

بناء نموذج رياضي ثنائي البعد باستخدام طريقة العناصر المحددة لحساب تأثير الأسنان الصخرية على قيم معامل ماننك للخشونة في قناة رملية ذات انحناء بسيط

عدي حاتم عبد الحميد

مدرس مساعد / قسم هندسة السدود والموارد المائية

جامعة الانبار

الخلاصة (Abstract):

في هذه الدراسة تم استخدام طريقة العناصر المحددة لتحليل تأثير وجود الأسنان الصخرية على مقاومة الجريان وكيفية تغير قيم معامل ماننك في قناة رملية ذات انحناء بسيط. وقد استخدم نموذج ثنائي الأبعاد بأستعمال العناصر المحددة الرباعية الأضلاع من الدرجة الثانية وركزت الدراسة على تحليل قناتين رمليتين مقوستين بقوس زاوية انحناءه في القناة الأولى (40°) وفي القناة الثانية (60°) ونصف قطره في القناة الأولى (1.70m) وفي القناة الثانية (2m) وبمقطع عرضي شبه منحرف قاعدته السفلى (100cm) وميل جانبي (٢ أفقي إلى ١ عمودي) وميل قعر القناة الطولي (0.15 %) . ولان الأنهار الرملية تتكون من الرمل بنسبة عالية فقد استخدم في هذه الدراسة رمل نهري طبيعي تم جلبه من نهر الفرات عند موقع ناظم الفلوجة وبمعدل قطر حبيبات (0.90mm) وتم افتراض أن هذا الرمل هو قعر متحرك للقناتين الأولى والثانية. لقد تم تحليل القناتين الرمليتين على أنها مزودة بأسنان صخرية في مواقع مختلفة عند المقدم والمؤخر حيث تم تثبيت خمسة مقاطع عرضية على طول القناتين ومررت أربعة تصاريح مختلفة.

Abstract:

In this research the finite element method is used to analyses the effect of groynes on the coefficient of Manning's value in meandering sandy channels is used. A two dimensional model of quadrilateral isoperimetric element is used, two meandering sandy channels were analyzed.

The first channel has a central angle of (40°) with radius of curvature of (1.7m) , while the second channel has a central angle of (60°) with a radius of curvature of (2m) with a trapezoidal cross – section having a lower base of(1m) and side slope of (2H : 1V) and with bed slope of channels of (0.15%). The main diameter of the sand used in this research of channels of (0.9mm) achieved using observed data of Euphrates river at regulator of falluja.

Five sections were located on each channels and four different discharges were passed through the two channels, the groynes sloped towards upstream were used in different locations at upstream and down stream of channels.

المقدمة (Introduction):

يمكن تصنيف الأنهار اعتمادا على شكلها إلى ثلاثة أنواع أساسية هي الأنهار المستقيمة (straight rivers) والأنهار المتفرعة (Braided rivers) والأنهار المنحنية (Meandering rivers) .

يمكن تعريف الأنهار المنحنية بأنها انهار متكونة من مجموعة أقواس ترتبط في نهاياتها بواسطة خطوط مستقيمة وتكون لهذه الأنهار درجة انحناء معينة (١). حيث يمكن تعريف درجة الانحناء بأنها النسبة بين طول المجرى العميق للنهر إلى طول الوادي الذي يجري فيه النهر.

إن الأسباب الأساسية لحدوث هذه الانحناءات في الأنهار هو تغير منسوب الماء المستمر في النهر والموجات العرضية المتكونة ومقاومة مواد القاع للتعرية إضافة للانحدار الطولي للنهر (٢). ولهذه الأسباب تحدث عمليتين أساسيتين في هذه الأنهار الأولى هي عملية نحر (Scouring) وتحدث في الضفة الخارجية للانحناءات والثانية هي عملية ترسيب (Silting) وتحدث في الضفة الداخلية للانحناءات.

بسبب حدوث عمليتي النحر والترسيب يتغير مجرى النهر عن مساره الأصلي وخاصة إذا كانت مواد القاع للنهر والصفاف سهلة النحر والانجراف.

يعد النموذج الرياضي محاولة للوصول إلى حل المشكلات الهندسية التي تحصل بسبب تكون عمليتي النحر والترسيب، حيث يكون عنصرا مهما في إعداد التصاميم لأنه يبين نقاط الضعف بوضوح مع العلم بان نجاح النموذج الرياضي لحالة معينة لايعني إمكانية نجاحه وبنفس الدقة في حالة مماثلة في الأصل (Prototype).

يكمن تعريف السن الصخري بأنه منشأ هيدروليكي ينشأ بزوايا معينة مع ضفة النهر ويمتد بطول معين داخل النهر وبتجاه الجريان الأساسي ويعتبر منشأ أساسيا في تثبيت صفاف الأنهار وحمايتها من عملية النحر بمحاولة إبعاد مسار التيارات عنها.

على الرغم من وجود عدة أنواع من المنشآت الهيدروليكية التي يمكن استخدامها في تهذيب الأنهار إلا إن الأسنان الصخرية تعتبر أكثر هذه المنشآت استخداما لهذا الغرض لسهولة إنشائها وكلفتها الاقتصادية المناسبة قياسا لأنواع الأخرى من هذه المنشآت.

إن معامل ماننك للخشونة يتغير بصورة كبيرة بسبب العديد من العوامل منها الخشونة السطحية وعدم انتظام القناة والتغيرات الفجائية للمقطع واستقامة القناة وحدوث الترسيب والتآكل والعوائق والحوافز وشكل وحجم القناة والتغير الفصلي والمواد العالقة وأحمال القاع (٣).

