

#### 4-1 مقدمة:

يتضمن هذا الفصل اي العوامل اكثر وكذلك تقييم كفاءة للشبكات العصبية للجانب التطبيقي في الاطروحة، اذ تم دراسة وتقييم تأثيراً على كفاءة تدريب الشبكة العصبية الاصطناعية. الطرائق المعتمدة "الاسلوب المعدل والتقليدي الاصطناعية واسلوب بوكس-جنكينز" وتشخيص الافضل

(من خلال معايرة النتائج) في مرحلتي التوفيق وما بعد العينة لسلسلة صادرات النفط الخام في المملكة العربية السعودية. فضلا عن التنبؤ بالقيم المستقبلية لصادرات النفط الخام السعودية للفترة القادمة (سبعة

48.5	4.0%	Algeria	12.2	1.0%
37.1	3.1%	Angola	9.1	0.8%
25.2	2.1%	Ecuador	8.2	0.7%

سنوات).

#### 4-2 بيانات البحث:

يعد النفط الخام احد أهم مصادر الطاقة في العالم، ويشكل سلعة إستراتيجية دولية تتضمن قيمة اقتصادية عالية. وتتأى أهمية النفط الخام من الوفرة النسبية وتركيزه للطاقة وكفاءته وسهولة نقله وتوزيعه. وتعد المملكة العربية السعودية من اهم الدول المنتجة والمصدرة للنفط الخام في منطقة الشرق الأوسط والعالم وأكثرها استقراراً لذلك تم اعتمادها في الجانب العملي، وحسب احصائية منظمة اوبك لعام 2013 فإن احتياطي النفط الخام السعودي يتصدر دول الشرق الاوسط والثاني عالمياً والمخطط الاتي يبين حصة اوبك من احتياطي النفط الخام في العالم ونسبة الدول المنتجة في المنظمة.

مخطط (1-4) يبين حصة اوبك من احتياطي النفط الخام في العالم

وفيما يلي وصفاً للبيانات<sup>ii</sup> التي تبين إنتاج وتصدير النفط الخام للمملكة العربية السعودية للفترة 1981-2011 المعتمدة من قبل وزارة البترول والثروة المعدنية السعودية وإدارة معلومات الطاقة في الولايات المتحدة Unit States energy information Administration<sup>iii</sup>. وقسمت البيانات الى مرحلتين هما مرحلة التوفيق "Curve fitting" ومرحلة ما بعد العينة "Sample Post" (هي البيانات التي تجمع بعد بيانات مجموعة العينة التي استخدمت في تقدير النموذج وذلك لتقييم كفاءة نموذج التنبؤ)، وبسبب محدودية البيانات<sup>iii</sup>، تغطي مرحلة التوفيق الفترة 1981-2009 ومرحلة ما بعد العينة تغطي الفترة 2010-2011 (وذلك بسبب محدودية البيانات).

جدول (1-4) يمثل إنتاج وتصدير النفط الخام للسعودية

Export	Production	Year
3,291.50	3,579.90	1981
2,058.40	2,366.40	1982
1,431.10	1,656.90	1983
1,137.90	1,515.20	1984
760.3	1,142.80	1985
1,308.10	1,752.10	1986
968.2	1,502.30	1987
1,245.50	1,845.60	1988
1,217.50	1,848.50	1989
1,642.40	2,340.50	1990
2,382.10	2,963.00	1991
2,410.00	3,049.40	1992
2,296.90	2,937.40	1993
2,275.30	2,937.90	1994
2,296.10	2,928.50	1995

ii آخر تحديث للبيانات في تشرين الاول "اكتوبر" 2013

iii يبلغ طول السلسلة 31 مشاهدة.

Export	Production	Year
2,236.00	2,965.50	1996
2,257.30	2,924.30	1997
2,332.50	3,022.30	1998
2,087.70	2,761.10	1999
2,282.40	2,962.60	2000
2,203.10	2,879.50	2001
1,928.90	2,589.00	2002
2,380.90	3,069.70	2003
2,486.80	3,256.30	2004
2,631.20	3,414.00	2005
2,565.70	3,360.90	2006
2,541.20	3,217.80	2007
2,672.40	3,366.50	2008
2,287.70	2,987.20	2009
2,425.10	2,980.40	2010
2634.6	3398.5	2011

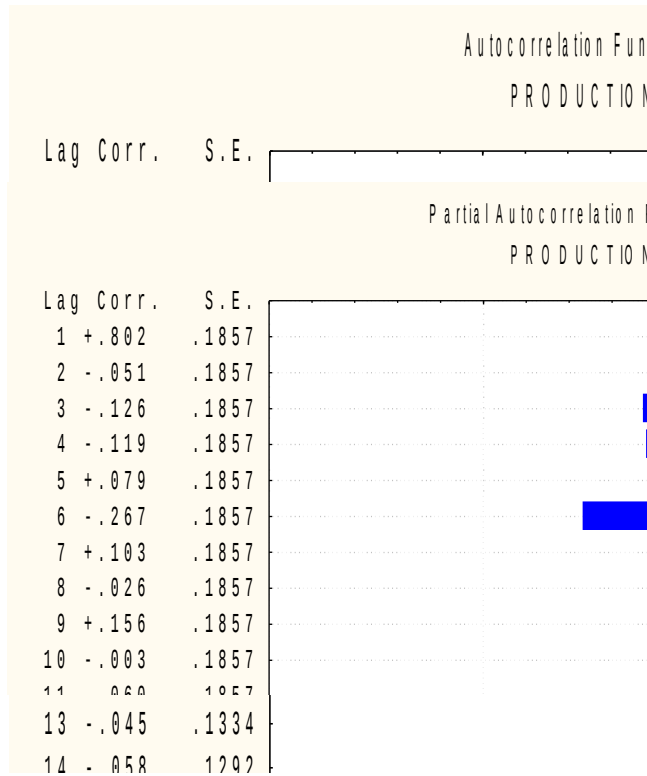
ان الثروات البترولية التي تشمل البترول والغاز فضلاً عن الثروات التعدينية، تعد العمود الفقري والأساس للاقتصاد في العديد من البلدان عموماً والشرق الاوسط والسعودية خصوصاً. ان النظرية الاقتصادية هي في مجموعها دراسة للعلاقات الدالية بين مختلف المتغيرات والظواهر الاقتصادية لتحديد نوع هذه العلاقات واتجاهها عند التغير، وتعد العلاقة بين الصادرات والانتاج من اكثر العلاقات الاقتصادية شيوعاً وتطبيقاً وهي علاقة طردية متبادلة وتعتمد الصادرات على الانتاج بشكل تام، اذ ان أي زيادة في الصادرات يجب ان تكون من خلال زيادة الانتاج وعلى اساس هذه العلاقة تم نمذجة الاسلوب المقترح. ويمكن توصيف سلسلتي انتاج تصدير النفط الخام للمملكة العربية السعودية بيانياً من خلال الشكل الاتي:

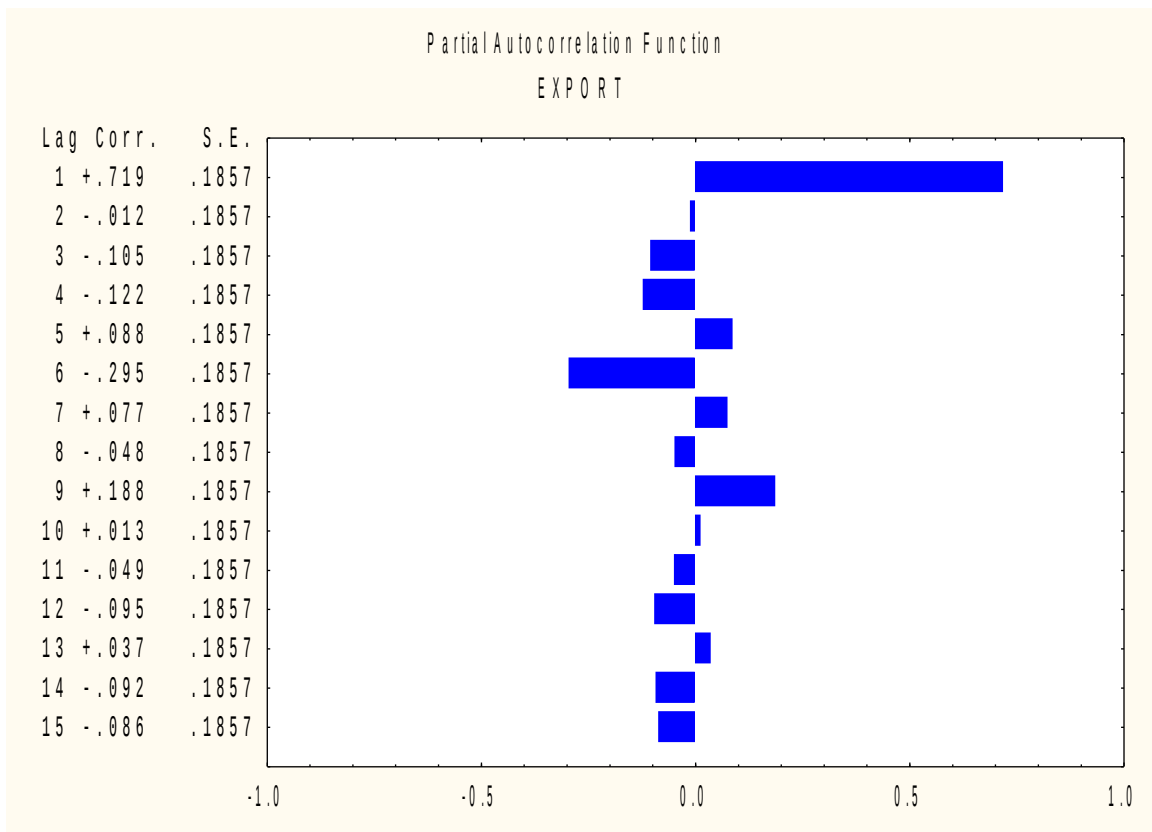
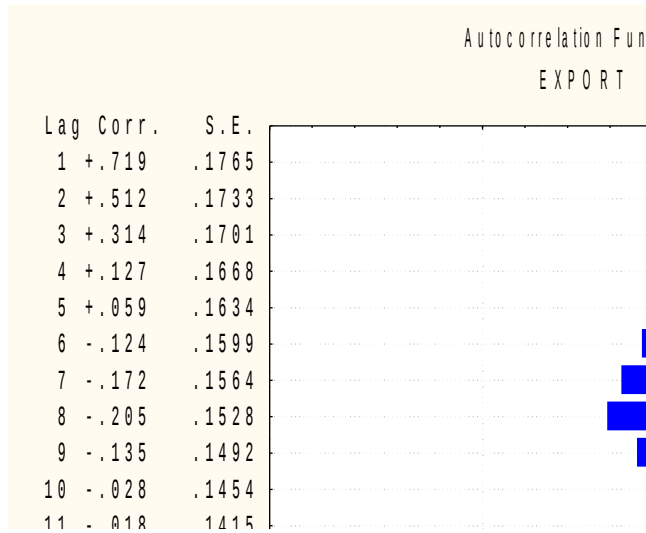
شكل (1-4) يمثل انتاج النفط الخام للسعودية

شكل (2-4) يمثل تصدير النفط الخام للسعودية

والشكل الاتي يبين سلوك دالتي الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) لسلسلتي انتاج وتصدير النفط الخام للمملكة العربية السعودية.

