گزارش کوتاه علمی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره اول، ۱۳۹۳
http://jwsc.gau.ac.ir

مقایسه روش‌های تئوری *Grey* و هیدروگراف واحد در برآورد هیدروگراف سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبریز شهرچای، ارومیه، ایران)

ندا خان‌محمدی[۱] و *حسین رضایی[۲]

[۱]دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، [۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۲۳

چکیده

بررسی و مطالعه فرآیند غیرخطی بارش- رواناب برای مدل‌بندی و تعیین مؤلفه‌های مختلف هیدروگراف جریان‌های سیلابی از جمله دبی حداکثر، حجم سیلاب و... از دیرباز مورد توجه پژوهش‌گران هیدرولوژی بوده است. در این مطالعه، دو روش هیدروگراف واحد و تئوری *Grey* برای برآورد هیدروگراف سیلاب حوضه آبریز شهرچای واقع در استان آذربایجان‌غربی مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور داده‌های چندین هیدروگراف سیلاب و بارندگی‌های مشاهداتی حوضه آبریز نام برده برای مدل‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا براساس داده‌های مشاهداتی نام برده پارامترهای دو مدل *Grey* و هیدروگراف واحد تعیین شد و سپس مدل‌های به‌دست آمده برای تعیین مشخصات هیدروگراف سیلاب به‌کار گرفته شد. ارزیابی و مقایسه مشخصات مختلف هیدروگراف سیلاب‌های برآوردی و مشاهداتی نشان داد که تئوری *Grey* نسبت به روش هیدروگراف واحد، قابلیت بیش‌تری در مدل‌بندی و برآورد هیدروگراف جریان‌های سیلابی در حوضه دارد. از آن جمله می‌توان به متوسط خطا در حجم سیلاب که در روش‌های هیدروگراف واحد و تئوری *Grey* به‌ترتیب دارای مقادیر ۳۲ و ۱۸ درصد می‌باشد، اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی: برآورد سیلاب، تئوری *Grey*، حوضه آبریز شهرچای، هیدروگراف واحد

* مسئول مکاتبه: h.rezaie@urmia.ac.ir

مقدمه

استخراج روابط بین بارش و جریان ناشی از آن، از دیرباز جزو مهم‌ترین مسایل مورد توجه هیدرولوژیست‌ها بوده است (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد هیدروگراف واحد ارایه شده توسط شرمن (۱۹۳۲)، امکان برآورد رواناب سطحی را در حوضه‌هایی با آمار کم فراهم می‌کند. موسوی و همکاران (۱۹۹۸) کارایی هیدروگراف‌های واحد مصنوعی اشنایدر، *SCS* و مثلثی را مورد ارزیابی قرار دادند. اکبرپور و شریفی (۲۰۰۷)، یک مدل شبیه‌سازی هیدروگراف سیل بر پایه مفهوم هیدروگراف واحد مکانی ارایه نمودند. بهره‌مند و مصطفی‌زاده (۲۰۱۰)، کارایی روش‌های مختلف تخمین پارامترهای مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش در شبیه‌سازی هیدروگراف جریان را مورد مقایسه قرار دادند. صادقی و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که می‌توان رفتار هیدرولوژیک حوضه آبریز را با استفاده از ویژگی‌های آن پیش‌بینی نمود.

نیم قرن بعد از هیدروگراف واحد، تئوری *Grey* توسط دنگ (۱۹۸۲) پیشنهاد گردید. در مواقعی که یک دسته نمونه بزرگ به سادگی در دسترس نیست، این تئوری با اطلاعات اندک می‌تواند نسبت به رفع مشکل کمک کند (مکاریان، ۲۰۱۰). تریودی و سینگ (۲۰۰۵)، تئوری *Grey* را برای محاسبه سیلاب به‌کار گرفتند. چو (۲۰۰۷) با بررسی رابطه بارش- رواناب نشان داد که در مسایل پیش‌بینی، تئوری *Grey* نسبت به روش سری‌های زمانی نتایج بهتری را ارایه می‌دهد. چن و همکاران (۲۰۰۹)، با به‌کارگیری تابع *self-memory* و استفاده از رابطه دیفرانسیلی *Grey* (*DHGM*) سیلاب را با دقت بالایی پیش‌بینی نمودند. مکاریان (۲۰۱۰) نیز سیلاب را با دقت قابل‌قبول توسط تئوری *Grey* پیش‌بینی نمود.

