السلوك الفوضوى (Chaos) والتحليل الاقتصادي

د. أمل سليمان
كلية الاقتصاد والعلوم السياسية - جامعة القاهرة

(*) **د أمل سليمان** بكالوريوس فى الرياضة من الجامعة الأمريكية بالقاهرة ١٩٨٣ وتخرجت بتقديرات عالية وحصلت على الدكتوراه ١٩٨٩ من جامعة سيتى بالمملكة المتحدة والمشرف على مركز الحاسبات والمعلومات بكلية الأقتصاد والعلوم السياسية جامعة القاهرة ٢٠٠٠ - ٢٠٠٣ ولها اهتمامات بحثية بالاقتصاد الكلى.

الملخص

الهـدف مـن هذه الدراسة هو معرفة وتقويم تأثير إدخال نظرية الفوضى فى مجال الدراسات الاقتـصادية . وقـد قدمـنا بعض الأمثلة التى تبين مدى أهمية إدخال هذه النظرية فى التحليل الاقتـصادى . وقد ركزنا خلال الورقة على بعض الموضوعات التى تبين مدى أهمية استخدام هـذه النظـرية سـواء على المستوى الكلى وهو التحليل الخاص بالدورات الاقتصادية أو على المستوى الجزئى وتمثله نماذج السوق ونظرية الألعاب .

فالدراسـات الاقتصادية المستخدمة لنماذج مختلفة للسلوك الفوضوى قد أوضحت أن التحركات غيـر المنتظمة للدورات والتى تعكسها السلاسل الزمنية للمتغيرات الاقتصادية الحقيقية تولد من داخل النظام . ومن النماذج المعروفة : نموذج المضاعف – المعجل ، نموذج كالدور ، نموذج النمو الدورى ونموذج التوازن (الروية الكاملة) قد قدمت فى هذه الورقة . وقد بينا أن أدبيات الـدورات الاقتصادية تركز على أهمية نظرية الفوضى لتأكيد الطبيعة الداخلية للسلوك الدورى للمتغيـرات . وقـد قدمنا أيضا فى هذا المجال النموذج المذبذب والذى تنشأ فيه الدورات غير المنـتظمة فقـط مـن خلال عوامل خارجية محدده . وقد قدمنا فى هذه الورقة مساهمة نظرية الفوضى لفهم سلوكيات اقتصادية أخرى مثل التقلبات غير المنتظمة فى نماذج السوق ، أو نماذج الألعـاب والتـى أثبـتت جميعها افتراضية أن النظام الاقتصادى بطبيعته نظام غير متوازن . فالميكانيكية الداخلية للأسواق ينتج عنها عدم اتزان فى معظم الأحوال . أما التفاعل الاستراتيجى فينتج عنه وضع غير مستقر لايمكن التنبؤ به .

Abstract

This paper presents a description of the contribution of chaos theory, and other nonlinear dynamic phenomena, on economic dynamic analysis. Chaos is the most complex type of steady state generated by nonlinear deterministic systems. A description of the characteristics of chaos is made. In the analysis of business cycles it is important to note whether internal or external factors are the cause of fluctuations. Studies, using different theoretical business cycle and growth models, have demonstrated that irregular cyclical movements that mimic real economic time-series can be generated endogenously. Chaotic dynamics can also occur in business cycle models that adopt the equilibrium concepts inherent in rational expectations and perfect foresight expectations formation.

The introduction of non-linearity could result in chaotic dynamics in the cobweb model, game-theoretic models and oligopoly models. Since game theoretic models are increasingly being adopted as formulation of many economic processes, the implications regarding strategic interaction are important. Apart from chaos, there are other phenomena that can be generated by nonlinear dynamic models: the relevance of multiple attractors in economic analysis is described.

١ مقدمة

كان للتقدم الكبير في التحليل الدينامي غير الخطي والذي يشمل نظرية الفوضي (chaos) تأثير متشعب يشمل العلوم الطبيعة والبيولوجية وأيضا العلوم الاجتماعية Mullin 1993; Hall (1991) وتعتبر الفوضوية الناتجة عن النظام المحدد غير العشوائي (deterministic) وغير الخطي أكثر أنواع التحركات طويلة المدى (steady states) تعقيدا .

ويتصف السلوك الفوضوي بعدم القدرة على التنبؤ بمسار المتغيرات في الأجل الطويل وهو ما يتعارض ظاهريا مع سيادة النظام المحدد (deterministic). فوجود الفوضوية مصحوب بالسلوك المنتظم وأيضا السلوك غير المنتظم. فمن ناحية هناك سلوك دوري غير منتظم للسلسلة الزمنية. ومن ناحية أخرى فهناك شكل محدد تعكسه قيم المتغير في طور فراغ (phase space) : أي إلي منطقة الحل الجاذب الفوضوي (chaotic attractor).

وقد كان للتقدم الحديث في التحليل الدينامي غير الخطي والذي يشمل نظرية الفوضوية تأثير كبير لا يمكن إنكاره على وضع التحليل الدينامي الاقتصادي. والسؤال الذي تطرحه هذه الدارسة هو مدي مساهمة نظرية الفوضى في التحليل الاقتصادي؟ وبالطبع هذه الدارسة لن تشمل التأثير على جميع المجالات الاقتصادية ولكنها ستقتصر على بعض الحالات المحددة : تأثير هذه النظرية على نظرية الدورات الاقتصادية ، على نماذج الأسواق وأخيرا على نماذج نظرية الألعاب (game theory). فمحاولة فهم التحركات الدورية للمتغيرات الكلية احتلت مساحة كبيرة من البحث بالنسبة للاقتصاد الحركي . ففي تحليل الدورات الاقتصادية من المهم جدا معرفة ما إذا كانت العوامل الداخلية (endogenous) أو الخارجية (exogenous) هي السبب في هذه التذبذبات (fluctuation). بالنسبة للنظريات التي تعتمد على العوامل الداخلية أي تلك التي تعول أو تؤكد على أن نشوء الدورات أو التقلبات ناتج عن تفاعلات تنبع من داخل النظام الاقتصادي نفسه وتؤدي إلي نشوء الدورة الاقتصادية. أما النظريات التي تعتمد على عوامل خارجية فهي تلك التي تعزى ظهور التقلبات إلي بعض الأحداث الخارجة على ميكانيكية عمل النظام الاقتصادي نفسه مثل الحروب أو الاكتشافات لموارد طبيعية جديدة أو الابتكارات العلمية (Schumpeter, 1934). والدراسات المستخدمة لبعض النماذج المختلفة للدورات الاقتصادية تشير إلي أن الحركات الدورية غير المنتظمة التي تماثل السلاسل الزمنية للمتغيرات الاقتصادية الحقيقية ممكن أن تنشأ من داخل النظام الاقتصادي وعليه فتطبيق التحليل الدينامي غير الخطي قد ساهم في المناقشات الدائرة حول مصدر العوامل المسببة للدورات الاقتصادية. وهذه المساهمة للنظرية ستتناولها الدراسة في الفصل ٣. وقد لعبت نظرية التوقعات الرشيدة والرؤية الكاملة دورا كبيرا في التحليل الاقتصادي وهذا ما سنتناوله في الفصل ٤ مبينين كيفية تكوين تلك التوقعات الرشيدة في السلوك الفوضوي . هذا بالإضافة إلي دراسة كيفية حدوث السلوك الفوضوي في نماذج الدورات الاقتصادية التي تبين فكرة التوازن الكامنة في ميكانيكية تكوين تلك التوقعات.

عادة ما يخضع تناول نماذج الأسواق للتحليل الثابت (static analysis) إلا باستثناء واحد وهو نموذج العنكبوت (cobweb model) الذي بني أساسا على فكرة إدخال الزمن. وفي الفصل ٥ سنبين كيف أن إدخال التحليل غير الخطي ممكن أن ينشأ عنه الحركة الفوضوية في نموذج العنكبوت. أيضا عند تناول نماذج احتكار القلة (oligopoly models) في الإطار التحليلي لنظرية الألعاب نجد أن التحليل الدينامي هو التحليل السائد حاليا. هذا بالإضافة إلي أن

النماذج لنظرية الألعاب زاد استخدامها كمكون أساسي لكثير من السلوك الاقتصادي، وعليه فإن ما يتضمنه تحليل التفاعلات الاستراتيجية (strategic interaction) من خلال تحليل نماذج الأسواق الاحتكارية ممكن أن تكون له الصلاحية للتطبيق على أوضاع أخرى غير الأسواق الاحتكارية.

وبعيدا عن فكرة الحركة الفوضوية ، فهناك ظواهر أخرى ممكن أن تنشأ عن النماذج الحركية غير الخطية . ففي الفصل ٦ سنتناول مدى ملائمة بعض الظواهر تنتج من التحليل الديناميي غير الخطي وبالذات في حالة تعدد الحلول الجاذبة (multiple attractors) في التحليل الاقتصادي.وأخيرا في الفصل السابع سنختتم الورقة ببعض الملاحظات . أما الآن سنقدم في الفصل الثاني وصفا لخصائص الفوضوية أو النظرية الفوضوية.

