دراسة احصائية للتبخر الحر في منطقة الموصل بطريقة المقدر اللبي

باسل يونس ذنون　　　باسل خضر داود　　　آلاء عماد حميد

كلية علوم الرياضيات والحاسبات　　　كلية الهندسة/ قسم الموارد المائية

جامعة الموصل

الخلاصة

تلعب الظواهر المناخية كدرجة الحرارة و الرطوبة النسبية و الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح دورا مهما في تحديد كمية التبخر. تعتمد هذه الدراسة إحدى الطرائق الحاسوبية لدراسة ظاهرة التبخر من حيث العلاقة بين حاضرها وماضيها، كما تدرس علاقة هذه الظاهرة مع حاضر وماضي بعض الظواهر المناخية الأخرى. وتستخدم في هذه الدراسة بيانات شهرية لسلاسل زمنية مناخية من منطقة الموصل للفترة 1980 ولغاية سنة 2000.

كلمات دالة: تبخر حر، منطقة الموصل ، تقدير لبي ، دراسة احصائية للتبخر .

Statistical Study for Free Evaporation at Mosul Area by Kernel Estimation Method

Basil Younis Thanoon　　Basil Khether Dawood　　Alaa Emad Hameed

Colege of Mathematic &- Computer science　　Engg. College-water resources Dept.

University of Mosul

Abstract

Meteorological phenomena like temperature, humidity, radiation, wind speed play an important role in the determining the quantity of evaporation. In this study one of the advanced methods in the statistical analysis by computer has been applied to find relation between the present and antecedent evaporation and other meteorological phenomena. Monthly historical data for each phenomenas are collected for the period (1980-2000). The kernel estimation, according to the established computer programs , gives an estimator which depends on the time and nature of the variable .

Key words : free evaporation , Mosul area , kernel estimation, statistical study for evaporation.

أستلم في 2008/1/29　　**قبل في 2008/11/27**

1_مقدمة:

تلعب المياه دورا مهما وحيويا في كافة المجالات، لذا ازدادت الاهتمامات في الوقت الحاضر بالدراسات المتعلقة بالمياه وذلك نتيجة للزيادة الحاصلة في عدد السكان وارتفاع حرارة الأرض والتي تؤدي إلى ازدياد مقدار التبخر من المسطحات المائية . لقد زاد التركيز على النماذج الرياضية التي بإمكانها وصف أكثر من ظاهرة في وقت واحد ، فبناء هذه النماذج يساعد وبشكل كبير في إدارة وتخطيط الأنشطة المختلفة للمصادر المائية. وكثير هم الباحثون الذين عملوا في هذا المجال ومنهم (Awchi, 1998) و (Knapp, et al. 1984) و (Robert , et al . 1976) . إن المرحلة الصعبة والمهمة في نمذجة أي علاقة هي في اختيار شكل النموذج الملائم، أي كونه خطيا أم غير خطي. فإذا افترضنا أن X,Y هما متغيران عشوائيان وان Y تعتمد على X عندها يمكن كتابة العلاقة بين هذين المتغيرين على شكل نموذج رياضي تصادفي وكما في المعادلة التالية (Mutreja , 1980) :

$$Y=f(X) + \epsilon \qquad ...(1)$$

إذ أن:

f: هي دالة رياضية ما (غير معروفة الشكل عادة).

ϵ : هو خطا عشوائي (متتابعة من المتغيرات غير المرتبطة مع بعضها البعض) بمعدل صفر وتباين محدد.

فان المشكلة الرئيسة هي في (x,y) هي مشاهدات من $(x_1,y_1), (x_2,y_2),.., (x_n,y_n)$ فإذا افترضنا أن تحديد شكل الدالة f، حيث أن تعيين هذه النقاط على المحورين يعطينا شكل (يعرف بشكل الانتشار) نقاطه مبعثرة، وهذا ممكن أن يعطي بعض المعلومات عن f إلا انه يتأثر بشكل كبير بوجود الأخطاء العشوائية.

في البحث الحالي، تم استخدام طرق بيانية غير معلمية في تحديد الشكل الدالي للعلاقة بين المتغيرات العشوائية للتبخر والظواهر الأخرى التي يعتمد عليها وهي درجة الحرارة والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسي و سرعة الرياح مع التطرق للاعتبارات العلمية لها وصممت لذلك برامج حاسوبية وطبقت على البيانات المتوفرة والتي جمعت من دائرة الأنواء الجوية لمدينة الموصل للفترة 1980- 2000.

2_ التقدير أللبي Kernel estimation: هنالك عدة طرق في تخمين قيمة f منها:

(1.2) تخمين الدالة f بين متغيرين : هناك طريقتان إحصائيتان سيتم اتباعهما في تحديد قيمة f وهما:

1- طريقة (Priestly and chao, 1972) وهي طريقة غير متحيزة وملائمة في تحديد قيمة f حيث أن (Thanoon , 1994) و (Thanoon , 1998):

$$\hat{f}(x) = \sum_{i=2}^{n} y_i \left(\frac{x_i - x_{i-1}}{b_n} \right) W \left(\frac{x - x_i}{b_n} \right) \qquad ...(2)$$

حيث أن:

$\hat{f}(x)$: القيمة المقدرة للدالة f

(W): هي الدالة الموزونة وتسمى بدالة النافذة (window function) وتعرف هذه الدالة لقيم x بين $-\infty < x < \infty$.

b_n: هو المدى الذي تأخذه الدالة ويلعب دورا مهما في تحديد قيمة f وهناك عدة طرق لإيجاد b_n منها $b_n = 2/\sqrt{n}, b_n = n^{-m}$ حيث $m < 1$ أو إنها تساوي الانحراف القياسي لقيم x.

