دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	استخدام الشبكات العصبية في تقدير رتب سلاسل ماركوف مع التطبيق على سلسلة جبل بطمة في محافظة نينوى
المؤلف الرئيسي:	الكسو، ابتهاج عبدالحميد محمد علي
مؤلفين آخرين:	الخياط، باسل يونس ذنون، السبعاوي، أحمد محمود محمد(مشرف)
التاريخ الميلادي:	2005
موقع:	الموصل
الصفحات:	1 - 129
رقم MD:	559819
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة دكتوراه
الجامعة:	جامعة الموصل
الكلية:	كلية علوم الحاسبات والرياضيات
الدولة:	العراق
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	علم الإحصاء، الشبكات العصبية الاصطناعية، سلاسل ماركوف، جبل بطمة ، الموصل، العراق
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/559819

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

استخدام الشبكات العصبية

في تقدير رتب سلاسل ماركوف مع التطبيق على سلسلة جبل بطمة في محافظة نينوى

اطروحة مقدمة الى

مجلس كلية علوم الحاسبات والرياضيات في جامعة الموصل

وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الدكتوراه

فلسفة في الاحصاء

من قبل

ابتهاج عبدالحميد محمد علي الكسو

باشراف

الاستاذ المساعد الدكتور **الاستاذ الدكتور**

احمد محمود محمد السبعاوي **باسل يونس ذنون الخياط**

جمادى الثاني ١٤٢٦ هـ تموز ٢٠٠٥م

Using Neural Networks in Order Estimation of Markov's Chains with an Application at Batma Chain in Nineveh Governerate

A Thesis Submitted
To

The council of the College of
Computer Sciences and Mathematics
University of Mosul
In a partial Fulfillment of The
Requirements for Ph.D. Degree
In Statistics

By
Ibtehaj Abdul Hammed Muhammed Ali Al-Gasoo

Supervised by

Assist. Prof. Dr.
Ahmed M. M. Al-Sabawi

Prof. Dr.
Basil Y. Th. Al-Khayat

Jamdi Al-Thani ١٤٢٦H **July ٢٠٠٥A**

الاهداء

الى

الروح التي رفرفت وصعدت الى ربها راضية مرضية
الذي ترك في النفس فراغاً لا يملؤه احد سواه

الى روح والدي الطاهرة

الى

نبع الحب والحنان رمز الصبر والتضحية والكبرياء
التي لازمني دعاؤها صباح مساء

الى امـــي الحنـــون

الى

من ارى في عينيه دفء الشتاء وبسمته تضيء ليلي نهار
الذي اغدقني بالكرم والطيب والسخاء

الى اخي شامل ورياحينه الصغار

محمد -علي- شهد- مصطفى- عبدالعزيز-نصرت

اهدي ثمرة جهدي المتواضع

ابتهاج

شكر وثناء

الحمد لله حمداً كثيراً طيباً طاهراً مباركاً مِلءَ السموات والارض وما بينهما، كما ينبغي لجلال وجههِ وعظيم سلطانهِ، والصلاة والسلام على سيدنا وقائدنا ونبينا محمد (ﷺ) خاتم النبيين وعلى آله وصحبه أجمعين ومن تبعهم باحسان الى يوم الدين.

يطيب لي وقد شارفت على الانتهاء من عملي هذا ان اتقدم بعظيم شكري وامتناني الى أستاذيَّ المشرفين الفاضلين الاستاذ الدكتور باسل يونس ذنون الخياط والاستاذ المساعد الدكتور احمد محمود محمد علي السبعاوي اللذين حفياني برعايتهما العلمية الاصيلة الكريمة، اذ كان لتوجيهاتهما السديدة وملاحظاتهما القيمة ومناقشاتهما الغنية عميق الاثر في انجاز هذه الاطروحة وتذليل جميع المعوقات التي واجهتني، وفقهما الله وجزاهما عني خير الدنيا والاخرة.

كما يدعوني واجب العرفان والوفاء ان اتوجه بوافر شكري وعميق امتناني الى الدكتور ظافر رمضان مطر البدراني عميد كلية علوم الحاسبات والرياضيات لما قدمه لي من دعم مستمر.

كما يسرني ان اتقدم بفائق الاحترام والشكر الى اساتذتي الافاضل وأخص منهم الاستاذ المساعد الدكتور حسن محمد الياس رئيس قسم الاحصاء والاستاذ المساعد الدكتور طالب شريف جليل والاستاذ المساعد الدكتور صفاء يونس الصفاوي لما قدموه من دعم وتشجيع ورعاية أخوية طوال مدة الدراسة، والى جميع زميلاتي وزملائي اساتذة قسم الاحصاء. والى من اعان بنصحٍ واسهم بجهد او مشورة اقدم عظيم امتناني وطيب دعائي.

كما يقتضي واجب الوفاء والعرفان بالجميل ان اسجل شكري الى اساتذة قسم علوم الارض في جامعة الموصل وأخص بالذكر الاستاذ الدكتور عبدالعزيز محمود مصطفى على الدأب المتواصل في تقديم المصادر والابحاث والخرائط الجيولوجية الخاصة بالموقع التجريبي فضلا عن المعلومات الجيولوجية القيّمة التي كان لها الاثر البالغ في تذليل الصعوبات التي واجهتني اثناء البحث جزاه الله خيراً وأمده من توفيقه ونعمه.

وعرفانا بالجميل اتقدم بوافر شكري وعظيم امتناني الى منتسبي كلية علوم الحاسبات والرياضيات كافة واخص بالذكر الاخ الكريم فاضل عباس مسجل الدراسات العليا لما قدمه من تسهيلات لي.

ومن دواعي البر والوفاء ان اتقدم بالشكر والاعتزاز للتي لايفي حقها شكر والتي ابقى مدينة لاحسانها طوال حياتي، منبع الحب والحنان الذي لاينضب والدتي الكريمة لصبرها ومعاناتها معي طوال رحلتي مع الدراسة، والى من أشد بهم أزري، سندي ورفاق دربي اخوتي شامل واولاده وسرمد الذين تحملوا وصبروا كثيراً فكان لهم فضلٌ بعد فضل الله سبحانه وتعالى فلهم مني جزيل الشكر وفائق التقدير وعظيم الامتنان.