با توجه به نیاز کشور مبنی بر استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک ساده و مناسب، هدف از این پژوهش، مقایسه عملکرد دو روش هیدروگراف واحد و تئوری *Grey* برای برآورد هیدروگراف سیلاب برای اولین بار در کشور بوده است. این دو روش از جمله مدل‌های هیدرولوژیک مناسب می‌باشند که در حوضه‌هایی با داده‌های آماری محدود می‌توانند هیدروگراف سیل را مدل نمایند.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز شهرچای در محدوده ٤٤ درجه و ۳۵ دقیقه تا ٤٥ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ٤٠ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. در این پژوهش داده‌های

سیلابی ایستگاه بند با مختصات جغرافیایی ٤٥ درجه و ١ دقیقه طول شرقی و ٣٧ درجه و ٣٠ دقیقه عرض شمالی که دارای ارتفاع ١٣٩٠ متر و مساحت ٤١٦/٥٢ کیلومترمربع می‌باشد و هم‌چنین داده‌های باران‌سنجی ایستگاه کمپ ارومیه با مختصات جغرافیایی ٤٥ درجه و ٢ دقیقه طول شرقی و ٣٧ درجه و ٣٢ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ١٣٨١ متر مورد استفاده قرار گرفته است.

پس از بررسی آمار سیل‌های اتفاق افتاده در بین سال‌های ٨٩-١٣٨٠ تعداد پنج رویداد طغیانی از حوضه آبریز شهرچای برای بررسی و مدل‌بندی انتخاب گردید. برآورد هیدروگراف سیلاب‌های انتخابی با استفاده از دو روش هیدروگراف واحد و تئوری *Grey* انجام پذیرفته که مراحل آن به‌صورت جداگانه ارایه شده است. در این پژوهش سعی شده است شرایط یکسان بین دو روش اعمال شود تا مقایسه به درستی صورت گیرد. به‌عنوان مثال در روش هیدروگراف واحد با وجود ضریب رواناب حوضه در مطالعات انجام یافته، ضریب رواناب برای حوضه مورد مطالعه از تمامی سیل‌های موجود برآورد گردیده است تا همانند روش تئوری *Grey* که همه سیل‌ها در به‌دست آمدن پارامترها دخالت دارند، در این روش نیز همه سیل‌ها در محاسبه پارامتری که مدل‌بندی براساس آن صورت می‌گیرد، دخیل باشند. از آن‌جا که در بیش‌تر کارهای هیدرولوژی دبی پایه مقدار ثابتی در نظر گرفته می‌شود (علیزاده، ٢٠٠٥)، مقدار ثابت دبی پایه مربوط به هر هیدروگراف از آن کسر گردید.

روش هیدروگراف واحد: هیدروگراف واحد عبارت است از هیدروگراف رواناب مستقیم ناشی از یک واحد (١ سانتی‌متر یا ١ اینچ) بارندگی مازاد که از رگباری با شدت یکنواخت بر روی حوضه آبخیز و مدت معلوم حاصل شده باشد. چون در این تعریف برای مدت بارندگی، مقداری مشخص نشده است پس هر حوضه می‌تواند بی‌نهایت هیدروگراف واحد داشته باشد (علیزاده، ٢٠٠٥). هیدروگراف واحدی که از اطلاعات بارندگی و دبی رودخانه یک حوضه آبخیز به‌دست می‌آید، فقط برای آن حوضه آبخیز و همان نقطه رودخانه کاربرد دارد (موسوی و همکاران، ١٩٩٨). در این روش ابتدا ارتفاع رواناب مستقیم به‌دست آمده از بارندگی و سپس هیدروگراف واحد به‌دست می‌آید. چندساعته بودن هیدروگراف واحد به‌دست آمده بستگی به زمان تداوم بارندگی دارد. با تعیین مقادیر هیدروگراف واحد موردنظر از روی هیدروگراف واحد چندساعته به‌دست آمده و رواناب مؤثر هر بارندگی و محاسبه‌های مربوطه، هیدروگراف سیل حاصل می‌گردد. همان‌طورکه اشاره شد، هر حوضه می‌تواند بی‌نهایت هیدروگراف واحد داشته باشد، بنابراین از بین این پنج رویداد، رویدادی که

