

# Η αρνητική ανάδραση ως παράγοντας και πηγή ιδιαιτερότητας: Από τη θεωρία του χάους σε νέες τάσεις στην ψυχολογική έρευνα

ΝΙΚΟΣ Γ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΑΥΛΟΣ ΣΤΑΜΠΟΥΛΙΔΗΣ

Πανεπιστήμιο Κρήτης

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η θεωρία του χάους, έχει ως βασικό γνώρισμα τη μη γραμμική θεώρηση των φαινομένων. Τα χαοτικά μοντέλα έχουν εφαρμογή και στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Μια τέτοια περίπτωση είναι και η αρνητική ανάδραση, η οποία αποτελεί βασικό στοιχείο των περισσότερων θεωριών στην ψυχολογία. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια μαθηματική εξομείωση ενός απλοποιημένου μοντέλου αρνητικής ανάδρασης, χωρίς να υπολογίζονται εξωτερικές επιδράσεις από το περιβάλλον. Η συμπεριφορά που εμφανίζει το μοντέλο σε ορισμένες περιπτώσεις είναι σταθερή, όπως προβλέπουν οι περισσότερες κλασικές θεωρίες. Σε άλλες, όμως, περιπτώσεις το ίδιο μοντέλο εμφανίζει πολύπλοκη συμπεριφορά, λόγω της συνεχούς ανατροφοδότησης των ενεργειών ως νέων ερεθισμάτων. Οι καθιερωμένες μέθοδοι της επαγωγικής στατιστικής δεν είναι σε θέση να προβλέψουν πάντα τη συμπεριφορά, ακόμη και όταν δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες. Συμπεραίνεται ότι η χρήση των επαγωγικών μοντέλων στην ψυχολογία είναι συνήθως αδόκιμη, εφόσον μελετώνται συστήματα τα οποία προσαρμόζονται συνεχώς στο περιβάλλον τους και δε δέχονται εφάπαξ επιδράσεις. Γι' αυτό και επισημαίνεται η αξία της χρήσης συνεχόμενων μετρήσεων και στη συνέχεια της μη γραμμικής ανάλυσης των ψυχολογικών δεδομένων.

Λέξεις κλειδιά: Αρνητική ανάδραση, θεωρία χάους, μη γραμμικά μοντέλα.

Η θεωρία του χάους είναι αντικείμενο πολλών επιστημών, όπως της φυσικής, των μαθηματικών, της βιολογίας και έχει προεκτάσεις που ενδιαφέρουν και άλλες επιστήμες όπως την κοινωνιολογία και την ψυχολογία. Βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της θεωρίας είναι η μη γραμμική θεώρηση των φαινομένων. Υπό το νέο αυτό πρίσμα, πολλές διαδικασίες και φαινόμενα τα οποία μελετά μια επιστήμη, όπως η Ψυχολογία, διαμορφώνονται μέσα από συνεχείς μαζικές αλληλεπιδράσεις. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις συνηθισμένες ως τώρα μορφές έρευνας, στις οποίες από ένα σύνθετο πρόβλημα επιλέγονται

κάποιες μετρήσιμες και κατανοητές επιμέρους πτυχές με τη λανθάνουσα πεποίθηση ότι η προσθήκη των επιμέρους πορισμάτων θα προσέγγιζε την εικόνα του όλου. Στο σημείο αυτό, η θεωρία του χάους υπενθυμίζει ξανά την κλασική (αριστοτελική) αντίληψη ότι το όλο είναι κάτι περισσότερο από το άθροισμα των μερών του.

Η προσέγγιση της θεωρίας του χάους είναι ένα θέμα πρωτότυπο και έχει πολλαπλές επιστημολογικές συνέπειες. Στην ελληνική βιβλιογραφία, απ' ότι γνωρίζουμε, δεν έχει μέχρι τώρα αντιμετωπιστεί σε συνάρτηση με την ψυχολογία. Παρά τις δυσκολίες που έχει κατά συνέπεια το

θέμα αυτό, θεωρήσαμε σκόπιμο να το αναπτύξουμε, γιατί, όπως θα φανεί από τα παρακάτω, θίγονται αναγκαστικά καίρια, όχι μόνο μεθοδολογικά αλλά και ουσιαστικά θέματα έρευνας.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι ναδειχθεί ότι τα χασοτικά μοντέλα έχουν εφαρμογή και στην ανθρώπινη συμπεριφορά, η οποία σε ορισμένα σημεία δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί, ακόμα και με εκείνες τις μεθόδους που χρησιμοποιούνταν μέχρι σήμερα και θεωρούνταν ακριβείς και αντικειμενικές.

### Ορισμοί και συσχετίσεις εννοιών

Έννοιες όπως ομοιόσταση, ανάδραση, ανατροφοδότηση και αλληλεπίδραση χρησιμοποιούνται συχνά ή εξυπονούνται σε ψυχολογικές θεωρίες. Σε αυτές τις έννοιες κοινό σημείο είναι ο συνεχής αναπροσδιορισμός του υπό μελέτη φαινομένου. Υπάρχουν όμως και διαφορές μεταξύ τους. Γι' αυτό θα ήταν χρήσιμο να γίνει μια σύνομη ανάλυση των παραπάνω εννοιών. Η ανάλυση αυτή θα γίνει με αναφορά σε εμπειρικά παραδείγματα.

Η ανατροφοδότηση ή ανάδραση<sup>1</sup> είναι ένας ρυθμιστικός μηχανισμός που αφορά τις σχέσεις ενός συστήματος με το περιβάλλον του. Το σύστημα ενημερώνεται για τις συνθήκες που επικρατούν κάθε δεδομένη στιγμή. Ελέγχεται κατά πόσον οι συνθήκες αυτές αποκλίνουν από τα αποδεκτά για το σύστημα επίπεδα. Εάν διαπιστωθεί απόκλιση, ενεργοποιούνται διάφοροι κατά περίπτωση τροποποιητικοί μηχανισμοί.

Η ανάδραση διακρίνεται σε δύο κατηγορίες: τη θετική και την αρνητική. Η θετική ανάδραση προκαλεί αλλαγές που ωθούν τη δράση προς την ίδια κατεύθυνση με αυτή της αρχικής πληροφορίας. Για παράδειγμα, ο ανατοκισμός των χρημάτων σε μια τράπεζα: Η νέα αύξηση του κεφαλαίου,

ου, οδηγεί σε αύξηση των τόκων, οι οποίοι οδηγούν σε ακόμα μεγαλύτερη αύξηση του κεφαλαίου, κ.ο.κ. Η θετική ανάδραση τείνει στο άπειρο με όλο και πιο γρήγορους ρυθμούς. Απαντάται ορισμένες φορές στη φύση, όπως στην περίπτωση της λύσης ενός κυττάρου (Cofer & Appleby, 1964). Η αρνητική ανάδραση προκαλεί αλλαγές που ωθούν σε δράση αντίθετη με αυτή της αρχικής πληροφορίας. Ένα από τα πιο συνηθισμένα παραδείγματα είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας σε ένα ψυγείο. Όταν η θερμοκρασία ανεβαίνει πάνω από ένα όριο (το οποίο ορίζεται από το θερμοστάτη), τότε ενεργοποιείται ο μηχανισμός ψύξης και η θερμοκρασία στο εσωτερικό του ψυγείου έρχεται ξανά στο επιθυμητό επίπεδο.

Ο όρος ομοιόσταση αναφέρεται στην τάση ενός συστήματος να διατηρεί κάποιες παραμέτρους σε σταθερά επίπεδα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αρνητικής ανάδρασης που μόλις αναφέρθηκε. Πρόκειται για ένα σημαντικό μηχανισμό, απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής (Guyton, 1982). Ο όρος εισήχθη από τον Cannon το 1932 για την περιγραφή, αρχικά, της τάσης του οργανισμού να διατηρεί σταθερές τις συγκεντρώσεις των συστατικών του αίματος. Ο ίδιος ο Cannon θεωρεί ότι οι ρίζες της ιδέας αυτής βρίσκονται στον Ιπποκράτη (Cofer & Appleby, 1964).

