



به نام خالق هستی



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

گروه مهندسی آب

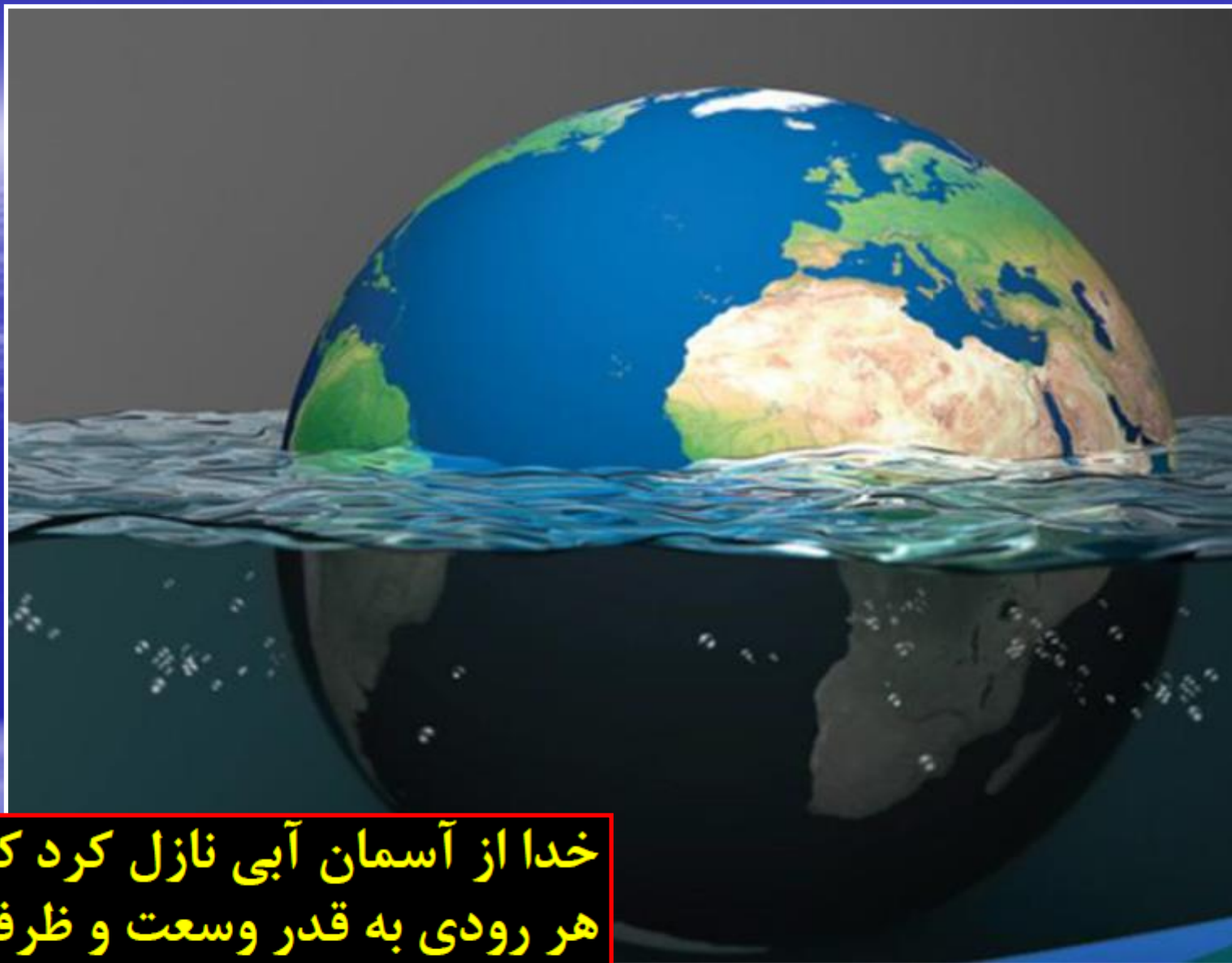
(هفتمین پژوهش)

عنوان پژوهش:

روند یابی سیلاب به روش ماسکینگام چندبازه ای

عبدالرضا ظهیری

آذرماه ۱۳۹۹



خدا از آسمان آبی نازل کرد که در
هر رودی به قدر وسعت و ظرفیتش
سیل آب جاری شد ...
(سوره رعد آیه ۱۷)

تعریف‌های سیلاب

- اگر شدت جریان رودخانه تغییر قابل ملاحظه و یا ناگهانی رخ دهد، سیلاب وقوع یافته است.
- اگر شدت جریان بیشتر از ظرفیت انتقال رودخانه شود، آب در ساحل بالا و سیلابدشت رودخانه بصورت سیلاب جاری می گردد.
- اگر بستر و دیواره های رودخانه در برابر قدرت جریان آسیب پذیر و ناپایدار شود، آثار تخریب بیانگر وقوع سیلاب است.
- خسارات مالی و جانی، اختلالات در زندگی روزانه، و ترس و وحشت از قدرت جریان آب، بیانگر وقوع سیلاب است.

تعاريف سيل

- A flood is a relatively high flow as measured by either gauge height or discharge rate whenever the stream channel in an average section is overtaxed, causing overflow to the usual channel boundaries (Jarvis, 1949).
- A flood is a relatively high flow, which overtakes the natural channel provided for the runoff (Chow, 1959).
- A flood is a stage at which the stream channel becomes filled and above its overflow banks (Wisler et al., 1957).
- A flood is the result of runoff from rainfall and/or melting snow in quantities too great to be confined in the low water channels of a stream (Linsley, 1964).
- A flood is any high stream flow, which overtops natural or artificial banks of a stream (Rostvedt, 1968).
- A flood is a body of water, which rises to overflow land that is not normally submerged (Ward, 1978).

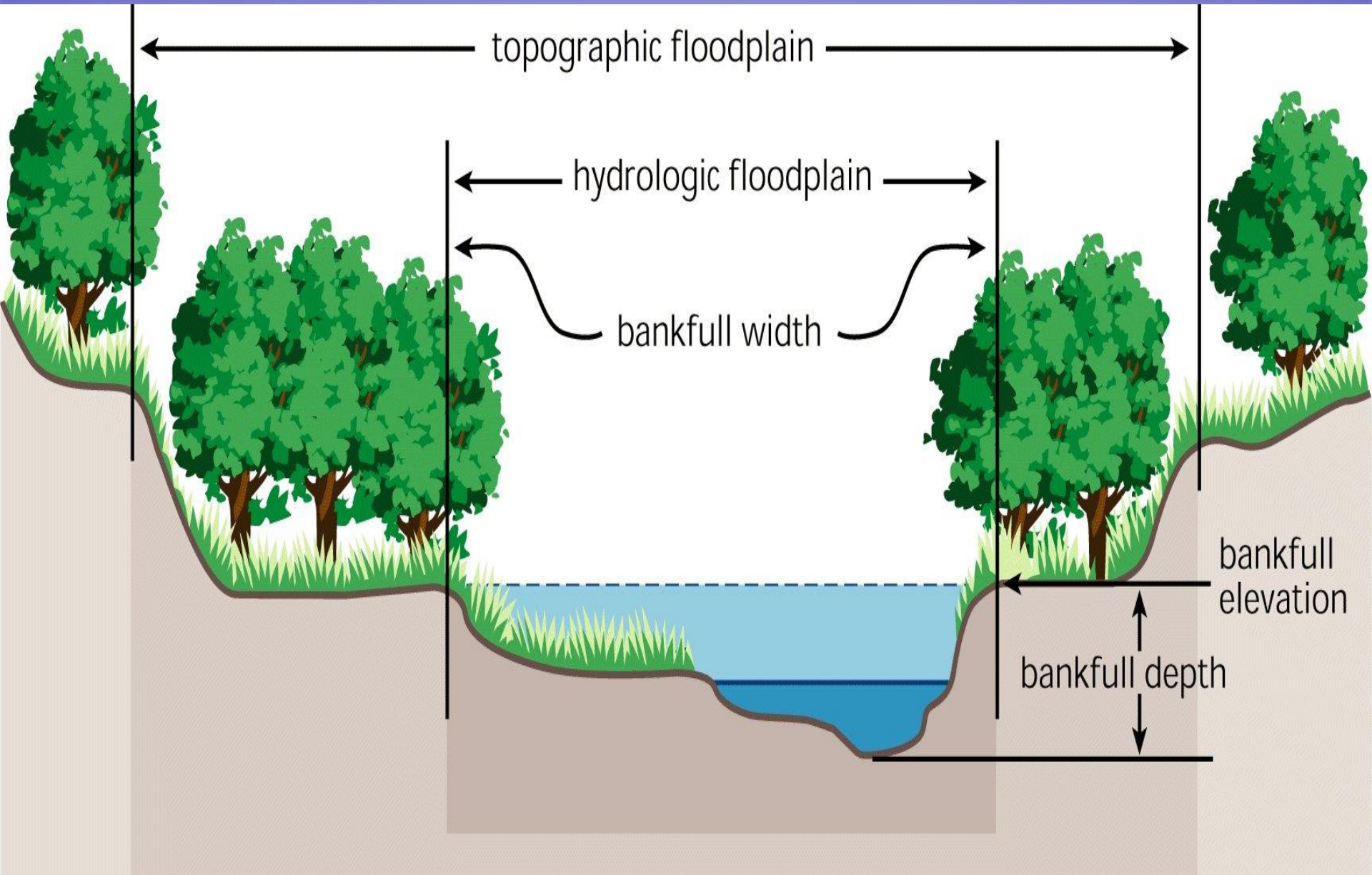
What is a flood?

A flood occurs whenever a river overflows its banks (exceeds its 'bankfull discharge').

However, a flood becomes a problem when the water rises to a level where it threatens property and/or life.



دبی مقطع لبریز (Bankfull Discharge)





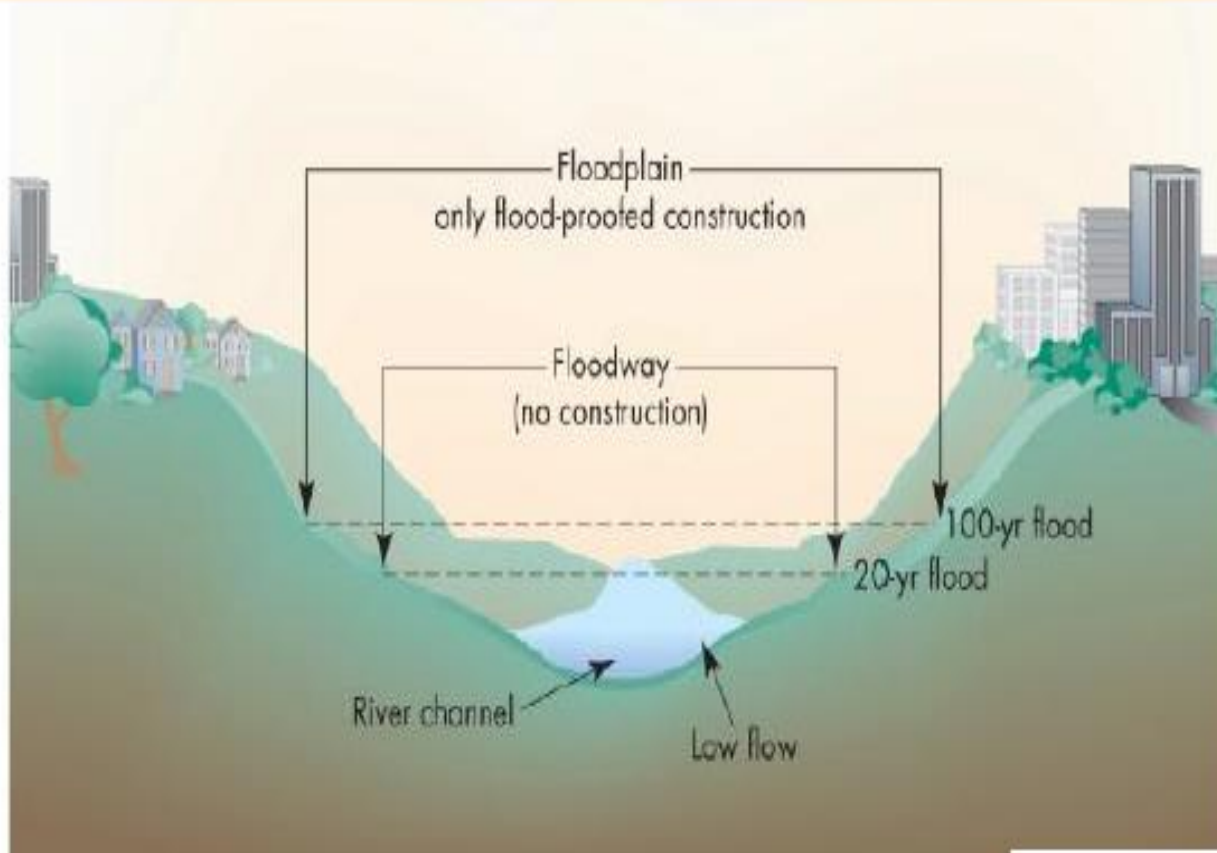
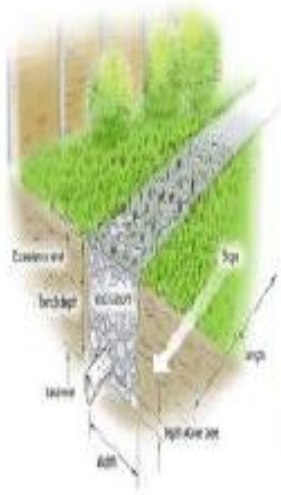
رودخانه در شرایط دبی جریان مقطع پر



رودخانه در شرایط دبی جریان مقطع پر



Floodplain and Floodway



FLOOD PLAIN ZONING



Learning to live with FLOODS

Munich Re: “It is not possible to prevent disasters, we rather need to learn to live with them”

* به جای مبارزه با سیل، زندگی در کنار سیل زیباتر است!

Living with flood RATHER than **Fighting** against it!



Murphy's law:

Extreme floods occur:

- at night
- on public holidays
- when communication lines are broken
- when roads are blocked
- when the car is in repair
- when the Director of Water Affairs is on holiday





STRATEGIC FLOOD MANAGEMENT

AN INTERNATIONAL TEAM OF WATER SCIENTISTS
REVEAL 10 GOLDEN RULES FOR MANAGING FLOODS

Sound flood management planning requires an effective collaborative solution, which 'blurs the distinction between the disciplines of spatial, coastal zone, river basin and water resources planning as well as flood defence engineering and environmental management.'



