

# بناء نموذج رياضي ثنائي البعد بأستخدام طريقة العناصر المحددة لحساب تأثير تغير العرض في قناة رملية منحنية على كمية الرسوبيات المنقلة بثبات معامل مانتك للخشونة

عدي حاتم عبد الحميد<sup>1</sup>

قبول النشر : 2013/1/9

تاريخ الاستلام : 2012/9/24

## الخلاصة (Abstract):

إن تغير عرض القناة يؤثر على أحمال القاع وكمية الرسوبيات المنقلة والمتحركة من مقطع لأخر كما ويؤثر على مقدار التصريف المار عبر القناة الرملية المنحنية. إن كمية الرسوبيات المنقلة تعتبر دالة رياضية نسبة لتغير العرض . تعتبر ظاهرة انتقال الرسوبيات خلال القنوات الضحلة ذات أهمية كبيرة في تحليل ودراسة المشاكل الهيدروليكية وطرق السيطرة على الأعمال النهرية وخصوصا في القنوات المنحنية حيث تحدث ظاهرتي النحر والترسيب. تم استنباط نموذج رياضي لدراسة تأثير تغير العرض على كمية الرسوبيات المنقلة باستخدام تقنية العناصر المحددة عند موقع مشروع محطة الانبار الحرارية ولخمس مقاطع مختارة عند موقع المحطة حيث تم حساب نتائج الحل العددي عند هذه المقاطع متمثلة بكميات الرسوبيات المنقلة من مقطع لأخر ولمسافة ( 2.5 كم ) اخذين بنظر الاعتبار إن قيمة معامل مانتك ثابتة وتساوي ( 0.028 ) حيث إن حساب عرض امثل للقناة يحقق اكبر كمية من الرسوبيات المنقلة مما يقلل من حدوث ظاهرتي النحر والترسيب.

الكلمات الرئيسية: القنوات الرملية , طريقة العناصر المحددة , معامل مانتك

## Two Dimensional Finite Element Model to Calculate the Influence of Channel Width Variation in Alluvial Channels on Bed Transport Capacity With Constant Value of Manning Coefficient

Uday Hateem Abdulhameed

### Abstract

The effect of change of channel width on bed load and transport load of sedimentation for given discharge are studied. The transport load is a mathematical function of change in channel width . The phenomena of transport load of sedimentation in a meandering alluvial channels are significant problems in river engineering and important factor that effects on the works of river control . The finite element model is developed to determine the effect of change of channel width on bed load capacity to ( 2.5 km ) length of the Euphrates river within hit city used value of

<sup>1</sup> مدرس في قسم هندسة السدود والموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الانبار

manning roughness is ( 0.028 ). Calculated the optimum width actualized maximum transport capacity .

## 1. المقدمة (Introduction):

ان العلاقة بين كمية الرسوبيات المنقلة عبر قناة رملية منحنية (  $q_s$  ) وعرض القناة (  $B$  ) لمسار جريان معلوم درجة التقوس ( انحناء ) هذه القناة وتصريف الماء العابر من خلاله ومعامل ماننك والتدرج الحبيبي لمادة القاع هي علاقة رياضية لها تأثير كبير في هندسة الموارد المائية للقنوات الرملية المنحنية . إن العديد من القنوات الرملية يتغير شكلها نتيجة عدة عوامل مؤثرة من أهمها هو تغير عرض القناة بحيث تحدث عملية انتقال كميات كبيرة من الرسوبيات من مقطع لأخر (  $1$  ) مما يسبب تكون ظاهرتي النحر والترسيب.

يمثل الحل الرياضي تقني مناسبة لدراسة هذه الظاهرة حيث يمكن بناء نموذج رياضي باستخدام طريقة العناصر المحددة بفرض بعض الخواص ثابتة والمتغير هو عرض القناة. حيث ناقشت بعض الفرضيات حالة أن كمية الرسوبيات المنقلة تزداد بنقصان عرض القناة ويمكن أن يتوضح ذلك أكثر عندما يتضيق مسار القناة ضمن منطقة معينة في حين ناقشت فرضيات أخرى حالة أن كمية الرسوبيات المنقلة هي دالة متزايدة بزيادة عرض القناة ولإثبات أي الحالتين هي الأصح يتطلب ذلك نمذجة المعادلات التي تحكم الظاهرة باستخدام إحدى التقنيات المناسبة كتقنية العناصر المحددة.

إن اختيار أي من الحالتين أعلاه يمكن أن يتغير اعتماداً على الخبرة والتجارب وكذلك على العوامل التي تؤثر على النهر وعلى خصائص النهر نفسه كسرعة الجريان وعمق الماء وطبيعة الترسبات ومواد القعر وانحدار مجرى النهر الطولي وبسبب كثرة هذه العوامل المذكورة وتعقدها وتداخلها مع بعضها فإن أسلوب التجربة والخطأ يستخدم بشكل واسع حتى يتم الحصول على نمط رياضي مناسب للجريان.