شكل (3-4) يمثل دالتي الارتباط الذاتي والجزئي لانتاج النفط الخام





يتبين من شكل السلسلة الزمنية ومعاملات دالتى الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة صادرات النفط الخام في اعلاه، ان السلسلة مستقرة وذات السلوك خطي ومنتظم.

### 4-3 تشخيص وتوفيق النموذج:

تم في هذه المرحلة تشخيص وتقدير النموذج لسلسلة صادرات النفط الخام المملكة العربية السعودية من خلال الطرائق الآتية باستخدام بيانات مرحلة التوفيق التي تغطي الفترة الزمنية 1981-2009 :

- أسلوب بوكس-جنكينز.
- أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية ذات الانتشار العكسي للخطأ بالطريقة التقليدية حسب الفرضية (2).
- أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية ذات الانتشار العكسي للخطأ بالطريقة المعدلة "المقترحة" حسب الفرضية (5).

### 1-3-4 نماذج بوكس - جنكينز:

يتبين من شكل معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة صادرات النفط السعودي، ان معاملات دالة ACF تتناقص اسياً، اما معاملات دالة PACF تتضمن على قطع في الإزاحة الأولى (رقم 1) واستناداً الى الاساس النظري في الفصل الثاني والجدول (1-2)، فان أفضل نموذج مشخص لهذه السلسلة يتبع نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الاولى (ARIMA (1,0,0)، وكانت النتائج معالمات النموذج المقدر كالاتي:

جدول (2-4) يمثل نتائج تقدير معلمة النموذج للسلسلة انتاج النفط الخام

```
Variable: VAR2
Transformations:
Model: (1,0,0)
No. of obs.: 29 Initial SS= 1324E5 Final SS= 3922E3(2.961%) MS= 1453E2
Parameters (p/Ps-Autoregressive, q/Qs-Moving aver.); highlight: p<.05
Const. p(1)
Estimate: 2230.3 .81912
Std.Err.: 357.30 .11702
```

Transformations: none Model:(1,0,0) MS Residual=1453E2						
Paramet.	Param.	Asympt. Std.Err.	Asympt. t( 27)	p	Lower 95% Conf	Upper 95% Conf
Constant	2230.360	357.3048	6.242150	.000001	1497.221	2963.479
p(1)	.819	.1170	6.999839	.000000	.579	1.059

يتبين من الجدول اعلاه ومن قيمة P-level ان قيمة معلمة النموذج المقدر  $\Phi$  معنوية وذلك استناداً الى قيمة الاحتمالية المصاحبة لاختبار t تحت مستوى دلالة اقل من 1%. والنموذج الرياضي لهذه السلسلة كالاتي:

$$\hat{Z}_t = 2230.3 + .81Z_{t-1} + a_t \quad \dots\dots(4-1)$$

والجدول الاتي يوضح سلوك معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للاخطاء النموذج المقدر بقيمة اختبار احصاءة Q.

جدول (3-4) يمثل قيم دالتي الارتباط الذاتي والجزئي لأخطاء السلسلة الزمنية قيد البحث

TIME SERIES EXPORT : ARIMA (1,0,0) residuals;  
(Standard errors are white-noise estimates)

Lag	Auto-Corr.	Std.Err.
1	.048278	.176481
2	.135918	.173301
3	.071755	.170062
4	-.153779	.166759
5	.220550	.163390
6	-.217603	.159950
7	-.035079	.156434
8	-.225511	.152837
9	-.134357	.149154
10	.116278	.145377
11	-.045186	.141500
12	.065297	.137513
13	.007143	.133407
14	.066697	.129171

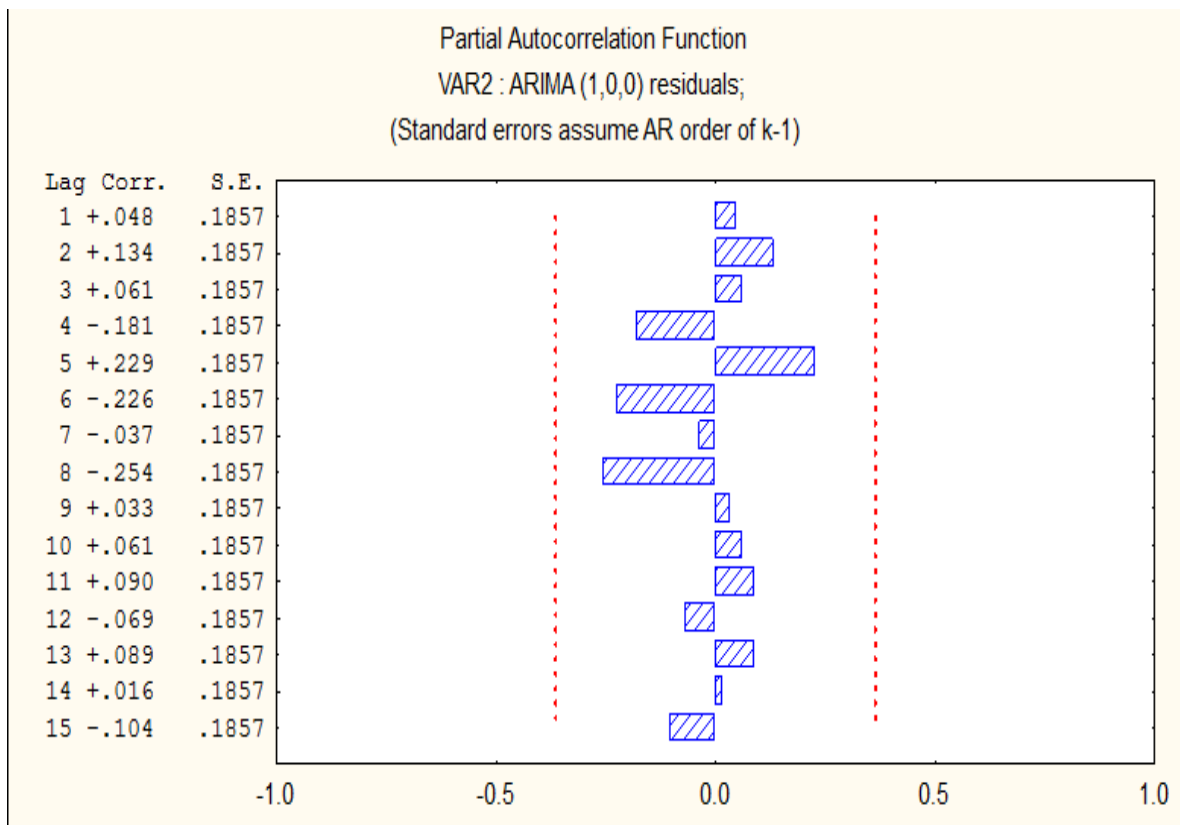
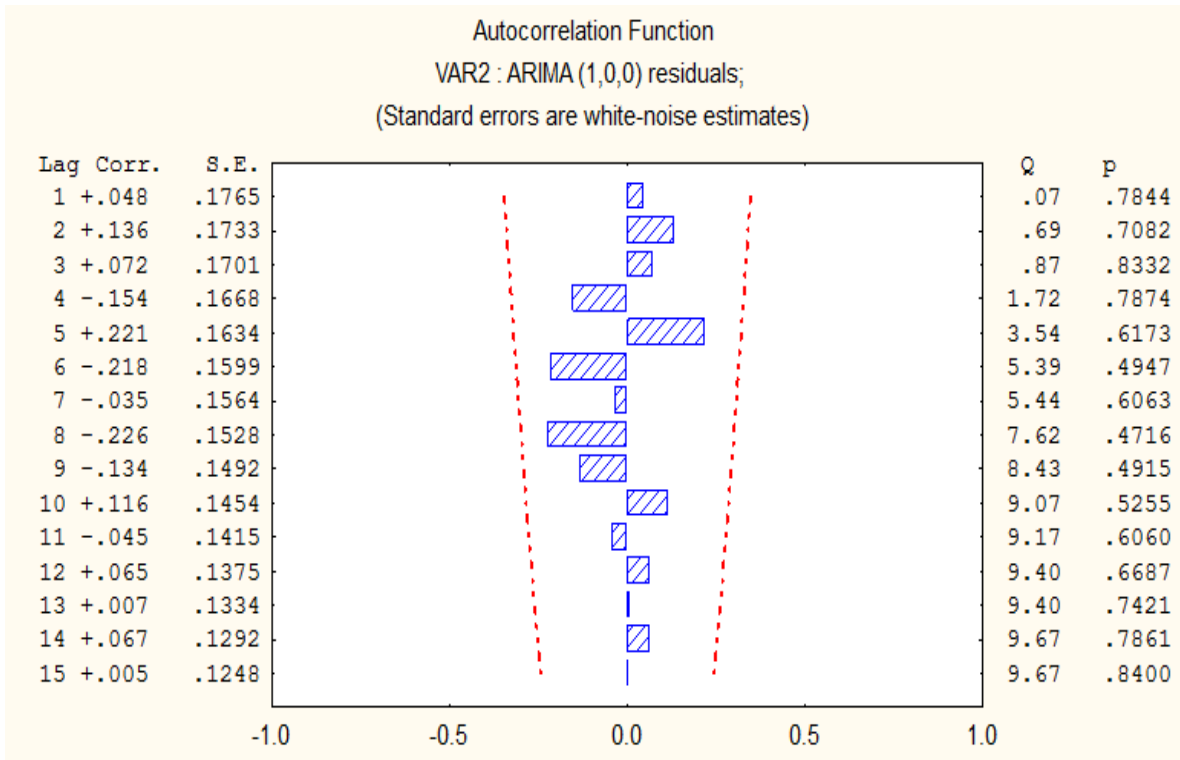
TIME SERIES EXPORT : ARIMA (1,0,0) residuals;  
(Standard errors assume AR order of k-1)

Lag	Partial-Auto r.	Std.Err.
1	.048278	.185695
2	.133899	.185695
3	.060838	.185695
4	-.181308	.185695
5	.228738	.185695
6	-.226192	.185695
7	-.037432	.185695
8	-.254469	.185695
9	.032952	.185695
10	.060665	.185695
11	.090160	.185695
12	-.069370	.185695
13	.088773	.185695
14	.015729	.185695
15	-.103598	.185695

والشكل الاتي يوضح سلوك معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للاخطاء  
النموذج المقدر وقيمة اختبار احصاءة Q.