٢ الفوضى الديناميي

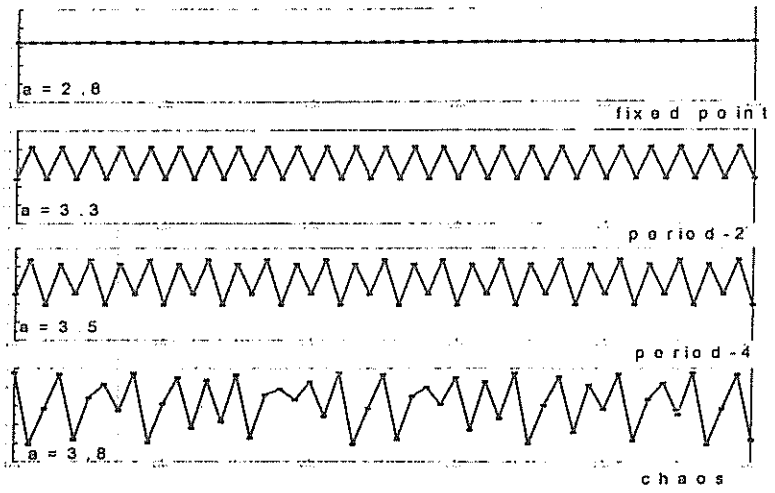
الفوضوية الحركية ليست قاصرة على نموذج معين محدود بمجال معين للتطبيق ولكن نتيجة لتمثيل رياضي معين (معادلات معينة) ينشأ في مجالات مختلفة مثل العلوم الطبيعية والهندسية، والأحياء ، والعلوم الاقتصادية والسياسية وعليه فإن الفوضى الحركية تعتبر خاصية تتقاسمها نظم متعددة . ويعتبر كتاب Gollub and Baker (1996) مقدمة جيدة بالنسبة للفضوى الحركية. وفي هذا الفصل سنقدم الخصائص المشتركة للنظرية الفوضوية . وللقيام بذلك فنحن في حاجة إلي تقديم مختصر جدا لمعني التحليل الحركي.

٢,١ التحليل الديناميي

التحليل الديناميي يهتم أساسا بتطور المتغيرات التي تصف الظواهر الاقتصادية مع التطور الزمني وهناك نظامين حركيين : النظام الحركي المتصل (continuous dynamic system) والنظام الحركي المتقطع (discrete dynamic system). والنظام الأول يعكس التغير اللحظي في المتغيرات ويمثله في ذلك مجموعة من المعادلات التفاضلية (differential equations). أما النظام الثاني فهو يدرس المتغيرات عند نقط زمنية متفرقة. وهذا النظام يطلق عليه النظام المتقطع وتمثله معادلات الفروق (difference equation) وعادة في هذا النوع من الدراسة يؤخذ في الاعتبار المعلامات (parameters) التي تمثل الظروف المحيطة بالظاهرة والتي تؤثر على تطور هذه المتغيرات. وتحليل هذه النماذج يتطلب تعيين المواصفات للوضع الحالي للمتغيرات وهو ما يطلق عليه الشروط الابتدائية (initial conditions) وكل ذلك للحصول على حل لهذا النظام الحركي أو بمعني آخر لتحديد قيم المتغير عند كل نقطة زمنية . ونحن هنا مهتمين بالنظم التي تظهر متغيراتها سلوك انتقالي (transient behaviour) يقود في النهاية إلي حركات طويلة المدى المستقر(stable steady state) ونقطة البداية المعتادة للتحليل الحركي لأي نظام هو تحديد نوع الحركة طويلة الأجل.

ولعل أبسط نوع من الحركة طويلة المدي هو الاتزان الديناميكي (equilibrium) عند مستوى ثابت للمتغير كما هو مبين في الشكل (١) عندما تكون ($a = 2.8$). ويتصف بالسلوك الدوري المنتظم (period oscillation) يعرف بالتارجح بين النقاط المختلفة ويمكن أن يكون بين

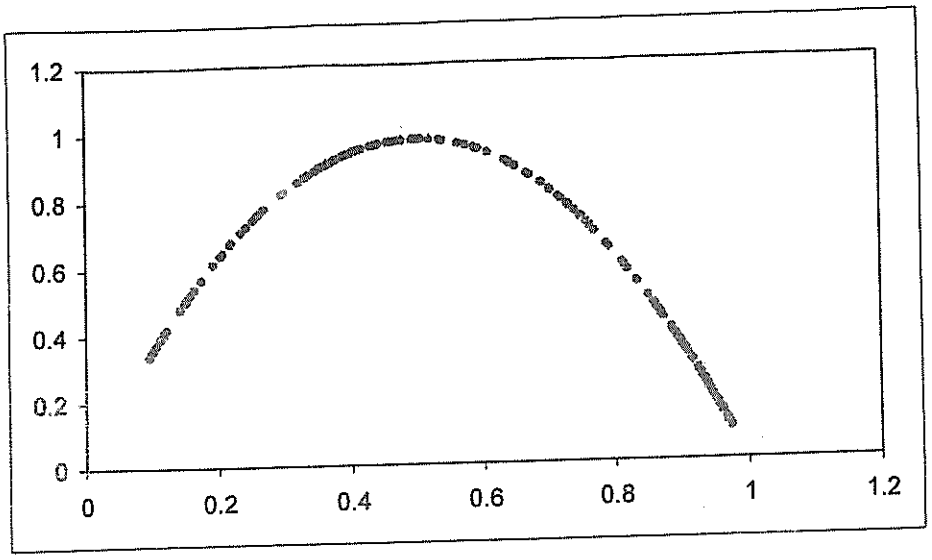
نقطتين كما هو مبين في الشكل (١) عندما تكون ($a = 3.3$) ، أو بين أربع نقاط كما هو مبين في الشكل (١) عندما تكون ($a = 3.5$). ويعتبر استقرار الحركة طويلة المدى(stability of steady state) خاصية مهمة جدا في تحديد ما إذا كان هذا الوضع ممكن أن يحدث في الواقع. ونحن نستطيع تحديد الاستقرار(local stability) للحركة طويلة المدي بدراسة ما إذا كان النظام يستطيع أن يعود ثانية علي نفس الوضع بعد اضطراب أو انه يقود الي تباعد من هذا الوضع. فالحركة طويلة المدي المستقرة يطلق عليها الحل الجاذب (attractor) ، وهو مصطلح يشير إلى تحرك جميع الشروط الابتدائية(initial conditions) في اتجاه هذا الحل الجاذب (attractor).



الشكل (١) يوضح مدي تزايد التعقيدات الناشئة من نموذج محدد غير العشوائي غير الخطي. المعادلة المستخدمة في هذه الحالة هي (Logistic map) : $x_{t+1} = ax_t(1 - x_t)$

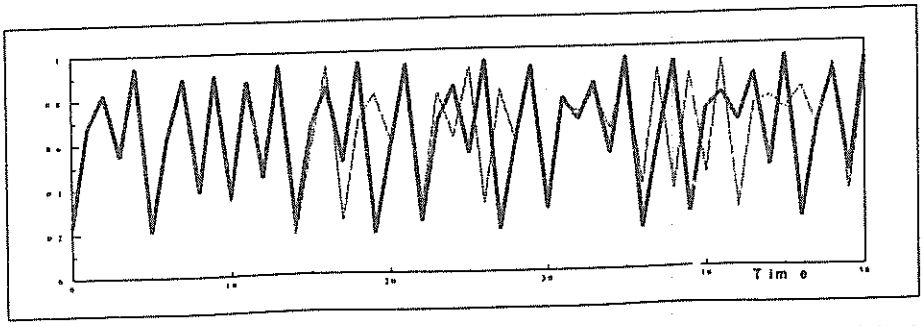
٢,٢ خصائص الفوضى الدينامية

النظام الفوضوي ممكن رؤيته من منظورين. الأول يرى الظاهرة من منظور الزمن (أو السلسلة الزمنية) أما المنظور الثاني فيري الظاهرة من خلال العلاقة بين القيم المتتالية في طور الفراغ (phase space) والتي تري واضحة في الشكل (٢) والتي توضح أن هناك نظام معين تتبعه السلسة الزمنية . لذلك نجد ان النظام الفوضوى يتواجد فيه كلا من السلوك المنتظم وغير المنتظم . فإذا حاولنا دراسة المسار الزمني (time path) لحالة الحركة طويلة المدى في الجزء الأخير من الشكل (١) نلاحظ أن المتغير لا يتبع أي سلوك دوري منتظم لذلك يطلق عليه سلوك دوري غير منتظم (aperiodic) (وهذا ما نطلق عليه مسار زمني فوضوي) . وقد ينشا هذا السلوك من نظام محدد غير عشوائي وعلى كل الأحوال إذا حاولنا رصد البيانات مستخدمين كـ الاحدثيات (co- ordinates) متغيرات النظام فإن الشكل الناتج يؤكد الطبيعة المحددة لهذا النظام (أنظر شكل ٢).



