

نموذج رياضي ثنائي الأبعاد لمحاكاة نهر دجلة مقدم الجسر الثالث في مدينة الموصل

د. نادرة عباس محمد
رئيس مهندسين أقدم
مركز دراسات الموارد المائية للمنطقة الشمالية
وزارة الموارد المائية

انس محمود محمد رشيد
أستاذ مساعد
مركز بحوث السدود والموارد المائية
جامعة الموصل

الخلاصة

يتناول البحث تحليل هيدروديناميكي لامتداد نهر دجلة مقدم الجسر الثالث في مدينة الموصل والذي يمتاز بوجود ثلاث جزر تسبب تغير في خصائص جريان نهر دجلة في منطقة الدراسة. تم استخدام نموذج رياضي ثنائي الأبعاد بنظام SMS10.1 وبالإستفادة من تقنيات نظام المعلومات الجغرافية GIS والبيانات الفضائية في بناء النموذج المفاهيمي لمنطقة الدراسة. تبين من نتائج البحث كفاءة النموذج الرياضي في تحليل الجريان لنهر دجلة في منطقة الدراسة وخصوصاً أن النتائج تتمثل بمجموعة من الخرائط الرقمية توضح (منسوب سطح الماء، عمق الجريان، جهد القص، اتجاهات الجريان، سرعة الجريان، مواقع النحر والترسيب) بالإضافة للتوقعات المستقبلية لشكل نهر دجلة في موقع الدراسة.

الكلمات الدالة: نهر دجلة، محاكاة، نقل الرسوبيات، تحليل الجريان، SMS.

Two Dimensional Mathematical Models to Simulation Tigris River Upstream Third Bridge in Mosul City

Anas M. M. Rasheed
Assistant professor
Dams and water resources research
center
University of Mosul

Dr. Nadira A. Mohammed
Senior chief engineer
Water resources studies center for
northern region project
Ministry of water resources

Abstract:

The aim of this research is hydrodynamic analysis for Tigris river reach upstream the Third Bridge in Mosul city, and this reach have three islands changing the flow characteristics of Tigris river in the study area. Two dimensional mathematical model in SMS10.1 with geographical information system and satellite data are using to build the conceptual model for study area. The results showed that the efficiency of the mathematical model in analysis of Tigris river in the study area especially the results were presented by digital maps explain (water surface elevation, flow depth, shear stress, flow velocity, scour and deposition locations), in addition predications the shape of the Tigris river reach in the study area in the future.

Keywords: Tigris River, Simulation, Sediment transport, Flow analysis, SMS.

مقدمة:

النمذجة هي بالتعريف مجموعة إجراءات تتضمن عمليات معقدة مرتبطة ببعضها لإنشاء نموذج ممثل لمشكلة حقيقية. أي تمثيل المشكلة الحقيقية بشيء أبسط منها نسميه النموذج. ويمكن أن نصنف النماذج إلى صنفين، أولها النماذج الفيزيائية، وهي تمثل أنظمة فيزيائية تكون تكلفتها تصميمها كبيرة أو تأخذ وقتاً طويلاً، فيكون النموذج تبسيطاً لعرض هذا النظام الفيزيائي الحقيقي. ويكون الهدف من النمذجة هو تحليل سلوك النظام لمعرفة ميزاته (إذا كان النظام موجوداً) أو من أجل إيجاد أفضل تصميم له في المستقبل (إذا كان النظام فكرة تنتظر التنفيذ). ثانياً النمذجة الرياضية (Mathematical Modeling) هي التعبير عن الترابط بين المتغيرات الفيزيائية لنظام ما بعلاقات رياضية أو بشكل آخر النمذجة الرياضية هي صياغة مسألة ما وفق علاقات رياضية يطلق عليها اسم النموذج الرياضي [1]. ولتكوين نماذج رياضية لأي مسألة أو مشكلة مطروحة لا بد من اتباع عدة خطوات منها، دراسة المشكلة المطروحة وتحديد غايتها ومكوناتها. ثانياً تحديد المدخلات والمخرجات في ضوء الإمكانيات المتاحة، وتحديد القيود المفروضة على المشكلة (Boundary conditions)، بيان العلاقات التأثير بين مجاهيل المسألة. بعد تحديد كل ما ورد أعلاه فإنه بالإمكان صياغة المسألة ضمن علاقات رياضية بمجموعها نطلق عليها اسم (النموذج الرياضي). وهذا النموذج هو تمثيل للمشكلة بصيغة رياضية قابلة للحل باستخدام إحدى الطرق أو الوسائل المتوافرة رياضياً.

إن عملية التمثيل عبر النموذج الرياضي تغني عن القيام بإجراء دراسات ميدانية واسعة ومستمرة وتجارب حقلية غالباً ما تكون مكلفة اقتصادياً وصعبة التحقيق عند إجرائها على أرض الواقع. توجد أنواع عديدة للنماذج الرياضية مثل النماذج الخطية والتي تعتمد التعبير عن علاقات واقعية بعلاقات رياضية مقترضة و مبنية على دراسة الواقع وتحليله، النماذج التصادفية (Stochastic models) والتي تعتمد المعادلات الإحصائية في بناء النموذج. يعتبر النموذج المفاهيمي (Conceptual Model) من أهم أنواع النماذج الرياضية استخداماً وخصوصاً في هندسة الموارد المائية، فالنموذج المفاهيمي هو عبارة عن تمثيل مبسط للموقع المطلوب نمذجته من خلال استنباط خصائص موقع الدراسة المورفولوجية والهيدرولوجية والهيدروليكية والبيئية. يتوجب وضع العديد من الفرضيات والتبسيطات للوصول إلى النموذج المفاهيمي المعتمد للحصول على نموذج يمكن استخدامه بكفاءة لتحقيق الغرض الموضوع من أجله، حيث يمكن تقسيم موقع الدراسة عندما تكون غير متجانسة من ناحية خاصة فيزيائية معينة إلى عدد من المناطق تمثل المساحات التي لها خواص فيزيائية متشابهة، والتعبير عن هذه الخواص من خلال استخدام بعض الأشكال المميزة كالنقاط والعقد والمنحنيات والمضلعات لتعبر عن جميع المعلومات التي تعرف النموذج المفاهيمي بضمنها الحدود المتاخمة وبذلك يتم تحويل الوسط الفيزيائي المادي لموقع الدراسة إلى نموذج رقمي يتم التعامل رقمياً مع كافة خصائصه الفيزيائية. نتيجة للتطور الكبير الذي شهده العالم في مجال تقنية الحاسبات وتوفر حاسبات فائقة السرعة مما ساعد العلماء على تطوير نماذج حاسوبية ذات كفاءة عالية جداً في محاكاة المسائل الهيدرولوجية والهيدروليكية بسبب قدرتها الكبيرة في التعامل مع الكم الهائل من البيانات والتي تمثل خصائص المشكلة المختلفة، كما ساعد التطور الكبير في مجال المسح الفضائي والخرائط الرقمية التي وفرها نظام المعلومات الجغرافية GIS في تطوير أنظمة متكاملة لمحاكاة مسائل الموارد المائية المختلفة.

تناول العديد من الباحثين دراسة مشكلة الرسوبيات في الأنهار من حيث الحمل الرسوبي وحجم الترسيب، الباحثان [2] قاما بأجراء مسوحات حقلية على عدد من الأنهار الرسوبية في بنغلادش وتوصلوا إلى علاقة رياضية للحمل الرسوبي في تلك الأنهار تختلف عن العلاقات الشائعة الاستعمال. الباحث [3] قام بدراسة ثلاث نماذج رياضية أحادية وثنائية وثلاثية الأبعاد من حيث الفرضيات والتطبيق لمحاكاة حركة الرسوبيات رياضياً لمقطع افتراضي لنهر رقمي، تعاملت النماذج الثلاث مع حمل القعر فقط في حالة الجريان المنتظم والجريان غير المنتظم مع أنواع مختلفة من مواد القعر وطرق حساب الحمل الرسوبي المختلفة، بينت نتائج البحث أن النماذج حساسة جداً لمعامل الخشونة ومن ثم إلى أقطار حبيبات مواد القعر. الباحث [4] درس الحمل الرسوبي للنهر الأصفر في الصين والذي يعتبر أكبر نهر حامل للرسوبيات في العالم حيث يصل تركيز الرسوبيات فيه إلى 1600 كغم/م³، وقد وجد الباحث أن ميكانيكية حركة الرسوبيات تختلف بين الحمل العالي للرسوبيات وبين الحمل الطبيعي لها لذلك حلل كلا الحالتين وتوصل إلى صيغ رياضية جديدة خاصة بالنهر الأصفر في الصين.

