دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال سیزدهم، شماره‌ی ۴۲
تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۲۲۷ -۲۰۹

**حمید نوری**[۱]
**علیرضا ایلدرمی**[۲]

# بررسی کارایی آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفیک و کلیماتیک در بر آورد سیلاب ها درحوضه آبریز اکباتان همدان

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۱۰/۲۶

## چکیده

پیش بینی واکنش هیدرولوژیک حوضه های آبخیز در قالب آبنمود خروجی حوضه، به بارش ورودی، از مهم ترین اهداف علم هیدرولوژی آب های سطحی در مدیریت وقایع فرین به ویژه طراحی و اجرای برنامه های سازه ای، مدیریت حوضه های آبخیز و توسعه پایدار منطقه ای است. از یک سو با توجه به هشدارهای هیات بین الدول تغییرات اقلیمی سازمان ملل متحد در خصوص گرم شدن زمین و افزایش وقایع فرین مانند خشکسالی ها و سیلاب ها بخصوص در عرض های جغرافیایی متوسط کره زمین و از سوی دیگر نقش آمار و اطلاعات مناسب در دستیابی به تحلیل های واقعی تر از وقایع سیلابی و نیز وسعت و نیاز حوضه های فاقد آمار به ویژه در کشورهای توسعه نیافته و درحال توسعه مانند ایران، این پژوهش به بررسی دقت و درجه کارایی مدل های آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفوکلیماتولوژی[۳] و ژئومورفولوژی[۴] برای تعیین ابعاد آبنمود سیل یک رگبار با شدت و مدت معین در حوضه

۱- استادیار گروه مرتع و آبخیز دانشگاه ملایر
۲-دانشیار گروه مرتع و آبخیز دانشگاه ملایر

E-mail:hamidwatershed@yahoo.com
E-mail:alirezaildoromi@yahoo.com

3- GCIUH
4- GIUH

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

آبریز سد اکباتان همدان پرداخته و آن ها را باروش های ناش، روسو و SCS مقایسه نموده و موثرترین و کارآمدترین مدل را معرفی کرده است. به منظور افزایش دقت و سرعت در اجرای کار از سیستم اطلاعات جغرافیایی و برای بررسی کارایی و دقت مدل ها از شاخص های آماری"میانگین توان دوم خطا"و"میانگین خطای نسبی"استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که روش ژئومورفوکلیماتولوژی نسبت به روش های ژئومورفولوژی، ناش، روسو و SCS به ترتیب ۱۰۹/۱۲، ۱٦۸/٥٦، ۱۳۷/۹۹، ۱۹٥/۲٦ درصد وروش ژئومورفولوژی نسبت به روش های ناش، روسو وSCS به ترتیب ۱٥٦/٤۳، ۱۲۱/۷۷، ۱۸۷/۲۳ درصد و روش روسو نسبت به روش های ناش و SCS به ترتیب ۱٦٤/۱٤، ۱۸٦/٥٥ درصد و روش ناش نسبت به SCS ۱۲۲/۲٤ درصد مناسب تر و کارآمدتر می باشند. لذا می توان در این حوضه، روش ژئومورفوکلیماتولوژی راکه مبتنی بر داده های ژئومورفولوژی و اقلیم شناسی است برتر از سایر روش ها معرفی نمود.

**کلید واژه ها:** آبنمود واحد لحظه ای، مدل ناش، مدل روسو، مدل scs، حوضه آبخیز اکباتان.

**مقدمه**

ارائه مدل بارش و رواناب در هر حوضه آبخیز گام مهمی در شناخت عکس العملهای هیدرولوژیک آن حوضه محسوب می شود که بدون آمار و اطلاعات صحیح و مناسب، امری دشوار و پیچیده است. تئوری های علمی تشریح کننده پدیده های هیدرولوژیک در حوضه های آبخیز به دلیل ناهمگنی، پیچیدگی ارتباط و تعدد مولفه های تاثیر گذار بر پدیده ها، هرگز قادر به توصیف کامل آنها در مقیاس وسیع نیستند. با توجه به این موضوع می توان از خروجی مدل های طراحی شده منطبق با تئوری های علمی که پس از تجزیه و تحلیل مولفه های تاثیر گذار حاصل شده اند، درصد کارایی مدل را نسبت به نمونه های ثبت شده تعیین کرد. مدل های مختلف از جمله، مدل های جعبه سیاه و مدل های مفهومی به دلایل مختلف به ویژه، تکیه بر آنالیز داده های بارش-رواناب، در حوضه هایی که فاقد داده های مورد نیاز باشند قابل استفاده نیستند. در این نوع حوضه ها معمولا از روشهای تجربی و یا از مشخصات فیزیکی و ثابت حوضه ها مانند ویژگیهای ژئومورفولوژی و اقلیم شناسی استفاده می شود. در نتیجه، هر چه این خصوصیات بهتر شناخته شوند، پیش بینی عملکرد حوضه دقیق تر خواهد بود. تئوری آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک به عنوان مدلهای پیش بینی کننده ی عکس العمل های هیدرولوژیک حوضه آبخیز به ازای بارش ورودی به آن، در گستره این اهمیت واقع می شوند.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

تئوری آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولژیک توسط رودریگوئز-ایتورب و همکاران ( Rodriguez-Iturb et al., 1979:1435 ) نشان داد که عکس العمل هیدرولوژیک حوضه آبخیز تابعی از پارامترهای ثابت ژئومورفولوژیک و پارامتر دینامیکی سرعت جریان است. والدرز و همکاران (Valders et al., 1979:1421) و نیز گوپتا و همکاران (Gupta et al., 1980:855) آبنمود واحد لحظه ای تعدادی از حوضه های آبخیز را استخراج و با آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک آن ها مورد مقایسه قرار دادند که نتایج کار آن ها اغلب رضایت بخش بود. رودریگوئز-ایتورب و همکاران تئوری آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک را برای دبی های حداکثر سیلاب با دوره بازگشت مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نتایج خوبی به دست آوردند ( Rodriguez-Iturb et al., 1982:884 ). دیاز-گراندوز و همکاران ( ۱۹۸٤:۹۹۵) تئوری آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک را مبتنی بر هیدرولیک جریان، توسعه و بسط دادند ( Diaz-Grandos et al., 1984:995) و آلام (Allam, 1990:71) آن رادر برخی حوضه ها، مناسب تشخیص داد. سورمن (Sorman, 1995:243) از مدل آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفوکلیماتیک برای برآورد حجم، دبی و زمان اوج آبنمود خروجی حوضه ها استفاده کرد. غیاثی (۱۳۷۵:۱٦۲) نشان داد که روش های آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و روسو در مقایسه با روش های آبنمود واحد مصنوعی اشنایدر و مثلثی کارایی بیشتری دارند. عرفانیان (۱۳۷۷:۲۰۱) در حوضه آبخیز درجزین نشان داد که درصد کارایی روش ژئومورولوژیک نسبت به سایر روش ها بالاتر بوده است. حشمت پور (۱۳۸۱:۲۵۲) نیز در حوضه آبخیز کسیلیان در استان مازندران نشان دادند که روش آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک نسبت به سایر روش ها از کارایی بیشتری برخوردار است.

