

ΜΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τοῦ Δ η μ . Μ π α ῖ ρ α κ τ ἄ ρ η
Ἐπιμελητοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου

Γενικὲς ἀπόψεις — Ἱστορικὸ

Ὁ ἐπιστημονικὸς χαρακτήρας τῆς σύγχρονης τεχνικῆς εἶναι τόσο ἔκδηλος, ὅσο καὶ ὁ τεχνικὸς χαρακτήρας τῆς σύγχρονης ἐπιστήμης. Αὐτὸ ἴσως εἶναι ἡ αἰτία γιὰ τὴν ὁποία ἓνας μεγάλος ἀριθμὸς τεχνικῶν ἐπιτευγμάτων, ἀπὸ τὴν λίγο πολὺ γνωστὴ σὲ δλους τεχνικὴ τῆς μεταβιβάσεως πληροφοριῶν, μέχρι καὶ τὴν προβαλλομένη μὲ τὴν αἴγλη ἐνδεικτικῆς μόντερας ἀντιμετωπίσεως παραγωγικῶν προβλημάτων τεχνικὴ τοῦ αὐτοματισμοῦ, ὠδήγησε στὴ σύνθεσι ἑνὸς οἰκοδομήματος γενικῶν ἐνοιῶν, ποὺ ἀποτελεῖ τὴν σχεδὸν ἀφηρημένη ἐπιστήμη τῆς Κυβερνητικῆς.

Ἡ Κυβερνητικὴ ἄρχισε νὰ μορφώνεται σὲ ἀνεξάρτητη ἐπιστήμη μετὰ τὸν Β΄ Παγκόσμιον πόλεμον. Ἀναμφισβήτητα ἰδρυτὴς τῆς εἶναι ὁ Ἀμερικανὸς μαθηματικὸς Νόρμπερ Βίνερ (Norbert Wiener), ὁ ὁποῖος τὸ 1948 μὲ τὴν ἐκδοσὶ τοῦ βιβλίου του «Κυβερνητικὴ, ἢ ὁ ἔλεγχος καὶ ἡ ἐπικοινωνία στὸ ἔμψυχο ὄν καὶ τὴ μηχανὴ («Cybernetics or Control and Communication in Animal and in Machine)» ἔριξε τὴν ἰδέα καὶ τὸ ὄνομα τῆς ἐπιστήμης αὐτῆς. Εἶναι γεγονὸς ὅτι ἡ καθιέρωσις τῆς λέξης Κυβερνητικὴ, ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὴν ἑλληνικὴ λέξι Κυβερνήτης πλοίου, πολὺ λίγο συμβάλλει στὸ νὰ γίνῃ καθαρὸ τὸ περιεχόμενον τῆς ἐνοίας τῆς. Ἴσως ἡ ἀντίληψίς μας γι' αὐτὸ τὸ περιεχόμενον νὰ γίνῃ σαφέστερη, ἂν ὑποθέσουμε ὅτι ὁ Βίνερ ἐνοοῦσε τὸν τιμονιέρη, ὁ ὁποῖος σὲ κάθε διαταραχὴ τῆς ἰσορροπίας τοῦ πλοίου ἀντιδρᾷ μὲ ἓναν κατάλληλον χειρισμὸ τοῦ πηδαλίου, ποὺ ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα νὰ ἐπαναφέρῃ τὸ πλοῖο στὴν κανονικὴ του θέσι, καὶ ἀποτελεῖ ἔτσι ὑποτυπῶδες πρότυπον ἑνὸς ἀπὸ τὰ πολλὰ συστήματα ἐλέγχου, ποὺ παρακάτω θὰ τὸ ὀνομάσουμε «ἀρνητικὴ ζεῦξι ἐπανατροφοδοτήσεως» (Negative feedback coupling). Τὸ πρῶτον τεχνικὸ μοντέλον ἑνὸς τέτοιου συστήματος ἦταν ὁ ὁ μ ο ι ο σ τ ἄ τ η ς τοῦ Ἄγγλου Ἀσμπυ ποὺ χαρακτηρίσθηκε ὅταν παρουσιάσθηκε γιὰ πρώτη φορὰ σὰν «ἡ ἐπαναστατικώτερον μηχανὴ τοῦ κόσμου» καὶ ποὺ ἀπεικόνιζε τὴν ἰδιότητα ποὺ

έχουν τὰ ζῶντα ὄντα νὰ διατηροῦν τὴν κανονικότητα τῶν λειτουργιῶν τους παρὰ τὶς ἀδιάκοπες διαταραχὲς στὶς ὁποῖες ὑποβάλλονται.

Ἄνεξάρτητα ἀπὸ τὴν ἔτυμολογία τοῦ ὄρου, τὸ περιεχόμενο τῆς Κυβερνητικῆς, μπορεῖ σὲ γενικὲς γραμμὲς νὰ μορφοποιηθῆ ὡς ἑξῆς:

Ἡ μεταβίβασις τῶν μηνυμάτων, σημάτων, πληροφοριῶν κλπ. ἀφ' ἑνός, καὶ ἀφ' ἑτέρου ὁ διακανονισμὸς τοῦ μηχανισμοῦ, ὁ αὐτόματος ἔλεγχος τῶν μηχανῶν, ἡ κατασκευὴ ρομπότ, θέτουν γενικὰ προβλήματα, τὰ ὁποῖα, εἶναι ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν μεταβιβαζομένων μηνυμάτων, τὴν φύσιν τῶν καθιζόντων πρὸς πραγματοποίησιν καὶ ἀκόμη τῶν ὑλικῶν μέσων ποὺ τίθενται σὲ λειτουργία. Παραδείγματος χάριν, ἡ μεταβίβασις μιᾶς πληροφορίας μπορεῖ νὰ γίνῃ μὲ ἑκατὸ διαφορετικοὺς τρόπους: γραπτὰ μηνύματα, σήματα ὀπτικά ἢ ἀκουστικά, τηλέφωνο, τηλεγράφοι, ραδιοτηλεγραφία, ραδιοφωνία, τηλετύπο, τηλεόρασις κλπ. Ὅσο ποικίλα καὶ ἂν εἶναι αὐτὰ τὰ μέσα, ὑπακούουν σ' ἕνα ἀριθμὸ κοινῶν ἀρχῶν ποὺ ἐπιβάλλονται ὄχι ἀπὸ τὴν τεχνικὴν, ἀλλὰ ἀπὸ τὴν λογικὴν φύσιν τοῦ πρὸς λύσιν προβλήματος. Τέτοιες κοινὲς ἀρχὲς εἶναι π.χ. οἱ κανόνες μεταφράσεως ἀπὸ ἕνα σύστημα γραφῆς σ' ἕνα ἄλλο. Ἡ Κυβερνητικὴ εἶναι ἡ ἐπιστῆμη ποὺ προτίθεται νὰ λύσῃ τέτοια γενικὰ προβλήματα. Δεδομένου λοιπὸν ὅτι ὅλοι οἱ κλάδοι τῆς σύγχρονης τεχνικῆς συναντοῦν ἀδιάκοπα προβλήματα ἐπικοινωνίας καὶ αὐτομάτου διακανονισμοῦ, εἴτε πρόκειται γιὰ τὴν μεταλλουργία, εἴτε γιὰ τὴν ἀστροναυτικὴ ἢ ἀκόμη γιὰ τὴν διαχείρισιν μιᾶς ἐπιχειρήσεως, ἡ Κυβερνητικὴ τείνει νὰ γίνῃ μιὰ ἀπὸ τὶς ἐπιστῆμες - κλειδιά τῆς σύγχρονης ἐποχῆς.

Τὸ πεδίο ἐφαρμογῆς ὁμοίως τῆς Κυβερνητικῆς ἐπεκτείνεται καὶ σὲ ἄλλους τομεῖς τῆς ἐπιστῆμης. Ἡ συμπεριφορὰ, ἡ ἀπλὴ ὕπαρξι ἑνὸς ζωντανοῦ ὄντος, στηρίζονται σ' ἕνα πολὺπλοκο σύστημα σηματοδοτήσεως καὶ αὐτομάτου διακανονισμοῦ. Ἀπομιμούμενη μέχρι ἑνὸς σημείου τῆ ζωὴ καὶ τῆ σκέψιν, προσέφερε ὑποθέσεις λειτουργίας καὶ πειραματικὲς συναρμοολογήσεις καὶ κατ' ἄρθρωσε ἔτσι νὰ λύσῃ προβλήματα τῆς φυσιολογίας, τῆς νευρολογίας, ἀκόμη καὶ τῆς ψυχολογίας καὶ τῆς ψυχιατρικῆς μὲ μέσα ἄγνωστα μέχρι σήμερον. Οἱ ἔρευνες αὐτὲς, ποὺ ἔχουν σὰ βάση τὴν πειραματικὴν μελέτη τοῦ ἐγκεφαλικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐπέτρεψαν ν' ἀνακαλυφθοῦν ἐνδιαφέρουσες ἀναλογίαι δομῆς μεταξὺ φυσιολογικῶν καταστάσεων καὶ ὠρισμένων τεχνικῶν συστημάτων. Μιὰ τέτοια ἀναλογία εἶναι πιθανὸν νὰ ὑπάρχῃ μεταξὺ τῆς μεταβιβάσεως τῶν ὀπτικῶν σημάτων ἀπὸ τὸν ἀμφιβληστροειδῆ τοῦ ὀφθαλμοῦ στὸν ἐγκέφαλον καὶ αὐτῆς τῶν εἰκόνων τῆς τηλεόρασεως. Ἐχομε ἤδη ἀναφέρει τὰ φαινόμενα τῆς ὁμοιοστασίας μὲ τὰ ὁποῖα ἀσχολήθηκε ἀπὸ τεχνικῆς πλευρᾶς ὁ Ἄσμπυ.

Δὲν μποροῦμε νὰ ἰσχυρισθῶμε ὅτι ἡ Κυβερνητικὴ εὐρίσκει στὶς μέρες μας πλήρη ἀντίστοιχον,

παρὰ τὰ ἐκπληκτικὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐφαρμογῶν τῆς. Σίγουρα ὁμοίως διέρχεται μιὰ περίοδος ποὺ χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἀλματώδη ἐξέλιξιν. Οἱ θεωρητικὲς βάσεις τῆς, μετὰ τὶς ἀνακοινώσεις περὶ τὴν ἔνοιαν τοῦ σχετικῶς μεμονωμένου συστήματος ὑπὸ τοῦ Πολωνοῦ καθηγητοῦ Χ. Γκρενιέφσκυ (H. Greniewski) στὸ Α' Διεθνὲς συνέδριον Κυβερνητικῆς, στὴ Ναμὺρ τοῦ Βελγίου τὰ 1956, διακρίνονται γιὰ τὴν αὐστηρὴν λογικὴν ἐνότητά. Ἡ ἐξέλιξις τῆς ὑποβοηθεῖται ἀπὸ τὴν παράλληλη ἀνάπτυξιν μιᾶς σειρᾶς συγγενῶν ἐπιστημῶν, ὅπως εἶναι ἡ ἀλγεβρα, ἡ μαθηματικὴ λογικὴ καὶ κυρίως ἡ πραξιολογία, ὅπως διατυπώθηκε ἀπὸ τὸν ἐπίσης Πολωνὸν καθηγητὴ Τ. Κοταρμπίνσκι (T. Kotarbinski). Ἐκτὸς ὁμοίως ἀπὸ τὸν θεωρητικὸν τομέα, ἔχει συντελεσθῆ μιὰ τεραστίαν πρόοδος στὴν κατασκευὴ τῶν ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν, ἡ ἐγκεφάλων, ὅπως καθιερώθηκε νὰ ἀνομάζονται, πρόοδος ἡ ὁποία κατὰ κύριον λόγον ὀφείλεται στὴν εὐρεία χρῆσιν ποὺ βρίσκουν στὶς μέρες μας τὰ ἀνισότροπα στερεὰ σώματα, ἡ ἡμιαγωγοὶ (transistors).

