الفصل الدراسي الثاني

المحاضرة الثامنة و التاسعة:

الجريان المائي السطحي:

يعبر عن الجريان المائي السطحي بأنه ذلك الجزء من السقيط المطري الذي يزيد عن القدرة الامتصاصية للتربة نتيجة لزيادة معدلات التساقط فيتحرك على سطح الارض متخذاً لنفسه عدة مسارات تبعاً لجيومورفولوجية الارض وانحدارها الى ان يصل الى احد المجاري فيصب فيه ويصبح جزء منه.

وتبعاً لذلك فان الجريان المائي السطحي يتحدد بفترة زمنية تبدأ مع سقوط المطر على سطح الأرض وتنتهي عندما يصب في المجرى المائي.

العلاقة بين التساقط المطري والجريان السطحي

وتعد العلاقة بين الجريان المائي السطحي والتساقط المطري علاقة مباشرة من حيث ان معدل الجريان المائي السطحي يعتمد على زيادة كثافة الامطار عن معدل الارتشاح، ان تلك العلاقة بين كميات الامطار الساقطة ومقدار الصبيب المائي السطحي يتاثر بعوامل عديدة يمكن تلخيصها وعلى النحو الاتي :

اولاً : خصائص المطر الساقط

تشمل هذه الخصائص (شدة واستدامة المطر، توزيع العاصفة المطرية) حيث توجد علاقة وثيقة بين شدة المطر وطول فترة سقوطه، بحجم الجريان المائي السطحي، ولهذا فان عاصفة مطرية لفترة زمنية قليلة لا تسبب جريان مائي سطحي بينما تلك العاصفة بنفس الشدة ولفترة زمنية اطول تؤدي الى جريان مائي سطحي كبير.

وتتأثر كذلك معدلات الجريان المائي السطحي بتوزيع وشدة الامطار فوق الحوض المائي حيث يحصل اعلى معدل للجريان المائي السطحي في حالة تعرض كل اجزاء الحوض المائي الى العاصفة المطرية كما قد تسبب عاصفة مطرية بشدة عالية فوق جزء من الحوض جريان مائي كبير من عاصفة غير شديدة فوق الحوض المائي.

ثانياً : خصائص حوض الصرف المائي

ان خصائص حوض الصرف المائي تؤثر على معدلات الجريان المائي السطحي من حيث (شكل الحوض، انحدار الارض، كثافة التصريف، الغطاء النباتي). إذ يؤثر شكل الحوض في الوقت الذي يستغرقه الماء حتى يصل من ابعد الاجزاء في الحوض المائي الى مخرج الحوض، وعليه فان ذروة الجريان المائي السطحي للحوض المائي تتباين تبعاً لشكل الحوض

