

## محاكاة ظاهرة التوغل الملحي في نهر شط العرب - جنوب العراق

سامر عدنان الطائي<sup>1</sup>، وصادق سالم عبدالله<sup>1</sup>، وإياد عبد الجليل المهدي<sup>2</sup>

<sup>1</sup>قسم فيزياء المصببات والمياه البحرية، مركز علوم البحار، و<sup>2</sup>قسم الجغرافيا، كلية التربية للبنات، جامعة

الْبصرة، بْبصرة، العراق

Samer.adnan74@gmail.com

المستخلص. تعد ظاهرة التوغل الملحي في مياه نهر شط العرب إشكالية كبيرة تترك آثاراً تتعدى الأضرار البيئية إلى الواقع الاقتصادي والاجتماعي على مدينة البصرة انطلاقاً من كون هذا النهر شريان هذه المدينة ورنتها المائية، وتكمن أهمية هذه الدراسة من خلال إسهام مخرجاتها البحثية على اتخاذ قرارات وتقديم توصيات وحلول تعاضد حلحلة هذه الأزمة ورفع آثارها. وللتحقيق في هذه الأزمة عملياً واعتماد قياسات علمية دقيقة تمت الاستعانة ببرنامج Mike11 من خلال تفعيل بعد واحد فيه لمحاكاة عملية توغل الأملاح البحرية من الجهة الشمالية للخليج العربي إلى داخل مصب هذا النهر الحيوي، عبر ظاهرة المد والجزر. فتم ضبط اعداد هذا البرنامج وتفعيله لمدة (سنة أشهر)، كما تم اعتماد سيناريوهات مختلفة لتغطي مجموعة قيم تصارييف المياه العذبة المجهزة لهذا النهر، مثل: (10 م<sup>3</sup>/ث)، و(50 م<sup>3</sup>/ث)، و(100 م<sup>3</sup>/ث) في ظل ظروف تم على اساسها اعتبار (نهر الكارون) - أحد الانهر المغذية لنهر شط العرب- مغلقاً. وقد تم استحصال نتائج واعدة تؤشر بأن عملية التوغل الملحي تستغرق أربعة أشهر تقريباً لتنتقل من شمال غرب الخليج العربي إلى مركز مدينة البصرة، وتسجل - عندها- قيمة ملحية تصل إلى (12غم/لتر) في حال كون القيم التصريفية المجهزة في حدود (10 م<sup>3</sup>/ث)، بينما تتراوح معدلات قيم الملوحة (2.2-2غم/لتر) في البصرة و(6-7غم/لتر) في محطة (السيبة) وذلك عند تجهيز تصريف قدره (50 م<sup>3</sup>/ث). وفي حال تجهيز المياه العذبة لنهر شط العرب عند قيم تصريفية تصل إلى (100 م<sup>3</sup>/ث) انخفضت - عندها- قيم الأملاح لتصل إلى (4غم/لتر) عند محطة (الفاو) في حالة الجزر من الدورة المدية. وأهم مخرجات هذه البيانات هي استنتاج مفاده: أن توغل الأملاح البحرية إلى مسافة أطول في داخل النهر يعتمد بشكل أساسي على الطور المدي؛ (حالة الطور الفيضي تأثيره أكبر من حالة الطور المحاقي) وتجهيز النهر بالمياه العذبة.

الكلمات المفتاحية: توغل الأملاح، المحاكاة، mike11، تصريف المياه العذبة، مصب نهر شط العرب.

## 1. المقدمة

تتعرض الأنهار المرتبطة بالبحار إلى تأثير طاقتين؛ أولهما: تصريف المياه العذبة المتدفقة من اليابسة، والثانيهما: ظاهرة المد والجزر القادمة من البحر. وتتبادل الأدوار بينهما وفقاً لقيمة تصريف المياه العذبة؛ إذ تندفع المياه العذبة باتجاه البحر عندما تكون كمية التصريف كبيرة بينما يحدث العكس فتتوغل الأملاح عندما تنخفض كمية التصريف مسببة تغييراً في نوعية مياهه، لاسيما في منطقة المصب؛ كون هذه المنطقة أقرب لتأثير المياه البحرية أكثر من تأثير تصريف المياه العذبة القادمة من أعلى النهر [Cai et al., 2015; Al-Taei et al., 2014].

ولأهمية مناطق المصببات اقتصادياً وصناعياً وبيئياً في العالم يعد موضوع توغل الأملاح ظاهرة علمية كونه أكثر الموضوعات اشتغالا وبحثاً من لدن المنظمات والمراكز البحثية. فالخصائص الهيدروديناميكية للأنهار المدية ناتجة من التداخل بين عمليات تصريف مياه النهر من منابعها العذبة وظاهرة المد البحري المالح، حيث ينتج عنه بعض الإشكاليات المؤثرة مثل: الفيضانات أو توغل الأملاح [Grass and Savenije, 2008; Vongvisessomjai and Catanantavet, 2006].

فظاهرة توغل الأملاح القادمة من البحار باتجاه الأنهار العذبة المتصلة بها على نحو مباشر عبر ما يدعى بـ (المصببات) من خلال ظاهرة الانتقال الطولي

لهي أكثر تأثراً بكميات تصريف المياه العذبة، كما ان ديناميكية التوغل فيها تكون عبر (ظاهرة الانتشار) بخلاف ما هو عليه الحال كـ(ظاهرة انتقال موجة مدية) [Leblond, 1978; Gong and Shen, 2011; Al-Taei et al., 2014].

