



ارزیابی مدل توسعه داده شده میسرا- سینگ تک پارامتری در برآورد هیدروگراف سیلاب

ساناز دایی^۱، میثم سالاری جزی^{۲*}، خلیل قربانی^۳ و مهدی مفتاح هلقی^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
meysam.salarigazi@gmail.com

۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۴- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

پذیرش: ۹۷/۸/۵

بازنگری: ۹۷/۷/۲۲

دریافت: ۹۷/۱/۱۹

چکیده

تحقیقات اخیر نشان داده است که امکان استفاده از مدل متداول شماره منحنی (SCS-CN) در بسیاری از مناطق نمی‌باشد. از این رو مدل‌های دیگری در این زمینه توسعه داده شده و می‌بایست مورد ارزیابی مقایسه‌ای قرار گیرند. هدف مطالعه حاضر مقایسه کارایی مدل میسرا-سینگ تک پارامتری، در مقایسه با مدل متداول شماره منحنی است. برای این منظور از داده‌های بارش-رواناب پنج حوضه آبریز در استان گلستان استفاده شده است. معیارهای جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ناش-ساتکلیف (NSE) و خطای دبی اوج (PEP) برای بررسی دقت شبیه‌سازی هیدروگراف و دبی اوج مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد در ۱۳ رگبار از ۱۴ رگبار مورد مقایسه، مدل میسرا-سینگ تک پارامتری، برآورد دقیق‌تری از هیدروگراف و دبی اوج سیلاب دارد. این در حالی است که در یک رگبار باقی‌مانده تفاوت نتایج دو مدل کوچک به دست آمده است. میانگین معیارهای RMSE، NSE و PEP در مدل متداول شماره منحنی SCS-CN برابر با ۲۹/۴، ۳۵/۹ و ۰/۹۸- و در مدل میسرا-سینگ تک پارامتری، به ترتیب برابر با ۱۹، ۹/۲- و ۰+ است.

کلید واژه‌ها: مدل استاندارد شماره منحنی، مدل توسعه داده شده، دبی اوج، گلستان.

با رویدادهای بارش-رواناب به جای شماره منحنی حاصل از جدول SCS، عملکرد بهتری در شبیه‌سازی رواناب دارد (Kumar et al., 1994, Tedela et al., 2011, Ajmal et al., 2016a).

دسته‌ای از تحقیقات انجام شده در زمینه بهبود نتایج مدل شماره منحنی شامل تحقیق در مفهوم جذب اولیه می‌باشد که گستره مهمی از تحقیقات را در بر می‌گیرد (Bahrami et al., 2019). مدل‌های توسعه داده شده در این زمینه شرایط متفاوتی را نسبت به مدل متداول شماره منحنی پوشش داده است.

Shumei و Tingwu (2011) با بررسی ۱۴ رویداد بارش رواناب به دو روش حل معکوس و تحلیل وقایع، به واسطی نسبت جذب اولیه پرداختند. در برخی از تحقیقات به تأثیر اصلاح هر دو پارامتر شماره منحنی و ضریب جذب اولیه بر رواناب پرداخته شده است. Ajmal et al. (2016b) با استفاده از ۵۸۷ واقعه بارش-رواناب، در ۱۰ حوضه کوهستانی-جنگلی، به بررسی عملکرد نسبت جذب اولیه با استفاده از شماره منحنی جدول SCS و شماره منحنی به دست آمده از بارش-رواناب پرداختند. معیارهای ارزیابی عملکرد نشان داد ترکیب شماره منحنی به دست آمده از داده‌های بارش-رواناب تخمین بهتری داشته‌اند. همچنین برخی تحقیقات

مقدمه

تخمین دبی حاصل از رگبارها به خصوص در حوضه‌های آبریز کوچک و فاقد آمار، از جمله فعالیت‌های اصلی محققین در زمینه مدیریت سیلاب می‌باشد (Daei et al., 2018b). استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک، متداول‌ترین رویکرد در برآورد دبی و دیگر مشخصات سیلاب می‌باشند (Bisantino et al., 2015). مدل‌ها این امکان را می‌دهند تا با شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب، رواناب حاصل از بارندگی در حوضه‌های فاقد آمار یا دارای آمار ناقص ارزیابی شود (Sharifi et al., 2018). از متداول‌ترین مدل‌های ساده تجربی ولی پرکاربرد مدل شماره منحنی رواناب می‌باشد (Daei et al., 2018a). این مدل با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی پدیده بارش-رواناب و نیز حصول نتایج مناسب در گستره وسیعی از مناطق مختلف دنیا، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Nardi et al., 2018). ولی با توجه به اینکه این مدل اساساً برای مناطق خشک و نیمه‌خشک آمریکا توسعه یافته، ممکن است استفاده از آن در خارج از این مناطق همراه با خطا باشد (Derdour et al., 2018). لذا در تحقیقات اخیر سعی در اصلاح مدل شماره منحنی و بهبود نتایج آن می‌باشد. نتایج برخی از تحقیقات نشان می‌دهد، استفاده از شماره منحنی واسنجی شده