وختاماً اسأل الله العلي القدير ان اكون قد أديت جزءاً يسيراً من رسالة أنوي بها خدمة البحث العلمي، بذلت فيها قصارى جهدي، ومن الله العون والتوفيق.

ابتهاج

قائمة المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
الفصل الاول: المقدمة	
١-١ تمهيد	١
١-٢ بعض المفاهيم الأساسية	٢
١-٢-١ العمليات التصادفية والمرحلية	٢
١-٢-٢ فضاء الحالة وفضاء المعلمة	٣
١-٢-٣ العمليات الماركوفية	٥
١-٢-٤ السلاسل الماركوفية	٦
١-٢-٥ الاحتمالات الانتقالية ومصفوفة انتقال الحالة	٧
١-٣ الاستعراض المرجعي	٩
١-٤ هدف الاطروحة وخطوطها العريضة	١٣
الفصل الثاني: بعض طرائق تقدير الرتبة في السلاسل الماركوفية المحدودة	
٢-١ تمهيد	١٥
٢-٢ مفهوم الرتبة	١٥
٢-٣ بعض طرائق تقدير الرتبة	١٨
٢-٣-١ اختبار مربع كاي (χ^2) لحسن المطابقة	١٨
٢-٣-٢ اختبار نسبة الترجيح	٢٠
٢-٣-٣ معايير المعلومات	٢٦
الفصل الثالث: رؤية تحليلية في اسلوب الشبكات العصبية	
٣-١ تمهيد	٤٥
٣-٢ هيكلية الشبكة العصبية –تعريفها– هدفها	٤٦
٣-٢-١ اوجه التشابه بين الخلية العصبية البيولوجية والعصبونات الاصطناعية	٤٧
٣-٢-٢ تعريف الشبكة العصبية الاصطناعية وهدفها	٤٩
٣-٢-٣ معمارية (هيكلية) الشبكة العصبية الاصطناعية	٥٠
٣-٣ معالجة المعلومات في الشبكة العصبية (التدريب والتعلم)	٥٢
٣-٣-١ مرحلة التدريب أو التعلم	٥٢

العنوان	رقم الصفحة
٣-٣-١-١ التدريب بإشراف (عن طريق مشرف أو معلم)	٥٣
٣-٣-١-٢ التدريب بدون إشراف	٥٣
٣-٣-٢ مرحلة العمل (الاسترجاع)	٥٤
٣-٤ الشبكات العصبية الاصطناعية وعلم الإحصاء	٥٥
٣-٤-١ تمهيد	٥٥
٣-٤-٢ النماذج الإحصائية وشبكات التغذية الأمامية	٥٦
٣-٤-٢-١ شبكة المدرك الخطي	٥٦
٣-٤-٢-٢ الأوجه الإحصائية للشبكات العصبية	٥٧
٣-٥ شبكة المدرك	٦٢
٣-٥-١ تمهيد	٦٢
٣-٥-٢ تمييز الأنماط	٦٣
٣-٥-٣ معمارية شبكة المدرك	٦٣
٣-٥-٤ طريقة التعلم في شبكة المدرك (Perceptron) القياسية	٦٥
٣-٥-٥ خوارزمية تدريب شبكة المدرك (Perceptron) القياسية	٦٨
الفصل الرابع: دراسة محاكاة لبعض طرائق تقدير رتب السلاسل الماركوفية	
٤-١ تمهيد	٦٩
٤-٢ تعاريف المحاكاة	٧٠
٤-٣ نماذج المحاكاة	٧٠
٤-٤ نتائج تجارب المحاكاة	٧٤
٤-٥ مناقشة نتائج المحاكاة	٨٠
الفصل الخامس: النمذجة الماركوفية للطبقات الأرضية في منطقة بطمة	
٥-١ تمهيد	٨٥
٥-٢ وصف الموقع التجريبي	٨٦
٥-٣ التطبيق الواقعي للسلسلة الماركوفية لمنطقة بطمة	٨٧
٥-٣-١ اختبار مربع كاي لحسن المطابقة	٩٠
٥-٣-٢ اختبار نسبة الترجيح (LRT)	٩٢
٥-٣-٣ معايير المعلومات	٩٣
٥-٣-٤ اسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية	١٠٢

العنوان	رقم الصفحة
٥-٣-٤-١ معمارية شبكة المدرك لتمييز الرتب	١٠٣
٥-٣-٤-٢ فكرة عمل شبكة المدرك لتمييز الرتب	١٠٥
٥-٣-٤-٣: خوارزمية التدريب لشبكة المدرك لتمييز الرتب (ONN)	١٠٧
٥-٣-٤-٤ تاثير معامل معدل التعلم (نسبة التعلم) على عدد خطوات تدريب شبكة المدرك لتمييز الرتب (ONN)	١٠٩
٥-٣-٤-٥ تدريب شبكة المدرك لتمييز الرتب	١١٣
٥-٤ مناقشة النتائج للبيانات الواقعية ومقارنتها مع دراسة المحاكاة	١١٤
الفصل السادس: الاستنتاجات والتوصيات	
٦-١ الاستنتاجات	١١٧
٦-٢ التوصيات	١١٨
المصادر	١٢٠
الملاحق	

