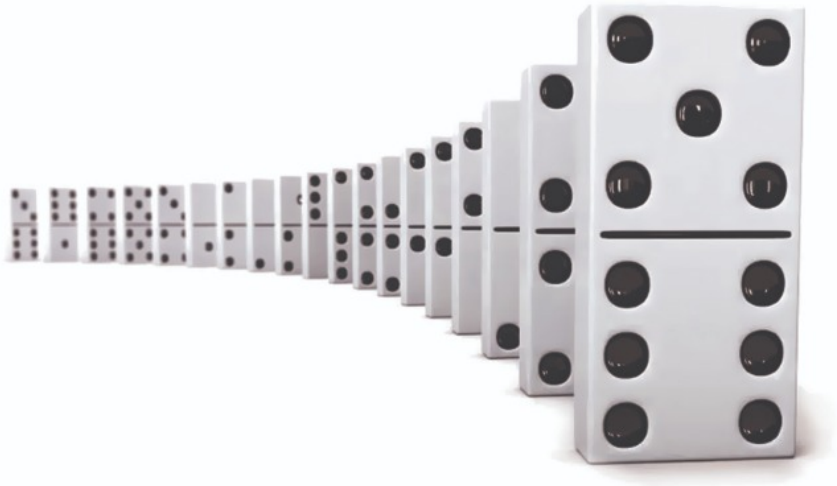
دونيلا هـ . ميدوز
تحرير ديانا رايت

التفكير بالأنظمة



علم الأنظمة من أجل فهم أفضل للحياة
والعلاقات بين الاشياء من حولنا

آفاق

ترجمة: بسمة ناجي

دونيلا هـ . ميدوز
تحرير ديانا رايت

التفكير بالأنظمة

علم الأنظمة من أجل فهم أفضل للحياة
والعلاقات بين الاشياء من حولنا

ترجمة: بسمة ناجي

التفكير بالأنظمة

دونيلا هـ. ميدوز

- المؤلف: دونيلا هـ. ميدوز
- العنوان: التفكير بالأنظمة - علم الأنظمة من أجل فهم أفضل للحياة والعلاقات بين الأشياء من حولنا
- ترجمة: بسمة ناجي
- الطبعة: الأولى 2024
- تصميم الغلاف: عمرو الكفراوي
- مستشار النشر: سوسن بشير
- المدير العام: مصطفى الشيخ

رقم الإيداع:
٢٠٢٣ / ١٦٢٤٦
الترقيم الدولي : ISBN
978 - 977-765 - 396 - 1

جميع الحقوق محفوظة. لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه، أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات، أو نقله بأي شكل من الأشكال دون إذن مسبق من الناشر.

All rights are reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means without prior permission in writing from the publisher.

Afaq Bookshop & Publishing House

1 Kareem El Dawla st. - From Mahmoud Basiuny st. Talaat Harb
CAIRO – EGYPT - Tel: 00202 25778743 - 00202 25779803 Mobile: +202-01111602787
E-mail:afaqbooks@yahoo.com – www.afaqbooks.com

١ شارع كريم الدولة- من شارع محمود بسيوني - ميدان طلعت حرب- القاهرة - جمهورية مصر العربية
ت: ٢٥٧٧٨٧٤٣ ٠٠٢٠٢ - ٢٥٧٧٩٨٠٣ ٠٠٢٠٢ - موبايل: ٠١١١١٦٠٢٧٨٧

دونيلا هـ. ميدوز

التفكير بالأنظمة

علم الأنظمة من أجل فهم أفضل للحياة والعلاقات بين الأشياء من حولنا

تحرير

ديانا رايت

ترجمة

بسمة ناجي

آفاق للنشر والتوزيع

هذه ترجمة كتاب:

Thinking in Systems

by Donella Meadows

Copyright (c) 2008 by Sustainability Institute Afaq for Publishing edition published by arrangement with Chelsea Green Publishing Co, White River Junction, VT, USA www.chelseagreen.com

جميع الحقوق محفوظة

© آفاق للنشر والتوزيع

All rights reserved

© **Afaq** *Publishing House* 2023

إلى دانا

(1941-2001)

وكل من تعلموا منها.

كلمة المؤلفة

هذا الكتاب هو خلاصة عمل العشرات من المُبدعين في مجال نمذجة النُّظُم وتدريسها لثلاثين عامًا. معظم هؤلاء المُبدعين من أعضاء مجموعة ديناميكا الأنظمة بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، أو متأثرون بها، وعلى رأسهم جاي فوريستر، مؤسس المجموعة التي ضمت أساتذتي، والطلاب الذين أصبحوا أساتذتي: إد روبرتس، وجاك بوج، ودينيس ميدوز، وهارتموت بوسيل، وباري ريتشموند، وبيتر سينج، وجون ستيرمان، وبيتر ألين، كما استخلصتُ هنا من لغة وأفكار وأمثلة واقتباسات وكتب وتقاليد مجتمع فكري أكبر، أُقدِّم احترامي وامتناني لجميع أفراده.

استندتُ هنا أيضًا إلى أفكار خبراء في عدة تخصصات، ممن لم يستخدموا جهاز كمبيوتر لمحاكاة نظام ما، على حد علمي، ولكنهم مفكرون نُظُميون بالطبيعة. من بين هؤلاء: جريجوري باتسون، وكينيث بولدينج، وهيرمان دالي، وألبرت أينشتاين، وجاريت هاردين، وفاسلاف هافيل، ولويس مومفورد، وجونار ميردال، وإي إف شوماخر، وعدد من المديرين التنفيذيين لشركات حديثة، والعديد من المصادر المجهولة للحكمة القديمة، من الأمريكيين الأصليين إلى صوفيي الشرق الأوسط. صُحبة عجيبة، لكن التفكير النُّظُمي يتجاوز التخصص والثقافات، وحين يُطَبَّق بشكل صحيح، فإنه يتجاوز التاريخ أيضًا.

بعدما تحدثتُ عن سمو الفكرة، أحتاجُ إلى الاعتراف بالتحزُّب أيضًا. يستخدم محللو الأنظمة مفاهيم شاملة، لكنهم بشر في النهاية، وبالتالي، فقد شكَّلوا العديد من مدارس عِلم الأنظمة المنقسمة على نفسها. استخدمتُ هنا لغة ديناميكا الأنظمة ورموزها، المدرسة التي تعلمتُ فيها، وقدمتُ جوهر نظرية الأنظمة فحسب، ولم أتعمق في شرح تعقيداتها. أنا لا أتعامل مع النظريات المجردة ولا أهتم بالتحليل إلا حين أرى كيف يساعد ذلك في حل المشكلات الحقيقية. حين تُحقق نظرية الأنظمة المجردة ذلك، وهو ما أعتقد أنه سيحدث يومًا ما، يجب تأليف كتاب آخر.

لذلك لزم التنويه بأن هذا الكتاب متحيز وغير مكتمل، كحال جميع الكتب. يوجد المزيد لتعرفه عن التفكير النُّظُمي أكثر مما قدمتُه لك هنا لتكتشف ما إذا كنت مهتمًّا، وأحد مقاصدي من تأليف هذا الكتاب أن أجعلك مهتمًّا. مقصد آخر، وهو الأهم، أن أمنحك أساسيات فهم الأنظمة المعقدة والتعامل معها، حتى لو بدأَتْ فترة تدريبك على التعامل مع الأنظمة وانتهَتْ بقراءتك هذا الكتاب.

دونيلا ميدوز، 1993

كلمة المحررة

في عام 1993، أكملت دونيلا ميدوز، دانا، مُسوَّدَة الكتاب الذي بين يديك الآن. لم تُنشر المخطوطة حينها، لكن تم تداولها بشكل غير رسمي لسنوات. تُوفيت دانا فجأة في عام 2001، قبل أن تكمل هذا الكتاب. في السنوات التي تلت وفاتها، اتضح أن كتاباتها واصَلَت مساعدة القراء على نطاقٍ واسع. كانت دانا باحثة وكاتبة، وواحدة من أفضل المتحدثين في عالم نمذجة النُّظُم.

في عام 1972، شاركت دانا كمؤلفة رئيسة في كتاب «حدود النمو»، الكتاب الأكثر مبيعًا والمترجم على نطاق واسع. اليوم، يُشار إلى التحذيرات التي أصدرتها هي وزملاؤها على أنها أدق التحذيرات حول كيف يمكن للأنماط غير المستدامة، إذا لم تتم السيطرة عليها، أن تنشر الفوضى في العالم. احتل الكتاب عناوين الصحف في جميع أنحاء العالم لملاحظاته التي تفيد بأن النمو المستمر في عدد السكان والاستهلاك قد يُلحِقان أضرارًا بالغة بالنُّظُم البيئية والأنظمة الاجتماعية التي تُدعِّم استمرار الحياة على الأرض، وأن السعي المحموم وراء تحقيق النمو الاقتصادي قد يؤدي في النهاية إلى تعطيل العديد من المجتمعات المحلية والإقليمية، والأنظمة العالمية. ما زالت النتائج الواردة في ذلك الكتاب وتحديثاته تتصدر الصفحات الأولى للصحف مع وصولنا إلى ذروة استهلاك النفط، ومواجهة تغيرات المناخ، ومتابعة عالم من 6.6 مليار شخص يتعامل مع العواقب المدمرة للنمو المادي.

باختصار، ساعدَت دانا في تقديم مدخل لفكرة أنه يتعين علينا إجراء تعديلات كبرى في رؤيتنا للعالم وأنظمته من أجل تصحيح مسارنا. اليوم، صار التفكير النُّظُمي مقبولًا على نطاق واسع كأداة حاسمة لمعالجة العديد من التحديات البيئية والسياسية والاجتماعية والاقتصادية التي نواجهها في جميع أنحاء العالم. يمكن للأنظمة، كبيرة كانت أم صغيرة، أن تنتهج سلوكيات متشابهة، وقد يكون فهم هذه السلوكيات أفضل أمل لنا لإجراء تغيير مستديم على مستويات متعددة. أرادت دانا بتأليفها الكتاب تقديم هذا المفهوم لجمهور أوسع، لذا قررتُ أنا وزملائي في معهد دراسات الاستدامة أن الوقت قد حان لنشر مخطوطتها بعد وفاتها.

هل سيساعد العالم، ويساعدك أيها القارئ، صدور كتاب آخر؟ أظن ذلك. ربما تعمل في شركة، أو تمتلك شركة، وتجتهد لترى كيف سيسهم عملك أو مؤسستك في خلق عالم أفضل. أو قد تكون

من واضعي السياسات، ترى «مقاومة» الآخرين لأفكارك النافعة ونواياك الحسنة. ربما تكون مديرًا تعمل بجد لإصلاح بعض المشكلات المؤثرة في شركتك أو مجتمعك، فقط لتتفرغ لمواجهة تحديات أخرى تظهر بعدها، وهكذا. كمدافع عن التغيير في دور المجتمع (أو الأسرة)، وما يُقدِّره ويحميه، قد ترى في بعض ردود الأفعال المتهورة انتكاسة لسنوات من التقدم. كمواطن في مجتمع عالمي، قد تشعر بالإحباط من مدى صعوبة إحداث تغيير إيجابي ومستديم.

في هذه الحالة، قد يساعدك هذا الكتاب. قد يجد المرء عشرات الكتب حول «نمذجة الأنظمة» و«التفكير النُّظُمي»، لكن هذا لا ينفي وجود احتياج حقيقي إلى كتاب بسيط وملهِم حول الأنظمة ونحن -لماذا نراها محيرة أحيانًا وكيف نتعلم إدارتها بشكل أفضل وإعادة تصميمها؟

في وقت تأليفها لهذا الكتاب، كانت دانا قد أنهت تحديثًا بعنوان «ما وراء الحدود»، أجرته لكتاب «حدود النمو» بعد عشرين عامًا من صدوره. عملت دانا كباحثة في مجالات حماية البيئة، وعضو لجنة البحث والاستكشاف في مجتمع ناشيونال جيوجرافيك، وأستاذة الأنظمة والبيئة والأخلاقيات في كلية دارتموث. في جميع جوانب عملها، كانت منغمسة في أحداث اليوم. لقد فهمَت أن هذه الأحداث هي السلوك الخارجي لأنظمة معقدة في كثير من الأحيان.

حُرِّرَت مخطوطة دانا الأصلية وأعيدت هيكلتها، إلا أن العديد من الأمثلة التي ستجدها في هذا الكتاب هي من مسودتها الأولى المُدوَّنة عام 1993. قد تبدو لك قديمة بعض الشيء، ولكني اخترتُ الاحتفاظ بها عند تحرير الكتاب، إذ رأيتُ أن حكمتها ذات صلة بواقعنا المعاصر كما كانت في حينها. في أوائل التسعينيات، تفكك الاتحاد السوفييتي وحدثت تحولات كبرى في البلدان الاشتراكية الأخرى. وُقِّعت اتفاقية التجارة الحرة لأمريكا الشمالية. اجتاح الجيش العراقي الكويت ثم انسحب وأحرق حقول النفط في أثناء انسحابه. أُطلِقَ سراح نيلسون مانديلا من السجن، وأُلغيت قوانين الفصل العنصري في جنوب إفريقيا. انتُخِبَ زعيم حزب العمال ليخ فاليسا رئيسًا لبولندا، وانتُخِبَ الشاعر فاتسلاف هافيل رئيسًا لتشيكوسلوفاكيا ثم التشيك. أصدرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تقريرها التقييمي الأول، وخلُصت إلى أن «الانبعاثات من الأنشطة البشرية تزيد تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي بشكل كبير، ما سيعزز تأثير الاحتباس الحراري وينتج عنه ارتفاع إضافي في درجة حرارة سطح الأرض». كما عقدت الأمم المتحدة مؤتمرًا في ريو دي جانيرو حول البيئة والتنمية.

في أثناء سفرها لحضور الاجتماعات والمؤتمرات حينها، قرأت دانا إنترناشونال هيرالد تريبيون، وخلال أسبوع واحد وجدت العديد من الأمثلة على الأنظمة التي تحتاج إلى إدارة أفضل أو إعادة تصميم بالكامل. وجدتها في الصحف لأننا نراها في كل مكان من حولنا كل يوم. بمجرد أن تبدأ في رؤية الأحداث اليومية كجوانب من توجهات، وهذه التوجهات كدلائل على الهيكل الأساسي للنظام، ستتمكن من التفكير في طرق جديدة للإدارة وطرق جديدة للعيش في عالم من الأنظمة المعقدة. بنشر مخطوطة دانا، آمل في زيادة قدرة القراء على فهم الأنظمة من حولهم والتحدث عنها والعمل من أجل التغيير الإيجابي.

آمل أن تكون هذه المقدمة المختصرة البسيطة عن الأنظمة وكيف نفكر فيها أداة مفيدة في عالم يحتاج بسرعة إلى تغيير السلوكيات الناشئة عن أنظمة معقدة للغاية. هذا كتاب بسيط يخرج لعالمٍ معقد وعنه. إنه كتاب لمن يريدون المساهمة في تشكيل مستقبل أفضل.

ديانا رايت، 2008-

إذا هُدِم مصنع وظلّت العقلية التي أنشأته قائمة، فإن تلك العقلية ستُنشِئ مصنعًا آخَر ببساطة. إذا أطاحت الثورة بحكومة، لكنها أبقت على الأنماط الفكرية المنهجية التي أنتجت تلك الحكومة، فستُكرر هذه الأنماط نفسها. نتحدث كثيرًا عن النظام، لكن قليلًا ما نفهمه.

زِن وفنُّ صيانة الدراجة النارية»، روبرت بيرسيج»

مقدمة

عدسة الأنظمة

لا يواجه المديرون مشكلات منفصلة بعضها عن بعض، بل يواجهون مواقف مضطربة تنتُجُ عن مشكلات مختلفة تتفاعل بعضها مع بعض في أنظمة معقدة. أُسمي هذه المواقف فوضى. المديرون لا يحلون مشكلات، بل يديرون فوضى.

راسل أكوف، مُنظر لعلم إدارة العمليات والتفكير النُّظُمي وعلوم الإدارة1.

في بدايات عملي كمُدرسة لعلم الأنظمة، كنت أستعين بلُعبة سلِينكي. لو أنك لم تلعب بها في طفولتك، فسلينكي هي عبارة عن سوستة طويلة ومرنة يمكنك دفعها لأعلى ولأسفل، أو من يد إلى يد، أو تركها تهبط الدرج تلقائيًّا.

في قاعة المحاضرات، كنت أضع سلينكي على كف، ثم أمسك بجزء من لفائفها من أعلى بأصابع اليد الأخرى. بعدها، أسحب الكف السفلية بعيدًا، فيرتد الطرف السفلي من لفائف سلينكي لأعلى ولأسفل نحو الجزء المُعلق بأصابع الكف العليا، كلُعبة يويو.

ما الذي جعل لُعبة سلينكي تتقافز صعودًا وهبوطًا هكذا؟» كنت أسأل الطلاب. «يدك. لقد أبعدتِ يدك».

لذا كنت ألتقط علبة السلينكي وأمسكها بنفس الطريقة، أضعها على كف مفتوحة، ثم أمسكها من أعلى بأصابع اليد الأخرى، وبأقصى جدية مسرحية يمكنني ادعاؤها، أسحب اليد السفلية.

لا شيء يحدث. يظل الصندوق معلقًا بالطبع.

والآن، ما الذي جعل سلينكي تقفز صعودًا وهبوطًا؟».

يكمن الجواب بوضوح في طبيعة لُعبة سلينكي. إن الأيدي التي تتلاعب بها تكبَحُ أو تُطلق بعض السلوكيات الأصيلة في السوستة ذاتها فحسب.

هذا هو جوهر نظرية الأنظمة.

بمجرد فهمنا للعلاقة بين الهيكل والسلوك، يمكننا فهم كيفية عمل الأنظمة، وما الذي يجعلها تُقدِّم نتائج متدنية، ونكتشف كيفية توجيهها إلى أنماط سلوك أفضل. بينما يواصل عالمنا تغيره السريع، ويصبح أكثر تعقيدًا، سيساعدنا التفكير النُّظُمي على رؤية طيف الخيارات الواسع أمامنا

وإدارته والتكيف معه. إنها طريقة تفكير تمنحنا الحرية اللازمة لتحديد الأسباب الجذرية للمشكلات ورؤية الفرص الجديدة.

إذن، ما هو النظام؟ النظام عبارة عن مجموعة أشياء أو أشخاص أو خلايا أو جزيئات، أو أيًّا كان، مترابطة بطريقةٍ ما تجعلهم ينتجون نمطًا سلوكيًّا خاصًّا بهم بمرور الوقت. قد يتعرض النظام لاصطدام، أو تقييد، أو تحفيز، أو توجيه من قِبَل قوى خارجية، لكن شكل استجابة النظام لهذه القوى خاصة به، ونادرًا ما تكون هذه الاستجابة بسيطة في العالم الحقيقي.

حين يتعلق الأمر بألعاب سلينكي، فإن هذه الفكرة بسيطة بما يكفي لفهمها. عندما يتعلق الأمر بالأفراد أو الشركات أو المدن أو الاقتصادات، قد تراه هرطقة. النظام، إلى حدٍّ كبير، يخلق سلوكه! قد يُحفِّز حدث خارجي هذا السلوك، لكن وقوع نفس الحدث الخارجي على نظام مختلف سيؤدي إلى نتيجة مختلفة على الأرجح.

فكِّر للحظة في تداعيات هذه الفكرة:

- لا يتسبب القادة السياسيون في حدوث ركود أو طفرات اقتصادية. الصعود والهبوط متأصل في هيكل اقتصاد السوق.
- نادرًا ما يتسبب المنافسون في خسارة شركة لحصتها من السوق. قد يستفيد المنافسون من حدوث ذلك، لكن الشركة الخاسرة تتسبب في خسائرها، جزئيًّا على الأقل، من خلال سياساتها التجارية.
- الدول المصدرة للنفط ليست وحدها المسؤولة عن ارتفاع أسعار النفط. لن تؤدي إجراءاتهم وحدها إلى ارتفاع الأسعار العالمية والفوضى الاقتصادية إذا لم يؤدِّ فرط استهلاك النفط والتسعير وسياسات الاستثمار في الدول المستوردة للنفط إلى بناء اقتصادات معرَّضة دومًا لخطر انقطاع الإمدادات.
- لا يهاجمك فيروس الأنفلونزا، بل أنت من تهيئ له الظروف ليتكاثر داخل جسدك.
- إدمان المخدرات ليس فشلًا لفرد، ولا يمكن لشخص، مهما كان صلبًا، أو مُحبًّا، أن يعالج مدمِن مخدرات، ولا حتى المدمن ذاته يستطيع أن يبدأ العلاج من دون إدراك أن الإدمان جزء من مجموعة أكبر من التأثيرات والقضايا المجتمعية.

شيء ما حول تصريحات كهذه مُربِك للغاية. وشيء آخر، يتماشى مع الحِس العام الخالص. أُسَلِّمُ بأن مقاومة جوهر قواعد الأنظمة والاعتراف بها ينتجان عن نوعين من التجربة البشرية، وكلاهما يعرفه الجميع.

من ناحية، تَعلَّمنا التحليل، واستخدام مهاراتنا العقلية، لتتبع المسارات المباشرة من السبب إلى النتيجة، والنظر للأشياء كأجزاء صغيرة ومفهومة، وحل المشكلات من خلال التصرف في العالم من حولنا أو التحكم فيه. تلك الممارسة، هي مصدر الكثير من مظاهر السلطة الشخصية والاجتماعية، وتقودنا إلى رؤية الرؤساء والمنافسين وأوبك والأنفلونزا والمخدرات كأسباب لمشكلاتنا.

من ناحية أخرى، تعامَلْنا جميعًا مع الأنظمة المعقدة، قبل أن نتعلم التحليل المنطقي بزمن طويل. نحن أنظمة معقدة. أجسادنا أمثلة رائعة على التعقيد المتكامل والمترابط والمحافظ على ذاته. كل شخص نلتقيه، كل مؤسسة، كل حيوان، أو حديقة، أو شجرة، أو غابة، عبارة عن نظام معقد. لقد شكَّلْنا فهمًا عمليًّا لكيفية عمل هذه الأنظمة وكيفية التعامل معها بشكل حدسي، من دون تحليل، ومن دون كلمات في الغالب.

تُخفي نظرية الأنظمة الحديثة، المرتبطة بأجهزة الكمبيوتر والمعادلات، أنها تتعامل بالحقائق التي يعرفها الجميع على مستوى ما. لذلك، غالبًا ما يسهُل ترجمة مصطلحات الأنظمة إلى الحكمة الموروثة مباشرةً.

بسبب تأخُّر استجابات الأنظمة المعقدة، قد يسهُل حل مشكلةٍ ما بحلول الوقت الذي نستطيع عنده رؤية هذه المشكلة بوضوح.

غرزة في وقتها، تُنقذ تسعًا.

وفقًا لمبدأ الاستبعاد التنافسي، إذا كانت حلقة التغذية الراجعة المُعزِّزة تكافئ الفائز في منافسةٍ ما بوسائل تساعده على الفوز في المنافسات التالية، فستكون النتيجة هي القضاء على أغلب المتنافسين.

لأن من له سيُعطى وأما من ليس له فالذي عنده سيؤخَذ منه. (مرقس 25: 4)

أو

الغني يزداد غنًى والفقير يزداد فقرًا.

يعد النظام المتنوع ذو المسارات المتعددة والمنفصلة أكثر استقرارًا وأقل عرضة للصدمات الخارجية من النظام المتماثل.

لا تضع البيض كله في سلة واحدة.

منذ قيام الثورة الصناعية، استفاد المجتمع الغربي من العلم والمنطق والاختزالية وأعلاها على الحدس والكُلانية(1). نفسيًّا وسياسيًّا، نُفضل افتراض أن سبب المشكلة «بعيد عنا»، على الاعتراف بكونه «هنا، بين أيدينا». لا يمكننا مقاومة اتهام شيء ما أو شخص غيرنا بخلق المشكلة، لإزاحة المسؤولية عن أكتافنا، والبحث عن ذراع التحكم في صورة منتَج، أو حبة الدواء، أو الإصلاح الفني الذي سيعالج المشكلة آنيًّا.

(1) في فلسفة العلم، يفيد مفهوم الكُلانية المنطقية بأن النظريات والأنظمة الطبيعية متكاملة ولا يمكن فهمها إلا في مجملها، وأن الظواهر المعقدة لا يمكن اختزالها في أفعال الأفراد أو العناصر. وتعتبر الكُلانية تعبيرًا مضادًّا للاختزالية التي تقضي بإمكانية شرح النظام المُعقد من خلال اختزاله إلى مكوناته الأساسية. كاختزال العمليات الحيوية وشرحها بمعادلات الكيمياء. (المترجمة).

تم حل المشكلات الخطيرة بالتركيز على العوامل الخارجية: الوقاية من الجدري، وزيادة إنتاج الغذاء، ونقل الأوزان الكبيرة والبشر بسرعة عبر مسافات طويلة. مع ذلك، ولأنها جزء لا يتجزأ من أنظمة أكبر، فقد أدت بعض «حلولنا» إلى خلق المزيد من المشكلات، بعضها فرض نفسه بإصرار، وهي المشكلات الأكثر تجذُّرًا في البنية الداخلية للأنظمة المعقدة، والتي تخلق فوضى حقيقية.

الجوع والفقر والتدهور البيئي وتزعزُع الاقتصاد والبطالة والأمراض المزمنة وإدمان المخدرات والحروب، لا تزال قائمة رُغم القدرات التحليلية والذكاء التقني الموجه دومًا للقضاء عليها. لا يتعمد أحد خلق هذه المشكلات، ولا أحد يرغب في استمرارها، لكنها تبقى. ذلك لأنها مشكلات جوهرية في صُلب الأنظمة، سلوكيات كريهة تُميز هياكل الأنظمة التي تنتجها. ستتزحزح فقط حين نستعيد حدسنا، ونتوقف عن التنصل من المسؤولية، ونرى أن النظام هو مصدر مشكلاته، ونتحلى بالشجاعة والحكمة اللازمتَين لإعادة هيكلته.

فِكرٌ بديهي، وإن كان هدَّامًا. طريقة قديمة لرؤية الأمور، لكنها عصرية نوعًا ما. فكرة مطمئنة، إذ تُخبرنا أن الحلول في أيدينا، ومُزعجة، لأنها تُلزِمنا بفعل شيء ما، أو على الأقل إعادة النظر في الأمور والتفكير فيها بطريقة مختلفة.

يتطرق هذا الكتاب لتلك الطريقة المختلفة للرؤية والتفكير. إنه يستهدف مَن يَحذَرون كلمة «أنظمة» ومجال تحليل النُّظُم، رُغم احتمالية كونهم يمارسون التفكير النُّظُمي طوال حياتهم. حرصتُ على أن يكون الطرح غير تِقني لتوضيح الطريق الذي ستقطعه لفهم الأنظمة من دون اللجوء إلى الرياضيات أو أجهزة الكمبيوتر.

ربما بالغتُ في إدراج الرسوم البيانية والمخططات في هذا الكتاب، لصعوبة شرح الأنظمة بالكلمات وحدها. تأتي الكلمات والجمل، متتالية وبترتيب خطي ومنطقي بالضرورة. بينما تتشكل الأنظمة مرة واحدة، ولا تتصل في اتجاه واحد فقط، بل في اتجاهات عديدة في الوقت ذاته. فرأيتُ ضرورة استخدام لغة تشترك مع الظواهر قيد المناقشة في بعض الخصائص.

تخدم الرسوم هذه اللغة أكثر من الكلمات، لأنها تُمكنك من رؤية جميع أجزاء الصورة دُفعة واحدة. سأعرضُ أنواع الأنظمة بالتدريج، بدءًا من أبسطها. أعتقد أنك ستستوعب هذه اللغة البيانية بسهولة.

بدأتُ بالأساسيات: تعريف النظام وتشريح أجزائه، بطريقة اختزالية-لا كُلانية. ثم أعدتُ ترتيب الأجزاء معًا لإظهار كيفية اتصالها بعضها ببعض لتُشَكِّل وحدة التشغيل الأساسية للنظام: حلقة التغذية الراجعة.

بعد ذلك أقدمُ لك حديقة حيوان، وهي مجموعة من أهم أنواع الأنظمة وأكثرها شيوعًا. سترى بعض سلوكيات هذه الكيانات وأسبابها ومواضع ظهورها. ستتعرف على الأنظمة الموجودة في محيطك وحتى بداخلك.

كتأسيس، ستجدني أتراجع أحيانًا وأتحدث عن كيف ولماذا تعمل الأنظمة بشكل مدهش، والأسباب التي تجعلها تفاجئنا وتربكنا، من خلال مجموعة من الأمثلة التي أقدمها لبعض الأنظمة «حيوانات الحديقة». سأشرحُ أسباب حدوث نتائج مروعة رُغم تصرُّف كل فرد أو كل شيء في النظام بإخلاص وعقلانية، ولماذا تحدث الأشياء بمعدلات أسرع أو أبطأ مما يعتقده الجميع أحيانًا، ولماذا تفعل شيئًا نجح من قبل فيُحبطك بإخفاقٍ مفاجئ، ولماذا قد يطرأ على النظام سلوك لم ترَه من قبل، هكذا فجأة.

سيقودنا هذا العرض إلى تأمل المشكلات الشائعة التي واجهها مجتمع التفكير النُّظُمي مرارًا، من خلال العمل مع شركات وحكومات وأنظمة اقتصاد وبيئة وعلم وظائف الأعضاء وعلم النفس.

نجد أنفسنا نقول: «حالة أخرى من تراجيديا المشاع»، في أثناء دراسة نظام محاصصة لتقاسم موارد المياه بين المجتمعات أو الموارد المالية بين المدارس. أو نشير إلى «تآكل الأهداف» في أثناء استعراض قوانين العمل والدوافع التي تساعد أو تعوق تطوير تقنيات جديدة. أو نرى «مقاومة للسياسات» بينما نناقش سُلطة اتخاذ القرار وطبيعة العلاقات في الأسرة أو المجتمع أو الأمة. أو نشهد «سلوكًا إدمانيًّا» تتسبب فيه أشياء أخرى بخلاف الكافيين والكحول والنيكوتين والمخدرات.

يطلق المفكرون النُّظُميون على هذه الهياكل الشائعة التي تنتج سلوكيات نوعية مُسمى «النماذج الأولية». في أثناء التخطيط لتأليف هذا الكتاب أول الأمر، أطلقتُ عليها اسم «فِخاخ النظام»، ثم أضفتُ «وفرصه»، لأن هذه الأنماط الأولية المسؤولة عن بعض أصعب المشكلات وأخطرها، يمكن توجيهها لإنتاج سلوكيات نافعة، ببعض المعرفة بطريقة عمل الأنظمة.

انطلاقًا من هذه المعرفة، أنتقلُ إلى ما يمكننا فعله، أنت وأنا، بشأن إعادة هيكلة الأنظمة التي نعيش فيها. يمكننا تعلم كيفية البحث عن نقاط التدخل لإحداث تغيير.

أختتمُ بأهم الدروس على الإطلاق، تلك المستمدة من الحكمة التي يشاركها معظم مَن أعرفهم من المُفكرين النُّظُميين.

حين انتقلت مجموعتنا البحثية الصغيرة من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا إلى كلية دارتموث منذ سنوات، حضر أحد أساتذة الهندسة في دارتموث جزءًا من محاضرة لنا، ثم مر بمكاتبنا، قائلًا: «أنتم مختلفون. إنكم تسألون أسئلة مختلفة. ترون أشياء لا أراها. ترون العالم بطريقة مختلفة. كيف؟ لماذا؟».

هذا ما أتمنى أن تتوصل إليه في أثناء قراءتك لهذا الكتاب، وخاتمته بشكلٍ خاص. لا أعتقد أن أسلوب التفكير النُّظُمي يؤدي إلى فهم أفضل للأمور من الطريقة الاختزالية، بل أراهُ مُكملًا، وكاشفًا. بعض الأشياء نراها بالعين المجردة، وأخرى تلزمنا عدسة مجهر لرؤيتها، أو عدسة تلسكوب، والبعض الآخر لا نراه إلا من خلال عدسة نظرية الأنظمة. كل ما يُرى من خلال أي نوع من العدسات هو موجودٌ بالفعل. كل طريقة من طرق الرؤية تجعل معرفتنا بالعالم الرائع الذي نعيش فيه أكثر اكتمالًا.

مع تصاعُد فوضوية العالم وازدحامه وترابطه واعتماديته المتبادلة وسرعة تغيره أكثر من أي وقت مضى، كلما زادت طرق الرؤية، كان ذلك أفضل. تُمكِّننا عدسة التفكير النُّظُمي من استعادة حدسنا حول الأنظمة بأكملها كما تتيح لنا:

- صقل قدراتنا على فهم أجزاء النظام.
- إدراك الروابط الداخلية بينها.
- طرح أسئلة «ماذا لو؟» حول السلوكيات المستقبلية المحتملة.
- التحلي بالإبداع والشجاعة بشأن إعادة تصميم النظام.

بعدها، يمكننا استخدام بصائرنا لتغيير أنفسنا وعالمنا.

فاصل.. العميان ومُعضلة الفيل

فيما وراء إقليم غُور الأفغاني، كانت هناك مدينة، كل سكانها من المكفوفين. وصلَ ملكٌ مع حاشيته وجيشه إلى أطراف المدينة. عسْكَروا في الصحراء، ومعهم فيل جبار استخدموه لزيادة الرعب في قلوب الناس.

تلهفت جماهير هذا المجتمع الأعمى لرؤية الفيل، وركضوا كالحمقى للعثور عليه. ولأنهم لم يعرفوا شكل الفيل أو هيئته من قبل، أخذوا يتلمسونه ويجمعون المعلومات عن طريق اللمس.

اعتقد كل منهم أنه يعرف الفيل، بمعرفته للجزء الذي لمسه منه.

قال الذي وصلت يده إلى أذن الفيل: إنه مخلوقٌ كبير وخشن وعريض، كالبساط. والذي لمس خرطومه قال: لدي حقائق مُثبتة عنه. إنه كأنبوبٍ مستقيم ومجوف، فظيع ومدمر.

وقال الذي تحسس رجليه وساقيه: الفيلُ سميكٌ وضخم كعمود.

عرف كل منهم جزءًا واحدًا من الكل، فأخطأوا جميعًا في إدراك ماهية الفيل2. هذه القصة الصوفية القديمة تعلمنا درسًا بسيطًا نتجاهله في الغالب: لن نعرف سلوك النظام بمجرد معرفة العناصر التي يتكون منها النظام.

الجزء الأول

هيكل النظام وسلوكه

- 1 -

الأساسيات

لم أرَ حتى الآن مشكلةً مُعقدة، لم تصبح أكثر تعقيدًا عند تأملها بالشكل الصحيح.

بول أندرسون، مؤلف روايات خيال علمي وفنتازيا أمريكي1.

أكثر من مجموع أجزائه

لا يتشكَّل النظام من مجرد أشياء مجتمعة. النظام هو مجموعة مترابطة من العناصر يتم تنظيمها بشكل متماسك بطريقة ما لتحقيق هدف ما. إذا قرأت هذا التعريف بتمعن للحظات، فسترى أن للنظام، أي نظام، ثلاثة مكونات: عناصر، وروابِط، ووظيفة يؤديها أو غرض يسعى لتحقيقه.

على سبيل المثال، تشمل عناصر الجهاز الهضمي الأسنان والإنزيمات والمعدة والأمعاء. تترابط هذه العناصر من خلال التدفق الفيزيائي للغذاء، ومن خلال مجموعة دقيقة من الإشارات الكيميائية المنظِّمة. تتمثل وظيفة هذا النظام في تفتيت الطعام إلى عناصره الغذائية الأساسية ونقلها إلى مجرى الدم (نظام آخر)، مع التخلص من الفضلات غير المفيدة.

فريق كرة القدم هو نظام، عناصره اللاعبون والمدربون والملعب والكرة. تربط بينها قواعد اللعبة، واستراتيجية المدرب، والتواصل بين اللاعبين، وقوانين الفيزياء التي تحكم تحركات الكرة واللاعبين. غرض الفريق هو الفوز بالمباريات، أو مُتعة اللعب، أو ممارسة الرياضة، أو جني ملايين الدولارات، أو كل ما سبق.

المدرسة نظام. وهكذا المدينة، والمصنع، والشركة، والاقتصاد الوطني. الحيوان نظام، والشجرة نظام، والغابة نظام أكبر يشمل أنظمة فرعية من الأشجار والحيوانات. الأرض نظام. وكذلك المجموعة الشمسية، والمجرة. يمكن تضمين الأنظمة في أنظمة أخرى مُضمَّنة بالضرورة في أنظمة أكبر.

هل يوجد شيء لا يعتبر نظامًا؟ نعم. أي تكتل لا يحكمه ترابط أو وظيفة معينة. إن تناثر الرمال على الطريق بفعل الصدفة ليس نظامًا في حد ذاته. يمكنك إضافة كميات من الرمال أو

إزالة بعضها وستظل مجرد رمال على الطريق. أضِف لاعبِي كرة قدم أو استبعِدهم من الفريق اعتباطًا، أو أيًّا من أعضاء الجهاز الهضمي، وسرعان ما ستكتشف أنك لم يعد لديك نفس النظام.

حين يموت كائن حي، فإنه يفقد «نظاميته». تنقطع الروابط المتداخلة المتعددة التي جمعت عناصره معًا، فتتبدد هذه العناصر، رُغم بقاء مادتها جزءًا من نظام شبكي أكبر للغذاء. يُسمي البعض أحد الأحياء القديمة بالمدينة، حيث يعرف الناس بعضهم بعضًا ويتواصلون بانتظام، «نظامًا اجتماعيًّا»، ولا يطلقون نفس التعبير على مبنى جديد يسكنه الغرباء حتى تنشأ بينهم علاقات فيتشكل نظام.

النظام أكثر من مجرد مجموع أجزائه. قد يُبدي سلوكًا تكيُّفيًّا وديناميكيًّا يسعى من خلاله لتحقيق هدفه، والمحافظة على ذاته، بل ويبدي أحيانًا سلوكًا تطوريًّا.

من هذه الأمثلة، قد ترى تكاملًا أو اكتمالًا يخص أي نظام وحزمة آليات نشطة للحفاظ على هذا التكامل. بإمكان الأنظمة أن تتغير وتتكيف وتستجيب للأحداث وتسعى إلى تحقيق الأهداف وتعالج الإصابات، وتحرص على بقائها بطرق شبه حية، رُغم احتوائها أو تكوُّنها من أشياء غير حية بالأساس أحيانًا. قد تكون الأنظمة ذاتية التنظيم، وذاتية الإصلاح فيما يخص بعض المعوقات على الأقل. الأنظمة مرنة، والعديد منها تطوري. قد تنشأ من نظام واحد أنظمة أخرى جديدة تمامًا لم تخطر ببال أحد.

دعكَ من اللاعبين، وفكِّر في قواعد اللعبة

لأنك تفهم «واحدًا»، تعتقد أنك تفهم «اثنين» لأن واحدًا وواحدًا يُساويان اثنين. لكنك تنسى أن عليك أيضًا فهم «الواو».

من التعاليم الصوفية

يسهُل الانتباه لعناصر النظام لأن أغلبها مرئي، وملموس. عناصر نظام الشجرة هي الجذور والجذع والأغصان والأوراق. لكن إذا دققتَ النظر، فسترى خلايا متخصصة: أوعية تنقل السوائل لأعلى ولأسفل، والبلاستيدات الخضراء، وما إلى ذلك. يتكون النظام المسمى بالجامعة من المباني والطلاب والأساتذة والإداريين والمكتبات والكتب وأجهزة الكمبيوتر، ويمكنني الاستمرار وسرد مكونات كل هذه الأشياء. لا يجب أن تكون عناصر النظام مادية أو ملموسة. الأصول غير المادية هي أيضًا من عناصر النظام. في الجامعة، المكانة العلمية والبراعة الأكاديمية عنصران غير ملموسَين لكنهما قد يكونان بالغَي الأهمية في تكوين النظام. بمجرد شروعك في سرد عناصر النظام، ستجدها عملية لا نهائية تقريبًا. يمكن تقسيم العناصر إلى عناصر فرعية ثم عناصر متفرعة من العناصر الفرعية. وفي النهاية، لن ترى النظام. كما يقول المثل، لا يمكنك رؤية الغابة وأنت تُركِّز على الأشجار.

فكرة

لتتأكد من أن ما تراه نظام أو مجرد مجموعة من الأشياء، اسأل نفسك:

- هل يمكنك التعرف على عناصره؟
- هل تؤثر هذه العناصر بعضها على بعض؟
- هل تنتج العناصر معًا تأثيرًا مختلفًا عن تأثير كل عنصر بمفرده؟
- هل يستمر التأثير أو السلوك مع الوقت وفي ظروف مختلفة؟

قبل الانجراف في هذا الاتجاه، يحسُن التوقف عن تشريح العناصر والبحث عن الروابط، أو العلاقات التي تربط العناصر.

الروابط في نظام الشجرة هي التدفقات الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية التي تحكم عمليات التمثيل الغذائي للشجرة؛ الإشارات التي تجعل عنصرًا ما يستجيب لما يطرأ على عنصر آخر.

على سبيل المثال، حين تفقد الأوراق الماء في يوم مشمس، فإن انخفاض الضغط في الأوعية الحاملة للماء يسمح للجذور بامتصاص المزيد من الماء. وبالعكس، إذا عانت الجذور من ندرة الماء في تربةٍ جافة، فإن ضَعْف ضغط الماء يرسل إشارات للأوراق كي تغلق مسامها حتى لا تفقد المزيد من الماء الثمين.

عندما تصبح النهارات أقصر في المناطق المعتدلة، ترسل الشجرة التي تتساقط أوراقها إشارات كيميائية تتسبب في هجرة العناصر الغذائية من الأوراق إلى الجذع والجذور، فتضعُف السيقان، ويستمر تساقط الأوراق. كما تحفز رسائل أخرى، في بعض الأشجار، إنتاج مواد كيميائية طاردة أو جدران خلوية أكثر صلابة إذا هاجمت الحشرات أحد أجزاء النبات. لا أحد يفهم كُنه العلاقات التي تدفع الشجرة لفعل ما تفعله، وهذا النقص في المعرفة مُتوقَّع. إن التعرف على عناصر النظام أسهل من التعرف على روابطه البينية.

في نظام الجامعة، تشمل الروابط البينية معايير القبول، والدرجة العلمية، والامتحانات والدرجات، والميزانيات وتدفقات الأموال، وسُمعة الجامعة، وقدرة نظامها على نقل المعرفة؛ العنصر الذي من المفترض أن يكون غرض النظام بأكمله.

بعض الروابط داخل الأنظمة هي تدفقات مادية فعلية، كالماء في جذع الشجرة أو الطلاب المتقدمين للالتحاق بالجامعة. العديد من الروابط البينية هي تدفقات معلوماتية -إشارات تذهب إلى نقاط التوجيه أو المواضع التنفيذية داخل النظام. غالبًا ما تصعُب رؤية هذه الصور من الروابط، لكن النظام يكشفها لمن يمعنون النظر. يمكن للطلاب استخدام المعلومات غير الرسمية حول احتمالية تحصيل درجات عالية لتحديد المقررات التي سيختارونها للدراسة. يقرر المستهلك ما يشتريه باستخدام بيانات دخله ومدخراته وتصنيفه الائتماني ومخزون السلع في بيته والأسعار وتوافر السلع للشراء. تحتاج الحكومات إلى معلومات حول أنواع ونِسب تلوث المياه قبل أن تتمكن من وضع لوائح معقولة للحد من هذا التلوث. لاحظ أن توافر معلومات عن وجود مشكلة ضروري ولكنه ليس كافيًا لاتخاذ الإجراءات؛ يلزم توافر معلومات عن مصادر المشكلة ومحفزاتها والعواقب أيضًا.

تعمل الروابط داخل الأنظمة من خلال تدفق المعلومات التي تربط عناصر الأنظمة بعضها ببعض، وتلعب دورًا كبيرًا في تحديد كيفية عملها.

إذا كان من الصعب رؤية العلاقات القائمة على المعلومات، فإن رؤية الوظائف أو الأهداف أصعب. قد لا تُعَرَّف وظيفة النظام أو الغرض منه أو تُكتَب أو يُعبر عنها بوضوح، إلا من خلال تشغيل النظام. أفضل طريقة لاكتشاف غرض النظام هي مراقبته لفترة للتعرف على سلوكه.

إذا استدار ضفدع يمينًا والتقط ذبابة، ثم استدار يسارًا والتقط ذبابة، ثم استدار للخلف والتقط ذبابة، فإن غاية الضفدع لا تتعلق بالالتفاف يسارًا أو يمينًا أو للخلف، لكن باصطياد الذباب. إذا أعلنت الحكومة اهتمامها بحماية البيئة ولكنها لم تخصص المال أو الجهد الكافي لتحقيق هذا الهدف، فإن حماية البيئة ليست هدفًا حقيقيًّا للحكومة. تُستنبط الأغراض من السلوك، لا من الخطابة والأهداف المعلنة.

ملاحظة لُغوية

تُستخدم كلمة وظيفة كتمييز مع نظام غير بشري، وكلمات الهدف أو الغاية أو الغرض كتمييز مع نظام بشري، لكن هذا التمايُز ليس قاطعًا، إذ تحتوي العديد من الأنظمة على عناصر بشرية وغير بشرية.

تتمثل وظيفة نظام الثرموستات في الحفاظ على درجة حرارة معينة للمبنى. إحدى وظائف النبات هي حمل البذور وإنتاج المزيد من النباتات. أحد أهداف الاقتصاد الوطني، بناءً على سلوكه، هو مواصلة النمو. إحدى أهم وظائف أي نظام تقريبًا هي ضمان استدامته.

لا يلزم أن يستهدف النظام أغراضًا بشرية، وأهداف النظام ليست بالضرورة هي أهداف أي فاعل منفرد داخل النظام. في الواقع، أحد أكثر جوانب الأنظمة إحباطًا هو أن أهداف الوحدات الفرعية قد تجتمع لإنتاج سلوك عام لم يُرِده أحد. لا ينوي أحد خلق مجتمع يتفشى فيه إدمان المخدرات والجريمة، لكن ضع في اعتبارك الأهداف المتراكبة وسلوكيات العناصر الفاعلة المترتبة عليها:

- اليائسون الذين يريدون مُسكِّنًا سريعًا لآلامهم النفسية.
- المزارعون والتجار والمصرفيون الذين يرغبون في كسب المال.
- المُهرِّبون الأقل التزامًا بالقانون المدني من الشرطة التي تطاردهم.
- الحكومات التي تُجَرِّم تداول المواد الضارة وتستخدم قوة الشرطة لمنعه.
- الأثرياء الذين يعيشون على مقربة من الفقراء من دون تدخُّل للحد من الفقر.

• غير المدمنين الذين يحرصون على حماية أنفسهم من الإدمان أكثر من اهتمامِهم بتشجيع المدمنين على التعافي.

إجمالًا، تُشكِّل هذه السلوكيات نظامًا يصعُب من خلاله القضاء على إدمان المخدرات والجريمة.

قد تشتمل الأنظمة على الأنظمة وبالتالي يمكن للأهداف أن تتضمن أهدافًا أخرى. الهدف من الجامعة هو اكتشاف المعارف المختلفة والحفاظ عليها ونقلها إلى الأجيال الجديدة. داخل الجامعة، قد يكون هدف الطالب هو تحصيل درجات عالية، وهدف الأستاذ الحصول على ترقية، وهدف المسؤول الإداري هو ضبط الميزانية. قد يتعارض أي من هذه الأهداف الفرعية مع الهدف العام -قد يغُش الطالب، أو يتجاهل الأستاذ تعليم الطلاب لنشر الأوراق البحثية، أو يضبط المسؤول الميزانية عن طريق إقالة الأساتذة. يعد الحفاظ على التناغم بين الأهداف الفرعية وأهداف النظام الرئيسية وظيفةً أساسيةً للأنظمة الناجحة. سأعود إلى هذه النقطة لاحقًا عندما نتحدث عن التسلسلات الهرمية.

يمكن فهم ارتباط قيمة عناصر النظام والروابط بينه وأهدافه من خلال افتراض تغييرها واحدًا تلو الآخر. عادة ما يكون لتغيير العناصر أقل تأثير على النظام. إذا قمت بتغيير جميع لاعبي فريق كرة قدم، فلا يزال لديك فريق كرة قدم. قد يلعبون بمستوى أفضل أو أسوأ، فبعض عناصر النظام مهمة بالفعل. تُغير الشجرة خلاياها باستمرار، وتُبدل أوراقها كل عام أو نحو ذلك، لكنها تظل شجرة. يستبدل جسمك معظم خلاياه كل بضعة أسابيع، لكنه يبقى جسمك. يتغير الطلاب في الجامعة باستمرار كما يتغير الأساتذة والإداريون بمعدل أبطأ، لكنها تظل جامعة. في الواقع، تبقى الجامعة على حالها، متميزة عن غيرها، تمامًا كما تحتفظ جنرال موتورز والكونجرس الأمريكي بطريقة أو بأخرى بهويتَيهما رُغم تغير جميع أعضائهما. عمومًا، يظل النظام على طبيعته، ويتغير ببطء، إذا كان يتغير أصلًا، حتى مع استبدال عناصره بالكامل، في حال بقاء روابطه وأهدافه كما هي.

غالبًا ما يكون العنصر أو الوظيفة أو الهدف الأقل وضوحًا للنظام، هو المحرك الأهم لسلوك هذا النظام.

إذا تغيرت الروابط البينية، فقد يتبدل النظام بصورة كبيرة، ويستحيل التعرف عليه. لو بدَّلت قواعد كرة القدم بقواعد كرة السلة، فستحصل على لعبة كرة جديدة بالكامل في الملعب، رُغم بقاء نفس اللاعبين في الفريق. بتغيير الروابط البينية في الشجرة -بدلًا من امتصاص ثاني أكسيد الكربون وانبعاث الأكسجين، مثلًا، اجعلها تفعل العكس، لن تصير شجرة، بل حيوانًا. إذا كان دور الطلاب في الجامعة منح الدرجات العلمية للأساتذة، أو لو كانت الغَلبة للقوة بدلًا من العقل في أثناء المناقشات، فسيحتاج المكان إلى اسم مختلف. قد تصير مؤسسة مهمة، لكنها ليست جامعة. .قد يؤدي تغيير الروابط في النظام إلى تغيُّرِه بقوة

قد تكون تغيرات الوظيفة أو الهدف حادة أيضًا. ماذا لو احتفظت باللاعبين والقواعد لكنك غيَّرت الهدف من الفوز إلى الخسارة، على سبيل المثال؟ ماذا لو لم تكن وظيفة الشجرة هي البقاء على قيد الحياة والتكاثر بل الاستحواذ على جميع العناصر الغذائية في التربة والنمو إلى حجم غير محدود؟ ابتكر الناس العديد من الأغراض للجامعة إلى جانب نشر المعرفة، ككسب المال، وتلقين الناس الأفكار، والفوز بمباريات كرة القدم. يؤدي تغيير الهدف إلى تغيير عميق في .النظام، حتى مع بقاء كل العناصر والروابط على حالها

إن السؤال عما إذا كانت العناصر أو الروابط البينية أو الأهداف هي الأكثر أهمية في النظام هو سؤال غير منهجي. كلها ضرورية، ومتفاعلة. لكلٍّ منها أدواره. إلا أن المُكون الأقل وضوحًا من النظام، وظيفته أو هدفه، غالبًا ما يكون أهم محدِّدات سلوك النظام. الروابط مهمة للغاية. عادة ما يؤدي تغيير شكل الروابط إلى تغيير سلوك النظام. عادة ما تكون العناصر، المُكونات الأوضح للأنظمة في الغالب، هي الأقل أهمية في تحديد خصائص النظام، ما لم ينتج عن تغييرها .تغيير في الروابط أو الهدف

قد يُغير استبدال الرئيس في القمة -من بريجنيف إلى جورباتشوف، أو من كارتر إلى ريجان- توجُّه أمة بأكملها، رُغم أن أرضها ومصانعها ومئات الملايين من مواطنيها لم يتغيروا، وقد لا يؤثر على الإطلاق. قد يدفع القائد تلك الأرض والمصانع والأشخاص نحو لعبة مختلفة بقواعد .جديدة، أو يوجه اللعبة نحو هدف جديد

وعلى العكس من ذلك، نظرًا لأن الأرض والمصانع والبشر هي عناصر مادية طويلة الأمد .للنظام وبطيئة التغيير، فهناك حد لقدرة أي زعيم على تغيير توجهات أمة

حوض الاستحمام 101 - فهم سلوك النظام بمرور الزمن

تتيح لنا المعلومات الموجودة في الطبيعة إعادة تشكيل الماضي جزئيًا. ظهور التعرجات في النهر، والتعقيد المتزايد لقشرة الأرض، هي أنظمة تخزين معلومات، تعمل بنفس طريقة عمل الأنظمة الجينية. تخزين المعلومات يعني زيادة تعقيد آلية العمل.

2.رامون مارجالف، عالم أحياء وبيئة إسباني

المخزون هو أساس أي نظام. المخزونات هي عناصر النظام التي يمكنك رؤيتها أو تمييزها أو عدها أو قياسها في وقت محدد. قد يكون مخزون النظام: مخزون بضائع، كميات المواد أو المعلومات التي تراكمت بمرور الزمن، الماء في حوض الاستحمام، أو السكان، أو الكتب في مكتبة، أو الخشب في الشجرة، أو الأموال في البنك، أو ثقتك بنفسك. قد لا يكون المخزون ماديًا. إن احتياطك من حسن النية تجاه الآخرين أو إمدادك بالأمل في أن العالم سيصير مكانًا أفضل هما مخزونان.

المخزون هو الذاكرة الحالية لتاريخ التدفقات المتغيرة داخل النظام.

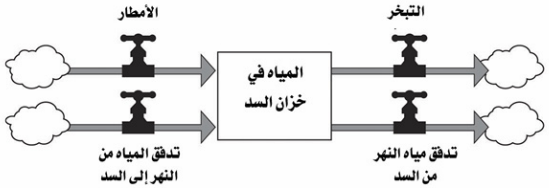
يتغير المخزون بمرور الزمن من خلال أنشطة التدفق. حركة التدفقات تملأ المخزون وتستنزفه؛ المواليد والوفيات، المشتريات والمبيعات، النمو والتدهور، الإيداع والسحب، النجاحات والإخفاقات. المخزون، إذن، هو الذاكرة الحالية لتاريخ التدفقات المتغيرة داخل النظام.

شكل 1: كيف تقرأ الرسوم البيانية للمخزون والتدفقات؟ في هذا الكتاب، يظهر المخزون على شكل صناديق، والتدفقات على شكل «أنابيب» برأس سهم داخل إلى المخزون أو خارج منه. كل تدفق يحكمه صنبور، يمكن ضبطه على مستوى أعلى أو أقل أو فتحه أو إغلاقه. تُمثل «الغيوم» مصدر التدفق ومآله -المنبع والمصب، وسنتجاهلها للتركيز على موضوع الكتاب.

على سبيل المثال، المعادن المترسبة تحت الأرض هي مخزون ينتج عنه تدفق المعادن الخام من خلال التعدين. إن تدفق المعادن الخام إلى طبقة الرواسب المعدنية يعادل الدقيقة في أي فترة زمنية أقل من دهور. لذلك اخترت أن أرسم (الشكل 2) كصورة مبسطة للنظام من دون أي تدفق. جميع المخططات والأوصاف الخاصة بالنظام هي نُسخ مبسطة من العالم الحقيقي.

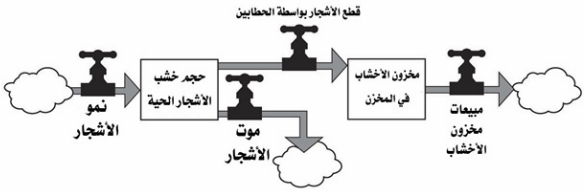
الشكل 2: مخزون من المعادن يستنزفه التعدين.

المياه في الخزان الموجود خلف السد عبارة عن مخزون، تتدفق إليه مياه الأمطار والنهر، ويتدفق منه البخار المتصاعد من سطح الخزان كما تتدفق المياه التي يتم تصريفها عبر السد.



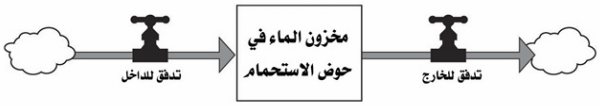
شكل 3: مخزون الماء في سد بتدفقات متعددة تسري منه وإليه.

حجم خشب الأشجار الحية في غابة هو مخزون. التدفق إليها هو نمو الأشجار، والتدفق الخارج منها هو موت الأشجار أو قطعها بواسطة الحطابين. يتدفق ناتج قطع الأشجار لمخزون آخر، مثل مخزن الأخشاب. يتدفق الخشب من المخزن في صورة قِطع الخشب المعروضة للبيع.



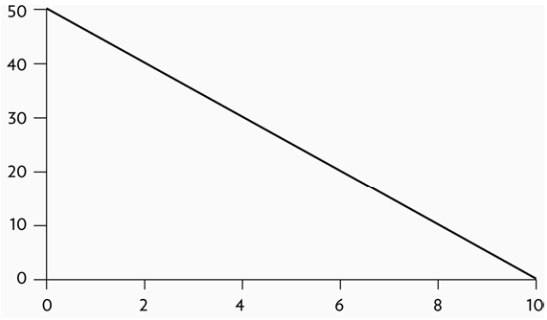
الشكل 4: مخزون قطع الخشب مرتبط بمخزون الأشجار في غابة.

إذا فهمت ديناميكيات المخزونات والتدفقات، أو سلوكها مع مرور الزمن، ستفهم قدرًا كبيرًا من سلوكيات الأنظمة المعقدة. إذا صِرتَ خبيرًا في التعامل مع حوض الاستحمام، ستفهم ديناميكيات المخزونات والتدفقات.



الشكل 5: هيكل نظام حوض الاستحمام. مخزون واحد بتدفق واحد للداخل وتدفق واحد للخارج.

تخيَّل حوض استحمام ممتلئًا بالماء، مع سد مصرفه وإغلاق صنابيره -نظام راكد غير متغير وغير ديناميكي. الآن تخيل أنك سحبت السدادة. سينفد الماء بالطبع. ينخفض مستوى الماء في الحوض حتى يفرغ.



الشكل 6: مستوى الماء في الحوض عند سحب السدادة.

ملاحظة بخصوص قراءة مخططات السلوك مقابل الزمن

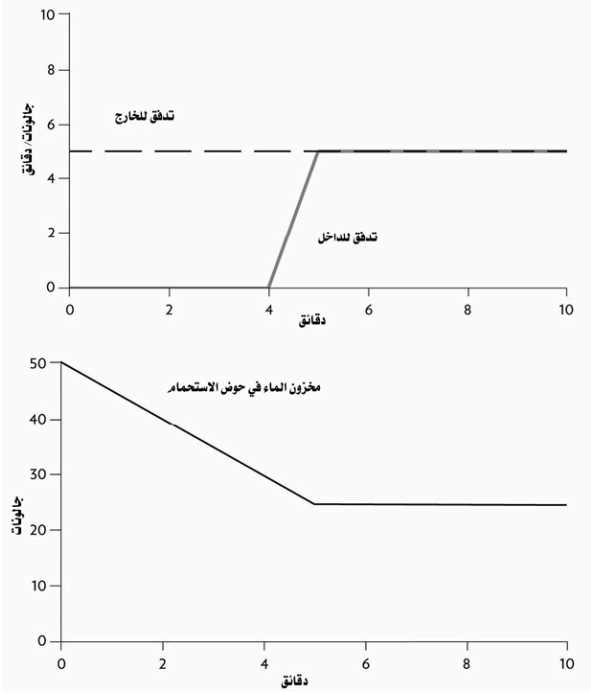
يستخدم مفكرو النُّظُم مخططات سلوك النظام لفهم التوجهات بمرور الزمن، بدلًا من تركيز الانتباه على الأحداث الفردية. كما نستخدم مخططات السلوك مقابل الزمن لمعرفة ما إذا كان النظام يقترب من هدف أو حَد ما، وإذا كان الأمر كذلك، فما السرعة التي يتحرك بها؟

قد يكون المتغير على الرسم البياني مخزونًا أو تدفقًا. يعتبر النمط -شكل الخط المتغير- مهمًّا، وكذلك النقاط التي يتغير عندها شكل هذا الخط أو اتجاهه. غالبًا ما تكون الأرقام الدقيقة على المحاور الأفقية والرأسية أقل أهمية.

يسمح لك المحور الأفقي للزمن بطرح أسئلة حول ما يحدث أولًا وما قد يتلوه، وربما يساعدك على التركيز على النطاق الزمني المناسب للمسألة أو المشكلة التي تدرسها.

تخيل الآن البدء مرة أخرى بحوض ممتلئ، ثم انزع السدادة، ولكن هذه المرة، حين يفرُغ نصف الحوض تقريبًا، افتح صنبور التدفق بحيث يكون معدل تدفق المياه للحوض مساويًا للماء المتدفق للخارج. ماذا يحدث؟

تظل كمية الماء في الحوض ثابتة عند أي مستوى تصل إليه حين يصير التدفق للداخل مساويًا للتدفق للخارج. إنها حالة توازن ديناميكي، لا يتغير معها مستوى الماء، رغم تدفق الماء منه باستمرار.



الشكل 7: التدفق المستمر، التدفق الداخل يبدأ بعد 5 دقائق، والتغيرات الناتجة في مخزون الماء في الحوض.

تخيل زيادة التدفق للداخل مع الحفاظ على ثبات التدفق للخارج. يرتفع مستوى الماء في الحوض ببطء. إذا قمت بعد ذلك بضبط الصنبور وتخفيض التدفق للداخل مرة أخرى لمطابقة التدفق للخارج، فسيتوقف ارتفاع الماء في الحوض. قلل التدفق للداخل، وسينخفض مستوى الماء ببطء.

نموذج حوض الاستحمام هو نظام بسيط للغاية بمخزون واحد وتدفق واحد للداخل وآخر للخارج. خلال فترة الدراسة (المقدرة بالدقائق)، افترضتُ أن التبخر من الحوض ضئيل، فلم أقم بتضمينه كتدفق. جميع النماذج هي تبسيط للعالم الحقيقي، سواء كانت نماذج ذهنية أو حسابية. أنت تعرف كل الاحتمالات الديناميكية لحوض الاستحمام هذا، وبالتالي يمكنك استنتاج عدة مبادئ مهمة تمتد إلى أنظمة أكثر تعقيدًا:

- **حين يتجاوز مجموع التدفقات الداخلة مجموع التدفقات الخارجة، سيرتفع مستوى المخزون.**
- **حين يتجاوز مجموع التدفقات الخارجة مجموع التدفقات الداخلة، سينخفض مستوى المخزون.**

• إذا تساوى مجموع التدفقات الخارجة مع مجموع التدفقات الداخلة، فلن يتغير مستوى المخزون؛ سيحتفظ بتوازن ديناميكي عند أي مستوى وصل إليه حين تساوَت التدفقات للداخل وللخارج.

يُركز العقل البشري بسهولة على المخزونات أكثر من التركيز على التدفقات. علاوة على ذلك، حين نركز على التدفقات، فإننا نميل إلى التركيز على التدفقات الداخلة أكثر من التدفقات الخارجة. لذلك، لا ندرك أن بإمكاننا ملء حوض الاستحمام بتقليل معدل التدفق الخارج، كما نملأه بزيادة معدل التدفق للداخل. يعرف الجميع بإمكانية إطالة عمر الاقتصاد القائم على النفط من خلال اكتشاف رواسب نفطية جديدة، لكن يصعُب إدراك أن نفس النتيجة يمكن تحقيقها عن طريق حرق كمية أقل من النفط. إن إحداث طفرة في كفاءة الطاقة يعادل، في تأثيره على مخزون النفط المتاح، اكتشاف حقل نفط جديد، رُغم تغير المستفيدين منه.

يمكن زيادة المخزون عن طريق تقليل معدل التدفق للخارج تمامًا كما يزيد بزيادة معدل التدفق للداخل. هناك أكثر من طريقة لملء حوض الاستحمام!

وبالمثل، يمكن لشركة بناء قوى عاملة أكبر من خلال المزيد من التوظيف، أو بتقليل معدلات الاستقالات والفصل من العمل، رُغم اختلاف تكاليف الاستراتيجيتين تمامًا. يمكن تعزيز الثروة الوطنية من خلال الاستثمار لبناء مخزون أكبر من المصانع والآلات. كما يمكن تعزيزها عن طريق تقليل معدل تهالُك المصانع والآلات أو تعطلها أو التخلص منها، وهي طريقة أرخص في الغالب.

