

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 29^{ΗΣ} ΜΑΐΟΥ 1990

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΒΛΑΧΟΥ

Η ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ (LAPLACE, MENDEL, HEISENBERG – ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΙΡΑ)

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ Κ. Ι. ΠΑΠΑΔΑΚΗ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας διότι τούς σκοπούς τῆς ἐπιστήμης είναι νὰ καλλιτερέυσει τὶς προβλέψεις τοῦ μέλλοντος. Ἡ τεχνολογία μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ σᾶν πρόγνωση τοῦ μέλλοντος. Ἐὰν κάμετε τὸ καὶ τό, ύπὸ τὰς τάδε συνθήκας, θὰ ἔχετε, ἀσφαλῶς, τὸ τάδε ἀποτέλεσμα. Ὁλες μας οἱ πράξεις είναι συνδεδεμένες μὲ κάποιες προβλέψεις. Ἀκόμη καὶ ὅταν δὲν ἐπεμβαίνομε, ἐὰν ἐνδιαφερόμεθα γιὰ ἓνα ζήτημα, κάνομε προβλέψεις. Ἡ πρόβλεψη τοῦ μέλλοντος συνεχῶς ἀπασχολεῖ τὸν ἄνθρωπο.

Γιὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς τὸ ζήτημα αὐτὸν ἐνδιαφέρει ὅλες τὶς ἐπιστῆμες, καὶ φυσικὰ τὴ φιλοσοφία. Ἄλλὰ στὸ σημερινὸ λόγο θὰ προσπαθήσω νὰ κρατήσω τὴ συζήτηση μέσα στὴν ἐπιστήμη. Ὁ ύπολογισμὸς τῶν πιθανοτήτων βοηθεῖ σὲ ὄρισμένες, σχετικῶς ἀπλές, περιπτώσεις. Ἄλλὰ δὲν πρέπει νὰ λησμονοῦμε ὅτι τὰ μαθηματικὰ είναι τὸ σπουδαιότερο ὕσως ὅργανο, ποὺ χρησιμοποιεῖ ἡ ἐπιστήμη. Ἄλλὰ ἄλλο ὅργανο καὶ ἄλλο ἀντικείμενο. Συνεπῶς δὲν μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι τὸ ζήτημα είναι μαθηματικό.

I. Γιὰ πολλοὺς ἐπιστήμονες ὁ ἄνθρωπος είναι ἀπλῶς ἕνα διότι τὰ δναριθμῆτα εἰδῇ ποὺ ἐμφανίσθηκαν καὶ ἔξακολουθοῦν νὰ ἐμφανίζονται στὸν πλανῆτη μας. Ἄλλὰ δὲν είναι ἔτσι (Papadakis 1977). Ὁ ἄνθρωπος είναι τὸ μόνο εἶδος ποὺ ἔχει τὴν περιέργεια καὶ ἴκανότητα νὰ ἐρμηνεύει τὰ γεγονότα καὶ τὸ σύμπαν μέσα στὸ ὅποιο ζεῖ. Καὶ αὐτὴ ἡ διαφορὰ είναι τόσο μεγάλη, ὥστε θὰ μπορούσαμε νὰ διακρίνουμε τρία μεγάλα γεγονότα στὴν ἔξελιξη τῶν ζώντων ὅργανισμῶν: 1) τὴν ἐμφάνιση τῆς ζωῆς, 2) τὴν ἐμφάνιση τῆς

αἰσθησης καὶ κίνησης καὶ 3) τὴν ἐμφάνιση τῆς διανόησης. Βεβαίως τὰ ζῶα δὲν ἔχουν μόνο αἰσθηση καὶ κίνηση, ἔχουν καὶ φυτικὲς λειτουργίες. Ὁ ἄνθρωπος δὲν ἔχει μόνο διανόηση, ἔχει καὶ φυτικὲς καὶ ζωικὲς λειτουργίες. Κάθε νέα λειτουργία προστίθεται στὶς προηγούμενες καὶ δημιουργεῖται ἕνα νέο «βασίλειο» ζώντων δργανισμῶν, ποὺ συνυπάρχει μὲ τὰ προηγούμενα.

Μερικὲς φορὲς γίνεται σύγκρουση μεταξὺ αὐτῶν τῶν λειτουργιῶν διαφόρου επιπέδου. Π.χ. τὰ ψυχοαναλυτικὰ ζητήματα δφείλονται συνήθως σὲ σύγκρουση μεταξὺ ζωικῶν λειτουργιῶν, συνήθως τοῦ ἐνστίκτου τοῦ ἔρωτος, καὶ διανοητικῶν λειτουργιῶν, ποὺ ἐπιβάλλουν συγκράτηση.

Ἡ νοημοσύνη βοηθεῖ βέβαια τὸν ἄνθρωπο στὴν πρόβλεψη τοῦ μέλλοντος. Καὶ ἀπὸ βιολογικὴ ἄποψη, γιὰ τὴν ἐπικράτηση τοῦ ἀνθρώπου στὸν πλανήτη μας, αὐτὸς εἶναι ἵσως τὸ σπουδαιότερο ἀποτέλεσμα τῆς νοημοσύνης. Παρ' ὅλες ὅμως τὶς προόδους τῆς ἐπιστήμης, καὶ τὰ ὅσα λέγονται καὶ γράφονται, μόνο ἀπλούστατα γεγονότα μπορεῖ νὰ προβλέψει ὁ ἄνθρωπος. Συνήθως τὰ γεγονότα εἶναι τόσο πολύπλοκα, ὥστε οἱ προβλέψεις τους ἔχουν ἐλάχιστη πιθανότητα νὰ ἐπαληθευθοῦν.

Εἶναι ἵσως χρήσιμο νὰ προσθέσω ὅτι ὁ τρόπος μὲ τὸν ὄποιο μαθαίνει ὁ ἄνθρωπος εἶναι τελείως διάφορος ἀπὸ τὸν τρόπο ποὺ μαθαίνουν τὰ ζῶα. Συγκρίνατε τὸν καιρὸ ποὺ θέλουν ἔνα κανονικὸ παιδὶ καὶ ἔνα ἀνώτερο ζῶο γιὰ νὰ μάθουν τὸ ἴδιο πράγμα, τὶς ἀνθρώπινες κοινωνίες μὲ τὶς κοινωνίες ζώων. Μποροῦν τὰ ζῶα νὰ προβλέπουν, καμμιὰ φορά, καλλίτερα, καὶ οἱ κοινωνίες τῶν ζώων νὰ λειτουργοῦν καλλίτερα. Ἀλλὰ ὁ μηχανισμὸς τοῦ φαινόμενου, ἡ διαδικασία (*process*) εἶναι τελείως διάφορη. Στὴν περίπτωση τοῦ ἀνθρώπου εἶναι συνήθως νοητικὴ συνέπεια σκέψης, ἐνῶ στὰ ζῶα δφείλεται σὲ ἐνστικτα, συνήθειες ἢ αὐτοματισμὸς (επανάληψη, χωρὶς σκέψη, προηγούμενης ἀντίδρασης). Χαρακτηριστικὸ ἐπίσης εἶναι ὅτι ἐνῶ στὴν κατανόηση τοῦ «μηχανισμοῦ» τῆς ἀντίδρασης τῶν ζώων (νευρικὸ σύστημα, κλπ.) ἔγιναν σημαντικὲς πρόσοδοι, στὴν κατανόηση τοῦ «μηχανισμοῦ» τῆς διανόησης ἡ ἐπιστήμη προχώρησε πολὺ λίγο.

Ἔτοι χαρακτηριστικὸ εἶναι ὅτι, ἐνῶ τὰ ζῶα ζοῦν σήμερα κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο, ποὺ ζοῦσαν μερικὲς χιλιάδες χρόνια πρίν, ὁ ἄνθρωπος διαρκῶς μεταβάλλει τρόπο ζωῆς. Ἐνῶ τὰ ζῶα ύφίστανται μόνο γενετικὴ ἐξέλιξη, δφειλόμενη σὲ μεταβολὲς γονιδίων, καὶ ἡ ἐξέλιξη αὐτὴ εἶναι πολὺ βραδεία, ὁ ἄνθρωπος ύφίσταται ἐπὶ πλέον πολιτιστικὴ (*cultural*) ἐξέλιξη, δφειλόμενη σὲ προόδους τῆς ἐπιστήμης, τεχνολογίας, τέχνης κλπ. Καὶ ἡ ἐξέλιξη αὐτὴ εἶναι πολὺ ταχύτερη (*Papadakis 1977*).

