

هيدروغراف الجريان الشريطي في الجوابي غير المقاسة حول مدينة الموصل

شذى حازم داؤد

يونس نجيب سعيد

قسم هندسة الموارد المائية

السدود والموارد المائية

قسم هندسة الموارد المائية

اختيرت خمسة جوابي تقع حول مدينة الموصل (جابية الخوصر , جابية غرب تكليف , جابية شمال القيارة , جابية ربيعة , جابية بادوش) ولاتتوفر اجهزة قياس لتصريف السيخ في هذه الجوابي . تم رسم هيدروغراف قياسي باستدامة (3) ساعة للجوابي المشار اليها باستخدام نماذج ناش , كلارك , سانت فينانت وقد اظهر البحث تقارب بين نموذجي ناش وكلارك وان نسبة ذروة التصريف في نموذج سانت فينانت الى كلارك وناش على التوالي كانت بحدود (27.4-2.5) (36.23-1.14)

: الهيدروغراف القياسي اللحظي , بي غير المقاسة .

Overland flow hydrograph in ungauged Catchment around Mosul city

Dr. B. Kh. Dawood
Assistant Prof.
Water Resources Dept.

Y. N. Saeed
Assistant Lecturer
DWRRC

Sh. H. Dawood
Assistant Lecturer
Water Resources Dept.

ABSTRACT

Five catchment areas around Mosul city have been selected (Khoser , West of Talkief , north of Qayara , Rabeea , and Badosh) , there were no gauging station for the surface runoff measurements. Unit hydrograph of (3 hr) duration by using three models , Nash , Clark , and Saint-venant are used to draw the hydrograph.

The results obtained showed that the Nash and Clark models gave closed results while the ratio between the peak discharge of Saint-venant to peak discharge of Clark and Nash are (2.5-27.4) , (1.14-36.23) respectively for different catchment.

Key words : IUH (instantaneous unit hydrograph) , Nash and Clark models , Ungauged catchment.

مقدمة :

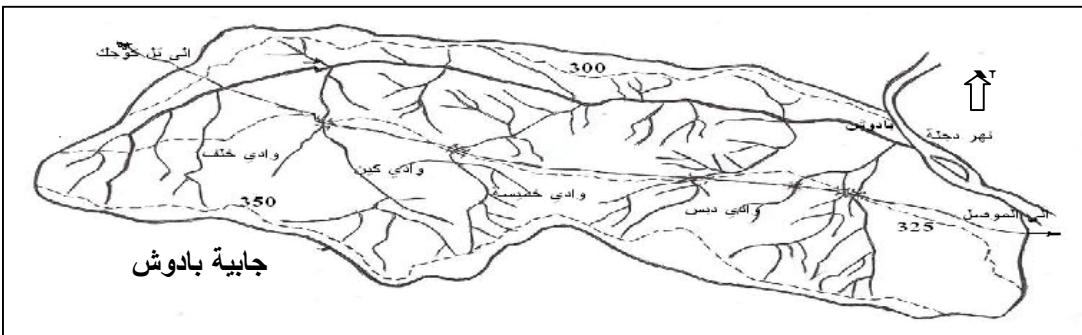
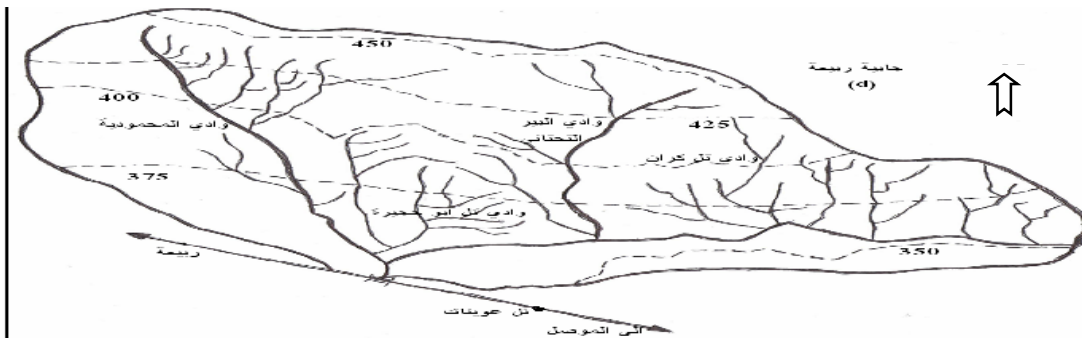
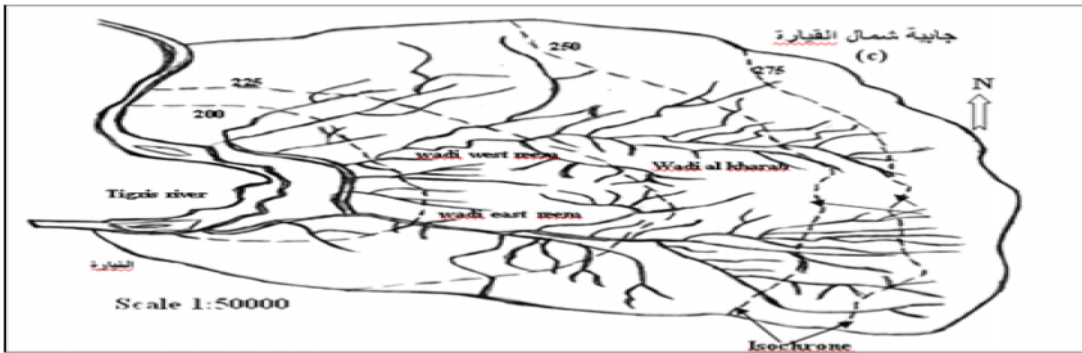
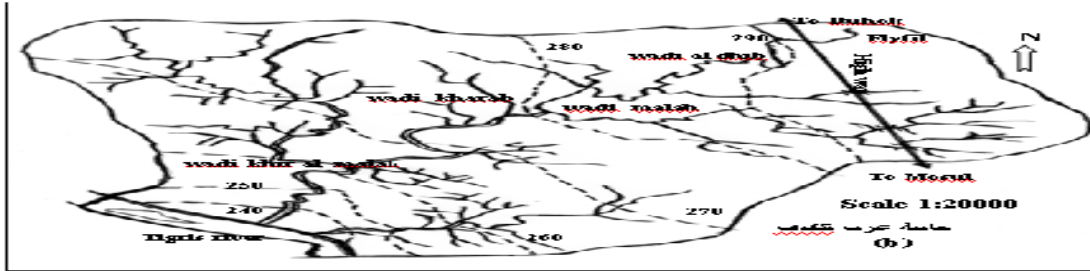
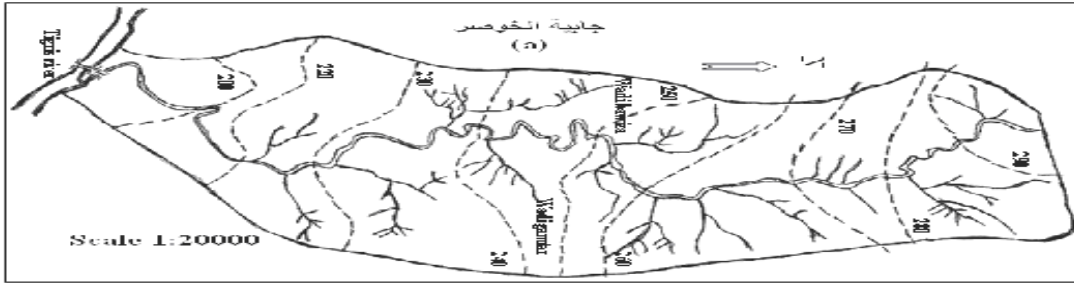
تعتبر دراسة مشكلة الفيضان ضرورية جدا لانها ترتبط بعدد من الامور المهمة في تخطيط المورد المائي وكذلك لحماية ارواح السكان والممتلكات التي تتعرض للخطر نتيجة فيضان غير محسوب لقد سبب فيضان الاودية في الجوابي القريبة من مدينة الموصل في العام 2002 الى الحاق الكثير من الاضرار لذا اصبح من الضروري اجراء تخمين لاقصى تصريف متوقع باحتمال حدوث فيضان في هذه الوديان . وتعتبر هذه الاودية من نوع المجاري المائية المتقطعة (intermittent streams) حيث ينخفض فيها الماء الارضي الى مستوى اوطأ من قاع الجدول في فصول الجفاف وبهذا يجف الجدول ما عدا العواصف التي تنتج جريانا لفترة قصيرة ، ولسوء الحظ لا توجد تسجيلات للتصريف المائية لهذه الوديان اثناء موسم الفيضان عدا نهر الخوصر الذي يوجد فيه رصد لبعض موجات الفيضان حيث كان اعلى تصريف لها عند جسر السويس بين (800-1000) m^3/s في العام 1973 [1] . ولايجاد الهيدروغراف القياسي لجابية معينة فان الخصائص العامة للحوض يجب ان تكون متوفرة .

