ایجاد سیستم هشدار سیل با رویکرد تحلیل خسارت در امر مدیریت بحران (مطالعه موردی: شهر میانه)

محبوبه حاجی بیگلو[1*]، محمد رشیدی[2] و محبوبه سربازی[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد، Hajibigloo_m@yahoo.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۵

چکیده

یکی از حوادث طبیعی که سالانه خسارت‌های زیادی به مردم و جامعه وارد می‌کند، سیل می‌باشد. سیستم هشدار بهنگام سیل اطمینان حاصل می‌کند که بهره‌مندان نهایی سیستم پیش‌بینی، هشدار مناسب را در زمان مناسب دریافت می‌کنند و عکس‌العمل مناسب را برای حفظ و به حداقل رسانیدن آسیب به دارایی‌هایشان انجام می‌دهند. در این راستا حوضه آبریز رودخانه قرنقوچای که موجب سیل‌های عظیمی در شهر میانه گردیده است برای اجرای سیستم هشدار سیل انتخاب شد. در این مقاله مدلسازی هیدرولوژیکی برای حوضه مذکور با استفاده از نرم افزار HEC-HMS انجام و برای کل زیر حوضه‌های به‌دست آمده، معادله روندیابی ماسکینگام مورد استفاده قرار گرفت. از میان سیلاب‌های واقع شده در استان آذربایجان‌شرقی، سیلاب ۱۳۸۲/۱۲/۱۶ برای واسنجی کردن مدل بارش- رواناب هشدار سیل استفاده گردید. با بررسی تداوم رگبارها و مقدار آن‌ها، زمان پیش‌هشدار برای هر یک از ایستگاه‌های هشداردهنده محاسبه شد. پس از تعیین زمان پیش‌هشدار براساس فراوانی رگبارهای ایستگاه هشترود، سیستم هشدار سیل برای مناطق سیل‌گیر در محدوده طرح متناسب با آستانه‌های درجه سیلاب طراحی گردید. براساس آسیب‌پذیری روستاهای حاشیه رودخانه و مطالعه سوابق سوانح طبیعی در منطقه و ارزیابی خسارت‌های احتمالی وارده به شهر میانه، دستورالعمل اقدامات شرایط اضطرار تهیه شد.

کلیدواژه‌ها: سیل‌خیزی، مدل بارش‌رواناب، آستانه هشدار، هشدار سیل، طرح فعالیت اضطراری.

Flood Warning Systems Approach to Damage Analysis Indisaster Management (Case Study: Mianeh-City)

M. Hajibigloo, M. Rashidi2 and M. Sarbazi

1*- M.Sc. Watershed Management, Yazd University, Yazd, Iran
2- M.Sc. Irrigation, Urimia University, Urimia, Iran
3- M.Sc. Desert Management, Tehran University, Tehran, Iran

Received:8 March 2014 Accepted:27 September 2013

Abstract

One of the natural disasters that annually causes a lot of damage to people and society, is flood.Timely flood warning system to ensure that final beneficiaries forecasting system, an appropriate warning is received at the appropriate time and the appropriate response to protect and minimize the damage done to their finances.In this regard, Gharanghoochay river catchment, causing massive floods in Mianeh city has been selected to implement a flood warning system. In this paper, hydrological modeling for the basin using HEC-HMS software was obtained and for the entire sub- basin, Muskingum dynamics equations have been used. The flood located in east Azerbaijan province, floods 2004.06.03 calibrate the model rainfall - runoff flood warning was used. Continuity check with showers and amount of time before the alarm warning signal for each station was calculated. After pre-determined according to abundance of caution showers Hashtrood station, flood warning systems for flooding areas within the mat-o-flood plan has been designed to suit the threshold. Under-taking damage riverbank villages and history of natural

disasters in the region and assess the damages incurred to the Mianeh city, emergency action guidelines was prepared.

Keywords: Flooding, Model of rainfall – runoff, Warning threshold, Flood warning, Emergency action plan

مقدمه

اقلیم مدیترانه‌ای کشور و تراکم زمانی و مکانی بارش‌ها در اکثر حوضه‌های آبریز سبب شده که سیلاب‌های عظیمی در این حوضه‌ها به‌وقوع پیوسته و خسارت‌های فراوان جانی و مالی به‌بار آید. در این راستا سایر کشورها نیز گریبانگیر این بلای طبیعی بوده و هستند (سادات آشفته، ۱۳۸۸).

بسته به سیاست‌های اعمال شده توسط دولت‌ها، نحوه برخورد با این بلایای طبیعی متفاوت بوده است. به عنوان مثال در کشور ژاپن سیاست‌های اعمال شده شامل ذخیره هر چه بیشتر سیلاب برای استفاده در مصارف آبی بوده است. این سیاست مبتنی بر دیدگاه استفاده هر چه بیشتر سیلاب برای استفاده در منابع آبی بوده است. در ایران با وجود منابع محدود آب در اکثر حوضه‌های آبریز کشور، سیاست سیل‌زدایی با هدف طراحی و بهره‌برداری از سازه‌های هیدرولیکی برای تخلیه سیلاب بدون بروز خسارت در پایین‌دست آن‌ها اعمال می‌گردد (حیدری، ۱۳۹۰).

به کارگیری سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار و تحقیق و بررسی در زمینه یافتن بهترین روش‌ها به امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است. یکی از این حوادث که سالانه خسارت‌های زیادی به مردم و جامعه وارد می‌کند، سیل می‌باشد. سیستم هشدار بهنگام سیل اطمینان حاصل می‌کند که بهره‌مندان نهایی سیستم پیش‌بینی، هشدار مناسب را در زمان مناسب دریافت می‌کنند و عکس‌العمل مناسب را برای حفظ و به حداقل رسانیدن آسیب به دارایی‌هایشان انجام می‌دهند (برزگر، ۱۳۹۱).

سیستم‌های هشدار سیل را با عنایت به نوع و قابلیت فن‌آوری به‌کار گرفته در اجزای مختلف آن (در مراحل سنجش داده‌های پایه، مخابره داده‌ها، پردازش و چگونگی پیش‌بینی سیل) به دو نوع کلی دستی و خودکار تقسیم می‌کنند (بی‌نام، ۱۳۸۸).

به طور کلی اجزای سیستم هشدار سیلاب جامع شامل موارد زیر می‌باشد:

– پایش سیلاب

– پیش‌بینی شدت و زمان سیلاب ناگهانی و سطح مشخصی از سیلاب

– تفسیر پیش‌بینی برای تعیین اثرات سیلاب بر روی سطح تصمیم‌گیری

– توزیع و انتشار پیام‌های هشدار

– پاسخگویی به هشدارها از طریق سازمان‌ها و جوامع درگیر

– بازنگری سیستم هشدار بعد از وقوع سیلاب

برای ایجاد و درک درست از سیستم‌های هشدار سیلاب می بایست کلیه اجزای سیستم را شناخته و مورد ارزیابی قرارداد.

یکی از اجزای مهم سیستم هشدار سیل، سیستم پایش می باشد. لذا توسعه سیستم پایش با اطمینان‌پذیری بالا از نظر اندازه گیری، مخابره، دریافت و پردازش داده‌ها، لازمه ایجاد سیستم پیش‌بینی پیشرفته و خودکار می‌باشد. در این راستا سیستم‌های مختلفی در کشورهای دنیا با توجه به امکانات و تجهیزات موجود ایجاد شده است. در بسیاری از این سیستم‌ها از دستگاه‌های اندازه‌گیری خودکار با دقت بالا برای اندازه‌گیری داده‌ها و از سیستم‌های ماهواره‌ای برای مخابره و دریافت اطلاعات استفاده شده است (کارآموز، ۱۳۷۸). در ارتباط با برقراری سیستم‌های هشدار سیل در کشورهای مختلف تحقیقات زیادی صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

خدایی (۱۳۸۵) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی و هشدار، ابزاری کارآ برای همزیستی با سیلاب به ضرورت ایجاد سیستم هشدار سیلاب در حوضه آبریز گلابدره و دربند استان تهران، پرداخته و اجزای سیستم هشدار سیل را بررسی نمود. در تحقیقی توسط ولایتی (۱۳۸۶) اهمیت مدیریت ریسک سیلاب در برنامه ریزی روستایی در حوضه آبریز کارده مشهد بررسی شد. در این تحقیق با استفاده از سه نوع مدل آماری توابع توزیع احتمال، مدل رگرسیونی و مدل سری زمانی ARIMA مدل‌سازی ریسک سیلاب حوضه‌ها بررسی شد و مدلARIMA(1,2,3) به عنوان بهترین برازش انتخاب گردید. بنی حبیب (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان ارزیابی اثر سناریوهای گوناگون کاربری اراضی حوضه روی زمان پیش‌هشدار سیلاب شمال تهران به مقایسه زمان پیش‌هشدار سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف پرداخت و مشخص گردید که کوتاهترین زمان پیش‌هشدار مربوط به سناریوی مدیریت نامناسب حوضه در سال ۱۳۶۷ بوده است. آذری (۱۳۸۸) در تحقیقی دیگر با عنوان شبیه‌سازی و هشدار سیل با تلفیق مدل‌های آبشناس سامانه اطلاعات جغرافیایی در برروی حوضه رودخانه مادرسو واقع در استان گلستان عوامل مؤثر در ایجاد سیلاب حوضه را شناسایی نمود و با تلفیق داده‌های سنجش از دور در قالب تصاویر ماهواره ای و مدل بارش – رواناب و مدل هیدرولیکی، میزان گسترش سیلاب در منطقه را مشخص نمود. افتخاری (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-GEO RAS در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، میزان خطرپذیری روستاهای در معرض خطر سیلاب در حوضه گرگانرود را بررسی کرد و پهنه سیلاب با دوره بازگشت های مختلف را استخراج نمود تا آسیب‌های ناشی از سیلاب در مناطق روستایی به حداقل ممکن کاهش یابد. امیر احمدی (۱۳۹۰) در تحقیقی با عنوان ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در

محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه‌ی پایدار شهری محدوده های بحرانی بافت شهری در برابر سیلاب و آب‌گرفتگی را مشخص و خسارت‌های ناشی از سیل در قالب نقشه‌ی ارزیابی خسارت را ارائه کرد. حاجی بیگلو (۱۳۹۱) در تحقیقی با عنوان امکان‌سنجی برپایی سیستم هشدار سیل در رودخانه با رویکرد تحلیل خسارت در حوضه رودخانه دوغ در استان گلستان ضرورت اجرای سیستم هشدار سیل در این حوضه را بررسی کرد. پس از تعیین زمان پیش‌هشدار براساس فراوانی رگبارهای ایستگاه پارک ملی، سیستم هشدار سیل برای مناطق سیل‌گیر در محدوده طرح متناسب با آستانه‌های درجه سیلاب طراحی گردید. در تحقیقی دیگر توسط نوری (۱۳۹۱)، مدل HEC-HMS و WMS در شبیه‌سازی هیدرولوژیکی رودخانه در پیش‌بینی سیلاب حوضه آبریز قروه مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج صحت‌سنجی نشان داد که روش اداره حفاظت خاک آمریکا در مدل HEC-HMS در شبیه‌سازی دبی اوج آبنمود با داده‌های مشاهداتی تطابق بهتری دارد.

یانگ و تی‌سای[1] (۲۰۰۰) با استفاده از سیستم FGIS[2]، شبیه‌سازی دشت سیلابی و محاسبات خسارت‌های سیل و همچنین خصوصیات سیل در کشور تایوان را مطالعه نموده و برای کاهش خسارت‌های سیل، روش‌های مدیریتی را ارائه نمودند. استفان[3] (۲۰۰۲) به بررسی خصوصیات سیل در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در حوضه آبخیز سنگ زرد در ایالت مونتانای آمریکا پرداخت و مشاهده نمود براساس مدل بارش – رواناب به‌دست آمده از حوضه اکثر سیلاب‌های تند مربوط به خصوصیات رگباری بارش‌ها می‌باشد. عتیق و همکاران[4] (۲۰۱۲) در تحقیقی با عنوان سیل و مدیریت سیل در پاکستان، رفتار جاری شدن سیل از حوضه‌های بزرگ و مدیریت سیل در سطح ملی را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بارش باران‌های موسمی منبع اصلی سیل در حوضه سند می‌باشد، در حالی که امواج دریای مدیترانه بر دریای عرب، باعث جاری شدن سیل در حوضه خاران و منطقه ساحلی مکران می‌گردد و باعث خسارت‌های عمده اقتصادی می شود. آن‌ها شکل‌گیری ستاد مدیریت بحران را در سطح ملی و فدرال را مؤثر در امر مدیریت بحران سیل بیان کردند. یانگ فی و همکاران[5] (۲۰۱۳) در تحقیقی با عنوان تجزیه و تحلیل رخدادهای سیل در طول ۴۰۰ سال گذشته در دریاچه تایهو[6] در چین سعی کردند رخدادهای تاریخی سیل را بازسازی کرده و سطوح سیل به‌دست آمده از این سیل‌های تاریخی با داده‌های اندازه‌گیری شده با تجهیزات مدرن مورد مقایسه قرار گیرد. نتایج نشان داد که پایین‌ترین سطح دریاچه از ۱۵ سیل شدید ثبت شده تاریخی در دوره سال‌های ۱۹۵۴–۱۶۰۰ میلادی ۴/۰۷ متر بود که این عدد معادل ۸۰ درصد داده‌های ثبت شده در دوره سال‌های ۲۰۰۴–۱۹۲۱ میلادی می‌باشد. آن‌ها نتیجه گرفتند که امکان بازسازی سیل‌های گذشته که در آن داده ثبت شده وجود دارد برای پیش بینی سیل شدید در آینده که ممکن است تأثیر اجتماعی و اقتصادی در حوضه آبریز تایهو داشته باشد، وجود دارد. تسونگ و همکاران[7] (۲۰۱۳) در تحقیقی به بهبود پیش‌بینی سیل حاصل از یک رگبار در یک حوضه آبریز کوهستانی تایوان پرداختند و بیان کردند استفاده از مدل اقلیم بارش رگبار[8] (TRCM)، بهترین پیش‌بینی را ارائه می‌دهد. جودی لاورنس و همکاران[9] (۲۰۱۳) در تحقیقی با عنوان بررسی عدم قطعیت تغییرات آب و هوایی برای واسنجی کردن مدیریت تطبیقی تغییر خطر سیل، یک روش سریع و نسبتاً کم هزینه برای کشف مفاهیمی از سناریوهای داده و آن را برای گویا کردن اهداف، برای رودخانه هوت[10] واقع در پایین جزیره شمالی نیوزیلند اعمال کردند. گارامبویس و همکاران[11] (۲۰۱۴) در تحقیقی با عنوان تجزیه و تحلیل سیلاب‌های سریع ناشی بارندگی با یک مدل هیدرولوژیکی فرآیندگرا، نتایج پاسخ-های هیدرولوژیکی حوضه آبودی[12] در پیرنئن[13] را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که وابستگی بین توزیع مکانی و زمانی بارش در مقیاس حوضه آبریز، مورفولوژی حوضه آبریز و پاسخ رواناب وجود دارد.

زیرحوضه‌های مورد مطالعه، قسمتی از حوضه بزرگ سفیدرود و زیرحوضه‌های مهم و اصلی رودخانهٔ قزل‌اوزن است که بر روی رودخانه‌های آجی‌چای، آیدوغموش، قرانقوچای، شهرچای و گرمی‌چای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این محدوده در استان آذربایجان شرقی، شهرستان‌های میانه، هشترود و بستان‌آباد و از نظر موقعیت جغرافیایی در حد فاصل طول شرقی ″۲۳ ′۲۵ °۴۶ تا ″۴۴ ′۱۰ °۴۸ عرض شمالی ″۲۴ ′۴۳ °۳۶ تا ″۳۹ ′۵۴ °۳۷ واقع گردیده است. در مقاله حاضر مطالعات امکان سنجی برقراری سیستم هشدار سیل بر روی رودخانه اصلی قرنقوچای و سرشاخه‌های فرعی منتهی به آن انجام گرفته است. رودخانه قرنقوچای از سرشاخه‌های مهم رودخانه قزل اوزن است که از کوه‌های سهند سرچشمه گرفته و در جهت غربی – شرقی جریان داشته و در حوالی آبادی آچاچی و در ۳ کیلومتری جنوب شهر میانه پس از قطع جاده ترانزیتی تهران – تبریز به رودخانه

1- Yang and Tsai
2- Flood GIS
3- Stephen
4- Atiq *et al.*
5-Yongfei *et al.*
6- Taihu

7 -Tsung *et al.*
8- Tondra Regime Climate Model
9-Judy Lawrence *et al.*
10- Hutt
11- Garambois *et al.*
12 -Aude
13- Pirnean

قزل اوزن وارد می‌گردد. شکل (۱) موقعیت حوضه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

فیزیوگرافی حوضه آبریز مورد مطالعه

در حوضه آبریز رودخانه قرنقوچای جهت امکان سنجی برقراری سیستم هشدار سیل ابتدا خصوصیات فیزیکی حوضه که نشان‌دهنده وضعیت کلی آن می‌باشد و بر حجم رواناب و سیلاب تولیدی تأثیر به‌سزایی دارد، محاسبه گردید. مهمترین این خصوصیات شامل مساحت، شکل، وضعیت ارتفاعی، شیب و طول آبراهه اصلی که در مطالعات مختلف منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

در این مطالعات برای تعیین خصوصیات مهم فیزیوگرافیک مورد نیاز، از لایه‌های رقومی با دقت ارتفاعی ۲۰ متر که از نقشه های رقومی آستر استخراج شده و دقت آن در حد نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ می‌باشد، استفاده گردیده است. پردازش داده‌ها نیز به وسیله نرم‌افزار ArcGIS و Global Mapper انجام گرفته است. در جدول (۱) مشخصات فیزیوگرافی زیر حوضه‌های مطالعاتی آورده شده است.

سیل‌خیزی و میزان رواناب حوضه قرنقوچای

اطلاع از میزان جریان سیلابی در مطالعات ایجاد سیستم هشدار سیل به‌دلیل نیاز به برآورد سیل حداکثر در دوره‌های برگشت مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. چون با تعیین سیل حداکثر با تناوب مشخص می‌توان تجهیزات موجود

برای اندازه‌گیری سطح آب برای ایجاد سیستم هشدار سیل را متناسب با این اطلاعات طراحی و اجرا نمود (بنی حبیب، ۱۳۸۶). به منظور محاسبه و برآورد مقادیر رواناب و سیل بیشینه حوضه‌ها نیاز به آمار و اطلاعات رواناب و سیل‌های مشاهده شده و ثبت شده در ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه و مجاور منطقه می‌باشد. چنان‌چه ایستگاه آب‌سنجی به تعداد کافی و دارای دوره آماری مناسب در منطقه باشد پس از بررسی‌های لازم از آمار و داده‌های آن استفاده می‌شود. در غیر این صورت به منظور برآورد رواناب و سیلاب حوضه‌های مورد نظر باید از روش‌های دیگری استفاده نمود.

