

هنالك العديد من المفاهيم الرياضية التي تستخدم في تحليل ودراسات وتصاميم الري السطحي والتي تساعد أولاً في اختيار بدائل عديدة من عناصر التصميم مثل التصريف الداخل وطول المضمار والميل وغيرها، وثانياً في تقويم تأثير تغير خصائص بعض عوامل التصميم كتغير خصائص الارتشاح ورطوبة التربة وخشونة السطح مع الزمن على أداء منظومة الري (حاجم وياسين، 1992)^[1]. ومن النماذج المبسطة والشائعة الاستخدام في تطبيقات الري السطحي نموذج أو طريقة الموازنة المائية الحجمية والتي يمكن أن تكتب ولوحدة عرض من الري الشريطي وخلال طور تقدم الماء بالصيغة الآتية (Christiansen et al. 1966)^[2] و (Elliott and Walker 1982)^[3]:

$$q * t_x = \sigma_y * d_0 * x + \sigma_z * D_0 * x \dots \dots \dots (1)$$

حيث q معدل الجريان لوحدة عرض الشريط (م مكعب/دقيقة/م)، و t_x زمن تجهيز الماء (دقيقة)، و d_0 عمق الجريان أعالي مضمار الري (م)، و x مسافة تقدم الماء عند الزمن t_x (م)، و D_0 و σ_y ()

الشكل السطحي والذي يمثل نسبة معدل عمق الجريان على امتداد مسافة تقدم الماء x عمق الجريان أعالي مضمار الري d_0 وأن قيمة هذا المعامل تتراوح بين 0.75-0.80 واقترح (Walker and Skogerboe, 1987)^[4] 0.77 σ_z معامل الشكل تحت السطح والذي يمثل نسبة معدل عمق الارتشاح على امتداد مسافة تقدم

أعالي مضمار الري D_0 يعبر عن وصف تقدم الماء على امتداد الشريط بـ x سية و σ_z شيو عاً (Fok and Bishop, 1965)^[5]:

$$x = a t_x^b \dots \dots \dots (2)$$

حيث a b ثوابت وضعية، وكما يعبر عن b التربة بدالة كوستاكوف الآتية:

$$D = c t^m \dots \dots \dots (3)$$

حيث D () t (دقيقة) و c و m ثوابت وضعية. وعندما t في المعادلة (3) يساوي t_x في المعادلة (1) D في المعادلة (3) يساوي D_0 في المعادلة (1). ويعتمد معامل الشكل تحت السطح σ_z على أس كل من m و b (Fok and Bishop, 1965)^[5] و (Elliot and Walker,)

(Walker and Skogerboe, 1987)^[4] والذي يمكن التعبير عنه بمعامل كيفر (Kiefer) :

$$\sigma_z = (1 + b + m - bm) / (1 + b + m + bm) \dots \dots \dots (4)$$

لقد تم تطبيق طريقة الموازنة المائية الحجمية في الري السطحي من قبل العديد من الباحثين لغرض دراسة طور تقدم الماء أو إيجاد دالة الارتشاح، ففي دراسة لطور التقدم في الري السطحي قام (Valiantzas, 1997a)^[6] بوضع صيغة جديدة للموازنة الحجمية وباستخدام معامل الشكل تحت السطحي متغير مع الزمن، كما بين (Valiantzas, 1997b)^[7] متغير مع الزمن وقدم معادلة جديدة لمعامل الشكل السطحي كدالة للزمن.

(Alazba, 1999)^[8] صيغة بسيطة ودقيقة لمعامل الشكل السطحي في دالة تقدم مقترحة لابعدية وذلك من خلال تطويره لحل صريح لدالة التقدم في الري السطحي وباستخدام نموذج الموازنة الحجمية. وطور (Theodor et al., 2011)^[9] طريقة جديدة لإيجاد معامل الشكل تحت السطح دون

معادلة لتخمين معاملات الارتشاح ومعامل خشونة ماننك بافتراض دالة أسية لشكل مقد الجريان السطحي واعتماد معادلة فليب (Philip) لتمثيل الارتشاح حيث يتطلب ذلك بيانات متعددة لتقدم الماء. وتهدف الدراسة الحالية إلى إيجاد معامل شكل موحد يكافئ (0.77) ومعامل الشكل تحت السطحي (معامل كيفر) يتم استخدامه في الموازنة

الحجمية، حيث تصبح المعادلة (1) بالصيغة الآتية وبمعامل شكل موحد σ :

$$q * t_x = \sigma * X * (d_0 + D_0) \dots \dots \dots (5)$$

تم اعتماد عوامل تصميم افتراضية واسعة تشمل كل من طول الشريط وانحدار الشريط ومعدل الجريان لوحدة عرض الشريط ومعامل خشونة ماننك

بتصنيف يعتمد معدل الارتشاح والذي منه تم إيجاد m (3) قيمة المعامل c فيها 4 (م/دقيقة^{m1})، ويبين الجدول (1) القيم الافتراضية التي تم اعتمادها في البحث الافتراضية.

