مجلة البحوث الاقتصادية والمالية
ISSN : 2352 - 9822
العدد الخامس / جوان 2016

OEB Univ. Publish. Co.

استخدام النمذجة اللاخطية في التحليل الكمي لتفسير الظواهر الاقتصادية

Using nonlinear modeling in the quantitative analysis to explain economic phenomena

د. عبد الرحيم شيبي أ.د. محمد بن بوزيان د. سيدي محمد شكوري
جامعة أبي بكر بلقايد- (ملحقة مغنية) تلمسان. الجزائر

تصنيف JEL:C32 ,C58, E62, E52,G10
تاريخ الاستلام: 23/04/2015 قبول النشر:21/05/2016

ملخص:

تحاول هذه الورقة البحثية المتواضعة تسليط الضوء على النمذجة اللاخطية و أهمية استخدامها كأسلوب تحليل كمي في فهم و تفسير الظواهر الاقتصادية لدى صناع القرار، كونها تسمح بنمذجة الميكنزمات الخاصة بظواهر: اللاتماثل، العتبة، التغيرات الهيكلية، الانقطاعات ذات المدى القوي في تطور المتغيرات، التعديلات غير المستمرة،...إلخ. هذا وقد عالجت هذه الورقة في مضمونها جوانب قصور النمذجة الخطية، كما شرحت بالتفصيل النماذج ذات النظم المتغيرة أو المتحولة التي تعتبر أكثر السيرورات اللاخطية شيوعا واستعمالا في نمذجة السلاسل الزمنية الخاصة بالمتغيرات الاقتصادية الكلية، المالية والنقدية.

الكلمات المفتاحية: النمذجة اللاخطية، النماذج ذات النظم المتغيرة، النماذج ذات العتبات، النماذج ذات النظم المتغيرة المركوفية.

Abstract :

In this study we try to analyze the Nonlinear modeling and explain the importance of their use as a quantitative analysis method to understand and interpret the economic phenomena by a decision maker, as it allows to modeling of mechanisms for phenomena like: asymmetry, threshold, structural changes, strong-term interruptions in the evolution of variables, the non continuous adjustment...etc. This paper has addressed in its content shortcomings of linear modeling, as she explained in detail the regime-switching models, which is the most popular nonlinear processes and widely used in time-series modeling for macroeconomic, fiscal and monetary variables.

Keywords: nonlinear modeling, regime-switching models, threshold models, Markov-switching.

مقدمـة:

في إطار المنهجية العلمية، اهتم الباحثون في مجال القياس الاقتصادي بالتقدير الكمي لسلوك الظواهر الاقتصادية والمتغيرات المرتبطة بها، فكان لاستخدام المنهج الرياضي في الأبحاث العلمية الفضل الكبير في تنمية قدرات الباحثين على تنظيم وتصنيف الظواهر العلمية، وأدى هذا بالتالي إلى تطوير مختلف طرق معالجة المعلومات، ومن بين هذه الطرق نجد أساليب التحليل العاملي خاصة، والإحصاء متعدد الأبعاد عامة، التي تزايد استخدامها في دراسات وعلوم عدة مع ظهور الإعلام الآلي وتوفر برامج المعالجات الآلية للمعلومات.

في هذا الصدد، عرف الاقتصاد القياسي للسلاسل الزمنية منذ القدم سيطرة مطلقة للنمذجة الخطية، وخاصة النماذج من النمط ARIMA (The Autoregressive Integrated Moving Average) التي تعتبر من أهم النماذج الخطية، ويُعْزَى ذلك إلى أن مثل هذه النماذج تتسم بالسهولة والبساطة في عملية التقدير والتنبؤ. غير أن الاقتصاد القياسي التطبيقي يشهد اليوم العديد من التطورات والتوسعات خاصة مع ظهور النمذجة اللاخطية. وقد كان لظهور مثل هذه النمذجة العديد من الدوافع، لعل من أهمها عدم

تطابق المقاربات النظرية القديمة مع ديناميكية وحركية الاقتصاد التي تتّسم بالتعقيد، إذ تشهد معظم المتغيرات الاقتصادية تقلبات وصدمات قد تنعكس في سيرورة لاخطية.

إن عملية تشخيص نماذج السلاسل الزمنية تختلف بشكلٍ كبير ما بين النماذج الخطية و اللاخطية، وذلك لأن عملية تشخيص نماذج السلاسل الزمنية الخطية هي عبارة عن تقنية ثابتة ليس فيها صعوبات كبيرة، والسبب في ذلك أنه في حالة نماذج السلاسل الزمنية الخطية هنالك نموذج واحد عام هو نموذج ARIMA ، حيث أن فحوى عملية التشخيص في هذا النوع من النماذج تقوم على أساس تحديد رتبة كل من درجة الانحدار الذاتي وكذلك درجة المتوسطات المتحركة فقط.

أما في نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية فإن الأمر مختلف تماماً عما هو الحال في النماذج الخطية، وذلك لأن النماذج اللاخطية هي عبارة عن نماذج متنوعة الصيغ، بمعنى أنه ليس هنالك نموذج عام موحد لكل أنواع هذه النماذج كما هو الحال في النماذج الخطية، وذلك على الرغم من بعض المحاولات البسيطة بإيجاد نموذج موحد يجمع عدد من هذه النماذج كما في محاولة الباحثين Chen & McCulloch & Tsay.

الإشكالية:

على ضوء ما سبق ذكره، يمكننا صياغة إشكالية بحثنا على النحو التالي:

ما هي جوانب قصور النمذجة الخطية؟ وإلى أي مدى ساعدت النمذجة اللاخطية في تفسير وفهم الظواهر الاقتصادية؟

أهمية وهدف البحث:

تعتبر هذه الورقة البحثية كإسهام نظري يسلط الضوء على النمذجة اللاخطية وأهمية استخدامها كأسلوب تحليل كمي في فهم وتفسير الظواهر الاقتصادية لدى صناع القرار، كونها تسمح بنمذجة الميكنزمات الخاصة بظواهر: اللاتماثل، العتبة، التغيرات الهيكلية، الانقطاعات ذات المدى القوي في تطور المتغيرات، التعديلات غير المستمرة، ...إلخ. هذا وتحاول هذه الورقة معالجة موضوع البحث بأسلوب ونسق جديدين يختلفان عن كل المعالجات السابقة لهذا الموضوع في كتب الاقتصاد القياسي التطبيقي والتي طالما حصرت معالجته في النمذجة القاعدية التقليدية الخطية. إضافة إلى ذلك، نقص المراجع المكتوبة باللغة العربية والخاصّة بتحليل جوانب هذا الموضوع دفع بنا إلى هذه المعالجة الجديدة لموضوع الدراسة، هدفها الأول هو تقديم مادة علمية في موضوعها تثري المكتبة

الجامعية بمرجع لصيق بالاهتمامات الأكاديمية المعاصرة من جهة، وذي صلة بانشغالات الاقتصاديين والسياسيين من جهة أخرى.

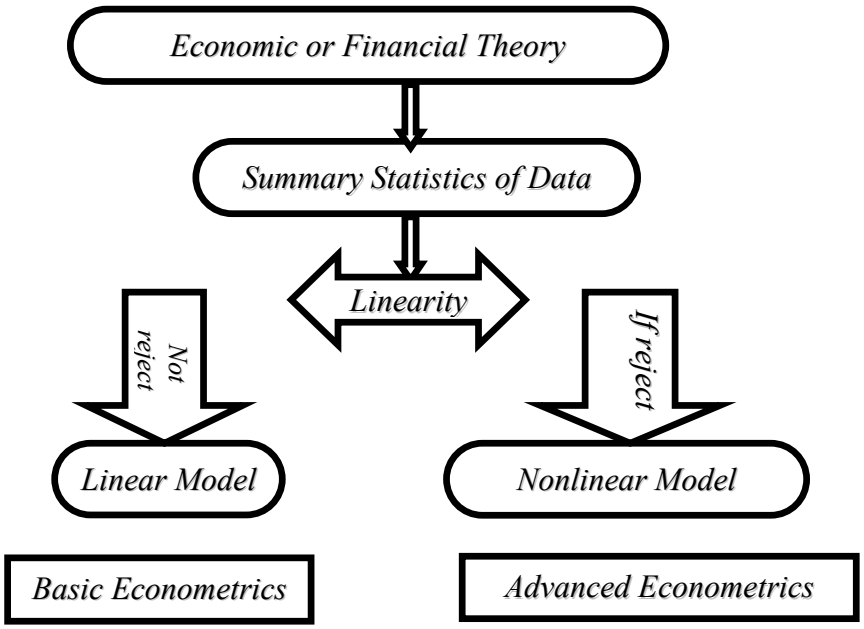
وبناء على ما تم ذكره أعلاه، سنتطرق في القسم الأول من هذه الورقة البحثية إلى شرح المحاولات الاولى التي استخدمت لتشخيص النماذج اللاخطية. أما القسم الثاني فقد خصصناه لتوضيح بعض جوانب قصور النمذجة الخطية. فيحين سنتطرق في القسم الثالث إلى أهمية النمذجة اللاخطية مع ذكر أنواعها. أما القسم الرابع فسنخصصه لدراسة أهم هذه النماذج و هي النماذج ذات النظم المتغيرة (صيغة لاخطية)، ونخص بالذكر كلا من نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال فوري ومباشر TAR، نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال ممهد و تدريجي STAR، و النماذج ذات النظم المتغيرة المركوفية (Markov–switching , MSW).

