

## تحليل ديناميكية الطاقة المباعة من خلال دالة النبضة لنموذج بمتغيرات خارجية (ARMAX)

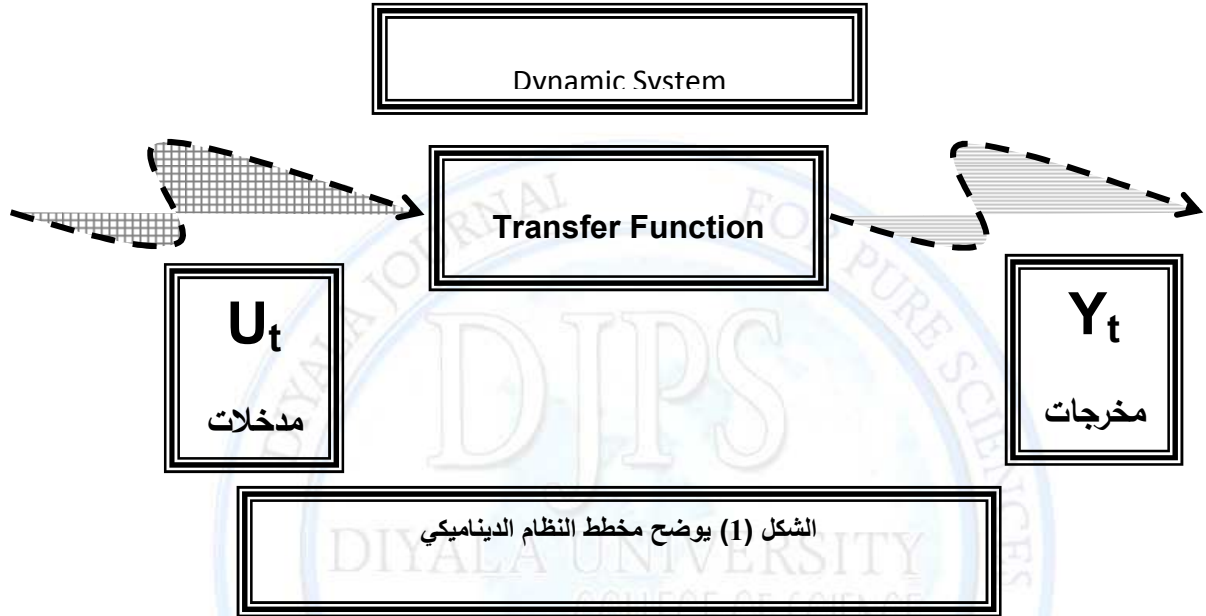
ايفان علاء ناظم

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / دائرة البحث والتطوير / قسم الشؤون العلمية / شعبة الترقيات العلمية

### الملخص

يمكن توضيح ملخص البحث عن طريق عمل قسم المبيعات في الشركة العامة لتوزيع كهرباء بغداد بأنه حيوي وفعل جداً لذا فإنه يحتوي على ثلاث مراحل (طاقة مباعة، قيمة الطاقة المباعة، النقد المستلم) وتم بناء نموذج للطاقة المباعة باستخدام منهجية بوكس-جنكنز ومقارنته مع أنموذج الشبكات العصبية الاصطناعية ومن خلال الشبكة العصبية تم التعرف على ديناميكية الطاقة المباعة وتأثيرها على الأشهر، والتعرف أيضاً على الضياعات (الفقدان) من الطاقة المباعة ومعالجتها. الجانب النظري/مقدمة: إن مشكلة تصميم نظام سيطرة جيد بالأساس هو الوصول إلى الميزات الديناميكية للعملية المراد تحليلها أو السيطرة عليها، أو بمعنى آخر معرفة المؤثرات والخواص للعملية الديناميكية، حيث الاقتراب إلى دوامة الأداء التي يمكن تصميم منها نظام (النموذج الرياضي) يعكس العملية الديناميكية، والنظام (النموذج) المصمم يجب أن يمثل على شكل علاقات رياضية إحصائية؛ مثل السلاسل الزمنية (Time Series) والمعادلات التفاضلية ذات الوقت المستمر (Continuous Time Differential Equations) ومعادلات الفروق (Difference Equations) ومعادلات التحويل المستمرة أو المتقطعة (Continuous Or Discrete Transfer Functions) (2) وغيرها، ومن الصعوبة التطورات التي تطرأ على الأنظمة تجعلها مدخلات ومخرجات (Input & Output) أي صندوق اسود (Black-Box) حيث لا يمكن فهم العلاقات إلا عن طريق تمثيل البيانات بالعينات ومحاكاتها للوصول إلى عمليات أنظمة السيطرة الديناميكية.

