

Determination the Best Distance Between the Elements of Flow Regulation in Irrigation Networks by Characteristics Method with Variable Nets(CHVN)

Dr. Izzelddin Hasan*
Nour Mohammed Dali**

(Received 7 / 8 / 2019. Accepted 8 / 10 / 2019)

□ ABSTRACT □

Water is the source of life, so it must be conserved and reduced, especially in the irrigation of agricultural crops in semi-arid countries such as Syria, where water consumption in irrigation of agricultural land amounts to about 80% of the total water resources.

Therefore, water management in irrigation water distribution networks in all its forms and types should be improved to improve the yield of the distribution process and to reduce losses as much as possible by automatically controlling the distribution of water and maintaining fixed water levels near the regulating and distribution systems in these networks.

In this study, a computer mathematical model will be constructed using the C Sharp programming language to solve the gradually varied flow equations in the prismatic channels using the characteristics method with variable nets(CHVN)to determine the best distance between water regulation elements in irrigation channels.

Keywords: Automatic control of irrigation networks, regulating the flow in irrigation networks, characteristics method with variable nets(CHVN).

* Professor- Faculty of Civil Engineering - Department of Water and Irrigation Engineering -Tishreen University- Lattakia- Syria.

** Postgraduate Student(Master) - Faculty of Civil Engineering - Department of Water and Irrigation Engineering -Tishreen University- Lattakia- Syria.

تحديد التباعد الأمثل بين عناصر تنظيم الجريان في شبكات الري بطريقة المميزات متغيرة الشبكة (CHVN)

د. عز الدين حسن*

نور محمد دالي**

تاريخ الإيداع 7 / 8 / 2019. قُبِلَ للنشر في 8 / 10 / 2019

□ ملخص □

المياه هي مصدر الحياة، ولذلك يجب الحفاظ عليها، وتقليل هدرها وخصوصاً في عمليات ري المحاصيل الزراعية في البلدان شبه الجافة كسوريا مثلاً، حيث يبلغ استهلاك المياه في ري الأراضي الزراعية قرابة 80% من الموارد المائية الاجمالية. لذلك يجب تحسين إدارة المياه في شبكات توزيع مياه الري بجميع أشكالها وأنواعها، لتحسين مردود عملية التوزيع وتخفيض الفواقد قدر الامكان من خلال التحكم الآلي بتوزيع المياه والحفاظ على مناسيب ثابتة للمياه بالقرب من أجهزة التنظيم والتوزيع في هذه الشبكات.

تم في هذه الدراسة بناء نموذج رياضي حاسوبي باستخدام لغة البرمجة C Sharp لحل معادلات الجريان المتغير تدريجياً في الأفنية الموشورية باستخدام طريقة المميزات متغيرة الشبكة (characteristics method with variable nets CHVN)، لتحديد التباعد الأمثل بين عناصر تنظيم الجريان في أفنية شبكات الري.

الكلمات المفتاحية: التحكم الآلي في شبكات الري، تنظيم الجريان في شبكات الري، طريقة المميزات متغيرة الشبكة.

*أستاذ - كلية الهندسة المدنية - قسم الهندسة المائية والري - جامعة تشرين - اللاذقية، سورية.

**طالبة ماجستير - كلية الهندسة المدنية - قسم الهندسة المائية والري - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مُقَدِّمَةٌ:

تعد المياه مصدراً مُجدِّداً، ولا غنى عنه في الحياة كما أنها مصدرٌ اقتصاديٌّ وأساسيٌّ للتطوُّر. ولكنَّه مصدر شحيح لذلك يجب أن تتوفَّر إدارة فعَّالة للمصادر المائية، لما لها من انعكاسات كبيرة اقتصادياً وعملياً. تُمثِّل الزراعة المُستهلك الأكبر، والأساسي للمياه في العالم بحوالي (80%) في المناطق الجافة وشبه الجافة، وبذلك تزداد المنافسة بينها، وبين القطاعات الأخرى على المصادر المائية المتاحة. [1]

تُشكِّل شبكات الري كمنظمة صناعية لنقل المياه من المصادر المائية إلى المزارع بهدف تأمين المياه بالشروط المُخطَّط لها أي: بالرَّزْم والكَمِّيَّة والارتفاع الجغرافي المطلوبين. حيث تُغطِّي مسافات شاسعة حول العالم، فطولها يتراوح من مئات الأمتار إلى مئات، وآلاف الكيلومترات.

تتعرَّض المياه خلال جريانها في أقبية الري لضغوطات تُقدَّر بحوالي (45-65%) من حجم المياه المُخصَّصة للري. تنتج هذه الضغوطات خلال عمليات التوزيع، وأسبابها: التبخر 5%، التسرب 30%، تضرُّر المنشآت 30%، وعمليات التوزيع غير الفعَّالة 35%. [2]

يُمكن أن تُخفَّض هذه الفواقد في مياه الري بشكل كبير باستخدام منشآت التنظيم والتوزيع (بوابات، هدارات، مودولات، وموزعات). وتتم عملية تشغيل هذه المنشآت بشكل يدوي، أو أوتوماتيكي. الطريقة اليدوية أكثر انتشاراً، ولكنها تُؤدِّي إلى ضياعات كبيرة في المياه، وفعاليَّة مُنخَفِضة في الأداء بسبب صعوبة التَّحكُّم بالتدفُّق في شبكات الري. لذلك اعتمد على التحكم بالتدفُّقات في شبكات الري المفتوحة باستخدام المنشآت الهيدروليكية حيث يُمكن زيادة فعاليَّة عملية التوزيع من خلال تشغيل هذه المنشآت أوتوماتيكيًا، وفي المراجع العالمية برهن بأنَّ الانتقال من التنظيم اليدوي للجريان إلى الأوتوماتيكي (أتمته شبكات الري) في الشبكات يُوفِّر حوالي 30% من المياه.

إن أتمته عمليات توزيع المياه يجب أن تُؤمَّن توزيعاً حسب الحاجة للمشاركين على طول الشبكة المائية، فإنَّ الاحتياج المائي يتغيَّر مع الرَّمَن ممَّا يُؤدِّي إلى نشوء جريانات غير مستقرة في الشبكة. ينطلق حساب هذه الجريانات من طرق المحاكاة بالاستناد على معادلات SAINT-VESENT

يُركِّز البحث على التحكم بالمنشآت الهيدروليكية في شبكات الري من خلال بناء نموذج رياضي بالاعتماد على طريقة المميزات متغيرة الشبكة (CHVN)، وباستخدام لغة البرمجة C sharp، لتزويد المُستخدمين بالمياه بالوقت المُناسب، وبالكَمِّيَّة المُطلوبة، ومنع حدوث غمر للأقنية، والمحافظة على منسوب علوي وسفلي ثابت تقريباً للمياه داخل الشبكة، والتقليل من الضياعات الناتجة عن الاضطرابات من خلال دراسة عملية توقف الضخ نتيجة عطل مفاجئ في محطة الضخ ودراسة استجابة البوابة لامتناس الاضطرابات المُتشكِّلة.

أهميَّة البحث وأهدافه:

تحديد التباعد الأمثل بين عناصر تنظيم الجريان بطريقة المميزات متغيرة الشبكة (CHVN).
تكمُن أهمية البحث في إيجاد خوارزمية لحلَّ معادلات St-Venant الحاكمة للجريان غير المُستقرَّ أحادي البُعد في شبكات الري المكشوفة باستخدام نموذج رياضي حاسوبي. وذلك للتحكم بمنشآت التنظيم في شبكات الري بهدف تقليل التآرجحات بمناسيب الماء، وتخفيض الضياعات والهدر في مياه هذا الشبكات.

