

Ο ανθρώπινος οργανισμός ως χαοτικό σύστημα

Crystal Ives

Απόδοση στα ελληνικά: ΦΩΤΗΣ ΒΛΑΣΤΟΣ
Πνευμονολόγος, Επιμελητής Α', ΚΑΑ-ΝΘΑΑ

Μια από τις συνηθέστερες μεταφορές που ακούγονται καθημερινά είναι η παρομοίωση του ανθρώπινου σώματος με μια μηχανή. Η καρδιά μας χτυπά «σαν ρολόι» ή «κρατάμε τις μηχανές μας αναμμένες». Είναι πράγματι το σώμα μια μηχανή, μπορούμε να δούμε τους εαυτούς μας σαν ένα άθροισμα από ανταλλκτικά; Οι ανακαλύψεις στα πλαίσια της θεωρίας του χάους υποστηρίζουν ότι αυτό δε συμβαίνει. Η πολυπλοκότητα στην κατασκευή και στη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος έχει εντυπωσιάσει τους επιστήμονες ανέκαθεν. Αναρίθμητα, αλληλοεπικαλυπτόμενα κυκλώματα ρυθμίζουν τις εσωτερικές μας διεργασίες, διατηρώντας μας μέσα στα ασφαλή πλαίσια της επιβίωσης. Παρά τη ρύθμιση αυτή, τα συστήματά μας είναι μη περιοδικά και μη προβλέψιμα σε βάθος χρόνου. Είμαστε εντυπωσιακά οργανωμένοι σε πολλές κλίμακες μεγέθους, ωστόσο κατά τρόπο μη κανονικό. Τα σώματά μας υπακούν σε ένα σύνολο από μη γραμμικούς, δυναμικούς κανόνες. Το ανθρώπινο σώμα δεν είναι μια απλή μηχανή, αλλά ένα συναρπαστικά πολύπλοκο χαοτικό σύστημα.

Τι είναι ένα Χαοτικό Σύστημα;

Από τη στιγμή που οι εισηγητές της θεωρίας του χάους άρχισαν τις μελέτες τους, η επιστήμη αυτή συνδέθηκε με τις προοπτικές του μέλλοντος. Οι συνεισφορές των Poincaré, Lorenz και Mandelbrot μας βοήθησαν να κατανοήσουμε τι είναι το χάος και ποια είναι η σημασία του για το φυσικό κόσμο. Αν και η μελέτη των προβλέψιμων, γραμμικών συστημάτων αποτελεί τον κύριο όγκο της κλασικής παιδείας, αυτά τα συστήματα αποτελούν μόνο την εξαίρεση, όχι τον κανόνα. Τα περισσότερα συστήματα στη φύση υπακούν στους κανόνες του χάους. Μια πεταλούδα χτυπά τα φτερά της σε μια πεδιάδα της Κίνας και μια καταιγίδα γεννιέται στον Ειρηνικό Ωκεανό. Αυτό το κλασικό παράδειγμα είναι γνωστό σαν «επίδραση της πεταλούδας». Τα χαοτικά συστήματα έχουν εξαιρετική ευαισθησία στις εσωτερικές συνθήκες, γεγονός που τα καθιστά εγγενώς απρόβλεπτα σε μακρά χρονική περίοδο. Με σκοπό να κάνουμε μια ασφαλή πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών, θα έπρεπε να γνωρίζουμε τις ακριβείς λεπτομέρειες κάθε παράγοντα που θα μπορούσε να τις επηρεάσει. Το κλίμα είναι τόσο ευαίσθητο σύστημα ώστε οι επιδρώντες παράγοντες είναι ουσιαστικά άπειροι. Επίσης, αυτοί οι άπειροι παράγοντες ενισχύονται μέσα στο σύστημα, ούτως ώστε διαδικασίες που εκκινούν από δύο σχεδόν ταυτόσημα σημεία εκκίνησης θα τερματιστούν σε εντελώς διαφορετικά σημεία. Έτσι, τα χαοτικά συστήματα του καιρού είναι απρόβλεπτα και το χτύπημα των φτερών μιας πεταλούδας μπορεί να προκαλέσει μια καταιγίδα.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των χαοτικών συστημάτων είναι η τάξη χωρίς περιοδικότητα. Ένα χαοτικό σύστημα λειτουργεί με βάση ορισμένους κανόνες, αλλά συνεχείς ανατροφοδοτήσεις (feedback), χρονικές καθυστερήσεις και απειροελάχιστες μεταβολές αναγκάζουν το σύστημα να συμπεριφέρεται κατά τρόπο μη επαναλήψιμο. Όταν τα χαοτικά δεδομένα καταστρώνονται στις τρεις διαστάσεις, εμφανίζονται πρότυπα που καλούνται "strange attractors". Η γραμμή

