مقایسه روند یابی سیل با دو روش ماسکینگام و ماسکینگام-کانژ در بخشی از رودخانه لیقوان

حمیدرضا مرادی*، مهدی وفاخواه و علی اکبری باویل[۱]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۲۴)

چکیده

روندیابی جریان به عنوان یک فرایند ریاضی برای پیش بینی تغییرات بزرگی، سرعت و شکل موج سیل به صورت تابعی از زمان در یک یا چند نقطه در طول آبراهه، کانال یا مخزن می‌باشد. برای انجام روندیابی سیل از دو روش هیدرولیکی و هیدرولوژیکی استفاده می‌شود. روش هیدرولوژیکی گرچه دقت روش هیدرولیکی را ندارد ولی بسیار ساده‌تر از آن بوده و در طراحی سازه‌ها و کنترل سیل با اطمینان قابل قبولی به کار می‌رود. تحقیق حاضر در بازه‌ای از رودخانه لیقوان (حد فاصل ایستگاه‌های هیدرومتری لیقوان و هروی) در استان آذربایجان شرقی به طول ۱۲ کیلومتر انجام گرفت. در این تحقیق با استفاده از اطلاعات ثبت شده در ایستگاه‌های لیقوان و هروی، دبی سیل برای دوره‌های بازگشت ۲، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و۱۰۰ ساله محاسبه شد. سپس روندیابی هر یک از دبی‌های سیل‌ها با دوره‌های بازگشت مختلف با دو روش ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ انجام گرفت. نتایج نشان داد که دبی‌های روندیابی شده با این دو روش با مقادیر دبی مربوط به آن دوره باز گشت در ایستگاه هروی (ایستگاه پایین دست) دارای اختلاف زیادی می‌باشد. دلایل به وجود آورنده این اختلاف، می‌تواند متعدد باشد که از آن جمله می‌توان به کوهستانی بودن منطقه و وجود شاخه فرعی در بین دو ایستگاه اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی: روندیابی سیل، ماسکینگام، ماسکینگام-کانژ

مقدمه

روندیابی جریان در یک رودخانه به عنوان یک فرایند ریاضی برای پیش‌بینی تغییرات بزرگی، سرعت و شکل موج سیل به صورت تابعی از زمان در یک یا چند نقطه در طول آبراهه ، کانال یا مخزن در نظر گرفته شده است. اگر جریان مربوطه سیلابی باشد به آن روندیابی سیل گفته می‌شود (۱۳). روش‌های زیادی برای پیش بینی خصوصیات شکل موج سیل برای مشخص نمودن اقدامات ضروری برای حفاظت از افراد و دارایی‌ها در مواقع سیل گرفتگی و بهبود انتقال آب از آبراهه‌های طبیعی یا دست ساخت ارائه شده‌اند. در قرن ۱۹ تحقیقات زیادی برای استفاده از تکنیک‌های ریاضی در روندیابی سیل انجام شد به طوری که در سال ۱۸۷۱، ساینت - وانات، تئوری اساسی جریان غیرماندگار یک بعدی را فرموله کردند. با توجه به پیچیدگی حل این معادله، روش‌های ساده شده برای روندیابی به سرعت توسعه یافتند (۱۵).

روند سیل به طریق هیدرولیکی و هیدرولوژیکی قابل مطالعه می‌باشد. اگر جریان آب فقط به صورت تابعی از زمان در محلی مشخص روندیابی گردد، روندیابی هیدرولوژیکی و یا

۱. به ترتیب استادیار، مربی و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: morady5hr@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.29.8]

سیستم روندیابی متمرکز نامیده می‌شود. موارد استفاده در این روش معادله پیوستگی جریان، هیدروگراف‌های طبیعی و واحد، دبی و سطح تراز سیلاب حداکثر می‌باشد. اگر روندیابی جریان به صورت تابعی از زمان و مکان در طول سیستم مد نظر باشد این روش به نام روندیابی هیدرولیکی یا سیستم روندیابی توزیعی شناخته شده است. در این روش از معادله پیوستگی جریان و معادله حرکت استفاده شده و اساس آن بر تئوری جریان‌های غیر دائمی استوار است (۶ و ۱۲). گرچه استفاده از روش هیدرولوژیکی دقت روش هیدرولیکی را ندارد ولی بسیار ساده تر از آن انجام می‌شود و در طراحی سازه‌ها و کنترل سیل با اطمینان قابل قبولی به کار می‌رود (۱ و ۵).