Ο όρος αλληλεπίδραση αναφέρεται σε μια πιο σύνθετη διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει τουλάχιστον δύο μέρη, αλλά είναι στενά συνδεδεμένα με την ανάδραση. Πρόκειται για τη συνεχή αμφίδρομη ανταλλαγή επιδράσεων μεταξύ δύο ή περισσότερων μερών. Υπ' αυτή τη θεώρηση, κάθε μηχανισμός ομοιόστασης, αποτελεί ουσιαστικά μέρος μιας αλληλεπίδρασης. Για να επεκτείνουμε το προηγούμενο παράδειγμα του ψυγείου, το ψυγείο αλληλεπιδρά με το χώρο στον οποίο βρίσκεται (περιβάλλον). Το περιβάλλον του ψυγείου έχει τη δική του θερμοκρασία. Αν το περιβάλλον έχει θερμοκρασία κάτω από τα επιθυμητά

1. Ο όρος ανατροφοδότηση είναι πιο ακριβής ως μετάφραση της αγγλικής λέξης feedback. Πράγματι, η πληροφορία ανατροφοδοτείται, ενώ η δράση αναπροσαρμόζεται. Υπό την τελευταία έννοια, η λέξη ανάδραση αναφέρεται στο αποτέλεσμα της διαδικασίας. Όμως ο όρος ανάδραση είναι πιο δόκιμος για χρήση ως δεύτερο συνθετικό σε λέξεις όπως βιοανάδραση (biofeedback) και νευροανάδραση (neurofeedback). Βλ. και Παπαδόπουλος (1994).

τά για το ψυγείο πλαίσια, τότε ο μηχανισμός ψύξης δε θα λειτουργήσει. Αντίθετα, όσο πιο ζεστό είναι το περιβάλλον του ψυγείου, τόσο πιο πολύ θα εργαστεί ο μηχανισμός ψύξης. Στην πορεία μιας καλοκαιρινής ημέρας το εσωτερικό του ψυγείου θα δεχθεί θερμότητα, γι' αυτό και ο μηχανισμός ψύξης θα ενεργοποιηθεί αρκετές φορές.

Η ομοίωση, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αποτελεί χαρακτηριστικό ενός συστήματος που τείνει να διατηρεί κάποιες ισορροπίες. Η αρνητική ανάδραση αποτελεί το μηχανισμό μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η ομοίωση. Αν η παρατήρηση ενός συστήματος περιοριστεί στα πλαίσια αυτού και μόνο του συστήματος, τότε γίνεται λόγος για ομοίωση. Αν όμως στην παρατήρηση ενταχθεί και το περιβάλλον του συστήματος, τότε γίνεται λόγος για αλληλεπίδραση. Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η ομοίωση δεν είναι δυνατόν να υπάρξει σε "κενό περιβάλλοντος". Αν δεν υπήρχαν παράγοντες που να δημιουργούν τις αποκλίσεις από το επιθυμητό για το σύστημα επίπεδο, η αρνητική ανάδραση δε θα ενεργοποιούνταν ποτέ και δε θα ήταν απαραίτητη η ομοίωση.

Η ύπαρξη μηχανισμών αρνητικής ανάδρασης στη βιολογία θεωρείται δεδομένη, αλλά, από πολύ νωρίς, αυτές οι έννοιες έχουν χρησιμοποιηθεί και στην ψυχολογία. Χαρακτηριστική είναι η άποψη των Cofer και Appley (1964), που συμπεραίνουν ότι σε κάθε σχεδόν θεωρία κινήτρων υπάρχει η έννοια της ομοίωσης, έστω και αν αυτό δε δηλώνεται άμεσα. Οι ίδιοι αναφέρονται σε επιμέρους θεωρίες που προϋποθέτουν αρνητική ανάδραση και είναι σχετικές με τη σωματική κατάσταση, τα συναισθήματα, τις συγκρούσεις και το στρες, τις ορμές, τη μάθηση, τα κοινωνικά κίνητρα, αλλά και την ψυχανάλυση. Ένα άλλο παράδειγμα όπου η αρνητική ανάδραση υπονοείται είναι ο νόμος του αποτελέσματος, κλασικός στην ψυχολογία της μάθησης, που διατυπώθηκε από τον E. L. Thorndike το 1898. Κατά το νόμο αυτό, μια συμπεριφορά με θετικά ή αρνητικά επακόλουθα, ενισχύεται ή αποδυναμώνεται αντιστοίχως (Hilgard, 1956). Δηλαδή τα αποτελέσματα μιας μονάδας συμπεριφοράς του οργανισμού επηρεάζουν την επόμενη μονάδα συμπεριφοράς του (βλ. Παπαδόπουλος 1996, σ. 282 όπου και σχετική σχηματική παράσταση).

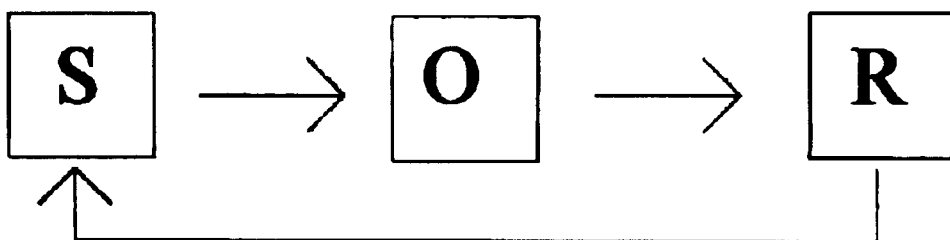
## Παραδοχές για την ποσοτική μέτρηση μεταβλητών

Σε ένα σημαντικό μέρος της ψυχολογικής έρευνας επιχειρούνται μετρήσεις χαρακτηριστικών, σε πειραματικό πλαίσιο ή σε φυσικό πεδίο και στη συνέχεια διατυπώνονται υποθέσεις ή συμπεράσματα για τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ διάφορων χαρακτηριστικών.

Σε αυτού του τύπου τις έρευνες, θεωρείται καταρχήν δεδομένο ότι υπάρχει μια εννοιολογική κατασκευή, π.χ., άγχος, νοημοσύνη, θρησκευτικότητα, κ.λπ. Με τη χρήση λειτουργικών προσδιορισμών οι εννοιολογικές κατασκευές εκφράζονται μέσα από κάποιες μετρήσιμες μεταβλητές (π.χ., επίδοση σε σχετικές δοκιμασίες, καρδιακός ρυθμός, κ.λπ.). Συχνά οι μετρήσιμες μεταβλητές δεν μπορούν να μετρηθούν με μεγάλη ακρίβεια. Επιπλέον, μπορεί στη μεταβλητή να επιδρούν και άλλοι παρεμβαλλόμενοι παράγοντες, έτσι ώστε η διακύμανση των τιμών της να μη συμβαδίζει απόλυτα με τις προβλέψεις που προκύπτουν από την εννοιολογική κατασκευή. Συνεπώς μεταξύ της εννοιολογικής κατασκευής και της μέτρησής της παρεμβάλλεται το σφάλμα μέτρησης, το οποίο μπορεί να οφείλεται και σε άλλους ακόμα λόγους (βλ. και σχετική εργασία του Α. Κάντα στο ίδιο τεύχος).

