المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (15) 2009
ص ص [43–62]

استخدام المسافات العظمى عن خط الوحدة للمتجهات المغمورة لتقدير زمن التأخير مع التطبيق

إدريس محمد نوري* هيام عبد المجيد حياوي**

الملخص:

في هذا البحث تم اقتراح طريقة لتقدير زمن التأخير والتي من خلالها يمكن تحديد العلاقة بين مدخلات السلسلة ومخرجاتها أي بمعنى ملاحظة بعد أية فترة زمنية تتأثر المخرجات بالمدخلات، وتتميز هذه الطريقة ببساطتها، سهولة حساباتها في التحويلات الخطية فضلا عن التحويلات اللاخطية، الأسلوب المقترح ينتج عن تفحص اكبر توسع عن خط الوحدة في الفضاء المغمور.

Using maximum distances from unit line to the Embedding vectors to estimate the delay time with an application

Abstract

In this research a new method was proposed to estimate the delay time. Which can be used to determine the relationship between the input and output of the series, this means that after each time interval, the input is affected by the output.

The advantages of this method are the simplicity and the basic calculations in linear and nonlinear transformations. The proposed technique was found by examining the greatest expansion from the unit line in the impacted space.

---

* مدرس / قسم الإحصاء والمعلوماتية/ كلية علوم الحاسبات والرياضيات

** مدرس / قسم الإحصاء والمعلوماتية/ كلية علوم الحاسبات والرياضيات

تاريخ التسلم :28 /12 /2007 ـــــــــــــــــــ تاريخ القبول : 19/ 2 /2008

مقدمة:

إن الوصف الملائم للنظم الحركية يعد متطلباً رئيسياً في عملية تشخيص النظام وتحديد رتبته، فقد أشار الباحث Ljung (1999) الى أن مسألة التشخيص هي محاولة استخدام قياسات المدخلات والمخرجات لتقدير معلمات المعادلة الرياضية التي تمثل النظام وتحديد عدد المخرجات المتأخرة ،فضلا عن تقدير زمن التأخير في النظام أي عدد الوحدات الزمنية التي تنقضي قبل أن يصل تأثير المدخلات إلى المخرجات .

إن تقدير زمن التأخير لأي نظام بشكل صحيح له تأثير مباشر في عملية تحديد النموذج الذي يمثل ديناميكية النظام بصورة دقيقة ويقدم في الوقت نفسه تصوراً واضحاً عن آلية عمل النظام، ويعد زمن التأخير صفة عامة في النماذج الرياضية للعمليات الصناعية، (Astrom & Wittenmark,1997)، اذ تتطلب عملية تشخيص النظم تقدير الفترة الزمنية التي تنقضي قبل أن تؤثر المدخلات في المخرجات وهو ما يعرف بزمن التأخير الذي يعد متطلباً أساسياً يجب تقديره قبل البدء بتحديد النموذج المناسب الذي يمثل العملية أو النظام، إن العديد من التطبيقات الصناعية يكون لها أزمنة تأخير ولا يمكن إهمالها ومن المفيد تقديرها بصورة صحيحة، وقد أوضح Tong(1996) إن فكرة زمن التأخير أساسية لفهم الظواهر الدورية وأعطى شرحا وافياً للعديد من التطبيقات لمفهوم زمن التأخير في عدة مجالات كالفيزياء والهندسة الكيميائية والاقتصاد وغيرها.

إن الظاهرة التي تواجه الباحثين في نظم العمليات هي زمن التأخير أو الزمن الميت Delay Time بين فعلين مرتبطين، اذ أن العامل الأكثر أهمية في أداء نظام السيطرة هو أن التأثير الكامل لا يظهر بشكل مباشر إلا من خلال المخرجات ولكن على الأغلب أن الأمر الذي يتعذر تجنبه هو بعض التخلف Lag أو التأخير في الاستجابة وهذا التأخير بين المسبب Cause (المدخلات) والتأثير Effect (المخرجات) يعود إلى طبيعة القصور الذاتي للنظام (Pollard,1981) وان الفرق الأساسي بين التخلف والتأخير هو أن حالة التخلف توجد فيها بعض الاستجابة المباشرة لقوة دالة المدخلات Input Forcing Function وان المخرجات هي

دالة زمن معدلة للمدخلات ،في حين أن زمن التأخير لا يظهر استجابة مباشرة في أي شكل ما لم تنقض دورة التأخير ولهذا السبب فان استخدام تعبير الزمن الميت يعني الفترة الزمنية التي لا يحدث خلالها شيء ولا يوجد تفاعل على الإطلاق بين المدخلات والمخرجات.
(البدراني،2002).

الجانب النظري

أولا:أساليب تقدير زمن التأخير

يوجد العديد من الطرائق والأساليب الإحصائية والهندسية والرياضية لتقدير زمن التأخير للنظام، وقد أشار العديد من الباحثين إلى هذه الأساليب ومنها:

1. دالة الارتباط المستعرض Cross-correlation Function

تسمى أيضا بدالة الارتباط المستعرض وتعتبر من الأدوات التحليلية المهمة للتعرف على نموذج دالة التحويل وتشير إلى الارتباط بين متغير الاستجابة ويمثل المخرجات(y_t) والمتغير المستقل ويمثل المدخلات (u_t) وتقيس هذه الدالة الارتباط بين سلسلتين زمنيتين عند فترات زمنية مختلفة ، والتي أشار إليها (Box and Jenkins ,1976) ،وتُعرف معاملات الارتباط المستعرض كما ياتي:-

$$\hat{\rho}_{uy}(k)=\frac{\sum_{t=1}^{n-k}\left(y_{t+k}-\bar{y}\right)\left(u_t-\bar{u}\right)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n}\left(y_t-\bar{y}\right)^2\sum_{t=1}^{n}\left(u_t-\bar{u}\right)^2}} \quad ,k=0,1,2,..,n-1 \qquad \dots (1)$$

حيث أن: $(\bar{u}),(\bar{y})$ يمثلان معدلي المخرجات والمدخلات على التوالي.

