



تحلیل پهنه سیلابگیر و تشخیص و اصلاح نواحی فرسایش پذیر رودخانه با استفاده از مدل ریاضی (مطالعه موردی رودخانه فریزی)

بانک تقدیمی دانشجوی دکترای سازه های آبی دانشگاه فردوسی مشهد*

کاظم اسماعیلی عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

*پست الکترونیکی: b_taghdisi@yahoo.com

چکیده

با توجه به اینکه ارزیابی پهنه سیلابگیر و مسیل رودخانه ها مبنای اصلی برنامه های مدیریتی پیشگیری از وقوع خطرات ناشی از سیلاب و استفاده بهینه از این پدیده خدادادی در علوم مربوط به مهندسی رودخانه می باشد بررسی این موضوع در رودخانه ها یی که احتمال وقوع سیلاب در آنها وجود دارد دارای اهمیت بالایی می باشد که از آن جمله می توان به رودخانه فریزی در استان خراسان اشاره داشت. مدل ریاضی که در این خصوص استفاده شده است نرم افزار HEC-RAS می باشد. این مدل از مدلهای معتبر برای محاسبات هیدرولیکی آبراهه های طبیعی می باشد که با شبیه سازی یک بعدی رودخانه ها، امکان محاسبات جریانهای پایدار و ناپایدار را فراهم می کند در این مقاله نقشه محدوده مورد مطالعه در ابتدا در محیط GIS وارد شده و سپس برای مدل معرفی گردید و با استفاده از نقشه های ژئورفرنس موجود، ۴۸ مقطع عرضی برداشت و وارد نرم افزار گردید. در ادامه کار دیگر اطلاعات مورد نیاز از قبیل ضریب زبری، فواصل ساحل چپ و راست و ... به نرم افزار داده شد و برنامه HEC - RAS اجرا گردید. مسلماً یکسری خطاها در زمان اجرا دیده شد که با رفع آنها توانستیم خروجی های خوبی را داشته باشیم. و نتایج حاصل نشان داد که در ۱۱ مقطع عرضی از کل محدوده مورد مطالعه فرسایش وجود دارد که در این خصوص یکسری راهکارهای کاربردی به منظور کنترل و کاهش فرسایش پیشنهاد شد و با توجه به نتایج حاصل مشخص شد که افزایش ارتفاع سیل تاثیر چندانی بر گسترش پهنه سیل ندارد و همچنین فاکتور زبری نیز تاثیر محسوسی در افزایش ارتفاع جریان نشان می دهد.

واژه های کلیدی: رودخانه فریزی، حریم و بستر رودخانه، نرم افزار HEC - RAS و GIS

۱-مقدمه

نقش آب در طبیعت به عنوان یک عنصر اصلی و حیاتی بر هیچ کس پوشیده نیست امروزه بعلاوه توسعه شهرها و مکانیزه شدن آنها میزان آلودگی ها افزایش و دسترسی به منابع آبی سالم که به عنوان یک هدف مهم در مدیریت منابع آب تلقی می گردد که می تواند در سر لوحه امور زیر بنایی قرار گیرد. امروزه با توجه به اینکه در زمینه سد سازی و مهار رواناب اقدامات خوبی انجام شده ولی در بعضی از مناطق و رودخانه ها هنوز پدیده سیلاب مشاهده میگردد. که می تواند



سبب بروز مشکلاتی در خصوص فرسایش و سپس رسوب گذاری شود در این مقاله ضمن بررسی موضوع پدیده سیلاب و تشخیص پهنه سیلابگیر با استفاده از نرم افزار HEC – RAS سعی گردید با مدل کردن محدوده ای از رودخانه فریز به بررسی موضوع پرداخته و یکسری راهکارهای کاربردی در خصوص اصلاح مسیر رودخانه ارائه گردد.

