دو فصلنامه نشریه علمی "مهندسی جغرافیایی سرزمین" دوره پنجم، شماره (پیاپی ۹)، بهار و تابستان ۱۴۰۰
شاپای چاپی ۱۴۹۰-۲۵۳۸ شاپای الکترونیکی ۳۹۲۲-۲۵۳۸
www.JGET.ir
صص۱۷۱-۱۵۷

تحلیل هیدرولوژیکی مدل WMS-HEC-1 بر مخاطره زیست‌محیطی سیلاب در محیط‌های سکونتگاهی (رودخانه گدارخوش ایلام)

مهران مقصودی*- دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران , ایران
عارفه شعبانی عراقی- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران , ایران
نفیسه اشتری، - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی , تهران ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵

چکیده

ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی سیلاب به عنوان رویداد اقلیمی و از جدی‌ترین مخاطرات طبیعی، ابزاری مناسب برای برنامه‌ریزی توسعه پایدار در محدوده سکونتگاه‌های انسانی است. این پژوهش در محدوده رودخانه گدارخوش که از غرب استان ایلام سرچشمه می گیرد و در جهت شرق به غرب جریان دارد تا به خاک عراق منتهی می شود انجام شده است. این رودخانه از قابلیت سیل‌خیزی بالایی برخوردار بوده و سالانه خسارات فراوانی را به محدوده‌های سکونتگاهی ایلام وارد می‌کند. هدف از این پژوهش، بررسی هیدرولوژیکی(خصوصیات فیزیوگرافی و تحلیل هیدروگراف حوضه آبریز) به منظور شناسایی خصوصیات رودخانه و تعیین پهنه‌های آسیب‌پذیر خطر سیلاب در منطقه شهری و روستایی پیرامون کانال اصلی رودخانه است. این پژوهش با استفاده از داده‌های کتابخانه‌ای، داده‌های آماری سیلاب، مدل‌های رقومی ارتفاع، تصاویر لندست، گوگل‌ارث، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و... در مدل هیدرولوژیکی (HEC-1)، با استفاده از سیستم مدل‌سازی هیدرولوژی(WMS) که یکی از دقیق‌ترین و علمی‌ترین نرم‌افزارها در هیدرولوژیست انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که با بررسی ساخت و سازهای غیر اصولی شهر پیرامون رودخانه باعث افزایش خطر سیلاب در اطراف رودخانه گدار خوش شده است و حدود ۳/۱۹ کیلومترمربع پهنه‌های سیلابی با خطر بسیار زیاد در اطراف کانال اصلی ایجاد کرده است. همچنین در ۱۲ مقطع رودخانه سطح آب و سطح بحرانی در مواقع سیلاب با هم تلاقی می‌کند و باعث خسارات مالی و جانی فراوانی می‌شود. با توجه به نقشه‌های تهیه شده در این مدل، مواضع پرخطر در شهر بطور دقیق قابل تفکیک و شناسایی شده و می‌تواند در خصوص برنامه‌ریزی شهری و کاهش خسارات، راهکارهای مدیریتی ارائه کند.

واژه‌گان کلیدی: سیلاب شهری، مخاطره، مدل هیدرولوژی، رودخانه گدارخوش،WMS

* نویسنده مسئول
E mail : maghsoudi@ut.ac.ir

مقدمه

امروزه به سبب تغییرات آب و هوایی، مخاطرات طبیعی و چگونگی رفتار با آنها از مهمترین دغدغه‌های پژوهشگران در زمینه برنامه‌ریزی محیطی و مدیریت بحران می‌باشد(ملازهی و همکاران، ۱۳۹۹:۲۴۱). سیلاب در زمره مهم‌ترین مخاطرات طبیعی بوده است و حدود ۸۶ درصد مخاطرات طبیعی قرن بیستم را مخاطرات اقلیمی در بر می‌گیرد(محمدی، ۱۳۹۰: ۴۳)، سیلاب باعث خسارات و تلفات شدید فیزیک، اجتماعی، و اقتصادی در مناطق شهری و روستایی می‌شود(راشتینا، ۲۰۱۶:۱). امروزه جوامع بشری این پدیده طبیعی را به عنوان واقعه‌ای اجتناب‌پذیر پذیرفته‌اند، اما رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به موقعیت جغرافیایی هر منطقه تغییر می‌کند(امیدوار و کیان فر،۷۴:۱۳۸۹). موقعیت ایران چه از نظر مخاطرات زمین‌ساختی و چه از نظر اقلیمی و هیدرولوژی حساس است(وهابی،۱۳۸۵: ۳۴). بطور میانگین در هر سال ۶۰ رویداد سیل در ایران اتفاق می‌افتد و میانگین تلفات انسانی بی‌شماری دارد(ذبیح زاده،۱۳۸۸: ۷۷). در واقع مهار آبهای سطحی و تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی یکی از راهکارهای اساسی ذخیره سازی آب با توجه به خصوصیات بارندگی و جاری شدن رواناب‌های سطحی در کشور می‌باشد(ضیائیان فیروز آبادی و همکاران، ۱۳۹۹:۲). بنابراین تدوین برنامه‌های جامع با هدف مهار، کنترل و بهره‌برداری بهینه با اعمال اقدامات مدیریتی، متناسب با کلیه عوامل دخیل در ایجاد و طغیان سیلاب‌های منطقه‌ای ضروری است(اویلی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۶). به بیانی دیگر سیل یکی از عمده‌ترین مسائل جوامع بشری و محیط زیستی و از عوامل بازدارنده برنامه‌های توسعه بشمار می‌آید. وقوع این پدیده در هر منطقه بستگی به واکنش‌های هیدرولوژیکی، ویژگی‌های اقلیمی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی نواحی بالادست حوضه‌ی مرتبط با آن می‌باشد. آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب متغیر و پیچیده است(اصغری سراسکاوند،۱۳۹۳:۵۰) و برای مدیریت سیلاب عوامل تولید و ایجاد سیل شناسایی و سپس مناطق دارای پتانسیل بالا در تولید سیل تعیین می‌شود(بدری و همکاران،۱۴۴: ۱۳۹۵). سیل به هر گونه تراز جریانی گفته می‌شود که بیش از ظرفیت حمل طبیعی مجرای رودخانه بوده و از رودخانه سرریز کرده و اراضی کم ارتفاع مجاور را غرقاب می‌سازد(چادی و همکاران، ۲۰۱۴:۱۳۸). بنابر این مناطقی که برای انسان خطرآفرین هستند، در صورتی که نتوان آنها را بدون آسیب جبران ناپذیر به محیطهای امن تبدیل کرد، نباید برای توسعه در نظر گرفته شوند(شمسی‌پور و شیخی،۱۳۸۹: ۵۵). از جمله اقدامات مدیریتی که می‌تواند تاثیر بسزایی در کاهش خسارات ناشی از وقوع سیلاب داشته باشد، پهنه‌بندی محدوده‌های متاثر از خطر سیلاب است(حسینی و همکاران، ۳۵۶:۱۳۹۶). گسترش ساخت و سازهای شهری در حاشیه رودخانه‌ها، مخروط‌افکنه‌ها، سواحل کم ارتفاع و دلتاها از دیرباز مدنظر مدیران و برنامه‌ریزان توسعه شهری بوده، ولی این امر منجر به افزایش آسیب‌پذیری جوامع شهری در برابر خطر سیلاب می‌گردد(عزیزی و عبدالهی، ۱۳۹۳: ۱۵). با رشد سریع شهرسازی و ایجاد و توسعه زیرساخت‌ها، سیلاب‌ها در نواحی شهری بیشتر و شدیدتر شده‌اند.گسترش ساخت و ساز شهری و افزایش سطوح با نفوذپذیری کم و یا غیر قابل نفوذ باعث کاهش نفوذ آب حاصل از بارش، افزایش رواناب، دبی‌های بزرگتر، تغذیه کمتر آب‌های زیرزمینی و افزایش تغییرپذیری‌ها می‌شود(موحد دانش ،۲۵:۱۳۷۳). در مطالعات هیدرولوژی یکی از عمومی‌ترین و مهم‌ترین بخش های مورد توجه، حوضه آبریز و بررسی ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه می‌باشد. حوضه آبریز عبارت از محدوده‌ای که از آن جریان آب به سمت رودخانه اصلی و نهایتا به طرف دریا ادامه می‌یابد و می‌تواند مقیاس متفاوتی داشته باشد(ولایتی،۲۲:۱۳۸۸). دراین محدوده است که می‌توان مطالعات دقیق بیلان آبی را باهدف های مختلف انجام داد(موحد دانش ،۵۰:۱۳۷۳). موضوع سیلاب توسط پژوهشگران زیادی بررسی شده است. آندم(۲۰۰۳)، به بررسی مقایسه رژیم رودخانه‌های جنگلی و غیر جنگلی با استفاده از مدل HEC-RAS و الحاقیه HEC-GeoRAS، تغییرات سرعت و عدد فرود را در این دو نوع رودخانه مورد بررسی قرار داده و تأثیر پوشش گیاهی بر رژیم و رفتار فیزیکی جریان را مقایسه کرد و نتایجش بیانگر کارآیی بالا این مدل برای مطالعه رژیم و سایر خصوصیات هیدرولیکی جریان رودخانه بود. استرانی و گریمالت (۲۰۱۴) در مطالعه خود با عنوان کنترل حوضه آبخیز و تعرض‌های انسانی در ژئومورفولوژی سیستم‌های دهانه‌ای مدیترانه‌ای کوچک تأثیر عواملی مانند خصوصیات حوضه، دخالت‌های انسانی، و سیلاب‌ها را بر روی تغییرات ژئومورفولوژی سیستم بررسی نمودند. مانفردا و همکاران(۲۰۱۴) به بررسی استفاده از رویکردهای جغرافیایی برای تشخیص محدوده‌های مستعد سیلاب، از سه رویکرد شامل شاخص توپوگرافیک، طبقه‌بندی