أبعاد ومواقع الأسنان الصخرية في النموذج الرياضي

إن أكثر تأثير للجريان في القنوات المنحنية يحصل عند الضفة الخارجية حيث تحدث عملية النحر لهذا نلاحظ أن تثبيت الأسنان الصخرية يكون على الضفة الخارجية من المنحني لمنع حدوث النحر في هذه الضفة . أما ميل الأسنان الصخرية فهو يؤثر أيضا يؤثر على مقاومة الجريان حيث يكون أما مائلا نحو مقدم أو مؤخر الجريان علما أن أفضل ميل للأسنان يتراوح بين (600 - 800) (٤) .

وقد تم توزيع خمسة أسنان صخرية على طول منحني القناتين وتم تقليل هذا العدد إلى ثلاثة فقط في حالتين لملاحظة تأثير تقليل عدد الأسنان على قيم معامل ماننك مع إجراء التحليل لجميع الحالات في حالة زيادة التصريف. ومن المعروف إن السن الصخري يمتد لمسافة تعادل تقريبا (30%) من معدل عرض سطح الماء وقد تم تثبيت طول السن الصخري (60cm) لجميع الحالات ما عدا في حالتين حيث تمت زيادته ليصبح (80cm) لملاحظة تأثير هذه الزيادة على قيم معامل ماننك .

إن المسافة بين سن صخري وآخر تتراوح بين (1 - 6) مرات بقدر طول السن (4 و 5) وعليه فقد تم تثبيت الأسنان في مسافات تعادل أربع مرات بقدر طول السن فيما بينها.

لقد تم تثبيت أول سن صخري في بداية التقوس ماعدا في حالتين حيث تم وضع أول سن في منتصف التقوس.

مواصفات القناة المستخدمة في النموذج الرياضي

تم إعداد نموذجين للقناتين رمليتين مقوستين مقطعهما العرضي بشكل شبه منحرف قاعدته السفلى بعرض (1m) وميل جانبي (2 أفقي إلى 1 عمودي) وميل القعر بمقدار (0.15%). القناة الأولى بزاوية انحناء مركزية مقدارها (400) وبنصف قطر (1.7m) والقناة الثانية بزاوية انحناء مركزية مقدارها (600) ونصف قطر (2m). وتم إمرار خمسة تصاريح مختارة من حالات مختبرية لقنوات مشابهة ومقاسه بالطرق الحجمية وقيم هذه التصاريح هي (100L/sec ، 120 L/sec ، 140 L/sec ، 160 L/sec ، 180 L/sec) .

إن اختيار المقطع العرضي للقناتين كمقطع شبه منحرف يعود إلى إن اختيار هذا الشكل يعطي أكبر مساحة ممكنة مما يؤدي إلى تقليل نسبة الخطأ في الموديل الرياضي ولكون نسبة عرض سطح الماء الحر إلى عمق الجريان تكون عالية أيضا وهذا ما يميز الأنهار الرملية الطبيعية.

لقد تم تثبيت مواقع خمسة مقاطع عرضية على طول المنحني للقناتين يقع المقطع الأول في الجزء المستقيم من القناة وعلى مسافة (1m) من بداية التقوس والمقطع الثاني يقع في منتصف المسافة بين بداية التقوس ومنتصف التقوس والمقطع الثالث يقع في منتصف التقوس والرابع في نهاية التقوس والخامس في الجزء المستقيم بعد نهاية التقوس وبمسافة (1m) بعد نهاية التقوس (شكل رقم (1) وشكل رقم (2)).

النموذج الرياضي

تم استخدام عناصر محددة رباعية الإضلاع من الدرجة الثانية (Isoperimetric quadratic element) ذات ثمانية عقد (Node) لتحليل الجريان حيث يعطي هذا النوع من العناصر نسبة خطأ أقل من العناصر المحددة من الدرجة الأولى لأن هذه العناصر تمتلك حافات منحنية بينما العناصر المحددة من الدرجة الأولى تمتلك حافات حادة تساعد على زيادة نسبة الخطأ.

يمكن تمثيل دالة الشكل (Shape function) لهذه العناصر نسبة لمحاور محلية (Local coordinate)

(ξ, η) كآلاتي :

$$N_1 = -\frac{1}{4} (1-\xi) (1-\eta) (1+\xi+\eta)$$

$$N_2 = \frac{1}{4} (1+\xi) (1+\eta) (\xi-\eta-1)$$

$$N_3 = \frac{1}{4} (1+\xi) (1+\eta) (\xi+\eta-1)$$

$$N_4 = \frac{1}{4} (1-\xi) (1+\eta) (-\xi+\eta-1)$$

For node at corner :

$$\xi = \pm 1 \quad \text{and} \quad \eta = \pm 1 \quad (1)$$

$$N_5 = \frac{1}{2} (1-\xi) (1-\eta^2)$$

$$N_7 = \frac{1}{2} (1+\xi) (1+\eta^2)$$

$$N_8 = \frac{1}{2} (1-\xi^2) (1+\eta)$$

$$N_6 = \frac{1}{2} (1-\xi^2) (1-\eta)$$

ولإيجاد المصفوفات الخاصة بالحل نحتاج أن نشق (دالة الشكل) في المعادلات أعلاه نسبة إلى المحاور

الدائرية (s,n) وكذلك نسبة إلى المحاور المحلية لكل عقدة (ξ, η) ويمكن عمل ذلك باستخدام قاعدة السلسلة (Chain rule)

وكما يلي :

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} &= \frac{\partial N_i}{\partial s} \frac{\partial s}{\partial \xi} + \frac{\partial N_i}{\partial n} \frac{\partial n}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} &= \frac{\partial N_i}{\partial s} \frac{\partial s}{\partial \eta} + \frac{\partial N_i}{\partial n} \frac{\partial n}{\partial \eta} \end{aligned} \quad (2)$$

وعليه يمكن إيجاد المصفوفة التالية من المعادلة أعلاه :

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial s}{\partial \xi} & \frac{\partial n}{\partial \xi} \\ \frac{\partial s}{\partial \eta} & \frac{\partial n}{\partial \eta} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial s} \\ \frac{\partial N_i}{\partial n} \end{Bmatrix} = [J] \begin{Bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial s} \\ \frac{\partial N_i}{\partial n} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

حيث أن :

$$[J] = \text{Jacobian matrix}$$

حيث نلاحظ أن مصفوفة جاكوبيان مشتقة نسبة لنوعين من المحاور (المحاور الدائرية والمحاور المحلية) .

