پژوهش‌های جغرافیای طبیعی – شماره۶۵، پاییز ۱۳۸۷
صص ۶۰ – ۵۱

پتانسیل تولید سیل در حوضه های آبخیز با استفاده از مدل HEC_HMS در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی(مطالعه موردی حوضه معرف کسیلیان)

کریم سلیمانی* – دانشیار مرکز سنجش از دور دانشگاه مازندران
محمد بشیر گنبد – کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران
سید رمضان موسوی – مربی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران
شهرام خلیقی – استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۱۲/۷ تایید نهایی: ۱۳۸۶/۸/۳۰

چکیده

سیل یکی از بلایای طبیعی است که اغلب مناطق کشور را تحت تاثیر قرار داده و موجب وارد آمدن خسارت می‌گردد. لذا شناسایی اصولی مناطق با پتانسیل تولید سیل از جمله اقدامات بسیار مهم در کاهش خسارات ناشی از آن می باشد. در این مطالعه نقش روندیابی سیل در تفکیک و شناسایی مناطق سیل خیز پس از برآورد دبی زیر حوضه‌ها در آبراهه‌های اصلی تا خروجی کل حوضه بررسی شد. بدین منظور حوضه آبخیز کسیلیان که حوضه معرف البرز شمالی است به ۳ زیر حوضه تقسیم گردید و خصوصیات فیزیکی کل حوضه و زیر حوضه‌ها از طریق GIS و الحاقیه HEC-GeoHMS تعیین شد.با کاربرد روش تکرار حذف انفرادی زیر حوضه هیدروگراف‌های سیل متناظر با بارش، برای هر یک از زیر حوضه‌ها محاسبه و سپس با حذف متوالی زیر حوضه‌ها میزان تاثیر هر یک از آن ها در تولید سیل خروجی بدست آمد. زیر حوضه‌ها به ترتیب نقش آن ها در سیل خروجی اولویت‌بندی گردیدند نتایج نشان داد که میزان مشارکت زیر حوضه‌ها در سیل خروجی متناسب با دبی اوج نبوده و لزوماً زیر حوضه‌هایی که دبی بیشتری دارند، بیشترین مشارکت را در سیل خروجی حوضه ندارند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل تولید سیل، GIS، مدل HMS، حوضه کسیلیان، مازندران

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

سیلاب را می توان یکی از پیچیده ترین رخدادهای امروزی به حساب آورد که بیش از هر بلای طبیعی دیگر، جان و مال انسانی را به مخاطره می اندازد. از همین رو، شاید یکی از آشناترین لغات فرهنگ کشور ایران به حساب آید. دربررسی به عمل آمده اخیر، رشد سالیانه حوادث سیل طی دوره ۱۳۳۱ تا ۱۳۷۰ حدود ۴ درصد و رشد سالیانه خسارات مالی آن در دوره مذکور حدود ۶ درصد بوده، از طرفی میزان رشد تعداد حوادث سیلاب در دهه‌های ۳۰ تا ۷۰ به ترتیب ۱۳۱، ۱۷۵ و ۲۲۹ درصد بوده است(صادقی، ۱۳۷۴، ۱۴). با توجه به این که حوضه کسیلیان یک منطقه جنگلی است که به مرور زمان در اثر افزایش جمعیت روستاها بر میزان وسعت سایر اراضی

* نویسنده مسئول : ۰۹۱۱۱۵۲۱۸۵۸
E-mail: solaimani2001@yahoo.co.uk

در حوضه افزوده شده و از وسعت جنگل ها کاسته می شود، سیلاب‌های با دبی اوج بیشتری تولید می شود و زندگی اهالی را تحت تاثیر قرار می دهد، به همین دلیل لزوم شناخت مناطق خطر ساز ضروری به نظر می رسد.