يمكنك ضبط مستوى تصريف الماء من حوض الاستحمام أو تدفق الماء من الصنبور إليه (التدفقات) بشكل مفاجئ، ولكن من الصعب تغيير مستوى الماء (المخزون) بسرعة. لا تتسرب المياه من الحوض على الفور، حتى لو نزعت السدادة تمامًا. لا يمكن ملء الحوض على الفور، حتى مع تدفق الماء من الصنبور بأعلى مستوى له. يستغرق المخزون وقتًا للتغيير، لأن التدفقات تستغرق وقتًا للتدفق. هذه نقطة جوهرية، ومفتاح لفهم سلوكيات الأنظمة. عادة ما تتغير المخزونات ببطء. قد تكون بمثابة تأخيرات، وحواجز تنظيمية، أو كوابح، أو مصادر لنشاط النظام. تستجيب المخزونات للتغيير، وإن كان مفاجئًا، بالملء أو التفريغ التدريجي، خاصة المخزونات الضخمة.

يستخف الناس بطبيعة حركة المخزون. يستغرق النمو السكاني أو توقف هذا النمو وقتًا طويلًا، وكذلك تراكُم الخشب في الغابة، وامتلاء الخزان، ونضوب المنجم. لا يمكن للاقتصاد بناء مخزون كبير من المصانع العاملة والطرق السريعة ومحطات الكهرباء بين عشية وضحاها، حتى لو توفرت الموارد المالية اللازمة. لن يستبدل نظام اقتصادي ما بأفران ومحركات سيارات تعمل بالنفط، أفرانًا ومحركات تستخدم وقودًا مختلفًا بسرعة، حتى لو تغير سعر النفط فجأة. لقد استغرق تراكم الملوثات في طبقة الستراتوفير من الغلاف الجوي والتي تدمر طبقة الأوزون عقودًا، وستستغرق إزالتها عقودًا أخرى.

تتغير المخزونات عمومًا ببطء، حتى عندما تتغير التدفقات الداخلة إليها أو الخارجة منها فجأة. لذلك، تعمل المخزونات بمثابة تأخيرات، وحواجز تنظيمية، أو كوابح، في الأنظمة.

تُحدِّد تغيرات المخزون وتيرة ديناميكيات الأنظمة. لا يمكن أن يتسارع التصنيع بمعدلات تفوق معدلات بناء المصانع والآلات ومعدل تعليم البشر لتشغيلها وصيانتها. لن تنمو الغابات بين عشية وضحاها. حين تتراكم الملوثات في المياه الجوفية، يمكن إزالتها فقط بنفس معدل تجدُّد المياه الجوفية، والذي قد يستغرق عقودًا أو حتى قرونًا.

قد تتسبب التأخيرات التي تنتج عن التغير البطيء في المخزون في حدوث مشكلات للأنظمة، ولكنها قد تتسبب في استقرارها أيضًا. نادرًا ما تتآكل التربة التي تراكمت على مدى قرون دفعة واحدة. لا ينسى البشر ما تعلموه من مهارات فجأة. يمكنك سحب المياه الجوفية بشكل أسرع من معدل إعادة تولدها فقط إذا فعلت ذلك قبل أن ينسحب المخزون في طبقات التربة بصورة تُسبب التلف. تتيح التأخيرات التي تفرضها المخزونات مجالًا للمناورة والتجريب ومراجعة السياسات الفاشلة.

لو عرفت معدلات تغيُّر المخزونات، فلن تتوقع حدوث الأشياء بسرعة أكبر من سرعتها الطبيعية، ولن تستسلم بسرعة أيضًا.

تسمح المخزونات للتدفقات الداخلة والخارجة بالانفصال والاستقلال عن بعضها والخروج مؤقتًا عن التوازن الذي يحكمها.

يمكنك استغلال الفرص التي توفرها الحركة الطبيعية للنظام لتوجيهه نحو نتيجة جيدة، كما يستخدم لاعب الجودو المخضرم نشاط الخصم لتحقيق أهدافه.

هناك مبدأ أكثر أهمية حول دور المخزونات في الأنظمة، وهو المبدأ الذي سيقودنا مباشرة إلى مفهوم التغذية الراجعة. يسمح وجود المخزونات للتدفقات الداخلة والخارجة بالاستقلال عن بعضها والخروج مؤقتًا عن التوازن الذي يحكمها.

تصعُب إدارة شركة نفط إذا ضُخَّ الغاز في المصفاة بنفس معدل حرق السيارات له. لا يُمكن قطع أشجار الغابة بنفس المعدل الدقيق لنمو الأشجار. البنزين في صهاريج التخزين والخشب في الغابة كلاهما مخزون يسمح للحياة أن تستمر ببعض الثبات والاستمرارية والقدرة على التنبؤ، رُغم اختلاف مستوى التدفقات على المدى القصير.

ابتكر البشر مئات الآليات للحفاظ على المخزون وإبقاء التدفقات الداخلة والخارجة حرة ومستقرة. تُمكِّن السدود السكان والمزارعين من العَيش في وادي النهر من دون الاضطرار إلى تعديل أسلوب حياتهم باستمرار وتتحكم في التدفق المتغير للنهر، خاصة في أوقات الجفاف والفيضانات. تُمكِّنك البنوك من كسب المال بصورة مؤقتة بمعدل يختلف عن معدل إنفاقك. تسمح مخزونات المنتجات لدى الموزعين وتجار الجملة وتجار التجزئة بتوافر المنتجات رُغم تفاوت معدلات طلب العملاء، وتسمح بتلبية طلبات العملاء رُغم اختلاف معدلات الإنتاج.

معظم القرارات الفردية والمؤسسية تُتَّخَذ لتنظيم مستويات المخزونات. إذا تراكمت المخزونات، يتم تخفيض الأسعار أو زيادة ميزانيات الدعاية، حتى ترتفع المبيعات وتنخفض المخزونات. ينخفض مخزون الطعام في مطبخك، فتذهب إلى السوق. نظرًا لزيادة أو نقص مخزون الحبوب النابتة في الحقول، يقرر المزارعون ما إذا كانوا سيستخدمون المياه أو مبيدات الآفات، وتقرر شركات نقل الحبوب عدد السُّفن التي يجب حجزها لنقل المحصول، والمُضاربون يزايدون على القيم المستقبلية للمحصول، ويُزيد مربو الماشية أو يُنقصون أحجام قُطعانهم. يتسبب ارتفاع أو انخفاض مستويات المياه في الخزانات في جميع أشكال الإجراءات التصحيحية. يمكن قول الشيء نفسه عن مخزون المال في محفظتك، واحتياطيات النفط المملوكة لشركة نفط، وكومة رقائق الخشب التي تغذي مصنع الورق، وتركيز الملوثات في البحيرة.

يراقب الناس مستويات المخزونات باستمرار ويتخذون القرارات والإجراءات لرفع أو خفض المخزونات أو إبقائها ضمن النطاقات المقبولة. تضاف هذه القرارات إلى التقلبات، والنجاحات والمشكلات، في جميع أنواع الأنظمة. يرى مفكرو النُّظُم العالم على أنه مجموعة من المخزونات تحكمها آليات لتنظيم مستوياتها من خلال التحكم بالتدفقات.

«هذا يعني أن مُفكري النُّظُم يرون العالم على أنه مجموعة من «عمليات التغذية الراجعة.

كيف يدير النظام نفسه؟ -التغذية الراجعة

تعد الأنظمة المحكومة بمعلومات التغذية الراجعة أساس جميع مساعي البشر والحياة، من التطور البيولوجي البطيء حتى إطلاق أحدث قمر صناعي للفضاء. كل شيء نقوم به كأفراد أو قطاعات أو مجتمعات يحدث في سياق نظام تحكمه معلومات التغذية الراجعة.

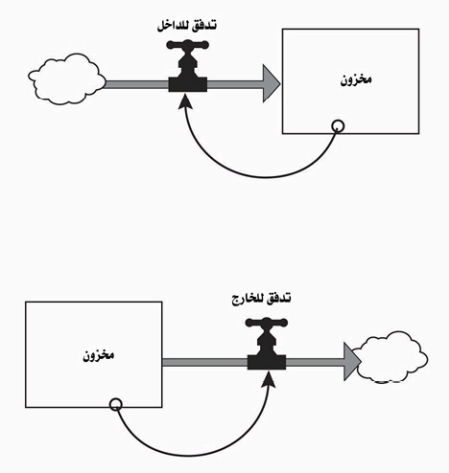
جاي فوريستر، مؤسس مجموعة ديناميكا الأنظمة بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا3.

حين ينمو المخزون بسرعة البرق أو ينخفض فجأة أو يحتفظ بمستواه ضمن نطاق معين بغض النظر عما يدور حوله، فمن المحتمل وجود آلية صارمة تحكم عمله. بمعنى آخر، إذا وجدت سلوكًا لا يتغير بمرور الوقت، فلا بد من وجود آلية ما تخلق هذا السلوك. تعمل هذه الآلية من خلال حلقات التغذية الراجعة. إن نمط السلوك المتسق على مدى فترة زمنية طويلة هو أول دليل على وجود حلقات التغذية الراجعة.

تتشكل حلقة التغذية الراجعة عندما تؤثر تغيرات المخزون على التدفقات من هذا المخزون أو إليه. قد تكون حلقة التغذية الراجعة بسيطة ومباشرة. فكِّر في حساب توفير بفائدة في أحد البنوك. يؤثر المبلغ الإجمالي للمال في الحساب (المخزون) على قدر الأموال التي تدخل الحساب كفائدة. وذلك لوجود قاعدة بنكية تقول بأن الحساب يربح نسبة مئوية معينة من الفائدة كل عام. إجمالي مبلغ الفوائد المضافة للحساب كل عام (التدفق للداخل) لا يكون مبلغًا ثابتًا، بل يختلف باختلاف إجمالي المال المدخر في الحساب.

تتعامل مع نوع آخر من حلقات التغذية الراجعة المباشرة عندما تحصل على كشف حساب لحسابك المصرفي الجاري كل شهر. نظرًا لانخفاض مستوى النقد المتاح في الحساب الجاري (المخزون)، قد تقرر العمل لساعات أكثر وكسب المزيد من المال. الأموال التي تدخل حسابك المصرفي هي تدفق يمكنك تعديله لزيادة مخزونك النقدي إلى مستوى تريده. إذا نما حسابك المصرفي بشكل كبير، فقد لا تتردد في العمل بمعدل أقل (تقليل التدفق للداخل). هذا النوع من حلقات التغذية الراجعة يحافظ على مستوى نقودك ضمن نطاق مقبول بالنسبة إليك. يمكنك إدراك أن تعديل أرباحك ليس حلقة التغذية الراجعة الوحيدة التي تؤثر على مخزونك النقدي. يمكنك أيضًا تخيل حلقة تغذية راجعة مماثلة لضبط تدفق الأموال الخارجة من حسابك في صورة نفقات.

قد تتسبب حلقات التغذية الراجعة في الحفاظ على مستويات المخزونات ضمن نطاق ما أو تجعلها تنمو أو تنخفض. على أي حال، يتم تعديل التدفقات الداخلة للمخزون أو الخارجة منه وفقًا لتغيرات حجم المخزون نفسه. أيًّا كان من أو ما يُراقب مستوى المخزون، فإنه يبدأ سلسلة إجراءات تصحيحية، لتعديل معدلات التدفق للداخل أو للخارج (أو كليهما) وبالتالي تغيير مستوى المخزون. ينتج مستوى المخزون التغذية الراجعة من خلال سلسلة من الإشارات وإجراءات التحكم الذاتي.



الشكل 8: كيفية قراءة مخطط المخزون والتدفق من خلال حلقات التغذية الراجعة. يوضح كل مُخطط المخزون، والتدفق الذي يغير المخزون، ورابط المعلومات الذي يوجه الإجراء، الذي يظهر كسَهم رفيع مُنحنٍ. يؤكد الشكل أن الإجراء أو التغيير يستمر دائمًا من خلال ضبط التدفقات.

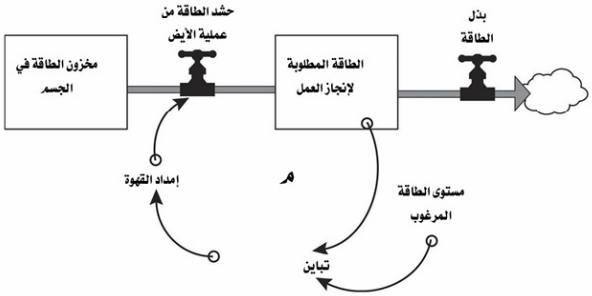
لا تحتوي جميع الأنظمة على حلقات تغذية راجعة. بعض الأنظمة عبارة عن سلاسل بسيطة ومفتوحة نسبيًّا من المخزونات والتدفقات. قد تتأثر تلك السلاسل بعوامل خارجية، لكن مستويات مخزوناتها لا تؤثر على تدفقاتها. ومع ذلك، فإن الأنظمة التي تحتوي على حلقات تغذية راجعة شائعة وقد تكون منسجمة جدًّا أو مفاجِئة، كما سنرى.

> حلقة التغذية الراجعة هي سلسلة مغلقة من الروابط السببية التي ينتجها مخزون ما، من خلال مجموعة من القرارات أو القواعد أو القوانين الفيزيائية أو الإجراءات التي تعتمد على مستوى المخزون، ثم على تدفقٍ ما لتعديل المخزون.

حلقات دعم الاستقرار - التغذية الراجعة الموازِنة

يوجد نوع شائع من حلقات التغذية الراجعة يعمل على استقرار مستوى المخزون، كما في مثال الحساب الجاري. قد لا يظل مستوى المخزون ثابتًا، لكنه يتغير بشكل طفيف ضمن نطاق مقبول. فيما يلي بعض حلقات التغذية الراجعة الأكثر استقرارًا والتي قد تكون مألوفة بالنسبة إليك. تبدأ هذه الأمثلة في تفصيل بعض خطوات حلقة التغذية الراجعة.

لو أنك من محبي القهوة، حين تشعر بانخفاض مستوى طاقتك، تتناول كوبًا من المشروب الأسود الساخن لتستعيد انتباهك. بصفتك شاربًا للقهوة، تعرف جيدًا مستوى المخزون المطلوب، وهو في هذه الحالة مخزون طاقتك لإنجاز العمل. إن هدف نظام توصيل الكافيين هذا هو الحفاظ على مستوى مخزون الطاقة الفعلي عند المستوى الذي تريده أو بالقرب منه. قد تحركك دوافع أخرى لتشرب القهوة: الاستمتاع بالنكهة أو الانخراط في نشاط اجتماعي. الفجوة بين مستويات الطاقة الموجودة وتلك اللازمة لإنجاز عملك هي ما تدفع قراراتك إلى ضبط مقدار ما تتناوله من الكافيين يوميًا.



الشكل 9: مستوى الطاقة لشارب القهوة.

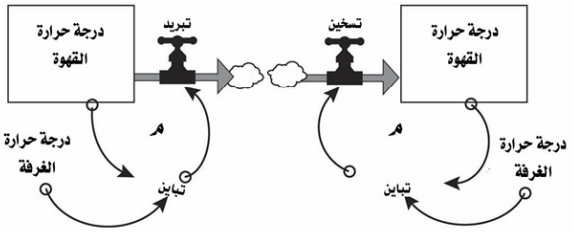
لاحظ أن الملصقات الموجودة في الشكل 9، مثل جميع ملصقات المخططات في هذا الكتاب، غير مُوجَّهَة. يقول الملصق «مخزون الطاقة في الجسم» وليس «مستوى الطاقة المنخفض»، و«إمداد القهوة» وليس «المزيد من القهوة». ذلك لأن حلقات التغذية الراجعة غالبًا ما تعمل في اتجاهين. في هذه الحالة، قد تُصحح حلقة التغذية الراجعة زيادة المخزون كما تصحح نقص المخزون. لو شربتَ كميات كبيرة من القهوة ووجدت نفسك مُثقلًا بطاقة إضافية، فسوف تمتنع عن تناول الكافيين لفترة. تخلق الطاقة العالية تباينًا يقول «أكثر من اللازم»، يدفعك لتقليل تناول

القهوة حتى يستقر مستوى الطاقة لديك. يوضح المخطط أن الحلقة يمكنها توجيه مخزون الطاقة في أي من الاتجاهين.

كان بإمكاني إظهار تدفق الطاقة خارجًا من سحابة، لكن بدلًا من ذلك جعلتُ مخطط النظام أكثر تعقيدًا. تذكر أن جميع مخططات الأنظمة هي مجرد تبسيط للعالم الحقيقي. يختار كل منا مقدار التعقيد الذي سيدرسه. في هذا المثال، رسمتُ مخزونًا آخر، وهو مخزون الطاقة في الجسم والتي يمكن تنشيطها بواسطة الكافيين، للإشارة إلى وجود أكثر من حلقة واحدة بسيطة في أي نظام. يعرف مدمنو القهوة أن الكافيين ليس سوى منبه قصير الأمد. يتيح لك تشغيل محرك سيارتك بسرعة، لكنه لا يعيد ملء خزان الوقود. في نهاية المطاف، تتراجع نسبة الكافيين، فينخفض مخزون الجسم من الطاقة أكثر مما كان عليه من قبل. قد يعيد هذا الانخفاض تنشيط حلقة التغذية الراجعة فتقودك في رحلةٍ أخرى إلى إبريق القهوة. (انظر مناقشة الإدمان لاحقًا في هذا الكتاب). أو يُنشِّط بعض ردود الأفعال الأطول أجلًا والأنفع للصحة: تناول بعض الطعام، أو الخروج للمشي، أو النوم لبعض الوقت.

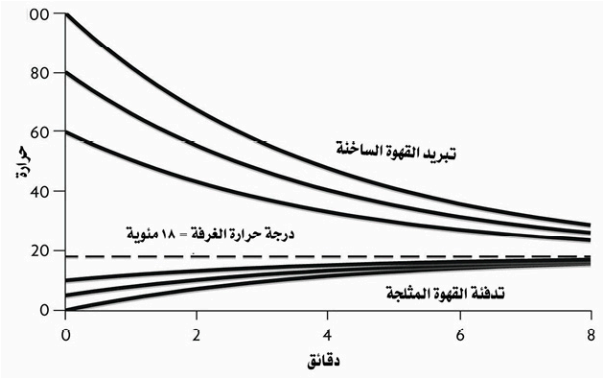
يُطلق على هذا النوع من الحلقات المسؤولة عن الاستقرار والسعي إلى تحقيق الهدف والتنظيم حلقة تغذية راجعة موازِنة، لذلك وضعت (م) داخل الحلقة في المخطط. تسعى حلقات التغذية الراجعة الموازِنة إلى تحقيق الهدف أو تدعم الاستقرار. يحاول كل منها الحفاظ على المخزون عند قيمة بعينها أو بالقرب منها ضمن نطاق محدد. تعارض حلقة التغذية الراجعة الموازِنة أي توجُّه للتغيير يُفرَض على النظام. إذا ارتفع مستوى المخزون بشدة، فستحاول حلقة التغذية الراجعة الموازِنة خفضه مرة أخرى. إذا انخفض بشدة، فستحاول التغذية الراجعة الموازِنة رفعه، وهكذا.

إليك حلقة تغذية راجعة موازِنة أخرى تخص القهوة، ولكن يحكمها القانون الفيزيائي لا القرار البشري. يبرُد فنجان القهوة الساخن تدريجيًّا حتى يصل إلى درجة حرارة الغرفة. يعتمد معدل التبريد على التباين بين درجة حرارة القهوة ودرجة حرارة الغرفة. كلما زاد الفرق بينهما، زادت سرعة تبريد القهوة. تعمل حلقة التغذية الراجعة الموازِنة في الاتجاه المعاكس أيضًا. إذا أعددتَ قهوة مثلجة في يوم حار، فسترتفع درجة حرارتها حتى تصل إلى نفس درجة حرارة الغرفة. تتمثل وظيفة هذا النظام في تقليل التباين بين درجة حرارة القهوة ودرجة حرارة الغرفة إلى الصفر، بغض النظر عن اتجاه التباين.



الشكل 10: فنجان قهوة بارد (يسارًا) أو دافئ (يمينًا).

بدءًا من القهوة في درجة حرارة أقل قليلًا من درجة الغليان ووصولًا إلى درجة أعلى بقليل من درجة التجمد، يوضح المُخطط في الشكل 11 تغيرات درجة حرارة القهوة بمرور الوقت لو أنك لم تشرب فنجانك. يمكنك ملاحظة السلوك «التوجيهي» لحلقة التغذية الراجعة الموازِنة. مهما كانت القيمة الأولية لمخزون النظام (درجة حرارة القهوة في هذه الحالة)، سواء كانت أعلى أو أقل من «الهدف» (درجة حرارة الغرفة)، فإن حلقة التغذية الراجعة توجهه نحو الهدف. يحدث التغيير بمعدل أسرع في البداية، ثم يتباطأ، حيث يقل التبايُن بين المخزون والهدف.



الشكل 11: درجة حرارة القهوة عند اقترابها من درجة حرارة الغرفة 18 درجة مئوية.

حلقات التغذية الراجعة الموازِنة هي هياكل مسؤولة عن التوازن أو السعي إلى تحقيق الهدف في الأنظمة وتعمل كمصادر للاستقرار ومقاومة التغيير.

يمكن ملاحظة نمط السلوك هذا، تَقدُّم النظام تدريجيًّا نحو هدف محدد، في تحلُّل عنصر مشع، أو إصابة الصاروخ هدفه، أو انخفاض قيمة أحد الأصول، أو ارتفاع مستوى الماء في الخزان أو انخفاضه فيصل إلى المستوى المطلوب، أو ضبط الجسم لمستوى السكر في الدم، أو ضغطك على فرامل سيارتك لتتوقف عند إشارة المرور. يمكنك التفكير في العديد من الأمثلة. العالم مليء بحلقات التغذية الراجعة التي تسعى إلى تحقيق الهدف.

لا يعني وجود آلية للتغذية الراجعة أنها آلية ناجحة بالضرورة. قد تفشل التغذية الراجعة، قسم المعلومات من النظام، لأسباب عديدة. قد لا تكون آلية التغذية الراجعة قوية بما يكفي لتصل

بالمخزون إلى المستوى المطلوب. ربما تصل المعلومات بعد فوات الأوان أو إلى المكان الخطأ. قد تكون المعلومات غير واضحة أو منقوصة أو يصعب تفسيرها. قد يكون الإجراء الذي تحفزه المعلومات ضعيفًا جدًّا أو متأخرًا أو محدود الموارد أو غير فعال. قد لا يصل المخزون الفعلي إلى ما تستهدفه حلقة التغذية الراجعة أبدًا. لكن في المثال البسيط لفنجان القهوة، سيصل المشروب في النهاية إلى درجة حرارة الغرفة.

الحلقات الجامحة ـ التغذية الراجعة المُعزِّزة

أحتاج إلى بعض الراحة لتنشيط ذهني. لكن للحصول على قسطٍ من الراحة، لا بد من السفر، والسفر يلزمه المال، ولأحصل على المال، لا بد أن أعمل. أنا في حلقة مفرغة لا فِكاك منها.

4أونوريه دي بلزاك، روائي وكاتب مسرحي من القرن التاسع عشر.

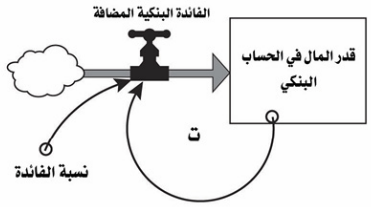
نرى هنا خاصية بالغة الأهمية. يبدو كأنه منطقٌ حَلَقِي؛ تنخفض الأرباح بسبب انخفاض الاستثمار، وينخفض الاستثمار لانخفاض الأرباح.

5جان تينبيرجن، اقتصادي.

النوع الثاني من حلقات التغذية الراجعة هو حلقات التعزيز المسؤولة عن المضاعفة الذاتية والإنماء. وهي حلقة مفيدة أو ضارة قد تُسبِّب نموًّا صحيًّا أو تدميرًا سريعًا. يُطلَق عليها حلقة التغذية الراجعة المُعزِّزة، وسيتم الإشارة إليها بحرف (ت) في المخططات. إنها تُولِّد المزيد من المُدخلات وتضيفها إلى المخزون كلما زاد حجمه (وتقلل المُدخلات كلما قل حجم الموجود منه بالفعل). تدعم حلقة التغذية الراجعة المُعزِّزة التغيير المفروض عليها أيًّا كان توجهه.

فمثلًا:

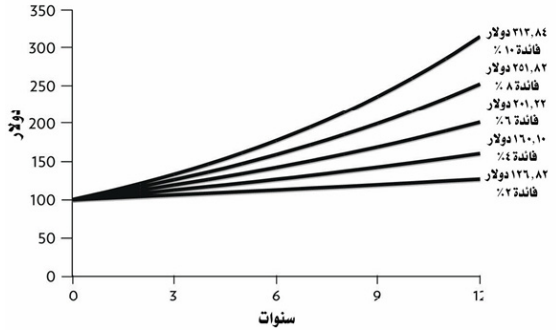
- في طفولتنا، كلما دفعني أخي بقوة، دفعتُه بقوة أكبر، وبالتالي كان يدفعني بقوة أكبر، فأدفعه بدوري بقوة أكبر وهكذا.
- يجب أن ترتفع الأجور كلما ارتفعت الأسعار، إذا أراد الناس الحفاظ على مستوياتهم المعيشية. كلما ارتفعت الأجور، لا بد من ارتفاع الأسعار أكثر للحفاظ على الأرباح. هذا يعني ارتفاع الأجور مرة أخرى، وبالتالي ارتفاع الأسعار مجددًا.
- كلما زاد عدد الأرانب، زاد عدد آباء الأرانب الذين ينجبون أرانب صغيرة. كلما زاد عدد الأرانب الصغيرة، كبروا ليصبحوا أرانب آباء، وينجبوا المزيد من الأرانب الصغيرة.
- كلما زاد تآكل التربة، تناقصت قدرة النباتات على النمو، وبالتالي قل عدد الجذور التي تحافظ على التربة من الانجراف، وبالتالي يزيد تآكل التربة، ويقل نمو النباتات.
- كلما مارستُ العزف على البيانو، زاد استمتاعي بالصوت الذي أسمعه، وبالتالي أعزف أكثر، فيزيد معدل ممارستي للعزف على البيانو.



الشكل 12: حساب مصرفي يُدِر فوائد بنكية.

تظهر حلقات التعزيز حين يتحلى عنصر من النظام بقدرة على إعادة إنتاج نفسه أو النمو كجزء ثابت من نفسه. وتشمل هذه العناصر السكان والاقتصادات. هل تتذكر مثال الحساب المصرفي الذي يُدِر فائدة؟ كلما زاد المال الذي تملكه في البنك، زادت الفائدة التي تربحها، والتي تضاف إلى الأموال المُدخرة بالفعل في البنك، فتربَحَ المزيد من الفوائد.

يوضح الشكل 13 كيف تُضاعِف حلقة التعزيز هذه الأموال، بدءًا من 100 دولار في البنك، وبافتراض عدم إجراء عمليات إيداع أو سحب على مدى اثني عشر عامًا. توضح الخطوط الخمسة خمسة أسعار مختلفة للفائدة، من 2٪ إلى 10٪ سنويًّا.

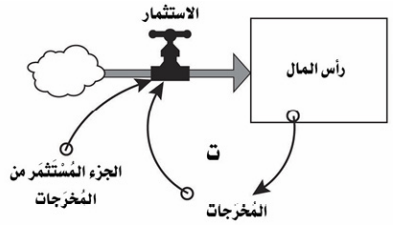


الشكل 13: نمو المدخرات بمعدلات فائدة مختلفة.

هذا ليس نموًّا خطيًّا بسيطًا، ولا يظل ثابتًا بمرور الوقت. قد يبدو نمو الحساب المصرفي بأسعار فائدة منخفضة خطيًّا في السنوات القليلة الأولى. ولكن في الواقع، فإن النمو يسير بشكل أسرع وأسرع. كلما احتوى الحساب على المزيد، أضيفَ إليه المزيد. هذا النوع من النمو يسمى «نموًّا أُسيًّا». هذه أخبار جيدة أو سيئة، وفقًا لما ينمو -الأموال في البنك، أو الأشخاص المصابون بفيروس الإيدز، أو الآفات في حقل الذرة، أو الاقتصاد الوطني، أو الأسلحة في سباق التسلح.

في الشكل 14، كلما زاد عدد الآلات والمصانع، التي تسمى مجتمعة «رأس المال»، يمكن إنتاج المزيد من السلع والخدمات «المُخرجات». كلما زاد ما يمكنك إنتاجه، زادت قدرتك على

الاستثمار في آلات ومصانع جديدة. كلما زادت أرباحك، زادت قدرتك على تحقيق المزيد. حلقة التغذية الراجعة المُعزِّزة هذه هي المحرك الجوهري للنمو الاقتصادي.



الشكل 14: إعادة الاستثمار في رأس المال.

تُعد حلقات التغذية الراجعة المُعزِّزة آلية دعم ذاتي، تؤدي إلى النمو المتسارع أو الانهيارات الجامحة بمرور الوقت، وتظهر حين يتحلى المخزون بالقدرة على تقوية ذاته أو إعادة إنتاج نفسه.

قد ترى الآن كيف تكون حلقات التغذية الراجعة الموازِنة والمُعزِّزة أساسية للأنظمة. أحيانًا أتحدى طلابي لمحاولة التفكير في أي قرار بشري يحدث من دون حلقة تغذية راجعة -أي قرار يتم اتخاذه بغض النظر عن المعلومات حول مستوى المخزون الذي يؤثر عليه. حاوِل التفكير في ذلك بنفسك. كلما تأملتَ أكثر، سترى حلقات التغذية الراجعة في كل مكان.

رأى الطلاب أن أكثر القرارات التي تُتخذ من دون «تغذية معلوماتية» هي الوقوع في الحب والانتحار. سأتركك تُقرر ما إذا كنت تعتقد أن هذه القرارات تُتخذ بالفعل من دون أي تغذية راجعة.

احذر! إذا رأيت حلقات تغذية راجعة في كل مكان من حولك، فأنت على وشك أن تصبح مُفكرًا نُظُميًّا!

بدلًا من رؤية كيف يتسبب «أ» في «ب» فحسب، ستبدأ في التساؤل عن كيفية تأثير «ب» أيضًا على «أ»، وكيف يمكن أن يُعزز «أ» ذاته أو ينقلب عليها. حين تسمع في الأخبار المسائية أن بنك الاحتياطي الفيدرالي قد فعل شيئًا ما للسيطرة على الاقتصاد، سترى أيضًا أن الاقتصاد قد فعل شيئًا للتأثير على بنك الاحتياطي الفيدرالي بالضرورة. عندما يخبرك شخص ما بأن النمو السكاني يسبب الفقر، فسوف تسأل نفسك كيف يمكن للفقر أن يسبب النمو السكاني.

لمحة عن حلقات التعزيز وزمن التضاعف

نظرًا لأننا كثيرًا ما نصطدم بحلقات تعزيز، فمن السهل استخلاص التالي: الوقت الذي يستغرقه المخزون المتزايد بشكل كبير ليتضاعف، «زمن التضاعف»، يساوي (70 ÷ معدل النمو كنسبة مئوية). مثال: إذا وضعت 100 دولار في البنك بفائدة سنوية 7٪، فسوف تتضاعف أموالك في 10 سنوات (70 ÷ 7 = 10). إذا حصلت على فائدة 5٪ فقط، فستستغرق أموالك 14 عامًا لتتضاعف، (70 ÷ 5 = 14).

لن ترى العالم ثابتًا، بل متغيرًا. ستتوقف عن البحث عمن يقع عليه اللوم، وتبدأ في طرح السؤال «ما هو النظام المسؤول؟». يدعم مفهوم التغذية الراجعة فكرة مسؤولية النظام عن إنتاج سلوكه الخاص.

حتى الآن، اقتصرتُ في الطرح على نوع واحد من حلقات التغذية الراجعة في كل مرة. نادرًا ما تظهر حلقات التغذية الراجعة في الأنظمة الحقيقية منفردة. إنها مرتبطة بعضها ببعض، في أنماط معقدة بشكل خيالي. من المحتمل أن تحكم المخزون الواحد عدة حلقات تعزيز وموازَنة ذات قوى مختلفة تسحبه في عدة اتجاهات. يمكن تعديل التدفق الواحد بتأثير من محتويات ثلاثة أو خمسة أو عشرين مخزونًا. قد تملأ مخزونًا بينما تستنزف مخزونًا آخر وتغذي القرارات التي تغير آخر. تتناحر حلقات التغذية الراجعة العديدة في النظام بعضها مع بعض، في محاولة لجعل المخزونات تنمو، أو تفنى، أو تتوازن بعضها مع بعض. ونتيجة لذلك، فإن الأنظمة المعقدة تفعل أكثر بكثير من مجرد البقاء ثابتة أو الانفجار أو التسلل نحو الأهداف، كما سنرى.

فكِّر في هذا:

إذا تسبب «أ» في «ب»، فهل من الممكن أن يتسبب «ب» أيضًا في «أ»؟

- 2-

زيارة قصيرة لحديقة حيوان الأنظمة

إن الهدف من أي نظرية هو تبسيط واختزال العناصر الأساسية قدر الإمكان، من دون التنازل عن التمثيل المناسب للتجربة.

ألبرت أينشتاين، فيزيائي1.

إحدى أفضل الطرائق لتعلم شيء جديد هي تأمله من خلال أمثلة محددة بدلًا من التجريدات والعموميات، لذلك أُقدم هنا عدة أمثلة شائعة وبسيطة ومهمة، للأنظمة. من المفيد فهم هذه الأمثلة، إذ توضح العديد من الأُسُس العامة للأنظمة المعقدة.

تتمتع هذه المختارات ببعض نقاط القوة والضعف نفسها التي تتمتع بها حديقة الحيوان2، وتمنحك فكرة عن التنوع الكبير الذي تتمتع به الأنظمة الموجودة في العالم، ولكنها بعيدة كل البعد عن التمثيل الكامل لهذا التنوع بالتأكيد. تُصنِّف هذه الأمثلة الحيوانات في مجموعات بحسب العائلة -القرود هنا، الدببة هناك (الأنظمة أحادية المخزون، الأنظمة ثنائية المخزون)- وبالتالي تُمكنك من ملاحظة السلوكيات المميِّزة للقرود، مقارنة بسلوك الدببة. ولكن، كما في حديقة الحيوان، هذه المختارات مُحكمة التنظيم. لجعل الحيوانات مرئية ومفهومة، يفصلها النظام بعضها عن بعض وعن بيئتها الطبيعية الحاجبة للتفاصيل. وكما تتفاعل حيوانات حديقة الحيوان معًا بشكل طبيعي في نُظُمها البيئية الطبيعية، فإن حيوانات الأنظمة الواردة هنا تتصل عادةً وتتفاعل بعضها مع بعض ومع عناصر الأنظمة الأخرى غير الواردة هنا -يُشكل هذا كله العالم المعقد المتغير الذي نعيش فيه.

سنتكلم عن النُّظُم البيئية في وقت لاحق. حاليًا، سنلقي نظرة على نظام واحد في كل مرة.

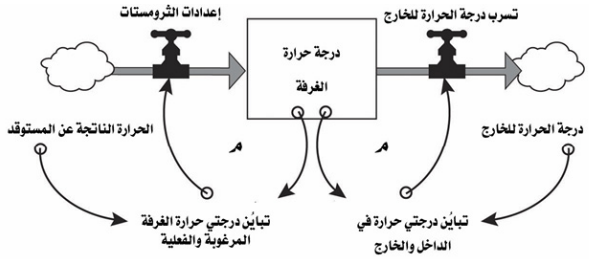
الأنظمة أحادية المخزون

مخزون تحكمه حلقتَا مُوازنة متنافستان

منظم حرارة (الثرموستات)

لقد شاهدتَ بالفعل سلوك «التوجيه للداخل» لحلقة التغذية الراجعة الموازِنة الساعية لتحقيق هدف -تبريد فنجان القهوة. ماذا يحدث لو احتوى النظام على حلقتَين، تحاولان استقطاب مخزون واحد نحو هدفين مختلفين؟

أحد الأمثلة على مثل هذا النظام هو آلية عمل الثرموستات الذي ينظم تدفئة غرفتك -أو تبريدها، إذا كان موصلًا بمكيف هواء بدلًا من المُستوقَد. كجميع النماذج، يمثل نموذج الثرموستات في الشكل 15 تبسيطًا لنظام تدفئة منزلي حقيقي.

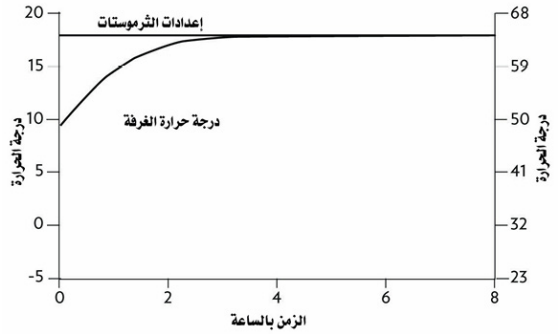


الشكل 15: درجة حرارة الغرفة يضبطها منظم الحرارة والمستوقد.

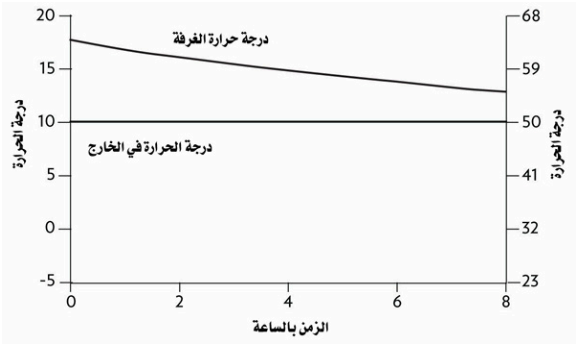
حين تنخفض درجة حرارة الغرفة إلى ما دون إعدادات الثرموستات، يكتشف المنظم التباين ويرسل إشارة لتشغيل تدفق الحرارة من المستوقد، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الغرفة. عندما ترتفع درجة حرارة الغرفة مرة أخرى، يوقِف المنظِّم تدفق الحرارة. تظهر حلقة التغذية الراجعة الموازِنة والتي تحفظ المخزون على الجانب الأيسر من الشكل 15. لو لم يحتوِ النظام على أي شيء آخر، وإذا بدأتَ بغرفة باردة مع ضبط الثرموستات على 18 درجة مئوية (65 درجة فهرنهايت)، فسيتصرف كما هو موضح في الشكل 16. يبدأ تشغيل المستوقد، وتُدَفَّأ الغرفة. عندما تصل درجة حرارة الغرفة إلى إعدادات الثرموستات، ينطفئ المُستوقَد، وتبقى الغرفة في درجة الحرارة المستهدفة.

مع ذلك، فهذه ليست الحلقة الوحيدة في النظام. تتسرب الحرارة منه أيضًا إلى الخارج. تتحكم حلقة تغذية راجعة موازِنة ثانية في تدفق الحرارة للخارج، الحلقة الموضحة على الجانب الأيمن

من الشكل 15. وهي تحاول جعل درجة حرارة الغرفة مساوية للخارج دومًا، تمامًا كتبريد فنجان القهوة. لو أن هذه هي الحلقة الوحيدة في النظام (لو لم يحتوِ النظام على مستوقد)، يوضح الشكل 17 ما سيحدث، بدءًا بغرفة دافئة في يوم بارد.



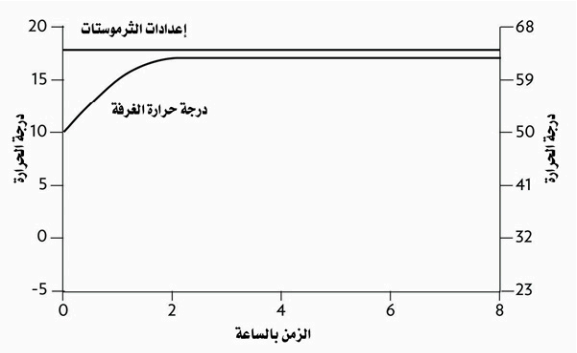
شكل 16.: غرفة باردة ترتفع درجة حرارتها بسرعة إلى درجة حرارة الإعدادات.



الشكل 17.: غرفة دافئة تبرد ببطء شديد لتصل إلى درجة الحرارة في الخارج التي تبلغ 10 درجات مئوية.

الفرضية هي أن عزل الغرفة ليس مُحكمًا، وبالتالي تتسرب بعض الحرارة من الغرفة الدافئة إلى الخارج البارد. كلما كان العزل محكمًا، كان انخفاض درجة الحرارة أبطأ.

الآن، ماذا يحدث حين تعمل الحلقتان في نفس الوقت؟ بافتراض وجود عزل مناسب ومُستوقد بحجم مناسب، فإن حلقة التسخين تهيمن على حلقة التبريد. فينتهي الأمر بغرفة دافئة (انظر الشكل 18)، حتى تبدأ من جديد بغرفة باردة في يوم بارد.



الشكل 18: يدفئ المُستوقد غرفة باردة، حتى مع استمرار تسرب الحرارة منها للخارج.

مع ارتفاع درجة حرارة الغرفة، يزداد تدفق الحرارة منها، بسبب اتساع فجوة التبايُن بين درجات الحرارة في الداخل وفي الخارج. يواصل المُستوقد التسخين ورفع درجة الحرارة أكثر لتعويض الحرارة المتسربة للخارج، فترتفع درجة حرارة الغرفة إلى درجة الحرارة المستهدفة. عند هذه النقطة، يتم إيقاف المُستوقد وتشغيله تلقائيًّا لتعويض الحرارة المتسربة باستمرار من الغرفة. تم ضبط الثرموستات على 18 درجة مئوية (65 درجة فهرنهايت) في هذه المحاكاة، لكن مستويات درجة حرارة الغرفة أقل قليلًا من 18 درجة مئوية. هذا بسبب التسرب للخارج، والذي يؤدي إلى استنزاف بعض الحرارة حتى عندما تصل إشارة للمُستوقد لإعادتها إلى مستواها مرة أخرى. هذه سمة مميزة وأحيانًا سلوك مفاجئ لنظام به حلقات موازَنة متنافسة. إنها تشبه محاولة إبقاء دلو ممتلئ مع وجود ثقب في قاعه. ولجعل الأمور أسوأ، فإن المياه المتسربة من الثقب تحكمها حلقة تغذية راجعة؛ كلما زاد الماء في الدلو، زاد ضغط الماء عند الثقب، وبالتالي زاد التدفق للخارج! في هذه الحالة، نحاول إبقاء الغرفة أدفأ من الخارج وكلما كانت الغرفة أدفأ، فُقدت الحرارة للخارج بشكل أسرع. يستغرق المُستوقد وقتًا لتعويض الفقد المتزايد للحرارة، وخلال ذلك الوقت يستمر تسرُّب الحرارة بشكل متزايد. في المنزل جيد العزل، يكون التسرب أبطأ، وبالتالي يكون المنزل أدفأ من منزل غير جيد العزل، حتى وإن احتوى على مُستوقد كبير.

من تعاملهم مع أنظمة التدفئة المنزلية، تعلم الناس ضبط الثرموستات أعلى قليلًا من درجة الحرارة الفعلية التي يستهدفونها. قد يكون السؤال عن مدى ارتفاع هذه الدرجات عن درجة الحرارة في الخارج سؤالًا صعبًا، لأن معدل التدفق لخارج المنازل أعلى في الأيام الباردة منه في الأيام الدافئة. لكن بالنسبة إلى منظمات الحرارة، فإن مسألة التحكم هذه ليست خطيرة. يمكنك ضبط إعدادات المنظم للمستوى الذي تتحمله أنت.

بالنسبة إلى الأنظمة الأخرى التي لها نفس هيكل حلقات الموازنة المتنافسة، فإن حقيقة استمرار تغير المخزون في أثناء محاولتك التحكم فيه قد تخلق مشكلات حقيقية. على سبيل المثال، لنفترض أنك تحاول الحفاظ على مخزون المتجر عند مستوى معين. لا يمكنك طلب مخزون جديد على الفور لتعويض النقص في نفس لحظة حدوثه. إذا لم تفكر في البضائع التي

ستبيعها في أثناء انتظار وصول الطلب، فلن يكون مخزونك كافيًا أبدًا. قد تنخدع بنفس الطريقة لو أنك تحاول الحفاظ على رصيد نقدي عند مستوى معين، أو مستوى الماء في الخزان، أو تركيز مادة كيميائية في نظام تفاعل يتدفق باستمرار.

نجد هنا مبدأ عامًّا مهمًّا، ومبدأ خاصًّا بهيكل الثرموستات أيضًا. الأول العام: تستطيع المعلومات التي تقدمها حلقة التغذية الراجعة التأثير على السلوك المستقبلي فقط، لكن لا يمكنها تقديم المعلومات بالسرعة اللازمة لإحداث تأثير كافٍ لتصحيح السلوك الذي دفع التغذية الراجعة الحالية. لا يستطيع أي شخص ممن يتخذون قرارًا بناء على التغذية الراجعة في النظام تغيير سلوك النظام الذي ينتِج التغذية الراجعة الحالية؛ ستؤثر قراراته على السلوك المستقبلي فحسب.

ما أهمية هذا؟ إنه يعني تأخر الاستجابة دومًا. بمعنى أن تأثير أي تدفق على سلوك تدفق آخر لن ينتج على الفور، لكنه قد يستجيب لأي تغيير يطرأ على المخزون، وبعد فترة زمنية كافية لتسجيل المعلومات الواردة. في حوض الاستحمام، يستغرق الأمر جزءًا من الثانية لتقييم عمق المياه واتخاذ قرار بضبط التدفقات. ترتكب العديد من النماذج الاقتصادية خطأ فادحًا في هذه المسألة، بافتراض أن الاستهلاك أو الإنتاج يمكنه الاستجابة فورًا لتغير السعر، مثلًا. هذا هو أحد أسباب عدم خضوع الأنظمة الاقتصادية الحقيقية للعديد من النماذج الاقتصادية.

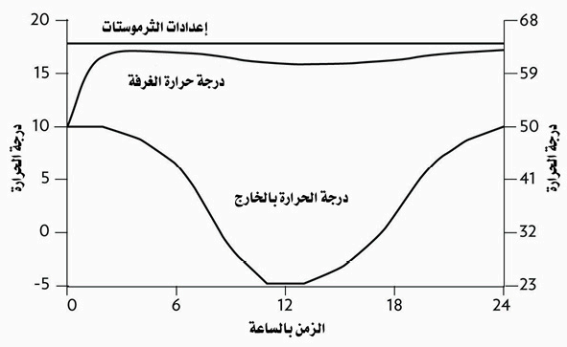
> **تستطيع المعلومات التي تقدمها حلقة التغذية الراجعة -حتى غير المادية منها- التأثير فقط على السلوك المستقبلي، إذ لا يمكنها إصدار الإشارات بسرعة كافية لتصحيح السلوك الذي أنتج التغذية الراجعة الحالية. حتى المعلومات غير المادية تستغرق وقتًا لإنتاج تغذية راجعة.**

المبدأ الآخر، الخاص، الذي يمكن استنتاجه من هذا النظام البسيط هو أنه عليك الانتباه لأي عمليات تصريف أو تعبئة جارية في الأنظمة الشبيهة بمنظم الحرارة. إذا لم تفعل، فلن تصل بمخزونك للمستوى المستهدف. إذا كنت تريد لغرفتك حرارة بدرجة 18 مئوية (65 درجة فهرنهايت)، فعليك ضبط الثرموستات أعلى قليلًا من درجة الحرارة المطلوبة. لسداد ديون بطاقتك الائتمانية (أو الدين القومي)، عليك رفع معدل السداد بدرجة كافية لتغطية الرسوم التي تتكبدها في أثناء الدفع (بما في ذلك الفائدة). لتطوير القوى العاملة لديك، عليك إجراء التوظيف بسرعة كافية لتعويض العاملين الذين استقالوا في أثناء عملية التوظيف. بعبارة أخرى، يجب أن يشمل تصورك للنظام جميع التدفقات المهمة، وإلا ستفاجأ بسلوك النظام.

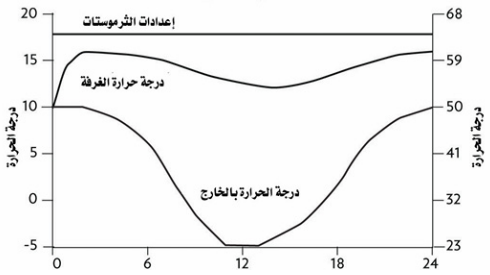
يجب أن يكون هدف حلقة التغذية الراجعة الموازِنة الحفاظ على المخزون عند حجم مناسب لتعويض عمليات التصريف أو التعبئة التي تؤثر عليه. خلاف ذلك، فإن عملية التغذية الراجعة ستقصر عن أو تتجاوز هدف المخزون.

قبل أن نترك نظام الثرموستات، علينا ملاحظة سلوكه -مع درجات حرارة خارجية متفاوتة. يوضح الشكل 19 أربعًا وعشرين ساعة من التشغيل العادي لثرموستات جيد الأداء، مع انخفاض درجة الحرارة الخارجية إلى ما دون درجة التجمد. يلاحِق تدفق الحرارة من المُستوقَد تدفق الحرارة إلى الخارج بشكل مناسب. نادرًا ما تختلف درجة الحرارة في الغرفة بمجرد أن تتم تدفئتها.

كل حلقة تغذية راجعة موازِنة لها نقطة انهيار، تسحب عندها الحلقات الأخرى المخزون بعيدًا عن هدفه بقوة أكبر من قدرته على التراجع. قد يحدث ذلك في نظام الثرموستات المحاكى هذا، إذا أضعفتَ قوة حلقة التسخين (مستوقد أصغر لا يمكنه إنتاج نفس القدر من الحرارة)، أو إذا عززتَ قوة حلقة التبريد (درجة حرارة خارجية أكثر برودة، عزل أقل، أو تسريبات أكبر). يوضح الشكل 20 ما يحدث مع نفس درجات الحرارة الخارجية كما في الشكل 19، وفقد أسرع لحرارة الغرفة. في البرودة الشديدة، لا يستطيع المُستوقد مجاراة معدل استنزاف الحرارة. الحلقة التي تعمل على الوصول بدرجة حرارة الغرفة إلى درجة الحرارة الخارجية تهيمن على النظام لفترة من الوقت، فتصبح الغرفة باردة!



الشكل 19: يعمل المستوقد لتدفئة غرفة باردة، حتى مع تسرب الحرارة من الغرفة وانخفاض درجات الحرارة في الخارج إلى ما دون درجة التجمد.



الشكل 20: لا يستطيع المستوقد الحفاظ على دفء الغرفة في منزل ذي معدلات تسرب عالية في يوم بارد.

تحقق من قدرتك على متابعة كيفية ارتباط المتغيرات في الشكل 20 بعضها ببعض مع مرور الوقت. في البداية، تكون درجة حرارة الغرفة ودرجة الحرارة الخارجية منخفضتين. يتجاوز معدل تدفق الحرارة من المُستوقد معدل تسربها للخارج، فتزيد درجة حرارة الغرفة. لمدة ساعة أو ساعتين، تظل درجة حرارة الخارج معتدلة بما يكفي كي يعوض المستوقد معظم الحرارة المتسربة للخارج، وتظل درجة حرارة الغرفة قريبة من درجة الحرارة المطلوبة.

لكن مع انخفاض درجة الحرارة في الخارج وزيادة تسرب الحرارة، يعجز المُستوقد عن تعويض الحرارة المفقودة بالسرعة الكافية، لأنه يُولِّد حرارة أقل من تلك المفقودة بالتسرب، فتنخفض درجة حرارة الغرفة. أخيرًا، ترتفع درجة الحرارة في الخارج مرة أخرى، ويتباطأ تسرب الحرارة، ويمكن للمُستوقد، الذي يظل يعمل بسرعة كاملة، أن يواصل ويبدأ في تدفئة الغرفة من جديد.

تمامًا كحال نظام حوض الاستحمام، كلما زادت درجة الحرارة الناتجة عن تسخين المُستوقد عن تلك المفقودة بسبب التسرب، ترتفع درجة حرارة الغرفة. كلما انخفض معدل التدفق للداخل عن معدل التدفق للخارج، تنخفض درجة الحرارة. بدراسة تغيُّرات النظام على هذا الرسم البياني لفترة من الوقت وربطها بمخطط حلقة التغذية الراجعة لهذا النظام، ستحصل على فكرة جيدة عن كيف تؤدي الروابط الهيكلية لهذا النظام -حلقَتَي التغذية الراجعة وارتباط قوى تحولهما- إلى ظهور سلوك النظام بمرور الزمن.

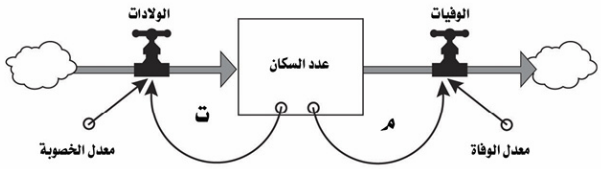
مخزون تحكمه حلقة تعزيز وحلقة موازَنة

السكان والاقتصاد الصناعي

ماذا يحدث عندما تستقطب حلقة تعزيز وحلقة موازَنة نفس المخزون؟ هذا أحد أهم أنواع هياكل النظام وأكثرها شيوعًا. من بين أمور أخرى، ينطبق هذا الهيكل على كل أنظمة السكان

والاقتصاد.

تحكُم نظام السكان حلقة تعزيز تجعله ينمو من خلال معدل المواليد، وحلقة موازَنة تتسبب في تدهوره من خلال معدل الوفيات.

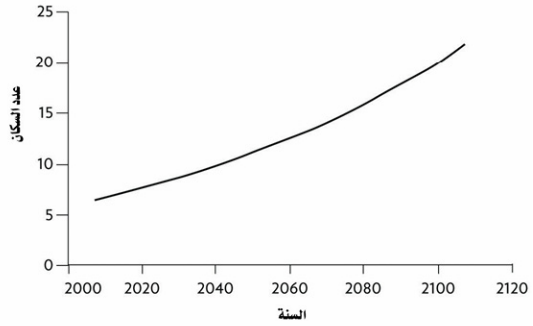


الشكل 21: نظام السكان تحكمه حلقة مواليد مُعزِّزَة وحلقة وفيات موازِنة.

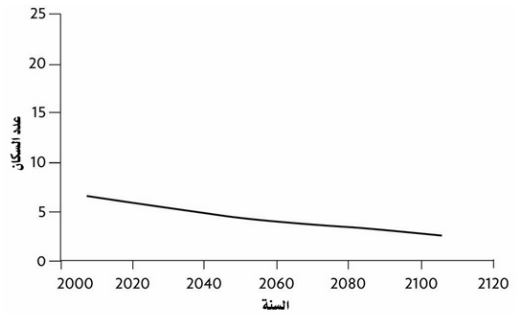
في حالة ثبات معدلات الخصوبة والوفيات (وهو أمر نادر الحدوث في الأنظمة الحقيقية)، يتبنى هذا النظام سلوكًا بسيطًا. يتضاعف أو يموت، بناءً على غَلبَة أي من حلقتَي التغذية الراجعة المُعزِّزة التي تحكم معدل الولادات، أو الموازِنة التي تحكم الوفيات.

على سبيل المثال، حين كان عدد سكان العالم 6.6 مليار نسمة في عام 2007، كان معدل الخصوبة يقارب 21 ولادة سنويًا لكل 1000 شخص من السكان، ومعدل الوفيات 9 وفيات سنويًا من بين كل 1000 شخص. كان معدل الخصوبة أعلى من معدل الوفيات، لذلك سيطرت حلقة التعزيز على النظام. إذا استمرت معدلات الخصوبة والوفيات هكذا من دون تغيير، فإن الطفل المولود الآن سيرى عدد سكان العالم أكثر من ضعفه ببلوغه سن الستين، كما هو موضح في الشكل 22.

إذا ارتفع معدل الوفيات، بسبب وباء مثلًا، لِنَقُل 30 حالة وفاة لكل 1000، بينما ظل معدل الخصوبة عند 21، فإن حلقة الانهيار ستهيمن على النظام. يموت عدد أكبر من عدد المواليد، فينخفض عدد السكان تدريجيًا (الشكل 23).



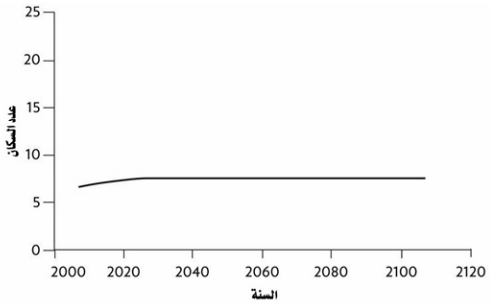
الشكل 22: النمو السكاني إذا احتفظت الخصوبة والوفيات بمستوياتهما في عام 2007 عند 21 ولادة وتسع وفيات لكل 1000 شخص.



الشكل 23: انخفاض عدد السكان إن ظلت الخصوبة عند مستوى عام 2007 (21 ولادة لكل 1000) وزاد معدل الوفيات (30 حالة وفاة لكل 1000).

تصبح الأمور أكثر إثارة حين تتغير معدلات الخصوبة والوفيات بمرور الوقت. عندما تضع الأمم المتحدة توقعات سكانية بعيدة المدى، فإنها تفترض عمومًا انخفاض متوسط الخصوبة كلما أصبحت البلدان أكثر تقدمًا، (تقترب من الإحلال حيث يكون لكل امرأة في المتوسط 1.85 طفلًا). حتى وقت قريب، سادت افتراضات بانخفاض معدل الوفيات أيضًا، ولكن بشكل أبطأ (لأنه منخفض بالفعل في معظم أنحاء العالم). ومع ذلك، وبسبب وباء فيروس الإيدز، تفترض الأمم المتحدة الآن أن الاتجاه المتمثل في زيادة متوسط العمر المتوقع خلال الخمسين سنة القادمة سيتباطأ في المناطق المتأثرة بالفيروس.

يؤدي تغيير التدفقات (الخصوبة والوفيات) إلى تغير سلوك المخزون (السكان) -ينحني الخط. على سبيل المثال، إذا انخفضت معدلات الخصوبة العالمية بانتظام لتساوي معدل الوفيات بحلول عام 2035 وظل كلاهما ثابتًا بعد ذلك، فإن نظام السكان سيستقر، ويساوي المواليد الوفيات تمامًا في توازن ديناميكي، كما في الشكل 24.



الشكل 24: يستقر نظام السكان عندما تساوي الخصوبة معدل الوفيات.

يعتبر هذا السلوك مثالًا على الهيمنة المتغيرة لحلقات التغذية الراجعة. الهيمنة مفهوم مهم في التفكير النُّظُمي. عندما تهيمن حلقة على أخرى، يكون لها تأثير أقوى على السلوك. نظرًا

لاحتواء الأنظمة على عدة حلقات تغذية راجعة متنافسة تعمل في نفس الوقت غالبًا، فإن الحلقات المهيمنة على النظام ستحدد سلوكه.

في البداية، عندما تكون معدلات الخصوبة أعلى من معدلات الوفيات، تهيمن حلقة النمو المُعزِّزة على النظام ويكون السلوك الناتج هو النمو الأُسي. لكن هذه الحلقة تضعُف تدريجيًّا مع انخفاض الخصوبة حتى تساوي تمامًا قوة حلقة موازنة الوفيات. عند هذه النقطة لا تهيمن أي من الحلقتين، ويصير لدينا توازن ديناميكي.

لقد رأيتَ هيمنة متغيرة في نظام الثرموستات، حين انخفضت درجة الحرارة الخارجية وتغلبت معدلات تسرب الحرارة من المنزل سيئ العزل على قدرة المُستوقَد على تدفئة الغرفة. انتقلت الهيمنة من حلقة التسخين إلى حلقة التبريد.

تنشأ السلوكيات المعقدة للأنظمة حين تتغير قوى حلقات التغذية الراجعة، فتنتقل الهيمنة على السلوك فيما بينها.

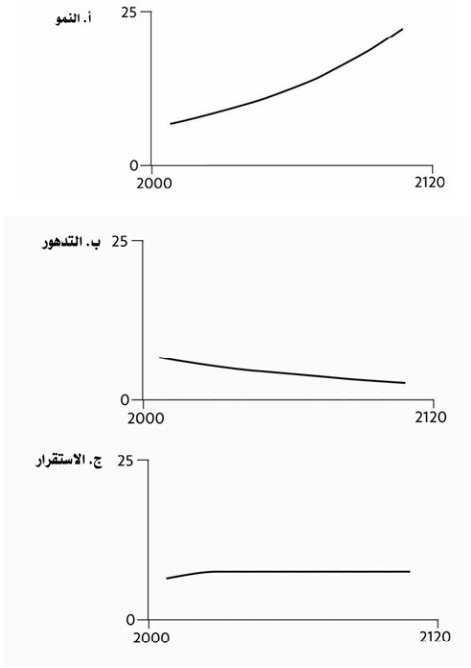
لسلوك النظام السكاني أنماط محدودة، تعتمد على ما يحدث للمتغيرات المُحرِّكة؛ الخصوبة والوفاة. هذه الأنماط هي الوحيدة الممكنة لسلوك نظام بسيط ذي حلقة تعزيز واحدة وحلقة موازَنة واحدة. ينمو المخزون الذي تحكمه حلقتا التعزيز والموازنة المرتبطة بشكل كبير لو هيمنت حلقة التعزيز على حلقة الموازنة، بينما سيتدهور إذا هيمنت حلقة الموازنة على حلقة التعزيز، وسيستقر إذا تساوت الحلقتان في القوى (انظر الشكل 25). أو سيتتابع نمو وتدهور النظام، واحدًا تلو الآخر، إذا تغيرت قوى الحلقتين بمرور الوقت (انظر الشكل 26).

اخترت هنا بعض السيناريوهات السكانية المحرِّضة لتوضيح النماذج والسيناريوهات التي يمكن أن تُولِّدها. كلما واجهك سيناريو (حين تسمع عن تنبؤ اقتصادي، أو ميزانية شركة، أو توقعات للطقس، أو تغير مناخي مستقبلي، أو سمسار بورصة يتوقع ما سيحدث لأسهم معينة)، تحتاج إلى طرح هذه الأسئلة والتي ستساعدك على تحديد مدى صحة تمثيل هذا النموذج للواقع.

- هل تتكشف العوامل المُحرِّكة بهذه الطريقة؟ (ما هو التأثير المُحتمل لمعدل المواليد ومعدل الوفيات على نظام السكان؟)
- لو أحدثت تلك العوامل هذه التأثيرات، فهل سيستجيب النظام بالطريقة التي نتوقعها؟ (هل تؤدي معدلات المواليد والوفيات إلى السلوك الذي نتوقعه لمخزون السكان؟)

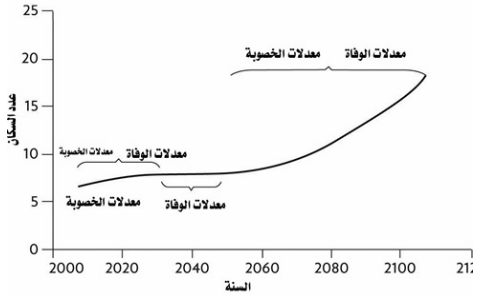
• ما الذي يؤثر على العوامل المُحرِّكة؟ (ما الذي يؤثر على معدل المواليد؟ ما الذي يؤثر على معدل الوفيات؟).

لا يمكن الإجابة عن السؤال الأول بشكل واقعي، إذ إنه تخمين حول المستقبل، والمستقبل غير مؤكد بطبيعته. رغم احتمالية أن يكون رأيك صائبًا حول موضوع، فإن هذا لا يعني وجود طريقة لإثبات أنك على صواب حتى يتحقق ما توقعته في المستقبل بالفعل. يمكن اختبار عدة سيناريوهات لتحليل الأنظمة ومعرفة ما سيحدث إذا تغير سلوك العوامل المُحرِّكة. هذا أحد أهداف تحليل الأنظمة. لكن عليك اختيار السيناريو الذي يمكن اعتباره قابلًا للتحقق في المستقبل، إن وُجِد.



الشكل 25: ثلاثة سلوكيات محتملة لنظام السكان: النمو، والتدهور، والاستقرار.

عادةً، لا تُصَمَّم الأنظمة الديناميكية للتنبؤ بما سيحدث، بل لاستكشاف ما يمكن أن يحدث إذا تكشَّفَت العوامل المُحرِّكة بعدة طرق مختلفة.



.الشكل 26: الهيمنة المتغيرة بين حلقات الخصوبة والوفيات

يعتبر السؤال الثاني -هل سيستجيب النظام بالطريقة التي نتوقعها؟- علميًّا أكثر. إنه سؤال حول مدى صحة النموذج. هل يلتقط الديناميات المتأصلة في النظام؟ بغض النظر عن تصورك لسلوك العوامل المُحرِّكة، فهل سيتصرف النظام على النحو المتوقع بناءً على سلوك العوامل المُحرِّكة؟

في سيناريوهات أنظمة السكان، مهما كان تصورك، فإن الإجابة عن السؤال الثاني هي نعم تقريبًا، سيتصرف نظام السكان على هذا النحو، إذا كان هذا هو سلوك معدلات الخصوبة والوفيات.

