



Evaluation and Comparison of GIUH Model Hydrograph Simulation Results in Different Seasonal Precipitation

Iraj Jabbari^{a*}, Masoumeh Asadi^b, Homayoon Hesadi^c

^a Associate Professor in Geomorphology, University of Razi, Kermanshah, Iran

^b Department of Social Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran

^c Assistant Professor, Faculty Member of Research, Education and Promotion Organization of Agriculture, Kermanshah, Iran

Received: 10 February 2022

Revised: 22 March 2022

Accepted: 1 June 2022

Abstract

Floods are occurring as an environmental hazard in many parts of the world, especially in countries that have been ineffective in crisis management and resource conservation. This natural hazard has become one of the most damaging natural disasters since the reckless activities of human beings in exploiting the natural environment have increased. One of the ways to deal with this danger is to predict the occurrence of floods. The models that are used to predict the occurrence of floods may not have the same accuracy in predicting precipitation events in different seasons of the year. Due to the importance of this issue, in this study, the results of the the Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph (GIUH) model in predicting floods in winter and spring in Minab catchment (Brentin) were compared. The data include the maximum hourly flow and their corresponding precipitation for three spring and three winter events. First, the required parameters of GIUH model including branching ratio, length ratio and area ratio for the basin were estimated using GIS softwar. Then, the events of winter and spring seasons, the peak discharge values, and the time of the peak discharge were compared. The results of this comparison showed that GIUH model predicts peak discharge and peak flood time occurring in winter (with average values of 20.09 and 45.64%, respectively). It is less distant from the observed data, and has a higher accuracy than spring events (with average values of 57.3 and 119.7, respectively).

Keywords: Simulation, Seasonal precipitation, Minab, Flood, GIUH

*.Corresponding author: Iraj Jabbari

E-mail: iraj.jabbari@razi.ac.ir

Tel:+989188332017

How to cite this Article: Jabbari, I., Asadi, M., & Hesadi, H. (2023). Evaluation and comparison of GIUH model hydrograph simulation results in different Seasonal precipitation. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(3), 241-254.

DOI:10.22067/geoeh.2022.73551.1132



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 3 - Number 47, Fall 2023

<https://geoeh.um.ac.ir>

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73551.1132>

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهارم و هفتم، پاییز ۱۴۰۲، صص ۲۵۴-۲۴۱

مقاله پژوهشی

ارزیابی و مقایسه نتایج شبیه‌سازی هیدروگراف مدل GIUH در فصول بارشی متفاوت

یرج جباری^۱ - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، رشته ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

معصومه اسدی - گروه علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

همایون حسادی - عضو هیات علمی مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، هیدروولوژی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۲/۲ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۳/۱۱

چکیده

سیل به‌عنوان یک مخاطره محیطی در بسیاری از نقاط دنیا و به‌خصوص در کشورهایی که در کنترل بحران و حفظ منابع خود ناکارآمد عمل نموده‌اند با روند رو به رشدی به وقوع می‌پیوندد. یک از راه‌های مقابله با این مخاطره پیش‌بینی وقوع سیلاب است. مدل‌های پیش‌بینی وقوع سیل ممکن است در فصول مختلف سال از دقت یکسانی برخوردار نباشند. با توجه به اهمیت این مسئله، در تحقیق حاضر نتایج مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی (GIUH) در پیش‌بینی وقوع سیل در فصول زمستان و بهار، در حوضه آبریز میناب (برنطین) مورد مقایسه قرار گرفته شده است. داده‌های تحقیق شامل حداکثر دبی ساعتی و بارش‌های متناظر آن‌ها برای سه واقعه بهار و سه واقعه زمستان است. روش کار به این طریق است که ابتدا پارامترهای مورد نیاز مدل GIUH شامل نسبت انشعاب، نسبت طول و نسبت مساحت برای حوضه تحت مطالعه برآورد گردید سپس با اجرای مدل برای وقایع انتخابی، مقادیر دبی اوج و زمان وقوع دبی اوج محاسباتی با مقادیر مشاهده‌ای همان وقایع مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج این مقایسه بیانگر این است که مدل GIUH در پیش‌بینی دبی اوج و زمان وقوع اوج وقایع سیل که در زمستان رخ می‌دهد (به

Email: iraj.jabbari@razi.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۳۳۲۰۱۷

نحوه ارجاع به این مقاله:

جباری، یرج؛ اسدی، معصومه؛ حسادی، همایون؛ ۱۴۰۲. ارزیابی و مقایسه نتایج شبیه‌سازی هیدروگراف مدل GIUH در فصول

بارشی متفاوت. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۲(۳). صص ۲۵۴-۲۴۱

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73551.1132>

ترتیب با مقادیر میانگین ۲۰/۰۹ و ۴۵/۶۴ درصد) به لحاظ اینکه با داده‌های مشاهده‌ای فاصله کمتری دارد، از دقت بالاتری نسبت به وقایع بهار (به ترتیب با مقادیر میانگین ۵۷/۳ و ۱۱۹/۷) برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: شبیه‌سازی، بارش فصلی، میناب، سیلاب، GIUH.