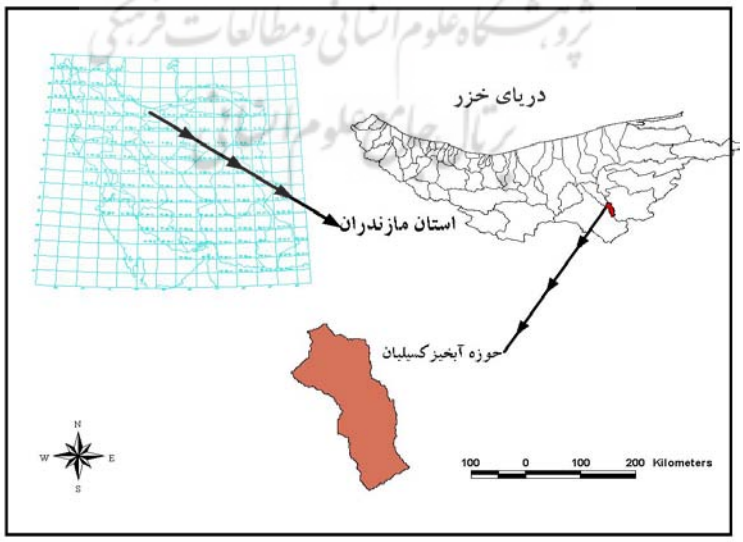
کریستوفر[1] و همکاران(۲۰۰۱، ۴)، در مطالعه‌ای با استفاده از HEC-GeoHMS و HEC-HMS با ایجاد شبکه آنالیز هیدرولوژیکی در حوزه های آبخیز، مدل‌های توزیعی، نیمه توزیعی و یکپارچه را مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که نتایج مدل سازی جواب‌های معقولآن های را با سیلاب مشاهده‌ای و حجم کل رواناب نشان می دهد. استون[2] و میدمنت(۲۰۰۱، ۱۷۳)، با استفاده از پیش پردازشگرCRWR-PREPRO اقدام به تولید ورودی‌های مدل حوضه نمودند و در سیستم مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS عملیات کالیبراسیون مدل را اجرا نموده و در آخر مدل هیدرولوژیک برای تجزیه و تحلیل سیل را طراحی نمودند. محمدی(۱۳۸۱، ۵۸) و سلیمانی و همکاران (۲۰۰۵، ۷) با استفاده از GIS به ایجاد رابطه بین بارش و رواناب پرداختند. پقه و همکاران (۱۳۸۲)، با استفاده از مدل HEC-HMS و ۶ رویداد بارندگی و سیل و به کارگیری روش شماره منحنی در بخش تلفات، روش هیدروگراف واحد در تبدیل بارش به رواناب و ماسکینگام کانژ ۸ نقطه‌ای در روند یابی سیل، نتیجه گرفتند که علاوه بر مساحت، موقعیت مکانی و همزمانی یا عدم همزمانی دبی اوج هر زیر حوضه با سایر زیر حوضه‌ها، نیز در مشارکت نهایی آن ها در دبی اوج کل حوضه نقش دارد. خلیقی(۱۳۸۳، ۲۰۵-۱۶۰)، از مدل شماره منحنی برای تبدیل بارش به رواناب و از روش ماسکینگام در محیط نرم افزار HEC-HMS برای روندیابی استفاده نمود. نتایج نشان داد در اثر تغییر کاربری به وجود آمده در حوضه مورد مطالعه، دبی اوج سیل بیشتر از حجم سیل افزایش یافته و زمان تمرکز، زمان تأخیر و زمان تا اوج کاهش یافته است.

همچنین می توان به نتایج کامرون و آکرمن[3] (۲۰۰۰)، در بررسی رودخانه تری‌راس در آریزونیا، لاین و همکاران[4] (۲۰۰۱)، در کارولیای شمالی، هیل[5] (۲۰۰۱)، در پهنه‌بندی خطر سیل در منطقه آریزونا، بیر[6] (۲۰۰۲)، در مهندسی رودخانه به ویژه در حوضه‌های بزرگ و اعمال بهترین روش مدیریتی، آدام[7] (۲۰۰۳)، در مقایسه رژیم رودخانه‌های جنگلی و خارج‌جنگلی با استفاده از مدل HEC-RAS و الحاقیه HEC-GeoRAS، در این زمینه اشاره نمود. در غالب منابع فوق و همچنین مفهوم مناطق مولد متغیر رواناب، مکانیسم تولید رواناب بدون در نظر گرفتن تاثیر تلفیقی مشارکت رواناب مناطق(زیر حوضه ها) در خروجی حوضه آبخیر مورد بررسی قرار می‌گیرد. در حالیکه رواناب تولید شده در سطح زیر حوضه‌ها تا رسیدن به خروجی حوضه تحت تاثیر متقابل عوامل مختلف و نیز اثر روندیابی در رودخانه دستخوش تغییراتی می گردد که اولویت بندی زیر حوضه‌ها را از نظر سیل خیزی تحت تاثیر قرار می دهد. در شناسایی مناطق با پتانسیل تولید رواناب، پدیده‌های روندیابی زیرحوضه‌ها و روندیابی هیدروگراف زیر حوضه ها تا محل خروجی کل حوضه اهمیت پیدا می کند. چرا که

[1]- Christopher
[2]- Stone
[3]- Cameron and Acherman
[4]- Lin et all
[5]- Hill
[6]- Barr
[7]- Adam