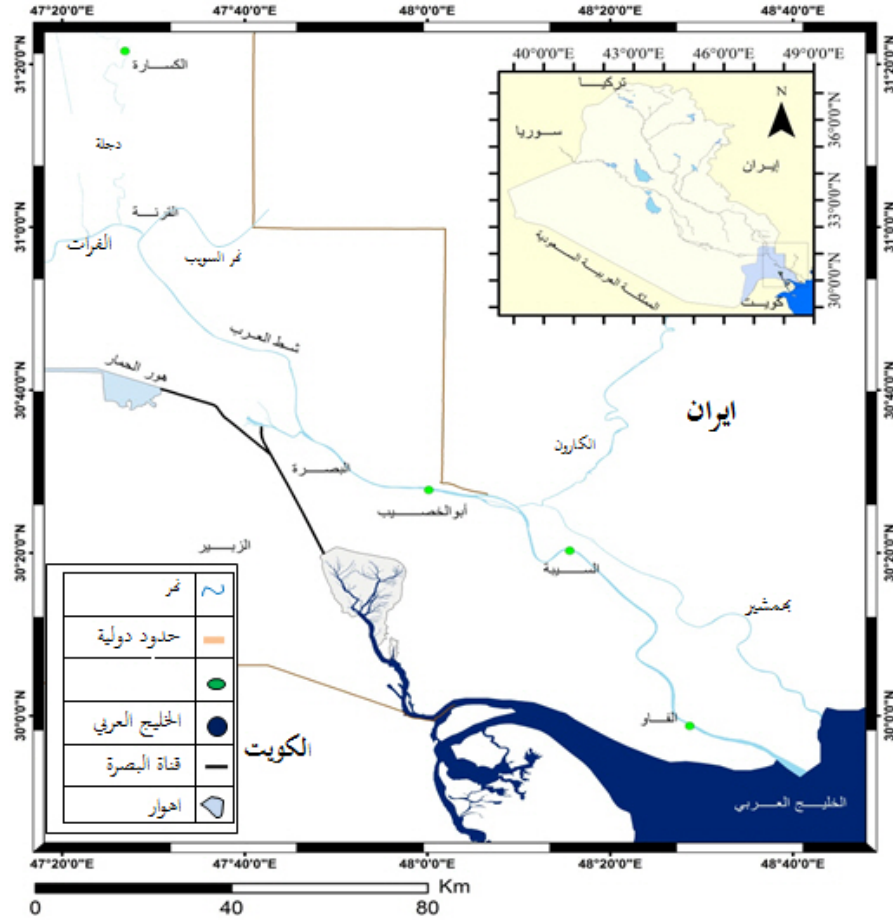
من هنا جاءت هذه الدراسة لتضع تصوراً خاصاً حول عملية توغل الأملاح خلال مياه شط العرب على شكل موديل رياضي يمكن التنبؤ من خلاله بمعرفة الفترة الزمنية التي تحتاجها الأملاح ومقدار قيمها للوصول إلى مركز مدينة البصرة.

### 1-1 منطقة الدراسة

يتكون نهر شط العرب من التقاء نهري دجلة والفرات عند مدينة القرنة ويجري بعد ذلك بالاتجاه الجنوبي الشرقي ولمسافة (204 كم) لتصب مياهه في شمال الخليج العربي جنوب مدينة الفاو، ليكون له مصباً يدعى (مصب شط العرب) كما في الشكل 1.

يعد نهر شط العرب من الأنهار المدية [عبد الله، 1990]؛ وذلك لتأثره بظاهرة المد والجزر القادمة من الخليج العربي. كما ان نوع المد والجزر فيه هو من النوع المختلط - السائد نصف اليومي [Abdullah, 2002].

يتموضع شط العرب جغرافياً في منطقة تتميز بمناخ شبه جاف يتصف بارتفاع درجات الحرارة صيفاً وانخفاضها شتاءً، ما جعله يتسم بشحة الامطار وارتفاع معدلات التبخر، وهذه الظروف تتسحب بشكل جلي على هيدرولوجية النهر [المحمود، 2011] الذي يبلغ معدل عرضه (400 متر) وتتراوح اعماقه بين (8 - 15 متر).



شكل 1. منطقة الدراسة.

عند مدينة الفاو (2.1 متر) تقريباً [مركز علوم البحار، 2014] وتبادل الطاقتان المتدافعتان الادوار وفقاً لقوة ومقدار كل طاقة على حساب الأخرى، لكن تاريخياً وخلال العقود الماضية كانت الهيمنة لصالح طاقة التصريف فكان لها الدور الأساس في تحرك عجلة المياه لصالحها وخلف ذلك مخرجات تتناسب وطبيعة هذه القوة من فيضانات وترسيبات ونمو دلتا مصب شط العرب. إلا أن الوقت الحالي شهد تبديلاً في الادوار لصالح قوة التدافع البحري القادمة من الأسفل بتأثر

فتتأثر هيدروديناميكية جريان المياه في نهر شط العرب بطاقتي المد والجزر المتعاكستين، تتمثل الأولى بالطاقة التصريفية الدافعة للمياه العذبة القادمة من روافد النهر العليا (دجلة، الفرات) حيث تقدر كمية التصريف عندها بأكثر من (1000م<sup>3</sup>/ث) في ستينات القرن الماضي لتصل في الوقت الحاضر إلى (50م<sup>3</sup>/ث) فقط [وزارة الموارد المائية، 2016]، اما الطاقة الأخرى فهي طاقة المد البحري المعاكسة والقادمة من أسفل النهر حيث يبلغ مدى المد والجزر

قبل جهة دانماركية مانحة (DANIDA) إلى مركز علوم البحار-جامعة البصرة، ويمكن من خلاله الحصول على صيغ تحاكي سرعة التيارات ونوعية المياه ونقل الرواسب في الأنهار والمصببات وغيرها من الممرات المائية.