۱- مقدمه

پیش‌بینی سیلاب، نقش مهمی در طراحی و اجرای طرح‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی مؤثر در مهار سیلاب دارد و امکان دستیابی به اطلاعات دقیق سیلاب به دلیل مشکلات مدیریتی، اجرایی و نبود ایستگاه‌های هیدرومتری مناسب، بسیار هزینه‌بر و مشکل است. از این رو استفاده از مدل‌هایی که به منظور پیش‌بینی سیلاب تهیه و طراحی شده‌اند، بسیار مفید است. مدل‌های پیش‌بینی سیلاب بر اساس مهم‌ترین اهداف مطالعات هیدرولوژی که همان یافتن قوانین فرآیند رواناب است طراحی شده‌اند تا بتوانند در حوضه‌های فاقد آمار، برآورد درستی از میزان رواناب تولیدی داشته باشند. یکی از راه‌های تعیین هیدروگراف رواناب استفاده از رابطه بین خصوصیات ژئومورفولوژی کمی حوضه آبخیز زهکشی و شبکه‌های کانال و پارامترهای هیدروگراف واحد لحظه‌ای^۱ (IUH) است. به دلیل پیچیدگی فرآیند بارش-رواناب، مدل‌های فراوانی جهت مدل‌سازی این فرآیند مورد استفاده قرار گرفته است. ایجاد هیدروگراف واحد در یک نقطه از شبکه زهکشی به عنوان پاسخ حوضه به یک رویداد بارندگی فرآیند پیچیده‌ای است که به خصوصیات بارش و مشخصات حوضه آبخیز بستگی دارد (علیزاده، ۱۳۸۷). مدلی که در این پژوهش جهت برآورد میزان دقت پیش‌بینی سیلاب در نظر گرفته شده است مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی^۲ (GIUH) است، مطالعات زیادی بر اساس این روش در نقاط مختلف دنیا تا کنون صورت گرفته است که عمدتاً به بررسی کارایی آن در محیط مورد مطالعه خود و مقایسه نتایج آن با مدل‌های دیگر تمرکز داشته‌اند و کمتر مطالعه‌ای به مقایسه کارایی مدل در شرایط مختلف پرداخته است.

مطالعات اولیه و پایه در خصوص مدل‌های هیدروگراف توسط محققینی چون اشنایدر در سال ۱۹۳۸ و نش (۱۹۶۰) صورت گرفته است. به دنبال مطالعات آن‌ها مدل‌های توسعه‌یافته‌تری تهیه شدند که در این زمینه می‌توان مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی را نام برد که اولین بار توسط رودریگوئز - ایتورب و وللدس^۳ (۱۹۷۹) به عنوان واکنش حوضه آبخیز نسبت به ورود یک واحد بارش مازاد لحظه‌ای آبخیز ارائه گردیده است. در دهه‌های اخیر پیشرفت‌های معناداری در یافته‌های این مدل صورت گرفته است. از جمله محققین هیدرولوژی و هیدروژئومورفولوژی که مطالعات خود را به بهره‌گیری از این مدل معطوف داشته‌اند می‌توان گوپتا و همکاران

1 Instantaneous unit hydrograph

2 Hydrograph is a unit of instantaneous geomorphology

3 Rodriguez-Iturbe and Valdes

۱) (۱۹۸۰)، رودریگوئز-ایتورب و همکاران ۱۹۸۲، سورمرن^۲ (۱۹۹۵) عربستان، الیورا و مایدمنت^۳ (۱۹۹۹)، کیون و چلنگ^۴ (۲۰۰۵)، جین (۱۹۹۲)، پنا و همکاران (۱۹۹۹)، (محمدی، ۱۳۹۰) و انگسوم و میچر^۵ (۲۰۱۴) رانام برد. همچنین خالقی (۲۰۱۴) حوضه امامه، ینگ بینگ و همکاران^۶ (۲۰۱۹)، سنجری (۲۰۱۹)، سامر باموفله^۷ (۲۰۲۰) در چهار حوضه در عربستان و طراحی (۲۰۲۱) در مطالعات خود به نتایج قابل قبولی در برآورد مدل GIUH دست یافتند.

به علت تنوع شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژیکی در حوضه‌های آبخیز، تحقیقات متعددی در سطح جهان به منظور ارزیابی کارایی روش‌های استنتاج هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی انجام شده است. به تبع آن در ایران نیز مطالعاتی در خصوص بررسی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی صورت گرفته است که به مواردی از آن‌ها می‌توان اشاره نمود: روش GIUH در ایران توسط عرفانیان (۱۳۸۲) در حوضه سمنان، محمودی و همکاران (۱۳۸۳) در حوضه امامه، نصیری (۱۳۸۴) در حوضه امامه، محمودی و همکاران (۱۳۸۶) در حوضه کنگیر ایلام ارزیابی گردید و به این نتیجه رسیدند که با توجه به هزینه و وقت لازم برای اجرای مطالعه این مدل نتایج قابل قبولی را نشان داده است. همچنین خدایانه و رحیم‌زاده (۱۳۸۵) کسلیان، زکی‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) کسلیان، کرمی و اسمعیل‌پور (۱۳۹۳) دریاچای، گلکاریان و همکاران (۱۳۹۳) کارده مشهد، سعیدی و همکاران (۱۳۹۴) قروه، محمدی و همکاران (۱۳۹۰) کن، هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی را با هیدروگراف مدل‌های دیگر مقایسه کرده و کارایی و نتیجه مقایسه آن‌ها را گزارش داده‌اند. تأثیر کاربری اراضی و اجرای طرح آبخیزداری نیز در برخی حوضه‌ها بر روی کارایی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی مورد ارزیابی قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به کار فاختری فرد (۱۳۹۵) آریزونا آمریکا اشاره نمود.

با وجود اینکه مدل‌ها و روش‌هایی چون GCIUH، GIUH-NASH، GUHR بر مبنای مدل ژئومورفولوژیک جهت بالا بردن دقت مدل طراحی شده است، اما نتایج ارزیابی آن‌ها در مناطق مختلف نشان می‌دهد که همچنان در برخی از مناطق، مدل اولیه GIUH دارای نتایج بهتری در شبیه‌سازی است. این موضوع زمانی اهمیت خود را بیشتر نشان می‌دهد که بدانیم مدل GIUH نسبت به مدل‌های مذکور و حتی سایر مدل‌های هیدروگراف مصنوعی نیز از مزایای قابل توجهی برخوردار است. این مزایا سادگی در محاسبات، نیاز به داده‌های محدود در محاسبات و دقت مناسب پیش‌بینی‌ها با وجود داده‌های محدود است. با توجه به شرایط مطرح شده اهمیت شناخت ویژگی‌هایی که