1) المحاولات الأولى لتشخيص النمذجة اللاخطية:

ليس مبالغاً القول أنّ عملية تشخيص النماذج اللاخطية (تحديد نوع النموذج اللاخطي المستخدم ورتبته) تعد من أصعب الخطوات التي قد تواجه الباحث في مجال تحليل السلاسل الزمنية، لذا فإن اتجاهاً آخر ظهر في محاولة الحد من هذه المشكلة ويتمثل بما قام به Auestad & Tjostheim في تشخيص النماذج اللاخطية وفق الأسلوب اللامعلمي من خلال إعطاء صيغة عامة للنموذج ليصف الظاهرة المدروسة. إلاّ أنّ هذه المحاولات كانت دوماً محدودة الفائدة لأنّ هذه النماذج الموحدة كانت تخصص لدراسة حالات معينة ومحدودة جداً، وليست نماذج مخصصة لحالات عامة يمكن التعامل معها دوماً لكل الاحتياجات. في هذا الصدد، ظهر اتجاه يقوم على أساس تجزئة السلاسل الزمنية اللاخطية أياً يكن نوعها وشكلها إلى عدد من الأجزاء الصغيرة (Segments)، وإن هذه الأجزاء تكون عبارة عن نماذج خطية ومستقرة، تتحدد من خلال عدد من النقاط تدعى نقاط الانكسار أو الانقطاع (Break points)، ووفق هذا الاتجاه فإن تشخيص النماذج يتلخص بتحديد كلٍ من:

1. عدد نقاط الانكسار m.
2. موقع نقاط الانكسار T_j (j = 1, 2, 3, …., m).
3. تحديد رتبه كل نموذج من النماذج التي ستظهر في كل جزء من الأجزاء والتي كانت دوماً تفرض على أنها نماذج الانحدار الذاتي $AR(p_j)$ أي تحديد p_j ولكل قيم j .

إن المشكلة في الاتجاه الأول تبرز من خلال وجود كم كبير من النماذج المقترحة، والتي يمكن أن يظهر أحدها كنموذج ملائم للظاهرة قيد الدراسة. لذا فإن اتجاهاً آخر ظهر في محاولة لمعالجة هذه المشكلة، ويتمثل بمحاولة التقليل من النماذج المقترحة من خلال ما يسمى باختبارات الخطية (Test of Linearity)، إذ أن هنالك عدد من الاختبارات والتي ظهرت في البداية لكي تقوم بعملية الفصل بين النماذج الخطية والنماذج اللاخطية، وفيما بعد تم استخدام عدد من هذه الاختبارات لكي تفصل ما بين النماذج اللاخطية نفسها.



المصدر: من إعداد الباحثين

ضمن النماذج اللاخطية، تعتبر النماذج ذات النظم المتغيرة أو المتحولة (regime-switching models) أكثر السيرورات اللاخطية شيوعا واستعمالا في نمذجة السلاسل الزمنية الخاصة بالمتغيرات الاقتصادية الكلية، المالية و النقدية، كونها تسمح بنمذجة الميكنزمات الخاصة بظواهر: اللاتماثل، العتبة، التغيرات الهيكلية، الانقطاعات أو الانكسارات (ruptures) ذات المدى القوي في تطور المتغيرات و التعديلات غير المستمرة،...إلخ.

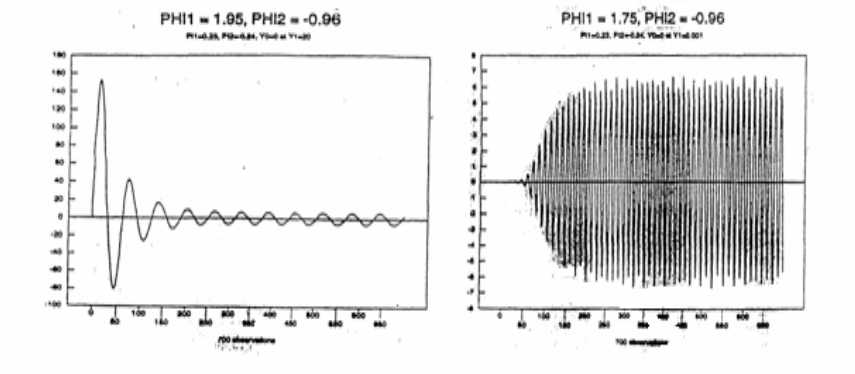
وضمن هذه النماذج، تعد نماذج العتبة (Threshold Model) بشكلها العام والمعروف لدى الباحثين في مجال السلاسل الزمنية من أشهر نماذج السلاسل الزمنية

اللاخطية، ومن أكثرها استخداما. ويرجع ذلك إلى أن هذه الأخيرة تمتلك الكثير من خواص ومزايا النماذج الخطية الاعتيادية، وبالتالي فإن نمذجتها ليست أمراً صعباً كما هو الحال بباقي النماذج اللاخطية. وبما أن هذه النماذج ليست بعيدة عن باقي النماذج الخطية، فإنها كانت أكثر قبولاً من قبل الباحثين الآخرين لأنها كانت قابلة للفهم من قبلهم، وبالتالي فهي قابلة للتطبيق في الوصف والسيطرة والتنبؤ. ويعد الباحث .Tong, H من أول الباحثين الذين نشروا عشرات البحوث فقط في هذه النماذج، مما شكل لها قاعدة خصبة في انتشارها أكثر من غيرها.

2) <u>جوانب قصور النمذجة الخطية:</u>

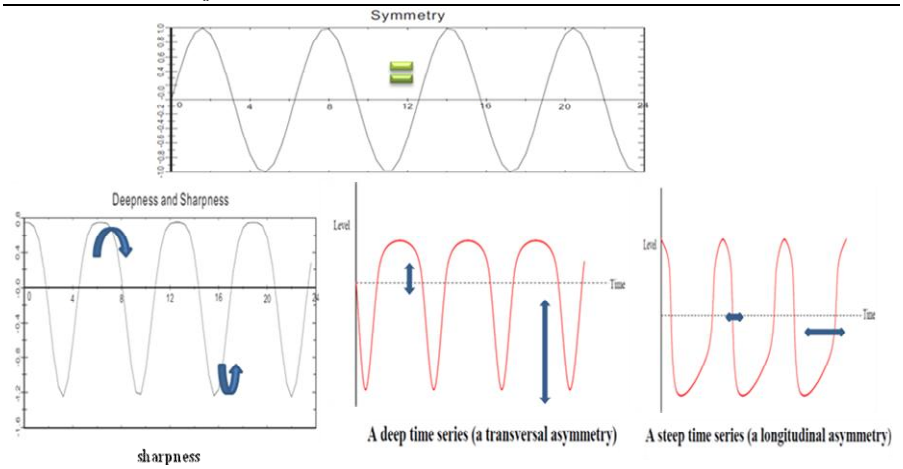
عرف الاقتصاد القياسي للسلاسل الزمنية منذ القدم سيطرة مطلقة للنمذجة الخطية، وخاصة النماذج من النمط ARMA، ويُعْزَى ذلك إلى أن مثل هذه النماذج تتسم بالسهولة والبساطة في عملية التقدير والتنبؤ. غير أن الاقتصاد القياسي التطبيقي يشهد اليوم العديد من التطورات والتوسيعات خاصة مع ظهور النمذجة اللاخطية. وقد كان لظهور مثل هذه النمذجة العديد من الدوافع، لعل من أهمها عدم تطابق المقاربات النظرية القديمة خاصة منها المتعلقة بالدورة الاقتصادية (التي تتبنى أحادية فرضية الخطية وتنشر الصدمات (chocs) في حُضن النظام الاقتصادي)، مع ديناميكية وحركية الاقتصاد التي تتّسم بالتعقيد، إذ تشهد معظم المتغيرات الاقتصادية تقلبات وصدمات قد تنعكس في سيرورة لاخطية. ففي ظل غياب الصدمات الخارجية، يمكن لديناميكية النظام (أي القيم العامة لمعلماته) أن تتبع أربع سيرورات ممكنة يمكن للنظام الخطي أن يعممها بشكل داخلي (endogène):

غير متذبذب (oscillatoire) ولكنّه مستقر أي وضعية تقارب ذو وتيرة واحدة (رتيب) convergence monotone، غير متذبذب ولكنه غير مستقر، متذبذب ولكنه مستقر (تقلبات خفيفة مُتَهالكة)، متذبذب ولكنه غير مستقر (تقلبات مُتَعاظمة). إذن، ضمن النظام الخطي لا يوجد سوى احتمالين للتقلبات، إما أن تتفاقم وتنفجر وإما أن تختفي، وبالتالي فإن النماذج الخطية التي لا تتضمن الصدمات لا يمكنها شرح خصائص ومميزات التقلبات المُحافَظِ عليها (المَصونة) ذاتيا (auto-entretenu)[1].