(1): القيم الافتراضية لعوامل التصميم المعتمدة

| أطوال الشريط (م) | 400 | 320 | 240 | 160 | 80 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| انحدارات الشريط (%) | 2.0 | 1.55 | 1.1 | 0.65 | 0.2 |
| معدلات الجريان (م ³ /دقيقة/م) | 0.9 | 0.72 | 0.54 | 0.36 | 0.18 |
| (/) ^{3/1} | *0.24 | 0.20 | 0.16 | 0.12 | 0.08 |
| (/) | 16 | 13 | 10 | 7.0 | 4.0 |
| | 0.599 | 0.574 | 0.543 | 0.501 | 0.438 |

* (حاجم وياسين، 1992)^[1].

تضمن طريقة البحث إيجاد الدالة الأسية لتقدم الماء وبالأسلوب الموضح عند كل من (Walker and Skogerboe 1987)^[4] و (ياسين 1997)^[11] وثانياً إيجاد القيم الافتراضية وتحديد الجريان لوحدة الشريط q (/³) n الشريط I (%) الشريط S () إيجاد عمق الجريان أعالي مضمار الري d_0 والذي يعتبر ثابت بعد وصول الماء مسافة تقدم تزيد على 50 (Elliott and Walker 1982)^[3] عرض شريط :

$$d_0 = [n^* q]^{0.6} / s^{0.3} \dots \dots \dots (6)$$

(يتم فرض قيمة أولية لأس دالة التقدم b [حيث القيمة العملية $0.3 < b < 0.9$ (Skogerboe 1987 Walker and) ^[4] إيجاد σ_z (كيفر) (4).

(يتم تطبيق الموازنة الحجمية بصيغة المعادلة (1) بعد التعويض عن D_0 بـ الإرتشاح لمعادلة (3) وباعتماد القيم الافتراضية المحددة في () كامل طول الشريط I لإيجاد t_1 x نصف طول الشريط $I/2$ لإيجاد $t_{1/2}$:

$$q^* t_1 = \sigma_y^* d_0^* I + \sigma_z^* c^* t_1^m * I \dots \dots \dots (7)$$

$$q^* t_{1/2} = \sigma_y^* d_0^* I/2 + \sigma_z^* c^* t_{1/2}^m * I/2 \dots \dots \dots (8)$$

(هـ) يتم إيجاد b (2) t_1 I $t_{1/2}$ $I/2$:

$$b = \ln 2 / \ln [t_1 / t_{1/2}] \dots \dots \dots (9)$$

(يتم المقارنة بين قيمة b هـ وقيمة b هـ يتم الحصول على أمثل قيمة b حيث يتم تغيير القيمة المفروضة و b المفروضة وطبقاً للدقة المحددة. هـ t_1 $t_{1/2}$ b Microsoft Excel Solver (أمين، 2010)^[12]

(بعد إيجاد أمثل قيمة لأس b ومن مسافة وزمن التقدم t_l) يتم حسـ ثابت دالة التقدم a :

$$a = I / t_l^b \dots \dots \dots (10)$$

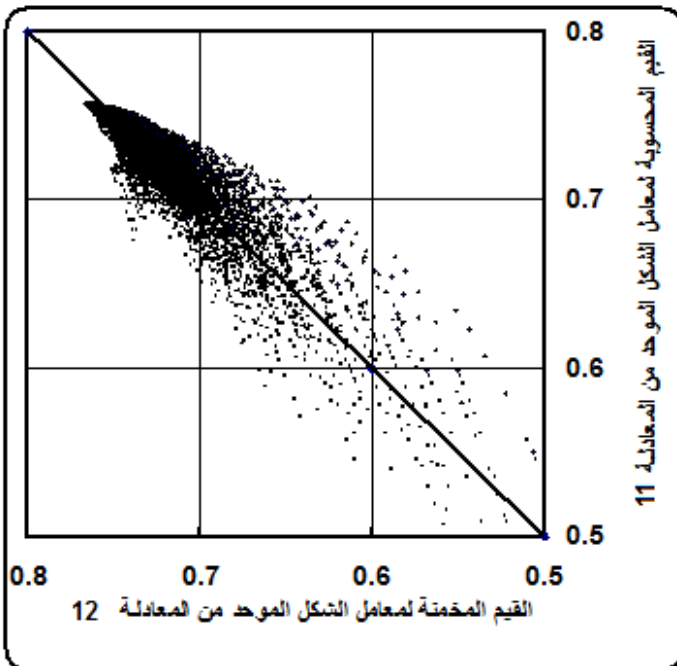
(يتم إيجاد D_0) t_x (3) I 70 60 50 (2) بعد التعويض x :

$$\sigma = q * (x/a)^{1/b} / [x * (d_0 + c * \{(x/a)^{1/b}\}^m)] \dots \dots \dots (11)$$

تداخل للقيم الافتراضية لمعاملات التصميم طول الشريط I 62500
 (م) وانحدار الشريط S (%) ومعدل الجريان لوحدة عرض الشريط q (l^3 / l) n
 وان لكل طول للشريط يتضمن حالات مسافة التقدم x 50 60 70 ... حتى كامل طول الشريط I م.
 وبالإستعانة بالبرنامج الإحصائي (spss) Special Program for Statistical System ، واستخدام طريقة الانحدار
 اللاخطي تم إيجاد معامل الشكل الموحد σ كدال لمعاملات التصميم :

