المجلد 7، العدد 1، 2014. ص ص. 43-52

المجلة الأردنية للفيزياء

ARTICLE

مقارنة بين نموذجي بنمان- مونتيث وحوض التبخر في تخمين التبخر - نتح المرجعي في مناطق مختلفة من العراق

وليد اسمير جاسم وهاني محمد حمدون

قسم الفيزياء، كلية التربية، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

Received on: 15/12/2013; Accepted on: 25/3/2014

الملخص: يهدف البحث إلى إيجاد المعدلات الشهرية للتبخر – نتح المرجعي (ET_O) في (22) محطة موزعة في عموم العراق، وذلك من خلال نموذج (PM-1998) المستخدم بشكل واسع عالمياً ونموذج حوض التبخر (PAN- Class-A) للفترة (1980-2010). أظهرت النتائج وجود تقارب كبير بين قيم المعدلات الشهرية للتبخر – نتح المرجعي المحسوبة بواسطة النموذجين في كل المحطات. كما أظهرت النتائج وجود ارتباط عالٍ جداً بين قيم (ET_O) المحسوبة بواسطة النموذجين في المحطات كافة، حيث تراوح معامل التحديد (R^2) بين (0.961-0.996) ، كما كانت (RMSE , MAE) منخفضة بشكل كبير في الغالبية العظمى من المحطات مما يوضح الدقة العالية لهذه العلاقات. كما تم إيجاد علاقة ارتباط لعموم العراق بين قيم المعدلات الشهرية لِـ (ET_O) المحسوبة بواسطة النموذجين التي أعطت معامل تحديد (R^2) عاليًا بلغ (0.931).

الكلمات المفتاحية: التبخر – نتح المرجعي؛ (PM-1998)؛ E- pan؛ FAO-56؛ ET_o.

Comparison between Penman-Montieth Model and Pan Evaporation Model in the Estimation of Reference Evapotranspiration in Different Regions in IRAQ

Waleed Jasem and Hani Hamdoon

Physics Department, College of Education, Mosul University, Mosul, Iraq.

Abstract: The objective of this research is to find the mean monthly values of reference evapotranspiration (ET_O) in 22 stations distributed all over Iraq using (PM-1998) model which is widely used worldwide and E_{pan} (class A) model during the period (1980-2010). The results showed high convergence between the mean monthly values of reference evapotranspiration calculated by the two models in all stations. The results showed also very high correlation between (ET_O) calculated by the two models in all stations, where (R^2) ranged between (0.961-0.996), in addition to that (MAE, RMSE) values were found very low in most of the stations. This demonstrates the accuracy of these correlations. Also, correlation was found all over Iraq between the mean monthly values of (ET_O) calculated by the two models, with a high value of (R^2) which was equal to (0.931).

Keywords: FAO-56; PM-1998; E-pan; ET_o.

Corresponding Author: Waleed Jasem **Email**: dr.waleedis@yahoo.com

المقدمة

يعرف التبخر – نتح المرجعي بأنه أقصى كمية من البخار التي يمكن أن تنطلق من مساحة معينة من الأرض إلى الجو تحت تأثير العوامل الجوية الخاصة بتلك المنطقة. كما عرفت منظمة الأغذية والزراعة FAO-24 التبخر – نتح المرجعي بأنه معدل التبخر – نتح من سطح عشبي أخضر ممتد بارتفاع يبلغ (8-15) سم مزدهر النمو ويغطي الأرض كلياً ولا يعاني من شحُ المياه [1]. يعتبر التبخر – نتح المرجعي أحد الأركان الأساسية في الدراسات البيئية والهيدرولوجية لأنه يحدد درجة الاحتياج المائي للمحاصيل وما يلزمها من ري تكميلي، كما يحتل مكانة مهمة في التصانيف المناخية الحديثة لاستخدامه في علاقات قرائن الرطوبة [2، 3]. وقد اهتم العلماء بهذا المفهوم ووضعوا عدداً من العلاقات التجريبية لحسابه.

يعد نموذج فاو – بنمان – مونتيث (FAO-Penman-Montieth-1998) أهم نموذج قياسي لحساب التبخر – نتح المرجعي تحت الظروف المختلفة. هذا النموذج هو تمثيل بسيط للعوامل الفيزيائية والفسيولوجية التي تتحكم بعملية التبخر – نتح ويعتمد على بيانات مناخية حسب الحاجة والدقة المطلوبة [4، 5، 6]. كما يمكن حساب التبخر - نتح المرجعي بطريقة حوض التبخر ($FAO\text{-}E_{pan}$) بديلاً لطريقة بنمان – مونتيث في حالة عدم توفر بيانات مناخية كاملة يتطلبها نموذج بنمان – مونتيث، كما يتصف نموذج (E-pan) بأنه سهل الاستخدام ويعتمد بشكل رئيسي على عنصر التبخر وهو متوفر في الغالبية العظمى من محطات الأنواء الجوية [7]. هنالك العديد من الدراسات والبحوث التي أوجدت علاقات ارتباط بين قيم ET_O المحسوبة بواسطة النموذجين.

وجد Wayne وآخرون [8] (1999) علاقة ارتباط خطية طردية قوية بين ET_O والتبخر الحاصل من حوض التبخر من صنف A، وكان معامل التحديد لهذه العلاقة في حالة مروره بنقطة الأصل (R^2=0.98).

ووجد Lage وآخرون [9] (2005) علاقة ارتباط خطية طردية بين قيم ET_O المحسوبة بنموذج PM-1998 وتلك المحسوبة بنموذج E-pan، تراوح معامل التحديد لهذه العلاقة بين (0.83-0.79).

Richard وآخرون [10] 2005 قاموا بتخمين التبخر – نتح المرجعي (ET_O) من بيانات حوض التبخر E-pan في مناطق مختلفة من كاليفورنيا ذات المناخ الجاف وحصلوا على معامل تحديد عالٍ بلغ (0.92).

أما آلاء يعقوب [11] سنة (2012) فقد قامت بإيجاد علاقة ارتباط خطية قوية بين قيم ET_O المحسوبة بواسطة النموذجين في منطقة الموصل، وكان معامل التحديد لهذه العلاقة (R^2=0.97). يهدف هذا البحث إلى إيجاد علاقات ارتباط بين المعدلات الشهرية للقيم اليومية للتبخر – نتح المرجعي المحسوبة بواسطة النموذجين، وذلك في 22 محطة موزعة في عموم العراق للفترة (1980-2010).

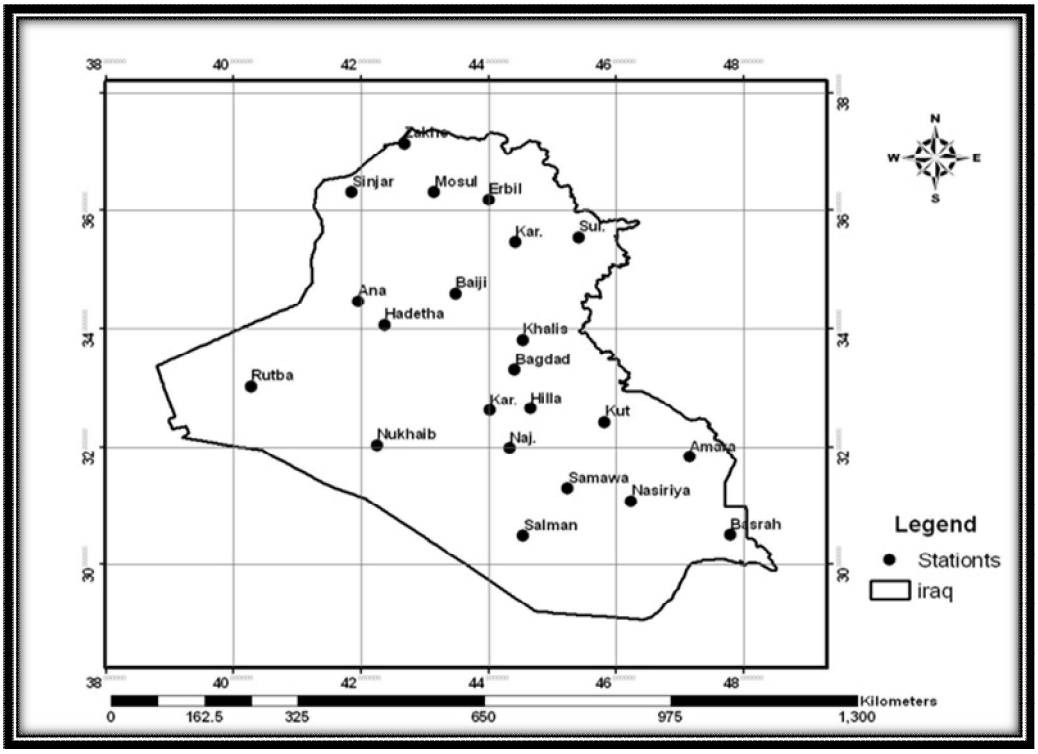
المواد وطرائق البحث

بالاستعانة بالهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، أخذت بيانات العناصر الجوية التي يتطلبها كل من نموذجي PM-1998 وPAN-1998 وذالك للفترة (1980-2010) ل 22 محطة موزعة في عموم العراق.

الجدول (1) يوضح خطوط الطول والعرض والارتفاع لهذه المحطات. والشكل (1) يوضح مواقع المحطات كافة على خارطة العراق.

الجدول (1): خطوط الطول والعرض والارتفاع لكل المحطات.

Station	Latitude	Longitude	Altitude(m)	Station	Latitude	Longitude	Altitude(m)
Zakho	37º 08′	42º 41′	433	Hadetha	34º 04′	42 º 22′	634
Mosul	36º 19′	43º 09′	223	Rutba	33º 02′	40º 17′	630
Sinjar	36º 19′	40º 51′	465	Kut	32º 25′	45º 49′	23
Erbil	36º 11′	44º 00′	420	Nukhaib	32º 02′	42º 15′	305
Sulaimaniya	35º 33′	45º 25′	883	Karbala	32º 37′	44º 01′	29
Kirkuk	35º 28′	44º 25′	331	Najaf	31º 59	44º 20′	33
Baiji	34º 36′	43º 29′	115	Amara	31º 50′	47º 09′	9
Ana	34º 28′	41º 57′	139	Samawa	31º 18′	45º 17′	6
Khalis	33º 49′	44º 32′	42	Nasiriya	31º 05′	46º 14′	5
Bagdad	33º 18′	44º 24′	32	Salman	30º 30′	44º 32′	220
Hilla	32º 39′	44 39	27	Basrah	30º 31′	47º 47′	2



الشكل (1): مواقع المحطات كافة على خارطة العراق.

تم حساب التبخر – نتح المرجعي بطريقة PM-1998 حسب العلاقة التالية:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta\left(R_n - G\right) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 \left(e_s - e_a\right)}{\Delta + \gamma\left(1 + 0.34\,u_2\right)}$$

حيث:

R_n: صافي الاشعاع الشمسي (ميجاجول/م^2.يوم)،

T: معدل درجة الحرارة $(T_{max} + T_{min})/2$ (°م)،

u_2: سرعة الرياح على ارتفاع مترين (م/ث)،

e_s: ضغط بخار التشبع (كيلو باسكال)،

e_a: ضغط البخار الفعلي (كيلو باسكال)،

$e_s - e_a$: عجز ضغط بخار التشبع (كيلو باسكال)،

Δ $e_s - e_a$: ميل منحني ضغط بخار التشبع (كيلو باسكال / °م)،

γ: الثابت السايكرومتري (كيلو باسكال / °م).

تفاصيل مفردات هذه العلاقة موضحة في تقرير (FAO-56- 1998).

كما تم حساب التبخر – نتح المرجعي بطريقة E_{pan} باستخدام العلاقة الاتية:

$$ET_o = K_p . E_{pan}$$

ET_o: التبخر – النتح (ملم/يوم)،

K_p: معامل الحوض،

E_{Pan} : تبخر الحوض (ملم/يوم).

وتم الحصول على قيم (K_p) وفقاً للعلاقة الاتية:

$$K_p = 0.108 - 0.0286\ u_2 + 0.0422\ \text{Ln (FET)} + 0.1434\ \text{Ln}(RH_{mean}) - 0.000631\ [\text{Ln (FET)}]^2\ \text{Ln}\ (RH_{mean})$$

u_2: سرعة الرياح على ارتفاع مترين (م/ ث)،

RH_{mean}: معدل الرطوبة النسبية (%)،

FET: بعد الحوض عن الحشيش الأخضر (10 م).

وان قيم (K_p) تتغير ما بين (0.5 – 1.0)، وتعتمد القيمة الفعلية على نوع (Pan) وموقع القياس والفصل المناخي. تمت دراسة المعدلات الشهرية للقيم اليومية للتبخر–نتح المرجعي بوحدات ملم/يوم المحسوبة بموجب نموذجي (PAN, PM) للمحطات كافة.

كما تم إيجاد علاقات الارتباط بين قيم ET_O المحسوبة من النموذجين للمحطات كافة ولعموم العراق.

النتائج والمناقشة

1. دراسة المعدلات الشهرية للقيم اليومية للتبخر – نتح المرجعي بموجب نموذجي (PAN, PM) للمحطات كافة

الشكل (2) يوضح مقارنة بين قيم ET_O المحسوبة بواسطة نموذجي (PAN , PM) للمحطات كافة خلال أشهر السنة بوحدات ملم/يوم. يلاحظ من المخططات أن هناك تقارباً كبيراً في الغالبية العظمى من المحطات بين قيم ET_O المحسوبة بواسطة النموذجين خلال أشهر السنة.

قيم ET_O المحسوبة بواسطة النموذجين خلال أشهر الشتاء كانت متدنية بسبب انخفاض كمية الإشعاع الشمسي قصير الموجة الواصل إلى سطح الأرض وتلبد السماء بالغيوم وانخفاض درجات الحرارة ومن ثم انخفاض التبخر من سطح الأرض والأسطح المائية. خلال أشهر الربيع، يلاحظ الارتفاع التدريجي في قيم ET_O نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وقلة الغيمية وزيادة شدة الإشعاع الشمسي. خلال أشهر الصيف، يلاحظ الارتفاع الكبير في قيم ET_O في محطات الدراسة كافة، وذلك بسبب زيادة زاوية سمت الشمس التي تؤدي إلى زيادة كميات الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، وهذا بدوره يعمل على رفع درجات الحرارة وزيادة التبخر من سطح الأرض والأسطح المائية، كما أن قلة الغيوم وارتفاع عدد ساعات السطوع الشمسي خلال أشهر الصيف أثرت أيضاً على زيادة قيم ET_O. أما خلال أشهر الخريف، فيلاحظ الانخفاض التدريجي في قيم ET_O في المحطات كافة.

2 . دراسة علاقات الارتباط بين قيم المعدلات الشهرية للقيم اليومية للتبخر – نتح المرجعي (ET_O) المحسوب بنموذج (PM-1998) ونموذج حوض التبخر (PAN) في المحطات كافة

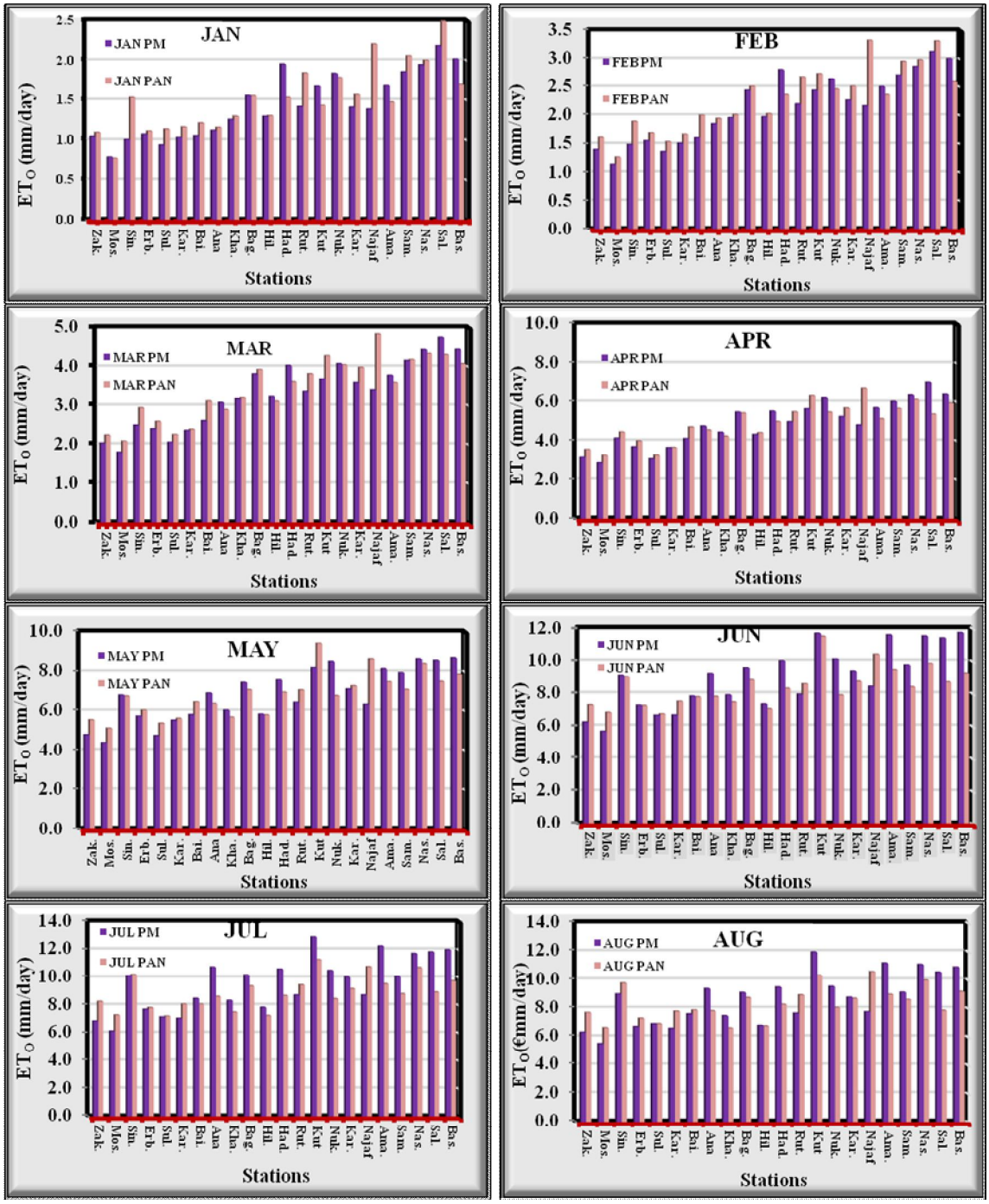
الشكل (3) يوضح علاقات الارتباط بين المعدلات الشهرية للقيم اليومية للتبخر – نتح المرجعي (ET_O) المحسوب بنموذج (PM-1998) ونموذج حوض التبخر (PAN) في المحطات كافة.

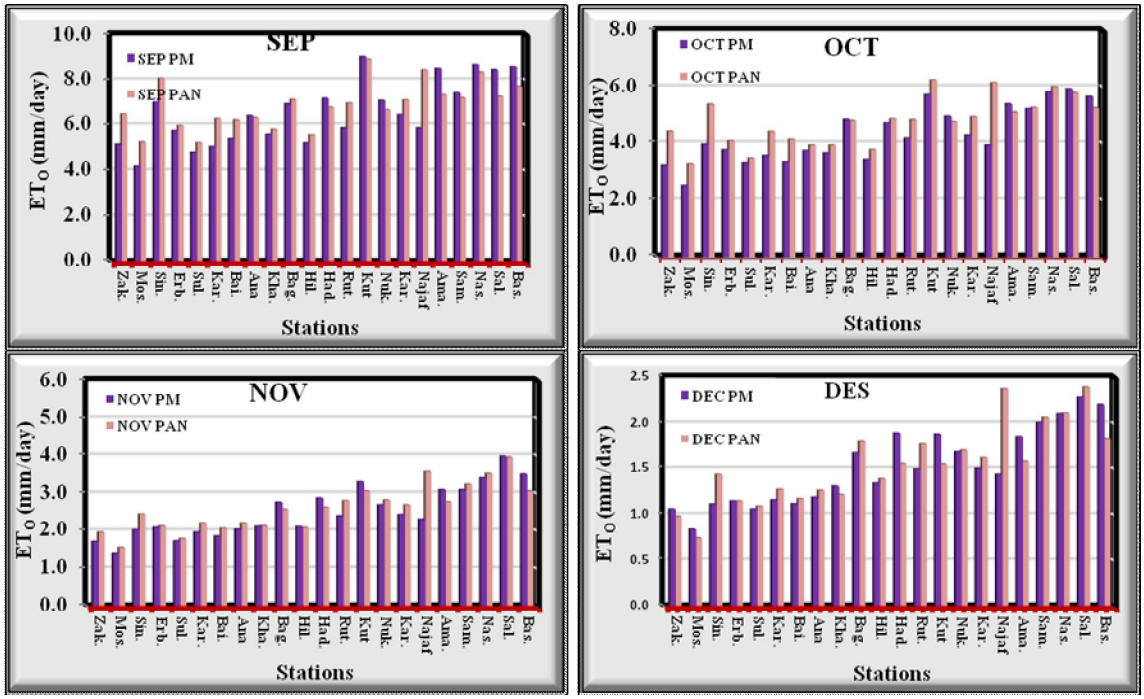
العلاقات التي تم الحصول عليها أظهرت وجود ارتباط عالٍ جدًا بين قيم ET_O المحسوبة بواسطة النموذجين في المحطات كافة، حيث تراوح معامل التحديد (R^2) لهذه العلاقات بين (0.961-0.996). الجدول (2) يوضح المدلولات الإحصائية لهذه العلاقات، حيث يلاحظ أن قيم (RMSE , MAE) كانت منخفضة بشكل كبير في الغالبية العظمى من المحطات مما يوضح الارتباط العالي لهذين المتغيرين.

كما تم إيجاد علاقة ارتباط لعموم العراق بين قيم المعدلات الشهرية لِـ (ET_O) المحسوبة بواسطة النموذجين كما هو موضح في الشكل (4). العلاقة التي تم الحصول عليها هي:

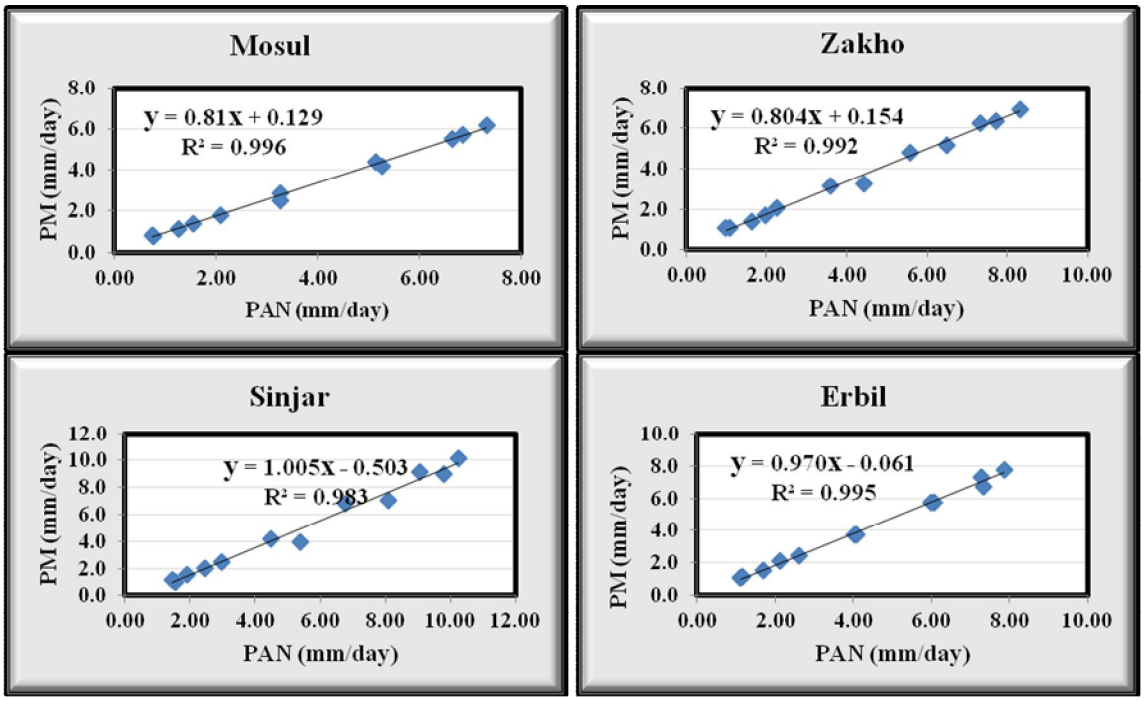
$$ET_O(PM) = 1.051 * ET_O(PAN) - 0.298$$

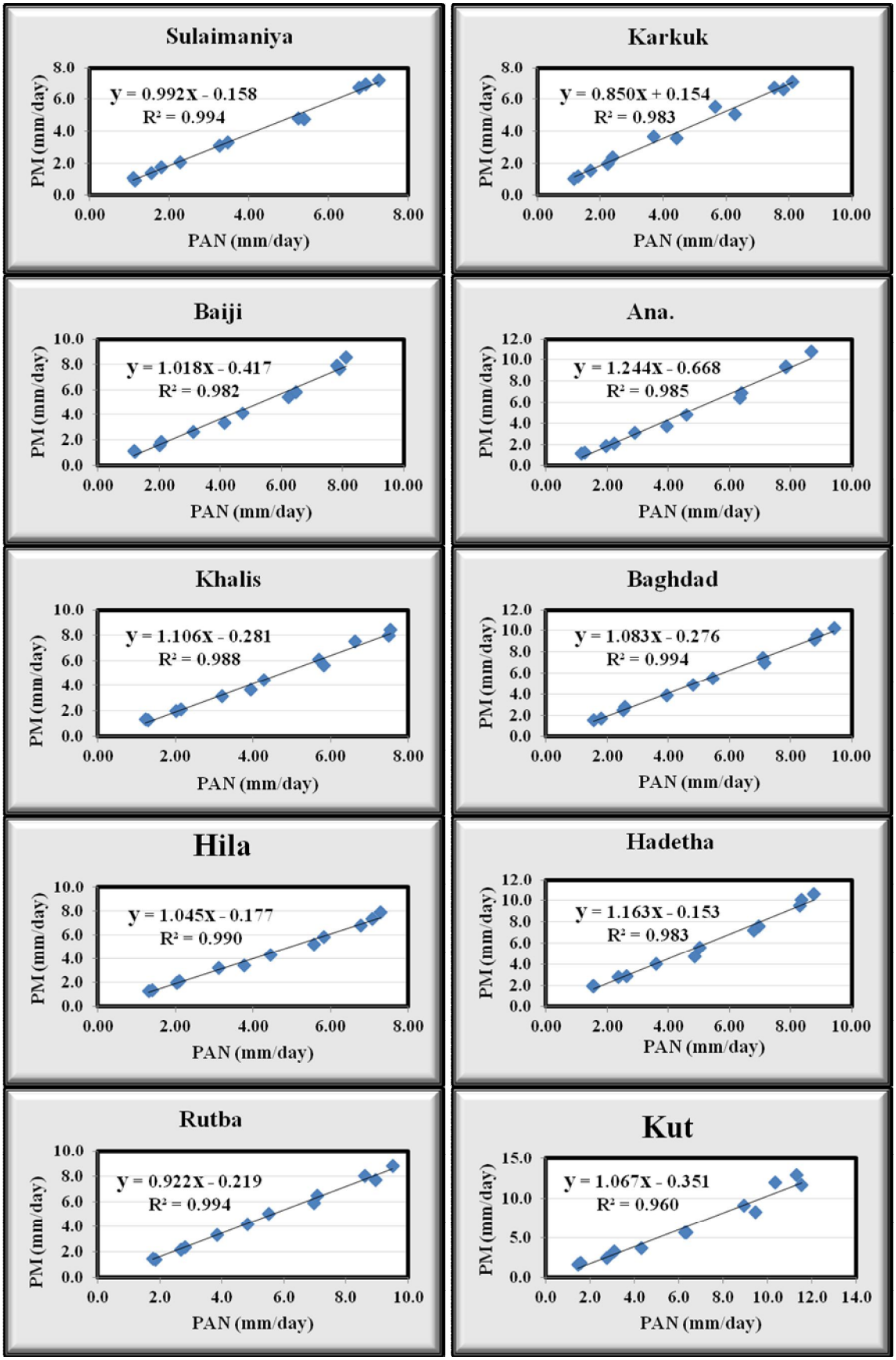
معامل التحديد (R^2) لهذه العلاقة بلغ (0.931).

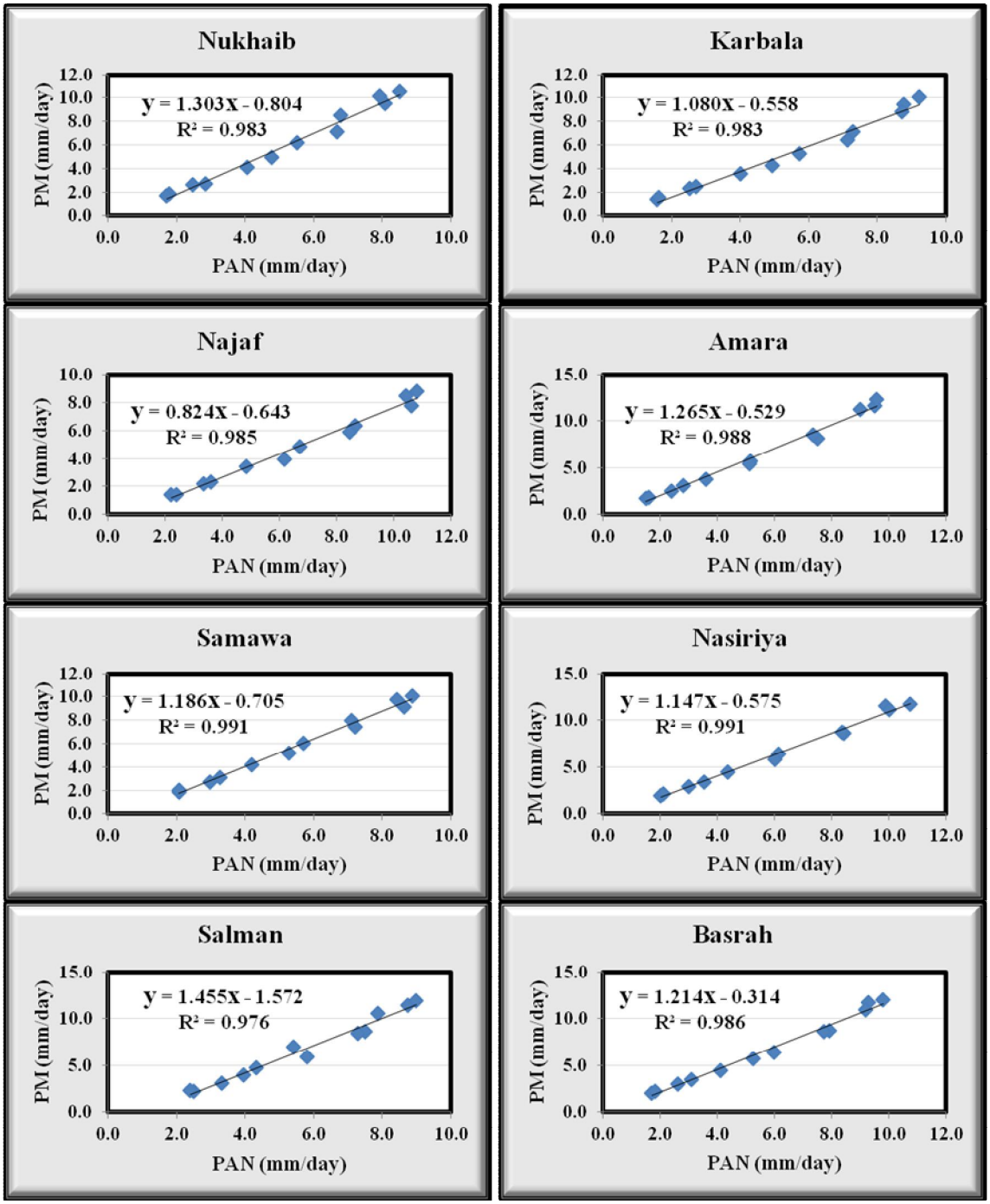

JAN
JAN PM
JAN PAN
FEB
FEB PM
FEB PAN
MAR
MAR PM
MAR PAN
APR
APR PM
APR PAN
MAY
MAY PM
MAY PAN
JUN
JUN PM
JUN PAN
JUL
JUL PM
JUL PAN
AUG
AUG PM
AUG PAN
ETO (mm/day)
Stations
Zak. Mos. Sin. Erb. Sul. Kar. Bai. Ana Kha. Bag. Hil. Had. Rut. Kut Nuk. Kar. Najaf Ama. Sam. Nas. Sal. Bas.



الشكل (2): المعدلات الشهرية للتبخر – نتح المرجعي ET_O بموجب نموذجي (PM,PAN) للمحطات كافة خلال أشهر السنة.



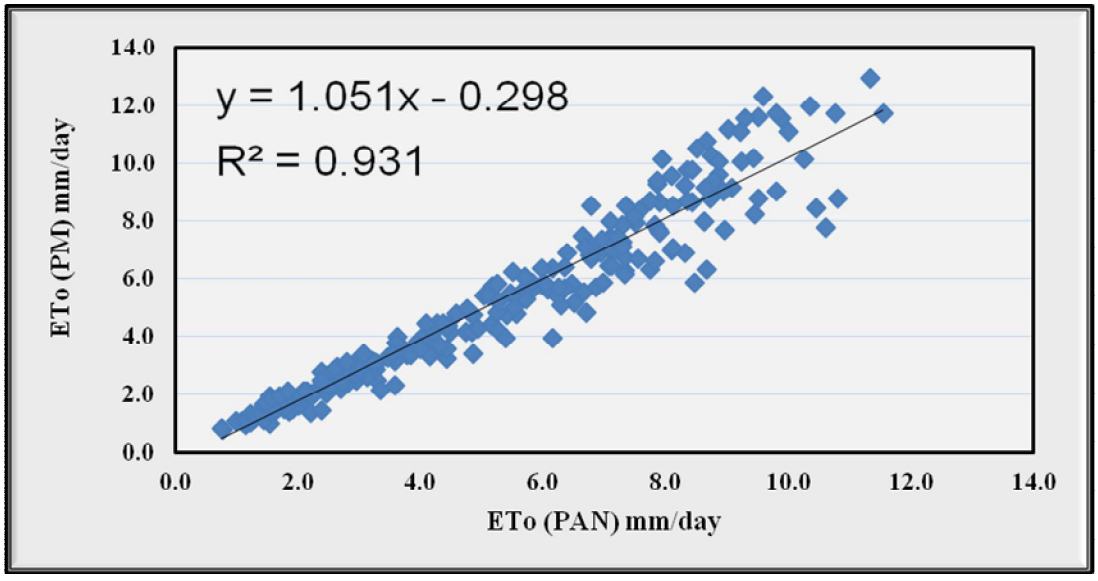

Sulaimaniya
y = 0.992x - 0.158
R² = 0.994
Karkuk
y = 0.850x + 0.154
R² = 0.983
Baiji
y = 1.018x - 0.417
R² = 0.982
Ana.
y = 1.244x - 0.668
R² = 0.985
Khalis
y = 1.106x - 0.281
R² = 0.988
Baghdad
y = 1.083x - 0.276
R² = 0.994
Hila
y = 1.045x - 0.177
R² = 0.990
Hadetha
y = 1.163x - 0.153
R² = 0.983
Rutba
y = 0.922x - 0.219
R² = 0.994
Kut
y = 1.067x - 0.351
R² = 0.960
PM (mm/day)
PAN (mm/day)



الشكل (3): علاقات الارتباط بين المعدلات الشهرية للقيم اليومية للتبخر – نتح المرجعي المحسوبة بطريقة (PM-1998) وطريقة حوض التبخر (PAN) في المحطات كافة

الجدول (2): علاقات الارتباط بين المعدلات الشهرية للقيم اليومية للتبخر نتح المرجعي (ET_o) المحسوبة بطريقة (PM-1998) وطريقة حوض التبخر (PAN) في المحطات كافة.