που αντιπροσωπεύει τα στοιχεία παραμένει μέσα στα καθορισμένα όρια, αλλά περιστρέφεται ατέρμονα γύρω από ένα κεντρικό σημείο, χωρίς να επαναλαμβάνει την ίδια τροχιά. Αυτά τα γραφήματα μοιάζουν με ιστό αράχνης, περιελισσόμενο σχοινί ή, όπως ο πρώτος attractor του Lorenz, δυο φτερά πεταλούδας. Ένα τρίτο κρίσιμο ζήτημα που αφορά τα χαοτικά συστήματα είναι η όμορφη τάξη που αναδύεται από αυτά. Ένα σύστημα μπορεί να φορά την τάξη και το χάος σαν διαφορετικές μάσκες, ανάλογα με τις περιστάσεις. Μπορεί επίσης να μεταπίπτει από την τάξη στο χάος και το αντίστροφο. Όταν το σύστημα καθίσταται διαρκώς ασταθέστερο, ένας attractor παίρνει το stress και το σύστημα επιστρέφει στην τάξη. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται στροφή (bifurcation). Η στροφή καταλήγει σε νέες δυνατότητες που διατηρούν το σύστημα ζωντανό και ανοικτό στις πιθανότητες.

Τέλος, μια ακόμη όψη του χάους είναι η γεωμετρία των fractals. Τα fractals δημιουργήθηκαν για πρώτη φορά με τη βοήθεια των computers για την ανάλυση μη γραμμικών εξισώσεων, επιτρέποντας στην εγγενή ευαισθησία των εξισώσεων να δημιουργήσει σχήματα και εικόνες στην οθόνη (εικόνα 1). Ο Πολωνός μαθηματικός Benoit Mandelbrot επινόησε τον όρο fractal για να περιγράψει την τεμαχισμένη, ακανόνιστη φύση αυτών των εικόνων. Ένα fractal έχει πολλά χαρακτηριστικά, ένα από τα οποία είναι η κλιμάκωση. Το ίδιο επίπεδο λεπτομερειών εμφανίζεται σε όλες τις κλίμακες μέσα στο fractal, ούτως ώστε όταν κανείς εμβαθύνει στο εσωτερικό του, το fractal ποτέ να μην καθίσταται απλούστερο. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι η «αυτο-ομοιότητα». Το σχήμα που εμφανίζεται σε μια κλίμακα ενός fractal μοιάζει με τα σχήματα που εμφανίζονται σε όλες τις κλίμακες. Όσες φορές κι αν μεγθύνεται μια ορισμένη περιοχή του fractal, η αυτο-ομοιότητα διατηρείται. Ένα τελευταίο χαρακτηριστικό του fractal ονομάζεται γεωμετρία μεταξύ των διαστάσεων, που σημαίνει ότι ένα fractal υπάρχει σε κάθε μια από τις άπειρες διαστάσεις. Ας φανταστούμε ένα σχοινί, τυλιγμένο σε όμοια σχήματα με τη μορφή ενός τετραγώνου. Υπάρχει το σχοινί σαν μια μονοδιάστατη γραμμή ή αναπτύσσεται σε ένα επίπεδο δύο διαστάσεων; Η διάσταση του fractal κατά τον Mandelbrot για αυτό το σχήμα είναι περίπου 1.26, ούτε 1 ούτε 2. Τα fractals είναι σημαντικά στο χάος, επειδή εικονογραφούν δραματικά τα πολύπλοκα συστήματα με οριστικές ιδιότητες.