et al. (2007) به مراتب بهتر از عملکرد مدل SCS-CN و مدل‌های دیگر بوده است. همچنین عملکرد مدل MS، بهتر از مدل Michel et al. (2005) بود. در حال حاضر تحقیقات انجام گرفته در ایران به گونه‌ای است که با به‌کارگیری روش شماره منحنی و واسنجی پارامترها با استفاده از رویدادهای بارش-رواناب، اقدام به برآورد رواناب نموده‌اند. امروزه در تحقیقات خارج از کشور استفاده از مدل‌های اصلاح شده روش شماره منحنی، کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. در این تحقیق سعی شده است مدل اصلاحی پیشنهاد شده توسط Mishra و Singh (1999) در برخی از حوضه‌های آبریز استان گلستان مورد آزمون قرار گرفته و نتایج با مدل شماره منحنی متداول مقایسه شود. لازم به‌ذکر است در تحقیقاتی که تاکنون در خارج از کشور و با استفاده از مدل‌های اصلاح شده انجام گرفته است، تأثیر این مدل‌ها تنها در برآورد ارتفاع رواناب مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این تحقیق سعی شده است تا اثر استفاده از مدل اصلاح شده بر برآورد هیدروگراف سیلاب مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مشخصات حوضه‌های آبریز مورد مطالعه: در این تحقیق با در نظر گرفتن شرایط هیدرولوژیکی متفاوت استان گلستان پنج حوضه آبریز گالیکش، تمر، کچیچک، نوده و وطن انتخاب شده‌اند. مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است، موقعیت حوضه‌های آبریز مورد بررسی در استان گلستان نیز در شکل (۱) آورده شده است.

نشان داده است که استفاده هم‌زمان از شماره منحنی جدول SCS و ضریب نیز عملکرد مناسبی در برآورد رواناب دارد. برخی از محققان با در نظر گرفتن پارامترهایی از قبیل مقدار رطوبت پیشین، به اصلاح مدل استاندارد SCS-CN پرداختند. در سالیان اخیر تحقیقات در زمینه مقایسه مدل استاندارد SCS-CN و مدل‌های اصلاحی انجام شده است. در تحقیقاتی که توسط Sahu et al. (2007) و Suresh Babu و Mishra (2011) انجام گرفته است، نتایج شبیه‌سازی نشان داده است که استفاده از روش اصلاح شده SCS-CN عملکرد بهتری داشته است. Singh و Mishra (1999) با در نظر گرفتن نقش مؤثر و مستقیم رطوبت پیشین در برآورد رواناب اقدام به اصلاح مدل استاندارد SCS-CN کردند. مدل‌های پیشنهادی آن‌ها به مدل‌های MS معروف شده‌اند. آن‌ها شش مدل مختلف شامل مدل متداول SCS-CN، دو مدل اصلاح شده، و مدل‌های ماکوس، مدل فاگل و داکستین را در پنج زیر حوضه (سه حوضه از ایالات متحده و دو زیرحوضه از هندوستان) مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل‌های اصلاح شده پیشنهادی، عملکرد بهتری داشته‌اند. Mishra et al. (2004) و Mishra et al. (2006) با استفاده از داده‌های بارش-رواناب برخی از حوضه‌های کوچک تا بزرگ ایالات متحده، به بررسی عملکرد مدل‌های اصلاح شده و مدل استاندارد SCS-CN پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داده است در مجموع مدل‌های اصلاح شده در برآورد رواناب عملکرد بهتری داشته‌اند. Sahu et al. (2012) در دو حوضه آبریز هند، عملکرد مدل‌های اصلاحی (MS) Mishra and Singh، مدل Michel et al. (2005)، مدل Sahu et al. (2007) را با مدل متداول SCS-CN مقایسه کردند. نتایج نشان داد عملکرد مدل

جدول ۱- مشخصات حوضه‌های آبریز مورد مطالعه

Table 1- Characteristics of studied catchments

Characteristics	Tamer	Galikesh	Kechik	Nodeh	Vatana
Northern latitude	37° 24' - 37° 49'	37° - 37° 20'	37° 42' - 37° 46'	36° 40' - 37° 2'	36° 38' - 37° 43'
Eastern longitude	55° 29' - 56° 4'	55° 25' - 55° 55'	55° 51' - 56°	55° 5' تا 56°	53° 56' - 54° 3'
Area (Km ²)	1527	401.45	36	789.65	10.77
Perimeter (Km)	287.87	138.54	25.81	207.77	20.35
Maximum height (m)	2156	2541	1260	2877	1614
Minimum height (m)	107	176	596	272	183
Medium Height (m)	1131.5	1358.5	928	1540.7	898.5
Average slope (Percent)	19.5	27.5	18.75	28	32.78
Main Flow path length(Km)	94	57.8	9.6	65.69	7.8
Annual average precipitation (mm)	490	771.64	539.3	364	734.8
Annual average temperature (° C)	19.8	13.02	21.8	13	15.9
Number of Events	10	13	3	9	4

