

# ارزیابی روش تابع انتقال برای روندیابی سیلاب در بازه‌های رودخانه‌ای

جعفر چابک‌پور<sup>۱\*</sup> و محمد ذبیحی<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه مراغه

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه مراغه

\* j.chabokpour@maragheh.ac.ir

(دریافت مقاله: ۹۸/۰۱/۱۲؛ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۵/۱)

**چکیده**- داشتن مدل‌های دقیق و در عین حال ساده برای پیش‌بینی سیلاب، قابلیت‌های زیادی به سیستم‌های هشدار سیل اضافه می‌نماید. در این تحقیق سعی بر آن شد تا با استفاده از داده‌های دبی روزانه به مدت پانزده سال (سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵) در شش ایستگاه هیدرومتری که در قالب سه بازه مطالعاتی بر روی رودخانه‌های زیرنه‌رود و سیمینه‌رود قرار گرفته بودند و همچنین با استفاده از مدل تحلیلی ADZ و فرم گسسته زمانی آن که تحت عنوان تابع انتقال نام‌گذاری می‌شود، اقدام به روندیابی سیلاب در رودخانه‌های مذکور گردد. ابتدا در تابع انتقال درجه صورت و مخرج که نشان دهنده تعداد زیر بازه‌ها و نحوه اتصال آن‌ها به همدیگر است، استخراج شد که در این مطالعه، بهترین توابع انتقال بدست آمده دارای یک زیربازه تشخیص داده شدند. سپس خود مقادیر ضرایب صورت و مخرج تابع انتقال در هر سه بازه، از طریق جعبه ابزار CAPTAIN محاسبه شده و در کنار آن پارامترهای آماری مربوط به توزیع‌ها نیز شامل پارامتر یانگ (YIC)،  $Rt2$  و EVN استخراج گردید و مقادیر مربوط به این پارامترها برای بازه داشبند بوکان-پل بوکان، آلاسقل-صفاخانه و پل قشلاق-پل آریان به ترتیب به صورت سری‌های سه تایی بازه‌های (۵/۲۴۱-، ۰/۸۷۹ و ۱۰/۸۶-)، (۳/۹۵۴-، ۰/۹۰۳ و ۹/۴۳-) و (۲/۷۹۲-، ۰/۹۲۰ و ۸/۱۳۹-) بدست آمد. نمودارهای ترسیم شده از طریق این توابع انتقال، نشان دهنده انطباق بسیار خوب مدل با داده‌های مشاهداتی است. به دلیل اینکه این روش برخلاف سایر روش‌های روندیابی سیل، که در دقیق‌ترین حالت خود شامل حل کامل معادلات سنت و نانت هستند، ساده‌تر بوده و در عین حال دقت لازم را دارد، به نظر می‌رسد که می‌توان از آن در پیش‌بینی سیلاب در بازه‌های مختلف رودخانه‌ای به نحو مطلوب استفاده نمود.

**کلید واژگان:** رودخانه، سیلاب، تابع انتقال، جعبه ابزار CAPTAIN

## ۱- مقدمه

رودخانه به صورت یک سلول فرض شود که مابین سیلاب ورودی و سیلاب خروجی از آن روابطی برقرار است، می‌توان از تابع انتقال به عنوان رابط مابین هیدروگراف‌های ورودی و خروجی استفاده نمود. یک هیدروگراف، اساساً یک تابع انتقال مابین بارش و رواناب حوضه است. تعیین هیدروگراف واحد به دلیل نیاز به جداسازی جریان پایه از رواناب سطحی، حذف نویز موجود

یکی از روش‌های بسیار کاربردی در روندیابی سیلاب که متاسفانه تا کنون توجه کمی به آن شده است، روش تابع انتقال<sup>۱</sup> می‌باشد. این روش بسیار جامع و کاربردی بوده و با استفاده از تکنیک‌های آنالیز سری‌های زمانی ایجاد گردیده است (Lees et al., 2000). در صورتیکه بازه

1. Transfer Function

Hameed et al. (1995) فرآیند تبخیر-تعرق را مدل کردند. آن‌ها مدل‌های مختلف تک‌ورودی-تک‌خروجی تابع انتقال برای تبخیر-تعرق مرجع را طراحی کردند و نشان دادند که تبخیر-تعرق می‌تواند به وضوح توسط تابع انتقال مدل شده و پیش‌بینی شود. این توابع توانایی ارتباط بین سری‌های زمانی مختلف را داشته و همچنین قابلیت مدل‌سازی تأخیر در ورودی‌های سیستم و پاسخ‌ها را دارند، که آن‌ها را کاملاً جذاب می‌سازد.

رابطه کلی ورودی-خروجی یک متغیر وابسته  $Y_t$  و یک متغیر مستقل  $X$  می‌تواند به فرم رابطه (۱) باشد:

$$Y_t = C + F(X_t) + N_i \quad (1)$$

تابع  $F(X_t)$  به عنوان یک تابع انتقال شناخته می‌شود که رابطه بین ورودی و خروجی را توصیف می‌کند و  $N_i$  ترم مربوط به نویز در مدل تابع انتقال محسوب می‌شود (Young et al., 1996; Young et al., 1997).

(Novotny and Zheng, 1989) یک روش ساده برای استخراج هیدروگراف واحد از سری‌های زمانی بارش-رواناب ارائه دادند که از نوع تابع انتقال ARMA بود. با تبدیل مدل تابع انتقال غیر خطی ARMA به یک مدل تابع انتقال خودکار توسعه یافته  $AR^1$ ، ضرایب مدل به راحتی می‌تواند با رگرسیون چندگانه خطی تخمین زده شود. متدولوژی استخراج شده توسط آن‌ها بر اساس سری زمانی داده‌های واقعی بارش-رواناب در دو سیستم فاضلاب استخراج شده بود.

Quilez et al. (1992) روابط شوری-جریان در چهار ایستگاه از رودخانه ابرو<sup>۲</sup> در اسپانیا را با استفاده از مدل‌های تابع انتقال-نویز بررسی نمودند. آن‌ها نتیجه‌گیری نمودند که استفاده از این توابع یک بهبود قابل توجه در فرآیند آنالیز سری‌های زمانی ایجاد می‌نماید. آن‌ها همچنین نشان دادند که تابع انتقال نسبت به مدل‌های رگرسیون کلاسیک برتری قابل توجهی دارد.

Lees et al. (2000) سعی نمودند تا مابین دو مدل ذخیره-موقت که یک مدل پارامتر محور بوده و پارامترهای آن شدیداً متکی به مشخصات فیزیکی رودخانه می‌باشد، و مدل داده محور ADZ یک ارتباط ایجاد نمایند. آن‌ها با استفاده از داده‌های آلودگی رودخانه‌ای،

در مجموعه داده‌ها و .. بسیار مشکل است (Young and Walis, 1985). مدل تابع انتقال می‌تواند برای پیش‌بینی و کنترل موثر در سیستم‌های زهکشی، به ویژه در مناطق شهری یا صنعتی، مورد استفاده قرار گیرد. دقت پیش‌بینی این مدل‌های نسبتاً ساده با مدل‌های پیچیده‌تر مطابقت داشته یا حتی در بعضی از مواقع از آن‌ها پیشی می‌گیرد. به طور کلی به نظر می‌رسد، هیدروگراف واحد هنوز هم به عنوان قوی‌ترین ابزار در پیش‌بینی سیلاب باقی خواهد ماند ولی تجزیه و تحلیل سری زمانی این قابلیت را دارد که خود را از نوسانات موجود در داده‌ها جدا نماید. روش محاسبه تابع انتقال ممکن است طیف گسترده‌ای از کاربردها در هیدرولوژی کلاسیک را داشته باشد (Novotny and Zheng, 1989).