1- الأنظمة الديناميكية: لكل نظام مدخلات و مخرجات، حيث تمر المدخلات خلال عدة مراحل لتصبح مخرجات، و لكل مرحلة من مراحل النظام الديناميكي دالة تحويل (Transfer Function) تمر بها المدخلات لنحصل جزاء تشغيل النظام في النهاية على المخرجات، و المخطط التالي يوضح هيكل النظام الديناميكي:



2

نماذج دالة التحويل ذات الوقت المتقطع: Discrete-Time Transfer function models 1-2-1 الأنظمة الخطية (مدخل-أحادي مخرج- أحادي) Single-input Single output(SISO) Linear system وتستخدم هذه الأنظمة في كثير من مراكز الخدمة حيث يمكن تمثيلها عن طريق دالة تحويل لابلاس ( Laplace Transfer Function) أو (LTF) و الحالة العامة للنموذج ممثلة في المعادلة الآتية(2):

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = G(s) = \frac{\bar{B}(s)e^{-T_d s}}{A(s)} \dots\dots(1)$$

وبعد الاشتقاق نحصل على الصيغة النهائية في المعادلة الآتية:

$$Y(t) = \beta_0 u(t-k) + \beta_1 u(t-k-1) + \beta_2 u(t-k-2) + \dots \dots\dots(2)$$

حيث U(s):مدخلات، Y(s):مخرجات، A(s),B(s): حدود متعددة إلى عملية لابلاس

## Multi-input Single output(MISO)

## 2-2 عدة-مداخل مخرج-أحادي

وتستخدم هذه الأنظمة في كثير من مراكز متعددة خطوط للخدمة حيث يمكن تمثيلها عن طريق دالة تحويل لابلاس (Laplace Transfer Function) و الحالة العامة للنموذج ممثلة في المعادلة الآتية(2):

$$A(s)Y(s) = s^{-k}B(s)U(s) + s^{-1}D(s)V(s) \quad \dots\dots(3)$$

وبعد الاشتقاق نحصل على الصيغة النهائية في المعادلة الآتية:

$$Y(s) = s^{-k}\beta(s)U(s) + s^{-1}\alpha(s).V(s) \quad \dots\dots(4)$$

حيث U(s):مدخلات، Y(s):مخرجات،  $\alpha(s), V(s), D(s)$ :حدود متعددة إلى عملية لابلاس

3 نماذج السلاسل الزمنية : Time Series models تعتمد منهجية السلاسل الزمنية لمنذجة سلوك مستقل لظاهرة معينة خلال فترة زمنية سابقة لبعض الحالات الاقتصادية، الاجتماعية، الإحصائية(8) ومن نماذج السلاسل الزمنية منهجية بوكس - جنكنز :

## 1-3 أنموذج الانحدار الذاتي:Auto-Regressive(AR) Model

ومن إحدى نماذج السلاسل الزمنية البسيطة حيث قيم الظاهرة الحالية هي عبارة عن دالة لقيم ظاهرة سابقة والتعبير عنها

$$Ay(t) = \xi(t) \dots\dots(5)$$

بالمعادلة يكون (2):

حيث إن  $\xi(t)$  هي مكونة لحساب العلاقات العشوائية على افتراض أنها تتوزع طبيعياً بمتوسط (صفر) وتباين  $(2\sigma)$  وأن (y) سلسلة عشوائية و(A) هو السلسلة الزمنية لكن بالرجوع الوراء فترة زمنية واحدة، أما المعادلة يكون شكلها بالحدود المتعددة كالتالي:

$$y(t) = -a_1y(t-1) - a_2y(t-2) - \dots - a_{N_A}y(t-N_A) + \xi(t) \dots\dots(6)$$

حيث يرمز لنموذج الانحدار الذاتي (AR(NA)) وتعني أن النموذج برتبة (NA).

## 2-3 أنموذج الأوساط المتحركة : Moving - Average (MA) Model

نفترض أن النموذج من الانحدار الذاتي من الرتبة الأولى (AR(1)) حيث النموذج يمثل بالشكل التالي:

$$y(t) = \phi y(t-1) + \xi(t) \dots \dots \dots (7)$$

وإذا عدنا إلى الوراء رتبة واحدة فسوف تكون المعادلة

$$y(t-1) = \phi y(t-2) + \xi(t-1) \dots \dots \dots (8)$$

وبالتعويض معادلة (8) في المعادلة (7) نحصل على

$$y(t) = \xi(t) + \phi \xi(t-1) + \phi^2 y(t-2) \dots \dots \dots (9)$$

وبالاستمرار في التعويض نحصل على المعادلة العامة للأوساط المتحركة:

$$y(t) = \xi(t) + \phi \xi(t-1) + \dots + \phi^{t-2} \xi(2) + \phi^{t-1} \xi(1) + \phi^t y(0) \dots \dots \dots (10)$$

لذلك فإن  $y(t)$  يمكن التعبير عنها أنها مجموعة أوزان لكل المكونات السابقة لـ  $(\xi)$  والقيمة الابتدائية  $y(0)$ ، فإذا كانت القيمة الابتدائية تساوي صفر فيمكن كتابة المعادلة بالشكل التالي:

$$y(t) = C \xi(t) \dots \dots \dots (11)$$

حيث (C) حد متعدد من مشاهدات السلسلة لفترات سابقة حيث  $(z-1=y(t-1))$

$$C = 1 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2} + \dots + c_{NC} z^{-NC}$$

حيث يرمز لنموذج الأوساط المتحركة (MA(NC)) وتعني أن النموذج برتبة (NC).

