



استخراج منحنی فرمان پهنه‌بندی ریسک سیلاب مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی باراندوزچای ارومیه

میرعلی محمدی^{۱*}، فرناز محمدی^۲، احمد فاخری فرد^۳، سجاد بیژنوند^۴

۱- دانشیار گروه مهندسی عمران- هیدرولیک و مکانیک مهندسی رودخانه، دانشکده‌ی فنی مهندسی، دانشگاه ارومیه

۲- دانش‌آموخته، کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه زابل

۳- استاد گروه مهندسی آب- منابع آب، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- دانشجوی دکتری مهندسی عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده‌ی فنی مهندسی، دانشگاه ارومیه

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۰۴

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۰

چکیده

مقاله با جریان سیل به‌طور عمده ناشی از رواناب سطحی است که حاصل خصوصیات بارش و حوضه‌ی آبریز است که در این میان، تأثیر پوشش گیاهی در کاهش جریان سیل حوضه‌های کوچک، کم‌تر از حوضه‌های با مساحت زیاد می‌باشد. اولین گام در مطالعات اقتصادی طرح‌های مدیریت سیلاب، تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی سیل است. در این مقاله، رودخانه‌ی باراندوزچای به عنوان رودخانه‌ی دائمی در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه که در معرض بارش‌های با شدت بالا قرار دارد، جهت پهنه‌بندی سیلاب دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه بین سال‌های آبی ۲۰۱۳-۱۹۷۴ برای بازه‌ی ۳ کیلومتری بین دو ایستگاه اندازه‌گیری در بالادست بی‌بکران و پایین‌دست دیزج در مسیر رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. برای روندیابی هیدرولیکی سیل، ضریب زبری مانینگ مناسب، حاصل از متوسط‌گیری از ضرایب به مقادیر ۰/۰۳۲۵ بالادست و ۰/۰۳۰۱ پایین‌دست، در نرم‌افزار HEC-RAS اجرا شده است. نتایج حاصل که شامل استخراج رقم خطوط پهنه‌ها به کمک روش ماسکینگ-کونژ به ازای سیلاب‌های با دوره‌های بازگشت متفاوت می‌باشد. با تبدیل نتایج به ریسک متناظر هر دوره‌ی بازگشت جهت ترسیم پهنه، از طریق الحاقیه HEC- Arc-Map geo-RAS وارد نرم‌افزار شده است تا پهنه‌های سیل مشخص شوند. خطوط هم‌ریسک به ازای دوره‌های ۲ الی ۷۵ سال ترسیم گردید که بیش‌ترین مساحت تحت پوشش سیلاب متعلق به دوره‌ی بازگشت ۱۰۰۰ ساله به مقدار ۹۷/۳۴ هکتار بوده که دارای بیش‌ترین ریسک به مقدار ۶۳/۵۸٪ با عمر مفید ۳ سال است. منحنی فرمان به کمک مساحت‌های تحت پوشش سیلاب در دوره‌های بازگشت متفاوت و عمر مفید متفاوت از فرمول ریسک به دست آمد که منجر به استخراج فرمول کلی مساحت-دوره-ریسک گردید.

کلمات کلیدی: منحنی فرمان، خطوط هم‌ریسک، ماسکینگ-کونژ، باراندوزچای.

۱- مقدمه

اصولاً بزرگی سیل‌ها و تکرار آنها در طول زمان تابع شدت بارندگی، نفوذپذیری زمین و وضعیت توپوگرافی منطقه است. وقوع سیلاب به عنوان یکی از بلاهای طبیعی سالانه خسارات جانی و مالی بسیار زیادی را در نقاط مختلف دنیا سبب می‌شود. خسارت سیل رودخانه‌ای زمانی است که در زمین‌های حاشیه‌ای یک رود جاری می‌شود. با بررسی دشت سیلابی قدیمی و آبرفت‌های آن، شاید بتوان با درجه‌ای از تقریب احتمال وقوع و بزرگی سیل‌های آتی منطقه را مشخص کرد. اولین قدم در مطالعات اقتصادی طرح‌های مدیریت سیلاب و یا مهار سیلاب، داشتن نقشه‌های پهنه‌بندی سیل می‌باشد. زیرا با توجه به پهنه سیل در دوره‌های بازگشت متعدد و برآورد خسارت در هر پهنه‌بندی میزان سرمایه‌گذاری جهت جلوگیری از خسارت در حالت بهینه محاسبه می‌شود. پهنه‌بندی سیل یعنی این‌که سیل تا چه حد منطقه را دربرمی‌گیرد، به همین دلیل سیل با دوره‌های بازگشت متفاوت در نظر گرفته می‌شود تا مشخص شود چه مقاطعی باید دربرگرفته شود.

مطالعات و تحقیقات زیادی در حوضه‌های آبریز رودخانه‌های طغیانی انجام پذیرفته و راهکارهایی نیز ارائه شده است. ولی به دلیل هزینه‌های فراوان، آن طرح‌ها اجرایی نشده‌اند. امروزه انسان با بهره‌گیری از علوم و تکنولوژی‌های نوین سعی در بهینه‌سازی طرح‌ها و کاهش این هزینه‌ها را دارد. لذا به نظر می‌رسد مطالعه پهنه‌بندی سیل در مسیر رودخانه‌های دائمی و فصلی با انجام مطالعات موردی در بازه‌های آسیب‌پذیر از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌ویژه نقاط زیادی از کشور ایران بدلیل داشتن اقلیم گرم و خشک، هر از چند گاهی پدیده وقوع سیلاب‌های ناگهانی به عنوان یک هشدار جدی تلقی می‌شود. در این راستا بهره‌گیری از پژوهش‌های محققان و تکنولوژی‌های نوین سازه‌ای و غیرسازه‌ای، توجه عمیق سازمان‌های مسئول در بخش‌های مهندسی رودخانه و کنترل سیلاب جهت رفتارشناسی و مقابله با سیل امری انکارناپذیر است.

