مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال یکم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۲
Vol.1, No.3, Winter 2014

راه‌حلی برای استفاده از مدل هیدرولوژیکی مدکلارک در محیط HEC-HMS در ایران با استفاده از GIS

علی کلانتری اسکوئی[۱]* ، بهرام ثقفیان[۲]، علی‌اصغر آل‌شیخ[۳]

۱- مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
۲- استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
۳- دانشیار دانشکده نقشه‌برداری، دانشکده خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۱۲

چکیده

از جمله مشکلات اصلی در استفاده از مدل هیدرولوژیکی مدکلارک (ModClark) در محیط HEC-HMS، تهیه ورودی‌های مدل در سیستم مختصات SHG و ساختار DSS است. هدف اصلی این تحقیق به‌کارگیری GIS در ارائه راه‌حلی برای رفع این مشکل بوده است. بدین منظور پروژه‌ای مبتنی بر GIS، برای تعیین شدت سیل‌خیزی و اولویت‌بندی پتانسیل تولید سیل براساس روش عکس‌العمل سیل واحد و مدل هیدرولوژیکی مدکلارک در حوضه آبخیز قرنقو واقع در استان آذربایجان شرقی مدنظر قرار گرفت. داده‌های مورد نیاز برای اجرای این تحقیق عبارت‌اند از: داده‌های بارش ـ رواناب، فایل شبکه‌بندی حوضه، فایل بارش شبکه‌بندی‌شده، قابل شبکه‌بندی شماره منحنی، زمان تمرکز و ضریب ذخیره حوضه. ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ مرز حوضه و زیرحوضه‌ها، شبکه هیدروگرافی، کلیه پارامترهای فیزیکی، نقشه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) تهیه شد و سپس با استفاده از امکانات HEC-GeoHMS و انجام برخی تغییرات، نقشه‌های شبکه‌بندی حوضه، بارش و شماره منحنی با استفاده از DEM، شدت‌های یک‌ساعته بارش و انجام عملیات درون‌یابی مطابق شبکه استاندارد هیدرولوژیکی (SHG) و فرمت DSS تهیه گردید. پس از آماده شدن تمامی ورودی‌های لازم، مدل هیدرولوژیکی مد کلارک واسنجی و اعتباریابی شد و هیدروگراف سیل در محل خروجی حوضه استخراج گردید. براساس شاخص سیل‌خیزی f زیرحوضه آلمالوچای، سیل‌خیزترین و مؤثرترین زیرحوضه در دبی اوج هیدروگراف خروجی شناخته شد. به عنوان کار آتی پیشنهاد گردید تا در مطالعات شبیه‌سازی براساس مدل مدکلارک، دیگر ابعاد شبکه SHG نیز مطالعه شود و براساس نتایج به دست آمده، مناسب‌ترین اندازه شبکه برای استفاده در مدیریت حوضه‌های سیل‌خیز کشور معرفی گردد.

کلیدواژه‌ها: روش عکس‌العمل سیل واحد، شاخص سیل‌خیزی، مد کلارک، GIS و SHG

* نویسنده مکاتبه‌کننده: آذربایجان‌شرقی، سهند، گلستان ۱. تلفن: ۰۹۱۴۴۱۵۴۷۳۲

Email: oskhom@gmail.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

۱- مقدمه

ابعاد و گستردگی پیامدهای وقوع سیل (مستقیم و غیرمستقیم) از لحاظ اقتصادی و اجتماعی همواره در کشور ما نقش و اهمیت فوق‌العاده‌ای داشته است و دارد. برخی از مناطق مسکونی و کشاورزی کشور در معرض سیل قرار دارند و گاه خسارات عمده‌ای را نیز متحمل می‌شوند. بدین ترتیب، چالش اصلی طرح‌های کنترل یا کاهش تبعات سیل در سطح حوضه‌های سیل‌خیز، شناسایی مناطق سیل‌خیزتر و اولویت‌بندی این مناطق براساس مدل‌های توزیعی و نیمه‌توزیعی مبتنی بر GIS است. با اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها و مناطق هر حوضه از نظر سیل‌خیزی و میزان مشارکت در هیدروگراف سیل کل حوضه، می‌توان طرح‌های اجرایی آبخیزداری را از دیدگاه اولویت مکانی و زمانی برنامه‌ریزی کرد و بدین‌وسیله صرفه‌جویی‌های عمده‌ای را برای حداکثرسازی راندمان مطرح ساخت و پیشنهاد کرد.

مطالعه منابع کتابخانه‌ای و اینترنتی در زمینه موضوع تحقیق، نشان داد که بیشتر کارهای تحقیقاتی براساس مدل‌های یکپارچه‌اند و تحقیقات براساس مدل‌های توزیعی و نیمه‌توزیعی در مقایسه با مدل‌های یکپارچه، فراوانی چندانی ندارند. هدف این تحقیق اجرای مدل توزیعی مدکلارک با به‌کارگیری امکانات GIS است.

در مطالعه‌ای به نام «تلفیق داده‌های بارش راداری با داده‌های مدل ارتفاعی رقومی و کاربری اراضی برای ایجاد مدل هیدرولوژیکی دقیق» هابیت[1] و همکاران [۱] با استفاده از HEC-HMS و HEC-GeoHMS، در قالب مدل مدکلارک، به شبیه‌سازی بارش ـ رواناب پرداختند. آنان نتیجه گرفتند که استفاده از مدل ارتفاعی رقومی با دقت بالا و داده‌های بارش راداری اصلاح‌شده براساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، موجب افزایش دقت مدل هیدرولوژیکی در پیش‌بینی پاسخ حوضه در برابر بارش‌های پُرشدت می‌شود.

در رساله‌ای تحقیقی با عنوان «مدل‌سازی هیدرولوژیکی توزیعی با استفاده از GIS و داده‌های بارش راداری» مک کورمیک [۲] با به‌کارگیری مدل مدکلارک، به بررسی تأثیر اندازه سلول شبکه بارش در دبی اوج، حجم رواناب و زمان تا اوج پرداخت. این مطالعه مبتنی بر مدل هیدرولوژیکی شبکه‌ای رواناب بوده و برای انجام آن از شبکه‌های حوضه، بارش و شماره منحنی استفاده شده است.

براساس نتایج این تحقیق، تأثیر اندازه سلول شبکه بارش در دبی اوج، حجم رواناب و زمان تا اوج حوضه ناچیز بوده است، ولی مقدار شماره منحنی و شرایط رطوبت پیشین حوضه از پارامترهای مؤثر در این زمینه شناخته شده‌اند.

الوان‌کار [۳] در رساله‌ای با عنوان «مدل توزیعی شبیه‌سازی سیل براساس GIS به بررسی تأثیر اندازه سلول در هیدروگراف حاصل از بارش حوضه کن پرداخته و از روش نفوذ SCS برای محاسبه تلفات و از مدل مدکلارک برای ایجاد هیدروگراف سیل استفاده کرده است. در این تحقیق برنامه‌ای نیز به زبان ویژوال بیسیک برای اجرای مدل مدکلارک ارائه شده است.

ثقفیان و همکاران [۴] در تحقیقی به نام بررسی روش جامع پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه‌های آبخیز با استفاده از مدل توزیعی مدکلارک و روش عکس‌العمل سیل واحد به تعیین شدت سیل‌خیزی حوضه رود زرد پرداختند. در این تحقیق از شاخص‌هایی به نام F و f برای بررسی میزان تأثیرگذاری زیرحوضه‌ها در دبی اوج خروجی و تعیین اولویت سیل‌خیزی زیرحوضه استفاده شده و پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی در سطح زیرحوضه‌ها، نسبت به تعیین مقادیر شاخص‌ها در سطح واحدهای سلولی به ابعاد ۲×۲ کیلومتر اقدام شده است. در این مطالعه علاوه بر موارد مذکور، شاخص سیل‌خیزی در نقاط

1. Hobit
2. McCormic

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

مختلف مسیر حرکت جریان رودخانه اصلی محاسبه شده و در نهایت پروفیل شاخص سیل‌خیزی ترسیم شده است. همچنین با به‌کارگیری مقادیر شاخص f نقشه کنتورهای این شاخص برای حوضه مورد مطالعه در این تحقیق ارائه شده است.