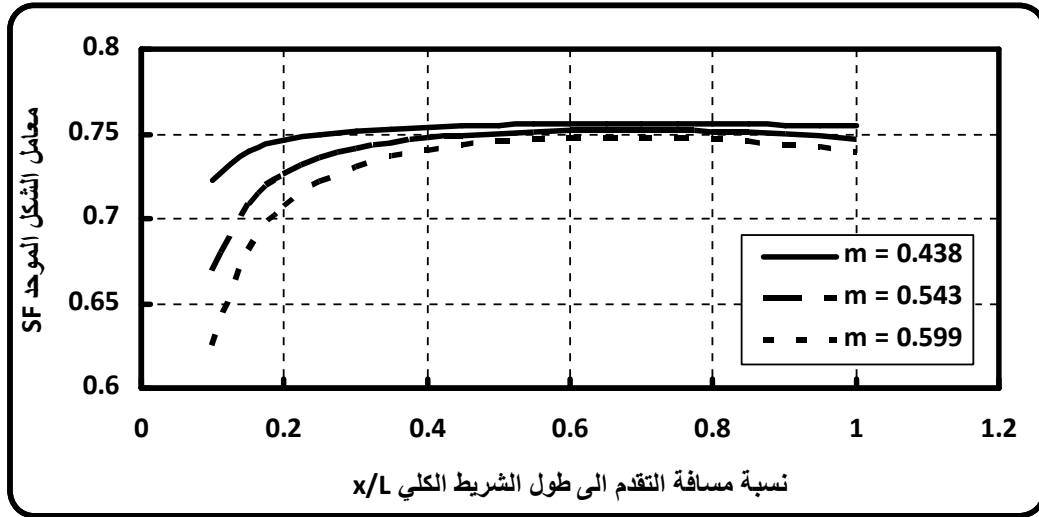
$$\sigma = \frac{[1.4676 (nq)^{0.6} / s^{0.3} - 0.0214 I^{0.5249} m^{5.2235} \phi^{4.0612}]}{[1.9351 (nq)^{0.6} / s^{0.3} + 0.1095 \phi^{-1.5736} m^{4.7107}]} \dots (12)$$

حيث ϕ تمثل نسبة مسافة التقدم x إلى طول الشريط الكلي I ، بهذه المعدلة يمكن إيجاد معامل الشكل الموحد لتطبيق
 البيانات تقدم الماء لأيجاد b الحجمية بصيغة المع (5)