Η καρδιά του χάους

Ένα καλό παράδειγμα χάους στον ανθρώπινο οργανισμό είναι οι παλμοί της καρδιάς. Για μας, η καρδιά χτυπά με μια περιοδική κανονικότητα, σαν ρολόι. Ωστόσο, περισσότερο ευαίσθητα όργανα αποκαλύπτουν ότι ο ρυθμός μιας φυσιολογικής καρδιάς ποικίλλει σημαντικά. Σπανίως, η καρδιά μας χτυπά με τον ίδιο τρόπο δυο φορές. Ο ρυθμός μιας φυσιολογικής καρδιάς ρυθμίζεται από τον κολποκοιλιακό κόμβο. Η ηλεκτρική διέγερση εξαπλώνεται από το φλεβοκόμβο και διατρέχει τις κοιλίες. Τα σήματα που δίδονται από τον κολποκοιλιακό κόμβο ποικίλλουν σε ένταση και ρυθμό, ούτως ώστε σχεδόν κάθε εντολή να είναι διαφορετική, γεγονός που δημιουργεί ένα ποικίλο ρυθμό. Η ποικιλία αυτή των σημάτων οφείλεται σε ⇨

⇒ ανταγωνισμό μεταξύ συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος. Το συμπαθητικό αναγκάζει την καρδιά να λειτουργήσει ταχύτερα και εντονότερα, ενώ το παρασυμπαθητικό αγωνίζεται να τη χαλαρώσει. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο δημιουργεί συνεχείς μεταβολές στο σήμα και ένα σύνθετο και απρόβλεπτο μοντέλο καρδιακού ρυθμού.

Μια άλλη αιτία για το χαοτικό καρδιακό ρυθμό είναι η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ του αναπνευστικού και του καρδιαγγειακού συστήματος. Ο αναπνευστικός ρυθμός επιδρά στο timing των καρδιακών παλμών και είναι γνωστό ότι η εισπνοή τους αυξάνει. Η σύζευξη αυτή καλείται αναπνευστική κομβική αρρυθμία και συνεισφέρει στη μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας. Λογικά, υπάρχει νόημα: η αλληλεπίδραση ανάμεσα σε δύο χαοτικά συστήματα αυξάνει την τάση για μεταβλητότητα στο άθροισμά τους. Εκτός από την τυχαία μη περιοδικότητα, η καρδιά διαθέτει επίσης δύο επιπρόσθετα χαρακτηριστικά των χαοτικών συστημάτων: την εμφάνιση κανονικότητας και την ύπαρξη των strange attractors. Οι Kim και Stringer γράφουν «υπάρχει ένα ευρύ φάσμα δυναμικής στον καρδιακό ρυθμό, που κυμαίνεται από την κανονικότητα στις ακραίες μεταβολές και στην πολυπλοκότητα». Η καρδιά λειτουργεί στα πλαίσια μιας λεπτής ισορροπίας μεταξύ τάξης και χάους. Επιπλέον, ένας παράξενος, μη περιοδικός ιστός αράχνης εμφανίζεται από την κατάστρωση των ηλεκτροκαρδιογραφικών δεδομένων σε τρισδιάστατο πίνακα φάσης-έκτασης. Η παλλόμενη καρδιά έχει έναν strange attractor. Εάν δεχθούμε αυτές τις αποδείξεις, η καρδιά κατατάσσεται ορθά στα χαοτικά συστήματα. Αλλά γιατί θα ήταν επωφελές να έχουμε μια χαοτική καρδιά;

