

## του Σταμάτη Τσαχάλη

Τα τελευταία χρόνια οι εξελίξεις στο πεδίο της μη γραμμικής επιστήμης, με την εμφάνιση της Θεωρίας του Χάους, είναι τέτοιου μεγέθους, που κάνουν τους ιστορικούς της επιστήμης να θεωρούν ότι ο δυτικός κόσμος βρίσκεται στα πρώτα στάδια ενός μετασχηματισμού ίσως τόσο σημαντικού όσο η επιστημονική επανάσταση του 16ου αιώνα.

Από την πλευρά των φυσικών, το 1986 σε συνέδριο που διοργάνωσε η Royal Society, το Χάος ορίστηκε ως «η στοχαστική συμπεριφορά που εκδηλώνεται στα πλαίσια ενός ντετερμινιστικού συστήματος».

Η έννοια «στοχαστική συμπεριφορά» αναφέρεται στις τυχαίες συμπεριφορές.

Στην Αρχαία Ελλάδα "στοχαστικός" ήταν εκείνος που κατείχε την τέχνη να χρησιμοποιεί τους νόμους του "τυχαίου" για να πετύχει τον σκοπό του.

Πραγματικά το Χάος χαρακτηρίζει μια συμπεριφορά χωρίς νόμο, η οποία καθορίζεται εντελώς από ένα νόμο. Με άλλα λόγια: "Χάος είναι η απρόβλεπτη συμπεριφορά που παρουσιάζεται σε ένα ντετερμινιστικό σύστημα εξαιτίας της μεγάλης ευαισθησίας του στις αρχικές συνθήκες".

Οι αρχαίοι ατομικοί φιλόσοφοι είχαν μια ποιητική αντίληψη των χαοτικών θυελλών. Ο Δημόκριτος επικαλείται το στρόβιλο ως την "ουσία της ανάγκης", ενώ ο Λουκρήτιος συνιστά να παρατηρήσουμε προσεκτικά τα άτομα να κινούνται σε αταξία σε μια ακτίνα του ήλιου.

Κατά την περίοδο του Διαφωτισμού, στοχαστές όπως ο Descartes και ο Newton αντικατέστησαν την αντίληψη των αρχαίων ατομικών φιλοσόφων για την τάξη με την μηχανιστική κοσμοαντίληψη. Το Γαλιλαϊκό - Νευτώνειο σύστημα προϋποθέτει μια αυστηρή αιτιοκρατική δομή.

Σε μια τυπική αιτιοκρατική διαδικασία, το παρόν στάδιο προσδιορίζει πλήρως τα μελλοντικά με την επαναλαμβανόμενη εφαρμογή ενός νόμου. Η πλήρης γνώση της κατάστασης σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, μας επιτρέπει να επαναπροσδιορίσουμε οποιαδήποτε κατάσταση του παρελθόντος.

Η τελειότερη μαθηματική έκφραση της αιτιοκρατίας είναι η διαφορική εξίσωση. Οι διαφορικές εξισώσεις κάνουν

προβλέψιμη την εξέλιξη ενός συστήματος, του οποίου γνωρίζουμε τις αρχικές θέσεις και τις ταχύτητες όλων των στοιχείων που το αποτελούν.

Η ανάπτυξη της θεωρίας του Χάους ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1950 όταν ο Αμερικανός μαθηματικός Benoit Mandelbrot ανέπτυξε την Κλασματική Γεωμετρία (Fractal Geometry), με την εισαγωγή των κλασματικών διαστάσεων.

Το πιστεύω, λοιπόν, του απόλυτου ντετερμινισμού της εποχής του Νεύτωνα, έπαψε τελικά να ισχύει για τις φυσικές επιστήμες όταν το 1927 ο Heisenberg διατύπωσε την περίφημη "Αρχή της Αβεβαιότητας ή Απροσδιοριστίας", η οποία μας λέει: "Η θέση και η ταχύτητα ενός αντικειμένου δεν είναι δυνατόν

-ακόμη και θεωρητικά- να υπολογισθούν συγχρόνως και με απόλυτη ακρίβεια. Το ίδιο ισχύει για το ζευγάρι "χρόνος - ενέργεια".

Επομένως, η γνώση του παρόντος αποτελείται από μια επιλογή που κάνουμε ανάμεσα σε πάρα πολλές δυνατότητες, πράγμα που οδηγεί σε περιορισμένο αριθμό δυνατοτήτων στο μέλλον. Αυτό πρεσβεύει και η Κβαντομηχανική, της οποίας μέρος αποτελεί η Αρχή της Αβεβαιότητας.