وتعد هذه الدالة من الأساليب الإحصائية الكلاسيكية المستخدمة في تقدير زمن التأخير،حيث تحسب عادة قيم معامل الارتباط $\hat{\rho}_{uy}(k)$ للقيم k=0,1,2,…,L حيث L هو عدد موجب لا يزيد عن نصف المشاهدات ($\frac{n}{2}$) ،ثم توجد أعلى قيمة

مطلقة للارتباط المستعرض وعند تلك القيمة من k يكون مقدر زمن التأخير d أي أن :

$$\hat{d} = \max_{k=0,1,2,..} \left| \hat{\rho}_{uy}(k) \right| \qquad ... \quad (2)$$

ومن سلبيات هذا المقدر انه لا يصح دائما بل يكون صحيحا فقـط عنـدما تكـون العلاقة بين المدخلات والمخرجات علاقة خطية (أي أن النظام خطي).

2. دالة الاستجابة النبضية Impulse Response Function

هي توفيق خطي Linear Combination للمدخلات، فلو كان لدينا نظام سببي Causal تمثل u_t المدخلات و y_t المخرجات فان العلاقة بين المدخلات والمخرجات هي:

$$y_t = \sum_{i=0}^{n} h_i u_{t-i} \qquad ... \quad (3)$$

حيث أن : h_i :هي أوزان الاستجابة ،أي أوزان المدخلات للنظام، u_{t-i} :المدخلات:

وعادة هناك تأخير مقداره d من الوحدات الزمنية، لذلك فان: $h_0 = h_1 = h_2 = ... = h_{d-1} = 0$ أما h_d فتكون معنوية عند الصفر،وعندما يكون النظام مستقراً Stable فان قيم h_i تتناقص ابتداء من h_d ويقدر زمن التأخير باستخدام الفرضية الإحصائية: $H_0 : h_0 = h_1 = h_2 = ... = h_{d-1} = 0 \quad , h_d \neq 0$ وباختبار هذه الفرضية يمكن الوصول إلى مقدر دالة الاستجابة النبضية $\hat{h}_i$ من خلال فترة الثقة،حيث انه إذا وقعت $\hat{h}_i$ ضمن حدي الثقة فهذا مؤشر إحصائي على عدم معنوية المدخلات على المخرجات قبل i من الوحدات الزمنية.

وتعد دالة الاستجابة النبضية إحد الأساليب المستخدمة في تقدير زمن التأخير في النظم والتي أشار إليها (Makridakis et.al., 1983) حيث أن أول قيمة معنوية تقع خارج فترة الثقة ، تمثل زمن التأخير $\hat{d}$.

3. استخدم Thanoon & Ibrahim (1993) أسلوبا يتم من خلاله تقدير زمن التأخير وهو أسلوب دليل خطّيًا مزدوجا لدالة الانحدار للسلاسل الزمنية المزدوجة وتعريف هذا الأسلوب من خلال دالة الارتباط المضاعف على انه إحصائية بوصفه مؤشرا لقوة العلاقة ومن ثم اختبار هذه الإحصائية على نظم السيطرة العشوائيّة ليتم من خلالها الكشف وتقدير زمن التأخير في النظم الحركية الخطية وغير الخطية.

4. استخدام نماذج الانحدار الذاتي بمتغيرات إضافية

Autoregressive with Exogenous Variables (ARX)

اقترح الباحث (Ljung,1995,CH.3-P.74) أسلوباً لتقدير زمن التأخير $\hat{d}$ بالاعتماد على نماذج الانحدار الذاتي مع مدخلات إضافية ARX ،حيث قسم مشاهدات المدخلات والمخرجات سوية إلى جزأين:الأول للتقدير والثاني لاختبار شرعية التقدير، واستخدم هذا النموذج للحصول على نماذج من نوع ARX برتب ثابتة لمتعددتي حدود المخرجات والمدخلات $A(q)$ و$B(q)$ على التوالي لتساوي(2) أي أن ($na = nb = 2$) مع زمن تأخير يتغير من 1 إلى 10 ، وتستخدم بواقي النموذج الملائم بعد تطبيقه على بيانات الشرعية للحصول على قيمة دالة الخسارةLoss Function ، ويقابل كل قيمة لدالة الخسارة رتب لـ na و nb وزمن التأخير المعين، فيكون مقدر زمن التأخير $\hat{d}$ في هذه الحالة هو القيمة التي تقابل اقل مقدار لدالة الخسارة (Ljung,2004) وتحسب بالشكل الآتي:

$$V = \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{n} e_t^2 \qquad \dots (4)$$

إذ أن: V : تمثل دالة الكلفة ، n : تمثل عدد المشاهدات، e_t: تمثل البواقي .

ومقدر زمن التأخير $\hat{d}$ هو: $\hat{d} = \min_{k=0,1,2,\dots,L} V_k$

5. نماذج فضاء الحالة State Space Models

تتكون نماذج فضاء الحالة عادةً من معادلتين تصف الأولى متجه المدخلات عند الزمن $(t+1)$ ويرمز له X_{t+1} بدلالة X_t وكذلك المدخلات U_t وتسمى هذه المعادلة بمعادلة الحالةState Equation في حين تصف الثانية المخرجات Y_t بدلالة كل من المدخلات X_t والمدخلات U_t وتسمى هذه المعادلة بمعادلة المشاهدة Observation Equation ويمكن توضيح هاتين المعادلتين في حالة وجود مدخل ومخرج واحد (Single SISO (Input Single Output كالآتي:-

$$X_{t+1} = AX_t + BU_t \qquad \dots (5)$$

$$Y_t = CX_t + DU_t \qquad \dots (6)$$

إذ أن:-

A : تمثل الديناميكية المستقلة للنظام ببعد (n*n).

