برآورد هیدروگراف واحد مصنوعی با استفاده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب و پارامترهای ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی: حوضه‌های آبخیز مارنج و کانی‌سواران، کردستان)

عطاا... شیرزادی[۱*] ، کامران چپی[۱] و پرویز فتحی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۴)

چکیده

برآورد هیدروگراف سیل، اولین و مهم‌ترین قدم در طراحی و اجرای طرح‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی از جمله در طرح‌های مهار سیلاب به شمار می‌آید. در حوضه‌های فاقد ایستگاه هیدرومتری برآورد هیدروگراف واحد بر مبنای خصوصیات ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها صورت می‌گیرد. هدف از پژوهش حاضر برآورد هیدروگراف واحد مصنوعی با استفاده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب و پارامترهای ژئومورفولوژیکی در دو حوضه آبخیز کانی‌سواران و مارنج در جنوب شرقی شهرستان سنندج، می‌باشد. هیدروگراف ۱ و ۲ ساعته با استفاده از داده‌های دبی حداکثر سیل در ایستگاه هیدرومتری بر مبنای تحلیل منطقه‌ای سیلاب تهیه گردیدند. داده‌های زمانی دبی سیلاب برآوردی و مشاهده‌ای براساس ضریب ناش- ساتکلیف و ابعاد هیدروگراف واحد مصنوعی براساس خطاهای مطلق و بایاس مورد ارزیابی و صحت‌سنجی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که مدل‌های رگرسیونی چند جمله‌ای دارای بیشترین ضریب تبیین برای محاسبه پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی بوده‌اند. آزمون‌های صحت‌سنجی نشان دادند که داده‌های برآوردی دبی‌های سیلاب با ضریب ناش- ساتکلیف؛ ۰/۹۸۸ برای هیدروگراف ۱ ساعته و ۰/۹۳۳ برای هیدروگراف ۲ ساعته از دقت بسیار بالایی برخوردارند. هم‌چنین، مقدار خطای مطلق ۰/۱۲۹۴ برای هیدروگراف واحد ۱ ساعته و ۱/۱۹۷ برای هیدروگراف واحد ۲ ساعته و مقدار خطای بایاس نزدیک به صفر در هر دو هیدروگراف واحد، نشان داد که این مدل‌ها کارایی خوبی در تهیه هیدروگراف‌های ۱ و ۲ ساعته دارند. بنابراین می‌توان از چنین روشی برای حوضه‌های آبخیز با شرایط ژئوهیدرولوژیکی مشابه با حوضه‌های مورد مطالعه که فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری باشند، استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: هیدروگراف واحد، پارامترهای ژئومورفولوژیکی، حوضه آبخیز کانی سواران، حوضه آبخیز مارنج، کردستان

۱. به ترتیب کارشناس و استادیار مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

۲. استادیار آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.shirzadi@uok.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]

مقدمه

سیل از جمله پدیده‌هایی است که هر ساله در گوشه و کنار جهان، جان و مال بسیاری از مردم را به مخاطره می‌اندازد. از آنجایی که در طرح‌های بهره‌برداری از منابع آب، کنترل سیلاب، سدسازی، عملیات آبخیزداری و اکثر مطالعات هیدرولوژی، دبی سیلاب اهمیت بسزایی دارد، لذا دقت مطالعات و درجه ایمنی طراحی تأسیسات و سازه‌های آبی بستگی زیادی به روش انجام مطالعات دارد. هیدروگراف واحد کاربردهای فراوانی در علم هیدرولوژی دارد که از جمله می‌توان در تعیین ابعاد سرریز سدها، روندیابی سیل، محاسبه ابعاد کانال‌های فاضلاب‌رو و تعیین ابعاد سازه‌های مهار سیلاب را نام برد (۵). شرمن ، هیدروگراف واحد را براساس اصل انطباق یا روی هم‌اندازی بیان نمود. این روش اولین ابزار موجود برای هیدرولوژیست‌ها جهت پیش‌بینی یک هیدروگراف با استفاده از دبی حداکثر می‌باشد (۱۷). اشنایدر، اولین مرتبه روش هیدروگراف واحد را برای حوضه‌های فاقد آمار براساس حوضه‌های کوهستانی آمریکا (کوه‌های آپالاشین) با مساحت‌های ۳۰ تا ۳۰۰۰۰ کیلومترمربع که دارای سه عامل زمان تأخیر، دبی اوج در واحد سطح برای یک واحد بارندگی و زمان پایه بود، معرفی نمود (۱۸). مورفی ، روابطی را برای زمان شاخه صعودی هیدروگراف، مدت بارندگی، میانگین دبی حداکثر، حجم جریان، نسبت دبی به حجم جریان را از طریق اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی حوضه از جمله مساحت، شکل، تراکم زه‌کشی، رلیف (پستی و بلندی) ارائه نمود (۱۵).