تاکنون تلاش‌های فراوانی توسط متخصصان در مجامع علمی هیدرولیکی و هیدرولوژیکی به منظور شناخت دقیق و مهندسی نمودن روش‌های کنترل سیلاب صورت پذیرفته است. برای نمونه استفاده از بسته نرم‌افزاری HEC-RAS در تلفیق با Arc view-GIS جهت حل

معادلات حاکم بر جریان سیل تا حدودی موفق بوده است که نتیجه‌ی آن به تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در بازه‌های رودخانه منجر می‌شود. این نرم‌افزار یک بعدی قادر است پروفیل جریان آب سطحی را به صورت محاسباتی و گرافیکی ارائه نماید که شامل جریان‌های دائمی و غیردائمی، حمل رسوب و سایر محاسبات هیدرولیکی مفید است. اطلاعات کاملی از کاربرد مدل HEC-RAS، مدل‌های شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل به همراه حل معادلات حاکم و داده‌پردازی برای مدل‌ها با انجام مطالعاتی توسط برونر^۱ (۲۰۱۰)، اکرم‌ن^۲ (۲۰۰۵)، الس^۳ (۲۰۱۳)، گیلز و مور^۴ (۲۰۱۰)، کراوس^۵ (۲۰۰۰)، تایت و مایدمنت^۶ (۱۹۹۹)، گیبسون و همکاران^۷ (۲۰۰۶ و ۲۰۱۰)، فن و همکاران^۸ (۲۰۰۹)، لی و همکاران^۹ (۲۰۰۶)، نبل و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۵)، پیستوچی و میزولی^{۱۱} (۲۰۰۲) و بنت و همکاران^{۱۲} (۲۰۰۴) و سایر محققان انجام یافته است.

برخی از مدل‌های دو بعدی مانند: CCHE2D, MIKE21, INFLOWORKS2D, JFlow و مشابه آنها نیز برای رفع بعضی کاستی‌ها در مدل‌های یک بعدی استفاده شده، که به مطالعه‌های صورت گرفته توسط خان و بکدل^{۱۳} (۲۰۰۱)، وو و وانگ^{۱۴} (۲۰۰۲)، ژیا و وانگ^{۱۵}

۱- Brunner

۲- Kraus

۳- Els

۴- Gils & Moore

۵- Kraus

۶- Tate & Maidment

۷- Gibson et al.,

۸- Fan et al.,

۹- Lee et al.,

۱۰- Knebl et al.,

۱۱- Pistocchi & Mizzoli

۱۲- Bennet et al.,

۱۳- Khan & Bakdoll

۱۴- Wu & Wang

۱۵- Jia & Wang

(۲۰۰۲)، ژو و همکاران^۱ (۲۰۱۲)، اسکات و ژیا^۲ (۲۰۰۵)، آلتینآکار و همکاران^۳ (۲۰۰۶)، ماگنوزفسکی و همکاران^۴ (۲۰۰۷)، حسن و همکاران^۵ (۲۰۰۷ و ۲۰۰۹ و ۲۰۱۱)، ناصر^۶ (۲۰۱۱)، شهیری پارسا و همکاران^۷ (۲۰۱۳) اشاره می‌شود.

مساعدی و همکاران (۱۳۸۶) به منظور پهنه‌بندی خطر سیل و تعیین پهنه‌های سیل‌گیر اراضی اطراف رودخانه قره‌چای واقع در حوضه‌ی آبریز شهری رامیان پس از انجام عملیات میدانی، مسیری از رودخانه به طول ۸/۵ کیلومتر را مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد روند افزایش خسارت تا دوره‌ی بازگشت ۵۰ سال، شدت ملایمی دارد ولی پس از آن این روند به شدت افزایش می‌یابد. بنابراین دوره‌ی بازگشت ۵۰ سال به عنوان دوره‌ی بازگشت بحرانی این محدوده معرفی شد. اولادغفاری و همکاران (۱۳۸۹) جهت بررسی و روندیابی سیلاب، بازه‌ای از مسیر مهران‌رود از ایستگاه هیدرومتری ليقوان تا هروی را انتخاب کردند. مقایسه‌ی روندیابی به روش‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نشان داد روندیابی هیدرولیکی به روش موج دینامیک (روش تفاضلات محدود ۴ نقطه‌ای ماسکینگام) از تطابق بهتر و دقیق‌تری نسبت به روندیابی هیدرولوژیکی ماسکینگام برخوردار است. یمانی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی سطوح سیل‌گیر در طول ۶/۵ کیلومتر از بستر رودخانه‌ی طالقان‌رود پرداختند که نتایج آنها نشان داد از کل مساحت تحت پوشش سیل ۲۰۰ ساله حدود ۸۸/۱۶٪ مستعد سیل‌گیری توسط سیل‌های ۲۵ سال و کم‌تر از آن است. روشن و همکاران (۱۳۹۲) با تلفیق مدل هیدرولیکی HEC-RAS و نرم‌افزار ArcView به منظور شبیه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی رودخانه‌ی بشار واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد دریافتند که شبیه‌سازی عرضی مقاطع و به خصوص پروفیل طولی سیل‌گیری

 ۱- Zhu et al.,

۲- Scott & Jia

۳- Altinakar et al.,

۴- Magnuszewski et al.,

۵- Hasan et al.,

۶- Naaser

۷- ShahiriParsa et al.,

رودخانه حاکی از افزایش سطح سیلاب بوده و علت کاهش سطح سیلاب در برخی مقاطع یا به دلیل وجود موانع بوده و یا به دلیل تنگ‌شدگی مقاطع است. سونگ و همکاران^۱ (۲۰۱۱)، از روش ماسکینگام برای روندیابی حوضه‌ای بدون اندازه‌گیری استفاده کردند که با تحلیل مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS و مدل ژئوهیدرولوژیکی HEC-geo-HMS جداسازی زیرحوضه‌ها و مشخصات حوضه استخراج شدند. روش ماسکینگام را با پارامترهای متغیر برای حوضه‌ی لوزیگو^۲ واقع در استان هنان^۳ کشور چین اعمال کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که درصد رویدادهای سیلاب متناسب با خطاهای حداکثر دبی لحظه‌ای کمتر از ۲۰٪ و حجم رواناب کمتر از ۱۰٪ به ۱۰۰٪ می‌رسد. چیترا و سومام^۴ (۲۰۱۳) از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS جهت ترسیم نقشه‌ی طغیان سیل در حوضه‌ی رودخانه‌ی کورومالی^۵ کشور هند برای رویداد حداکثر سیل ممکن استفاده کردند. در ترسیم نقشه‌ی طغیان سیل، نقشه‌ی عمق طغیان سیل و نقشه‌ی سرعت طغیان سیل هر کدام نقش خود را به عنوان ابزار ایفا کردند. مدل HEC-geo-RAS را در ابتدا برای رویداد واقع در ماه جولای ۲۰۰۷ اعمال کردند که بر اساس نتایج، مساحت آب گرفته ۲۳ کیلومترمربع بوده است. سلیمانی و همکاران^۶ (۲۰۱۴) برای پهنه‌بندی ۱۵ کیلومتر از رودخانه‌ی قلعه‌ی حسن از نرم‌افزارهای HEC-RAS و HEC-geo-RAS استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که متوسط مقاطع عرضی خیس شده ۸۵ متر بوده که بیشترین و کمترین مقاطع به ترتیب تقریباً ۳۷۸ متر و ۲۲ متر بدست آمده است. امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۴) در یک مطالعه‌ی موردی به بررسی تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی مؤثر بر سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMS در حوضه‌ی زرچشمه واقع در استان اصفهان پرداختند، در این تحقیق از روش شبیه‌سازی هیدرولوژیکی توسط نرم‌افزار

