مجلة الهندسة والتنمية المجلد العاشر/العدد الرابع- كانون الأول ٢٠٠٦
ISSN 1813-7822

نموذج رياضي لتحلية مياه النهر الثالث - القاطع الشمالي
Mathematical Model for Water Desalination of the Third River - Northern Section

أ.م.د. أنغام عز الدين علي
قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة
الجامعة المستنصرية، بغداد،
العراق

المهندسة زينب حسن مسلم
ماجستير هندسة بيئية
جامعة بغداد، بغداد،

الخلاصة

تضمن البحث بناء برنامج حاسوبي يهدف إلى حساب اقل كلفة ممكنة لتحلية مياه القاطع الشمالي للنهر الثالث بحيث لا تزيد الإيصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم عن الحدود المسموح بها للأغراض الإروائية وعن طريق تحديد عدد من محطات التحلية بالقرب من المبازل.

ويحدد البرنامج كفاءة تلك المحطات والتي تعمل بأقل كلفة ممكنة اعتمادا على البيانات الحقلية، كما أشارت الدراسات إلى تأثير كل من نسبة تصريف المبزل والحد الأعلى المسموح به للملوث على الكلفة الكلية المحسوبة.

Abstract

This research includes developing a computer program, aims to improve the water quality of the third river-northern section by maintaining the EC and SAR values within the allowable limits for irrigation.

This has been suggested to be done by the construction of desalination plants on the drainages along the river, operating with a minimum cost to achieve the desired pollutant limit.

The influence of drainage changes and the maximum limit of pollutant at cost are also considered in this program.

١. المقدمـــــــــة

يعتبر مشروع النهر الثالث من المشاريع العملاقة في العالم من حيث الطاقة التصميمة والتي تبلغ (٢٢٠م^3\ثا) عند المصب وكذلك من ناحية أحياء وخدمة أراضي زراعية تقدر (٦مليون دونم) وتقليل تلوث نهري دجلة والفرات بالمياه المالحة وإمكانية استغلال مياه النهر الثالث بعد معالجتها للاستخدامات الزراعية والصناعية أو تنمية الثروة الحيوانية والسمكية على المدى الطويل وخفض مستوى المياه الجوفية في وسط وجنوب العراق. تم الاعتماد على نتائج التقييم النوعي لمياه النهر الثالث خلال فترة الدراسة من (١٩٩٦/٣/١٥، ولغاية ١٩٩٧/٩/١) [1]، في إدارة مياه النهر باستخدام برنامج الامثلية الخطي الخاص بتحلية مياه النهر الثالث والذي يحدد اقل كلفة للتحلية عن طريق تحديد عدد من محطات التحلية على امتداد القاطع الشمالي للنهر الثالث.

٢. النمذجـــة الرياضيـــة

تستخدم النمذجة الرياضية في حل مشاكل التلوث للأنهار عن طريق إيجاد الحل الأمثل لمسائل التلوث وباستخدام البرمجة الخطية. إن البرمجة الخطية تختص بحل نوع من المسائل حيث تكون جميع العلاقات بين المتغيرات خطية، لكل من القيود ودالة الهدف للحصول على الحل الأمثل، وتستعمل مجموعه من المعادلات الخطية عددها n وتساوي عدد المتغيرات. والقيم غير السالبة لهذه المتغيرات يتم تحديدها لأنها تحقق المتغيرات وتؤدي إلى زيادة معادلاتها الخطية ويمكن التعبير عن ذلك رياضيا كما يأتي [2,3,4,5].

دالـــة الهـــدف:

$$\mathbf{Min\ Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots C_n X_n} \quad \ldots\ldots (1)$$

أو

$$\mathbf{Max\ Z = -C_1X_1 - C_2X_2 - \ldots\ldots\ldots\ldots C_n X_n} \quad \ldots\ldots (2)$$

القيـــود:

$$\frac{\sum_{j=1}^{n} P_{jn}P_jX_j}{\left[Q_n + \sum_{j=1}^{n} q_j\right]} \geq \frac{\sum_{j=1}^{n} P_{jn}P_j}{\left[Q_n + \sum_{j=1}^{n} q_j\right]} - B_n \quad \ldots\ldots (3)$$

حيث أن

n = رقم محطة التحلية (1، 2، 3،.....)

P_j = كمية التلوث الواصلة للمحطة j .

q_j = التصريف القادم من مصدر التلوث j.