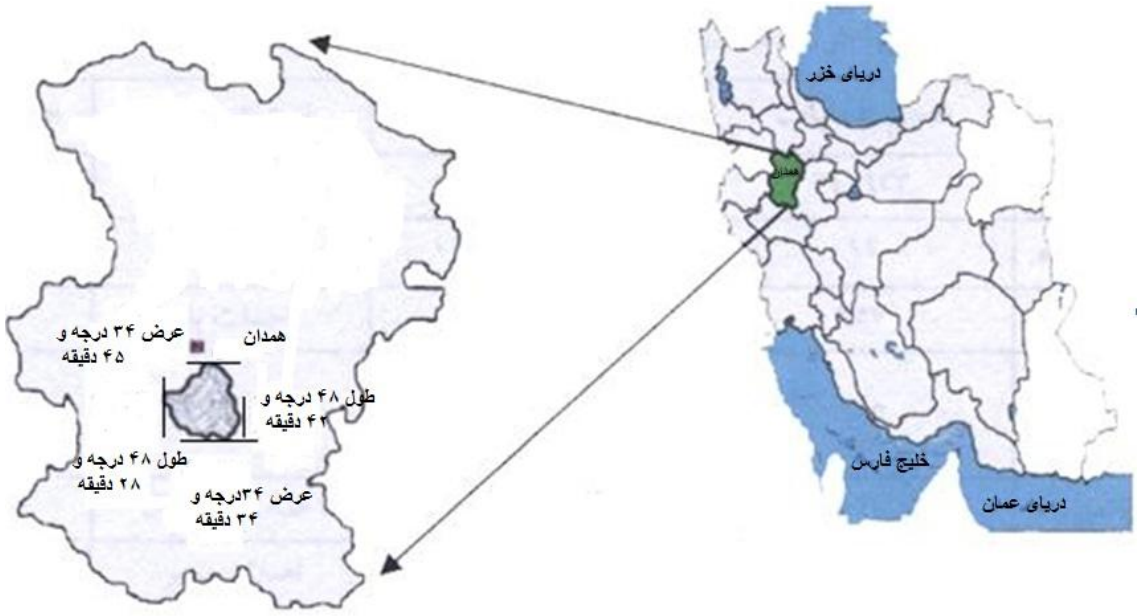
نظر به این که حوضه های آبخیز غرب کشور با اقلیمی نیمه خشک، پوشش گیاهی و توپوگرافی ویژه، معمولا دروازه ورود سامانه های سینوپتیکی عبوری از ایران هستند، همواره در معرض وقوع سیلابهای فراوان می باشند. با توجه به کمبود آمار و اطلاعات مورد نیاز بارش-رواناب در تحلیل وقایع سیلابی در این منطقه، بدیهی است، انتظار ساخت ایستگاه ها وجمع آوری آمار و داده های مناسب در زمانی کوتاه، برای تحلیل سیلابها منطقی به نظر نمی رسد. همچنین شواهد و گزارشات مربوط به تغییرات اقلیمی در یک قرن اخیر، لزوم آمادگیهای مدیریتی لازم و افزایش سرعت و دقت در محاسبات و تحلیل ها را در مقابله با احتمال افزایش فراوانی وقوع سیلابها تاکید می نماید. مطالعات گذشته در ایران و جهان درستی کارایی آبنمودهای واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک را در حوضه های آبریز مناطق مختلف بررسی کرده است. در تحقیق حاضر، سعی شده است تا دقت، صحت و درجه

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

اطمینان تئوری های آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک در مقایسه با روش های دیگر، در تعیین شکل و ابعاد آبنمود رواناب خروجی از یک رگبار با شدت و مدت معین در حوضه آبریز سد اکباتان همدان تعیین گردد.

**معرفی منطقه مورد مطالعه**

حوضه آبریز سد اکباتان در جنوب شرقی شهرستان همدان بین" ۳٤ درجه و ۳٤ دقیقه " و" ۳٤ درجه و ٤٥ دقیقه" عرض شمالی و"٤٨ درجه و ٤٢ دقیقه " و" ٤٨ درجه و ۲۸ دقیقه" طول شرقی قرار دارد. این حوضه یکی از زیر حوضه های رودخانه قره چای می باشد که کوه الوند در جنوب غربی آن واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۳۱۲/۹ میلیمتر و از نظر آب و هوایی منطقه نیمه خشک و سرد است. از نظر زمین شناسی و لیتولوژی به علت قرارگرفتن در مجاورت آتشفشان الوند متاثر از برخی فرایندهای دگرگونی محلی شده است. از دوران اول زمین شناسی سازندی در این حوضه دیده نمی شود. دوران دوم هم با یک سری سنگ های رسوبی که در نزدیکی سد وجود دارد مشخص می شود. دوران سوم با نفوذ توده های گرانیتی و میکروپگماتیتی شروع می شود. پوشش آبرفت های دوران چهارم در این منطقه قابل ملاحظه بوده و گاهی ارتفاع آن به چندین متر می رسد.




**شکل شماره۱- نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سد اکباتان همدان**

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

**مواد و روش ها**

با توجه به اینکه سد اکباتان در محل برخورد دو رودخانه آبشینه و ابرو قرار دارد لذا مجموع دبی های هردو رود خانه برای سد در نظر گرفته می شود. در این مطالعه از آمار ایستگاه هیدرومتری یلفان واقع در " ٤٤ دقیقه، ٣٤ درجه "عرض شمالی و" ٣٦/٥ دقیقه، ٤٨ درجه" طول شرقی در ارتفاع ١٩٦٠ متری و ایستگاه هیدرومتری شاخه دوم سد اکباتان به نام ابرو در" ٤٤ دقیقه، ٣٤ درجه" عرض شمالی و" ٣٦ دقیقه، ٤٨ درجه" طول شرقی در ارتفاع ١٩٥٠ متری و ایستگاه سینوپتیک سد اکباتان استفاده شده است.