قائمة الجداول

العنوان	رقم الصفحة
الجدول (١-١): تصنيف العمليات الماركوفية	٦
الجدول (٢-١): الحالات النهائية ذوات الطول (١).	٢٧
الجدول (٢-٢): الحالات النهائية ذوات الطول (٢)	٢٨
الجدول (٢-٣): الحالات النهائية ذوات الطول (٣).	٢٨
الجدول (٤-١): نتائج تجارب المحاكاة لتقدير رتبة السلسلة الماركوفية المولدة من النموذج M١ ذي الرتبة ١ (r=٢٥, ٥٠, ٧٥, ١٠٠, n=١٠٠)	٧٥
الجدول (٤-٢): نتائج تجارب المحاكاة لتقدير رتبة السلسلة الماركوفية المولدة من النموذج M٢ ذي الرتبة ٢ (r=٢٥, ٥٠, ٧٥, ١٠٠, n=١٠٠)	٧٦
الجدول (٤-٣): نتائج تجارب المحاكاة لتقدير رتبة السلسلة الماركوفية المولدة من النموذج M٣ ذي الرتبة ٣ (r=٢٥, ٥٠, ٧٥, ١٠٠, n=١٠٠)	٧٧
الجدول (٤-٤) نتائج تجارب المحاكاة لتقديررتبة السلسلة الماركوفية المولدة من النموذج غيرالخطي M٤ ذي الرتبة١(r=٢٥, ٥٠, ٧٥, ١٠٠, n=١٠٠)	٧٨
الجدول (٤-٥): النسب المئوية الخاصة بنجاح كل طريقة في تقدير الرتبة الصحيحة لجميع النماذج والتقديرات.	٨٠
الجدول (٤-٦): مقارنة بين طريقتي معيار معلومات اكاكي وشبكة المدرك لتقدير رتبة السلسلة الماركوفية المولدة من النموذج M١ ذي الرتبة ١ (r=٢٥, ٥٠, ٧٥; n=١٠٠)	٨٢
الجدول (٤-٧): مقارنة بين طريقتي معيار معلومات اكاكي وشبكة المدرك لتقدير رتبة السلسلة الماركوفية المولدة من النموذج M٢ ذي الرتبة ٢ (r=٢٥, ٥٠, ٧٥; n=١٠٠)	٨٢
الجدول (٤-٨): مقارنة بين طريقتي معيار معلومات اكاكي وشبكة المدرك لتقدير رتبة السلسلة الماركوفية المولدة من النموذج M٣ ذي الرتبة ٣ (r=٢٥, ٥٠, ٧٥; n=١٠٠)	٨٣
الجدول (٤-٩): مقارنة بين طريقتي معيار معلومات اكاكي وشبكة المدرك لتقدير رتبة السلسلة الماركوفية المولدة من النموذج غير الخطي M٤ ذي الرتبة ١ (r=٢٥, ٥٠, ٧٥; n=١٠٠)	٨٣

العنوان	رقم الصفحة
الجدول (٤-١٠): النسب المئوية الخاصة بنجاح طريقتي معلومات اكاكي وشبكة المدرك في تقدير الرتبة الصحيحة لجميع النماذج والتكرارات.	٨٤
الجدول (٥-١): نتائج تقدير رتبة السلسلة الماركوفية لمنطقة بطمة وفق اختبار مربع كاي لحسن المطابقة.	٩١
الجدول (٥-٢): نتائج تقدير رتبة السلسلة الماركوفية لمنطقة بطمة وفق اختبار نسبة الترجيح	٩٣
الجدول (٥-٣): نتائج تقدير رتبة السلسلة الماركوفية لمنطقة بطمة وفق معيار شانون للمعلومات.	٩٤
الجدول (٥-٤): نتائج تقدير رتبة السلسلة الماركوفية لمنطقة بطمة وفق معيار معلومات اكاكي (AIC).	٩٥
الجدول (٥-٥): حجم العينة (N) والرتب الخاصة بمعيار معلومات اكاكي للسلسلة المرحلية لمنطقة بطمة.	٩٦
الجدول (٥-٦): حجم العينة (N) والرتب الخاصة بمعيار معلومات اكاكي للسلسلة غير المرحلية لمنطقة بطمة.	٩٧
الجدول (٥-٧): نتائج تقدير رتبة السلسلة الماركوفية لمنطقة بطمة وفق معيار معلومات بيز لاكاكي (BIC).	٩٩
الجدول (٥-٨): حجم العينة (N) والرتب الخاصة بمعيار معلومات بيز لاكاكي (BIC) للسلسلة الماركوفية المرحلية لمنطقة بطمة.	١٠٠
الجدول (٥-٩): حجم العينة (N) والرتب الخاصة بمعيار معلومات بيز لاكاكي (BIC) للسلسلة الماركوفية غير المرحلية لمنطقة بطمة.	١٠١
الجدول (٥-١٠): تاثير معامل معدل التعلم على عدد خطوات التدريب في شبكة المدرك لتمييز الرتب.	١٠٩
الجدول (٥-١١): العلاقة بين القيمة المثالية لمعدل التعلم وعدد سلاسل الادخال المنتخبة لشبكة المدرك لتمييز الرتب.	١١١

قائمة الاشكال

العنوان	رقم الصفحة
الشكل (١-١): المخطط الانتقالي لاربع حالات.	٨
المخطط الانسيابي للخوارزمية (٢-١)	٢٥
المخطط (٢-١): مخطط مصدر معلومات ماركوف.	٢٦
الشكل (٣-١): مكونات الخلية العصبية البيولوجية وما يناظرها في الخلية العصبية الاصطناعية	٤٨
الشكل (٣-٢) : معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية النموذجية	٥١
الشكل (٣-٣): هيكلية الشبكة العصبية ذات التغذية الأمامية.	٥٤
الشكل (٣-٤): شبكة المدرك بطبقتين.	٦٤
الشكل (٣-٥): طريقة تعلم شبكة المدرك (Perceptron).	٦٧
الشكل (٤-١): بعض المشاهدات المولدة من النموذجين M_1-M_2 والحالات المقابلة لها.	٧٢
الشكل (٤-٢): بعض المشاهدات المولدة من النموذجين M_3-M_4 والحالات المقابلة لها.	٧٣
الشكل (٥-١): السلسلة الماركوفية للعضو السفلي لمنطقة بطمة.	٨٩
الشكل (٥-٢): نسب انواع الصخور للسلسلة الماروكوفية لمنطقة بطمة.	٩٠
الشكل (٥-٣): نسبة المخاطرة R(m) وحجم العينة (N) للسلسلة المرحلية لمنطقة بطمة.	٩٦
الشكل (٥-٤): نسبة المخاطرة R(m) وحجم العينة (N) للسلسلة غير المرحلية لمنطقة بطمة.	٩٨
الشكل (٥-٥): معيار معلومات بيز BIC(m) ضد الرتبة m.	٩٩
الشكل (٥-٦): معيار معلومات بيز BIC(m) وحجم العينة (N) للسلسلة الماركوفية المرحلية لمنطقة بطمة	١٠١
الشكل (٥-٧): معيار معلومات بيز BIC(m) وحجم العينة (N) للسلسلة الماركوفية غير المرحلية لمنطقة بطمة.	١٠٢
الشكل (٥-٨): معمارية شبكة المدرك لتمييز رتبة السلسلة الماركوفية لمنطقة بطمة.	١٠٤