باری و باجراچاریا (۱۰) نشان دادند با این که فاکتورهای وزنی X و زمانی K ، در روندیابی ماسکینگام- کانژ بدون توجه به شرایط مرزی محاسبه می‌شود، اما این روش در مقایسه با روش انتشاری از دقت خوبی برای تخمین داده‌ها برخوردار می‌باشد. ویکتور و همکاران (۱۷) مدل ماسکینگام- کانژ را که بر پایه موج سینماتیک استوار است با یک مدل موج دینامیکی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که این مدل از صحت و دقت مناسب برخوردار است.

عبدالشاه نژاد (۳) به مطالعه روش‌های مختلف روندیابی هیدرولیکی و هیدرولوژیکی سیلاب در بخشی از رودخانه کارون پرداخت. در این تحقیق مدل‌های ماسکینگام، ماسکینگام- کانژ، آت- کین، کانوکس و مدل هیدرودینامیک Mike11 مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت مدل کانوکس به عنوان بهترین مدل پیشنهاد شد.

دهقانی (۲) به ارزیابی کارایی روش‌های روندیابی در رودخانه زهره پرداخت. نتایج تحقیقات وی نشان داد که مدل‌های روندیابی ماسکینگام، ماسکینگام- کانژ و آت-کین به ترتیب دارای اولویت می‌باشند و در بین روش‌های انتخاب ضرایب مدل، روش گرافیکی از دقت بالایی برخوردار است.

در دهه‌های اخیر افزایش جمعیت در حاشیه رودخانه‌ها باعث افزایش خسارات سیل شده است (۴، ۷ و ۸). با توجه به رشد جمعیت و مهاجرپذیر بودن منطقه لیقوان و نیز بالا بودن تلفات جانی سیلاب‌ها در حوضه‌های کوچک در مقایسه با رودهای بزرگ، پهنه‌بندی سیل برای مدیریت صحیح و کنترل ساخت و ساز در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. جهت تعیین پهنه سیل، آگاهی از تغییر ارتفاع سیل در طول رودخانه لازم می‌باشد (۵). با توجه به اهمیت روندیابی و وجود ایستگاه‌های هیدرومتری در بالادست و پایین دست حوزه لیقوان، در این تحقیق از دو روش معمول روندیابی سیل ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ در مواقعی که بحث شکست سد، شیب خیلی کم و آثار برگشت آب مطرح نمی‌باشد استفاده شده و پهنه‌های این دو روش با هم مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