يعتمد النموذج ذو البعد الواحد ID على معادلات سانت-فينانت (Saint-Venant) التفاضلية غير الخطية المعتمدة على الزمن والمعرفة بمعادلات الاستمرارية والحركة والانتشار وعلى النحو التالي:

معادلة الاستمرارية:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

معادلة الحركة:

$$\alpha \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{Q|Q|}{C^2RA} = 0 \quad (2)$$

ومنها يمكن إيجاد معادلة الانتشار

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left( AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2q \quad (3)$$

إذ إن:

$h$ =العمق،  $g$ =التعجيل الأرضي،  $t$ =الزمن،  $x$ = اتجاه الجريان،  $Q$ =التصريف،  $R$ = نصف القطر الهيدروليكي،  $C$ = عامل شيزي،  $\beta$ ،  $\gamma$ = دوال تعتمد على التصريف،  $K$ = الاستيعاب conveyance.

والنموذج أعلاه يقوم بإيجاد صيغ توزيع مناسب للمياه والسرعة والتصريف وفقاً للوقت في المقطع العرضي، أما مقدار توزيع الملوحة على طول الممر

انخفاض قوة التصريف ما أدى إلى تغلب طاقة المد، ونتج عن ذلك حدوث إشكالات ملازمة لقوة المد تتمثل في ازدياد طاقة الأمواج عند رأس المصب في مدخل النهر عند مدينة الفاو، وما يرافقها من عمليات تعرية في دلتا النهر هذا بالإضافة إلى التأثير السلبي على نوعية المياه بسبب توغل اللسان الملحي الزاحف من الخليج العربي إلى أعلى النهر بشكل مباشر. هذا وتعد الدراسات الخاصة بموضوع المحاكاة الهيدروديناميكية لنهر شط العرب وفقاً للتأثير المتبادل بين التصريف والتأثير المدي قليلاً جداً قياساً بحجم هذه الاشكالية المتعاظمة حيث قدمت شركة [GESD et al., 1981] البولونية دراسة بينت فيها ان توغل الأملاح من الخليج العربي يصل إلى مسافة (30 كم) أعلى النهر بوجود تصريف مياه عذبة من الأعلى يبلغ مقداره (100 م<sup>3</sup>/ث). بينما قدم ائتلاف شركات إيطالية [CSED et al., 2012] دراسة أقر فيها بوجود زيادة واضحة في قيم الأملاح تتناسب عكسياً مع انخفاض قيم تصاريف المياه العذبة، ولكن لم تتفق الدراسات بمصدرية الأملاح، هل هو الخليج العربي أو مصادر أخرى، ولكن ارتفاع تراكيز ملوحة مياه النهر يعود إلى مصادر متنوعة.

## 2- النموذج الرياضي

Mike11 هو عبارة عن حزمة برنامج قد طور من قبل معهد الهيدرولكس الدنماركي (Danish Hydraulic institute (DHI) تم الحصول عليها من

2- استخدام برنامج المحاكاة Mike11 ذو البعد الواحد والمصمم من قبل معهد (الهيدرولكس) الدنماركي (DHI).

3- استخدمت بيانات المد والجزر (الارتفاعات والانخفاضات) للفترة من 1-1-2015 وإلى 31-12-2017 أعتامداً من جداول المد والجزر الصادرة من الشركة العامة لموانئ العراق.

استدخلت - أيضاً- صورة جوية لمنطقة الدراسة إلى برنامج Mike11 لتكون أكثر موائمة للحالة الواقعية عندما اكتسبت الوضع الجغرافي لها وذلك وفقاً للإحداثيات الجغرافية وتكون لها صورة على شكل شبكة (grid) كما في شكل 2، إذ تم تمثيل النهر بمجموعة من النقاط ، تبدأ النقطة الأولى في اعلى النهر (upstream) وكانت قيمتها (صفرًا) وتسمى ضمن البرنامج (chainage 0.0) وهكذا يمكن استحصال بعد النقاط التي تليها من خلال موقع هذه النقطة، ومعرفة عدد وبعد النقاط التي تم ادراجها وفقاً لطول النهر وخلال ذلك يمكن تغطيته بالشكل الملائم للمحاكاة، إضافة إلى ذلك تم استخدام الطريقة ذاتها على بعض الأنهار المرتبطة بشط العرب، مثل: نهر الكارون، والقسم الغربي من شط العرب الذي يحاذي جزيرة (أم الرصاص) وجزء من (نهر الكرمة) لتكون المحاكاة بشكل دقيق.