X_j = نسبة ازالة التلوث عند المحطة j ($0< X_j< Y_j$)

P_{jn} = معامل الانتقال ويمثل جزء التلوث القادم من النقطة j والمتبقي في النهر عند النقطة n ($0 < P_{jn} < 1$).

Q_n = جريان النهر عند النقطة n .

B_n = الحد الاعلى المسموح به من الملوث عن النقطة n .

وبشكل مبسط يمكن كتابة القيود كالآتي:

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 &\geq b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 &\geq b_2 \\ a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 &\geq b_3 \end{aligned}$$

$$a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + a_{n3}X_3 + \ldots\ldots\ldots + a_{nn}X_n \geq b_n \quad \ldots\ldots (4)$$

حيث أن:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^{i} P_{ji} P_j}{\left[Qi + \sum_{j=1}^{i} q_j \right]} - B_i \quad \text{..... (5)}$$

إذا كانت $i \geq j$ فان:

$$a_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^{i} P_{ji} P_j}{\left[Q_i + \sum_{j=1}^{i} q_j \right]} \quad \text{..... (6)}$$

إذا كانت $i < j$ فأن:

$$a_{ij} = 0 \quad \text{..... (7)}$$

وبصيغة المصفوفة فأن المحددات في المعادلة (4) يمكن كتابتها كآلاتي:

$$A_x \geq b \quad \text{..... (8)}$$

حيث أن A تمثل مصفوفة ذات بعدين (n*n) ، قيمها معاملات X . بينما b تمثل مصفوفة ذات بعد واحد بقدر المتغيرات n .

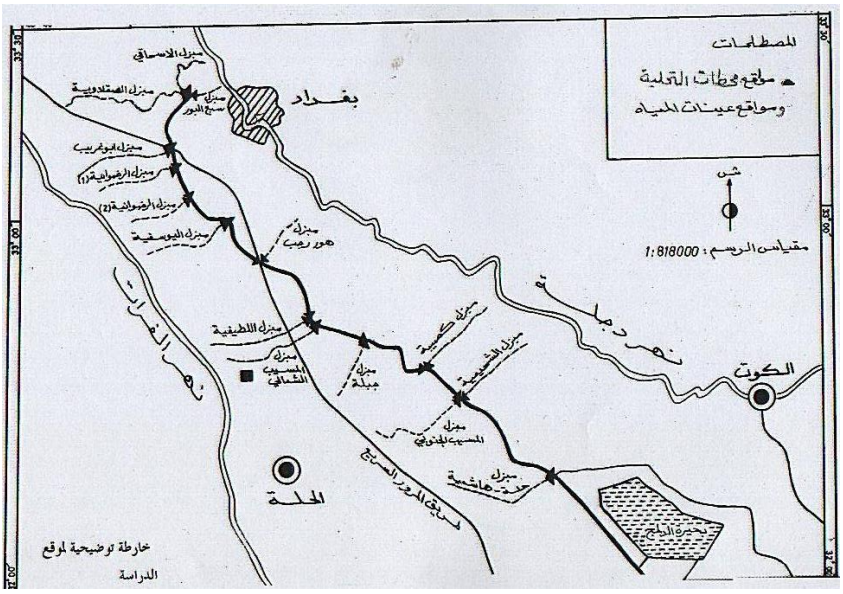
٣. المـــواد وطرائــق البحــث

لغرض إدارة نوعية مياه القاطع الشمالي للنهر الثالث وفق برنامج الامثلية الخطي اعتمدت الخطوات الآتية:

أ) بنـــاء البرنامـــج:

تم بناء برنامج حاسوبي بلغة بيسك يهدف إلى حساب اقل كلفة ممكنة لتحلية مياه القاطع الشمالي من النهر الثالث جراء حساب اقل كفاءة لكل محطة تحلية مقترحة على أن لا تزيد الإيصالية الكهربائية (ECW) ونسبة إمتزاز الصوديوم (SAR) للمياه عن الحدود المسموح بها للأغراض الإروائية واعتمدت في هذا البرنامج الافتراضات النظرية الآتية:

١. اقتراح أحدى عشر محطة تحلية على امتداد القاطع الشمالي للنهر الثالث الموضح أدناه في الخارطة التوضيحية لموقع الدراسة، حيث اقترحت محطة تحلية واحدة فقط للمبازل الثلاثة الأولى أما باقي المبازل فقد اقترحت محطة تحلية بالقرب من مصباتها ، أما بالنسبة للمبزلين الأخيرين ، فبالنظر لكون مبزل الشحيمية ذي تصريف قليل نسبيا فيتم عمل عبارة أنابيب لنقل مياه المبزل إلى مبزل المسيب الجنوبي ذي التصريف العالي نسبيا ليكون المطلوب نصب محطة تحلية بالقرب من مصب المسيب الجنوبي فقط مما يقلل الكلفة.



