

گزارش فنی

مقایسه معادلات تجربی و روش تجزیه هیدروگراف سیلاب در برآورد زمان تمرکز، مطالعه موردی: حوضه آتشیگاه-استان اردبیل

سجاد میرزایی*^۱ و مجید رئوف^۲

^۱ کارشناس ارشد، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی و ^۲ استادیار، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۰۴

چکیده

پارامترهای زمانی از جمله پارامترهایی هستند که در اکثر مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی استفاده می‌شوند و متداول‌ترین آن زمان تمرکز است. هدف از این پژوهش، انتخاب بهترین روش از میان روش‌های برآورد زمان تمرکز در حوزه آبخیز آتشیگاه در استان اردبیل است. در این پژوهش، مقادیر زمان تمرکز حوضه با استفاده از ۱۴ معادله تجربی و روش SCS در نرم‌افزارهای WMS و HEC-Geo-HMS صورت گرفته است. متوسط وزنی شیب آبراهه اصلی و پارامتر ضریب زبری منینگ با عملیات صحرائی تهیه شد. به منظور ارزیابی کارایی روش‌ها با استفاده از آمار هیدرومتری و بارندگی، تعداد سه واقعه سیلاب که از نظر زمانی برابر با بارش‌ها بودند، انتخاب و از روش گرافیکی، زمان تمرکز برای این سه واقعه محاسبه شد. زمان تمرکز محاسبه شده و مشاهداتی (۲/۲۸ ساعت) به وسیله شاخص درصد خطای نسبی و خطای میانگین باقی‌مانده مورد ارزیابی قرار گرفتند. بررسی بیشتر روابط به کار گرفته در این تحقیق نشان می‌دهد که مساحت نقش بسزایی را در برآورد مناسب زمان تمرکز ایفا می‌کند، چنانچه بررسی روابط هات-وی، هیدروگراف استدلالی و ین-چاو، کریپیچ و کالیفرنیا نشان می‌دهد که این روش‌ها جهت محاسبه زمان تمرکز، پارامتر مساحت را به کار نمی‌گیرند. به همین دلیل مقدار برآورد آن‌ها با مقدار مشاهداتی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد، اما در مقابل روابط پاسینی و کربای با لحاظ کردن تاثیر پارامتر مساحت، برآورد نزدیک‌تری را به مقدار مشاهداتی ارائه داده است. نتایج نشان داد که به‌کارگیری تعداد پارامترهای بیشتر، نتایج مطلوب‌تری را به همراه دارد. چنانچه در رابطه SCS جهت محاسبه زمان تمرکز حوضه، علاوه بر پارامترهای طول و شیب آبراهه اصلی، پارامتر تلفات کل، نوع کاربری اراضی، عملیات اصلاحی، وضعیت هیدرولوژیکی و همچنین، گروه هیدرولوژیکی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در محاسبه مقدار زمان تمرکز با استفاده از روش SCS از مدل‌های WMS و همچنین، ابزار HEC-GeoHMS، با توجه به این‌که مدل‌های مذکور از داده‌های رستری استفاده می‌کنند، دارای دقت بیشتر از روش‌های سنتی چون روش دستی می‌باشد. در حوضه آتشیگاه، روش SCS برای برآورد زمان تمرکز با استفاده از نرم‌افزار WMS با مقدار حداقل آماره‌های خطای میانگین باقی‌مانده و درصد خطای نسبی به ترتیب برابر با ۰/۰۵ و ۲/۱ درصد برای حوضه مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز آتشیگاه، مدل‌های هیدرولوژیکی، مقدار زمان تمرکز، SCS، WMS

مقدمه

زمان تمرکز، به عنوان بزرگترین زمان لازم برای جریان آب از هر نقطه منطقه، به نقطه تمرکز تعریف شده است (Mutreja, ۱۹۹۰) که متداولترین پارامتر زمانی مورد استفاده در هیدرولوژی می باشد. زمان تمرکز در طراحی سرریزها، برآورد حجم سیلاب، تهیه هیدروگراف سیل و بسیاری دیگر از تحلیل های هیدرولوژی مورد نیاز می باشد (Kosari و همکاران، ۲۰۱۰). به طوری که بسیاری از مدل های بارش-رواناب چون SCS، اشنايدر، کلارک و روش استدلالی جهت شبیه سازی، نیازمند برآورد زمان تمرکز حوضه می باشند. امروزه تکنیک GIS به منظور بررسی کمیت رواناب سطحی و تحلیل و آنالیز عوامل موثر در تولید رواناب به روش های سنتی ترجیح داده می شود (Patil و همکاران، ۲۰۰۸).