تستكشف نماذج ديناميكيات النظام الاحتمالات المستقبلية ثم تطرح أسئلة «»«ماذا لو؟».

نموذج السكان الذي استخدمته هنا بسيط للغاية. قد يميز نموذج أكثر تفصيلًا الفئات العمرية، مثلًا. لكن هذا النموذج سيستجيب بنفس طريقة استجابة السكان في الواقع، حيث ينمو في ظل نفس ظروف نمو عدد السكان الفعلي، وينخفض تحت نفس ظروف انخفاض عدد السكان الفعلي. بغض النظر عن الأرقام، لكنه نمط واقعي للسلوك الأساسي.

أسئلة لاختبار قيمة النموذج

هل تتكشف العوامل المُحرِّكة بهذه الطريقة؟

إذا تَكَشَّفت، فهل سيستجيب النظام بالطريقة التي نتوقعها؟

- ما الذي يؤثر على العوامل المُحرِّكة؟

أخيرًا، لدينا السؤال الثالث. ما الذي يؤثر على العوامل المُحرِّكة؟

ما الذي ينظم التدفقات الداخلة والخارجة؟ هذا سؤال حول حدود النظام ويتطلب نظرة فاحصة لتلك العوامل المُحرِّكة لمعرفة ما إذا كانت مستقلة بالفعل، أم أنها محكومة هي الأُخرى بالنظام.

هل يمكن أن يعزز حجم السكان معدلات الخصوبة أو الوفيات، مثلًا؟ هل تؤثر عوامل أخرى كالاقتصاد، أو البيئة، أو التوجهات الاجتماعية على معدلات الخصوبة والوفيات؟ هل يؤثر حجم السكان على تلك العوامل الاقتصادية والبيئية والاجتماعية؟

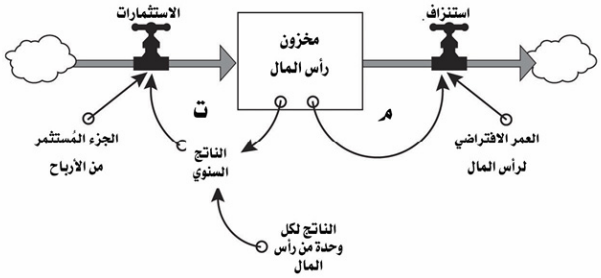
الإجابة عن كل هذه الأسئلة هي نعم، بالطبع. إن معدلات الخصوبة والوفيات تحكمها حلقات التغذية الراجعة أيضًا. تتأثر بعض حلقات التغذية الراجعة تلك بحجم السكان. هذه المجموعة

3«أحد حيوانات الحديقة» ليست سوى جزء واحد من نظام أكبر بكثير.

لا تعتمد قيمة النموذج على مدى واقعية السيناريوهات المُحرِّكة له، إذ لا يمكن لأحد معرفة ذلك بشكل مؤكد، بل على مدى واقعية نمط سلوكه الناتج.

الاقتصاد هو جزء مهم من النظام الأكبر الذي يؤثر على السكان. والاقتصاد في جوهره نظام ذو حلقة مُعزِّزة وأخرى موازِنة، وهو نفس هيكل نظام السكان، بنفس أنماط السلوك. انظر الشكل 27.

كلما زاد مخزون رأس المال المادي (الآلات والمصانع) وكفاءة الإنتاج (الناتج لكل وحدة من رأس المال)، في نظام اقتصادي، يزيد معدل الإنتاج (السلع والخدمات) كل عام.



الشكل 27: يتضمن نظام رأس المال الاقتصادي: حلقة مُعزِّزة (استثمار الإنتاج)، تحكم النمو، حلقة موازَنة (استنزاف)، تحكم التدهور، تمامًا كنظام السكان.

كلما زاد الإنتاج، أمكن استثمار المزيد لتكوين رأس مال جديد. هذه حلقة مُعزِّزة، كحلقة معدلات الخصوبة للسكان. الاستثمار يعادل الخصوبة في نظام السكان. كلما زاد الجزء الذي يستثمره المجتمع من إنتاجه، زادت سرعة نمو مخزونه من رأس المال.

يُستنزَف رأس المال المادي بسبب الاستهلاك -التقادم والتآكل. حلقة الموازَنة التي تتحكم في الاستهلاك تعادل حلقة الوفيات في نظام السكان. يتحدد «موت» رأس المال من خلال متوسط عمره. كلما طال متوسط عمر رأس المال، تقلص الجزء الذي يجب سحبه واستبداله منه كل عام.

إذا كان لهذا النظام نفس بنية النظام السكاني، فلا بد أن له نفس السلوكيات. على مدار التاريخ الحديث، هيمنت حلقة تعزيز خاصة على رأس المال العالمي فواصَل نموه بشكل كبير، مثله مثل تعداد السكان العالمي، يعتمد نموه أو ثباته المستقبلي على غلبة حلقة النمو المُعزِّزة لنموه على الحلقة الموازِنة التي تقوده للتدهور. وهذا يعتمد على:

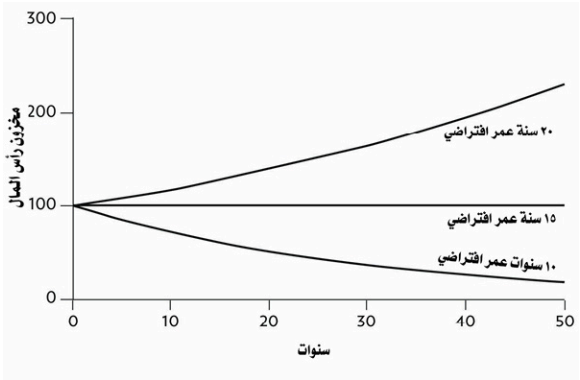
- حصة الاستثمار - حجم الإنتاج الذي يستثمره المجتمع بدلًا من استهلاكه.
- كفاءة رأس المال - مقدار رأس المال المطلوب لإنتاج كمية معينة من المخرجات.

- متوسط عمر رأس المال.

إذا أُعيد استثمار حصة ثابتة من المُخرجات في مخزون رأس المال مع ثبات كفاءة رأس المال (قدرته على إنتاج المُخرجات)، فقد ينخفض مخزون رأس المال أو يظل ثابتًا أو ينمو، بحسب متوسط عُمر رأس المال. توضح الخطوط في الشكل 28 أنظمة ذات متوسط أعمار مختلفة لرأس المال. مع عمر قصير نسبيًّا، يفنى رأس المال خلال مدة أقصر من المدة التي يستغرقها استبداله. إعادة الاستثمار لا تواكب الهبوط فيتدهور الاقتصاد ببطء. عندما يعادل الاستهلاك الاستثمار، يصير الاقتصاد في حالة توازن ديناميكي. مع متوسط طويل للعمر، ينمو مخزون رأس المال تصاعديًّا. كلما زاد متوسط عمر رأس المال، زادت سرعة نموه.

هذا مثال آخر على مبدأ نصادفه دومًا: يمكنك جعل المخزون ينمو عن طريق خفض معدل التدفق للخارج، وكذلك عن طريق زيادة معدل التدفق للداخل!

كما تؤثر العديد من العوامل على خصوبة السكان وموتهم، تؤثر العديد من العوامل على نسبة الإنتاج وحصة الاستثمار ومتوسط عمر رأس المال -كأسعار الفائدة والتكنولوجيا والسياسات الضريبية وعادات الاستهلاك والأسعار، هذا على سبيل المثال لا الحصر. يؤثر حجم السكان ذاته على الاستثمار، سواء من خلال تأثير العمالة على المُخرجات، أو عن طريق زيادة الطلب على الاستهلاك، وبالتالي تقليل حصة الاستثمار. كما يؤثر الناتج الاقتصادي على السكان بعدة طرق. إذ عادةً ما تضمن الاقتصادات الأكثر ثراءً رعاية صحية أفضل ومعدل وفيات أقل، كما يقل معدل المواليد في تلك الأنظمة.



الشكل 28: نمو مخزون رأس المال مع التغيرات في عمر رأس المال. في نظام بنسبة مخرجات لكل وحدة رأس مال تبلغ 1: 3 وحصة استثمار بنسبة 20% من الناتج، فإن رأس المال الذي يبلغ متوسط عمره 15 عامًا يواكب الاستهلاك. العمر الأقصر يؤدي إلى انخفاض مخزون رأس المال.

في الواقع، يجب أن يربط أي نموذج طويل المدى لاقتصاد حقيقي بين هيكلَي السكان ورأس المال لإظهار كيفية تأثير كلٍّ منهما على الآخر. المعضلة المحورية للنمو الاقتصادي هي كيفية دفع حلقة تعزيز تراكم رأس المال لتعمل بمعدلات مكافِئة لحلقة تعزيز نمو السكان، بحيث يصبح الناس أكثر ثراءً بدلًا من أن يزدادوا فقرًا.4

تُنتج الأنظمة ذات هياكل التغذية الراجعة المتشابهة سلوكيات ديناميكية متماثلة.

قد يبدو غريبًا بالنسبة إليك أنني أصنف نظام رأس المال ونظام السكان ضمن نفس نوع «الحيوانات» في حديقة حيوان الأنظمة. لا يشبه نظامُ الإنتاج الذي يشمل المصانع والشحنات والتدفقات الاقتصادية إلى حدٍّ كبير نظامًا سكانيًّا يُولَد فيه الأطفال ويتقدمون في السن وينجبون المزيد من الأطفال ويموتون. لكن من وجهة نظر نُظُمية، فإن هذه الأنظمة، المتباينة جدًّا من نواحٍ عديدة، تحمل قاسمًا مشتركًا مهمًّا: هياكل حلقة التغذية الراجعة، إذ يتضمن كلاهما مخزونًا تحكمه حلقة نمو مُعزِّزة وحلقة وفيات موازِنة.

كلاهما تحكمه عملية تدهور، إذ تتقادم مصانع الصلب والمخارط والتوربينات وتتلف كما يموت الناس.

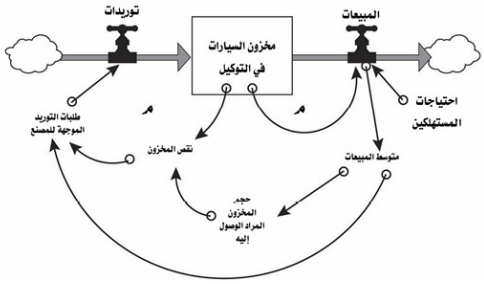
إن إحدى الأفكار الجوهرية لنظرية الأنظمة، جوهرية كفكرة مسؤولية الأنظمة عن إنتاج سلوكها الخاص إلى حد كبير، هي أن الأنظمة ذات هياكل التغذية الراجعة المتشابهة تنتج سلوكيات ديناميكية متماثلة، حتى لو اختلف المظهر الخارجي لهذه الأنظمة.

يختلف نظام السكان عن أي نظام اقتصاد صناعي، لكن يستطيع كلاهما إعادة إنتاج نفسه بنفسه وبالتالي النمو بشكل متصاعد. كلاهما يشيخ ويموت. إن تبريد فنجان القهوة يشبه تبريد غرفة دافئة، كما يشبه تحلل مادة مشعة، وشيخوخة السكان أو الاقتصاد الصناعي وانهيارهما. يتراجع كل من هذه الأنظمة كنتيجة لحلقة تغذية راجعة موازِنة.

نظام تحكمه تأخيرات ـ مخزون البضائع

تخيَّل مخزونًا من البضائع في توكيل لبيع السيارات مع تدفق للداخل (عمليات التوريد من المصانع) وتدفق للخارج (مبيعات السيارات الجديدة). إن هذا المخزون من السيارات سيسلك مسلك الماء في حوض الاستحمام.

الآن تخيَّل نظام تغذية راجعة تنظيميًّا مصمَّمًا لإبقاء مخزون السيارات مرتفعًا بدرجة كافية لتغطية المبيعات لعشرة أيام. انظر الشكل 29. يحتاج التاجر إلى الاحتفاظ ببعض المخزون لأن عمليات التوريد والمبيعات لا تتطابق تمامًا كل يوم. يُجري العملاء عمليات شراء يومية لا يمكن التنبؤ بها. يحتاج تاجر السيارات أيضًا إلى التَّزوُّد بمخزون إضافي مؤقت للجوء إليه في حالة تأخر التسليم من الموردين.



الشكل 29: يتم الحفاظ على المخزون في توكيل السيارات ثابتًا من خلال حلقتَي موازَنة متنافستين، واحدة للمبيعات والأخرى لعمليات التوريد.

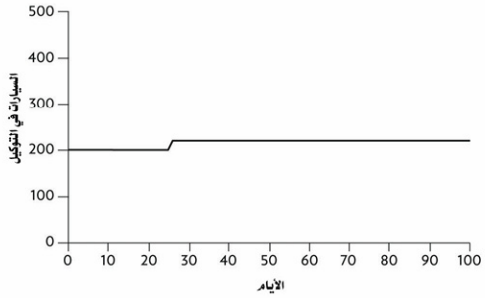
يرصد التاجر متوسط المبيعات في أثناء العمل، وإذا بدا مرتفعًا، مثلًا، فإنه يُعدل طلبات التوريد التي يرسلها إلى المصنع لزيادة المخزون الوارد الجديد كي يغطي المبيعات المرتفعة لمدة عشرة أيام. لذلك، تعني المبيعات المرتفعة رصد متوسط مبيعات أعلى، مما يعني وجود تباين أكبر بين حجم المخزون الفعلي وحجم المخزون المطلوب الوصول إليه، وبالتالي زيادة طلبات التوريد، مما يؤدي إلى زيادة عمليات التوريد، وزيادة المخزون حتى يغطي معدل المبيعات المرتفع بسهولة.

هذا النظام هو نسخة من نظام الثرموستات، حلقة موازنة للمبيعات تستنزف مخزون البضائع وحلقة موازنة منافسة تحافظ على المخزون عن طريق إعادة إمداد ما فُقِد في المبيعات. يوضح الشكل 30 النتيجة المتوقعة لزيادة طلب المستهلك بنسبة 10٪.

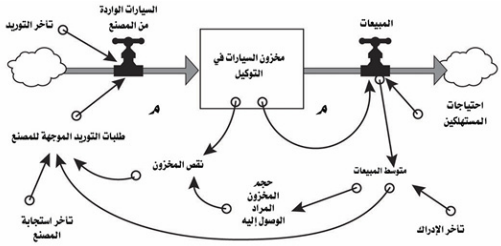
في الشكل 31، أضفتُ شيئًا آخر إلى هذا النموذج البسيط -ثلاثة تأخيرات مماثلة لما نختبره في العالم الحقيقي.

أولًا، تأخير الرصد، وهو مُتعَمَّد في هذه الحالة. لا يستجيب تاجر السيارات لأول إشارة تدل على تغير المبيعات. قبل أن يتخذ قرارات الطلب، يحسب متوسط المبيعات على مدار الأيام الخمسة السابقة لتمييز التوجهات الحقيقية لحركة البيع عن الانخفاضات والارتفاعات الطارئة.

ثانيًا، تأخير في الاستجابة. حتى يتضح أن طلبات التوريد بحاجة إلى تعديل، فإنه لا يحاول إجراء التعديل بالكامل في طلب واحد، بل يعوض ثلث العجز مع كل طلب. طريقة أخرى لقول ذلك هي أنه يُجري تعديلات جزئية على طلبات التوريد على مدى ثلاثة أيام للتأكد من أن توجه حركة المبيعات حقيقي. ثالثًا، يحدث تأخير في التسليم. يستغرق المُورِّد في المصنع خمسة أيام لاستلام طلب وتجهيزه وتوصيله إلى الوكيل.

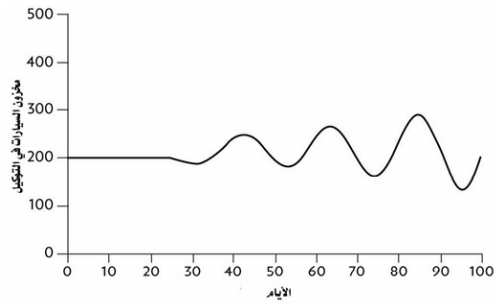


الشكل 30: مخزون السيارات لدى الوكيل مع زيادة ثابتة لطلب المستهلك بنسبة 10% بدءًا من اليوم الخامس والعشرين.



الشكل 31: مخزون السيارات في التوكيل مع ظهور ثلاثة تأخيرات شائعة: تأخر الإدراك، وتأخر الاستجابة، وتأخر التسليم.

ورُغم أن هذا النظام يتكون من حلقتَي موازَنة فحسب، كالثرموستات، فإن سلوكه مختلف. تأمل ما يحدث عندما يواجه العمل نفس القفزة الثابتة في المبيعات بنسبة 10% لطلبات العملاء، كما هو موضح في الشكل 32.



الشكل 32: استجابة المخزون لزيادة المبيعات بنسبة 10% مع حدوث تأخيرات في النظام.

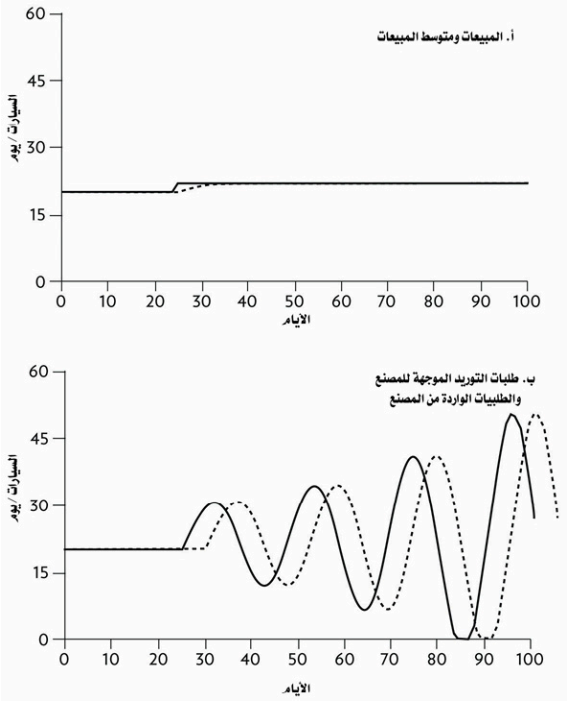
التذبذبات! تؤدي قفزة واحدة لأعلى في المبيعات إلى انخفاض المخزون. يراقب تاجر السيارات حركة البيع لفترة طويلة بما يكفي للتأكد من أن معدل المبيعات المرتفع سيستمر. حينها يبدأ في طلب المزيد من السيارات لتغطية معدل المبيعات الجديد ورفع المخزون. لكن وصول الطلبات يستغرق وقتًا. خلال ذلك الوقت، ينخفض المخزون أكثر، لذلك يجب أن ترتفع الطلبات أكثر قليلًا، ليبلغ المخزون كمية كافية لتغطية عشرة أيام.

في النهاية، تبدأ الطلبات المُعَدَّلة في الوصول، وينشط المخزون، بل ويزيد، لأنه خلال فترة التشكك بشأن التوجه الفعلي، طلب التاجر كمية كبيرة. يدرك الآن خطأه، فيتراجع، لكن تبقى الطلبات السابقة المُعَدَّلة بكميات كبيرة قائمة، فيطلب كميات أقل، بل أقل بكثير، نظرًا لتشككه فيما سيحدث لاحقًا. ينخفض المخزون مرة أخرى. وتستمر الحال هكذا، سلسلة من التذبذبات حول مستوى المخزون الجديد المطلوب. يوضح الشكل 33 الفرق الذي تحدثه بعض التأخيرات.

سنرى بعد قليل طرائق لإخماد تذبذبات المخزون، ولكن من المهم أولًا فهم سبب حدوثها. إن تاجر السيارات ليس غبيًّا، بل يكافح للعمل في نظام لا يمده بالمعلومات في الوقت المناسب، ولا يمكن أن يمده، حيث تمنع التأخيرات أي تأثير كبير لإجراءاته على المخزون. إنه لا يعرف كيف سيتصرف عملاؤه لاحقًا. وحين يتصرفون، يتساءل إن كان سلوكهم هذا سيستمر. حين ترسل طلب توريد، لا تحدث استجابة فورية. هذا الوضع من نقص المعلومات والتأخيرات شائعٌ جدًّا. غالبًا ما تحدث مثل هذه التذبذبات في مخزون البضائع وفي العديد من الأنظمة الأخرى. جرِّب الاستحمام أسفل دُش يفصل أنبوبٌ طويلٌ جدًّا رأسَه عن خلاط الماء الساخن والبارد، وستشعر فورًا بالتذبذبات الساخنة والباردة بسبب تأخُّر الاستجابة.

يؤدي التأخير في حلقة التغذية الراجعة الموازِنة إلى تذبذُب النظام.

إن معرفة حجم التأخير الذي يُسبِّب تذبذُبًا ما في ظل ظروف معينة ليس بالأمر البسيط، سأستخدم نظام مخزون البضائع هذا لأوضح لك السبب.



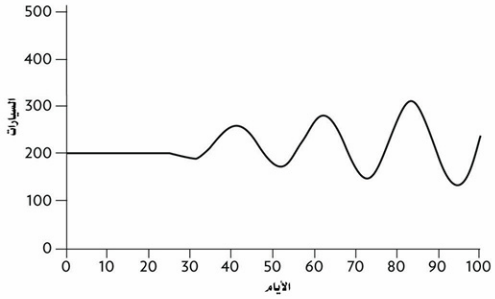
الشكل 33: استجابة طلبات التوريد والتسليمات لزيادة الطلب. يُظهر «أ» الزيادة الطفيفة والحادة للمبيعات في اليوم الخامس والعشرين و«متوسط» مبيعات تاجر السيارات، أو تقديره لمتوسط التغيير المرصود على مدار ثلاثة أيام. يُظهر «ب» معدل الطلب الناتج الذي يتضح من خلال عمليات التسليم الفعلية من المصنع.

هذه التذبذبات لا تُطاق». يقول تاجر السيارات الذي هو ذاته نظام تُوجِّهه المعلومات، وهو» عازمٌ الآن على تغيير سلوك نظام المخزون: «سأُحَجِّم التأخيرات. لا أملك التحكم بتأخير وصول البضائع من المصنع، لذا سأتصرف فيما أملك بسرعة أكبر. سأحسب متوسط المبيعات على مدار يومين فقط بدلًا من خمسة أيام قبل تعديل طلب التوريد».

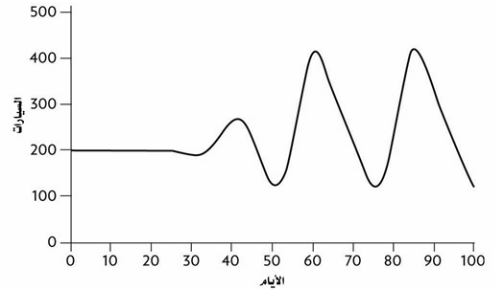
يوضح الشكل 34 ما يحدث عند تقليص مدة حساب متوسط المبيعات من خمسة أيام إلى يومين.

لا ينتج الكثير عن تقليص تاجر السيارات للوقت اللازم لفهم ما يحدث. ولو حدث شيء، فإن حِدة تذبذبات مخزون السيارات لدى التاجر ستتصاعد. وإذا حاول تاجر السيارات تسريع استجابته، بدلًا من تقليص الوقت اللازم لإدراكه، وتعويض النقص الملحوظ في البضائع خلال يومين بدلًا من ثلاثة، تسوء الأمور أكثر، كما هو موضح في الشكل 35. شيء ما يجب أن يتغير، ولوجود شخص خبير في قلب هذا النظام، سيتغير بالفعل شيء ما. «تأثير قوي في

الاتجاه الخطأ»، يقول تاجر السيارات، الذي يفكر بشكل نُظُمي، وهو يراقب فشل سياسة تهدف إلى تثبيت التذبذبات. يحدث هذا الجنوح طوال الوقت -يحاول شخص ما إصلاح نظام فينجذب بشكل حدسي إلى ترسيخ سياسة ما ذات تأثير قوي على النظام بالفعل. يسحب المُصلِح حَسَن النية رافعة التدخل في الاتجاه الخاطئ! هذا مجرد مثال واحد على كيف يمكن أن تفاجئنا الأنظمة بسلوك غير منطقي حين نحاول إصلاحها.



الشكل 34: استجابة المخزون لنفس الزيادة في الطلب مع تسريع تأخر الإدراك.



الشكل 35: استجابة المخزون لنفس الزيادة في الطلب مع تسريع الاستجابة. التصرف بشكل أسرع يزيد حدة التذبذبات!

جزء من المشكلة هنا هو سرعة تصرُّف تاجر السيارات، لا بطئه. نظرًا لتكوين هذا النظام، فقد بالغ في رد فعله. ستتحسن الأمور إذا تأخرت الاستجابة لتحدث خلال ستة أيام، بدلًا من تسريعها لتحدث خلال يومين بدلًا من ثلاثة، كما هو موضح في الشكل 36.

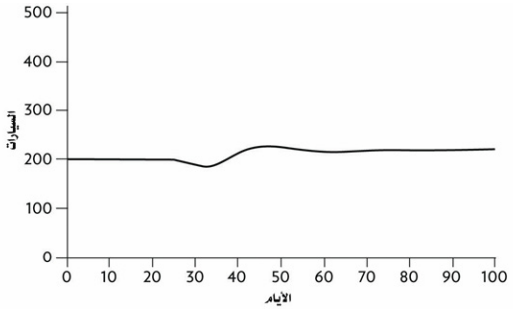
في الشكل 36، تخمد التذبذبات إلى حد كبير مع هذا التغيير، ويستجيب النظام لتوازنه الجديد بكفاءة إلى حد ما.

أهم تأخير في هذا النظام هو الذي لا يخضع لسيطرة تاجر السيارات مباشرة، تأخير التوريد من المصنع. ولكن حتى من دون القدرة على تغيير هذا الجزء من نظامه، يستطيع التاجر إدارة المخزون بشكلٍ جيد.

التأخيرات شائعة في الأنظمة، وهي محددات مؤثرة بقوة في سلوكها. قد يؤدي تغيير مدة حدوث التأخير إلى تغيير كبير في سلوك النظام، وقد لا يؤثر

على الإطلاق، اعتمادًا على نوع التأخير والفترات الزمنية التي تستغرقها التأخيرات الأخرى.

قد يُيسر تعديل التأخيرات إدارة النظام أو يزيدها صعوبة. لهذا، ينجذب مفكرو النُّظُم لدراسة موضوع التأخيرات. نحن متأهبون دومًا لاكتشاف مواضع التأخيرات في الأنظمة، والمدة اللازمة لحدوثها، وما إذا كانت تأخيرات في تدفق المعلومات أو في العمليات المادية. لا يمكننا فهم السلوك الديناميكي للأنظمة ما لم نعرف مواضع التأخيرات والمدة التي تستغرقها. نحن ندرك أن بعض التأخيرات قد تُشَكِّل مؤثرات قوية على سياسات النظام. قد يؤدي التعجيل بها أو إرجاؤها إلى إحداث تغييرات كبيرة في سلوك الأنظمة.



الشكل 36: استجابة المخزون لنفس معدل الزيادة في الطلب بشكل أبطأ.

من بعيد، قد تبدو مشكلة مخزون تجاري هينة وقابلة للحل. لكن تخيَّل أننا نتحدث عن مخزون جميع السيارات غير المَبِيعة في أمريكا. طلبات توريد عدد أكبر أو أقل من السيارات لا تؤثر على إنتاج مصانع التجميع ومصانع قطع الغيار فحسب، بل في مصانع الصلب ومصانع المطاط والزجاج والمنسوجات ووحدات إنتاج الطاقة. تظهر تأخيرات الإدراك، وتأخيرات الإنتاج، وتأخيرات التوريد، وتأخيرات التجميع في كل مكان من هذا النظام. الآن فكِّر في الصلة بين إنتاج السيارات والوظائف -زيادة الإنتاج تزيد من عدد الوظائف مما يسمح لمزيد من الناس بشراء السيارات. هذه حلقة تعزيز، تعمل أيضًا في الاتجاه المعاكس -إنتاج أقل، وظائف أقل، مبيعات سيارات أقل، إنتاج أقل. يمكننا إضافة حلقة تعزيز أخرى، حيث يتداول المضاربون أسهم شركات تصنيع وتوريد السيارات بالبيع والشراء بناءً على أدائها الأخير، إذ ينتج عن زيادة الإنتاج ارتفاع في أسعار الأسهم، والعكس صحيح.

هذا النظام الضخم، ذو المجالات المتصلة التي يستجيب بعضها لبعض من خلال التأخيرات، وتجذب بعضها بعضًا في تذبذباتها، وتتضخم من قِبل المستثمرين والمضاربين، هو المكون

الرئيسي لحلقات الأعمال التجارية. هذه الحلقات لا يحكمها رؤساء الدول، رُغم قدرة الرؤساء على فعل الكثير لتخفيف أو مفاقمة أثر فترات الصعود والهبوط. الأنظمة الاقتصادية معقدة للغاية، ومليئة بحلقات التغذية الراجعة الموازِنة والتأخيرات، ومتذبذبة بطبيعتها5.

أنظمة ثنائية المخزون

مخزون متجدد مُقيد بمخزون غير متجدد ـ الاقتصاد النفطي

إن الأنظمة التي عرضتُها حتى الآن غير خاضعة لقيود تفرضها البيئة المحيطة بها. لم يتطلب مخزون رأس المال لنموذج الاقتصاد الصناعي موادَّ خام لإنتاج المُخرجات. لم يكن السكان بحاجة إلى الطعام. لم ينفد الوقود من مستوقد نظام الثرموستات. تلك النماذج المُبسطة للأنظمة قادرة على العمل وفقًا لديناميكياتها الداخلية الحُرة، لذلك يمكننا تحديد ماهية تلك الديناميكيات.

لكن أي كيان مادي حقيقي محاطٌ ببيئته ويتبادل معها التأثير والتأثر. تحتاج الشركة إلى إمداد مستمر بالطاقة والخامات والعاملين والمديرين والعملاء. يحتاج محصول الذرة النامي إلى الماء والأسمدة والحماية من الآفات. تحتاج الأحياء إلى الغذاء والماء ومساحة للمعيشة، وإذا كانوا من البشر، فإنهم يحتاجون إلى وظائف وتعليم ورعاية صحية وأشياء أخرى كثيرة. يحتاج أي كيان يستخدم الطاقة ومواد المعالجة إلى مكان لضخ نفاياته، أو عملية لنقل نفاياته بعيدًا.

لذلك، سيواجه أي نظام فيزيائي متنامٍ شكلًا من القيود، عاجلًا أو آجلًا. سيأخذ هذا القيد شكل حلقة موازَنة تعمل بطريقة ما على تغيير هيمنة حلقة التعزيز التي تقود سلوك النمو، إما عن طريق تقوية التدفق للخارج أو عن طريق إضعاف التدفق للداخل.

يعتبر النمو في بيئة مُقيِّدة أمرًا شائعًا جدًّا، ويطلق عليه مفكرو النُّظُم اسم نموذج «قيود النمو» الأوَّلي. سنستكشف المزيد من النماذج الأوَّلية في الفصل الخامس، وهي هياكل النظام التي نصادفها بشكل متكرر والتي تنتج أنماط سلوك مألوفة. كلما رأينا كيانًا متناميًا، سواء كان تعدادًا سكانيًّا أو شركة أو حسابًا مصرفيًّا أو شائعة أو وباء، أو مبيعات منتج جديد، فإننا نبحث عن حلقات التعزيز التي تحركه وعن حلقات الموازَنة التي ستقيده في النهاية. نعرف بوجود حلقات التوازن تلك، حتى لو لم تسيطر بعد على سلوك النظام، إذ لا يمكن لأي نظام فيزيائي حقيقي أن ينمو إلى الأبد. حتى المنتج الجديد الجذاب سيتشبع منه السوق في النهاية. سلسلة من التفاعلات في محطة للطاقة النووية أو قنبلة نووية ستقضي على الوقود. سيتراجع وجود الفيروس في أجساد المصابين به. قد يتقيد الاقتصاد برأس المال السِّلعي أو رأس المال النقدي أو العمالة أو الأسواق أو الإدارة أو الموارد أو التلوث.

لا بد أن تحتوي الأنظمة الفيزيائية التي تتضاعف أسيًّا على حلقة تعزيز واحدة على الأقل تُدعم النمو وحلقة موازَنة واحدة على الأقل تُقيد النمو، إذ لا يمكن أن ينمو أي نظام فيزيائي إلى الأبد في بيئة محدودة.

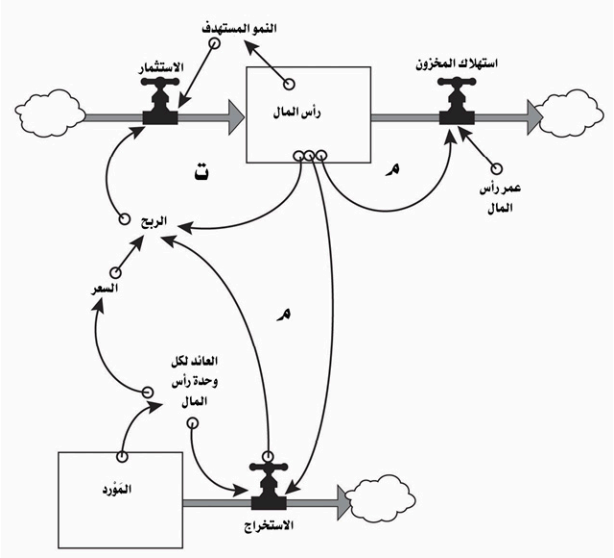
قد تكون مُعوقات التلوث متجددة أو غير متجددة، كالموارد التي تزود أي مخزون بالتدفقات الداخلة إليه. تكون المُعوقات غير متجددة إذا عجزت البيئة عن امتصاص الملوثات أو جعلها غير ضارة. وتكون متجددة إذا كانت البيئة ذات قدرة محدودة، ومتغيرة عادة، على إزالة التلوث. كل ما نذكره هنا يتعلق بالأنظمة محدودة الموارد، لذا تحكمها نفس الديناميكيات ولكن بتوجهات تدفُّق معاكسة لتلك التي تحكم الأنظمة المقيَّدة بالتلوث.

قد تكون القيود المفروضة على النظام المتنامي مؤقتة أو دائمة. ربما يجد النظام طرائق للالتفاف عليها لفترة قصيرة أو طويلة، ولكن في النهاية يجب أن يحدث نوع من التكيف، يتكيف النظام مع القيد، أو القيد مع النظام، أو كلاهما بعضهما مع بعض. في هذا التكيف تظهر بعض الديناميكيات المهمة.

لا تؤثر نشأة حلقات الموازَنة المقيِّدة من مورد متجدد أو غير متجدد على إمكانية استمرار النمو إلى الأبد، بل على كيفية توقف هذا النمو على الأرجح.

لنتأمل معًا نظامًا رأسماليًّا يحقق أرباحه عن طريق استخراج مورد غير متجدد، شركة نفط اكتشفت للتو حقلًا نفطيًّا ضخمًا جديدًا، مثلًا. انظر الشكل 37.

قد يبدو المُخطط في الشكل 37 معقدًا، لكنه مجرد نظام نمو رأس مال كالنظام الذي رأيناه بالفعل، باستخدام «الأرباح» بدلًا من «المُخرَجات». صارت زيادة الاستهلاك هي حلقة الموازَنة المعتادة الآن: فكلما زاد مخزون رأس المال، زاد عدد الآلات والمصافي التي تتفكك وتتآكل، وتناقص مخزون رأس المال. في هذا المثال، يُستَهلَك مخزون رأس المال من معدات التنقيب عن النفط والتكرير ذات متوسط عمر افتراضي 20 عامًا -مما يعني خروج 1/20 أو 5% من المخزون من الخدمة كل عام. يعيد النظام بناء ذاته من خلال استثمار أرباح استخراج النفط. لذلك نرى حلقة تعزيز متمثلة في المزيد من رأس المال الذي يسمح باستخراج المزيد من الموارد، وتحقيق المزيد من الأرباح التي يمكن إعادة استثمارها. افترضتُ أن هدف الشركة هو تحقيق نمو سنوي بنسبة 5% لرأس مالها التجاري، إذا لم يتحقق ربحٌ كافٍ لتحقيق هذه النسبة، فإن الشركة ستستثمر كل ما يمكنها تحقيقه من أرباح.



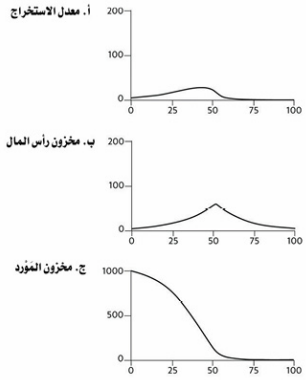
الشكل 37: رأس مال اقتصادي، بحلقة نمو مُعزِّزَة، مُقيَّدة بمورد غير متجدد.

الربح هو الدخل مطروحًا منه التكلفة. الدخل في هذا التمثيل البسيط هو سعر النفط مضروبًا في كمية النفط الذي تستخرجه الشركة، بينما تساوي التكلفة رأس المال مضروبًا في تكلفة التشغيل (الطاقة، العمالة، المُعدات، إلخ) لكل وحدة من رأس المال. سأفترض الآن ببساطة أن كلًّا من السعر وتكلفة التشغيل لكل وحدة من رأس المال ثابتان.

ما يُفترض تغيره هو عائد المورد لكل وحدة من رأس المال فقط. ونظرًا لأن هذا المورد غير متجدد، كما في حالة النفط، فإن المخزون الذي يغذي تدفق الاستخراج لا يعتمد على مُدخلات. حين يُستنزف المورد -مع نضوب بئر النفط- يصبح الحصول على برميل النفط التالي أصعب. يصير المتبقي من المورد على مسافة أعمق، أو بكثافة أخف، أو في حالة الزيت، تحت ضغط طبيعي أقل من المطلوب لإجباره على السريان نحو السطح، فينشأ احتياج إلى المزيد من الإجراءات المكلفة والمعقدة تقنيًّا لضمان استمرار وصول الموارد للنظام.

فيما يلي حلقة تغذية راجعة موازِنة ستتحكم في نمو رأس المال: كلما زاد رأس المال، زاد معدل الاستخراج، وانخفض مخزون المورد. ومع تناقُص مخزون المورد، ينخفض عائد المورد لكل وحدة من رأس المال، وبالتالي ينخفض الربح، ومعدل الاستثمار، فينخفض معدل نمو رأس المال، هذا كله مع افتراض ثبات السعر. يمكنني افتراض أن استنفاد الموارد ينعكس من خلال تكلفة التشغيل بالإضافة إلى كفاءة رأس المال. في العالم الحقيقي يحدث كِلا الأمرين. في كلتا الحالتين، ينتج نفس نمط السلوك -الديناميكيات الكلاسيكية للنضوب، انظر الشكل 38.

يبدأ النظام بكمية كافية من الزيت في الرواسب الجوفية لتزويد عمليات الاستخراج الأولية لمدة 200 عام. لكن الاستخراج الفعلي يبلغ ذروته بعد قرابة أربعين عامًا بسبب التأثير المفاجئ للنمو الأُسي لعملية الاستخراج. وبمعدل استثمار يبلغ 10% سنويًّا، ينمو مخزون رأس المال وبالتالي معدل الاستخراج بمعدل 5% سنويًّا فيتضاعف خلال الأربعة عشر عامًا الأولى. بعد ثمانية وعشرين عامًا، ومع تضاعُف مخزون رأس المال أربع مرات، يتراجع الاستخراج بسبب انخفاض العائد لكل وحدة من رأس المال. بحلول العام الخمسين، تَفُوق تكلفة الحفاظ على مخزون رأس المال الدخل الناتج عن استخراج الموارد، فتعجز الأرباح عن إبقاء الاستثمار أعلى من الاستهلاك. تتوقف العملية سريعًا، لِتَراجُع مخزون رأس المال. يبقى المورد الأخير والأغلى في باطن الأرض؛ لا يُنفَق المال في سبيل إخراجه.



الشكل 38: الاستخراج (أ) يخلق أرباحًا تسمح بنمو رأس المال (ب) بينما يستنزف الموارد غير المتجددة (ج). كلما زاد تراكم رأس المال، زادت سرعة نضوب الموارد.

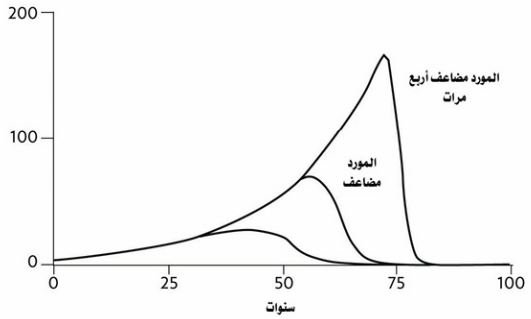
ماذا يحدث إذا اتضح أن المورد الأصلي أكبر بمرتين مما كان يعتقده الجيولوجيون أو بأربعة أضعاف حجمه؟ سيُحدِث هذا فارقًا كبيرًا في إجمالي كمية النفط التي يمكن استخراجها من هذا الحقل بالطبع. لكن مع وجود الهدف المتمثل في إعادة الاستثمار بنسبة 10% سنويًّا لإحداث نمو لرأس المال بنسبة 5% سنويًّا، فإن كل مضاعفة للموارد تُحدِث فارقًا يبلغ نحو أربعة عشر عامًا فقط في توقيت الوصول إلى ذروة معدل الاستخراج، وفي عمر أي وظائف أو مجتمعات تعتمد على صناعة استخراج النفط (انظر الشكل 39).

الكمية التي تنمو بشكل أُسي في اتجاه قيد أو حد تصل إلى هذا الحد في وقت قصير بشكل مذهل.

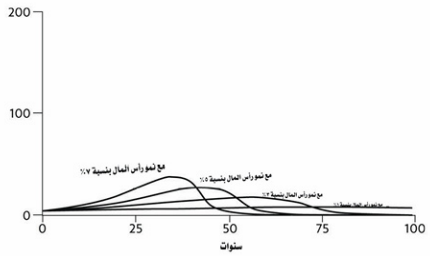
عند بناء مخزون رأسمالي يعتمد على مورد غير متجدد، كلما نما المخزون بشكل أكبر وأسرع، تداعى بشكل أسرع وأعنف. في مواجهة النمو المتسارع لمعدلات الاستخراج أو الاستهلاك، فإن مضاعفة الموارد غير المتجددة المستخرَجة لضعفين أو أربعة أضعاف لا تمنح سوى بعض الوقت الإضافي لاستحداث تدابير بديلة.

لو أن اهتمامك هو استخراج المورد وكسب المال بأقصى معدل ممكن، فإن الحجم النهائي للمورد هو الرقم الأكثر أهمية في هذا النظام. لو أنك عامل في منجم أو حقل نفط، مثلًا، ينصب اهتمامك على عمر وظيفتك واستقرار عالمك الشخصي، فهناك رقمان مهمان: حجم المورد ومعدل نمو رأس المال المُراد تحقيقه. هذا مثال جيد لتوضيح تأثير هدف حلقة التغذية الراجعة على سلوك النظام. الخيار الحقيقي في إدارة مورد غير متجدد هو ما إذا كنت ستصبح ثريًّا بسرعة كبيرة أو تصبح أقل ثراء مع الحفاظ على استقرار وضعك هذا لفترة أطول.

يوضح الرسم البياني في الشكل 40 تطور معدل الاستخراج بمرور الوقت، بالنظر إلى معدلات النمو المرغوبة التي تفوق الاستهلاك وتتراوح بين 1% و 3% و 5% و 7% سنويًّا. بمعدل نمو يبلغ 7%، فإن استخراج هذا الإمداد، الذي من المفترض أن يكفي لمدة مائتي عام، يبلغ ذروته في غضون أربعين عامًا فحسب.



الشكل 39: عملية استخراج بضعف أو بأربعة أضعاف الموارد التي يمكن الاعتماد عليها. كل مضاعفة للموارد المستخرَجَة تُحدِث فارقًا يبلغ نحو أربعة عشر عامًا في زمن الوصول إلى ذروة الاستخراج.



الشكل 40: الوصول إلى ذروة الاستخراج بسرعة أكبر بكثير مع زيادة الحصة المعاد استثمارها من الأرباح.

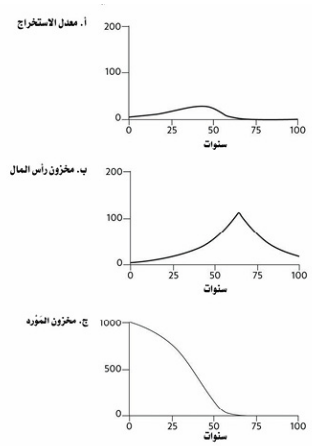
تخيَّل أثر هذا الاختيار على أرباح الشركة، وعلى البيئات الاجتماعية والطبيعية في المنطقة أيضًا.

افترضتُ سابقًا ثبات السعر، لكن ماذا لو كان هذا غير صحيح؟ افترِض أن المورد حيوي جدًّا للمستهلكين على المدى القصير، حتى إن ارتفاع السعر لا يؤدي إلى تقليل الطلب. في هذه الحالة، مع ندرة المورد ترتفع الأسعار بجِدة، كما هو موضح في الشكل 41.

يحقق السعر المرتفع أرباحًا أعلى، وبالتالي يتصاعد معدل الاستثمار، فيستمر ارتفاع مخزون رأس المال، ما يتيح استخراج الموارد المتبقية الأكثر تكلفة. إذا قارنت الشكل 41 بالشكل 38، حيث ظل السعر ثابتًا، فسترى أن التأثير الرئيسي لارتفاع السعر هو زيادة مخزون رأس المال قبل أن يتداعى.

ينتج نفس السلوك مع ثبات الأسعار إذا أدت التكنولوجيا إلى خفض تكاليف التشغيل، كما حدث بالفعل مع ظهور تقنيات الاستخراج المُحَسَّن من آبار النفط، وابتداع عمليات التخصيب لاستخراج صخر التاكونَيت الرديء من مناجم الحديد المستنزَفة، وعمليات ترشيح السيانَيد التي تسمح بالاستخراج المربح حتى من مخلفات مناجم الذهب والفضة.

نعرفُ جميعًا أن المناجم ورواسب الوقود الأحفوري وخزانات المياه الجوفية قابلة للنفاد. تشهد مدن التعدين المهجورة وحقول النفط المُهمَلة في جميع أنحاء العالم على حقيقة السلوك الذي رأيناه. تدرك شركات الموارد هذه الديناميكية أيضًا. قبل أن يجعل الاستنزاف رأس المال أقل كفاءة في موضِعٍ ما، تنتقل الشركات باستثماراتها إلى اكتشاف منجم آخر في مكان آخر وتأهيله. لكن، في حالة وجود حدود محلية، فهل ستكون هناك حدود عالمية في النهاية؟



الشكل 41: مع ارتفاع السعر وتزايُد النُّدرة، يوَجَّه المزيد من الأرباح لإعادة الاستثمار، وقد ينمو مخزون رأس المال بشكل أكبر (ب) مما يؤدي إلى ارتفاع معدل الاستخراج لفترة أطول (أ) والنتيجة هي نفاد المورد (ج) بشكل أسرع في النهاية.

سأتركك لتُفكر في الأمر أو تُناقشه مع شخص ذي قناعة معاكسة. سأشير فقط إلى أنه وفقًا لديناميكيات الاستنفاد، كلما زاد مخزون الموارد الأولية، زادت الاكتشافات الجديدة، وتغلبت حلقات النمو على حلقات التحكم، وزاد مخزون رأس المال ومعدل الاستخراج، وبالتالي يتحقق الانهيار الاقتصادي التالي لذروة الإنتاج بشكل أسرع وأبكر وأعنف.

هذا ما لم يبتكر النظام الاقتصادي طرائق جديدة للعمل تعتمد بالكامل على موارد متجددة.

ـ مخزون متجدد مُقيد بمخزون متجدد

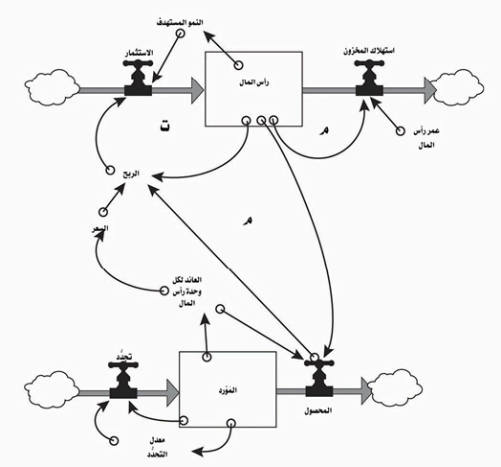
اقتصاد صيد الأسماك

افترِض وجود نفس نظام رأس المال المذكور سابقًا، مع حدوث تدفق إلى مخزون المورد يجعله مُتجددًا. قد يكون المورد المتجدد في هذا النظام هو الأسماك ومخزون رأس المال هو قوارب الصيد. كما يمكن أن يكون أشجارًا ومناشر أو مراعي وأبقارًا. تتجدد الموارد الحية المتجددة كالأسماك أو الأشجار أو العشب تلقائيًّا من خلال حلقة تغذية راجعة مُعزِّزَة. بينما لا تتجدد الموارد المتجددة غير الحية كنور الشمس أو الرياح أو مياه النهر من خلال حلقة تعزيز، بل من خلال مُدخلات ثابتة تحافظ على إعادة تعبئة مخزون المورد بغض النظر عن الحالة الحالية لهذا المخزون. يتحقق نفس هيكل «نظام الموارد المتجددة» في حالة انتشار وباء فيروس البرد. إنه يُجنب ضحاياه الإصابة بالبرد لكنهم يصبحون عُرضة للإصابة بنزلة برد لاحقًا. بيع منتج يحتاج الناس إلى شرائه بانتظام هو أيضًا نظام موارد متجددة، إذ يتجدد مخزون العملاء المحتملين طوال الوقت. وبالمثل، قد يدمر غزو حشري جزءًا من النبات لا النبات بأكمله؛ يستطيع النبات أن يتجدد فتأكل الحشرة أكثر. في جميع هذه الحالات، يوجد مُدخل يحافظ على إعادة تعبئة مخزون المورد المُقيَّد (كما هو موضح في الشكل 42).

سنستخدم مثال مصايد الأسماك. مرة أخرى، افترِض أن عمر رأس المال هو 20 عامًا وأن الصناعة ستزدهر بنسبة 5% سنويًّا، إن أمكن. كما في حالة المورد غير المتجدد، افترِض أنه مع ندرة المورد، فإن حصاده يكلف أكثر، بحسابات رأس المال. سيتولد احتياج إلى قوارب صيد أكبر لتقطع مسافات أطول، وتزويدها بأجهزة سونار للعثور على مجموعات الأسماك البعيدة وشباك عائمة بطول أميال لاصطيادها، أو لأنظمة تبريد على متن السفن لتوصيلها إلى موانٍ على مسافات أبعد. كل هذا يتطلب المزيد من رأس المال.

إن معدل تجدد الأسماك متغير، ولكنه يعتمد على كثافة وجود الأسماك. إذا كان وجود الأسماك كثيفًا جدًّا، فإن معدل تكاثرها يقترب من الصفر، ويحُده الطعام والمَوئل المتاحان. إذا انخفض عدد الأسماك قليلًا، فقد تتكاثر بمعدل أسرع، لأنها تستطيع الاستفادة من العناصر الغذائية الزائدة أو الفضاء في نظامها البيئي. ولكن في مرحلة ما يصل معدل تكاثر الأسماك إلى حدِّه الأقصى. مع

استنفاد مخزون الأسماك، لن تتكاثر بشكل أسرع، بل أبطأ وأبطأ. ذلك لأن الأسماك لا تستطيع العثور على بعضها، أو لأن نوعًا ما قد انتقل إلى مَوئِل آخر.



الشكل 42: نظام رأس مال اقتصادي ذو حلقة نمو مُعزِّزة، مُقيد بمورد متجدد.

يتأثر هذا النموذج المبسط لاقتصاد مصايد الأسماك بثلاث علاقات متغيرة: السعر (الأسماك النادرة أغلى ثمنًا)، ومعدل التجدد (تتكاثر الأسماك النادرة والأسماك بالغة الوفرة بمعدلات ضعيفة)، والعائد لكل وحدة من رأس المال (كفاءة تقنيات وممارسات الصيد).

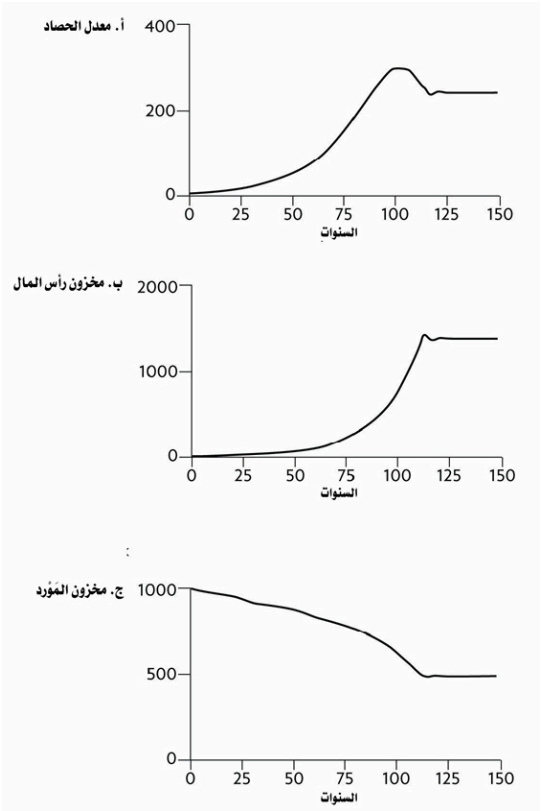
قد يُنتِج هذا النظام أنماطًا مختلفة من السلوكيات. يوضح الشكل 43 أحدها.

في الشكل 43، نشهد ارتفاع معدل رأس المال وصيد الأسماك بشكل كبير في البداية. ينخفض عدد الأسماك (مخزون الموارد)، لكن هذا يحفز معدل تكاثر الأسماك. قد يواصل المورد توفير معدل صيد متزايد بشكل كبير لعقود من الزمن. في نهاية المطاف، يرتفع معدل صيد الأسماك للغاية وينخفض عدد الأسماك بدرجة كافية لتقليل ربحية أسطول الصيد. تؤدي التغذية الراجعة الموازِنة لانخفاض أرباح الحصاد إلى خفض معدل الاستثمار بسرعة كافية لجعل أسطول الصيد في حالة توازن مع الموارد السمكية. لا يمكن أن يستمر نمو الأسطول إلى الأبد، لكن يمكنه الحفاظ على معدل حصاد مرتفع وثابت إلى الأبد.

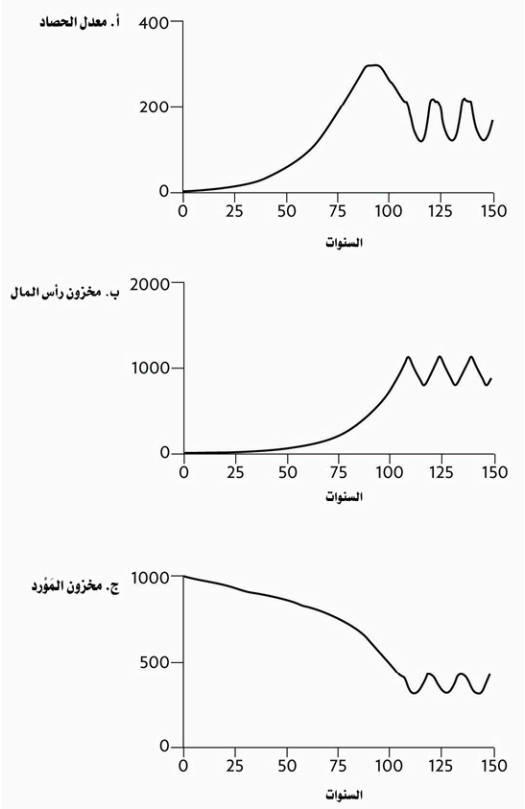
ومع ذلك، فإن أي تغيير طفيف في قوة حلقة التغذية الراجعة الموازِنة المتحكمة من خلال الربح لكل وحدة من رأس المال، قد يُحدث فارقًا مذهلًا. لنفترض أنه في محاولة لرفع المَصِيد في مصايد الأسماك، ابتكرت الصناعة تقنيات لتحسين كفاءة القوارب (السونار للعثور على الأسماك

النادرة، مثلًا). مع انخفاض عدد الأسماك، يحتفظ الأسطول بقدرته على سحب نفس المَصِيد لكل قارب لفترة أطول قليلًا (انظر الشكل 44).

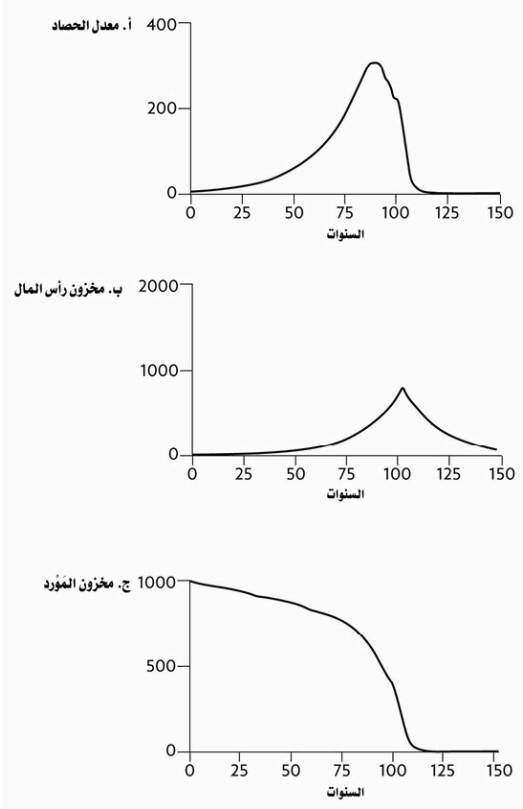
يوضح الشكل 44 صورة أخرى لسحب رافعة التدخل في الاتجاه الخاطئ! هذا التطور التقني، الذي يزيد إنتاجية جميع الصيادين، يصيب النظام بحالة من عدم الاستقرار، فتظهر التذبذبات!



الشكل 43: يحقق الحصاد السنوي (أ) أرباحًا تسمح بنمو مخزون رأس المال (ب)، ولكن مستويات الحصاد متوقفة، بعد تجاوز نتيجة تنظيم الحصاد (C) طفيف في هذه الحالة. يستقر مخزون الموارد.



الشكل 44: الزيادة الطفيفة في العائد لكل وحدة من رأس المال -التكنولوجيا عالية الكفاءة في هذه الحالة- تخلق نمطًا من التطرف والتذبذب بالقرب من قيمة ثابتة لمعدل الحصاد (أ)، ومخزون رأس المال الاقتصادي (ب)، وفي مخزون الموارد.



الشكل 45: الزيادة الأكبر في العائد لكل وحدة من رأس المال تخلق أنماطًا من التطرف وانهيار الحصاد (أ)، ورأس المال الاقتصادي (ب)، والمورد (ج).

إذا تحسنت تكنولوجيا الصيد، يمكن للقوارب الاستمرار في العمل حتى مع انخفاض كثافة الأسماك. قد تكون النتيجة دمارًا شبه كامل لكلٍّ من الأسماك وصناعة صيد الأسماك. النتيجة هي المكافئ البحري للتصحر، إذ تتحول الأسماك إلى مورد غير متجدد، في سبيل تحقيق جميع الأغراض التجارية. يوضح الشكل 45 هذا السيناريو.

وعلى العكس من هذا النموذج البسيط، في العديد من الاقتصادات الواقعية القائمة على موارد متجددة، يحتفظ القليل الباقي على قيد الحياة من السكان بإمكانية إعادة بناء تعدادهم مرة أخرى، بمجرد نفاد رأس المال المُحَرِّك للمحصول. يتكرر النمط برمته بعد عقود. وقد رُصِدَت دورات موارد متجددة طويلة المدى كهذه في صناعة قطع الأشجار في نيو إنجلاند. هي الآن في دورتها الثالثة من النمو، والقطع، والانهيار، ثم تجدد المورد في النهاية. لكن هذا لا ينطبق على جميع فئات الموارد. مع تطور التكنولوجيا وكفاءة الحصاد تتزايد القدرة على دفع الموارد المختلفة نحو الهلاك.

الموارد غير المتجددة محدودة المخزون، إذ يتوفر المخزون بالكامل مرة واحدة، ويمكن استخراجه بأي معدل (مقيد بشكل أساسي برأس مال الاستخراج). ونظرًا لعدم تجدد المخزون، كلما تسارَع معدل الاستخراج، قَصُر عمر المورد.

تعتمد قدرة نظام الموارد المتجددة الواقعي على البقاء في حالة الاستغلال المفرط على ما يتعرض له خلال الوقت الذي يتم فيه استنفاد المورد. قد يتعرض عدد قليل جدًّا من الأسماك للتلوث أو العواصف أو نقص التنوع الجيني. وفي حالة الغابات أو الأراضي العشبية، فقد تتعرض التربة المكشوفة للتعرية، أو قد يملأ أحد المنافسين الفجوة البيئية، وربما يصمد المورد المستنفد ويعيد بناء ذاته مرة أخرى.

الموارد المتجددة يحكمها التدفق. قد تدعم الاستخراج أو الاستغلال إلى أجل غير مسمى، لكن بمعدل تدفق محدود يساوي معدل التجدد. إذا استُخرجت بمعدل أسرع من معدل تجددها، لتحقيق أي أغراض تجارية، فقد يتم دفعها في النهاية إلى تجاوز نقطة حرجة تصير بعدها غير قابلة للتجدد.

لقد أوضحتُ ثلاث مجموعات من السلوكيات المحتملة لنظام الموارد المتجددة هذا هنا:

- **الاستغلال المُفرِط ثم التكيف مع توازن مستدام.**
- **الاستغلال المُفرِط وتجاوُز نقطة التوازن اللذان يتبعهما تذبذب حول نطاق التوازن.**
- **الاستغلال المُفرِط الذي يتبعه انهيار المورد وانهيار الصناعة التي تعتمد على هذا المورد.**

يعتمد الناتج على عاملين: الأول هو النقطة الحرجة التي تنهار بعدها قدرة الموارد على تجديد نفسها. والثاني هو سرعة وفعالية حلقة التغذية الراجعة المُوازِنة التي تبطئ نمو رأس المال مع نضوب المورد. إذا كانت التغذية الراجعة سريعة بما يكفي لإيقاف نمو رأس المال قبل الوصول إلى ذلك الحد، يدخل النظام بأكمله بسلاسة في حالة توازن. إذا كانت التغذية الراجعة الموازِنة أبطأ وأقل فاعلية، يتأرجح النظام. إذا كانت حلقة الموازنة ضعيفة للغاية، بحيث يمكن أن يستمر رأس المال في النمو حتى مع انخفاض المورد إلى ما دون حد قدرته على تجديد نفسه، ينهار كل من المورد والصناعة.

لا تسمح حدود نمو الموارد المتجددة ولا غير المتجددة بنمو المخزون المادي إلى الأبد، لكن القيود التي تفرضها تختلف تمامًا ديناميكيًّا. يأتي الاختلاف بسبب التفاوت بين المخزون

والتدفقات.

الحيلة، هي التعرف على الهياكل التي تتضمن السلوكيات الكامنة، والظروف التي تُطلق تلك السلوكيات، وترتيب الهياكل والظروف، لتقليل احتمالية حدوث السلوكيات الهدامة وتشجيع احتمالية النفع حين يتاح ذلك، كحال جميع السلوكيات المحتملة للأنظمة المعقدة.

الجزء الثاني

الأنظمة ونحنُ

- 3 -

لماذا تنجح الأنظمة؟

إذا كانت آلية عمل الأرض ككل ناجحة، فإن كل جزء منها يعمل بشكلٍ جيد، سواء فهمنا آلية عمله أم لا. لو أسَّسَت الأنظمة الحيوية عالمًا يعجبنا ولكننا لا نفهمه، على مدار الدهور، فمَن غير الأحمق سيتجاهل الأجزاء التي تبدو عديمة الفائدة؟ الحفاظ على كل ترس وعجلة هو أول تدابير حماية العالم من العبث.

1ألدو ليوبولد، حارس غابات.

قدم الفصل الثاني أنظمة بسيطة تخلق سلوكها الخاص بناءً على هياكلها. بعضها دقيق للغاية، ينجو من صراعات العالم ويستعيد ثباته، ضمن حدود، ثم يمضي قُدمًا في مهامه المتمثلة في الحفاظ على درجة حرارة الغرفة، أو استنفاد حقل نفط، أو موازنة حجم المَصِيد مع إنتاجية مورد سمكي.