Από καιρό η επιστημονική κοινότητα έχει παραδεχθεί πως έξω από το εργαστήριο ο κόσμος μας σπάνια είναι τόσο ευκλείδειος όσο φαίνεται στην αντανάκλαση αυτών των νόμων, μέσα από τους οποίους προσεγγίζουμε την φυσική πραγματικότητα. Μηχανικές αιτίες και

ελεγχόμενες πιθανότητες συνδυάζονται χωρίς η μία να αποκλείει την άλλη. Στις κλασικές θεωρίες της ισορροπίας, το σύστημα τείνει να ξαναβρεί την δυναμική του ισορροπία με την εξαφάνιση των διαταραχών. Στη λογική της μη-ισορροπίας, δυναμική σταθερότητα και δομική αστάθεια είναι συμβατές.

Ο H. Poincare στο Δοκίμιό του "Επιστήμη και Μέθοδος" γράφει:

"Αν μπορούσαμε να ξέρουμε επακριβώς τους νόμους της Φύσης και την κατάσταση του σύμπαντος στην αρχική του στιγμή, θα μπορούσαμε να προβλέψουμε επακριβώς την κατάσταση αυτού του ίδιου του σύμπαντος σε μια μεταγενέστερη χρονική στιγμή.

Αλλά ακόμα και αν οι φυσικοί νόμοι δεν

είχαν άλλα μυστικά από εμάς, θα μπορούσαμε να ξέρουμε την αρχική κατάσταση μόνο κατά προσέγγιση. Αν αυτό μας επέτρεπε να προβλέψουμε τη μεταγενέστερη κατάσταση, με τον ίδιο βαθμό προσέγγισης, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το φαινόμενο υπόκειται σε νόμους.

Όμως το ζήτημα δεν είναι πάντοτε έτσι. Υπάρχει περίπτωση οι πολύ λεπτές διαφορές στις αρχικές συνθήκες, να παράγουν πολύ μεγάλες διαφορές στα τελικά φαινόμενα. Η πρόβλεψη τότε γίνεται αδύνατη και θα έχουμε το φαινόμενο της τύχης".

Πώς εντάσσεται όμως η Θεωρία του Χάους στην επιστήμη του πραγματικού κόσμου;

Απάντηση σ' αυτό το ερώτημα δίνουν με το έργο τους οι D. Bohm και του I. Prigogine.

Για τον Bohm η αιτιοκρατία δεν μπορεί παρά να είναι μια ιδιότητα της πραγματικότητας ως "ρέουσας ολότητας". Από τη στιγμή που κάποιος απομονώνει από αυτή την πραγματικότητα μια ακολουθία παρατηρήσεων κινδυνεύει να βρεί μόνο το τυχαίο σ' αυτή τη συγκεκριμένη προβολή του αιτιοκρατικού όλου. Μπορούμε να εφαρμόσουμε τους νόμους της φυσικής μόνο σε ολόκληρο το σύμπαν. Αν απομονώσουμε κάποιο υποσύστημα από το όλον μπορεί να παρουσιάσει τυχαία συμπεριφορά, ενώ το ολικό σύστημα είναι αιτιοκρατικό. Αν αποκόψουμε τα πράγματα από το πλέγμα των σχέσεων που τα συνδέουν μεταξύ τους, γίνονται ακατανόητα. Ο D. Bohm



πιστεύει ότι το αιτιακό και το τυχαίο συνυπάρχουν στη φύση ως συμπληρωματικές όψεις ενός πράγματος και συσχετιζόμενες καθορίζουν το είναι του.

Υποστηρίζει ότι πάντα υπάρχει μία πιο βαθιά, κρυμμένη τάξη!

Ο Prigogine πεπεισμένος ότι η θερμοδυναμική της ισορροπίας δεν μπορεί να περιγράψει τις διαδικασίες μέσα από τις οποίες εκδηλώνεται ο χρόνος, ασχολείται με τη θερμοδυναμική της μη ισορροπίας, η οποία διακλαδίζεται σε γραμμική (όπου περιγράφεται η συμπεριφορά συστημάτων κοντά στην ισορροπία) και σε μη-γραμμική η οποία αναφέρεται σε συστήματα μακριά από την ισορροπία.

Ο Prigogine ανακαλύπτει ότι οι σταθερές καταστάσεις μπορούν να μεταπέσουν στο Χάος. Οι διακυμάνσεις αυξάνονται με τυχαίο τρόπο, διανύοντας μια πορεία προς το χάος μέχρι να ανακύψει ένα σημείο κρίσης, σημείο διακλάδωσης. Τότε μία από τις πολλές εξωτερικές διακυμάνσεις ενισχύεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε το σύστημα επιλέγει να εγκαταλείψει οριστικά την αρχική σταθερή κατάσταση και να εξελιχθεί προς κάποια άλλη: από το χάος αναδύεται τάξη! Δηλαδή, το χάος μακριά από την ισορροπία εμπεριέχει τη δυνατότητα αυτοοργάνωσης.