هیدروگراف آن دارای نقطه اوج، شاخه صعودی و نزولی تقریباً مشخص و باران بدون وقفه و با شدت تقریباً یکنواخت باشد، برای محاسبه هیدروگراف واحد انتخاب می‌گردد. هیدروگراف انتخابی، هیدروگراف رویداد مورخه ۱۳۸۵/۸/٤ بود. لازم به ذکر است، چون این پنج رویداد مربوط به یک ایستگاه ثابت در حوضه می‌باشند، هیدروگراف واحد به‌دست آمده فقط مربوط به این نقطه از حوضه است و در جای دیگر کاربرد ندارد. به‌دلیل تداوم ٤ ساعته بارش در این رویداد، ابتدا هیدروگراف واحد ٤ ساعته برای حوضه موردنظر به‌دست آمد، اما از آن‌جایی‌که مقادیر بیان شده در این پژوهش، به‌صورت بازه‌های یک‌ساعته می‌باشند، بنابراین هیدروگراف واحد یک‌ساعته از روی هیدروگراف واحد ٤ ساعته محاسبه شد. با توجه به موضوع پژوهش که مربوط به مناطق کم‌آمار است، فرض می‌شود رویدادهای مربوطه دارای مقادیر دبی ثبت شده نمی‌باشند. با در دست داشتن میانگین ضریب رواناب به‌دست آمده از پنج رویداد ثبت شده و هیدروگراف واحد و با در نظر گرفتن تاخیر بارش‌ها، هیدروگراف پیش‌بینی محاسبه شد.

روش تئوری *Grey*: مدل هیدرولوژیکی دیفرانسیلی *Grey* (*DHGM*[1]) از مدل دینامیکی بر پایه مفهوم فیزیکی استفاده می‌کند (چن و همکاران، ۲۰۰۹). برای به‌دست آوردن پارامترهای تئوری *Grey* نیز همانند روش هیدروگراف واحد نیاز به هیتوگراف باران و هیدروگراف سیل می‌باشد. در تئوری *Grey*، سری داده‌های خام می‌توانند با روش معین به سری‌های تجمعی (*AGO*[2]) تبدیل شوند (جدول ۱). بعد از ایجاد سری‌های تجمعی نوبت به تشکیل ماتریس بارش- رواناب می‌رسد:

$$\begin{bmatrix} q^{(0)}(2) \\ q^{(0)}(3) \\ q^{(0)}(4) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ q^{(0)}(N) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[q^{(1)}(1)+q^{(1)}(2)] & r^{(0)}(2) & r^{(1)}(2) \\ -\frac{1}{2}[q^{(1)}(2)+q^{(1)}(3)] & r^{(0)}(3) & r^{(1)}(3) \\ -\frac{1}{2}[q^{(1)}(3)+q^{(1)}(4)] & r^{(0)}(4) & r^{(1)}(4) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ -\frac{1}{2}[q^{(1)}(N-1)+q^{(1)}(N)] & r^{(0)}(N) & r^{(1)}(N) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \otimes a_1 \\ \otimes b_0 \\ \otimes b_1 \end{bmatrix} \qquad (1)$$

1- Differential Hydrological Grey Model
2- Accumulated Generating Operation

جدول ۱- تبدیل سری داده‌های خام به سری‌های تجمعی در دوره‌های مختلف.