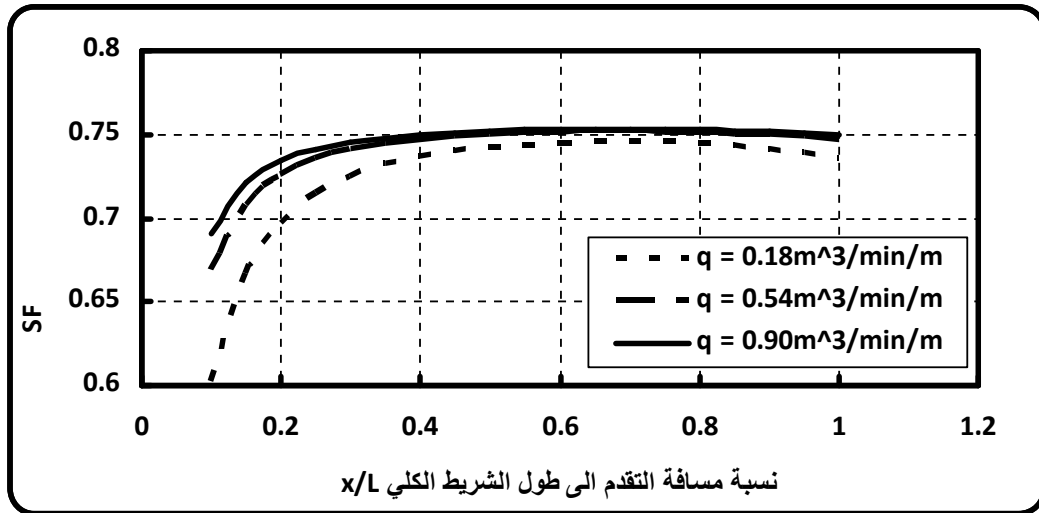


الشكل(1): المقارنة بين القيم المحسوبة والمخمنة لمعامل الشكل الموحد

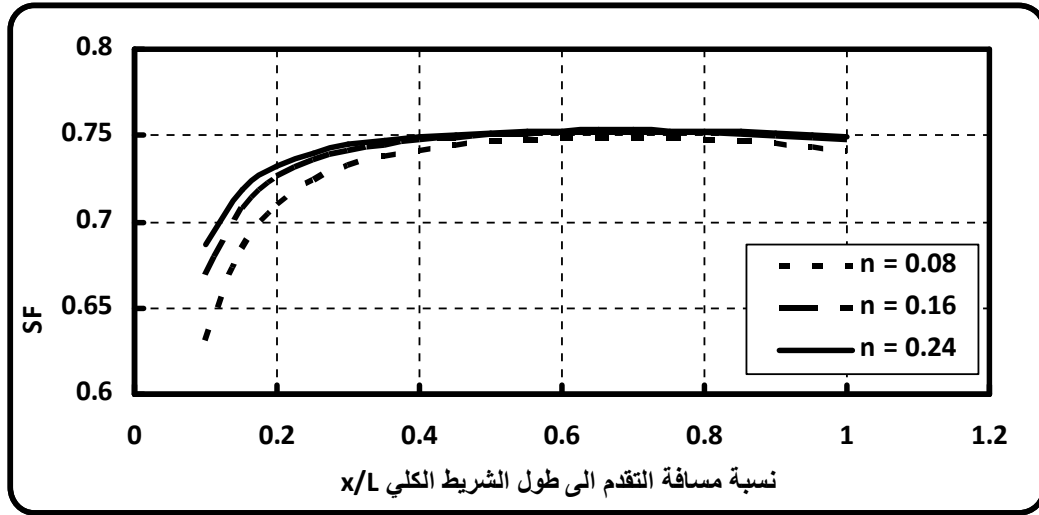
معامل الشكل تحت السطحي (معامل كيفر) لتطبيق الموازنة الحجمية بصيغة المعادلة (1). الشكل (1) يوضح المقارنة بين معامل الشكل (11) المعادلة (12) حيث كان معامل التحديد (r^2) 0.886 ويتبين من هذا الشكل عامةً إن اغلب القيم لمعامل الشكل الموحد تقع ضمن حدود (0.68-0.75). ولغرض توضيح تأثير معاملات التصميم في المعادلة (12) على معامل الشكل الموحد تبين الأشكال (2-5) تغير معامل الشكل الموحد مع نسبة مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي وذلك لقيم مختلفة لأس دالة الارتشاح ولمعدلات جريان مختلفة لوحدة عرض الشريط ولمعاملات مختلفة لخشونة ماننك ولانحدارات مختلفة للشريط في حالة طول الشريط على التوالي، يتضح من هذه الأشكال أن معامل الشكل الموحد يزداد مع زيادة نسبة التقدم وان هذه الزيادة في معامل الشكل الموحد تقل مع زيادة نسبة التقدم إلى أن تصبح نسبة التقدم 0.7 وبعد ذلك بازدياد نسبة التقدم يقل معامل الشكل الموحد، إن تغير معامل الشكل الموحد مع نسبة مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي يكون



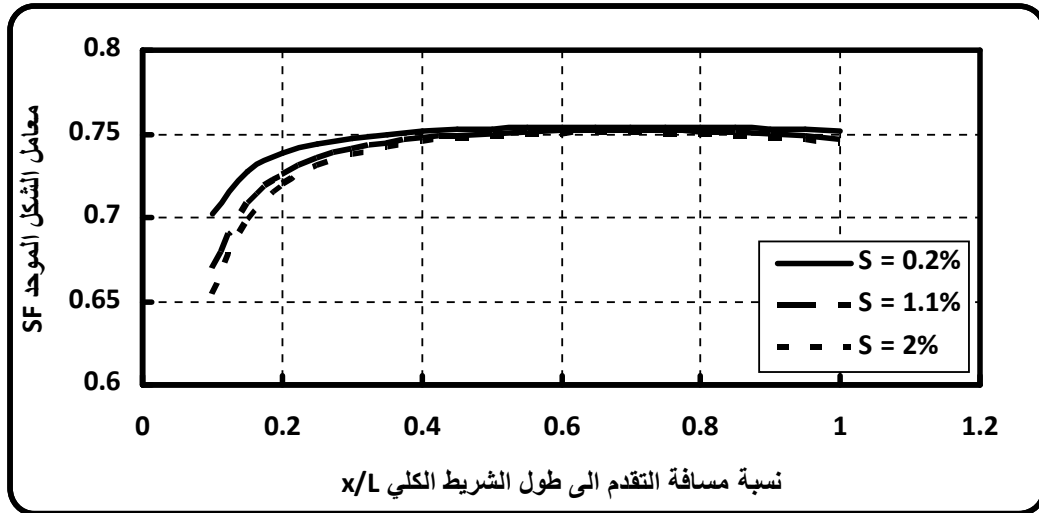
(2): تغير معامل الشكل الموحد مع نسبة مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي لقيم مختلفة لأس دالة الإرتشاح في حالة طول الشريط 240 و معدل الجريان لوحدة عرض الشريط $0.54 \text{ م}^3/\text{دقيقة}/\text{م}$ و و انحدار الشريط 1.1%.



(3): تغير معامل الشكل الموحد مع نسبة مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي ولمعدلات جريان مختلفة لوحدة عرض الشريط في حالة طول الشريط 240 و انحدار الشريط 1.1% و 0.543



(4): تغيير معامل الشكل الموحد مع نسبة مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي لمعاملات مختلفة لخشونة ماننك في حالة طول الشريط 240م ومعدل الجريان لوحدة عرض الشريط $0.54 \text{ م}^3/\text{دقيقة/م}$ و انحدار الشريط 1.1% 0.543