۱- Song et al.,

۲- Louzigou Basin

۳- Henan Province

۴- Chitra & Sumam

۵- Kurumali River

۶- Soleymani et al.,

HEC-HMS برای مدل‌سازی و بررسی هیدروگراف سیل و تحلیل حساسیت استفاده شد و تیز داشته و در زمان کوتاه‌تری به دبی اوج رسیده‌اند و دبی سیلابی آن‌ها در واحد سطح زیاد بوده، قله‌ی هیدروگراف سیل در حوضه‌های کشیده، پهن‌تر از سایر حوضه‌هاست. عابدینی و فتحی (۱۳۹۴) در یک مطالعه‌ی موردی به بررسی پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه در حوضه‌ی آب‌خیز خیابان چای پرداختند، برای اجرای این مدل در منطقه از داده‌های مختلفی هم‌چون بارش، کاربری زمین و خصوصیات مورفولوژیک مثل شیب، تحدب و تقعر دامنه‌ها استفاده شد، تحلیل وزن‌های نهایی منتج از مدل، نشان داد که در رابطه با خطر وقوع سیلاب، عامل شیب با مقدار ۰/۹۹ و عامل سنگ‌شناسی با مقدار ۰/۸۲۲ از بیش‌ترین میزان اهمیت و تأثیر برخوردار هستند. محمدی (۱۳۹۵) نیز در یک مطالعه موردی به پهنه‌بندی هیدرولیکی سیلاب به روش ماسکینگام-کونژ در حوضه‌ی باراندوز چای، ارومیه پرداخت.

شهیری پارسا و همکاران (۲۰۱۶) از تلفیق مدل یک بعدی HEC-RAS و مدل دو بعدی CCHE2D بر روی رودخانه سونگی ماکا^۱ واقع در ایالت کلانتن مالزی به این نتیجه رسیدند که عوامل مهمی مانند ضریب مقاومت جریان مانینگ، مشخصات هندسی مقطع رودخانه و انتخاب مناسب‌ترین دوره‌ی بازگشت سیلاب، نقشی اساسی در تهیه‌ی پهنه‌بندی سیل دارند که بیش‌ترین تغییرات در شکل هندسی مقطع رودخانه را سبب شده است. نتایج آن‌ها نشان داد بیش‌ترین تفاوت بین مدل‌ها به مقدار ۶٪ در محل پیچان‌رودها است. هم‌چنین نتایج هر دو مدل در بیشتر مقاطع عرضی بر هم منطبق بودند و بیش‌ترین تفاوت این دو مدل به دلیل تفاوت شکل رودخانه‌ها بود.

۲- مواد و روش

- محدوده‌ی مورد مطالعه

۱- Sungai Maka

۲- Kelantan state

رودخانه‌ی باراندوزچای به عنوان رودخانه اصلی و پرآب دائمی منطقه‌ی مورد مطالعه، بین طول جغرافیایی "۰۰' ۰۰" تا "۳۰' ۴۵" و عرض جغرافیایی "۳۰' ۲۲" تا "۳۷' ۰۰" قرار دارد. سرشاخه باراندوزچای از ارتفاعات مرزی ایران و ترکیه سرچشمه می‌گیرد که طول رودخانه حدود ۶۵ کیلومتر و جهت جریان رودخانه از سمت جنوب غرب به شمال شرق می‌باشد (وزارت نیرو، طرح جامع آب کشور). رودخانه‌ی باراندوزچای مانند شریان حیاتی برای مردم منطقه محسوب می‌گردد که پس از آبیاری زمین‌های حدود صد و دو روستا بعد از چندین شاخه فرعی در شعبه اصلی بآبارود به دریاچه‌ی ارومیه می‌ریزد. مساحت حوضه‌ی آبریز این رودخانه در ساعتلو در حدود ۶۶۶ کیلومتر مربع و در بآبارود ۱۰۱۲ کیلومتر مربع است. میانگین سالانه آب آن ۱۶۵ میلیون مترمکعب در ساعتلو و در بآبارود ۱۴۳/۳ میلیون متر مکعب است. در شکل (۱) رودخانه‌ی باراندوزچای و موقعیت مقاطع عرضی آن ترسیم شده است.

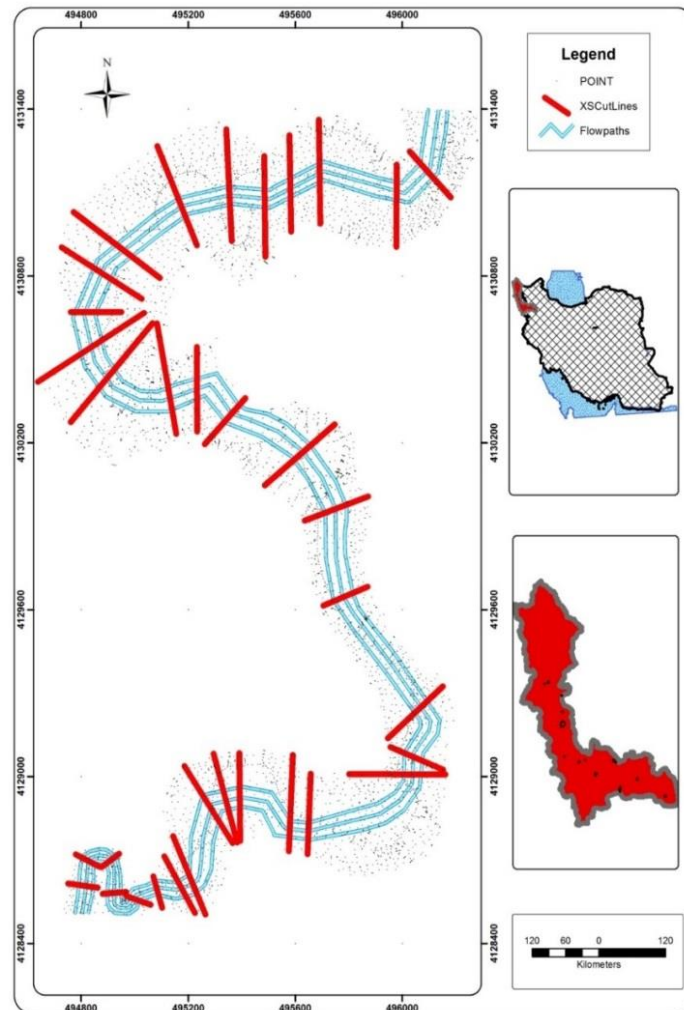
- روش‌های روندیابی

در مهندسی هیدرولیک و هیدرولوژی، روندیابی سیل در تکمیل روند کنترل سیل و پیش‌بینی آن دارای اهمیت به‌سزایی است. روندیابی جریان، یک روش ریاضی برای پیش‌بینی تغییرات حجم، سرعت و شکل یک موج سیل در یک کانال به صورت تابعی از زمان می‌باشد که اهمیت زیادی در مهندسی رودخانه، کنترل و کاهش خطرات سیل، حفاظت رودخانه و مدل‌سازی جریان در مخازن و سرریزها دارد. حل مسئله روندیابی سیلاب بسته به شرایط و اطلاعات موجود از رودخانه می‌تواند به روش‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی انجام پذیرد. روش ماسکینگام^۱ از جمله روش‌های هیدرولوژیکی برای روندیابی سیل است. کونژ^۲، نشان داد که روش ماسکینگام به معادله انتقال پخشیدگی