سيتم في البحث استنباط نموذج هيدروديناميكي لمحاكاة الخصائص الهيدروليكية وعملية النحر والترسيب لمقطع نهر دجلة مقدم الجسر الثالث في مدينة الموصل باستخدام نظام نمذجة المياه السطحية (Surface Water Modeling System) بإصداره الجديد لعام 2009 ومختصره (SMS10.1) [5].

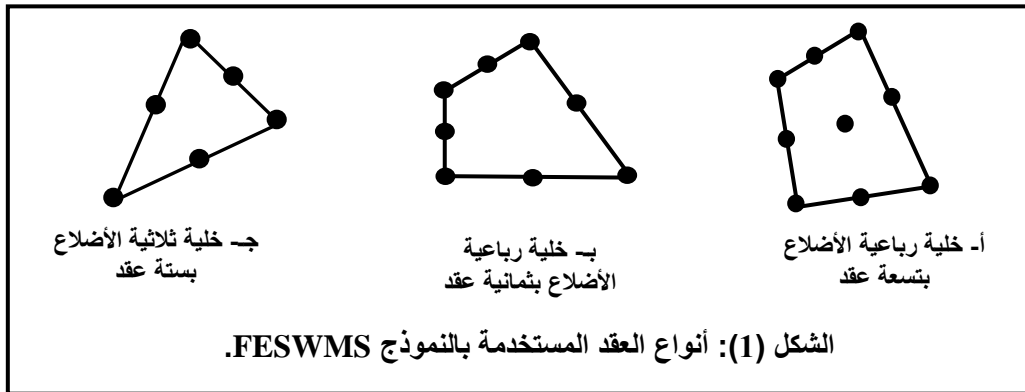
النموذج الرياضي:

يعتبر نظام نمذجة المياه السطحية (SMS) بيئة شاملة (أحادية – ثنائية – ثلاثية) الهيدروديناميكية باستخدام العناصر المحددة (Finite Elements) أو الفروقات المحددة (Finite differences) لنمذجة المياه السطحية والمنشآت الهيدروليكية باستخدام عدة نماذج رياضية (RMA2, RAM4, TUFLOW 1D, TUFLOW 2D, CMS, FESWMS). الإبعاد للنمذجة تغطي هذه النماذج عدة تطبيقات، تشمل حساب مناسيب المياه السطحية وسرعة الجريان المستقر (Steady state) أو الجريان غير المستقر (Unsteady state) بالإضافة إلى محاكاة حركة الملوثات

والملوحة ونقل الرسوبيات (النحر والترسيب)، وتشتمت طاقة الأمواج ودراسة خصائص الأمواج (الاتجاهات والمقادير) وغيرها. يمتاز نظام SMS10.1 بإمكانياته في بناء الشبكات (Mesh) ثنائية وثلاثية الأبعاد للعناصر المحددة أو الفروقات المحدودة للأنهار ومصبات الأنهار والبحيرات، الغرض منها إنشاء الطبقات المختلفة والتي نحتاجها في عملية النمذجة. من الجدير بالذكر توفر العديد من الطرق لإنشاء شبكات خلايا مختلفة الأشكال (مستطيلة أو مثلثة أو رباعية أو مزيج منها). توجد طريقتان لبناء النموذج بنظام SMS، الأولى تسمى النهج المباشر حيث تتلخص هذه الطريقة ببناء شبكة الخلايا للنموذج أولاً ومن ثم تغذية هذه الخلايا بالمعلومات مباشرة، تعد هذه الطريقة مناسبة فقط مع النماذج البسيطة. الطريقة الثانية تدعى النهج التصوري وتتلخص ببناء النموذج باستخدام النموذج المفاهيمي ويتم إنشائه باستخدام كائنات نظام المعلومات الجغرافية GIS من نقاط وأقواس ومضلعات ويمثل وصف هندسي لموقع الدراسة شاملاً حدود ومواقع القنوات وخصائص القعر وغيرها [6]، ومن ثم يتم تحويل النموذج المفاهيمي إلى شبكة الخلايا ليتم تغذيتها بالمدخلات عن طريق العقد في النموذج.

يستفيد نظام SMS10.1 من جميع إمكانيات نظم المعلومات الجغرافية حيث يمتلك مجموعة كاملة من أدوات الاستيراد وإنشاء البيانات النقطية والمتجهات لنظم المعلومات الجغرافية. يتضمن نظام SMS خوارزميات تسمح له بالتعامل مع مجموعات كبيرة من البيانات والصور وخصائص الطبقات وتحويل أنظمة الإحداثيات الجغرافية والتحكم بكثافة خلايا الشبكة ووضع نقاط مراقبة لمعايرة ومراقبة أداء النموذج. يمتلك نظام SMS واجهة رسومية يستفاد منها في عرض البيانات المدخلة بشكل خرائط رقمية وكذلك عرض المخرجات بشكل خرائط نقطية يمكن تحويلها إلى خرائط كنتورية ملونة ومضللة لقيم سرعة الجريان أو مناسب القعر بعد حدوث عملية النحر والترسيب. سيتم في البحث استخدام النموذج FESWMS وهو مختصر لـ (Two-dimensional Depth-averaged Flow and Sediment Transport Model) في محاكاة الخصائص الهيدروليكية للجريان وعملية النحر والترسيب للرسوبيات وما ستؤول إليه حالة القعر مستقبلاً لجزء نهر دجلة مقدم الجسر الثالث في مدينة الموصل [7]. النموذج FESWMS يقوم باحتساب كل ما يتعلق بالخصائص الهيدروليكية مستخدماً العناصر ثنائية الأبعاد للمياه السطحية في حالة الجريان المستقر أو غير المستقر، بالإضافة إلى محاكاة حركة الرسوبيات غير المتماسكة.

يعتمد النموذج FESWMS في تحليل الخصائص الهيدروديناميكية (Hydrodynamics) للجريان في الأنهار والبحيرات على مبدأ العناصر المحددة (2D Finite element) وذلك بتقسيم المنطقة إلى مجموعة من الخلايا غير منتظمة الأبعاد، ثلاثية الأضلاع تحتوي على ستة عقد أو رباعية الأضلاع تحتوي على ثمانية أو تسعة عقد وكما مبين في الشكل (1). تمتاز الخلايا الرباعية الأضلاع ذات التسعة عقد بأنها ذات مواصفات عالية وتعطي نتائج أكثر دقة نسبياً من النوعين الآخرين من العقد.



يعتبر نموذج FESWMS نموذج رياضي معقد نسبياً ولا يمكن أيجاز خلفيته الرياضية بشكل مختصر ولكن سيتم توضيح بعض الخطوات المهمة في النموذج بشكل مختصر لإعطاء فكرة عامة عن النموذج.

1- سرعة الجريان:

أن تحليل سرعة الجريان بالاتجاهين X و Y يعتبر الجزء الأكثر أهمية في التحليل الهيدروديناميكي للجريان ويتم استخدام المعادلات الآتية في احتساب السرعة في كلا الاتجاهين والشكل (2) يوضح مخطط مبسط لتوزيع سرع الجريان.

$$U = \frac{1}{H} \int_{z_b}^{z_w} u dz \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$V = \frac{1}{H} \int_{z_b}^{z_w} v dz \quad \dots\dots\dots (2)$$

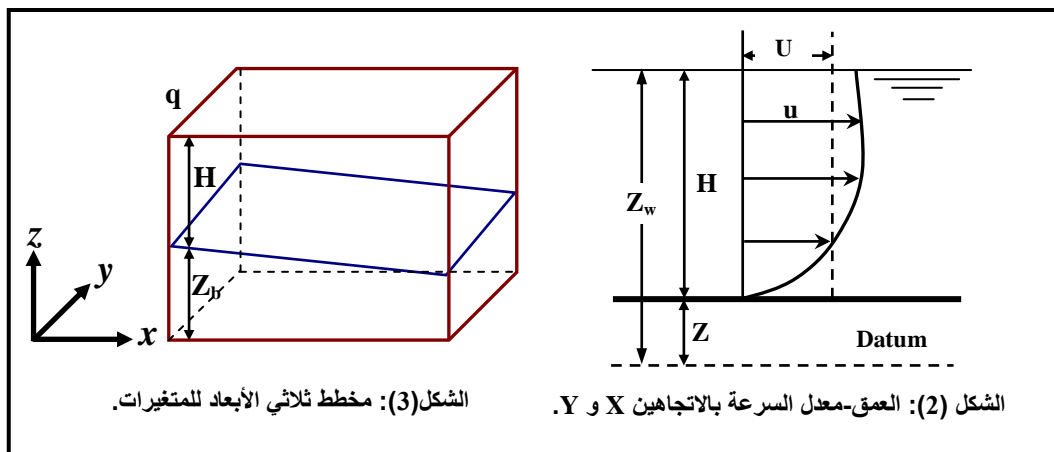
حيث أن:

H = عمق الجريان، z = الاتجاه العمودي، z_b = منسوب القعر، z_w = منسوب سطح الماء، u = السرعة الأفقية بالاتجاه X لنقطة على طول الأحداثي العمودي للسرعة كما موضح في الشكلين (2) و (3).
 أن المعادلات التي تحسب العمق - معدل الجريان تم استنباطها من تكامل معادلة الاستمرارية بالأبعاد الثلاث 3D بالنسبة لأحداثي العمودي من القعر إلى سطح الماء والمعادلة (3) توضح هذه العلاقة.

$$\frac{\partial z_w}{\partial t} + \frac{\partial q_1}{\partial x} + \frac{\partial q_2}{\partial y} = q_m \quad \dots\dots\dots (3)$$

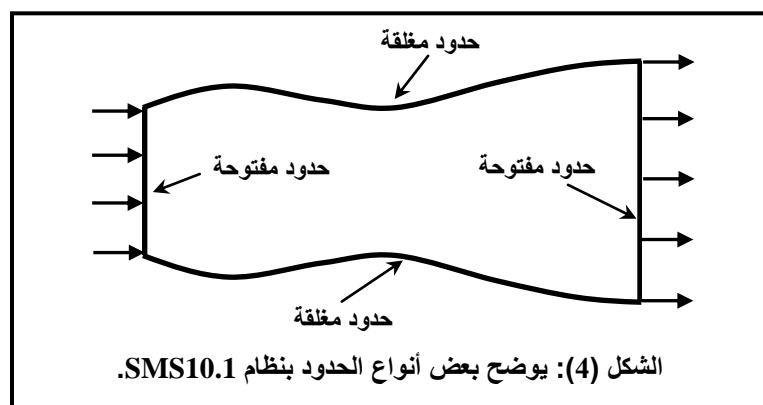
حيث أن:

q_1 = وحدة معدل الجريان بالاتجاه x وتساوي (UH) .
 q_2 = وحدة معدل الجريان بالاتجاه y وتساوي (VH) .
 q_m = معدل كتلة الجريان الداخل أو الخارج لوحدة المساحة.



2- حدود النموذج:

تعتبر حالات المتاخمة للنموذج (Boundary conditions) إحدى أهم الخطوات في البناء النموذج بنظام SMS10.1. توجد محددات مختلفة تخضع لشروط خاصة لكل حالة هيدروليكية يتطلب بناء نموذج لها، فدراسة نموذج هيدروديناميكي لمحاكاة عملية نقل الرسوبيات والنحر والترسيب، فإن النموذج يتطلب تحديد حدين مفتوحين (Open boundary) وحدين مغلقين (Closed boundary) وكما مبين في الشكل (4).



3- نقل الرسوبيات:

يحاكي نموذج FESWMS (Federal Highway Administration, 2003) الرسوبيات بنوعها الرسوبيات العالقة Suspended sediment والرسوبيات المتحركة في القعر بواسطة الانزلاق والتدحرج Bed load، ويعتبر نموذج رياضي ثنائي الأبعاد في محاكاة عملية النحر والترسيب. يستخدم النموذج معادلة الاستمرارية للرسوبيات (المعادلة 4) في حساب مناسب القعر بعد عملية النحر والترسيب.

$$(1-\eta_s) \frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_{s1}}{\partial x} + \frac{\partial q_{s2}}{\partial y} = 0 \quad \dots \dots \dots (4)$$

حيث أن: η = مسامية مواد القعر، q_{s1} و q_{s2} = معدل قطر الرسوبيات الكلي بالاتجاهين X و Y. ولكون حركة الرسوبيات تكون بنفس اتجاه حركة الماء، لذلك تم اختصار اتجاه حركة الجريان في المعادلة 4 إلى الرمز s لتصبح المعادلة بالشكل الآتي.

$$(1-\eta_s) \frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_s}{\partial s} = 0 \quad \dots \dots \dots (5)$$

حيث أن: $q_s = \sqrt{q_{s1}^2 + q_{s2}^2}$ = معدل قطر الرسوبيات بالاتجاه s للجريان. يتم استخدام المعادلة 6 في حساب معدل قطر الرسوبيات المتكونة من أكثر من قطر من حبيبات مواد القعر.

$$q_s = \sum_i q_{si} \quad \dots \dots \dots (6)$$

لذلك تصبح المعادلة 4 بالشكل الآتي.

$$(1-\eta_s) \frac{\partial z_b}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial q_{si}}{\partial s} = 0 \quad \dots \dots \dots (7)$$

تمثل المعادلة 8 معادلة نقل الرسوبيات في نموذج FESWMS.

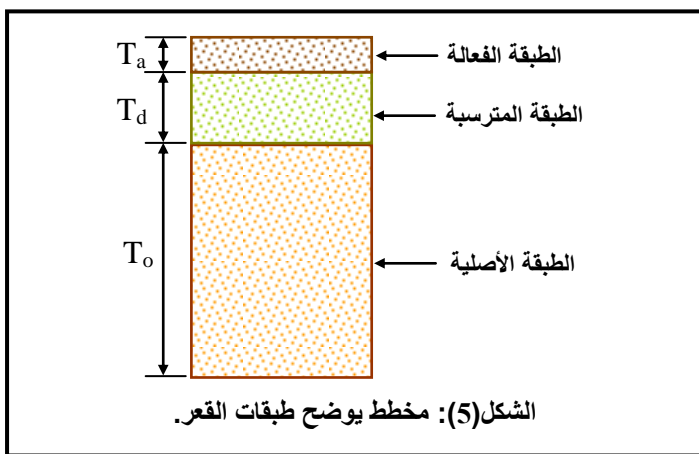
$$\frac{\partial(C_{si}H)}{\partial t} + \frac{\partial(C_{si}q_1)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{si}q_2)}{\partial y} = C_{se} (C_{si}^* - C_{si}) \quad \dots \dots \dots (8)$$

حيث أن: C_{si} = تركيز الرسوبيات، C_{si}^* = تركيز الرسوبيات عند حالة التوازن، C_{es} = ثابت معدل تدفق كتلة القعر ويحتسب باستخدام المعادلة الآتية.

$$C_{se} = \begin{cases} K_{es} w_{si}; \text{ for } C_{si}^* > C_{si} \text{ (Erosion)} \\ w_{si}; \text{ for } C_{si}^* < C_{si} \text{ (Deposition)} \end{cases} \quad \dots \dots \dots (9)$$

حيث أن: K_{es} = ثابت معدل التعرية، w = سرعة سقوط حبيبة الرسوبيات. يتم حساب قيمة ثابت معدل التعرية K_{es} باستخدام المعادلة الآتية، حيث أن قيمة T_a = سمك الطبقة الفعالة للقعر.

$$K_{es} = \frac{1}{\frac{T_a}{H} + \left(1 - \frac{T_a}{H}\right) \exp \left[-1.5 \frac{w_{si}}{u_*} \left(\frac{T_a}{H}\right)^{-1/6} \right]} \quad \dots \dots \dots (10)$$

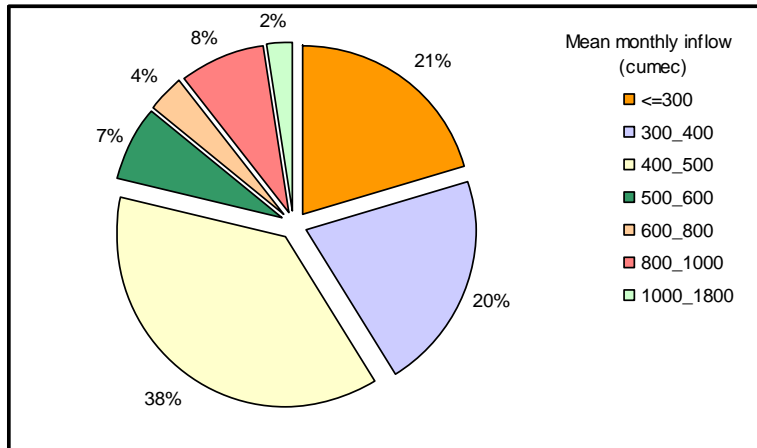


أن تمثيل عملية التعرية والترسيب للقعر باستخدام نموذج FESWMS تقوم على مبدأ تقسيم القعر إلى ثلاث طبقات (طبقة فعالة Active layer، طبقة مترسبة Deposition layer، طبقة أصلية Original layer) والشكل (5) يوضح مقطع للطبقات الثلاث للقعر.