يلعب الهيدروغراف الشريطي (Overland flow hydrograph) دورا مهما في تصاميم المصادر المائية لانه يمثل السيج المباشر بعمق قليل وحسب الشدة المطرية المعطاة وخصائص الجابية. وقد تطرق الكثير من الباحثين الى اهمية الجريان الشريطي وتطبيقاته الهندسية في العديد من البحوث ومن امثلتهم الباحث (2007,) حيث اوجد مايسمى وحدة كلارك الانية والتي بناءا عليها تمكن من اشتقاق الهيدروغراف الشريطي على الجوابي الواقعة اجاي شرق الهند (GIS) (ILWIS) (Integrated land water information) system كما تطرق الباحث (بوليكانا, 2009) الى حساب الكفاءة الاحتمالية لنموذج ناش ولسته قيم من تصاريح التدفق على جابية احد المصببات في ك (تبولد, 2006) (2006,) (1999,) حل معادلات سانت فينانت عدديا للجريان فوق الحرج واستخدمها في معادلة لابلاس المحددة لعمق الجريان لاجاد السرعة في مجرى معين.

في البحث الحالي تم التطرق الى النماذج الثلاثة (ناش , كلارك , سانت فينانت) في ايجاد هيدروغراف الجريان الشريطي لجوابي غير مقاسة عددها خمسة وهي جابية الخوصر وجابية غرب تلييف وجابية شمال القيارة وجابية ربيعة وجابية بادوش وهذه النماذج الثلاثة هي مخططات وهمية تمثل السيج الخارج من الجابية بسبب امطار عمقها (1 سم) موزعة وبشكل منتظم على الجابية ان الفائدة الرئيسة من هذا المخطط هي عدم اعتمادها على استدامة المطر المؤثر اضافة الى ذلك فانه يعتبر ضرورة ملحة وجيدة في التحليل النظري للعلاقة بين المطر والسيح في الجوابي وهو دالة جيدة للخاصية الخزن في الجوابي. هذه الهيدروغرافات القياسية يمكن منها حساب مخططات هيدروغراف الفيضان لاي عاصفة مطرية وبالتالي تحديد ذروة السيج ووقت حدوثه.

في البحث الحالي تم التعامل مع خمسة جوابي كبيرة تقع حول الموصل فجابية الخوصر تضم وادي الخوصر وتقع بين دائرة عرض $36^{\circ} 20' 93''$ وخط طول $43^{\circ} 8'$ والذي يتغذى من منطقة واسعة ضمن محافظة نينوى ويصب في نهر دجلة ويمر بعدد كبير من الاحياء السكنية داخل المدينة وقد تعرض هذا الوادي الى فيضانات في العام 1973 1974 1988 وجابية القيارة التي تضم وادي الغراب كوادي رئيسي الذي يقع بين دائرة عرض $35^{\circ} 55' 47''$ طول $43^{\circ} 25' 93''$ ايضا وقد سبب هذا الوادي مشاكل كثيرة لعدد من القرى الواقعة في هذه المنطقة منها الريم الغربي وسلطان عبد الله وغيرها ومصب هذا الوادي في نهر دجلة ويقع الى الشمال من القيارة بحوالي (11) كم اما جابية غرب تلييف فتضم (وادي المله) الذي يقع بين دائرة عرض $36^{\circ} 32'$ وخط طول 43° والذي تقع عليه مدينة فليل ويصب هذا الوادي في نهر دجلة بالقرب من منطقة (جديدة المله) ويقطع هذا الوادي طريق موصل- دهوك وتعتبر هذه جابية من الجوابي الفيضانية والتي سببت كثيرا ارباك لحركة السير بين مدينة الموصل والمناطق الشمالية من القطر اخرها فيضان عام 2002 [2] وجابية ربيعة وجابية بادوش . والجدول (1a , 1b) يبين بعض الخصائص العامة لهذه الجوابي وبعض القياسات الحقلية لتصاريح الفيضان . حيث ان خطوط الطول ودوائر العرض ومساحة اطوال هذه الوديان في الجوابي تم ايجادها باستخدام برنامج (Global mapper) وكذلك بعد المركز عن منفذ الجابية . ثم حدد كل من الميل كنسبة مئوية بقسمة فرق الارتفاع على طول الوادي الرئيسي ووقت التركيز من تطبيق علاقة كيربج [13] وكثافة البزل بقسمة مجموع اطوال الوديان في الجابية على المساحة [13 11] ويبين الشكل (1) هذه الجوابي مع الوادي الرئيسي فيها .

هيدروغراف الجريان الشريطي في الجوابي غير المقاسة حول مدينة الموصل :



(1) : (a) جانبية الخوصر، (b) جانبية غرب تكليف، (c) جانبية شمال القيارة ، (d) جانبية ربيعة ، (e) جانبية بادوش

(1a)

(B)	التصريف (Dd)	التركيز t_c (دقيقة)	الميل (S %)	Lca	L ((A) 2	اسم الجابية
1.2	3.85	511	0.25	10	27.6	730	
2.5	2.17	329	0.3	8.6	17	460	غرب تليف
4	1.61	321	0.4	9.75	19	355	شمال القيارة
5.5	0.235	265	0.5	7.8	16.5	299	ربيعة
7	0.242	366	0.3	8.9	19.5	344	

* Lca : طول الوادي الرئيسي من مركز ثقل الجابية إلى المنفذ.

جدول (1b) : القيم الحقلية للجابيات الخمسة [2]

جابية بادوش		جابية ربيعة		جابية شمال القيارة		جابية غرب تليف		جابية الخوصر	
Q (m3/sec)	t(hr)	Q (m3/sec)	t(hr)	Q (m3/sec)	t(hr)	Q (m3/sec)	t(hr)	Q m3/sec	t(hr)
10	0	10	0	6.5	0	10	0	10	0
35	3	50	3	32	5	52	6	32	3
50	6	75	6	45	8.5	77	8	125	6
38	9	63	9	33	15	74	10	80	9
29	12	50	12	25	20	45	15	50	12
23	15	42	15	22	25	36	20	30	15
18	18	39	18	19	30	34	25	20	18
15	21	33	21	17	35	31	30	13	21
13	24	30	24	15	40	28	35	10	24
10	30	21	30	12	45	25	40		
		19	33	8	55	16	55		
		15	39	6.5	60	12	60		
		13	42	6.5	65	10	65		
		10	48						

المعادلات التحليلية لتحديد الهيدروغراف :

1 . (Nash model) : [3]

اقترح ناش نموذجاً وهمياً لاشتقاق هيدروغراف لحظي وذلك باعتبار التصريف من الحوض مشابه إلى التصريف الحاصل من مجموعة من الخزانات وبشكل خطي . وباستتباع وحدة الجريان الداخل خلال الخزانات فإن المعادلة الرياضية للهيدروغراف اللحظي يمكن اشتقاقها . ان الجريان الخارج (Q) من الخزان الاول يمكن تحديدها بالاعتماد على مبدأ الخزن الخطي فالخزن الخطي هو خزن وهمي والذي فيه الخزن S يتناسب بصورة طردية مع الجريان الخارج Q :

$$S=KQ \quad \text{----- (1)}$$

حيث ان :

S = مقدار الخزن في الجابية

Q = الجريان الخارج من الجابية

= K

وبالتعويض عن قيمة S في معادلة الاستمرارية ينتج :

$$I - Q = \frac{ds}{dt} \quad \text{----- (2)}$$

$$I - Q = \frac{d}{dt}(KQ) \quad \text{----- (3)}$$

وبعد ترتيب المعادلة واخذ التكامل للطرفين ومن ثم التعويض ينتج :

$$u(t) = \frac{1}{K} e^{-t/K} \quad \text{----- (4)}$$

حيث : I يمثل الجريان الداخل

u(t) يمثل الهيدروغراف للخزان الأول .