B : يمثل تأثير أفعال السيطرة ببعد (n*n).

C: يمثل الإسقاط على المتغيرات المشاهدة ببعد (1*n). D : يمثل قيمة حقيقية.

ولهاتين المعادلتين دور مهم في دراسة النظم الديناميكية حيث يعبر عن المدخلات والمخرجات من خلال معادلة فرقية عند وجود نظام محدد في الزمن

المتقطع،حيث تكون هناك عادةً اضطرابات غير مسيطر عليها تعامل كمتغيرات عشوائية أو تشويش يؤثر في المخرجات (Nelles,2001).

استخدم (البدراني ،2002) نماذج فضاء الحالة State Space في تقدير زمن التأخير من خلال ملاءمة العديد من نماذج فضاء الحالة برتب متصاعدة ابتدءا من الرتبة الأولى وحتى رتبة معينة وملاحظة خصائص نموذج فضاء الحالة الملائم من خلال دالة الاستجابة النبضية بوصفها مؤشر لاستقرارية النموذج،وقد أشار (Pollard,1981) إلى وجود علاقة بين الاستقرارية وزمن التأخير ويمكن انتقاء أول رتبة يصل فيها النموذج إلى حالة الاستقرارية أي يستقر فيها شكل دالة الاستجابة النبضية مع الرتب التالية لها فتعتبر تلك الرتبة هي زمن التأخير المقدر $\hat{d}$.

ثانياً: الطرائق المشتقة من طريقة إحداثيات زمن التأخير

تعد طريقة إحداثيات زمن التأخير Time delay Coordinates method من أكثر الطرائق شيوعاً في تكوين فضاء الحالة State Space لأنها مباشرة وان مستوى الخطأ فيها يبقى ثابتاً لكل مركبة تأخير Delay Component والتي أوجدها كل من (Packard et al., 1980) و (Takens, 1981) وفي هذه الطريقة يتم تحويل السلاسل الزمنية Time Series $\{x_1, x_2, x_3, ..., x_N\}$ إلى المتجهات:

$$Y_t = \{X_t, X_{t+d}, X_{t+2d}, ..., X_{t+(m-1)d}\} \quad ...(7)$$

إذ أن: $t = 1,2,3,\cdots, N-(m-1)d$

وأن: d,m :تمثلان معلمتي فضاء الحالة وهما البعد المغمور وزمن التأخير على التوالي، وعندما يتم التعامل مع هذه الطريقة يجب تحديد كل من البعد المغمور وزمن التأخير m,d وهناك عدة طرائق لتحديد قيمة زمن التأخير d أهمها ما يأتي :

1. طريقة دالة الارتباط الذاتي Autocorrelation Function Method

ويحسب الارتباط الذاتي بهذه الطريقة بالمعادلة الآتية:

$$\rho(d)=\frac{\sum_{n=1}^{N}(X_{n+d}-\overline{X})(X_n-\overline{X})}{\sum_{n=1}^{N}(X_n-\overline{X})^2} \qquad \dots (8)$$

إذ أن:

$$\overline{X}=\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}X_n$$

ولتحديد زمن التأخير في هذه الطريقة يتم اخذ اصغر قيمة موجبة لـ d والتي عندها $\rho(d)\le 0$ (Albano et al., 1988).

ولهذه الطريقة محاسن كثيرة ولكنها غير متسقة، أي أن المعيار المستخدم في الطريقة قد يكون دقيقا لنظام ديناميكي وغير دقيق لنظام آخر(Rosenstein et al., 1994).

2. طريقة المعلومات المتبادلة Mutual Information Method

عرف هذه الطريقة (Fraser and Swinney,1986) وتحسب بالمعادلة الآتية:

$$I(d)=\sum_{n=1}^{N}P(X_n,X_{n+d})\log_2\frac{P(X_n,X_{n+d})}{P(X_n)P(X_{n+d})} \qquad \dots (9)$$

إذ أن: $P(X_n,X_{n+d})$: تمثل الاحتمالية المشتركة بين X_n و X_{n+d}.

$P(X_n)$: تمثل احتمالية X_n.

$I(d)$: تمثل مقدار المعلومات التي تحصل عليها حول X_n من خلال X_{n+d}، ويتم تقدير زمن التأخير بهذه الطريقة باعتبار أول قيمة لـ d التي عندها تكون

اصغر قيمة ممكنة لـ $I(d)$ ،وتستخدم هذه الطريقة حالياً بشكل واسع وهي أفضل من الطريقة السابقة إلا أن هنالك بعض العقبات في تقديرها منها حساب الاحتمالية لحالات الأنظمة فضلا عن حالات المتجه وعدم اختيار مدرج تكراري Histogram مناسب يؤدي بدوره إلى نتائج غير دقيقة.