### 3-3 نموذج الانحدار الذاتي والأوساط المتحركة: Auto-Regressive Moving-Average (ARMA) Model

يمكن الحصول على الانحدار الذاتي والأوساط المتحركة من خلال دمج (AR(1)) مع (MA(1)) نموذج الانحدار الذاتي من الرتبة الأولى (AR(1))

$$y(t) + y(t-1) = \xi(t)$$

نموذج الانحدار الذاتي من الرتبة الأولى (MA(1))  $y(t) = \xi(t) + \phi \xi(t-1)$

$$y(t) + \frac{\phi}{2} y(t-1) = \xi(t) + \frac{\phi}{2} \xi(t-1) \longrightarrow \left(1 + \frac{\phi}{2} z^{-1}\right) y(t) = \left(1 + \frac{\phi}{2} z^{-1}\right) \xi(t)$$

نحصل على

$$Ay(t) = C\xi(t) \dots \dots \dots (12)$$

حيث يمكن التعبير عنها بشكل عام

حيث يرمز لنموذج الانحدار الذاتي والأوساط المتحركة ((ARMA(NA, NC) وتعني أن النموذج برتبة (NA, NC).

3-4 أنموذج الانحدار الذاتي و الأوساط المتحركة مع متغيرات خارجية(2):

Autoregressive Moving Average with Exogenous Variables (ARIMAX):

إن عملية الانحدار الذاتي (AR) أو عملية الأوساط المتحركة (MA) أو عملية الانحدار الذاتي و الأوساط المتحركة

(ARMA)(24) هي عمليات تكوّن متسلسلات عشوائية من المخرجات (Y(t)) و الخطاء (e(t))، و قبل بناء أنموذج

للسيطرة يجب تحديد المتغيرات الخارجية التي تؤثر على السلسلة الزمنية لتوضيح سلوك العملية، و صيغة أنموذج السلاسل

الزمنية عندما يتضمن المتغيرات الخارجية (ARMAX) (1) هي:

$$AY(t) = Bu(t - k) + C\xi(t) \dots \dots \dots (13)$$

حيث إن (A) يمثل مركبة السلسلة الزمنية لفترات سابقة التي تتأثر بها، أو بمعنى آخر هو الانحدار الذاتي للسلسلة نفسها. أما

(B) فيمثل الفترات السابقة للمتغيرات الخارجية التي تؤثر على السلسلة الزمنية. أما (C) فهو عبارة عن الأوساط المتحركة

لمركبة الخطاء العشوائي التي تؤخذ بعين الاعتبار أنها تؤثر على السلسلة الزمنية، والمعادلة (13) تستخدم في السيطرة على

نموذج الانحدار الذاتي والأوساط المتحركة وصيغتها (CARMAX)(2)

و الصيغة العامة في حالة أخذ الفرق لعدة فترات لمركبة الخطاء العشوائي التي يرمز لها (ARIMAX) هي(1):

$$Y(t) = \frac{B}{A}u(t - k) + \frac{C\xi(t)}{A\Delta^n} \dots \dots \dots (14)$$

حيث (n) تمثل عدد الفترات السابقة التي تؤثر على السلسلة الزمنية و (B,C) الفرق الذي يؤخذ للسلسلة لتلك الفترات. و

بالإمكان إضافة متغيرات خارجية أخرى إذا كانت تؤثر على السلسلة الزمنية، و يمكن استخدام السلاسل الزمنية لمنذجة

الأنظمة اللاخطية مع متغيرات خارجية، و العلاقة اللاخطية لمنهجية (ARIMA) مع متغيرات خارجية: (Non-Linear

(ARIMA) with Exogenous Variables Models)) يمكن أن تكتب ضمناً (NARIMAX)(1)، وبالإمكان استخدام

الشبكات العصبية الاصطناعية لأنها مباشرة تعالج اللاخطية في البيانات.

## 4- الشبكات العصبية الاصطناعية (1) : Artificial Neural networks

أن عمل الشبكات العصبية الاصطناعية هو الاستمرار في محاكاة (6) البيانات للوصول إلى أنموذج غرضه التحليل، التصنيف، التنبؤ أو أي معالجة أخرى دون اللجوء إلى أنموذج مقترح مسبقاً لهذه البيانات حيث تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) هي حالة ذكية من نظرية الشبكات في عملية التعلم على البيانات و تخزين و بث المعلومات في الشبكة العصبية الاصطناعية.