1 Gupta, Waymire and Wang

2 Sorman

3 Olivera, and Maidment

4 Kwan and Chang

5 Anghesom and Mathur

6 Yingbing and et al

7 Bamuffleh and et al

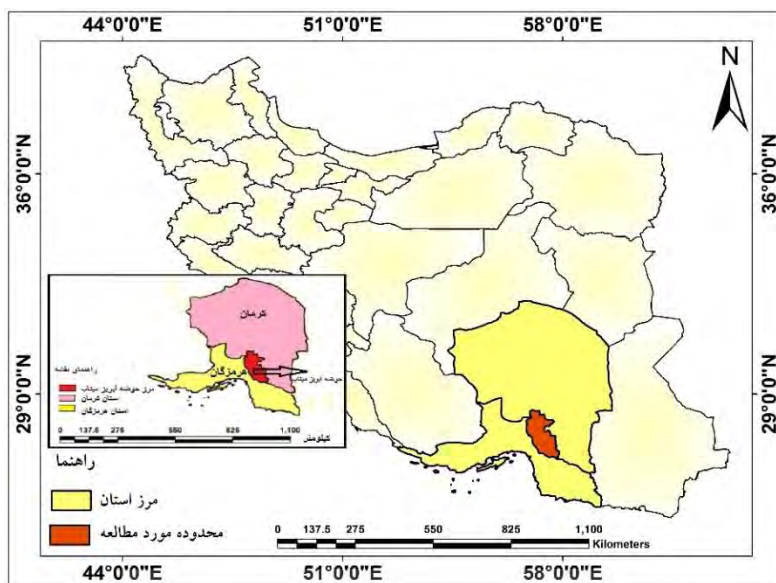
بتواند روی بالا رفتن دقت پیش‌بینی مدل اثر گذار باشد بسیار حائز اهمیت است. به همین خاطر به آزمون در آمدن مدل در حوضه‌های مختلف و در فصول مختلف و بررسی نتایج پیش‌بینی‌های مدل می‌تواند به بهبود نتایج مدل کمک کند.

از آنجایی که در اکثر این مطالعات تمرکز روی کارایی یا عدم کارایی مدل در حوضه تحت مطالعه خود بوده‌اند و به مقایسه نتایج آن در شرایط مختلف توجهی صورت نگرفته است. این پژوهش بر روی مقایسه نتایج هیدروگراف‌های حاصل از بارش‌های بهاره با هیدروگراف‌های حاصل از بارش‌های زمستانه متمرکز شده است. به دلیل اینکه پاسخ حوضه به یک رویداد بارندگی فرآیند پیچیده‌ای است که علاوه بر مشخصات حوضه آبخیز به خصوصیات بارش نیز بستگی دارد. چون بیشترین مقدار بارش‌های حوضه مورد مطالعه در فصل زمستان رخ می‌دهد، بارش‌های بهاره به خاطر وجود رطوبت بیشتر زمین و رگباری بودن عمدتاً می‌تواند رواناب بیشتری تولید کند و توجه به این امر می‌تواند در بحث راهکارهای مقابله با سیل چون سیستم‌های هشدار سیل مؤثر واقع شود. از سوی دیگر همان‌طوری که عملکرد مدل بر اساس نتایج مطالعات انجام شده در مکان‌های مختلف متفاوت است، می‌تواند عملکرد متفاوتی هم در یک حوضه و در زمان‌های مختلف نیز داشته باشد و این امر می‌طلبد که متخصصان با به آزمون در آوردن مدل تغییراتی را در مدل برای پیش‌بینی‌ها در فصول مختلف ایجاد کنند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

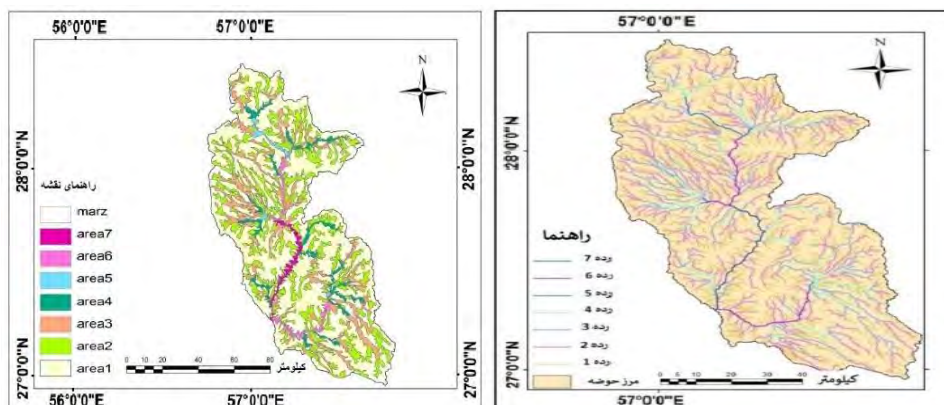
حوضه آبریز میناب در جنوب ایران در مناطق وسیعی از استان‌های کرمان شامل شهرستان‌های جیرفت، کهنوج و شهرستان میناب و رودان استان هرمزگان واقع شده است (شکل ۱). حوضه آبریز سد استقلال میناب (برنطین) ۹۶۷۷ کیلومترمربع وسعت دارد که قسمت زیادی از آن در مناطق کوهستانی قرار دارد. پوشش گیاهی در این حوضه ناچیز و تقریباً صفر است. رودخانه میناب دارای آب دائمی است و رژیم آبی رودخانه بارانی و سیلابی است. از دیدگاه زمین‌شناسان استان هرمزگان بین زون‌های زمین‌شناسی زاگرس، مکران و سندج - سیرجان قرار گرفته که یکی از پرتکاپوترین و پیچیده‌ترین مناطق زمین‌ساختی ایران محسوب می‌شود.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سد استقلال میناب

