

دراسة تأثير أبعاد نموذج المناسيب الرقمية على هيدروكراف الجريان السطحي

محمد عز الدين محمد
كلية الهندسة ، قسم هندسة الموارد المائية
جامعة الموصل ، العراق

الملخص

تم دراسة تأثير أبعاد خلايا نموذج تقدير هيدروكراف الجريان السطحي من خلال نظام نمذجة مساحات الجابية (WMS) وهو من البرامج المستخدمة في تماثل ومحاكاة مساحات الجابية والذي يعتمد على تقسيم الحوض المائي إلى عدد من الأحواض المائية وحسب طوبوغرافية الحوض وخصائصه المورفولوجية .

اختيرت منطقة الدراسة في شرق مدينة الموصل وتم رصد ثلاثة عواصف مطرية متمثلة بقياس عمق المطر وزمن سقوطه وهيدروكراف الجريان السطحي الناتج عنها عند نقطة المصب لمساحة الجابية لتقييم تأثير تغير أبعاد خلايا نموذج المناسيب الرقمية (DEM). وبما أن طوبوغرافية الأرض من العوامل التي تلعب دوراً كبيراً في تحديد اتجاه الجريان فاستخدمت نماذج المناسيب الرقمية في التعبير عنها والتي تقسم الجابية إلى خلايا مربعة الشكل ومتساوية الأبعاد من أجل تكوين شبكة خلايا المناسيب ويعبر عن كل خلية برقم يمثل معدل منسوب المساحة التي تمثلها كل خلية والتي تم الحصول عليها من الخرائط الكنتورية. وبشكل عام كانت منطقة الدراسة شديدة الانحدار في الجزء الشمالي الشرقي إلى قليلة أو متوسطة الانحدار عند الجزء الجنوبي منها تم اعتماد بيانات المناسيب الرقمية من خلايا بأبعاد (1000 و 500 و 250 و 125) ودراسة تأثير هذا التغير في الأبعاد على هيدروكراف الجريان السطحي. أما عن نوعية التربة فقد قسمت منطقة الدراسة إلى ثلاثة أجزاء رئيسية وهي تربة مكونة من كربونات الكالسيوم والمغنيسوم إضافة إلى حجر صخري صلب وتربة طينية غرينية وأخيراً تربة طينية مزيجية غرينية والتي تمثل الجزء الأكبر من مساحة الجابية، والتي تم التعبير عنها أيضاً بأسلوب الخلايا الرقمية كما في حالة المناسيب. وكذلك اعتمد هذا الأسلوب في تمثيل أو محاكاة استخدامات الأرض.

تم رصد ثلاثة عواصف مطرية وطبق النموذج (WMS) على العواصف المطرية الثلاث ولكافة أبعاد شبكة المناسيب الرقمية واجري تقييم لها من خلال اعتماد ثلاثة معايير وهي كل من معامل التحديد وكفاءة النموذج والفحص الإحصائي (t). لمقارنة هيدروكراف التصريف النظرية أو المتوقعة من النموذج المعتمد مع التصريف المقاسة حقلياً وحجم الجريان السطحي الناتج عن العاصفة وقيمة التصريف الأقصى وزمن حصوله.

بينت المعايير المعتمدة ان افضل النتائج التي تم الحصول عليها من بين الأبعاد الأربع هي الخلايا ذات الأبعاد 125*125م، حيث تراوحت قيم معامل التحديد لها بين 0.87 إلى 0.97 وقيم كفاءة النموذج تراوحت من 72% إلى 91.5%، اما نتائج الفحص الاحصائي (t) لنفس الخلايا فكانت قيمها مقبولة ولا تظهر فروقات معنوية بين القيم المقاسة والمتوقعة لكافة الموجات المرصودة عند احتمالية 0.01%.

في حين أن نتائج معايير التقييم للأبعاد الأخرى من الخلايا تراوحت بين المتوسطة والمقبولة للأبعاد 250 و500م، أما حالة أبعاد الخلايا 1000م كانت ضعيفة في جميع الحالات المرصودة.

وأخيراً اعتمد معيار نسبة الخطأ في تقييم أداء النموذج في تقدير حجم الجريان السطحي ومقدار التصريف الأقصى وزمن حصوله، وبين هذا المعيار ان نتائجه متماثلة مع المعايير الأخرى المعتمدة والتي تظهر تحسناً كبيراً في أداء النموذج مع تقليل أبعاد الخلايا ولكافة الموجات المرصودة.

الكلمات المفتاحية : نموذج المناسيب الرقمي، الجريان السطحي،

المقدمة

مع التقدم الكبير في مجال الحاسبات وتقاناتها بدأ التوجه وبشكل واضح لاعتماد النماذج الرياضياتية في تمثيل ومحاكاة العديد من العمليات والظواهر في مختلف المجالات التطبيقية ومنها بشكل كبير الهندسية باختلاف تخصصاتها، وفي مجال علم المياه بدأ الاعتماد على النماذج الرياضياتية بسبب الحاجة الكبيرة لها نظراً للكلفة العالية للنماذج الفيزيائية إضافة إلى صعوبة ومشاكل القياسات الحقلية، ومن هذه النماذج مايتعلق بالدراسات المتخصصة بالأمطار والجريان السطحي والرسوبيات الناتجة عنها وكذلك نماذج توزيع الأمطار واحتمالاتها وسلاسلها الزمنية وغيرها. وتعتبر نماذج تقدير هيدروكراف الجريان السطحي الناتج عن سقوط الأمطار من النماذج ذات الأهمية الكبيرة وذلك لوجود العديد من المساحات الجابية في العالم وفي مناطق الشرق الأوسط بشكل خاص غير مرصودة ولا تتوفر بيانات عن كميات الجريان السطحي الناتج عنها، وتبرز أهمية تقدير ذلك بشكل خاص في المناطق التي تدرس فيها جدوى إنشاء سدود خزن او تغذية للمياه الجوفية والتي ازدادت الحاجة لها في السنوات الأخيرة مع شحة المياه السطحية وزيادة الطلب نتيجة النمو السكاني الكبير، إضافة إلى أهمية تقدير تصاريح الذروة وهي قيم أساسية لتصميم المنشآت الهيدروليكية المختلفة. ان نماذج تقدير هيدروكراف الجريان السطحي هي من النماذج المعقدة بسبب المتغيرات العديدة الداخلة في المسألة ومنها مايتعلق بالأمطار وتغييرها وتوزيعها على مساحة الجابية ومنها مايتعلق بطبيعة مساحة الجابية من ناحية الطوبوغرافية ونوع التربة وخصائصها واستخداماتها وغيرها من العوامل المؤثرة. ان الجزء الأساسي والمهم في نماذج تقدير الجريان السطحي هو طوبوغرافية الأرض والتي تلعب دوراً كبيراً في تحديد اتجاه الجريان وتقسيم منطقة الجابية إلى مساحات جريان سطحي وجزء آخر قنوات وتفرعاتها، ويتم التعبير عن الطوبوغرافية في النماذج الحديثة والتي يطلق عليها بنماذج المناسيب الرقمية (Digital Elevation Model (DEM بخلايا مربعة الشكل ومتساوية الأبعاد ويعبر عن كل خلية برقم يمثل معدل منسوب المساحة التي تمثلها كل خلية والتي يتم الحصول عليها من الصور الجوية والأقمار الصناعية او من الخرائط الكنتورية المتوفرة. ويعتمد عليها في تحديد اتجاه الجريان من خلية إلى أخرى وكذلك في تصنيف الخلايا. كذلك يتم اعتماد

نفس الأسلوب في تصنيف التربة تحديد استخداماتها وتوزيع المحتوى الرطوبي وغيرها من المعلومات.