إن معادلة الانحدار التي تربط y مع x يمكن أن تعرف بالمعادلة التالية:

$$g(x) = E\left(\frac{y}{x = X} \right) = \frac{\int y h(x,y) dy}{\int h(x,y) dy} \qquad ...(3)$$

حيث أن :

h (x,y) : هي دالة كثافة الاحتمال للمتغيرين x,y

E(y) : تمثل القيمة المقدرة للمتغير y

وقد قام الباحث (Watson, 1964) بتبسيط العلاقة أعلاه فأصبحت (Thanoon , 1994) :

$$\hat{g}(x)=\frac{\sum_{i=1}^{n} y_i W \dfrac{(x-x_i)}{b_n}}{\sum_{i=1}^{n} W \dfrac{(x-x_i)}{b_n}} \qquad \ldots(4)$$

2- طريقة معادلة الانحدار : حيث بالعودة إلى المعادلة (1) والتي بموجبها فان f(x) =E(y / x=X) وهذه تكون مساوية لقيمة $\hat{g}(x)$ ويسمى التخمين الثاني للدالة f ويرمز له بالرمز $\hat{\hat{f}}(x)$ أي أن:

$$\hat{g}(x)=\hat{\hat{f}}(x) \qquad \ldots(5)$$

(2.2) تخمين f في السلاسل الزمنية:

تعرف السلسلة الزمنية بأنها علاقة غير منتظمة للمتغير مع الزمن ويعطى للسلسلة في الزمن t الرمز x_t , y_t , z_t Mutreja (1980 ,). في البحث الحالي تم التعامل مع السلسلة الزمنية للتبخر والمبينة في الشكل (1). إن تحليل معلومات السلسلة الزمنية هي من الأمور الصعبة وهو يختلف عن المعلومات الإحصائية الاعتيادية وذلك بسبب ظهور الارتباط المتقاطع والارتباط الذاتي بين المتغيرات فيها (Autocorrelation & cross correlation). كما إن طريقة تحديد (f) هي طريقة غير معلمية(non parametric) لذلك يمكن استخدامها في وصف علاقات التخلف ما بين القيم في السلسلة الزمنية فإذا افترضنا أن: $\{x_t; t=0,\pm1,\pm2,...\}$ ، $\{y;t_t=0,\pm1,\pm2,...\}$ هي سلسلتين زمنيتين وان العلاقة بينهما هي:

$$y_t = f(x_{t\pm d}) + \epsilon \qquad \ldots(6)$$

حيث أن :

قيمة d تمثل التأخر في الزمن أو التخلف (delay time or lag) وهي $\{d=0,\pm1,\pm2,..\}$ فإذا كانت القيم (x_1,y_1)،(x_2,y_2)،…(x_n,y_n) معروفة وان $\{(x_t,y_t),t=0,\pm1,\pm2,..\}$ لذلك فان العلاقات المذكورة في المعادلتين 3 و4 لتحديد قيمة f يمكن كتابتها بالشكل التالي:

$$\hat{f}(x)=\begin{cases} \sum_{i=2}^{n-d} y_i\left(\dfrac{x-x_{i+d-1}}{b_n}\right) * W\left(\dfrac{x-x_{i+d}}{b_n}\right) & for\, d\ge 0 \\ \sum_{i=-d+2}^{n} y_i\left(\dfrac{x-x_{i+d-1}}{b_n}\right) * W\left(\dfrac{x-x_{i+d}}{b_n}\right) & for\, d<0 \end{cases} \qquad \ldots(7)$$

$$\hat{f}(x)=\begin{cases}\dfrac{\sum_{i=1}^{n-d} y_i W\left(\dfrac{x-x_{i+d}}{b_n}\right)}{\sum_{i=1}^{n-d} W\left(\dfrac{x-x_{i+d}}{b_n}\right)} & for\ d\geq 0\\[2ex] \dfrac{\sum_{i=-d+1}^{n} y_i W\dfrac{x-x_{i+d}}{b_n}}{\sum_{i=1}^{n-d} W\left(\dfrac{x-x_{i+d}}{b_n}\right)} & for\ d<0\end{cases} \qquad \ldots(8)$$

(3-2) السلسلة المثارة ذاتيا (self excited time series):

إحدى الحالات المهمة التي يتم التعامل معها في تحليل السلسلة الزمنية هي دراسة لعلاقة بين الحاضر والماضي أو الحاضر والمستقبل خلال السلسلة الواحدة، مثل هذه السلسلة تسمى السلسلة المثارة ذاتيا مثال ذلك دراسة درجة الحرارة الحالية كدالة لدرجة الحرارة في الزمن الماضي أو التبخر كدالة لقيمته في الزمن الماضي وهكذا الرطوبة النسبية والرياح والإشعاع الشمسي فإذا افترضنا أن العلاقة بين x_t و x_{t-d} يمكن تمثيلها بالشكل التالي:

$$x_t = f(x_t \pm d) + \epsilon_t \qquad \ldots(9)$$

حيث d تأخذ القيم ±1،±2، ...،n وهي تمثل التخلف لذلك يكون واضحا إن المعادلة(9) هي حالة خاصة من المعادلة (1) وفيها $x_t \equiv x_{t+d}$ وان $x_{t\pm d} \equiv x_t$ لذلك فان المعادلات (7)و(8) يمكن استخدامها في حساب قيمة f في المعادلة (9). العلاقة بين x_t و x_{t-1} لا تظهر لنا بوضوح عند تمثيلها بيانيا حيث تكون النقاط بين المتغيرين مبعثرة.