در بین مدل های بارش-رواناب مدل WMS و HEC-HMS جهت شبیه سازی هیدروگراف حوضه ها بیشتر شناخته شده هستند. مدل WMS با قابلیت پشتیبانی از فایل هایی با فرمت GIS، امکان محاسبه زمان تمرکز حوضه ها را با دقت بالا فراهم می کند. همچنین، با استفاده از ابزار HEC-GeoHMS و با به کارگیری داده های رستری، پارامترهای مورد نیاز جهت شبیه سازی هیدروگراف سیلاب در مدل HEC-HMS، چون زمان تاخیر و زمان تمرکز حوضه با دقت بالا محاسبه می شود. در میان روش های برآورد زمان تمرکز استفاده از فرمول های تجربی به علت سهولت در بین طراحان، رواج بیشتری دارد، لیکن این روابط تحت تاثیر عواملی خاص و غیر قابل اجتناب جوابی بسیار متفاوت از واقعیت می دهند. در بعضی از موارد پارامترهایی بر زمان تمرکز تأثیر می گذارند که فرمول های تجربی را با خطای بسیار بالا همراه می کند و به ناچار از روش تجزیه هیدروگراف سیل برای برآورد زمان تمرکز استفاده می شود. باید توجه داشت که روش تجزیه هیدروگراف با وجود داشتن مراحل پیچیده و دشوارتر، جواب منطقی تری را می توان انتظار داشت (Eslamian و Soroush، ۲۰۰۶).

Eslamian و Soroush (۲۰۰۶) پژوهشی در حوزه آبخیز رودخانه های کارون و دز جهت بررسی زمان تمرکز انجام دادند. برای این منظور این محققان از

فرمول هایی مانند کریچ، اسپي، ونتورا، کارتر، پاسنی، جانوسن-کراس و پیلگریم-مکدرمات استفاده کردند و پس از مقایسه آن ها با زمان تمرکز به دست آمده از تجزیه هیدروگراف های حوضه ها به این نتیجه رسیدند که فرمول های پاسینی حداکثر و فرمول کارتر حداقل خطا را در محاسبه زمان تمرکز حوضه های مورد مطالعه نشان می دهد.

McCuen و همکاران (۱۹۸۴) با ارزیابی هفت فرمول تجربی زمان تمرکز برای پنج حوضه شهری، به این نتیجه رسیدند که روش اندازه گیری زمان تمرکز از طریق محاسبه سرعت متوسط آبراهه که توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا ارائه شده، دارای کمترین خطا می باشد. Pilgrim (۱۹۸۹) با بررسی ۹۶ حوضه در منطقه جنوبی استرالیا معادله ای برای زمان تمرکز منطقه توصیه کرد که فقط تابع مساحت حوضه بود. Goitom (۱۹۸۹) در یکی از حوضه های آریزونا به بررسی زمان تمرکز پرداخت و نشان داد که رابطه کریچ می تواند رابطه مناسبی برای حوضه مذکور باشد. Fang و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه ای در نگزاس به بررسی روابط تجربی ویلیامز، کریچ، جانستون-کراس، هاکتانیرسزن در ۹۶ حوزه آبخیز پرداختند که نتایج حاکی از آن بود که روش های کریچ و هاکتانیرسزن برآوردهای قابل قبولی ارائه می دهند.

Wong (۲۰۰۹) در مطالعه ای در سنگاپور به بررسی نه رابطه تجربی با استفاده از آزمون های آزمایشگاهی در دو سطح بتون و پوشش طبیعی پرداخته است. نتایج نشان داد که روابطی که شدت بارش را در نظر نمی گیرند، تنها در شدت های کم بارش نتایج قابل قبول ارائه می دهند. Eslamian و Mehrabi (۲۰۰۵) جهت برآورد زمان تمرکز در حوزه آبخیز استان های تهران، مازندران و اصفهان، ۱۴ معادله تجربی برآورد زمان تمرکز را با به کارگیری نرم افزار SAS ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که در بین معادلات رابطه پیلگریم-مک درمات دارای دقت خوبی نسبت به سایر روش ها می باشد.

Dastourani و همکاران (۲۰۱۱) جهت ارزیابی کارایی شش رابطه تجربی زمان تمرکز در دو حوضه منشاد و ده بالا واقع در استان یزد، داده های برآوردی

