دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی کارایی روش‌های تخمین پارامترهای مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش در شبیه‌سازی هیدروگراف جریان (مطالعه موردی: حوزه آبخیز منشاد)

فریبا زکی‌زاده[1] و علی طالبی[2]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، (نویسنده مسوول: faribazakizadeh@yahoo.com)
۲- دانشیار، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۷

چکیده

در مدل آبشاری نش که از مدل‌های ساده و کارآمد در شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک حوزه آبخیز است، رفتار حوزه در برابر بارش، مانند رفتار n مخزن خطی با ضریب ذخیره k، در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش، از انواع روش‌های برآورد پارامترهای n و k، دقت روش‌های ممان، تجربی نش، ترسیمی هان، بهونیا و زمان تا اوج - زمان تا عطف بر نتایج مدل نش، در حوزه آبخیز منشاد در استان یزد، مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور مقادیر n و k، در روش تجربی نش با استفاده از پارامترهای فیزیوگرافی و در سایر روش‌ها با سه رویداد متناظر بارش رواناب تعیین شد. با در نظر گرفتن میانگین پارامترهای واسنجی شده، نتایج مدل برای دو رویداد دیگر اعتبارسنجی شد. نتایج نشان داد که استفاده از روش بهونیا و ترسیمی هان در برآورد مقادیر ورودی مدل، تا حدودی، منجر به تطابق بهتر داده‌های مشاهداتی و برآوردی شده است. درصد خطای نسبی برآورد دبی اوج، زمان اوج و حجم سیلاب در روش بهونیا به ترتیب، ۲۸/۲٤، ۲۹/٤۸ و ۸/۲۰ و در روش ترسیمی هان به ترتیب، ۲۸/۲۹، ۲۹/٤۸ و ۸/۵۲ برآورد شد. لذا در حوزه آبخیز منشاد روش بهونیا و بعد از آن ترسیمی هان در مقایسه با سایر روش‌ها به عنوان روش‌های برتر پیشنهاد می‌شود. استفاده از هر یک از روش‌های زمان تا اوج- زمان تا عطف و تجربی نش در برآورد برخی از ویژگی‌های سیلاب نتایج ضعیفی ارائه داد. لذا کاربرد این روش‌ها در شرایط مشابه حوزه آبخیز مورد مطالعه، بدون انجام تحقیقات بیش‌تر توصیه نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی بارش- رواناب، روش بهونیا، مدل نش، حوزه آبخیز منشاد، هیدروگراف واحد لحظه‌ای

مقدمه

فرایند بارش- رواناب پدیده‌ای پیچیده است که عوامل زیادی در آن نقش دارند. استفاده از روش‌های مناسب برای مدل‌سازی بارش- رواناب می‌تواند بر این پیچیدگی فائق آید. از جمله کاربردهای مدل‌های بارش - رواناب، تعیین رفتار هیدرولوژیک حوزه آبخیز و شبیه‌سازی جریان برای طراحی سازه‌های آبی و خصوصاً ارزیابی تأثیر عملیات اجرا شده بر رژیم جریان می‌باشند (۴). محدودیت‌های مختلفی نظیر کافی نبودن ایستگاه‌های هیدرومتری، مشکل جمع‌آوری داده‌های هیدرومتری از آبراهه‌های رتبه پایین و هزینه‌بر بودن جمع‌آوری آمار و اطلاعات مشاهده‌ای، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی در برآورد سیل را ایجاب می‌کند (۱۵). از روش‌های متداول در تعیین هیدروگراف سیل ناشی از بارش‌های مشخص در یک حوزه آبخیز، استفاده از هیدروگراف واحد است. این روش برای اولین بار توسط شرمن در سال ۱۹۳۲ پیشنهاد شد و از زمان ارائه آن تاکنون، به عنوان یک مفهوم کلیدی در تبدیل بارش- رواناب به کار رفته است (۱). در صورت وجود داده‌های ثبت شده بارش و رواناب از روش‌های کولینز، ماتریس معکوس و کمترین مربعات خطا، برای تعیین هیدروگراف واحد حوزه استفاده می‌شود. برای حوزه‌های فاقد آمار هیدرومتری، هیدروگراف واحد مصنوعی (اشنایدر ۱۹۳۸، کلارک ۱۹۵۴، گری ۱۹۶۱و نش ۱۹۵۹) ارائه شده است (۸). در این میان کاربرد مدل مخزن خطی نش[1] به دلیل سادگی همواره مورد توجه بوده است. در این مدل رفتار حوزه در برابر بارش، مانند رفتار مخازن خطی که به صورت سری به هم متصل هستند و خروجی یک مخزن ورودی مخزن بعدی است، در نظر گرفته می‌شود که تابع پاسخ آن تابع گامای دو پارامتری، با پارامترهای n (تعداد مخازن) و k (ضریب ذخیره مخازن) می‌باشد (۱۶). بخشی از نتایج مدل‌سازی هیدرولوژیک به دقت روش‌های مورد استفاده در محاسبه پارامترهای مدل بستگی دارد (۱۴). عدم دقت در پارامترهای مدل نش اغلب باعث بروز خطا و انحراف در هیدروگراف محاسباتی می‌شود (۱۰). روش‌های گوناگونی برای محاسبه مقادیر n و k وجود دارد. از میان این روش‌ها می‌توان به روش گشتاورها، سعی و خطا، کرولی، هان، بهونیا و روش تجربی نش اشاره کرد (۱۲). آگیر و همکاران (۲) با استفاده از روش ممان در برآورد هیدروگراف جریان، به این نتیجه رسیدند که مقادیر دبی و زمان تا اوج شبیه‌سازی شده تطابق بالایی با مقادیر مشاهداتی دارند. دونگ (۷) در تحقیقی سه روش ممان، تقریبی و الگوریتم ژنتیک را در تخمین پارامترهای مدل نش، در حوزه آبخیز کیوینگ در کشور چین، مورد ارزیابی قرار داد. جمع وزنی خطاهای مطلق در سه روش مورد استفاده به ترتیب، ۶۳، ۴۹ و ۲۵ بوده است. بر این اساس وی روش الگوریتم ژنتیک را به عنوان مناسب‌ترین روش معرفی نمود. نورانی (۱۳) با ارزیابی روش‌های ممان، حداقل مربعات خطا، حداکثر احتمال، حداکثر اینتروپی و الگوریتم ژنتیک در برآورد پارامترهای مدل نش، در حوزه آبخیز امامه، نشان داد که روش الگوریتم ژنتیک، برآورد دقیق‌تری از پارامترهای n و k دارد. بهره‌مند و مصطفی‌زاده (۴) با مقایسه روش‌های تخمین پارامترهای n و k (ممان، سعی و خطا، ترسیمی هان، بهونیا و همکاران، زمان تا اوج- زمان تا عطف و تجربی نش) بر نتایج مدل نش در حوزه آبخیز جعفرآباد، به