Read this article online:
'Strategic flood management:
ten 'golden rules' to guide a
sound approach' by
Paul Sayers, Gerry Galloway,
Edmund Penning-Rowsell,
Li Yuanyuan, Shen Fuxin,
Chen Yiwei, Wen Kang,
Tom Le Quesne, Lei Wang
& Yuhui Guan
www.tandfonline.com/trbm



Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

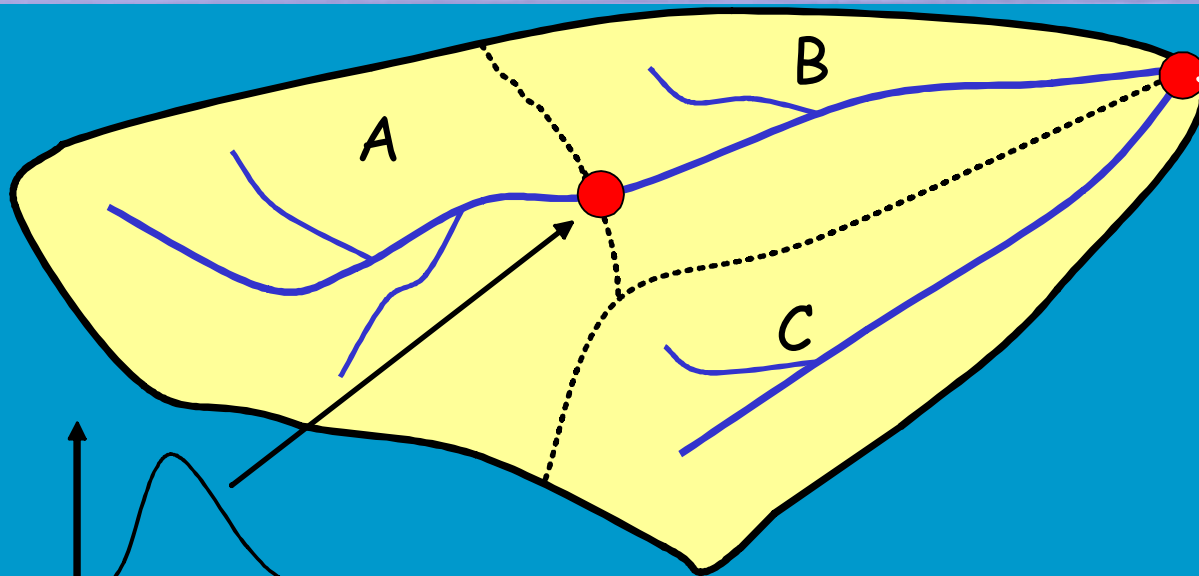
- A technique to compute the effect of system storage and system dynamics on the shape and movement of flow hydrographs along a watercourse.
- When the flow is a flood, then we have flood routing.
- Routing is used to predict the temporal and spatial distribution of flood wave (or hydrograph) as it travel along the channel.

روندیابی تکنیکی است که اثرات **ذخیره‌ای** و **دینامیکی** یک سیستم یا سامانه (مثل **رودخانه**، **مخزن سد**، **حوضه آبخیز**، **دشت‌های سیلابی** و ...) را بر **شکل و نحوه حرکت هیدروگراف جریان** محاسبه می‌کند.

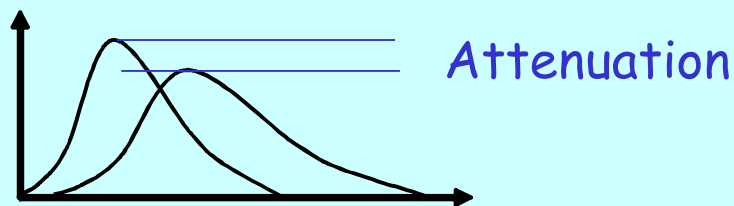
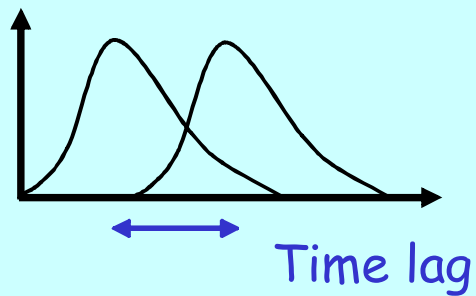
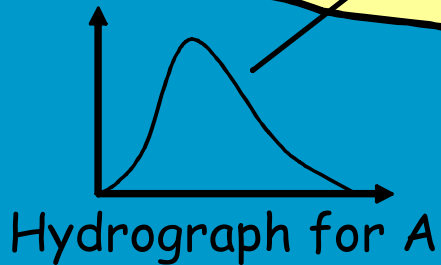
اگر جریان، سیلاب باشد، آنگاه روندیابی سیلاب را خواهیم داشت.

روندیابی سیلاب برای تخمین تغییرات زمانی و مکانی موج سیل (یا هیدروگراف) در طول عبور سیل از سامانه آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

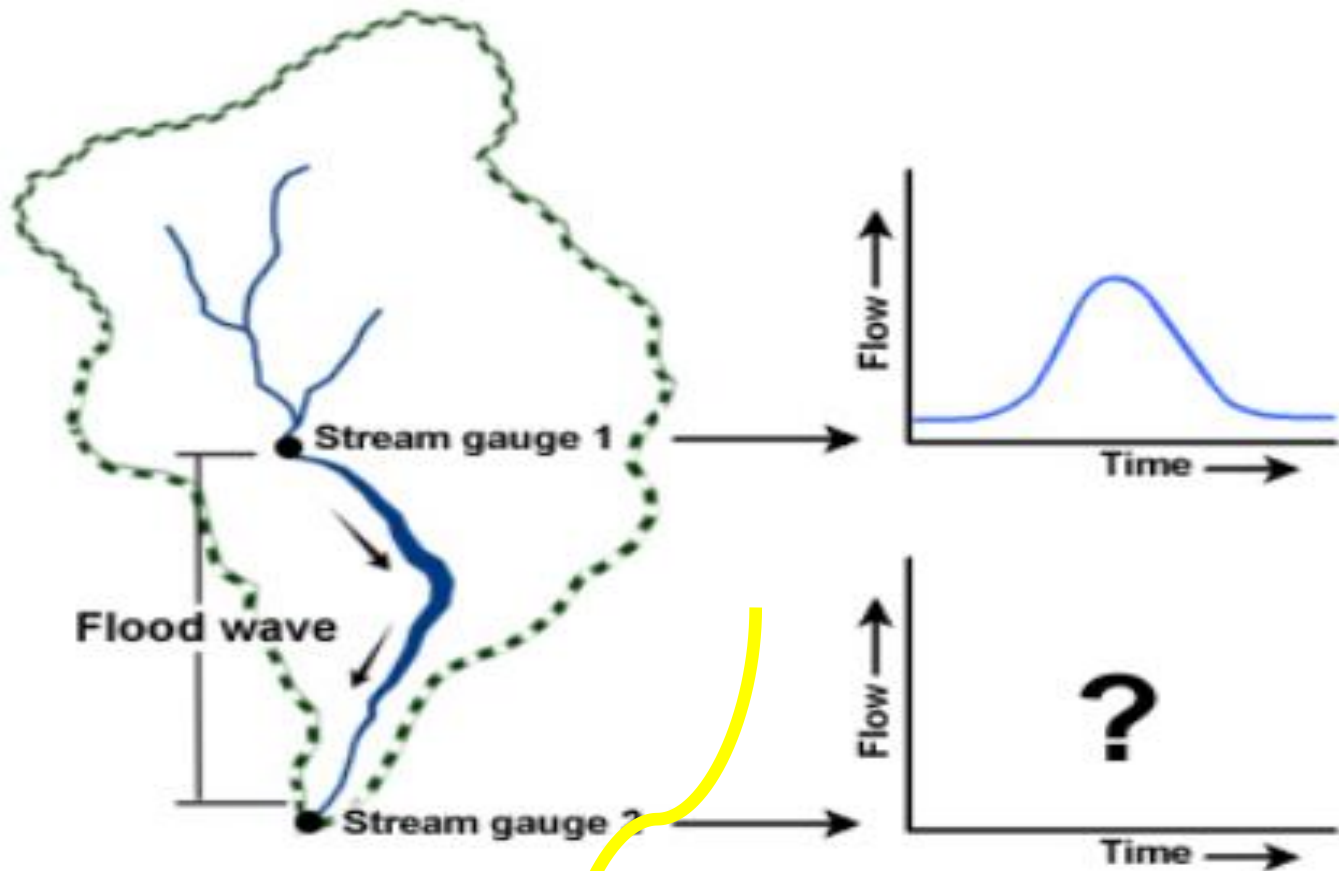
مفهوم روندیابی سیل



هیدروگراف نقطه A در
خروجی حوضه چیست؟



What is Streamflow Routing?



هیدرولوژیکی

هیدرولیکی

روندیابی

Flood Routing

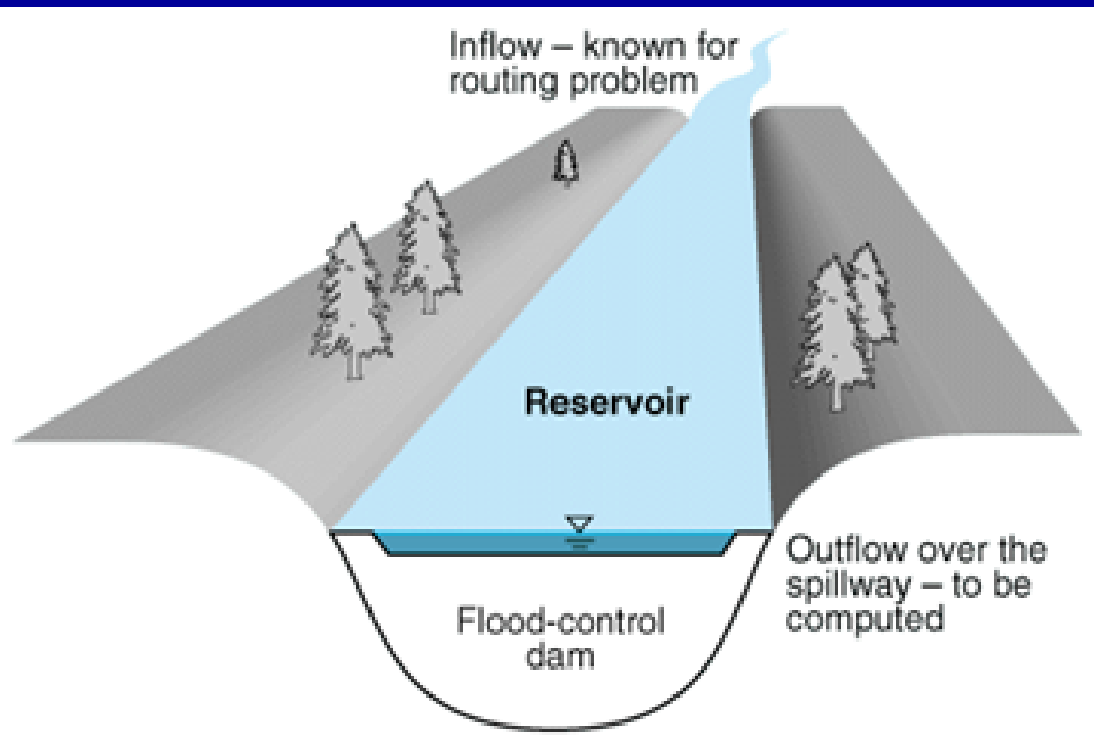
flood routing: prediction of downstream hydrograph, if the upstream hydrograph is known

a) How quickly a flood crest travels downstream

b) How the height of the crest changes as it travels downstream

flood routing in rivers and by reservoirs

$$dV/dt = I - O$$

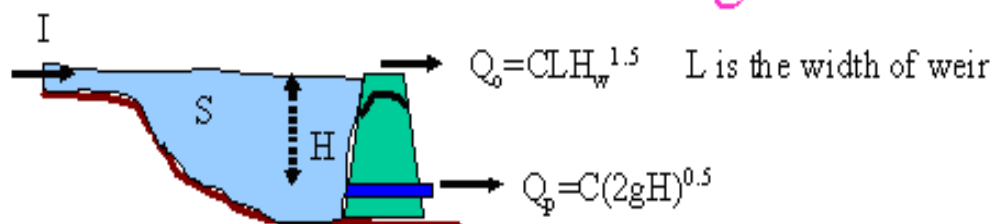


Typically, in hydrology problems like these cannot be solved by differential equations but must be solved numerically → transforming the equation into one or more algebraic equations that can be solved more easily.

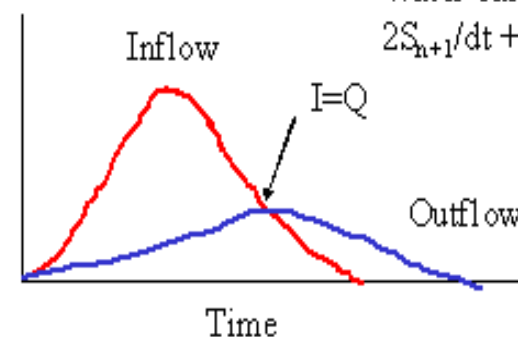


Reservoir

Reservoir Routing

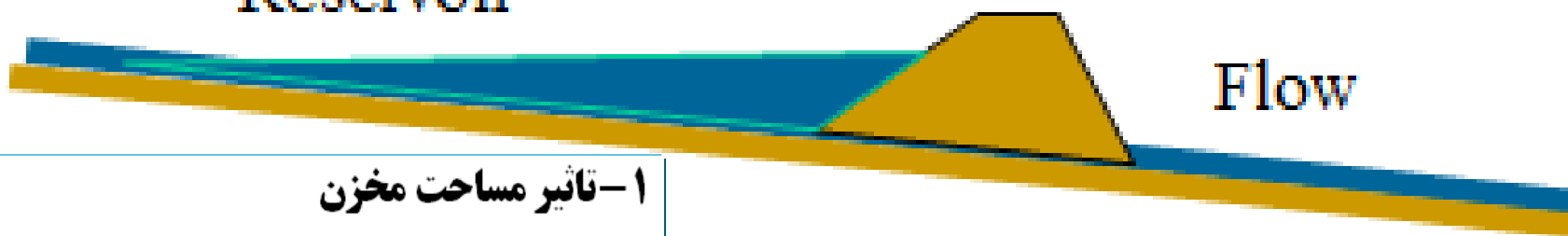


Flow



Water balance equation:

$$2S_{n+1}/dt + Q_{n+1} = 2S_n/dt - Q_n + I_n + I_{n+1}$$

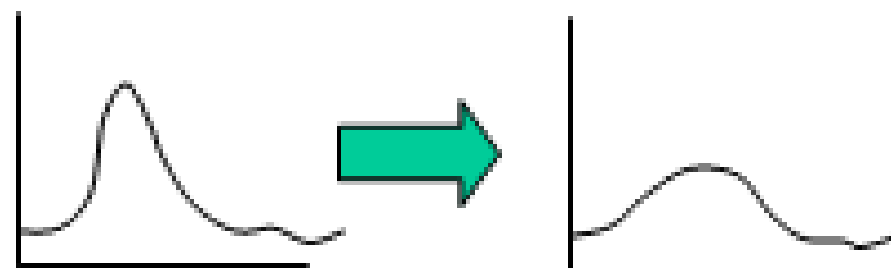


۱- تأثیر مساحت مخزن

۲- تأثیر ابعاد سازه‌های تخلیه سیل مثل سرریز، دریچه و ...