3. طريقة معدل الإزاحة Average Displacement Method

اقترح هذه الطريقة الباحثون (Rosenstein et al.,1993) وتعد أفضل من الطريقتين السابقتين،وفكرة هذه الطريقة تعتمد على إعادة بناء خط الوحدة Quantifies reconstruction expansion from identity line في الفضاء المغمور embedding space وقد استخدموا في هذا التقدير معدل الإزاحة بالمعادلة الآتية:

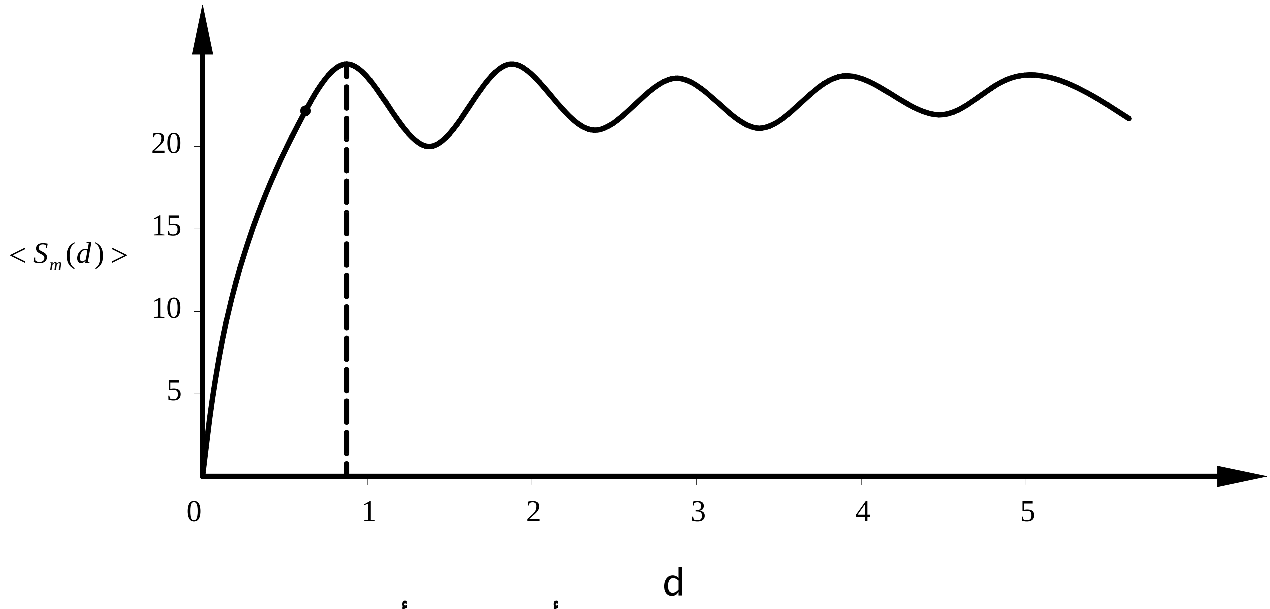
$$< S_m(d) >= \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1}\left[X_{i+jd} - X_i\right]^2} \quad \dots (10)$$

إذ أن: $< S_m(d) >$ تمثل معدل الإزاحة، M : تمثل عدد المتجهات في الفضاء المغمور،

m : تمثل البعد المغمور.

وبهذه الطريقة يمكن الحصول على أمثل قيد أعلى لزمن التأخير ومن محاسن هذه الطريقة أنها مناسبة حتى في حالة كون البيانات عشوائية، وحساباتها قليلة فضلا عن سهولة استخدامها كما ويمكن التعامل معها في حالة البيانات القليلة.

ولاختيار أو تقدير أفضل زمن التأخير في هذه الطريقة فقد أوصى الباحثون (Rosenstein et al.,1993) باختيار أول 40% من ميل المنحني لـ $< S_m(d) >$ وكما موضح في الشكل الآتي:



شكل (1): طريقة معدل الإزاحة لاختيار أفضل زمن تأخير

د) الطريقة المقترحة لتحديد زمن التأخير

من خلال دراسة الطرائق السابقة التي اقترحها العديد من الباحثين لتقدير زمن التأخير في النظم الديناميكية سواء أكانت هذه الطرائق إحصائية أم رياضية أم هندسية ومن خلال معرفة سلبيات هذه الطرائق وايجابياتها فقد تم اقتراح طريقة جديدة لتقدير زمن التأخير للنظم ،يمكن تلخيص خطوات استخدامها بالنقاط الآتية:

1. تكوين فضاء الحالة باستخدام طريقة إحداثيات زمن التأخير وهي:

$$Y_t^d = \{x_t , x_{t+d} , x_{t+2d} ,..., x_{t+(m-1)d}\}$$

إذ أن: $\{x_1, x_2, x_3 ,..., x_N\}$ تمثل سلاسل زمنية

وأن: $t = 1,2,3,\cdots, N-(m-1)d$.

2. يحسب المقدار الآتي:

$$L(d) = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\max\left\{\left\|Y_i^d - Y_j^0\right\|\right\}$$

حيث أن لكل قيمة لـ i يحسب المقدار $\max\left\{\left\|Y_i^d - Y_j^0\right\|\right\}$ لـ j=1,2,3…, M

، وان ‖ ‖ تمثل: المسافة الاقليدية بين Y_i^d و Y_j^0 وأن Y_j^0 هو Y_i^d عندما $d=0$ وان M تمثل: عدد المتجهات في الفضاء المغمور. فمثلاً عندما m=2 فان:

$$L(d)=\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\max\left\{\sqrt{(x_i-x_1)^2+(x_{i+d}-x_1)^2},\sqrt{(x_i-x_2)^2+(x_{i+d}-x_2)^2},..........\right\}$$