كما يمكن تمثيل أي متغير مثل (H) وباتجاهين وعند أي عقدة كما يلي :

$$H = \sum N_i H_i \quad (4)$$

وكما يمكن تمثيل المحاور الدائرية (S,n) لكل عنصر محدد من خلال المعادلتين الاتيتين :

$$\begin{aligned} S &= \sum M_i X_i \\ n &= \sum M_i Y_i \\ \text{Where } i &= 1,8 \end{aligned} \quad (5)$$

حيث أن (M_i) هي أيضا دالة شكل (shape function) نسبة إلى نوعي المحاور (η, ζ, n, s) عند كل عقدة (Node) ضمن العنصر المحدد الواحد. وعند الحالات العملية فإننا نستطيع أن نعتبر أن ($N_i = M_i$) في النموذج الرياضي وعلى هذا الأساس تصبح معادلة جاكوبيان كالآتي :

$$[J] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial \zeta} & \frac{\partial N_2}{\partial \zeta} & \dots & \frac{\partial N_8}{\partial \zeta} \\ \frac{\partial N_1}{\partial \eta} & \frac{\partial N_2}{\partial \eta} & \dots & \frac{\partial N_8}{\partial \eta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 & n_1 \\ S_2 & n_2 \\ \vdots & \vdots \\ S_8 & n_8 \end{bmatrix} \quad (6)$$

ويمكن كتابة هذه المعادلة بصيغتها النهائية كالآتي :

$$[J] = \begin{bmatrix} \frac{\partial \sum N_i S_i}{\partial \zeta} & \frac{\partial \sum N_i n_i}{\partial \zeta} \\ \frac{\partial \sum N_i S_i}{\partial \eta} & \frac{\partial \sum N_i n_i}{\partial \eta} \end{bmatrix} \quad (7)$$

أن صيغة التحويل والارتباط بين نظامي المحاور ضروري في النموذج الرياضي ويمكن تمثيل هذا الارتباط بالصيغة الآتية :

$$dA = ds dn = \det[J] d\zeta d\eta \quad (8)$$

أن المعادلات الأساسية المستخدمة في النموذج الرياضي هي معادلات (نيفر - ستوك) اللاخطية للجريان والمشتقة من قانون نيوتن الثاني والمكتوبة نسبة لمحاور دائرية وتم إضافة اشتقاق المتغيرات نسبة إلى الزمن لتصبح المعادلات الأساسية كالآتي :

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (U H)}{\partial S} + \frac{\partial (V H)}{\partial n} &= 0 \\ \frac{\partial U}{\partial t} + U \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right) + V \left(\frac{\partial U}{\partial n} \right) + \frac{\bar{U}}{r} \bar{V} &= g \frac{\partial H}{\partial S} - \frac{\tau_{hs}}{\rho H} \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \left(\frac{\partial V}{\partial S} \right) + V \left(\frac{\partial V}{\partial n} \right) + \frac{\bar{U}}{r} \bar{U} &= g \frac{\partial H}{\partial n} - \frac{\tau_{hn}}{\rho H} \end{aligned} \quad (9)$$

حيث يمكن تمثيل المتغيرات عند كل عقدة ضمن العنصر المحدد الواحد وباتجاهين كالآتي :

$$\left. \begin{aligned} H &= \sum H_i N_i \\ U &= \sum U_i N_i \\ V &= \sum V_i N_i \\ Z &= \sum Z_i N_i \end{aligned} \right\} i = 1,8 \quad (10)$$

تم ربط معادلات (نيفر - ستوك) اللاخطية مع معادلة حفظ الرسوبيات اللاخطية من الدرجة الثانية لتمثيل التغيرات

الحاصلة في منسوب قاع القناة الرملية والاتجاهين والممثلة بالصيغة الآتية (٦) :

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial q_{BS}}{\partial S} + \frac{1}{r} \frac{\partial (r q_{Bn})}{\partial n} \right] = 0 \quad (11)$$

حيث يمكن تمثيل المتغيرات عند كل عقدة ضمن العنصر المحدد الواحد والاتجاهين كالآتي :

$$\left. \begin{aligned} q_{BS} &= \sum (q_{BS})_i N_i \\ q_{Bn} &= \sum (q_{Bn})_i N_i \\ Z &= \sum Z_i N_i \end{aligned} \right\} i = 1, 8 \quad (12)$$

حيث أن (q_{BS} , q_{Bn}) هي كمية الترسبات بالاتجاهين ويمكن حسابها من معادلة (بيتر - مايير - مولر) كالآتي :

$$\begin{aligned} q_{BS} &= 8 \sqrt{g Z^3 \left(\frac{\rho_s}{\rho-1} \right)} (\tau_* - \tau_{*c})^{3/2} \\ q_{Bn} &= q_{BS} \left[\tan \theta - \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{M_s M_k \tau_*}} \frac{\partial Z}{\partial n} \right] \end{aligned} \quad (13)$$

حيث يمكن تعريف كل من (τ_{bn} و τ_{bs}) بأنها اجهادات القص الناتجة بسبب الاحتكاك بين قاع القناة والماء ويمكن

حسابها كالآتي :

$$\begin{aligned} \tau_{bs} &= \rho h g \left(\frac{n_m^2}{h^{4/3}} \right) u \sqrt{u^2 + V^2} \\ \tau_{bn} &= \rho h g \left(\frac{n_m^2}{h^{4/3}} \right) V \sqrt{u^2 + V^2} \end{aligned} \quad (14)$$