۲- سابقه تحقیق

زینی وند (۱۳۷۹)، مطالعه موردی: رودخانه سیلاخور واقع در استان لرستان [۱]، جلالی راد (۱۳۸۱) مطالعه موردی حوزه شهری دارآباد [۲] و صفری (۱۳۸۰)، مطالعه موردی رودخانه نکا واقع در استان مازندران [۳]، با استفاده از مدل HEC – RAS اقدام به پهنه بندی خطر سیلاب نمودند و ایشان در نتایج بیان کردند که این مدل توانمندی بالایی در محاسبه پروفیل سطح آب و پهنه های سیلاب دارد.

وهابی (۱۳۷۶) با بکارگیری تکنیکهای سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزارهای HEC – 1 و MIKE 11 به کمک مقاطع عرضی رودخانه در حوضه آبریز طالقان اقدام به پهنه بندی سیل نمود. [۴]

James و همکاران (۱۹۸۰) اقدام به پهنه بندی سیلاب در ایالات بوتای امریکا نمودند و اظهار داشتند که علت تغییرات در مناطق سیل گیر از سیلی به سیل دیگر باید توجه نمود که در مناطق پهنه بندی شده، میزان خطرات به مقدار واقعی نشان داده شوند. [۵]

مهندسين مشاور سازه پردازان در رابطه با طرح تعیین بستر و حریم رودخانه کرخه و شاخه های آن اقدام به تعیین حد بستر و حریم در سر شاخه ها و شاخه هایی از رودخانه کرج در بازه هایی به طول ۲۲۰ کیلومتر نمودند.

۳- مواد و روشها

۳-۱- موقعیت طرح

حوضه آبریز رودخانه فریزی در دامنه شمالی رشته کوه بینالود و در ۵۰ کیلومتری شمال غربی مشهد واقع است طول جغرافیایی آن ۵۸ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۵ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه می باشد. زهکش اصلی حوضه، رودخانه فریزی است که از بخشهای جنوبی حوضه یعنی ارتفاعات بینالود سرچشمه گرفته و در جهت شمال جریان دارد. رودخانه فریزی با طول ۴۵۱ کیلومتر، از دو سر شاخه به نامهای پایه و فریزی تشکیل شده که از پیوستن به یکدیگر جریان اصلی فریزی را به وجود می آورد. محیط حوضه ۷۵ کیلومتر و مساحت آن ۲۷۳ کیلومتر مربع می باشد. حداکثر ارتفاع حوضه به ترتیب ۱۴۲۵ و ۳۰۹۲ متر و متوسط ارتفاع آن ۲۱۶۳ متر است. شیب حوضه ۱۱/۴۳ در صد و شیب آبراهه ی اصلی ۳/۴۸ در صد برآورد می شود. طول بلندترین آبراهه تا نقطه خروج ۲۵ کیلومتر و زمان تمرکز حوضه ۴/۸۲ ساعت می باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر زمین شناسی، بخشی از زون بینالود محسوب می شود که سن سنگهای بیرون زده آن تماماً مربوط به دوران دوم زمین شناسی (دوره ژواراستیک) است (نبوی



۱۳۵۵) از نظر لیتولوژی، سازندهای فیلیت مشهد، کشف رود، چمن بید، مزدوران و رسوبات دوره چهارم در آن به چشم می خورد. عمده ترین رسوبات موجود در منطقه، شیل و سیلیت خاکستری تیره است که ۲۱۳ کیلومتر مربع از حوضه را به خود اختصاص داده است. و روی آن لایه های ماری - رسی حاوی زغال سنگ و آهکهای نخودی روشن همراه با دولومیت قرار دارد. (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۵۳، شیت ک، ۴).

۳-۲- منابع آب

محاسبات مربوط به رواناب در منطقه مورد مطالعه با استفاده از آمار ثبت شده ی ایستگاه موشنگ انجام شده است بر اساس بررسی بعمل آمده متوسط دبی سالانه ی رودخانه فریزی، ۲/۱۴ مترمکعب بر ثانیه می باشد.