طرائق البحث ومواده:

تُمثَّل معادلات (SAINT-VENANT) قواعدَ متطوّرةً لحساب الجريان غير المستقرّ في الأفنية المكشوفة، وهي ملائمةٌ بشكلٍ خاصٍّ للموديلات الرّياضية للجريان المُتغيّر تدريجيّاً.

معادلة الاستمرار

$$\partial Q / \partial X + \partial A / \partial t + q = 0 \quad (1)$$

معادلة كمية الحركة

$$\partial Q / \partial t + \partial / \partial X * (\beta Q^2 / A) + g * A * (\partial z / \partial X) + g * A * S_f = 0 \quad (2)$$

حيث أنّ:

Q: التدفق في القناة، A : مساحة المقطع العرضي للقناة، q: التدفق في واحدة العرض، β : معامل تصحيح العزم، g :

تسارع الجاذبية الأرضية، Z : مستوى سطح الماء فوق المنسوب الاعباري، S_f : مُعامل الاحتكاك [5,7]

الحل العددي لمعادلات Saint-Venant

قواعد الطريقة الوصفية

تُستخدم هذه الطريقة كطريقة وصفية فراغية أثناء انتشار الأمواج لحساب الصدم في الأنابيب، حيث تنطلق من المعادلتين (2,1)، وتعتمد طرائق المميزات الحسابية على حقيقة أنّ الاضطرابات الخفيفة في إحدى الأفنية في حالة الجريانات البطيئة تنتشر مع أو بعكس التيار وبسرعة محدودة.

عند مراقبة الآثار الناتجة عن إحدى الاضطرابات في المستويين (x,t) والتي تنطلق من نقاط تتباعد عن بعضها بمقدار Δx الشكل (6)، تتشكل مسارات ناتجة عن تقاطع منحنيات الاضطرابات التي تُحسب كمميزات أمامية وتراجعية في هذه النقاط كما في الشكل (1-a, 1-b)، كما تنشأ المجالات الموضحة في الشكل (a-1)، ولا تؤثر بموجبها الاضطرابات خارج النقاط (L,r) على الحل في النقطة m (مجال التأثير من m)، حيث تُحدّد المميزات المنطلقة من (L,r,m) التأثيرات الناتجة عن الاضطرابات في النقاط الآتية الذكر، وتُثبت مجالات التأثير هذه، حيث أنّ النقطة L تمثل مجال تأثير الاضطراب في الطرف اليساري، والنقطة r تمثل مجال تأثير الاضطراب في الطرف اليميني، والنقطة m تمثل مجال تأثير الاضطراب في الوسط، ويُمكن تصنيف المعادلات الوصفية في هذه النقاط كمعادلات تفاضلية.

المعادلات الأساسية لهذه الطرائق هي:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = v + \sqrt{g \cdot \frac{A}{B}} \quad (3) \text{ وصفيات أمامية}$$

$$\frac{\partial x}{\partial t} = v - \sqrt{g \cdot \frac{A}{B}} \quad (4) \text{ وصفيات متراجعة}$$

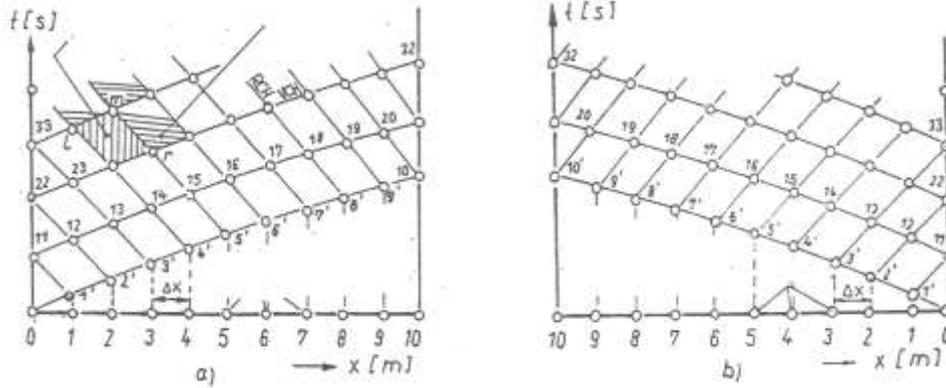
ينتج من المعادلات (1)، (2)، (3)، (4)، وباعتبار كل من Z و V رموز للمتحويلات الأساسية في العلاقات الأساسية التالية:

$$\sqrt{g \cdot \frac{A}{B}} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + g \cdot \frac{\partial z}{\partial t} + g \cdot \frac{v}{B} \cdot \left(\frac{\partial A}{\partial x} \right)_z = const + \sqrt{g \cdot \frac{A}{B}} \cdot g \cdot \frac{v \cdot |v|}{Rg} = 0 \quad (5)$$

$$\sqrt{g \cdot \frac{A}{B}} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} - g \cdot \frac{\partial z}{\partial t} - g \cdot \frac{v}{B} \cdot \left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)_z = const + \sqrt{g \cdot \frac{A}{B}} \cdot g \cdot \frac{v \cdot |v|}{Rg} = 0 \quad (6)$$

حيث أن المصطلح $\sqrt{g \cdot \frac{A}{B}}$ هو سرعة الأمواج C و $Rg = M^2 \cdot R^{\frac{1}{3}}$ هو عنصر الاحتكاك.

توصف المعادلات (3)، (4)، (5)، (6) كمعادلات وصفية لمعادلات SV الأساسية (1)، (2). [9]



الشكل (1): أشكال حساب الوصفيات [12]

النموذج الرياضي

الحساب في النقاط الوسطية

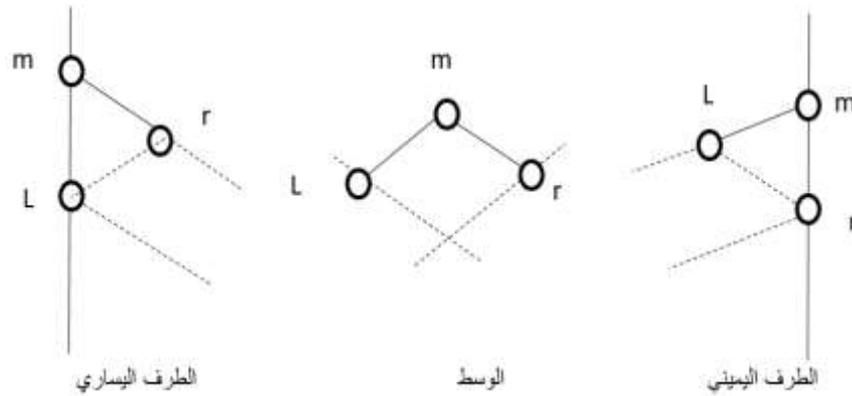
ينتج بالنسبة للمتحوّلات الأساسية للوصفيات الأمامية كالتالي:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &\approx \frac{x_m - x_L}{t_m - t_L} \quad (9) \\ \frac{dz}{dt} &\approx \frac{z_m - z_L}{t_m - t_L} \\ \frac{dv}{dt} &\approx \frac{v_m - v_L}{t_m - t_L} \end{aligned}$$

وللوصفيات التراجعية

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &\approx \frac{x_m - x_r}{t_m - t_r} \quad (10) \\ \frac{dz}{dt} &\approx \frac{z_m - z_r}{t_m - t_r} \\ \frac{dv}{dt} &\approx \frac{v_m - v_r}{t_m - t_r} \end{aligned}$$