## 2 - النموذج الرياضي ( Mathematical model )

تم بناء النموذج الرياضي بالاعتماد على معادلات ( Navier - Stokes ) اللاخطية للجريان والمكتوبة بدلالة المحاور المتغيرة مع اتجاه تقوس القناة (  $1$  ) والتي تم ربطها مع معادلة حفظ الرسوبيات اللاخطية من الدرجة الثانية لتمثيل التغيرات الحاصلة في منسوب قاع القناة بسبب انتقال الرسوبيات ويمكن كتابتها بالصيغة الآتية:

$$\frac{\partial L}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial \xi} + \frac{\partial N}{\partial \eta} = 0 \quad \text{-----(1)}$$

حيث أن :

$$L = \begin{pmatrix} h \\ hu \\ hv \end{pmatrix}, \quad M = \begin{pmatrix} hu \\ hu^2 + \frac{gh^2}{2} \\ huv \end{pmatrix} \quad \text{and,} \quad N = \begin{pmatrix} hv \\ hu + \frac{gh^2}{2} \\ hv^2 \end{pmatrix} \quad \text{----- (2)}$$

ومعادلة حفظ الرسوبيات اللاخطية من الدرجة الثانية يمكن كتابتها بالصيغة الآتية ( 2 ):

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[ \frac{\partial q_{BS}}{\partial S} + \frac{1}{r} \frac{\partial (r q_{Bn})}{\partial n} \right] = 0 \quad \text{----- (3)}$$

حيث أن :

-  $(v, u)$  تمثلان السرعة بالاتجاه الطولي والعرضي للجريان على التوالي و  $(h)$  تمثل عمق الماء في القناة وان  $(Z)$  يمثل منسوب قاع القناة.

-  $(q_{BS})$  و  $(q_{Bn})$  تمثلان كمية الترسبات بالاتجاه الطولي والعرضي على التوالي ويمكن حسابها من معادلات (بيتر - مايبير - مولر) وكالاتي:

$$q_{BS} = 8 \sqrt{gZ^3 \left( \frac{\rho_S}{\rho - 1} \right)} (\tau_* - \tau_{*C})^{3/2}$$

$$q_{Bn} = q_{BS} \left[ \tan\theta - \sqrt{\frac{\tau_{*C}}{M_S M_K \tau_*}} \frac{\partial Z}{\partial n} \right] \quad \text{----- (4)}$$

حيث أن :

-  $\tau_{*C}$  تمثل اجهادات القص الحرجة ويمكن اعتمادها كقيمة ثابتة مقدارها ( 0.047 ) اعتمادا على نوع الترسبات عند موقع الدراسة (2).

-  $\tau_*$  تمثل اجهادات القص المتولدة عند قاع القناة بسبب الجريان ويمكن حسابها من خلال المعادلة الآتية :

$$\tau_* = \frac{n^2}{\frac{1}{h^3}} \sqrt{u^2 + v^2} \frac{1}{d_{50}} \frac{\rho - 1}{\rho_S} \quad \text{----- (5)}$$

-  $M_S$  يمثل معامل الاحتكاك الساكن ويمكن اعتماده كقيمة ثابتة مقدارها ( 1 ) ( 2).

-  $M_K$  معامل الاحتكاك الحركي المتولد بسبب حركة الرسوبيات على قاع القناة ويمكن اعتماده كقيمة ثابتة مقدارها ( 0.45 ) اعتمادا على نوع الترسبات على القاع عند موقع الدراسة (2).

-  $\lambda$  تمثل مسامية مواد القاع ويمكن حسابها من خلال المعادلة الآتية ( 2 ):

$$\lambda = 0.245 + \frac{0.0864}{d_{50}^{0.12}} \text{ ----- (6)}$$

حيث إن :

$d_{50}$  = قطر حبيبات تربة الترسبات حيث إن 50% منها ناعمة.

وبصورة عامة فإن كمية الترسبات الكلية المنقلة من مقطع لأخر يمكن حسابه من خلال المعادلة الآتية :

$$Q_S = B q_S \text{ ----- (7)}$$

حيث يمكن أن تكون العلاقة بين التغير في العرض والتغير في كمية الترسبات المنقلة كالآتي ( 3 ) :

$$\frac{Q_S + \Delta Q_S}{Q_S} = \left( 1 + \frac{\Delta B}{B} \right) \left( 1 + \frac{\Delta q_S}{q_S} \right) \text{ ----- (8)}$$

كما يمكن كتابة العلاقة بين التغير في كمية الترسبات المنقلة والتغير في العمق كالآتي ( 3 ) :

$$1 + \frac{\Delta q_S}{q_S} = \left[ 1 + \frac{\Delta h}{(h - Z)} \right]^m \text{ ----- (9)}$$

وحيث يمكن كتابة العلاقة التفاضلية بين المعادلتين ( 8 ) و ( 9 ) أعلاه كالآتي :

$$\frac{\partial Q_S}{\partial B} = \frac{k}{c} \left( \frac{S}{(G_S - 1)d_{90}} \right)^m (h - Z)^{m-1} [(c - m)h - cZ] \text{ ----- (10)}$$

حيث إن :

$G_s$  = الوزن النوعي للتربة

$C, k, m$  = ثوابت المعادلة

عليه يصبح النموذج الرياضي معتمدا على معادلات ( Navier - Stokes ) المتمثلة بالمعادلة رقم ( 1 ) ومعادلة حفظ الرسوبيات المتمثلة بالمعادلة رقم ( 3 ) والعلاقة بين التغير في العرض وكمية الرسوبيات المنقلة المتمثلة بالمعادلة رقم ( 10 ) .