عموما، يمكنا ذكر بعض جوانب قصور النمذجة الخطية فيما يلي:

- وجود تقلبات متهالكة تماما أمر غير واقعي في الاقتصاديات الحديثة التي غالبا ما يتجدد فيها ظهور الصدمات.
- وجود تقلبات متعاظمة تماما أمر غير واقعي في الاقتصاديات الحديثة نظرا لوجود قيود تقنية أو مؤسساتية تؤثر في المتغيرات الاقتصادية مباشرة. مثلا التدخل لاستهداف الأسعار عند مستوى قيمتين دنيا وعظمى.
- النماذج الخطية لا تأخذ بعين الاعتبار الديناميكيات اللامُتماثلة (asymétriques) (التي تختص بها مثلا الأسواق المالية، الدورات الاقتصادية..إلخ). وقد حددت الأدبيات التطبيقية بعض أشكال اللاتماثُل، ففيما يخص الدورات الاقتصادية مثلا، بين Sichel (1993)[2] أن هذا الأخير يأخذ ثلاثة أشكال: لاتماثل في المدى أو العمق (deepness) عندما تكون تقعرات (creux) الدورة الحقيقية مشاهدة أكثر من القمم (pics)، لاتماثل في الميل أو الانحدار (steepness) نتيجة لسرعة تفاقم الانكماش و طول فترات الركود عن فترات الرواج (معدل البطالة يرتفع بوتيرة متسارعة في فترات الانكماش و ينخفض بوتيرة متباطئة في فترات الرواج)، و لاتماثل يتعلق بالاختلافات في الانحناء أو التقوُّس (courbure) مابين التقعُّرات و القِمَم (sharpness). إذن النمذجة الخطية لا تسمح بجمع ديناميكيات مختلفة حسب ظروف الدورة الاقتصادية كونها تتبنّى تماثُلا وتجانُسا على طول الدورة.



➢ النماذج الخطية لا تعتبر أيضا اللاّستقرار الظرفي للعلاقات الناتجة عن تغيرات هيكلية أو الانقطاعات (ruptures) ذات المدى القوي في تطور المتغيرات أو التعديلات غير المستمرة. فمثلا، وجود التكاليف الثابتة يدفع بالأعوان بأن لا يعدلوا بصفة مستمرة، أين يكون التعديل فقط عندما يبلغ الانحراف عن التوازن عتبة معينة. هنا قد تظهر مجموعة من الأنظمة الخطية وهي متجزئة حسب سلوك الأعوان، لكن في مجموعها (على امتداد كل الفترة) تظهر في شكل لا خطي.

➢ من وجهة نظر قياسية، النماذج الخطية لا تأخذ بعين الاعتبار إلا الفترات ذات الرتبة الثانية من خلال دالة التباين المشترك الذاتي، مما يعني عدم استغلال كامل للمعلومات التي تحتويها السلسلة الزمنية باعتبار أن الماضي لا يقدم أية معلومة لسلوك السلسلة المستقبلي[3].

➢ معظم النماذج الخطية الكلاسيكية تفترض أن متوسط الأخطاء معدوم، وثبات تباينها مع تغير الزمن وأنها مستقلة عن بعضها البعض. وهنا يصبح تقدير مصفوفة التباين والتباين المشترك صعبا، لأن الأخطاء ستكون غير متجانسة (عدم تجانس التباين في السلسلة) ومترابطة فيما بينها مما يقلل من نجاعة النماذج المُقدرة. فعلى سبيل المثال، إذا كانت السلسلة الزمنية متعلقة بمبيعات المؤسسات في قطاع معين، فإننا نجد أنّ عناصر الخطأ المرافقة للمؤسسات الكبرى أكبر منها في المؤسسات الصغرى، مما يعني أن هذه المجموعة أقل تشتّتا من سابقتها. نفس الشيء يمكن استنتاجه فيما يتعلق بالإنفاق الأسري، إذ نجده يوجه عادة إلى السلع الضرورية عند الأسر ضعيفة الدخل، فيحين أن الأسر الغنية سيكون توزيع نفقاتها متذبذب بين السلع الكمالية ذات السعر المرتفع والسلع

الضرورية. وفي كلا المثالين تنتج مشكلة عدم تجانس التباين في المعطيات المُجمّعة، بحيث أن تباينات الأخطاء في المجموعة الأولى أكبر نسبيّا مما هي عليه في المجموعة الثانية.

3) ظهور النمذجة اللاخطية:

من أجل تذليل هذا القُصور وتماشيا مع تعقيد الظواهر الاقتصادية تبنّت معظم الدراسات الحديثة النمذجة اللاخطية وطورتها بالاعتماد على الرياضيات والفيزياء وغيرها من العلوم التقنية. وكان Kaldor (1940) و Goodwin (1955) من أوائل الاقتصاديين الذين أحدثوا نقلة نوعية في تحليل السلاسل الزمنية باستعمال نماذج غير خطية تعتمد على الزمن في تحليل حركية المشاكل المالية والنقدية[4].

في هذا الصدد، انبثقت معظم صياغات النماذج اللاخطية من الكتابة التالية:

$$x_t = g\left(\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, ...\right) + \varepsilon_t h\left(\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, ...\right)$$

حيث أن: g (.) هي دالة تتعلق بالمتوسط الشرطي (la moyenne conditionnelle).

H (.) هو معامل التناسب (coefficient de proportionnalité) بين x_t و ε_t.

وبناء على ذلك، حصرت أدبيات الاقتصاد القياسي النماذج اللاخطية في صنفين[5]:

- سيرورة لاخطية من خلال التباين (Processus à non linéarités en variance) كون الدالة H (.) لاخطية. وتسمح لنا بضبط الميكنزمات التي تتميز بسرعة التطاير (volatilité) المرتبطة بالزمن، والتي ينشأ عنها مشكلة عدم تجانس التباين. وتتلخص هذه السيرورة في **نماذج الانحدار الذاتي المشروطة بعدم تجانس تباين الأخطاء (ARCH)**، التي تم من خلالها استعمال مفهوم التباين الشرطي بدلا من التباين غير الشرطي في تحسين القيم التنبؤية، لأنّه بينما يبقى هذا الأخير ثابتا بتغير الزمن، فإن التباين الشرطي يمكن أن يترجم العلاقة بين المشاهدة Y_t والمشاهدات السابقة Y_{t-j} . وقد كان لـ Engle (1982) الفضل الكبير في تطوير هذه النماذج من خلال إيجاد تباين يتطور مع الزمن بإدخال متغير جديد يفسر عدم التجانس الشرطي.
- سيرورة لاخطية من خلال المتوسط (Processus à non linéarités en moyenne) كون الدالة g (.) لاخطية. و تعتبر هذه السيرورة بمثابة امتدادات غير

خطية (extensions nolinéaire) للسيرورة ARMA ، تسمح لنا بضبط الميكنزمات الخاصة باللاتماثل والعتبة. وتحتوي هذه السيرورات على النماذج التالية:

- **النماذج مزدوجة الخطية** (modèles bilinéaires) التي طورها Granger و Andersen (1978) ، Subba Rao (1981)، و Subba Rao و Gabr (1984) .
- **نماذج المتوسطات المتحركة اللاّخطية** (Moyenne Mobile) التي طورها robinson (1977).
- **نماذج الانحدار الذاتي اللاّخطية** و التي تحتوي بذاتها على أربع سيرورات: سيرورات انحدار ذاتي لكثيرات الحدود (autorégressifs polynomial)، سيرورات انحدار ذاتي أسية (autorégressifs exponentiel) التي طورهما ozaki (1978) و haggan و ozaki (1981). سيرورات انحدار ذاتي عامة(autorégressifs généraux) طورها jones (1978) و collomb و hardle (1986). سيرورات انحدار ذاتي منتجة (autorégressifs produits) طورها McKenzie (1982).
- **النماذج ذات النظم المتغيرة أو المتحولة:** والتي تعتبر أكثر السيرورات اللاخطية شيوعا واستعمالا في نمذجة السلاسل الزمنية الخاصة بالمتغيرات الاقتصادية الكلية، المالية و النقدية، كونها تسمح بنمذجة الميكنزمات الخاصة بظواهر: اللاتماثل، العتبة، التغيرات الهيكلية، الانقطاعات (ruptures) ذات المدى القوي في تطور المتغيرات، التعديلات غير المستمرة،...إلخ. و نظرا لأهمية هذه الأخيرة، سنخصها بتحليل كافي، إذ سيأتي بيان أنواعها في القسم الموالي.