وذلك باعتبار (m, L, r) كنقاط حسابية كما في الشكل (2)



الشكل (2): الوصفيات متغيرة الشبكة [12]

من المعادلات (3,4,5,6) ينتج بشكلٍ تقريبيّ

$$\frac{x_m - x_L}{t_m - t_L} = v_L + c_L \quad (11)$$

$$\frac{x_m - x_r}{t_m - t_r} = v_r - c_r \quad (12)$$

عندما تكون x_m و t_m مجاهيل

نُعوّض في العلاقات (3) و (4) فينتج

$$\frac{c_L \cdot (v_m - v_L)}{t_m - t_L} + \frac{g \cdot (z_m - z_L)}{t_m - t_L} + g \cdot v_L \cdot \frac{dL}{BL} + c_L \cdot g \cdot v_L \cdot \frac{|v_L|}{Rg_L} = 0 \quad (13)$$

$$\frac{c_r \cdot (v_m - v_r)}{t_m - t_r} + \frac{g \cdot (z_m - z_r)}{t_m - t_r} - g \cdot v_r \cdot \frac{dr}{Br} + c_r \cdot g \cdot v_r \cdot \frac{|v_r|}{Rg_r} = 0 \quad (14)$$

وذلك مع v_m و z_m كمجاهيلٍ إضافيّة

$$c_L = \sqrt{g \cdot \frac{A_L}{BL}}, \quad c_r = \sqrt{g \cdot \frac{A_r}{Br}}$$

تُعطى سرعة الأمواج c_L و c_r من العلاقات التّالية

نُحسب تغيّرات مساحة الجريان dL و dr من العلاقات التّالية:

$$dr = \frac{A_{mr} - A_r}{x_m - x_r}$$

$$dL = \frac{A_{mL} - A_L}{x_m - x_L}$$

A_{mL}

مساحة الجريان عند النّقطة m مع منسوب الماء في النّقطة L

A_{mr}

مساحة الجريان عند النّقطة m مع منسوب الماء في النّقطة r

A_L

مساحة الجريان عند النّقطة L

A_r

مساحة الجريان عند النّقطة r

نُحسب القيم x_m, t_m, z_m, v_m بمساعدة العلاقات (11,12,13,14) والتي تُشكّل جملة معادلاتٍ خطيّة.

كتقريبٍ أوليّ نُحسب القيم x_1, t_1, z_1, v_1 من المعادلات التّالية:

$$t_1 = \frac{t_L \cdot (v_L + c_L) - t_r \cdot (v_r + c_r) - (x_L - x_r)}{v_L - v_r + c_r + c_L} \quad (15)$$

$$x_1 = x_L + (v_L + c_L) \cdot (t_1 - t_L) \quad (16)$$

$$v_1 = \frac{1}{c_r + c_L} \cdot (g \cdot (z_L - z_r) + v_L \cdot c_L + v_r \cdot c_r + g \cdot v_r \cdot \left(\frac{d_r}{B_r} - c_r \cdot \frac{|v_r|}{Rg_r} \right) \cdot (t_1 - t_r) - g \cdot v_L \left(\frac{d_L}{B_L} + c_L \cdot \frac{|v_L|}{Rg_L} \right) \cdot (t_1 - t_L) \quad (17)$$

$$z_1 = z_L - \frac{1}{g} \cdot \left[c_L \cdot (v_1 - v_L) + g \cdot v_L \left(\frac{d_L}{B_L} + c_L \cdot \frac{|v_L|}{Rg_L} \right) \cdot (t_1 - t_L) \right] \quad (18)$$

يُمكن الحصول على تقريبٍ مُحسَّنٍ وذلك بمساعدة العلاقات (4,5,6,3)

$$\frac{x_m - x_L}{t_m - t_L} = \frac{1}{2} \cdot (v_m + c_m + v_L + c_L) \quad (19)$$

$$\frac{x_m - x_r}{t_m - t_r} = \frac{1}{2} \cdot (v_m - c_m + v_r - c_r) \quad (20)$$

$$0.5 \cdot (c_m + c_L) \cdot \frac{(v_m - v_L)}{t_m - t_L} + \frac{g \cdot (z_m - z_L)}{t_m - t_L} + 0.5 \cdot \left(g \cdot \frac{v_m}{B_m} \cdot d_{Lm} + g \cdot c_m \cdot v_m \cdot \frac{|v_m|}{Rg_m} + g \cdot \frac{v_L}{B_L} \cdot d_L + g \cdot c_L \cdot v_L \cdot \frac{|v_L|}{Rg_L} \right) = 0 \quad (21)$$

$$0.5 \cdot (c_m + c_r) \cdot \frac{(v_m - v_r)}{t_m - t_r} - \frac{g \cdot (z_m - z_r)}{t_m - t_r} - 0.5 \cdot \left(g \cdot \frac{v_m}{B_m} \cdot d_{rm} - g \cdot c_m \cdot v_m \cdot \frac{|v_m|}{Rg_m} + g \cdot \frac{v_r}{B_r} \cdot d_r - g \cdot c_r \cdot v_r \cdot \frac{|v_r|}{Rg_r} \right) = 0 \quad (22)$$

c_m, A_m, B_m, Rg_m هي توابع لمنسوب المياه وللموقع x_m المبحوث عنهم

تُحسب تغيرات مساحة الجريان d_{Lm} و d_{rm} كالتالي:

$$d_{Lm} = \frac{A_m - A_{Lm}}{x_m - x_L}$$

$$d_{rm} = \frac{A_m - A_{rm}}{x_m - x_r}$$

A_{Lm} مساحة الجريان عند النقطة L مع منسوب الماء في النقطة m

A_{rm} مساحة الجريان عند النقطة r مع منسوب الماء في النقطة m

A_m مساحة الجريان عند النقطة m

المعادلات (19,20,21,22) هي معادلات جبرية غير خطية مع المجاهيل x_m, t_m, z_m, v_m . تقترب القيم d_{Lm} و d_{rm} من القيم d_L و d_r عندما لا يختلف منسوب الماء كثيراً عند النقاط r, L, من منسوب الماء عند النقطة m. لذلك

اعتبرت القيم d_{Lm} و d_{rm} مساوية للقيم d_L و d_r في هذا العمل.

تُحلّ المعادلات عبر مرحلتين للتقريب المتتالي (الشكل 2). خلال المرحلة الأولى تُحسب z_m, v_m وخلال المرحلة

الثانية x_m, t_m .