۲-۲- روش انجام پژوهش

روش تحقیق در پژوهش حاضر بر پایه مطالعات کتابخانه‌ای و عملیات میدانی صورت گرفته است. مراحل آن به شرح زیر است: ابتدا بر روی نقشه DEM منطقه و با کمک تصاویر ماهواره‌ای محدوده حوضه مورد مطالعه مشخص گردیده و برای اجرای مدل GIUH با استفاده از نقشه توپوگرافی رقومی حوضه آبریز، با نرم‌افزار ArcGIS، مقادیر کمی پارامترهای ژئومورفولوژیک محدوده مورد نظر (جدول ۱) از قبیل مساحت، طول آبراهه با بالاترین رتبه حوضه و شیب رودخانه اصلی تعیین گردید. سپس پارامترهای اصلی مورد نیاز شامل نسبت انشعاب (RB)، نسبت طول (RL)، (شکل ۲) نسبت مساحت (RA) (شکل ۳) و سرعت جریان نیز برآورد گردید. در رتبه‌بندی آبراهه‌ها، از روش استراهلر به‌عنوان مبنا استفاده گردید. به‌منظور استخراج اطلاعات بارش و دبی هم‌زمان سیلاب، از آمارهای بارش و دبی سیلابی موجود در ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوضه میناب (برنطین) استفاده شده است. اطلاعات بارش و رواناب مربوط به ۳ رخدادهای بهاری و ۳ رخداد زمستانی گردآوری گردید و هیدروگراف مستقیم به دست آمد. در این تحقیق ضمن تعیین کارایی مدل، بر اساس هدف تحقیق، با شرایط متفاوت نیز مورد ارزیابی قرار گرفت به این صورت که بارش‌های بهاره و زمستانی به‌صورت جداگانه برای مدل‌سازی استفاده گردید و سپس نتایج دو دوره زمانی بارش با هم مقایسه شدند، که مشخص شود آیا نتایج عملکرد مدل برای فصول مختلف متفاوت است یا خیر.



شکل ۲- نقشه رتبه آبراهه‌ها به روش استراهلر شکل ۳- نقشه مساحت آبراهه‌های حوضه آبریز میناب

جدول ۱- خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز میناب

حوضه میناب	خصوصیات فیزیوگرافی	حوضه میناب	خصوصیات فیزیوگرافی
۲۰۸	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	۲۷۲۱	بیشترین ارتفاع (متر)
۰.۰۱۱۶	شیب متوسط وزنی آبراهه اصلی	۹۶	کمترین ارتفاع (متر)
۲/۰۸	ضریب شکل گراولوس C	۱۳/۱۸	شیب متوسط حوضه (درصد)
۰/۲۲۸	نسبت گردی میلر R.C	۲۷/۲۲	زمان تمرکز (ساعت)
کشیده	شکل واحدکاری	۹۷۶۶	مساحت (کیلومترمربع)

با برآورد مقادیر طول آبراهه بالاترین درجه، سرعت دبی اوج در خروجی حوضه و نیز با استفاده از پارامترهای نسبت انشعاب، نسبت مساحت و نسبت طول، دبی اوج هیدروگراف واحد لحظه‌ای (QP) و زمان تا اوج هیدروگراف واحد لحظه‌ای (TP) جهت شبیه‌سازی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی، برای ۳ واقعه سیلاب زمستانه ۳ و واقعه بهار محاسبه گردید. با کمک جدول هیدروگراف بی‌بعد SCS، مقادیر محاسباتی آن‌ها در تهیه و ترسیم هیدروگراف محاسبه‌ای به روش GIUH، به‌منظور مقایسه دبی اوج و زمان وقوع دبی اوج با هیدروگراف مشاهده‌ای نیز استفاده گردید. جهت بررسی کارایی مدل هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی (GIUH) در تحقیق حاضر از شاخص MAPE، مقایسه میزان دبی پیک مشاهده‌ای با میزان دبی پیک محاسبه‌ای و زمان وقوع پیک دبی برای هر واقعه به‌صورت جداگانه، از شاخص‌های APE استفاده شده است (رابطه ۱ و ۲).

$$APE = \left| \frac{Q_s - Q_o}{Q_o} \right| \times 100 \quad (\text{رابطه شماره ۱})$$

$$APE = \left| \frac{Q_{ts} - Q_{to}}{Q_{to}} \right| \times 100 \quad (\text{رابطه شماره ۲})$$

که در آن APE قدر مطلق درصد خطا، Qo دبی مشاهده‌ای اوج، Qs دبی اوج محاسبه‌ای، Qto زمان دبی اوج مشاهده‌ای، Qts زمان دبی اوج محاسبه‌ای است.

۳- نتایج و بحث

برای دستیابی به نتایج کارایی مدل GIUH، سه واقعه بهار با تاریخ‌های ۱۳۹۲/۱/۱۹، ۱۳۸۷/۱/۱۱ و ۱۳۷۶/۱/۷ و سه واقعه زمستان با تاریخ‌های ۱۳۸۹/۱۲/۱۰، ۱۳۹۱/۱۰/۲۱، ۱۳۹۳/۱۲/۲۱، با استفاده از دبی و بارش ساعتی ایستگاه برنطین مورد آزمون قرار گرفتند و در نهایت با همدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند تا مشخص شود که مدل برای کدام فصول نتایجی نزدیک‌تر به واقعیت را پیش‌بینی خواهد کرد.

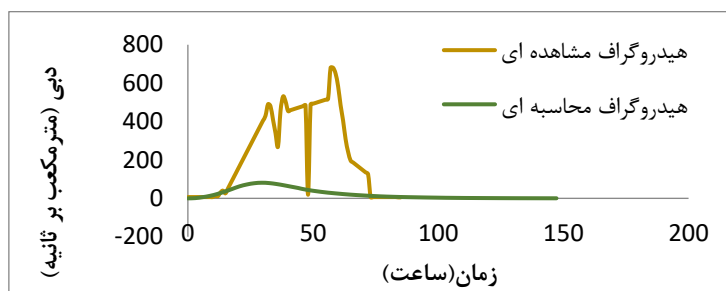
با محاسبه مقادیر دبی اوج هیدروگراف واحد لحظه‌ای (QP) و زمان تا اوج هیدروگراف واحد لحظه‌ای (TP) جهت شبیه‌سازی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی، برای واقعه‌های فوق‌الذکر محاسبه گردید (جدول ۲ و ۳). مقادیر محاسباتی آن‌ها در تهیه و ترسیم هیدروگراف محاسبه‌ای به روش GIUH، به‌منظور مقایسه دبی اوج و زمان وقوع دبی اوج با هیدروگراف مشاهده‌ای استفاده گردید. هیدروگراف‌های واحد ژئومورفولوژی ترسیم شده برای رویدادهای بهاره در (اشکال ۴، ۵ و ۶) آمده‌اند و این هیدروگراف برای بارش‌های زمستانه در (اشکال ۷، ۸ و ۹) به همراه هیدروگراف‌های سیل مشاهداتی، نشان داده شده‌اند.