الخارطة التوضيحية لموقع الدراسة

٢. التصريف التصميمي للمبازل يحدد الطاقة الإنتاجية لكل محطة تحلية ولا يسمح بأن تكون كفاءة محطة التحلية اكبر من ٩٥% أو أقل من ٣٠% [6].
٣. استخدام طريقة التقطير لتحلية المياه في المحطتين الأولى والاخيره بينما تستخدم طريقة التنافذ العكسي لتحلية مياه باقي المحطات وذلك بالاعتماد على التصريف التصميمي للمبازل حسب ما ورد في دراسات مركز بحوث الموارد المائية والتربة التابع لوزارة الري "السابقة" [7].
٤. اعتمد تصنيف منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO) [8] في تحديد الإيصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم لمياه القاطع الشمالي في النهر ضمن الحدود المسموح بها لاستخدامها للأغراض الإروائية، باعتباره دليل تطبيقي ويصلح لظروف معظم البلدان ويأخذ بنظر الاعتبار بتأثيرات المياه في التربة والنبات. كما أن هذا التصنيف حدد درجة المشكلة الناتجة من استخدام المياه.

ب) مراحل عمل البرنامج:

قسم عمل البرنامج إلى جزئين، شمل الجزء الأول صياغة دالة الهدف وقيود النوعية ضمن المدى المسموح به وذلك بالاعتماد على البيانات المستخدمة فيه ، مما يسهل استخدام البرمجة الخطية في حساب اقل كلفة ممكنة لتحلية المياه وتمثل نواتج هذا الجزء من البرنامج المعلومات الداخلة إلى الجزء الثاني من البرنامج الذي تتحدد فيه قيود الكفاءة ويمثل هذا الجزء برنامج الامثلية الخطي [9] الذي استخدمت فيه الطريقة المبسطة (simplex method) [1].

ج) القيود المحددة لدالة الهدف:

١. قيود النوعية
تمت صياغة محددات النوعية على النحو الآتي:

$$\frac{\sum_{j=1}^{n}\left[C_{1n}/C_{2j}\right]P_jX_j}{\left[Q_n+\sum_{j=1}^{n}q_j\right]} \geq \frac{\sum_{j=1}^{n}\left[C_{1n}/C_{2j}\right]P_j}{\left[Q_n+\sum_{j=1}^{n}q_j\right]} - B_n \quad \text{..... (9)}$$

حيث أن:
n = رقم محطة التحلية (1,2,3 .....،11).
C_{12} = الإيصالية الكهربائية (دسيسيمنز \م) أو نسبة إمتزاز الصوديوم في مياه النهر الثالث قبل مصب المبزل عند النقطة n وتمثل نتائج الفحوصات الكيميائية لعينات المياه.
C_{2j} = الإيصالية الكهربائية (دسيسيمنز\م) أو نسبة إمتزاز الصوديوم في مياه النهر الثالث بعد مصب المبزل j

P_j = الإيصالية الكهربائية (دسيسيمنز \م)أو نسبة إمتزاز الصوديوم الواصلة للمحطة j
Q_j = التصريف التصميمي القادم من المبزل للمحطة j (م[٣] \ثا)
B_n = الحد الأعلى المسموح به للايصالية الكهربائية أو لنسبة إمتزاز الصوديوم عند النقطة n
X_j = كفاءة التحلية عند المحطة j
Q_n = تصريف مياه النهر عند محطة التحلية n (3,2,1،.......،11)

٢. قيود الكفاءة

ومن جهة أخرى ذكر الباحثان نفسهما أن الكفاءة يجب أن تتحدد بقيمة دنيا (صفر) وذلك لغرض تحديد المحطات ذات الكفاءة المساوية للصفر والتي كلفتها تكون مساوية للصفر.

$$X_j \geq L_j \quad \ldots\ldots (10)$$

حيث أن:
X_j = الحد الاعلى لكفاءة المحطة j
L_j = الحد الادنى لكفاءة المحطة j

د) دالة الهدف:

أشارت دراسات (مركز بحوث الموارد المائية والتربة التابع لوزارة الري سابقا1994) إلى أن طريقة التنافذ العكسي من الأصلح استخدامها في تحلية مياه بزل تقدر كميتها 4.76م[٣] \ثا وتركيز يتراوح بين(3.01-32.34) دسيمسمنز \م وإذا زادت عن 12.68 م[٣]\ثا فمن الأفضل استخدام طريقة التقطير . وبالاعتماد على المعلومات المتوفرة حول قيم تصاريف المبازل التصميمة للنهر الثالث لوحظ زيادة مجموع تصاريف كل من المبازل الثلاثة الأولى والمبزلين الأخيرين عن القيمة 12.68م[٣]\ثا، لذا تم اقتراح طريقة التنافذ العكسي لجميع المحطات القريبة منها في تحلية مياه تلك المبازل. وقدرت كلفة عملية التحليـــة(0.078 ,0.038) دولار\م[٣] في سنة (1979) باستخدام طريقة التنافذ العكسي والتقطير على التوالي (نفس المصدر) وبهذا تمت صياغة دالة الهدف من اجل الحصول على اقل كلفة ممكنة لتحلية المياه على النحو الآتي:

$$\text{Min. } Z = (q_1 * C_1)\, x_1 + (q_2 * C_2) X_2 + \ldots\ldots + (q_{10} * C_{10}) X_{10} \quad \ldots\ldots (11)$$

حيث أن:
Z= كلفة التحلية الكلية (دولار\ثا)
q_j=التصريف التصميمي للمبازل القادم الى المحطة j
C_j= كلفة التحلية لكل م^3 عند المحطة j
X_j= كفاءة التحلية عند المحطة j

$$\text{Min. } Z = 2.62X_1+0.11X_2+0.23X_3+0.05X_4+0.15X_5+0.16X_6$$
$$+0.05X_7+0.24X_8+0.09X_9+0.10X_{10}+1.19X_{11} \quad \ldots\ldots (12)$$

هـ) البيانات المستخدمة في البرنامج:

عبر عن معدل تصريف مبازل القاطع الشمالي من النهر الثالث بالتصاريف التصميمة الخاصة بها، لأجل تحديد الطاقة الإنتاجية لكل محطة وثم الاعتماد على تصنيف منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO) [8] في تحديد الحدود المسموح بها لكل من الإيصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم لمياه النهر الثالث لاستخدامها للأغراض الإروائية.

كما استخدمت نتائج الفحوصات المختبرية الخاصة بالايصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم لكل من مياه النهر الثالث والمبازل ضمن القاطع الشمالي وكذلك قياسات تصاريف المبازل خلال فترة الدراسة لحساب القيم الوسطى لمعامل الانتقال، والعليا والوسطى والدنيا لكل من الإيصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم لمياه النهر الثالث والمبازل [1].

٤. النتائج والمناقشة

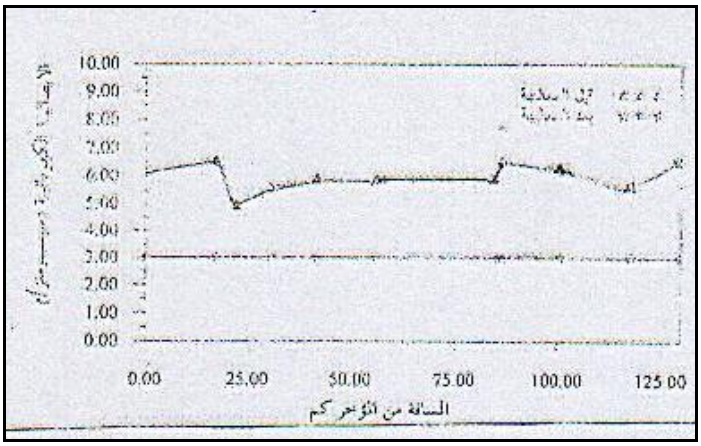
يمكن تحديد نتائج برنامج إدارة نوعية مياه النهر الثالث - القاطع الشمالي كما يأتي:

٤-١ الإيصالية الكهربائية

١. أشارت النتائج المعتمدة على بيانات القيم الدنيا للإيصالية الكهربائية لمياه المبازل ومعدل معامل الانتقال [1]، إلى إمكانية تحسين مياه القاطع الشمالي في النهر وجعل إيصالياتها الكهربائية مساوية إلى ٣ دسيسيمنزام بالاعتماد على تصنيف (FAO) [8] ، بكلفة 3.96 دولار \ثا وعندما تكون كفاءة محطة التحلية الأولى X_1=0.861 وكفاءة باقي محطات التحلية X_2, X_3, X_4.....X_{11}=0.95 وذلك بسبب الملوحة العالية لمياه القاطع.

