

## أضواء على نظرية الهباء

د. باسل يونس ذنون الخياط\*

### الملخص

هذه الورقة البحثية تُسلط الأضواء على نظرية الهباء، التي تعد من أحدث النظريات الرياضية. وتُدرس بعض الجوانب العلمية والتطبيقية والفلسفية المتعلقة بهذه النظرية، ثم يتم تركيز الأضواء على النظام الشمسي باعتباره احد أهم الأنظمة الطبيعية. وتدرس الخاصية الهوائية لثلاثة نماذج رياضية مُلائمة للمتسلسلة الزمنية للبقع الشمسية، احدها خطي والآخران غير خطيين، ويُدرس السلوك بعيد المدى لهذه النماذج. ويتضح أن احد النموذجين غير الخطيين يعطي سلوكا مشابها لسلوك بيانات المشاهدات الواقعية للبقع الشمسية. كما أن سلوك هذا النموذج هو ذو طبيعة هوائية، مما يشير إلى أن النظام الشمسي هو نظام هوائي. كما تُقترح خوارزمية حاسوبية توضح إمكانية انتقال ظاهرة ما من حالة شبه العدم، إلى حالة الهباء، ثم إلى النظام والاستقرار.

### Spotlights on Chaos Theory Basil Younis Thanoon Abstract

This paper sheds light on the theory of chaos, which is one of the latest mathematical theories. Some aspects of the scientific, applied and philosophical fields related to this theory are studied, then focus the spotlight on the solar system as one of the most important natural systems. The chaotic property is studied for three particulate mathematical models fitted the time series of the sunspots, one linear and two non linear. The long-term behavior of these models is examined . It is clear that one of the two non linear models gives similar behavior to the behavior of real data of sunspots. The behavior of this model has chaotic nature, which indicates that the solar system is a chaotic system. It also proposed a computer algorithm which shows the possibility of transmission of a phenomenon from the state of semi-nothingness, to the chaotic state, and then to the order and stability.

• استاذ/كلية علوم الحاسوب والرياضيات/جامعة الموصل.

## 1- مقدمة:

هناك العديد من المظاهر الحتمية التي يمكن التنبؤ بها وتحديد سلوكها بدقة، وبالمقابل هناك ظواهر لاختطية تتسم بالتعقيد والاضطراب وانعدام القدرة على التنبؤ، وتُعرف مثل هذه الظواهر بالهَبائية. فإلى جانب الظواهر ذات النمط الخطي، مثل الخسوف والكسوف والمد والجزر والتطور الاجتماعي ونمو أعضاء جسم الإنسان، هناك ظواهر لاختطية هَبائية كحدوث الزلازل والبراكين والعواصف واندلاع الثورات والحروب وحالات السكتة القلبية والسكتة الدماغية وغيرها. بعبارة أخرى فإن النظام والهباء في الطبيعة والمجتمع يحيطان معا نسيجاً حيوياً مترابطاً. وفي منتصف القرن العشرين بذل المجددون من فلاسفة العلوم الجهود في دراسة وتحليل ذلك النسيج الزاخر بالألغاز لمعرفة كنهه وتحديد متغيراته ومفاهيمه، ووضعوا القوانين التي تحكم حركته ومكوناته. وتولدت لديهم نظرة جديدة وخلاقة إلى الواقع أدت إلى نشوء تصورات واستنتاجات مثيرة حول شمولية الكون وترابط الطبيعة، دفعتهم إلى إعادة النظر في العديد من الفرضيات الأساسية في الفلسفة والعلوم، وانتهى ذلك إلى ولادة أفكار فلسفية وعلمية جديدة وغير تقليدية.

في هذه الورقة البحثية تُفتح نافذة على موضوع الهَباء الذي أثار جدلاً واسعاً في شتى الأوساط العلمية والفلسفية. ولخصوصية هذا الموضوع، سوف نحاول اغناءه من جوانبه العلمية والفلسفية فضلاً عن جذوره التاريخية. إن المضامين التي تتضمنها نظرية الهَباء، على غرابيتها، تتوافق مع ما هو موجود في القرآن الكريم، مما يؤكد على التوافق بين الدين والعلم.

## 2- نظرية الهَباء Chaos Theory:

وردت كلمة هَباء في القرآن الكريم في سورة الفرقان:

{وَقَدِمْنَا إِلَىٰ مَا عَمِلُوا مِنْ عَمَلٍ فَجَعَلْنَاهُ هَبَاءً مَّنثُورًا} الفرقان 23 .

و"الهباء" في هذه الآية يعني ما يُرى في ضوء الشمس من خفيف الغبار المتناثر. إن المقصود العلمي بمصطلح "الهباء" هو عدم الانتظام. إن نظرية الهَباء (أو الفوضى) هي من أحدث النظريات في الرياضيات والتي لم يتجاوز عمرها عدة عقود. تتعامل هذه النظرية مع موضوع النظم الحركية اللاخطية التي تبدي نوعاً من سلوك عدم الانتظام، والذي أشبه ما يكون من السلوك العشوائي، يعرف بالهباء. إن هذا السلوك العشوائي ينتج إما عن طريق عدم القدرة على تحديد الشروط الابتدائية Initial Conditions أو عن طريق الطبيعة الفيزيائية الاحتمالية لميكانيك الكم. وتحاول نظرية الهَباء أن تستكشف النظام الخفي المُضمر في هذه العشوائية الظاهرة محاولة وضع قواعد لدراسة مثل هذه النظم مثل الموائع والتنبؤات الجوية والنظام الشمسي واقتصاد السوق وحركة الأسهم المالية والتزايد السكاني.

نظرية الهباء هي نظرية تقوم في مجملها على أن الحدث مهما كان صغيراً وتافهاً يمكن أن يتطور ليصبح شيئاً غير متوقع من قبل. إن نظرية الهباء تصف كونا خاضعا لقوانين حتمية ولكنه يميل إلى عدم الانتظام والتعقد وعدم القابلية للتنبؤ، والمقصود بالهباء هنا الجانب غير النظامي للطبيعة. إن نظرية الهباء تتعامل مع ما يفعله جزئ واحد من بين ملايين الجزيئات، وحيث تسفر التغيرات الصغيرة عن نتائج كبيرة. ومن الأمثال التي تتسجم مع الفكر الهبائي المثل العربي المعروف "القشة التي قصمت ظهر البعير". يوضح هذا المثل بأنه حتى البعير القوي الشديد، القادر على أن يحمل على ظهره قدراً كبيراً، يصل حداً قد تؤدي زيادة قشة واحدة فوق حمله، إلى كسر ظهره وهلاكه. أي يجب عدم الاستهانة بصغائر الأمور.