Υπάρχουν πολλοί καλοί λόγοι για να είναι ποικίλος ο καρδιακός ρυθμός. Όπως κάθε αρσιβαρίστας γνωρίζει, η συνεχής επανάληψη μιας ορισμένης κίνησης προκαλεί κόπωση. Μέσω της ποικιλίας, η καρδιά περιορίζει την κόπωσή της. Επίσης, μια χαοτική καρδιά είναι καλύτερα εφοδιασμένη ώστε να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες ανάγκες. Η μεταβλητότητα στην ένταση και στο ρυθμό καθιστά την καρδιά αποτελεσματική σε όλες τις ταχύτητες και τις εντάσεις. Όταν οι ανάγκες του σώματος αυξάνονται, η καρδιά είναι ικανή να σηκώνει το βάρος χωρίς το σοκ μιας αιφνίδιας αλλαγής του ρυθμού. Συνεπώς, η καρδιά χτυπά με χαώδη τρόπο για συγκεκριμένους λόγους. Ωστόσο, το καρδιαγγειακό σύστημα δεν είναι το πλέον δυναμικό και μεταβαλλόμενο σύστημα στο σώμα. Το καλύτερο παράδειγμα του χάους βρίσκεται στο ανθρώπινο μυαλό.

Το χαοτικό μυαλό μας

Το κλασικό μοντέλο της λειτουργίας του μυαλού όσον αφορά τη συμπεριφορά είναι γνωστό σαν δόγμα του νευρώνα. Το δόγμα αναφέρει ότι η φυσιολογική βάση της συμπεριφοράς μπορεί να βρεθεί στο επίπεδο των ατομικών νευρώνων των οποίων η δραστηριότητα πυροδοτείται από ένα ερέθισμα. Αυτή η ερμηνεία δέχεται ότι η λειτουργία του εγκεφάλου μπορεί να αναλυθεί μέσω των ιδιοτήτων των μερών του και δεν παίρνει ενεργό μέρος στη διαδικασία της σκέψης, αλλά μόνο αντιδρά σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα. Επιπλέον, είναι δυνατό να περιγραφεί αυτό το παθητικό, μηχανιστικό μυαλό με γραμμικά μαθηματικά. Η θεωρία του χάους, ωστόσο, αντιτίθεται στο δόγμα του νευρώνα. Ο ψυχίατρος Arnold Mandell περιγράφει

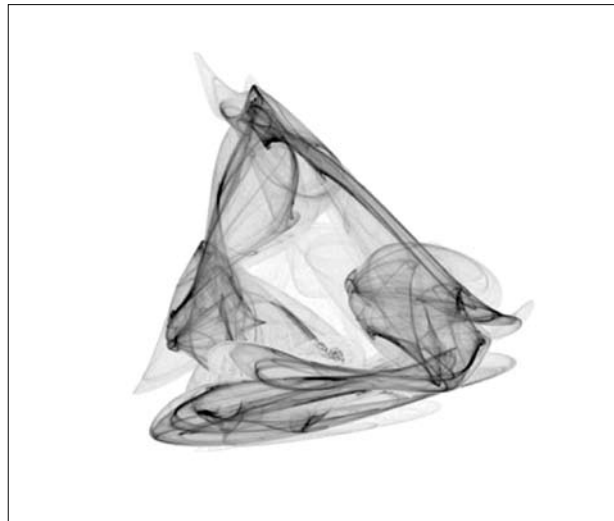
την απογοήτευσή του ως προς το περιβόητο δόγμα: «Περισσότεροι από 50 διαβιβαστές, χιλιάδες τύποι κυττάρων, πολύπλοκη ηλεκτρομαγνητική φαινομενολογία και συνεχής αστάθεια βασισμένη στη δράση του αυτόνομου νευρικού συστήματος σε όλα τα επίπεδα...κι ωστόσο η εγκεφαλική δραστηριότητα αναλύεται σαν ένας καταρράκτης χημικών αντιδράσεων». Μια νέα θεωρία της εγκεφαλικής λειτουργίας αποκαλύπτεται στα πλαίσια της θεωρίας του χάους. Οι επιστήμονες που ερευνούν την εγκεφαλική δραστηριότητα δεν είναι ικανοποιημένοι με τίποτε λιγότερο από μια χαοτική θεωρία για το μυαλό. Ο Freeman συμπεραίνει «Βρήκαμε ότι η λειτουργία του εγκεφάλου δεν μπορεί να ερμηνευθεί με την παραδο-