٢. عند اعتماد قيم الإيصالية الأقل من 0.7 دسيسيمنزام لوحظ عدم الحصول على حل ممكن (No Feasible Solution) بالرغم من استعمال عدة قيم للكفاءة وصولا إلى القيمة العليا ٩٥% لجميع محطات التحلية على امتداد القاطع الشمالي، لذا اعتمدت القيمة ٣ دسيمسمنزام كحد أعلى مسموح به وكانت الحلول الممكنة تقتصر على القيم الدنيا للايصالية الكهربائية لمياه المبازل والمعدل كمعامل الانتقال بينما لم يتم الحصول على حلول ممكنة عند إدخال بيانات القيم العليا والمعدل للايصالية الكهربائية لمياه المبازل والمعدل لمعامل الانتقال والواردة في (زينب، ١٩٩٧) [1].

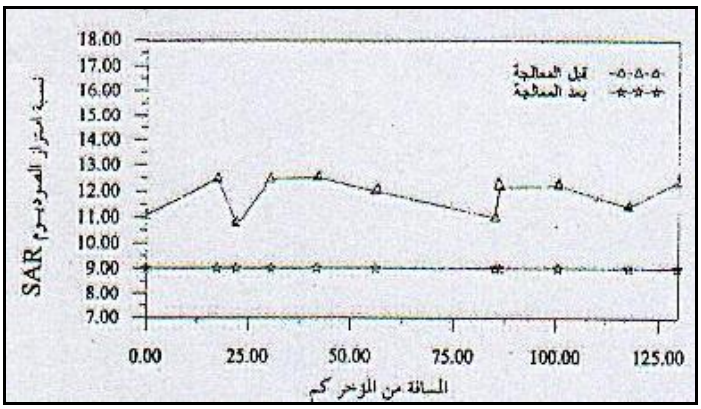
يبين الشكل (١)، تغير قيم الإيصالية الكهربائية الدنيا على امتداد القاطع الشمالي من النهر الثالث قبل وبعد التحلية، ويلاحظ إن الإيصالية الكهربائية قبل التحلية تتذبذب على امتداد القاطع أثناء فترة البحث بين القيم (6.62-4.87) دسيسيمنزام بينما بعد التحلية تكون مساوية إلى٣ دسيسيمنزام.



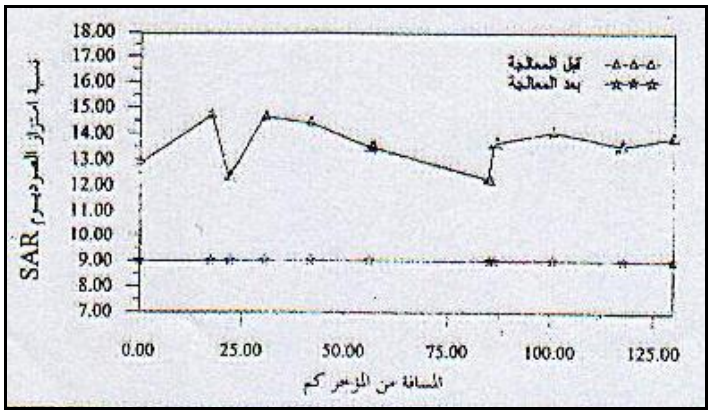
شكل (١) تغير قيم الإيصالية الكهربائية الدنيا على امتداد القاطع الشمالي من النهر الثالث قبل وبعد التحلية

٢-٤ نسبة إمتزاز الصوديوم

١. استنادا إلى بيانات قيم المعدل لكل من نسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل ومعامل الانتقال والواردة في [1]، أشارت نتائج البرنامج إلى إمكانية جعل نسبة إمتزاز الصوديوم ٩ وبكلفة 3.92 دولار\ثا عندما تكون كفاءة محطة التحلية الأولى X_1 =0.848 وكفاءة باقي محطات التحلية $X_2, X_3, ..., X_{11}$=0.94. يوضح الشكلان (٢) و(٣) تغير قيم المعدل والقيم العليا لنسبة إمتزاز الصوديوم على التوالي، على امتداد القاطع قبل التحلية أثناء فترة البحث وبعد التحلية.



شكل (٢) تغير معدل نسبة إمتزاز الصوديوم على امتداد القاطع الشمالي من النهر الثالث قبل وبعد التحلية

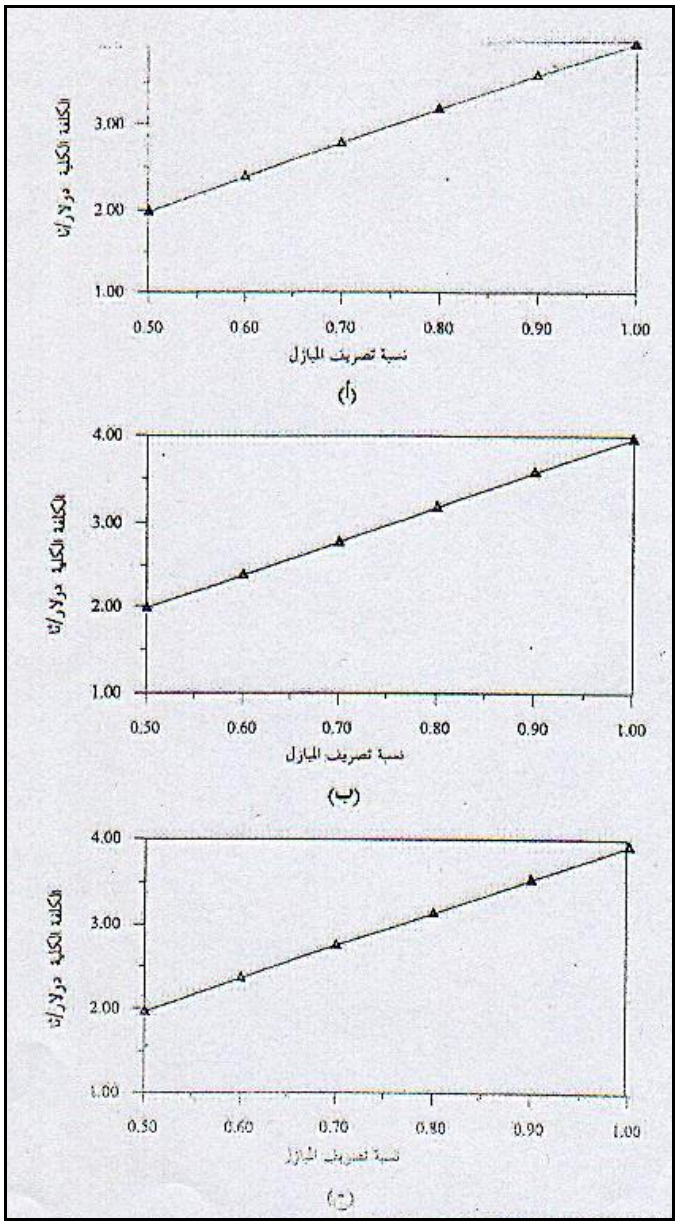


شكل (٣) تغير قيم نسبة إمتزاز الصوديوم العليا على امتداد القاطع الشمالي من النهر الثالث قبل وبعد التحلية

٢. عند تشغيل البرنامج باستعمال نسبة إمتزاز الصوديوم أقل من ٣ حسب تصنيف (FAO) [8]، للحصول على مياه لا تسبب أي مشكلة في الري بالنسبة للنباتات. أظهرت النتائج عدم الحصول على حلول ممكنة بالرغم من استخدام عدة قيم لكفاءة المحطات وصولا إلى الكفاءة العليا ٩٥% لجميع محطات التحلية على امتداد القاطع.

٤-٣ كلفــة التحليــة الكليــة

١. يبين الشكل (٤) العلاقة بين الكلفة الكلية المحسوبة ونسبة التصريف بالاعتماد على بيانات القيم الدنيا للايصالية الكهربائية لمياه المبازل ومعدل معامل الانتقال وبيانات معدل نسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل ومعامل الانتقال وكذلك بيانات القيم العليا لنسبة إمتزاز الصوديوم ومعدل معامل الانتقال [1]، الذي يلاحظ فيه أن الكلفة تتناسب طردياً مع التصريف. حيث تكون العلاقة على شكل خط مستقيم وتكاد تكون متوازية لكافة البيانات المستخدمة وبقيم ميل (3.96, 3.86, 3.92) على التوالي، وتعزى هذه العلاقة بين الكلفة والتصريف إلى انه كلما زاد التصريف ازداد عدد الوحدات الصناعية المستخدمة لعملية التحلية وبالتالي زيادة الكلفة.