3. بعد تنفيذ الخطوة الثانية لقيم مختلفة لـ $d=1,2,3,...$ يتم تقدير زمن التأخير باعتبار القيمة التي عندها $L(d)$ اصغر ما يمكن ،أي أنه يمكن اعتبار $L(d)$ دالة لـ d ومنها يتم حساب زمن التأخير d بحيث تكون القيمة المقابلة لها من $L(d)$ اصغر القيم الموجودة وكما مبين في الصيغة الآتية :

$$\min\{L(d)\}_{d=1}$$

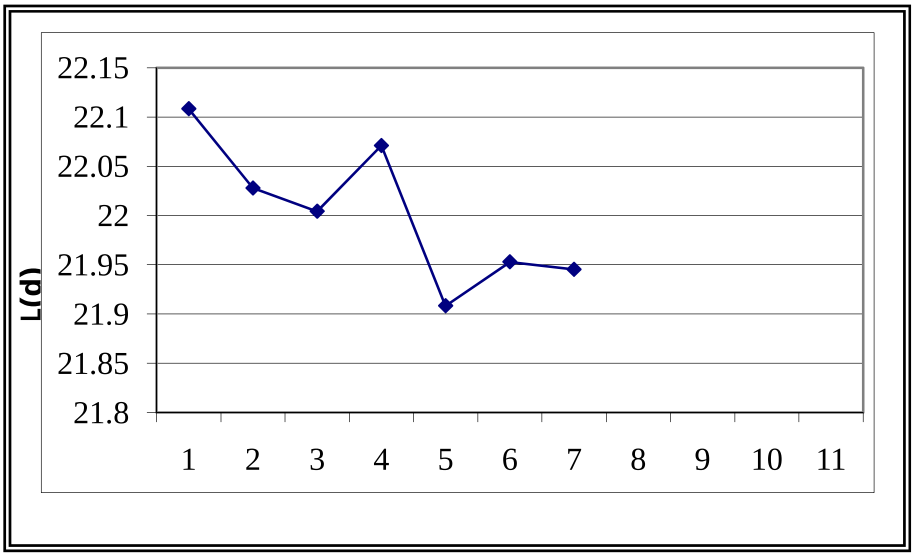
الجانب العملي:

أ) التطبيق باستخدام المحاكاة:

تعد المحاكاة عملية تشبيهيه أو تقليد للواقع الحقيقي،أي إيجاد صورة طبق الأصل من أي نظام أو نموذج دون اخذ ذلك النظام أو النموذج ذاته،عليه فقد أجريت تجارب المحاكاة على نماذج خطية Linear Models ونماذج غير خطية Nonlinear Models حيث تم توليد مشاهدات بحجم(n=2000) مشاهدة من كل من النموذجين وكانت مدخلات النموذج(u_t) إشارات عشوائية مولدة من التوزيع الطبيعي القياسي "random gaussian signals "rgs وباستخدام المولد randn، أما التشويش فقد تم توليده باستخدام المولد randn لتوليد إشارات عشوائية تتبع التوزيع الطبيعي ($e_t \sim N(0,25)$) وذلك بالاعتماد على الإمكانيات الكبيرة التي قدمها نظام MATLAB ، وحسب النموذجين الآتيين اذ أن احداها خطي وبزمن تأخير مقداره (5) وكالآتي:

$$y(t) = 0.8\,u(t-5) - 0.6\,u(t-6) + 0.4\,u(t-7) + e(t);$$

وعند تطبيق الطريقة المقترحة على النموذج تبين أن زمن التأخير هو (5) فعلا وهو مطابق لما تم افتراضه عند تكوين النموذج باستخدام المحاكاة والشكل الآتي يوضح ذلك:



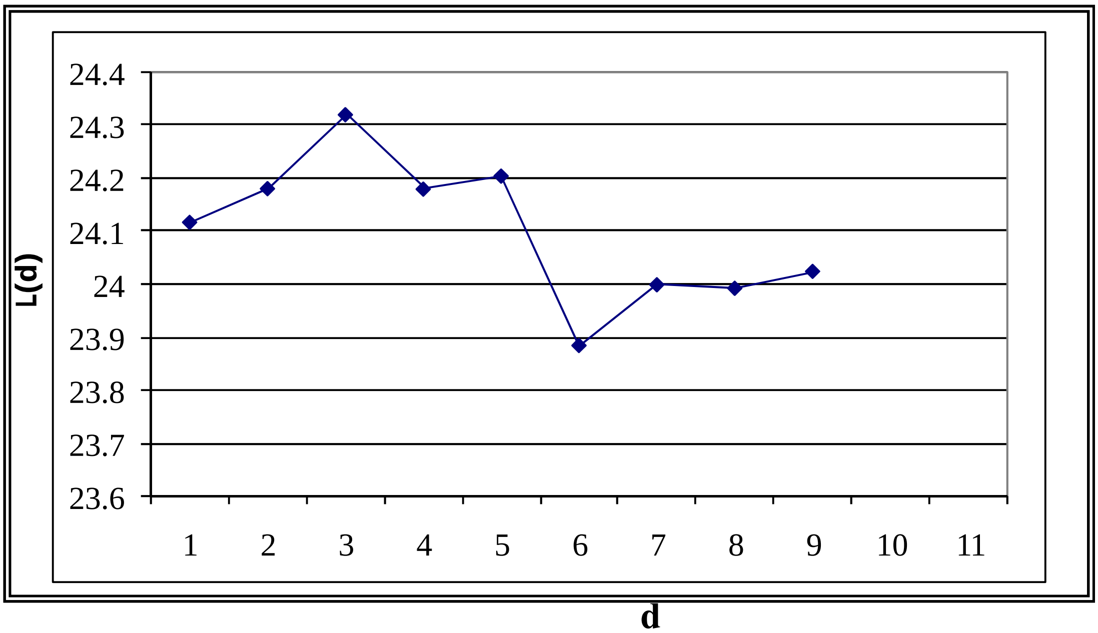
d

الشكل (2): يبين L(d) في النموذج الخطي عند زمن تأخير (5)