1- Nash's Linear Reservoir Model

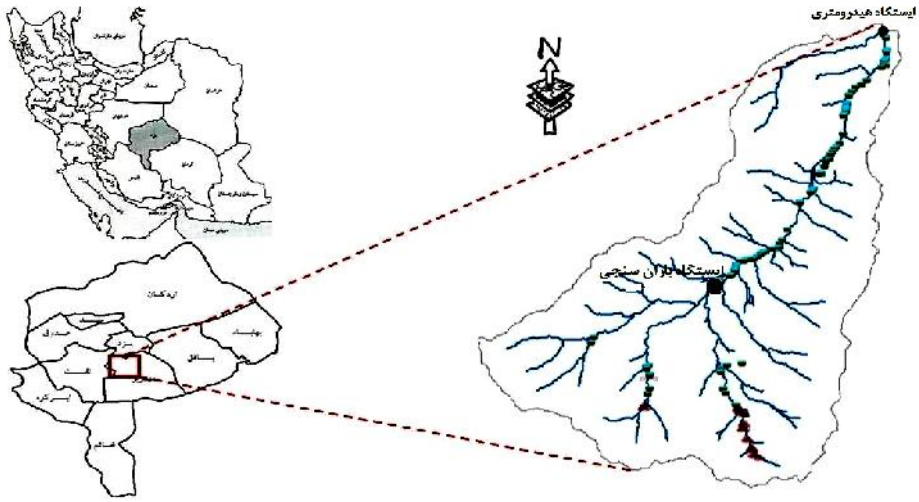
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205]

این نتیجه رسیدند که در روش‌های ممان و سعی و خطا، هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده بیشترین تطابق را با هیدروگراف‌های مشاهداتی نشان می‌دهند. احمدین و همکاران (۳) با بکارگیری روش بهونیا و همکاران، در شبیه‌سازی مقادیر واقعی جریان در حوزه آبخیز لیقوان، به نتایج رضایت‌بخشی دست یافته‌اند. از انواع روش‌های برآورد پارامترهای مدل نش، مقایسه دقت روش‌های ممان، تجربی نش، ترسیمی هان، بهونیا و همکاران و زمان تا اوج – زمان تا عطف در تخمین مقادیر n و k بر نتایج شبیه‌سازی جریان در مدل نش، هدف و بستر تحقیق حاضر قرار گرفته است. با توجه به کامل بودن اطلاعات پایه و داده‌های هیدرومتری و باران‌سنجی حوزه آبخیز منشاد، مطالعه در منطقه مذکور انجام گرفت. نتایج می‌تواند برای توسعه کاربرد این مدل در اهداف تحقیقاتی، برنامه‌ریزی و پیش‌بینی رفتار هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز به منظور مدیریت سیلاب مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز منشاد از نظر تقسیمات کشوری جز استان یزد محسوب شده و یکی از زیرحوزه‌های آبخیز میانکوه است. این حوزه با مساحتی بالغ بر ۶۰۱۰ هکتار دارای مختصات جغرافیایی ″۵۶ ′۹ °۵۴ تا ″۱۶′۱۶ °۵۴ طول‌شرقی و ″۵۹′۲۸ °۳۱ تا ″۴۲ ′۳۵ °۳۱ عرض شمالی است. شکل یک موقعیت منطقه مورد مطالعه را در استان و کشور نشان می‌دهد. حداکثر ارتفاع حوزه ۳۶۵۰ متر در قسمت جنوب‌شرقی و حداقل آن ۱۹۷۰ متر در قسمت شمال‌شرقی می‌باشد. بخش اعظم آبراهه‌ها از قسمت جنوب و جنوب‌شرقی حوزه سرچشمه گرفته که پس از الحاق به یکدیگر و تشکیل آبراهه اصلی به طول ۱۴/۵۴ کیلومتر با درجه پنج از حوزه خارج می‌شود. در منطقه مورد مطالعه، دمای متوسط سالانه، ۱۱ درجه سانتی‌گراد و بارش متوسط، ۳۰۰/۸۶ میلی‌متر در سال می‌باشد. خاک‌های منطقه، جوان و بدون تکامل پروفیل بوده و به غیر از افق مشخصه سطح‌الارض، فاقد افق‌های مشخص دیگر است. این خاک‌ها عمق کمی دارند و نیمرخ آن‌ها معمولاً به شکل A بر روی مواد مادری دیده می‌شود. انواع کاربری اراضی حوزه به ترتیب مساحت شامل صخره، کشاورزی، مرتع و مسیل می‌باشد. شیب متوسط منطقه مورد مطالعه ۴۳/۹۱ درصد می‌باشد (۱۹).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان یزد و ایران
Figure 1. The location of study area in Yazd province and Iran

روش تحقیق

مراحل کلی انجام این پژوهش، به طور خلاصه در شکل دو نشان داده شده است. در ادامه نیز، روش انجام تحقیق به طور کامل تشریح شده است. در این تحقیق، داده‌های سیلاب ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری دره (واقع در خروجی حوزه) و بارش‌های ثبت شده در ایستگاه باران‌سنجی منشاد (در داخل حوزه) متعلق به شرکت آب منطقه‌ای استان یزد، جمع‌آوری شده و در تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفته است. پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات بارش- رواناب، اطلاعات دو ایستگاه هیدرومتری و باران‌سنجی مورد مقایسه قرار گرفت. به این ترتیب پنج واقعه سیلاب منفرد (دارای بارش متناظر با دبی مشاهده‌ای) که نسبت به بقیه سیلاب‌ها از دقت و صحت بالاتری برخوردار بوده و در شرایط برفی نبوده است، تعیین شد. سپس دبی پایه را به روش خط مستقیم از هیدروگراف‌ها جدا نموده و ارتفاع رواناب مستقیم برای هر سیلاب مشخص شد. در نهایت، هایتوگراف بارش

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205]

مازاد در هر واقعه، به روش SCS[1] تعیین شد. در جدول یک برخی از ویژگی‌های سیلاب‌های انتخابی برای تجزیه و تحلیل، ارائه شده است.

روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش در شبیه‌سازی جریان سطحی در حوزه آبخیز

هیدروگراف واحد لحظه‌ای ارائه شده توسط نش، بر پایه تشبیه حوزه آبخیز به n مخزن خطی با ضرایب ذخیره یکسان می‌باشد. بین انبارش (ذخیره) و خروجی هر مخزن رابطه S=kO برقرار است. که در آن S حجم آب ذخیره شده در مخزن در زمان t و O دبی خروجی از مخزن در همان زمان و kثابتی با واحد زمان است. در مدل نش خروجی به‌دست آمده از درون n مخزن خطی با ضریب ذخیره k، به صورت رابطه (۱) بیان می‌شود (۱۶):

$$O_n = \frac{1}{k\Gamma_{(n)}}\left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} e^{-\frac{t}{k}}$$ رابطه (۱)

که در آن n: تعداد مخازن، k: ثابت ذخیره (ساعت)، $\Gamma_{(n)}$: تابع گامای n، t زمان (ساعت) و O_n: مقدار تابع آبنمود واحد لحظه‌ای نش در زمان t (بر ساعت) است.

روش‌های تخمین پارامترهای ورودی مدل نش

به منظور برآورد پارامترهای n و k در مدل نش، روش‌های متعددی پیشنهاد شده است. در این تحقیق روش‌های زیر مورد استفاده قرار گرفته است:

روش ممان‌ها

روش ممان‌ها به صورت رابطه‌های ۲ و ۳ بیان می‌شود:

$$MDRH_1 - MERH_1 = n.k$$ رابطه (۲)

رابطه (۳)

$$MDRH_2 - MERH_2 = n(n+1)k^2 + 2nk(MERH_1)$$

که در آن $MDRH_1$ و $MERH_1$ به ترتیب گشتاور اول هیدروگراف رواناب خروجی و هایتوگراف بارش مازاد و $MDRH_2$ و $MERH_2$ به ترتیب گشتاور دوم هیدروگراف رواناب خروجی و هایتوگراف بارش مازاد هستند (۱۷،۶).

جدول ۱- ویژگی‌های سیلاب‌های انتخابی برای تجزیه و تحلیل

Table 1. Main characteristics of rainfall cases selected for analysis

شماره رویداد	تاریخ سیلاب	مقدار بارش اولیه (میلی‌متر)	مقدار بارش موثر (میلی‌متر)	مدت تداوم بارش موثر (ساعت)
۱	۱۳۸۲/۹/۱۵	۱۳۴/۸	۲/۵	۵/۵
۲	۱۳۸۲/۱۰/۱۸-۱۹	۷۵/۶	۸/۵۷	۱۱/۵
۳	۱۳۸۵/۱۲/۲۴	۱۱/۵	۰/۶	۱/۷۵
۴	۱۳۸۶/۱/۱۳-۱۴	۴۶/۲	۱۰/۸	۹/۲۵
۵	۱۳۸۸/۱۲/۷	۵/۷۳	۰/۳	۱

روش تجربی نش

نش بر اساس مطالعات خود در برخی از حوزه‌های آبخیز انگلستان روابطی را پیشنهاد نمود. در این روش، پارامترهای n و k، با استفاده از خصوصیات حوزه آبخیز بر اساس روابط ۴ و ۵ برآورد می‌شوند (۱۶):

$$n=2.29L^{0.1}$$ رابطه (۴)

$$k = \frac{1.2A^{0.3}}{L^{0.1}S^{0.3}}$$ رابطه (۵)

که در آن، L: طول آبراهه اصلی (کیلومتر)، A: مساحت حوزه (کیلومترمربع)، S: شیب حوزه و K: بر حسب واحد ساعت به دست می‌آید.

روش زمان تا اوج- زمان تا عطف

در این روش دو پارامتر زمان تا اوج (t_p) و زمان تا نقطه عطف هیدروگراف (t_i)، از هیدروگراف‌های جریان، استخراج و سپس با استفاده از رابطه (۶) و (۷) مقادیر n و k حاصل می‌شود (۱۲).

$$n = \left(\frac{t_p}{t_i - t_p}\right)^2 + 1$$ رابطه (۶)

$$k = \frac{t_i}{n - 1 + (n-1)^{0.5}}$$ رابطه (۷)

1- Soil Conservation Service

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]

