المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (18) 2010
ص ص [133 – 154]

تقدير رتبة سلسلة ماركوف للحالة الجوية لمدينة الموصل باستخدام شبكة الانتشار العكسي

ابتهاج عبد الحميد الكسو* اسراء عبد الجواد صالح**

المستخلص

تعد عملية تقدير رتبة سلسلة ماركوف لتمثيل مشاهداتها من المسائل المهمة في التطبيقات الواقعية ،وإحدى طرائق تقدير الرتبة تعتمد على التقنيـات الذكائيـة متمثلة بالشبكات العصبية الاصطناعية . إذ تم في هذا البحث توظيف وتصميم شبكة عصبية اصطناعية لهذا الغرض وهي شبكة الانتشار العكسي للخطـأ (BPE) ، اذ تناول البحث مسالة واقعية في تقدير رتبة سلسلة ماركوف للحالة الجويـة للأشـهر الماطرة في محافظة نينوى (صحو، غائم، ممطر) واعـدت خوارزميـة خاصـة لتدريب هذه الشبكة .واقترحت شبكة عصبية اخرى مهمتها التنبؤ بالحالة الجويـة ، اذ صممت هذه الشبكة اعتماداً على الشبكة السابقة بعد تعديلها .

Markov Chain Order Estimation to the Weather State of Mosul City by Using Backpropagation Network

ABSTRACT

The operation of order estimation of a Markov chain to represent the observation chain is an important problem in realistic applications. One method of order estimation depending on intelligence technicality is represented by artificial neural networks . in this research we design an artificial neural network which is the backpropagation error (BPE) .

---

* مدرس /قسم الاحصاء /كلية علوم الحاسوب والرياضيات

** مدرس مساعد / قسم الاحصاء /كلية علوم الحاسوب والرياضيات

تاريخ التسلم :19/ 1/ 2010 ـــــــــــــــــــــــ تاريخ القبول : 28/ 4/ 2010

This research treated realistic problem in Markov chain order estimation to the weather state of raining months in Nineveh Governorate (clearly, cloudy, rainy) , and a special algorithm has been prepared for training the network .We suggest another neural network for backpropagation error which is forecasting the weather state , which is designed depending on the past network after modify it.

المقدمة Introduction

تعد عملية تقدير رتبة سلسلة ماركوف Markov Order Estimation Chain من العمليات المهمة اذ ان القرار الصائب الذي سيتم اتخاذه سوف يكون بناء على الرتبة المحددة لذلك النموذج. وتعرف رتبة سلسلة ماركوف على انها عدد الحالات السابقة التي يعتمد عليها احتمال الحالة القادمة، او هي حجم الذاكرة التي يعتمد عليها احتمال الحالة القادمة. ويقال لسلسلة ماركوف انها ذات رتبة صفرية اذا كان المتغير X_n مستقلاً عن المتغير السابق له X_{n-1} وهي عبارة عن مجموعة من المتغيرات العشوائية المستقلة[2][4][3]

ويقال لسلسلة ماركوف انها من الرتبة الأولى، وتسمى بسلسلة ماركوف البسيطة ، إذا كان X_n يعتمد على الحالة السابقة له X_{n-1} فقط أي أن :-[5][1]

$$Pr[X_n=i \mid X_{n-1}=j ,X_{n-2}=j_1,\dots] = Pr[X_n=i \mid X_{n-1}=j]$$

اما اذا اعتمدت سلسلة ماركوف على الحالتين السابقتين لها فتسمى بسلسلة ماركوف من الرتبة الثانية Second Order Markov Chain وهي تحقق الجملة الاحتمالية آلاتية :

$$Pr[X_n=i \mid X_{n-1}=j , X_{n-2} = j_1,X_{n-3}=j_2,\dots] = Pr[X_n=i \mid X_{n-1} = j , X_{n-2}=j_1]$$

وعلى هذا النحو يمكن تعريف سلسلة ماركوف من الرتبة k على النحو الأتي :

$$Pr[X_n=i \mid X_{n-1}=j , X_{n-2} = j_1,X_{n-3}=j_2,\dots] = Pr[X_n=i \mid X_{n-1}=j , X_{n-2} = j_1,X_{n-3}=j_2,\dots, X_{n-k}=j_k]$$

لغرض تقدير رتبة سلسلة ماركوف للحالة الجوية (صحو، غائم، ممطر) في محافظة نينوى للفترة (1987-1997) لسلسلة مكونة من (2433) مشاهدة موزعة على (80) شهراً ماطراً وهي موضحة في الملحق A ، وعلى اعتبار أن السنة المطرية تمتد لثمانية اشهر فقد تم حذف الأشهر الأربعة التي لا يسقط فيها المطر أو يسقط بشكل نادر جداً، أي أن البيانات تمتد لتشمل فقط الأشهر من تشرين الأول للسنة الحالية إلى شهر أيار للسنة التالية .باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية صممت لهذا الغرض شبكة عصبية اصطناعية وهي شبكة الانتشار العكسي للخطأ (Backpropagation Error Network BPE) يتم الحصول بوساطتها على رتبة سلسلة ماركوف، التي تعمل وفق خوارزمية خاصة معدة لهذا الغرض، وطبقت على عدد من سلاسل ماركوف المنتخبة للتعلم وبحسب قيمة مختارة لمعدل التعلم (Learning Rate η) وبعدد من الخطوات (Steps Number) للتوصل الى ادق النتائج، فضلاً عن تصميم شبكة عصبية اصطناعية وهي شبكة الانتشار العكسي للخطأ ايضاً لاغراض التنبؤ بالحالة الجوية.وقد تناولت الباحثة الكسو في دراستها لتقدير رتب سلاسل ماركوف مع التطبيق على سلسلة جبل بطمة في محافظة نينوى بعض الاختبارات الإحصائية فضلا عن معايير المعلومات واقترحت أسلوبا جديداً لأحد التقنيات الذكائية متمثلاً بتصميم شبكة عصبية اصطناعية وهي شبكة المدرك (Perceptron) وظفتها لتقدير رتبة سلسلة ماركوف.[1].