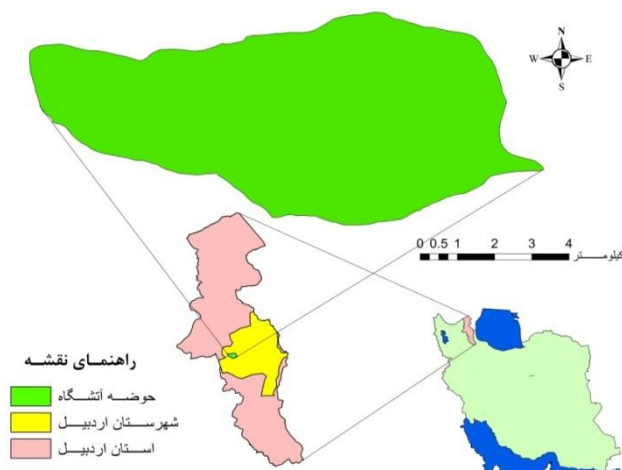
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: رودخانه حوضه آتشفشان یکی از سرشاخه‌های رودخانه قره‌سو در جنوب غربی شهرستان اردبیل می‌باشد. سرشاخه‌های این حوضه از ارتفاعات سبلان در غرب، سرچشمه می‌گیرد. مساحت این حوضه ۴۰/۵ کیلومتر مربع و حداکثر ارتفاع این حوضه ۳۶۸۰ متر در منتهی‌الیه قسمت غربی و حداقل ارتفاع آن ۱۷۶۰ متر در خروجی حوضه در قسمت شرقی می‌باشد. این حوزه از نظر فیزیوگرافی در بالادست ایستگاه هیدرومتری آتشفشان قرار گرفته است.

به دلیل حاکم بودن شرایط کوهستانی در منطقه مورد مطالعه حوزه زهکشی این رودخانه، دارای مساحت کمتر و با توجه به اختلاف ارتفاع ۱۹۲۰ متری، شیب بسیار زیاد می‌باشد. شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز آتشفشان را نشان می‌دهد.

را با مشاهداتی مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که رابطه‌های هاکتانیز-سزن، کالیفرنیا و زمردی دارای نتایج بهتری ارایه دادند. Sadatinejad و همکاران (۲۰۱۲) با به کارگیری داده‌های هیدرومتری در شش زیر حوضه رودخانه کارون در جنوب غرب ایران، رابطه‌ای را برای محاسبه زمان تمرکز حوضه ارائه دادند. این رابطه که مدل شهرکرد نام دارد، بر اساس دو پارامتر محیط حوضه و طول آبراهه اصلی، زمان تمرکز را برآورد می‌کند.

Hosseini و Sharifi (۲۰۱۱) به بررسی نه رابطه برآورد زمان تمرکز در ۷۲ حوضه و زیرحوضه در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که از بین روابط مورد مطالعه به ترتیب رابطه کالیفرنیا، کریپیچ و آریزونا برآورد مناسبی را جهت برآورد زمان تمرکز در حوضه‌های مورد مطالعه دارند. هدف از این مطالعه ارزیابی روش‌های برآورد زمان تمرکز حوضه در حوضه آتشفشان در استان اردبیل می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت حوضه آتشفشان در ایران و استان اردبیل

Google Earth، ابتدا مرز حوضه و نقشه آبراهه‌ها تهیه شد. لایه‌های تهیه‌شده جهت اصلاح نقشه DEM اولیه به کار گرفته شد. بدین صورت که ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی با فاصله تراز ۲۰ متر، نقشه DEM با فاصله ارتفاعی ۱۰ متری تهیه شد، سپس با استفاده از نرم‌افزار HydroArc و اعمال اصلاحات مربوط به تحمیل آبراهه‌ها، مرز حوضه واقعی نقشه DEMHydro تهیه شد. در ادامه از طریق این DEM اقدام به مدل‌سازی حوضه در نرم‌افزار HEC-GeoHMS شد.

روش پژوهش: با توجه به اهمیت زمان به تمرکز رسیدن رواناب در کنترل سیلاب‌های ناشی از آن و نیز طراحی سریزها، برآورد حجم سیلاب، تهیه هیدروگراف سیل و غیره، در این تحقیق سعی بر آن شده تا از روابطی استفاده شود که پارامترهای مورد نیاز آن‌ها وجود داشته یا به سهولت قابل اندازه‌گیری باشند. برای اندازه‌گیری زمان تمرکز در حوضه، آبراهه اصلی به دقت مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور با استفاده از نقشه توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای

$$RE = \frac{|O - O^{\hat{}}|}{O} \times 100 \quad (1)$$

$$MAE = O - O^{\hat{}} \quad (2)$$

که در آن‌ها، RE درصد خطای نسبی، پارامتر ME خطای باقی‌مانده، O مقادیر مشاهده‌ای و $O^{\hat{}}$ مقادیر برآوردی می‌باشد.

روابط تجربی مورد استفاده در این پژوهش و همچنین، پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

سپس با استفاده از ۱۴ روش تجربی در SCS و به کمک نرم‌افزارهای HECGeo-HMS و WMS زمان تمرکز مورد محاسبه قرار گرفت. در نهایت نتایج هر یک از معادلات تجربی با زمان تمرکز استخراج شده از هیدروگراف خروجی حوضه آتشفگاه از طریق آماره‌های ارزیابی درصد خطای نسبی (RE) و خطای میانگین باقی‌مانده (MAE) مورد مقایسه قرار گرفت که روابط این آماره‌ها در روابط (۱) و (۲) نشان داده شده است.