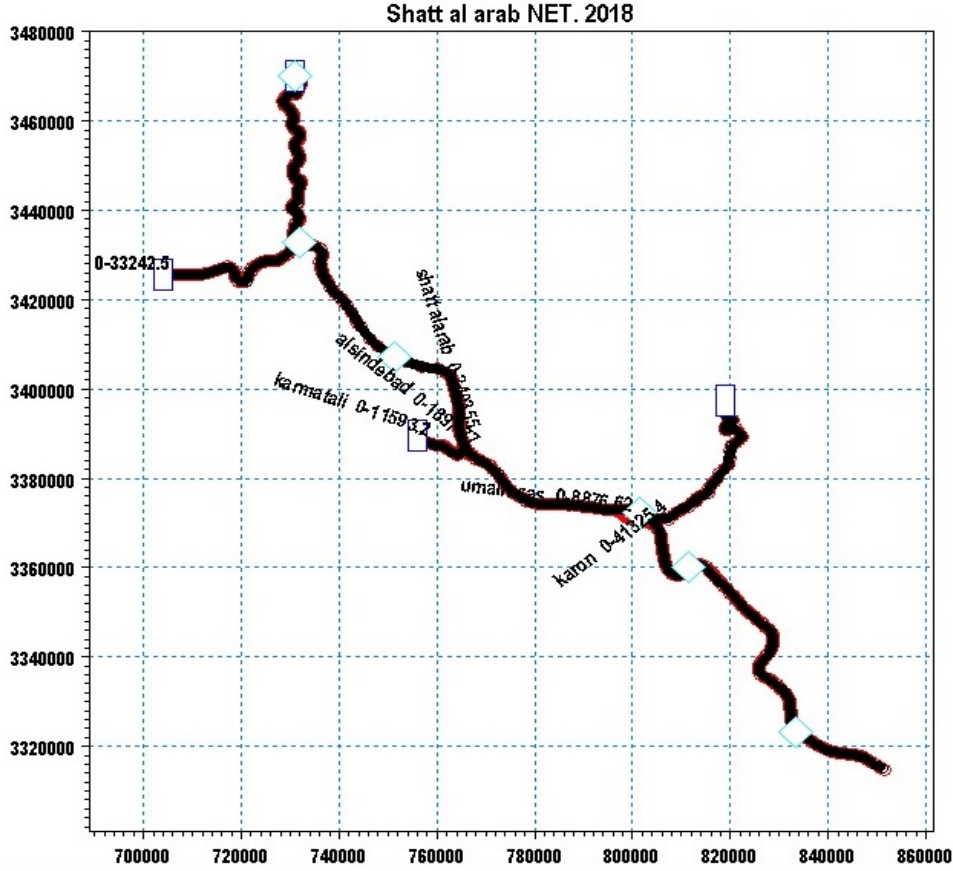
المائي فيمكن إيجادها بعد معرفة المتغيرات الهيدروليكية وتوزيعها [DHI, 2007].

### 3- طرائق العمل

العمل الميداني: تضمنت القياسات الحقلية قياس مقدار التصريف، وسرعة التيارات واتجاهها في عدة محطات هي: (البصرة، والسيبة، والفاو) كما في شكل 1، موزعة على طول النهر، حيث تمثل كل محطة شكل مقطع عرضي، كما تم قياس مقدار قيم الملوحة لمقطع النهر ولأعماق عدة، ممثلة في الجدول أدناه. واستخدم لقياس التصريف جهاز نوع (ADCP Acoustic Doppler Current Profiler, Teledyne, Co. USA) وجهاز قياس الخصائص الفيزيائية (Lovibond Multimeter نوع (Senso Direct 150)) بشكل مباشر بالعمل الميداني وجمعت عينات خلال الدورة المدية والبالغة (25 ساعة) وأجري فحصها في مختبرات مركز علوم البحار/جامعة البصرة بجهاز (Digital Salinometer E-202, OGAWA SEIKI) (Co. LTD., Tokyo, Japan) لإيجاد مقدار قيم الملوحة.

### العمل المكتبي:

1- استخدمت البيانات الخاصة بالمسح الطبوغرافي والباثيمتري لنهر شط العرب من قبل مكتب الاستشارات البحرية في مركز علوم البحار/جامعة البصرة خلال السنوات 1998-2015م.

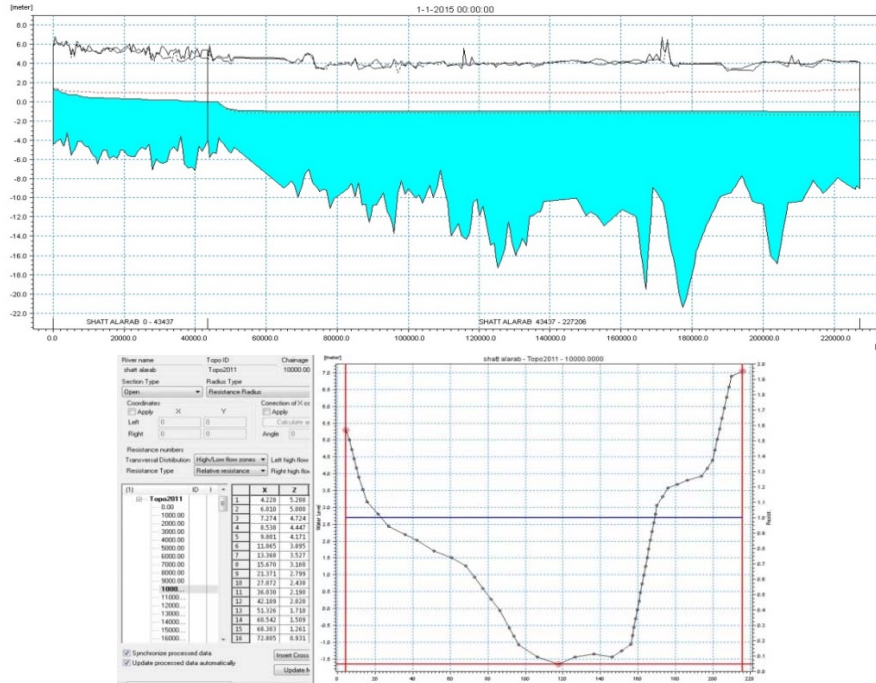


شكل 2. شبكة النموذج الرياضي لمنطقة الدراسة وفق الإحداثيات الجغرافية.

كبيرة في الأعماق على طول مسار النهر، فقد سجل أكبر عمق له وهو (20 متراً) في موقع حدد على بعد (120,000 كم) من أعلى النهر، كما أن هناك أعماق تصل إلى (18 متراً)، في نقطة تبعد (117,000 كم)، إلا أن أقل عمق تم تسجيله هو (6 أمتار) في الموقع (5000 كم).