## 4-1 هيكل الشبكة العصبية الاصطناعية Artificial Neural Network Structure

تتكون الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) (5) من ثلاث مستويات وهي: مستوى المدخلات (Input Level): و يحتوي على عدد من العقد التي تمثل عدد المتغيرات المستقلة. مستوى المخفي (Hidden Level): قد يكون في الشبكة أكثر من مستوى مخفي واحد و يرتبط مع مستوى المدخلات والمخرجات، و الشبكة التي تحتوي على مستوى مخفي واحد تسمى (Single-Layer Network) أما الشبكة التي تحتوي على أكثر من مستوى مخفي واحد فتسمى (Multi-Layer Network). مستوى المخرجات (Output Level): هو عبارة عن مخرجات الشبكة العصبية الاصطناعية. و يتضمن كل مستوى من المستويات الثلاثة أنفة الذكر على: العقد (Nodes) : هي نقاط الارتباط العصبي بين مستويات الشبكة العصبية. ب-المستوى (Level) : هي مجموعة من العقد التي تستلم المدخلات ولها مخرجات. الأوزان (Weights): توضح الأوزان مدى قوة الارتباط العصبي بين مستويات الشبكة العصبية حيث إن كل عقدة لها وزن يربطها مع المستوى السابق و وزن يربطها مع المستوى اللاحق، و تحتوي الشبكة العصبية على ثلاثة طبقات من الأوزان هي:

طبقة أوزان مستوى المدخلات والمستوى المخفي Input to Hidden Weight

طبقة أوزان بين المستويات المخفية.

طبقة أوزان المستوى المخفي ومستوى المخرجات Hidden to Output Weight

2-4 منهجية الانتشار العكسي للخطأ: Error Back-Propagation Approach

إن الغرض من تدريب الشبكة العصبية وفق منهجية الانتشار العكسي للخطأ هو للحصول على أوزان مثلى التي تعطي أقل خطأ بين مخرجات الشبكة العصبية و بيانات السلسلة حيث نستخدم هذه الأوزان لحساب التنبؤات لبيانات جديدة لم يسبق للشبكة العصبية أن تدرت عليها.

3-4 خوارزمية الانتشار العكسي للخطأ: Error Back-Propagation Algorithm إن خوارزمية الانتشار العكسي للخطأ تمثل بالخطوات التالية (6):

توليد قيم ابتدائية (أولية) لأوزان الطبقات من إحدى التوزيعات الإحصائية.

تستمر الخطوات الآتية بالتنفيذ إلى أن نصل إلى المعايير الموضوعية:

عملية المرور الأمامي (Forward Pass): هي حساب قيم مخرجات العقد المخفية لاستخدامها في حساب مخرجات الشبكة العصبية.

عملية المرور الخلفي (Back Pass): هي لحساب مشتقات الخطأ من عقد لمخرجات والعقد المخفية ولإستخدامها في تحديث أوزان الطبقات.

تحديث أوزان طبقات الشبكة العصبية (Updating Weights): إن تحديث أوزان الطبقات يعتمد على وجود المشتقة للخطأ ومعدل التعلم و الزخم و مقدار التغير في الوزن السابق.

واختبار الشبكة: هو إدخال بيانات جديدة لم يسبق أن تدرت عليها الشبكة و مقارنة النتائج مع نتائج البيانات التي تدرت عليها الشبكة.

استخدام الشبكة العصبية لأغراض التنبؤ أو التصنيف أو تقريب الدوال.

1-4 عملية الانتشار العكسي للخطأ من حساب المخرجات و حساب مشتقة الخطأ و تحديث الأوزان:

Output computing and Error Derivative and Updating Weights processes:

1-1-4-1 المرور الأمامي (Forward Pass):

$$h_j = 2 / (1 + \exp(-\sum_{i=1}^j x_i * w_{ij})) - 1 \dots\dots\dots (15)$$

تستخدم عملية المرور الأمامي لحساب قيم العقد المخفية (hj) من المعادلة التالية(6):

حيث ان (xi) هي قيمة المدخلات و (wij) هي أوزان طبقة المستوى (مدخلات-المخفي)، و بعد حساب (hj) تحسب

قيمة عقد المخرجات أي مخرجات الشبكة، من المعادلة التالية:

$$y_k = 2 / (1 + \exp(-\sum_{j=1}^k h_j * w_{jk})) - 1 \dots\dots\dots (16)$$

أما (yk) فهي قيمة مخرجات الشبكة و (wjk) فهي أوزان طبقة المستوى (المخفي- المخرجات).

2-1-4-2 المرور الخلفي (Back Pass):

يستفاد من عملية المرور الخلفي هو حساب قيمة مشتقة الخطأ لكل من المستوى المخفي و مستوى المخرجات لتحديث أوزان

الشبكة(6)، حيث إن مشتقة الخطاء لعقد المخرجات هي:

$$\sigma_k = \partial E_k / \partial net_k \dots\dots\dots (17)$$

في حالة كون المخرجات خطية فالمشتقة تكون:

$$\sigma_k = E_k \dots\dots\dots (18)$$

أما في حالة كون المخرجات لا خطية فالمشتقة تكون:

$$\sigma_k = E_k * y_k * (1 - y_k) \dots\dots\dots (19)$$

حيث (σk) هي قيمة المشتقة لعقد المخرجات (k) و (Ek) هو خطأ عقد المخرجات (k)، و لحساب مشتقة العقد المخفية

(hj) فهي كالتالي:

$$\sigma_j = \partial E_j / \partial net_j \dots\dots\dots (20)$$

حيث تحسب مشتقة العقد المخفية بالاعتماد على مشتقة عقد المخرجات لعدم توفر قيم معيار للعقد المخفية للمقارنة و