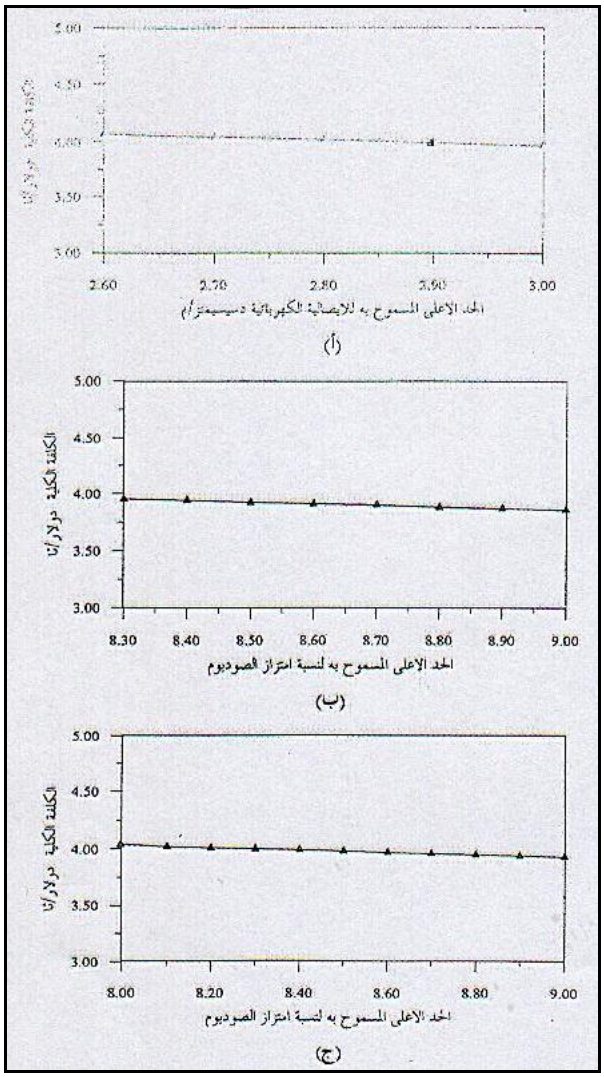
شكل (٤) تغير الكلفة الكلية مع نسبة تصريف المبازل

(أ) بالإعتماد على بيانات القيم الدنيا للإيصالية الكهربائية لمياه المبازل ومعدل معامل الإنتقال

(ب) بالإعتماد على بيانات معدل نسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل ومعامل الإنتقال

(ج) بالإعتماد على بيانات القيم العليا لنسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل ومعامل الإنتقال

٢. يشير الشكل (٥) إلى العلاقة بين الكلفة الكلية والحد الأعلى المسموح به لكل من الإيصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم اعتمادا على البيانات المذكورة أعلاه ويلاحظ منه أن العلاقة تكون على شكل خط مستقيم وبقيم ميل (-0.15, -0.13, -0.11) على التوالي. ويلاحظ من الشكل أن الكلفة تتناسب عكسياً مع الحد الأعلى المسموح به للملوث حيث تزداد الكلفة كلما كان الحد الأعلى المسموح به واطئا، ويعزى ذلك إلى انه كلما تم تقليل الحد الأعلى كلما كان من الواجب وجود كفاءة عالية للمحطات وهذا يعني إجراء عمليات تحلية لفترة أطول أو بسعة اكبر مما سيؤدي إلى زيادة الكلفة.



شكل (٥) تغير الكلفة الكلية مع الحد الأعلى لكل من الإيصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم

(أ) بالإعتماد على بيانات القيم الدنيا للإيصالية الكهربائية لمياه المبازل ومعدل معامل الإنتقال

(ب) بالإعتماد على بيانات معدل نسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل ومعامل الإنتقال

(ج) بالإعتماد على بيانات القيم العليا لنسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل ومعامل الإنتقال

٥. الاستنتاجات

١. تم التوصل عند الاعتماد على بيانات قيم الاتصالية الكهربائية الدنيا لمياه المبازل ، ومعدل معامل الانتقال إلى إمكانية تحسين مياه القاطع وجعل إيصاليتها الكهربائية مساوية إلى ٣ دسيمتر/م أي ضمن المياه ذات مشكلة قليلة إلى متوسطة بالنسبة للمحاصيل الحساسة [8] وبكلفة (3.96 دولار /ثا) عندما تكون كفاءة محطة التحلية الأولى x_1= 0.861 وكفاءة باقي المحطات X_2,X_3……X_{11}=0.95.