2. LAPLACE, MONO-NTETEPMINISMOΣ, ΠΟΛΥ-NTETEPMINISMOΣ, EIMAPMENH

«Οπως εἴδαμε, ἡ προσπάθεια νὰ ἔρμηνεύσει τὰ γεγονότα καὶ τὸ σύμπαν, μέσα στὸ ὄποιο ζεῖ, εἶναι φυσικὴ στὸν ἄνθρωπο. Ἀλλὰ καὶ πολὺ δύσκολη. Γιὰ τὸ λόγο αὐτό, ἐκτὸς

ἀπὸ μερικὰ πολὺ ἀπλὰ φαινόμενα εἰχε τὴν τάση νὰ ἀποδίδει τὰ πάντα σὲ ὑπερφυσικὲς δυνάμεις. Μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι ἡ ἐπιστήμη γεννήθηκε στὰ κράτη-πόλεις τῆς ἀρχαίας Ἑλλάδας, ὅπου οἱ πολίτες γνώριζαν ὁ ἔνας τὸν ἄλλον, ἥταν ἀλεύθεροι, ἐλάμβαναν μέρος στὶς ἀποφάσεις, στὴν ἄμυνα τῆς πόλης, καὶ ἥταν μακριὰ ἀπὸ τὶς μεγάλες αὐτοκρατορίες, ποὺ δημιούργησαν οἱ ἐπιδρομὲς τῶν νομάδων τῶν στεπῶν καὶ ἐρήμων. Ἀλλὰ δὲν διήρκεσε πολύ. Γρήγορα ἥλθε ἡ παρακμή. Τὰ οἰκονομικὰ καὶ κυβερνητικὰ κέντρα τῆς Μεσογείου ἔφυγαν ἀπὸ τὴν ἀρχαία Ἑλλάδα, οἱ κυβερνήσεις, ἀν καὶ πολλὲς ἀπ' αὐτὲς ἥταν φωτισμένες, ἔγιναν αὐτοκρατορικές. Καὶ ἀκολούθησαν σχεδὸν δύο χιλιετρίδες σκότους, ἔως τὴν Ἀναγέννηση, ὅπως πολὺ σωστὰ ὀνομάσθηκε ἡ νέα περίοδος, σὰν ἐπιστροφὴ στὴν ἐποχὴ τῆς ἀρχαίας Ἑλλάδας. Καὶ φθάσαμε στὸ 19ο αἰώνα, «χρυσοῦν αἰῶνα» τῆς ἐπιστήμης, μὲ βάση τὴ λογικὴ καὶ τὸν πειραματισμό.

Ἡ ἐπιστήμη ἀρχισε βέβαια μὲ τὰ φυσικοχημικὰ φαινόμενα, ποὺ εἶναι τὰ ἀπλούστερα ὅλων, καὶ μὲ ἀντικείμενα μεγάλου μεγέθους. Ἡ ἀστρονομία εἶναι μία ἀπὸ τὶς πρῶτες ἐπιστῆμες ποὺ ἀναπτύχθηκαν. Δὲν ἀναφέρω τὰ μαθηματικὰ καὶ τὴ λογική, γιατὶ μποροῦν νὰ θεωρηθοῦν σὰν «ὅργανα», ὅχι ἀντικείμενα, τῆς ἐπιστήμης.

Στὶς ἀρχὲς αὐτοῦ τοῦ χρυσοῦ αἰώνα ὁ Laplace διατύπωσε τὴ θεωρία τοῦ ντετερμινισμοῦ ἢ ἀκριβέστερα μονοντετερμινισμοῦ. Σύμφωνα μ' αὐτὴ τὴ θεωρία κάθε αἴτια ἔχει ἔνα μόνο ἀποτέλεσμα, πάντοτε τὸ ἴδιο. Συνεπῶς, ἐὰν γνωρίζουμε σὲ ὅλες τῆς τὶς λεπτομέρειες τὴν κατάσταση σὲ μιὰ στιγμή, μποροῦμε νὰ προβλέψουμε, σὲ ὅλες τῆς τὶς λεπτομέρεις, τὴν κατάσταση στὴν ἐπόμενη στιγμή, καὶ οὕτω καθεξῆς. Δηλαδὴ ἡ ἔξελιξη τοῦ σύμπαντος εἶναι προκαθορισμένη. Ἡ ιστορία εἶναι μιὰ ταινία, ποὺ γυρίσθηκε προτοῦ ἀρχίσει νὰ ὑπάρχει ὁ κόσμος, καὶ προβάλλεται κάθε μέρα τὸ σχετικὸ μέρος. Τὸ τί θὰ γίνει, τί σκεπτόμασθε, τί κάνουμε, εἶναι προκαθορισμένο καὶ καμία δύναμη δὲν μπορεῖ νὰ τὸ μεταβάλει. Ἡ είμαρμένη εἶναι ἀμείλικτη.

Ἡ θεωρία ὅμως τοῦ Laplace στηρίζεται στὸ ὅτι μιὰ αἴτια ἔχει πάντοτε ἔνα καὶ μόνο ἀποτέλεσμα, πάντα τὸ ἴδιο. Γι' αὐτὸ καὶ ἀντὶ νὰ ὀνομάζεται ντετερμινισμὸς θᾶταν ἀκριβέστερο νὰ ὀνομάζεται μονοντετερμινισμός.

Ἐάν, ὅπως ὑποστηρίζω σὲ μιὰ ἐργασία μου, ποὺ δημοσιεύθηκε τὸ 1977, (Papadakis 1977) μιὰ αἴτια μπορεῖ νὰ ἔχει περισσότερα ἀπὸ ἔνα ἀποτελέσματα, τὸ καθένα μὲ τὴν πιθανότητά του, κάθε φορὰ ποὺ αὐτὸ συμβαίνει, ἡ ιστορία βρίσκεται σὲ ἔνα σταυροδρόμι, μπορεῖ νὰ πάρει ἔνα ἀπὸ διάφορους δρόμους καὶ ἡ είμαρμένη δὲν εἶναι ἀτεγκτη. Ὁ ντετερμινισμὸς ἔξακολουθεῖ νὰ ὑπάρχει, τὸ μέλλον προσδιορίζεται ἀπὸ τὸ παρελθόν, ἀλλὰ κάθε παρελθόν μπορεῖ νὰ ἔχει διάφορα μέλλοντα, καθένα μὲ τὴν πιθανότητά του, καὶ ἡ ἔξελιξη τῆς ιστορίας παίρνει ἔνα ἀπὸ διάφορους δρόμους. Σημειώσατε ὅτι, γιὰ νὰ εἶναι ἡ είμαρμένη ἀτεγκτη, θὰ ἔπρεπε ὅλα τὰ γεγονότα νὰ εἶναι μονο-ντετερμινιστικά. Ἄρκει ἔνα γεγονὸς νὰ εἶναι πολυ-ντετερμινιστικὸ καὶ ἀλλάζει ὁ δρόμος τῆς ιστορίας.

3. MENDEL, ΠΟΛΥ-ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΜΟΣ

Μισὸς αἰώνα ἀργότερα ὁ Mendel δημοσίευσε τὰ πειράματά του στὰ μπιζέλια καὶ διατύπωσε τοὺς νόμους τῆς κληρονομικότητας. Οἱ νόμοι αὐτοὶ εἰναι τόσο σπουδαῖοι καὶ βασικοί, ὅσο οἱ νόμοι τοῦ Newton στὴ μηχανική. Μὲ τὴν διαφορὰ ὅτι, ἐνῶ ὁ Newton βασίσθηκε σὲ ἔργασίες τοῦ Galileo καὶ πολλῶν ἄλλων ἐρευνητῶν, οἱ νόμοι τοῦ Mendel εἰναι κάτι τελείως νέο, δὲν ἔχουν σχέση μὲ δῆσα ἡταν γνωστὰ μέχρι τότε. Συνήθως στὴν ἐπιστήμη οἱ βασικὲς θεωρίες ἀνακαλύπτονται ἀπὸ πλῆθος ἐρευνητῶν οἱ ὄποιοι προσεγγίζουν σιγὰ-σιγὰ τὴν ἀλήθεια. Ὁ Mendel ὅμως διατύπωσε τὴν θεωρία του, χωρὶς νὰ ἔχει ὑπόψη κανένα προηγούμενο, καμμιὰ ἔργασία ποὺ νὰ ὀδηγεῖ στὴ θεωρία του. Ἐὰν τὰ χρωμοσώματα καὶ ὁ τρόπος μεταβίβασής των ἀπὸ γενεὰ σὲ γενεὰ ἡταν γνωστά, ὅταν ὁ Mendel διατύπωσε τοὺς νόμους του, ἡ θεωρία του θὰ μποροῦσε νὰ θεωρηθεῖ ὡς συνέπεια τῆς ἀνακάλυψης τῶν χρωμοσωμάτων. Ἀλλὰ τὴν ἐποχὴ ἐκείνη τὰ χρωμοσώματα δὲν ἡταν ἀκόμη γνωστά. Ἀνακαλύφθηκαν ἀργότερα καὶ βοήθησαν βέβαια στὴ γενικὴ ἀποδοχὴ τῶν νόμων τοῦ Mendel.