تُسمى المرحلة الأولى التقريب الداخلي عند ذلك يُمكن حساب v_2 من المعادلتين (21,22)

$$v_2 = \frac{1}{c_r + c_L + 2 \cdot c_m} \cdot \left\{ 2 \cdot g \cdot (z_L - z_r) + (c_L + c_m) \cdot v_L + (c_r + c_m) \cdot v_r + \left[g \cdot v_r \cdot \left(\frac{d_r}{B_r} - c_r \cdot \frac{|v_r|}{Rg_r} \right) + g \cdot v_1 \cdot \left(\frac{d_r}{B_m} - c_m \cdot \frac{|v_1|}{Rg_m} \right) \right] \cdot (t_1 - t_r) - \left[g \cdot v_L \cdot \left(\frac{d_L}{B_L} + c_L \cdot \frac{|v_L|}{Rg_L} \right) + g \cdot v_1 \cdot \left(\frac{d_L}{B_m} + c_m \cdot \frac{|v_1|}{Rg_m} \right) \right] \cdot (t_1 - t_L) \right\} \quad (23)$$

بتعويض v_2 في (21) نحصل على منسوب الماء z_2 :

$$z_2 = z_L - \frac{1}{2g} \cdot (c_L + c_m) \cdot (v_2 - v_L) + \left\{ v_L \cdot \left(\frac{d_L}{B_L} + c_L \cdot \frac{|v_L|}{Rg_L} \right) + v_2 \cdot \left(\frac{d_L}{B_m} + c_m \cdot \frac{|v_2|}{Rg_m} \right) \right\} \cdot (t_1 - t_L) \quad (37)$$

يُنهي التقريب بوضع حدّ دقّة لكلّ من المتحوّلات v و z

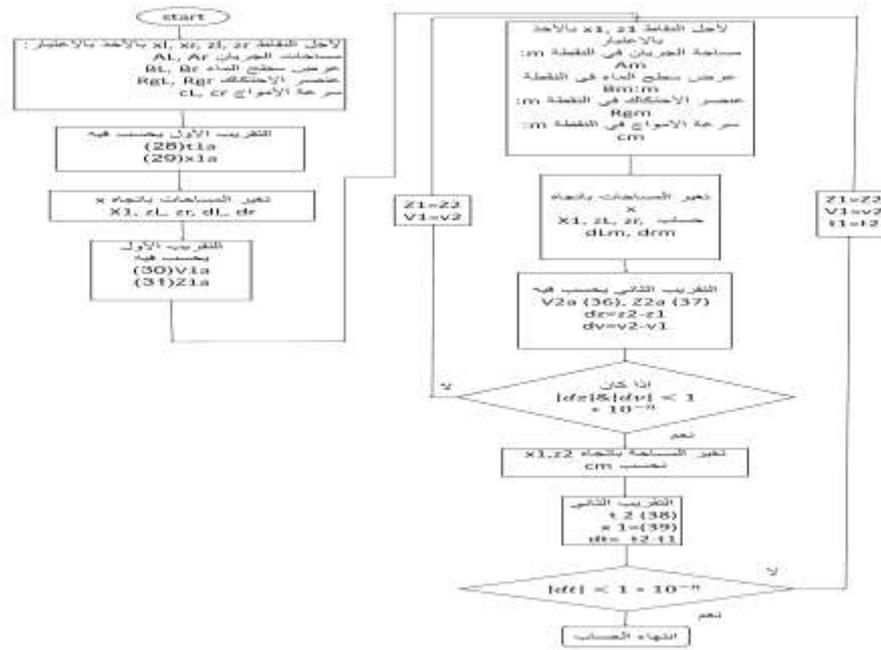
المرحلة الثّانية تسمّى التقريب الخارجى

ينتج الزّمن المطلوب t_2 من المعادلتين (19,20)

$$t_2 = \frac{[t_L \cdot (v_L + c_L + c_m + v_2) - t_r \cdot (v_r - c_r - c_m + v_2) - 2 \cdot (x_L - x_r)]}{v_L - v_r + c_L + c_r + 2 \cdot c_m} \quad (24)$$

بتعويض t_2 في العلاقة (19) تنتج قيمة x_1

$$x_1 = x_L + \frac{1}{2} \cdot (v_L + c_L + c_m + v_2) \cdot (t_2 - t_L) \quad (25)$$



الشكل (3): مخطط نهجي لتسلسل الحساب في الوسط [12]

الحساب عند الأطراف

الحساب عند الطّرف اليساري

الغزارة كتابع لمنسوب الماء (شرط طرفي من الدّرجة الثالثة)

يُمْكِن ملاحظة هذه الحالة عملياً في حيز الماء التدرجي، ويتم تنفيذ الحساب بشكلٍ مشابهٍ للحالة "منسوب الماء كتابع للزّمن".

$$t_{m(i)} = t_r + 2 \cdot \frac{x_m - x_r}{v_r + v_{m(i-1)} - c_r - c_{m(i-1)}} \quad (27)$$

$$Z_{m(i)} = z_r + \frac{1}{2g} \cdot (c_{m(i-1)} + c_r) \cdot (v_{m(i-1)} - v_r) - 0.5 \cdot (v_{m(i-1)} \cdot \frac{dr}{B_{m(i-1)}} - c_{m(i-1)} \cdot v_{m(i-1)} \cdot \frac{|v_{m(i-1)}|}{R_{g_{m(i-1)}}}) + v_r \cdot \frac{dr}{B_r} - c_r \cdot v_r \cdot \frac{|v_r|}{R_{gr}} \cdot (t_{m(i-1)} - t_r) \quad (29)$$

يُحدّد قيمة Q بدلالة $Z_{m(i)}$ من الشرط الطّرفي. بعد ذلك يُمكن حساب $A_{m(i)}$ ، $C_{m(i)}$ ، $Rg_{m(i)}$. السرعة $v_{m(i)}$ تُحسب كالتّالي

$$v_{m(i)} = \frac{Q_{m(i)}}{A_{m(i)}}$$

الحساب عند الطّرف اليميني

الغزارة كتابع للزّمن (شرط طرفي من الدّرجة الثّانية بالنّسبة للزّمن)

يُحسب الزّمن من العلاقة (30) بدلالة $t_{m(i)}$.

$$t_{m(i)} = t_L + \frac{2 \cdot (x_m - x_L)}{v_{m(i-1)} + c_{m(i-1)} + v_L + c_L} \quad (30)$$

يُمكن استنتاج قيمة Q من منحنيات الغزارة بدلالة الزّمن $t_{m(i)}$.

ينتج $Z_{m(i)}$ من العلاقة (21) كالتّالي:

$$Z_{m(i)} = Z_L + \frac{1}{2g} \cdot (c_{m(i-1)} + c_r) \cdot (v_{m(i-1)} - v_r) - 0.5 \cdot (v_{m(i-1)} \cdot \frac{dL}{B_{m(i-1)}} + c_{m(i-1)} \cdot v_{m(i-1)} \cdot \frac{|v_{m(i-1)}|}{Rg_{m(i-1)}} + v_L \cdot \frac{dL}{BL} + c_L \cdot v_L \cdot \frac{|v_L|}{RgL}) \cdot (t_{m(i-1)} - t_L) \quad (32)$$

بمساعدة $Z_{m(i)}$ يُمكن حساب قيم $A_{m(i)}$ ، $C_{m(i)}$ ، $Rg_{m(i)}$ ، $B_{m(i)}$

السرعة $v_{m(i)}$ تُحسب كالتّالي:

$$v_{m(i)} = \frac{Q_{m(i)}}{A_{m(i)}}$$

يجري التقريب المُنتالي بصورةٍ مشابهةٍ لمنسوب الماء كتابع للزّمن عند الطّرف اليساري.