أما النموذج غير الخطي فهو بزمن تأخير مقداره (6) كالآتي:

$$y(t) = 0.5\,u(t-6) + (1 + 0.3\exp(-0.1\,u(t-7))u(t-7) + e(t);$$

وعند تطبيق الطريقة المقترحة على النموذج تبين أن زمن التأخير هو (6) فعلا وهو مطابق لما تم افتراضه عند تكوين النموذج باستخدام المحاكاة والشكل الآتي يوضح ذلك:



الشكل (3): يبين L(d) في النموذج غير الخطي عند زمن التأخير (6)

وباستخدام النماذج التي ذكرها الباحثان Thanoon & Ibrahim (1993) وهي كالآتي:

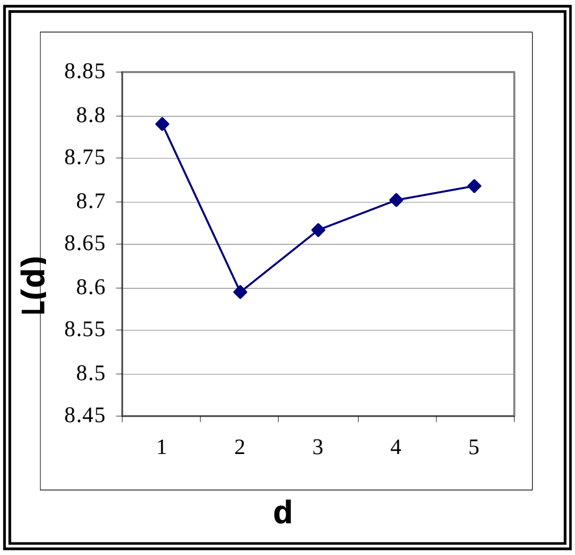
1. $W_t = 1.5\,U_{t-2} + 0.8\,U_{t-3} + N_t$
2. $W_t = 0.4\,U_{t-3} + 0.2\,U_{t-4} - 0.6\,U_{t-3}U_{t-4} + N_t$
3. $W_t = 0.1\,U_{t-1}U_{t-2} + N_t$
4. $U_t = 0.2\,W_{t-3} - 0.1\,W_{t-2}W_{t-3} + Z_t$

وذكر المصدر ان هذه النماذج وباستخدام الطريقة المقترحة من قبلهم اعطت زمن تأخير مطابقا لزمن التأخير الحقيقي عدا النموذج الرابع اذ لم يتمكن من تحديد زمن التأخير الحقيقي للنموذج الذي هو (2) وكذلك بطريقة الارتباط المستعرض.وللتفاصيل انظر (Thanoon & Ibrahim (1993)P.P.92)

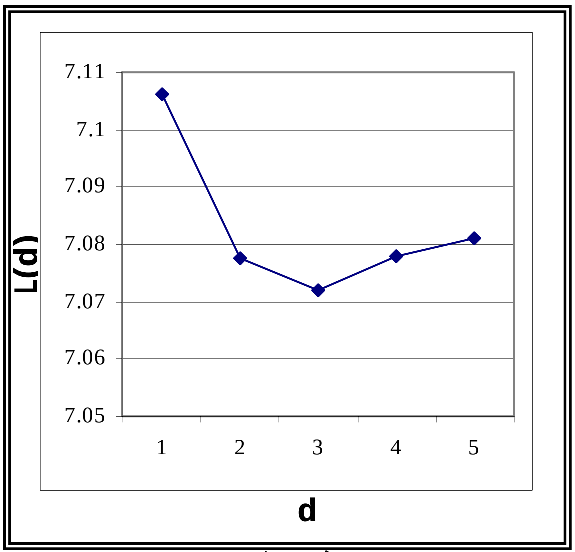
وباستخدام الطريقة التي اقترحناها فقد تم الكشف عن زمن التأخير للنماذج ومن ضمنها النموذج الرابع وبشكل دقيق وكما مبين في النتائج الآتية:

النماذج	زمن التأخير الحقيقي للنماذج	زمن التأخير المقدر حسب الطريقة المقترحة
1.	2	2
2.	3	3
3.	1	1
4.	2	2

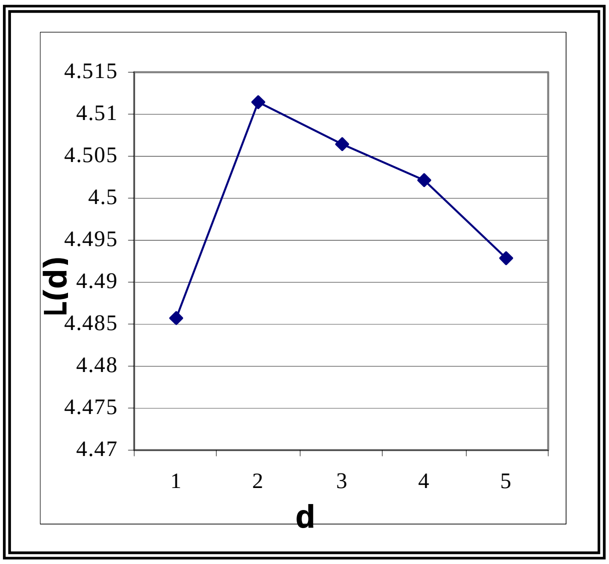
والشكل (4) يوضح ذلك:



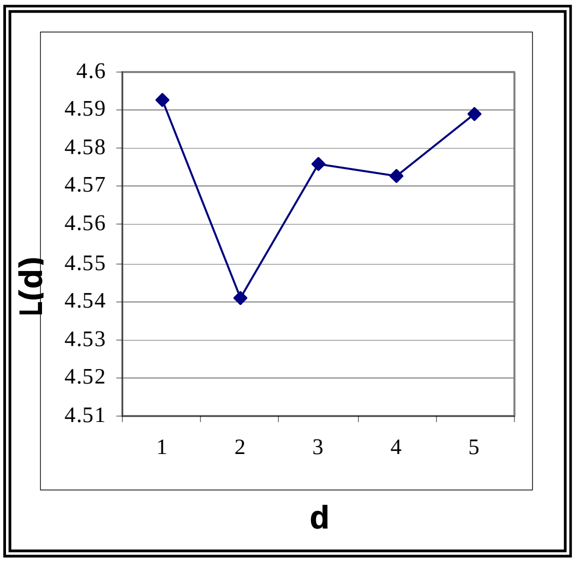
النموذج الأول



النموذج الثاني



النموذج الثالث



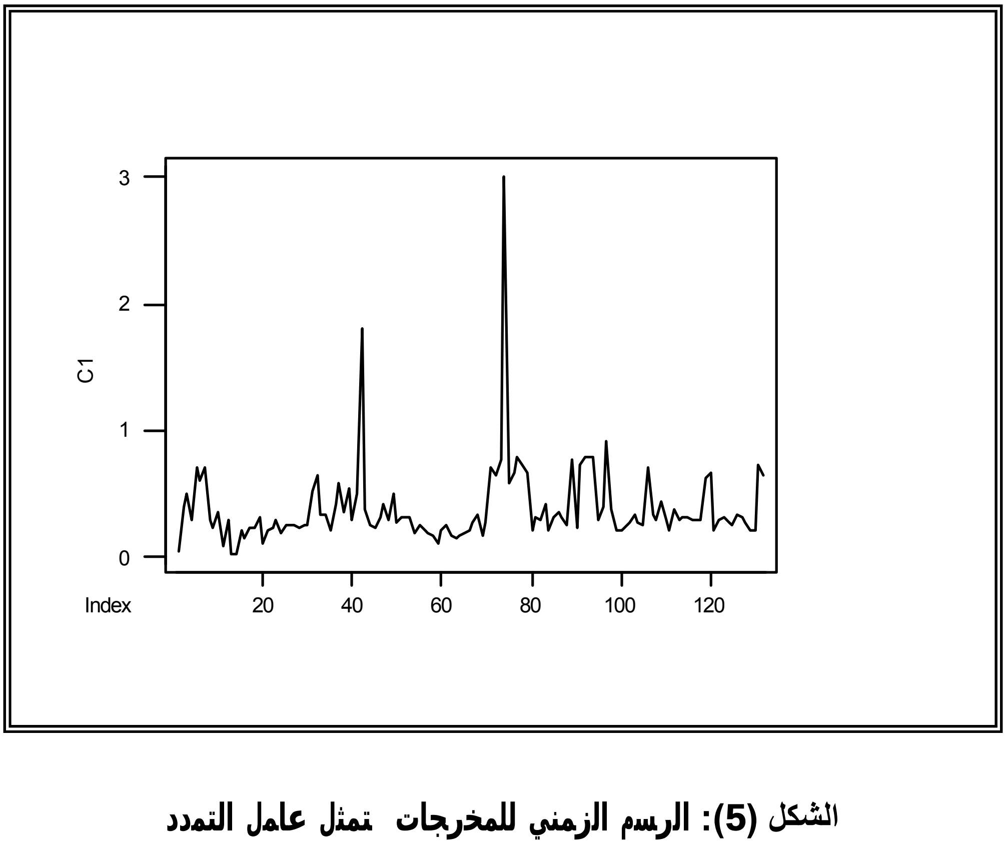
النموذج الرابع

الشكل (4): يبين L(d) للنماذج التي ذكرها المصدر Thanoon & Ibrahim

ب) التطبيق لبيانات حقيقية :

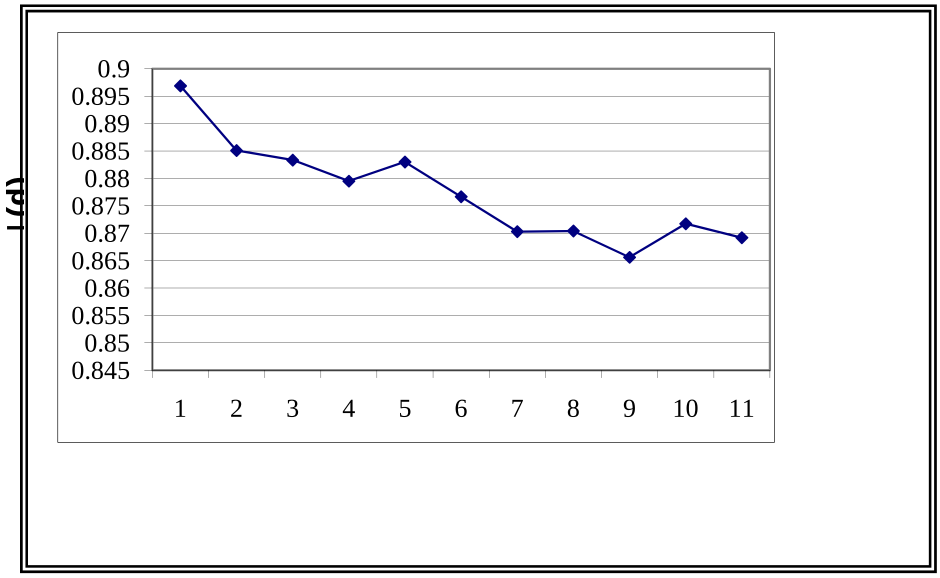
تم استخدام بيانات معمل اسمنت بادوش الواقع غربي الموصل , والذي يستخدم عدة مواد لتكوين مادة الإسمنت التي تستخدم عددا من المدخلات المتمثلة بالمواد الكيمياوية المتوافرة بصورة طبيعية في المادة الأساسية للاسمنت من الحجر والطين مثل ثالث اوكسيد الكبريت واوكسيد المنغنيسيا وغيرهما في حين تقاس المخرجات ضمن مادة الاسمنت مكونة من متغيرات فيزيائية متعددة مثل النعومة وقوة الصلابة والتمدد والتي شخصها باحثون سابقون اذ وجد أن زمن التأخير هو (9)(السبعاوي،2004)