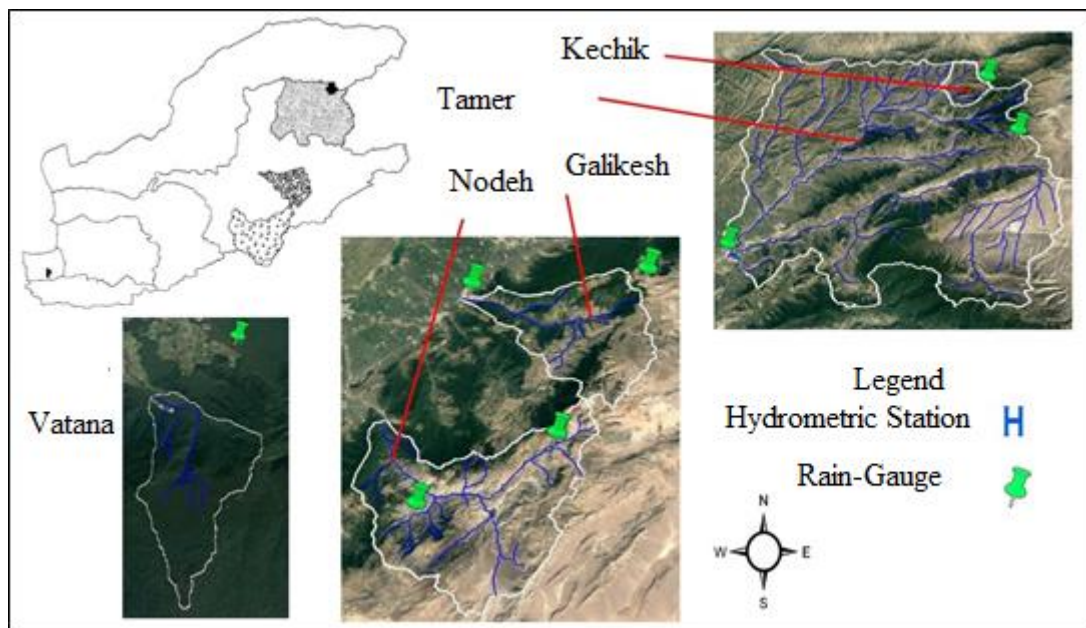


Fig. 1- The locations of the catchments in Golestan province
 شکل ۱- موقعیت حوضه‌های آبریز مورد مطالعه در استان گلستان

$$S = \frac{24500}{CN} - 254 \quad (3)$$

مقدار CN بر اساس کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیک خاک در جدول SCS به دست می‌آید. مقدار شماره منحنی که از این جدول به دست می‌آید برای شرایط رطوبتی متوسط (AMC-II) و حوضه آبریز است. مقدار CN برای شرایط خشک (AMC-I) و شرایط مرطوب (AMC-III) بر اساس روابط (۴) و (۵) تعیین می‌شود (Lal et al., 2017).

$$CN_I = \frac{4.2 CN_{II}}{10 - 0.058 CN_{II}} \quad (4)$$

$$CN_{III} = \frac{23 CN_{II}}{10 + 0.13 CN_{II}} \quad (5)$$

مدل میشر-سینگ تک پارامتری MS(1P)

با استفاده از مفهوم درجه اشباع ($C=Sr$) که C ضریب رواناب با استفاده از $Q/(P - I_a)$ می‌باشد، Singh و Mishra (2002) و Mishra et al (2006) رابطه (۲) را برای رطوبت پیشین (M) به شکل رابطه (۶) اصلاح کردند.

$$Q = \frac{(P - I_a)(P - I_a + M)}{P - I_a + M + S} \quad (6)$$

با در نظر گرفتن رابطه مستقیم بین ظرفیت نگهداشت S مقدار رطوبت نگهداری شده توسط خاک و بارش P_5 (بارش پنج روز قبل) رابطه (۷) توسط Mishra et al. (2006) ارائه شده

مدل‌های مورد استفاده

در تحقیق حاضر برای برآورد سیلاب از مدل متداول SCS-CN استفاده گردید. در روش مزبور، شماره منحنی با استفاده از جدول SCS، تخمین زده شده است. علاوه بر مدل متداول SCS-CN، از مدل اصلاحی پیشنهاد شده توسط Singh و Mishra (1999)، برای شبیه‌سازی رواناب نیز استفاده شد. سپس نتایج شبیه‌سازی دو مدل با هم مقایسه گردید.