تطبيق النموذج

حوض تخزيني لمحطة ضخ ذات مقطع مستطيل بطريقة (CHVN)

البرنامج الحاسوبي كُتب بلغة (C sharp) حيث يصف نموذجاً هيدروليكيّاً لجزء من قناة ري فيها حوض تخزيني لمحطة ضخ ذات مقطع مستطيل يأخذ مياهه من قناة ري رئيسية عبر بوابة ذاتية الحركة "hydro-automat"، والتي تُمثّل شرطاً طرفياً يسارياً وهو من الدّرجة الثّالثة، أيّ الغزارة المارة من البوابة Q بدلالة فرق منسوب الماء بين طرفيها العلوي والسفلي dz أي $Q = f(dz)$ ، وتترجم بعلاقة فتحة البوابة a مع dz أي $a = f(dz)$ تابع عمل البوابة ذاتية الحركة أثناء الجريان المغمور يُحسب من العلاقة

$$Q = a11 * \mu * bs * \sqrt{2g * dz}$$

[12]

a11: قيمة فتحة البوابة (m)

bs: عرض البوابة (m)

g: تسارع الجاذبية الأرضية (m/sec²)

μ : معامل الجريان وقيمه تتراوح بين (0.6-0.7)

dz: فرق المنسوب بين الماء العلوي والسفلي

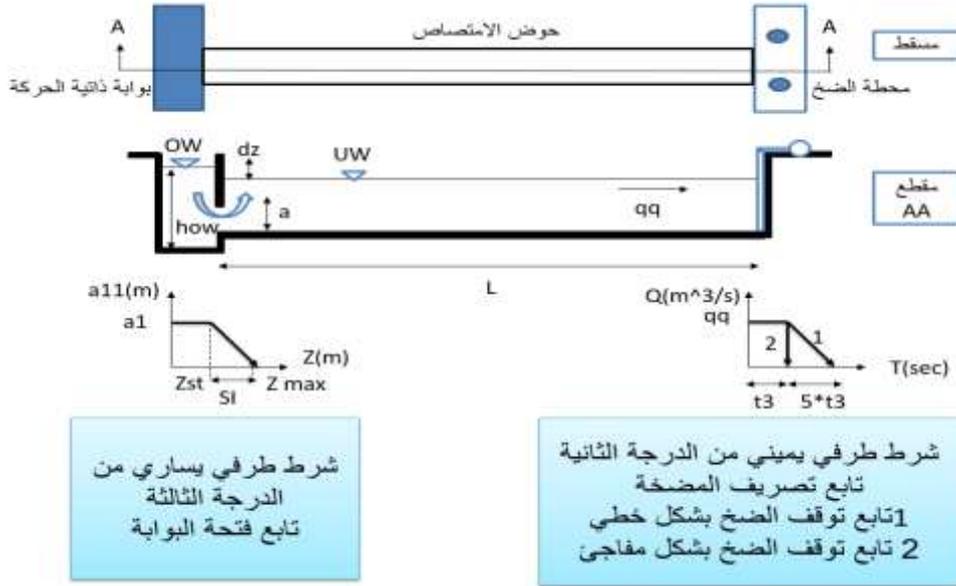
أسلوب عمل البوابة ذاتية الحركة يتمثل في عملية فتح وغلق البوابة، ويوضح الشكل (b-6) تابع عمل البوابة ذاتية الحركة حسب مبدأ الفواشة والوزن المعاكس كتابع لتغير المنسوب، وفي أبسط الحالات تُعطى فتحة البوابة كتابع خطي لتغير منسوب الماء في الجانبين العلوي والسفلي وذلك في الحالات الخالية من الاحتكاك

$$a11(dz, SI) = a - a * \frac{dz}{SI} \quad zst \leq z \leq zmax$$

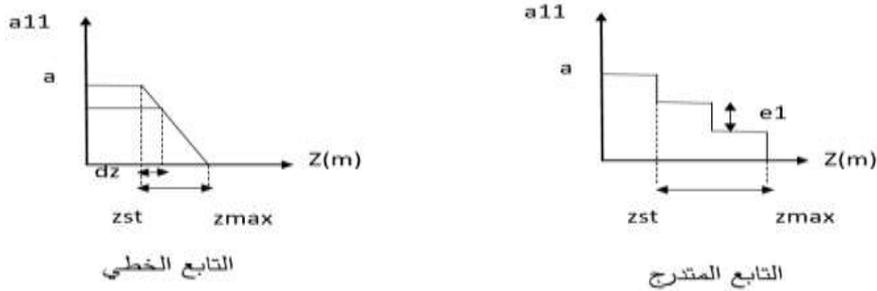
حيث أن قيمة dz هو فرق منسوب الماء بين حالة الجريان المستقر ومنسوب الماء في مجال حركة البوابة SI . والتابع المُتدرج يُعبر عن رد فعل البوابة الذي ينشأ من قوة دفع الماء ومن تأثير ثقل الفواشة للتغلب على قوى الاحتكاك. وفي هذا البحث سيتم إهمال الاحتكاك ودراسة تابع عمل البوابة ذاتية الحركة كتابع خطي فقط. [12]

وفي الطرف اليميني توجد محطة ضخ، وتعمل وفق شرط طرفي من الدرجة الثانية أي الغزارة بدلالة الزمن $Q = f(t)$ ، حيث تم اعتبار تأثير التغذية البوابة ذاتية الحركة عند توقف المضخات في محطة الضخ بشكل مفاجئ بسبب عطل مفاجئ، حيث تدخل المياه إلى الحوض من خلال بوابة تعمل بشكل أوتوماتيكي حسب منسوب الماء في الحوض أي حسب مبدأ تنظيم منسوب الماء السفلي، ويبقى منسوب الماء العلوي أي في قناة الري الرئيسية ثابتاً، فعندما ينخفض منسوب الماء في الحوض التخزيني، تزداد قيمة dz وبالتالي سوف تمر غزارة أكبر للماء إلى الحوض، وعلى العكس عندما يزداد منسوب الماء في الحوض سوف تقل قيمة dz وبالتالي سوف تمر غزارة أصغر للماء إلى الحوض، وهذا يتبعه حركة للبوابة سواء أكانت فتحاً أم إغلاقاً وبأن تقلل من فتحة البوابة أو تزيد منها وفق تابع عملها الذي يربط بين a و dz أو ما يُسمى مجال عمل البوابة (Shut interval (SI)) حسب ما هو واضح في الشكل (a-4). الحد العلوي لهذا المجال يساوي ارتفاع منسوب الماء عند البوابة ذاتية الحركة مُضافاً إليه قيمة SI أي $SI+W(n1)$ ، والحد السفلي يساوي منسوب الماء في حالة الجريان المستقر في الحوض $w(n1)$. يُمكن البرنامج الموضوع من حساب التدفقات ومناسيب المياه والسُرْع الناتجة عن توقف الضخ المفاجئ في الحوض الاعتباري (Q, w, V) في كل نقطة منه، وعند أي زمن نريد. وسوف نستخدم البرنامج الموضوع لتحديد التباعد الأمثل بين محطة الضخ والبوابة حيث أخذنا عدة قيم للتباعد بين محطة الضخ والبوابة $(100, 40, 20 \text{ m})$ ، والزمن المناسب الذي تُغلق عنده البوابة بالكامل لامتناس الأمواج المتشكلة عند اصطدام التيار القادم من محطة الضخ بها، ومنع حدوث غمر للقناة، وبالتالي الحصول على التصميم الأمثل والاقتصادي لهذه المنشآت الهندسية الهامة.

dz : فرق منسوب الماء على طرفي البوابة $(h1-how)$ ، $a11$: تابع فتحة البوابة، $h1$: منسوب الماء الآتي في الحوض عند البوابة، how : منسوب الماء في القناة الرئيسية، $a1$: فتحة بوابة البوابة ذاتية الحركة ، 2: خيار توقف الضخ بشكل مفاجئ.



