المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (16) 2009
ص ص [115–130]

نماذج الأنماط المتماثلة المضببة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية مع التطبيق

فاضل عباس الطائي* زينة طلال إسماعيل**

الملخص :.

تمت دراسة تقنية جديدة للتنبؤ وهي طريقة الأنماط المتماثلة المضببة والتي تميـز علاقات الماضي واتجاهاتها في البيانات التاريخية للتنبؤ بالمستقبل, تم ربط نموذج الأنماط المتماثلة المضببة بالسلاسل الزمنية, وتم أيضا عمل خوارزميـة الأنمـاط المتماثلة المضببة للسلاسل الزمنية وتطبيقها على البيانات الحقيقية (استهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة نينوى) وتم استخدام متوسـط مربـع الانحرافـات(MSD) ومتوسط الانحراف المطلق (MAD) للحصول على القيمة المثلى

Pattern Matching Fuzzy Models for Time series Forecasting with Application

ABSTRACT

We study a new technique of forecasting time series , this is technique is pattern matching Fuzzy, which identify past relationships and its trends in historical data for forecasting future values .We connect Fuzzy Pattern Matching model with time series and we also make algorithm of Fuzzy Pattern Matching and application it on the real data (consuming electric energy in Ninevah Governerate) , and we used Mean Squared Deviation (MSD) and Mean Absolute Deviation (MAD) to get the optimal values

---

* استاذ مساعد/ قسم الإحصاء والمعلوماتية/ كلية علوم الحاسبات والرياضيات

قسم الإحصاء والمعلوماتية/ كلية علوم الحاسبات والرياضيات

تاريخ التسلم :2009/6/3 ـــــــ تاريخ القبول : 13 /10 /2009

المقدمة :.

يعد علم الإحصاء أحد العلوم المهمة والحيوية في البحث العلمي ويتركز جزء كبير من هذا العلم لدراسة وتحليل السلاسل الزمنية التي تستخدم في وصف الظاهرة لمعرفة طبيعة التغيرات التي تطرأ على الفترات الزمنية . ومما لاشك فيه أن إحدى المهام الأساسية للعلوم الإحصائية هي قراءة المستقبل فان الاهتمام بدراسة المستقبل تعد من الأمور البالغة الأهمية في مختلف ميادين الحياة مثل المجالات الاقتصادية والصناعية والأنواء الجوية وعلوم الفضاء وعلوم الأرض والتحسس النائي .....الخ. إن الزمن هو المؤشر الواضح إلى الحياة ، وان الحياة تقسم عادة على ثلاث مراحل: الماضي Past الذي يمثل المواعظ والعبر. والمرحلة الثانية هي الحاضر Present الذي يمثل الزمن الذي نعيشه الآن بكل تفاصيله.أما المرحلة الثالثة فهي المستقبل Future الذي يمثل الحلم والأمل. وقد أولى موضوع تحليل السلاسل الزمنية أهمية كبيرة لكل مرحلة من هذه المراحل،حتى أصبح هناك علم خاص لدراسة كل من هذه المراحل الثلاث:فهناك موضوع التمهيد Smoothing مع الماضي والترشيح Filtering مع الحاضر والتكهن Forecasting مع المستقبل. (طه ,2006)

وقد شهد علم الإحصاء تطوراً سريعاً وكبيراً خلال القرن التاسع عشر والعشرين مقترناً بتطور نظرية الاحتمالات وعلم الرياضيات واستخدام الحاسب الإلكتروني اذ شهد العالم في السنين الأخيرة تطورات كبيرة ومتسارعة في مجال استخدام الحاسوب وظهرت تطبيقات في مجال التنبؤ وذلك بالاعتماد على الأساليب الحاسوبية الحديثة.