تتضمن تطبيقات نظرية الهباء العديد من المجالات، مثل الفيزياء، وعلوم الحاسوب، والإنسان الآلي، والأنواء الجوية، والاقتصاد، وعلوم الحياة، والطب، والفلسفة. وتدرس نظرية الهباء سلوك الأنظمة الحركية التي تكون حساسة جداً للقيم الابتدائية. إن تأثير القيم الابتدائية يشار إليه عادة باسم تأثير الفراشة Butterfly Effect، إذ أن اختلافات صغيرة في القيم الابتدائية، مثل تلك الناجمة من تدوير الأخطاء في الحسابات العددية، ممكن أن تؤدي إلى نتائج متباعدة في النظم الهبائية، مما يجعل التنبؤ طويل المدى مستحيل. علما بان هذا يحدث بالرغم من أن هذه الأنظمة حتمية، بمعنى أن سلوكها المستقبلي يُقرّر بالكامل من خلال القيم الابتدائية، وان هذه النظم لا تتضمن أي عناصر عشوائية. بعبارة أخرى فان الطبيعة الحتمية للأنظمة الهبائية لا تجعلها قابلة للتوقع، ويعرف هذا السلوك بالهباء الحتمي **Deterministic Chaos**، أو ببساطة الهباء. إن السلوك الهبائي يمكن إن يلاحظ في العديد من الأنظمة الطبيعية، مثل الطقس. إن تفسير مثل هذا السلوك قد يُراد من خلال تحليل نموذج رياضي هبائي، أو من خلال التقنيات التحليلية مثل الرسوم الارتدادية Recurrence Plots وتطبيقات بوانكاريه Poincaré Maps .

لقد سببت نظرية الهباء إحراجاً لبعض العلماء الذين كانوا يعتقدون بان النظم الخطية تفي لمعالجة معظم النواحي الحياتية. وفي ضوء ما جاءت به نظرية الهباء أصبحوا لا يستطيعون أن يُوضّحوا السلوك المُلاحَظ في بعض التجارب. إن الذي كان يُستثنى مقدماً باعتباره "ضوضاء Noise" فانه وفق نظرية الهباء يعدّ كمكوّن كامل من الأنظمة المدروسة.

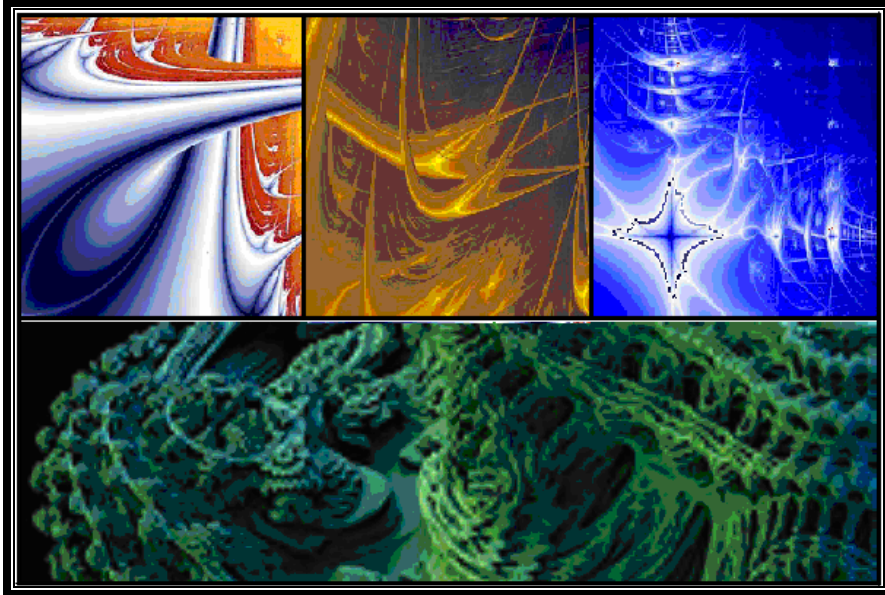
لقد كان الحاسوب هو المحفّز الرئيسي لتطوير نظرية الهباء. تتضمّن معظم رياضيات نظرية الهباء التكرارات المُعاداة للصيغ الرياضية البسيطة، والتي من غير العملي أن تُجرى باليد. إن الحاسوب يجعل من هذه الحسابات شيئاً عملياً، أما الأشكال البيانية والصور فتساعد على تصوّر هذه الأنظمة. إن دراسة النقطة الحرجة التي ما بعدها يخلق النظام صخباً هي من

المسائل التي تهتم بها نظرية الهباء ، والشكل الآتي يوضح الصخب في دوامة الرأس من جناح طائرة.



الشكل (1): الصخب في دوامة الرأس من جناح طائرة.

فضلا عن الجوانب العلمية والفلسفية لنظرية الهباء، فهناك إفراسات فنية، يمكنها اعطاء رسومات بهيئة لوحات فنية جميلة، والشكل الآتي يوضح أربعة نماذج من هذه الرسومات.



الشكل (2): أربعة نماذج لرسومات من نظرية الهباء.

لقد اوجد اللبنة الأولى للهباتية العالم والفيلسوف الفرنسي بوانكاريه Jules Henri Poincaré (1854-1912) عندما كتب " إن الاختلافات البسيطة في الشروط الابتدائية يمكنها أن تولّد اختلافات كبيرة جدا ومضخمة في الظاهرة النهائية". بمعنى آخر، أن أي تأثير مهما كان طفيفا في البداية قد يتخذ أبعادا كونية في النهاية. لقد اكتشف بوانكاريه أن مسار جسمين مكونين لمنظومة ما يتغير جزئيا عندما يتداخل جسم ثالث في سلوك المنظومة تلك. إن مسار المنظومة يتعرض لحالة الهباتية إذا ما أثرت فيه تداخلات طفيفة. فبوجود هذه المسارات الهباتية النادرة قد تتعرض المنظومة الشمسية برمتها إلى حالة اللااستقرار. وقد يؤول النظام الشمسي ذات يوم إلى حالة الهباتية إذا تضخمت التأثيرات الجانبية الطفيفة لكل كوكب تابع لذلك النظام. فالهباتية سرعان ما تؤدي بالقدرة على التنبؤ إلى الوهن وتنتقل المنظومة إلى حالة اللادقة. لقد بات واضحا الآن أن أي نظام محفوظ في علبة مغلقة بإحكام مطلق لمليارات السنين دون أن يمسه احد، قد يولد حالة الهباتية الذاتية ويغرق فيها.

### 3- الهباء ونشأة الكون وتوسّعه(\*)

تعد مسألة نشأة الكون من القضايا التي تكلم فيها الفلاسفة والعلماء ولكنها كانت خبط عشواء، وتعددت حولها النظريات والتصورات. وكانت نظرية الكون المستقر Steady State مقبولة في الأوساط العلمية وتقول بان الكون ساكن وهو لا نهائي في الزمان والمكان. ثم تبين من خلال التلسكوبات العملاقة والمركبات الفضائية بان المجرات لا تتباعد فقط عنّا، بل هي تتباعد فيما بينها كذلك. وهذا يعني بان الكون في توسع دائم. وما دام هو كذلك، فمن الضروري انه كلّه كان مرتكزا في السابق في نقطة واحدة، أطلق عليها العلماء اسم "الذرة البدائية" أو "الحساء الكوني".