لزوما مناطق با پتانسیل تولید رواناب بالا در سطح حوضه با توجه به موقعیت مکانی خود تا محل خروجی کل حوضه رفتار خطی از خود بروز نمی دهند. در جریان انتقال دبی‌های اوج مناطق بالادست به طرف پایاب حوضه، به دلیل عبور از دشتهای سیلابی ممکن است بخش قابل توجهی از حجم جریان به طور موقت در بستر اصلی و دشت‌های سیلابی نگهداری شوند که این حالت برای تمام زیر حوضه‌ها وجود نداشته باشد. این بخش از دبی اوج که در کناره‌ها ذخیره می شوند ارتفاع پیک را کاهش داده و زمان پایه هیدرو گراف را طولانی‌تر می کند. از طرف دیگر ممکن است پس از روندیابی در آبراهه‌های اصلی، به دلیل همزمانی حضور دبی دو یا چند زیر حوضه در محل خروجی کل حوضه و تاثیرات متقابل آن ها بر یکدیگر، نحوه مشارکت آن ها در سیل خروجی حوضه دستخوش تغییراتی گردد. به این ترتیب هر چند تفکیک مکانی مناطق همگن برای بررسی پتانسیل تولید رواناب در قالب زیر حوضه‌ها از اهمیت خاص برخوردار است. بنابر این در این تحقیق سعی شد باروند یابی هیدروگراف زیر حوضه ها تا خروجی کل حوضه میزان مشارکت آن ها را در ایجاد سیل خروجی حوضه تعیین و زیر حوضه ها را از نظر سیل خیزی اولویت بندی نمود.

حوضه معرف کسیلیان به عنوان بخشی از رودخانه تالار و با مختصات طول جغرافیایی ۵۳ و ´۱۸ تا ۵۳ و ´۳۰ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ و ´۵۸ تا ۳۶ و ´۷ شمالی در رشته کوه های البرز مرکزی در استان مازندران واقع شده است(شکل ۱). این حوضه از شمال به کوه های ستیک و چهار تب با ۱۱۰۰و ۱۷۹۰ متر ارتفاع، از جنوب به کوه های میروزاد و گلراد با ۲۷۰۰ و ۳۳۴۹ متر ارتفاع، از غرب به کوه گتوجا با ۲۰۴۳ متر ارتفاع از شرق به کوه چهار تب با ۱۶۱۳ متر ارتفاع محدود می گردد. حوضه معرف کسیلیان با مساحت ۶۸ کیلومتر مربع به سه زیر حوضه ولیک چال، سنگده و سربند تقسیم شد. خروجی حوضه در محل ایستگاه ولیک بن با ارتفاع ۱۱۲۵ متر می‌باشد. بارندگی متوسط حوضه ۷۹۱ میلیمتر و متوسط دما ۱۱,۱۵درجه سانتیگراد می باشد.



شکل ۱ موقعیت حوضه معرف کسیلیان

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از روش شبیه سازی هیدرولوژیکی در تبدیل بارش_رواناب در سطح زیر حوضه‌ها و نیز روندیابی آبراهه‌های اصلی به منظور استخراج هیدروگراف سیل خروجی حوضه استفاده شده است که مراحل آن به شرح زیر است:

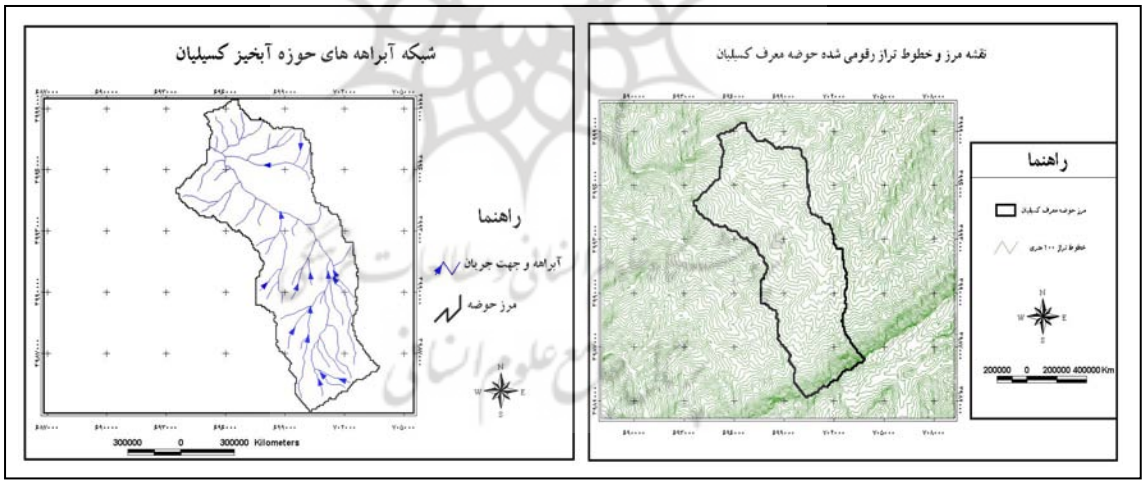
نقشه حوضه: با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی و الحاقیهٔ HEC-GeoHMS در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به دست آمد و بر اساس ویژگی های عرصه مورد نظر به سه زیر حوضه تقسیم شد.