با بررسی جداول نمودارهای ترسیمی نتایج پیش‌بینی هیدروگراف سیل با مدل GIUH در فصول مورد بررسی بیانگر این است که شبیه‌سازی مدل برای واقعه‌های زمستان از دقت بالاتری برخوردار است که این امر نشان می‌دهد تغییرات فصول در نتایج مدل GIUH استخراج شده تأثیرگذار است. همان‌گونه که نتایج این مدل در حوضه مورد مطالعه نشان می‌دهد از بین واقعه‌های بهاره فقط واقعه ۱۳۸۸/۱/۱۱ به لحاظ مقدار دبی اوج به‌اندازه واقعی نزدیک است و از زمان وقوع دبی اوج آن نیز در مقایسه با دو واقعه دیگر به مقدار زمان وقوع دبی اوج مشاهداتی نزدیک‌تر است. در بین سه واقعه زمستانه نیز دو واقعه ۱۳۹۱/۱۰/۲۱ و ۱۳۸۹/۱۲/۱۰ دارای دبی محاسبه‌ای نزدیک به مقدار دبی مشاهده‌ای می‌باشند که از این دو واقعه، بارش ۱۳۸۹/۱۲/۱۰ از لحاظ زمان وقوع دبی اوج نیز به مقدار مشاهده‌ای آن نزدیک است.

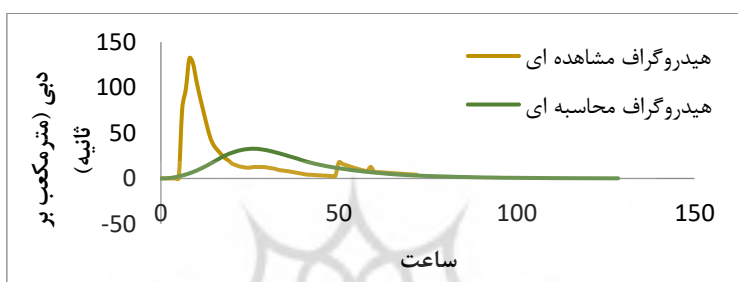
جدول ۲ - مقادیر محاسبه شده دبی پیک، زمان اوج، زمان پایه سیلاب بر اساس مدل GIUH حوضه میناب

برای واقعه‌های بهاره

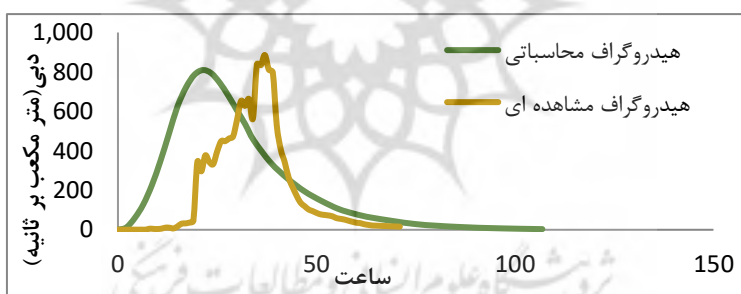
ردیف	تاریخ واقعه	Qp	QP	TP	V	ir	Tr
۱	۱۳۸۷/۱/۱۱	۰/۰۹۵	۸۰۹/۵۲	۷/۸۷۹	۲۱/۳۷	۳/۲۷۷	۲۲
۲	۱۳۷۶/۱/۷	۰/۰۶۴	۸۱/۲۱	۱۱/۵۳	۲۹/۴۴	۲/۲۳۸	۱۵
۳	۱۳۹۲/۱/۱۹	۰/۰۵۹	۳۲/۶۸	۱۲/۵۰۲	۲۵/۷۱	۲/۰۶۵	۲۳



شکل ۴ - هیدروگراف واقعه ۱۳۷۶/۱/۷ با مدل GIUH



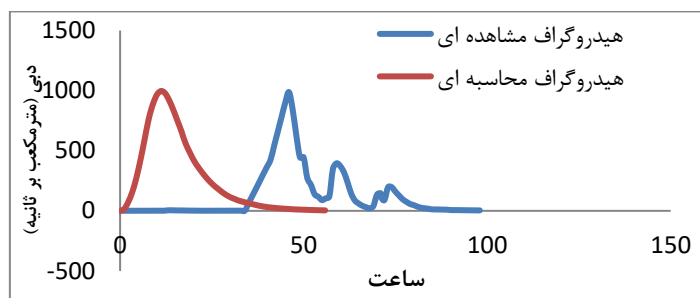
شکل ۵ - هیدروگراف واقعه ۱۳۹۲/۱/۱۹ با مدل GIUH



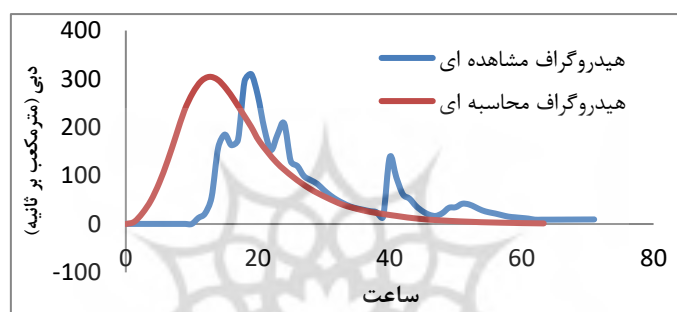
شکل ۶ - مقایسه هیدروگراف مشاهده ای با هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی برنطین برای واقعه سیل ۱۱ / ۱ / ۱۳۸۸.

