وزارة الزراعه واستصلاح الاراضى
مركز البحوث الزراعية
معهد بحوث الاقتصاد الزراعى
قسم بحوث الاحصاء

ورشه عمل

التنبؤ باستخدام سلاسل ماركوف

اعداد

د. محمد عليوه عبدالله جميل

باحث – قسم بحوث الاحصاء

معهد بحوث الاقتصاد الزراعى

2022

تحليل سلاسل ماركوف
Markov Chains Analysis

مقدمة عن التحليل الماركوفى: Markovian Analysis

فى السنوات الأخيرة شاع إستخدام سلاسل ماركوف في الإدارة خاصة في مجال التسويق للتنبؤ بسلوك المستهلكين تجاه صنف معين وتحولهم من صنف لأخر وكذلك في دراسة حركة السكان وتخطيط الإنتاج والمخزون ونماذج صفوف الانتظار وصيانة الالات.. إلخ.

أولاً : التعريف :

هو طريقة لتحليل السلوك الحالى لمتغير معين وذلك لأغراض التنبوء بالسلوك المستقبلى لهذا المتغير المعين ، وتنسب سلاسل ماركوف إلى إسم مكتشفها أندريا ماركوف " العالم الروسى الذى ولد عام 1856م وتوفى عام 1922م " ، وتعتبر سلاسل ماركوف أحد أدوات "البرمجة الديناميكية" التى تعد أحد أساليب بحوث العمليات .

و يهتم أسلوب ماركوف بدراسة عملية إتخاذ القرارات فى المنشآت التى تتوقف الحالة المستقبلية لها على الحالة الراهنة وذلك بغض النظر عن الأحوال السابقة للنظام ، كما يمكن إستخدام سلاسل ماركوف كاحد أساليب التنبوء .

و هناك بعض التعاريف الأخرى لهذه السلسلة:

1- هي إحدى أدوات بحوث العمليات تبحث في تحليل الاتجاهات الحالية لبعض المتغيرات للتنبؤ باتجاهاتها في المستقبل.

2- هي عملية عشوائية تحمل خاصية ماركوفية , أي التكهن بالمستقبل إنطلاقا من الحاضر دون الحاجة إلى معرفة الماضي.

ثانياً: أنواع سلاسل ماركوف:

1- متقطعة الزمن:

إذا تمت ملاحظة نظام ما في فترات منتظمة مثلا يوميا أو أسبوعيا , عندئذ يمكن توصيف إجراء التخمين العشوائي الحركي بواسطة مصفوفة تمثل إحتمالات التحرك إلى كل حالة من الحالات الأخرى في فترة زمنية واحدة , بفرض أن هذه المصفوفة لا تتغير بمرور الزمن , فان هذا الإجراء يدل على أن سلسلة ماركوف متقطعة الزمن تتوافر فيها تقنيات حسابية لحساب مجموعة مختلفة من قياسات النظام التي يمكن إستخدامها في تحليل و تقييم نموذج سلاسل زمن ماركوف المتقطعة.

2- مستمرة الزمن:

تعرف هذه السلاسل في إجراءات التخمين العشوائي الحركي ذات الزمن المستمر حيث تتوزع مدة كل حالة متغيرة على الشكل الأسي , و يكون الزمن معاملا مستمراً , يحقق الإجراء شرط ماركوف (الذى يعنى أن الطريق الذي يسلكه الإجراء في المستقبل يعتمد فقط على الحالة القائمة , و ليس على سلسلة الحالات التي حدثت قبل الحالة الحالية) . وتعرف هذه السلسلة بسلسلة ماركوف مستمرة الزمن , و توصف بمصفوفة تمثل معدل الانتقال من كل حالة إلى كافة الحالات الأخرى.

وتعتمد عمليات ماركوف على فرض ثبات إحتمالات تحول الحالة من فترة زمنية إلى فترة زمنية أخرى وعلى وجود فترات زمنية متساوية يتم حساب التحول بينها ، ويمكن أن يكون عدد حالات التحول محدوداً وهو ما يعرف بسلاسل ماركوف Markov chains أو مستمر (غير محدود) وهو ما يعرف بعمليات ماركوف المستمرة. Continuous Markov processes

ثالثاً : فروض تحليل ماركوف:

يستند تحليل ماركوف إلى أربعة افتراضات أساسية:

1- أن هناك عدد محدود ونهائي من المواقف الممكنة.