معمارية شبكة الانتشار العكسي للخطأ التي تم تصميمها لتقدير الرتبة
Architecture Backpropagation Network

لغرض الحصول على رتبة سلسلة ماركوف في شبكة الانتشار العكسي للخطأ المكونة من ثلاث طبقات هي طبقة الادخال (Input Layer) والطبقة الوسطى (المخفية) (Hidden Layer) وطبقة الاخراج (Output Layer) فان طبقة الادخال تتكون من مجموعة من الخلايا عددها (31) خلية بحسب عدد ايام

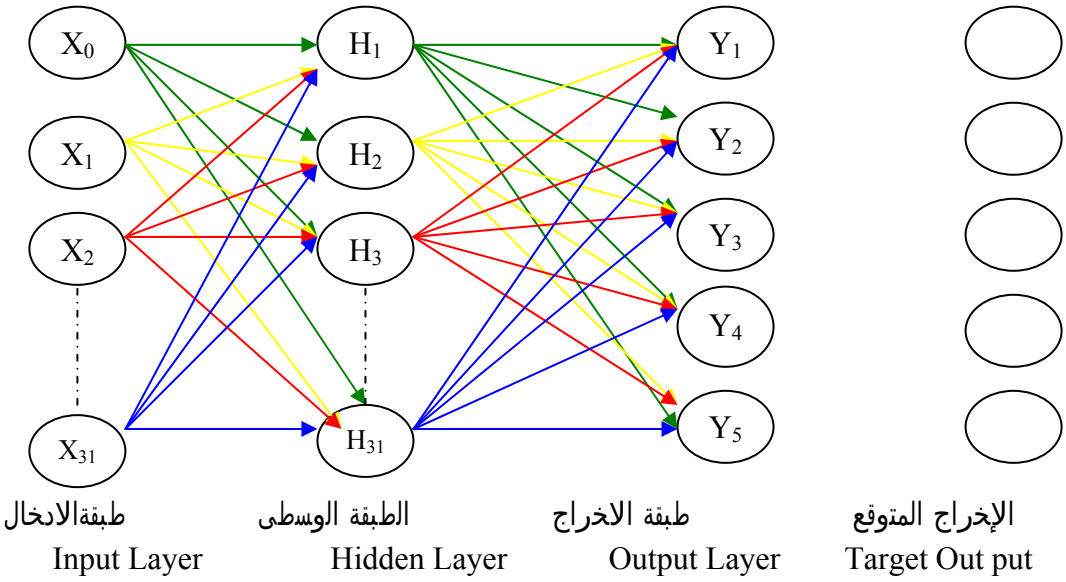
الشهر في حين تم اختيار عدد خلايا الطبقة الوسطى (المخفية) (31) خليـة ايـضاً وتتكون طبقة الاخراج من (5) خلايا بحسب عدد الرتب المراد اختبارها. وحيث ان لكل رمز من رموز حالة الجو المكونة للسلسلة مدخلا واحدا (خليـة) فـالرمز A مدخله هو (1-) والرمزB مدخله هو (0) الرمز C مدخله (1) وان طـول هـذه السلسلة او عدد مشاهداتها هو (31) مشاهدة.

وبما ان شبكة الانتشار العكسي تستخدم الـتعلم باشـراف (Supervised Learning) فانه يحدد الاخراج المتوقع (target output) الخاص بالشبكة بخمسة اخراجات اذ يمثل كل اخراج رتبة معلومة مسبقا وتشير الى نمـوذج مـن نمـاذج التدريب للشبكة العصبية وتم تمييز الاخراج كما موضح في الجدول (1) .

الجدول (1) الاخراج المتوقع لكل رتبة يتم اختبارها

الرتبة الداخلة	الإخراج المتوقع				
1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	1

يتضح من الجدول (1) اعلاه انه اذا كانت المدخلات من الرتبـة الاولـى يجب ان يكون الاخراج هو (1,0,0,0,0) أي ان الاخراج الاول الذي يمثل الرتبـة الاولى يساوي (1) وبقية الاخراجات التي تمثل باقي الرتب تساوي صفراً .ويمكـن توضيح معمارية شبكة الانتشار العكسي للخطأ الخاصة بتقدير رتبة سلسلة ماركوف للحالة الجوية للأشهر الماطرة في محافظة نينوى بالشكل (1)



الشكل (1): معمارية شبكة الانتشار العكسي المقترحة لتقدير رتبة سلسلة ماركوف للحالة الجوية للأشهر الماطرة في محافظة نينوى

الخوارزمية المقترحة لتدريب شبكة الانتشار العكسي للخطأ لتقدير رتبة سلسلة ماركوف

ان خوارزمية تدريب شبكة الانتشار العكسي لتقدير رتبة سلسلة ماركوف للحالة الجوية للأشهر الماطرة في محافظة نينوى تتكون من الخطوات الاتية:-

1- ادخال قيمة اولية لمعدل التعلم η بحيث تكون $0 < \eta < 1$.

2- تصفير عداد الخطأ وعداد تسلسل السلسلة .

3- حساب المدخلات من طبقة الادخال الى الطبقة المخفية اذ ان

$$H_{jI} = w_{0i} + \sum x_i w_{ij}$$

w : الأوزان بين طبقة الإدخال والطبقة المخفية

I : المدخلات

O : المخرجات

4- حساب المخرجات من الطبقة المخفية الى طبقة الاخراج

$$H_{jo} = f(v_{0k} + H_{jI} v_{jk})$$

v : الأوزان بين الطبقة المخفية وطبقة الإخراج

5- حساب المدخلات من الطبقة المخفية الى طبقة الاخراج.