مدل ارتفاعی رقومی(DEM)[8]:با استفاده از خطوط تراز رقومی شدهٔ نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ در محیط نرم افزار اردس[9] نسخه ۸,۵ ایجاد شد. اندازه سلول ها با توجه به دقت و مقیاس نقشه ورودی تعریف شد (شکل ۲).

نقشه کاربری اراضی: نقشه های پوشش گیاهی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (چاپ ۱۳۷۵ وزارت کشاورزی سابق) شیت های قائم شهر و سمنان که در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی رقومی شد.

نقشه گروه های هیدرولوژیک خاک: با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ بایگانی بخش مطالعات آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران که در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی رقومی شد.

نقشه شماره منحنی(CN)[10] *حوضه*: با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و نقشهٔ گروه های هیدرولوژیک خاک در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی تولید شد.



شکل ۲ نقشه توپوگرافی رودخانه کسیلیان (راست) و شبکه زهکشی همراه با زیر حوضه ها (چپ)

داده های بارش و سیلاب: آمار دبی روزانه و ساعتی ایستگاه ولیک بن، و نیز آمار بارش روزانه و ساعتی ایستگاه های باران سنجی و کلیماتولوژی، از سازمان تحقیقات منابع آب(تماب) که متولی این حوضه است تهیه شد(جدول

[8]- Digital Elevation Model
[9]- Erdas Imagine
[10]- Curve Number

۱). در این مورد از دو روش کالیفرنیا و روش انجمن حفاظت خاک آمریکا (ΣXΣ) استفاده شد که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در محاسبه پارامترهای هر یک از این روش ها تفاوت چندانی در نتایج مشاهده نگردید.

جدول ۱ برخی خصوصیات زیر حوضه های حوضهٔ

ردیف	زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	زمان تمرکز دقیقه) کالیفرنیا	زمان تاخیر (دقیقه)
۱	لیک چال	۱۴,۲۲۶	۴۱	۲۵
۲	سنگده	۳۳,۱۱۵	۷۶	۴۶
۳	سربند	۲۰,۰۹۰	۳۵	۲۰

مدل HEC-HMS[11] سیستم مدل هیدرولوژیک گروه مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا، نرم افزار نسل جدید برای شبیه سازی بارش–رواناب است که جایگزین بسته نرم افزاری هیدروگراف سیل HEX–λ شده است. این برنامه شامل یک سطح گرافیکی برای کاربر، اجزاء آنالیز پیشرفته هیدرولوژی، ذخیره داده ها و ابزار مدیریتی و برنامه های سودمند گرافیکی و گزارشی می باشد. این مدل، حوزه آبخیز را به‌عنوان یک سیستم به هم پیوسته با مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می دهد. هر مؤلفه مدل، یک جنبه از فرایند بارش–رواناب را در داخل بخشی از حوضه، که معمولاً به‌عنوان زیر حوضه در نظر گرفته می شود، نشان می دهد. به عبارت دیگر مؤلفه‌های مختلفی برای شبیه سازی سیستم فیزیکی حوضه ترکیب می شوند و هر مؤلفه قسمتی از محاسبات لازم برای یک هیدروگراف کامل، انجام می دهد.

HEC-GeoHMS یکی از الحاقیه هایی است که توسط ادارهٔ مهندسی ارتش ایالات متحده تولید شده است. این الحاقیه آنالیز داده های رقومی ارتفاعی و تبدیل مسیر های زهکشی و مرز حوضه را به ساختاری که حوزه آبخیز بتواند به بارندگی پاسخ دهد به عهده دارد. قابلیت‌های متفاوت آن نیز به کاربر این برنامه اجازه می دهد تا ساختاری از هیدرولوژیِ حوضه با ایستگاه های هیدرومتری، ساختارهای هیدرولیکی و سایر نقاط کنترل را شبیه سازی کرده و با ارسال به محیط سامانه مدلسازی هیدرولوژیک سایر آنالیز های هیدرولوژیکی را انجام دهد.

