

استفاده از روش رگرسیون چند متغیره خطی در روندیابی سیلاب و مقایسه با نتایج روش هیدرولوژی ماسکینگام

محمد زارع^۱، صونا مجیدی^۲

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران آب دانشگاه کاسل، آلمان
Email: mzare896@gmail.com

۲- کارشناس ارشد عمران آب-دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد
sonamajidi85@gmail.com

چکیده

توسعه روشهای ساده و دقیق شبیه سازی سیلاب باعث کاهش خسارات مالی و تلفات جانی برجای مانده از سیلاب شده است. بدین منظور مدل‌ها و روش‌های گوناگون شبیه سازی سیلاب ارائه شده است که اساس و پایه اکثر آنها حل معادلات جریان غیرماندگار در حالت تک بعدی (معادلات سنت-ونانت) می باشد. با توجه به ساده سازی های صورت گرفته در حل آنها انواع روشهای تقریبی، تحلیلی و عددی ارائه شده است. در این تحقیق برای روندیابی سیلاب از روش آماری رگرسیون چند متغیره خطی (MLR) استفاده شده است. هدف اینگونه مسایل در شکل کلی آن پیدا کردن ارتباط بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل است. جهت تعیین و به تبع آن صحت سنجی مقادیر ضرایب MLR از هیدروگراف سیلاب ۲۵ ساله و ۶۰ مقطع رودخانه قره سو استفاده شد. بعد از صحت سنجی مدل، هیدروگراف های ۵۰ و ۱۰۰ ساله در بازه مورد مطالعه به طول ۱۸ کیلومتر روندیابی شد و با هیدروگراف های به دست آمده از روش هیدرولوژی ماسکینگام مقایسه آماری شدند. نتایج نشان داد که روش MLR به خوبی هیدروگراف روندیابی شده به طریق هیدرولیکی را شبیه سازی می نماید، به گونه ای که ضریب نکویی برازش دبی های محاسبه شده به روش هیدرولیکی و MLR برای سیلاب ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۹۹ و ۰/۹۹ می باشد. همچنین دقت روش MLR از روش ماسکینگام بخصوص در پیش بینی دبی اوج لحظه ای سیلاب بالاتر است.

واژه های کلیدی: دبی اوج لحظه ای، رگرسیون چند متغیره خطی، روندیابی سیلاب، ماسکینگام.