$$y_{kI} = f(v_{0k} + \sum_{k=1} y_k v_{jk})$$

6- حساب الخطأ لكل اخراج y

$$\delta_k = (y_t - y_k) f'(y_{kI})$$

y_t: الاخراج المتوقع

y_k: الاخراج الحقيقي

7- حساب قيمة تصحيح الاوزان بين طبقة الاخراج والطبقة المخفية

$$\Delta v_{jk} = \eta \delta_k H_{jo}$$

8- حساب قيمة تصحيح الانحياز بين طبقة الاخراج والطبقة المخفية

$$\Delta v_{0k} = \eta \delta_k$$

9-حساب الخطأ في الطبقة المخفية

$$\delta_j = \sum \delta_k v_{jk} f'(H_{jo})$$

10- حساب قيمة تصحيح الاوزان بين الطبقة المخفية وطبقة الادخال

$$\Delta w_{ij} = \eta \delta_j x_i$$

11- حساب قيمة تصحيح الانحياز بين الطبقة المخفية وطبقة الادخال

$$\Delta w_{0j} = \eta \delta_j$$

12- حساب تعديل الاوزان والانحيازات لطبقة الاخراج

$$v_{jk(new)} = v_{jk(old)} + \Delta v_{jk}$$

13- حساب تعديل الاوزان والانحيازات للطبقة المخفية

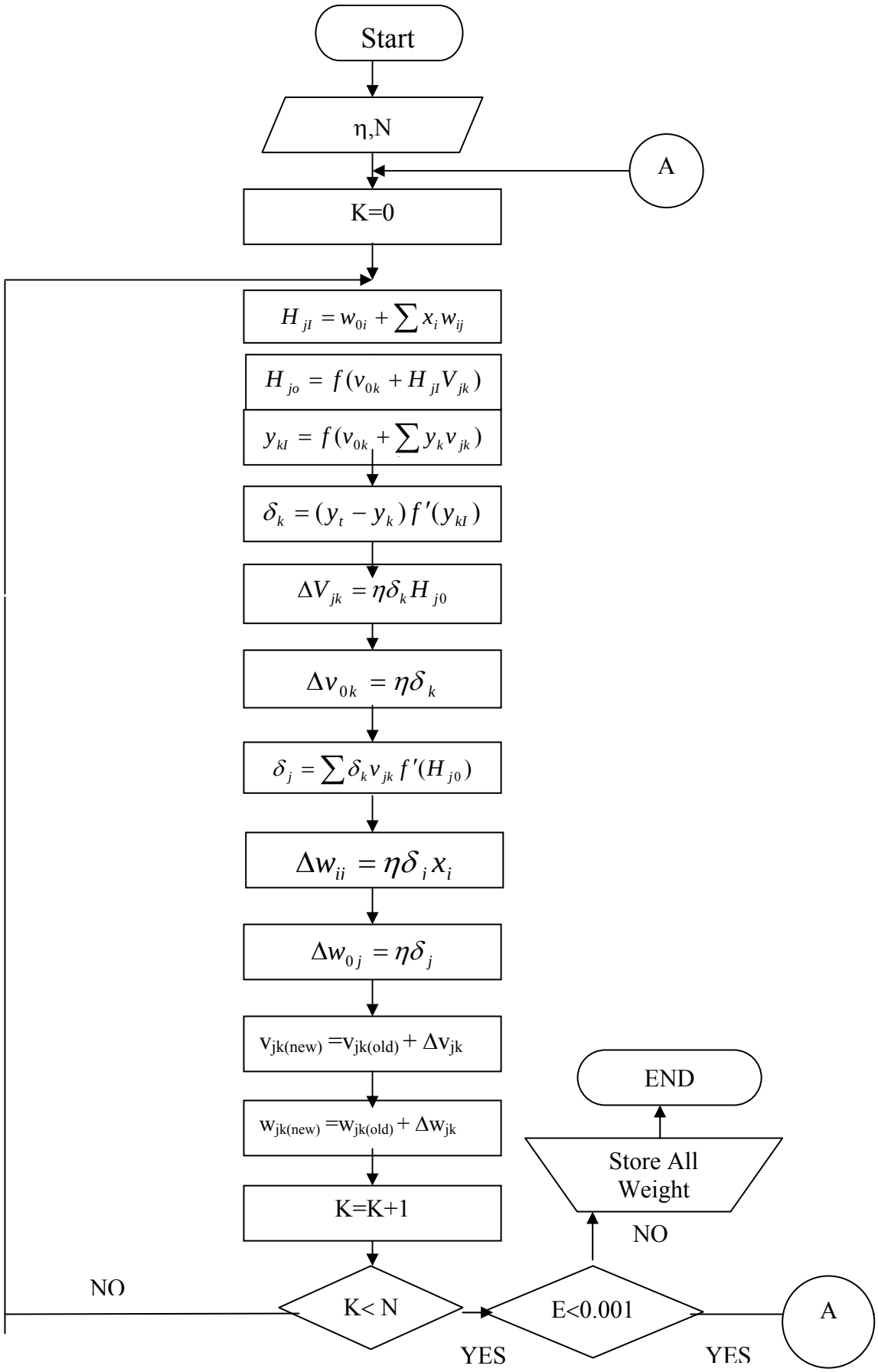
$$w_{jk(new)} = w_{jk(old)} + \Delta w_{jk}$$

14- أضف للعداد K=K+1

15- مقارنة الخطأ.

ويستمر التدريب الى حين الوصول الى قيمة الخطـأ المحـدد لهـذه الـشبكة (0.001) .

ويمكن تمثيل خطوات الخوارزمية المقترحة بالمخطط الانسيابي الموضح في الشكل (2) بالاتي



الشكل(2):المخطط الانسيابي للخوارزمية المقترحة لشبكة الانتشار العكسي للخطأ

تأثير معامل معدل التعلم (η) على عدد خطوات التدريب في شبكة الانتشار العكسي للخطأ لتقدير الرتبة.

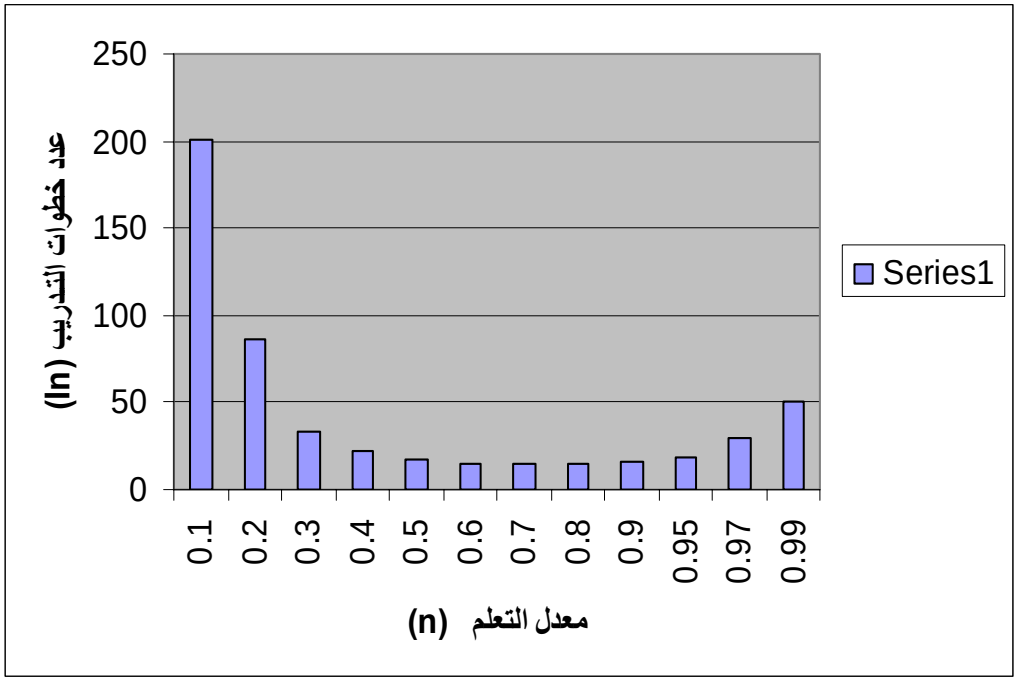
Effect of Learning Rate on Steps Number of Training in the Backpropagation Error Network of Order Estimation