سامانه مدل سازی هیدرولوژیک مجهز به قابلیت کالیبره کردن خودکار در دامنه های مورد نظر می باشد. این تغییر تا زمانی که بهترین تطبیق هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه سازی حاصل شود ادامه پیدا می کند و مناسبترین مقادیر پارامترهای واسنجی ارائه می‌شود. در مرحله واسنجی به لحاظ اهمیت دبی اوج در وقایع سیل، حداکثر دبی به عنوان شاخص کالیبراسیون مد نظر قرار گرفت. با توجه به انتخاب روش هیدروگراف ΣXΣ برای تبدیل بارش–رواناب، تلفات اولیه(I_a) و زمان تاخیر (T_{lag}) به عنوان پارامترهای واسنجی در نظر گرفته شدند و شماره منحنی وزنی زیر حوضه‌ها از نقشه شماره منحنی(CN) استخراج گردید. با توجه به عدم امکان شبیه سازی ذوب برف, در مرحله واسنجی، دبی های سیلابی که عمدتاً در فصل پائیز و تابستان به وقوع پیوسته‌اند, مد نظر قرار گرفت لذا

[11]- Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System

تعدادی از وقایع سیل حذف گردید و سیل های مورد بررسی محدود به سیل های ناشی از باران گردید. بعد از حذف داده‌های مشکوک و ناقص، دو رگبار قابل قبول برای واسنجی مدل به دست آمد با توجه با این که رویداد ۱۳۷۴/۳/۲۶ در شرایط رطوبتی متوسط بوده و سایر رویدادها در شرایط رطوبت پیشین خشک هستند، این رویداد در کالیبراسیون دخالت داده نمی‌شود. یکی از سه رویداد باقی مانده نیز برای اعتبار یابی کنار گذاشته میشود که این رویداد عموماً رویدادی است، که هیدروگراف شبیه سازی شده و مشاهداتی آن اختلاف زیادی تری نسبت به سایر وقایع دارد. پس در این تحقیق عملاً دو رویداد برای کالیبراسیون مورد استفاده قرار گرفت(جدول ۲).

جدول ۲ پارامترهای محاسباتی و کالیبره در حوضه کسیلیان

زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	طولانی ترین مسیر جریان (کیلومتر)	شماره منحنی (شرایط رطوبتی خشک)	زمان تاخیر (دقیقه)		تلفات اولیه (میلیمتر)	
				کالیبره	محاسباتی	کالیبره	محاسباتی
سربند	۲۰,۰۹۰	۷,۶۵	۴۷	۲۵	۲۰	۵۰	۵۷,۲
سنگده	۳۳,۱۱۵	۱۱,۲۷	۵۰	۵۰	۴۶	۴۸	۵۰,۸
ولیک چال	۱۴,۲۲۶	۶,۱۴	۶۰	۲۶	۲۵	۳۰	۳۳,۸۶

برای روندیابی سیل در رودخانه از روش ماسکینگام[12] استفاده گردید. برای این کار کافی است پارامترهای ماسکینگام(K و x) برآورد شود. K ضریب ذخیره است که نسبت ذخیره به دبی خروجی را بیان می کند و واحد آن بر حسب زمان می باشد. مقدار این پارامتر در سامانه اطلاعات جغرافیایی از طریق رابطه ۱ به دست می آید:

$$K = L/V$$ رابطهٔ (۱)

که در آن L طول بازه و V سرعت متوسط آب می باشد.

جهت تعیین x که مقدار آن بین ۰,۵ – ۰,۰ می باشد از رابطه ۲ استفاده می شود:

$$X = \frac{S^{1/2}}{NP^{2/3}}$$ رابطهٔ (۲)

S: شیب رودخانه بر حسب متر به متر

N: ضریب زبری مانینگ

P: محیط خیس شده

مقدار X برای شبکه های رودخانه اصلی ۰,۲ در نظر گرفته و K نیز با توجه به رابطهٔ (۱) به دست آمد.

[12] - Muskingum

یافته‌های پژوهش

در این مرحله اطلاعات ورودی به مدل کامل بوده لذا پس از صدور دستور شبیه سازی برای این بارش, مدل پس از محاسبه حجم بارش در کل حوضه و به تفکیک برای هر یک از زیر حوضه‌ها، میزان تلفات اولیه را از آن کسر می نماید. سپس ارتفاع رواناب را بدست آورده و پس از محاسبه هیدروگراف واحد مصنوعی آن، میزان دبی پیک و زمان تا اوج را محاسبه می نماید و سپس هیدروگراف سیل ناشی از بارش را برآورد می نماید. پس از ین مرحله به منظور شناخت زیر حوضه با پتانسیل تولید سیل بالا تر از روش (SSES) کرار حذف انفرادی زیر حوضه [۱۳]، هیدروگراف سیل متناظر با بارش‌ها برای هر یک از زیر حوضه‌ها محاسبه شد. با حذف متوالی زیر حوضه‌ها در هر بار اجرای مدل، دبی خروجی کل حوضه بدون اثر زیر حوضه مورد نظر محاسبه گردید. بدین ترتیب میزان تاثیر هر یک از زیر حوضه‌ها در تولید سیل خروجی به دست آمد. زیر حوضه‌ای که بیشترین سهم مشارکت را در تولید سیل خروجی حوضه بعهده داشت، به عنوان سیل خیزترین زیر حوضه شناسایی شد. سپس سایر زیر حوضه‌ها به ترتیب میزان کمی مشارکت آن ها در سیل خروجی اولویت بندی گردید. جهت حذف اثر مساحت در اولویت بندی زیر حوضه‌ها میزان تاثیر هر واحد سطح زیر حوضه در سیل خروجی نیز محاسبه گردید(شکل های ۲ و ۳).