---

(\*) تم الإعلان مؤخرا عن منح جائزة نوبل في الفيزياء للعام 2011 إلى ثلاثة علماء فيزياء فلكية وذلك لاكتشافهم "التوسع المتسارع للكون" عبر مراقبتهم لإنفجارات كثيفة للنجوم، يطلق عليها اسم "السوبرنوفات SUPERNOVAE"، توصلوا إليها عبر مراقبتهم لانفجار نجمات بعيدة جدا. اكتشف العلماء الثلاثة أن الكون ما انفك يتوسع أكثر فأكثر وبتسارع كبير، ما يعني انه وفي حال استمرت سرعة التوسع بالارتفاع فإن الكون سيتحول إلى جليد.

وقال علماء آخرون أن حجم هذه النقطة كان يساوي الصفر وكتلته لا نهائية. وهذا تعبير آخر من أن الكون ظهر من العدم، لأن هذا هو معنى نقطة حجمها صفر. ولكن أية قوة تقوم بقذف مئة مليار مجرة بسرعة جنونية، مبعدة الواحدة عن الأخرى وموسعة الكون نتيجة هذا التباعد السريع؟ لا يمكن أن تكون قوة الجاذبية أو قوة التصادم الكهربائي بين الأقطاب المتشابهة هي هذه القوة، إذن فلا بد أن انفجارا هائلا حدث عند ميلاد الكون هو الذي أدى إلى توسع الكون. لقد ترجم العالم البلجيكي جورج لوميتر في العام 1927 هذه المُعطيات وقدم نظريته الموسومة "الانفجار العظيم Big Bang"، وهي نظرية مطروحة في علم الكون الفيزيائي، عن نشوء وأصله الكون فضلا عن تركيب المادة الأولى. لقد نشأت نظرية الانفجار العظيم نتيجة لملاحظات حول تباعد المجرات عن بعضها. فإذا كان الكون يتمدد فما من شك أن حجمه في الماضي كان أصغر من حجمه اليوم. وإذا تمكنا من حساب سرعة التمدد يمكننا التنبؤ بالزمن الذي احتاجه الكون حتى وصل إلى الحجم الراهن، ومن ثم يمكننا تقدير عمر الكون وهو نحو 14 مليار سنة تقريبا. تتلخص نظرية الانفجار العظيم بأن الكون كان في بدء نشأته كتلة غازية عظيمة الكثافة واللمعان والحرارة، اسماها لوميتر "البيضة الكونية". ثم حصل في هذه الكتلة، بتأثير الضغط الهائل المنبثق من شدة حرارتها، انفجار عظيم فتتها وقذفها مع أجزائها في كل اتجاه حيث خُلقت فيها أجزاء الذرات، ومن هذه الأجزاء خُلقت الذرات، ومن هذه الذرات تألفت الغبار الكوني الذي نشأت منه مع مرور الوقت الكواكب والنجوم والمجرات.

يؤكد القانون الثاني للثيرموداينمك أن الكون ينتهي حتما إلى الهبائية. ومع أن ظهور المادة حادثة وغير أولية، وان للكون بداية تدل على الخلق، وأن الكون خُلقه خالق عظيم، إلا أن طبيعة هذا الانفجار الكبير أضافت أدلة أخرى على أن الكون خُلِق بتقدير دقيق ونظام رائع. ذلك لأن أي انفجار لا يكون إلا مُخرّبا وهادما ومشتتا ومُبعثرا للمواد، ولكن عندما نرى أن انفجارا بهذا العنف وبهذا الهول يؤدي إلى تشكيل وتأسيس كون مُنظّم غاية النظام، فإن هناك إذن وراءه يد قُدرة وعلم وإرادة وتقدير لا نهائي فوق الطبيعة. والى هذا يشير العالم البريطاني المشهور فرد هويل عندما يقول "تقول نظرية الانفجار الكبير بان الكون قد نشأ نتيجة انفجار كبير، ونحن نعلم أن كل انفجار يشتت المادة ويبعثها دون نظام، ولكن هذا الانفجار الكبير عمل العكس بشكل محفوف بالأسرار، إذ عمل على جمع المادة معا لتشكيل المجرات".

وبعد استعراضنا للجوانب العلمية المتعلقة بنشأة الكون وتوسّعه، نجد من المفيد الاطلاع على

ما ورد في الكتب المقدسة بهذا الخصوص:

1- يتحدث الإنجيل عن الخالق جلّ في علاه كونه يمثل النظام. بدأ الكون، بموجب الإنجيل، محطما خاويا دون هيئة محددة حتى خلقه الله تعالى، أي حوّله إلى حالة من النظام.

2- أما القرآن الكريم فقد أعطى إجابة واضحة وصرحة عن هذا الموضوع في آيتين كريمتين:

أ- يقول تعالى في سورة الأنبياء:

{وَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيًّا أَفَلَا يُؤْمِنُونَ} {الأنبياء 30}.

ومعنى الآية الكريمة بان الأرض والسموات بما تحويان من مجرات وكواكب ونجوم، والتي تشكل مجموعها الكون الذي نعيش فيه، كانت في الأصل عبارة عن كتلة واحدة ملتصقة. وقوله تعالى "رتقا" أي ملتصقتين، إذ الرتق هو الالتصاق، ثم حدث لهذه الكتلة الواحدة "فتق" أي انفصال وانفجار تكونت بعده المجرات والكواكب والنجوم.

ب- يقول تعالى في سورة الذاريات:

{وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ} {الذاريات 47}.

فتوسع الكون واضح جلي في هذه الآية الكريمة. ونشير إلى أن الإمام أبا حامد الغزالي كان أول من حلّ مسألة قَدَم العالم، ويبيّن انه ليس هناك زمان قبل خلق الكون.

#### 4- الهباء في الطبيعة والمجتمع:

توصل عدد من الباحثين في مجال الهَبَائِيَّة إلى أن المنظومة الشمسية ليست هي تلك الساعة الآلية السهلة التي وصفها نيوتن في قوانينه، وإنما هي نظام معقد لا نهائي ودائم التحوّل، وبذلك فهي هَبَائِيَّة. كما اكتشف جاك وسدوم من نتيجة بحوث سفينة الفضاء فويجر أن العديد من كواكب المجرة سوف يصبح في حالة الهَبَائِيَّة عندما يمر في مسار من مساراتها، ولكن سرعان ما يعود إلى تغيير مساره إلى حالته المستقرة (الخطية).

تشير الوقائع إلى أن النظام والهَبَائِيَّة مُتداخِلان على نحو غير مفهوم. أدى هذا التصور إلى فكرة وحدة الطبيعة وذاتها، والى رضوخ العلماء إلى فكرة إعادة النظر في بعض الفرضيات الأساسية التي وضعوها من قبل. ويُعتقد أن الهَبَائِيَّة أتت بإفرازات معقدة للغاية يحاول الإنسان إرجاعها إلى أصلها المنظم البسيط.