از طرفی هر چه تعداد ایستگاه‌های آب‌سنجی در مسیر رودخانه‌ها بیشتر باشد، روندیابی آن‌ها با دقت بهتری صورت می-گیرد (برخورداری و همکاران، ۲۰۰۶).

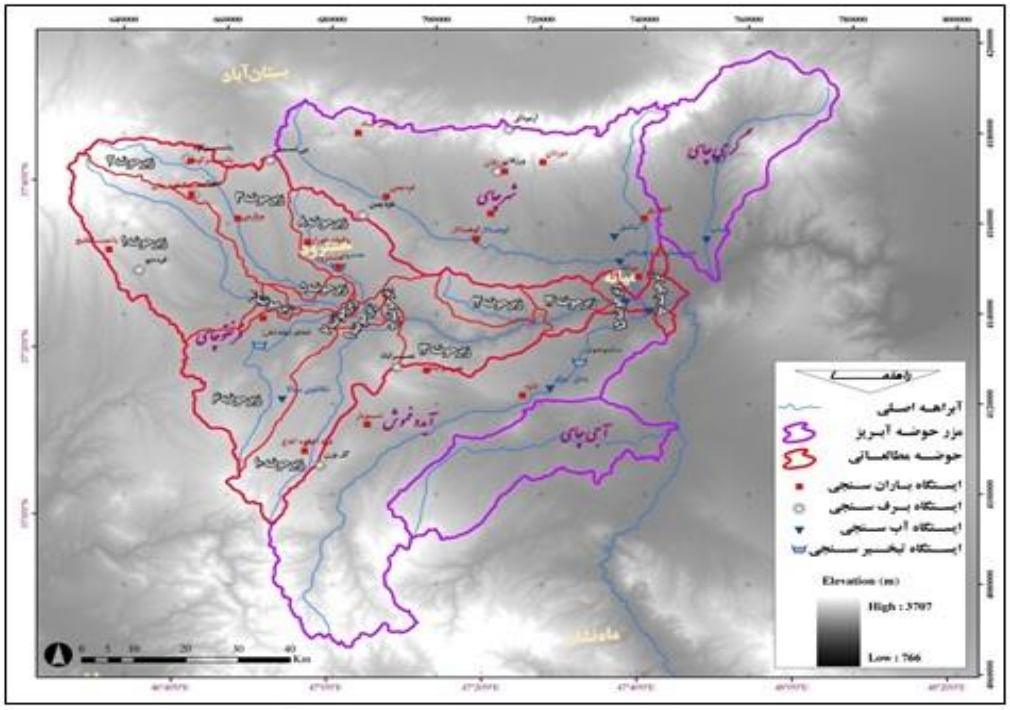
در مطالعات فوق برای تعیین دبی حداکثر سیلاب از نرم‌افزار HEC-HMS استفاده گردیده است. لازم به ذکر است که واسنجی مدل بر اساس پارامترهایی همچون شماره منحنی (CN)، ضرایب روش روندیابی ماسکینگام (K و X) و بررسی سیلاب‌ها و بارش‌های متناظر آن در حوضه‌های مطالعاتی صورت گرفته است (شعبان زاده، ۲۰۰۵). در روش اداره حفاظت خاک آمریکا مقادیر CN با توجه به گروه هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی استخراج گردید.

برای دست‌یابی به اطلاعات هیدرولوژیک مورد نظر، کلیه ایستگاه‌های هیدرومتری اطراف منطقه مورد مطالعه شناسایی و آمار آن گردآوری گردید. در جدول (۲) ویژگی‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی محدوده مورد مطالعه آمده است. لازم به تذکر است که ایستگاه‌های سد سهند و ساری‌قمیش فاقد آمار می‌باشند.

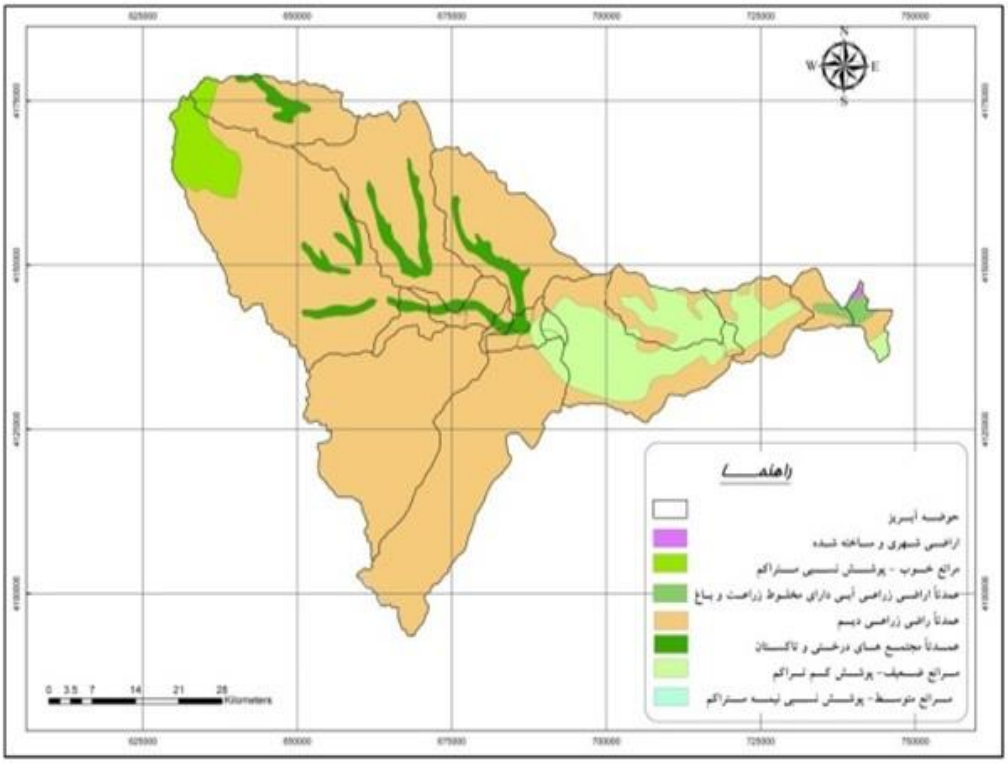
در شکل (۲) لایه کاربری اراضی حوضه آبریز قرنقوچای نشان داده شده است. در جدول (۳) گروه هیدرولوژیکی خاک برای هر زیر حوضه با توجه به بررسی عکس‌های ماهواره‌ای، بازدید از منطقه مورد مطالعه و بررسی میزان نفوذپذیری چند نمونه از خاک به طور میانگین یک گروه هیدرولوژیکی در نظر گرفته شد که در جدول زیر آمده است. سپس با استفاده از پارامترهای موجود، مقادیر سیلاب با استفاده از روش اداره حفاظت خاک آمریکا از مدل HEC-HMS استخراج شده است. در فرآیند مدل‌سازی حوضه‌های مورد مطالعه، در مدل حوضه، روش شماره منحنی به عنوان روش تلفات، آبنمود واحد اداره حفاظت خاک آمریکا به عنوان روش تبدیل بارش به رواناب انتخاب گردیده است که جزئیات آن با به کار بردن روش سازمان حفاظت خاک آمریکا محاسبه شده و در این مدل وارد شده است.

سپس با مدل کردن پارامترهای یاد شده، مقادیر سیلاب خروجی در زیرحوضه‌ها و دیگر عنصرهای هیدرولوژیکی حوضه مطالعاتی در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است. پس از بررسی آبنمودهای مشاهداتی، تعداد ۱۵ آبنمود برای واسنجی مدل در محل ایستگاه چپینی و شش آبنمود برای واسنجی مدل در محل ایستگاه تونل هفتم انتخاب گردید که در تاریخ‌های رخداد سیل حوضه در حالت نیمه‌مرطوب قرار داشته است. برای واسنجی مدل در زیرحوضه‌های بالادست ایستگاه چپینی، از تعمیم هایتوگراف بارش ایستگاه باران‌سنجی ثبات هشترود استفاده شده است.