وباستتباع الجريان خلال الخزان فان المعادلة الرياضية للهيدروغراف اللحظي يمكن اشتقاقها . ان الجريان الخارج من الخزان الأول يمكن تحديده من المعادلة (4) وفي تتبع الجريان فان هذا الجريان الخارج يمكن اعتباره كجريان داخل إلى الخزان الثاني والجريان الخارج هو جريان داخل إلى الخزان الثالث وهكذا يعتبر في الرابع وعلى اية حال فان الجريان الخارج من nth خزان هو :

$$u(t) = \frac{1}{kn-1} \left[\frac{t}{K} \right]^{n-1} e^{-t/K} \quad \text{----- (5)}$$

حيث ان :

u(t) هو الاحداثي الصادي للهيدروغراف اللحظي

n عدد الخزانات الخطية التي يتم فيها استتباع الجريان الداخل خلال سلسلة من الخزانات

ولغرض إيجاد n k فانه يتم إيجاد العزم الأول والثاني من الهيدروغراف اللحظي حول النقطة t=0

$$M_1 = nk \quad \text{----- (6)}$$

$$M_2 = n(n+1)k^2 \quad \text{----- (7)}$$

M₁ يمثل زمن التخلف لمركز الهيدروغراف اللحظي . فاذا كان MERH₁ MDRH₁ وهما ذراعا

العزم الأول لهيتوغراف المطر المؤثر (ERH) وهيدروغراف السيج المباشر (DRH)

t=0 فعندها :

$$MDRH_1 - MERH_1 = nk \quad \text{----- (8)}$$

ويمكن بعد ذلك البرهنة على ان :

$$MDRH_1 - MDRH_2 = n(n+1)k^2 + 2nk (MDRH_1) \quad \text{----- (9)}$$

حيث ان MDRH₂ MERH₂ هما ذراعا العزم الثاني وبالتعاقب لكل من ERH DRH حول الوقت t = 0 . نموذج ناش هو نموذج خطي حيث ان معامل الخزن k كمية ثابتة ويصبح النموذج غير خطي عندما k متغيرة .

2 . Clark model (Clark model) : [12]

طور كلارك نموذج الهيدروغراف اللحظي بافتراض ان هيدروغراف الجريان الخارج لاي زخة مطرية يمكن تحديده بواسطة الانتقال (translation) والخزن (storage) الحاصل لموجة الفيضان لكل مساحة ثانوية في الحوض . ان الانتقال الحقيقي للسبح إلى نهاية الجابية بواسطة شبكة البزل الموجودة يمكن تحديدها من الزمن وبالتالي الحصول على هيدروغراف للجريان الخارج والذي يهمل الخاصية الخزنية للجابية . وباستخدام هذه الخاصية فان نموذج كلارك IUH اعتمد على القاعدة الأساسية التالية :

$$[(I_1 + I_2) / 2] \quad t - [(Q_1 + Q_2) / 2] \quad t = S_2 - S_1 \quad \text{----- (10)}$$

$$S_1 = KQ_1 \quad \text{----- (11)}$$

$$S_2 = KQ_2 \quad \text{----- (12)}$$

حيث ان : I₁ , Q₁ , S₁ : هي الجريان الداخل والخارج والخزن وعلى التعاقب في بداية الفترة الزمنية t : k

وبتبسيط المعادلات :

$$Q_2 = [0.5 \quad t / (k + 0.5 \quad t)] I_1 + [0.5 \quad t / (k + 0.5 \quad t)] I_2 + \frac{[k - 0.5 \quad t]}{k + 0.5 \quad t} Q_1 \quad (13)$$

إن تحديد قيمة K لمنحني الانحسار لهيدروغراف الفيضان يمكن ان تحدد رياضيا باستخدام المعادلة الاسية التالية :

$$Q_t = Q_0 e^{-t/k} \quad (14)$$

عندها يمكن حساب k كما يلي :

$$k = \frac{t}{\ln \frac{Q_0}{Q_1}} \quad (15)$$

حيث : $Q_t =$ الجريان الخارج بالزمن t
 $Q_0 =$ الجريان في البداية

ان قيمة K تم تحديدها من منحني الانحسار باختيار نقطتين ومن ثم تطبيق القانون في المعادلة (15) وكما مبين في (4) . اما تحديد زمن انتقال الموجة فيحدد باعتباره الوقت من نهاية الزخة المطرية والى نقطة الانقلاب في جزء الانحسار من الهيدروغراف . وهذه يمكن ملاحظتها عادة من هيدروغراف الفيضان .

3 . نموذج سانت فينانت (Saint-venant equations) :

لغرض حساب معامل جيزي (C) اللازم لحل معادلات سانت فينانت ولغرض رسم هيدروغراف الجريان شريطي تم القيام بالخطوات التالية :

1. اشتقاق معادلة عمق الجريان السطحي عند حالة التوازن :

لغرض اشتقاق معادلة عمق الجريان السطحي عند حالة التوازن قمنا باخذ مشتقة دالة الحل التحليلي لمعادلات سانت فينانت (Saint-venant equations) (7) والمعادلة هي :

$$\frac{dh_1(t)}{dt} + \frac{\Pi}{2L} DS^{0.5} h_1(t)^{1.5} - g(t) = 0 \quad (16)$$

(16) اعلاه هي مشتقة دالة الحل التحليلي لمعادلات سانت فينانت (Saint-venant equations) وفيها حيث ان :

$$g(t) = \frac{\Pi}{2L} \int_0^L q(x,t) dx \quad (17)$$

$$h(x,t) = h_1(t) \sin\left(\frac{\Pi x}{2L}\right) \quad (18)$$

(16) (Equilibrium condition) :

$$\frac{dh_1(t)}{dt} = 0 \quad (19)$$

وبتعويض المعادلة (19) (17) (16) ينتج :

$$0 + \frac{\Pi}{2L} DS^{0.5} h_1(t)^{1.5} - \frac{\Pi}{2L} q(x,t)L = 0$$

$$\Rightarrow h_1(t) = \left[\frac{q(x,t)L}{DS^{0.5}} \right]^{1/1.5} \quad (20)$$

حيث ان :

$I =$ (Intensity) الشدة المطرية $= q(x,t)$

$C =$ معامل جيزي (Chezy coefficient)
وعليه فان المعادلة (20) تصبح كما يلي :

$$h1(t) = \left[\frac{IL}{CS^{0.5}} \right]^{1.5} \text{----- (21)}$$

(21) اعلاه تمثل دالة عمق الجريان السطحي عند حالة التوازن حيث ان :

$h1(t) =$ عمق الجريان السطحي في نهاية المجرى المائي $d =$

$L =$ طول ممر الجريان للجابية.

$S =$ ميل الجابية.

2 . ايجاد معامل جيزي (Chezy coefficient) (C) :

يتطلب اجراء الحل التحليلي لمعادلات سانت فينانت معرفة كل من :

1. طول المجرى المائي للجابية (L).

2. ميل المجرى المائي للجابية (S).

3. قيمة الشدة المطرية المسلطة على الجابية (I).

4. قيمة معامل جيزي (C).

ويمكن ايجاد كل من طول المجرى المائي للجابية (L) و ميل المجرى المائي للجابية (S) عن طريق توفر المعلومات من الخرائط لمنطقة الجابية وكذلك يمكن ايجاد مقدار الشدة المطرية المسلطة على الجابية (I) فهي صعبة وتتطلب الكثير من الدقة نظرا لتأثيرها المباشر على شكل الهيدروغراف ولغرض ايجاد قيمة معامل جيزي (C) فهي في هذا البحث تم اتباع طريقة جديدة لغرض ايجاد معامل جيزي (C) حيث تم حساب قيمة معامل جيزي (C) بهذه الطريقة وتم تطبيقها في اجراء الحل التحليلي لمعادلات سانت فينانت وترتكز هذه الطريقة على حساب سرعة الجريان في قناة الجابية عند الوصول الى حالة التوازن (Equilibrium condition) وعلى ايجاد عمق الجريان في نهاية خلال تطبيق المعادلة (21) (f) وايجاد قيمة معامل جيزي

وفيما يلي خطوات القيام بهذه الطريقة:

1 . حساب فترة التركيز (t_c) :

وهو الزمن اللازم للوصول الى حالة التوازن (Equilibrium condition) ويمكن تعريفه هيدرولوجيا بانه الزمن اللازم لرحيل او انتقال قطرة الماء (Water drop) من ابعد نقطة في الجابية الى المنفذ (Out let) وتم ايجاد وقت التركيز عن طريق تطبيق معادلة كريبج (Subramanya,1984) والمعادلة هي كما يلي :

$$t_c = 0.01947L^{0.77} S^{-0.385} \text{----- (22)}$$

حيث ان :

$t_c =$ فترة التركيز () .