إذا ضُغِط على الأنظمة بشدة، فقد تنهار أو تُبدي سلوكًا مجهولًا غير مسبوق. لكنها عمومًا، تنجح إلى حدٍّ كبير. تلك هي روعة الأنظمة: يمكنها أن تنجح. عندما تعمل الأنظمة بشكل جيد، نرى في أدائها نوعًا من الانسجام. فكِّر في المجتمع الذي يدخل في حالة تأهب قصوى ليتصدى للعاصفة. يعمل الناس لساعاتٍ طويلة كي يساعدوا الضحايا، وتظهر البراعة والمهارات، وبمجرد انتهاء حالة الطوارئ، تعود الحياة إلى «طبيعتها».

لماذا تنجح الأنظمة؟ فكِّر فيما تعرفه من الأنظمة ذات الفعالية العالية -الآلات أو المجتمعات البشرية أو النُّظُم البيئية. ستلاحظ في الغالب إحدى هذه الخصائص الثلاث على الأقل: المرونة أو التنظيم الذاتي أو الهَرَميَّة.

المرونة

.قد يؤدي وضع نظام ما في مسار ثابت إلى ظهور مواضع الهشاشة فيه

.كروفورد ستانلي هولينج، عالم بيئي2

للمرونة عدة تعريفات، بحسب العلم الذي يقوم بالتعريف، الهندسة أو علم البيئة أو علم الأنظمة. وفقًا لتصورنا، فإن المعنى العادي للكلمة في القاموس سيفي بالغرض: «القدرة على الارتداد إلى شكل ما أو العودة إلى موضِع ما، بعد التعرض للضغط أو التمدد. المِطواعية. القدرة على استعادة القوة أو الروح المعنوية أو المرح أو أي سمة أخرى بسرعة». تعتبر المرونة مقياسًا لقدرة النظام على البقاء والصمود في بيئة متغيرة. نقيض المرونة هو الهشاشة أو الصلابة.

تنشأ المرونة من هيكل غني بالعديد من حلقات التغذية الراجعة التي يمكنها العمل بطرائق مختلفة لإصلاح النظام حتى بعد حدوث اضطراب كبير. تعيد حلقة موازَنة واحدة مخزون النظام إلى حالته المطلوبة. تتحقق المرونة من خلال عدة حلقات تعمل بآليات مختلفة، في نطاقات زمنية مختلفة، ولوفرتها، تعمل إحداها في حالة فشل الأخرى.

إن مجموعة حلقات التغذية الراجعة التي يمكنها إصلاح حلقات تغذية راجعة في نظام أو إعادة بنائها تمنحه مستوى أعلى من المرونة، المرونة الأعلى، إذا صح التعبير. حتى المرونة الأعلى تأتي من حلقات تغذية راجعة واعية تستطيع إنشاء وتصميم وتطوير هياكل ترميمية أكثر تعقيدًا من سابقتها. الأنظمة التي يمكنها القيام بذلك ذاتية التنظيم، تلك السمة المفاجئة التالية التي اكتشفتُها في الأنظمة.

يُعد جسم الإنسان نموذجًا مذهلًا لنظامٍ مرن. يمكنه صد آلاف الغزاة من أنواع مختلفة، ويمكنه تحمل نطاقات واسعة من درجات الحرارة واختلافات الإمدادات الغذائية، ويمكنه إعادة توزيع إمدادات الدم، وإصلاح التشققات، وتسريع أو إبطاء عملية التمثيل الغذائي، وتعويض بعض الأجزاء المفقودة أو المعيبة. أضف إلى ذلك ذكاء التنظيم الذاتي الذي يُمَكِّنه من التعلم، والتواصل الاجتماعي، وتصميم التقنيات، وحتى زرع أجزاء من الجسم، وستصل إلى نظام هائل المرونة -رُغم أن مرونته هذه ليست بلا حدود، إذ لم يظهر، حتى الآن على الأقل، جسم بشري مرن بما يكفي لحماية نفسه أو أي جسم آخر من الموت في النهاية، مهما بلغ من الذكاء.

.المرونة لها حدود، دومًا

تتميز النظم البيئية أيضًا بمرونة لافتة، حيث تسيطر أنواع متعددة بعضها على بعض، وتتحرك في البراح الشاسع، وتتكاثر أو تتراجع أعدادها بمرور الوقت بحسب الطقس ووفرة الغذاء وتأثيرات الأنشطة البشرية. كما أن لدى السكان والنظم البيئية القدرة على «التعلم» والتطور من خلال تنوعها الجيني الغني بشكل مُذهل. يمكنها، إذا أتيح لها الوقت الكافي، ابتكار أنظمة جديدة بالكامل للاستفادة من الفرص المتغيرة ومواصلة الحياة.

الصمود لا يعني أبدًا الجمود أو الثبات على حالٍ واحدة رُغم مرور الزمن. الأنظمة المرنة ديناميكية للغاية. قد تكون التذبذبات قصيرة المدى، أو التقلبات الدورية، أو حلقات التعاقب الطويلة، والذروة، ثم الانهيار، هي الحالة الطبيعية التي تعمل المرونة على استعادتها!

وعلى العكس من ذلك، قد تكون الأنظمة المستقرة رغم مرور الزمن غير مرنة. لا بد من التمييز بين الصمود المعتمد على المرونة والجمود. يمكنك رؤية الجمود، بل وقياسه بمتابعة تغيرات حالة النظام أسبوعًا بعد أسبوع أو سنة بعد سنة. أما المرونة فقد تصعُب رؤيتها، إلا إذا تجاوزت حدودها، وطغت على حلقات الموازَنة وأتلفتها، فانهارت بِنية النظام. نظرًا لعدم وضوح المرونة من دون رؤية النظام بأكمله، فغالبًا ما يضحي الأشخاص بالمرونة من أجل الاستقرار أو الإنتاجية أو بعض خصائص النظام الأخرى التي يمكن التعرف عليها آنيًّا.

- **حقن هرمون النمو البقري المعدل وراثيًّا يزيد من إنتاج حليب الأبقار من دون زيادة متناسبة في كميات الطعام الذي تتناوله البقرة. يُحوِّل الهرمون بعض الطاقة الأيضية للبقرة من وظائف الجسم الأخرى إلى إنتاج الحليب. أدت تربية الماشية على مر القرون إلى الشيء نفسه ولكن ليس بالدرجة نفسها. إن تكلفة زيادة الإنتاج هي تراجُع المرونة. صارت الأبقار أضعف صحةً وأقصر عمرًا وأكثر اعتمادًا على الإدارة البشرية.**
- **أدى تسليم المنتجات إلى تجار التجزئة في لحظة نقصها أو قطع الغيار للشركات المصنعة إلى تقليل تذبذبات المخزون وخفض التكاليف في العديد من الصناعات. إلا أن نموذج التسليم في حينه جعل نظام الإنتاج أكثر عرضة لاضطرابات إمدادات الوقود وحركة المرور وتعطل أنظمة الكمبيوتر وتوافر العمالة ومواطن الخلل المحتملة الأخرى.**
- **تسببت مئات السنين من الإدارة العنيفة للغابات بأوروبا في تغيير النظم البيئية الأصلية إلى مزارع أحادية العمر، وأحادية النوع، تدريجيًّا، وغالبًا ما تكون من الأشجار غير الأصلية.**

صُمِّمت هذه الغابات لإنتاج الأخشاب ولب الورق بمعدل مرتفع إلى أجل غير مسمى. ومع ذلك، فمن دون تفاعل أنواع متعددة بعضها مع بعض وسحب مجموعات مختلفة من العناصر الغذائية من التربة وإعادتها، فقدت هذه الغابات مرونتها، كما يبدو أنهم صاروا أكثر تأثرًا بنوع جديد من الأذى: ملوثات الهواء الصناعية.

تنتُج العديد من الأمراض المزمنة، كالسرطان وأمراض القلب، عن انهيار آليات المرونة التي تعمل على إصلاح الحمض النووي، أو الحفاظ على مرونة الأوعية الدموية، أو التحكم في انقسام الخلايا. تأتي الكوارث البيئية في العديد من الأماكن من فقدان المرونة، حيث تُنتَزَع الأنواع من نُظُمها البيئية الأصلية، فتضطرب كيمياء التربة والبيولوجيا، أو تتراكم السموم. تفقد المنظمات الكبيرة من جميع الأنواع، من الشركات إلى الحكومات، مرونتها لمجرد أن آليات التغذية الراجعة المعلوماتية التي تستشعر من خلالها بيئة عملها وتستجيب لها تتعرض لطبقات كثيرة جدًّا من التأخيرات والتشويه. (سنذكر المزيد عن ذلك قريبًا، حين نصل إلى الهرمية).

أرى أن المرونة هي الهضبة التي يتحرك عليها النظام بحرية، ليؤدي وظائفه العادية بأمان. يحتوي النظام المرن على هضبة كبيرة، ومساحة شاسعة ليتجول فيها، بأسوار لطيفة ومرنة ترُده إلى مساره، إذا اقترب من حافة خطِرة. حين يفقد النظام مرونته، تتقلص الهضبة، وتصبح أسواره أوطأ وأصلب، فيعمل النظام على حد السكين، وتزداد احتمالية انحرافه عن مساره في أي اتجاه كلما تحرك. قد يحدث فقدان المرونة فجأة، لأن النظام يولي اهتمامًا لأدائه أكثر من المساحة التي يتحرك خلالها عادة. في يوم من الأيام، يسلك النظام سلوكًا تَكرَّر بأمان لمئات المرات من قبل، إلا أنه يتحطم هذه المرة.

لا تحتاج الأنظمة إلى إدارتها كي تُحقق الإنتاجية أو الاستقرار فحسب، بل تحتاج إلى إدارتها للحفاظ على مرونتها أيضًا، أي قدرتها على التعافي من الاضطرابات واستئناف العمل والإصلاح الذاتي.

يُمَكِّنُنا الوعي بالمرونة من إدراك طرائق متعددة للحفاظ على القوى الإصلاحية للنظام أو تعزيزها. هذا الوعي وراء تشجيع النظم البيئية الطبيعية في المزارع، بحيث تتولى الحيوانات المفترسة مهمة مكافحة الآفات بشكل أكبر. هذا الوعي وراء الرعاية الصحية «الشاملة» التي لا تحاول علاج المرض فحسب بل بناء المقاومة الداخلية للجسم أيضًا؛ «الوقاية». إنه وراء برامج

المساعدة التي تفعل أكثر من مجرد تقديم الطعام أو المال بل تحاول تغيير الظروف التي تعوق قدرة الناس على توفير طعامهم أو كسب المال بأنفسهم.

التنظيم الذاتي

لا يبدو التطور كسلسلة حوادث يتحدد مسارها من خلال تغيير البيئات عبر تاريخ الأرض والصراع الناتج من أجل الوجود فحسب، بل كعملية تحكمها قوانين محددة. يُشكِّل اكتشاف هذه القوانين إحدى أبرز مهامنا في المستقبل.

لودفيج فون برتالانفي، عالم أحياء3.

الميزة الأروع لبعض الأنظمة المعقدة هي قدرتها على التعلم والتنويع والتعقيد والتطور. إنها قدرة البويضة الملقحة على توليد التعقيد المذهل لضفدع ناضج، أو دجاجة، أو شخص، تلقائيًّا. إنها قدرة الطبيعة على إنتاج ملايين الأنواع المختلفة الرائعة من حفنة مواد كيميائية عضوية. إنها قدرة المجتمع على أخذ أفكار حرق الفحم، وإنتاج البخار، وضخ المياه، وتدريب العمالة المتخصصة، وتطويرها، لتصبح في النهاية مصنع سيارات، ومدينة ناطحات سحاب، وشبكة اتصالات عالمية.

تسمى قدرة النظام على جعل هيكله أكثر تعقيدًا «التنظيم الذاتي». يظهر التنظيم الذاتي بطريقة آلية بسيطة حين ترى ندف الثلج أو التجمعات الجليدية على نافذة سيئة العزل، أو محلولًا مفرط التشبع يُشكِّل فجأة حفنة بلورات. ترى التنظيم الذاتي بطريقة أكثر عمقًا عندما تنبت بذرة، أو يتعلم طفلٌ الكلامَ، أو يقرر سكانُ أحد الأحياء التجمعَ معًا لمواجهة مكب نفايات سامة.

التنظيم الذاتي هو سمة مشتركة، خاصة في الأنظمة الحية، نتعامل معها كأمر مُسَلَّم به. إذا لم نفعل ذلك، فستبهرنا أنظمة عالمنا وهي تتكشف لنا. وإذا انتبهنا لخاصية التنظيم الذاتي للأنظمة التي نحن جزء منها، فسنجتهد لتعزيزها، بدلًا من تدميرها.

كحال المرونة، غالبًا ما يُضحَّى بالتنظيم الذاتي لأغراض الإنتاجية والاستقرار على المدى القصير. الإنتاجية والاستقرار هما العذران المعتادان لتحويل البشر المبدعين إلى ملحقات ميكانيكية لعمليات الإنتاج، أو لتقييد التباين الجيني لنباتات المحاصيل، أو لتأسيس بيروقراطيات ونظريات معرفية تُعامِل الناس كأرقام.

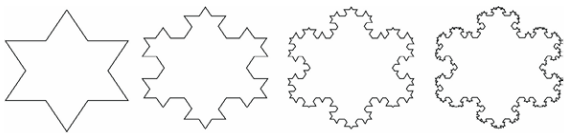
يُنتج التنظيمُ الذاتي التفاوتَ وعدم القدرة على التنبؤ. قد يؤدي إلى ظهور هياكل جديدة بالكامل، وطرائق مبتكرة تمامًا لتنفيذ المهام. إنها سمة تتطلب الحريةَ والتجريبَ، وقدرًا من الاضطراب. غالبًا ما تُخيف الظروف التي تشجع التنظيم الذاتي الأفراد وتهدد هياكل السلطة.

نتيجة لذلك، قد تقيد أنظمة التعليم القوى الإبداعية للأطفال بدلًا من تحفيزها، وتميل السياسات الاقتصادية نحو دعم المؤسسات القوية القائمة بالفعل بدلًا من الشركات الجديدة الناشئة، كما تفضل العديد من الحكومات ألَّا تتسم شعوبها بالقدرة على التنظيم الذاتي.

لحسن الحظ، التنظيم الذاتي هو إحدى الخواص الأساسية للأنظمة الحية حتى إن أكثر هياكل السلطة طغيانًا لا يمكنها القضاء عليها بالكامل، رُغم إمكانية قمع التنظيم الذاتي لفترات طويلة، قاحلة، وقاسية، وراكدة، باسم القانون والنظام.

يرى مُنظرو الأنظمة التنظيمَ الذاتي كخاصية نُظُمية معقدة لا يمكن فهمها أبدًا. استُخدِم الكمبيوتر لنَمْذَجة الأنظمة الآلية «الحتمية»، لا الأنظمة التطورية، إذ ساد الظن بأن الأنظمة التطورية لا يمكن فهمها من دون تفكيرٍ عميق.

ومع ذلك، تشير اكتشافات حديثة إلى قدرة بعض المبادئ التنظيمية البسيطة على خلق هياكل ذاتية التنظيم متنوعة للغاية. تخيَّل مثلثًا بثلاثة أضلاع متساوية. أضِف إلى منتصف كل جانب مثلثًا آخر متساوي الأضلاع، ثُلث حجم المثلث الأول. أضِف إلى كل من الأضلاع الجديدة مثلثًا آخر أصغر بمقدار الثلث، وهكذا. النتيجة تسمى نجمة كوخ أو ندفة ثلج كوخ النجمية. (انظر الشكل 46). طول حافتها هائل، لكن يمكن احتواؤها داخل دائرة. هذا الهيكل هو أحد الأمثلة البسيطة للهندسة الكُسَيرية -عالم من الرياضيات والفن يُنتِج أشكالًا مُتقنة بقواعد بسيطة نسبيًّا.



الشكل 46: قد ينشأ النمط الدقيق والمعقد من مجموعة بسيطة من مبادئ التنظيم أو قواعد اتخاذ القرار، كنجمة «كوخ» الموضحة هنا.

وبالمثل، تستطيع رسم هيكل دقيق وجميل ومعقد لتبلور بشكل ورقة سرخس منمق بواسطة الكمبيوتر، باستخدام القليل من قواعد الكُسيريات البسيطة. قد تنمو خلية واحدة لتتحول إلى كائن بشري عن طريق مجموعة مماثلة من القواعد الهندسية، البسيطة بالأساس، التي تُولِّد تعقيدًا كاملًا. بفضل الهندسة الكُسَيرية، متوسط مساحة سطح الرئة البشرية كافٍ لتغطية ملعب تنس.

فيما يلي بعض الأمثلة الأخرى لقواعد التنظيم البسيطة التي أنتجت أنظمة معقدة ذاتية التنظيم:

• كل صور الحياة، من الفيروسات إلى أشجار السيكويا، من الأميبيات إلى الأفيال، تستند إلى القواعد التنظيمية الأساسية لكيمياء الحمض النووي، والحمض النووي الريبي، وجزيئات البروتين.

• بدأت الثورة الزراعية وكل ما تلاها من أفكار بسيطة صادمة، مفادها إمكانية استقرار البشر في مكان واحد، وامتلاك الأرض، واختيار المحاصيل وزراعتها.

• خلق الله الكون والأرض في مركزه، وخلق الأرض والبلاط في مركزها، وخلق البشرية» والكنيسة في مركزها» -المبدأ التنظيمي للبُنى الاجتماعية والمادية المتقنة لأوروبا في العصور الوسطى.

• الرب والأخلاق أفكار بالية. على الناس التزام الموضوعية والعلم، وعليهم امتلاك وسائل» الإنتاج وتنميتها، ومعاملة البشر والطبيعة كمُدخلات للإنتاج» -المبادئ المنظمة للثورة الصناعية.

قد تنمو بلورات هائلة ومتنوعة من التكنولوجيا والهياكل المادية والمنظمات والثقافات، من القواعد البسيطة للتنظيم الذاتي.

يميل العلم، وهو نفسه ذاتيُّ التنظيم، إلى الاعتقاد بأن كل تعقيدات العالم تنشأ من قواعد التنظيم الذاتي البسيطة. إلا أن ما يحدث بالفعل لم يكشفه العلم بالكامل بعد.

غالبًا ما تتسم الأنظمة بالتنظيم الذاتي، إذ إنها قادرة على بناء نفسها، وخلق هيكل جديد، والتعلم، والتنويع، والتعقيد. حتى الصور بالغة التعقيد من التنظيم الذاتي قد تنشأ من قواعد تنظيم بسيطة نسبيًّا.

الهرمية

برغوث،
يفترس براغيث أصغر؛
وهذه بدورها تجد من هم أصغر لتفترسهم،
ويستمر الأمر،
إلى ما لا نهاية.

جوناثان سويفت، شاعر من القرن الثامن عشر4.

خلال إنشاء هياكل جديدة وزيادة تعقيدها، فإن أحد الأشياء التي يُوَلِّدها نظام ذاتي التنظيم هو التسلسل الهرمي.

العالم، أو على الأقل الجوانب التي يعتقد البشر أنهم يفهمونها منه، مُنَسَّق في أنظمة فرعية مُجمَّعة ضمن أنظمة فرعية أكبر، تحتويها أنظمة فرعية أكبر، وهكذا. الخلية في كبدك هي نظام فرعي لعضو، والعضو بدوره نظام فرعي لك ككائن حي، وأنت نظام متفرع من عائلة، وفريق رياضي، وفرقة موسيقية، وما إلى ذلك. هذه المجموعات هي أنظمة فرعية لبلدة أو مدينة، ثم أمة، ثم النظام الاجتماعي والاقتصادي العالمي الذي يتضمنه نظام المحيط الحيوي. يسمى هذا «الترتيب للأنظمة والأنظمة الفرعية «هرميَّة».

أنظمة الشركات والأنظمة العسكرية والأنظمة البيئية والأنظمة الاقتصادية والكائنات الحية مرتبةٌ في تسلسلات هرمية، وهذا ليس من قبيل المصادفة. تنتُج هياكل مستقرة ومرنة وفعالة من قدرة الأنظمة الفرعية على تولي مسؤولياتها بنفسها، وتنظيم نفسها ذاتيًّا، وحماية نفسها، وتلبية احتياجات النظام الأكبر، الذي ينسق ويعزز عمل النُّظُم الفرعية بدَورِه. من الصعب تخيل ما ينتُج عن أي ترتيبات من نوع آخر.

التسلسلات الهرمية ابتكارٌ رائع للأنظمة، لا لأنها تُوفِّر استقرارًا ومرونة للنظام فحسب، بل لأنها تقلل من حجم المعلومات التي يتعين على أي جزء من النظام تتبعها أيضًا.

فاصل • لماذا ينتظم الكون في تسلسلاتٍ هرمية؟ ـ حكاية

هورا وتيمبوس، صانعا ساعات. يُنتج كلاهما ساعاتٍ بديعة، وحظي كلاهما بعدد كبير من العملاء. قصد الناس متاجرهما، ورنَّت هواتفهما باستمرار بطلبات شراء جديدة. على مر

السنين، ازدهرت تجارة هورا، بينما صار تيمبوس أشد فقرًا. هذا لأن هورا اكتشف مبدأ الهرمية.

تتكون كل ساعة من ساعات هورا وتيمبوس من ألف جزء تقريبًا. اعتاد تيمبوس جَمْع أجزاء ساعاته بطريقة تجعلها تسقط وتتفكك إذا اضطر إلى تركها جانبًا في أثناء عمله للرد على الهاتف، مثلًا، فيضطر إلى البدء من جديد حين يعود إليها. كلما زادت اتصالات عملائه، صار من الصعب عليه إيجاد وقت كافٍ ومُتصل لإنتاج ساعة.

لم تكن ساعات هورا أقل تعقيدًا من ساعات تيمبوس، لكنه اعتاد تكوين مجموعات فرعية ثابتة، تحتوي كل منها على نحو عشرة عناصر، ثم تركيب عشرة من هذه المجموعات الفرعية معًا في تكوين أكبر؛ عشرة من تلك الهياكل تجتمع لتكوين الساعة بأكملها. كلما اضطر هورا إلى ترك ساعة يعمل عليها للرد على الهاتف، فقد جزءًا صغيرًا فقط من عمله، وبالتالي صنع ساعاته بشكل أسرع وأكثر كفاءة من تيمبوس.

قد تنشأ الأنظمة المعقدة من أنظمة بسيطة إذا وجدت أشكالًا وسيطة مستقرة، ومن الطبيعي أن تكون الأشكال المعقدة الناتجة هرمية. قد يفسر هذا سبب شيوع التسلسل الهرمي في الأنظمة التي تقدمها لنا الطبيعة. من بين جميع أشكال المُركبات الممكنة، التسلسلات الهرمية هي الوحيدة التي أتيح لها الوقت للتطور5.

في الأنظمة الهرمية، تكون العلاقات داخل كل نظام فرعي أمتن وأقوى من علاقات الأنظمة الفرعية بعضها ببعض. يظل كل نظام فرعي مرتبطًا بالآخر، لكن بقوة أقل. يتحدث أعضاء نفس القسم في الجامعة بعضهم مع بعض أكثر مما يتحدثون إلى أعضاء الأقسام الأخرى. تتصل الخلايا التي يتكون منها الكبد اتصالًا وثيقًا بعضها ببعض أكثر من اتصالها بخلايا القلب. إذا صُمِّمت روابط المعلومات المتمايزة هذه داخل وبين كل مستوى من مستويات التسلسل الهرمي بشكل صحيح، تقل تأخيرات حلقات التغذية الراجعة. لن يغرق أي مستوى منهم بالمعلومات، فيعمل النظام بكفاءة ومرونة.

الأنظمة الهرمية قابلة للتحلل، جزئيًّا. يمكن تفكيكها ويمكن للأنظمة الفرعية التي تحتوي على روابط معلوماتية كثيفة أن تعمل كنُظُم مستقلة، جزئيًّا أيضًا، على الأقل. حين تتعطل التسلسلات الهرمية، فإنها تنقسم عادة بطول حدود أنظمتها الفرعية. يمكن معرفة الكثير من خلال تفكيك الأنظمة على مستويات هرمية مختلفة، كالخلايا أو الأعضاء، ودراستها بشكل منفصل. ومن ثم،

قد يقول مفكرو النُّظُم: التشريح الاختزالي للعلم العادي يُعلمنا الكثير. ومع ذلك، لا ينبغي أن نتجاهل العلاقات المهمة التي تربط كل نظام فرعي بالأنظمة الأخرى وبالمستويات الأعلى من التسلسل الهرمي، وإلا ستحدث مفاجآت.

إذا كنت مصابًا بمرض كبدي، مثلًا، يعالجه الطبيب عادةً من دون اهتمام كبير بحالة قلبك أو لوزتَيك (أنظمة فرعية على نفس المستوى من الهرم) أو بشخصيتك (الصعود لمستوى أو مستويين في التسلسل الهرمي) أو الحمض النووي في نُويات خلايا الكبد (الهبوط عدة مستويات في التسلسل الهرمي). مع ذلك، تظهر استثناءات لهذه القاعدة تُلزِم الطبيب بالتراجع للنظر في النظام الهرمي بأكمله. ربما تُعرِّضك وظيفتك لمواد كيميائية تضر بالكبد، أو ينشأ المرض الكبدي نتيجة خلل في الحمض النووي.

قد يتغير ما تحتاج إلى الاهتمام به بمرور الوقت، إذ ينشأ عن التنظيم الذاتي درجات جديدة من التسلسل الهرمي والتكامل داخل الأنظمة. كانت أنظمة الطاقة للدول قابلة للانفصال تمامًا بعضها عن بعض تقريبًا، ذات يوم. هذا لم يعد حقيقيًّا. قد يُصدَم من لا يواكِب تفكيرهم بسرعة تطوُّر اقتصاد الطاقة، لاكتشافه مدى اعتمادهم على الموارد والقرارات التي تُتخذ حول العالم.

يمكنك التعرف على الأنظمة التي يحكمها التنظيم الذاتي من خلال تسلسلاتها الهرمية. الشخص الذي يعمل بشكل حر يُكَلَّف بالكثير من العمل ويُوظِّف بعض المساعدين. تجذب منظمة غير ربحية صغيرة غير رسمية العديد من الأعضاء، فتبدأ العمل بميزانية أكبر ثم يقرر الأعضاء يومًا ما: «نحتاج إلى شخص لتنظيم كل هذا». تتمايز مجموعة الخلايا المنقسمة إلى وظائف خاصة وتُولِّد نظامًا دوريًّا فرعيًّا لتغذية جميع الخلايا، وجهازًا عصبيًّا فرعيًّا لتنسيقها.

تنشأ التسلسلات الهرمية من أسفل إلى الأعلى -من الجزء إلى الكل، من خلية إلى عضو إلى كائن حي، ومن فرد إلى فريق، ومن الإنتاج الفعلي إلى إدارة الإنتاج. قرر المزارعون الأوائل التجمُّع وتشكيل مُدن لحماية أنفسهم ولتفعيل التجارة. بدأت الحياة ببكتيريا وحيدة الخلية، لا بالأفيال. الغرض الأصلي من التسلسل الهرمي هو مساعدة الأنظمة الفرعية بداخله على أداء وظائفها بشكل أفضل. هذا ما ينساه بسهولة أعضاء كل من المستويات الأعلى والأدنى للتسلسل الهرمي، غالبًا، للأسف. لذلك، لا تحقق العديد من الأنظمة أهدافنا بسبب خلل في الهرمية.

إذا اهتم أحد أعضاء الفريق بمجده الشخصي على حساب اهتمامه بالفوز، فقد يتسبب في خسارة الفريق. إذا تحررت إحدى خلايا الجسم من وظيفتها الهرمية وبدأت في التكاثر بشكل

كبير، نطلق عليها اسم «سرطان». إذا اعتقد الطلاب أن هدفهم هو تحصيل الدرجات الدراسية الشخصية بدلًا من تحصيل المعرفة، ينتشر الغش والسلوكيات الأخرى التي تؤدي إلى نتائج عكسية. إذا قدمت شركة واحدة رشوة للحكومة لدعم مصلحتها الخاصة، تنهار تنافسية السوق ويتضرر الصالح العام للمجتمع بأسره.

حين تبرز أهداف النظام الفرعي على حساب أهداف النظام الأكبر، فإن السلوك الناتج يسمى «التحسين الفرعي»».

يتحقق نفس قدر الضرر الذي ينتج عن التحسين الفرعي، بالتحكم المركزي المفرط. إذا تحكم الدماغ في كل خلية بشدة، بحيث تعجز الخلية عن أداء وظائف الحِفظ الذاتي، فقد يموت الكائن الحي بأكمله. إذا منعت القواعد واللوائح المركزية الطلاب أو أعضاء هيئة التدريس من استكشاف مجالات المعرفة بحُرية، فلن يتحقق الغرض من ارتياد الجامعة. قد يتدخل المدرب في التصورات الميدانية للاعب جيد، فيخسر الفريق. تتسبب النماذج الاقتصادية المحكومة بسُلطة مفرطة من القمة، سواء للشركات أو الدول، في حدوث بعض الكوارث التاريخية الكبرى، وهي غير بعيدة عنا بأي حال من الأحوال.

كي يؤدي نظامًا وظائفه بفعالية، يجب أن يوازن التسلسل الهرمي بين الرفاهية والحريات ومسؤوليات كلٍّ من الأنظمة الفرعية والنظام الكلي. يجب أن يضمن التحكم المركزي تحقُّق التنسيق المؤدي إلى هدف النظام الكبير، والاستقلالية الكافية للحفاظ على ازدهار جميع الأنظمة الفرعية ووظائفها، والتنظيم الذاتي.

المرونة، والتنظيم الذاتي، والهرمية، هي ثلاثة من أسباب نجاح الأنظمة الديناميكية. قد يؤدي تعزيز أو إدارة هذه الخصائص لنظام ما إلى زيادة قدرته على النجاح لمدى زمني طويل -أن يصير مستدامًا. لكن قد تفاجئنا الأنظمة عند مراقبة سلوكها أيضًا.

تنشأ الأنظمة الهرمية من أسفل إلى أعلى. وظيفة الطبقات العليا من التسلسل الهرمي هي خدمة أغراض الطبقات السفلى.

- 4 -

لماذا تفاجئنا الأنظمة؟

المشكلة هي أننا جاهلون بشكل مرعب. الأكثر علمًا منا جاهلون. ينطوي اكتساب المعرفة على كشف الجهل. ترشدنا معرفتنا بالعالم إلى أن العالم أكبر من معرفتنا به، أولًا وقبل كل شيء.

1ويندل بيري، كاتب ومزارع من ولاية كنتاكي.

ربما أربكك سلوك أنظمة حديقة الحيوان البسيطة. ما زالت تفاجئني، رغم دراستي لها على مدار سنوات. تُخبرنا دهشتنا، أنا وأنت، بالكثير عن أنفسنا، كما تُخبرنا بالكثير عن الأنظمة الديناميكية. إن التداخُل بين ما أعتقد أني أعرفه عن الأنظمة الديناميكية وتجربتي في العالم الحقيقي، لا يفشل أبدًا في أن يُشعرني بالتواضع، ويُذكرني دومًا بثلاث حقائق:

- **كل ما نعتقد أننا نعرفه عن العالم هو نموذج. كل كلمة وكل لغة نموذج. جميع الخرائط والإحصاءات والكتب وقواعد البيانات والمعادلات وبرامج الكمبيوتر هي نماذج. وكذلك الطرائق التي أتخيل بها العالم -نماذجي الذهنية. لا شيء من هذا هو العالم الحقيقي ولن يكون على الإطلاق.**
- **عادة ما تُطابِق نماذجنا العالم بشدة. هذا هو سبب نجاحنا كأنواع في المحيط الحيوي. النماذج الذهنية التي نبنيها من التعامل المباشر والحميم مع الطبيعة والأشخاص والأنظمة المحيطة بنا معقدة ومتطورة بشكل خاص.**
- **في المقابِل، نماذجنا بعيدة كل البعد عن تمثيل العالم بالكامل. هذا هو سبب ارتكابنا للأخطاء ودهشتنا المتكررة لذلك. لا تستطيع أذهاننا سوى تتبع عدد قليل من المتغيرات في نفس الوقت. غالبًا ما نستخلص استنتاجات غير منطقية من افتراضات دقيقة، أو استنتاجات منطقية من افتراضات غير دقيقة. يندهش معظمنا من حجم النمو الذي قد ينتُج عن التضاعُف الأُسي مثلًا. قليلون منا يعرفون كيفية إخماد التذبذبات في نظام معقد.**

باختصار، هذا الكتاب قائم على فكرة ثنائية. إننا نعرف قدرًا هائلًا من المعلومات عن الكيفية التي يعمل بها العالم، إلا أننا لا نعرف ما يكفي. معرفتنا مُذهلة، إلا أن جهلنا أكبر. يمكننا تطوير

إدراكنا، لكن لا يمكننا جعله كاملًا. أنا أصدق كلا جانبَي هذه الثنائية، فقد تعلمت الكثير من دراسة الأنظمة.

كل ما نعتقد أننا نعرفه عن العالم هو نموذج. نماذجنا تتطابق بشدة مع العالم، إلا أنها قاصرة عن تمثيل العالم الحقيقي بشكل كامل.

يصِفُ هذا الفصل بعض الأسباب التي تجعل الأنظمة الديناميكية مفاجئة في كثيرٍ من الأحيان. جمعتُ في هذا الفصل بعض أشكال فشل نماذجنا الذهنية في مراعاة تعقيدات العالم الحقيقي، على الأقل ما يمكن للمرء تأمُّله من منظور الأنظمة. إنها قائمة تحذيرات. هنا حيث تكمن العقبات الخفية. لا يمكنك التنقل بمهارة في عالم مترابط تهيمن عليه حلقات التغذية الراجعة ما لم تتجاوز الأحداث قصيرة المدى وتبحث عن السلوك والبنية التي تؤثر على المدى الطويل، وما لم تكن واعيًا بالحدود الزائفة ومحدودية الإدراك، وما لم تنتبه للقيود والتأخيرات والانحرافات عن المسار. قد تُسيء تقدير الأنظمة، أو تخطئ في تصميمها، أو تسيء قراءتها، ما لم تحترم خصائصها من المرونة والتنظيم الذاتي والهرمية.

الأخبار المؤسفة، وربما تكون أخبارًا سارة، وفقًا لرغبتك في السيطرة على العالم أو استعدادك للاستمتاع بمفاجآته، أنك لو فهمت كل خصائص النظام تلك، فقد لا يفاجئك كثيرًا، لكنك لن تتخلص من الدهشة.

أحداث مُضللة

النظام صندوق أسود كبير لا يمكننا فتح أقفاله، كل ما يمكننا معرفته هو المُدخلات والمُخرجات. فهم ثنائيات المدخلات والمخرجات، المرتبطة بالمؤشرات، يسمح لنا أحيانًا بربط مُدخل ما ومُخرج ما بحالةٍ ما. لو أن هذه العلاقة جيدة ومستقرة فقد نستطيع اكتشاف محتوى الصندوق، وإذا فشلنا في هذا، لا سمح الله، فسنضطر إلى فتح الصندوق بالقوة!

2- كينيث بولدينج، خبير اقتصاد.

تخدعنا الأنظمة بتقديم نفسها كسلسلة من الأحداث، أو أننا نخدع أنفسنا برؤية العالم على هذا النحو. تحكي الأخبار اليومية عن الانتخابات، والمعارك، والاتفاقيات السياسية، والكوارث، وانتعاش البورصة أو انهياراتها. تدور الكثير من محادثاتنا العادية حول أحداث بعينها تقع في أوقات وأماكن محددة: فوز فريق، فيضان نهر، تجاوُز مؤشر داو جونز الصناعي عشرة آلاف نقطة، اكتشاف بئر نفط، قطع أشجار غابة... الأحداث هي مُخرجات الصندوق الأسود للنظام، التي نتابعها لحظة بلحظة.

قد تكون الأحداث مذهلة: حوادث تصادم، اغتيالات، انتصارات عظيمة، مآسٍ رهيبة تسلب مشاعرنا. رُغم أننا رأينا عدة آلاف منها على شاشات التلفزيون أو الصفحات الأولى للجرائد، فإنها مختلفة عن بعضها بما يكفي لتُدهشنا في كل مرة. إننا لا نفقد أبدًا دهشتنا لتقلبات الطقس، مثلًا. إن التعامل مع العالم كسلسلة من الأحداث ممتعٌ لأقصى حد ومثيرٌ للدهشة المستمرة، لأن هذه الطريقة في رؤية العالم لا تحمل أي بُعد تنبؤي أو تفسيري تقريبًا. إن الأحداث هي الجانب الأكثر وضوحًا لمُركب أكبر، ولكنها ليست دائمًا الأكثر أهمية، كقمة جبل جليدي يظهر فوق الماء.

قد تخِف دهشتنا إذا استطعنا فهم كيفية تراكُم الأحداث في صورة أنماط ديناميكية للسلوك. الفريق في سلسلة انتصارات. اختلاف مستوى النهر، مع ارتفاع منسوب مياه الفيضانات في أثناء هطول الأمطار وانخفاض التدفقات في أثناء فترات الجفاف. اتجاه مؤشر داو لأعلى لمدة عامين. تباعُد اكتشافات حقول النفط. تزايُد معدل قطع الغابات.

إن سلوك النظام هو أداؤه مع الوقت -نموه، أو ركوده، أو هبوطه، أو تذبذبه، أو عشوائيته، أو تطوره. إذا قدَّمَت الأخبارُ الأحداثَ بشكل أفضل بوضعها في سياقها التاريخي، فسيتكون لدينا فهم أفضل على مستوى السلوك، وهو أعمق من الفهم على مستوى الحدث. عندما يواجه مفكرو النُّظُم مشكلةً، فإن أول ما يفعلونه هو البحث عن البيانات والمخططات الزمنية وتاريخ النظام. ذلك لأن السلوك طويل الأمد يوفر أدلة على هيكل النظام ضمنيًّا. لا يُمثل الهيكل مفتاح فهم الحدث فحسب، بل فهم أسباب حدوثه أيضًا.

هيكل النظام هو مخزوناته المتشابكة، والتدفقات، وحلقات التغذية الراجعة. المخططات ذات المربعات والأسهُم التي يُطلِق عليها طلابي «مخططات السباجيتي وكرات اللحم»، هي صور لهيكل النظام. يحدد الهيكل السلوكيات الكامنة في النظام. حلقة التغذية الراجعة الموازِنة التي تسعى إلى تحقيق هدف النظام تسعى لتحقيق توازن ديناميكي والحفاظ عليه. حلقة التغذية الراجعة المُعزِّزَة تُولِّد نموًّا أُسيًّا. كلتا الحلقتين مرتبطتان وقادرتان على النمو أو الانهيار أو التوازن. لو تعرضتا لبعض التأخيرات، فقد تنتج عنهما تذبذبات. إذا غذتهما تدفقات دورية وسريعة، فقد تُنتِجان المزيد من السلوكيات المدهشة.

هيكل النظام هو مصدر سلوك النظام. يكشف سلوك النظام عن نفسه كسلسلة من الأحداث التي تقع بمرور الزمن.

يتنقل التفكير النُّظُمي باستمرار بين الهيكل (الرسوم البيانية للمخزونات والتدفقات وحلقات التغذية الراجعة) والسلوك (المخططات الزمنية). يسعى مفكرو النُّظُم إلى فهم الروابط بين اليد التي تطلق لُعبة سلينكي (الحدث)، والتذبذبات الناتجة (السلوك)، والخصائص الميكانيكية لملف سلينكي الحلزوني (الهيكل).

أمثلة بسيطة كلُعبة سلينكي تجعل تمييز هيكل الحدث والسلوك يبدو واضحًا. في الواقع، الكثير من التحليلات في العالم لا تتجاوز مستوى الأحداث. استمِع إلى تحليل مستجدات سوق الأسهم. ارتفعت أو انخفضت الأسهم بسبب انخفاض الدولار الأمريكي أو ارتفاعه، أو ارتفاع سعر الفائدة الأساسي أو انخفاضه، أو فوز الديمقراطيين أو خسارتهم، أو غزو دولة لدولة أخرى أو عدم قيامها بذلك. مجرد تحليل للحدث.

لا تمنحك هذه التفسيرات القدرة على توقع ما سيحدث في المستقبل. ولا تجعلك قادرًا على تغيير سلوك النظام -جعل سوق الأسهم أكثر استقرارًا أو مؤشرًا أكثر موثوقية على قوة الشركات

.أو وسيلة أفضل لتشجيع الاستثمار، على سبيل المثال

تذهب معظم التحليلات الاقتصادية إلى مستوى أعمق، بتحليل السلوك مع مرور الزمن. تسعى النماذج الاقتصادية القياسية لاكتشاف الروابط الإحصائية بين تاريخ توجهات الدخل، والمدخرات، .والاستثمار، والإنفاق الحكومي، وأسعار الفائدة، والإنتاج، أو أي شيء آخر، في معادلات معقدة

إن النماذج القائمة على السلوك مفيدة أكثر من النماذج القائمة على الأحداث، لكنها لا تزال تواجه مشكلات أساسية. أولًا، أنها عادة ما تُغالي في تقدير أهمية تدفقات النظام وتُقلل من أهمية المخزونات. يتابع خبراء الاقتصاد سلوك التدفقات، لأنها مكان ظهور التباينات الأبرز وأسرع التغيرات في الأنظمة. تعرض تقارير الأخبار الاقتصادية الإنتاج الوطني من السلع والخدمات، والناتج القومي الإجمالي (التدفقات)، بدلًا من إجمالي رأس المال المادي للمصانع والمزارع والشركات التي تنتج تلك السلع والخدمات (المخزون). لكن من دون فهم كيف تؤثر المخزونات على التدفقات ذات الصلة من خلال عمليات التغذية الراجعة، يصعُب فهم ديناميكيات الأنظمة .الاقتصادية أو مبررات سلوكها

المشكلة الثانية، والأشد خطورة، تكمن في محاولة إيجاد روابط إحصائية تربط التدفقات بعضها ببعض، إذ يبحث خبراء الاقتصاد عن شيء غير موجود. لا يوجد سبب يجعلنا نتوقع تَكَوُّن علاقة مستقرة لأي تدفق مع أي تدفق آخر. تسري التدفقات صعودًا وهبوطًا، على نحوٍ .متقطع، في جميع أنواع الأنظمة المُركبة، استجابةً للمخزونات، لا للتدفقات الأخرى

اسمحوا لي باستخدام مثال بسيط لشرح ما أعنيه. لنفترض أنك لا تعرف شيئًا على الإطلاق عن الثرموستات، لكنك تملك الكثير من البيانات حول تدفقات الحرارة السابقة لداخل الغرفة ومنها للخارج. يمكنك الوصول إلى معادلة تخبرك كيف تباينت هذه التدفقات في الماضي، لأنها .تتباين في ظل الظروف العادية، حين يحكمها نفس المخزون (درجة حرارة الغرفة)

مع ذلك، ستظل معادلتك صالحة حتى يتغير شيء ما في هيكل النظام -يفتح شخصٌ ما النافذة أو يُحسِّن العزل، أو يضبط الفرن، أو ينسى طلب الزيت. يمكنك استخدام معادلتك لتوقُّع درجة حرارة الغرفة في المستقبل، ما دام النظام لم يتغير أو يتعطل. لكن إذا طُلب منك جعل الغرفة أدفأ، أو إذا أخذَتْ درجة حرارة الغرفة في الانخفاض فجأة وكان عليك تعديلها، أو إذا كنت ترغب في الوصول إلى نفس درجة حرارة الغرفة باستهلاك وقود أقل، فلن يساعدك التحليل على مستوى .السلوك. سيكون عليك دراسة هيكل النظام

هذا يبرر نجاح نماذج الاقتصاد القياسي القائمة على السلوك في التنبؤ بأداء الاقتصاد على المدى القريب، وفشلها في التنبؤ بالأداء على المدى الطويل، أو تقديم اقتراحات بكيفية تحسين أداء الاقتصاد.

هذا أحد الأسباب التي تجعل الأنظمة من جميع الأنواع تفاجئنا. تشغلنا الأحداث التي تنتُج عنها، فنُولي القليل من الاهتمام لتاريخها، ولا نملك المهارة الكافية لرؤية أدلة في هذا التاريخ تقودنا إلى الهياكل التي يتدفق منها السلوك وتنتِج تلك الأحداث.

عقولٌ خَطِّية في عالمٍ غير خَطِّي

من السهل التفكير في العلاقات الخطية: العلاقات الخطية تضمن سعادة أكبر. المعادلات الخطية قابلة للحل، ما يجعلها مناسبة للكتب الدراسية. تتمتع الأنظمة الخطية بفضيلة نموذجية مهمة، وهي إمكانية تفكيكها وإعادة تركيبها مرة أخرى.

الأنظمة اللا خطية عمومًا لا يمكن فكها وإعادة تركيبها. اللا خطية تعني أن فِعل اللَّعِب ذاته لديه طريقته لتغيير قواعد اللُّعبة. هذه القدرة على التغيير تجعل اللا خطية يصعُب حسابها، إلا أنها تخلق أنماطًا غنية من السلوك لا تتحقق أبدًا في الأنظمة الخطية.

جيمس جليك، اقتصادي3.

لا نُجيد فهم طبيعة العلاقات في الغالب. يمكن تمثيل العلاقة الخطية بين عنصرين في نظام ما على رسم بياني بخط مستقيم. إنها علاقة ذات أبعاد ثابتة. إذا وزعتُ عشرة أرطال من الأسمدة على حقلي، فسيرتفع العائد بمقدار بوشلَين. وإذا وزعتُ عشرين رطلًا، فسوف يرتفع العائد بمقدار 4 بوشلات. إذا وزعت ثلاثين رطلًا، فسأحقق زيادة قدرها 6 بوشلات.

العلاقة اللا خطية هي العلاقة التي لا ينتُج عن السبب فيها تأثير تناسبي. لا يمكن رسم العلاقة بين السبب والنتيجة إلا من خلال المنحنيات أو الاهتزازات، لا بخط مستقيم. إذا وزعت 100 رطل من السماد، فسوف يرتفع محصولي بمقدار 10 بوشلات؛ إذا وزعتُ 200 رطل، فلن يرتفع المحصول على الإطلاق؛ إذا وزعتُ 300 رطل، فسينخفض العائد. لماذا؟ لأني دمرتُ تُربة حقلي بـ«فائضٍ من المواد النافعة».

العالم غني بالعلاقات اللا خطية.

لذلك يفاجئ العالم عقولنا خطِّيَّة التفكير. إذا علمنا أن دَفعة صغيرة تنتج استجابة صغيرة، فإننا نعتقد أن دَفعة مضاعفة ستضاعف الاستجابة بمرتين. ولكن في النظام اللا خطي، يمكن أن ينتُج عن ضِعف الدفع سُدُس الاستجابة، أو مُربع الاستجابة، أو عدم حدوث استجابة على الإطلاق.

فيما يلي بعض الأمثلة على لا خطية العالم:

- **مع زيادة تدفق حركة المرور على الطريق السريع، تتأثر سرعة السيارة بشكل طفيف بالكثافة المرورية. في النهاية، تؤدي أي زيادة في الكثافة إلى انخفاض خاطف في السرعة. ومع**

زيادة عدد السيارات على الطريق السريع ووصولها إلى حد معين، قد يؤدي ذلك إلى تكدُّس مروري، فتنخفض سرعة السيارة إلى الصفر.

- قد يستمر تآكل التربة لفترة طويلة من دون أن يؤثر ذلك كثيرًا على غلة المحاصيل -حتى ينتقل التآكل من التربة السطحية إلى عمق منطقة جذر المحصول. بعد هذه النقطة، قد يؤدي المزيد من التآكل إلى انخفاض المحصول.
- قد تلفت بعض الإعلانات المثيرة انتباه الجمهور لمنتجٍ ما. وربما تتسبب الإعلانات الصارخة المتكررة في إثارة الاشمئزاز من المنتج.

ترى الآن لماذا تفاجئنا اللا خطية. إنها تحبط الفكرة المنطقية القائلة بأنه إذا كان القليل من العلاج نافعًا إلى حد ما، فإن الكثير منه سيفيد أكثر، أو إذا تسبب فعل مدمر طفيف في حدوث قَدْر مقبول من الضرر، فإن تصاعُد وتيرة ذلك الفعل سيُحدِث زيادة طفيفة من الضرر فحسب. تُنتِج مثل هذه التوقعات المنطقية في عالم لا خطي أخطاءً كلاسيكية.

لا تكمن قيمة اللا خطية في إرباكها لتوقعاتنا حول العلاقة بين الفعل والاستجابة فحسب، بل في قدرتها على تغيير القوى النسبية لحلقات التغذية الراجعة، إذ يمكنها الانتقال بنظام من نمط سلوك إلى آخر.

اللا خطية هي السبب الرئيس للهيمنة المتغيرة التي تميز العديد من أنظمة حديقة الحيوان، كالتأرجح المفاجئ بين النمو الأُسي الناجم عن حلقة التعزيز المهيمنة، ثم الانحدار الناجم عن هيمنة مفاجئة لحلقة موازَنة.

لنستعرض مثالًا مثيرًا على تأثيرات اللا خطية، فكِّر في الهجمات المدمرة لدودة برعم التنوب في غابات أمريكا الشمالية.

فاصل • ديدان التنوب، والشَّوح، ومبيدات الآفات

تذكر تقارير تري رينج، المراكز الوطنية لبيانات البيئة، أن دودة براعم التنوب تهاجم أشجار التنوب والشَّوح في أمريكا الشمالية دوريًّا منذ أربعمائة عام على الأقل. حتى هذا القرن، لم يهتم أحد بالأمر. كانت الشجرة القيمة لصناعة الأخشاب هي الصنوبر الأبيض، ونُظِرَ للتنوب والشَّوح على أنهما من «الأعشاب». في النهاية، اختفت أشجار الصنوبر البكر، فتحولت صناعة الأخشاب إلى أشجار التنوب والشَّوح. وفجأة صارت دودة البراعم آفة خطيرة.

لذلك، مُنذ خمسينيات القرن العشرين، بدأ رش الغابات الشمالية بمادة «دي. دي. تي» للسيطرة على دودة براعم التنوب، إلا أن دودة البراعم تعاود الظهور كل عام. استمرت عمليات الرش السنوية خلال الخمسينيات والستينيات والسبعينيات، حتى حُظِرت مادة الـ«دي. دي. تي»، واستبدلت بها مبيدات أخرى، مثل فينيتروثيون وأسيفات وسيفين وميثوكسيكلور.

تراجع الاعتقاد بأن المبيدات الحشرية هي حل نهائي لمشكلة دودة البراعم، ولكن لا يزال يُنظر إليها على أنها ضرورية. قال أحد الحرَّاجين المسؤولين عن الغابات: «المبيدات الحشرية تعمل بسرعة، هذا كل ما يريده مدير الغابة، للحفاظ على الأشجار التي تنتظرها المناشير الآلية».

بحلول عام 1980، خرجت تكلفة الرش عن السيطرة، إذ أنفقت مقاطعة نيو برونزويك الكندية 12.5 مليون دولار على «مكافحة» دودة البراعم في ذلك العام. عارَض المواطنون المهتمون غمر الغابات بالسموم. ورغم كل ذلك، كانت دودة البراعم تقتل ما يصل إلى 20 مليون هكتار (50 مليون فدان) من الأشجار سنويًّا.

ابتكر كروفورد ستانلي هولينج من جامعة بريتيش كولومبيا وجوردون باسكرفيل من جامعة نيو برونزويك نموذجًا حاسوبيًّا لإلقاء نظرة نُظُمية شاملة على مشكلة دودة البراعم. اكتشفوا أنه قبل بدء رش المبيدات، كان من الصعب اكتشاف دودة البراعم في معظم السنوات، إذ سيطرت المفترسات الطبيعية لها على المشكلة، كالطيور، والعناكب، والزنبار الطفيلي، وبعض الأمراض. مع ذلك، تكرر تفشي ديدان البراعم كل بضعة عقود، واستمر من ست إلى عشر سنوات، بعدها كانت تتراجع أعداد دودة البراعم، لتنفجر مرة أخرى في النهاية.

تُفضِّل دودة البراعم مهاجمة الشَّوح البلسمي بشكل أساسي، وأشجار التنوب بشكل ثانوي. الشوح البلسمي هو الشجرة الأكثر تنافسية في الغابة الشمالية. إذا تُركت لوسائلها الخاصة، فإنها ستزاحم شجرة التنوب والبتولا، وستصبح الغابة بيئة زراعة أحادية للشَّوح البلسمي. تؤدي كل حالة تفشٍّ لديدان البراعم إلى تقليص أعداد الشَّوح، مما يفتح مجالًا في الغابة أمام التنوب والبتولا. ثم يعاود الشَّوح نموه، وهكذا.

مع تزايد كثافة الشَّوح، تزداد احتمالية تفشي المرض، بشكل لا خطي. تزداد القدرة التكاثرية لدودة البراعم مع توفر الإمدادات الغذائية المفضلة لديها. الملجأ الأخير لها هو اثنان أو ثلاثة من الينابيع الدافئة والجافة، التي تشكل بيئة مثالية لبقاء يرقات ديدان البراعم على قيد الحياة. لو أنك تُجري تحليلك على مستوى الحدث، فستقول إن الينابيع الدافئة والجافة هي سبب الأزمة.

ينمو تعداد دودة البراعم بشكل هائل بحيث يتعذر على أعدائها الطبيعيين السيطرة عليها -بشكل لا خطي. في ظل طيف واسع من الظروف المحيطة، فإن تزايُد أعداد ديدان البراعم يُؤدي إلى تكاثر مفترساتها التي تتغذى عليها بشكل أسرع. ولكن بعد بلوغ حد معين، يتباطأ تكاثر المفترِسات. ما كان يُعتبر علاقة مُعزِّزَة: المزيد من ديدان البراعم، يُسَرِّع وتيرة تكاثر المفترسات، يُصبح لا علاقة: المزيد من ديدان البراعم، لا يؤثر على وتيرة تكاثر المفترسات. وبالتالي، تنطلق ديدان البراعم من دون عوائق.

الآن يستطيع شيء واحد إيقاف تفشي المرض: أن تقلل الحشرة إمداداتها الغذائية بنفسها عن طريق قتلها لأشجار التنوب. بحدوث ذلك، تنهار أعداد دودة البراعم -بشكل لا خطي. تهيمن حلقة التعزيز الداعمة لتكاثُر دودة البراعم على حلقة موازَنة تجويع دودة البراعم. ينتقل خشب التنوب والبتولا إلى المساحات التي كان يحتلها الشَّوح، ثم تبدأ الدورة من جديد.

العديد من العلاقات في الأنظمة لا خطِّيَّة. وتتغير قواها النسبية بمعدلات متفاوتة مع تغير المخزونات في النظام. تُنتِج اللا خطية في أنظمة التغذية الراجعة هيمنة متغيرة للحلقات والعديد من التعقيدات في سلوك النظام.

يتأرجح نظام ديدان البراعم/ الشَّوح/ التنوب على مدى عقود، لكنه مستقر بيئيًّا ضمن حدود معينة، ويمكنه البقاء هكذا إلى الأبد. يتمثل التأثير الرئيسي لدودة البراعم في السماح لأنواع الأشجار غير الشَّوح بالاستمرار. لكن في هذه الحالة، الاستقرار البيئي لا يعني الاستقرار الاقتصادي. في شرق كندا، يعتمد الاقتصاد بشكل كامل تقريبًا على صناعة قطع الأشجار، والتي تعتمد على إمدادات ثابتة من الشَّوح والتنوب.

عند رش المبيدات الحشرية، يتجه النظام بأكمله إلى تحقيق التوازن، وهو أمر صعب من عدة أوجه ضمن علاقاته غير الخطية. فهو لا يقتل الآفة فحسب، بل يقتل الأعداء الطبيعيين للآفة أيضًا، وبالتالي يُضعِف حلقة التغذية الراجعة التي تُبقي على ديدان البراعم تحت السيطرة. إنها تحافظ على الكثافة العالية للشَّوح، وتدفع معدلات تكاثر ديدان البراعم لأعلى منحنى غير خطي حتى تصل إلى النقطة التي تكون فيها على وشك الانفجار.

رَسَّخَت ممارسات إدارة الغابات ما يسميه هولينج «ظروف ثابتة لشبه انفجار» على مساحات أكبر. وجد المديرون أنفسهم محاصرين بسياسة تخبئ بركانًا وشيكًا يغلي، إذا فشلت هذه السياسة، فسيقع انفجار لم نشهد شدته من قبل4.

حدود وهمية

حين نفكر بشكلٍ نُظُمي، نرى أن مفهومًا خاطئًا أساسيًّا مُضَمَّنًا في التعبير الشائع «الآثار الجانبية». هذا التعبير يعني «التأثيرات التي لم أتوقعها أو لا أريد التفكير فيها». لم تعُد الآثار الجانبية تتصِف بالـ«جانبية»، بل صارت «أساسية». من الصعب التفكير بشكل نُظُمي، مع إصرارنا على تحريف لغتنا لتجاهُل ضرورة هذا التفكير.

جاريت هاردين، عالم بيئة[5].

هل تذكُر غيمات مخططات الهياكل في الفصلين الأول والثاني؟ انتبه لهذه الغيوم! إنها المصادر الرئيسية للمفاجآت في النظام.

تمثل الغيوم بدايات ونهايات التدفقات. إنها منابع ومصبات المخزونات، والتي نتجاهلها الآن لتبسيط الطرح الحالي. ترسم الغيمات حدود مخطط النظام، وهي حدود وهمية في الغالب، إذ نادرًا ما تحظى الأنظمة بحدود حقيقية. كل شيء، كما يقولون، مرتبط بكل شيء آخر، ومن دون ترتيب. لا تفصل حدود واضحة بين البحر والأرض، بين علم الاجتماع والأنثروبولوجيا، بين عادم السيارة وأنفك. لكن لدينا حدودًا للكلمة، والفكر، والإدراك، والعقد الاجتماعي -حدود مصطنعة لأنماط التفكير.

تنشأ أعظم التراكيب المعقدة عند الحدود تمامًا. يعيش تشيكيون على الجانب الألماني من الحدود وألمان على الجانب التشيكي من الحدود. تتجاوز أنواع نباتات الغابات حدود الغابة وتصل إلى الحقل؛ كما تمتد الأنواع الحقلية إلى جزء من الغابة. تُشكِّل الحدود المختلطة مصادر للتنوع والإبداع، من دون ترتيب منها.

في حديقة حيوان النظام التي تعرضنا لها، على سبيل المثال، مَثَّلتُ تدفُّق السيارات إلى مخزون توكيل بيع السيارات على أنه خارج من سحابة. بالطبع، السيارات لا تتدفق من غيمة، إن تدفقها ينتج من تصنيع مخزون من المواد الخام، بمساعدة رأس المال والعمالة والطاقة والتكنولوجيا والإدارة (وسائل الإنتاج). وبالمثل، فإن تدفق السيارات الخارج من المخزون لا يصب في غيمة، بل ينتهي للمستهلكين من الأفراد أو الشركات من خلال عمليات البيع.

إن أهمية تتبُّع المواد الخام أو مخزون المُستهلِكين في البيوت (مع إمكانية استبدالها في مخطط بالغيوم) يعتمد على احتمالية وجود تأثير كبير لهذه المخزونات على سلوك النظام خلال

الفترة الزمنية محل المتابعة. مع ضمان وفرة المواد الخام واستمرار طلب المستهلكين للمنتجات، ستواصل السُّحب عملها. ولكن إذا حدث نقص في المواد الخام أو فائض من الإنتاج، وإذا رسمنا حدودًا ذهنية حول النظام لا تتضمن هذه المخزونات، فقد تفاجئنا الأحداث المستقبلية.

شكل 47: بعض المخزونات وراء الغيوم.

يحتوي الشكل 47 على غيوم ثابتة. يمكن تمديد الحدود بشكل أكبر. تأتي المواد الخام المصنَّعة من وحدات المعالجة الكيميائية أو المصاهر أو المصافي التي تستمد مدخلاتها من الأرض. لا ينتج عن التصنيع المنتجات فحسب، بل التوظيف والأجور والأرباح والتلوث أيضًا. تذهب فضلات مخزونات المستهلكين إلى مدافن القمامة أو المحارق أو مراكز إعادة التدوير، فتترك المخزونات من خلالها المزيد من الآثار على المجتمع والبيئة. تتسرب النفايات من المدافن إلى آبار مياه الشرب، كما تُنتِج المحارق الدخان والرماد، وتُعيد مراكز إعادة التدوير المواد إلى مسار الإنتاج.

إن أهمية التفكير في التدفق الكامل من المنجم إلى مصب النفايات، أو كما يسميها مفكرو النُّظُم، «من المهد إلى اللحد»، تعتمد على من يريد أن يعرف، ولأي غرض، وأي مدة يغطيها ببحثه. التدفق الكامل مؤثر على المدى الطويل، ومع نمو الاقتصاد المادي وتوسُّع «البصمة البيئية» للمجتمع، فإن المدى الطويل يصبح مدى قصيرًا. تتسم مقالب القمامة بالفجائية إذ إنها تفاجئ مَن تُصور لهم نماذجهم الذهنية القمامة على أنها «ستغادر» إلى غيمةٍ ما. إن مصادر المواد الخام، المناجم والآبار وحقول النفط، قد تُستنفَد بشكل مفاجئ أيضًا.

مع مدى زمني طويل بما يكفي، حتى المناجم والمخلفات لن تمثل نهاية القصة. يستمر نقل المواد الخام عبر الدورات الجيولوجية الكبرى للأرض، التي تُشَرِّع البحار وتغلقها، وتُقيم الجبال وتدُكها. بعد دهور من الآن، سينتهي كل ما دُفِن في مكب نفايات إلى قمة جبل أو في أعماق بحر. ستتشكل رواسب جديدة من المعادن والوقود. لا توجد «غيوم» نظام على كوكب الأرض، ولا حدود نهائية. حتى الغيوم الحقيقية في السماء هي جزء من دورة هيدرولوجية. كل شيء مادي هو آتٍ من مكان ما، ويقصِد مكانًا ما، كل شيءٍ يتحرك.

وهذا لا يعني أن أي نموذج، عقلي أو حاسوبي، يجب أن يتابع كل صِلة حتى يشمل الكوكب بأكمله. الغيوم مُكون أساسي للنماذج التي تصف التدفقات اللا مادية أيضًا. الغضب «يخرج من سحابة»، حرفيًّا، مثله مثل الحب والكراهية واحترام الذات وما إلى ذلك. إذا أردنا فهم أي شيء، فعلينا تبسيطه، ما يعني أنه يتعين علينا وضع حدود. هذا خيار آمن في الغالب. لن تواجهنا مشكلة عند التفكير في نظام السكان، مثلًا، على أن المواليد والوفيات يخرجون من الغيوم وينتهون إليها، كما في الشكل 48.

الشكل 48: المزيد من الغيوم.

يوضح الشكل 48 الحدود من «المهد إلى اللحد» فعليًّا. حتى هذه الحدود غير مجدية إذا عانى السكان المُمَثَّلون في هذا النظام من هجرة كبيرة للداخل أو للخارج، أو إذا كانت المسألة قيد النقاش هي مساحة محدودة لمقبرة.

من الصعب حتى على مفكري النُّظُم فهم الحدود. لا توجد حدود شرعية ثابتة يمكن رسمها حول النظام. علينا ابتكار حدود لمزيد من الوضوح والمنطقية؛ وقد تتسبب الحدود في مشكلات حين ننسى أننا من صنعناها.

حين تُضيق الحدود التي ترسمها، يفاجئك النظام. فمثلًا، إذا حاولت التعامل مع مشكلات المرور في المدن من دون التفكير في أنماط الإسكان، فإنك تبني طرقًا سريعة تجذب مشاريع الإسكان على امتداد جانبيها. سكان هذه المشاريع، بدورهم، يقودون المزيد من السيارات على الطرق السريعة، فتصبح مكتظة مع الوقت تمامًا كسابقتها.

لا توجد أنظمة منفصلة. العالم عبارة عن تسلسلات متصلة. يعتمد مكان رسم الحدود حول النظام على الغرض من دراسته وما نريد طرحه من الأسئلة.

إذا حاولت حل مشكلة الصرف الصحي عن طريق إلقاء النفايات في نهر، فإن المدن الواقعة على مجرى النهر تنبهنا إلى أن حدود التفكير في الصرف الصحي يجب أن تشمل النهر بأكمله. قد يتعين أيضًا أن تشمل التربة والمياه الجوفية المحيطة بالنهر. لكن يمكن ألا تتضمن مستجمَعات المياه المجاورة أو الدورة الهيدرولوجية للكوكب.