العنوان	رقم الصفحة
الشكل (٥-٩) : فكرة عمل شبكة المدرك لتمييز رتبة السلسلة الماركوفية لمنطقة بطمة.	١٠٦
الشكل (٥-١٠): المخطط الانسيابي لخوارزمية تدريب شبكة المدرك الخاصة بتمييز الرتب.	١٠٨
الشكل (٥-١١): العلاقة بين معامل معدل التعلم (η) وعدد خطوات التدريب (In) لشبكة المدرك لتمييز الرتب.	١١٠
الشكل (٥-١٢): العلاقة بين عدد سلاسل الادخال (N) وعدد الخطوات (In) لشبكة المدرك لتمييز الرتب (ONN).	١١٢
الشكل (٥-١٣): نافذة الرتبة التي ميزتها شبكة المدرك (ONN) للسلسلة الماركوفية الواقعية لمنطقة بطمة.	١١٤

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

استمارة مستخلصات أطاريح الدراسات العليا للجامعات العراقية

رقم الاستمارة	٧٣

الجامعة	الكلية	القسم	الفرع
الموصل	علوم الحاسبات و الرياضيات	الاحصاء	

عنوان الرسالة	تاريخ تسجيل الرسالة	طبيعة البحث	الجهة المستفيدة
استخدام الشبكات العصبية في تقدير رتب سلاسل ماركوف مع التطبيق على سلسلة جبل بطمة في محافظة نينوى	٢٠٠٢/١١/١	أكاديمي	

أسم الطالب	العمر	الجنس	جهة الانتساب	تاريخ القبول	قناة القبول
ابتهاج عبدالحميد محمد علي	٤٥	أنثى	كلية علوم الحاسبات و الرياضيات /جامعة الموصل	٢٠٠١/١٠/٢٠	مباشر

أسم المشرف	الدرجة العلمية	العمر	الجنس	جهة الانتساب
د. احمد محمود محمد السبعاوي	أستاذ مساعد	٥٤	ذكر	كلية علوم الحاسبات و الرياضيات /جامعة الموصل
د. باسل يونس ذنون الخياط	أستاذ	٥٤	ذكر	كلية علوم الحاسبات و الرياضيات /جامعة الموصل

الجهة المانحة للشهادة : د. احمد محمود/ الجامعة التكنولوجية – فرتوسواف / بولونيا ؛ د. باسل يونس/ جامعة مانجستر / بريطانيا

تاريخ الحصول على الشهادة : د. احمد محمود/ ١٩٨٧ ؛ د. باسل يونس/ ١٩٨٤

تاريخ آخر ترقية علمية : د. احمد محمود/ ١٩٩٧ ؛ د. باسل يونس/ ١٩٩٨

تاريخ صدور الأمر الجامعي	الشهادة	الاختصاص العام	الاختصاص الدقيق
	دكتوراه	الاحصاء	العشوائية

الكلمات المفتاحية : سلاسل ماركوف ، الشبكات العصبية

المستخلص بلغة الرسالة

لقد اولى الباحثون اهتماماً خاصاً بدراسة السلاسل الماركوفية باعتبارها احدى النماذج الاحتمالية التي وجد لها العديد من التطبيقات في مجالات شتى، ومن الامور المهمة المتعلقة بدراسة السلاسل الماركوفية والتي شغلت اهتمام الباحثين منذ قرابة نصف قرن تقدير رتبتها. وتأتي هذه الدراسة لتتناول مسالة تقدير رتبة السلاسل الماركوفية باستخدام الأساليب الاحصائية الكلاسيكية فضلا عن اساليب اخرى مقترحة.

ان الطرائق التي تتضمنها هذه الدراسة تنتمي الى ثلاث فئات مختلفة: الفئة الاولى تتضمن طريقتي اختبار مربع كاي واختبار نسبة الترجيح الكلاسيكيتين، في حين تتضمن الفئة الثانية اربع طرائق تعتمد على معايير المعلومات. وأما الفئة الاخيرة فتتضمن طريقة مقترحة تعتمد على احدى تقنيات الذكاء الاصطناعي المتمثل باسلوب الشبكات العصبية. وتقترح خوارزميات لحساب الرتبة لبعض هذه الطرائق فضلا عن إعداد برامج خاصة بذلك. كما اعتمدت شبكة المدرك لتمييز الرتب واعدت خوارزمية خاصة لتدريب تلك الشبكة فضلا عن بناء شبكة لهذا الغرض، سميت (ONN)، دربت على مجموعة من السلاسل الماركوفية والمولدة بالمحاكاة وتم التاكد من صحة رتبتها اعتماداً على احد الاساليب الاحصائية.

ويُعتمد اسلوب المحاكاة لاجراء دراسة مقارنة بين مختلف الطرائق المطروحة في هذه الدراسة لمعرفة ودراسة كفاءة كل من هذه الطرائق من خلال حساب نسب نجاحها في تقدير الرتبة.

وتتناول هذه الدراسة ايضاً مسالة واقعية في علوم الارض (الجيولوجيا) وذلك بنمذجة الطبقات الارضية للعضو السفلي لسلسلة جبل بطمة باعتبارها سلسلة ماركوفية وتُعالج بيانات واقعية لتتابعات صخرية مأخوذة من تلك المنطقة، وتقدر رتبة هذه السلسلة الماركوفية بانها الرتبة الثالثة.