مقدمه

امروزه با توجه به سیلابهای به وقوع پیوسته در دنیا و خسارات مالی و تلفات جانی بر جای گذاشته، پیش بینی چگونگی طغیان و فروکش سیل از اهمیت ویژه ای برخوردار است. به منظور پیش بینی چنین پدیده هیدرولیکی پیچیده ای لازم است از روشهای شبیه سازی استفاده شود. معادلات حاکم بر جریان تک بعدی رودخانه در شرایط غیر ماندگار همان معادلات سنت- ونانت هستند که برای حل آنها با توجه به ساده سازی های صورت گرفته انواع روشهای تقریبی، تحلیلی و عددی ارائه شده است. از جمله روشهای تقریبی که در گذشته به فراوانی استفاده شده است روش موج سینماتیک و روش موج پخشیدگی است. تئوری روندیابی سیلاب با استفاده از روش موج سینماتیک توسط لایت هیل و ویتهم (۱۹۵۵) ارائه شد، در حالیکه تئوری موج پخشیدگی به وسیله هیامی (۱۹۵۱) پیشنهاد شده است. هیامی با ساده سازی معادله اندازه حرکت و استخراج معادله موج پخشیدگی خطی روشی تحلیلی برای حل آن و روندیابی سیلاب ارائه نمود. خصوصیات و کاربردهای دو روش موج سینماتیک و پخشیدگی توسط محققین متعددی مورد بررسی قرار گرفته است، از جمله پونسه و همکاران (۱۹۷۹). وانگ و چن (۲۰۰۳) حل نیمه تحلیلی معادلات سنت- ونانت را برای روندیابی سیلاب در کانال ها ارائه کردند. پروما و رانگا راجو (۱۹۹۸) با فرض ثابت بودن شیب سطح آب در طول یک بازه کوچک از کانال، روش ماسکینگام با پارامترهای متغیر را برای روندیابی سیل در کانال های منشوری با مقطع ثابت و جریانهای که معادلات مقاومت بر آنها حاکم است مستقیماً از معادلات سنت- ونانت بدست آوردند. شرمین و همکاران (۱۹۹۵) از معادله خطی شده سنت- ونانت برای تحلیل جریان در کانال باز با در نظر گرفتن اثرات پس زدگی آب استفاده کردند. تسای (۲۰۰۵) به صورت تئوری روندیابی سیل در حالت غیرماندگار را با در نظر گرفتن اثرات پس زدگی آب در یک رودخانه با شیب ملایم بر اساس معادلات خطی شده سنت- ونانت مورد بررسی قرار داد و پخشیدگی هیدروگراف سیل در این حالت را به شیب کم رودخانه ربط داد. همواره مفاهیم آماری به عنوان یک اصل زیربنایی در تحلیل بسیاری از مسایل پیچیده تصمیم گیری کاملاً پذیرفته شده است. یکی از روش های آماری، روش رگرسیونی چند متغیره خطی است. هدف اینگونه مسایل در شکل کلی آن پیدا کردن ارتباط بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل است. همانگونه که اشاره شد حل معادلات سنت- ونانت به روش تحلیلی تنها در حالات خاص و بسیار محدودی از مسائل که بتوان معادلات مذکور را با فرضیاتی ساده نمود امکان پذیر است. از اینرو در تحقیق حاضر از روش MLR در روندیابی سیلاب استفاده شده است و با نتایج حاصل از روندیابی توسط روش ماسکینگام مقایسه گردید.

مواد و روشها

روندیابی سیلاب با استفاده از MLR

هدف اصلی^۱ MLR در شکل کلی آن پیدا کردن ارتباط بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل است. با الهام گرفتن از روندیابی سیلاب به روشهای موج پخشیدگی و ماسکینگام رابطه بین هیدروگراف سیل ورودی و هیدروگراف سیل خروجی را به صورت رابطه ۱ تعریف می شود، در این مطالعه تعداد نقاط ۴۲ عدد می باشد. با استفاده از سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله ضرایب C_1, C_2, C_3 را به دست آورده و با سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال نتایج مورد صحت سنجی قرار گرفت.

^۱ Multivariate Linear Regression

$$Q_{j+1} = C_1 I_{j+1} + C_2 I_j + C_3 Q_j + \varepsilon \quad j=1,2,\dots,m \quad m=42 \quad (1)$$

در معادله بالا z اندیس زمانی، I دبی جریان ورودی به بازه و Q دبی خروجی از آن می باشد. C_1 ، C_2 و C_3 ضرایب روندیابی هستند. ε مقدار خطا می باشد. در تحقیق حاضر برای بدست آوردن مقادیر ضرایب C به روش MLR، از مدل ریاضی MATLAB استفاده شده است. نتایج روندیابی سیلاب با استفاده از روش های هیدرولیکی موج دینامیک و ماسکینگام از مطالعات قبادیان (۱۳۸۷) و سبوعه و همکاران (۱۳۸۸) که بر روی همین بازه از رودخانه قره سو صورت گرفته بود، استخراج گردید. برای ارزیابی دقت مدل از شاخص های آماری ضریب نکویی برازش (رابطه ۲) و متوسط خطای نسبی (رابطه ۳) استفاده گردید:

$$R^2 = \left(\frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \right)^2 \quad (2)$$

$$AAE = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \frac{|y_i - x_i|}{x_i} \right) \quad (3)$$

که در آن x_i : دبی روش هیدرولیکی، \bar{x} میانگین مقادیر دبی روش هیدرولیکی، y_i : مقدار دبی محاسبه شده به روش MLR یا روش ماسکینگام، \bar{y} میانگین مقادیر محاسبه شده به روش MLR یا روش ماسکینگام و N تعداد داده ها می باشد. هر اندازه R^2 به یک نزدیکتر و AAE به صفر نزدیکتر باشد نشان دهنده دقت بالاتر روش برآورد دقیق هیدروگراف سیل می باشد.