(Young and Walis, 1985) با معرفی تابع انتقال از طریق بسط مدل ADZ به این نکته اشاره نمودند که تابع انتقال یک دیدگاه اساسی برای شناخت و پیش‌بینی پدیده‌های هیدرولوژیکی می‌باشد. آن‌ها با اشاره به این نکته که تابع انتقال یک ابزار خطی و دینامیک برای آنالیز سری‌های زمانی بازگشتی است، اقدام به بررسی فرآیند انتقال آلاینده‌ها با استفاده از آن نمودند. آن‌ها همچنین اشاره نمودند که از تابع انتقال در سایر زمینه‌های علوم اعم از مباحث آب و خاک، آنالیز داده‌های اقلیمی و مباحث زیست‌محیطی می‌توان استفاده نمود.

(Jury and Sposito, 1986) به مطالعه‌ی مدل تابع انتقال (TFM) برای انتقال و انتشار محلول عبوری از میان خاک غیر اشباع که دارای تغییرات زمانی و مکانی بوده، پرداختند. آن‌ها در تحقیقات خود امکان تغییرات فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی را نیز در نظر گرفته و نشان دادند که TFM تعمیم یافته، با توازن توده‌ای محلول عبوری مرتبط است. از آنجایی که TFM، مستقل از هر مکانیسم خاصی از جابه‌جایی محلول در محیط متخلخل فرموله شده است، نتیجه‌گیری شد که مدل‌های مکانیکی حرکت محلول، با TFM نیز سازگار است.

مدل‌های مختلف ورودی-خروجی از نوع TFN (تابع انتقال به انضمام تابع نویز) خطای پیش‌بینی کمتری نسبت به مدل‌های صرفاً ورودی-خروجی (بدون تابع نویز) فراهم می‌آورند (Young, 1984; Young and Wallis, 1993).

1. Autoregressive

2. Ebro

ریاضی اقدام به بررسی فرآیند عبور آلاینده‌ها از بازه رودخانه نمودند.

Chabokpour (2019) با استفاده از مدل سلولی ADZ اقدام به بررسی فرم پیوسته تابع انتقال برای آلودگی‌های عبوری از محیط‌های متخلخل چند لایه نمود. بررسی ایشان موید این نکته بود که این مدل در هر دو شکل خود (پیوسته و گسسته زمانی (توابع انتقال) قادر به پیش‌بینی پدیده هائی که به صورت هیدروگراف و یا منحنی‌های رخنه آلودگی هستند، می‌باشد.

## ۱- مواد و روش‌ها

### ۱-۱- تئوری مدل ADZ و تابع انتقال

در مدل  $ADZ^n$ ، هر بازه رودخانه به  $n$  بخش مساوی تقسیم می‌شود و هر بخش، خود شامل دو سلول است. در سلول اول یک تاخیر زمانی ایجاد شده و عمل انتقال در واحد رودخانه‌ای را انجام می‌نماید و سلول دوم فرآیند انتشار سیلاب را تکمیل می‌نماید. بنابراین با مجزا نمودن فرآیندهای انتقال و انتشار در سلول‌های مجزا، حل معادلات دیفرانسیل حاکم ساده‌تر شده و از معادلات دیفرانسیلی جزئی تبدیل به معادلات دیفرانسیلی معمولی می‌گردد. این معادلات در بعد زمانی به صورت پیوسته هستند و از دیدگاه مکانی گسسته شده‌اند. با اعمال شرایط اولیه و مرزی در بالادست و حل دو معادله دیفرانسیل معمولی، معادله سیلاب خروجی از اولین واحد رودخانه بدست می‌آید. سپس با استفاده از مشخصه‌های معادله استخراج شده برای اولین واحد و اعمال تکنیک Convolution ریاضی، سیلاب خروجی از آخرین واحد رودخانه‌ای را می‌توان محاسبه نمود.

با فرض وجود یک سلول با حجم  $V_i$ ، که حجم سیلاب ورودی به آن به طور کامل و آنی درون آن پخش می‌شود و با نوشتن تعادل جرمی مابین ورودی و خروجی بازه و همچنین تبدیل معادله به فرم دیفرانسیلی و سپس حل آن، فرم کلی معادله حاکم در مدل ADZ به صورت رابطه (۲) استخراج می‌شود. خاطر نشان می‌سازد، که فرم ارائه شده در این رابطه برای یک سلول بوده و در صورت اینکه تشخیص داده شود که بازه رودخانه‌ای از چندین سلول به

کارائی روابط استخراج شده را به اثبات رساندند و اشاره نمودند که مدل ساده‌تر ADZ، دقتی همانند مدل چهار پارامتری ذخیره-موقت دارد. آن‌ها همچنین نتیجه‌گیری نمودند که با استفاده از تکنیک گشتاورگیری، می‌توان پارامترهای مدل ADZ را تخمین زد.

Smith et al. (2006) به دلیل مشکلات مربوط به وجود نواحی ذخیره‌ای در رودخانه‌ها، با صرفه‌نظر کردن از مدل ذخیره-موقت، برای مدل‌سازی فرآیند انتقال و انتشار آلاینده‌ها از مدل ADZ استفاده نمودند. آنها متوجه شدند که مدل ذخیره موقت به طور بسیار قوی به پارامترهای چهارگانه مربوط هستند و این پارامترها نیز با تغییر دبی ثابت بوده و تغییر می‌نمایند.

Wallis (2007) با درک کمبود روش‌های حل عددی برای مدل ADZ، سه سناریو برای حل عددی این مدل طراحی نمود. ایشان همچنین با اشاره به سادگی کاربرد و دقت خوب این مدل، با استفاده از داده‌های آلاینده موجود برای رودخانه Murray Burn در ادینبورگ اقدام به ارزیابی کارکرد حل‌های عددی ارائه شده نمود.

Guinot et al. (2015) برای مدل‌سازی مفهومی بارش-رواناب، یک تابع انتقال با زمان نامتناهی پیشنهاد دادند. این مدل با موفقیت بر روی حوضه‌های کوهستانی دود کوشی<sup>۱</sup> در هیمالیا و حوضه دریای دورزن<sup>۲</sup>، در فرانسه اعمال شد و نتایج زیر حاصل گردید:

- بازده محاسباتی با تقریب تابع انتقال به صورت مجموع توابع انتقال نمایی افزایش می‌یابد.

- با تقسیم نمودن مخزن به چندین زیر مخزن به هم مرتبط، محاسبه دبی خروجی آسان‌تر می‌شود.

- تابع انتقال پیشنهاد شده نوعی از سیگنال‌های خروجی را تولید می‌کند که معمولاً تنها می‌تواند با استفاده از مدل‌های غیر خطی به دست آید و به طور مطلوب با مدل غیرخطی قابل مقایسه است.

