

تقييم طريقة مبسطة لتقدير فواقد التبخر من خزان سد الموصل

احسان فصيح حسن

مدرس مساعد

مركز بحوث السدود والموارد المائية - جامعة الموصل

الخلاصة

في هذه الدراسة، تم استخدام نموذج (Linacre) الرياضي التجريبي لتقدير التبخر من سطح الماء الحر واختبار دقة ومدى ملائمة نتائج تطبيق هذا النموذج بمقارنتها مع قيم التبخر الإنشائي الحقيقية صنف (A) لخزان سد الموصل. حيث استخدمت لذلك بيانات درجات الحرارة اليومية المقاسة في محطة الانواء الجوية عند خزان سد الموصل للفترة (2003-2006) بالإضافة الى درجة حرارة نقطة الندى المحسوبة من قيم درجات الحرارة والرطوبة النسبية المرصودة لتقييم دقة وملائمة النموذج الرياضي في تقدير التبخر من خزان سد الموصل شمال العراق. بينت الاختبارات الإحصائية أن هذا النموذج يعطي دقة معقولة، إذ كان افضل اداء للنموذج (E_1) في حالة تقدير معدل التبخر الشهرية يليه معدل عشرة ايام ومن ثم المعدل اليومي حيث بلغ معامل التحديد (R^2) لها (95%) و (93%) و (87%) على التوالي. الأخطاء في نموذج التنبؤ (E_1) هي (6.5%) و (6.1%) و (5%) للتنبؤ اليومية وعشرة ايام والشهرية على التوالي. بما ان احتياج نموذج (Linacre) يقتصر على بيانات (درجة حرارة الهواء فقط) لذا يمكن استخدامه للتغلب على صعوبة النقص في البيانات المتاحة في محطات الانواء الجوية.

Evaluation of a Simplified Method to Estimate Evaporation Losses From Mosul Dam Reservoir

Mr. Ihsan F. Hasan

Assistant Lecturer

Dams and Water Resources Research Center/University of Mosul

Abstract

In this study, the (Linacre) mathematical Pilot model was used to estimate evaporation from free water surface and test the results accuracy of the mathematical evaporation model by comparing it with the values of the measured pan evaporation class (A) at the Mosul dam reservoir. The daily measured temperature data recorded in meteorological station at the Mosul dam reservoir for the period (2003-2006) were used in addition to the calculated dew point temperature from the values of measured temperature and relative humidity to verify the accuracy of the mathematical model in estimating the evaporation from the Mosul dam reservoir northern of Iraq. Statistical tests showed that this model gives a reasonable results. The accuracy of the model is best for the monthly rate evaporation prediction (E_1), followed by the rate of ten days and then daily, with coefficient of determination (R^2) are (95%) and (93%) and (87%), respectively. The percent errors in the model prediction (E_1) are (6.5%) and (6.1%) and (5%) for daily, ten days and monthly prediction respectively. Since the (Linacre) model require very few data (air temperature only), it can be used to overcome the difficulty of lack of the meteorological data.

Key word: Linacre model, Mosul dam reservoir, Pan Evaporation.

المقدمة

التبخّر هو العنصر الأكثر تعقيداً في الدورة الهيدرولوجية، يراد بالتبخّر الكمية المائية التي أطلقت أو تبخّرت من سطح الأرض ورجعت إلى الجو سواء أكان سطح الأرض عارياً أو تكسوه الغابات أو المسطحات المائية. التقدير الدقيق للتبخّر أمر ضروري في إدارة الموارد المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة مثل تشغيل الخزانات، وتقدير العائد من أحواض الأنهار، إدارة المياه الزراعية، وتقدير عناصر الموازنة المائية [11]. تعد عملية التبخّر من الموارد المائية السطحية مثل البحيرات العذبة والخزانات والقنوات من أكثر القضايا الحيوية التي توليها معظم الدراسات والبحوث العلمية اهتماماً في الوقت الحاضر، وخصوصاً فيما يتصل بمشكلات تناقص كمياتها وندرة وشحة مصادر تجدها في بعض مناطق العالم وبالذات المناطق الواقعة جغرافياً في الإقليم المداري الجاف وشبه الجاف التي تتميز بارتفاع درجات الحرارة التي تعمل على زيادة معدلات التبخّر كما هو عليه الحال في منطقة الدراسة الحالية ومن هذه الدراسات التي قام بها كل من [8, 9, 18, 19].

إن لإستخدام المعادلات الرياضية التجريبية لتقدير التبخّر من الخزانات بدلاً من قياسه أهمية كبيرة في المناطق التي تتعدّم فيها محطات الأنواء الجوية أو في المحطات التي لا تتوفر فيها أجهزة قياس التبخّر أو في حالة وجود نقص في البيانات المتاحة، وذلك بعد معايرتها والتحقق من مدى ملائمتها للظروف المناخية السائدة في تلك المنطقة، حيث أجرى الباحثون [15] دراسة لتخمين التبخّر من سطح الماء الحر في المناطق ذات المناخ الحار والجاف جنوب إيران باستخدام نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية والمعادلات التجريبية التي تتطلب بيانات محدودة وتقييم ادائها بمقارنتها مع قيم التبخّر الإنائي اليومية لاختيار أفضلها، كما قدم الباحثان [7] نموذج رياضي يعتمد على (درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح) لتقدير معدل التبخّر من ثلاث خزانات متوسطة في كندا حيث تبين أن نتائج النموذج يتوافق بشكل كبير مع القيم الحقيقية المقاسة للتبخّر وإن الاتجاه العام لنتائج النموذج يتبع درجات الحرارة.