والدز و همکاران ، بیان نمود که ساختار واکنش‌های هیدرولوژیکی عموماً در ارتباط با پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه‌های آبخیز می‌باشند. آنها به این نتیجه دست یافتند که هیدروگراف واحد لحظه‌ای را می‌توان براساس خصوصیات ژئومورفولوژیکی از جمله نسبت انشعاب، طول آبراهه، سطح حوضه، متغیر محلی و پارامتر دینامیکی بیان نمودند (۲۰). اوسول و تزکان ضرایب هیدروگراف واحد مصنوعی اشنایدر را برای چهار حوضه در شمال غربی فلات آناتولی بررسی و مطالعه نمودند و به روابطی میان این ضرایب و خصوصیات حوضه‌ها دست یافتند (۱۹). ین و لی، به بررسی و تهیه هیدرگراف واحد مصنوعی براساس معادلات تجربی و نظریه هیدروگراف واحد در حوضه‌های فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری، پرداخته‌اند. آنها در مطالعات خود هیدروگراف‌هایی براساس روابط میان شکل حوضه با خصوصیات حوضه‌ها از جمله طول و مساحت حوضه ایجاد کردند (۲۱). جنا و تیواری بیان داشته‌اند که به دلیل اینکه هیدروگراف واحد مصنوعی واکنش داده‌های رواناب نیستند، از آنها می‌توان برای حوضه‌های فاقد آمار استفاده کرد (۱۲).

صفوی ، هیدروگراف واحد لحظه‌ای را یک پاسخ منحصر به فرد حوضه آبریز به بارندگی می‌داند و بیان می‌نماید که مستقل از زمان تداوم بارندگی می‌باشند و لذا نمودارهایی هستند که نمایانگر تأثیر کلیه پارامترهای حوضه آبریز نظیر طول آبراهه اصلی، شیب طولی، شکل حوضه و غیره می‌باشند (۴). هاشمی بیان می‌کند که هیدروگراف‌های مصنوعی ساخته شده فقط برای مناطق مورد مطالعه مناسب بوده و برای مناطق دیگر با خصوصیات متفاوت، مناسب نمی‌باشند (۷). بررسی منابع و مقالات نشان می‌دهد که دو روش عمده جهت تعیین ارتباط بین پارامترهای هیدروگراف واحد با پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها وجود دارد. در روش اول از طریق انتگرال‌گیری از هیدروگراف واحد لحظه‌ای، یک هیدروگراف واحد T ساعته ایجاد می‌گردد. در روش دوم که روش ساده‌تری می‌باشد، بر مبنای مدل‌سازی ارتباط مابین پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی و پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها می‌باشد. پژوهش‌های بسیاری در ارتباط با تعیین دبی حداکثر سیلاب با استفاده از روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب (۱،۲)، و استفاده ازروابط تجربی برای برآورد دبی اوج سیلاب (۳)، استفاده از روابط رگرسیونی میان پارامترهای ژئومورفولوژیکی برای برآورد دبی اوج سیلاب(۱۲،۱۴،۱۳و ۱۶)، صورت گرفته است، ولی تاکنون روشی که بتواند با استفاده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب و پارامترهای فیزیکی و ژئومورفولوژیکی حوضه‌های

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]

آبخیز، ابعاد هیدروگراف واحد مصنوعی را برآورد کند و با استفاده از آنها هیدروگراف واحد را برای مدت‌های مشخص ترسیم نماید، ارائه نشده است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، استفاده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب و پارامترهای ژئومورفولوژیکی و فیزیوگرافی دو حوضه آبخیز مجاور هم (حوضه‌های آبخیز کانی سواران و مارنج)، با شرایط هیدرولوژیکی مشابه برای مقایسه و مدل‌سازی هیدروگراف واحد مصنوعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت مناطق مورد مطالعه

حوضه آبخیز کانی‌سواران (حوضه کاری)، در موقعیت جغرافیایی ″۴۳٫۶ ′۲ °۴۷ تا ″۵۹٫۳ ′۵ °۴۷ طول شرقی و ″۴۶ ′۲ °۳۵ تا ″۴۶٫۳ ′۵ °۳۵ عرض شمالی قرار دارد. حوضه آبخیز مارنج (حوضه شاهد)، واقع در ۱۰ کیلومتری جاده سنندج-دیواندره با موقعیت جغرافیایی″۳۰ ′۶ °۴۷ تا ″۵۳ ′۸ °۴۷ طول شرقی و ″۱۲ ′۴ °۳۵ تا ″۴۲ ′۷ °۳۵ عرض شمالی قرار دارد. هر دو حوضه فاقد هر گونه ایستگاه آب‌سنجی بوده و لذا برای انجام پژوهش حاضر از ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در اطراف حوضه استفاده گردید (شکل ۱).