شكل (٢) طور الفراغ (phase space) قيم (x_{i+1}) في مقابل (x_i) وهي توضح الحل الجاذب الفوضوي ($a = 3.9$)

السلوك الفوضوى يظهر كما لو كانت البيانات (data) حقيقة. ولا يفوتنا أن نشير إلي أن من نتائج هذا النوع من التحليل اتجهت دراسات للتفرقة بين المكونات العشوائية والمحددة بالنسبة للبيانات الحقيقية . وإن كان هذا النوع من الدراسات لا يقع في إطار هذه الدراسة ومن الممكن الرجوع في هذا الشأن إلي Brock and Hommes (1996) .



شكل (٣) الحساسية للشروط الابتدائية قرب الحل الجاذب الفوضوي (a =3.8) والفرق بين الشرود الابتدائية $\Delta x = 0.00001$

أيضا من خصائص الفوضى الدينامية وجود حساسية النظام للشروط الابتدائية . وهذه الفكرة مبينة في الشكل (٣) الذى يبين أنه بالرغم من التقرب الشديد في الشروط الابتدائية ألا أن المسار الزمني قد بين الاختلاف بينهما . وهذا يتضمن مفهوم مهم وهو أن أي نوع من عدم

الدقة في تحديد الشروط الابتدائية للنظام تقود إلي عدم إمكانية التنبؤ في قيمة المتغير في الأجل الطويل. وفي الواقع نجد أن عدم الدقة هذه تنبع من عجزنا عن قياس البيانات بطريقة دقيقة أو الحصول على البيانات الواقعية بطريقة متناهية في الدقة. وبالتحديد تعتبر الحساسية للشروط الابتدائية من الصفات الأساسية لظاهرة الفوضى الدينامية.

لذلك بهذا النوع من الحساسية للشروط الابتدائية تطرح فكرة التبؤ في النظم الحركية غير الخطية . ولكي تفهم ما يتضمنه هذا السلوك للنماذج الحركية غير الخطية لابد من التعرف على سلوك النماذج الخطية . فما يتضمنه النظام المحدد هو أن القيم المستقبلية تتحدد كلية بواسطة القيم الحالية وذلك في حالة معرفة الشروط الابتدائية معرفة تامة . ولكن في الواقع الشرط المبدئي ممكن معرفته ولكن بدرجة أقل من التأكد الكامل . وعليه ففي حالة النظام الخطي كلما كانت المدخلات للمعلومات اكثر دقة كلما كانت التنبؤ أيضا اكثر دقة (Baumol and Benhabib , 1989) .

وعليه فإن النماذج غير الخطية إذا كان عدم التأكد متناهي في الصغر (infinitesimal) بالنسبة للشرط الابتدائي فإنه في حالة الفوضى الدينامية يقود إلي تنافي الفروق في النتائج. وعليه فإن عدم التأكد المتناهي في الصغر في الشرط الابتدائي ينتج عنه عدم التأكد في التنبؤ . وفي هذه الحالة ما يمكن التنبؤ به بدرجة معقولة من الثقة هو التنبؤ قصير الأجل (Thompson and Stewart, 1986). وهذه الحساسية للشروط الابتدائية ليست من خصائص الحركات طويلة المدى متقارب – الايلة (convergent steady states) بالنسبة للنظم غير الخطية. وعليه فإن عدم الدقة المتناهية للشرط الابتدائي ليست من الصفات التي تقود إلي التوازن أو السلوك الدوري المنتظم. وهذه الفكرة استخدمت للتفريق أو التميز بين الوضع الفوضوي والأنواع الأخرى من الحركات طويلة المدى ومن الممكن ان قياس تباعد قيم السلسلتين الزمنيتن باستخدام (Lypanov exponent) الذي يقيس معدل متوسط الانحراف للمسار الزمني باستخدام وضعين شبه متطابقين للشرط الابتدائي. هذا المتوسط يؤخذ لنقاط متعددة وكل نقطة تعتبر شرط مبتدأ على طول الممر أو الخط الزمني . وقياس (Lypanov) يعطي معدل نمو (expansionary rate) لكل دورة على الممر الزمني موضع الدراسة . وعندما يكون لهذا المقياس قيمة إيجابية فهذا يشير إلي حدوث تباعد بين النقاط في المتوسط (Gollub and Baker , 1996) .

٣ السلوك الفوضوي والدورات الاقتصادية

٣,١ مقدمة

يشير مفهوم الدورة الاقتصادية إلي السلوك المتأرجح للمتغيرات الاقتصادية الكلية مثل الدخل والتوظف . وهذه التحركات الدورية تعكس معدل النمو لهذه المتغيرات حول وضع التوازن أو اتجاه القيم التوازنية ، فالدورات تبين مدى التوسع او الانكماش للنشاط الاقتصادى وتقدم في نفس الوقت مؤشر عن مدى الكفاءه للنشاط الاقتصاد الكلي. الدورات للنشاط الاقتصادي غالبا ما ترجع إلي بعض العوامل مثل التغير في الطلب الكلي وبالذات التغير في الطلب الاستثماري وقد ترجع إلي انتقال عشوائي لدالة الإنتاج أو حدوث صدمة للنظام النقدى . ومن المهم بالنسبة لدراسة الدورات الاقتصادية معرفة ما إذا كان العوامل المسببة لحدوث تلك الدورات عوامل داخلية أو ذاتية (endogenous) أو عوامل خارجية(exogenous). وبالنسبة للنظريات

المعتمدة على العوامل الداخلية ترجع الدورات إلي ميكانيكية تفاعل العوامل الاقتصادية داخل النظام الاقتصادي نفسه. ومن ضمن أهم النماذج لهذا الاتجاه في التحليل نموذج المكرر-المعجل (multiplier-accelerator) الذي يعزي حدوث الدورات إلي نمو الأنفاق الاستهلاكي أو الدخل الذي يدفع بدوره إلي زيادة الأنفاق الاستثماري. أما نموذج كالدور (Kaldor) نجد أن الدورات ترجع لانتقال كل من دالة الادخار والاستثمار والسبب وراء انتقال كل من الدالتين هو تأثير الثروة الذي يتحدد بمستوى رأس المال المتواجد. أما النوع الآخر من النماذج فهو ما يرجع الدورات الاقتصادية لعوامل خارجية التي تؤثر أيضا على الاستثمار (الأنفاق الاستثماري) ، ومن أهم هذه العوامل الخارجية لحدوث الدورات الاكتشافات العلمية (Schumpeter, 1934) نمو السكان أو اكتشاف موارد طبيعية مثل البترول , Samuelson (1976).

ويجب أن نشير ألان إلي أن الهدف من تحليل نماذج الدورات الاقتصادية سواء كانت نماذج متقطعة (discrete) أو متصلة (continuous) وسواء كانت خطية أو غير خطية هو تحديد الشروط التي يمثلها قيم معلما (parameters) النظام الذي يؤدي إلي الحركات الدورية أو دورات اقتصادية (cyclical movements) . فالنموذج الخطي يمثل ذبذبة لقيم صغيرة العدد للمعاملات. فالسلوك السائد لمثل تلك النماذج إما أن يؤدي إلى التقارب (convergence) أو يؤدي إلى التباعد (divergence) عن وضع الاتزان الديناميكي. ومما سبق نجد أن الاضطرابات الخارجية تعتبر شي أساسي لخروج النظام من حالة الاتزان إلي حالة الحركة الدورية أو الدخول في الدورات الاقتصادية . ونموذج المعجل – المضاعف يعتبر مثال للنموذج الخطي الذي تنشأ فيه التقلبات التي لا ترجع لاسباب عشوائية ولكنها تنشأ تحت مدي محدد لقيم المعلامات فجميع النماذج الخطية لا تمثل عادة البيانات الواقعية (Gabisch and Lorenz, 1989).

وعامة فكثير من النماذج الخطية المتقطعة (linear discrete model) والتي تشمل نموذج المعجل – المكرر من الممكن أن تؤول إلي نظام معادلات فارقة من الدرجة الثانية (second-order difference equation) . ولتحليل النماذج المحددة ممكن الرجوع إلي (Chiang, 1984) ، أما النماذج العشوائية (Frisch- type) ينظر إلي (Arnold, 2002) . وفيما يلي سنعرض لحالة النماذج غير الخطية والتي ينتج عنها سلوك دوري منتظم أو غير منتظم للنماذج المحددة الرياضية .