منطقة الدراسة والبيانات المناخية

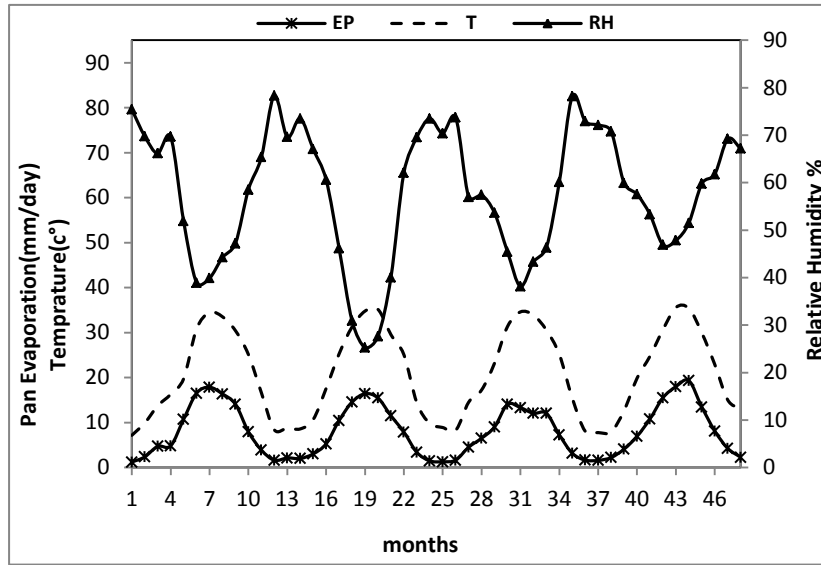
يمثل موقع الدراسة خزان سد الموصل الواقع على نهر دجلة في الجزء الشمالي من العراق على بعد حوالي (60) كم شمال مدينة الموصل (خط طول $43^{\circ} 09'$ شرقاً وخط عرض $36^{\circ} 19'$ شمالاً، على ارتفاع (312) م عن سطح البحر) وهو من أهم المشاريع المائية في المنطقة الشمالية. والتي بدأت تتأثر بظواهر هيدرولوجية مثل شحة الأمطار، والمعدل العالي لفوائد التبخّر نظراً لارتفاع درجات الحرارة إذ يبلغ مجموع الهطول المطري السنوي أقل من (400) ملم وهو أقل



شكل (1) يبين موقع خزان سد الموصل

بكثير من مجموع فوائد التبخّر السنوي البالغ حوالي (2000) ملم من سطح خزان سد الموصل. السعة التخزينية للسد تبلغ حوالي (11100) مليون م³ بمساحة السطحية (380) كم² [6]. يمثل الشكل رقم (1) الموقع العام لمنطقة الدراسة:

لإجراء هذه الدراسة تم اعتماد البيانات المناخية المسجلة من محطة الأنواء الجوية في سد الموصل. وتشمل الحد الأقصى والحد الأدنى لدرجة الحرارة اليومية والرطوبة النسبية وقيم التبخّر الإنائي صنف (A) لمدة أربعة سنوات من 2003 إلى 2006. ويبين الشكل (2) البيانات المناخية المستخدمة في الدراسة، حيث تظهر البيانات المسجلة نفس الاتجاه العام لقيم التبخّر الإنائي ودرجات الحرارة.



شكل (2) البيانات المناخية المستخدمة في البحث في موقع سد الموصل

تطبيق نموذج (Linacre)

هناك نماذج كثيرة لتقدير التبخر من سطح المياه المفتوحة، والتي تتضمن تقدير التبخر من البحيرات الطبيعية والتبخر من الخزانات المائية كما في الدراسة الحالية، ومن هذه النماذج هي طريقة الموزانة المائية وطريقة موازنة الطاقة وطريقة تحول الكتلة وطريقة بنمان، وطريقة حوض التبخر. العيب الرئيسي لمعظم هذه الطرائق هي أنها تتطلب بيانات مناخية متعددة لتقدير التبخر من الخزان، مثل درجات حرارة وسرعة الرياح والرطوبة النسبية والأشعاع الشمسي وضغط بخار الماء، كما ان نسبة الخطأ في القياسات لعوامل الاشعاع الشمسي والرطوبة وسرعة الرياح ستنتج أربعة اضعاف الخطأ في القيمة المقدرة للتبخر مقارنة مع نفس الخطأ الناتج من قياسات درجات الحرارة [2].

وفي محاولة للتغلب على الصعوبة المرافقة في استخدام معادلة بنمان التي تتطلب بيانات مناخية متعددة، قدم Linacre سنة (1977) نموذج رياضي مبسط مشتق من معادلة بنمان لاستخدامه في تقدير التبخر من الخزانات. تكمن اهميته في انه يحتاج الى بيانات مناخية لدرجات الحرارة والارتفاع عن مستوى سطح البحر فقط وهي مناسبة في حالة عدم توفر بيانات مناخية متعددة [13]. ومعادلة بنمان للتبخر هي:

$$LE = (R_n + \rho C (e_s - e_a) / \Delta r_a) / (1 + \gamma / \Delta) \quad \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان:

LE: معدل التبخر (كالوري. سم⁻². ثا⁻¹).