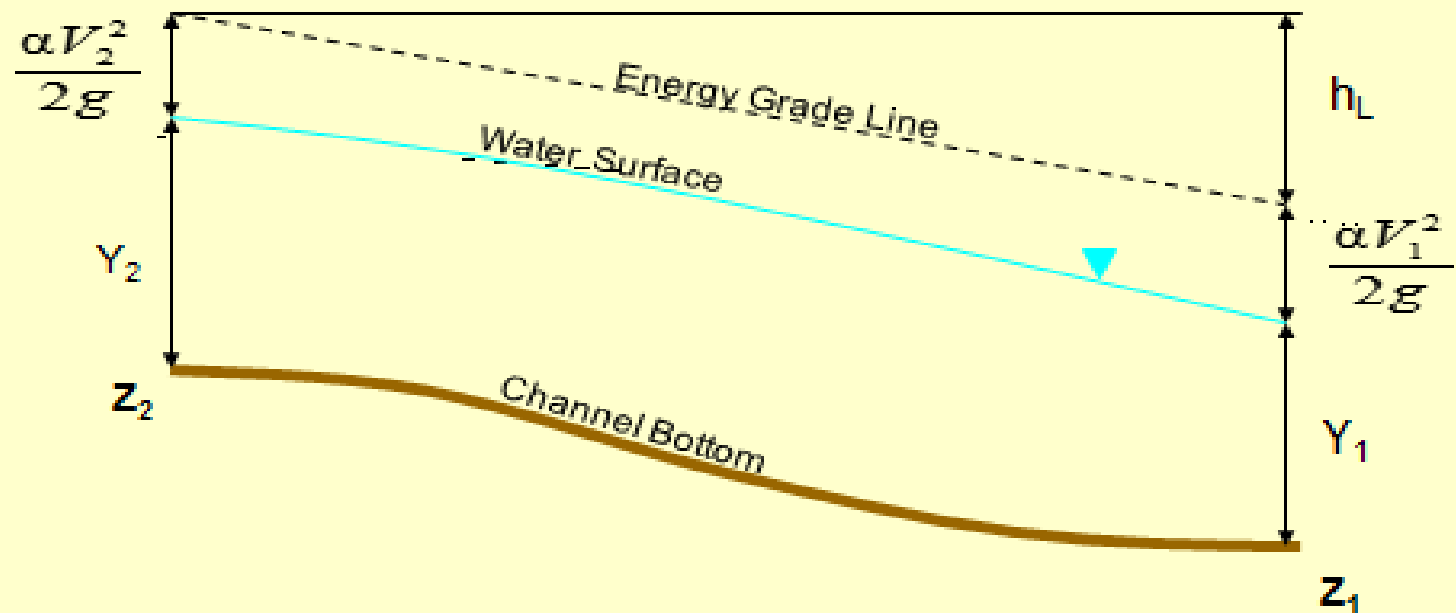
۳- لحاظ کردن ظرفیت ایمن رودخانه در پایین دست مخزن

۴- تخصیص حجم کنترل سیل برای مخزن سد



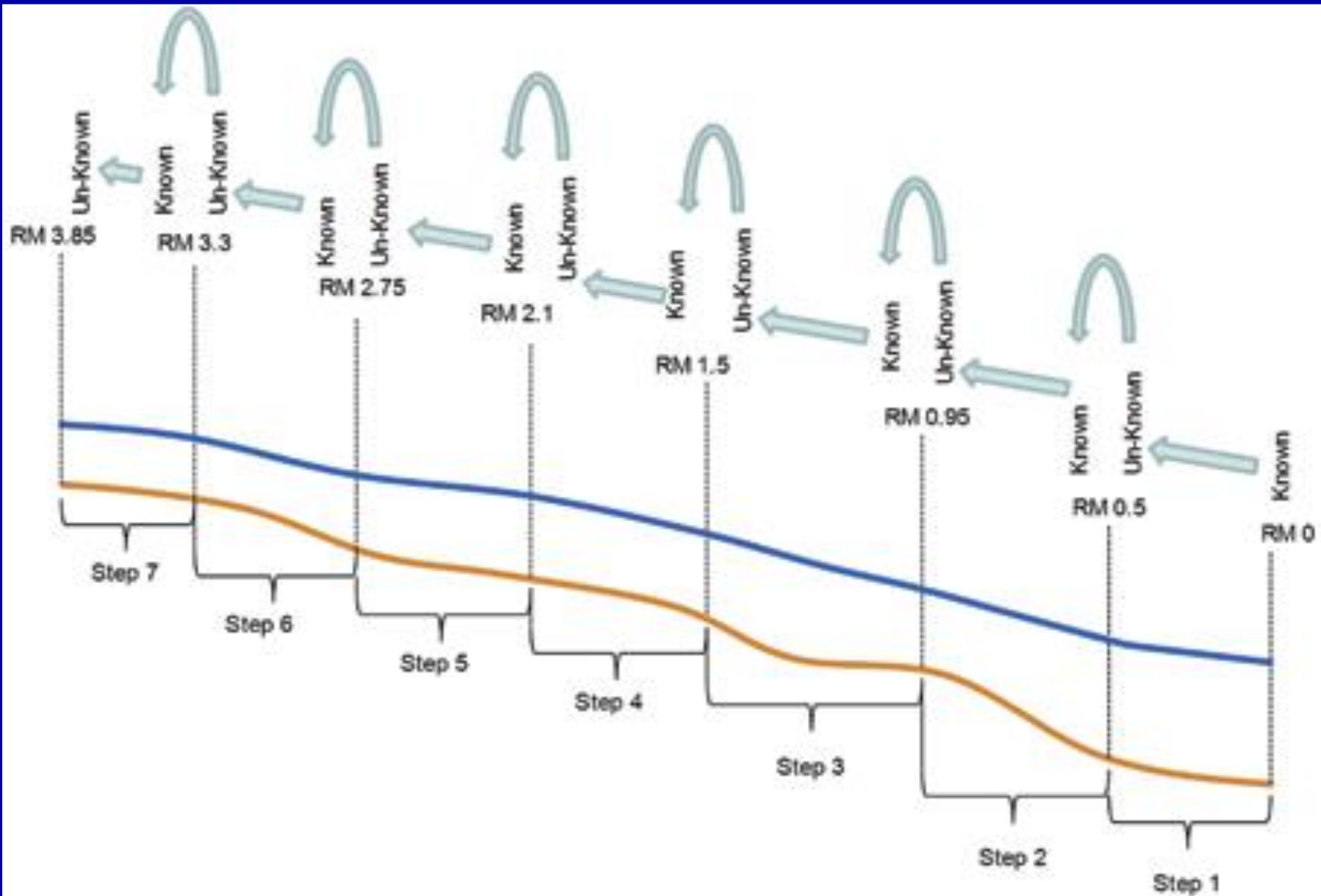
محاسبه پروفیل سطح آب در رودخانه های سیلابی

Energy Principles



$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_L$$

محاسبه پروفیل سطح آب در رودخانه های سیلابی



انواع روندیابی جریان در آبراهه‌ها

- روندیابی از دو منظر قابل بررسی است:

- توده‌ای / هیدرولوژیکی

- جریان به صورت تابعی از زمان در یک نقطه معین محاسبه می‌گردد. برای محاسبه موارد زیر منظور می‌شود:

- معادله پیوستگی

- رابطه بین جریان و ذخیره

- توزیعی / هیدرولیکی

- جریان به صورت تابعی از زمان و مکان در سراسر سیستم محاسبه می‌گردد. برای محاسبه موارد زیر منظور می‌شود:

- معادله پیوستگی

- معادله ممتوم

- این روش پیچیده‌تر از روش هیدرولوژیکی است.

Unsteady Flow Equations

Momentum Equation:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha Q^2/A)}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial h}{\partial x} - S_o + S_f\right) = 0$$

Continuity Equation:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

روندیابی هیدرولیکی سیل

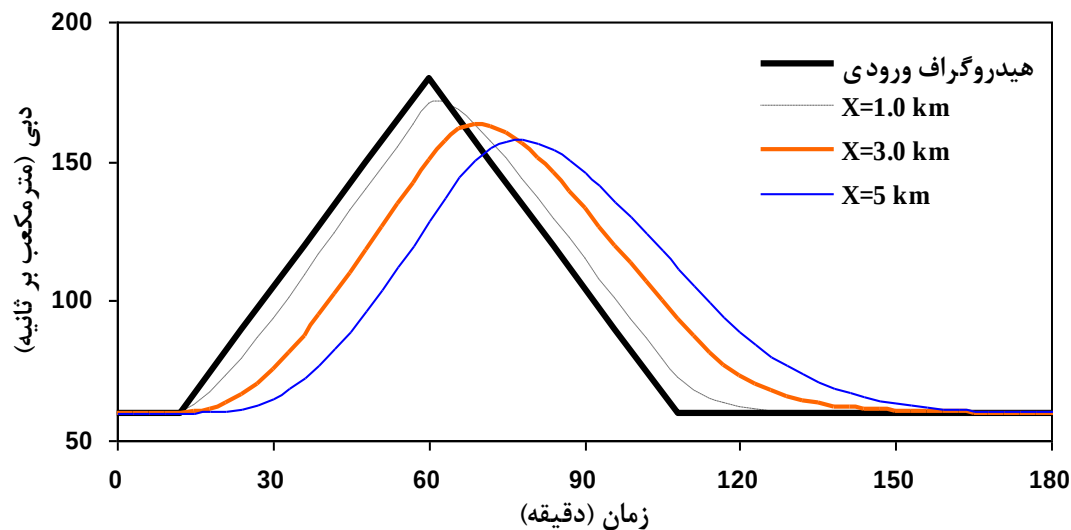
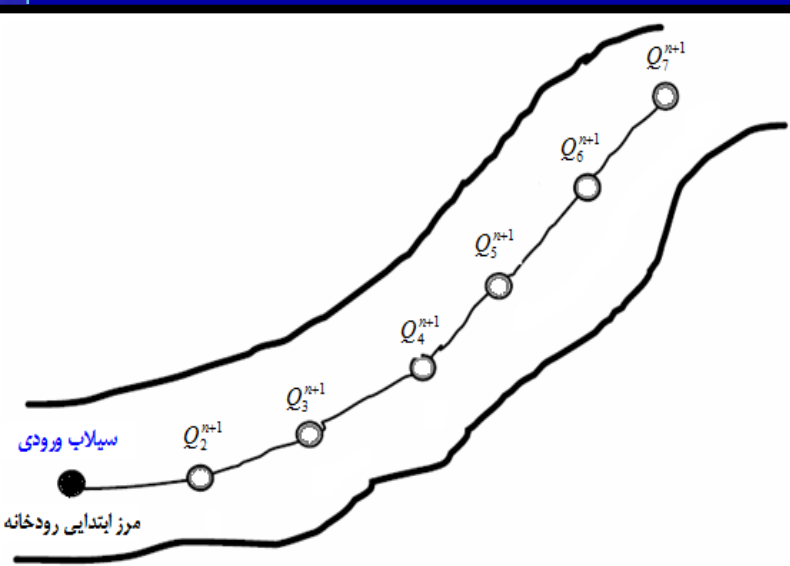
$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + Ag \frac{\partial y}{\partial x} - Ag(S_0 - S_f) = 0$$

موج کینماتیک
موج دیفیوژن
موج کامل دینامیکی

به روش موج کینماتیک

$$Q_{i+1}^{n+1} = \frac{\alpha \beta Q_{i+1}^n \left(\frac{Q_{i+1}^n + Q_i^{n+1}}{2} \right)^{\beta-1} + \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{n+1}}{\frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha \beta \left(\frac{Q_{i+1}^n + Q_i^{n+1}}{2} \right)^{\beta-1}}$$