در ابتدا با تهیه نقشه های توپوگرافی منطقه بامقیاس ١:٢٥٠٠٠ و تهیه نرم افزارهای مورد نیاز مانند IDRISI , ILWIS، ARC/INFO، نقشه ها و جداول مورد نیاز در فیزیوگرافی حوضه مانند نقشه های DEM، شیب، جهت، هیپسومتری و آبراهه ها، ترسیم و رتبه بندی آبراهه ها و نسبت های هورتونی تعیین گردید. در این مرحله، بازدید های صحرایی برای تایید نقشه ها و شناخت دقیق منطقه انجام گرفت. کمیت های مورفومتری محاسبه شده در جداول ١ و ٢ ارائه شده است.

سپس با جمع آوری داده ها و اطلاعات بارش و رواناب مورد نیاز، ٨ واقعه بارش – رواناب که دارای تطابق زمانی مناسب بودند(بین سال های١٣٥١–١٣٧٨) انتخاب شدند. در ادامه، هایتروگراف بارش مازاد به روشSCS و آبنمود مشاهده ای پس از کسر دبی پایه ترسیم گردید. در مرحله بعد، روابط دبی – سرعت، رابطه دبی- سطح مقطع تعیین و پارامتر موج جنبشی محاسبه شد.

سپس آبنمود واحد لحظه ای، آبنمود واحد ژئومورفولوژی، ژئومورفوکلیماتولوژی، ناش، روسو و SCS و آبنمود خروجی یک ساعته حوضه استخراج گردیدند، آبنمود شاخص حوضه با استفاده از آبنمود واحد طبیعی تعیین و آبنمود واحد یک ساعته SCS با توجه به زمان آبنمود واحد شاخص، برآورد شد و آبنمودهای خروجی برای وقایع انتخابی استخراج گردید. در انتها، آبنمودهای محاسبه ای و مشاهده ای مقایسه و درصد کارایی مدل های مورد استفاده در این تحقیق تعیین گردید.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

جدول۱- کمیت های مورفومتری حوضه کباتان همدان

| نوع کمیت | مساحت (کیلومتر مربع) | محیط(کیلومتر) | ضریب شکل هورتون | ضریب گراویلیوس | ضریب گردی میلر | ضریب شکل شیعم | تراکم زهکشی | میانگین وزنی شیب حوضه (درصد) | طول آبراهه اصلی | طول آبراهه رتبه ۵ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| علامت | A | P | Ff | Cc | Rc | Re | Dd | S | L | LΩ |
| مقدار | ۲۲۱/۵۵ | ۶۲/۲ | ۰/۷ | ۱/۱۷ | ۰/۷۱۹ | ۰/۹۴۴ | ۱/۶۷ | ۳۰ | ۲۵/۶ | ۱۳/۳۲ |

| نوع کمیت | فاصله خروجی از مرکز ثقل (کیلومتر) | حداقل ارتفاع (متر) | حداکثر ارتفاع(متر) | میانگین وزنی شیب آبراهه اصلی(درصد) | نسبت انشعاب هورتون | نسبت طول هورتون | نسبت مساحت هورتون | طول حوضه(کیلومتر) | میانگین وزنی ارتفاع | طول مستطیل معادل(کیلومتر) | عرض مستطیل معادل(کیلومتر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| علامت | Lca | Hm | HM | Sw | RB | RL | RA | LW | H | Lr | Er |
| مقدار | ۱۱/۱ | ۱۹۲۰ | ۳۵۸۴ | ۴/۵۶ | ۴/۱۵ | ۲/۱۱ | ۵/۴۳ | ۱۷/۷۸ | ۲۷۰۲ | ۲۰/۰۵ | ۱۱/۰۵ |

جدول ۲- ضریب دوشاخه شدن هورتون در حوضه سد اکباتان همدان

| درجات آبراهه ها | ۱ به ۲ | ۲ به ۳ | ۳ به ۴ | ۴ به ۵ |
|---|---|---|---|---|

## محاسبه آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژی

هیدروگراف واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک به عنوان تابع چگالی احتمال زمان انتقالی که یک قطره آب طی می کند تا از هر نقطه از حوضه آبخیز به خروجی برسد را بیان می کند. پارامترهای ژئومورفولوژیکی مورد نیاز برای مدل های آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک شامل مساحت حوضه آبخیز (A)، رتبه بندی حوضه ( $\Omega$ )، تعداد آبراهه های هر رتبه i که به رتبه j می ریزد (Ni)، متوسط طول آبراهه های رتبه i ( $\overline{Li}$ )، متوسط مساحت حوضه های مربوط به هر رتبه ( $\overline{Ai}$ ) و شیب متوسط آبراهه های موجود در هر رتبه ( $\overline{Si}$ ) می باشد.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

با توجه به بررسی های انجام شده می توان تابع واکنش هیدرولوژیک حوضه آبخیز سد اکباتان را که با توجه به رتبه بندی استراهلر(Strahlers,1957)، رتبه ۵ دارد، به شکل زیر می توان نشان داد:

$$GIUH_{(t)} = \theta_1(o)\frac{d\phi_{16}(t)}{dt} + \theta_2(o)\frac{d\phi_{26}(t)}{dt} + \theta_3(o)\frac{d\phi_{36}(t)}{dt} + \theta_4(o)\frac{d\phi_{46}(t)}{dt} \quad (۱$$

برای محاسبه مقدار تابع آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک ( برساعت) در فواصل زمانی t ساعته لازم است تا با استفاده از روابط کاربردی موجود مقادیر ماتریس احتمال فاصله زمانی $[\phi_{(t)}]$، احتمال اولیه $[\theta i(o)]$، احتمال انتقال $[pij]$، میانگین اتصالات درونی $[E]$ و میانگین زمان انتظار آبراهه های رتبه های۵ و٤ و ۳ و ۲ و ۱ $[\lambda i^{-1}]$ در حوضه آبخیز مورد مطالعه مشخص شوند، که در آن:

θi عبارت است از مساحتی از حوضه آبریز که مستقیما به آبراهه های رتبه (i ) زهکشی می شوند به مساحت کل حوضه آبریز که i=1,2,3,4,5

Pij عبارت است از تعداد آبراهه های رتبه ( i ) که به آبراهه رتبه (j ) می ریزند به تعداد کل آبراهه های رتبه ( i ) که j=2,3,4,5

$$E(\gamma,\omega,\Omega)\omega = N\omega\prod_{a=2}^{\omega}\frac{Na-1^{-1}}{2N_{a-1}} \quad (۲$$

$$\lambda_1 = \frac{V}{t_1}, \lambda_2 = \lambda_1 R_L^{-1}, \lambda_3 = \lambda_1 R_L^{-2}, \lambda_4 = \lambda_1 RL^{-3} \quad (۳$$

