



Technical Note

یادداشت فنی

Investigation the Effect of Outflow Determination Uncertainty at the Time of Flood Initiation on the Accuracy of Flood Routing Calculations Using the Linear Muskingum Method

بررسی تأثیر عدم قطعیت دبی خروجی در زمان شروع سیل بر روی دقت محاسبات روندیابی سیل با استفاده از روش ماسکینگام خطی

J. Bazargan¹ and H. Norouzi^{2*}

جلال بازرگان^۱، هادی نوروزی^{۲*}

Abstract

The optimization of the Muskingum method coefficients is important for increasing the accuracy of the method. One of the main problems in this method is the estimation of the outflow rate at the time of flood initiation, which usually is taken equal to the inflow rate at the same time. In this study, due to the uncertainty of this assumption, the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm was used and in addition to calculating the coefficients of the linear Muskingum method (X, K), the outflow value in the flood initiation time is optimized in proportion to the amount of inflow at the same time. The calculated coefficients and the optimized input outflow rate using a flow considered as observed flood can then be used to calculate the flood outflow for other related floods at the same hydrometric stations. The accuracy of the Muskingum method has been increased using the proposed approach in this research.

Keywords: Linear Muskingum Method, Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm, Outflow Uncertainty, Outflow Optimization.

Received: May 24, 2018

Accepted: August 4, 2018

چکیده

بهینه‌یابی ضرایب روش ماسکینگام بر افزایش دقت روش مذکور اهمیت بسزایی دارد و یکی از مشکلات اصلی این روش تخمین مقدار دبی خروجی در زمان شروع سیل است که معمولاً برابر با مقدار دبی ورودی در همان زمان در نظر گرفته می‌شود. در پژوهش حاضر با توجه به عدم قطعیت برابر بودن مقدار دبی خروجی در زمان شروع سیل با مقدار دبی ورودی در همان زمان و با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) علاوه بر محاسبه ضرایب روش ماسکینگام خطی (X, K) مقدار دبی خروجی در زمان شروع سیل به صورت درصدی از مقدار دبی ورودی در همان زمان بهینه‌یابی شده است و سپس با استفاده از ضرایب محاسبه‌شده و درصد دبی ورودی بهینه‌یابی شده با استفاده از یک سیل که به‌عنوان سیل مشاهداتی در نظر گرفته شده است، جهت محاسبه دبی خروجی سیل‌های دیگری که مربوط به همان ایستگاه‌های هیدرومتری می‌باشند، استفاده شده است. دقت روش مذکور با استفاده از راهکار ارائه شده در پژوهش حاضر افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: روش ماسکینگام خطی، الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)، عدم قطعیت دبی خروجی، بهینه‌یابی دبی خروجی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۳/۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۵/۱۳

1- Associate Professor, Department of Civil Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2- Post Graduate Student of Hydraulic Structures, Department of Civil Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: hadinorouzi72@gmail.com

*- Corresponding Author

۱- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه زنجان.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه زنجان.

*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

۱- مقدمه

(PSO) استفاده شده است که فلوجارت الگوریتم پژوهش حاضر به صورت شکل ۱ است:

$$SAD = \sum_{i=1}^n |O_i - Q_i| \quad (6)$$

که در آن O_i , Q_i به ترتیب دبی خروجی مشاهداتی و دبی خروجی روندیابی شده (محاسباتی) هستند.

۴- مراحل پژوهش حاضر

به طور کلی پژوهش حاضر شامل مراحل زیر می باشد:

۱) بهینه یابی ضرایب روش ماسکینگام خطی (X, K) با استفاده از یکی از سیل های موجود و برابر در نظر گرفتن $Q(1)=I(1)$ و محاسبه هیدروگراف خروجی هر سه سیل موجود با استفاده از ضرایب بهینه یابی شده،

۲) بهینه یابی ضرایب روش ماسکینگام خطی (X, K) و همچنین بهینه یابی مقدار $Q(1)$ به صورت درصدی از $I(1)$ با استفاده از یکی از سیل های موجود (سیل مشاهداتی) و محاسبه هیدروگراف خروجی هر سه سیل به طوری که $Q(1)$ هر یک از سیل ها به صورت درصدی از $I(1)$ مربوط به همان سیل در نظر گرفته شده است که مقدار این درصد با استفاده از داده های سیل مشاهداتی بهینه یابی شده است.

۳) تکرار مراحل فوق برای هر یک از سیل های موجود و مقایسه نتایج بدست آمده از هر دو روش با یکدیگر

۵- تحلیل و تفسیر نتایج

چنانچه هر یک از سیل های اول تا سوم به عنوان سیل مبنا جهت بهینه یابی ضرایب روش ماسکینگام خطی (X, K) و مقدار بهینه برای $Q(1)$ که به صورت درصدی از $I(1)$ است، در نظر گرفته شوند دارای مقادیر و درصد متفاوتی خواهند بود.