χή των ατομικών νευρώνων ή των τοπικών δικτύων, ούτε χαρακτηρίζεται ορθά σαν παθητική αντίδραση σε ερεθίσματα». Το μυαλό είναι ένα χαοτικό σύστημα που ρυθμίζεται από κυκλώματα εσωτερικής ανατροφοδότησης, το οποίο πρέπει να αναλυθεί σαν ενιαίο σύνολο. Μικρές εσωτερικές αβεβαιότητες μεγεθύνονται με την πάροδο του χρόνου, καθιστώντας τις μακρόχρονες προβλέψεις της εγκεφαλικής λειτουργίας αδύνατες. Επιπλέον, η χαοτική του δραστηριότητα δημιουργεί νέες λύσεις, μια εσωτερική διαδικασία κρίσιμη για τη γνώση. Τελικά, η παράξενη συμπεριφορά στο μυαλό έχει ερμηνευθεί μόνο λογικά από τα μη γραμμικά μαθηματικά. Οι ηλεκτροεγκεφαλογραφικές εικόνες της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου είναι όμοιες με τα ηλεκτροκαρδιογραφικά δεδομένα της

καρδιάς. Η εγκεφαλική δραστηριότητα είναι χαοτική και απρόβλεπτη, ωστόσο έχει μια κρυμμένη τάξη, όταν παρασταθεί σε ένα διάγραμμα φάσης-χώρου, η οποία έλκεται σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Υπάρχουν πολλοί fractal strange attractors στον εγκέφαλο που μεταβάλλονται καθώς εξελίσσεται η σκέψη. Ο Paul Rapp, νευροφυσιολόγος από το Medical College of Pennsylvania, σχολιάζει αυτή την ανακάλυψη: «Για πρώτη φορά είμαστε σε θέση να δούμε μεταβολές στη γεωμετρία του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος που συμβαίνουν σαν αποτέλεσμα της ανθρώπινης γνωστικής λειτουργίας...Περίμενα να δω κάτι πολύ πληκτικό, που δε θα άλλαζε σημαντικά καθώς το άτομο άρχιζε να σκέφτεται. Από τη στιγμή που αυτές οι δομές κατέκλιση την οθόνη και άρχισαν να περιστρέφονται, ήξερα ότι έβλεπα κάτι πρωτοφανές». Αυτοί οι attractors στο μυαλό θεωρείται ότι παίζουν ένα σημαντικό ρόλο που διακρίνει το μυαλό από όλους τους άλλους τεχνητούς υπολογιστές: του δίνει τη δυνατότητα να δημιουργεί ενεργητικά.

Υπάρχει μια θεωρία σύμφωνα με την οποία η μάθηση συντελείται όταν ένα νέο ερέθισμα προκαλεί την εμφάνιση μιας ολοένα και αυξανόμενης χαοτικής κατάστασης στον εγκέφαλο. Αυτή η δραστηριότητα προκαλεί μια κρίσιμη μεταβολή που παρέχει το υπόστρωμα για την ομαδική ενεργοποίηση μιας ομάδας νευρικών κυττάρων και την εμφάνιση ενός νέου παράξενου strange attractor. Αν και χρειάζεται περισσότερη έρευνα σε αυτόν τον τομέα, είναι σαφές ότι η ικανότητα του μυαλού να γεννά εσωτερικά νέες πληροφορίες είναι σημαντική για τις δημιουργικές μας διαδικασίες. Σαν να είναι απαραίτητο το χάος γι' αυτή την ικανότητα.