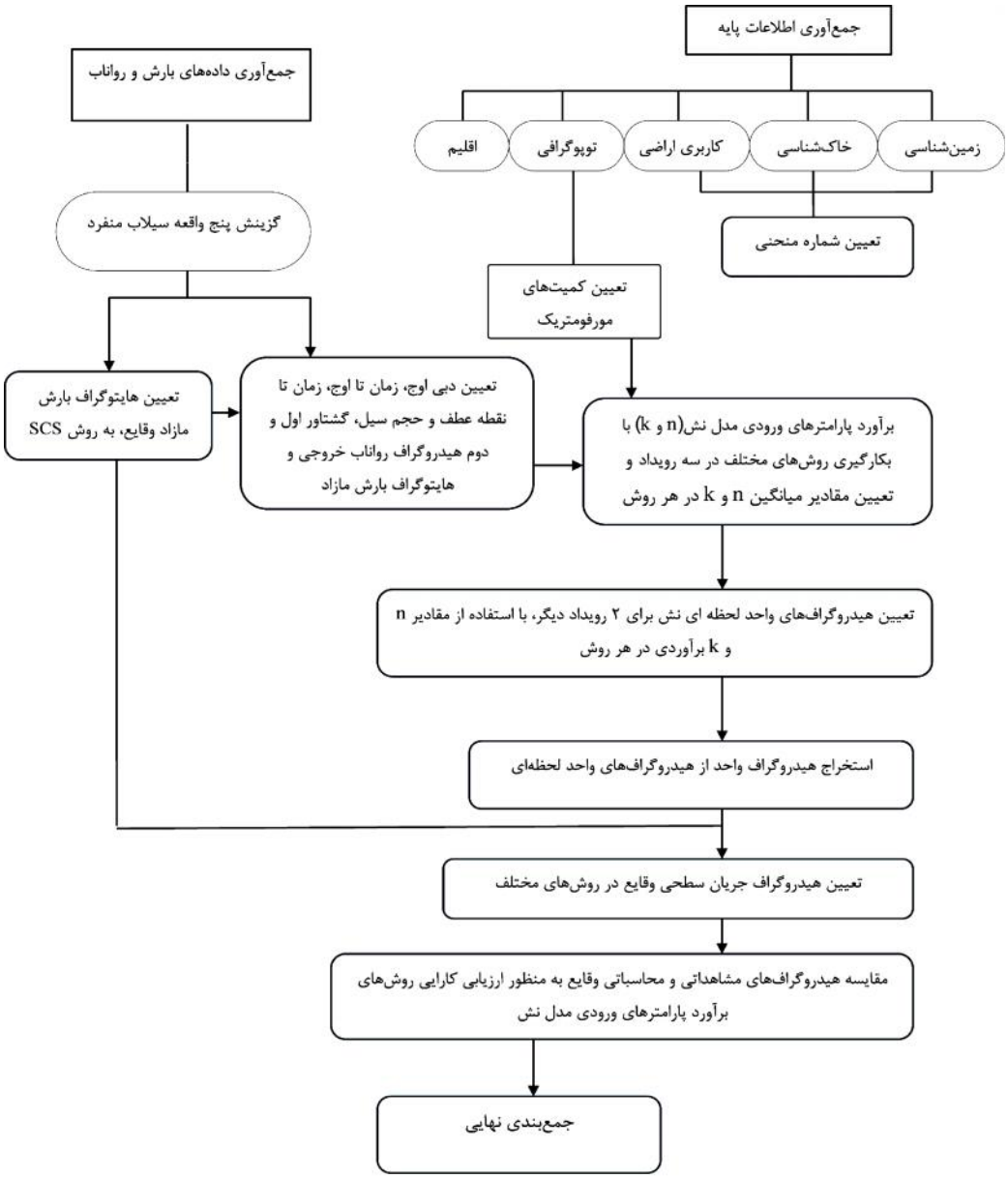
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205]

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205]



شکل ۲- نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق
Figure 2. Flowchart of the research phases

روش ترسیمی هان

اگر مقادیر زمان تا اوج (t_p)، دبی اوج (Q_p) و حجم سیل (V)، از هیدروگراف‌های مشاهداتی استخراج شوند، مقادیر n و k با استفاده از روابط ۸ تا ۱۰ قابل محاسبه است که می‌توان آن را با استفاده از نمودار ترسیمی هان هم به دست آورد (۱۰).

$$\frac{t_i}{k} = n-1 \qquad n>1$$ رابطه (۸)

$$\frac{Q_p T_p}{V} = (n-1)^{n\frac{\exp(1-n)}{[k\Gamma(n)]}}$$ رابطه (۹)

$$\frac{Q_p T_p}{V} = \frac{\left[\frac{\exp(1)}{\frac{t_p}{k}}\right]^{\frac{-t_p}{k}}}{\Gamma\left(\frac{t_p}{k}\right)}$$

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205] [DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1] [Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]

روش بهونیا و همکاران

بهونیا و همکاران (۵)، بر اساس تحقیقات خود در هندوستان، روابطی تجربی جهت تخمین پارامترهای مدل نش، به صورت زیر، پیشنهاد دادند:

رابطه (۱۱) $n = 5.53 \quad ^{1.75} + 1.04 \quad 0.01 < \quad < 0.35$

رابطه (۱۲) $n = 6.29 \quad ^{1.998} + 1.157 \quad \geq 0.35$

رابطه (۱۳) $k = \dfrac{t_p}{n-1}$

که در آن β فاکتور شکل (بی‌بعد) بوده و به صورت حاصل‌ضرب دبی اوج q_p و زمان اوج t_p تعریف می‌شود.

کمیت‌های مورفومتریک مورد نیاز در محاسبه پارامترهای مدل نش شامل مساحت، شیب متوسط حوزه و طول آبراهه اصلی در محیط ArcGIS و با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، محاسبه شد. به این ترتیب، پارامترهای n و k با بکارگیری روش‌های تشریح شده، با استفاده از خصوصیات بارش، رواناب‌سطحی و پارامترهای فیزیوگرافی (بسته به نوع روش)، در رویدادهای یک تا سه، در حوزه آبخیز مورد مطالعه محاسبه و مقادیر میانگین n و k در هر روش، تعیین شد. سپس برای مقایسه روش‌ها و اعتبارسنجی آن‌ها از رویدادهای چهار و پنج استفاده شد و ابعاد هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش برای دو رویداد مذکور، با استفاده از مقادیر n و k برآوردی در هر روش، محاسبه شد. پس از تعیین ابعاد هیدروگراف‌های واحد لحظه‌ای که فواصل زمانی اندازه‌گیری دبی در آن‌ها معادل یک ساعت بود، هیدروگراف‌های واحد لحظه‌ای را می‌توان به هیدروگراف‌های واحد معمولی با تداوم یک ساعت تبدیل نمود، به گونه‌ای که مختصات آن در هر زمان بیانگر میانگین جریان از یک ساعت پیش از آن تا زمان مورد نظر باشد و دبی متوسط جریان از میانگین‌گیری دبی‌های ابتدا و انتهای فاصله زمانی یک ساعت به دست می‌آید (۱۱). در نهایت، با توجه به مدت و ارتفاع بارش موثر در هر واقعه (رویدادهای چهار و پنج)، هیدروگراف رواناب مستقیم رویدادهای انتخابی شبیه‌سازی گردید. به منظور بررسی میزان کارایی آبنمودهای استخراجی، از شاخص‌های آماری میانگین خطای نسبی[1]، مجذور میانگین مربعات خطا[2] و ضریب نش و ساتکلیف[3] استفاده شد:

$$RE = \left|\frac{X_O - X_e}{X_O}\right| \times 100 \qquad (۱۴)$$

$$MRE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} RE_i \qquad (۱۵)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{oi} - X_{ei})^2}{n}} \qquad (۱۶)$$