مقادیر به دست آمده برای ضرایب روش ماسکینگام خطی (X, K) و مقدار $Q(1)$ برای هر سه سیل در هر دو حالت مذکور به شرح جدول ۱ بهینه یابی شده است.

شایان ذکر است؛ به طور مثال هنگام استفاده از ضرایب سیل اول به عنوان سیل مشاهداتی، مقدار $Q(1)$ هر سه سیل برابر با ۸۸/۵۳٪ درصد $I(1)$ همان سیل در نظر گرفته شده است. هنگام استفاده از ضرایب سیل دوم و سوم به عنوان سیل مشاهداتی، مقدار $Q(1)$ به ترتیب ۸۳/۳۰ و ۸۲/۵۹ درصد $I(1)$ همان سیل در نظر گرفته شده است. هدف از بهینه یابی ضرایب روش ماسکینگام این است که بتوان با استفاده از ضرایب به دست آمده از یک سیل، هیدروگراف خروجی

استفاده از هیبرید الگوریتم های فراکاوشی PSO و DSO مدل جدیدی برای روش ماسکینگام غیرخطی ارائه دادند. (Hamedi et al. (2016) در پژوهش خود با استفاده از الگوریتم علف هرز (WOA) علاوه بر بهینه یابی پارامترهای روش ماسکینگام غیرخطی، مقدار حجم ذخیره شده اولیه (S_0) را به جای فرض مقداری ثابت، بهینه یابی کرده است.

یکی از عوامل افزایش خطا در روش ماسکینگام خطی، عدم توجه به عدم قطعیت مقدار دبی خروجی در زمان شروع سیل است. به همین دلیل در پژوهش حاضر علاوه بر محاسبه ضرایب K و X به بهینه یابی مقدار دبی خروجی در زمان شروع سیل به صورت درصدی از دبی ورودی در همان زمان، به جای برابر دانستن این دو مقدار پرداخته شده است. این روش باعث افزایش دقت روش ماسکینگام خطی شده است.

۲- معرفی محدوده مطالعاتی

در پژوهش حاضر، از سه سیل ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری ملاثانی و اهواز در بالادست و پایین دست بازه ای از رود کارون استفاده شده است. دامنه تغییرات دبی ورودی سیل اول بین مقادیر ۲۲۱ تا ۵۶۵، سیل دوم ۳۴۹ تا ۶۵۱ و سیل سوم ۲۲۲ تا ۴۹۴ (m^3/s) است.

۳- معرفی روش ماسکینگام خطی

در روش ماسکینگام خطی، رابطه حجم ذخیره شده به صورت زیر بیان می شود:

$$S = K[XI + (1 - X)O] \quad (1)$$

معادله (۱) که به معادله ماسکینگام معروف است، اساس بحث در این روش بوده و در آن K و X عبارتند از دو ضریب به گونه ای که روابط مذکور را به صورت حتی الامکان خطی نمایند. X فاکتور وزنی است بین صفر تا نیم و K ثابت زمانی ذخیره است (Chow, 1959).

$$Q_2 = C_1 I_2 + C_2 I_1 + C_3 Q_1 \quad (2)$$

که در معادله فوق C_1, C_2, C_3 به شرح زیر به دست می آیند:

$$C_1 = \frac{0.5\Delta t - KX}{K - KX + 0.5\Delta T} \quad (3)$$

$$C_2 = \frac{0.5\Delta t + KX}{K - KX + 0.5\Delta T} \quad (4)$$

$$C_3 = \frac{K - KX - 0.5\Delta t}{K - KX + 0.5\Delta T} \quad (5)$$

برای ارزیابی مقادیر بهینه پارامترهای $X, K, Q(1)$ در روش ماسکینگام خطی، از کمینه کردن شاخص SAD که به صورت رابطه (۶) تعریف می شود به عنوان تابع هدف در الگوریتم ازدحام ذرات

برای مقدار $Q(1)$ محاسبه شده است و سپس از مقادیر به دست آمده جهت محاسبه هیدروگراف خروجی همان سیل و دو سیل دیگر طبق مراحل پژوهش استفاده شده است.