روندیابی سیل به روش ماسکینگام

Hydrologic River Routing Muskingum Method

- Wedge storage in reach

$$S_{\text{Prism}} = KQ$$

$$S_{\text{Wedge}} = KX(I - Q)$$

Advancing
Flood
Wave
 $I > Q$

K = travel time of peak through the reach

X = weight on inflow versus outflow

$X = 0 \rightarrow$ Reservoir, storage depends
on outflow,

no wedge

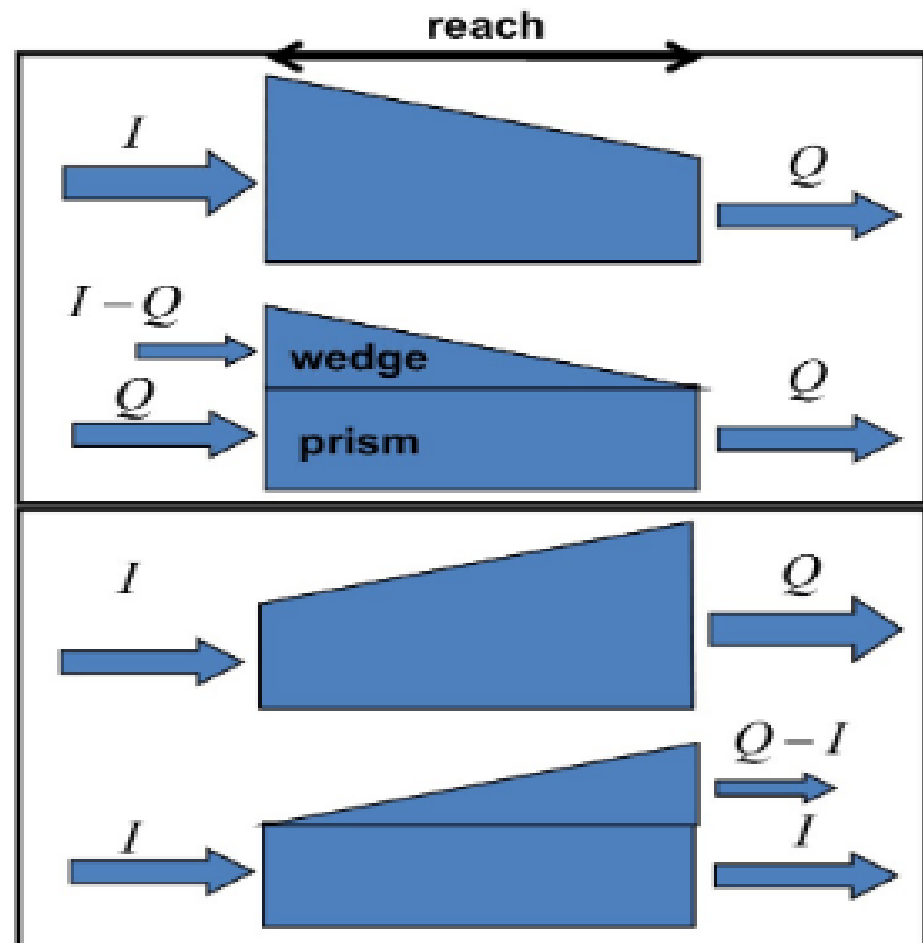
$X = 0.0 - 0.3 \rightarrow$ Natural stream

$$S = S_{\text{wedge}} + S_{\text{prism}}$$

$$= KQ + KX(I - Q)$$

$$S = K[XI + (1 - X)Q]$$

Receding
Flood
Wave
 $Q > I$



روندیابی سیل به روش ماسکینگام

Muskingum Method (Cont.)

$$S = K[XI + (1 - X)Q]$$

$$S_{j+1} - S_j = K[XI_{j+1} + (1 - X)Q_{j+1}] - K[XI_j + (1 - X)Q_j]$$

Recall:

$$S_{j+1} - S_j = \frac{I_{j+1} + I_j}{2} \Delta t - \frac{Q_{j+1} + Q_j}{2} \Delta t$$

Combine:

$$Q_{j+1} = C_1 I_{j+1} + C_2 I_j + C_3 Q_j$$

$$O_2 = C_1 I_2 + C_2 I_1 + C_3 O_1$$

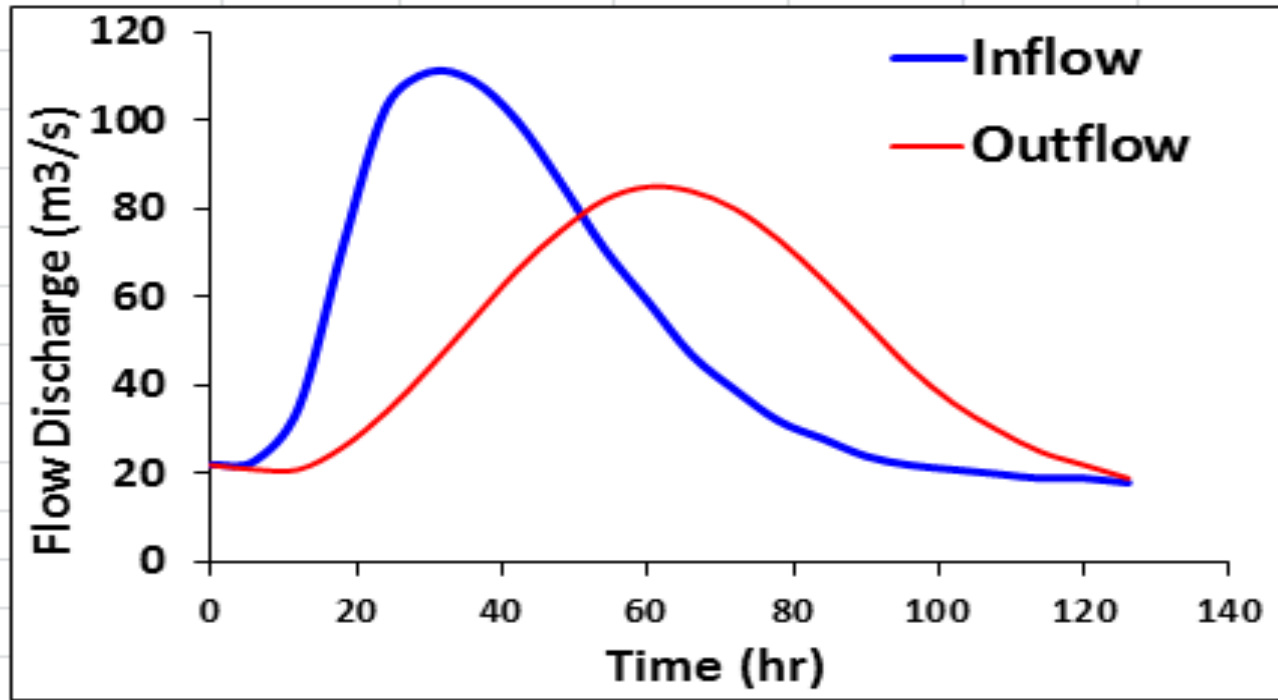
$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t}$$

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

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

مثال ۱ – سیلاب ویلسون (۱۹۷۴)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Time (h)	I (m^3/s)	O (m^3/s)							
0	22	22							
6	23	21							
12	35	21							
18	71	26							
24	103	34							
30	111	44							
36	109	55							
42	100	66							
48	86	75							
54	71	82							
60	59	85							
66	47	84							
72	39	80							
78	32	73							
84	28	64							
90	24	54							
96	22	44							
102	21	36							
108	20	30							
114	19	25							
120	19	22							
126	18	19							



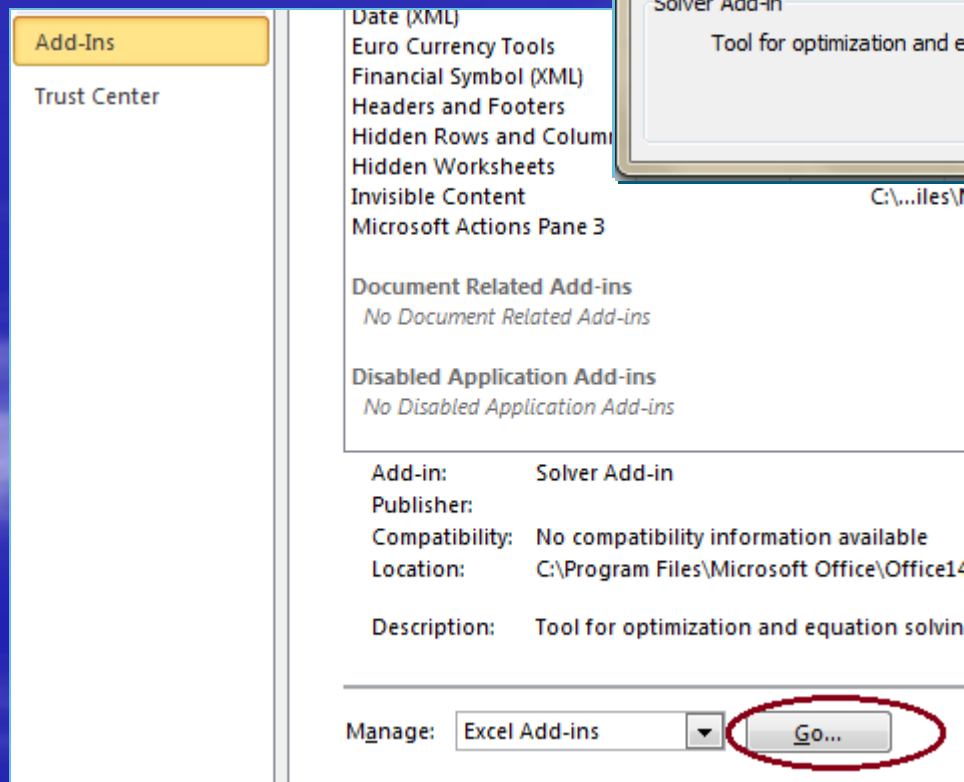
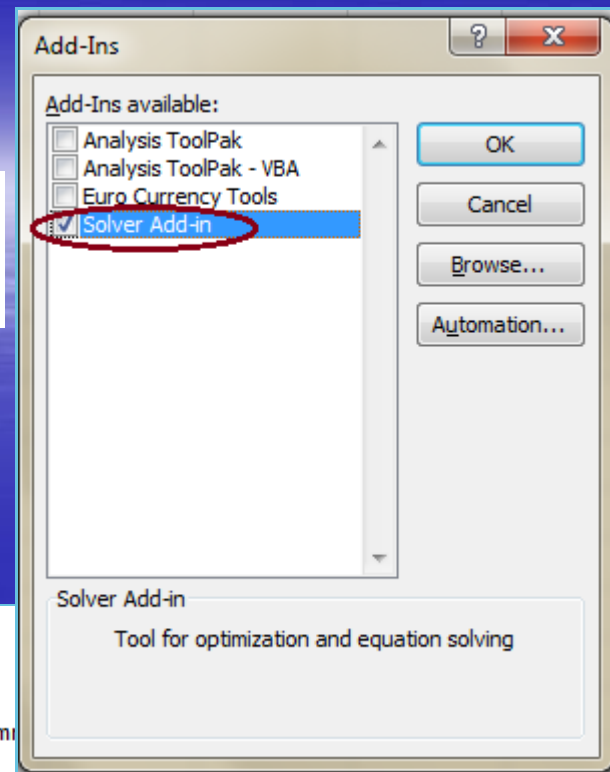
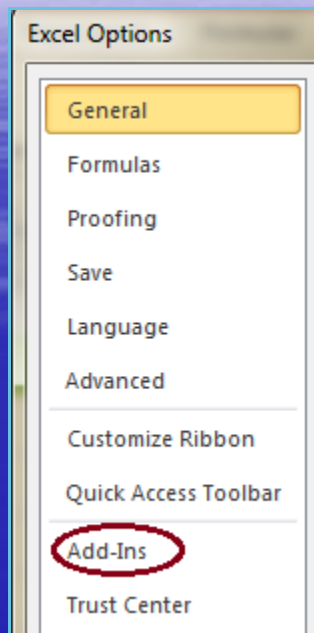
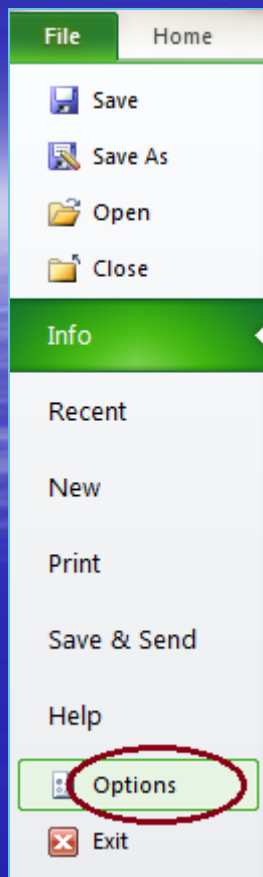
محاسبه پارامترهای ماسکینگام (x, K)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Time (h)	I (m ³ /s)	O (m ³ /s)	O _{est} (m ³ /s)	(O-O _{est}) ²	SSQ				
2	0	22	22	22	0	1.278	=Sum(E2:E23)			
3	6	23	21	22.130	1.2788	Δt	6			
4	12	35	21			x	0.15			
5	18	71	26			K	10			
6	24	103	34							
7	30	111	44			c1	0.13043			
8	36	109	55			c2	0.3913			
9	42	100	66			c3	0.47826			
10	48	86	75							
11	54	71	82							
12	60	59	85							
13	66	47	84							
14	72	39	80							
15	78	32	73							
16	84	28	64							
17	90	24	54							
18	96	22	44							
19	102	21	36							
20	108	20	30							
21	114	19	25							
22	120	19	22							
23	126	18	19							

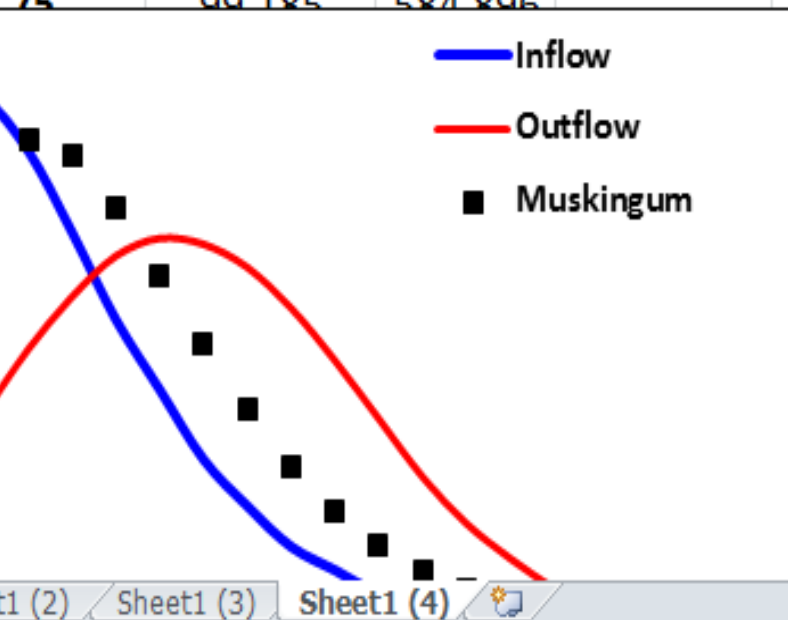
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Time (h)	I (m ³ /s)	O (m ³ /s)	O _{est} (m ³ /s)	(O-O _{est}) ²	SSQ			
2	0	22	22	22	0	9121.561			
3	6	23	21	22.130	1.27788	Δt	6	c1	0.13043
4	12	35	21	24.149	9.91833	x	0.15	c2	0.3913
5	18	71	26	34.506	72.3555	K	10	c3	0.47826
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19	102	21	36	24.608	129.789				

محاسبه پارامترهای ماسکینگام با ابزار SOLVER در محیط اکسل

ابزار SOLVER در منوی Data قرار دارد.
این ابزار باید توسط کاربر نصب شود.
برای اینکار باید مراحل ذیل دنبال شوند.