يبدو أن المعتقدات التقليدية التي تزعم وجود حدود بين عالمي النظام والهَبَائِيَّة قد ولى عهدها، وتمثل المعادلات اللاخطية السلوك الهَبَائِي المعقد ولا يمكن حلها بالطرق المألوفة، على عكس

المعادلات الخطية التي تنتهي بحلول سهلة وواضحة. وحالما يتوصل العلماء إلى المعادلات اللاخطية وإيجاد الحلول لها يصبح من اليسير التنبؤ بحصول الأحداث الهَبائية التي طالما أربع حدوثها المفاجئ سكان المعمورة. ويستعين العلماء اليوم ببعض المعادلات الهَبائية (اللاخطية) في معرفة تأثيرات الإستراتيجيات المختلفة للتخطيط في تطوير المدن ونمو المشاريع الاقتصادية وفي وظيفة الاقتصاد القومي برمته. كما يمكن بواسطة النماذج اللاخطية المعروفة تحسس النقاط الحرجة المحتملة لتلك الإستراتيجيات، كذلك المفاصل التي تؤدي فيها تغيرات طفيفة إلى حدوث تأثيرات كبيرة نسبياً.

هناك وقائع عديدة تؤكد وجود الهَباء في داخل أجسامنا، وفي مجتمعاتنا وفيما حولنا. فمن الجانب الطبي فقد وجد أن من أجهزة الجسم التي من الممكن أن يحدث فيها الهَباء هي القلب والدماغ وجهاز المناعة. فالقلب البشري له نموذج هَبائي، فالمدة الزمنية التي تقبع بين نبضة وأخرى لا يمكن أن تكون ثابتة ومتساوية، بل هي تعتمد على عامل الحيوية، أي على مدى النشاط الذي يبذله الشخص. وفي ظروف خاصة، يمكن لضربات القلب أن تتسارع، وفي ظروف أخرى مختلفة، يكون هناك اضطراب في ضربات القلب، يطلق في بعض الأحيان عليه النبض الهَبائي Chaotic Heartbeats. وفي الطب الحديث فإن مسار القلب الكهربائي يمكن أن يساعد الأطباء والمسعفين لإعادة ضربات القلب العشوائية والمضطربة إلى حالتها الطبيعية والمستقرة، بدلاً من الفوضى الجامحة. كذلك فإن ضغط الدم ممكن أن يكون سلوكه هَبائياً.

ومن الجانب الاقتصادي، فهناك العديد من الأمثلة الواقعية في هذا المضمار، ولعل آخرها الأزمة المالية العالمية الكبرى التي اجتاحت العالم في العقد الأول من الألفية الثالثة والتي هزت العالم الغربي وأدت إلى انهيار اقتصاد عدد من الدول. كذلك ما حدث في العام 1987 فيما يُعرف بيوم الاثنين الأسود لأسواق البورصة العالمية من انهيار شامل، وقد ساد الاعتقاد بأن الأزمة أن تجارة البورصة التي كانت تنظمها الحواسيب، حيث قيم الأسهم تحددها البرامج نوات السيطرة الذاتية، قد ألمت بها تلك الكارثة المالية بسبب تضخيم الواقع السيئ والأحداث الهامشية. وختاماً، ومن الجانب السياسي، فإن الأحداث التي يشهدها العالم العربي، بدءاً من تونس ثم مصر وليبيا واليمن وسوريا، لها شواهد حيّة على وجود الهَباء في النظم الواقعية.

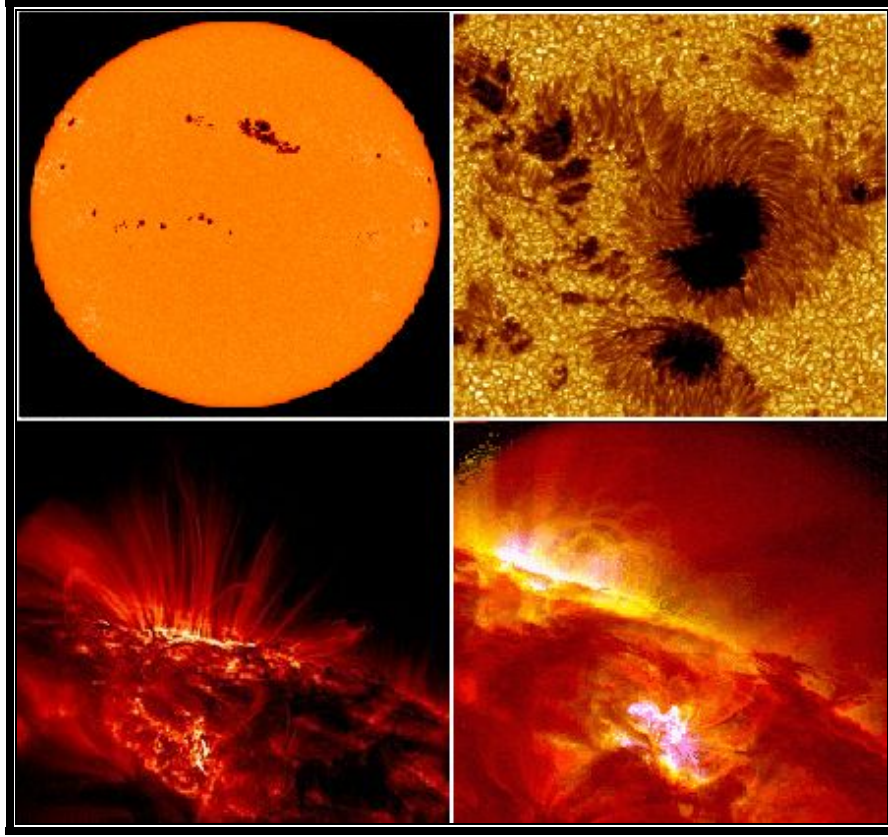
## 5- النظام الشمسي والهَبائية:

### 5-1 البقع الشمسية Sun Spots:

البقع الشمسية هي عبارة عن نُدب سوداء تقع على سطح الشمس بأشكال متنوعة وبمواضع متباينة. من الممكن أن تحتوي الشمس على مئات البقع الشمسية في فترات، ومن الممكن أن لا تحتوي على أي منها خلال فترات أخرى. إن البقع الشمسية هي ظاهرة دورية، إلا أن دورتها ذات طبيعة غير حتمية (تصادفية)، طول هذه الدورة نحو 11 سنة. اكتشف البقع الشمسية في



العام 28 قبل الميلاد أحد علماء الفلك الصينيين. وقد أكدت المراقبة بالتلسكوب لاحقا في السنة 1611م، أن هذه البقع موجودة حقا على الرغم من أن طبيعتها ظلت غامضة. ومنذ تلك الأيام تجري المراقبة المنتظمة للبقع الشمسية والتي هي مؤشر مرئي على النشاط المتواصل للشمس. يكون عدد هذه البقع الشمسية أكثر منه في أحيان أخرى، وفي مدى كل عشر سنوات أو إحدى عشرة كما في السنوات 1937م، 1947م، 1958م، تمكن العلماء من ملاحظة وجود بقع شمسية بأعداد كبيرة جدا. ولهذه البقع السوداء التي، وإذا ما واصلنا مراقبتها يوما بعد الآخر، وجدنا إنها تتحرك على سطح الشمس، ولكن هذا يدل في حقيقته على دوران الشمس حول نفسها. وبمراقبة البقع الشمسية تمكن العلماء من حساب سرعة دوران الشمس حول محورها، والوقت الذي تستغرقه لذلك.