سری داده خام	اولین دوره سری AGO	دومین دوره سری AGO	P امین دوره سری AGO
$r_1^{(0)}$	$r_1^{(1)}=r_1^{(0)}$	$r_1^{(2)}=r_1^{(1)}$	$r_1^{(p)}=r_1^{(p-1)}$
$r_2^{(0)}$	$r_2^{(1)}=r_1^{(0)}+r_2^{(0)}$	$r_2^{(2)}=r_1^{(1)}+r_2^{(1)}$	$r_2^{(p)}=r_1^{(p-1)}+r_2^{(p-1)}$
$r_3^{(0)}$	$r_3^{(1)}=r_1^{(0)}+r_2^{(0)}+r_3^{(0)}$	$r_3^{(2)}=r_1^{(1)}+r_2^{(1)}+r_3^{(1)}$	$r_3^{(p)}=r_1^{(p-1)}+r_2^{(p-1)}+r_3^{(p-1)}$
|	|	|	|
|	|	|	|
|	|	|	|
$r_N^{(0)}$	$r_N^{(1)}=r_1^{(0)}+r_2^{(0)}+\cdots+r_N^{(0)}$	$r_N^{(2)}=r_1^{(1)}+r_2^{(1)}+\cdots+r_N^{(1)}$	$r_N^{(p)}=r_1^{(p-1)}+r_2^{(p-1)}+\cdots+r_N^{(p-1)}$

در این بیان، r^p و q^p، p امین مرتبه از سری‌های AGO مربوط به بارش و رواناب است و به‌صورت زیر حاصل می‌گردد:

$$q^{p}(t)=\sum_{i=1}^{t}q^{p-1}(i) \qquad (۲)$$

$$r^{p}(t)=\sum_{i=1}^{t}r^{p-1}(i) \qquad (۳)$$

ماتریس بارش- رواناب ارایه شده به شکل ساده‌تری قابل بیان می‌باشد:

$$Q=U\theta \qquad (٤)$$

چون U یک ماتریس غیرمربعی است، مقدار پارامتر بردار $Grey$ (θ) به‌وسیله روش مجموع کم‌ترین مربعات قابل تعیین است:

$$\hat{\theta}=\begin{bmatrix}\hat{\otimes}a_1\\ \hat{\otimes}b_2\\ \hat{\otimes}b_1\end{bmatrix}=[U^TU]^{-1}U^TQ \qquad (۵)$$

که در آن، Q: ماتریس رواناب، U: ماتریس بارش- رواناب، $\hat{\otimes}b_1,\hat{\otimes}b_2,\hat{\otimes}a_1$: مقادیر برآوردی $\otimes b_1,\otimes b_2,\otimes a_1$، $\hat{\theta}$: مقدار برآوردی پارامتر برداری $Grey$ و T: علامت ماتریس ترانهاده است. بنابراین برای هر یک از رویدادهای سیل، پارامترهای $\hat{\otimes}b_1,\hat{\otimes}b_2,\hat{\otimes}a_1$ موجود خواهد بود. در پریودهای مختلف k، مقادیر برآوردی سیلاب از معادلات زیر به‌دست می‌آید:

$$\hat{q}(k+1) = \hat{q}^{(1)}(k+1) - \hat{q}^{(1)}(k) \quad (۶)$$

$$\hat{q}\ (k+1) = [q^{(0)}(1) - \hat{\otimes}b_2 r^{(0)}(1)]e^{-\hat{\otimes}a_1 k}[1 - e^{\hat{\otimes}a_1}] + \hat{\otimes}b_2[r^{(1)}(k) - r^{(1)}(k-1)] + [\hat{\otimes}b_1 - \hat{\otimes}b_2 \hat{\otimes} a_1] \times [\sum_{i=1}^{k} e^{-\hat{\otimes}a_1 i} r^{(1)}(k-i+1) - \sum_{i=1}^{k-1} e^{-\hat{\otimes}a_1 i} r^{(1)}(k-i)] \quad (۷)$$

رابطه ۷ به مدل هیدرولوژی- دیفرانسیلی ***Grey*** (***DHGM***) معروف است که این مدل با تعیین ضرایب مدل برای محاسبه سیلاب و رواناب در محدوده حوضه آبریز به‌کار می‌رود.