محدوده مورد مطالعه

رودخانه مورد مطالعه در این تحقیق رودخانه قره سو از شاخه های مهم و اولیه رودخانه سیمره است که آبهای قسمت هایی از استان های کرمانشاه و کردستان را جمع آوری و به رودخانه سیمره هدایت می کند. این رودخانه دارای آب دائمی بوده و رژیم آن ناشی از ذوب برف و زهکشی آبهای زیرزمینی و چشمه های آهکی است. در این تحقیق بازه ای از رودخانه قره سو که بین دو ایستگاه دوآب قزانچی و پل امام حسین به طول ۱۸ کیلومتر قرار گرفته است انتخاب شد. هیدروگراف سیل با دوره برگشتهای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله در محل دوآب قزانچی که از مطالعات هیدرولوژیکی محاسب دوآب قزانچی

شدند. در این بازه تعداد ۱۳۸۹ قرار گرفت (جهانپنده، ۱۳۸۹)



شکل (۱): پلان مسیر رودخانه قره سو

نتایج و بحث

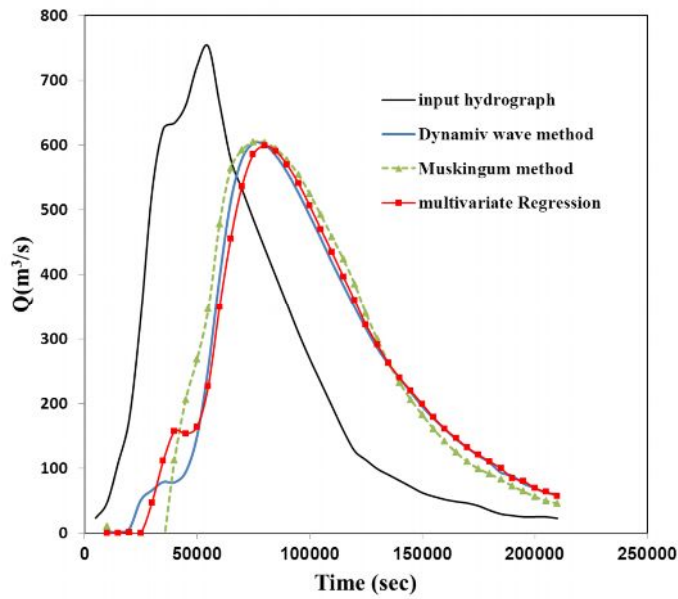
با توجه به ضرایب C به دست آمده از روش رگرسیونی هیدروگراف سیل خروجی از بازه با دوره برگشت ۲۵ ساله محاسبه شد سپس به منظور صحت سنجی مقادیر پارامترهای بدست آمده، از هیدروگرافهای سیلاب با دوره برگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله استفاده شد و با هیدروگراف روندیابی شده با روش هیدرولیکی و روش هیدرولوژیکی ماسکینگام مقایسه شد.

با توجه به اینکه در ورودی و خروجی بازه مورد مطالعه هیدروگراف سیل اندازه گیری شده وجود ندارد از هیدروگراف سیل ۲۵ ساله در ابتدای بازه که از مطالعات هیدرولوژی به دست آمده استفاده شد (جهاننیده، ۱۳۸۹). همچنین با توجه به مطالعات قبلی در محدوده مورد مطالعه هیدروگراف خروجی از بازه توسط روش هیدرولیکی موج دینامیک محاسبه شد. سپس با استفاده از هیدروگراف سیل ۲۵ ساله ورودی و خروجی به کمک MLR ضرایب C_1 ، C_2 و C_3 مطابق جدول ۱ به دست آورده شد.