Gosh et al. (2004) و Gosh et al. (2008) با تقسیم نمودن بازه رودخانه به چندین سلول و همچنین با استفاده از توسعه یک مدل تحلیلی از نوع پیوسته برای مدل ADZ و ترکیب دو سلول برای فرآیند انتشار در کنار یک سلول برای انتقال و با ترکیب تکنیک Convolution

1. Dud Koshi  
2. Durzon

3. Aggregated Dead zone

زمانی انتخاب شده برای گسسته‌سازی ثابت فرض گردد. با این فرض، مدل گسسته‌سازی شده زمانی را می‌توان به صورت رابطه (۳) ارائه نمود (Young et al., 1999; Young et al., 2000).

$$x_k = -ax_{k-1} + bu_{k-\delta} \quad (3)$$

که در رابطه فوق  $x_k$  برابر با مقدار متغیر در  $k$  امین گام زمانی است و  $\delta$  برابر با نزدیک‌ترین عدد صحیح به کسر  $\frac{T}{T_s}$  است که در آن نیز پارامتر  $T_s$  برابر با گام زمانی گسسته‌سازی منظور می‌شود و تحت عنوان پارامتر زمان تاخیری در هنگام انتقال سیلاب از بازه رودخانه منظور می‌شود.

ضرایب  $a$  و  $b$  از طریق روابط  $T = \frac{V_e}{Q} = \frac{-T_s}{\ln(-a)}$ ،  $b = 1 + a$  به پارامترهای مدل ADZ مربوط می‌شوند. روابط فوق از ایجاد ارتباط ریاضی مابین فرم کلی روابط (۲) و (۳) به دست آمده‌اند.

تابع انتقال یک نمایش مناسب از یک سیستم دینامیکی است و توصیف کاملی از رابطه ورودی-خروجی برای یک سیستم غیرخطی را نشان می‌دهد. از لحاظ ریاضی، تابع انتقال، یک تابع منطقی از متغیرهای پیچیده است. تابع انتقال را می‌توان با بررسی‌های جبری از معادلات دیفرانسیلی که سیستم را توصیف می‌کنند، بدست آورد. توابع انتقال می‌توانند سیستم‌های با مرتبه‌ی بسیار بالای حاکم بر معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی را توصیف کنند.

با تعریف اپراتور پسر  $Z$  به صورت رابطه (۴) داریم:

$$x_{k-1} = Z^{-1} \times x_k \quad (4)$$

با اعمال این اپراتور به فرم کلی تابع انتقال (رابطه ۳) می‌توان رابطه (۵) را برای فرم جدید آن نوشت:

$$x_k = \frac{b}{(1 + az^{-1})} \times u_{k-\delta} \quad (5)$$

و متعاقب آن، فرم کلی (از درجه  $m$ ،  $n$  برای صورت و مخرج کسر تابع انتقال) به فرم رابطه (۶) قابل ارائه می‌باشد.

$$x_k = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}} \times u_{k-\delta} \quad (6)$$

هم پیوسته تشکیل شده است مجدداً مابین جریان خروجی از سلول اول به عنوان جریان ورودی سلول دوم و همچنین جریان خروجی از سلول دوم تعادل جرم نوشته شده و معادله دیفرانسیل بعدی نیز حل می‌شود. در این نوع از مدل‌سازی، هر بازه رودخانه می‌تواند از  $n$  واحد تشکیل شده باشد که احجام مربوط به هر کدام از آن‌ها با یکدیگر مساوی بوده و در نتیجه زمان ماند جریان در هر کدام نیز با بقیه مساوی می‌باشد. در نتیجه این امر، مشخصات انتقال و پراکندگی سیلاب در بازه‌های مورد مطالعه رودخانه‌ای می‌تواند مورد استخراج قرار گیرد.

$$x(t) = -\alpha \times \exp(-\alpha) \times u(t - \sigma) \quad (2)$$

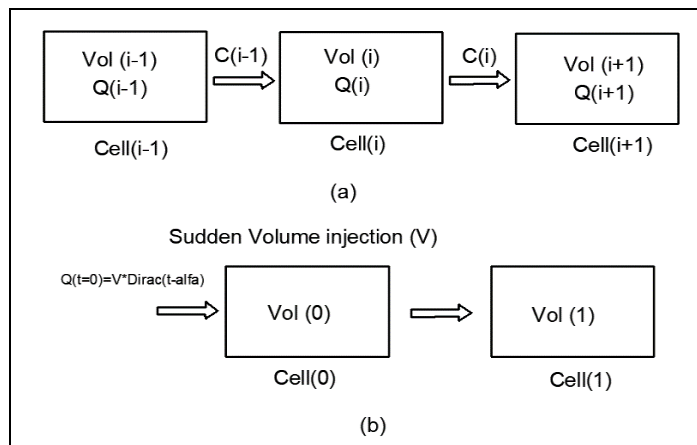
که در رابطه فوق،  $x(t)$  دبی خروجی از بازه رودخانه در زمان  $t$  و  $u(t - \sigma)$  دبی ورودی به بازه رودخانه در زمان  $(t - \sigma)$  است،  $\alpha = \frac{1}{T}$  است که پارامتر  $T$  را زمان ماند سیلاب در بازه رودخانه گویند و پارامتر  $\sigma$  را نیز پارامتر زمان انتقال گویند که مبین سرعت عمومی جریان در بازه رودخانه است.

قابل ذکر است که به دلیل اینکه همیشه در فرآیندهای انتقال و انتشار جریان در بازه‌های رودخانه‌ای، مقداری از حجم کل ( $V_i$ ) به عنوان حجم موثر عمل می‌نماید لذا به جای ( $V_i$ ) از پارامتر ( $V_e$ ) استفاده می‌گردد که تحت عنوان حجم موثر بیان می‌شود و رابطه  $\frac{1}{\alpha} = T = \frac{V_e}{Q}$  در مورد آن صادق است.

همانطوریکه قبلاً ذکر شد، به منظور پیدا کردن تعداد بازه‌های لازم در این مدل (ADZ) که در یک سیستم طبیعی از رودخانه می‌بایستی با یکدیگر ترکیب شوند تا نتیجه لازم در سیلاب خروجی از رودخانه مشاهده شود می‌بایستی از نوع دیگری از این مدل که تحت عنوان تابع انتقال<sup>۱</sup> تعریف می‌شود، استفاده نمود. تابع انتقال علاوه بر کارائی، قادر به مدل‌سازی مشخصه‌های تصادفی رخ داده در طبیعت نیز می‌باشد و استخراج توابع انتقال برای بازه‌های رودخانه‌ای می‌تواند در پیش‌بینی و کنترل سیلاب مورد استفاده قرار گیرد. روش‌های زیادی برای استخراج توابع انتقال وجود دارد ولی ساده‌ترین و کاراترین آن‌ها با این فرض به دست می‌آید که دبی ورودی در گام

رودخانه و ماهیت اتصال زیربازه‌ها و همچنین وجود و یا عدم وجود مناطق راکد در جریان بازه رودخانه‌ای دارد. قابل ذکر است که اثر مساحت زیاد مناطق ماندابی با اتصال بازه‌ها به صورت موازی قابل انعکاس می‌باشد. جزئیات مربوط به فرم سلولی مدل مورد نظر در شکل (۱) نمایش داده شده است.

$m$  و  $n$ ، اعداد صحیحی هستند که مقادیر آن‌ها به ماهیت و طبیعت فرایندهای انتقال و پراکندگی سیلاب در بازه رودخانه بر می‌گردد. پارامتر  $n$  نشانگر تعداد زیربازه‌های لازم برای مدل‌سازی فرآیند انتقال و پراکندگی سیلاب در بازه رودخانه بوده و پارامتر  $m$  نیز بستگی به غیریکنواختی‌های موجود در بازه



شکل ۱ طرح شماتیک مدل سلولی ADZ برای روندیابی سیلاب

## ۲-۱- محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی بخش‌هایی از رودخانه‌های زربینه رود و سیمینه رود بوده که جزو بزرگترین رودخانه‌های ورودی به دریاچه ارومیه می‌باشد. سه بازه رودخانه‌ای از رودخانه‌های فوق‌الذکر که دارای ایستگاه هیدرومتری بودند انتخاب گردید. این بازه‌ها به صورتی انتخاب شده‌اند که به جز اثرات رودخانه‌ای هیچ اثر دیگری در آن‌ها وجود نداشته باشد. به عنوان مثال هیچ مخزن سدی در بین بازه‌ها وجود ندارد. در شکل ۲ شمای کلی از بازه‌های انتخابی و موقعیت آن‌ها در حوضه آبریز نشان داده شده است.