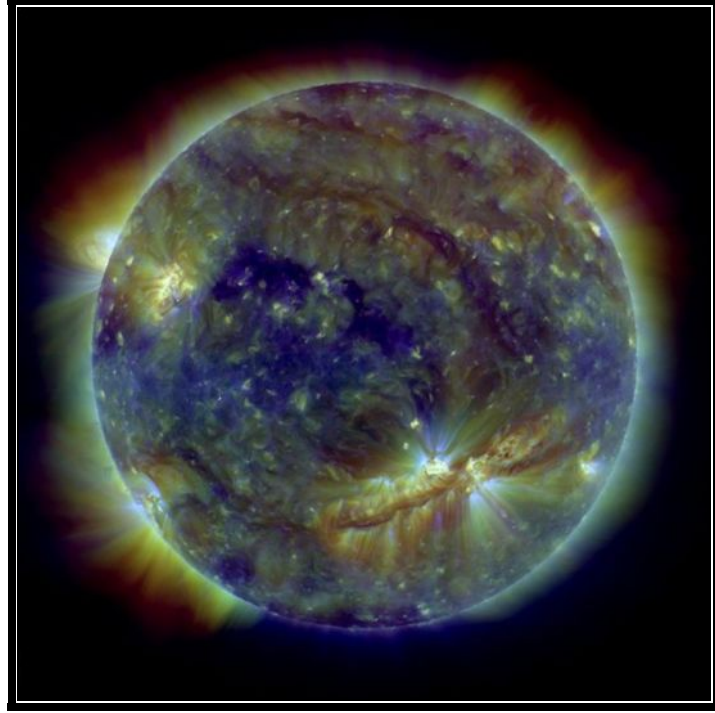
الشكل(3): البقع الشمسية.

يتراوح قطر هذه البقع بين 960 كلم إذا كانت منفردة و96 ألف كلم إذا كانت عبارة عن مجموعة بقع. وأكبر مجموعة بقع شمسية تم تسجيل وجودها حتى اليوم في ابريل 1947 كان قطرها نحو 130 ألف كلم. والبقعة الشمسية هي في الواقع مساحة من الغاز تكون أبرد من المساحة المحيطة بها من السطح المرئي للشمس ويظن أنها ناتجة عن حقول مغناطيسية قوية تسد التدفق الخارجي للحرارة إلى سطح الشمس من داخلها، وهذه البقع مكونة من موضع ظلمة

مركزي التي هي منطقة من الظلال المظلمة كليا وحرارتها تصل إلى 4000 درجة كلفن ( K ) أي ما يقارب 3700 درجة مئوية، ومكونة أيضا من منطقة شبه مظلمة حرارتها تصل إلى 5500 درجة كلفن ( K ) أي ما يقارب 5200 درجة مئوية. والشكلان الآتيان يوضحان صورة للبقع الشمسية أخذت في 22/تموز/2004، ومنظر التركيب التاجي فوق بقعة شمسية لوحظ في أكتوبر/تشرين الأول 2010، على التوالي (المصدر - الانترنت).



الشكل (4): صورة للبقع الشمسية أخذت في 22/تموز/2004.



الشكل (5): منظر التركيب التاجي فوق بقعة شمسية لوحظ في أكتوبر/تشرين الأول 2010.

## 12-2 عدد ولف Wolf Number:

إن عدد ولف، أو عدد البقع الشمسية النسبي Relative Sunspot Number، هو كمية يقاس بها عدد البقع الشمسية ومجموعات البقع الشمسية الموجودة على سطح الشمس، وقد أقترحه العالم السويسري رودولف ولف Rudolf Wolf وذلك في العام 1849. لقد جُمع هذا العدد من وحُسب بدءاً من العام 1700، وهناك بيانات يومية لهذا العدد متوافرة في المراصد الفلكية العالمية. إن عدد البقع الشمسية النسبي، يرمز له R، ويعدّ دليلاً عن النشاط الشمسي، ويحسب من الصيغة الآتية ( انظر أطروحة الدكتوراه غير المنشورة للباحث (Thanoon(1984):

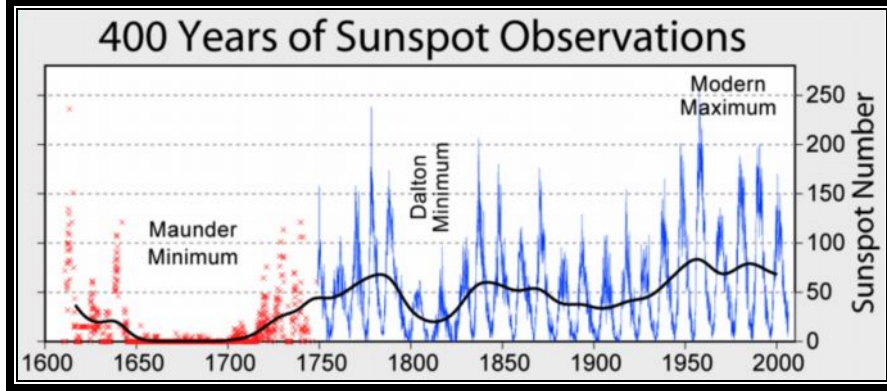
$$R = k (10 g + s),$$

إذ أن:

S يمثل عدد البقع الفردية، g يمثل عدد مجموعات البقع الشمسية، و k هو عامل يُعرف بعامل المرصد.

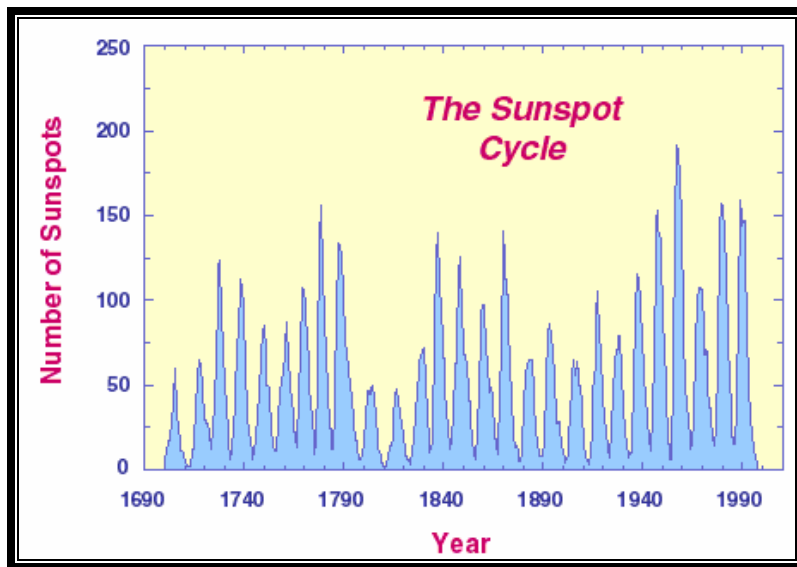
تتوافر البيانات الواقعية (المشاهدات) للبقع الشمسية بدءاً من العام 1700 صعوداً. كما يمكن الحصول على البيانات اليومية للبقع الشمسية يوميا بيوم من المراصد الفلكية العالمية، كالمركز البلجيكي والمرصد البريطاني في كرنج. والشكل الآتي يوضح البيانات السنوية للبقع

الشمسية ( عدد البقع الشمسية Sunspot Number ) للقرون الأربع الأخيرة (المصدر - الانترنت).