2- أن احتمالات تغير الموقف من وقت لآخر تظل كما هي ثابتة دون تغيير.

3- أنه يمكننا التنبؤ بأي موقف في المستقبل من خلال مصفوفة التغير و معرفة الموقف الحالي.

4- إن الحالة التالية للسوق تعتمد على الحالة السابقة لها مباشرة دون الاعتماد على ما قبل ذلك.

رابعاً: مجالات إستخدام سلاسل ماركوف:

-التسويق

-البنوك

-العمليات التجارية

وبالتالي يمكن أن تطبق سلاسل ماركوف في الحالات التالية:

1-حالة السوق:

هناك عوامل متعددة في مجال السوق التي يمكن إستخدامها لتصف أسلوب سلاسل ماركوف مثل:

- الماركات المستخدمة حاليا بواسطة المستهلكين.
- تحول المستهلكين من ماركة لأخرى.
- الوضع الحالي لسياسة الدعاية و الترويج.

– التنبؤ بالحصة السوقية من حيث الزيادة أو النقصان.

2- حالة الإنتاج:

و ذلك مثل:

– عدد الآلات التي تعمل وفقا لمتطلبات العملية الإنتاجية.

– عدد الآلات التي تحتاج إليها المؤسسة.

– عدد العمال الحالي.

3- **حالة التمويل :**

وذلك في عدة حالات أهمها:

– مصادر التمويل الحالية للمشروع.

– مصادر التمويل في نهاية مدة زمنية معينة.

– هيكل رأس المال في نهاية السنة المالية.

خامساً : تطبيقات سلاسل ماركوف:

1- في العلوم الفيزيائية :

تظهر أنظمة ماركوف بشكل واضح في الفيزياء من خلال ظاهرة القصور الحراري وإنتشار الغازات.

2- الاختبارات :

العديد من النظريات قد طبقت على فكرة إختبارات إحصائية بسلاسل ماركوف وهي عملية لتجميع سلاسل ماركوف لتشكيل ما يعرف بـ Markov blanket مرتبة هذه السلاسل بطبقات متعددة ومتعاقبة وبالنتيجة إعطاء مجموعات من الإختبارات على شكل عينات كبديل للإختبارات الشاملة.

3- **نظريــة الصفوف :**

حيث يمكن إستخدام سلاسل ماركوف لإعطاء نماذج العمليات المختلفة في نظرية الصفوف والاحصاء.

كما أن أنظمة الهواتف الخلوية في العالم تعتمد على خوارزمية فيتربي Viterbi decoderمن أجل تصحيح الخطأ بينما نماذج ماركوف المخفية (hidden Markov models) تستخدم بكثافة في التعرف الكلامي وهي إمكانية إدخال البيانات شفهياً.

4-تطبيقات الإنترنت:

إن ترتيب الصفحة في صفحات الويب كما هو مستخدم في الـ Google وهو موقع غني عن التعريف معرّف بواسطة سلاسل ماركوف.

5- العلوم الإحصائية:

أصبحت أيضاً طرق سلاسل ماركوف مهمة جداً لتوليد متتاليات من الأعداد العشوائية لكي تعكس بدقة توزيعات احتمالية معقدة مطلوبة.

6- الرياضيات الحيوية :

لسلاسل ماركوف تطبيقات عديدة مثل عمليات التعداد السكاني.

مثال: توافرت لدينا البيانات التالية لثلاثه قطاعات المكونه للاقتصاد القومى لدوله ما هم الزراعه والصناعه والخدمات وكان عدد العاملين فى ديسمبر 2022 لكل قطاع كما هو موضح بالجدول.