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{oi} - Q_{ei})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_{oi} - \bar{Q}_{oi})^2} \qquad (۱۷)$$

که در آن X_O: مقدار مشاهده شده پارامتر، X_e: مقدار محاسبه شده پارامتر، RE خطای نسبی در هر برآورد (درصد)، n تعداد برآورد، MRE میانگین خطای نسبی (درصد)، RMSE مجذور میانگین مربعات خطا، NS: ضریب نش ساتکلیف، Q_{oi}: مقدار مشاهده شده دبی سیل، Q_{ei}: مقدار برآورد شده دبی سیل و $\bar{Q}_{oi}$: میانگین داده‌های مشاهده شده دبی سیل و n شماره‌ای از مقادیر دبی می‌باشد.

هرچه مقدار معیار نش‌ساتکلیف به عدد یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده کارایی بیشتر مدل می‌باشد به‌علاوه مقدار یک نشان‌دهنده تطابق کامل هیدروگراف‌های مشاهداتی و محاسباتی است. هم چنین بهترین شبیه‌سازی متعلق به روشی است که مقدار کوچک‌تری از RMSE و MRE را ارایه نماید.

نتایج و بحث

پس از محاسبه مقادیر پارامترهای n و k، به روش‌های مختلف، مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش، برای رویدادهای انتخابی اجرا و سپس هیدروگراف رواناب مستقیم هر رگبار، شبیه‌سازی شد. مقادیر پارامترهای n و k، برای سه رویداد در مرحله واسنجی، در جدول دو ارائه شده است. در مرحله بعد، از مقادیر به دست آمده از روش‌های تشریح شده، در سه رویداد میانگین گرفته شد و این مقادیر میانگین، برای اجرا و اعتبارسنجی مدل در دو رویداد متفاوت دیگر، در نظر گرفته شد (۱۳،۴). مقادیر n و k در روش تجربی نش، که از مشخصات فیزیوگرافی حوزه آبخیز به دست آمده است با میانگین مقادیر سایر روش‌ها، در جدول ۳ ارائه شده است. در اشکال سه و چهار آبنمودهای مشاهده‌ای و محاسبه‌ای مدل مخزن خطی نش در مرحله اعتبارسنجی آورده شده است. برای ارزیابی مقدار انطباق آبنمودهای محاسبه شده با آبنمودهای مشاهده‌ای ابتدا از شاخص آماری میانگین خطای نسبی، برای مقایسه دبی اوج، زمان اوج، زمان پایه و حجم جریان‌سطحی استفاده شد (جدول ۴). سپس برای مقایسه نظیر به نظیر مختصات آبنمودهای برآوردی و مشاهده‌ای از ضریب نش ساتکلیف و مجذور میانگین مربعات خطا استفاده شده است (جدول ۵).

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های زمان تا اوج – زمان تا عطف، بهونیا و همکاران، ترسیمی هان و ممان در تخمین پارامترهای ورودی مدل نش، به ترتیب، کارایی نسبتا مناسب این مدل در برآورد دبی اوج هیدروگراف سیلاب را نتیجه می‌دهد. استفاده از روش تجربی نش، در برآورد این ویژگی، در مقایسه با سایر روش‌ها، نتایج ضعیفی ارائه داده است. که با نتایج بهره‌مند و مصطفی‌زاده (۴)، در حوزه آبخیز جعفرآباد، مطابقت دارد. میانگین خطای نسبی زمان تا اوج هیدروگراف سیلاب، در روش‌های تجربی نش، ترسیمی هان و بهونیا و همکاران، نشان می‌دهد مقادیر برآوردی زمان تا اوج تا حدودی با داده‌های مشاهداتی مطابقت دارد. در این تحقیق، با به کارگیری تمامی روش‌های تشریح شده، به منظور تخمین پارامترهای n و k مدل نش، نتایج قابل قبولی در برآورد حجم سیلاب به‌دست آمد. که با نتایج آگیر و همکاران (۲) در استفاده از روش ممان و سینگ و همکاران (۱۸) در استفاده از روش بهونیا، مطابقت دارد. در منطقه مورد مطالعه، در استفاده از تمامی روش‌های مطرح شده، مدل نش، در برآورد زمان پایه هیدروگراف سیلاب، نتایج ضعیفی ارائه داده است.

1- Mean Relative Error 2- Root Mean Squared Error 3- Nash-Sutcliffe coefficient

مقایسه نظیر به نظیر مختصات آبنمودهای محاسبه‌ای توسط مدل نش، در روش‌های مختلف تخمین پارامترهای n و k، با آبنمودهای مشاهده‌ای، نشان داد که دقت روش‌های مورد بررسی در برآورد شکل کامل آبنمود رواناب خروجی به ترتیب به صورت روش تجربی نش، ترسیمی هان، بهونیا و همکاران، ممان و زمان تا اوج- زمان تا عطف است البته هیچ یک از روش‌ها دقت بالایی در شبیه‌سازی این مشخصه هیدروگراف نداشته و تنها در روش‌های ممان و زمان تا اوج- زمان تا عطف، آن هم در یکی از رویدادها (به ترتیب در رویدادهای چهار و پنج)، مقدار معیار نش ساتکلیف بالاتر از ۰/۵ به دست آمده است. همچنین روش‌های مورد بحث، به جز زمان تا اوج- زمان تا عطف (که در رویداد چهار بهتر جواب داده)، در رویداد ۵ بهتر جواب دادند. که دلیل آن را می‌توان ویژگی متفاوت رگبار چهار نسبت به رگبار پنج دانست، طولانی بودن مدت زمان بارش اولیه و چندین وقفه چندساعته در خلال بارش از مشخصه‌های این رگبار نسبت به واقعه پنج می‌باشد، که برآورد شکل کامل هیدروگراف این رگبار را با خطاهایی روبه‌رو ساخته، در حالی‌که چنین شرایطی در ارتباط با رگبار ۵ مطرح نیست.