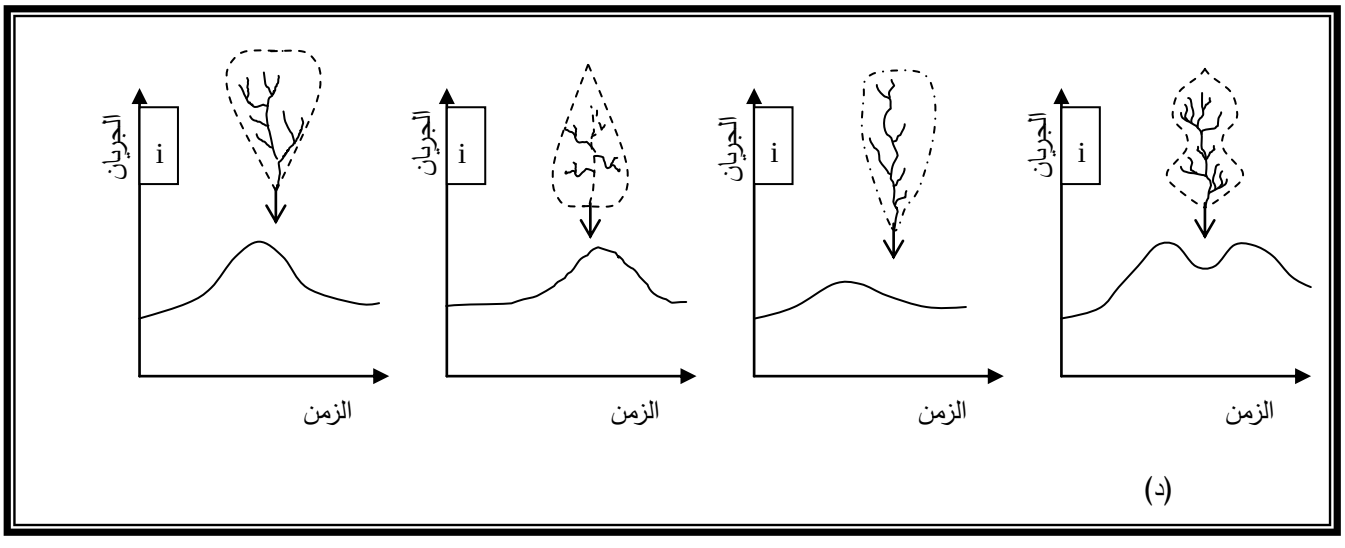
ويوضح الشكل (1) تاثير شكل الحوض على ذروة الجريان على افتراض ان السواقط والارتشاح والعمليات الاخرى ثابتة.

ففي الحوض (أ) شكل المخطط المائي يشير الى احتمالية حدوث ذروة الجريان على نحو سريع للاحواض التي تقع منابعها في القسم الاعلى من الحوض بينما الحالة معاكسة في (ب) لاحواض تقع منابعها في الجزء الاسفل منه إذ يشير شكل المخطط المائي الى احتمالية حدوث ذروة الجريان بعد فترة زمنية طويلة، اما شكل المخطط المائي (ج) فدلالة حدوث ذروتها المائية غير واضحة لاستطالة الحوض وبالتالي يقلل من خطر الفيضان في حين يسبب تركيب الشكل المعقد للحوض المائي في (د) على حصول ذروتين مائيتين للحوض المائي.

كما ان الكثافة التصريفية لحوض التصريف المائي لها تأثير على معدلات الجريان المائي السطحي، فالاحواض التي لها عدد كبير من الشبكات والقنوات التصريفية يكون معدل الجريان المائي فيها عالي مقارنة بالاحواض ذات الشبكات والقنوات التصريفية القليلة التي يكون معدلات جريانها واطئة.

كذلك ان انحدار الحوض يعد عاملاً مؤثراً في سرعة جريان المياه على الاحواض المائية، فكلما كان انحدار الحوض كبيراً تسبب في ذروة جريان مائية عالية في فترة زمنية قصيرة.في حين ان وجود الغطاء النباتي في الحوض المائي يعيق الجريان المائي السطحي ويزيد من نفاذية التربة وبالتالي يؤدي إلى اختزال ذروة الجريان المائي السطحي الى ادنى مستوياته.

وتعرف كميات المطر التي تتحول الى جريان مائي سطحي من مجموع التساقط المطري في حوض الصرف المائي بـ (معامل السيح السطحي) (Coefficient runoff) حيث يمثل معامل السيح السطحي (C) التاثير المتكامل لضياع الماء في مساحة حوض الصرف المائي وتعتمد على طبيعة سطح الحوض المائي وانحدار الارض وشدة المطر.



(أ) (ب) (ج)

الشكل (1) : العلاقة بين شكل الحوض المائي وشكل المخطط المائي

ان ايجاد نسب معامل السيح السطحي تعتبر مهمة في الدراسات الهيدرولوجية إذ يمكن على اساسها التنبؤ بالفيضانات وعمل التصميمات الهندسية الخاصة بالسدود والخزانات والاستفادة منها في اقامة مشاريع حصاد المياه.

وتتفاوت قيم هذا المعامل بين منطقة واخرى تبعاً الى الخصائص الطبيعية واستعمالات الارض وغالباً ما تتراوح من (0.05) – (0.95) ويوضح جدول (16) بعض القيم النموذجية لمعامل السيح السطحي.

جدول (1) : قيم نموذجية لمعامل االسيح السطحي

نوع السطح	قيم معامل السيح السطحي
تربة رملية مستوية ذات انحدار 2%	0.95 – 0.05
تربة رملية منحدرة 7%	0.22 – 0.15
تربة مزيجية ذات انحدار 2 – 7%	0.22 – 0.18
مناطق زراعية طينية محروثة	0.50
مناطق زراعية رملية محروثة	0.20
الاعشاب	0.20
غابات	0.40 – 0.10
مناطق سكنية منفردة	0.50 – 0.30
مناطق سكنية متجمعة	0.75 – 0.60

ان معامل الجريان المائي السطحي وفق المنظور العام يمثل النسبة بين كمية الجريان المائي الناتج الى نسبة كمية الامطار التي تسقط على نموذج الحوض المتمثل، ويعبر عن تلك النسبة رياضياً بالعلاقة التالية[1]:

$$Rop = \frac{Rt}{Pt} \qquad \text{..... (2-4)}$$

إذ ان :

Rop = نسبة جريان الماء السطحي (Run off percentage)

Rt = المطر المؤثر (كميات جريان المائي السطحي)

Pt = المطر الكلي.

ان ايجاد العلاقة بين الامطار والجريان المائي السطحي الناتج ليس بالامر السهل لأنه حصيلة تأثيرات متشابكة لعدد من العوامل التي ترتبط بخصائص الحوض المائي المستقبل للامطار والمتمثلة بالمكاشف الصخرية والطوبوغرافية والتربة والنبات الطبيعي وخصائص الامطار من حيث الشدة والاستدامة فضلاً عن الخصائص المساحية والشكلية لحوض الصرف المائي. ولهذا فان رسم شكل بياني يوضح العلاقة بين التساقط المطري والجريان المائي السطحي لحالة مطرية واحدة لا يمكن ان يعطي ارتباطا مقنعا، ولكن النتيجة يمكن ان تتطور بشكل كبير اذا ما وجد علاقات وصيغ رياضية مقبولة تأخذ في الحساب مقادير بعض العوامل المؤثرة (الخصائص المساحية والشكلية للاحواض المائية – الشدة المطرية – حالة رطوبة التربة الابتدائية) وكذلك عمل فرضيات تبسيطية تتناول تاثير العوامل الاخرى.

لذلك كان من الطبيعي ان يلجأ الباحثون الى استعمال علاقات رياضية لايجاد وفهم هذه العلاقة، خاصة وان الحقل الهايدرولوجي يحوي العديد من الطرائق الرياضية التي تتناول العلاقة المباشرة بين السواقط والجريانات الناجمة عنها. ويمكن تلخيص تلك الطرق الى :

اولاً : طريقة المخطط المائي القياسي

تتمثل هذه الطريقة في ايجاد نقاط لوحدة المخطط المائي الناجمة عن الامطار المؤثرة والموزعة بانتظام على مجمل مساحة الحوض المائي بشدة ثابتة لاستدامة العاصفة المطرية وذلك من خلال اشتقاق معادلات تجريبية ومن ثم رسم وحدة المخطط المائي الخاص لكل حوض مائي.وهناك عدة طرائق لاشتقاق المخطط المائي القياسي منها (Snyder's – SCS method – Rational method – ESPY method – method .

ثانياً : الطريقة التجريبية

تشمل هذه الطريقة الصيغ المحلية التي غالبا ما تتضمن خصائص الحوض المائي، وتستخدم جميع الصيغ التجريبية مساحة الحوض وشدة المطر كمعايير مهمة تؤثر على معادلات الجريان المائي السطحي في مناطق انشائها، ولهذا تطبق الصيغ التجريبية فقط في المناطق التي اشتقت منها، اما في المناطق الاخرى فإن هذا الصيغ تقريبية، من اهم هذه الصيغ صيغة

ايسكوفسكي (1884) – فولر (1913) – ديكنز (1956) – بوتر (1961) – سوكولوفسكي (1967).

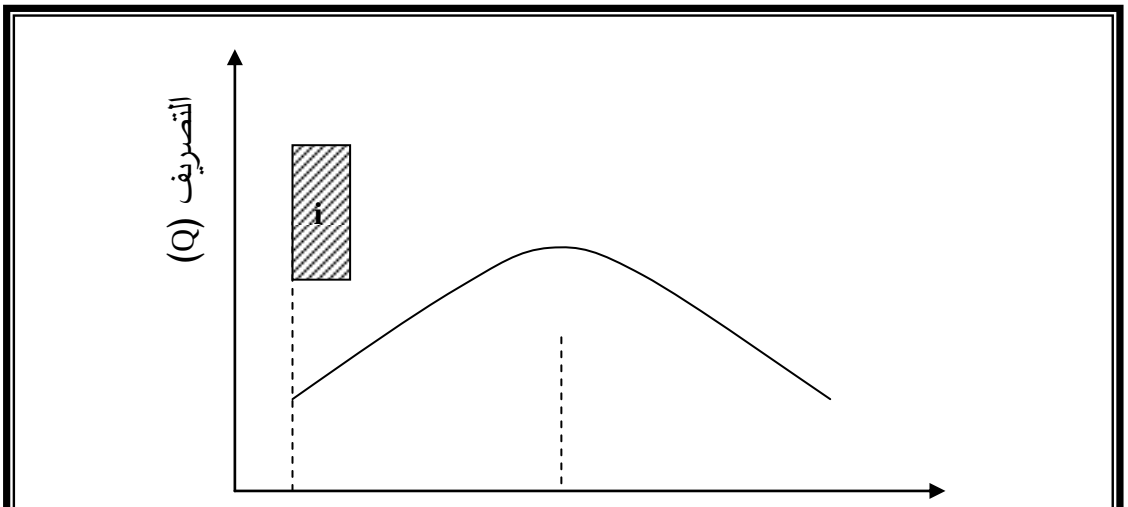
ثالثاً : الطريقة الاحتمالية

تتمثل هذه الطريقة في اخضاع التصاريف الملاحظة والمقاسة خلال فترة زمنية معينة لقانون احتمالي معين للحصول على عبارة تحليلية تستطيع من خلالها استقراء مختلف التصاريف ولفترات عودة مختلفة ، ويوجد العديد من القوانين الاحتمالية (التوزيع الاعتيادي – توزيع الاعتيادي اللوغارتمي – توزيع بيرنس – برنولي).

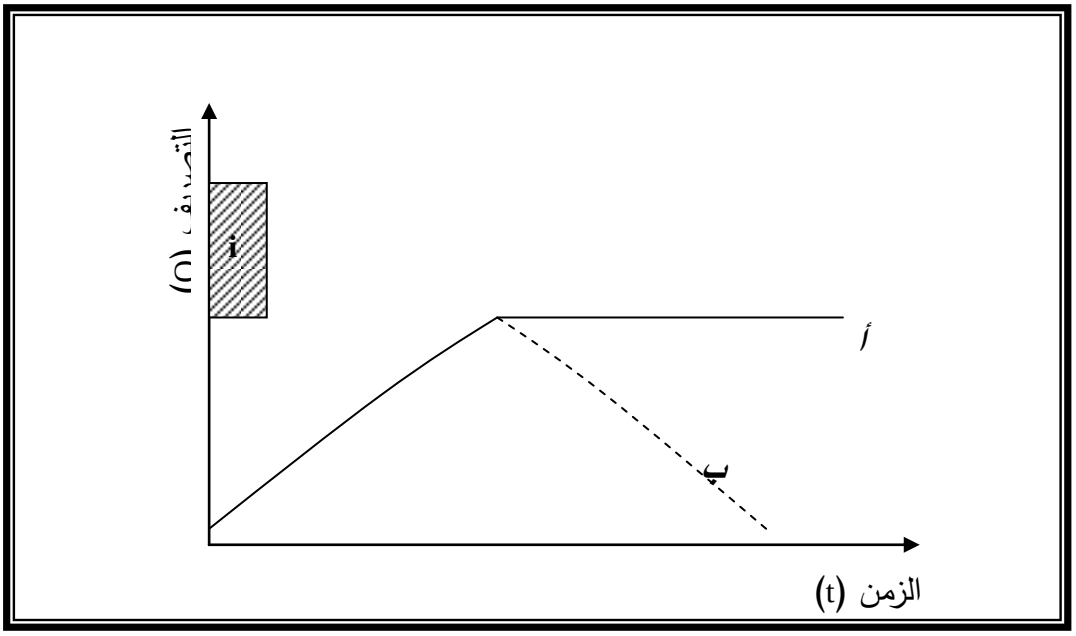
وفي سياق اختيار الطريقة المناسبة والملائمة في فهم العلاقة وتمثيل نظام الجريان المائي السطحي وجد ان طريقة المخطط المائي افضل طريقة من الناحية العملية لان النتائج التي تقدمها متناسقة مع الملاحظات وهو ما يفسر شيوعها واستعمالها الواسع في التطبيقات الهايدرولوجية من قبل الباحثين لمشكلة التكهن بمخطط مائي ناتج عن عاصفة مطرية معروفة على حوض معين.

طريقة المخطط المائي القياسي

صاغ نظرية المخطط المائي القياسي شيرمان (1942) بوصفه الجريان الناتج عن الامطار الموزعة بانتظام على مجمل الحوض المائي بشدة ثابتة لاستدامة العاصفة المطرية وتهدف إلى تقدير التصريف الناتج عن جريان بسيط لحوض مائي معين وتتمثل الفرضية الاساسية لهذه الطريقة في الحوض المائي من خلال اذا كان لدينا شدة مطرية (i) في اللحظة الزمنية (t) فان لدينا تصريفا (Qt) في مخرج الحوض المائي، وكما موضح في الشكل ( ).



ويسمى المخطط المائي الناتج عن الجريان المائي السطحي خلال العاصفة المطرية بمنحنى الجريان المباشر (Direct runoff hydrograph) ، ويسبب وصول الجريان المائي تصاعدا مستمرا في المخطط المائي حتى يصل الى اقصى معدل له كما في الشكل (–أ). ويتوقف ذلك على معدل تساقط المطر (Intensity) وطول الفترة المطرية (Duration) وعلى الخصائص الطبيعية لحوض الصرف المائي وطبيعة ارتشاح التربة. واذا استمر التساقط المطري فترات طويلة وبمعدلات ثابتة فان حالة من التوازن تنشأ في المخطط المائي، ان مثل هذه الحالة نادرة الحدوث لعاصفة مطرية منفردة ومحددة، حيث يبدأ المخطط المائي عادة في الهبوط، كما في الشكل (–ب)



شكل ( ) : العلاقة بين شكل المخطط المائي وفترة استدامة المطر

وعليه فان شكل المخطط المائي القياسي يتحدد بثلاث اجزاء رئيسية هي :

1- الطرف الصاعد (منحى الارتفاع)

يتحقق هذا الجزء من المخطط المائي عند سقوط عاصفة مطرية منتظمة على حوض مائي فان الجريان المائي السطحي سوف يزداد مع الوقت، ومع استمرار العاصفة فان الجريان المائي السطحي سوف يصل من ابعد نقطة على مساحة الحوض المائي الى مصب الحوض.

ويتحكم في هذا الجزء من المخطط المائي خصائص العاصفة المطرية المتمثلة بالشدة المطرية والاستدامة.

2- **قمة المخطط (ذروة التصريف)** :يعتبر من اجزاء المخطط المائي المهمة وخاصة في الدراسات الهيدرولوجية لانها تمثل ذروة الجريان المائي السطحي (اقصى معدلات التصريف) وتشمل الفترة الزمنية التي وصل فيها تصريف الاحواض الى اعلى مستوى لها، وان قمة المخطط المائي تحدث عندما يسهم كل اجزاء الحوض المائي في وقت واحد في ايصال كمية الجريان الى الحالة القصوى في مصب الحوض. وتتأثر كثيرا بخصائص الحوض (شكل الحوض – طول الحوض – انحدار الحوض) وخصائص العاصفة المطرية.

3- **الطرف النازل (منحنى الانحسار)**

يشمل هذا الجزء الفترة الزمنية التي يتم فيها انحسار معدلات الجريان من نقطة انقلاب ذروة الجريان المائي إلى نقطة النهاية والتلاشي في مصب الحوض المائي، ويحدد هذه الفترة بشكل رئيسي خصائص الحوض المائي.

ولتحديد أجزاء وشكل المخطط المائي القياسي الناتج عن عاصفة مطرية تجري عملية اشتقاق تجريبية للمعادلات الرياضية وتتفاوت هذه المعادلات التجريبية المشتقة بتباين الدراسات وطبيعة الاحواض المدروسة من حيث الموقع الجغرافي.

وهناك عدة دراسات اشتقت لها مجموعة من المعادلات التجريبية ولاستنباط الطريقة الملائمة للحصول على مخطط مائي قياسي في منطقة الدراسة استخدمت الطرائق الآتية (طريقة Rational – طريقة Snyder's – طريقة SCS).

طريقة Rational نموذجاً :

عرض (Chow) عام (1962) علاقة ما بين الجريان السطحي والتساقط المطري لتقدير قمة التصريف بمعادلة تجريبية ونسبة تجريبية سميت بالعقلانية.

ان طريقة Rational في تقدير اقصى معدلات الجريان تتمثل بالمعادلة الآتية:

$$Q = CIA/\ .$$

حيث ان :

Q = قمة الجريان المائي السطحي ($م^3$/ثانية).

C = معامل السيح السطحي.

I = شدة التساقط المطري (ملم/ساعة).

A = مساحة الحوض المائي (كم^2).

تعتمد المعادلة العقلانية من خلال هذه العلاقة على فرضيتين رئيستين:

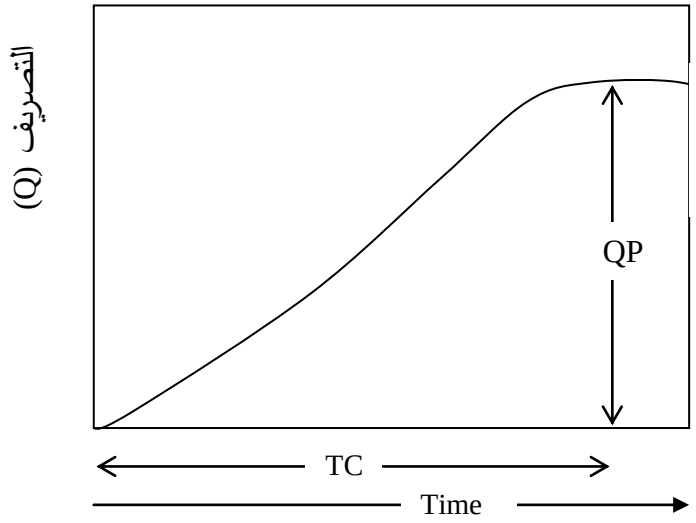
اولاهما :

ان الأمطار تحدث بشدة منتظمة لاستدامة يساوي على الأقل زمن التركيز (Tc) (الزمن اللازم للماء حتى يجري من ابعد جزء من مساحة الحوض المائي إلى مخرج الحوض.

ثانيهما :

ان الأمطار تحدث بشدة منتظمة فوق المساحة الكلية لحوض التغذية. وإذا تحققت هذه الفرضيات فان المطر والجريان الناتج يمكن توضيحها بالشكل (48).

أي ان سقوط المطر بشدة منتظمة على مدى وقت طويل من الزمن على حوض ما يؤدي إلى ازدياد معدل السيح السطحي تدريجياً من الصفر إلى قيمة ثابتة، وهذه الفترة تساوي على الاقل فترة التركيز (tc) وعندما يكون أمد استدامة سقوط المطر مساوياً إلى زمن التركيز فان جميع اجزاء الحوض ستساهم انيا في جريان مخرج الحوض ومن الواضح انه اذا استمر سقوط المطر الى ما بعد زمن التركيز فان الجريان السطحي سيصبح ثابتاً عند قمة الذروة.



شكل (48) : مخطط مائي قياسي للجريان المائي نتيجة مطر منتظم

ان استخدام طريقة Rational تتضمن تحديد المعايير التالية :

اولاً : زمن التركيز (Tc)

هو الزمن اللازم للماء حتى يجري من ابعد جزء من مساحة الحوض المائي الى مخرج الحوض. ويكون زمن التركيز مهما في طريقة Rational وفي الدراسة الحالية خاصة إذ ان

تأثير الانحدار غير مشمول بشكل مباشر في قيم معامل الجريان (C) الا ان تأثيره واضح من خلال استعمال فترة سقوط الامطار والذي يساوي زمن التركيز نظرياً.

الطريقة الجيدة لحساب (Tc) في حوض ما يكون بقياس الفترة الزمنية بين نهاية المطر الفائض وبين نقطة انقلاب الجريان المائي السطحي الناتج، وهذا يتطلب توفر البيانات كاملة عن المطر واجهزة رصد القياس لتصاريف الوديان في الاحواض المائية ويستغنى عن هذه الطريقة في المناطق غير المتوفرة البيانات والقياسات كما في منطقة الدراسة بالصيغ الرياضية واستخدام الصيغة التالية لحساب زمن التركيز :

$$Tc = 6.95\frac{\left(L^{(F)}\right)^{1.15}}{H^{0.385}} \qquad \ldots\ldots(\ )$$

إذ ان :

Tc = فترة التركيز (دقيقة).

L = طول الحوض (كم).

F = معامل شكل الحوض ويكون (0.55) اذا كان شكل الحوض مستديرا و (0.65) اذا كان شكل الحوض مستدير ومستطيل و (0.75) اذا كان شكل الحوض مستطيلاً

H = انحدار الحوض المائي، متر/كم.

ثانياً : معامل الجريان المائي السطحي (c)

يعرف معامل الجريان المائي السطحي بكميات المطر التي تتحول الى جريان مائي سطحي من مجموع التساقط المطري في الحوض المائي وتتفاوت قيم هذا المعامل التي غالباً ما تتراوح بين (0.05 – 0.95) من منطقة الى اخرى تبعاً الى الخصائص الطبيعية للحوض المائي واستعمالات الارض ويوضح جدول (21) في الفصل الرابع معامل الجريان المائي السطحي في منطقة الدراسة التي تم الحصول عليه من العمل الحقلي.

ثالثاً : شدة المطر (i)

يعبر عنه بنسبة تحرير الماء الى جهاز قياس المطر ضمن فترة التساقط المطري وتتمثل شدة المطر في المعادلة بقياس اقصى نسبة محتملة من التساقط المطري لاستدامة زمنية معينة وهي ساعة واحدة. ان هذا القياس له أهمية كبيرة في تقدير قمة الجريان المائي السطحي في الحوض المائي.