ولغرض تخمين قيمة f يجب معرفة شكل دالة النافذة W(x) (Window function) وهي دالة موزونة تطرق إلى تحديدها كل من (Priestly& Cho, 1972) وتعرف هذه الدالة لقيم x بين $-\infty<x<\infty$ وهناك ثلاثة أشكال من هذه النافذة :

(a) النافذة المربعة وفيها:

$$w(x)=\begin{cases}1; & -0.5\leq x\leq 0.5\\ 0; & \text{otherwise}\end{cases} \qquad \ldots(10)$$

(b) النافذة المثلثة (نافذة بارتليت) وفيها:

$$w(x)=\begin{cases}1-|x|; & |x|\leq 1\\ 0; & \text{otherwise}\end{cases} \qquad \ldots(11)$$

(c) نافذة بارزن وفيها:

$$w(x)=\begin{cases}1-6x^2+6|x|^3; & |x|\leq 0.5\\ 2(1-|x|)^3 & 0.5<|x|\leq 1\\ 0 & |x|>1\end{cases} \qquad \ldots(12)$$

وقد أثبتت الدراسات السابقة بان توزيع المعلومات باستخدام طريقة بارتليت أو بارزن متماثلة إضافة إلى أن نتائجهما متقاربة (Thanoon, 1994). وقد استخدمت النافذة المثلثة (نافذة بارتليت) في البحث الحالي. إن إحدى الحالات المهمة في تخمين دالة التحويل هي

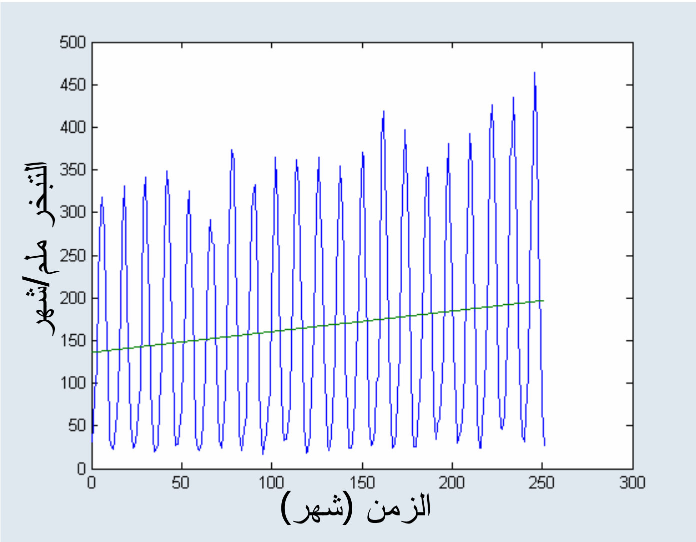
في التعامل بين حاضر الظاهرة وماضيها حيث تتم دراسة الظاهرة بدلالة ماضيها أي العلاقة بين x_t و x_{t-k} والتي يمكن تمثيلها بالمعادلة:

$$x_t = f(x_t \pm k) + \epsilon_t \qquad \ldots(13)$$

حيث أن : k تمثل مقدار التخلف وتأخذ القيم k=±1،±2،... .....±10،±11،±12 وبهذا تصبح قيمة $x_t \equiv y_t$ وان $x_{t+k} \equiv x_t$.

3_التطبيق Application:

البيانات التي تمت معالجتها هي المعدلات الشهرية للتبخر E_t، والشكل (1) يبين البيانات قيد الدراسة، إذ يمثل محور السينات الزمن بالشهر، في حين يمثل محور الصادات القيم العددية للتبخر ويشير خط الاتجاه العام (Trend) للسلسلة الزمنية الى وجود علاقة طردية بين التبخر والزمن وهذا واضح في الشكل (1) وقد تم ايجاد الاتجاه العام باستخدام طريقة المعادلة الخطية وكانت معادلته كما يلي (الدباغ، 2005) :

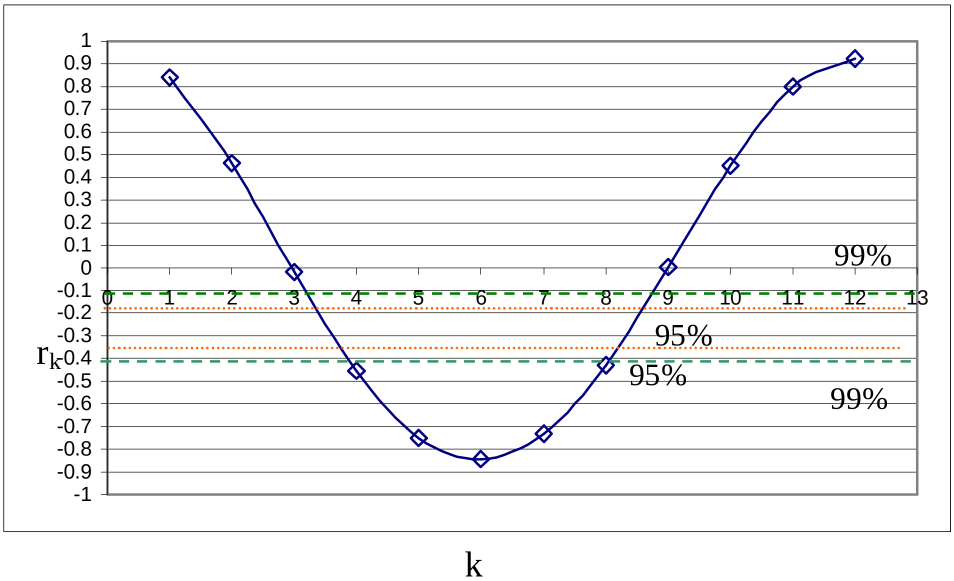


شكل (1) المعدلات الشهرية للتبخر في مدينة الموصل

$$E_t = 136.1267 + 0.2425\, t \qquad \ldots(14)$$

بمقارنة مقدر ميل الاتجاه العام $\hat{b} = 0.2425$ بخطاه المعياري $S.E.(\hat{b}) = 0.1063$ والذي تم إيجاد قيمته من البرنامج يتبين بان $\hat{b} > 2S.E.(\hat{b})$ مما يؤكد معنوية الاتجاه العام (Chatfield , 1980) ، أي إن ميله لا يساوي صفرا. ومادامت قيمة $\hat{b}$ موجبة فهذا دليل على وجود ميل موجب للاتجاه العام، أي إن قيمة التبخر الشهري في منطقة الموصل هي في زيادة مطردة مع الزمن وبزاوية مقدارها 13.6° خلال المدة قيد الدراسة.