فرازجو و همکاران [۵] در مقاله‌ای به نام ارزیابی حد تأثیرپذیری دبی اوج سیلاب از سناریوهای کاربری اراضی حوضه آبخیز گلستان با تلفیق مدل هیدرولوژیک HEC-HMS و GIS دبی اوج سیلاب را تحت سناریوهای مختلف کاربری اراضی شبیه‌سازی کردند و به بررسی حد تغییرات آن پرداختند. در این مطالعه از روش تلفات و هیدروگراف واحد SCS استفاده شده و نقشه کاربری اراضی برای دو سناریوی بدبینانه و خوشبینانه ارائه گردیده است. براساس نتایج این مطالعه با کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع حوضه و توسعه اراضی کشاورزی، دبی اوج سیلاب افزایش زیادی در دوره برگشت‌های کم و متوسط نشان داده است.

آذری و همکاران [۶] در تحقیق با نام «شبیه‌سازی و هشدار سیل با تلفیق مدل‌های آبشناس در GIS و برآورد بارش از طریق سنجش از دور» براساس عوامل مؤثر در ایجاد سیلاب، تمامی لایه‌های مورد نیاز را در محیط GIS تهیه کردند و برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی، روش توزیعی مدکلارک را به کار بردند. در این مطالعه از شبکه هیدرولوژیک استاندارد (SHG) استفاده شده و فایل پارامتر سلول شبکه‌ای شامل شماره منحنی نیز هست. همچنین با به‌کارگیری مدل شبکه‌ای مدکلارک، پارامترهای مسیر رودخانه، مقاطع عرضی و جهت جریان رواناب، نقشه پهنه سیل نیز تهیه شده است.

از جمع‌بندی مطالعات انجام‌شده بر روی منابع مختلف چنین استنباط شد که در داخل کشور، مطالعات آذری و ثقفیان و الوان‌کار براساس مدل توزیعی بوده است. بقیه مطالعات در قالب مدل‌های یکپارچه انجام گرفته و در سطح واحدهای هیدرولوژیک به موضوع شبیه‌سازی بارش ـ رواناب و سیل‌خیزی پرداخته شده است؛ اما در کشور امریکا مطالعات صورت گرفته براساس مدل‌های توزیعی با استفاده از داده‌های بارش راداری، درخور تأمل‌اند. مقایسه کار آذری و همکاران با تحقیق حاضر، مشخص ساخت که در تحقیق آنان نیز به مانند این تحقیق، هیدروگراف سیل استخراج گردیده، اما پس از این مرحله اهداف متفاوتی دنبال شده است. در این تحقیق سهم زیرحوضه‌ها در هیدروگراف سیل تفکیک گردیده و با شاخص‌های سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها اولویت‌بندی شده‌اند، در حالی‌که آذری و همکاران با به‌کارگیری مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS به تعیین پهنه سیلاب پرداخته‌اند. تفاوت عمده این تحقیق با مطالعات ثقفیان و الوان‌کار در این است که تحقیق حاضر ضمن تعیین شدت سیل‌خیزی در سطح سلول، به موضوع مدل‌سازی هیدرولوژیکی شبکه‌ای رواناب (با محوریت مدل کلارک) براساس روش ارائه‌شده به‌وسیلهٔ مرکز مهندسی هیدرولوژی امریکا (HEC) پرداخته و با ارائه راه‌حلی عملی مبتنی بر GIS، امکان استفاده از مدل مدکلارک (در خارج از قاره امریکا) را در محاسبه هیدروگراف سیل، بدون استفاده از داده‌های بارش راداری، فراهم ساخته است.

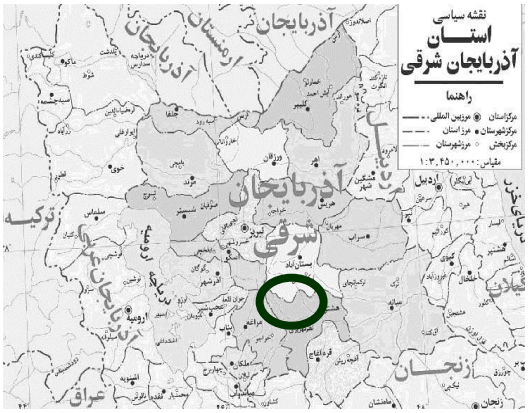
۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز قرنقو محدوده مورد مطالعه این تحقیق است. حوضه قرنقو در جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی با مساحت تقریبی ۳۵۹۰ کیلومترمربع در طول جغرافیایی ′46°27 تا ′47°42 شرقی و عرض جغرافیایی ′36°29 تا ′37°42 شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). در این تحقیق با در نظر گرفتن ایستگاه هیدرومتری چپنی به‌عنوان خروجی، محدوده‌ای به وسعت حدود ۲۰۰۰ کیلومترمربع مطالعه شده است. زیرحوضه‌های این حوضه شامل قرنقوچای، آلمالوچای، کلقان چای و شورچای‌اند. رودخانه‌های مهم اطراف این حوضه نیز عبارت‌اند از: شهرچای، آیدوغموش، تلخه‌رود، صوفی چای، لیلان رود، سوقور چای و اجیرلو. طول

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

رودخانه قرنقو واقع در محدوده مطالعه که رودخانه اصلی این حوضه به شمار می‌آید، ۸۸ کیلومتر است و از شمال غربی حوضه سرچشمه می‌گیرد و از شرق حوضه خارج می‌شود. میانگین ارتفاع در حوضه حدود ۱۹۳۴ متر، میانه ارتفاع آن ۱۸۳۱ متر و مد آن ۱۸۰۰ متر است. حدود ۹۰ درصد مساحت حوضه در محدوده ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ واقع شده است. در حدود ۴۳ درصد اراضی حوضه شیبی کمتر از (یا برابر با) ۱۰ درصد دارند، ۵۴/۳ درصد آن دارای شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد هستند، و فقط شیب ۲/۷ درصد از حوضه بیشتر از ۵۰ درصد است. کل حوضه دارای شیب حداقل صفر و حداکثر ۱۴۴ درصد، و میانگین آن ۱۵/۲۴ است. دیگر اینکه شیب ۹۰ درصد حوضه بین ۱ تا ۴۰ درصد است. متوسط بارندگی حوضه براساس منحنی‌های همباران ۴۰۳ میلی‌متر برآورد شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

ارتفاعات مهم حوضه که عمدتاً در شمال غربی، جنوب غربی و شرق حوضه واقع‌اند، عبارت‌اند بزداغ، اروانه کوه، درویش داغی و سهند؛ و پست‌ترین نقطه حوضه با ارتفاع ۱۵۲۰ متر (در منتهی‌الیه شرق حوضه) و بلندترین نقطه آن در قله بزداغ با ارتفاع ۳۶۰۰ (در منتهی‌الیه شمال غرب حوضه) واقع شده است. بدین ترتیب اختلاف ارتفاع بین پست‌ترین و بلندترین نقطه حوضه ۲۰۸۰ متر است. راه‌های مهم ارتباطی حوضه، خط آهن میانه ـ مراغه و راه آسفالته هشترود ـ مراغه‌اند. از شهرهای مهم حوضه نیز می‌توان به هشترود و قره‌آغاج، و از روستاهای مهم آن به آلمالو، کلقان و سعادتلو اشاره کرد.