قدمت العديد من البحوث والدراسات في هذا المجال والتي تعتمد على أسلوب نموذج المناسيب الرقمية، حيث استخدم نموذج المناسيب الرقمية لتحديد خطوط المجرى المائي وتفرعاته وتخطيط شبكة الجريان آليا لأية مساحة جانبية (Band, 1986). يعتمد هذا التصنيف لشبكة الجريان المعتمدة على الطوبوغرافية لتحديد وتجزئة مساحة الجانبية إلى عدد من المساحات الثانوية للجريان السطحي كل منها تصب في مجرى مائي محدد وقنوات جريان مع تفرعاتها. كما ان اعتماد معلومات الأقمار الصناعية والصور الجوية حول طوبوغرافية الأرض وتصنيف تربها والتي تمثل المدخلات الأساسية للنماذج الهيدرولوجية تعطي صورة صحيحة ودقيقة عن طبيعة المنطقة.

وتم التحقق من تأثير حجم خلايا نموذج المعلومات الرقمية على تحديد توزيع المحتوى الرطوبي للتربة بشكل دقيق بين موقع وآخر من مساحة الجانبية وتأثيرها على نتائج النماذج الهيدرولوجية من خلال تطبيقها على مساحة الجانبية في نيويورك في الولايات المتحدة الأمريكية (Kuo,et.al.,1999). أدخلت البيانات الخاصة بطوبوغرافية الأرض ونوع التربة واستخداماتها على شكل خلايا رقمية تراوحت أبعادها بين 10 إلى 600 م. شملت النتائج بيانات الجريان السطحي وتوزيع رطوبة التربة وأظهرت ان زيادة في المحتوى الرطوبي للتربة وزيادة في معدل التبخر للخلايا ذات الحجم الأكبر (أي خلال السنوات الممطرة) لم يتأثر فيها هيدروكراف الجريان السطحي بحجم الخلايا بينما كان الجريان السطحي اكبر خلال السنوات الجافة لحالة الخلايا الأصغر حجما. في حين ان بيانات نوع التربة واستخدام الأرض لم تتأثر بمختلف حجوم خلايا النموذج.

طبق نموذج مفاهيمي للامطار والجريان السطحي لـ95 وحدة من مساحة الجانبية في حوض راين لغرض نمذجة ودراسة تأثير تغيير استخدام الأرض على الجريان السطحي (Hundecha and Bardossy, 2004). تم معايرة النموذج بالتوافق بين معاملات مدخلات النموذج والخصائص الفيزيائية لمساحة الجانبية، حيث اعتمد كل من نوعية استخدام الأرض ونوع التربة ومساحة الجانبية وطبيعة طوبوغرافية الجانبية في تحديد ومعايرة معاملات النموذج، واستخدم أسلوب الطول المثلى لمعايرة دالة الهدف ولتحديد مربعات الفروقات بين القيم المقاسة والنتيجة من النموذج لهيدروكراف الجريان السطحي. أظهرت النتائج ان زيادة نسبة مساحة المدن من مساحة الجانبية تؤدي إلى زيادة قيم التصريف القصوى لحالة الهيدروكراف ذات القيم الدنيا (الفترة الجافة من السنة) بينما الزيادة في التصريف الأقصى لهيدروكراف الذروي (الفترة الممطرة من السنة) كانت قليلة. كذلك لوحظ انخفاض في قيمة التصريف الأقصى وحجم الجريان السطحي مع الزيادة في مساحة التشجير.

تم دراسة تأثير حجم شبكة او خلايا نموذج المناسيب الرقمية (DEM) والتي تراوحت بين 20 إلى 500 م بينما تراوحت خرائط تصنيف التربة ومقاييسها بين 1:25000 و 1:250000 و 1:500000 باعتماد النموذج (اداة تحليل التربة والماء) لمحاكاة الجريان السطحي وتراكيز الرسوبيات والمواد الكيميائية (النيتروجين والنترات) من مساحات الجانبية. أظهرت النتائج المطبقة على الحوض المعتمد في مركز منطقة اويowa والبالغ مساحته 21.8 كم² ان اكبر أبعاد خلايا رقمية يمكن اعتمادها هو 50م لتمثيل ومحاكاة التراكيز الناتجة عن مساحة الجانبية. ان تقليل أبعاد الخلايا إلى هذا الحد لايسبب تغيير واضح او مؤثر في حجم الجريان السطحي ولكنه ينتج أخطاء في تراكيز النيتروجين والرسوبيات. وكذلك يتبين ان اعتماد

إي أبعاد لخلايا المناسيب الرقمية يتطلب اعتماد خرائط تفصيلية لنوع التربة للحصول على تقديرات دقيقة لتراكيز الرسوبيات.

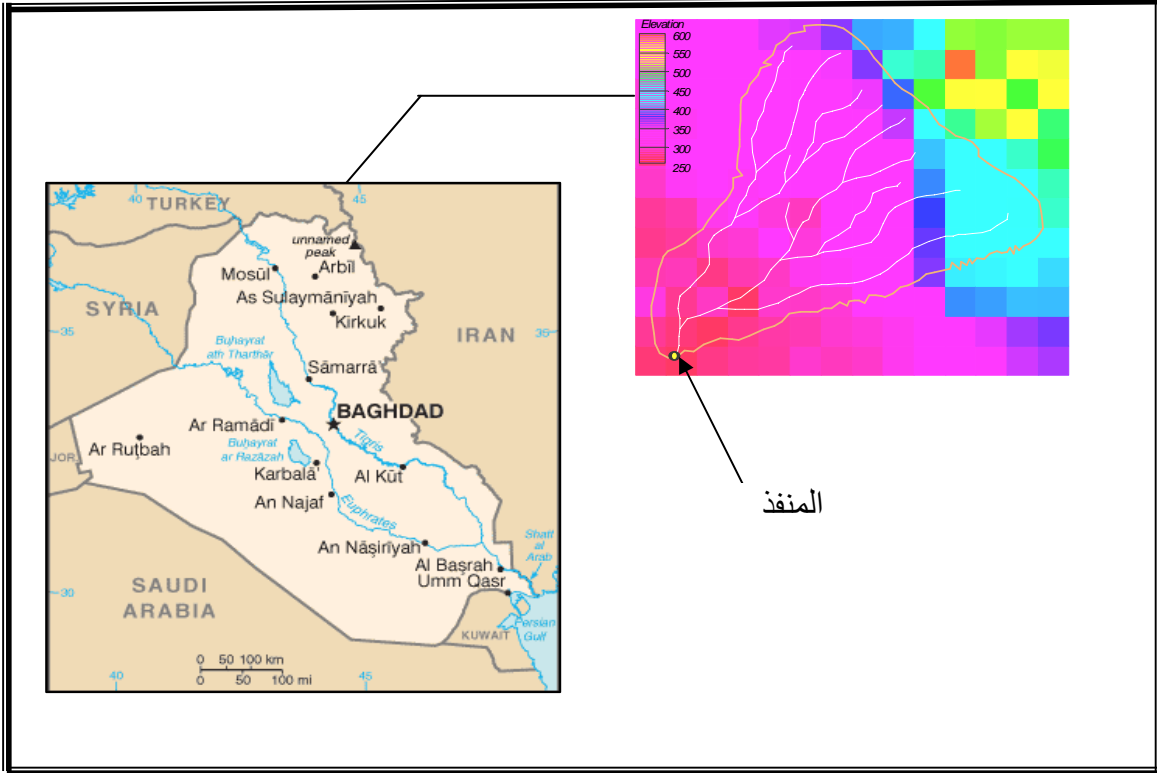
طورت طريقة لاتعتمد على الطوبوغرافية لتكوين خلايا او خرائط شبكة الجريان بل باعتماد أسلوب المتجهات المعدلة لشبكة الجريان (Mayorga, et. al., 2005). تم تطبيق الأسلوب المقدم على المخطط الرقمي لشبكة جريان حوض نهر الامزون عند تدرج 0.005° ، سببت الخرائط المتوفرة والبيانات الطوبوغرافية غير الدقيقة ضعفا للاستخدام الفعال لنموذج المناسيب الرقمية. تم اعتماد 224 محطة رصد لهيدروكراف مسجل وقورنت بما موثق عن مساحات الجابية والتي تراوحت بين 227 إلى 4620000 كم². كان متوسط الخطأ النسبي هو 4.5% ويزداد في الأحواض الأصغر ليصل إلى 94% في حالة المساحة الاقل من 2000 كم². أعطت خرائط اتجاه الجريان والبيانات الناتجة عنه تحسنا واضحا بالمقارنة مع نتائج محلية سابقة لحوض الامزون.