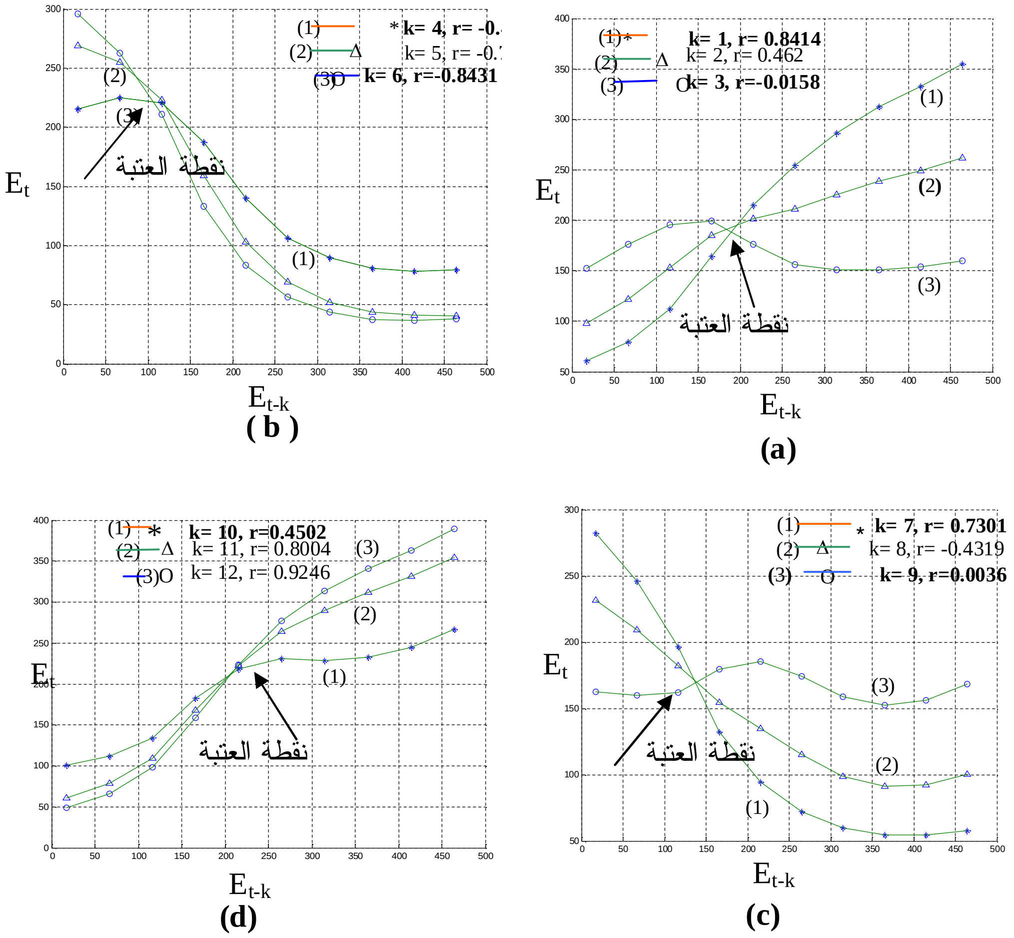
1.3 التبخر بوصفه سلسلة زمنية مثارة ذاتيا : إن الطريقة السائدة لدراسة العلاقة بين حاضر وماضي سلسلة زمنية تعتمد على دراسة دالة الارتباط الذاتي (Autocorelation Function) الذي يرمز له r_k وهذا يمثل معامل الارتباط بين قيمة السلسلة الزمنية عند الزمن t وقيمتها عند الزمن t-k كما في الشكل (2) والذي يبين رسم هذه الدالة للمعدل الشهري للتبخر وعند فترات الإبطاء k=1,2,..,12 فضلا عن حدي الثقة لهذه الدالة وعند مستوى المعنوية 5% و1% . ان هذه الدالة (أي دالة الارتباط الذاتي) لايمكنها ان تحدد بدقة شكل العلاقة بين حاضر وماضي السلسلة الزمنية لذا فان الحاجة تبدو واضحة لاستخدام طريقة التقدير اللبي للوصول الى شكل العلاقة بين حاضر وماضي هذه السلسلة .



شكل (2) : دالة الارتباط الذاتي للتبخر وحدي الثقة بمستوى ثقة 95 % و 99 %

والشكل (2) يبين رسم هذه الدالة للمعدل الشهري للتبخر وعند فترات التخلف k=1,2,..,12 اضافة الى حدي الثقة لهذه الدالة وعند مستوى المعنوية 5%,1% وإن الهدف من ذلك هو دراسة معنوية العلاقات عند فترات التخلف المختلفة. فإذا وقع 5% أو اقل من قيم r_k خارج الفترة $\pm 2/\sqrt{n}$ فان السلسلة الزمنية تعتبر عشوائية (مشاهدات غير مترابطة مع بعضها البعض) أما إذا وقع أكثر من 5% من قيم r_k خارج الفترة $\pm 2/\sqrt{n}$ فان السلسلة الزمنية تعد غير عشوائية (أي ان المشاهدات تعد مترابطة مع بعضها) (Chatfield, 1980)، وكما هو واضح فان ما يقرب من 10 قيم من r_k تقع خارج الحزمة $2/\sqrt{n}$ ± وهذا يؤكد إن هذه السلسلة ليست عشوائية لوجود ارتباط معنوي (موجب أو سالب) بين قيمته في شهر معين وقيمه في الأشهر السابقة لذلك الشهر. وبما أن السلسلة الزمنية للتبخر هي سلسلة غير عشوائية ، فهذا يعني وجود اعتمادية ذاتية للتبخر في شهر معين على التبخر في الأشهر السابقة ، أي يمكن اعتبار السلسلة الزمنية للتبخر هي سلسلة زمنية مثارة ذاتيا (Self-Excited) لذا فهناك علاقة دالية بين قيمة التبخر في شهر معين E_t وقيمته في شهر سابق E_{t-k} (الطائي 2008).