Ποιὸ εἶναι τὸ μέλλον τῆς Κυβερνητικῆς; Δὲν ὑπάρχει ἀμφιβολία ὅτι αἱ μέθοδοί τῆς θὰ κυριαρχήσουν σ' ὅλους τοὺς τομεῖς τῆς ζωῆς, τῆς ἐργασίας, τῆς οἰκονομίας, γιὰ τὴν οἱ δρόμοι τοὺς ὁποῖους ἀνοίγει ὁδηγοῦν στὴν ταχεῖα καὶ ἀσφαλῆ διερεύνησιν προβλημάτων καὶ φαινομένων, τὰ ὁποῖα καθημερινῶς γίνονται πολυπλοκώτερα, τόσο ὥστε νὰ εἶναι ἀπρόσιτος ὁ χειρισμὸς τους ἀπὸ τὴν ἀνθρώπινην σκέψιν. Αὐτὲς οἱ προοπτικὲς ἐκπλήττουν καὶ κάποτε προκαλοῦν ἀνησυχία. Δὲν εἶναι ὑπερβολὴ νὰ πούμε ὅτι ἡ εἰκόνα τοῦ ρομπότ δημιουργεῖ μιὰ φρικίαν, ποὺ τὴν γέννησαν μερικὲς παρεξηγήσεις οἱ ὁποῖες συντηροῦνται μὲ φροντίδα ἀπὸ τοὺς εἰδικοὺς τῶν ἔργων «ἐπιστημονικῆς φαντασίας». Χρειάζεται ὁμοίως νὰ εἴμαστε πιὸ αἰσιόδοξοι. Ἡ Κυβερνητικὴ δὲν βρίσκεται σὲ τέτοιο δρόμον. Τὸ πραγματικὸν ρομπότ τῆς αὔριου θὰ εἶναι ἕνα πλᾶσμα οἰκείου καὶ ἀσφαλῆ ποὺ θὰ τὸ ἀντιμετωπίζουμε μὲ πολλὴ φυσικότητα. Μὲ τὴν ἴδια φυσικότητα καὶ τέλος πάντων τὴν κάποιαν ἱκανοποίησιν, μὲ τὴν ὁποῖαν μποροῦμε μέσα σὲ λίγα δευτερόλεπτα νὰ καλέσωμε ἕνα συνδρομητὴ τηλεφώνου ἀπὸ τὶς λεγεῶνες τῆς περιοχῆς μας. Καὶ ἂς μὴ μᾶς διαφεύγῃ ὅτι δὲν εἶναι εὐκόλῃ ἡ ὑποκατάστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ μιὰ μηχανή. Γιατὶ ὁ ἀνθρώπος ἐκτὸς ἀπὸ τὴν λογικὴν, χαρακτηρίζεται καὶ ἀπὸ τὴν ψυχικὴν ὑπόστασιν μὲ ὅλες τὶς διαβαθμίσεις τοῦ συνειδητοῦ. Ἴσως νὰ μπορῇ λόγος χάριν ἕνα ρομπότ σὲ μιὰ παρτίδα σκάκι νὰ ἐκτελῇ λογικὰ ὀρθὰς κινήσεις. Πρέπει ὁμοίως ν' ἀμφιβάλλουμε ἂν θὰ εἶναι σὲ θέση νὰ κἀνῃ μιὰ «θυσίαν», ποὺ πολλὰ φορὲς εἶναι πιὸ ἀποτελεσματικὴ ἀπὸ τὴν λογικὴν ἐνδεδειγμένη κίνησιν.

Βασικὲς ἔννοιες

Ἀποτελεῖ πλέον ἀπόκτημα τῆς πείρας μας, ὅτι κάθε ἀπόπειρα γιὰ τὴν ἐκλαίκευσιν μιᾶς

θεωρίας της οποίας τὰ πορίσματα είναι προϊόντα μαθηματικής έπεξεργασίας, όπως συμβαίνει με την Κυβερνητική, είναι συχνά έγχειρημα δύσκολο και παρακινδυνευμένο. Γιατί σπάνια μιὰ περιφραστική διατύπωση μπορεί να προσδώσει σε μιὰ έννοια τη σαφήνεια, τὸ μονοσήμαντα καθωρισμένο περιεχόμενο, τὸ ὁποῖον προσδίδει ὁ μαθηματικὸς συμβολισμός. Είναι λοιπὸν σκόπιμο καὶ πιὸ προσιτὸ νὰ ἐκτεθῶν ἐδῶ οἱ βασικὲς έννοιες τῆς Κυβερνητικῆς ὄχι σὲ βάθος ἀλλὰ σὲ πλάτος, ἢ καλύτερα νὰ σκιαγραφήσουμε τὴν ἐσωτερικὴ δομὴ τῆς ἐπιστήμης αὐτῆς ἀπὸ τὰ διάφορα έννοιολογικὰ της στοιχεῖα.

Θεμελιώδης έννοια γιὰ τὴν Κυβερνητικὴ, είναι ἐκείνη τοῦ **σχετικὰ μεμονωμένου συστήματος**. Ἡ έννοια αὐτὴ δὲν είναι καινούργια. Ἔχει χρησιμοποιηθῆ στὴν ἐπιστήμη ἐδῶ καὶ πολλοὺς αἰῶνες, τουλάχιστον ἀπὸ τὸν καιρὸ τοῦ «Corpus» τοῦ Ἰπποκράτη. Στὴ δική μας ὁμῶς περίπτωση χρειάζεται νὰ τῆς δοθῆ ἓνα ἀκριβὲς περιεχόμενο, δεδομένου ὅτι ἡ χρῆσις τῆς ἐνδιαφέρει καὶ ἄλλους τομείς τῆς γνώσεως, ὅπως τῆς λογικῆς τῆς ἐπαγωγῆς καὶ τῆς λογικῆς τῶν ἀναλογιῶν. Ποιὸ είναι αὐτὸ τὸ περιεχόμενο;

Ἄς δοῦμε πρῶτα τί σημαίνει «**ἀπὸλυτὰ μεμονωμένο σύστημα**». Ἐνα τέτοιο σύστημα χαρακτηρίζεται γενικὰ ἀπὸ τὴν ἀπουσία κάθε ἀλληλεπιδράσεως μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τοῦ ὑπολοίπου σύμπαντος. Δὲν ἐξετάζουμε βέβαια τὴ δυνατότητα ὑπάρξεως ἐνὸς τέτοιου συστήματος. Ἐνα σχετικὰ μεμονωμένο σύστημα ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπο σύμπαν, ἀλλὰ μόνο κατὰ ὠρισμένους τρόπους, τοὺς ὁποῖους ὀνομάζουμε «**εἰσόδους**» τοῦ συστήματος, (inputs) καὶ ἀντιστρόφως ἐπηρεάζει τὸ ὑπόλοιπο σύμπαν πάλι κατὰ ὠρισμένους τρόπους τοὺς ὁποῖους ὀνομάζουμε «**ἐξόδους**» τοῦ συστήματος (outputs).

Κάθε εἴσοδος καὶ κάθε ἐξόδος σ' ἓνα σχετικὰ μεμονωμένο σύστημα, συνοδεύεται ἀπὸ τὸν «**χρονοκατάλογό**» της (calendar) καὶ ἀπὸ τὴ «**συλλογὴ**» της (repertory). Ὁ μὲν χρονοκατάλογος είναι ἓνα σύνολο ἀπὸ χρονικὲς στιγμὲς ἢ χρονικὰ διαστήματα πὺ περιέχει τουλάχιστον δύο στοιχεῖα, ἢ δὲ συλλογὴ ἓνα ὠρισμένο σύνολο ἀπὸ ξεχωριστὲς καταστάσεις. Σὲ μιὰ εἴσοδο ἢ ἐξοδο ἐνὸς συστήματος, μαζί με κάθε χρονικὴ στιγμὴ τοῦ χρονοκαταλόγου, ἐμφανίζεται μιὰ καὶ μόνο ξεχωριστὴ κατάσταση τῆς συλλογῆς. Ὁ τρόπος, ἢ καλύτερα ἢ συνάρτησις ἢ ὁποῖα συσχετίζει τὰ στοιχεῖα τοῦ χρονοκαταλόγου μιᾶς εἰσόδου ἢ ἐξόδου, μετὶς ξεχωριστὲς καταστάσεις τῆς συλλογῆς της, ὀνομάζεται «**τροχιὰ**» αὐτῆς τῆς εἰσόδου ἢ ἐξόδου. Ἄντὶ νὰ χρησιμοποιοῦμε τὴν ἔκφρασι «**ξεχωριστὴ κατάσταση μιᾶς εἰσόδου**» μπορούμε νὰ λέμε σύντομα «**έρεθισμός**» (stimulus) καὶ ἀντὶ τῆς ἔκφράσεως «**ξεχωριστὴ κατάσταση μιᾶς ἐξόδου**» νὰ χρησιμοποιοῦμε τὸν ὄρο «**ἀντίδρασις**» (reaction).

Ὁ ὄρος «**τροχιὰ**» προέρχεται ἀπὸ τὴ μηχανικὴ, στὴν ὁποῖα σημαίνει τὸ σύνολο τῶν θέσεων ἐνὸς βλήματος στὸ χῶρο σὲ διαφορετικὲς χρονικὲς στιγμὲς. Στὴν Κυβερνητικὴ ὁ ὄρος εἰσάγεται μετὶς κάποιον εὐρύτητα, γιατί ἐδῶ ἢ τροχιὰ δὲν ἐκτελεῖται στὸ πραγματικὸ τρισδιάστατο χῶρο, ἀλλὰ σὲ κάποιον ἀφηρημένο χῶρο, δηλ. στὸ χῶρο τῆς συλλογῆς τῶν ξεχωριστῶν καταστάσεων. Μετὶς τὸν ἴδιον τρόπο, οἱ ὄροι «**έρεθισμός**» καὶ «**ἀντίδρασις**», ἐλήφθησαν ἀπὸ τὴ φυσιολογία καὶ τὴ ψυχολογία ἀλλὰ πάλι μετὶς κάποιον γενίκευση. Τέτοιον γενικεύσεις τῶν ἐνοιῶν τῶν ὄρων, πὺ προέρχονται ἀπὸ τὸ ἐν χρῆσει λεξιλόγιό μας, φαίνεται ὅτι είναι μιὰ χρῆσιμη μέθοδος γιὰ νὰ σχηματίσουμε τὴν ὀρολογία τῆς Κυβερνητικῆς.

Μιὰ ταξινομήσις τῶν διαφόρων συστημάτων μπορεί νὰ γίνῃ κατὰ δύο τρόπους. Ἐνας πρῶτος διαχωρισμός γίνεται μεταξὺ «**ἀκριβῶν**» καὶ «**ἀνακριβῶν**» συστημάτων (reliable, unreliable). Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριὰ τὰ συστήματα διακρίνονται σὲ «**προορατικὰ**» (prospectiv) καὶ σὲ «**ἀναστροφικὰ**» (retrospective). Οἱ δύο αὐτοὶ διαχωρισμοὶ μπορεί νὰ γίνονται ὁ ἓνας ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὸν ἄλλο. Ἡ μελέτη κάθε εἴδους συστημάτων θὰ μᾶς ἀπαντήσῃ καὶ στὰ ἐρωτήματα: ποιά είναι ἡ διαφορά μεταξὺ εἰσόδων καὶ ἐξόδων καὶ ποιά σχέσις ὑπάρχει μεταξὺ ἐρεθισμῶν καὶ ἀντιδράσεων.

Τὰ προορατικὰ ἀκριβῆ συστήματα ἔχουν δύο χαρακτηριστικὰ: Πρῶτον, ἡ συλλογὴ κάθε εἰσόδου περιέχει τουλάχιστον δύο στοιχεῖα καὶ δεύτερον, ἡ τωρινὴ κατάσταση κάθε ἐξόδου ὀρίζεται πάντοτε ὁμόφωνα ἀπὸ τοὺς περασμένους καὶ τωρινούς ἐρεθισμοὺς ὄλων τῶν εἰσόδων τοῦ συστήματος. Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι ἓνα ἀπλὸ ἠλεκτρικὸ κύκλωμα, πὺ τροφοδοτεῖται ἀπὸ μιὰ ἠλεκτρικὴ πηγὴ καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα διακόπτη, δύο σύρματα καὶ μιὰ ἠλεκτρικὴ λάμπα. Ὁ διακόπτης είναι ἡ μοναδικὴ εἴσοδος καὶ ἡ λάμπα ἡ μοναδικὴ ἐξόδος, οἱ δὲ συλλογὲς καὶ τῶν δύο περιέχουν ἀπὸ δύο ξεχωριστὲς καταστάσεις. Οἱ δύο καταστάσεις τοῦ διακόπτη είναι οἱ καταστάσεις συνδέσεως καὶ ἀποσυνδέσεως, οἱ δὲ καταστάσεις τῆς λάμπας, πὺ ὀρίζονται ἀπὸ τὴν τωρινὴν κατάστασι τοῦ διακόπτη, είναι τὸ ἀνάμμα καὶ τὸ σβῆσιμό της. Αὐτὸ τὸ δεύτερο χαρακτηριστικὸ ὀνομάζεται καὶ ἀρχὴ τοῦ τοπικοῦ προσδιορισμοῦ (local determinism principle) εἰς τὴν ὁποῖαν ὑπακούουν μόνο τὰ προορατικὰ ἀκριβῆ συστήματα.

Καὶ στὰ προορατικὰ ἀνακριβῆ συστήματα ἡ συλλογὴ ὄλων τῶν εἰσόδων περιέχει τουλάχιστον δύο ἐρεθισμοὺς, ἀλλὰ ἡ τωρινὴ κατάσταση κάθε ἐξόδου ὀρίζεται ἀπὸ τῖς περασμένες καὶ τωρινὲς καταστάσεις ὄλων τῶν εἰσόδων τοῦ συστήματος ὄχι ὁμόφωνα, ἀλλὰ μετὶς μιὰ σταθερὴ πιθανότητα μεγαλύτερη τοῦ 50%. Ἡ

δεύτερη αυτή συνθήκη, που διέπει μόνο τα προορατικά ανακριβή συστήματα, ονομάζεται αρχή του τοπικού ψευδοπροσδιορισμού (local pseudodeterminism). Μια θεωρητική τοποθέτηση θα έκλινε προς την άποψη ότι κάθε προορατικό σύστημα είναι ακριβές. Η καθημερινή όμως πείρα μας, φαίνεται να δείχνει ότι όλα τα προορατικά συστήματα είναι ανακριβή, και ότι το ακριβές σύστημα δεν είναι παρά μια θεωρητική εξιδανίκευσι. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι απλός: Στη πράξι σπάνια γνωρίζουμε όλες τις εισόδους ενός συστήματος. Υπάρχει ένα πολύ γνωστό παράδειγμα που οφείλεται στο Μπ. Ράσελ και που δείχνει πόσο έπισηφαλής είναι ο χαρακτηρισμός ενός συστήματος ως ακριβούς: ένα νόμισμα ρίχνεται σε μια αυτόματη μηχανή εισιτηρίων, αλλά ένας απότομος σεισμός έμποδίζει τη μηχανή να δώσει το εισιτήριο. Για να χαρακτηριστεί το σύστημα της αυτόματης μηχανής ως ακριβές, πρέπει να υπάρχει κάποια έγγυηση ότι δεν πρόκειται να συμβή σεισμός. Και αν ακόμη η πιθανότης να συμβή ο σεισμός είναι μικρότερη του 1%, το σύστημα αυτό είναι όπωσδήποτε ανακριβές και μόνο με μεγάλη προσέγγιση μπορεί να ληφθή σαν ακριβές.