پس از واسنجی مدل و بهینه‌سازی پارامترهای ورودی، مقادیر سیلاب خروجی در زیرحوضه‌ها و دیگر عنصرهای هیدرولوژیکی حوضه در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است که جزئیات آن در جدول (۴) آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت حوضه‌های مطالعاتی در ایران و استان آذربایجان شرقی



شکل۲- نقشه کاربری اراضی حوضه قرنقوچای

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی و زمان تمرکز زیرحوضه‌های قرانقوچای

زیرحوضه	محل خروجی	مساحت (km^2)	شیب متوسط حوضه (٪)	طول آبراهه اصلی (km)	شیب خالص آبراهه اصلی (٪)	زمان تمرکز (ساعت) - روش انتخابی***			
						کرپیچ	کالیفرنیا	گیاندوتی	ویلیامز***
زیر حوضه۱	محل سد سهند	۸۲۱/۵	۱۷/۵	۵۹/۱	۱/۲۵	۵/۵	۱۲	۱۰/۳	۵/۵
زیر حوضه۲	محل سد کلقان	۲۰۲/۸	۲۱/۳	۳۰/۴	۲/۴	۲/۷	۶	۵/۹	۲/۷
زیر حوضه۳	محل تلاقی کلقان با قرنقو	۶۱۰/۵	۱۴/۳	۶۹/۹	۱/۰۱	۶/۷	۱۲/۲	۱۳/۱	۶/۷
زیر حوضه۴	قرنقو قبل از تلاقی با کلقان	۸۶۴/۸	۱۷/۲	۶۷/۲	۱/۰۳	۶/۴	۱۲/۹	۱۱/۷	۶/۴
زیر حوضه۵	قرنقو بعد از تلاقی با کلقان	۱۵۳۶/۲	۱۵/۷	۷۵/۵	۰/۸۹	۷/۳	۱۶/۱	۱۲/۶	۷/۳
زیر حوضه۶	محل تلاقی شورچای بالا با قرنقو	۵۵۵/۸	۱۱	۶۰/۵	۰/۷۵	۱۰/۳	۱۳/۲	۱۲	۱۰/۳
زیر حوضه۷	قرنقو بعد از تلاقی با شورچای بالا	۲۱۰۶/۳	۱۴/۴	۷۸/۴	۰/۸۷	۷/۶	۱۸/۴	۱۲/۹	۷/۶
زیر حوضه۸	محل تلاقی سراسکندچای با قرنقو	۳۱۲/۳	۹	۳۷/۵	۰/۹۳	۵/۲	۹/۳	۸/۲	۵/۲
زیر حوضه۹	قرنقو بعد از تلاقی با سراسکندچای	۲۴۶۰/۲	۱۳/۸	۸۵/۳	۰/۸۱	۸/۳	۱۹/۶	۱۴	۸/۳
زیر حوضه۱۰	محل تلاقی شورچای پایین با قرنقو	۵۴۷/۲	۱۲/۲	۶۵/۹	۰/۹	۷/۶	۱۱/۹	۱۲/۹	۷/۶
زیر حوضه۱۱	قرنقو بعد از تلاقی با شورچای پایین	۳۰۲۰/۵	۱۳/۵	۸۸/۸	۰/۷۵	۸/۷	۲۱/۱	۱۴/۳	۸/۷
زیر حوضه۱۲	محل تلاقی مسیل قلعه جوق با قرنقو	۱۵۰/۶	۱۷/۸	۲۸/۵	۲/۷۳	۳/۵	۴/۸	۵/۹	۳/۵
زیر حوضه۱۳	قرنقو بعد از تلاقی با مسیل قلعه جوق	۳۵۱۵	۱۴/۵	۱۲۴/۴	۰/۷۷	۱۲/۳	۱۹/۹	۱۹/۵	۱۲/۳
زیر حوضه۱۴	قرنقو ایستگاه تونل هفتم	۳۶۴۱/۶	۱۴/۷	۱۳۹/۱	۰/۷۴	۱۳/۸	۲۰/۲	۲۱/۷	۱۳/۸
زیر حوضه۱۵	قرنقو بعد از تلاقی با شهرچای	۵۸۲۰/۴	۱۵/۲	۱۴۷/۲	۰/۶۹	۱۴/۷	۲۳/۶	۲۱/۷	۱۴/۷
زیر حوضه۱۶	قرنقو در محل اتصال به قزل اوزن	۷۷۲۶/۹۸	۱۳/۲۷	۱۵۴/۵	۰/۶۵	۱۵/۵	۲۵/۸	۲۲/۸	۱۵/۵

جدول ۲- ویژگی‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی محدوده مورد مطالعه

ایستگاه	موقعیت جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا (متر)	سال تأسیس (ه.ش)
	Utm_X	Utm_Y		
تکانلوی بالا	۶۶۷۹۴۷	۴۱۱۹۵۹۲	۱۷۸۶	۱۳۷۵
بداق بیک	۷۲۱۷۸۷	۴۱۲۳۳۱۶	۱۳۸۰	۱۳۷۷
چپینی	۶۸۱۵۰۰	۴۱۳۹۰۰۰	۱۶۵۰	۱۳۷۲
موتورخانه	۷۴۰۸۲۹	۴۱۴۰۵۰۰	۱۰۵۰	۱۳۳۴
تونل هفتم	۷۳۶۳۳۸	۴۱۴۲۵۹۳	۱۱۰۰	۱۳۳۴
سد سهند	۶۶۶۳۵۸	۴۱۴۳۱۲۵	۱۵۹۰	۱۳۷۷
پمپ بنزین	۷۳۵۲۰۲	۴۱۵۱۴۴۶	۱۱۰۰	۱۳۴۹
کوه‌سالار	۷۰۷۶۴۸	۴۱۵۶۲۶۵	۱۴۸۰	۱۳۴۹
چتاپ	۷۵۱۸۷۲	۴۱۵۶۳۷۷	۱۳۰۰	۱۳۷۲
آونلیق	۷۳۴۹۱۶	۴۱۵۷۵۱۳	۱۳۰۴	۱۳۶۷
ساری‌قمیش	۷۵۳۹۷۸	۴۱۷۴۲۱۵	۱۳۰۰	۱۳۷۳

جدول ۳- گروه هیدرولوژیکی خاک زیرحوضه

زیرحوضه	گروه هیدرولوژیکی خاک
سد سهند	B
سد کلقان	B
Gh3	C
Gh4	C
Gh6	B
Gh5	B
Gh8	B
Gh7	C
Gh10	C
Gh9	C
Gh13	C
Gh12	B
Gh14	B
شهرچای	B
آیدوغموش	C
Gh15	B
Gh16	B

جدول ٤- مقادیر دبی حداکثر سیلاب در زیرحوضه‌ها و تقاطع حوضه قرانقوچای- خروجی مدل HEC-HMS

نام زیرحوضه	دبی (مترمکعب بر ثانیه)				دوره بازگشت	
	۲ سال	۵ سال	۱۰ سال	۲۵ سال	۵۰ سال	۱۰۰ سال	۲۰۰ سال
سد سهند	۲۰/۳	۲۳/۶	۳۶/۲	۵۳/۲	۷۲/۱	۲۹۹/۴	۳۱۵/۸
outgoing-1	۲۰/۳	۲۳/۶	۳۶/۲	۵۳/۲	۷۲/۱	۲۹۹/۴	۳۱۵/۸
سد کلقان	۱۱/۴	۳۷	۴۷/۳	۶۱	۷۲/۱	۸۳/۴	۹۷
outgoing-1'	۱۱/۴	۳۷	۴۷/۳	۶۱	۷۲/۱	۸۳/۴	۹۷
Gh3	۴/۸	۲۸/۸	۵۱/۸	۸۵/۸	۱۱۴/۶	۱۴۶	۱۷۸/۹
Gh4	۰	۰/۳	۲/۲	۶/۶	۱۱	۱۵/۴	۲۲/۱
outgoing-2	۳۰	۶۲/۲	۹۱/۳	۱۳۵/۴	۱۷۴/۵	۳۷۱/۵	۴۰۸/۹
Gh6	۲/۵	۲۴/۱	۴۶/۵	۸۱/۵	۱۱۱/۶	۱۴۴/۲	۱۷۸/۷
Gh5	۰	۰/۱	۱/۱	۴	۷	۱۰/۶	۱۴/۸
outgoing-3	۲۹/۲	۶۲/۱	۹۱/۲	۱۳۵/۲	۱۷۴/۲	۳۶۶/۲	۴۰۴/۸
Gh8	۱۲/۸	۳۷/۲	۵۶/۸	۸۴/۸	۱۰۸	۱۳۲/۵	۱۳۴/۵
Gh7	۰	۰	۰	۰/۱	۰/۷	۱/۸	۳/۲
outgoing-4	۲۹/۱	۶۸/۷	۱۱۴	۱۸۳/۵	۲۴۳/۶	۳۶۵/۶	۴۰۴/۲
Gh10	۲/۳	۲۳/۳	۴۵	۷۸/۵	۱۰۷/۸	۱۵۷	۱۷۳/۷
Gh9	۰	۰	۰/۲	۱/۶	۳/۳	۵/۵	۸/۲
outgoing-5	۲۹/۱	۶۸/۶	۱۲۲/۴	۲۱۵/۲	۲۹۴/۹	۴۱۸/۱	۵۱۱/۴
Gh13	۰	۵/۷	۱۶/۹	۳۷/۵	۵۶/۷	۷۸/۴	۱۰۲/۷
Gh12	۰	۱/۶	۶	۱۴/۷	۲۲/۶	۳۲	۴۲/۴
outgoing-6	۲۸/۴	۶۹	۱۲۲/۵	۲۱۵/۴	۲۹۵/۴	۴۵۰/۹	۵۲۱/۷
Gh14	۰/۷	۱۱/۷	۲۳/۷	۴۲/۸	۵۹/۶	۷۸/۱	۹۷/۸
outgoing-7	۲۷/۷	۶۹	۱۲۲/۴	۲۱۵/۳	۲۵۹/۳	۴۵۰/۱	۵۲۱
شهرچای	۷۶/۱	۱۶۱/۴	۲۱۹/۲	۲۹۴/۴	۳۴۱/۶	۳۷۸/۶	۴۰۹/۲
آیدوغموش	۰	۶۱/۲	۱۰۸/۸	۱۷۲/۴	۲۱۹/۷	۲۶۶/۶	۳۱۶/۲
Gh15	۰	۱/۷	۴/۶	۹/۶	۱۴	۱۹	۲۴/۶
outgoing-8	۹۵/۹	۲۴۲/۱	۳۵۰/۷	۵۰۲/۱	۶۳۰/۲	۸۵۴/۳	۹۳۷/۶
Gh16	۰	۱/۸	۴/۲	۸/۴	۱۲/۲	۱۶/۴	۲۱
outgoing	۹۳/۴	۲۴۱/۳	۳۵۰	۵۰۱/۴	۶۲۹/۹	۸۵۳/۵	۹۳۳/۹