حيث يعتبر قاع النهر من الأشكال المعقدة في انحدار القاع، والتي تعمل على إعاقة التيارات الداخلة والنهيات كونه ليس له انحدار ثابت على طول النهر.

شكل 3 يوضح المقطع الطولي لشط العرب وفقاً للطبيعة البانثرمترية للنهر. أما المقاطع العرضية للنهر على طول (290 كم) فهي في كثير من الأماكن غير موجودة في الشكل حيث يبدو أن معدل عرضها (400 متر) وبمعدل مقدمة (90 متراً)، وهذا ما يقود ب - الاتحاد - عبر نموذج رياضي تحليلي ذي بعد واحد لتمثيل هذه الأبعاد بيانياً على نهر شط العرب، فتبين أن معدل العمق للنهر هو (8 أمتار) وفقاً لمستوى سطح البحر، إلا أن ما يلاحظ هو وقوع اختلافات



شكل 3. مقطع عرض طولي لقاع نهر شط العرب.

### ثانياً: أسفل النهر (المقتربات السفلى)

وهي عبارة عن متسلسلة زمنية لمدة ما (عدة سنوات) تبين مسار الانخفاضات والارتفاعات لمستوى سطح المياه عند (رأس البيشة) أسفل النهر الناتجة عن تأثير ظاهرة المد والجزر في هذه المنطقة، حيث تتصل هذه الظاهرة بالخليج العربي عبر خليج عمان عن طريق مضيق هرمز (شكل 4).

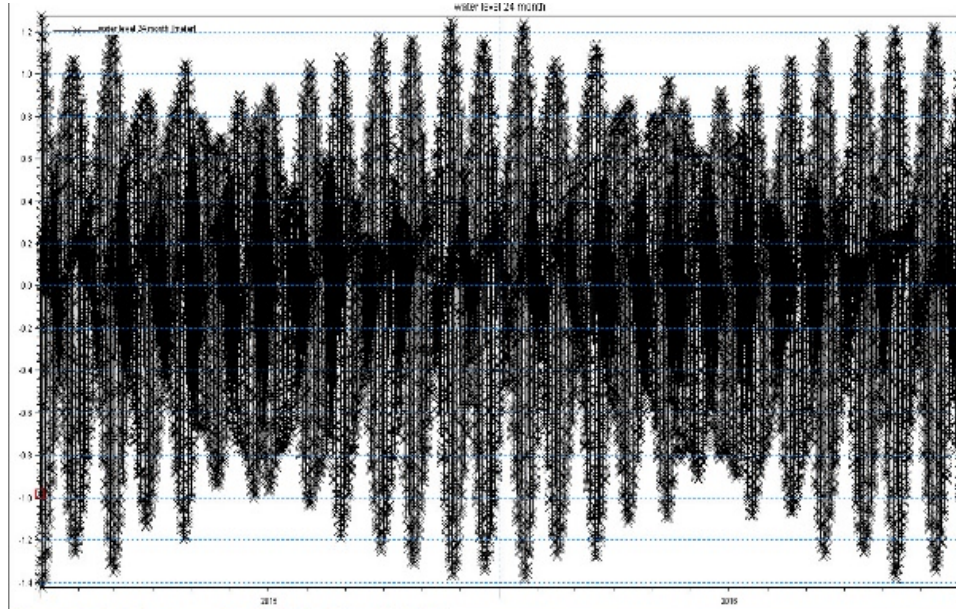
فقد تم إدخال المتغيرين الرئيسيين وهما الملوحة في أول نقطة بالموديل بمقدار (1,5غم/لتر) والملوحة في المقطع الأخير (في نهاية المنخفض) وهي (38 غم/لتر).

### 1-3 الشروط الحدية Boundary Conditions

اعتمدت - في هذه الدراسة - اختبارات الشروط الحدية للدورات وفقاً للبيانات المتوفرة التي بني عليها هذا البحث حيث تتطلب مثل هذه الموديلات بعض المتغيرات في الحدود المفتوحة للنهر والمقتربات العليا والسفلى.

#### أولاً: أعلى النهر (المقتربات العليا)

وقع الاختيار - جغرافياً- لتحديد عينة البحث محل الأشتغال على تصريف المياه العذبة القادمة من نهر دجلة من خلال (ناظم الكسارة) التي تعد مصدراً رئيساً في الآونة الأخيرة لتجهيز نهر شط العرب بالمياه العذبة، حيث تم اعتماد القيمة (50 م<sup>3</sup>/ث).



شكل 4. سلسلة زمنية لارتفاعات المياه البحرية (المد والجزر) عند ملتقى الخليج العربي-الفاو.

بعد اعتماد النموذج الهيدروديناميكي للنهر

والذي تم استنتاجه من محاكاة البرنامج للمتغيرين الرئيسيين وهما الملوحة في أول نقطة وتقدر (1,5 غم/لتر) والملوحة في المقطع الأخير (في نهاية المنخفض) والتي قدرت بـ (38غم/ لتر)، أما تأثير العامل الثاني وهو ظاهرة المد والجزر، والتي مثلت بالمتغيرات اليومية لمناسيب المياه في المقطع الأخير للنهر ولمدة سنة كاملة، فيبين شكل 5 مقدار تطابق النتائج الرياضية مع القيم المقاسة للتصريف ولدورة مدية كاملة (13 ساعة) ليوم 20 / 9 / 2017م في محطة القياس المعتمدة (السبية).