C	D	E	F	G
(m^3/s)	$O_{est} (m^3/s)$	$(O-O_{est})^2$	SSQ	
22	22	0	9121.561	
21	22.130	1.27788	Δt	6
21	24.149	9.91833	x	0.15
26	34.506	72.3555	K	10
34	57.720	562.655		
44	82.388	1473.64	c1	0.13043
55	97.055	1768.63	c2	0.3913
66	102.113	1304.17	c3	0.47826
75	99.185	584.896		



تابع هدف

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

حداقل سازی مجموع خطاها

By Changing Variable Cells:

متغیرهای تصمیم (مجهولات مدل ماسکینگام)

Subject to the Constraints: **قیدهای بهینه سازی**

☒ **لزوم منفی نشدن متغیرهای تصمیم**
Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

نوع روش بهینه سازی

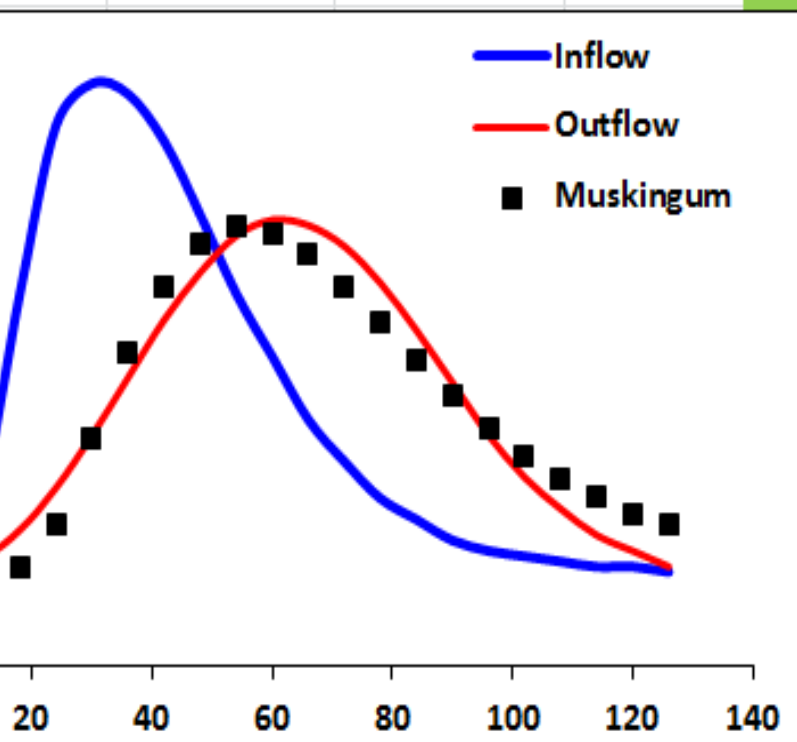
Solving Method

Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver non-smooth.

اجرای مدل بهینه سازی

Help

	C	D	E	F	G
	O (m ³ /s)	O _{est} (m ³ /s)	(O-O _{est}) ²	SSQ	
2	22	22	0	605.633	
3	21	21.866	0.74988	Δt	6
5	21	20.522	0.22848	x	0.22106
1	26	19.074	47.9667	K	29.1646
3	34	26.899	50.4193		
11	44	43.582	0.17499	c1	-0.134
				c2	0.36735
				c3	0.76669



Solver Results

Solver found a solution. All Constraints and optimality conditions are satisfied.

☒ Keep Solver Solution
☐ Restore Original Values

☐ Return to Solver Parameters Dialog

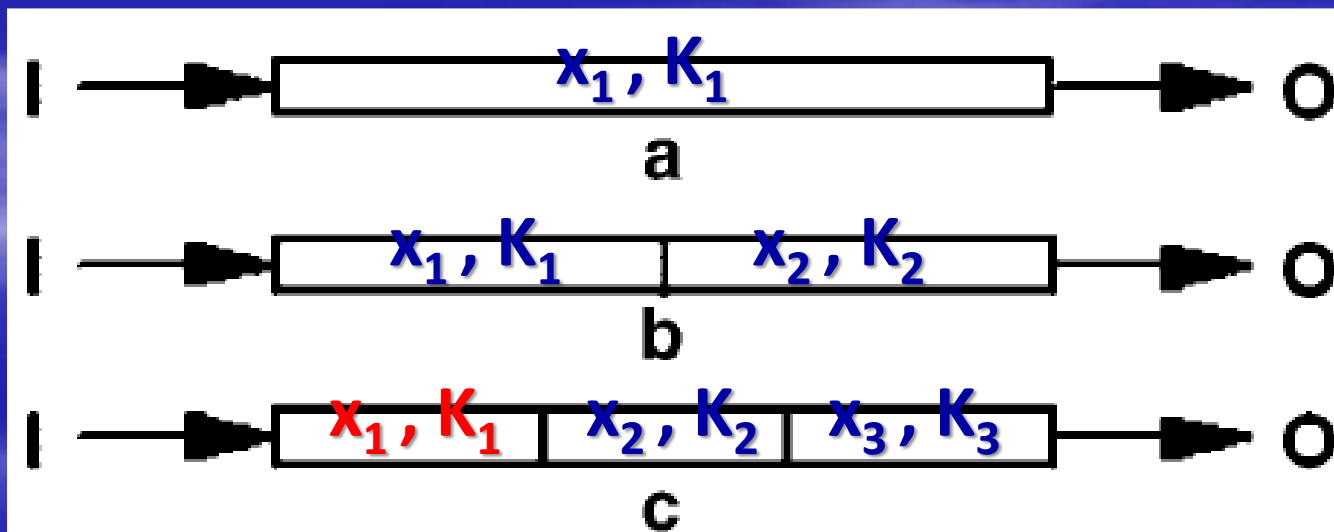
OK Cancel

Solver found a solution. All Constraints and optimality conditions are satisfied.

When the GRG engine is used, Solver has found at least one local solution. When Simplex LP is used, this means Solver has found the optimal solution.

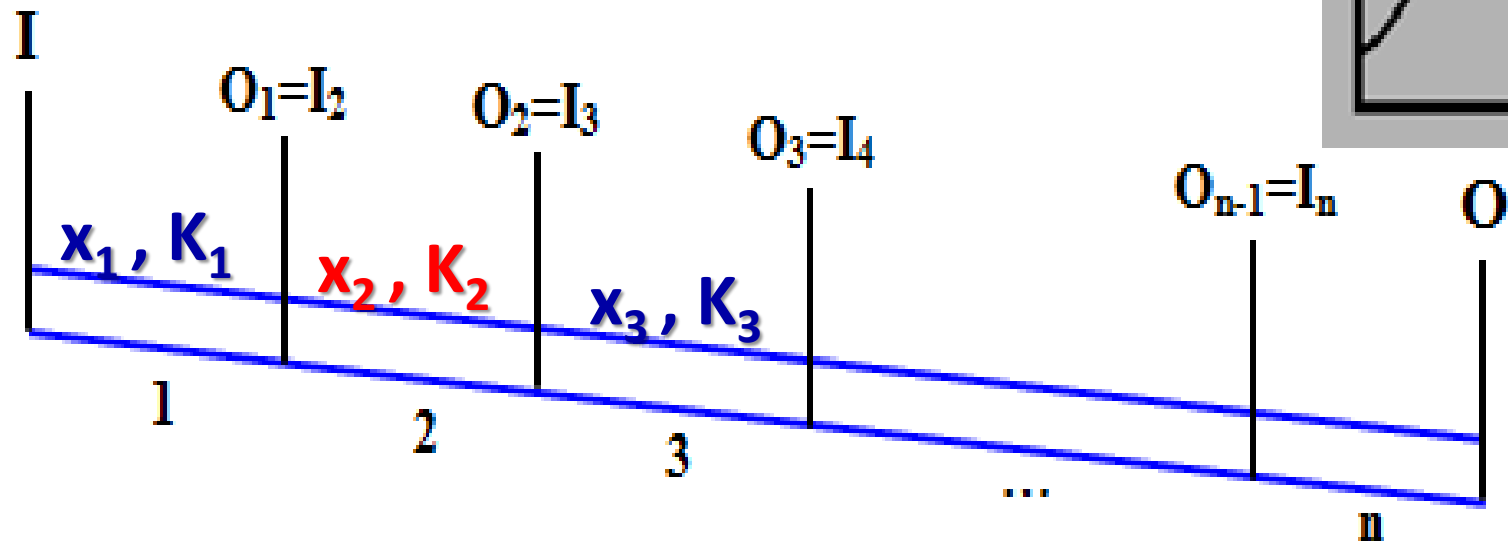
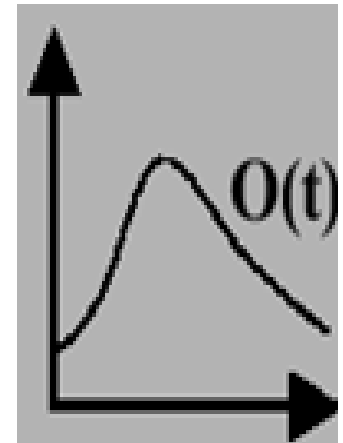
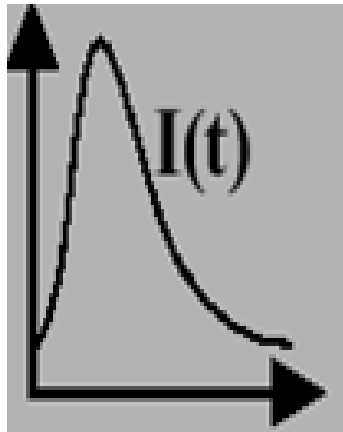
افزایش دقت محاسبات روش ماسکینگام

یک ایده جالب و کاربردی توسط حسینی (۲۰۰۹) ارائه شد.
در این روش به جای استفاده از مقادیر ثابت x و K در تمام
طول مسیر رودخانه، از مقادیر متفاوتی برای این دو ضریب
استفاده می شود. روش ماسکینگام چندبازه ای



محاسبات روش ماسکینگ چندبازه‌ای

Multiple-Reach Muskingum



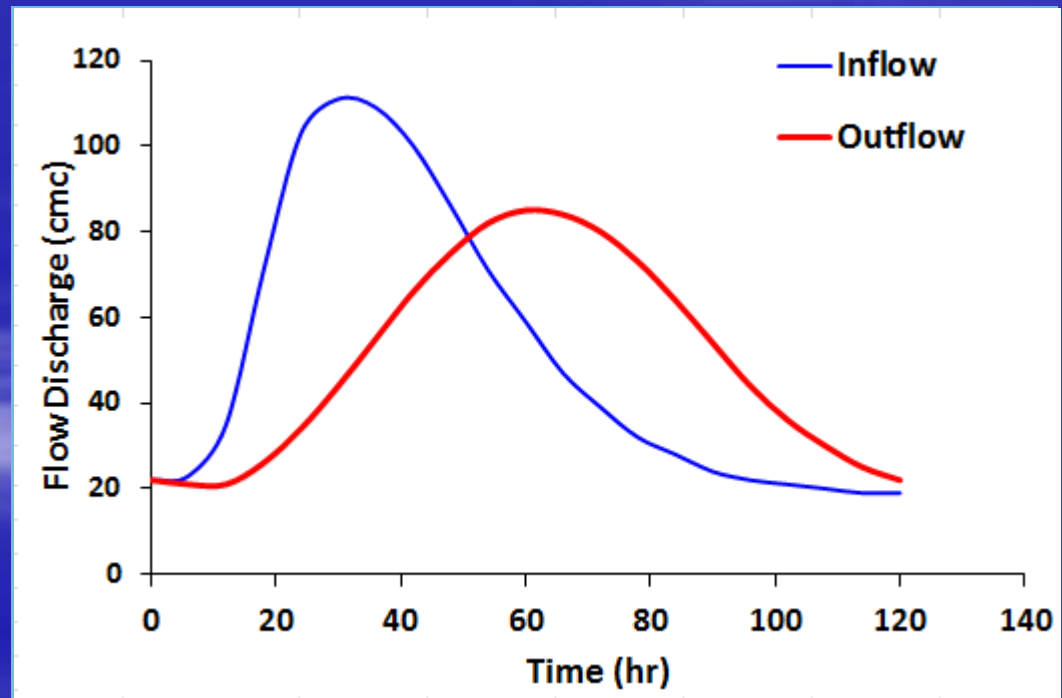
فرآیند محاسبات روندیابی سیلاب در روش ماسکینگ چندبازه‌ای