شناسایی مناطق سیل‌خیز و خطرساز در حوضه آبریز قرنقوچای

برای شناسایی مناطق سیل‌خیز، تحلیل حساسیت زیرحوضه‌ها برای سیل‌خیزی انجام شد. بـــرای بـررسی و شنـاخت روابـــط بین عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها، معمولاً از روش تحلیل حساسیت[1] استفاده می‌شود. بدین منظور پس از تعیین آبنمود سیل خروجی حوضه با مشارکت کلیه زیرحوضه‌ها، عوامل مورد نظر، به ترتیب در هر یک از زیر حوضه‌ها تغییر داده می‌شود تا تأثیر آن عامل در دبی اوج خروجی مشخص شود. به این ترتیب پس از هر بار اجرای مدل HEC-HMS، تأثیر این تغییرات در دبی اوج خروجی کل حوضه منعکس می‌گردد (نوری، ۱۳۹۱). با این روش ضمن شناسایی عوامل مؤثر، زیرحوضه‌ای که به این تغییرات حساسیت بیشتری نشان دهد نیز شناسایی می‌شود. در حوضه قرانقوچای، زیرحوضه‌ها و جزئیات اولویت تولید سیلاب برای دوره بازگشت ۱۰ سال در جدول (۵) آمده است.

1- Sensitivity Analysis

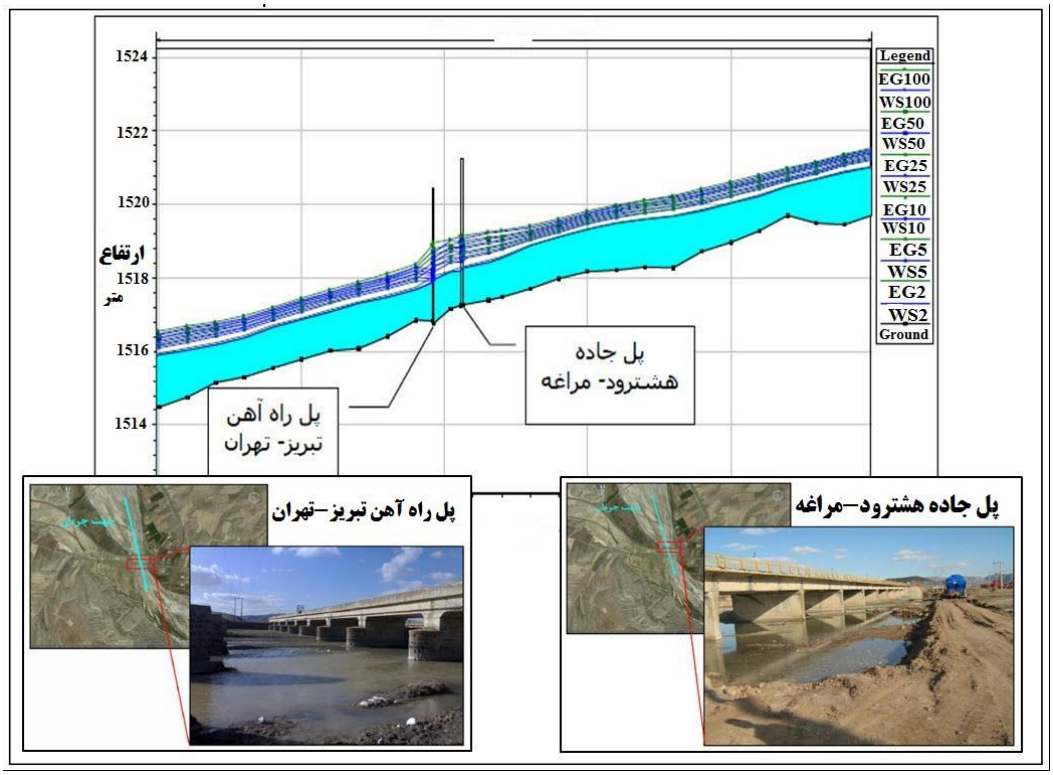
جدول ۵- اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها در تولید سیل خروجی حوضه قرانقوچای (دوره بازگشت ۱۰ ساله)

زیرحوضه	دبی زیرحوضه (مترمکعب برثانیه)	دبی خروجی با حذف زیرحوضه (مترمکعب بر ثانیه)	میزان مشارکت (مترمکعب بر ثانیه)	اولویت‌بندی واحدها
شهرچای	۲۱۹/۲	۱۳۹/۵	۲۱۰/۵	۱
سد کلقان	۴۷/۳	۳۰۱/۸	۴۸/۲	۲
سد سهند	۳۶/۲	۳۱۲/۸	۳۷/۲	۳
آیدوغموش	۱۰۸/۸	۳۱۴/۵	۳۵/۵	۴
Gh3	۵۱/۸	۳۲۵/۵	۲۴/۵	۵
Gh12	۶	۳۴۶/۶	۳/۴	۶
Gh13	۱۶/۹	۳۴۸/۲	۱/۸	۷
Gh4	۲/۲	۳۵۰	۰	۸
Gh6	۴۶/۵	۳۵۰	۰	۹
Gh5	۱/۱	۳۵۰	۰	۱۰
Gh14	۲۳/۷	۳۵۰	۰	۱۱
Gh16	۴/۲	۳۵۰	۰	۱۲
Gh8	۵۶/۸	۳۵۰	۰	۱۳
Gh10	۴۵	۳۵۰	۰	۱۴
Gh9	۰/۲	۳۵۰	۰	۱۵
Gh15	۴/۶	۳۵۰	۰	۱۶
Gh7	۰	۳۵۰	۰	۱۷

میزان آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه در مقابل وقوع سیلاب

رودخانه قرنقوچای به گونه‌ای قرار گرفته است که در برخی قسمت‌ها از وسط مناطق مسکونی روستاها گذشته و آن‌ها را به دو قسمت تقسیم نموده است و اهالی منطقه تحت این شرایط برای عبور از یک سمت روستا به سوی دیگر آن بایستی از عرض رودخانه عبور نمایند. بدین منظور در قسمت‌های مختلف رودخانه در این محدوده پل‌هایی چوبی، بتنی و یا با مصالح بنایی تعبیه شده است که در پاره‌ای موارد به صورت غیر اصولی بر روی رودخانه احداث شده‌اند و بهره برداری از آن‌ها صورت می‌گیرد. این سازه‌ها در مقابل وقوع سیلاب خطرپذیر بوده و نیاز به مراقبت و رسیدگی دارد زیرا در صورتی که دهانه‌های پل توانایی عبور سیلاب طراحی را نداشته باشند، سیلاب، سیلاب دشت‌های اطراف را پوشانده و موجب وارد آمدن خسارت به باغات، اراضی کشاورزی، منازل مسکونی و حتی راه‌های ارتباطی می‌گردد. در طول رودخانه قرنقوچای، سد سهند، پل روستای خرسانک، پل راه آهن تبریز- تهران، پل جاده هشترود – مراغه، پل اتوبان زنجان – تبریز، پل جاده قدیمی میانه- اسلام آباد، پل جاده قدیمی میانه- زنجان جزء سازه‌های در معرض خطر سیل‌گیری می‌باشد.

نتایج حاصل از اجرای مدل هیدرولیکی در پل محدوده جاده هشترود – مراغه و پل محدوده راه آهن تبریز – تهران در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل۳- سطح تراز آب با دوره بازگشت‌های مختلف در محل سازه‌های تقاطعی در مدل هیدرولیکی HEC- RAS

نتایج و بحث

محاسبات حاصل از اجرای مدل با روش پیشنهادی نشان داد که نحوه مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی لزوماً متناسب با دبی اوج زیرحوضه‌ها نبوده و زیرحوضه‌های با دبی اوج بیشتر ضرورتاً تأثیر بیشتری در سیل خروجی حوضه ندارند. بنابراین عوامل روندیابی آبراهه‌ها و موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها می‌توانند باعث تغییر در نحوه مشارکت گردند. در مواردی که مساحت زیرحوضه‌ها اولویت‌بندی سیل‌خیزی را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛

می‌توان این اولویت‌بندی را برای هر واحد سطح زیرحوضه انجام داد. شاخص تعیین شدت سیل‌خیزی به ازای واحد سطح حوضه، در اولویت‌بندی پیشنهاد ایستگاه‌های آب‌سنجی نیز باید ملاک عمل قرار گیرد (بی‌نام،۱۳۸۸).

موقعیت مناسب ایستگاه‌های سطح‌سنجی برای اجرای سیستم هشدار سیل تعیین و مشخصات هر یک از ایستگاه‌ها در جدول (۶) آورده شده است.

تعیین ظرفیت آبگذری و تراز بحرانی مقاطع جهت تعـین نقاط اعلام هشدار سیل

برای تعیین نقاط اعلام هشدار نیاز است که مناطقی که بیش از مناطق دیگر در معرض خطر بروز سیل می‌باشد شناسایی شده و دبی بحرانی و تراز آب در حالت بحرانی در نظر گرفته شود و به عنوان مناطق هدف جهت اعلام هشدار معرفی گردد (افتخاری، ۱۳۸۸).

لذا در این تحقیق بعد از تهیه مدل هیدرولیکی و مقاطع عرضی رودخانه براساس شرایط منطقه و در محل ایستگاه‌های سطح‌سنجی پیشنهادی سعی گردید که مقاطع پر شناسایی شده و تراز بحرانی نیز مشخص گردد.

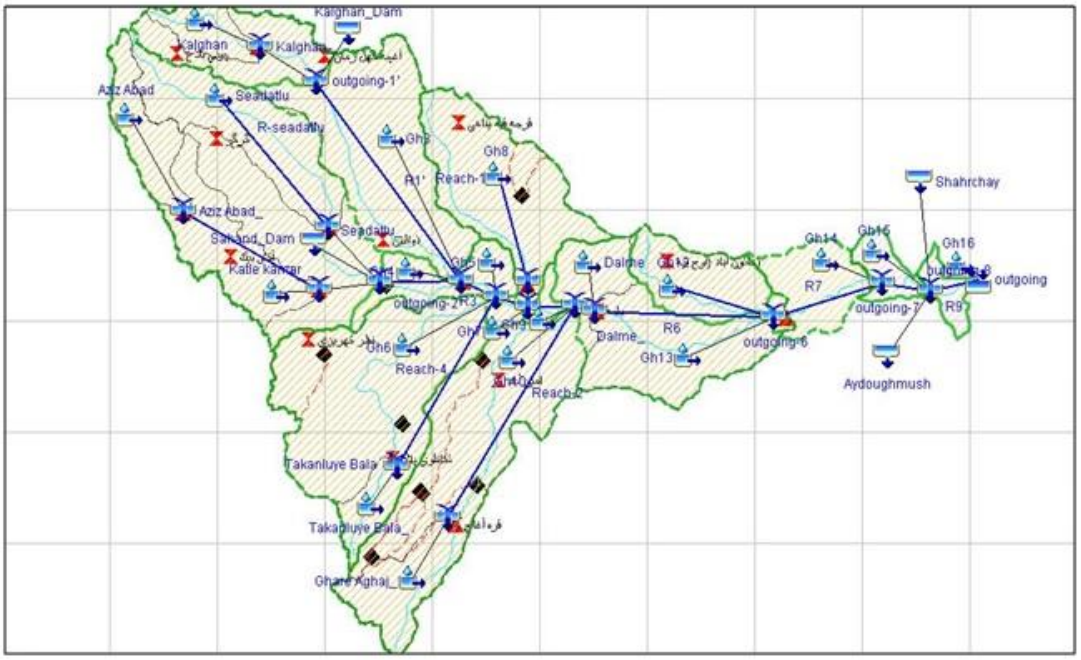
از طرفی برای تعیین آستانه بارش، بارندگی با تداوم یک ساعته با استفاده از مدل بارش – رواناب به‌گونه‌ای عمل شد که دبی در نقطه هدف به دبی آستانه برسد. در جدول (۷) نقاط خطرپذیر و هدف تعیین شده به همراه دبی بحرانی، سطح تراز آب و ارتفاع آب در حوضه‌های مورد مطالعه آمده است.

جدول٦- مشخصات ایستگاه‌های سطح‌سنجی پیشنهادی حوضه قرانقوچای و اولویت تعیین شده

ردیف	نام ایستگاه	پیشنهاد	موقعیت جغرافیایی		متصدی	اولویت
			Utm_X	Utm_Y		
۱	تکانلوی بالا	تجهیز	۶۷۰۳۴۹	۴۱۲۱۰۰۵	وزارت نیرو	۱
۲	چپینی	تجهیز	۶۸۱۵۰۰	۴۱۳۹۰۰۰	وزارت نیرو	۱
۳	سد سهند	تجهیز	۶۶۶۳۵۸	۴۱۴۳۱۲۵	وزارت نیرو	۱
۴	تونل هفتم	تجهیز	۷۳۶۳۳۸	۴۱۴۲۵۹۳	وزارت نیرو	۱
۵	عزیزآباد	تأسیس و تجهیز	۶۴۶۷۶۲	۴۱۴۴۳۰۱	جدید	۱
۶	سعادتلو	تأسیس و تجهیز	۶۵۹۳۸۸	۴۱۴۹۸۶۰	جدید	۱
۷	آغچه‌اوغلان	تأسیس و تجهیز	۶۷۲۶۲۶	۴۱۳۷۵۹۳	جدید	۲
۸	قلعه‌جیق	تأسیس و تجهیز	۷۲۱۱۰۴	۴۱۳۸۰۲۸	جدید	۱
۹	قره‌سفال	تأسیس و تجهیز	۶۸۶۱۸۳	۴۱۴۲۳۹۸	جدید	۱
۱۰	بیات	تأسیس و تجهیز	۶۷۷۴۳۸	۴۱۴۲۷۳۵	جدید	۲
۱۱	دلمه	تأسیس و تجهیز	۶۹۵۵۱۳	۴۱۳۸۹۶۱	جدید	۱
۱۲	کتله‌کمر	تأسیس و تجهیز	۶۵۸۰۳۰	۴۱۴۱۶۶۹	جدید	۱
۱۳	قره آغاج	تأسیس و تجهیز	۶۷۶۳۵۸	۴۱۱۱۰۳۷	جدید	۱
۱۴	کلقان-بهادر	تأسیس و تجهیز	۶۴۹۷۵۴	۴۱۷۳۴۰۴	جدید	۱

جدول۷- دبی بحرانی نقاط خطرپذیر و هدف تعیین شده- حوضه قرانقوچای

محل تعیین دبی مقطع پر	شماره مقطع	مختصات جغرافیایی	دبی بحرانی(مترمکعب بر ثانیه)	سطح تراز آب (متر)	ارتفاع آب (متر)
آقدره (بازه ۱)	۱۱۷۷۶۵/۱	X=۶۵۳۴۳۴,Y= ۴۱۵۹۶۷۲	۴۰	۱۷۷۰	۰/۵
سطح‌سنج سعادتلو (بازه ۱)	۱۰۴۸۷۳/۹	X=۶۵۹۳۸۸,Y= ۴۱۴۹۸۶۰	۵۳	۱۶۲۵	۰/۶
سطح‌سنج کلقان (بهادر) (بازه ۲)	۴۸۱۴۲/۰۸	X=۶۴۸۰۷۸,Y= ۴۱۷۳۱۹۶	۶۸	۲۰۴۶/۱۲	۰/۷
سلوک(بازه ۲)	۲۲۷۶۹/۰۲	X=۶۶۲۷۴۸,Y= ۴۱۵۷۳۵۹	۷۵	۱۶۸۰/۴۵	۰/۸۵
سطح‌سنج بیات(بازه ۱)	۷۷۸۴۵/۲۸	X=۶۷۷۴۳۸,Y= ۴۱۴۲۷۳۵	۷۰	۱۵۵۸/۱۸	۰/۹۵
روستای چپینی(بازه ۱)	۷۲۴۹۲/۹۳	X=۶۸۲۷۴۶,Y= ۴۱۳۸۹۶۱	۹۵	۱۵۵۵/۴	۱/۰۵
سطح‌سنج دلمه(بازه ۱)	۵۹۷۸۵/۷۲	X=۶۹۵۵۱۳,Y= ۴۱۳۸۹۶۱	۱۱۰	۱۴۳۵/۴	۱/۱
خروجی حوضه بعد از تلاقی با شهرچای(بازه ۱)	۶۵۷۷/۰۷۶	X=۷۴۰۱۰۶۴,Y= ۴۱۴۱۲۶۲	۱۸۰	۱۰۵۸/۵۲	۱/۲
سطح‌سنج تکانلوی بالا(بازه ۳)	۳۸۸۵۳/۳۷	X=۶۶۷۹۸۳,Y= ۴۱۱۹۶۶۲	۵۰	۱۷۹۱/۳	۱/۴
ایستگاه هشترود(بازه ۳)	۱۹۹۰۶/۰۶	X=۶۶۶۷۵۰,Y= ۴۱۳۲۱۴۱	۹۸	۱۵۹۵/۶	۱/۵۵
آغداق رود(بازه ۳)	۲۰۸۸/۷۶	X=۶۸۰۶۲۶,Y= ۴۱۳۹۸۱۴	۱۲۰	۱۵۱۳/۱	۱/۶
سطح‌سنج قره‌آقاج(بازه ۵)	۳۹۷۱۹/۲۳	X=۶۷۶۳۵۸,Y= ۴۱۱۱۰۳۷	۳۵	۱۸۰۵/۲	۱/۷
چوگان(بازه ۵)	۲۲۸۶۸/۳۹	X=۶۸۰۶۸۳,Y= ۴۱۲۴۸۷۱	۸۰	۱۷۰۱/۷۳	۱/۷۶
ورقه سفلی(بازه ۵)	۱۱۳۸۶/۹۹	X=۶۸۳۹۸۷,Y= ۴۱۳۵۱۹۲	۱۰۰	۱۵۹۵/۸۲	۱/۸
در نزدیکی محل اتصال به قرنقوچای(بازه ۵)	۲۸۵۵/۳۹	X=۶۹۱۰۸۳,Y= ۴۱۳۷۴۸۷	۱۲۰	۱۵۲۵/۸	۱/۹
سطح‌سنج قره سفال(بازه ۴)	۳۹۴۲/۶۸	X=۶۸۶۱۸۳,Y= ۴۱۴۲۳۹۸	۱۱۰	۱۵۳۵/۸	۱/۹۸
قلعه جیق نجف قلی خان(بازه ۶)	۱۱۰۶۶/۶۷	X=۷۱۰۰۳۵,Y= ۴۱۳۹۵۶۳	۱۳۰	۱۵۵۲/۴۹	۲



شکل ٤- مدل هیدرولوژیک سیستم هشدار سیل برای حوضه قرانقوچای با ریخت درختی

جدول ۸- معیار دسته‌بندی زمان پیش‌هشدار در نقاط هدف هشدار

کلاس	تعریف کلاس‌های زمان پیش‌هشدار
A	کمتر یا مساوی یک ساعت
B	بیش از یک تا سه ساعت
C	بیش از سه تا شش ساعت
D	بیش از شش تا نه ساعت
E	بیش از نه ساعت

تهیه مدل هیدرولوژیکی حوضه و تعیین زمان پیش‌هشدار در اجرای سیستم هشدار سیل

برای تهیه این مدل، بر روی ایستگاه‌های سطح‌سنجی پیشنهادی، سدها و بندهای احداث شده، حوضه آبخیز بسته شد و سپس ویژگی‌های فیزیکی این حوضه‌ها استخراج گردید. لازم به ذکر است که مساحت بندهای احداث شده در زیرحوضه‌ها به سبب جمع شدن رواناب حوضه بالادست در پشت این بندها و تأثیر کم آن در تولید رواناب زیرحوضه مورد مطالعه، از مساحت حوضه مطالعاتی کسر گردیده است.

مدل هیدرولوژیکی تهیه شده حوضه‌های مورد مطالعه برای اجرای سیستم هشدار سیل با ریخت درختی (نموگراف) و در محیط نرم‌افزار HEC-HMS 3.5 در شکل (۴) آورده شده است. موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی، سطح‌سنجی، سدها و بندهای احداث شده در زیرحوضه‌های مطالعاتی نیز در شکل (۴) آورده شده است.

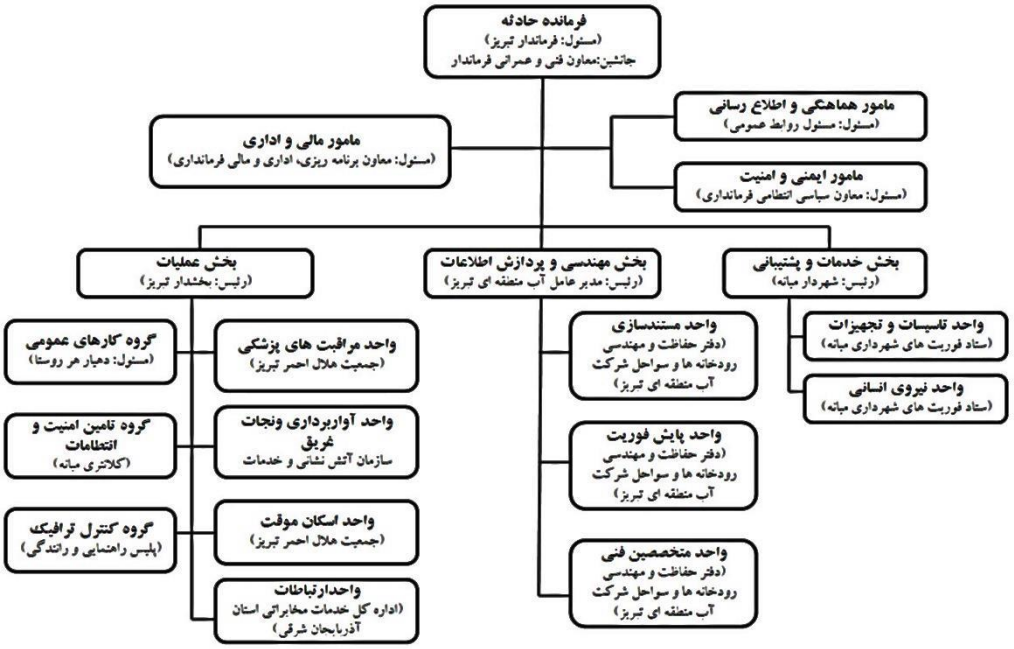
کیفیت پیش‌بینی سیلاب از طریق دقت پیش‌بینی و میزان زمان پیش‌هشدار تعیین می‌شود (بی‌نام، ۱۳۸۸). زمان پیش‌هشدار تابعی از نوع سیلاب است و ممکن است از یک مقدار خیلی کم در رابطه با تند سیلاب، تا هفته‌ها برای رودخانه‌های با شیب کم متغیر باشد. برای تعیین زمان پیش‌هشدار از مدل واسنجی شده بارش – رواناب حوضه مطالعاتی با یک سیلاب فرضی بحرانی استفاده می‌شود.

در ایستگاه‌های هواشناسی منطقه طرح، بارش‌های شدید رخ داده برابر با زمان تمرکز حوضه در نظر گرفته شده و الگوی آن با استفاده از مطالعات انجام شده (با استفاده از روش هاف[1]) تعیین و برای زیرحوضه‌ها تعریف گردید (بی‌نام ۱۳۸۷). فاصله زمانی بین اوج بارش فرضی و دبی اوج سیلاب در هر نقطه هدف، معیار تعیین زمان پیش‌هشدار در آن نقطه خواهد بود. براین اساس، زمان پیش‌هشدار در هر یک از نقاط هدف به‌دست آمد که با معیار جدول (۷) دسته‌بندی می‌شود و دسته‌بندی نقاط هدف هشدار بر اساس کلاس‌های تعریف شده زمان پیش‌هشدار در جدول (۸) اشاره شده است.

1-Huff

جدول ۹- دسته‌بندی نقاط هدف هشدار بر اساس کلاس‌های تعریف شده زمان پیش‌هشدار

کلاس زمانی پیش‌هشدار				
A	B	C	D	E
کلقان	-	کنگاور	کتله‌کمر	سعادتلو
		سعدی	سد سهند	قره سفال
		کوه‌سالار	بیات	دلمه
				قلعه‌جیق
				تونل هفتم



شکل ۵- چارچوب کلی سازمانی و تشکیلات مدیریت بحران سیل

شکل‌گیری ستاد حوادث در امر مدیریت بحران سیل

به منظور ایجاد آمادگی و هماهنگی بین مسئولین دستگاه‌های ذیربط در سه مرحلهٔ زمانی قبل و بعد از وقوع سیل طرح عمل اضطراری تهیه می‌شود که براساس آن تمهیدات سازمانی از قبل مشخص شده‌ای مانند تخلیه شهرها و روستاها یا بستن جاده‌ها و ... به مورد اجرا گذاشته می‌شود تا خسارت‌های و خصوصاً تلفات ناشی از سیل به حداقل برسد (خلیلی زاده، ۱۳۸۲). مقابله با سیلاب به معنی انجام اقدامات فوری در زمان وقوع سیلاب است که این اقدامات بایستی بر مبنای برنامه‌ریزی مناسب از سوی دولت‌ها قانونگذاری شوند (بیگ لی و موگلن[1]، ۲۰۰۳). در هر روستا بایستی ستاد حوادث روستا تشکیل گردد تا از این طریق بتوان سازماندهی مناسب در هنگام بروز حادثه را شاهد بود. لازم است برای هر یک از افراد عضو ستاد حوادث روستا وظایفی تعیین گردد، که این شرح وظایف بایستی در هر سه مرحله مدیریت بحران (آمادگی، مقابله و بازیابی) به چشم بخورد (بنی حبیب، ۱۳۸۶). در نمودار شکل (۵) چارچوب کلی سازمانی و تشکیلات مدیریت بحران سیل در سطح کلی عملیات هشدار نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری

سیستم‌های هشدار سیل یکی از روش‌های شاخص مدیریت سیلاب می‌باشد که در کنترل سیل از طریق اعمال سیاست بهره‌برداری زمان واقعی از مخازن نقش اساسی دارد. آن‌چه در کنار مدیریت سیستم و هشدار به موقع اثر زیادی در کاهش خسارت-های جانی دارد انجام عملیات به موقع اضطراری برای پاسخ به وقوع سیل توسط مردم، مسئولین و دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط می‌باشد. حساسیت و اهمیت انجام این عملیات به قدری است که اگر درست و به موقع تعریف نشود خسارت‌های زیادی را در پی خواهد داشت. ایجاد سیستم هشدار سیل تأثیر مثبتی در وضعیت اقتصادی و اجتماعی منطقه مورد مطالعه به همراه خواهد داشت که از جمله آن می‌توان به افزایش امنیت اهالی برای اسکان در حاشیه رودخانه اعم از سکونت و بهره‌برداران از اراضی کشاورزی