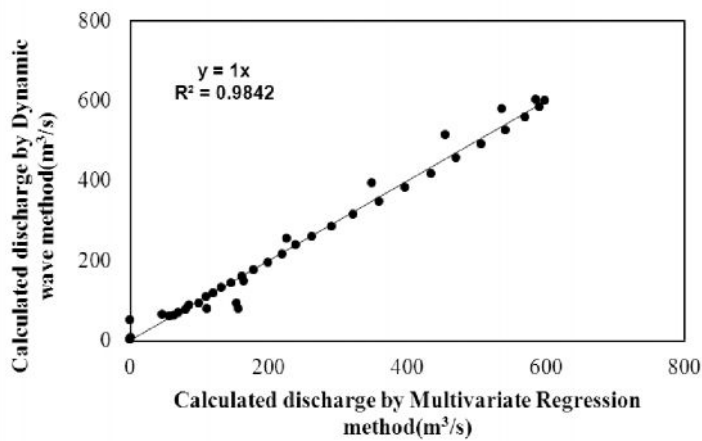
جدول (۱): ضرایب C محاسبه شده توسط رگرسیون چندمتغیره خطی

ضریب	C_1	C_2	C_3
مقدار بهینه	-۰٫۲۳۰۷	۰٫۳۷۶۴	۰٫۸۵۹۵

همانطور که دیده شد جمع ضرایب تقریباً ۱ شده است، پس معادله پیوستگی - جمع ضرایب C برابر با یک- ارضا شده است، با توجه به اینکه روش رگرسیون چند متغیره خطی یک مدل آماری است، اگر مدل بندی درست صورت نمی گرفت، ارضا روابط فیزیکی حاکم بر مسأله با مشکل مواجه می شد. با استفاده از ضرایب C بدست آمده از MLR، هیدروگراف سیل خروجی از بازه با دوره برگشت ۲۵ ساله که توسط روش MLR محاسبه شده است که به همراه هیدروگراف روندیابی شده با روش هیدرولیکی و روش هیدرولوژی ماسکینگام در شکل ۲- الف نشان داده شده است. مقادیر دبی سیلابی محاسبه شده به روش هیدرولیکی و MLR در شکل ۲- ب در مقابل هم ترسیم شده اند. هر چند در ادامه مقایسه های آماری انجام می شود، با این وجود شکل های مذکور نشان می دهد نتایج MLR با روش روندیابی هیدرولیکی بسیار نزدیک هستند. دبی اوج لحظه ای سیلاب و زمان رسیدن به اوج بر هم منطبق هستند که نشان از دقت بسیار بالای روش MLR حتی در مقابل روش ماسکینگام دارد.



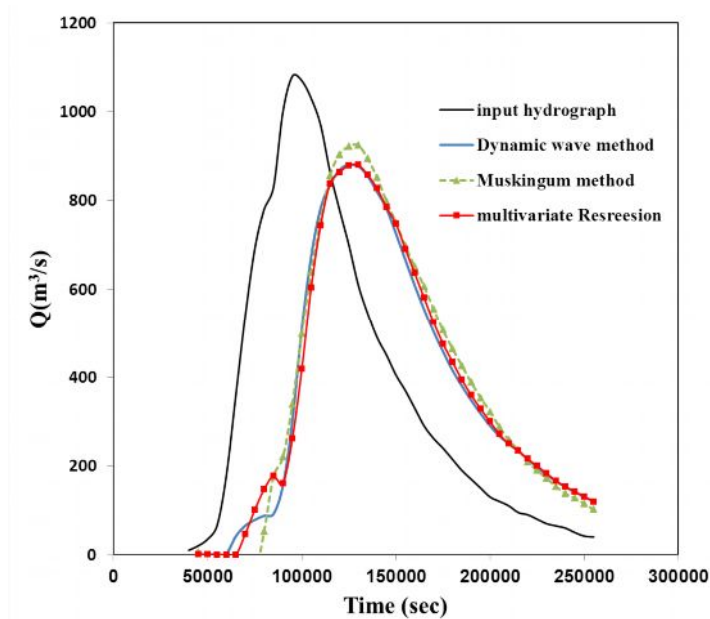
(الف)