بعد أن تم تدريب الشبكة على عدد من سلاسل الإدخال ،ولغرض معرفة تأثير معامل معدل التعلم (Learning Rate η) في عدد خطوات التدريب (Steps Number) في الشبكة، فانه يتم اخذ قيم(η)المحصورة بين $0 < \eta < 1$ على فرض ان عدد سلاسل الادخال (N) للشبكة ثابت وهو (150) سلسلة ادخال فان كل(30) سلسلة تمثل رتبة معينة. فان طبقة الإدخال(Iu) تتكون من مجموعة من الخلايا عددها (31) خلية بحسب عدد أيام الشهر في حين تم اختيار عدد خلايا الطبقة الوسطى (H) (المخفية) (31) خلية أيضا وتتكون طبقة الإخراج(Ou) من (5) خلايا بحسب عدد الرتب المراد اختبارها. وبهدف تحديد قيمة معدل التعلم (η) المثالية التي تقابل اقل عدد من خطوات التدريب فانه تم تحديد قيمة الخطأ المثالية بـ 0.001 للحصول على عدد المكررات (In)التي تقابل كل قيمة من قيم معدل التعلم(η)، كما موضح في الجدول(2) الاتي :-

الجدول (2): تأثير معامل معدل التعلم (η) في عدد خطوات التدريب

عدد سلاسل الادخال(N)	Iu	H	Ou	η	In
150	31	31	5	0.1	201
				0.2	86
				0.3	33
				0.4	22
				0.5	17
				0.6	15
				0.7	15
				0.8	15
				0.9	16
				0.95	18
				0.97	30
				0.99	50

يلاحظ من الجدول (2) اعلاه ان قيمة معدل التعلم (η) المثالية محـصورة بين (0.6 ، 0.7 ، 0.8) وهي التي تقابل اقل عدد من خطوات التدريب ،ويمكـن الاستعاضة عن هذه القيم الثلاثة لمعدل التعلم (η) بالقيمة الوسطية η=0.7 .ويتضح من الجدول (2) اعلاه ان العلاقة بين قيم معدل التعلم η (والتي تمثل قدرة الشبكة على الاستيعاب) على عدد خطوات التدريب بشكل قطع مكافئ , فكلما زادت قيمـة معدل التعلم η قلت عدد خطوات التدريب الى ان تستقر عند قيمـة معـدل الـتعلم المثالية η ثم تبدأ مرة اخرى بالزيادة، والشكل (3) يوضح العلاقة بين معدل التعلم η وعدد خطوات التدريب In :-



الشكل (3) :العلاقة بين معدل التعلم η وعدد خطوات التدريب (In) لشبكة الانتشار العكسي للخطأ لتقدير الرتبة

تدريب شبكة الانتشار العكسي للخطأ لتقدير رتبة سلسلة ماركوف ونافذة النتائج التي تم الحصول عليها

تم الحصول على سلاسل ماركوف ذوات رتب معلومة مسبقاً ، إذ حددت رتبها عن طريق استخدام معيار شانون للمعلومات المعرف بالصيغة آلاتية :-[1] [2]

$$H=E(-\log_2 p)$$
$$=-\sum P(j)\log_2 p(j)$$

وقد كانت رتبها محصورة بين (5-1) ، وتم تدريب الشبكة عليها والحصول على أوزان التدريب وبعد ذلك أدخلت السلسلة الأصلية للبيانات والأوزان التي تم الحصول عليها من مرحلة التدريب وبمعدل التعلم المثالي (η=0.7) وما يقابله من مكررات إذ بلغ عددها (15) مكرراً ولعدد من سلاسل الإدخال وهي (150) سلسلة،إذ تمت مقارنة الشهر الأول مع الرتب الخمسة وحساب التشابه بهذه الرتب ،

إذ تبين من النافذة أن الشهر الأول لم يشبه الرتبة الأولى والثانية والرابعة إذ كـان مقدار التشابه (0) ، في حين أن الشهر نفسه يشبه الرتبة الثالثـة بمقـدار (0.10) ويشبه الرتبة الخامسة بمقدار (0.06) وبذلك فان أعلى مقدار تشابه احتلته الرتبـة الثالثة .

أما الشهر الثاني فانه لم يشبه الرتبتين الثانية والثالثة، في حين كان مقدار التـشابه للرتبة الأولى (0.08) ، وللرتبة الرابعة بمقدار (0.68) وللرتبة الخامـسة بمقـدار (0.88)، وهكذا لبقية الأشهر. الشكل(4) :نتائج الرتبة التي تم الحصول عليها مـن شبكة الانتشار العكسي للخطأ المقترحة توضح ذلك:-

Iter = 15 neta = +0.70 No of Chain = 150

+0.00	+0.00	+0.10	+0.00	+0.06	BAAAAABABAAACCCBBBCCBCBBCCCCCDD
+0.08	+0.00	+0.00	+0.68	+0.88	BCBAABACABAACCBCCBBBCBABBAAAAAA
+0.00	+0.00	+0.00	+0.52	+0.36	BBABACCCCCCCCCBABABBBAAAAAAAAAD
+0.00	+0.00	+0.82	+0.58	+0.00	CCBABCCBBBCBCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.96	+0.04	+0.00	CABBCBBBBCCCBBCCCCBBCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.96	+0.21	+0.00	CBAABCBBCCBCCBAABBBBCCCCCCCCCCD
+0.00	+0.00	+0.02	+0.45	+0.00	CCCCABACBBACCACCAAABAABBCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.47	+0.38	+0.00	CBABACCBABCBBBCCBBCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.05	+0.24	+0.00	ABACCCCCBBBBCCCCBBCCCCBBCCCCDDD
+0.00	+0.92	+1.00	+0.00	+0.00	BBBACABACBBBABABABCBABBCCBBCCCC
+0.00	+0.00	+0.60	+0.20	+0.00	CBBACBBCCBBBCCCCCCBBCCCCBBBBCCD
+0.00	+0.00	+0.77	+0.01	+0.00	CBABBBBBBBBCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.94	+0.02	+0.00	BBBBBBBBBCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.01	+0.00	+0.89	+0.11	+0.00	CCBABAABBBCCBCBBBCCCCCBBBBBBBBD
+0.00	+0.02	+0.48	+0.02	+0.00	ACCBAABAACCCCABAACCAACCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.00	+0.99	+0.00	CCCCCCCCBABABACCCCCCCCACCAACAAA
+0.00	+0.00	+0.00	+0.06	+0.89	CBCCCCABBCCCCCAABBABAAAAAAAADDD
+0.00	+0.00	+0.06	+0.09	+0.00	BAACBAACBCCBCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.01	+0.97	+0.00	CCABABABBACCCBBCBBCCCBCBCBBBCCD
+0.00	+0.00	+1.00	+0.01	+0.00	CCCCCBBACCCCBBCCBACCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.01	+0.66	+0.00	CBBCBCBCCBBBCCBBCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.75	+0.04	+0.00	CCABABBBBBBCCCCCCCCCCCCCCCCCCD
+0.00	+0.00	+1.00	+0.00	+0.00	CCCCCBBABABBACCCBABACCACAACCCCC
+0.02	+0.00	+0.58	+0.00	+0.00	ABAABBABBBACACCCBCBCABAACCCACCC
+0.00	+0.00	+0.01	+0.74	+0.00	BABABBACCCCCCBCCCABAABBCBCCCDDD
+0.93	+0.00	+0.00	+0.11	+0.00	ABABAAABABBAAAAACCCCCACCBBBACCC