الشكل (6): البيانات السنوية للبقع الشمسية للقرون الأربع الأخيرة.

الرسم السابق يبين رسم الأعداد الملاحظة لعدد وولف للبقع الشمسية كدالة بدلالة الزمن (أي كمتسلسلة زمنية Time Series). فكما هو واضح فهناك اختلاف بين هذه الأعداد بين سنة وأخرى، إلا أن الطبيعة العامة لها هي التذبذب الدوري بدورة أمدها قرابة 11 سنة، في كل دورة هناك حد أعلى شمسي Solar Maximum، وتسمى هذه الدورة عادة بالدورة الشمسية Solar cycle. وتجدر الإشارة إلى أن آخر حد أعلى شمسي حدث في الفترة 1990-1991. لقد وجد بان نشاط البقع الشمسية دوري ويصل حده الأعلى نحو كل 9.5 إلى 11 سنة، معدل الحد الأعلى 10.4883 سنة / دورة. علما بان أول من لاحظ هذه الدورة العالم هينريتش شواب Heinrich Schwabe وذلك في العام 1843 (المصدر - الانترنت).



الشكل (7): الدورة الشمسية.

### 5-3 نمذجة البقع الشمسية:

لقد اهتم الباحثون في مسألة نمذجة البقع الشمسية. ومن الرواد بهذا المجال الفيزيائي البريطاني الألماني المولد السير فرانز آرثر فريدريك شوستر (1851 1934) Franz Arthur Friedrich Schuster الذي عُرف بعمله في مجال التحليل الطيفي، والكيمياء الكهربائية، والبصريات، وساهم في جعل جامعة مانجستر مركزا للفيزياء. إما الإحصائي الانكليزي جورج ودني يول (1871 – 1951) George Udny Yule، فقد ابتكر احد أهم النماذج التصادفية عند محاولته نمذجة البقع الشمسية.

هناك تاريخ حافل لنمذجة البقع الشمسية، وهناك العديد من النماذج الرياضية، الحتمية والتصادفية، المقترحة بهذا المجال. وندرج في أدناه ثلاثة نماذج تصادفية أحدها خطي، والآخران لا خطيان كان قد اقترحهما الباحث (1988) Thanoon و (1990) Thanoon، على التوالي. تتلخص فكرة النموذج غير الخطي الأول بوصف العلاقة غير خطية تُقَرَّب بواسطة قطع حكيمة خطية. أما فكرة النموذج غير الخطي الثاني فتتلخص بوصف العلاقة غير خطية تُقَرَّب بواسطة قطع حكيمة غير خطية. وسنذكر فقط الأجزاء الحتمية من النماذج، وان  $x_n$  ترمز لعدد ولف (عدد البقع الشمسية النسبي للسنة  $n$ ):

**النموذج الخطي:** اقترح هذا النموذج الباحثان Box and Jenkins في العام 1970:

$$x_n = 14.7 + 1.425x_{n-1} - 0.731x_{n-2}.$$

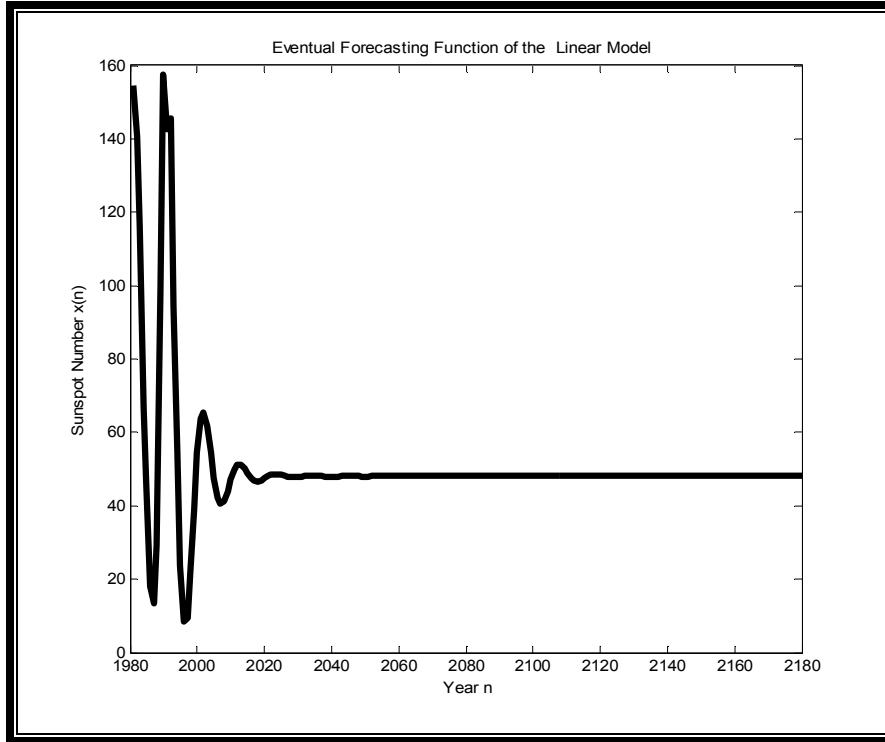
**النموذج اللاخطي الأول:** اقترح هذا النموذج الباحث (1988) Thanoon:

$$x_n = \begin{cases} 5.5802 + 1.6282x_{n-1} - 1.0749x_{n-2} + 0.3251x_{n-3} + 0.1119x_{n-8}, \\ \quad \text{if } x_{n-3} \leq 36.6 \\ 8.1678 + 0.7064x_{n-1} - 0.2070x_{n-3} + 0.1092x_{n-4} - 0.1348x_{n-5} \\ \quad + 0.1575x_{n-9} - 0.3444x_{n-10} + 0.3948x_{n-11}, \text{ if } x_{n-3} > 36.6 \end{cases}$$