إن حل المعادلات أعلاه بطريقة العناصر المحددة يتطلب إجراء التكاملات الخاصة بهذه الطريقة اعتمادا على دالة شكل العنصر المختار للحل العددي وهنا تم اختيار شكل العنصر المحدد من نوع ( plane triangle ) .  
 • ( element with curved side has six node )

وعليه وبعد إجراء التكاملات الخاصة تصبح المصفوفة الخاصة بالحل عند كل عنصر محدد وليسته

عقد كالآتي :

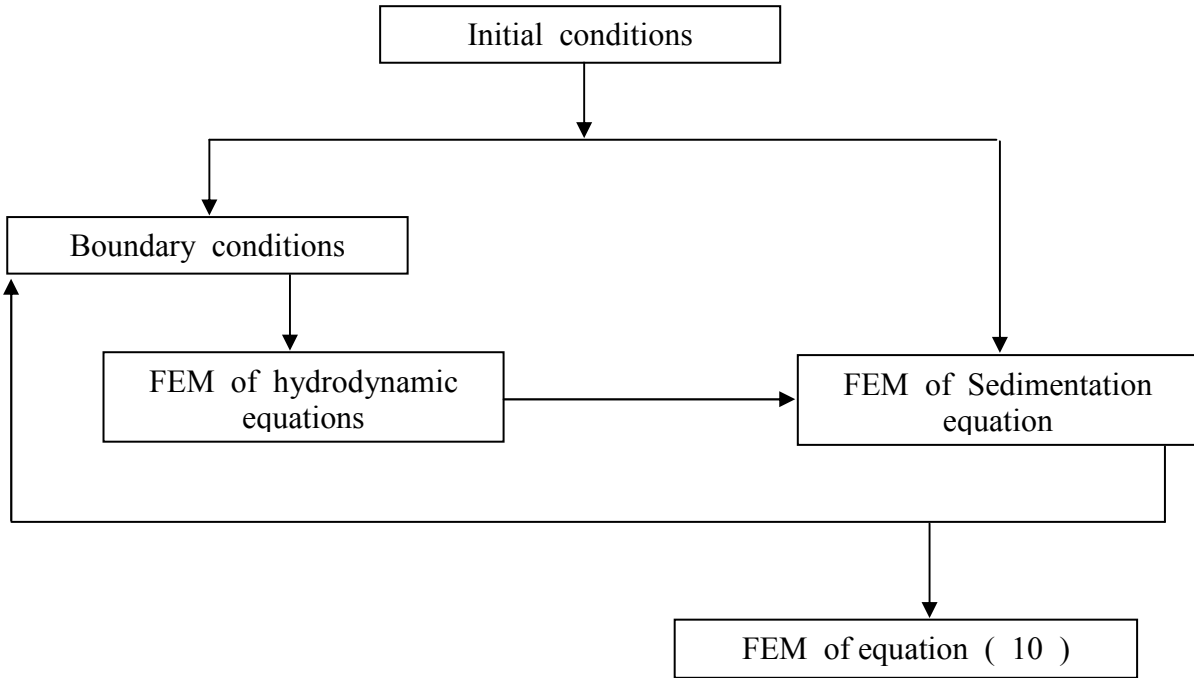
$$\begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{t1} & u_{t1} & v_{t1} \\ h_{t2} & u_{t2} & v_{t2} \\ h_{t3} & u_{t3} & v_{t3} \\ h_{t4} & u_{t4} & v_{t4} \\ h_{t5} & u_{t5} & v_{t5} \\ h_{t6} & u_{t6} & v_{t6} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 & u_1 & v_1 \\ h_2 & u_2 & v_2 \\ h_3 & u_3 & v_3 \\ h_4 & u_4 & v_4 \\ h_5 & u_5 & v_5 \\ h_6 & u_6 & v_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} \\ B_{41} & B_{42} & B_{43} \\ B_{51} & B_{52} & B_{53} \\ B_{61} & B_{62} & B_{63} \end{bmatrix}$$

ويمكن اختصار هذه المصفوفة بالصيغة الرياضية الآتية :

$$[A][\chi_t] + [C][\chi] = [B] \quad \text{--- (11)}$$

والصيغة الرياضية أعلاه تنطبق أيضا على المصفوفة الخاصة بمعادلة حفظ الرسوبيات.

ويمكن تمثيل عمل النموذج الرياضي كما يوضحه المخطط الآتي :



مخطط رقم (1) يمثل عمل النموذج الرياضي

3- معايرة النموذج الرياضي ( الجزء الخاص بمعادلات نافير - ستوكس اللاخطية للجريان )

### Calibration of Mathematical model ( Navier - Stokes Equation )

تم تطبيق النموذج الرياضي على مجموعة من المقاطع المقاسة على نهر الفرات عند موقع مشروع محطة كهرباء الانبار الحرارية والبالغ عددها ( 55 ) مقطع والممتدة على مسافة ( 2.5km ) بامتداد مجرى النهر ( 4 ) وقد تم اختيار ثلاثة مقاطع منها لغرض اختبار النموذج الرياضي وهي المقطع رقم ( 6 ) الواقع عند المحطة ( 825,11,57,3 ) والمقطع رقم ( 26 ) الواقع عند المحطة ( 325,25, 56,58 ) والمقطع رقم ( 43 ) الواقع عند المحطة ( -100,25, 54,66 ) وسبب اختيار هذه المقاطع هو انه قد تم قياس سرعة حركة الماء

عندها وبواقع خمسة أعمدة موزعة على عرض كل مقطع وبفواصل عمقية مقدارها (0.2d و 0.6d و 0.8d) والتي تم تحديدها من خلال قياس عمق الماء باستخدام جهاز أـ ( Echo – Sounder ) الخاص بسبر الأعماق وعند كل عمود من الأعمدة الخمسة تم قياس سرعة حركة الماء باستخدام جهاز آل ( Current Meter ) وقد تم تمثيل النتائج بيانياً من خلال الجدول الآتي (4) :