+0.00	+0.00	+0.03	+0.06	+0.00	CACCAAACCBCBBCCBCCCBBCCBCCCBBCD
+0.00	+0.00	+0.76	+0.00	+0.00	CBBACBCABABCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.08	+0.34	+0.00	CCCBBCCCCBBABCCBBBBCCCBBCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.87	+0.02	+0.00	CBAABACCCCCCBBABABCCCCCCCCCCCD
+0.00	+0.00	+0.00	+0.94	+0.00	CCBABBACCBAACCBABAACCCCCCCAAAAA
+0.00	+0.00	+0.01	+0.66	+0.23	CCCCCCACCCCCCCCCCCACCCAAAAAAAAA
+0.10	+0.12	+0.02	+0.00	+0.01	ACCCCCCCABABAABABABABAAAAAAAADD
+0.00	+0.00	+0.05	+0.06	+0.00	BABAACCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.04	+0.03	+0.00	BAABCACCBAABBBCCCCCCCCCCCCCCCD
+0.00	+0.21	+0.10	+0.01	+0.00	BABAAAABCBCCBBBBBBCBBBCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.20	+0.26	+0.00	CCCCCBBBCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.28	+0.00	+0.70	+0.06	+0.00	CCBCBBAAABBBBBAACABCCACCCCCCCCD
+0.00	+0.97	+0.00	+0.00	+0.00	AACBABACBBABABABACCCAACACBBBBBC
+0.64	+0.00	+0.00	+0.99	+0.00	CCABABABAACCCABACCCCCCCCCCCCCCA
+0.00	+0.00	+0.00	+0.25	+0.00	AAAABACCBBCCCCBACCACCCCCCCCCDDD
+0.00	+0.00	+0.00	+0.26	+0.00	CCCBBACBAABBCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.04	+0.00	+0.08	+0.06	+0.00	ACBCACCCCCBBBBBAABAABAACCBBCCCD
+0.01	+0.69	+0.00	+0.62	+0.00	ABCBACCCBABACABABBCABABCCCCBBBB
+0.00	+0.00	+0.55	+0.02	+0.00	CCCBACCBCCCCBBBCBCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.00	+0.04	+0.00	AAABABBCCCCCCCCCBAABBBBCCCCCCCD
+0.00	+0.05	+0.01	+0.00	+0.00	BACCBCBABBABCAAACCCCAACABCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.01	+0.02	+0.00	BAAABBAABCBACAABCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.00	+0.05	+0.00	CACBACCCBAABABBCBBCCCCBCCBBBDDD
+0.02	+0.00	+0.00	+0.02	+0.10	AABCCCCAABCCCBCCCCCCBABABAABABB
+0.00	+0.00	+0.35	+0.00	+0.01	BAAABCCABAACCCCCCCCCCBBBBCCCCCD
+0.00	+0.00	+0.28	+0.00	+0.00	CCCAAABBCBCCCCCCCCBBCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.42	+0.00	+0.00	BCCBBABBBBBCCCCCCCCBBBBBCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.61	+0.00	+0.00	BCBBBBAAACABCCBBAACBABABCCCCAAD
+0.01	+0.00	+0.07	+0.00	+0.00	ABCCCBCBABACCCCBABABAAAACCCCAAA
+0.00	+0.00	+0.00	+0.89	+0.40	CABCCCACACCCCCBABAAAAABABBBBBBB
+0.00	+0.00	+0.13	+0.00	+0.01	ABBCAABABACCABCABACCCCCCCCCCDDD
+0.00	+0.00	+0.13	+0.02	+0.00	CCCBBCCCBAAAAAACCCBBCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.06	+0.03	+0.43	CBACBAAABCCCCCBBBCCBCCCBBBBBBBD
+0.00	+0.00	+0.06	+0.00	+0.00	ACCCBBCBBBBCCBBBBBCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.01	+0.26	+0.00	BBCBCCBCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.01	+0.27	+0.00	BACCBACCCCCCCCCCCCCCBBBBCCCCCD
+0.00	+0.00	+0.84	+0.00	+0.00	CCBACABAABBCBCCCCCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.10	+0.00	+0.02	+0.00	CCBCBBAACCAACACCBBABAAAABABBABB
+0.00	+0.00	+0.34	+0.06	+0.00	CCBACBCCCCCCBBBACCBBCCBBBBBBBDD
+0.00	+0.15	+0.01	+0.00	+0.00	ABCCCCCCBACAAAABBAABBBBBBBBBBBB
+0.00	+0.00	+0.14	+0.12	+0.00	BCCBABAACCBBBBBCCCCCBBCCCCCCCCD
+0.00	+0.00	+0.04	+0.01	+0.00	CBACCCCCCBABABCCCBCCBBCCCBCCCCC

+0.00	+0.00	+0.00	+0.41	+0.00	CBCCBCCBBBBCCCCBBCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.51	+0.00	+0.00	ABBBABAACCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCD
+0.01	+0.00	+0.68	+0.00	+0.00	ABBAABABAACCBABCBABACCBBBCCCBBB
+0.00	+0.00	+0.02	+0.00	+0.00	ABBBBACCCCABAABACCCCCCCCCCCCCCC
+0.00	+0.00	+0.00	+0.02	+0.04	CCCBBBBBAACCBAAACCCCCCCCCCCCDDD
+0.00	+0.00	+0.01	+0.00	+0.00	BAABACBACBACBAACCCCBCABACCCBCCC
+0.01	+0.00	+0.03	+0.00	+0.00	ABABBABBBCCCCCCCBBBACBACBBBBBBD
+0.00	+0.00	+0.05	+0.04	+0.00	BCCCCCCBBCBBBBCCCBCCBCCCCCCCCCC

+2.19 +3.25 +19.78 +14.06 +3.42
1 7 39 24 5

الشكل (4) : نافذة نتائج الرتبة التي تم الحصول عليها من شبكة الانتشار العكسي للخطأ