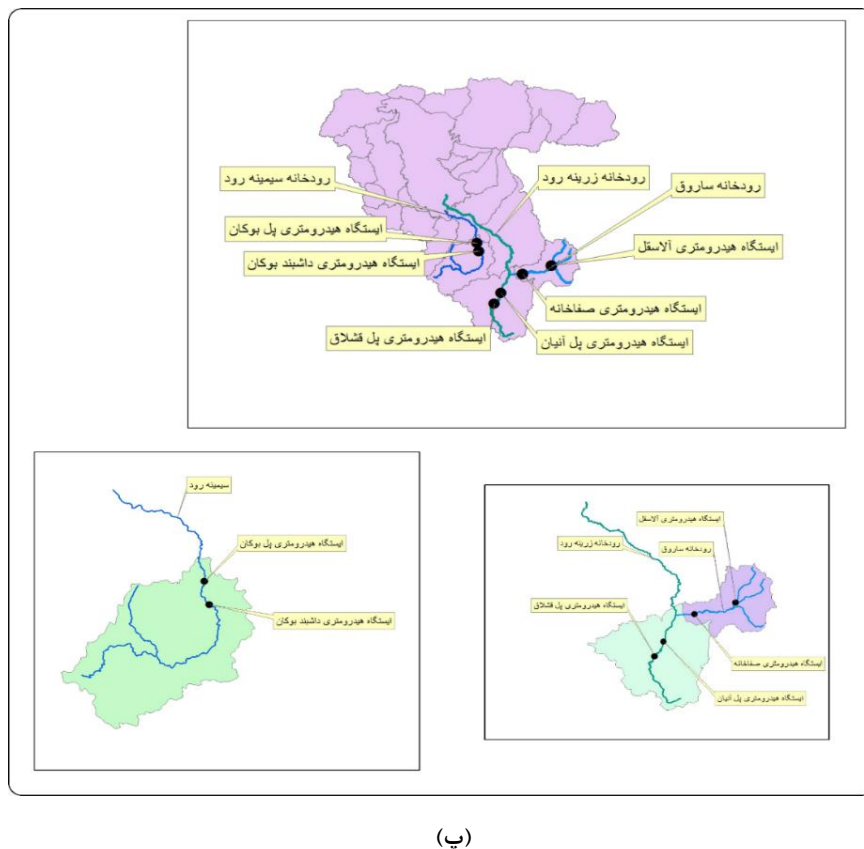
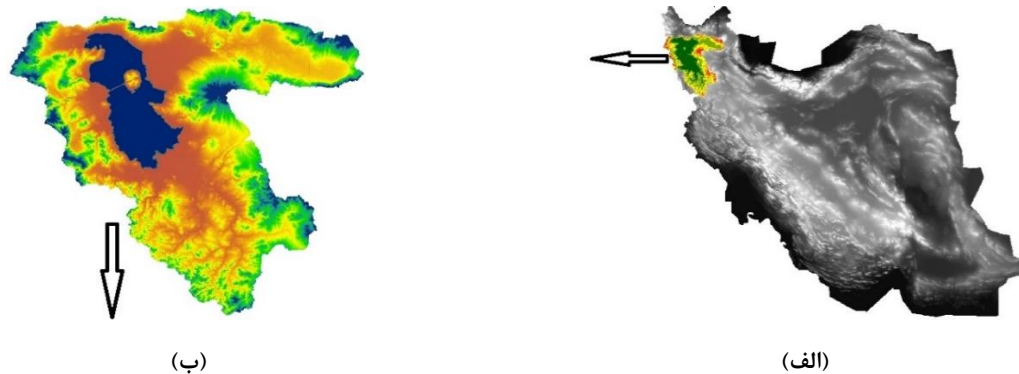
## ۲- رودخانه سیمینه رود

رودخانه سیمینه رود با طول ۲۰۰ کیلومتر از کوهستان‌های منطقه سفز، بانه و کشور عراق سرچشمه گرفته و در مسیر خود آب‌های رودخانه‌های فصلی ترجان، اسکی بغداد و کهرئز ایوبی را دریافت می‌کند. این رودخانه از غرب شهرستان بوکان و جنوب شهرستان میاندواب گذشته و در نهایت موازی با رودخانه زربینه رود به دریاچه ارومیه می‌ریزد.

برای مطالعه فرآیند روندیابی در بازه‌های رودخانه‌ای، از یک کد MATLAB به منظور شناسایی تعداد جملات صورت و مخرج ( $m, n$ ) و تاخیر زمانی مربوطه و سپس برآورد مقادیر مربوط به پارامترهای  $1..n$   $a_i =$  و  $b_j =$   $1..m$  همانطور که در معادله‌ی (۶) اشاره شده است، استفاده شده است. برنامه کامپیوتری خاص مورد استفاده در این مطالعه جعبه ابزار CAPTAIN نام دارد که در MATLAB تعبیه گردیده است (Young, 1998).

<sup>۱</sup> CAPTAIN Toolbox دسترسی به الگوریتم‌های جدید را برای جنبه‌های مختلف شناسایی، برآورد، تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی ناسازگار و پردازش سیگنال، پیش‌بینی سازگاری و طراحی سیستم کنترل اتوماتیک، که توسط بسیاری از محققان آنها در طول سال‌ها توسعه یافته است را فراهم می‌کند. جعبه ابزار CAPTAIN بسیار انعطاف پذیر بوده و دسترسی به تعدادی از الگوریتم‌های دیگر را نیز فراهم می‌کند که چون در این تحقیق مورد استفاده قرار نگرفته اند به آن‌ها اشاره‌ای نمی‌شود.

1. The Computer-Aided Program for Time Series Analysis and Identification of Noisy Systems



شکل ۲ محدوده مورد مطالعه (الف) جانمایی در کشور، (ب) جانمایی در اطراف دریاچه ارومیه و (پ) موقعیت بازه‌های رودخانه‌ای انتخابی برای استخراج توابع انتقال

### - رودخانه زربینه رود

رودخانه زربینه رود با طول بیش از ۳۰۰ کیلومتر از کوه‌های چهل چشمه و قره الیاس از توابع سرشیو شهرستان سقز در استان کردستان سرچشمه می‌گیرد. زربینه رود دارای دو شاخه اصلی به نام‌های جیغاتو و خورخوره است. در طول این مسیر چندین رودخانه فصلی از جمله خورخوره، ساروق، هولاسو، هاجه سو، محمودآباد، آجرلو

به زربینه رود ملحق می‌شوند. لیلان چای نیز به عنوان آخرین شاخه در وسط شهر میاندوآب به این رودخانه می‌ریزد. جهت کلی رودخانه از جنوب حوضه آبریز به سمت شمال است و با دریافت شاخه‌های متعدد در سد زربینه رود به هم پیوسته و رودخانه زربینه رود را تشکیل می‌دهند.