سنهتم في بحثنا هذا أولا بتطوير منهجية جديدة لتـشفير الـسلاسل الزمنيـة ونموذج الأنماط لتوليد التنبؤات الدقيقة, وثانيا إيجاد طريقة جديدة للتنبؤ تعتمد على نموذج الأنماط المتماثلة المضببة والذي يشير إلى عملية وصف السلـسلة الزمنيـة بوصفها سلسلة للأنماط وتحدد هذه الأنماط ميلا للسلسلة الزمنية في الوقت المعطى بمعنى أخر تحديد الحركة واتجاهها, وان الميزة المهمة لنموذج الأنمـاط المتماثلـة

المضببة هي أن يمكن استعمال هذه الطريقة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية القصيرة التـي تعجز بعض طرائق التنبؤ عن إيجاد التنبؤ لها.

الجانب النظري :.

يتضمن الجانب النظري لهذا البحث شرح نموذج الأنماط المتماثلة المضببة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية معتمدين على الافتراض القائل بأن التراكيب الحالية تتناظر مع التراكيب القديمة (تراكيب الماضي) وذلك لتوليد التنبؤ المستقبلي على هذا الافتراض سوف يبنى النموذج وفيما ياتي شرح هذه الطريقة:. (McAtackney& Singh,1998)

1- نموذج الأنماط المتماثلة المضببة Fuzzy Pattern Matching Model

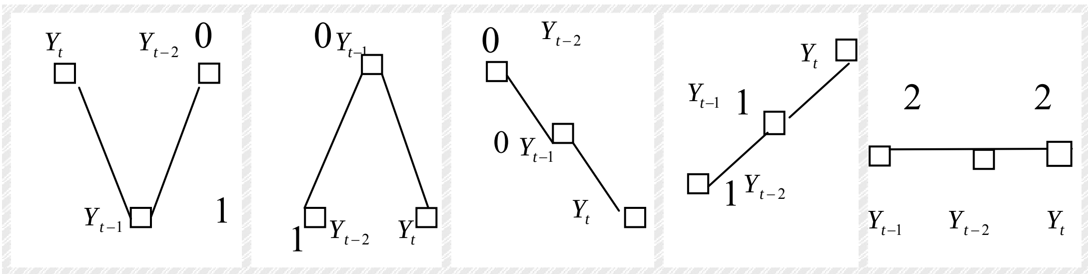
إن نموذج الأنماط المتماثلة يسمى بالمضببة لأنه عبارة عن مشابهة جزئية بين التركيبة الحالية والتراكيب الماضية ويستخدم تقنية مقارنة التركيبة الحالية مع باقي التراكيب في الماضي, لو اخترنا المشاهدة Y_n من أية سلسلة زمنية فان احد الطرائق البسيطة للتنبؤ هي إيجاد الشبيه الأقرب لهذه المشاهدة من بيانات الماضي. اعتبر أن مشاهدات السلسلة الزمنية الملاحظة هي المتجه المعطى $Y=(Y_1,Y_2,........,Y_n)$ حيث أن (n) هي العدد الكلي للسلسلة . وعادة ما تكون السلسلة كدالة للزمن أي أن :. $Y_n=Y_t$ و $Y_{n-1}=Y_{t-1}$ وكذلك يمكن تعريف المتجه S كمتجه للفروق $S=(S_1,S_2,........,S_{n-1})$ حيث أن 1< i< n-1 , $S_i=Y_{i+1}-Y_i$. ولكي نعرف الأنماط رياضيا سوف نقوم بتشفير السلسلة الزمنية Y كمتجه للتغير في الاتجاه حيث يمكن تشفير القيمة Y_i كماياتي:. (Singh &Stuart ,1998)

$$Y_i=\begin{cases}0 & if \quad Y_{i+1}\prec Y_i\\ 1 & if \quad Y_{i+1}\succ Y_i\end{cases} \qquad .... \quad (1)$$

بعد تشفير السلسلة الزمنية سينتج لدينا المتجه $B=(b_i,.......,b_{n-1})$ ويمثـل الـنمط للسلسلة الزمنية, ويكون متجها ممثلا بالصفر والواحد و الاثنين كما موضـح فـي

المعادلة (1). تختلف الأنماط حسب حجمها(الذي فـي اغلـب الأحيـان يتفـاوت $2 \le K \le 5$) وعدد الأشكال التي يمكن تكوينها للأنماط يعتمد على الحجم أيـضا, فإذا كان حجم النمط K فان عدد الأشكال التي يمكن تكوينها يساوي $(2^k + 1)$ مـع العلم أن هناك العديد من الأشباه للنمط الواحد, والمثـال الآتـي يوضـح هـذا :. (McAtackney& Singh,1998).