شكل (4-5) يمثل دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للخطأ لنموذج بوكس-  
جنكينز

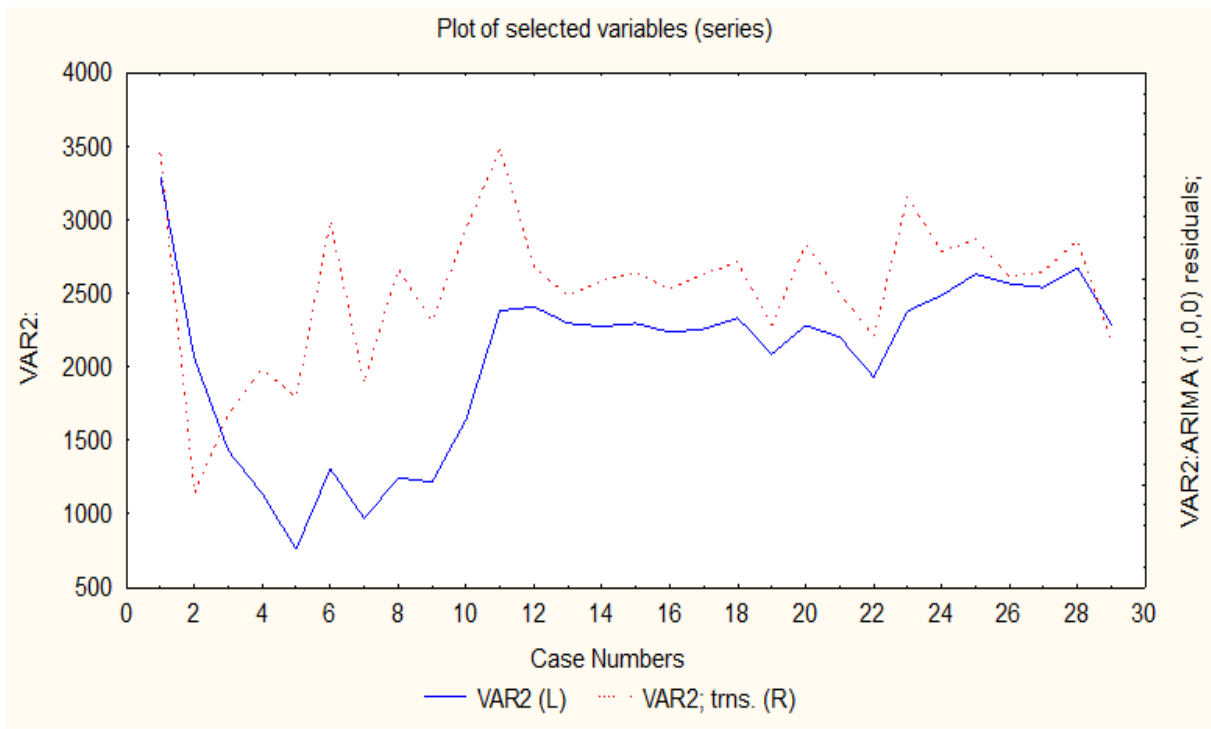




يتبين من فحص البواقي من خلال قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للاخطاء ان جميعها غير معنوية وتقع داخل حدي الثقة، كما نجد

القيمة الاحتمالية المصاحبة للاختبار  $Q$  غير معنوية عند مستوى دلالة 5%، وهذا يقودنا الى قبول فرضية العدم التي تنص على استقلالية المتغيرات العشوائية اي ان معاملات الارتباط الذاتي للبواقي الناتجة في هذا النموذج تساوي صفر وغير معنوية. وعليه فان الاخطاء مستقلة وعشوائية مما يدل على ان النموذج المقدر (ARIMA (1,0,0 مناسب "ملائم" وهو الافضل. والشكل الاتي يوضح منحنى التوفيق للنموذج المقدر.

شكل (4-6) يمثل منحنى التوفيق لنموذج المقدر سلسلة الزمنية قيد البحث



وكانت قيم المعايير الإحصائية للخطأ لنموذج بوكس-جنكينز كالاتي:  
جدول (4-4) يمثل قيم المعايير الاحصائية لنموذج بوكس جنكينز

MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
834667.3	913.6013	10.62856	0.743555

يتبين من الجدول اعلاه ان قيمة نسبة المعدل المطلق للخطأ يساوي تقريباً 10.6% وجذر معدل تربيع الخطأ يساوي 913.6 وقيمة معامل التحديد  $R^2$  تساوي 0.74 فضلا عن شكل منحنى التوفيق، بكفاءة النموذج المقدر (ARIMA(1,0,0) للسلسلة الزمنية قيد البحث.

## 2-3-4 أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية بالطريقة التقليدية:

يعتمد معظم الباحثين في عملية تحديد مدخلات الشبكة العصبية الاصطناعية لسلسلة الزمنية المعينة على منهجية بوكس- جنكينز"اي أدوات السلاسل الزمنية من خلال دالتي الارتباط الذاتي والجزئي وعلى نموذج الانحدار الذاتي بالتحديد". وعليه وحسب الفرضية (1) واستناداً الى نموذج بوكس جنكينز الذي كان (ARIMA(1,0,0) وبحسب المعادلة (1-4)، فان مدخلات الشبكة العصبية الاصطناعية تكون ممثلةً بالمتغير  $X_{t-1}$  اي ان عدد العقد في طبقة المدخلات يكون عقدة واحدة. واستناداً الى الخطوات في الجانب النظري والخوارزمية (1-2) والإجراءات الآتية:

### نوع الشبكة:

اعتمدت شبكة البث العكسي للخطأ BP متعدد الطبقات التي تعد من افضل وأشهر أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية معتمدة في معالجة السلاسل الزمنية والتنبؤ وتحليل وتصنيف البيانات وهي اكثر انواع الشبكات حصانة.

### معمارية الشبكة:

تتكون الشبكة المختارة من ثلاث طبقات (المدخلات، المخفية، المخرجات) مترابطة فيما بينها بروابط او اوزان، اذ تحدد المفاضلة بينهما بواسطة معدل مربع الخطأ (MSE)) واعتمد عدد العقد في الطبقة المخفية عشرة (10) عقدة وخمسة عشر (15) عقدة مرة وعشرين (20) مرة اخرى لزيادة كفاءة المخرجات (وتم التوصل الى هذه الاعداد من خلال مجموعة تجارب قام بها الباحث). وتم تحديد مدخلات الشبكة استناداً الى الفرضية رقم (1) والتي تنص على الآتي: تم تحديد مدخلات الشبكة من خلال ازاحة السلسلة بدرجة نموذج الانحدار الذاتي في نموذج الـ ARIMA وتم التعويض عن درجة الفروق بالإزاحة السلسلة بدرجة الفرق اما المخرجات فتمثل السلسلة الزمنية الحالية. علماً ان نموذج ARIMA كان (ARIMA(1,0,0).

### تدريب الشبكة:

تم في مرحلة تدريب الشبكة اعتماد الدالة اللوجستية والدالة السنية Sigmoid ويصل الحد الاعلى للتكرار 1500 او تحقيق احد شروط التدريب واعتمدت

المعايير الاتية (الانحدار R من خلال استخراج قيمة الانحدار R تم تقييم افضلية اداء الشبكة وحالة التدريب) في تحديد افضلية الشبكة العصبية.

وتم ايجاز نتائج السلسلة الزمنية قيد البحث باستعمال برنامج ماتلاب.

ان معمارية شبكة البث العكسي للخطأ BP لسلسلة صادرات النفط السعودي كالاتي:

طبقة المدخلات: بما ان ان نموذج ARIMA هو ARIMA(1,0,0) لذلك فان عدد العقد في هذه الطبقة يبلغ واحد ممثله بالمتغير  $X_{t-1}$  "الصادرات للفترة السابقة" اي بازاحة السلسلة درجة واحدة.

الطبقة المخفية: تم اخذ اكثر من قيمة لعدد العقد في الطبقة المخفية وذلك لاتخاذ عدد العقد الامثل.

طبقة المخرجات: يبلغ عدد العقد في هذه الطبقة عقدة واحدة ممثله بالمتغير  $X_t$  "الصادرات للفترة الحالية".

والشكل الاتي يبين البنية المعمارية للشبكة العصبية للسلسلة الزمنية قيد البحث.

شكل (7-4) يمثل البنية المعمارية للشبكة العصبية لسلسلة صادرات النفط السعودي

### 4-3-3 عدد العقد الامثل في الطبقة المخفية لاسلوب التقليدي:

تم في هذه المرحلة زيادة عدد العقد في الطبقة المخفية للشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية، اذ تم زيادة عد العقد في تلك الطبقة من عشرة ( 10) عقدة الى خمسة عشر (15) عقدة مرة وعشرين (20) عقدة مرة اخرى بأعتماد نفس المعايير والمعطيات. ولايثبات ان تأثير تلك الزيادة على مخرجات الشبكة ليس بنفس درجة تأثير زيادة عدد مدخلات الشبكة وخصوصاً عند الوصول الى عدد العقد الانسب او مناسب<sup>iv</sup> في الطبقة المخفية.