جدول ۱- دبی، رواناب

| ماه | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | متوسط سالانه |
|----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|--------------|
| دبی m3/s | ۰.۶۴ | ۰.۷۴ | ۰.۷۶ | ۰.۶۸ | ۰.۹۶ | ۲.۸۴ | ۶.۸۴ | ۶.۷۹ | ۳.۰۴ | ۱.۰۸ | ۰.۶۳ | ۰.۴۵ | ۲.۱۴ |
| رواناب mm | ۶.۰۷ | ۷.۰۲ | ۶.۷۳ | ۶.۴۵ | ۹.۱ | ۲۶.۰۳ | ۶۷.۰۱ | ۶۶.۵۳ | ۲۹.۷۸ | ۱۰.۵۸ | ۶.۱۷ | ۴.۴۱ | ۲۶۶.۸۲ |
| حجم رواناب m3 | ۱.۶۷ | ۱.۹۱ | ۶.۸۴ | ۱.۷۷ | ۲.۴۸ | ۷.۳۵ | ۱۸.۳۲ | ۱۸.۱۸ | ۸.۱۴ | ۲.۸۸ | ۱.۶۸ | ۱.۳۱ | ۶۷.۴۳ |
| بارش سالانه mm | ۱۰.۹ | ۲۱.۷۹ | ۲۸.۱۲ | ۳۷.۱۶ | ۵۳.۲۹ | ۶۷.۳۲ | ۶۷.۲۴ | ۵۳.۶۴ | ۲۵.۸۲ | ۱.۲۸ | ۳.۱۲ | ۲.۵۷ | ۳۷۲.۵۱ |

همچنین بیشترین و کم دبی به ترتیب در ماههای فروردین و با ۶/۸۴ متر مکعب بر ثانیه و شهریور ۰/۴۵ متر مکعب بر ثانیه می باشد که در واقع ماههای پر باران و کم باران می باشد.

به منظور گویا شدن روابط بین نزولات جوی و دبی حوضه، رابطه همبستگی بین این دو پارامتر برقرار و مدل زیر حاصل شد:

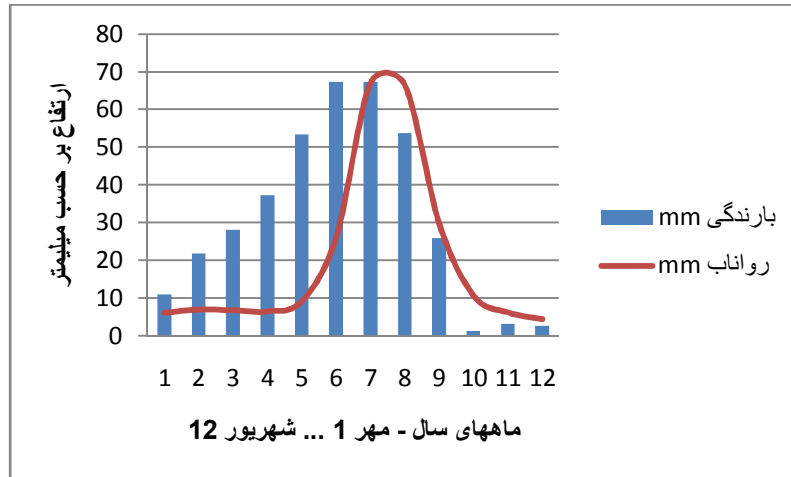
$$r^2 = 43.8\% \quad \text{و} \quad r = 0.67 \quad \text{و} \quad Q = 1.23 + 6.21P \quad (1)$$

در رابطه فوق: $Q =$ دبی (m3/s) $P =$ بارندگی سالانه (mm)

همانطور که مشاهده می شود ضریب همبستگی 0.67 و ضریب اطمینان % 43.8 خیلی بالا نیست علت آنرا می توان در نزولات جوی جامد (برف) جستجو کرد که در فصل زمستان باریده و تاثیر خود را در فصل گرم سال بر رواناب گذاشته



است. نمودار زیر که بر اساس ارقام بارش و ارتفاعات رواناب ترسیم شده نیز گویای همین مطلب است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که رژیم رودخانه در ارتفاعات، برفی بوده و عمدتاً تحت تاثیر ریزشهای زمستانه قرار گرفته و در بهار سیلابی می شود.



شکل (۱) گراف بارندگی و رواناب

با توجه به نمودار بالا می توان گفت میزان رواناب از یک مقدار حداقل در مهر ماه شروع و در فروردین به حداکثر مقدار خود می رسد و از این به بعد با یک روند نزولی در شهریور ماه مقدار پایه خویش را بدست می آورد.