وبعد إجراء التكمالات الخاصة بالعناصر المحددة اعتمادا على دالة الشكل التي تم تعريفها سابقا نحصل على

المصفوفة الخاصة بالحل عند كل عنصر محدد ولثمان عقد :

$$\begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{44} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A_{55} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{66} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{77} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{88} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{t1} & u_{t1} & v_{t1} \\ h_{t2} & u_{t2} & v_{t2} \\ h_{t3} & u_{t3} & v_{t3} \\ h_{t4} & u_{t4} & v_{t4} \\ h_{t5} & u_{t5} & v_{t5} \\ h_{t6} & u_{t6} & v_{t6} \\ h_{t7} & u_{t7} & v_{t7} \\ h_{t8} & u_{t8} & v_{t8} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} & C_{17} & C_{18} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} & C_{27} & C_{28} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} & C_{37} & C_{38} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} & C_{47} & C_{48} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} & C_{57} & C_{58} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} & C_{67} & C_{68} \\ C_{71} & C_{72} & C_{73} & C_{74} & C_{75} & C_{76} & C_{77} & C_{78} \\ C_{81} & C_{82} & C_{83} & C_{84} & C_{85} & C_{86} & C_{87} & C_{88} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 & u_1 & v_1 \\ h_2 & u_2 & v_2 \\ h_3 & u_3 & v_3 \\ h_4 & u_4 & v_4 \\ h_5 & u_5 & v_5 \\ h_6 & u_6 & v_6 \\ h_7 & u_7 & v_7 \\ h_8 & u_8 & v_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} \\ B_{41} & B_{42} & B_{43} \\ B_{51} & B_{52} & B_{53} \\ B_{61} & B_{62} & B_{63} \\ B_{71} & B_{72} & B_{73} \\ B_{81} & B_{82} & B_{83} \end{bmatrix}$$

حيث أن (h_{ti}) و (U_{ti}) و (V_{ti}) تمثل تغير الارتفاع ومعدل السرعة بالاتجاهين نسبة إلى الزمن .

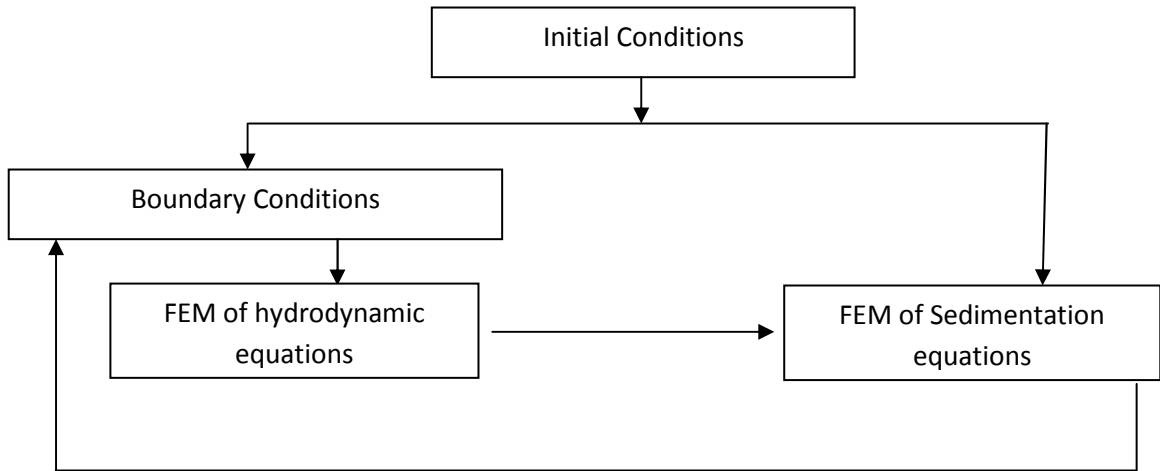
ويمكن اختصار هذه المصفوفة بالصيغة الآتية :

$$[A] \left[\dot{\chi} \right] + [C][\chi] = [B] \quad (16)$$

وكذلك تصبح المصفوفة الخاصة بمعادلة حفظ الرسوبيات كالآتي :

$$[A] \left[\dot{Z} \right] + [C][Z] = [B] \quad (17)$$

ويمكن تمثيل عمل النموذج الرياضي باختصار كما يوضحه المخطط الآتي :



