

# ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ "ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΕΩΣ", ΕΙΣ ΤΗΝ ΣΥΓΧΡΟΝΟΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΝ ΑΝΑΛΥΣΙΝ

Υπό τοῦ κ. ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ Α. ΛΑΖΑΡΗ

1. Ἡ προσπάθεια χρησιμοποίησεως ὑπὸ τῶν οικονομολόγων μεθόδων ἀναλύσεως ἐφαρμοζομένων ἤδη ἐπιτυχῶς εἰς τὰς θετικὰς ἐπιστήμας ἀποτελεῖ ἀξιόσημειωτον χαρακτηριστικὸν τῆς ἐξελίξεως τῆς οικονομικῆς μεθόδολογίας, κατὰ τὴν τελευταίαν ἰδίως δεκαετίαν. Ὁ σαφῶς «κανονιστικὸς» προσανατολισμὸς τῆς οικονομικῆς ἐπιστήμης — ἡ ὁποία καλεῖται σήμερον νὰ δώσῃ ἀπαντήσεις εἰς συγκεκριμένα προβλήματα οικονομικῆς πολιτικῆς τῶν ἐπὶ μέρους οικονομικῶν μονάδων ἢ τοῦ Κράτους καὶ τῆς ἐθνικῆς οἰκονομίας ἐν τῷ συνόλῳ — κατέστησεν ἀναγκαῖον τὸν ἐκσυγχρονισμόν τοῦ μεθολογικοῦ ἐξοπλισμοῦ τῶν οικονομολόγων. Ὁ ἐκσυγχρονισμὸς οὗτος ἐπεδιώχθη τόσο διὰ τῆς ἀναπροσαρμογῆς τῶν παλαιῶν μεθόδων καὶ τῆς διαμορφώσεως νέων τοιούτων, ὅσον καὶ διὰ τῆς «κατ' ἀναλογία» χρησιμοποίησεως μεθόδων ἐρευνῆς ἄλλων προηγμένων ἐπιστημῶν, ὡς εἶναι αἱ θετικαὶ ἐπιστήμαι. Ὁ οικονομολόγος ἔχει βεβαίως ἐπίγνωσιν τοῦ γεγονότος ὅτι ἡ συμπεριφορὰ τῶν οικονομικῶν φαινομένων δὲν χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὸν ὑψηλὸν βαθμὸν συστηματικότητος ὃ ὁποῖος ἀποτελεῖ συνήθως γνώρισμα τῆς συμπεριφορᾶς τῶν φυσικῶν φαινομένων. Κατὰ συνέπειαν δὲν ἀναμένει, ἐκ τῆς «κατ' ἀναλογία» ἐφαρμογῆς εἰς τὴν οικονομικὴν ἀνάλυσιν μεθόδων τῶν θετικῶν ἐπιστημῶν, σχολαστικὴν μαθηματικὴν ἀκρίβειαν ὅσον ἀφορᾷ τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀναλύσεώς του. Ἐνδιαφέρεται κυρίως διὰ μίαν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον αὐστηρὰν πειθάρχῃσιν τῶν σπουδαιοτέρων μεταβλητῶν τοῦ προβλήματός του, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐπιτυχάνῃ μίαν ποσοτικὴν διερεύνησιν τοῦ πλέγματος τῶν οικονομικῶν σχέσεων μὲ ἱκανοποιητικὴν προσέγγισιν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον θὰ διευκολύνῃ τὴν κατανόησιν καὶ λύσιν τοῦ ἐν λόγῳ προβλήματος.

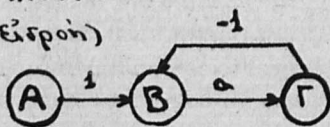
2. Ἡ μεταφορὰ τῆς ἀναλυτικῆς πρακτικῆς τῶν θετικῶν ἐπιστημῶν εἰς τὸ οικονομικὸν πεδίου γίνεται συνήθως διὰ τῆς χρησιμοποίησεως τῶν «φυσικῶν ἀναλόγων» (physical analogues). Φυσικὸν ἀνάλογον καλεῖται πᾶν ὑπόδειγμα (model) τοῦ ὁποῖου ἡ κατασκευὴ ἀνταποκρίνεται εἰς τὴν διάρθρωσιν καὶ λειτουργίαν ἐνὸς φυσικοῦ (μηχανικοῦ, ἠλεκτρικοῦ κλπ.) συστήματος. Ἐνταῦθα θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰδικότερον μὲ τὴν οικονομικὴν σημασίαν μιᾶς ὠρισμένης κατηγορίας φυσικῶν ἀναλόγων, τὰ ὁποῖα βασίζονται ἐπὶ τῶν καλουμένων συστημάτων «ἀνατροφοδοτήσεως» (feed - back systems).