Ὁ Mendel ἔστειλε ἀντίτυπα τῆς ἔργασίας του στοὺς βιολόγους τῆς ἐποχῆς. Ἀλλὰ κανένας δὲν τὴν πρόσεξε ὡς τὸ 1900, 35 χρόνια ἀργότερα, ὅταν οἱ Correns, Tschermack καὶ De Vries βρῆκαν τὴν ἔργασία καὶ ἐπιβεβαίωσαν τὰ πειραματικὰ ἀποτελέσματα καὶ τοὺς νόμους τοῦ Mendel. Ἀπογοητευμένος πιθανῶς, ὁ Mendel, ἔπαισε τὰ πειράματα του σχεδὸν ἀμέσως καὶ ἐπιδόθηκε στὴ διοίκηση τῆς μονῆς, τῆς ὄποιας ἐξελέγη ἡγούμενος. Καὶ ὅταν πέθανε, τὸ 1884, κανεὶς δὲν σκέφθηκε, ὅτι ἐνταφιάζουν ἐκεῖνον, ποὺ διατύπωσε, ἐκ τοῦ μηδενός, τοὺς νόμους τῆς κληρονομικότητας, ποὺ διέπουν ὅλα τὰ εἰδὴ φυτῶν καὶ ζώων.

Σημειώσατε ὅτι ὁ Mendel εἶχε καὶ ἄλλες ἀτυχίες. Τρεῖς φορὲς εἶχε δώσει ἐξετάσεις γιὰ νὰ πάρει τὴν ἀδεια νὰ διδάσκει φυσικὲς ἐπιστῆμες στὴ μέση ἐκπαίδευση. Καὶ τὶς τρεῖς ἀπορρίφθηκε.

Μὲ τὴν θεωρία του ὁ Mendel δὲν ἔβαλε μονάχα τὶς βάσεις τῆς ἐπιστήμης τῆς κληρονομικότητας, ἔλυσε καὶ ἕνα ἄλλο, ἀκόμη γενικότερο, ζήτημα, ἀπέδειξε τὸν πολυντετερμινισμό. Κάθε φορὰ ποὺ ἡ γονιμοποίηση γίνεται μεταξὺ γονιῶν, ποὺ δὲν ἀνήκουν στὴν ἴδια καθαρὴ σειρά, καὶ αὐτὸς εἶναι τὸ συνηθέστερο, τὰ παιδιὰ διαφέρουν μεταξὺ των. Καὶ τί θὰ εἶναι τὸ καθένα παιζεται στὰ ζάρια. Αὐτὸς ἀλλωστε τὸ βλέπουμε κάθε μέρα στὸν ἄνθρωπο, τὰ ἀδέλφια διαφέρουν. Ντετερμινισμὸς ὅμως ὑπάρχει. Τὸ τί παιδιὰ μποροῦν νὰ γεννηθοῦν ἀπὸ ἕνα ζευγάρι εἶναι προκαθορισμένο καὶ ἡ πιθανότητα καθενὸς ἀπὸ αὐτά. Μερικὰ χαρακτηριστικὰ ἔχουν μεγάλη πιθανότητα νὰ ἐμφανισθοῦν στὰ παιδιά, ἄλλων χαρακτηριστικῶν ἡ πιθανότητα εἶναι ἐλάχιστη, σχεδὸν ἀμελητέα.

Βεβαίως τὰ πειράματα τοῦ Mendel ἀπέδειξαν τὸν πολυντετερμινισμὸν στὸν ὀργανικὸ κόσμο, ζῶα καὶ φυτά. Ἀλλά, ὅπως θὰ δοῦμε στὴν ἐπόμενη παράγραφο, κάτι

ἀνάλογο συμβαίνει καὶ στὸν ἀνόργανο. Ὅτι συμβαίνει στὸν ὄργανικὸ κόσμο, ἀρκεῖ γιὰ νὰ μεταβάλει τὴν πορεία τῆς ἱστορίας καὶ νὰ ἀποκλείσει τὴν εἰμαρμένη. Κάθε τόσο ἐπεμβαίνει ἡ τύχη (*hasard*) καὶ καθορίζει τὴν πορεία τῆς ἱστορίας.

Ἐδῶ θεωρῶ σκόπιμο νὰ ἀναφέρω, ὅτι στὴν ἐργασία μου τοῦ 1977 δὲν ἀναφέρω τὸν *Mendel*, μολονότι εἶμαι γενετιστής καὶ ἔργασθηκα ἀρκετὲς δεκαετηρίδες στὴν καλλιτέρευση τῶν φυτῶν. Τὸ ὅτι ὁ *Mendel* ἀπέδειξε, ἔνα αἰώνα πρίν, τὸν πολυντερμινισμό, τὸ σκέψιμο μόλις πρὸ δὲληγῶν μηνῶν, ἀν καὶ εἶναι σοβαρότατο ἐπιχείρημα. Πολλὲς φορὲς στὴν ἐπιστήμη σπουδαιότατα γεγονότα μᾶς διαφεύγουν.

4. HEISENBERG, ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΛΥΝΤΕΡΜΙΝΙΣΜΟΣ

Στὴν ἀρχὴ τοῦ 20οῦ αἰώνα ὁ *Planck* διατύπωσε τὴν θεωρία τῶν κβάντων καὶ ἀργότερα ὁ *Heisenberg* τὴν ἀρχὴ τῆς ἀπροσδιοριστίας. Σύμφωνα μὲ αὐτὲς τὶς θεωρίες, ἡ κλασικὴ μηχανικὴ τοῦ *Neύτωνα* δὲν ἐφαρμόζεται εἰς τὰ πολὺ μικρὰ σωματίδια. Ἐναντίον τῆς ἀρχῆς τῆς ἀπροσδιοριστίας τοῦ *Heisenberg* κηρύχθηκαν ὁ *Einstein*, ὁ *De Broglie* καὶ ἄλλοι διαπρεπεῖς ἐπιστήμονες. Ἀλλά, καλῶς ἡ κακῶς, ἡ ἀρχὴ τοῦ *Heisenberg* ἔγινε δεκτὴ ἀπὸ τὴν μεγάλη πλειοψηφία τῶν φυσικῶν καὶ μαθηματικῶν, καὶ ἐγκαταλείφθηκε, κακῶς κατὰ τὴν γνώμη μου, ἡ κλασικὴ μηχανικὴ τοῦ *Neύτωνα*, ἡ ὅποια ὅμως ἔξακολονθεῖ νὰ εἶναι ἡ μόνη ποὺ ἐφαρμόζεται στὴν πράξη. Δὲν θὰ συζητήσουμε ἐδῶ αὐτὸ τὸ ζήτημα. Θέλω μόνο νὰ πῶ ὅτι κάτι ἀνάλογο μὲ ἐκεῖνο ποὺ συμβαίνει μὲ τὰ γονίδια συμβαίνει καὶ μὲ τὰ κβάντα. Τὰ γονίδια εἶναι βέβαια πολὺ μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ κβάντα, πάντως ὅμως μικροσκοπικά. Ἐπειδὴ δὲ τὰ μεγάλα σώματα εἶναι ἀθροισμα ἀναρίθμητου ἀριθμοῦ σωματιδίων, θὰ μπορούσαμε νὰ ποῦμε ὅτι ὁ πολυντερμινισμὸς εἶναι γενικός, καὶ τὸ γεγονός ὅτι τὰ μεγάλα σώματα φαίνονται μονο-ντερμινιστικά, διφείλεται στὸ ὅτι ἐκεῖνο ποὺ μετροῦμε εἶναι ὁ μέσος ὅρος ἀναρίθμητων φαινομένων.

Ἐνῶ ὅμως ὑποστηρίζεται ὅτι ἡ ἀρχὴ τοῦ *Heisenberg* ἀνατρέπει τὴν κλασσικὴ φυσικὴ τοῦ *Neύτωνα*, ὁ πολυντερμινισμὸς δὲν τὴν ἀνατρέπει. Συμπληρώνονται σχεδὸν 100 χρόνια, ἀφότου ἡ θεωρία τοῦ *Mendel* ἔγινε γενικὰ παραδεκτή, καὶ κανένας δὲν ὑποστήριξε ὅτι ἀνατρέπει τὴν κλασικὴ φυσικὴ τοῦ *Neύτωνα*. Μερικὰ γεγονότα, ἵσως δῆλα, εἶναι πολυ-ντερμινιστικά, ἀλλὰ δῆλα εἶναι ντερμινιστικὰ καὶ ἐπιβεβαιώνουν τὴν κλασικὴ φυσικὴ τοῦ *Neύτωνα*. Ἡ κβαντικὴ μηχανικὴ χρειάζεται πολλὴ τελειοποίηση καὶ ἐπιβεβαιώνει τὸν πολυ-ντερμινισμό.