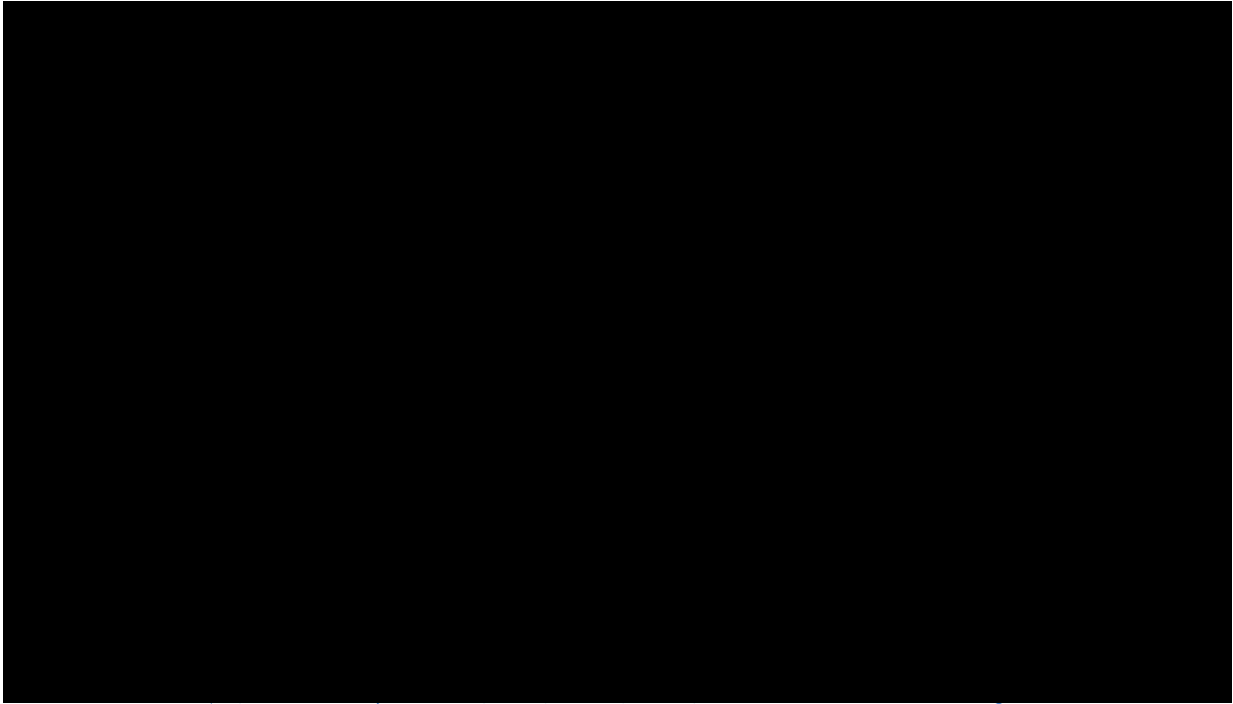
معايرة النموذج الرياضي

تم تطبيق النموذج الرياضي على ثلاثة مقاطع مفاصه عند موقع ناظم الفلوجة وهي مقطع رقم (15) و (16) و (17) وتم استخدام بيانات هيدروليكية مفاصه للفترة من (1 / 6 / 2000) إلى (15 / 7 / 2000) للمقاطع الثلاثة وتم استخدام قيمة معامل ماننك في عملية المعايرة مساوي إلى (0.028) ومعامل الموازنة (weighting factor) مساوي إلى (0.8)⁽⁷⁾.

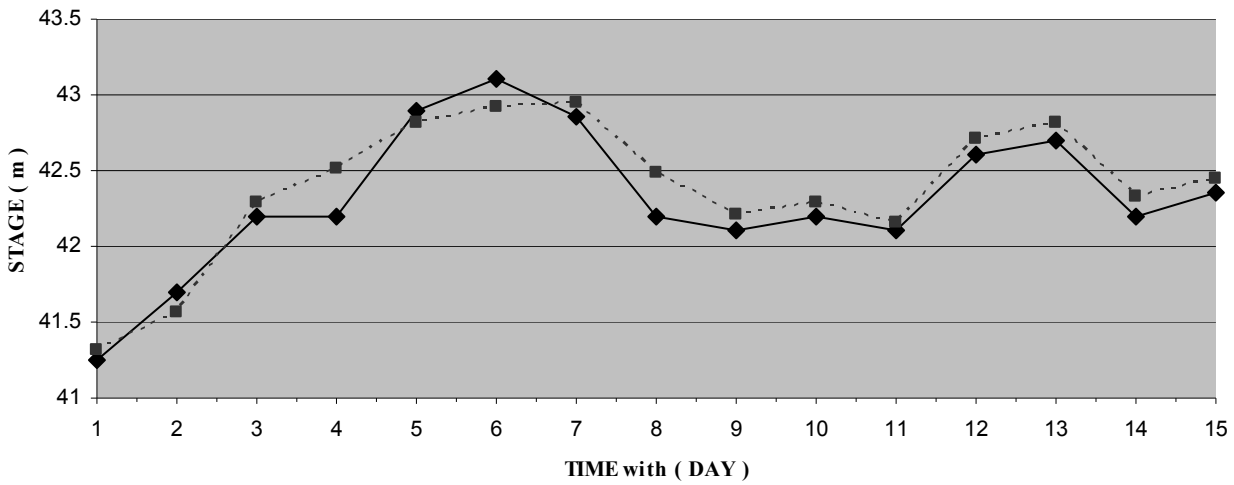
أظهرت نتائج المعايرة نتائج مقبولة يمكن توضيحها بالأشكال المرقمة (3 و 4 و 5) حيث كان معدل مربع الخطأ

(mean square error) للمقاطع الثلاثة كالآتي :

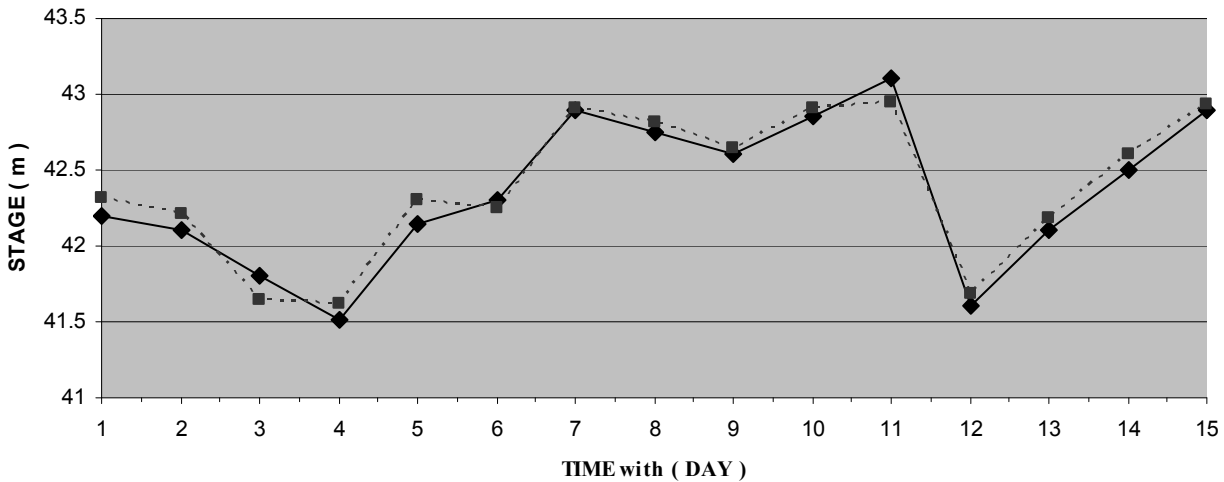
The section	Mean square error (mse)
1 + 800	0.0124
2 + 00	0.01178
2 + 200	0.01