تم دراسة تأثير حجم الخلايا (Liu, et. al., 2005) على معاملات نموذج محاكاة هيدروكراف الفيضان المقدم سابقا (Liu, et. al., 2004) يعتمد أسلوب الخلايا الرقمية لتمثيل الجريان ونقل الطاقة بين الجريان والتربة والغطاء النباتي والغلاف الجوي وطبق على حوض نهر Alzetle والبالغ مساحته 1176 كم² في Luxembourg لتقدير هيدروكراف الفيضان. اعتمد نظام المعلومات الرقمية وتحليلاته ليستنتج ثوابت النموذج الهيدرولوجي من نموذج المناسيب الرقمية وخرائط نوع التربة واستخداماتها. يتكون النموذج من خلايا تراوحت أبعادها من 50 إلى 800 م. اعتمدت الثوابت الناتجة من الخلايا ذات الحجم الصغير 50 م كقيمة أساسية او مرجعية في تقدير ثوابت النموذج للخلايا الأكبر. أظهرت النتائج ان في هذا النموذج المركب تأثير كبير لحجم الخلايا على هيدروكراف الجريان السطحي لموجة الفيضان، ولكن يمكن اعتماد الخلايا ذات الأبعاد الكبيرة لمحاكاة الجريان السطحي في حالة إمكانية معايرة ثوابت النموذج.

يهدف البحث الحالي إلى دراسة تأثير أبعاد خلايا نموذج المناسيب الرقمية على نتائج الهيدروكراف للجريان السطحي المتوقع من ناحية حجم المياه الناتجة من عاصفة مطرية مفردة وكذلك تصريف الذروة لكل هيدروكراف من خلال اعتماد خلايا بأبعاد تراوحت من 1000 إلى 125م ومقارنة النتائج مع القياسات الحقيقية لثلاثة موجات جريان سطحي لمنطقة معينة شمال مدينة الموصل/العراق. وذلك باستخدام نظام نمذجة مساحات الجابية Watershed Modeling System, (WMS) المقدم من قبل مختبر مخططات هندسة الحاسوب في Brigham Young University ومقارنة نتائجه مع قيم حقيقية مقاسة حقليا للمنطقة المختارة للتحقق من تأثير تغيير أبعاد الخلايا.

منطقة الدراسة

تم اختيار مساحة الجابية لاحد الافرع المغذيه لنهر الخوصر الموسمي لرصد عدد من موجات تصريف الجريان السطحي وتقييم تأثير تغيير أبعاد خلايا المنسوب ونوعية التربة على دقة نتائج النموذج المعتمد في الدراسة وهو نظام نمذجة مساحات الجابية (WMS). بلغت مساحة لمنطقة قيد الدراسة 43 كم² وتقع على بعد 20 الى 25 كم شمال شرق مدينة الموصل والمدينة في الشكل (1)، والتي تحدها من الشمال والجنوب الخطوط $36^{\circ} 28' 30''$ و $36^{\circ} 32' 15''$ و 36° على التوالي ومن الشرق والغرب الخطوط $43^{\circ} 18' 20''$ و $43^{\circ} 11' 35''$ على التوالي.



الشكل (1): يوضح خارطة العراق مبينة عليها منطقة الدراسة

1:2- الطبوغرافية

تراوحت طبوغرافية منطقة الدراسة بين شديدة الانحدار عند الجزء الشمالي الشرقي منها حيث يبلغ الميل عندها بحدود 10% إلى قليلة او متوسطة الانحدار عند الجزء الجنوبي والذي بلغ 0.4%، في حين معدل ميل مساحة الجابية عموما كان بحدود 2.8%، وكان أقصى منسوب للمنطقة 540م فوق سطح البحر عند حدود مساحة الجابية الشمالية وأدنى منسوب عند المنفذ حيث بلغ 272م فوق مستوى سطح البحر. تكونت بيانات المناسيب الرقمية من خلايا بأبعاد 1000 و 500 و 250 و 125م لدراسة تأثير هذا التغيير في الأبعاد على نتائج النموذج ويبين الجدول (1) عدد الخلايا ومساحة الجابية الناتجة عن كل حالة من أبعاد الخلايا المعتمدة في هذا البحث.

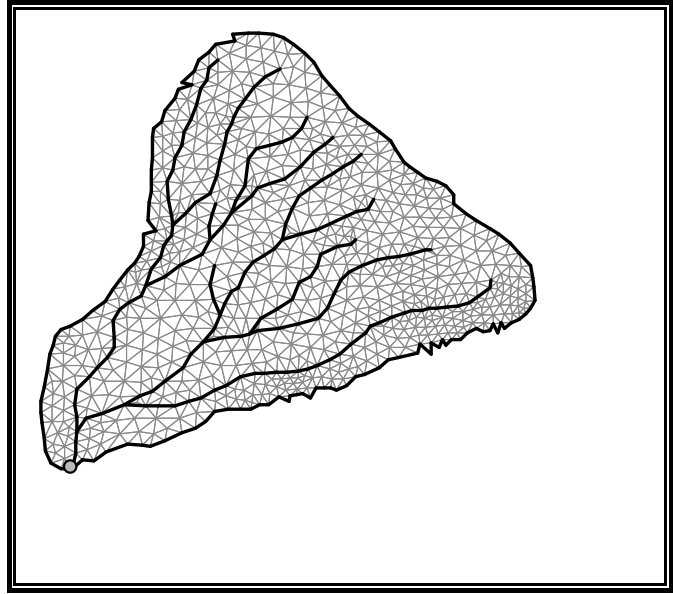
2:2- نوع التربة واستخداماتها.