جدول ۲- مقادیر n و k به دست آمده از روش‌های مختلف در مرحله واسنجی

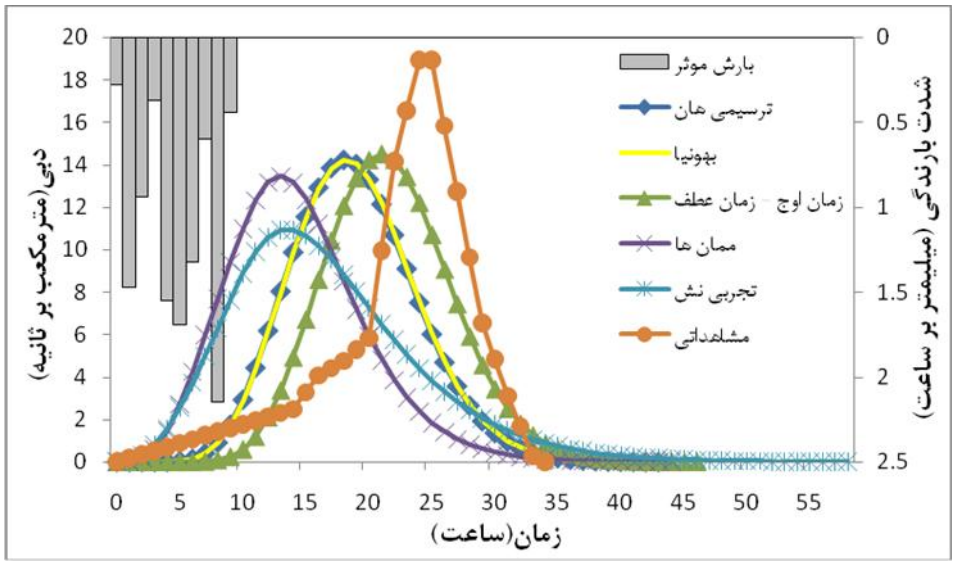
Table 2. N and K values calculated from different methods in the calibration phase

روش / شماره رویداد	ممان		زمان تا اوج – زمان تا عطف		ترسیمی هان		بهونیا	
-	n	k	n	k	n	k	n	k
۱	۵/۱۹	۰/۸۴	۸/۱۳	۰/۵	۱۳/۹۴	۰/۳۵	۱۳/۵۳	۰/۳۸
۲	۲/۵۳	۴/۲	۱۴/۷۶	۱/۶۲	۸/۵	۱/۹۵	۹/۴۰	۱/۹۸
۳	۵/۰۲	۲/۱۰	۲۶	۰/۹۸	۱۰/۸۵	۱/۵۲	۱۱/۳۴	۱/۴۵

جدول ۳- مقادیر میانگین پارامترهای n و k به دست آمده از روش‌های مختلف

Table 3. Average values of n and k parameters calculated from different methods

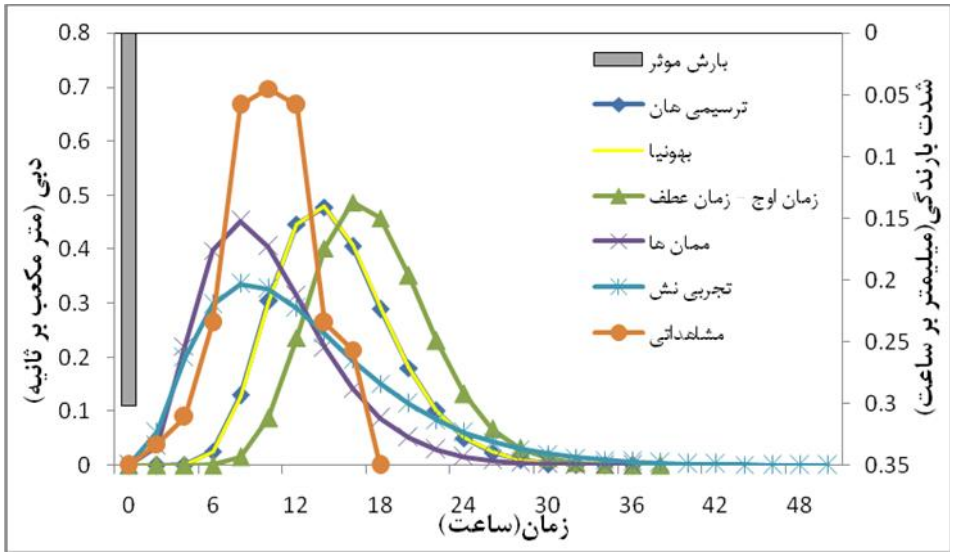
روش / میانگین پارامتر	ممان	زمان تا اوج – زمان تا عطف	ترسیمی هان	بهونیا	تجربی نش
n	۴/۲۵	۱۶/۳۰	۱۱/۱۰	۱۱/۴۲	۲/۹۹
k	۲/۳۸	۱/۰۳	۱/۲۷	۱/۲۷	۴/۰۲



شکل ۳- مقایسه هیدروگراف جریان مشاهداتی و شبیه‌سازی شده برای سیلاب مورخه ۱۴-۱۳۸۶/۱/۱۳

Figure 3. Comparison of observed and simulated hydrographs of different methods for the storm event of 2 April 2007

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205]



شکل ۴- مقایسه هیدروگراف جریان مشاهداتی و شبیه‌سازی شده برای سیلاب مورخه ۱۳۸۸/۱۲/۷.