**النموذج اللاخطي الثاني:** اقترح هذا النموذج الباحث (1990) Thanoon:

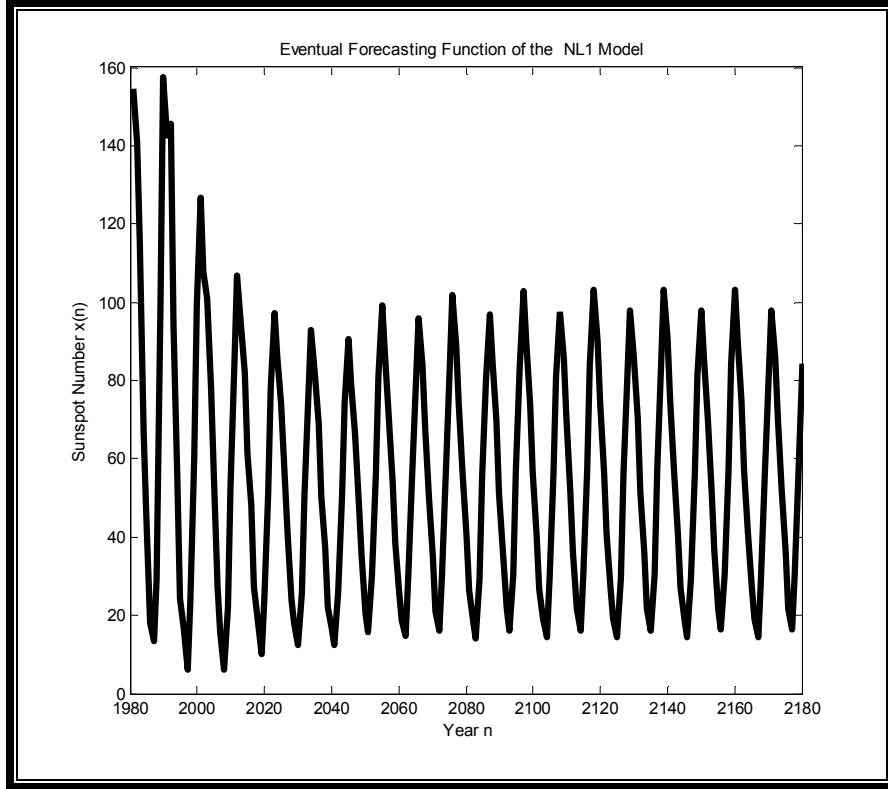
$$x_n = \begin{cases} 13.136 + 1.536x_{n-1} + (-0.035x_{n-1} + 0.052x_{n-2})x_{n-2} + \\ (-1.706 + 0.05x_{n-1} - 0.1222x_{n-2} + 0.07x_{n-3})x_{n-3} + \\ (0.011x_{n-1} + 0.016x_{n-2})x_{n-4}, \text{ if } x_{n-3} \leq 36.6 \\ 7.804 + 0.743x_{n-1} - 0.04x_{n-2} - 0.02x_{n-3} + 0.173x_{n-4} - \\ 0.227x_{n-5} + 0.019x_{n-6} + 0.161x_{n-7} + 0.256x_{n-8} + \\ 0.320x_{n-9} - 0.389x_{n-10} + 0.431x_{n-11} - 0.040x_{n-12}, \text{ if } x_{n-3} > 36.6 \end{cases}$$

لدراسة السلوك بعيد المدى لهذه النماذج، يمكننا الاستعانة بما يُعرف بدالة التكهن النهائي لدراسة السلوك بعيد المدى لهذه النماذج، يمكننا الاستعانة بما يُعرف بدالة التكهن النهائي (EFF) Eventual Forecasting Function. ويتم حساب قيم هذه الدالة وذلك بتغذية النموذج بقيم ابتدائية، ثم إجراء عملية توليد متعاقب. وقد اختيرت القيم الابتدائية لكي تكون البيانات الواقعية للبقع الشمسية للسنوات 1981-1994، ويمكن تغيير هذه القيم دون التأثير في النتيجة النهائية ( يمكن الحصول على بيانات البقع الشمسية من المراصد الفلكية العالمية مثل مرصد غرينيتش الملكي The Royal Greenwich Observatory في المملكة المتحدة ).



الشكل (8): دالة التكهن النهائي للنموذج الخطي.

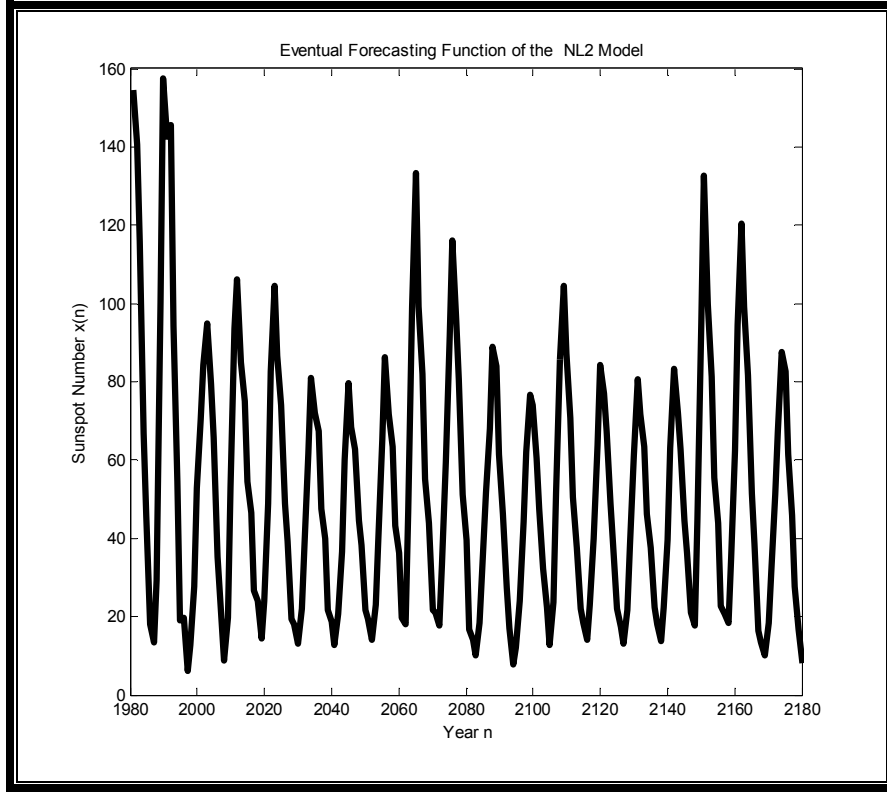
وكما هو متوقع، فان هذا النموذج الخطي يعطي نقطة نهاية قيمتها 48.0393. أي انه، وحسب هذا النموذج، فان عدد البقع الشمسية سوف يستقر بعد زمن طويل عند نحو 48، وهذه النتيجة تتنافى مع الطبيعة الدورية للبقع الشمسية. لذا فان هذا النموذج يعجز عن وصف الطبيعة الدورية للبقع الشمسية.



الشكل (9): دالة التكهّن النهائي للنموذج اللاخطي الأول.

وبتشغيل البرنامج على فترة زمنية أطول، يجهزنا بدالة التكهّن النهائي الآتية:  
{ 14.3685, 29.4650, 56.0659, 81.2404, 97.8968, 85.9951, 70.5933,  
51.7103, 36.4776, 21.8040, 16.2413, 30.4105, 57.3161, 84.2005,  
103.3822, 90.6154, 74.6915, 56.8047, 40.7628, 26.9108, 19.1648,  
14.3685,...}.