همان‌طورکه اشاره شد، این پژوهش مربوط به مناطق کم‌آمار است، بنابراین در این روش نیز فرض می‌شود رویدادها دارای مقادیر دبی ثبت شده نمی‌باشند. اما از آن‌جایی‌که برای به‌دست آوردن هیدروگراف پیش‌بینی از روی هیتوگراف باران توسط روش تئوری ***Grey*** نیاز به پارامترهای این تئوری می‌باشد، به ناچار مقدار میانگین پارامترهای به‌دست آمده از پنج رویداد مربوطه برای حوضه مورد مطالعه حاصل و با استفاده از این مقدار، مقادیر پیش‌بینی دبی محاسبه شد. لازم به ذکر است در این پژوهش برای محاسبه پارامترهای تئوری ***Grey*** و نیز به‌دست آوردن مقادیر پیش‌بینی، از نرم‌افزار ***MATLAB*** نسخه ۲۰۱۰ استفاده شده است. برای بیان کمی تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی از شاخص‌های آماری هم‌چون ضریب تعیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (***RMSE***) استفاده گشته است. درصد تغییر نسبی حجم مربوط به هر هیدروگراف و درصد خطای نسبی مربوط به هر روش در محاسبه مقادیر پیش‌بینی دبی نیز توسط رابطه‌های زیر محاسبه شد:

$$\Delta = \frac{|\ V_o - V_p\ |}{V_o} \times ۱۰۰ \quad (۸)$$

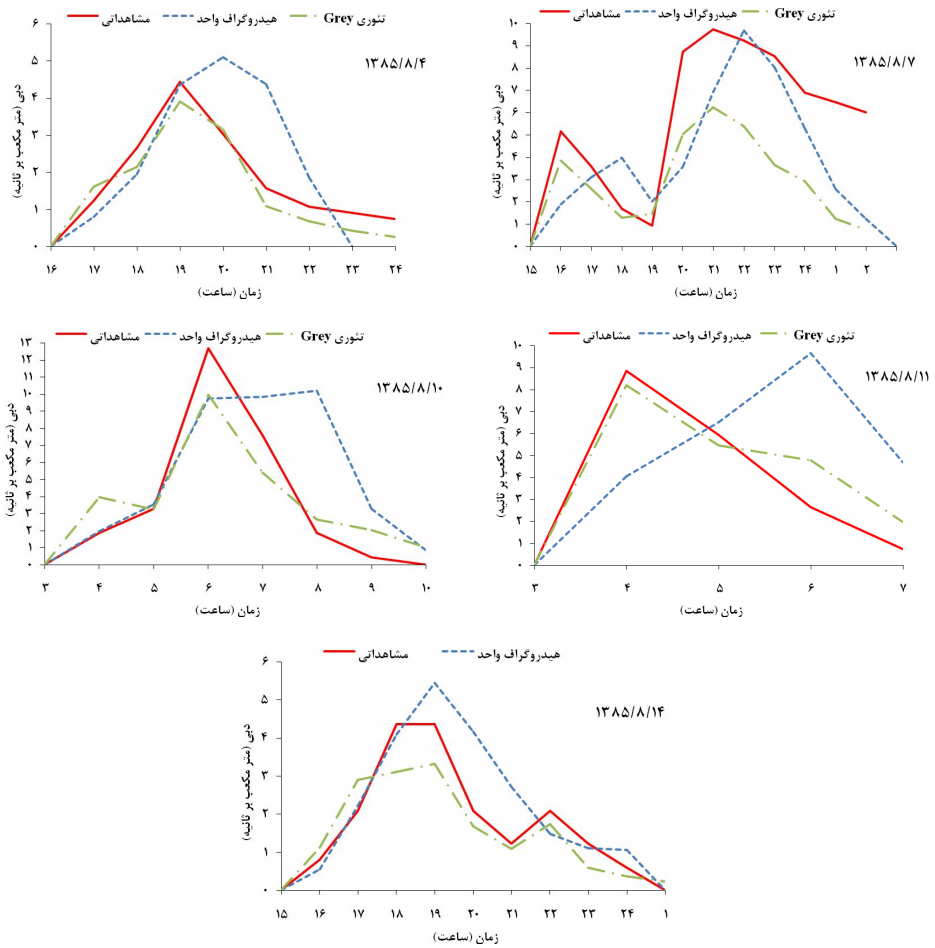
$$e = \frac{|\ Q_o - Q_p\ |}{Q_o} \times ۱۰۰ \quad (۹)$$