سیل های دیگری را که در همان بازه از رودخانه با توجه به عدم تغییر مورفولوژی رودخانه، رخ داده است را روندیابی نمود. به عبارتی برای هر یک از سیل های مذکور، با استفاده از روش معمول ماسکینگام خطی و روش ارائه شده در پژوهش حاضر، ضرایب روش مذکور و مقدار بهینه

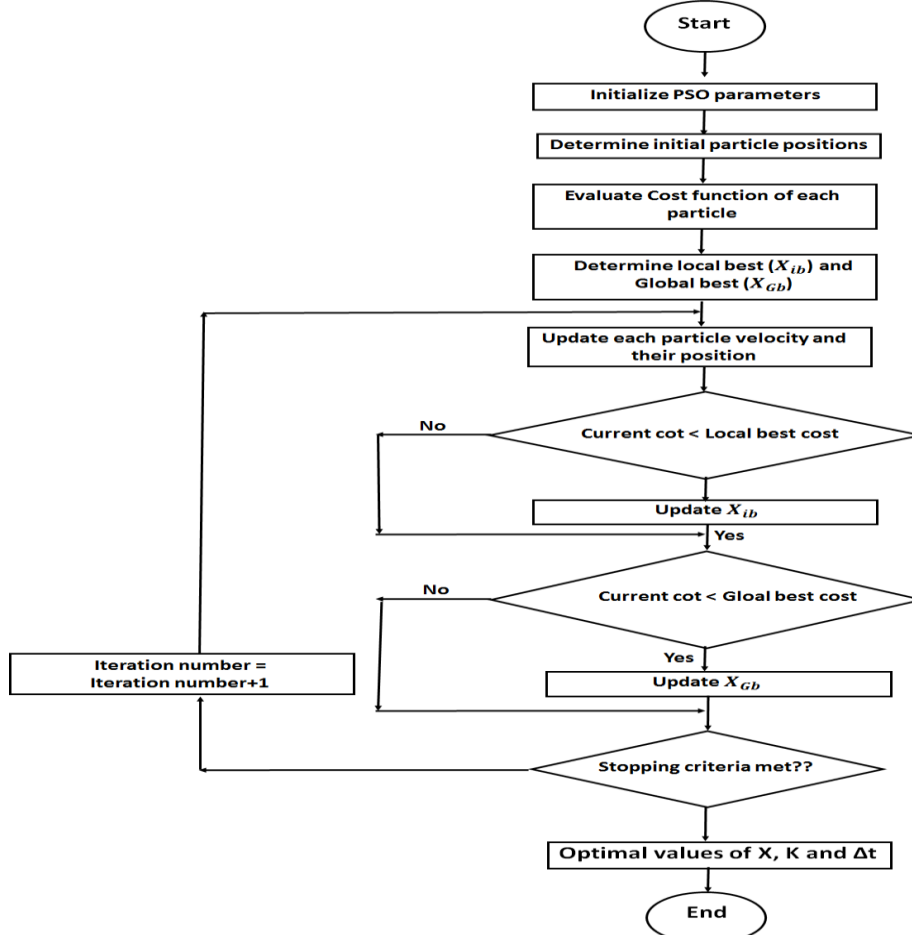


Fig. 1- Particle swarm optimization (PSO) flowchart

شکل ۱- فلوجارت الگوریتم ازدحام ذرات

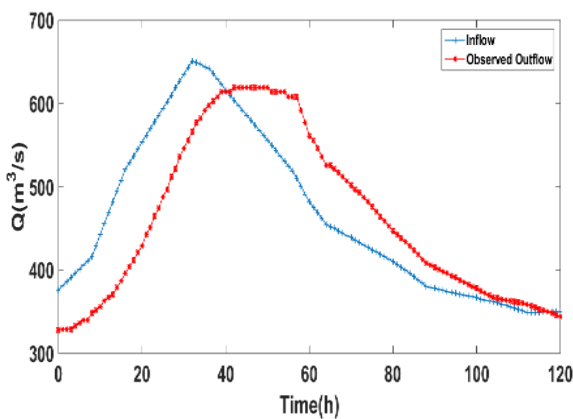


Fig. 3- Inflow and outflow hydrograph (Second flood)

شکل ۳- هیدروگراف ورودی و خروجی (سیل دوم)

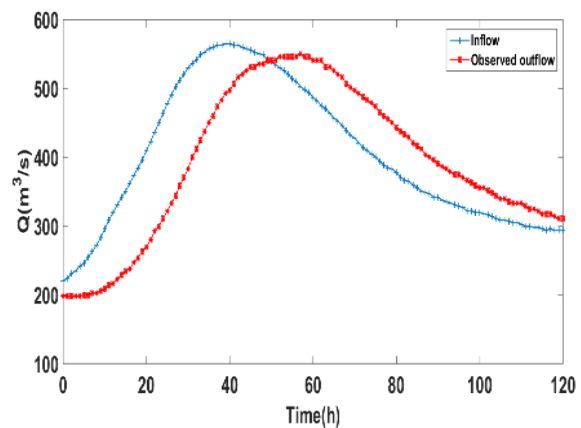


Fig. 2- Inflow and outflow hydrograph (first flood)

شکل ۲- هیدروگراف ورودی و خروجی (سیل اول)