جدول رقم (1) يوضح السرعة المقاسة عملياً

رقم العمود	المقطع رقم 6 ( 11 , 825 )			المقطع رقم 26 ( 25 , 325 )			المقطع رقم 43 ( - 6.5 , - 100 )		
	قياس السرعة بتاريخ 2009/3/21			قياس السرعة بتاريخ 2009/3/21			قياس السرعة بتاريخ 2009/3/21		
	W.L= 50.45m			W.L= 51.19m			W.L= 51.19m		
A	0.2 d		0.748		0.144				
	0.6 d	0.538		0.66		0.244			
	0.8 d		0.682		0.228				
B	0.2 d		0.791		0.616				
	0.6 d	0.471		0.563		0.516			
	0.8 d		0.55		0.46				
C	0.2 d	0.737		0.63		0.89			
	0.6 d	0.616		0.611		0.715			
	0.8 d	0.563		0.516		0.682			
D	0.2 d	1.011		0.682		0.741			
	0.6 d	0.956		0.516		0.66			
	0.8 d	0.88		0.46		0.471			
E	0.2 d	0.978		0.693		0.912			
	0.6 d	0.791		0.616		0.88			
	0.8 d	0.857		0.594		0.693			

حيث تم اعتماد هذه البيانات من سرعة ومناسيب ماء كشرط أولية للحل وقد تم استخدام قيمة لمعامل ماننك تساوي ( 0.028 )<sup>(5)</sup>.

أظهرت نتائج المعايرة أن قيمة معامل الموازنة المطلوب للحل يساوي ( 0.82 ) وتم مقارنة نتائج الحل الرياضي مع بيانات أعماق مقاسه في نفس الموقع ولمدة عشرين يوماً حيث تم اعتبار الفواصل الزمنية اللازمة للحل الرياضي تساوي يوم واحد وقد أظهرت المقارنة بين النتائج المقاسة والنتائج المحسوبة رياضياً نتائج مقبولة يمكن توضيحها من خلال الأشكال المرقمة ( 1 , 2 , 3 ) حيث كان معدل مربع الخطأ ( mean square error ) للمقاطع الثلاثة كالآتي :

## جدول رقم (2) يوضح معدل مربع الخطأ

The section	Mean square error
Section ( 6 ) – station ( 825 , 11 , 57.3)	0.0324
Section ( 26 ) – station ( 325 , 25 , 56.58)	0.0266
Section ( 43 ) – station ( -100,25,54.66)	0.0358

حيث كانت نتائج الحل الرياضي كما مبينة في الجداول المرقمة ( 1 و 2 و 3 ) وهي مقارنة مع النتائج المرصودة موقعا وكالاتي :

## جدول رقم ( 3 ) بيانات المناسيب المرصودة والمحسوبة رياضيا عند المقطع رقم ( 6 )

Time ( day)	Observed data	computed data
1	50.54	50.41
2	50.61	50.71
3	49.55	49.72
4	50.1	50.25
5	50.64	50.5
6	51.2	50.95
7	51.05	50.85
8	48.65	48.9
9	49.25	49.49
10	50.75	50.59
11	52.05	52.24
12	50.2	50.34
13	49.15	48.95
14	48.8	48.99
15	50.35	50.14
16	51.6	51.78
17	50.4	50.27
18	50.95	50.81
19	51.07	51.21
20	51.15	51.278