Σημειώσατε, ὅτι κατὰ τὴν ἀρχὴ τῆς ἀπροσδιοριστίας, ἀν ἐκτελέσομε τὴν ἴδια μέτρηση σὲ πολλὰ κβαντικὰ συστήματα ποὺ ἀρχισαν νὰ ἔξελίσσονται κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο, θὰ βροῦμε ὅτι τὰ ἀποτέλεσματα θὰ εἶναι *A* σὲ κάποια περίπτωση, *B* σὲ ἄλλη κ.ο.κ. Μποροῦμε νὰ προβλέψουμε κατὰ προσέγγιση τὸν ἀριθμὸ τῶν περιπτώσεων, ποὺ τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι *A* ἢ *B*, κ.λπ., ἀλλὰ δὲν μποροῦμε νὰ προβλέψουμε τὸ ἀποτέλεσμα ἐνὸς συγκεκριμένου πειράματος.

Τὸ ἀποτέλεσμα ὅποιουνδήποτε ὑπολογισμοῦ ἔχει συνήθως πολλά, μερικὲς φορὲς ἀπειρα, δεκαδικὰ ψηφία. Αὐτὸς ὅμως δὲν ἔχει νόημα, μὲ τὴν κβαντικὴ θεωρία, σύμφωνα μὲ τὴν ὁποίᾳ τὸ κβάντο δὲν μπορεῖ νὰ ὑποδιαιρεθεῖ. Ἡ ἀνακάλυψη ἀπὸ τὸν Planck τοῦ ἀδιαιρέτου τῆς μονάδας ὅλης-ἐνεργείας ἐπιβάλλει τὴν ἐγκατάλειψη τοῦ μονο-ντετερμηνισμοῦ¹ συνήθως τὰ φαινόμενα εἶναι πολυ-ντετερμηνιστικά, καὶ ἐπεμβαίνει ἡ τύχη (hasard). Οἱ νόμοι ὅμως τοῦ Νεύτωνα, κατὰ τὴ γνώμη μου, ἐξακολουθοῦν νὰ διέπουν τὸ σύμπαν.

“Οταν τὰ σώματα εἶναι στερεὰ καὶ μεγάλα, ὥπως στὴν ἀστρονομία, τὰ φαινόμενα φαίνονται μονοντετερμηνιστικά, γιατὶ ὁ μέσος ὅρος ἀπειρων πιθανῶν ἀποτελεσμάτων εἶναι πάντοτε ὁ ἴδιος, καὶ μπορεῖ νὰ ἔχει πολλά, ἀπειρα δεκαδικὰ ψηφία. Ἀντίθετα, τὰ φαινόμενα ποὺ φεύγονται σὲ μικρὰ καὶ λίγα σωματίδια, ἕνα γονίδιο στὴν περίπτωση τῆς κληρονομικότητας, εἶναι συνήθως πολυ-ντετερμηνιστικά, τὸ ἀποτέλεσμα διαφέρει ἀπὸ περίπτωση σὲ περίπτωση. Στὰ στερεὰ σώματα ἡ ἐλευθερία κίνησης τῶν μορίων μεταξύ των εἶναι πολὺ μικρότερη παρὰ στὰ ρευστά (ύγρα καὶ δέρια) καὶ οἱ πιθανότητες πολυ-ντετερμηνισμοῦ αὐξάνονται. Ἡ ὄδραυλικὴ ἡταν ἀνέκαθεν πιὸ πολύπλοκη ἀπὸ τὴ μηχανικὴ τῶν στερεῶν, καὶ ἡ κλασσικὴ μηχανικὴ βασίσθηκε κυρίως σὲ ὅ,τι συμβαίνει μὲ στερεὰ σώματα, συνήθως μεγάλα.

5. ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ

‘Ο ὑπολογισμὸς τῶν πιθανοτήτων ἐξελίχθηκε τελευταῖα σὲ ἐκτεταμένη ἐπιστήμη. Γιὰ τὴν πρόβλεψη τοῦ μέλλοντος χρειάζονται δύο πράγματα. Πρῶτα καλὴ γνώση τῶν φαινομένων ποὺ μελετῶνται καὶ τῶν αἰτίων τοῦ λάθους τῶν παρατηρήσεων. Καὶ δεύτερο τῶν μαθηματικῶν μεθόδων, οἱ ὅποιες ἐπιτρέπουν νὰ ἐλαττώσουμε καὶ προσδιορίσουμε τὸ λάθος. Καὶ τὰ δύο εἶναι ἀπαραίτητα, ἀλλὰ σπουδαιότερο εἶναι ἐκεῖνο ποὺ περισσότερο λείπει. Καὶ ἐκεῖνο ποὺ λείπει εἶναι συνήθως ἡ γνώση τῶν φαινομένων ποὺ μελετῶνται. Αὐτὴ εἶναι συνήθως ἡ ἀχίλλειος πτέρνα τῆς πρόβλεψης.

Γιὰ τὸ λόγο αὐτὸς ἐκεῖνοι ποὺ κάνουν προβλέψεις ἰατρικῆς πρέπει νὰ εἶναι πρὸ παντὸς γιατροί, γιὰ τὶς οἰκονομικὲς οἰκονομολόγοι, γιὰ τὶς γεωργικὲς γεωπόνοι, κλπ. Καὶ πρὸ παντὸς νὰ ἔχουν γενικὴ μόρφωση καὶ ίκανότητα ἐρμηνείας τῶν γεγονότων. Οἱ στατιστικὲς γνώσεις εἶναι βέβαια ἀπαραίτητες ἀλλὰ εὐκολότερα ἀποκτῶνται. Ἡ μεγάλη προσήλωση σὲ ὄρισμένες μεθόδους, ἀκόμη καὶ κλασσικές, πολλὲς φορὲς ἡ μέθοδος πρέπει νὰ προσαρμόζεται στὶς «ἰδιαιτερότητες» τῆς κάθε ἔρευνας. Πολλὲς φορὲς ἡ μέθοδος προσδιορισμοῦ τοῦ λάθους τὸ μεγαλώνει πάνω ἀπὸ τὸ πραγματικό. “Ολα τὰ ἀποτελέσματα εἶναι μὴ σημαντικά (significant) καὶ δὲν μπορεῖ νὰ βγεῖ κανένα συμπέρασμα. Ὁ ἔρευνητής πρέπει νὰ χρησιμοποιεῖ μεθόδους, οἱ ὅποιες ἐλαττώνουν τὸ πραγματικὸ λάθος καὶ συγχρόνως ἐπιτρέπουν τὸν ἀκριβὴ προσδιορισμὸ του.

Ἐπειδὴ συμβαίνει νὰ ἔχω ἀσχοληθεῖ πολλὲς δεκαετηρίδες μὲ τὸ γεωργικὸ πειραματισμό, σὲ μεγάλη κλίμακα, καὶ βρεῖ μεθόδους, ποὺ προκάλεσαν τελευταίως μεγάλο διεθνὲς ἐνδιαφέρον, κρίνω σκόπιμο νὰ ἀφιερώσω τὴν ἐπόμενη παράγραφο στὸν γεωργικὸ πειραματισμό.

6. ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ. Ο ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ

Χαρακτηριστικὸ ἀπὸ αὐτὴ τὴν ἀποψῃ εἶναι ἐκεῖνο ποὺ συνέβη στὸ γεωργικὸ πειραματισμό. ὾ταν ἔνα χωράφι τὸ διαιρέσετε σὲ τεμάχια καὶ θερίσετε τὸ καθένα χωριστά, οἱ ἀποδόσεις ποικίλλουν ἀπὸ τὸ ἀπλὸ στὸ πολλαπλό. Μὲ τέτοια ἀνομοιομορφία τὸ νὰ ἐλαττώσετε τὸ λάθος, αὐξάνοντας τὸν ἀριθμὸ τῶν ἐπαναλήψεων, εἶναι ἀδύνατο. Ὁ ἀριθμὸς τῶν τεμαχίων θὰ πρέπει νὰ γίνει τρομερὰ μεγάλος. Ὅπαρχει ὅμως συσχέτιση μεταξὺ τῆς παραγωγικότητας διπλανῶν τεμαχίων, ίδιως ἂν εἶναι μακριὰ καὶ στενά. Ἀλλὰ αὐτὴ ἡ συσχέτιση παρουσιάζει μεγάλες ἀνωμαλίες. Αἰφνιδίως δύο διπλανὰ τεμάχια ἔχουν παραγωγικότητες ποὺ διαφέρουν ἀπὸ τὸ ἀπλὸ στὸ πολλαπλό.