اعتمادا على نتائج الدراسات الجيولوجية السابقة عن المنطقة (Al-Naqib, 1980) والفحوصات الحقلية التي أجريت تبين أن تربة منطقة الدراسة تراوحت بين تربة مزيجية طينية غرينية وهي تمثل الجزء الأعظم من منطقة الدراسة أي بحدود 35.7 كم² او نسبة 83% من المساحة الكلية إلى طينية غرينية وهي تغطي مساحة 5.2 كم² وهي تمثل نسبة 12% من المساحة الكلية إضافة إلى حدود 5% وهي عبارة عن حجر صخري صلب (Delstone) يحوي نسبة من الفوالق والتششقات. وبالاعتماد على التحريات الموقعية خلال فترات مختلفة من السنة يمكن تصنيف منطقة الدراسة إلى ثلاثة أنواع رئيسية من استخدامات التربة، اولاً الجزء الشمالي الشرقي من المنطقة والمكونة من كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم إضافة للحجر الجيري هي منطقة غير صالحة للزراعة كما لاتنمو فيها أي نباتات طبيعية نظراً لصلاية التكوين وعدم ملائمتها لأي نمو نباتي، ثانياً جزء من مساحة الجابية المكون من التربة

الطينية الغرينية هي أيضا ارض جرداء بسبب عدم ملائمتها لأي نمو نباتي نظرا لنسبة الطين العالية فيها، ثالثا يشكل الجزء الأكبر من المساحة المتبقية تربة طينية مزيجية غرينية والتي يتم زراعتها خلال موسم الأمطار بمحصولي الحنطة والشعير.

3:- القياسات الحقلية

تم رصد ثلاثة عواصف مطرية متمثلة بقياس عمق المطر وزمن سقوطه وهيدروكراف الجريان السطحي الناتج عنها عند نقطة المنفذ المبينة في الشكل (2) لمساحة الجابية قيد الدراسة، كما يبين هذا الشكل شبكة الجريان وشبكة تقدير المناسيب الرقمية لمنطقة الدراسة **Triangular Irregular Network**. كذلك يبين الجدول (2) بيانات القياسات الحقلية لكل عاصفة مطرية. تم قياس التصريف عند المصب باعتماد معدل سرعة جريان المقطع باستخدام جهاز مقياس السرعة القياسي.



شكل (2): خارطة شبكة الجريان لمنطقة الدراسة

لغرض مقارنة النتائج الحقلية المقاسة مع النتائج النظرية الناتجة من محاكاة الجريان السطحي لكل موجة تم رصدها اعتمد نظام نمذجة مساحات الجابية (WMS) وذلك لتقييم تأثير تغيير أبعاد خلايا نموذج المعلومات الرقمية.

4:- نظام نمذجة مساحات الجابية (Watershed Modeling System)

يعتبر نظام نمذجة مساحات الجابية والأحواض المائية (WMS) والمقدم من قبل جامعة Brigham من البرامج الواسعة الانتشار في تطبيقات تماثل ومحاكاة مساحات الجابية. يتضمن النموذج تقسيم الحوض المائي إلى عدد من الأحواض الثانوية اعتمادا على طبيعة وطوبوغرافية الحوض المائي وخصائصه المورفولوجية والتي تحدها بيانات صورية وخرائط يمكن الحصول عليها من الأقمار الصناعية أو بيانات رقمية اعتيادية لمناسيب خلايا متساوية الأبعاد والتي تمثل مجموع مساحة الحوض المائي الذي يقسم عادة إلى شبكة من الخلايا التي تعتمد أبعادها على دقة البيانات المتوفرة ويمثل منسوب كل خلية معدل منسوب مساحة الخلية والذي يمكن الحصول عليه من صور الأقمار الصناعية ان توفرت او من الخرائط الكنتورية للمنطقة. تجري عمليات معالجة لبيانات النموذج من خلال اعتماد أسلوب الشرائح الدقيقة الثلاثية الأبعاد لمحاكاة خصائص

الحوض المائي على شكل شبكة من المثلثات غير المنتظمة Triangular Irregular Network (TIN) والتي تتغير أبعادها اعتمادا على شدة التغير في طوبوغرافية الحوض المائي او مساحة الجابية بين موقع واخر للحصول على وصف دقيق واجراء تقدير لمناسبتها للحصول على وصف دقيق لطوبوغرافية الحوض والذي يعتمد في تحديد حدود الحوض المائي وشبكة الجريان للوديان الرئيسية والفرعية خلال الحوض. تم تطبيق النموذج على المنطقة قيد الدراسة ولكافة البيانات الرقمية لمختلف أبعاد خلايا الشبكة المذكورة في الجدول (1) وذلك لتقدير موجة الجريان السطحي المتوقعة باعتماد طريقة خدمات صيانة التربة (Soil Conservation Services) كما ذكرها (singh 1988) الشائعة الاستخدام الناتجة عن عدد كبير من القياسات الحقلية لمختلف مساحات الجابية الطبيعية المختلفة الخصائص والمساحات وعند مختلف المواقع الجغرافية. إن الهيدروكراف القياسي لهذه الطريقة والتي يمثل فيها الجزء الصاعد من المنحني حوالي 37.5% من حجم الجريان السطحي الكلي الناتج من موجة التصريف الناتجة عن الأمطار الساقطة والذي يمكن تقريبه إلى شكل مثلث ويمكن تقدير زمن استدامة موجة التصريف (t_b) من المعادلة التالية:

$$t_b = 0.1 \left[\frac{L}{S^{0.5}} \right]^{0.968} \dots\dots\dots(1)$$

إذ أن:

L : طول المجرى الرئيسي في الحوض المائي، (ميل).

S : معدل ميل المجرى الرئيسي في الحوض المائي.

كذلك يمكن تقدير زمن الجزء المنخفض او المنحسر (t_r) من منحني الجريان السطحي بموجب المعادلة التالية:

$$t_r = t_b - t_p = 1.67 t_p \dots\dots\dots(2)$$

إذ أن:

t_p : الزمن من منتصف فترة سقوط المطر المؤثر إلى زمن حصول التصريف الأقصى لمنحني الجريان.

وبافتراض أن منحني التصريف يمكن تقريبه إلى مثلث الشكل، يمكن تخمين حجم الجريان السطحي (V) الناتج عن العاصفة المطرية بالصيغة التالية:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_p - t_r) \dots\dots\dots(3)$$

إذ أن

(Q_p) التصريف الأقصى في منحني الجريان والذي يمكن تقديره باعتماد المعادلة (4)،

$$Q_p = \frac{KV}{t_p} \dots\dots\dots(4)$$

حيث أن (K) ثابت يعتمد على نسبة الجزء المنخفض (المنحسر) من منحني التصريف إلى الجزء الصاعد منه وحسب المعادلة التالية:

$$K = \frac{2}{1 + \frac{t_r}{t_p}} \dots \dots \dots (5)$$

كذلك يمكن تقدير زمن حصول التصريف الأقصى (t_p) من المعادلة (6) بالصيغة التالية:

$$t_p = \frac{T}{2} + t_L \dots \dots \dots (6)$$

إذ أن:

T : زمن استدامة المطر المؤثر،

t_L : الزمن من منتصف فترة استدامة المطر المؤثر ومنتصف فترة منحنى الجريان السطحي، والذي يمكن تقديره من المعادلة التالية:

$$t_L = 0.6t_c \dots \dots \dots (7)$$

وإذ ان (t_c) زمن التركيز وهو الفترة الزمنية من نهاية سقوط المطر إلى زمن الانقلاب الحاصل في الجزء النازل من منحنى التصريف، والذي يحدد اعتمادا على خصائص الحوض المائي. أخيرا يمكن تقدير التصريف الأقصى في منحنى الجريان باعتماد المعادلة التالية والناجئة عن تعويض المعادلتين (6،7) في معادلة (4) للحصول على الصيغة التالية:

$$Q_p = \frac{1.5V}{T + 1.2t_c} \dots \dots \dots (8)$$

تم تطبيق النموذج على العواصف المطرية المرصودة والمبين تفاصيلها في الجدول (1) ولكافة أبعاد شبكة المناسيب الرقمية المذكورة سابقا، تبين الأشكال (3A,3B,3C) التصاريح المقاسة والمتوقعة لمختلف أبعاد خلايا نموذج المعلومات الرقمية ولكافة العواصف المرصودة. أجريت معايرة للنموذج من خلال اختيار القيمة المثلى لرقم المنحنى (CN)، والذي يعكس نوع التربة وتصنيفها على ان تكون ضمن القيم الجدولية لكل نوع تربة وتم اعتماد قيمة المعامل (CN) مساوية لـ 79 كمعدل موزون لكل مساحة الجابية وهو ناتج عن معدل قيمة هذا المعامل لكل نوع من أنواع تربة المنطقة واستخداماتها مع الأخذ بنظر الاعتبار نسبة مساحة كل نوع من المساحة الكلية.

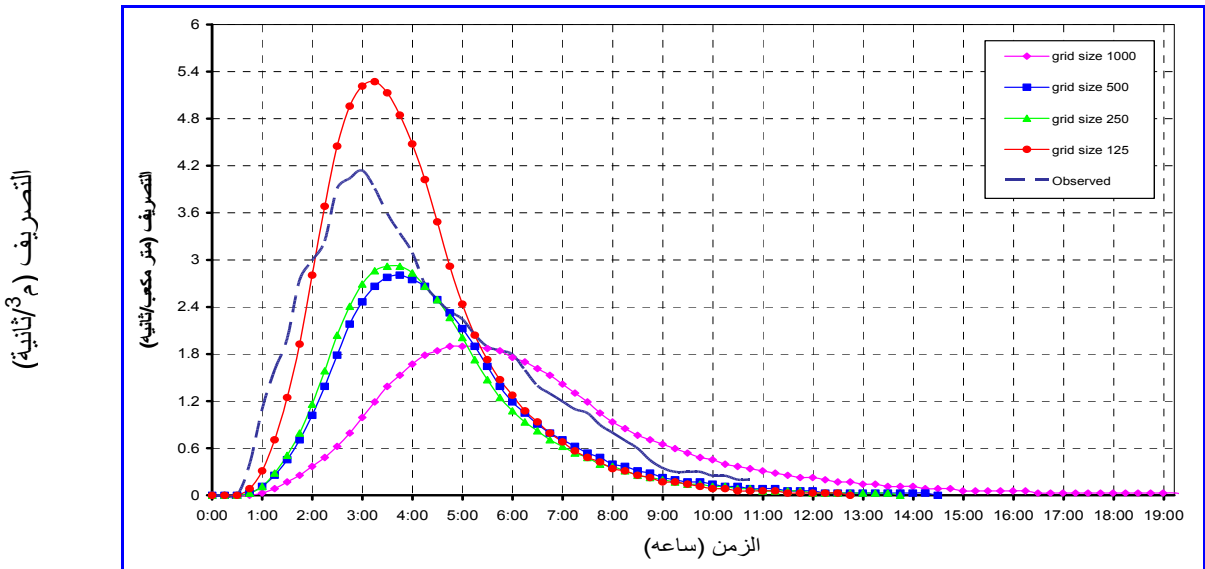
النتائج والمناقشة

تم تحليل نتائج النموذج المعتمد في هذا البحث لتقييم تأثير أبعاد خلايا نموذج المناسيب الرقمية الممثلة لمساحة الجابية. اعتمد تحليل النتائج على عدة معايير للمقارنة، منها لمقارنة هيدروكراف التصاريح النظرية والمتوقعة من النموذج المعتمد مع التصاريح المقاسة حقليا والبعض الآخر لمقارنة بعض المعايير المهمة مثل حجم الجريان السطحي الناتج عن العاصفة المطرية وقيمة التصريف الأقصى وزمن حصوله. اعتمدت ثلاثة معايير أساسية لمقارنة قيم تصريف الهيدروكراف المقاس مع القيم المقاسة حقليا او المتوقعة والناجئة من النموذج وعند نفس الفترات الزمنية منذ بدء سقوط المطر وحتى نهاية زمن رصد الهيدروكراف حقليا. المعيار الأول هو معامل التحديد بين القيم المقاسة والمتوقعة من النموذج والذي تكون قيمته (1) في حالة التطابق الكامل بين القيم المقاسة والمتوقعة وتقل مع تباعدها عن بعضها، والمعيار الثاني هو كفاءة

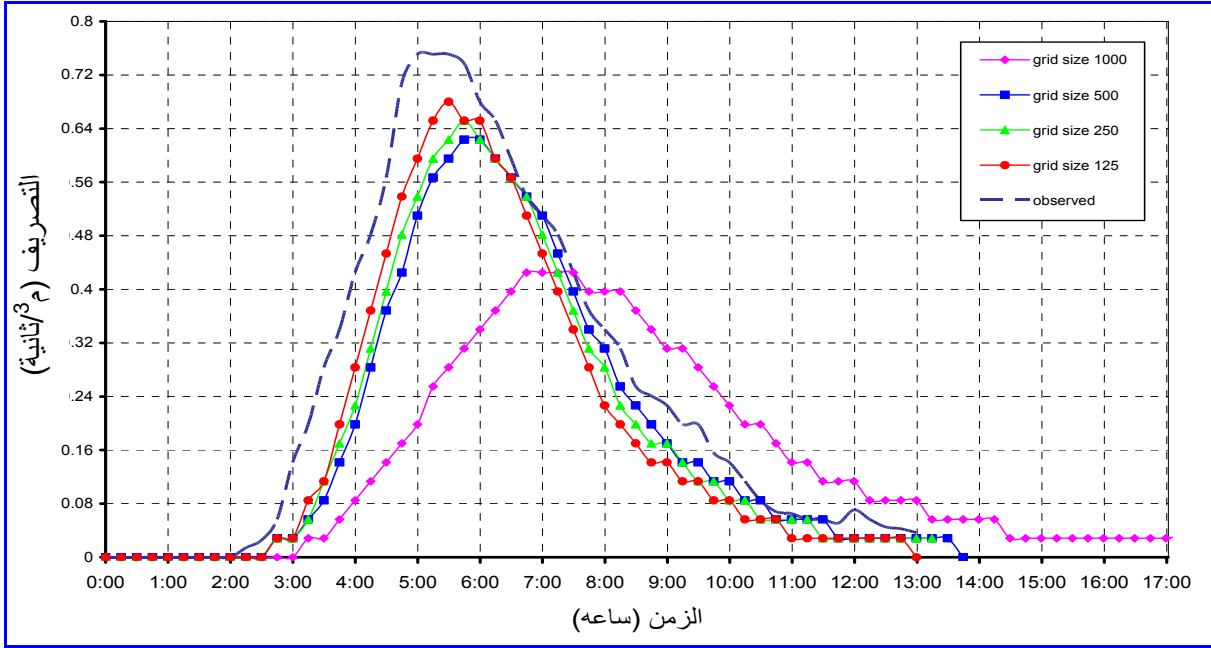
النموذج وهو الأسلوب الذي قدمه الباحث (1999) Rise كما ذكره (2000) Byne والذي يعبر عنه بالصيغة التالية:

$$Eff = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_{o(t)} - x_{p(t)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_{o(t)} - x_{ov})^2} \dots\dots\dots (9)$$