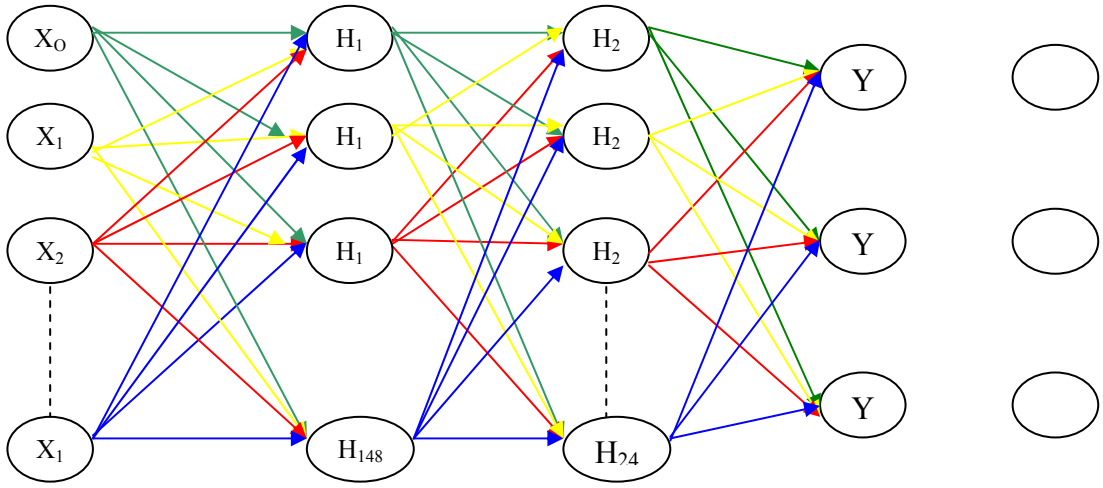
حيث أن الرمز D تم إضافته لتسهيل عمل البرنامج دون أن يؤثر في البيانات وان كل عمود يمثل رتبة من الرتب (5-1)، والصفوف تمثل الأشهر الصف الأول يمثل الشهر الأول و الصف الثاني يمثل الشهر الثاني وهكذا.

والنتائج التي تمت الحصول عليها في نهاية النافذة (4) تبين مجموع التشابه في الرتب للسلسة كاملة، إذ بلغ مقدار تشابه السلسلة للرتبة الأولى (2.19) في حين كان مقدار تشابه السلسلة للرتبة الثانية (3.25)، أما مقدار تشابهها للرتبة الثالثة فقد كان أعلى مقدار تشابه إذ بلغ (19.78) وللرتبة الرابعة (14.06) وللرتبة الخامسة (3.42) أما السطر الثاني الموضوع في اسفل النافذة (4) فانه يبين عدد الاشـهر الفائزة بكل رتبة من الرتب اعلاه إذ حصل (39) شهراً على الرتبة الثالثة، في حين حصل (24) شهراً على الرتبة الرابعة و(7) أشهر حصلت على الرتبة الثانية و(5) أشهر على الرتبة الخامسة، وشهر واحد على الرتبة الأولى. وعليـه فـان رتبـة سلسلة ماركوف للحالة الجوية للأشهر الماطرة في محافظة نينوى هي الرتبة الثالثة.

معمارية وتدريب شبكة الانتشار العكسي للخطأ المقترحة للتنبؤ بالحالة الجوية:

لغرض الاستفادة من الاساليب والتقنيات الذكائية في المجـالات التطبيقيـة الواقعية في مجال الانواء الجوية من الشبكات العصبية الاصطناعية فقد تم اقتـراح وتصميم شبكة عصبية اصطناعية متمثلة بشبكة الانتشار العكسي للخطـأ يمكنهـا التنبؤ بالحالة الجوية (صحو، غائم، ممطر) .

تتكون هذه الشبكة من اربع طبقات وهي طبقة ادخـال واحـدة وطبقتـان وسطتان(مخفيتان) وطبقة إخراج واحدة إذ تتكون طبقة الادخال مـن(12)خليـة ادخال في حين تتكون كل طبقة من الطبقتين المخفيتين من (48) خلية، اما طبقـة الإخراج فتتكون من ثلاث خلايا بحسب كل حالة من حالات الجو (غائم، صـحو، ممطر).وبما ان شبكة الانتشار العكسي للخطأ (BPE) من الشبكات ذوات الـتعلم باشراف (Supervised Learning) فانه يتم تحديد الاخراج المتوقـع (Target Output)، حيث ان كل اخراج متوقع يتمثل بحالة من حالات الجـو، فـاذا كـان الاخراج المتوقع هو(1,0,0) فهذا يعني ان حالة الجو صحو وهو (A)، اما اذا كان الاخراج المتوقع (0,1,0) فان حالة الجو غائم وهو B، واذا كان الاخراج المتوقـع (0,0,1) فان حالة الجو ممطر وهو C، ويمكن توضيح معمارية شـبكة الانتـشار العكسي المقترحة للتنبؤ بحالة الجو في الشكل(5) بالاتي:-



الشكل (5): معمارية شبكة الانتشار العكسي للخطأ المقترحة للتنبؤ بالحالة الجوية

ولتدريب الشبكة المقترحة تنفذ خطوات الخوارزمية السابقة على بيانات السلسلة الاصلية، مع اضافة ثلاث خطوات لهذه الخوارزمية لحساب الأوزان بين الطبقتين المخفيتين وحساب قيمة تصحيح الأوزان بين الطبقتين المخفيتين وقيمة تعديل الأوزان بين هاتين الطبقتين المخفيتين، ولمعرفة تأثير معدل التعلم η في الزمن المستغرق في التنبؤ تأخذ جميع قيم (η) المحصورة بين $0.1 \le \eta \le 0.9$ والجدول (3) يمثل قيمة معدل التعلم (η) المثالية وهي التي تقابل اقل زمن مستغرق في التنبؤ.

الجدول (3) يوضح تأثير معامل معدل التعلم في الزمن باستخدام برنامج التنبؤ

η	Time(ms)
0.1	17.160000
0.2	7.865000
0.3	5.445000
0.4	12.705000
0.5	-
0.6	-
0.7	-
0.8	-
0.9	-

- بعد مرور ساعة لم يتم التوصل إلى نتيجة

خوارزمية شبكة الانتشار العكسي للتنبؤ بالحالة الجوية :

وتتمثل خطوات الخوارزمية بالاتي:-

1-إدخال قيمة أولية لمعدل التعلم η بحيث تكون $0 < \eta < 1$.

2-تصفير عداد الخطأ وعداد تسلسل السلسلة .