حساب الخطأ ثم حساب مشتقة الخطأ من خلالها، و المعادلة التالية توضح كيفية حساب مشتقة العقد المخفية:

$$\sigma_j = h_j * (1 - h_j) * (\sum_k (\sigma_k w_{jk})) \dots\dots\dots (21)$$



## 3-1-4 تحديث الأوزان (Updating Weights):

هي عملية حساب و تسجيل مقدار التغير في الوزن لكل وزن في طبقات الشبكة، و تبدأ عملية تحديث الأوزان لطبقة أوزان مستوى (المدخلات-المخفي) (6) أولاً ومن ثم تحديث أوزان طبقة مستوى (المخفي-المخرجات)، حيث إن تحديث الوزن هو إضافة مقدار التغير للوزن. وإن مقدار التغير لطبقة أوزان المستوى (المدخلات-المخفي) هو:

$$\Delta w_{ij} = (\eta * \sigma_j * x_i) + \alpha * \Delta w_{ij}^{(previous)} \dots\dots\dots(22)$$

أما التغير لطبقة أوزان المستوى (المخفي-المخرجات) هو:

$$\Delta W_{jk} = (\eta * \sigma_k * h_j) + \alpha * \Delta W_{jk}^{(previous)} \dots\dots\dots(23)$$

حيث أن

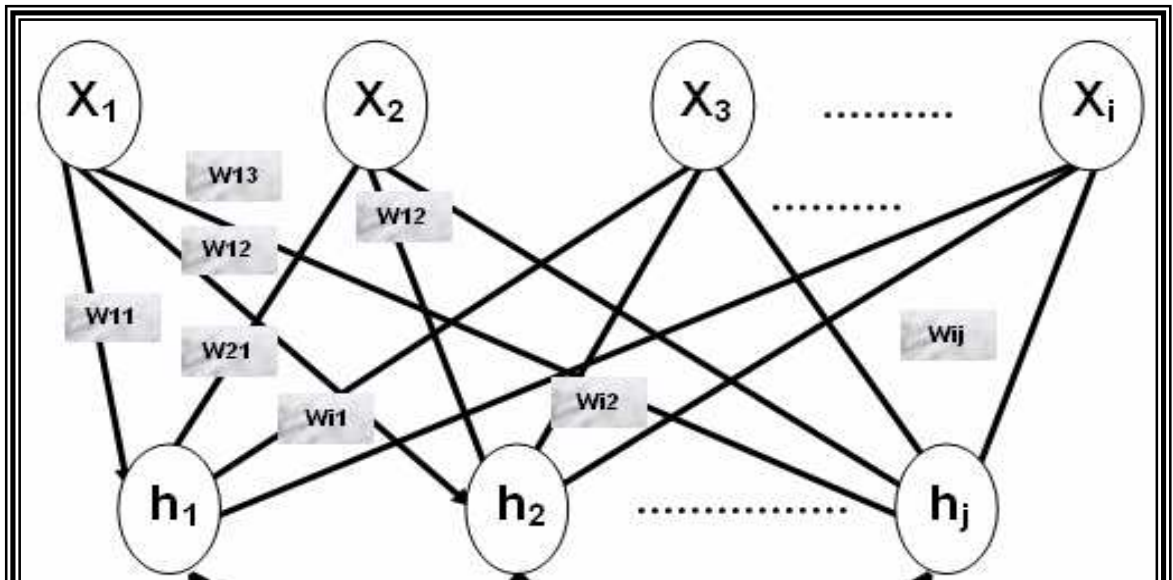
$\eta$ : معدل التعلم.

$\sigma$ : مشتقة الخطاء.

$\alpha$ : الزخم

$\Delta w_{jk}$ : مقدار التغير في الوزن.

والمخطط ادناه يوضح عملية الانتشار العكسي (Back-Propagation) عن طريق المستويات الموضحة في الشكل:





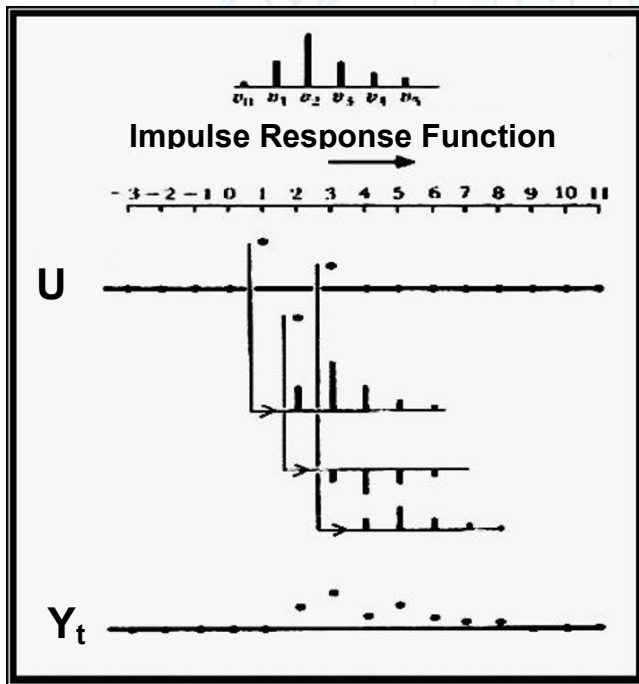
5- دالة الاستجابة النبضية: Impulse Response Function