مدل متداول SCS-CN

مقدار رواناب (Q) در مدل SCS-CN، با استفاده از بارش (P) و جذب اولیه ($I_a = \lambda S$) برآورد می‌شود:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad \text{اگر } P \geq I_a \quad (1)$$

$$Q = 0 \quad \text{اگر } P \leq I_a$$

مقدار S (حداکثر پتانسیل نگهداشت) با استفاده از پارامتر بی‌بعد CN (شماره منحنی) تعیین می‌شود. مقدار CN از صفر (بدون رواناب، $S = \infty$) تا ۱۰۰ (همه بارش به رواناب تبدیل شود، $S = 0$) متغیر است. برای $\lambda = 0.2$ رابطه (۱) به صورت رابطه (۲) درمی‌آید. در رابطه (۳) نحوه محاسبه مقدار S با استفاده از پارامتر CN آورده شده است (مقدار S برحسب میلی‌متر است) (Mishra and Singh, 2013).

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \text{اگر } P \geq I_a \quad (2)$$

$$Q = 0 \quad \text{اگر } P \leq I_a$$

در این معادله $C = 2/0.8$ و A مساحت حوضه آبریز بر حسب کیلومتر مربع می‌باشد. مطالعه هیدروگراف‌های واحد تعدادی از حوضه‌های آبریز کوچک و بزرگ نشان داده که زمان تأخیر (t_p) حوضه آبریز تقریباً برابر $0.6 Tc$ زمان تمرکز (Tc) حوضه آبریز است ($t_p = 0.6 Tc$). در رابطه (۱۲)، t_r تداوم بارش مزاد است.

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (11)$$

تخمین شماره منحنی و ضریب جذب اولیه در مدل SCS-CN و مدل میسرا-سینگ تک پارامتری شماره منحنی در مدل SCS-CN

در مدل SCS-CN، بر اساس رابطه (۲) پارامترهای ورودی به مدل، شامل بارش، ظرفیت نگهداشت حوضه آبریز S یا شماره منحنی CN می‌باشد که مقدار S بر اساس CN به دست می‌آید. مقدار شماره منحنی حوضه‌های مورد مطالعه، از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک (تهیه شده از اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان) و با استفاده از جدول SCS برآورد می‌شود. در جدول (۲)، مقدار شماره منحنی هر حوضه آبریز آورده شده است.

تخمین شماره منحنی در مدل میسرا-سینگ تک پارامتری

در این مدل مقدار λ برابر 0.8 و α برابر 0.72 در نظر گرفته شده است و مقدار شماره منحنی (به دست آمده از جدول SCS) با استفاده از معیار ارزیابی خطای نش-سانتلیف (NSE) در محیط EXCEL، برای هر رویداد بهینه می‌شود. ۷۰ درصد از رویدادها برای واسنجی استفاده شده است و مقدار میانه پارامتر بهینه شده، برای صحت‌سنجی ۳۰ درصد رویدادهای باقی‌مانده به کار رفته است.

است. در رابطه (۷) α ضریب بی‌بعد می‌باشد. در رابطه (۸) مقدار 0.72 ، میانگین مقادیر α بهینه شده می‌باشد (Mishra et al., 2006).

$$M = \alpha \sqrt{S P_5} \quad (7)$$

$$M = 0.72 \sqrt{S P_5} \quad (8)$$

از آنجائی که افزایش رطوبت پیشین خاک، منجر به کاهش جذب اولیه آب توسط خاک می‌شود، Mishra et al. (2006) رابطه بین جذب اولیه (I_a) و رطوبت پیشین خاک (M) را به صورت رابطه (۹) اصلاح کردند. در این رابطه مقدار $\lambda = 0.08$ در نظر گرفته شده است.

$$I_a = \frac{0.08 S^2}{S + M} \quad (9)$$

برآورد هیدروگراف رواناب

هیدروگراف بی‌بعد SCS یک هیدروگراف واحد مصنوعی است. مختصات نقاط هیدروگراف واحد از جدول بدون بعدی که در آن مقادیر نسبت زمان (t/T_p) در مقابل نسبت دبی هیدروگراف (q/q_p) داده شده است، به دست می‌آید. با مشخص بودن مقادیر دبی اوج و زمان اوج، می‌توان با استفاده از هیدروگراف مصنوعی، هیدروگراف واحد را برآورد کرد. محاسبه دبی اوج و زمان اوج از روابط (۱۰) و (۱۱) استفاده می‌شود (Mishra and Singh, 2013).

$$q_p = \frac{CA}{T_p} \quad (10)$$

جدول ۲- درصد مساحت کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک حوضه‌ها