والشكل (3) يبين المقدرات أللبية الذي تم الحصول عليها وذلك باستخدام البرنامج الخاص الذي تمت كتابته لهذا الغرض بالاعتماد على برنامج Matlab 7.4 ملحق (I-1) ولقيم k اعلاه : وفي هذا الشكل تتضح العلاقة بين قيمة التبخر في شهر معين وقيمته في الأشهر السابقة على مدى سنة كاملة وكذا الحال بالنسبة لبقية المتغيرات . يلاحظ بان هذه النماذج البيانية (graphical models) يمكن اعتبارها أدوات لطرق تقدير التبخر الحر ولمدة زمنية قصيرة لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية والاشعاع الشمسي وسرعة الرياح وجميعها مفيدة في تحديد مقدار التبخر الحر .



شكل (3): العلاقة الممهدة بين قيمة السلسلة الزمنية للتبخر في شهر معين وقيمتها في الأشهر السابقة.

حيث يستفاد من الشكل في تحديد شكل العلاقة بين التبخر للشهر الحالي E_t والتبخر عند الشهر k السابق E_{t-k}. ظهر تطابق فيزيائي في قيم التبخر طرديا للأشهر الثلاثة الأولى من السنة والأشهر الثلاثة الأخيرة وذلك بسبب تجانس وتقارب العوامل المؤثرة على التبخر وهي درجة الحرارة وسرعة الرياح والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسي. أما الأشهر الوسطية في الشكل (3) وتميل فيها المنحنيات إلى التناسب العكسي ، حيث عندما k=6، و k=7 وكانت النتائج متقاربة بسبب كون عوامل التبخر متشابهة خلال هذين الشهرين ، كذلك عندما k=5 ، و k=8 ظهر تقارب في التبخر، أما عندما k=4 و k=9 فهناك تقارب حيث أن معظم عناصر المناخ تكون متقاربة خلال هذين الشهرين . إن إحدى النقاط المهمة الظاهرة من الشكل (3) هي في تقاطع المنحنيات في نقطة واحدة ولقيم k المختلفة وهذه النقطة تسمى من الناحية الإحصائية بنقطة العتبة (Threshold point) (TP) (Keith , 1985) . وتبين من الدراسة الدقيقة للأشكال إن قيمة نقطة العتبة عند القيم المختلفة من k هي161.3 ملم كمعدل وتمثل تقريبا معدل التبخر لشهري نيسان وأيار.

ولفحص دقة الأشكال السابقة تم تسقيط قيمة معدل التبخر (لمدة 21 سنة) لكل شهر (بالاعتماد على قيمة k) على المحور السيني ثم استنتاج قيمة التبخر المتوقعة على المحور الصادي وإيجاد نسبة التطابق وكما مبين في الجدول (1) (الطائي 2008).

الجدول(1) : قيم التبخر المحسوبة لشهر أيلول.

قيمة معدل التبخر الحقيقية لشهر أيلول	قيم k	الأشهر	قيم التبخر للأشهر المختلفة حسب قيمة k	قيم التبخر المحسوبة لشهر أيلول	نسبة المطابقة %	جذر متوسط مربعات الخطأ RMSE
236.657	K=5	نيسان	130.74	200	84.51	10.58
	K=6	آذار	82.4	233.3	98.59	0.96
	K=7	شباط	44.7	264.28	88.32	7.9
	K=8	كانون الثاني	29.34	221.42	93.56	4.4

حيث تم حساب نسبة المطابقة من خلال المعادلة التالية:

$$Fit\% = 1 - [\left| y_t - \hat{y} \right| / y_t] \qquad \ldots(15)$$

إذ أن:

Fit % : نسبة المطابقة.

y_t : قيم التبخر الحقيقية.

$\hat{y}$: قيم التبخر المحسوبة.

اما معيار جذر متوسط مربعات الخطأ Root Mean Square Error فهو من المعايير المستخدمة في معرفة دقة النموذج وذلك عن طريق تقليل مجموع مربعات الخطأ العشوائي الذي يظهر نتيجة التباين والتحيز ويحسب بالشكل الاتي (الراوي،1987):

$$RMSE = \sqrt{1/N(\sum_{t=1}^{N} y_t - \hat{y}_t)^2} \qquad \ldots(16)$$

(2.3) دراسة التبخر بدلالة متغيرات مناخية أخرى :