۳- مواد و روش‌ها

روش تحقیق این طرح مبتنی بر استفاده تلفیقی از GIS و روش ایجادشده به‌وسیله مد کلارک (ModClark) در محیط HEC-HMS برای شبیه‌سازی دبی اوج هیدروگراف سیل خروجی در حوضه آبخیز قرنقو است. در این روش عوامل مؤثر بر تولید رواناب و سیل در سطح سلول شناسایی می‌شوند و در قالب داده‌های ورودی مدل ریاضی به صورت کمّی در می‌آیند. سپس با حذف متوالی تأثیر مناطق مختلف حوزه و با تجزیه و تحلیل هیدروگراف‌های شبیه‌سازی در خروجی حوضه، میزان تأثیر و مشارکت کمّی مناطق تعیین می‌گردد. نتیجه این تحقیق، به تفکیک و اولویت‌بندی مناطق حوضه در تولید دبی حداکثر سیلابی در محل خروجی کل حوضه می‌انجامد و افزون بر آن اولویت اجرای طرح‌های کنترل سیل را نیز می‌توان تعیین کرد.

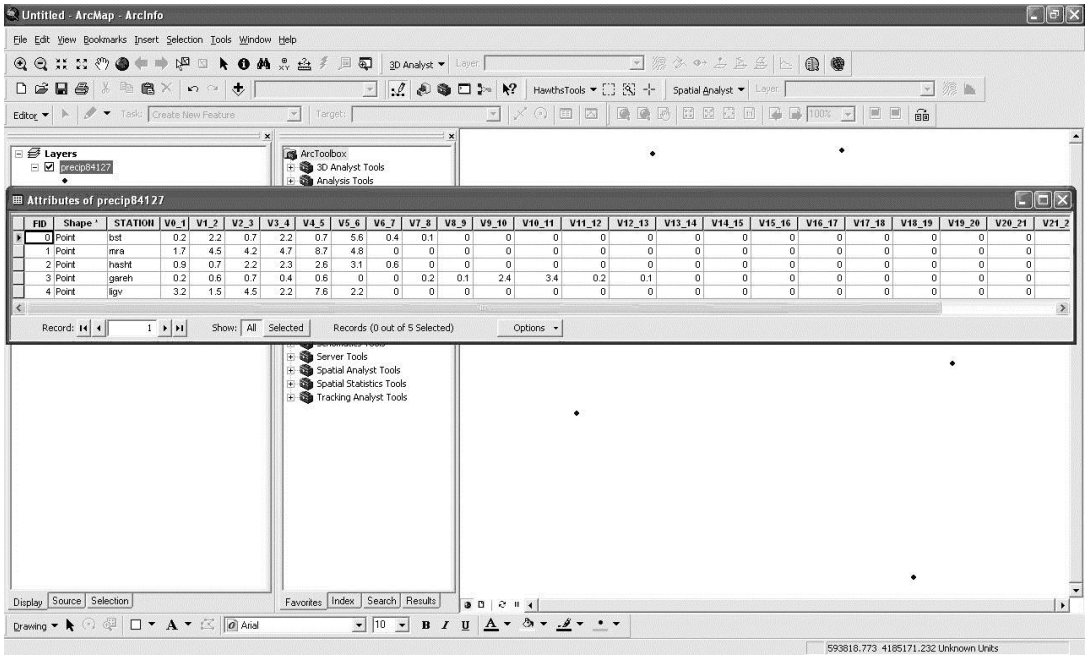
مهم‌ترین مراحل مختلف روش تحقیق مشتمل بر این موارد است:

۳-۱- جمع‌آوری داده‌های بارش ـ رواناب همزمان

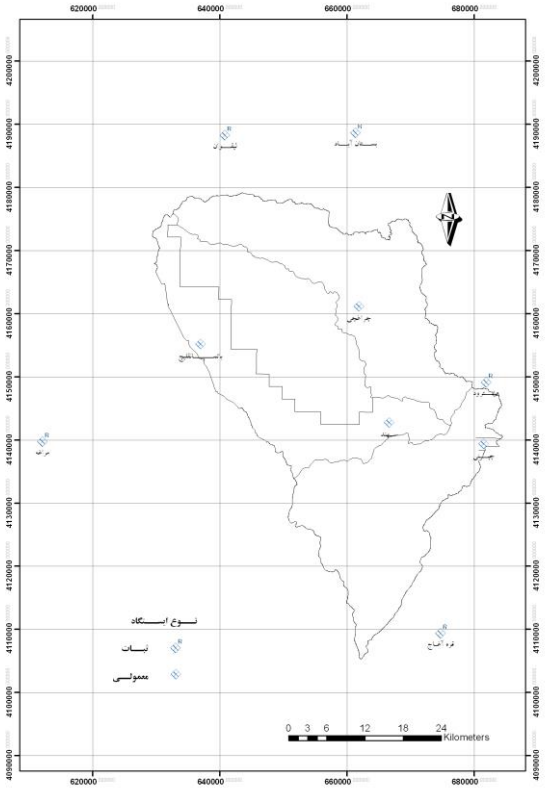
از آنجا که در این تحقیق به داده‌های ایستگاه‌های ثبات نیاز است، ابتدا گراف‌های ایستگاه‌های هواشناسی هشترود، قره‌آغاج، لیقوان، بستان‌آباد و مراغه جمع‌آوری شدند. سپس به استخراج شدت‌های بارش یک‌ساعته وقایع همزمان بارش ـ رواناب پرداخته شد (شکل ۲).

دربارهٔ داده‌های رواناب گفتنی است که به علت فقدان ایستگاه هیدرومتری در بالادست حوضه، فقط از داده‌های ایستگاه‌های چینی احداث شده در خروجی حوضه استفاده شد. جدول ۱ آمار دبی را در این ایستگاه نشان می‌دهد. موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و باران‌نگار موجود در حوضه نیز در شکل ۳ نشان داده شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]



شکل ۲. شدت‌های یک‌ساعته ایستگاه‌ها در محیط GIS



شکل ۳. موقعیت ایستگاه‌های باران‌نگار و باران‌سنج واقع در محدوده مورد مطالعه

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

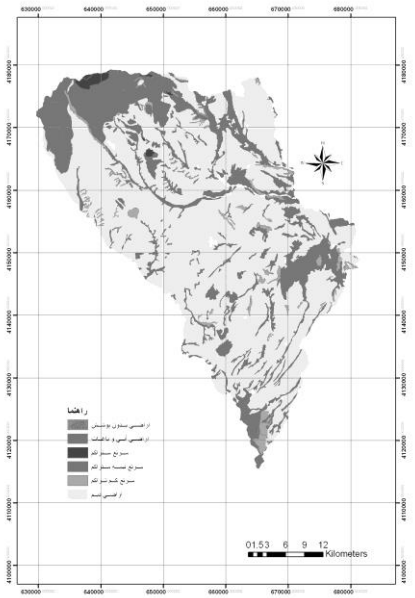
جدول ۱. آمار متوسط ماهانه و سالانه دبی (m3/s) رودخانه قرنقو در ایستگاه چپنی در دوره ۱۵ ساله (۱۳۸۷-۱۳۷۲)

ماه/پارامترها	میانگین دبی	حداکثر دبی	حداقل دبی
مهر	۲/۰۰۷	۷/۹	۰
آبان	۵/۶۲۲	۱۸/۱۸	۱/۷۳
آذر	۷/۵۱۷	۲۷/۶۱	۱/۷۹
دی	۶/۳۳۸	۱۳/۲۱	۱/۸۲
بهمن	۶/۲۲۵	۱۱/۸۵	۲/۴۱
اسفند	۵/۴۹۹	۲۲/۱	۴/۹۶
فروردین	۲۷/۲۳۱	۴۲/۸۲	۱۳/۳۱
اردیبهشت	۲۵/۷۶۳	۴۸/۹	۳/۹۶
خرداد	۵/۱۱۸	۱۴/۲۲	/۱۸
تیر	/۴۶۹	۳/۶	۰
مرداد	/۴۵۷	۵/۱۹	۰
شهریور	/۳۹۱	۳/۱۸	۰
میانگین سالانه	۸/۲۲	۱۴/۸۴۴	۳/۳۴۶
حجم (MCM)	۲۶۱/۱۴	۴۶۸/۱۲۶	۱۰۵/۵۳
حداکثر لحظه ای	۵۶۸/۰۱۸	۵۶۸	۳۲/۴

۳-۲- تهیه نقشه شماره منحنی (CN)

شماره منحنی که نشان‌دهنده خصوصیات حوضه از نظر نفوذپذیری است، پس از تلفیق لایه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و با استفاده از جداول استاندارد SCS به‌دست می‌آید.