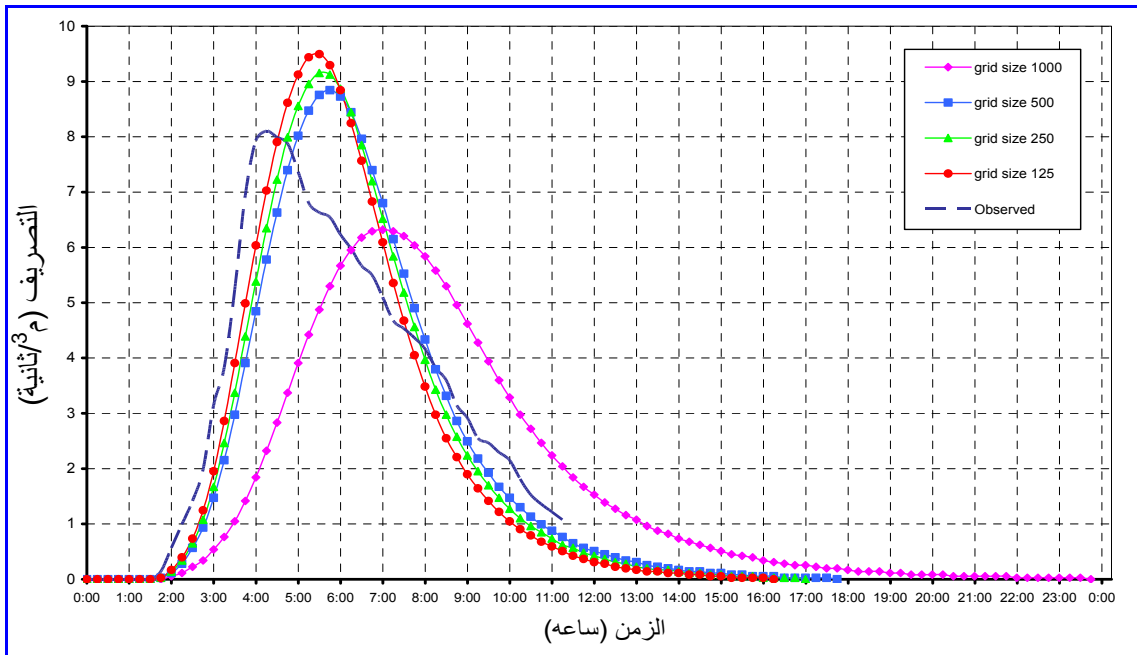
في هذا المعيار قد تكون كفاءة النموذج منخفضة على الرغم من ان معامل التحديد جيد لكون النتائج النظرية منحرفة عن القيم المقاسة فعليا، وفي حالة كون الكفاءة سالبة فهذا يعني أن النموذج سيئ في تقدير نتائجه وان اعتماد معدل القيم المقاسة هو أفضل من تطبيق النموذج المعتمد. المعيار الثالث الذي تم اعتماده هو الفحص الإحصائي نوع (t) لتقييم مدى التطابق بين كل من القيم المقاسة حقليا والمتوقعة الناتجة عن تطبيق النموذج والقيم المقاسة لمختلف أبعاد الخلايا وتحديد قابلية النموذج ومدى قبول نتائجه إحصائيا عند مختلف الاحتمالات وذلك بتحديد الفروقات بين القيم المقاسة والمحسوبة إن كانت معنوية أم لا. يبين الجدول (3) نتائج المعايير المعتمدة لتقييم أداء النموذج لبيانات التصاريح للموجات الثلاثة المرصودة ولكافة أبعاد الخلايا المعتمدة والمبينة في الأشكال (3A و3B و3C). ويظهر من النتائج ان معامل التحديد (r^2) تراوحت قيمه بين 0.28 إلى 0.40 لحالة أبعاد الخلايا 1000م وهذا يظهر ضعفا كبيرا في التوافق بين القيم المقاسة والمتوقعة لهذه الحالة، بينما تراوحت القيم بين 0.76 إلى 0.92 في حالة أبعاد الخلايا المساوية لـ500م وهي قيم مقبولة وأفضل من الحالة السابقة بدرجة كبيرة، بينما تراوحت قيم معامل التحديد بين 0.82 إلى 0.95 وبين 0.87 إلى 0.97 لحالة أبعاد الخلايا 250 و125م على التوالي وفي الحالتين الأخيرتين كانت قيم هذا المعامل جيدة وتعطي انطبعا على ان النموذج يعطي تماثلا جيدا وبشكل خاص لحالة الخلايا ذات الأبعاد 125*125 م .



الشكل(3A): يبين قيم التصاريح المقاسة والمحسوبة عند مختلف الفترات الزمنية لمختلف أبعاد الخلايا المعتمدة للهيدروكراف رقم (I).

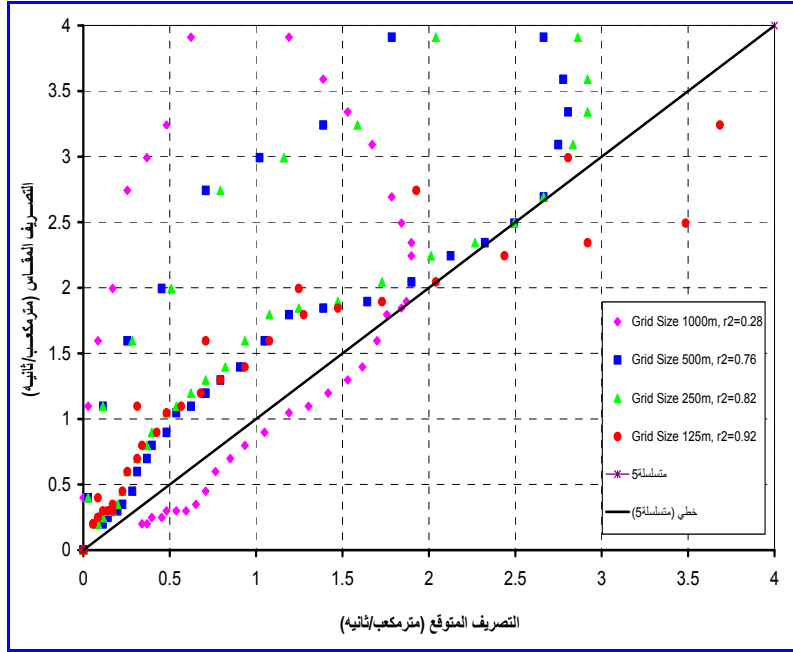


الشكل (3B): يبين قيم التصاريح المقاسة والمحسوبة عند مختلف الفترات الزمنية لمختلف أبعاد الخلايا المعتمدة للهيدروكربون رقم (II).