تعتبر الطبقة الفعالة أهم طبقة في النموذج ولا يمكن أن يحاكي النموذج الرسوبيات إلا بتعريفها. أن آلية تعامل النموذج مع هذه الطبقات تقوم على أساس أن سمك الطبقة الفعالة يجب أن يبقى ثابت بينما الطبقة المترسبة هي التي تتعرض إلى حدوث تغير بسمكها خلال عملية المحاكاة، وبما

أن الطبقة الفعالة هي الطبقة العليا والتي تلامس الجريان مباشرة فإنها الطبقة الوحيدة التي تتعرض إلى عملية التعرية والترسيب ولكي يتم تحقيق شرط الحفاظ على سمكها فإنه في حالة تعرض الطبقة الفعالة إلى عملية الترسيب فإن سمك الرسوبيات المترسبة يتم طرحها من الطبقة الفعالة وأضافتها إلى الطبقة المترسبة، بينما إذا تعرضت الطبقة الفعالة إلى عملية تعرية فيتم إضافة سمك الرسوبيات المفقودة إلى الطبقة الفعالة وطرحها من الطبقة المترسبة.

التحليل الإحصائي لتصاريف نهر دجلة:



الشكل (6): التحليل الإحصائي لتصاريف نهر دجلة في مدينة الموصل.

تم تحليل تصاريف نهر دجلة في مدينة الموصل للفترة من سنة 1994 - 2006 إحصائياً، حيث تم تقسيم التصاريف إلى سبعة مديات وتم احتساب نسبة كل مدى من التصاريف كنسبة مئوية للأيام التي تكون فيها التصاريف في النهر ضمن المدى المعين للتصاريف من مجموع أيام السنة والشكل (6) يوضح نتائج التحليل.

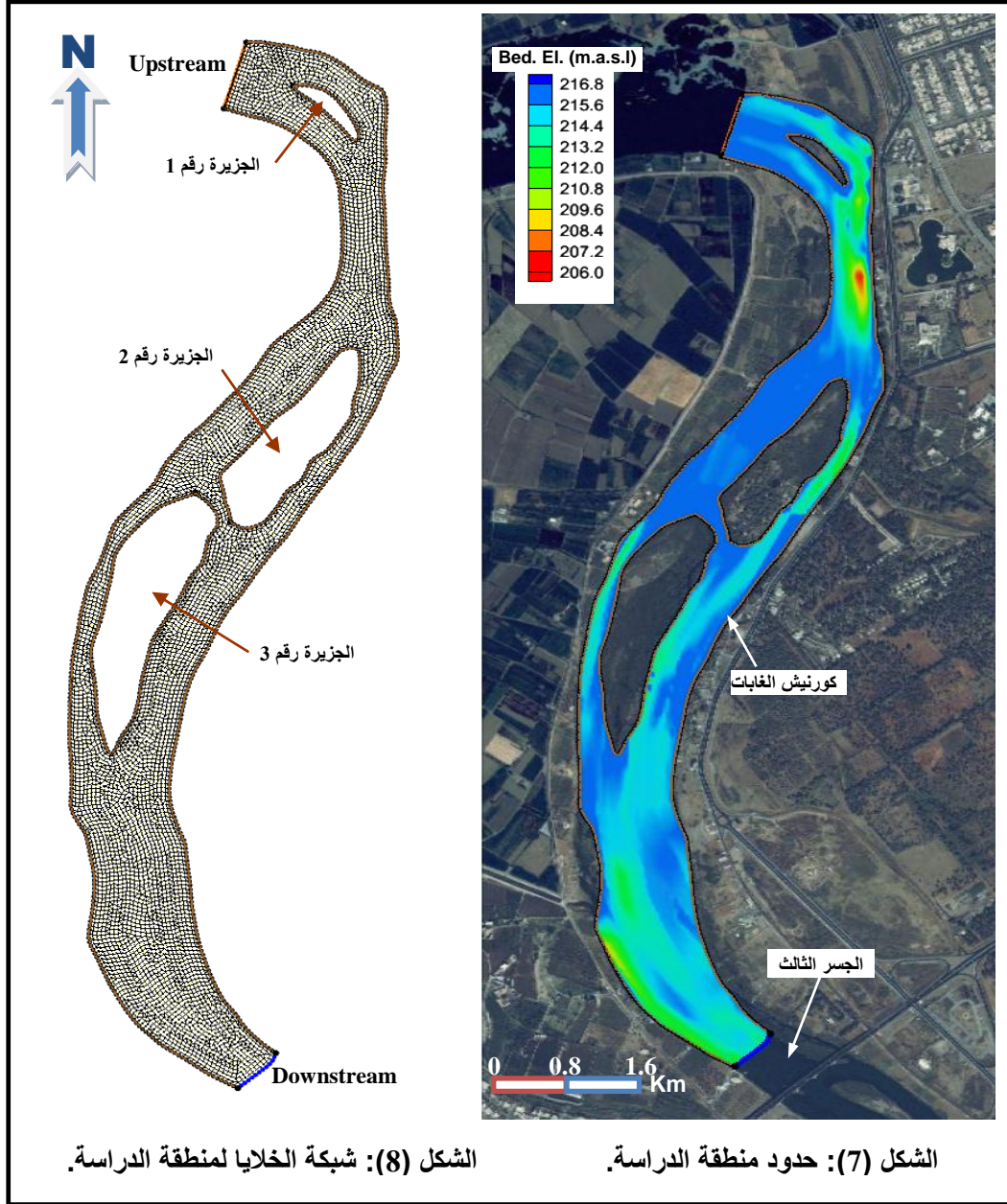
حيث يلاحظ بان مدى التصاريف من (400 - 500) م³/ثا يشكل حوالي 38% من تصاريف السنة بينما تصاريف الفيضان العليا (800-1000) م³/ثا تشكل 8% والتصاريف (1000 - 1800) م³/ثا تشكل 2% من التصاريف السنوية في نهر دجلة داخل مدينة الموصل.

موقع الدراسة:

يتمثل موقع الدراسة بمقطع طولي لنهر دجلة مقدم الجسر الثالث في مدينة الموصل والمعروف بكورنيش الغابات، يبلغ طول المقطع الطولي لنهر دجلة في منطقة الدراسة 4192 م، كما يمتاز الموقع بوجود ثلاث جزر في منتصف مجرى النهر تسبب تغير في خصائص نهر دجلة الهيدروليكية في منطقة الدراسة. تم ترقيمها من أعلى مقدم الجريان إلى مؤخره بالأرقام (1 - 3) وأشهر هذه الجزر الجزيرة رقم 2 والمعروفة بجزيرة أم الربيعين السياحية لوجود منشآت سياحية عليها وكما مبين في الشكل (7). تبلغ مساحات هذه الجزر (13240 ، 124245 ، 173927) م² للجزر 1 و 2 و 3 على التوالي.

خطوات بناء النموذج الرياضي لمنطقة الدراسة:

يتطلب بناء النموذج الرياضي توفر بيانات DEM لقعر النهر بالإضافة إلى بيان فضائي يستخدم في تحديد حدود النموذج لمنطقة الدراسة. تم اعتماد بيانات مسح مقاطع نهر دجلة في موقع الدراسة من قبل وزارة الموارد المائية (وزارة الموارد المائية ، 2009) في بناء النموذج وذلك بتحويلها إلى بيانات المنسوب الرقمي DEM باستخدام برنامج Global Mapper 11، بالاستفادة من أدوات نظم المعلومات الجغرافية GIS في نظام SMS10.1 تم تحديد حدود النموذج لمنطقة الدراسة وكما موضح في الشكل (7). لإكمال عملية تغذية النموذج بالبيانات المطلوبة لعملية المحاكاة الرياضية تم تقسيم المنطقة إلى شبكة الخلايا رباعية الشكل بتسعة عقد وكما موضح في الشكل (8). تم تغذية النموذج بمواصفات قعر النهر للطبقات الثلاث (الفعالة والمترسبة والأصلية)، ومن تحليل نماذج قعر النهر مختبرياً وجد أنها تصنف إلى خمسة أصناف من حبيبات مواد القعر، صنف بمعدل قطر (0.3 ملم) ويشكل 10% من مواد القعر، وصنف بمعدل قطر (0.8 ملم) ويشكل 25% من مواد القعر، وصنف بمعدل قطر (5 ملم) ويشكل 30% من مواد القعر، وصنف بمعدل قطر (10 ملم) ويشكل 20% من مواد قعر وصنف بمعدل قطر (20 ملم) ويشكل 15% من مواد القعر. تم تقسيم القعر إلى ثلاثة طبقات طبقة فعالة بسمك 20 سم وطبقة مترسبة بسمك 30 سم وطبقة أصلية بسمك 50 سم.