۱- Muskingum

۲- Cunge

شبهات دارد و نتایج آن با روش موج سینماتیکی خطی مشابه است. او با منفصل کردن معادله‌ی موج سینماتیکی و تطبیق پخشیدگی عددی با پخشیدگی فیزیکی روش ماسکینگام را اصلاح نمود. بدین ترتیب پارامترهای روش ماسکینگام-کونز براساس مشخصات فیزیکی رودخانه محاسبه می‌گردند. شکل (۱) نقشه‌ی محدوده‌ی مورد مطالعه به همراه مقاطع عرضی مربوط به بازه‌ی ۳ کیلومتری رودخانه‌ی باراندوزچای را نشان می‌دهد.



شکل (۱) نقشه‌ی محدوده‌ی مورد مطالعه و موقعیت مقاطع عرضی رودخانه

Fig(1) Map of study area and position of river cross sections

- روابط روندیابی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی

در روندیابی هیدرولوژیکی از اصل پیوستگی جریان و رابطه‌ی بین دبی و ذخیره‌ی آب استفاده می‌شود:

$$I - O = \frac{dS}{dt} \quad (1)$$

که در آن I دبی ورودی و O دبی خروجی، S ذخیره کانال و t زمان می‌باشد. مدل‌های ذخیره ماسکینگام به صورت زیر می‌باشند:

$$S = K[xI + (1-x)O] \quad (2)$$

در این روابط K ضریب ذخیره‌ی زمانی، X فاکتور وزنی بدون بعد و m نمای وابستگی می‌باشند و مقادیر X بین ۰ و ۰/۵ خواهد بود. رابطه‌ی (۱) برای مدل خطی است که مدل کلی خطی به شرح زیر است:

$$Q_{i+1} = C_1 Q_{i+1} + C_2 Q_i + C_3 Q_i \quad (3)$$

که در آن C_1 ، C_2 و C_3 به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$C_1 = \frac{K - Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{-Kx + 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \quad (5)$$

$$C_3 = \frac{Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \quad (6)$$

K گام زمانی و i گام مکانی را نشان می‌دهد. Q_i ها نشان‌دهنده‌ی دبی ورودی (I) و Q_{i+1} ها نشان‌دهنده‌ی دبی خروجی (O) می‌باشند.

- شبیه‌سازی جریان یکنواخت در مدل HEC-RAS

پروفیل‌های سطح آب و هیدرولیک رودخانه در همهی مقاطع عرضی شبیه‌سازی شده و اطلاعاتی نظیر پروفیل سطح آب، توزیع سرعت آب و عمق بحرانی در نوعی از رژیم‌ها بدست آمده است. پروفیل سطح آب یک مقطع عرضی به وسیله‌ی محاسبه‌ی معادله‌ی انرژی طی فرآیند استاندارد مطابق رابطه‌ی انرژی برنولی بدست می‌آید (شهیری پارسا و همکاران، ۲۰۱۳).

$$H_2 + Z_2 + \alpha_2 \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) = H_1 + Z_1 + \alpha_1 \left(\frac{V_1^2}{2g} \right) + h_e \quad (7)$$

که در آن H_1 و H_2 اعماق آب در مقاطع عرضی، Z_1 و Z_2 ارتفاع های کف کانال اصلی، V_1 و V_2 سرعت‌های متوسط، α_1 و α_2 ضرایب سرعت ممنتوم جرمی، g شتاب ثقل و h_e افت سطح انرژی است.

- برآورد فرمول کلی ریسک سیلاب منطقه (بازه‌ی ۳ کیلومتری باراندوزچای بین ایستگاه‌های دیزج و بی‌بکران)

در حال حاضر استفاده از مدل‌های ریاضی، حل معادلات حاکم بر جریان را آسان نموده و در جامعه مهندسی برای شبیه‌سازی سیلاب در تحلیل‌های مدیریتی نیز کاربرد فراوانی پیدا کرده است. این تحقیق با استفاده از رابطه‌ی ریسک با دوره‌ی بازگشت‌های متفاوت برای نواحی محدود شده‌ی اطراف رودخانه بر مبنای دبی‌های با دوره‌های بازگشت مختلف، ریسک نظیر نسبت داده شد. برای تعیین نواحی با ریسک یا دوره‌ی بازگشت‌های معین، بر روی دبی‌های پیک بهترین توزیع آماری مناسب برآزش داده شد و از طریق آن، دبی‌های پیک با دوره‌های بازگشت مختلف (رایج) برآورد شد و هرکدام از آن‌ها در طول رودخانه روندیابی و ناحیه‌ی گسترش آنها تعیین شد.

ریسک به مفهوم احتمال وقوع یک رخداد در طی یک دوره زمانی مشخص است. لذا اگر احتمال وقوع حادثه‌ای در هر سال P باشد، احتمال عدم وقوع آن $(1-P)$ خواهد بود و احتمال اینکه طی n سال آینده رخ ندهد، برابر با $(1-P)^n$ است. پس نهایتاً ریسک یا احتمال وقوع حادثه در طی n سال آینده برابر است با:

$$R = 1 - (1-P)^n \quad (8)$$

از آنجا که دوره‌ی بازگشت عکس احتمال است $(T_r = 1/P)$ ، لذا مقدار ریسک برحسب دوره‌ی بازگشت برابر است با:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^n \quad (9)$$

۳- بحث و نتایج

داده‌های آماری مورد استفاده در این پژوهش دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه مقاطع مربوط به بازه‌ی مطالعاتی بین ایستگاه‌های بی‌بکران و دیزج بوده که به ترتیب ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه باراندوزچای می‌باشند و به عنوان تغییر زمانی مورد نظر قرار گرفتند. دبی مربوط به مکان و ذخیره است که در واقع هر مقطع مثل یک استخر دارای ذخایر متفاوتی است. از این رو در برآورد پارامترهای روندیابی به روش ماسکینگام-کونژ یافتن ضریب ذخیره‌ی زمانی (K) که در روابط (۴)، (۵) و (۶) وجود دارد، الزامی بود تا بتوان با استفاده از بارش‌های یک ساعته $\Delta t = 1$ و فاکتورهای وزنی (X) بین مقادیر ۰ و ۰/۵، مقادیر ۰/۱۵، ۰/۲ و ۰/۲۵ به کمک سعی و خطا و جای‌گذاری در فرمول‌های مربوطه ضرایب روندیابی روندیابی C_1 ، C_2 و C_3 در جدول (۱) بدست آیند. بنابراین سیلاب‌های وقوع یافته در تاریخ‌های مشخص در محدوده‌ی بین ایستگاه‌های بی‌بکران و دیزج مورد بررسی واقع شدند تا بتوان بر اساس $X = 0/25$ که در جدول (۱) مشاهده می‌شود از مقادیر متفاوت ضریب ذخیره‌ی زمانی، متوسط‌گیری کرده و یک مقدار مشخص بر حسب ساعت بدست آمد تا با جای‌گذاری آن به همراه بارش یک ساعته $\Delta t = 1$ و فاکتورهای وزنی (X) بین مقادیر ۰ و ۰/۵، مقادیر ۰/۱۵، ۰/۲ و ۰/۲۵ به کمک سعی و خطا و جاگذاری در فرمول‌های مربوطه ضرایب روندیابی روندیابی C_1 ، C_2 و C_3 در جدول (۱) بدست آیند.

جدول (۱) مقادیر پارامترهای روندیابی به روش ماسکینگام و ماسکینگام-کونژ

Teb(1) Values of routing parameters by Muskingum and Muskingum-Cunj methods

X	۰/۲۵۲
K	۰/۲۰۵
C_1	-۰/۲۳۳
C_2	۰/۳۸۳
C_3	۰/۸۴۹

برای ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی و برآورد دبی‌ها با دوره‌های بازگشت متفاوت باید محاسبات آماری روی داده‌های ورودی انجام گیرد تا اهداف پژوهش به سرانجام رسد. دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه برای بازه بین ایستگاه‌های بالادست به پایین‌دست مورد ارزیابی آزمون‌های نیکویی قرار گرفت تا منجر به انتخاب بهترین تابع توزیع احتمالاتی برازش داده شده باشد. از بین توزیع‌های احتمالاتی برازش داده شده، توزیع گاما با خطای کم‌تر مورد قبول واقع گردید. در جدول‌های (۲) و (۳) محاسبات جهت یافتن بازه‌ای برای تعیین ضریب زبری‌های مقاطع متفاوت در سال‌های برداشت مختلف با توجه به محدودیت سالی موجود برای مشخصات هندسی در دسترس استخراج شد. اطلاعات و مشخصات هندسی لازم شامل شیب طولی رودخانه، مساحت مقطع، محیط خیس شده و شعاع هیدرولیکی مقطع با استفاده از رابطه مانینگ می‌باشند، از آنجایی که شکل مقطع عرضی رودخانه و مشخصات هندسی آنها سال به سال دست‌خوش تغییر می‌باشند بازه‌ای از ضرایب زبری متفاوت حاصل شد که با متوسط‌گیری آنها یعنی مقادیر ۰/۰۳۲۵ و ۰/۰۳۰۱ به ترتیب برای ایستگاه‌های بی‌بکران و دیزج بودند. دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه مقطع عرضی بازه‌ی مورد مطالعه دارای محدودیت سالی بودند از این‌رو تنها از بین سال‌های موجود، بازه‌ای از ضرایب زبری در جداول (۲) و (۳) بدست آمدند.

جدول (۲) ضریب زبری مقطع‌های متفاوت ایستگاه بی‌بکران با استفاده از رابطه‌ی مانینگ
Teb(2) Coefficient of Roughness of Different Sections of Bibakran Station Using Manning's Relation

year	2002	2003	2004	2005	2011	2014
Q_P	79.43	113.5	31.2	38.9	36	16.03
S_0	0.0047	0.0032	0.0030	0.0016	0.0012	0.0067
A	49.01	66.37	21.5	33.66	28.36	10.33
R	0.743	1.072	0.897	0.801	1.143	0.448
n	0.0346	0.0346	0.035	0.0298	0.0305	0.031

جدول (۳) ضریب زبری مقطع‌های متفاوت ایستگاه دیزج با استفاده از رابطه‌ی مانینگ
Teb(3) Coefficient of roughness of different sections of Dizaj station using Manning's relation

year	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۶	۲۰۱۲	۲۰۱۴
Q_P	۹۴/۷	۱۳۰	۷۵/۲۵	۴۱/۱۶	۲۸/۲۱
S_0	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۷
A	۴۸/۲۱	۴۳/۲۷	۳۸/۸۷	۲۳/۰۲	۱۷/۸۸
R	۱/۵۶۸	۱/۳۱۳	۱/۲۵۴	۱/۰۵۸	۱/۸۲۸
n	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴۸	۰/۰۲۲۴	۰/۰۲۳۴

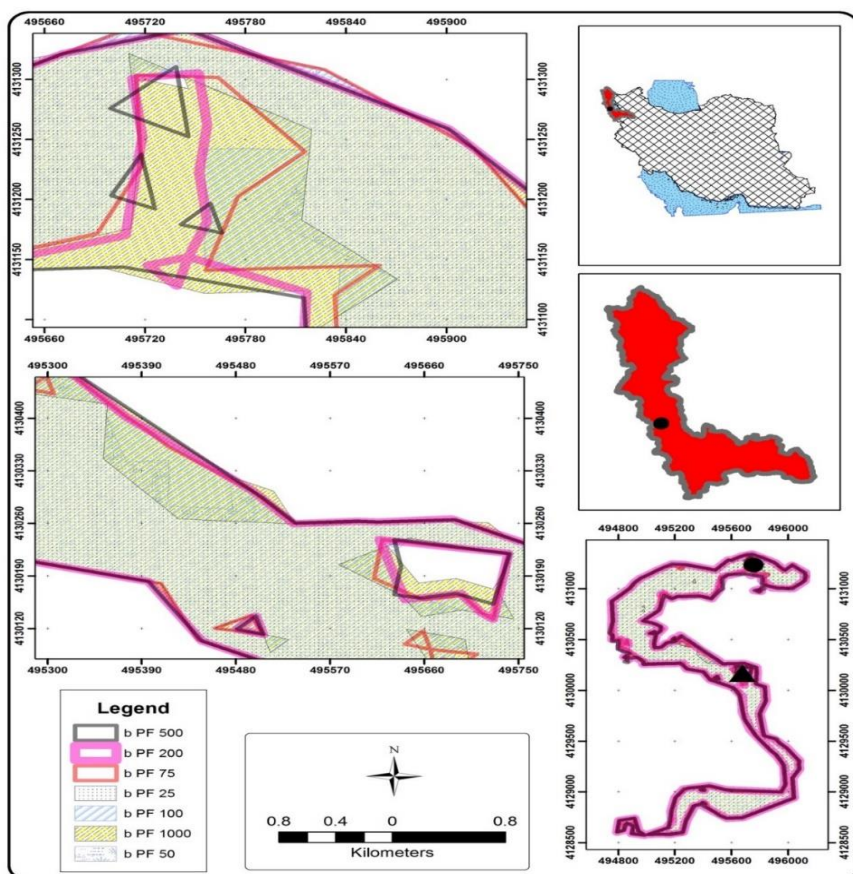
جدول (۴) مساحت‌های تحت پوشش سیلاب دوره‌های بازگشت متفاوت را نشان داد که گویای تبعیت از یک سیر صعودی بوده و بیش‌ترین مساحت تحت پوشش معادل ۹۷/۳۴۴ هکتار برای دوره‌ی بازگشت ۱۰۰۰ ساله را ارائه داد.

جدول (۴) مساحت‌های تحت پوشش پهنه‌های سیلاب (دبی‌های با دوره‌ی بازگشت متفاوت) برحسب Hec
Teb(4) Areas covered by flood zones (Discharges with different return periods) in Hec

T_r	25	50	75	100	200	500	1000
A	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344

در شکل (۲) نقشه‌ی هم‌پوشانی شده پهنه‌های دبی حداکثر لحظه‌ای به ازای دوره‌های بازگشت متفاوت ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال به صورت تجمعی ترسیم شدند تا تفاوت بین آنها ملاحظه شود. در شکل (۲) قسمت سمت راست پایین نقشه‌ی مربوط به نقشه‌ی کل بازه‌ی مورد مطالعه رودخانه است که شکل‌های دایره‌ای و مثلثی به

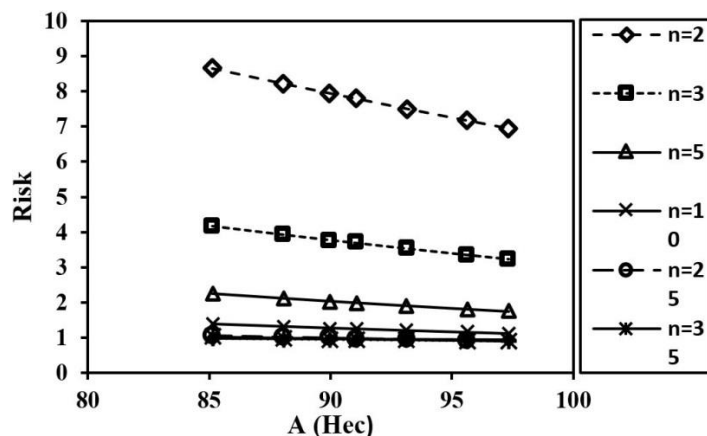
رنگ سیاه همان نقاط بزرگنمایی شده در نقشه می‌باشد. یک سری نقاط پلی‌گون دایره‌ای و مثلی به صورت مجزا با اندازه کوچک‌تر مشاهده می‌شود، این پلی‌گون‌ها به نوعی یک ناحیه کوچک دشت مانندی را که تجمع آب بوده نشان می‌دهد.



شکل (۲) نقشه پهنه‌بندی شده بازه‌ی ۳ کیلومتری رودخانه‌ی باراندوزچای با دوره‌های بازگشت متفاوت
 Fig(2) Zoned map of Baranduz River of 3 kilometers range with different return periods

جدول (۵) مساحت‌های تحت پوشش ریسک‌های با عمر مفید و دوره‌های بازگشت متفاوت (Hec)
Teb(5) Areas covered by Risk Lifetime and Different Return Periods (Hec)

<i>Tr</i>		25	50	75	100	200	500	1000
n=2	Risk (%)	7.84	3.96	2.65	1.99	1	0.4	0.2
	A (Hec)	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344
n=3	Risk (%)	11.50	5.90	3.90	3	1.50	0.6	0.3
	A (Hec)	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344
n=5	Risk (%)	18.46	9.61	6.49	4.9	2.48	1	0.5
	A (Hec)	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344
n=10	Risk (%)	33.52	18.29	12.56	9.56	4.89	1.98	1
	A (Hec)	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344
n=25	Risk (%)	63.96	39.65	28.51	22.22	11.78	4.88	2.47
	A (Hec)	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344
n=35	Risk (%)	76.04	50.69	37.49	29.66	16.09	6.77	3.44
	A (Hec)	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344
n=50	Risk (%)	87.01	63.58	48.89	39.5	22.17	9.53	4.88
	A (Hec)	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344
n=75	Risk (%)	95.32	78.02	63.46	52.94	31.34	13.94	7.23
	A (Hec)	85.133	88.054	89.965	91.054	93.126	95.648	97.344



شکل (۳) نمودار ریسک در مقابل مساحت (منحنی فرمان) با عمر مفید مختلف
Fig(3) Risk vs. area chart (Rule Curve) with different shelf life

با استفاده از برازش توابع احتمالاتی بر روی داده‌های ریسک، هدف یافتن تابع احتمالاتی کلی ریسک منطقه برای عمر مفید و مجاز متفاوت می‌باشد تا بتوان از این رابطه‌ی

کاربردی در منطقه استفاده کرد. شکل (۳) نمودار ریسک در مقابل مساحت (A,RISK) را با یک سیر نزولی نشان داد یعنی با افزایش مساحت تحت پوشش ریسک منطقه، ریسک منطقه در حال کاهش می‌باشد. با برازش انواع توابع آماری نمایی، خطی، لگاریتمی، چندجمله‌ای و توانی از بین این توابع همانطور که در شکل (۳) مشاهده شد، ریسک‌های با عمر مفید متفاوت به صورت یکجا ترسیم شده‌اند و از بین توابع، تابع توانی به‌عنوان تابع مناسب برازشی انتخاب شد تا بتوان تابع توزیع احتمالاتی کلی و پارامترهای آن بر اساس عمر مفید متفاوت بدست آیند. از بین انواع تابع توانی، مدل هورل (Hoerl Model) برای فرمول ریسک $Risk = f(A)$ انتخاب گردید که فرمول و پارامترهای مدل هورل برای ریسک‌های با عمر مفید متفاوت در مقابل مساحت‌های تحت پوشش ریسک منطقه است که $(a : \psi(n), b : \varphi(n), c : \xi(n))$ به شرح زیر است:

$$y = ab^x x^c \quad (10)$$

در این تحقیق منحنی فرمان ریسک - مساحت - دوره معرفی می‌گردد. برای استخراج این منحنی به ازای پیرودهای معین n ، رابطه ریسک با مساحت تجمعی تحت پوشش خود که به ازای دوره‌های بازگشت مختلف بدست می‌آید تعیین گردید. رابطه Hoerl (هورل) مناسب‌ترین رابطه است که برای این کار دوره‌های ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۷۵ سال برای تابع (A,Risk) در نظر گرفته شده‌اند.