4) النماذج ذات النظم المتغيرة

لقد حصرت أدبيات الاقتصاد القياسي هذه النماذج في ثلاثة أصناف تبعا لنوع آلية الانتقال الاحتمالية من نظام إلى آخر، وأيضا حسب طريقة تحديد المتغيرة التي يتم من خلالها الانتقال من نظام إلى آخر. وبناء على هذين المعيارين، سنحاول تخصيص محتويات هذا القسم لدراسة صيغ النماذج المتمخضة عن هذه المقاربة وشرحها بالتفصيل. إذ سنتطرق إلى النماذج ذات النظم المتغيرة المركوفية (les modèles à changements de régimes markoviens) التي يكون الانتقال فيها بين النظم محكوما بمتغير غير معروف أو مشاهد (inobservable)، مع آلية انتقال احتمالية

خاصة بكل نظام. هذا وبالإضافة إلى شرح النماذج ذات العتبات (modèles à seuils) التي يكون الانتقال فيها بين النظم محكوما بمتغير معروف ومشاهد (observable)، عتبة محددة، ودالة انتقال، إذ تنقسم هذه الأخيرة إلى نوعين اثنين حسب طبيعة آلية الانتقال وهي: نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال فوري ومباشر (les modèles à transition brutale) أو ما يصطلح عليه بنماذج TAR، ونماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال انسيابي وتدريجي (modèles à transition lisse) أو ما يصطلح عليه بنماذج STAR.

أ) <u>نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال فوري ومباشر</u>: (Threshold Autoregressive model, TAR)

تجسد معظم السلاسل الزمنية الخاصة بالمتغيرات الاقتصادية الكلية و المالية في نماذج خطية تتسم بالقصور، غير أن النمذجة اللاخطية تسمح بوصف مختلف حالات وطبيعة النظام الذي تسير عليه هذه المتغيرات، أين تتغير حركيتها (متوسط، تباين، ارتباط ذاتي،...) تبعا للنظام المتواجدة فيه. ولقد كان الفضل في توسيع هذه النماذج لـ Tong (1990)[6] و Tong و Lim (1980)[7]، إذ تم الأخذ بعين الاعتبار في النمذجة مختلف أشكال اللاتماثل (asymétrie) في السلاسل الزمنية، مثل اللاتماثل في المدى بين الفترات المتزايدة و الفترات المتناقصة، أو اللاتماثل في مقدار التذبذب (fréquence) بين التغيرات ذات السعة المرتفعة و المنخفضة[8].

فإذا أخذنا على سبيل المثال نموذج ارتباط ذاتي من الدرجة الأولى AR(1) ممثل كالآتي:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t, \qquad \varepsilon_t \sim N(0,\sigma^2)$$

يفترض هذا النموذج أن سلوك المتغير Y ثابت (متماثل) على طول فترة التحليل لأن ϕ_1 ثابت، أما إذا وجد متغير اقتصادي آخر q_t يؤثر في سلوك المتغير Y عن طريق المعامل ϕ_1، فإنه سيتم تعديل المعادلة أعلاه وفق الصيغة التالية:

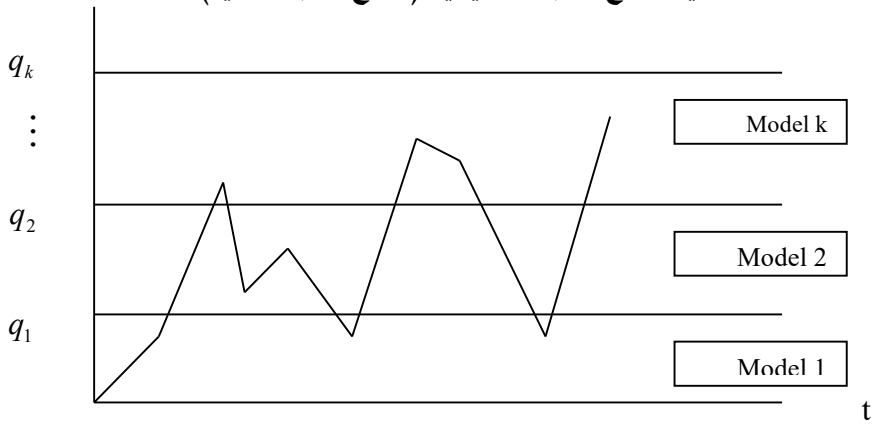
$$Y_t = \begin{cases} \phi_{01} + \phi_{11} y_{t-1} + \varepsilon_{1t} & si \quad q_t \le c \\ \phi_{02} + \phi_{12} y_{t-1} + \varepsilon_{2t} & si \quad q_t \rangle c \end{cases} \quad \cdots\cdots\cdots(1)$$

تمثل المعادلة أعلاه نموذجا بنظام (régime) متغير في أبسط صوره، تحقق فيه

السيرورة Y في كل لحظة t واحدة من بين عدة معادلات مختلفة حسب قيمة المتغير q_t ، بمعنى أن كل معادلة تقابل نظام معين. وحتى ولو كانت السيرورة Y تسلك اتجاها خطيا في كل نظام على حدا (الخطية بالأجزاء)، إلا أنها في المجموع تظهر سلوكا لاخطيا.

الفكرة العامة لهذه النماذج تقوم على إيجاد عدد من النماذج الجزئية المختلفة من خلال النموذج الإجمالي، وأن كل نموذج من هذه النماذج الجزئية يعمل في فضاء حالة مختلف عن باقي النماذج الأخرى، وأن هذه الفضاءات تقسم وفقاً لما يعرف بمتغير العتبة (Threshold Variable). ففي حالة وجود مشاهدات زمنية مضطربة، أي وجود حالة صعود وهبوط في قيمة المشاهدات (وهي الحالة ذات الغالبية العظمى والتي تحدث في الواقع العملي)، يمكن أن تنتمي كل مشاهدة من مجموعة من المشاهدات المتتالية زمنياً إلى نموذج جزئي مختلف[9]، لأن نماذج العتبة الاعتيادية في الحقيقة تعتمد على عتبة أفقية (Horizontal Threshold) كما في الشكل رقم (2).

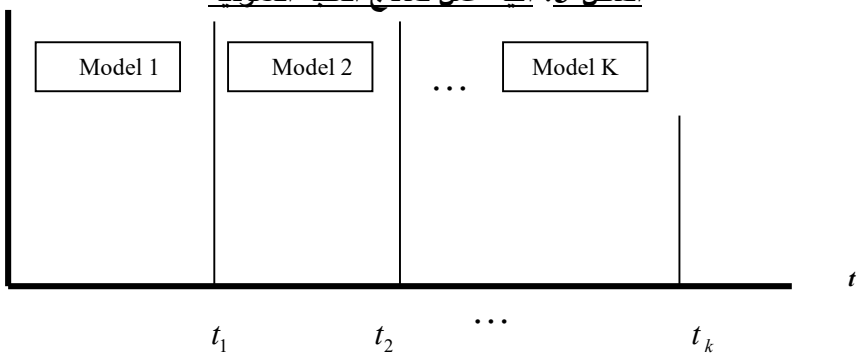
الشكل2: آلية نماذج العتبة الاعتيادية (نماذج العتبة الأفقية)



المصدر: مهدي محمد مهدي البياع (2008):ص:99.

كما أن هناك من اقترح نموذجاً للسلاسل الزمنية اللاخطية يعتمد على أسلوب العتبة العمودية بدلاً من العتبة الأفقية، وبذلك لن يكون هنالك حاجة لتحديد متغير عتبة، وبدلاً عنها سيتم استخدام الزمن نفسه ليكون عتبة كما هو مبين في الشكل رقم (3).

الشكل 3: آلية عمل نماذج العتبة العمودية



المصدر: مهدي محمد مهدي البياع (2008): مرجع سبق ذكره.ص:101.

خلاصة القول، يمكن القول عن سيرورة Y_t أنها تحقق تمثيلا من الشكل TAR بنظامين (k=2) ذوا الدرجتين p_1 و p_2 إلا و فقط إذا:

$$Y_t = \begin{cases} \phi_{01} + \phi_{11}\, x_{t-1} + ... + \phi_{p1,1}\, x_{t-p1} + \varepsilon_t & si \quad q_t \le c \\ \phi_{02} + \phi_{12}\, x_{t-1} + ... + \phi_{p2,2}\, x_{t-p2} + \varepsilon_t & si \quad q_t \rangle\, c \end{cases} \quad ....(2)$$

أو بصيغة مكافئة للصيغة (2):

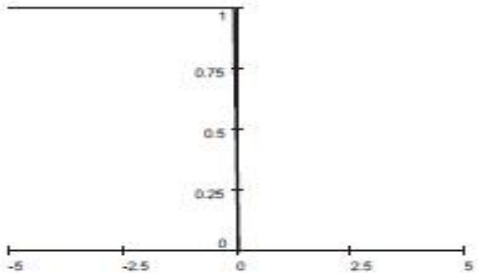
$$Y_t = (\phi_{01} + \phi_1 x_{t-1} + ... + \phi_{p1,1} x_{t-p1})(1 - I(q_t \le c)) + (\phi_{02} + \phi_{12} x_{t-1} + ... + \phi_{p2,2} x_{t-p2}) I(q_t \rangle c) + \varepsilon_t$$

مع العلم بأن: ε_t يحاكي تشويشا أبيضا $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ ، c هي قيمة العتبة، q_t هي متغيرة الانتقال ، و I دالة التعيين أو التوضيح (indicatrice) التي تعتبر بمثابة دالة انتقال تأخذ قيمها عند {0،1}، إذ تأخذ القيمة 1 عندما يتحقق القيد ما بين القوسين و 0 عندما لا يتحقق. $X_t = (Y_{t-1}, \ldots, Y_{t-p}, V_1, \ldots, V_k)$ هي المتغيرات المفسرة للسيرورة Y_t .

من خلال المعادلتين أعلاه، يتضح لنا أن آلية الانتقال تخضع لقيمة متغيرة الانتقال المعروفة و المشاهدة q_t و المحددة مسبقا، و عتبة c مقدرة جيدا، هذا و بالإضافة إلى الصدمات في ε_{1t} و ε_{2t}. أما المعلمات φ_{11} و φ_{12} فتقيس لنا مقدار الاستمرار (زيادة أو نقصانا) في كل نظام. في هذا الصدد، تكون آلية الانتقال في هذا النوع من النماذج فورية (سريعة) و مباشرة (brutale)، بحيث يتم الانتقال من نظام إلى آخر في لحظة

زمنية واحدة وغير مؤرخة، وهذا بمجرد أن تفوق (تنخفض) قيمة متغيرة الانتقال قيمة العتبة (وفقا لدالة التعيين) كما هو موضح في الشكل 4 التالي:

الشكل 4 : دالة انتقال النماذج TAR ($d = 1$ و $c = 0$)



Source: Joon Y. Park & Mototsugu Shintani,(2005):" Testing for a Unit Root against Transitional Autoregressive Models". Working Papers 05010, Department of Economics, Vanderbilt University. P.5.

فعندما تكون قيمة متغيرة الانتقال أصغر من قيمة العتبة، فإن ديناميكية المتغيرة Y_t تتحدد بسيرورة الانحدار الذاتي ذو المعلمة $\varphi_{i,1}$ (i تمتد من 1 إلى p_1). أما إذا كانت قيمة q_t أكبر من العتبة فتتحدد ديناميكية المتغيرة Y_t بسيرورة الانحدار الذاتي ذو المعلمة $\varphi_{j,2}$ (j تمتد من 1 إلى p_2)[10].

نشير هنا بأن متغيرة الانتقال q_t ما هي إلا واحدة من المتغيرات المفسرة X_t، إذ يمكن أن تكون متغير مفسرة خارجية ($X_t = (V_1, \ldots, V_k)$)، أو أن تأخذ قيمة متأخرة للمتغير التابع أو الداخلي Y_t ($X_t = (Y_{t-1}, \ldots, Y_{t-d})$) حيث تسمى d بمعلمة التأخير أو الأجل (Delay Orders)، وفي هذه الحالة يتحول نموذج الانحدار الذاتي ذو العتبة TAR إلى نموذج الانحدار الذاتي ذو العتبة مع الإثارة و التنبيه الذاتي SETAR (Self-Exciting TAR)[11]. هذا ومع العلم بأن اختيار متغيرة الانتقال قد يكون وفقا لما تمليه النظرية الاقتصادية، أو الوقائع والحقائق الاقتصادية المشاهدة، وأيضا بعض الطرق والمعايير الإحصائية.

تطبيق عملي: قمنا باستخدام نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة (TAR) من أجل قياس السلامة المالية (Fiscal Sustainability) للجزائر على المدى الطويل[12]. وقد أسفرت النتائج القياسية على وجود أثر عتبة بعجز الموازنة الجزائري (سلوك لاخطي)، إذ أن هناك لاتماثل في عملية التعديل، أين تتدخل الحكومات للحد من العجز وتفاقم الدّين فقط عندما يفوق هذا الأخير عتبة معينة، حيث سينتقل هذا الأخير من نظام إلى آخر تبعا لقيمة

متغير الانتقال المتمثل في تغير عجز الموازنة ما بين الفصل السابق والفصول الست التي سبقته (سنة و نصف تقريبا)، و قدرت قيمة عتبة متغير الانتقال ب5.38 %. وبإجراء اختبار الاستقرارية على نموذج TAR المقدر، اتضح لنا أن السيرورة الكلية لعجز الموازنة بالجزائر غير مستقرة وبالتالي عدم إمكانية استدامة تحملهما. فيحين أن اختبار استقرارية كل نظام على حدة (الجذور الوحدية الجزئية) بين لنا إمكانية استدامة تحمل عجز الموازنة عند قيم أصغر من قيمة العتبة، وعدم استدامة تحمل عجز الموازنة عند قيم تفوق قيمة العتبة.

وبالرغم من أن النماذج TAR تسمح بالكشف عن اللاخطية وتمكن من إعطاء تفسير اقتصادي جيد من خلال وجود آلية ومتغيرة للانتقال مشاهدة، إلا أنها تعاني من بعض النقائص لعل من أهمها، أن بُعد قيمة متغيرة الانتقال عن العتبة لا يغير من معاملات المتغيرات المفسرة في النظام الواحد، وإنما تتأثر هذه المعاملات فقط عندما تكون متغيرة الانتقال أكبر أو أصغر من قيمة العتبة. هذا المشكل أُخِذ بعين الاعتبار في النماذج ذات الانتقال الانسيابي التي سيأتي شرحها فيما هو موالي.

ب) <u>نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال انسيابي و تدريجي</u>:(Smooth Transition Autoregressive, STAR)

اقترح كل من: Chan و Tong (1986)[13]، Luukkonen و آخرون (1988)[14]، Teräsvirta (1994)[15] توسيع النماذج TAR باستبدال دالة الانتقال الفورية بدالة أخرى انسيابية و أقل سرعة (lisse, progressive) تسمح بالانتقال التدريجي من نظام إلى آخر، و تحافظ على تواصل (continuum) النظام ما بين السيرورتين المختلفتين (المتطرفتين).