R_n: صافي الإشعاع الشمسي (كالوري. سم⁻². ثا⁻¹).

e_a: ضغط البخار عند التشبع المناظر لدرجة حرارة الهواء.

e_s: ضغط بخار الهواء الفعلي.

Δ: ميل المنحنى المرسوم بين ضغط البخار عند التشبع ودرجة الحرارة

r_a: المقاومة الانتشارية بين الماء والهواء

γ: ثابت البسيكروميتريّة.

C : ρ : ثابت (1.3 * 10³)، 0.24 على التوالي.

ولتبسيط المعادلة رقم (1) لبنمان قام (Linacre) باستبدال الصيغ ((1+γ/Δ) و ((e_s-e_a)/Δ) و (R_n) بما يعادلها من الصيغ على اساس درجة حرارة الهواء والموقع بالنسبة لخطوط العرض، وكذلك اقترح قيمة متوسطة نموذجية لـ r_a وهي 1.2.

$$(1+\gamma/\Delta)= 2(1-0.0125T) \dots\dots\dots (2)$$

$$(e_s-e_a)/\Delta = (T-T_d) \dots\dots\dots (3)$$

$$R_n = 0.55 (T +0.006 h) / 60 (100-A)) \dots\dots\dots (4)$$

بتعويض هذه القيم في معادلة بنمان واعادة ترتيبها يتم الحصول على معادلة (Linacre) رقم (5) لتقدير معدل التبخر من سطح الماء في الخزانات بالـ (ملم/ يوم) والتي تعتمد على درجات الحرارة والارتفاع عن سطح البحر والاحداثيات الجغرافية للمنطقة فقط. [13]

$$E = \frac{700 * (T + 0.006h)/(100 - A) + 15(T - T_d)}{80 - T} \dots\dots\dots (5)$$

قدم (Linacre) في دراسته معادلة أخرى لتقدير (T - T_d) على النحو الآتي:

$$(T - T_d) = 0.0023h + 0.37T + 0.53R + 0.35R_{ann} - 10.9 \dots\dots\dots (6)$$

E: معدل التبخر من سطح الماء بالـ (ملم/ يوم)
T: معدل درجة حرارة الهواء (م)
T_d: معدل درجة حرارة نقطة الندى (م)
A: الموقع بالنسبة لخطوط العرض (درجة)
h: الارتفاع عن مستوى سطح البحر (م)
R: المعدل الشهري للمدى اليومي لدرجات الحرارة
R_{ann}: معدل درجة الحرارة لادفئ وابرء شهر

ولغرض مقارنة اداء المعادلة رقم (6) التي قدمها (Linacre) تم استخدام معادلة رقم (7) (Lawrence, 2005) لحساب درجة حرارة نقطة الندى (T_d) مباشرةً بالاعتماد على درجة حرارة الهواء المحيط والرطوبة النسبية المقاستين، ومن ثم تعويض قيمة (T_d) المحسوبة من المعادلة رقم (7) في المعادلة رقم (5) بدلا من المعادلة رقم (6) ومن ثم مقارنة قيم التبخر الناتجة في الحالتين.

$$T_d = \frac{b[\ln(RH/100) + a * T/(b + T)]}{a - \ln(RH/100) - a * T/(b + T)} \dots\dots\dots (7)$$

بحيث

$$0\text{ C}^\circ < T < 60\text{ C}^\circ$$

$$1\% < RH < 100\%$$

$$0\text{ C}^\circ < T_d < 50\text{ C}^\circ$$

حيث :

$$17.271 : a$$

$$237.7 : b$$

RH: الرطوبة النسبية (نسبة مئوية)

طريقة إناء التبخر

يعتبر إناء التبخر الأمريكي الأسطواني الشكل صنف (A) هو الاكثر انتشاراً واستعمالاً لدى أغلب المحطات الميتروولوجية [9]. هذه الطريقة لا تتطلب بيانات مناخية متعددة مقاسة، ولهذا السبب تكون شائعة الاستخدام في تقدير التبخر من خزانات والبحيرات في المناطق التي تكون فيها البيانات المناخية محدودة او غير متوفرة.

ان تسرب الحرارة من خلال جدار الوعاء واستعمال شبكة من أسلاك التغطية والمادة التي يصنع منها الإناء وكذلك وجود او عدم وجود الغطاء النباتي في المكان الذي يوضع فيه إناء التبخر كلها عوامل يمكن ان تؤثر في كمية الفاقد

حسن : تقييم طريقة مبسطة لتقدير فواقد التبخر من خزان سد الموصل

المقاسة من الماء. وعليه لتقدير التبخر من سطح الماء في الخزان نقوم بضرب مقدار التبخر من الإناء بمعامل مناسب وحسب العلاقة الآتية:

$$E_p = K_p * E_{Pan} \quad \dots \dots \dots (8)$$

حيث:

E_p : معدل التبخر من سطح الماء في الخزان بالـ (ملم/يوم) بطريقة إناء التبخر بعد التعديل.

K_p : معامل إناء التبخر ويتراوح بين (0.6 – 0.8).