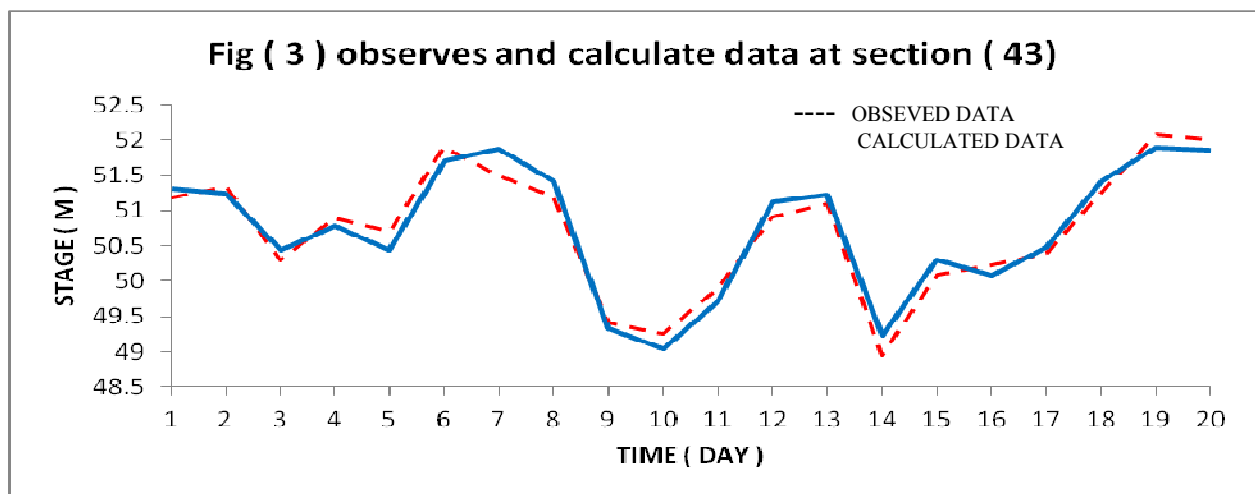
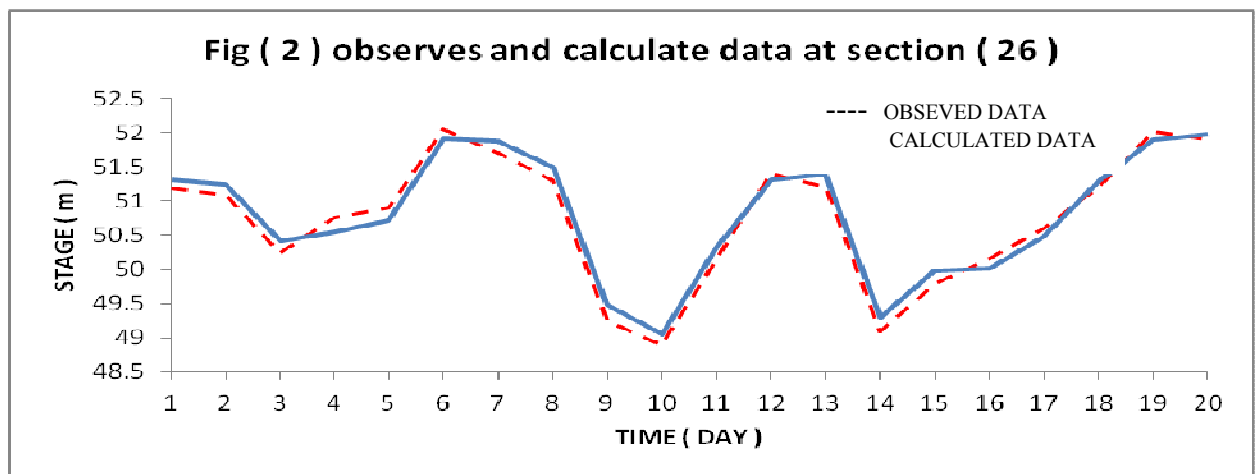
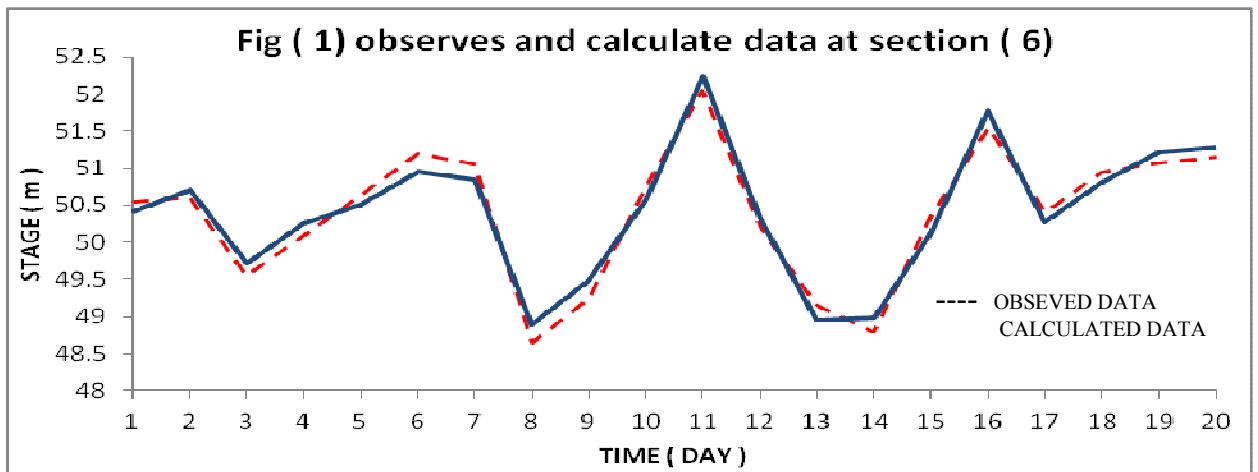
## جدول رقم ( 4 ) بيانات المناسيب المرصودة والمحسوبة رياضيا عند المقطع رقم ( 26 )

Time ( day)	Observed data	computed data
1	51.19	51.31
2	51.08	51.24
3	50.24	50.41
4	50.76	50.55
5	50.9	50.71
6	52.05	51.91
7	51.7	51.88
8	51.3	51.49
9	49.25	49.49
10	48.9	49.05
11	50.15	50.31
12	51.4	51.31
13	51.2	51.401
14	49.1	49.31
15	49.8	49.99
16	50.15	50.02
17	50.6	50.48
18	51.2	51.29
19	52.01	51.89
20	51.9	51.98

## جدول رقم ( 5 ) بيانات المناسيب المرصودة والمحسوبة رياضيا عند المقطع رقم ( 43 )

Time ( day)	Observed data	computed data
1	51.19	51.31
2	51.34	51.24
3	50.3	50.44
4	50.9	50.78
5	50.7	50.45
6	51.9	51.71
7	51.5	51.88
8	51.21	51.41
9	49.41	49.33
10	49.25	49.05
11	49.9	49.71
12	50.91	51.12
13	51.1	51.23
14	48.95	49.23
15	50.1	50.31
16	50.23	50.08
17	50.4	50.48
18	51.25	51.41
19	52.07	51.89
20	52.01	51.86