٣,٢ النموذج المعجل – المضاعف

نموذج ساميلسون (Samuelson) الذي أشرنا أليه سابقا يبين التفاعل بين المضاعف والمعجل والذي يعكس معدل الاستثمار غير التلقائي (induced investment) والنتيجة هو النمو الدوري للدخل. قد أستخدم (Nusse and Hommes, 1995) الشكل التالي من النموذج :

$$Y_t = C_t + I_t$$
$$I_t = \alpha(Y_t - Y_{t-1})$$
$$C_t = cY_{t-1}^{\alpha}$$

وفي هذا النموذج نجد أن الدخل Y يتكون من متغيرين أساسين: الاستهلاك C والأنفاق الاستثماري I وبالنسبة لهذا النموذج فالاستثمار مدفوع بالتغير في الدخل ، أو ما يطلق عليه المعجل (acceleration principle).

أما من ناحية الأنفاق الاستهلاكي C_t فهو يتحدد بالدخل في الفترة السابقة Y_{t-1} (lagged income) ، أما المعلمة α فهي تعكس قيمة المعجل و c تعكس الميل الحدي للاستهلاك. ويرجع السلوك الغير الخطي لدالة الاستهلاك إلي أنها دالة تتأثر بعوامل خارجية مثل التوقعات التي من الممكن أن تؤدي إلي انحراف الدالة عن السلوك الخطي ($\alpha = 1$) . وعليه فمن الممكن اشتقاق المعادلة التالية:

$$Y_{t+1} = \frac{Y_t(k - cY_t^{\alpha-1})}{k-1}$$

وأحد نتائج هذا التحليل هو أن المدى الذي تتغير فيه المعجل(α) والذي ينشأ عنها السلوك الفوضوي يكون صغير جدا ويتلاشي كلية بعد قيمة معينة له. أي أن زيادة تأثير الاستثمار غير التلقائي ، والممثل بـ α يقود إلي حدوث الفوضى الدينامية و ظهور الدورات غير المنتظمة بالنسبة للمتغيرات في الاقتصاد الكلي. أما بعد زيادة α عن قيمة حرجة فالمتغيرات الكلية : الدخل ، الأنفاق الاستثماري والاستهلاكي سيصلوا إلي مستوى الثبات أو الاتزان وهذا السلوك يوضح مدي التعقيدات المتواجدة في معظم النظم أو التحليل غير الخطي.

٣,٣ نماذج مبنية على عملية التعديل إلى وضع الاتزان

وسنبدأ بدراسة النماذج الاقتصادية المبنية على عمليات التوازن والتي تعالج داخل الأدبيات الخاصة بالدورات الاقتصادية مثل نموذج كالدور. فهذا النموذج يمثل المحاولات الأولية المستخدمة للتحليل غير الخطي والذي يعتبر أن الدورات تنشأ أساسا من داخل النظام الاقتصادي . وأيضا سنشير إلى عملية النمذجة التي ينتج عنها ما نطلق عليه المعادلة المذبذبة (oscillator) والتي تمثل بمعادلات تفاضلية من الدرجة الثانية.

٣,٣,١ نموذج كالدور (The Kaldor model)

نموذج كالدور مبني أساسا على فكرة تقابل دالة الاستثمار غير الخطية $I(Y)$ ، ودالة الادخار $S(Y)$ وكلاهما مرتبطتان ارتباطا طرديا غير خطيا مع الدخل Y . وضح كالدور (1940) من خلال استخدامه للرسم البياني دوال غير خطيا أن هناك وضعان للتوازن المستقر عند تلاقي كل من دالة الادخار ودالة الاستثمار ، وهاتين النقطتين تمثلان المستوى المرتفع والمنخفض للنشاط الاقتصادي . أما المستوى المتوسط للنشاط الاقتصادي فلا يمكن الحصول عليه طالما أن نقطة التقابل تمثل نقطة توازن غير مستقر . فالناتج أما أن يتجه إلي المستوى العالي أو المنخفض . وفي الأجل الطويل التغير في رأس المال K ، يعمل على خلق حركة في كل من دالة الادخار والاستثمار مما يؤدي إلي تغير في استقرار التوازن وبالتالي تخلق حركات دورية في الدخل. وعليه فالدورات تعتبر مخلوقة من داخل النظام وذلك من خلال تغيير مستوي رأس المال ، K ، والذي يدفع لانتقال كل من دالة الادخار والاستثمار (Kaldor, 1940).

أيضا نجد أن Chang and Smith (1971) قد قدما صيغة ديناميكية لنموذج كالدور في شكل عام غير خطي:

$$\dot{Y} = \alpha(I(Y) - S(Y))$$

$$\dot{K} = I(Y,K) - \delta K$$

والمعلامات في النموذج السابق (مثل α سرعة عملية التعديل) وتمثل الأوضاع الاقتصادية ، يحددوا ما إذا كان النظام يتسم بالاتزان أو ثبات أو أن النظام يتسم بالدورات . أيضا من الممكن حدوث تواجد مشترك لدورات مختلفة السعة (amplitude) مما يعني أن الشروط الابتدائية تحدد السلوك الدوري للنظام. قد توالت الدراسات المبنية على نموذج كالدور التي أوضحت سلوك دوري غير منتظم
(chaotic dynamics) ، مستخدمين كلا من السلوك الزمني المستمر أو المتقطع للنموذج مع تبني أو استخدام دوال متعددة غير خطية تمثل الادخار أو الاستثمار (; Lorenz , 1989 .(Bischi et al 2001

٣,٣,٢ النماذج المبنية على المعدلة المذبذبة (oscillator)

كثير من النماذج الخاصة بالعلوم الطبيعية والذي تعكس حركة ديناميكية مثل رقاص الساعة (pendulum) يعتمد على نموذج يطلق عليه المعادلة المذبذبة. وقد استخدمت المعادلة المذبذبة في عدة دراسات عن الدورات الاقتصادية [Lorenz, 1987; 1993; Phillips, 1954; Puu, 1987]. وبالنظر إلى المثال المقدم بواسطة Sasakura (1995) نجد أن الأنفاق الحكومي خلال الدورات الاقتصادية السياسية ممكن أن تقود إلي سلوك فوضوي في الناتج ، Y . ووفقا لهذا النموذج نجد أن المفترض أن الأنفاق الحكومي يتبع نظام متوقع يتسم بالانخفاض في بداية تولي الحزب الحكم ويتسم بالارتفاع في نهاية الفترة قبل حلول الدورة الانتخابية الجديدة . وهذا الوضع يعكس تحركات دورية في الأنفاق الحكومي. والدخل التوازني يتحدد في إطار التحليل الكينزي الاستهلاك C ، الاستثمار، I، والأنفاق الحكومي G، حيث $Y = C + I + G$. والنموذج الحركي يهدف إلي تحديد معدل التغير في الناتج $\dot{Y}$ وذلك من خلال عملية التعديل للوصول إلي الوضع التوازني للناتج :

$$\dot{Y} = \alpha(C + I + G - Y)$$

$$G = g + g_0$$

$$g = pg_1 + (1-p)g_2$$

ونري هنا أن التركيز أو الاهتمام ينصب على الأنفاق الحكومي ، G ، خلال وجود الحزب في الحكومة والذي يتسم كما سبق أشرنا إلي انخفاض الأنفاق الحكومي في البداية وينتهي بارتفاعه قبل الانتخابات . فالسياسة المالية في هذه الحالة ينتج عنها حركات أو دورات في الأنفاق. أيضا الحكومات تعلم أنه هناك بعض الفئات ذات المصالح الخاصة (مثل نقابات العمال) والتي يكون لها تأثير أيضا على قرارات الأنفاق .

وإذا أخذنا ما سبق في الاعتبار نجد أن الأنفاق الحكومي هو المجموع المرجح للسياسات الحكومية المزمع اتخاذها أما الدالة الدورية (periodic function) التي تتبع الدورة السياسية

، $g_1 = F(t)$ و g_2 ، فالأنفاق الحكومي يرجع إلي تحقيق مطالب الفئات المنتفعة من هذا الأنفاق. أما p فهي تمثل مدى سيادة الأنفاق الحكومي بالنسبة للأنفاق الذي يتبع مطالب أصحاب المصالح ونجد انه حينا تستخدم قوى خارجية دورية لتمثيل الأنفاق الحكومي (مع تحديد كل من الطلب الاستهلاكي والاستثماري) فالمعادلة المستخدمة لتمثيل هذا الوضع هي نفس المعادلة التي تستخدم في تحليل رياضي في نظم أخرى كالنظم الهندسية (Duffing equation). فمثلا وفقا لمواصفات معينة ممكن أن يمثل دالة الاستثمار بالمعادلة التالية $I = i_1 x - (i_2/3)x^3$ والمتغير المهم في هذا هو زاوية الانحراف (displacement angle) وفي نموذج الدورات الاقتصادية نجد أن الانحراف عن وضع التوازن للناتج هو $x = Y - Y^*$ وهو المتغير المهم في التحليل. وهذا يقودنا إلى معادلة من الدرجة الثانية :

$$\ddot{x} + \beta\dot{x} - \alpha(1-p)h(x) = \alpha p f(t) \qquad h(x) = g_2 \quad ; \quad f(t) = F(t) = g_1$$

و كما يدعي الكاتب من الممكن أن تنشأ عن السياسات الحكومية الدورات الفوضوية وذلك بالطبع دون توقع الحكومات لتلك النتيجة أو دون رغبة الحكومات في حدوث هذه الدورات الفوضوية. وفي هذه الحالة تحدث عندما تكون درجة الأنفاق الحكومي المخطط هو نفسه ذلك الأنفاق المدفوع بواسطة أصحاب المصالح .