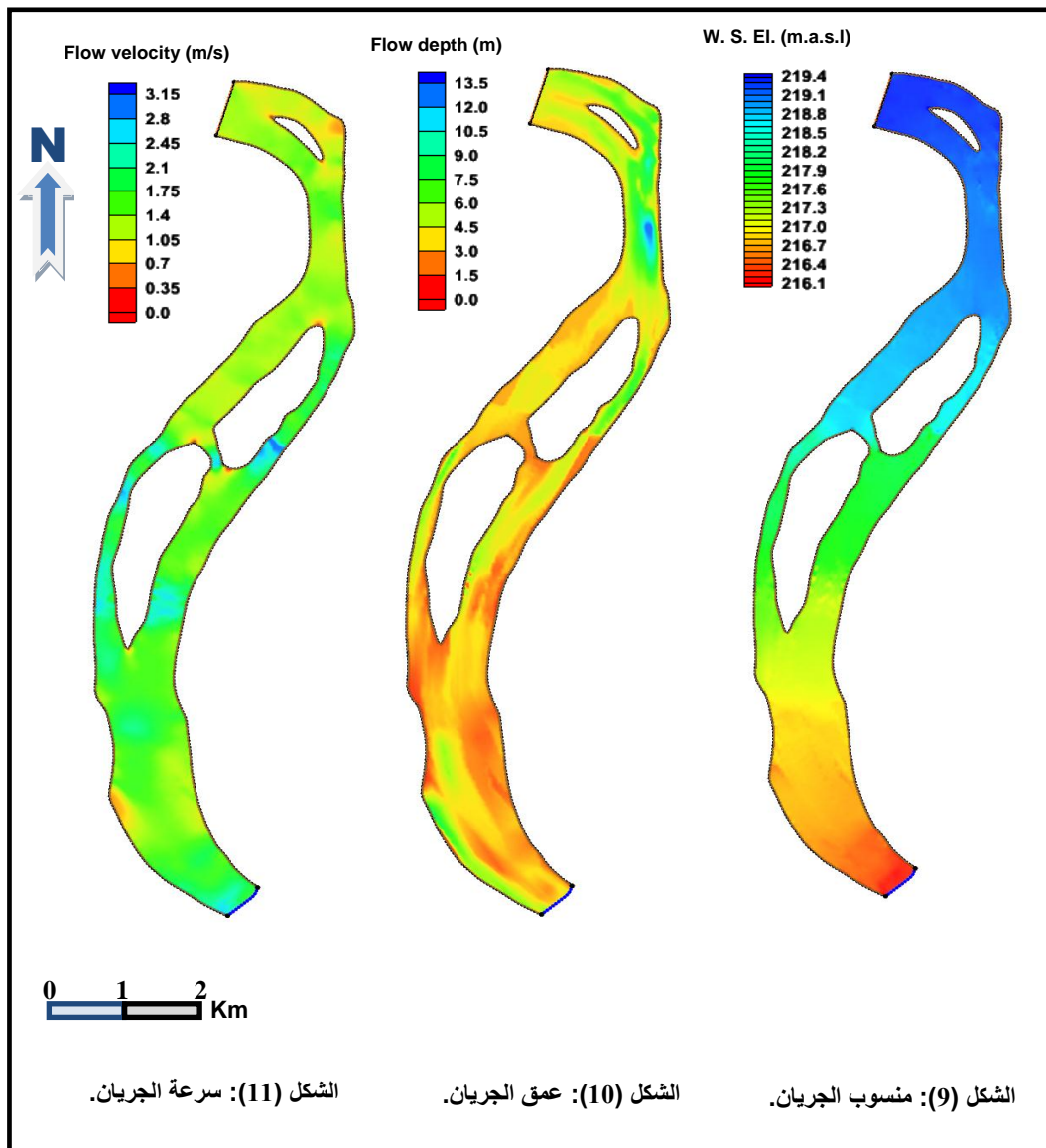
الشكل (8): شبكة الخلايا لمنطقة الدراسة.

الشكل (7): حدود منطقة الدراسة.

النتائج والمناقشة:

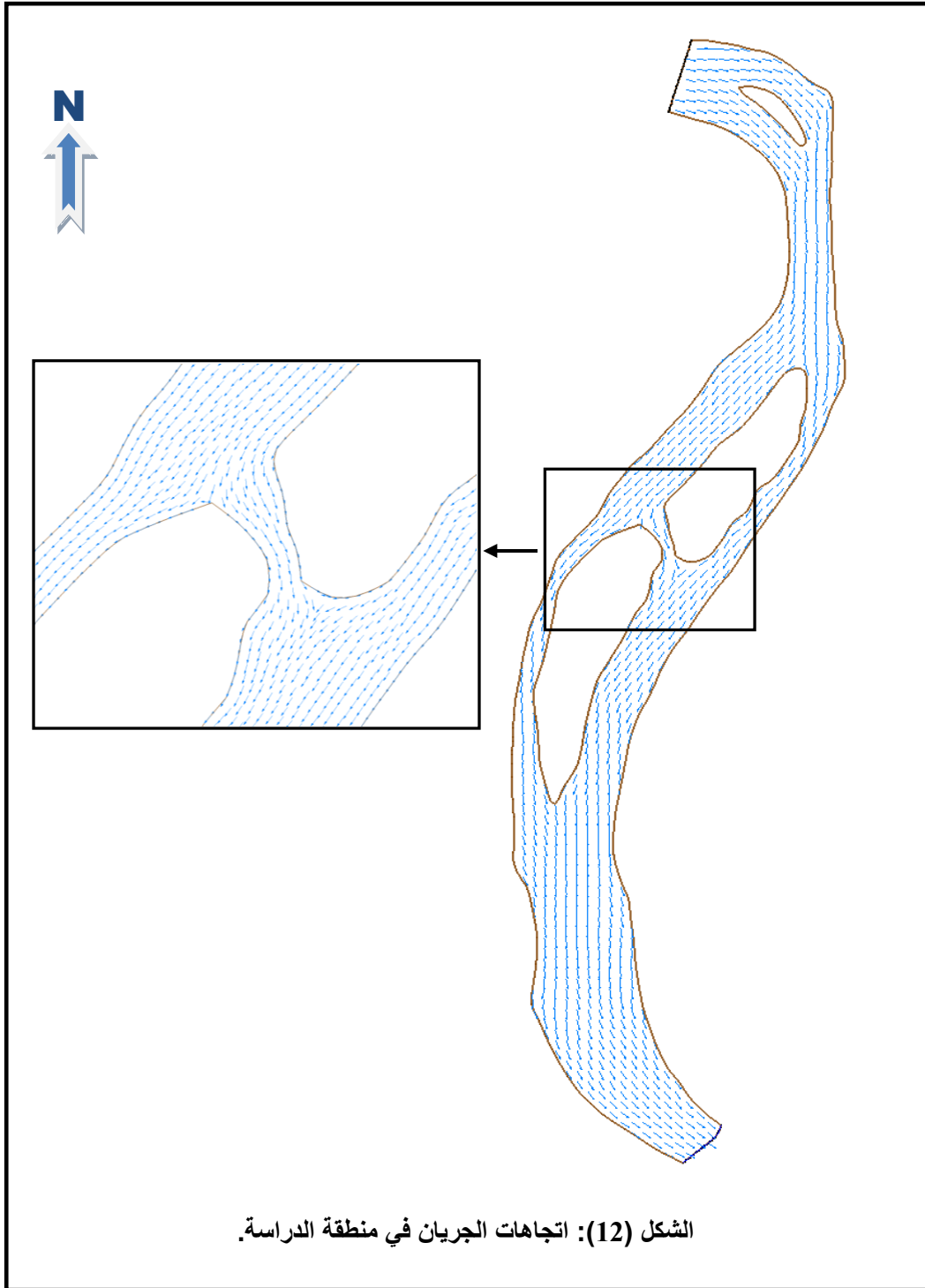
تم في البحث محاكاة جريان نهر دجلة في موقع الدراسة باستخدام نموذج FESWMS ضمن نظام WMS10.1 لعدة تصاريح فيضانية لنهر دجلة ولكون نتائج النموذج عبارة عن مجموعة من الخرائط الرقمية لذلك لا يمكن عرض خرائط كل التصاريح التي تم استخدامها في المحاكاة الرياضية في البحث، لذلك سوف يتم عرض نتائج احد التصاريح الفيضانية لنهر دجلة وهو التصريف 1000 م³ / ثا. يحلل النموذج FESWMS حركة الجريان للنهر هيدروديناميكياً بالاستفادة من معلومات قعر النهر (المنسوب وخصائص مواد القعر) والتي يستفاد منها في تحديد قيم معامل الخشونة لمانتك ضمن عقد الشرائح المحددة والتي تم توضيحها في الفقرات السابقة، وبعد محاكاة التصريف 1000 م³ / ثا حدد النموذج منسوب الماء في موقع الدراسة بشكل خريطة رقمية كنتورية وكما مبين في الشكل (9) حيث يلاحظ بان مناسيب نهر دجلة تتراوح بين (216.1م) مؤخر مقطع الجريان إلى 219.4م مقدم مقطع الجريان ، بينما يوضح الشكل (10) خريطة توزيع أعماق الجريان في نهر دجلة ضمن مقطع الدراسة حيث يلاحظ أن أعماق الجريان تتراوح بين (0 – 13.5)م وان الأعماق الأكثر شيوعاً تتراوح بين (1.5 – 6)م ضمن المقطع الطولي للجريان. يوضح الشكل (11) خريطة ثنائية الأبعاد لتوزيع سرعة الجريان في نهر دجلة في منطقة الدراسة حيث يلاحظ أن سرعة الجريان تتغير من نقطة لأخرى اعتماداً على عمق الجريان لكل عقدة في النموذج الرياضي لمنطقة الدراسة وان أعلى سرعة جريان هي 3.15 م/ثا للتصريف 1000 م³ / ثا. يمتاز نظام FESWMS بإمكانية تحليل ثنائي الأبعاد لاتجاهات الجريان في النهر هيدروديناميكياً بشكل خريطة رقمية