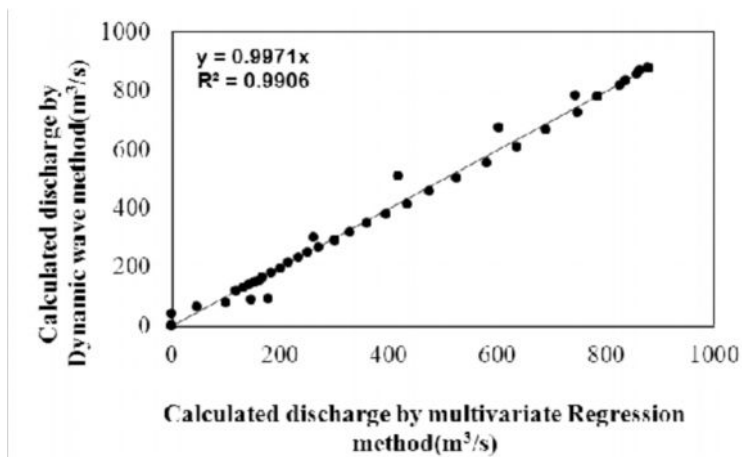
(ب)

شکل (۲): الف) هیدروگراف های روندیابی شده با استفاده از روشهای هیدرولیکی، MLR و ماسکینگام برای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال و ب) مقادیر دبی سیلابی محاسبه شده به روش هیدرولیکی در مقابل MLR

به منظور صحت سنجی مقادیر پارامترهای به دست آمده از هیدروگراف های سیلاب با دوره برگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله استفاده شد. هیدروگراف های مذکور با روش های هیدرولیکی و MLR روندیابی شده و با هم مقایسه شدند. همچنین هیدروگراف های روندیابی شده توسط روش هیدرولوژی نیز در این مقایسه ها مورد استفاده قرار گرفت (شکل های ۳ و ۴).

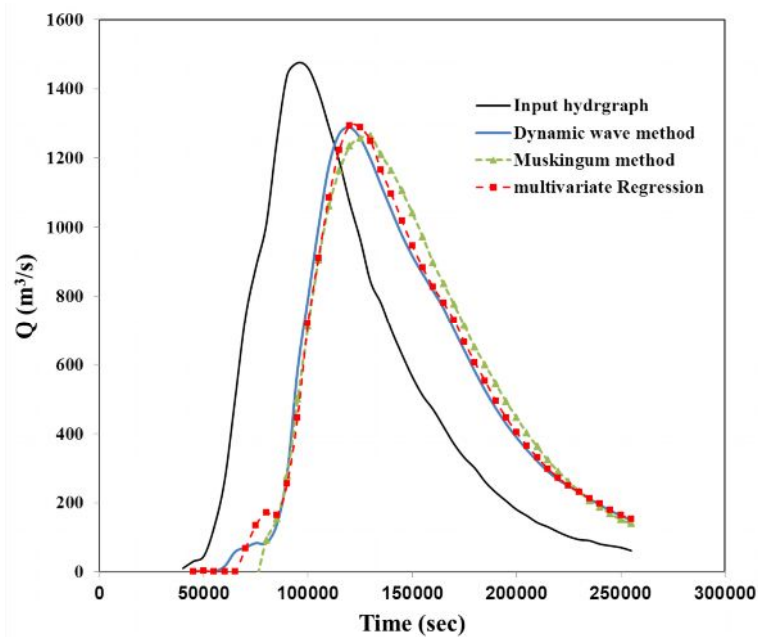


(الف)