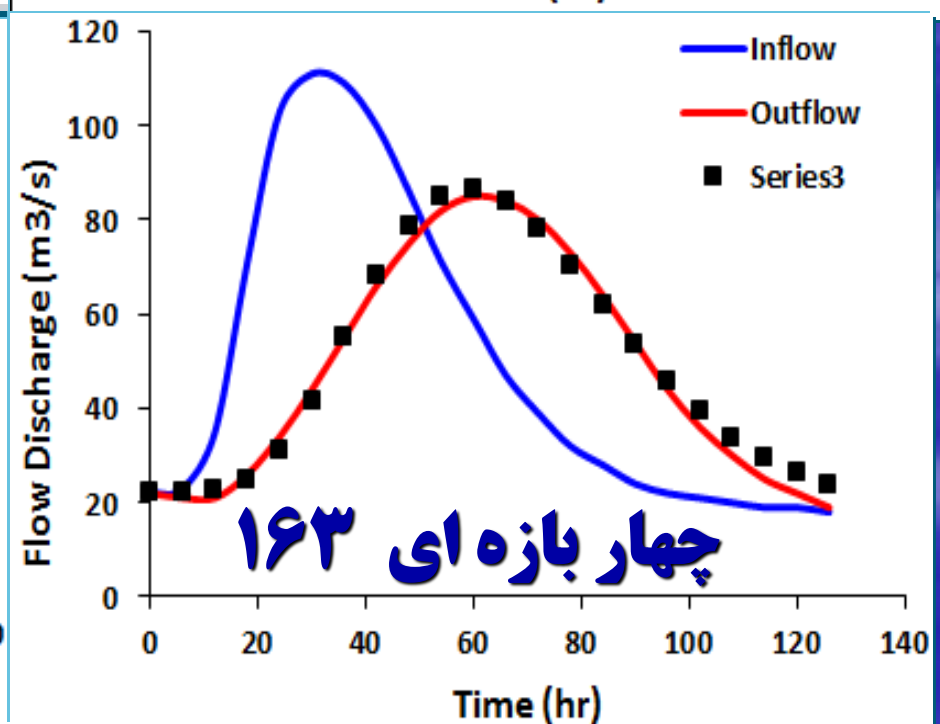
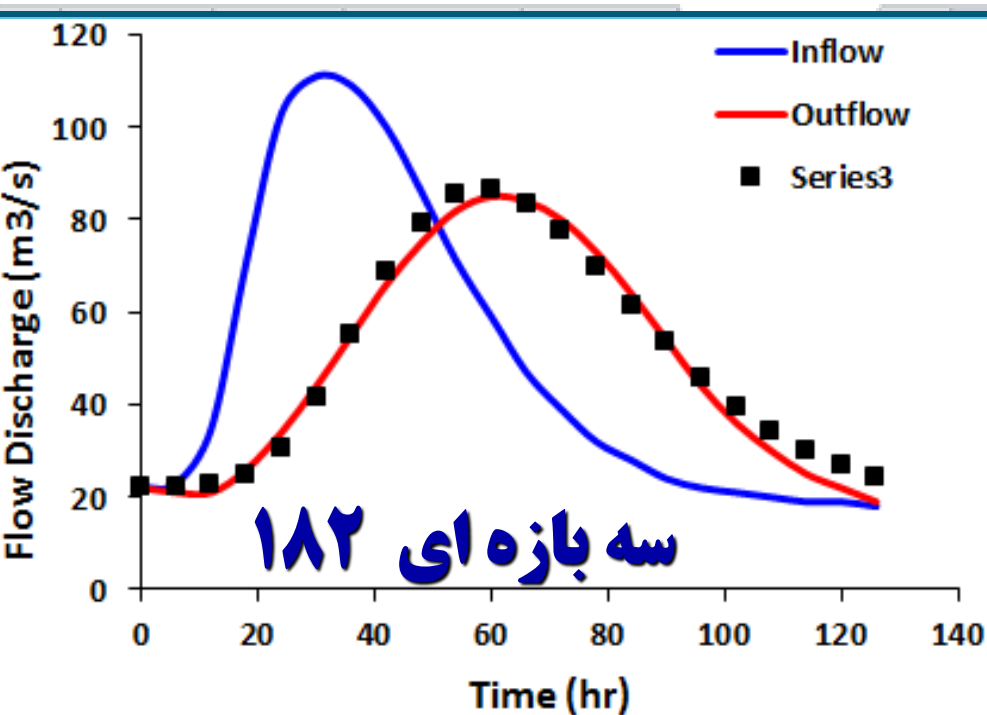
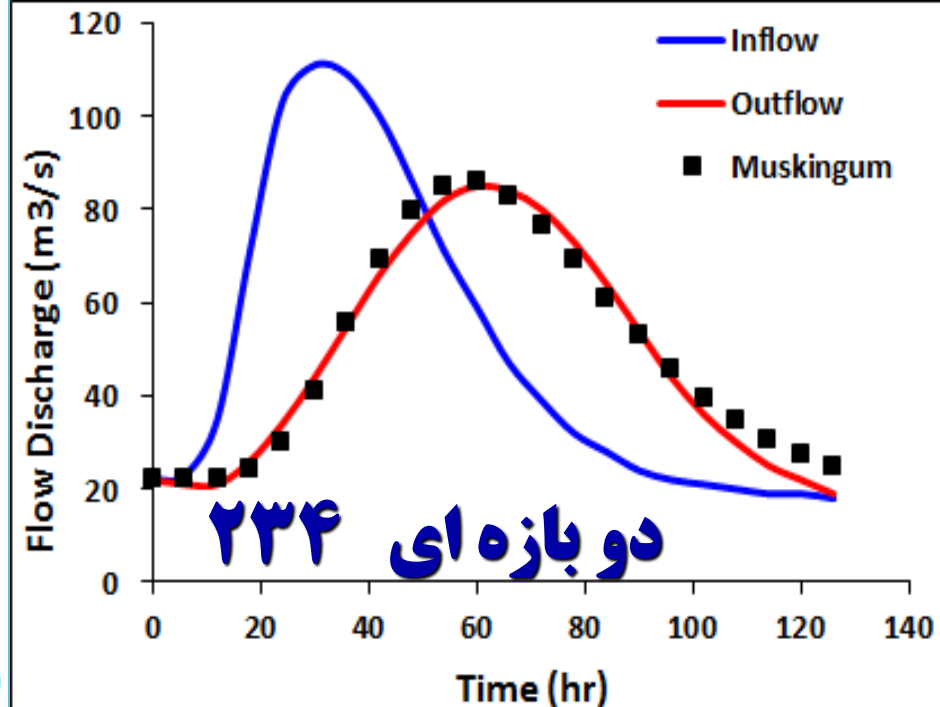
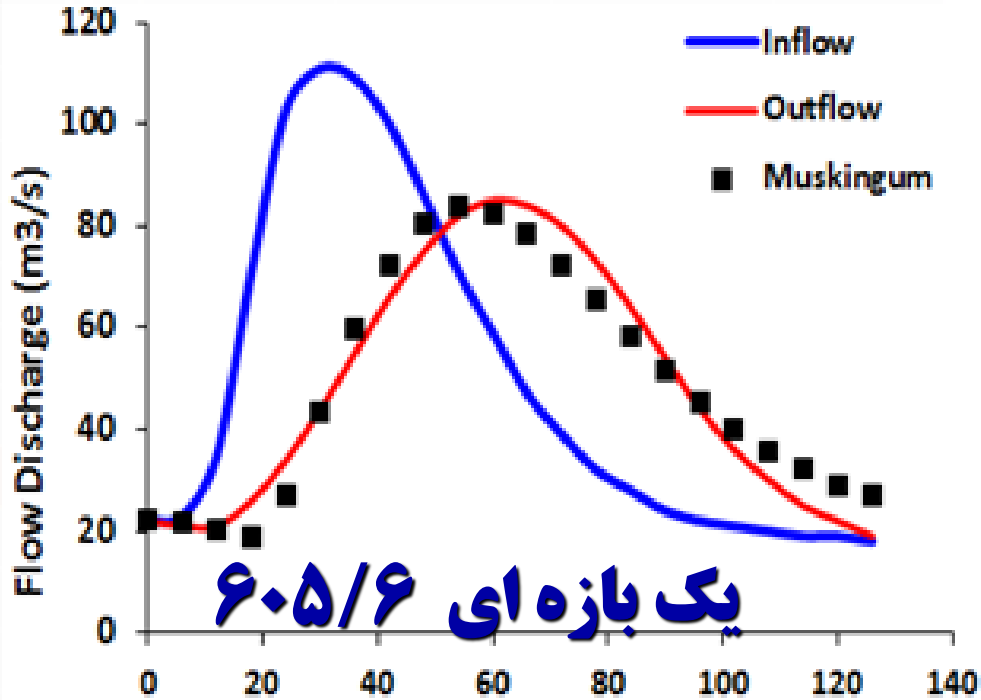
افزایش دقت محاسبات روش ماسکینگام

مثال ۱: داده های سیل ویلسون

داده های سیل ویلسون

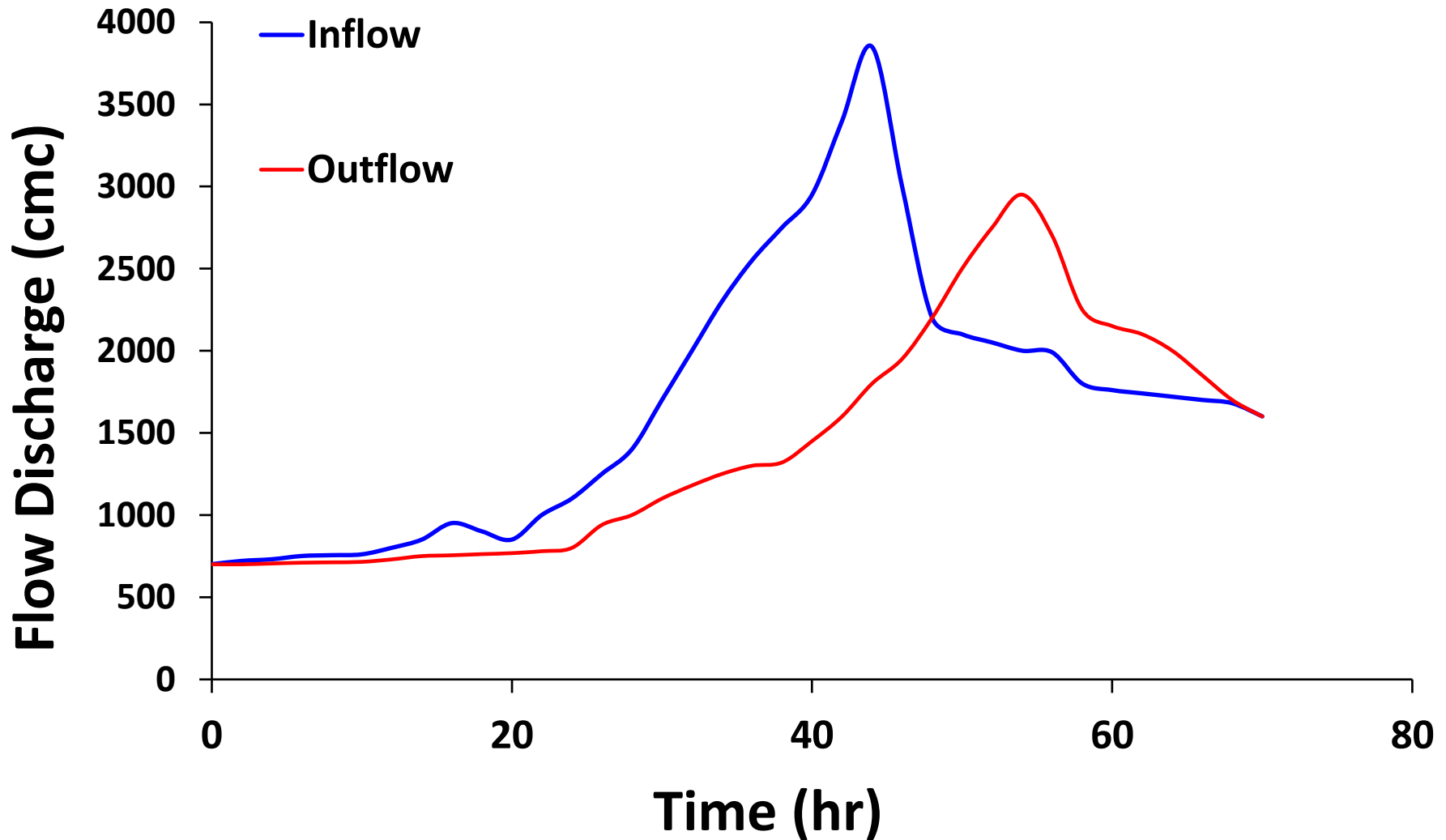
Time (hr)	Inflow(cms)	Outflow(cmc)
t	I	O
0	22	22
6	23	21
12	35	21
18	71	26
24	103	34
30	111	44
36	109	55
42	100	66
48	86	75
54	71	82
60	59	85
66	47	84
72	39	80
78	32	73
84	28	64
90	24	54
96	22	44
102	21	36
108	20	30
114	19	25
120	19	22