٣,٤ النمو الدوري (Cyclical growth)

نموذج النمو الذي قدمه Day (1982) يعتبر من أوائل النماذج الموضحة لحدوث الفوضى الدنيامية في الاقتصاد. والنموذج مشتق أساسا من دالة الإنتاج التجميعية النيو كلاسيك حيث ($Y = F(K, L)$ وفيها الإنتاج Y يعتمد علي العمل L والمفترض أن قوة العمل تنمو بمعدل ثابت λ ، أما التكوين الرأسمالي أي الاستثمار I فيتحدد بالتغير في رأس المال K ، و معدل الاستهلاك لرأس المال δ . أما الادخار فيفترض أنه يكون نسبة ثابتة من الناتج، s :

$$Y_t = F(K_t, L_t)$$

$$\frac{L_{t+1} - L_t}{L_t} = \lambda$$

$$sY_t = I_t = K_{t+1} - K_t + \delta K_t$$

وهذه المعادلات ينتج منها النموذج الممكن أن يصف الممر الزمني للتراكم الرأسمالي والممثل بنسبة رأس المال/العمل k (Shone , 1997) :

$$k_{t+1} = \frac{(1-\delta)k_t + sf(k_t)}{1+\lambda}$$

وقد تبني (Day, 1982) دالة إنتاج تتضمن عامل معين يحد من تأثير زيادة تركيز رأس المال على زيادة الإنتاجية وهذا النموذج تمثله الدالة التالية :

$$k_{t+1} = \frac{sBk_t^{\beta}(m - k_t)^{\gamma}}{1+\lambda}$$

والدالـــة لهـــا حد أقصي عند m . وفي الحالة الخاصة عند تساوى المعلامات $\beta = \gamma = m = 1$ بالحـــركة الدينامية لراس المال/عمل k تشابه الحركة الناتجة من (Logistic map) . ووفقا لهـــذا التحلـــيل فمن الممكن الوصول إلي حالة الاتزان لمستوى رأس المال/عمل وذلك عندما يكون $1 < \frac{sB}{1+\lambda} < 3$ ومن الجدير بالإشارة أن السلوك الدوري سواء كان منتظم أو غير منتظم يعنـــي الـــتأرجح بـــين قـــيم مخـــتلفة لنسبة رأس المال/عمل حول مسار النمو ويحدده المدى $3 < \frac{sB}{1+\lambda} < 4$. ومن هذا المثال وأيضا من نموذج العنكبوت الذي سنتناوله فيما بعد تتضح أهمية Logistic map كأداة وصفيه للسلوك الاقتصادي الديناميي .

٤ التوقعات الرشيدة ، والرؤية الكاملة والسلوك الفوضوي
(Rational expectations, perfect foresight and chaos)

٤.١ تكوين التوقعات والسلوك الفوضوي

عملية اخذ القرارات للفرد الاقتصادي (economic agent) عادة ما تتم في وسط ديناميكي : فالـــتوقعات عن المستقبل بلا شك يؤثر على القرارات الحالية . وعليه فالفرد الاقتصادي يكون تـــوقعاته عـــن المتغيـــرات ذات الأهمية من وجه نظره (Gabisch and Lorenz, 1989). وانتـــراض الرؤية الكاملة والتوقعات الرشيدة تعني أن الفرد الاقتصادي يفهم بطريقة تامة هيكل وطـــريقة عمل الاقتصاد ، فهو علي علم بالسياسات الحكومية ويستطيع في نفس الوقت فهم ما ينطوي عليه أو ما تتضمنه هذه السياسات وفي نفس الوقت لديه علم بقيم المتغيرات الاقتصادية في الماضي (Begg, 1982) .

فـــوفقا للـــرؤية الكاملـــة التوقعات عن متغير معين x^e والقيم المحققة لهذا المتغير x دائما ما يـــتطابقا أي لا يوجد فرق بينهما . لذلك يفترض أن الفرد الاقتصادي من الممكن أن يتوقع القيم المـــستقبلية للمتغيرات فقط في حالة ما تكون الأوضاع ثابتة نسبيا. لذلك ففي حالة التوازن فهذه التوقعات تتطبق مع القيم التوازنية x^* في جميع الفترات عبر الزمن :

$$x^*_{t+1} = x_t = x_{t+1} = x^*$$

وهذه القيم التوازنية من الممكن أن تكون السعر في نماذج الأسواق أو المستوي التوازني للناتج فـــي الـــنماذج الكلية (Gabisch and Lorenz, 1989) . ويجب أن نلاحظ أن مدخل الرؤية الكاملـــة يخـــتلف عـــن التوقعات الرشيدة التي تدخل تأثير الصدمات الخارجية على النظام عن طريق الخطأ العشوائي (random error) μ . لذلك فالقيم المستقبلية للمتغير ستعكسها المعادلة التالية :

$$x^* = x^* + \beta\mu_t$$

وعلـــى كـــلا المدخلين سواء الرؤية التامة أو التوقعات الرشيدة يفترضان أن الاقتصاد في حالة الثبات وذلك سواء في حالة التوقعات المحددة أو العشوائية (deterministic or stochastic). ممـــا ســـبق يتبـــين أنه لابد من توافر نوع من الثبات أو الاستقرار النسبي حتى يستطيع الفرد تكوين توقعاته لقيم المتغير في المستقبل حتى تكون توقعات دقيقة. ومن التساؤلات المهمة في

هـذا المجـال هـل من الممكن أن يكون هناك توقعات رشيدة في حالة الفوضى الدينامية ؟ و الإجابـة أنـه وفقا لمدخل التوقعات الرشيدة إذا لم يستطاع تحديد قيم المتغير من داخل النموذج فالـتوقعات لا يمكن تكوينها أو القيام بها . وقد ناقش Decoster and Mitchell (1992) ما تـنطوي عليه السياسة النقدية الفوضوية في إطار نموذج التوقعات الرشيدة . فإذا كانت القاعدة أو الـسياسية النقدية فوضوية ، فتكوين قيمة مستقبلية لمستوى المعروض النقدي تتطلب اللجوء لاستخدام عديد من الشروط الابتدائية وذلك لان المستوى الحالي للمتغير أي للمعروض النقدي لـيس مـؤكدا. أيضا بجانب هذه الصعوبة وعلى فرض أن الفرد الاقتصادي (صانع السياسية) لـست لدية أية عوائق (تكاليف الحصول على المعلومات) فإن القيام بتلك الحسابات من الممكن أن يقـود إلـي حـدوث أخطاء كبيرة للقيم المتوقعة وذلك يرجع بالطبع إلي ما يتميز به النظام الفوضوي من استحالة التنبؤ في الأجل الطويل.

٤,٢ الرؤية الكاملة والدورات الاقتصادية

(Perfect foresight and cycles)

منذ ظهور كلا من فكرة الرؤية التامة والتوقعات الرشيدة وافتراضهم الأساسي هو أن الاقتصاد في حالة ثبات عند مستوى معين للتوازن ، وكان الموضوع المثار هو كيفية حدوث دورات في إطـار النماذج الخطية مع وجود التوقعات الرشيدة. فالنماذج التي تدخل فكرة التوقعات الرشيدة مرتكـزة أساسـا علـى بعض الفروض النيو كلاسيك أهمها التوازن المستمر للسوق لا يوجد فـائض طلـب أو فائض عرض (market clearing) مرونة كاملة للأسعار؛ معلومات كاملة للفـرد الاقتـصادي. ولخلق حركات دورية ، حتى في الأجل القصير لابد من وجود عوامل خارجـية مخلـة بالـنظام الاقتصادي المتوازن (Gabisch and Lorenz, 1989). وبالمقابل نمـاذج الدورات للتوقعات الرشيدة تتضمن بالضرورة عدم وجود معلومات غير كاملة للفرد أو وجـود أسـواق غير كاملة مثل جمود الأسعار بمعني بطئ تحرك الأسعار للوصول إلي حالة الـتوازن (Gabisch and Lorenz, 1989). وسنقدم مثال على كيفية حدوث فوضي حركية من خلال نموذج يتسم بالرؤية التامة(Reichlin, 1990).

