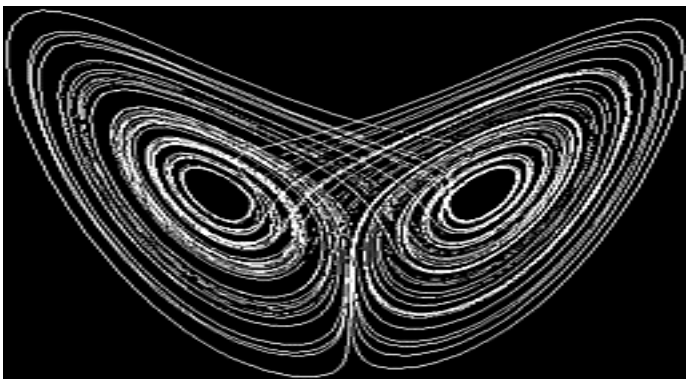
"تأثير الفراشة" أو العنصر الفوضوي في التنبؤات الجوية[1]

بقلم: **مارتن بينيستون**[2] Martin Beniston

ترجمة: **بعزيز سيهام**

شعبان هجيرة

يُعتبر الطابع غير الخطي[3] لنظام التنبؤ الجوي من العيوب الأساسية للتنبؤات. تراعي ميكانيك الموائع المستخدمة لوصف التغيرات الجوية هذا الطابع غير الخطي؛ على سبيل المثال، فالتغيّر في خاصية من الخواص الفيزيائية–الكيميائية للهواء (السرعة، الضغط، الحرارة، الرطوبة، تركيز الملوثات) يتوقف على التدفق في الهواء الطلق. وهذا التدفق يتوقف على سرعة الهواء ذاته. ومن ثمّ ظهرت اللاخطية المذكورة أعلاه... في سنة 1963، كان إدوارد لورنز[4] Edward Lorenz، عالم الأرصاد الجوية في معهد ماساشوستس Massachusetts التكنولوجي (MIT)، من الأوائل الذين اكتشفوا الآثار المترتبة عن هذه الاعتبارات على الموائع، مثل الهواء في الغلاف الجوي.



[1] العنوان الأصلي للمقالة:

« L'EFFET PAPILLON » OU L'ÉLÉMENT CHAOTIQUE DANS LES PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES

موقعها:

/http://www.breves-de-maths.fr/effet-papillon-ou-element-chaotique-dans-le-systeme-climatique

[2] انظر: https://www.unige.ch/climate/staff/

جامعة جنيف Genève، موقعها: https://www.unige.ch/

[3] انظر: https://fr.wikipedia.org/wiki/Non-lin%C3%A9arit%C3%A9

[4] انظر:

https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/mathematiques-grand-mathematicien-meteorologue-edward-lorenz-decede-15300/

جاذب لورنز Lorenz، أو كيفية إظهار –ضمن فضاء الأطوار– مسارات تمثل استجابة النظام لشروط ابتدائية مختلفة. تتغير الحالة الجوية لهذا النظام البسيط من البرودة إلى الحرارة بصفة تبدو عشوائية.

في ذلك الوقت، طور هذا الباحث نموذجا بسيطا نسبيا، واستخدمه لفهم سلوك الجو الافتراضي عندما يخضع لتغيرات في درجة الحرارة قادرة على تعديل شدة تدفق الحمل الذي ينظم الحرارة في النظام.

يبيّن حل معادلات لورنز أن نظام التنبؤ الجوي يمكن أن ينتقل من حالة إلى أخرى بصفة تبدو عشوائية، كما هو موضح في الشكل أعلاه. تُظهر الحلقتان مسارات في فضاء الأطوار[5] تمثل، من جهة، حالة "البرودة"، ومن جهة أخرى حالة "الحرارة". أما الخطوط فتمثل مسارات في فضاء الأطوار تنتقل من حالة إلى أخرى. نلاحظ أنه حتى لو كانت تلك الخطوط قريبة من بعضها البعض، فإنها لا تتقاطع ولا تتطابق أبدا.

وفي هذا السياق، كشف نموذج لورنز عن صعوبة التنبؤ بتغير الطقس لأن إحدى الخصائص الأساسية للديناميكية الفوضوية هي حساسية الحلول للشروط الابتدائية. ذلك أن التغيرات –حتى إن كانت طفيفة– في معطيات الشروط الابتدائية المفروضة على النظام يمكن أن تؤدي إلى إختلافات كبيرة في وضع النظام بعد فترة من الزمن.

واستنادا إلى هذه الاعتبارات، ذاع صيت المصطلح "تأثير الفراشة" واكتسح لغة الشارع معبرا عن أن رفرفة أحد جناحي الفراشة في مكان من العالم قد يؤدي إلى حدوث ظواهر مناخية استثنائية في منطقة أخرى من العالم، مثل الأعاصير المدارية. وهكذا تكشف فوضى الطبيعة الحقيقة القائلة بأن الاختلال على مستوى معين لا يتعارض مع الانتظام على مستوى آخر.

للاستزادة:

- شريط حول الفوضى، مغامرة رياضياتية، موقعه: http://www.chaos-math.org/fr
  لجوس ليس Jos Leys، صفحته: http://www.josleys.com/
  وإتيان جيس Étienne Ghys، صفحته: http://perso.ens-lyon.fr/ghys/cv/
  وأوريلين ألفاريز Aurélien Alvarez، صفحته: https://www.idpoisson.fr/
- مقال عن هذا الموضوع في مجلة Interstices،
  https://interstices.info/leffet-papillon-nexiste-plus/
  https://interstices.info/
- صفحة في الموسوعة الحرة حول جاذب لورنز Lorenz، بعدة لغات منها العربية:
  https://en.wikipedia.org/wiki/Lorenz_system
- المقال الأصلي للورنز (1963):

[5] انظر: https://fr.wikipedia.org/wiki/Espace_des_phases

https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469%281963%29020%3C0130%3ADNF%3E2.0.CO%3B2

مصدر الصورة: The Stone Soup.