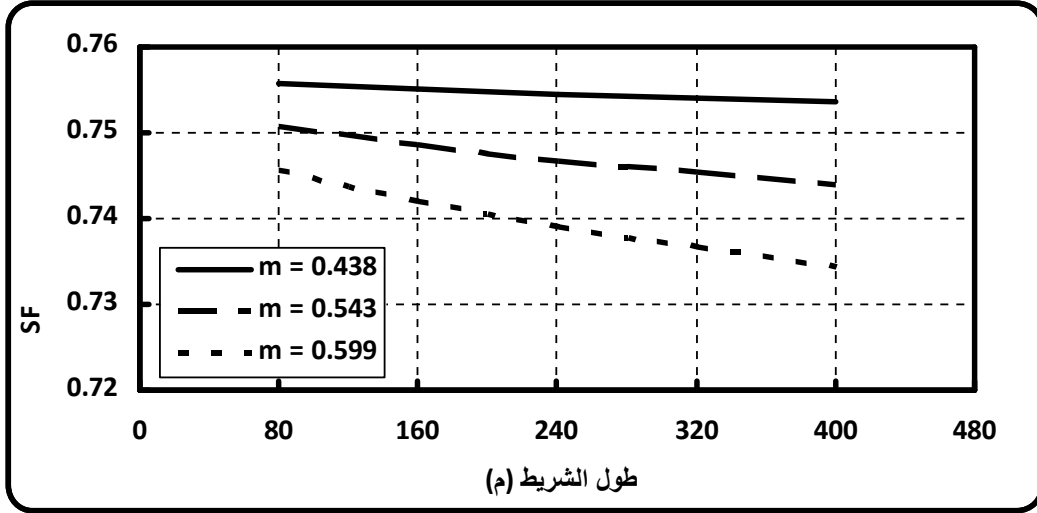


الشكل(5): تغيير معامل الشكل الموحد مع نسبة مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي لانحدارات مختلفة للشريط في حالة طول الشريط 240م ومعامل ماننك 0.16 ومعدل الجريان لوحدة عرض الشريط $0.54 \text{ م}^3/\text{دقيقة/م}$ واس دالة الارتشاح 0.543

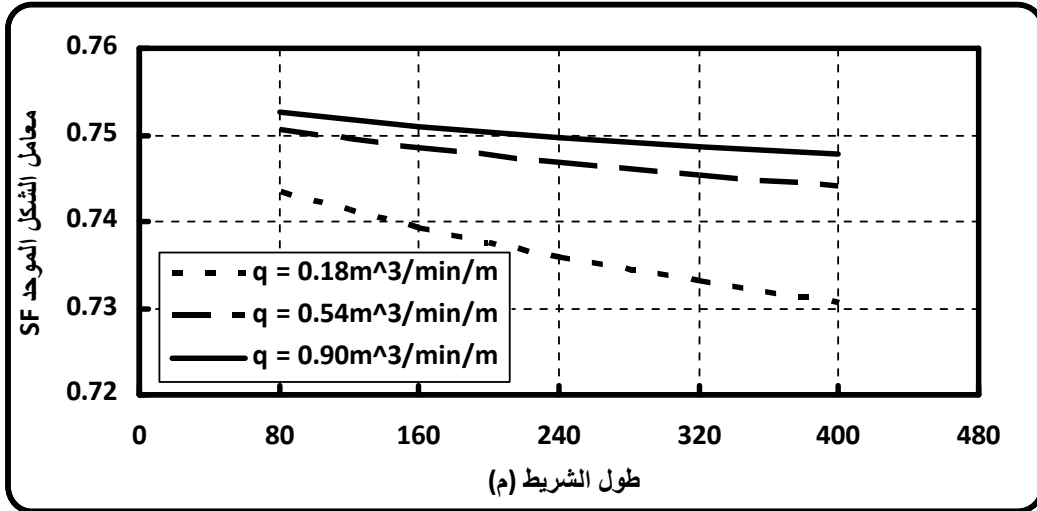
متناظراً للقيم من 0.4 حتى 1 لنسبة التقدم وذلك حول المحور الذي يمر بالقيمة 0.7 لنسبة التقدم، كما تبين الأشكال أن معامل الشكل الموحد يتغير طردياً مع كل من معدل الجريان لوحدة عرض الشريط ومعامل خشونة ماننك وعكسياً مع كل من أس دالة الارتشاح وانحدار الشريط. وتبين الأشكال (6-9) تغيير معامل الشكل الموحد مع طول الشريط لقيم مختلفة لأس دالة الارتشاح ولمعدلات جريان مختلفة لوحدة عرض الشريط ولمعاملات مختلفة لخشونة ماننك ولانحدارات مختلفة للشريط على التوالي وذلك في حالة نسبة مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي 0.5، يتضح من هذه الأشكال أن معامل الشكل الموحد يقل مع زيادة الطول الكلي للشريط وان قيم معامل الشكل الموحد محصورة بين 0.73-0.756 وهذا عند نسبة التقدم 0.5 وبالعودة إلى الأشكال (2-5) فإن القيم المحصورة بين 0.73-0.756 لمعامل الشكل الموحد هي نفسها عند نسبة التقدم 0.9 ومساحة التغير تكون أقل عند نسب التقدم 0.6-0.8. وقد تمت دراسة قيم معامل الشكل الموحد الناتجة من (11) ك في الحالات التي تكون فيها نسبة مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي 0.4 حيث تبين أن (87%)

قيم معامل الشكل الموحد تتغير من 0.73 إلى 0.76، ومما تقدم أعلاه فهناك إمكانية في التعويض عن قيمة
: (5) 0.75