القطاعات	عدد العاملين فى ديسمبر 2022	تحركات العاملين داخل القطاعات						عدد العاملين فى يناير 2023
		مكسب للقطاع			**خسارة للقطاع**			
		الزراعه	**الصناعه**	**الخدمات**	**الزراعه**	**الصناعه**	**الخدمات**	
الزراعة	**200**	صفر	35	25	صفر	20	20	**220**
الصناعه	**500**	20	صفر	20	35	صفر	15	**490**
الخدمات	**300**	20	15	صفر	25	20	صفر	**290**
الاجمالى	**1000**	**الاجمالى ثابت**						**1000**

المطلوب : التنبو بعدد العاملين للقطاعات الثلاثه خلال شهر فبراير 2023 باستخدام سلاسل ماركوف.

شروط استخدام سلاسل ماركوف.

1- ان يكون حجم السوق ثابت (بمعنى ان 1000 عامل يكون ثابت ولا يدخل ولا يخرج منهم).

2- ان عدد القطاعات يكون ثابت (بمعنى ان القطاعات هم اللى الموجودين).

3- عدد العاملين ثابت.

4- كل اللى بتغير فقط هو تحركات العاملين داخل القطاعات ولكن بنفس العدد الاجمالى 1000 عامل.

ملحوظه: خسارة القطاع هو مكسب للقطاع الاخر من حيث داخل العاملين له (بمعنى ان العاملين اللى يخرخوا من قطاع ما هيكون مكسب للقطاع الاخر.

تحويل صف المكسب الى عمود فى الخسارة.

خطوات الحل

اولا: ايجاد مصفوفه التحركات الاحتمالية

من خلال حساب القطر الرئيسي للمصفوفه والذى ويعبر ذلك عم احتمال الاحتفاظ لكل قطاع بالعاملين لديه.

		مكسب للقطاع		
		الزراعه	**الصناعه**	**الخدمات**
خسارة للقطاع	**الزراعه**	**200/40- 200**	**500/35**	**300/25**
	الصناعه	**200/20**	**500/50-500**	**300/20**
	الخدمات	**200/20**	**500/15**	**300/45-300**

قانون الاحتفاظ = اللى عندك – اللى مش عندك / اللى عندك

= عدد العاملين الموجود داخل القطاع – عدد العاملين التى تم نقلهم للقطاعات الاخرى / عدد العاملين الموجود داخل القطاع

		مكسب للقطاع		
		الزراعه	**الصناعه**	**الخدمات**
خسارة للقطاع	**الزراعه**	**0.80**	**0.07**	**0.08**
	الصناعه	**0.10**	**0.90**	**0.07**
	الخدمات	**0.10**	**0.03**	**085**

مجموع كل عمود = الواحد الصحيح لان مجموع الاحتمالات يساوى الواحد الصحيح

ثانيا : نحسب المتجه العام.

بمعنى مصفوفه من صف واحد او عمود واحد

حسلب المتجه العام لنصيب كل قطاع للفترة السابقه (يناير 2023) **المطلوب التنبؤ بشهر فبرابر اذا اللى قبله شهر يناير**

عدد العاملين لكل قطاع فى الشهر اللى قبل شهر التنبؤ/ اجمالى عدد العاملين بالقطاعات

الزراعه	1000/220	=	0.22
الصناعه	1000/490		0.49
الخدمات	1000/290		0.29

المجموع يساوى الواحد

ثالثا: التنبؤ بالطلب خلال شهر فبرابر 2023

يتم ضرب مصفوفه التحركات الاحمتالة فى مصفوفه المتجه العام فنحصل على مصفوفه التنبؤ خلال شهر فبرابر2023

الزراعه	**0.80**	**0.07**	**0.08**	*	**0.22**	=	**0.23**
الصناعه	**0.10**	**0.90**	**0.07**		**0.49**		**0.48**
الخدمات	**0.10**	**0.03**	**0.85**		**0.29**		**0.29**

الزراعة	**((0.22*0.80) + (0.49*0.07) + (0.29*0.08))**	**0.23**
الصناعه	**((0.22*0.10) + (0.49*0.90) + (0.29*0.07))**	**0.48**
الخدمات	**((0.22*0.10) + (0.49*0.03) + (0.29*0.85))**	**0.29**

اذا عدد العاملين للقطاعات خلال شهر فبرابر 2023

الزراعه	(0.23 * 1000)	**230**
الصناعه	(0.48 * 1000)	**480**
الخدمات	(0.29 * 1000)	**290**
الاجمالى		**1000**