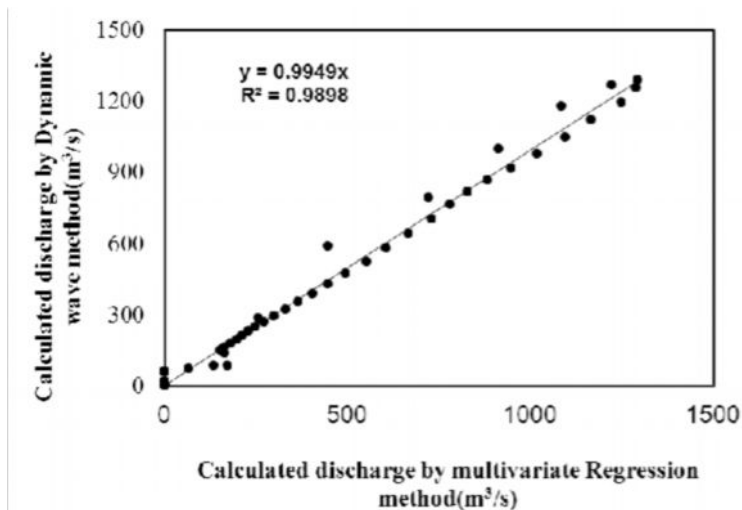


(ب)

شکل (۳) : (الف) هیدروگراف های روندیابی شده با استفاده از روشهای هیدرولیکی، MLR و ماسکینگام برای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ سال و (ب) مقادیر دبی سیلابی محاسبه شده به روش هیدرولیکی در مقابل MLR



(الف)



(ب)

شکل ۴- الف) هیدروگراف های روندیابی شده با استفاده از روشهای هیدرولیکی، MLR و ماسکینگام برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ سال و ب) مقادیر دبی سیلابی محاسبه شده به روش هیدرولیکی در مقابل MLR

همانطور که در شکل های ۴ و ۳ دیده می شود روش MLR هیدروگراف خروجی را و بویژه دبی اوج لحظه ای آن را (جدول ۲) که در طراحی سازه های هیدرولیکی و حریم بستر رودخانه اهمیت دارد، با دقت بسیار بالا پیش بینی می نماید. با توجه به جدول ۲، دقت این روش از روش ماسکینگام نیز بهتر است.

جدول (۲): دبی های اوج لحظه ای محاسبه شده در هریک از روش های روندیابی

درصد خطای روش MLR	MLR	درصد خطای روش	ماسکینگام	موج دینامیک	دبی اوج هیدروگراف
-------------------	-----	---------------	-----------	-------------	-------------------

		ماسکینگام			(m3/sec)
۰/۴۹	۵۹۹	۰/۵	۶۰۵	۶۰۲	سیلاب ۲۵ ساله
۰/۱۱	۸۸۰	۴/۷	۹۲۵	۸۸۱	سیلاب ۵۰ ساله
۰/۳۹	۱۲۹۳	۲	۱۲۶۳	۱۲۸۸	سیلاب ۱۰۰ ساله

جدول (۳): پارامترهای آماری محاسبه شده از مقایسه دبی برآورد شده به روش MLR و ماسکینگام نسبت به دبی روش موج دینامیک

۱۰۰ سال		۵۰ سال		۲۵ سال		دوره برگشت
ماسکینگام	MLR	ماسکینگام	MLR	ماسکینگام	MLR	پارامتر
۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۸	R ²
۱/۵	۰/۳	۱/۲	۰/۴	۱	۰/۲	AAE

همانگونه که ملاحظه می شود مقادیر ضریب نکویی برآزش در روش MLR بسیار به یک نزدیک است. همچنین متوسط خطای نسبی در مقایسه با روش ماسکینگام کمتر می باشد.