## Το μοντέλο της εξομώωσης

Η ομοίωση είναι έννοια που αναφέρεται σε ποσοτικές διακυμάνσεις και ρυθμίσεις. Έχουν κατασκευαστεί πολλές μαθηματικές συναρτήσεις και συστήματα συναρτήσεων που εξομοιώνουν αποτελέσματα παρόμοια με αυτά των μηχανισμών ομοίωσης (πρβ. Bartholomew, 1982). Η πιο απλή συνάρτηση που έχει βρεθεί είναι αυτή που θα παρουσιαστεί παρακάτω. Χρησιμοποιήθηκε από τον P. F. Verhulst το 1845 (σύμφωνα με τους Briggs & Peat, 1989) για την πρόβλεψη των πληθυσμών κάποιων εντόμων σε ένα περιβάλλον με σταθερή ποσότητα τροφής (May, 1974). Η συνάρτηση αυτή αποτελεί κλασικό παράδειγμα στα εισαγωγικά βιβλία για στοχαστικά μοντέλα (βλ. Bartholomew, 1982) και για τη θεωρία του χάους



Σχήμα 1. Ένα κλασικό μοντέλο συμπεριφοράς βασισμένο στην αλληλεπίδραση. Το ερέθισμα (S), εισερχόμενο στον οργανισμό (O), προκαλεί μια αντίδραση - συμπεριφορά (R). Η αντίδραση του οργανισμού προκαλεί αλλαγές στο περιβάλλον. Αυτές οι αλλαγές αποτελούν το επόμενο ερέθισμα για τον οργανισμό.

(Briggs & Peat, 1989). Υπάρχουν και πολλές άλλες συναρτήσεις και συστήματα εξισώσεων που δίνουν παρεμφερή, και πολλές φορές πιο πολύπλοκα, αποτελέσματα (πρβ. Tyler, Wegner, Osuch, & Loewer, 1996).

Σύμφωνα με το μοντέλο του Σχήματος 1, το ερέθισμα S (stimulus) εισέρχεται στον οργανισμό O (organism), ο οποίος ανταποκρίνεται με την αντίδραση R (response). Αυτή η αντίδραση προκαλεί αλλαγές στο περιβάλλον και μαζί με όποια άλλα νέα ερεθίσματα αποτελεί ένα νέο ερέθισμα για τον οργανισμό.

Το μοντέλο αυτό μπορεί να δεχτεί μια σειρά από απλουστεύσεις και περιορισμούς, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η μαθηματική εξομοίωσή του (βλέπε Σχήμα 2):

α) Θα υποθεθεί ότι δεν υπάρχει περιβάλλον, άρα η μόλις προηγούμενη συμπεριφορά του οργανισμού είναι το μόνο ερέθισμα για τον οργανισμό. Δηλαδή, σύμφωνα με τους όρους του Σχήματος 1,  $S=R$ .

β) Θα υποθεθεί ότι, αντί για ολόκληρο τον οργανισμό, στον οποίο υποτίθεται ότι εδράζουν πολλές εννοιολογικές κατασκευές, γίνεται η μελέτη μόνο μιας.

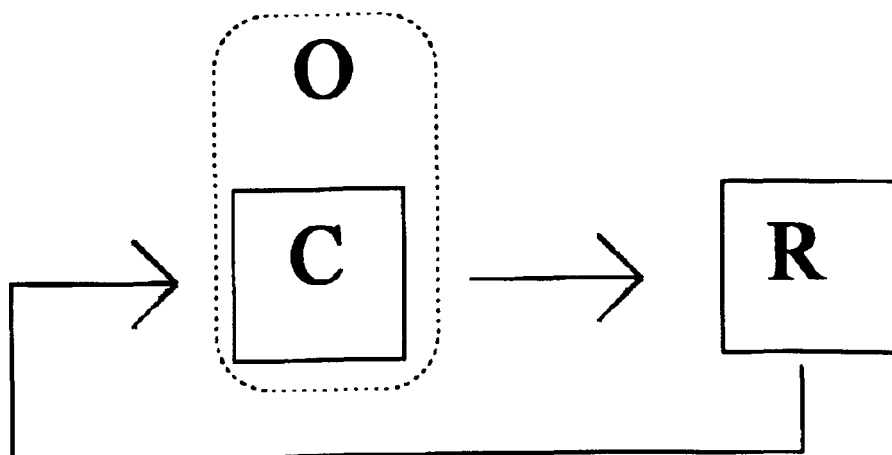
γ) Ως συμπεριφορά του οργανισμού θεωρούνται μόνο οι μονάδες της συμπεριφοράς που έχουν άμεση σχέση με τις εννοιολογικές κατασκευές και όχι με το σύνολο της συμπεριφοράς.

Σε αυτή τη μορφή του μοντέλου τα μόνα που

έχουν μείνει για προσδιορισμό είναι δύο ποσοτικά στοιχεία: α) η πρώτη συμπεριφορά - ερέθισμα (εφόσον αυτά τα δύο έχουν εξισωθεί) και β) μια συνάρτηση στη θέση του οργανισμού, η οποία θα παρεμβαίνει μεταξύ του ερεθίσματος που εισέρχεται στον οργανισμό και της αντίδρασης που θα εξέρχεται. Με δεδομένα αυτά τα δύο στοιχεία μπορούν να υπολογιστούν όλες οι επόμενες "συμπεριφορές" του "οργανισμού".

### Μαθηματική διατύπωση

Μπορούμε να υποθέσουμε ότι η συμπεριφορά  $b$  (behavior) μετράται από το 0 ως το 1. Πρόκειται για τη συμπεριφορά που αντιστοιχεί σε μια εννοιολογική κατασκευή. Έτσι, στην περίπτωση της εννοιολογικής κατασκευής "συμπάθεια προς τις σοκολάτες", η συμπεριφορά "κατανάλωση σοκολατών" θα κυμαίνεται από την τιμή 0 (καμία κατανάλωση) ως τη τιμή 1 (όση ποσότητα σοκολάτας μπορεί να φάει κάποιος). Η επιλογή των συγκεκριμένων ορίων (0 και 1) δεν είναι τυχαία. Ακόμα και στην αρχική μορφή του τύπου, ο οποίος αναφερόταν σε έντομα, ο δείκτης  $b$  αναφερόταν σε αναλογίες, που δεν ήταν δυνατό να ξεπερνούν τα όρια 0 και 1. Εξάλλου, εάν υπολογιστεί ο τύπος για τιμές  $b > 1$ , ο τύπος τείνει στο  $+\infty$  και για  $b < 0$  στο  $-\infty$ . Η εννοιολογική κατασκευή  $c$  (construct) παίρνει τιμές από 0 ως 4. Για



Σχήμα 2. Σε σχέση με το Σχήμα 1, η εννοιολογική κατασκευή (C), αν και είναι ένα μέρος του οργανισμού (O), είναι η μόνη που λαμβάνεται υπόψη. Η αντίδραση του οργανισμού (R) καθορίζεται μόνο από την εννοιολογική κατασκευή. Αυτή είναι η μόνη πληροφορία που δέχεται ο οργανισμός για να καθορίσει την επόμενη συμπεριφορά του.

τιμές άνω του 4 η συνάρτηση τείνει στο  $+\infty$ . Στο αρχικό μοντέλο του P. H. Verhulst ο δείκτης c αντιστοιχεί στο ρυθμό αύξησης ενός πληθυσμού από τη μια γενιά στην επόμενη (δηλαδή από κάθε άτομο της προηγούμενης γενιάς προκύπτουν τέσσερα στην επόμενη).

Θα υποθέσουμε ότι η συνάρτηση, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο επιτελείται η ομοιοστάση (αρνητική ανάδραση), είναι αυτός που χρησιμοποιήθηκε το 1845 από τον P. Verhulst (Briggs & Peat, 1989. Gleick, 1987) για το μέγεθος των πληθυσμών που έχουν ξεχωριστές γενεές, ένα σταθερό ποσό τροφής και ένα ρυθμό πολλαπλασιασμού c.

$$b_{t+1} = c \cdot b_t \cdot (1 - b_t)$$

όπου:

$b_{t+1}$  η επόμενη συμπεριφορά

$b_t$  η μόλις προηγούμενη συμπεριφορά

c ο συντελεστής που αντιστοιχεί στην εννοιολογική κατασκευή

t ένας φυσικός αριθμός που δηλώνει τον αύξοντα αριθμό των διαδοχικών τιμών b.