توقيع مسؤول الدراسات العليا في الكلية

المستخلص

لقد اولى الباحثون اهتماماً خاصاً بدراسة السلاسل الماركوفية باعتبارها احدى النماذج الاحتمالية التي وجد لها العديد من التطبيقات في مجالات شتى، ومن الامور المهمة المتعلقة بدراسة السلاسل الماركوفية والتي شغلت اهتمام الباحثين منذ قرابة نصف قرن تقدير رتبتها. وتأتي هذه الدراسة لتتناول مسالة تقدير رتبة السلاسل الماركوفية باستخدام الأساليب الاحصائية الكلاسيكية فضلا عن اساليب اخرى مقترحة.

ان الطرائق التي تتضمنها هذه الدراسة تنتمي الى ثلاث فئات مختلفة: الفئة الاولى تتضمن طريقتي اختبار مربع كاي واختبار نسبة الترجيح الكلاسيكيتين، في حين تتضمن الفئة الثانية اربع طرائق تعتمد على معايير المعلومات. وأما الفئة الاخيرة فتتضمن طريقة مقترحة تعتمد على احدى تقنيات الذكاء الاصطناعي المتمثل باسلوب الشبكات العصبية. وتقترح خوارزميات لحساب الرتبة لبعض هذه الطرائق فضلا عن إعداد برامج خاصة بذلك. كما اعتمدت شبكة المدرك لتمييز الرتب واعدت خوارزمية خاصة لتدريب تلك الشبكة فضلا عن بناء شبكة لهذا الغرض، سميت (ONN)، دربت على مجموعة من السلاسل الماركوفية والمولدة بالمحاكاة وتم التاكد من صحة رتبتها اعتماداً على احد الاساليب الاحصائية.

ويُعتمد اسلوب المحاكاة لاجراء دراسة مقارنة بين مختلف الطرائق المطروحة في هذه الدراسة لمعرفة ودراسة كفاءة كل من هذه الطرائق من خلال حساب نسب نجاحها في تقدير الرتبة.

وتتناول هذه الدراسة ايضاً مسالة واقعية في علوم الارض (الجيولوجيا) وذلك بنمذجة الطبقات الارضية للعضو السفلي لسلسلة جبل بطمة باعتبارها سلسلة ماركوفية وتُعالج بيانات واقعية لتتابعات صخرية مأخوذة من تلك المنطقة، وتقدر رتبة هذه السلسلة الماركوفية بانها الرتبة الثالثة.

ABSTRACT

The researcher's have payed attention to the study of Markovian Chains, since they are considered as one of the probabilistic models which many applications have found about it in different fields, one of the important matters related to the study of Markovian chains that have attracted researcher's attention since about half century is order estimateion. This study is concerned with order estimation matter of the Markovian chains using classical statistical methods in addition to other suggested methods.

This study includes many methods which belong to three different classes, the first class includes the two classical methods Chi-Square and Likelihood Ratio Tests, the second class includes four methods depending on information criterions, the last class includes suggested method depending on the Artificial Intelligence techniques such as Neural Networks method. Algorithims are suggested to determined order as well as special programs are prepared for that.

Perceptron network has been used for order discrimination and special Algorithim has been prepared for training the network. Special network has been proposed called (ONN) which has been trainied on many Markovian chains generated by simulation and whose order has been determined according to some statistical method.

The study is based on simulation for making a compartive study among all the methods used in this study in order to determine their effeciency by accounting their ratio of successness in order estimation.

Also , this study includes the treatment of a geological matter through modelling land layers of the lower member of Batma Chain, which is considered a Markovian chain.

This study treated realistic data collected from this area, the order of this chain is estimated as the third.

الفصل الاول

المقـدمـــــــة

INTRODUCTION

١-١ تمهيد Introduction

في حياتنا اليومية نتعامل كثيراً مع ظواهر ذات سلوك غير قطعي Non-deterministic لا يمكن السيطرة عليها بشكل تام أو التنبؤ بسلوكها المستقبلي بشكل مؤكد، والتي يطلق عليها عادة مصطلح **العمليات التصادفية** (Stochastic Processes).

ومن العمليات التصادفية التي نالت اهتماماً واسعاً من قبل العديد من الباحثين العملية التي جاء بها العالم السوفيتي Anderi A. Markov في مطلع القرن العشرين والتي يطلق عليها **عملية ماركوف** (Markov Process)، وهذه العملية تحتل مكانة هامة في التطبيقات الإحصائية الواقعية. وعادة تتركز اهتماماتنا في التطبيقات الواقعية بالحالة التي يكون فيها الدليل الذي تتغير تبعاً له العملية التصادفية ذات الطبيعة المنفصلة (المتقطعة) (Discrete)، عندئذ تطلق على العملية ماركوف تسمية **سلسلة ماركوف** (Markov Chain).

إن سلسلة ماركوف يُنظر إليها على أنها سلسلة من الحالات (States) التي تمر بها ظاهرة معينة خلال انتقالها عبر المحور الزمني أو أي دليل آخر. ومن المسائل الإحصائية المهمة المتعلقة بدراسة سلاسل ماركوف تقدير رتبتها التي تمثل ذاكرة هذه العملية التصادفية.

لقد تشعبت تطبيقات سلاسل ماركوف وشملت مساحة واسعة ابتداءً من التطبيقات الإنسانية وحتى التطبيقات الطبية ومروراً بالتطبيقات العلمية والتقنية المختلفة. وعلى الرغم من هذا الانتشار الكبير لسلاسل ماركوف، إلا أننا نلاحظ أن دراستها لا تزال مقيدة بقيد شديد، يعرف بقيد **المرحلية** (Stationarity)، والذي يُضطر إلى افتراضه من اجل تسهيل التعامل الرياضي والإحصائي مع مثل هذه العملية التصادفية.

وتأتي هذه الدراسة لتتناول مسالة تقدير رتب سلاسل ماركوف باستخدام عدد من الأساليب الكلاسيكية فضلاً عن أسلوب حديث يعتمد على أحد الأساليب الحاسوبية الذكائية. ومن الثمار المهمة لاستخدام مثل هذه الأساليب الذكائية أننا نستطيع التخلص من قيد المرحلية القسري. ويتركز الاهتمام على تطبيق عملي على بيانات واقعية تمثل مقاطع من التتابعات الصخرية لمنطقة جبل بطمة الواقعة في محافظة نينوى.