کلاس‌های کاربری اراضی حوضه قرنقو نیز شامل مراتع (متراکم، نیمه‌متراکم و کم‌تراکم)، اراضی دیم و آبی، باغ‌ها و نواحی شهری‌اند. در این حوضه حداکثر وسعت به کاربری اراضی دیم و حداقل وسعت به اراضی آبی و باغ‌ها اختصاص دارد. عمده مراتع حوضه از نوع نیمه‌متراکم‌اند و عمدتاً در بالادست حوضه توزیع شده‌اند. در این مرحله برای تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از دستگاه GPS در نقاط مختلف حوضه به برداشت داده‌های پوشش زمینی (Training set) پرداخته شد. سپس در محیط نرم‌افزار ENVI 4.5 با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای +ETM (تصاویر سال ۲۰۰۲) عملیات طبقه‌بندی نظارت شده براساس الگوریتم حداکثر احتمال انجام گرفت و در نهایت لایه کاربری اراضی حوضه تهیه گردید، که در شکل ۴ نشان داده شده است. برای محاسبه تراکم پوشش گیاهی نیز شاخص NDVI به کار رفت. در این حالت هم عملیات طبقه‌بندی نظارت شده براساس الگوریتم حداکثر احتمال به اجرا درآمد و مطابق جداول استاندارد SCS مراتع حوضه طبقه‌بندی گردید.



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی حوضه قرنقو

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

در مورد گروه‌های هیدرولوژیکی خاک‌ها، براساس مطالعات خاک‌شناسی مهندسین مشاور بوم‌آباد [۷]، خاک‌های حوضه در دو گروه هیدرولوژیک B و C قرار دارند و بیش از ۷۵ درصد از مساحت حوضه متعلق به گروه C هستند. در این مطالعه داده‌های مربوط به گروه‌های هیدرولوژیکی خاک‌ها از گزارش‌های مشاور استخراج گردید.

۳-۳- ایجاد فایل شبکه‌بندی حوضه

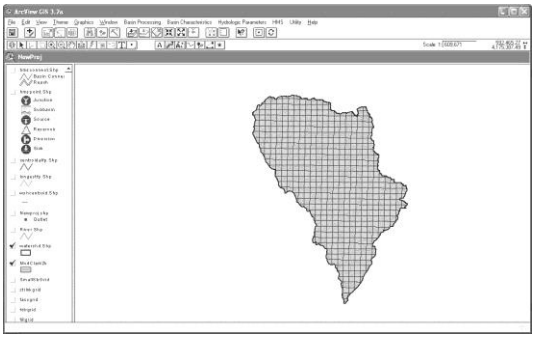
برای استفاده از مدل مدکلارک در HEC-HMS لازم است شبکه‌ای برای حوضه تعریف شود و اطلاعات مربوط به این شبکه در فایلی به‌نام فایل پارامترهای شبکه ذخیره گردد. برای ایجاد شبکه حوضه به‌طور خودکار می‌توان از نرم‌افزارهای GIS استفاده کرد. در این تحقیق از بسته الحاقی HEC-GeoHMS که بر روی ArcView GIS نصب می‌شود استفاده شده است. این بسته را مرکز مهندسی هیدرولوژی ارتش امریکا تهیه کرده و به‌منظور تسهیل و توسعه مدل‌های هیدرولوژیکی در محیط GIS تکوین و توسعه داده شده است و خروجی‌های آن به سهولت می‌توانند به‌عنوان ورودی‌های نرم‌افزار شبیه‌سازی HEC-HMS مورد استفاده قرار گیرند.

مراحل ایجاد فایل شبکه‌بندی حوضه بدین شرح‌اند:

۳-۳-۱- نخستین گام در ایجاد شبکه حوضه، ایجاد مدل ارتفاعی رقومی (DEM) حوضه است. برای این منظور کنتورهای نقشه‌های توپوگرافی پوششی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ حوضه استخراج شدند و پس از اعمال تصحیحات لازم، با استفاده از روش Contour Interpolation، نقشه DEM حوضه با ابعاد سلولی ۳۰×۳۰ متر تهیه شد. دلیل اصلی انتخاب اندازه ۳۰ متری در ایجاد DEM، استخراج زیرحوضه‌ها و آبراهه‌های حوضه با دقت مطلوب در این اندازه بوده است.

۳-۳-۲- با استفاده از DEM ساخته شده در محیط ArcView و HEC-GeoHMS به استخراج زیرحوضه‌ها، آبراهه‌ها و پارامترهای فیزیکی حوضه پرداخته شد، و در نهایت حوضه مورد مطالعه در محل خروجی به‌صورت پروژه HEC-GeoHMS(Project) استخراج گردید.

۳-۳-۳- با استفاده از امکانات HEC-GeoHMS شبکه حوضه براساس شبکه استاندارد هیدرولوژیکی (SHG) با ابعاد سلولی ۲×۲ کیلومتر ساخته شد و فایل پارامترهای شبکه (Grid cell file) نیز با پسوند mod. در پوشه کاری ذخیره گردید. در این مرحله به منظور سازگاری شبکه حوضه با شبکه بارش از اندازه سلولی ۲ کیلومتری استفاده گردید. شکل‌های ۵ و ۶ شبکه حوضه و فایل پارامترهای شبکه ایجاد شده را نمایش می‌دهند.



شکل ۵. شبکه حوضه با اندازه سلول ۲×۲ کیلومتر در محیط GIS

همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، اطلاعات موجود در فایل پارامترهای شبکه شامل این موارد است:

- ✓ مختصات هر سلول براساس شبکه SHG؛
- ✓ فاصله پیمایش هر سلول تا خروجی حوضه؛
- ✓ مساحت هر سلول؛ و
- ✓ شماره منحنی SCS برای هر سلول (اختیاری).

۳-۳-۴- این فایل در محیط HEC-HMS به‌عنوان فایل شبکه‌بندی حوضه محسوب می‌شود و در تعریف

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

مدل حوضه در محیط HEC-HMS چنانچه این فایل تهیه در دسترس نباشد، انتخاب مدل مدکلارک به‌عنوان روش محاسبه رواناب میسر نخواهد شد.

```
PARAMETER ORDER: Xcoord Ycoord TravelLength Area ScsCN
END:
SUBBASIN:  R350w10
GRIDCELL:  307  876  74.200758  0.059487  0
GRIDCELL:  307  876  73.544062  0.000005  0
GRIDCELL:  307  879  83.205094  0.016823  0
GRIDCELL:  307  880  83.024602  0.294044  0
GRIDCELL:  308  874  69.875844  0.143590  0
GRIDCELL:  308  875  71.181562  2.022830  0
GRIDCELL:  308  876  73.544062  3.698199  0
GRIDCELL:  308  877  77.087078  3.338757  0
GRIDCELL:  308  878  78.536094  3.016313  0
GRIDCELL:  308  879  80.791586  3.048628  0
GRIDCELL:  308  880  82.458844  3.449723  0
GRIDCELL:  308  881  84.385859  1.217379  0
GRIDCELL:  309  872  65.068008  0.277645  0
GRIDCELL:  309  873  66.293828  2.289940  0
GRIDCELL:  309  874  68.296898  3.643602  0
GRIDCELL:  309  875  70.445461  4.000000  0
GRIDCELL:  309  876  72.725508  4.000000  0
GRIDCELL:  309  877  74.887406  4.000000  0
```

شکل ۶. فایل پارامترهای شبکه

۳-۳-۵- پس از ایجاد شبکه حوضه و اضافه کردن المان‌های هیدرولوژیکی بر روی شبکه حوضه، تمامی لایه‌ها به‌صورت پروژه HEC-HMS ذخیره شدند. این فایل بعداً در محیط HEC-HMS به‌منظور افزودن مدل‌های هواشناسی و مشخصه‌های کنترل و در نهایت اجرای مدل مدکلارک استفاده گردید.

نکته درخور توجه در این مرحله آن است که فایل شبکه‌بندی حوضه ایجاد شده در محیط HEC-GeoHMS براساس شبکه استاندارد هیدرولوژیکی (SHG) مطابق با سیستم Albers و مبنای NAD83 است و برای استفاده در قاره امریکا طراحی شده است و ساخت شبکه حوضه براساس این سیستم تصویر برای هماهنگی با فایل بارش شبکه‌بندی شده ـ که در مدل هواشناسی تعریف خواهد شد ـ ضروری است. در حالت عادی امکان استفاده از شبکه حوضه ساخته شده از طریق HEC-GeoHMS برای حوضه‌های خارج از قاره امریکا وجود ندارد و در چنین مواقعی از HEC-HMS نمی‌توان برای اجرای مدل مدکلارک استفاده کرد و این از مهم‌ترین موانعی است که استفاده از مدل مدکلارک HEC-HMS را در دیگر کشورها ـ و از جمله ایران ـ محدود ساخته است. برای رفع مشکل مذکور، لازم است قبل از ساخت شبکه حوضه و ایجاد فایل پارامترها، مواردی انجام پذیرد تا شبکه حوضه با شبکه بارش سلولی مطابقت یابد و مدل مدکلارک در محیط HEC-HMS برای حوضه‌های خارج از قاره امریکا قابل اجرا گردد. این موارد عبارت‌اند از:

I. در پوشه کاری پروژه HEC-GeoHMS فایل محتوی اطلاعات سیستم تصویر (prj.adf) تمامی فایل‌های رستری حذف (Delete) شد.

II. فایلی با محتویاتی که در پی می‌آید، با نام prj.adf در یک متن‌نگار مانند Notepad ایجاد شد و در فولدر مربوط به Flow Direction Grid کپی گردید.

III. بعد از انجام مراحل اشاره شد، فایل شبکه‌بندی حوضه در محیط HEC-GeoHMS ایجاد شد. فایل ایجاد شده پسوند mod دارد و در محیط HEC-HMS با فایل شبکه بارش سازگار است.

```
Projection   ALBERS
Datum        NAD83
Zunits       NO
Units        METERS
Spheroid     GRS1980
Parameters
     29 30  0.000 /* 1st standard parallel
     30 45 30  0.000 /* 2nd standard parallel
  -96  0  0.000 /* central meridian
  0  0  0.000 /* latitude of projection's origin
  0.00000 /* false easting (meters)
  0.00000 /* false northing (meters)
```

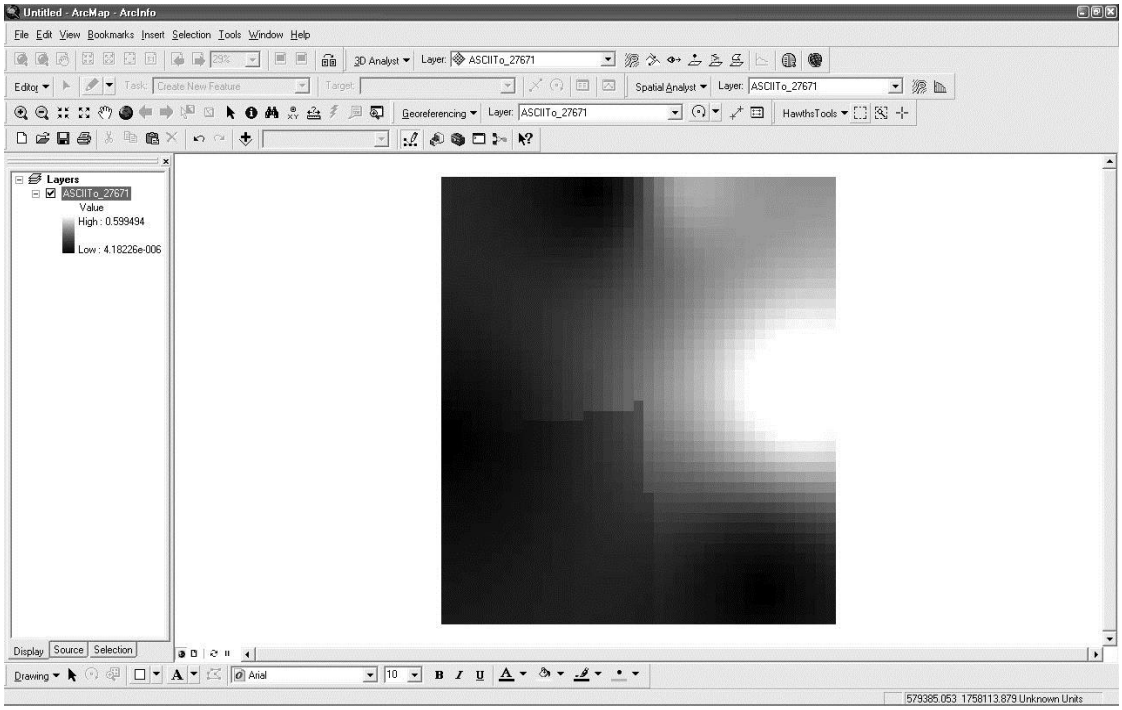
۳-۴- تهیه فایل بارش شبکه‌بندی شده[1]

لایه اطلاعاتی بعدی مورد نیاز برای اجرای مدل مدکلارک فایل بارش شبکه‌بندی شده حوضه است. براساس مدکلارک بایستی برای هر گام زمانی محاسبات در مدل بارش ـ رواناب، یک شبکه بارش مطابق با سیستم SHG ایجاد شود و با فرمت HEC-DSS ذخیره گردد. به‌عنوان مثال برای یکی از

1. Gridded Precipitation

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

رخدادهای بارش در تاریخ اول فروردین ماه، بایستی ۲۴ شبکه (یک‌ساعته) بارش تهیه گردد. بنابراین به‌منظور تهیه شبکه بارش برای هر گام زمانی، مختصات مکانی ایستگاه‌های باران‌نگار (در سیستم UTM) همراه با شدت‌های بارش (مستخرج از گراف باران‌نگارها) یک‌ساعته به‌صورت لایه‌ای نقطه‌ای در محیط GIS آماده شد و با به‌کارگیری روش درون‌یابی IDW، شبکه‌های بارش با اندازه سلولی ۲×۲ کیلومتر (به‌منظور مطابقت با شبکه حوضه) برای هر گام زمانی ایجاد گردید (شکل ۷). شبکه‌های حاصل براساس سیستم مختصات UTM هستند و برای مطابقت با شبکه حوضه ـ که در سیستم SHG است ـ بایستی شبکه مختصات UTM شبکه بارش به سیستم مختصات شبکه حوضه (SHG) انتقال یابد. بدین منظور شبکه هر گام زمانی با استفاده از ابزار RastertoAscii موجود در محیط ArcMap به فایل اسکی تبدیل شده است. سپس در قسمت Header این فایل اسکی مقادیر فیلدهای xllcorner و yllcorner که به مختصات مبدأ شبکه (گوشه پایین چپ) اشاره می‌کنند، با مختصات SHG شبکه حوضه حاصل از محیط HEC-GeoHMS، جایگزین گردید و بدین ترتیب سیستم UTM شبکه بارش به سیستم SHG تبدیل شد. البته به‌خاطر زمان‌بر بودن این عملیات و همچنین افزایش سرعت و دقت، برنامه‌ای به زبان VBasic تهیه شد و مورد استفاده قرار گرفت. بعد از این مرحله لازم بود تا شبکه بارش هر گام زمانی به فرمت DSS یا Data storage system تبدیل گردد تا به‌عنوان ورودی مدل مدکلارک در محیط HEC-HMS مورد استفاده قرار گیرد. برای انجام این کار نیز از برنامه‌ای به نام asc2dssGrid استفاده شد. این برنامه در محیط DOS اجرا شده است و ورودی آن فایل‌های اسکی حاصل از ابزار Rasterto Ascii، و خروجی آن فایل‌هایی به فرمت DSS است. asc2dssGrid به‌وسیله HEC ارائه شده، ولی تا به حال در اختیار عموم قرار نگرفته است. در این قسمت نیز به‌منظور سهولت و افزایش سرعت کار Batch فایلی تهیه شد و مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۷. نمونه‌ای از شبکه بارش با اندازه سلول ۲×۲ کیلومتر در محیط GIS

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

۳-۵- برآورد زمان تمرکز (Tc) و ضریب ذخیره (R)

در این تحقیق برای محاسبه زمان تمرکز از روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک امریکا (SCS) که به روش زمان تأخیر (Lag Time) نیز معروف است استفاده شد. ضریب ذخیره میزان شیب خط مماس بر منحنی در نقطه عطف شاخه نزولی هیدروگراف مشاهده‌ای است و رابطه ریاضی آن بدین صورت است:

$$R = -Q/(dQ/dt) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه Q دبی در نقطه عطف هیدروگراف (m3/s) و dQ/dt شیب خط مماس در نقطه عطف است. در این مطالعه ضریب ذخیره پنج هیدروگراف مناسب ثبت‌شده در ایستگاه چپنی محاسبه گردید و سپس متوسط آنها در مدل استفاده شد.

۳-۶- واسنجی و اعتبارسنجی مدل

در این مطالعه به‌منظور انجام واسنجی و اعتباریابی مدل، هیدروگراف تمامی سیلاب‌های موجود بررسی شد و در نهایت به علت عدم دسترسی به داده‌های کافی و مناسب، یک واقعه برای واسنجی انتخاب شد و یک واقعه نیز به‌منظور اعتباریابی مدل. برای ارزیابی و بررسی میزان خطا بین هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده نیز معیار $e_p = \frac{Q_{p-s}}{Q_{p-obs}}$ مورد استفاده قرار گرفت. که در آن Q_{p-s} دبی اوج هیدروگراف شبیه‌سازی و Q_{p-obs} اوج هیدروگراف مشاهده‌ای است. در این رابطه e_p برابر یک نشان‌دهنده مساوی بودن دبی اوج هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی است و مقادیر کمتر از یک، عدم تطابق دبی اوج هیدروگراف‌های مذکور را نشان می‌دهد.

۳-۷- تعیین شدت سیل‌خیزی

در این مرحله از دو شاخص، که در ادامه ذکر می‌گردند، (معرفی‌شده به‌وسیله ثقفیان [۵]) برای بررسی میزان تأثیرگذاری زیرحوضه‌ها در دبی اوج خروجی حوضه و اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها استفاده شد:

الف) شاخص F : براساس این شاخص میزان کاهش در دبی اوج خروجی بدون منظور کردن مساحت زیرحوضه‌ها بررسی می‌شود. مقدار شاخص F مطابق رابطه (۲) محاسبه شد.

$$F_i = \frac{\Delta Q_i}{Q_P} \times 100 \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه F_i درصد کاهش دبی اوج خروجی با حذف زیرحوضه iام، ΔQ_i تغییر دبی اوج خروجی حوضه با حذف زیرحوضه i ام (m^3/s) و Q_p دبی اوج خروجی حوضه بدون حذف هیدروگراف زیرحوضه است.

ب) شاخص f: در این شاخص میزان کاهش در دبی اوج خروجی با در نظر گرفتن مساحت زیرحوضه‌ها تعیین می‌شود. مقدار شاخص f مطابق رابطه (۳) محاسبه شد.

$$f_i = \frac{\Delta Q_i}{A_i} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن f_i شاخص سیل‌خیزی حوضه iام با در نظر گرفتن مساحت آن $(m^3/s.km^2)$، ΔQ_i تغییر دبی اوج خروجی حوضه با حذف زیرحوضه iام (m^3/s) و A مساحت زیرحوضه i ام (km^2) است.

۴- نتایج و پیشنهادها

فرایند واسنجی به روش تصحیح مکرر پارامترهای هیدرولوژیکی و محاسبه بهترین برازش بین هیدروگراف‌های محاسبه و مشاهده شده انجام پذیرفت. در این فرایند بهترین برازش شامل شرایطی بود که مقدار خطای حاصل از اختلاف در دبی اوج هیدروگراف‌های محاسبه‌ای و مشاهده‌ای به حداقل برسد. در این تحقیق دو واقعه انتخاب شد و مقدار کمّی بهترین برازش با استفاده از معیار صحت e_p مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت مناسب‌ترین برازش انتخاب گردید. جدول ۲ مقادیر معیار صحت e_p محاسبه‌شده را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

جدول ۲. نتایج مقادیر معیار خطا براساس هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی

نام حوضه	نام ایستگاه هیدرومتری	تاریخ وقوع	$Q_{p.obs}(m^3/s)$	$Q_{p.s}$ (m^3/s)	مرحله	e_p
قرنقو	چپنی	۸۴/۱/۲۷	۲۳۷	۲۳۵/۳	واسنجی	۰/۹۹
		۸۴/۲/۲۵و۲۶	۹۰/۳	۹۰/۱	اعتبارسنجی	۰/۹۹

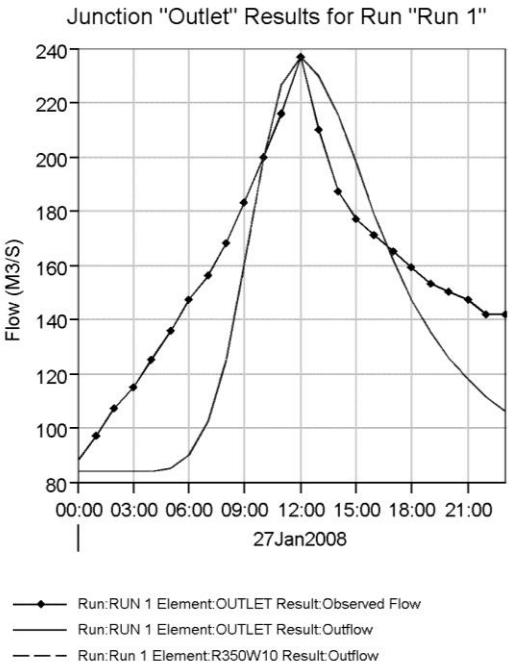
همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، مقدار معیار صحت برای هر دو مرحله واسنجی و اعتبارسنجی نزدیک عدد یک به‌دست آمده، که نشان‌دهندهٔ تطابق بین دبی اوج هیدروگراف‌هاست.

در این مرحله پس از تصحیحات مکرر و اجرای مدل، زمان تمرکز حوضه برابر ۸ ساعت، ضریب ذخیره ۴/۸ ساعت و نسبت نگهداشت سطح اولیه ۰/۱۷ منظور شد.