Πέρα από τις δημιουργικές διαδικασίες, τα οφέλη της χαοτικής δραστηριότητας στον εγκέφαλο είναι παρόμοια με αυτά που αφορούν την καρδιά. Οι νευρώνες πρέπει να γυμνάζονται για να εγγυ-



Εικόνα 1. Strange attractor που σχηματίστηκε από χαοτική χαρτογράφηση

νηθούν τη λειτουργία τους. Εάν οι νευρώνες δε χρησιμοποιούνται για μεγάλη περίοδο, πεθαίνουν. Τυχαίες πυροδοτήσεις ανενεργών νευρώνων προσφέρουν έναν κατάλληλο μηχανισμό για τη διατήρηση της νευρωνικής υγείας. Συνεπώς, το χάος είναι ουσιώδες για τη φυσιολογική εγκεφαλική λειτουργία. Αυτό που παλαιότερα παραμεριζόταν σαν απλός θόρυβος είναι μάλλον ζωτικής βιολογικής σημασίας.

Ο βασικός θόρυβος στον εγκέφαλο είναι σταθερός, συνεχής και ελέγξιμος-αλλά όχι απολύτως. Όπως η χαοτική καρδιακή λειτουργία, οι ηλεκτρομαγνητικές ώσεις στον εγκέφαλο εμφανίζουν επίσης χαοτική κατανομή. Η χαοτική δραστηριότητα στον εγκέφαλο προετοιμάζει για αιφνίδιες μεταβολές της κατάστασής του. Τέτοιες μεταβολές είναι ζωτικές για την ανάλυση των προσλαμβανόμενων πληροφοριών. Χωρίς αυτές, η μάθηση και η αντίληψη θα ήταν αγωνιώδως βραδείες.

Δύο από τα πλέον δυναμικά όργανα του σώματός μας δείχνουν χαοτικά πρότυπα λειτουργίας. Παρόλα αυτά, το χάος δε σταματά εδώ. Ολόκληρο το σώμα μας είναι ένα πολύπλοκο, δυναμικό σύστημα. Η φυσιολογία μας, όπως σε τόσα άλλα ζητήματα στη φύση, διαθέτει διαστάσεις fractal. Είμαστε παιδιά του χάους.

Η fractal φυσιολογία

Η επιστημονική γοητεία των fractals είναι αναμφισβήτητη. Υπάρχουν θεωρίες που υποδηλώνουν ότι οι ιδιότητες των fractals μπορεί να καθορίζουν ακόμη και την αισθητική μας. Ο μηχανικός υπολογιστών Homer Smith σημειώνει «Εάν σας αρέσουν τα fractals, είναι επειδή είστε φτιαγμένοι από αυτά. Εάν δεν αντέχετε τα fractals, είναι επειδή δεν αντέχετε τον εαυτό σας. Συμβαίνει». Η φράση του είναι αληθινή. Πολλά από τα συστήματα του οργανισμού μας εμφανίζουν χαρακτηριστικά fractal.

Οι πνεύμονες των ενήλικων έχουν μια εσωτερική επιφάνεια μεγαλύτερη από ένα γήπεδο τέννις. Το έντερο έχει επιφάνεια 300 τετραγωνικών μέτρων. Προφανώς, χρειάζεται ένα άκρως αποτελεσματικό σύστημα πακεταρίσματος για τέτοιες συμπτώσεις και η γεωμετρία των fractal είναι ένα τέτοιο σύστημα. Η αυτο-ομοιότητα σε κάθε κλίμακα αυξάνει σημαντικά την επιφάνεια χωρίς να αυξάνει τον όγκο. Τα fractals είναι ένας τρόπος σύμπτυξης ενός συστήματος χωρίς να μειωθεί η αποτελεσματική λειτουργία του. Το ανθρώπινο αγγειακό δέντρο είναι τόσο πολύ πακεταρισμένο που εμφανίζει μια δραστητική fractal διάσταση της τάξης του 3 . Το σύστημα των αρτηριών έχει μια διάσταση της τάξης του 2.7 . Αυτό σημαίνει ότι το αγγειακό σύστημα είναι τόσο compact όσο μια απλή γραμμή που περιστρέφεται στον εαυτό της σε μια τέλεια σφαίρα διατηρώντας την επιφάνεια ολόκληρης της γραμμής.