جدول ۳ - مقادیر محاسبه شده دبی پیک، زمان اوج، زمان پایه سیلاب بر اساس مدل GIUH حوضه میناب برای واقعه های زمستانه

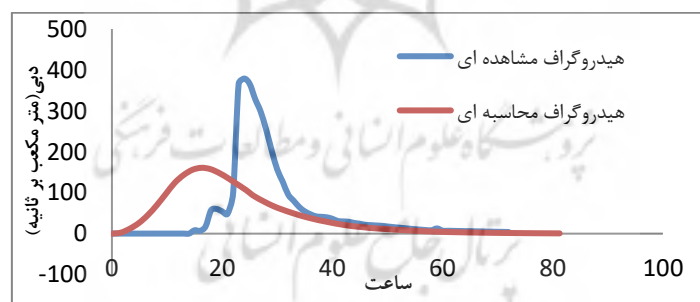
ردیف	تاریخ واقعه	Qp	QP	tp	TP	V	Ir	tr
۱	۱۳۹۳/۱۲/۲۱	۰/۰۵۹	۱۶۰/۸۴۹	۱۲/۵۰۲	۱۶/۲۵۲	۲/۰۶۵	۰/۰۹۹	۵
۲	۱۳۹۱/۱۰/۲۱	۰/۱۰۰۸	۹۹۶/۷۱۹	۷/۴۲۴	۱۱/۱۷۴	۳/۴۷۷	۰/۳۶۴۳	۵
۳	۱۳۸۹/۱۲/۱۰	۰/۰۷۱	۳۰۴/۲۹۴	۱۰/۴۲۰	۱۲/۶۷۰	۲/۴۷۷	۰/۱۵۶۱	۳



شکل ۷ - مقایسه هیدروگراف مشاهده‌ای با هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی برنطین برای واقعه سیل ۲۱ / ۱۰ / ۱۳۹۱.



شکل ۸ - مقایسه هیدروگراف مشاهده‌ای با هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی برنطین برای واقعه سیل ۱۰ / ۱۲ / ۱۳۸۹.



شکل ۹ - مقایسه هیدروگراف مشاهده‌ای با هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی برنطین برای واقعه سیل ۲۱ / ۱۲ / ۱۳۹۳.

همان‌گونه که در بالا هم ذکر شد در تحقیق حاضر برای سنجش میزان کارایی هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی (GIUH)، از شاخص MAPE استفاده شد. مقایسه میزان دبی پیک مشاهده‌ای با میزان دبی پیک محاسبه‌ای و زمان

وقوع پیک دبی برای هر واقعه به صورت جداگانه نیز، از شاخص‌های APE صورت گرفت که نتایج آن در جداول (۴) و (۵) آمده است.

نتایج نشان می‌دهد مدل در برآورد دبی پیک و زمان وقوع دبی پیک در واقعه‌های زمستانه عملکرد دقیق‌تری داشته است؛ به طوری که مقدار MAPE یا میانگین قدر مطلق درصد خطای دبی اوج در واقعه‌های زمستانه برابر ۲۰/۰۹ و این میانگین برای زمان وقوع دبی اوج برابر ۴۵/۶۴ درصد است. در واقعه‌های بهاره نیز مقدار MAPE یا میانگین قدر مطلق درصد خطا در ارزیابی مدل، نشان می‌دهد که این مقدار برای برآورد دبی اوج ۵۷/۳۰ و در برآورد زمان وقوع دبی اوج ۱۱۹/۱۷ است. از بررسی این نتایج می‌توان دریافت که مدل در برآورد میزان دبی اوج در واقعه‌های زمستانه کارایی لازم را دارا می‌باشد و در واقعه‌های بهاره کارایی مناسب را دارا نیست. از آنجایی که پاسخ حوضه به یک رویداد بارندگی فرآیند پیچیده‌ای است که علاوه بر مشخصات حوضه آبخیز به خصوصیات بارش نیز بستگی دارد. این پژوهش بر روی مقایسه نتایج هیدروگراف‌های حاصل از بارش‌های بهاره با هیدروگراف‌های حاصل از بارش‌های زمستانه متمرکز شده است. بارش‌های بهاره به خاطر وجود رطوبت بیشتر زمین و رگباری بودن ماهیتشان عمدتاً می‌تولند رواناب بیشتری تولید کند. توجه به امر تفاوت نتایج پیش‌بینی مدل GIUH در فصول مختلف سال، به منظور مقابله با سیل می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد. اساس تئوری GIUH به عنوان تابع چگالی احتمال رسیدن یک قطره آب به خروجی حوضه تعریف می‌شود که به طور تصادفی انتخاب شده باشد؛ بنابراین در این مدل تفاوت ایجاد شده در سطح زمین چون تغییر میزان پوشش گیاهی، تغییر در مقدار رطوبت خاک، تغییرات مقدار تبخیر و یا تغییر شدت بارش‌ها و... که به واسطه تغییر فصل در یک حوضه ایجاد می‌شود در محاسبات لحاظ نمی‌شود. با وجود چنین استدلالی چون حوضه تحت مطالعه عمدتاً در منطقه خشک واقع شده است و معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک با بارش‌های نامنظم، پوشش گیاهی ضعیف، رطوبت کم خاک و تبخیر بالا انتظار می‌رود در نتایج محاسبات مدل خطای بیشتری ایجاد شود.

جدول ۴ - محاسبه میزان خطای دبی اوج و زمان دبی اوج، هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی با هیدروگراف

مشاهده‌ای حوضه آبریز میناب برای واقعه‌های بهاره

درصد خطا (APE)	TP		درصد خطا (APE)	QP		تاریخ واقعه	ردیف
	محاسبه‌ای	مشاهده‌ای		محاسبه‌ای	مشاهده‌ای		
۴۳/۷۳	۲۱/۳۷	۳۸	۸/۶۳	۸۰۹/۵۲۷	۸۸۶	۱۳۸۷/۱/۱۱	۱
۴۶/۴۵	۲۹/۴۴	۵۵	۸۷/۰۵	۸۱/۲۱	۶۸۰	۱۳۷۶/۱/۷	۲
۲۶۷/۳۱	۲۵/۷۱	۷	۷۵/۲۳	۳۲/۶۸	۱۳۲	۱۳۸۷/۹/۱۷	۳
۱۱۹/۱۷			۵۷/۳۰	میانگین (MAPE)			

جدول ۵ - محاسبه میزان خطای دبی اوج و زمان دبی اوج، هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی با هیدروگراف مشاهده‌ای حوضه آبریز میناب برای واقعه‌های زمستان