Οι όρισμοί που δώσαμε παραπάνω για τα προορατικά συστήματα, ακριβή ή ανακριβή, υπόκεινται σε κάποιο περιορισμό: σε κάθε ζεύγος που αποτελείται από μια είσοδο και μια έξοδο ενός συστήματος αντιστοιχεί κι' ένας ώρισμένος αριθμός χρονικών μονάδων, ο οποίος παριστάνει τον χρόνο που απαιτείται για να λάβη χώρα η αντίδραση και που ονομάζεται «χρόνος άντιδράσεως» ή «χρονική ύστέρησις» (time — lag). Θα υποθέτουμε λοιπόν ότι η τωρινή κατάστασι μιās έξόδου δεν επηρεάζεται από τους έρεθισμούς που συνέβησαν πριν από το χρόνο αντίδράσεως που αντιστοιχεί σε κάθε ζεύγος είσοδου - έξόδου.

Τα ανασκοπικά ακριβή συστήματα έχουν κι' αυτά δυο χαρακτηριστικά, ανάλογα κατά κάποιο τρόπο προς τα χαρακτηριστικά των προορατικών συστημάτων. Πρώτον, η συλλαγή κάθε έξόδου περιέχει δυο τουλάχιστον αντιδράσεις. Δεύτερον, κάθε περασμένος έρεθισμός μιās είσοδου μπορεί πάντοτε να προσδιορισθή όμοφωνα από τις περασμένες (όχι βέβαια προγενέστερες του έρεθισμού) και τωρινές αντιδράσεις των έξόδων. Η δεύτερη συνθήκη που διέπει μόνο τα ανασκοπικά ακριβή συστήματα ονομάζεται αρχή του τοπικού παραπροσδιορισμού (local paradeterminism). Μπορούμε να ίσχυρισθούμε ότι το ταλέντο του Σέρλοκ Χόλμς συνίστατο στην Ικανότητα του ν' ανακαλύπτει ανασκοπικά ακριβή συστήματα. Γνωρίζοντας τις αντιδράσεις των έξόδων, δηλαδή τα ίχνη ενός έγκλήματος, μπορούσε να προσδιορίζη όμοφωνα τους έρεθισμούς των εισόδων, δηλ. το πρόσωπο του δράστη και τις μεθόδους του.

Τα ανασκοπικά ανακριβή

συστήματα χαρακτηρίζονται με τις ίδιες ιδιότητες που έχουν τα ανασκοπικά ακριβή, με μόνη τη διαφορά ότι ένας περασμένος έρεθισμός μιās είσοδου μπορεί να προσδιορισθή από τις περασμένες και τωρινές αντιδράσεις των έξόδων, όχι όμοφωνα, αλλά με μιā πιθανότητα μεγαλύτερη από 50%. Σε αντιστοιχία με τις προηγούμενες κατηγορίες συστημάτων, μπορούμε να ονομάσουμε τη συνθήκη αυτή, «αρχή του τοπικού παραψευδοπροσδιορισμού». Τα ανασκοπικά ακριβή συστήματα, όπως και τα αντίστοιχα προορατικά, είναι μιā εξιδανίκευσι. Είναι, ως πούμε, το όνειρο του κάθε ντέτεκτιβ. Στην πραγματικότητα όμως, όλα τα ανασκοπικά συστήματα είναι, κατά το μάλλον και ήττον, ανακριβή, για τον λόγο ότι δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε όλες τις έξόδους ενός συστήματος. Οί ντέτεκτιβς δυσκολεύονται πολύ να βρουν αρκετά ίχνη ενός έγκλήματος, γι' αυτό και τα πορίσματά τους γίνονται δεκτά με κάποια πιθανότητα όρθότητος.

Εάν σε κάποιο σύστημα ή διεύθυνση του χρόνου αντιστραφή, τότε οί είσοδοι γίνονται έξοδοι και οί έξοδοι γίνονται είσοδοι. Και ακόμη, τα προορατικά συστήματα μετατρέπονται σε ανασκοπικά, ενώ τα ανασκοπικά μετατρέπονται σε προορατικά. Γενικά, η θεωρία των σχετικά μεμονωμένων συστημάτων διέπεται από μιā «δυαδικότητα» (duality). Κάθε θεώρημα που ίσχύει για τα προορατικά συστήματα, έχει κι' ένα αντίστοιχο που αναφέρεται στα ανασκοπικά συστήματα. Η διατύπωσι και η απόδειξι του ενός από δυο τέτοια θεωρήματα, οδηγεί μ' έναν απλό μετασχηματισμό στην διατύπωσι και απόδειξι του αντιστοίχου του.

Οί δυο ταξινομήσεις των σχετικά μεμονωμένων συστημάτων, που εισήχθησαν παραπάνω, δηλ. ο διαχωρισμός αφ' ενός σε ακριβή και ανακριβή, και αφ' έτέρου σε προορατικά και ανασκοπικά, αναφέρονται στις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των εισόδων και των έξόδων ενός συστήματος. Υπάρχει όμως και μιā τρίτη ταξινόμησι που αναφέρεται στο είδος των εισόδων και των έξόδων. Από όλα τα δυνατά είδη εισόδων και έξόδων που μπορούν να υπάρξουν, θα αναφέρουμε τις δυο άκραίες περιπτώσεις, της είσοδου ή έξόδου πληροφορίας και της φυσικής είσοδου ή έξόδου.

Με τον όρο «πληροφόρι» (information) έννοούμε στη Κυβερνητική, κάθε μήνυμα, κάθε ανακοίνωσι, κάθε άδεια, κάθε έντολή, και κάθε απαγόρευσι. Η έννοια της πληροφορίας ήταν παλαιότερα για την Κυβερνητική, ότι είναι σήμερα η έννοια του σχετικά μεμονωμένου συστήματος, δηλ. το σημείο έκκινήσεως για τη θεωρητική της συγκρότησι. Το σημείο αυτό έχει μετατοπισθή από τότε σε γενικώτερες και πιό πρωταρχικές έννοιες, σε όσα δηλαδή αναφέραμε μέχρι τώρα για τα σχετικά μεμονωμένα συστήματα, έτσι ώστε η πληροφορία ν' αποτελή σή-

μερα την ειδικη περιπτωση εισόδου η έξόδου σ' ένα τέτοιο σύστημα. Σ' αυτές τις εισόδους η εξόδους, όλες οι ξεχωριστές καταστάσεις της συλλογής των, έρεθισμοί η αντιδράσεις, είναι πληροφορίες. Όταν καμιά ξεχωριστή κατάσταση δεν είναι πληροφορία, η είσοδος η έξοδος αυτή ονομάζεται «φ υ σ ι κ ή». Εάν τώρα μερικοί από τους έρεθισμούς η αντιδράσεις μιās εισόδου η έξόδου είναι πληροφορίες, η είσοδος (έξοδος) αυτή θα ανήκει σε κάποιο ενδιαμέσο είδος μεταξύ εισόδου (έξόδου) πληροφορίας και φυσικής εισόδου (έξόδου).

Με βάση τον όρισμό της πληροφορίας θα διακρίνουμε τώρα τρεις κατηγορίες συστημάτων, οι οποίες όμως δεν περιλαμβάνουν το σύνολο των συστημάτων: σε πληροφορούμενα συστήματα, σε πληροφορούντα συστήματα και σε συστήματα πληροφοριακά. Στα πληροφορούμενα συστήματα μία τουλάχιστον είσοδος είναι είσοδος πληροφορίας, ενώ στα πληροφορούντα συστήματα μία τουλάχιστον έξοδος είναι έξοδος πληροφορίας. Όταν ένα σύστημα είναι συγχρόνως πληροφορούν και πληροφορούμενο, ονομάζεται σύστημα πληροφοριακό (οι αντίστοιχοι διεθνείς όροι είναι informed, informing και information system).

Η θεωρία των συστημάτων έχει μια αξιοσημείωτη ομοιότητα προς μια άλγεβρα. Σαν «α λ γ ε β ρ α» με τη μοντέρνα σημασία του όρου, έννοούμε μια θεωρία που έχει συγκροτηθή ως εξής: Υπάρχει ένα μη κενό σύνολο από στοιχεία από τα οποία δίδονται τουλάχιστον μερικά. Έχουμε όρισει επίσης μερικές πράξεις οι οποίες εκτελούνται επάνω σε όλα η σε ώρισμένα στοιχεία του συνόλου αυτού. Το αποτέλεσμα μιās τέτοιας πράξεως θα πρέπει να είναι στοιχείο του δοθέντος συνόλου. Στην άλγεβρα των συστημάτων, τα στοιχεία ενός συνόλου θα πρέπει να ανήκουν στην οικογένεια των σχετικα μεμονωμένων συστημάτων, οι δε πράξεις που εκτελούνται πάνω σ' αυτά, θα πρέπει να δίδουν ένα στοιχείο που δεν θα είναι παρά ένα σχετικα μεμονωμένο σύστημα. Από όλες τις πράξεις αυτής της άλγεβρας θα μάς απασχολήσουν μόνον δύο: η «δ υ α δ ι κ ο π ο ί η σ ι ς» (binarization) για την οποία θα μιλήσουμε όταν θα αναφερθούμε στο δυαδικό σύστημα, και η «ζ ε ύ ξ ι ς» (coupling) η οποία αποτελεί και το επόμενο θέμα μας.

Η ζεύξις είναι μια κατάλληλη σύνδεσις μεταξύ δύο η περισσοτέρων σωμάτων, έτσι ώστε ο συνδυασμός τους ν' αποτελή πάλι ένα νέο σχετικα μεμονωμένο σύστημα. Τέτοιες συνδέσεις μπορούμε να έχουμε κατά διαφόρους τρόπους. Οι απλούστεροι απ' όλους είναι οι εξής: η ζεύξις εν σειρά (serial coupling) η ζεύξις επανατροφοδοτήσεως (feedback coupling), που διακρίνεται σε αρνητική και σε θετική, η ζεύξις εν παραλλήλω (parallele coupling) και η αυτόσζεύξις

(self - coupling). Η ζεύξις δύο συστημάτων σύμφωνα με κάποιον από τους παραπάνω τρόπους, επιτυγχάνεται όταν μια έξοδος του ενός συστήματος ταυτισθή με μια είσοδο του δευτέρου συστήματος, υπό την προϋπόθεσι ότι και οι δυο θα έχουν την ίδια τροχιά. Στην περίπτωση αυτή, η είσοδος και η έξοδος με τις οποίες πραγματοποιείται η ζεύξις, αποτελούν μια «δ ί ο δ ο» (throughput).

Στην «ε ν σ ε ι ρ ᾶ ζ ε ύ ξ ι ς», η αποκατάστασις μιās διόδου μεταξύ δύο ξεχωριστών συστημάτων, οδηγεί στην σύνθεσι ενός νέου πολυπλοκωτέρου συστήματος. Παράδειγμα μιās εν σειρά ζεύξεως, είναι μια δακτυλογράφος που αντιγράφει ένα κείμενο. Όσο απλό και αν εμφανίζεται αυτό το γεγονός, περικλείει δύο τουλάχιστον συστήματα. Το πρώτο σύστημα είναι η δακτυλογράφος. Είσοδοι τα μάτια και έξοδοι τα δάκτυλα της δακτυλογράφου. Εάν η δακτυλογράφος δεν κάνει και λάθη, τότε κάθε κατάσταση των εξόδων, δηλ. κάθε κίνησης των δακτύλων, προσδιορίζεται ομόφωνα από τις προηγούμενες καταστάσεις των εισόδων και το σύστημα είναι ακριβές. Το δεύτερο σύστημα είναι η γραφομηχανή και έχει εισόδους μεν τα πλήκτρα, εξόδους δε τα έντυπα γράμματα. Η κρούση των δακτύλων στα πλήκτρα είναι η δίοδος που αποκαθίσταται μεταξύ των δύο συστημάτων.

Η «ζ ε ύ ξ ι ς έ π α ν α τ ρ ο φ ο δ ο τ ή σ ε ω ς» υφίσταται όταν δύο συστήματα συνδέωνται μεταξύ τους με δύο διόδους που έχουν αντιθέτους διευθύνσεις. Τυπικό παράδειγμα ζεύξεως επανατροφοδοτήσεως είναι το ζεύγος του δασκάλου - μαθητή. Ο δάσκαλος είναι έξευγμένος εν σειρά με τον μαθητή προς τον όποιον μεταβιβάζει τις γνώσεις και θέτει έρωτήσεις, αλλά και ο μαθητής είναι συνδεδεμένος εν σειρά με τον δάσκαλο, στις έρωτήσεις του όποιου απαντά, και στον όποιον θέτει νέες έρωτήσεις. Η συμπεριφορά του δασκάλου επηρεάζει έτσι την συμπεριφορά του μαθητή του, αλλά και η συμπεριφορά του μαθητή επηρεάζει τη συμπεριφορά του δασκάλου, θα ξεχωρίσουμε δυο είδη ζεύξεων επανατροφοδοτήσεως: Την αρνητική επανατροφοδοτήσι και τη θετική επανατροφοδοτήσι.

Ας αρχίσουμε μ' ένα παράδειγμα: Κάποιος οδηγεί ένα αυτοκίνητο και κάπου κάπου κυττάζει το ταχύμετρο, θέλοντας να διατηρήσει μια σταθερή ταχύτητα. Έτσι, σύμφωνα με τις ένδείξεις του ταχυμέτρου, άλλοτε αυξάνει και άλλοτε ελαττώνει την πίεσι στο γκάζι. Ο οδηγός είναι συνδεδεμένος εν σειρά με το αυτοκίνητο, με δίοδο το δεξί του πόδι και το γκάζι, αλλά και το αυτοκίνητο είναι έξευγμένο εν σειρά με τον οδηγό, με δίοδο το ταχύμετρο και τα μάτια του οδηγού. Όταν η ταχύτης του αυτοκινήτου υπερβαίνει το σταθερό όριο, ελαττώνεται η πίεσι στο γκάζι, ενώ όταν η ταχύτης πέφτη κάτω από το σταθερό όριο, η πίεσις αυξάνει. Γενικά, μεταξύ δύο συστημάτων, έχου-

με «ἀρνητική ζεύξι έπανατροφοδοτήσεως», όταν στην έξοδο του δευτέρου συστήματος που συνδέεται με την είσοδο του πρώτου, υπάρχει μια αντίδρασις, ή όποια όνομάζεται «καστασις ίσορροπίας», προς την όποια επιδιώκεται να εύρισκωνται πλησιέστερα οί υπόλοιπες αντιδράσεις τής τροχιάς αυτής τής έξόδου.

Καί πάλι ως άρχίσουμε μ' ένα παράδειγμα. Δύο άνθρωποι που δέν διακρίνονται για την ψυχραιμία τους συζητούν. Τό θέμα τής συζητήσεως είναι ζωτικής σημασίας και για τους δύο. Ό πρώτος άνοίγει τή συζήτησι σε χαμηλό τόνο. Ό δεύτερος άπαντά κάπως πιό μεγαλόφωνα, και προκαλεί έτσι τή ανταπάντησι του πρώτου σε άκόμα πιό ύψηλο τόνο. Καί ή συζήτησι τελειώνει με τους δυό συζητητές να έχουν συμπλακή. Καί αυτό τό παράδειγμα μπορεί να γενικευθή: Οί αντιδράσεις τής έξόδου με την όποια τό δεύτερο σύστημα συνδέεται προς τό πρώτο άπομακρύνονται συνεχώς άπό τήν κατάστασι ίσορροπίας. Η σύνδεσις αυτή μεταξύ δύο συστημάτων όνομάζεται «θετική ζεύξις έπανατροφοδοτήσεως».

Στήν «έν παραλλήλω ζεύξεω» δύο συστημάτων, κάθε ένα άπό τά συστήματα αυτά είναι έξευγμένο έν σειρά προς ένα τρίτο, κοινό και για τά δύο, ειδικής μορφής σύστημα, που όνομάζεται «σύστημα άναπαγωγωγής» (Replicating system). Τό σύστημα αυτό έχει μία μόνο είσοδο και δύο έξόδους προς τις όποιες συνδέονται τά δύο συστήματα τής έν παραλλήλω ζεύξεως. Αί δύο έξοδοι έχουν τήν ίδια τροχιά, ή όποια ή είναι ή ίδια με τήν τροχιά τής μοναδικής εισόδου, ή τήν άκολουθεί με μία σταθερή χρονική καθυστέρησι. Παράδειγμα ζεύξεως έν παραλλήλω είναι δυό άνθρωποι που διαβάζουν τήν ίδια έφημερίδα.

Τέλος μπορεί να συμβή ένα σύστημα να είναι έξευγμένο έν σειρά με τον έαυτό του, δηλ. μερικές άπό τις έξόδους του να είναι συγχρόνως και είσοδοι για τό σύστημα αυτό. Είναι ή περίπτωσις του «αύτοσυνεζευγμένο» συστήματος.

Όσα έξεθέσαμε μέχρι τώρα, είναι με λίγα λόγια οί πολύ γενικές άρχές που διέπουν τή δομή και τή σύνθεσι τών σχετικά μεμονωμένων συστημάτων. Η άξιοποίησι τους στη πράξη είναι αντικείμενο μιάς άτέλειωτης σειράς ειδικών προβλημάτων τής Κυβερνητικής, που ή αντιμετώπισις τους νομίζουμε ότι εύρίσκειται έξω άπό τά όρια αυτού του άρθρου, τό όποιον έχει εισαγωγικό και κατατοπιστικό χαρακτήρα. Για να προκύψη όμως μία κατά τό δυνατόν πλήρης εικόνα του περιεχομένου τής Κυβερνητικής, θα παραθέσουμε ώρισμένα στοιχεία σχετικά με τήν ύλική φύσι τών συστημάτων και τις γενικές μεθόδους έφαρμογής τής Κυβερνητικής.

Διακρίνουμε γενικά πέντε είδη «ύλικού» άπό τό όποιο είναι δυνατόν να κατασκευάζωνται συστήματα, και τά συμβολίζουμε με

τά γράμματα Α, Β, C, D, και Ε. Με τό Α συμβολίζεται τό άψυχο μη τεχνικό ύλικό, με τό Β τό έμψυχο μη τεχνικό ύλικό, δηλ. άτομικότητες φυτών και ζώων, με τό C άτομικότητες άνθρωπίνων υπάρξεων, με τό D άψυχο τεχνικό ύλικό και με τό Ε έμψυχο τεχνικό ύλικό. Είναι άυτονόητο ότι τό ύλικό ένός συστήματος μπορεί να είναι συνδυασμός δύο ή περισσοτέρων άπό τά παραπάνω είδη ύλικού. Βλέπουμε έτσι, ότι τό πεδίο έφαρμογής τής Κυβερνητικής άποκτά μία έκπληκτικά μεγάλη εύρύτητα, ώστε σ' αυτό να περιλαμβάνωνται, όχι μόνον οί ήλεκτρονικοί υπολογισται και τά συστήματα άυτομάτου έλέγχου τής λειτουργίας τών μηχανών, αλλά και κάθε φυσικό ή κοινωνικό φαινόμενο, που χαρακτηρίζεται άπό τή μεταβίβασι «πληροφοριών» ή κάθε είδους επιδράσεων μεταξύ τών μερών που τό συνιστούν. Η Κυβερνητική γίνεται έτσι μία γενική επιστήμη, βάση για όλες σχεδόν τις άλλες επιστήμες, κάτι άνάλογο προς τή λογική. Είναι ίσως πρόωρο να ίσχυρισθούμε ότι κατ' ουσίαν πρόκειται για μία επέκτασι, ή και προσαρμογή τής λογικής στις νέες έμπειρίες που μάς δίδει ή πρόοδος τής συγχρόνου τεχνικής.

Καί αί μέθοδοι έφαρμογής τής Κυβερνητικής έχουν μορφοποιηθή με μία άξιοσημείωτη γενικότητα. Είναι τρεις: ή άνάλυσις, ή σύνθεσις και ή κατασκευή μοντέλων.

Η άνάλυσις ύπαρχόντων σχετικά μεμονωμένων συστημάτων, όπως είναι οί οργανισμοί έμβίων όντων, οί μηχανές, οί κοινωνικοί οργανισμοί, συνίσταται στο να διακρίνουμε σ' ένα δεδομένο σύστημα τά συνιστώμενα μέρη του, τά όποια πάλι είναι σχετικά μεμονωμένα συστήματα, και να βρούμε ποιό πρέπει να είναι τό είδος τών ζεύξεων ώστε όλα αυτά τά μέρη να άποτελούν ένα ενιαίο αντικείμενο. Είναι άυτονόητο ότι μία τέτοια άνάλυσις δέν είναι τίποτε τό καινούργιο για ένα βιολόγο, τεχνικό και ίσως για ένα κοινωνιολόγο ή οίκονομολόγο.

Σε μία τυπική περίπτωσι συνθέσεως θα δίδωνται ώρισμένες ειδικές συνθήκες τις όποιες πρέπει να ίκανοποιηθή ένα υπό κατασκευή σύστημα και μία σειρά άπλών σχετικά μεμονωμένων συστημάτων, άπό τά όποια με καταλλήλους ζεύξεις θα πρέπει να προκύψη τό ζητούμενο σύστημα. Συνήθως δύο τινά συμβαίνουν: Πρώτον, είναι δυνατόν τό αίτημα τό όποιον πρέπει να έκπληροί τό ζητούμενο σύστημα να άποδειχθή άλυτον, όπότε θα γίνη μία άναπροσαρμογή αυτού του αίτήματος ώστε να μπορέση να επίλυθη. Η άναπροσαρμογή αυτή θα γίνη είτε διά περιορισμού τών άρχικών συνθηκών, είτε διά τροποποίησεως τής δεδομένης σειράς τών άπλών συστημάτων. Δεύτερον, είναι δυνατόν να προκύψουν περισσότερες άπό μία λύσεις. Στήν περίπτωσι αυτή μελετούμε όλες τις λύσεις και έκλέγουμε μεταξύ αυτών τήν άρίστη, με κριτήριο τό κόστος, τήν άποτελεσματικότητα, τήν ταχύτητα έκτελέσεως κλπ. Καί ή σύνθεσις, όπως και ή άνάλυσις, είναι πρόβλημα που έχει αντιμετωπι-

σθή στην πράξι από τους κατασκευαστές και οργανωτές, πολύ πριν διατυπωθή η Κυβερνητική.

Εκείνο όμως που πρέπει ν' αποδοθῆ ἀποκλειστικὰ στὴ Κυβερνητικὴ εἶναι ἡ «κ α τ α σ κ ε υ ἡ μ ο ν τ ἔ λ ω ν» (Model construction). Τί σημαίνει ἐδῶ ὁ ὄρος μοντέλο; Ἄς υποθέσουμε ὅτι δίδεται ἓνα σχετικὰ μεμονωμένο σύστημα, ποὺ θὰ τὸ ὀνομάσουμε «πρῶτότυπο» (original) ποὺ συνήθως εἶναι ἓνα ὑπάρχον σύστημα, ἡ λειτουργία τοῦ ὁποίου εἶναι μὲν κάπως σύνθετη, ἀλλὰ ἀρκετὰ γνωστή. Τὸ μοντέλο θὰ εἶναι ἓνα σύστημα ὅσο τὸ δυνατὸν πιὸ ἀπλό, τὸ ὁποῖον θὰ λειτουργῆ κατὰ τρόπον ἀνάλογον πρὸς τὸν τοῦ πρωτοτύπου. Τὸ ὑλικὸ τοῦ πρωτοτύπου μπορεῖ νὰ ἀνήκη σὲ ὁποιαδήποτε ἀπὸ τὶς πέντε κατηγορίες ὑλικοῦ ποὺ ἀναφέραμε, τὸ ὑλικὸ ὅμως ἀπὸ τὸ ὁποῖον κατασκευάζεται τὸ μοντέλο ἀνήκει σχεδὸν πάντοτε στὴν κατηγορία D, πρόκειται δηλαδὴ γιὰ ἄψυχο τεχνικὸ ὑλικό. Ἡ τεχνικὴ τῆς κατασκευῆς τῶν μοντέλων τὰ κατατάσσει σὲ τέσσερις κατηγορίες: σὲ βιολογικά, πραξιολογικά, λογικά καὶ οἰκονομικά.

Τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα ἀπεικονίζονται ἀπὸ βιολογικά μοντέλα, εἶναι, ἡ ἤδη ἀναφερθεῖσα ὁμοιοστάσια, ὁ διαχωρισμὸς τῶν ἀντιδράσεων, ἡ συνειδητὴ συμπεριφορὰ καὶ κυρίως ἡ εὐρεσις τῶν καλυτέρων συνθηκῶν περιβάλλοντός, ἡ διδασκαλία, δηλ. ἡ πρόσδοσις συνηθειῶν σὲ κάποιο ἄλλο ἄτομο, ἡ μάθησις, δηλ. ἡ ἀπόκτησις συνηθειῶν καὶ τέλος ὁ πολλαπλασιασμὸς καὶ ἡ κληρονομικότης.

Τὰ πραξιολογικά μοντέλα ἀπεικονίζουν τὴν ἀλληλεπίδρασι μετὰξὺ ἐνὸς ἀτομικοῦ ἢ συλλογικοῦ ὄργανου καὶ τοῦ περιβάλλοντός του ἢ μετὰξὺ δύο ἀτομικῶν ὀργάνων, καὶ εἶναι τὰ κυριώτερα στοιχεῖα κατασκευῆς «αὐτομάτως».

Τὰ λογικά μοντέλα ἀπεικονίζουν διανοητικὰς λειτουργίας ποὺ μποροῦν νὰ ἀναχθοῦν σὲ τυπικὰς πράξεις, ὅπως εἶναι, ἡ ἀντιμετώπισις ἀντιλεγουσῶν πληροφοριῶν, οἱ ἀριθμητικὰς πράξεις, ἡ μετάφρασις ἀπὸ μιὰ γλῶσσα σὲ μιὰ ἄλλη κλπ. Στὰ λογικά μοντέλα ἀνήκουν καὶ οἱ ἠλεκτρονικοὶ ἐγκέφαλοι ποὺ ἀποτελοῦν τὴν πιὸ ἐντυπωσιακὴ ἐφαρμογὴ τῆς Κυβερνητικῆς.

Τέλος πρωτότυπα τῶν οἰκονομικῶν μοντέλων εἶναι οἱ λειτουργίες τῆς παραγωγῆς, τῆς καταναλώσεως καὶ τοῦ ἐμπορίου κατὰ πρῶτον λόγον καὶ κατὰ δεύτερον λόγον ἡ σχεδιοποίησις καὶ ἡ παρακολούθησις τῆς πορείας μιᾶς σχεδιοποιημένης οἰκονομίας. Μὲ κατάλληλες διατάξεις ζεύξεων μετὰξὺ μοντέλων ποὺ ἀνήκουν στὰ παραπάνω εἶδη, ἔγινε κατορθωτὸ νὰ κατασκευάζωνται μοντέλα, πολὺ πιὸ σύνθετα βέβαια, τὰ ὁποῖα ἀπεικονίζουν μιὰ ὀλόκληρη ἐθνικὴ οἰκονομία.

Ὁ κύριος ὄγκος τοῦ περιεχομένου τῆς ἐφηρμοσμένης Κυβερνητικῆς, ἀσχολεῖται μὲ τὴ μελέτη καὶ κατασκευὴ τῶν μοντέλων. Τὰ μέχρι σήμερα ἐπιτεύγματα χαρακτηρίζονται ἀπὸ τὴν ἐκπληκτικὴ ἐφευρετικότητα καὶ τὴν ποικιλία τῶν λύσεων, ποὺ ἐπιτρέπουν στὸ

ἴδιο πρόβλημα νὰ γίνῃ χρήσις περισσοτέρων ὑλικῶν μέσων, ὅπως εἶναι τὰ μηχανικὰ συστήματα, οἱ ἠλεκτρομαγνήτες, οἱ φερρίτες καὶ οἱ ἡμιαγωγοί. Σὰν ὑπόδειγμα συγκροτήσεως μοντέλων, θὰ ἀναφέρουμε σύντομα ὠρισμένα στοιχεῖα γιὰ τὴν κατασκευὴ τῶν ἠλεκτρονικῶν ἐγκεφάλων, ἀφοῦ προηγουμένως ἐκθέσουμε, ἐπίσης μὲ σύντομία, τὶς ιδιότητες τῶν δυαδικῶν συστημάτων, ποὺ εἶναι τὰ συνηθέστερα συστήματα ποὺ εἰσέρχονται στὴ δομὴ αὐτῶν τῶν μοντέλων.

Τὰ δυαδικὰ συστήματα

Ἡ συλλογὴ μιᾶς εἰσόδου ἢ ἐξόδου μπορεῖ ν' ἀποτελῆται ἀπὸ ἓνα μικρὸ, μεγάλο ἢ ἀκόμη καὶ ἄπειρο πλῆθος ξεχωριστῶν καταστάσεων. Ἡ ἀπλούστερη περίπτωσις εἶναι ὅταν μιὰ τέτοια συλλογὴ ἀποτελῆται ἀπὸ δύο μόνον ξεχωριστὰς καταστάσεις, ἀπὸ τὶς ὁποῖες τὴ μιὰ ὀνομάζουμε συνήθως «μηδέν» καὶ τὴν ἄλλη «ἕν». Ἡ κατάστασις μηδέν τῆς εἰσόδου συμβολίζει, τρόπον τινά, τὴν ἔλλειψι κάθε ἐρεθισμοῦ, ἐνῶ ἡ κατάστασις ἕνα ἀπεικονίζει τὸν μόνον δυνατὸ ἐρεθισμό. Δυαδικὸ σύστημα, ἢ ὅπως ὀνομάζεται ἄλλοιῶς, σύστημα μηδέν - ἕνα, (zero-one system) εἶναι κάθε σύστημα τοῦ ὁποίου ὅλες αἱ εἰσοδοὶ ἔχουν ἀκριβῶς δύο ξεχωριστὰς καταστάσεις, καὶ ὅλες αἱ ἐξοδοὶ ἔχουν τὸ πολὺ δύο ξεχωριστὰς καταστάσεις.

Ἡ θεωρία τῶν συστημάτων μηδέν - ἕνα βασίζεται κυρίως στὸ λογισμὸ τῶν δυαδικῶν συστημάτων ἀριθμῆσεως. Εἶναι γνωστὸ ὅτι κάθε ἀριθμὸς μπορεῖ νὰ λάβῃ τὴ μορφή ἐνὸς ἀθροίσματος ὀρων, κάθε ἓνας ἀπὸ τοὺς ὁποῖους εἶναι μιὰ δύναμις τοῦ 2, πολλαπλασιασμένη ἐπὶ ἓνα συντελεστὴ ἴσον πρὸς μηδέν ἢ ἕνα. Ἐὰν τώρα ἀντὶ τοῦ ἀθροίσματος τῶν ὀρων, παραθέσουμε τοὺς συντελεστὰς τῶν διατεταγμένους κατὰ τὴν κατιοῦσα τῶν δυνάμεων τοῦ 2, θὰ ἔχουμε τὴν γραφὴ τοῦ ἀριθμοῦ στὸ δυαδικὸ σύστημα ἀριθμῆσεως. Τὰ μόνον ψηφία ποὺ θὰ εἰσέρχωνται σ' αὐτὴ τὴ γραφὴ θὰ εἶναι οἱ ἀριθμοὶ 0 καὶ 1. Προφανῶς σ' αὐτὸ τὸ σύστημα ἀριθμῆσεως ἡ δυὰς παίξει τὸν ρόλο ποὺ παίξει ἡ δεκάς στὸ σύνηθες δεκαδικὸ σύστημα. Ἡ δυνατότης αὐτὴ τῆς μετατροπῆς ἐνὸς ἀριθμοῦ ἀπὸ τὸ δεκαδικὸ στὸ δυαδικὸ σύστημα ἀριθμῆσεως, ἀντιστοιχεῖ στὴν Κυβερνητικὴ μὲ τὴν πράξι τῆς «δυαδικοποίησεως», (binarization) ἢ ὁποῖα μαζί μὲ τὴν πράξι τῆς ζεύξεως, ἀποτελοῦν, ὅπως εἶδαμε, τὶς θεμελιώδεις πράξεις τῆς ἀλγέβρας τῶν σχετικῶν μεμονωμένων συστημάτων. Συγκεκριμένα μὲ τὴ δυαδικοποίησι, ἐννοοῦμε τὴν ἀντικατάστασι μιᾶς εἰσόδου ἢ ἐξόδου ποὺ ἔχει 2ⁿ ξεχωριστὰς καταστάσεις, ἀπὸ n εἰσόδους ἢ ἐξόδους, κάθε μιὰ ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἔχει μόνον δυὸ ξεχωριστὰς καταστάσεις. Ἡ δυαδικοποίησις εἶναι μεγάλης σπουδαιότητος γιὰ τὴ Κυβερνητικὴ, γιὰτὶ ἡ κατασκευὴ δυαδικῶν συστημάτων δὲν παρουσιάζει σοβαρὰς δυσκολίας. Πράγματι, ἔχουμε στὴ διάθεσί μας πολλὰ τεχνικὰ μέσα, ὅπως τὰ συστήματα ἠλεκτρομαγνήτου - διακόπτου (relay) οἱ σωλῆνες κενοῦ,

οί φερρίτες κ.ά., τὰ ὁποῖα ἔχουν δυὸ φάσεις λειτουργίας καὶ συνεπῶς ἀπεικονίζουν πλήρως ἓνα δυαδικὸ σύστημα.

Μερικὰ ἀπὸ τὰ πιὸ στοιχειώδη δυαδικὰ συστήματα, τὰ ὁποῖα πρέπει νὰ περιγράψουμε ἐδῶ ἐν συντομίᾳ, εἶναι, τὰ «σ υ σ τ ῆ - μ α τ α ἀ ρ ν ῆ σ ε ω ς» (negation system), τὰ «σ υ σ τ ῆ μ α τ α ἀ ν α θ ο - λ ῆ ς» (delay system), τὰ «σ υ σ τ ῆ - μ α τ α ἐ ν α λ λ α γ ῆ ς» (alternative system) καὶ τὰ «σ υ σ τ ῆ μ α τ α σ υ - ζ ε ὑ ξ ε ω ς» (conjunction system.)

Τὸ σύστημα ἀρνήσεως ἔχει μόνον μιὰ εἴσοδο καὶ μιὰ ἔξοδο. Ὄταν στὴν εἴσοδο δὲν ὑπάρχει ἐρεθισμὸς, ἔχουμε δηλαδὴ τὴν κατάστασι μηδέν, στὴν ἔξοδο θὰ ὑπάρχη ἀντίδρασις, δηλ. ἡ κατάστασις ἓνα. Ἀντιθέτως, ὅταν στὴν εἴσοδο ὑπάρχη ἐρεθισμὸς, στὴν ἔξοδο δὲν προκαλεῖται ἀντίδρασις. Ἐνα τέτοιο σύστημα μπορεῖ νὰ πραγματοποιηθῆ ὡς ἐξῆς: ἡ εἴσοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἠλεκτρικὸ κύκλωμα, ποὺ περιέχει ἓνα διακόπτη κι' ἓνα ἠλεκτρομαγνήτη· ἡ ἔξοδος ἀποτελεῖται πάλι ἀπὸ ἓνα ἠλεκτρικὸ κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιέχει ἓνα διακόπτη ὃ ὁποῖος ρυθμίζεται ἀπὸ τὸν ἠλεκτρομαγνήτη τῆς εἰσόδου. Τὸ ὅλο σύστημα εἶναι ἔτσι κατασκευασμένο, ὥστε ὅταν τὸ κύκλωμα τῆς εἰσόδου εἶναι ἀνοιχτό, τὸ κύκλωμα τῆς ἐξόδου νὰ εἶναι κλειστό καὶ ἀντιστρόφως.

Σ' ἓνα σύστημα ἀναβολῆς ἢ τωρινῆ κατάστασις μιᾶς ἐξόδου εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν κατάστασι ποὺ ὑπῆρχε στὴν εἴσοδο μιὰ χρονικὴ στιγμή ἐνωρίτερα. Τὰ συστήματα ἀναβολῆς εἶναι πολὺτιμα στοιχεῖα γιὰ τὴ κατασκευὴ τῶν μονάδων «μνήμης» τῶν ἠλεκτρονικῶν ἐγκεφάλων.

Τὰ συστήματα ἐναλλαγῆς ἔχουν πολλές εἰσόδους καὶ μιὰ μοναδικὴ ἔξοδο. Τὸ χαρακτηριστικὸ τους εἶναι μιὰ «ὑπερευαισθησία» ποὺ παρουσιάζουν στοὺς ἐρεθισμοὺς. Εἶναι ἀρκετὸ νὰ δράση ἓνας μόνον ἐρεθισμὸς σὲ μιὰ ἀπ' τὶς εἰσόδους γιὰ νὰ παραχθῆ ἀντίδρασις στὴ μοναδικὴ ἔξοδο. Ἐνα σύστημα ἐναλλαγῆς μπορεῖ νὰ πραγματοποιηθῆ, ἀκριβῶς ὅπως κι' ἓνα σύστημα ἀρνήσεως, ὑπὸ ἠλεκτρικῶν κυκλωμάτων, μὲ τὴν διαφορὰ ὅτι τὰ κυκλώματα τῶν εἰσόδων, ἕκαστον τῶν ὁποίων περιέχει ἓνα ἠλεκτρομαγνήτη, εἶναι μεταξύ των συνδεδεμένα ἐν παραλλήλῳ.

Τὰ συστήματα συζεύξεως ἀντιθέτως τὰ διακρίνει μιὰ «ὑποευαισθησία». Γιὰ νὰ ἐμφανισθῆ ἀντίδρασις στὴ μοναδικὴ ἔξοδο, πρέπει νὰ ὑπάρχη ἐρεθισμὸς σὲ ὅλες τὶς εἰσόδους. Τὸ μοντέλο ἐνὸς τέτοιου συστήματος, διαφέρει ἀπὸ τὸ μοντέλο τοῦ συστήματος ἐναλλαγῆς, μόνον εἰς τὸ ὅτι τὰ κυκλώματα τῶν εἰσόδων εἶναι συνδεδεμένα μεταξύ των ἐν σειρά κι' ὄχι ἐν παραλλήλῳ.

Τὰ τέσσερα αὐτὰ εἶδη δυαδικῶν συστημάτων εἶναι ἀρκετὰ γιὰ νὰ πραγματοποιηθῆ ὁποιοδήποτε ἄλλο σύστημα ἀπ' ὅσα εἰσέρχονται στὴν δομὴ ἐνὸς λογικοῦ μοντέλου. Ὅσο κι' ἂν φαίνεται περίεργο, μιὰ κατάλληλη διάταξις ἐνὸς πλήθους ἀπ' αὐτὰ

καὶ ἡ παρεμβολὴ τῶν καταλλήλων ζεύξεων μεταξύ τους, μπορεῖ νὰ ἱκανοποιήσῃ κάθε αἶτημα μιᾶς τυπικῆς λογικῆς διαδικασίας.

Οἱ ἠλεκτρονικοὶ ὑπολογισταὶ

Ἡ χρησιμοποίησις τῶν ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν ἀπὸ τὴ σύγχρονη τεχνολογία ἦταν κάτι τὸ ἀναπόφευκτο. Ἡ ἀνθρώπινη νόησις, παρὰ τὴν ἱκανότητά της νὰ διερευνᾷ καὶ τὰ πιὸ σύνθετα φαινόμενα μὲ ἀσύγκριτη πληρότητα, μειονεκτεῖ σοβαρὰ στὴν ταχύτητα ἐκτελέσεως τῶν ἀριθμητικῶν πράξεων σὲ τέτοιο βαθμὸ, ὥστε ἡ πρακτικὴ ἀντιμετώπισις ὠρισμένων συγχρόνων προβλημάτων νὰ εἶναι, ὄχι μόνον δυσχερῆς, ἀλλὰ καὶ ἀδύνατη γιὰ τὰ διατιθέμενα χρονικὰ πλαίσια. Ἐπὶ παραδείγματι, ὠρισμένες ἀριθμητικὲς πράξεις ἐπὶ τῶν μητρῶν, ὅπως λ.χ. ἡ «ἀντιστροφή» μιᾶς μήτρας, ἀπαιτοῦν καὶ γιὰ συνήθεις ἀκόμη περιπτώσεις, ἑκατοντάδες ἐτῶν ἀνθρώπινης διανοητικῆς ἐργασίας γιὰ τὴν ἐκτέλεσι τῶν ἀπαιτουμένων πράξεων. Ἐνας ἠλεκτρονικὸς ὑπολογιστὴς ἐκτελεῖ τὶς πράξεις αὐτὲς μὲ τὴ ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ δυναμικοῦ, ποὺ σημαίνει ἐκτέλεσι ἑκατομμυρίων πράξεων μέσα σ' ἐλάχιστα δευτερόλεπτα.

Οἱ ἠλεκτρονικοὶ ὑπολογισταὶ διαιροῦνται σὲ δυὸ μεγάλες κατηγορίες. Στοὺς «ψηφιακοὺς» (Digital electronic computer) καὶ στοὺς «ἀναλογικοὺς» (Analogue electronic computer) Στοὺς ψηφιακοὺς ὑπολογιστὲς οἱ συλλογὲς τῶν εἰσόδων καὶ ἐξόδων τῶν διαφόρων συστημάτων ποὺ τοὺς ἀποτελοῦν, ἔχουν πεπερασμένο ἀριθμὸ ξεχωριστῶν καταστάσεων. Αὐτὸ δίνει τὴ δυνατότητα νὰ χρησιμοποιοῦνται στὶς θέσεις τῆς συλλογῆς τὰ ψηφία τῶν ἀριθμῶν τοῦ προβλήματος, ὅπως γίνεται καὶ στὶς συνήθεις ἀριθμητικὲς πράξεις. Μηχανικὰ ἀνάλογα τῶν ψηφιακῶν ὑπολογιστῶν εἶναι οἱ γνωστὲς ἀριθμομηχανές. Στοὺς ἀναλογικοὺς ὑπολογιστὲς, ἀντιθέτως, οἱ συλλογὲς τῶν εἰσόδων καὶ ἐξόδων τῶν διαφόρων συστημάτων ποὺ εἰσέρχονται στὴ δομὴ των, περιέχουν ἀπειρες ξεχωριστὲς καταστάσεις, ἔτσι ὥστε νὰ ὑπάρχη ἡ δυνατότης νὰ γίνωνται πράξεις πάνω σὲ μεγέθη τὰ ὁποῖα ἐκφράζονται μαθηματικῶς ἀπὸ μιὰ συνεχῆ συνάρτησι. Τοὺς ἀναλογικοὺς ὑπολογιστὲς μπορούμε νὰ παρομοιάσουμε μὲ τοὺς λογαριθμικοὺς κανόνες, στοὺς ὁποίους τὸ μέγεθος τὸ ὁποῖον μεταβάλλεται συνεχῶς εἶναι τὸ μήκος, ἀντὶ τοῦ δυναμικοῦ, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὴ μεταβλητὴ τῶν ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν. Αὐτὴ ἡ διαφορὰ στὸ εἶδος τῶν συλλογῶν τῶν εἰσόδων καὶ ἐξόδων, συνεπάγεται, ὅπως θὰ δοῦμε παρακάτω σὲ μιὰ σύντομη περιγραφή τῆς λειτουργίας τῶν δύο εἰδῶν ὑπολογιστῶν, μιὰ οὐσιαστικὴ διαφορὰ στὴν κατασκευὴ αὐτῶν τῶν ὀργάνων.

Στοὺς ψηφιακοὺς ὑπολογιστὲς κατ' ἀρχὴν πρέπει νὰ ὑπάρχη ἡ δυνατότης, σὲ κάθε τμήμα των νὰ ἐγγράφονται οἱ ἀριθμοὶ τοῦ προ-

βλήματος με τὰ ψηφία των. Προσφορώτερα μορφή είναι ή γραφή του άριθμού στο δυαδικό σύστημα. Ο άριθμός έτσι, παρίσταται από μιὰ σειρά ήλεκτρονικών λυχνιών ή άλλων ήλεκτρομαγνητικών συστημάτων, στα όποια τὸ ψηφίον 1 συμβολίζεται από τις λυχνίες από τις όποιες διέρχεται ήλεκτρικό ρεύμα, ενώ τὸ ψηφίο 0 συμβολίζεται από τις λυχνίες τις όποιες δὲν διατρέχει ήλεκτρικό ρεύμα. Οί σειρές λυχνιών ἐπὶ τῶν όποιῶν γράφονται οί άριθμοί όνομάζονται « κ α τ α λ ο γ ο ι ο » (register) κάθε μιὰ δὲ ἔχει ἕνα αὐξοντα άριθμὸ που όνομάζεται «δ ι ε ὑ θ υ ν σ ι ς» του καταλόγου (address). Ἐκτὸς από τους άριθμούς, με δυαδική μορφή μπορούμε νὰ απεικονίσουμε και τὰ σύμβολα τῆς άριθμητικῆς, άκόμη δὲ και τὰ γλωσσικά σύμβολα, δηλ. γράμματα και σημεία στίξεως. Ὑπάρχουν βέβαια και υπολογιστὰί οί όποιοί χρησιμοποιοῦν άλλα συστήματα άριθμήσεως, ὅπως π.χ. ὁ Iliac που λειτουργεῖ στο Πανεπιστήμιο του Illinois και χρησιμοποιεῖ τὸ δεκαεξαδικὸ σύστημα. Κατὰ γενικὸν κανόνα ὅμως, ή χρήσις του δυαδικου συστήματος ἔχει ἐπιβληθῆ.

Τὸ κύριο τμήμα του υπολογιστου αποτελεῖται από τρία σύνολα καταλόγων, οί όποιοί σὲ κάθε ἕνα απ' αὐτὰ λαμβάνουν μιὰ κατάλληλη μορφή δυαδικου συστήματος, από τὰ εἶδη που περιγράψαμε σὲ προηγούμενο κεφάλαιο. Τὰ τμήματα αὐτὰ είναι ή «μ ν ἡ μ η» ή «ά π ο θ ἡ κ η» (Store) ὁ «ά θ ρ ο ι σ τ ἡ ς» (accumulator) και ή «μ ο ν ἄ ς ἔ λ ἔ γ χ ο υ» (control unit). Ἡ μνήμη αποτελεῖται από ἕνα μεγάλο άριθμὸ συστημάτων αναβολῆς και διαιρεῖται σὲ δυὸ τμήματα, στην «τ α χ ε ἰ α» μ ν ἡ μ η (high-speed store) και στη «β ρ α - δ ε ἰ α μ ν ἡ μ η» (low-speed store). Ἡ ταχεῖα μνήμη περιέχει μικρὸ άριθμὸ καταλόγων και τὸ περιεχόμενό της είναι εὔκολα προσιτὸ κατὰ τὴν ἐκτέλεσι τῶν υπολογισμῶν. Ἀντιθέτως ή βραδεῖα μνήμη περιέχει ἕνα μεγάλο άριθμὸ καταλόγων, τὸ δὲ περιεχόμενό της δὲν είναι δυνατὸν νὰ εἰσέλθῃ στοὺς υπολογισμοὺς παρὰ μόνον ἀφοῦ μεταφερθῆ πρώτα στη ταχεῖα μνήμη. Ὁ ἀθροιστῆς είναι τὸ τμήμα στο όποῖον γίνονται οί άριθμητικὲς πράξεις, σύμφωνα βέβαια πρὸς τοὺς κανόνες τῆς δυαδικῆς άριθμητικῆς. Πρέπει νὰ σημειώσουμε ὅτι οί μόνες πράξεις που μποροῦν νὰ ἐκτελεστοῦν από ἕνα ψηφιακὸ υπολογιστῆ είναι ή πρόσθεσις και ὁ πολλαπλασιασμός. Τέλος σκοπὸς τῆς μονάδος ἐλέγχου είναι νὰ συλλέγῃ κάθε φορά τὴν ἐπομένη ὀδηγία του προγράμματος, με τὸ όποῖον θὰ ἀσχοληθοῦμε παρακάτω, προκειμένου νὰ ἐκτελεσθῆ.

Ἐκτὸς από τις τρεῖς αὐτὲς βασικὲς μονάδες, ὑπάρχει σὲ κάθε υπολογιστῆ ἕνα πλῆθος περιφερικῶν ὀργάνων τὰ όποια συνεργάζονται με τὸ κύριον τμήμα. Τὰ κυριώτερα περιφερικά ὄργανα είναι ή μονὰς δυαδικοποιήσεως, ή όποια μετατρέπει τὰ δεδομένα του προβλήματος από τὸ δεκαδικὸ στο δυαδικὸ σύστημα, ή μονὰς ἀναγνώσεως, ή όποια «διαβά-

ζει» φωτοηλεκτρικῶς τὰ δεδομένα του προβλήματος και τις ὀδηγίες γιὰ τὴ λύσι του που δίδονται με τὴ μορφή του «προγράμματος», και ὁ «έ κ δ ὀ τ η ς» ὁ όποῖος δίδει τὰ ἀποτελέσματα τῶν υπολογισμῶν εἴτε πάνω σὲ μιὰ διάτρητη ταινία, εἴτε με απ' εὐθείας ἐκτύπωσι που γίνεται με τὴ βοήθεια μιᾶς αὐτόματης γραφομηχανῆς.

Εἶδαμε ὅτι οί πράξεις που ἐκτελοῦνται από ἕνα ψηφιακὸ υπολογιστῆ, είναι ή πρόσθεσις και ὁ πολλαπλασιασμός. Ἡ ἐπίλυσις τῶν διαφόρων προβλημάτων θὰ εἶναι τότε μιὰ διαδικασία που θὰ συνίσταται σὲ μιὰ κατάλληλη διαδοχὴ αὐτῶν τῶν πράξεων. Ἡ διαδικασία αὐτῆ είναι ἀναγκαῖο νὰ μελετηθῆ και νὰ καταρτισθῆ πρὶν ἀρχίση ή ἐπίλυσις του προβλήματος από τὸν υπολογιστῆ. και ἀποτελεῖ τὸ «π ρ ὀ γ ρ α μ μ α» του προβλήματος. Τὸ πρόγραμμα γενικῶς είναι ἕνα μοντέλο, του όποιου συστήματα είναι τὰ διάφορα τμήματα του ήλεκτρονικου ἐγκεφάλου συνεζευγμένα καταλλήλως μεταξύ τους. Ποιὸ είναι τὸ πρωτότυπο αὐτου του μοντέλου; Προφανῶς θὰ είναι κάποια παρόμοια διαδικασία, τὴν όποια ἐνδεχομένως θὰ ἀκολουθοῦσε ἕνας ἄνθρωπος ἐκτελώντας πράξεις ἀνάλογες πρὸς τις πράξεις που μπορεῖ νὰ κάνῃ ὁ υπολογιστῆς. Χρειάζεται, λοιπόν, νὰ προηγηθῆ «ἀνάλυσις» αὐτῆς τῆς διαδικασίας ὥστε νὰ διευκρινισθῆ πλήρως ή μορφή του πρωτοτύπου. Καὶ ή ἀνάλυσις αὐτῆ γίνεται ὡς ἐξῆς: Ἀρχικὰ γίνεται ή μαθηματικὴ διατύπωσις αὐτου του προβλήματος, π.χ. ή ἀναγραφή μιᾶς διαφορικῆς ἐξισώσεως ή ἕνὸς συστήματος γραμμικῶν ἐξισώσεων. Κατόπιν, δεδομένου ὅτι τὸ πρόβλημα θὰ λυθῆ άριθμητικῶς, ἀναζητεῖται μιὰ ὀχι θεωρητικῆ, ἀλλὰ άριθμητικὴ λύσις διαδοχικῶν προσεγγίσεων. Κάθε φάσις τῆς άριθμητικῆς προσεγγίσεως ἀκολουθεῖ μιὰ ὀρισμένη διαδικασία ή όποια ἐπαναλαμβάνεται μέχρις ὅτου ἐπιτευχθῆ ή ἐπιθυμητῆ ἀκρίβεια του ἀποτελέσματος, και ἀποτελεῖ τὸν «ά λ γ ὀ ρ ι θ μ ο» τῆς λύσεως. Ὁ ἀλόριθμος αὐτὸς εἶναι τὸ πρωτότυπο του προγράμματος, και πρέπει νὰ λάβῃ τὴ μορφή ἕνὸς συνθέτου συστήματος που ν' ἀποτελεῖται από ἀπλὰ συστήματα ἀντιστοιχοῦντα στα διάφορα τμήματα του ἐγκεφάλου και συνδεδεμένα μεταξύ τους με καταλλήλους ζεύξεις. Διὰ νὰ εἰσαχθῆ τὸ πρόγραμμα στον υπολογιστῆ, συντάσσεται μιὰ σειρά «έ ν τ ο λ ὶ ν» (orders) που περιέχονται στον «κ ὠ δ ι κ α» (Code) του ἐγκεφάλου ὑπὸ δυαδική μορφή και τοποθετοῦνται ἀκολουθῶς μαζί με τὰ δεδομένα του προβλήματος στη μονάδα ἀναγνώσεως, από τὴν όποια διοχετεύονται στη μνήμη και στη μονάδα ἐλέγχου.

Γιὰ νὰ τεθῆ σὲ λειτουργία ὁ υπολογιστῆς, πρέπει νὰ δοθῆ ή πρώτη ἐντολή από τὸ χειριστῆ. Ὁ υπολογιστῆς θὰ συνεχίση νὰ λειτουργῆ μόνος του σύμφωνα με τις ὑπόλοιπες ἐντολὲς του προγράμματος, μέχρις ὅτου τὸ ἀποτέλεσμα προκύψῃ με τὴν ἀκρίβεια που προβλέπεται από τὸ πρόγραμμα. Γενικὰ ὁ χειρισμὸς ἕνὸς ήλεκτρονικου υπολογιστου δὲν

περικλείει μεγάλη δυσκολία. Οι δυσχέρειες εμφανίζονται στον προγραμματισμό των προβλημάτων, ο οποίος απαιτεί ειδικές και έκτεταμένες γνώσεις μαθηματικών και κυβερνητικής.

Οι αναλογικοί υπολογιστές προορίζονται για την επίλυση προβλημάτων στα οποία τα διάφορα μεγέθη λαμβάνουν τη μορφή συνεχών συναρτήσεων μίας ανεξαρτήτου μεταβλητής. Στον ηλεκτρονικό υπολογιστή οι τιμές μίας συναρτήσεως παρίστανται με τις τιμές κάποιας ηλεκτρικής τάσεως ή οποία μεταβάλλεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου, που αποτελεί και την ανεξάρτητο μεταβλητή. Το πεδίο εφαρμογής των αναλογικών υπολογιστών εκτείνεται στην επίλυση γραμμικών συστημάτων και διαφορικών εξισώσεων.

Κατ' ουσίαν ένας αναλογικός υπολογιστής είναι μια συλλογή ανεξαρτήτων μεταξύ τους οργάνων κάθε ένα από τα οποία προκαλεί κάποια αλλοίωση στην ηλεκτρική τάση ή οποία θα διέλθη από αυτό. 'Ανάλογα με το είδος της προκαλούμενης αλλοιώσεως διακρίνουμε τα εξής είδη οργάνων: Οι «όλοκληρωτές» (integration networks), είναι τα σπουδαιότερα όργανα του υπολογιστού. 'Η τάσις ή οποία εμφανίζεται στην έξοδο αυτού του οργάνου, έχει τιμή ίση προς το ολοκλήρωμα της τάσεως που εφαρμόζεται στην είσοδό του. 'Εννοείται ότι υπάρχει και η δυνατότης της εισαγωγής των αρχικών συνθηκών που απαιτούνται για τον υπολογισμό του ολοκληρώματος. Οι «άθροισταί» (summers) έχουν την ιδιότητα να δίδουν εις την έξοδο ηλεκτρικη τάσιν της οποίας ή τιμή ίσούται προς το άθροισμα των τιμών των τάσεων που εφαρμόζονται στις εισόδους των. 'Η λειτουργία αυτή αντιστοιχεί προς την πρόσθεσι συναρτήσεων μίας και της αυτής μεταβλητής. Οι «πολλαπλασιασταί» (multipliers) διαφέρουν από τους άθροιστές εις το ότι αντί να δίνουν το άθροισμα, δίνουν το γινόμενο συναρτήσεων μίας και της αυτής μεταβλητής. Τέλος οι «αριθμητικοί πολλαπλασιασταί» (potentiometers) παρεμβάλλονται σ' έναν άγωγό και προκαλούν πολλαπλασιασμό της τάσεως που διέρχεται από αυτόν, επί κάποιον σταθερόν αριθμό, πράγμα που αντιστοιχεί προς τον πολλαπλασιασμό μίας συναρτήσεως επί έναν αριθμητικό συντελεστή.

Τα βασικά αυτά όργανα είναι τοποθετημένα σ' ένα κοινό πλαίσιο, έφωδιασμένο με άλλα δευτερεύοντα όργανα, απαραίτητα για τη λειτουργία των βασικών μονάδων. Θα αναφέρουμε ως σπουδαιότερα τα «οργανα ρυθμίσεως» (calibrators) τον «χρονοδιακόπτη» ο οποίος καθορίζει αυτόματως την χρονική διάρκεια της λύσεως και έπομένως το διάστημα των τιμών της ανεξαρτήτου μεταβλητής για το οποίο ζητούνται αι τιμαί της λύσεως, τα «οργανα έλέγχου» τα οποία εί-

δοποιούν δια τυχόν διαταραχή της ηλεκτρικής ίσορροπίας μεταξύ των τμημάτων του υπολογιστού, και τα «οργανα καταγραφής» εις τα οποία δίδεται ή γραφική παράστασις της λύσεως και που συνήθως είναι ή ένας καθοδικός παλμογράφος ή ένας ηλεκτρικός καταγραφεύς.

Ο «προγραμματισμός» στους αναλογικούς υπολογιστές είναι πολύ πιό εύκολος από τους ψηφιακούς. Το μοντέλο του προγράμματος είναι μια κατάλληλη συνδεσμολογία μεταξύ των διαφόρων συστημάτων του υπολογιστού, και του οποίου πρωτότυπο είναι ή αναλυτική παράστασις της διαφορικής εξισώσεως ή του γραμμικού συστήματος. 'Η διαδικασία για την κατάρτιση του προγράμματος είναι ή εξής: 'Αρχικά δημιουργούμε τα μοντέλα όλων των συναρτήσεων και των παραγώγων τους, όπως εισέρχονται στη γραφή της διαφορικής εξισώσεως. Τουτο μπορεί να έπιτευχθή εάν κάποια τυχούσα ηλεκτρική τάσις, ή οποία παριστά την ανωτέρας τάξεως παράγωγο μίας συναρτήσεως, διέλθη από μια σειρά «ολοκληρωτών», όποτε ύστερα από κάθε ολοκλήρωσι θα προκύψη ή παράγωγος κατωτέρας τάξεως. 'Ακολουθως κατασκευάζονται οι όροι που υπάρχουν στα δύο μέλη της εξισώσεως. 'Εάν ένας όρος είναι γινόμενο δύο συναρτήσεων, θα προκύψη από την προσαγωγή των τάσεων που παριστούν τις δύο συναρτήσεις, σε έναν πολλαπλασιαστή. 'Εάν ο όρος είναι γινόμενο μίας συναρτήσεως επί ένα αριθμητικό συντελεστή, θα απεικονισθή με την παρεμβολή στον άγωγό που εύρίσκεται υπό την αντίστοιχο τάσι ενός ποτενσιομέτρου ρυθμισμένου έτσι ώστε να πολλαπλασιάζη την τάσι επί τον αντίστοιχο συντελεστή. Μετά την απεικόνισι των όρων προχωρούμε στην διαμόρφωσι των μοντέλων των δύο μελών της εξισώσεως που κάθε ένα είναι άθροισμα όρων. Προφανώς τουτο θα προκύψη από την προσαγωγή των άγωγών των οποίων οι τάσεις παριστούν τους όρους, σε δυο «άθροιστές». Τέλος ή εξίσωσις των δύο μελών απεικονίζεται με την άποκατάστασι μίας συνδέσεως μεταξύ των δύο άθροιστών. 'Εάν συνδέσουμε μια οποιαδήποτε έξοδο οργάνου της συνδεσμολογίας με τα όργανα καταγραφής, θα έχουμε τη γραφική παράστασι των τιμών της τάσεως που εξέρχεται από την έξοδο αυτή, και που ταυτίζεται με τις τιμές μίας συναρτήσεως ή παραγώγου της.

Προκειμένου να συγκρίνουμε τα δύο είδη ηλεκτρονικών υπολογιστών που περιγράψαμε, ίσως να είναι άστοχο να παραθέσουμε μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα για κάθε είδος, έφ' όσον οι δυνατότητες που απέκτηθησαν με τα όργανα αυτά ήσαν έντελως άνύπαρκτες στο παρελθόν. 'Οπωσδήποτε όμως υπάρχουν ώρισμένα σημεία στα οποία ή υπεροχή του ένός είδους έναντι του άλλου είναι σαφής, και των οποίων ή γνώσις άποφασιστικά συμβάλλει στην έκλογή του καταλληλοτέρου για κάθε πρόβλημα οργάνου.

Οί ψηφιακοί υπολογισταί γενικώς παρέχουν δυνατότητες επίλυσεως για τὸ σύνολο σχεδὸν τῶν μαθηματικῶν προβλημάτων. Ἡ ἀκρίβεια τῶν ἀπθτελεσμάτων μπορεῖ νὰ καθορισθῆ ἐκ τῶν προτέρων, εἶναι ὁμῶς ἀπεριόριστη καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν προσεγγίσεων. Οἱ υπολογισταί αὐτοὶ παρουσιάζουν τὴ δυσχέρεια τοῦ προγραμματισμοῦ, ποὺ ὅπως εἶδαμε, εἶναι ἡ πιὸ πολύπλοκη καὶ κοπιώδης ἐργασία στὴν ἐπίλυσι ἐνὸς προβλήματος. Μιὰ ἐπὶ πλέον δυσχέρεια, τῆς ὁποίας ἡ σημασία στὴ πράξι εἶναι ἀρκετὰ σοβαρή, ἔγκειται στὸν χρόνον ποὺ ἀπαιτεῖται γιὰ νὰ ληφθῆ μιὰ δευτέρα λύσις τοῦ ἴδιου προβλήματος, ὅταν ἀλλάξουμε ὠρισμένες ἀριθμητικὲς παραμέτρους.

Οἱ ἀναλογικοὶ υπολογισταί ἀντιθέτως εἶναι κατάλληλοι γιὰ ἓνα περιορισμένο κύκλον προβλημάτων, ὅπως εἶναι τὰ γραμμικὰ συστήματα καὶ οἱ διαφορικὲς ἐξισώσεις κυρίως γραμμικὲς γιὰ συναρτήσεις μιᾶς μεταβλητῆς. Ἐπίσης περιορισμένη εἶναι καὶ ἡ ἀκρίβεια τους, ἡ ὁποία ἐπιπλέον δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μεταβληθῆ, πράγμα ποὺ περιορίζει ἀκόμη περισσότερο τὸν ἀριθμὸ τῶν προβλημάτων ποὺ προσφέρονται γιὰ ἓνα τέτοιο υπολογιστῆ. Ὁ προγραμματισμὸς ὁμῶς εἶναι πολὺ εὐκόλος καὶ ταχύς. Ἡ σπουδαιότερα ὁμῶς ιδιότης του εἶναι ἡ εὐχέρεια εἰσαγωγῆς στὸ ἴδιο πρόβλημα διαφόρων τιμῶν τῶν παραμέτρων, καὶ ἐντεῦθεν ἡ χρησιμότης του στὶς ἐπιστημονικὲς ἔρευνες.