جدول ۱ موقعیت ایستگاه های هیدرومتری استفاده شده در تحقیق

ردیف	نام ایستگاه	کد ایستگاه	موقعیت جغرافیایی و هدف
۱	داشبند بوکان	۰۳۵-۳۳	در محدوده طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۰ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه در مسیر رودخانه سیمینه رود
۲	پل بوکان	۹۸۵-۳۳	طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۰۴ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه در مسیر رودخانه سیمینه رود
۳	پل قشلاق	۹۷۳-۳۳	طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۱ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۰۶ دقیقه در مسیر رودخانه جیغاتو چای
۴	پل آنیان	۰۱۵-۳۳	طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۱ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۰۶ دقیقه در مسیر رودخانه جیغاتوچای
۵	صفاخانه	۰۲۱-۳۳	طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۲ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه در مسیر رودخانه ساروق چای
۶	آلاسقل	۰۴۹-۳۳	طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۰۲ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه در مسیر رودخانه ساروق چای

## - موقعیت ایستگاه های هیدرومتری در بازه های انتخابی

داده های مورد استفاده در این پژوهش مربوط به شش ایستگاه هیدرومتری است که بر روی رودخانه های سیمینه رود و زرینه رود قرار گرفته اند و موقعیت و اهداف آن ها مطابق با جدول ۱ است.

## ۲- نتایج و بحث

در حالت کلی، نتایج این تحقیق در دو بخش تنظیم گردیده است. ابتدا درجه و تعداد پارامترهای مدل ADZ و تابع انتقال مربوط به آن و سپس مقادیر پارامترهای صورت و مخرج و همچنین پارامترهای آماری، مورد استخراج قرار گرفتند.

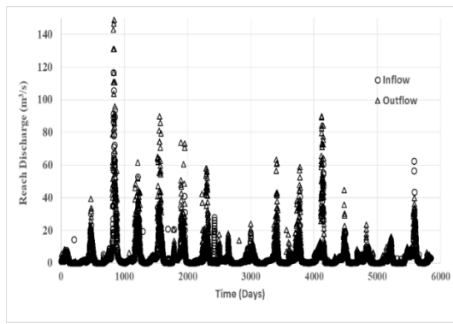
در این بخش، ابتدا اقدام به استخراج بهترین درجه توابع انتقال شده و سپس ضرایب مربوط به آن ها در بازه های مطالعاتی تعیین می گردد. دبی های اندازه گیری شده در بازه های رودخانه های مورد مطالعه به صورت روزانه بوده و در طول زمان ۱۶ ساله به صورت روزانه ترسیم گردیده اند. این گراف ها در بخش های الف تا ت شکل ۳ نمایش داده شده اند. دقت در سیلاب های مشاهداتی نشان می دهد که، فرآیندهای پرریودیک و اتفاقاتی (Stochastically) در

بازه های مطالعاتی به وضوح مشخص بوده و داده های برداشتی در ایستگاه های هیدرومتری بالادست و پائین دست، دارای تقدم و تاخر زمانی با یکدیگر هستند و مقدار این اختلاف زمانی در ادامه مشخص خواهد گردید.

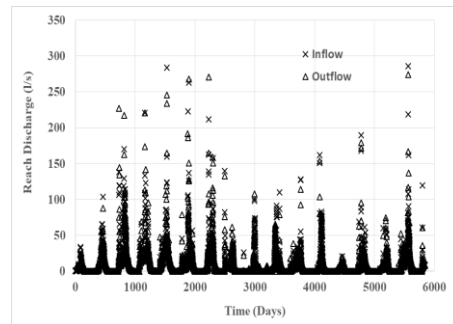
شروع داده های برداشت شده از ابتدای سال ۲۰۰۱ بوده و در دو بازه داشبند بوکان-پل بوکان و آلاسقل-صفاخانه تا سال ۲۰۱۵ ادامه دارد. ابتدا با استفاده از جعبه ابزار CAPTAIN، تحلیل انجام شد و برای هر بازه مطالعاتی به ترتیب اولویت از یک تا سه، سه تابع انتقال استخراج شد. در این تحلیل ابتدا تعداد پارامترهای صورت، تعداد پارامترهای مخرج و تعداد تاخیر در گام های زمانی مابین ورودی و خروجی مشخص گردید. علاوه بر آن، پارامترهای آماری این توزیع ها نیز استخراج شده اند. در جدول ۲، کلیات مربوط به این توابع انتقال و پارامترهای آماری مربوطه به تفصیل مورد اشاره قرار گرفته اند.

## - تخمین تابع انتقال مربوط به مدل ADZ

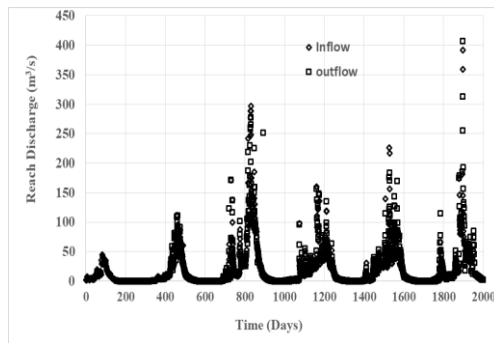
برای شناسایی پارامترهای آماری هر مدل اتفاقاتی، لازم است که مدل بر اساس ترم های اتفاقاتی بازنویسی و شناسایی شوند. امتیازهای این روش فرموله سازی مساله عبارتند از اینکه: (۱) می توان از امتیازات روش های آماری



(ب)

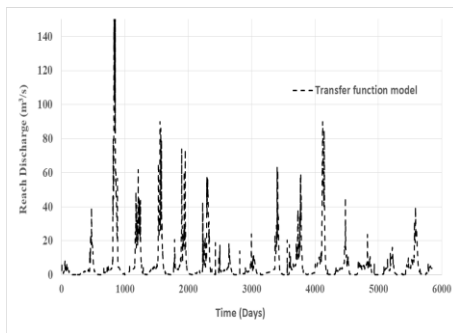


(الف)

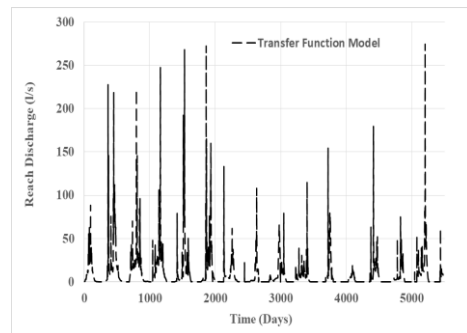


(ت)

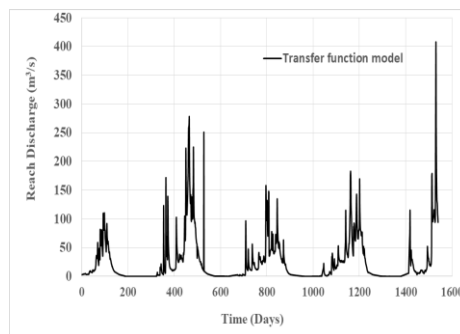
شکل ۳ (الف) دبی‌های روزانه اندازه‌گیری شده در بالادست و پائین دست بازه داشبند بوکان-پل بوکان، (ب) دبی‌های روزانه اندازه‌گیری شده در بالادست و پائین دست بازه آلاسقل-صفاخانه، (ت) دبی‌های روزانه اندازه‌گیری شده در بالادست و پائین دست بازه پل قشلاق-پل آنیان



(ب)



(الف)



(ت)