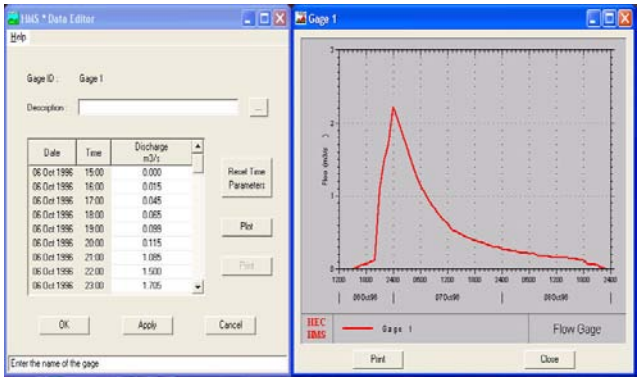
همان طور که در ستون ۲و۳ جدول (۳) ملاحظه می گردد، زیر حوضه سنگده با مساحت **۳۳,۱۱۵** کیلومتر مربع از لحاظ مساحت در رتبه اول و زیر حوضه ولیک چال با مساحت **۱۴,۲۶۶** کیلومتر مربع از لحاظ مساحت در رتبه سوم قرار گرفته است. در بررسی دبی اوج خروجی هر یک از زیر حوضه‌ها نیز ملاحظه می گردد که در زیر حوضه‌هایی که از لحاظ مساحت در رتبه های اول و آخر قرار گرفته‌اند، اولویت بندی دبی اوج خروجی آن ها، مطابق با اولویت بندی آن ها از لحاظ مساحت بوده است که نشان دهنده اثر نسبی مساحت در تولید دبی اوج هر یک از زیر حوضه‌ها می باشد(ستون ۴و۵ جدول ۳). آنچه در بررسی حاضر دارای اهمیت می باشد، تعیین سهم مشارکت زیر حوضه‌ها در دبی اوج خروجی کل حوضه می باشد و دبی اوج هر یک از زیر حوضه‌ها در خروجی آن ها دارای اهمیت کمتری است. لذا در مرحله بعدی کاهش دبی اوج کل حوضه در اثر حذف هر یک از زیر حوضه‌ها مورد بررسی قرار گرفته و اولویت بندی زیر حوضه‌ها از لحاظ درصد کاهش دبی اوج کل حوضه نیز مورد بررسی قرار گرفته است(ستون ۷، ۶ و ۸ جدول ۳). در این قسمت اولویت بندی زیر حوضه‌ها، با آنچه که در مرحله قبل دیده شد تفاوت داشته و زیر حوضه‌هایی که به لحاظ مساحت در رتبه‌های اول قرار گرفته اند از لحاظ کاهش دبی اوج خروجی کل حوضه در اثر حذف آن ها این ترتیب رعایت نشده است. و از آنجایی که بارش تقریباً در تمام سطح حوضه یکسان فرض شده است، می توان گفت عواملی غیر از مساحت در اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از لحاظ کاهش دبی اوج خروجی تاثیر داشته است. یکی از این عوامل موقیت مکانی زیر حوضه‌ها می باشد که با همزمانی دبی اوج با سایر زیر حوضه ها، در دبی خروجی کل حوضه مشارکت می نماید.