مثال :. لو كان لدينا المشاهدات (Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2}) وكان حجم النمط يساوي (2) فان عدد الأشكال التي يمكن تكوينها هو $2^2 + 1 = 5$ والشكل(A) يوضح هذه الأشكال, كذلك يكون هناك العديد من الأشباه للنمط ذي الحجم (2) من البيانات الماضية.



الشكل (A) يمثل عدد الإشكال التي يمكن الحصول عليها من النمط ذي الحجم (2)

2- الأنماط المتماثلة المضببة Fuzzy Pattern Matching

إن الأنماط المتماثلة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية تشير إلى عمليـة مماثلـة للـصيغة الحالية للسلسلة مع حالاتها في الماضي. وإذا افترضنا ان السلسلة الزمنية المـشفرة (متجه الأنماط P') هي $(b_1, b_2, ..., b_{n-1})$ حيث أننا في الوقت (n) لدينا المشاهدة Y_n ونحاول إيجاد قيمة التوقع لـ (Y_{n+1}). سوف نشكل في البداية نمطا من الحجـم (K) اعتمادا على أخر قيمة في سلسلة الأنماط .إن الأنماط ذوات الحجوم الصغيرة تكون لها إشكال بسيطة ومميزة بينما الأنماط ذات الحجوم الكبيـرة سـتكون لهـا إشكال معقدة , كذلك يستخدم حجم الأنماط في المماثلة وله تأثير في تقليـل الخطـأ وفي توقع اتجاه التغير في السلسلة بشكل صحيح . ويجب تحسين حجـم الأنمـاط

المماثلة للحصول على أفضل نتيجة .الهدف من خوارزمية الأنماط المتماثلة هو لإيجاد الشبيه الأقرب للمتجه P' من بيانات الماضي واستخدامه لتوقع (Y_{n+1}). ويسمى الشبيه الأقرب في الطبيعة بالمضبب و يعتمد المقدار والاتجاه للتوقع على الشبيه الموجود ومدى نجاح التوقع للسلسلة يعتمد مباشرة على خوارزمية الأنماط المتماثلة.

3- **خوارزمية الأنماط المتماثلة المضببة**(Singh,2000)

1- نبدأ باختيار نمط ذي اقل حجم ,أي أن K=2 بمعنى أن $P' = (b_{n-2}, b_{n-1})$

2- نبحث في مشاهدات السلسلة الزمنية المشفرة $(b_1, b_2, ..., b_{n-3})$ عن الشبيه الأقرب للمتجه $P' = (b_{n-2}, b_{n-1})$ ولنفرض أن الشبيه الأقرب هو $P'' = (b_{j-1}, b_j)$ حيث أن j هي موقع الشبيه .

3- إذا كان $(b_{j+1} = 1)$ فان التوقع للقيمة (Y_{n+1}) يكون عاليا وان

$$Y_{n+1} = Y_n + B \,.\, S_{j+1} \qquad .... (2)$$

أما إذا كان $(b_{j+1} = 0)$ فان التوقع للقيمة (Y_{n+1}) يكون واطئا وان

$$Y_{n+1} = Y_n - BS_{j+1} \qquad .... (3)$$

حيث أن

$$B = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^{k} \frac{S_{n-i}}{S_{j-i}} \qquad .... (4)$$