### 4-3-3 المرحلة الاولى

ان عدد العقد في الطبقة المخفية للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة السابقة في هذه المرحلة يبلغ عشرة (10) عقدة بأعتماد نفس المعايير والمعطيات السابقة، وكانت نتائج تقييم الشبكة العصبية عندما يكون عدد العقد عشرة (10) كالاتي :

والجدول (C<sup>v</sup>5-4) يبين مراحل تدريب شبكة البث العكسي للخطأ BP التقليدية.

اما نتائج تقييم شبكة البث العكسي للخطأ BP لسلسلة الزمنية قيد البحث، المبينة في الشكل (C8-4):

يلاحظ من النتائج الشكل (C8-4)، ان قيمة الانحدار R تساوي 0.998

ودرجة الميل "Gradient" يساوي 0.0076 من 1500 دورة وقيمة Mu

يساوي 1e-007 من 1500 دورة وفحص درجة التحقق "Validation Checks"

<sup>iv</sup> تم التوصل اليه من خلال التجارب

<sup>v</sup> يمثل الرمز في الملاحق

يساوي 0 من 1500 دورة و افضل تقييم تدريب "Best training performance" هو NaN من 1500 دورة، ويلاحظ ايضا ان الشبكة اكملت حد اقصى لمراحل تدريب اي عن التكرار 1500، مما يدل على كفاءة الشبكة العصبية الاصطناعية لسلسلة الزمنية قيد البحث.

والجدول الاتي يبين نتائج المعايير الاحصائية للخطأ للشبكة.

جدول (4-5) يمثل نتائج المعايير الاحصائية للشبكة العصبية التقليدية للمرحلة الاولى

MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
606.6440	24.6301	0.6117	0.998

#### 4-3-3-2 المرحلة الثانية:

زيادة عدد العقد في الطبقة المخفية للشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية السابقة الى خمسة عشر (15) بأعتماد نفس المعايير والمعطيات السابقة ولكن عدد العقد يبلغ خمسة عشر عقدة. وكانت نتائج تقييم الشبكة العصبية عندما يكون عدد العقد خمسة عشر (15) كالاتي :

والجدول (4-7) يبين مراحل تدريب شبكة البث العكسي للخطأ BP.

اما نتائج تقييم شبكة البث العكسي للخطأ BP للسلسلة قيد البحث، المبنية في الشكل (4-9).

يلاحظ من النتائج في الشكل (C9-4)، ان قيمة الانحدار R تساوي 0.999 ودرجة الميل "Gradient" يساوي 0.00051038 من دورة 352 وقيمة  $\mu$  يساوي  $1e-007$  من 1500 دورة وفحص درجة التحقق "Validation Checks" يساوي 0 من 1500 دورة و افضل تقييم تدريب "Best training performance" هو NaN من 1500 دورة، ويلاحظ ايضا ان الشبكة اكملت حد اقصى لمراحل تدريب اي عن التكرار 1500. مما يدل على أفضلية و الكفاءة العالية للشبكة العصبية الاصطناعية.

والجدول الاتي يبين نتائج المعايير الاحصائية للخطأ للشبكة.

جدول (6-4) يمثل نتائج المعايير الاحصائية للشبكة العصبية التقليدية للمرحلة 2

MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
495.0995	22.2508	0.4106	0.9992

### 4-3-3-3 المرحلة الثالثة:

زيادة عدد العقد في الطبقة المخفية للشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية السابقة الى عشرين (20) عقدة بأعتماد نفس المعايير والمعطيات السابقة ولكن عدد العقد يبلغ الى عشرين (20) عقدة. وكانت نتائج تقييم الشبكة العصبية عندما يصبح عدد العقد في تلك الطبقة (20) كالاتي :

والجدول (C9-4) يبين مراحل تدريب شبكة البث العكسي للخطأ BP.

اما نتائج تقييم شبكة البث العكسي للخطأ BP للسلسلة قيد البحث، المبينة في الشكل (10C-4).

يلاحظ من النتائج في الشكل (10C-4)، ان قيمة الانحدار R تساوي 0.999 ودرجة الميل "Gradient" يساوي 0.0001795 من 1500 دورة وقيمة Mu يساوي 1e-007 من 1500 دورة وفحص درجة التحقق "Validation Checks" يساوي 0 من 1500 دورة و افضل تقييم تدريب "Best training performance" هو NaN من 1500 دورة، ويلاحظ ايضا ان الشبكة اكملت حد اقصى لمراحل تدريب اي عن التكرار 1500. مما يدل على أفضلية و الكفاءة العالية للشبكة العصبية الاصطناعية لسلسلة الزمنية قيد البحث.

والجدول الاتي يبين نتائج المعايير الاحصائية للخطأ للشبكة.

جدول (7-4) يمثل نتائج المعايير الاحصائية للشبكة العصبية التقليدية للمرحلة

3

MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
495.0995	22.2508	0.4106	0.9992

يلاحظ من نتائج المرحلتين الثانية والثالثة بتطابق بشكل تام بين نتائج المرحلة الثانية والثالثة.

ويتبين من مراحل زيادة العقد في الطبقة المخفية ان نتائج الشبكة العصبية تحسنت عند زيادة عدد العقد من 10 الى 15 عقدة واستقرت او ثبتت عند 20 عقدة.

#### 4-3-4 النموذج الافضل لاسلوب التقليدي:



تم في هذه المرحلة تشخيص الشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية الامثل التي تحقق المعايير واقل خطأ ممكن، ويمكن ايجاز نتائج الشبكات العصبية الاصطناعية السابقة بما يأتي:

جدول (4-8) يمثل معايير الخطأ للشبكة العصبية التقليدية بمستويات مختلفة للعقد في الطبقة المخفية

Criterion		MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
Stage #	Nodes#				
Stage 1	Node 10	606.644	24.6301	0.6117	0.998
		0			
Stage 2	Node 15	495.099	22.2508	0.4106	0.999
		5			
Stage 3	Node 20	495.099	22.2508	0.4106	0.999
		5			

يتبين من نتائج الجدول اعلاه ان افضل شبكة عصبية تحقق اقل خطأ واكبر مطابقة لمعامل التحديد، تتحقق في المرحلة الثانية والثالثة لتتطابق نتائجهما، لذلك فان النتائج ستكون متطابقة تماماً اذا كان عدد العقد 15 او اكثر اي مها اصبح اكبر من 15 عقدة، وعليه فان عدد العقد الامثل في الطبقة المخفية يكون 15. وعليه فان افضل شبكة عصبية اصطناعية عندما تكون عدد العقد فيها خمسة عشر عقدة في الطبقة المخفية.

والجدول الاتي يبين قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي لاختفاء الشبكة العصبية الاصطناعية المثالية (اي عند 15 عقدة في الطبقة المخفية) التي تم الحصول عليها بواسطة برنامج Statistica.

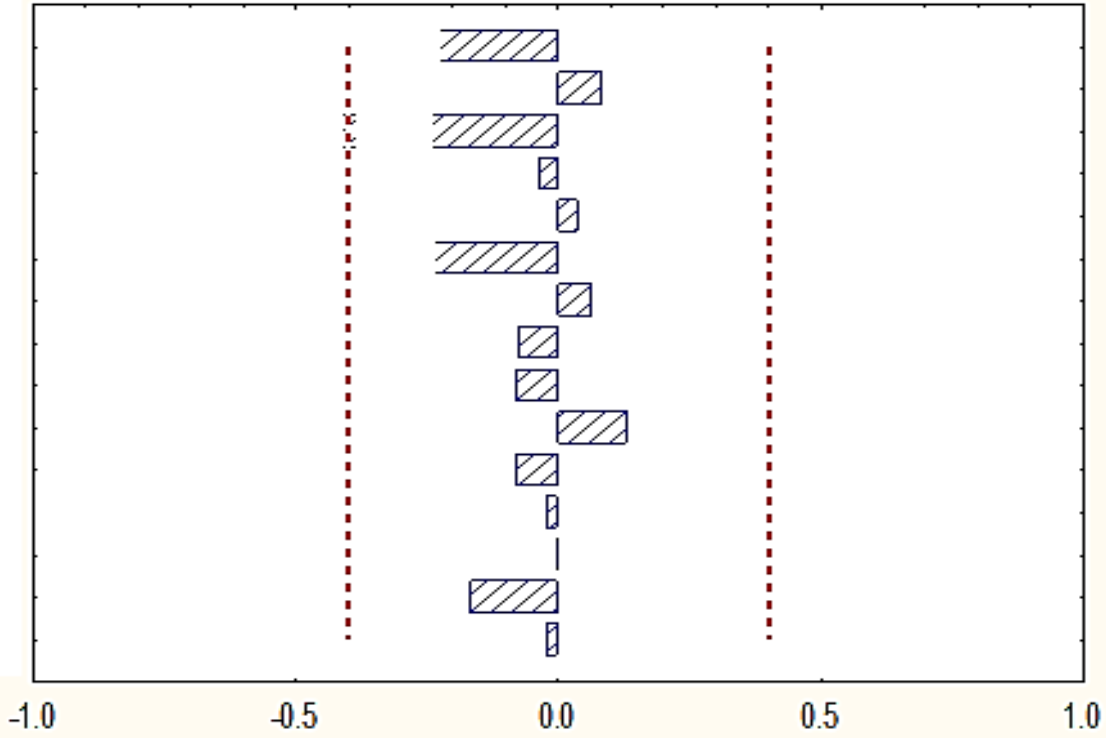
## جدول (9-4) يمثل قيم دالتي الارتباط الذاتي والجزئي لأخطاء الشبكة العصبية التقليدية

TIME SERIES	ERROR : ARIMA(1,0,0) residuals; (Standard errors are white-noise estimates)			
Lag	Auto-Corr.	Std.Err.	Box & Ljung Q	p
1	-.002011	.191987	.000110	.991644
2	-.021987	.187767	.013821	.993113
3	-.439736	.183450	5.759603	.123933
4	.072481	.179029	5.923510	.204962
5	-.021588	.174496	5.938816	.312245
6	-.019673	.169842	5.952233	.428583
7	.013891	.165056	5.959316	.544518
8	-.049369	.160128	6.054369	.641142
9	.098137	.155043	6.455015	.693649
10	.016060	.149786	6.466511	.774652
11	.020366	.144338	6.486421	.839002
12	-.065652	.138675	6.710554	.876112
13	-.076396	.132771	7.041636	.899970
14	-.061298	.126592	7.276102	.923521
15	-.024097	.120096	7.316361	.948249

TIME SERIES	ERROR (Standard errors assume AR order of k-1)	
Lag	Partial-Auto r.	Std.Err.
2	.036904	.204124
3	.036904	.204124
4	-.036904	.204124
5	.038763	.204124
6	-.287230	.204124
7	.067339	.204124
8	-.076317	.204124
9	-.079672	.204124
10	.132619	.204124
11	-.080586	.204124
12	-.020376	.204124
13	.004027	.204124
14	-.167628	.204124
15	-.023605	.204124

والشكل التي يوضح سلوك دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للأخطاء النموذج الشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة بقيمة اختبار احصاءة Q.