Πρὸ 60 περίπου ἑτῶν ὁ μεγάλος μαθηματικὸς Fisher πρότεινε μεθόδους πειραματισμοῦ οἱ ὄποιες ἐφαρμόσθηκαν σὲ ὅλο τὸν κόσμο (*analysis of variance*). Ἀλλὰ ὁ Fisher ἀντιμετώπισε τὸ ζήτημα σὰν καθαρὰ μαθηματικό. Δὲν σκέφθηκε νὰ χρησιμοποιήσει τὴ συσχέτιση ἀπόδοσης μεταξὺ διπλανῶν τεμαχίων γιὰ νὰ ἐλαττώσει τὸ λάθος. Τὸ ἀποτέλεσμα ἦταν ὅτι τὸ πειραματικὸ λάθος ἦταν πολὺ μεγάλο, οἱ διαφορὲς ἀπόδοσης μὴ σημαντικὲς (*no significant*), καὶ τὰ πειράματα σπανίως ἐπιτρέπουν τὴν ἐξαγωγὴ συμπερασμάτων. Οἱ γεωργοὶ μὲ τὸ νὰ εἶναι πολλοὶ καὶ νὰ δοκιμάζουν τὴν νέα τεχνολογία σὲ πολλὰ χωράφια ἔλυναν τὸ ζήτημα καλλίτερα. Ὅτερα ἀπὸ τόσα χρόνια οἱ ἐπιστήμονες ἀντιλήφθηκαν τὸ λάθος. Καὶ μερικοὶ λέγουν ὅτι ποτὲ ἡ εἰσαγωγὴ μιᾶς νέας μεθόδου δὲν ἔδωσε πτωχότερα ἀποτελέσματα, ὅσο ἡ εἰσαγωγὴ τῶν μεθόδων Fisher στὸν γεωργικὸ πειραματισμό.

Ἐκεῖνος ποὺ σᾶς ὀμιλεῖ, ἄρχισε νὰ κάνει πειράματα στὸν ἀγρὸ τὸ 1923. Καὶ σκέφθηκα νὰ ἐλαττώσω τὸ λάθος, ἐκμεταλλευόμενος τὴν ὄμοιότητα παραγωγικότητας μεταξὺ διπλανῶν τεμαχίων. Τὰ μισὰ τεμάχια κάθε πειραματικοῦ σπέρνονταν μὲ μιὰ ποικιλία μάρτυρα καὶ οἱ ἀποδόσεις τῶν ἄλλων τεμαχίων διορθώνονταν μὲ βάση τοὺς δύο διπλανοὺς μάρτυρες. Τὰ τεμάχια ἦταν μακριὰ καὶ στενὰ (2 μέτρα). Ἡθελα νὰ ἐλαττώσω τὸ λάθος καὶ νὰ ἔχω γρήγορα συμπεράσματα.

Ἄργοτερα ἄρχισα νὰ ὑπολογίζω τὸ λάθος αὐτῆς τῆς διόρθωσης καὶ τὸ 1937 δημοσίευσα τὴ μέθοδο μον στὸ δελτίο 23 τοῦ Ἰνστιτούτου ποὺ διηγήθηνα. Τὴ μέθοδο τὴν ἔνανδημοσίευσα στὸ βιβλίο μον «Ecologie Agricole» ποὺ δημοσιεύθηκε στὴν *Bibliothèque Agronomique Belge* τὸ 1938, καὶ στὸ βιβλίο μον «Ecología de los Cultivos» ποὺ δημοσιεύθηκε τὸ 1954 στὸ *Buenos Aires* ἀπὸ τὸ Ἐθνικὸ Ὑπουργεῖο τῆς Γεωργίας. Ἡ

μέθοδός μου έφαρμόσθηκε σε πολλές γαλλόφωνες κυρίως χώρες, και σε εύρυτατη κλίμακα στὸ Βελγικὸ Κογκό (σήμερα Ζαΐρε).

‘Ο ἄγγελος Bartlett δημοσίευσε μιὰ ἐκτεταμένη μελέτη στὸ ἀγγλικὸ περιοδικὸ «Agricultural Science» 1938, μὲ ἀντικείμενο τὴν μέθοδό μου καὶ προκάλεσε τὴν διεθνὴ προσοχὴ σ’ αὐτῆ.

Ἐγὼ τὸ 1940 δημοσίευσα στὴν *Revista Argentina de Agronomía* μιὰ μακρὰ μελέτη, στὴν ὁποίᾳ ἀποδείκνυα, ὅτι ἡ μέθοδός μου, συγκρινόμενη μὲ τὶς μεθόδους Fisher, ἐλαττώνει τὸ λάθος, καὶ δίνει μεγαλύτερη ἐλευθερία στὸν πειραματιστὴ νὰ προσαρμόσει τὸ σχέδιο στὶς ἀνάγκες του. Συγχρόνως ἐπρότεινα καὶ νέα μέθοδο ὑπολογισμοῦ τοῦ λάθους, τὴν «*simulation method*».

‘Αλλὰ ἦλθε ὁ παγκόσμιος πόλεμος. Τὸ 1941 καταλήφθηκε τὸ ‘Ινστιτοῦτο ἀπὸ τοὺς Γερμανοὺς καὶ ἀργότερα ἀπὸ τοὺς Ἀγγλους. Ἡ ἐργασία μου τοῦ 1940 ποτὲ δὲν ἔφθασε στὴν Εὐρώπη (ὑποβρύχια). Βρῆκα τὰ ἀνάτυπα τὸ 1948 φθάνοντας στὸ Buenos Aires. ᘾγὼ μετανάστευσα ἀπὸ τὴν Ἑλλάδα τὸ 1946, καὶ ἔπαυσα νὰ κάνω πειράματα στὸν ἀγρό. Στὸ βιβλίο μου ὅμως «*Agricultural Research*», ποὺ δημοσιεύθηκε τὸ 1970, ἐπρότεινα μερικὲς τροποποιήσεις (ἐπανάληψη τῆς διόρθωσης τῶν ἀποδόσεων, διόρθωση μὲ βάση φυσικοχημικὲς ἀναλύσεις). Οἱ στατιστικοὶ ὅμως δὲν διαβάζουν βιβλία γεωργικῆς ἔρευνας καὶ ἐνόμιζα ὅτι ἡ μέθοδός μου λησμονήθηκε.

‘Αλλὰ τελικά, στὴ δεκαετία τοῦ 1970 καὶ 1980, οἱ πειραματιστὲς ἀντελήφθησαν, ὅτι οἱ μέθοδοι Fisher δὲν ὀδηγοῦν πουθενά, καὶ ἄρχισαν νὰ γυρεύουν λύση στὴ μέθοδό μου. Πάλι ὁ Bartlett δημοσίευσε τὸ 1978 μιὰ δεύτερη μελέτη στὴν Ἀγγλία πάνω στὴ μέθοδό μου. Καὶ ἄρχισαν νὰ ἐμφανίζονται πολλὲς ἐργασίες πάνω στὴ μέθοδό μου. Ὁ καθηγητὴς τοῦ *Gembloix* (Βέλγιο) Dagnélie ἀναφέρει 92 ἐργασίες, σὲ μιὰ ἐργασία του πάνω στὴ μέθοδό μου.

Τὸ 1988, σὲ ἄλλη ἐργασία μου (1988) προτείνω, στὴ διόρθωση μὲ βάση τὴν παραγωγικότητα διπλανῶν τεμαχίων, νὰ λαμβάνεται ὑπόψη ἡ διαφορὰ ἀποδοτικότητος μεταξὺ τῶν δύο διπλανῶν τεμαχίων. Καὶ ἡ τελειοποίηση αὐτὴ ἐλαττώνει τὸ λάθος, συνήθως στὸ τρίτο. Σημειώσατε ὅτι αὐτὴ τὴν λύση θὰ μποροῦσα νὰ τὴν ἔχω προτείνει ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τῆς δεκαετίας τοῦ τριάντα. ‘Αλλὰ «στερνή μου γνώση νὰ σὲ εἴχα πάντα». Εἶναι περίεργο ὅτι οὔτε ἐγώ, οὔτε κανένας ἀπὸ σούς ἐμελέτησαν τὴν μέθοδό μου, τὸ σκέψθηκαν. Αὐτὰ συμβαίνουν στὴν ἐπιστήμη, μερικὲς φορὲς μᾶς διαφεύγουν πράγματα ποὺ εἶναι πασιφανή.