که دراین روابط V سرعت اوج جریان ( متر بر ثانیه )، l1میانگین طول آبراهه های رتبه یک ( متر )، RL نسبت طول هورتون و $\lambda i$، عکس میانگین زمان انتظارآبراهه رتبه (i) (بر ساعت) است. در روش آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک دبی و زمان اوج برای حوضه سد اکباتان از روابط زیر محاسبه شده است:

qp = ۱/۳۱RL^۰/٤۳-۱V (LΩ)^ (٤

tp=۰/٤٤ LΩ (RB) ^۰/۵۵ (RA) ^ -۰/۵۵ (RL) ^ -۰/۳۸ (V) ^ -۱ ( ۵

qp.tb=۲ (٦

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

که در روابط فوق، qp دبی اوج جریان (بر ساعت)، tp زمان اوج (ساعت)، LΩ طول آبراهه بالاترین رتبه حوضه (کیلومتر)، RB نسبت انشعاب، RA نسبت مساحت، RL نسبت طول،V سرعت اوج جریان (متر بر ثانیه) و tb زمان پایه آبنمود واحد لحظه ای (ساعت) است. مقادیرمحاسباتی مربوط به میانگین تعداد اتصالات درونی، احتمال اولیه و احتمال انتقال در حوضه آبخیز سد اکباتان در جدول ۳ آمده است .

**آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفوکلیماتولوژی**

رودریگوئز ایتورب و همکاران با قبول پایه های اصلی آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و نتایج مطالعات آنها در مورد سرعت جریان مبنی بر این که سرعت اوج جریان تابعی از شدت بارش مازاد و پارامتر موج جنبشی است، تئوری آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفوکلیماتیک را ارائه نمودند (Rodriguez-Iturb). و برای محاسبه دبی و زمان اوج آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفوکلیماتیک در حوضه آبریز سد اکباتان از روابط زیر استفاده شده است.

$$t_p = 0/2587(\Pi)^{0/4} \quad (۷$$

$$q_p = 1/971(\Pi)^{0/4} \quad (۸$$

$$\Pi_i = \frac{(L\Omega)^{2/5}}{i_r A_\Omega R_L (a\Omega)^{1/5}} \quad (۹$$

$$qp.tp = 2 \quad (۱۰$$

محاسبه دبی و زمان اوج آبنمود رواناب خروجی ناشی از یک رگبار از طریق روابط زیر محاسبه شده اند .

$$Q_P = 5/475\left(\frac{A\Omega irtr}{(\Pi_i)^{0/4}}\right)\left(1-\frac{0/4927tr}{(\Pi i)^{0/4}}\right) \quad (۱۱$$

$$T_P = 0/2587(\Pi i)^{0/4} + 0/75tr \quad (۱۲$$

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

**آبنمود واحد لحظه ای ناش**

Nash (1957, 118) حوضه آبخیز را به عنوان یک سیستم با n منبع خطی سری با مشخصات ذخیره s و ثابت ذخیره k معرفی کرد. او آبنمود واحد لحظه ای را بر اساس روند یابی لحظه ای جریان ورودی در مخازن خطی فرضی به صورت زیر ارائه کرد :

$$h(t) = \frac{1}{KT_{(n)}}(\frac{t}{k})^{n-1}(e)^{-1/k} \quad (۱۳$$

پارامترهای K, n در تابع مذکور بر اساس گشتاور اول و دوم بارش اضافی و رواناب خروجی محاسبه می شوند :

$$MDRH_1 - MERH_1 = nK \quad (۱٤$$

$$MDERH_2 - MERH_2 = n(n+1)K^2 + Nk(merh_1) \quad (۱۵$$

$MDRH_1$ = گشتاور اول رواناب خروجی

$MDRH_1$ = گشتاور دوم رواناب خروجی

$MERH_1$ = گشتاور اول بارش مازاد

$MERH_2$= گشتاور دوم بارش مازاد

درروابط فوق، با تعیین ثابت ذخیره K ( ساعت ) و پارامتر n، می توانیم مقدار تابع آبنمود واحد لحظه ای ناش را در زمان t ( ساعت ) بر حسب عکس زمان ( بر ساعت ) برآورد کنیم.

آبنمود واحد لحظه ای روسو ( گاما )

Rosso (1984, 914) پارامترهای مدل ناش را از طریق برازش مقادیر دبی و زمان اوج آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک با توزیع گاما به صورت تابعی از نسبت های هورتون معرفی و تابع آبنمود واحد لحظه ای گاما را به صورت زیر ارائه کرد:

$$h_{(t)} = (\frac{t}{k})^{a-1}(\frac{(e)^{\frac{-1}{k}}}{KT_{(a)}}) \quad (۱۶$$

$$a = 3.29(\frac{R_B}{R_A})^{0.78} R_L^{0.07} \quad (۱۷$$

$$K = 0.7(\frac{R_A}{R_B R_L})^{048} L_\Omega (V)^{-1} \quad (۱۸$$

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

که در این رابطه $h_{(t)}$ مولفه آبنمود واحد لحظه ای گاما (بر ساعت)، a پارامتر شکل، K پارامتر مقیاس ( ساعت)، $R_A$ نسبت مساحت، $R_B$ نسبت انشعاب، $R_L$ نسبت طول، V پارامتر دینامیکی سرعت اوج جریان (متر بر ثانیه) و$L\Omega$ طول آبراهه بالاترین رتبه حوضه است.

$$\Gamma(a+1) = a\Gamma(a) \quad (۱۹$$

جدول ٤ مقدار تابع گاما برای نسبت های هورتونی در حوضه آبریز سد اکباتان را نشان می دهد.

نظر به این که دبی و زمان اوج آبنمود واحد لحظه ای تابعی از سرعت جریان است و پارامتر دینامیکی سرعت جریان در تئوری های آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک و روسو (گاما) نقش اساسی دارد، از این رو برآورد دقیق سرعت جریان ضروری است. برای برآورد سرعت اوج جریان در رگبارهای انتخابی، از روش استدلالی ارائه شده توسط Rodriguez-Iturb و همکاران (1982, 884) و فرمول توانی به صورت زیر استفاده شده است:

$$V\Omega==(a\Omega\text{^}1/ms)\ (Q)\text{^}(m-1)/ms \qquad ms=5/3 \quad (۲۰$$

$$V_\Omega = (a_\Omega)^{0.6}(A_\Omega i_r)^{0.4} \quad (۲۱$$

در روابط بالا، $V_\Omega$ سرعت اوج جریان ( متر بر ثانیه )، Q دبی اوج جریان سیلاب ( متر مکعب بر ثانیه )، $A_\Omega$ مساحت حوضه ( کیلومتر مربع )، $i_r$ شدت بارش مازاد ( متر بر ثانیه )، $a_\Omega$ پارامتر موج جنبشی $S,(1/S\sqrt[3]{m})$ شیب آبراهه اصلی ( متر بر کیلومتر )، n متوسط ضریب زبری مانینگ و P محیط خیس شده ( متر ) است. n و m از طریق رابطه همبستگی بین دبی و سرعت جریان سیلاب و پارامتر موج جنبشی نیز با ایجاد رابطه بین دبی جریان و سطح مقطع خیس شده به دست می آید.