الشكل (a-4): مسقط ومقطع مع الشروط الطرفية في حوض تخزيني لمحطة ضخ



الشكل (b-4): التابع الخطي والمتدرج لعمل البوابة ذاتية الحركة [4]

الحالة الأولى

المعطيات

تُعطى أبعاد القناة ذات الشكل المستطيل كالتالي حيث أن اتجاه الجريان من الطرف اليميني إلى الطرف اليساري كما هو مُبين في الجدول (1):

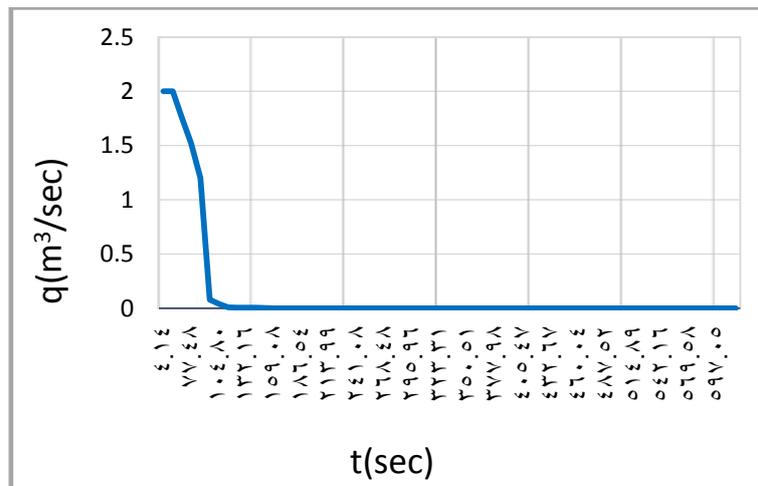
الجدول (1): مواصفات حوض الامتصاص

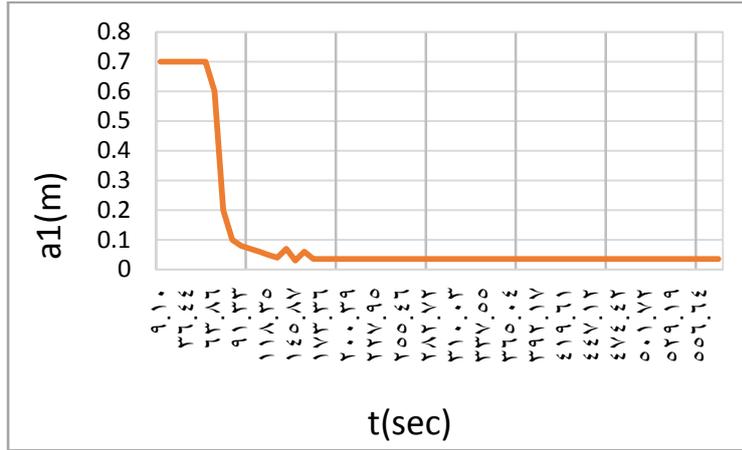
طول الحوض (L=100m)	التدفق (q=2m ³ /s)
عمق الجريان المستقر (ho=1.5m)	عرض الحوض (b=3m)
ميل القناة (i=0.00025)	عمق الماء في القناة الرئيسية (how=1.8m)
التباعد بين الأجزاء الحسابية (dx=10m)	معامل مانينغ (M=1/n = 1/0.02=50)
فتحة البوابة التصميمية (a1=0.7 m)	زمن الحساب (t=600s)
الحد الأعلى لمجال عمل البوابة	الحد الأدنى لمجال عمل البوابة عند المنسوب

(SI max=1.8m)	(SI min= 1.5 m)
خطوة المسافة(dx=10m)	مجال عمل البوابة (SI=dz=0.3m)
منسوب الماء في القناة Wi(m):	C (m/sec): سرعة الاضطراب
v (m/sec): سرعة التيار	F (m ²): مساحة مقطع الجريان

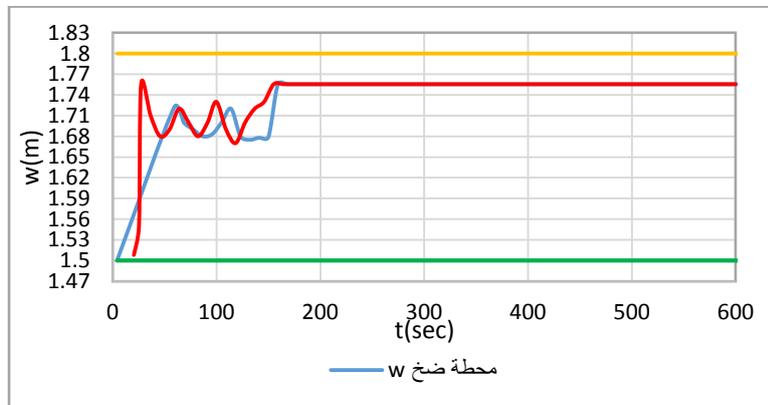
وحصلنا على النتائج كما هو موضح في الأشكال(5,6,7,8).

تيار الضخ: سندرس فقط حالة توقف الضخ بشكل مفاجئ





الشكل (7): فتحة البوابة كتابع للزمن



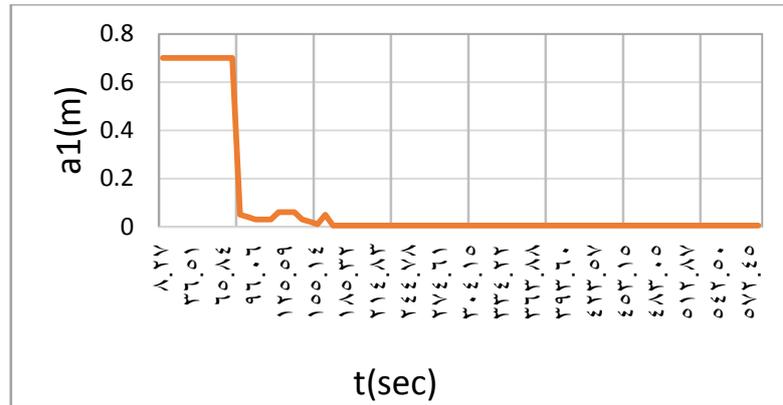
الشكل (8): منسوب الماء كتابع للزمن عند المضخات وعند البوابة ذاتية الحركة

عند توقف تيار الضخ بشكل خطي نلاحظ ظهور أمواج بارتفاع 8 سم الشكل (8) كما نلاحظ تأرجحات لمنسوب الماء عند البوابة ذاتية الحركة تسببها هذه الأمواج وتستجيب لها البوابة ذاتية الحركة كرد فعل كما في الشكل (7)، حيث تتشكل الأمواج عند توقف تيار الضخ بشكلٍ خطيٍّ وخلال الامتلاء البطيء للحوض وتصل هذه الأمواج إلى البوابة ذاتية الحركة التي تكون مفتوحة ثم تنعكس عنها، وعندها تستجيب البوابة ذاتية الحركة لهذا التغيُّر وتغلق ببطء، وتبقى مفتوحة لمدةً زمنيةً طويلة حوالي 2.65 دقيقة حتى تخفّي الأمواج بالكامل، حيث يسود الهدوء في الحوض بعد إغلاق البوابة بشكل كامل، ويبقى منسوب الماء ضمن الحدّين الأدنى والأعلى لمجال عملها (SI).