‘Αλλὰ πολὺ μεγαλύτερη ἐλάττωση τοῦ λάθους θὰ προέλθει, ἐὰν χρησιμοποιηθεῖ ἡ συσχέτιση ποὺ ὑπάρχει μεταξὺ τῆς παραγωγικότητας ἐνὸς τεμαχίου καὶ διαφόρων φυσικοχημικῶν χαρακτηριστικῶν του. Σήμερα εἶναι δυνατὸ νὰ γίνεται πολὺ μεγάλος ἀριθμὸς ἀναλύσεων στὴ σειρά. Τὴν ίδεα τὴν ἔρριξαν τὸ 1969 οἱ ‘Αργεντινοὶ Pizzaro, Brown, Towza, καὶ τὴν ὑποστήριξα ἐγὼ στὸ βιβλίο μου *Agricultural Research* τοῦ 1970.

"Ενα άλλο παράδειγμα είναι ή πρόβλεψη του καιρού. "Ολοι ξέρουμε τις δυσκολίες της πρόβλεψης. 'Ο Lorenz, καθηγητής του Τεχνολογικού Ινστιτούτου του Massachusetts λέγει ότι μιά πεταλούδα, ή ένας γλάρος, που πετά σήμερα στη Νέα Υόρκη μπορεῖ νά έπηρεάσει τὸν καιρὸν τὸν ἐπόμενο μήνα στὸ Πεκίνο. 'Η ἀνάπτυξη ποὺ πῆραν τελευταίως τὰ «χαοτικά» μαθηματικὰ δφείλεται κατὰ μέγα μέρος σὲ τέτοια προβλήματα.

Νομίζω δημοσίες δφείλονται, ἐν μέρει, στὸ δημόσιο δεν χρησιμοποιήθηκαν ἐπιτυχῶς οἱ χάρτες καιροῦ, συμπληρωμένοι βέβαια μὲ παρατηρήσεις τῆς ἀτμόσφαιρας σὲ μεγάλο ὅψος καὶ ἐρμηνευμένοι μὲ δυναμικὴ μετεωρολογία. 'Ο καιρὸς ποὺ κάνει σήμερα σὲ ἔνα τόπο, είναι συνέπεια τοῦ καιροῦ ποὺ ἔκαμε χθὲς καὶ πῶς διαδέχονται οἱ τύποι καιροῦ ὡς ἔνας τὸν ἄλλο, ἀναλόγως τοῦ τόπου καὶ ἐποχῆς. 'Η γνώμη μου αὐτὴ ἐνισχύεται ἀπὸ κάτι ποὺ εἶπε σὲ μιὰ διάλεξή του στὸ Buenos Aires, τὴ δεκαετηρίδα τοῦ 50, ἔνας σημαντικός μετεωρολόγος. Συμβαίνει μερικὲς φορές, μᾶς ἔλεγε σὲ μιὰ μετεωρολογικὴ ὑπηρεσία, νὰ ὑπάρχει ἔνας κλητήρας, ποὺ μελέτα μὲ πάθος τοὺς χάρτες καιροῦ, καὶ κάνει προβλέψεις καλλίτερες ἀπὸ τὴν ὑπηρεσία. "Εκτοτε ἐπισκέφθηκα πολλὲς μετεωρολογικὲς ὑπηρεσίες, σὲ διάφορες χῶρες, καὶ μερικοὶ μοῦ εἶπαν τὸ ἴδιο. 'Η μελέτη τῆς διαδοχῆς τῶν τύπων καιροῦ ἀναλόγως τόπου καὶ ἐποχῆς, βασισμένη στὴ δυναμικὴ μετεωρολογία, είναι ὡς δρόμος. Γιὰ νὰ φθάσουμε δημοσίες καθαρὰ μέσα σ' αὐτὸν τὸ λαβύρινθο, θὰ χρειασθεῖ πολὺς χρόνος καὶ μεγάλη ἰκανότητα.

Οι προβλέψεις ποὺ δημοσιεύονται δίνουν συνήθως ἔνα καιρό. Θά ταν καλλίτερο νὰ δίνουν περισσότερους ἀπὸ ἔνα καιρούς, τὸν καθένα μὲ τὴν πιθανότητά του. Πολλὲς φορές μόνον ή πιθανότητα ἐνὸς καιροῦ ἐπιβάλλει ὄρισμένες ἀποφάσεις.

7. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

I. "Οπως εἴπαμε προηγουμένως, ή ἐπιστήμη καὶ ή τεχνολογία ἔχουν μεγάλη σχέση μὲ τὴν πρόβλεψη τοῦ μέλλοντος. 'Η τεχνολογία είναι δυνατή, ὅταν ὁ ἀνθρωπος μπορεῖ νὰ προβλέψει μὲ μεγάλη βεβαιότητα, τί θὰ γίνει, ἐὰν ἐφαρμοσθοῦν μιὰ σειρὰ ἀπὸ δρισμένες διαδικασίες (processes). Καὶ ή τεχνολογικὴ ἐφαρμογὴ είναι ή καλλίτερη ἀπόδειξη τῆς ἐπιστήμης. 'Ἐπομένως, ή ἐπιστήμη είναι στενὰ συνδεδεμένη μὲ τὴν πρόβλεψη τοῦ μέλλοντος.

II. 'Απὸ δημοσίες προηγουμένως προκύπτει ὅτι ή πρόβλεψη τοῦ μέλλοντος είναι εὐκολότερη, ὅταν τὰ φαινόμενα είναι ἀπλὰ καὶ μόνο μονο-ντετερμινιστικά, παρὰ ὅταν είναι σύνθετα καὶ πολυ-ντετερμινιστικά. Τὸ ἴδιο δὲ συμβαίνει καὶ μὲ τὶς ἐπιστήμες. Θετικότερες ἐπιστήμες είναι οἱ φυσικοχημικές, οἱ ὅποιες δσχολοῦνται μὲ ἀπλούστερα, συνήθως μονο-ντετερμινιστικά, φαινόμενα. 'Ολιγότερο θετικές είναι οἱ βιολογικές, οἱ ὅποιες δσχολοῦνται μὲ συνθετότερα, καὶ συνήθως πολυ-ντετερμινιστικά, φαινόμενα. Καὶ ἀκόμη διλιγότερο θετικές είναι οἱ πολιτιστικές (cultural) ἐπιστήμες, οἱ ὅποιες δσχολοῦνται μὲ ἀκόμη συνθετότερα, καὶ συνήθως πολυ-ντετερμινιστικά, φαινόμενα.

Σημειώσατε ότι αύτή ή κατάταξη τῶν ἐπιστημῶν (Παπαδάκης 1934, 1938, 1954) βασίζεται στὸ γεγονός ότι τὰ βιολογικὰ φαινόμενα θὰ μποροῦσαν νὰ θεωρηθοῦν σὰν σύνθετα φυσικο-χημικὰ φαινόμενα. Καὶ τὰ πολιτιστικὰ φαινόμενα σὰν σύνθετα βιολογικὰ καὶ φυσικοχημικὰ φαινόμενα. Ὑπάρχουν δῆμοις καὶ ἐπιστῆμες οἱ ὅποιες ἀνήκουν συγχρόνως σὲ περισσότερες τῆς μιᾶς διάδεις (π.χ. γεωγραφία).

III. Ἡ ἐπιτυχία στὴν πρόβλεψη τοῦ μέλλοντος ἀπαιτεῖ: α) καλὴ γνώση τῶν νόμων ποὺ διέπουν τὸ σύμπαν ἥ τουλάχιστον τὰ φαινόμενα μὲ τὰ ὅποῖα σχετίζεται ἥ πρόβλεψη, β) καλὴ πληροφόρηση σὲ ὅλα τὰ γεγονότα ποὺ μποροῦν νὰ ἐπιδράσουν καὶ γ) μεγάλη ἰκανότητα ἔρμηνείας τῶν φαινομένων.