که در آن‌ها، Δ: درصد تغییر نسبی حجم مربوط به هر هیدروگراف، V_o: حجم واقعی سیلاب در رویداد مورد نظر، V_p: حجم پیش‌بینی شده سیلاب توسط روش‌های نام برده، e: درصد خطای نسبی مقدار پیش‌بینی شده دبی در رویداد موردنظر نسبت به مقدار واقعی آن، Q_o: مقدار واقعی دبی رویداد موردنظر و Q_p: مقدار پیش‌بینی شده دبی رویداد موردنظر با روش‌های نام برده می‌باشند. توسط رابطه مربوطه مقادیر تغییر نسبی حجم حاصل شد و با محاسبه مقادیر e و میانگین‌گیری از مقادیر به‌دست

آمده برای هر دو روش و با در نظر گرفتن سه بخش مجزا در هیدروگراف (شاخه صعودی، شاخه نزولی و نقطه اوج هیدروگراف) مقادیر متوسط درصد خطای نسبی برای هر روش به‌دست آمد.

نتایج و بحث

هیدروگراف‌های مقادیر دبی مشاهداتی و مقادیر دبی برآوردی توسط هر دو روش برای مقایسه در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- نمایش مقادیر دبی مشاهداتی و برآوردی توسط روش تئوری *Grey* و هیدروگراف واحد.

از شکل ۱ کاملاً مشهود است که مدل *Grey* نسبت به هیدروگراف واحد قابلیت خوبی در هم‌پوشانی هیدروگراف‌های مشاهداتی و برآوردی دارد. نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های تریودی و سینگ (۲۰۰۵)، چو (۲۰۰۷) و مکاریان (۲۰۱۰) نیز هم‌پوشانی خوب مقادیر برآوردی به‌دست آمده از روش تئوری *Grey* با مقادیر مشاهداتی را نشان داد. ملاحظه می‌شود در هیدروگراف مربوط به رویداد ۱۳۸۵/۸/٤ که هیدروگراف واحد توسط آن به‌دست آمد، هیدروگراف برآوردی در روش هیدروگراف واحد متفاوت با مقدار واقعی آن می‌باشد علت این امر کاربرد متوسط مقدار ضریب رواناب در به‌دست آوردن هیدروگراف پیش‌بینی است. بیان کمی این تفاوت توسط مقادیر شاخص‌های خطا و تعیین در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- نتایج شاخص‌های خطا و تعیین در روش هیدروگراف واحد و تئوری *Grey*.

ردیف	تاریخ وقوع سیل	روش			
		هیدروگراف واحد		تئوری *Grey*	
		RMSE	R^2	*RMSE*	R^2
۱	۱۳۸۵/۸/٤	۱/۳۹	۰/۵۳	۰/٤۱	۰/۹٤
۲	۱۳۸۵/۸/۷	۲/۷۷	۰/۵۱	۲/۳۹	۰/٦٤
۳	۱۳۸۵/۸/۱۰	۳/۳۸	۰/۵۲	۱/٦۱	۰/۹۳
٤	۱۳۸۵/۸/۱۱	٤/۱۹	۰/۰٦	۱/۱٦	۰/۹۰
۵	۱۳۸۵/۸/۱٤	۰/۸۸	۰/۷۷	۰/٦۲	۰/۸٦

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که روش تئوری *Grey* نسبت به روش هیدروگراف واحد مقادیر کمی از شاخص خطا و مقادیر بالایی از شاخص تعیین را ارایه می‌دهد و این امر بیانگر مناسب بودن روش تئوری *Grey* نسبت به روش هیدروگراف واحد در پیش‌بینی هیدروگراف سیلاب است. علت تفاوت این دو روش را می‌توان در دخیل نمودن مقادیر ساعتی دبی سیل در حصول پارامترهای تئوری *Grey* دانست، در صورتی‌که در روش هیدروگراف واحد، جز در سیلی که برای محاسبه هیدروگراف واحد حوضه به‌کار می‌رود، مقادیر مجموع دبی‌های سیل برای محاسبه رواناب به‌کار می‌رود. البته در روش تئوری *Grey* نیز تفاوت‌هایی بین مقادیر مشاهداتی و برآوردی ملاحظه می‌شود که این امر ناشی از عوامل خطای مدل‌سازی می‌باشد که در هر مدل‌سازی اجتناب‌ناپذیر است. برای