جدول ۱- روابط تجربی برآورد زمان تمرکز

پارامتر	فرمول	رابطه تجربی
Tc زمان تمرکز (دقیقه)، L طول مسیر جریان (متر) و S شیب مسیر آب (متر بر متر)	$Tc = 0.9195L^{0.77}S^{0.385}$	کرپیچ
L طول آبراهه اصلی (کیلومتر)، D قطر دایره معادل (کیلومتر)، M^2 مساحت حوضه (کیلومتر مربع) و F شیب متوسط آبراهه (درصد)	$Tc = \frac{L}{1.5D} * \sqrt[5]{\frac{M^2}{F}}$	برانسی-ویلیامز
L طول آبراهه اصلی (متر)، H اختلاف ارتفاع بین بلندترین نقطه آبراهه اصلی و محل خروجی (متر)	$Tc = 0.00032 * \frac{l^{1.15}}{h^{0.385}}$	ین-چاو
L طول جریان سطحی (کیلومتر)، C ضریب و H اختلاف ارتفاع بین بلندترین نقطه آبراهه اصلی و محل خروجی (متر)	$Tc = \frac{3.64(1.1 - C)L^{0.83}}{H^{0.33}}$	مهندسين ارتش آمریکا
L طول آبراهه (متر) و S شیب متوسط آبراهه (درصد)	$Tc = 0.081 * (\frac{l}{\sqrt{S}})^{0.36}$	اسپی
A مساحت (کیلومتر مربع) و S شیب متوسط حوضه (درصد)	$Tc = 0.1272 * \sqrt{\frac{A}{S}}$	ونتورا
A مساحت حوضه (کیلومتر مربع)، L طول آبراهه اصلی (کیلومتر)، S شیب متوسط جریان (متر بر متر) و Tc زمان تمرکز	$Tc = 0.108 * \frac{(A * L)^{0.333}}{\sqrt{S}}$	پاسینی
L طول مسیر جریان (متر) و S شیب متوسط آبراهه (درصد)	$Tc = 0.087(\frac{L}{S})^{0.5}$	جانسون-کراس
A مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	$Tc = 0.76 * A^{.38}$	پیلگریم-مک-درمات
L طول آبراهه اصلی (متر)، Tc زمان تمرکز (دقیقه)، S شیب متوسط حوضه (درصد) و N ضریب زبری مانینگ	$Tc = \frac{6.562 * L * n}{3\sqrt{S}}$	هاتوی
r ضریب (بر اساس سطح حوضه و مقدار پوشش سطحی خاک از روی جدول تعیین می‌شود)، L طول مسیر جریان (کیلومتر) و H اختلاف ارتفاع بین بلندترین نقطه آبراهه اصلی و محل خروجی (متر)	$Tc = 3.03(\frac{rL^{1.5}}{H^{0.5}})^{0.467}$	کربای
L طول آبراهه (متر)، S شیب حوضه (متر بر متر)، M مقدار ثابت برابر ۰/۰۵۷ و Tc زمان تمرکز (ساعت)	$Tc = M(\frac{L}{\sqrt{S}})^{0.66}$	هیدروگراف استدلالی
A مساحت (کیلومترمربع)، L طول آبراهه اصلی (کیلومتر) و H ارتفاع متوسط حوضه (متر)	$Tc = \frac{(4\sqrt{A}) + (1.5 * L)}{0.8 * \sqrt{H}}$	جیاندوتی
L طول آبراهه (کیلومتر) و H اختلاف ارتفاع حوضه (متر)	$Tc = 0.949(\frac{L^3}{H})$	کالیفرنیا
$Tlag$ زمان تاخیر (ساعت)، l طول آبراهه اصلی (فوت)، S نگره‌داشت آب در حوضه، CN شماره منحنی متوسط حوضه، y شیب آبراهه اصلی (درصد) و Tc زمان تمرکز	$Tlag = \frac{l^{0.8}(s + l)^{0.7}}{1900y^5}$ $S = \frac{1000}{CN} - 10$ $Tc = 1.67(Tlag)$	SCS

محاسبه پارامترهای مورد نیاز

تهیه نقشه شماره منحنی: شماره منحنی نیاز به نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک دارد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و همچنین، بازدیدهای میدانی نقشه کاربری اراضی تهیه شد. به منظور تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی، نقشه خاک ۱:۲۵۰۰۰ و شیب حوضه مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از ابزار HEC-GeoHMS با تلفیق نقشه کاربری اراضی، نقشه شیب و نقشه گروه هیدرولوژیکی، نقشه رستری شماره منحنی با قدرت تفکیک ۱۰ متر تهیه شد که بر اساس آن، بیشترین درصد مساحت به ترتیب مربوط به شماره منحنی ۷۹ (۲۹/۳ درصد)، ۸۴ (۱۸/۷ درصد) و ۶۹ (۱۳/۹ درصد) می‌باشد. متوسط وزنی شماره منحنی حوضه ۷۶/۵ است. در شکل ۳، نقشه‌های مربوطه نشان داده شده است.