شکل ۴ (الف) تابع انتقال استخراج شده برای بازه داشبند بوکان-پل بوکان، (ب) تابع انتقال استخراج شده برای بازه آلاسقل-صفاخانه، (ت) تابع انتقال استخراج شده برای بازه پل قشلاق-پل آنیان



جدول ۲ پارامترهای توابع انتقال استخراج شده برای سه بازه مطالعاتی به ترتیب اولویت

نام بازه Reach Name	اولویت تابع انتقال	Denominator (تعداد جملات مخرج تابع انتقال)	Nominator (تعداد جملات صورت تابع انتقال)	Del (اختلاف گام‌های زمانی)	YIC	$R_t^2$	EVN
داشبند بوکان-پل بوکان	۱	۱	۱	۱	-۵/۲۴۱	۰/۸۷۹	-۱۰/۸۶
داشبند بوکان-پل بوکان	۲	۲	۲	۰	-۳/۷۸۵	۰/۸۴۲	-۸/۹۹
داشبند بوکان-پل بوکان	۳	۱	۳	۰	-۳/۶۵۶	۰/۸۱۳	-۸/۹۱
آلاسقل-صفاخانه	۱	۱	۱	۱	-۳/۹۵۴	۰/۹۰۳	-۹/۴۳
آلاسقل-صفاخانه	۲	۲	۲	۱	-۳/۷۸۵	۰/۸۷۹	-۸/۹۹
آلاسقل-صفاخانه	۳	۱	۳	۱	-۳/۶۵۶	۰/۸۷۸	-۸/۹۱
پل قشلاق-پل آنیان	۱	۱	۱	۰	-۲/۷۹۲	۰/۹۲۰	-۸/۱۳۹
پل قشلاق-پل آنیان	۲	۱	۳	۰	-۱/۷۹۴	۰/۹۲۲	-۷/۴۹۴
پل قشلاق-پل آنیان	۳	۲	۲	۰	-۱/۵۳۴	۰/۹۱۲	-۷/۶۶۷

بازه مطالعاتی در جدول (۲) و بهترین توابع انتقال بدست آمده برای هر سه بازه مطالعاتی در جدول (۳) نمایش داده شده‌اند. با استفاده از پارامترهای محاسبه شده برای بهترین برازش، مقادیر دبی‌های تئوریک برای هر سه بازه محاسبه شده و مقادیر آن‌ها مطابق با شکل (۴) می‌باشد. همانطوریکه در جدول شماره (۲) مشخص گردیده است، تعداد پارامترهای صورت و مخرج در هر سه بازه برابر یک بوده و لذا  $(m = 1, n = 1)$  بهترین نتایج را برای هر سه بازه داشته است. همچنین در این توزیع‌ها، اختلاف گام‌های زمانی مابین ورودی و خروجی برابر با یک گام زمانی بدست آمده است که در اینجا هر گام زمانی برابر با یک روز فرض شده است. در بین پارامترهای استخراج شده،  $R_t^2$  مبین دقت روش بوده و مثلاً زمانی که برابر با ۰/۸۷۹ است، به معنی این است که تابع انتقال می‌تواند با دقت ۸۷/۹ درصد داده‌های مشاهداتی را پیش‌بینی نماید. در عمل می‌توان گفت که درجه مخرج تابع انتقال نشان دهنده تعداد بازه‌ها در طول رودخانه بوده که این بازه‌ها می‌تواند به صورت سری و یا موازی قرار گرفته باشند. فهم این موضوع که این بازه‌ها سری هستند و یا موازی نیاز به تحلیل بیشتر بر روی توابع انتقال استخراج شده دارد. تحلیل‌های بیشتر به معنی تجزیه توابع انتقال به چندین تابع انتقال درجه اول است. در صورتیکه مثلاً بتوان یک تابع انتقال درجه دوم را به دو تابع انتقال درجه

آماری در زمان کالیبره نمودن مدل اتفاقاتی استفاده نمود. (۲): می‌توان از آن به عنوان ابزاری برای محاسبه عدم قطعیت موجود در پارامترهای تخمین زده شده استفاده نمود. در همین راستا مدل CAPTAIN برای نشان دادن کفایت مدل از سه ضریب استفاده می‌نماید. در اولین گام توانایی مدل در مدل‌سازی داده‌های واقعی با استفاده از ضریب تبیین ( $R_t^2$ ) سنجیده می‌شود و سپس دقت پارامترهای مدل در تخمین درست مقادیر با استفاده از پارامترهای ( $EVN^4$ ) و ( $YIC$ ) سنجیده می‌شود. پارامتر  $EVN$  به عنوان ابزاری برای محاسبه واریانس خطاهای ایجاد شده به واسطه ضرایب تابع انتقال محسوب می‌شود. پارامتر  $YIC$  نیز برای بهترین توابع اعداد منفی کوچکتری را نشان می‌دهند. قابل ذکر است که در صورت افزایش تعدد بازه‌ها (به بیش از مقداری که توسط خود داده‌های مشاهداتی نشان می‌دهند و تعداد آن‌ها با درجه مخرج نشان داده می‌شود)، مقدار این پارامتر با شدت زیادی افزایش می‌یابد. در این تحقیق، با استفاده از کد تهیه شده در MATLAB، درجات صورت و مخرج و اختلاف گام‌های زمانی در یک سری محدوده‌های اولیه برای مدل اعمال شد و سپس مدل با محاسبه پارامترهای آماری ذکر شده، اقدام به مرتب‌سازی بهترین توزیع‌ها به ترتیب اولویت از ۱ تا ۱۲ می‌نماید که سه مدل برتر برای هر سه