این روابط و ضرایب تبیین آنها در حوضه مورد مطالعه به صورت زیر تعیین شده است:

(۲۳

$V=۰/٦٧Q\text{^}۰/۳۷ \qquad R^2=۰/۹٦۷۲$

$Q=۰/٤۷(A)\text{^}۱/۵ \qquad R^2=۰/۹۷۰۱$

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

نتایج مقادیر سرعت اوج محاسبه شده برای سیل های انتخابی با استفاده از رابطه استدلالی و توانی (بر حسب متر بر ثانیه) در حوضه سد اکباتان همدان در جدول ۵ ارائه شده است .

**ب– استخراج آبنمود واحد از آبنمود واحد لحظه ای**

در این بررسی آبنمود واحد لحظه ای با استفاده از روش های مختلف (ژئومورفولوژیک، ژئومورفوکلیماتیک، ناش و روسو) بر حسب عکس زمان (بر ساعت) به ازای یک واحد بارش مازاد برای رگبارهای انتخابی محاسبه شد. حال چنانچه هدف، استخراج آبنمود واحد یک ساعته به ازای $P_e$ واحد بارش اضافی باشد، باید آبنمود واحد لحظه ای استخراجی از مدل های مورد تحقیق را که بر حسب عکس زمان (بر ساعت) برآورد گردیده اند بر حسب متر مکعب بر ثانیه به دست آوریم :

$$u_{(t)}=(IUH_{(t)})(p_e)(A\Omega) \qquad (۲٤$$

دراین رابطه، $IUH_{(t)}$ ابعاد آبنمود واحد لحظه ای در زمان t بر حسب عکس زمان (بر ساعت) در روش های مختلف، $A\Omega$ مساحت حوضه آبخیز بر حسب مترمربع و $P_e$ بارش مازاد بر حسب متر است.

**ج – آبنمود واحد SCS**

یکی از روش های تعیین آبنمود واحد حوضه های فاقد آمار، استفاده از آبنمود واحد بدون بعد SCS است، که با استفاده از آبنمودهای واحد تعداد بسیار زیادی از حوضه های آبخیز دارای آمار به دست می آید.

با توجه به زمان اوج هیدورگراف شاخص حوضه (حشمت پور، ۱۳۸۱:۲۵۲) و همچنین زمان تمرکز به دست آمده از روش سرعت متوسط SCS برای حوضه (مقدم نیا، ۱۳۷۱:۱۹٦) مقدار $\Delta D$ ۰/۹ ساعته به دست آمد. همچنین با استفاده از جدول بدون بعد SCS، آبنمود واحد ۰/۹ ساعته حوضه محاسه شد. آبنمود واحد ۰/۹ ساعته به ٤ ساعته و سپس آبنمود واحد یک ساعته ۰/۹ واحد ساعته به ٤ ساعت تبدیل و سرانجام آبنمود واحد یک ساعته به روش SCS استخراج شد.

**د – استخراج آبنمود رواناب خروجی برای وقایع انتخابی**

در این تحقیق، برای محاسبه ابعاد آبنمود رواناب خروجی وقایع انتخابی در روش های مختلف، به دلیل این که توزیع زمانی بارش در هایتروگراف هر رگبار یکنواخت نیست و در فواصل زمانی مختلف، بارش مازاد مقادیر متفاوتی را به

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

خود اختصاص می دهد، لذا از روش ماتریسی و حل همزمان معادلات استفاده شد. شکل کلی معادله به صورت زیر است :

$$[P]_{m.n}[U]_m = [Q]_m \quad (۲۵$$

**ه – مقایسه آبنمودهای محاسبه ای و مشاهده ای**

به منظور بررسی میزان کارایی آبنمودهایی استخراجی به روش های ژئومورفولوژیک، ژئومورفوکلیماتیک، ناش، روسو و SCS لازم است تا مشخصات برجسته آبنمودهای محاسبه ای و مشاهده ای از نظر ابعاد، خصوصا دبی و زمان با همدیگر مقایسه و درصد اختلاف آنها مشخص شود و از آن به عنوان معیار مناسبی جهت رسیدن به برتری مدل ها نسبت به یکدیگر استفاده گردد.برای این منظور، از دو شاخص سنجش میانگین خطای نسبی ( MRE ) و میانگین توان دوم خطا ( MSE ) برای ارزیابی میزان کارایی مدل های به کارگفته شده، استفاده گردید (عرفانیان، ۱۳۷۷:۲۰۱).

شاخص آماری MRE درصد خطای مقدار یک بعد برآوردی را حول مقدار متناظر همان بعد به صورت مشاهده ای و ثبت شده نشان می دهد و در شاخص MSE مقایسه بر مبنای میزان اریبی و نحوه پراکندگی ابعاد برآوردی هیدورگراف حول ابعاد مشاهده ای انجام می گیرد. با توجه به این که باید ابعاد هیدورگراف مشاهده ای و محاسبه ای در ساعت متناظر مقایسه شوند، از نظر تئوری بر حسب میزان کارایی مدل، ابعاد متناظر باید بر هم منطبق شوند، ولی در عمل کمی اریبی مشاهده شده که لازم است درصد آن تعیین گردد. به همین دلیل از شاخص های MSE وMRE که کارایی سنجش این صف را دارند، استفاده شده است. بدیهی است هر چه داده های به دست آمده از مدل های برآورد کننده به داده های مشاهده ای نزدیک تر باشد، نشان دهنده دقت، اعتبار و کارایی مدل است :

۱- شاخص میانگین خطای نسبی ( MIRE )

این شاخص آماری به صورت زیر محاسبه می شود (Nash, 1975 ):

$$MRE = 1/n\sum_{i=1}^{n} RE_i$$

$$\%RE_{TP} = \left|\frac{Q_{PO} - Q_{OC}}{Q_{PO}}\right| \times 100$$

$$\%RE_{QP} = \left|\frac{T_{PO} - T_{PC}}{T_{PO}}\right| \times 100$$

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

که در فرمول های بالا، REi خطای نسبی در هر برآورد، n تعداد برآورد، REQP% درصد خطای نسبی در برآورد دبی اوج، RETP% درصد خطای نسبی در برآورد زمان اوج، QPC دبی اوج آبنمود محاسبه ای، TPO زمان اوج آبنمود مشاهده ای و TPC زمان اوج آبنمود محاسبه ای است (جدول٦).