۳-۳- برآورد مقدار CN

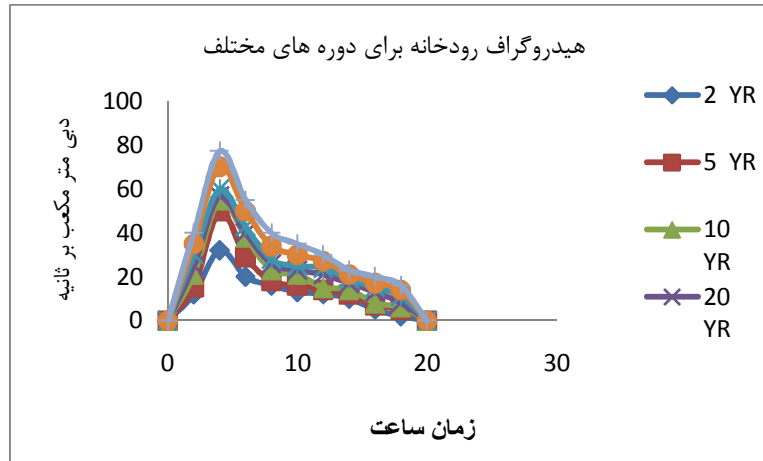
جهت برآورد مقدار CN خصوصیات پوششی حوضه از لحاظ میزان نفوذ پذیری و سطح پوشش موثر هر یک مورد بررسی قرار گرفت و ارقام زیر بدست آمد. با توجه به جدول مذکور مقدار CN برای حوضه آبریز فریزی به میزان $CN = 85$ محاسبه گردید.

جدول ۲- شماره منحنی و در صد مساحت

| شماره ی منحنی | در صد مساحت موثر | نفوذ پذیری | گروه |
|---------------|------------------|------------|------|
| ۶۵ | ۳ | ۷/۵ - ۱۱/۵ | A |
| ۷۶ | ۱۹ | ۳/۸ - ۷/۵ | B |
| ۸۸ | ۷۸ | ۱/۳ - ۳/۸ | C |

به منظور بررسی سیلاب های مختلف با دوره برگشت متفاوت از اطلاعات و آمار موجود برداشت شده در رودخانه استفاده گردید و بر اساس آن هیدروگراف رودخانه برای دوره های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال ترسیم شد. همانطور که

مشاهده می شود تمامی گراف ها از یک روند تغییر تقریباً ثابتی برخوردار می باشند به گونه ای که می توان گفت حداکثر دبی ۵ ساله برابر ۴۹/۸۲ متر مکعب بر ثانیه ، حداکثر دبی ۵۰ ساله برابر ۷۰/۲۲ متر مکعب بر ثانیه و حداکثر دبی ۱۰۰ ساله برابر ۷۷/۴۲ متر مکعب بر ثانیه می باشد.

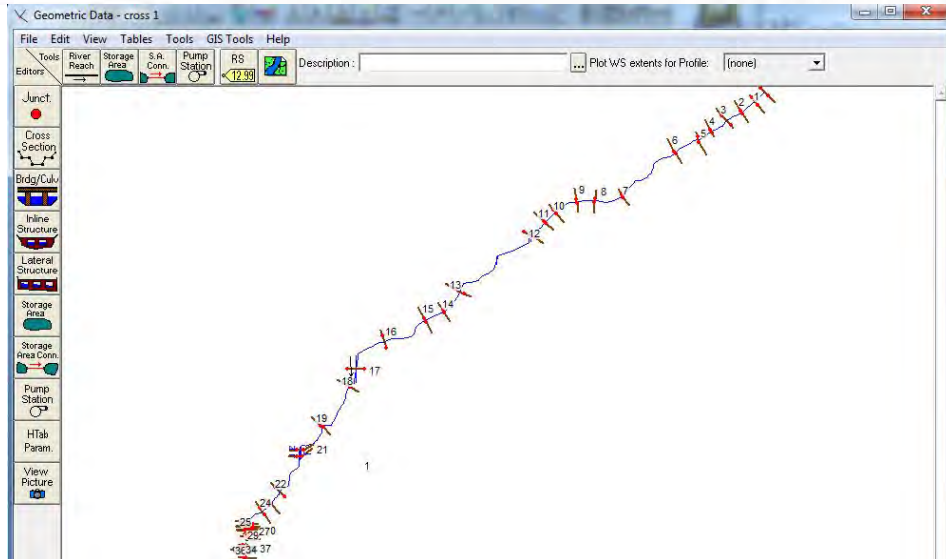


شکل (۲) هیدروگراف رودخانه برای دوره های برگشت مختلف

۳-۴-مقاطع عرضی

جهت اجرای برنامه در ابتدا لازم است مقاطع عرضی رودخانه برای نرم افزار تعریف شود که در این خصوص با استفاده از نقشه های توپوگرافی ژئو رفرنس موجود و در دست داشتن پلان رودخانه و مد نظر داشتن موارد ذیل، در بازه ای به طول ۷۷۵۰ متر ۴۸ مقطع عرضی برای رودخانه تعریف شد. در انتخاب محل مقاطع عرضی سعی گردید مقاطع انتخابی دارای مشخصات زیر باشد [۶]

- ۱- هر بازه انتخابی دارای پیچ و خم نباشد و یا دارای حداقل انحراف از مسیر مستقیم باشد..
 - ۲- تا جای ممکن تغییرات ارتفاع (elavation) در هر بازه از یک روند ثابتی تبعیت نماید.
 - ۳- با توجه به اینکه عرض مقطع این رودخانه در نواحی مختلف متفاوت می باشد سعی شده در هر بازه تقریباً عرض مقطع ثابت باشد البته در چند بازه به لحاظ رعایت دو بند قیل، ناگزیر به انتخاب بازه با عرض متغیر گردید.
- با توجه به تعداد زیاد مقاطع به عنوان نمونه تنها ۳ مقطع از اول، وسط و انتهای بازه در ذیل آورده شده است.



شکل (۳) مقاطع عرضی

بعد از تعریف مقاطع عرضی، در حد فاصل بین هر دو مقطع عرضی، شیب مسیر محاسبه شد و با استفاده از داده های حاصل، شیب متوسط رودخانه در طول بازه مورد مطالعه برابر $0/02$ درصد برآورد گردید. دیگر داده های هیدرولیکی مورد نیاز نرم افزار، شامل ضریب زبری، سواحل چپ و راست، شرایط مرزی و دیگر پارامترهای دخیل که بیان آنها از حوصله این مقاله خارج است وارد گردید و مدل اجرا شد و اشکالات موجود با واسنجی مدل و چندین بار بررسی اطلاعات، اصلاح و نتیجه نهایی محقق گردید.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

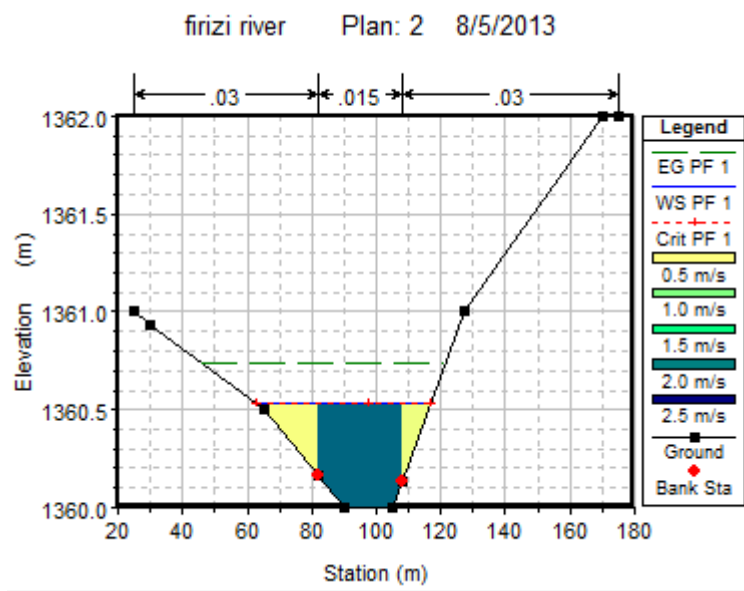
با استفاده از نتایج حاصل از اجرای نرم افزار که بصورت گراف و جدول می باشد می توان نسبت به تحلیل پهنه سیلاب گیر و بررسی پدیده سیلاب اقدام کرد و با ارائه یکسری راهکارها، پیشنهادهایی به منظور اصلاح مسیر رودخانه و کاهش درصد خطر و افزایش بهره وری از این پدیده در راستای تغذیه مصنوعی دشت سیلاب خیز ارائه داد. همانطور که می دانیم دشت مشهد بیش از ۲۵ سال است که با افت سطح آب زیر زمینی مواجه می باشد و نقش رودخانه فریزی در خصوص تعدیل این مشکل می تواند بسیار موثر و حیاتی باشد. در ذیل به عنوان نمونه، تعدادی از خروجی های مدل آورده شده است.

۴-۱- بررسی پهنه سیلابگیر

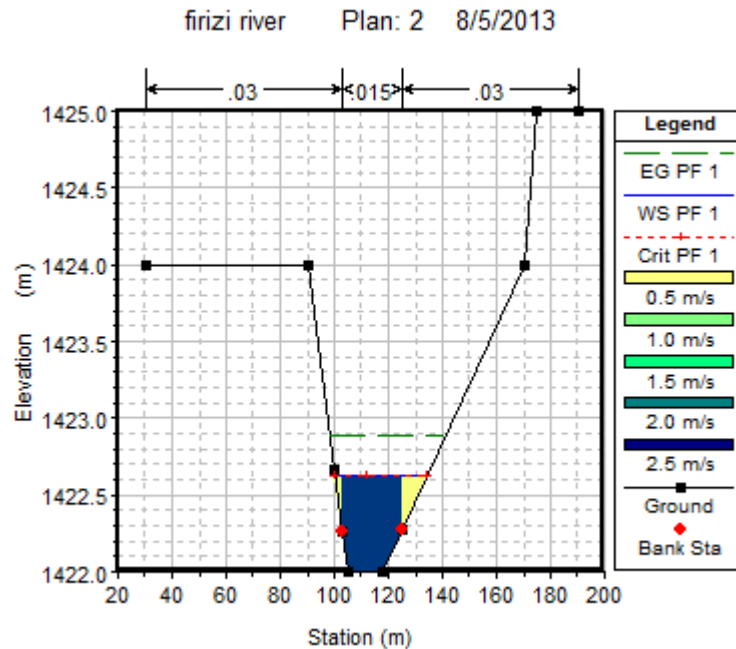
به منظور بررسی پهنه سیلابگیر از نتایج خروجی مدل می توان استفاده کرد نتایج در این مدل به دو صورت گرافیکی و جدول گونه می باشد با توجه به حجم بالای اطلاعات خروجی، امکان درج تمام اطلاعات و تشریح آنها در حوصله این مقاله نمی گنجد. با توجه به خروجی نرم افزار و گرافهای حاضر می توان گفت حداکثر میزان تجاوز آب از پهنه سیلابدشت مربوط به مقطع عرضی ۴۴ می باشد. که در حدود ۱.۱ متر است البته میزان تجاوز آب در تمامی مقاطع تقریباً از یک روند



یکنواختی تبعیت می کند. با توجه به جداول خروجی مدل می توان عنوان کرد که در مقطع عرضی ۱۸، ۲۹، ۳۸ و ۳۹ جریان فوق بحرانی در مقاطه عرضی ۱۶ و ۳۳ جریان بحرانی و در مابقی مقاطع عرضی زیر بحرانی میباشد.



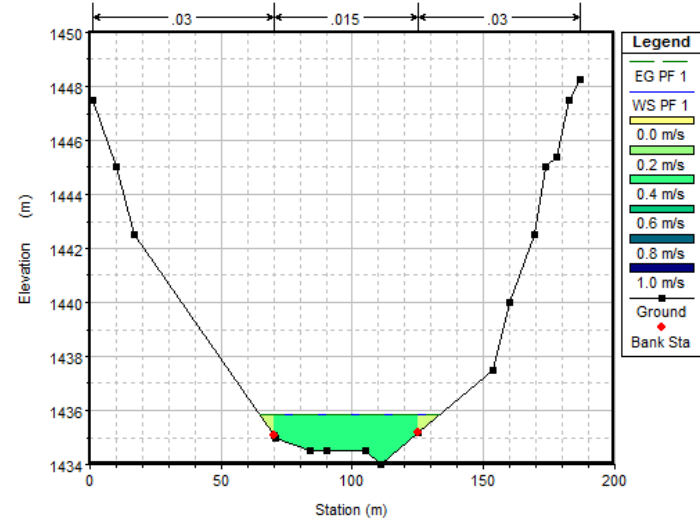
شکل (۴) مقطع عرضی ۱



شکل (۵) مقطع عرضی ۲۸



firizi river Plan: 2 8/5/2013



شکل (۶) مقطع عرضی ۴۴

جدول ۳- مشخصات جریان

| Reach | River Sta | Min Ch El | W.S. Elev | Crit W.S. | E.G. Elev | E.G. Slope | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|--------------|
| 1 | 8 | 1360 | 1360.53 | 1360.53 | 1360.74 | 0.002533 | 2.11 | 18.06 | 54.01 | 0.95 |
| 1 | 28 | 1422 | 1422.63 | 1422.63 | 1422.89 | 0.002446 | 2.28 | 14.85 | 34.12 | 0.96 |
| 1 | 44 | 1434 | 1435.84 | 1344.77 | 1435.84 | 0.000029 | 0.42 | 74.54 | 68.49 | 0.12 |

۴-۲-۱ اصلاح مسیر رودخانه

در جدول زیر تنش برشی و سرعت متوسط برای تعدادی از مقاطع عرضی ارائه شده است.

جدول ۴- مربوط به سرعت و تنش

| سرعت m/s | تنش برشی N/M2 | مقطع عرضی |
|----------|---------------|-----------|
| 0.85 | 1.81 | ۸ |
| 2.28 | 13.78 | 28 |
| 0.42 | 0.376 | 44 |

به منظور بررسی وضعیت مسیر رودخانه و اصلاح آن باید نکات زیر مد نظر قرار گیرد:

- در محل هایی که میزان تنش برشی بالا باشد استعداد فرسایش بیشتر و احتمال پیشروی و تغییر مسیر رودخانه زیادتر است که معمولاً در خم ها و محل هایی که تغییر عرض و پیچارود باشد این مسئله دیده می شود با بررسی وضعیت رودخانه مورد نظر در این پروژه و اطلاعات حاصل از اجرای نرم افزار و تطبیق آن با عکسهای