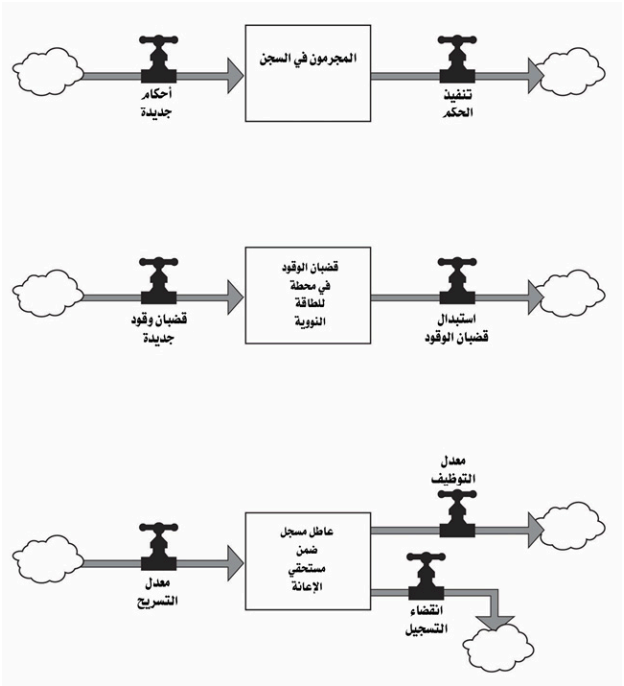
التخطيط لمحمية طبيعية وطنية يتوقف عند الحدود الملموسة لها. لكن حدود المحميات في جميع أنحاء العالم مخترقة من قِبَل الرحالة، وهجرة الحياة البرية، والمياه التي تتدفق إلى المحمية أو منها للخارج أو تحتها، وتأثيرات التنمية الاقتصادية على أطراف المحمية، والمطر الحمضي، كما تتأثر الآن بتغير المناخ بسبب غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي. حتى من دون تغير المناخ، عليك التفكير في حدود أبعد من محيط المحمية الرسمي لتستطيع إدارتها.

غالبًا ما يقع محللو الأنظمة في الفخ العكسي: مَد الحدود أبعد مما ينبغي. لديهم عادة رسم المخططات التي تحتل عدة صفحات بحروف صغيرة والعديد من الأسهم التي تربط كل شيء بكل شيء. يصيحون، هذا هو النظام! لو فكرت في أي شيء أقل من ذلك، فلن يُعترف بك أكاديميًّا.

ينتج عن لعبة «نموذجي أكبر من نموذجك» تحليلات معقدة للغاية، تُخرِجُ أكوامًا من المعلومات قد تُخفي إجابات الأسئلة المطروحة. على سبيل المثال، إن نمذجة مناخ الأرض بالتفصيل الكامل أمر مهم لأسباب عديدة، لكن قد لا يكون ضروريًّا لمعرفة كيفية تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في بلدٍ ما للحد من تغير المناخ.

نادرًا ما تتطابق الحدود اللازمة للتفكير في مشكلة ما مع حدود النظام الأكاديمي، أو مع الحدود السياسية. تخلق الأنهار حدودًا يسهل تعيينها بين البلدان، ولكن الحدود الممكنة لإدارة كمية ونوعية المياه هي الأصعب. الهواء أسوأ من الماء في تجاوز الحدود السياسية. الحدود الوطنية لا تعني شيئًا عندما يتعلق الأمر بتآكل طبقة الأوزون في الستراتوسفير، أو غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، أو زيادة منسوب المحيطات.

نظريًّا، لدينا المرونة الذهنية لإيجاد الحدود المناسبة عند التفكير في كل مشكلة جديدة. لكننا نادرًا ما نتحلى بهذه المرونة. نحن نتعلق بالحدود التي اعتادتها أذهاننا. فكِّر في عدد الدعاوى المتعلقة بالحدود -الحدود الوطنية، والحدود التجارية، والحدود العرقية، والحدود بين المسؤولية العامة والخاصة، والحدود بين الأغنياء والفقراء، والملوِّثين والمتضررين من التلوث، وبين من هم أحياء الآن ومن سيكونون أحياء في المستقبل. ترعى الجامعات لسنوات النزاعات حول الحدود بين الاقتصاد والحكومة، وبين تاريخ الفن والفن، وبين الأدب والنقد الأدبي. في كثير من الأحيان، تعد الجامعات تجسيدًا حيًّا لصلابة الحدود.



الشكل 49: أمثلة على المزيد من الغيوم. هذه أمثلة على الأنظمة التي يجب ألا يمنعك حد أو غيمة من التفكير فيما وراء حدودها، بل إن دراستها تبدأ من خارج تلك الحدود. ما الدافع وراء تزويد السجن بالمزيد ممن صدرت ضدهم أحكام قضائية؟ أين تذهب قضبان الوقود بعد الاستبدال؟ ماذا يحدث للعاطل عن العمل الذي ينتهي تسجيله ضمن مستحقي إعانة البطالة؟

من الإبداع إدراك أن الحدود من صُنعنا، ويمكن، بل ويجب، إعادة النظر فيها مع كل مناقشة أو مشكلة أو غرض جديد. إنه تحَدٍّ أن تظل مبدعًا بما يكفي لإسقاط الحدود التي نجَحَت في حل المشكلة الأخيرة واكتشاف أنسب مجموعة من الحدود لإيجاد حلول تناسِب المشكلة التالية. إنها ضرورة، إذا أردنا حل المشكلات بشكل مُتقن.

طبقات الحدود

تفاجئنا الأنظمة لأن عقولنا تميل إلى التفكير في أن سببًا واحدًا بعينِه يُنتِج تأثيرًا واحدًا بعينه. نميل إلى التفكير في أمرٍ واحد أو على الأكثر بضعة أمور قليلة في وقت واحد. لا نميل إلى التفكير في الحدود، خاصة عندما يتعلق الأمر بخططنا ورغباتنا.

لكن في عالمنا، تجتمع أسباب متعددة بشكل روتيني لإنتاج عدة تأثيرات. تُنتِج المدخلات المتعددة مخرجات متعددة، وتكون جميع المدخلات تقريبًا، وبالتالي المخرجات، محدودة. على سبيل المثال، تحتاج عملية الإنتاج الصناعي إلى:

- رأس المال.
- العمالة.
- مصدر طاقة.
- مواد خام.
- أرض لبناء المصنع.
- ماء.
- تكنولوجيا.
- رصيد ائتماني.
- تأمين.
- عملاء.
- إدارة ماهرة.
- بنية تحتية مُمَوَّلة من القطاع العام والخدمات الحكومية (الشرطة والحماية من الحرائق وتعليم المديرين والعاملين).
- أسر مؤهلة لتنشئة ورعاية المُنتِجين والمستهلكين.
- نظام بيئي صالح لتزويد أو دعم كل هذه المدخلات ولامتصاص نفاياتها أو التخلص منها.

تحتاج رقعة زراعية من الحبوب النامية إلى:

- ضوء الشمس.

- هواء.
- ماء.
- نيتروجين.
- فوسفور.
- بوتاسيوم.
- عشرات العناصر الغذائية البسيطة.
- تربة قابلة للتفتيت ودعم البيئة الميكروبية للتربة.
- نظام لمكافحة الحشائش والآفات.
- الحماية من المخلفات الصناعية.

فيما يتعلق بالحبوب، وضع جوستوس فون ليبيج قانونه الشهير: «قانون الحد الأدنى». الذي يفيد بأن مقدار النيتروجين المتاح للحبوب لا يفيد، مع نقص الفوسفور. كما لا يفيد سكب المزيد من الفوسفور إذا كانت المشكلة هي انخفاض نسبة البوتاسيوم.

لن يرتفع الخبز من دون الخميرة، بغض النظر عن كمية الدقيق المستخدَمة في خبزِه. لن ينمو الأطفال من دون البروتين، بغض النظر عن كميات الكربوهيدرات التي يتناولونها. لن تواصل الشركات عملها من دون طاقة، بغض النظر عن عدد عملائها -ولا من دون عملاء، بغض النظر عن مقدار الطاقة التي تستهلكها.

هذا المفهوم البسيط لعامل التقييد يُساء فهمه في الغالب. يفترض المهندسون الزراعيون، على سبيل المثال، أنهم يعرفون ما يجب وضعه في السماد المُصَنَّع، لأنهم حددوا العديد من العناصر الغذائية الرئيسية والثانوية في التربة الجيدة. هل توجد أي مغذيات أساسية لم يحددوها؟ كيف تؤثر الأسمدة الصناعية على البيئة الميكروبية الطبيعية للتربة؟ هل تتداخل مع أي وظائف أخرى للتربة الجيدة، وبالتالي تُقيدها؟ وما الذي يُقيد إنتاج الأسمدة المُصَنَّعَة؟

في أي فترة زمنية محددة، أهم مُدخلات النظام هي أشد قيوده.

تنقل الدول الغنية رأس المال أو التكنولوجيا إلى الدول الفقيرة، ثم تتساءل لماذا لا تتطور اقتصادات البلدان المستقبِلة، لا يخطر ببالها أبدًا أن رأس المال أو التكنولوجيا قد لا يكونان أشد عامِلَين مُقيِّدَين لنمو تلك الدول.

نما الاقتصاد في زمنٍ كانت فيه العمالة ورأس المال أكثر عامِلَين مُقيِّدَين للإنتاج شيوعًا. لذلك، فإن معظم العوامل المؤثرة على الإنتاج الاقتصادي يمكن تلخيصها في هذين العاملين فقط (وأحيانًا التكنولوجيا). مع نمو الاقتصاد المتصل بالنظام البيئي، تتحول العوامل المُقيِّدة لتصبح المياه النظيفة، والهواء النظيف، ومساحة التفريغ، والأشكال المقبولة من الطاقة والمواد الخام، فيصبح التركيز التقليدي على رأس المال والعمالة وحدهما غير نافع.

أحد النماذج الكلاسيكية التي يدرسُها طلاب الأنظمة في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا هو نموذج نمو الشركة الذي وضعه جاي فورستر. يبدأ بشركة ناشئة ناجحة تنمو بسرعة. تكمن مشكلة هذه الشركة في التعرف على حدودها المتغيرة والتعامل معها -الحدود التي تتغير مع نمو الشركة.

على سبيل المثال، قد توظف الشركة مندوبي مبيعات يتمتعون بمهارات عالية، فيتسببون في زيادة طلبات التوريد بمعدلات أسرع مما يمكن لإنتاج المصنع تغطيته. يتأخر التسليم فينسحب العملاء، لأن الطاقة الإنتاجية هي العامل الأكثر تقييدًا. لذلك يُوَسِّع المديرون المخزون الرأسمالي للمصانع كي يزيد الإنتاج. يتم تعيين أشخاص جدد على عجل بعد فترة تدريبية محدودة. تتضرر الجودة وينسحب العملاء لأن مهارة الإنتاج هي العامل الأكثر تقييدًا. لذا، تستثمر الإدارة في تدريب العمال. تتحسن الجودة، وتتدفق الطلبات الجديدة، فيتعثر نظام توريد الطلبات ومجاراة المعدلات، وهكذا.

تحيط طبقات من الحدود كل نباتٍ ينمو، أو طفل، أو وباء، أو منتج جديد، أو تقدم تقني، أو شركة، أو مدينة، أو اقتصاد، أو سكان. لا تتحقق البصيرة بالتعرف على العامل المُقيِّد فحسب، بل من رؤية هذا النمو ذاته وهو يهدم أو يعزز الحدود، وبالتالي يُغير العوامل المُقيِّدة. إن التفاعل بين النبات النامي والتربة، وبين الشركة النامية وسوقها، وبين الاقتصاد المتنامي وقاعدة موارده، ديناميكي. عندما يتوقف عامل ما عن التقييد، يحدث النمو، ويُغير هذا النمو النُّدرة النسبية للعوامل حتى يصبح عاملٌ آخَر مُقيِّدًا. إن تحويل الانتباه من العوامل الوفيرة إلى العامل المُقيِّد التالي المحتمل يُعَد فهمًا حقيقيًّا لعملية النمو والسيطرة عليها.

أي كيان مادي له مدخلات ومخرجات متعددة، كالسكان، وعملية الإنتاج، والاقتصاد، محاط بطبقات من الحدود. مع تطور النظام، يتفاعل مع حدوده الخاصة ويؤثر عليها. يُشكِّل الكيان المتنامي وبيئته المحدودة معًا نظامًا ديناميكيًّا متطورًا.

ومع ذلك، فإن فهم طبقات الحدود ومراقبة العامل المُقيِّد التالي ليسا وصفة للنمو المستديم، إذ إن استمرار نمو أي كيان مادي في بيئة محدودة مستحيل. في النهاية، الخيار ليس أن تنمو إلى الأبد بل أنْ تُقرر ما هي الحدود التي يُمكِنك العيش بداخلها. إذا قدمَت الشركة منتجًا مثاليًّا أو خدمة مثالية بسعر مناسب، فستنهال عليها طلبات التوريد حتى تنمو إلى الحد الذي يلزم عنده وضع بعض القيود بتقليل جودة المنتج أو رفع سعره. إذا لَبَّت مدينة احتياجات جميع سكانها بشكل أفضل من أي مدينة أخرى، فسيُقبِل عليها الناس حتى تؤدي بعض القيود إلى انخفاض قدرة المدينة على تلبية احتياجات سكانها6.

أي كيان مادي له مدخلات ومخرجات متعددة محاط بطبقات من الحدود.

ستظهر حدود للنمو دومًا، قد تفرض نفسها تلقائيًّا، وإن لم تفعل، فستفرضها الأنظمة. مستحيل أن ينمو أي كيان مادي إلى الأبد. إذا لم يتخير مديرو الشركات ومسؤولو المدن والسكان حدودهم الخاصة ويفرضوها للحفاظ على النمو بحسب قُدرة البيئة الداعمة، فإن البيئة ستختار الحدود وتفرضها عليهم.

تأخيرات في كل مكان

توصلتُ إلى قناعة مخيفة بأن تلهُّفي لإعادة الديمقراطية كان يحمل مسحةً شيوعية، أو مسحة عقلانية. كنت أرغب في جعل التاريخ يمضي قُدمًا بنفس رغبة طفل يسحب نباتًا لجعله ينمو بسرعة أكبر.

أعتقد أن علينا تعلُّم الانتظار كما نتعلم الابتكار. علينا أن نزرع البذور بصبر، ونسقي الأرض التي نزرعها بحرص، ونمنح النباتات الوقت الذي يلزمها. لا يمكن لأحد أن يغُش في الزراعة كما لا يمكنه أن يغُش في التاريخ.

7فاتسلاف هافيل، كاتب مسرحي، آخر رئيس لتشيكوسلوفاكيا، وأول رئيس لجمهورية التشيك.

يستغرق نمو نبات أو غابة أو نظام ديمقراطي وقتًا؛ الرسائل الموضوعة في صندوق البريد يلزمها بعض الوقت لتصل إلى وجهتها، المستهلكون يلزمهم وقت لاستيعاب المعلومات المتعلقة بتغير الأسعار وتغيير سلوكياتهم الشرائية، بناء محطة للطاقة النووية يلزمه وقت، تآكل آلة يلزمه وقت، تأثير استخدام تقنية جديدة على نظام اقتصادي يلزمه وقت.

تتكرر دهشتنا من الوقت الذي تستغرقه الأمور. اعتاد جاي فوريستر أن يطلب منا، بينما كنا نصمم نموذجًا للتأخير في الإنشاء أو المعالجة، أن نسأل كل شخص في النظام عن المدة التي افترضوا أن يستغرقها هذا التأخير، ونقدم أفضل تخمين لدينا، ثم نضربه في ثلاثة. (لقد اكتشفتُ أن مُعامل التصحيح هذا يصلح أيضًا لتقدير الوقت اللازم لتأليف كتاب!).

تنتشر التأخيرات في الأنظمة. كل سهم هو فاصل زمني. معظم التدفقات تحكمها تأخيرات -تأخُّر للشحن، تأخُّر لتحقُّق الإدراك، تأخُّر للمعالجة، تأخُّر للبلوغ. فيما يلي بعض صور التأخيرات التي رأينا أهمية بالغة لتضمينها في النماذج المختلفة التي صنعناها:

- **الفاصل الزمني بين الإصابة بمرضٍ مُعدٍ وظهور أعراض المرض بدرجة كافية لتشخيصه، من أيام إلى سنوات، بحسب المرض.**
- **الفاصل الزمني بين انبعاث المُلوثات وانتشارها أو ترشيحها أو تركيزها في النظام البيئي إلى الحد الذي يؤدي إلى وقوع الضرر.**
- **الزمن اللازم للبلوغ والحمل في تكوين تجمعات تكاثر الحيوانات أو النباتات، مما يتسبب في تقلبات مميزة في أسعار السلع الأساسية: دورات من 4 سنوات للخنازير، و7 سنوات للأبقار،**

و11 سنة لأشجار الكاكاو8.

- الزمن اللازم لتغيير حجم الأسرة المقبول اجتماعيًّا، وهو جيل واحد على الأقل.
- الزمن اللازم لتطوير خط إنتاج واستبدال مخزون رأسمالي. يستغرق تصميم سيارة جديدة وطرحها في السوق من ثلاث إلى ثماني سنوات. قد يبقى هذا الطراز خمس سنوات في سوق السيارات الجديدة. تبقى السيارات على الطريق بمتوسط عشر إلى خمس عشرة سنة.

تعتمد الحدود المرسومة حول النظام المُتَصَوَّر على الغرض من دراسته، وكذلك التأخيرات المؤثرة عليه. إذا كنت مهتمًّا بالتذبذبات التي تستغرق أسابيع، فقد لا تفكر في التأخيرات التي تستغرق دقائق أو سنوات. إذا شملَت دراستك التطور السكاني والاقتصادي على مدى عقود، فستتجاهل التذبذبات التي تستغرق أسابيع في الغالب. يُصدر العالم زقزقات، ونعيقًا، وفرقعة، وهديرًا، بترددات متعددة في نفس الوقت. تعتمد أهمية التأخيرات -عادةً- على مجموعة الترددات التي تحاول أنت فهمها.

أثبتت حديقة حيوان الأنظمة مدى تأثير تأخيرات التغذية الراجعة على سلوك الأنظمة. قد يؤدي تغيير طول الفاصل الزمني الذي يستغرقه حدوث التأخير إلى تغيير السلوك تمامًا. غالبًا ما تكون التأخيرات نقاط ضغط حساسة للتدخل في السياسات، بجعلها أقصر أو أطول. يمكنك معرفة سبب ذلك. سواء استجابت نقطة القرار في النظام لمعلومات وصلتها متأخرة، أو تأخرت استجابتها لمعلومات وصلت في حينها، فإن القرارات لن تصل بالنظام إلى هدفه المنشود (وينطبق هذا على الشخص الذي يعمل في ذلك الجزء من النظام). ستُتخَذ إجراءات أكثر أو أقل من اللازم لتحقيق أهداف صانع القرار. من ناحية أخرى، إذا اتُّخِذَ الإجراء بسرعة بالغة، فقد يؤدي إلى تضخيم التباين قصير المدى ويتسبب في تقلبات غير ضرورية. تحدد التأخيرات مدى سرعة استجابة النظام، ومدى دقته في تحقيق أهدافه، ومدى دقة توقيت نقل المعلومات في جميع أنحائه. تنتُج التجاوزات والتذبذبات والانهيارات عن التأخيرات دومًا.

يساعد فهم الفواصل الزمنية على فهم قدرة ميخائيل جورباتشوف على تغيير نظام المعلومات في الاتحاد السوفييتي في ليلة تقريبًا، وعجزه عن فِعل المثل في الاقتصاد المادي الذي يلزمه عقود. كما يساعد في معرفة سبب صعوبة اندماج ألمانيا الشرقية مع ألمانيا الغربية واستغراق الأمر وقتًا أطول مما توقع السياسيون. بسبب طول الوقت اللازم لبناء محطات طاقة جديدة، يعاني مجال الطاقة من دورات التحميل الزائد للطاقة ومن ثم نقص الطاقة مما يؤدي إلى انقطاع

الكهرباء. بسبب تأخُّر استجابة محيطات الأرض لدرجات حرارة أعلى من المعتاد، الوضع الذي دام لعقود، تسببت انبعاثات الوقود الأحفوري البشرية في حدوث تغييرات في المناخ لن نكتشفها بالكامل قبل جيل أو جيلين.

لا بد من التحلي ببُعد النظر عند التعامل مع حلقات التغذية الراجعة التي تحكمها التأخيرات. إن التصرف حين تصبح المشكلة واضحة فقط يُفوِّت عليك فرصة قوية لحلها.

العقلانية المحدودة

يسعى كل فرد بقدر استطاعته لتوظيف رأسماله في دعم عمله الخاص، ومن ثم توجيه عمله هذا لتقديم منتج ذي قيمة أكبر. هو لا يقصد العمل للصالح العام، ولا يعرف كيف يفعل ذلك بالأساس. إنه يقصد الحفاظ على أمانه الخاص ومكاسبه الخاصة فحسب. وبينما يفعل ذلك، تقوده يدٌ خفية لتحقيق هدف لم يكن جزءًا من خُططه. من خلال السعي لتحقيق مصالحه الخاصة، يدعم مصالح المجتمع بشكل أكثر فعالية مما قد يفعله حين ينوي ذلك.

آدم سميث، اقتصادي سياسي من القرن الثامن عشر9.

من الرائع بالطبع أن تقود «اليد الخفية» للسوق الأفراد إلى اتخاذ قرارات تصب في مصلحة الجميع. حينها لن تُعتبر الأنانية المادية فضيلة اجتماعية فحسب، بل سيكون من السهل صياغة نماذج رياضية للاقتصاد. لن نحتاج إلى التفكير في مصلحة الآخرين أو في عمليات أنظمة التغذية الراجعة المعقدة. لا عجب في أن نموذج آدم سميث حظي بجاذبية قوية قبل مائتي عام!

للأسف، يقدم لنا العالم أمثلة متعددة لأشخاص يتصرفون بعقلانية لتحقيق أهدافهم الخاصة قصيرة المدى لكنهم يتسببون في نتائج لا يحبها أحد. يُقبِل السياح على أماكن مثل شواطئ ويكيكي في هاواي أو منتجعات زيرمات السويسرية ثم يشكُون من تدمير السياح لتلك الأماكن. ينتج المزارعون فائضًا من القمح أو الزبدة أو الجبن، فتنخفض الأسعار. يفرط الصيادون في الصيد فيدمرون مصادر رزقهم. تتخذ الشركات قرارات استثمارية بشكل جماعي فتتراجع دورة الأعمال. ينجب الفقراء أطفالًا أكثر مما يستطيعون إعالتهم.

لماذا؟

بسبب ما يسميه خبير الاقتصاد بالبنك الدولي هيرمان دالي «القدم الخفية(2)» أو ما يسميه الاقتصادي الحائز على جائزة نوبل هربرت سايمون «العقلانية المحدودة»10.

(2) إشارة إلى قول هيرمان دالي في كتابه «ما وراء النمو»: بينما تعتني اليد الخفية بالقطاع الخاص، تركل القدم الخفية القطاع العام وتمزقه إلى أشلاء. (المترجمة).

تعني العقلانية المحدودة أن يتخذ الناس قرارات عقلانية تمامًا بناءً على ما لديهم من معلومات. لكنهم لا يملكون معلومات كاملة عن الأجزاء الأبعد من النظام. يجهَل الصيادون عدد

الأسماك الموجودة في مناطق صيدهم، ناهيك عن عدد الأسماك التي سيصطادها غيرهم من الصيادين في نفس اليوم.

لا يعرف رجال الأعمال على وجه اليقين المخططات الاستثمارية لرجال الأعمال الآخرين، أو ما سيرغب المستهلكون في شرائه، أو كيف ستُنافِس منتجاتهم. إنهم لا يعرفون على وجه الدقة حصتهم الحالية من السوق، ولا يعرفون حجم السوق الحقيقي. معلوماتهم حول هذه الأشياء منقوصة ومتأخرة، فتتأخر استجاباتهم أيضًا. لذلك تكون استثماراتهم إما قاصرة أو مفرطة بشكل منهجي.

وفقًا لسايمون، نحن لسنا مُحسِّني أداء عقلانيين كُليي المعرفة. نحنُ نتخبط محاولين اتخاذ قرارات تلبي احتياجاتنا قدر الإمكان، قبل الانتقال إلى القرار التالي11، ونبذل قصارى جهدنا لتعزيز مصالحنا القريبة بطريقة عقلانية، ولا يمكننا الانتباه إلا إلى ما نعرفه. إننا لا نعرف ما يخطط له الآخرون، حتى ينفذوا خططهم. نادرًا ما نرى النطاق الكامل للاحتمالات المستقبلية التي تنتظرنا، ولا نتوقع، في الغالب، تأثيرات أفعالنا على النظام بأكمله، أو نختار تجاهلها. لذا بدلًا من إيجاد أفضل الخيارات على المدى الطويل، نستخدم نطاق معرفتنا المحدود لاكتشاف خيار يمكننا التعايش معه في الوقت الحالي، ونتمسك به، ولا نغير سلوكنا إلا إذا اضطررنا إلى ذلك.

يقول علماء السلوك، إننا لا نترجم المعلومات المنقوصة التي نملكها بشكل كامل، ولا نُجيد تقدير المخاطر، بافتراضنا أن بعض الأمور أخطر مما هي عليه بالفعل والبعض الآخر أقل خطورة بكثير من خطورته الفعلية. إننا نعيش في حاضرٍ مُبالَغ في تقديره، حيثُ نُولي اهتمامًا كبيرًا للتجربة الآنية، ولا نلتفت غالبًا للماضي. نركز على متابعة الأحداث الجارية بدلًا من دراسة السلوك طويل المدى، فنهمل المستقبل بمعدلات غير منطقية اقتصاديًّا ولا بيئيًّا. لا نُقدر القيمة الحقيقية للإشارات الواردة، ولا نقبل التعرض للأخبار التي لا تعجبنا، أو المعلومات التي لا تتناسب مع نماذجنا الفكرية. هذا يعني أننا لا نتخذ قرارات من شأنها تحقيق مصلحتنا الفردية بأفضل ما يمكن، ناهيك عن مصلحة النظام ككل.

يمكنك تخيُّل الجدل الذي نتج عن تحدي نظرية العقلانية المحدودة لمائتي عام من الاقتصاد القائم على تعاليم آدم سميث، وهو الجدل الذي لم ينتهِ بعد. تفترض النظرية الاقتصادية القائمة على نظرية آدم سميث أولًا أن الإنسان ذا الفكر الاقتصادي يتصرف بأمثَلَة(3) تامة بناءً على

معلومات كاملة، وثانيًا أنه عندما يتصرف العديد من ذوي الفكر الاقتصادي على هذا النحو، يكون ناتج أفعالهم أفضل ما يمكن للجميع.

3) أسلوب رياضياتي يعتمد على اختيار العنصر الأمثل من بين خيارات متعددة ممكنة. (المترجمة)

لا تصمد أي من هذه الافتراضات طويلًا في مواجهة الأدلة. في الفصل التالي حول فِخاخ النظام وفرصه، سأصف بعض أشهر الهياكل التي يمكن أن تؤدي العقلانية المحدودة فيها إلى وقوع كارثة. وهي تشمل ظواهر مألوفة كالإدمان، ومقاومة السياسات، وسباق التسليح، وتدهور الأداء، وتراجيديا المشاع. في الوقت الحالي، أريد توضيح نقطة واحدة فقط حول أكبر مفاجأة تنتج عن عدم فهم العقلانية المحدودة.

افترِض أنك انتقلت لسبب ما من مكانك المعتاد في المجتمع إلى مكان شخص لم تفهم سلوكه مطلقًا. بعد أن كنت من أشد منتقدي الحكومة، أصبحت فجأة جزءًا من الحكومة. أو بعد أن كنت ناشطًا عُماليًّا في مواجهة الإدارة، تصير أنت فردًا من الإدارة (أو العكس). ربما كنت ناقدًا بيئيًّا لنشاط الشركات الكبرى، ثم تجد نفسك فجأة تتخذ قرارات بيئية لصالح الشركات الكبرى. هل يمكن أن تتكرر مثل هذه التحولات بوتيرة أسرع، في جميع الاتجاهات، لتوسيع آفاق الفائدة للجميع؟!

في موقعك الجديد، تواجه تدفقات المعلومات، والمحفزات والعقبات، والأهداف والتضاربات، والضغوط؛ معطيات العقلانية المحدودة التي تتماشى مع هذا الموقع. يمكنك الاحتفاظ بما صرتَ تعرفه عن الأمور من الزاوية الأخرى، فتتدفق من عقلك ابتكارات تُغير النظام تمامًا، ولكن هذا احتمال بعيد. إذا أصبحتَ مديرًا، فستتوقف عن التعامل مع العمالة كشريك مستحِق في الإنتاج، وتبدأ في النظر إليهم على أنهم تكلفة يجب تقليلها. إذا أصبحت رأسماليًّا، فمن المحتمل أن تفرط في الاستثمار خلال فترات الازدهار وتقلل استثماراتك في أثناء فترات الركود، كجميع الرأسماليين الآخرين. إذا أصبحت فقيرًا جدًّا، فستفكر بالعقلانية قصيرة المدى، وتجد الأمل والفرصة في إنجاب العديد من الأطفال. لو أنك صياد سمك ولديك رهن عقاري على قاربك، وأسرة تعولها، ومعلومات منقوصة عن حالة الثروة السمكية، فستُفرِط في الصيد.

نشرح هذه النقطة من خلال ممارسة بعض الألعاب التي يواجه خلالها الطلاب مواقف تجعلهم يختبرون تدفقات المعلومات الواقعية والجزئية التي يختبرها الفاعلون المختلفون في الأنظمة الحقيقية. بمحاكاتهم للصيادين، يفرطون في الصيد. كوزراء لحكومات الدول النامية، يفضلون

مراعاة مصالحهم الخاصة على تلبية احتياجات شعوبهم. وباعتبارهم من الطبقة العليا، فإنهم يُحسِّنون من جودة مساكنهم؛ وكطبقة دنيا، يصبحون غير مبالين أو متمردين. وهذا ما ستفعله أنت لو تعرضتَ لنفس التجربة. في تجربة سجن ستانفورد الشهيرة التي أجراها عالم النفس فيليب زيمباردو، تبنى المشاركون مواقف وسلوكيات حراس السجن والسجناء بسرعة مدهشة12.

إن إدراك مدى عقلانية القرارات الفردية وفقًا للمعلومات المتاحة لا يوفر عُذرًا للسلوك ضَيِّق الأفق، بل يجعلنا نفهم سبب ظهور هذا السلوك. يكون السلوك منطقيًّا ضمن حدود ما يمكن لشخص ما في هذا الجزء من النظام أن يراه ويعرفه. إن استبدال شخص بشخص في موقع تتسم قراراته بالعقلانية المحدودة لن يُحدث فارقًا كبيرًا على الأرجح. نادرًا ما يساعد تحميل الفرد وحدَه مسؤولية الفِعل في خلق نتيجة أفضل.

يبدأ التغيير من تجاوز حدود المعلومات التي يمكن رؤيتها من أي مكان في النظام واستبدال نظرة عامة بها. من منظور أوسع، يمكن إعادة هيكلة تدفقات المعلومات والأهداف والمحفزات والعقبات بحيث تجتمع الإجراءات المنفصلة والمحدودة والعقلانية لخلق النتائج التي يرغب فيها الجميع.

ستندهش لسرعة التغييرات السلوكية وسهولة تحقُّقها، عند تقديم معلومات أفضل وأكثر اكتمالًا وفي الوقت المناسب، حتى مع التضخم الطفيف للعقلانية المحدودة.

فاصل. عدادات الكهرباء في المنازل الهولندية

بالقرب من أمستردام، توجد ضاحية تتكون من منازل الأسرة الواحدة، شُيدت جميعًا في نفس الوقت، وكلها متشابهة، متشابهة تقريبًا. ولأسباب غير معروفة، تم تركيب عدادات الكهرباء في أقبية بعض المنازل، وفي الصالات الأمامية لمنازل أخرى.

كانت العدادات من النوع الذي يحتوي على غرفة زجاجية بداخلها قرص معدني أفقي صغير. مع استهلاك المنزل للكهرباء، تدور العجلة بشكل أسرع ويضيف القرص استهلاك المنزل بالكيلوواط/ ساعة.

في أثناء حظر النفط وأزمة الطاقة في أوائل سبعينيات القرن العشرين، تزايد اهتمام الهولنديين باستهلاكهم من الطاقة، فاكتشفوا أن بعض المنازل في هذه الضاحية تستهلك كهرباء

أقل من المنازل الأخرى بمقدار الثلث. عجز الجميع عن تفسير ذلك. جميع المنازل تدفع نفس السعر للكهرباء، وحجم العائلات بها متقارب.

اتضح فيما بعد أن ما أحدث الفارق هو موضع عداد الكهرباء. العدادات التي تُسجل الاستهلاك المرتفع من الكهرباء هي تلك المُثَبَّتة في الأقبية، وبالتالي، نادرًا ما يراها الناس أو يراقبوا استهلاكهم. أما الأخرى التي تُسجل الاستهلاك المنخفض فهي تلك المُثَبَّتة في الصالة الأمامية حيث يمُر بها الناس دومًا، ويراقبون دوران العجلة الصغيرة، وما تضيفه إلى فاتورة استهلاكهم الشهرية للكهرباء عدة مرات في اليوم13.

تُصَمَّم بعض الأنظمة لتؤدي عملها بنجاح بغض النظر عن العقلانية المحدودة. تصل التغذية الراجعة الصحيحة إلى المكان المناسب في الوقت المناسب. في ظل الظروف العادية، يحصل الكبد على المعلومات التي يحتاج إليها فقط لأداء وظيفته. في الأنظمة البيئية والثقافات التقليدية المستقرة، ينتهج الفرد العادي أو الأنواع أو السكان، حين يُتركون لأجهزتهم الخاصة، سلوكيات تخدم الجميع وتحفظ توازنهم. هذه الأنظمة وغيرها ذاتية التنظيم، لا تُسبِّب مشكلات. لا يبلغنا عنهم وجود وكالات حكومية وعشرات السياسات الفاشلة.

منذ وضع آدم سميث نظرياته، ساد الاعتقاد بأن السوق الحرة التنافسية هي إحدى هذه الأنظمة ذاتية التنظيم جيدة الهيكلة. يبدو هذا حقيقيًّا في بعض النواحي، إلا أنه لا يبدو كذلك لمن يتأمله من نواحٍ أخرى. تسمح السوق الحرة للمنتجِين والمستهلكين، ممن يملكون أدق المعلومات حول فرص الإنتاج وخيارات الاستهلاك، باتخاذ قرارات حُرة إلى حد ما وعقلانية في نطاق محدد. لكن هذه القرارات، في حد ذاتها، لا تستطيع إصلاح ميل النظام العام لخلق احتكارات وآثار جانبية غير مرغوب فيها (عوامل خارجية)، أو للتمييز ضد الفقراء، أو تجاوُز قدرته الاستيعابية المستدامة.

لنُعِد معًا صياغة صلاة شائعة: اللهم امنحنا السكينة لممارسة عقلانيتنا المحدودة بحُرية في الأنظمة ذات الهياكل الصالحة، والشجاعة لإعادة هيكلة الأنظمة الفاسدة، والحكمة لمعرفة الفرق بينهما!

إن العقلانية المحدودة لكل فاعل في نظام ما -والتي تحددها المعلومات والمحفزات والعقبات والأهداف والضغوط والقيود المؤثرة على هذا الفاعل- قد تؤدي أو لا تؤدي إلى قرارات تُعزز مصالح النظام ككل. إذا لم يحدث ذلك، فإن استبدال فاعل بآخر في نفس النظام لن يؤدي إلى

تحسين أداء النظام. ما يصنع الفارق هو إعادة تصميم النظام لتحسين حلقات المعلومات والمحفزات والعقبات والأهداف والضغوط والقيود المؤثرة على فاعلين بعينهم.

قد لا تؤدي العقلانية المحدودة لكل فاعل في نظام ما إلى قرارات تعزز مصالح النظام بأكملِه.

- 5 -

فِخاخ النظام وفُرصه

تعرف النخب المُثقفة كل ما يمكن معرفته عن عالمهم التقني أو العلمي المستقل، لكنهم يفتقرون إلى منظور أوسع. من الكوادر الماركسية إلى اليسوعيين، ومن حمَلَة ماجستير إدارة الأعمال من هارفارد إلى ضُباط الأركان. كلهم مُثقلون بهَمٍّ أساسيٍّ مشترك، وهو نجاح النظام الخاص بكلٍّ منهم. وفي الوقت ذاته، يتزايد تشتُّت الحضارة وغموضها.

1جون رالستون سول، خبير في العلوم السياسية.

إن التأخيرات، واللا خطية، والافتقار لحدود ثابتة، والخصائص الأخرى التي تفاجئنا، موجودة في كل الأنظمة تقريبًا. بشكلٍ عام، لا يمكن تغيير هذه الخصائص ولا يجب تغييرها. العالم غير خطي، ومحاولة جعله خطيًّا لراحتنا الحسابية أو الإدارية ليست فكرة نافعة حتى مع إمكانية ذلك، ونادرًا ما تكون ممكنة. الحدود زائلة، ومضطربة، وتختلف باختلاف المشكلة، إلا أنها ضرورية للتنظيم والشفافية. إن تراجُع دهشتنا من الأنظمة المعقدة هو في الأساس مسألة تعلُّم توقُّع وتقدير تعقيدات العالم وتوظيفها.

لكن بعض الأنظمة ليست مفاجِئة فحسب، بل فاسدة، تلك الأنظمة التي يتم هيكلتها بطرق تجعلها تُنتج سلوكًا إشكاليًّا، فتتسبب في وقوع كوارث. إن مشكلات الأنظمة متعددة الصور والأشكال، بعضها فريد من نوعه، لكن أغلبها شائع بصورة لافتة. نطلق على هياكل النظام التي تنتج مثل هذه الأنماط السلوكية الإشكالية الشائعة «النماذج الأولية». بعض السلوكيات التي تُبديها هذه النماذج الأولية هي الإدمان، وتدهور الأداء، والتصعيد. هذه السلوكيات شائعة لدرجة أنني لم أجد مشكلة في العثور على أمثلة لتوضيح كل من النماذج الأولية الواردة في هذا الفصل (خلال أسبوع واحد فقط من قراءة أعداد جريدة إنترناشونال هيرالد ترايبون International Herald Tribune).

إن فهم هياكل النماذج الأولية التي تُولِّد المشكلات غير كافٍ. لا بد من تغييرها. من المستحيل تحملها. غالبًا ما يتم تحميل أشخاص بعينهم أو أحداث بعينها مسؤولية ما أحدثوه من تدمير، رُغم كونه نتيجة لخلل بهيكل النظام فحسب. إن إلقاء المسؤولية على الجهة الخطأ، والتأديب، والفصل من العمل، ولَي ذراع السياسات المُحرِّكة بقوة أكبر على أمل الحصول على تسلسل أكثر

ملاءَمة من الأحداث المُحرِّكة، والإصلاحات الهامشية، هي مجرد ردود أفعال عنيفة لن تُصلِح «المشكلات الهيكلية. هذا هو السبب في تسميتي لهذه النماذج الأولية «فِخاخ».

لكن يمكن الإفلات من فِخاخ النظام عن طريق ترصُّدها وتجنُّب الوقوع فيها، أو عن طريق تغيير الهيكل بإعادة صياغة الأهداف، أو إضعاف حلقات التغذية الراجعة أو تقويتها أو تغييرها، أو إضافة حلقات تغذية راجعة جديدة. لهذا السبب لا أسمي هذه النماذج الأولية فخاخًا فحسب، بل أضفتُ أنها فُرص.

مقاومة السياسة ـ فشل الإصلاحات

قال جوزيف دبليو دُنكان، كبير خبراء الاقتصاد في شركة دُن وبرادستريت: «أعتقد أن الإعفاءات الضريبية على الاستثمارات أثبتت كونها حافزًا اقتصاديًّا فعالًا». لكن المتشككين كُثُر. ينفون وجود أي فائدة حققها النمو الاقتصادي من الإعفاءات الضريبية على الاستثمار، التي تم منحها وتعديلها وإلغاؤها مرارًا خلال الثلاثين عامًا الماضية.

جون إتش كوشمان الابن، إنترناشونال هيرالد تريبيون، 1992. 2

كما رأينا في الفصل الثاني، فإن السمة الأساسية لهيكل حلقة التغذية الراجعة الموازِنة هي أنه نادرًا ما يتغير، رُغم ضغوط القوى الخارجية على النظام. حلقات الموازَنة تساعد على استقرار الأنظمة، وثبات أنماطها السلوكية. إنه هيكل رائع للحفاظ على درجة حرارة جسمك عند 37 درجة مئوية، ولكن بعض أنماط السلوك التي تستمر لفترات طويلة من الزمن غير مُستحبة. وبرغم الجهود المبذولة لابتكار «إصلاحات» تقنية أو سياسية، فإن النظام يبدو عالقًا، ويُنتج نفس نمط السلوك كل عام. هذا هو فخ «فشل الإصلاحات» أو «مقاومة السياسة». يتضح ذلك في محاولات البرامج الزراعية عامًا بعد عام لتقليل فائض الإنتاج، ولكنه يظل موجودًا. اندلعت حروب بسبب المخدرات، وهذا لم يمنع انتشارها. رأينا بعض الأدلة على أن الإعفاءات الضريبية والعديد من السياسات الأخرى المصممة لتحفيز الاستثمار تُحقِّق ذلك، إلا أن السوق ظلَّ غير مُجزٍ للاستثمار في الواقع. لا توجد سياسة واحدة حتى الآن قادرة على خفض تكاليف الرعاية الصحية في الولايات المتحدة. عقود من «خلق فرص العمل» لم تنجح في خفض معدلات البطالة بشكل دائم. يمكنك ذِكر عشرات المجالات الأخرى التي لا تؤدي الجهود الفعالة المبذولة فيها إلى نتائج.

تنتُج مقاومة السياسة من العقلانية المحدودة للفاعلين في النظام، والأهداف الخاصة لكل منهم، سواء كان شخصًا أو مؤسسة. يراقب كل فاعل حالة بعض المتغيرات المهمة في النظام -الدخل أو الأسعار أو الإسكان أو الأدوية أو الاستثمار- ويقارنها بهدفه. في حالة وجود تباين، يتخِذ كل فاعل إجراءً ما لتصحيح الوضع. كلما زاد التباين بين الهدف والوضع الفعلي، كان الإجراء أشد حسمًا.

تنشأ مقاومة التغيير حين تختلف أهداف الأنظمة الفرعية وتتعارض بعضها مع بعض. تخيَّل مخزونًا لنظام إمدادات المخدرات في شوارع المدينة، مثلًا، بجهات فاعلة مختلفة تحاول سحب هذا المخزون في اتجاهات مختلفة. يريد المدمنون إبقاءه مرتفعًا، وتريد الجهات الأمنية إبقاءه منخفضًا، ويريد المُروجون الحفاظ على توازنه في المنتصف كي لا ترتفع الأسعار بشدة أو تنخفض بشدة. يريد المواطن العادي أن يكون في مأمن من عمليات السطو التي يرتكبها المدمنون للحصول على المال لشراء المخدرات. يعمل كل فاعلٍ بجِدٍّ لتحقيق هدفه.

إذا حصل أي فاعل على ميزة إضافية تُمكِّنه من تحريك مخزون النظام (إمداد المخدرات) في اتجاه واحد (كأن تتمكن الجهات الأمنية من خفض واردات المخدرات على الحدود)، يضاعف الآخرون جهودهم لسحبه تجاه هدفهم من جديد (ترتفع أسعار المخدرات في الشوارع، فيرتكب المدمنون المزيد من الجرائم لشراء جرعاتهم اليومية، فتحقق الأسعار المرتفعة المزيد من الأرباح، التي يستخدمها الموردون لشراء الطائرات والقوارب للتهرب من دوريات الأمن). تنتِج الحركات المضادة تعادُلًا، فلا يختلف المخزون كثيرًا عن السابق، وهذا مخالف لرغبات الجميع.

في نظام مقاوِم للسياسات وذي جهات فاعلة تتجاذب المخزون في اتجاهات مختلفة، يتعين على الجميع بذل جهد مُضاعَف لإبقاء النظام حيث لا يريده أحد. إذا تراخت قبضة أي جهة فاعلة، فستسحب الجهات الأخرى النظام في اتجاه تحقيق أهدافها، وتبعده عن هدف الجهة التي غفلت عنه. قد يعمل هيكل النظام هذا في وضع مفتاح السُّقاطة: يدفع تكثيف جهود أي جهة الجهات الأخرى لتكثيف جهودها أيضًا. من الصعب السيطرة على تكثيف الجهود. يتطلب الأمر الكثير من الثقة المتبادلة لنقول: «حسنًا، لماذا لا نتراجع جميعًا لبعض الوقت؟».

قد تكون نتائج مقاومة السياسة مأساوية. في عام 1967، قررت الحكومة الرومانية أن رومانيا بحاجة إلى المزيد من الموارد البشرية، وأن الطريقة الوحيدة لتوفيرها هي منع إجراء عمليات الإجهاض للنساء تحت سن الخامسة والأربعين. حُظرت عمليات الإجهاض فجأة. بعد ذلك بفترة قصيرة، تضاعف معدل المواليد ثلاث مرات. ثم بدأت مقاومة الشعب الروماني للسياسة.

ورُغم استمرار تجريم الإجهاض ووسائل منع الحمل، تراجع معدل المواليد ببطء حتى وصل إلى مستواه السابق. وقد تحققت هذه النتيجة في المقام الأول من خلال عمليات الإجهاض غير القانونية الخطيرة، والتي تسببت في زيادة معدل وفيات الأمهات لثلاثة أضعاف معدلها الطبيعي. بالإضافة إلى ذلك، تُرِك الكثير من الأطفال المرفوضين ممن وُلِدوا بعد تجريم الإجهاض في دور

الأيتام. كانت العائلات الرومانية أفقر من إعالة عدد الأطفال الذي أرادته حكومتهم، وكانوا يعرفون ذلك. وبالتالي، قاوموا انجذاب الحكومة نحو حجم عائلات أكبر، بتكلفة كبيرة تكبدوها هم وأجيال الأطفال ممن نشأوا في دور الأيتام.

تتمثل إحدى طرائق التعامل مع مقاومة السياسة في محاولة قهر تلك المقاومة. لو أنك تمتلك قوة كافية واستطعت استخدامها بشكل متواصل، فقد ينجح نهج القوة، مع توقع الاستياء الهائل وإمكانية حدوث عواقب انفجارية إذا تخليتَ عن هذه القوة في أي وقت. هذا ما حدث مع مصمم نموذج السياسة السكانية الرومانية، الدكتاتور نيكولاي تشاوشيسكو، الذي حاول طويلًا وبكل جُهده قهر مقاومة سياسته. حين أُسقِطَت حكومته، أُعدِم مع أسرته. كان القانون الأول الذي ألغته الحكومة الجديدة هو قانون حظر الإجهاض ووسائل منع الحمل.

إن البديل للتغلب على مقاومة السياسة هو أمر مخالف للمنطق لدرجة أن التفكير فيه عادة ما يكون غير وارد. ارفع يدك عنها. تخلَّ عن السياسات غير الفعالة. دع الموارد والجهد المبذولَين لتحقيق كلٍّ من الإنفاذ والمقاومة يُوجَّهان لأغراض بنَّاءة أكثر. حينها، لن تسيطر على النظام، لكنه لن ينحرف في اتجاهٍ مدمِّر كما تعتقد، لأن جانبًا كبيرًا من الإجراء الذي كنت تحاول تصحيحه حدث ردًّا على فعلك. إذا هدأتَ، فسيهدأ المتحفزون ضدك أيضًا. هذا ما حدث عام 1933 عندما انتهى حظر المُسكِرات في الولايات المتحدة، تراجعت الفوضى التي يحركها الكحول إلى حدٍّ كبير.

قد تتيح هذه التهدئة الفرصة لتأمل التغذية الراجعة داخل النظام، ولفهم العقلانية المحدودة الكامنة وراءها، وإيجاد طريقة لتحقيق أهداف المشاركين في النظام مع توجيه النظام نحو وضع أفضل.

على سبيل المثال، قد تتساءل دولة ترغب في زيادة معدل المواليد عن سبب إنجاب عدد قليل من الأطفال، وتكتشف أن السبب في ذلك ليس كراهية العائلات للأطفال، بل لعدم امتلاكهم الموارد، أو مساحة المعيشة، أو الوقت، أو الأمان لإنجاب المزيد. بينما كانت رومانيا تحظر عمليات الإجهاض، كانت المجر قلقة أيضًا بشأن معدل المواليد المنخفض، خوفًا من حدوث انكماش اقتصادي بسبب قلة أعداد العاملين. اكتشفت الحكومة المجرية أن ضِيق المسكن هو أحد أسباب صِغر حجم الأسرة. صاغت الحكومة سياسة لمنح العائلات الأكبر مساحة معيشة أكبر.

نجحت هذه السياسة جزئيًا، لأن الإسكان لم يكن المشكلة الوحيدة. لكنها كانت أنجح بكثير من سياسة رومانيا وتجنبت النتائج الكارثية التي حدثت في رومانيا3.

الطريقة الأكثر فاعلية للتعامل مع مقاومة السياسات هي إيجاد طريقة لمواءمة الأهداف المختلفة للأنظمة الفرعية، عادةً من خلال تحديد هدف شامل يسمح لجميع الجهات الفاعلة بتجاوُز عقلانيتها المحدودة. إذا استطاع الجميع العمل بانسجام لتوليد مُخرَج واحد (إذا كانت جميع حلقات التغذية الراجعة تخدم نفس الهدف)، فقد تتحقق نتائج مذهلة. أكثر الأمثلة المألوفة لتنسيق الأهداف هو تعبئة الاقتصادات في أثناء الحرب، أو الانتعاش بعد الحرب أو الكوارث الطبيعية.

مثال آخر هو السياسة السكانية في السويد. خلال الثلاثينيات من القرن العشرين، انخفض معدل المواليد في السويد بحدة، وكحكومَتي رومانيا والمجر، قلقت الحكومة السويدية بشأن ذلك. على عكس رومانيا والمجر، قَيَّمت الحكومة السويدية أهدافها وأهداف السكان وقررت أن هناك أساسًا للاتفاق، لا على حجم الأسرة، بل على جودة رعاية الأطفال. يجب أن يكون كل طفل مرغوبًا ويتمتع برعاية كاملة. لا ينبغي أن يعيش أي طفل في عَوز مادي. يجب أن يحصل كل طفل على تعليم ورعاية صحية ممتازَين. كانت هذه أهدافًا يمكن للحكومة والشعب الاتفاق عليها.

بدت السياسة الناتجة غريبة خلال فترة انخفاض معدل المواليد، لأنها تضمنت توفير وسائل منع الحمل والإجهاض المجانية -عملًا بالمبدأ القائل بأن كل طفل يجب أن يكون مرغوبًا. تضمنت السياسة أيضًا تثقيفًا جنسيًّا على نطاق واسع، وقوانين أسهل للطلاق، ورعاية توليدية مجانية، ودعم الأسر المحتاجة، وزيادة الاستثمار في التعليم والرعاية الصحية بشكل كبير4. منذ ذلك الحين، ارتفع معدل المواليد في السويد عدة مرات من دون أن يسبب الذعر في أيٍّ من الاتجاهين، لأن الأمة تركز على هدف أهم بكثير من عدد السويديين.

قد لا يكون تنسيق الأهداف في نظامٍ ما ممكنًا دومًا، ولكنه خيار يستحق البحث عنه، ولا يمكن الوصول إليه إلا بالتخلي عن أهداف أكثر محدودية والتفكير في صالح النظام بأكمله على المدى الطويل.

الفخ: مقاومة السياسة

عندما تحاول كل الجهات الفاعلة سحب مخزون النظام نحو أهداف مختلفة، قد تنتُج مقاومة للسياسة. أي سياسة جديدة، خاصة إذا كانت مؤثرة، تسحب

المخزون بعيدًا عن أهداف الجهات الفاعلة الأخرى، فتتولد مقاومة إضافية من محاولات تلك الجهات لإعادة توجيه المخزون نحو أهدافها، ما يؤدي إلى نتيجة لا يرغب فيها أحد، ولكن الجميع يبذل جهدًا كبيرًا في الحفاظ عليها.

سبيل النجاة

تخلَّ عن السياسة التي سبق وتبنيتَها. اجمع الجهات الفاعلة، وأعِد توجيه الطاقة التي بُذِلَت سابقًا للمقاومة نحو البحث عن طرق مُرضية لتحقيق أهداف الجميع، أو إعادة تعريف الأهداف الأكبر والأهم ليتبناها الجميع.

تراجيديا المشاع

اتفق زعماء تحالف المستشار الألماني هِلموت كول، بقيادة الاتحاد الديمقراطي المسيحي، الأسبوع الماضي مع حزب الديمقراطيين الاشتراكيين المعارضين، بعد شهور من المشاحنات، على رد تدفق المهاجرين لأسباب اقتصادية من خلال تشديد شروط طلب اللجوء.

إنترناشونال هيرالد تريبيون، ١٩٩٢5.

ينتُج فخ تراجيديا المشاع بسبب حدوث تصعيد، أو مجرد نمو بسيط، في بيئة مشتركة عامة قابلة للتدهور.

وصف عالم البيئة جاريت هاردين نظام المشاعات في مقال كلاسيكي نُشر في عام 1968، استخدم فيه هاردين مرعى مشتركًا كمثال افتتاحي:

تخيَّل مرعى مفتوحًا للجميع. من المتوقع أن يحاول كل راعٍ ضم أكبر عدد ممكن من الماشية إلى قطيعه الذي يتغذى على عشب المرعى المشاع. يسأل نفسه بشكل صريح أو ضمني، بوعي أو من دون وعي: «كم سأستفيد من إضافة حيوان آخر إلى قطيعي؟». نظرًا لأن الراعي يتلقى جميع عائدات بيع الحيوان الإضافي، فإنه ينتفع بمفرده بقيمة الحيوان الإضافي. وفي الوقت نفسه، يتأثر الجميع بنتائج الرعي الجائر، حيث يفقد كل راعٍ من متخذي القرار قيمة الحيوان الإضافي كمكسب محتمل.

يخلص الراعي العقلاني إلى أن المسار المنطقي الوحيد الذي يتعين عليه اتباعه هو ضم حيوان جديد إلى قطيعه، وحيوان آخر، ثم آخر. وفي الوقت نفسه، توصل كل راعٍ عقلاني ترعى مواشيه في نفس المرعى المشاع إلى نفس الاستنتاج الذي توصل إليه ذلك الراعي. هنا تبدأ التراجيديا. كل منهم منغلق على نظامه الخاص الذي يدفعه للتفكير في زيادة قطيعه بلا حدود، في عالم محدود. الخراب هو الوجهة التي يندفع نحوها الجميع، في أثناء سعي كل منهم لتحقيق مصلحته المُثلى6.

إنها العقلانية المحدودة باختصار!

يحتوي أي نظام مَشاع على مورد مشترك (المرعى)، أولًا وقبل كل شيء. لكي تتحقق التراجيديا، يجب ألا يكون المورد محدودًا فحسب، بل ويتدهور مع الإفراط في استهلاكه، إذ إنه

بعد حد معين، كلما تآكل المورد، تقلصت قدرته على تجديد نفسه، وزادت فرص دماره. بتناقُص عشب المرعى، تلتهم الأبقار قواعد السيقان التي ينمو منها العشب الجديد. لم تعد الجذور تُثبت التربة وتمنعها من الانجراف مع المطر. مع انجراف التربة، يقل معدل نمو العشب. وهكذا، حلقة تغذية راجعة مُعزِّزة أخرى تعمل بكل قوة.

كي تتحقق التراجيديا، يحتاج نظام المشاع أيضًا إلى تضاعُف أعداد مستهلكي المورد (الأبقار وأصحابها) بمعدل لا يتأثر بحالة المشاع. لا يجد الراعي سببًا أو حافزًا أو رد فعل قويًّا، يمنعه من الرعي الجائر بإضافة بقرة أخرى إلى المرعى المشاع. على العكس، لديه كل ما يدفعه لفعل ذلك.

لا يتوقع المهاجر إلى ألمانيا سوى الاستفادة من قوانين اللجوء السخية هناك، وليس لديه سبب للتفكير في حقيقة أن كثرة المهاجرين ستجبر ألمانيا حتمًا على تشديد تلك القوانين. في الواقع، معرفة أن ألمانيا تناقش هذا الاحتمال سبب إضافي للإسراع بالهجرة إلى ألمانيا!

تنشأ تراجيديا المشاع من التغذية الراجعة المفقودة (أو المتأخرة لفترة طويلة) من المورد إلى مستهلكيه المتزايدين.

كلما زاد عدد المستهلكين، زاد استهلاك الموارد. كلما زاد استهلاك الموارد، قل المتاح منها لكل مستهلك. إذا اتبع المستهلكون العقلانية المحدودة للمشاعات «لماذا أكون أنا الشخص الذي يحُد من عدد أبقاره؟!»، فلن يرى أي منهم سببًا يدفعه إلى تقليل استهلاكه. في نهاية المطاف، سيتجاوز معدل الاستهلاك قدرة المورد على إنتاج المحصول. نظرًا لعدم وصول تغذية راجعة للمستهلك، سيستمر الاستهلاك المفرط، ويتدهور المورد. أخيرًا، ستبدأ حلقة الانهيار، التي ستؤدي إلى دمار المورد، وبالتالي دمار جميع المستهلكين.

بالطبع ستسأل نفسك: هل يسيطر قِصر النظر على مجموعة من الناس فيدمرون ملكيتهم المشتركة؟ لكن تذكر بعض الأمثلة الشائعة عن المشاعات التي تُقاد إلى كارثة أو أنها دُفِعت نحوها بالفعل:

- قد يؤدي الدخول غير المنضبط إلى محمية وطنية إلى توافد الحشود التي تدمر الجمال الطبيعي للمحمية.

• يستفيد الجميع آنيًّا من استخدام الوقود الأحفوري، رُغم حقيقة أن ثاني أكسيد الكربون المنبعث من هذه الأنواع من الوقود هو أحد الغازات الدفيئة التي تسبب تغير المناخ العالمي.

• إذا أنجبت كل أسرة أي عدد تريده من الأطفال، وتعين على المجتمع ككل دعم تكلفة التعليم والرعاية الصحية والبيئة الآمنة لجميع الأطفال، فإن عدد المواليد قد يتجاوز قدرة المجتمع على دعم كل منهم. (هذا المثال هو الذي دفع هاردين لكتابة مقالته).

تتعلق هذه الأمثلة بالاستغلال المفرط للموارد المتجددة، وهو الهيكل الذي عرضناه بالفعل في حديقة حيوانات الأنظمة. قد لا تكمن المأساة في استهلاك الموارد المشتركة فحسب، بل في استخدام المصارف المشتركة أيضًا، تلك المشاعات التي تتركز فيها الملوِّثات. تستطيع العائلة أو الشركة أو الأُمة تقليل مصروفاتها أو زيادة أرباحها أو النمو بشكل أسرع إذا تمكنت من جعل المجتمع بأكمله يمتص نفاياتها الخاصة أو يتعامل معها، وربما تحقق مكاسب ضخمة، بينما تتعامل هي مع جزء بسيط فقط من التلوث الذي تنتجه أو لا تتحمل شيئًا على الإطلاق، إذا استطاعت تصريفه مع اتجاه مجرى النهر أو ذَروه مع اتجاه الريح. لا يوجد سبب منطقي يُقيد المُلوِّث. في هذه الحالات، تكون التغذية الراجعة المؤثرة على معدل استهلاك المشاع -سواء كان مصدرًا أو مَصرفًا- ضعيفة.

لو أنكَ ترى صعوبة في فهم منطق من يُفرِط في استغلال المشاع، فاسأل نفسك عن مدى استعدادك لمشاركة توصيلة مع آخرين بسيارتك لتقليل تلوث الهواء، أو لتنظيف أي فوضى تسببت بها بنفسك.

هيكل نظام المشاعات يجعل السلوك الأناني أكثر ملاءمة وأكثر فائدة للفرد من السلوك المسؤول تجاه المجتمع بأسره والمستقبل.

توجد ثلاث طرائق لتجنب تراجيديا المشاع:

• التعليم والوعظ. مساعدة الناس على رؤية عواقب استخدام المشاعات بلا قيود. مخاطبة أخلاقهم. إقناعهم بالاعتدال. تهديد المخالفين بالرفض المجتمعي أو الجحيم الأبدي.

• خصخصة المشاعات. تقسيمها، بحيث يجني كل شخص عواقب أفعاله. إذا افتقر بعض الناس إلى ضبط النفس وعجزوا عن البقاء ضمن حدود القدرة الاستيعابية لمواردهم الخاصة، فإن هؤلاء الناس سيؤذون أنفسهم فقط ولن يتأثر الآخرون.

• تنظيم المشاعات. يسمي جاريت هاردين هذا الخيار، بصراحة، «إكراه متبادل، مُتفق عليه». قد يتخذ التنظيم أشكالًا عديدة، من الحظر التام لبعض السلوكيات إلى المحاصصة والتصاريح والضرائب والحوافز. وكي يكون التنظيم فعالًا، يجب أن يُنفذ بقوة الشرطة وتحكمه العقوبات.

يحاول أول هذه الحلول، وهو التعليم والوعظ، تقليل استخدام المشاعات بدرجة كافية من خلال الضغط الأخلاقي حتى لا يتم تهديد المورد. ويحدد الثاني، الخصخصة، ارتباط التغذية الراجعة المباشر بين حالة المورد وأولئك الذين يستهلكونه، من خلال التأكد من أن المكاسب والخسائر تؤثر على صانع القرار نفسه مباشرةً. لا يزال بإمكان المالك إساءة استخدام المورد، ولكن الأمر يتطلب الجهل أو التهور للقيام بذلك. الحل الثالث، التنظيم والرقابة، يجعل ارتباط التغذية الراجعة بين حالة المورد والمستهلكين غير مباشر من خلال منظمين. لكي تنجح حلقات التغذية الراجعة هذه، يجب أن يتمتع المنظمون بالخبرة اللازمة لمراقبة حالة المشاعات وتفسيرها بشكل صحيح، وأن يملكوا وسائل ردع فعَّالة، ويكونوا حريصين على مصلحة المجتمع بأسره. لا ينبغي أن تتسم الجهات الرقابية والمنظِّمة بالجهل أو الضعف أو الفساد.

لقد أدارت بعض الثقافات «البدائية» الموارد المشتركة بشكل فعال لأجيال من خلال التعليم والوعظ. ومع ذلك، لا يعتقد جاريت هاردين أن هذا الخيار يعول عليه، إذ إن الموارد المشتركة التي لا يحميها سوى التقاليد أو «ميثاق الشرف» قد تجتذب مَن لا يحترمون التقاليد أو من لا شرف لهم.

تعمل الخصخصة بشكل أكثر موثوقية من الوعظ، في حالة استعداد المجتمع لترك بعض أفراده يتعلمون بالطريقة الصعبة. لكن العديد من الموارد، مثل الغلاف الجوي وأسماك البحر، لا يمكن خصخصتها». هذا لا يترك سوى خيار «الإكراه المتبادل، المتفق عليه».

الحياة مليئة بترتيبات الإكراه المتبادل، ومعظمها عادي لدرجة أنك بالكاد تتوقف لتأملها. كل منها يحُد من حرية إساءة استخدام المشاعات، مع الحفاظ على حرية استخدامها. فمثلًا:

• تنظم إشارات المرور في المساحة العامة عند تقاطع طرق مزدحمة. لا يمكنك التحرك بسيارتك وقتما تشاء. ومع ذلك، عندما يحين دورك، يمكنك المرور عبرها بأمان أكثر مما لو كان العبور متاحًا للجميع في أي وقت ومن دون نظام.

- تُستخدم مساحات لانتظار السيارات مقسمة بالأمتار في مناطق وسط المدينة، هذه المساحات تُستخدم مقابل رسوم، ما يحُد من الوقت الذي يمكن أن تُشغَل فيه. لستَ حرًّا في ترك سيارتك أينما تريد وللمدة التي تريدها، ولكن هذا النظام يتيح لك فرصة أكبر في العثور على مكان لانتظار السيارات من تلك المتوقعة في حالة عدم وجود العدادات.
- قد لا تستطيع الوصول بنفسك إلى أموال البنوك، مهما بدا الأمر مغريًا بفائدته العائدة عليك. تمنعك وسائل الحماية، كالخزائن المحمية بالشرطة والتهديد بالسجن، من التعامل مع البنك على أنه مشاع. في المقابل، توفر البنوك حماية لأموالك المودعة فيها.
- لا تستطيع بث المحتوى الذي تريده عبر الأثير الذي يحمل إشارات الراديو أو التلفزيون. يجب الحصول على تصريح من مؤسسة تنظيمية. إذا لم تكن حريتك في البث مقيدة فإن موجات الإشارات ستتداخل عبر موجات الأثير.
- أصبحت العديد من أنظمة التخلص من النفايات باهظة الثمن، لدرجة أن الأسر تتحمل الآن رسومًا مقابل التخلص من النفايات، اعتمادًا على كمية النفايات التي تنتجها -مما يُحول استغلال المشاعات إلى نظام للدفع أولًا بأول مقابل استغلال المصرف المشاع.