Corr Station	ETo(PM) & ETo(PAN)	R^2	M.A.E %	R.M.S.E %
Zakho	*ETo* (PM) = 0.805 * ETo(PAN) + 0.153	0.993	6.0	4.4
Mosul	*ETo* (PM) = 0.810 * *ETo*(PAN) + 0.127	0.996	5.4	3.7
Sinjar	*ETo* (PM) = 1.005 * *ETo*(PAN) - 0.499	0.983	5.4	3.7
Erbil	*ETo* (PM) = 0.971 * *ETo*(PAN) - 0.0634	0.996	3.9	3.4
Sul.	*ETo* (PM) = 0.993 * *ETo*(PAN) - 0.161	0.994	5.3	3.8
Kirkuk	*ETo* (PM) =0.851 * *ETo*(PAN) - 0.151	0.984	13.6	11.4
Baiji	*ETo* (PM) = 1.018 * *ETo*(PAN) - 0.416	0.982	12.7	9.6
Ana	*ETo* (PM) = 1.245 * *ETo*(PAN) - 0.668	0.985	12.9	9.5
Khalis	*ETo* (PM) = 1.107 * *ETo*(PAN) - 0.280	0.989	7.6	5.3
Bagdad	*ETo* (PM) = 1.083 * *ETo*(PAN) - 0.279	0.995	4.8	3.6
Hilla	*ETo* (PM) = 1.045 * *ETo*(PAN) - 0.178	0.991	5.4	4.6
Hadetha	*ETo* (PM) = 1.162 * *ETo*(PAN) - 0.150	0.983	8.6	6.6
Rutba	*ETo* (PM) = 0.923 * *ETo*(PAN) - 0.218	0.994	3.5	3.1
Kut	*ETo* (PM) = 1.068 * *ETo*(PAN) - 0.350	0.961	15.8	13.1
Nukhaib	*ETo* (PM) = 1.304 * *ETo*(PAN) - 0.807	0.983	9.4	8.1
Karbala	*ETo* (PM) = 1.080 * *ETo*(PAN) - 0.557	0.984	10.1	8.0
Najaf	*ETo* (PM) = 0.824 * *ETo*(PAN) - 0.641	0.986	7.2	5.6
Amara	*ETo* (PM) = 1.265 * *ETo*(PAN) - 0.526	0.988	9.7	7.4
Samawa	*ETo* (PM) = 1.187 * *ETo*(PAN) - 0.708	0.991	5.5	4.5
Nasiriya	*ETo* (PM) = 1.147 * *ETo*(PAN) - 0.571	0.991	6.1	4.6
Salman	*ETo* (PM) = 1.456 * *ETo*(PAN) – 1.574	0.977	24.1	20.4
Basrah	*ETo* (PM) = 1.215 * *ETo*(PAN) + 0.367	0.991	17.1	15.2



الشكل (4): علاقة الارتباط بين قيم ET_O المحسوبة بواسطة نموذجي (PM) و(PAN) بوحدات ملم/يوم لعموم العراق من خلال قيم جميع المحطات.

الاستنتاجات

1. تم الحصول على توافق كبير بين قيم المعدلات الشهرية لِـ (ET_O) المحسوبة بواسطة نموذج (PM-1998) ونموذج حوض التبخر (PAN).
2. أظهرت علاقات الارتباط بين القيم الشهرية لِـ (ET_O) المحسوبة بواسطة النموذجين وجود ارتباط عالياً جداً في جميع المحطات، حيث تراوح معامل التحديد لهذه العلاقات بين (0.961-0.996).
3. تم الحصول على علاقة ارتباط لعموم العراق بين قيم (ET_O) المحسوبة بواسطة النموذجين أعطت معامل تحديد عالياً بلغ (0.931)، والعلاقة هي:

$$ET_O(PM) = 1.051 * ET_O(PAN) - 0.298$$

4. نظراً لكون معامل التحديد عالٍ جدا بين نموذجي الفاو بنمان مونتيث وحوض التبخر ولكون نموذج حوض التبخر يعتمد على بيانات ومعلومات سهلة ومتاحة فيمكن أن يكون كبديل امثل لنموذج (PM-1998) في حالة عدم توفر بيانات مناخية كاملة يتطلبها نموذج بنمان مونتيث.

المراجع

[1] Allen, R.G., Smith, M., Perrier, A. and Pereira, L.S., ICID Bulletion, 43(2) (1994) 1.

[2] Allen, R.G., Hill, R.W. and Vemulapali, S., Summer Meeting of ASAE, 942132 (1994).

[3] Howell, T.A., Schneider, J.L. and Avett, S.R., Trans. ASAE, 38(3) (1995) 745.

[4] Jacobs, J.M., "Evaluation of Reference Evapotranspiration Methodolegies and AFSIRE Water Use Simulation Model". (University of Florida, Gainesville, Florida, 2001).

[5] Xu, C.Y. and Singh, V.P., Water Resources Management, 16 (2002) 197.

[6] Othoman, A., Clariza, F., Kenji, J. and Atsush, T., Fukuoka Japan, Memoira of the Faculty of Engineering, University of Kyushu, 66(1) (2006).

[7] Grisme, M.E., Orange, M., Snyder, R. and Matyac, R., Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128(3) (2002) 1803.

[8] Meyer, W.S., Smith, D.J. and Shell, G., "Estimating Reference and Crop Evapotranspiration from Weather Data and Crop Coefficients", CSIRD Land and Water, Technical Repport 34/98, OCT, (1999).

[9] Lage, M., Bamouh, A., Karrou, M. and El-Mourid, M., Agronomie, 23 (2005) 625, INRA.

[10] Richard, L., Morteza, O., Scott, M. and Mark, E., Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131(3) (2005) 249.

[11] يعقوب، آلاء عبد الله ، مجلة هندسة الرافدين – جامعة الموصل، (2013) 21(1).