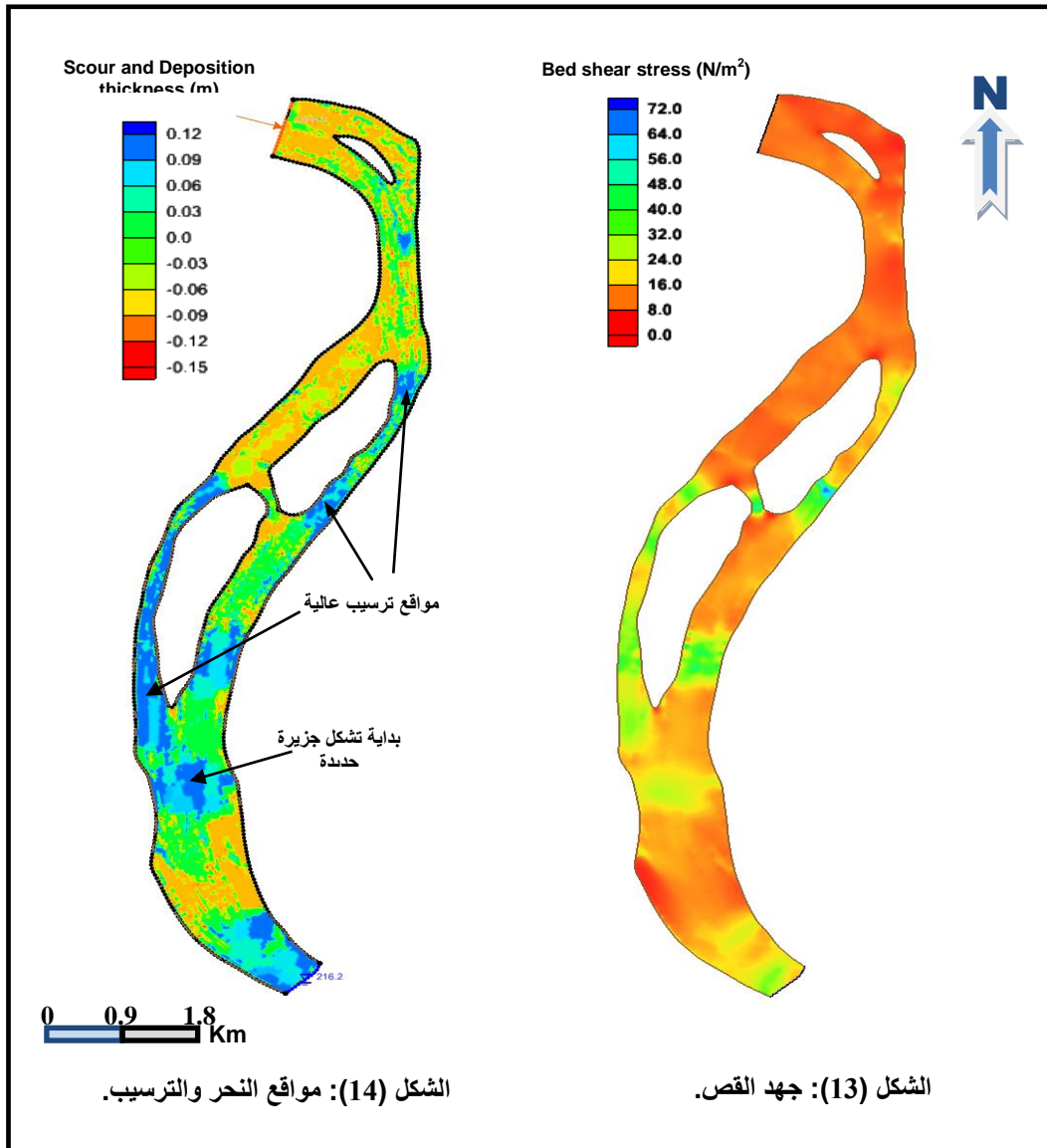
توضح اتجاهات الجريان في النهر وكما مبين في الشكل (12)، حيث يلاحظ من تحليل الشكل (12) أن وجود الجزرات في وسط نهر دجلة في منطقة الدراسة تسبب انشطار الجريان إلى جزأين يمين ويسار الجزر وكما يلاحظ أن جزء من الجريان في الجزء الأيمن يعود إلى الجزء الأيسر من الجريان من خلال الفجوة الواقعة بين الجزيرتين الكبيرتين أمام كورنيش الغابات في الساحل الأيسر لمدينة الموصل. يعتبر جهد القص احد العوامل المهمة في عمليتي النحر والترسيب التي تحدث في مجاري الأنهار باعتباره القوة الرئيسية المسببة لهاتين العمليتين داخل النهر لذلك يحسب نموذج FESWMS جهد القص ضمن شبكة العقد في النموذج الرياضي لمنطقة الدراسة والشكل (13) يوضح توزيع جهد القص بشكل خريطة رقمية ثنائية الأبعاد، حيث يلاحظ بان مدى جهد القص تراوح بين (0 – 72) نيوتن/م² لمنطقة الدراسة، ولمحاكاة نقل الرسوبيات في مجرى النهر يحسب النموذج FESWMS الحمل الرسوبي الكلي في النهر بالاعتماد على خصائص مواد القعر والجدول (1) يوضح الحمل الرسوبي الكلي للتصارييف التي تم محاكاتها في البحث.