Partial Autocorrelation Function  
ERROR  
(Standard errors assume AR order of k-1)

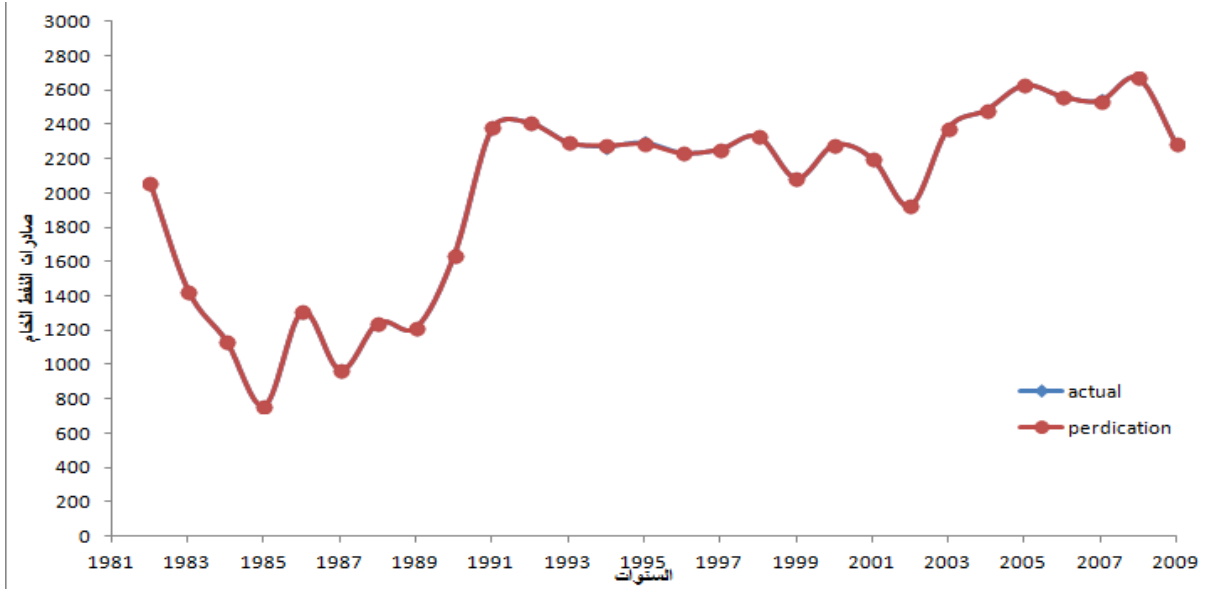


شكل (4-11) يمثل دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للخطأ للشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية

يتبين من فحص البواقي من خلال قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي ان جميعها غير معنوية وتقع داخل حدي الثقة، كما نجد قيمة الاحتمالية المصاحبة للاختبار  $Q$  غير معنوية عند مستوى دلالة 5% وهذا يقودنا الى قبول فرضية العدم التي تنص على استقلالية المتغيرات العشوائية اي ان معاملات الارتباط الذاتي للبواقي الناتجة في هذا النموذج تساوي صفر وغير معنوية. وعليه فان الاخطاء مستقلة وعشوائية، مما يدل على ان النموذج المقدر للشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية ذو كفاءة.

والشكل الاتي يوضح منحى التوفيق للنموذج الشبكة العصبية التقليدية المقدر.

شكل (4-12) يمثل منحى التوفيق لنموذج الشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية



يتبين من النتائج السابقة والجدول (4-8) ان قيمة نسبة المعدل المطلق للخطأ يساوي تقريباً 0.4 و جذر معدل تربيع الخطأ يساوي 22 وقيمة معامل التحديد  $R^2$  يساوي 0.999، ويلاحظ ايضاً تتطابق منحى التوفيق للشبكة العصبية الاصطناعية لسلسلة الزمنية قيد البحث. مما يدل على كفاءة النموذج المقدر للشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية.

#### 4-3-4 الاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية:

ان منهجية او فكرة أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية بالطريقة المعدلة "المقترحة" مبنية على أساس نمذجة مدخلات الشبكة العصبية الاصطناعية من خلال المزج بين اساس نمذجة الطرائق السببية "أي البحث عن علاقة سبب ونتيجة" ونموذج بوكس-جنكينز "نموذج الانحدار الذاتي" للسلسلة

الزمنية المعنية. وتعد علاقة انتاج وتصدير النفط الخام من مسلمات او بديهيات العلاقات الاقتصادية، اذ تتأثر الصادرات بالانتاج، وعليه وبالاستناد على الفرضية (5) فان مدخلات الشبكة العصبية لسلسلة انتاج النفط الخام تكون الصادرات وسلسلة الإنتاج بعد بإزاحتها من الدرجة الاولى. واستناداً الى الخطوات في الجانب النظري والخوارزمية (1-2) والمعادلة (2-32) والإجراءات الآتية:

### نوع الشبكة:

اعتمدت شبكة البث العكسي للخطأ BP متعدد الطبقات التي تعد من اهم أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية معتمدة في معالجة السلاسل الزمنية والتنبؤ وتحليل البيانات وتصنيف البيانات وهي من أكثر أنواع الشبكات حسانة.

### معمارية الشبكة:

تتكون الشبكة المختارة من ثلاث طبقات (المدخلات، المخفية، المخرجات) مترابطة فيما بينها بروابط او اوزان اذ تحدد المفاضلة بينهما بواسطة معدل مربع الخطأ (MSE) واعتمد عدد العقد في الطبقة المخفية عشرة (10) عقدة وخمسة عشر (15) عقدة مرة وعشرين (20) مرة اخرى لزيادة كفاءة المخرجات (وتم التوصل الى هذه الاعداد من خلال مجموعة تجارب قام بها الباحث). وتم تحديد او تشخيص مدخلات الشبكة استناداً الى الفرضية (5) والتي تنص على تحديد عدد العقد في طبقة المدخلات من خلال المزج بين منهجية بوكس-جنكينز استناداً الى نموذج ال-ARIMA ومنهجية الطرائق السببية بأضافة متغير اخر هو سلسلة الصادرات، وتعد العلاقة بين انتاج وتصدير النفط الخام علاقة اقتصادية طردية تبادلية.

### تدريب الشبكة:

تم في مرحلة تدريب الشبكة اعتماد الدالة اللوجستية والدالة السنية (( Sigmoid ويصل الحد الاعلى للتكرار 1500 او تحقيق احد شروط التدريب واعتمدت المعايير الآتية (الانحدار من خلال استخراج قيمة الانحدار R لتقييم افضلية اداء الشبكة وحالة التدريب) في تحديد افضلية الشبكة العصبية.

وتم ايجاز نتائج السلسلة الزمنية قيد البحث باستعمال برنامج ماتلاب.

ان معمارية شبكة البث العكسي للخطأ BP لهذه السلسلة كالاتي:

طبقة المدخلات: ان عدد العقد في هذه الطبقة يبلغ عقدتين متمثلتا بالمتغير  $X_{t-1}$  "الصادرات للفترة السابقة اي بإزاحة درجة واحدة لسلسلة الصادرات" ومتغير  $Z_t$  "الانتاج الحالي" "اي ان المدخلات تكون  $Z_t, X_{t-1}$ ".

الطبقة المخفية: تم اخذ اكثر من قيمة لعدد العقد في الطبقة وذلك لاتخاذ عدد العقد الامثل.

طبقة المخرجات: يبلغ عدد العقد في هذه الطبقة عقدة واحدة ممثلة بالمتغير  $X_t$  "الصادرات للفترة الحالية". والشكل الاتي يبين البنية المعمارية للشبكة العصبية المعدلة للسلسلة الزمنية قيد البحث.

شكل (4-13) يمثل البنية المعمارية للشبكة العصبية المعدلة لسلسلة صادرات النفط السعودي

#### 4-5-2 عدد العقد الامثل في الطبقة المخفية لاسلوب المعدل:

تم اعتماد نفس المنهجية في المبحث 4-3-3 وذلك لتحقيق الفرضية 8، اذ تم زيادة العقد في الطبقة المخفية للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة من عشرة (10) عقدة الى خمسة عشر (15) عقدة مرة وعشرين (20) عقدة مرة اخرى بأعتماد نفس المعايير والمعطيات الشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة اعلاه.

#### 1-5-3-4 المرحلة الاولى:

ان عدد العقد في الطبقة المخفية للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة السابقة في هذه المرحلة يبلغ عشرة (10) عقدة بأعتماد نفس المعايير والمعطيات السابقة، وكانت نتائج تقييم الشبكة العصبية عندما يكون عدد العقد عشرة (10) كالآتي:

والجدول (4-C12) يبين مراحل تدريب شبكة البث العكسي للخطأ BP المعدلة.

اما نتائج تقييم شبكة البث العكسي للخطأ BP المعدلة، المبينة في الشكل (4-C14).

يلاحظ من النتائج في الشكل (4-C14)، ان قيمة الانحدار R تساوي 1 وعدد الدورات يبلغ 179 ودرجة الميل "Gradient" يساوي 0.0061185 من 179 دورة وقيمة Mu يساوي 0.0001 من 179 دورة وفحص درجة التحقق "Validation Checks" يساوي 0 من 179 دورة وافضل تقييم تدريب "Best training performance" هو NaN من 179 دورة، فضلا عن ان الوقت المستغرق للتدريب الشبكة يبلغ ستة ثواني. مما يدل على الأفضلية و الكفاءة الكبيرة "التامة" للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة.

والجدول الاتي يبين نتائج المعايير الاحصائية للخطأ للشبكة.