$L =$ اقصى مسافة يقطعها الماء () .

$S =$ انحدار الجابية = $\frac{\Delta H}{L}$

$\Delta H =$ فرق المنسوب بين ابعد نقطة في الجابية وبين المنفذ.

2 . حساب سرعة الجريان في قناة الجابية (V) :

تم حساب سرعة الجريان السطحي عند حالة التوازن (Equilibrium condition) كما يلي :

سرعة الجريان السطحي = طول ممر الجريان (L) \ الزمن التركيز (t_c) ----- (23)

ثم حساب سرعة الجريان في قناة الجابية حيث انها تساوي ثلاث اضعاف سرعة الجريان السطحي وكما يلي :

سرعة الجريان في قناة الجابية (V) = 3 * سرعة الجريان السطحي ----- (24)

3 . نفرض قيمة لمعامل جيزي (C) ويتم تعويضها في المعادلة (21) حيث ان كل من الشدة المطرية وطول ممر الجريان والميل معلومين فتظهر لنا قيمة لعمق الجريان (d) في نهاية المجرى المائي.

4 . تعوض قيمة العمق (d) التي تم ايجادها في الخطوة السابقة في المعادلة التالية :

$$f = \frac{8gdS}{V^2} \quad \text{----- (25)}$$

5 . يتم ايجاد قيمة جديدة لمعامل جيزي (C) من خلال المعادلة التالية :

$$C = \left(\frac{8g}{f} \right)^{1/2} \quad \text{----- (26)}$$

6 . وبطريقة المحاولة والخطأ (Trial and error) بين الخطوة (3) (5) يتم معرفة قيمة (C) هل هي صحيحة ام خطأ وتكرر العملية عدة مرات الى ان تتطابق قيمة (C) (3) (5) .

7 . اصبحت قيم كلا من الثوابت وهي معامل جيزي (C) (المحسوبة من الخطوات الستة اعلاه) والشدة المطرية (I) (الماخوذة من محطة قياس الامطار) وطول المجرى المائي للجانبية (L) (المحسوب من قياس طوله على خارطة الجانبية وضربه بمقياس رسم مناسب) وميل المجرى المائي للجانبية (S) (المحسوب من قياس فرق المنسوب بين ابعد نقطة في الجانبية وبين المنفذ وقسمة الناتج على طول المجرى المائي للجانبية (L)) اصبحت جميع الثوابت معلومة فيتم ادخالها الى معادلة الحل التحليلي لمعادلات سانت فينانت ونظرا لعدم اتساع المجال نوجز فيما يلي معادلات سانت فينانت للحل التحليلي في الحالتين ارتفاع موجة الفيضان (اثناء سقوط المطر) وانخفاضها (عند توقف

ولمزيد من التفاصيل حول اساسيات الحل التحليلي لمعادلات سانت فينانت وطريقة اجراء الحل التحليلي يمكن الرجوع (7 , 16) :

(a) الحل التحليلي لمعادلة سانت فينانت في حالة ارتفاع موجة الفيضان :

$$\frac{1}{6a} \ln \left[\frac{v^2 - av + a^2}{(v+a)^2} \right] + \frac{1}{a\sqrt{3}} \tan^{-1} \left[\frac{2v-a}{a\sqrt{3}} \right] - k = \frac{\Pi}{4WL} CS^{1/2} (\Gamma - t) \quad \text{----- (27)}$$

حيث ان :

$$k = \frac{1}{6a} \ln \left[\frac{v_{\Gamma}^2 - av_{\Gamma} + a^2}{(v_{\Gamma} + a)^2} \right] + \frac{1}{a\sqrt{3}} \tan^{-1} \left[\frac{2v_{\Gamma} - a}{a\sqrt{3}} \right] ,$$

$$b = \left[\frac{2g_{\Gamma}L}{\Pi CS^{1/2}} \right] \Rightarrow a = -(b)^{1/3} , W = \left(1 - \frac{Ei}{G} v_{\Gamma}^2 \right) Ei = - \left[\frac{C}{2gS^{1/2}} \right] , G = - \frac{4L}{\Pi CS^{1/2}}$$

$$g_{\Gamma} = \frac{\Pi}{2L} \int_0^L Idx \quad \text{----- (28)}$$

$$h_1 = v^2$$

h_1 = عمق الجريان في نهاية المجرى المائي عند اي زمن (t)

Δt = الفترة الزمنية (ثانية) .

Γ = الزمن الابتدائي (ثانية) .

t = الزمن النهائي (ثانية) .

v^2 = قيمة عمق الجريان في نهاية المجرى المائي عند الزمن النهائي (t) .

v_{Γ}^2 = قيمة عمق الجريان في نهاية المجرى المائي عند الزمن الابتدائي (Γ) .

W , G , Ei , a , b , K = كميات ثابتة .

علما بان قيمة (g_{Γ}) تكون مساوية لقيمة الشدة المطرية (I) مضروبة في ($\frac{\Pi}{2}$) .

: هيدروغراف الجريان الشريطي في الجوابي غير المقاسة حول مدينة الموصل

(b) الحل التحليلي لمعادلة سانت فينانت في حالة انخفاض موجة الفيضان :
حيث يتم ايجاد عمق الجريان في نهاية المجرى ($h_1(t)$) باستخدام المعادلة التالية:

$$h_1(t) = \left[\frac{4Lv_{\Gamma}W}{4LW - \Pi v_{\Gamma}CS^{1/2}(t_{\Gamma} - t)} \right]^2 \quad \text{----- (29)}$$

حيث ان: $W = \left(1 + \frac{Ei}{G} v_{\Gamma}^2 \right)$ وهي تختلف عن ما ورد اعلاه في الاشارة فقط .

تطبيق النماذج على الجوابي المختارة :

ت النماذج ناش وكلارك وسانت فينانت في تحديد هيدروغراف الفيضان القياسي لكل جابية من الجوابي الخمسة تحت الدراسة الواقعة حول مدينة الموصل . هذين النموذجين (ناش وكلارك) اشار لهما Chow (1964) و Mutreja (1982) حيث استخدمهما في جابية لاخوار في الهند والتي تبلغ مساحتها (1950 كم²) وكانت النتائج فيهما مقارنة للواقع كما اشار كل من الباحثين Ramirez (2000) و Bayazit (2002) إلى أهمية النماذج ذات الأساس الفيزيائي في التعامل مع المطر - سيح . وهذه النماذج هي افضل من طريقة سنايدر (1938) فرضيات لمتغيرات كثيرة وبهذا تعطي نتائج مختلفة اما هذه النماذج فتعتمد على قياسات محسوبة من المساحة نفسها .

1 . : MERH₂ MERH₁ :
MDRH₂ MDRH₁ [2] (2a,b,c,d,e)
من هيدروغراف الفيضان لكل جابية شكل (6 7) ومنها تم تحديد قيمة n k لكل جابية . (8 9)

ان احداثيات IUH لكل جابية يمكن ايجادها من المعادلة (5) حيث ان هذه الاحداثيات لها وحدة مقلوب الزمن اما عامل التحويل F (Conversion factor) فهو يحدد قيمة التصريف بـ $3 / \text{ثا}$ ولمساحة كل جابية بالكم² ضربه باحداثي IUH (2) وهو :