در شکل ۸ هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای در مرحله واسنجی نمایش داده شده است. در این مرحله، به‌دلیل اهمیت دبی اوج در وقایع سیل، مقادیر حداکثر دبی به عنوان شاخص واسنجی انتخاب شد و تطابق نقاط اوج منحنی‌های شبیه‌سازی و مشاهده‌ای مدنظر قرار گرفت، که حاصل کار در شکل هیدروگراف‌های نمایش داده شده در شکل ۸ نمود یافته است.

پس از واسنجی پارامترهای هیدرولوژیکی در حوضه مورد مطالعه، تعیین شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها با روش حذف اثر هر یک از مناطق زیرحوضه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مرحله در قالب نمودار مقایسه‌ای در شکل ۹ آورده شده است. در این مطالعه به‌منظور تعیین شدت سیل‌خیزی به‌صورت کمّی از شاخص‌های F و f استفاده شد. جدول ۳ و شکل ۱۰ نتایج به‌دست آمده در این مرحله را نشان می‌دهند.

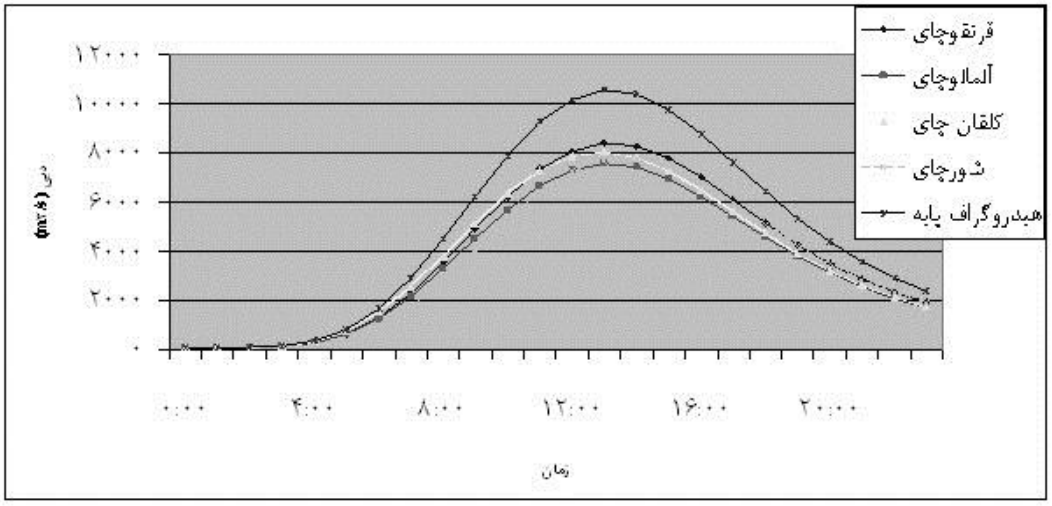
پس از شبیه‌سازی جریان سیلاب با مدل مدکلارک، با استفاده از مقادیر شاخص‌های سیل‌خیزی محاسبه شده برای هر یک از زیرحوضه‌ها، این زیرحوضه‌ها براساس شاخص f رتبه‌بندی گردید و نقشه اولویت‌بندی سیل‌خیزی حوضه تهیه شد. شکل ۱۱ نقشه تولیدشده در این قسمت را نمایش می‌دهد.



شکل ۸. مقایسه هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی در مرحله واسنجی حوضه قرنقو در تاریخ ۸۴/۱/۲۷

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

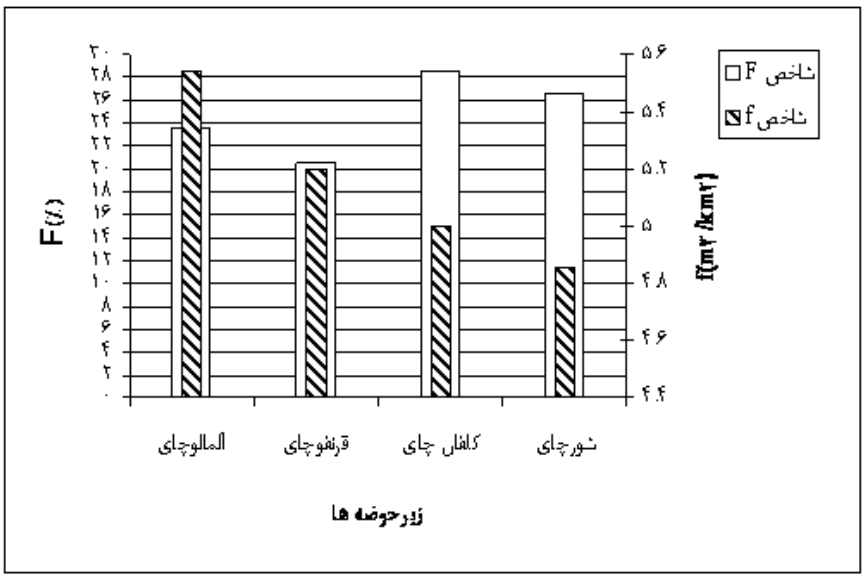
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]



شکل ۹. مقایسه هیدروگراف خروجی حوضه پس از حذف هیدروگراف زیرحوضه‌ها برای بارش طراحی

جدول ۳. میزان تأثیر زیرحوضه‌ها بر روی هیدروگراف سیل خروجی براساس بارش طرح

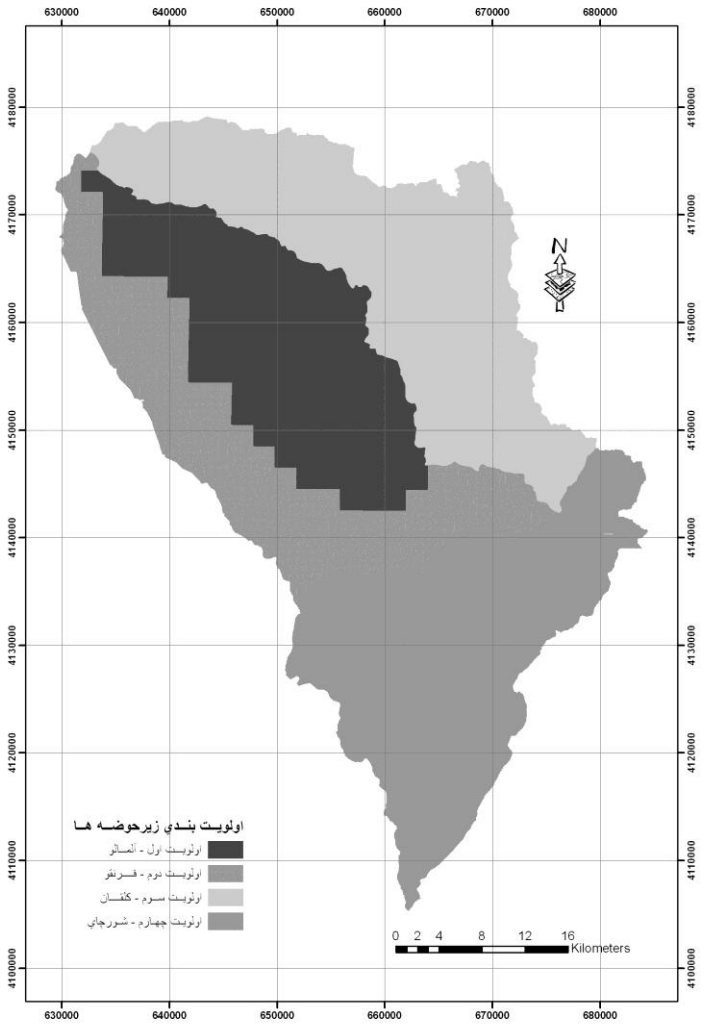
نام زیرحوضه	مساحت (km^2)	دبی اوج با حذف زیرحوضه (m^3/s)	شاخص سیل‌خیزی F (درصد)	اولویت‌بندی براساس F	شاخص سیل‌خیزی f ($m^3/s.km^2$)	اولویت‌بندی براساس f
آلمالوچای	۴۴۹	۸۰۷۴/۵	۲۳/۵۸	۳	۵/۵۴	۱
قرنقوچای	۴۱۶	۸۳۹۹/۲	۲۰/۵۰	۴	۵/۲	۲
کلقان چای	۶۰۳	۷۵۴۸/۵	۲۸/۵۶	۱	۵	۳
شورچای	۵۷۹	۷۷۵۰/۵	۲۶/۶۴	۲	۴/۸۵	۴



شکل ۱۰. نمودار مقایسه‌ای شاخص‌های F و f زیرحوضه‌های حوضه آبخیز قرنقو

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]



شکل ۱۱. نقشه اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های حوضه آبخیز قرنقو

در زمینهٔ اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از لحاظ سیل‌خیزی ـ که با استفاده از شاخص‌های F و f انجام شد ـ نتایج متفاوتی به دست آمد. براساس شاخص F، که مساحت زیرحوضه را در محاسبات منظور نمی‌دارد، کلقان با بیشترین مساحت ـ در قیاس با سه زیرحوضه دیگر ـ در رتبه نخست جای دارد، و زیرحوضه قرنقو با کمترین مساحت در رتبه آخر سیل‌خیزی قرار گرفته است. اما مطابق شاخص f که با حذف اثر مساحت زیرحوضه محاسبه می‌گردد، مشاهده شد که براساس بارش طراحی با دوره برگشت صد ساله، زیرحوضه آلمالو از نظر پتانسیل سیل‌خیزی رتبه نخست را دارد و مؤثرترین زیرحوضه در دبی اوج سیل حوضه مورد مطالعه به شمار می‌آید؛ و زیرحوضه‌های قرنقوچای، کلقان چای و شورچای به ترتیب در رتبه‌های دوم تا چهارم جای گرفته‌اند. البته با توجه به تغییرات کم دبی در واحد سطح (۴/۸۵-۵/۵۴) سرتاسر حوضه سیل‌خیز ارزیابی شدن و تمامی زیرحوضه‌ها در دبی خروجی حوضه سهم عمده‌ای دارند.

در تحلیل رتبه‌بندی به‌دست آمده، مشخص شد که علاوه بر عوامل زمین‌شناختی و پوشش گیاهی،

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

بین سیل‌خیز بودن زیرحوضه‌ها و شیب آنها ارتباط مستقیم وجود دارد و در عمل مؤثرترین زیرحوضه در سیل‌خیزی حوضه، دارای بیشترین شیب متوسط است؛ و برعکس، کم‌تأثیرترین زیرحوضه‌ها دارای حداقل شیب متوسط‌اند. نتایج به دست آمده مشخص ساخت چنین نیست که بزرگ‌ترین و نزدیک‌ترین زیرحوضه‌ها به خروجی و یا دورترین و کوچک‌ترین آنها، لزوماً بیشترین و کمترین تأثیر را بر روی حداکثر دبی سیلاب در خروجی حوضه ندارد. افزون بر اینها، زیرحوضه‌هایی که بالاترین و کمترین دبی را در خروجی خود تولید می‌کنند، ممکن است در اولویت‌بندی براساس شاخص‌های F و f در رتبه‌های بعد جای بگیرند. (دلیل این امر اعمال یا حذف تأثیر پارامتر مساحت زیرحوضه‌ها در محاسبات است).

در این مطالعه برای اجرای مدل مدکلارک از شبکه ۲ کیلومتری (2km. SHG) استفاده شد و نتایج نیز بر همین اساس استخراج گردیدند؛ و سایر اندازه‌های سلولی قابل استفاده (SHG یک کیلومتری و کمتر از آن) مورد بررسی قرار نگرفتند. به عنوان کارِ آتی، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات شبیه‌سازی دبی، اوج سیل و اولویت‌بندی مناطق سیل‌خیز، براساس مدل مدکلارک دیگر ابعاد شبکه نیز مطالعه شوند و براساس نتایج به دست آمده، مناسب‌ترین اندازه شبکه برای استفاده در مدیریت حوضه‌های سیل‌خیز کشور معرفی گردد.

۵- منابع

[1] Hoblit, Brain, C. and Curtis, D., 2002. Integration of Radar Rainfall into Hydrologic Models. *9th International conference on urban drainage*, Portland, Oregon, USA.

[2] McCormick, B., 2003. *Distributed Hydrologic Modeling of the Upper Roanoke River Watershed using GIS and NEXRAD*. M.Sc. Thesis. Blacksburg, VA, USA.

[3] Alvankar, R., 2003. *A Distributed Model for Flood Simulation based on GIS*. Ph.D. Thesis. Hydrology Group and Water Resources at Azad Islamic University of Tehran.

[4] Saghafian, B. and Germezcheshmeh, B., 2005. *A Comprehensive Technique for Flood Potential Zonation*. Final Report of Research Project, Published by Soil and Water Conservation Institute of Iran.

[5] Farazjo, H., Saghaian, B., Sepehri, A. and Najafinejad, A., 2006. Evalution of Land Use Change Scenarios on Impressionability Amount of Peak Flood. *In: The First Annual Conference of Water Resources Management of Iran*, Iran.

[6] Azari, H., Matkan, A., Shakiba, A. and Pourali, H., 2009. Integration of Simulation and Flood Warning System with Hydrology Models and Precipitation Estimation using Remote Sensing. *Quarterly Journal of Geology*, No. 9, 39-81.

[7] Bomabad Consulting Eng. Co., 1998. *Justifiability Studies on Garango Watershed*. Hydrology Report (Flood and Surface Water), Volume 6.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.1, No.2, Winter 2014
1-13

A GIS-bsed Solution for using Hec-HMS Modclark Hydrologic Model in Iran

Kalantari Oskuei A.[1]*, Sagafian B.[1], Alesheikh A.A.[2]

1- Lecturer in Institute for Soil and Water Conservation
2- Prof. in Institute for Soil and Water Conservation
3- Associate Prof., Geomatic Faculty of K.N. Toosi University

Abstract

Preparing data based on SHG coordinate and DSS format are known as among the main problems in running modclark hydraulic model within Hec-HMS. The main goal of this research has been providing a solution for the mentioned problem. To this end, Garango watershed was selected as the study area and a GIS-based research was conducted for determining flood intensity and prioritizing flood yield potential using Unit Response Approach and Modclark model in Hec-HMS environment. Rainfall-runoff gages measurements, gridded basin file, gridded precipitation file, gridded SCS curve number file, time of concentration and storage coefficient were the main required data to execute the research model. To do this research, the boundaries of Garango watershed and its four subwatersheds along with stream network were delineated using 1:25000 topographic maps. The map of Digital Elevation Model (DEM) and slope map of watershed were generated and then the physiographic characteristics of the subwatersheds extracted in GIS environment. In the next step, gridded basin file was created using HEC-GeoHMS, based on Standard Hydrologic Grid (SHG). One hour duration rainfall intensities were extracted and then using interpolation method, a gridded precipitation file was generated based on SHG coordinate system and DSS format. Gridded SCS curve number was also created and saved as DSS file. The next step was dedicated to calibrate and validate ModClark hydrologic model at the watershed outlet. Based on the flood index per area (f), Almalochai subwtershed was identified as the most flood active area. As a feature work, it was recommended that in Modclark-base simulations studies, different dimensions of SHG to be examined and the suitable grid dimension (a) be introduced for managing the flood area watersheds.

Keywords: GIS, Modclark, SHG, Unit Response Approach.

* Correspondence Address: Block 2, Golestan Complex, Sahand New Town, Tabriz, Iran. Tel: 09144154732
Email: Oskhom@gmail.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.1]