جدول (4-10) يمثل نتائج المعايير الاحصائية للشبكة العصبية المعدلة في المرحلة الاولى

MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
2.8533	1.6892	0.0392	1

#### 4-3-5-1 المرحلة الثانية:

زيادة عدد العقد في الطبقة المخفية للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة السابقة الى خمسة عشر (15) بأعتماد نفس المعايير والمعطيات السابقة ولكن عدد العقد يبلغ خمسة عشر عقدة. وكانت نتائج تقييم الشبكة العصبية عندما يكون عدد العقد خمسة عشر (15) كالآتي :

والجدول (4-13C) يبين مراحل تدريب شبكة البث العكسي للخطأ BP  
اما نتائج تقييم شبكة البث العكسي للخطأ BP المعدلة، المبنية في الشكل (4-15C).

تتبين من النتائج في الشكل (4-15C)، ان قيمة الانحدار R تساوي 1 ودرجة الميل "Gradient" يساوي 8.86e-005 من 33 دورة وقيمة Mu يساوي 1e-006 من 33 دورة وفحص درجة التحقق "Validation Checks" يساوي 0 من



33 دورة وافضل تقييم تدريب "Best training performance" هو NaN من 33 دورة، فضلا عن ان الوقت المستغرق للتدريب الشبكة كان خمسة ثواني. مما يدل على أفضلية والكفاءة التامة للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة.

والجدول الاتي يبين نتائج المعايير الاحصائية للخطأ للشبكة.

جدول (4-11) يمثل نتائج المعايير الاحصائية للشبكة العصبية المعدلة في المرحلة الثانية

MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
2.3256	1.5250	0.0358	1

#### 4-3-4-3 المرحلة الثالثة:

زيادة عدد العقد في الطبقة المخفية للشبكة العصبية الاصطناعية التقليدية السابقة الى عشرين (20) عقدة بأعتماد نفس المعايير والمعطيات السابقة ولكن عدد العقد يبلغ الى عشرين (20) عقدة. وكانت نتائج تقييم الشبكة العصبية عندما يصبح عدد العقد في تلك الطبقة عشرين (20) كالاتي :

والجدول (4-15) يبين مراحل تدريب شبكة البث العكسي للخطأ BP.

اما نتائج تقييم شبكة البث العكسي للخطأ BP المعدلة، المبينة في الشكل (C16-4).

يلاحظ من النتائج في الشكل (C16-4)، ان قيمة الانحدار R تساوي 1 ودرجة الميل "Gradient" يساوي 8.  $6e-005$  من 17 دورة وقيمة  $\mu$  يساوي  $1e-006$  من 17 دورة وفحص درجة التحقق "Validation Checks" يساوي 0 من 17 دورة وافضل تقييم تدريب "Best training performance" هو NaN من 17 دورة، فضلا عن ان الوقت المستغرق للتدريب للشبكة كان خمسة ثواني. مما يدل على الأفضلية و الكفاءة التامة للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة.

والجدول الاتي يبين نتائج المعايير الاحصائية للخطأ للشبكة.

جدول (12-4) يمثل نتائج المعايير الاحصائية للشبكة العصبية المعدلة في المرحلة الثالثة

MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
2.3256	1.5250	0.0358	1

### 4-3-6 النموذج الافضل لاسلوب المعدل:

تم في هذه المرحلة تحديد او تشخيص نموذج او الشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة المثالية التي تحقق المعايير و اقل خطأ ممكن، ويمكن ايجاز نتائج الشبكات العصبية الاصطناعية بما يأتي:

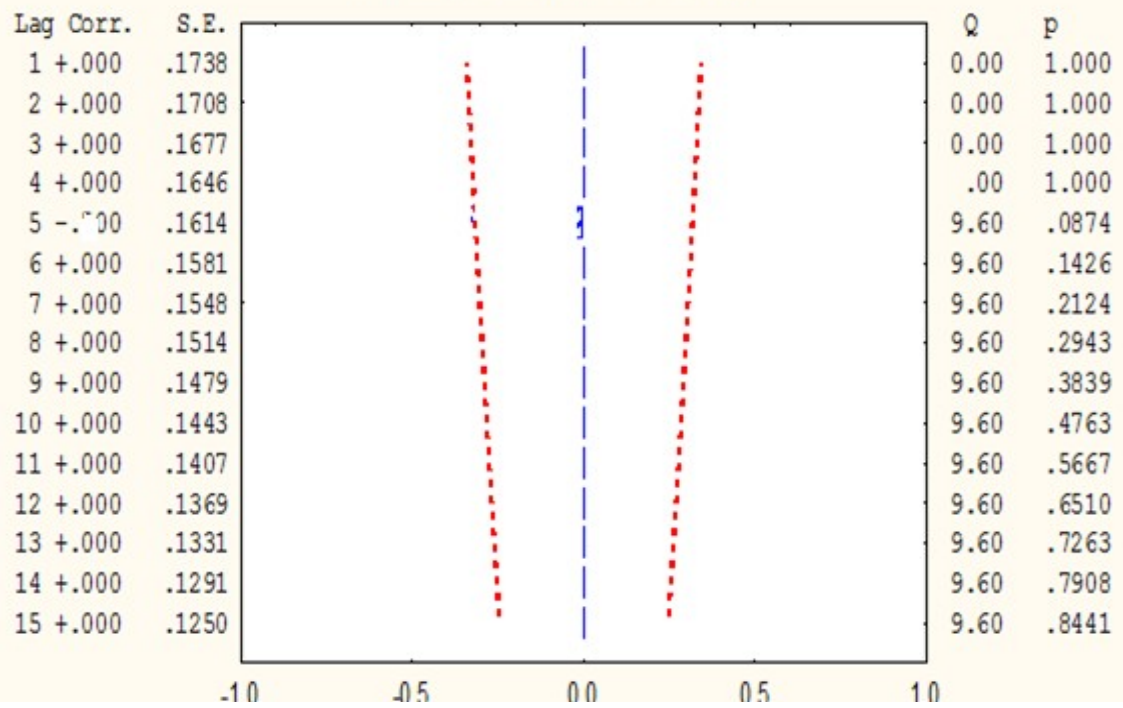
جدول (13-4) يمثل معايير الخطأ للشبكة العصبية المعدلة بمستويات مختلفة للعقد في الطبقة المخفية

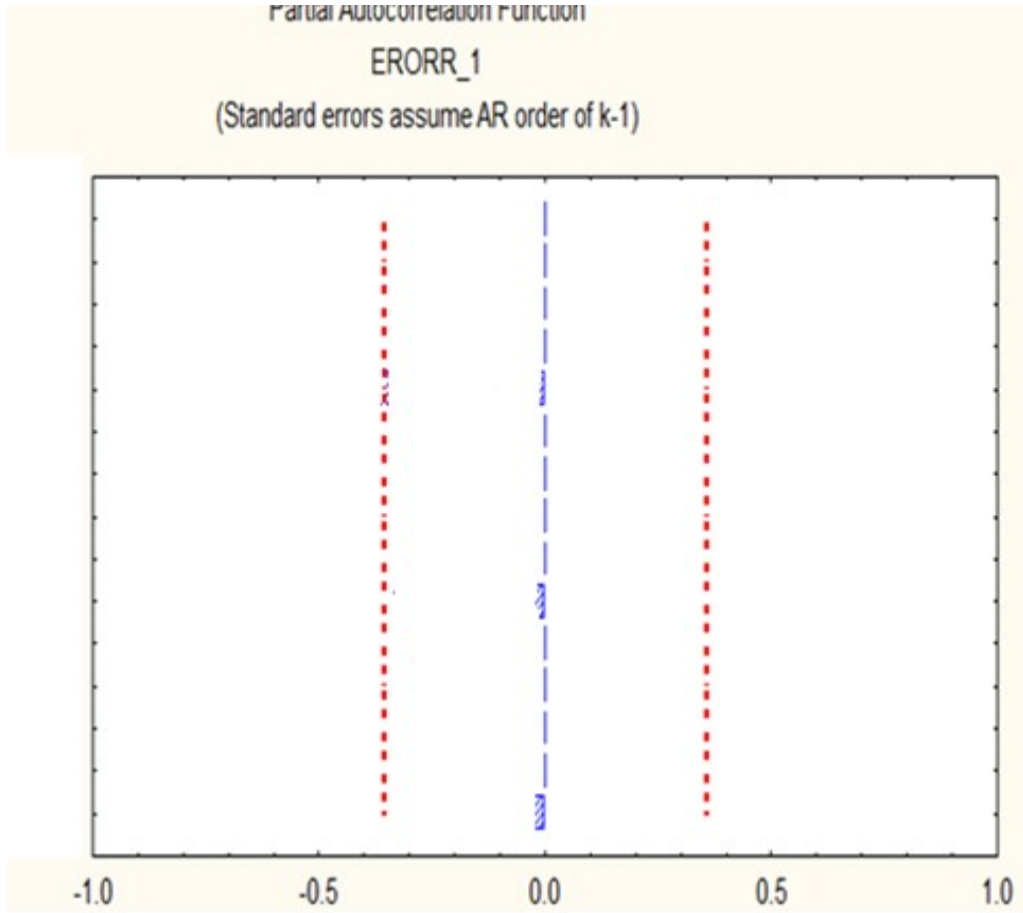
Stage number	Criterion			R <sup>2</sup>	
	MSE	RMSE	MAPE		
	Nodes number				
Stage 1	Node 10	2.8533	1.6892	0.0392	1
Stage 2	Node 15	2.3256	1.5250	0.0358	1
Stage 3	Node 20	2.3256	1.5250	0.0358	1

يتبين من الجدول اعلاه ان افضل شبكة عصبية تحقق اقل خطأ واكبر مطابقة لمعامل التحديد، تتحقق في المرحلة الثانية والثالثة لتطابق نتائجهما، لذلك فان النتائج ستكون متطابقة تماماً اذا كان عدد العقد 15 او اكثر اي مها اصبح اكبر من 15 عقدة، وعليه فان عدد العقد الامثل في الطبقة المخفية يبلغ 15. وعليه فان افضل شبكة عصبية اصطناعية معدلة عندما يكون عدد العقد فيها خمسة عشر عقدة في الطبقة المخفية. والجدول الاتي يبين قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي لاختفاء الشبكة العصبية الاصطناعية المثالية (اي عند 15 عقدة في الطبقة المخفية) التي تم الحصول عليها بواسطة برنامج Statistica.