جدول (۶) رابطه Hoerl (هورل) برای تابع (A,Risk) در دوره‌های ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۷۵ سال

$$\begin{aligned} n_2 = 3 &\rightarrow Risk = a_2 b_2^A A^{c_2} = 5.2191(0.9597)^A A^{0.1982} \\ n_3 = 5 &\rightarrow Risk = a_3 b_3^A A^{c_3} = 2.6399(0.9722)^A A^{0.2842} \\ n_4 = 10 &\rightarrow Risk = a_4 b_4^A A^{c_4} = 4.6399(0.9858)^A A^{0.0016} \\ n_5 = 25 &\rightarrow Risk = a_5 b_5^A A^{c_5} = 10.64(0.9971)^A A^{-0.372} \\ n_6 = 35 &\rightarrow Risk = a_6 b_6^A A^{c_6} = 16.64(1)^A A^{-0.509} \\ n_7 = 50 &\rightarrow Risk = a_7 b_7^A A^{c_7} = 20.64(1)^A A^{-0.654} \\ n_8 = 75 &\rightarrow Risk = a_8 b_8^A A^{c_8} = 30.64(1)^A A^{-0.82} \end{aligned}$$

$$Risk = f(n, A) \quad (11)$$

پس از حصول روابط فوق، ارتباط ضرائب a_i ، b_i ، c_i با n_i تعیین می‌گردد که روابط زیر به صورت کلی حاصل شده است:

$$a = d_1 + e_1 n = 1.1296 + 0.3908n \quad (12)$$

$$b = d_2 e_2^{1/n} n^{f_1} = 0.9452 (1.0388^{1/n}) n^{0.0144} \quad (13)$$

$$c = d_3 + e_3 \ln(n) = 1.2 - 0.4854 \cdot \ln(n) \quad (14)$$

که با جای‌گذاری روابط (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) در رابطه کلی هورل (Hoerl) منحنی فرمان حاصل گردید:

$$Risk = (d_1 + e_1 n) (d_2 e_2^{1/n} n^{f_1})^A \cdot A^{(d_3 + e_3 \ln(n))} \quad (15)$$

این منحنی رابطه کاربرد زیادی می‌تواند داشته باشد زیرا به ازای هر سطح پوشش با هر دوره‌ای می‌توان ریسک را مشخص نمود. در نتیجه ضرائب معادله‌ی کلی به صورت زیر حاصل شده است.

(۱۶)

$$Risk = (1.1296 + 0.3908n) \left[0.9452 \left(0.1.0388^{\frac{1}{n}} \right) n^{0.0144} \right]^A \cdot A^{1.2 - 0.4854 \ln(n)}$$

البته منحنی فرمان ریسک - مساحت - دوره را می‌توان برای هر رودخانه‌ای استخراج نمود که در مطالعه حاضر با تابع قرار دادن سطح به‌طوری‌که ریسک و دوره‌ی زمانی به عنوان متغیر محسوب گردیدند. رابطه کلی (۱۶) مربوط به ریسک منطقه برای بازه‌ی ۳ کیلومتری بین ایستگاه‌های بالادست بی‌بکران و پایین‌دست دیزج بدست آمد.

۴- نتیجه‌گیری

از جمع‌بندی بحث‌های مطرح شده در بخش‌های قبل نتایج به شرح زیر بیان می‌شوند: ضریب فاکتور وزنی K از سیلاب‌های وقوع یافته در تاریخ‌های مشخص بر اساس فاکتور وزنی $X=0/25$ متوسط‌گیری شد و حدود ۸ ساعت بدست آمد تا بتوان ضرایب پارامترهای روندیابی را استخراج کرد.

با برازش تابع احتمالاتی گاما بر روی دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالیانه برای ایستگاه‌های بالادست بی‌بکران و پایین‌دست دیزج داده‌های ورودی جهت استخراج نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب بدست آمدند.

برای استخراج ضریب زبری مانینگ در مدل هیدرولیکی از بازه‌ای از ضرایب زبری مانینگ ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست متوسط‌گیری شد که به ترتیب ضرایب زبری $0/0325$ و $0/0301$ بدست آمدند.

مساحت‌های تحت پوشش سیلاب برای دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال بدست آمدند که یک سیر صعودی را برای دوره‌های بازگشت نشان داد و بیش‌ترین مساحت تحت پوشش سیلاب به مقدار $97/344$ هکتار برای دوره‌ی بازگشت ۱۰۰۰ ساله بدست آمد.

برای بدست آوردن ریسک‌های متناظر با مساحت‌های تحت پوشش سیلاب ۳ کیلومتر از رودخانه باراندوزچای بین ایستگاه‌های بالادست بی‌بکران و پایین‌دست دیزج از مدل هورل که یک نوع تابع توانی است استفاده شد تا منحنی فرمان ریسک - مساحت - دوره به ازای پریودهای معین n (۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۳۵ و ۷۵ سال) مطابق رابطه‌ی (۱۵) استخراج گردد.

۵- منابع

- Abedini, M., Fathi, M., (2015). Flood Risk Mapping and Evaluation by using the Analytic Network Process Case Study: (Khiav Chai Catchment), *Journal of Hydrogeomorphology*, 1(3), 99-120.
- Ackerman, C.T., (2005). HEC-GeoRAS: GIS Tools for Support of HEC-RAS Using ArcGIS, *User Manual Version 4, US Army Corps of Engineers*; Available at: http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documents/HEC-GeoRAS4_UsersManual.pdf.
- Amirahmadi, A., Mohammadnia, M. and Golshani, N., (2015). Sensitivity analysis of geomorphological variables affecting floods using HEC-HMS model (Case Study: Zarcheshmeh Honjan - Isfahan Province), *Journal of Hydrogeomorphology*, 3, 21-41.
- Altınakar, M., Kiedrzyńska, E., Magnuszewski, A., (2006). Modelling of inundation patterns on the Pilica River flood plain, Poland, *IAHS Publ*, 308, 579.
- Bennett, T.H., Walton, R., Dickerson, P.D., Howard, J.W., (2004). Comparison of HEC-RAS and MIKE11 unsteady flow modeling for the Tillamook Valley, *Bridges*, 10(40737), 182.
- Brunner, G.W., (2010). HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 4.1. Davis, CA: US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, *Hydrologic Engineering Center*.
- Chithra, M. and Sumam, K.S., (2013). Flood Risk Assessment by GIS and Hydraulic Model. Proceedings of International Conference on Materials for the Future - Innovative Materials, Processes, Products and Applications, November 2013, 315-318.
- Els, Z., (2013). Data Availability and Requirements for Flood Hazard Mapping, PositionIT, Master of Natural Sciences at Stellenbosch University.
- Fan, C., Ko, C-H, Wang, W-S., (2009). An innovative modeling approach using Qual2K and HEC-RAS integration to assess the impact of tidal effect on River Water quality simulation, *J Environ Manage*. 90(5), 1824-1832.