٢. لوحظ عند الاعتماد على بيانات قيم المعدل لكل من نسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل ومعامل الانتقال إمكانية جعل نسبة إمتزاز الصوديوم لمياه القاطع بقيمة مساوية إلى ٩ أي ضمن المياه التي تسبب مشاكل قليلة إلى متوسطة (FAO) [8] وبكلفة (3.86 دولار/ ثا) عندما تكون كفاءة محطة التحلية الأولى X1=0.848 وكفاءة باقي المحطات X2,X3,……..,Xn =0.92.

كما لوحظ عند استخدام بيانات القيم العليا لنسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل ، ومعدل معامل الانتقال إمكانية جعل نسبة إمتزاز الصوديوم أيضاً مساوية إلى ٩ وبكلفة 3.92 دولار/ثا عندما تكون كفاءة محطة التحلية الأولى X1=0.848 وكفاءة باقي المحطات X2,X3,……..,Xn = 0.94.

٣. أوضحت نتائج البحث أن الكلفة الكلية للتحلية تزداد طرديا مع نسبة تصريف المبازل، وكذلك تزداد الكلفة الكلية للتحلية مع زيادة (المعدلات ، القيم الدنيا ، والقيم العليا) للايصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم لمياه المبازل. ومن الناحية الاقتصادية تشير نتائج البحث إلى ارتفاع الكلف الكلية لتحلية مياه القاطع الشمالي في النهر ضمن الحدود المسموح بها للإيصالية الكهربائية ونسبة إمتزاز الصوديوم في الأغراض الإروائية مما يعرقل التنفيذ العملي لفكرة البحث ما لم يتوفر التمويل المالي الضخم للمشروع.

٦. التوصيـــــات

من خلال البحث تم التوصل إلى ضرورة الاهتمام بالنقاط الآتية:

١. من اجل تشغيل امثل وصيانة مستمرة للنهر الثالث يفضل تثبيت مواقع محددة على المبازل في مواقع المصبات على النهر لغرض اخذ العينات الدورية اللازمة لإجراء الفحوصات الكيميائية والفيزيائية وكذلك تثبيت مواقع ثابتة على المسار الطولي للنهر لأخذ العينات مما يسهل إجراء الدراسات اللاحقة.

٢. أن نتائج برنامج إدارة نوعية مياه القاطع الشمالي للنهر أوضحت الكلفة العالية الخاصة بعملية تحلية مياه النهر.

٣. إمكانية استخدام البرنامج المقترح لإدارة نوعية المياه في تقليل كمية أي ملوث (بكتريولوجي، معدن ثقيل .....الخ) وجعله ضمن الحدود المسموح بها .

٤. عند استعمال برنامج إدارة نوعية مياه القاطع الشمالي للنهر واستخدام هذه المياه لأغراض الري يفضل اختيار محاصيل متوسطة أو عالية التحمل للملوحة مع استخدام متطلبات غسل إضافية، وإضافة المادة العضوية والجبس عند زراعة محاصيل حساسة للملوحة.

٧. المصـــــــادر

1. حسن مسلم، زينب، ***"النمذجة الرياضية للتغيرات الحاصلة في نوعية مياه النهر الثالث/القاطع الشمالي"***، رسالة ماجستير، مقدمة إلى قسم الهندسة البيئية، جامعة بغداد، ١٩٩٧.

2. Strum, J. E., ***"Introduction to Linear Programming"***, Holden-Day Inc., 1972.

3. Campbell, L. H., ***"Introduction to Linear Programming, Systems Modeling and Optimization"***, Peter Peregrines Ltd., New York, 1981.

4. Bunday, B. D., ***"Basic Linear Programming"***, Edward Arnold, London, 1984.

5. Buras, N., ***"Scientific Allocation of Water Resources"***, American Elsevier Publishing Co. Inc., New York, 1972.

6. Proteous, A., ***"Saline Water Distillation Processes"***, Longman, Gt. Britain, 1975.

7. مركز بحوث الموارد المائية والتربة - قسم تحريات التربة، ***"إمكانية تحلية مياه النهر الثالث لإعادة استخدامها في الزراعة"***، وزارة الري، العراق، ١٩٩٤.

8. FAO, ***"Crop Water Requirements"***, Irrigation and Drainage Paper 24 Ev.1, FAO, Rome, Italy, 1985, 143p.

9. علي، أحمد عبد الصاحب، ***"محاضرات الطرق المثلى"***، كلية الهندسة، جامعة بغداد، ١٩٩٦.