تحلیل منطقه‌ای سیلاب

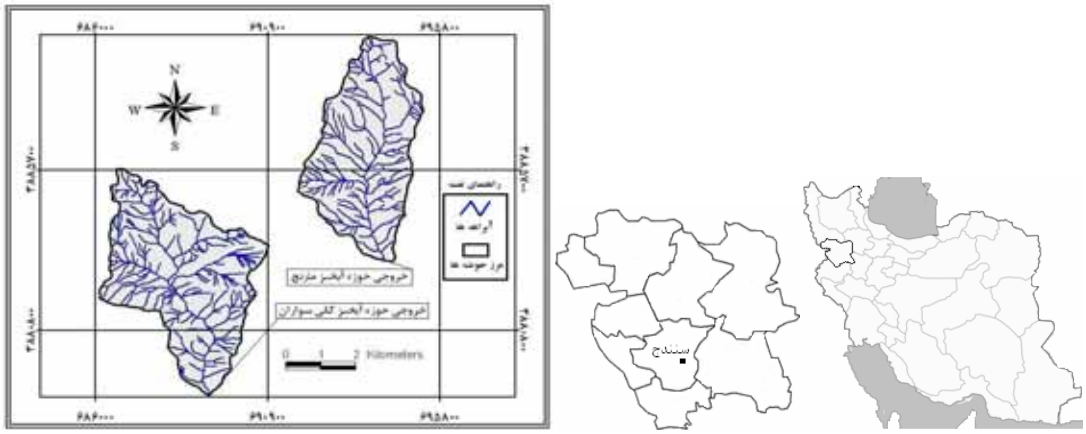
هیدروگراف‌های سیل از داده‌های دبی حداکثر سیل در طول ۲۷ سال دوره آماری از سال ۱۳۵۴ تا سال ۱۳۸۱ به روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب به‌دست آمدند. داده‌های دبی حداکثر سالیانه با استفاده از آزمون همگنی با حداکثر احتمال ارتکاب اشتباه ۵ درصد مورد آزمون قرار گرفتند. با تشکیل ماتریس همبستگی میان ایستگاه‌های دارای آمار ناقص با ایستگاهی با داده‌های کامل، بازسازی نواقص آماری نیز صورت گرفت. سپس با استفاده از نرم‌افزار SMADA بهترین توزیع آماری برازش داده شده برای اکثر ایستگاه‌ها توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ شناخته شد. در ادامه با استفاده از این توزیع مقادیر دبی حداکثر سیلاب با دوره‌های برگشت ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله مربوط به هر ایستگاه به‌دست آمد. با تقسیم هر یک از دبی‌های حداکثر در دوره‌های برگشت مختلف به دبی حداکثر دو ساله، مقادیر دبی بدون بعد شده و رابطه‌ای خطی میان دبی حداکثر با مساحت هر یک از ایستگاه‌های تحت پوشش تعیین و نمودارهای خطی آنها ترسیم گردید. براساس این نمودارها و روابط خطی برای حوضه‌ها و زیر حوضه‌های آبخیز کانی سواران و مارنج با مساحت مشخص، مقادیر دبی حداکثر محاسبه گردید.

مدل‌سازی پارامترهای هیدروگراف واحد

با استفاده از روش اشنایدر پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی و در نهایت هیدروگراف‌های ۱ و ۲ ساعته حوضه آبخیز مارنج (حوضه شاهد)، به روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب ترسیم گردیدند. میان پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی شامل؛ زمان تا اوج (ساعت)، دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)، و زمان پایه (ساعت)، و پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه کاری (کانی سواران) شامل؛ طول آبراهه اصلی (L_c)، ضریب گراویلیوس (C_g)، ضریب هورتون (C_h)، ضریب میلر (C_m)، ضریب شیوم (C_{sh})، طول مستطیل معادل (L_r)، عرض مستطیل معادل (X_r)، مساحت حوضه (A)، محیط حوضه (P)، طول حوضه (L)، فاصله خروجی حوضه تا نقطه‌ای مقابل مرکز ثقل حوضه (L_{ca})، ارتفاع متوسط حوضه (H)، نسبت انشعاب (Br)، زمان تمرکز (T_c)، شیب آبراهه اصلی (C_s)، تراکم زه‌کشی (D_d)، فاکتور شکل حوضه (S_b)، شاخص گری ؛ نسبت طول آبراهه اصلی به جذر شیب آبراهه اصلی (۹)، شاخص مورفی ؛ نسبت فاکتور شکل حوضه به مساحت حوضه (۱۵)، و شاخص HKR ؛ نسبت مساحت حوضه به حاصل ضرب شیب آبراهه اصلی در جذر تراکم زه‌کشی (۱۱)، ماتریس همبستگی برقرار گردید. در این پژوهش از انواع معادلات رگرسیونی نظیر خطی، لگاریتمی، نمایی، چندجمله‌ای و غیره جهت همبستگی میان پارامترهای هیدروگراف واحد و هر یک از پارامترهای ژئومورفولوژیکی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]



شکل۱. موقعیت مناطق مورد مطالعه در استان کردستان و ایران

حوضه استفاده گردید. در ادامه پارامترهای با مقدار ضریب همبستگی بالاتر (۰/۶< ضریب همبستگی درونی بین دو دسته از پارامترها)، برای مدل‌سازی نهایی پارامترهای هیدروگراف واحد استفاده گردیدند. در پایان معادلاتی که دارای بیشترین ضریب تبیین (R^2)، بودند انتخاب و براساس آنها ابعاد هیدروگراف واحد ۱ ساعته و ۲ ساعته برای حوضه شاهد (حوضه مارنج) به‌دست آمدند.

صحت سنجی مدل‌های پیشنهادی

تطابق مناسب یک مدل با داده‌های مشاهده‌ای معمولاً براساس مقایسه مقادیر داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی انجام می‌پذیرد (۱۲). در این پژوهش برای داده‌های زمانی دبی سیلاب از ضریب ناش و ساتکلیف (Nash/Sutcliffe) (۶و۸) برای پیش‌بینی دقت هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده استفاده گردید.

$$NSC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Xo - Xe)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Xo - \overline{Xo})^2} \qquad [۱]$$