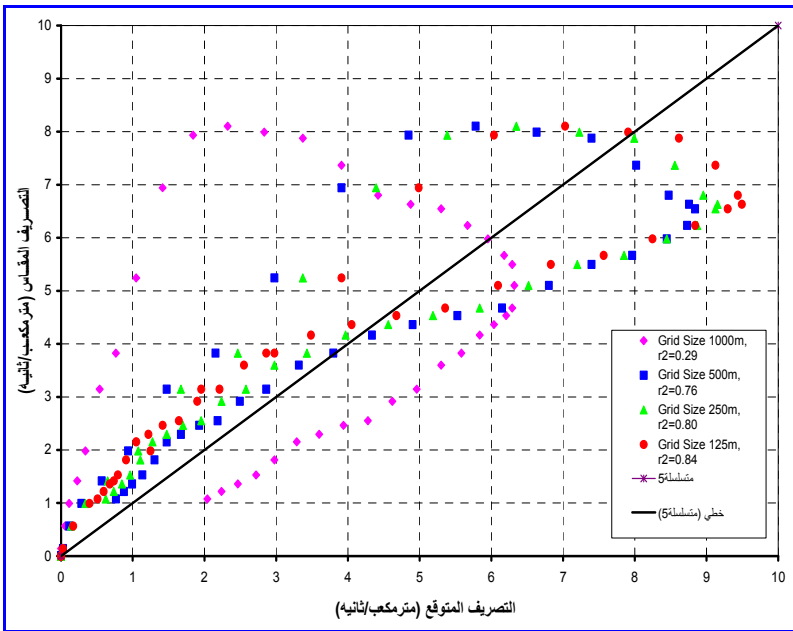


الشكل (3C) يبين قيم التصاريح المقاسة والمحسوبة عند مختلف الفترات الزمنية لمختلف أبعاد الخلايا المعتمدة للهيدروكربون رقم (III).

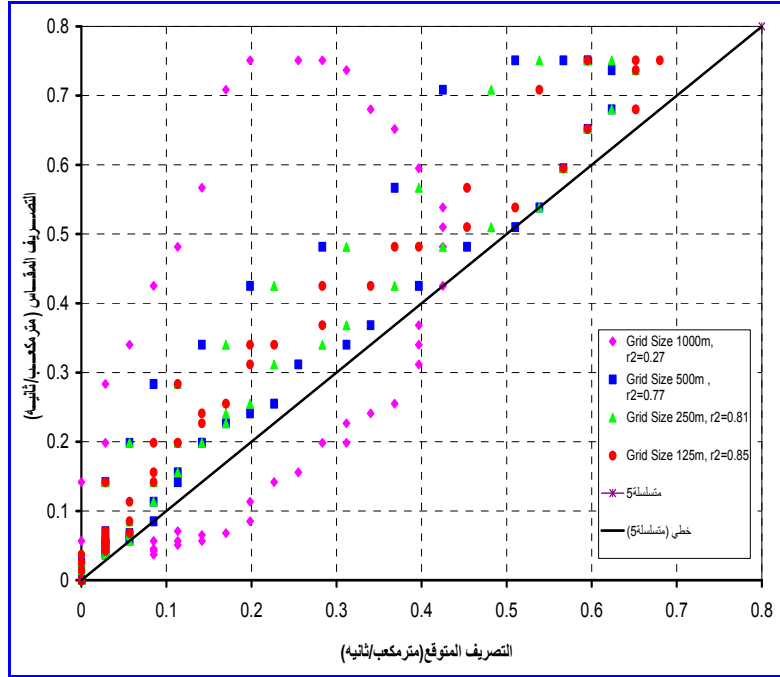
تبين الاشكال (4C,4B,4A) القيم المقاسة والمتوقعة لموجات التصاريح المرصودة ولكافة أبعاد الخلايا المعتمدة والذي يعطي فكرة عن مدى التطابق بين نتائج النموذج والقياسات الحقلية.



الشكل (4A): قيم التصاريح المقاسة والمقاسة المحسوبة لها عند نفس الفترة الزمنية لمختلف أبعاد الخلايا المعتمدة للهيدروكراف الاول (I).



الشكل (4B): قيم التصاريح المقاسة والمقاسة المحسوبة لها عند نفس الفترة الزمنية لمختلف أبعاد الخلايا المعتمدة للهيدروكراف الاول (II).



الشكل (4C): قيم التصارييف المقاسة والقيم المحسوبة لها عند نفس الفترة الزمنية لمختلف أبعاد الخلايا المعتمدة للهيدروكراف الاول (III).

كذلك أعطى معيار كفاءة النموذج انطباعاً مماثلاً لمعامل التحديد حيث تراوحت قيمه بين 11.8- % إلى 31.5% وهي قيم تبين هنالك ضعف في أداء النموذج وخاصة القيمة السالبة والتي تعني ان معدل قراءات التصارييف المقاسة يعطي تعبيراً أفضل من النموذج المعتمد، بينما بلغت قيمه الدنيا 53.25 و 58.9% لحالة أبعاد الخلايا 500 و 250م على التوالي وهي مقبولة نسبياً بالمقارنة مع الحالة السابقة، وكانت أفضل النتائج مع الخلايا ذات البعد 125م حيث كان الحد الأدنى لكفاءة النموذج 72% وبلغ حده الأعلى 91.5% وهي قيم جيدة تعطي انطباعاً على تماثل جيد بين القيم المقاسة والمتوقعة. وأخيراً أظهرت نتائج الفحص الإحصائي نوع (t) ان قيمه كانت غير مقبولة أي أن هنالك اختلافات معنوية بين القيم المقاسة والمحسوبة عند مستوى احتمالية 0.05 لحالة أبعاد الخلايا 1000م، بينما كانت مقبولة إحصائياً لحالة أبعاد الخلايا 500 و 250م حيث كانت قيم (t) ضمن الحدود المجدولة المسموح بها عند احتمالية 0.05 واخيراً كانت قيم الفحص الإحصائي ضمن القيم المجدولة والتي لا تظهر وجود فروقات معنوية بين القيم المقاسة والمتوقعة لكافة الموجات المرصودة لحالة أبعاد الخلايا 125م وعند احتمالية 0.01.

كما أن هنالك متغيرات أساسية ومهمة في تقييم أداء النموذج ومنه حجم الجريان السطحي الناتج عن كل موجة مرصودة وكذلك مقدار التصريف الأقصى وزمن حصوله وهي ذات أهمية كبيرة في تصميم سعة المنشآت الهيدروليكية المختلفة وخزانات السدود المقامة على الجابيات المغذية لها والمعتمدة على التصارييف الناتجة عن العواصف المطرية والمسببة للجريان السطحي، واعتمد معيار نسبة الخطأ في تقييم أداء النموذج لهذه المتغيرات وكما مبينة نتائجه في الجدول (4)، والذي يظهر أن نسبة الخطأ في تقدير حجم الجريان السطحي وصلت إلى حد 36.7- % لحالة أبعاد الخلايا 1000م بينما لم تتجاوز 1.6% لحالة الخلايا ذات البعد 125م، أما نسبة الخطأ في مقدار التصريف الأقصى وزمنه فقد بلغت 61.2- % و 66.6% على التوالي للخلايا ذات البعد 1000م، بينما بلغت 28.5% و 15.8% لكل من التصريف الأقصى وزمنه على التوالي لحالة الخلايا ذات البعد 125م. يبين هذا المعيار أن نتائجه مماثلة للمعايير الأخرى المعتمدة والتي تظهر تحسناً كبيراً في أداء النموذج مع تقليل أبعاد الخلايا ولكافة الموجات المرصودة.