روشن‌تر شدن تفاوت کارایی دو روش از پارامترهای درصد تغییر نسبی حجم و درصد خطای نسبی مربوط به هر روش در به‌دست آوردن مقادیر پیش‌بینی دبی استفاده شده است. نتایج این مقادیر در جدول‌های ۳ و ٤ آمده است.

جدول ۳- مقادیر درصد تغییر نسبی حجم برای رویداد موردنظر.

ردیف	تاریخ وقوع سیل	روش	
		هیدروگراف واحد	تئوری *Grey*
۱	۱۳۸۵/۸/٤	۱۷/۷۷	۱۵/۱٦
۲	۱۳۸۵/۸/۷	۲۷/۸٦	٤۸/۵۳
۳	۱۳۸۵/۸/۱۰	٤٤/۲۲	۲/۱۳
٤	۱۳۸۵/۸/۱۱	۵۱/۰۳	۱۲/۲۱
۵	۱۳۸۵/۸/۱٤	۲۱/۱۹	۱٤/۳٤
متوسط		۳۲/٤۱	۱۸/٤۷

جدول ٤- مقادیر متوسط درصد خطای نسبی.

قسمت‌های مختلف هیدروگراف	روش	
	هیدروگراف واحد	تئوری *Grey*
شاخه صعودی هیدروگراف	۱۸/۷۰	٤۰/۱۱
نقطه پیک هیدروگراف	۲۸/۸٤	۱۹/۷٦
شاخه نزولی هیدروگراف	۱۲۷/۲٤	۵۸/۷۳

ردیف آخر در جدول ۳ از دقت بالاتر روش تئوری ***Grey*** نسبت به روش هیدروگراف واحد، به‌جز در سیل رویداد مورخه ۱۳۸۵/۸/۷، در برآورد میزان حجم هر سیل حکایت دارد. از جدول ٤ ملاحظه می‌شود که بیش‌ترین درصد خطای نسبی در روش هیدروگراف واحد مربوط به شاخه نزولی هیدروگراف بوده و شاخه صعودی و نقطه اوج کم‌تر از آن در هیدروگراف پیش‌بینی نسبت به هیدروگراف واقعی منحرف شده‌اند. این جدول نیز قابلیت بیش‌تر تئوری ***Grey*** نسبت به روش هیدروگراف واحد در پیش‌بینی هیدروگراف را در نقطه اوج هیدروگراف و شاخه نزولی آن نشان می‌دهد. علت این امر، متفاوت بودن زمان تداوم بارش در رویدادهای مربوطه نسبت به هیدروگراف

واحد به‌دست آمده و نیز متوالی نبودن بارش‌ها است که نتیجه به‌دست آمده، تاخیر یک‌ساعته هیدروگراف پیش‌بینی در روش هیدروگراف واحد حتی در مقدار کم بارندگی می‌باشد. جدول ٤ هم‌چنین بیانگر ناتوانی روش تئوری *Grey* نسبت به روش هیدروگراف واحد در پیش‌بینی شاخه صعودی هیدروگراف می‌باشد.

نتیجه‌گیری

مقایسه کمی و کیفی مقادیر دبی به‌دست آمده از دو روش هیدروگراف واحد و تئوری *Grey* با مقادیر مشاهداتی نشان داد که تئوری *Grey* نسبت به روش هیدروگراف واحد قابلیت بهتری در برآورد هیدروگراف سیلاب مشاهداتی دارد. مقادیر پایین شاخص خطا و مقادیر بالای شاخص همبستگی در این روش نسبت به روش هیدروگراف واحد، توانایی مناسب آن در پیش‌بینی حجم و دبی سیل در منطقه مورد مطالعه را تأیید می‌کند. هم‌چنین این امر از قابلیت روش تئوری *Grey* در استخراج هیدروگراف‌های مربوط به سال‌های بدون آمار در ایستگاه اندازه‌گیری مورد مطالعه حکایت می‌کند. بنابراین روش تئوری *Grey* می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید برای برآورد هیدروگراف سیلاب در حوضه‌های دارای آمار کم هیدرولوژیکی مطرح شود.