١-٢ بعض المفاهيم الأساسية : Some Basic Concepts

١-٢-١ العمليات التصادفية والمرحلية Stochastic Processes and Stationarity

إن العملية التصادفية هي عبارة عن ظاهرة تتغير بتغير دليل معين (كالزمن أو السُمك او أي دليل اخر) والتي لايمكن إيجاد قيمها النظرية بدقة تامة، بل لها مدى معين من القيم الممكنة والمتعلقة بتوزيع احتمالي يصف قيمتها عند كل قيمة من الدليل.

تعرف **العملية التصادفية** رياضياً بأنها عبارة عن متتابعة (Sequence) من المتغيرات العشوائية (Random Variables) مؤشرة بالدليل t الذي يعود للمجموعة الدليلية T وتكتب بشكل $\{X(t);\ t\in T\}$، وتُفسَرْ $X(t)$عادة على أنها الحالة التي تقع فيها العملية أو متغير الاستجابة (Response Variable) عند المعلمة (Parameter) t . فإذا كانت t تأخذ جميع القيم الواقعة ضمن المدى المستمر للقيم الحقيقية (Real Values)، محدودة أو غير محدودة (Finite or Infinite)، ومعرفاً في $T\subseteq IR$ حيث أن IR تمثل مجموعة الاعداد الحقيقية، أي أن $T=\{t: -\infty<t<\infty\}$ أو $T=\{t:t\geq t_o\}$ ، فيقال للعملية التصادفية إنها **عملية معلمة مستمرة** (Continuous Parameter Process) والتي يرمز لها عادة $\{X(t);\ -\infty<t<\infty\}$، أو للاختصار $\{X(t)\}$. أما إذا أخذت t مجموعة من القيم المتقطعة (Discrete Values) بحيث أن $T=\{t:\ t=٠,\ \pm١,\ \pm٢,\ldots\}$،عندئذ يقال للعملية التصادفية إنها **عملية معلمة متقطعة** (Discrete Parameter Process)، والتي يرمز إليها عادةً $\{X_t;\ t=٠,\ \pm١,\ \pm٢,\ldots\}$ أو للاختصار $\{X_t\}$.

وما دامت العملية التصادفية تمثل متتابعة من المتغيرات العشوائية التي تتغير قيمتها تبعاً لتغير دليل معين، لذا فمن المؤكد أن البنية التركيبية للعملية التصادفية ذات طبيعة ليست يسيرة للتعامل معها. من هنا ظهرت أسباب موجبة لافتراضات نظرية لكي يسهل التعامل مع مثل هذه العمليات. ومن اشهر الافتراضات بهذا الخصوص هو افتراض **المرحلية** Stationarity والذي من خلاله نفترض أن خصائص العملية التصادفية لا تتغير بتغير الدليل t.

وتكون العملية التصادفية **مرحلية بقوة** (Strictly Stationarity Stochastic Process) إذا كان التوزيع الاحتمالي المشترك (The Joint Probability Distribution) للمتغيرات $X(t_١),\ X(t_٢),\ldots,X(t_n)$ مكافئاً للتوزيع الاحتمالي المشترك للمتغيرات $X(t_١+k),\ X(t_٢+k),\ldots,X(t_n+k)$ ، لأية إزاحة k، ولاية نقاط زمنية $t_١,t_٢,\ldots,t_n$. وتعني هذه الصفة أن الهيكل أو البناء الاحتمالي للعملية المرحلية بقوة يكون ثابتا تحت التغير في الزمن [Priestley, ١٩٨١; Kanjilal, ١٩٩٥].

وبالنظر لصعوبة تحقيق شرط المرحلية بقوة من الناحية العملية، يستعاض عنها عادة بفكرة **المرحلية الضعيفة** (Weakly Stationarity)،أو بتعريف المرحلية لغاية الرتبة m (up to order m)، والتي تصف تقريباً نفس السلوك الفيزيائي للعملية التصادفية، إلا أنها تكون بدلالة العزوم (Moments) بدل التوزيع الاحتمالي المشترك. فالعملية التصادفية {X(t)} تكون مرحلية لغاية الرتبة m إذا كانت جميع العزوم المشتركة (Joint Moments) لغاية الرتبة m للمتغيرات $X(t_1), X(t_2),\ldots,X(t_n)$ موجودة ومساوية إلى العزوم المناظرة لها لغاية الرتبة m للمتغيرات $X(t_1+k), X(t_2+k),\ldots,X(t_n+k)$ ولاية إزاحة k، وعند أية نقاط زمنية $t_1, t_2,\ldots, t_n$. أي أن [Priestley, ١٩٨١]:

$$E\left[\{X(t_1)\}^{m_1} X(t_2)\}^{m_2}\ldots X(t_n)\}^{m_n}\right] = E\left[\{X(t_1+k)\}^{m_1}\{X(t_2+k)\}^{m_2}\ldots\{X(t_n+k)\}^{m_n}\right] \quad (١-١)$$

ولجميع الأعداد الصحيحة الموجبة $m_1,m_2,\ldots,m_n$ التي تحقق القيد $m_1+m_2+\ldots+m_n \le m$ وتوصف جميع العمليات التصادفية المرحلية {X(t)} **بخاصية الطاقمية** (Ergodic Property) لامتلاكها نوعين من المعدلات، يسمى الأول بالمعدل الزمني (Time Average) ، أما الثاني فيسمى بمعدل الطاقم (Ensemble Average). فإذا حدث أن تقارب (Converges) المعدل الزمني من المعدل الطاقمي في العينات الكبيرة جداً، فان العملية التي تتبع هذه الخاصية تسمى بالعملية المرحلية الطاقمية (Ergodic Stationarity Process) [الوكيل والعذاري، ١٩٩١ ;Hannan, ١٩٦٠ ;Priestley, ١٩٨١].

ويعبر عن العمليات التصادفية التي تتغير خصائصها عبر الزمن، أو الانظمة التي تنشأ وتتطور مع الزمن والتي لا تمتلك خاصية المرحلية، **بالعمليات النشوئية أو التطويرية** (Evolutionary Processes) أو **العمليات غير المرحلية** (Non Stationarity Processes) [Priestley, ١٩٨١].