دوگانه خطی و روش هیدروژئومورفیک در رودخانه تیبر ایتالیا استفاده نمودند. نتایج آنها به تهیه نقشه‌های خطر سیلاب و درجه‌بندی مخاطره سیل منجر شده است. الحسنات(۲۰۱۵) به ارزیابی سیلاب‌های ناگهانی در شهر وادی موسی اردن به بررسی آنها پرداخت و علاوه بر تعیین بزرگی سیلاب‌های احتمالی، محدوده‌های خطر را نیز برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سال مشخص نمود. زازو(۲۰۱۵) به بررسی تحلیل مدلسازی سیلاب از طریق روش‌های ژئوماتیک ابداعی از مجموعه‌ای از فنون ژئوماتیک و اطلاعاتی و داده‌های فضایی و ارتفاعی برای بررسی مدل‌سازی سیلاب استفاده نمود. رستمی و کاظمی(۱۳۹۸) به پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر ایلام با استفاده از روش AHP و GIS پرداختند و بیان کردند مؤثرترین عوامل در بروز خطر سیلاب در منطقه مورد مطالعه به ترتیب شامل فاصله از مسیل، ضریب CN ،ارتفاع و کاربری اراضی می باشد. باقلانی و همکاران(۱۳۹۸) به شناسایی عوامل موثر بر بروز سیلاب شهری در حوضه آبخیز شهر ایلام پرداختند و بیان کردند مدل SWMMدقت مورد نیاز برای شبیه سازی سیلاب شهری در شهر ایالام را دارد و از این مدل میتوان برای طرحهای مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه جمعآوری و دفع آبهای سطحی استفاده کرد. در این پژوهش محدوده رودخانه گدار خوش که از شهر ایلام و روستاهای منطقه می‌گذرد به دلیل قابلیت سیل‌خیزی بالا، انتخاب شده است. بطوریکه در سال‌های گذشته سیلاب این رودخانه مخاطره آمیز بوده و سیل ۱۳۹۴/۰۸/۰۷ دبی ۲۱۶۰متر مکعب بر ثانیه خسارات زیادی بر زیرساخت‌های شهری، فضاهای سبز، راه‌های ارتباطی(روستایی–شهری) وارد کرده است. با توجه به اهمیت این مخاطره در منطقه ارزیابی قابلیت‌ها و پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر متاثر از سیل برای برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی ضرورت این پژوهش را ایجاب می‌کند.

روش پژوهش

در این پژوهش ابتدا از اسناد و منابع کتابخانه‌ای، منابع تصویری شامل داده‌های حاصل از نقشه‌های زمین‌شناسی، داده های اقلیمی، تصویر ماهواره‌ای لندست، تصاویر گوگل‌ارث و مدل رقومی ارتفاع ۱۰متر استفاده شده است. بدین منظور بعد از تعیین حدود حوضه آبریز در منطقه برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوضه آبخیز توسط نرم افزار WMS محاسبه شده است تا شناخت مناسبی از حوضه بدست آید. محاسبه زمان تاخیر به روشSCS، محاسبه دبی پیک، محاسبه حجم رواناب زیرسطح هیدروگراف، محاسبه زمان اوج زمان شروع و پایان سیلاب ومقادیر دبی ایجاد شده در زمان های ذکر شده می‌باشد. این مدل توسط نرم افزارWMS محاسبه می‌شود. با استفاده از داده‌های رویداد سیل ۹۴/۸/۶ اقدام به استخراج هیدروگراف واحد SCS شد، بدین منظور برای برآورد هیدروگراف در مدل HEC-1 فاصله زمانی ۵ دقیقه و برای تعداد فواصل قائم هیدروگراف مقدار۱۰۰تعیین شده است. ورودی مدل WMS-HEC-1برای هیدروگراف واحد SCS مساحت حوضه، متوسط بارندگی سالانه (میلیمتر)، شماره منحنی حوضه(CN)، مقادیر رواناب یا بارش در بازه‌های زمانی(ساعت) می‌باشد و خروجی مدل هیدروگراف واحد SCSکه برای ۳۰۰۰ دقیقه شبیه سازی شده است.

سپس در این پژوهش به منظور پهنه‌بندی سیلاب و تعیین سطوح عمق و ارتفاع آب و تعیین مساحت متاثر از سیل و مشخص نمودن پهنه‌های خطر سیلاب در محیط شهری از مدل HEC-RAS- WMS، مدل مفهومی شبکه شماتیک و هندسی استفاده شده است. مراحل انجام مدل به شرح زیر است: ابتدا با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر وتصویر ماهواره‌ای اقدام به استخراج خصوصیات فیزیکی حوضه شامل خط اصلی رودخانه (حدود رود از ساحل چپ تا راست آن) و سواحل راست و چپ در نرم افزار WMS و GIS شده است. سپس به ایجاد مدل مفهومی شامل (تعریف آبراهه‌های حوضه، موقعیت مقاطع عرضی روی آبراهه‌ها، موقعیت کناره‌ها، و جنس زمین)، خط مرکزی و قوس‌های کناره پرداخته شده است. مقاطع عرضی بخش مهمی از مدل مفهومی می‌باشد و حداقل در هر آبراهه به دو مقطع عرضی نیاز است. برای استخراج مقاطع عرضی از خطوط منحنی میزان نواحی که دارای خط القعر هستند استفاده شده است. شبکه شماتیک نیز نموداری از مدل مفهومی است و یک مدل عددی از مقاطع عرضی را که در هر آبراهه برآورد شده است را نشان می‌دهد که در این قسمت مدل مفهومی که شامل موقعیت آبراهه‌ها، خط مرکزی، پوشش‌های کناره، و بافت زمین است به صورت یک مدل عددی برای مقاطع عرضی تبدیل شده است. جهت استخراج داده‌های عددی برای کاربری اراضی از جدول مانینگ لازم است تا اطلاعات کافی ازکاربری زمین‌های داخل حوضه را برآورد کنیم بدین منظور از نقشه کاربری استفاده و ضرایب مانینگ استخراج شد(جدول شماره ۱).

جدول ۱: ضرایب مانینگ برای کاربری، وضعیت خاک، وضعیت جریان

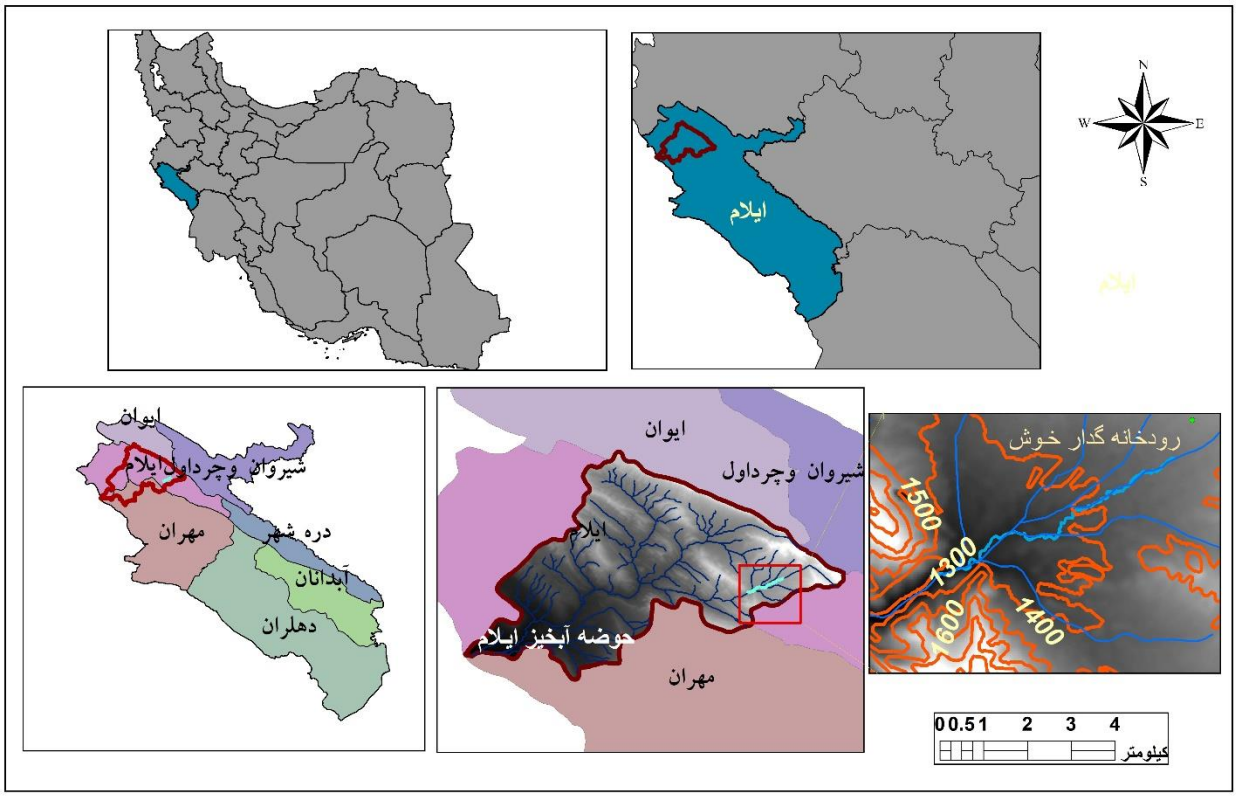
نوع کاربری					
	مزارع کشاورزی	باغ	مناطق روستایی	رودخانه	بدون پوشش گیاهی
ضریب مانینگ	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۲