## Η ανάλυση του μοντέλου

Δοκιμάζοντας την αρχική τιμή  $b_1=0.5$  με συντελεστή  $c=1.5$  η συνάρτηση εμφανίζει τις τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Απ' ό,τι φαίνεται, μετά από κάποιες διαδοχικές εφαρμογές της συνάρτησης, ο δείκτης b σταθεροποιείται στην τιμή 0.33. Αυτό συμβαίνει άσχετα από την αρχική τιμή  $b_1$ .

Είναι επίσης δυνατόν η συνάρτηση να καταλήξει σε περισσότερες από μια τιμές. Για παράδειγμα, για  $b_1=0.7$  και  $c=3.1$  παίρνουμε διαδοχικά τις τιμές b: 0.7, 0.651, 0.704, 0.646, 0.709, 0.639, 0.715, 0.632, 0.721, 0.623, .... με τελική κατάληξη τις τιμές 0.765 και 0.558.

Είναι δυνατόν να υπάρξει μια συνολική απεικόνιση (Σχήμα 3) της επίδρασης του δείκτη c στη συμπεριφορά της συνάρτησης (βλ. Tyler, Wegner, Osuch, & Lower, 1996). Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει το παράδειγμα για  $c=1.5$ , στο οποίο, μετά από κάποιες διαδοχικές επαναλήψεις, ο δείκτης b σταθεροποιήθηκε στο 0.33. Είναι λογικό ότι μετά από πάρα πολλές επαναλήψεις (π.χ., χίλιες), εάν υπάρχει περίπτωση να σταθεροποιηθεί η τιμή b για μια δεδομένη τιμή c, τότε αυτό θα

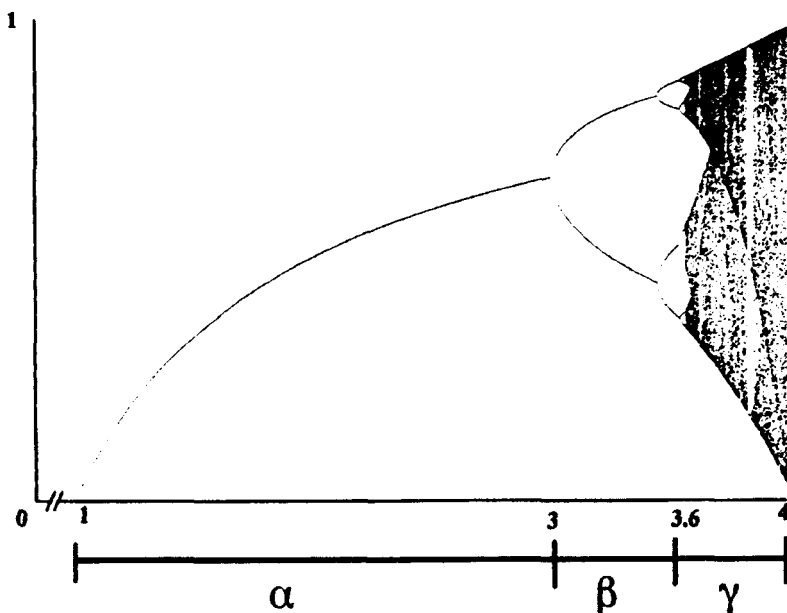
**Πίνακας 1**  
**Τιμές της συνάρτησης για αρχικές τιμές  $b=0.5$  και  $c=1.5$**

| Χρονική στιγμή (t) | $b_t$  | $b_{t+1} = c \cdot b_t \cdot (1 - b_t)$        |
|--------------------|--------|------------------------------------------------|
| 1                  | 0.5000 | $1.5 \cdot 0.5000 \cdot (1 - 0.5000) = 0.3750$ |
| 2                  | 0.3750 | $1.5 \cdot 0.3750 \cdot (1 - 0.3750) = 0.3516$ |
| 3                  | 0.3516 | $1.5 \cdot 0.3516 \cdot (1 - 0.3516) = 0.3419$ |
| 4                  | 0.3419 | $1.5 \cdot 0.3419 \cdot (1 - 0.3419) = 0.3375$ |
| 5                  | 0.3375 | $1.5 \cdot 0.3375 \cdot (1 - 0.3375) = 0.3354$ |
| 6                  | 0.3354 | $1.5 \cdot 0.3354 \cdot (1 - 0.3354) = 0.3344$ |
| 7                  | 0.3344 | $1.5 \cdot 0.3344 \cdot (1 - 0.3344) = 0.3338$ |

έχει γίνει. Οπότε θα μπορούσε να γίνει ένα διάγραμμα το οποίο να περιέχει τις τιμές  $b$  που παίρνει η συνάρτηση για κάθε διαφορετική τιμή του  $c$ . Στο Σχήμα 3 ο κάθετος άξονας αναφέρεται στις τιμές  $b$  από το 0 ως το 1 και ο οριζόντιος στις τιμές  $c$  από 1 ως 4. Έτσι για την τιμή  $c=1.5$ , (όπου η συνάρτηση σταθεροποιείται στην τιμή  $b=0.33$ , βλ. Πίνακα 1) στο Σχήμα 3 θα απεικονίζεται ένα σημείο με συντεταγμένες  $(1.5, 0.33)$ . Για

την περίπτωση  $c=3.1$ , όπου η σταθεροποίηση γίνεται σε δύο τιμές, θα αντιστοιχούν δύο σημεία, τα  $(3.1, 0.756)$  και  $(3.1, 0.558)$ . Οπότε η συμπεριφορά ενός συστήματος για κάποια δεδομένη τιμή  $c$  θα είναι μια κάθετη τομή του Σχήματος 3. Το Σχήμα 3 διαιρείται σε τρία τμήματα κατά μήκος του οριζόντιου άξονα (τιμές  $c$ ).

Στο τμήμα  $\alpha$  του Σχήματος 3, το σύστημα σταθεροποιείται σε μια τιμή (αυτή η συμπεριφο-



**Σχήμα 3.** Οι συμπεριφορές του μοντέλου  $b$  (στον κάθετο άξονα) για κάθε τιμή του συντελεστή  $c$  από 1 ως 4 (στον οριζόντιο άξονα) μετά από 1000 επαναλήψεις της συνάρτησης.

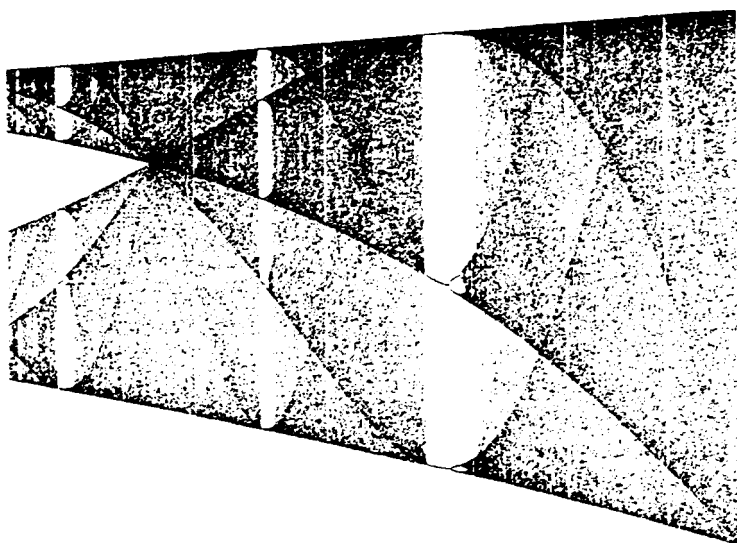
ρά ονομάστηκε "περίοδος 1").