#### 4- المعايرة والتحقق للنموذج

تمت عملية المعايرة من خلال رفع بعض قيم أعماق الأنهار لحركة المياه في الأسفل، وخاصة التشوهات في الأعماق لمقاطع محددة واقعة بين مقطعين متشابهين في العمل. ويتضح ذلك من خلال:

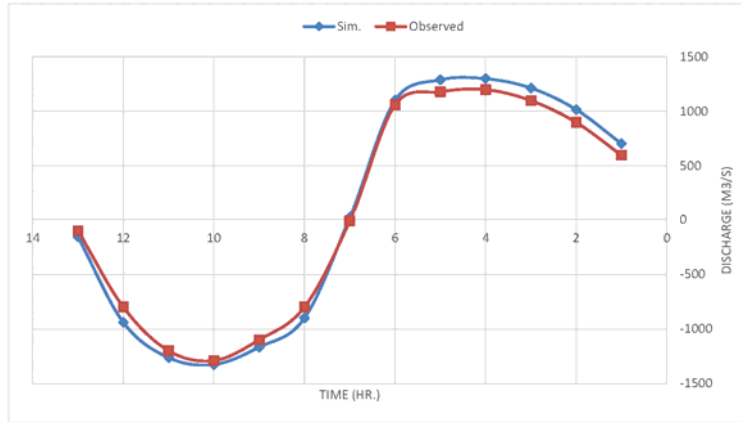
1- معامل خشونة القاع *Manning number*

إذ أجريت معايرة الأنموذج الرياضي على قيمة تتراوح بين (0.025 - 0.03) كونها قيمة مناسبة لمنطقة الدراسة.

2- تصاريف المياه *Discharge*

تمت مقارنة التصريف الحقيقي للنهر في منطقة البصرة مع قيمة التصريف الناتج عن الموديل، وقد تمت مطابقتهما لكامل عمل الموديل بالدقة المطلوبة.





شكل 5. تطابق نتائج المحاكاة والقياسات الميدانية للتصريف لمنطقة السببة في الطور الفيضي خلال دورة مدية كاملة ليوم 2017/9/20م.

أما في حال التصريف ( $50 \text{ م}^3/\text{ث}$ ) وبعد تشغيل البرنامج لمدة (3 أشهر) أظهرت نتائج المحاكاة من خلال شكل 7 أن نسبة الملوحة البحرية تصل إلى ( $14 \text{ غم/لتر}$ ) في نقطة ( $20 \text{ كم}$ ) أي في موقع يتجاوز منطقة (الدورة) أعلى النهر بأن ذلك من خلال الطور المدي المحاقي، في حين تتزايد نسبة الملوحة بالابتعاد إلى مسافة أكبر تقدر ( $25 \text{ كم}$ ) في حال الطور الفيضي (spring plase).

يظهر شكل 8 نتائج محاكاة السيناريو الأخير الذي اعتمد كمية المياه العذبة الواردة لنهر شط العرب التي تقدر ب ( $10 \text{ م}^3/\text{ث}$ ) وبعد تشغيل البرنامج لأطول فترة ممكنة وتقدر ب (4 أشهر) تصل الملوحة إلى مسافة ( $120 \text{ كم}$  تقريباً) في الطور المحاقي وإلى مسافة ( $130 \text{ كم}$  تقريباً) في الطور الفيضي.

### 3- النتائج والمحاكاة

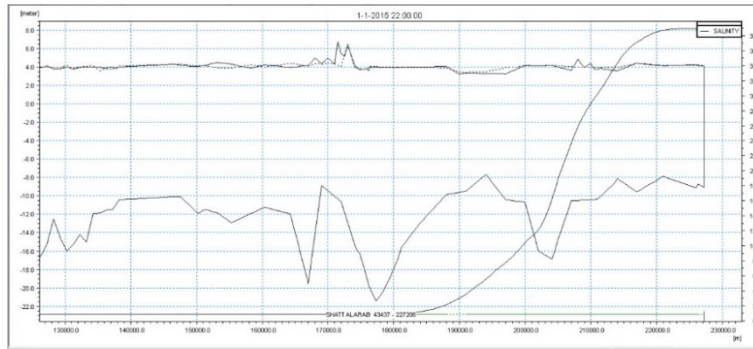
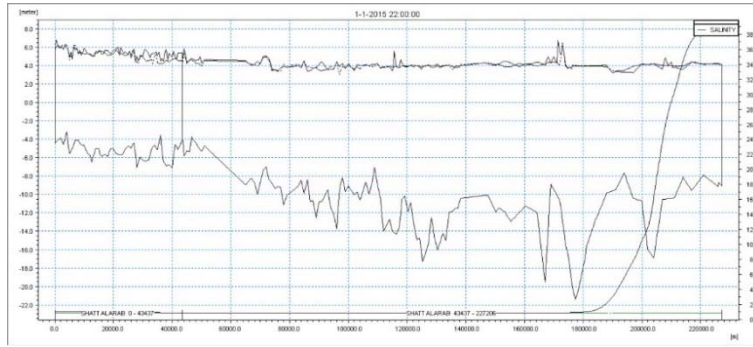
بعد تشغيل البرنامج لفترات زمنية متعددة بينت النتائج العلمية والتي تم توزيع الاحتماب فيها لقيم الملوحة مقارنة بالمسافة على طول النهر شط العرب في عدة أماكن مختارة (مثل: الفاو، والسببة، والبصرة) كالتالي:

(1) الاطلاع على النتائج بشكل تفصيلي يومي أو شهري (دورة مدية كاملة).