NSC ضریب ناش- ساتکلیف، Xo مقدار مشاهده شده دبی سیل، Xe مقدار برآورد شده دبی سیل و $\overline{Xo}$ میانگین داده‌های برآورد شده دبی سیل می‌باشند. در این روش دامنه خطا در محدوده [∞- و۱] می‌باشد. اگر $0 \le NSC \le 1$ باشد مقدار خطا از واریانس داده‌ها بیشتر نمی‌شود. در صورتی‌که واریانس خطاها تا اندازه واریانس مشاهدات بزرگ‌تر شود، مقدارNSC=0 خواهد شد و اگر واریانس خطاها از واریانس مشاهده شده فراتر رود مقدار NSC<0 خواهد شد. هم‌چنین اگر مقدار NSC از منفی بی‌نهایت به سمت صفر میل کند، داده‌ها خوب برآورد گردیده و یک مدل عالی مقدار NSC=1 خواهد داشت (۸، ۶). برای مقایسه مقادیر زمان تا اوج، زمان پایه، دبی اوج سیل، w50 و w75 از روش میانگین خطای مطلق و خطای بایاس استفاده شد. هم‌چنین با ترسیم هیدروگراف‌ها و مقایسه گرافیکی مقادیر پارامترهای هیدروگراف واحد ۱ و ۲ ساعته، صحت‌سنجی مدل‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. در روش ترسیمی؛ با مقایسه مقادیر ابعاد هیدروگراف واحد به‌دست آمده از طریق تحلیل منطقه‌ای سیلاب (مقادیر مشاهده‌ای)، با مقادیر هیدروگراف واحد به‌دست آمده از پارامترهای فیزیوگرافی (مقادیر برآوردی)، هیدروگراف‌های با مدت‌های ۱ و ۲ ساعته ترسیم و مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در روش بعد، مقدار میانگین خطای مطلق (Mean Absolute Error), (MAE) و میانگین خطای بایاس (Mean Bias Error), (MBE) (۵ و۷) داده‌ها با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌گردد.

$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|Z(X_i) - Z(X_i)\right| \qquad [۲]$$

$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[Z(X_i) - Z(X_i)\right] \qquad [۳]$$

در این روابط، $Z(X_i')$ مقدار برآوردشده متغیر X_i، $Z(X_i)$ مقدار مشاهده شده متغیر X_i، n تعداد داده‌ها، MAE میانگین

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]

خطای مطلق و MBE میانگین خطای انحراف است. روش مناسب و قابل توصیه روشی است که کمترین MBE و MAE را داشته باشد. هرچه MAE کوچک‌تر باشد، نشانگر این مطلب است که مقادیر محاسبه شده با مدل به مقادیر حقیقی نزدیک‌تر بوده و لذا مدل دارای خطای کمتری می‌باشد؛ و هرچه MBE به صفر نزدیک‌تر باشد، بیانگر این مطلب است که متوسط مقادیر مشاهده شده و برآورد شده اختلاف کمتری داشته، و در نتیجه مدل، فضای مورد مطالعه را با انحراف کمتری برآورد می‌نماید (۵). روش دوم هیدروگراف‌های به‌دست آمده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب و هیدروگراف واحد حاصل از پارامترهای ژئومورفولوژیکی مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در روش سوم نیز مقادیر پارامترهای هیدروگراف واحد مشاهده‌ای و برآوردی برای هیدروگراف‌های ۱ و ۲ ساعته حوضه و زیر حوضه‌های آبخیز شاهد به صورت گرافیکی مقایسه می‌شود. برای این کار پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه آبخیز مارنج و زیرحوضه‌های آن در مدل‌های به‌دست آمده از حوضه آبخیز کانی سواران جاگذاری و مقادیر زمان تا اوج، دبی اوج و زمان پایه هیدروگراف مربوط به حوضه آبخیز مارنج به‌دست آمدند. پارامترهای مشاهده شده به صورت مقادیر میانگین ابعاد هیدروگراف واحد مصنوعی می‌باشند.

نتایج

جدول ۱ ضرایب همبستگی بین پارامترهای هیدروگراف واحد و پارامترهای ژئومورفولوژیکی را نشان می‌دهد. در این جدول ضرایب همبستگی درونی بیشتر از ۰/۶ بین پارامترهای ژئومورفولوژیکی و پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی اشنایدر مشاهده می‌شود. تمامی ضرایبی که در این جدول آمده است در مدل‌سازی رگرسیونی در جداول ۲ و ۳ بر مبنای همبستگی با هر یک از این پارامترها به‌کار گرفته شده است. جدول ۲ معادلات رگرسیونی چند جمله‌ای هیدروگراف واحد ۱ ساعته را نشان می‌دهد. با رجوع به این جدول مشخص می‌شود که زمان تا اوج با فاکتور شکل حوضه، دبی اوج با مساحت حوضه و زمان پایه هیدروگراف هم با فاکتور شکل حوضه ارتباط بالاتری داشته‌اند. جدول ۳ معادلات رگرسیونی چند جمله‌ای هیدروگراف واحد ۲ ساعته را نشان می‌دهد. مشاهده این جدول نشان می‌دهد که زمان تا اوج با فاکتور شکل حوضه، دبی اوج با شاخص مورفی که حاصل نسبت فاکتور شکل حوضه به مساحت حوضه بوده و زمان پایه هیدروگراف هم با فاکتور شکل حوضه ارتباط بالاتری داشته‌اند. جدول ۴ مقایسه پارامترهای مشاهده‌ای و برآوردی هیدروگراف واحد ۱ و ۲ ساعته حوضه آبخیز مارنج را نشان می‌دهد. با استفاده از میانگین خطای مطلق و میانگین خطای بایاس و هم‌چنین ضریب ناش- ساتکلیف، اختلاف میان مقادیر مشاهده‌ای و مقادیر برآوردی پارامترهای هیدروگراف واحد ۱ و ۲ ساعته- که براساس آنها هیدروگراف‌ها ترسیم می‌شوند- مورد ارزیابی و صحت‌سنجی قرار گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه هیدروگراف‌های به‌دست آمده از آنالیز منطقه‌ای سیلاب و خصوصیات ژئومورفولوژی حوضه‌ها کمک شایانی به هیدرولوژی سیلاب در مناطق فاقد آمار خواهد نمود. جدول ۱ ضرایب همبستگی بین پارامترهای هیدروگراف واحد و پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها را نشان می‌دهد. تشکیل ماتریس همبستگی نشان داد که پارامترهای ژئومورفولوژیکی طول آبراهه اصلی (L_c)، ضریب میلر (C_m)، طول مستطیل معادل (L_r)، عرض مستطیل معادل (X_r)، مساحت حوضه (A)، محیط حوضه (P)، طول حوضه (L)، فاصله خروجی حوضه تا نقطه‌ای مقابل مرکز ثقل حوضه (L_{ca})، زمان تمرکز (T_c)، شیب آبراهه اصلی (C_s)، فاکتور شکل حوضه (S_b)، شاخص Gray و شاخص HKR دارای بیشترین ضریب همبستگی با پارامترهای هیدروگراف واحد می‌باشند (جدول ۱). جداول ۲ و ۳ معادلات رگرسیونی را به‌ترتیب برای هیدروگراف واحد مصنوعی ۱ ساعته و ۲ ساعته را نشان می‌دهند. نتایج این جداول نشان داد که معادله رگرسیونی نوع چند جمله‌ای در مقایسه با سایر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]