في هذا النموذج الناتج الكلي Y_t مرتبط أو له علاقـة بمعـدل التضخم π_t ، وذلك فـي إطـار منحنـى فليبـس(Phillips curve) الذي يفترض علاقة عكسية بين المتغيـران ويفتـرض أيـضا فـي هذا النموذج الرؤية الكاملة للفرد بمعني أن تطابق الأسعار المـتوقعة مـع الأسـعار المحققة . ويفترض أن الأسعار ليست كاملة المرونة وهذا ما تعكسه المعلمـة σ والتي تعكس طول الفترة اللازمة لحدوث التعديل اللازم في الأجور . وقد حاول Reichlin (1990) تحلـيل تأثيـر مرونة الأسعار على استقرار النظام الاقتصادي فإذا كانت شروط التوازن تساوى بين الناتج الكلي والطلب الكلي فالنموذج التالي يبين الحركة الديناميكية في الأسعار:

$$\pi_{t+1} = \pi_t - \beta Y_t$$
$$m_{t+1} = m_t + \mu - \pi_t + \beta Y_t$$
$$Y_t = f(\pi_t, m_t)$$
$$\pi_t = W_t - W_{t-1}$$

حيث W_t تمثل الأجور ؛ $\beta \equiv 1/\sigma$ حيث σ تمثل طول الفترة المتوقعة لعقود الأجور (wage contracts) التي تحدد β وهي درجة مرونة الأسعار . أما m_t فهي تمثل عرض النقود ومعدل نمو عرض النقود μ . وكلما انخفضت فترة التعاقد على الاجر (wage contracts) كلما زادت درجة مرونة الأسعار β ، وهذا يؤدي إلى التغيير من سلوك متزن إلى سلوك فوضوي . وعليه فنتيجة التحليل تشير إلى أن ظهور الدوارات المنتظمة وغير المنتظمة بالنسبة للمتغيرات الكلية تحدث عندما تكون هناك مرونة مرتفعة للأسعار . هذا بالإضافة أن كلما طالت فترة التعاقد σ فإن مدى تذبذب الأسعار والناتج سوف ينخفض. وهذا يتعارض مع نموذج التوقعات الرشيدة والذي يشير إلي أن وجود جمود في الأسعار هو الأساس في خلق الدورات .

٥ السلوك الفوضوي والتحليل الجزئي : نماذج السوق

من أهم المجالات التي يستخدم فيها التحليل الدينامي في الاقتصاد هو عملية التعديل الحركي للأسواق. فهناك أسواق تتميز باحتكار القلة والتي تتسم بعدد محدد من البائعين (أو المنتجين) وأسواق يسبق فيها اتخاذ قرار الإنتاج فترة زمنية معينة والذي يمثله نموذج العنكبوت (cobweb model).

٥,١ نموذج العنكبوت

سنقدم هنا مثال لتطبيق التحليل الدينامي غير الخطي على نموذج العنكبوت ، والذي عادة ما يستخدم لوصف الأسواق التي يؤخذ فيها قرار الإنتاج في فترة زمنية قبل أن يتحدد السعر في السوق (مثلا في مجال الزراعة). وعليه فإن عرض محصول معين يتحدد بالأسعار المتوقعة . وعندما تكون الدوال خطية ، فالسلوك الحركي للنموذج يكون محصورا في دورات تتأرجح الأسعار فيما بين قيمتين للسعر. وقد أدخل Chiarella (1988) دالة عرض غير خطية مع استخدام التوقعات المعدلة أو المكيفة (adaptive expectations). والهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تحديد شكل عام لدالة العرض التي تنتج عنها دورات منتظمة وغير منتظمة . والصيغة العامة لدالة العرض $Q_t^s = f(\pi_t^e)$ دالة تأخذ الشكل (S-shaped) للأسعار المتوقعة π_t^e ، دالة الطلب Q_t^d يفترض أنها دالة خطية في الأسعار π_t :

$$Q_t^d = a + b\pi_t$$

$$Q_t^s = f(\pi_t^e)$$

$$\pi_{t+1}^e = (1-w)\pi_t^e + w\pi_t$$

والتوقعات وفقا لهذا النموذج تتكون باستخدام ميكانيكية التوقعات المعدلة ، ومع المعلمة w تمثل سرعة التعديل . وهذا النموذج يختلف عما هو مستخدم في الكتب والتي تستخدم التوقعات الساكنة أو الثابتة ($\pi_t^e = \pi_t$) (static expectations) . وشروط التوازن ينتج منها نموذج مشابهة (Logistic map) :

$$\pi_{t+1}^e = \pi_t^e(\lambda - \beta\pi_t^e)$$

والدارسة قد حددت قيم للمعلمة w التي تؤدي إلى الاتزان أو حدوث دورات منتظمة أو غير منتظمة (فوضوية).

٥,٢ نماذج احتكار القلة (oligopoly models)

احتكار القلة يعني سوق مكون من عدد صغير من المنشآت (firms). سنقدم هنا هيكل السوق المكون فقط من اثنين من المنتجين X و Y ينتجان المنتج x_t و y_t وذلك في الفترة t. وقد يكون المنتج متجانس (homogeneous) أي هناك إحلال تام بينهما، أو أن الإحلال بينهما غير كامل أي أن المنتجات (heterogeneous) . واتخاذ قرار الإنتاج قرار غير مستقل ولكن متداخل بمعني أن كل منتج عليه أن يكون توقعاته حول حجم إنتاج المنتج الآخر x_t^e و y_t^e. وبالطبع كل منتج يعمل على إنتاج ما يحقق له تعظم أرباحه $\max \pi_x(x, y^e)$ و $\max \pi_y(x^e, y)$ وذلك لمقلوب دالة الطلب $p = P(x, y)$ ودالة تكاليف $C(x)$ و $C(y)$. وعملية التعظيم هذه ينتج عنها دالة أفضل رد فعل (best reply function) $x_{t+1} = f(y_{t+1}^e)$ و $y_{t+1} = f(x_{t+1}^e)$. ونتيجة هذا النموذج باستخدام دالة للطلب خطية ودالة للتكاليف خطية تقارب ما يطلق عليه توازن ناش (Nash equilibrium) وهذه تمثل رد الفعل الاستراتيجي الأمثل لكل منشأه .

ولكن عديد من الدراسات الحديثة قامت بتحليل الوضع بإدخال دوال طلب وتكلفة غير خطية. وقد أظهرت هذه الدراسات أن حركات دورية منتظمة أو غير منتظمة لمستوي الإنتاج قد تحدث نتيجة لإدخال تلك الدوال (Puu, 1996) . وسنعرض لنموذج قدمه Kopel (1996) أفترض أن مصدر عدم الخطية خاص فقط بدوال التكاليف نتيجة إدخال وفرات خارجية إيجابية (positive externalities) . ودوال التكاليف المقترحة تقود إلي دوال الرد فعل مكونة من الآتي :

$$x_{t+1} = \mu y_t (1 - y_t)$$

$$y_{t+1} = \mu x_t (1 - x_t)$$

وقد تبين انه عند قيم معينة للمعلمة μ التي تقيس مدى تأثير تكاليف كل منشأه على تكاليف المنشأة الأخرى سيحدث عدم استقرار بالنسبة للوضع التوازني وسيظهر تذبذب في ناتج المنشأة ، وهذا التذبذب ممكن أن يكون منتظم أو غير منتظم.

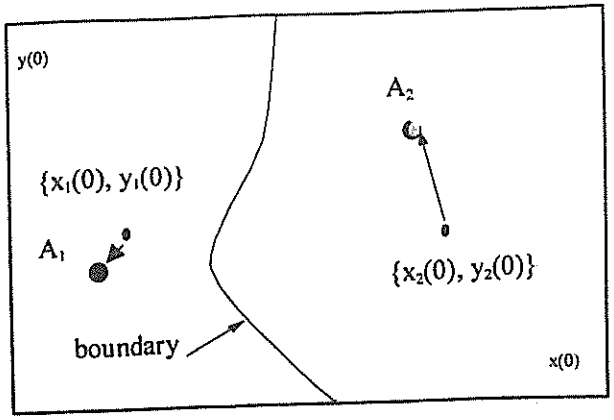
و ألان لنا أن نتساءل عما ينطوي عليه التوازن الفوضوى لناش بالنسبة لإستراتيجيات المنشأة؟ إذا نظرنا إلي التوقعات الثابتة نجد أن التفاعل الاستراتيجي بين المنشات المتنافسة ليس مفردا فأي انحراف صغير في التقدير الثابت لتوقعات للمنشأة المنافسة من الممكن أن ينتج عنه سلوك استراتيجي مختلف مما يعني أن سلوك السوق لا يخضع لنظام زمني واحد. وفي حالة التوقعات الرشيدة فالتوقعات الخاصة بإنتاج المنشأة المنافسة في حالة الفوضى الدينامية يعتبر مماثل لما قدمه Decoster and Mitchell (1992). فالتنبؤ بقيم الناتج المستقبلي للمنشأة المنافسة يتطلب القيام بتقدير هذه القيم وفقا لشروط ابتدائية متعددة. وإذا لم تكن تكاليف الحصول على هذه المعلومات تعوق القيام بعملية التنبؤ ، فإن القيام بهذه الحسابات أو التقديرات قد تقود إلي أخطاء كبيرة في قيم الإنتاج المقدرة وذلك يرجع إلي انعدام التنبؤ طويل الأجل في حالة النظام الفوضوي.