منبع : (اکبرپور و همکاران، ۱۰۵:۱۳۸۷)

همچنین باید بیان کرد فایل هندسی شامل داده‌های مقاطع عرضی استفاده شده توسط HEC-RAS به علاوه داده‌های سه بعدی زمین مرجع شده می‌باشدکه از شبکه شماتیک تهیه می‌شود. اجرای مدل HEC-RAS نرم افزار HEC-RASدر طرح‌های مهندسی رودخانه ازجمله تهیه پروفیل سطح آب، تعیین منحنی دبی–اشل در ابتدا و انتهای بازه‌ها، بررسی وضعیت جریان و پهنه‌بندی سیل در شرایط مختلف ساماندهی رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد(غفاری و همکاران، ۱۳۸۵: ۶۳). اجرای این برنامه شامل تعریف جریان و شرایط مرزی برای آبراهه‌ها، محاسبه عمق‌های نرمال و جهت موقعیت توزیع جریان برای محاسبه پروفیل‌های سرعت است. برای تعریف جریان و شرایط مرزی عدد دبی پیک برای سیلاب ۱۳۹۴/۰۸/۰۷ دبی ۲۱۶۰متر مکعب بر ثانیه در ایستگاه هیدرومتری تخت خان واقع در استان ایلام با ارتفاع ۳۸۵ متر از سطح دریا که پارامترهای رودخانه گدارخوش را ارزیابی می‌کند برآورد شده است. برای محاسبه عمق‌های نرمال HEC-RAS در مرزها به شیب بالا دست مقدار ۰/۰۱۲۴ و شیب پایین دست مقدار ۰/۰۰۸۸ اختصاص داده شده است. جهت موقعیت توزیع جریان نیز فوق بحرانی در نظر گرفته شده است. در مرحله پایانی مدل برای اجرای تحلیل جریان ماندگار محاسبه شده و نتایج به صورت فایل جدا به WMS اضافه شده و تحلیل نهایی صورت گرفته است. تعداد این نقاط و آنها بیانگر تعداد مقاطع عرضی ایست که HEC-RASبه کمک آن ارتفاعات سطح آب را محاسبه کرده است. در این مرحله برای دست‌یابی به دقت بیشتر برای تولید نقشه سیلاب نقاط پراکنده ارتفاع سطح آب به همراه خط مرکزی و قوس‌های مقطع عرضی با فاصله ۲۰متری درون یابی شده است. در نهایت نقشه‌های همه مقاطع با تعیین محدوده‌های بحرانی و تحت تاثیر سیلاب در منطقه تهیه شده است و نقشه‌های شناسایی مناطق آسیب‌پذیر از خطر سیلاب برای مدیران برنامه‌ریزی شهری ارائه شده است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش

رودخانه گدار خوش از رودخانه‌های مرزی کشور در مرز ایران و عراق در استان ایلام واقع شده است. ایلام از شمال به کوه‌های شنه‌چیر، از شرق به کوه‌های شلم و از غرب به کوه قلاقیران و نهایتاً رشته کوه کبیرکوه (بلندترین) در جنوب منتهی می‌شود. حوضه آبریز این رودخانه با سطح حوضه معادل ۱۲۰۲ کیلومتر مربع بین سه حوضه آبریز کنجانچم، کنگیر و تلخاب واقع گردیده است. کمترین ارتفاع حوضه ۱۶۱ متر از سطح دریا و بیشترین ارتفاع ۲۴۵۳ متر از سطح دریاست. محدوده مورد پژوهش در مختصات ۵۷ ۵۱ ۴۵ طول شرقی و ۵۹ ۲۶ ۳۳ عرض شمالی قراردارد. رودخانه از سه سرشاخه اصلی چوار تنگ گراب و گلال‌رود تشکیل شده که پس از الحاق این سرشاخه‌ها به سمت جنوب‌غرب جریان یافته و در حوالی روستای چم‌سارد به رودخانه گدارخوش مشهور است. بیشتر حوضه آبریز رودخانه از زمین‌های تپه‌ماهوری، تیغ‌های فرسایشی و گیاهان پراکنده تشکیل شده است و تنها در نزدیکی مرز، قسمت‌هایی از دشت دارای شیب ملایمی می‌باشد. سرچشمه رودخانه از سنگ‌های آسماری متعلق به دوره میوسن و الیگوسن بوده که مسیر رودخانه موازی با ساختمان زمین می‌باشد. در قسمت‌های پایین‌تر رودخانه، دره‌های باریک و تنگ سنگ‌های نرم‌تر را قطع می‌کنند. میزان آبدهی رودخانه در فصول مختلف سال متغیر است(رمضانی و همکاران،۱۳۹۳،۲).



شکل۱:موقعیت جغرافیایی منطقه (منبع: نگارنده)

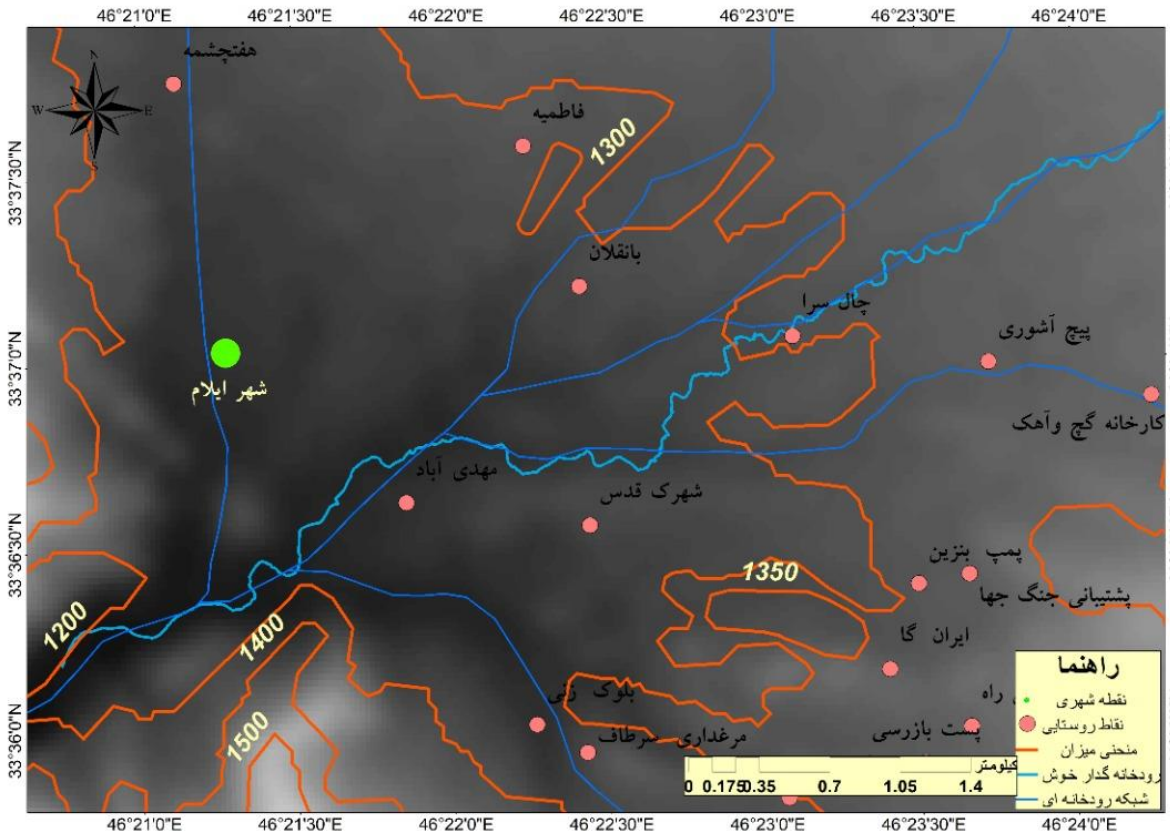
یافته‌ها و بحث

بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبخیز

بعد از تعیین حدود حوضه آبریز(شکل شماره۲) برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوضه آبخیز توسط نـرم افـزار WMS محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفته است، که در جدول۲ به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۲. خصوصیات فیزیوگرافیکی حوضه

مساحت حوضه km^2	محیط حوضه m	شکل حوضه	شیب حوضه	ضریب فشردگی	طول حوضه m	شیب مرکز جریان	متوسط فاصله جریان زمینی	بیشترین فاصله جریان	بیشترین شیب جریان	فاصله از مرکز ثقل تا آبراهه
۵۹/۵۳	۳۶۳۴۶/۲۴	۰/۴۶	۰/۱۰۹۸	۴/۷۱	۹۶۰۶/۶۶	۰/۰۱۹۲	۲۹۸۵/۷۹	۱۱۷۶۳/۱۷	۰/۰۲۵۵	۵۶/۸۹



شکل ۲ : حوضه آبریز رودخانه گدارخوش(منبع : نگارنده)

۱-مساحت حوضه دبی، حجم رواناب و شکل هیدروگراف را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مساحت این حوضه ۵۹/۵۳کیلومتر مربع است، که بیانگر کوچک بودن حوضه آبخیز است.