پس از محاسبه برخی از خصوصیات فیزیکی حوضه آتشفشان با استفاده از برنامه ArcGIS و همچنین، ابزار HEC-GeoHMS نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

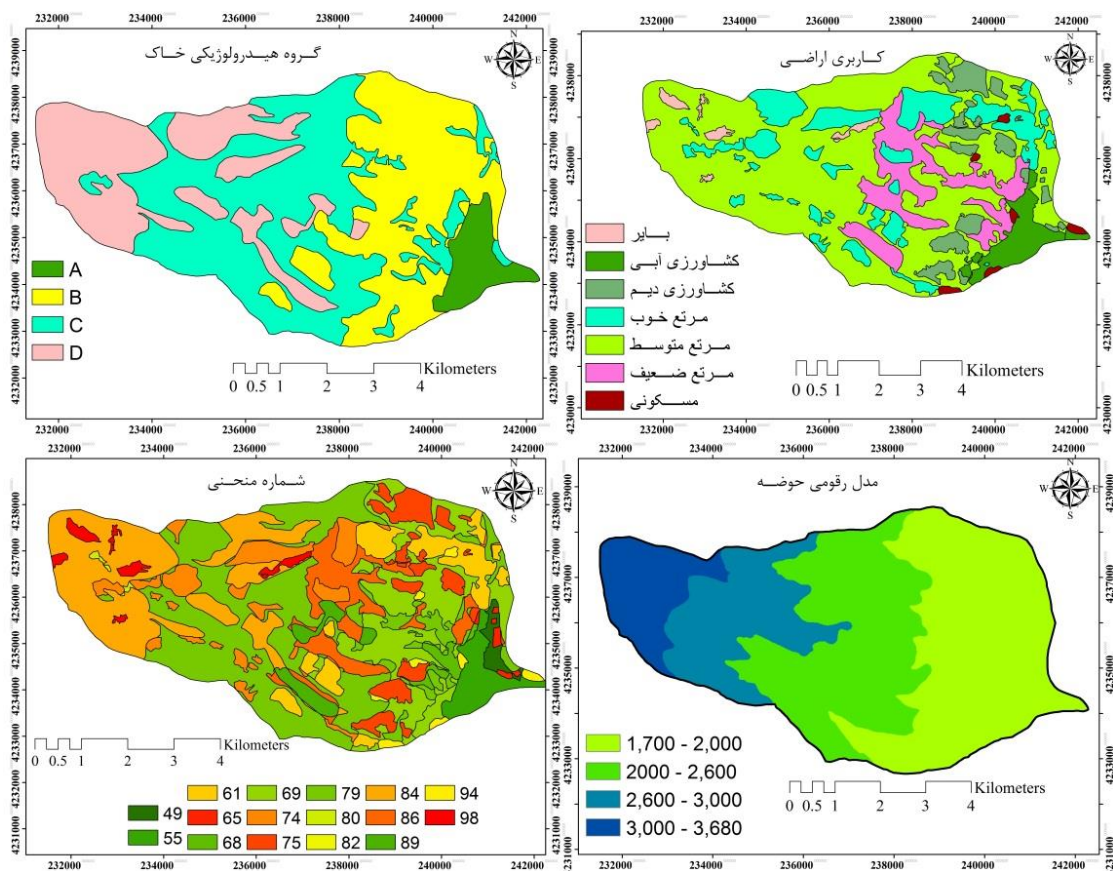
به طور قراردادی رابطه‌ای مناسب‌تر تشخیص داده شد که میانگین خطای نسبی آن کمتر از ۱۰ درصد باشد (Ramzjou و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین، روابطی که دارای خطای کمتر از ۲۵ درصد را دارند، به عنوان رابطه مناسب انتخاب می‌شوند (Jamshidi، ۲۰۱۱).