Ἡ σημασία τῆς καλῆς καὶ πλήρους πληροφόρησης ἔχει σήμερα ἀναγνωρισθεῖ καὶ χάρη στὴν τεχνολογικὴ πρόσodo ἔχει γίνει μεγάλη πρόσodo. Ἡ γνώση τῶν νόμων ποὺ διέπουν τὸ σύμπαν δυσχεραίνεται ἀπὸ τὴν ὑπερβολικὴ εἰδίκευση. Ἡ εἰδίκευση εἶναι βεβαίως ἀναγκαία. Τὰ φαινόμενα δῆμοις συμπλέκονται μεταξύ των, ἀνεξάρτητα εἰδικότητας. Μὲ τὴν εἰδίκευση ὁ ἐπιστήμονας βάζει παρωπίδες καὶ δὲν βλέπει παρὰ ἔνα μέρος τῶν αἰτίων ποὺ ἐπιδροῦν σὲ ἔνα γεγονός. Ἡ ἔρμηνεία εἶναι ἐσφαλμένη καὶ ὁ τρόπος μὲ τὸν ὅποιο ἀντιμετωπίζεται ἡ κατάσταση ἐσφαλμένη. Γιὰ νὰ διορθωθεῖ αὐτὸς χρησιμοποιοῦνται διάδεις (*teams*) διαφόρων εἰδικῶν. Ἀλλὰ σπανιότατα ἐπιτυγχάνουν. Ὁ καθένας προσπαθεῖ νὰ ὑπερβάλει τὴν σημασία τῆς εἰδικότητάς του, γιὰ νὰ πάρει περισσότερες πιστώσεις. Μερικὲς φορὲς κάνει τὸ ἀντίθετο, ὑποστηρίζει τὶς γνῶμες κάποιου ἰσχυροῦ, ἀπὸ τὸν ὅποιο ἐλπίζει τὴ διαιώνισή του στὴν διάδα. Καὶ οἱ διάδεις ἀποτυγχάνουν. Ἐκεῖνες ποὺ ἐπιτυγχάνουν εἶναι ἐκεῖνες στὶς ὅποιες ὑπάρχει ἔνας ἔξαιρετικὸς ἐπιστήμονας ὁ ὅποιος κατανοεῖ τὸ ὅλο ζήτημα. Ἀλλὰ μεγάλη σημασία ἔχει τὰ μέλη τῆς διάδας νὰ εἶναι συναισθηματικὰ συνδεδεμένα, ἔνας διαπρεπής καθηγητής μὲ τοὺς μαθητές του, ἔνας ἐπιτυχημένος ἐπιστήμονας μὲ τοὺς βοηθούς του κλπ.

IV. Λίγη σημασία ἀποδίδεται στὴν ἰκανότητα ἔρμηνείας τῶν φαινομένων καὶ συνεχοῦς προσαρμογῆς τῆς στὶς μεταβαλλόμενες συνθῆκες. Πολλὲς φορὲς δῆμοις συμβαίνει κάτι, τὸ ὅποιο ἀνατρέπει δλες τὶς προβλέψεις καὶ συνεπῶς ὅλα τὰ σχέδια ἀντιμετώπισης μιᾶς κατάστασης. Λίγοι εἶναι ἐκεῖνοι οἱ ὅποιοι ἔχουν τὴν ἐτοιμότητα νὰ προσαρμοσθοῦν ἐγκαίρως στὴ νέα κατάσταση καὶ νὰ ἀλλάξουν τὸ πρόγραμμά τους. Ἡ πολυμάθεια δὲν ὠφελεῖ πάντοτε. Μερικοὺς πολυμαθεῖς ὁ λαὸς τοὺς δνομάζει «δασκάλους» καὶ τοὺς περιφρονεῖ, διότι ζέρουν πολλά, ἀλλὰ δὲν προβλέπουν μὲ ἐπιτυχία τίποτε. Ἡ ιστορία τῆς πολιτικῆς καὶ τῶν ἐπιχειρήσεων, δπου τὰ γεγονότα εἶναι συνήθως πολὺ σύνθετα, εἶναι γεμάτη ἀπὸ παραδείγματα. Στὴν Ἑλλάδα εἴχαμε στὸν εἰκοστὸ αἰώνα ἔναν μεγάλο πολιτικό, τὸν Βενιζέλο, καὶ ἔνα μεγάλο ἐπιχειρηματία, τὸν Ὡνάση. Ἀσφαλῶς δὲν ἦταν οἱ πολυμαθέστεροι Ἕλληνες. Ἀλλὰ είχαν τὴν ἰκανότητα νὰ ἔρμηνεύουν τὴν διαρκῶς μεταβαλλόμενη κατάσταση καὶ νὰ προσαρμόζουν τὴν πολιτική των σ' αὐτήν.

Μερικοὶ λέγουν γιὰ τὸν Βενιζέλο ὅτι ἔκανε τὸ λάθος νὰ πάει στὴ Σμύρνη, καὶ εἶναι ὑπεύθυνος γιὰ τὴ Μικρασιατικὴ καταστροφή. Ἀμφιβάλλω πολὺ. Ἐχω τὴ γνώμη ὅτι, ἐὰν ὁ Βενιζέλος κέρδιζε τὶς ἐκλογὲς καὶ κυβερνοῦσε, θὰ ἔβλεπε τὴν ἐρχόμενη καταστροφὴ καὶ θὰ ἔφευγε ἐγκαίρως μὲ πολὺ μικρότερες ζημιές.

V. Ὁ ύπολογισμὸς τῶν πιθανοτήτων προχώρησε πολὺ σήμερα. Καὶ αὐτὸ βοηθεῖ τὴν πρόβλεψη γεγονότων τὰ ὄποια εἶναι σχετικῶς ἀπλά, ὅπως τὰ τυχερὰ παιγνίδια, εἰς τὰ ὄποια τοὺς νόμους ποὺ διέπουν τὸ παιχνίδι τους ἔχει βάλει ὁ ἄνθρωπος καὶ συνεπῶς τοὺς ξέρει καλά. Σὲ φαινόμενα πιὸ σύνθετα, ὅπως ἡ πολιτικὴ, οἱ περισσότερες ἐπιχειρήσεις, κλπ., δὲν βοηθεῖ πολύ. Παραδείγματος χάριν ὁ Βενιζέλος καὶ ὁ Ὡνάσης δὲν ἦταν μεγάλοι μαθηματικοί. Καὶ ἀμφιβάλλω ἂν θὰ τὰ κατάφερναν καλλίτερα ἂν ἐβασίζοντο σὲ ύπολογισμὸς πιθανοτήτων κλπ. Καταλάβαιναν δῆμος καλλίτερα ἀπὸ τοὺς ἄλλους πῶς λειτουργεῖ ἡ πολιτικὴ ἢ οἱ ἐπιχειρήσεις.

VI. Ἡ πείρα βοηθεῖ βέβαια στὸ νὰ μάθουμε πῶς λειτουργεῖ τὸ περιβάλλον μέσα στὸ ὄποιο ζοῦμε καὶ νὰ ἀποφασίσουμε τί θὰ κάμουμε. Ἄλλὰ δὲν πρέπει νὰ λησμονοῦμε ἐκεῖνο ποὺ ἔλεγε ὁ δείμηντος Χασιώτης, «μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου, ἄλλοι ὡριμάζουν καὶ ἄλλοι βρωμίζουν». Ἐπίσης ἡ πολυμάθεια δὲν βοηθεῖ πάντοτε. Μερικὲς φορὲς ἄνθρωποι ἀμόρφωτοι ἐπιτυγχάνουν καλλίτερα. Καὶ δὲν πρέπει νὰ περιφρονοῦμε τὴ γνώμη των. Γι' αὐτὸ δὲν πρέπει νὰ περιφρονοῦμε τὸν «κοινὸν νοῦν», ὅπως δυστυχῶς συμβαίνει πολλὲς φορὲς σήμερα. Σὲ ἕνα ἄρθρο μου, ποὺ δημοσιεύθηκε τὸ 1972 στὴ Revista IDIA τοῦ 'Ινστιτούτου Γεωργικῆς Τεχνολογίας τῆς Ἀργεντινῆς, γράφω: «Τί θὰ ὀφελήσει ἔναν ἐπιστήμονα, ἂν κερδίσει δῆλες τὶς γνώσεις τοῦ κόσμου καὶ χάσει τὸν κοινὸν νοῦν».

VII. Ἡ ἐπιτυχία ὀφείλεται πολλὲς φορὲς στὴν τύχη. Ἄλλὰ ὅταν ἡ ἐπιτυχία ἐπαναλαμβάνεται συχνά, ὅπως στὶς περιπτώσεις ποὺ δναφέραμε τοῦ Βενιζέλου καὶ τοῦ Ὡνάση, ὀφείλεται στὴν ἰκανότητα ἐρμηνείας τῆς κατάστασης, καὶ πῶς λειτουργεῖ.