Αυτή η σταθεροποίηση δίνει τη θέση σε μια άλλη σταθερή κατάσταση, όπου η συνάρτηση εναλλάσσεται μεταξύ δύο τιμών (αρχή του τμήματος  $\beta$  στο Σχήμα 3). Σε αυτή την ομάδα τιμών του  $c$  ανήκει και το παράδειγμα που παρουσιάστηκε παραπάνω για  $c=3.1$ . Αυτή η συμπεριφορά ονομάστηκε "περίοδος 2". Το σημείο στο οποίο εμφανίζεται ο πρώτος διπλασιασμός της περιόδου ονομάζεται *διακλάδωση*. Αν κοιτάξει κανείς το  $\beta$  τμήμα του Σχήματος 3, θα δει ότι όσο ανεβαίνει η τιμή του συντελεστή  $c$ , εμφανίζονται και άλλες διακλαδώσεις, με ολοένα και πιο γρήγορο ρυθμό. Δηλαδή η σταθεροποίηση γίνεται σε 4, 8, 16 τιμές κ.ο.κ.

Μετά από διαδοχικές διακλαδώσεις, καθώς αυξάνεται η τιμή του δείκτη  $c$ , εμφανίζεται μια σχεδόν τυχαία συμπεριφορά στο τμήμα  $\gamma$  του Σχήματος 3. Γι' αυτό το λόγο και εμφανίζεται κά-

τι σαν νέφος. Οι τιμές  $b$  που παίρνει η συνάρτηση είναι μονίμως διαφορετικές. Δεν υπάρχει περιοδικότητα. Σε αυτό το σημείο χάνεται και η ικανότητα της συνάρτησης να καταλήγει σε ίδιες τιμές ασχέτως της αρχικής τιμής. Αυτή η συμπεριφορά ονομάστηκε *χαοτική* (βλ. ενδεικτικά Li & Yorke, 1975).

Αλλά και μέσα στο τμήμα  $\gamma$  του Σχήματος 3 υπάρχουν κάποια "παράθυρα τάξης" (βλ. Σχήμα 4, το οποίο είναι το τμήμα  $\gamma$  του Σχήματος 3 σε μεγέθυνση). Δηλαδή για κάποιες τιμές  $c$  στη χαοτική περιοχή, εμφανίζεται απότομα η κατάληξη της συνάρτησης σε τρεις τιμές<sup>2</sup> (περίοδος 3), ή σε κάποια άλλη περιοδική κατάσταση η οποία έχει μονό αριθμό περιόδων (Li & Yorke, 1975). Και αυτές οι σταθερές περιοχές μετά από μικρή αύξηση του συντελεστή δίνουν τη θέση τους στο χάος κατά τον ίδιο τρόπο, με διαδοχικές διακλαδώσεις, όπως στο τμήμα  $\beta$  του Σχήματος 3.



Σχήμα 4. Το τμήμα  $\gamma$  του Σχήματος 3 σε μεγέθυνση. Διακρίνονται τα παράθυρα τάξης στα οποία υπάρχει περιοδικότητα. Για κάθε τιμή του συντελεστή  $c$ , που αντιστοιχεί σε ένα παράθυρο τάξης, υπάρχει μονός αριθμός περιόδων.

2. Ξεκινώντας με  $b=0.8$  και  $c=3.84$ , έχουμε τις τιμές:  $b$ : 0.8000, 0.6144, 0.9097, 0.3153, 0.8290, 0.5443, 0.9524, 0.5517, 0.9497, ..., 0.1494, 0.4880, 0.9594.

## Συσχετισμοί με τη φυσική πραγματικότητα

Μια τόσο απλή συνάρτηση, όπως αυτή που αναλύθηκε παραπάνω, θα μπορούσε να αναπαραστήσει ένα πολύ απλοϊκό μοντέλο αρνητικής ανάδρασης (την κατώτερη μορφή αλληλεπίδρασης). Η εξέταση των συνεπειών της όμως έδειξε ότι είναι δυνατό να εκδηλωθεί μια πολύπλοκη συμπεριφορά όπως στο τμήμα γ του Σχήματος 3. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η τιμή  $b$  προσδιορίζεται συνέχεια. Το ίδιο συμβαίνει και με τον άνθρωπο: προσαρμόζεται συνέχεια, μπορεί σε κάθε στιγμή να αναθεωρήσει ιδέες και στάσεις, παρατηρεί τη συμπεριφορά του και ελέγχει τα αποτελέσματά της κάθε στιγμή. Αν υποθέσουμε ότι στην πραγματικότητα υπάρχει έστω και μια τόσο απλοϊκή επεξεργασία των ερεθισμάτων, η οποία θα επαναλαμβανόταν πάρα πολλές φορές στο χρόνο, τότε η συμπεριφορά θα καταλήγει κάποιες φορές να είναι απρόβλεπτη, όπως στο τμήμα γ του Σχήματος 3.

Στο τμήμα α του Σχήματος 3 έχουμε μια προβλέψιμη ισορροπία, όπως αυτή που περιγράφεται στα κλασικά μοντέλα ανάδρασης. Εκεί μπορούμε εύκολα να συγκρίνουμε και να προβλέψουμε τη συμπεριφορά για διάφορες τιμές  $c$ . Μια νέα τιμή του συντελεστή  $c$  σε αυτό το διάστημα οδηγεί στη σταθεροποίηση σε μια άλλη τιμή. Εμφανίζεται μια σχεδόν γραμμική αντιστοιχία μεταξύ της εννοιολογικής κατασκευής  $c$  και της συμπεριφοράς  $b$ . Το σημείο στο οποίο καταλήγει η συνάρτηση άσχετα από την αρχική της τιμή ( $b$ , για το παράδειγμα) λέγεται *σταθερός ελκυστής ή ελκυστής σημείου*, όπως ένας νεροχύτης, στον οποίο, απ' όπου και αν πέσει μια σταγόνα, θα καταλήξει πάντα στο κέντρο του. Στο τμήμα β του Σχήματος 3 έχουμε περιοδική συμπεριφορά και εκεί κάνουμε λόγο για *περιοδικό ή κυκλικό ελκυστή*. Στο τμήμα γ κάθε πρόβλεψη είναι αδύνατη. Εκεί γίνεται λόγος για χάος, όπως σημειώθηκε ήδη, ή αλλιώς για *παράξενο ελκυστή*. Χαρακτηριστικό σε αυτό τον ελκυστή είναι ότι η τροχιά δεν περνά ποτέ από το ίδιο ακριβώς σημείο, γιατί αυτό θα σήμαινε περιοδικότητα, εφόσον η επόμενη τιμή εξαρτάται μόνο από την προηγούμενη. Έτσι, σε αυτό το σημείο η αρχική τιμή  $b$ , που θα επιλεγεί δε δίνει τα ίδια αποτελέσματα με κάποια

άλλη, όπως συνέβαινε στα τμήματα α και β του Σχήματος 3. Πρόκειται για το γνωστό φαινόμενο που χαρακτηρίζει τα συστήματα σε περιόδους χάους και ονομάζεται *ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες* (Young, 1995).

## Ψυχολογική συσχέτιση

Μετά τις παραπάνω αναλύσεις και συσχετίσεις μπορούμε να επιστρέψουμε στην ψυχολογική θεώρηση της εξομοίωσης. Η εξομοίωση που επιχειρήθηκε παραπάνω αφορά ένα μονομερές και περιορισμένο μοντέλο, το οποίο δε φιλοδοξεί να αντικαταστήσει κάποιο από τα ήδη γνωστά, περιέχει όμως κάποιες αξιοπρόσεκτες επισημάνσεις για τη φύση της συμπεριφοράς. Υποθέσαμε την ύπαρξη μιας υποδειγματικής εννοιολογικής κατασκευής η οποία:

- Δεν έχει σφάλμα μέτρησης (η μέτρηση θεωρείται απόλυτα ακριβής, με ακρίβεια πολλών δεκαδικών ψηφίων). Στην ψυχολογία δεν είμαστε σε θέση να μετρήσουμε την κατάθλιψη, ή όποια άλλη εννοιολογική κατασκευή, με τόση ακρίβεια. Ένα τέτοιο μοντέλο, εάν υπήρχε στην πραγματικότητα και είχε μετρηθεί, δε θα εμφανιζόταν ποτέ τόσο καθαρά, γιατί θα υπήρχε σημαντικό σφάλμα κατά τη μέτρηση του συντελεστή  $c$ . Αν οι μετρήσεις των δεδομένων είχαν γίνει για τιμές  $c$  που βρίσκονται στο τμήμα α του Σχήματος 3, θα επρόκειτο για ένα διάγραμμα σκεδασμού το οποίο θα εμφάνιζε σημαντική συσχέτιση, ποτέ όμως αυτή την ξεκάθαρη καμπύλη που φαίνεται στο σχήμα.