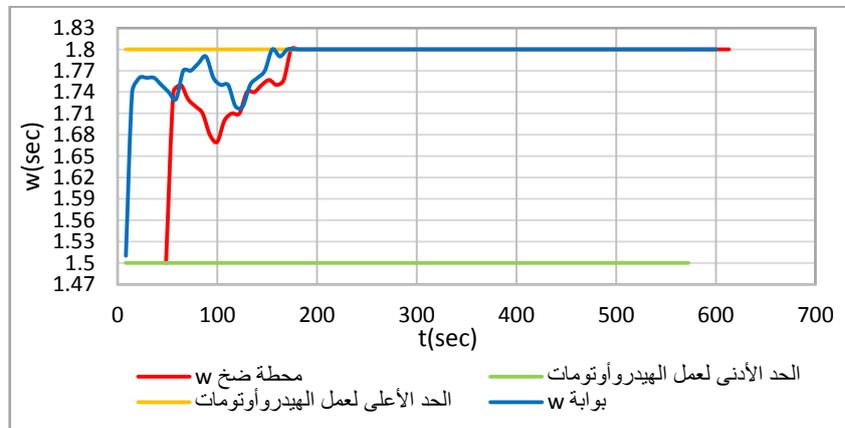
الحالة الثانية

تؤخذ نفس الأبعاد في الحالة الأولى الموضحة في الجدول (1)، وتُحسب سرعة الجريان ومنسوب الماء لكل المقاطع الحسابية بعد تغيير طول الحوض "التباعد بين محطة الضخ والبوابة ذاتية الحركة" ليصبح (L=80m)، وخطوة المسافة (dx=8m). ونحصل على نتائج الحساب كما هو موضح في الشكلين (9,10)

النتائج:



الشكل (9): فتحة البوابة كتابع للزمن



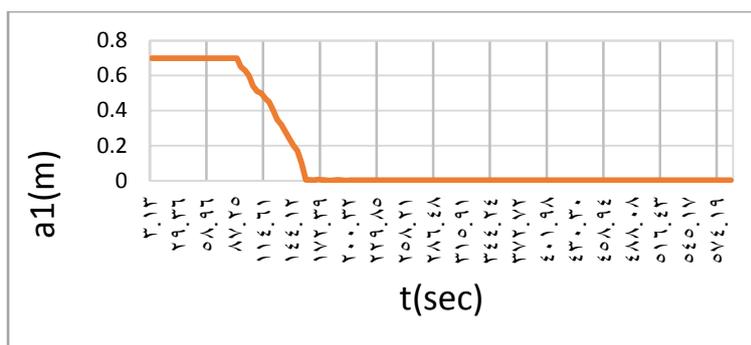
الشكل (10): منسوب الماء كتابع للزمن عند المضخات وعند البوابة ذاتية الحركة

عند توقف تيار الضخ بشكل خطي يُمكن ملاحظة أمواج بارتفاع 13 سم الشكل (10)، كما نلاحظ تأرجحات لمنسوب الماء عند البوابة ذاتية الحركة تسببها هذه الأمواج وتستجيب لها البوابة ذاتية الحركة كرد فعل كما في الشكل (9) حيث تتشكل الأمواج عند توقف تيار الضخ بشكلٍ خطيٍّ وخلال الامتلاء البطيء للحوض وتصل هذه الأمواج إلى البوابة ذاتية الحركة التي تكون مفتوحة ثم تنعكس عنها، وعندها تستجيب البوابة ذاتية الحركة لهذا التغيُّر وتغلق ببطء، وتفتح وتبقى مفتوحة لمدةً زمنيةً 2.8 دقيقة حتى تختفي الأمواج بالكامل، حيث يسود الهدوء في الحوض بعد إغلاق البوابة بشكل كامل، حيث أن منسوب الماء يقترب كثيراً من الحد الأعلى لمجال عملها.

الحالة الثالثة

تؤخذ نفس الأبعاد في الحالة الأولى الموضحة في الجدول (1)، وتُحسب سرعة الجريان ومنسوب الماء لكل المقاطع الحسابية بعد تغيير التباعد بين عنصري تنظيم الجريان ليصبح ($L=40m$)، وخطوة المسافة ($dx=4m$). ونحصل على نتائج الحساب كما هو موضح في الشكلين (10,11)

النتائج



الشكل (11): فتحة البوابة كتابع للزمن



الشكل (12): منسوب الماء كتابع للزمن عند المضخات وعند البوابة ذاتية الحركة

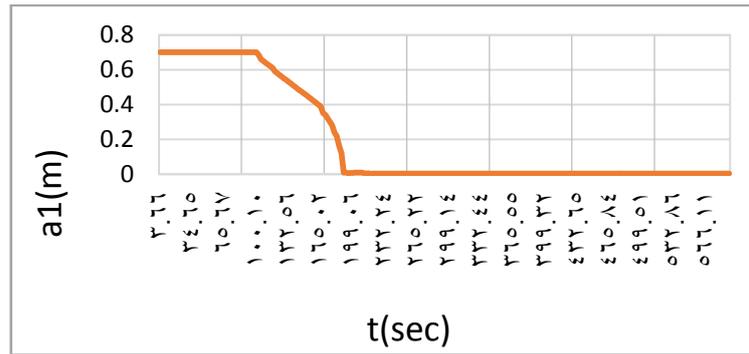
نلاحظ هنا أن ارتفاع الأمواج يستمر في التزايد ليصبح 18 سم بعد توقف تيار الضخ بشكل خطي (الشكل 12)، وتعمل البوابة ذاتية الحركة على التغلب على تآرجحات منسوب الماء عندها التي تسببها الأمواج المتشكلة من توقف تيار الضخ في الطرف اليساري (الشكل 11)، وتصل هذه الأمواج إلى البوابة ذاتية الحركة التي تستجيب لهذا التغير وتغلق ببطء، وتفتح وتبقى مفتوحة لمدة زمنية 3.33 دقيقة، حتى تختفي الأمواج بالكامل، حيث يسود الهدوء في الحوض بعد إغلاق البوابة بشكل كامل، حيث أن منسوب الماء المتشكل في الحوض تجاوز الحد الأعلى لمجال عمل البوابة وبالتالي العمق التصميمي.

الحالة الثالثة

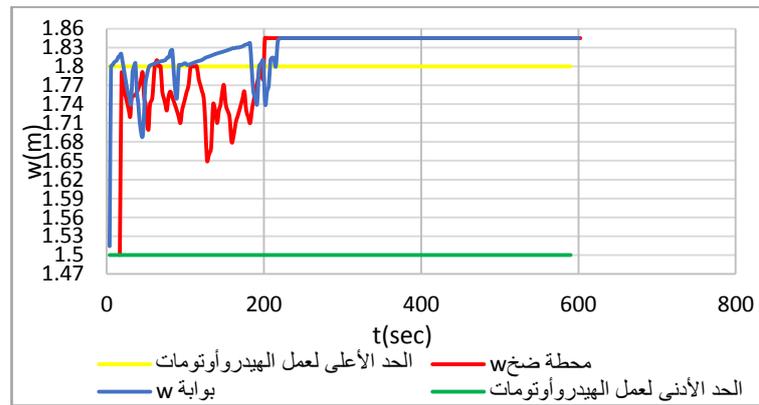
تؤخذ نفس الأبعاد في الحالة الأولى الموضحة في الجدول (1)، وتُحسب سرعة الجريان ومنسوب الماء لكل المقاطع الحسابية بعد تغيير التباعد بين عنصري تنظيم الجريان لتصبح (L=20m)، وخطوة المسافة (dx=2m). ونحصل على نتائج الحساب كما هو موضح في الشكلين (13,14)

النتائج

تيار الضخ: سندرس توقف الضخ بشكل خطي فقط



الشكل (13): فتحة البوابة كتابع للزمن



الشكل (14): منسوب الماء كتابع للزمن عند المضخات وعند البوابة ذاتية الحركة

نرى هنا أن ارتفاع الأمواج المتشكلة بعد توقف تيار الضخ بشكل خطي ووصل الى 20 سم (الشكل 14)، وتعمل البوابة ذاتية الحركة أيضاً هنا على التغلب على تأرجحات منسوب الماء أسفلها، التي تسببها الأمواج المتشكلة من توقف تيار الضخ في الطرف اليساري (الشكل 11)، والواصلة إليها، التي تستجيب لهذا التغير وتغلق ببطء، وتفتح وتبقى مفتوحة لمدة زمنية 3.66 دقيقة، حتى تختفي الأمواج بالكامل، ويسود الهدوء في الحوض بعد إغلاق البوابة بشكل كامل، ولكن منسوب الماء المتشكل في الحوض يتجاوز أيضاً الحد الأعلى لمجال عمل البوابة وبالتالي العمق التصميمي. والجدول التالي يلخص النتائج السابقة

الجدول (2) : تأثير طول الحوض التخزيني الاعتباري على مواصفات الجريان ضمنه.