Figure 4. Comparison of observed and simulated hydrographs of different methods for the storm event of 26 February 2010

جدول ۴- مقادیر پارامترهای برآوردی برای هیدروگراف سیلاب، درصد و میانگین خطای نسبی در روش‌های مختلف تخمین پارامترهای n و k در مرحله اعتبارسنجی

Table 4. Estimated parameters values for flood hydrographs, percentage and Mean Relative Error for different methods of estimating n and k parameters in the validation phase

روش	رویداد	دبی اوج (m^3/s)	خطای نسبی دبی اوج (٪)	زمان اوج (hr)	خطای نسبی زمان اوج (٪)	حجم سیلاب ($1000m^3$)	خطای نسبی حجم سیلاب (٪)	زمان پایه (hr)	خطای نسبی زمان پایه (٪)
ممان	۱۳۸۶/۱/۱۳-۱۴	۱۳/۴۶	۲۸/۹۷	۱۳	۴۵/۸۳	۶۱۸/۶۷	۴/۳۴	۴۳/۵	۲۷/۹۴
	۱۳۸۸/۱۲/۷	۰/۴۵	۳۴/۴۳	۸	۲۰	۱۷/۲۳	۱۷/۵۸	۳۵/۲۵	۹۵/۸۳
	میانگین	–	۳۱/۷۰	–	۳۲/۹۲	–	۱۰/۹۶	–	۶۱/۸۹
تجربی نش	۱۳۸۶/۱/۱۳-۱۴	۱۰/۹۵	۴۲/۲۴	۱۳/۵	۴۳/۷۵	۶۴۸/۱۵	۰/۲۲	۵۸	۷۰/۵۹
	۱۳۸۸/۱۲/۷	۰/۳۴	۵۱/۵۶	۸/۵	۱۵	۱۸/۰۲	۱۳/۷۸	۴۹/۷۵	۱۷۶/۳۹
	میانگین	–	۴۶/۹۰	–	۲۹/۳۸	–	۷/۰۰	–	۱۲۳/۴۹
زمان تا اوج- زمان تا عطف	۱۳۸۶/۱/۱۳-۱۴	۱۴/۵۲	۲۳/۳۸	۲۱	۱۲/۵	۶۵۳/۶۱	۱/۰۶	۳۷/۲۵	۹/۵۶
	۱۳۸۸/۱۲/۷	۰/۴۹	۳۰/۱۳	۱۶/۵	۶۵	۱۸/۱۹	۱۲/۹۸	۴۵/۵	۱۵۲/۷۸
	میانگین	–	۲۶/۷۵	–	۳۸/۷۵	–	۷/۰۲	–	۸۱/۱۷
ترسیمی هان	۱۳۸۶/۱/۱۳-۱۴	۱۴/۲۱	۲۵/۰۱	۱۸/۲۵	۲۳/۹۶	۶۳۵/۸۵	۱/۶۸	۴۲/۷۵	۲۵/۷۴
	۱۳۸۸/۱۲/۷	۰/۴۸	۳۱/۵۶	۱۳/۵	۳۵	۱۷/۶۹	۱۵/۳۵	۳۴/۵	۹۱/۶۷
	میانگین	–	۲۸/۲۹	–	۲۹/۴۸	–	۸/۵۲	–	۵۸/۷۰
بهونیا و همکاران	۱۳۸۶/۱/۱۳-۱۴	۱۴/۲۳	۲۴/۹۱	۱۸/۲۵	۲۳/۹۶	۶۳۸/۰۷	۱/۳۴	۴۳/۵	۲۷/۹۴
	۱۳۸۸/۱۲/۷	۰/۴۸	۳۱/۵۶	۱۳/۵	۳۵	۱۷/۷۶	۱۵/۰۵	۳۲/۲۵	۹۵/۸۳
	میانگین	–	۲۸/۲۴	–	۲۹/۴۸	–	۸/۲۰	–	۶۱/۸۹

جدول ۵- مقادیر معیارهای کارایی نش ساتکلیف (E) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) در روش‌های مختلف تخمین پارامترهای n و k در مرحله اعتبارسنجی

Table 5. The root mean square error (RMSE) and Nash–Sutcliffe (E) indices of each method for estimating n and k parameters in the validation phase

رویداد	روش‌ها									
	ممان		تجربی نش		زمان تا اوج زمان تا عطف		ترسیمی هان		بهونیا وهمکاران	
	E	RMSE	E	RMSE	E	RMSE	E	RMSE	E	RMSE
۱۳۸۶/۱/۱۳-۱۴	-۱/۰۷	۷/۰۶	-۰/۳۹	۵/۱۳	۰/۵۴	۳/۳۱	-۰/۱۱	۵/۳	-۰/۱	۵/۲۲
۱۳۸۸/۱۲/۷	۰/۵۷	۰/۱۳	۰/۳۸	۰/۱۳	-۱/۱۵	۰/۲۸	-۰/۰۶	۰/۲	-۰/۰۷	۰/۲۰
میانگین	-۰/۲۵	۳/۶۰	-۰/۰۰۵	۲/۶۳	-۰/۳۱	۱/۸۰	-۰/۰۹	۲/۷۵	-۰/۰۹	۲/۷۱

در مجموع، بر اساس نتایج می‌توان اظهار داشت که، روش بهونیا در برآورد مقادیر ورودی مدل نش، در منطقه مورد مطالعه، تا حدودی، به تطابق داده‌های مشاهداتی و برآوردی مدل منجر شده است. که با نتایج احمدین و همکاران (۳)، در حوزه آبریز لیقوان و سینگ و همکاران (۱۸) در هندوستان، در بکارگیری این روش، مطابقت دارد. لذا این

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205]

روش در مقایسه با سایر روش‌ها به عنوان روش برتر پیشنهاد می‌شود. هم چنین روش ترسیمی هان نیز در این تحقیق، نتایج نسبتاً قابل قبولی ارائه داده است. روش ممان نیز بعد از دو روش مذکور با کارایی نسبتاً مناسب در برآورد مشخصات سیلاب در جایگاه سوم قرار می‌گیرد. همان‌طور که ذکر شد، استفاده از هر یک از روش‌های زمان تا اوج- زمان تا عطف و تجربی نش به نتایج قابل قبولی در برآورد برخی از ویژگی‌های سیلاب انجامید. اما در شبیه‌سازی سایر مشخصات، نتایج ضعیفی ارائه داد. لذا کاربرد این روش‌ها در شرایط مشابه حوزه آبخیز مورد مطالعه، بدون انجام تحقیقات بیشتر توصیه نمی‌شود. پیشنهاد می‌شود به منظور توسعه و کاربرد مدل هیدرولوژیک نش، روش‌های برآورد پارامترها در سایر حوزه‌های آبخیز کشور نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