لاحِظ من هذه الأمثلة الصور المختلفة التي يمكن أن يتخذها «الإكراه المتبادل، المتفق عليه». تتيح لك إشارة المرور استخدام المشاعات على أساس «انتظر دورك». تحسب العدادات تكلفة استخدام أماكن انتظار السيارات في المشاع. يستخدم البنك حواجز مادية وعقوبات مُشَدَّدة. تصدر تصاريح استخدام ترددات البث للمتقدمين من قِبل جهة حكومية. وتستعيد رسوم القمامة التغذية الراجعة المباشرة المفقودة، مما يجعل كل أسرة تشعر بالأثر الاقتصادي لاستخدامها المشاعات.

يمتثل معظم الأشخاص للأنظمة الرقابية، ما دام الاتفاق على القواعد تم بشكل متبادل وفهم الغرض منها. لكن يجب على جميع الأنظمة الرقابية اللجوء إلى سلطة الشرطة والعقوبات لردع غير المتعاونين العرَضيين.

الفخ: تراجيديا المشاع

عند وجود مورد مشترك عام، يستفيد كل مستخدم بمفرده من استخدامه للمورد بشكل مناسب، لكنه يتقاسم تكلفة إساءة استخدامه له مع أي شخص آخر حتى لو لم يُسئ هذا الأخير استخدام المورد. حلقات التغذية الراجعة بين

حالة المورد وقرارات مستخدمي المورد ضعيفة للغاية. والنتيجة هي الاستهلاك المُفرِط للمورد، مما يؤدي إلى تآكله حتى يفقده الجميع.

سبيل النجاة

تعليم ووعظ المستخدمين، حتى يفهموا عواقب إساءة استخدام المورد، واستعادة أو تعزيز روابط حلقات التغذية الراجعة المفقودة، إما عن طريق خصخصة المورد بحيث يشعر كل مستخدم بالعواقب المباشرة لإساءة استخدامه، ولصعوبة خصخصة العديد من الموارد قد يلزم تنظيم وصول جميع المستخدمين إلى المورد وتفعيل الرقابة.

الانجراف نحو تدهور الأداء

في ظل هذا الركود، اكتشف البريطانيون أن الاقتصاد يتجه نحو التدهور بصورة غير مسبوقة. حتى الكوارث الوطنية يُنظر إليها الآن كبوادر لمزيد من التدهور. نشرت صحيفة «إندبندنت أون صنداي» مقالًا في الصفحة الأولى عن «الشعور المشؤوم بأن حريق وندسور هو أحد الأعراض السائدة المسيطرة على البلاد ككل، وأنه نابع من السمة الوطنية الجديدة، عدم الكفاءة».

قال اللورد بيستون، المتحدث باسم لجنة التجارة والصناعة في حزب العمال: «نحن نعلم ما يجب علينا فعله، ولسبب ما لا نفعله».

يرى السياسيون ورجال الأعمال والاقتصاديون أن بريطانيا مكان يتلقى فيه الشباب تعليمًا دون المستوى، وذو عمالة وإدارة غير مؤهلتَين، واستثمار ضعيف، كما يسيء سياسيوه إدارة الاقتصاد.

إريك إيبسن، إنترناشونال هيرالد تريبيون، 1992. 7

بعض الأنظمة لا تقاوم السياسة فتبقى على حالتها السيئة العادية فحسب، بل تزداد سوءًا. إحدى صور هذا النموذج الأوَّلي هي «تدهور الأداء». تشمل الأمثلة انخفاض الحصة السوقية في الأعمال التجارية، أو تراجع جودة الخدمة في المستشفى، أو استمرار تلوث الأنهار أو الهواء، أو زيادة دهون الجسم رُغم انتظام الحمية الغذائية، أو حالة المدارس العامة في أمريكا، أو برنامج الركض للمبتدئين الذي بدأتُه، وتلاشى للتو، بطريقة ما.

إن الجهات الفاعلة في حلقات التغذية الراجعة هذه (الحكومة البريطانية، الأعمال التجارية، المستشفى، الشخص البدين، مدير المدرسة، عداء) لديها أداء مستهدَف أو حالة يستهدفها النظام بخلاف حالته الفعلية. في حالة وجود تبايُن بين الأداء الحالي والمستهدف، يُتخذ إجراء. حتى الآن، تعتبر هذه حلقة تغذية راجعة عادية مهمتها الحفاظ على الأداء عند المستوى المطلوب.

لكن في هذا النظام، تختلف حالة النظام الفعلية عن حالته الملموسة. تميل الجهة الفاعلة إلى تصديق الأخبار المؤسفة أكثر من الأخبار السارة. مع اختلاف الأداء الفعلي، تُرفَض أفضل النتائج ويتم تجاهلها باعتبارها شذوذات، وتبقى أسوأ النتائج في الذاكرة. تعتقد الجهة الفاعلة أن الأمور أسوأ مما هي عليه بالفعل.

ولإكمال هذا النموذج الأوَّلي المأساوي، تتأثر الحالة المرغوبة للنظام بحالته الملموسة. المعايير ليست مطلقة. حين ينخفض الأداء الملموس، يتخلى الجميع عن الهدف. «حسنًا، هذا متوقع»، «أداؤنا ليس أسوأ مما كنا عليه في العام الماضي»، «انظر حولك، يواجه الجميع مشكلات أيضًا».

حلقة التغذية الراجعة الموازِنة التي تحافظ على حالة النظام عند مستوى مقبول تغلبها حلقة التغذية الراجعة المُعزِّزة للانحدار. كلما تدهورت حالة النظام الملموسة، تراجعت الحالة المُراد الوصول إليها. بتراجُع الحالة المُراد الوصول إليها، يقل التباين، وتضعُف الإجراءات التصحيحية المُتخذة. وبضَعف الإجراءات التصحيحية، تتدهور حالة النظام. إذا تُركت هذه الحلقة تعمل من دون قيود، فقد يؤدي ذلك إلى استمرار تدهور أداء النظام.

اسم آخر لفخ النظام هذا هو «تآكل الأهداف»، كما يطلق عليه أيضًا «متلازمة الضفدع المسلوق». تخبرنا روايةٌ قديمة أن الضفدع الحي إذا وُضِع في الماء الساخن لإعداد حساء، فسيقفز فورًا، ولكن إذا وُضِع في ماء بارد يجري تسخينه تدريجيًّا، فسيبقى هادئًا حتى يغلي الماء ويُسلَق. لا أعرف مدى صحة القصة. قد يخطر للضفدع، «ربما ارتفعت درجة الحرارة قليلًا، ولكنها لم تزِد كثيرًا على ما كانت عليه منذ قليل». إن تدهور الأداء عملية تدريجية. إذا تدهورت حالة النظام فجأة، فستُتخَذ إجراءات تصحيحية سريعة ومضطربة. ولكن إذا تدهور النظام بالبطء الكافي لمحو ذكرى أو إيمان بمدى الجودة التي كانت تسير بها الأمور، يبدأ الجميع في تكوين توقعات أقل، وبذل جهد أقل، وبالتالي يتدهور الأداء.

لدينا طريقتان لعلاج تآكل الأهداف. الأولى هي تثبيت المعايير، بغض النظر عن الأداء. الثانية هي جعل الأهداف حساسة لأفضل أداء في الماضي، بدلًا من الأسوأ. لو تأثر الأداء الملموس برؤية متفائلة بدلًا من التشاؤم، وإذا اتخذ المرء أفضل النتائج كمعيار، ورأى أسوأ النتائج بمثابة انتكاسة مؤقتة، فحينها تستطيع بِنية النظام نفسها أن تدفعه إلى أداء أفضل. حلقة التعزيز الآخذة في التدهور، والتي تقول: «كلما ازدادت الأمور سوءًا، سأدفعهم نحو الأسوأ»، تصبح حلقة تعزيز ناهضة: «كلما تحسنت الأمور، سأعمل بجِد لتصير أفضل».

لو أني طبقتُ هذا الدرس على تمارين الركض، لصِرتُ مشاركة في سباقات الماراثون الآن.

الفخ: تدهور الأداء

إن السماح لمعايير الأداء بالتأثر بالأداء السابق، خاصة مع وجود تحامُل في النظر للأداء السابق، يُنشئ حلقة تغذية راجعة مُعزِّزة لتآكل الأهداف تدفع النظام نحو تدهور الأداء.

سبيل النجاة

ثَبِّت معايير الأداء. والأنفع من ذلك، اسمح للأداء الأفضل بتعزيز المعايير بدلًا من تركها للأسوأ يُثبطها. استخدِم نفس الهيكل لتوجيه النظام نحو الارتقاء بأدائه!

التصعيد

اختطَفَ مسلحون إسلاميون جنديًّا إسرائيليًّا يوم الأحد وهددوا بقتله ما لم يُفرج جيش الاحتلال بسرعة عن مؤسس جماعة إسلامية مهيمنة في قطاع غزة. حدث الاختطاف كرد فعل على موجة عنف مكثفة أعقبت مقتل ثلاثة فلسطينيين برصاص قوات الاحتلال، ومقتل جندي إسرائيلي برصاص أُطلق عليه من سيارة مجهولة في أثناء اشتراكه في دورية بسيارة جيب. بالإضافة إلى ذلك، تعرضت غزة لصدامات متكررة واشتباكات بين المتظاهرين الذين رشقوا الجنود بالحجارة وقوات الاحتلال التي فتحت النار بالذخيرة الحية والرصاص المطاطي، مما أدى إلى إصابة ما لا يقل عن مائة وعشرين شخصًا.

كلايد هابرمان، إنترناشونال هيرالد تريبيون، ١٩٩٢. 8

ذكرتُ مثالًا على التصعيد سابقًا في هذا الكتاب. نظام شِجار الأطفال. أنت ضربتني، لذلك دفعتُكَ بقوة أكبر قليلًا، لذا عاودتَ ضربي بقوة أكبر، وسرعان ما نبدأ معركة حقيقية.

«سأزيدك واحدة» قاعدة القرار التي تؤدي إلى التصعيد. يأتي التصعيد من حلقة التعزيز التي أنشأتها الجهات الفاعلة المتنافسة في محاولة للتقدم بعضها على بعض. الهدف الذي يبغيه أحد أجزاء النظام أو إحدى الجهات الفاعلة ليس ثابتًا، كدرجة حرارة ثرموستات الغرفة المضبوطة على 18 درجة مئوية (65 درجة فهرنهايت)، ولكنها مرتبطة بحالة جزء آخر من النظام، جهة فاعلة أخرى. ومثل بقية فِخاخ النظام الأخرى، التصعيد ليس أمرًا سيئًا بالضرورة. إذا دارت المنافسة حول هدف حميد، كجهاز كمبيوتر أكثر فاعلية أو علاج لمرض الإيدز، فيمكن للتصعيد أن يُسرع من سير النظام بأكمله نحو الهدف. لكن عندما يكون التصعيد في العَدَاء أو التسليح أو الضجيج أو الغضب، فهو فخٌّ لئيم بالفعل. الأمثلة الأكثر شيوعًا وفظاعة هي سباقات التسلح وتلك الأماكن على وجه الأرض التي يسكنها أعداء عنيدون، يحيَون على حافة العنف الذي يواصِل غليانه بداخلهم.

يُشكل كل فاعل تصوره عن الحالة التي يرغب في الوصول إليها من خلال تصورِه عن حالة النظام الآخر، ويغذيها! لا يقتصر التصعيد على مواكبة الجيران فحسب، بل يهدف إلى التقدم عليهم قليلًا. بالغت الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي لسنوات في تقدير تقاريرهما عن تسليح بعضهما بعضًا لتبرير كل منهما تزايُد عمليات تسليحها. تتسبب كل زيادة للتسليح على أحد الجانبين في اندفاع لتجاوز هذه الزيادة من الجانب الآخر. ورُغم تحميل كل طرف الطرف الآخر

مسؤولية التصعيد، فإن القول بأن كل جانب كان يصعد من جانبه سيكون أكثر منهجية -أي أن كل طرف بدأ عملية تطوير أسلحته وهو متأكد من أنها ستتطلب المزيد من التطوير في المستقبل. تسبب هذا النظام في إنفاق تريليونات الدولارات، وتدهور اقتصادات قوتين عظميين، وتطوير أسلحة مدمرة بشكل لا يمكن تصوره، لا تزال تهدد العالم.

حملات التشويه هي مثال ضار آخر للتصعيد. يبدأ مُرشح بتشويه سمعة الآخر، فيرد الآخر بتشويه سمعة الأول، وهكذا دواليك، حتى يفقد الناخبون المعلومات عن السمات الإيجابية لمرشحيهم، ما يؤدي إلى ازدراء العملية الديمقراطية برمتها.

وحروب الأسعار، إذ يُخَفِّض أحد المنافسين سعر سلعة، مما يتسبب في قيام الآخر بخفض الأسعار أكثر، فيخفض الأول الأسعار مرة أخرى، حتى يخسر الطرفان المال، إلا أنهما لا يستطيعان التراجع بسهولة. قد ينتهي هذا النوع من التصعيد بإفلاس أحد المتنافسَين.

كحال تصعيد شركات الإعلان عروضها لجذب انتباه المستهلك. تقدم شركة ما إعلانًا لامعًا وصاخبًا وجذابًا. تقدم منافستها إعلانًا أشد صخبًا، ولمعانًا، وجاذبية. تزيد الشركة الأولى على ذلك. تزيد انتشار الإعلان بشكل أكبر في البيئة المحيطة (في البريد، عبر الهاتف)، وأكثر بهرجة، وأشد صخبًا، وفارضًا لنفسه بصورة أكبر، حتى تتبلد حواس المستهلك فلا تصل إليه رسالة المُعلِن تقريبًا.

كما ينتج عن نظام التصعيد جهارة الصوت المتزايدة في أثناء المحادثات في حفلات الكوكتيل، وزيادة طول سيارات الليموزين، وزيادة صخب فرق موسيقى الروك.

قد يحدث التصعيد أيضًا في الهدوء والكياسة والكفاءة والبراعة والجودة. ولكن حتى التصعيد الحميد قد يُمثل مشكلة، إذ يصعُب إيقافه. يحاول كل مستشفى التفوق على غيره في امتلاك آلات التشخيص الحديثة والقوية والمكلفة، فيؤدي ذلك إلى تكاليف رعاية صحية زائدة خفية. قد يؤدي التصعيد في الأخلاق إلى شعور فئة ما بالقداسة والأفضلية بسبب التزامها الأخلاقي والديني. قد ينتج عن التصعيد في الفن الانتقال من الباروك إلى الروكوكو ثم إلى الكيتش. قد يؤدي التصعيد في أنماط الحياة المسؤولة بيئيًّا إلى تزمُّت جامد وغير ضروري.

يعمل التصعيد بالتدريج، باعتباره حلقة تغذية راجعة مُعزِّزَة، لذلك، يمكن أن يقود المنافسة إلى أقصى حدودها بشكل أسرع مما يعتقد أي شخص. إذا لم يحدث ما يكسر الحلقة، فعادة ما

تنتهي العملية بانهيار أحد المتنافسَين أو كليهما.

تتمثل إحدى سُبل النجاة من فخ التصعيد في نزع السلاح من جانب واحد، حيث تُقلص من قوى نظامك بشكل ما لحث منافسيك على فعل المثل. ضمن منطق النظام، هذا الخيار يكاد يكون غير وارد. لكنه قد ينجح في الواقع، إذا فعلها أحد الأطراف بعزم، مع قبوله فكرة أن يحقق منافسه مكسبًا ما على المدى القصير.

الطريقة الأخرى الرائعة للخروج من فخ التصعيد هي التفاوض على نزع السلاح. هذا تغيير هيكلي، إجراء تصحيحي داخل تصميم النظام يخلق مجموعة جديدة من حلقات التحكم الموازِنة للسيطرة على حدة المنافسة، كضغط الوالدين لوقف شجار الأطفال، واللوائح المتعلقة بحجم الإعلانات ومواضعها، وقوات حفظ السلام في المناطق المعرضة للعنف. لا يسهُل عادةً إبرام اتفاقيات لنزع السلاح في الأنظمة القائمة على التصعيد، ولا ترضى الأطراف المعنية بذلك أبدًا، لكنه خَيار أفضل بكثير من البقاء في حلبة السباق.

الفخ: التصعيد

حين تعتمد حالة أحد المخزونات على حالة مخزون آخر، وتحاول تجاوزه، تتشكل حلقة تغذية راجعة تدفع النظام في سباق تسلح، أو سباق ثروة، أو حملة تشويه، أو تصعيد الصخب، أو تصعيد العنف. التصعيد أُسي وقد يؤدي إلى ظهور التطرف بشكل مفاجئ. إذا لم تُتخَذ الإجراءات اللازمة، فلن تنكسر هذه الحلقة اللولبية إلا بانهيار شخص ما -لأن النمو الأُسي لا يمكن أن يستمر إلى الأبد.

سبيل النجاة

أفضل طريقة للنجاة من هذا الفخ هي تجنب الوقوع فيه. في حال التورط في نظام تصعيدي، يستطيع أحد الأطراف الانسحاب من المنافسة (نزع السلاح من جانب واحد)، وبالتالي قطع حلقة التعزيز. ويمكن إجراء مفاوضات على نظام جديد بحلقات موازَنة مهمتها التحكم في التصعيد.

النجاح للناجحين

الإقصاء التنافسي

يتمتع فائقو الثراء -وهم الشريحة العليا من أعلى 1% من فئات دافعي الضرائب- بفرص أكبر لتقليل نسبة مدفوعاتهم من ضرائب على الدخل. أولئك الذين يتسابقون للحصول على أنصِبتهم من الأرباح الآن بدلًا من العام المقبل، حيث يُتوقع أن تكون الضرائب أعلى، ويتنافسون لشراء الأسهم نقدًا، ولزيادة أرباحهم بأي طريقة ممكنة.

سيلفيا نصار، إنترناشونال هيرالد تريبيون، ١٩٩٢. 9

يُعد استخدام الثروة المتراكمة أو الامتيازات أو النفوذ الخاص أو المعلومات الحساسة لمضاعفة الثروة أو الامتيازات أو النفوذ الخاص أو المعلومات أمثلة على النموذج الأوَّلي المسمى «النجاح للناجحين». يظهر فخ النظام هذا حين يتلقى الفائزون في المنافسة وسيلة تعينهم على التنافس بشكل أكثر فاعلية في المستقبل كجزء من المكافأة على نجاحهم. إنها حلقة تغذية راجعة مُعزِّزة، تقسم النظام بسرعة إلى فائزين يستمرون في الفوز، وخاسرين يواصلون الخسارة.

كل من لعب لعبة مونوبولي يعرف نظام النجاح للناجحين. يبدأ جميع اللاعبين من نفس النقطة. أول من يشيدون «الفنادق» على أراضيهم يحق لهم تحصيل «إيجار» من اللاعبين الآخرين، ويمكنهم بعد ذلك استخدام هذا الإيجار لشراء المزيد من الفنادق. كلما زاد عدد الفنادق التي تمتلكها، زاد عدد الفنادق التي يمكنك امتلاكها. تنتهي اللعبة عندما يشتري أحد اللاعبين كلَّ شيء، إلا إذا انسحب بقية اللاعبين قبل ذلك بفترة طويلة بسبب الإحباط.

أُجريَت مسابقة في حَينا بجائزة مائة دولار للعائلة التي تقدم أجمل عرض لزينة الكريسماس في الخلاء. أنفقت الأسرة التي فازت بالجائزة في السنة الأولى المائة دولار على تقديم المزيد من زينة عيد الميلاد في السنة التالية. بعد أن فازت تلك العائلة بالجائزة لثلاث سنوات متتالية، مع زيادة تفاصيل عرضها كل عام، تم تعليق المسابقة.

لأَنَّ مَنْ لَهُ سَيُعْطَى فَيَزْدَادُ. كلما فاز الفائز، زادت فرص فوزه في المستقبل. إذا حدث الفوز في بيئة محدودة، بحيث ينتزع الفائز أرباحه من الخاسرين، يُفلِس الخاسرون تدريجيًّا، أو

يُجبَرون على الخروج، أو يتم تجويعهم.

إن مفهوم النجاح للناجحين معروف في مجال البيئة، حيث يطلق عليه مبدأ «الإقصاء التنافسي». هذا المبدأ ينص على استحالة أن يعيش نوعان مختلفان في نفس المأوى البيئي، ويتنافسا على نفس الموارد. نظرًا لاختلاف النوعين، سيتكاثر أحدهما بشكل أسرع بالضرورة، أو سيكون قادرًا على استغلال المورد بكفاءة أكبر من الآخر. وبالتالي سيفوز بحصة أكبر من المورد، مما يمنحه القدرة على التكاثر ومواصلة الفوز. لن يهيمن على المأوى فحسب، بل سيدفع المنافِس الخاسر إلى الانقراض. لن يحدث ذلك من خلال المواجهة المباشرة عادة، ولكن من خلال الاستحواذ على الموارد، من دون ترك أي شيء للمنافس الأضعف.

صورة أخرى يتضح فيها هذا الفخ، كانت جزءًا من نقد كارل ماركس للرأسمالية. حين تُبدي شركتان متنافستان في نفس السوق نفس سلوك نوعين يتنافسان في مأوى بيئي، ستمتاز إحداهما على الأخرى بكفاءة إنتاج أكبر أو استثمار أذكى أو تكنولوجيا أفضل أو رشاوى أكثر، أو أي شيء آخر. وبهذه الميزة، ستحصل الشركة على دخل أكبر لتستثمره في المرافق الإنتاجية أو التكنولوجيا أو الدعايات أو الرشاوى. ستدور حلقة التغذية الراجعة المُعزِّزة لتراكُم رأس مال هذه الشركة بشكل أسرع منه في الشركة الأخرى، مما يمكنها من إنتاج المزيد وكسب المزيد. لو كانت المنافسة في سوق محدودة مع غياب قانون لمكافحة الاحتكار، ستتولى شركة واحدة كل شيء ما دامت اختارت إعادة الاستثمار في مرافق الإنتاج وتوسيعها.

يعتقد البعض أن سقوط الاتحاد السوفييتي الشيوعي قد دحض نظريات كارل ماركس، لكن هذا التحليل تحديدًا -القائل بأن المنافسة السوقية تدحض بشكل منهجي المنافسة السوقية- يُثبِت صحته في كل سوق تنافسية. بسبب حلقة التغذية الراجعة المُعزِّزة التي تعمل بمبدأ النجاح للناجحين، تم تقليص عدد شركات الهاتف المحمول العديدة في الولايات المتحدة إلى ثلاث (وليس شركة واحدة، بسبب قوانين مكافحة الاحتكار). في معظم المدن الأمريكية الكبرى، لم يتبقَّ سوى جريدة واحدة. في كل اقتصاد سوق، نرى توجهات طويلة الأجل لتقليص عدد المزارع، بينما يزداد حجم المزارع.

ينتج عن فخ النجاح للناجحين ضررًا بالغًا بجعل الأثرياء أكثر ثراءً والفقراء أشد فقرًا. لا يقتصر الأمر على أن الأغنياء لديهم طرق لتجنب الضرائب أكثر من الفقراء، ولكن:

• في معظم المجتمعات، يتلقى الأطفال الأشد فقرًا أسوأ تعليم في أسوأ المدارس، إذا أتيح لهم الذهاب إلى المدرسة بالأساس. مع قلة المهارات المناسبة لسوق العمل، لا يتأهلون إلا لشغل الوظائف منخفضة الأجر فحسب، مما يُديم فقرهم10.

• لا يستطيع ذوو الدخل المنخفض والأصول المالية الضعيفة الاقتراض من معظم البنوك. لذلك، إما أنهم لا يستطيعون الاستثمار في إنماء رأس المال، أو يجب عليهم الذهاب إلى مُقرضي الأموال المحليين الذين يفرضون عليهم فوائد بنسب باهظة. حتى عندما تكون أسعار الفائدة معقولة، يدفعها الفقراء، ويجمعها الأغنياء.

• تُوزَّع الأراضي الزراعية بشكل غير متساوٍ في مناطق متعددة من العالم حتى إن معظم المزارعين يستأجرون الأراضي من شخص آخر. يجب أن يدفع المزارعون جزءًا من محاصيلهم لمالك الأرض مقابل امتياز العمل في الأرض، وبالتالي لا يمكنهم أبدًا شراء أراضٍ. يستخدم مالك الأرض الدخل الوارد من المستأجرين لشراء المزيد من الأراضي.

هذه مجرد أمثلة على حلقات تدعم استدامة التوزيع غير العادل للدخل والأصول والتعليم والفرص. لأن الفقراء لا يستطيعون شراء كميات كبيرة (من الغذاء والوقود والبذور والأسمدة)، فإنهم يدفعون أعلى الأسعار. نظرًا لأن وجودهم غير منظَّم ويصعُب فصلهم بوضوح، تُخصص الحكومات جزءًا صغيرًا من إنفاقها لدعمهم، لكنه لا يتناسب مع احتياجاتهم. هم آخر من تصلهم الأفكار والتقنيات، وأول من يصلهم المرض والتلوث. لا يملك الفقراء خيارًا سوى تولي مِهَن خَطِرة بأجورٍ منخفضة، ولا تصل التطعيمات إلى أطفالهم، ويعيشون في مناطق مزدحمة وأكثر عُرضة لوقوع الجرائم والكوارث.

كيف ننجو من فخ النجاح للناجحين؟

تستطيع الأنواع والشركات الإفلات من الإقصاء التنافسي بالتنويع. يمكن للأنواع أن تتعلم أو تتطور لتسخير موارد جديدة. يمكن للشركة تقديم منتج أو خدمة جديدة لا تنافس المنتجات أو الخدمات الموجودة بالفعل بشكل مباشر. تميل الأسواق إلى الاحتكار كما تميل المآوي البيئية للاستقرار والرتابة، لكنها تخلق فروعًا متنوعة أيضًا، وأسواقًا جديدة، وأنواعًا جديدة، قد تجذب المنافسين بعد فترة، فيبدأون في توجيه النظام نحو الإقصاء التنافسي مرة أخرى.

ومع ذلك، فإن التنويع ليس مضمونًا، خاصة إذا كانت الشركة الاحتكارية (أو النوع) تمتلك القدرة على سحق جميع المنافسين، أو شرائهم، أو حرمانهم من الموارد الضرورية للبقاء على قيد الحياة. التنويع لا يعمل كاستراتيجية لصالح الفقراء.

يمكن التحكم في حلقة النجاح للناجحين من خلال توظيف حلقات للتغذية الراجعة تمنع أي منافس من تولي زمام الأمور بالكامل. هذا ما تفعله قوانين مكافحة الاحتكار نظريًّا، وعمليًّا في بعض الأحيان، رُغم أن أحد الموارد التي قد تستفيد منها الشركات الكبرى لكونها شركات رابحة هي القدرة على إضعاف إدارة قوانين مكافحة الاحتكار.

الطريقة الأكثر وضوحًا للنجاة من نُموذج «النجاح للناجحين» هي «تسوية الملعب» بشكل دوري. تحرص المجتمعات التقليدية ومصممو الألعاب على ابتكار بعض الطرائق لضمان المساواة في المنفعة ضمن أنظمتها، وبالتالي تظل اللعبة عادلة وجذابة. تبدأ لُعبة مونوبولي بوضع يتساوى فيه الجميع، وبالتالي فإن الخاسرين في الدورة الأخيرة تظل لديهم فرصة للفوز في اللعبة التالية. توفر العديد من الرياضات شكلًا أسهل من نفس الرياضة للاعبين من ذوي الإعاقات. تُقيم العديد من المجتمعات التقليدية نسخة ما من «بوتلاتش»، وهو طقس ترجع أصوله إلى الأمريكيين الأصليين حيث يتخلى من لديهم ممتلكات أكثر عن بعض ممتلكاتهم لمن يملكون أقل.

توجد العديد من الأدوات لكسر حلقة «الأثرياء يزدادون ثراءً والفقراء يزدادون فقرًا»: تُصاغ قوانين الضرائب بصرامة لفرض الضرائب على الأغنياء بمعدلات أعلى من الفقراء؛ الأعمال الخيرية؛ المنفعة العامة؛ النقابات العمالية؛ الرعاية الصحية والتعليم الشامل والعادل؛ الضرائب على الميراث (وهي طريقة لبدء اللعبة مع كل جيل جديد). لدى معظم المجتمعات الصناعية مجموعة ضوابط كهذه للنجاة من فخ النجاح للناجحين، ليستطيع الجميع مواصلة اللعبة. تعيد الثقافات التي تحتفي بتقديم الهدايا توزيع الثروة من خلال حفل بوتلاتش والاحتفالات الأخرى التي تُعلي المكانة الاجتماعية لمانح الهدايا.

قد تَنبُع آليات التكافُل هذه من الأخلاقيات المُجردة، أو من الفهم العملي بأن الخاسرين، إذا لم يتمكنوا من الخروج من نموذج لعبة النجاح للناجحين، وإذا فقدوا كل أمل في الفوز، فقد يصابون بالإحباط بدرجة كافية لتدمير الملعب.

الفخ: النجاح للناجحين

بمكافأة الفائزين في المسابقة بوسائل تدعم فوزهم في المرة التالية، تنشأ حلقة تغذية راجعة مُعزِّزة لاستحواذ الفائزين على كل شيء في النهاية، والقضاء على الخاسرين، إذا سُمح لها بالاستمرار من دون عوائق.

سبيل النجاة

التنويع الذي يسمح للخاسِر بالخروج من تلك اللعبة والبدء في لعبة أخرى، وفرض قيود صارمة على نصيب كل فائز من الجائزة (قوانين مكافحة الاحتكار)، وسياسات تسوية الملعب، التي تنزع بعض المزايا عن أقوى اللاعبين أو تمنح بعض المزايا للأضعف، والسياسات التي تضع مكافآت للنجاح من دون أن تكفل تحيزًا لصالح الناجحين خلال الجولة التالية من المنافسة.

الاعتماد على مُتدخِّل خارجي

الإدمان

قد تدرك بعض ملامح دوامة التدهور التي تحاصرنا. نظرًا لتحميل القطاع الخاص المزيد من التكاليف، تتوقف بعض جهات القطاع الخاص عن التأمين على موظفيها. مما يؤدي إلى فقدان نحو مائة ألف أمريكي لتأمينهم الصحي شهريًّا، رُغم استحقاق نسبة كبيرة منهم لإعانات ميديكيد الحكومية. ونظرًا لأن الدولة لا تستطيع مواجهة العجز، فإنها تسحب من ميزانية التعليم أو تقلل تمويله، أو تسحب من تمويل برامج الاستثمار للأطفال، أو ترفع الضرائب، وهذا يسحب الأموال من الاستثمارات الأخرى.

بيل كلينتون، إنترناشونال هيرالد تريبيون، 1992. 11

يُقال إنك إذا أردتَ إثارة غضب صومالي، خُذ منه القات. القات هو الأوراق والأغصان الطازجة من نبات يوديلوس كاثا. يرتبط دوائيًّا بالأمفيتامينات. ذكر عبد القادر محمود فرح، 22 سنة، أنه بدأ في مضغ القات وهو في الخامسة عشرة من عمره: «إنه يشغلني عن التفكير في هذا المكان. يُشعرني مضغه بالسعادة، فأستطيع فعل أي شيء من دون أن أتعب».

كيث ب. ريتشبورج، إنترناشونال هيرالد تريبيون، 1992. 12

يفهم معظم الناس مُسببات إدمان الكحول والنيكوتين والكافيين والسكر والهيروين. لكن لا يدرك الجميع أن الإدمان قد يظهر في أنظمة أكبر وبمظاهر أخرى -كاعتماد الصناعة على الدعم الحكومي، والمزارعين على الأسمدة، والاقتصادات الغربية على النفط الرخيص، وصناعة الأسلحة على التعاقدات الحكومية.

يُعرف هذا الفخ بأسماء عديدة: الإدمان، أو الاعتمادية، أو تحويل الأعباء وإلقاؤها على مُتدخِّل خارجي. يتضمن الهيكل مخزونًا بتدفقات داخلة وخارجة. قد يكون المخزون ملموسًا، كمحصول الذرة، أو شعوريًّا، كالرفاهية أو تقدير الذات. تحتفظ جهة فاعلة بالمخزون وتقوم بتعديل حلقة تغذية راجعة موازِنة بتغيير التدفقات الداخلة أو الخارجة. لدى الجهة الفاعلة هدف تقارنه بتصورها عن الحالة الفعلية الحالية للمخزون لتحديد الإجراء الذي يجب عليها اتخاذه.

لنفترض أنك طفل يعيش في أرض المجاعة والحرب، هدفه هو تحقيق بعض من سعة العيش كي يشعر بالسعادة والحيوية والأمان. هناك تباين كبير بين حالتك الفعلية والحالة التي ترغب في الوصول إليها، كما أن الخيارات المتاحة لك لسد هذه الفجوة محدودة. لكن الشيء الوحيد الذي يمكنك فعله هو تعاطي المخدرات. لا تُحسن المخدرات وضعك الحقيقي، بل تزيد الأمر سوءًا في الغالب. لكنها تغير من إدراكك لحالتك بسرعة، فتخدر حواسك وتجعلك تشعر بالنشاط والشجاعة.

وبالمثل، إذا كنت تدير شركة ضعيفة، ولديك حكومة تدعمك، يمكنك الاستمرار في جني الأموال وتحقيق أرباح جيدة، وبالتالي الاحتفاظ بمكانتك المحترمة في المجتمع. أو قد تكون مزارعًا يحاول زيادة محصول الذرة في أرض مستنزَفة، يمكنك استخدام الأسمدة لزيادة وفرة المحصول من دون توجيه أي جهد لتحسين خصوبة التربة.

المشكلة هي أن الحالات التي تعتمد على تدخُّلات خارجية لا تدوم. السُّكْر يزول. الدعم ينفد. السماد يُستَهلَك أو ينجرف مع مياه الري.

تكثر الأمثلة على السلوك الاعتمادي للأنظمة وتحويل الأعباء:

- رعاية العائلات للمسنين ليست سهلة. وهكذا ظهر الضمان الاجتماعي ومجتمعات التقاعد ودور رعاية المسنين. الآن لم يعد لدى معظم العائلات المساحة أو الوقت أو المهارات أو الرغبة في رعاية أفرادها من المسنين.
- استُخدِمت السكك الحديدية في الشحن لمسافات طويلة، ومترو الأنفاق وعربات الترام في التنقل لمسافات قصيرة، حتى قررت الحكومة المساعدة من خلال بناء الطرق السريعة.
- اعتاد الأطفال على إجراء العمليات الحسابية بعقولهم أو بالورق والقلم الرصاص، قبل انتشار استخدام الآلات الحاسبة.
- تكونت لدى السكان مناعة جزئية ضد أمراض كالجدري والسل والملاريا حتى ظهرت اللقاحات والأدوية.
- نقل الطب الحديث بشكل عام المسؤولية عن الصحة من ممارسات وأسلوب حياة كل فرد إلى الأدوية وتدخُّل الأطباء.

قد يكون تحويل العبء إلى المتدخل أمرًا نافعًا. غالبًا ما يحدث ذلك بشكلٍ هادف، وقد ينتُج عنه زيادة القدرة على إبقاء النظام في الحالة المُراد الوصول إليها. من المؤكد أن الحماية

الكاملة الدائمة الناتجة من لقاحات الجدري، هي أفضل من الحماية الجزئية الناتجة من المناعة الطبيعية التي ينتجها الجسم ضد الجدري. تحتاج بعض الأنظمة حقًّا إلى متدخل.

لكن قد يصبح التدخل فخًّا للنظام، مجرد عملية تغذية راجعة تصحيحية داخل النظام تعمل بشكل سيئ، أو متوسط على أقصى تقدير، للحفاظ على حالة النظام. المتدخل الفعَّال حسن النية يتابع معاناة النظام ويتدخل لتحمل بعض العبء. يعمل المتدخل بسرعة لدفع النظام نحو الحالة التي يريدها له الجميع. التهاني جاهزة، وعادة ما يهنئ المتدخل نفسه على التدخُّل.

ثم تظهر المشكلة الأصلية مرة أخرى، إذ لم يُتَّخَذ أي إجراء لحلها من جذورها. لذا فإن المتدخِّل يطبق المزيد من «الحلول»، فيُخفي الحالة الحقيقية للنظام مرة أخرى، وبالتالي يفشل في العمل على حل المشكلة، فيصبح استخدام المزيد من «الحلول» ضروريًّا.

يتشكل الفخ إذا قوَّضَ التدخل القدرة الأصلية للنظام على حماية نفسه، سواء عن طريق التدمير المباشِر أو الإهمال. إذا ضَمُرت هذه القدرة، فسيحتاج النظام إلى مزيد من التدخل لتحقيق التأثير المطلوب، هذا يُضعف قدرته الأصلية أكثر، فيلتقط المتدخل فترة التراخي، وهكذا.

لماذا يقع أي نظام في هذا الفخ؟ أولًا، قد لا يتوقع المُتدخِّل أن المساعدة البسيطة الأولى قد تبدأ سلسلة من الأحداث ينتج عنها التصاعد المستمر للاعتمادية، والتي ستؤدي في النهاية إلى إجهاد المتدخل. يعاني نظام الرعاية الصحية الأمريكي من الإجهاد بسبب سلسلة مشابهة من الأحداث.

ثانيًا، قد لا يفكر الفرد أو المجتمع الذي تتم مساعدته في احتمالات فقدان السيطرة على المدى الطويل، وزيادة الضعف الملازِم لفرصة النجاة بالاعتماد على متدخل قادر وقوي.

إذا كان التدخل مخدِّرًا، فستصبح مدمنًا. كلما انجرفتَ إلى ممارسة إدمانية، ستنجذب إليها مِرارًا. أحد تعريفات الإدمان المستخدمة لدى منظمة مدمني الكحول المجهولين العالمية أنه تكرار نفس السلوك الأحمق مرارًا وتكرارًا، مع توقع نتائج مختلفة في كل مرة.

الإدمان هو إيجاد حل سريع وخبيث لأعراض المشكلة، مما يصرف انتباه المرء عن المهمة الأصعب والأطول أجلًا، وهي حل المشكلة الحقيقية. سياسات الإدمان خادعة، لأنها مغرية، ويسهُل الوقوع فيها.

هل تُهدد الحشرات محصولك؟ بدلًا من مراجعة أساليب الزراعة، والزراعة أحادية المحصول، وصور دمار النظام البيئي الطبيعي الذي أدى إلى تفشي الآفات، ما عليك سوى استخدام مبيدات الآفات الزراعية. سيقضي هذا على الحشرات، إلا أنه سيسمح بمزيد من الزراعة الأحادية، والمزيد من تدمير النُّظُم البيئية، ما سيؤدي إلى عودة هجوم الحشرات بأعداد أكبر، فيتطلب استخدام المزيد من المبيدات الحشرية في المستقبل، وهكذا.

هل يتزايد سعر النفط باستمرار؟ بدلًا من الاعتراف بالاستنفاد الحتمي لمورد غير متجدد والعمل على زيادة كفاءة الوقود أو التحول إلى أنواع الوقود الأخرى، يمكننا تثبيت السعر. بهذه الطريقة يمكننا التظاهر بعدم حدوث أي شيء ومواصلة حرق النفط، مما يجعل مشكلة النضوب أسوأ. هكذا تصرف كلٌّ من الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة كأول رد فعل للسيطرة على اضطراب أسعار النفط خلال أزمة الطاقة في سبعينيات القرن العشرين. حين تنهار تلك السياسة، يمكننا الدخول في حرب على النفط، أو التنقيب عن المزيد من النفط. كشخص مخمور ينهب المنزل على أمل اكتشاف زجاجة خمر أخرى، يمكننا تلويث الشواطئ وغزو المناطق البرية الأخيرة الباقية، للبحث عن بئر بترول ضخمة أخرى.

إن كسر الإدمان مؤلم. قد يكون الألم جسديًّا لانسحاب الهيروين، أو اقتصاديًّا بسبب زيادة الأسعار لتقليل استهلاك النفط، أو عواقب غزو الآفات حتى يستعيد أعداؤها الطبيعيون من المفترسات قوتهم. أعراض الانسحاب تستلزم مواجهة الحالة الحقيقية للنظام، المتدهور غالبًا، واتخاذ الإجراءات التي أُرجئت بسبب الإدمان. يمكن تطبيق السَّحب تدريجيًّا. ويمكن وضع سياسة غير إدمانية أولًا لاستعادة النظام المتدهور بأقل قدر من الاضطراب (دعم جماعي لاستعادة تقدير المدمن لذاته، والعزل الحراري للمنزل للحد من استهلاك الطاقة في التدفئة أو التبريد، واستخدام السيارات التي تقطع مسافات طويلة لتقليل تكلفة البنزين، وزراعة محاصيل متنوعة، وتناوب المحاصيل لتقليل تعرض المحاصيل للآفات). أحيانًا لا يوجد مخرج سوى الإقلاع التام والفوري وتحمل الألم.

إن العودة إلى حالة اللا إدمان تستحق أن نمر بمعاناة حالة الانسحاب، لكن الأفضل بالطبع تجنب الإدمان في المقام الأول.

يمكن تجنب المشكلة بالأساس من خلال التدخل بطريقة تُعزِّز قدرة النظام على تحمل أعبائِه. قد يكون هذا الخيار الذي يدفع النظام لمساعدة نفسه، أرخص وأسهل بكثير من تولي المُتدخِّل

مسؤولية النظام وإدارته، وهو أمر لا يبدو أن السياسيين الليبراليين يفهمونه. لا يكمن السر في أن تبدأ بسيطرة بطولية، بل بسلسلة من الأسئلة.

- لماذا تفشل إجراءات التصحيح الطبيعية؟
- كيف يمكن إزالة العقبات التي تحول دون نجاحها؟
- كيف يمكن جعل آليات نجاحها أكثر فعالية؟

الفخ: إلقاء العبء على مُتدخِّل خارجي

ينشأ نقل العبء والاعتمادية والإدمان حين يؤدي حل مشكلة في النظام إلى تقليل (أو إخفاء) الأعراض، من دون اتخاذ أي إجراء حقيقي لحل المشكلة الأساسية. سواء كانت عقارًا يُغيب وعي الإنسان أو سياسة تخفي المشكلة الأساسية، فإن الحل المطروح يُعرقِل الإجراءات التي يمكنها حل المشكلة الحقيقية.

إذا تسبب التدخُّل المصمَّم لتصحيح المشكلة في تقليص أو تآكل قدرة النظام على الإصلاح الذاتي، فإن حلقة تغذية راجعة مدمرة ستبدأ، فيتدهور النظام. ثم يظهر احتياج أكبر للتدخل، فيصبح النظام أكثر اعتمادية على المتدخِّل وأقل قدرة على البقاء في الحالة المرغوبة.

سبيل النجاة

مرة أخرى، إن أفضل طريقة للخروج من هذا الفخ هي تجنب الوقوع فيه بالأساس. احذر أي سياسات أو ممارسات لتخفيف الأعراض أو إنكارها ولا تعالج المشكلة الحقيقية. توقَّف عن التركيز على الإغاثة قصيرة المدى ووجِّه تركيزك نحو إعادة الهيكلة طويلة المدى.

إذا كنتَ المتدخِّل، فاعمل بطريقة تعيد بناء قدرة النظام على حل مشكلاته أو تعززها، ثم انسحب.

إذا كنتَ من يعاني من الاعتمادية، فاحرص على بناء قدرات احتياطية لنظامك قبل التخلي عن المتدخِّل. افعلها على الفور. كلما طال انتظارك، زادت صعوبة عملية سحب التدخل.

الالتفاف على القانون

كالفين: هوبس، لدي خطة.

هوبس: وما هي؟

كالفين: إذا فعلتُ عشرة تصرفات عفوية طيبة يوميًّا من الآن وحتى عيد الميلاد، فسيتغاضى بابا نويل عن بقية أفعالي خلال العام الماضي. أستطيع الادعاء بأني فتحت صفحة جديدة.

هوبس: حسنًا، إنها فرصتك. نلتُ سوزي بهذه الطريقة.

كالفين: ربما أبدأ غدًا وأجعلها عشرين في اليوم.

إنترناشونال هيرالد تريبيون، 1992. 13

متى وُضِعت قوانين، يَصِر الالتفاف عليها أمرًا واردًا. الالتفاف على القوانين هو إجراء مراوغ لخرق قواعد النظام، قد يتم من خلال الالتزام بنص القانون لا بروحه. يصبح الالتفاف على القانون مشكلة عندما يُحدِث تشوهات كبرى في النظام، ويقوده إلى سلوكيات غريبة ليس لها أي معنى، وإذا خرج عن السيطرة، فقد يتسبب في أن تنتهج الأنظمة سلوكًا هدامًا.

قد يُصبح الالتفاف على القوانين الذي يشوه الطبيعة والاقتصاد والمنظمات والروح البشرية مدمرًا. فيما يلي بعض أمثلة الالتفاف على القانون، بعضها خطير جدًّا، والآخر أقل خطورة:

- **انخراط الحكومات والجامعات والشركات في إنفاق لا طائل من ورائه بحلول نهاية السنة المالية للتخلص من فائض أموال الميزانية فحسب. لأنها إذا لم تنفِق ميزانيتها كاملة هذا العام، فسيتم تخصيص ميزانية أقل لها في العام المقبل.**
- **في سبعينيات القرن الماضي، تبنت ولاية فيرمونت قانون استخدام الأراضي المسمى قانون 250، والذي يتطلب الحصول على سلسلة موافقات مُعقدة لتقسيمات الأراضي من عشرة أفدنة أو أقل. الآن تضم فيرمونت عددًا استثنائيًّا من قطع الأراضي التي تتجاوز مساحتها العشرة أفدنة بقليل.**
- **لتقليل استيراد الحبوب ومساعدة زارعي الحبوب المحليين، فرضت الدول الأوروبية قيودًا على استيراد حبوب الأعلاف في الستينيات. في أثناء صياغة القيود، لم يفكر أحد في الجذر**

النشوي المسمى الكَسافا، والذي يصادف أنه علف جيد للحيوانات. لم يتم تضمين الكَسافا في القيود. لذلك استُبدِلت بواردات الذرة من أمريكا الشمالية، واردات الكَسافا من آسيا 14.

- يُقيد قانونُ الأحياء المهددة بالانقراض في الولايات المتحدة التطويرَ العقاري في أي مكان تعيش فيه الأنواع المهددة بالانقراض. بعض مالكي الأراضي، عند اكتشافهم أن أراضيهم تأوي أنواعًا مهددة بالانقراض، يصطادونها أو يسممونها، ليتمكنوا من البناء على الأراضي.

لاحظ أن الالتفاف على القوانين يتخذ مظهر اتباع القوانين. يلتزم السائقون بحدود السرعة عند اقترابهم من سيارة شرطة. لم تعد حبوب العلف تُصدر إلى أوروبا. لا تُطَوَّر الأراضي التي يثبُت أنها تأوي الأنواع المهددة بالانقراض. يتم تطبيق «نص القانون»، لا روح القانون. ينبهنا هذا إلى ضرورة وضع النظام بأكمله في الاعتبار عند صياغة القانون، بما في ذلك إمكانيات المراوغة النابعة من ذاتية التنظيم التي يتسم بها النظام.

عادة ما يكون الالتفاف على القانون رد فعل من المستويات الأدنى في التسلسل الهرمي على قواعد جامدة أو ضارة أو غير قابلة للتطبيق أو غير واضحة آتية من المستويات الأعلى. هناك نوعان من إجراءات التعامل مع الالتفاف على القانون. الأول هو محاولة القضاء على التنظيم الذاتي للنظام من خلال تعزيز القواعد أو إنفاذها بالقوة، وهو ما يؤدي إلى تشويه أكبر للنظام، ويدفعه للتورط أكثر في الفخ.

الإجراء الثاني هو مخرج للنجاة من الفخ، فرصة، ويتمثل في فهم الالتفاف على القانون باعتباره رد فعل مفيدًا، يُنبهك لضرورة مراجعة القوانين أو تعديلها أو إلغائها أو توضيحها. إن الصياغة المُثلى للقوانين هي التي تتنبأ بتأثيراتها على الأنظمة الفرعية، قدر الإمكان (بما في ذلك أي احتمالية التفاف على القوانين قد تُبادر بها)، وتضمن هيكلتها تحويل قدرات التنظيم الذاتي إلى مصلحة النظام.

الفخ: الالتفاف على القانون

> قد تؤدي القوانين التي تحكم النظام إلى الالتفاف على هذه القوانين، وهو سلوك هدام يوحي ظاهره باتباع القوانين أو تحقيق الأهداف، ولكنه يدمر النظام في الواقع.

سبيل النجاة

تصميم أو إعادة تصميم القانون لإطلاق الإبداع في اتجاه تحقيق الغرض من القانون، لا في اتجاه الالتفاف عليه.

السعي وراء الهدف الخطأ

اعترفت الحكومة رسميًّا يوم الجمعة بما ذكره خبراء الاقتصاد المستقلون منذ شهور: لن تقترب اليابان من تحقيق النمو بنسبة 3.5% الذي حدده المخططون الحكوميون كمُستهدف قبل عام.

نما الدخل القومي الإجمالي في عام 1991 بنسبة 3.5% وفي عام 1990 بنسبة 5.5%. ظل الاقتصاد راكدًا أو معتمدًا على التعاقدات منذ بداية هذه السنة المالية. الآن مع انخفاض التوقعات بحدة، تزايدت ضغوط السياسيين ورجال الأعمال على وزارة المالية لاتخاذ إجراءات تحفيزية.

إنترناشونال هيرالد تريبيون، 15 .1992

ذكرتُ في الفصل الأول أن إحدى أقوى الطرائق تأثيرًا على سلوك نظام هي التركيز على غرضِه أو هدفِه. ذلك لأن الهدف هو الذي يحدد توجُّه النظام، كما يُحدد التباينات التي تتطلب اتخاذ إجراء، وهو مؤشر الاستجابة أو الفشل أو النجاح الذي تعمل حلقات التغذية الراجعة الموازِنة لتحقيقه. إذا أخطأ النظام تعريف الهدف، أو لم يرصد الهدف الذي يُفترض أن يرصده، أو إذا لم يعكس الهدف صالح النظام، فلن يتمكن النظام من تحقيق النتيجة المُراد تحقيقها. تميل الأنظمة لإنتاج ما يُطلب منها إنتاجه بالضبط، كالأمنيات الثلاث في الحكاية الخيالية القديمة. كن حذرًا فيما تطلبه من الأنظمة.

إذا استهدف النظام الأمن القومي، وتم تعريف ذلك على أنه مقدار الأموال التي تُنفق على الجيش، فإن النظام سيتجه نحو الإنفاق العسكري. قد يكفل هذا الحفاظَ على الأمن القومي، أو لا يكفله. في الواقع، قد يتقوض الأمن إذا استنزَفَ هذا الإنفاق الاستثمارات من قطاعات اقتصادية أخرى، أو تم توجيه الإنفاق إلى شراء أسلحة باهظة أو غير ضرورية أو غير عملية.

إذا استهدف النظام جودة التعليم، فإن قياس هذا الهدف بمقدار الأموال التي يتم إنفاقها لمصلحة كل طالب سيضمن أن الأموال تُنفق بالفعل لمصلحة كل طالب. إذا قيسَت جودة التعليم من خلال الأداء في الاختبارات الموحدة، فسيُنتِج النظام أداءً لاجتياز الاختبارات الموحدة. ارتباط هذه التدابير بجودة التعليم هو ما يستحق التفكير.

في الأيام الأولى لتطبيق تنظيم الأسرة في الهند، تم تحديد أهداف البرنامج بعدد أجهزة اللولب التي ستزرع في أجساد النساء. لذا ركَّب الأطباء الأجهزة في أرحامهن من دون موافقتهن،

لحرصهم على تحقيق أهداف البرنامج.

تخلط هذه الأمثلة بين الجُهد والنتيجة، وهو أحد أكثر الأخطاء شيوعًا عند تصميم الأنظمة لتحقيق الهدف الخطأ. ربما كان أسوأ الأمثلة على ذلك هو اعتماد الدخل القومي الإجمالي كمقياس لنجاح الاقتصاد الوطني. إجمالي الدخل القومي هو القيمة المالية للسلع النهائية والخدمات التي ينتجها الاقتصاد، وتم انتقاده منذ لحظة اتخاذه كمقياس لرفاهية الفرد:

لا يراعي إجمالي الدخل القومي تحسين صحة أطفالنا أو جودة تعليمهم أو متعة اللعب. لا يشمل جمال شِعْرنا أو قوة زيجاتنا، أو ذكاء جدَلنا العام أو نزاهة مسؤولينا. إنه لا يقيس ذكاءنا ولا شجاعتنا، ولا حكمتنا ولا تعليمنا، ولا تعاطفنا ولا إخلاصنا لبلادنا، إنه يقيس كل شيء باختزال شديد، مع تجاهل ما يمنح الحياة قيمتها16.

لدينا نظام محاسبة قومي لا يُلقي بالًا للاقتصاد الوطني على الإطلاق، لأنه لا يُجسِّد حياتنا في المنزل بل مخططًا مختصرًا لاستهلاكنا المحموم17.

يجمع الدخل القومي الإجمالي النافع والضار في نفس السلة -إذا تزايدت حوادث السيارات وصدرت المزيد من الفواتير الطبية وفواتير الإصلاح، يرتفع الدخل القومي الإجمالي. إنه يحسب السلع والخدمات المطروحة في السوق -إذا استعان جميع الآباء بأشخاص لتربية أطفالهم، فسيرتفع إجمالي الدخل القومي. وهو لا يعكس العدالة في التوزيع -بيت ثانٍ باهظ التكلفة لعائلة غنية يجعل الدخل القومي الإجمالي يرتفع أكثر مما يفعل منزل أساسي غير مكلف لعائلة فقيرة. إنه يقيس الجُهد بدلًا من الإنجاز والإنتاج الإجمالي والاستهلاك بدلًا من المردود. المصابيح الجديدة التي توفر نفس الإضاءة بثُمن استهلاك الكهرباء والتي تدوم لمدة أطول بعشر مرات تجعل الدخل القومي الإجمالي ينخفض.

الدخل القومي الإجمالي هو مقياس للإنتاجية -تدفقات الأشياء التي صُنِعَت وبيعت خلال عام- بدلًا من المخزونات الرأسمالية كالمنازل والسيارات وأجهزة الكمبيوتر وأجهزة الاستريو التي هي مصدر الثروة الحقيقية والمتعة الحقيقية. يمكن القول بأن المجتمع الأفضل هو الذي يمكن فيه الحفاظ على مخزون رأس المال واستخدامه بأقل قدر ممكن من الإنتاجية، لا بالإنتاجية الأعلى.

توجد أسباب حقيقية عديدة للرغبة في تحقيق ازدهار اقتصادي، ولا توجد أي أسباب محددة تدعم رغبتنا في تحقيق ارتفاع الدخل القومي الإجمالي. إلا أن الحكومات في جميع أنحاء العالم تستجيب لإشارات تعثر الدخل القومي الإجمالي باتخاذها عدة إجراءات للحفاظ على نموه. العديد من هذه الإجراءات هي مجرد تبذير، وتحفيز لإنتاج غير فعال لأشياء لا يريدها أحد على وجه الخصوص. بعضها، مثل الإفراط في قطع الغابات من أجل تحفيز الاقتصاد على المدى القصير، يهدد الصالح العام طويل الأجل للاقتصاد أو المجتمع أو البيئة.

إذا حددتَ الدخل القومي الإجمالي كهدف للمجتمع، فإن هذا المجتمع سيوجِّه كل جهدِه لرفع الدخل القومي الإجمالي. لن يجتهد لتحقيق الرفاهية أو المساواة أو العدالة أو الفعالية إلا إذا حددتها كهدف وقمت بقياس حالة الرفاهية أو المساواة أو العدالة أو الفعالية وتسجيلها بانتظام. سيصير العالم مكانًا مختلفًا. فبدلًا من التنافس لتحقيق أعلى نصيب للفرد من الدخل القومي الإجمالي، ستتنافس الدول لتحقيق أعلى نصيب للفرد من الثروة بأقل إنتاجية، أو أقل معدل لوفيات الأطفال، أو أكبر حرية سياسية، أو أنظف بيئة، أو أصغر فجوة بين الأغنياء والفقراء.

إن السعي وراء الهدف الخاطئ، وتحقيق المؤشر الخاطئ، هو سمة نظامية معاكسة تقريبًا للالتفاف على القوانين. بالالتفاف على القوانين، يتهرب النظام من قاعدة مرفوضة أو سيئة التصميم، بينما ينصاع لها ظاهريًّا. في سعيه وراء الهدف الخاطئ، يتبع النظام القاعدة ويصل إلى هدفه المحدد، والذي قد لا يكون مرغوبًا بالضرورة. تتحقق مشكلة السعي وراء الهدف الخطأ حين تفاجئك نتيجة سخيفة «لتطبيق القانون». بينما تقع مشكلة الالتفاف على القانون حين تفاجئك نتيجة سخيفة لأنها الطريق الوحيد للإفلات من تنفيذ القانون. قد تحدث انحرافات النظام هذه في نفس الوقت في ظل نفس القانون.

الفخ: السعي وراء الهدف الخاطئ

إن سلوك النظام حساس بشكل خاص لأهداف حلقات التغذية الراجعة. إذا تم تحديد الأهداف، أو مؤشرات تنفيذ القوانين، بشكل غير دقيق أو غير واضح، فقد يعمل النظام لتحقيق نتيجة غير مقصودة ولا مرغوبة.

سبيل النجاة

حدِّد المؤشرات والأهداف التي تعكس المنفعة الحقيقية للنظام. احرِص على عدم الخلط بين الجُهد والنتيجة وإلا سينتهي الأمر بالنظام لإنتاج الجهد لا

النتيجة.

فاصل • الغرض من تصميم المراكب الشراعية

ذات يوم، أقام الناس سباقًا بالمراكب الشراعية لمجرد المتعة، لا لكسب ملايين الدولارات أو تحقيق مجد.

تسابقوا بقواربهم العادية، أو قوارب صيد الأسماك، أو قوارب نقل البضائع، أو تلك المخصصة للإبحار في عطلات نهاية الأسبوع.

سرعان ما لوحظ أن السباقات تصير أشد إثارة حين تتساوى سرعة المراكب المتنافسة تقريبًا، وقدرتها على المناورة. لذلك تطورت القواعد بتحديد فئات القوارب من حيث الطول ومنطقة الإبحار والمؤشرات الأخرى، وصُنِّفَت السباقات لتنعقِد بين المتنافسين من نفس الفئة.

سرعان ما تم تصميم القوارب لتفوز بالسباقات ضمن الفئات التي حددتها القواعد، لا الإبحار العادي. صمموها لتبحر بأقصى سرعة ممكنة لها، أو أخف وزن ممكن للدفة ذات الحجم القياسي. صارت هذه القوارب ذات مظهر غريب وطريقة التعامل معها غريبة، لم تَعُد تلك القوارب التي ترغب في الخروج بها للصيد أو الإبحار يوم أحد. حين أصبحت السباقات أكثر جدية، صارت القواعد أشد صرامة وتصاميم القوارب أشد غرابة.

الآن أصبحت مراكب السباق الشراعية بالغة السرعة وعالية الاستجابة وغير صالحة للإبحار تقريبًا، ويلزمها أطقم من الرياضيين والخبراء لإدارتها. لن يفكر أحد في استخدام يخت كأس أمريكا لأي غرض بخلاف السباق ضمن هذه القواعد. استمر تطوير القوارب وفقًا للقواعد الحالية حتى فقدت مرونتها بالكامل. أي تغيير في القواعد سيجعلها عديمة الفائدة.

الجزء الثالث

تقويم الأنظمة، وفلسفاتنا

- 6 -

نقاط النفوذ ـ مواضع للتدخل في النظام

أعلنت آي بي إم استغناءها عن خمسة وعشرين ألف وظيفة وتقييد الإنفاق على البحث العلمي. سيتم تخفيض الإنفاق على أبحاث التطوير بمقدار مليار دولار العام المقبل. ذكر رئيس مجلس الإدارة جون ك. آكر أن آي بي إم لا تزال رائدة في مجال البحوث في مجالها على مستوى العالم، لكنها شعرت أنها قد تحقق أداءً أفضل من خلال «التحول إلى مجالات تحقيق النمو»، أي الخدمات التي تحتاج إلى رأس مال أقل وتحقق أرباحًا قليلة لكن مستدامة على المدى الطويل.

لورنس مالكين، إنترناشونال هيرالد تريبيون، ١٩٩٢. 1

إذن، كيف نُعدِّل هيكل النظام لدعم إنتاج ما نريد وتقليل ما لا نرغب في وجودِه؟ بعد سنوات من العمل مع الشركات على حل مشكلات أنظمتها، ردد جاي فورستر من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا دومًا أن المدير العادي يمكنه تحديد المشكلة الحالية بشكل قاطع، وتحديد هيكل النظام الذي يؤدي إلى هذه المشكلة، وتخمين المواضع التي يبحث فيها عن نقاط النفوذ المؤثرة في النظام بدقة كبيرة. نقاط النفوذ هي مواضع قد يؤدي أي تغيير طفيف فيها إلى تحوُّل كبير في سلوك النظام.

إن فكرة نقاط النفوذ هذه ليست فريدة من نوعها ولا خاصة بتحليل الأنظمة، فهي جزء لا يتجزأ من الحكايات الموروثة: الرصاصة الفضية؛ تريمتاب(4)، الترياق المعجزة، الممر السري، كلمة المرور السحرية، البطل الأوحَد الذي يقلب مجرى التاريخ. الطريقة السهلة للتغلب على العقبات الكبرى أو تجاوزها. نحن لا نؤمن بوجود نقاط نفوذ مؤثرة فحسب، بل نريد أن نعرف مواضعها وكيفية بسط سيطرتنا عليها. هذا ما يجعل مواضع التأثير على النظام نقاط نفوذ.

(4) في الفلكلور الغربي، تعتبر الرصاصة المصبوبة من الفضة أحد الأسلحة القليلة الفعالة ضد المستذئبين والساحرات. يستخدم مصطلح الرصاصة الفضية كاستعارة لحل بسيط وسحري لمشكلة صعبة. فمثلًا، وصِف البنسلين عام 1930 بـ«رصاصة فضية» مكنت الأطباء من علاج العديد من الالتهابات البكتيرية بنجاح.

وتريمتاب: هي أسطح صغيرة متصلة بالحافة الخلفية لسطح تحكم أكبر على متن قارب أو طائرة، وتُستخدم لمواجهة القوى المائية أو الديناميكية الهوائية وتثبيت القارب أو الطائرة في موقف معين من دون أن يحتاج المشغل إلى تطبيق قوة تحكُّم باستمرار. يتم ذلك عن طريق ضبط زاوية تريمتاب مع السطح الأكبر. (المترجمة)

يتابع فورستر بالإشارة إلى أنه رُغمَ معرفة الجهات المعنيَّة في نظام ما أين تكمُنُ نقاط التأثير عليه، بشكل حدسي، فإنها كثيرًا ما تعمل لإحداث تغيير في الاتجاه الخاطئ.

كان هذا المثال الكلاسيكي للحدس العكسي أول ما عرفتُ أنا عن تحليل الأنظمة؛ النموذج العالمي. طلب أعضاء نادي روما، وهي جماعة دولية من رجال الأعمال ورجال الدولة والعلماء، من فورستر توضيح ارتباط المشكلات العالمية الرئيسية ببعضها، كالفقر والجوع، وتدمير البيئة، ونضوب الموارد، والتدهور الحضري، والبطالة وكيف يمكن حلها. ابتكر فورستر نموذجًا حاسوبيًّا وخرج بنقطة نفوذ واضحة: النمو 2. لم يقصد نمو السكان فحسب، بل النمو الاقتصادي أيضًا. للنمو تكاليفه كما أن له فوائده، لكننا عادة لا نحسب التكاليف التي من بينها الفقر والجوع، وتدمير البيئة، إلى آخر القائمة الكاملة للمشكلات التي نحاول حلها عن طريق النمو! ما نحتاج إليه هو نمو أبطأ بكثير، وأشكال مختلفة تمامًا للنمو، وفي بعض الحالات لا نحتاج إلى النمو بالأساس أو نحتاج إلى نمو عكسي -التراجع.

يُركِّز زعماء العالم على النمو الاقتصادي كحل لجميع المشكلات تقريبًا، لكنهم يبذلون جهدهم في الاتجاه الخاطئ.

ومن كلاسيكيات فورستر الأخرى دراسته للديناميكيات الحضرية، المنشورة في عام 1969، والتي أظهرت أن الإسكان المدعوم لذوي الدخل المنخفض نقطة تأثير، كلما قلت أعداده، كان حال المدينة أفضل، بما في ذلك حال ذوي الدخل المنخفض ذاتهم3. ظهر هذا النموذج حين فرضت السياسة الوطنية تنفيذ مشاريع إسكان ضخمة لذوي الدخل المنخفض، وسَخِرَت شركة فورستر من هذه السياسة. منذ ذلك الحين، انتشرت هذه المشاريع في مدينة تلو الأخرى.