[13] Sub-watershed Single Elimination Successive

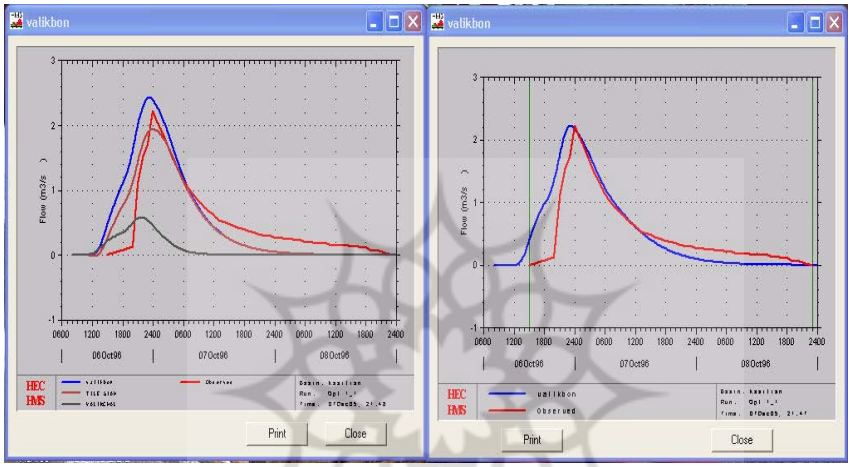
از آنجایی که تقریبا تمامی روابط و فرمول‌های مربوط به محاسبات دبی، وابسته به عامل مساحت می باشند، تقریباً این موضوع بدیهی است که زیر حوضه‌های با مساحت زیاد، به دلیل دریافت نزولات بیشتر، نسبت به زیر حوضه‌های کوچک، دبی بیشتری در خروجی شان تولید می نمایند که البته این روند افزایشی تا حدی افزایش دارد. برای جبران این مشکل - حذف اثر مساحت زیر حوضه‌ها - دبی ویژه(دبی به ازای واحد سطح) هر یک از زیر حوضه‌ها نیز بررسی شد که نتایج آن در ستون ۹ جدول ۳ آمده است. پس از این مرحله، زیر حوضه ها از لحاظ دبی ویژه نیز اولویت بندی شده‌اند. همانطور که در ستون ۱۰ جدول نشان داده شد، همان نتایج مربوط به اولویت اولویت بندی دبی اوج زیر حوضه بدست امد که این امر به دلیل کوچک بودن حوضه و تعداد کم زیر حوضه‌ها است. پس از این مرحله درصد کاهش دبی اوج ریز حوضه‌ها به ازای واحد سطح ریز حوضه‌ها نیز بررسی شد که در ستون ای ۱۱ و ۱۲ جدول ۳ آورده شد. به این ترتیب که درصد کاهش دبی اوج در خروجی هر زیر حوضه به مساحت آن زیر حوضه تقسیم و سپس اولویت بندی زیر حوضه‌ها به ازای واحد سطح هر زیر حوضه نیز بررسی شد. در این مورد زیر حوضه ولیک چال در رتبه سوم، سنگده در رتبه دوم و سربند در رتبه اول قرار گرفت. و می توان نتیجه گرفت که عواملی غیر از عوامل فیزیوگرافی و بارش در مشارکت هر واحد سطح زیر حوضه نقش داشته، که یکی از این عوامل موقعیت مکانی زیر حوضه‌ها است. در رابطه با زیر حوضه ولیک چال از لحاظ اولویت کاهش دبی اوج خروجی حوضه به ازای واحد سطح زیر حوضه که در رتبه سوم قرار گرفته، می توان گفت که هر چند زیر حوضه مذکور کمترین فاصله را نسبت به خروجی کل حوضه دارد و از نظر موقیت مکانی در کوتاهترین زمان در خروجی کل حوضه مشارکت می نماید، ولی به دلیل عدم همزمانی دبی اوج با سایر زیر حوضه‌ها، مشارکت نهایی آن در دبی اوج کل حوضه، قابل توجه نمی باشد.

جدول ۳ اولویت بندی زیر حوضه ها بر اساس میزان نقش آن ها در دبی اوج خروجی کل حوضه

زیر حوضه	مساحت(کیلومتر مربع) ۲	اولویت بندی مساحت ۳	دبی اوج زیر حوضه(مترمکعب بر ثانیه) ۴	اولویت بندی دبی اوج زیر حوضه ۵	مقدار کاهش دبی اوج خروجی(متر مکعب بر ثانیه) ۶	درصد کاهش دبی اوج خروجی ۷	اولویت کاهش دبی ۸	دبی ویژه (متر مکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع) ۹	اولویت دبی ویژه ۱۰	کاهش دبی به ازای واحد سطح ۱۱	اولویت کاهش دبی به ازای واحد سطح ۱۲
ولیک چال	۱۴,۲۶۶	۳	۰,۳۴	۳	۰,۳۴	٪۱,۱	۳	۰,۰۲۴	۳	۰,۰۷	۳
سنگده	۳۳,۱۱۵	۱	۱,۵۴	۱	۱,۱۱	٪۲۸	۲	۰,۰۴۶	۱	۰,۸۴	۲
سربند	۲۰,۰۹۰	۲	۰,۶۵	۲	۰,۱۹	٪۷۰	۱	۰,۰۳۲	۲	۳,۸۴	۱



شکل ۲ هیدروگراف سیل مشاهده ای در رویداد ۷۵/۷/۱۵



شکل ۳ هیدروگراف سیل در محل ایستگاه ولیک بن قبل و بعد از بهینه سازی(راست) در رویداد ۷۵/۷/۱۵