٦ ظواهر أخري للنظم الغير خطية والتحليل الاقتصادي
(Other non linear phenomena and economic analysis)

٦,١ حلول جاذبة متعددة

بالإضافة لظهور السلوك الفوضوي قد ينجم عن النظم الحركية غير الخطية حلول جاذبة متعددة (multiple attractors) عند قيم محددة للمعلامات. جميع الشروط الابتدائية التي تؤدي إلى حل جاذب تسمي مجال الجذب (domain of attraction) . وعند التحرك من وضع مبدئي معين فسيكون هناك تحرك انتقالي مستمر إلي أن يستقر النظام عند أحد الحلول الممكنة.

وفي هذا الجزء سنعرض كيف أن تحليل المجال الجاذب من الممكن أن يزيد من فهمنا للنظم الاقتصادية غير الخطية . فهناك نماذج اقتصادية كثيرة تبين وجود مجالات جذب متعددة . فإذا نظرنا إلي الهدف من الدراسات الخاصة بالدورات الاقتصادية كتلك التي تستخدم نموذج كالدور نجد أن هذه الدراسات تبين أن الشرط الابتدائي للاقتصاد أو الحالة الاقتصادية قد يقود إلي نتائج مختلفة كأن يستقر النظام عند مستوى ثابت أو قد يؤدي إلى تحركات دورية للمتغيرات الاقتصادية. وعند قيم معينة للمعلامات التي تمثل الأوضاع الاقتصادية (مثل سرعة التعديل في نموذج كالدور) ، يتزامل وجود حالة الاتزان مع وجود دورات. ففي هذه الحالة سواء استقر الاقتصاد عند وضع اتزان الذي يثبت عنده مستوى الدخل ورأس المال ثابتين أو يشهد مستوي الدخل وراس المال تحركات دورية يتحدد بالشروط الابتدائية للاقتصاد. وما ينطوي عليه هذا التحليل هو أن الدورات لا تنشأ فقط من تغير الأوضاع الاقتصادية ، ولكن أيضا تعتمد على الشرط الابتدائي للاقتصاد (Lorenz, 1993). بالنسبة للنماذج على المستوى الجزئي مثل نماذج احتكار القلة تظهر مشكلة اختيار وضع التوازن وهذا يعنى ان النتيجة النهائية لحجم الإنتاج لكل منشأه يعتمد على القرار المبدئي الذي اتخذ بهذا الشأن . وهذه نقطة مهمة جدا حيث أن مشكلة اختيار التوازن تعتبر من أكثر النقاط التي لم تحل في نظرية الألعاب (Kopel and Bischi , 2001).



الشكل (٤) شكل يوضح مجال الحلول الجاذبة (A_1) و(A_2) لمتغيرين و [x(0), y (0)] هما الشروط الابتدائية.

وأيضا في حالة وجود نظام غير خطي ومن خلال التأييد الذاتي الديناميي أو ما يطلق عليه العائد المتزايد (positive feedback or increasing return) مما يقود إلى حلول جاذبة متعددة: فرد الفعل الإيجابي يقود إلي تقوية وتكبير ما هو حادث في النظام ، ومثال على ذلك إذا انتشر استخدام اختراع معين فسريعا ما يزداد إقبال الأفراد عليه واستخدامه (مثل المحمول) (Algiardi, 1998). والسبب أن زيادة تبني المستخدمين لهذا التكنولوجي يقود إلي حصول الشركات المنتجة على خبرات أكثر وتحسين المنتج بشكل مستمر. وفي مثل هذا السوق الأحداث الزمنية (التاريخية) لها أهمية كبيرة . فدخول السوق مبكرا واستحواذ تكنولوجي معين على جزء من السوق (ربما نتيجة لظروف مواتية) قد تعطي فرصة لهذا النوع من التكنولوجي للسيطرة التامة على السوق.
ويلاحظ أنه لا يشترط أن يسود التكنولوجي الأكثر كفاءه فإذا ساد التكنولوجي الأقل كفاءه فمن الصعوبة أن يتحول السوق إلي التكنولوجي الأكثر كفاءه وهذا الوضع يطلق عليه (lock - in) ولـه أمثلة مشاهدة متعددة مثل سيادة (QWERTY typewriter keyboard) بالرغم انه اخترع ليبطئ من سرعة الكتابة أي أقل كفاءه (Arthur, 1988). وهناك أوضاع أخري يعتمد فيها التوازن على التاريخ أو أحداث الماضي ومثال ذلك اختلاف فرص التنمية الاقتصادية : فالنجاح الاقتصادي يميل إلي الاستمرارية وذلك نتيجة لتزايد العائد . وهذه النظرة لها أهمية خاصة وبالذات بالنسبة لشرح تطور وتقدم التصنيع الذي يختلف من دولة لأخرى : فالفكرة الأساسية أن بعض الدول والتي يكون لها السبق في الإنتاج الصناعي تعمل على تقوية وضعها وتزيد من هذه الميزة على حساب الدول الأخرى (Algiardi, 1998).

٦,٢ (تغير نوعي في الحركة طويلة المدى) **Transition of steady state**

تعكس المعلامات الأوضاع الحالية ، أي تعكس أوضاع النظام الاقتصادي بالنسبة لدراستنا. ومن المفيد دراسة المتغيرات الاقتصادية للتغير البطيء في هذه الأوضاع مثل سعر الفائدة نجد أن تلك المعلامات تتغير باستمرار أما تلقائيا أو بتدخل من السلطات والأمر المهم بالنسبة للنظم بطيئة التطور هو هل سيكون هناك تغيرات في الأجل الطويل نتيجة لتغير في الأوضاع الاقتصادية. وقد وجد أن تغير المعلامات لا يقود في اغلب الأحوال إلي تغير ملموس في الوضع الاقتصادي . ولكن بالنسبة للنظم غير الخطية فمن الممكن أن يكون هناك تغيرات في السلوك سواء نوعية أو كمية: *الانقسام الديناميي* (bifurcation) . و الانقسام الديناميي يمثل حالة الانتقال من وضع حركة طويلة المدى مستقرة إلي وضع آخر. وقد وجد في بعض الحالات أن النظام قد يمر بعملية انتقال مفاجئ إلي حالة جديدة. وعليه نجد أن النظام الاقتصادي من الممكن أن يواجه بعدم الثبات أو الزيادة في التعقيد، كما أنه من الممكن أن يواجه بتغيرات نوعية أو كمية للتغيرات البطيئة في الظروف الاقتصادية . ومن أنواع الانقسام الديناميي التي تتسم بها غالبا نماذج الدورات الاقتصادية هو (Hopf bifurcation) وهو (bifurcation) الذي ينجم عنه تغيرات دورية في نظام كان يتسم بالثبات. ومن الدراسات

المهتمة بالتغيرات في المعلامات مثل سرعة التكيف في نموذج كالدور الذي ذكرناه سابقا ممكن الرجوع إلي (Gabisch and Lorenz, 1987).

٧ ملاحظات ختامية

كان الهدف من هذه الدراسة هو معرفة و تقويم تأثير إدخال نظرية الفوضى في مجال الدراسات الاقتصادية . وقد قدمنا بعض الأمثلة التي تبين مدى أهمية إدخال هذه النظرية في التحليل الاقتصادي . وقد ركزنا خلال الورقة على بعض الموضوعات التي تبين مدى أهمية استخدام هذه النظرية سواء على المستوى الكلى وهو التحليل الخاص بالدورات الاقتصادية أو على المستوى الجزئي وتمثله نماذج السوق و نظرية الألعاب.