درصد خطا (APE)	TP		درصد خطا (APE)	QP		تاریخ واقعه	ردیف
	محاسبه‌ای	مشاهده‌ای		محاسبه‌ای	مشاهده‌ای		
۳۲/۲۸۰	۱۶/۲۵	۲۴	۵۷/۵۵	۱۶۰/۸۴	۳۷۹	۱۳۹۳/۱۲/۲۱	۱
۷۱/۳۴	۱۱/۱۷	۳۹	۰/۸۸	۹۹۶/۷۱	۹۸۸	۱۳۹۱/۱۰/۲۱	۲
۳۳/۳۱	۱۲/۶۷	۱۹	۱/۸۴	۳۰۴/۲۹	۳۱۰	۱۳۸۹/۱۲/۱۰	۳
۴۵/۶۴			۲۰/۰۹	میانگین (MAPE)			

۴- جمع‌بندی

در تحقیق حاضر علاوه بر اهمیت شناخت مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی هیدروگراف سیل، بررسی دقت این مدل در فصول مختلف سال نیز مورد توجه قرار گرفته است؛ چراکه در فصول مختلف سال هم شرایط دما و بارش تغییر می‌کند و هم این‌که به دنبال آن میزان شدت بارش‌ها و شرایط سطح زمین از لحاظ میزان رطوبت خاک و پوشش سطح تغییر می‌کند. به نظر می‌رسد که مدل توان پیش‌بینی دقیق‌تری را برای هیدروگراف و دبی اوج در فصل بهار دارد. علت این پیش‌بینی بر اساس تغییرات سطح زمین در فصول مختلف سال بود که بر روی میزان تولید رواناب حاصل از بارش اثر می‌گذارد. به طوری که در مقدار پوشش گیاهی روی سطح زمین و مقدار رطوبت خاک در فصل بهار افزایش می‌یابد که سبب کاهش مقدار رواناب تولیدی حاصل از بارش می‌شود. بر خلاف انتظار نتایج شبیه‌سازی‌های فصل زمستان از نتایج شبیه‌سازی‌های فصل بهار با هیدروگراف‌های مشاهده‌ای خود مطابقت بیشتری داشتند. به طوری که میزان دقت پیش‌بینی‌ها در دبی اوج برای واقعه‌های بهار ۵۷/۳۰ و برای واقعه‌های پاییز - زمستان برابر ۲۰/۰۹ درصد است. علت آن همچنین می‌تواند به ناچیز بودن تغییرات پوشش گیاهی در شرایط اقلیمی حوضه مورد مطالعه برگردد و اینکه در این مناطق رویش اصلی گیاهان مرتعی در فصل زمستان اتفاق می‌افتد. شاید عامل دیگر افزایش ماهیت رگباری بارش‌ها در فصل بهار در این مناطق باشد. همچنین با شروع فصل گرما از اسفندماه به بعد میزان تبخیر هم افزایش می‌یابد که بر روی رطوبت خاک اثر گذار است که سبب شده است تا مقدار عددی دبی اوج محاسبه‌ای از مشاهده‌ای بیشتر باشد. اهمیت شناخت ویژگی‌های یک حوضه، به خصوص ویژگی‌های پویای آن و توجه به تغییرات آن‌ها در طی فصول مختلف سال می‌تواند روی بالا بردن دقت پیش‌بینی مدل GIUH اثر گذار باشد. به همین خاطر به آزمون در آمدن مدل در حوضه‌های مختلف و در فصول مختلف و بررسی نتایج پیش‌بینی‌های مدل می‌تواند به بهبود نتایج مدل کمک کند.

کتابنامه

- خداپناه، مسعود و رحیم‌زاده، علی؛ ۱۳۸۵. کارایی هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی و مقایسه آن با هیدروگراف‌های مصنوعی اشنایدر، مثلثی و SCS در حوضه آبخیز کسلیان، مجله منابع طبیعی، (۷۰)، ۲۳-۳۲.
- <https://www.sid.ir/paper/19326/fa>
- زکی‌زاده، فریبا؛ ملکی‌نژاد، حسین؛ اختصاصی، محمدرضا؛ ۱۳۹۴. مقایسه آنمود واحد لحظه‌ای نش، ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک در برآورد مشخصات هیدروگراف سیلاب، پژوهش‌های آبخیزداری، ۱۰۷.
- <https://www.sid.ir/paper/200704/fa>
- سعیدی، پونه؛ نیک‌سخن، محمدحسین؛ نوروزی، خدیجه؛ ۱۳۹۴. برآورد هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی (GIUH) و هیدروگراف واحد لحظه‌ای تابع عرض (WFIUH) در حوضه‌های فاقد آمار (مطالعه موردی: حوضه قروه)، اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۱، ۵۱-۶۲.
- https://www.ije.ut.ac.ir/article_55128.html
- عرفانیان، مهدی، تلوری، عبدالرسول؛ ۱۳۸۲؛ بسط تئوری هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفیک و ژئومورفوکلیماتیک در حوضه آبخیز سمنان؛ ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، ص. ۱۲۰-۱۱۳.
- <https://www.civilica.com/doc/939>
- علیزاده، امین؛ ۱۳۹۰. اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ ۳۴.
- <https://www.mohitesabs.blogspot.com/1394/11/25/>
- فاخری فرد، احمد؛ نورانی، وحید؛ نیازی، فائقه؛ ۱۳۹۵. بررسی اثر کاربری اراضی در مدل هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی مخزن، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۳۰، شماره ۲، ۳۷۷-۳۹۱.
- https://www.jsw.um.ac.ir/article_38354.html
- کریمی، فاطمه و اسمعیل پور، مرضیه؛ ۱۳۹۳. برآورد رواناب با استفاده از هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی (مطالعه موردی: حوضه دریان چای). هیدروژئومورفولوژی، ۱، ۱۴۵-۱۵۷.
- https://www.hyd.tabrizu.ac.ir/article_3280.html
- گلکاریان، علی؛ نقیبی، سیدامیر؛ داودی مقدم، داود؛ ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی روش ژئومورفولوژی در برآورد ابعاد هیدروگراف واحد لحظه‌ای و مقایسه آن با روش‌های اشنایدر، SCS و مثلثی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جنگ کارد، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸(۲)، ۴۵۰-۴۴۰.
- https://www.jsw.um.ac.ir/article_37667.html
- محمدی، علی‌اصغر؛ احمدی، حسن؛ ۱۳۹۰. ارائه مدل برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای در حوضه‌های فاقد آمار مبتنی بر مدل‌های هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی، اشنایدر، SCS و مثلثی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کن)، فصلنامه جغرافیای طبیعی لار، سال چهارم، ۱۳، ۳۷-۴۸.
- <https://www.sid.ir/paper/184978/fa>
- محمودی فرج‌الله؛ یمانی، مجتبی؛ بهرامی شهرام؛ ۱۳۸۶. ارزیابی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی (GIUH) در حوضه آبخیز کنگیر (ایوان غرب). پژوهش‌های جغرافیایی. شماره
- <https://www.sid.ir/paper/5498/fa>. ۶۰