- هوایی به منظور اطمینان از صحت انجام محاسبات در موارد زیر می توان مسیر رودخانه اصلاح و یا نسبت به مقاوم سازی دیواره ها و سواحل اقدام نمود.
- ۲- در مقاطع عرضی ۴۶ - ۴۱ - ۳۹ - ۳۸ میزان تنش برشی نسبت به دیگر مقاطع بالاتر بوده و سرعت جریان نیز تقریباً بالا می باشد لذا در این مقاطع احتمال فرسایش بالا می باشد که لازم است اصلاحاتی انجام شود که با توجه به داده های خروجی مدل پیشنهاد می گردد از مقطع عرض ۳۷ به مقطع ۴۷ وصل تا از انحای مسیر مذکور کاسته شود. و یا با تثبیت دیواره ها و جوانب میزان فرسایش به حداقل مقدار خود برسد.
- ۳- مقاطع عرضی ۳۶ - ۳۲ میزان تنش برشی نسبت به دیگر مقاطع بالاتر بوده و سرعت جریان نیز تقریباً بالا می باشد لذا در این مقاطع احتمال فرسایش بسیار زیاد است. در این مقاطع علاوه بر عوامل فوق الذکر، انحای مسیر نیز شدت فرسایش را بیشتر کرده و سبب تعریض مسیر کانال می شود لذا توصیه می گردد به منظور کاهش فرسایش، دیواره بیرونی در مسیر انحنا با ملات خاک و سیمان و میکروسیلیس بعلت اجرای آسان و مقاومت بالا پوشش داده شود.
- ۴- مقاطع عرضی ۱۸ - ۱۹ میزان تنش برشی نسبتاً بالا بوده و سرعت جریان نیز تقریباً بالا می باشد لذا در این مقاطع احتمال فرسایش وجود دارد ولی شدت ندارد لذا می توان با ایجاد پوشش سبز از گیاهانی با ریشه افشان در کناره ها تاحدی فرسایش را کنترل کرد. مسلماً کنترل کامل فرسایش نیازمند هزینه کرد بالاتری است که به نظر اینجانب در این مقطع ضرورتی ندارد.
- ۵- در مقاطع عرضی ۱۰ - ۶ نیز میزان تنش برشی و سرعت جریان از حد متعادل بالاتر می باشد در این مسیر یک انحنا در مقطع عرضی ۷ مشاهده می شود همانطور که می دانیم در انحنا ها در صورت زیاد بودن سرعت در قسمت بیرونی انحنا فرسایش و در قسمت داخلی آن رسوب گذاری مشاهده می شود. در محدوده حد فاصل مقطع عرضی ۶ تا ۱۰ بعلت طولانی بودن مسیر انتقال امکان مقاوم سازی سواحل با هزینه بالایی امکان پذیر است این در حالی است که در این محدوده، مقطع بحرانی همان مقطع عرضی ۷ می باشد که چون در قسمت داخلی آن شاهد رسوب گذاری ناشی از رسوبات انتقال یافته بالادست و در قسمت بیرونی انحنا شاهد فرسایش و انتقال رسوبات به طرف پایین دست هستیم لذا ترجیحاً لازم است از یک پوشش مناسب مانند ملات خاک و سیمان و میکروسیلیس بعلت اجرای آسان و مقاومت بالا استفاده شود.
- ۶- در دیگر مقاطع مورد بررسی در این مقاله سرعت و تنش در محدوده مجاز می باشد البته همانطور که می دانید وجود پدیده فرسایش و رسوب گذاری در رودخانه و منابع آب به عنوان یک جزء لاینفک تلقی می گردد و هدف از مطالعات در این بخش از علوم آب از بین بردن آن نیست بلکه هدف اصلی، کنترل و کاهش آن می باشد.
- ۷- در این مدل برای ضرایب زبری مختلف نیز، مدل اجرا شد و نتیجه حاصل این بود که افزایش ارتفاع سیل تاثیر چندانی بر گسترش پهنه سیل ندارد و همچنین فاکتور زبری نیز تاثیر محسوسی در افزایش ارتفاع جریان نشان



نمی دهد. لذا با ایجاد یکسری تمهیدات در سواحل رودخانه و طول میسر در مقاطع بحرانی که در بالا ذکر شد می توان نسبت به کنترل و کاهش فرسایش برای سیلابها با دوره برگشت مختلف اقدام نمود

۵-مراجع

- [۱] زینی وند، ح. (۱۳۷۹). پهنه بندی خطر سیل در رودخانه سیلابخور با استفاده از مدل هیدرولیک HEC RAS. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه مازندران.
- [۲] جلالی راد، رامین. (۱۳۸۱). پهنه بندی سیل در بخشی از حوزه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS & HEC RAS. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- [۳] صفری، علیرضا. (۱۳۸۰). تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشتهای سیلابی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه منابع طبیعی تهران.
- [۴] وهابی، ج. (۱۳۷۶). پهنه بندی خطر سیلاب با بکارگیری تکنیک های از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزارهای HEC-1 & MIKE 11 در حوزه طالقان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- [5] James, M. D. and Larson, M. D. and Golver, T. F. 1980. Floodplain Management needs peculiar to Arid Climates. Water Resources Bulletin. 16(6): 1020-1029.
- [6] Pistoche, A., Mazzola, 2001. Use of HEC – RAS & HEC – HMS models with Arcview for Hydraulic risk management, Italy.