1- Moglen

اشاره نمود. همچنین با اجرای طرح و احداث پل‌های ارتباطی جهت تردد اهالی و تسهیل در حمل و نقل محصولات کشاورزی و غیره، زمینه را برای ماندگاری بهره‌برداران و آبادانی روستاها و در نتیجه کاهش مهاجرت فراهم خواهد شد. تأثیر مهم اجرای سیستم هشدار سیل، از دید منافع ملی، هدایت فنی و اصولی آب از طریق رودخانه برای مصارف بهینه در امر کشاورزی و ذخیره‌سازی در مخزن سدها می‌باشد. همچنین عوامل کاهش مهاجرت (باعث کاهش حاشیه‌نشینی در شهرهای بزرگ به ویژه در تبریز می‌شود)، آبادانی روستاها و افزایش درآمد بهره‌برداران می‌تواند در وضعیت اقتصادی و اجتماعی منطقه تأثیر به‌سزایی داشته باشد. از آنجایی که از کل جمعیت روستایی و شهری سال ۱۳۹۰ منطقه مورد مطالعه که ۲۷۹۳۷۳ نفر می‌باشند، ۴۰۹۹۲ نفر(معادل ۱۱۲۶۳ خانوار) یعنی حدود ۱۴/۵ درصد جمعیت محدوده در معرض خطر قرار گرفته‌اند، همچنین به دلیل رشد پایین جمعیت و به خصوص مهاجرت بالا در منطقه، حساسیت ایجاد سیستم هشدار سیل به منظور ایجاد امنیت و کاهش خسارت‌های سیل به ساکنین مناطق سیل گیر و مدیریت آن از اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشد. با توجه به مطالعات اجتماعی انجام شده در مقاله حاضر، جمعیت بالای میان‌سال و جوان و سطح سواد بالا در منطقه، می‌توان از اهالی روستا به بهترین نحو در راستای مدیریت بحران در قالب شورا، دهیار، بسیج و بهورز استفاده نمود و با ترویج و ارائه آموزش‌های لازم به اهالی و تیم بحران و امداد و نجات اقدامات پیشگیرانه در مواقع سیل را انجام داد. همچنین با توجه به وجود نیروهای جوان و فعال و نیز نسبت جنسی بالا در منطقه، سیستم‌های هشدار سیل خودکار و نصب تابلوهای هشدار در محدوده پیشنهاد می‌شود. همچنین علاوه بر آن استفاده از بیمه سیلاب، نصب بلندگو و آژیر صوتی در مسجد روستاهای محدوده به ویژه روستاهای پایین دست و مشارکت مردمی در زمینه‌های مختلف از جمله نصب و نگهداری تجهیزات سیستم هشدار سیل از قبیل بلندگو، دکل‌های مخابراتی و تجهیزات پشتیبانی از قبیل ترافیک و حمل و نقل را می‌توان انتظار داشت.

پیشنهادها

در اجرای صحیح سیستم هشدار سیل مهم‌ترین بحث، آموزش مردم مطابق با فرهنگ، گویش و لهجه مردم محلی می‌باشد. زیرا باران‌سنج‌ها و سطح‌سنج‌ها و آژیرهای نصب شده در محل نیاز به مراقبت دارد. از طرفی مردم بایستی به هشدارهای رسیده به روستا اعتماد کرده و روستا را تخلیه کنند. لذا برگزاری دوره‌های آموزشی و مانورهای همگانی در مناطق سیل‌خیز پیشنهاد می‌گردد تا کارایی هرچه بهتر این سیستم‌ها پر رنگ شود.

منابع

۱- آذری، ح. ۱۳۸۸. شبیه‌سازی و هشدار سیل با تلفیق مدل‌های آبشناس در GIS و برآورد بارش از طریق سنجش از دور. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۳ (۹): ۵۱-۳۹.

۲- افتخاری، ع. ۱۳۸۸. ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC- GEO RAS در محیط GIS (مطالعه موردی: روستاهای حوضه گرگانرود). مجله توسعه روستایی، ۱ (۱): ۱۸۲-۱۵۷.

۳- امیر احمدی، الف. ۱۳۹۰. ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه‌ی پایدار شهری. فصلنامه آمایش محیط، ۷ (۱۶): ۳۲-۱۷.

۴- برزگر، ز. ۱۳۹۱. مقابله نشانه‌ها و کدهای تصمیم‌گیری در سازمان پیش‌بینی سیلاب. سازمان آبفای منطقه ۶ تهران، دوره آموزشی.

۵- بنی حبیب، م. ۱۳۸۶. ارزیابی مدل HEC-HMS در تعیین زمان پیش‌هشدار حوضه گلابدره – دربند. مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه ساری، مهر ماه.

۶- بنی حبیب، م. ا. ۱۳۸۸. ارزیابی اثر سناریوهای گوناگون کاربری اراضی حوضه روی زمان پیش‌هشدار سیلاب شمال تهران. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳ (۷): ۱۴-۷.

۷- بی نام. ۱۳۸۷. گزارش بررسی و تحلیل رگبارهای ایستگاه‌های باران‌سنجی ثبات ایران.

۸- بی نام. ۱۳۸۸. پیش‌نویس راهنمای جامع مطالعات طرح، بهره‌برداری و نگه‌داری سامانه پیش‌بینی و هشدار سیل، نشریه ۳۴۷ الف، معاونت امور آب و آبفا، وزارت نیرو، ۲۹۳صفحه.

۹- حاجی بیگلو، م. ۱۳۹۱. امکان‌سنجی برپایی سیستم هشدار سیل در رودخانه با رویکرد تحلیل خسارت در حوضه رودخانه دوغ در استان گلستان. نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۰- حیدری، ع. ۱۳۹۰. پیش‌بینی و کنترل زمان واقعی سیل. طرح بهره‌برداری بهینه از سیستم رودخانه‌های دز و کارون. گزارش بهینه‌سازی حجم کنترل سیل.

۱۱- خدایی، ه. ۱۳۸۵. پیش‌بینی و هشدار، ابزاری کارآ برای همزیستی با سیلاب. کارگاه فنی همزیستی با سیلاب، مهندسان مشاور کُریت کارآ.

۱۲- خلیلی زاده، م. ۱۳۸۲. ارزیابی خطر و مدیریت سیلاب در شهر گرگان. پایانه‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبخیزداری، دانشگاه گرگان، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۱ صفحه.

۱۳- سادات آشفته، پ. ۱۳۸۸. تأثیر عدم قطعیت تغییر اقلیم بر رژیم سیلاب – مطالعه موردی حوضه آیدوغموش واقع در آذربایجان شرقی. مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۲ (۵): ۳۹-۲۷.

۱۴- کارآموز، م. ۱۳۷۸. ساختار سیستم‌های هشدارسیل. کارگاه آموزشی مدیریت سیلاب وسیستم‌های هشدارسیل، دانشگاه تربیت مدرس، کمیته مدیریت سیستم‌های هیدرولیکی انجمن هیدرولیک ایران.

۱۵- نوری، ف. ۱۳۹۱. ارزیابی مدل HEC HMS و WMS در پیش‌بینی سیلاب حوضه آبریز قروه. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۴ (۱۹): ۲۱۰-۲۰۱.

۱۶- ولایتی، س. ۱۳۸۶. اهمیت مدیریت ریسک سیلاب در برنامه‌ریزی روستایی (مطالعه موردی: حوضه آبریز کارده). مجله جغرافیا و توسعه، ۵ (۷): ۵۴-۳۹.

17- Atiq, M., Tariq, R. and N. Giesen. 2012. Floods and flood management in Pakistan. Physics and Chemistry of the Earth, 4(5): 11-20.

18- Barkhordari, J., Talvari, A., Giasi, N. and H. Rastegar. 2006. Investigation of application and evaluation of unit hydrograph in flood estimation in Sykhoran watershed in Hormozgan Province. Journal Res. and Cons, 71: 57-65.

19- Beighley, R.E. and G. E. Moglen. 2003. Adjusting measured peak discharges from an urbanized watershed to reflect a stationary land use signal. Water Resources Research, 39(15): 1093-1104.

20- Garambois, P. A., Larnier, K., Roux, H. D. and D. Labat. 2014. Analysis of flash flood-triggering rainfall for a process-oriented hydrological model. Atmospheric Research, 137(14): 14-24.

21- Lawrence, J., Reisinger, A., Mullan, B. and J. Bethanna. 2013. Exploring climate change uncertainties to support adaptive management of changing flood-risk. Environmental Science & Policy, 33(23): 133-142.

22- Shaban zadeh, H. 2005. Integrated flood management: A case study, Journal of Water Resources Planning and Management, 6(125): 314-324.

23- Stephen, R. 2002. Hydrologic investigation by the USGS following the 1996 and 1997 flood in the upper Yellow stone river, Montana. American Water Resources Association, Annual Montana Section Meeting, 14(8): 1-18.

24- Tsung, Y., Yi-Ting, Y. and K. Hung-Chi. 2013. Improvement of watershed flood forecasting by typhoon rainfall climate model with an ANN-based southwest monsoon rainfall enhancement, Journal of Hydrology, 22(6):633-645.

25- Yang, C. R. and C. T. Tsai. 2000. Development of a GIS based flood information system for flood plain management and damage calculation. Journal of the American Association, 3(36):567-577.

26- Yongfei, Li. and Ge Yu. Ya Guo. 2013. An analysis of extreme flood events during the past 400 years at Taihu lake, China. Journal of Hydrology, 500(156): 217-225.