تم اعتماد عامل التمدد كمخرجات في تقدير زمن التأخير حيث ان عدد المشاهدات لعامل التمدد هو 132 مشاهدة ويمكن تمثيل البيانات بالشكل الآتي:



الشكل (5): الرسم الزمني للمخرجات تمثل عامل التمدد

وباستخدام الطريقة المقترحة في البحث تبين أن زمن التأخير في عامل التمدد هو(9) ويمكن ملاحظة قيمة L(d) لعامل التمدد موضحة بالشكل (6):



الشكل (6): يبين L(d) في البيانات الحقيقية لتقدير زمن التأخير

الاستنتاجات

من خلال ما تقدم نستنتج الآتي:

1- أظهرت الطريقة بالاعتماد على أعظم تباعد عن خط الوحدة في الفضاء المغمور ومن خلالها تم تقدير زمن التأخير المناسب بالاعتماد على قيم L(d) بوصفها أصغر قيم مختارة تم حسابها بمعادلة محددة.

2- أظهرت الطريقة المقترحة من خلال تجارب المحاكاة كفاءة عالية ودقة في النتائج وكما موضح عند استخدام النموذج الخطي بزمن تأخير (5) والنموذج غير الخطي بزمن تأخير (6)وكذلك نماذج أخرى فضلا عن سهولة التعامل معها، والتي يمكن

تطبيقها لبيانات خطية وغير خطية ومن ضمنها بيانات فوضوية (Chaotic Data) وتبين ذلك من خلال عملية المحاكاة وكما موضحة في الشكل (3) للنموذج الخطي والشكل(4) للنموذج غير الخطي.

3- أظهرت الطريقة المقترحة دقة في النتائج ايضا من خلال تطبيقها على بيانات حقيقية وهي بيانات معمل اسمنت بادوش وهي نتيجة مطابقة لما شخصه الباحثون مما يدل على صحة النتائج التي تم الحصول عليها ودقة الطريقة المقترحة وكما موضحة في الشكل (6).

4- إن اختيار البعد المغمور m حيث أن ($m \geq 2$) يعتمد على الباحث ويمكن وضع $m = 2$ ، $m = 3$ أو ...، الخ. وبالنسبة لـ d فيمكن الاكتفاء لحد $d = 1,2,...,10$.

المصادر

1. البدراني ،ظافر رمضان مطر ،(2002):"دراسة في تشخيص النظم التصادفية مع إشارة خاصة إلى أسلوب فضاء الحالة والاستقرارية"،أطروحة دكتوراه ،كلية علوم الحاسبات والرياضيات،جامعة الموصل،العراق.

2. السبعاوي ،الهام عبد الكريم حسين ،(2004):"بناء نماذج دالة التحويل للسلاسل الزمنية مع تطبيق"،رسالة ماجستير ،كلية علوم الحاسبات والرياضيات،جامعة الموصل،العراق.

3. Albano,A.M.,Muench,J.,Schwartz,C.,Mess,A.I.,& Rapp,P.E.,-(1988)-"Singularvalue decomposition and Grassberger-Procaccia algo-rithm",Phys.Rev.A38.7013.

4. Aström, K.j., & Wittenmark, B., (1997):"Computer Controlled Systems Theory and Design ", 3rd ed. Prentice Hall Inc. London.

5. Box,G.E.P., & Jenkines,G.M.,(1976):"Time Series Analysis Fore-casting and Control ",Holden Day Inc. 500 Sansome Street San Francisco California U.S.A.

6. Fraser,A.M.,& Swinney,H.L.,(1986):"Independent Coordinates for strange attractors from mutual information",Phys.Rev.A 33(2)-,PP.(1134-1140).

7. Packard,N.H.,Crutchfield,J.P.,Famer,J.D.,& Shaw,R.S.,(1980)-"Geometry from a time series",Phys.Rev.Lett.45(9),PP.(712-716).

8. Pollard, A., (1981):"Process Control", Heinemann Educational Books Ltd. London.

9. Ljung, L., (1995):"System Identification Toolbox for use with MATLAB", The Math works Inc. Natick Massachusetts.

10. Ljung, L., (1999):"System Identification Theory for user", 2nd ed. Prentice Hall Upper Saddle River N.J. London UK.

11. Ljung, L., (2004):"System Identification Toolbox for use with MATLAB", 6.0 Math works Inc.

12. Makridakis, S., Wheelwright, S., & Mcgee, E., (1983):"Fore-casting: Methods and Applications ", 2nd ed. John Wiley & Sons New York U.S.A.

13. Nelles, O.,(2001):"Nonlinear System Identification from Classical Approach to Neural Network and Fuzzy Models", Springer Verlag Belin Heidelberg Germany.

14. Rosenstein, M.T., Collins, C.J., & De Luca, C.J., (1994):"Recon-struction expansion as a geometry based framework for choosing proper delay times", Physical D, 73:82-98.

15. Takens, F. (1981):"Detectin strange attractors in turbulence", In Lecture Notes in Mathematics Vol.898, Dynamecal Systems and Turbulence.Berlin:Springer,PP.(366-381).

16. Thanoon, B.Y., & Ibrahim, H.H.,(1993):"Detection of Delay time in stochastic control systems",Dirasat Vol.20,B,No.3 PP.(84-93).

17. Tong, Howell, (1996):"Non-Linear Time Series a Dynamical System Approach", Oxford University Press Inc.New York, USA.