جدول۱. ضرایب همبستگی بین پارامترهای هیدروگراف واحد و پارامترهای ژئومورفولوژیکی

	Lc	*Cm*	*Lr*	*Xr*	*A*	*P*	*L*	*Lca*	*Tc*	*Cs*	*Sb*	*Gray*	*HKR*
T_p	۰/۹۵	-	۰/۶۹	۰/۹۵	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۵	-	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۹۲
Q_p	-	۰/۶۹	-	-	-	-	-	-	-	۰/۶۲	-	-	-
T_b	۰/۶۳	-	-	۰/۶۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول۲. معادلات رگرسیونی چند جمله‌ای هیدروگراف واحد ۱ ساعته

T_p=۰/۰۹۹۸ (فاکتور شکل حوضه)^{۲}+۰/۳۲۱۰ (فاکتور شکل حوضه) −۰/۰۰۶۸	R^2=۰/۹۹۱
Q_p=۰/۰۰۰۰۴ (مساحت حوضه)^{۲}+۰/۰۹۲۲ (مساحت حوضه) +۰/۰۰۲	R^2=۰/۹۹۶
T_b=۰/۵۲۴۱ (فاکتور شکل حوضه)^{۲}−۳/۲۵۴۷ (فاکتور شکل حوضه) +۱۹/۱۲۴	R^2=۰/۹۹۲

جدول۳. معادلات رگرسیونی چند جمله‌ای هیدروگراف واحد ۲ ساعته

T_p=۰/۰۵۹۵ (فاکتور شکل حوضه)^{۲}+۱/۱۴۴۱ (فاکتور شکل حوضه) +۰/۹۸۵	R^2=۰/۹۹۷
Q_p=۴/۴۶۳۳ (شاخص مورفی)^{۲}−۵/۰۳۷۹ (شاخص مورفی) +۱/۵۵۳	R^2=۰/۹۹۰
T_b=۰/۲۳۸۱ (فاکتور شکل حوضه)^{۲}−۴/۹۰۶۶ (فاکتور شکل حوضه) +۲۵/۲۳۵	R^2=۰/۹۹۸

جدول۴. مقایسه پارامترهای مشاهده‌ای و برآوردی هیدروگراف واحد ۱ و ۲ ساعته حوضه آبخیز مارنج

پارامتر های هیدروگراف	هیدروگراف واحد ۱ ساعته				هیدروگراف واحد ۲ ساعته			
	مشاهده شده	برآورده شده	MAE	MBE	مشاهده شده	برآورده شده	MAE	MBE
زمان پایه (ساعت)	۲۱/۰	۲۰/۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۲۵/۶	۲۵/۱	۰/۲۰	۰/۲۰
دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۶	۰/۶	۰/۰۴	−۰/۰۴
زمان تا اوج (ساعت)	۴/۳	۴/۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۵/۱	۵/۶	۰/۲۵	−۰/۲۵
W_{50} (ساعت)	۶/۷	۶/۴	۰/۱۲	۰/۱۲	۷/۱	۶/۲	۰/۴۶	۰/۴۶
W_{75} (ساعت)	۳/۶	۳/۸	۰/۰۷	−۰/۰۷	۴/۰	۴/۵	۰/۲۳	−۰/۲۳
متوسط مقادیر	–	–	۰/۱۲	۰/۱۰	–	–	۱/۱	۰/۱۰
ضریب ناش- ساتکلیف	۰/۹۸	–	–	–	–	–	۰/۹۳	–

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]