محمودی، فرج‌الله؛ عیوضی، جمشید؛ یمانی، مجتبی؛ نصیری، علی؛ ۱۳۸۳. برآورد سیل با استفاده از آنالیز GIUH (مطالعه موردی حوضه امامه)، نشریه علوم جغرافیایی، جلد ۳، شماره ۳ و ۴، صص ۳۰ -

<https://www.ensani.ir/fa/article/303768.۱۱>

نصیری، علی؛ ۱۳۸۴. آنالیز روابط متغیرهای ژئومرفولوژی- هیدرولوژی در مدل‌سازی برآورد سیل در حوضه امامه، پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.

- Anghesom, Alemngus1 and B.S., Mathur., 2014. Geomorphologic instantaneous unit hydrographs for rivers. Journal of Indian Water Resources Society, VOL 34, NO.1 <https://www.semanticscholar.org/paper/>
- Bamufleh, S. Wagdany, Abdullah.Elfeki,Amore. Chaabani, Anis., 2020. Developing a geomorphological instantaneous unit hydrograph (GIUH) using equivalent Horton-Strahler ratios for flash flood predictions in arid regions. Geomatics Natural Hazard and Risk. Volume 11, Issue 1. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2020.1811404>
- Gupta V.K., Waymire E. and Wang C.T., 1980. A representation of an instantaneous unit hydrograph from geomorphology. J. Water Resources Manage. 16(5):855–862. <https://doi.org/10.1029/WR016i005p00855>
- Horton, R. E., 1945. 'Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology, Bull. Geol. Soc. Amer. 56, 275–370. <https://pdodds.w3.uvm.edu/research/papers/others/1945/horton1945a.pdf>
- J.B.Swaina, R. Jhab, K.C.Patrac., 2015. Stream flow prediction in a typical ungauged catchment using GIUH approach- International conference on water resources, Coastal and ocean engineering (Icwrcoe) , Aquatic Procedia 4 993 – 1000. <https://cyberleninka.org/article/n/1291597>
- Jin, C. X., 1992. A deterministic gamma geomorphologic instantaneous unit hydrograph based on path types. Water Resources Research, 28: 479-486. https://ton.sdsu.edu/DGTGIUH_Jing_1992.pdf
- Khaleghi, M.R., Ghodusi, J., and Ahmadi, H., 2014. Regional Analysis Using the Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph (GIUH) Method - Soil & Water Res., 9 (1): 25–30. <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/swr/2014/01/04.pdf>
- Kwan Tun Lee& Chin-Hsin Chang., 2005): Incorporating Subsurface-Flow Mechanism into Geomorphology-Based IUH Modeling, Journal of Hydrology, 311: 91-105. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2005JHyd..311...91L/abstract>
- Nash, J. E., 1960. 'A Unit Hydrograph study, with particular reference to British catchments', Proc. Inst. Civil Engg. 17, 249–282. <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/509040/>
- Olivera, F. & Maidment, D., 1999): Geographic Information systems (GIS) – Based Spatially Distributed Model for Runoff Routing. WATER RESOUR RES. 4: 1135-1146. <https://doi.org/10.1029/1998WR900104>
- Pena, A., Ayuso, L. and V. Giraldez., 1999. Incorporating topologic properties into the, Geomorphologic instantaneous unit hydrograph. Phys. Chem .Earth (B), 24(1-2): 55-58. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464190998000112>
- Rodriguez-Iturbe, I. and J. B. Valdes., 1979. The geomorphologic structure of the hydrologic response. Water Resources Research, 15 (6): 1409- 1420. https://ponce.sdsu.edu/GSHR_Rodriguez_1979b.pdf

- Rodriguez-Iturbe, I., Gonzalez-Sanabria, M., and Caamano, G., 1982) . On the climatic dependence of the IUH: A rainfall-runoff analysis of the Nash model and the geomorphoclimatic theory. *Water Resour.Res.*, 18 (4) , pp 887 903.
https://ponce.sdsu.edu/GIUH_Rodriguez_1982.pdf
- Sanjari M., 2019. Multi-Comparison Analysis of Instant Geomorphological Unit (GIUH) Hydrograph Model, Rangeland and catchments Management. *Iranian Journal of Natural Invairement*. Volume 71, Number 4.https://jrwm.ut.ac.ir/article_70137.html
- Snyder, F. F., 1938. 'Synthetic Unitgraphs', *Transactions of American Geophysics Union*, 19 th Annual Meeting, Part 2, p. 447.
- Sorman, A. U., 1995. Estimation of Peak discharge using GIUH model in Saudi Arabia. *J. of Water Res. Planning and Management*, 121 (14): 287-243.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1995\)121:4\(287\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1995)121:4(287))
- Yingbing Ch, Peng Shi, Xiaomin Ji, Simin Qu, Lanlan Zhao, Fengcheng Dong., 2019. new method to calculate the dynamic factor-low velocity in Geomorphologic instantaneous unit hydrograph. *Scientific REPORTS nature research*. 9:14201 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50723-x>.<https://www.nature.com/articles/s41598-019-50723-x>