1. Error variance norm

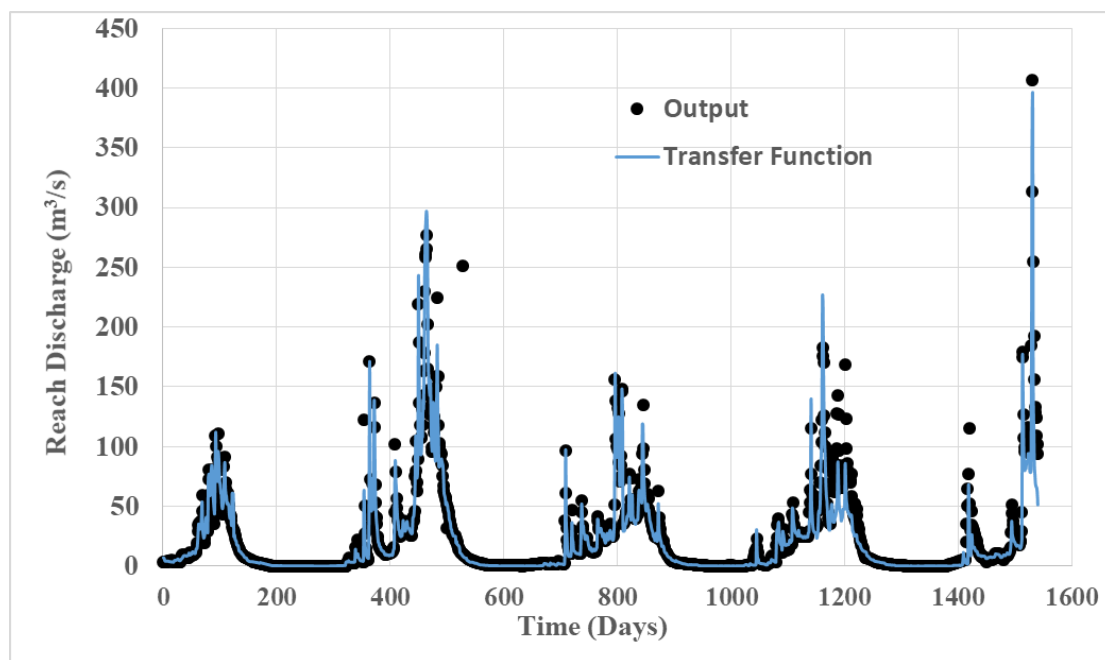
میزان دقت تابع انتقال افزایش خواهد یافت ولی تابع انتقال قابلیت کمتری برای پیش‌بینی سیلاب‌های سال‌های آتی را خواهد داشت. در شرایط اول ممکن است گاهاً ضرائب تبیین ( $R_t^2$ ) برابر با ۰/۹۹۹۹۹ نیز بدست بیاید. به دلیل استفاده کردن از داده‌های طولانی مدت برای بازه‌های مورد مطالعه، توابع انتقال استخراج شده دارای دقت پیش‌بینی بالاتری هستند. بررسی‌های به عمل آمده با استفاده از جعبه ابزار CAPTAIN مبین این نکته بود که با افزایش پارامترهایی که قدرت انتشار سیلاب در بازه رودخانه را افزایش می‌دهند، مثلاً تغییرات متوالی در مقاطع رودخانه و یا وجود عواملی مانند پوشش گیاهی متراکم و ... باعث افزایش مقادیر ضرایب تابع انتقال در صورت و مخرج خواهند گردید. همچنین افزایش در سرعت جریان عبوری از بازه‌های رودخانه نیز نتیجه مشابهی را دارد. لکن امکان برقراری رابطه قابل اطمینانی مابین تک تک ضرایب تابع انتقال و مشخصه‌های فیزیکی انتقال و انتشار سیلاب در بازه‌های رودخانه‌ای میسر نشد. در حالت کلی یکی از محدودیت‌های اصلی مدل‌های مبتنی بر داده همین موضوع است و گاهاً تفسیر آن‌ها با استفاده از پارامترهای فیزیکی متداول میسر نیست. قابلیت دیگر توابع انتقال به عنوان نوع گسسته زمانی مدل ADZ در این نکته نهفته است که مدل‌های ریاضی مبتنی بر حل معادلات دیفرانسیل دارای ضرایبی هستند که این ضرایب برای چند پالس سیلاب به صورت ترکیبی اعداد یکسانی نخواهند داشت لذا در عمل نمی‌توان به صورت بهینه استفاده نمود در صورتیکه در توابع انتقال با تغییر در تعداد و مقادیر ضرایب صورت و مخرج به سادگی هر نوع واکنش بازه رودخانه به سیلاب را محاسبه نمود. در شکل (۵) به منظور دریافت بهتری از خط منحنی مدل تابع انتقال، داده‌های خروجی مدل و داده‌های واقعی برداشتی در محل پل آنیان ترسیم گردید. همانطوریکه در شکل مشخص شده است، خط مدل دقت مطلوبی را برای پیش‌بینی از خود نشان می‌دهد.

جدول ۳ بهترین توابع انتقال استخراج شده برای بازه‌های

مطالعاتی		
ردیف	نام بازه	بهترین تابع انتقال استخراج شده
۱	داشند	$x_k = \frac{1.7 z^{-1}}{1 - 0.6637 z^{-1}} u_{k-1}$
	بوکان-پل	
	بوکان	
۲	الاسقل	$x_k = \frac{0.8265 z^{-1}}{1 - 0.4868 z^{-1}} u_{k-1}$
	صفاخانه	
۳	پل	$x_k = \frac{0.8378 z^{-1}}{1 - 0.2233 z^{-1}} u_k$
	فشلاق-	
	پل آنیان	

اول تجزیه نمود که با هم جمع و یا از هم تفریق می‌گردند. عملاً احتمال موازی بودن بازه‌ها رد می‌شود. در این پژوهش، بهترین توابع انتقال برای هر سه بازه مطابق با جدول ۳ استخراج شده‌اند و همانطوریکه قبلاً ذکر گردید هر سه تابع از درجه اول هستند که بررسی امکان موازی و یا سری بودن بازه‌ها در این صورت لزومی ندارد.

می‌توان به این موضوع نیز اشاره داشت که  $R_t^2$  مبین دقت مدل بوده ولی دو پارامتر YIC و EVN به منظور شناسایی درجه تابع انتقال مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صورتیکه در فرم کلی تابع انتقال (رابطه ۶)،  $b_m = a_n$  برقرار باشد، در این صورت می‌توان ادعا نمود که حجم سیلاب ورودی به بازه رودخانه بدون هیچگونه تغییری به پائین‌دست منتقل شده است. در بازه‌های مورد مطالعه، این تساوی برقرار نبوده و لذا می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در مسیر انتقال حجم سیلاب به پائین‌دست، قطعاً مسیل‌های دیگری نیز به این بازه‌ها اضافه می‌گردند. دقت در نقشه آبراهه‌های محدوده‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که این فرض صحیح است. قابل ذکر هست که هرچقدر تعداد پالس‌های سیلاب ورودی به بازه رودخانه کمتر باشد، یعنی به جای استفاده کردن از ۱۶ سال داده سیلاب در یک بازه رودخانه، از یک و یا دو پالس سیلاب ایجاد شده در طول مثلاً یک سال استفاده شود، به همان



شکل ۵ داده‌های دبی برداشتی و منحنی بدست آمده از سوی مدل تابع انتقال برای بازه پل قشلاق-پل آنیان

### ۳- نتیجه‌گیری کلی

مدل‌های مبتنی بر داده، به نسبت مدل‌های فیزیکی موجود از قابلیت‌های بهتری به منظور پیش‌بینی برخوردار هستند. مهمترین اصل در مورد کارکرد این مدل‌ها استخراج اولیه آن‌ها با استفاده از سری داده‌ها می‌باشد و به همین دلیل در مواقعی که داده‌های اندازه‌گیری شده وجود نداشته باشند، این مدل‌ها از کارایی مناسبی برخوردار نیستند. ولی در مواقعی که داده‌ها در دسترس هستند، مدل‌های مبتنی بر داده، هم از دیدگاه زمانی و هم از دیدگاه دقت، از کارایی بهتری برخوردار هستند. در این تحقیق توانایی مناسب مدل ADZ و نوع گسسته زمانی آن (تابع انتقال) و همچنین جعبه ابزار CAPTAIN در سه بازه مورد تحقیق به اثبات رسید. قابل ذکر است که در این سه بازه از داده‌های طولانی مدت استفاده شد و این داده‌ها حالت کاملاً تصادفی و نامنظم داشتند. توابع انتقال استخراج شده کارایی پیش‌بینی‌های بعدی را نیز دارا هستند. همچنین برخلاف دشواری موجود در بعضی از مدل‌های هیدرولوژیکی، این مدل قابلیت تحلیل جریان‌های متغیر مکانی در بازه‌های رودخانه‌ای با تغییر

ضرایب صورت و مخرج را نیز با سهولت بیشتری دارد. یکی از نکات بسیار مهم در خصوص مدل‌های مبتنی بر داده این است که برخلاف سایر روش‌ها، به جای ضرایبی که نشان دهنده پارامترهای پراکندگی در جهت حرکت سیلاب می‌باشند، از پارامترهایی به نام زمان ماند و حجم موثر بازه رودخانه برای تحلیل میزان پراکندگی هیدروگراف‌های سیلاب استفاده می‌نمایند. این پارامترها در حالت فیزیکی به مثابه وجود مناطقی تحت عنوان مناطق ماندابی در مسیر جریان و ذخیره موقت مقداری از سیلاب در آن‌ها و آزادسازی تدریجی حجمی از سیلاب است. پارامتر زمان ماند به طور مستقیم با عدم یکنواختی‌های موجود در مقاطع و بستر رودخانه‌ها در ارتباط مستقیم می‌باشد و با افزایش آن‌ها میزان پراکندگی هیدروگراف سیلاب افزایش می‌یابد. مدل تابع انتقال به می‌تواند با استفاده از تابع انتقال نمایش داده شود و شرایط پراکندگی هیدروگراف‌ها می‌تواند با استفاده از تابع انتقال نمایش داده شده و تعداد پارامترهای صورت و مخرج تابع انتقال، مبین تعداد سلول‌های سری و موازی است. البته شایان ذکر است که این مدل تنها به این دلیل که وجود مناطق جریان راکد با

Hameed, T., Mariño, M. A., and Shumway, R. H. (1995). Evapotranspiration transfer-function-noise modeling. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 121(2): 159-169.