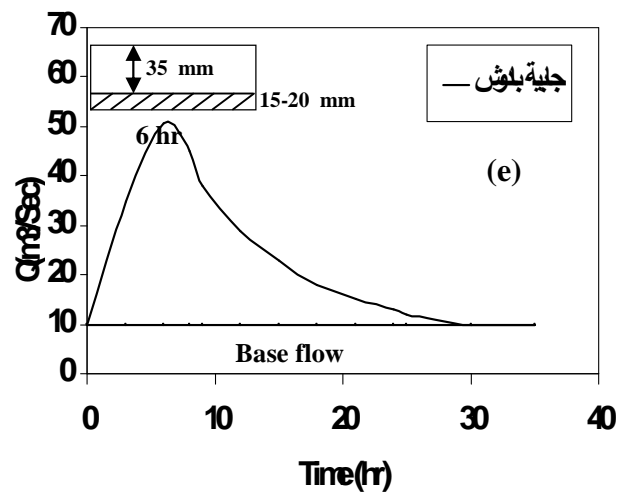
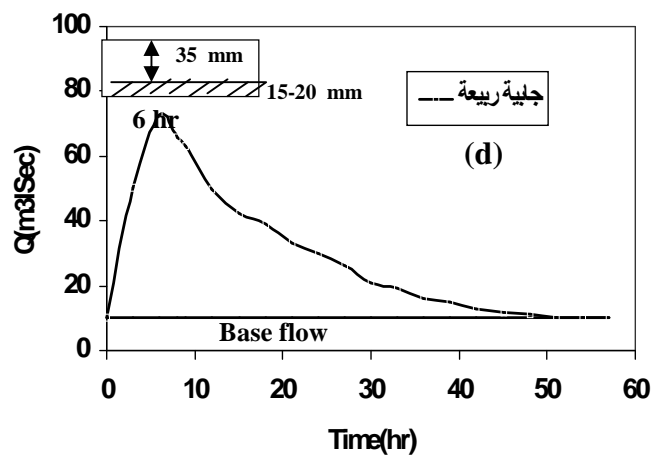
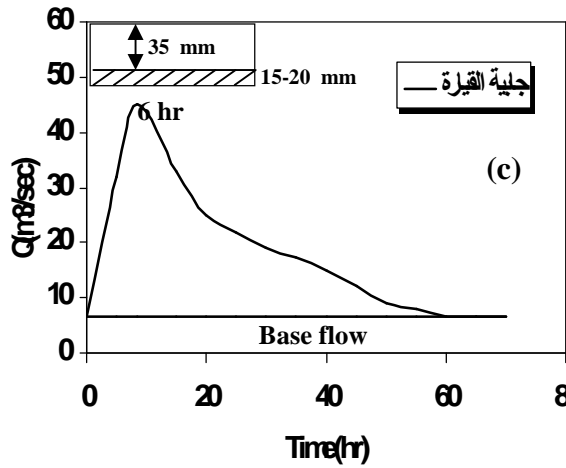
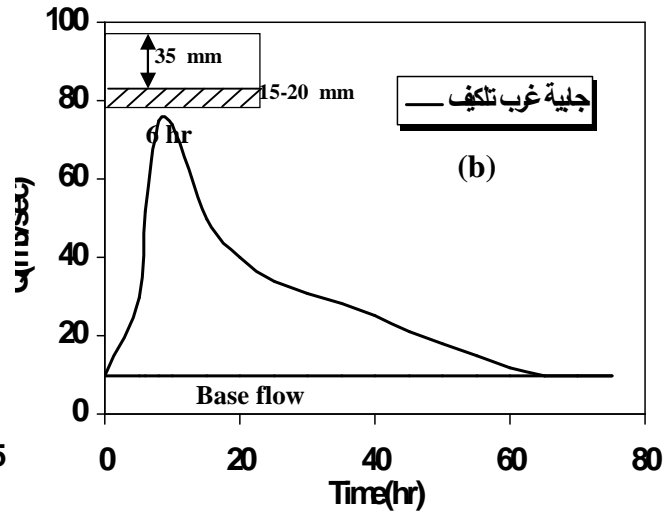
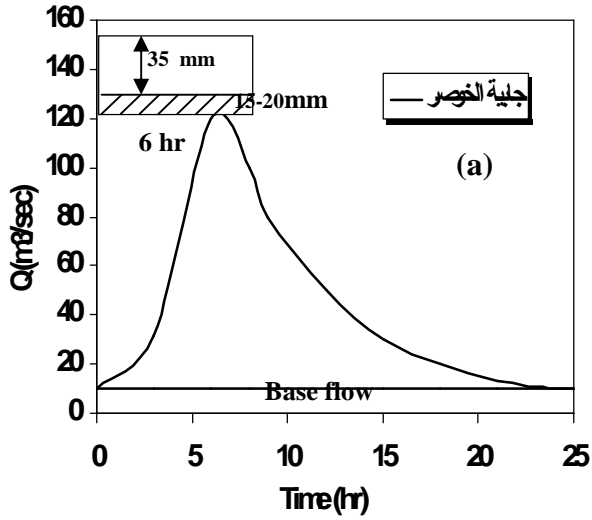
F = 2.778 A ----- (30)
حيث ان :

A : مساحة الجابية (²)

F : عامل التحويل (³ /)

(2) : قيم F , k , n حسوبة بطريقة ناش للجوابي الخمسة

اسم الجابية	n	k	F
	2	3.25	2083.50
غرب تلكيف	2	9.8	1277.88
شمال القيارة	2	12	986.20
ربيعة	1	10.02	830.55
	1	6.89	944.4



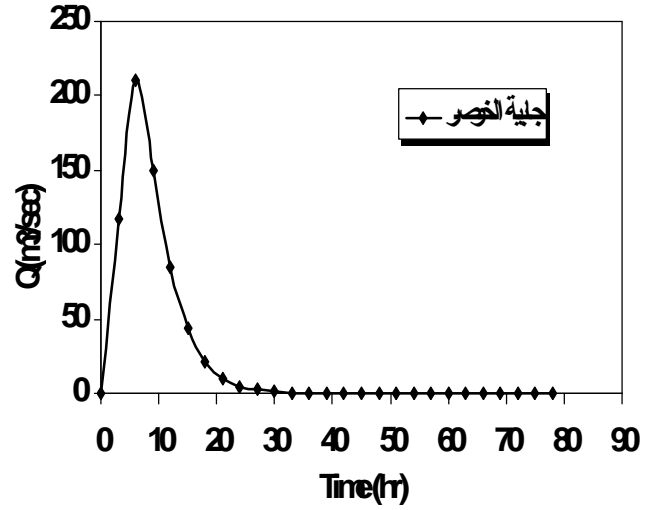
(2) : هيدروغراف الفيضان للجوابي

هيدروغراف الجريان الشريطي في الجوابي غير المقاسة حول مدينة الموصل :

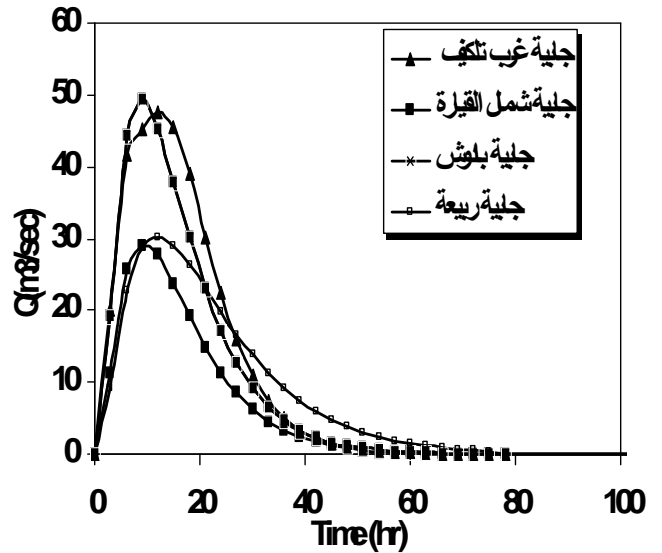
إن الهيدروغراف القياسي لاستدامة 3 ساعة يمكن اشتقاقه من الهيدروغراف اللحظي باخذ المعدل لفترة 3 ساعة لإحداثيات IUH وهذه موضحة في الجدول (3). والشكل (3-a, 3-b) يوضح الهيدروغراف القياسي المحسوب لكل جابية وباستدامة 3