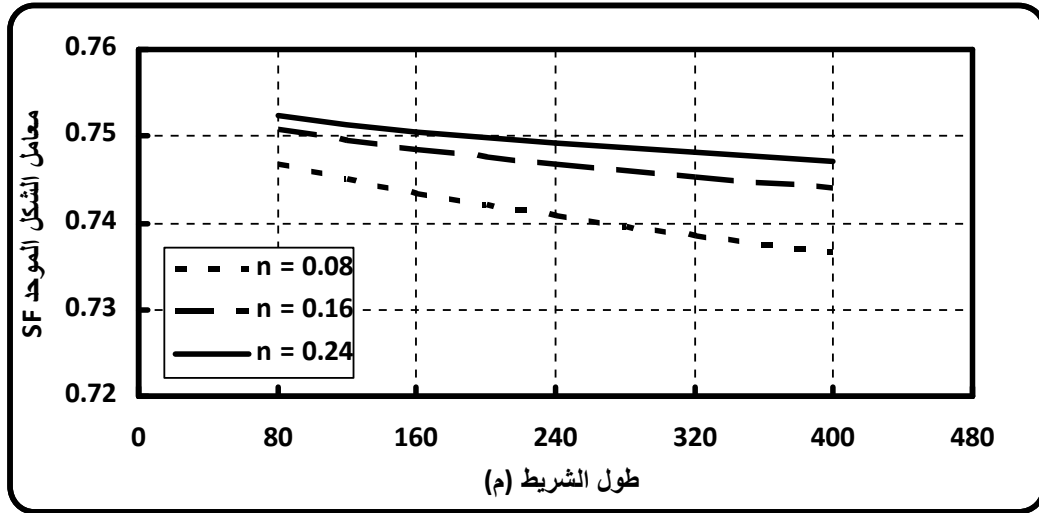
$$q^* t_x = 0.75 * X^* (d_0 + D_0) \dots \dots \dots (13)$$



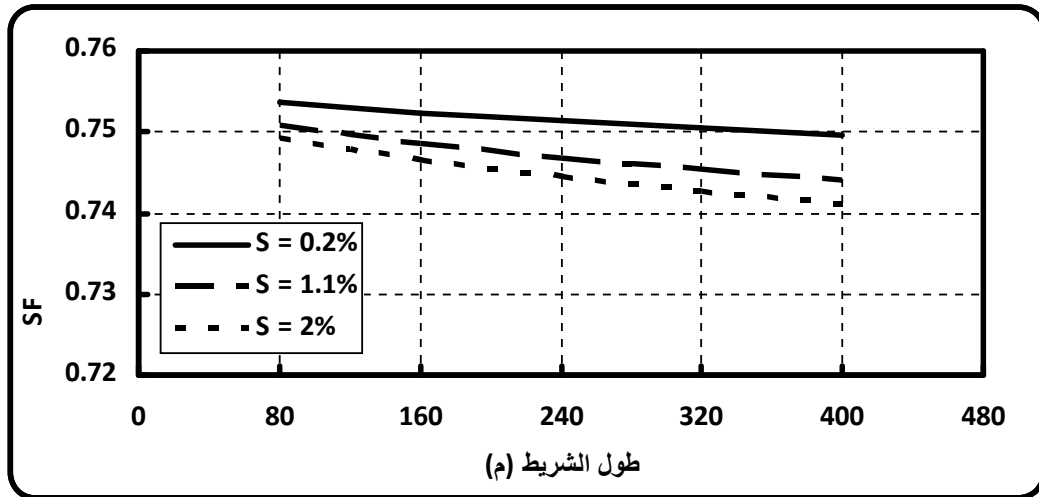
(6): تغير معامل الشكل الموحد مع طول الشريط لقيم مختلفة
طول الشريط الكلي 0.5، ومعدل الجريان لوحدة عرض الشريط 0.54 $m^3/دقيقة/m$ و انحدار الشريط
1.1%.



(7): تغير معامل الشكل الموحد مع طول الشريط ولمعدلات جريان مختلفة لوحدة عرض الشريط في حالة نسبة
مسافة التقدم إلى طول الشريط الكلي 0.5 و انحدار الشريط 1.1% و 0.543



(8): تغير معامل الشكل الموحد مع طول الشريط
 طول الشريط الكلي 0.5 ومعدل الجريان لوحدة عرض الشريط 0.54 $\text{م}^3/\text{دقيقة}/\text{م}$ و انحدار الشريط 1.1%
 0.543



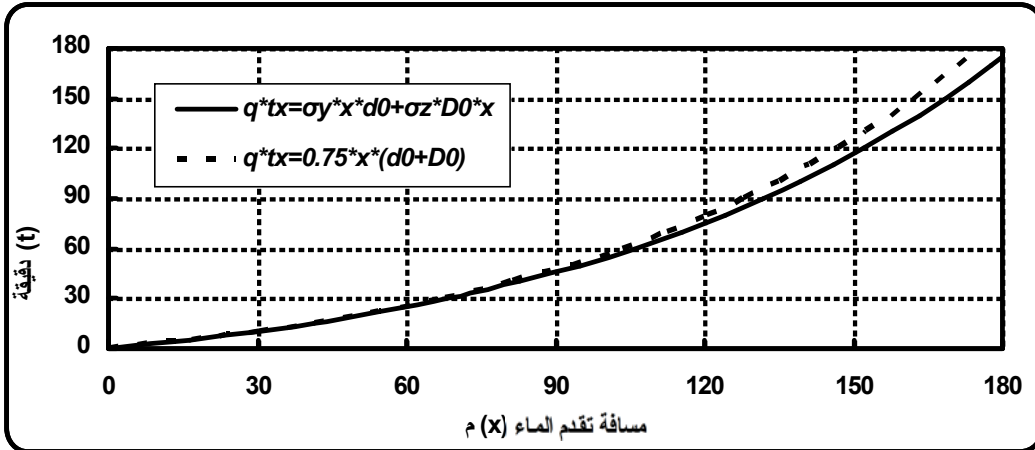
(9): تغير معامل الشكل الموحد مع طول الشريط
 الشريط الكلي 0.5 ومعدل الجريان لوحدة عرض الشريط 0.54 $\text{م}^3/\text{دقيقة}/\text{م}$ واس دالة الارتشاح
 0.543