Τα fractals είναι επίσης ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος κατανομής. Μια φάλαγγα είναι 10 εκατομμύρια φορές βαρύτερη από ένα ποντίκι, ωστόσο χρειάζεται μόνο 70% περισσότερους κλάδους στο κυκλοφορικό της σύστημα. Τα συστήματα κατανομής του σώματος –καρδιαγγειακό, αναπνευστικό, λεμφαγγειακό, πεπτικό– όλα διαθέτουν χαρακτηριστικά fractals. Για παράδειγμα, η διακλάδωση των αρτηριών, των φλεβών και των τριχοειδών στο καρδιαγγειακό σύστημα είναι τυχαία, εμφανίζει αυτο-ομοιότητα και μάλιστα σε κάθε κλίμακα. Εκτός από αποτελεσματική, η γεωμετρία fractal είναι επίσης απλή.

Οι εκθετικές ερμηνείες των διακλαδώσεων στο σώμα απαιτούν περισσότερες πολυπαραγοντικές εξισώσεις από τις μη γραμμικές περιγραφές. Οι fractal διακλαδώσεις όλων των συστημάτων του σώματος, από τους κολληφόρους πόρους στο ήπαρ μέχρι τις ίνες του κολληκοιληακού δεματίου στην καρδιά, μπορεί να περιγραφούν με μικρό αριθμό δεδομένων. Είναι εύκολο για το DNA να εξειδικεύσει μια απλή επαναληπτική διαδικασία διακλάδωσης και ανάπτυ-

ξης των ποικίλων συστημάτων που διαθέτουν παρόμοια δομή. Τα σώματά μας είναι fractals απλώς επειδή αποτελούν την απλούστερη, την πλέον αποτελεσματική, δυνατή επιλογή.

Η νόσος της τάξης και το εφαρμοσμένο χάος

Από τις απαρχές του κλάδου της παθολογικής ανατομίας, θεωρήθηκε ότι μια ανωμαλία προκαλεί νόσο στον οργανισμό. Τώρα οι γιατροί και οι επιστήμονες άρχισαν να βλέπουν το χάος σαν υγεία. Ο Arnold Mandell αναρωτιέται «Είναι δυνατόν, η μαθηματική παθολογία, το χάος, να σημαίνει υγεία; Και η μαθηματική υγεία, που είναι... η προβλεψιμότητα και η διαφοροποιισιμότητα (differentiability) να σημαίνουν νόσο;» Δεν είναι μόνο δυνατό, αλλά το πιθανότερο.