شاخص میانگین خطای نسبی، شاخصی بدون بعد است که درصد خطای دبی و زمان اوج برآورد را حول دبی و زمان اوج مشاهده ای نشان می دهد.

۲- میانگین توان دوم خطا ( MSE )

میانگین توان دوم خطا به صورت زیر تعریف می شود:

$$MSE1/n\sum_{i=1}^{n} SE_i$$

$$SE_i = (Q_{oi} - Q_{ci})^2$$

که در این رابطه ها، SEi مجموع مربع خطای بین ابعاد آبنمود مشاهده ای و محاسبه ای در هر فاصله زمان، n تعداد برآورد، Qoi ابعاد آبنمود مشاهده ای و QCi ابعاد آبنمود محاسبه ای است. در شاخص آماری میانگین توان دوم خطا، مقایسه بر مبنای میزان اریبی و واریانس ابعاد برآوردی حول ابعاد مشاهده ای انجام می گیرد، به طوری که در مقایسه دو مدل با واریانس مساوی، مدلی که اریبی کمتر دارد و در دو مدل نااریب آنکه واریانس کمتری دارد، ارجح تر است (جدول۷).

**و-تعیین درصد کارایی نسبی مدل های مورد تحقیق**

به منظور تعیین درصد برتری مدل های مورد تحقیق نسیت به هم در برآورد ابعاد آبنمود جریان خروجی در حوضه مورد مطالعه طبق تعریف از میزان میانگین توان دوم خطای هر مدل نسبت به مدل دیگر بر اساس رابطه زیر استفاده شده است (جدول۸):

(MSE2 / MSE1) *100= درصد کارایی برآورد کننده (۱)

نسبت به برآورد کننده(۲)

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

## بحث و نتایج

محاسبات موجود در جداول ۳، ٤، و ٥ و نتایج حاصل از مقادیر میانگین خطای نسبی دبی اوج و زمان اوج و نیز درصد اختلاف آنها با مقادیر مشاهده ای (جدول ٦ )، مقادیر میانگین توان دوم خطا در روش های مختلف برای سیل های مختلف (جدول ۷) و کارایی نسبی مدل های مورد تحقیق در بر آورد آبنمود سیلاب های حوضه سد اکباتان همدان (جدول ۸) نشان می دهند که روش ژئومورفوکلیماتولوژی نسبت به روش های ژئومورفولوژی، ناش، روسو و scs به ترتیب ۸۹/۹۱، ۳۱۷/۱۱، ۹٦/۹۹، ۳٦۱/۱٥ درصد وروش ژئومورفولوژی نسبت به روش های ناش، روسو وscs ۲۸۱/٥۱، ۱٥۲/۷۱ و ۳۲۰/٥۰ درصد و روش روسو نسبت به روش های ناش و scs به ترتیب ٦۸/۱٤ و ۲۰۹/۱۸٤ درصد مناسب تر و کارامدتر می باشند. لذا می توان در این حوضه، روش ژئومورفوکلیماتولوژی را که مبتنی بر داده های ژئومورفولوژی و اقلیم شناسی است برتر از سایر روش ها معرفی نمود. به عبارت دیگر پارامترهای اقلیمی و ژئومورفولوژی مورد استفاده در مدل های بر آورد آبنمود جریان خروجی حوضه، مقادیر کمی تاثیرگذاری تلقی می شوند. دقت های به دست آمده در محاسبه ابعاد آبنمود برآوردی، برتری این نوع مدل ها را نسبت به روش های تجربی مطرح می کند. نتایج حاصل با نتایج پژوهش Valders و همکاران (۱۳۳٤-۱۹۷۹:۱٤۲۱)، Gupta و همکاران (۸٦۲-۱۹۸۰:۸٥٥)، غیاثی(۱۳۷٥:۱٦۲)، عرفانیان (۱۳۷۷:۲۰۱) وحشمت پور (۱۳۸۱:۲٥۲) مطابقت دارد و نشانگر کارایی مدل آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفوکلیماتولوژی و ژئومورفولوژی است و با نتایج تحقیق Rodriguez-Iturb و همکاران(۱٤٤٤-۱۹۷۹:۱٤۳٥)، sorman (۲۸۷-۱۹۹٥:۲٤۳) و قهرمان (٥٦-۱۳۷٤:۲۸) دقیقا همخوانی دارد و بیانگر کارایی مدل آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفوکلیماتولوژی و برتری آن بر همه مدل های دیگر حتی مدل ژئومورفولوژی است. به نظر می رسد پیدا کردن پارامترها و شاخص های کمی جدید ژئومورفولوژی و اقلیمی مسیر تازه ای را در برآورد دقیق تر آبنمود سیلاب ها باز خواهد کرد و با نمایش عکس العمل های هیدرولوژیکی واقعی حوضه های آبخیز، گام موثرتری را درایجاد آمادگی های لازم برای مقابله با وقایع فرین ناشی از تغییرات اقلیمی در آینده و درنتیجه مدیریت مناطق آسیب پذیر و در معرض خطر به ویژه در مناطق فاقد آمار خواهد برداشت.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

**جدول۳- مقادیر میانگین تعداد اتصالات درونی، احتمال اولیه و احتمال انتقال در حوضه آبخیز سد اکباتان همدان**

| احتمال انتقال | میانگین اتصالات درونی | احتمال اولیه | مساحت زهکشی | تعداد آبراهه | رتبه آبراهه |
|---|---|---|---|---|---|
| p۱۲ =۰/۷۵۱<br>۱۳ =۰/۱۳۵p<br>۱٤ =۰/۱۰۱ p<br>۱۵ =۰/۰۱۳ p | – | ۰/٤۹٤۳ | ۱۰۹/۵۲ | ۲۷۸ | ۱ |
| ۲۳ =۰/٦۱۱ p<br>۲٤ =۰/۲۲۰ p<br>۲۵ =۰/۱٦۸ p | ۵۳/۲۳٦ | ۰/۲٤۸۷ | ۵۵/۱۱ | ۵۸ | ۲ |
| ۳٤ =۰/۷۱۸ p<br>۳۵ =۰/۲۸۱ p | ۷/٤۳۱ | ۰/۱۲۷۷ | ۲۸/۲۹ | ۱۳ | ۳ |
| ٤۵=۱p | ۳/۲۳۹ | ۰/۰٦۳۷ | ۱٤/۱۲ | ۳ | ٤ |
| – | ۳/۱۱٦ | ۰/۰٦۵۵ | ۱٤/۵۲ | ۱ | ۵ |
| – | – | – | ۲۲۱/۵۵ | – | – |