#### 4- معايرة النموذج الرياضي (الجزء الخاص بمعادلة حفظ الرسوبيات ولايجاد الثوابت في المعادلة رقم (10))

### Calibration of Mathematical Model (Transportation Equation)

تم تطبيق النموذج الرياضي على نهر الفرات عند موقع مشروع محطة كهرباء الانبار الحرارية حيث تم اختيار ثلاثة مقاطع عرضية من أصل ( 55 ) مقطع عرضي تم قياسها عند موقع المحطة ( 4 ) حيث تم جمع (15) خمسة عشر عينة من رواسب القاع ومن ثلاث مقاطع نهريه وهي المقطع رقم ( 18 ) الواقع عند المحطة ( 25 ، 525 ) و المقطع ( 26 ) الواقع عند المحطة ( 25 ، 325 ) والمقطع (43) الواقع عند المحطة ( 100 ، - 6.5 ) عند موقع الدراسة والمبينة في الخارطة ضمن الشكل ( 1 ) وبواقع خمسة عينات لكل مقطع حيث تم تقسيم كل مقطع نهري من المقاطع الثلاث إلى خمسة أعمدة وتم اخذ هذه العينات باستخدام جهاز ( VUV ) حيث تم قياس حركة الرواسب لفترة نصف ساعة عند كل عينة قياس .

تم إجراء التحليل المنخلي للعينات ال (15) مختبريا لإيجاد التدرج الحبيبي لهذه العينات ويمكن تلخيص نتائج التحليل المنخلي كالآتي :

Section ( 43 ) - Station ( - 100 ، - 6.5 )		
COL NO.	D65 ( mm )	D90 ( mm )
1	0.25	0.29
2	0.25	0.3
3	0.26	0.35
4	0.295	0.4
5	D35 ( mm ) = 0.37	
Section ( 26 ) - Station ( 325 ، 25 )		
COL NO.	D65 ( mm )	D90 ( mm )
1	0.25	0.3
2	0.25	0.3
3	0.25	0.3
4	0.26	0.34
5	0.29	0.4
Section ( 18 ) - Station ( 252 ، 25 )		
COL NO.	D65 ( mm )	D90 ( mm )
1	0.26	0.4
2	0.26	0.35
3	0.25	0.3
4	0.24	0.35
5	0.3	0.4

ويتبين من خلال النتائج أعلاه أن التدرج الحبيبي للمقاطع الثلاثة يتراوح بين رمل ناعم ومتوسط الخشونة ما عدا التدرج الحبيبي للمقطع رقم ( 43 ) عند العمود الخامس يتراوح بين الرمل الخشن والحصى .  
وقد تم اعتبار مواقع الأعمدة الخمسة لكل مقطع نهري من المقاطع الثلاثة أعلاه كعقد قياس في النموذج الرياضي وبفاصل زمني مقداره ( 30 ) دقيقة.

#### جدول رقم ( 6 ) كمية الترسبات المرصودة والمحسوبة رياضياً عند المقطع رقم ( 26 )

Bed sediment observed at cross section ( 26 ) station ( 325 , 25 )			Bed sediment calculated at cross section ( 26 ) station ( 325 , 25 )	
Sample No.	gm / 30 min/ sampling width	Ton / day	gm / 30 min	Ton / day
1	2.89	0.00013872	3.145	0.000151
2	10.29	0.000494	12.041	0.000578
3	17.62	0.0008458	15.879	0.000762
4	7.91	0.0003797	8.964	0.00043
5	23.81	0.001143	20.326	0.000976
Average	0.0006002		0.000579	

#### جدول رقم ( 7 ) كمية الترسبات المرصودة والمحسوبة رياضياً عند المقطع رقم ( 18 )

Bed sediment observed at cross section ( 18 ) station ( 525 , 25 )			Bed sediment calculated at cross section ( 18 ) station ( 525 , 25 )	
Sample No.	gm / 30 min/ sampling width	Ton / day	gm / 30 min	Ton / day
1	67.117	0.003222	69.241	0.003324
2	21	0.001008	22.21	0.00107
3	150.06	0.0072	147.89	0.0071
4	272.33	0.013068	275.56	0.01322
5	27.044	0.001298	28.14	0.001351
Average	0.00516		0.005212	

## جدول رقم ( 8 ) كمية الترسبات المرصودة والمحسوبة رياضياً عند المقطع رقم ( 43 )

Bed sediment observed at cross section ( 43 ) station ( - 100 , - 6.5 )			Bed sediment calculated at cross section ( 43 ) station ( - 100 , - 6.5 )	
Sample No.	gm / 30 min/ sampling width	Ton / day	gm / 30 min	Ton / day
1	1.28	0.00006144	1.89	0.00009072
2	122.34	0.00587232	125.64	0.006031
3	257.09	0.01234	261.75	0.0126
4	848.36	0.04072	805.71	0.0387
5	448.51	0.02153	502.92	0.02414
Average	0.0161		0.0163	

إن النتائج أعلاه تمثل معدل كمية الرسوبيات المنقولة عند كل مقطع من المقاطع الثلاثة لكل وحدة عرض ولمقارنة الكميات الكلية المنقولة المحسوبة رياضياً والمرصودة عملياً نعمل الجدول الآتي:

## جدول رقم ( 9 ) مقارنة بين الكميات الكلية المنقولة المحسوبة رياضياً والمرصودة عند المقاطع الثلاثة

The section	Width of section	Average Bed sediment observed Ton / day/sampling width	Average Bed sediment observed Ton / day/ section width	Average Bed sediment calculated Ton / day/sampling width	Average Bed sediment calculated Ton / day/ section width
( 18 ) station ( 525 , 25 )	345	0.00516	21.44819	0.005212	21.66434
( 26 ) station ( 325 , 25 )	210	0.0006002	1.518578	0.000579	1.46494
( 43 ) station ( - 100 , - 6.5 )	170	0.0161	32.9759	0.0163	33.38554
mse			0.072468		