شكل رقم (٤) منحنى (الارتفاع - الزمن) للقيم المرصودة والمحسوبة عند المقطع (1 + 800)



شكل رقم (٥) منحنى (الارتفاع - الزمن) للقيم المرصودة والمحسوبة عند المقطع (2 + 00)



شكل رقم (6) منحنى (الارتفاع - الزمن) للقيم المرصودة والمحسوبة عند المقطع (2 + 200)

النتائج والمناقشة

تم تشغيل النموذج الرياضي على ستة حالات مختلفة واعتمد في تقسيم هذه الحالات على عدد الأسنان وطولها وتأثرها بزاوية انحناء القناتين والحالات الستة هي :

- . الحالة الأولى : وجود خمسة أسنان وطول كل سن (60cm) وميل الأسنان (60°) .
- . الحالة الثانية : وجود خمسة أسنان وطول كل سن (80cm) وميل الأسنان (60°) .
- . الحالة الثالثة : وجود ثلاثة أسنان وطول كل سن (60cm) وميل الأسنان (60°) .
- . الحالة الرابعة : وجود ثلاثة أسنان وطول كل سن (60cm) وميل الأسنان (60°) .
- . الحالة الخامسة : الحالة الأولى في القناة الأولى وميل الأسنان (80°) .
- . الحالة السادسة : الحالة الأولى في القناة الثانية وميل الأسنان (80°) .

حيث إن في الحالتين الثانية والرابعة تم وضع أول سن عند منتصف التقوس لملاحظة تأثير ذلك على قيم معامل

ماننك علماً أن جميع الحالات الستة أعلاه دقت في حالة زيادة التصريف ، ويمكن تمثيل قيم ماننك من خلال الجداول الآتية :

الجدول رقم (١) : قيم معامل ماننك للقناة رقم (١) بدون استخدام أسنان

ترتيب التصريف	التصريف (لتر / ثانية)	قيمة معامل ماننك
١	١٠٠	0.038
٢	١٢٠	0.0334
٣	١٤٠	0.0304
٤	١٦٠	0.0291
٥	١٨٠	0.0287

الجدول رقم (٢) : قيم معامل ماننك للقناة رقم (٢) بدون استخدام أسنان

ترتيب التصريف	التصريف (لتر / ثانية)	قيمة معامل ماننك
١	١٠٠	0.034
٢	١٢٠	0.0314
٣	١٤٠	0.0298

0.0286	١٦٠	٤
0.0278	١٨٠	٥

الجدول رقم (3) : قيم معامل ماننك للقناة رقم (١) باستخدام أسنان

قيمة معامل ماننك				التصريف (لتر/ثانية)	ترتيب التصريف
الحالة الرابعة	الحالة الثالثة	الحالة الثانية	الحالة الأولى		
0.0281	0.0272	0.0294	0.0281	١٠٠	١
0.0284	0.0279	0.0299	0.0287	١٢٠	٢
0.0296	0.0284	0.0312	0.0291	١٤٠	٣
0.0306	0.0293	0.0324	0.0298	١٦٠	٤
0.0316	0.0298	0.0356	0.0306	١٨٠	٥

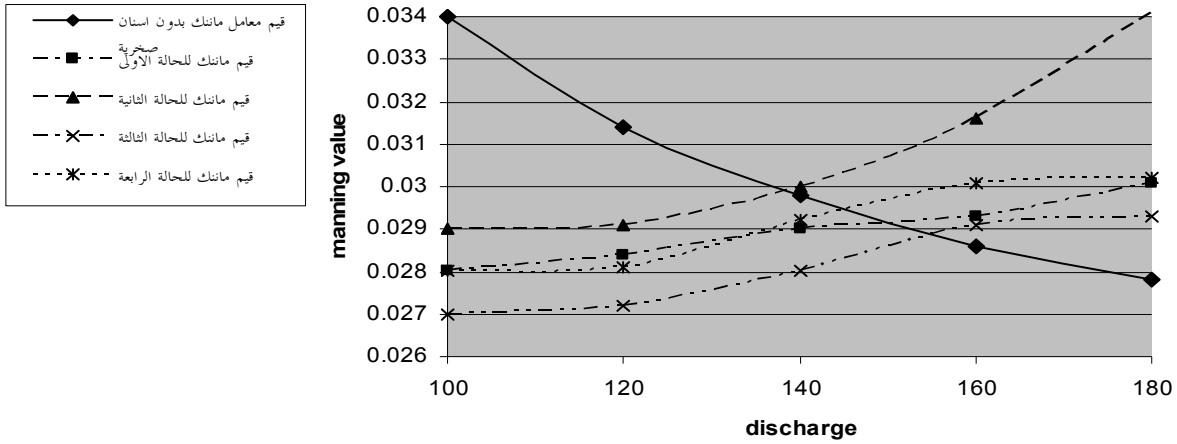
الجدول رقم (4) : قيم معامل ماننك للقناة رقم (٢) باستخدام أسنان

قيمة معامل ماننك				التصريف (لتر/ثانية)	ترتيب التصريف
الحالة الرابعة	الحالة الثالثة	الحالة الثانية	الحالة الأولى		
0.028	0.027	0.029	0.028	١٠٠	١
0.0281	0.0272	0.0291	0.0284	١٢٠	٢
0.0292	0.028	0.03	0.029	١٤٠	٣
0.0301	0.0291	0.0316	0.0293	١٦٠	٤
0.0302	0.0293	0.0341	0.0301	١٨٠	٥