وقد أعطى كل من Granger و Teräsvirta (1997) في كتاب ينمذج العلاقات الاقتصادية اللاخطية، تفسيرا اقتصاديا للانتقال التدريجي مفاده أن التغيّرات التي تحدث على المستوى الاقتصادي التجميعي من الملائم أن يتم تمثيلها بنماذج STAR باعتبار أن الاقتصاد يتألف من العديد من الأشخاص و المؤسسات يغيّر كل واحد منها سلوكه بصفة فورية و سريعة لكن في أوقات زمنية مختلفة. ويُبَرَّر اللاتزامن (non–simultanéité) في سلوك الأعوان بأن بعض الأفراد والهيآت قد ينجحون في توقُّع تصرف الحكومة فيحوِّلون من سلوكهم قبل تغيّر السياسات الاقتصادية، أما البعض الآخر من الأعوان فيستجيب لهذا

التغيير متأخرا نظرا لوجود بعض التكاليف الخاصة بالتعديل والحصول على المعلومة[16]. وفي هذا الصدد، يمكن توسيع هذا التبرير ليشمل حتى بعض الحالات التي تكون فيها ردود فعل الأعوان الفردية في حدّ ذاتها تدريجية وبدرجات مختلفة، سببها قصر نظر الأعوان السلوكي الذي قد يعزى إلى وجود تكاليف للانتقال، أو تمسُّك بالعادات. أضف إلى ذلك عامل اللايقين الذي يضفي خاصية الانسياب والتدرج على الانتقال، إذ أن الأعوان الاقتصاديين لا يثقون في استمرار السياسات الاقتصادية الجديدة، وبالتالي لا يعدّلون من سلوكهم فوريا مع النظام الجديد، بل يتقاربون (converge) ويتكيّفون تدريجيا معه بعد حصولهم على مزيد من المعلومات والمهارات (apprentissage) عبر الزمن.

إذن، يمكن القول عن سيرورة Y_t أنها تحقق تمثيلا من الشكلSTAR بنظامين ($k=2$) ذوا الدرجتين p_1 و p_2 إلاّ و فقط إذا:

$$Y_t = \left(\phi_{10} + \sum_{j=1}^{p_1} \phi_{1j}\, x_{t-j}\right)\left[1 - F(q_t;\gamma,c)\right] + \left(\phi_{20} + \sum_{j=1}^{p_2} \phi_{2j}\, x_{t-j}\right) F(q_t;\gamma,c) + \varepsilon_t \quad ,\gamma > 0 \quad ..(6)$$

حيث تمثل: c العتبة، q_t متغيرة الانتقال التي يمكن أن تكون قيمة متأخرة للمتغير التابع أو متغيرا خارجيا آخر. ε_t هو حد الخطأ الذي يحاكي تشويشا أبيضا بمتوسط معدوم وتباين ثابت.

$F(.)$ هي دالة انتقال مستمرة وقابلة للاشتقاق، تأخذ قيمها بين المجال $\{0،1\}$ في شكل عدد لامتناهي من القيم (النظم) الوسيطية، تتسم بالانسيابية و تحافظ على التواصل ما بين النظامين المتطرفتين (اللذان يتحققان عند القيمتين 0 و 1).

γ : هي معلمة الانسياب والتي تقيس وتيرة أو سرعة الانتقال من نظام إلى آخر، فكلما كانت كبيرة كان الانتقال فوريا وسريعا وكلما كانت صغيرة كان الانتقال انسيابيا وتدريجيا كما هو موضح في الشكل 7.

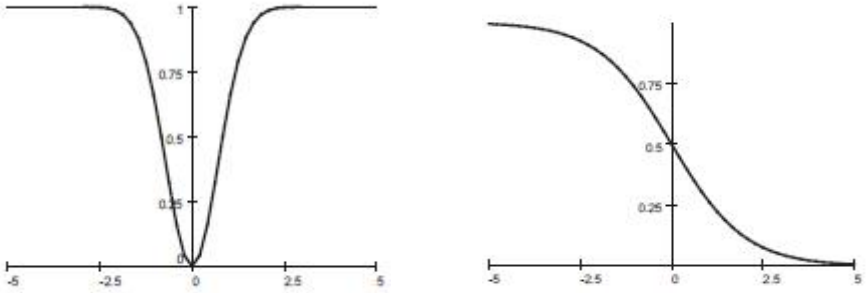
وقد درجت العادة على استخدام نوعين شائعين من دوال الانتقال الانسيابية (انظر الشكلين 5 و6) هي:

دالة انتقال منطقية (logistique) معطاة بالصيغة التالية: $L(q_t;\gamma,c) = \left[1 + \exp(-\gamma(q_t - c))\right]^{-1}$ يقابلها النموذج LSTAR (Logistic Smooth Transition Autoregressive)

دالة انتقال أسية (exponentielle) معطاة بالصيغة التالية:

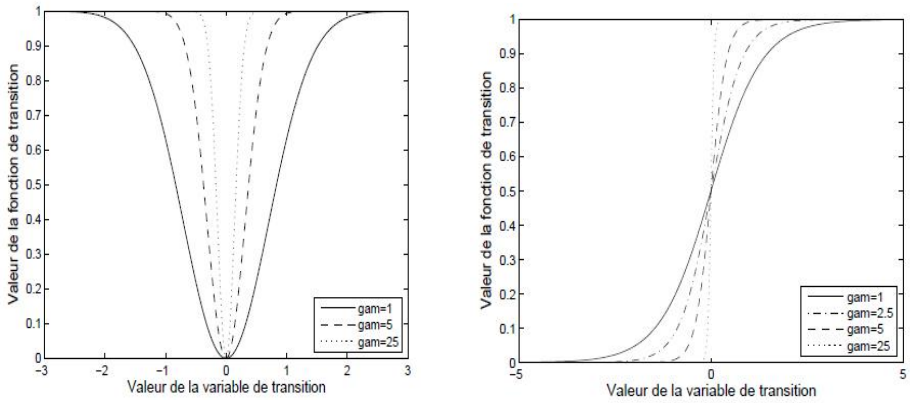
$E(q_t;\gamma,c)=1-\exp(-\gamma(q_t-c)^2)$ يقابلها النموذج ESTAR (Exponential Smooth Transition Autoregressive)

الشكل 5: دالة انتقال منطقية **الشكل 6: دالة انتقال أُسّية**



Source: Joon Y. Park & Mototsugu Shintani, (2005):ar.cité.P:5.

الشكل7: أثر تغير معلمة الانسياب γ على دوال الانتقال.(c =0)



Source: Fouquau Julien (2008): op.cité. P: 33 et 36.

تسمح النماذج LSTAR بوصف ظواهر اللاتماثل المُمَثلة بفترات الرواج و الكساد في الدورة الاقتصادية مثلا، و المُتَّسمة بديناميكيات مختلفة (كل نظام متطرف يخضع لديناميكية انسيابية معينة تختلف عن الأخرى). أما النماذج ESTAR تصف الديناميكيات

المتماثلة لفترات الرواج والكساد في الدورة، كأن يكون الانتقال من معدل النمو المرتفع إلى معدل النمو العادي بنفس النسق الذي ينتقل فيه الانكماش العادي إلى الكساد المتسارع (بمعنى أن النظامين المتطرفين يخضعان لنفس الديناميكية الانسيابية)[17].

انطلاقا من معادلة دالة الانتقال المنطقية نستنتج أن:

- إذا كان: $\gamma \to 0$ فإن دالة الانتقال المنطقية تؤول إلى قيمة ثابتة تساوي 0.5، ولذلك إذا أصبحت: $\gamma = 0$ فإن النموذج LSTAR يتحول إلى نموذج خطي للانحدار الذاتي AR.
- إذا كان: $\gamma \to \infty$ فإن دالة الانتقال المنطقية ستأخذ قيمتين فقط إما 0 أو 1، وعليه تتحول دالة الانتقال الانسيابية إلى دالة التعيين الفورية /، ويصبح النموذج LSTAR يعبر عن نموذج TAR ذو نظامين.

إذن النماذج AR و TAR تظهر كحالات خاصة من النماذج LSTAR.

انطلاقا من معادلة دالة الانتقال الأسية نستنتج أن:

- إذا كان: $\gamma \to 0$ فإن دالة الانتقال الأسية ستأخذ القيمة 0، أما إذا كان $\gamma \to \infty$ فإن دالة الانتقال الأسية ستأخذ القيمة 1. وفي كلا الحالتين السابقتين سيتحول النموذج ESTAR إلى نموذج خطي قد يعبر عن أحد النظم المتطرفة أو عن النظام الوسيطي للانتقال فقط، وهذا مما يعيب دالة الإنتقال الأسية التي قد لا تظهر فيها النماذج اللاخطية.

<u>تطبيق عملي</u>: قمنا باستخدام نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال انسيابي وتدريجي (STAR) من أجل قياس استدامة تحمل عجز الموازنة بالجزائر على المدى الطويل[18]، حيث قمنا بدمج بعض متغيرات الانتقال كمتغيرات خارجية أخرى يمليها الواقع الاقتصادي والنظرية الاقتصادية، كتبعية السياسة المالية بالاقتصاد الجزائري لسعر البترول، وأيضا توجهات الإنفاق العام للحكومات، بالإضافة إلى تأخرات المتغير التابع. وقد اتضح لنا بأن العجز الموازني بالجزائر يتبع سيرورة لاخطية (وجود أثر عتبة) على شكل نموذج منطقي (LSTR) بعتبة واحدة، وذلك تبعا للتغيرات نصف السنوية في سعر البترول بالنسبة لعجز الموازنة. مما يدل على أنّ سلوك العجز الموازني يتغير من نظام إلى آخر حسب وضعية المالية العامة للدولة، كما أنّ الصدمات الإيجابية والسلبية في رصيد ميزانية الحكومة غير متماثلة. وقد قدرت قيمة عتبة متغير الانتقال بـ56.83 دولار

للبرميل، إذ يتم الانتقال من نظام إلى آخر بسرعة 11.37 بالنسبة لعجز الموازنة، وهو تعديل سريع نوعا ما يدل على وجود تسيير نشط لصناع القرار متى ابتعد هذا الأخير عن قيمته التوازنية.

- تمت إضافة عدة تحسينات إلى النماذج LSTAR، إذ قام Franses و Dijk (1999) [19] بتوسيع هذه النماذج لتشمل أكثر من نظامين اثنين اصطُلح عليها بنماذج STAR متعددة النظم (*Multi-Regime STAR*، MRSTAR). وتأخذ هذه الأخيرة بعين الاعتبار نوعين من الآليات التي تحقق التغيير في النظم. فإما أن يتم اختيار النظام بناء على متغيرتي انتقال أو أكثر q_{it} ($i = 1.2.3....$) تقارن كل واحدة منها بعتبة معينة c_i، أو أن يتم الاختيار بناء على متغيرة انتقال واحدة و مقارنتها بعدة عتبات.

ت) <u>النماذج ذات النظم المتغيرة المركوفية</u> (les modèles à changements (Markov-switching , MSW) (de régimes markoviens

ظهرت النماذج ذات النظم المتغيرة المركوفية كإمتداد للنماذج ذات اختيار النظم الاحتمالي (modèles à choix stochastiques de régimes) التي اقترحها كل من Goldfeldو Quandt (1973)[20]، أو ما يصطلح عليها أيضا بالنماذج λ. ويمكن تعريف هذه الأخيرة على أنها "مزيج من التوزيعات الطبيعية" باعتبار أن التوزيع غير الشرطي للمتغير التابع ما هو إلا الوسط المرجح للتوزيعات غير الشرطية لهذا المتغير، علما بأن معاملات الترجيح هي الاحتمالات غير الشرطية[21]. ضمن هذه النماذج، تحقُّق أي نظام يكون خاضعا لاحتمال هيكلي وليس لقاعدة اختيار معينة كما هو في النماذج ذات العتبة. مثلا، إذا لم يستطع الاقتصادي تحديد قاعدة للاختيار في النموذج (2) التي يتحقق فيها النظام الأول إذا كان $q_t \leq c$ والنظام الثاني في الحالة العكسية، سيلجأ مسبقا (*a priori*) إلى تخصيص الاحتمالين الهيكليين (غير مشروطين بالقيم السابقة للمتغيرات التابعة والمستقلة) p و $1-p$ لكل من النظامين على التوالي، و المصاحبين للحدثين $q_t \leq c$ و $q_t \rangle c$ اللذان يميزان النظامين. وفي هذا الصدد، تبنى Hamilton (1989)[22] نفس منهجية النماذج λ السابقة لتحديث النماذج ذات النظم المتغيرة المركوفية MSW، والتي تختلف عن النماذج ذات اختيار النظم الاحتمالي في أن احتمال تحقق أي نظام هو مشروط بالوضعيات السابقة للمتغيرات المعنية بالدراسة. هذا وقد درجت العادة على استخدام النماذج MSW قصد دراسة ظواهر اللاتماثل الناتج عن تطبيق سياسات

اقتصادية جديدة، أو الانقطاع الناتج عن الأزمات والحروب مثلا، واللذان يحدثان تغييرات مختلفة في تطور المتغيرات الاقتصادية.

وفي هذا الصدد، تعتمد خصوصية النماذج MSW على آلية الانتقال التي لا يمكنا من خلالها معرفة أو مشاهدة المتغير الذي يحرّك الانتقال من نظام إلى آخر. لذلك، نكتفي بإعطاء احتمال له يمكّننا من معرفة احتمال الانتقال ما بين الأنظمة وأيضا إتاحة مؤشر للاستمرارية يعطينا الفترة المرتقبة التي يدوم فيها كل نظام.

ولقد كان أهم استخدام للنماذج MSW في نمذجة ظاهرة اللاتماثل في مدى قمم و تقعّرات الدورة الاقتصادية، حيث تم التمييز ما بين حالتي النمو الموجب و النمو السالب(الركود) إذا ما كانت خصوصيات ديناميكية النظام الأول تختلف عما هي عليه في النظام الثاني، مما سيتيح لنا الكشف عن نقاط التحوّل و معرفة احتمالات التغير نحو الارتفاع أو الانخفاض، هذا ومع استخدامها في تحليل آثار السياسات النقدية و المالية، و نمذجة سعر الصرف.

عموما، يمكننا صياغة النماذجMSW في المعادلة التالية:

$$y_t = \mu^{S_t} + \phi^{S_t} Y_{t-1} + \sigma^{S_t} \varepsilon_t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(17)$$

حيث أن: $\varepsilon_t \to N(0,1)$ ، $\phi^{S_t} = (\phi_1,...,\phi_p)$ و $Y_{t-1} = (y_{t-1},...,y_{t-p})$.

المتغير S_t هو متغير مُسْتَتِر وغير مشاهد (variable latente) يمثل حالة النظام، و يأخذ القيم: 1،2،...،S إذ أن S هي عدد الحالات الممكنة، ويفترض بأن يَتبع هذا المتغير سلسلة مركوفية من الدرجة الأولى (أي يتبع حالة الفترة السابقة). بالإضافة إلى ذلك، يتميز هذا الأخير بإحتمالات انتقال ما بين الحالات، يرمز لها بالرمز: p_{ij} وهي موجبة و محصورة بين الصفر و الواحد و تأخذ الشكل التالي:

$$P(S_t = j \,|S_{t-1} = i) = p_{ij}, \quad avec: \sum_{j=1}^{S} p_{ij} = 1 \;\forall i .$$

– على سبيل المثال، إذا كان: S=2، فإن المتغير y سيتميز بنظامين:

$$y_t = \begin{cases} \phi_{01} + \phi_{11} y_{t-1} + \varepsilon_t & si \quad S_t = 1 \\ \phi_{02} + \phi_{12} y_{t-1} + \varepsilon_t & si \quad S_t = 2 \end{cases}$$

أما احتمالات الانتقال من حالة إلى أخرى فهي[23]:

$$P(S_t = 1 \mid S_{t-1} = 1) = p_{11},$$
$$P(S_t = 2 \mid S_{t-1} = 1) = p_{12},$$
$$P(S_t = 1 \mid S_{t-1} = 2) = p_{21},$$
$$P(S_t = 2 \mid S_{t-1} = 2) = p_{22},$$

حيث أن p_{ij} هي احتمال الانتقال من الحالة *i* عند الفترة t−1 إلى الحالة *j* عن الفترة t. مع العلم أن: $p_{11} + p_{12} = 1$, $p_{21} + p_{22} = 1$.

انطلاقا من الاحتمالات أعلاه، يمكننا استنتاج مصفوفة الانتقال ما بين النظم المعطاة كما يلي[24]: $\begin{pmatrix} p_{11} & 1-p_{22} \\ 1-p_{11} & p_{22} \end{pmatrix}$.

– وكما ذكرنا سابقا، تسمح احتمالات الانتقال هذه بإتاحة مؤشر للاستمرارية يعطينا الفترة المرتقبة التي يدوم فيها كل نظام. فإذا علمنا بأن الاقتصاد موجود في الحالة *i* فإن الفترة المرتقبة لنظام معين تكون معطاة بالعلاقة التالية[25]:

$(1-p_{ii})^{-1} \rightarrow \sum_{k=1}^{\infty} k p_{ii}^{k-1}(1-p_{ii})$. مثلا ستدوم فترة النظام الأول: $(1-p_{11})^{-1}$ و فترة النظام الثاني: $(1-p_{22})^{-1}$.

– عدة تحسينات تم إضافتها إلى النماذج MSW بتبني احتمالات انتقال غير ثابتة ومتغيرة عبر الزمن من خلال دالة منطقية.

<u>تطبيق عملي</u>: قمنا بدراسة تأثير السياسة المالية على النشاط الاقتصادي بالجزائر حسب حالة الدورة الاقتصادية (ركود أو رواج) وذلك باستخدام نموذج انحدار ذاتي مع تحول ماركوفي (MSVAR)[26]. وقد بينت النتائج بأن تأثير الانفاق الحكومي في فترات الركود هو أقوى من تأثيرها في فترات الرواج. كما اتضح بأن أثر الانفاق الحكومي هو أقوى من أثر الإيرادات العمومية في حالات الركود، والعكس صحيح في حالات الرواج وعلى المدى الطويل فقط. هذا وتظهر أدوات السياسة المالية بالجزائر بمضاعفاتها فعالة في فترات الركود أكثر منها في فترات الرواج، مؤكدة بذلك فرضية عدم تماثل آثار السياسة المالية. من جهة أخرى، اتضح بأن صناع قرار السياسة المالية يتفاعلون بنسق ضد كينزي (anti keynésienne) مساير لاتجاه الدورة الاقتصادية (procyclique) إذ أنهم يرفعون من الإنفاق والإيرادات في حالة الرواج والعكس في حالة الركود.

خاتمـة:

لقد حاولت هذه الورقة البحثية تسليط الضوء على النمذجة اللاخطية وأهمية استخدامها كأسلوب تحليل كمي في فهم و تفسير الظواهر الاقتصادية لدى صناع القرار، كونها تسمح بنمذجة الميكنزمات الخاصة بظواهر: اللاتماثل، العتبة، التغيرات الهيكلية، الانقطاعات ذات المدى القوي في تطور المتغيرات، التعديلات غير المستمرة،...إلخ. هذا وقد عالجت هذه الورقة في مضمونها جوانب قصور النمذجة الخطية، كما شرحت بالتفصيل النماذج ذات النظم المتغيرة أو المتحولة التي تعتبر أكثر السيرورات اللاخطية شيوعا واستعمالا في نمذجة السلاسل الزمنية الخاصة بالمتغيرات الاقتصادية الكلية، المالية والنقدية. إذ تطرقنا إلى النماذج ذات النظم المتغيرة المركوفية التي يكون الانتقال فيها بين النظم محكوما بمتغير غير معروف أو مشاهد، مع آلية انتقال احتمالية خاصة بكل نظام. هذا اضافة إلى شرح النماذج ذات العتبات التي يكون الانتقال فيها بين النظم محكوما بمتغير معروف ومشاهد، عتبة محددة، و دالة انتقال، إذ تقسم هذه الأخيرة إلى نوعين اثنين حسب طبيعة آلية الانتقال وهي: نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال فوري ومباشر أو ما يصطلح عليه بنماذج TAR، و نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة مع انتقال انسيابي و تدريجي أو ما يصطلح عليه بنماذج STAR.

كما نشير في الأخير إلى أن إجراءات تقدير النماذج اللاخطية يأخذ الكثير من الوقت، لذلك يتم الاستعانة ببرامج حاسوب إحصائية خاصة مثل (Gauss Matlab,Rats,OxMetics, JMulTi) وآليات معالجة البيانات (codes) للحصول على نتائج الدراسة القياسية. وهكذا وبعد توفر أساليب المعالجات الآلية للبيانات، أصبحت جهود الباحثين الاقتصاديين منصبة على إيجاد التفسيرات الملائمة للنتائج على ضوء النظريات الاقتصادية التي تجري في إطارها هذه البحوث، والتي يجب أن تتميز من ناحية بالمرونة المطلوبة لاستخدامها في عمليتي قياس الظواهر الاقتصادية والتنبؤ بها، ومن ناحية أخرى أن تكون على احتكاك وتفاعل مع ما أنجز من بحوث وعلوم أخرى لضمان تجديد الأبحاث وتحيينها وترقيتها وإثرائها.

الهوامش والاحالات:

[1]Lardic, S., et Mignon, M., (2002) : " *Econométrie Des Séries Temporelles Macroéconomiques et Financières* ", Economica, Paris.P : 251,252.

[2] Sichel D.E.(1993), "Business cycle asymmetry : a deeper look", *Economic Inquiry*, vol 31, N 2,avril, pp 224-36.

[3] Lardic, S., et Mignon, M., (2002) : op.cit. p :253.

[4] هتهات سعيد (2006):"دراسة اقتصادية وقياسية لظاهرة التضخم في الجزائر". مذكرة لنيل شهادة الماجستير، غير منشورة، جامعة ورقلة، كلية العلوم الاقتصادية والتسيير.

[5] سنكتفي بذكر السيرورات اللاخطية فقط دون شرحها إلا ما تقتضيه متطلبات البحث. ومن أجل شرح مستفيض لهذه النماذج يرجى- على سبيل المثال- الإطلاع على:

Lardic, S., et Mignon, M., (2002) : op.cité. p :256-312.

هتهات سهيد (2006): مرجع سبق ذكره. من الصفحة 180 إلى الصفحة 218.

[6] Tong, H. (1990): " *Non-linear time series: a dynamical system approach*", Oxford University Press, Oxford.

[7] Tong, H. & Lim, K. S. (1980): "Threshold autoregression, limit cycles and cyclical data", *Journal of the Royal Statistical Society*. Vol 42. N2, pp 245–292.

[8] Uctum Remzi (2007): "Econométrie des modèles à changement de régimes : un essai de synthèse". *L'Actualité économique, Revue d'analyse économique*, vol. 83, n° 4, P:454.

[9] مهدي محمد مهدي البياع (2008):"استخدام أساليب التمهيد المويجية في تشخيص بعض من نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية باستخدام المحاكاة" أطروحة دكتوراه فلسفة في الإحصاء. كلية الإدارة والاقتصاد. جامعة بغداد. العراق. ص:99.

[10] Fouquau Julien (2008):" Modèles à changements de régimes et données de panel : de la non-linéarité à l'hétérogénéité". Thèse présentée pour optenir le grade de docteur. Université d'Orléans. Faculté des sciences économiques. France .p: 18.

[11] Ben Salem Mélika et Perraudin Corinne (2001) , « Tests de linéarité, spécification et estimation de modèles à seuil : une analyse comparée des méthodes de Tsay et de Hansen » , Economie & prévision, no 148, p: 159.

[12] شيبي، بن بوزيان وشكوري (2015): " **قياس السلامة المالية باستخدام نماذج الانحدار الذاتي ذات العتبة (TAR): حالة الجزائر**". المؤتمر الوطني الثاني حول" النمذجة الرياضية والقياسية في المالية: النظرية والتطبيق". يومي 24- 25 نوفمبر 2015. المركز الجامعي أحمد زبانة-غليزان-

[13] Chan, K. S. & Tong, H. (1986): "On estimating thresholds in autoregressive models", *Journal of Time Series Analysis*, vol. 7, pp 178–190.

[14]Luukkonen, R., Saikkonen, P. & Teräsvirta, T. (1988): "Testing linearity against smooth transition autoregressive models", *Biometrika*, vol. 75, pp 491–499.

[15] Teräsvirta, T. (1994): "Specification, estimation and evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models", *Journal of the American Statistical Association*, vol 89, pp 208–218.

[16] Uctum Remzi (2007): art.cité. P:457.

[17] Lardic, S., et Mignon, M., (2002) : op.cité. P :269.

[18] شيبي، بن بوزيان وشكوري (2013): " استدامة تحمل عجز الموازنة بالجزائر: حقائق تجريبية لاخطية باستخدام نموذج STAR ". المؤتمر الدولي الأول حول " تقييم آثار برامج الاستثمارات العامة وانعكاساتها على التشغيل والاستثمار والنمو الاقتصادي" يومي 11-12 مارس 2013. جامعة سطيف.

[19] Franses, P. H. et D. van Dijk (2003): "*Nonlinear Time Series Models in Empirical Finance",* Cambridge University Press. New York. P: 81.

[20] Goldfeld, S. M. and R. E. Quandt (1973): « A Markov Model for Switching Regressions », *Journal of Econometrics*, Vol 1, N1, pp3-16.

[21] Uctum Remzi (2007): art.cité. P:467.

[22] Hamilton, J. D. (1989), « A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle », *Econometrica*, Vol 57, N2. pp: 357-384.

[23] Franses, P. H. et D. van Dijk (2003): op.cité. P:82.

[24] Fouquau Julien (2008): op.cité. P: 16.

[25] Perraudin Corinne (2002) : art.cité. P:26.

[26] Chibi, benbouziane and chekouri (2014): "The Impact of Fiscal Policy on Economic Activity over the Business Cycle: an empirical investigation in the case of Algeria". ERF *Working Paper 845*. October 2014.