Y_{n+1} :. القيمة المراد التنبؤ بها

Y_n :. القيمة الأخيرة للسلسلة الأصلية

n :. هي حجم السلسلة

S_{j+1} :. هي قيمة الفرق للمشاهدة j+1 أي أن:. $S_{j+1} = Y_{j+2} - Y_{j+1}$

b_{j+1} :. تمثل القيمة المشفرة للمشاهدة j+1

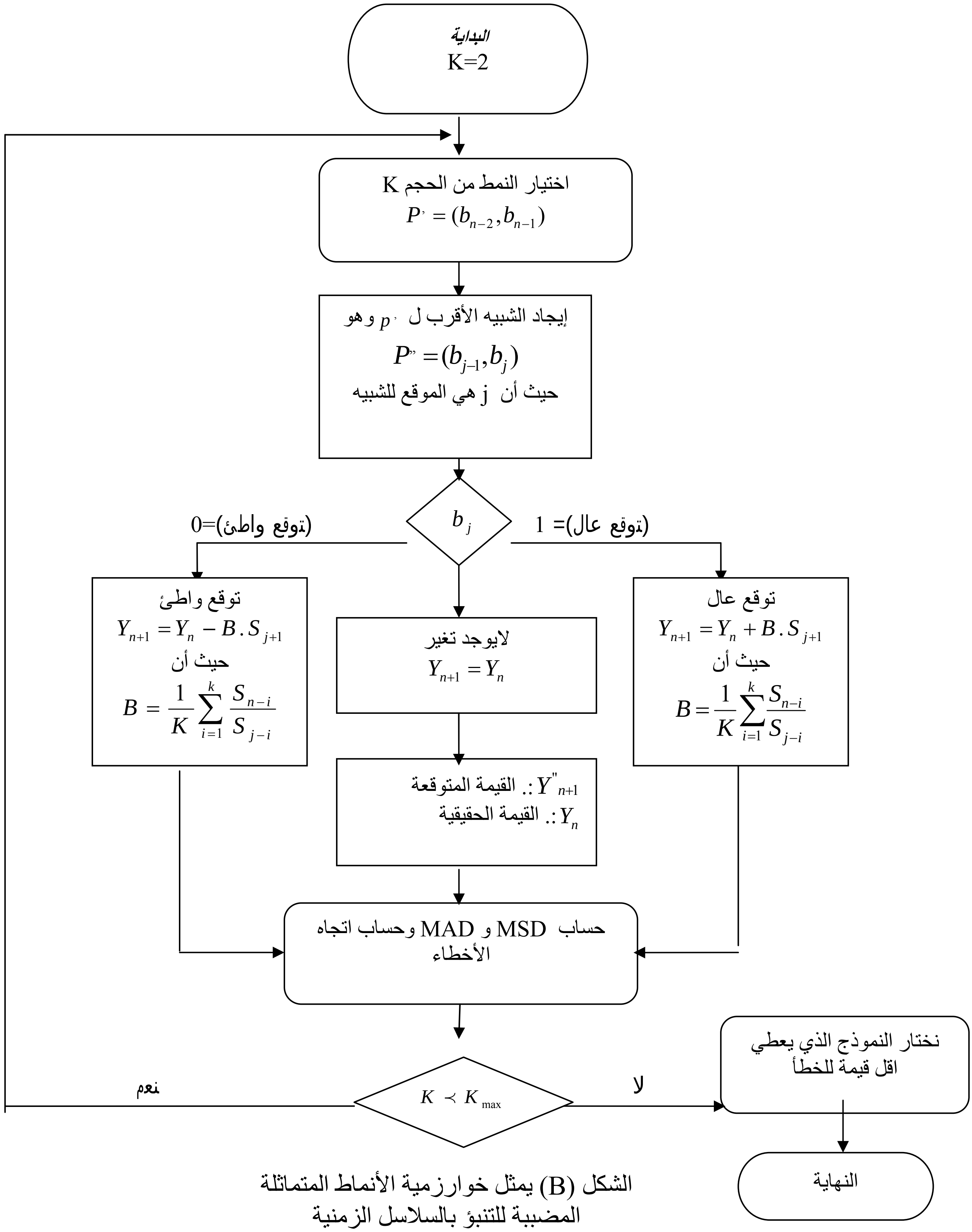
K :. هي حجم النمط

4- بعد اخذ النمط من الحجم (2) وإيجاد الأشباه و القيم المتوقعة له , نقوم بتغيير حجم النمط ونكرر الخطوات من (1-4) لإيجاد الأشباه والقيم المتوقعة الأخرى .