Novotny, V., and Zheng, S. (1989). Rainfall-runoff transfer function by ARMA modeling. *Journal of Hydraulic Engineering*, 115(10): 1386-1400.

Quílez, D., Aragués, R., & Tanji, K. K. (1992). Salinity of rivers: Transfer function-noise approach. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 118(3): 343-359.

Jury, W. A., Sposito, G., & White, R. E. (1986). A transfer function model of solute transport through soil: 1. Fundamental concepts. *Water Resources Research*, 22(2): 243-247.

Lees M. J., Camacho, L. A., and Chapra, S. (2000). On the relationship of transient storage and aggregated dead zone models of longitudinal solute transport in streams, *Water Resources Research*, 36(1): 213-224.

Smith, P., Beven, K., Tawn, J., Blazkova, S., Merta, L. (2006). Discharge-dependent pollutant dispersion in rivers: Estimation of aggregated dead zone parameters with surrogate data, *Water Resources Research*, 42, W04412.

Wallis, S. (2007). On the Numerical Solution of the ADZ Model. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, E-7 (401), 263-269.

Young, P.C. (1984). *Recursive estimation and time series analysis: An introduction*, Springer, Berlin

Young, P. and Walis, S. (1985). *Recursive Estimation: A Unified Approach to the Identification, Estimation, and Forecasting of Hydrological Systems*, Applied Mathematics and Computation, 17: 299-334.

Young, P.C., and S.G. Wallis. (1993). Solute transport and dispersion in channels", in *Channel Network Hydrology*, edited by K. Beven and M. J. Kirby, 129-173, John Wiley, Chi Chester, England.

Young, P., Parkinson, S. and Lees, M. (1996). Simplicity Out of Complexity: Occam's Razor Revisited, *Journal Of Applied Statistics*, 23: 165-210.

Young, P.C., Jakeman, A.J. and Post, D.A. (1997). Recent advances in the data-based modelling and analysis of hydrological systems. *Water Science and Technology*, 36: 99-116.

قابلیت ذخیره حجمی از سیلاب در شرایط طبیعی رودخانه‌ها قابل مشاهده می باشد جذاب نیست، بلکه نکته اصلی، کارایی آن در مدل‌سازی سیلاب و قابلیت آن در پیش‌بینی بلند مدت است که آن را کاربردی و جذاب نموده است.

#### ۴- فهرست علائم

$Y_t$	ترم خروجی بازه در زمان $t$
$X_t$	ترم ورودی بازه در زمان $t$
$F(X_t)$	تابع انتقال
$N_i$	ترم نویز در مدل تابع انتقال
$x(t)$	دبی خروجی در زمان $t$
$u(t - \sigma)$	دبی ورودی در زمان $t - \sigma$
$\sigma$	پارامتر زمان انتقال
$T$	پارامتر زمان ماند سیلاب
$V_i$	حجم کل بازه رودخانه
$V_e$	حجم موثر بازه رودخانه
$x_k$	مقدار متغیر در $k$ امین گام زمانی
$\delta$	نزدیک‌ترین عدد صحیح به کسر $\frac{T}{T_s}$
$T_s$	گام زمانی گسسته‌سازی
$z$	اپراتور پسر

#### ۵- منابع

Chabokpour, J. (2019). Application of the model of hybrid cells in series in the pollution transport through the layered material. *Pollution*. 5(3): 473-486.

Ghosh, N. C., Mishra, G. C., and Ojha, C. S. P. (2004). A hybrid-cells in-series model for solute transport in a river. *J. Environ. Eng.*, 13010: 1198-1209.

Ghosh, N. C., Mishra, G. C., and Kumarasamy, M. (2008). Hybrid-Cells-in-Series Model for Solute Transport in Streams and Relation of Its Parameters with Bulk Flow Characteristics. *J. Hyd. Engng.*, 134: 497-502.

Guinot, V., Savéan, M., Jourde, H., and Neppel, L. (2015). Conceptual rainfall-runoff model with a two-parameter, infinite characteristic time transfer function. *Hydrological Processes*, 29(22): 4756-4778.

Young, P.C. (1998). Data-based mechanistic modelling of environmental, ecological, economic and engineering systems, *Environmental modeling and software*, 13(2): 105–122.

Young, P.C. Pedregal D.J. and Tych, W. (1999). Dynamic Harmonic Regression, *Journal of Forecasting*, 18: 369-394.

Young, P.C., Price, L.E., Berckmans, D. and Janssens, K. (2000). Recent developments in the modelling of imperfectly mixed airspaces, *Computers and Electronics in Agriculture*, 26(3): 239-254.

## Evaluation of the transfer function method in the flood routing of the river reaches

Jafar Chabokpour<sup>1\*</sup> and Mohammad Zabihi<sup>2</sup>

1- Assistant professor of Civil Engineering department, Faculty of Engineering, University of Maragheh

2- M.Sc. Student of Water Resources management, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Maragheh

\*j.chabokpour@maragheh.ac.ir

### Abstract

Application of simple and accurate routing models in the flood warning systems increases their capabilities. In the present study, it is attempted to fulfil the flood routing using ADZ model with its discrete time form, named transfer function in the three river reaches which are located between six hydrometric stations along the ZARINE and SIMINEH streams. In the reach routing, daily discharges during 15 years (2001-2015) have been employed. Firstly, the numbers of the numerator and denominator terms have been obtained. These parameters are giving the numbers of the subzones in every river reaches and also the conditions of the connections (series or parallel). The results revealed that only one sub reach for every river. Due to this fact, no more analysis of the connection conditions has been done. After that, the values of the transfer function coefficients have been derived using micro CAPTAIN toolbox. The statistical parameters of the mentioned toolbox as ((YIC), (Rt2), and (EVN) for the reaches of the DASHBAND BOUKAN-BOUKAN bridge, ALASAGGAL-SAFAKHANEH, and GESHLAGH bridge- ANIAN bridge have been determined as triple sets of (-5.241, 0.879, -10.86), (-3.954, 0.903, -9.43), and (-2.792, 0.920, -8.139), respectively. The outcomes exhibited a right corresponding between the theoretical graphs, obtained with the transfer function, and observed discharges. The transfer function method is more straightforward rather than the other accurate available methods of flood routing like fully Saint-Venant equations. Therefore, it can be used as an efficient method in the flood routing in the river reaches.

**Keywords:** Transfer function, Flood routing, River reach, CAPTAIN toolbox.