Από τους επιληπτικούς σπασμούς μέχρι τη λευχαιμία, η νόσος αναγνωρίζεται τελικά σαν αυτό που είναι: μια αιφνίδια επίθεση τάξης. Οι γιατροί άρχισαν να ταξινομούν μια νέα ομάδα «δυναμικών νόσων» που προκαλούνται από ανώμαλα περιοδική τάξη. Ακόμα και η γήρανση έχει θεωρηθεί σαν απώλεια του ντετερμινιστικού χάους ή της πολυπλοκότητας. Ας πάρουμε, για παράδειγμα, τον επιληπτικό σπασμό. Το ποσοστό του χάους στον εγκέφαλο ενός επιληπτικού στην πραγματικότητα μειώνεται, καθώς οι νευρώνες στην επιληπτική εστία αρχίζουν να ωθούν παραπλησίους νευρώνες να πυροδοτούν σε συγχρονισμό μαζί τους. Αυτή η κατάσταση, που ονομάζεται δυναμική συνοδοιπορία, μπορεί να αρχίσει ημέρες πριν από την κρίση. Ο Chris Sackallares, νευρολόγος από το πανεπιστήμιο της Florida, συγκρίνει το φαινόμενο με έναν υπολογιστή που μπορεί αιφνίδια να παίζει μόνο το ίδιο παιχνίδι. Ο Sackallares, μαζί με το βιοτεχνολόγο Leonidas Lesemidis, ανέπτυξε μια τεχνική ικανή να ταυτοποιήσει σπασμούς μέχρι και 75 λεπτά πριν από την κρίση. Το καταφέρνουν χρησιμοποιώντας πυκνά μαθηματικά και υπολογίζουν τον εκθέτη Lyapunov-μέτρο του χάους στον εγκέφαλο. Μια τέτοια εξέλιξη στην προειδοποίηση των σπασμών θα μπορούσε να οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός εμφυτευόμενου chip, που θα μπορούσε να ανακαλύψει την εστία των μελλοδικών σπασμών και να ενεργοποιήσει μια ηλεκτρική εκκένωση ώστε να επιστρέψει ο εγκέφαλος στη φυσιολογική χαοτική δραστηριότητά του. Αυτή δεν είναι η μοναδική εφαρμογή του χάους στην ιατρική.

Μερικές από αυτές τις πιθανές εφαρμογές είναι η έγκαιρη ειδοποίηση σχετικά με καρδιακό επεισόδιο μετρώντας το επίπεδο του χάους των καρδιακών σφίξεων, αναπνευστήρες που λειτουργούν με χαοτικά πρότυπα σαν υγιείς πνεύμονες (ώστε να αποφευχθεί η σύμπτωση των κυψελίδων), διαγνωστικά εργαλεία ικανά να διακρίνουν ανάμεσα σε υγιείς και παθολογικούς ιστούς βασισμένα στις διαστάσεις fractal, πρόβλεψη επιδημιών ταυτοποιώντας το χαοτικό attractor στην εξάπλωση μιας νόσου και τεχνητή νοημοσύνη βασισμένη στο χαοτικό μοντέλο του εγκέφαλου. Ο κατάλογος αυτός ασφαλώς δεν είναι εξαντλητικός.

Το ανθρώπινο σώμα είναι ένα πολύπλοκο δυναμικό σύστημα που παίζει με τους κανόνες του χάους. Από τους strange attractors στις καρδιακές σφύξεις μέχρι τις διαστάσεις fractal των πνευμόνων, είμαστε φτιαγμένοι από χάος.

Βιβλιογραφία

1. Briggs J. Fractals: the Patterns of Chaos. Touchstone, Simon and Schuster Inc. New York, NY. 1992.
2. Gleick J. Chaos: Making a New Science. Penguin books, New York 1987.
3. Freeman WJ. Chaos in the CNS: Theory and Practice. Unpublished, prepared for Dahlem Workshop on Flexibility and Constraint in Behavioural Systems. Kim, Jong Hyun and Stringer, John. Applied Chaos. John Wiley and Sons, Inc. New York. 1992.
3. Ruelle D. Chance and Chaos. Princeton University Press, Princeton, NJ. 1991.
4. Skarda CA, Freeman WJ. Chaos and the New Science of the Brain. Concepts in Neuroscience 1990 March; 1(2):275.
5. Svitil KA. Fire in the Brain. Discover Magazine 1990 May; 23(5):50.
6. Ward M. Beyond Chaos: The Underlying Theory Behind Life, the Universe and Everything. St. Martin's Press, New York. 2001.
7. Yates, Eugene F. Self-Organizing Systems: The Emergence of Order. Plenum Press, New York 1987.