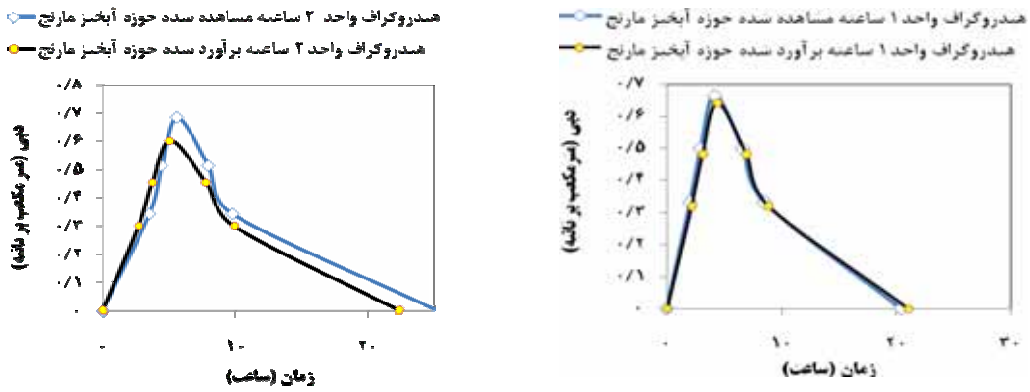
شکل‌های معادلات، بیشترین ضریب تبیین (R^2)، را به خود اختصاص دادند. در هیدروگراف واحد ۱ ساعته، بهترین متغیرها برای تعیین زمان پایه (t_b)؛ فاکتور شکل حوضه (S_b)، و برای دبی اوج (q_p)؛ شاخص Murphy و برای زمان تا اوج (t_p)؛ فاکتور شکل حوضه (S_b)، به‌دست آمدند. نتایج جدول شماره ۳ نشان داد که معادله رگرسیونی نوع چندجمله‌ای در مقایسه با سایر معادلات رگرسیونی دارای بیشترین ضریب تبیین (R^2)، می‌باشند. بهترین متغیرها برای تعیین زمان پایه (t_b)؛ فاکتور شکل حوضه (S_b)، و برای دبی اوج (q_p)؛ مساحت حوضه (A)، و برای زمان تا اوج (t_p)؛ فاکتور شکل حوضه (S_b)، به‌دست آمدند. نتایج حاضر با نتایج مطالعه جنا و تیواری (۱۲) مطابقت بسیار خوبی نشان داد. با توجه به معادلات به دست آمده، مقادیر میانگین ابعاد هیدروگراف واحد مصنوعی ۱ و ۲ ساعته تعیین و با استفاده از هفت نقطه شامل؛ نقطه شروع هیدروگراف، نقاط w_{50} و w_{75} در شاخه صعودی، دبی اوج، نقاط w_{50} و w_{75} در شاخه خشکیدگی یا نزولی هیدروگراف و زمان پایه و زمان تا اوج، هیدروگراف‌های ۱ و ۲ ساعته ترسیم گردیدند (شکل ۲).

جدول ۴ مقادیر ضرایب ناش و ساتکلیف (NSC)، خطاهای مطلق و بایاس را برای هیدروگراف‌های ۱ و ۲ ساعته نشان می‌دهد. براساس این جدول مشخص شد که مقدار این ضریب برای هیدروگراف واحد ۱ ساعته ۰/۹۸۷ و برای هیدروگراف واحد ۲ ساعته ۰/۹۳۲ می‌باشد که بسیار بالا و نزدیک به یک و بیانگر مطابقت بسیار خوب داده‌های برآوردی و مشاهده‌ای می‌باشد. هم‌چنین نتایج این جدول بیانگر این مطلب است که ابعاد هیدروگراف واحد مصنوعی ۱ ساعته به دست آمده از مدل‌ها، به دلیل خطای مطلق کمتر (۰/۱۲۹۴) نسبت به خطای مطلق هیدروگراف واحد ۲ ساعته (۱/۱۹۷)، به مقادیر حقیقی نزدیک‌تر بوده است. هم‌چنین مقدار خطای بایاس در هیدروگراف واحد ۱ ساعته نسبت به هیدروگراف واحد ۲ ساعته به صفر نزدیک‌تر بوده و مؤید این مطلب است که متوسط مقادیر مشاهده شده و برآورد شده، اختلاف کمتری از خود نشان داده‌اند، و درنتیجه مدل‌های به‌دست آمده، فضای مورد مطالعه را با انحراف کمتری برآورد کرده‌اند. شکل ۲ هیدروگراف‌های ۱ و ۲ ساعته به‌دست آمده از مدل‌های پیشنهادی را در مقایسه با هیدروگراف‌های به‌دست آمده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب، نشان می‌دهند. مشاهده این شکل‌ها نشان داد که هیدروگراف واحد ۱ ساعته نسبت به هیدروگراف واحد ۲ ساعته مطابقت بهتری با هیدروگراف‌های به‌دست آمده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب داشته است. ذکر این نکته ضروری است که مقادیر خطای مطلق و بایاس برای هیدروگراف واحد ۲ ساعته فاحش نبوده و از طرفی وجود ضرایب ناش و ساتکلیف بسایر بالا و نزدیک به یک برای هر دو هیدروگراف ثابت کرد که مدل‌های به‌دست آمده ازکارایی خوبی در منطقه مورد مطالعه برخوردار می‌باشند. شکل۳ مقایسه مقادیر پارامترهای هیدروگراف واحد مشاهده‌ای و برآوردی هیدروگراف‌های ۱ و ۲ ساعته حوضه و زیرحوضه‌های آبخیز مارنج را به‌صورت گرافیکی نشان می‌دهند. مشاهده این شکل نشان داد که مقادیر دبی اوج و زمان پایه در هیدروگراف‌های ۱ و ۲ ساعته انطباق بالایی با مقادیر مشاهده‌ای دارند، در حالی‌که مقادیر زمان تا اوج در هیدروگراف ۱ ساعته نسبت به هیدروگراف واحد ۲ ساعته از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. این تفاوت فاحش نبوده و نشان‌دهنده قابلیت و کارایی مدل‌های به‌دست آمده از پارامترهای فیزیکی و ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها در برآورد پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی می‌باشند.