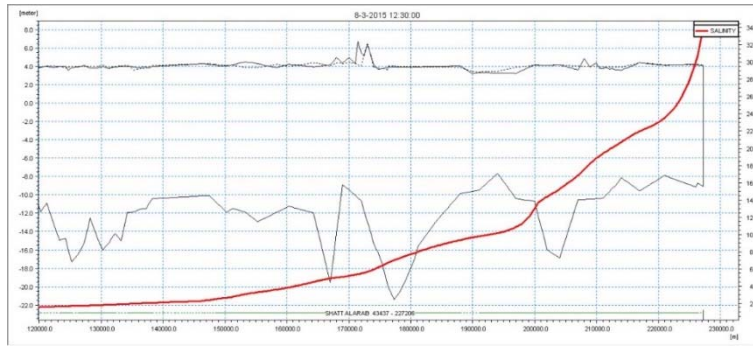
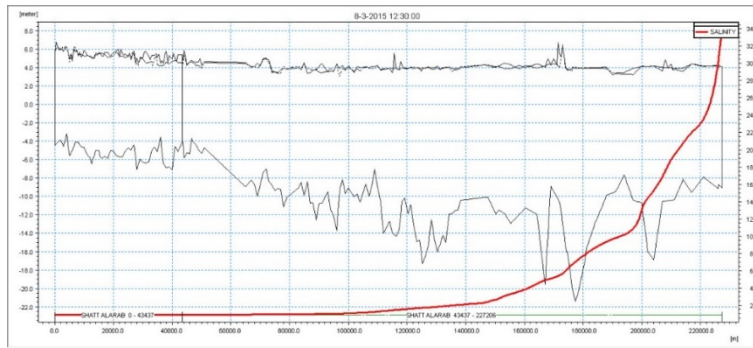
(2) معرفة كيفية تصريف الأملاح وفقاً لقيم التصاريف المدخلة إلى النموذج.

(3) إدراك أية قيمة تصريفية للنهر تتوغل الملوحة إلى المحطات أعلاه (الفاو، والسببة، والبصرة) وفقاً للفترة الزمنية المناسبة لكل تصريف.

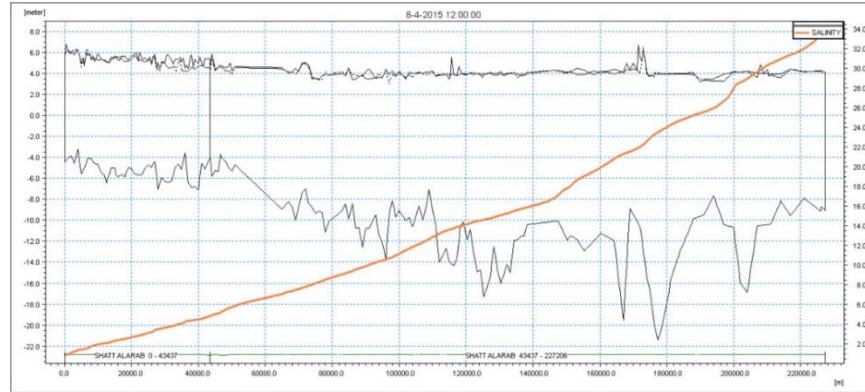
حيث أظهرت النتائج (كما في شكل 6) أن قيم تصريف المياه العذبة في أعالي منطقة الدراسة تصل إلى ( $100 \text{ م}^3/\text{ث}$ ).



شكل 6. محاكاة التصريف للمياه العذبة الواردة لنهر شط العرب.



شكل 7. محاكاة التصريف للمياه العذبة الواردة لنهر شط العرب بمقدار 50 م<sup>3</sup>/ث.



شكل 8. محاكاة التصريف للمياه العذبة الواردة لنهر شط العرب بمقدار 10 م<sup>3</sup>/ث.

حيث وصلت الأملاح البحرية إلى مسافة تقدر بـ (20 كم) أعلى النهر خلال فترة زمنية تقدر بـ (5 أيام) عندما يُجَهَّز النهر بتصريف يصل إلى (100 م<sup>3</sup>/ث)، ووصلت إلى مسافة (120 كم) عند مدينة البصرة بعد (120 يوماً) بسبب انخفاض التصريف دون (10 م<sup>3</sup>/ث)، وبقيمة ملحية كانت بحدود (12غم/لتر). أما عند التصريف الحالي والذي يقدر بـ (50 م<sup>3</sup>/ث) فتصل الأملاح البحرية إلى (45 كم) وتزداد تلك القيمة لتصل إلى (6 غم/لتر) عند محطة السببة بعد قضاء مدة (90 يوماً).

#### شكر وعرّفان

لا يسعنا إلا أن نقدم شكرنا وتقديرنا لـ (DANEDA) ووزارة الخارجية الدنيماركية لمنحها حزمة برامج MIKE لمركز علوم البحار-جامعة البصرة، والشكر موصول أيضاً إلى مديرية الموارد المائية في البصرة، وكادر مركز علوم البحار، على التعاون والمساعدة بالحصول على البيانات المطلوبة لإنجاز البحث.

#### 4- الاستنتاجات

- يعد برنامج Mike11 من الوسائل التكنولوجية الرائدة التي تعطي تصوراً علمياً دقيقاً وواضحاً حول مديات ونسب توغل الأملاح والذي تنصح الدراسة بالتعويل عليه، واعتماده كقاعدة بيانات تدرج فيه التغيرات المستقبلية للتنبؤ بمخارجاتها بالسرعة الممكنة؛ لاتخاذ القرارات والحلول المناسبة.
- إن Mike11 من البرمجيات الأكثر فاعلية في استخدامها للأنهار والقنوات المفتوحة من بقية النماذج الأخرى كونه يقدم بيانات دقيقة للمحاكاة الهيدروليكية والهيدرولوجية HD. Hydrodynamics ويشمل إضافات علمية واعدة منها عملية التوغل الملحي في الأنهار والمصبّات.