فالدراسات الاقتصادية المستخدمة لنماذج مختلفة للسلوك الفوضوي قد أوضحت أن التحركات غير المنتظمة للدورات والتي تعكسها السلاسل الزمنية للمتغيرات الاقتصادية الحقيقية تولد من داخل النظام . ومن النماذج المعروفة :نموذج المضاعف– المعجل ، نموذج كالدور ، نموذج النمو الدوري ونموذج التوازن (الرؤية الكاملة) قد قدمت في هذه الورقة . وقد بينا أن أدبيات الدورات الاقتصادية تركز على أهمية نظرية الفوضى لتأكيد الطبيعة الداخلية للسلوك الدوري للمتغيرات. وقد قدمنا أيضا في هذا المجال النموذج المذبذب والذي تنشا فيه الدورات غير المنتظمة فقط من خلال عوامل خارجية محدده. وقد قدمنا في هذه الورقة مساهمة نظرية الفوضى لفهم سلوكيات اقتصادية أخرى مثل التقلبات غير المنتظمة في نماذج السوق ، أو نماذج الألعاب والتي أثبتت جميعها افتراضية أن النظام الاقتصادي بطبيعته نظام غير متوازن. فالميكانيكية الداخلية للأسواق ينتج عنها عدم اتزان في معظم الأحوال. أما التفاعل الاستراتيجي فينتج عنه وضع غير مستقر لا يمكن التنبؤ به.

أما الـ logistic map فهو النموذج المستخدم في أحوال كثيرة بالنسبة لوصف للفوضى الدينامية في الاقتصاد. وقد أشرنا إلى استخدام logistic map والذي يصف العملية الديناميكية لتحديد السعر من خلال نموذج العنكبوت ، وأيضا يستخدم logistic map لتحديد الناتج في حالة الاحتكار الثنائي . هذا بالإضافة إلى استخدام الـ logistic map في وصف عدم انتظام السلاسل الزمنية الخاصة بالأسواق التمويلية (Savit, 1991) وأيضا يبين السلوك الغير منتظم للتفضيلات (Benhahib and Day, 1981) .

وعلى المستوى الأعم فنظرية الفوضوية توضح للاقتصاديين وواضعي السياسة محدودية القدرة التنبؤية سواء في الأجل القصير أو الأجل الطويل . ويرجع العجز في التنبؤ إلى عدم القدرة على قياس المتغيرات الاقتصادية بطريقة متناهية الدقة . وهذه النقطة لها أهمية كبيرة في عملية تكوين التوقعات وتقودنا إلى التساؤل عن إمكانية تطبيق التوقعات الرشيدة مع الفوضى الدينامية. ونلاحظ أيضا أن الظواهر الديناميكية غير الخطية مثل مجال الجذب لها أهميه كبيرة في التحليل الاقتصادي . فالاقتصاديين لابد وان يعلموا أن تواجد حلول متعددة قد يؤدي إلى عدم القدرة على التنبؤ وان اللجوء لاستخدام مجال الجذب من الممكن أن يزيد من فهمنا للنظام الدينامي غير الخطى .

References

- Arnold, L. Business Cycle Theory Oxford: Oxford University Press, 2002
- Arthur, W., Self-Reinforcing Mechanisms in Economics In: *The Economy as an Evolving Complex System*. Edited by P. Anderson, K. Arrow and D. Pines. Reading: Perseus Books, 1988
- Baker, G. and J. Gollub *Chaotic dynamics: an introduction* Cambridge: Cambridge University Press, 1996
- Bischi, G. and M. Kopel, Equilibrium selection in a nonlinear game with adaptive expectations *Journal of Economic Behavior and Organization* 46 (2001): 73-100
- Baumol, W. and J. Benhabib, Chaos: Significance, Mechanism, and Economic Applications. *Journal of Economic Perspectives* 3 (1989): 77-105
- Begg, D. *The Rational Expectations Revolution* (1982)
- Behabib, J. and R. Day, Rational Choice and Erratic Behaviour *Review of Economic Studies* 48 (1981): 459-471
- Blanchard, O. and S. *Fischer Lectures of Macroeconomics* London: MIT Press, 1993
- Boldrin, M., Persistent Oscillations and Chaos in Economic Models: Notes for a Survey In: *The Economy as an Evolving Complex System*. Edited by P. Anderson, K. Arrow and D. Pines. Reading: Perseus Books, 1988
- Boldrin, M. and R. Deneckere, Sources of Complex Dynamics in Two-sector Growth Models *Journal of Economic Dynamics and Control* 14 (1990): 627-653
- Boldrin, M. and M. Woodford, Equilibrium Models Displaying Endogeneous Fluctuations and Chaos *Journal of Monetary Economics* 25 (1990): 189-222.
- Brock, W and C. Hommes, Rational Routes to Randomness *Econometrica* 65 (1997): 1059-1095.
- Chang, W. and D. Smith The existence and Persistence of Cycles in a Nonlinear Model: Kaldor's 1940 model re-examined *Review of Economic Studies* 38 (1971): 37-44.
- Chiang, A., *Fundamental Methods of Mathematical Economics* London: McGraw Hill, 1984

- Day, R., Irregular growth cycles *American Economic Review* 72 (1982): 406-414
- DeCoster, G. and D. Mitchel, Dynamic Implications of Chaotic Monetary Policy. *Journal of Macroeconomics* 14 (1992): 267-287
- Dwyer, Gerald, Stabalization Policy Can Lead to Chaos. *Economic Inquiry* 30 (1992): 40-46.
- Kaldor, N. A Model of the Trade Cycle *Economic Journal* (1940): 78-90
- Kopel, M., Simple and Complex adjustment dynamics in Cournot duopoly models *Chaos, Solitons and Fractals* 7 (1993): 2031-2048
- Gabisch and H-W Lorenz, *Business Cycle Theory.* New York: Springer Verlag, 1989.
- Gallas, J. and H. Nusse, Periodicity versus chaos in the dynamics of cobweb models *Journal of Economic Behaviour and Organization* 29 (1996): 447-464
- Gilbert, N. and K. Troitzsch *Simulation for the Social Scientist* Maidenhead: Open University Press, 2005
- Goodwin, R. *Chaotic Economic Dynamics* Oxford: Clarendon Press, 1990
- Hall, N. (editor) *The New Scientist Guide to Chaos* London: Penguin, 1991
- Keenan, D. and M. O'Brien, Competition, collusion and chaos *Journal of Economic Dynamics and Control* 17 (1993): 327-353
- Kiel, L. and E. Elliot *Chaos Theory in the Social Sciences* Ann Arbor: University of Michigan Press, 2000
- Krugman, P., Complex Landscapes in Economic Geography. *American Economic Review* 84 (1993): 412
- Lorenz, H-W Strange attractors in a multi-sector business cycle model *Journal of Economic Behaviour and Organization* 8 (1987), 397-411
- Lorenz, H. Multiple Attractors, Complex Basin Boundaries, and Transient Motion in Deterministic Economic Systems In: *Dynamic Economic Models and Optimal Control*, edited by Gustav Feichtinger, 411-430, Amsterdam: North-Holland, 1992.
- Lorenz, H. Complex Transient Motion in Continous-time Economic Models In: *Nonlinear Evolution of Spatial Economic Systems*, edited by Peter Nijkamp and Aura

- Reggiani, 112-137, Berlin-Heidleberg: Springer Verlag, 1993.
- Lucas, R.E. "An Equilibrium Model of the Business Cycle." *Journal of Political Economy* 83 (1975): 1113-1144.
- May, R. Simple Mathematical Models with very Complicated Dynamics *Nature* 1976 261: 459-69
- Mullin, T. (editor) *The Nature of Chaos* Oxford: Oxford University Press, 1993.
- Phillips A.W. Stabilization policy in a closed economy *Economic journal* 64 (1954) 290-323
- Puu Complex dynamics in continuous models of the business cycle (two region trade model) In: Economic evolution and structural change edited by Basten, Casti and Johansson Berlin Springer, 1987
- Puu, T. Complex dynamics with three oligopolists *Chaos, Solitons and Fractals* 7 (1996): 2075-2081.
- Rosser, J. *From Catastrophe to Chaos: A General Theory of Economic Discontinuities*. London: Kluwer, 1991.
- Rosser, J. and M. Rosser, Endogeneous chaotic dynamics in transitional economies *Chaos, Solitons and Fractals* 7 (1996): 2189-197
- Reichlin, P., Output-Inflation Cycles in an Economy with Staggered Wage Setting. *Journal of Economic Dynamics and Control* 14 (1990): 597-625
- Samuelson, P *Economics* London: McGraw Hill Kogakusha, 1976
- Sasakura, K. Political economic chaos? *Journal of Economic Behaviour and Organization* 27 (1995): 213-221
- Savit, R. Chaos on the Trading Floor In: *The New Scientist Guide to Chaos* edited by N. Hall. London: Penguin, 1991
- Schumpeter, J. *The Theory of Economic Development*, Cambridge: Harvard University Press. 1934
- Shone, R. *Economic Dynamics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1997
- Simmons, G. *Differential Equations* New York: McGraw Hill, 1972
- Sordi, S. Dynamical Systems in Macroeconomics *Journal of Economic Dynamics and Control* 10 (1986): 261-267
- Waldrop, M. *Complexity* London: Penguin, 1992