وكما هو واضح فإن هذه المتتالية تمثل دورة نهاية مستقرة أمدها 22 سنة، ومؤلفة من دورتين: الدورة الأولى أمدها 11 سنة وتتضمن 5 سنوات صعود تليها 6 سنوات هبوط. والدورة الثانية أمدها 11 سنة أيضاً، ولكنها مؤلفة من أربع سنوات صعود تعقبها سبع سنوات هبوط. فهذا النموذج اللاخطي يعطي وصفاً أفضل لهذه الظاهرة الدورية، ويبين بان دورتها مركبة من دورتين جزئيتين أمد كل منهما 11 سنة.



الشكل (10): دالة التكهّن النهائي للنموذج اللاخطي الثاني.

لاحظ أن نتيجة هذا النموذج اقرب إلى طبيعة البقع الشمسية من النموذج السابق، على وجه الخصوص لاحظ أن الاختلاف في الحافات العليا أكثر بكثير من ذلك في الحافات السفلى، تماما كما هو الحال في البيانات الواقعية. إن دالة التكهّن النهائي التي يجهزها بها هذا النموذج هي أيضا ذات طبيعة دورية، إلا أنها غير مستقرة، وسلوكها أشبه ما يكون بالسلوك الهبائي. كما أن هذا السلوك هو ذو طبيعة مشابهة للبيانات الواقعية. وهذا يعطي مؤشراً واضحاً على أن البقع الشمسية هي ظاهرة هبائية، وأن النظام الشمسي هو نظام هبائي. ونشير إلى أن هذه النتيجة تتسجم مع أحدث الدراسات والتي تُظهر أن النظام الشمسي هو نظام هبائي.

#### 6- تجربة عملية:

نختتم هذا البحث بتجربة عملية للإجابة عن السؤال الآتي: هل يمكن من الناحية العملية لظاهرة ما الانتقال من حالة شبه العدم، إلى حالة الهباء، ثم إلى النظام والاستقرار، أو بالعكس؟ ونقدم فيما يأتي خوارزمية سهلة تستخدم التطبيق اللوجستي كنموذج رياضي يحقق الغرض المطلوب.

الخوارزمية (1): (الانتقال شبه العدم، إلى الهباء، ثم إلى النظام اعتماداً على النموذج اللوجستي)

الخطوة (1): نفرض قيمة أولى للمعلمة  $r$ ، ولتكن  $r_1$ .



**الخطوة (2):** نفرض قيمة ابتدائية للمتغير، ولتكن  $x_0$ ، وبحيث تكون قريبة جدا من الصفر.  
**الخطوة (3):** نحدد طول الفترة الأولى، فترة الانتقال من حالة شبه العدم إلى المرحلة الأولى، ولتكن  $t_1$ .

**الخطوة (4):** نوّلد مشاهدات الفترة الأولى (فترة شبه العدم) من النموذج اللوجستي:

$$X_1 = \{x_{n+1} = r_1 x_n (1 - x_n), n = 0, 1, 2, \dots, t_1 - 1\},$$

وبحيث تكون  $1 < r_1 \leq 3$ .

**الخطوة (5):** نحدد طول الفترة الثانية، الفترة الهائية، ولتكن  $t_2$ .

**الخطوة (6):** نبذل قيمة المعلمة  $r_1$  إلى قيمة أخرى، ولتكن  $r_2$ ، وبحيث تكون  $3 < r_2 \leq 4$ .

**الخطوة (7):** نوّلد مشاهدات الفترة الثانية من النموذج اللوجستي:

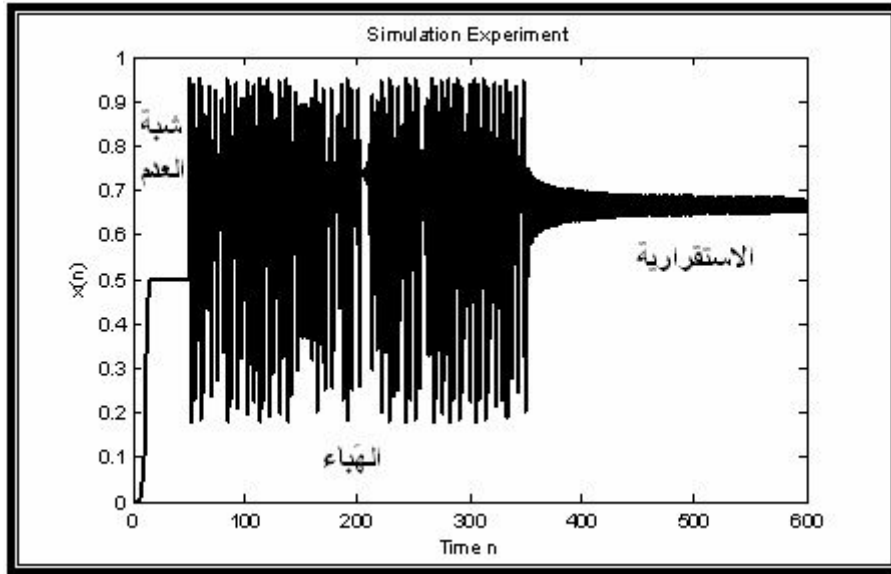
$$X_2 = \{x_{n+1} = r_2 x_n (1 - x_n), n = t_1, \dots, t_1 + t_2 - 1\}.$$

**الخطوة (8):** نحدد طول الفترة الثالثة، فترة النظام والاستقرار، ولتكن  $t_3$ .

**الخطوة (9):** نبذل قيمة المعلمة  $r_2$  إلى قيمة أخرى، ولتكن  $r_3$ ، وبحيث تكون  $1 < r_3 \leq 3$ .

**الخطوة (10):** نوّلد مشاهدات الفترة الثالثة من النموذج اللوجستي:

$$X_3 = \{x_{n+1} = r_3 x_n (1 - x_n), n = t_1 + t_2, \dots, t_1 + t_2 + t_3 - 1\}.$$



الشكل (11): الانتقال من شبه العدم إلى الهياة، ثم إلى النظام والاستقرارية باستخدام التطبيق اللوجستي.

احمد ، يوسف الحاج (2007) "موسوعة الإعجاز العلمي في القران الكريم والسنة المُطهّرة"، مكتبة ابن حجر.

الخفاجي ، اسعد (1995) " مقدمة في مفاهيم الكيوسية" ، مجلة علوم وفلسفة، العدد 79.

الخياط، باسل يونس ذنون (2011) "مدخل إلى النمذجة الرياضية باستخدام MATLAB"، دار ابن الأثير للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

Galor, Oded " **Discrete Dynamical Systems**", Springer, 2007.

Gulick, Denny, " **Encounters with Chaos**", McGraw–Hill, Inc., 1992.

Thanoon, B.Y. (1984) "**A Study of Threshold Autoregressive Models with some Applications**", Unpublished Ph.D. Thesis, University of Manchester,UK.

Thanoon, B.Y. (1988) "**Subset threshold autoregression with applications**", J. Time Series Analysis, Vol. 11, No.1.

Thanoon, B.Y. (1990) "**A threshold model with piece–wise linear dynamics for sunspot series**", J. Univ. Kuwait (Sci.), 17.