وللمقارنة بين الموازنة الحجمية بصيغة المعادلة (1) والصيغة المقترحة بالمعادلة (13) البيانات (Ebrahimian et al. 2010) ^[13] والتي تخص الري الشريطي أشراطه الشريط ومعدل الجريان لوحدة عرض الشريط والانحدار الطولي للشريط ومعامل خشونة ماننك إضافة إلى زمن تقدم الماء إلى منتصف وكامل طول الشريط. واعتماداً على بيانات التقدم لنقطتين تم إيجاد أس دالة التقدم b من المعادلة (9) و حساب ثابت دالة التقدم a من المعادلة (10). كما تم إيجاد كل من أس دالة الارتشاح (m) ومعامل دالة الارتشاح (c) بطريقة النقطتين (Elliott and Walker 1982) ^[3] لتأمين البيانات اللازمة لتطبيق الموازنة الحجمية وبصيغتي المعادلات (1) و (13). وهذه البيانات معروضة في الجدول (2) و ثلاثاً أشراطه. واعتماداً على هذه البيانات تم إيجاد

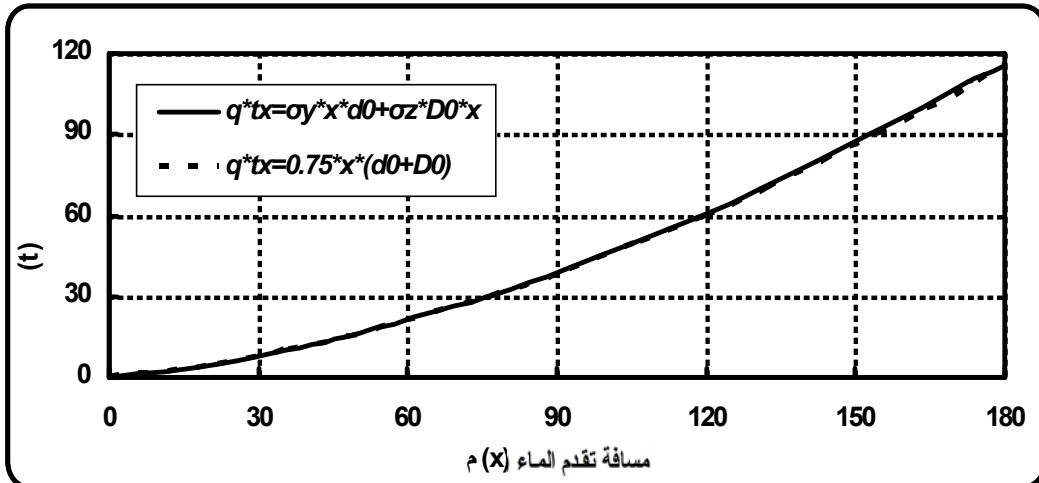
(2): البيانات المنشورة في (Ebrajhimian et al. 2010) ^[13] ()

| الشريط | الشريط | الشريط الاول | |
|--------|--------|--------------|-------------------------------|
| 170 | 170 | 180 | طول الشريط (م) |
| 3.02 | 3.10 | 1.66 | معدل الجريان (لتر/ثا/م) |
| 0.0066 | 0.007 | 0.0082 | (/) |
| 0.02 | 0.04 | 0.04 | |
| 28.7 | 35.7 | 45.7 | الشريط (دقيقة) |
| 80 | 107 | 175.1 | لماء لكامل طول الشريط (دقيقة) |
| 0.676 | 0.631 | 0.516 | (b) |
| 8.783 | 8.891 | 12.523 | (a) |
| 0.427 | 0.477 | 0.789 | (m) |
| 13.772 | 13.690 | 1.718 | (c) |

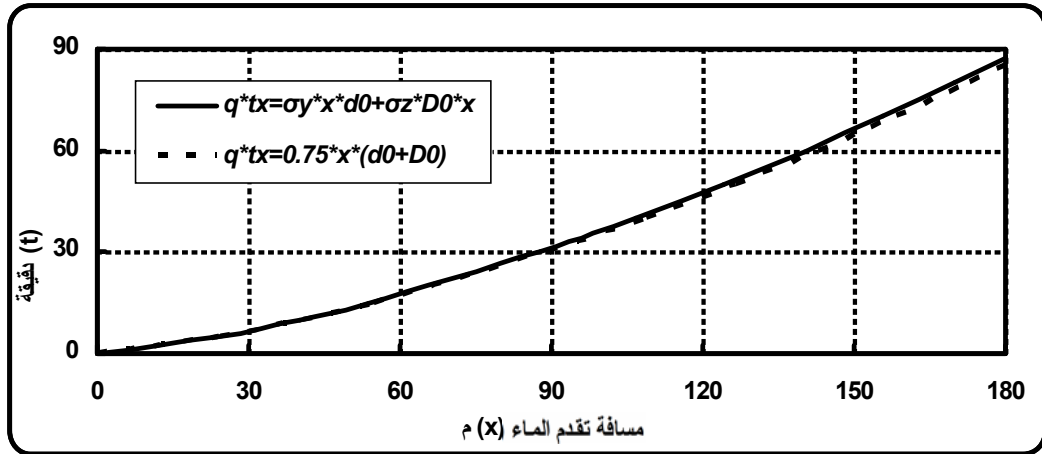
ة وذلك بصيغة كل من المعادلتين (1) (13).
 بتطبيق كل من المعادلتين (1) (13) $[q^*t_x = \sigma_y^*x^*d_0 + \sigma_z^*D_0^*x]$ و $[q^*t_x = 0.75^*x^*(d_0 + D_0)]$.
 مطلق التطابق بين المعادلتين (1) (13) تبيين من هذه