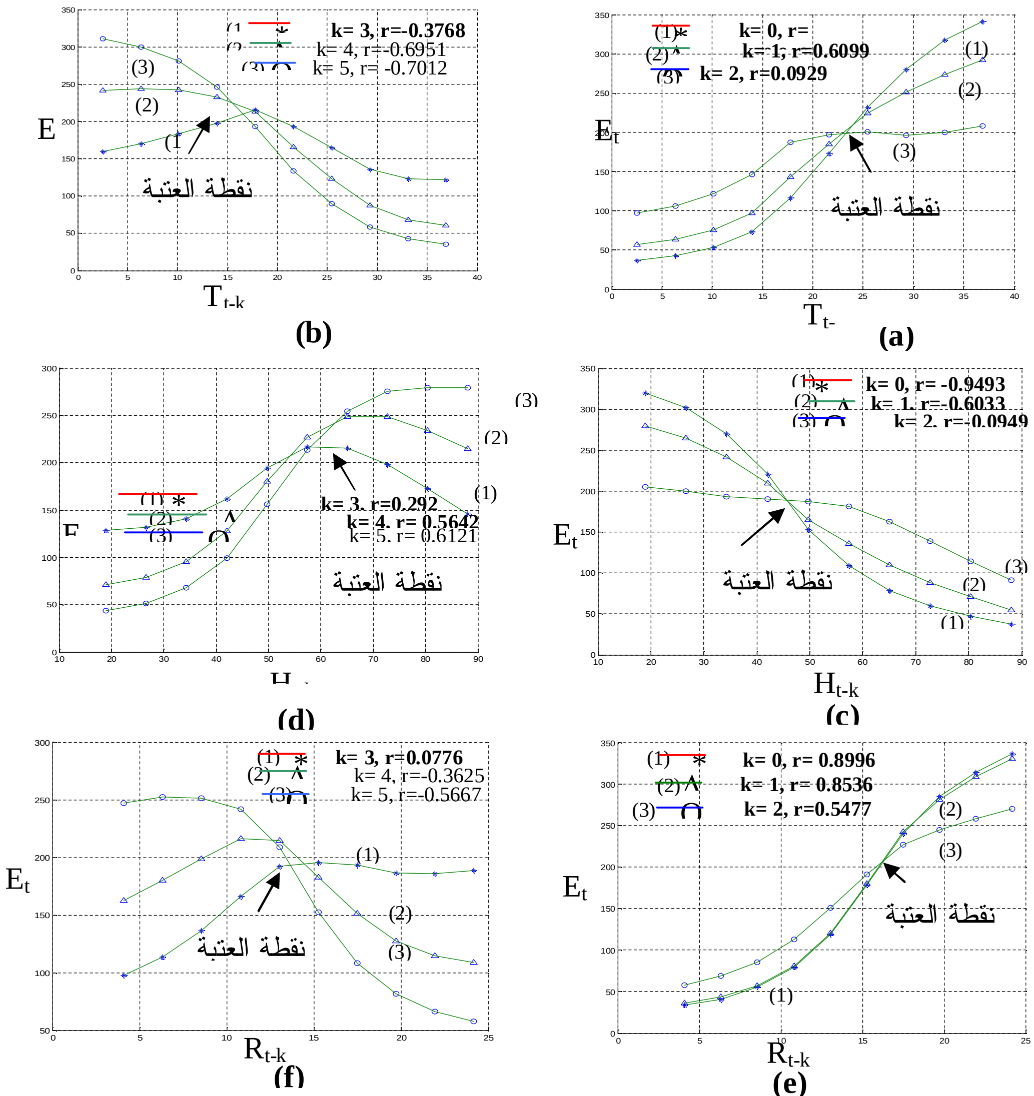
تتناول الدراسة العلاقة بين التبخر ومتغيرات مناخية أخرى لغرض الوصول إلى طبيعة العلاقة التي تربط بينهما. من المقاييس الشائعة لدراسة العلاقة بين زوج من السلاسل الزمنية هو دالة الارتباط المضاعف (cross correlation function) وهذه الدالة يستفاد منها لتحديد اتجاه العلاقة هل هي علاقة طردية أم عكسية كذلك فإنها تفيد في إعطاء قياس للعلاقة الخطية إلا إن معرفة الشكل الدالي للعلاقة تتطلب إيجاد المقدرات اللبية وذلك من خلال تطوير المقدر أللبي المذكور في المعادلة (13). فاذا فرض أن العلاقة بين التبخر في شهر معين E_t وكل من المتغيرات المناخية قيد الدراسة هي بالشكل الاتي:

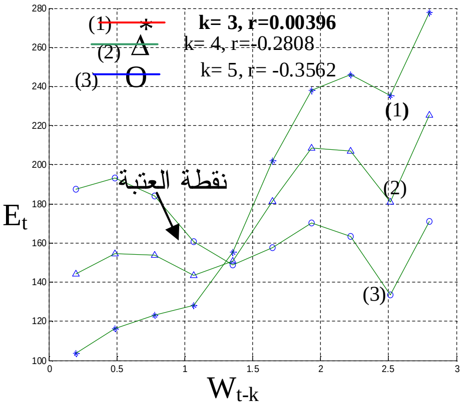
$$E_t = g_1(H_{t-k}) + \epsilon_{1t}$$
$$E_t = g_2(T_{t-k}) + \epsilon_{2t}$$
$$E_t = g_3(W_{t-k}) + \epsilon_{3t} \qquad K=0,1,2,3,\dots,5 \qquad \dots (17)$$
$$E_t = g_4(R_{t-k}) + \epsilon_{4t}$$

إذ أن $g_1(.)$، $g_2(.)$، $g_3(.)$، $g_4(.)$ هي دوال مجهولة نحن بصدد تقديرها وان ϵ_{1t}، ϵ_{2t}، ϵ_{3t}، ϵ_{4t} هي أخطاء عشوائية معدل كل منها صفر وتباينها كمية ثابتة.

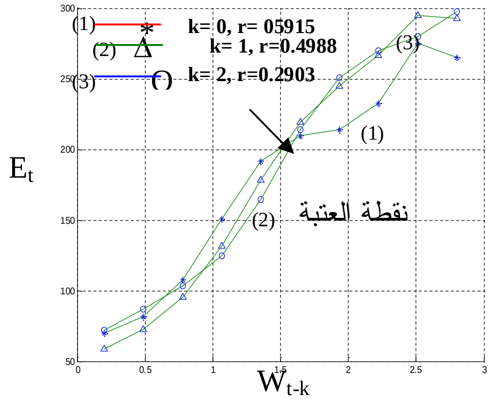
k: عدد صحيح موجب يسمى بفترة الإبطاء lag time وقيمه من 0 إلى 5 (لكون التأثير ضعيفا بعد الشهر الخامس على قيمة التبخر).