(3) : الهيدروغراف القياسي لاستدامة 3 ساعات من الهيدروغراف

3-H unit hydrograph ordinates					t(hr
جابية	جابية ربعية	جابية القيارة	جابية تلكيف	جابية	
0	0	0	0	0	0
19.308	9.198	11.29	19.97	117.52	3
44.288	22.834	25.62	41.61	210.98	6
49.227	28.798	29.05	45.17	149.00	9
45.168	30.148	27.65	47.51	85.153	12
37.837	28.871	23.59	45.58	44.136	15
30.040	26.236	19.09	38.88	21.622	18
23.047	23.032	14.92	30.26	10.214	21
17.246	19.730	11.37	22.32	4.7053	24
12.667	16.595	8.51	15.89	2.1260	27
9.1710	13.761	6.28	11.04	0.9466	30
6.5654	11.283	4.58	7.53	0.4166	33
4.6565	9.166	3.31	5.06	0.1816	36
3.2772	7.389	2.37	3.36	0.0785	39
2.2914	5.918	1.69	2.21	0.0337	42
1.5932	4.713	1.20	1.44	0.0144	45
1.1024	3.736	0.84	0.94	0.0062	48
0.7596	2.949	0.59	0.60	0.0029	51
0.5214	2.319	0.41	0.39	0.0019	54
0.3568	1.818	0.29	0.25	0.0006	57
0.2434	1.420	0.20	0.158	0.0009	60
0.1656	1.107	0.14	0.100	0.0008	63
0.1124	0.861	0.10	0.064	0.0003	66
0.0761	0.668	0.07	0.040	0.0001	69
0.0514	0.517	0.05	0.025	0.0006	72
0.0347	0.226	0.03	0.016	0.0002	75
0.0140	0.000	0.02	0.010	0.0001	78
0.000	0.000	0.01	0.006	0.0001	81
0.000	0.000	0.01	0.004	0.0001	84
0.000	0.000	0.01	0.001	0.0001	87



(3-a) : الهيدروغراف القياسي لاستدامة 3

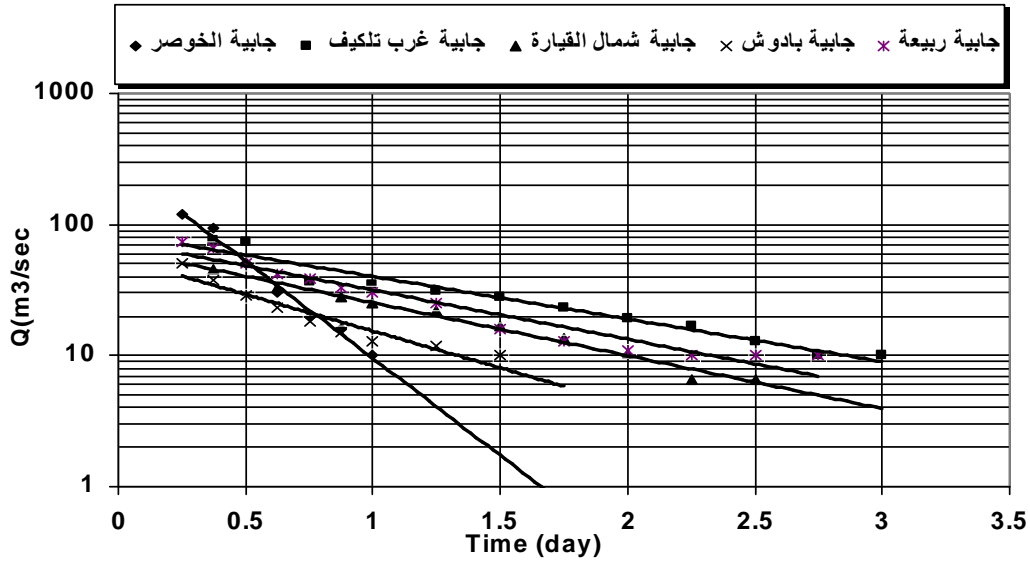


(3-b) : الهيدروغراف القياسي لاستدامة 3

2. ان اولى خطوات رسم الهيدروغراف القياسي باستخدام نموذج كلارك هي بايجاد قيمة K منحنى الانحسار لهيدروغراف الفيضان لكل جابية والمبينة في الشكل (4).

ثم بتحديد العلاقة بين التصريف الداخل والخارج من الخزان باستخدام المعادلة (13) وبعدها ايجاد قيمة F والتي تحسب :

$$F = 0.9295 A \quad (31)$$

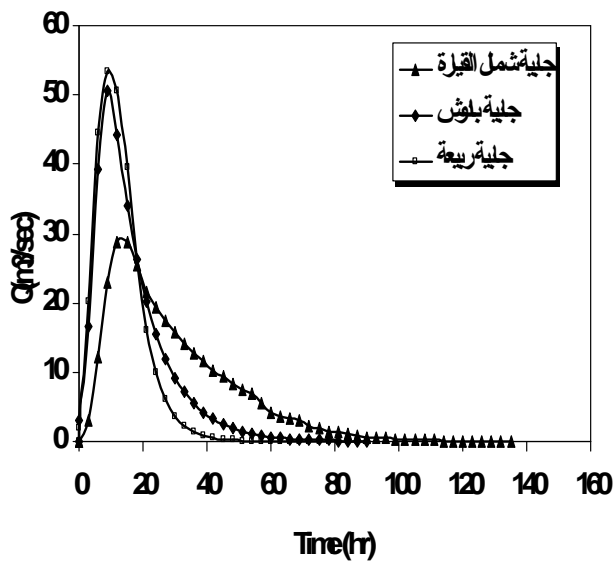


: (4)

بعدها تعوض قيمة F (13) ليتم ايجاد معادلة بين الجريان الخارج والذي يمثل احدائي IUH مع المساحة أي ان $Q_2 = f(A, Q_1)$ كما في الجدول (4) ومن ثم اخذ المعدل بين القراءة الحالية والسابقة للحصول على هيدروغراف قياسي باستدامة 3 ساعة وكما في الجدول (5) وللجوابي الخمسة والشكل (5-b, 5-a) يمثل الهيدروغراف القياسي للجوابي الخمسة 3

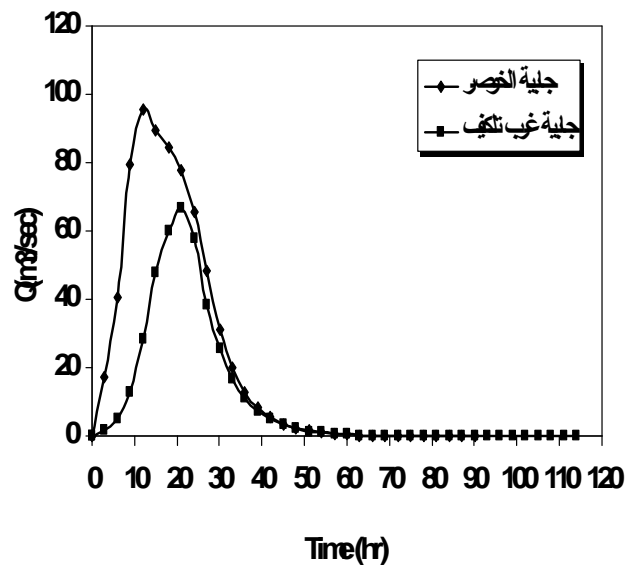
 Q_2, K قيم : (4)

$Q_2 = f(A, Q_1)$	$Q_2 = f(L, Q_1)$	k	اسم الجابية
0.326 A	0.647 Q_1	7	
0.29 A	0.66 Q_1	9	غرب تلكيف
0.122 A	0.813 Q_1	23	شمال القيارة
0.356 A	0.615 Q_1	20.4	ربيعة
0.204 A	0.771 Q_1	12	



(5-a) : الهيدروغراف القياسي

3



(5-b) : الهيدروغراف القياسي لاستدامة 3

لاستد

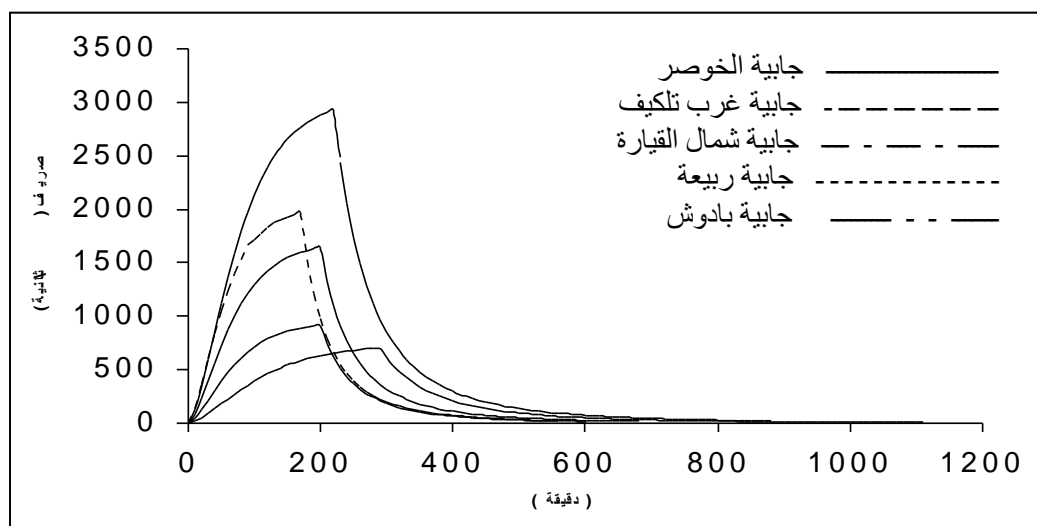
هيدروغراف الجريان الشريطي في الجوابي غير المقاسة حول مدينة الموصل :