3-حساب المدخلات من طبقة الإدخال إلى الطبقة المخفية إذ أن $H_{ihI} = w_{0i} + \sum x_i w_{ih}$

w_{ih} : الأوزان بين طبقة الإدخال والطبقة المخفية

I : المدخلات

O : المخرجات

4- حساب المدخلات من الطبقة المخفية الأولى إلى الطبقة المخفية الثانية

$H_{hj_I} = f(w_{0h} + \sum x_i w_{hj})$

w_{ih} : الأوزان بين طبقة الإدخال والطبقة المخفية

5- حساب المخرجات من الطبقة المخفية الثانية إلى طبقة الإخراج

$H_{jo} = f(v_{0h} + H_{jI} v_{hj})$

v : الأوزان بين الطبقة المخفية الثانية وطبقة الإخراج

6- حساب المدخلات من الطبقة المخفية إلى طبقة الإخراج.

$$y_{jI} = f(v_{0j} + \sum_{k=1} y_j v_{hj})$$

7- حساب الخطأ لكل إخراج y

$$\delta_j = (y_t - y_j) f'(y_{jI})$$

y_t: الإخراج المتوقع

y_j: الإخراج الحقيقي

8- حساب قيمة تصحيح الأوزان بين طبقة الإخراج والطبقة المخفية

$$\Delta v_{hj} = \eta \delta_j H_{jo}$$

9- حساب قيمة تصحيح الأوزان بين الطبقتين المخفيتين

$$\Delta v_{ih} = \eta \delta_j H_{ho}$$

10- حساب قيمة تصحيح الانحياز بين طبقة الإخراج والطبقة المخفية

$$\Delta v_{0j} = \eta \delta_j$$

11-حساب الخطأ في الطبقة المخفية

$$\delta_h = \sum \delta_j v_{hj} f'(H_{ho})$$

12- حساب قيمة تصحيح الأوزان بين الطبقة المخفية الثانيـة والطبقـة المخفيـة الأولى

$$\Delta w_{hj} = \eta \delta_{hj} x_{hj}$$

13- حساب قيمة تصحيح الانحياز بين الطبقة المخفية الأولى وطبقة الإدخال

$$\Delta w_{0h} = \eta \delta_h$$

14- حساب تعديل الأوزان والانحيازات لطبقة الإخراج

$$v_{hj\,(new)} = v_{hj\,(old)} + \Delta v_{hj}$$

15- حساب تعديل الأوزان والانحيازات للطبقة المخفية

$$w_{ih\,(new)} = w_{ih(old)} + \Delta w_{ih}$$

16- حساب تعديل الأوزان والانحيازات للطبقة المخفية الثانية

$$w_{hj(new)} = w_{hj(old)} + \Delta w_{hj}$$

17- أضف للعداد K=K+1

18- مقارنة الخطأ.

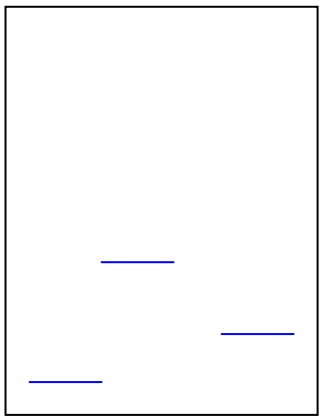
ويستمر التدريب إلى حين الوصول إلى قيمة الخطـأ المحـدد لهـذه الـشبكة (0.001).

ولتحقيق هذا الغرض فقد تم أخذ (76) شـهراً الأول مـن السلـسلة للتـدريب والاشهر الاربعة الأخيرة لغرض أختبار صحة التدريب، اذ تم ادخال الاثني عـشر يوماً الأولى من اليوم الأول الى اليوم الثاني عشر والتنبؤ بـاليوم الثالـث عـشر وبمعدل التعلم المثالي الخاص بهذه الشبكة وهو ($\eta = 0.3$) ويحسب الخطأ وبعـد ذلك يبدأ الانتشار العكسي له. ويتم ادخال الاثني عشر يوماً التالية من اليوم الثـاني الى اليوم الثالث عشر والتنبؤ باليوم الرابع عشر ويحسب الخطـأ ويـتم الانتـشار عكسياً، وهكذا الى ان يتم ادخال (76) شهراً ويعد هذا هو المكرر الاول، ثـم تـتم عملية اعادة الادخال مرة ثانية من البداية لـ (76) شهراً وبمعدل التعلم المثالي (η =0.3) ويعد هذا المكرر الثاني. وهكذا الى ان يتم تدريب الشبكة والوصول الى اقل قيمة للخطأ، وعند الحصول على اقل قيمة للخطأ فهذا يعني انهاء عملية التـدريب، بعد ذلك تبدأ مرحلة اختبار صحة تدريب الشبكة عن طريق التنبؤ بالحالة الجويـة للأشهر الاربعة الأخيرة والتي تم استثناؤها من السلسلة والتأكد من النتائج التي تم الحصول عليها.

بعد انهاء مرحلتي التدريب واختبار صحة التدريب تم التنبؤ بـ 74 يوماً، إذ تمـت مقارنة هذه الأيام بأيام حقيقية كانت فيها حالة الجو محددة بـ(صحو، غائم، ممطر) عن طريق ادخال قيمة معدل التعلم المثالية($\eta = 0.3$) وتنفيذ خطوات الخوارزميـة بعد اجراء الاضافات عليها، فانه يتم ايجاد نسبة التشابه بين الايام الحقيقية والمتنبـأ بها والزمن المستغرق لذلك، والشكل (6) يوضح ذلك:-

CBBABACCCBACACCCCCBACCCCCCCCCCBAACBCCABCCCCACCCCABCCBBCCCDDDCBACCCABAABAC
BAACC
CBBABACCCBACACCCCCBACCCCCCCCCCBAACBCCABCCCCACCBCABCCBBCCC
CBACCCABAABACBAACC

Ok = 98.75000000 0:0.0038 1:0.4474 2:0.1702
Time = 5.445000 ms



الشكل (6):نافذة شبكة الانتشار العكسي للخطأ المقترحة للتنبؤ بالحالة الجوية

فالصف الأول يمثل السلسلة الأولى 74 يوماً حقيقياً لسقوط المطر ، أما الصف الثاني فيمثل 74 يوماً متنبأ به .

Ok : يمثل نسبة التطابق بين القيم الحقيقية والمتنبأ بها

0:0.0038 :الزمن المستغرق لـ A

1:0.4474:الزمن المستغرق لـ B

2:0.1702:الزمن المستغرق لـ C

Time: يمثل الزمن المستغرق لتنفيذ البرنامج

والشكل يمثل الزمن المستغرق لـ A والزمن المستغرق لـ B والزمن المستغرق لـ C

وللتنبؤ بالحالة الجوية في اي يوم من ايام السنة يتم ادخال (السنة-الـشهر-اليـوم) المراد التنبؤ لها، وانه بخطوة واحدة يتم الحصول على حالة ذلك اليوم.

الاستنتاجات والتوصيات

في ضوء ماورد في البحث نعرض اهم الاستنتاجات والتوصيات النظرية والعملية بالأتي:

الاستنتاجات :-

1- اختصار الوقت والجهد المبذولين باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في تقدير رتبة سلسلة ماركوف عنه في حالة استخدام معيار شانون للمعلومات.