إن الشكل (4) يبين المقدرات اللبية التي تم الحصول عليها من البيانات قيد الدراسة باستخدام برنامج حاسوبي خاص تم الاعتماد فيه على البرنامج (Matlab 7.4) وكما مبين في الملحق (I-2) إضافة إلى دالة الارتباط المضاعف والتي تم حسلبها وعند قيم k=0,1,2,3,4,5 (الطائي 2008).





(h)



(g)

شكل (4) : العلاقة الممهدة بين التبخر لشهر معين والمتغيرات الأخرى قبل k من الأشهر
(b,a) لدرجة الحرارة، (d,c) للرطوبة النسبية،(f,e) للإشعاع الشمسي،(h,g) لسرعة الرياح

ولفحص دقة الأشكال السابقة تم تسقيط قيمة معدل كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح والإشعاع الشمسي لإحدى وعشرين سنة للأشهر المختلفة (بالاعتماد على قيمة k) على المحور السيني ثم استنتاج قيمة التبخر على المحور الصادي التي تمثل القيمة المتوقعة ومقارنة القيمة المتوقعة مع القيمة الحقيقية وإيجاد درجة المطابقة وكما مبين في الجدول (2) ، (3) ،(4)، (5) .

الجدول(2) : التبخر المحسوب لشهر أيلول - درجة الحرارة معلومة

قيمة التبخر الحقيقية	قيم k المختارة	قيم درجات الحرارة للأشهر المختلفة بالاعتماد على قيمة k	قيم التبخر المحسوبة	نسبة المطابقة%	جذر متوسط مربعات الخطأ RMSE
236.657	0	28.3	262.5	89.08	7.46
	1	32.7	275	83.8	11.06
	2	34	205	86.623	9.12

الجدول (3) : التبخر المحسوب لشهر أيلول - الرطوبة النسبية معلومة

قيمة التبخر الحقيقية	قيم k المختارة	قيم الرطوبة النسبية للأشهر المختلفة بالاعتماد على قيمة k	قيم التبخر المتوقعة	نسبة المطابقة%	جذر متوسط مربعات الخطأ RMSE
236.657	0	30.9	228.57	81.157	2.33
	1	25.8	285.71	86.44	14.16
	2	24.4	260.71	84.51	6.94

الجدول (4) : التبخر المحسوب لشهر أيلول- الإشعاع الشمسي معلوم

قيمة التبخر الحقيقية	قيم k المختارة	قيم الإشعاع الشمسي للأشهر المختلفة بالاعتماد على قيمة k	قيم التبخر المتوقعة	نسبة المطابقة %	جذر متوسط مربعات الخطأ RMSE
236.657	0	16.92	228.57	96.58	2.33
	1	19.67	285.71	79.92	14.16
	2	21	260.71	89.93	6.94

الجدول (5) : التبخر المحسوب لشهر أيلول- سرعة لرياح معلومة

قيمة التبخر الحقيقية	قيم k المختارة	قيم سرعة الرياح للأشهر المختلفة بالاعتماد على قيمة k	قيم التبخر المتوقعة	نسبة المطابقة %	جذر متوسط مربعات الخطأ RMSE
236.657	1	1.51	200	84.5	10.58
	2	1.77	222.7	94.11	4.03
	3	1.77	213	90.14	6.83
	4	1.77	190	80.28	13.46

الاستنتاج conclusion:

من الشكل (4) ظهر تطابق فيزياوي في قيم الظواهر للأشهر الثلاثة الأولى من السنة والأشهر الثلاثة الأخيرة حيث تميل المنحنيات إلى الزيادة الطردية وكذلك بين الأشهر الوسطية من السنة حيث تميل فيها المنحنيات إلى التناسب العكسي لكافة الظواهر. إحدى النقاط المهمة الظاهرة من الأشكال هي في وجود نقطة العتبة(Threshold point) (TP) وكذلك تشابه الأشكال عندما k=1،2،3 من حيث الشكل والاتجاه مع k=10، 11، 12 وعندما k=4، 5، 6 مع k=7، 8، 9 وعموما تظهر بعض الخصائص الإحصائية لهذه الظواهر متطابقة معTP مثل المعدل وكما مبينة في الجدول (6).

إن نقطة العبور(TP) هي مساوية تقريبا للمعدل الحسابي لكل ظاهرة من الظواهر ولها تفسير هيدرو_مناخي في آن واحد. فالظواهر المناخية وهي درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، الإشعاع الشمسي، سرعة الرياح كلها عوامل مهمة تدخل في تقدير قيمة الظاهرة الهيدرولوجية للتبخر.

إن ظهور العتبة يدل على وجود بعض الظواهر غير الخطية والتي ظهرت خاصة عندما اقتربت قيمة r_k من الصفر وهذه حصلت عند k=3 و k=9 لكافة المتغيرات حيث في هذين الشهرين يحصل اختلاف في الفصول مما يؤدي إلى اختلاف في العلاقة.حيث في حالة k=3 يزداد الاستهلاك المائي للنبات ويزداد التبخر بعكس الحالة عند k=9 حيث يبدأ التبخر بالتناقص إن قيم الارتباط المضاعف واتجاه العلاقة بين التبخر وبقية المتغيرات هي كما مبينة في الجدول (7).

جدول(6) : بعض الخصائص الإحصائية لنقطة العتبة لقيم k بين 1 و12.