إن عدد محاولات الحل في النموذج الرياضي للوصول إلى نتائج مقبولة عند المقارنة بين كمية الرسوبيات المنقولة المحسوبة مع المرصودة بلغ ( 43 ) محاولة متتالية وقد تم اعتماد النتائج التي تم الحصول عليها عند المحاولة رقم ( 44 ) هي النتائج المقبولة وذلك باعتبار معدل مربع الخطأ في الجدول أعلاه مقبولاً. إن نتائج المعايرة أعلاه قد تم الوصول إليها عند أصبحت قيم الثوابت في المعادلة رقم ( 10 ) كالآتي :

## جدول رقم ( 10 ) قيم الثوابت للمعادلة رقم ( 10 )

The variable	The Value
C	2.13
m	1.47
K	1.07

## 5 - تطبيق النموذج الرياضي على نهر الفرات عند موقع محطة الانبار الحرارية

## Application of Mathematical model of UPHRATES River

بعد إكمال معايرة النموذج الرياضي بالجزء الخاص بمعادلات الجريان اللاخطية ومعادلة حفظ الرسوبيات ومن ثم إكمال عملية المعايرة وذلك بإكمال تعريف المعادلة رقم ( 10 ) وذلك بإيجاد قيم الثوابت فيها والتي تتناسب موقع الدراسة تم اختيار خمسة مقاطع عرضية مختلفة لتطبيق النموذج الرياضي ولتحديد نمط انتقال الرسوبيات في موقع الدراسة وهذه المقاطع تم اختيارها في مواقع مختلفة على مسار النهر عند موقع مشروع محطة الانبار الحرارية والمقاطع أعلاه موضحة في الخارطة الطبوغرافية ضمن الشكل رقم ( 1 ) في نهاية البحث مع الشكل رقم ( 2 ) والذي يوضح مخططات المقاطع العرضية لها عند موقع الدراسة (4).

تم إجراء التحليل المنخلي لعينات من هذه المقاطع حيث تبين أن التدرج الحبيبي يتراوح بين رمل ناعم ومتوسط الخشونة ماعدا بعض العينات عند المقطع Sec ( -300, -6.5 ) والمقطع Sec ( 100, 25 ) حيث كان التحليل المنخلي يتراوح بين الرمل الخشن والحصى.

تم تقسيم كل مقطع نهري من المقاطع الخمسة أعلاه إلى خمسة أعمدة موضحة في مخططات المقاطع العرضية حيث تم قياس حركة الرواسب بفاصل زمني مقداره ( 30 ) دقيقة وبمرات تكرر مقداره ( 24 ) مرة وذلك لإيجاد كمية الرسوبيات المنتقلة خلال يوم واحد وقد تم اعتبار مواقع الأعمدة الخمسة لكل مقطع نهري من المقاطع الثلاثة أعلاه كعقد قياس في النموذج الرياضي وتم تثبيت كمية الرسوبيات المنتقلة لأول ( 30 ) دقيقة ومقدار كمية الرسوبيات المتراكمة عند آخر ( 30 ) دقيقة أي خلال يوم واحد، وفيما يلي نتائج الحل الرياضي للمقاطع المختارة والمبينة أدناه:

رقم محطة المقطع	عرض النهر عند المقطع	موقع المقطع نسبة لموقع مشروع محطة الحرارة
Sec ( -300, -6.5 )	270m	يمثل بداية تقوس النهر
Sec ( 100, 25 )	180m	يمثل احد مقاطع المنطقة المنحنية من النهر ويعرض اصغر
Sec ( 425, 25 )	260m	يمثل احد مقاطع المنطقة المنحنية من النهر ويعرض أكبر
Sec ( 825, 25 )	400m	يمثل نهاية الجزء المقوس من النهر
Sec ( 1000, 25 )	420m	يمثل بداية المسار المستقيم للنهر

<b>Table ( 10 ) Bed sediment calculated at cross section ( -300, -6.5)</b>			
Sample No.	Sieve analysis	Ton / day	gm / 30 min
1	Sand medium	0.000351	9.424
2	Sand medium	0.00679	159.96
3	Sand medium ( center of section )	0.00149	36.13
4	Sand course	0.00041	10.931
5	Gravel	0.000153	4.571
Average		0.00184	44.203
<b>Table ( 11 )Bed sediment calculated at cross section ( 100, 25 )</b>			
Sample No.	Sieve analysis	Ton / day	gm / 30 min
1	Sand medium	0.000541	12.984
2	Sand medium	0.00961	230.64
3	Sand medium ( center of section )	0.0172	412.8
4	Sand course	0.00026	6.24
5	Sand course	0.000248	5.952
Average		0.005572	133.723
<b>Table ( 12 )Bed sediment calculated at cross section ( 425, 25 )</b>			
Sample No.	Sieve analysis	Ton / day	gm / 30 min
1	Sand medium	0.0023	47.91667
2	Sand medium	0.00931	193.9583
3	Sand medium ( center of section )	0.0251	522.9167
4	Sand medium	0.0015	31.25
5	Sand course	0.000261	5.4375
Average		0.007694	160.2958
<b>Table ( 13 )Bed sediment calculated at cross section ( 825, 25 )</b>			
Sample No.	Sieve analysis	Ton / day	gm / 30 min
1	Sand medium	0.00453	94.375
2	Sand medium	0.00113	23.54167
3	Sand medium ( center of section )	0.0081	168.75
4	Sand medium	0.02068	430.8333
5	Sand medium	0.00114	23.75
Average		0.007116	148.25
<b>Table ( 14 )Bed sediment calculated at cross section ( 1000, 25)</b>			
Sample No.	Sieve analysis	Ton / day	gm / 30 min
1	Sand medium	0.00261	54.375
2	Sand medium	0.000982	20.45833
3	Sand medium ( center of section )	0.0057	118.75
4	Sand medium	0.0094	195.8333
5	Sand course	0.000973	20.27083
Average		0.003933	81.9375