(5)

3-hr unit hydrograph ordinates					Q ₂					T (hr)
جائية	جائية ربعية	جائية القيارة	جائية تلكيف	جائية	جائية ربعية	جائية القيارة	جائية تلكيف	جائية		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.06	1.958	6.28	2.9	6.91	6.120	3.916	3.1	1.45	13.819	3
16.64	20.072	17.98	7.134	17.29	27.152	36.2283	12.1	5.017	20.753	6
39.33	44.384	27.79	18.048	40.78	51.507	52.5404	22.9	12.59	60.799	9
50.68	53.462	29.61	38.592	79.47	49.861	54.3844	28.7	28.32	98.143	12
44.13	50.501	28.04	57.080	95.82	38.393	46.6184	28.8	47.83	93.488	15
33.98	39.424	22.80	62.903	89.43	29.562	32.2303	25.4	59.99	85.381	18
26.16	26.026	20.52	69.93	84.52	22.763	19.8216	21.7	66.41	83.664	21
20.15	16.006	18.46	46.15	77.93	17.528	12.1903	19.5	58.04	72.197	24
15.51	9.843	16.62	30.46	65.34	13.496	7.4970	17.5	38.31	58.473	27
11.94	6.053	14.96	20.10	48.15	10.392	4.6107	15.8	25.28	37.832	30
9.20	3.723	13.46	13.270	31.15	8.002	2.8356	14.2	16.68	24.477	33
7.08	2.289	12.11	8.7583	20.16	6.161	1.7439	12.8	11.01	15.837	36
5.45	1.408	10.90	5.7805	13.04	4.744	1.0725	11.5	7.269	10.246	39
4.20	0.866	9.81	3.8151	8.44	3.653	0.6596	10.4	4.797	6.629	42
3.23	0.532	8.83	2.5180	5.46	2.813	0.4056	9.3	3.166	4.289	45
2.49	0.327	7.95	1.6619	3.53	2.166	0.2495	8.4	2.089	2.775	48
1.92	0.201	7.15	1.0968	2.29	1.668	0.1534	7.6	1.379	1.796	51
1.48	0.123	6.44	0.7239	1.48	1.284	0.0944	6.8	0.910	1.162	54
1.14	0.076	5.79	0.4778	0.96	0.989	0.0580	6.1	0.600	0.752	57
0.88	0.046	5.21	0.3153	0.62	0.761	0.0357	5.5	0.396	0.486	60
0.67	0.028	4.69	0.2081	0.40	0.586	0.0219	5.0	0.261	0.315	63
0.52	0.017	4.22	0.1374	0.26	0.451	0.0135	4.5	0.172	0.204	66
0.40	0.010	3.80	0.0907	0.17	0.348	0.0083	4.0	0.114	0.132	69
0.31	0.006	3.42	0.0598	0.11	0.268	0.0051	3.6	0.075	0.085	72
0.24	0.004	3.08	0.0395	0.07	0.206	0.0031	3.3	0.049	0.055	75
0.18	0.002	2.77	0.0261	0.05	0.159	0.0019	2.9	0.032	0.036	78
0.14	0.001	2.49	0.0172	0.03	0.122	0.0012	2.6	0.021	0.023	81
0.11	0.001	2.02	0.0114	0.02	0.094	0.0007	2.1	0.014	0.015	84
0.08	0.0006	1.82	0.0075	0.01	0.072	0.0004	1.9	0.009	0.010	87
0.06	0.0004	1.64	0.0049	0.01	0.056	0.0003	1.7	0.006	0.006	90
0.05	0.0002	1.33	0.0033	0.00	0.033	0.0002	1.4	0.004	0.000	93
0.04		1.07	0.0022		0.025		1.1	0.002		96
0.03		0.97	0.0014		0.020		1.0	0.0018		99
0.02		0.87	0.0009		0.015		0.9	0.0012		102
0.02		0.70	0.0006		0.012		0.7	0.0008		105
0.01		0.51	0.0004				0.5	0.0005		108
		0.42	0.0003				0.4	0.0003		111
		0.30	0.0002				0.32	0.0002		114
		0.27	0.0001				0.29	0.0001		117
		0.20					0.21			120
		0.18					0.19			123
		0.11					0.11			126
		0.07					0.07			129
		0.02					0.02			132
		0.01					0.01			135

3 . نموذج سانت فينانت :

تم وبعد حساب معامل جيزي (C) بالطريقة المشار اليها سابقا واجراء الحل التحليلي لمعادلات سانت فينانت (Saint-Venant equations) رسم هيدروغراف السبوح للجوابي الخمسة وعند خمس شدات مطرية مختلفة تراوحت بين (80,70,60,50,40) ملم \ ساعة. والنتائج بالنسبة للجوابي الخمس موضحة في الشكل (6) والجدول (10,9,8,7,6) وكما يلي :



(6) هيدروغراف الجوابي الخمس عند شدة مطرية 80 \

(6) نتائج قيم جابية الخوصر عند حالة التوازن

الشدة المطرية (I) \	معامل جيزي (C)	التركيز (tc) دقيقة	عمق الجريان (d)	سرعة الجريان (V) \	تصريف الذروة (Qp) \ ³
40	160	260	10.9	2.64	345.92
50	143.5	270	13.67	2.65	435.37
60	131	280	16.47	2.658	525.56
70	121	290	19.32	2.66	616.66
80	113.5	290	22	2.663	704.2

(7) نتائج قيم جابية غرب تكليف عند حالة التوازن

الشدة المطرية (I) \	معامل جيزي (C)	زمن التركيز (tc) دقيقة	الجريان (d)	الجريان (V) \	تصريف الذروة (Qp) \ ³
40	174	180	7.1	2.539	450.46
50	155.5	200	8.92	2.544	567.43
60	142	200	10.7	2.544	680.46
70	131.5	200	12.53	2.55	799.4
80	123	200	14.34	2.551	914.62

: هيدروغراف الجريان الشريطي في الجوابي غير المقاسة حول مدينة الموصل

(8) نتائج قيم جانبية شمال القيارة عند حالة التوازن

الشدة المطرية (I) \\	جيزي (C)	زمن التركيز (tc) دقيقة	عمق الجريان (d)	سرعة الجريان (V) \\	تصريف الذروة (Qp) \\ ³
40	175	190	7	2.918	811.83
50	156.5	190	8.67	2.915	1011.23
60	143	190	10.45	2.924	1222.4
70	132.5	200	12.17	2.923	1423.55
80	124	200	14	2.933	1640.9

(9) نتائج قيم جانبية ربيعة عند حالة التوازن

الشدة المطرية (I) \\	جيزي (C)	زمن التركيز (tc) دقيقة	عمق الجريان (d)	سرعة الجريان (V) \\	تصريف الذروة (Qp) \\ ³
40	181.5	160	5.74	3.075	970.96
50	162	160	7.2	3.073	1216.83
60	148	170	8.67	3.08	1470.12
70	137	170	10.14	3.085	1721.37
80	128	170	11.6	3.082	1966.79

(10) نتائج قيم جانبية بادوش عند حالة التوازن

الشدة المطرية (I) \\	جيزي (C)	زمن التركيز (tc) دقيقة	عمق الجريان (d)	سرعة الجريان (V) \\	تصريف الذروة (Qp) \\ ³
40	170.5	200	7.88	2.62	1445.76
50	152.5	210	9.9	2.629	1823.91
60	139.5	210	11.86	2.63	2186.56
70	129	220	13.9	2.635	2566.44
80	120.5	220	15.9	2.632	2929.91