E_{Pan} : كمية التبخر من إناء التبخر (ملم/يوم).

في هذه الدراسة تم استخدام قيم التبخر المقاسة عند محطة القياس بالقرب من خزان سد الموصل باستخدام إناء التبخر صنف (A) للفترة من عام 2003 إلى عام 2006 لغرض تقييم أداء نموذج (Linacre) للحالات المختلفة، وذلك بعد ضرب قيمة التبخر الإنائي بمعامل إناء التبخر البالغ (0.7) كمعدل سنوي لخزان سد الموصل حسب المصدر [5]، والتي تم اعتبارها القيمة الحقيقية المرصودة أثناء تقييم أداء نموذج (Linacre).

اختبار دقة أداء نموذج (Linacre)

هنالك اختبارات عديدة اعتمدت في تقييم أداء النماذج الرياضية إذ يتم مقارنة القيمة التقديرية التي يتم الحصول عليها باستخدام نموذج معين مع قيم البيانات الحقيقية التي تم الحصول عليها من القياسات المباشرة. في هذه الدراسة تم تقييم أداء نموذج (Linacre) من خلال مقارنة النتائج للحالات المختلفة (اليومية وعشرة أيام والشهرية) التي تم الحصول عليها من نموذج (Linacre) بالاعتماد على معادلة (6) أو الحساب المباشر لقيمة (T_d) من المعادلة (7) مع البيانات الحقيقية المرصودة من إناء التبخر صنف (A) وفقاً لمعايير الإختبارات الإحصائية التي تشمل حساب معدل مربع الخطأ (MSE) الشائع الاستعمال، وجذر معدل مربع الخطأ (RMSE) الذي يستخدم بكثرة لمقارنة الاختلافات بين القيم المقدرة من النماذج الرياضية والقيم الحقيقية المرصودة وهو مقياس لدقة أداء النموذج، ومعامل تيل (Theil's) (U). وفي جميع هذه المعايير فإنه كلما كانت قيمة المعيار اقل كانت الدقة التنبؤية للنموذج اكبر [9]، بالإضافة الى معيار (NSE) الذي قدمه Nash والذي يستخدم في تقييم كفاءة وقدرة النماذج الهيدرولوجية على التنبؤ، ويبلغ اقصى قيمة له (1) والذي يشير الى وجود تطابق كامل بين النموذج والبيانات المرصودة [14]. وهذه المعايير كالاتي:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (Ei_{obs} - Ei_{pred})^2}{N} \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Ei_{obs} - Ei_{pred})^2}{N}} \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Ei_{obs} - Ei_{pred})^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Ei_{obs})^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Ei_{pred})^2}} \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Ei_{obs} - Ei_{pred})^2}{\sum_{i=1}^N (Ei_{obs} - \bar{Ei}_{obs})^2} \quad \dots \dots \dots (12)$$

حيث ان

Ei_{obs} : تمثل القيم الحقيقية المرصودة لـ (التبخر الإنائي) (mm/day)

Ei_{pred} : تمثل القيم المقدرة بواسطة معادلة (Linacre) (mm/day)

Ei_{obs} : تمثل معدل القيم الحقيقية المرصودة لـ (التبخر الإنائي) (mm/day)

جدول رقم (1) قيم نتائج التحليل الاحصائي للنموذج

$E_P \& E_2^*$				$E_P \& E_1^*$				الفترة
NSE	U	RMSE	MSE	NSE	U	RMSE	MSE	
84%	0.13	2.6	6.77	80%	0.11	2.39	5.74	يومي
85%	0.12	2.17	4.72	89%	0.10	1.88	3.55	عشرة ايام
86%	0.11	2.12	4.51	90%	0.09	1.77	3.16	شهري

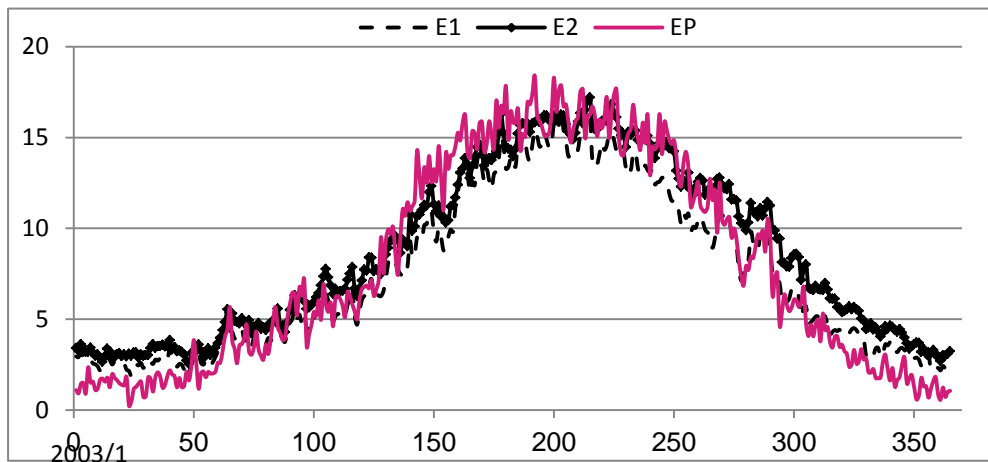
النتائج والمناقشة

يتميز موقع خزان سد الموصل بمناخ حار جاف صيفاً وبارد ممطر شتاءً وان معظم الأمطار تحدث خلال فصل الشتاء. لذا أعلى قيمة للمعدل الشهري للتبخر الإنائي (E_p) تبلغ (19.3) ملم في آب، 2006، في حين أن أدنى قيمة للمعدل الشهري للتبخر الإنائي (E_p) تبلغ (1.2) ملم في كانون الثاني، 2003.