١-٢-٢ فضاء الحالة وفضاء المعلمة State Space and Parameter Space

على الرغم من تعدد أنواع العمليات التصادفية، إلا أن هناك صفتين مميزتين ضروريتين للعملية التصادفية هما **فضاء الحالة** (State Space) وطبيعة معلمة الدليل او ما يسمى **بفضاء المعلمة** (Parameter Space).

وتُعرّف الحالة أو الحالات (States) للعملية التصادفية {X(t)} بأنها اقل مجموعة من المعلومات عن الحاضر والماضي بحيث يمكن وصف السلوك المستقبلي للنظام من خلال معرفة الحالة الحالية والادخال المستقبلي، فهي تحوي معلومات تاريخية كاملة عنه ولا يُشترط إمكانية قياسها مباشرة أو أن يكون لها معنى فيزيائي [البدراني، ٢٠٠٢].

وعرّف [Lindsey, ٢٠٠١] الحالة بأكثر من قيمة واحدة لمتغير الاستجابة {X(t)} تُمثَل بمتجه يحوي قيماً عدة للمتغير الكمي (Quantitative Variable). فالعملية التصادفية عند أية نقطة زمنية تكون في حالة معينة تُعرف بقيمة متغير الاستجابة {X(t)} المشاهد عند تلك النقطة الزمنية (t) والمجموعة التي تضم جميع الحالات الممكنة للعملية التصادفية تسمى عادةً **بفضاء الحالة** (State Space).

ويقال للعدد الحقيقي (x) بأنه قيمة ممكنة (محتملة)، أو حالة للعملية التصادفية {X(t);t∈S} إذا وجد الدليل t (كالزمن أو أي دليل آخر) في المجموعة الدليلية S (فضاء الزمن أو أي فضاء آخر)، بحيث يكون الاحتمال التالي موجباً لجميع قيم h>٠ [Kanjilal, ١٩٩٥]:

$$P[x-h<X(t)<x+h]>0 \quad \forall h>0 \qquad (٢-١)$$

ويصنف فضاء الحالة إلى محدود (Finite) أو متقطع (Discrete)، إذا احتوى على أعداد محدودة من الحالات أو على أعداد غير محدودة معدودة من الحالات، أو انه نتج عن فضاء الحالة المحدود بمتغير استجابة غير مشروط {X(t)}. والصنف الثاني لفضاء الحالة هو غير المحدود أو المستمر، حيث يقال لفضاء الحالة غير المتقطع إنه مستمراً إذا كان متغير الاستجابة {X(t)} لفضاء الحالة يقع ضمن فترة معينة.

أما **فضاء المعلمة** (Parameter Space) أو ما يُعرف بطبيعة معلمة الدليل، فان العملية التصادفية {X(t); t∈T} تتكون من مشاهدات ومتغيرات تتغير بتغير دليل معين كالزمن أو أي دليل آخر، وهذا الدليل يسمى عادة بالمعلمة، والتي يرمز لها عادة بالرمز t ، والذي تقع قيمه في مجموعة معينة يطلق عليها **فضاء المعلمة** (Parameter Space) ويرمز لها عادة بالرمز T.

وكما هو الحال في فضاء الحالة، فان فضاء المعلمة يقسم إلى قسمين رئيسيين هما:

فضاء المعلمة المتقطع (Discrete Parameter Space)، حيث أن مشاهدات العملية التصادفية تكونت بفضاءات جزئية متساوية (Equally Subspace) ضمن فضاء المعلمة T، وبعبارة أخرى، يقال للمعلمة بأنها متقطعة إذا كان فضاء المعلمة T مجموعة محدودة أو غير محدودة قابلة للعد $T=\{t;\ t=0,\pm1,\pm2,\ldots\}$.

أما **فضاء المعلمة المستمر** (Continuous Parameter Space) ففيه تكونت مشاهدات العملية التصادفية بفضاءات متصلة ضمن فضاء المعلمة T، أي أن وقوع فضاء المعلمة T يكون ضمن الفترة $T=\{t: -\infty<t<\infty\}$.

عملياً، ولعدم إمكانية مشاهدة العملية التصادفية بشكل متواصل لاحتوائها على عدد غير محدود من المشاهدات، يجب تحديد نوعية النماذج التي يمكن تطبيقها، فالنماذج بفضاء المعلمة المستمر تستخدم لأية نوعية من البيانات وهي الأكثر صعوبةً من النماذج بفضاء المعلمة المتقطع التي تتطلب مشاهدات بفضاءات متساوية.

١-٢-٣ عمليات ماركوف Markov Processes

عند دراستنا لأية ظاهرة أو نظام فأننا نسعى غالباً إلى استنتاج ومعرفة حالة النظام عند نقطة زمنية معطاة، ولتكن t_1، عن طريق معرفتنا بحالة هذا النظام عند أية نقطة زمنية مبكرة سابقة لها t_o ولا يُعتمد على جميع تاريخ النظام (System History) قبل النقطة الزمنية t_o.

وبعبارة أخرى فان حالة النظام عند النقطة الزمنية الحالية t_1 تكون مستقلة (Independent) عن جميع حالات النظام الأخرى قبل النقطة الزمنية t_o، بل تعتمد فقط على حالة النظام السابقة لها، أي عند النقطة الزمنية t_o. فالعمليات التصادفية التي تمثل مشاهدات (Observations) من أنظمة تحقق هذا الشرط تسمى **بعمليات ماركوف** (Markov Processes).

ويقال عن العملية التصادفية ذات المعلمة المتقطعة $\{X_t;\ t=0,\pm1,\pm2,\ldots\}$ أو ذات المعلمة المستمرة $\{X(t),\ t\geq 0\}$ بأنها **عملية ماركوف** إذا حققت الخاصية الآتية [Cox and Miller, ١٩٦٤; Kanjilal, ١٩٩٥]:

$$P\{X_{(t+1)}=j \mid X_{(t)}=i, X_{(t-1)}=i_{t-1}, X_{(t-2)}=i_{t-2},\ldots,X_{(t_o)}=i_o\}$$
$$=P\{X_{(t+1)}=j \mid X_{(t)}=i\} \qquad (٣-١)$$

أي أن التوزيع الشرطي (Conditional Distribution) للمتغير $X_{(t+1)}$ معطى جميع قيمه الماضية والحاضرة تعتمد فقط على القيمة الحالية منه $X_{(t)}$ ولا تعتمد على أية قيمة أخرى من الماضي. وتعرف هذه الخاصية **بخاصية ماركوف** (Markov Property). وكما هو واضح فان هذه الخاصية تتضمن السببية الاحتمالية (Probabilistic Causality).