نتایج و بحث

انتخاب وقایع مناسب: پس از بررسی آمار هیدرومتری و بارندگی حوضه، تعداد سه واقعه سیلاب که از نظر زمانی از تطابق بیشتری برخوردار بودند، جهت تجزیه هیدروگراف و تعیین زمان تمرکز حوضه آتشفشان انتخاب شد که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- زمان تمرکز مشاهداتی و تاریخ وقوع سه واقعه سیلاب

تاریخ وقوع سیل	زمان تمرکز (ساعت)
۸۳/۱۲/۲۰	۲/۳۳
۸۴/۰۱/۱۰	۲/۱۸
۸۹/۰۲/۱۲	۲/۳۵
میانگین	۲/۲۸



شکل ۳- نقشه شماره منحنی، گروه هیدرولوژیکی، کاربری اراضی و مدل ارتفاعی حوضه آتشفشان

نتایج ارزیابی برآورد زمان تمرکز به وسیله ۱۴ روش و دو نرم افزار WMS و HECGeo-HMS در جدول ۴ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود، روابط پاسینی، جانسون-کراس، پیلگریم-مک درمات و هات-وی (مشخص شده با حرف O) زمان تمرکز را بیشتر از مقدار مشاهده ای برآورد کرده اند و سایر روابط، برآوردی کمتر از مقدار واقعی دارند.

محاسبه ضریب زبری: ضریب زبری منینگ طی عملیات صحرایی از حوضه (آبراهه اصلی) به دست آمد. بدین صورت که ابتدا آبراهه به بازه های همگن از لحاظ ضریب زبری تقسیم بندی شد، سپس متوسط وزنی ضریب زبری قسمت های همگن به عنوان ضریب زبری متوسط آبراهه برابر ۰/۰۳۵۴۵ به دست آمد. در شکل ۲ تصویری از دو بازه نشان داده شده است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیوگرافی حوزه آبخیز آتشیگاه

ضریب کشیدگی (شیب طولی)	متوسط شیب حوضه (%)	متوسط شیب آبراهه (%)	طول آبراهه (km)	طول حوضه (km)	عامل فرم حوضه
۰/۶۳	۳۰/۳۷	۱۳/۳۰	۱۲/۹۳۶	۱۱/۳۴۲	۰/۳۱۷
تراکم آبراهه های (km/km ²)	عرض متوسط حوضه (km)	قطر دایره معادل (km)	نسبت دایره های	عامل شکل حوضه	ضریب گراولیبوس
۲/۰۳	۳/۵۲۹۴	۷/۲۱	۰/۶۳۵	۳/۱۵	۱/۲۴۵



شکل ۲- نمایی از آبراهه اصلی

جدول ۴- نتایج مقایسه مقادیر زمان تمرکز برآوردی و مشاهده ای (ساعت)

ردیف	فرمول	زمان تمرکز برآوردی	زمان تمرکز مشاهداتی	درصد خطای نسبی	خطای باقی مانده
۱	کریچ ^U	۱/۰۳۵	۲/۲۸	۵۴/۶	۱/۲۴
۲	برانسی-ویلیامز ^U	۱/۷۴	۲/۲۸	۲۳/۶۸	۰/۵۴
۳	ین-چاو ^U	۰/۹۷	۲/۲۸	۵۷/۴۵	۱/۳۱
۴	مهندسین ارتش آمریکا ^U	۱/۹۵	۲/۲۸	۱۴/۴۷	۰/۳۳
۵	اسپی ^U	۱/۵۳	۲/۲۸	۳۲/۹	۰/۷۵
۶	ونتورا ^U	۱/۷۱	۲/۲۸	۲۵	۰/۵۷
۷	پاسینی ^O	۲/۳۸	۲/۲۸	۴/۳۸	-۰/۱
۸	جانسون-کراس ^O	۲/۷۱	۲/۲۸	۱۸/۸۵	-۰/۴۳
۹	درمات ^O پیلگریم-مک	۳/۱۱	۲/۲۸	۳۶/۴۰	-۰/۸۳
۱۰	کالیفرنیا ^U	۱/۰۴	۲/۲۸	۵۴/۳۸	۱/۲۴
۱۱	کربای ^U	۲/۰۷	۲/۲۸	۹/۲۱	۰/۲۱
۱۲	هات-وی ^O	۴	۲/۲۸	۷۵/۴۳	-۱/۷۲
۱۳	جیاندوتی ^U	۱/۱۴	۲/۲۸	۳۸/۶۰	۱/۱۴
۱۴	هیدروگراف استدلالی ^U	۰/۹	۲/۲۸	۶۰/۵۲	۱/۳۸
۱۵	WMS	۲/۳۳	۲/۲۸	۲/۱	-۰/۰۵
۱۶	HECGeo-HMS	۲/۴۵	۲/۲۸	۷/۴۵	-۰/۱۷