Autocorrelation Function  
 ERORR\_1  
 (Standard errors are white-noise estimates)



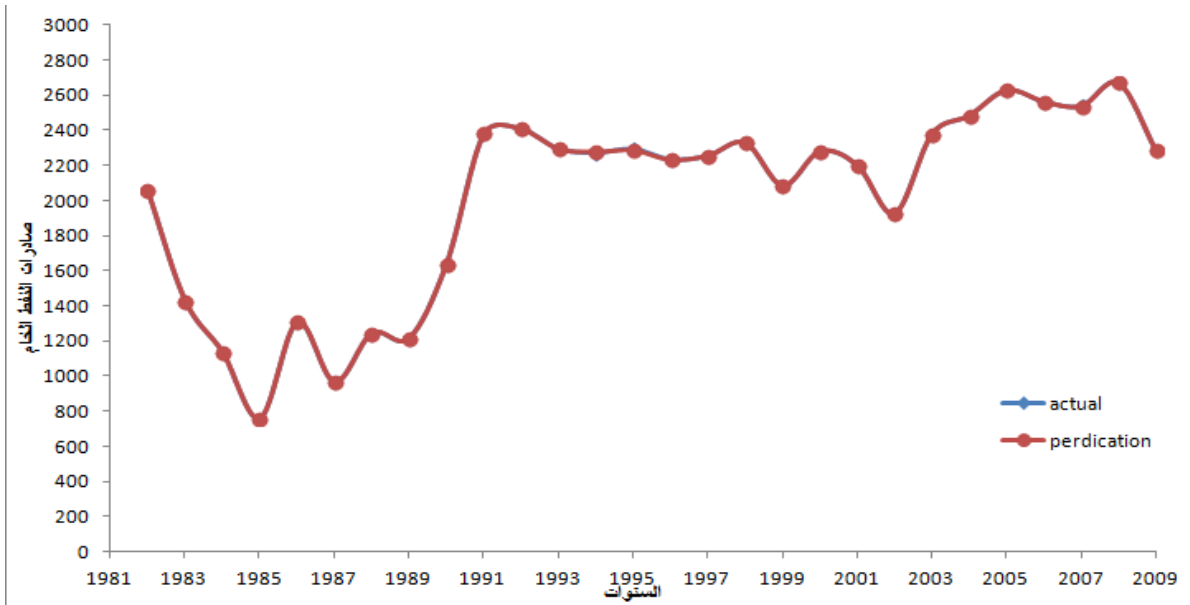


يتبين من فحص البواقي من خلال قيم معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي ان جميعها غير معنوية وتقع داخل حدي الثقة، كما نجد ان القيمة الاحتمالية المصاحبة للاختبار  $Q$  غير معنوية عند مستوى دلالة 5%، وهذا يقودنا الى قبول فرضية العدم التي تنص على استقلالية المتغيرات العشوائية اي ان معاملات الارتباط الذاتي للبواقي الناتجة في هذا النموذج تساوي صفر وغير معنوية.

وعليه فان الاخطاء مستقلة وعشوائية مما يدل على ان النموذج المقدر للشبكة العصبية الاصطناعية مناسب وكفوء وبدرجة كبيرة جدا.

والشكل الاتي يوضح منحنى التوفيق للنموذج الشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة.

شكل (4-18) يمثل منحنى التوفيق لنموذج الشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة



يتبين من الجدولين أعلاه ان قيمة نسبة المعدل المطلق للخطأ يساوي تقريبا 0.035 وجذر معدل تربيع الخطأ يساوي 1.5 وقيمة معامل التحديد  $R^2$  يساوي 1 ومن شكل منحنى التوفيق اذ يتبين تتطابق منحنى التوفيق بشكل تام للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة لسلسلة الزمنية قيد البحث "سلسلة صادرات النفط الخام". مما يدل ان النتائج متناهية الدقة فضلا عن الكفاءة الكبيرة والتامة لنموذج المقدر للشبكة العصبية الاصطناعية المعدلة.

#### 4-4 مرحلة ما بعد العينة:

تم في هذه المرحلة اختبار مدى دقة ومثانة (رصانة) تنبؤات الطرائق المعتمدة في البحث باعتماد بيانات ما بعد العينة والبحث بكفاءة الاسلوب المقترح للحصول على نتائج كفوءة ورصينة (اي غير حساسة<sup>vi</sup>)، وبسبب محدودية البيانات تم اعتماد الفترة 2010-2011 لمرحلة ما بعد العينة. ويمكن توصيف النموذج الرياضي للشبكة العصبية الاصطناعية لسلسلة صادرات النفط الخام من خلال مصفوفات المعادلات الآتية:

<sup>vi</sup> يقصد بعبارة غير حساسة هو عدم تأثرها بالقيم المتطرفة.

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= (w_1 * X_{t-1}, Z_t) + b_1 \\
 &\frac{2}{(1 + \exp(-2 * Y_1)) - 1} \\
 &= H \\
 Y_2 &= (w_2 * H) + b_2 \\
 &\frac{2}{(1 + \exp(2 * Y_2)) - 1} \\
 &= \hat{Y}
 \end{aligned}$$

حيث ان :

$b_1, b_2$  تمثل قيم التحيز

الاسلوب	عدد المدخلات	عدد المخرجات	عدد العقد المخفية	أوزان المدخلات - المخفي	أوزان المخفي - المخرجات
$ANN_s$	2	1	15	$2 * 15$	$1 * 15$
$ANN_c$	1	1	15	$1 * 15$	$1 * 15$

والاتي يبين جدول التنبؤ الذي يمثل عدد المدخلات وعدد العقد المخفية وأبعاد مصفوفة أوزان (Input-hidden) وأبعاد مصفوفة أوزان (Hidden-output) للاسلوب المعدل والتقليدي للشبكة العصبية الاصطناعية.

جدول (4-15) يوضح نموذج التنبؤ للشبكة العصبية الاصطناعية لسلسلة صادرات النفط

وتم ايجاز نتائج مرحلة ما بعد العينة للطرائق المعتمدة في جدول (4-20)، حيث تم استخدام الشبكة المدربة المبينة في الجدول (4-18) ومصفوفة الاوزان المثالية وقيم التحيز لطبقة المدخلات-المخفية والطبقة المخفية-المخرجات المبينة في الجدولين (4-17) و(4-16)، وباستخدام خطوات التنبؤ في خوارزمية (1-2) فيما يخص الاسلوب المعدل للشبكة العصبية الاصطناعية اما في الاسلوب التقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية فاستخدمت الشبكة المدربة المبينة في الشكل (4-19)، وفي اسلوب بوكس-جنكينز فاستخدمت المعادلة (4-1) (نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الاولى).

جدول (4-16) يمثل نتائج ما بعد العينة لطرائق المعتمدة



Method	Forecast	ANN suggest	ANN classic	B.J
Period				
	2010	2367.5	2287.7	2277.326
	2011	2532.0	2273.7	2268.824
Criterion of error				
	MSE	<b>6922.26</b>	74563.79	77814.62
	RMSE	<b>83.20012</b>	273.0637	278.9527
	MAPE	<b>3.134745</b>	9.68211	9.988536

ويمكن تمثيل سلوك معدل المطلق النسبي للخطأ بيانياً من خلال الشكل الأتي:

شكل (4-19) يمثل نتائج معدل المطلق النسبي للخطأ لمرحلة ما بعد العينة لطرائق المعتمدة

يتبين من نتائج الجدول اعلاه ان اقل خطأ ممكن في اختبار ما بعد العينة يتحقق في الاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية مما يدل على ان تنبؤات هذا الاسلوب تمتلك كفاءة عالية ورصينة، وبلغت نسبة تحسن نتائج تنبؤ الاسلوب المعدل عن الاسلوب التقليدي 50% وعن اسلوب بوكس-جنكينز 69%. ويتبين كذلك ان نتائج الاسلوب التقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية واسلوب بوكس-جنكينز كانت متقاربة وبشكل كبير.

## 4-5 تحليل النتائج:

تم في هذه المرحلة تحليل النتائج التي تم التوصل اليها وعلى جزئين، الاول يتضمن تحليل نتائج تعدد عدد العقد في الطبقة المخفية ومناقشة اثر زيادتها والجزء الثاني يتضمن تحليل نتائج الطرائق المعتمدة في هذا الفصل.

### 4-5-1 اثر زيادة العقد في الطبقة المخفية:

لمناقشة اثر زيادة عدد العقد في الطبقة المخفية من خلال النتائج المستخرجة من الاسلوب التقليدي والمعدل للشبكات العصبية الاصطناعية، يمكن ايجازها بالجدول الاتي:

جدول (4-17) يمثل اثر زيادة العقد في الطبقة المخفية على نتائج الشبكة العصبية الاصطناعية

Nodes .NO	Method	MSE	RME	MAPE	R <sup>2</sup>	.Frequency NO
Nodes 10	ANN <sub>Classic</sub>	606.644 0	24.6301	0.6117	0.998	1500
	ANN <sub>Suggest</sub>	2.8533	1.6892	0.0392	1	179
Nodes 15	ANN <sub>Classic</sub>	495.09 95	22.250 8	0.4106	0.999	1500
	ANN <sub>Suggest</sub>	2.3256	1.5250	0.0358	1	33
	ANN <sub>Classic</sub>	495.09	22.250	0.4106	0.999	

		95	8			1500
Nodes 20	ANN Suggest	2.3256	1.5250	0.0358	1	17

يتبين من النتائج اعلاه ان تأثير زيادة عدد العقد في الطبقة المخفية يقف ويثبت عند حد معين اي عندما يصل الى حالة التوازن او الاستقرار وفي هذه السلسلة الزمنية ثبت (استقر) عدد العقد عند 15 والفرق الوحيد والتميز عند الاستقرار يكون في عدد التكرار اي وقت التدريب المستغرق للشبكة اذ يكون الفرق بالثواني قليلة واجزاء الثانية وهذا لايؤثر باي شكل من الاشكال على الحل. ومن جهة اخرى يتبين افضلية الاسلوب المعدل عن الاسلوب التقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية اذ كانت قيمة الخطأ منتهية في الصغر ومنذ اول مرحلة وكذلك قيمة معامل التحديد كانت تامة من المرحلة الاولى والتي لم يصلها الاسلوب التقليدي فضلا عن تحقيق الشروط والتوقف قبل نهاية شرط التكرار ومن اول تجربة في حين لم يتحقق هذا الشرط في اي مرحلة من مراحل الاسلوب التقليدي لذلك فان عملية التدريب استمرت حتى نهاية التكرار اي عند 1500 مرحلة (iteration) وبالعكس من الاسلوب المعدل. ويمكن تمثيل معايير الخطأ للاسلوب المعدل والتقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية بيانياً وكالاتي:

والشكل الاتي يبين سلوك الجذر التربيعي لمعدل مربع الخطأ للاسلوبين بمستويات متعددة للعقد في الطبقة المخفية بيانياً.  
شكل (4-20) يمثل الجذر التربيعي لمعدل مربع الخطأ للاسلوبين بمستويات متعددة في العقد

والشكل الاتي يبين سلوك المعدل المطلق النسبي للخطأ للاسلوبين بمستويات متعددة للعقد في الطبقة المخفية بيانياً.