۲-محیط حوضه به طول خط تقسیم آب گفته می‌شودکه یک حوضه را از حوضه‌های مجاور جدا می‌کند، محیط توپوگرافیک حوضه مقدار۴۵/۸۱کیلومتر برآوردشده است.

۳-شکل حوضه بر رواناب سطحی و هیدروگراف سیل تاثیر دارد. اگر تمام شرایط فیزیکی یکسان باشد، دبی حداکثر سیلاب درحوضه‌های گرد بیشتر از حوضه های کشیده است، زیرا زمان تمرکز در حوضه‌های گرد کوتاه‌تر است. براین اساس عامل شکل حوضه برابر است با ۰/۴۶ است هر چه ضریب شکل حوضه کوچکتر از یک باشد حوضه کشیده‌تراست. این ضریب احتمال سیلابی شدن وطغیان رودخانه را نشان می‌دهد زیرا حوضه آبخیزی که دارای ضریب شکل کوچک باشد کم‌تر ممکن است در معرض باران شدید قرار بگیردکه برتمامی سطح حوضه آن یکسان ببارد

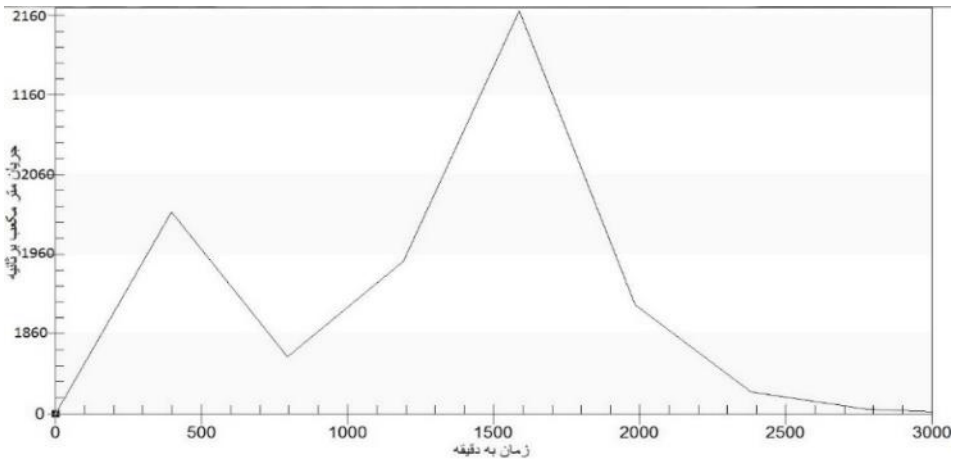
. ۴-شیب آبخیز جهت ارزیابی‌های مربوط به رفتار هیدرولوژیک آبخیز به ویژه تبدیل ریزش به جریان مورد مطالعه قرارمی‌گیرد. شیب اثر زیادی بر واکنش‌های هیدرولوژیک حوضه‌ها دارد و رابطه‌ای مهم ولی نسبتا پیچیده با مقدار نفوذ آب، جریان سطحی، رطوبت خاک و در نهایت به مقدار دخالت آب‌های زیرزمینی در دبی رودخانه دارد. شیب یکی از مهم‌ترین عواملی است که زمان جریان سطحی و زمان تراکم یا تمرکز را نیز در رودخانه کنترل می کند، شیب حوضه مقدار ۰/۱۰۹۸برآورد شده است.

۵-ضریب فشردگی، این ضریب درحقیقت نشان دهنده انحراف شکل آبخیز از یک حوضه دایره‌ای که مقدار آن هرچه از عدد یک دورتر یعنی بزرگتر شود حوضه حالت کشیده‌تری خواهد یافت(این ضریب برای حوضه‌های کشیده حدود۱.۵تا ۲.۵است). مقدار ضریب فشردگی در حوضه ۴/۷۱ است و بیانگر این است که حوضه حالت کشیده دارد این ضریب بر روی جریان وهیدروگراف ناشی از باران اثر کلی خواهد داشت(امیدوار،۱۳۸۹:۳۳).

۶–طول آبراهه اصلی یکی از عوامل مهم در تعیین زمان تمرکز حوضه است. طول آبراهه اصلی در حوضه ۹۶۰۶/۶۶ متر است.
۷–شیب مرکز جریان ۰/۰۱۹۲برآورد شده است که از شیب حوضه ۰/۱۰۹۸ و بیشترین شیب جریان ۰/۰۲۵۵مقدار کمتری دارد.
۸ –متوسط فاصله جریان از ورودی حوضه برابر با ۲۹۸۵/۷۹ متر است.
۹–بیشترین فاصله جریان از ورودی حوضه برابر با ۱۱۷۶۳/۱۷ متر است.
۱۰–بیشترین شیب جریان برابر است با ۰/۰۲۵۵ که این مقدار از شیب حوضه ۰/۱۰۹۸ کمتر است و مشخص کننده این نکته است که بیشترین جریانات حوضه در شیبی کمتر از شیب کل حوضه جریان داشته‌اند.
۱۱–مقدار محاسبه شده فاصله از مرکز ثقل تا آبراهه در نرم افزار برابر با ۵۶/۸۹ متراست. با توجه به بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه و تحلیل آن پس از شناخت نسبی حوضه، اجرای مدل هیدرولوژی انجام شد.

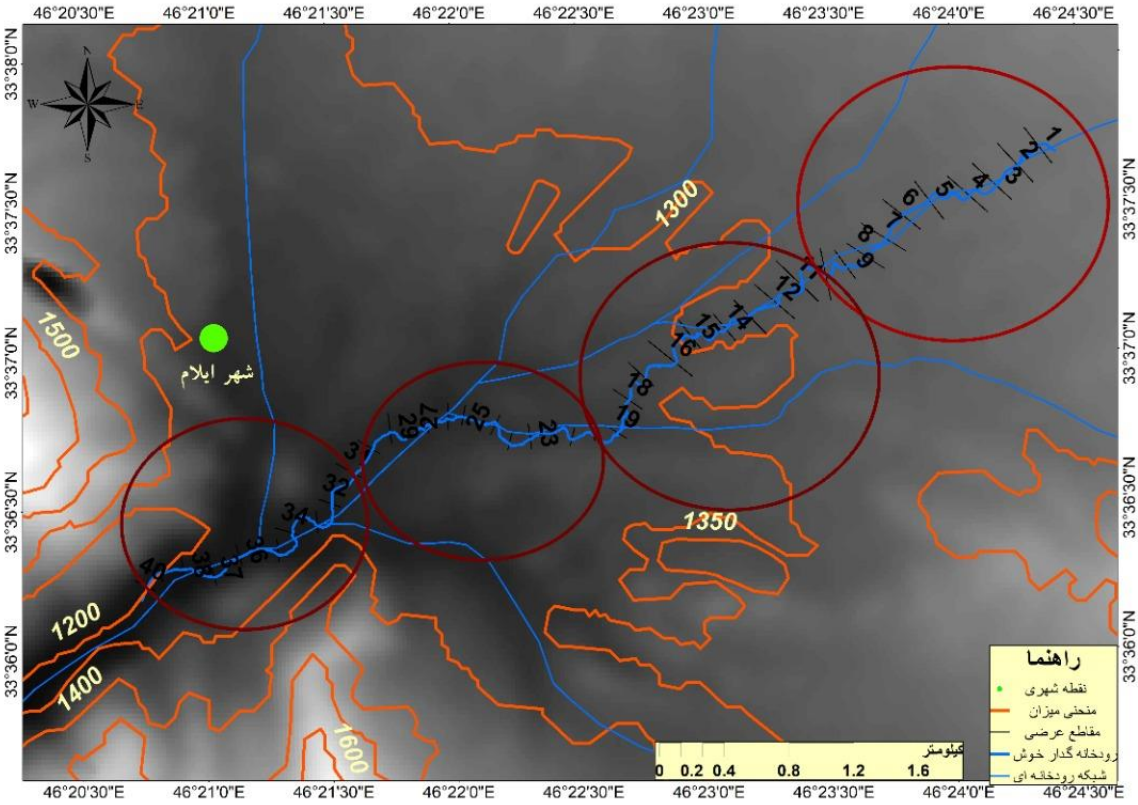
استخراج هیدروگراف و اجرای مدل هیدرولوژی

با استفاده ازداده‌های رویداد سیل ۹۴/۸/۶ اقدام به استخراج هیدروگراف واحد SCS شد، بدین منظور برای ورودی مدل HEC-1 با استفاده ازنرم افزار WMS ۹/۱ مساحت حوضه محاسبه شده است. همچنین متوسط بارندگی سالانه ۷۹۱میلیمتر و شماره منحنی حوضه CN باتوجه به گروه هیدرولوژیک خاک‌های حوضه مقدار ۷۵ تعیین شد. در نهایت هیدروگراف واحد SCS برای ۴۸ ساعت معادل با ۳۰۰۰ دقیقه برای ۱ رویداد سیل استخراج شد. مطابق با شکل ۳ در دقیقه ی ۱۵۵۵ در حوضه ما بیشترین جریان رواناب را داریم که ۲۱۶۰متر مکعب بر ثانیه می‌باشد که این مقدار در ۲۵ ساعت اول سیلاب در تاریخ ۹۴/۸/۷ در ایستگاه تختخان رودخانه چوار می‌باشد. حالت‌های نزولی هیدروگراف نشان دهنده نفوذ آب و تاخیر در بارش می‌باشد که با دو وقفه یکی در ۱۳ ساعت اول شروع سیلاب در دقیقه ۸۰۰ و دیگری در دقیقه ۲۰۰۰ است که سیر نزولی بازوی هیدروگراف را نشان می‌دهد که حاکی از پایان یافتن بارندگی و نفوذ آب در زمین‌های اطراف رودخانه(کشاورزی، بایر و ...) می‌باشد.



شکل ۳ : هیدروگراف حوضه واحدSCS(منبع : نگارنده)

بعد از انجام مطالعات پایه برای تعیین محدوده‌های سیلاب رودخانه گدار خوش با استفاده از نرم افزار wms ابتدا برای تهیه نقشه–های آسیب‌پذیری و خطر ناحیه‌ای تعداد ۴۰ مقطع عرضی بر روی رودخانه گدارخوش در ۴ محدوده مشخص گردید(شکل شماره۴). پس از اجرای مدل وضعیت نیمرخ پلات‌های پروفیل عرضی در مقاطع مختلف رودخانه در نزدیکی سکونتگاه های انسانی حاکی از برابری سطح بحرانی و سطح فعلی آب است. بدین ترتیب پلات‌های مقطع ۲ ،۱۶،۲۰، ۲۱، ۲۷، ۲۹، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹ و ۴۰ در محدوده‌های بحرانی خطر هستند.

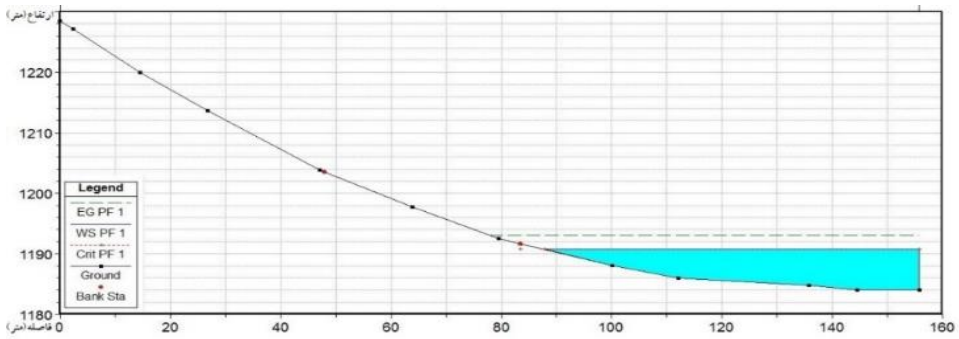


شکل ۴: نقشه موقعیت رودخانه و مقاطع عرضی (منبع : نگارنده)

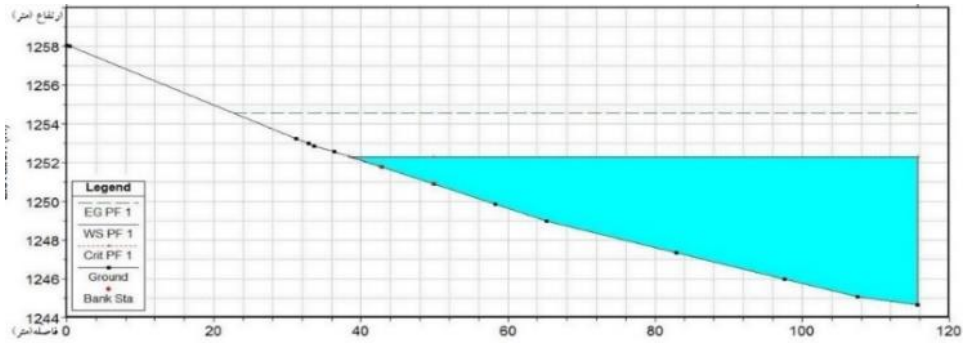
جدول ۳. پلات‌های مقاطع عرضی با عمق و ارتفاع سطح فعلی و بحرانی آب

شماره پلات مقطع عرضی	ارتفاع مقطع عرضی	شیب مقطع عرضی (درجه)	ارتفاع سطح فعلی آب (متر)	ارتفاع سطح بحرانی آب(متر)	عمق بحرانی آب (متر)
۲	۱۳۳۷	۲	۱۳۳۷/۲۷	۱۳۳۷/۲۷	۴/۹۹
۱۶	۱۲۷۱	۸	۱۲۷۱/۱۴	۱۲۷۱/۱۴	۳/۹۴
۲۰	۱۲۵۰	۱۳	۱۲۵۰/۵۰	۱۲۵۰/۵۰	۴/۵
۲۱	۱۲۵۱	۶	۱۲۵۱/۳۱	۱۲۵۱/۳۱	۶/۶۵
۲۷	۱۲۱۹	۱۵	۱۲۱۹/۰۵	۱۲۱۹/۰۵	۴/۵۷
۲۹	۱۲۱۳	۷	۱۲۱۳/۳۳	۱۲۱۳/۳۳	۳/۸۱
۳۵	۱۱۹۴	۱۲	۱۱۹۴/۵۷	۱۱۹۴/۵۷	۵/۶۴
۳۶	۱۱۹۱	۲۱	۱۱۹۱/۷۳	۱۱۹۱/۷۳	۵/۹۸
۳۷	۱۱۹۰	۱۳	۱۱۹۰/۷۴	۱۱۹۰/۷۴	۶/۷۴
۳۸	۱۱۸۱	۱۸	۱۱۸۱/۲۰	۱۱۸۱/۲۰	۶/۲
۳۹	۱۱۸۲	۷	۱۱۸۲/۱۷	۱۱۸۲/۱۷	۵/۲۷
۴۰	۱۱۸۵	۷	۱۱۸۵/۱۹	۱۱۸۵/۱۹	۳/۹۹

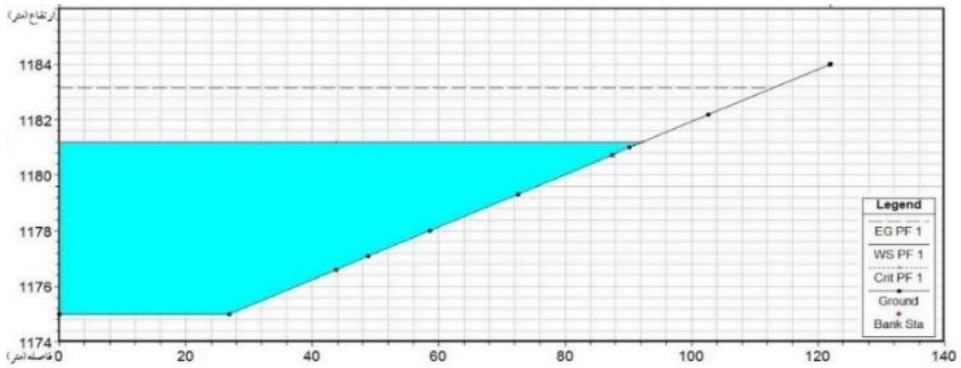
با توجه به جدول ۳ بیشترین خطر سطح بحرانی آب به ترتیب در مقطع ۳۷ با عمق۶/۷۴ متر شکل شماره ۵، مقطع ۲۱ با عمق۶/۶۵ متر شکل شماره ۶، مقطع۳۸ با عمق ۶/۲ مترشکل شماره ۷، مقطع ۳۶ با عمق۵/۹۸ متر، مقطع ۳۵ با عمق۵/۶۴ متر، مقطع ۳۹ با عمق۵/۲۷ متر، مقطع ۲ با عمق۴/۹۹ متر، مقطع ۲۷ با عمق۴/۵۷ متر، مقطع ۲۰ با عمق ۴/۵ متر، مقطع ۴۰ با عمق۳/۹۹ مترمقطع ۱۶ با عمق۳/۹۴ متر، مقطع ۲۹ با عمق۳/۸۱ متر قرار دارد. نمودار مقطع ۳۷، ۳۸ و ۲۱ در شکل‌های(۵،۶،۷) مشخص شده است.



شکل۵: مقطع عرضی شماره ۳۷ بر روی رودخانه گدار خوش(منبع : نگارنده)



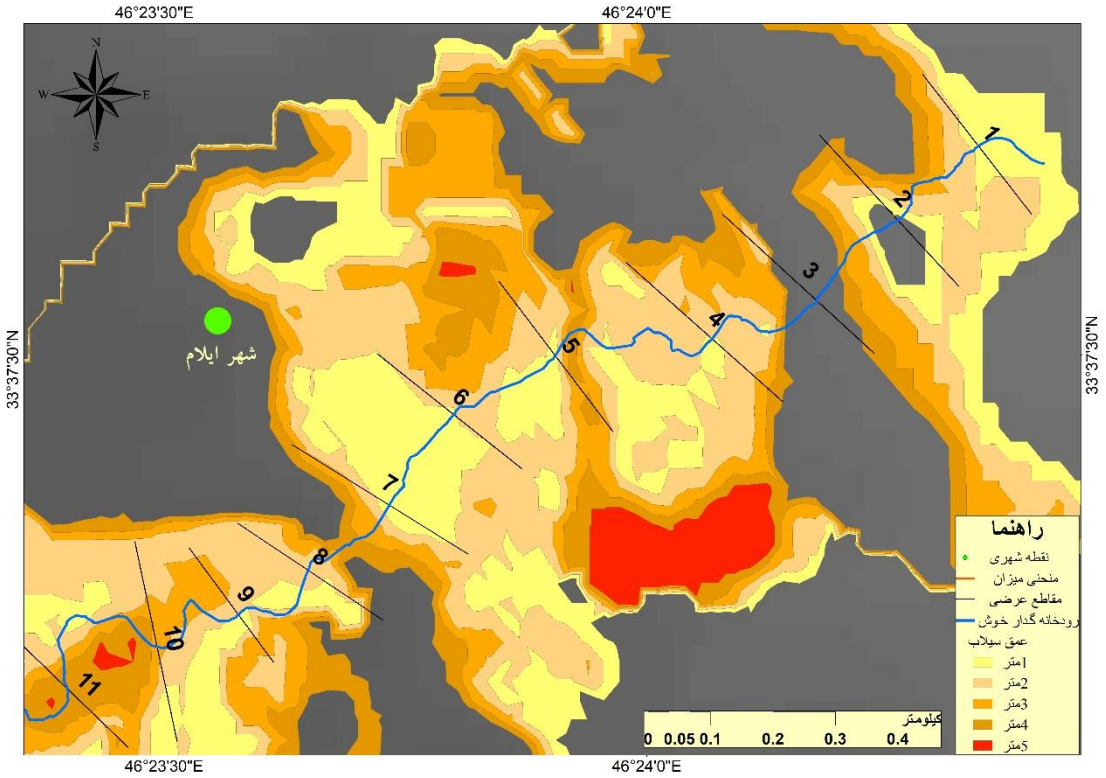
شکل ٦: مقطع عرضی شماره ۲۱ بر روی رودخانه گدارخوش(منبع : نگارنده)



شکل ۷: مقطع عرضی شماره ۳۸ بر روی رودخانه گدار خوش(منبع : نگارنده)

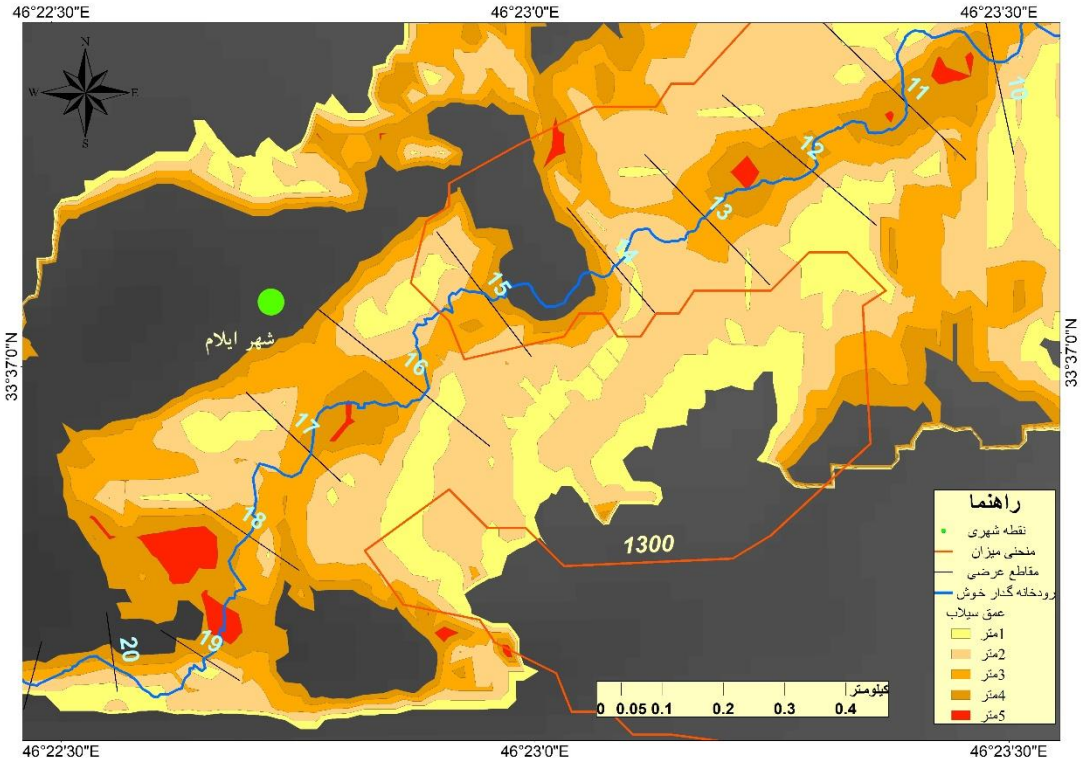
همچنین نوع بستر رودخانه در پخش سیلاب تاثیر بسیاری دارد، با توجه به شکل بستر رود اگر بستر باز باشد دو ساحل رودخانه در فاصله بیشتری نسبت به هم قرار دارند. اما آب از اطراف در شعاع بیشتری پخش می‌شود. اما در بسترهایی که دو ساحل رود در فاصله کمتری قرار دارند عمق آب کمتر است، اما آب از اطراف در شعاع بیشتری پخش می‌شود. بدین ترتیب شکل هیدرو ژئومورفولوژیکی بستر رودخانه به صورت طبیعی در پخش سیلاب در دو طرف ساحل رودخانه اصلی تاثیر خواهد داشت که می‌توان با عملیات آبخیزداری و مدیریت پخش سیلاب این عامل مهم را کنترل و در جهت کاهش خسارات در نظر بگیریم. فراوانی وقوع

سیل در چند سال اخیر باعث شده که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار گیرد و تلفات جانی و مالی سیل به نحو چشمگیری افزایش یابد. افزایش جمعیت همراه با ضعف برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از زمین، تخریب جنگل‌ها و مراتع، و نیز توسعه سطوح غیرقابل نفوذ سبب شده تا در حوضه‌های آبخیز، آب کم‌تری به زمین نفوذ کرده و سریع‌تر به طرف پایین دست جریان پیدا کند، در نتیجه سیل‌ها فراوان‌تر، شدیدتر و ناگهانی‌تر شده و افراد بیش‌تری از این مخاطره مورد آسیب قرار می‌گیرند.

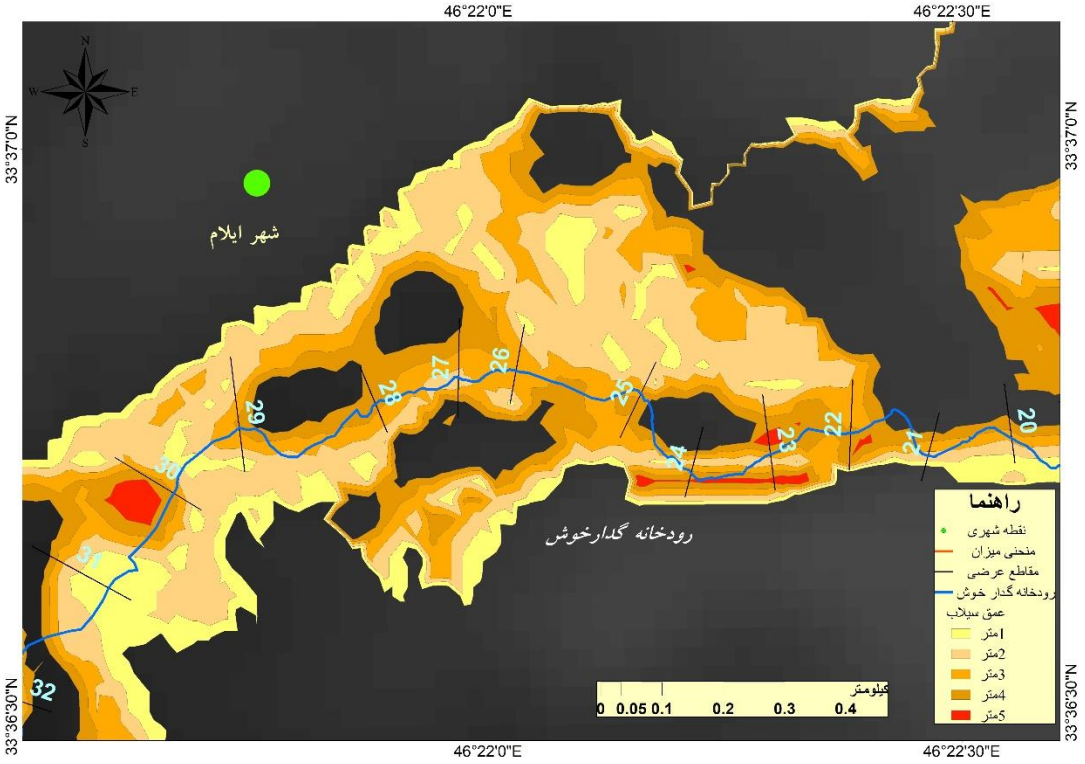


شکل شماره۸ :موقعیت پهنه‌های خطر در بازه شماره۱ (منبع : نگارنده)

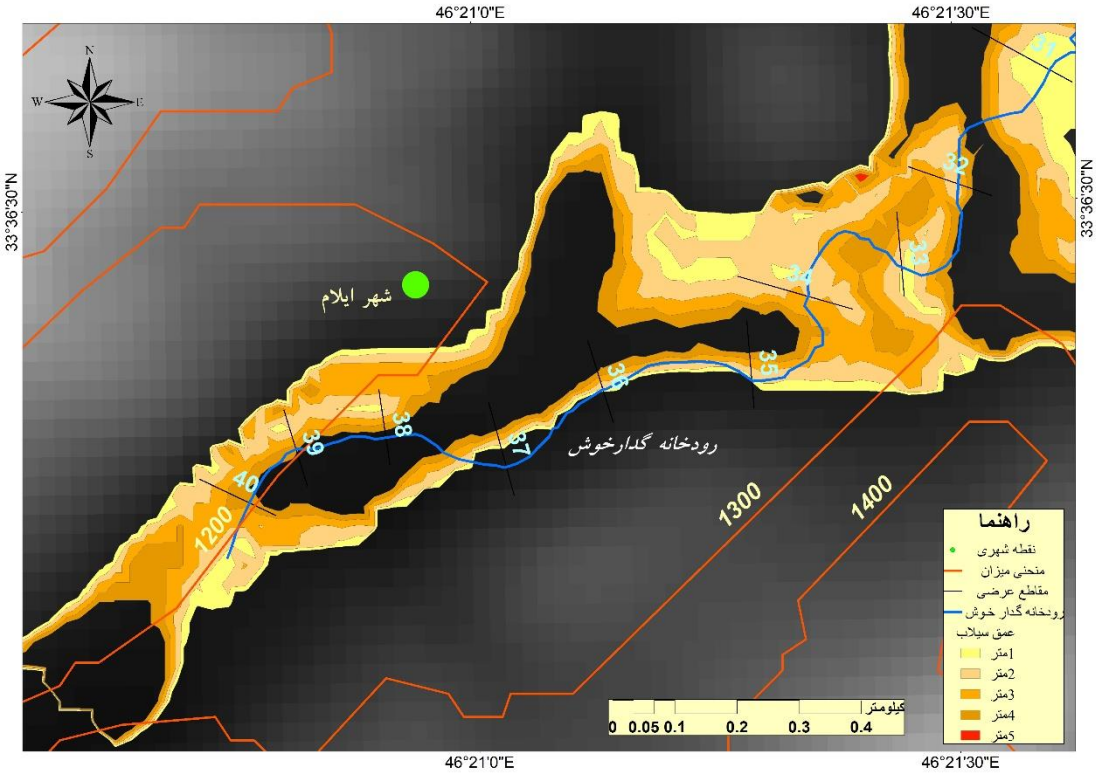
نقشه شماره ۴ نشان می‌دهد، محدوده رودخانه گدارخوش در ۴ بازه هرکدام در ۱۰ مقطع عرضی ترسیم شده است. محدوده‌های احتمالی خطر در نقشه شماره ۸ (محدوده ۱) بیانگر اینست که کاربری‌های شهری در اطراف کانال اصلی رودخانه در سواحل سمت چپ و راست کاملا در معرض خطر قرار دارد و با وقوع سیل خسارات مالی زیادی را به همراه داردو سطح آبگرفتگی و تخریب سکونتگاه‌ای انسانی در این بازه بسیار زیاد است. نقشه شماره ۹ (محدوده ۲) نیز نشان می‌دهد رودخانه از مسیر کاربری‌های شهری در سمت چپ کانال اصلی و مراتع و باغات و زمین‌های کشاورزی در سمت راست کانال در محدوده‌های خطر سیل‌خیزی قرار دارند و هر چقدر از کانال اصلی فاصله می‌گیریم به محدوده های کم خطری نزدیک می‌شویم. شکل شماره ۱۰ در(محدوده ۳)نشان می‌دهد پهنه‌های خطر بیشتر مراتع و زمین‌های کشاورزی و باغات را متاثر کرده است و نهایتا شکل شماره ۱۱ (محدوده ۴)رودخانه وارد دشت شده است و راه‌های ارتباطی و جاده را در معرض خطر قرار می‌دهد. باید بیان داشت در مناطق با خطرخیزی و آسیب پذیری بالا، تمرکز سکونتگاه‌های با تراکم شدید جمعیتی و فعالیتی و همچنین دارا بودن ارزش‌های عظیم اکولوژیکی جنگل‌ها و اکوسیستم ویژه آنها ارزش توجه به این مطالعات را افزون می‌سازد. به علاوه، توجه به موقعیت پهنه‌های با خطر بالای محیطی، نشان می‌دهد که در مجموع عوامل طبیعی، افزون بر محور متمرکز فعالیتی و سکونتی مرکزی ناحیه، مناطق حاشیه جنگل‌های متراکم و مراتع که در معرض بیشترین تغییر کاربری‌ها هستند، درمحدوده مناطق با آسیب پذیری محیطی قرار دارند وقوع سیلاب‌های گذشته دراین رودخانه نشان می‌دهد که به شدت باید از محدوده‌های آسیب پذیر این رودخانه برای ساخت و سازهای سکونتگاهی دوری کرد.



شکل شماره۹ :موقعیت پهنه‌های خطر در بازه۲ (منبع : نگارنده)



شکل شماره ۱۰:موقعیت پهنه‌های خطر در بازه شماره ۳(منبع : نگارنده)



شکل شماره ۱۱: موقعیت پهنه‌های خطر در بازه شماره ۴(منبع : نگارنده)

همچنین در جدول ۴ مجموع مساحت پهنه‌های سیلابی در معرض خطر برحسب عمق آب بر حسب متر آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد پهنه‌های مورد خطر سیلاب با عمق آبگرفتگی ۲ متر بیشترین مساحت را در حوضه دارد و بعد از آن عمق ۳ متر ، ۱متر ، ۴متر و ۵ متر را در بر می‌گیرد.

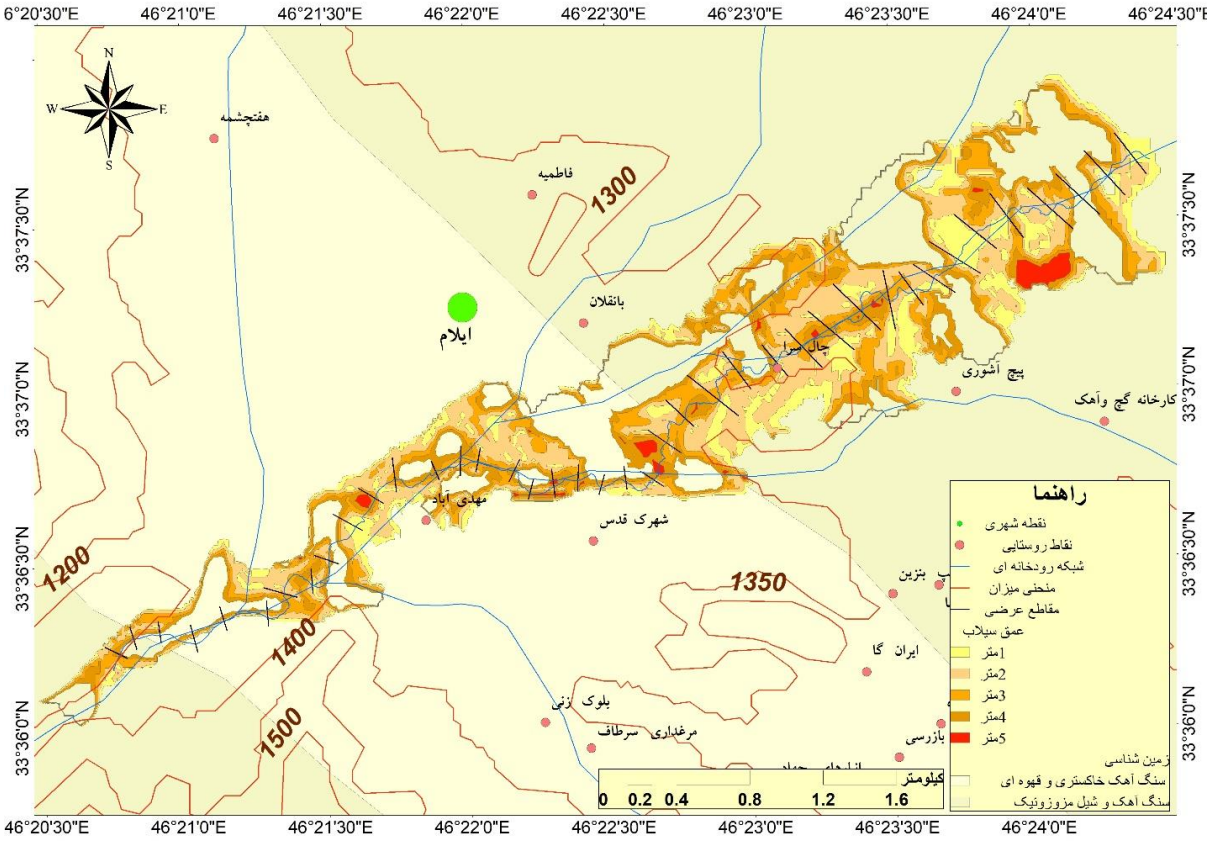
جدول ٤ . مساحت پهنه‌های خطر سیلاب

مساحت پهنه‌های خطر به (کیلومتر مربع)	عمق آب به (متر)
۰/۶۴۳۷	۱
۱/۱۰۷۷	۲
۰/۷۹۳۱	۳
۰/۵۹۰۷	۴
۰/۰۶۲۳	۵

نتیجه‌گیری

نقشه‌های آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب می‌تواند بازتاب مناسبی از برآورد خسارت در مواقع خطر را برای وضعیت اجتماعی و اقتصادی شهر ایلام داشته باشد. همچنین منطقه‌بندی آسیب‌پذیری محدوده‌های مختلف شهر در برابر رواناب و سیلاب رودخانه گدارخوش می‌تواند نقش موثری درمدیریت و کنترل بحران داشته باشد. نقشه‌های آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب می‌تواند بازتاب

مناسبی از برآورد خسارت در مواقع خطر را برای وضعیت اجتماعی و اقتصادی شهر ایلام داشته باشد. همچنین منطقه‌بندی آسیب‌پذیری محدوده‌های مختلف شهر در برابر رواناب و سیلاب رودخانه گدارخوش می-تواند نقش موثری درمدیریت و کنترل بحران داشته باشد.



شکل شماره ۱۲:پهنه بندی مخاطره سیلاب رودخانه گدار خوش

با توجه به مطالعات هیدرولوژی و هیدروگراف واحد رودخانه گدارخوش در ۲۵ ساعت اول سیلاب در تاریخ ۹۴/۸/۷ بیشترین جریان رواناب ۲۱۶۰متر مکعب بر ثانیه را داریم و حالت‌های نزولی هیدروگراف نشان دهنده نفوذ آب و تاخیر در بارش می‌باشد که با دو وقفه یکی در دقیقه ۸۰۰ و دیگری در دقیقه ۲۰۰۰ است که حاکی از پایان یافتن بارندگی و نقوذ آب در زمین‌های اطراف رودخانه است، اما پس از تعیین حریم سیلاب در این رودخانه در (محدوده ۱) که از تراکم جمعیتی بالایی برخوردار است، کاربری‌های شهری(سکونتگاه‌های انسانی و زیرساخت‌ها) مورد تهدید سیلاب هستند. در منطقه شماره ۲ و ۳ که محدوده‌های خطر سیلاب از باغات، زمین‌های کشاورزی و مراتع می‌گذرد، باید بیان داشت وجود عواملی از قبیل کمبود پوشش گیاهی، قطع درختان و بهره برداری های بی رویه از جنگل‌ها، رعایت نکردن اصول فنی در نگهداری جاده‌های جنگلی و روستایی، عدم اعمال مدیریت صحیح و بهره‌برداری غیراصولی از منابع موجود سبب شده است که هر ساله خسارت‌های زیادی بر سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های انسانی و منابع طبیعی تحمیل شود و محدوده شماره ۴ نیز پهنه‌های با خطر سیلاب از جاده‌ها و راه‌های ارتباطی می‌گذرد و تخریب آنها در مواقع بحرانی دسترسی و کمک رسانی را دچار مشکل می‌کند. در نتیجه از اساسی‌ترین گام‌ها در مدیریت سیلاب دشت، کنترل سیل، تخمین خسارات سیل، تعیین حق بیمه سیل و تعیین مرزهای دقیق سیلاب دشت یا همان پهنه‌بندی سیلاب جهت برنامه ریزی محیطی و مدیریت مخاطرات است. همچنین استفاده از الگوی مناسب و کنترل توسعه ساخت و سازهای شهری در محدوده‌های حریم رودخانه و همچنین جلوگیری از گسترش بی‌رویه و غیر اصولی شهر در محدود خطر می‌تواند در کاهش خسارات تاثیر بسزایی داشته باشد.

منابع

– اصغری سراسکانرود، صیاد. (۱۳۹۳). بررسی پتانسیل تغییرات مورفولوژیک رودخانه شهر چای ارومیه. *نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی*. ۵۷(۲۰)، 62-49.

– اکبرپور، ابوالفضل؛ کبار فرد، محمد و عنابی، فهیمه. (۱۳۸۷). سیستم مدل‌سازی حوضه آبریز. مشهد: سخن گستر.

–امیدوار،کمال. (۱۳۸۹). در آمدی بر حفاظت خاک وآبخیزداری. یزد: دانشگاه یزد.

–امیدوار، کمال؛ کیان‌فر، آمنه و عسکری، شمس الله. (۱۳۸۹). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز کنجانچم. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۲(۴۲)، ۹۰–۷۳.

–باقلانی، میلاد، رستمی، نورالدین، توکلی، محسن،(۱۳۹۸) شناسایی عوامل موثر بر بروز سسیلاب شهری در حوضه آبخیز شهر ایلام، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۱۱، شماره ۲، صص۵۲۳–۵۳۶

–بدری، بهرام؛ زارع بیدکی، رفعت؛ هنربخش، افشین و آتشخوار، فاطمه. (۱۳۹۵). اولویت بندی زیرحوضه‌های آبخیز بهشت‌آباد از نظر پتانسیل سیل‌خیزی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۱(۴۸)، ۱۵۸–۱۴۳.

–حسینی، سیدموسی؛ جعفربیگلو، منصور وگراوند، فاطمه. (۱۳۹۴). تعیین پهنه‌های سیل‌گیر رود کشکان با استفاده از مدل هیدرولیکی به منظور کاهش مخاطرات سیل. مجله دانش مخاطرات. ۳(۲)، ۳۶۹–۳۵۵.

–ذبیح زاده، قباد. (۱۳۸۸). مستندسازی و تحلیل فضایی مخاطرات اقلیمی در ایران. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد منتشر شده. دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

–رستمی، نورالدین، کاظمی، یونس، (۱۳۹۸)، پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهر ایلام با استفاده از AHP GIS، مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۱، ص ۱۷۹–۱۹۳

–رمضانی، علی؛ احمدی مقدم، مهدی و جعفری، محمدرضا. (۱۳۹۳). پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه گدارخوش براساس شاخص NSFWQI و بهره گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی. نشریه علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیز داری ایران. ۲۵، ۷–۱.

–شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ شیخی، محمد. (۱۳۸۹). پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس با روش طبقه‌بندی فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۳(۴۲)، ۶۷–۵۳.

–عزیزی رضایی؛ منصور، عبدالهی و شریف، جعفر. (۱۳۹۳). ارزیابی مناطق آسیب‌پذیر ناش از سیلاب در شهر ارومیه. فصلنامه علمی پژوهشی امداد و نجات.

–ضیائیان فیروز آبادی، پرویز، بدراق نژاد، ایوب، سارلی، رضا، بابایی، محبوب، ۱۳۹۹، سنجش و شناسایی مناطق مستعد پخش سیلاب از منظر سازندهای زمین شناسی در حوضه آبخیز بیرجند با استفاده از RS/GIS، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۷

–غفاری، گلاله و همکاران،(۱۳۸۵)، بررسی تغییرات مورفولوژی کناری آبراهه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (بابلرود مازندران)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۷. صص۷۱–۶۱.

–قهرودی‌تالی، منیژه، ثروتی، محمدرضا، صرافی، مظفر، پور موسوی، موسی، درفشی، خه‌بات،(۱۳۹۱)، ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران، فصلنامه علمی امداد و نجات. ۳، ۷۴–۶۴.

– قمی اویلی، فرشته؛ صادقیان، محمدصادق؛ جاوید، امیرحسین و میرباقری، سید احمد. (۱۳۸۹). شبیه سازی پهنه بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS مطالعه موردی رودخانه کارون حدفاصل بند قیر تا اهواز. فصلنامهٔ علوم و فنون منابع طبیعی. ۱، ۱۱۵ – ۱۰۵.

– محمدی، حسین. (۱۳۹۰). مخاطرات جوی. تهران: دانشگاه تهران.

–ملازهی، اسدالله، پودینه، محمدرضا، خسروی، محمود، آرمش، حسین، دهواری، علی اصغر،(۱۳۹۹)، پتانسیل سنجی خطر سیلاب در حوضه آبریز سرباز، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۸

– موحد دانش، علی اصغر. (۱۳۷۳). هیدرولوژی آب های سطحی ایران. تهران: سمت.

–ولایتی، سعد الله. (۱۳۹۰)، آبخیز داری (چاپ پنجم). تهران: دانشگاه پیام نور.

–وهابی، جلیل. (۱۳۸۵). پهنه بندی خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی (مطالعه موردی طالقان رود). مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۱، ۶۵–۵۵.

-Andam, K. (2003). *Comparing Physical Habitat Conditions in Forested and Non-Forested Streams*. Thesis of Partial Fulfillment of the Requirements For the Degree of Master of scince Specializing in Civil and Environmental Engineering.University of Vermont, Burlington,United State.

-Chadee, D.D., Sutherland, J.M. and Agard, J., 2014. Flooding and climate change, sectorial impacts and adaptation strategies for the Caribbean region. Nova Science Publishers, Inc Estrany, Joany; Grimalt, Miquel. (2014) Catchment controls and human disturbances on the geomorphology of small Mediterranean estuarine systems. Estuarine, Coastal and Shelf Science .150,230-241.

-H. Alhasanat.(2014). Flash Flood Assessment for Wadi Mousa City-Jordan. Procedia Economics and Finance.18,675-683.

-Manfreda, Salvatore; Nardi, Fernando; Samela, Caterina; Grimaldi, Salvatore; CelesteTaramasso, Angela ; Roth, Giorgio and Sole, Aurelia. (2014) Investigation on the use of geomorphic approaches for the delineation of flood prone areas. Journal of Hydrology .517, 863-876.

-Rashetnia, Samira., 2016. Flood Vulnerability Assessment by Applying a Fuzzy Logic Method: A Case Study from Melbourne. Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Engineering, College of Engineering and Science, Victoria University, Melbourne, Australia.

-Zazo, Santiago;, Molina, José-Luis and Gonzálvez ,Pablo Rodríguez.(2015). Analysis of flood modeling through innovative geomatic methods. Journal of Hydrology. 524, 522-537.