- Δε δέχεται επιδράσεις από άλλους παράγοντες, ούτε από το περιβάλλον, εφόσον οι επιδράσεις αυτές δεν περιλαμβάνονται στον τύπο της παραπάνω συνάρτησης.

- Δεν αλληλεπιδρά με άλλες εννοιολογικές κατασκευές που τυχόν υπάρχουν στον οργανισμό (π.χ., η εννοιολογική κατασκευή της κατάθλιψης ίσως να επιδρούσε στην κατανάλωση σοκολάτας).

## Η στατιστική ανάλυση

Αυτό το υπεραπλουστευμένο σύστημα μπορούμε να το δούμε τώρα και με την καθιερωμένη στατιστική προσέγγιση που εφαρμόζεται στην ψυχολογία. Έχουμε δύο άριστα μετρήσιμες ποσοτικές μεταβλητές που θεωρούνται συχνά ό,τι ιδανικότερο για τον υπολογισμό του δείκτη Pearson's  $r$ . Αν ένας ερευνητής μετρήσει συμπεριφορές μόνο στο διάστημα όπου η συμπεριφορά της εξίσωσης είναι σταθερή (τμήμα α), ο συντελεστής Pearson  $r$  είναι 0.96. Αλλά, αν είχε σταθμίσει την κλίμακά του στο ίδιο εύρος τιμών (δηλαδή μέσα στα πλαίσια του τμήματος α), θα είχε εξαλείψει σημαντικά την καμπύλη που εμφανίζεται στο τμήμα αυτό, έτσι ώστε να μπορεί να επιτύχει όντως συντελεστή Pearson's  $r$  κοντά στο 1. Στο μη σταθερό τμήμα (τμήμα γ) ο συντελεστής  $r$  γίνεται 0.5, δηλαδή προβλέπει το 25% των παρατηρήσεων. Πού βρίσκεται το άλλο 75%, αφού δεν επιδρά κάποιος άλλος παράγοντας και δεν υπάρχει σφάλμα μέτρησης;

## Ερωτήματα που προκύπτουν για την ψυχολογική θεωρία

Σε καμιά περίπτωση μέτρησης στην ψυχολογία δεν έχουμε τόσο ιδανικές (δηλαδή αποστειρωμένες) συνθήκες μέτρησης. Σε ένα εργαστηριακό πείραμα μπορούμε να δημιουργήσουμε μια αρκετά ελεγχόμενη κατάσταση που να εμφανίζει μικρό σφάλμα μέτρησης και πολύ μικρές επιδράσεις από το περιβάλλον. Ένας πειραματικός ερευνητής μπορεί να συλλέξει μετρήσεις του συντελεστή  $c$  στη σταθερή περιοχή, δηλαδή στο τμήμα α του Σχήματος 3.

Αν ο πειραματιστής χειριστεί πειραματικά το συντελεστή  $c$  σε περιοχές αστάθειας (όπως στο τμήμα γ του Σχήματος 3), τότε η δοκιμαστική μέλητη θα δείξει ότι το θέμα μάλλον δεν ενδεικνύεται για έρευνα. Μια από τις περιπτώσεις, όπου πιθανώς κάποιος τέτοιος συντελεστής έφτασε σε αυτό το σημείο, ήταν και το κλασικό πείραμα του Milgram στο οποίο τα υποκείμενα προκαλούσαν διαδοχικά όλο και πιο ισχυρά ηλεκτροσόκ σε ένα πειραματικό συνεργάτη. Ένα απόσπασμα από

τις αντιδράσεις των υποκειμένων είναι χαρακτηριστικό:

“Σε μεγάλο αριθμό περιπτώσεων, ο βαθμός έντασης έφτασε σε άκρα, που σπάνια συναντά κανείς σε κοινωνικοψυχολογικές μελέτες σε εργαστήρια. Παρατηρήθηκε ότι τα άτομα ιδρώναν, δάγκωναν τα χείλη τους και αναστέναζαν, έχωναν τα νύχια τους στις σάρκες τους! Αυτές ήταν οι πιο χαρακτηριστικές από τις σπάνιες αντιδράσεις που παρατηρήθηκαν στο πείραμα. Άλλο σημάδι έντασης ήταν συχνά το χαρακτηριστικό ξέσπασμα σε νευρικό γέλιο και χαμόγελο. Δεκατέσσερα από τα 40 άτομα έδειξαν καθαρά τέτοια αντίδραση (το γέλιο τους φαινόταν τελείως ανεξήγητο και ακατανόητο. Τρία άτομα έφθασαν σε πλήρη και ανεξέλεγκτη κρίση. Σε μια μάλιστα περίπτωση η κρίση ήταν τόσο έντονη που θεωρήθηκε σκόπιμο να σταματήσει το πείραμα. [...] Μερικά [υποκείμενα] παρέμεναν ήρεμα σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.” Μετάφραση από κείμενο του Milgram (1963), (στού Γεώργια, 1986, σ. 62-64).

Είναι φανερό ότι το άγχος κατάστασης έφτασε σε ακραία επίπεδα. Η συμπεριφορά όμως των υποκειμένων ως προς τις εκδηλώσεις άγχους ήταν απ' ό,τι φαίνεται δύσκολα προβλέψιμη. Ευτυχώς που ο Milgram μετρούσε κάτι άλλο και η έρευνά του κρίθηκε δημοσιεύσιμη. Στα περισσότερα πειράματα, οι μετρήσεις βρίσκονται σε τιμές των συντελεστών της συμπεριφοράς που δεν εμπίπτουν στη χαοτική περιοχή. Είναι συχνή ερευνητική πρακτική να συλλέγονται κάποιες μετρήσεις και να συνάγονται συμπεράσματα για τη γραμμική επίδραση που έχει το άγχος (το οποίο μπορεί να οφείλεται στην προβολή μιας δυσάρεστης κινηματογραφικής ταινίας) σε μια άλλη ‘εξαρτημένη’ μεταβλητή (π.χ., επιδρωση, χρόνος αντίδρασης, επίδοση σε ένα γνωστικό τεστ ή ένα τεστ νοημοσύνης, αντιδράσεις αντιμετώπισης κ.λπ.). Βέβαια ένας πειραματικός ερευνητής δεν θα είναι σε θέση να εξηγήσει, με το μοντέλο που δημιούργησε στο εργαστήριο, τις συμπεριφορές που θα εμφανιστούν στα ίδια υποκείμενα, αν τυχόν αυτά απολυθούν από τη δουλειά τους. Σύμφωνα όμως με την κρατούσα αντίληψη περί γραμμικών επιδράσεων πολλών μεταβλητών (πολυπαραγοντική θεώρηση), ένας ψυχολόγος θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι επέδρασαν και άλλοι

παράγοντες που δε μετρήθηκαν στο εργαστήριο. Θα υπέθετε ότι, αν μπορούσε να μετρήσει και άλλες μεταβλητές, θα μπορούσε να εξηγήσει ένα ακόμα μεγαλύτερο μέρος της μη εξηγούμενης διακύμανσης που εμφανίζεται στη συμπεριφορά μέσα σε πλαίσια φυσικής παρατήρησης. Δηλαδή, αν θα μπορούσε να μετρήσει με ακρίβεια τα πάντα, θα μπορούσε να προβλέψει κάθε κίνηση και συμπεριφορά. Πρόκειται για την ίδια αιτιοκρατία που υπάρχει έντονα και στη φρουϊδική συλλογιστική.