Table 2- Land use and soil hydrologic groups of the studied catchments

Catchment name	Land use(Percent)					Hydrological group				
	Cultivated-Straight Row	Cultivated-Close Seeded	Forest	Grassland	Residential	A	B	C	D	CN
Kechik	58.58	-	17.09	23.97	1.36	-	58.5	28.1	13.5	74
Vatana	0.05	-	99.95	-	-	-	99.3	0.7	-	72
Galikesh	2.9	37.86	51.31	7.93	-	-	9.24	90.8	-	75
Nodeh	1.21	-	28.96	69.54	0.29	14.5	32.6	44.8	7.7	73
Tamer	0.17	34.44	26.85	38.44	0.08	-	16.2	83.5	0.3	76

در روابط (۱۲)، (۱۳ و ۱۴)، N: تعداد رویدادهای مشاهده شده، Q_0 : دبی مشاهده شده در گام i ، Q_c : دبی محاسبه شده در گام i ، \bar{Q}_0 : میانگین دبی هیدروگراف سیل مشاهده شده، Q_{pc} : دبی اوج محاسبه شده و Q_{po} : دبی اوج مشاهده شده است. لازم به ذکر است RMSE بر حسب متر مکعب بر ثانیه و معیارهای PEP و NSE بدون بعد می باشند (Ghorbani et al., 2019).

نتایج و بحث

در این بخش نتایج حاصل از شبیه سازی بارش با استفاده از دو مدل متداول SCS-CN و مدل میشر- سینگ تک پارامتری با هم مقایسه شده اند. در هر حوضه آبریز ۷۰ درصد از رویدادها برای مرحله واسنجی انتخاب شده و پارامترهای مدل اصلاح شده، بهینه شدند. پارامترهای بهینه شده برای صحت سنجی در رویدادهای باقی مانده به کار گرفته شده و نتایج حاصل با استفاده از معیارهای ارزیابی خطا، با نتایج مدل متداول شماره منحنی SCS-CN مقایسه شدند. در جدول (۳)، مقادیر شماره منحنی حاصل از جدول SCS و مقدار پارامترهای بهینه شده در مدل میشر- سینگ تک پارامتری، برای رویدادهای منتخب در مرحله واسنجی، آورده شده است.

معیارهای ارزیابی مدل

برای ارزیابی عملکرد مدل و تعیین مقدار خطا بین داده های مشاهده ای و محاسبه ای، از سه معیار ارزیابی خطا استفاده شده است. معیارهای ارزیابی خطا عبارتند از: ۱- جذر میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error - RMSE) (Sahu et al., 2010) و (Deshmukh et al., 2013). ۲- نش- ساتکلیف (Nash Sutcliffe Efficiency - NSE) (Nash and Sutcliffe, 1970) و ۳- خطای برآورد دبی اوج (Error in Peak - PEP) (Adib et al., 2010a,b-2011) و (Eidipour et al., 2016).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_0 - Q_c)_i^2} \quad (12)$$

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Q_0 - Q_c)_i^2}{\sum_{i=1}^N (Q_0 - \bar{Q}_0)_i^2} \right] \quad (13)$$

$$PEP = 1 - \frac{Q_{pc}}{Q_{po}} \quad (14)$$

جدول ۳- مقادیر شماره منحنی جدول SCS و پارامترهای بهینه شده برای حوضه های مورد مطالعه

Table 3- SCS curve number and optimized parameters for studied catchments

Galikesh	SCS-CN		MS(1P)			Vatana	SCS-CN		MS(1P)		
	CN	λ	CN	λ	α		CN	λ	CN	λ	α
2013/4/25			60			2011/8/27			57		
2005/1/7			31			2012/9/2	72	0.2	67	0.08	0.72
2014/03/13			61			2012/10/13			41		
2012/7/20	75	0.2	42	0.08	0.72	Median	72	0/2	57	0.08	0.72
2011/10/21			54			Kechik					
2013/2/3			30			2012/9/2			78		
2005/1/11			44			2014/8/14	74	0.2	40	0.08	0.72
Median	75	0.2	44	0.08	0.72	Median	74	0.2	59	0.08	0.72
Tamer	SCS-CN		MS(1P)			Nodeh	SCS-CN		MS(1P)		
	CN	λ	CN	λ	α		CN	λ	CN	λ	α
2013/1/30			40			2009/11/4			50		
2010/6/22			53			2012/3/31			67		
2012/8/23			82			2010/6/22	73	0.2	70	0.08	0.72
2012/5/16	76	0.2	55	0/08	0/72	2011/10/22			66		
2011/8/26			78			2009/11/22			61		
2013/2/3			25			-	-	-	-	-	-
Median	76	0.2	54	0/08	0/72	Median	73	0.2	66	0.08	0.72