O: Over Estimation

U: Under Estimation

داشت. چنانچه در این رابطه جهت محاسبه زمان تمرکز حوضه علاوه بر پارامترهای طول و شیب آبراهه اصلی، پارامتر تلفات کل را به کار برده است که خود پارامتر S بر اساس روش SCS، با توجه به پارامترهای نوع کاربری اراضی، عملیات اصلاحی، وضعیت هیدرولوژیکی و همچنین، گروه هیدرولوژیکی خاک مورد محاسبه قرار می‌گیرد. از طرف دیگر، در محاسبه مقدار زمان تمرکز با استفاده از روش SCS از مدل‌های WMS و همچنین، ابزار HEC-GeoHMS بهره گرفته شده است. با توجه به این‌که مدل‌های مذکور جهت انجام محاسبات زمان تمرکز از داده‌های رستری استفاده می‌کنند، بنابراین، نتایج به دست آمده دارای دقت بیشتر از روش‌های سنتی مانند روش دستی می‌باشد. روش کریپچ یکی از روش‌هایی است که به طور گسترده جهت برآورد زمان تمرکز در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به این‌که روش کریپچ در شیب‌های بین سه تا هفت درصد به کار گرفته شده و در این گونه مناطق جواب نسبتاً خوبی ارائه می‌دهد، اما متفاوت با شرایط عنوان شده از درصد خطای بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین، کاربرد این روش بدون توجه به شرایط منطقه از لحاظ کوهستانی یا دشتی بودن، سبب بالا رفتن خطای برآوردی می‌شود. به همین دلیل در حوضه آتشفشان با حاکم بودن شرایط کوهستانی شدید با شیب حدود ۳۰ درصد دارای خطای نسبی ۵۴/۶ درصد و خطای باقی‌مانده ۱/۲۴ ساعت می‌باشد. به طور کلی در حوضه آتشفشان روش SCS برای برآورد زمان تمرکز با استفاده از نرم‌افزار WMS با مقدار حداقل آماره‌های خطای باقی‌مانده و درصد خطای نسبی به ترتیب برابر با ۰/۰۵ ساعت و ۲/۱ درصد برای حوضه مناسب می‌باشد.

در این تحقیق روش‌های مختلف تخمین زمان تمرکز در حوضه آبخیز آتشفشان مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت و از معیارهای آماری ارزیابی نتایج استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد که روابط تجربی SCS محاسبه شده با مدل‌های WMS و HECGeo-HMS، پاسینی و کربای درصد خطای نسبی کمتر از ۱۰ درصد و نزدیک به زمان تمرکز مشاهداتی دارد. بنابراین، استفاده از این روش‌ها خطای زیادی را در محاسبه زمان تمرکز سبب نخواهد شد. همچنین، روابط تجربی مهندسین ارتش آمریکا، جانسون-کراس و برانسی-ویلیامز نیز از روابطی هستند که دارای خطای نسبی کمتر از ۲۵ درصد می‌باشند و برای حوضه، مناسب تشخیص داده شدند.

بررسی بیشتر روابط به کار گرفته در این تحقیق نشان می‌دهد که مساحت، نقش به‌سزایی را در برآورد مناسب زمان تمرکز ایفا می‌کند. چنانچه بررسی روابط هات-وی، هیدروگراف استدلالی و ین-چاو، کریپچ و کالیفرنیا نشان می‌دهد که این روش‌ها جهت محاسبه زمان تمرکز، پارامتر مساحت را به کار نمی‌گیرند. به همین دلیل، مقدار برآورد آن‌ها با مقدار مشاهداتی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد، اما در مقابل روابط پاسینی و کربای با لحاظ کردن تاثیر پارامتر مساحت به صورت مستقیم در پاسینی و به صورت غیرمستقیم در کربای (از طریق ضریب r) برآورد نزدیک‌تری را به مقدار مشاهداتی نشان می‌دهند. اگرچه در رابطه SCS، پارامتر مساحت به کار گرفته نشده است، اما این رابطه در بین تمامی روابط به کار گرفته شده، نزدیک‌ترین برآورد را به مقدار مشاهداتی نشان داد. این موضوع نشان‌دهنده آن است که تعداد پارامترهای بیشتر، نتایج مطلوب‌تری را به همراه خواهد

منابع مورد استفاده

1. Dastourani, M.T., A. Abdollahvand, H. Osareh, A. Talebi and A. Moghaddamnia. 2011. Determination of application of some experimental relations of concentration time for estimation of surveying time in waterway. *Journal of Watershed Management Research*, 99: 42-52 (in Persian).
2. Eslamian, S. and A. Mehrabi. 2005. Determination of experimental relations in estimation of concentration time in mountainous watershed basins. *Journal of Natural Resources and Agricultural Sciences*, 12(5): 23-34 (in Persian)
3. Eslamian, S. and Y. Soroush. 2006. Comparison of experimental formula and flood hydrograph analysis method for estimation of concentration time. The 1st Regional Conference on Water, Islamic Azad University of Iran, Behbahan, Iran (in Persian).