- Gibson, S.A., Little, C., (2006). Implementation of the sediment impact assessment model (SIAM) in HEC-RAS., Paper presented at: *8th Federal Interagency Sedimentation Conference*, Reno, NV.
- Gibson, S., Pak, J., Fleming, M., (2010). Modeling watershed and riverine sediment processes with HEC-HMS and HEC-RAS, Paper presented at: *Watershed Management Conference*, Davis, CA.
- Gilles, D., Moore, M., (2010). Review of Hydraulic Flood Modeling Software Used in Belgium, The Netherlands, and The United Kingdom. *International Perspectives in Water Resources Management*, Iowa City, IA.
- Hasan, Z.A., AbGhani, A., Zakaria, N., (2007). Application of 2-D Modelling for Muda River Using CCHE2D. Paper presented at: *International Conference on Managing Rivers in the 21st Century: Solution towards Sustainable River Basins*, Riverside Kuching, Sarawak, Malaysia.
- Hasan, Z.A., Hamidon, N., Zakaria, N., Ghani, A.A., Siang, L.C., (2009). Incorporating GIS in Water Resources Modelling: Application of SWAT 2005 Model in Sungai Kurau, Perak and CCHE2D Model in Tasik Harapan USM, *A River Engineering and Urban Drainage Research Center (REDAC)*, Penang.
- Hasan, Z.A., Lee, K.H., Azamathulla, H.M., Ghani, A.A., (2011). Flow simulation for Lake Harapan using CCHE2D—a case study, *Int J Modell Simul*, 31(1), 85.
- Jia, Y., Wang, S.S., (2001). CCHE2D: Two-dimensional hydrodynamic and sediment transport model for unsteady open channel flows over loose bed. *National Center for Computational Hydroscience and Engineering*, Technical Report No. NCCHE-TR-2001-1, February.
- Khan, A.A., Barkdoll, B., (2001). Two-dimensional depth-averaged models for flow simulation in river bends, *Int J Comput Eng Sci*, 2(03), 453–467.
- Knebl, M., Yang, Z-L, Hutchison, K., Maidment, D., (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. *J Environ Manage*, 75(4), 325–336.

- Kraus, R., (2000). Floodplain Determination Using ArcView GIS and HEC-RAS. *Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems*, New York, NY: ESRI Press.
- Lee, K.T., Ho, Y-H, Chyan, Y-J., (2006). Bridge blockage and overbank flow simulations using HEC-RAS in the Keelung River during the 2001 Nari typhoon, *J Hydraul Eng.*, 132(3), 319–323.
- Magnuszewski, A., Kiedrzyńska, E., Wagner-Łaskowska, I., Zalewski, M., (2007). Numerical Modelling of Material Fluxes on the Floodplain Wetland of the Pilica River, Poland, *Wetlands: Monitoring, Modelling and Management*: 205–210.
- Mohammadi, F., (2016). Hydraulically flood zoning by Muskingum-Cunge method (case study: Baranduz-chay river), *Msc. Thesis in Water Resources Eng.*, Zabol University.
- Mosaedi, A., Gharib, M., Najafinejad, A. and Yaghmaei, F., (2007). Flood Hazard Zonation and Assessment (case study- Ramian suburbs-Iran), *Journal of the Iranian Natural Res.*, 60(3), 2007, 785-797
- Nassar, M., (2011). Multi-parametric sensitivity analysis of CCHE2D for channel flow simulations in Nile River, *J Hydro Environ Res.*, 5(3), 187–195.3.
- Oladghaffari, A. Fakheri-Fard, A. Nazemi, AH. and Ghorbani, MA., (2010). Hydraulic Flood Routing Using Dynamic Wave Method and Comparison with Linear and Nonlinear Hydrologic Muskingum Routing Methods (Case Study: Lighvan-Chai), *J. Water and Soil Science*, Article 4, 20(3), Autumn, 47-60 [in Farsi]
- Pistocchi, A., Mazzoli, P., (2002). Use of HEC-RAS and HEC-HMS models with ArcView for hydrologic risk management, Paper presented at: *Proc. Conference IEMSS*, Lugano, Switzerland.
- Roshun, H., Vahabzadeh, Gh., Solaimani, K. and Farhadi, R., (2013). Simulation of River Hydraulics Behavior Using HEC-RAS Model in GIS Environment (Case Study: Beshar River, Kohgiluyeh and Boyerahmad Province), *Journal of Watershed Management Research*, 4th Year, No.7, 70-84.
- Scott, S.H., Jia, Y., (2005). Simulation of sediment transport and channel morphology change in large river systems, *US-China Workshop on*

Advanced Computational Modelling in Hydrosience & Engineering, Mississippi, USA.

- ShahiriParsa, A. Heydari, M. Sadeghian, M. Moharrampour, M., (2013). Flood Zoning Simulation by HEC-RAS Model (Case Study: Johor River-Kota Tinggi Region), *Journal of River Engineering* 1(1).
- ShahiriParsa, A. Noori, M. Heydari, M. and Rashidi, M., (2016). Floodplain Zoning Simulation by Using HEC-RAS and CCHE2D Models in the Sungai Maka River., *Air, Soil and Water Research*, February 14, 55-62.
- Soleymani, M. Sadeghi, H. Khosrojerdi, A. Kaveh, F. and Babazadeh, H., (2014). Determining Flood Zones Using HEC-RAS Model (Case study: Gale Heccsan River situated in Atrak watershed). *Academy for Environment and Life Sciences*, India.
- Song, X. Kong, F. and Zhu, Z., (2011). Application of Muskingum routing method with variable parameters in ungauged basin, *Journal of Water Science and Engineering*, 4(1), 1-12.
- Tate, E.C., Maidment, D.R., (1999). Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcView GIS, Austin: *University of Texas*.
- Wu, W., Wang, S., (2002). Prediction of local scour of non-cohesive sediment around bridge piers using FVM-based CCHE2D Model, Paper presented at: *First International Conference on Scour of Foundations*, TEXAS, USA.
- Yamani, M., Toorani, M., and Chezghe, S. (2012). Determination of the Flooding Zones by using HEC-RAS Model (Case Study: Upstream the Taleghan Dam). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(1), 1-16. <https://doi.org/10.22067/geo.v1i1.16519>.
- Zhu, T., Jia, Y., Altinakar, M.S., (2012). Study of potential impacts of radioactive contamination on drinking water quality in two collinear reservoirs using CCHE2D model, Paper presented at: *ICHE Conference*, Orlando, FL.