تم اختبار أداء نموذج (Linacre) في تقدير القيم (اليومية وعشرة ايام والشهرية) للتبخر من خزان سد الموصل بمقارنتها مع البيانات المرصودة من إناء التبخر صنف (A) وفقاً لمعايير الإختبارات الإحصائية الأنفة الذكر، كما مبين في الجدول الاتي:

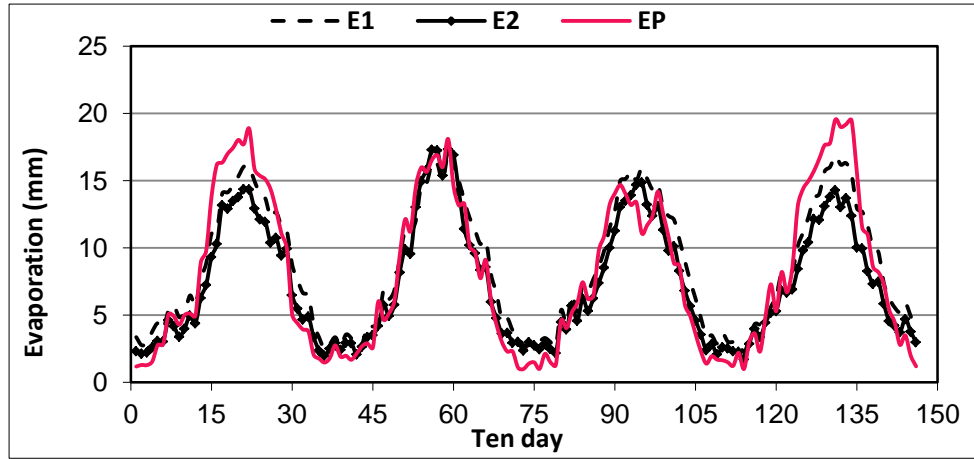
- E_1^* : معدل التبخر من الخزان (mm/day) باستخدام معادلة (Linacre) مع معادلة رقم (6).
- E_2^* : معدل التبخر من الخزان (mm/day) باستخدام معادلة (Linacre) مع معادلة رقم (7).
- E_p : معدل التبخر الانائي (mm/day).

أظهرت النتائج أن نموذج (Linacre) أعطى أفضل أداء في التنبؤ الشهري لقيم التبخر (E_1) المحسوبة باستخدام المعادلة (6) إذ كانت قيم اختبارات الدقة التنبؤية اقل من الحالات الأخرى للنموذج حيث بلغت قيم (NSE, U, RMSE, MSE) (90%, 0.09, 1.77, 3.16) على التوالي. وثاني أفضل أداء هو التنبؤ لمدة عشرة ايام باستخدام المعادلة (6). ويأتي بالمرتبة الثالثة التنبؤ اليومي باستخدام المعادلة (6). على الرغم من أن نموذج (Linacre) يحتاج بيانات درجة حرارة الهواء فقط لتشغيل النموذج، الا انه وجد وبشكل عام ان نتائج النموذج تتوافق بشكل جيد وتعطي نفس الاتجاه العام مع السلاسل الزمنية لسجل البيانات المرصودة لقيم التبخر الإنائي وفي جميع الحالات (يومية، عشرة ايام، وشهرية) كما هو واضح في الاشكال من (3) الى (5)، بلغت نسب الخطأ للنموذج (6.5%) (6.1%) (5%) في تقدير قيم التبخر اليومية وعشرة ايام والشهرية على التوالي باستخدام معادلة (6) كما بلغت نسب الخطأ للنموذج (10%) (8.8%) (8.1%) في تقدير قيم التبخر اليومية وعشرة ايام والشهرية على التوالي باستخدام معادلة (7).

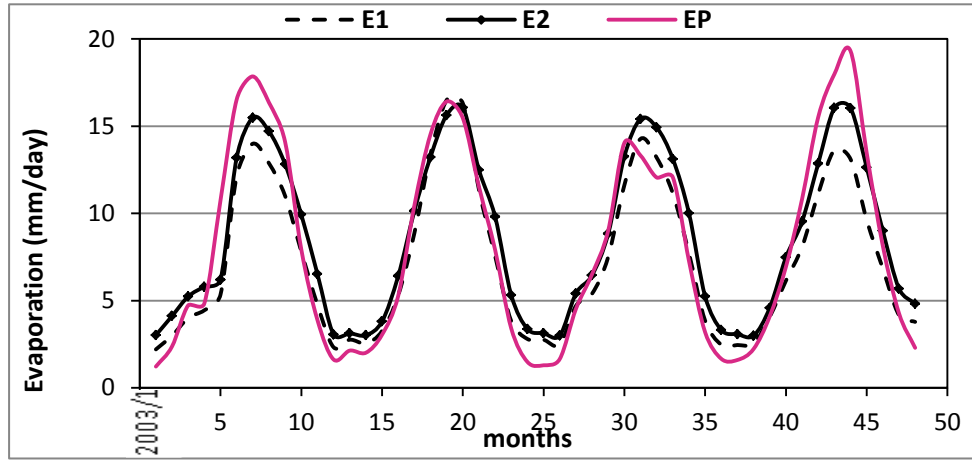


شكل (3) قيم معدل التبخر اليومي الحقيقية والمقدرة باستخدام نموذج (Linacre) لخزان سد الموصل