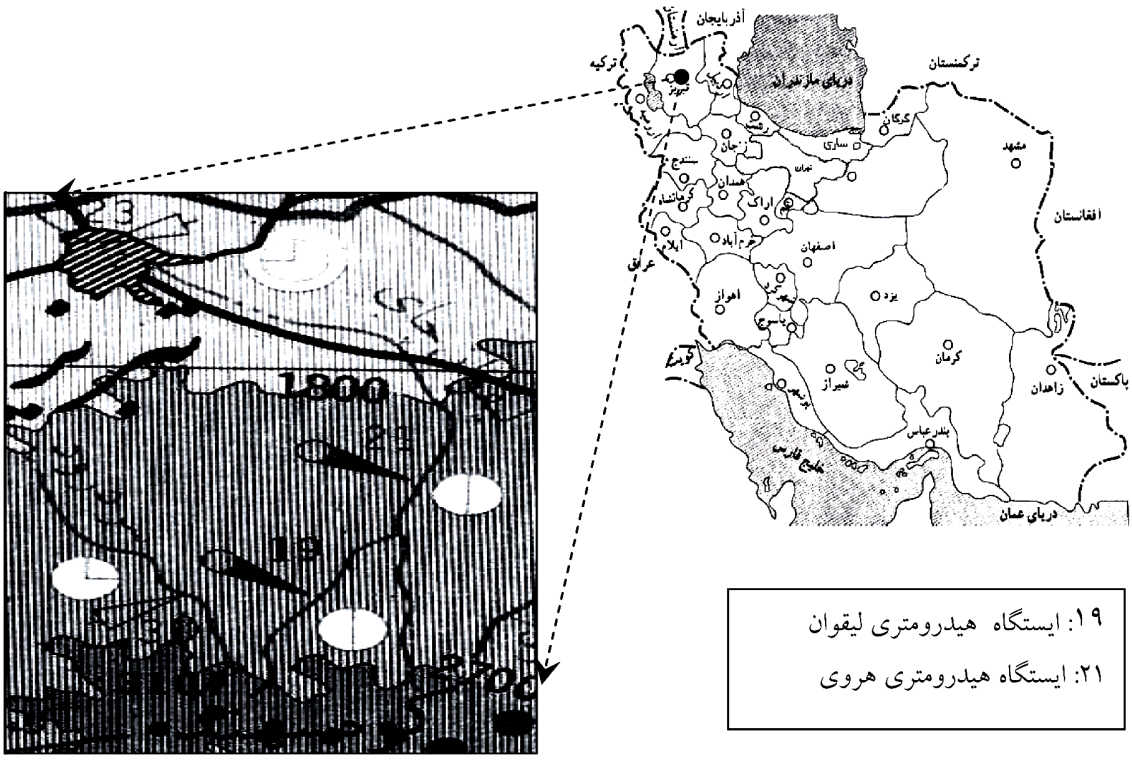
منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، زیر حوزه تلخه رود در جنوب شرقی تبریز و بین طول‌های جغرافیایی ´۲۰ °۴۶ تا ´۳۵ °۴۶ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´۵۰ °۳۷ تا ´۵۵ °۳۷ شمالی واقع شده است. این منطقه از بالادست به روستای لیقوان و از پایین دست به روستای هروی ختم می‌شود. وسعت منطقه ۲۷/۶۹ کیلومتر مربع بوده و بلندترین نقطه ارتفاعی آن ۲۴۸۹ متر در جنوب غرب منطقه و کمترین نقطه ارتفاعی آن ۱۹۲۰ متر در ایستگاه خروجی (هروی) است. بازه انتخاب شده بخشی از رودخانه لیقوان می‌باشد که بین دو ایستگاه هیدرومتری لیقوان و هروی قرار گرفته است (شکل ۱). طول بازه مورد مطالعه ۱۲ کیلومتر بوده که ۹۹ مقطع عرضی در آن برداشت شده است. در این تحقیق از آمار دبی ۲۸ ساله (۱۳۸۲-۱۳۵۴) ایستگاه‌های بالا و برای روندیابی سیل از دو روش ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ استفاده شده و نرم افزار HEC RAS در شرایط رژیم مختلط (Mixed) اجرا شد. با توجه به عدم همسانی سیل‌ها با دوره‌های باز گشت مختلف در ایستگاه‌های بالادست و پایین دست، میزان جریان‌های فرعی بر اساس روابط تجربی (کریگر) و نسبت مساحت‌ها محاسبه گردید.

تخمین سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف

آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.29.8]



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

لیقوان و هروی برای مدت ۲۸ سال جمع آوری شده و پس از تعیین دوره آماری مشترک و کنترل داده‌ها، آزمون همگنی به روش ران تست انجام گرفت. داده‌های ناقص (۲ سال) با استفاده از معادله رگرسیونی که به وسیله نرم افزار SPSS به دست آمده بازسازی گردید. برای به دست آوردن دبی مربوط به دوره‌های بازگشت مختلف، از نرم افزار Hyfa استفاده شد. پس از وارد کردن داده‌ها به این نرم افزار و اجرای آن، بهترین توزیع با توجه به میزان مربع کای، میانگین مربع انحراف نسبی و میانگین انحراف نسبی تعیین گردید و دبی‌های مربوط به آن توزیع برای هر دوره باز گشت استخراج شد. هیدرو گراف سیل برای هر دبی اوج بعد از کسر دبی پایه از روش ماکوس (Mockous) به دست آمد (۵).

تعیین ضریب زبری بستر

برای تعیین ضریب زبری مانینگ از روش کوان (Cowan) و جدول چاو (Chow) استفاده شد. در این روش مقادیر ضریب زبری در کانال اصلی و سیلاب دشت‌ها از بررسی شش عامل: مواد بستر، درجه ناهمواری در سطح بستر کانال، تغییرات در سطح بستر کانال، تأثیر نسبی موانع، پوشش گیاهی و درجه پیچان رود بودن کانال، تعیین می‌شود (۶، ۹ و ۱۳).

روندیابی سیل با روش ماسکینگام

روش ماسکینگام (Muskingum) طی مطالعات کنترل سیل که توسط مک کارتی (McCarthy) بر روی رودخانه ماسکینگام در ایالت اوهایو انجام شد ارائه گردید. در این روش فرض می‌شود که ذخیره، تابع خطی از دبی است. البته حجم ذخیره منحصراً به وسیله دبی خروجی محاسبه نمی‌شود. چنانچه دبی‌های ورودی و خروجی در محدوده خاص مورد مطالعه به ترتیب تابع عمق بالا دست و پایین دست باشند، ذخیره کل بستگی به هردو دبی ورودی و خروجی خواهد داشت (۴ و ۱۶). در روش ماسکینگام معادله ذخیره به صورت معادله ۱ بیان می‌شود: که در آن:

$$S = KQ + KX(I - Q) \Longrightarrow S = K[XI + (1 - X)Q] \qquad [1]$$

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.29.8]

S = ذخیره رودخانه

I = دبی ورودی

Q = دبی خروجی

K = ضریب تناسب یا ثابت ذخیره می‌باشد که دارای بعد زمان بوده و معادل زمان انتقال موج است.