جدول ۴-مقادیر RMSE, NSE و PEP برای مرحله صحت‌سنجی در حوضه‌های مورد مطالعه

Table 4- RMSE, NSE and PEP in validation steps for studied catchments

Galikesh							Nodeh						
Event	MS(1P)			SCS-CN			Event	MS(1P)			SCS-CN		
	RMSE	NSE	PEP	RMSE	NSE	PEP		RMSE	NSE	PEP	RMSE	NSE	PEP
2010/2/22	16.24	-0.94	0.58	17.94	-1.37	0.24	2012/3/28	7	-1.2	0.8	11.83	-5.31	-1
2013/2/13	7.95	-43.31	-0.7	14	-138	-2.11	2012/9/6	16	-0.71	0.22	22.74	-2.46	-2.4
2009/2/18	2.28	-0.29	0.68	6.56	-9.7	-1.39	2007/8/4	84.5	-0.32	0.93	88.96	-0.46	0.99
2013/2/1	7.3	-1.7	0.12	13.56	-8.4	-0.62	2011/8/26	50.6	-35.9	-1.65	69.92	-69.5	-2.57
Tamer							Vatana						
Event	MS(1P)			SCS-CN			Event	MS(1P)			SCS-CN		
	RMSE	NSE	PEP	RMSE	NSE	PEP		RMSE	NSE	PEP	RMSE	NSE	PEP
2011/8/27	13.52	-1.06	0.4	12.04	-0.73	0.62	2014/6/14	1.9	0.71	0.4	4.8	-0.82	0.95
2011/8/25	38	-41.8	-1.7	92.62	-252.5	-5.14							
2011/3/31	3.03	-0.58	0.09	5.26	-3.75	-0.74							
2010/2/23	14.44	0.35	-0.1	48.81	-6.37	-1.09	Kechik						
							Event	MS(1P)			SCS-CN		
								RMSE	NSE	PEP	RMSE	NSE	PEP
							2012/7/16	2.55	-2	-0.19	2.91	-2.93	0.6

جدول ۵- دامنه تغییرات و میانه مقادیر RMSE، NSE و PEP در حوضه‌های مورد مطالعه

Table 5- The range and median of RMSE, NSE and PEP in studied catchments

Model	Error criterion	Parameter	Galikesh	Nodeh	Tamer
MS(1P)	RMSE	Median	4.79	33.3	13.98
		Range	(2.28) - (16.24)	(7) - (84.5)	(3.03) - (38)
	NSE	Median	-1.32	-0.95	-0.82
		Range	(-43.31) - (-0.29)	(-35.9) - (-0.32)	(-41.86) - (0.35)
	PEP	Median	0.35	0.51	-0.005
		Range	(-0.7) - (0.68)	(-1.65) - (0.93)	(-1.7) - (0.39)
SCS-CN	RMSE	Median	13.78	46.33	30.42
		Range	(6.56) - (17.94)	(11.83) - (88.94)	(5.26) - (92.62)
	NSE	Median	-9.05	-3.89	-5.06
		Range	(-138) - (-1.37)	(-69.54) - (-0.46)	(-252.55) - (-0.73)
	PEP	Median	-1.01	-1.7	-0.92
		Range	(-2.11) تا (0.24)	(-2.57) تا (0.99)	(-5.14) تا (0.62)

نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه مقایسه عملکرد مدل متداول SCS-CN با مدل میشر- سینگ تک پارامتری در پنج حوضه آبریز منتخب استان گلستان (گالیکش، تمر، نوده، وطن و کچیک) است. در مجموع پنج حوضه آبریز ۳۹ رویداد برای بررسی نتایج شبیه‌سازی بارش- رواناب انتخاب شدند. که حوضه آبریز گالیکش با ۱۳ رویداد بیشترین سهم و حوضه آبریز کچیک کمترین سهم را داشتند. عملکرد این دو مدل بر اساس معیارهای RMSE، PEP و NSE در پنج مورد بررسی قرار گرفته است. موارد زیر از بررسی این معیارها نتیجه‌گیری گردیده است:

- ۱- بررسی معیار RMSE و NSE در مجموع پنج حوضه آبریز نشان می‌دهد کاربرد مدل میشر- سینگ تک پارامتری در ۱۳ رویداد از ۱۴ رویداد منتخب مرحله صحت سنجی موجب بهبود نتایج برآورد هیدروگراف سیل شده است.
 - ۲- کاربرد مدل میشر- سینگ تک پارامتری موجب کاهش ۹۲ درصدی خطای برآورد دبی اوج نسبت به کاربرد مدل متداول SCS-CN، در مجموع رویدادهای منتخب در مرحله صحت-سنجی شده است. همچنین مدل میشر- سینگ تک پارامتری در ۳۵ درصد موارد و مدل متداول SCS-CN در ۶۴ درصد موارد تمایل به بیش‌برآوردی از خود نشان دادند.
- در مجموع نتایج این بررسی نشان دهنده بهبود نتایج مدل میشر- سینگ تک پارامتری نسبت به مدل متداول SCS-CN است که این نتایج به مطالعات Ajmal et al (2016b) مطابقت دارد.