حسن : تقييم طريقة مبسطة لتقدير فواقد التبخر من خزان سد الموصل

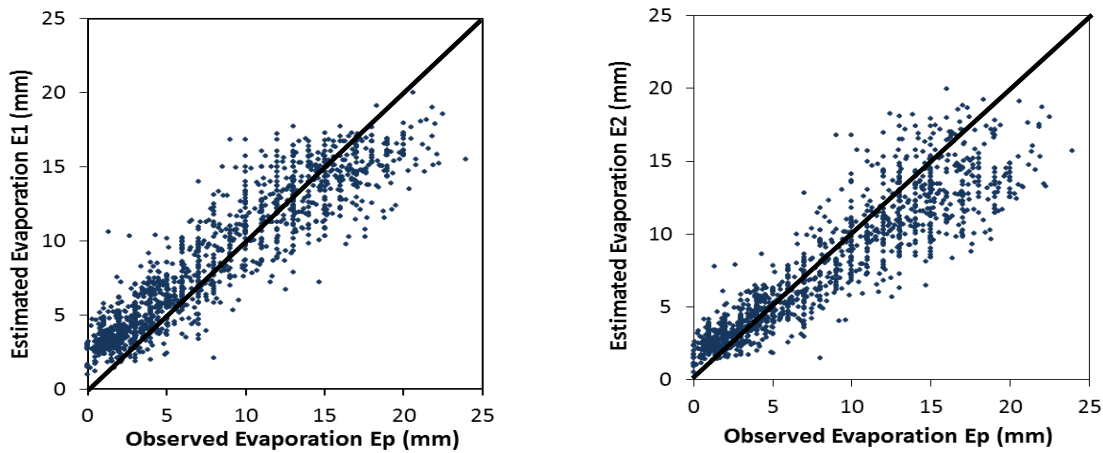


شكل (4) قيم التبخر الحقيقية والمقدرة باستخدام نموذج (Linacre) لعشرة ايام لخزان سد الموصل



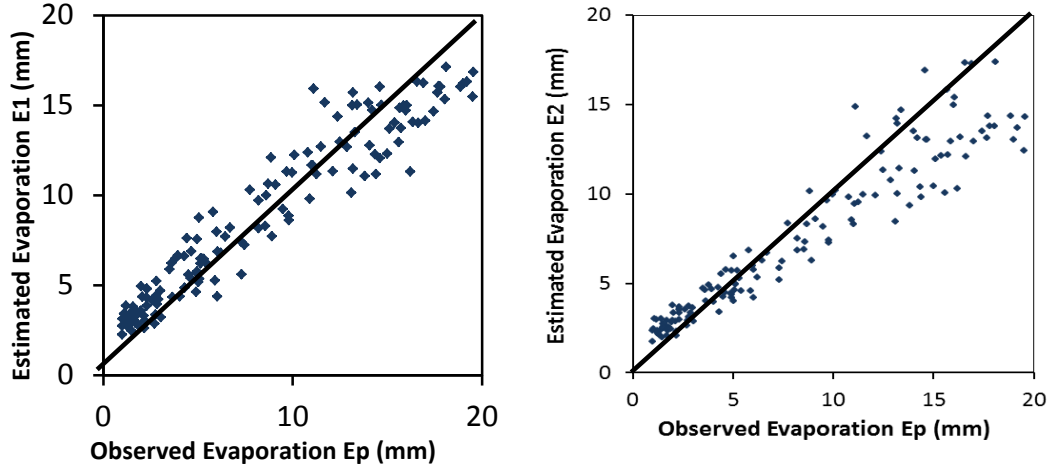
شكل (5) قيم التبخر الحقيقية والمقدرة باستخدام نموذج (Linacre) الشهرية لخزان سد الموصل

للتحقق من صلاحية النموذج لتقدير التبخر من الخزان تم رسم مخططات نقاط التبخر وإيجاد قيم معامل التحديد (R^2) للحالات المختلفة (المبينة في الأشكال من 6 إلى 8) لتوضيح شكل الارتباط نظرياً بين القيم الحقيقية المرصودة للتبخر الانائي والقيم المقدرة لنموذج (Linacre) كطردى (موجب) أو عكسي (سالب)، وكذلك قوته كفوي أو ضعيف، وهو مقياس جيد لفحص الترابط الخطي للقيم حيث يكون الترابط موجباً قوياً إذا كانت نقاط التبخر (النتيجة من رسم القيم المقدرة

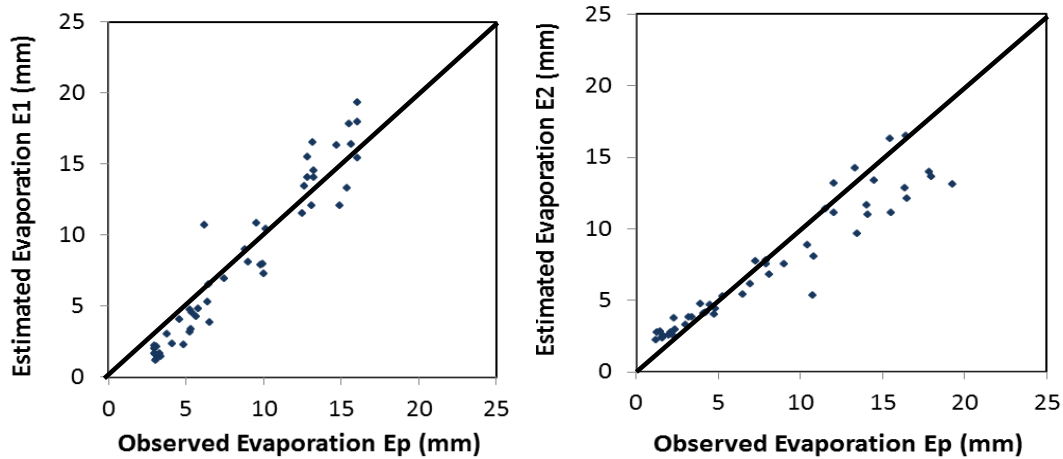


شكل (6) مخطط التبخر للقيم المقدرة من نموذج (Linacre) اليومية

مقابل القيم المرصودة) تشكل خطأً مستقيماً طردياً. ويظهر بشكل واضح من خلال مخططات التبعض ولكل الفترات التوافق الجيد بين القيم المقدرة التي تم الحصول عليها من نموذج (Linacre) (E_1) مع قيم التبخر الإنائي المرصودة حيث كان الترابط طردياً وتفاوتت في قوته على المستوى اليومي وعشرة ايام والشهرية إذ بلغت قيم معامل التحديد (R^2) لها (87%) و(93%) و (95%) على التوالي.



شكل (7) مخطط التبعض للقيم المقدرة من نموذج (Linacre) لعشرة ايام



شكل (8) مخطط التبعض للقيم المقدرة من نموذج (Linacre) الشهرية

وقد أظهرت نتائج تقديرات التبخر المحسوبة بواسطة نموذج (Linacre) تباينات طفيفة مع قياسات التبخر (E_p) من إناء التبخر صنف (A) في محطة الانواء الجوية قيد الدراسة ولتوضيح ذلك تم استخدام اختبار (t) بمقارنة قيمة (t) المحسوبة من المعادلة رقم (13) مع قيمة (t) الجدولية عند درجة حرية (v) حسب معادلة (14) [1] وعند مستوى معنوية ($\alpha = 0.05$) كانت التباينات غير معنوية على المستوى الشهري وعشرة ايام وعند ($\alpha = 0.025$) على المستوى اليومي بحيث تفوق قيم التبخر الشهرية المقدرة على مثيلاتها من القيم اليومية وعشرة ايام والجدول (2) الاتي بين معدلات التبخر على الاساس الشهري:

$$t = \frac{(\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \dots \dots \dots (13)$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{(\sigma_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(\sigma_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}} \dots \dots \dots (14)$$

μ_1, μ_2 : الوسط الحسابي لقيم التبخر من إناء التبخر ونموذج (Linacre) على التوالي.
 n_1, n_2 : حجم العينة لقيم التبخر من إناء التبخر ونموذج (Linacre) على التوالي.
 σ_1, σ_2 : الانحراف المعياري لقيم التبخر من إناء التبخر ونموذج (Linacre) على التوالي.

جدول (2) يمثل مقارنة بين التبخر الإنائي مع التبخر باستخدام معادلة (Linacre) على اساس شهري

months	Evaporation (mm/day)		
	E_p	E_1	E_2
Jan	1.56	3.08	2.54
Feb	2.06	3.27	2.64
Mar	4.09	4.75	4.00
Apr	5.88	6.53	5.31
May	10.25	8.67	7.44
Jun	15.15	13.13	12.06
Jul	16.39	15.64	14.59
Aug	15.79	15.43	13.87
Sep	12.78	12.76	10.78
Oct	7.814	9.68	7.48
Nov	3.68	5.69	4.14
Dec	1.76	3.64	2.84
Mean (mm/day)	8.10	8.52	7.31
Sum (mm/year)	2917	3069	2632

الاستنتاج

تم تقدير معدلات التبخر من خزان سد الموصل باستخدام نموذج (Linacre) ومقارنتها مع قيم القياس المباشر للتبخر الإنائي صنف (A) لتقييم ادائه، حيث تم التوصل الى الاستنتاجات الآتية.

1. اظهرت النتائج من خلال مخططات التبخر ولكل الفترات التوافق الجيد بين القيم المقدره التي تم الحصول عليها من نموذج (E_1) مع قيم التبخر الإنائي المرصودة حيث كان شكل الترابط طردياً بينما وجد ان معامل التحديد (R^2) للقيم اليومية وعشرة ايام والشهرية هي (87%) و (93%) و (95%) على التوالي، في حين معامل التحديد (R^2) للنموذج (E_2) اقل من نموذج (E_1) وهي (85%) و (91%) و (92%) للفترات اعلاه على التوالي.
2. أعطى النموذج (E_1) تقديرات معقولة بالمقارنة مع القيم الحقيقية المرصودة.
3. يمكن لنتائج البحث هذا أن يساعد في التغلب على مشكلة عدم توفر بيانات كاملة عند تقدير التبخر من سطح المياه المفتوحة وتسهيل تطبيق النموذج.
4. اظهرت نتائج الدراسة ان معدل قيم التبخر السنوية المقاسة من إناء التبخر هي 2917 ملم / سنة مقارنة بنظيراتها من معدل القيم السنوية بكميات 3069 ملم/سنة و 2632 ملم/سنة (المحسوبة من نموذج Linacre باستخدام المعادلتين 6 و 7 على اساس شهري) على التوالي.
5. معدل حجم الفواقد من سطح الماء لخزان سد الموصل في حالة السعة التخزينية البالغة (11100) مليون م³ بمساحة سطحية (380) كم² يبلغ (1166) مليون م³/سنة و المقاسة من إناء التبخر المقاسة من إناء التبخر (1000) مليون م³/سنة (المحسوبة من نموذج Linacre باستخدام المعادلتين 6 و 7 على اساس شهري) على التوالي.

E_1 : معدل التبخر من الخزان باستخدام معادلة (Linacre) مع معادلة رقم (6).
 E_2 : معدل التبخر من الخزان باستخدام معادلة (Linacre) مع معادلة رقم (7).
 E_p : معدل التبخر الإنائي.

مليون م³/سنة و المقاسة من إناء التبخر المقاسة من إناء التبخر (1000) مليون م³/سنة (المحسوبة من نموذج Linacre باستخدام المعادلتين 6 و 7 على اساس شهري) على التوالي.

المصادر:

1. الراوي، خاشع محمود. (2000) "المدخل الى الاحصاء" الطبعة الثانية، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.
2. **Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith M.** (1998). "Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements." Irrig. and Drain. Paper No. 56, FAO, Rome, Italy.
3. **Allen. R., and Tasumi, M.** (2005). "Evaporation from American Falls Reservoir in Idaho via a Combination of Bowen Ratio and Eddy Covariance" Proceedings 2005 EWRI Conf. Anchorage, Alaska.
4. **Bruin, H. A.** (1978). "A Simple Model for Shallow Lake Evaporation" Jour. Of Applied Meteorology, (78). 1132-1134.
5. **Abdulla, T. M, and Hachum, A. Y.** (1988). "Climatological Estimate of Saddam Reservoir Evaporation" Confidential Research, Mosul Dam Research Center.
6. **Fadhil, A. I.** (1990) " Optimal Operation of Reservoir on Tigris River " M.Sc. Thesis, Irrigation and Drainage Department, College of Engineering, University of Baghdad, Iraq.
7. **Granger, R. J. and Hedstrom, N.** (2010). "Modeling hourly rates of lake evaporation." Hydro. Earth Syst. Sci. Discuss., (7) 2727–2746. By: www. IVSL.org.
8. **Hassani, A. Tajrishy, M. Abrishamchi, A.** (2009). "Comparison of Several evaporation models applied to the Reservoir of Saveh Dam, Iran." International Perspective Environmental and Water Resources, Thailand.
9. **Jensen, M.E., Burman, R.D. and Allen, R.G.** (2010). "Estimating Evaporation From Water Surfaces." (ASCE) Manuals and Reports on Engineering Practice No 70, 2ed.
10. **Keller, G. and Worrack, B.** (1997)" Statistics for Management and Economics" Cole publishing Company, New York, p. 923.
11. **Keskin, M. E., Terzi, O. and Taylan, D.** (2004). "Fuzzy logic model approaches to daily pan evaporation estimation in western Turkey" Hydrological. Sciences. Journal, 49(6). P. 1001-1010. By: www. IVSL.org.
12. **Lawrence, M. G.** (2005). "The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air A Simple Conversion and Applications". American Meteorological Society, p. 225-233.
13. **Linacre, E. T.** (1977). "A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone." Agric. Forest Meteorol., 18, 409–424.
14. **Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V.** (1970). "River flow forecasting through conceptual part 1- A discussion of principles" Journal of Hydrology, 10(3), 282-290. By: www. IVSL.org.
15. **Piri, J. Amin, S. Moghaddamnia, A. Keshavarz, A. Han, D. and Remesan, R.** (2009). "Daily Pan Evaporation Modeling in a Hot and Dry Climate." J. Hydro. Eng., (ASCE), 14(8), 803–811. By: www. IVSL.org.
16. **Rayner, D.** (2005). "Australian synthetic daily Class A pan evaporation." Technical Report, Department of Natural Resources and Mines, Queensland, Australia.
17. **Senturk, K. and Oruk, F.** (2010). "A Case Study: Evaporation Estimation at Oymapinar Dam" BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia.
18. **Tanny, J. Cohen, S. Assouline, S. Lange, F. Grava, A. Berger, D. Telch, B. Parlange, M.** (2008). "Evaporation from a small water reservoir: Direct measurements and estimates." J. Hydrol Eng. 351(1-2), 218– 229. By: www. IVSL.org.
19. **Vining, K. C.** (2003). "Estimation of Monthly Evaporation from Lake Ashtabula in North Dakota, Orwell Lake in Minnesota, and Lake Traverse in Minnesota and South Dakota, 1931-2001." Water-Resources Investigations Report 03-4282.