1. Abdollahian Dehkordi, Z., Kh. Abdollahi, S.J. Sadatinejad, A. Honarbakhsh and M. Nekooeimehr. 2012. The Investigation of direct runoff hydrographs derived from laplace transform and h2u instantaneous unit hydrograph models (CaseStudy: Khanmirza Catchment). Journal of Watershed Management Research, 3: 30-42 (In Persian).
2. Agirre, U., M. Guni, J.J. Lopez and F.N. Gimena. 2005. Application of a unit hydrograph based on subwatershed division and comparison with Nash's Instantaneous unit Hydrograph, Catena, 64: 321-332.
3. Ahmadin, A., A. Fakheri Fard and A. Gorbani. 2011. Comparsion of hybrid and nash models for derivation of instantaneous unit hydrograph (Case Study: Lighvan Watershed). Journal of Water and Soil Science, 21: 30-41 (In Persian).
4. Bahremand, A.R. and R. Mostafazadeh. 2010. Comparison of different methods for parameter estimation of nash's instantaneous unit hydrograph in jafar-abad watershed. Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 86: 42-51 (In Persian).
5. Bhunya, P.K., S.K. Mishra and R. Berndtsson. 2003. Simplified two-parameter gamma distribution for derivation of synthetic unit hydrograph. Journal of Hydrologic Engineering, 8: 226-230.
6. Chow, V.T., D.R. Maidment and L.W. Mays. 1988. Applied hydrology McGraw-hill, NewYork.
7. Dong, S.H. 2008. Genetic algorithm based parameter estimation of nash model. Journal of Water Resources Management, 22: 525-533.
8. Fazel modarres, N., F. Niazi, H. Mofid and A. Fakherifard. 2013. Comparison of reservoir-based guhr, nash and hybrid models in derivation of unit hydrograph (Case Study: Kamanaj Olia Watershed). Journal of Water and Soil Science, 22: 103-115 (In Persian).
9. Ghahraman, B. and M. Lotfi. 2010. The applicability of unit hydrograph models in estimating flood hydrograph. Final report of applied research plan (Northern Khorasan Regional Water Company), 117 pp (In Persian).
10. Haan, C.T., B.J. Barfield and J.C. Hayes. 1994. Design hydrology and sedimentology for small catchments. Academic press, San Diego, CA. 588 pp.
11. Mirbagheri, A. 1998. Applied Hydrology, Vol. 1,1st Ed, University of Shiraz Press, Iran , 562 pp. (In Persian)
12. Mostafazadeh, R. and A. Bahremand. 2009. Simulation of direct run-off hydrograph using nash's linear reservoir model in jafar-abad watershed, golestan province. Iran-Watershed Management Science & Engineering, 3: 9-16 (In Persian).
13. Nourani, V. 2008. A Comparative study on calibration methods of nash's rainfall-runoff model to ammameh watershed, Iran. Journal of Urban and Environmental Engineering, 2: 14-20.
14. Sadeghi, S.H.R. and M. Dehghani. 2006. Efficacy of Estimation Methods for Storage Coefficient of Instantaneous unit Hydrograph in Flood unit hydrograph regeneration. Journal of Agricultural Sciences & Natural Resources, 13: 152-160 (In Persian).
15. Sadeghi, S.H.R., A. Afzali, M. Vafakhah and A.R. Telvari. 2012. Capability of various statistical analyses in estimation of unit hydrograph components for northern watersheds of Iran. Journal of Watershed Management Research, 3:1-15 (In Persian).
16. Safavi, H.R. 2006. Applied Hydrology. 1st Ed, Arkan Press, Iran, 603 pp (In Persian).
17. Singh, V.P. 1988. Hydrologic Systems. Rainfall-Runoff Modeling, vol. I. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 360 pp.
18. Singh, P.K., P.K. Bhunya, S.K. Mishra and U.C. Chaube. 2007. An Extended Hybrid Model for Synthetic unit Hydrograph Derivation. Journal of Hydrology, 336: 347-360.
19. Zakizadeh, F. 2013. Investigating the efficiency of geomorphologic instantaneous unit hydrograph for estimating flood hydrograph characteristics (Case study: Manshad Watershed). M.Sc. Thesis, Yazd University, 119 pp (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205]

Investigation of the Efficiency of Different Methods for Parameters Estimation of Nash's instantaneous unit Hydrograph in Simulating Flood Hydrograph (Case Study: Manshad Watershed)

Fariba Zakizadeh[1] and Ali Talebi[2]

1- Graduated M.Sc., Yazd University (Corresponding author: fariba_zakizadeh@yahoo.com)
2- Associate Professor, Yazd University
Received: February 17, 2014 Accepted: September 24, 2014

Abstract

In Nash's cascade model that is simple and efficient model for simulating hydrological response in watersheds, catchment behavior is considered same as n linear reservoirs with k storage coefficient. In this context, the accuracy of different methods of estimating the Nash model parameters (n and k) including moment, experimental Nash formula, Han's graphical, time to peak-time to inflection point and Bhunya et al methods have been investigated in Manshad watershed in Yazd province. The n and k parameters were calculated using three storm events and physiographic parameters were used for experimental Nash formula. The mean value of calibrated parameters, were used for simulation of second subset of storm events as model validation. The results show that using Bhunya and Han's graphical methods for n and k parameters estimation, lead to better agreement between observed and simulated hydrographs. Percentage of relative error in simulating peak discharge, time to peak and flood volume, in Bhunya method, were estimated equal to 28.24, 29.48 & 8.20% and in Han's graphical method were estimated equal to 28.29, 29.48 and 8.52% , respectively. Also, the results indicate that time to peak-time to inflection point method and experimental Nash formula give weak results for simulating some flood characteristics. Thus, using these methods in similar catchments is not advised without more researches.

Keywords: Bhunya method, Instantaneous unit hydrograph, Manshad watershed, Nash model, Rainfall-runoff modeling,

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.19.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.205]