هي دالة تُظهر السلوك الديناميكي للنظام و تُظهر أي تغيير يحدث عند تشغيل النظام، وهي توضح مدى (3) التأثير عند إدخال دفعة واحدة (نبضة أو صدمة) بحجم معين داخل النظام في الزمن ( t ) وتظهر التأثيرات في الزمن (t+n) مع العلم لا توجد دفعات أخرى في النظام، ودالة الاستجابة النبضية هي مقياس لاستجابة المخرجات عند إجراء تغييرات للمدخلات، على سبيل المثال الصيغة التالية تمثل دالة الاستجابة النبضية (IRF).

$$y(t) = v_0 + v_1 z_{t-1} + v_2 z_{t-2} + v_3 z_{t-3} + v_4 y_{t-1} + \zeta(t) \dots (15)$$

و الشكل (3) يوضح دالة الاستجابة النبضية(4):

والمصفوفة أدناه تمثل الحالة العامة للنبضة:



$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots \end{bmatrix} =$$

الشكل (3) يوضح دالة الاستجابة النبضية

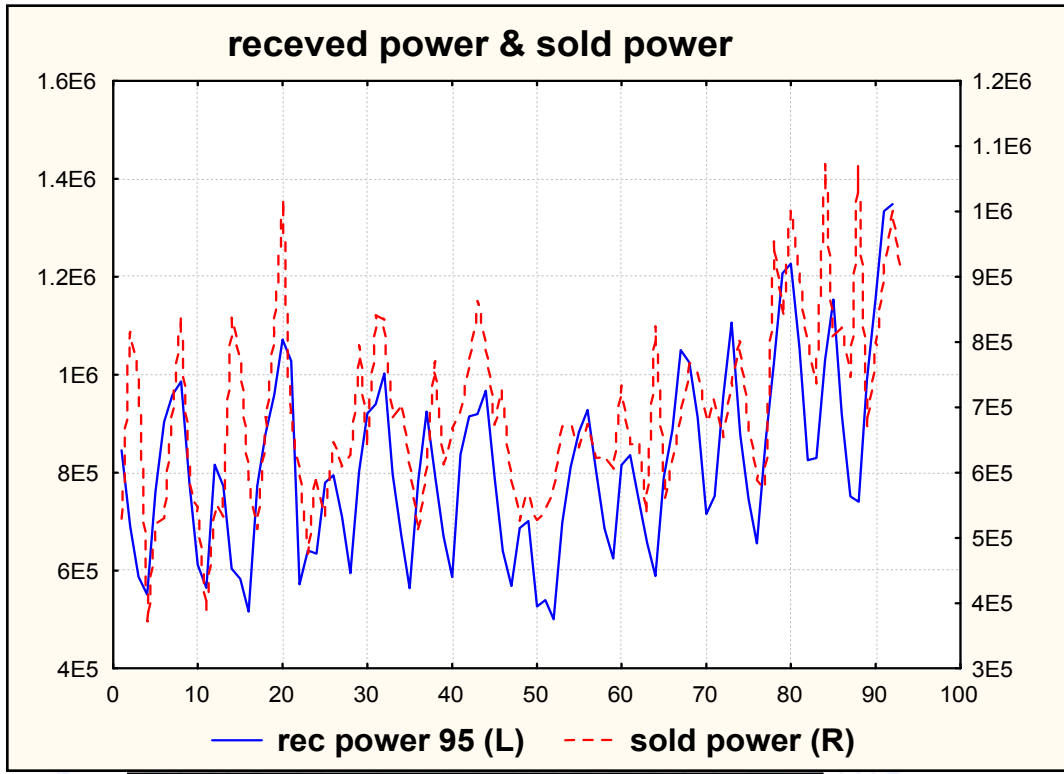
الجانب التطبيقي / نبذة مختصرة: إن الشركة العامة لتوزيع كهرباء بغداد من الشركات المهمة في القطر، إذ تقوم بإيصال الطاقة الكهربائية إلى المشتركين، ويتلخص عمل الشركة باستلام الطاقة الكهربائية من الشركة العامة لتوليد الطاقة

الكهربائية وتوزيعها إلى المشتركين عبر محطات التحويل وشبكات التوزيع، حيث ينقسم نشاط المبيعات (الذي هو أحد تشكيلات أقسام الشركة)، إلى جزئين، الأول هو قراءة مقاييس المشتركين و إصدار قوائم الكهرباء لهم على شكل دورات، أما الجزء الثاني فهو جباية أجور هذه القوائم من خلال الدفع ألقوعي أو من خلال مراكز الجباية المنتشرة في بغداد، ويحتوي نشاط المبيعات على خمسة أصناف من المشتركين ونسبة كل منهم موضحة في الجدول رقم (1).