نتیجه گیری

در این تحقیق به منظور مقایسه نتایج حاصل از روندیابی سیلاب به روش MLR با روش ماسکینگام، با استفاده از روش MLR برای دبی ۲۵ ساله ضرایب C محاسبه گردید. سپس با ضرایب به دست آمده هیدروگراف های سیلاب ۵۰ و ۱۰۰ ساله در بازه مذکور روندیابی شد، همچنین از تحقیقات قبلی نتایج روش های هیدرولوژی ماسکینگام و هیدرولیکی موج دینامیک که در بازه مذکور انجام شده بود استخراج گردید و با روش MLR نیز مقایسه گردید. مقایسه های آماری نشان داد که می توان از روش MLR به عنوان یک روش مطمئن برای روندیابی سیلاب در رودخانه ها استفاده نمود، بدین صورت که با اندازه گیری دبی جریان در یک سیل به وقوع پیوسته در ورودی و خروجی بازه می توان مقادیر ضرایب C₁، C₂ و C₃ را با استفاده از روش MLR به دست آورد و از این ضرایب برای روندیابی سیلاب های آینده که فاقد اندازه گیری همزمان در ورودی و خروجی هستند و فقط مقدار سیلاب ورودی معلوم است، استفاده نمود. علاوه بر این با مقایسه نتایج به دست آمده از روش MLR و روش هیدرولوژی ماسکینگام می توان به دقت روش MLR در مقایسه با روش ماسکینگام بویژه در برآورد دبی اوج لحظه ای پی برد. در ضمن دیگر نیازی به روش های آزمون و خطا برای به دست آوردن ضرایب k و x ماسکینگام نیست و مستقیماً مقادیر ضرایب C با روش MLR به دست می آیند.

مراجع

- ۱- جهاننیده، ک. ۱۳۸۹. شبیه سازی فرآیند بارش رواناب در حوضه آبریز با استفاده از WMS. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی. دانشگاه رازی کرمانشاه
- ۲- سبوع، ع.، ر. قبادیان. و ک. جهاننیده. ۱۳۸۸. تعیین ضرایب بهینه روش ماسکینگام جهت روندیابی سیلاب رودخانه قره سو.

هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه اهواز. دانشگاه شهید
چمران اهواز. بهمن ۱۳۸۸

۳- قبادیان، ر. ۱۳۸۷. مدل ریاضی روند یابی هیدرولیکی سیلاب در
رودخانه قره سو با استفاده از حل معادلات جریان غیرماندگار.
هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران. تهران. آبان ۱۳۸۷.

- 4- Hayami, S. 1951. On the propagation of flood wave. Bulletin 1. Disaster prevention Institute, Kyoto Univ. pp. 1-16
- 5- Light hill, M.J. and G.B. Whitham. 1955. On kinematical wave: flood movement in long river. Proceeding of the Royal Society of London, series A 229, pp. 228-316.
- 6- Peruma, M. and K.G. Ranga Raju. 1998. Variable- parameter stage hydrograph routing method: 1. Theory. J. of Hydrologic Eng., ASCE, 3(2): 115-121.
- 7- Ponce, V.M. 1979. Simplified Muskingum method difference scheme. J. of Hydraulic Division, ASCE, 105(1): 925-929.
- 8- Schuurmans, J., O.H. Bosgra and R. Brouwer. 1995. Open channel flow model approximation for controller design. Applied Mathematical Modeling, 19(9): 525-530.
- 9- Tsai, C.W. 2005. Flood routing in mild-slope rivers-wave characteristics and downstream back water effect. J. of Hydrology, 308: 151-157.
- 10- Wang, G.T. and S. Chen. 2003. A semi analytical solution of the Saint-Venant equation for channel flood routing. Water Resour. Res. 39(7)