أظهرت النتائج انه بالإمكان الحصول على نتائج مقبولة عند اعتماد خلايا بأبعاد قد تصل إلى 500م أو 250م وحسب أهمية الدراسة والغاية منها. حيث أن الحالات التصميمية التي من المحتمل ان يكون فيها مخاطر، مثل تقدير التصريف الأقصى للجريان السطحي والذي يعتمد في تصميم بعض المنشآت الهيدروليكية فانه يجب اعتماد أبعاد خلايا لا تتجاوز 125م حيث تكون النتائج ذات دقة جيدة. إن الخلايا ذات الأبعاد اكبر من 500 م لا يمكن اعتمادها لأي غرض من أغراض تقدير هيدروكراف وحجم مياه الجريان السطحي والتصريف الأقصى وغيرها.

الجدول(1): تفاصيل شبكة الخلايا الرقمية لكل حالة من الأبعاد المعتمدة.

أبعاد الخلايا(م)	عدد الخلايا	مساحة الجابية (م ²)
1000	42.16	42.16
500	169	42.16
250	676	42.24
125	2708.5	42.32

الجدول (2): بيانات القياسات الحقلية للعواصف المطرية المرصودة.

رقم العاصفة المطرية	عمق المطر (مم)	معدل شدة المطر (مم/ساعة)	زمن رصد الهيدروكراف (ساعة)
I	16	16	11
II	12.2	3.5	13.33
III	23	5.8	11.5

الجدول (3): يبين قيم المعايير الاحصائية المعتمدة لتقييم اداء النموذج مع مختلف أبعاد الخلايا

رقم الموجة	أبعاد الخلايا(م)	معامل التحديد (r^2)	كفاءة النموذج%	الفحص الاحصائي t-
I	1000	0.28	-11.8	3.06
	500	0.76	53.2	2.43
	250	0.82	58.9	2.39
	125	0.91	72.0	0.06
II	1000	0.4	31.4	1.87
	500	0.92	85.3	1.31
	250	0.95	88.0	1.31
	125	0.97	90.5	1.28
III	1000	0.33	21.1	0.98
	500	0.81	73.9	0.13
	250	0.84	76.0	0.09
	125	0.87	77.6	0.1

الجدول (4) : النسبة المئوية للخطا في حجم الجريان السطحي، التصريف الأقصى وزمنه للموجات المرصودة.

رقم الموجة	أبعاد الخلايا(م)	حجم الجريان السطحي	التصريف الاقصى	زمن التصريف الاقصى
I	1000	-36.7	-61.2	66.7
	500	-35.7	-31.7	25.0
	250	-35.8	-28.7	16.6
	125	16.0	28.5	8.3
II	1000	-23.7	-43.3	33.3
	500	-23.5	-17.3	14.3
	250	-23.1	-13.3	10.0
	125	-25.4	-9.3	5.0
III	1000	-1.72	-22.2	47.4
	500	1.01	8.6	21
	250	0.97	13.0	15.8
	125	0.018	17.3	15.8

المراجع

- 1- AL-Naqib, S. Q., (1980), “ Geology of Atrush area”, M.Sc. Thesis, University of Mosul, Iraq.
- 2- Band, L. E., (1986), “Topographic partition of watersheds with digital elevation models” Water Resources Research, Vol.22, No. 1, pp. 15-24.
- 3- Byne, W., (2000), “ Predicting Sediment Detachment and Channel Scour In the Process-Based Planning Model Answers-2000”, M. Sc., Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

- 4- Chaplot, V., (2005), "Impact of DEM mesh size and soil map scale on SWAT runoff, sediment, and NO₃-N loads predictions", Journal of Hydrology, Vol. 312, pp. 207-222.
- 5- Hundecha, Y., and Bardossy, A., (2004), "Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model", Journal of Hydrology, Vol. 292, pp. 281-295.
- 6- Kuo, W. L., Steenhuis, T. S., McCulloch, C. E., Mohler, C. L., Weinstein, D. A., DeGloria S. D., and Swaney, D. P., (1999), "Effect of grid size on runoff and soil moisture for a variable-source hydrology model", Water Resources Research, Vol. 35, No. 11, pp. 3419-3428.
- 7- Liu, Y. B., Batelaan, O., and De Smedt, F., (2005), "Assessing grid size effects on runoff and flow response using a GIS-based hydrologic model", 13th international conference on geoinformatics, Toronto, Canada, Sept. 17-19.
- 8- Liu, Y. B., De Smedt, F., Hoffmann, L., and Pfister, L., (2004), "Assessing land use impact on flood processes in complex terrain by using GIS and modeling approach", Environmental Modeling and Assessment, Vol. 9, pp. 227-235.
- 9- Mayorga, E., Logsdon, M. G., Ballester, M. V., and Richey, J. E., (2005), "Estimating cell-to-cell land surface drainage paths from digital channel networks, with an application to the Amazon basin", Journal of Hydrology, Vol. 315, pp. 167-182.
11. Singh, V. P. (1988), "Hydrological System Vol I, Rainfall-Runoff Modeling", Prentice hall, New Jersey, pp480

Study of Grid Size Effect for Digital Elevation Model on Runoff Hydrograph

Mohammad Ezz-Aldeen Mohammad

Water Resources Engineering Department, University of Mosul, Mosul, Iraq

Abstract

The effect of grid size on surface runoff hydrograph have been studied by applying the Watershed Modeling System (WMS) which is applied for watershed and flow simulation. The study area at north-east of Mosul city-Iraq is selected for this purpose, and a three rainfall storm were observed by measuring rainfall depth, duration, and runoff hydrograph at the outlet of the catchment to evaluate the effect of grid size for Digital Elevation Model (DEM). The digital elevation model is applied to represent the study area by dividing it to an equal square cells to consist the grids of equal size and elevation. Generally the study area is very steep at the northern-east part to moderate slope at the west part. The considered grid size is 1000, 500, 250, and 125m to evaluate this sizes effect on surface runoff hydrograph. The study area is divided to a three parts based on soil type which is consist of silty clay loam, silty clay, and stone, also land used is considered.

A three rainfall storms were observed and the (WMS) is applied of each one for each considered grid size, and the results were evaluated by a three parameters which is correlation coefficients, model efficiency, and the t-test to compared the predicted hydrographs by the model by the observed values. The considered parameters show that the best results its for 125*125m grid size, for which the determination coefficient is ranged between 0.87 to 0.97, the model efficiency is between 72 to 91.5%, while the t-test values gives a values indicates that there is no significant levels between observed and predicted values at 0.01% probable level. While the evaluation parameters gives an acceptable values for the grid size of 250 and 500m, and very poor results for 1000m grid size.

Finally the percent of error is considered to evaluate the model performance for predicting the runoff volume, peak discharge and time of concentration. The results of this parameter are similar to others considered which is indicating that the model gives better results with reducing of grid size.

Key words: Digital Elevation Model, Surface Flow