2- قدرة الشبكات العصبية الاصطناعية على التعامل مع النماذج الخطية وغير الخطية في أن واحد.

التوصيات :-

1- استخدام اسلوب ذكائي آخر في التحليل لتقدير رتبة سلسلة ماركوف كالمنطق المضبب مثلاً.

2- تطوير شبكة الانتشار العكسي الخاصة بالتنبؤ واستخدامها في مجالات تطبيقية اخرى.

المصادر

1- الكسو، ابتهاج عبد الحميد محمد علي (2005) : " **استخدام الشبكات العصبية في تقدير رتب سلاسل ماركوف مع التطبيق على سلسلة جبل بطمة في محافظة نينوى** " ، اطروحة دكتوراه،غير منشورة، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق.

2- - الازدي، إيمان سليمان محمد. (2002) : "**تقدير رتبة سلاسل ماركوف مع التطبيق على سلاسل الـ DNA** " ، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل ، العراق.

3- الربيعي، فاضل محسن، عبد، صلاح حمزة.(2000): "**مقدمة في العمليات التصادفية**"، دار الكتب، (2000)، بغداد .

4- Finesso , L. (1991): **"Consistent Estimation of the Order for Markov and Hidden Markov Chain"** , Unpublished Ph. D . Thesis , Dept of Electrical Engineering , Harvard University.
5- Tong , H. ,(1975): **"Determination of the order of a Markov Chain by using Akaike's Information Criterion"** ,J. Ap.Prob.12 ,488-497.

الملحق A

سلسلة ماركوف للحالة الجوية اليومية للأشهر الماطرة في مدينة الموصل للفترة 1987-1997

BABABACCCCBACCCBBBCBBCCCCBCCCCC
BBACABACBACBCCCCCCCCCCCCCCCCCD
CCCBABABAACCCAAAAAAAAAAAAAAAAA
BBABAAACCAAAACCCCCCCCCAAAAAAAAAA
BAAAAABABAAACCCBBBCCBCBBCCCCCDD
BCBAABACABAACCBCCBBBCBABBAAAAAA
BBABACCCCCCCCCBABABBBAAAAAAAAAD
CCBABCCBBBCBCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CABBCBBBBCCCBBCCCCBBCCCCCCCCCC
CBAABCBBCCBCCBAABBBBCCCCCCCCCCD
CCCCABACBBACCACCAAABAABBCCCCCCC
CBABACCBABCBBBCCBBCCCCCCCCCCCC
ABACCCCCBBBBCCCCBBCCCCBBCCCCDDD
BBBACABACBBBABABABCBABBCCBBCCCC
CBBACBBCCBBBCCCCCCBBCCCCBBBBCCD
CBABBBBBBBBCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
BBBBBBBBBCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCBABAABBBCCBCBBBCCCCCBBBBBBBBD
ACCBAABAACCCCABAACCAACCCCCCCCCC
CCCCCCCCBABABACCCCCCCCACCAACAAA
CBCCCCABBCCCCCAABBABAAAAAAAADDD
BAACBAACBCCBCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCABABABBACCCBBCBBCCCBCBCBBBCCD
CCCCCBBACCCCBBCCBACCCCCCCCCCCCC
CBBCBCBCCBBBCCBBCCCCCCCCCCCCCCC
CCABABBBBBBCCCCCCCCCCCCCCCCCCCD
CCCCCBBABABBACCCBABACCACAACCCCC
ABAABBABBBACACCCBCBCABAACCCACCC
BABABBACCCCCCBCCCABAABBCBCCCDDD
ABABAAABABBAAAAACCCCCACCBBBACCC
CACCAAACCBCBBCCBCCCBBCCBCCCBBCD

CBBACBCABABCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCBBCCCCBBABCCBBBBCCCBBCCCCCCC
CBAABACCCCCCBBABABCCCCCCCCCCCD
CCBABBACCBAACCBABAACCCCCCCAAAAA
CCCCCCACCCCCCCCCCCACCCAAAAAAAAA
ACCCCCCCABABAABABABABAAAAAAAADD
BABAACCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
BAABCACCBAABBBCCCCCCCCCCCCCCCD
BABAAAABCBCCBBBBBBCBBBCCCCCCCC
CCCCCBBBCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCBCBBAAABBBBBAACABCCACCCCCCCD
AACBABACBBABABABACCCAACACBBBBBC
CCABABABAACCCABACCCCCCCCCCCCCA
AAAABACCBBCCCCBACCACCCCCCCCDDD
CCCBBACBAABBCCCCCCCCCCCCCCCCCC
ACBCACCCCCBBBBBAABAABAACCBBCCCD
ABCBACCCBABACABABBCABABCCCCBBBB
CCCBACCBCCCCBBBCBCCCCCCCCCCCCC
AAABABBCCCCCCCCCCBAABBBBCCCCCCD
BACCBCBABBABCAAACCCCAACABCCCCCC
BAAABBAABCBACAABCCCCCCCCCCCCCCC
CACBACCCBAABABBCBBCCCCBCCBBBDDD
AABCCCCAABCCCBCCCCCCBABABAABABB
BAAABCCABAACCCCCCCCCCBBBBCCCCCD
CCCAAABBCBCCCCCCCCBBCCCCCCCCCC
BCCBBABBBBBCCCCCCCCBBBBBCCCCCC
BCBBBBAAACABCCBBAACBABABCCCCAAD
ABCCCBCBABACCCCBABABAAAACCCCAAA
CABCCCACACCCCCBABAAAAABABBBBBBB
ABBCAABABACCABCABACCCCCCCCCCDDD
CCCBBCCCBAAAAAACCCBBCCCCCCCCCC
CBACBAAABCCCCCBBBCCBCCCBBBBBBD
ACCCBBCBBBBCCBBBBBCCCCCCCCCCCC
BBCBCCBCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
BACCBACCCCCCCCCCCCCCBBBBCCCCCD
CCBACABAABBCBCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCBCBBAACCAACACCBBABAAAABABBABB
CCBACBCCCCCCBBBACCBBCCBBBBBBDD
ABCCCCCCBACAAAABBAABBBBBBBBBBB
BCCBABAACCBBBBBCCCCCBBCCCCCCCD
CBACCCCCCBABABCCCBCCBBCCCBCCCC
CBCCBCCBBBBCCCCBBCCCCCCCCCCCCC
ABBBABAACCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCD
ABBAABABAACCBABCBABACCBBBCCCBBB

ABBBBACCCCABAABACCCCCCCCCCCCCCC
CCCBBBBBAACCBAAACCCCCCCCCCCCCDDD
BAABACBACBACBAACCCCBCABACCCBCCC
ABABBABBBCCCCCCCBBBACBACBBBBBBD
BCCCCCCBBCBBBBCCCBCCBCCCCCCCCCC