5- بعد تحسين النمط في الخطوة (4) نقوم في المرحلة الأخيرة بإيجاد القيمة المثلى والحجم الأمثل من كل القيم الناتجة, أي القيمة التي تقلل متوسط مربع الانحرافات (MSD) ومتوسط الانحراف المطلق(MAD) وبأقل تعقيد .

إن الأسلوب المذكور هو مضبـب في الحقيقة لأنه عبارة عن مشابهة جزئية بين التركيبـة الحاليـة والتركيبة الماضية , والمخطط الاتي يوضح خوارزمية التنبؤ باستخدام نموذج الانماط المتماثلة المضببة:

خوارزمية الأنماط المتماثلة المضببة



الشكل (B) يمثل خوارزمية الأنماط المتماثلة المضببة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية

4- مقياس الخطأ Error Measure

إن اختيار مقياس الخطاء الملائم مهم لتمييز الاختلاف في التنبؤ في حالة استخدام نماذج الأنماط المتماثلة مع باقي الطرائق مثل طريقة الصقل الآسي أو طريقة الشبكات العصبية أو حتى في المقارنة بين النماذج حيث يمكن تمثيل الطريقة الأكفأ عن طريق قياس الخطاء لكل طريقة واختيار الطريقة التي تعطي اقل قياس للخطأ حيث تكون هي الأكفأ. قبل أن نحكم على تفوق التنبؤ لأية من الطرائق يجب أن نختبر عددا من المقاييس الإحصائية.في الطريقة المبينة أعلاه تم استخدام مقاييس إحصائية للمفاضلة وهي متوسط مربع الانحرافات (MSD) ومتوسط الانحراف المطلق(MAD) (Singh,1999)

متوســـط مربـــــع الانحـــــراف (MSD)

$$MSD = \frac{\sum_{n=1}^{n} (Y_n - Y_n^{"})^2}{N} \quad .... (5)$$

متوسط الانحراف المطلق (MAD)

$$MAD = \frac{\sum_{n=1}^{n} / Y_n - Y_n^{"} /}{N} \quad .... (6)$$

حيث أن :.

$Y^{"}_n$:.تمثل القيمة المتوقعة .

N:. حجم السلسلة

<u>الجانب التطبيقي</u>

سنتناول في الجانب التطبيقي من بحثنـا تطبيـق خوارزميـة الانمـاط المتماثلـة المضببة علـى بيانـات اسـتهلاك الطاقـة الكهربائيـة فـي محافظـة نينـوى وسنختار الحجم والقيمة المثلى ذات اقـل قيمـة للخطـاء (أمـين , 2005) وقـد تم استخدام ثلاثـين مـشاهدة , اسـتخدمت أول (25) مـشاهدة منهـا لغـرض التطبيق أما المشاهدات الخمس الأخيرة فقـد وضـعت لغـرض مناقـشة النتـائج

. ولاختيار الحجم الأمثل نبدأ أولا بالحجم (2) ثم نجـد الأشـباه لـذلك الـنمط , قبل البدء بالتطبيق سندرج الجدول (2) الموضح فيـه متجـه الأنمـاط للسلـسلة الزمنية (P) ومتجه الفروق (S) :.

الجدول (2) يمثل متجه الأنماط ومتجه الفروق للبيانات

التسلسل	متجه الأنماط (P)	الفروق (S)
1	*	*
2	1	497
3	0	-255
4	1	121
5	0	-46
6	0	-653
7	1	748
8	1	420
9	0	-87
10	0	-542
11	1	2175
12	0	-632
13	0	-446
14	0	-717
15	0	-735
16	1	1050
17	1	566
18	0	-1646
19	1	469
20	1	93
21	0	-365
22	0	-64
23	1	104
24	0	-211
25	1	358

عندما حجم النمط يساوي (2) وسيكون لدينا (6) أشباه وهي .:

الشبيه الأول .:

K=2

K تمثل حجم النمط

n=25

حيث ان (n) هي حجم السلسلة

j=3

تمثل(j) هنا موقع الشبيه

$$b_{j+1} = b_4 = 0$$

b_{j+1}.: تمثل القيمة المشفرة للمشاهدة j+1 من الأنماط

$$S_{j+1} = -46$$

S_{j+1} :.هي قيمة الفرق للمشاهدة j+1

P' يمثل متجها ذا الحجم (2) وهو مكون من أخر قيمتين من سلسلة الأنماط , أما المتجه P'' فيمثل المتجه الشبيه للمتجه الأصلي P' وهو مأخوذ من البيانات الماضية وهناك أكثر من شبيه واحد للنمط الأصلي P'

$$P' = (b_{n-2}, b_{n-1}) \Rightarrow P' = (0,1)$$
$$P'' = (b_{j-1}, b_j) \Rightarrow P'' = (0,1)$$
$$Y_{n+1} = Y_n - B \times S_{j+1}$$
$$B = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^{k} \frac{S_{n-i}}{S_{j-i}}$$
$$B = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{2} \frac{S_{25-i}}{S_{3-i}} \Rightarrow \frac{1}{2} \left(\frac{S_{24}}{S_2} + \frac{S_{23}}{S_1} \right)$$
$$B = \frac{1}{2} \left(\frac{358}{-255} + \frac{-211}{497} \right)$$
$$B = -0.91$$
$$Y_{26} = 7279 - (-0.91)(-46)$$
$$Y_{26} = 7237.14$$

الشبيه الثاني :.

K=2 , n=25 , j=6 , $b_{j+1} = b_7 = 1$, $S_{j+1} = 420$

$$B = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2} \frac{S_{25-i}}{S_{6-i}} \Rightarrow \frac{1}{2}\left(\frac{S_{24}}{S_5} + \frac{S_{23}}{S_4}\right)$$

$$B = \frac{1}{2}\left(\frac{358}{-653} + \frac{-211}{-46}\right)$$

$$B = 2.02$$

$$Y_{26} = 7279 + (2.02)(420)$$

$$Y_{26} = 8127.4$$

الشبيه الثالث :

K=2 , n=25 , j=10 , $b_{j+1} = b_{11} = 0$, $S_{j+1} = S_{11} = -632$

$$B = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2} \frac{S_{25-i}}{S_{10-i}} \Rightarrow \frac{1}{2}\left(\frac{S_{24}}{S_9} + \frac{S_{23}}{S_8}\right)$$

$$B = \frac{1}{2}\left(\frac{358}{-542} + \frac{-211}{-87}\right)$$

$$B = 0.88$$

$$Y_{26} = 7279 - (0.88)(-632)$$

$$Y_{26} = 7835.16$$

الشبيه الرابع :.

K=2 , n=25 , j=15 , $b_{j+1} = b_{16} = 1$, $S_{j+1} = S_{16} = 566$

$$B = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2} \frac{S_{25-i}}{S_{15-i}} \Rightarrow \frac{1}{2}\left(\frac{S_{24}}{S_{14}} + \frac{S_{23}}{S_{13}}\right)$$

$$B = \frac{1}{2}\left(\frac{358}{-735} + \frac{-211}{-717}\right)$$

$$B = -0.099$$

$$Y_{26} = 7279 + (-0.099)(566)$$
$$Y_{26} = 7225.23$$

الشبيه الخامس :.

K=2 , n=25 , j=18 , $b_{j+1} = b_{19} = 1$, $S_{j+1} = S_{19} = 93$

$$B = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2} \frac{S_{25-i}}{S_{18-i}} \Rightarrow \frac{1}{2}\left(\frac{S_{24}}{S_{17}} + \frac{S_{23}}{S_{16}}\right)$$
$$B = \frac{1}{2}\left(\frac{358}{-1646} + \frac{-211}{566}\right)$$
$$B = -0.29$$
$$Y_{26} = 7279 + (-0.29)(93)$$
$$Y_{26} = 7252.03$$

الشبيه السادس :.

K=2 , n=25, j=22, $b_{j+1} = b_{23} = 0$, $S_{j+1} = S_{23} = -211$

$$B = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2} \frac{S_{25-i}}{S_{22-i}} \Rightarrow \frac{1}{2}\left(\frac{S_{24}}{S_{21}} + \frac{S_{23}}{S_{20}}\right)$$
$$B = \frac{1}{2}\left(\frac{358}{-64} + \frac{-211}{-365}\right)$$
$$B = -2.51$$
$$Y_{26} = 7279 - (-2.51)(-211)$$
$$Y_{26} = 6749.35$$

ألان عندما يكون حجم النمط يساوي3 سيكون لدينا شبيهان:.

الشبيه الأول :.

$$P' = (b_{n-3}, b_{n-2}, b_{n-1}) \Rightarrow P' = (1,0,1)$$
$$P'' = (b_{j-2}, b_{j-1}, b_{j}) \Rightarrow P'' = (1,0,1)$$

K=3 , n=25 , j=3 , $b_{j+1} = b_4 = 0$, $S_{j+1} = S_4 = -46$

$$B = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{S_{25-i}}{S_{3-i}} \Rightarrow \frac{1}{3}\left(\frac{S_{24}}{S_2}+\frac{S_{23}}{S_1}+\frac{S_{22}}{S_0}\right)$$

$$B = \left(\frac{358}{-255}+\frac{-211}{497}+\frac{104}{0}\right)$$

$$B = -0.6$$

$$Y_{26} = 7279 - (-0.6)(-46)$$

$$Y_{26} = 7251.4$$

<u>الشبيه الثاني :.</u>

K=3 , n=25 , j=18 , $b_{j+1} = b_{19} = 1$, $S_{j+1} = S_{19} = 93$

$$B = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\frac{S_{25-i}}{S_{18-i}} \Rightarrow \frac{1}{3}\left(\frac{S_{24}}{S_{17}}+\frac{S_{23}}{S_{16}}+\frac{S_{22}}{S_{15}}\right)$$

$$B = \frac{1}{3}\left(\frac{358}{-1646}+\frac{-211}{566}+\frac{104}{1050}\right)$$

$$B = -0.16$$

$$Y_{26} = 7279 + (-0.16)(93)$$

$$Y_{26} = 7264.12$$

لايوجد شبيه للنمط ذي الحجم 4 من بيانات الماضي

$$P' = (b_{n-4}, b_{n-3}, b_{n-2}, b_{n-1}) \Rightarrow P' = (0,1,0,1)$$

الجدول (3) يمثل نتائج استخدام طريقة الأنماط المتماثلة المضببة

الحجم (K)	الشبيه (j)	القيمة المتنبأ بها Y_{26}	MSD	MAD
K=2	j=3	7237.14	392311	468
	j=6	8127.4	408216	499
	j=10	7835.16	397249	485
	j=15	7225.23	392451	469
	j=18	7252.03	392148	468
	j=22	6749.35	405695	480
K=3	j=3	7251.4	392154	468
	j=18	7264.12	392027*	468*

يوضح الجدول (3) القيم المتنبأ بها والناتجة مـن كـل شـبيه وقـيم (MSD) و (MAD) الناتجة عند إعادة القيمة إلى السلسلة الزمنية, لاحظ هنا بان الحجم الأمثل هو عندما K=3 والشبيه الأفضل هو عندما j=18 وتكون القيمة المتوقعة عنـدها $Y_{26} = 7264.12$ وقمنا باختيار القيمة المتوقعة الافضل أي التي تعطـي اقـل قيمـة لمتوسط مربع الانحراف (MSD) ومتوسط الانحراف المطلق(MSA). علمـا ان القيم الحقيقية في الملحق (1) .