X = عامل وزنی است که اثر مقدارنسبی دبی ورودی و خروجی را به صورت بی بعد بیان می کند و حدود آن 5>X>0 است.

ذخیره کل از دو قسمت ذخیره منشوری (Prism storage) که تنها تابع دبی خروجی می باشد و ذخیره گوه‌ای یا تیغه‌ای (Wedge storage) که به تفاضل دبی‌های ورودی و خروجی بستگی دارد تشکیل می‌گردد. در معادله ۱ ذخیره منشوری KQ و ذخیره تیغه‌ای Q(1-X) بوده که در شکل ۲ نمایش داده شده است (۶، ۱۰ و ۱۴).

همان گونه که ملاحظه می‌شود وقتی دبی‌های ورودی و خروجی برابر باشند (X=0)، تنها ذخیره منشوری وجود دارد و در صورتی که شدت جریان ورودی از خروجی بیشتر باشد، ذخیره گوه‌ای مثبت و چنانچه جریان ورودی از جریان خروجی کمتر باشد ذخیره گوه‌ای منفی به وجود می‌آید. با توجه به قانون پیوستگی داریم:

$$\frac{dS}{dt} = I - Q \Rightarrow \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{I_j + I_{j+1}}{2} - \frac{Q_j + Q_{j+1}}{2} = \frac{S_{j+1} - S_j}{2} \qquad [2]$$

با توجه به رابطه ۲ و محاسبه ذخیره در فاصله زمانی t و $t + \Delta t$ معادله ماسکینگام به صورت رابطه ۳ در می‌آید (۱۲).

$$Q_{j+1} = C_1 I_{j+1} + C_2 I_j + C_3 Q_j \qquad [3]$$

در معادله بالا j اندیس زمانی است و مابقی پارامترها قبلاً ارائه گردید. در این تحقیق با توجه به شرایط منطقه، سه هیدرو گراف سیل انتخاب شد که در آنها حجم سیلاب در بالادست و پایین دست تقریباً ثابت بود و دبی قابل اندازه‌گیری از رودخانه برداشت نمی‌شد و یا به آن وارد نمی‌گشت. بر اساس روش ترسیمی و مشتق گیری (معادله‌های ۴ و ۵) مقدار ضریب K و X برای رودخانه لیقوان بدست آمد. در مواقعی که مقادیر جریان ورودی و خروجی برای رودخانه مشخص باشد، از روش ترسیمی برای تعیین K و X استفاده می‌شود (۵ و ۱۲).

$$K = \frac{0.5\Delta t\left[\left(I_{j+1} + I_j\right) - \left(Q_{j+1} + Q_j\right)\right]}{X\left(I_{j+1} - I_j\right) + \left(1 - X\right)\left(Q_{j+1} - Q_j\right)} \qquad [4]$$

مقدار X با محاسبه مشتق معادله ماسکینگام در نقطه تلاقی هیدروگراف‌های ورودی و خروجی و معادل صفر قرار دادن عبارت dS/dt به دست می‌آید (۵ و ۱۴):

$$X\left(\frac{dI}{dt}\right)_c = -(1-X)\left(\frac{dQ}{dt}\right)_c \qquad [5]$$

که C محل تلاقی هیدروگراف‌های ورودی و خروجی است. مقادیر $\left(\frac{dI}{dt}\right)_c$ و $\left(\frac{dQ}{dt}\right)_c$ از شیب خط مماس بر هیدروگراف‌های ورودی و خروجی به دست می‌آید (۴).