بحث و نتیجه گیری

اولویت بندی بر اساس کاهش دبی به ازای واحد سطح، مشخص شد که عاملی غیر از عامل مساحت از جمله موقیت مکانی هر زیر حوضه، می تواند در پتانسیل تولید سیل زیر حوضه‌ها نقش داشته باشد. نتایج فوق با نتایج خسرو شاهی و ثقفیان(۱۳۸۰)، جوکار و تلوری(۱۳۸۱)، پقه و بیرودیان(۱۳۸۲) و محمدی و سلیمانی(۱۳۸۱) مطابقت دارد. غالب روش‌هایی که برای شناسایی، تفکیک و اولویت بندی مناطق دارای پتانسیل تولید سیل بالا به کار گرفته شده‌اند، کل حوضه را بصورت یکپارچه در نظر گرفته‌اند و یا بصورت منطقه‌ای و یا بدون در نظر گرفتن مرزهای فیزیکی حوضه‌ها و یا زیر حوضه‌ها انجام شده است. محاسبات حاصل از اجرای مدل با روشهای پیشنهادی نشان داد که نحوه مشارکت زیر حوضه‌ها در سیل خروجی لزوما متناسب با دبی اوج زیر حوضه‌ها نبوده و عوامل روند یابی آبرهه ها و موقعیت مکانی زیر حوضه ها می تواند باعث تغییر در نحوه مشارکت گردد.

در مواردی که مساحت زیر حوضه‌ها اولویت بندی پتانسیل تولید سیل را تحت تاثیر قرار می دهد، می توان این اولویت بندی را برای هر واحد سطح زیر حوضه انجام داد. شاخص تعیین شدت پتانسیل تولید سیل به ازای واحد سطح حوضه، در اولویت بندی طراحی عملیات کنترل سیل به ازای هزینه و امکانات موجود می تواند از

شاخص قبلی کارایی بیشتری داشته باشد. در بخش‌های اجرایی نیز که مسائل اقتصادی طرح ها تعیین کننده است، میزان کاهش سیل خروجی به ازای هر واحد سطح زیر حوضه اهمیت بیشتری دارد. روش پیشنهادی برای هر حوزه آبخیز و در هر منطقه اقلیمی قابل بررسی بوده و اجرای آن در قالب مطالعات کنترل سیل توصیه می گردد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت‌های مالی و تجهیزات آزمایشگاهی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران انجام پذیرفته لذا نویسندگان بر خود لازم می دانند تا مراتب قدردانی خود را اعلام نمایند.

منابع

- پقه، ا. و بیرودیان، ن. (۱۳۸۲) بررسی سهم اثر زیر حوضه ها در سیل خیزی حوزهٔ آبخیز گرمابدشت. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه گرگان.

- جوکار، ج. و تلوری، ع. (۱۳۸۱) بررسی سیل خیزی زیر حوضه های رودخانهٔ شاپور با استفاده از شبیه سازی جریان‌های سیلابی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشگاه تربیت مدرس.

- خسرو شاهی، م. و ثقفیان، ب. (۱۳۸۰) نقش روند یابی رودخانه در شناسایی و تفکیک مناطق سیل خیز در حوضه های آبخیز. ششمین سمینار مهندسی رودخانه ص. ۱۳۸۳-۱۳۷۵.

- خلیقی, ش. و مهدوی، م. (۱۳۸۳) بررسی میزان تاثیر تغییر کاربری اراضی و مشخصات هیدرولوژیک آبهای سطحی مطالعهٔ موردی حوضهٔ باراندوزچای استان آذربایجان غربی. رسالهٔ دکتری دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران.

- صادقی، ح. (۱۳۷۴) بررسی علل مؤثر در سیلاب و ارزیابی عوامل قابل کنترل. مجلهٔ جنگل و مرتع. شمارهٔ ۲۶.

- محمدی، ح. و سلیمانی، ک. (۱۳۸۱) کاربرد مدل هیدرولوژیکی بارش- رواناب بر پایهٔ سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در پیش بینی زمان وقوع سیل. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه مازندران.

- Christopher A. Johnson and Andrew C. Yung (2001), The Use of HEC-Geo HMS and HEC-HMS To Perform Grid-based Hydrologic Analysis of a Watershed.4P.

- Andam, K. S. (2003), Comparing physical habitat conditions in forested and non-forested streams. Thesis of Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science Specializing in Civil nd Environmental Engineering. University of Vermont. 136 p.

- Barr, T. (2002), Application of tools for hydraulic power point presentation. 105-Upper Gotvand Hydroelectric Power Project Feasibility Study. 1996. Reservoir Operation Flood. 14 p.

- Hill, M. (2001), Flood plain delineation using the HEC-GeoRas extension for ArcView. Brigham Young University. 514 P.

- Lin, J. Y., S. L. Yu. And T. C. Lee. (2001), Managing Taiwańs reservoir water sheds by the zoning approach. Journal of American Water Resources Association 36(5). P. P.989- 1001.

- Stone, S. and Anne, B.S. (2001), Geospatial Database and Preliminary Flood Hydrology Model for the Lower Colorado Basin. 173. pp.