4. Fang, X., D. Thompson, T. Cleveland and P. Pradhan. 2008. Time of concentration estimated using watershed parameters determined by automated and manual methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134(2): 202-211.
5. Goitom, T.G. 1989. Evaluation of TC methods in a small rural watershed, channel flow and catchment runoff: Centennial of Manning formula and Kuichling_ rational formula. Yen B.C. (Ed). University of Virginia, U.S. National Weather Service and University of Virginia.
6. Jamshidi, S. 2011. Estimation of concentration time by comparing experimental relations in Sar Firoozabad watershed basin. The 2nd Conference on Earth Sciences, Ashtian Unit, Islamic Azad University, Iran.
7. Kosari, M.R., M.A. Saremi Nayeeni, M. Tazeh and M. Rahim Firrozeh. 2010. Sensitivity analysis of four concentration time estimation methods in watershed basins. *Journal of Khoshkboom*, 1(1): 43-55 (in Persian).
8. McCuen, R., S. Wong and W. Rawls. 1984. Estimating urban time of concentration. *Journal of Hydraulic Engineering*, 110(7): 887-904.
9. Mutreja, K.N. 1990. *Applied hydrology*. Tata McGraw Hill Publishing, 370 pages.
10. Patil, J.P., A. Sarangia, A.K. Singh and T. Ahmad. 2008. Evaluation of modified CN methods for watershed runoff estimation using a GIS-based interface. *Biosystems Engineering*, 100: 17-146.
11. Pilgrim, D.H., 1989. Rational methods for estimation of design floods for small to medium sized drainage basins in Australia. *The International Association of Hydrological Sciences*, 247-259.
12. Ramzjou, N., M. Mahdavi, M. Mohseni Saravi and B. Motamed Vaziri. 2011. Comparing some experimental relations in estimation of concentration time in Tehran-District 22. The 7th National Conference on Watershed Science and Engineering, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources of Isfahan Engineering University, 27-28 April 2011.
13. Sadatinejad, S.J., M. Heydari, A. Honarbakhsh, K.H. Abdollahi and M.R. Mozdianfard. 2012. Modelling of concentration time in north Karoon River basin in Iran. *World Applied Sciences Journal*, 17(2): 194-204.
14. Sharifi, S. and S.M. Hosseini. 2011. Methodology for identifying the best equations for estimating the time of concentration of watersheds in a particular region. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137(11): 712-719.
15. Wong, T.S.W. 2009. Evolution of kinematic wave time of concentration formulas for overland flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, 14(7): 739-744.

Comparing experimental methods and analyzing flood hydrograph in estimating time of concentration, case study: Atashgah Watershed, Ardabil Province

Sajad Mirzayi^{*1} and Majid Raof²

¹ MSc, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran and ² Assistant Professor, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

Received: 03 May 2014

Accepted: 29 September 2014

Abstract

Time parameters are adopted in most hydrological and hydraulic models. The most common known time parameter is time of concentration. The present study aimed to choose the best method for estimation of time of concentration in Atashgah Watershed in Ardebil Province. The values of times of concentration in the present study were obtained by fourteen experimental relations and SCS method in WMS and HEC-Geo-HMS softwares. Mean weight of main channel's slope and Manning's roughness coefficient were measured by field operation. In order to evaluate efficiency of the method by using rainfall and hydrometry statistics, three flood events which were equal to rainfalls in terms of time were chosen and time of concentration was determined for these events by graphical method. Estimated and observed times of concentration (2.28 h) were evaluated by relative error percentage and remained mean error. Determination of the relations adopted in the present study indicated that area plays a pivotal role to estimate time of concentration properly. Evaluation of Hata-Vay relations, Kirpich, California, and Yen and Chow hydrographs showed that these methods do not consider area in order to estimate time of concentration; therefore, their estimations are considerably different from observed values. On the contrary, the estimations performed by Passini and Kerby relations were closer to observed values. Results revealed that adoption of more parameters would result in more acceptable results. So, total loss, land use, correction operation, hydrological status and soil hydrological group in addition to parameters as length and slope of the main channel are used to estimate time of concentration in SCS relation. HEC-GeoHMS and WMS models, which are used to estimate time of concentration by SCS method, adopt raster data, which cause higher accuracy compared to traditional methods such as manual method. It is concluded that in Atashgah Watershed, SCS method is suitable for estimation of time of concentration using WMS software with minimum values of remainder mean error values and relative error percentage being 0.05 h and 2.1%, respectively.

Key words: Atashgah Watershed, Hydrological Models, SCS, Time of concentration, WMS

* Corresponding author: s.mirzayi00@gmail.com