VIII. Ἡ λαϊκὴ σοφία ἀποδίδει μεγάλη σημασία στὴν τύχη. Ὁ καθηγητής μου καὶ μέλος τῆς Βελγικῆς Ἀκαδημίας Emile Marchal ἐπαναλάμβανε συχνὰ στὶς παραδόσεις του «Le Monde c'est le hasard» (ὁ κόσμος εἶναι ἡ τύχη). Καὶ εἶχε δίκιο. Αὐτὸ βέβαια ἐλαττώνει τὴ διάρκεια καὶ δέξια ὀποιασδήποτε ἐπιτυχίας καὶ ἐπιβάλλει μετριοφροσύνη. Ἡ ιστορία καὶ φιλολογία εἶναι γεμάτες ἀπὸ παραδείγματα. Ὁ Victor Hugo στὸ ποίημά του Napoléon II, παρουσιάζει τὸν Ναπολέοντα νὰ βγαίνει στὸ μπαλκόνι τοῦ παλατιοῦ γιὰ νὰ παρουσιάσει τὸ νεογέννητο γιό του στὰ πλήθη γάλλων καὶ ἄλλων εὐρωπαίων ποὺ εἶχαν μαζευθεῖ ἀπὸ κάτω. Καὶ λέγει στὸν Ναπολέοντα: *Vous rouvez, oh mon capitaine, prendre à César l'Europe, à Mahomet l'Asie, mais vous ne prendrez jamais l'avenir à l'Eternel.*

(Μπορεῖτε, καπετάνιο μου, νὰ πάρετε ἀπὸ τὸν Καίσαρα τὴν Εύρώπη, ἀπὸ τὸν Μωάμεθ τὴν Ἀσία, ἀλλὰ δὲν θὰ μπορέσετε ποτὲ νὰ πάρετε τὸ μέλλον ἀπὸ τὸν αἰώνιο).

Dieu nous donne l'espace, mais garde la durée.

'Ο Θεός μᾶς δίνει τὸ διάστημα, ἀλλὰ κρατᾷ τὴν διάρκεια.

Mais quoi demain sera -t- il fait? Demain c'est la Sainte Hélène, demain c'est Waterloo.

'Αλλὰ τί θὰ γίνει αὔριο; Αὔριο εἶναι ἡ Ἀγία Ἐλένη, αὔριο εἶναι τὸ Βατερλώ.

Tὸ θέμα τῆς πρόβλεψης τοῦ Μέλλοντος εἶναι τόσο βασικό, ώστε ζεπερνᾶ τὰ ὅρια τῆς ἐπιστήμης καὶ ἀπασχολεῖ τὴν τέχνη. Μὲ τὴν τεχνολογικὴ πρόοδο, ὁ κόσμος ἔγινε ἀκόμη πολυπλοκότερος, γιατὶ γεγονότα πολὺ μακρινὰ μποροῦν νὰ ἐπιδράσουν, καὶ ἡ ἐπίδραση τῆς ἀνθρωπότητας στὸ σύμπαν ἔγινε αἰσθητή. 'Απὸ τὴν ἄλλη μεριά, ἡ τεχνολογικὴ πρόοδος μᾶς ἔκανε ἀλαζόνες. 'Ἐπειδὴ ζέρουμε σήμερα πολὺ περισσότερα ἀπὸ ὅσα πρὸ δλίγου καιροῦ, ζεχνοῦμε ὅτι ἰσχύει πάντοτε ἐκεῖνο ποὺ εἶπε ὁ Σωκράτης «ἐν οἴδα ὅτι οὐδὲν οἴδα», οἱ γνώσεις δηλαδὴ ποὺ ἔχουμε εἶναι μηδαμινὲς συγκρινόμενες πρὸς ὅ, τι δὲν ζέρουμε. Καὶ μιλοῦμε περὶ τεχνητῆς νοημοσύνης κλπ. Τὰ ἐπιτεύγματα τῆς ἐπιστήμης εἶναι θαυμαστά. "Ἄς προσέξουμε ὅμως (Papadakis 1982) μήπως μὲ τὴν ἐπικράτηση τοῦ Ιρρασιοναλισμοῦ καὶ ἀμοραλισμοῦ μποῦμε σὲ μιὰ νέα περίοδο ἐπιστημονικῆς παρακμῆς. Μερικοὶ συγκρίνουν τὴ σημερινὴ ἐποχὴ μὲ ἐκείνη τῆς πτώσης τῆς Ρωμαϊκῆς αὐτοκρατορίας.

'Ἐκεῖνοι ποὺ ἥλθαν στὴ σημερινὴ συνεδρίαση, μὲ τὴν ἐλπίδα ὅτι θὰ πληροφορηθοῦν καλλίτερες μεθόδους πρόβλεψης, δὲν θὰ μείνουν ἵσως εὐχαριστημένοι. Δὲν ἥταν αὐτὸς ὁ σκοπός μου. 'Αλλὰ ὅσα ἐλέχθησαν ἵσως τοὺς βοηθήσουν σὲ μιὰ καλλίτερη κατανόηση τοῦ προβλήματος. Καὶ αὐτὸς διευκολύνει, πολλὲς φορές, τὶς προβλέψεις.

S U M M A R Y

FORESEEING THE FUTURE IN SCIENCE AND PRACTICE

(*Laplace, Mendel, Heisenberg – Common Practice*)

1. *Man is the only species, that has the capacity to interprete facts and the universe as a whole; science is the result of this fact. With great limitations, science permits man to foresee the future, and helps him to survive: moreover technology is a corollary of science, and helps man to obtain what he is needing. Man is the only species, who in addition to genetic evolution, due to changes of the genes, suffers a «cultural» evolution, much more rapid, due to an advance of his knowledge and changes of his mentality. I have treated this question in another paper (Papadakis 1977), and therefore it is not necessary to say more here.*

2. *Determinism is unseparable from science. But we should not confound «monodeterminism» (destiny) with «poly-determinism». A cause, an event, may have more than one different effects (sequences), each one with its own probability. The best*

proof of «poly-determinism» is the experiments of Mendel: the same couple of parents, gives several kinds of children, each one with its own probability; and these laws have been confirmed by thousands genetists and applied by thousands plant and animal breeders. It is to be noticed, that fertilization between individuals different in one or more genes is by far the most frequent case in nature, and that one only rare case of aberration from mono-determinism is sufficient to change the march of history, and overthrow the theory of destiny. It seems that the laws, that govern the universe are eternal, but the world itself is continuously changing (evaluating) with polydeterminism.

3. A cause, an event, cannot have but a limited number of effects (sequences that follow it), each one with its own probability; whatever other sequence is excluded. Consequently to predict that something will arrive is risky; but to predict that something cannot arrive is less risky, often secure.

4. Poly-determinism is not only based on Mendel experiments, genetics, plant and animal breeding. Quanta mechanics and Heisenberg indeterminacy theory support also poly-determinism. But while Heisenberg's indeterminacy contradicts Newton classical physics, that does not happen neither with Mendel laws, nor with poly-determinism.

5. The difficulties to anticipate future increase naturally with the complexity of the phenomena, from physico-chemical, to biological, and cultural sciences. Specialization is a necessary evil; the specialist does not see some aspects of the problem and that conduces to failures. Teams of different specialists seldom give good results. Too much attention is often given to mathematics, neglecting knowledge of the natural laws that govern the events that intervene. To anticipate future is probably the most difficult problem science can face. Experience is very important.

LITERATURE CITED

- Bartlett, M. S., *The approximate recovery of information from field experiments with large blocks*. *J. Agric. Sci.* 28, 418-427. 1938.
- , *Nearest neighbour models in the analysis of field experiments (with discussion)*. *J. R. Stat. Soc. Ser. B*, 40, 147-174. 1978.
- Dagnélie, P., *La méthode de Papadakis en expérimentation agronomique: Considérations historiques et bibliographiques*. *Biom. Praxim.* 27, 49-64. With abundant bibliography. 1987.
- Papadakis, J., *Inaugural speech of private docent lessons in the University of Thessaloniki*. 1934.
- , *Méthode statistique pour des expériences en champ*. *Thessaloniki Institute of Plant Breeding Bull.* No. 23, 30 p. 1937.
 - , *Ecologie Agricole. Bibliothèque Agronomique Belge*, Gembloux, Belgium. 1938.
 - , *Comparaison de différentes méthodes d'expérimentation phytotechnique*. *Rev. Argent. Agron.* 7, 297-362. 1940.
 - , *Agricultural Research: principles, methodology, suggestions*, Buenos Aires 88pp. 1970.
 - , *From an ecological and psychological point of view there is an abyss between man and all other species. The three steps in the evolution of living beings Cultural versus genetic evolution*. Buenos Aires. 1977.
 - , *Some considerations on Heisenberg uncertainty principle*. Buenos Aires. 1979.
 - , *Errores en la Ciencia de nuestros días*. *Cahiers de l'ORSTOM, ser. Pédol* vol. XIX, no 1, 91-104, Paris. 1982.
 - , *Future Advances in the use of Adjustment (Papadakis method) in field experiments*, Athens. 1988.
- Pizarro, O. C., Brown, W., Towza, E. *Fertilización de duraznero de la variedad Real Jorge en suelo arenoso del departamento San Martín, Mendoza*, Rev., Inv. Agr. INTA, Bs. Aires, VI: 305-16. 1969.