جدول (۴) نشان‌دهنده مقادیر معیارهای ارزیابی خطا در رویدادهای انتخاب شده برای صحت‌سنجی هر پنج حوضه آبریز معیار می‌باشد. بررسی نتایج حوضه آبریز گالیکش نشان می‌دهد، در مدل میشر- سینگ تک پارامتری، نسبت به مدل متداول SCS-CN، معیارهای ارزیابی RMSE و NSE بهبود یافته است. خطای برآورد دبی اوج، در سه رویداد، کاهش و در یک رویداد، افزایش یافته است. در حوضه آبریز نوده و در همه رویدادهای مورد بررسی، در مدل میشر- سینگ تک پارامتری، RMSE و PEP کاهش و همچنین مقادیر NSE بهبود یافته است. در حوضه آبریز تمر، در سه رویداد، مقدار RMSE در مدل میشر- سینگ تک پارامتری، کاهش یافته و البته این حالت در مقادیر NSE هم مشاهده شده است. این در حالی است که در هر چهار رویداد، استفاده از مدل میشر- سینگ تک پارامتری، موجب کاهش PEP شده است. در تک رویداد حوضه‌های آبریز وطن و کچیک، عملکرد مدل میشر- سینگ تک پارامتری، به دلیل بهبود نتایج هر سه معیار خطا، مثبت ارزیابی می‌شود. جدول (۵)، دامنه تغییرات و میانه معیارهای خطا در حوضه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد. از آنجایی که تنها یک رویداد در مرحله صحت‌سنجی حوضه‌های وطن و کچیک مورد استفاده قرار گرفته است، محاسبه دامنه تغییرات و میانه معیارهای ارزیابی خطای در دو حوضه مزبور، میسر نمی‌باشد. بررسی میانه هر سه معیار خطا برای حوضه‌های آبریز گالیکش، نوده و تمر، نشان دهنده بهبود نتایج استفاده از مدل میشر- سینگ تک پارامتری، است. همچنین کاربرد مدل اصلاح شده، نتیجه مثبتی در کاهش محدوده دامنه تغییرات معیارهای خطا در هر سه حوضه آبریز مورد مطالعه، نشان می‌دهد.

References

- 1- Adib, A., Salarijazi, M., Vaghefi, M., Shooshatari, M.M. and AkhondAli, A.M., 2010a. Comparison between GcIUH-Clark, GIUH-Nash, Clark-IUH, and Nash-IUH models. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 34(2), pp.91-104.
- 2- Adib, A., Salarijazi, M. and Najafpour, K., 2010b. Evaluation of synthetic outlet runoff assessment models. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 14(3), pp.13-18.