**جدول ٤) مقدار تابع گاما برای نسبت های هورتونی در حوضه آبریز سد اکباتان**

| RA | RB | RL | a | Ta |
|---|---|---|---|---|
| ۵/۴۳ | ۴/۱۵ | ۲/۱۱ | ۲/۸۵۶۲ | ۱/۸۷۳۱ |

**جدول ۵- مقادیر سرعت اوج محاسبه شده برای سیل های انتخابی با استفاده از رابطه استدلالی و توانی بر حسب متر بر ثانیه در حوضه سد اکباتان همدان**

| سال وقوع سیل | QP(m3/s) | V=(۰/٤۷)^ ۰/۵Q^۰/۳ | V=(۰/٤۷)^ ۰/۵^(ALr)^۰/۳ | V=۰/٦۷Q^۰/۳۷ |
|---|---|---|---|---|
| سیل ۱ (۱۳۵۱) | ۱٤۵/۳ | ۳/۰۵۳ | ۳/۵۲۳ | ٤/۲۲۷ |
| سیل ۲ (۱۳۵۲) | ۳۲۵/۸ | ۳/۸۸۹ | ۳/۷٤۱ | ۵/٦۹۹ |
| سیل ۳ (۱۳۵۸) | ۱٦۸/۵ | ۳/۱۹۱ | ۳/٦۱٤ | ٤/٤٦۵ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| سیل ٤ (١٣٦٠) | ٢٦٥/٩ | ٣/٦٢٢ | ٣/٨٨٥ | ٥/٢٢٠ |
| سیل ٥ (١٣٦٤) | ٢٩٤/٤ | ٣/٧٧٣ | ٣/٦١٩ | ٥/٤٩٠ |
| سیل ٦ (١٣٦٦) | ٢٧٩/٣ | ٣/٧١٤ | ٣/٦٦٥ | ٥/٣٨٤ |
| سیل ٧ (١٣٧٢) | ٢٩١/٦ | ٣/٧٦٢ | ٣/٨٩٧ | ٥/٤٧١ |
| سیل ٨ (١٣٧٨) | ٣٠١/٢ | ٣/٧٩٩ | ١/١٨٥ | ٥/٥٣٦ |

**جدول۶- مقادیر میانگین خطای نسبی (MRE)، دبی اوج( QP ) برحسب متر مکعب بر ثانیه و زمان اوج (TP) برحسب ساعت ونیز اختلاف درصد آنها با مقادیر مشاهده ای**

| مدل / تاریخ سیل | | سیل۱ (۱۳۵۱) | سیل۲ (۱۳۵۲) | سیل۳ (۱۳۵۸) | سیل۴ (۱۳۶۰) | سیل۵ (۱۳۶۴) | سیل۶ (۱۳۶۶) | سیل۷ (۱۳۷۲) | سیل۸ (۱۳۷۸) | میانگین خطای نسبی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ژئومورفوکلیماتولوژی | Qp | ۱۶۵/۵ | ۳۳۷/۲۳ | ۱۹۷/۲۲ | ۲۷۰/۸ | ۳۰۱/۷ | ۲۶۱/۱۴ | ۳۲۱/۲۳ | ۲۶۹/۸۴ | - |
| | REQp% | ۱۲/۵۶ | ۳/۵۱ | ۱۷/۰۵ | ۵/۴۱ | ۲/۵۰ | ۶/۵۰ | ۱۰/۱۶ | ۱۰/۴۱ | ۸/۵۱ |
| | Tp | ۱۹ | ۲۳ | ۱۱ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۹ | - |
| | RETp% | ۵/۰۰ | ۴/۱۷ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۵/۸۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۵/۰۰ | ۲/۵۱ |
| ژئومورفولوژی | Qp | ۱۷۱/۰ | ۳۴۷/۵۳ | ۱۴۵/۱۶ | ۲۳۲/۱ | ۲۸۱/۵ | ۲۹۹/۶۳ | ۲۶۰/۹۲ | ۲۷۸/۸۲ | - |
| | REQp% | ۱۷/۷۳ | ۶/۶۷ | ۱۳/۸۵ | ۹/۶۵ | ۴/۳۷ | ۷/۲۸ | ۱۰/۵۲ | ۷/۴۳ | ۹/۶۹ |
| | Tp | ۱۸ | ۲۵ | ۱۱ | ۱۶ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۸ | - |
| | RETp% | ۱۰/۰۰ | ۴/۱۷ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۱۱/۷۶ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۱۰/۰۰ | ۴/۴۹ |
| ناش | Qp | ۱۷۵/۱ | ۲۹۷/۶۲ | ۱۴۴/۵ | ۳۰۷/۵ | ۲۴۹/۷ | ۳۲۸/۵۷ | ۲۵۶/۵۸ | ۲۶۰/۹۳ | - |
| | REQp% | ۲۰/۴۵ | ۸/۶۵ | ۱۶/۲ | ۱۹/۷۳ | ۱۵/۱۸ | ۱۷/۶۴ | ۱۲/۰۱ | ۱۳/۴۷ | ۱۴/۱۵ |
| | Tp | ۱۸ | ۲۲ | ۱۱ | ۱۵ | ۱۴ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۸ | - |
| | RETp% | ۱۰/۰۰ | ۸/۳۴ | ۰/۰۰ | ۶/۲۵ | ۱۷/۶۴ | ۰/۰۰ | ۸/۳۳ | ۱۰/۰۰ | ۷/۵۶ |
| روسو | Qp | ۱۲۴/۵ | ۲۹۹/۳۴ | ۱۸۷/۱ | ۲۱۶/۲ | ۲۵۵/۳ | ۲۹۶/۲ | ۳۲۴/۵۲ | ۳۲۵/۸۱ | - |
| | REQp% | ۱۴/۲۸ | ۸/۱۷ | ۱۱/۰۸ | ۱۵/۸ | ۱۳/۲۷ | ۵/۳۴ | ۱۱/۲۹ | ۸/۱۷ | ۱۰/۹۲ |
| | Tp | ۱۹/۰۰ | ۲۲ | ۱۱ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۹ | - |
| | RETp% | ۵/۰۰ | ۸/۳۳ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۵/۸۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۵/۰۰ | ۳/۰۳ |
| scs | Qp | ۱۷۵/۴ | ۳۶۵/۶۸ | ۲۰۳/۹ | ۲۳۴/۵ | ۳۴۲/۲ | ۳۴۰/۲۷ | ۲۴۱/۰۹ | ۳۳۲/۰۱ | - |
| | REQp% | ۲۰/۷۸ | ۱۲/۲۴ | ۲۱/۰۵ | ۸/۰۷ | ۱۶/۲۷ | ۲۱/۸۳ | ۱۷/۳۳ | ۱۰/۲۳ | ۱۵/۹۷ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