منابع

1.Akbarpour, A., and Sharifi, M.B. 2007. Runoff computation using spatially distributed terrain parameters. J. Engin. Fac. Ferdowsi University of Mashhad. 19: 1. 85-106. (In Persian)
2.Alizadeh, A. 2005. Principles of applied hydrology. Emam Reza University Press. 815p. (In Persian)
3.Bahremand, A.R., and Mostafazadeh, R. 2010. Comparison of different methods for parameter estimation of Nash's instantaneous unit hydrograph in JafarAbad watershed. J. Water. Manage. Res. 86: 42-51. (In Persian)
4.Chen, X.D., Xia, J., and Xu, Q. 2009. Differential Hydrological Grey Model (DHGM) with self-Memory function and its application to flood forecasting. Science in China Press. 52: 4. 1039-1049.
5.Chou, C.M. 2007. Applying multi-resolution analysis to differential hydrological Grey models with dual series. J. Hydrol. 332: 1-2. 174-186.
6.Mokarian, R. 2010. Application of Grey system theory for flood forecasting in the Lighvan River Basin. M.Sc. Thesis. Water Engineering Dep. University of Tabriz. Iran. (In Persian)

7.Mousavi, S.F., Nekoimehr, M., and Mahdavi, M. 1998. Investigation and test of artificial and observed unit hydrographs overlapping in Zayanderood dam watershed (Pelasjan watershed). J. Agric. Sci. Natur. Resour. 2: 2. 93-106. (In Persian)
8.Sadeghi, S.H.R., Afzali, A., Vafakhah, M., and Telvari, A.R. 2010. Development of synthetic unit hydrograph for northern Iranian watersheds using physiographical characteristics. J. Water. Manage. Res. 86: 15-23. (In Persian)
9.Soltani, A., Gorbani, M.A., Fakheri Fard, A., Darbandi, S., and Farsadizadeh, D. 2010. Genetic programming and its application in rainfall-runoff modeling. Water Soil Sci. J. 20: 4. 61-71. (In Persian)
10.Trivedi, H.V., and Singh, J.K. 2005. Application of Grey system theory in the development of a runoff prediction model. J. Biosyst. Engin. 92: 4. 521-526.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(1), 2014
http://jwsc.gau.ac.ir

Comparison of unit hydrograph and Grey theory in flood hydrograph estimation (Case study: Shahrchay Watershed, Urmia, Iran)

N. Khan Mohammadi[1] and *H. Rezaei[2]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Water Engineering, Urmia University,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Urmia University
Received: 05/23/2012; Accepted: 05/13/2013

Abstract

The study and analysis of non-linear rainfall - runoff procedure to model and determine the different components of the flood hydrograph, including peak flow-the volume of runoff and etc. has long been of interest to hydrologists. In this study, two methods of unit hydrograph and Gary theory were analyzed to estimate flood hydrograph for Shahrchay basin located in West Azerbaijan. For this purpose, several flood hydrograph and precipitation observation data was used to model the mentioned basin. Based on observational data, the parameters of both the unit hydrograph and Grey models were estimated and then the developed model was used to determine the characteristics of the flood hydrograph. Evaluation and comparison of the different specifications of predicted and observed flood hydrograph showed that Grey theory compared to unit hydrograph method has more capabilities in modeling and predicting flood flow hydrograph in basin. Among them, we can note the average error in the volume of flood with values of 32 and 18 percent in the unit hydrograph method and Grey theory, respectively.

Keywords: Flood estimation, Grey theory, Shahrchay watershed, Unit hydrograph

* Corresponding Author; Email: h.rezaie@urmia.ac.ir