الجدول رقم (٥) : قيم معامل ماننك للقناتين في حالة تغيير ميل الأسنان

قيمة معامل ماننك				التصريف (لتر/ثانية)	ترتيب التصريف
الحالة السادسة	الحالة الأولى للقناة الثانية	الحالة الخامسة	الحالة الأولى للقناة الأولى		
0.0284	0.028	0.0825	0.0281	١٠٠	١
0.02856	0.0284	0.02881	0.0287	١٢٠	٢
0.0288	0.029	0.02913	0.0291	١٤٠	٣
0.02905	0.0293	0.02955	0.0298	١٦٠	٤
0.0299	0.0301	0.0301	0.0306	١٨٠	٥

ويمكن تمثيل هذه النتائج بيانيا كما يأتي :



شكل رقم (٧) يبين قيم ماننك للحالات الأربعة الأولى للقناة الثانية

شكل رقم (٨) يبين قيم ماننك للحالات الأربعة الأولى للقناة الأولى

ونلاحظ من الشكل رقم (٦) والشكل رقم (٧) أن زيادة التصريف يؤدي إلى تقليل معامل ماننك في الحالة الاعتيادية أي بدون استخدام أسنان صخرية ولكن باستخدام الأسنان تنعكس هذه الحالة حيث يزداد معامل ماننك بزيادة التصريف وتعطي الحالة الثانية أكبر زيادة في قيم معامل ماننك حيث نلاحظ أن أكبر قيمة لماننك في هذه الحالة تصل تقريبا إلى أكبر قيمة لماننك عند أقل تصريف في حالة عدم استخدام الأسنان الصخرية بينما تعطي الحالة الثالثة أقل زيادة في قيم معامل ماننك بزيادة التصريف حيث نلاحظ أن أكبر قيمة لماننك في هذه الحالة تصل تقريبا إلى أقل قيمة لماننك عند أكبر تصريف في حالة عدم استخدام الأسنان الصخرية . وهذا يعني أن مجال قيم معامل ماننك يتراوح بين حالتين الأولى هي استخدام خمسة أسنان وطول السن الصخري الواحد (80cm) والثانية هي ثلاثة أسنان وطول السن الصخري الواحد (60cm) .

ولملاحظة تأثير تغيير زاوية ميل الأسنان الصخرية نلاحظ الأشكال الآتية :



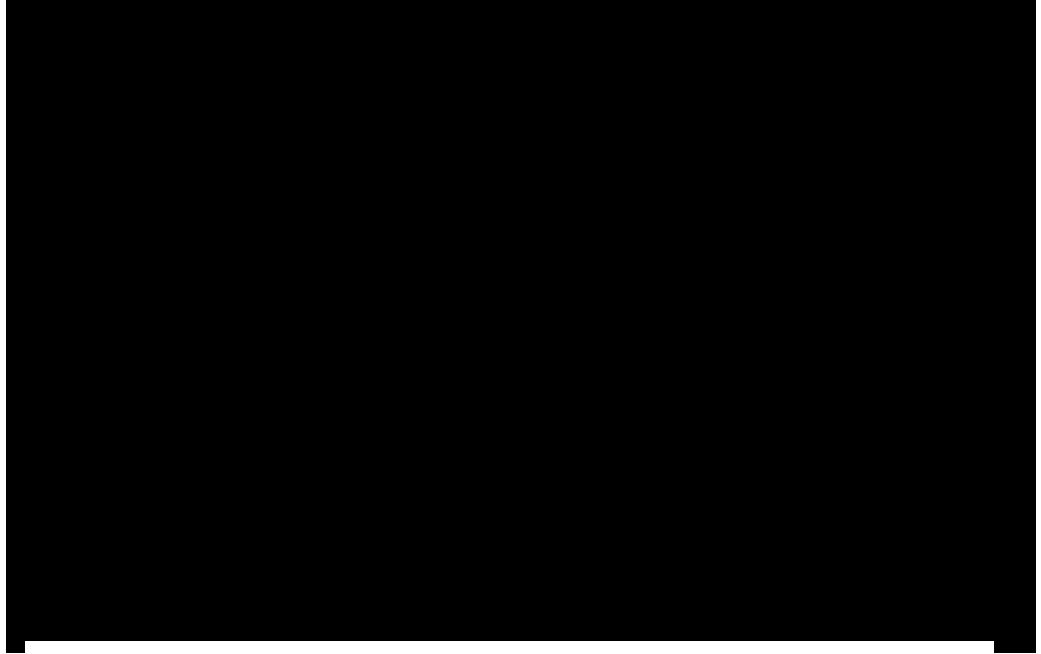
شكل رقم (٩) تغيير قيم ماننك نسبة لتغير ميل الأسنان عند القناة الأولى