Βέβαια, αν λάβουμε υπόψη τη χαοτική συμπεριφορά που παρατηρείται ακόμα και σε ένα τόσο απλοϊκό σύστημα, όπως αυτό που περιγράφηκε, γίνεται αντιληπτό ότι δεν μπορούμε να προβλέψουμε και πολλά, έστω και αν τα γνωρίζουμε όλα. Άρα η μη εξηγούμενη διακύμανση δεν οφείλεται μόνο σε "επιδράσεις" που δε μετρήθηκαν, ή σε μεθοδολογικά προβλήματα, αλλά και στο πρίσμα υπό το οποίο αναλύουμε την ανθρώπινη συμπεριφορά. Χρησιμοποιούμε τη στατιστική στην οποία ακρογωνιαίος λίθος είναι η προϋπόθεση ότι κάθε επίδραση συμβαίνει μόνο για μια φορά (όπως μια εγχείρηση). Όταν στη στατιστική γίνεται λόγος για μη γραμμικές σχέσεις, δεν εννοείται κάποιο είδος αλληλεπίδρασης ή ανάδρασης, αλλά απλά ότι η εφάπαξ επίδραση έχει δυσανάλογα αποτελέσματα (άρα σχηματίζει καμπύλη αντί για ευθεία σε ένα διάγραμμα σκεδασμού), όπως αυτή του τμήματος α στο Σχήμα 3.

Η καθιερωμένη στατιστική, κατά συνέπεια, δεν προσφέρεται για ζωντανούς οργανισμούς και γενικά για οτιδήποτε αναπροσαρμόζει τη συμπεριφορά του σε κάθε νέο ερέθισμα. Η ανθρώπινη συμπεριφορά δεν είναι αυτονόητο ότι δέχεται επιδράσεις από τους παράγοντες που την καθορίζουν μόνο για μια φορά, ούτε παρουσιάζεται τόσο απλή, ώστε να διευκολύνει τα διάφορα στατιστικά κριτήρια για την πρόβλεψή της. Έτσι κατανοεί κανείς καλύτερα τη φράση του Gleick (1987) ότι: "Οι επιστήμονες [...] όταν ήρθε η ώρα να κάνουν μετρήσεις και υπολογισμούς είδαν ότι κάθε μη γραμμικό σύστημα ήταν από μόνο του ένας κόσμος". Όμως, ο απώτερος σκοπός της εξήγησης της διακύμανσης και των στατιστικών μοντέλων είναι η πρόβλεψη της συμπεριφοράς

(η συνήθης εξαρτημένη μεταβλητή στην ψυχολογία) μέσα από γραμμικές επιδράσεις άλλων παραγόντων που επιδρούν στο ψυχικό όργανο μόνο για μια φορά.

Θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα σχετικό με τη μελέτη των διαφορών μεταξύ των δύο φύλων. Η ζωή των ανδρών και των γυναικών έχει αρχή και τέλος. Σε μια έρευνα, οι μεταβλητές που θα μετρηθούν, όποιες και αν είναι αυτές, θα έχουν μια πορεία διακυμάνσεων και αλλαγών μέσα στη ζωή ενός ατόμου. Από την άλλη πλευρά, το φύλο είναι μια μεταβλητή που δεν αλλάζει στην πορεία του χρόνου και μπορεί να πάρει μόνο δύο διακριτές τιμές για όλα τα άτομα. Αλλάζει όμως το πώς το φύλο βιώνεται από κάθε άτομο και το πώς κάθε άτομο αντιδρά στα κοινωνικά στερεότυπα που σχετίζονται με αυτό. Οι (στατιστικές) επιδράσεις του παράγοντα "φύλο" σε άλλες μεταβλητές καταλήγουν να μην είναι ίδιες για όλα τα άτομα του ίδιου φύλου στην ίδια κοινωνία. Όμως τις περισσότερες φορές, κάποιες μεταβλητές θα μετρηθούν μόνο σε κάποιο σημείο της ζωής των ανδρών και των γυναικών. Τελικά, ίσως, θα δημιουργηθούν ή θα επιβεβαιωθούν θεωρητικά μοντέλα για τις διαφορές αυτές. Όμως, σε αντίθεση προς τις συσχετίσεις και τα σχετικά θεωρητικά μοντέλα, θα συνεχίσουν να υπάρχουν γυναίκες και άντρες που δεν υιοθετούν συμβατικές ως προς το φύλο τους συμπεριφορές.

Το ίδιο θα μπορούσε να συμβεί και με τα μουσικά κομμάτια. Έχουν αρχή και τέλος και μια πορεία διακυμάνσεων ως προς τις νότες τους στο χρόνο. Μπορούμε συνεπώς να συλλέξουμε κάποιες από τις παρτιτούρες των μουσικών κομματιών του Μότσαρτ και του Μάρκου Βαμβακάρη (επιλογή δείγματος). Είναι δυνατόν να επιλέξουμε μια νότα (μέτρηση) από κάθε παρτιτούρα, σε κάποιο δεδομένο σημείο για κάθε παρτιτούρα (π.χ., στη μέση). Η μέτρηση μπορεί να αναφέρεται στη χρονική διάρκεια μιας νότας ή στην τονικότητα της. Θα κάνουμε, τέλος, έλεγχο με το κριτήριο  $t$  για τις μετρήσεις που θα έχουμε πάρει από το δείγμα μας. Έτσι μπορεί να βρούμε διαφορές μεταξύ των δύο μέσων όρων στην τονικότητα από τα δύο δείγματά μας. Θα είμαστε σε θέση να αναγάγουμε τις διαφορές αυτές στον

πληθυσμό των μουσικών συνθέσεων του Μότσαρτ και του Μάρκου Βαμβακάρη με κάποιο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας. Αν δεν αντιλαμβανόμαστε άμεσα τη μουσική ή έχουμε ανάγκη από μια έντονη αντικειμενικότητα και επιστημονικότητα, θα δημιουργήσουμε ένα θεωρητικό μοντέλο που θα προσπαθεί να εξηγήσει τη διαφορά τονικότητας μεταξύ Μότσαρτ και Βαμβακάρη. Σε έναν κόσμο που κανείς δε θα μπορούσε να αντιληφθεί άμεσα τη μουσική, ερευνητές αυτών των δεδομένων, μετά από χρόνια αντίστοιχων ερευνών, θα θεωρηθούν και ειδήμονες για τις διαφορές μεταξύ του ρεμπέτικου και της κλασικής μουσικής. Με δεδομένα από αντίστοιχες έρευνες και άλλους τύπους παρατηρήσεων, θα κατατάξουν μέσα από ανάλυση συστάδων ή παραγοντική ανάλυση και άλλες μουσικές συνθέσεις ως προς τη 'ρεμπετικότητα' τους, δημιουργώντας ακόμα μια εννοιολογική κατασκευή.