3. Συστήματα ἀνατροφοδοτήσεως ὀνομάζονται οἱ μηχανικοὶ καὶ οἱ ἠλεκτρολόγοι μίαν εὐρύτερην κατηγορίαν συστημάτων, ἡ ὁποία περιλαμβάνει

τοὺς πάσης φύσεως θερμοστάτας, τοὺς σταθεροποιητὰς ἠλεκτρικῆς τάσεως, τοὺς «αὐτομάτους πιλότους», διὰ τὸν ἔλεγχον τῆς γραμμῆς πλεύσεως τῶν ἀεροπλάνων κλπ. Κύριον λειτουργικὸν γνώρισμα τῶν συστημάτων αὐτῶν — τὰ ὁποῖα καλοῦνται ἐπίσης καὶ συστήματα αὐτομάτου ἐλέγχου ἢ σερβομηχανισμοὶ (servomechanisms) — εἶναι ἡ αὐτόματος διατήρησις μιᾶς ἐπιθυμητῆς ποσότητος ἢ καταστάσεως (π.χ. ὠρισμένης θερμοκρασίας) καὶ ἡ ἐξουδετέρωσις τῶν ἀποκλίσεων ἐκ τῆς ποσότητος ἢ καταστάσεως ταύτης. Οὕτω, π.χ. τὸ θερμοστατικὸν σύστημα τῶν ψυγείων καὶ τῶν θερμοσιφῶνων τίθεται αὐτομάτως εἰς λειτουργίαν ὡσάκις παρατηρεῖται ἀπόκλισις τῆς θερμοκρασίας ἀπὸ ὠρισμένον ἐπίπεδον, καθορισθὲν ἐκ τῶν προτέρων, καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ λειτουργῇ μέχρις ἐξαλείψεως τῆς ἀποκλίσεως ταύτης. Τὸ βασικὸν ἀναλυτικὸν σχῆμα ἐνὸς συστήματος αὐτομάτου ἐλέγχου δεικνύεται παρα-

Ἐπιδιωκομένη ποσότης

(ἔισροή)



Ἀπόκλισις (Α-Γ)

Σ x 1

Ἐπιτυγχανομένη ποσότης

(ἔξροή)

ἀποκλίσεως ταύτης. Τὸ βασικὸν ἀναλυτικὸν σχῆμα ἐνὸς συστήματος αὐτομάτου ἐλέγχου δεικνύεται παρα-

Ἄν, π.χ., ὑποθέσωμεν ὅτι ἐπιδιώκεται σταθεροποίησης τῆς θερμοκρασίας ἐνὸς συστήματος εἰς τὸ ἐπίπεδον Α καὶ ὅτι ἡ ὑφιστάμενη ἀρχικῶς θερμοκρασία

Γ εἶναι μηδέν, ἡ ἀρχικὴ ἀπόκλισις Β θὰ εἶναι ἴση πρὸς Α. Ἡ κατεύθυνσις τοῦ τόξου ἀπὸ τὴν μεταβλητὴν Α — ἡ ὁποία καλεῖται καὶ εἰσροή — πρὸς τὴν μεταβλητὴν Β δεικνύει τὴν ἐξάρτησιν τῆς δευτέρας μεταβλητῆς ἀπὸ τὴν πρώτην, ὃ δὲ ὑπεράνω τοῦ τόξου ἀριθμὸς 1 ἀποτελεῖ τὸν συντελεστὴν συσχετίσεως μεταξὺ τῶν μεταβλητῶν αὐτῶν, ὃ ὁποῖος ἐκφράζει τὴν ὑπόθεσιν ὅτι ἡ ἀρχικὴ ἀπόκλισις Β εἶναι ἴση πρὸς τὴν εἰσροὴν Α. Ἐπειδὴ ἡ Α ἐπηρεάζει τὴν Β χωρὶς νὰ ἐπηρεάζεται ταυτοχρόνως ἀπὸ αὐτήν, λέγομεν ὅτι μεταξὺ Α καὶ Β ὑφίσταται σχέσις μονοπλεύρου ἐξαρτήσεως.

Ἡ ἀπόκλισις Β θέτει τώρα εἰς λειτουργίαν τὸ σύστημα αὐτομάτου ἐλέγχου, τὸ ὁποῖον ἐπιδιώκει ἀκριβῶς τὴν ἐξουδετέρωσιν πάσης ἀποκλίσεως καὶ τὴν ἐπίτευξιν τῆς ποσότητος Α. Ἀποτέλεσμα τῆς λειτουργίας ταύτης εἶναι ἡ αὔξησις τῆς ποσότητος (θερμοκρασίας) Γ τοῦ συστήματος (βλ. κατεύθυνσιν τόξου μεταξὺ Β καὶ Γ). Ἡ αὔξησις τῆς ἐν λόγω ποσότητος — τὴν ὁποίαν καλοῦμεν καὶ ἐκροήν — προσδιορίζεται ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς ἀποκλίσεως Β καὶ τὸν συντελεστὴν συσχετίσεως μεταξὺ ταύτης καὶ τῆς Γ. Ἐνταῦθα ὑπετέθη ὅτι ὁ συντελεστὴς οὗτος εἶναι  $\alpha < 1$ . Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ ἀρχικὴ ἐκροή, δηλαδὴ ἡ ἐπιτυγχανομένη ἐντὸς μιᾶς περιόδου αὔξησις τῆς θερμοκρασίας, θὰ εἶναι  $\Gamma = \alpha B$ . Ἡ ποσότης αὕτη ἀφαιρουμένη ἀπὸ τὴν ἐπιδιωκομένην ποσότητα Α, προσδιορίζει τὴν νέαν ἀπόκλισιν Β, ἣτις διατηρεῖ τὸ σύστημα ἐν λειτουργίᾳ. Ἐν ἄλλοις λόγοις, ἡ διαφορὰ Α — Γ (ὅπου Γ τὸ ἐκάστοτε ἐπιτυγχανόμενον ἐπίπεδον θερμοκρασίας) ἀνατροφοδοτεῖται εἰς τὸ σύστημα ἐλέγχου ὡς εἰσροή καὶ προσδιορίζει τὴν νέαν ἀπόκλισιν, ἡ ὁποία τοιοῦτοτρόπως διατηρεῖ τὴν λειτουργίαν τοῦ συστήματος, δη-

μουργούσα νέαν αύξησιν τῆς Γ καὶ συνεπῶς νέαν ἀπόκλισιν (A—Γ) κ.ο.κ. μέχρις οὗτου A—Γ=0, δηλαδή μέχρις ἐξουδετερώσεως πάσης ἀποκλίσεως. Ἡ διαδικασία τῆς αὐτομάτου μετατροπῆς τῆς ἐκάστοτε ἐκροῆς εἰς εἰσροήν πρὸς διατήρησιν τοῦ συστήματος ἐν λειτουργίᾳ καλεῖται «αὐτοδιέγευρις» τοῦ συστήματος. Τὸ τόξον ἀπὸ τὴν Γ πρὸς τὴν Β, μὲ συντελεστὴν συσχετίσεως —1, ὑποδηλοῖ ὅτι ἡ ἀρχικὴ ἀπόκλισις μειοῦται ἐκάστοτε κατὰ ποσὸν ἴσον πρὸς τὴν δημιουργουμένην νέαν θερμοκρασίαν.

Ὑφίσταται προφανῶς μία σχέσις διπλῆς ἐξαρτήσεως ἢ ἀλληλεξαρτήσεως μεταξὺ τῶν ποσοτήτων Β καὶ Γ, καθ' ὅσον ἡ Β προσδιορίζει τὴν Γ (μὲ συντελεστὴν συσχετίσεως +α) καὶ ἡ Γ τὴν Β (μὲ συντελεστὴν συσχετίσεως—1). Ἡ διαδικασία ἀλληλοεπηρεασμοῦ τῶν δύο ποσοτήτων συνεχίζεται μέχρι πλήρους ἐξουδετερώσεως τῆς διαφορᾶς A—Γ.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω περιγραφῆς καθίσταται προφανῆς ἡ ἔννοια τοῦ ὄρου «ἀνατροφοδότησις». Ὁ ὄρος οὗτος ἐκφράζει τὸ γεγονός ὅτι, ἡ προκύπτουσα ἐκροή ἐκ τῆς λειτουργίας τοῦ συστήματος ἐλέγχου ἐπιστρέφει εἰς αὐτὸ ὡς εἰσροή ἢ ἄλλως τροφοδοτεῖ ἐκ νέου τὸ σύστημα (ἀνατροφοδότησις).

Τὸ ἀνωτέρω περιγραφὲν σύστημα ἐμφανίζει ἀρνητικὴν ἀνατροφοδότησιν καθ' ὅσον ἡ ἐκροή ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν συνεχῆ μείωσιν τῆς ἀποκλίσεως μέχρι μηδενισμοῦ ταύτης. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις (βλ. ἐπομένως παραγράφους) τὰ συστήματα ἐλέγχου ἐμφανίζουν θετικὴν ἀνατροφοδότησιν.

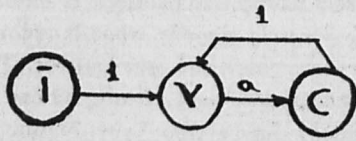
Ἡ ἀλληλεξάρτησις μεταξὺ Β καὶ Γ, εἰς τὸ περιγραφὲν σύστημα, δημιουργεῖ κλειστὸν κύκλωμα (βλ. σχ. 1), τὸ ὁποῖον οἱ μηχανικοὶ ὀνομάζουν συνήθως «βρόγχον». Τὰ συστήματα ἐλέγχου τὰ περιλαμβάνοντα μόνον ἓνα βρόγχον, δυνάμεθα νὰ ἀποκαλέσωμεν συστήματα «ἀπλῆς ἀνατροφοδοτήσεως». Τὰ συστήματα, ἅτινα περιλαμβάνουν δύο ἢ περισσοτέρους βρόγχους, ὀνομάζομεν ἀντιστοιχῶς συστήματα «διπλῆς» ἢ «πολλαπλῆς ἀνατροφοδοτήσεως».

3. Κατόπιν τῶν ἀνωτέρω ἐκτεθέντων περὶ τῆς φύσεως καὶ λειτουργίας τῶν συστημάτων αὐτομάτου ἐλέγχου εἶναι εὐκόλον νὰ κατανοηθῇ ἡ σημασία τῶν συστημάτων αὐτῶν διὰ τὴν οἰκονομικὴν ἀνάγκην. Ἀρκεῖ πρὸς τοῦτο νὰ λεχθῇ ὅτι τὰ οἰκονομικὰ συστήματα (ἢ ὑποδείγματα) περιλαμβάνουν διαφόρους μεταβλητάς, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται μεταξὺ των εἰς σχέσιν ἀλληλεξαρτήσεως ἢ μονοπλεύρου ἐξαρτήσεως. Ἄς λάβωμεν π. χ. τὸ ἀκόλουθον οἰκονομικὸν ὑπόδειγμα (1).

$$\begin{aligned}
 Y &= C + \bar{I} & (1) \\
 C &= a Y \\
 \text{ὅπου } Y &= \text{εἰσόδημα} \\
 C &= \text{κατανάλωσις} \\
 \bar{I} &= \text{«ἐξωγενῶς» προσδιοριζομένη ἐπένδυσις} \\
 a &= \text{ρόπή πρὸς κατανάλωσιν} < 1.
 \end{aligned}$$

1) Δοθέντος ὅτι εἰς τὰ «φυσικὰ ἀνάλογα» λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν μόνον αἱ μεταβολαί, πρὸς ἀπλοῦστευσιν ἐκρίθη σκόπιμος ἡ παράλειψις ἀπὸ τὰ χρησιμοποιούμενα οἰκονομικὰ ὑποδείγματα τῶν σταθερῶν μεγεθῶν.

Τὸ ὑπόδειγμα τοῦτο εἶναι δυνατόν νὰ παρασταθῇ γραφικῶς ὡς ἐν σύστημα ἁπλῆς ἀνατροφοδοτήσεως, συνδέον τὰς μεταβλητὰς  $Y, C, \bar{I}$ :



σχ 2

Τὰ τόξα μετὰ τῶν συντελεστῶν συσχετίσεως δεικνύουν, ὡς καὶ προηγουμένως (σχ. 1), τὴν κατεύθυνσιν καὶ τὸν τρόπον ἐξαρτήσεως τῶν μεταβλητῶν ἀπ' ἀλλήλων. Οὕτω, βλέπομεν ὅτι ἡ  $I$  ἐπηρεάζει θετικῶς κατὰ τὸ αὐτὸ ποσὸν

(συντελεστῆς 1) τὴν  $Y$ , ἡ ὁποία ἐπηρεάζει ἐπίσης θετικῶς κατὰ ποσὸν  $aY$  (συντελεστῆς  $a$ ) τὴν  $C$ , ἐν συνεχείᾳ δὲ ἡ  $C$  αὐξάνει κατὰ τὸ αὐτὸ ποσὸν (συντελεστῆς 1) τὴν  $Y$ . Ὄταν ἐν ἡ περισσότερα τόξα κατευθύνονται πρὸς δοθεῖσαν μεταβλητὴν, αἱ ποσοτικαὶ ἐπιδράσεις τῶν σχετικῶν πρὸς τὰ τόξα ταῦτα μεταβλητῶν προστίθενται διὰ νὰ προσδιορίσουν τὴν δοθεῖσαν μεταβλητὴν. Οὕτω εἰς τὸ σχ. 2 θὰ ἔχωμεν:

$$Y = 1 C + 1 \bar{I} = C + \bar{I} \quad (\alpha)$$

διὰ τὰς ἐπιδράσεις τῶν μεταβλητῶν  $C$  καὶ  $\bar{I}$  ἐπὶ τῆς  $Y$ , καί:

$$C = aY \quad (\beta)$$

διὰ τὴν ἐπίδρασιν τῆς  $Y$  ἐπὶ τῆς  $C$ .

Ἐκ τῶν (α) καὶ (β) συγκροτεῖται τὸ ὑπόδειγμα (1) καὶ κατὰ συνέπειαν ἀποδεικνύεται ἡ ἀντιστοιχία μεταξὺ τοῦ ὑποδείματος τούτου καὶ τοῦ συστήματος ἀνατροφοδοτήσεως τοῦ σχ. 2.

Τὸ σύστημα τοῦ σχ. 2 περιλαμβάνει τὸν βρόγχον  $Y \rightarrow C \rightarrow Y$ . Ὁ βρόγχος οὗτος περιγράφει τὴν ἀλληλεξάρτησιν μεταξὺ τοῦ εἰσοδήματος καὶ τῆς καταναλώσεως, ἣτις προκαλεῖ τὴν δευτερογενῆ αὐτοδιέγερσιν καὶ λειτουργίαν τοῦ συστήματος ἀνατροφοδοτήσεως, μετὰ τὴν πρωτογενῆ διέγερσιν ἐκ τῶν ἐπενδύσεων  $\bar{I}$ . Ἄν, εἰς τὴν ἐξίσωσιν (α) ἡ ὁποία ἐκφράζει τὸν τρόπον ἐπιδράσεως τῶν  $C$  καὶ  $\bar{I}$  ἐπὶ τῆς  $Y$ , θέσωμεν τὴν τιμὴν τῆς  $C$  ἐκ τῆς (β), λαμβάνομεν τὴν ἀνεγμένην ἐξίσωσιν:

$$Y = \frac{1}{1-a} \bar{I} \quad (\gamma)$$

ὅπου  $\frac{1}{1-a}$  ἀποτελεῖ τὸν κεντρικὸν πολλαπλασιαστικὸν ὅσον. Ὁ πολλαπλασιαστὴς οὗτος εἶναι στατικός, καθ' ὅσον δὲν λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν ἐνταῦθα αἱ τυχόν χρονικαὶ ὑστερήσεις (time lags) μεταξὺ εἰσοδήματος καὶ καταναλώσεως.

Ἐν ἄλλοις λόγοις, ὁ βρόγχος  $Y \rightarrow C \rightarrow Y$  ἐκφράζει τὴν πολλαπλασιαστικὴν διαδικασίαν μεταξὺ εἰσοδήματος καὶ καταναλώσεως, τὴν προκαλουμένην ἐκ τῶν ἐξωγενῶν ἐπενδύσεων. Προφανῶς ἡ λειτουργία τοῦ συστήματος ἀνατροφοδοτή-

σεως παύει εὐθὺς ὡς τὸ ἄθροισμα τῶν πολλαπλασιαστικῶν ἐπιδράσεων γίνῃ ἴσον πρὸς  $aY$ , ὁπότε πληροῦνται αἱ σχέσεις τοῦ ὑποδείγματος (1).

\*Αν, ἀντὶ τοῦ ὑποδείγματος (1), ἔχομεν τὸ ὑπόδειγμα :

$$Y = C + I + \bar{C}$$

$$C = aY \tag{2}$$

$$I = \beta Y$$

ἔπου  $Y, C, a$  ἔχουν τὴν προηγουμένως ὑποδειχθεῖσαν ἔννοιαν :

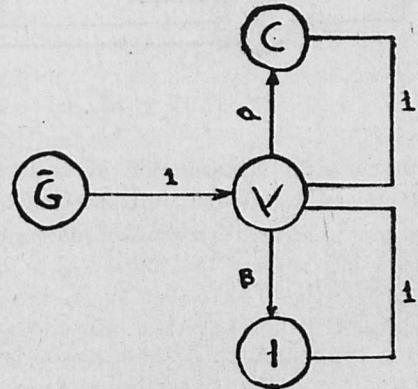
$I$  = ἐνδογενῆς ἐπένδυσις, δηλ. ἐπένδυσις προσδιοριζομένη ἐντὸς τοῦ ὑποδείγματος συναρτήσῃ τοῦ εισοδήματος  $Y$

$\bar{C}$  = κρατικά δαπάναι, ἐξωγενῶς καθοριζόμεναι

$\beta$  = ὁ ἐπιταχυντῆς, δηλ. ὁ συντελεστῆς συσχέτισεως τῶν ἐπενδύσεων πρὸς τὸ εισόδημα

λαμβάνομεν τὸ κάτωθι σύστημα διπλῆς ἀνατροφοδοτήσεως :

Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ὁ βρόγχος  $Y \rightarrow C \rightarrow Y$  παριστᾷ, ὡς καὶ προηγουμένως, τὸν κενύσιανὸν πολλαπλασιαστήν, ὁ δὲ βρόγχος  $Y \rightarrow I \rightarrow Y$  τὸν ἐπιταχυντήν. Οἱ δύο βρόγχοι εὐρίσκονται ὑπὸ ἀλληλεπίδρασιν καὶ συνεπῶς μεμονωμένη ἐξέτασις ἐκάστου δὲν εἶναι δυνατὴ (ἐκτὸς ἐὰν  $\beta=0$  ὁπότε ὁ δεῦτερος βρόγχος ἀπαλείφεται)



Σ x 3

\*Ἡ αὐξησης τῶν μεταβλητῶν τοῦ οἰκονομικοῦ ὑποδείγματος δημιουργεῖ ἀντίστοιχον ἐπέκτασιν τοῦ παριστῶντος τοῦτο συστήματος ἀνατροφοδοτήσεως. Τὸ σύστημα τοῦ σχ. 4 κατωτέρω περιλαμβάνει ἕξ μεταβλητὰς καὶ ἐκφράζει τὰς διακλαδικὰς σχέσεις μιᾶς οἰκονομίας ἀποτελουμένης ἀπὸ 3 κλάδους καὶ ἀποσκοπούσης εἰς τὴν ἱκανοποίησιν δοθείσης τελικῆς ζήτησεως.

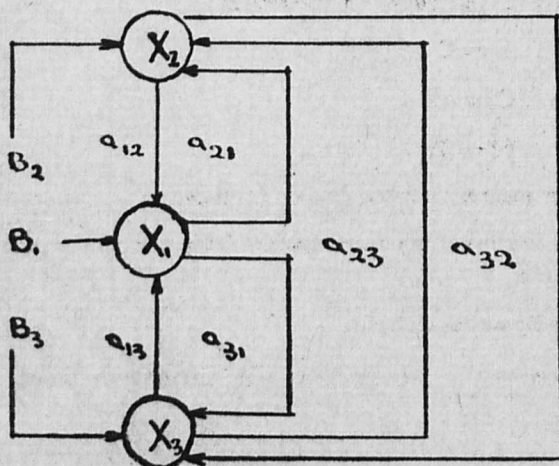
Τὸ σύστημα τοῦτο εἶναι πολλαπλῆς ἀνατροφοδοτήσεως καὶ ἀντιστοιχεῖ εἰς

ἔκτροαι εἰσροαι	1	2	3	τελικὴ ζήτησις	Σύνολον
1		$A_{12}X_2$	$A_{13}X_3$	$B_1$	$X_1$
2	$A_{21}X_1$		$A_{23}X_3$	$B_2$	$X_2$
3	$A_{31}X_1$	$A_{32}X_2$		$B_3$	$X_3$

τὸν παραπλεύρωσ πῖνακα εἰσροῶν - ἔκτροῶν :

ἔπου  $X_1, X_2, X_3$  εἶναι τὸ συνολικὸν προϊόν τῶν κλάδων 1, 2, 3

ἀντιστοίχως,  $a_{ik}$  ὁ συντελεστὴς εἰσροῆς τοῦ κλάδου  $k$  ἀπὸ τὸν κλάδον  $i$  πρὸς παραγωγήν τῆς μονάδος τοῦ προϊόντος τοῦ κλάδου  $k$ , καὶ  $B_1, B_2, B_3$  τὸ πρὸς



Σχ 4

τελικὴν ζήτησιν διατιθέμενον ποσὸν τῶν κλάδων 1, 2, 3. Ἐκ τοῦ σχήματος 4 καταφαίνεται ὅτι αἱ μεταβληταὶ  $B_1, B_2, B_3$  καθορίζονται ἔκτος τοῦ συστήματος, ἐνῶ αἱ μεταβληταὶ  $X_1, X_2, X_3$  ἀλληλοπροσδιορίζονται ἐντὸς τοῦ συστήματος.

4. Μέχρι τοῦδε ἡσχολήθημεν μὲ συστήματα ἀνατροφοδοτήσεως, τὰ ὁποῖα ἐκφράζουν στατικὰ οἰκονομικὰ ὑποδείγματα. Ἡ αὕτη περίπου τεχνικὴ χρησιμοποιεῖται καὶ προκειμένου περὶ δυναμικῶν οἰκονομικῶν ὑποδειγμάτων. Ἐν οἰκονομικὸν ὑπόδει-

γμα καλεῖται δυναμικὸν ἂν αἱ ἐν αὐτῷ μεταβληταὶ προσδιορίζονται χρονικῶς. Οὕτω, π.χ. ἀντὶ τοῦ στατικοῦ ὑποδείγματος (2), ἀνωτέρω, θὰ ἦτο δυνατόν νὰ ἔχωμεν τὸ κάτωθι δυναμικὸν ἰσοδύναμον αὐτοῦ :

$$Y_r = C_r + I_r + G_r$$

$$C_r = aY_{r-1} \quad (2')$$

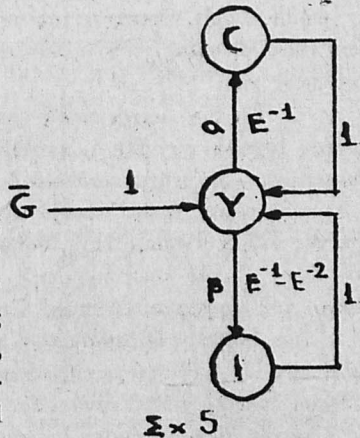
$$I_r = \beta(Y_{r-1} - Y_{r-2})$$

ὅπου τὸ ὑπόσημον  $r$  παριστᾷ ὀρισμένην χρονικὴν περίοδον. Ἡ πρώτη ἐξίσωσις σημαίνει ὅτι τὸ εἰσόδημα τῆς περιόδου  $r$  ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς ἰδιωτικὰς δαπάνας διὰ κατανάλωσιν καὶ ἐπενδύσεις καὶ τὰς δαπάνας τοῦ Κράτους, κατὰ τὴν αὐτὴν περίοδον. Ἡ δευτέρα ἐξίσωσις σημαίνει ὅτι ἡ ἰδιωτικὴ κατανάλωσις τῆς περιόδου  $r$  προσδιορίζεται (κατὰ τὸν συντελεστὴν  $a$ ) ἀπὸ τὸ εἰσόδημα τῆς προηγουμένης περιόδου  $r - 1$ .

Ἡ τρίτη ἐξίσωσις ἐκφράζει τὴν ὑπόθεσιν ὅτι αἱ ἰδιωτικαὶ ἐπενδύσεις τῆς περιόδου  $r$  ἐξαρτῶνται (κατὰ τὸν συντελεστὴν ἐπιταχύνσεως  $\beta$ ) ἐκ τῆς αὐξήσεως τοῦ εἰσοδήματος μεταξὺ τῶν δύο προηγουμένων περιόδων. Γίνεται συνεπῶς δεκτὴ συμφώνως πρὸς τὰς δύο τελευταίας ἐξισώσεις, ἡ ὑπαρξὶς χρονικῶν ὑστερήσεων μεταξὺ ἰδιωτικῶν δαπανῶν (καταναλώσεως καὶ ἐπενδύσεως) καὶ εἰσοδήματος. Εἰς τὸ σύστημα ἀνατροφοδοτήσεως αἱ χρονικαὶ ὑστερήσεις ἐκφράζονται διὰ καταλλήλων ἐνδείξεων εἰς τὰ ἀντίστοιχα τόξα συσχετισμοῦ :

Τὸ σύμβολον  $E^{-1}$  παριστᾷ ὑστέρησιν μιᾶς περιόδου τὸ δὲ σύμβολον  $E^{-2}$  ὑστέρησιν δύο περιόδων. Κατὰ συνέπειαν ἡ ὑστέρησις εἰσοδήματος · καταναλώσεως ( $r-1$ ) ἐμφανίζεται ὡς  $E^{-1}$ , ἡ δὲ ὑστέρησις εἰσοδήματος · ἐπενδύσεων ὡς  $E^{-1} - E^{-2}$ .

Δυνατὸν αἰ χρονικαὶ ἐξαρτήσεις τῶν μεταβλητῶν ἑνὸς οικονομικοῦ ὑποδείγματος νὰ ἐκδηλοῦνται ὄχι μόνον κατὰ συγκεκριμένας χρονικὰς περιόδους (period analysis) ἀλλ' ἐπίσης καὶ ὡς συνεχεῖς μεταβολαὶ (rate analysis). Μαθηματικῶς αἰ κατὰ περιόδους μεταβολαὶ παριστῶνται δι' ἐξισώσεων διαφορῶν (βλ. ὑπόδειγμα 2') αἰ δὲ συνεχεῖς μεταβολαὶ δι' ἐξισώσεων διαφορικῶν. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις (ὑποδείγματα Kalecki, Goodwin, κλπ.) δυνατὸν νὰ ἔχωμεν μικτὰ συστήματα ἐξισώσεων (difference - differential systems).



5. Δὲν ὑπάρχει ἀμφιβολία ὅτι ἡ χρησιμοποίησις «φυσικῶν ἀναλόγων» διὰ τὴν περιγραφὴν οικονομικῶν ὑποδειγμάτων πλεονεκτεῖ πολλὰκις ἔναντι τῶν ἀπλῶν συστημάτων ἐξισώσεων, διότι ἐπιτρέπει τὴν παρουσίαν τῶν σχέσεων μεταξὺ τῶν διαφορῶν μεταβλητῶν μὲ ἐξαιρετικὴν σαφήνειαν. Ἐξ ἄλλου εἰς τινὰς περιπτώσεις ἡ μετατροπὴ τοῦ οικονομικοῦ ὑποδείγματος εἰς τὸ «φυσικὸν ἀνάλογον» αὐτοῦ παρέχει τὴν δυνατότητα χρησιμοποίησεως ὑπὸ τοῦ οικονομολόγου τῆς ὑπολογιστικῆς τεχνικῆς τοῦ μηχανικοῦ διὰ τὴν λύσιν οικονομικῶν προβλημάτων. Τοῦτο καθίσταται ἰδιαιτέρως ἐμφανὲς εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν δυναμικῶν ὑποδειγμάτων, τὰ ὅποια ὑφ' ὄρισμένας συνθήκας συμπεριφέρονται κυματοειδῶς. Ἡ «ἀρμονικὴ ἀνάλυσις» ἢ ἡ ἀνάλυσις τῶν σειρῶν Fourier θὰ ἠδύνατο τότε νὰ χρησιμοποιηθοῦν διὰ τὴν μελέτην καὶ «ρυθμίσειν» τῶν ἐν λόγῳ ὑποδειγμάτων.

Εἰδικώτερον ὅσον ἀφορᾷ τὴν «ρυθμίσειν» (Regulation) τῶν οικονομικῶν συστημάτων, οἱ οικονομολόγοι ἔχουν νὰ ὠφεληθοῦν πολλαπλῶς ἀπὸ τὴν πρακτικὴν τῶν μηχανικῶν καὶ τῶν ἠλεκτρολόγων. Μὲ τὴν σημερινὴν ἐξέλιξιν τῆς οικονομικῆς ἐπιστήμης πρὸς τὴν κατεύθυνσιν τῆς μελέτης «κανονιστικῶν» προβλημάτων, δηλ. προβλημάτων πολιτικῆς, ἡ ἔννοια τῆς «ρυθμίσεως» ἀποκτᾷ ὀλοπλήρως μεγαλυτέραν σημασίαν. Κλασσικὸν παράδειγμα οικονομικοῦ συστήματος αὐτομάτου ἐλέγχου εἶναι οἱ «αὐτόματοι» σταθεροποιηταὶ (Build - in Stabilisers), οἱ ὅποιοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τινὰς χώρας πρὸς ἐξουδετέρωσιν τῶν διακυμάνσεων εἰς τὴν οικονομικὴν δραστηριότητα καὶ τὴν ἀπασχόλησιν. Ὡς γνωστόν, οἱ αὐτόματοι σταθεροποιηταὶ ἀξιάζουν τὴν ἐνεργὸν ζήτησιν, ὅταν αὕτη μειωθῇ κάτωθεν ἑνὸς ὁρίου, διὰ τῆς αὐτομάτου μειώσεως τῶν φόρων καταναλώσεως, τῆς ἀυξήσεως τῶν ἐπιδομάτων ἀνεργίας κλπ. Ἡ λειτουργία καὶ διάρθρωσις τοῦ συστήματος τούτου ὁμοιάζει εἰς σημαντικὸν βαθμὸν μὲ τὰ μηχανικὰ σερβοσυστήματα.

Εἰς τινὰς περιπτώσεις ἡ τεχνικὴ τῶν φυσικῶν ἀναλόγων ἔχει χρησιμοποιηθῆ ἐπιτυχῶς διὰ τὴν κατασκευὴν μηχανικῶν, ἠλεκτρικῶν κλπ. ὑποδειγμάτων

τῆς οἰκονομίας ἐν τῷ συνόλῳ, διὰ διδακτικούς σκοπούς. Ἐχομεν ὑπ' ὄψιν μας εἰδικώτερον τὸ ὑδραυλικὸν ἀνάλογον τῆς Οἰκονομικῆς Σχολῆς τοῦ Μάντσεστερ, τὸ ὁποῖον, δι' ἐνὸς συστήματος ὑαλίνων σωλήνων ἐντὸς τῶν ὁποίων κυκλοφορεῖ ἔγχρωμον ὑγρὸν, δεικνύει τὰς συναλλακτικὰς σχέσεις μεταξὺ τῶν διαφόρων κλάδων τῆς οἰκονομίας, τὰς πολλαπλασιαστικὰς ἐπιδράσεις τῆς αὐξήσεως τῆς ἐνεργοῦ ζήτησεως κλπ.

6. Ἐκ τῶν μέχρι τοῦδε ἐκτεθέντων καθίσταται νομίζομεν σαφὲς ὅτι ὑφίσταται ἰσχυρὰ συγγένεια μεταξὺ τῶν συστημάτων τοῦ οἰκονομολόγου καὶ τῶν συστημάτων τοῦ μηχανικοῦ καὶ ὅτι εἶναι, ὡς ἐκ τούτου, συμφέρουσα εἰς πλείστας περιπτώσεις ἢ κατ' ἀναλογίαν χρησιμοποίησις ὑπὸ τοῦ πρώτου τῶν μεθόδων ἐρεῦνης τοῦ δευτέρου. Ἦδη, ἐσημειώθη οὐσιώδης πρόοδος πρὸς τὴν κατεύθυνσιν αὐτὴν μὲ τὰς πρωτοποριακὰς ἐργασίας τοῦ οἰκονομολόγου A. W. Phillips (1950) τοῦ μηχανικοῦ Arnold Tustin (1953) καὶ ἄλλων.

Δὲν θὰ ἔπρεπε βεβαίως νὰ νομισθῇ ὅτι ὑπερτιμῶμεν τὰς δυνατότητας πρὸς βελτίωσιν τῆς μεθοδολογικῆς πρακτικῆς τῶν οἰκονομολόγων, τὰς ἀπορροεῦσας ἐκ τοῦ συσχετισμοῦ τῶν οἰκονομικῶν συστημάτων πρὸς τὰ μηχανικὰ των ἀντίστοιχα. Τὰ οἰκονομικὰ προβλήματα ἐμφανίζουσι ἰδιοτυπίας, αἱ ὁποῖαι δὲν ἐπιδέχονται πάντοτε μηχανιστικὴν ἀνάλυσιν. Δὲν πρέπει ὅμως ἀντιθέτως νὰ ὑποτιμῶμεν τὰς ὡς ἄνω δυνατότητας, καθ' ὅσον τοῦτο θὰ εἶχεν ὡς συνέπειαν εἰς πολλὰς περιπτώσεις καταβολὴν ἀσκόπων προσπαθειῶν, ἐκ μέρους τῶν οἰκονομολόγων διὰ τὴν ἀνάπτυξιν μεθόδων ἐρεῦνης, τὰς ὁποίας θὰ ἦτο δυνατόν, ὡς ἐτονίσαμεν εἰς τὸ παρὸν εἰσαγωγικὸν ἄρθρον, νὰ δανεισθοῦν ἀπὸ ἐπιστήμας περισσότερον προηγμένας τῆς ἰδικῆς των.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allen (R.G.D.)—«Mathematical Economics», Mc Millan 1956.
- Phillips (A.W.)—«Mechanical Models in Economic Dynamics», *Econometrica*, 1950.
- Phillips (A.W.)—«Stabilisation Policy in Closed Economy», *Economic Journal*, 1954.
- Smith (D.J.M.) and Erdley (H.E.)—«An Electronic Analogue for an Economic System», *Electrical Engineering*, 1952.
- Tustin Arnold—«The Mechanism of Economic Systems», Heine-  
mann, 1953.