روندیابی به روش ماسکینگام- کانژ

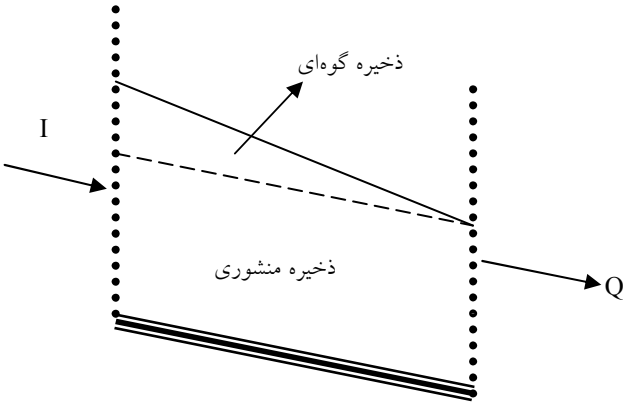
کانژ (Cunge) برای اولین بار در سال ۱۹۶۹ تشابه بین معادله انتقالی ماسکینگام و معادله انتقال پخشی را بیان کرد. او معادله (رابطه۶) را به صورت تقریبی و مقایسه ای از معادله موج سینماتیک با جایگزینی اختلاف محدود استاندارد برای $\partial Q/\partial t$ و $\partial Q/\partial x$ با استفاده از الگوی جعبه‌ای و انتخاب فاکتورهای وزن مکانی X و فاکتور وزن زمانی معادل ۰/۵ و در نهایت با مقایسه پخش عددی و پخش فیزیکی به دست آورد. سپس تلاش‌های زیادی توسط افراد مختلف برای تکمیل و بهبود آن صورت گرفت (۱۰).

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \qquad [6]$$

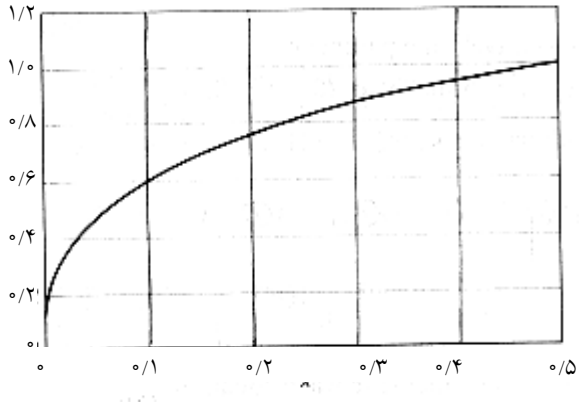
از تفاوت‌های این روش با روش ماسکینگام می توان به تغییر اساس روش ماسکینگام با تعیین پارامترهای آن به طریق خاص توسط کانژ و همکاران بر اساس پخشی و امکان در نظر گرفتن جریان‌های جانبی اشاره نمود. از سوی دیگر با توجه به تعیین پارامترها از طریق داده‌های هیدرولیکی و قابل اندازه‌گیری در رودخانه، این روش به سادگی می‌تواند برای رودخانه‌های فاقد دبی اندازه‌گیری شده مورد استفاده قرار گیرد. در این روش، معادله ماسکینگام در یک شبکه منعکس می‌شود که محل تلاقی در این شبکه دبی خروجی از رودخانه در زمان جزئی Δt و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.29.8]

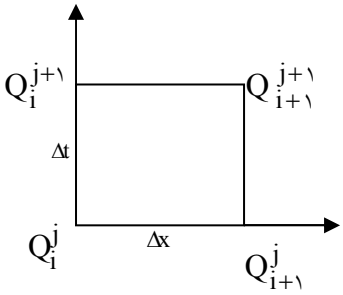


شکل ۲. انواع ذخیره در موقع حرکت موج سیل



شکل ۳. منحنی تعیین مقدار $\Delta x/c_k\Delta t$ در روش ماسکینگام-کانژ

مکانی Δx را نشان می‌دهد. i اندیس نقاط مکانی و j اندیس نقاط زمانی و خط مکان موازی محور x و خط زمان موازی yها است (۱۰ و ۱۵).



لازم به ذکر است که روش ماسکینگام کانژ برای روند یابی توزیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. معادلاتی کهدر این روش استفاده می‌شود در روابط ۷ تا ۱۳ ارائه شده است .

$$Q_{i+1}^{j+1} = C_1 Q_i^{j+1} + C_2 Q_i^j + C_3 Q_{i+1}^j \qquad [7]$$

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X)+\Delta t} \qquad [8]$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X)+\Delta t} \qquad [9]$$

$$C_3 = \frac{2K(1-X)-\Delta t}{2K(1-X)+\Delta t} \qquad [10]$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1 \qquad [11]$$

$$X = \frac{1}{2} - \frac{Q}{2Bc_k S_o \Delta x} \qquad [12]$$

$$K = \frac{\Delta x}{c_K} \qquad [13]$$

مؤلفه‌های به کار گرفته شده در این معادلات به شرح زیر می‌باشند:

B= عرض سطح آب

S_o = شیب کانال

c_K = سرعت موج هماهنگ با Q و B

Δx و Δt = به ترتیب گام مکانی و زمانی روندیابی

در روش ماسکینگام- کانژ بعد از تعیین Δx که گام مکانی یا همان طول بازه است، برای تعیین Δt از نموداری که توسط کانژ ارائه شده استفاده می شود (شکل ۳). از روی شکل بر اساس مقدار Δx، مقدار $\frac{\Delta X}{c_K \Delta t}$ مشخص می‌شود و با در نظر گرفتن آن که عدد خوانده شده روی محور باید حد نهایی برای کسر $\frac{\Delta X}{c_K \Delta t}$ باشد مقدار Δt تعیین می‌شود. در این تحقیق برای محاسبه c_k از $\frac{3}{4}$ سرعت دبی اوج و در طول بازه با در نظر گرفتن شرایط رودخانه و نمودار ارائه شده توسط کانژ ۱۰ مقطع برای روندیابی استفاده شده است (۱۱، ۱۵ و۱۶).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از برازش داده‌ها با نرم افزار Hyfa، نشان داد که توزیع لوگ نرمال سه پارامتری با روش حداکثر درست نمایی (Maximum likelihood) به عنوان بهترین توزیع برای برآورد حداکثر دبی لحظه‌ای در حوزه می‌باشد. نتایج مربوط به بر آورد حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه‌های لیقوان و هروی با دوره‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.29.8]

جدول ۱. دبی اوج محاسبه شده به ازای دوره‌های بازگشت مختلف بر حسب متر مکعب در ثانیه

دوره بازگشت (سال)	۲	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
ایستگاه لیقوان	۶/۰۸۷	۱۰/۹۹۴	۱۳/۰۹۵	۱۵/۹۸۷	۱۸/۲۸۸
ایستگاه هروی	۸/۵۶	۲۶/۰۸	۳۶/۷۷	۵۴/۵۴	۷۱/۱۹

جدول ۲. هیدروگراف‌های مربوط به دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه لیقوان بر حسب متر مکعب در ثانیه

زمان (ساعت)	هیدروگراف با دوره بازگشت ۲ سال	هیدروگراف با دوره بازگشت ۱۰ سال	هیدروگراف با دوره بازگشت ۲۰ سال	هیدروگراف با دوره بازگشت ۵۰ سال	هیدروگراف با دوره بازگشت ۱۰۰ سال
۰	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷
۱	۳/۲۲	۵/۵۲	۶/۵۱	۷/۸۷	۸/۹۵
۲	۶/۰۸۷	۱۰/۹۹	۱۳/۱	۱۵/۹۹	۱۸/۲۹
۳	۴/۳۵	۷/۶۹	۹/۱۲	۱۱/۰۸	۱۲/۶۵
۴	۲/۱۹	۳/۵۶	۴/۱۵	۴/۹۶	۵/۶
۵	۱/۳۶	۱/۹۸	۲/۲۵	۲/۶۲	۲/۹
۶	۰/۹۷	۱/۲۴	۱/۳۵	۱/۵۱	۱/۶۴
۷	۰/۸۱	۰/۹۳	۰/۹۸	۱/۰۵	۱/۱۱
۸	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۸۴	۰/۸۶
۹	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۶

جدول ۳. نتایج مقایسه رقوم تراز سطح آب روش‌های روندیابی ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ با آزمون t جفتی

دوره بازگشت (سال)	۲	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
درجه آزادی	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
T محاسباتی	۰	-۱/۶۸۲	-۱/۲۲۸	-۱/۴۲۲	۱/۱۳۶
P	۱	۰/۰۹۶	۰/۲۲۲	۰/۱۵۸	۰/۲۵۹

باز گشت مختلف در جدول ۱ ارائه شده است.