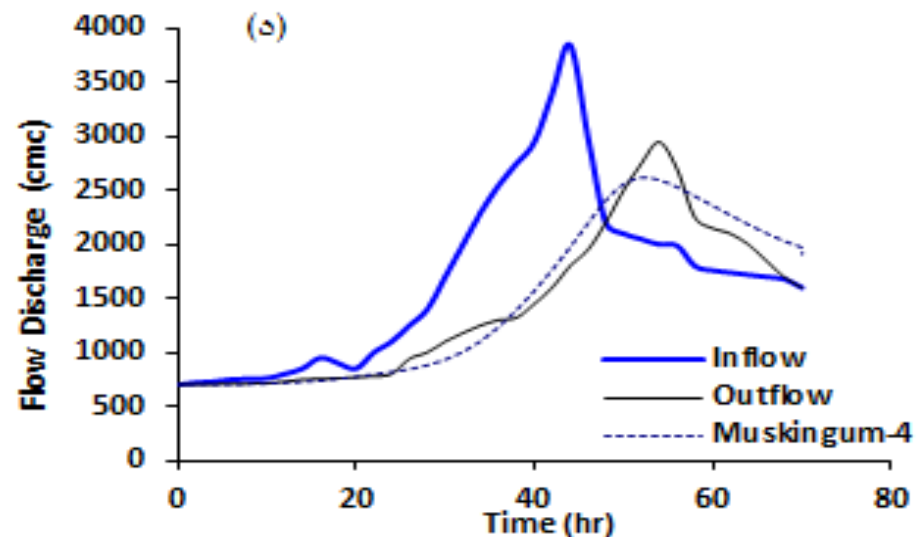
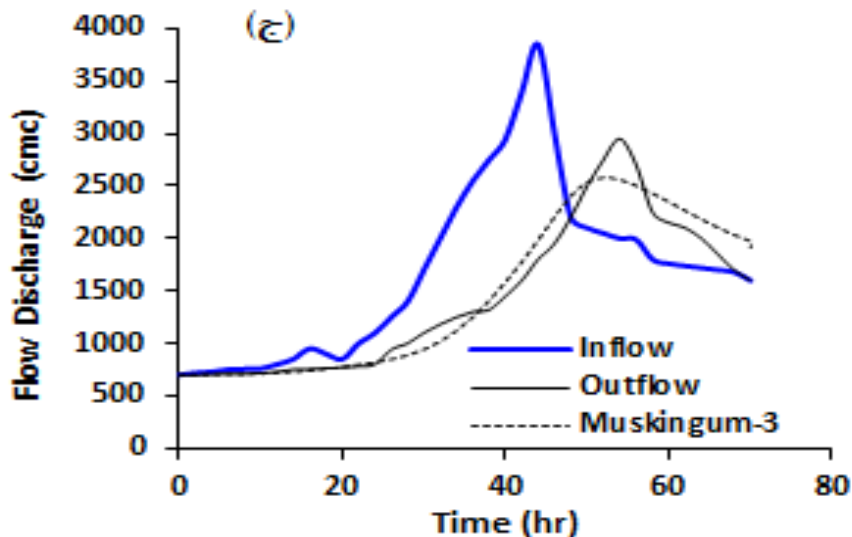
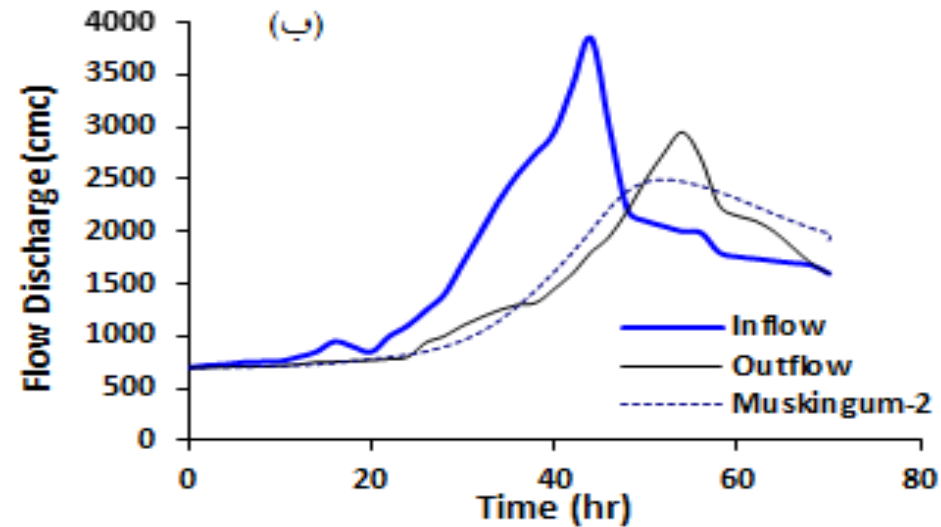
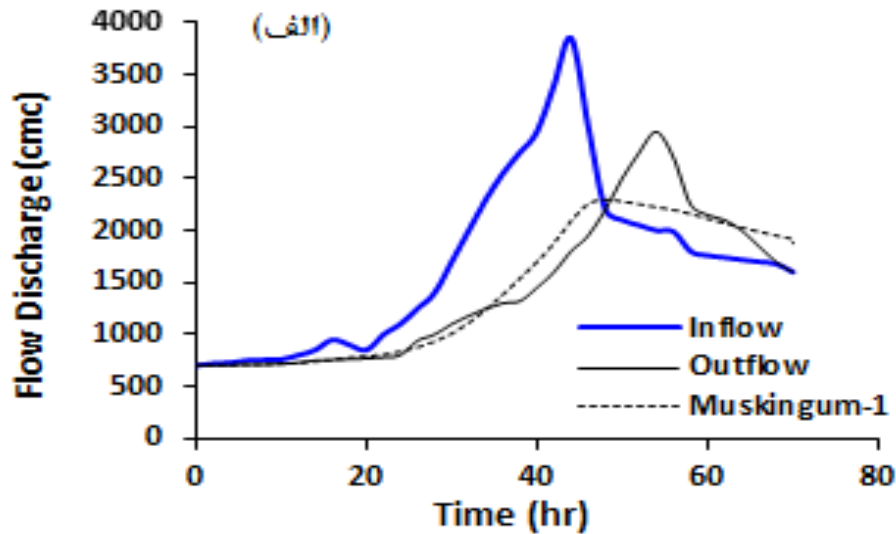
افزایش دقت محاسبات روش ماسکینگام

مثال ۲: داده های سیل رودخانه کارون



افزایش دقت محاسبات روش ماسکینگام

مثال ۲: سیل رودخانه کارون



افزایش دقت محاسبات روش ماسکینگام

مثال ۲: سیل

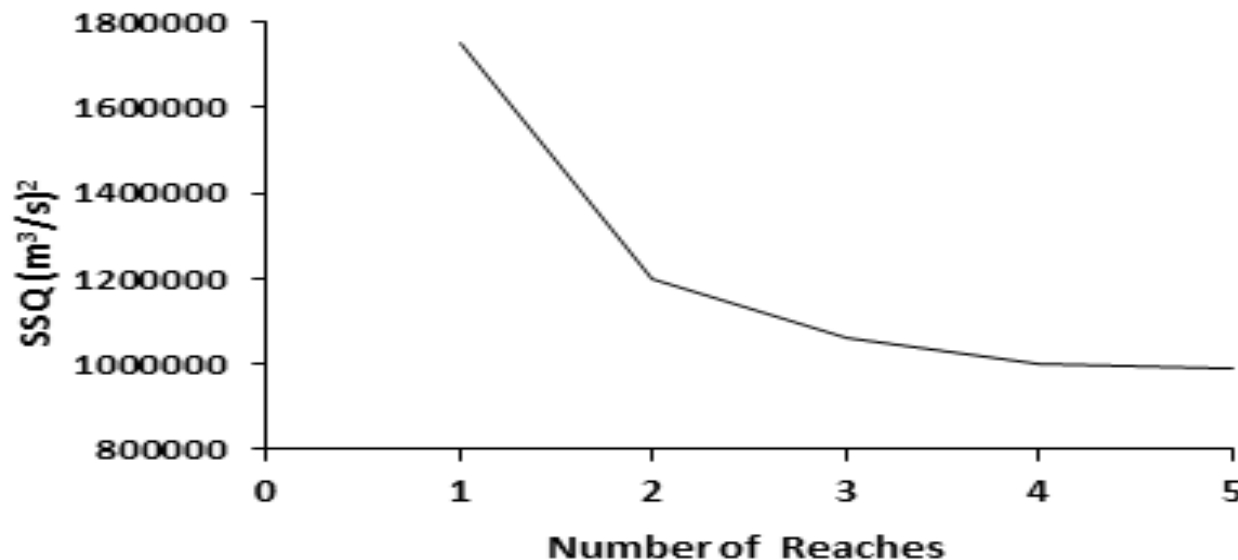
رودخانه کارون

الف) یک بازه‌ای ($x=0/0, K=15/36, SSQ=1750000$)

ب) دو بازه‌ای ($x_1=x_2=0/0, K_1=8/89, K_2=4/92, SSQ=1200000$)

ج) سه بازه‌ای ($x_1=x_2=x_3=0/0, K_1=8/74, K_2=K_3=2/49, SSQ=1060000$)

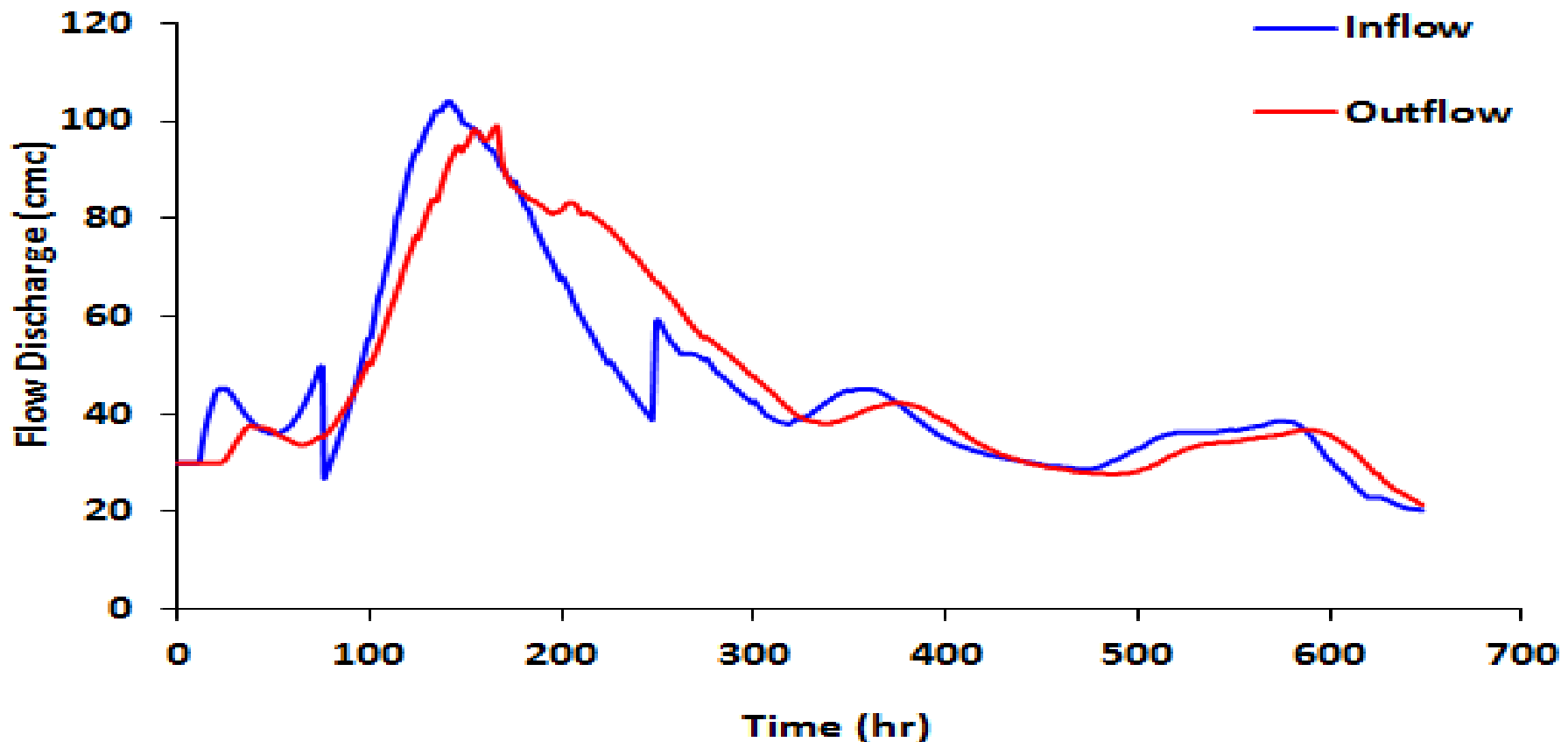
د) چهار بازه‌ای ($x_1=x_2=x_3=x_4=0/0, K_1=8/67, K_2=K_3=K_4=1/69, SSQ=1000000$)