الظاهرة	الوحدة	عدد النقاط المعنوية	الانحراف المعياري للظاهرة σ_t	المعدل الحسابي للظاهرة $\bar{x}=(\sum_{i=1}^{n}x_i)/n$	المعدل لنقطة العتبة $\bar{x}_{TP}=(\sum_{k=1}^{12}TP_k)/n$
درجة الحرارة	°م	10	9.65	19.9	19.8
التبخر	ملم/شهر	10	123.8	166.5	161.3
الرطوبة النسبية	٪	10	21.7	52.2	51.9
الرياح	متر/ثا	7	0.61	1.29	1.27
الإشعاع الشمسي	ميكا جول/م2.يوم	10	5.59	14.1	13.5

جدول (7) : قيم الارتباط المضاعف (R) بين التبخر (E_t) وبقية المتغيرات (x) لقيم k =5,4,,2,1,0

المتغيرات المناخية	K=0	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5
التبخر -درجةالحرارة	0.918	0.6099	0.0929	-0.3768	-0.6951	-0.701
التبخر -الرطوبة	-0.9493	-0.603	-0.094	0.292	0.5642	0.6121
التبخر -الإشعاع	0.8996	0.8536	0.5477	0.0776	-0.3625	-0.566
التبخر -سرعةالرياح	0.5915	0.4988	0.2903	0.00396	-0.2808	-0.356

كما أن الشكل (4) يشير إلى أن اتجاه العلاقة كانت طردية عند قيم k=0 ،1،2،3 في حالة علاقة التبخر مع كل من الإشعاع الشمسي والرياح وk=0،1،2 في حالة التبخر مع درجة الحرارة وكانت عكسية مع التبخر - رطوبة. وكانت العلاقة عكسية عندما k=3،4،5 في حالة التبخر - درجة حرارة وعكسية أيضا عندما k=4،5 في حالة التبخر - إشعاع والتبخر - رياح وكانت طردية عندما k=3،4،5 في حالة تبخر - إشعاع. أما TP فقد ظهرت في حالة علاقة التبخر مع درجة الحرارة والرطوبة والإشعاع ولم تظهر في حالة التبخر مع الرياح.

الملحق (I-1) برنامج حاسوبي في استخدام أسلوب التقدير اللبي (Kernel Estimation) لتخمين العلاقة بين القيمة الحالية والسابقة للسلسة الواحدة (MATLAB 7.4)

(Thanoon, 1994)

```
nn= 252;
k= 10;
lag= 1;
yy= [data];
n= nn- lag;
for t= 1+ lag:nn
tt= t- lag;
x(tt) =yy(t- lag);
y(tt)= yy(t);
end
xmin= min(x);
xmax= max(x);
h= (xmax- xmin)/(k-1);
meany= mean(y);
bn= std(x);
for j= 1:k
dsum= 0;
v= 0;
xs(j)= xmin+ (j- 1)*h;
for i= 1:n
d= 0;
w= (xs(j)- x(i))/bn;
if abs(w)<1
d= 1- abs(w);
end
dsum= dsum+ d;
v= v+ d*y(i);
end
if dsum ~=0
vv=v/dsum;
else
vv= meany;
end
ys(j)= vv;
end
grid on
hold on
```

الملحق (I-2) برنامج حاسوبي في استخدام أسلوب التقدير اللبي (Kernel Estimation)
لتخمين العلاقة بين القيمة الحالية لسلسة معينة والقيمة السابقة لسلسة أخرى
(Thanoon, 1994) **(MATLAB 7.4)**

```
nn= 252;
k= 10;
lag= 1;
xx= [data1];
yy= [data2];
n= nn- lag;
for t= 1+ lag:nn
tt= t- lag;
x(tt)= xx(t- lag);
y(tt)= yy(t);
end
xmin= min(x);
xmax= max(x);
h= (xmax- xmin)/(k- 1);
meany= mean(y);
bn= std(x);
for j= 1:k
dsum= 0;
v= 0;
xs(j)= xmin+ (j- 1)*h;
for i= 1:n
d= 0;
w= (xs(j)-x(i))/bn;
if abs(w)<1
d= 1-abs(w);
end
dsum= dsum+d;
v= v+ d*y(i);
end
if dsum ~=0
vv= v/dsum;
else
vv= meany;
end
ys(j)= vv;
end
```

References

1- الراوي، خاشع محمود1987. " المدخل إلى تحليل الانحدار". مكتب دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
2-الدباغ ، محمد اكرم سعدي ،2005. " تحليل السلاسل الزمنية لنمذجة الامطار والتصاريف لاحواض مختارة في شمال العراق " ، رسالة ماجستير ، جامعة الموصل .
3-الطائي ، الاء عماد حميد . " نمذجة فعالية التبخر الانائي لمنطقة الموصل " ، رسالة ماجستير ، جامعة الموصل .
4- ذنون ، باسل يونس ، 1998 . " التقدير اللبي : اسلوب بياني في التقدير الاحصائي " . علوم الرافدين ، المجلد 9 ، العدد 1، ص 89-99 .

5-Awchi, T. A. 1998, " Prediction of Pan Evaporation Values Using Parameters in Northern Iraq" J.AL-Rafidain Engg. , Vol.6, No.1. Climatic.
6- Chatfield , C., 1980 , " The Analysis of Time Series ; An Introduction " , Chapman and Prentice Hall .
7- Keith, W.H., 1985,"Time Series Analysis in Water Resources AWRA, Water Resources Bulletin, Vol. 21, Nos.4 and5, University of Waterloo, Canada.
8-Keskin, M.Erol, Terol, Ozlem and Taylan, Dilek, 2004. “Modeling Evaporation Using an Artificial Neural Network Algorithm”. Hydrological processes, 49 (6).
9- Knapp , H.Verono ,Shey Yu , and C.Pogge, Ernest, 1984 , " Monthly Evaporaion for Milford Lake in Kansas " . Journal of Irrigation and Drainage Engineering ,Vol 110, No. 2 , p(138-148) .
10- Mutreja, K. N., 1980, "Applied Hydrology", Tata Mc. Graw-hill publishing company limited, New Delhi.
11- Robert, B.S. and Wyne , R.R. , 1976 , " Asimple Mehod for Determining the Evaporation From Shallow Lakes and Ponds " , J. OF Water Resources Research , Vol.12, No. 4 .
12- Thanoon, B.Y., 1994, "A Graphical Approach for Estimating the Functional Form of the Relationship Between Two Random Variables or Time Series", Education. Scientific Journal, Univ. of sul, Iraq.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جاMoمعة الموصل