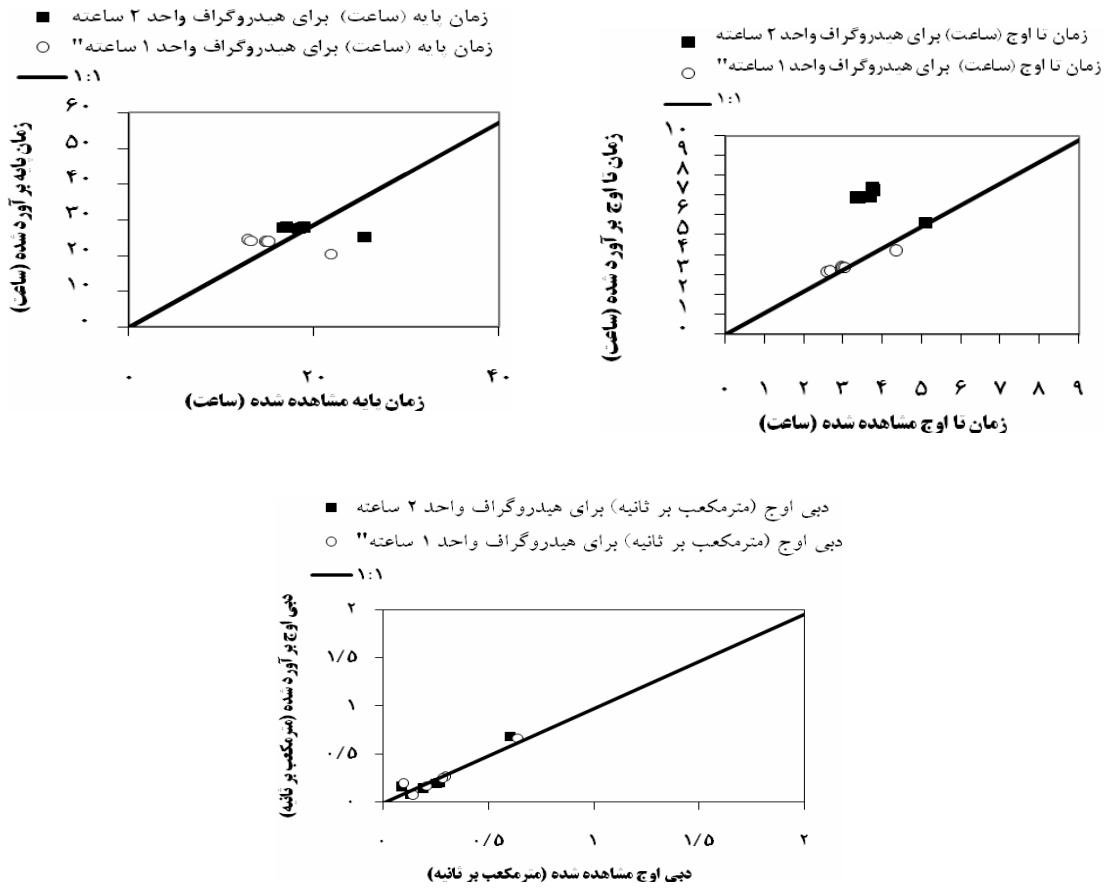
نتایج این بخش هم با نتایج جنا و تیواری (۱۲) مطابقت خوبی نشان داد. بنابراین از این مدل‌ها می‌توان برای حوضه‌های آبخیز با شرایط ژئوهیدرولوژیکی مشابه با حوضه‌های مورد مطالعه و فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری، استفاده نمود. در حوضه‌های دارای آمار دبی سیل، هیدروگراف سیل منطقه موجود بوده و به راحتی هیدروگراف واحد با مدت‌های مشخص براساس آن ساخته می‌شود. در صورتی‌که برای مناطق فاقد آمار دبی سیل، عملاً این کار امکان پذیر نبوده و استفاده از خصوصیات فیزیکی و ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها جهت برآورد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]



شکل۲. الف) هیدروگراف‌های ۱ ساعته مشاهده‌ای و برآوردی حوضه آبخیز مارنج ب) هیدروگراف‌های ۲ ساعته مشاهده‌ای و برآوردی حوضه آبخیز مارنج



شکل۳. الف) زمان تا اوج مشاهده‌ای و برآوردی هیدروگراف واحد ۱ و ۲ ساعته حوضه و زیرحوضه‌های آبخیز مارنج ب) زمان پایه مشاهده‌ای و برآوردی هیدروگراف واحد ۱ و ۲ ساعته حوضه و زیرحوضه‌های آبخیز مارنج ج) دبی اوج مشاهده‌ای و برآوردی هیدروگراف واحد ۱ و ۲ ساعته حوضه و زیرحوضه‌های آبخیز مارنج

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]

دبی اوج سیل، ضروری می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، برآورد هیدروگراف واحد ۱ و ۲ ساعته از پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه‌های آبخیز کانی سواران و مارنج و مقایسه آنها با هیدروگراف‌های مشاهده‌ای به‌دست آمده از روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب در مناطق فاقد آمار می‌باشد.