- اعتمدت الدراسة مقدار مسافة توغل الأملاح البحرية من الخليج العربي إلى داخل شط العرب وفقاً لسياق الزمن وكمية التصريف القادمة من أعلى النهر،

## ثانياً: المراجع الأجنبية

- Abdullah, Sadiq Salim** (2002). Analysis of tide wave in Shatt Al Arab Estuary, *Marina Mesopotamica*, **17**(2): 305-315.
- Al-Taei, S. A., Abdulla, S. S. and Lafta, A. A.** (2014). Longitudinal intrusion pattern of salinity in Shatt Al-Arab estuary and reasons. *JKAU: Mar. Sci.*, **25**(2): 205-221.
- Cai, H., Savenije H.G., Zuo S., Jiang C. and Chua, V. P.** (2015). A predictive model for salt intrusion in estuaries applied to the Yangtze estuary. *Journal of Hydrology*, **529**, Part 3:1336–1349.
- Center of Studies and Engineering Designs (CSED), Ministry of Water Resources, Republic of Iraq; Medingegneria; Studio Galli Ingegneria and El Concorde Construction** (2012). *Shatt Al-Arab Irrigation Project, Technical Report*, Vol. IX , Studies on salinity problems. p:255.
- Danish Hydraulic Institute, DHI** (2007). Mike11a modeling system for river channels. Short introduction tutorial. <http://www.dhigroup.com>.
- General Establishment for Studies and Designs (GESD) Ministry of Irrigation, Republic of Iraq; Polservice and Hydroproject** (1981). *Shatt Al-Arab Project, Feasibility Report* , Volume IX , p:316, (Unpublished) .
- Gong, W. and Shen, J.** (2011). The response of salt intrusion to change in river discharge and tidal mixing during the dry season in the Modaomen Estuary, *China. Continental Shelf Research*, **31**:769-788.
- Grass, S. and Saveniji, H.H.** (2008). Salt intrusion in the Pungue Estuary, Mozambique: effect of sand banks as natural temporary intrusion barrier. *Hydrology and Earth System Science Discussions*. **5**:2523- 2542.
- Leblond, P.H.** (1978). On tidal propagation in shallow rivers. *J. Geophysical Res.* **38**:4717- 4721.
- Vongvisessomjai, S. and Catanantavet, P.** (2006). Analytical model of interaction of tide and river flow in. Songklanakarin. *J. Sci. Technol.*, **28**(6):1149-1160 .

## المراجع

## أولاً: المراجع العربية

- مركز علوم البحار، قسم الفيزياء البحرية (2014). المد والجزر ومصادر الأملاح. تقرير علمي منشورات مركز علوم البحار-جامعة البصرة.
- مركز علوم البحار، مكتب الاستشارات البحرية (1998). التقرير النهائي لمشروع مسح نهر دجلة بين العمارة والبصرة من ناظم الكسارة إلى الفاو. عقد عمل لصالح وزارة الري/مركز الفرات للدراسات وتصاميم مشاريع الري (دراسة غير منشورة).
- وزارة الموارد المائية، مديرية الموارد المائية في البصرة (2016). القياسات الحقلية لنهر شط العرب ونهر دجلة (بيانات غير منشورة).
- عبدالله، صادق سالم (1990). دراسة في الحمولة النهرية لشط العرب في مدينة البصرة. رسالة ماجستير-جامعة البصرة، 115 صفحة، العراق، البصرة .
- عبدالله، صادق سالم (2014). ظاهرة المد والجزر في شط العرب، جنوب العراق. مجلة الخليج العربي. 42 (3-4).

## Simulation of the Salinity Intrusion into the Shatt Al - Arab River, South of Iraq

Samer Adnan Al Taei<sup>1</sup>, Sadiq Salim Abdullah<sup>1</sup> and Ayad Al-Mahdi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Marine Physics Dep., Marine Science Centre and <sup>2</sup>Geography Dep., College of Education for Women, University of Basrah, Iraq

samer.adnan74@gmail.com

*Abstract.* the one-dimensional MIKE 11 program was used to simulate the intrusion of the salinity from the Arabian Gulf to the Shatt al-Arab River, due to impact of the tidal phenomenon in the region. The simulation program has been prepared for a period of six months and using many scenarios for different fresh water discharge as  $10 \text{ m}^3 / \text{sec}$  ,  $50 \text{ m}^3 / \text{sec}$  and  $100 \text{ m}^3 / \text{sec}$ , with account in consideration the only supplier of freshwater is the Tigris River and the Karun River is closed. The results showed that the salinity is transported from its source, the Arabian Gulf, to the center of the city of Basra after about four months with the value of discharge is  $10 \text{ m}^3 / \text{sec}$  and Salinity values are recorded  $12 \text{ g/l}$  in this case. In the case of discharge of  $50 \text{ m}^3 / \text{sec}$  , the salinity values range from  $2-2.2 \text{ g/l}$  at the center of Basrah and  $7-6 \text{ g/l}$  at the Saybah station ,while When use the discharge of  $100 \text{ m}^3 / \text{sec}$  , the salinity values will be to  $4 \text{ g/l}$  at the FAO station in the ebb condition . It can be concluded that the intrusion of the salinity reach a longer distance in the Shatt al-Arab depends mainly on the tidal phase, especially spring phase and the little amount of freshwater discharge.

*Keywords:* Salts intrusion, Simulation, MIKE11, Fresh water drainage, Shatt Al-Arab estuary.