ينقسم عمل نشاط المبيعات إلى ثلاثة مراحل الأولى هي حساب الطاقة المباعة والثانية حساب قيمة الطاقة المباعة والثالثة استلام أجور الطاقة المباعة (النقد المستلم)، وهدفنا في البحث هو تحديد المتغيرات الخارجية و نمذجة الطاقة المباعة (أي المرحلة الأولى) حيث يعتبر النموذج هو دالة تحويل (Transfer Function) وهو جزء من العملية الديناميكية، ومعرفة مدى تأثير الطاقة المباعة بالمتغيرات الخارجية عن طريق دالة الاستجابة النبضية (Impulse Response Function)، وبعد دمج الطاقة المباعة للأصناف بمتجه واحد يتم بناء نموذج له.

| الأصناف                             | النسبة المئوية |
|-------------------------------------|----------------|
| منزلي                               | 64%            |
| تجاري                               | 8%             |
| صناعي                               | 1%             |
| حكومي                               | 15%            |
| زراعي                               | 12%            |
| الطاقة المستلمة                     | 100%           |
| الجدول (1) نسبة أصناف نشاط المبيعات |                |

إن رسم مقطع بيانات الطاقة المستلمة والطاقة المباعة من سنة 1997 الى 2001 في الشكل التالي:

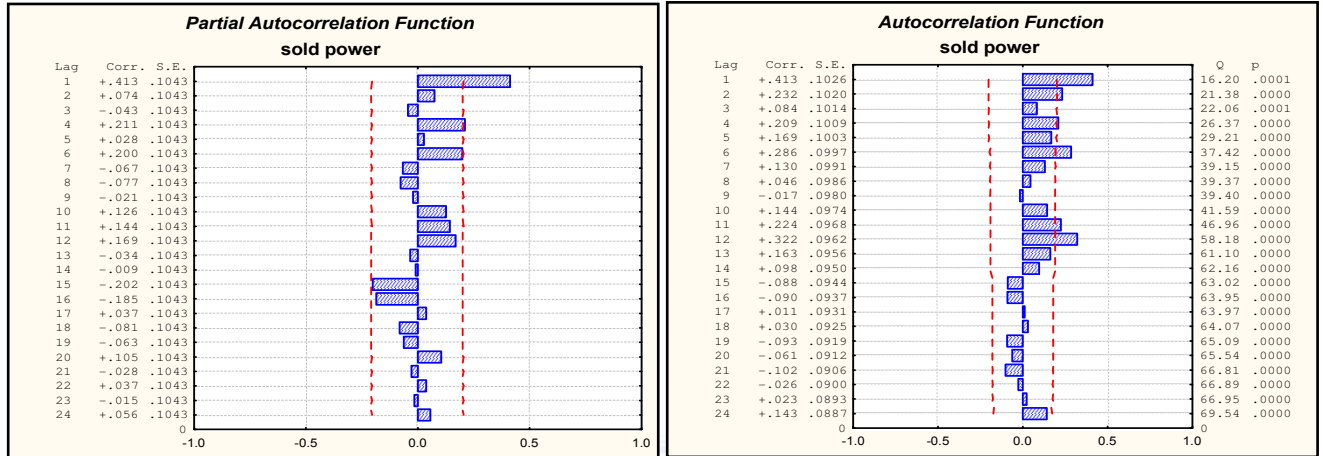


الشكل (4) يوضح رسم سلسلتي الطاقة المستلمة والمباعة

عند استخدام منهجية بوكس-جنكنز بمتغيرات خارجية (ARMAX) في حل و تشخيص نموذج للطاقة المباعة

فحصل على النموذج بتطبيق خطوات المنهجية وهي اختبار البيانات وفحص استقراريتها وتشخيص النموذج وتقييم النموذج

والنتيئة بالنموذج، واختبار البيانات يمكن ملاحظة ذاتي الارتباط الذاتي والجزئي لتشخيص نموذج وكما في الشكل (5):