(10): تغير مسافة تقدم الماء (x) مع زمن تقدم الماء (t) دقيقة للشريط الاول بتطبيق كل من المعادلتين (1) (13) $[q^*t_x = \sigma_y^*x^*d_0 + \sigma_z^*D_0^*x]$ و $[q^*t_x = 0.75^*x^*(d_0 + D_0)]$.



(11): تغير مسافة تقدم الماء (x) م مع زمن تقدم الماء (t) دقيقة للشريط الا بتطبيق كل من المعادلتين (1) (13) $[q^*t_x = \sigma_y^*x^*d_0 + \sigma_z^*D_0^*x]$ و $[q^*t_x = 0.75^*x^*(d_0 + D_0)]$.



(12): تغير مسافة تقدم الماء (x) م مع زمن تقدم الماء (t) دقيقة للشريط الأ

بتطبيق كل من المعادلتين (1) [$q*t_x = \sigma_y*x*d_0 + \sigma_z*D_0*x$] و [$q*t_x = 0.75*x*(d_0 + D_0)$] (13)

مما تقدم يتبين ان معامل الشكل الموحد يتغير طردياً مع كل من معدل الجريان ومعامل خشونة ماننك وعكسياً مع كل من انحدار الشريط واس دالة الارتشاح. وذلك عندما تكون نسبة مسافة تقدم الماء إلى طول الشريط الكلي >0.4، بينما نسبة مسافة تقدم الماء إلى طول الشريط الكلي ≤ 0.4 فان تغير معامل الشكل الموحد يكون محدوداً وأن (87%) من قيم معامل الشكل الموحد تتغير فقط من 0.73 إلى 0.76 وبمعدل 0.747، حيث استخدم هذا المعدل لكي يجعل معادلة الموازنة الحجمية بصيغة المعادلة (13) [$q*t_x = 0.75*x*(d_0 + D_0)$] التي لا تحتاج الى بيانات لتقدم الماء والتي قدمت تطابق يكاد يكون تماماً بالمقارنة مع معادلة الموازنة الحجمية بصيغة المعادلة (1) [$q*t_x = \sigma_y*x*d_0 + \sigma_z*D_0*x$].

1. م، احمد يوسف وحقي إسماعيل ياسين، (1992). "هندسة نظم الري الحقلية"، دار الكتب للطباعة والنشر/ جامعة

2. Christiansen JE, Bishop AA, Kiefer FW Jr, Fok Yu-Si (1966) Evaluation of intake rate constants as related to advance of water in surface irrigation. Trans ASAE 9: 671±674
3. Elliott, R. L., and Walker, W. R., (1982). "Field Evaluation of Furrow Infiltration and Advance Functions". Trans. ASAE. 25 (2), 396–400. Engineering, ASCE. 123(4): 300-306.
4. Walker, W.R., Skogerboe, G.V., (1987). "Surface Irrigation. Theory and Practice". Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, p. 386.
5. Fok, Y. S., and Bishop, A. A. (1965). "Analysis of Water Advance in Surface Irrigation." Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE. 91(1), 99–116.
6. Valiantzas, J.D., (1997a). "Surface Irrigation Advance Equation: Variation of Subsurface Shape Factor". Journal of Irrigation and Drainage
7. Valiantzas, J.D., (1997b). "Volume Balance Irrigation Advance Equation: Variation of Surface Shape Factor". Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE. 123(4): 307-402.
8. Alazba, A. A. (1999). "Explicit Volume Balance Model Solution". Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE. 125(5), 273–279.
9. Theodor, S. S., A. J. Clemmens and E. Bautista (2011). "Shape Factors For Elements Of The Infiltration Profile In Surface Irrigation –A Generic Approach". Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Submitted September 29, 2010, accepted August 24, 2011.

10. Weibo, N., F. Liangjun and M. Xiaoyi, (2012)." Estimated Infiltration Parameters and Manning Roughness in Border Irrigation".2011 John Wiley & Sons, Ltd Irrig. and Drain. 61: 231–239.
11. ياسين، حقي إسماعيل، ونوال محمد ججو ، (1997). "تحليل طور تقدم الماء في الري الشريطي". مجلة هندسة الرافدين – (5) (1).
12. أمين، احمد علي محمد، (2010). "تقويم دوال التقدم والتشرب في الري بالمروز". رسالة ماجستير، قسم هندسة الموارد المائية/ كلية الهندسة/ جامعة الموصل.
13. Ebrahimian,H. , A. Liaghat ,B. G.Alavijeh and F. Abbasi.(2010)" Evaluation of various quick methods for estimating furrow and border infiltration parameters" Irrig Sci 28:479–488.