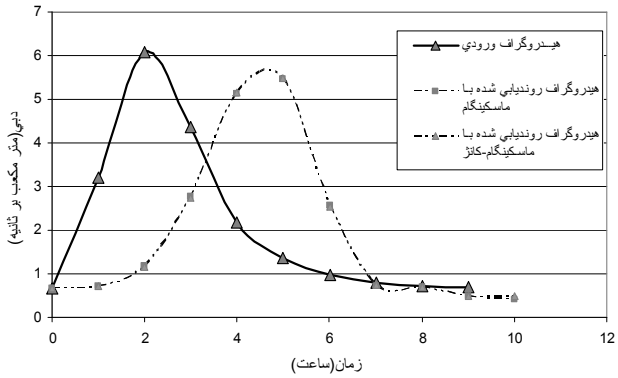
نتایج حاصل از هیدروگراف‌های تهیه شده به ازای حداکثر دبی‌های لحظه‌ای با دوره‌های بازگشت مختلف در جدول ۲ ارائه گردیده است. دبی پایه برای همه دوره بازگشت‌ها به طور متوسط ۰/۶۷ متر مکعب در ثانیه انتخاب شده است. علت این انتخاب، بررسی هیدروگراف‌های مشاهده شده بوده است. نتایج مربوط به روندیابی هیدروگراف‌های مربوط به دوره‌های بازگشت مختلف در شکل‌های ۴ تا ۸ ارائه شده است. در این شکل‌ها هیدروگراف ورودی مربوط به ایستگاه لیقوان و هیدروگراف خروجی مربوط به ایستگاه هروی است.

همان‌طور که در شکل‌های ۴ تا ۶ مشاهده می‌شود هیدروگراف‌های مربوط به روش‌های روندیابی ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ روی هم افتاده است که نشان دهنده عدم تفاوت نتایج روندیابی حاصل از این دو روش می‌باشد. نتایج مقایسه رقوم تراز سطح آب روش‌های روندیابی ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ با آزمون t جفتی در جدول ۳ ارائه شده است.

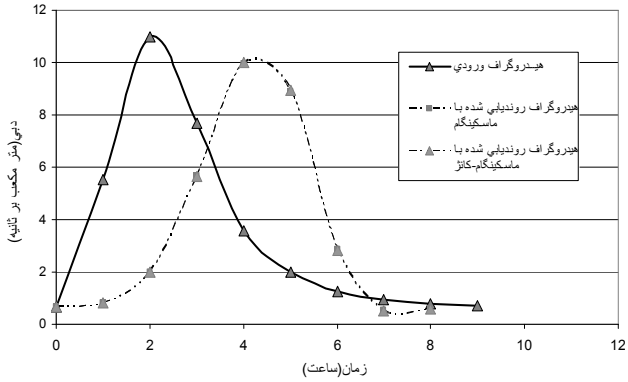
در مورد روش‌های روندیابی استفاده شده در این تحقیق لازم به ذکر است که روش ماسکینگام به طور معمول در مواقعی که چند سیل با هیدروگراف ورودی و خروجی مشخص وجود داشته باشد به کار می‌رود و در صورت عدم وجود هیدروگراف خروجی و مشخص نبودن ضرایب روندیابی معمولاً از روش ماسکینگام- کانژ استفاده می‌شود. در این تحقیق وجه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

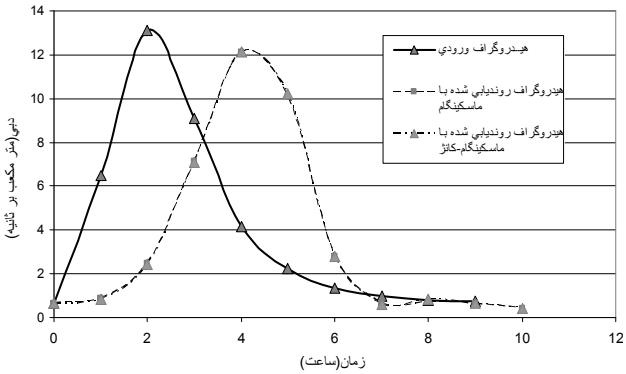
[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.29.8]



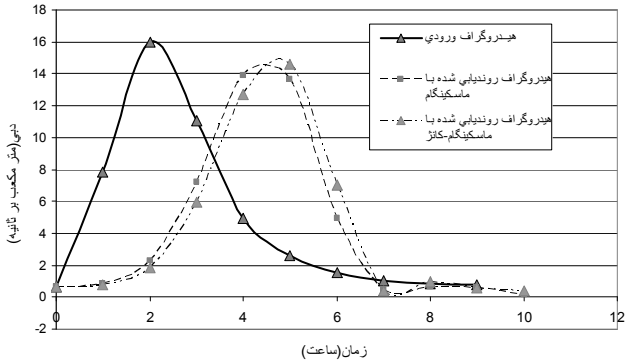
شکل ۴. روندیابی سیل ۲ ساله با روش ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ



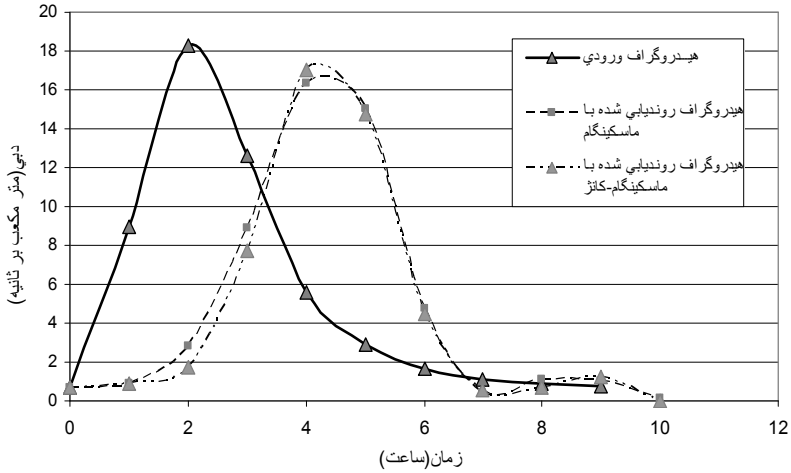
شکل ۵. روندیابی سیل ۱۰ ساله با روش ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ



شکل ۶. روندیابی سیل ۲۰ ساله با روش ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ



شکل ۷. روندیابی سیل ۵۰ ساله با روش ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ



شکل ۸. روندیابی سیل ۱۰۰ ساله با روش ماسکینگام و ماسکینگام- کانژ

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.29.8]

تمایز این روش‌ها در محاسبه پارامتر X بود و برای محاسبه پارامتر K در هر دو روش از سرعت $\frac{3}{4}$ دبی اوج استفاده شده است. برای افزایش دقت مطالعه، رقوم سطح آب حاصل از روش‌های روندیابی (با دقت ۰/۱ متر) به کمک آزمون t جفتی با هم مقایسه شدند. نتیجه این آزمون نشان داد که بین رقوم سطح آب حاصل از این دو روش برای دوره‌های باز گشت مختلف در سطح معنی‌داری ۵٪ اختلافی وجود ندارد.

نتایج دبی‌های روندیابی شده در مقایسه با مقادیر دبی مربوط به آن دوره باز گشت در ایستگاه پایین دست (هروی) حاکی از اختلاف زیاد این مقادیر است. دلایل به وجود آورنده این اختلاف می‌تواند متعدد باشد که از آن جمله می‌توان به وضعیت کوهستانی بودن منطقه و وجود شاخه فرعی در بین دو ایستگاه اشاره نمود.

منابع مورد استفاده

۱. افشار، ع. ۱۳۶۹. *هیدرولوژی مهندسی*. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۲. دهقانی، م. ۱۳۸۳. ارزیابی کارایی روش‌های روندیابی سیلاب در رودخانه جزر و مدی زهره. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۳. عبدالشاه نژاد، ع. ۱۳۷۵. مقایسه روش‌های مختلف هیدرولیکی و هیدرولوژیکی روندیابی در بخشی از رودخانه کارون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۴. صفری، ع. ۱۳۸۰. تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

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

۶. میرباقری، ا. ۱۳۷۷. *هیدرولوژی مهندسی*. انتشارات دانشگاه شیراز.

7. Anonymous, 2005. WWW.iranrivers.com/Flood.htm.
8. Anonymous, 2005. WWW.iranrivers.com/FLood/Nonsrtruct NonStr0_introduction.htm.
9. Arcement, Jr. and V. R. Schneider. 2003. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. United States Geological Survey Water-supply, Paper 2339, 67P.
10. Barry, D. A. and k. Bajracharya. 1997. On the muskingum-cunge flood routing method. Environ. Int 21(5):485-490.
11. Bedient, B. Ph. 1992. Hydrology and Floodplain Analysis. Addison-Wesley Pub. Co., USA.
12. Chow, V. T., D. Maidment and W. M. Larry. 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill Pub. Co., USA.
13. Chow, V. T. 1982. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Pub. Co., USA.
14. Linsley, R. K. Jr., M. A. Kohlerand and J. L. H. Paulhus. 1982. Hydrology for Engineers. McGraw-Hill Pub.Co.,
15. Maidment, D. R. 1993. Hand Book of Hydrology. Mc.Graw-Hill Pub., USA.
16. Singh, V. P. 1988. Hydrologic Systems. Volume: 1, Rainfall Runoff Modeling, Prentice & Hall Pub., USA.
17. Victor, M., T. Ponce and L. Alolph. 2001. Modeling Looped Rating in Muskingum-conge Routing. J. Hydrol. Eng. 6(2): 119-124.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.29.8]