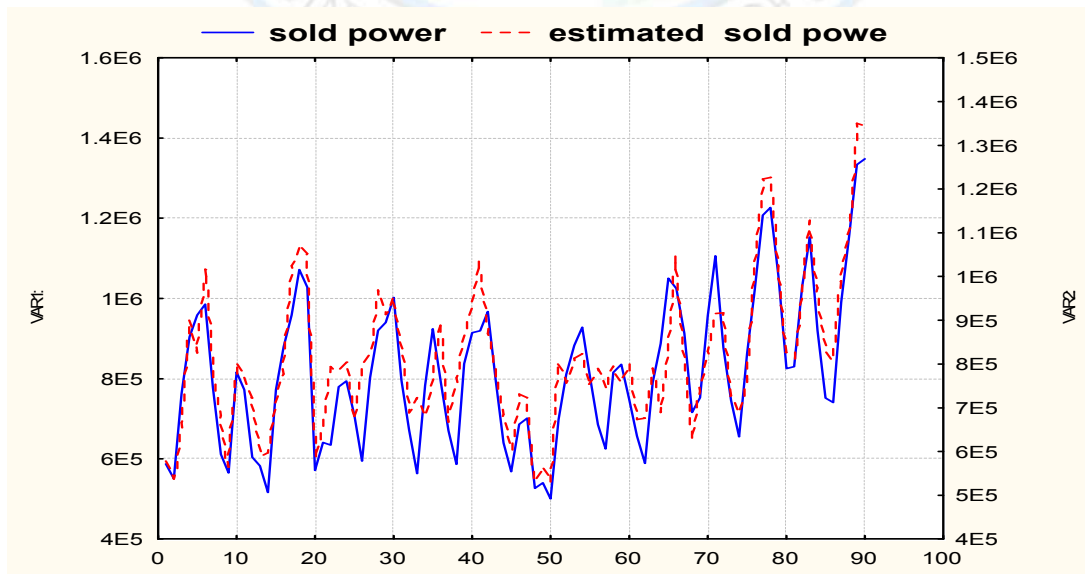


الشكل (5) يوضح رسم دالتي الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي

والنموذج المقترح الذي يعطي افضل معايير احصائية هو (ARMA(1,0,0)(1,0,0)12) والمعالم التي تم تقديرها

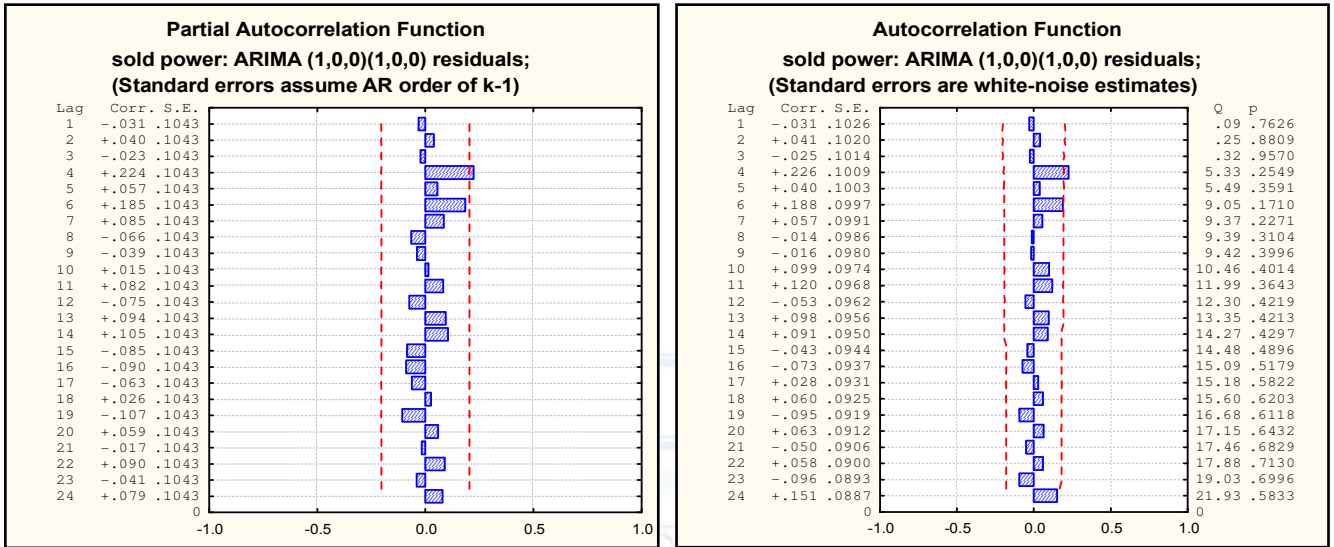
عن طريق البرنامج الجاهز (Statistica 6.5) هي كما موضح في الجدول ادناه:

|                        |          |          |            |
|------------------------|----------|----------|------------|
| Parameters             |          | me       | -63968     |
| Constant               | 689703.9 | mae      | 65902      |
| p(1)                   | 0.38     | mse      | 5233364402 |
| Ps(1)                  | 0.377    | mape     | 10.84      |
| Using Statistica 6.0.5 |          | gmape(1) | 9.53       |



الشكل (6) يوضح رسم سلسلة الطاقة المباعة والتقديرية

ونلاحظ البواقي في دالتي الارتباط الذاتي والجزئي وكما في الشكل (7):



الشكل (7) يوضح رسم دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للبواقي

وعند استخدام منهجية الشبكات العصبية نلاحظ الشكل (4) يبين ان السلسلتان متقاربتان في السلوك لكن الطاقة المستلمة تعتبر متغير خارجي أو بمعنى اخر فهي مدخلات العملية الديناميكية بالنسبة للطاقة المباعة، وذلك لأن بيانات الطاقة المستلمة هي من شركة توليد الطاقة الكهربائية، أما بيانات الطاقة المباعة فهي عملية قراءة مقياس الكهرباء التي يقوم بها نشاط المبيعات، ولمعرفة مدى الارتباط بين السلسلتين يمكن تمثيل دالة ارتباط النقاط وكما في الشكل (8) وكالتالي:

