رود با سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS»، ***نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی***، شماره ۱۹، صص ۷۹-٦٥.

– درویشی لاسبز، ب؛ برهمند، نادر (۱۳۹۲)، «شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل (HEC-RAS) مطالعه موردی: رودخانه کارون، حوضه کوت سید شریف»، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، ۳۰-۲۹ بهمن ماه ۱۳۹۲، دانشگاه شهید بهشتی.

– رستمی‌قراگزلو، م؛ اردشیر، ع؛ اقبالی، س (۱۳۸٤)، «ارائه روشی مناسب در سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS به منظور بهبود پهنه‌بندی سیلاب رودخانه‌ها»، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۲۱ آبان ماه ۱۳۸٤، کرمان، دانشگاه باهنر کرمان.

– روشان، ح؛ وهابزاده، ق؛ سلیمانی، ک؛ فرهادی، ر (۱۳۹۲)، «شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS (مطالعه‌ی موردی رودخانه‌ی بشار، استان کهگیلویه و بویراحمد)»، ***پژوهشنامه‌ی مدیریت حوضه‌ی آبخیز***، شماره ۷، صص ۸٤-۷۰.

– سازمان برنامه و بودجه (۱۳۸٤)، «راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه»، تهران، ***نشریه شماره ۳۰۷***.

– عاشوری، م؛ رضایی‌مقدم، م؛ پیری، ز (۱۳۹۲)، «بررسی تغییر مورفولوژی بستر رودخانه پیش و پس از احداث سد با استفاده از HEC-RAS و GIS (مطالعه موردی: منطقه پایین‌دست سد ستارخان اهر)»، ***مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***، شماره ۱، صص ۱۰۰-۸۷.

– فرجی‌سبکبار، ح؛ حسین‌پور، س؛ ملکیان، آ؛ کیانی‌آلرد، هانیه (۱۳۹۳)، «مقایسه کارایی مدل‌های MCDM در مکان‌یابی پخش سیلاب در محیط GIS، مطالعه موردی: حوضه آبریز گربایگان»، ***نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی***، شماره ٤۹، ص ۱۹۰-۱٦۷.

– قمی‌اویلی، ف؛ صادقیان، م. ص؛ جاوید، ا. ح؛ میرباقری، س. ا (۱۳۸۹)، «شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدلHEC-RAS، مطالعه موردی رودخانه‌ی کترون حد فاصل بند قیر تا اهواز»، ***فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی***، شماره ۱، صص ۱۱۵-۱۰۵.

– یمانی، م؛ تورانی، م؛ چزغه، س (۱۳۹۱)، «تهیه پهنه‌ی سیل‌گیر با استفاده از مدل (HEC-RAS) مطالعه‌ی موردی: بالادست سدطالقان از پل گلینک تا پل وشته»، ***مجله‌ی جغرافیا و مخاطرات محیطی***، شماره ۱، صص ۱٦-۱.

- Falkner, E., Morgan, D., (2002), "Aerial mapping methods and applications", A CRC Press Company, Boca Raton– London–New York (Washington, D.C.), Lewis Publishers.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 2:08 IRST on Wednesday October 15th 2025

- Kamanbedast, A., Esfandiar, Y., (2011), "Investigation and study of morphological changing of rivers using HEC-GeoRAS and Mike 11 Software", ***World Applied Sciences Journal***, 13 (5): 1253-1258.
- Kardavani, P., Qalehe, M. S., (2013), "Efficiency of hydraulic models for flood zoning using GIS (Case Study: Ay-Doghmush River Basin", ***Life Science Journal***, 10 (2): 915-924.
- Pappenberger, F., Deven, K., Horrit, M., Blazkova, S., (2005), "Unecertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observation", ***Journal of Hydrology***, 32: 46-69.
- Shahiri Parsa, A., Heydari, M., Sadeghian, M. S., Moharrampour, M., (2013),"Flood zoning simulation by HEC-RAS model (Case Study: Johor River-Kota Tinggi Region)", ***Journal of River Engineering Journal of River Engineering***. **[**on line**]**: (http://www.scljour.com).
- Smith, G. S., (1995), "Digital orthophotography and GIS, environmental systems research Institute", Conference Proceedings, Palm Springs, California. **[**on line**]**: (http://www.esri.com/library/userconf/proc95/to150/p124.html).
- Tale, E. C., Olivera, F., Maidment, D., (1999), "Flood plain mapping using HEC-RAS and ARCVIEW GIS", The University of Texas at Austin, 223 P.
- Todd, H., (2004), "Comparison of HEC-RAS and MIKE11 unsteady flow modeling for the TillamookValley", World water and environmental resources congress, June 27-July 1, 2004, Salt Lake City, Utah, United States.