تم في البحث محاكاة حركة وتوزيع الرسوبيات في موقع الدراسة والشكل (14) يوضح مواقع النحر والترسيب في مجرى نهر دجلة عند موقع الدراسة حيث يلاحظ أن أعلى معدل سمك للترسيب يتراوح بين (0 – 0.12)م كما يلاحظ من الشكل أن أعلى سمك للترسيب يقع على الجانب الأيمن من الجزيرة رقم 2 والمعروفة بجزيرة أم الربيعين وضة نهر دجلة اليسرى نسبة إلى اتجاه الجريان في النهر، كما يلاحظ زيادة سمك الترسيب في الممر بين الجزيرتين الكبيرتين في النهر وكذلك بين الضفة اليسرى للجزيرة رقم 3 والضفة اليمنى لنهر دجلة نسبة إلى اتجاه الجريان في النهر، بينما يوضح الشكل (15) العلاقة بين التصريف والحمل الرسوبي الكلي في النهر لمدى تصارييف من (200 – 1000) م³/ثا والتي تم محاكاتها في البحث. وقد تبين من تحليل توزيع الرسوبيات في مجرى نهر دجلة في منطقة الدراسة أن هنالك احتمالين لشكل نهر

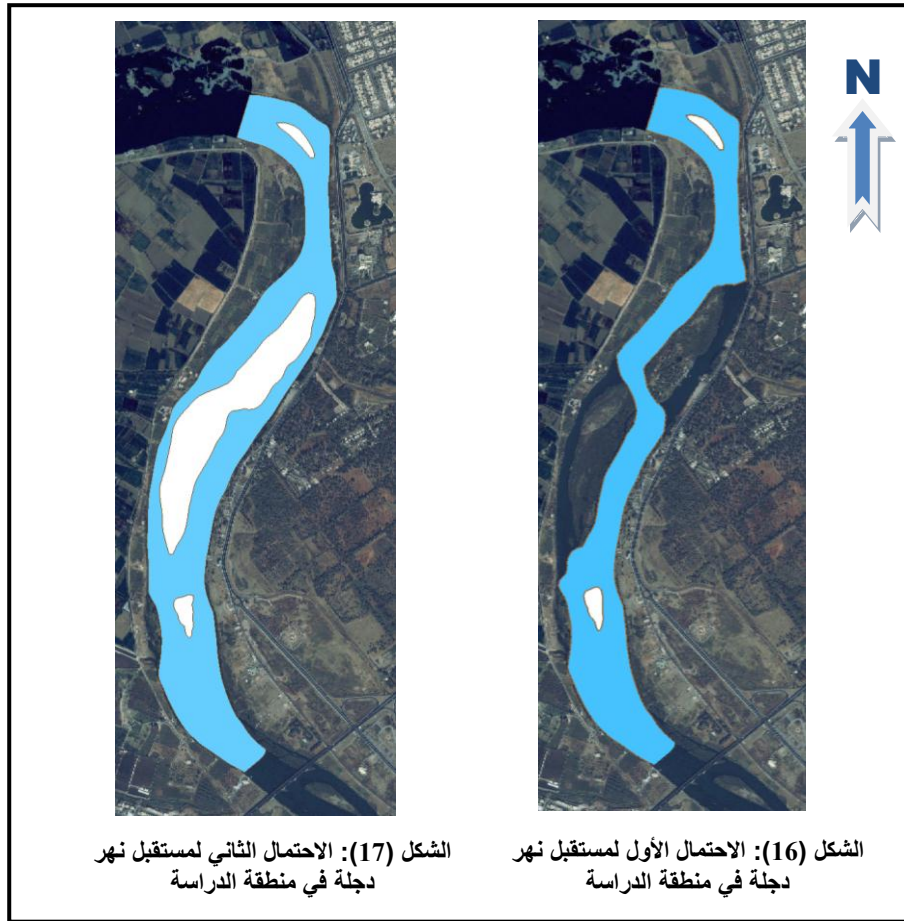
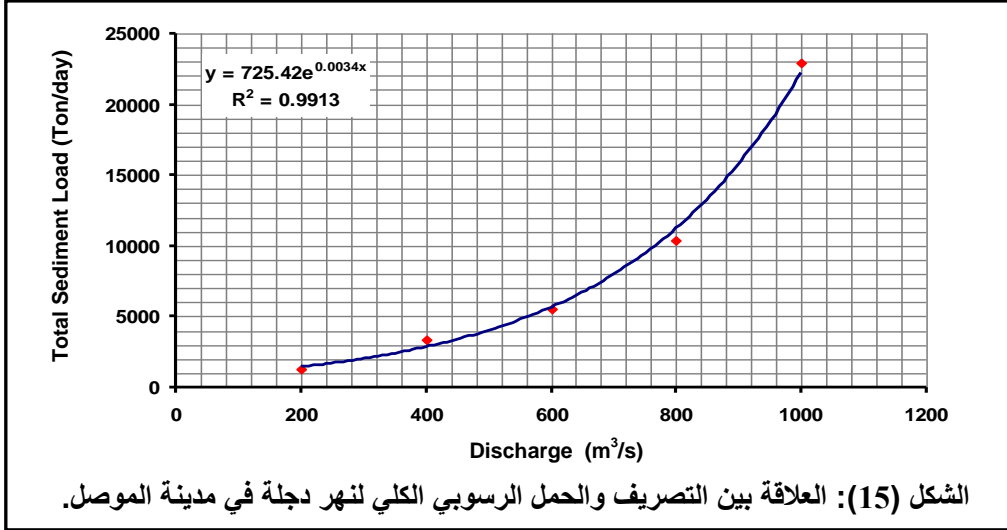
دجلة في منطقة الدراسة مستقبلاً، الاحتمال الأول أن يملئ مسار نهر جلة بين الجزيرة رقم 2 والضفة اليسرى لنهر دجلة بالسوبيات بحيث تلتقي الجزيرة رقم 2 بالضفة اليسرى لنهر دجلة وتصبح جزءاً منها بالإضافة إلى أن يملئ مسار نهر دجلة بين الجزيرة رقم 3 والضفة اليمنى لنهر دجلة بالسوبيات بحيث تلتقي الجزيرة رقم 3 مع الضفة اليمنى من نهر دجلة وتصبح جزءاً منها وبالتالي فان تصارييف نهر دجلة سوف تمر عبر الممر بين الجزيرتين رقم 2 ورقم 3 وكما مبين في الشكل (16). الاحتمال الثاني أن يملئ مسار نهر دجلة بين الجزيرتين رقم 2 ورقم 3 بالسوبيات بحيث تلتقي كلا الجزيرتين وتصبح جزيرة واحدة وكما مبين في الشكل (17)، كلا الاحتمالين قائمين ولكن احتمالية قوة حدوث أي منها يعتمد على تذبذب التصارييف في نهر دجلة وتغير قوى النحر والترسيب في مجرى النهر في منطقة الدراسة.





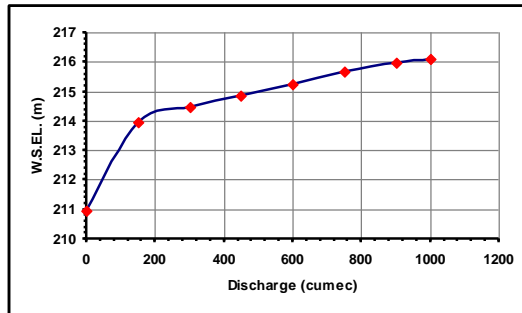
الجدول (1): الحمل الرسوبي لنهر دجلة في مدينة الموصل.

Q (m ³ /s)	Particle size (mm)					Total sediment load	
	0.3	0.8	5	10	20	Kg/s	Ton/day
200	5.6	7.1	1.75	0.57	0.2	15.22	1315
400	15	18	4	1.3	0.5	38.8	3352
600	25	30	6.1	2	0.78	63.88	5519
800	53	51	11	4	1.3	120.3	10393
1000	122	112	21	7	3	265	22896

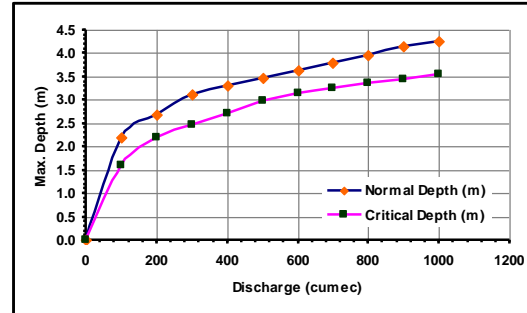


يمتاز النموذج بقدرته على تحليل أي مقطع على طول مقطع الجريان تحليلاً هيدروليكيًا، وقد تم تحليل المقطع مؤخر الجريان كنموذج للتحليل وذلك بإيجاد العلاقات بين التصريف والعمق الطبيعي و الحرج للجريان (الشكل 18) حيث يلاحظ أن للتصريف 1000 م³/ثا يبلغ العمق الطبيعي 4.26م والعمق الحرج له 3.54م بينما تبين من العلاقة بين التصريف ومنسوب سطح الماء (الشكل 19) أن منسوب سطح الماء يبلغ 216.1م للتصريف 1000 م³/ثا. يوضح (الشكل 20) العلاقة بين التصريف وعرض مقطع الجريان حيث تراوح عرض مقطع الجريان بين (88.7 – 267.2)م للتصريف (100 – 1000) م³/ثا. يوضح (الشكل 21) العلاقة بين التصريف ومعدل سرعة الجريان والسرعة الحرجة حيث يلاحظ أن معدل سرعة الجريان والسرعة الحرجة للتصريف 1000 م³/ثا تبلغ (2.26 – 3.62)م/ثا على التوالي، ويوضح (الشكل 22) العلاقة بين التصريف والمحيط المبتل حيث يبلغ المحيط المبتل (53.3 – 221.5)م للتصريف (100 – 1000)