Ο Prigogine βλέπει αυτοοργανωμένες δομές να εμφανίζονται σε όλα τα επίπεδα: στη φυσική, στη χημεία, στη βιολογία, στην πολιτική, στην οικονομία κ.λπ..

Ονομάζει τις περιπτώσεις μη ισορροπίας και αυτοοργάνωσης "Δομές Διασκορπισμού".

Γράφει ο Prigogine: "Στο σημείο διακλάδωσης η πρόβλεψη αποκτά ένα πιθανοκρατικό χαρακτήρα, ενώ μεταξύ των σημείων της διακλάδωσης μπορούμε να μιλάμε για ντετερμινιστικούς νόμους".

Η Θεωρία της Εξέλιξης του Δαρβίνου, η Θερμοδυναμική του R. Clausius και η Κριτική της Πολιτικής Οικονομίας του Μαρξ, ως επιστήμες της αλλαγής, δεν μιλάνε για βεβαιότητες, αλλά για πιθανότητες, επιλογές και διακλαδώσεις.

Ο 1ος τόμος του "Κεφάλαιου" εμφανίζεται το 1867, οκτώ χρόνια μετά την "Καταγωγή των Ειδών" του Δαρβίνου και δύο χρόνια μετά την διατύπωση των νόμων της

Θερμοδυναμικής από τον R. Clausius.

Η κλασική οικονομία "εμπνέεται" απ' ευθείας από τη νευτώνεια φυσική. Η ουτοπία της ισορροπίας είναι ο κοινός παράγοντας της κλασικής μηχανικής και της κλασικής οικονομίας.

Η λογική που αναπτύσσεται στο Κεφάλαιο έρχεται σε ρήξη με την αναπαράσταση ενός ομογενούς χώρου και ενός γραμμικού χρόνου.

Ο Μαρξ προσπαθεί να συνδυάσει τη δυναμική σταθερότητα των σχημάτων αναπαραγωγής με τη δομική αστάθεια του συστήματος (τεχνικές, κοινωνικές, πολιτικές μεταβολές). Η οικονομία για τον Μαρξ εμφανίζεται σαν ένα ανοιχτό μη γραμμικό σύστημα. Ο Μαρξ έχει στον νου του μία οικονομία "στροβιλισμού", της

οποίας οι κύκλοι των κρίσεων εντυπωσιάζουν τους φυσικούς του Χάους.

Σε ανώτερα επίπεδα τεχνολογικής ανάπτυξης, θα μπορούσαμε να έχουμε κι άλλα επίπεδα ανάπτυξης, τα οποία θα αντικατόπτριζαν μία οικονομία ταραχώδη με ανώμαλες μεταβολές και μία ευαίσθητη εξάρτηση από τις αρχικές συνθήκες.

Ο εγκέφαλος του ανθρώπου έχει 10 στην εντεκάτη νευρώνες, οι οποίοι αμοιβαία επικοινωνούν με διάφορες συνάψεις δημιουργώντας πάρα πολλές δομές τάξης και αταξίας. Η διαλεκτική της τάξης και της αταξίας υπάρχει και στην κοινωνία. Σε ολόκληρο τον πλανήτη υπάρχουν δισεκατομμύρια ανθρώπινα όντα τα οποία αμοιβαία επικοινωνούν, ανταλλάσσουν πληροφορίες, ύλη, ενέργεια. Δημιουργούν ορισμένες δομές, κράτη, υπερεθνικούς

οργανισμούς κ.ά.. Η ομοιότητα υπάρχει και ανάμεσα σε πολλά άλλα πολύπλοκα συστήματα και στη φύση και στο σύμπαν. Και το σύμπαν είναι εξελισσόμενο σύστημα με δισεκατομμύρια συστατικά συστήματα, τα οποία αμοιβαία επικοινωνούν μεταξύ τους και δημιουργούν κάποιες δομές τάξης ή αταξίας.

Μήπως χρειάζεται να μάθουμε, να κατανοήσουμε και να αξιοποιήσουμε περισσότερο την ουσία των φυσικών νόμων στην καθημερινή ζωή μας, εφ' όσον η κοινωνία αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα;

[stsahalis1@ath.forthnet.gr](mailto:stsahalis1@ath.forthnet.gr)

*Ημερομηνία καταχώρησης:*  
*2.2.2008*