وتصنّف عمليات ماركوف تبعاً لفضاء الحالة (متقطع–مستمر) وفضاء المعلمة (متقطع–مستمر) إلى أربعة أصناف، موضحة في الجدول (١–١) [Parzen, ١٩٦٢]:

الجدول (١–١): تصنيف عمليات ماركوف

فضاء المعلمة / فضاء الحالة	مستمر	متقطع
مستمر	عملية ماركوف (MP)	عملية ماركوف (MP)
متقطع	سلسلة ماركوف (MC)	سلسلة ماركوف (MC)

من الجدول (١–١) يتضح أن عملية الماركوف بفضاء الحالة المتقطع تمثل **سلسلة ماركوف** (Markov Chain) بغض النظر عن وصف فضاء المعلمة إن كان متقطعاً أم مستمراً، وغالبا ما تستخدم مجموعة الأعداد الصحيحة $S=\{٠،١،٢,\dots\}$ كفضاء حالة لتمثيل سلاسل ماركوف.

١–٢–٤ سلاسل ماركوف Markov Chains

إن **سلسلة ماركوف** Markov Chain ، يرمز لها اختصاراً (MC)، وهي نوع خاص من **عمليات ماركوف** يمكن تمثيلها بفضاء الحالة المتقطع وفضاء المعلمة المتقطع أو المستمر، وهي عبارة عن متتابعة من المتغيرات العشوائية (Sequence of Random Variables) $\{X_t;\ t=٠،١،٢,\dots\}$ تحقق خاصية ماركوف وان الانظمة التي تمتلك تلك الخاصية تسمى **بسلاسل ماركوف**.

وقد عرّف [بقجة جي واخرون، ١٩٩٨] سلسلة ماركوف بأنها عملية عشوائية متقطعة الزمن يتميز كل متغير عشوائي (X_t) فيها بارتباطه بالمتغير السابق له مباشرة ($X_{t-١}$) وبتأثيره على المتغير اللاحق ($X_{t+١}$) فقط، ومن هنا اطلق على هذه العملية اسم "**سلسلة**" او "**قلادة**" لتعلق كل متغير بجواره المباشر فقط.

ويعامل تطور سلسلة ماركوف بسلسلة من الانتقالات بين قيم معينة للعملية، والتي تسمى بحالات (States) السلسلة، حيث تتمتع هذه الحالات بخاصية تقول بان القانون الاحتمالي للتطور المستقبلي للسلسلة عند حالة معينة يعتمد فقط على تلك الحالة ولا يعتمد على كيفية وصول السلسلة إلى هذه الحالة، وقد يكون عدد الحالات الممكنة محدوداً (Finite) أو غير محدودٍ وقابلاً للعد (Countably Infinite) [Hoel et al., ١٩٧٢].

١-٢-٥ الاحتمالات الانتقالية ومصفوفة انتقال الحالة
Transition Probabilities and State Transfer Matrix

من المعروف أن **سلسلة ماركوف** (MC) بنيت أساساً على انتقال الظاهرة من حالة إلى أخرى ضمن فضاء الحالة S تحكمها في ذلك قوانين احتمالية معينة تسمى **بالاحتمالات الانتقالية** (Transition Probabilities).

إن الاحتمالات الانتقالية تصف الانتقال لسلسلة ماركوف من حالة إلى أخرى خلال فترة زمنية معينة، ويرمز للاحتمالية الانتقالية من الحالة i عند أية لحظة زمنية t بغض النظر عن الحالة السابقة للحالة i (التاريخ المسبق) إلى الحالة j عند الزمن t+١ (بعد خطوة واحدة) بالرمز P_{ij} المتمثل بالصيغة الاتية [Chung, ١٩٧٤]:

$$P_{ij}= P\{X_{t+1}=j|X_t=i\} \qquad (٤-١)$$

ولجميع قيم $i,j\in I$ حيث أن I هي مجموعة الأعداد الصحيحة (Integer Numbers). وهذا الوصف يلائم فضاء معلمة سلسلة ماركوف المتقطع الذي يمكن تمثيله بالأعداد الصحيحة {...,٢،١،٠}، وفي حالة كون فضاء المعلمة لسلسلة ماركوف مستمراً يُصبح الانتقال بين الحالات عبر **الكثافات الانتقالية** (Transition Densities) بدلاً من الاحتمالات الانتقالية.

وبشكل عام فان احتمالات الانتقال من حالة إلى أخرى تعتمد على الزمن t، لذا فهي **غير مرحلية** (Non Stationarity Transition Probabilities) ، أما إذا لم تعتمد الاحتمالات الانتقالية على الزمن t فتسمى عندئذ **بالاحتمالات الانتقالية المرحلية** (Stationarity Transition Probabilities)، أو **المتجانسة** في الزمن (Homogeneous Time) والتي يعتمد تحقيقها على معلمات النظام الاحتمالي (النعيمي وعبد، ٢٠٠٠).

وبناءً على ذلك توضع الاحتمالات الانتقالية في مصفوفة تربيعية أبعادها n×n تسمى بالمصفوفة الانتقالية، ويشترط في هذه المصفوفة تحقيق الشرطين الآتيين:

١- إن كل عنصر من عناصر هذه المصفوفة يجب أن لا يكون سالباً، أي $P_{ij}\geq ٠$.

٢- إن مجموع عناصر كل صف فيها يجب أن يساوي الواحد الصحيح، أي $\sum_{j=1}^{n} p_{ij} = 1$.

والتمثيل الآتي هو **لمصفوفة الانتقال** (Transfer Matrix) أبعادها n×n.