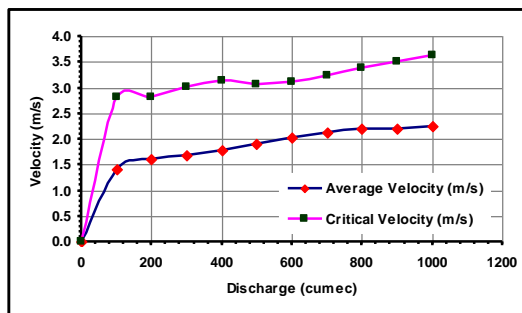
م³/ثا. يوضح (الشكل 23) العلاقة بين التصريف ومساحة مقطع الجريان حيث تراوحت مساحة مقطع الجريان بين (53.3 – 221.5) م² للتصارييف (100 – 1000) م³/ثا. يوضح الشكلين (24 و 25) العلاقة بين التصريف والميل الحرج والتصريف ورقم فرود على التوالي حيث تبين ان رقم فرود تراوح بين (0.73 – 0.67) للتصارييف (100 – 1000) م³/ثا.



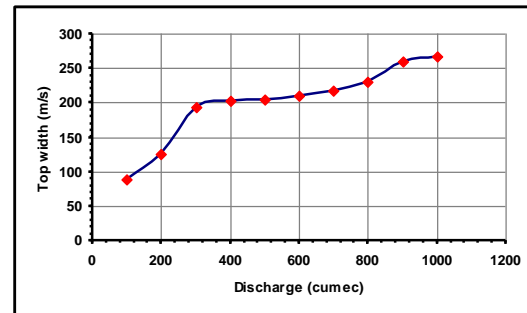
الشكل (19): العلاقة بين التصريف ومنسوب سطح الماء.



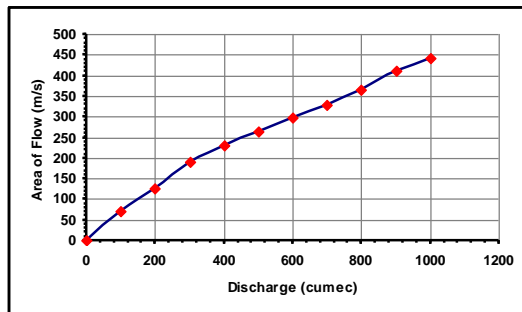
الشكل (18): العلاقة بين التصريف والعمق الطبيعي والحرج للجريان.



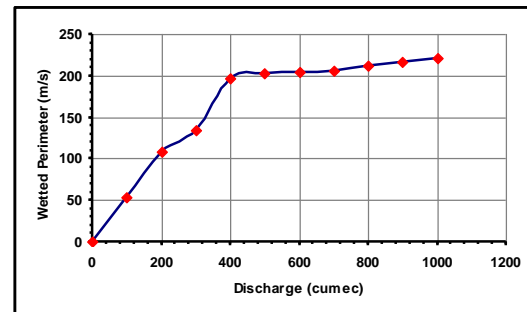
الشكل (21): العلاقة بين التصريف ومعدل سرعة الجريان والسرعة الحرجة.



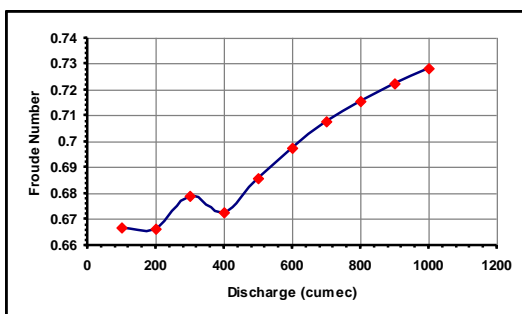
الشكل (20): العلاقة بين التصريف وعرض مقطع الجريان.



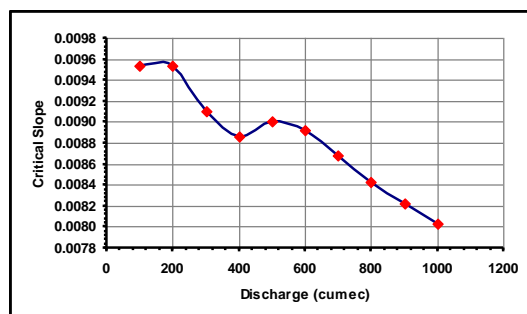
الشكل (23): العلاقة بين التصريف ومساحة مقطع الجريان.



الشكل (22): العلاقة بين التصريف والمحيط المبتل.



الشكل (25): العلاقة بين التصريف ورقم فرود.



الشكل (24): العلاقة بين التصريف والميل الحرج.

الاستنتاجات

تعتبر عملية التحليل الهيدروديناميكي للأنهار عملية معقدة لكثرة المتغيرات التي تدخل في التحليل وخصوصاً إذا شمل التحليل حركة الرسوبيات في مقطع النهر لذلك يعتبر النموذج الذي تم استخدامه في البحث ذو إمكانيات عالية نسبياً في معالجة هذا النوع من محاكاة الأنهار. تبين من نتائج البحث أن مقطع نهر دجلة في موقع الدراسة قد يتغير باحتمالين الأول أن تملئ الرسوبيات مسار نهر جلة بين الجزيرتين الكبيرتين (2 و 3) الضفة اليسرى واليمنى لنهر دجلة على التوالي ويصبحان جزأين من الضفة اليمنى واليسرى لنهر دجلة. الاحتمال الثاني أن يملئ مسار نهر دجلة بين الجزيرتين الكبيرتين بالرسوبيات بحيث تلتقي كلا الجزيرتين وتصبح جزيرة واحدة، بالإضافة إلى احتمالية تشكل جزر جديدة في مجرى النهر في موقع الدراسة بسبب تفاقم مشكلة الرسوبيات في النهر وتأثيرها على مورفولوجيا النهر في موقع الدراسة، لذلك يتطلب الحفاظ على مورفولوجيا النهر الحالية أعمال صيانة للنهر تشمل تنظيف الرسوبيات وإدامة مجرى النهر بشكل دوري وخصوصاً للحفاظ على جزيرة أم الربيعين كمعلم سياحي في مدينة الموصل.

المصادر

- 1-Garbrecht, J., Ogden, F, L, DeBarry, P, A., and Maidment, D, R., “GIS and Distributed Watershed Models. I: Data Coverages and Sources.” Journal of Hydrologic Engineering., ASCE, Vol. 6, No. 6, PP. 506-514, (2001).
- 2-Hossain M. Monowar & Rahman M. Lutfor. “Sediment transport functions and their evaluation using data from large alluvial rivers of Bangladesh”. IAHS Publ. no. 249, 1998.
- 3-Helmut M. Habersack. “Numerical sediment transport models theoretical and practical aspects” IAHS Publ. No. 249, 1998.
- 4-Aiwen Y. “Sediment transport at very high concentrations and movement behavior”. Journal of Environmental Hydrology. Vol. 4, 1996.
- 5-SMS (Surface Water Modeling System) reference manual, version 10.1.Brigham Young University, Engineering Graphical Laboratory, Provo, Utah. 2009.
- 6- Ogden, Garbrecht, DeBarry and Johnson., “GIS and Distributed Watershed Models. II: Modules, Interfaces, and Models” Journal of Hydrologic Engineering., ASCE, Vol. 6, No. 6, PP. 515-523, (2001).
- 7-Federal Highway Administration. FESWMS user manual .”Two-Dimensional Depth-averaged Flow and Sediment Transport Model” .Publication No. FHWA-RD-03-053. October 2003.
- 8- وزارة الموارد المائية. الهيئة العامة لصيانة مشاريع الري والبيزل. تقرير أعمال تهذيب نهر دجلة في مدينة الموصل. 2009.