- 3- Adib, A., Salarijazi, M., Shooshtari, M.M. and Akhondali, A.M., 2011. Comparison between characteristics of geomorphoclimatic instantaneous unit hydrograph be produced by GcIUH based Clark Model and Clark IUH model. *Journal of Marine Science and Technology*, 19(2), pp.201-209.
- 4- Ajmal, M., Khan, T.A. and Kim, T.W., 2016a. A CN-based ensembled hydrological model for enhanced watershed runoff prediction. *Water*, 8(1), pp.1-17.
- 5- Ajmal, M., Kim, T.W. and Ahn, J.H., 2016b. Stability assessment of the curve number methodology used to estimate excess rainfall in forest-dominated watersheds. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(5), pp.1-14.
- 6- Bahrami, E., Mohammadrezapour, O., Salarijazi, M., Haghghat jou, Parviz. 2019. Effect of Base Flow and Rainfall Excess Separation on Runoff Hydrograph Estimation using Gamma Model (Case Study: Jong Catchment). *KSCE Journal Civil Engineering*, 23(3).1-7. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-0591-3>
- 7- Bisantino, T., Bingner, R., Chouaib, W., Gentile, F. and Trisorio Liuzzi, G., 2015. Estimation of runoff, peak discharge and sediment load at the event scale in a medium-size Mediterranean watershed using the AnnAGNPS model. *Land Degradation & Development*, 26(4), pp.340-355.
- 8- Daei, S., Salarijazi, M., Ghorbani, Kh., Meftah Halaghi, M. 2018 a. Improvement of Estimation of Flood Hydrograph Using Modified Curve Number (non-linear Ia-S) Model. *Ecohydrology*, 5(3), pp.931-939. (In Persian).
- 9- Daei, S., Salarijazi, M., Ghorbani, Kh., Meftah Halaghi, M. 2018 b. Comparative Assessment of Conventional and Calibrated Curve Number Models in Flood and Runoff Estimation (Studied Catchments: Galikesh, Tamer, Nodeh, Kechik and Vatana in Golestan province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 12(1), pp.143-152. (In Persian).
- 10- Derdour, A., Bouanani, A. and Babahamed, K., 2018. Modelling rainfall runoff relations using HEC-HMS in a semi-arid region: Case study in Ain Sefra watershed, Ksour Mountains (SW Algeria). *Journal of Water and Land Development*, 36(1), pp.45-55.
- 11- Deshmukh, D.S., Chaube, U.C., Hailu, A.E., Gudeta, D.A. and Kassa, M.T., 2013. Estimation and comparison of curve numbers based on dynamic land use land cover change, observed rainfall-runoff data and land slope. *Journal of Hydrology*, 492, pp.89-101.
- 12- Eidipour, A., Akhondali, A.M., Zarei, H. and Salarijazi, M., 2016. Flood hydrograph estimation using GIUH model in ungauged karst basins (Case study: Abolabbas Basin). *TUEXENIA*, 36(36), pp.26-33.
- 13- Ghorbani, Khalil., Salarijazi, Meysam ., Abdolhosseini, Mohammad., Eslamian, Saeid., Ahmadianfar, Iman. 2019. Evaluation of Clark IUH in rainfall-runoff modelling (case study: Amameh Basin). *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 9(2), pp.137-153.
- 14- Kumar, P., Kudrat, K., and Bubbar, S. 1994. Simulation of SCS runoff curve number from digital remote sensing data. *International Conference on Land Resources Management, India*.
- 15- Lal, M., Mishra, S.K., Pandey, A., Pandey, R.P., Meena, P.K., Chaudhary, A., Jha, R.K., Shreevastava, A.K. and Kumar, Y., 2017. Evaluation of the Soil Conservation Service curve number methodology using data from agricultural plots. *Hydrogeology Journal*, 25(1), pp.151-167.
- 16- Michel, C., Andréassian, V. and Perrin, C., 2005. Soil conservation service curve number method: How to mend a wrong soil moisture accounting procedure?. *Water Resources Research*, 41(2), pp.1-6.
- 17- Mishra, S.K. and Singh, V.P., 1999. Another look at SCS-CN method. *Journal of Hydrologic Engineering*, 4(3), pp.257-264.
- 18- Mishra, S.K. and Singh, V.P., 2002. SCS-CN-based hydrologic simulation package. *Mathematical Models in Small Watershed Hydrology and Applications*, 2841, pp.391-464.

- 19- Mishra, S.K., Jain, M.K. and Singh, V.P., 2004. Evaluation of the SCS-CN-based model incorporating antecedent moisture. *Water Resources Management*, 18(6), pp.567-589.
- 20- Mishra, S.K., Sahu, R.K., Eldho, T.I. and Jain, M.K., 2006. An improved I a S relation incorporating antecedent moisture in SCS-CN methodology. *Water Resources Management*, 20(5), pp.643-660.
- 21- Mishra, S.K. and Singh, V.P., 2013. *Soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology* (Vol. 42). Springer Science and Business Media.
- 22- Nardi, F., Annis, A. and Biscarini, C., 2018. On the impact of urbanization on flood hydrology of small ungauged basins: the case study of the Tiber river tributary network within the city of Rome. *Journal of Flood Risk Management*, 11, pp.S594-S603.
- 23- Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V., 1970. River flow forecasting through conceptual models. part I- A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), pp. 282-290.
- 24- Sahu, R.K., Mishra, S.K., Eldho, T.I. and Jain, M.K., 2007. An advanced soil moisture accounting procedure for SCS curve number method. *Hydrological Processes*, 21(21), pp.2872-2881.
- 25- Sahu, R.K., Mishra, S.K. and Eldho, T.I., 2010. Comparative evaluation of SCS-CN-inspired models in applications to classified datasets. *Agricultural Water Management*, 97(5), pp.749-756.
- 26- Sahu, R.K., Mishra, S.K. and Eldho, T.I., 2012. Performance evaluation of modified versions of SCS curve number method for two watersheds of Maharashtra, India. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 18(1), pp.27-36.
- 27- Sharifi, A., Salarijazi, M., Ghorbani, Kh., 2018. Event-Oriented Runoff Estimation in Mountainous Basin by GSSHA Physically- Distributed Model. *Ecohydrology*, 4(4), pp.1215-1225.
- 28- Shumei, Z. and Tingwu, L., 2011. Calibration of SCS-CN Initial Abstraction Ratio of a typical small watershed in the Loess Hilly-Gully region. *China Agriculture Science*.
- 29- Suresh Babu, P. and Mishra, S.K., 2011. Improved SCS-CN-inspired model. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(11), pp.1164-1172.
- 30- Tedela, N.H., McCutcheon, S.C., Rasmussen, T.C., Hawkins, R.H., Swank, W.T., Campbell, J.L., Adams, M.B., Jackson, C.R. and Tollner, E.W., 2011. Runoff curve numbers for 10 small forested watersheds in the mountains of the eastern United States. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(11), pp.1188-1198.