جدول ۷- مقادیر میانگین توان دوم خطا ( **MSE** ) در مدل های مختلف برای سیل های منتخب درحوضه اکباتان همدان

| تاریخ سیل / مدل | سیل۱ (۱۳۵۱) | سیل۲ (۱۳۵۲) | سیل۳ (۱۳۵۸) | سیل۴ (۱۳۶۰) | سیل۵ (۱۳۶۴) | سیل۶ (۱۳۶۶) | سیل۷ (۱۳۷۲) | سیل۸ (۱۳۷۸) | میانگین توان دوم خطا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ژئومورفوکلیماتولوژی | ۴۰۹/۲۵ | ۱۳۰/۶۴ | ۸۲۴/۸۴ | ۱۹۴/۶ | ۵۴/۰۲ | ۳۲۹/۷۸ | ۸۷۷/۹۴ | ۹۸۳/۴۵ | ۴۷۵/۵۶ |
| ژئومورفولوژی | ۶۶۳/۵۸ | ۴۷۲/۱۹ | ۵۲۴/۴۱ | ۶۱۴/۵۴ | ۱۶۵/۶۴ | ۴۱۳/۳۱ | ۹۴۱/۲۶ | ۵۰۰/۸۶ | ۵۳۶/۹۷ |
| ناش | ۸۸۲/۶۸ | ۷۹۴/۱۱ | ۵۷۴/۰۸ | ۲۵۶/۴۸ | ۱۹۹۷/۲ | ۲۴۲۷/۵۳ | ۱۲۲۶/۴۸ | ۱۶۲۱/۶۷ | ۱۵۱۱/۶۵ |
| روسو | ۴۳۰/۵۶ | ۶۹۹/۸۶ | ۳۴۸/۵۷ | ۱۶۴۹/۹۸ | ۱۵۲۶/۶۴ | ۲۲۲/۴۵ | ۱۰۸۳/۷۷ | ۶۰۵/۶۵ | ۸۲۰/۹۳ |
| SCS | ۹۱۱/۴۴ | ۱۵۹۰/۴۱ | ۱۲۵۸/۱۲ | ۴۹۹/۵۲ | ۲۲۹۳/۳۵ | ۳۷۱۷/۳۴ | ۲۵۵۱/۲۶ | ۹۴۹/۲۶ | ۱۷۲۱/۳۴ |

جدول ۸- کارایی نسبی برآوردکننده اول نسبت به دوم(برحسب درصد) در بر آورد آبنمود سیلاب های حوضه سد اکباتان

| بر آوردکننده دوم / بر آوردکننده اول | ژئومورفوکلیماتولوژی | ژئومورفولوژی | ناش | روسو | SCS |
|---|---|---|---|---|---|
| ژئومورفوکلیماتولوژی | ۱۰۰ | ۱۰۹/۱۲ | ۱۶۸/۵۶ | ۱۳۷/۹۹ | ۱۹۵/۲۶ |
| ژئومورفولوژی | ۹۱/۶۳ | ۱۰۰ | ۱۵۶/۴۳ | ۱۲۱/۷۱ | ۱۷۸/۲۳ |
| ناش | ۶۱/۳۲ | ۷۵/۵۶ | ۱۰۰ | ۸۲/۲۵ | ۱۲۲/۲۴ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

## منابع


۱- حشمت پور، ع (۱۳۸۱)، «بررسی کارایی آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک در حوضه آبخیز کسیلیان»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ، دانشکده مرتع و آبخیزداری، ص ۲۵۲.

۲- عباسی، ع (۱۳۷۱)، «تهیه و کالیبراسیون مدل کامپیوتری برآورد رواناب در حوضه های آبخیز کوچک»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه صنعتی شریف، ص ۱۸۲.

۳- عرفانیان، م (۱۳۷۷)، «بررسی کارایی آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک در حوضه آبخیز درجزین سمنان»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری، ص ۲۰۱.

٤- غیاثی، ن (۱۳۷۵)، «واسنجی آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک در حوضه آبخیز امامه»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی.دانشگاه تهران، ص۱٦۲.

۵- قهرمان، ب (۱۳۷٤)، «آبنمود واحد لحظه ای ژئومورفوکلیماتیک»، ***نشریه دانشکده مهندسی***، شماره ۱، صص ٥٦- ۲۸.

٦- مقدم نیا، ع (۱۳۷۱)، «بررسی مقایسه ای زمان تمرکز، زمان تاخیر وزمان رسیدن تا اوج سیلاب بر اساس روش های تجربی وتجزیه هیدروگراف در دو منطقه آب و هوایی»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، ص ۱۹٦.

7- Allam, M., (1990), "Case study of evaluation of geomorphologic rainfall-runoff model, in corporating linear infiltration expression", ***Hydrological Processes***, 8: 71-84.

8- Diaz-Grandos, M. A., Valders, J. B., and Bras, R. L., (1984), "A physically based flood frequency distribution." ***Water Resour. Res***., 20(7):995-1002.

9- Gupta,V. K., Waymir, E. D., d Wang, C. T., (1980), "A representation of the instantaneous unit hydrograph from geomorphology." ***Water Resour. Res***., 16(5): 855 – 862.

10- Nash, J. E., (1957), "From the instantaneous unit hydrograph", ***Intern General Assembly of Torronto. Compt. Rend***, ASH Publ., 3(42):114-118.


[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

11- Rodriguez-Iturb, I., Deveto, G., valders, S., (1979), "Discharge response analysis and hydrologic similarity , the interrelation between the geomorphologic IUH and storm characteristics." ***Water Resour. Res*** ., 15(6):1435-1444.

12- Rodriguez-Iturb, I., Gonzales-Sanabria, M Cammano, G., (1982), "A rainfall-runoff analysis of the nash model and geomorphoclimatic theory," ***Water Resour. Res***., 18(4):884-903.

13- Rosso, R., (1984), "Nash model relation to Horton order ratios," ***Water Resour. Res***., 20(7):914-920.

14- Sorman, A. U., (1995), "Estimation of peak discharge using GIUH model in Saudi Arabia". ***Water Resour. Res.***, 121(4):243-287.

15- Strahler, A. N., (1957), "Quantitative analysis of watershed geomorphology", ***Transactions of the Amerrican geophysical Union***, 8(6): 913-920.

16- Valders, J. B., Fiallo, Y., I., Rodriguez-Iturb, I.,(1979), "A rainfall-runoff analysis of geomorphologic IUH," ***Water Resour. Res***., 15(6):1421-1334.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]