الاستنتاجات

1- إن التنبؤ بطريقة الأنماط المتماثلة المضببة يعطي تقدير عدة لانها تختار افضل قيمة من مجموعة من القيم المعتمدة على الشبيه وذلك لأنها تميز علاقات الماضي واتجاهاتها في البيانات التاريخية للتنبؤ بالمستقبل

2- إن طريقة الأنماط المتماثلة المضببة تعتمد على حجم النمط وكلما كان حجم النمط اقل يكون الحل ابسط وأدق

3- إن طريقة الأنماط المتماثلة المضببة تعتمد على الأشكال التي يمكن تكوينها والتي تعتمد على حجم النمط.

4-ان استخدام اكبر عدد ممكن من الأشباه للنمط الواحد من البيانات الماضية يساعد للحصول على تنبؤ أكثر دقة.

5 - يمكن أن استعمال هذه الطريقة للتنبؤ بالسلاسل الزمنية القصيرة .

التوصيات :.

نوصي باستخدام طريقة التنبؤ باستخدام الأنماط المتماثلة المضببة لأنها من الطرائق السهلة والبسيطة وذات كلفة قليلة .

المصادر

1- أمين,عزة حازم(2005) "استخدام الشبكات العصبية في التكهن للسلاسل الزمنية بتطبيق على استهلاك الطاقة في محافظة نينوى"رسالة ماجستير غير منشورة , قسم الإحصاء ,كلية علوم الحاسبات والرياضيات ,جامعة الموصل

2- طه،حذيفة حازم(2006) "مقارنة بين بعض أساليب التنبؤ لطبقات جبل بطمة " أطروحة دكتوراه غير منشورة في الإحصاء ، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ،جامعة الموصل

3- McAtackney P. and Singh. S. (1998) . " Dynamic Time-series Forecasting using Local Approximation" Proc. 10th IEEE International Conference on Tools with AI, Taiwan, IEEE Press, pp. 392-399

4- Singh S. and Stuart .E "A pattern Matching Tool for Forecasting", Proc14th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'98),Brisbane ,IEEE Press,vol.1,pp.103-105 (1998)

5- Singh .S "Pattern Modelling in Time-Series Forecasting", Cybernetics and Systems-An International Journal, vol. 31, issue 1, 2000.

6- Singh, S. "A Long Memory Pattern Modelling and Recognition System for Financial Forecasting", Pattern Analysis and Applications, vol. 2, issue 3, pp. 264-273, 1999

الملحق رقم (1) يوضح (30) مشاهدة من البيانات الحقيقية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في نينوى

الاستهلاك	التاريخ	التسلسل
7077	2003/6/15	1
7574	2003/6/16	2
7319	2003/6/17	3
7440	2003/6/18	4
7394	2003/6/19	5
6741	2003/6/20	6
7489	2003/6/21	7
7909	2003/6/22	8
7822	2003/6/23	9
7280	2003/6/24	10
9455	2003/6/25	11
8823	2003/6/26	12
8377	2003/6/27	13
7660	2003/6/28	14
6925	2003/6/29	15
7975	2003/6/30	16
8541	2003/7/1	17
6895	2003/7/2	18
7364	2003/7/3	19
7457	2003/7/4	20
7092	2003/7/5	21
7028	2003/7/6	22
7132	2003/7/7	23
6921	2003/7/8	24
7279	2003/7/9	25
7701	2003/7/10	26
6736	2003/7/11	27
6820	2003/7/12	28
6657	2003/7/13	29
6616	2003/7/14	30