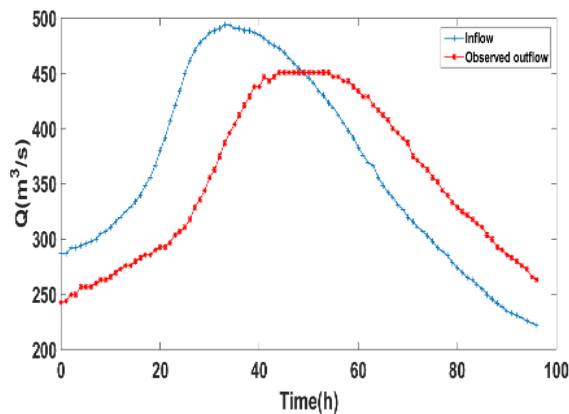


Fig. 4- Inflow and outflow hydrograph (third flood)
شکل ۴- هیدروگراف ورودی و خروجی (سیل سوم)

Table1- The coefficients obtained from the Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm and average MRE and average DPO for different floods

جدول ۱- ضرایب به دست آمده از الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) و میانگین MRE DPO برای سیل های مختلف

	Q(1)=I(1)			[Q(1)/I(1)]*100		
	First flood	Second flood	Third flood	First flood	Second flood	Third flood
X	0.414	0.485	0.033	0.398	0.392	0.032
K(h)	13.391	12.261	13.665	13.319	12.093	13.694
I(1)				221	376	287
Q(1)				195.653	313.226	237.04
[Q(1)/I(1)]*100				88.53	83.30	82.59
MRE %	2.63	3.34	4.70	1.86	2.43	3.07
DPO %	2.57	2.72	5.03	1.88	2.23	4.35

- متوسط گیری میانگین خطای نسبی (میانگین MRE)ها) برای سیل های اول، دوم و سوم با روش معمول ماسکینگ خطی به ترتیب ۲/۶۳، ۳/۳۴ و ۴/۷۰ درصد و با استفاده از روش ارائه شده در پژوهش حاضر به ترتیب ۱/۸۶، ۲/۴۳ و ۳/۰۷ درصد محاسبه شده است. به عبارتی دیگر مقادیر فوق به ترتیب ۲۹/۳، ۲۷/۲ و ۳۴/۷ درصد کاهش یافته است.

- متوسط گیری خطای مقدار عددی اوج دبی خروجی مشاهداتی و محاسباتی (میانگین DPOها) برای سیل های اول، دوم و سوم با روش معمول به ترتیب ۲/۵۷، ۲/۷۲ و ۵/۰۳ درصد به دست آمده است. در حالی که همین مقادیر با استفاده از روش ارائه شده در پژوهش حاضر برای روش ماسکینگ خطی به ترتیب ۱/۸۸، ۲/۲۳ و ۴/۳۵ درصد محاسبه شده است. به عبارتی مقادیر به دست آمده بیانگر کاهش ۲۶/۸ و ۱۸ و ۱۳/۵ درصدی آن می باشند.

به عبارت دیگر می توان گفت؛ برای هر یک از سیل های مذکور سه مقدار متفاوت برای میانگین خطای نسبی (MRE) و خطای مقدار اوج دبی خروجی مشاهداتی و محاسباتی (DPO) به دست آمده است و سپس از مقادیر به دست آمده متوسط گیری شده است که نتایج این متوسط گیری در جدول ۱ آورده شده است.

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)، یک بار با روش معمول ماسکینگ خطی و با استفاده از داده های سیل اول، ضرایب X, K به دست آمده است و بار دیگر با روش ارائه شده در این پژوهش، علاوه بر محاسبه ضرایب X و K، مقدار Q(1) به صورت درصدی از I(1) بهینه یابی شده است. سپس با استفاده از هر دو روش، هیدروگراف خروجی مربوط به هر یک از سه سیل مذکور روندیابی شده است. روند فوق و استفاده از دو روش مذکور با استفاده از سیل های دوم و سوم نیز طی شده است که نتایج آن به شرح زیر می باشد:

۶- تشکر و قدردانی

از واحد مطالعات شرکت مدیریت منابع آب ایران به دلیل کمک فراوانی که در جمع‌آوری و در اختیار گذاشتن داده‌های مورد نیاز در انجام پژوهش حاضر داشتند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

۷- مراجع

Hamed F, Bozorg-Haddad O, Pazoki M, Asgari HR, Parsa M, Loáiciga HA (2016) Parameter estimation of extended nonlinear muskingum models with the weed optimization algorithm. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 142(12):04016059

Mohammad Rezapour Tabari M, Emami Dehcheshmeh S (2018) Development of nonlinear Muskingum model using evolutionary algorithms hybrid. *Iran Water Resources Research* 14(1):160-167 (In Persian)

Chow VT (1959) *Open channel hydraulics*. McGraw-Hill, New York, 680p