شكل (4-21) يمثل معدل المطلق النسبي للخطأ لاسلوبين بمستويات متعددة في العقد

والشكل الاتي يبين سلوك معامل التحديد للاسلوبين بمستويات متعددة للعقد في الطبقة المخفية بيانياً.

شكل (4-22) يمثل قيم معامل التحديد للاسلوبين بمستويات متعددة في العقد

يتبين ايضاً من نتائج الخطأ والاشكال اعلاه ان النتائج كانت مستقرة عند مستوى العقد 15 و 20 لكل اسلوب، ويكون الخطأ اقل في الاسلوب المعدل وبشكل ملحوظ.

#### 4-5-2 مقارنة نتائج الطرائق المعتمدة:

يمكن أيجازهم النتائج التي تم توصل إليها فيما سبق بواسطة الأساليب المعتمدة في هذا الفصل "أسلوب بوكس-جنكينز والاسلوب التقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية والاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية" استناداً الى المعايير الإحصائية للخطأ وكما مبين في الجدول الاتي:

جدول (4-18) يمثل نتائج المعايير الإحصائية للخطأ لأساليب المعتمدة

Index	Criterion Method	MSE	RMSE	MAPE	R <sup>2</sup>
1	Box-Junkies	834667.3	913.6013	10.62856	0.743555
2	ANN <sub>Classic</sub>	495.0995	22.2508	0.4106	0.999

3	ANN <sub>Suggest</sub>	2.3256	1.5250	0.0358	1
---	------------------------	--------	--------	--------	---

ويمكن تمثيل سلوك معدل المطلق النسبي للخطأ بيانياً من خلال الشكل  
الآتي:

شكل (23-4) يمثل معدل المطلق النسبي للخطأ للطرائق المعتمدة

ويمكن تمثيل سلوك الجذر التربيعي لمعدل مربع الخطأ بيانياً وكالآتي:

شكل (24-4) يمثل الجذر التربيعي لمعدل مربع الخطأ للطرائق المعتمدة

ويمكن تمثيل سلوك معامل التحديد لاساليب المعتمدة الثلاث بيانياً وكالآتي:  
شكل (25-4) يمثل قيم معامل التحديد لاساليب العتمدة

يتبين من جدول المعايير الاحصائية للخطأ والشكل منحنى التوفيق واشكال  
معايير الخطأ اعلاه، ان اسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية بشكل عام  
"التقليدي والمعدل" افضل من اسلوب بوكس- جنكينز وبشكل كبير  
مما يدل على كفاءة الشبكات العصبية الاصطناعية برغم من ان السلسلة  
الزمنية قيد البحث ذات سلوك خطي ومنتظم. ويتبين كذلك ان الاسلوب  
المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية يمتلك اقل خطأ ممكن وكانت قيمة  
معامل التحديد  $R^2$  تامة (Perfect) اي ان العلاقة قوية جدا فضلا عن تطابق

منحنى التوفيق، مما يدل على كفاءة وجودة الاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية برغم من محدودية البيانات مما يؤثر على عملية تدريب السلسلة الزمنية قيد البحث. ويتبين ايضاً من سلوك معاملات دالتي الارتباط الذاتي والجزئي للخطأ ان الاخطاء مستقلة وعشوائية في الاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية. ويتبين كذلك ان الاسلوب المعدل للشبكات العصبية يمتلك اقل قيمة للخطأ وكانت قريبة من الصفر ويلاحظ ايضاً عدم تأثير زيادة عدد العقد اكثر عن العدد الانسب في الطبقة المخفية على نتائج او مخرجات الشبكة العصبية الاصطناعية. ويتبين ايضاً ان الاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية حقق شرط التوقف في عملية تدريب الشبكة العصبية في حين استمرت عملية التدريب للاسلوب التقليدي حتى نهاية التكرار او المراحل (Iteration)، مما يدل على كفاءة الاسلوب المعدل عن الاسلوب التقليدي.

ويتبين من نتائج مرحلة ما بعد العينة ان الاسلوب المعدل تملك كفاءة كبيرة في قيم التنبؤات المستقبلية ويتبين كذلك ان نتائج قيم تنبؤات الاسلوب التقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية واسلوب بوكس-جنكينز كانت متقاربة وبشكل كبير، مما افقد الشبكات العصبية الاصطناعية خاصيتها. اما نسب التحسن او تفوق للطرائق الثلاث المعتمدة كانت بالشكل الاتي:

▫ نسبة تفوق او تحسن الاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية

عن الاسلوب التقليدي للشبكات العصبية التقليدية بلغت 94.65%

▫ نسبة تفوق او تحسن الاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية

عن اسلوب بوكس- جنكينز بلغت 99.83%

▫ نسبة توفيق او تحسن الاسلوب التقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية  
عن اسلوب بوكس-جنكينز بلغت 97.14%

▫ يتبين من نتائج اختبار مابعد العينة ان الاسلوب المعدل للشبكات  
العصبية الاصطناعية هو الافضل، مما يدل على ان تنبؤات هذا الاسلوب  
رصينة (غير حساسة) وتمتلك كفاءة عالية، وبلغت نسبة تحسن نتائج  
تنبؤ الاسلوب المعدل عن الاسلوب التقليدي 50% وعن واسلوب  
بوكس-جنكينز 69%

نستنتج مما سبق واستناداً الى نتائج مرحلتي التوفيق ومابعد العينة ان افضل  
اسلوب هو الاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية.

ومن الجدير بالذكر ان نسبة تحسن نتائج الاسلوب المعدل للشبكات العصبية  
تفوق نتائج الاسلوب التقليدي وكذلك نتائج اسلوب بوكس-جنكينز.

#### 4-6 قياس كفاءة "مهارة" التنبؤ: (Forecast Skill (SS

تم في هذه المرحلة قياس واحتماب درجة مهارة التنبؤ "SS" لافضل النماذج  
والشبكات للطرائق الثلاث المعتمدة في الجانب التطبيقي لسلسلة صادرات  
النفط الخام السعودي، وذلك للتعرف اكثر وبدقة على جودة وكفاءة تلك  
الطرائق فضلا عن جودة وكفاءة الاسلوب المعدل "المقترح" للشبكات  
العصبية الاصطناعية. ويمكن ايجاز نتائج درجة مهارة التنبؤ للطرائق المعتمدة  
في الجدول الاتي:

جدول (4-19) يمثل مهارة التنبؤ للطرائق الثلاث المعتمدة

Method	BJ	ANN <sub>Classic</sub>	ANN <sub>Suggest</sub>
SS	0.7	0.9	1

ويمكن تمثل تلك النتائج بيانياً من خلال المدرج التكراري وكالاتي :  
شكل (4-26) يمثل درجة مهارة التنبؤ للطرائق الثلاث المعتمدة

يتبين من النتائج درجة مهارة التنبؤ "مقياس كفاءة اسلوب التنبؤ" ان افضل اسلوب تمثل بالاسلوب المعدل للشبكات العصبية الاصطناعية وكانت قيمة تامة، وكانت المهارة قليلة لكل من الاسلوب التقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية واسلوب بوكس-جنكينز علماً ان اسلوب بوكس-جنكينز كان اقل مهارة من كل من الاسلوب المعدل والتقليدي للشبكات العصبية الاصطناعية.

وتبين ايضاً من نتائج مهارة التنبؤ بانه لا توجد طريقة غير كفوءة اي ذات مهارة سالبة وان جميع الطرائق المعتمدة في البحث كفوءة ولكن بنسب متباينة.

#### 4-7 التنبؤ : Forecasting

تم في هذه المرحلة التنبؤ<sup>vii</sup> بالقيم المستقبلية لصادرات النفط الخام في المملكة العربية السعودية للفترة سبعة سنوات قادمة تحت مستوى موثقية 90% باستخدام الشبكة العصبية المدربة والمبينة في الشكل (4-C18) والمعادلة (4-2)، والصيغة (2-79) وذلك لحساب حدود ثقة التنبؤ<sup>viii</sup> (الحدود العليا والدنيا).

جدول (4-20) يمثل قيم التنبؤ بسلسلة انتاج النفط الخام السعودي للفترة القادمة.

Period	Forecast	Upper	Lower
1	2367.5	3062.355	1672.645
2	2532.0	3226.855	1837.145

Vii تم حساب تنبؤات عام 2012 وما بعدها بافتراض ثبات معدل الانتاج عند مستويات عام 2011 "اي عند 3398.5" علماً ان خبراء الاقتصاد يتوقعون ثبات او استقرار الانتاج عند تلك المستويات.

Viii علماً ان النتائج استخرجت في يناير 2013.



3	2556.8	3251.655	1861.945
4	2642.7	3337.555	1947.845
5	2543.0	3237.855	1848.145
6	2649.5	3344.355	1954.645
7	2530.5	3225.355	1835.645

اذ تمثل المدة "الفترة" (1-7) على التوالي السنوات (2012-2018) على توالي. ويمكن تمثيل قيم التنبؤ لسلسلة صادرات النفط الخام في المملكة العربية السعودية للفترة سبعة سنوات القادمة وحدود الثقة، بياناً من خلال الشكل الاتي.

شكل (4-27) يمثل منحنى التنبؤ لسلسلة صادرات النفط الخام السعودي للفترة القادمة.