

ارزیابی اثر مقیاس نقشه‌های مبتنی بر روش‌های سنجش از دور و برداشت‌های زمینی بر عملکرد مدل بارش-رواناب HEC-HMS

اصغر عزیزیان^{۱*}، علیرضا شکوهی^۲، فریناز زمانی^۳

- ۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
- ۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
- ۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته مهندسی و مدیریت منابع آب، موسسه آموزش عالی صائب، ابهر

*Azizian@eng.ikiu.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۹۶/۰۶/۲۷]

تاریخ دریافت: [۹۵/۱۰/۲۷]

چکیده

مدل‌های هیدرولوژیکی بارش-رواناب یکی از روش‌های مناسب برای برآورد سیلاب به ویژه در مناطق فاقد آمار است که مدل را به شدت به اطلاعات برداشت شده از حوضه وابسته می‌کند. از مهم‌ترین مسائل مورد توجه در به کارگیری مدل‌های ریاضی بارش-رواناب، اثر توان تفکیک مدل ارتفاعی رقمی (DEM Resolution) و مقیاس نقشه (Data Resolution) بر پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه مانند شبکه آبراهه‌ها، مساحت زیرحوضه‌ها، شیب زیرحوضه‌ها و آبراهه‌ها است. در این پژوهش به ارزیابی اثر مقیاس نقشه توپوگرافی و توان تفکیک DEM استفاده شده برای تهیه DEM بر پارامترهای ژئومورفولوژیکی و عملکرد مدل بارش-رواناب HEC-HMS پرداخته شده است. نتایج بدست آمده در دو حوضه آبریز کسلیان و کارده بیانگر این مطلب است که دبی اوج هیدروگراف سیلاب بدست آمده از DEMهای SRTM همواره بالاتر از نتایج بدست آمده از نقشه‌های زمینی (نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰) است. همچنین با افزایش ابعاد سلول DEM، عملکرد دو منبع در شبیه‌سازی سیلاب و پارامترهای ژئومورفولوژیکی به علت یکسان شدن محتوی اطلاعاتی آنها، اختلاف اندکی را نشان می‌دهد. همچنین دبی اوج هیدروگراف و زمان پایه و شیب شاخه صعودی بدست آمده از دو منبع تامین DEM متفاوت بوده و این تفاوت در حوضه کارده قابل توجه است. این امر لزوم توجه به مقیاس نقشه استفاده شده برای مدل‌سازی سیلاب به ویژه در حوضه‌های فاقد آمار را بیش از پیش آشکار می‌نماید.

واژگان کلیدی: اثر مقیاس، مدل رقمی ارتفاعی، پارامترهای ژئومورفولوژیکی، مدل بارش-رواناب HEC-HMS

۱- مقدمه

از حوضه و عوامل تاثیرگذار بر سیلاب از منظر ترکیب اثر پارامترهای حاصل از منابع مختلف اطلاعاتی وجود داشته باشد. علم ژئومورفولوژی می‌تواند در شناخت بخشی از این محیط و روابط زنجیره‌ای عناصر آن نقش قابل توجهی ایفا نماید [2]. از مهمترین مسائل مطرح در بکارگیری مدل‌های

مدل‌های بارش-رواناب برای شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب یکی از روش‌های مناسب برای مدیریت سیلاب به ویژه در مناطق فاقد آمار به شمار می‌آیند [1]. برای مدل‌سازی مناسب و مقرون به واقعیت به گونه‌ای که بتوان از نتایج آن برای مدیریت سیلاب استفاده نمود، لازم است درک صحیحی

تأمین DEM متفاوت است [4]. مولار و جولیان به ارزیابی اثر ابعاد سلول نقشه DEM بر عملکرد مدل هیدرولوژیکی HRS در دو حوضه آبریز با مساحت‌های ۲۱ و ۵۶۰ کیلومترمربع پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش ابعاد سلولی باید ضرایب زبری جریان در آبراهه و سطح‌الارض برای هماهنگی هیدروگراف شبیه‌سازی و مشاهده‌ای، کاهش یابد [7]. جیرانی و همکاران در پژوهشی به بررسی اثر اندازه سلول‌های نقشه رقومی ارتفاعی بر مقادیر پارامترهای ژئومورفولوژی، رواناب و رسوب شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT پرداختند. نتایج آنها نشان داد که با توجه به محدودیت در نوع اطلاعات در مرحله واسنجی، تفاوت چندانی در نتایج شبیه‌سازی رواناب و رسوب به واسطه استفاده از سه DEM با ابعاد سلولی ۵۰، ۹۰ و ۱۵۰ متر، مشاهده نمی‌شود [8]. هنگامیکه نیز در پژوهشی به بررسی اثر ابعاد سلول DEM روی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی حوضه‌های آبریز پرداخت. نتایج نشان داد که ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی حوضه با تغییر ابعاد سلولی تغییر می‌نماید، اما منحنی هیپسومتر حوضه به تغییرات ابعاد سلول DEM حساس نیست [9]. کاربران مدل‌های ریاضی بر این باورند که می‌توان هر نوع نقشه رستری را برای مدل‌سازی بکار برد و در این کار فقط توجه به راندمان و سرعت کار، مبین انتخاب مقیاس مطالعه و به عبارت بهتر توان تفکیک استفاده شده است. علاوه بر این وجود DEM‌های راداری از همه نقاط دنیا و ایران که به صورت آزاد و بدون پرداخت هزینه در اختیار همگان است تمایل زیادی را در همه هیدرولوژیست‌ها برای استفاده از این منابع در مدل‌سازی بوجود آورده است.

انتخاب توان تفکیک (ابعاد سلولی) مناسب برای یک DEM همواره مورد سوال پژوهشگران بوده و آنطور که ادبیات موضوع نشان می‌دهد تاکنون جواب مناسبی بدان داده نشده است [12,13]. افزایش توان تفکیک DEM (کاهش ابعاد سلولی)، تا حد معینی که رقم دقیق آن بسته به مورد باید تعریف شود، می‌تواند تخمین‌های دقیق‌تری از مشخصات فیزیوگرافی حوضه را به همراه داشته باشد، ولی می‌تواند باعث افزایش حجم داده و ایجاد محدودیت حافظه شود. در مقابل در DEM‌های با توان تفکیک پایین (ابعاد سلولی

ریاضی بارش- رواناب، اثر توان تفکیک مدل ارتفاعی رقومی^۱ و مقیاس نقشه^۲ بر پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه است [3]. مدل‌های رقومی ارتفاعی^۳ یکی از لایه‌های ورودی مهم برای شبیه‌سازی رواناب در بسیاری از مدل‌های هیدرولوژیکی بوده و به طور معمول از طریق نقشه‌های توپوگرافی (حاصل از برداشت‌های زمینی) و یا عکس‌های ماهواره‌ای بدست می‌آیند. یکی از مهمترین مسائلی که بر نتایج حاصل از مدل‌های رقومی ارتفاعی تأثیرگذار است، توان تفکیک (ابعاد سلول شبکه) آن است. عزیزیان و شکوهی در پژوهشی به بررسی اثر توان تفکیک مدل رقومی ارتفاعی بر پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه و نیز عملکرد یک مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی موسوم به KW-GIUH پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که با افزایش ابعاد سلولی، شیب متوسط زیرحوضه‌ها و تعداد آبراهه‌ها و همچنین میزان دبی اوج هیدروگراف سیلاب برآورد شده کاهش می‌یابد [4]. پراداهان و همکاران در ارزیابی اثر استفاده از توان تفکیک‌های مختلف نقشه رقومی ارتفاعی بر عملکرد مدل‌های هیدرولوژیکی مشاهده نمودند که به دلیل ارتباط و برهم‌کنش پارامترهای مدل و فاکتورهای مکانی، اثر توان تفکیک نقشه DEM در مدل‌سازی را می‌توان با انجام واسنجی جبران نمود [5]. الوانکار و همکاران در پژوهشی به بررسی تأثیر اندازه سلول در محاسبه دبی اوج سیلاب در مدل‌های توزیعی پرداختند. نتایج آنها حاکی از آن است که با افزایش ابعاد سلول‌ها از ۳۰ تا ۹۶۰ متر، دبی اوج سیلاب شبیه‌سازی شده توسط مدل کاهش می‌یابد [6]. عزیزیان و شکوهی (۲۰۱۴) در تحقیقی به ارزیابی اثر منبع تهیه مدل رقومی ارتفاعی بر نتایج مدل KW-GIUH پرداختند که نتایج نشان داد، در صورت استفاده از DEM‌های راداری، مقادیر پارامترهای ژئومورفولوژیکی نظیر شیب متوسط زیرحوضه‌ها و شیب متوسط آبراهه‌ها بیشتر از مقادیر بدست آمده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ زمینی است. همچنین دبی اوج سیلاب، زمان پایه و شیب شاخه صعودی هیدروگراف سیلاب بدست آمده از دو منبع

1 - DEM Resolution
2 - Data Resolution
3 - Digital Elevation Models

[10]. بعد از اصلاح DEM باید اقدام به استخراج شبکه جهت جریان^۳ و شبکه انباشت جریان^۴ برای DEM مورد نظر نمود. این دو لایه برای استخراج شبکه آبراهه‌ها و زیرحوضه‌ها لازم و ضروری است. در واقع در یک سطح انباشت مقداری که برای هر سلول بدست می‌آید معرف تعداد کل سلول‌هایی است که به داخل آن سلول می‌ریزد. در این پژوهش از الحاقیه Arc hydro در بستر GIS برای استخراج پارامترهای فیزیوگرافی مورد نیاز مدل HEC-HMS استفاده شده است.

۲-۲- محدوده مطالعاتی

در پژوهش حاضر از اطلاعات دو حوضه آبریز با شرایط اقلیمی و توپوگرافی مختلف استفاده شده است. این دو حوضه به ترتیب عبارتند از: حوضه آبریز کارده و کسلیان. حوضه آبریز کارده یکی از زیرحوضه‌های اصلی حوضه آبریز کشف‌رود بوده و معرف حوضه‌های آبریز شمال خراسان و نیمه خشک است. رودخانه کارده زهکش اصلی این حوضه را تشکیل می‌دهد که از شمال به جنوب جریان دارد. متوسط بارندگی در بخش جنوبی حوضه کارده ۳۷۴ میلی‌متر و در ارتفاعات بخش شمالی ۴۵۰ میلی‌متر است. حوضه معرف کارده دارای دو ایستگاه هیدرومتری جُنْگ و کارده است که میزان جریان در داخل و خروجی حوضه را اندازه‌گیری می‌کنند. حوضه آبریز کسلیان نیز یکی از زیرحوضه‌های رودخانه تالار در استان مازندران است. این حوضه با توجه به وضعیت طبیعی آب و هوا و پوشش گیاهی، معرف مناطق کوهستانی و جنگلی در البرز میانی است. این حوضه در شرق راه‌آهن تهران- مازندران و در ۲۷ کیلومتری بخش پل سفید واقع شده است. حوضه آبریز کسلیان به مساحت ۶۷ کیلومترمربع و با محیط ۳۷/۸ کیلومتر توسط رودخانه کسلیان به طول حدود ۱۷ کیلومتر زهکشی می‌شود. در شکل (۱) موقعیت جغرافیائی و در جدول (۱) نیز خلاصه‌ای از مهم‌ترین پارامترهای فیزیوگرافی حوضه‌های کارده و کسلیان ارائه شده است.

دقت DEM کاهش یافته و باعث تخمین ارتفاع عوارض و شیب حوضه با خطای بیشتری می‌شود که این مساله می‌تواند منجر به ایجاد خطا در شبیه‌سازی هیدرولوژیکی شود. همچنین نکته‌ای که تاکنون مورد توجه کمتری قرار گرفته است بررسی اثر احتمالی این نوع نقشه‌ها به علت تغییر محتوای اطلاعاتی آنها نسبت به نقشه‌های برداشت زمینی بر عملکرد مدل‌های ریاضی بارش رواناب است. این پژوهش به بررسی اثر توان تفکیک DEM^۱ و مقیاس نقشه^۲ بر پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه و در نهایت بر عملکرد یک مدل ریاضی بارش- رواناب اختصاص دارد. مدل انتخاب شده برای این مطالعه مدل HEC-HMS و حوضه‌های مطالعاتی دو حوضه نیمه خشک کارده و مرطوب کسلیان است. مدل HEC-HMS در دسته مدل‌هایی قرار می‌گیرد که در تعداد زیادی از گزینه‌های خود دارای اساس فیزیکی بوده و به همین خاطر وابستگی نسبتاً زیادی به پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه‌های آبریز دارد. بر این اساس می‌توان اطمینان داشت که استفاده از این مدل می‌تواند اهداف پژوهش را محقق سازد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- پیش‌پردازش روی DEM و استخراج آبراهه‌ها با استفاده از GIS

استفاده از مدل HEC-HMS متضمن استخراج برخی از پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه از جمله مساحت، شیب حوضه، شیب و طول آبراهه‌ها است. در مرحله اول برای تامین داده‌های فیزیوگرافی لازم برای استفاده در مرحله واسنجی و ارزیابی مدل HEC-HMS از DEM حاصل از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ استفاده به عمل آمد. یکی از موانع و مشکلات موجود برای استفاده از DEMها در استخراج پارامترهای ژئومورفولوژیکی، وجود گودال‌های مصنوعی در آنها است که بیشتر به واسطه تکنیک‌های درون‌یابی ایجاد می‌شود. در این پژوهش از روش پلانچون و داربوکس برای اصلاح گودال‌های مذکور استفاده شده است

جدول ۱. مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز کارده و کسلیان

Catchment Mean Elev (m)	Mean Channel Slope (%)	Gravilus Ratio	Main Channel Length (Km)	Perimeter (Km)	Area (Km ²)	Name
1934.5	1.5	1.58	70	142.4	635	Karde
1569.1	4.7	1.30	17.2	37.8	67	Kasilian

Table 1. Physiographic Characteristics of Karde and Kasilian Catchments

(cms)، A: مساحت حوضه (Km²)، t_p: مدت زمان رسیدن به دبی اوج (hr)، Δt: گام زمانی مربوط به داده‌های بارش (hr)، t_c: زمان تمرکز (hr)، L: طول آبراهه اصلی حوضه (Km) و S: شیب آبراهه اصلی (m/m) است.

همان‌گونه که در معادلات فوق نشان داده شده، مقادیر پارامترهای مهمی همچون: زمان تمرکز، دبی اوج سیلاب و زمان رسیدن به دبی اوج وابسته به پارامترهای ژئومورفولوژیکی است. پس تغییر پارامترهای ژئومورفولوژیکی در اثر تغییر ابعاد سلول DEM و مقیاس نقشه می‌تواند بر مقادیر متغیرهای شبیه‌سازی شده توسط مدل تاثیرگذار باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- واسنجی و ارزیابی مدل

برای ارزیابی عملکرد مدل HEC-HMS در دو حوضه آبریز کسلیان و کارده به ترتیب از هیدروگراف‌های سیل ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری ولیک بن (واقع در انتهای حوضه آبریز کسلیان) در بازه زمانی ۱۳۶۶-۱۳۸۵ (بازه زمانی ۱۳۸۰-۱۳۶۶ برای کالیبراسیون و بازه زمانی ۱۳۸۵-۱۳۸۰ برای درستی‌آزمایی در نظر گرفته شد) و در ایستگاه هیدرومتری کارده (واقع در خروجی حوضه کارده) در بازه زمانی ۱۳۸۷-۱۳۸۰ (بازه زمانی ۱۳۸۵-۱۳۸۰ برای کالیبراسیون و بازه زمانی ۱۳۸۵-۷۵ برای درستی‌آزمایی در نظر گرفته شد) استفاده بعمل آمده است. در جدول (۲) نتایج مربوط به کارایی مدل در مراحل واسنجی و درستی‌آزمایی بر اساس شاخص نش‌ساتکلیف (رابطه ۷) ارائه شده است که حاکی از توانایی قابل قبول مدل HEC-HMS در شبیه‌سازی فرآیند بارش رواناب در دو حوضه آبریز کسلیان و کارده است.

۳-۲- ساختار مدل بارش- رواناب HEC-HMS

مدل HEC-HMS یک مدل رخداده محور است که توسط مرکز مهندسی هیدرولوژیکی ارتش آمریکا و برای شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب توسعه داده شده است. این مدل از روش‌های مختلفی برای برآورد سهم نفوذ آب در خاک (روش شماره منحنی SCS، روش نفوذ با نرخ ثابت، روش گرین-امپت و روش اسمیت-پارالانژ) و همچنین تبدیل بارش موثر به رواناب سطحی (مانند: روش شماره منحنی SCS، روش هیدروگراف واحد، روش اشتایدر، روش کلارک و مُد کلارک) استفاده می‌نماید. در این پژوهش با توجه به داده‌های در دسترس از روش شماره منحنی SCS برای برآورد نفوذ و دبی اوج سیلاب استفاده شده است. معادلات استفاده شده برای تخمین پارامترهای مدل به شرح زیر است:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (1)$$

$$I_a = 0.2S \quad (2)$$

$$S = \begin{cases} \frac{1000 - 10CN}{CN} & \text{foot - System} \\ \frac{25400 - 254CN}{CN} & \text{Metric - System} \end{cases} \quad (3)$$

$$Q_p = C \cdot \frac{A}{t_p} \quad (4)$$

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + 0.6 t_c \quad (5)$$

$$t_c = 0.057 \left(\left(\frac{100}{CN} \right) - 9 \right)^{0.7} \cdot L^{0.8} \cdot S^{-0.5} \quad (6)$$

در معادلات فوق، P: بارش (mm)، P_e: بارش موثر (mm)، S: حداکثر پتانسیل نگهداشت آب در سطح حوضه (mm)، CN: عدد شماره منحنی، C: ضریب معادله که در واحد متر و فوت به ترتیب معادل ۲/۰۸ و ۴۸۴ است، Q_p: دبی اوج هیدروگراف

از پارامتر تأثیرگذار مدل (شیب حوضه) نشان داده شده است. در این شکل به وضوح می‌توان اثر تغییر ابعاد سلول DEM بر پارامتر مذکور را مشاهده نمود.

شکل ۲. تغییرات شیب متوسط حوضه در DEMهای با ابعاد سلولی مختلف در دو حوضه کسلیان و کارده

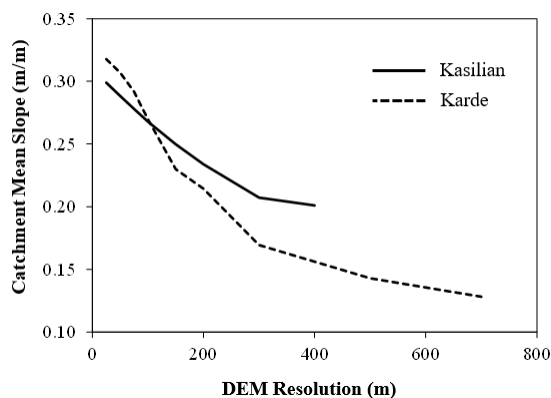


Fig. 2. Variation of Catchment Mean Slope and DEM Resolution in Karde and Kasilian Catchments

بررسی نتایج بدست آمده حاکی از آن است که با افزایش ابعاد سلول DEM، متوسط شیب حوضه در هر دو حوضه کارده و کسلیان کاهش می‌یابد. نتایج بدست آمده در این بخش تا حدود بسیار زیادی با نتایج بدست آمده توسط پژوهشگرانی همچون عزیزیان و شکوهی، شکوهی و غلامی هماهنگی قابل قبولی را نشان می‌دهد [3, 4, 11]. کاهش شیب حوضه می‌تواند عملاً منجر به افزایش زمان تمرکز جریان دامنه‌ای و متعاقب آن افزایش زمان پایه و کاهش دبی اوج هیدروگراف سیل شود. کاهش شیب در حوضه‌های کوچک و حوضه‌های بزرگ به صورت یکسان صورت نمی‌پذیرد. بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش نشان می‌دهد که این پارامتر یکی از مهمترین و حساس‌ترین ورودی‌های مدل HEC-HMS است، و این حساسیت در حوضه‌های بزرگتر نسبت به حوضه‌های کوچکتر بیشتر است. بر این اساس می‌توان انتظار داشت که شیب برآورد شده از روی مدل‌های رقومی ارتفاعی بتواند تأثیری معنی‌دار بر شکل و دیگر پارامترهای مهم هیدروگراف داشته باشد.

$$EFF = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (\bar{Q}_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2} \quad (7)$$

که در آن Q_m^t : دبی شبیه‌سازی شده و Q_o^t : دبی مشاهده شده در زمان t و \bar{Q}_o : متوسط دبی قابل مشاهده است. ضریب EFF در محدوده‌ای بین ۱ تا $-\infty$ متغیر و $EFF = 1$ نشان‌دهنده هماهنگی کامل دبی مشاهداتی و دبی شبیه‌سازی شده است.

شکل ۱. موقعیت دو حوضه آبریز کارده و کسلیان روی نقشه ایران

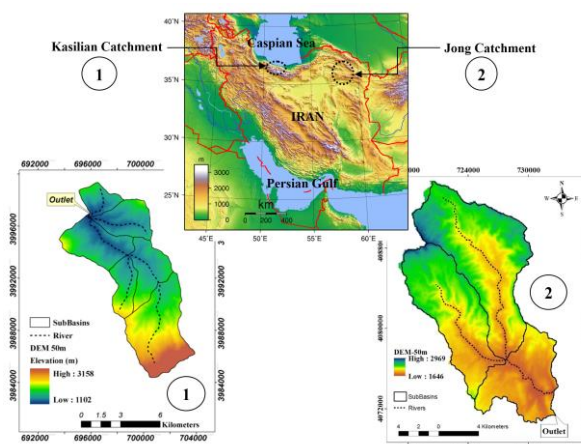


Fig. 1. Location of Kasilian and Karde catchments

جدول ۲. شاخص کارایی مدل در مراحل واسنجی و درستی‌آزمایی

Name	Phase	NSE
Kasilian	Calibration	0.83
	Verification	0.81
Karde	Calibration	0.96
	Verification	0.75

Table 2. Model efficiency in calibration and verification phases

۳-۲- اثر تغییر ابعاد سلول DEM بر پارامترهای مدل
برای استخراج پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه از DEMهای مستخرج از نقشه توپوگرافی ۲۵۰۰۰:۱ با ابعاد سلولی ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰ متر استفاده شد و در هر کدام از سناریوهای مذکور، پارامترهای مورد نیاز مدل استخراج شد. در شکل (۲) اثر ابعاد سلولی مختلف روی یکی

۳-۳- اثر منبع تهیه DEM بر پارامترهای مدل

در این بخش به بررسی میزان اثر توان مقیاس نقشه (Data Resolution)، که بر اساس منبع تولید DEM و در واقع تغییر محتوای اطلاعاتی نقشه تعریف می‌شود، بر عملکرد مدل بارش رواناب HEC-HMS پرداخته خواهد شد. برای بررسی اثر منابع مختلف تهیه DEM بر عملکرد مدل از DEMهای بدست آمده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری و DEMهای ۹۰متری SRTM در دو حوضه آبریز کسپلیان و کارده استفاده شده است. بررسی تغییرات متوسط شیب زیرحوضه‌ها حاکی از آن است که مقادیر بدست آمده از نقشه‌های SRTM در بیشتر موارد بالاتر از مقادیر بدست آمده از نقشه‌های زمینی است که این امر می‌تواند موجب افزایش دبی اوج و شیب بازوی بالارونده هیدروگراف بدست آمده از DEMهای SRTM شود. در مطالعاتی که به وسیله عزیزیان و شکوهی و روی مدل KW-GIUH صورت گرفته، نتایج حاکی از آن است که هیدروگراف سیلاب شبیه‌سازی شده مبتنی بر DEMهای SRTM همواره دارای دبی اوج بالاتری نسبت به نتایج بدست آمده از نقشه‌های زمینی است [3, 4]. همچنین در مطالعه دیگری که به وسیله عزیزیان و شکوهی روی مدل توزیعی TOPMODEL صورت گرفته، نتایج مبین این مطلب است که دبی اوج بدست آمده از DEMهای SRTM همواره بالاتر از نتایج بدست آمده از DEMهای ASTER و نقشه‌های زمینی است [11]. با افزایش ابعاد سلولی، اختلاف شیب بدست آمده از DEMهای SRTM و نقشه‌های زمینی کاهش یافته که به نظر می‌رسد این امر موجب کاهش اختلاف هیدروگراف سیلاب حاصل از مدل HEC-HMS به ازای استفاده از DEMهای حاصل از دو منبع شود. همان‌گونه که در شکل‌های (۳ تا ۶) نشان داده شده، در ابعاد سلولی کوچکتر از ۱۰۰ متر، شیب حاصله از دو منبع در دو حوضه کسپلیان و کارده تفاوت قابل توجهی را دارد. نکته دیگری که در شکل‌های مزبور قابل مشاهده است آن است که اختلاف شیب حاصل از دو منبع در همه ابعاد سلولی در حوضه آبریز کسپلیان کمتر از حوضه آبریز کارده است. علت این امر را می‌توان در پرشیب بودن قسمت اعظم حوضه کوهستانی کسپلیان دانست که از اثر منبع DEM بر شیب استخراج شده

در حوضه‌ها می‌کاهد. نتایج حاصل از این پژوهش در راستای نتایج بدست آمده از پژوهش‌های شکوهی و غلامی است [11]. طبق پژوهش‌های این دو پژوهشگر، برای شیب‌های بزرگتر از ۵ درصد در استخراج آبراهه‌ها به ازای روش‌های مختلف روندیابی جریان^۱ تفاوتی دیده نمی‌شود که به نوعی معرف غالب بودن شیب اصلی و عدم تغییر نتایج الگوریتم‌های روندیابی به همین دلیل است. این امر به طور غیر مستقیم نشان می‌دهد که در شیب‌های تند محتوای اطلاعاتی نقشه‌ها با تغییر ابعاد سلولی، تغییرات کمتری را تحمل می‌نماید.

۴-۳- اثر تغییر ابعاد سلول DEM بر شکل و دبی اوج هیدروگراف سیل

برای تعیین اثر توان تفکیک DEM بر عملکرد مدل HEC-HMS، پارامترهای ژئومورفولوژیکی در همه ابعاد سلولی محاسبه و مدل در دو حوضه کسپلیان (سیلاب ۱۳۷۹/۳/۱۱) و کارده (سیلاب ۱۳۸۳/۹/۲۴) اجرا شد شکل‌های (۷ و ۸). قابل ذکر است که در این مرحله برای بررسی و تمرکز بر اثر تغییر ابعاد سلول بر نتایج مدل (فارغ از منبع تولید DEM) از DEMهای حاصل از نقشه توپوگرافی استفاده به عمل آمد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در حوضه آبریز کسپلیان با افزایش ابعاد سلولی، میزان دبی اوج تا ابعاد سلولی ۱۰۰ متر، روندی کاهشی را تجربه نموده و پس از آن با یک جهش روبرو شده و دوباره با افزایش ابعاد سلولی روند کاهشی را ادامه می‌دهد.

شکل ۳. تغییرات شیب متوسط زیرحوضه‌ها در دو منبع مختلف در حوضه کارده (اندازه سلولی ۲۵ متر)

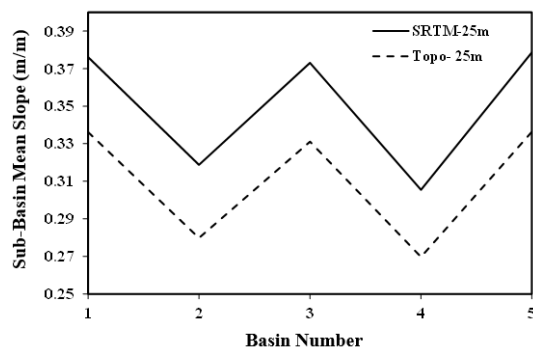


Fig. 3. Variation of subbasins mean slope at two different DEM sources in Karde catchment (at 25-m DEM)

مسئول جهش عملکرد مدل در این محدوده دانست. بررسی مشخصات ژئومورفولوژیکی حوضه آبریز کسلیان حاکی از آن است که در محدوده ابعاد سلولی ۱۰۰ متر تغییرات قابل توجهی در این خصوصیات رخ می‌دهد. بر خلاف حوضه آبریز کسلیان، نتایج حاصل از اجرای مدل در ابعاد سلولی مختلف در حوضه آبریز کارده حاکی از آن است که با افزایش ابعاد سلولی، میزان دبی اوج از ابعاد سلولی ۲۵ متر تا ۷۰۰ متر روندی کاهشی را طی می‌کند. طبق نتایج بدست آمده در حوضه کارده، تا ابعاد سلولی ۲۰۰ متر میزان کاهش دبی اوج سیلاب به ازای افزایش ابعاد سلول DEM در حدود ۱۸ درصد است. علت اصلی این امر تغییر مشخصات ژئومورفولوژیکی حوضه (مانند: شیب متوسط حوضه، شیب آبراهه‌ها، تعداد آبراهه‌ها و طول آنها) در ابعاد سلولی کمتر از ۲۰۰ متر است. همچنین برای ابعاد سلولی واقع در محدوده ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر میزان تغییر در مشخصات فیزیوگرافی حوضه چندان قابل توجه نبوده و به همین علت میزان کاهش دبی اوج در این بازه به کمتر از ۶ درصد محدود می‌شود. همچنین برای ابعاد سلولی بزرگتر از ۵۰۰ متر نیز به علت تغییر قابل توجه در محتوی اطلاعاتی DEMها میزان کاهش در دبی اوج شبیه-سازی در حدود ۳۴ درصد است. بر خلاف حوضه کارده، در حوضه کسلیان میزان تغییر در دبی اوج سیلاب به ازای ابعاد سلولی مختلف چندان قابل توجه نبوده و همواره این مقدار به کمتر از ۳ درصد محدود می‌شود. در شکل‌های (۹ و ۱۰) اثر ابعاد سلولی مختلف بر شکل هیدروگراف سیلاب به خوبی قابل مشاهده است.

شکل ۷. روند تغییرات دبی اوج با افزایش ابعاد سلولی (کارده)

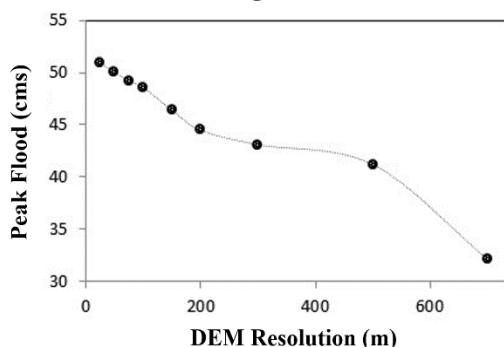


Fig. 7. Variation of peak flood and DEM resolution in Karde catchment

شکل ۵. تغییرات شیب متوسط زیرحوضه‌ها در دو منبع مختلف در حوضه کارده (اندازه سلولی ۳۰۰ متر)

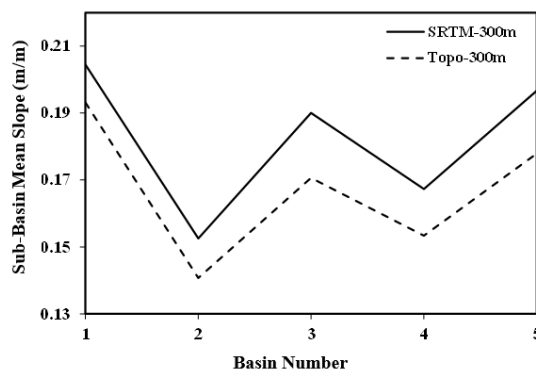


Fig. 5. Variation of subbasins mean slope at two different DEM sources in Karde catchment (at 300-m DEM)

شکل ۴. تغییرات شیب متوسط زیرحوضه‌ها در دو منبع مختلف در حوضه کسلیان (اندازه سلولی ۵۰ متر)

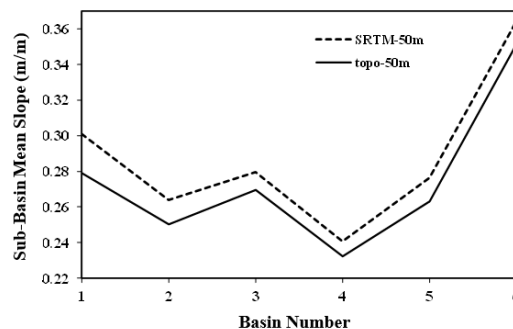


Fig. 4. Variation of subbasins mean slope at two different DEM sources in Kasilian catchment (at 50-m DEM)

شکل ۶. تغییرات شیب متوسط زیرحوضه‌ها در دو منبع مختلف در حوضه کسلیان (اندازه سلولی ۲۰۰ متر)

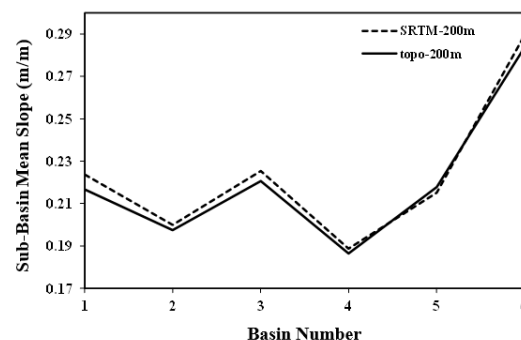


Fig. 6. Variation of subbasins mean slope at two different DEM sources in Karde catchment (at 200-m DEM)

بروز این پدیده را می‌توان به تغییرات مشخصات ژئومورفولوژیکی حوضه در محدوده ابعاد سلولی بین ۷۵ تا ۱۰۰ متر مرتبط دانست و تغییر روند پارامترهای ژئومورفولوژیک حوضه در ابعاد سلولی ۷۵ تا ۱۰۰ متر را

ساتکلیف در نظر گرفته شود، در حوضه آبریز کسلیان ابعاد سلولی بهینه بین ۲۵ تا ۱۰۰ متر متغیر است ولی برای حوضه آبریز کارده این بازه بین ۵۰ تا ۲۰۰ (البته با کمی اغماض) متر متغیر است. همان‌گونه که در شکل‌های زیر نشان داده شده در حوضه‌های آبریز کوچکی همچون کسلیان باید از ابعاد سلولی کمتر از ۱۰۰ متر استفاده نمود تا علاوه بر بدست آوردن عملکرد مناسب مدل، از حجم محاسبات نیز تا حد قابل قبولی کاست. در حوضه‌هایی همچون حوضه کارده نیز باید از ابعاد سلولی کمتر از ۲۰۰ متر استفاده نمود. به عنوان نمونه در حوضه کارده چنانچه از ابعاد سلولی ۱۵۰ و ۱۰۰ متری برای مدلسازی استفاده شود، شاخص نش ساتکلیف مدل به ترتیب در حدود ۸۳/۲ و ۹۱ درصد بدست خواهد آمد. طبق محاسبات صورت گرفته، اختلاف بین این دو عدد کمتر از ۹ درصد است پس می‌توان به جای ابعاد سلولی کوچکتر از ابعاد سلولی بزرگتر استفاده و علاوه بر کاهش حجم محاسبات به عملکرد قابل قبولی نیز رسید.

شکل ۸. روند تغییرات دبی اوج با افزایش ابعاد سلولی (کسلیان)

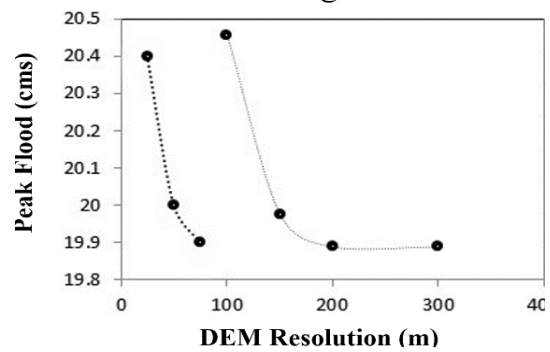


Fig. 8. Variation of peak flood and DEM resolution in Kasilian catchment

شکل ۹. اثر تغییر ابعاد سلول DEM (بدست آمده از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰) بر هیدروگراف (کارده)

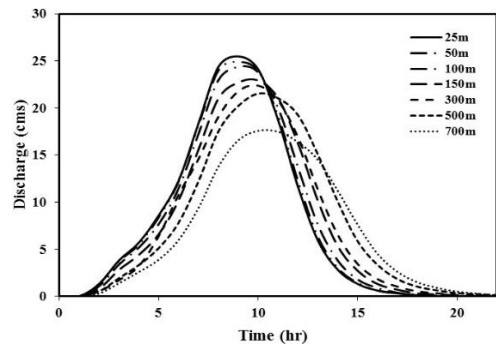


Fig. 9. The effect of DEM resolution on the simulated hydrograph in Karde catchment

شکل ۱۰. اثر تغییر ابعاد سلول DEM (بدست آمده از نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰) بر هیدروگراف (کسلیان)

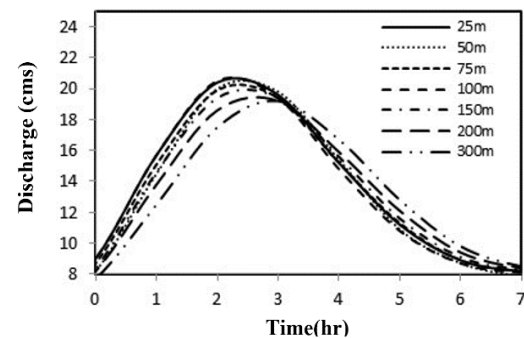


Fig. 10. The effect of DEM resolution on the simulated hydrograph in Kasilian catchment

شکل ۱۱. محدوده ابعاد سلولی بهینه در حوضه آبریز کسلیان

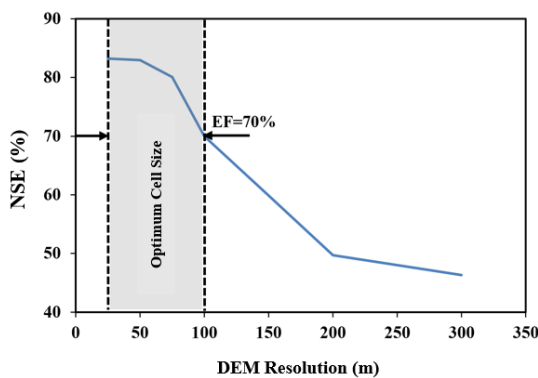


Fig. 11. Optimum DEM Resolution in Kasilian catchment

شکل ۱۲. محدوده ابعاد سلولی بهینه در حوضه آبریز کارده

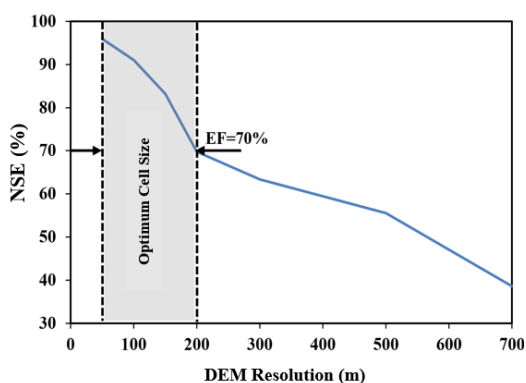


Fig. 12. Optimum DEM Resolution in Kasilian catchment

در نهایت برای مشخص شدن ابعاد سلولی بهینه برای مدلسازی در هر دو حوضه آبریز، نمودار بین شاخص کارایی مدل (شاخص نش- ساتکلیف) و ابعاد سلولی ترسیم و در شکل‌های (۱۱ و ۱۲) نشان داده شده است. چنانچه معیار عملکرد مناسب مدل مقادیر بالای ۷۰ درصد شاخص نش-

ژئومورفولوژیکی و نیز عملکرد مدل‌های بارش-رواناب ناچیز است. این در حالیست که در ابعاد سلولی کمتر از ۱۰۰ متر موارد مذکور بشدت تحت تأثیر منبع و ابعاد سلول DEM است. این امر نشان می‌دهد که به هنگام استفاده از مدل‌هایی همچون HEC-HMS لازم است به مبحث مقیاس با دقت بیشتری توجه شود. همچنین به واسطه شیب بالای بدست آمده از نقشه‌های SRTM در حوضه کارده (در مقایسه با شیب بدست آمده از نقشه‌های منابع زمینی) نسبت به حوضه کسلیان، می‌توان نتیجه گرفت که نتیجه کار مدل در شبیه‌سازی دبی اوج و شیب بازوی بالارونده هیدروگراف در حوضه‌های بزرگ‌تر از حساسیت بیشتری نسبت به حوضه‌های کوچک‌تر که در عین حال دارای تنوع توپوگرافی کمتری، برخوردار است. همچنین طبق محاسبات صورت گرفته، اختلاف دبی اوج شبیه‌سازی شده به ازای تغییرات ابعاد سلولی در حوضه کارده بسیار بزرگ و در حدود ۴۰ درصد بدست آمد در حالیکه این اختلاف در حوضه کسلیان به کمتر از ۵ درصد محدود می‌شود. این ارقام در هر دو حوضه برای اندازه سلولی کمتر از ۱۰۰ متر به ۲ الی ۳ درصد بالغ می‌شود.

جدول ۳. اثر تغییر ابعاد سلولی DEM بر زمان اوج و زمان پایه در حوضه کسلیان (ساعت)

DEM Resolution (m)	T _{Peak} (hr)	T _{base} (hr)
25	3	42
50	3	42
75	3	42
100	3	42
150	4	43
200	4	43
300	4	43

Table 3. The effect of DEM resolution on the time to peak and hydrograph time base in Kasilian catchment

جدول ۴. اثر تغییر ابعاد سلولی DEM بر زمان اوج و زمان پایه در حوضه کارده (ساعت)

DEM Resolution (m)	T _{Peak} (hr)	T _{base} (hr)
25	9	18
50	9	18
75	9	18
100	9	19
150	9	19
200	10	19
300	10	21
500	10	22
700	11	24

Table 4. The effect of DEM resolution on the time to peak and hydrograph time base in Kasilian catchment

۳-۵- اثر تغییر ابعاد سلول DEM بر زمان رسیدن به دبی اوج و زمان پایه هیدروگراف

در جداول (۳ و ۴) اثر تغییر ابعاد سلولی بر زمان اوج و زمان پایه هیدروگراف در دو حوضه کسلیان و کارده ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که با افزایش ابعاد سلولی زمان تمرکز و زمان پایه هیدروگراف سیلاب افزایش می‌یابد. در حوضه‌های آبریز کارده و کسلیان، زمان پایه هیدروگراف به ترتیب افزایشی در حدود ۶ و ۱ ساعت را نشان می‌دهند. تغییرات بیشتر زمان تمرکز در حوضه آبریز کارده نسبت به حوضه کسلیان را می‌توان به مساحت و دامنه تغییرات شیب در این حوضه نسبت داد.

۳-۶- اثر منبع تهیه DEM بر شکل و دبی اوج هیدروگراف سیل محاسبات نشان می‌دهد که استفاده از منابع مختلف DEM (اثر Data Resolution) روی دبی اوج شبیه‌سازی شده و نیز شکل هیدروگراف اثر قابل توجهی دارد. در شکل‌های (۱۳ تا ۲۰) اثر منابع مختلف روی هیدروگراف شبیه‌سازی شده در دو حوضه کسلیان و کارده نشان داده شده است. همانطوری که ملاحظه می‌شود، هیدروگراف بدست آمده از DEM‌های SRTM نسبت به DEM‌های به دست آمده از نقشه‌های توپوگرافی در هر دو حوضه کسلیان و کارده، دارای دبی اوج بالاتری است. یکی از علت‌های اصلی این اختلاف را می‌توان به شیب متوسط زیرحوضه‌های بدست آمده از منابع مختلف مرتبط نمود. بالاتر بودن شیب DEM‌های SRTM نسبت به DEM‌های زمینی موجب افزایش دبی اوج و شیب بازوی بالارونده هیدروگراف می‌شود.

همانطور که در شکل‌های مزبور ملاحظه می‌شود با افزایش ابعاد سلولی (به ویژه از ابعاد سلولی ۱۰۰ متر) اختلاف دبی اوج هیدروگراف بدست آمده از دو منبع به سمت صفر میل می‌کند. نتایج بدست آمده به خوبی گویای این مطلب است که در صورت استفاده از DEM‌های با ابعاد سلولی بزرگتر از ۱۰۰ متر به علت یکسان شدن محتوی اطلاعاتی DEM‌ها و استخراج تقریباً یکسان پارامترهای ژئومورفولوژیکی مدل در دو منبع عملاً اثر منبع تهیه DEM بر پارامترهای

شکل ۱۶. هیدروگراف شبیه سازی شده در حوضه کسلیان

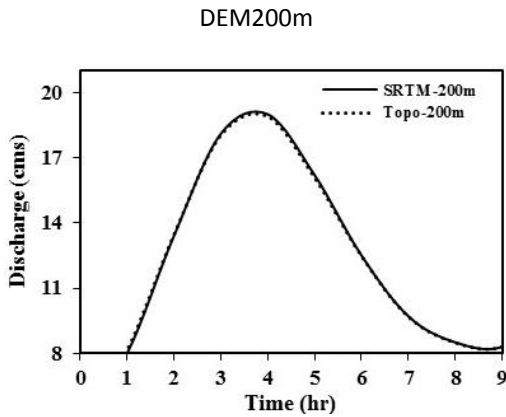


Fig. 16. Simulated hydrograph at two different DEM sources in Kasilian Catchment (at 200-m DEM)

شکل ۱۷. هیدروگراف شبیه سازی شده در حوضه کارده

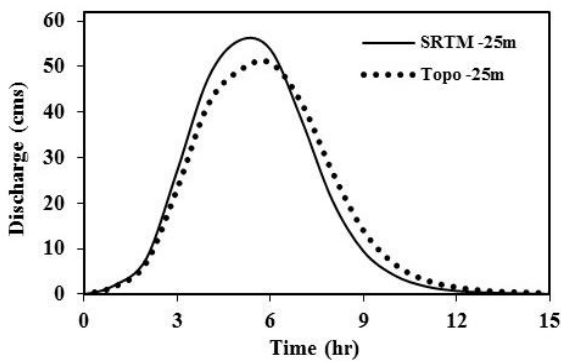


Fig. 17. Simulated hydrograph at two different DEM sources in Karde Catchment (at 25-m DEM)

شکل ۱۸. هیدروگراف شبیه سازی شده در حوضه کارده

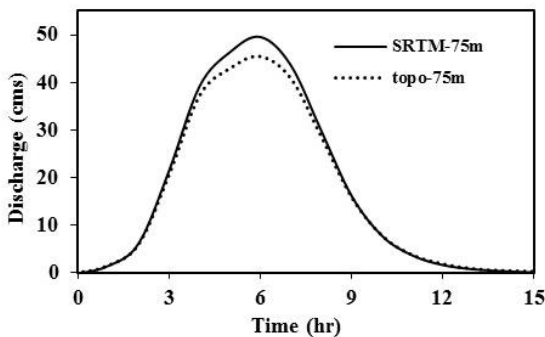


Fig. 18. Simulated hydrograph at two different DEM sources in Karde Catchment (at 75-m DEM)

شکل ۱۳. هیدروگراف شبیه سازی شده در حوضه کسلیان

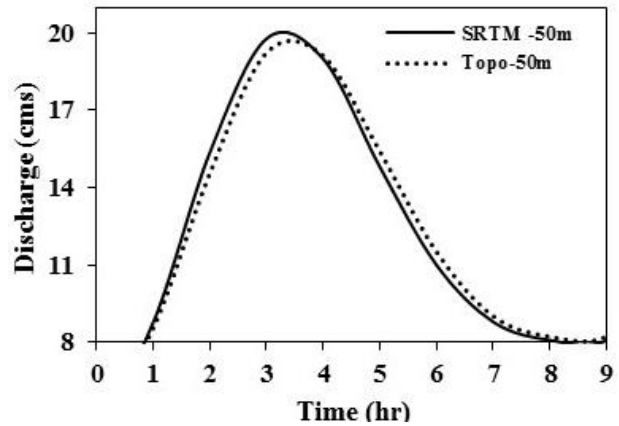


Fig. 13. Simulated hydrograph at two different DEM sources in Kasilian Catchment (at 50-m DEM)

شکل ۱۴. هیدروگراف شبیه سازی شده در حوضه کسلیان

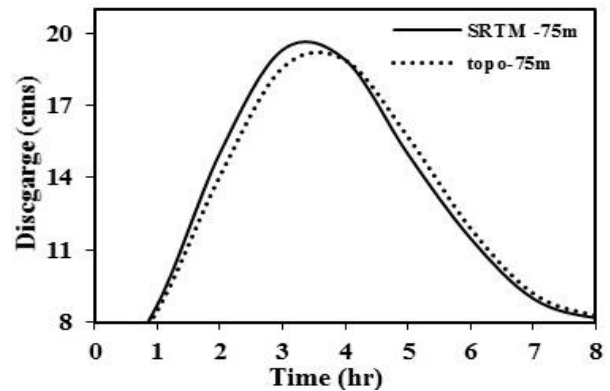


Fig. 14. Simulated hydrograph at two different DEM sources in Kasilian Catchment (at 75-m DEM)

شکل ۱۵. هیدروگراف شبیه سازی شده در حوضه کسلیان

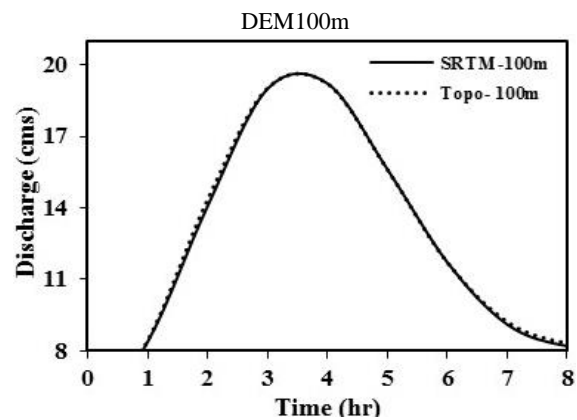


Fig. 15. Simulated hydrograph at two different DEM sources in Kasilian Catchment (at 100-m DEM)

شکل ۲۲. تغییرات شیب بدست آمده برای زیرحوضه‌ها با استفاده از دو منبع نقشه توپوگرافی و SRTM (حوضه کارده)

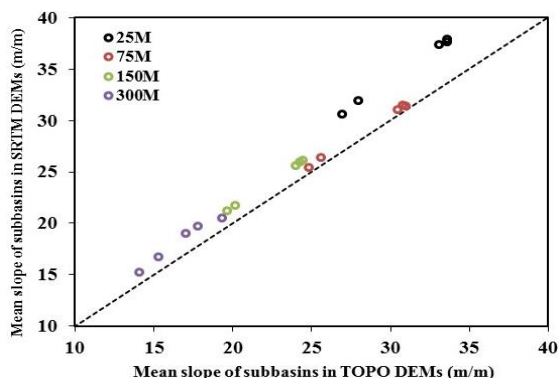


Fig. 22. The mean slope of subbasins obtained from Topo DEM vs SRTM DEM (Karde catchment)

در شکل‌های (۲۱ و ۲۲) نیز تغییرات شیب بدست آمده از دو منبع مختلف نسبت به یکدیگر نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، نتایج حاصل از DEMهای SRTM همواره بالاتر از DEMهای زمینی قرار می‌گیرد و همین مساله در شکل و مقدار دبی اوج هیدروگراف سیلاب تاثیر مستقیم دارد.

۴- نتیجه گیری

این پژوهش با هدف بررسی حساسیت مدل HEC-HMS نسبت به محتوای اطلاعاتی نقشه‌های DEM از هر دو دیدگاه DEM Resolution و Data Resolution در دو حوضه آبریز با شرایط اقلیمی و توپوگرافیکی متفاوت، به انجام رسیده است. نتایج حاصل از کاربرد مدل HEC-HMS در دو حوضه آبریز کسلیان و کارده نشان داد که تغییر ابعاد سلولی و نیز منبع تهیه مدل رقومی ارتفاعی آثار متفاوتی بر پارامترهای ژئومورفولوژیکی و نیز عملکرد مدل در شبیه‌سازی سیلاب برجای می‌گذارد. طبق نتایج بدست آمده با کاهش توان تفکیک مدل‌های رقومی ارتفاعی، میزان دبی اوج هیدروگراف در حوضه کسلیان که حوضه کوچکی به شمار می‌رود تا ابعاد سلولی ۱۰۰ متر روند کاهشی و زمان پایه روندی افزایشی را تجربه نموده و پس از آن با یک جهش روبرو شده و دوباره با افزایش ابعاد سلولی، دبی اوج روند کاهشی و زمان پایه روندی افزایشی را ادامه می‌دهد. بروز این پدیده را می‌توان به

شکل ۱۹. هیدروگراف شبیه سازی شده در حوضه کارده

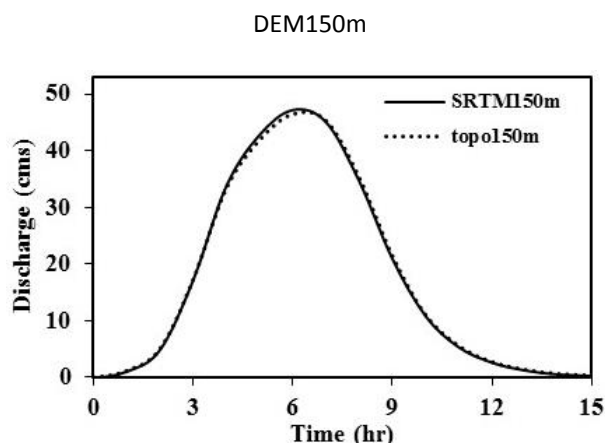


Fig. 19. Simulated hydrograph at two different DEM sources in Karde Catchment (at 150-m DEM)

شکل ۲۰. هیدروگراف شبیه سازی شده در حوضه کارده 300m DEM

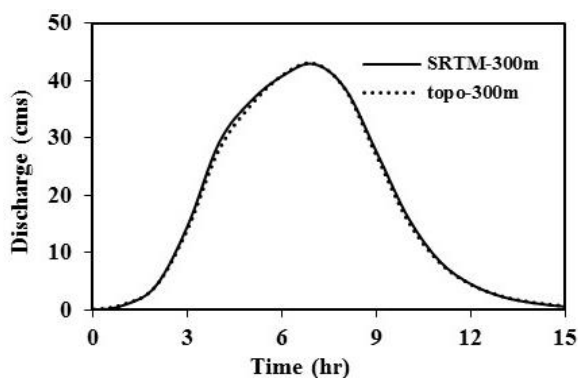


Fig. 20. Simulated hydrograph at two different DEM sources in Karde Catchment (at 300-m DEM)

شکل ۲۱. تغییرات شیب بدست آمده برای زیرحوضه‌ها با استفاده از دو

منبع نقشه توپوگرافی و SRTM (حوضه کسلیان)

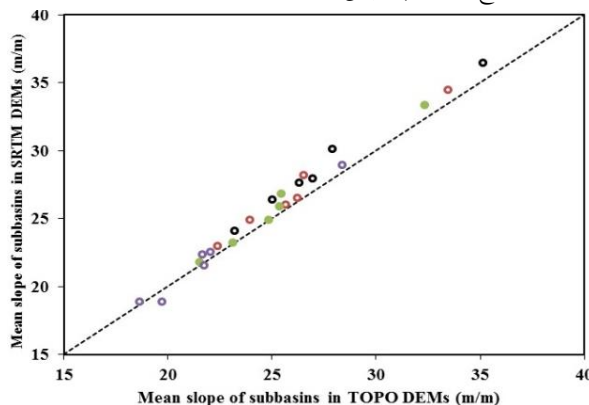


Fig. 21. The mean slope of subbasins obtained from Topo DEM vs SRTM DEM (Kasilian catchment)

اوج و شیب بازوی بالارونده هیدروگراف در حوضه‌های بزرگ‌تر از حساسیت بیشتری نسبت به حوضه‌های کوچک‌تر که در عین حال دارای تنوع توپوگرافی کمتری، برخوردار است. یکی از نکات مهمی که از این پژوهش قابل برداشت است آن است که به هنگام استفاده از مدل HEC-HMS در حوضه‌های کوچک اگر در حوضه‌ای نقشه توپوگرافی موجود نباشد می‌توان از نقشه‌های SRTM با دقت قابل قبولی استفاده و متغیرهای مورد نظر را محاسبه نمود.

References

۶- منابع

- [1] Karimi M., Malekinejad A. & Azizian M. 2012, Investigation of different flood simulation methods in HEC-HMS model. *Iranian Water Research Journal*, 5(9), 1-15 (In Persian).
- [2] Lee K. T., & Cheng N.K. 2009, A current version of the model of a unit hydrograph and its use in Taiwan and Russia. *Geography and Natural Reason RCES*, 30, 79-85.
- [3] Azizian A. & Shokoohi A.R. 2015, Effects of data resolution and stream delineation threshold area on the results of a kinematic wave based GIUH model. *Water SA*, 41(10), 61-69.
- [4] Azizian A. & Shokoohi A.R. 2014, DEM Resolution and stream delineation threshold effects on the results of geomorphologic based rainfall-runoff models. *Turkish journal of Engineering and Environmental sciences*, 1-15.
- [5] Pradhan N.R., Ogden F.R., Tachikawa Y. & Takara K. 2008, scaling of slope, upslope area, and soil water deficit: Implications for transferability and regionalization in topographic index modeling. *Water Resources Research*, 44, 12-21.
- [6] Alvankar S.R., Saghafian B. & Sedghi H. 2006, Effect of Pixel Size of a Hydrologic Model on Simulation of Flood peak. *Journal of agricultural sciences Islamic Azad University*, 12 (2), 330-344 (In Persian).
- [7] Molnar D.K., & Julien P.Y. 2000, Grid size effects on surface runoff modeling. *J. Hydrologic Engineering, ASCE*, 5(1), 8-16.
- [8] Jeirani F., Morid S., & Moridi E. 2012, Effect of spatial resolution of DEMs in calibration and estimation of runoff and sediment yield with using SWAT-CUP. *Journal of Water and Soil Conservation*, 18(4), 23-35 (In Persian).
- [9] Hancock G.R. 2005, The use of digital elevation models in the identification and characterization of catchments over different grid scales. *Hydrological Processes*, 45(1), 231-243.
- [10] Planchon O., & Darboux F. 2001, A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models. *Catena*, 46, 159-176.
- [11] Shokoohi A.R. & Gholami P. 2013, Evaluation of

تغییرات مشخصات ژئومورفولوژیکی حوضه در محدوده ابعاد سلولی ۱۰۰ متر مرتبط دانست. بررسی همین موضوع در حوضه بزرگی چون کارده نتایج متفاوتی را در برداشت. نتایج حاکی از آن است که با کاهش توان تفکیک مدل‌های رقومی ارتفاعی، میزان دبی اوج با سرعت بیشتری روند کاهشی و زمان پایه روند افزایشی را طی می‌کند. به عنوان نمونه، اختلاف بین دبی اوج سیلاب در ابعاد سلولی ۵۰ و ۲۰۰ متر در حدود ۱۸/۲ درصد و در ابعاد سلولی ۲۰۰ تا ۶۰۰ در حدود ۳۹/۷ درصد است. این موضوع در تمامی اندازه‌های سلولی صادق بوده و جهشی در این مدل در اندازه سلولی خاصی مشاهده نشده است. همچنین محاسبات نشان می‌دهد که بیشترین اختلاف بین زمان پایه هیدروگراف در DEM‌های با ابعاد سلولی مختلف در حوضه کسلیان حدود ۱ ساعت و در حوضه کارده ۶ ساعت بدست آمده است. با توجه به نتایج بدست آمده و ثابت ماندن دو پارامتر مهم زمان رسیدن به اوج و زمان پایه هیدروگراف از یکطرف و دبی اوج از طرف دیگر می‌توان چنین عنوان نمود که ابعاد سلولی کوچکتر از ۱۰۰ متر برای مدل‌سازی بارش رواناب ابعاد مناسبی می‌باشد و در هنگام استفاده از مدل HEC-HMS برای شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب بهتر است از DEM‌های با ابعاد سلولی بزرگتر از ۱۰۰ متر پرهیز نمود.

همچنین نتایج حاصل از کاربرد DEM‌های SRTM و DEM‌های بدست آمده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ حاکی از آن است که مقادیر پارامترهای ژئومورفولوژیکی (نظیر شیب متوسط زیر حوضه‌ها) حاصل از DEM‌های SRTM، همواره بیشتر از مقادیر بدست آمده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ زمینی می‌باشند. همچنین دبی اوج هیدروگراف و زمان پایه و شیب شاخه صعودی بدست آمده از دو منبع تامین DEM متفاوت است و این تفاوت با افزایش ابعاد سلولی کم می‌شود (برای ابعاد سلولی بزرگتر از ۱۰۰ متر میزان اختلاف در حدود ۲ درصد و حتی کمتر هم می‌شود). نکته مهمی که در این مطالعه بدست آمد آن است که میزان حساسیت مدل در شبیه‌سازی هیدروگراف سیل نسبت به تغییر ابعاد سلولی در حوضه کارده بیشتر از حوضه کسلیان است و براین اساس می‌توان نتیجه گرفت که نتیجه کار مدل در شبیه‌سازی دبی

- (In Persian)
- [13] Azizian A. & Shokoohi A.R. 2016, Investigation of the Effects of DEM Creation Methods on the Performance of a Semi distributed Model: TOPMODEL. *Journal of Hydrologic Engineering*, **20**(11), 510-530.
- [12] Azizian A. & Shokoohi A.R. 2016, Effect of Data Resolution on Topographic Index and Runoff Simulation in Semi Distributed Model: Topmodel. *Modares Civil Engineering Journal*, **15**(4), 57-66.
- different flow tracing algorithms. *Iranian journal of hydraulic*, **7**(3), 15-32 (In Persian).

Evaluating the Scale effect of Maps Derived via Remote Sensing and Ground Surveying on the Performance of HEC-HMS

A. Azizian^{1*}, AR. Shokoohi², F. Zamani³

1- Assistant Prof., Water engineering Dept., Faculty of engineering and technology, Imam Khomeini International

2- Professor., Water engineering Dept., Faculty of engineering and technology, Imam Khomeini International

3- M.Sc. Graduated Student of Water Resource Engineering Dept., Institute of Saeb High Education, Abhar

*Azizian@eng.ikiu.ac.ir

Abstract:

Rainfall-Runoff modeling especially in ungauged watersheds is almost dependent on hydro-geomorphologic data. With the advent of GIS based techniques, over the past decades, to obtain the watershed's geomorphologic data, topographic maps and Digital Elevation Models (DEMs) have become essential in hydrological modeling. DEMs are one of the most important inputs in most rainfall -Runoff models and also in deriving watersheds geomorphological characteristics. One of the most contributing factors that should be considered in rainfall runoff modeling is the effects of DEM sources and DEM resolution on the results of the models. Currently, there are several sources such as: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data and the advanced space thermal emission radiometer (ASTER) that due to ease of access and free of charge, have an important role in hydrological modeling and the extraction of geomorphological parameters of catchments. In this regard, the effects of data resolution and DEM resolution on deriving watershed's geomorphologic data such as sub-basins area, channels and sub-basins' slope should be well realized in modeling. In this research, HEC-HMS as the event based rainfall runoff model and two sub-basins with different areas, geomorphologic properties and climate were selected for studying for investigating the impacts of scale effects on geomorphologic parameters and simulated hydrograph. Results show that by reducing the cell size of the DEM derived from a topo map, the watershed's geomorphologic features such as mean slope of main channel and sub-basins' slope decrease. Reduction of slope parameter significantly affects the value of flood's traveling time in different sub-basins and subsequently the changes the shape of hydrograph and its simulated peak discharge. Moreover, for DEM cell sizes less than 100 m, the differences in simulated peak were limited between 2 and 5%. Searching for finding an optimum DEM resolution of flood simulation in Kasilian and Karde catchments indicate that DEMs with the cells of ranging between 25-100 m (in Kasilian) and 50-200m (in Karde) lead to efficiency higher than 70%. This result clearly show that the best cell size for using HEC-HMS in small and medium catchments is lower than 100 m and 200 m, respectively. Using SRTM DEMs against the topo DEM at the scale of 1:25000, representing the effects of data resolution in rainfall runoff modeling, led to higher flood peaks at the two watersheds. Such an outcome was obtained for time to peak, hydrograph base time, and the slope of hydrograph rising limb. Change of SRTM DEM resolution affected the model output more than the case of using topo DEM. Decreasing DEMs resolution by decreasing information content of the topo DEM reduced differences in the model output when using two different sources of DEM. Furthermore, it is concluded that the extent of scale effect in modeling could not be inferred by watershed size. It was illustrated that HEC-HMS application in a watershed of more diversity was more sensitive to data resolution. Using cell size of 100 m and less could guaranty the result of the HEC-HMS application regardless of DEM origin and size of watersheds. Finally, the important conclusion can be drawn from the present research is that the information content of SRTM DEM is not nearly similar to TOPO DEM and almost is higher than that; therefore it needs more consideration and some improvements before applying for rainfall runoff modeling in data sparse regions.

Keywords: Scale effect, DEM, geomorphologic parameters, Rainfall runoff model, HEC-HMS