تجاوز الحد التصميمي لعمق الحوض SI	زمن بقاء بوابة البوابة ذاتية الحركة مفتوحة (min)	ارتفاع الأمواج المتولدة (cm)	طول حوض التخزيني الاعتباري L(m)
-	2.65	8	100
-	2.8	13	80
تم التجاوز	3.33	18	40
تم التجاوز	3.66	20	20

من الجدول (2) ومن النتائج السابقة نلاحظ أنه كلما قلَّ التباعد بين عناصر تنظيم الجريان وهنا طول حوض تخزيني لمحطة ضخ يتغذى بالمياه من قناة ري رئيسية عبر بوابة هيدروأوماتيكية من خلال مبدأ تنظيم منسوب الماء السفلي أي منسوب الماء في الحوض التخزيني، يزداد ارتفاع الأمواج المُتشكّلة عن توقُّف عمل محطة الضخ بشكلٍ خطيٍّ، وبالتالي يزدادُ زمنُ بقاءِ البوابة من النوع هيدروأومات مفتوحة وبالتالي يتم تمرير المزيد من المياه الى الحوض وتجاوز العمق التصميمي للحوض وفيضان المياه على الأراضي المجاورة وغرقها وفقدان كبير في مياه الري ذات الأهمية الكبيرة. فعند أطوال للحوض 100 و 80 متراً بقي منسوب الماء ضمن مجال عمل البوابة وبالتالي ضمن مجال العمق التصميمي، وعندما قللنا الطول حتى 40 متراً بدأ منسوب الماء بالارتفاع فوق الحد الأعلى لمجال عمل البوابة وتولد أمواج وصلت الى 18 سم، ووصلت في حال اختيارنا لطول 20 متراً إلى 20 سم، وتجاوز منسوب الماء في الحوض بعد إغلاق البوابة بشكل تام الحد الأعلى لمجال عملها، وبالتالي الحد التصميمي لعمق الحوض، مما سبب فيضانات للمياه وغمر للأراضي المجاورة.

ويمكننا القول أنّ البرنامج المطور الذي يمكن استخدامه في حساب الجريان في شبكات الري وتصميم أجزاءها، سهل الاستخدام وبواجهة مريحة للمستثمر، ويمكن من التصميم الاقتصادي السريع والدقيق لأحواض التخزين وقنوات الري بدقة فائقة، حيث نحصل على أبعاد هندسية اقتصادية معلة توفر تغذية دقيقة بالمياه، وبالتالي عدم وجود فواقد كبيرة في مياه الري أثناء الاستثمار.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تظهر اضطرابات الجريان في شبكات الري لأسباب عديدة، ومنها عمل أفتية الجر لمحطات الضخ مع التنظيم البوابة ذاتية الحركة يكي (تنظيم حسب منسوب الماء السفلي) الموفرة للمياه، يمكن الاحاطة بهذه الاضطرابات التي تولد جريانات غير مستقرة في أفتية الري عموماً، وحل باستخدام معادلات SAINT-VENANT، واستخدام النماذج العددية التي تساعد في الحصول على تصاميم هندسية لهذه الأحواض والأفتية صحيحة واقتصادية بأقل التكاليف.
- 2- باستخدام النموذج المطور بلغة C Sharp وبطريقة المميزات متغيرة الشبكة (CHVN)، يمكن تصميم الأحواض التخزينية لمحطات ضخ مياه الري، التي تأخذ مياهها هيدروأوماتيكية من أفتية الجر الرئيسية، وتحديد أبعادها الهندسية بدقة فائقة، والتأكد من عدم حدوث فيضان المياه على الأراضي المجاورة وفقدان هذه المياه.
- 3- يمكن استخدام النموذج المطور لتحديد التباعد الأمثل بين عناصر تنظيم الجريان في أفتية الري من خلال وضع الشروط الطرفية لأجزاء هذه الأفتية ودون عناء.
- 4- حلّ معادلات (Saint-Venant) بطريقة المميزات متغيرة الشبكة CHVN أثبت دقته في الحساب والتصميم لمثل هذه الحالات وأعطى نتائج علمية دقيقة، ويمكن تطبيقها على أمثلة من الواقع.
- 5- نُوصي باستخدام البرنامج المطور في أعمال التصميم الهندسية لأفتية الري في سوريا.

المراجع:

- 1-RODELLAR, J. *CONTROL OF IRRIGATION CANALS: an overview survey*. Madrid, 2007, 62.
- 2- RIJO, M.; ARRANJA, C. *Hydraulic Performance of a Downstream Controlled Irrigation*. J of Agriculture Engineering International, Portugal, Vol. 4, 2005, 17.
- 3- RABBANI, T.; MUNIER, S.; DORCHIES, D.; MALATERRE, P. o.; BAYEN, A and LITRICO, X. *Flatness-based control of an irrigation canal Using SCADA*. IEEE Controls Systems Magazine, 2009, 24.
- 4- حسن، عزّ الدين درويش. شبكات الريّ، 2012، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا، 391.
- 5- LOZANO, D.; ARRANJA, C.; MATEOS, L. *Simulation of automatic control of an irrigation canal*. Science Direct, J of Agriculture Water Management, 2009, 91-100. <www. Elsevier.com>.
- 6- MALATERRE, P. O.; KHAMMASH, M. *L1 Controller design for a high-order 5-pool irrigation canal system*. J of Dynamic Systems, Measurement and Control, Vol.125, No.4,2003, 639-645.
- 7- الكنج، أسعد، الريّ، 2007، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا، 463.
- 8- DURDU, O. F. *Simulation of a Feedback Control Technique Through Irrigation Canal Junctions*. Turk J Agric, 2004, 391-400.
- 9- VADHIVANICH, V.; ROONGSRI, S. *Steady State Gate Operation Model for Mun Bon Irrigation System*. Kasets art J, 2001, 85-92.
- 10- COMEZ, M.; RODELLAR, J.; MANTECON, J. A. *Predictive control method for decentralized operation*. Applied Mathematical modeling, Elsevier, 2001, 1039-1056.
- 11- SANCHEZ, I.; RIDAO, M. A. *Distributed control of irrigation canals*. HD-MPC, 2011, 46.
- 12- حسن، عزّ الدين درويش. مساهمة في محاكاة الجريانات غير المستقرة في الألفية المائية عند مراعاة خاصة للتنظيم الهيدرولوجي وأتوماتيكي لشبكات الريّ. رسالة دكتوراة، ألمانيا، 1989، 82.
- 13- CHAUDHRY, H. *Open channel flow*, Second edition, USA, 2008, 528.