ومن خلال النتائج الرياضية أعلاه يتبين لنا ما يلي :

1 - إن أعلى كمية للرسوبيات المنقلة هي عند المقطع (( 25, 425 )) والذي يمثل احد مقاطع المنطقة المنحنية من النهر وبعرض مقداره ( 260m ) وهو لايمثل اكبر أو اقل عرض في المقاطع المقاسة عند موقع المحطة إلا إن وقوعه عند منطقة منحنية جدا ( حيث السرعة المحسوبة عنده ذات قيم كبيرة نسبيا ) ولكون تدرج تربة القاع من نوع رمل ناعم ومتوسط الخشونة فان ذلك ساعد على إن يكون المقطع صاحب اكبر كمية للرسوبيات المنقلة.

2 - إن اقل كمية للرسوبيات المنقلة هي عند المقطع (( -300, -6.5 )) والذي يمثل مقطع بداية التقوس للنهر عند موقع المحطة وبعرض مقداره ( 270m ) وهو لايمثل اكبر أو اقل عرض في المقاطع المقاسة عند موقع المحطة وعرضه مقارب نوعا ما إلى المقطع رقم (( 25, 425 )) صاحب اكبر كمية من الترسبات المنقلة إلا إن وقوعه في منطقة تمثل بداية تقوس النهر عند موقع المحطة ( حيث السرعة المحسوبة عنده ليست كبيرة ) ولكون تدرج تربة القاع من نوع الرمل الخشن والحصى فان ذلك ساعد على إن تكون كمية الرسوبيات المنقلة في هذا المقطع اقل ما يمكن.

3 - إن المقطع صاحب اقل عرض في المقاطع المختاره وهو المقطع رقم (( 25, 100 )) قد سجل كمية ليست بالقليلة من كميات الرسوبيات المنقلة من خلاله وهي قريبا نوعا ما إلى اكبر قيمة مسجلة ساعد في ذلك عرضه القليل ووقوعه في منطقة منحنية مما أدى إلى كون السرعة المقاسه عند كبيره نسبيا.

4 - إن المقطع صاحب اكبر عرض في المقاطع المختاره وهو المقطع رقم (( 25, 1000 )) قد سجل كمية قليلة نسبيا من الرسوبيات المنقلة وهي قريبة نوعا ما إلى اقل قيمة مسجلة ساعد في ذلك عرضه الكبير ووقوعه في منطقة مستقيمة تقريبا حيث السرعة المقاسة عنده ليست كبيرة.

## 6 - الاستنتاجات والمناقشة

1 - إن تغير عرض المقاطع النهرية له تأثير واضح على تغير كمية الرسوبيات المنقلة من مقطع لآخر ولكن هذا التأثير ظهر واضحا انه مرتبط بعاملين مهمين هما:

- درجة انحناء النهر عند كل مقطع .

- التدرج الحبيبي لتربة قاع النهر عند كل مقطع.

علما إن تأثير التدرج الحبيبي لتربة قاع النهر كان اكبر من تأثير درجة انحناء النهر عند تغير عرض كل مقطع من المقاطع المختارة لتطبيق النموذج الرياضي.

2 - عند كون مسار النهر مستقيم عند بعض المقاطع فان ذلك أدى ذلك إلى تسجيل اقل قيم لكميات الترسبات المنقولة من مقطع لأخر حيث تم استنتاج إن كمية الترسبات المنقولة تزداد بازدياد عرض النهر عند هذه المقاطع.

3 - عند كون مسار النهر منحنيًا عند بعض المقاطع فان ذلك أدى ذلك إلى تسجيل اكبر قيم لكميات الترسبات المنقولة من مقطع لأخر حيث تم استنتاج إن كمية الترسبات المنقولة تزداد كلما قل عرض النهر عند المقاطع المنحنية ولكن يستثنى من هذه الحالة كون احد المقاطع المنحنية ذات تدرج حبيبي لتربة القاع يحتوي على حصى فان ذلك يؤدي إلى تقليل كميات الرسوبيات المنقولة كما حدث عند المقطع ( 25, 100 ) رغم كونه ذات عرض اقل من المقطع رقم ( 25, 425 ) صاحب اكبر كمية من الرسوبيات المنقولة.

## المصادر:

- 1- Thomas, H., and Molls, T.R., 1998 " The finite element of saint venant equation" , J. Hydr. Eng., vol.112,No.7.
- 2- Shimizu, Y., and Itakura, T., 1989 " Calculation of bed variation in alluvial channels" , j. Hydr. Eng., Vol.115,No.3,pp.367-383.
- 3- Carson, M., and Griffiths, G., 1987 " Influence of channel width on bed load transport capacity" , j. Hydr. Eng., Vol.113,No.12,pp.1489-1506.
- 4 - الدراسة الهيدرولوجية والبايولوجية لنهر الفرات عند مشروع محطة كهرباء الانبار الحرارية 2010 ، " المكتب الاستشاري الهندسي - جامعة الانبار تقرير غير منشور.
- 5 - Al - Eoubaidy, A. Y., 1994" Numerical modeling of flow in hilla river " , M.SC., Thesis, College of engineering, university of Baghdad.