وصف فورستر الأنظمة المعقدة بأنها منافية للعقل. نقاط النفوذ غير منطقية في كثيرٍ من الأحيان. ولو وافقَت المنطق، فغالبًا ما نستخدمها بشكل عكسي يُفاقِم المشكلات التي نحاول حلها بشكل منهجي.

لم أتوصل إلى وصفة سريعة أو سهلة للعثور على نقاط النفوذ في الأنظمة المعقدة والديناميكية. امنحني بضعة أشهر أو سنوات وسأجدها. وأنا أعلم من التجربة المريرة أني حين أكتشف نقاط النفوذ في نظام فلن يصدقني أحد، لكونها غير منطقية في الغالب. هذا محبط للغاية، خاصة لأولئك الذين لا يتوقون إلى فهم الأنظمة المعقدة فحسب، بل لجعل العالم مكانًا أفضل.

في لحظة إحباطٍ كهذه، اقترحتُ قائمة بمواضع التدخل في النظام في أثناء اجتماع بخصوص الآثار المترتبة على أنظمة التجارة العالمية. أقدم لكم هذه القائمة بكثير من التواضع والرغبة في ترك مساحة لتطويرها. ما خطر لي من أفكار في ذلك اليوم كان مُستخلَصًا من التحليل الدقيق الذي أجراه أمهر الخبراء لأنواع مختلفة من الأنظمة على مدار عقود. لكن الأنظمة معقدة، بل مُحكمة التعقيد، والتعميم بخصوصها خطيرٌ جدًّا. ما تقرأه هنا لا يزال قيد التطوير. إنها ليست وصفة للعثور على نقاط النفوذ، بل دعوة للتفكير على نطاق أوسع في تغيير النظام.

عندما تزداد الأنظمة تعقيدًا، قد يفاجئنا سلوكها. فكِّر في حسابك البنكي الجاري. تكتب الشيكات وتودِع الأموال. إذا كان رصيدك كبيرًا بما يكفي، يستمر تدفُّق الفائدة، كما يستمر تحصيل الرسوم المصرفية أيضًا حتى لو لم تمتلك مالًا في حسابك، فتتراكم الديون. قم الآن بربط حسابك بآلاف الحسابات الأخرى، ودَع البنك يقدم قروضًا كتوظيف لودائعكم المُجمعة والمتغيرة، واربط آلاف البنوك بنظام الاحتياطي الفيدرالي، سترى حينها كيف تتشابك المخزونات والتدفقات البسيطة معًا لإنشاء أنظمة متشابكة للغاية ومعقدة، ويصعب فهمها.

هذا هو السبب في أن نقاط النفوذ غالبًا ما تكون غير منطقية. وهذه نظرية نُظُمية قد نكتفي بها وننتقل إلى قائمة تصاعدية لمواضع النفوذ في النظام.

12. الثوابت والمؤشرات كالإعفاءات والضرائب والمعايير (الأرقام)

فكِّر في النظام البدائي لحوض الاستحمام ذي التدفقات والمخزون الذي ذكرناه في الفصل الأول. إن حجم التدفقات مسألة أرقام ومدى سرعة تغيير هذه الأرقام. قد يصير الصنبور صلْدًا، فيستغرق تدفق المياه منه أو إيقاف تشغيله وقتًا أطول. قد يُسَد المصرف أو يسمح بتدفق محدود بغض النظر عن مدى نفاذيته الظاهرة. قد يسمح الصنبور بتدفق الماء بقوة خرطوم إطفاء الحرائق. بعض هذه المؤشرات خارجة عن تحكمنا وغير قابلة للتغيير، وبعضها متغير ويتضمن مواضع تدخل شائعة.

تأمل الدَّيْن القومي. قد يبدو غريبًا كمخزون؛ فجوة مالية. العجز السنوي هو مُعدل تعمُّق الفجوة. الدخل من الضرائب يقلص الفجوة، والنفقات الحكومية توسعها. يقضي الكونجرس والرئيس معظم وقتهم في مناقشة مؤشرات زيادة أو نقص حجم الفجوة أو عمقها، (الإنفاق والضرائب). بما أن تلك التدفقات مرتبطة بنا نحن الناخبين، فإن هذه المؤشرات لها بُعد سياسي.

لكن، بغض النظر عن الاحتفال بإطلاق الألعاب النارية، وبغض النظر عن الطرف الفائز في الانتخابات، فإن هذه الفجوة المالية تتعمق باستمرار منذ سنوات، بمعدلات مختلفة فحسب.

لمعادلة تلوث الهواء الذي نتنفسه، تضع الحكومة معايير تُسمى معايير جودة الهواء المحيط. لضمان بعض الثبات لمخزون الغابات من الأشجار (أو تدفق الأموال لشركات قطع الأشجار)، تضع الحكومة حدًّا لحجم عمليات قطع الأشجار سنويًّا. تُعدِّل الشركات مؤشرات كمعدلات الأجور وأسعار المنتجات، مع التركيز على الحد الأدنى لمستوى الأرباح، كنظام حوض الاستحمام.

مساحة الأرض التي نستبقي أشجارها كل عام، الحد الأدنى للأجور، كم ننفق على أبحاث الإيدز أو الطائرات الحربية، الرسوم التي يقتطعها البنك من حسابك مقابل خدمات؛ كل هذه المؤشرات المتغيرة مجرد تعديلات على الصنابير. هذا يشبه فصل الموظفين وتوظيف أشخاص جدد، بما في ذلك المسؤولون السياسيون. قد يؤدي تحكم أيدٍ مختلفة في الصنابير إلى تغيير معدلات عملها، ولكن مع استخدام نفس الصنابير القديمة، ودمجها في نفس النظام القديم، وتشغيلها وفقًا لنفس المعلومات والأهداف والقواعد القديمة، فإن سلوك النظام لن يتغير كثيرًا. كان انتخاب بيل كلينتون مختلفًا بالتأكيد عن انتخاب جورج بوش الأب، لكنه لم يُحدِث اختلافًا دراماتيكيًّا، نظرًا لأن عمل كل منهما كرئيس مرتبط بنفس النظام السياسي. (تغيير طريقة تدفق الأموال في هذا النظام سيُحدِث فارِقًا كبيرًا -لكنني لن أستبق عناصر هذه القائمة).

تظهر الأعداد، وأحجام التدفقات، بقوة على طول قائمتي للتدخلات المؤثرة في الأنظمة. التحايُل على التفاصيل، هو مجرد حجز لكراسي أنيقة على سطح السفينة تايتانيك. قد يتجه 90 أو 95، بل 99% من انتباهنا نحو المؤشرات، ولكنها غير مؤثرة بشكل كبير.

هذا لا يعني أن المؤشرات ثانوية، قد تكون كذلك، خاصة على المدى القصير وبالنسبة إلى من يتأثر بالتدفق مباشرةً. يهتم الناس بشدة بمتغيرات كالضرائب والحد الأدنى للأجور، فيخوضون معارك شرسة بخصوصها. لكن نادرًا ما يغير أي تعديل يطرأ على هذه المتغيرات من سلوك نظام الاقتصاد القومي. لو أصاب النظام ركودًا مزمنًا، فنادرًا ما يؤدي تغيير المؤشرات إلى تنشيطه. إذا كان النظام متذبذبًا بشكل كبير، فإنها تعجز عن إعادة استقراره. إذا خرجت معدلات نموه عن السيطرة، فلن تستطيع هذه المتغيرات كبحها.

تقنين الحد الأقصى للمساهمات المالية في الحملات الانتخابية، لا يضمن نزاهة المشاركة السياسية. تلاعُب بنك الاحتياطي الفيدرالي بسعر الفائدة لم يحُد من تقلبات دورات الأعمال

التجارية. ننسى ذلك في أثناء فترات الصعود، فيصدمنا حدوث الانكماش أو الركود. بعد عقود من تطبيق أشد معايير تلوث الهواء صرامة في العالم، أصبح هواء لوس أنجلوس أقل تلوثًا، لكنه ليس نقيًّا. إنفاق المزيد من الموازنة العامة على الشرطة لا يمنع الجريمة.

نظرًا لأنني على وشك تقديم بعض الأمثلة التي تعمل فيها المؤشرات كنقاط نفوذ، سأعلق تحذيرًا كبيرًا هنا: تصبح المؤشرات نقاط نفوذ مؤثرة في النظام حين تصل إلى مُعدلات تُمَكنها من التأثير على أحد العناصر المُتقدمة عليها في هذه القائمة. معدلات الفائدة، على سبيل المثال، أو معدلات المواليد، تتحكم في المكاسب حول حلقات التغذية الراجعة المُعزِّزة. يصبح هدف النظام هو تحقيق مؤشرات يمكنها إحداث اختلافات كبيرة.

مثل هذه الأرقام الحرجة ليست شائعة كما يظنها البعض. تطورت معظم الأنظمة أو صُممت لتظل بعيدًا عن نطاق المؤشرات الحرجة. في الغالب، لا تستحق الأرقام الجهد المبذول لتحقيقها.

هذه قصة أرسلها لي صديق عبر الإنترنت توضح هذه النقطة:

«حين أصبحتُ مالكًا لعقار، قضيتُ وقتًا طويلًا وبذلت جُهدًا كبيرًا لتقدير قيمة الإيجار «العادل». حاولت التفكير في جميع المتغيرات، بما في ذلك الدخل النسبي للمستأجرين، ودخلي واحتياجاتي من التدفق النقدي، ومصروفات الصيانة وتكاليف الإنشاءات، وحقوق الملكية مقابل جزء الفائدة من مدفوعات الرهن العقاري، وتقدير قيمة ما أستحقه مقابل متابعة شؤون العقار، إلخ.

لم أعرف إلى من أتوجه بسؤالي. أخيرًا ذهبت إلى متخصصة في تقديم المشورة المالية. قالت: «إنك تتصرف كما لو أن هناك خطًّا رفيعًا تتحقق عنده عدالة الإيجار، وأي تجاوز لهذا الخط بالزيادة أو النقصان سيدمر حياة المستأجر أو حياتك. في الواقع، توجد منطقة رمادية واسعة تعقِد فيها أنت والمستأجر صفقة جيدة، أو على الأقل صفقة عادلة. تخلَّص من القلق وواصِل حياتك» 4.

11 . أحجام المخزونات المستقرة مقارنةً بتدفقاتها (الاحتياطي)

تخيَّل حوض استحمام ضخمًا ذا تدفقات بطيئة للداخل وللخارج. ثم تخيَّل حوضًا آخر صغيرًا ذا تدفقات سريعة جدًّا. هذا هو الفرق بين البحيرة والنهر. تسمع عن كارثية فيضانات الأنهار أكثر من فيضانات البحيرات، لأن المخزونات الكبيرة، مقارنةً بتدفقاتها، تكون أكثر استقرارًا من

المخزونات الصغيرة. في الكيمياء والمجالات الأخرى، يُعرف المخزون الكبير المستقر باسم الاحتياطي.

قدرة المخزونات الاحتياطية على حفظ الاستقرار هي مُبرر احتفاظك بالمال في البنك بدلًا من الاعتماد على تدفق الأموال في جيبك، واحتفاظ المتاجر بمخزونٍ يكفيها لفترة طويلة بدلًا من طلب مخزون جديد كلما خرج العملاء بالمخزون القديم من باب المتجر. لهذا السبب نحتاج إلى الحفاظ على أكثر من الحد الأدنى لتكاثر الأنواع المهددة بالانقراض. تعتبر التربة في شرق الولايات المتحدة أكثر حساسية للمطر الحمضي من التربة في الغرب، لأنها لا تحتوي على مخزون كبير من الكالسيوم لمعادلة الحمض.

يمكنك تثبيت حالة النظام عن طريق زيادة المخزون الاحتياطي5. ولكن إذا كان المخزون الاحتياطي ضخمًا، فسيفقد النظام مرونته، ويتفاعل ببطء شديد. كما أن بعض أنواع المخزونات المؤقتة الضخمة، كخزانات المياه أو مخزونات البضائع، تُكلف الكثير لبنائها أو تجديدها. ابتكرت الشركات أسلوب «المخزون في حينه(5)»، لتصورهم أن التعرض للتقلبات أو الأخطاء أقل تكلفة من الاحتفاظ بمخزونات محددة -ولأن المخزونات الصغيرة سريعة النفاد، تسمح بمرونة أكبر في الاستجابة للطلب المتغير.

(5) أحد أشكال إدارة المخزون يتطلب متابعة الموردين بدقة بحيث تصل المواد الخام مع بدء عملية الإنتاج، لا قبلها. الهدف هو الحصول على الحد الأدنى من المخزون لتلبية الطلب، ويضمن للشركة وجود مخزون كافٍ لإنتاج ما تحتاج إليه فقط، عندما تحتاج إليه. تسمح هذه الطريقة للشركات بتوفير مبالغ كبيرة من تكاليف التخزين والتأمين والحد من الهدر، كما يقلل تكلفة تصفية أو تجاوز المخزون الزائد. (المترجمة).

يُعتبر تغيير حجم المخزونات الاحتياطية نقطة نفوذ، وتأثيرها سحري أحيانًا. لكن كثيرًا ما تكون هذه المخزونات كيانات مادية، يصعُب تغييرها. إن قدرة التربة الشرقية على امتصاص الأحماض ليست موضع تأثير يمكن العمل عليه لتخفيف أضرار المطر الحمضي. يتم تحديد السعة التخزينية للسد مع صب الخرسانة. لذلك لم أضع المخزونات الاحتياطية في مكان متقدم من قائمة نقاط النفوذ.

10. الأنظمة المادية ونقاط تقاطعها (الهياكل ذات المخزون والتدفقات)

قد يكون لهيكل الأنابيب، ذي المخزون والتدفقات وترتيبها المادي، تأثير هائل على كيفية عمل النظام. صُمم نظام شبكة الطرق المجرية بطريقة تُجبر كل من ينتقل من أحد جانبي البلاد إلى

الجانب الآخر على المرور عبر وسط بودابست، الأمر الذي تسبب في تلوث الهواء والتكدسات المرورية التي لا يمكن إصلاحها بسهولة عن طريق أجهزة التحكم في التلوث وإشارات المرور، أو تحديد السرعة.

الطريقة الوحيدة لإصلاح نظام ذي تصميم معيب هي إعادة بنائه، إذا أمكنك ذلك. ابتكر أموري لوفينز وفريقه بمعهد روكي ماونتن طُرقًا عجيبة للحفاظ على الطاقة من خلال تقويم الأنابيب المنحنية وتوسيع الأنابيب الضيقة. إذا أجرينا تحديثات مماثلة على توصيلات الكهرباء في جميع المباني في الولايات المتحدة، يمكننا الاستغناء عن الكثير من محطات توليد الطاقة الكهربائية.

لكن غالبًا ما تكون إعادة البناء المادي هي أبطأ وأغلى التعديلات الممكن إحداثها في النظام. بعض هياكل المخزون والتدفق مُجردة وغير قابلة للتغيير. أدى الانفجار السكاني في الولايات المتحدة بين عامي 1945 و1964 إلى الضغط على نظام المدارس الابتدائية في البداية، ثم المدارس الثانوية، ثم الكليات، ثم الوظائف والإسكان، والآن نحن ندعم تقاعد مواليد تلك الفترة. لا نملك الكثير لفعله حيال ذلك، لأن الأطفال في الخامسة من العمر يكبرون، ويصبحون في السادسة، ثم يبلغون الرابعة والستين ثم الخامسة والستين بشكل متوقع ولا يمكن إيقافه. يمكن قول الشيء ذاته عن عمر جزيئات الكلوروفلوروكربون المدمِّرة في طبقة الأوزون، وعن معدل جرف الملوثات من طبقات المياه الجوفية، وعن حقيقة أن السيارات الضعيفة تخرج من الخدمة خلال فترة تتراوح بين عشرة وعشرين عامًا من الاستخدام.

يُعتبر الهيكل المادي عنصرًا حيويًّا في النظام، ولكنه نادرًا ما يكون نقطة نفوذ مؤثرة، إذ نادرًا ما يكون تغييره سريعًا أو بسيطًا. نقطة التأثير هي التصميم المناسب من البداية. بعد بناء الهيكل، تكون نقطة النفوذ المؤثرة فعلًا هي فهم حدوده ومعوقاته، واستخدامه بأقصى كفاءة ممكنة، وتحجيم التقلبات أو التوسعات التي تستنزف قدرته.

9. طول الفواصل الزمنية وعلاقتها بمعدلات تغير النظام (التأخيرات)

تعتبر التأخيرات في حلقات التغذية الراجعة من المُحددات الأساسية لسلوك النظام، ومن الأسباب الشائعة لحدوث التذبذبات. إذا كنت تحاول ضبط مخزون متجرك ليفي باحتياجاتك، وتأخرت المعلومات حول حالة المخزون، فإنك إما ستتجاوز ما تريد تحقيقه أو تتأخر عنه. ينطبق الشيء نفسه على توقيت استجابتك، مع وصول المعلومات في الوقت المناسب. على

سبيل المثال، يستغرق بناء محطة طاقة كهربائية عدة سنوات قد تصل إلى ثلاثين عامًا. هذه التأخيرات تجعل بناء العدد المناسب من محطات توليد الطاقة لتلبية الطلب على الكهرباء، سريع التغير، مُستحيلًا. حتى مع جهود التنبؤ الهائلة، يعاني مجال الكهرباء في العالم من تذبذبات كبرى بين فرط إنتاج الطاقة ونقص الطاقة. لا يستطيع أي نظام الاستجابة للتغييرات قصيرة المدى بينما تحكمه فواصل زمنية طويلة. هذا هو السبب في ضعف أداء الأنظمة الضخمة التي تعتمد على التخطيط المركزي، كالاتحاد السوفييتي أو جنرال موتورز.

حين ندرك أهمية التأخيرات، فإننا نراها أينما نظرنا وننتبه إليها. على سبيل المثال، الفاصل الزمني بين تراكم الملوثات في التربة وتسربها للمياه الجوفية؛ أو بين ولادة الطفل والوقت الذي يصير فيه هذا الطفل قادرًا على إنجاب طفل؛ أو بين أول اختبار ناجح لتقنية جديدة ووقت تطبيق هذه التقنية في جميع مجالات الاقتصاد؛ أو الوقت الذي يستغرقه السعر لمواءَمة تباينات العرض والطلب.

تُعد الفواصل الزمنية أمرًا بالغ الأهمية ضمن عملية التغذية الراجعة فيما يتعلق بمعدلات تغيير المخزونات التي تحاول حلقة التغذية الراجعة التحكم فيها. تتسبب الفواصل الزمنية القصيرة جدًّا في رد فعل مبالغ فيه، ما يشبه «دوران الفأر حول ذيله»، تتضخم التذبذبات بسبب توتر رد الفعل. تتسبب الفواصل الزمنية الطويلة جدًّا في حدوث تذبذبات خفيفة أو ثابتة أو مفاجئة، اعتمادًا على مدة الفاصل الزمني. التأخيرات الأطول مما ينبغي في نظام له حد، أو نقطة تهديد، أو مدى معين قد يُحدِث تجاوزه ضررًا لا يمكن إصلاحه، قد تتسبب في تطرف سلوك النظام أو انهياره.

وددتُ إدراج التأخيرات في موضع متقدم ضمن قائمة أهم نقاط النفوذ المؤثرة على النظام، وتمنعني صعوبة تعديل الفواصل الزمنية في كثير من الأحيان. تستغرق الأمور الوقت اللازم لها. لا يمكنك التأثير على الزمن اللازم لبناء مشروع ضخم، أو بلوغ طفل، أو نمو أشجار الغابة. عادة ما يكون إبطاء معدل التغيير هو الحل الأسهل، كي لا تسبب التأخيرات الحتمية في حلقات التغذية الراجعة مشكلات كبرى للنظام. هذا ما يجعل معدلات النمو تسبق التأخيرات في قائمة نقاط النفوذ.

وهذا هو السبب في أن إبطاء النمو الاقتصادي يمثل نقطة نفوذ ذات تأثير أكبر من التطور التكنولوجي الأسرع أو أسعار السوق الأكثر حرية في نموذج فورستر العالمي. هذه محاولات

لتسريع عملية المواءمة. لكن مخزون رأس المال المادي في العالم، بمصانعه ومراجِله، والمظاهر الملموسة لتقنياته الناجحة، لا يتغير بسرعة كبيرة، حتى في مواجهة الأسعار الجديدة أو الأفكار الجديدة. والأسعار والأفكار لا تتغير على الفور أيضًا، عالميًّا على الأقل. إن إبطاء النظام يضمن التأثير على التقنيات والأسعار ودفعها لمواكبة التغيير، أكثر مما تضمنه الرغبة في التخلص من التأخيرات.

لكن إذا تضمَّن نظامك تأخيرات قابلة للتعديل، فقد يكون لتعديلها تأثيرات كبرى، مع التأكد من أنك تحركها في الاتجاه الصحيح. على سبيل المثال، يُنتِج الحد من تأخر وصول المعلومات وتحويل الأموال في الأسواق المالية انقلابات جامحة.

8. قوة حلقات التغذية الراجعة وارتباطها بالآثار التي تحاول تصحيحها (حلقات التغذية الراجعة الموازِنة)

ننتقل الآن من المكونات المادية للنظام إلى المعلومات والأجزاء المسؤولة عن التحكم، حيث نجد العديد من نقاط النفوذ.

تظهر حلقات التغذية الراجعة الموازِنة في كل مكان من الأنظمة. تُطورها الطبيعة ويبتكرها البشر كضوابط للحفاظ على مستويات المخزونات المهمة ضمن حدود آمنة. حلقة موازَنة الثرموستات مثال كلاسيكي، الغرض منها هو الحفاظ على ثبات مخزون النظام «درجة حرارة الغرفة» بالقرب من المستوى المطلوب. تتكون أي حلقة تغذية راجعة موازِنة من هدف (إعدادات الثرموستات)، وجهاز مراقبة وإشارات لاكتشاف الانحراف عن الهدف (الثرموستات)، وآلية استجابة (المَوقِد و/ أو مكيف الهواء، والمراوح، والمضخات، والأنابيب، والوقود، إلخ).

يحتوي النظام المعقد على العديد من حلقات التغذية الراجعة الموازِنة تُمَكنه من إجراء التصحيح الذاتي في ظل ظروف وتأثيرات مختلفة. بعض هذه الحلقات لا تكون نشطة طوال الوقت -كنظام التبريد الذي ينشط في حالات الطوارئ بمحطات الطاقة النووية، أو قدرة جسدك على التعرق أو الارتعاش للاحتفاظ بدرجة حرارته. لكن وجودها حيوي لصالح النظام على المدى الطويل.

أحد الأخطاء التي نرتكبها هو تنحية آليات استجابة النظام للطوارئ لأنها لا تُستخدم أغلب الوقت وتبدو مُكلفة. على المدى القصير، لا نرى لها أي منفعة ضرورية. على المدى الطويل،

نُضيق نطاق سُبُل نجاة النظام. أحد أكثر الأمثلة المُفجعة على ذلك هي التعدي على المَواطِن الطبيعية للأنواع المهددة بالانقراض، أو التعدي على وقتنا الذي نخصصه للراحة الشخصية والاستجمام والتواصل الاجتماعي الفعلي والتأمل.

تعتمد قوة حلقة الموازَنة، أو قدرتها على الحفاظ على حجم مخزونها الذي تستهدفه أو بالقرب منه، على جميع المؤشرات والروابط -دقة وسرعة المراقبة، وسرعة وقوة الاستجابة، وحجم التدفقات التصحيحية ومباشرتها. تظهر بعض نقاط النفوذ هنا أحيانًا.

يُقدس العديد من الاقتصاديين أنظمة التغذية الراجعة الموازِنة في الأسواق، على سبيل المثال. يعتبرونها معجزة التصحيح الذاتي، حيث تختلف الأسعار لتناسب العرض والطلب وتحفظ توازنهما. يُعد السعر من المعلومات الجوهرية التي توجِّه كلًّا مِن المُنتجِين والمستهلكين. كلما كان السعر محددًا بوضوح وأمانة وملائمًا لزمن ظهور السلعة، زادت سلاسة عمل الأسواق. الأسعار التي تعكس التكاليف كاملة للمستهلكين هي التي تتيح لهم تحديد ما يمكنهم تحمله من نفقات وتعود بالأرباح على المنتجين الأكفاء. تنجذب الشركات والحكومات إلى التحكم في الأسعار كنقطة نفوذ مؤثرة، ولكن تدفعها بقوة في الاتجاه الخاطئ، في كثير من الأحيان، من خلال الإعانات والضرائب وأشكال أخرى من الإجراءات المرتبكة.

تُضعِف هذه التعديلات والتدخلات قوة التغذية الراجعة لمؤشرات السوق عن طريق تحريف المعلومات لصالحها. نقطة التأثير الحقيقية هنا هي منعهم من فعل ذلك. ومن هنا تظهر أهمية قوانين مكافحة الاحتكار، وقوانين ضمان صِحة الإعلانات، ومحاولات استيعاب التكاليف داخليًّا (كرسوم معالجة التلوث)، وإلغاء الإعانات ذات الآثار السلبية (كالتي تدعم مصائد الأسماك، وحقول التعدين بغض النظر عن التزامها البيئي)، والأساليب المختلفة لتحقيق العدالة السوقية.

إن تقوية إشارات السوق وتوضيحها، كحساب التكلفة الكاملة، غير متحققة بشكل كبير هذه الأيام، بسبب إضعاف حزمة أخرى من حلقات التغذية الراجعة الموازِنة؛ حلقات الديمقراطية. وُضِعَ هذا النظام العظيم لخلق حلقات تغذية راجعة مسؤولة عن التصحيح الذاتي بين الشعوب وحكوماتهم. حين يطلِع الناس على أفعال مرشحيهم المنتخبين، يصوتون لبقاء هؤلاء في مناصبهم أو لإقالتهم. تعتمد هذه العملية على التدفق الحر والكامل والمُحايد للمعلومات بين الناخبين والقادة. تُنفَق مليارات الدولارات لتقييد تدفق المعلومات الواضحة والسيطرة عليه وتوجيهه. حين يحظى المستفيدون من تحريف مؤشرات أسعار السوق بسُلطة التأثير على القادة

الحكوميين، ويُسمح لموزعي المعلومات بأن يكونوا شركاء مهتمين بمصالحهم الخاصة، لن تعمل حلقات التغذية الراجعة الموازِنة الضرورية بفعالية، فينهار كلٌّ من السوق والديمقراطية.

تُقاس أهمية قوة حلقة التغذية الراجعة الموازِنة بناءً على الأثر الذي صُمِّمَت لتصحيحه. كلما زادت قوة هذا الأثر، تَوَجَّب تعزيز حلقات التغذية الراجعة أيضًا. قد ينجح نظام الثرموستات في الحفاظ على حرارة الغرفة في يومٍ شتويٍّ بارد، لكن لو فتحتَ جميع النوافذ فلن تتناسب قدراته التصحيحية مع تغير درجة الحرارة المفروض على النظام من الخارج. تعمل الديمقراطية بشكل أفضل من دون قدرة الخطابات الجماهيرية المركزية على غسيل الدماغ. كانت الضوابط التقليدية على الصيد كافية إلى أن أتاح الكشفُ بالسونار والشِّباك العائمة وغيرها من التقنيات لبعض الجهات مواصلةَ الصيد حتى آخر سمكة في المنطقة المستهدفة. تستلزم القوى الكبرى للصناعة قوى حكومية كبرى أيضًا لكبح جماحها؛ اللوائح العالمية ضرورية لإدارة الاقتصاد العالمي.

أمثلة أخرى على تعزيز ضوابط التغذية الراجعة الموازِنة لتحسين قدرة النظام على التصحيح الذاتي:

- الطب الوقائي والتمارين الرياضية والتغذية الجيدة لتعزيز قدرة الجسم على محاربة المرض.
- المكافحة المتكاملة والذكية لآفات المحاصيل بتشجيع مفترساتها الطبيعية.
- قانون حرية إتاحة المعلومات لتقليص السلوك المتكتِّم للحكومة.
- أنظمة المراقبة للإبلاغ عن الأضرار البيئية.
- حماية المُبلِغين عن المخالفات.
- الرسوم المفروضة وضرائب التلوث وسندات ضمان حُسن التنفيذ لتعويض التكاليف التي تتحملها الدولة لإصلاح ما تتسبب به المنافع الخاصة.

7. السيطرة على الحلقات المُحرِّكة (حلقات التغذية الراجعة المُعزِّزة)

تعمل حلقة التغذية الراجعة الموازنة للتصحيح الذاتي، بينما تعمل حلقة التغذية الراجعة المُعَزِّزة للدعم الذاتي. كلما نجحت، زادت قدرتها على النجاح وتوجيه سلوك النظام في اتجاه واحد. كلما زاد عدد المصابين بالأنفلونزا، زادت فرص نقلهم العدوى لآخرين. كلما زاد عدد المواليد، زاد عدد البالغين ممن يُنجبون أطفالًا. كلما زاد المال في حسابك البنكي، زادت الفائدة

التي تكسبها، وزادت الأموال في حسابك البنكي. مع استمرار تآكل التربة، يقل الغطاء النباتي الذي تدعمه هذه التربة. فتقل الجذور والأوراق المقاومة للمطر وينجرف السطح، فيزداد تآكل التربة. وكلما زاد عدد النيوترونات عالية الطاقة في الكتلة الحرجة، اصطدمت بالنويَّات أكثر فتتولد المزيد من النيوترونات عالية الطاقة، مما يؤدي إلى انفجار نووي أو انصهار نووي.

تتسبب حلقات التغذية الراجعة المُعزِّزة في نمو أو انفجار أو تآكل أو انهيار الأنظمة. إن النظام الذي يحتوي على حلقة تعزيز طليقة سيدمر نفسه في النهاية. هذا هو سبب نُدرتها. تواجهها حلقة الموازَنة عاجلًا أم آجلًا. سيقضي الوباء على المصابين بالعدوى أو يتخذ الناس احتياطات أكثر فعالية لتجنب الإصابة. سيرتفع معدل الوفيات ليوازن معدل المواليد، أو سيدرك الناس عواقب النمو السكاني غير الخاضع للرقابة فينجبون أطفالًا أقل. سيستمر تآكل التربة حتى تتحول إلى صخر الأديم، وبعد مليون سنة سيتناثر صخر الأديم مكونًا تربة جديدة، أو سيمتنع الناس عن الرعي الجائر، ويقيمون السدود، ويزرعون الأشجار، ويوقفون حلقة تعرية التربة.

في كل هذه الأمثلة، تُمَثِّل النتيجة الأولى ما سيحدث إذا استمرت حلقة التعزيز في مسارها، والثانية ما سيطرأ مع حدوث تدخل لتحجيم قُدرتها على التضاعُف الذاتي. إن إعاقة حلقة التعزيز، أو إبطاء نموها، تُعد نقطة تدخُّل في الأنظمة أشد تأثيرًا من دعم حلقات الموازَنة، وأفضل بالطبع من ترك حلقة التعزيز تواصل عملها.

تُعتبر معدلات النمو السكاني والاقتصادي نقاط تدخُّل مؤثرة في النموذج العالمي، لأن إعاقتها تمنح العديد من حلقات الموازَنة الوقت اللازم للعمل، من خلال التكنولوجيا والأسواق واستراتيجيات المواءمة الأخرى (وكلها تحكمها حدود وتأخيرات). هذا يشبه إبطاء السيارة في أثناء القيادة حين تُدرك تخطيك للسرعة الآمنة، بدلًا من البحث عن سيارات بفرامل سريعة الاستجابة أو تطورات تقنية لتحكُّم أكبر في أثناء القيادة.

تَظهر حلقات التغذية الراجعة المُعزِّزة في المجتمع لتكافئ الفائزين في المنافسة بموارد تساعدهم على تحقيق المزيد من الفوز في المرة القادمة -فخ «النجاح للناجحين». يجمع الأثرياء الفائدة البنكية، ويدفعها الفقراء. يدفع الأغنياء للمحاسبين ويعتمدون على السياسيين لتخفيض ضرائبهم، ولا يستطيع الفقراء فعل ذلك. يمنح الأغنياء أبناءهم ميراثًا كبيرًا وتعليمًا جيدًا. تعمل برامج مكافحة الفقر كحلقات موازَنة ضعيفة في مواجهة تلك التعزيزات القوية، بينما سيكون من الأفضل والأكثر فعالية العمل على تحجيم حلقات التعزيز. هذا ما تهدف إليه ضريبة الدخل

التصاعدية، وضريبة الميراث، وبرامج التعليم العام الشاملة عالية الجودة. إذا كان بإمكان الأثرياء التأثير على الحكومة لإضعاف تلك الإجراءات بدلًا من تقويتها، فإن الحكومة نفسها !تتحول من هيكل موازِن إلى هيكل يدعم سياسة النجاح للناجحين

ابحث عن نقاط التأثير في معدلات المواليد، وأسعار الفائدة، ومعدلات تآكل التربة، وحلقات «النجاح للناجحين»، وفي أي مكان يدعم فرصة الحصول على المزيد كلما امتلكتَ أكثر.

6. هيكل إتاحة الوصول إلى المعلومات (تدفقات المعلومات)

في الفصل الرابع درسنا قصة عداد الكهرباء في المجمع السكني الهولندي، حيث ثُبِّتَت العدادات في أقبية بعض المنازل، وفي الصالات الأمامية لمنازل أخرى. مع عدم وجود اختلافات أخرى بين المنازل، كان استهلاك الكهرباء أقل بنسبة 30% في المنازل التي تم تركيب عداداتها في موضع مكشوف من الصالة الأمامية.

أُحب هذه القصة لأنها مثال على نقطة نفوذ عالية التأثير في هيكل معلومات النظام. لم يحدث تعديل للمؤشر، ولا تعزيز أو إضعاف لحلقة التغذية الراجعة القائمة. إنها حلقة جديدة لتوصيل التغذية الراجعة إلى مكان لم تكن تصل إليه من قبل.

يُعد ضياع المعلومات أحد الأسباب الأكثر شيوعًا لحدوث خلل في النظام. يُعَد إدخال المعلومات أو استعادتها تدخُّلًا قويًّا، وهو أسهل بكثير وأرخص من إعادة هيكلة البنية التحتية المادية. تتحقق تراجيديا المشاعات بتدمير مصايد الأسماك في العالم بسبب قلة التغذية الراجعة المتعلقة بحالة تجمعات الأسماك وقرارات الاستثمار في سفن الصيد. وبعكس الرأي الاقتصادي، لا يوفر سعر الأسماك هذه المعلومات. عندما تصبح الأسماك أشد ندرة، يرتفع سعرها، وبالتالي يُحقِّق اصطياد ما تبقى من الأسماك ربحًا أكبر. هذه تغذية راجعة عكسية، حلقة تعزيز مدمِّرة. لا نحتاج إلى معلومات عن الأسعار بل عن كثافة الأسماك.

من المهم إعادة توجيه التغذية الراجعة المفقودة إلى المكان المناسب وبشكل مقنع. لنعرض مثالًا آخر من تراجيديا المشاعات. لا يكفي إبلاغ جميع مستخدمي طبقة المياه الجوفية بانخفاض مستوى المياه الجوفية، قد يدفعهم هذا للتسابق على الحفر نحو القاع. لكن ضبط تكلفة المياه لتتصاعد مع تجاوُز معدل الضخ لمعدل إعادة تجمُّع المياه في باطن الأرض سيكون أكثر فعالية.

يسهُل العثور على أمثلة أخرى مُقنِعة للتغذية الراجعة. لنفترض أن دافعي الضرائب قد حددوا في إقراراتهم الضريبية الخدمات الحكومية التي يجب إنفاق مدفوعات ضرائبهم عليها. ديمقراطية راديكالية! لنفترض أن أي مدينة أو شركة ثبتت مواسير لسحب المياه من نهر في اتجاه مجراه، يجب عليها تثبيتها في مكان يسبق مواسير ضخها لمياه الصرف الصحي على نفس المجرى. لنفترض أن أي مسؤول عام أو خاص اتخذ قرارًا للاستثمار في محطة للطاقة النووية، ودفنت هذه المحطة نفاياتها في حديقة بيته. لنفترض أن السياسيين الذين أعلنوا الحرب أُلزِموا بقضاء تلك الحرب على الخطوط الأمامية من الجبهة.

يميل البشر لتجنُّب المساءلة على قراراتهم. هذا سبب ضياع الكثير من حلقات التغذية الراجعة، والشعبية التي يحظى بها هذا النوع من مواضع التدخل لدى الجماهير، ولا يحظى بمثلها لدى السُّلطات، وفعَاليته إذا حصلتَ على الصلاحيات التي تسمح لك بالتدخل أو الالتفاف على الصلاحيات والوصول إلى المعلومات على أي حال.

5. الحوافز والعقوبات والقيود (القوانين)

تحدد قواعد النظام مجاله، وحدوده، ودرجات حرية التصرف. لا تقتل. لكل فرد الحق في حرية التعبير. يجب احترام العقود. يترشح الرئيس لفترة رئاسية مدتها أربع سنوات ويُحظَر ترشحه لأكثر من فترتين. يتكون فريق البيسبول من تسعة لاعبين، عليك لمس كل قاعدة، ثلاث ضربات متتالية للكرة وستُطرَد من الملعب. إذا قُبِض عليك متلبسًا بسرقة بنك، فستذهب إلى السجن.

وصل ميخائيل جورباتشوف إلى السلطة في الاتحاد السوفييتي وأتاح تدفق المعلومات وغيَّر القواعد الاقتصادية، فشهد الاتحاد السوفييتي تحولًا هائلًا.

الدساتير هي أقوى الأمثلة على القواعد الاجتماعية. القوانين الفيزيائية مثل القانون الثاني للديناميكا الحرارية هي قواعد مُطلقة، بغض النظر عن إعجابنا بها أو فهمنا لها. القوانين والعقوبات والحوافز والاتفاقيات العُرفية هي قواعد مرتبة من الأقوى للأضعف.

لإثبات قوة القوانين، أُكلفُ طلابي بوضع تصور لقواعد مختلفة لسير عمل الكلية. افترِض أن الطلاب هم من يمنحون الدرجات للأساتذة أو لبعضهم بعضًا. لنفترض عدم وجود شهادات: تلتحق بالكلية حين تريد تعلُّم شيء ما، ثم تغادر حين تتعلمه. لنفترض أن المناصب تُمنح

للأساتذة وفقًا لقدرتهم على حل مشكلات العالم الحقيقي، بدلًا من نشر الأوراق الأكاديمية. لنفترض أن فصلًا ما تم تقييمه للحصول على درجة علمية كمجموعة، لا كأفراد.

بينما نحاول تخيُّل القوانين بعد إعادة هيكلتها وتخمين سلوكنا في ظلها بعد التعديل، نفهم قوة القوانين. إنها نقاط تدخُّل بالغة التأثير في النظام. القوى المسيطرة على القانون هي قوى حقيقية. هذا يفسر ظهور جماعات الضغط في أثناء سَن قانون في الكونجرس، وتَمَتُّع المحكمة العليا، التي تكتب وتفسر الدستور -قانون كتابة القوانين- بسلطة أعلى من الكونجرس. إذا أردتَ فهم أعمق عيوب نظام، فانتبِه لقوانينه ومن لهم سُلطة عليها.

لهذا السبب أطلقَ حدسي النُّظُمي أجراس إنذار عندما شُرِحَ لي نظام التجارة العالمي الجديد، الذي صَمَّمت قوانينه الشركات، وتديره الشركات، لصالح الشركات. تستبعد قوانينه أي تغذية راجعة من أي قطاع آخر في المجتمع تقريبًا. معظم اجتماعاته مغلقة حتى في وجه الصحافة (ما يمنع تدفق المعلومات والتغذية الراجعة). يجبر هذا النظام الدول على حلقات تعزيز «السباق نحو القاع»، والتنافس بعضها مع بعض لإضعاف الضمانات البيئية والاجتماعية لجذب استثمارات الشركات. إنها وصفة مثالية لإطلاق العنان لحلقات «النجاح للناجحين»، التي تُولِّد تراكمات هائلة للسُّلطة وأنظمة ضخمة مركزية التخطيط ستدمر نفسها.

4. القدرة على تغيير أو تطوير هيكل النظام أو إضافة بعض العناصر إليه (التنظيم الذاتي)

إن أعجب ما يمكن أن تفعله الأنظمة الحيوية وبعض الأنظمة الاجتماعية هو التحوُّل الكامل من خلال بناء هياكل وسلوكيات جديدة تمامًا. في الأنظمة البيولوجية تسمى هذه القدرة بالتطور. في الاقتصاديات البشرية يطلق عليها التقدم التقني أو الثورة الاجتماعية. بلغة الأنظمة يطلق عليها التنظيم الذاتي.

التنظيم الذاتي هو تغيير أي عنصر من عناصر النظام السابقة في هذه القائمة، كإضافة هياكل مادية جديدة تمامًا، كالعقول أو الأجنحة أو أجهزة الكمبيوتر، أو إضافة حلقات موازَنة أو حلقات تعزيز جديدة، أو وضع قوانين جديدة. القدرة على التنظيم الذاتي هي أقوى صور مرونة النظام. يستطيع النظام القابل للتطور أن يصمد أمام أي تغيير تقريبًا بقدرته على التغيُّر. يتمتع جهاز

المناعة البشري بالقدرة على ابتداع طرائق جديدة لمواجهة بعض أنواع العدوى التي لم يواجهها من قبل. يستطيع الدماغ البشري أن يتلقى معلومات جديدة ويخرج بأفكار جديدة تمامًا.

تبدو قوة التنظيم الذاتي عجيبة لدرجة أننا نميل إلى اعتبارها غامضة، أو إعجازية، أو مُرسلة من السماء. يصمم خبراء الاقتصاد نماذج التقنيات على أنها سحر؛ تظهر من العدم، ولا تكلف شيئًا، وتزيد من إنتاجية الاقتصاد بنسبة مئوية ثابتة كل عام. ظل الناس ينظرون لتنوع الطبيعة المذهل بنفس الرهبة لقرون. لا يقدِر على مِثل هذا الخَلق البديع إلا خالق إلهي.

تكشف الدراسة المتعمقة للأنظمة ذاتية التنظيم أن الخالق الإلهي، في حالة وجودِه، ليس مضطرًا لخلق معجزات تطورية، عليه خلق قواعد ذكية ومدهشة للتنظيم الذاتي فحسب. تحكُم هذه القواعد بشكل أساسي كيف وأين وماذا يمكن للنظام أن يضيف إلى نفسه أو يطرح عن نفسه وفي ظل أي ظروف. كما تَبيَّن من مئات النماذج الحاسوبية ذاتية التنظيم، قد تنشأ أنماط معقدة وجذابة من عدة قوانين بسيطة. تحتوي الشفرة الجينية داخل الحمض النووي التي تشكل أساس التطور البيولوجي على أربعة أحرف مختلفة فقط، تجتمع لتُكوِّن أكوادًا يَتكوَّن كلٌّ منها من ثلاثة أحرف. ظل هذا النمط، وقواعد تضاعفه وإعادة ترتيبه، ثابتًا لقرابة ثلاثة مليارات سنة، أطلَقَ خلالها مجموعة متنوعة لا يمكن تصورها من المخلوقات ذاتية التطور، الفاشلة والناجحة.

التنظيم الذاتي هو مادة تطورية أولية، مخزون شديد التباين من المعلومات يمكن من خلاله انتقاء الأنماط الممكنة، ووسيلة للتجريب، لانتقاء واختبار أنماط جديدة. بالنسبة إلى التطور البيولوجي، فإن المادة الخام هي الحمض النووي، وأحد مصادر التنوع هو الطفرة التلقائية، وآلية الاختبار هي بيئة متغيرة لا ينجو فيها بعض الأفراد ليتكاثروا. بالنسبة إلى التكنولوجيا، فإن المادة الخام هي الإدراك الذي تراكمت عليه العلوم وخزَّنها في المكتبات وفي أدمغة ممارسيها. مصدر التنوع هو الإبداع البشري (مهما كان شكله)، وقد تكون آلية الاختبار هي إمكانية تحقيق أرباح في السوق، أو النجاح في الحصول على تمويل الحكومات والمؤسسات، أو تلبية الاحتياجات البشرية.

حين تفهم قوة التنظيم الذاتي للنظام، تدرِك سبب تقديس علماء الأحياء للتنوع البيولوجي أكثر من تقديس خبراء الاقتصاد للتكنولوجيا. إن المخزون بالغ التنوع من الحمض النووي، والذي نشأ وتراكم على مدى مليارات السنين، هو مصدر القدرات التطورية، كما أن المكتبات العلمية والمختبرات والجامعات حيث يتدرب العلماء هي مصدر القدرات التقنية. يُعد ترك الأنواع

للانقراض جريمة أنظمة، كالإقصاء العشوائي لجميع نسخ منشورات علمية بعينها أو فئات معينة من العلماء.

يمكن قول الشيء ذاته عن الثقافات البشرية، مخزون الذخيرة السلوكية، التي لم تتراكم على مدى مليارات السنين، بل بضع مئات الآلاف. إنها المخزون الذي ينشأ منه التطور الاجتماعي. للأسف، لا يُقدر الناس الإمكانات التطورية القيِّمة للثقافات أكثر من تقديرهم للاختلاف الجيني لدى السناجب. أعتقد أن هذا بسبب إيمان كل ثقافة بتفوقها المطلق على غيرها من الثقافات. الإصرار على تبني ثقافة واحدة يعوق التعلم ويحُد من المرونة. أي نظام، بيولوجي أو اقتصادي أو اجتماعي، يُترَك ليتصلَّد حتى يعجز عن التطور ذاتيًّا، ويحتقر التجربة ويمحو المادة الخام للابتكار، هو نظام مُقدَّر له الفشل على المدى الطويل في هذا العالم شديد التغير.

نقطة التدخل واضحة هنا، لكنها لا تحظى بشعبية. تشجيع التنوع والتجريب والتعددية يعني «فقدان السيطرة». دع ألف زهرة تتفتح وانتظِر المفاجآت! مَن يريد ذلك؟

لنتحرَّ السلامة ونُحرك ذراع التدخل هذا في الاتجاه الخاطئ بالقضاء على التنوع البيولوجي والثقافي والاجتماعي والسوقي!

3. الغرض من النظام أو وظيفته (الأهداف)

يُبين تدميرُ التنوع كنتيجة للضغط من أجل السيطرة سببَ اعتبار أهداف النظام نقطة نفوذ أعلى من قدرته على التنظيم الذاتي. إذا كان الهدف هو إخضاع المزيد من العالم لسيطرة نظام مركزي معين (إمبراطورية جنكيز خان، أو الكنيسة، أو جمهورية الصين الشعبية، أو وول مارت، أو ديزني)، فسيتم تحريف كل ما سبق من عناصر هذه القائمة لتتوافق مع هذا الهدف، بما في ذلك المخزونات المادية والتدفقات، وحلقات التغذية الراجعة، وإتاحة المعلومات، وحتى سلوك التنظيم الذاتي.

لهذا السبب لا يمكنني الخوض في الجدل حول مدى نفع أو ضرر الهندسة الوراثية. ككل التقنيات، يعتمد الأمر على من يستخدمها، وهدفه. الشيء الوحيد الذي يمكن قوله هو أنه إذا استخدمتها الشركات لابتكار منتجات قابلة للتسويق، فهذا هدف مختلف تمامًا، وآلية اختيار مختلفة تمامًا، واتجاه مختلف تمامًا للتطور عن أي شيء مر به كوكبنا حتى الآن.

كما أوضحَت أمثلة الحلقة المفردة البسيطة، فإن معظم حلقات التغذية الراجعة الموازِنة داخل الأنظمة لها أهدافها الخاصة، كإبقاء مياه الاستحمام في المستوى المطلوب، والحفاظ على درجة حرارة مريحة للغرفة، ومستويات كافية من مخزونات المتاجر، وكمية كافية من الماء خلف السد. هذه الأهداف نقاط ضغط مؤثرة على بقية أجزاء الأنظمة، يدرك معظم الناس ذلك. لو أن هدفك تدفئة الغرفة، فأنت تعرف أن إعدادات الثرموستات أداة التدخل المناسبة. لكن أهداف النظام الأشمل عادةً ما تكون أكبر وأقل وضوحًا وأشد تأثيرًا على بقية عناصره.

لا يدرك البشر هدف النظام الذي يخدمونه في الغالب. قد تعلن معظم الشركات عن «تحقيق أرباح» كهدف، ولكن هذه مجرد قاعدة وشرط ضروري للبقاء في اللعبة. ما هو الهدف من اللعبة؟ النمو وزيادة حصتها السوقية وزيادة سيطرة الشركة على أجزاء أكبر من العالم (العملاء والموردين والمُراقبين)، ما يُكسبها ثقة أكبر في أثناء معاملاتها. منذ زمن بعيد، أدرك جون كينيث جالبريث أن هدف أي شركة كهدف السرطان، هو ابتلاع كل شيء 6. في الواقع، إنه هدف كل مجموعة سكانية على قيد الحياة، وهو هدف خبيث حين يُترَك من دون تدخُّل حلقات تغذية راجعة موازِنة من مستوى أعلى، لا تسمح أبدًا لكيان مغرور تُحركه حلقة السُّلطة بالتحكم في العالم. يجب إعلاء الحفاظ على تنافسية السوق كهدف، على هدفِ كل شركة متمثلٍ في القضاء على منافسيها، تمامًا كما هي الحال في النُّظُم البيئية، يجب تقديم الحفاظ على توازن السكان وتطورهم على هدفِ كل مجموعة متمثلٍ في تكاثرها بلا حدود.

لقد ذكرتُ في موضعٍ سابق من هذا الكتاب أن تغيير اللاعبين في النظام هو تدخل زائف، ما دام أن اللاعبين الجُدد هم جزء من النظام القديم ومُتسقون مع آلياته. الاستثناء من هذه القاعدة ورد في الأعلى، ويتحقق إذا استطاع لاعب واحد تغيير هدف النظام. لقد شهدنا ظهور قائد جديد في مؤسسةٍ ما، قد تكون كلية دارتموث أو ألمانيا النازية، وإعلانه هدفًا جديدًا، فإذا به يحرِّك مئات أو آلافًا أو ملايين من البشر الحكماء والمثقفين في اتجاه جديد تمامًا.

هذا ما فعله رونالد ريجان، وشهدنا حدوثه. قبل فترة وجيزة من توليه منصبه، سمعنا جون كيندي يقول «لا تسأل عما يمكن أن تقدمه لك الحكومة، واسأل عما يمكنك تقديمه للحكومة»، ومَرَّ الأمر من دون تعليق. ذكر ريجان مرارًا أن الهدف ليس حمل الناس على مساعدة الحكومة ولا دفع الحكومة لتساعد الناس، بل جعل الحكومة تكُف عن إزعاجنا. قد يعترض البعض، وأنا منهم، بأن التغييرات الكبرى في النظام وتجاوُز نفوذ الشركات لسُلطة الحكومة جعلته يفلت من

المُساءلة على هذا. لكن التغيير الشامل الذي طرأ على الخطاب العام في الولايات المتحدة وفي العالم منذ رئاسة ريجان، يحمل دلالة واضحة على التأثير الكبير لإعلان أهداف جديدة للنظام والتعبير عنها بوضوح وتكرار ذِكرها ومناصرتها والإصرار عليها والسعي لتحقيقها.

2. التصورات التي تنشأ منها عناصر النظام، أهدافه وبنيته وقواعده وتأخيراته ومؤشراته (الأنماط الفكرية)

أذكُر مقولة أخرى شهيرة عن الأنظمة لجاي فورستر: لا يهم كيف تُكتب قوانين الضرائب في بلد ما. توجد فكرة مجتمعية مشتركة حول ماهية التوزيع «العادل» للعبء الضريبي. أيًّا كان ما تقوله القوانين، فإن مدفوعات الضرائب الفعلية أبعد ما تكون عن فكرة «العدالة» المقبولة، بالطرق المستقيمة أو الملتوية، بالتعقيدات أو الغش أو الإعفاءات أو الاستقطاعات، أو بالالتفاف المستمر على القوانين.

تتشكل تصورات أي مجتمع، أو أعمق معتقداته حول طبيعة العالم، من الأفكار المشتركة بين أفراده، والافتراضات الكبرى غير المعلنة. لا يُنَص على هذه المعتقدات لأن ذِكرها غير ضروري، فالجميع يعرفها بالفعل. يقيس المال شيئًا حقيقيًّا وله معنى ملموس؛ لذلك، فإن مَن يتقاضون رواتب أقل، تكون قيمتهم أيضًا أقل، حرفيًّا. النمو مفيد. الطبيعة عبارة عن مخزون من الموارد يتم تسخيرها لأغراض بشرية. توقف التطور مع ظهور الإنسان العاقل. بإمكان أي شخص أن «يمتلك» أرضًا. هذه بعض التصورات التي تقوم عليها ثقافتنا المعاصرة، وكلها صَدمَت الثقافات الأخرى التي رأتها تصورات مُلتبسة للغاية.

تُشكِّل الأنماط الفكرية مَراجع للأنظمة. من التصورات المشتركة المتفق عليها مجتمعيًّا حول طبيعة الواقع، تظهر أهداف النظام وتدفقات المعلومات وحلقات التغذية الراجعة والمخزونات والتدفقات وكل ما يتعلق بالأنظمة. لم يقدم أحد صياغة لذلك أفضل من رالف والدو إيمرسون، بقوله:

> تحرص كل أمة وكل إنسان على التحصُّن بعتادٍ مادي يتوافق تمامًا مع أنماط تفكيرهم. لاحِظ كيف يتلبس كل حق وكل باطل، وكل فكرة تخرج من عقل إنسان، المجتمعات والبيوت والمدن واللغة والاحتفالات والصحف. تأمَّل أفكار عصرنا. راقِب كيف تشكلت الأخشاب والطوب والجير والحجر لتناسب الفكرة الرئيسية المسيطرة على أذهان

الكثيرين عن البيت. وبالتالي، فإن أقل قدر من الانفتاح العقلي على أفكار جديدة من شأنه أن يتسبب في تغييرات مذهلة لمكونات العالم الخارجي7.

بنى المصريون القدماء الأهرامات لإيمانهم بالحياة الآخرة. نبني نحن ناطحات السحاب لاعتقادنا أن المساحة في وسط المدينة ذات قيمة كبرى. طرح كلٌّ من كوبرنيكوس وكبلر فكرة أن الأرض ليست مركز الكون، وافترض أينشتاين تكافؤ الكتلة والطاقة، واعتقد آدم سميث أن أنانية الأفراد في الأسواق تخدم الصالح العام. من تمكنوا من التدخل في الأنظمة على مستوى التصورات والمعتقدات والأنماط الفكرية وضعوا أيديهم على نقطة نفوذ بالغة التأثير، بإمكانها تغيير الأنظمة بالكامل.

قد تعتقد أن تغيير الأنماط الفكرية أصعب من أي شيء آخر يتعلق بالنظام، وبالتالي يجب أن يكون هذا العنصر في ذيل القائمة، لا المرتبة الثانية. إلا أن عملية تغيير تَصوُّر قد لا تستلزم تدخُّلًا ماديًّا أو مُكلفًا أو وقتًا طويلًا حتى. قد يتحقق ذلك لشخصٍ ما خلال جزء من الألف من الثانية. كل ما يتطلبه الأمر نقرة في العقل، وسقوط معايير، وطريقة مختلفة لرؤية الأمور. إن تغيير رُؤى مجتمعات بأكملها مسألة مختلفة بالطبع، لأن مقاومتها للطعن في تصوراتها أشد من مقاومتها لأي شيء آخر.

إذن كيف يمكن تغيير الأنماط الفكرية؟ ذكرَ توماس كون الكثير في هذا الصدد ضمن كتابِه المؤسِّس «بِنية الثورات العلمية» عن التحولات الكبرى في بديهيات العلوم8. واصِل التحدث والعمل، بصوت عالٍ وبثقة، انطلاقًا من تصورك الجديد. وظِّف أصحاب التصورات الجديدة في أماكن التأثير والسلطة. لا تضيع الوقت مع الرجعيين، شارِك النشطاء من أجل التغيير واعمل مع الطيف الواسع من البشر المنفتحين.

يؤمن مصممو الأنظمة أن تغيير الأنماط الفكرية والتصورات يتم من خلال بناء نموذج للنظام، يأخذنا خارجه ويجبرنا على رؤيته بالكامل. أقول ذلك لأن أنماطي الذهنية وتصوراتي قد تغيرت بهذه الطريقة.

1. تجاوز الأنماط الفكرية

بقيت لدينا نقطة نفوذ واحدة تفوق تغيير الأنماط الفكرية والتصورات في هذه القائمة. إنها حرص المرء على الانفصال عن هذه الأنماط، واحتفاظِه بمرونته، وإدراك حقيقة عدم وجود تصور «حقيقي»، وأن كل تصور هو مجرد فهم محدود للكون الهائل والمدهش والبعيد كل البعد

عن إدراك البشر، بما في ذلك التصور الذي يُشكل نظرته للعالم. هذا يعني إدراك وجود أنماط فكرية بالحدس، وإدراك أن ذلك نمط بحد ذاته، واعتبار هذا الإدراك برُمَّته دُعابة مدمِّرة. هذا ما يسميه البوذيون الخروج من ظلمات الجهل، إلى التنوير.

إن من يتشبثون بتصوراتهم وأنماطهم الفكرية، لا يلتفتون طويلًا للاحتمال الأرحب بأن كل ثوابتهم قد تكون محض هُراء، وقابلة للتحول سريعًا في الاتجاه المعاكس، وجميعنا كذلك تقريبًا. لا تُحقِّق فكرةُ عدم وجود تصور مؤكَّد للعالم السلطةَ، ولا السيطرة، ولا الفهم، ولا تمنحك سببًا للوجود، ناهيك عن الفاعلية. لكن، كل من استوعب هذه الفكرة، للحظةٍ أو مدى الحياة، وجدها أساسًا للتمكين الجذري. مع حقيقة عدم وجود تصور صحيح بالكامل، يمكنك اختيار أي تصور يُناسِب غايتك. إذا لم تكن لديك فكرة عن كيفية اكتشاف غايتك، استمع إلى الكون.

بالسيطرة على الأنماط الفكرية، يتخلص الناس من الإدمان، ويستمتعون بحياتهم، ويُسقطون إمبراطوريات، ويودَعون السجون أو يُحرقون على الأوتاد أو يُصلبون أو يُقتَلون بالرصاص، ويدوم أثرهم لآلاف السنين.

يمكن قول المزيد لاعتماد قائمة بمواضع التدخل المؤثرة في النظام، هذه قائمة مؤقتة وترتيبها مرن. لكل عنصر حالات استثنائية يمكنها تحريكه لأعلى أو لأسفل في ترتيب نقاط الضغط. إن احتفاظي بالقائمة في عقلي الباطن لسنوات لم يحولني إلى امرأة خارقة. كلما زاد تأثير نقطة الضغط، زادت مقاومة النظام لتغييرها، ولهذا تستبعد المجتمعات المستنيرين من أفرادها في الغالب.

من الصعب وضع أيدينا على نقاط تدخُّل سحرية، حتى لو عرفنا مكانها والاتجاه الذي يجب دفعها نحوه. لا توجد تذاكر رخيصة لإتقان ذلك. عليك العمل بجِد لتحقيقه، سواء كان ذلك يعني تحليلًا صارمًا للنظام أو التخلص من أنماطك الفكرية والتسليم بتواضع لحقيقة جهلك. في النهاية، لا يتعلق الإتقان بالضغط على نقاط التدخل المؤثرة بقدر ما يتعلق بتحرير النظام وتحريكه برؤية واضحة، ومتعمقة، ومجنونة.

- 7 -

العيش في عالم من الأنظمة

لا تكمُن مشكلة عالمنا الحقيقية في كونه غير منطقي، ولا حتى في كونِه عالمًا منطقيًّا. أكثر أنواع المشكلات شيوعًا هي المشكلات شبه المنطقية. الحياة ليست غير منطقية، ومع ذلك فهي فخ للمنطقيين، إذ تبدو أكثر انضباطًا وانتظامًا مما هي عليه بالفعل.

ج. ك. تشيستيرتون، كاتب من القرن العشرين1.

قد يرتكب مَن نشأوا في العالم الصناعي المتحمسون للتفكير النُّظُمي خطأ فادحًا بافتراضهم وجود مفتاح التنبؤ والتحكم هنا، في تحليل الأنظمة، في الترابط والتعقيد، في قوة الكمبيوتر. قد يكون سبب هذا الخطأ هو عقلية العالم الصناعي التي تفترض وجود مفتاح للتنبؤ والتحكم بالأساس.

افترضتُ ذلك في البداية أيضًا. كلنا افترضنا ذلك، كطلاب شغوفين ندرس الأنظمة في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. ببراءة ما، كنا شغوفين بما يمكننا رؤيته من خلال عدستنا الجديدة، كغيرنا من المستكشفين، وبالغنا في تقدير ما توصلنا إليه من نتائج. لم نفعل ذلك بقصد خداع الآخرين، ولكن للتعبير عن توقعاتنا وآمالنا. رأينا التفكير النُّظُمي أكثر من مجرد لُعبة ذهنية معقدة ومُحكمة، بل رأيناه سببًا لنجاح الأنظمة.

مثل المستكشفين الذين حملهم البحر نحو نصف الكرة الغربي في أثناء بحثهم عن طريقٍ إلى الهند، اكتشفنا شيئًا ما، لكنه لم يكن ما اعتقدنا أننا اكتشفناه. كان شيئًا مختلفًا تمامًا عما نبحث عنه لدرجة أننا لم نعرف ماذا نفعل به. عندما تعرفنا على التفكير النُّظُمي بشكل أفضل، اتضح أن قيمته أكبر مما نظن، ولكنها ليست كما نظن.

تلقينا أولى صدماتنا حين تعلمنا أن فهم كيفية إصلاح نظام يختلف تمامًا عن تشمير سواعدنا لإصلاحه. أجرينا عدة نقاشات جادة حول «التطبيق»، والذي نعني به «كيفية إقناع المديرين ورؤساء البلديات ورؤساء الشركات باتباع نصائحنا».

الحقيقة أننا أنفسنا لم نتَّبِع نصائحنا. لقد ألقينا محاضرات عن هيكل نظام الإدمان ولم نستطع التخلي عن القهوة. كنا نعرف كل شيء عن ديناميكيات تآكل الأهداف وانهيار برامج الركض الخاصة بنا. حذرنا من فخاخ التصعيد والاعتمادية ثم ابتدعناها في زيجاتنا.

النُّظُم الاجتماعية هي القشرة الخارجية لأنماط تفكير ثقافة بأكملها واحتياجات الإنسان العميقة والمشاعر ونقاط القوة والضعف. إن تغييرها ليس ببساطة قول «الآن سيتغير كل شيء»، أو الثقة بأن من يعرف الصالح سيفعل الصالح.

واجهنا مشكلةً أخرى. لقد ساعدتنا بصائرنا النُّظُمية في فهم أشياء كثيرة لم نكن نفهمها من قبل، لكنها لم تساعدنا في فهم كل شيء، بل أنتجت عددًا من الأسئلة يكاد يساوي عدد ما أجابت عنه. مثل كل العدسات الأخرى التي طورتها البشرية والتي يمكن من خلالها تأمُّل العوالم الكبرى والصغرى، كشف تأملنا للنُّظُم عن أمور جديدة، أغلبها أحجيات رائعة. الأحجيات التي كشفت عنها أداتنا الجديدة تكمن في عقل الإنسان وقلبه وروحه. فيما يلي بعض الأسئلة التي أثارتها بصائرنا النُّظُمية حول كيفية عمل الأنظمة.

قد تثير البصيرة النُّظُمية المزيد من الأسئلة!

لماذا يصنف الناس المعلومات بدقة؟

كيف يقررون ما سيأخذونه منها وما سيتركونه، وما الذي يجب وضعه في الاعتبار وما الذي يجب تجاهله؟ كيف يختلف تلقي الناس لنفس المعلومات، كما تختلف استنتاجاتهم التي تتكوَّن بناءً على هذا التلقي؟

ما هي القيم؟ من أين تنشأ؟ هل هي عالمية أم خاصة بكل ثقافة؟ ما الذي يدفع فردًا أو مجتمعًا للتخلي عن «القيم الحقيقية» والاكتفاء بالبدائل الرخيصة؟

كيف يمكنك تعديل حلقة تغذية راجعة لتكون «كيفية» غير قابلة للقياس، بدلًا من كونها «كمية» يمكن قياسها؟

ما المخيف في تراجُع الاعتماد على هيكل ثابت وتحقُّق أقصى درجات حرية الإبداع؟ كيف نتقاسم رؤية واحدة للعالم على نطاق واسع بحيث تتشكل المؤسسات والتقنيات وأنظمة الإنتاج والمباني والمدن انطلاقًا من هذه الرؤية؟

كيف تخلق الأنظمة الثقافات؟ كيف تخلق الثقافات الأنظمة؟ بمجرد اكتشاف نقاط ضعف في ثقافة ونظام، هل يتعين عليهما التغيير من خلال التدمير والفوضى؟

لماذا يسهل إقناع الناس بعجزهم؟ كيف يفقدون الثقة بقدرتهم على تحقيق رؤاهم؟ لماذا يستمعون لمن يؤكدون لهم عجزهم عن إحداث تغيير، أكثر من استماعهم لمن يؤكدون لهم قدرتهم على ذلك؟

لم يكن مفكرو النُّظُم أول من يطرح أسئلة كهذه ولا هم الوحيدون بأي حال. حين بدأنا طرح الأسئلة، اكتشفنا تخصُّصات كاملة وتاريخًا ومكتبات تطرح كلها نفس الأسئلة وتقدم بعض الإجابات. ما كان فريدًا في بحثنا لم يكن إجاباتنا، ولا حتى أسئلتنا، ولكن حقيقة أن أداة التفكير النُّظُمي، ابنة الهندسة والرياضيات، والمطبقة في أجهزة الكمبيوتر، والتي تستند في بحثها عن التنبؤ والسيطرة إلى عقليةٍ ميكانيكية، تقود ممارسيها، بلا هوادة، نحو مواجهة أكثر الألغاز البشرية عُمقًا. يوضح التفكير النُّظُمي، حتى لأخلص التكنوقراطيين، أن العيش في عالمنا المحكوم بالأنظمة المعقدة يتطلب أكثر من التكنوقراطية.