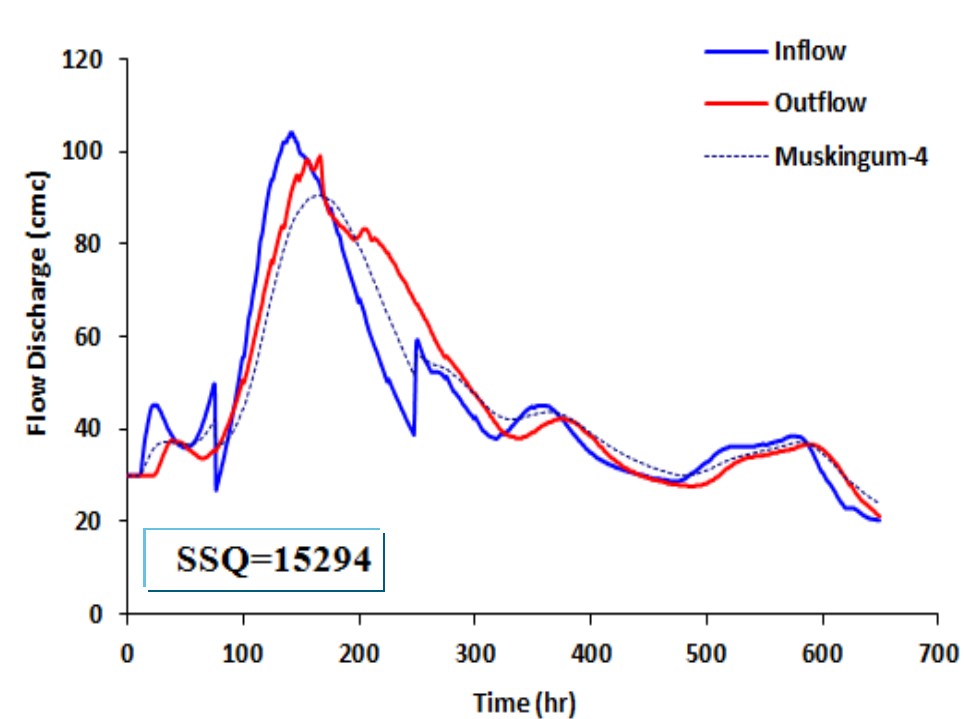
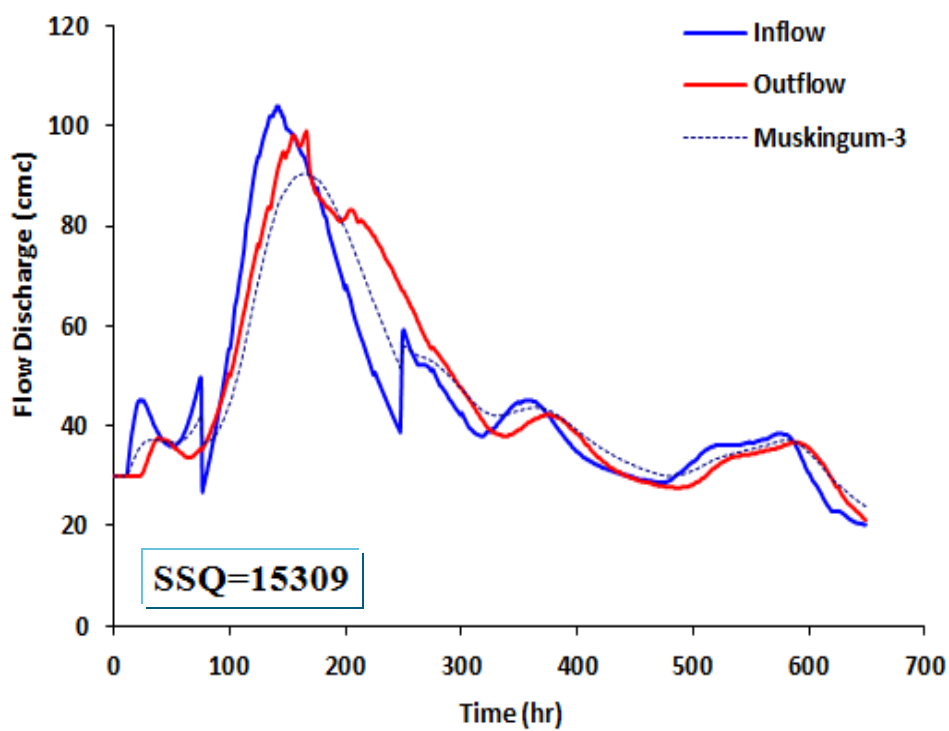
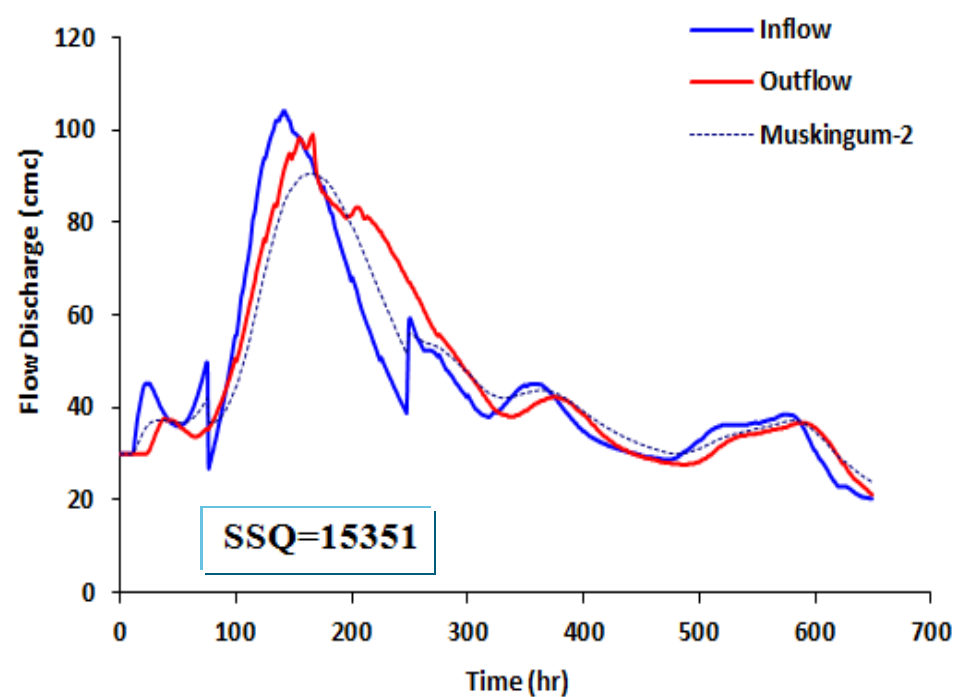
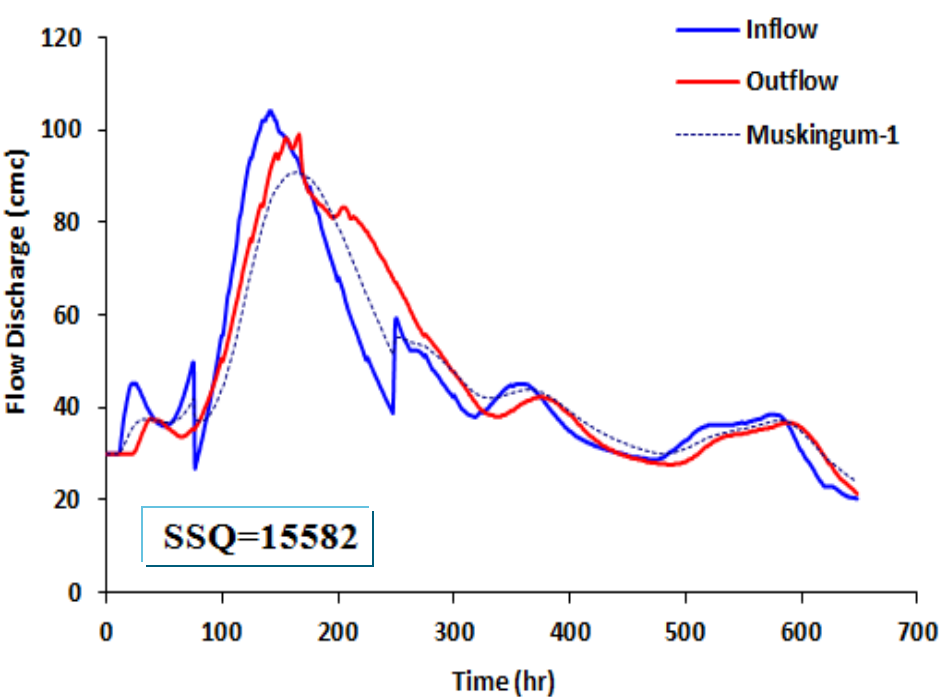


روند تغییرات خطا به ازاء افزایش تعداد بازه‌ها در رودخانه کارون

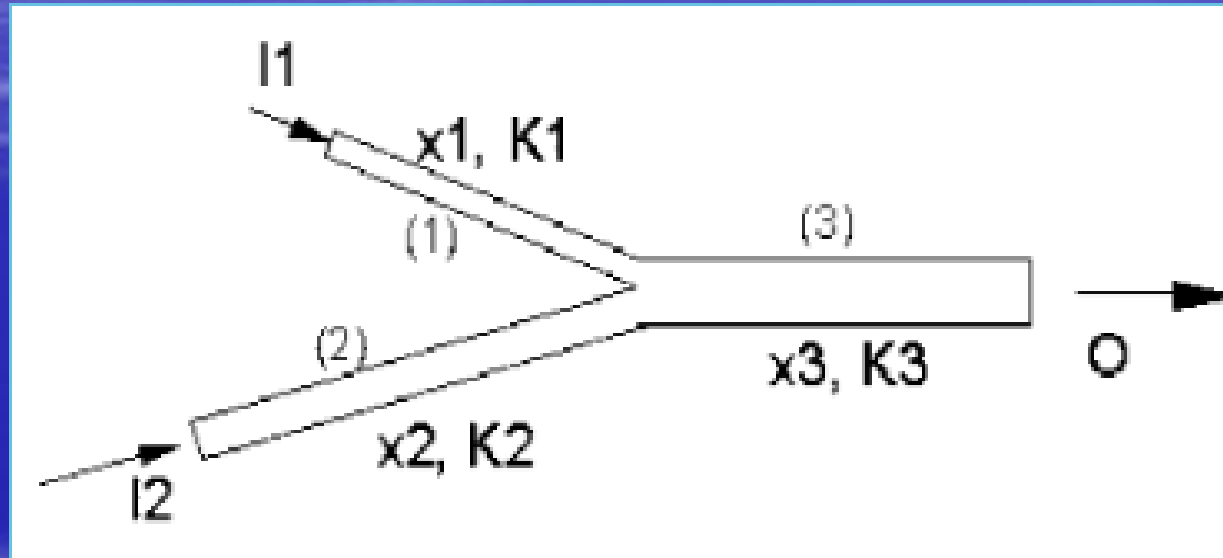
افزایش دقت محاسبات روش ماسکینگام

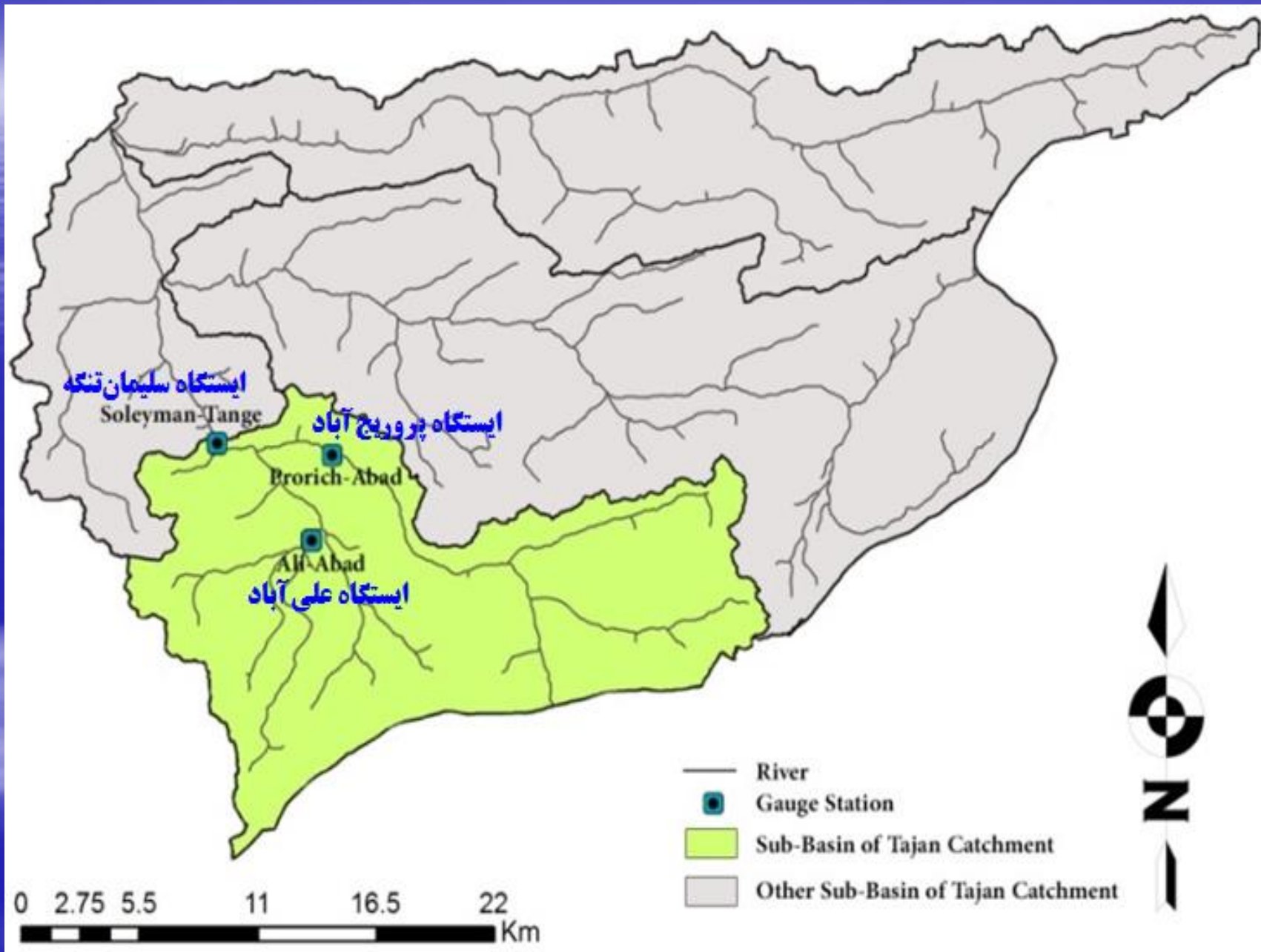
مثال ۳: سیل رودخانه گرگانرود

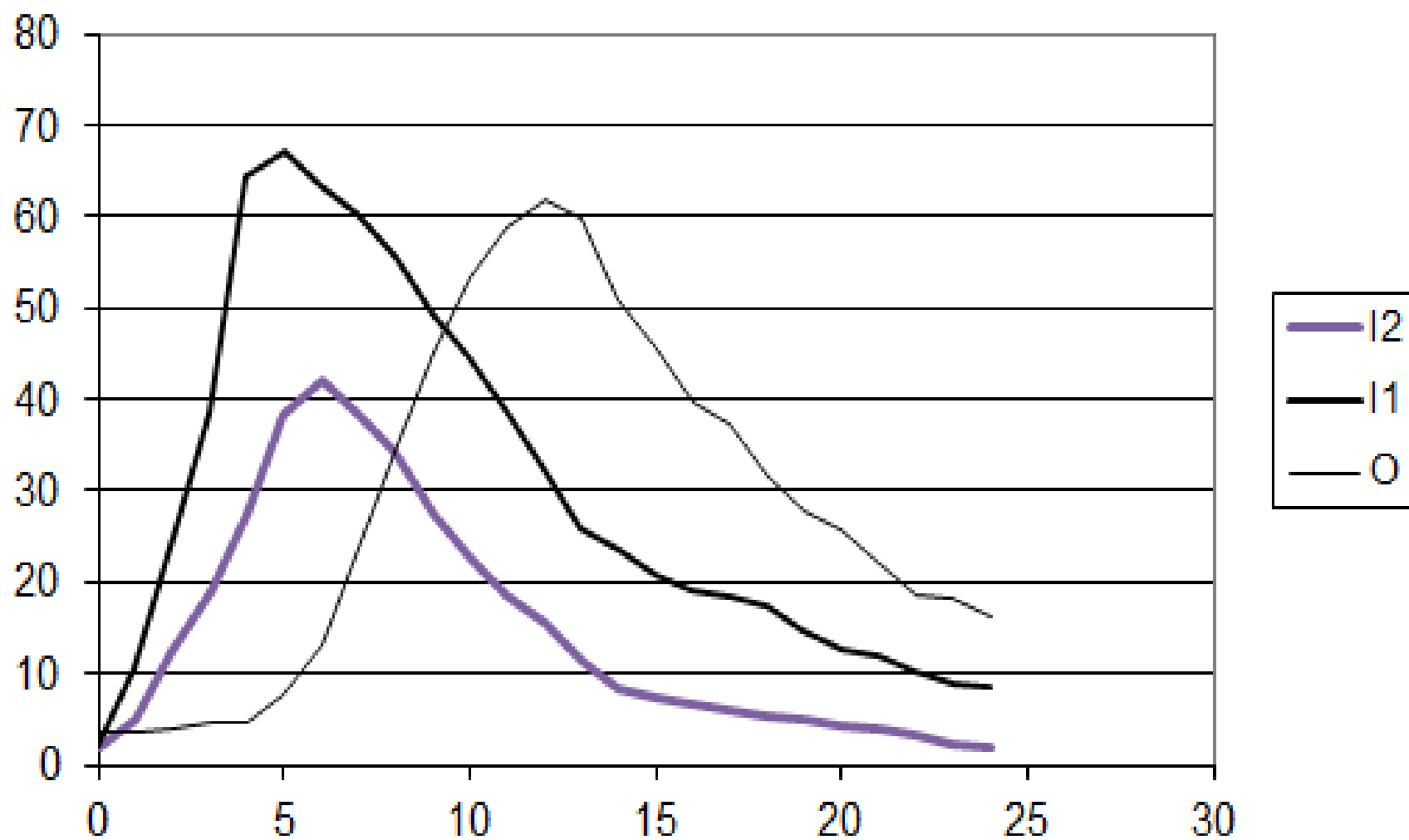




روش ماسکینگ در رودخانه های با شاخه فرعی









با تشکر