العلاقة بين تصريف الذروة (Qp) مع مساحة الجابية (A) والشدة المطرية (I) :
تم رسم العلاقة بين تصريف الذروة وكل من مساحة الجابية والشدة المطرية بواسطة استخدام برنامج اكسل (2003) وظهرت علاقة خطية ومعامل تحديد (R²) اعلى مايمكن تراوح بين (0.9997,0.9994) : (11)

(11) العلاقة بين تصريف الذروة (Q_p) مع مساحة الجابية (A) والشدة المطرية (I)

معامل التحديد (R^2)		اسم الجابية
0.9994	$Q_p = 0.0433IA$	جابية الخوصر
0.9996	$Q_p = 0.0891IA$	جابية غرب تلكيف
0.9996	$Q_p = 0.2067IA$	جابية شمال القيارة
0.9996	$Q_p = 0.2951IA$	جابية ربعة
0.9997	$Q_p = 0.3824IA$	جابية بادوش

في هذا البحث تم التعامل مع جوابي خمسة حول مدينة الموصل لاحتوي على محطات لقياس السيج وقد تبين من دراسة الخصائص العامة إن جابية شمال القيارة هي جابية فيضانية لكون كثافة التصريف ووقت التركيز فيها هو الأقل علما بان ذروة التصريف لهذه الجابية قليل وذلك لابتعادها عن الخط المطري للمنطقة الشمالية . استعمل نموذجنا ناش وكلاارك لتحديد إحداثيات الهيدروغراف اللحظي للجوابي تحت الدراسة ومن ثم اشتقاق وحدة هيدروغراف قياسي باستدامة 3 ساعة وهذا الهيدروغراف يمكن تحويل استدامته باستدامة أي زخة مطرية ومنها حساب هيدروغراف الفيضان الذي يستفاد منه في تصميم أي منشأ هيدروليكي أو في حصاد المياه وهذا الأمر يتطلب اتخاذ الإجراءات لرفع كفاءة استخدام المياه وتعظيم الاستفادة من مياه الأمطار في الجابيات .

لقد تبين من خلال البحث إن نتائج نموذج كلاارك كانت الافضل مقارنة بنموذج ناش وهذا ما بينها المختبر الإحصائي (توزيع) أشار إلى أن قيم مربع كاي (χ^2) بطريقة ناش وبطريقة كلاارك والمبينة في الجدول (12) تختلف عن القيمة الجدولية (5%) [9] . وقد لوحظ من البحث أيضا ان نسبة التصريف شمال الموصل الى جنوبه (أي تصريف الذروة في كل من الخوصر وغرب تلكيف الى شمال القيارة) بطريقة ناش هي 3.3 1.86 وبطريقة كلاارك كانت 3.2 2.33 وهذا يشير الى ان ذروة التصريف لوديان الجوابي في شمال الموصل الى جنوبه هي ب 2.5 : 1 2.75 : 1 نجي ناش وكلاارك على التوالي . اما نموذج سانت فينانت فقد اعطى نتائج اعلى بكثير ولاقل شدة مطرية عما اعطاه نموذجي ناش وكلاارك والسبب في ذلك ان هذا النموذج يطبق في حالة الجوابي المستوية المائلة اي انها اهملت طبوغرافية المنطقة , كما ان قيمة معامل جيزي لها تاثير على زمن التركيز وبالتالي على زمن الاستدامة حيث ان معامل جيزي يتناسب عكسيا مع زمن التركيز , كما ان هذا النموذج اعتمد على الشدة المطرية بشكل مباشر في حين ان النماذج السابقة اعتمدت على تقسيم الجابية الى احواض لهذا فان قيمة التصريف الشدة المطرية وكما في الجدول (12) :

(12) قيم تصاريف الذروة للنماذج ناش وكلاارك وسانت فينانت مقارنة مع النتائج الحقلية

اسم الجابية	Q_p	Q_p	سانت فينانت Q_p \backslash $40=I$	Q_p	قيم χ^2	قيم χ^2
	210	95.82	239.5	125	34.4	8.88
غرب تلكيف	47.51	69.93	450.46	77	18.3	5.68
شمال القيارة	29.05	29.61	811.83	45	8.75	8
ربعة	30.148	53.462	1092.33	75	66.72	8.68
	49.227	50.68	1301	50	0.012	0.009

عليه فان نموذج سانت فينانت يمكن استعماله في المناطق ذات الشدات المطرية العالية والتي لا تتوفر عنها معلومات كافية.

وقد كانت النسب بين ذروة التصريف في النماذج الثلاثة لكل الجوابي في البحث الحالي هي كما يلي :

(13) نسب ذروة التصريف بالنماذج الثلاثة للجوابي الخمسة باستدامة 3

اسم الجابية	النسبة لقيمة تصريف الذروة بين ناش وكلاارك	النسبة لقيمة تصريف بين سانت فينانت	النسبة لقيمة تصريف الذروة بين سانت فينانت وكلاارك
	2.2	1.14	2.5
غرب تلكيف	0.68	9.48	6.44
شمال القيارة	0.98	27.94	27.4
ربيعة	0.564	36.23	20.43
	0.97	26.4	25.67

ويتم اختيار القيمة المعقولة من الجدول حسب نوع المشروع الذي يتم التعامل معه في تحديد تصريف الذروة

المصادر العربية :

- 1 الشيخ علي , الخوصر في فيضاناته الاخيرة. , مديرية مطبعة الجامعة , 1974 .
- 2 ماء ومجاري محافظة نينوى عبر الاتصالات الشخصية. لانواء الجوية في الموصل وبغداد ومعلومات مأخوذة من دائرة

المصادر الاجنبية :

- 3- BAYAZIT , A.O , *Linear Reservoirs in Series Model for Unit hydrograph of Finite Duration*. Turkish J.Eng. Env. Sci , 2002 , 107-113 , Turkish.
- 4- BARNES J.WESLEY , *Statistical Analysis for Engineering and Scientistis*. McGraw-Hill , Inc. , USA , 1994.
- 5- N.BULYGINA , N.MCLNTYRE , and H.WHEATER , *Conditional rainfall-runoff model parameters for ungauged catchments and land management impact analysis*. Hydrol. Earth. Sci , 2009 , 1907-1938.
- 6- CHOW , V.T , *Hand book of Applied Hydrology*. Mc Graw-Hill book company , Newyork , 1984.
- 7- GOVINDARAJU , R.S. , and KAVVAS , M.L. , *Approximate Analytical solutions for overland flow* . Water Resour. Res. , Vol.26 , No.12 , 1990 , 2903 – 2912 .
- 8- GENADII A. ATANOV , ELENA G. EVSEEVA , and EHAB A .MESELHE , *Estimation of Roughness Profile in Trapezoidal Open Channels*. J. Hydr. Engrg. , Vol. 125 , Issue 3 , 1999 , 309-312.
- 9- KUMAR RAKESH , CHATERJEE C. , SINGH R.D. , LOHANI A.K. , and KUMAR SANJAY , *Runoff estimation for an ungauged catchment using geomorphological instantaneous unit hydrograph (GIUH) models*. J. Hydrological processes ISSN , Vol. 21 , No. 14 , 2007 , 1829-1840.
- 10- MUTREJA , KN , *Applied Hydrology*. Tata Mc Graw-Hill company , Delhi , 1986.
- 11- PETER , S.EAGLSON , *Dynamic Hydrology*. Mc Graw-Hill book company , New york , 1970.
- 12- RAMIREZ , G.A , *Prediction Modeling of Flood Hydrology and Hydraulics*. Chapter 11 of Inland Flood Hazards , Cambridge Press , USA , 2000.
- 13- SUBRAMANYA , K. , *Engineering Hydrology*. Tata Mc Graw-Hill company , Delhi , 1984.
- 14- TEWOLDE M.H. , and SMITHERS J.C. , *Flood routing in ungauged catchments using Muskingum methods*. J. Water S.A. ISSN , Vol. 32 , No. 3 , 2006 , 379-388.

- 15- WEIHAO CHUNG , and YI-LUNG KANG , *Classifying River Waves by the Saint-Venant Equations Decoupled in the Laplacian Frequency Domain*. J. Hydr. Engrg , Vol. 132 , Issue 7 , 2006 , 666-680.
- 16- YOUNIS N. SAEED , *Asimplified Analytical solution of Saint-Venant equations for overland flow* . M.Sc. thesis in water resources , Univ. of Mosul . Mosul , Iraq .

تم اجراء البحث في كلية الهندسة =