با توجه به اینکه تحلیل منطقه‌ای سیلاب، روشی مناسب برای رسیدن به دبی‌های حداکثر سیلاب طی یک دوره آماری برای حوضه‌های فاقد ثبت آمار بوده، صحت هیدروگراف‌های به‌دست آمده با این روش به صحت و کفایت داده‌های دبی حداکثر بستگی دارد. از طرفی به دلیل استفاده از نرم‌افزارهای Arc View 3.2 و Arc GIS 9.0 در استخراج سریع و دقیق پارامترهای ژئومورفولوژی حوضه‌ها، در کل شرایط لازم برای تهیه هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و برآوردی صحیح، فراهم گردید. بنابراین، نتایج به‌دست آمده هدف پژوهش حاضر را تأیید نمود. باید خاطر نشان کرد که به دلیل تغییر شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژی در مناطق مختلف جغرافیایی، هر مدل مختص منطقه‌ای با شرایط ژئومورفولوژی مخصوص به خود می‌باشند و برای مناطق دیگر بایستی مورد ارزیابی و واسنجی قرار گیرند. بر این اساس، مدل‌های به‌دست آمده مربوط به مناطق مورد مطالعه با شرایط هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی خود بوده و پیشنهاد می‌گردد برای سایر حوضه‌های آبخیز در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز روش مذکور به‌کارگرفته شود تا مجدداً صحت این روش مورد ارزیابی و آزمون قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان جهت در اختیار گذاشتن داده‌های دبی حداکثر ایستگاه‌های هیدرومتری اطراف مناطق مورد مطالعه تشکر نمایند. هم‌چنین از کلیه کسانی که به هر نحو در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. توکلی، م. و م. رستمی نیا. ۱۳۸۵. ارائه مدل منطقه‌ای برآورد سیلاب در حوضه‌های آبخیز استان ایلام. مجله علوم پژوهشی علوم کشاورزی ۲: ۱۱ص.

۲. رستمی، ر. ۱۳۸۲. تحلیل فراوانی سیل منطقه‌ای با استفاده از گشتاورهای خطی (مطالعه موردی در حوضه هلیل‌رود و حوضه‌های استان آذربایجان غربی)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید با هنر کرمان،۹۰ص.

۳. زارع، س.، ع. حزبی، ن. جندقی و م. عباسی. ۱۳۸۵. برآورد دبی حداکثر سیل در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از روابط تجربی برای حوضه‌های کوچک (مطالعه موردی؛ حوضه آبخیز تونل بنه گرگان). پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۴. صفوی، ح. ر. ۱۳۸۵. *هیدرولوژی مهندسی*. انتشارات ارکان، اصفهان.

۵. مهدوی، م. ۱۳۷۸. *هیدرولوژی کاربردی (جلد دوم)*. انتشارات دانشگاه تهران.

۶. مهدی زاده، م.، م. ح. مهدیان و س. حجام. ۱۳۸۵. کارایی روش‌های زمین آماری در پهنه‌بندی اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه. مجله فیزیک زمین و فضا ۱: ۱۰۳– ۱۱۶.

۷. هاشمی، س. ر. ۱۳۸۲. *هیدرولوژی مهندسی(مترجم)*. انتشارات شعرا، مشهد.

8. Gordon, W.S., J.S. Famiglietti, N.L. Fowler, T.G.F. Kittel and K.A. Hibbard. 2004. Validation of simulated runoff from six terrestrial ecosystem models: result from VEMAP. Ecol. Appl. 14(2): 527–545.

9. Gray, D.M. 1961. Synthetic unit hydrograph for small watershed. J. Hydraul. Div., Proc. ASCE 87 (HY4). 33-45.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]

10. Hall, M.G., A.F. Zaki and M.M.A. Shahin. 2001. Regional analysis using the Geomorphoclimatic Instantaneous Unit Hydrograph. Hydrol. and Earth Sys. Sci. 5(1): 93–102.
11. Hickok, R.B., R.V. Keppel and B.R. Rafferty. 1959. Hydrograph synthesis for small arid land watersheds. Agric. Eng. 40(10): 608–611.
12. Jena, S.K and K.N. Tiwari. 2006. Modeling synthetic unit hydrograph parameters with geomorphologic parameters of watersheds. J. Hydrol. 319: 1-14.
13. Miller, J. B. and M. D. Newson. 1975. Flood estimation from catchment characteristics. Precede Flood studies conference, London.PP. 57-61.
14. Mimikou, M. 1990. Regional analysis of hydrological variables in Greece. *In:* Regionalization In hydrol. LAND Pub. 190:195-202.
15. Murphey, J.B., D.E. Wallace and L.J. Lane. 1977. Geomorphic parameters predict hydrograph characteristics in the southwest. Water Resour. Bull. 13(1): 25–38.
16. Riggs, H. C. 1990. Estimating flow characteristic at ungauged site. *In:* Regionalization In hydrol. IAHS Pub. 190: 159-170.
17. Sherman, L.K. 1932. Stream flow from rainfall by the unit-h graph method. Eng. News Record. 108: 501–505.
18. Snyder, F.F. 1938. Synthetic unit-graphs. Trans. Amer. Geophys. Union 19: 447–454.
19. Usul, N and B. Tezcan. 1995. Determining synthetic unit hydrographs and parameters for four Turkish basins. J. Soil and Water Conserv. 50(2): 170–173.
20. Valdes, J.B., Y. Fialloand I. Rodriguez-Iturbe. 1979. A rainfall–runoff analysis of the geomorphologic IUH. Water Resour. Res. 15(6): 1421–1434.
21. Yen, B.C. and K.T. Lee. 1997. Unit hydrograph derivation for ungauged watersheds by stream-order laws. J. Hydrol. Eng. 2(1): 1–9.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.58.3.7]