Βέβαια είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε πιο εύκολα τη μουσική απ' ό,τι την πορεία μιας ζωής. Αλλά στην πλειοψηφία των ψυχοκοινωνικών ερευνών αποτυγχάνουμε να ακούσουμε τη μελωδία, τη διακύμανση των τιμών κατά τη χρονική πορεία μέσα στο ίδιο υποκείμενο. Όμως, για να αναφερθούμε και πάλι σε ένα από τα παραπάνω παραδείγματα της ανάλυσής μας, όταν θα δημιουργηθεί θεωρία για τις διαφορές ανδρών και γυναικών, δε θα γίνει λόγος για εφάπαξ επιδράσεις, αλλά για διαφορετική αλληλεπίδραση των ανδρών και των γυναικών με το κοινωνικό περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Πώς μπορεί αυτό να ανταποκριθεί στην εφάπαξ μέτρηση και στατιστική ανάλυση; Πώς επιβεβαιώνεται ή απορρίπτεται; Τι έχει να μας αποδείξει ή να προβλέψει ένας συντελεστής συσχέτισης, ένα κριτήριο για τη διαφορά μέσων όρων (π.χ., t-test, ANOVA), για ένα χαρακτηριστικό που καθορίζεται αμέτρητες φορές μέσα στο χρόνο σε μια διαρκή αλληλεπίδραση; Φάνηκε ήδη ότι η αλληλεπίδραση, ακόμη και στην περίπτωση υπερβολικής απλοποίησης (αρνητική ανάδραση ενός μόνο συστήματος), μπορεί να έχει τελείως απρόβλεπτα αποτελέσματα.

Από την άλλη μεριά, η βιογραφική μέθοδος, που ορισμένοι ερευνητές επιμένουν να τονίζουν την ιδιαίτερη σημασία της (Jöttemann & Thomae,

1987), θεωρείται συχνά λιγότερο επιστημονική, επειδή δε δίνει καλούς δείκτες συσχέτισης, ή επειδή η εκ των υστέρων διήγηση θεωρείται ανακριβής. Όμως τα πορίσματα τέτοιων ερευνών είναι συνήθως μεστά νοήματος.

### Συμπεράσματα και προοπτικές

Έχει ήδη αρχίσει η προσέγγιση και η κριτική των παλιών θεωριών μέσα από μια άλλη προοπτική (Blackerby, 1993. Young, 1995). Τα ψυχολογικά μοντέλα έχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης και αναδιατύπωσης μέσα από μια καλύτερη μελέτη της ανάδρασης και της χαοτικής ταλάντωσης (Barton, 1994). Η ύπαρξη ανατροφοδότησης στον εγκέφαλο (αυτονόητη κατάσταση, εφόσον μια σκέψη μπορεί να διαρκέσει πάνω από μερικά δευτερόλεπτα, δεν είναι δυνατόν παρά να ανακυκλώνεται από τα ίδια νευρικά κύτταρα), πρέπει να προκαλεί χάος. Μελέτες στα νευρωνικά κυκλώματα, π.χ., της οσφρητικής αντίληψης έχουν δώσει σημαντικά αποτελέσματα (Freeman, 1991) για τη χαοτική ταλάντωση νευρωνικών κυκλωμάτων στον εγκέφαλο.

Με τη σύγχρονη τεχνολογία έχουμε στη διάθεσή μας διάφορες τεχνικές για τη συνεχόμενη μέτρηση κάποιων μεταβλητών. Υπάρχουν βέβαια πολλά ακόμα προβλήματα στη συνεχόμενη μέτρηση, όμως η συνεχόμενη μελέτη των υποκειμένων και στη συνέχεια η ανάλυση των στοιχείων μέσα από μη στατιστικές, μη γραμμικές μεθοδολογίες, έχει πολλά να προσφέρει στην ουσιαστική κατανόηση της υπό μελέτη συμπεριφοράς.

### Βιβλιογραφία

- Bartholomew, D. J. (1996). *Στοχαστικά μοντέλα και κοινωνικές διαδικασίες* (Α. Γ. Καλαματιανού, Μετ.). Αθήνα: Παπαζήση. (Αγγλική έκδοση, 1982).
- Barton, S. (1994). Chaos, self-organization and psychology. *American Psychologist*, 49, 5-14.
- Blackerby, R. F. (1993). *Application of chaos theory to psychological models*. [internet] <http://www.perfstrat.com/rfb/chaostoc.htm>.

- Briggs, J., & Peat, F. D. (1991). Ο παραγμένος καθρέφτης (Ν. Κωνσταντόπουλος, Μετ.). Αθήνα: Κάτοπτρο. (Αγγλική έκδοση, 1989).
- Γεώργας, Δ. (1986). Κοινωνική Ψυχολογία (Τόμος 2). Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Freeman, W. J. (1991). The physiology of perception. *Scientific American*, 264 (2), 78-85.
- Gleick, J. (1990). Το Χάος: Μια νέα επιστήμη (Μ. Κωνσταντινίδης, Μετ.). Αθήνα: Κάτοπτρο. (Αγγλική έκδοση, 1987).
- Hilgard, E. R. (1956). *Theories of learning* (2nd ed.). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Jötte mann, G., & Thoma e, H. (Eds.) (1987). *Biographie und Psychologie*. Heidelberg: Springer.
- Li, T., & Yorke, J. (1975). Period three implies chaos. *American Mathematics Monthly*, 82, 985-992.
- Παπαδόπουλος, Ν. Γ. (1994). Λεξικό της ψυχολογίας. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Παπαδόπουλος, Ν. Γ. (1996). Ψυχολογία (4η έκδ.). Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Sabelli, H. C., Carlson-Sabelli, L., Patel, M., Levy, A., & Diez-Martin, J. (1995). Anger, fear, depression and crime: Physiological and psychological studies using the process method. In R. Robertson & A. Combs (Eds.), *Chaos theory in psychology and the life sciences* (pp. 65-88). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- May, R. M. (1974). Biological populations with non-overlapping generations: Stable points, stable cycles and chaos. *Science*, 186, 645-647.
- Tyler, B., Wegner, T., Osuch, J., & Loewer, W. (1996). *Fractint version 19.5*. [Λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή]. The Stone Soup Group: Internet: <http://spanky.triumf.ca/pub/fractals/programs/ibmpc/frain195.zip>
- Young, T. R. (1995). Chaos theory and social dynamics: Foundations of postmodern social science. In R. Robertson & A. Combs (Eds.), *Chaos theory in psychology and the life sciences* (pp. 217-233). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wiener, N. (χ.χ.). Κυβερνητική ή έλεγχος και επικοινωνία στα ζώα και στις μηχανές (Ι. Σιατίστας & Π. Παπαχρήστου, Μετ.), Αθήνα: Καστανιώτη. (Αγγλική έκδοση 1948).

Ευχαριστίες: Οι συγγραφείς εκφράζουν τις ευχαριστίες τους στην κα Α. Κωσταρίδου - Ευκλείδη και στο δεύτερο κριτή για τις παρατηρήσεις τους σε μια προηγούμενη μορφή της εργασίας, οι οποίες οδήγησαν σε ένα σημαντικό βελτιωμένο κείμενο.

**Negative feedback as a factor and source of particularity:  
From chaos theory to new trends in psychological research**

NIKOS G. PAPADOPOULOS

PAVLOS STAMBOULIDES

*University of Crete, Greece*

**ABSTRACT**

Chaos theory is characterized by the non-linear viewpoint on phenomena. Chaotic models can be applied to human behavior. One such instance is negative feedback, which is a basic element of most psychological theories. In this paper, a mathematical simulation of a simplified model based on negative feedback is presented, void of influences from the environment. In some cases, the behavior shown by the model is steady, as predicted by most classical theories. In other cases the same model presents a complicated behavior due to the continuous feedback of responses as new stimuli. The established methods of inferential statistics are not always in position to predict behavior, even when there are no other factors involved. It is concluded that the use of inferential statistical models in psychology is not appropriate since the systems under study continuously adapt to their environment and are not influenced just once. Accordingly, the value of repeated measurements over a time course and subsequently the non-linear analysis of psychological data is emphasized.

*Key words:* Chaos theory, feedback, non-linear models

*Address:* Nikos G. Papadopoulos, Department of Psychology, University of Crete, 741 00 Rethymno, Crete, Greece. Tel.: \*30-1-3842468, \*30-94-503784, Fax: 30-1-3842468, E-mail: ngpap@fortezza.cc.ucri.gr