(فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا)

إيجاد العلاقة بين المطر والسيح السطحي باستخدام نظرية وحدة الهيدروغراف

(Unit Hydrograph)

د. المهندس / أحمد عامر الديلمي

هندسة الموارد المائية / العراق - الموصل

www.eajaz.org

بدأت الدراسات حول عملية تحويل السقيط إلى سيح سطحي منذ النصف الثاني من القرن التاسع عشر وبدأ العديد من الباحثين في إيجاد معادلات تمثل العلاقة بين المطر والسيح ولم تشتهر خلال الفترة السابقة سوى المعادلة المنطقية (Rational Formula) والتي أجراها الباحث الأمريكي Kuichling سنة ١٨٨٩ ، هذه المعادلة أو العلاقة استخدمت بشكل واسع في التطبيقات الهندسية لتقدير أقصى تصريف (أعلى تصريف)(١)، وفي عام ١٩٣٢ جاء العالم Sherman بنظريته الخارقة وطريقته الذكية في (إيجاد العلاقة بين المطر والسيح لحوض نهر معين) لتنال إعجاب الباحثين جميعاً في هذا المجال ، وقد هيمنت هذه الطريقة فيما بعد على ما سبقها من أفكار وطرق ومعادلات وعلاقات وضعت لهذا الغرض .

ثم ما لبثت هذه النظرية التطبيقية أن تشعبت ونالت الحظ الأوفر من البحث في موضوعات علم الهيدرولوجيا، إذ لا نكاد اليوم نحصي الطرق التي استخدمت في تطبيق هذه النظرية والتي عرفت بـ (نظرية وحدة الهيدروغراف Unit Hydrograph) ونعني بمصطلح وحدة الهيدروغراف تغير تصاريف النهر مع الوقت لفترة زمنية محددة من الأمطار عندما يكون عمق المطر المؤثر وحدة عمق واحدة (سنتيمتراً أو إنجاً واحداً) ومن هنا جاءت تسمية وحدة الهيدروغراف ، وقد تنوعت هذه الطرق بتنوع البيانات والأنظمة المستخدمة في إيجاد العلاقة بين المطر والسيح .

تصنيف الطرق اعتماداً على نوعية البيانات المستخدمة :

يمكن تصنيف الطرق المستخدمة في اشتقاق وحدة الهيدروغراف اعتماداً على نوعية البيانات المستخدمة ، وكما يأتي :

١.طرق استخدمت بيانات حوض النهر فقط في إيجاد العلاقة ، مثل طريقة (snyder) في سنة ١٩٣٨م (١) .

٢ . طرق استخدمت بيانات الأمطار والتصاريف معاً في إيجاد العلاقة مثل طريقة المربع الأدنى المستخدمة من قبل الباحثين (Brune) و (Dooge) سنة ١٩٨٤م (٢) .

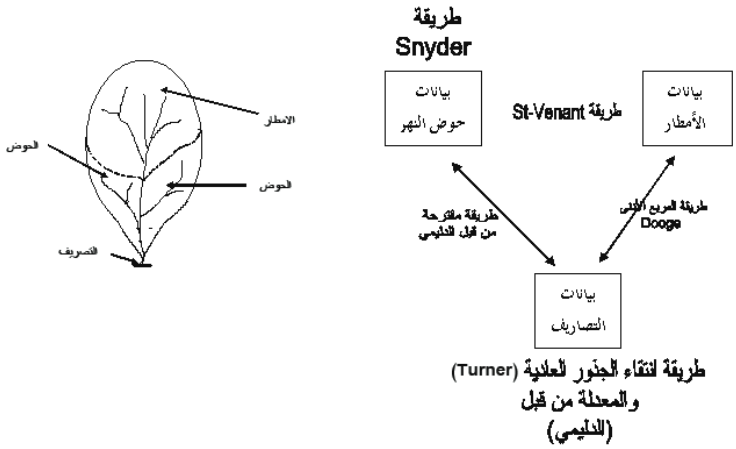
٣ . طرق استخدمت بيانات التصاريف فقط ؛ كطريقة انتقاء الجذور المقترحة من قِبَل الباحثين الثلاثة : (Bree ، Dooge ، Turner) سنة ١٩٨٩م (٣) ، وطريقة انتقاء الجذور المطورة من قِبَلْ (الدليمي) (٤) .

٤ . طرق استخدمت بيانات حوض النهر وبيانات الأمطار ، أو بيانات حوض النهر وبيانات التصريف ، ومثالها طريقة مقترحة من قبل (الدليمي) (٥) ، والتي تجمع بين طريقة انتقاء الجذور لـ : (، Dooge ، Turner Bree) المعتمدة على بيانات التصاريف فقط ، وطريقة (snyder) المعتمدة على بيانات حوض النهر فقط ، في

محاولة جديدة لتطوير طريقة انتقاء الجذور وتدارك الخطأ الذي يمكن أن يظهر في النتائج ، وذلك باستخدام بيانات سهلة لحوض النهر يسهل الحصول عليها (٦) .

ولا تخرج أية طريقة مبتكرة أو يمكن أن تبتكر في المستقبل عن حتمية استخدام واحداً من هذه الاحتمالات المذكورة في اختيار البيانات لما تُحتِّمُه عليها طبيعة وفرضيات هذه النظرية التطبيقية .

وفي أدناه رسم تخطيطي يوضح ما تمّ ذكره :



شكل رقم (١) : رسم تخطيطي يبين تصنيف الطرق المستخدمة في اشتقاق وحدة الهيدروغراف حسب استخدامها للبيانات ، والمستطيل المرسوم يظهر الطرق التي تستخدم نوعاً واحداً من البيانات فقط وهي المحصورة داخل المستطيل نفسه

www.eajaz.org

ونشير هنا إلى أن الطرق التي استخدمت بيانات الأمطار والتصاريف معاً ، والطرق التي استخدمت بيانات حوض النهر وحدها ، أو بالاشتراك مع بيانات الأمطار أو التصاريف ، جميع هذه الطرق تعطي نتائج جيدة ودقيقة إلى حد ما اعتماداً على نوع الطريقة . أما الطرق التي استخدمت بيانات التصاريف فقط ، مثل طريقة انتقاء الجذور لـ (Bree ، Dooge ، Turner) فكانت نتائجها غير جيدة ، والتي تم تطويرها ، وذلك بالاستعانة بفترة سقوط الأمطار لتعطي نتائج جيدة ودقيقة (٧) .

تصنيف الطرق اعتماداً على نوعية الأنظمة المستخدمة :

كما ويمكن تصنيف الطرق المستخدمة في اشتقاق وحدة الهيدروغراف اعتماداً على نوعية النظام المستخدم ، وكما يأتي :

١. نظام الصندوق الأسود (Black – Box System) ، ويمثَّل لهذا النظام بطريقة المربع الأدنى للباحث (Dooge) .

٢. النماذج المفاهيمية أو الافتراضية (Conceptual model) ، ويمثل لهذا النظام بطريقة (Nash) وطريقة (O'Conner) (٨) .

٣. معادلات الفيزياء الرياضية ، ويمثل لها بمعادلات (St – Venant) في إيجاد السيح السطحي (٩) .

وهناك في الواقع العملي طيف من النماذج المطروحة لحل مسألة وحدة الهيدروغراف أو الهيدروغراف القياسي وإيجاد بيانات السيح السطحي تتناسب مع الحالات المختلفة من أحواض الأنهر والأمطار الساقطة عليها ، تتراوح هذه النماذج من التحليل الصرف لنظام الصندوق الأسود ؛ والذي لا يعتمد افتراضات فيزياوية ، إلى طريقة تحليل بالغة التعقيد ، والتي تنتمي لنظريات الفيزياء الرياضية .

ما جاء في القرآن الكريم بخصوص العلاقة بين المطر والسيح السطحي :

لقد اجرينا احصائية على عدد الآيات التي ورد فيها ذكر المطر النازل من السماء فتبين ان هناك خمسين آية ، آيتان فقط من هذه الآيات ذكرت العلاقة بين المطر والسيح وكل منهما تناولت الموضوع بطريقة تختلف عن الطريقة الاخرى .

www.eajaz.org

والآيتان هما :

١- قوله تعالى في سورة الانعام الآية ٦ :

(أَلَمْ يَرَوْا كَمْ أَهْلَكْنَا مِنْ قَبْلِهِمْ مِنْ قَرْنٍ مَكَّنَّاهُمْ فِي الْأَرْضِ مَا لَمْ نُمَكِّنْ لَكُمْ وَأَرْسَلْنَا السَّمَاءَ عَلَيْهِمْ مِدْرَاراً وَجَعَلْنَا الْأَنْهَارَ تَجْرِي مِنْ تَحْتِهِمْ فَأَهْلَكْنَاهُمْ بِذُنُوبِهِمْ وَأَنْشَأْنَا مِنْ بَعْدِهِمْ قَرْناً آخَرِينَ) (الأنعام:٦) .

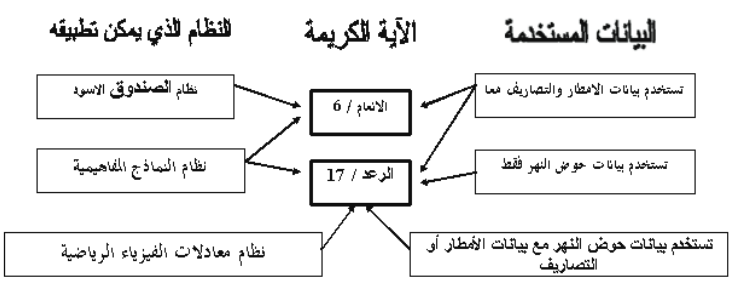
٢- قوله تعالى في سورة الرعد الآية ١٧ :

(أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَداً رَابِياً وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِي النَّارِ ابْتِغَاءَ حِلْيَةٍ

أَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِّثْلُهُ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللّهُ الْحَقَّ وَالْبَاطِلَ فَأَمَّا الزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَاءً وَأَمَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْأَرْضِ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللّهُ الْأَمْثَالَ) (الرعد:١٧) .

وكما يظهر فإن الآية الاولى من سورة (الانعام / ٦) تناولت ذكر الامطار وجري الانهار التي تمثل البيانات الرئيسة في الطرق التي تستخدم بيانات الامطار والتصاريف معا انظر شكل (٢) ، اما الآية الثانية من سورة (الرعد / ١٧) فقد ذكرت الامطار ثم تصف حوض النهر في قوله تعالى

(فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا) ثم تذكر التصريف النهري ، فيقول تعالى (فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ) وقد تناولت هذه الآية جميع البيانات التي تستخدمها الطرق جميعاً انظر شكل (٢) مع التركيز بشكل رئيس على بيانات حوض النهر في قوله تعالى (فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا) ولنا في هذا تفصيل .



شكل رقم (٢) يبين العلاقة بين الآيتين الكريمتين بالطرق المختلفة من جهة وبالأنظمة المختلفة من جهة أخرى

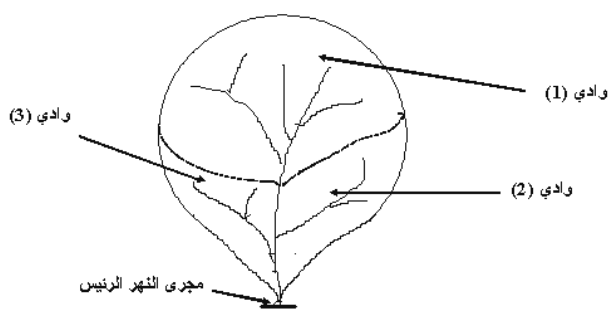
www.eajaz.org

مناقشة العلاقة بين الآية (١٧) من سورة الرعد ونظرية وحدة الهيدروغراف :

قال تعالى : (فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ) فقد ذكر المفسرون بان المقصود بالآية الكريمة أن تسيل هذه الأودية بمقدار طاقتها وحاجتها ، وهذا قول صحيح على وجه العموم ، إلّا أن هناك معنىً أعمق وأدق فيه إشارة إلى نظرية تعد من أهم نظريات علم المياه في قرننا هذا وهي نظرية وحدة الهيدروغراف . ويمكن استخلاص جملة نقاط من خلال عقد مقارنة بين الآية (١٧) من سورة الرعد ونظرية وحدة الهيدروغراف وكما يأتي:

١- ففي قوله تعالى (فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ) أطلق الفعل على الأودية ولم يطلقه على الماء والذي يمثل بجريانه حقيقة الفعل ، فصوّر لنا هذا المجاز العقلي(١٠) على أن الماء يسيل على مساحة الوادي كلها ولم يقتصر سيلانه على مساحة محددة منه ، وهذا يعد شرطاً مُهِمّاً من شروط نظرية وحدة الهيدروغراف . فالمطر يجب أن يكون موزعاً على مساحة حوض النهر كلها وبشكل منتظم . فصارت عبارة : (فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ) كناية علمية عن تحقق هذا الشرط(١١) فتحشد أذهان المتخصصين في مجال الهايدرولوجيا والدارسين لموضوع (إيجاد العلاقة بين المطر والسيح السطحي) إلى أهمية طبيعة الأودية التي تجمع تلك المياه ودورها الرئيس في رسم شكل هايدروغراف السيح ، فتتجلى فكرة التركيز على العامل المؤثر الأكبر في السيح الناتج عن الامطار وهو حوض النهر والذي يسمى هنا (الاودية) حيث ان وحدة الهيدروغراف تمثل دالة لحوض النهر فقط ، ولاتمثل بيانات الامطار في أي شكل من الاشكال .

٢- كما أن لفظ (فسالت) جاءت هنا لتعطي الصورة الحقيقية لحركة الماء ، فهي تتحرك على مساحة الوادي كلها حركة خفيفة فتجمع مياهها شيئا فشيئا إلى أن تصب في مجرى نهري واحد . ثم الأودية جميعها تجمع مياهها لتصب في مجرى نهر رئيسي . انظر شكل (٣) .



شكل رقم (٣) : يبين كيف ان الاودية تجمع مياهها لتصب في مجرى نهر رئيس واحد

٣- في قوله تعالى (بقدرها) إشارات منها :

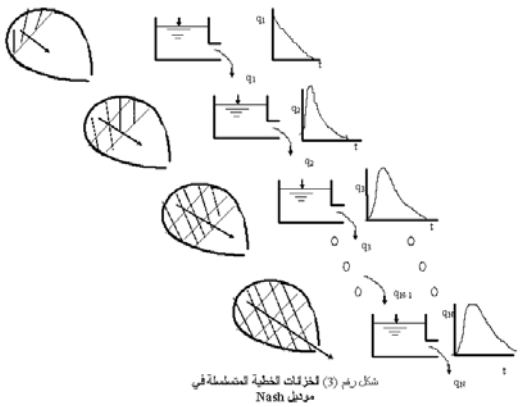
أ . أن تحمل الأودية من الماء بمقدار ما يسقط عليها من مطر أو انها تحمل من الماء الساقط من السماء على

قدر ما تجمعه حدودها حدود حوض النهر . وذكر ابن عاشور : أن ذلك دال على تفاوت الأودية في مقادير المياه التي تستوعبها (١٢).

ب. إن لشكل حوض النهر وتغيّر ميله من موقع إلى آخر وتغير نوع التربة من نقطة إلى أخرى فضلاً عن احتواء حوض النهر على الصهاريج والبرك التي يمكن أن تجمع الماء ، وغير ذلك من عوامل عديدة يتصف بها حوض النهر كل ذلك يكون له أثر كبير في تحديد مقدار التصريف النهري وكمية المياه الجارية في المجرى النهري خلال فترة زمنية محددة . فكما أن الله تبارك وتعالى قد قدّر مساحات وأحجام هذه الأودية فكذلك قدّر أشكالها وميولها وتفاوت نوعية تربتها وغير ذلك من صفات حوض النهر الطوبغرافية والتكوينية . فيكون في قوله تعالى : (بقدرها) احتراس يصرف الذهن إلى ما ذكرناه(١٣) .

٤- جاء في الآية الكريمة كلمة (أودية) ومفردها (وادٍ) ويمكن تعريفه بأنه : (مساحة الأرض التي تجمع المياه باتجاه مجرىً نهري واحد ويسمى الوادي اصطلاحا بحوض النهر أو الجابية التي تجبي الماء) . وقد جاءت كلمة) أودية (في الآيةً الكريمة بصيغة الجمع ولم تأت بصيغة المفرد كأن تقول : (سال كلُّ واد بقدره) مع أن (السيل) جاء في الآية الكريمة بصيغة المفرد فقال تعالى :) فاحتمل السيل زبداً رابياً (فالمعنى يوحي بان الأودية قد جمعت الماء في مسيل واحد وفي هذا إشارة علمية أخرى إلى انه على الأغلب أن يكون للنهر أكثر من وادٍ يغذيه فنجد عادة أن للنهر عدة أودية يصب بعضها في بعض وتصب الأودية كلها في المصب الأخير انظر الشكل (٢) ثم يجري النهر بحجمه النهائي .

هذه الفكرة تعد من أعظم الابتكارات في علم المياه والتي توصل إليها العالم المعروف في هذا المجال Nash سنة ١٩٥٩ (١٤) وبنى عليها طريقته المعروفة في إيجاد كمية التصريف النهري الناتجة من سقوط أمطار معينة على حوض ذلك النهر حيث مثّلَ مساحة حوض النهر بسلسلة من أحواض الأنهر الصغيرة المتماثلة في الصفات الهيدرولوجية يصب بعضها في بعض ويمثل التصريف الخارج من الحوض الأخير التصريف النهري الإجمالي انظر شكل (٣) .



شكل رقم (3) الخزانات الخطية المتسلسلة في موديل Nash

٥. من أهم شروط وحدة الهيدروغراف أن السقيط يجب أن يكون مطراً فقط أما الثلج فلا يمكن تمثيله في وحدة الهيدروغراف . وهنا نشير إلى قوله تعالى : (انزل من السماء ماءً فسالت أودية) أي انزل الله تعالى الماء وليس الثلج أو البَرَدْ بدليل قوله تعالى : (فسالت) وحرف العطف هنا (الفاء) ، وهو حرف يفيد الترتيب والتعقيب دون التراخي أي : من غير فترة زمنية بين العمليتين ، فلو كان ثلجا لاحتاج الأمر إلى وقت لذوبانه ثم سَيَلانِه ولأستلزم الأمر استخدام حرف عطف يفيد وجود فترة زمنية بين سقوط الثلج وذوبانه وسيلانه كأن يكون حرف العطف (ثمّ) الذي يفيد التراخي عند النحويين. وهكذا تؤكد الآية على أن النازل من السماء هو ماء وليس شيء آخر.

٦. في قوله تعالى : (أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ)

نلاحظ أن حرف الفاء قد تدخَّلَ مرتين في الآية الكريمة فجزأها إلى ثلاثة أجزاء :

الأول : يُعبر عن المطر الساقط والمتمثل في قوله تعالى : (أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً)

الثاني : يُعبر عن حوض النهر وعوامله المختلفة والمتمثل في قوله تعالى : (فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا) .

الثالث : يُعبر عن التصريف الناتج (تصريف النهر) والمتمثل في قوله تعالى : (احْتَمَلَ السَّيْلُ) .

وهذه العناصر الثلاثة تظهر واضحة في كل المعادلات التي تحل مشكلة تحويل المطر إلى سيح .

٧- إن الفكرة التي لمعت في ذهن Sherman **سنة ١٩٣٢** التي كانت سببا في اشتقاق وحدة الهيدروغراف تتمثل في تثبيت تأثير الأمطار والتي هي بالتأكيد في حالته الطبيعية تكون متغيرة مع الزمن فجعلها تمثل وحدة عمق واحدة (١سم أو ١ إنج) في وحدة زمنية معينة (١ساعة أو ١يوم) وهكذا نتج التصريف عن هذه الأمطار وحدة واحدة أيضاً وهذا التصريف أطلق عليه وحدة الهيدروغراف. وفي الآية الكريمة في قوله تعالى : (أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً) جاءت كلمة الماء هنا (نكرة) ولم تأت (معرفة) مما يثير فكرة إلغاء تأثير الماء عند حساب كمية التصريف الناتجة إضافة إلى إبراز تأثير حوض النهر وصفاته في قوله تعالى :(فسالت أودية بقدرها) وهذا ما يتطابق وفكرة وحدة الهيدروغراف . فيكون في عبارة : (فسالت أودية بقدرها) كناية علمية عن إبراز أهمية حوض النهر أو الواد في تحديد شكل التصريف الناتج عن ذلك الحوض أو الوادي (١٥)

أخيراً أقول: (كوني متخصصاً في موضوع وحدة الهيدروغراف) أنه لا يمكن أن يكون هناك أية معادلة أو علاقة عن وحدة الهيدروغراف خارجة عن حدود الآية الكريمة في قوله تعالى :

(أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ...) ،

والذي حتم هذا الأمر كون القرآن الكريم كلام الله المعجز وهو مرآة الكون

أهم المصادر والمراجع :

أ . المصادر والمراجع العربية :

١- القرآن الكريم .

٢- جبوري ، صباح توما ، " علم المياه وادارة احواض الانهر " ، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل ، ١٩٨٨ .

٣- الدليمي ، احمد عامر ، " تطوير طريقة انتقاء الجذور لاشتقاق الهيدروغراف القياسي " ، اطروحة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، ١٩٩٥ .

٤- الدليمي، احمد عامر، " المياه في القرآن "، كتاب معد للطبع، دار عالم الكتب، بيروت ، لبنان .

٥- مجمع اللغة العربية ، المعجم الوسيط ، المكتبة العلمية ، طهران .

٦- النسفي ، عبد الله بن احمد بن محمود ، " تفسير النسفي " ، دار الكتاب العربي ، بيروت ، لبنان .

ب. المصادر والمراجع الاجنبية :

7- Brune M. ; Dooge ، H. C. I. ، "An Efficient and Robust Method for Estimating Unit Hydrograph Ordinates" ، Journal of Hydrology، (1984)، Vol. 70 ، p.p. 124-.

8- Chow، V. T. ، Maidment، D. R. Mays، L. W. ، "Applied Hydrology" ، Mc Mraw Hill Book Company، New York، (1988)، p. 572.

9- Delain، R. J. ، "Deriving the Unit Hydrograph Without Using Rainfall Data" ، Journal of Hydrology، (1970)، Vol. 10، p. p. 379390-.

10- Dooge، J. C. I. ، "Deterministic input - output models"، Academic press، London، (1979).

11- Nash، J. E. ،" Systematic determination of unit hydrograph parameters"، J. Geophys Bes.، (1959)، 64 (1) : 111115-.

12- Turner، J. E. ; Dooge، J. C. I. ، Bree، T. ، "Deriving the Unit Hydrograph by Root Selection"، Journal of Hydrology، (1989)، Vol. (110)، p. p. 137152-.

الهوامش :

(١) جبوري ، صباح توما ، " علم المياه وادارة احواض الانهر " ، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل ، ١٩٨٨ / .

(٢) Chow، V.T.، Maidment، D.R. Mays، L.W. ، " Applied Hydrology " ، Mc Graw Hill . Book Company ، New York ، (1988) ، p. 572

(٣) Brune M.; Dooge ، H.C.I.، " An Efficient and Robust Method for Estimating Unit . Hydrograph Ordinates "، Journal of Hydrology ، (1984) ، Vol. 70 ، p.p. 1-24

(٤) Turner ، J.E. ; Dooge ، J.C.I. ; Bree ، T. ، "Deriving the Unit Hydrograph by Root . Selection "، Journal of Hydrology ، (1989) ، Vol. 110 ، p.p. 137-152

(٥) الدليمي ، أحمد عامر : تطوير طريقة انتقاء الجذور لاشتقاق الهيدروغراف القياسي – رسالة ماجستير

، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، ١٩٩٥م .

(٦) المصدر نفسه .

(٧) المصدر نفسه .

(٨) الدليمي ، أحمد عامر : تطوير طريقة انتقاء الجذور لاشتقاق الهيدروغراف القياسي – رسالة ماجستير، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، ١٩٩٥م .

(٩) المصدر نفسه .

(١٠) المصدر نفسه .

(١١) الدليمي ، أحمد عامر ، آيات الأنواء الجوية في القرآن الكريم – دراسة بلاغية ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٥ / ٢٩٩ .

(١٢) الدليمي ، أحمد عامر ، آيات الأنواء الجوية في القرآن الكريم – دراسة بلاغية ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٥ / ٢٩٩ .

(١٣) ابن عاشور ، محمد الطاهر ، التحرير والتنوير ، الدار التونسية للنشر : ١٣ / ١١٨ .

(١٤) الدليمي ، أحمد عامر ، آيات الأنواء الجوية في القرآن الكريم – دراسة بلاغية ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٥ / ٢٩٩ .

(١٥) الدليمي ، أحمد عامر ، آيات الأنواء الجوية في القرآن الكريم – دراسة بلاغية ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٥ / ٢٩٩ .

www.eajaz.org