شكل رقم (١٠) تغيير قيم ماننك نسبة لتغير ميل الأسنان عند القناة الثانية

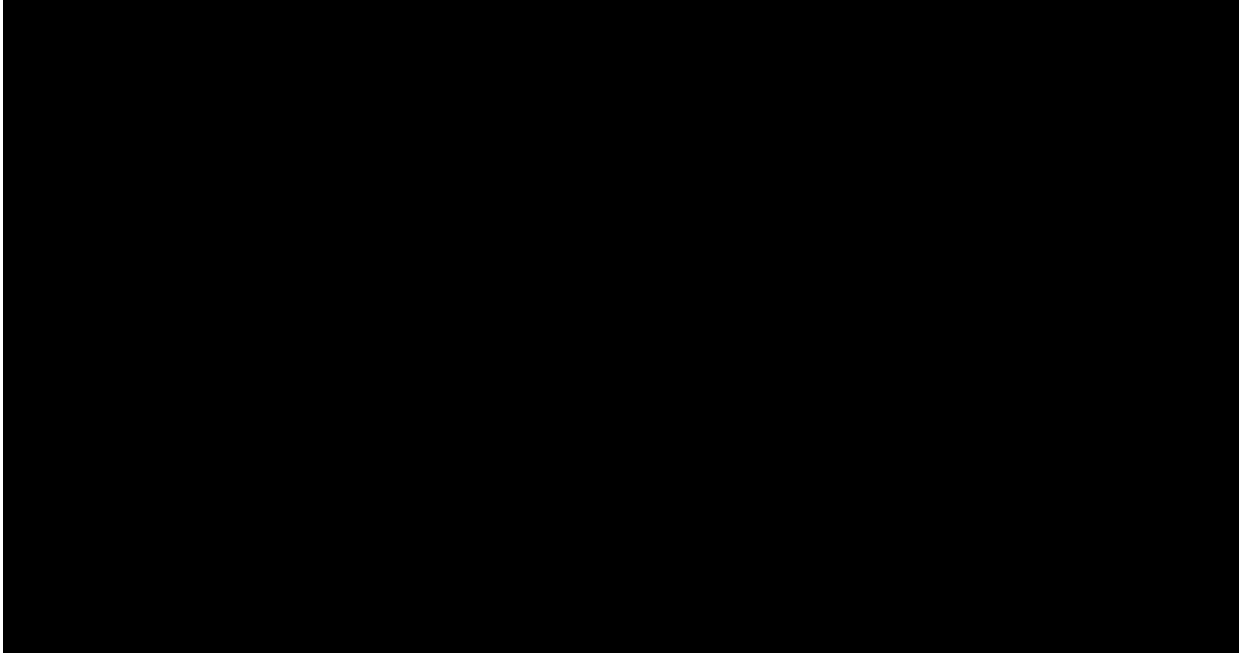
حيث نلاحظ أن زيادة ميل الأسنان يساعد على زيادة قيم ماننك في التصريف الواطئة ولكنه يقلل من قيم ماننك عند التصريف العالية وفي القناتين وذلك يعود إلى أن التقارب في المسافات بين الأسنان يزيد من إعاقه الجريان فتزداد نتيجة لذلك قيم معامل ماننك.

ويمكن كذلك تدقيق تأثير تغيير زاوية انحناء زاويتي تقوس القناتين وتأثيرها على قيم ماننك في الحالتين من رسم العلاقة بين التصريف وقيم ماننك لأي حالتي مقارنة بين القناتين وكالاتي :



شكل رقم (١١) العلاقة بين التصريف وقيم ماننك للقناتين نسبة لتغير زاوية انحناء التقوس

حيث نلاحظ أن زيادة إنحاء قوس القناة الرملية أدى إلى تقليل قيم معامل ماننك بسبب أن كمية الترسبات أصبحت اقل في الحالة الثانية (حالة زاوية التقوس الأكبر) ويمكن ملاحظة ذلك من خلال المقارنة في احد مقاطع القناة الرملية لملاحظة قاع القناة كيف يتغير مع تغيير زاوية تقوس القناة :



شكل رقم (١٢) يبين تغير قاع القناة نسبة لتغير زاوية تقوس القناة المنحنية

أن وجود الأسنان الصخرية اثر وبشكل كبير على قيم معامل ماننك عنه في الحالة الاعتيادية (أي عند عدم استخدام الأسنان الصخرية) ويمكن حساب النسب المئوية للزيادة الحاصلة في قيم معامل ماننك من خلال الجدول الأتي (تم حساب هذه النسب عند اكبر تصريف وللحالات الأربعة الأولى) :

الجدول رقم (٦) : الزيادة الحاصلة في قيم ماننك بسبب استخدام الأسنان الصخرية عن الحالة الاعتيادية

النسبة المئوية للزيادة بقيم معامل ماننك				رقم القناة
الحالة الأولى	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة	
7%	19%	4%	9%	القناة الأولى
8%	18%	5%	8%	القناة الثانية

حيث نلاحظ وكما ذكرنا سابقا أن اكبر زيادة حصلت عند الحالة الثانية وللقتاتين واقل زيادة حصلت عند الحالة الثالثة وللقتاتين نسبة للحالة الاعتيادية (أي بدون استخدام أسنان صخرية).

المصادر

- 1 – Graf, H.W., (1971), " Hydraulics of Sediment Transport ", Mc Graw – Hill Book Company, New York.
- ٢ – الجبوري ، عطاالله خلف، " تهذيب الأنهار الرملية ذات الانحناءات اليسرة باستخدام الأسنان الصخرية " ، بحث ماجستير ، جامعة الموصل، ١٩٨٩ .
- ٣ – عمارة، نعمة حمد، و صالح، علي يحيى " معامل الخشونة لماننك لنهر دجلة داخل مدينة بغداد " ، مجلة العلوم والتكنولوجيا، العدد ١٠ ، ص ٦ – ٧ ، ١٩٩٦ .

- 4 – Varshney,R.S., et al, (1977), " Theory and Design of Irrigation Structure ", 3rd Edition, New chand and Pros, Vol.II, Chapter 11, Roorkee.
- 5 – Winkley, B.R., (1971)," Practical Aspects of River Regulation and Control", River Mechanics, Edition and Published by H.W.Shen,Vol.1,Chapter 19,USA.
- 6 - Shimiau,Y., and Itakura,T.,1989," Calculation of Bed Variation in Alluvial Channels",J.,Hydr.eng., Vol.115,No.3,PP.367-383.
- 7 – Al-ani, U.H.," Two Dimensional FEM Model for the Flow of Euphrates River at Falluja Regulator", M.SC.,Thesis, University of Anbar,2001.