من الصعب التنبؤ بسلوك الأنظمة التي تحكمها التغذية الراجعة ذاتية التنظيم وغير الخطية، إنها خارج السيطرة، ولا يمكن فهمها إلا بصورة شاملة. إن استشراف مستقبلها بدقة والاستعداد له بشكل مثالي هدف غير قابل للتحقيق. لا يمكن توجيه نظام معقد لتنفيذ ما تريد إلا بشكل مؤقت، في أحسن الأحوال. نحن عاجزون عن فهم عالمنا بالكامل، على الأقل ليس بالطريقة التي قادنا عِلمنا الاختزالي إلى توقعها. يقودنا عِلمنا نفسه إلى إشكالات غير قابلة للاختزال، من نظرية الكم إلى رياضيات الفوضى. لا يمكننا إصلاح العالم لأي غرض بخلاف أبسطها، بل إننا لا نعرف حتى ما يجب علينا إصلاحه في الغالب. لا يمكننا تتبع كل شيء. لا يمكننا خلق علاقة مناسبة ومستدامة مع الطبيعة، أو مع بعضنا بعضًا، أو مع المؤسسات التي ننشئها، إذا حاولنا فعل ذلك من موقع المُهيمن العليم.

يصعب على المتمسكين بدور المُهيمن، كُلي العلم، تحمُّل التشكُّك الذي يكشفه التفكير النُّظُمي.

إذا أعجزهم هذا التفكير عن الإحاطة الكاملة والتنبؤ والتحكم، فماذا سيبقى لهم؟

حلقة تغذية راجعة جديدة للمعلومات في هذه النقطة من هذا النظام ستحسِّن سلوكه. لكن يقاوم صانعو القرار تلقي المعلومات التي يحتاجون إليها! لا ينتبهون لها، ولا يصدقونها، ولا يجيدون تفسيرها.

لو أمكننا توجيه حلقة التغذية الراجعة هذه نحو تلك القيمة، فسيحقق النظام النتيجة التي يريدها الجميع. لن نستهلك المزيد من الطاقة، بل المزيد من خدمات الطاقة. لن نستهدف الدخل القومي الإجمالي، بل الاكتفاء المادي والأمن العام. لن نُركز على النمو، بل على التقدم. لا يتعين علينا تغيير قيم أي شخص، علينا توجيه عمل النظام لصالح قيم حقيقية فحسب.

هذا النظام يبدو جانحًا من جميع النواحي، ويُنتج الضعف والقبح وتدهور البيئة وبؤس البشر. لكن إذا أسقطناه فلن يكون لدينا نظام، ولا شيء أفظع من ذلك. (أفكر، بينما أكتب هذا، في النظام الشيوعي السابق للاتحاد السوفييتي، لكن هذا ليس المثال الوحيد).

يتحمل الناس في هذا النظام الأذى؛ خوفًا من التغيير، فهم لا يثقون بإمكانية وجود نظام أفضل، ولا يشعرون بقدرتهم على المطالبة بالإصلاح أو إحداثه بأنفسهم.

يقودنا التفكير النُّظُمي إلى استنتاج آخر، نراه واضحًا في انتظارنا بمجرد تخلُّصنا من أوهام السيطرة: يمكننا فعل الكثير، لكنه نوع مختلف من «الفِعل». إن التنبؤ بالمستقبل مستحيل، لكن يمكننا تخيله وخلقه بحماس. لا نستطيع التحكم في الأنظمة، ولكن يمكننا تصميمها وإعادة تصميمها. لا يمكننا المضي بيقين في عالمٍ خالٍ من المفاجآت، لكن يُمكننا توقع المفاجآت والتعلم منها أو الانتفاع بها. لا نستطيع فرض إرادتنا على نظام، لكن يمكننا الإنصات لما يخبرنا به، واكتشاف كيف يمكن لخصائصه وقيمنا العمل معًا لتحقيق نتائج أفضل بكثير مما يمكن تحقيقه بإرادتنا وحدها.

لا يمكننا التحكم في الأنظمة أو اكتشافها بالكامل، لكن يمكننا الرقص معها! كنت أعرف ذلك، بطريقةٍ ما. تعلمت الرقص مع الأنظمة من التجديف في مياه النهر على ظهر زورق، ومن البستنة، ومن عزف الموسيقى، ومن التزلج. كل هذه المساعي تتطلب أن يظل الشخص مُتيقظًا، ومنتبهًا، وحاضرًا بكامِل وعيه، وأن يستجيب لما يصل إليه من معلومات. لم يخطر ببالي قَط أن هذه المتطلبات نفسها قد تنطبق على العمل الفكري، والإدارة، والحكومة، والتعايش مع الناس.

لكن ظهرت الرسالة من كل نموذج حاسوبي صنعناه. إن العيش في عالم من الأنظمة يتطلب ما هو أكثر من القدرة على الحساب. إنه يتطلب إنسانيتنا الكاملة -عقلانيتنا، وقدرتنا على تمييز الحق من الباطل، وحدسنا، وتعاطفنا، ورؤيتنا، وأخلاقياتنا2.

أريد إنهاء هذا الفصل وهذا الكتاب بمحاولة تلخيص «حكمة الأنظمة» التي استخلصتُها من نمذجة الأنظمة المعقدة ومن التسكع مع المصممين. هذه هي الدروس المستفادة، والمفاهيم والممارسات المتغلغلة في سلوك الأنظمة بعمق، كي يبدأ المرء ممارستها في مجال عمله، وجميع جوانب حياته، ولو جزئيًّا. إنها السلوكيات الناتجة عن رؤية جديدة للعالم، رؤية قائمة

على أفكار التغذية الراجعة، واللا خطية، وأنظمة مسؤولة بالكامل عن سلوكها. عندما لاحظ أستاذ الهندسة في دارتموث اختلافنا، نحن المولعين بالأنظمة، وتساءل عن سببه، أعتقد أن هذه هي الاختلافات التي لاحظها.

ربما لم تكتمل القائمة، لأنني ما زلتُ أتعلم في مدرسة النُّظُم. وقد لا تكون قائمة خاصة بالتفكير النُّظُمي؛ توجد طرق عديدة لتعلم الرقص. لكني أدرجتُ هنا الممارسات التي أرى تبني زملائي لها، بوعي أو بغير وعي، عند مواجهتهم أنظمة جديدة، كدرس رقص بدائي.

تَتَبَّع إيقاع النظام

قبل أن تتدخل في النظام بأي شكل من الأشكال، راقِب سلوكه. سواء كان هذا النظام مقطوعة موسيقية أو تيار نهر سريع الجريان أو تقلُّبًا في سعر سلعة، ادرُس إيقاعه. إذا كان نظامًا اجتماعيًّا، راقِب عمله. تعرف على تاريخه. اطلُب ممن تعاملوا معه لفترة طويلة إخبارك بما حدث. ابحث عن مخطط زمني للبيانات الفعلية من النظام أو ارسمه -لا يمكن دائمًا الاعتماد على ذاكرة الأشخاص حين يتعلق الأمر بالتوقيت.

هذا المبدأ التوجيهي بسيط بشكل مخادع، حتى تمارسه. لن تصدق عدد الانحرافات التي سيساعدك على تجنبها. البدء بسلوك النظام يدفعك للتركيز على الحقائق لا النظريات، ويُجنبك الوقوع تحت سيطرة معتقداتك أو أوهامك أو معتقدات الآخرين.

فد تكتشف عددًا مُذهلًا من الأوهام. سيُقسِم الناس إن هطول الأمطار يتناقَص، مثلًا، ولكن بالنظر إلى البيانات، تجد أن ما يحدث حقًّا هو اتساع فجوة التباين -صار الجفاف أعمق، لكن الفيضانات صارت أعنف أيضًا. وصلت إليَّ أنباء من مسؤولين بارتفاع سعر الحليب بينما كان ينخفض في الحقيقة، وذكروا أن معدلات الفائدة تنخفض بينما كانت ترتفع، وأن العجز يمثل جزءًا كبيرًا من الدخل القومي الإجمالي أكثر من أي وقت مضى بينما كان هذا غير صحيح.

من المدهش مراقبة كيف تتغير، أو لا تتغير، عناصر النظام المتنوعة. إن مشاهدة ما يحدث فعليًّا، بدلًا من الاستماع إلى نظريات الناس عما يحدث، قد يؤدي إلى تفجير العديد من الفرضيات السببية المتهورة. يعتقد كل شخص منتَخَب في ولاية نيو هامبشاير أن النمو في بلدة ما سيؤدي إلى خفض الضرائب، ولكن إذا رسمتَ مخططًا بيانيًّا لمعدلات النمو مقابل معدلات الضرائب،

فستجد نقاط المؤشر مبعثرة عشوائيًّا كالنجوم في سماء نيو هامبشاير الشتوية. لن تجد علاقة يمكن تمييزها على الإطلاق.

البدء بسلوك النظام يوجِّه أفكارنا إلى التحليل الديناميكي، لا الثابت، ويجعلنا نستبدل بسؤال «ما المشكلة؟»، سؤال «كيف وصلنا إلى هنا؟»، و«ما هي أنماط السلوك الأخرى المتاحة؟»، «إذا لم نغير الاتجاه، فأين سننتهي؟»، وبالنظر إلى نقاط القوة في النظام، قد يسأل المرء: «ما الذي جعل النظام ينجح هنا؟»، من دراسة تاريخ المتغيرات المرسومة في مخطط يبدأ تصوُّر العناصر الموجودة في النظام، وكيفية ترابطها.

وأخيرًا، فإن البدء بمعرفة تاريخ السلوك يُثَبِّط مَيلَنا العام لتعريف المشكلة على أنها غياب الحل الذي نفضله، التعريف الذي يشغلُنا عن استكشاف السلوك الفعلي للنظام الذي تسبب في حدوث المشكلة. (المشكلة هي أننا نحتاج إلى اكتشاف المزيد من آبار النفط. المشكلة هي أننا بحاجة إلى حظر الإجهاض. المشكلة هي عدم كفاية ما لدينا من الباعة. المشكلة هي كيفية تحقيق المزيد من النمو في هذه المدينة). أنصِت إلى أي نقاش عائلي، أو حوار خلال اجتماع لجنة في العمل أو بين معلقين سياسيين في وسائل الإعلام، وشاهِد الناس يقفزون إلى الحلول، والتي تدور عادةً بين «التنبؤ أو التحكم أو فرض إرادتك»، من دون الالتفات إلى ما يفعله النظام ولماذا يفعله.

عرِّض نماذجك الذهنية لنور النهار

حين نرسم مخططات هيكلية ثم نكتب معادلات، نضطر إلى جعل فرضياتنا مرئية والتعبير عنها بوضوح. علينا وضع كل افتراضاتنا حول النظام في مكان يُمَكِّن الآخرين، ويُمَكِّننا أيضًا، من رؤيتها. يجب أن تكون نماذجنا كاملة ومتسقة، وتضيف جديدًا. النماذج الذهنية تتسرب من بين أيدينا بسهولة، ولا يمكن أن نترك افتراضاتنا لهذا الارتباك. علينا طرح افتراض واحد للمناقشة ونقيضه للمناقشة التالية.

لا يتعين عليك تقديم نموذجك الذهني بالمخططات والمعادلات، رُغم أنها ممارسة نافعة. يمكنك فعل ذلك بالكلمات أو القوائم أو الصور أو الأسهم التي تُبين الأمور التي تعتقد أنها مرتبطة بعضها ببعض. كلما فعلتَ ذلك، بأي شكل من الأشكال، أصبح تفكيرك أوضح، وكلما زادت سرعة قبولك لشكوكك وتصحيح أخطائك، تعلمت أن تكون أكثر مرونة. إن المرونة العقلية ضرورية

عندما تعيش في عالم من الأنظمة المرنة، أن تكون على استعداد لإعادة رسم الحدود، وملاحظة التغيرات التي تطرأ على النظام، لمعرفة كيفية إعادة هيكلته.

تذكر دائمًا أن كل ما تعرفه وكل ما يعرفه الجميع هو مجرد نموذج. أخرِج نموذجك الخاص وضَعْه حيث يمكن مشاهدته. ادعُ الآخرين لتحدي افتراضاتك وفكِّر في افتراضاتهم. بدلًا من مناصرة تفسير أو فرضية أو نموذج واحد محتمل، اقبل أكبر عدد ممكن من النماذج. اعتبرها جميعًا معقولة حتى تجد الأدلة التي تدفعك إلى استبعاد أحدها. هكذا، تصير قادرًا، وجدانيًّا، على رؤية الدليل الذي يستبعد افتراضًا قد يتشابك مع هُويتك.

إن تعريض النماذج لنور النهار، وجعلها واضحة ودقيقة قدر الإمكان، واختبارها بالأدلة، والاستعداد لاستبعادها إذا لم تعد مُثْبَتة، هو ممارسة المنهج العلمي فحسب -وهذا أمر نادر جدًّا حتى في العلوم، ويحدث بالكاد في العلوم الاجتماعية أو الإدارة أو الحكومة أو الحياة اليومية.

قَدِّر المعلومات واحترمها وانشُرها

رأيتَ كيف تحافظ المعلومات على تماسك الأنظمة وكيف يمكن أن تتسبب المعلومات المتأخرة أو المتحيزة أو المشوَّشة أو المفقودة في إرباك حلقات التغذية الراجعة. لا يمكن لصانعي القرار الاستجابة لمعلومات غير متوفرة لديهم، ولا يمكنهم الاستجابة بدقة لمعلومات غير دقيقة، ولا يمكنهم الاستجابة في الوقت المناسب لمعلومات وصلت إليهم متأخرة. أعتقد أن معظم الأخطاء التي تحدث في الأنظمة تحدث بسبب المعلومات المتحيزة أو المتأخرة أو المفقودة.

لو بوسعي، سأضيف الوصية الحادية عشرة إلى الوصايا العشر الأولى: لا تُحَرِّف المعلومات ولا تُؤَخِّرها ولا تحجبها. يمكنك إرباك نظام بأكمله عن طريق تشويش تدفقاته المعلوماتية، وجعله يعمل بشكل أفضل وبسهولة مدهشة إذا زوَّدته بمعلومات أكثر دقة واكتمالًا في الوقت المناسب.

على سبيل المثال، في عام 1986، ألزم تشريع فيدرالي جديد للانبعاثات السامة الشركات الأمريكية بالإبلاغ عن جميع ملوثات الهواء الخطرة المنبعثة من مصانعها كل عام. من خلال قانون حرية المعلومات (وهو أحد أهم قوانين الدولة، من وجهة نظر نُظُمية)، أصبحت تلك المعلومات مشاعًا. في يوليو 1988، أصبحت البيانات الأولى عن الانبعاثات الكيميائية متاحة. لم تكن الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها مخالفة للقانون، لكنها بدت كذلك حين نشرتها الصحف

المحلية في تقارير من إعداد مراسلين مغامرين، ممن يميلون إلى نشر قوائم تحت عناوين، مثل: «أكبر عشرة ملوِّثين محليين». هذا كل ما حدث. لم تُقَم دعاوى قضائية ولا تقييد ولا غرامات ولا عقوبات. لكن خلال عامين، انخفضت الانبعاثات الكيميائية على مستوى البلاد بنسبة 40%، بحسب التقارير على الأقل، ويفترض انخفاضها في الواقع أيضًا. وضعت بعض الشركات سياسات لخفض انبعاثاتها بنسبة 90%، بسبب نشر معلومات كانت محجوبة فحسب3.

المعلومات قوة. يدرك المهتمون بالسُّلطة هذه الفكرة بسرعة. يحظى العاملون بوسائل الإعلام، والعلاقات العامة، والسياسيون، ومصممو الإعلانات، المسؤولون عن تنظيم التدفق العام للمعلومات، بسلطة أكبر بكثير مما يتصور معظم الناس. إنهم مسؤولون عن تصفية المعلومات وبثِّها، ويفعلون ذلك غالبًا لدعم مصالحهم الخاصة قصيرة المدى. لا عجب في فساد أنظمتنا الاجتماعية في كثيرٍ من الأحيان.

استخدِم اللغة بعناية وزوِّدها بمفاهيم النُّظُم

تتكون تدفقات المعلومات من اللغة بالأساس. نماذجنا الذهنية لفظية في الغالب. يتمثل احترام المعلومات أولًا، وقبل كل شيء، في تجنب الانتهاك اللغوي، ما يعني أوضح استخدام ممكن للغة. ثانيًا، في توسيع المدى اللغوي بصورة تُمكننا من الحديث عن التعقيدات.

كتب فريد كوفمان في نشرة علمية لعلم الأنظمة:

> قد تُمثل اللغة وسيطًا نخلق من خلاله إدراكات جديدة وحقائق جديدة بمجرد أن نبدأ في الحديث عنها. نحن لا نتحدث عما نراه، بل نرى فقط ما يمكننا التحدث عنه. تعتمد رؤيتنا للعالم ووجهات نظرنا على تفاعل نظامنا العصبي ولغتنا، وعملهما معًا كمصفاة نرى من خلالها عالمنا. اللغة وأنظمة المعلومات لمؤسسة ما ليستا وسيلتَين موضوعيتَين لوصف الواقع الخارجي، إذ إنهما تجسدان تصورات وأفعال أعضائها بالأساس. إن إعادة تشكيل أنظمة القياس والاتصال في مجتمع ما تعني إعادة تشكيل جميع التفاعلات المحتملة على المستوى الأوَّلي. اللغة أكثر بدائية في التعبير عن الواقع من الاستراتيجية أو الهيكل أو الثقافة4.

إن المجتمع الذي يتحدث باستمرار عن «الإنتاجية» ولكنه بالكاد يفهم كلمة «المرونة»، ناهيك عن التحلي بها، سيصبح مُنتِجًا وغير مرن. والمجتمع الذي لا يفهم أو يستخدم مصطلح

«القدرة الاستيعابية[6]» سيتجاوز حدود قدرته الاستيعابية، والمجتمع الذي يتحدث عن «خلق فرص العمل» على أنها مسؤولية الشركات وحدها، لن يُلهِم الغالبية العظمى من أفراده لخلق فرص عمل، لأنفسهم أو لأي شخصٍ آخر، ولن يُقدر دور عُمالِه في «تحقيق الأرباح». وبالطبع أو «الأضرار الثانوية»، أو «Peacekeeper» فإن المجتمع الذي يتحدث عن الصاروخ الباليستي .««الحل الأخير»[7] أو «التطهير العرقي»، يتحدث ما يُطلِق عليه ويندل بيري «لغة طُغيان

(6) تُعرَّف القدرة الاستيعابية للأنواع الحية بأنها الحد الأقصى لحجم الأنواع التي تستطيع البيئة الحفاظ عليها إلى أجل غير مسمى، وذلك تبعًا لتوفر الأغذية والموائل والمياه وغيرها من الضروريات المتاحة في هذه البيئة. كما تُعرَّف القدرة الاستيعابية في علم الأحياء السكاني أيضًا بأنها الحمولة القصوى للبيئة الحيوية، والتي تختلف عن مفهوم التوازن السكاني. .(المترجمة)

(7) الحل الأخير هو خطة النازي أدولف أيخمان بالترحيل القسري المنظم لليهود إلى معسكرات العمل للقضاء عليهم. ناقش القادة النازيون خطة «الحل الأخير» في مؤتمر وانسيي في العاصمة برلين في 20 يناير 1942. وبنهاية الحرب العالمية الثانية، عثر الحلفاء على محضر الاجتماع واستُخدم كدليل إدانة ضد قادة الرايخ الثالث في أثناء محاكم نورمبرج. .(المترجمة)

انطباعي هو أننا شهِدنا، ربما لمائة وخمسين عامًا مضت، إضافات لغوية تدريجية إما تختزل المعنى أو تدمره. وأعتقد أن عدم موثوقية اللغة يتصاعد بالتوازي مع التفكك المتزايد للأفراد والمجتمعات خلال نفس الفترة. ثم يواصل قائلًا:

> في هذه العملية التنَكُّسيَّة، تكاد تفقد اللغة قدرتها على الإبانة، لأنها تُستخدم بعناية للإشارة إلى أشياء بعينها. ينصب الاهتمام على النسب المئوية والفئات والمتغيرات المجردة. لن يُطلب من المستخدم احترام اللغة أو الارتكاز إليها في الغالب، لأنها لا تحدد أي أساس شخصي للتحيز أو التصرف. فائدتها العملية الوحيدة هي دعم إجراء تقني واسع وغير شخصي بدأ بالفعل بما يُسمى «رأي الخبراء». إنها لغة جائرة، «لغة طغيان»5.

تتمثل الخطوة الأولى لاحترام اللغة في الحفاظ على تماسكها ومغزاها وصدقها قدر الإمكان، كجزء من مهمة الحفاظ على شفافية تدفق المعلومات. والخطوة الثانية هي الانفتاح باللغة لتتوافق مع فهمنا الموسع للأنظمة. لو أن شعوب الإسكيمو لديهم مفردات كثيرة عن الثلج، فذلك لأنهم درسوا وتعلموا كيفية التعامل مع الثلج. لقد حولوا الثلج إلى مورد، نظام يمكنهم الرقص معه. لقد بدأ المجتمع الصناعي للتو ابتكار مفردات للأنظمة واستخدامها، لأنه بدأ للتو في الاهتمام بالتعقيد واستخدامه. إن القدرة الاستيعابية، والهيكل، والتنوع، وحتى النظام، كلمات .قديمة أصبحت تحمل معاني أكثر ثراءً ودقةً. صار من الضروري ابتكار مفردات جديدة

من خواص معالج الكلمات على حاسوبي إمكانية التدقيق الإملائي، والتي تتيح لي إضافة الكلمات التي لم تَرِد في قاموسه الشامل بالأساس. عدد الكلمات الإنجليزية التي اضطررتُ إلى إضافتها في أثناء تأليف هذا الكتاب مذهل: التغذية الراجعة، معدل الإنتاجية، تجاوز الحد، التنظيم الذاتي، الاستدامة.

انتبِه للمهم، ولا تكتفِ بما هو قابل للقياس الكمي

منحتنا ثقافتنا، المهووسة بالأرقام، فكرة أن ما يمكننا قياسه أهم مما لا يمكننا قياسه. تأمَّل الأمر لدقيقةٍ واحدة. هذا يعني أننا نُعلي الكمية على الجودة. إذا كانت الكمية تُشكِّل أهداف حلقات التغذية الراجعة لدينا، وإذا كانت الكمية هي محور اهتمامنا ولغتنا وتفكير مؤسساتنا، ولو أننا حفَّزنا أنفسنا، وقيَّمنا أنفسنا، وكافأنا أنفسنا وفقًا لقدرتنا على إنتاج الكمية، فستكون الكمية هي النتيجة. انظر حولك وستعرف هل الكمية أم الجودة هي العنصر الأكثر حضورًا في العالم الذي تعيش فيه.

بصفتنا مصممي نماذج، فقد تعرضنا لسخرية زملائنا الباحثين العلميين أكثر من مرة بوضع متغيرات مثل «التحيز» أو «تقدير الذات» أو «جودة الحياة» في نماذجنا. نظرًا لأن أجهزة الكمبيوتر تتطلب أرقامًا، فقد كان لزامًا علينا وضع مقاييس كَميَّة لقياس هذه المفاهيم «النوعية». لنفترض أن التحيز يُقاس من -10 إلى +10، حيث يعني 0 أنك تُعامَل من دون تحيز على الإطلاق، و-10 تعني تحيزًا شديدًا ضدك، و+10 تعني تحيزًا إيجابيًّا لصالحك. الآن، افترِض أنك تعرضت لمعاملة متحيزة بدرجة -2، أو +5 أو -8. فكيف سيؤثر ذلك على أدائك في العمل؟

كان لا بد من رسم علاقة بين التحيز والأداء في نموذجٍ ما 6. صُمِّم هذا النموذج ضمن دراسة لشركة أرادت معرفة كيفية التعامل بشكل أفضل مع عمالها من الأقليات، وكيفية تحسين أوضاعهم، وتحقيق تدرجهم في السلم الوظيفي للشركة. اتفق العاملون ممن أجروا مقابلات معنا على وجود علاقة حقيقية بين التحيز والأداء. كان اختيار المقياس الذي سنستخدمه لتقدير التحيز اعتباطيًّا -من 1 إلى 5 أحيانًا ومن 0 إلى 100 في أحيانٍ أخرى- ولكن استبعاد «التحيز» من تلك الدراسة بدلًا من محاولة تضمينه غير علمي أكثر من هذا المقياس الاعتباطي. عندما طُلب

من العاملين في الشركة رسم العلاقة بين أدائهم والتحيز، توصلوا إلى واحدة من أكثر العلاقات عشوائيةً على الإطلاق في النموذج.

إن التظاهر بعدم وجود ظاهرة ما لكونها صعبة التحديد كميًّا يؤدي إلى إنتاج نماذج معيبة. لقد تعرفتَ بالفعل على فخ النظام الذي ينتج عن تحديد أهداف تتعلق بما يسهُل قياسه، لا بما هو مهم. لا تقع في هذا الفخ. مُنِح البشر القدرة على العد، كما مُنِحوا القدرة على تقييم الجودة. كن كاشفًا للجودة، عداد جايجر يُسجل بصخبه وجود أو غياب الجودة.

قل هذا قبيح. لو رأيتَ ما هو مبتذل، أو غير مناسب، أو غير معقول، أو لا يُطاق، أو شائن، أو مدمِّر للبيئة، أو مهين للإنسان، فلا تدعه يمر. لا تقع في فخ «إذا لم تستطع تحديد هذا وقياسه، فلستَ مضطرًّا للاهتمام به». لا أحد يستطيع تعريف أو قياس العدالة أو الديمقراطية أو الأمن أو الحرية أو الحقيقة أو الحب. لا أحد يستطيع تحديد أو قياس أي قيمة. لكن إذا لم يدافع عنها أحد، إذا لم يتم تصميم أنظمة معنية بها، إذا لم نتحدث عنها ونشير إلى وجودها أو غيابها، فستختفي جميعها من الوجود.

ضع سياسات للتغذية الراجعة لأنظمة تعتمد على التغذية الراجعة

تحلَّى الرئيس جيمي كارتر بقدرة غير عادية على التفكير بشأن التغذية الراجعة ووضع سياسات التغذية الراجعة. للأسف، وجد صعوبة في تفسيرها للصحافة والجمهور الذين لم يفهموا معنى التغذية الراجعة.

مع ارتفاع واردات النفط، اقترح كارتر فرض ضريبة على البنزين تتناسب مع الجزء الذي كان يجب استيراده من استهلاك النفط، ترتفع إذا استمرت الواردات في الارتفاع، حتى يتقلص الطلب وتُنتَج بدائل وتقل الواردات. إذا انخفضت الواردات إلى الصفر، فإن الضريبة ستنخفض إلى الصفر.

لم يُمَرَّر القرار بفرض هذه الضريبة.

حاول كارتر أيضًا التعامل مع تدفق المهاجرين غير الشرعيين من المكسيك. أشار إلى عدم وجود ما يمكن فعله حيال هذه الهجرة مع زيادة الفجوة في الفرص ومستويات المعيشة بين الولايات المتحدة والمكسيك. واقترح إنفاق المزيد من الأموال للمساعدة في بناء الاقتصاد

المكسيكي، والحرص على ذلك حتى تتوقف الهجرة، بدلًا من إنفاق الأموال على حرس الحدود والحواجز.

هذا أيضًا لم يتحقق قَط.

يمكنك تخمين سبب استحالة تحكُّم سياسة جامدة في نظام ديناميكي وذاتي التنظيم ويعتمد على التغذية الراجعة. من الأسهل والأنفع، والأقل تكلفة بكثير عادة، تصميم سياسات تتغير بناءً على حالة النظام. لا تضُم أفضل السياسات حلقات للتغذية الراجعة فحسب، بل وحلقات للتغذية الراجعة العليا أيضًا -وهي الحلقات التي تُغيِّر الحلقات وتُصحِّحها وتُوسِّعها، خاصةً مع وجود احتمالات كُبرى. هذه السياسات هي التي تُشكِّل خبرات التعلُّم في عملية الإدارة.

من الأمثلة على ذلك بروتوكول مونتريال التاريخي لحماية طبقة الأوزون في الستراتوسفير. في عام 1987، عند توقيع هذا البروتوكول، لم يكن شكل التهديد لطبقة الأوزون معروفًا على وجه اليقين، ولا معدل تدهورها، ولا تأثير الكيماويات المختلفة عليها. حدد البروتوكول المعدل المستهدف لتقليل تصنيع الكيماويات الأشد ضررًا. لكنه تطلب أيضًا مراقبة الوضع وإعادة عقد مؤتمر دولي لتعديل الجدول الزمني للتخلص التدريجي، إذا تبين أن الضرر الذي لحق بطبقة الأوزون كان أكثر أو أقل من المتوقع. بعد ثلاث سنوات فقط، في عام 1990، كان لا بد من تسريع الجدول الزمني وإضافة المزيد من المواد الكيميائية إليه، لأن الضرر كان أكبر بكثير مما توقعوه في عام 1987.

كانت تلك سياسة تغذية راجعة مُهيكلة لتتيح التعلُّم. نتمنى جميعًا نجاحها.

اعمل لأجل الصالح العام

تذكر أن التسلسلات الهرمية موجودة لخدمة الطبقات السفلى، لا الطبقات العليا من الهرم. لا تبالغ في تقدير أجزاء من الأنظمة أو الأنظمة الفرعية مع تجاهل الهيكل العام. كما قال الاقتصادي كينيث بولدينج ذات مرة، لا تتورط في مشكلات كبرى لإصلاح شيء لم يكن من المُفترَض حدوثه بالأساس. استهدِف تعزيز خصائص النظام إجمالًا، كالنمو، والاستقرار، والتنوع، والمرونة، والاستدامة، سواء كانت سهلة القياس أم لا.

أنصِت إلى حكمة النظام

ساعِد وشجِّع القوى والهياكل التي تساعد النظام على إدارة نفسه. لاحِظ عدد هذه القوى والهياكل في أسفل التسلسل الهرمي. لا تكن متدخلًا متهورًا يدمر قدرة النظام على الإصلاح الذاتي. قبل الإقدام على تحسين الأوضاع، انتبِه لقيمة ما هو موجود بالفعل.

أخبرني صديقي، ناثان جراي، أحد العاملين في بعثات الإغاثة في جواتيمالا، عن إحباطه من عمل الوكالات التي تذهب إلى هناك بقصد «خلق فرص عمل» و«زيادة قدرات رواد الأعمال» و«جذب مستثمرين من الخارج». كانوا ينتشرون في السوق المحلية المزدهرة، حيث يطبق أصحاب الأعمال الصغيرة قدراتهم على تنظيم المشاريع في الأعمال التي خلقوها لأنفسهم، من صانعي السلال إلى مزارعي الخضار والجزارين وبائعي الحلوى. تحدث ناثان إلى الناس في السوق، وسأل عن حياتهم وأعمالهم، وعرف ما يعوق توسُّع تلك الأعمال وارتفاع الدُّخول. وخلُص إلى أن المطلوب دعم المستثمرين المحليين، لا جلب المستثمرين من الخارج. إن إتاحة قروض صغيرة بأسعار فائدة معقولة، وفصول محو الأمية والمحاسبة، أنفع للمجتمع على المدى الطويل من إقامة مصنع أجنبي أو وحدات تجميع.

حدِّد موقع المسؤولية في النظام

هذا مبدأ توجيهي ينطبق على كلٍّ من التحليل والتصميم. في التحليل، يعني تحديد موقع المسؤولية البحث عن الطرق التي يتبعها النظام لخلق سلوكه الخاص. انتبِه للأحداث المحفزة؛ التأثيرات الخارجية التي تحفز سلوكًا بعينه للنظام بدلًا من غيره. يمكن السيطرة على تلك الأحداث الخارجية أحيانًا (كالحد من مسببات الأمراض في مياه الشرب لتقليل حالات الإصابة بالأمراض المعدية)، وفي بعض الأحيان يستحيل ذلك. قد يؤدي إلقاء المسؤولية أو محاولة السيطرة على التأثير الخارجي إلى حجب المهمة الأسهل المتمثلة في زيادة المسؤولية داخل النظام.

تعني «المسؤولية الذاتية» أن النظام مصمم لإرسال تغذية راجعة بخصوص عواقب اتخاذ قرار ما بشكل مباشر وسريع ومُقنِع لصانعي القرار. الطيار مسؤول ذاتيًّا، فهو من يقود الطائرة، وهو أول من سيتحمل عواقب قراراته مباشرة.

قللت كلية دارتموث من المسؤولية الذاتية حين أزالت الثرموستات من مكاتب العاملين والفصول الدراسية، وجعلت التحكم في درجة الحرارة تحت إشراف جهاز كمبيوتر مركزي،

كإجراء لتوفير الطاقة. لاحظتُ من موقعي في أسفل التسلسل الهرمي أن النتيجة الرئيسية هي تذبذبات أكبر في درجة حرارة الغرفة. حين ارتفعت درجة حرارة مكتبي، بدلًا من خفض درجة الحرارة من خلال المُنظم، اضطررت إلى الاتصال بمكتب على الجانب الآخر من الحرم الجامعي، استغرق بدوره ساعات وأيامًا لتعديل درجة الحرارة، وخفضها بشكل مفرط، مما دفعني إلى مهاتفتهم مرة أخرى. قد تكون إحدى الطرائق لزيادة المسؤولية داخل هذا النظام، هي السماح للأساتذة بالسيطرة على الثرموستات الخاصة بمكاتبهم وتحميلهم مسؤولية ما يستهلكونه من طاقة، أو ما يمكن تسميته: خصخصة المشاعات!

قد يعني تصميم نظام ذي مسؤولية ذاتية، كمطالبة جميع المدن أو الشركات التي تضخ مياه الصرف الصحي في مجرى مائي بوضع مواسير سحبها للمياه في موضع أمامي بالنسبة إلى مواسير الصرف على مجرى النهر. قد يعني ذلك أيضًا امتناع شركات التأمين أو صناديق الأموال العامة عن دفع التكاليف الطبية للحالات المرضية الناتجة عن التدخين، أو الحوادث التي لم يرتدِ فيها راكب الدراجة النارية خوذة، أو لم يربط راكب السيارة حزام الأمان. قد يعني ذلك أنه لن يُسمح للكونجرس بتشريع القوانين التي يستثني منها نفسه. (سَنَّ الكونجرس عدة قوانين أعفى نفسه من الالتزام بها، كقوانين التمييز الإيجابي في متطلبات التوظيف وضرورة تقديم بيانات التأثير البيئي). فُقِد قدر كبير من المسؤولية حين تخلى الحكام ممن يُعلنون الحرب عن قيادة قواتهم في أرض المعركة. أصبحت الحرب فعلًا أكثر تهورًا بعدما صار من الممكن ضغط زر والتسبب في أضرار جسيمة على مسافة بعيدة بما يكفي لحجب رؤية الضرر عن الشخص الذي يضغط الزر.

ذكر جاريت هاردين أن مَن يريدون سلب النساء حق الإجهاض لا يمارسون المسؤولية الذاتية، إلا إذا كانوا مستعدين شخصيًّا لتنشئة الطفل المتوقع ولادته7!

هذه الأمثلة القليلة كافية لجعلك تفكر في مدى محدودية ثقافتنا الحالية في البحث عن المسؤولية داخل النظام الذي يُوَلِّد الإجراءات، ومدى سوء تصميمنا للأنظمة الذي يحجب عنها عواقب إجراءاتها.

تواضَع، وواصِل التعلم

علمني التفكير النُّظُمي أن أثق بحدسي بدرجة أكبر وبعقلانيتي البحثية بدرجة أقل، وأن أعتمد على كليهما قدر استطاعتي، وأظل مستعدة للمفاجآت. يذكرني العمل مع الأنظمة، على الكمبيوتر، أو في الطبيعة، أو بين الأشخاص، أو في المؤسسات، بمدى نُقصان نماذجي الذهنية، ومدى تعقيد العالم، وحجم ما أجهله.

حين يصادفك ما لا تعرف، ما عليك سوى التعلم، لا التحايُل ولا التجمُّد. ستتعلم عن طريق التجربة أو، كما قال بكمنستر فولر، عن طريق التجربة والخطأ وتكرار الخطأ. في عالمٍ من الأنظمة المعقدة، لن تنفعك مواصلة العمل بتوجيهات صارمة وجامدة. «الالتزام بالمسار الصحيح» فكرة جيدة فقط لو كنت متأكدًا من أنك على المسار الصحيح. لا يُمثِّل التظاهر بالسيطرة حتى حين تفقد السيطرة وصفة لارتكاب الأخطاء فحسب، بل لعدم التعلم من الأخطاء أيضًا. لتتعلم، التزِم بالخطوات الصغيرة، والمراقبة المستمرة، والاستعداد لتغيير المسار حين تكتشف المزيد حول المكان الذي يؤدي إليه هذا المسار.

هذا صعب. إنه يعني ارتكاب الأخطاء، والأسوأ من ذلك، الاعتراف بها، ما يسميه عالم النفس دون مايكل «تقبُّل الفشل». يتطلب تقبُّلُ أخطائك شجاعةً كبرى.

لا يمكننا نحن ولا شركاءنا في العمل ولا عامة الناس فهم ما يحدث أو ما قد يحدث إذا واصلنا التصرف كأننا نملك الحقائق، واليقين، ونعرف تمامًا ما ينبغي أن تكون عليه النتائج، ونثق تمامًا بأننا نحقق أفضل النتائج. عند معالجة القضايا الاجتماعية المعقدة، فإن التصرف كما لو كنا متيقنين مما نفعله يُقلل من مصداقيتنا، ويُضعِف الثقة بالمؤسسات والمسؤولين. قد يساعد الاعتراف بالشكوك في معالجة هذا التدهور8.

إن تقبُّل الفشل شرط للتعلُّم، فهو يستلزم البحث عن المعلومات المتعلقة بالخطأ الذي حدث واستخدامها ومشاركتها كما يعني إعادة التفكير في توقعاتك وآمالك. يُبرز تقبل الفشل والتعامل مع الحياة بقدر كبير من التشكك فرط حساسيتنا أفرادًا ومجتمعات. عادة ما نخفي مواطن ضعفنا عن أنفسنا وعن الآخرين، لكن مواجهتها وتحمل مسؤولية أخطائنا يتطلبان مستويات من المعرفة والتواصل مع الذات لا يبلغها معظم أفراد مجتمعاتنا9.

اِحْتَفِ بالتعقيد

دعونا نواجه الحقيقة، الكونُ فوضوي؛ متغير، ومتمرد، وديناميكي. يتحلى بسلوك انتقالي ما عند استهدافه لنتيجة ما، لا يتحرك بتوازن رياضي محسوب وثابت. ينظم نفسه ويتطور. يخلق التنوع والتماثُل. هذا ما يجعل العالم ممتعًا، وبديعًا، ويضمن بقاءه.

ينجذب العقل البشري غالبًا للخطوط المستقيمة، لا المنحنيات، وللأعداد الصحيحة، لا الكسور، وللتماثُل لا التنوع، ولليقين لا الغموض. لكننا نحمل بداخلنا حزمة ميول معاكسة أيضًا، منذ تطوَّرنا وانتظم تشكيلنا وهيكلتنا كأنظمة معقدة تعتمد على حلقات التغذية الراجعة. جزء ما بداخلنا ظَهَر مؤخرًا، ليصمم المباني كصناديق، بخطوط مستقيمة حادة وأسطح مستوية. بينما يدرك جزء آخر بشكل غريزي أن الطبيعة تتشكل من كُسيرات هندسية، بتفاصيل مثيرة تظهر مع اختلاف مقياس الرؤية من الميكروسكوبي إلى العياني. هذا الجزء هو الذي يصمم الكاتدرائيات القوطية، والسجاد الفارسي، ويُبدع في تأليف السيمفونيات والروايات، وأزياء ماردي جرا التنكرية وبرامج الذكاء الاصطناعي، وكلها ذات زخرفة معقدة كالتي نراها في العالم من حولنا.

يمكننا الاحتفاء بالتنظيم الذاتي والعشوائية والتعددية والتنوع وتشجيعها. بعضنا يتحمس لذلك، بل ويضع له ميثاقًا أخلاقيًّا، كما فعل ألدو ليوبولد حين دَوَّن فلسفته «أخلاقيات الأرض»: «المسار الصحيح هو الذي يوجهنا نحو الحفاظ على سلامة واستقرار وجمال مجتمع حيوي، بينما يحملنا المسار الخطأ في الاتجاه المُعاكِس»10.

مَد الآفاق الزمنية

يُعد معدل الفائدة من أسوأ الأفكار التي ابتكرتها البشرية على الإطلاق، إذ أدى إلى ظهور المزيد من الأفكار حول فترات الاسترداد ومعدلات الخصم، وكلها توفر عذرًا كميًّا ومنطقيًّا لتجاهل المدى الطويل.

لا يتجاوز الأفق الزمني الرسمي للمجتمع الصناعي ما سيحدث بعد الانتخابات المقبلة أو بعد فترة استرداد الاستثمارات الحالية. بينما يمتد الأفق الزمني لمعظم العائلات لما هو أبعد من ذلك بكثير، من خلال حياة الأبناء أو الأحفاد. يناقش أبناء العديد من ثقافات الأمريكيين الأصليين تأثيرات قراراتهم على الجيل السابع القادم. كلما زاد الأفق الزمني الإجرائي، زادت فرص النجاة. كما كتب كينيث بولدينج:

تشير الأدلة التاريخية إلى أن المجتمع الذي يفقد هُويته مع تعاقُب الأجيال ويفقد تصوره الإيجابي عن المستقبل يفقد أيضًا قدرته على التعامل مع مشكلاته الحالية، وسرعان ما ينهار. تنطوي فكرة أننا يجب أن نعيش حياة الطيور على جانبٍ مريح، وربما تحمل حياة الطيور أكثر من معنى واحد للأجيال القادمة، لذا ربما يجب علينا جميعًا الخروج والاستمتاع بتلويثِ شيء ما. ومع ذلك، بصفتي مفكرًا عتيدًا فيما يخص المستقبل، لا أستطيع قبول هذه الفكرة قبولًا كاملًا.11

بالمعنى النُّظُمي الدقيق، لا يوجد فرق بين المدى الطويل والمدى القصير. تتداخل ظواهر المقاييس الزمنية المختلفة بعضها مع بعض. الإجراءات التي تُتَّخَذ الآن لها بعض الآثار الفورية وآثار أخرى تظهر ببطء على مدى عقود. نحنُ نشهد الآن عواقب الإجراءات التي بدأت بالأمس، وقبل عقود، وقبل قرون. إن الصلة بين العمليات السريعة جدًّا والعمليات البطيئة جدًّا تكون قوية أحيانًا، وضعيفة في أحيانٍ أخرى. عندما يهيمن البطء، يبدو أن شيئًا لا يحدث؛ وحين تسود السرعة، تتتابع الأحداث بسرعة خيالية. تربط الأنظمة أحيانًا بين كبير وصغير وسريع وبطيء، وتفصل بينها في أحيانٍ أخرى.

حين تسلك طريقًا صعبًا ومجهولًا وملتويًا ومليئًا بالمفاجآت والعقبات، من الحماقة إبقاء رأسك منخفضًا والانشغال بالخطوة التالية أمامك مباشرةً فحسب. وستكون أحمق بنفس القدر أيضًا إذا نظرتَ بعيدًا وانشغلتَ بالطريق عما تصطدم به قدماك. يجب عليك مراقبة المدى القصير والمدى الطويل، والتفكير في النظام بأكمله.

تحدي التخصص

بغض النظر عن تخصصك، أو ما تقوله الكتب المدرسية، أو ما تعتقد أنك خبير فيه، اتبع نظامًا ما إلى حيث يقودك، وسيساعدك بالتأكيد على التعامل مع التخصصات التقليدية. لفهم هذا النظام، يجب أن تكون قادرًا على التعلم من الاقتصاديين والكيميائيين وعلماء النفس وعلماء الدين وغيرهم من المتخصصين. سيتعين عليك الإلمام بمصطلحاتهم، ومعالجة ما يخبرونك به، والتعرف على ما يُدركونه برؤاهم الخاصة، وتجاهل التشوهات الناتجة عن ضيق رؤاهم تلك ونقصانها. لن يُسَهِّلوا الأمر عليك أبدًا.

لرؤية الأنظمة بالكامل ككيانات يلزم ما هو أكثر من «حوار التخصصات»، إذا كان هذا التعبير يعني اجتماع أشخاص من تخصصات مختلفة والسماح لهم بالتحدث بعضهم مع بعض، وهو

معناه الفعلي. يعمل «حوار التخصصات» فقط في حالة وجود مشكلة حقيقية مُحددة يتعين حلها، وإذا تغلب إخلاص الممثلين من مختلف التخصصات في سعيهم لحل المشكلة على حرصهم على إثبات صحة رأيهم الأكاديمي. سيتعين عليهم الدخول في وضع التعلم، والاعتراف بالجهل والاستعداد للتعلم بعضهم من بعض ومن النظام.

هذا ممكن الحدوث، وحين يتحقق يكون ساحرًا.

وسِّع دوائر اهتمامك

لا تستلزم النجاة في عالم من الأنظمة المعقدة توسيع الآفاق الزمنية والفكرية فحسب، بل توسيع دوائر اهتمامك أيضًا، وقبل كل شيء. إن لهذا حُججًا أخلاقيةً بالطبع. وإذا لم تكن الحُجج الأخلاقية كافية، فإن التفكير النُّظُمي يوفر الدوافع العملية لدعم الحُجج الأخلاقية. النظام الحقيقي مترابط. لا ينفصل أي فرد من الجنس البشري عن غيره من البشر أو عن النظام البيئي العالمي. في هذا العالم المتكامل، لن يواصل قلبك عمله إذا توقفت رئتاك، ولن تنجح شركتك إذا تراخى عُمالك، ولن ينجح الأثرياء في لوس أنجلوس إذا أخفق الفقراء في لوس أنجلوس، ولن تزدهر أوروبا إذا تدهورت إفريقيا، ولن ينمو الاقتصاد العالمي إذا انهارت البيئة العالمية.

كحال كل ما يتعلق بالأنظمة، يعرف معظم الناس الصلة التي تجمع بين القواعد الأخلاقية والعملية لتشكلا معًا نفس القواعد في النهاية، عليهم فقط تصديق ما يعرفونه.

لا تستهِن بالخير

إن أوضح الأمثلة على الأثر المدمر لفخ «تدهور الأداء» هو تآكل هدف منظومة الأخلاق بسبب الثقافة الصناعية الحديثة. كانت طريقة عمل الفخ كلاسيكية، وما نشهده من أثره مروع.

تُقَدَّم الأمثلة على الشر البشري كنمط سائد، وتُضخمها وسائل الإعلام، وتدعم الثقافة العامة هذه الصورة. «هذا مُتوَقَّع»، «نحن مجرد بشر على أي حال». نادرًا ما ننتبه للخير في سلوك البشر، لأنه «ليس خبرًا». إنه استثناء. «لا بد أنه قديس». «لا يمكننا توقُّع سلوك كهذا من الجميع».

هكذا انخفضت التوقعات، وتضاءلت الفجوة بين السلوك المرغوب والسلوك الفعلي. تراجعت الممارسات التي تُشدد على المُثُل العليا. الخطاب العام مُعبأ بالسخرية. يتحلى المسؤولون بفساد أخلاقي ويمارسونه بوقاحة من دون أن يخضعوا للمساءلة. اسْتُهْزِئ بالمثالية. صار التصريح

بأي معتقد أخلاقي مشبوهًا. الحديث عن الكراهية في الأماكن العامة أسهل بكثير من الحديث عن الحب. صاغ الناقد الأدبي والطبيعي جوزيف وود كراتش هذه الحالة في كلماته:

رُغم عدم رضا الإنسان عما لديه، وارتيابه في قدرته على فعل أي شيء يخطر بباله، فإنه يرفض أي تقليل من قَدره أو استخفاف بما هو عليه. نفس النهج العلمي الذي مَكَّنَه من تكوين ثروته وإطلاق العنان لسلطته، كما يعتقد، مكَّن علم الأحياء وعلم النفس من تفسير طبيعته، أو على الأقل تفسير كل ما كان يبدو فريدًا فيه أو حتى غامضًا بأي شكل من الأشكال. مع كل ثروته وسلطته، الإنسان في حقيقتِه «فقير الروح»12.

نحن نعرف الآن ما يجب فعله حيال تدهور الأداء. لا تُقدم الأخبار المؤسفة على الأخبار السارة، واجعل معاييرك قاطعة.

قد ينبهنا التفكير النُّظُمي لأهمية ذلك، لكنه لا يُحققه. لا يستطيع التفكير النُّظُمي في حد ذاته سد هذه الفجوة بين الفهم والتطبيق، لكنه قد يقودنا إلى أقصى ما يمكن الوصول إليه بالتحليل ثم يوجهنا إلى ما هو أبعد، إلى ما يُمكن للروح البشرية أن تفعله ويجب أن تفعله.

شكر وتقدير من المحررة

ساعد عدد كبير من الناس في إحياء هذا الكتاب. في مخطوطتها الأصلية، أعربت دونيلا (دانا) ميدوز عن شكرها الخاص لمجموعة بالاتون، ومجموعة تحليل الأنظمة البيئية في كاسل، وبرنامج الدراسات البيئية في دارتموث، وإيان ومارجو بالدوين، وتشيلسي جرين للنشر، والعديد من (isee المعروفة الآن باسم أنظمة) وهارتموت وريك بوسيل، وأنظمة الأداء المرتفع القراء والمُفسرين. كما أشارت إلى دور عائلتها الممتدة من المزارعين الذين عاشوا وعملوا لسنوات طويلة في مزرعتهم العضوية في بلينفيلد، نيو هامبشاير.

بصفتي المحررة التي قرأت مخطوطة دانا للنشر بعد وفاتها، أود أن أضيف المزيد من الشكر: لقد ساهمت آن وهانس زوليجر ومؤسسة الألفية الثالثة، وأعضاء مجلس إدارة وموظفو معهد الاستدامة، في الدعم والحماس لهذا المشروع. انتقد العديد من المستشارين والمراجعين النص والنماذج وساعدوني في التفكير في كيفية جعل هذا الكتاب مفيدًا للعالم -هارتموت بوسيل، وتوم فيدامان، وكريس سودركويست، وفيل رايس، ودينيس ميدوز، وبيث ساوين، وهيلين ويبرو، وجيم شلي، وبيتر شتاين، وبيرت كوهين، وهانتر لوفينز، والطلاب في كلية بريسيديو لعلم الإدارة. عمل فريق كامل في تشيلسي جرين للنشر على صياغة المخطوطة المعقدة في كتاب واضح. أشكرهم جميعًا لمساعدتنا على تحسين إدارتنا لكوكبنا.

وأخيرًا أشكر دانا ميدوز على كل ما تعلمته منها شخصيًا وفي أثناء تحرير هذا الكتاب.

عن المؤلفة

كانت دونيلا ميدوز (1941-2001) عالمة في الكيمياء والفيزياء الحيوية، ونالت درجة الدكتوراه من جامعة هارفارد. في عام 1970، انضمت إلى فريق معهد ماساتشوستس وهو نموذج حاسوبي عالمي يستكشف ،«World3» للتكنولوجيا بقيادة دينيس ميدوز الذي أنتج ديناميكيات السكان والنمو الاقتصادي على كوكب محدود. في عام 1972، شاركت كمؤلفة للجمهور «World3» رئيسية لكتاب «حدود النمو»، وهو الكتاب الذي قدم أفكار مشروع نموذج العام، وتُرجِم إلى ثماني وعشرين لغة وأثار جدلًا عالميًّا حول قدرة الأرض على التحمل والخيارات البشرية. ألفت ميدوز تسعة كتب أخرى حول النمذجة العالمية والتنمية المستدامة، ولمدة خمسة عشر عامًا كتبت عمودًا أسبوعيًّا بعنوان «المواطِن العالمي»، تتأمل فيه حالة مجتمعنا والصلات المعقدة في العالم.

في عام 1991، تم الاعتراف بميدوز على أنها باحثة في الحماية والبيئة، وفي عام 1994 حصلت على زمالة ماك آرثر. أسست معهد الاستدامة في عام 1996 لتطبيق التفكير النُّظُمي والتعلُّم التأسيسي لمواجهة التحديات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية. من عام 1972 حتى وفاتها في عام 2001، درَّسَت ميدوز في برنامج الدراسات البيئية بكلية دارتموث.

قائمة المراجع

المُقدمة: عدسة الأنظمة

1 - Russell Ackoff, «The Future of Operational Research Is Past«, Journal of the Operational Research Society 30, no. 2 (February 1979): 93-104.

2 - Idries Shah, Tales of the Dervishes (New York: E. P. Dutton, 1970), 25.

الجزء الأول

- 1 -

1 - Poul Anderson, quoted in Arthur Koestler, The Ghost in the Machine (New York: Macmillan, 1968), 59.

2 - Ramon Margalef, «Perspectives in Ecological Theory«, Co-Evolution Quarterly (Summer 1975), 49.

3 - Jay W. Forrester, Industrial Dynamics (Cambridge, MA: The MIT Press, 1961), 15.

4 - Honoré Balzac, quoted in George P. Richardson, Feedback Thought in Social Science and Systems Theory (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1991), 54.

5 - Jan Tinbergen, quoted in ibid, 44.

- 2 -

1 - Albert Einstein, «On the Method of Theoretical Physics«, The Herbert Spencer Lecture, delivered at Oxford (10 June 1933); also published in Philosophy of Science 1, no. 2 (April 1934): 163-69.

2 - ابتكر البروفيسور هارتموت بوسيل من جامعة كاسل في ألمانيا مفهوم «حديقة حيوان الأنظمة». تحتوي كتبه الثلاثة الأخيرة على أوصاف للنظم وتوثيق لنماذج محاكاة لأكثر من 100 «حيوان - نظام»، أُدرِج بعضها في صور معدلة هنا في هذا الكتاب.

Hartmut Bossel, System Zoo Simulation Models - Vol. 1: Elementary Systems, Physics, Engineering; Vol. 2: Climate, Ecosystems, Resources; Vol. 3: Economy, Society, Development. (Norderstedt, Germany: Books on Demand, 2007).

3 - لنموذج أكثر اكتمالًا، انظر:

The chapter «Population Sector« in Dennis L. Meadows et al., Dynamics of Growth in a Finite World, (Cambridge MA: Wright-Allen Press, 1974).

4 - لمثال على ذلك، انظر:

Chapter 2 in Donella Meadows, Jørgen Randers, and Dennis Meadows, Limits to Growth: The 30-Year Update (White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing Co., 2004).

5 - Jay W. Forrester, 1989. «The System Dynamics National Model: Macrobehavior from Microstructure«, in P. M. Milling and E. O. K. Zahn, eds., Computer-Based Management of Complex Systems: International System Dynamics Conference (Berlin: Springer-Verlag, 1989).

الجزء الثاني

- 3 -

1 - Aldo Leopold, Round River (New York: Oxford University Press, 1993).

2 - C. S. Holling, ed., Adaptive Environmental Assessment and Management, (Chichester UK: John Wiley & Sons, 1978), 34.

3 - Ludwig von Bertalanffy, Problems of Life: An Evaluation of Modern Biological Thought (New York: John Wiley & Sons Inc., 1952), 105.

4 - Jonathan Swift, «Poetry, a Rhapsody, 1733«. In The Poetical Works of Jonathan Swift (Boston: Little Brown & Co.,1959).

5 - Paraphrased from Herbert Simon, The Sciences of the Artificial (Cambridge MA: MIT Press, 1969), 90-91 and 98-99.

1 - Wendell Berry, Standing by Words (Washington, DC: Shoemaker & Hoard, 2005), 65.

2 - Kenneth Boulding, «General Systems as a Point of View«, in Mihajlo D. Mesarovic, ed., Views on General Systems Theory, proceedings of the Second Systems Symposium, Case Institute of Technology, Cleveland, April 1963 (New York: John Wiley & Sons, 1964).

3 - James Gleick, Chaos: Making a New Science (New York: Viking, 1987), 23-24.

4 - وردت هذه القصة في المصدر التالي:

C. S. Holling, «The Curious Behavior of Complex Systems: Lessons from Ecology«, in H. A. Linstone, Future Research (Reading, MA: Addison-Wesley, 1977); B. A. Montgomery et al., The Spruce Budworm Handbook, Michigan Cooperative Forest Pest Management Program, Handbook 82-7, November, 1982; The Research News, University of Michigan, April- June, 1984; Kari Lie, «The Spruce Budworm Controversy in New Brunswick and Nova Scotia«, Alternatives 10, no. 10 (Spring 1980), 5; R. F. Morris, «The Dynamics of Epidemic Spruce Budworm Populations«, Entomological Society of Canada, no. 31, (1963).

5 - Garrett Hardin, «The Cybernetics of Competition: A Biologist's View of Society«, mPerspectives in Biology and Medicine 7, no. 1 (1963): 58-84.

6 - Jay W. Forrester, Urban Dynamics (Cambridge, MA: The MIT Press, 1969), 117.

7 - مقتبَس من خطاب فاتسلاف هافيل في المعهد الفرنسي،

the International Herald Tribune, November 13, 1992, p. 7.

8 - Dennis L. Meadows, Dynamics of Commodity Production Cycles, (Cambridge MA: Wright-Allen Press, Inc., 1970).

9 - Adam Smith, An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, Edwin Cannan, ed., (Chicago: University of Chicago Press, 1976), 477-8.

10 - Herman Daly, ed., Toward a Steady-State Economy (San Francisco: W. H. Freeman and Co., 1973), 17; Herbert Simon, «Theories of Bounded Rationality«, in R. Radner andC. B. McGuire, eds.,

Decision and Organization (Amsterdam: North-Holland Pub. Co., 1972)

11 - استُخدم المصطلح (satisficing) الذي يدمج بين (satisfy)و (suffice) لأول مرة من قِبل هربرت سايمون لوصف سلوك اتخاذ القرارات التي تلبي الاحتياجات بشكل كافٍ، بدلًا من محاولة تعظيم النتائج في مواجهة المعلومات غير الكاملة. H. Simon, Models of Man, (New York: Wiley, 1957)

12 - Philip G. Zimbardo, «On the Ethics of Intervention in Human Psychological Research: With Special Reference to the Stanford Prison Experiment«, Cognition 2, no. 2 (1973): 243-56)

13 - 1973، الدنمارك، كوليكولي في مؤتمر أثناء للكاتبة القصة هذه رُوِيَت.

- 5 -

1 - An interview by Barry James, «Voltaire's Legacy: The Cult of the Systems Man«, International Herald Tribune, December 16, 1992, p. 24.

2 - John H. Cushman, Jr., «From Clinton, a Flyer on Corporate Jets?« International Herald Tribune, December 15, 1992, p. 11.

3 - World Bank, World Development Report 1984 (New York: Oxford University Press, 1984), 157; Petre Muresan and Ioan M. Copil, «Romania«, in B. Berelson, ed., Population Policy in Developed Countries (New York: McGraw-Hill Book Company, 1974), 355-84.

4 - Alva Myrdal, Nation and Family (Cambridge, MA: MIT Press, 1968). Original edition published New York: Harper & Brothers, 1941.

5 - "Germans Lose Ground on Asylum Pact«, International Herald Tribune, December 15, 1992, p. 5.

6 - Garrett Hardin, «The Tragedy of the Commons«, Science 162, no. 3859 (13 December 1968): 1243-48.

7 - Erik Ipsen, «Britain on the Skids: A Malaise at the Top«, International Herald Tribune, December 15, 1992, p. 1.

8 - Clyde Haberman, «Israeli Soldier Kidnapped by Islamic Extremists«, International Herald Tribune, December 14, 1992, p. 1.

9 - Sylvia Nasar, «Clinton Tax Plan Meets Math«, International Herald Tribune, December 14, 1992, p. 15.

10 - See Jonathan Kozol, Savage Inequalities: Children in America's Schools (New York: Crown Publishers, 1991).

11 - Quoted in Thomas L. Friedman, «Bill Clinton Live: Not Just a Talk Show«, International Herald Tribune, December 16, 1992, p. 6.

12 - Keith B. Richburg, «Addiction, Somali-Style, Worries Marines«, International Herald Tribune, December 15, 1992, p. 2.

13 - Calvin and Hobbes comic strip, International Herald Tribune, December 18, 1992, p. 22.

14 - Wouter Tims, «Food, Agriculture, and Systems Analysis«, Options, International Institute of Applied Systems Analysis Laxenburg, Austria no. 2 (1984), 16.

15 - "Tokyo Cuts Outlook on Growth to 1.6%«, International Herald Tribune, December 19-20, 1992, p. 11.

16 - Robert F. Kennedy address, University of Kansas, Lawrence, Kansas, March 18, 1968. Available from the JFK Library On-Line, http://www.jfklibrary.org/Historical+Resources/Archives/Reference+Desk/Speeches/RFK/RFKSpeech68Mar18UKansas.htm. Accessed 6/11/08.

17 - Wendell Berry, Home Economics (San Francisco: North Point Press, 1987), 133.

الجزء الثالث

- 6 -

1 - Lawrence Malkin, «IBM Slashes Spending for Research in New Cutback«, International Herald Tribune, December 16, 1992, p. 1.

2 - J. W. Forrester, World Dynamics (Cambridge MA: Wright-Allen Press, 1971).

3 - Forrester, Urban Dynamics (Cambridge, MA: The MIT Press, 1969), 65.

4 - Thanks to David Holmstrom of Santiago, Chile.

5 - لمزيد من الأمثلة:

Dennis Meadows's model of commodity price fluctuations: Dennis L. Meadows, Dynamics of Commodity Production Cycles (Cambridge, MA: Wright-Allen Press, Inc., 1970).

6 - John Kenneth Galbraith, The New Industrial State (Boston: Houghton Mifflin, 1967).

7 - Ralph Waldo Emerson, «War«, lecture delivered in Boston, March, 1838. Reprinted in Emerson's Complete Works, vol. XI, (Boston: Houghton, Mifflin & Co., 1887), 177.

8 - Thomas Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions (Chicago: University of Chicago Press, 1962).

- 7 -

1 - G.K. Chesterton, Orthodoxy (New York: Dodd, Mead and Co., 1927).

2 - لمثال بديع على اتحاد التفكير النُّظُمي مع بقية السمات البشرية في سياق إدارة الشركات، انظر:

Peter Senge's book The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization (New York: Doubleday, 1990).

3 - Philip Abelson, «Major Changes in the Chemical Industry«, Science 255, no. 5051 (20 March 1992), 1489.

4 - Fred Kofman, «Double-Loop Accounting: A Language for the Learning Organization«, The Systems Thinker 3, no. 1 (February 1992).

5 - Wendell Berry, Standing by Words (San Francisco: North Point Press, 1983), 24, 52.

6 - This story was told to me by Ed Roberts of Pugh-Roberts Associates.

7 - Garrett Hardin, Exploring New Ethics for Survival: the Voyage of the Spaceship Beagle (New York, Penguin Books, 1976), 107.

8 - Donald N. Michael, «Competences and Compassion in an Age of Uncertainty«, World Future Society Bulletin (January/February 1983).

9 - Donald N. Michael quoted in H. A. Linstone and W. H. C. Simmonds. eds., Futures Research (Reading, MA: Addison-Wesley, 1977), 98-99.

10 - Aldo Leopold, A Sand County Almanac and Sketches Here and There (New York: Oxford University Press, 1968), 224-25.

11 - Kenneth Boulding, «The Economics of the Coming Spaceship Earth«, in H. Jarrett, ed., Environmental Quality in a Growing Economy: Essays from the Sixth Resources for the Future Forum (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1966), 11-12.

12 - Joseph Wood Krutch, Human Nature and the Human Condition (New York: Random House, 1959).