Οἱ ἐφαρμογὲς τῶν ἠλεκτρονικῶν — υπολογιστῶν στὴν Ἑλλάδα

Οἱ ἠλεκτρονικοὶ υπολογισταί, ὅπως εἶδαμε, προορίζονται κυρίως γιὰ βοηθητικὰ ὄργανα, ἀφ' ἐνὸς μὲν στὸν διακανονισμὸ τῶν πάσης φύσεως οἰκονομικῶν ζητημάτων τῶν ἐπιχειρήσεων, ἀφ' ἑτέρου δὲ στὴν ἐπιστημονικὴ ἔρευνα. Εἶναι συνεπῶς εὐλογον, ὃ βαθμὸς διαδόσεώς των στὴ χώρα μας νὰ εἶναι συνάρτησις τόσον τῆς ἐπιχειρηματικῆς ὅσον καὶ τῆς ἐπιστημονικῆς καὶ τεχνικῆς στάθμης τῆς. Καὶ γνωρίζουμε ὅτι ἀπὸ μεγάλες ἐπιχειρήσεις, τὶς ὁποῖες ἐνδεχομένως θὰ ἐνδιέφερε ἡ χρῆσις αὐτοῦ τοῦ εἴδους τῶν ὀργάνων, δὲν στερεῖται ἡ Ἑλλάδα. Δικαιολογούμεθα ὁμῶς νὰ μένουμε σκεπτικοὶ ἐμπρὸς σὲ κάθε τι ποὺ ἔχει σχέση μετὰ τὴν ἐπιστημονικὴ μας δραστηριότητα, ἡ ὁποία, παρὰ τὶς δυνατοτήτες τῆς σὲ ἔμψυχο ὑλικό, ἀναστέλλεται ἀπὸ τὸ βάρος δύο κυρίως παραγόντων. Πρῶτα, τοῦ περιορισμοῦ τῆς στὸ νὰ πληροφωρῆται τὰ ἐπιστημονικὰ ἐπιτεύγματα ἄλλων χωρῶν, τὶς ὁποῖες συνηθίσαμε νὰ ὀνομάζουμε «τεχνικὰ προηγμένες» καὶ νὰ μὴν ἐπιδίδεται σὲ πρωτότυπη ἐρευνητικὴ ἐργασία. Καὶ δεύτερον, τῆς οἰκονομικῆς μιζέριας ποὺ εἶναι συνυφασμένη μετὰ κάθε ἐπιστημονικὴ μας προσπάθεια, καὶ ποὺ καθιστᾶ προβληματικὴ τὴν προμήθεια τόσο πολυδαπάνων ὀργάνων. Δὲν εἶναι λοιπὸν τυχαῖο τὸ γεγονὸς ὅτι οἱ πρῶτες ἐφαρμογὲς τῶν ἠλεκτρονικῶν υπολογιστῶν στὴ χώρα μας, ἂν ἐξαιρέσουμε τὶς με-

γάλες ἐπιχειρήσεις, ἔγιναν σὲ περιπτώσεις ποὺ ὑπῆρχε πραγματικὴ ἔφεσις γιὰ πρωτότυπη ἐπιστημονικὴ ἔρευνα καὶ μὲ θυσία ἄλλων οὐσιωδῶν ἀναγκῶν, ὥστε νὰ ἐξοικονομηθοῦν τὰ σχετικὰ κονδύλια.

Ἀπ' ὅ,τι γνωρίζουμε, τὸν πρῶτον στὴν Ἑλλάδα ἠλεκτρονικὸν υπολογιστῆ μετὰ ἐπιστημονικὸν προορισμὸν, τὸν ἐπρομηθεύθη κατὰ τὸ 1961 τὸ Ἐργαστήριον Στατικῆς καὶ Ἀντισεισμικῶν ἐρευνῶν τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου, τὸ ὁποῖον διευθύνει ὁ καθηγητῆς κ. Ε. Κοκκινόπουλος. Πράκειται γιὰ ἀναλογικὸν υπολογιστῆ τύπου Güttinger AR - 2, ἐλβετικῆς κατασκευῆς, ὃ ὁποῖος διαθέτει 6 ὀλοκληρωτάς, 6 ἀθροιστάς καὶ 10 ποτενσιόμετρα. Ὁ υπολογιστῆς αὐτὸς ἐχρησιμοποιήθη στὴν ἐπίλυσι προβλημάτων κελυφωτῶν κατασκευῶν, καὶ στὸν υπολογισμὸ τῶν σεισμικῶν ταλαντώσεων πολυωρόφων κτιρίων. Μετὰ τὴν ἀποφασιστικὴν βοήθειαν αὐτοῦ τοῦ υπολογιστοῦ ἔγινε καὶ ὁ ἀντισεισμικὸς ἔλεγχος τοῦ 14) ὀρόφου «Πύργου» τὸν ὁποῖον ἀνεγείρει ὁ ΟΤΕ στὴν ὁδὸ Γ' Σεπτεμβρίου. Οἱ δυνατότητες ποὺ παρουσίασε τὸ ὄργανον αὐτὸ προεκάλεσαν μιὰ τέτοια συσσώρευσις προβλημάτων πρὸς ἐπίλυσιν, ὥστε σύντομα νὰ ἐμφανισθῆ ἡ ἀνάγκη προμηθείας ἄλλου υπολογιστοῦ μεγαλύτερας δυναμικότητος. Πράγματι, τὸ ἴδιον ἔργαστήριον, προέβη στὴν προμήθειαν καὶ δευτέρου ἀναλογικοῦ υπολογιστοῦ μετὰ 24 ὀλοκληρωτάς καὶ 24 ἀθροιστάς, τύπου PACE, ἀμερικανικῆς κατασκευῆς. Παραλλήλως τὸ θέμα τῶν ἠλεκτρονικῶν υπολογιστῶν ἐκίνησε καὶ τὸ ἐνδιαφέρον τῆς Διοικήσεως τοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου, μετὰ ἀποτέλεσμα νὰ ἐγκατασταθῆ εἰς αὐτὸ ἀπὸ τὸ 1962 ἓνα μέγαλον ψηφιακὸν υπολογιστῆς τύπου IBM. 1620, ὃ ὁποῖος λειτουργεῖ ὑπὸ τὴν ἐποπτείαν τῆς Πρυτανείας καὶ εὐρίσκεται στὴν διάθεσιν ὀλων τῶν ἐργαστηρίων. Ὁ υπολογιστῆς αὐτὸς τελεῖ ἀπὸ τότε σὲ συνεχῆ λειτουργίαν, ἔχει δὲ ἀνταποκριθῆ μετὰ ἐπιτυχίαν σὲ πολλὰ προβλήματα ποὺ τοῦ ἐτέθησαν ἀπὸ τὰ ἔργαστήρια Στατικῆς καὶ Ἀντοχῆς τῶν ὑλικῶν. Ἄλλη περίπτωσις ἐφαρμογῆς ἠλεκτρονικῶν υπολογιστῶν στὴ χώρα μας γιὰ ἐπιστημονικοὺς σκοποὺς, ἀπ' ὅσα γνωρίζουμε, δὲν ὑφίσταται, καὶ φοβούμεθα ὅτι αὐτὸ εἶναι τὸ πιθανώτερον.

Βεβαίως εἶχε προηγηθῆ ἡ χρησιμοποίησις ἠλεκτρονικῶν υπολογιστῶν ἀπὸ μεγάλες οἰκονομικὲς μονάδες, στοὺς ὁποῖους σὲ ὠρισμένες περιπτώσεις κατέφυγαν καὶ διάφοροι μελετηταὶ τεχνικῶν ἔργων. Ἀπὸ πολλῶν ἐτῶν ἡ Ἐθνικὴ Τράπεζα τῆς Ἑλλάδος ἔχει ἐγκαταστήσει σὲ εἰδικὸν κτίριον παρὰ τὸ Δέλτα τοῦ Παλαιοῦ Φαλήρου ἓναν υπολογιστῆ τύπου IBM. 650. Ἐπίσης ὁ ΟΤΕ ἔχει προμηθευθῆ καὶ χρησιμοποιεῖ τὸν υπολογιστῆ Gamma ποὺ κατασκευάζει ὁ γαλλικὸς οἶκος BULL. Πρέπει ἴσως ν' ἀναφερθῆ ὅτι ἓνας μέγαλος ἀριθμὸς ἠλεκτροκινήτων αὐτομάτων λογιστικῶν μηχανῶν ἔχει διατεθῆ σὲ βιομηχανίας καὶ ὀργανισμοὺς, οἱ ὁποῖες ὁμῶς λειτουργοῦν μετὰ μηχανικὰ συστήματα καὶ ὄχι ἠλεκτρονικά, ὅπως συμβαίνει μετὰ τοὺς ἠλεκ-

τρονικούς έγκεφάλους που έχουμε περιγράψει.

Η χρησιμοποίησις ηλεκτρονικών υπολογιστών προϋποθέτει την ύπαρξι ειδικευμένου προσωπικού, ίκανού ν' ανταποκριθῆ τόσο στις θεωρητικές όσο και στις πρακτικές απαιτήσεις τῆς λειτουργίας των. Οἱ ἐδῶ αντιπρόσωποι τῶν ξένων κατασκευαστῶν ὀργανῶν κατὰ καιροῦς ὠρισμένα μαθήματα τὰ ὁποῖα ἀποβλέπουν στῆ κατάρτισι χειριστῶν ἱκανῶν νὰ παρακολουθοῦν τὴν λειτουργία τῶν υπολογιστῶν, ὄχι ὅμως καὶ γιὰ προγραμματισμό. Ὁργανωμένη προσπάθεια γιὰ τὴν κατάρτισι εἰδικῶν ἐπιστημόνων, ἱκανῶν νὰ χειρίζονται οἰοδήποτε πρόβλημα σχετικὰ μετὸς ηλεκτρονικῶν υπολογιστῶν, δὲν υφίσταται στὴ χώρα μας. Οἱ ἐλάχιστοι εἰδικευμένοι ἐπιστήμονες, κυρίως μηχανικοὶ καὶ μαθηματικοί, ποὺ ἀσχολοῦνται στὴν Ἑλλάδα μετὸς ηλεκτρονικῶν υπολογιστῶν, ὀφείλουν τὴν κατάρτισί τους εἴτε σὲ μετεκπαίδευσι στὸ ἐξωτερικό, εἴτε στὴ προσωπικὴ τους ἔφεσι νὰ κατατοπισθοῦν μέσῳ ξένων συγγραμμάτων. Φυσικὰ δὲν εὐσταθεῖ ὁ ἰσχυρισμὸς ὅτι ἡ σημερινὴ πραγματικότης ἐπιβάλλει τὴν ἄμεση κατάρτισι εἰδικῶν ἐπιστημόνων. Μέσα στὰ πλαίσια ὅμως τῆς προοπτικῆς ἐκσυγχρονισμοῦ τῆς παιδείας καὶ τῆς ἔρευνας στὴν Ἑλλάδα, ἡ δημιουργία ἐπιστημόνων εἰδικευμένων στὴν Κυβερνητικὴ, καὶ ἡ διάδοσις τῆς χρήσεως τῶν ηλεκτρονικῶν υπολογιστῶν, νομίζουμε ὅτι θὰ πρέπει ν' ἀποκτήσουν μιὰ σημαντικὴ θέσι.

Κάθε ἐπιστημονικὴ ἀνακάλυψις, κάθε πρόοδος τῆς τεχνικῆς, ἀποβλέπουν στὸ νὰ κάνουν εὐκολώτερη τὴ ζωὴ τῶν ἀνθρώπων, ὑποκαθιστώντας τους στὶς διάφορες δραστηριότητές τους. Αὐτὴ ἡ ὑποκατάστασις συντελεῖ ὥστε ἡ κοινὴ γνώμη νὰ δέχεται αὐτὰ τὰ γεγονότα μ' ἓνα αἶσθημα μυστηρίου καὶ δέους. Δὲν εἶναι πολλὰ χρόνια, ποὺ ἓνα τέτοιο αἶσθημα προκάλεσε στοὺς Ἀθηναίους ἡ ἔκθεσις σὲ κάποια βιτρίνα κεντρικοῦ δρόμου τῶν Ἀθηνῶν τοῦ ηλεκτρονικοῦ ἔγκεφάλου Ὑπίνας, ὁ ὁποῖος μεταξὺ ἄλλων, εἶχε κάνει

καὶ τὴ λεξικογράφησι τῆς Βίβλου. Ἡ διάδοσις καὶ ἡ ἐκλαΐκευσις τῶν διαφόρων ἀνακαλύψεων μοιραῖα τὶς ἀποστερεῖ ἀπὸ τὸν πέπλο τοῦ μυστηρίου, καὶ τὶς μετατρέπει σὲ φίλους καὶ πολύτιμους συνεργάτες τοῦ ἀνθρώπου, σὲ στοιχεῖα τῆς καθημερινῆς μας ζωῆς. Στὴ χώρα μας ἡ ὑπόθεσις τῶν ηλεκτρονικῶν υπολογιστῶν διέρχεται τὴν περίοδο αὐτῆς τῆς ἀνεπιθύμητης γοητείας. Τὸ ἐπόμενο βῆμα θὰ εἶναι ἀσφαλῶς ἡ ἐξοικείωσις. Ποὺ ἡ πραγματοποίησις του ὅμως θὰ ἐξαρτηθῆ ἀπὸ τὴ γενικώτερη προσαρμογὴ μας στὶς σύγχρονες ἐπιστημονικὲς ἐξελίξεις.

Δεκέμβριος 1962

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

N. Wiener: Cybernetics, or Control and Communication in the animal and the Machine. New York—Paris 1948.

Recherches internationales, Problèmes de l'automatisation, 1957, No 3. Nouvelle Critique, Paris.

Recherches internationales, La cybernétique, 1962 No 29, Nouvelle Critique, Paris.

H. Greniewski, Cybernetics without Mathematics, Oxford, Warszawa, 1960.

Panorama des idées contemporaines, Gallimard, Paris 1957.

N. Ἀποστολάτου, Ὁ Προγραμματισμὸς τῶν ηλεκτρονικῶν ἀριθμοῦπολογιστῶν, Τεχνικὰ Χρονικὰ 1961, τεῦχ. 2.

K. Γουδᾶ. Ψηφιακοὶ ηλεκτρονικοὶ ἐγκέφαλοι καὶ προβλήματα ἀκράτων τιμῶν δύο σημείων, Τεχνικὰ Χρονικὰ 1962, τεῦχ. 3.

Günter, Einführung in die Programmierung Digitaler Rechenautomaten, Berlin 1960.