



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΜΠΑΤΣΗΣ

Στη Μνήμη του Rudolph Emil Kálmán (1930-2016)

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΜΑΡΙΟΛΗΣ

Σειρά Δημοσιεύσεων Πολυτεχνικού Τμήματος
Αρ. 1

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016

Στη Μνήμη του Rudolph Emil Kálmán (1930-2016)

Θεόδωρος Μαριόλης
Καθηγητής Πολιτικής Οικονομίας
Πάντειο Πανεπιστήμιο

Ο Ουγγρικής καταγωγής Καθηγητής Rudolph Emil Kálmán γεννήθηκε στη Βουδαπέστη, στις 19 Μαΐου 1930, και απεβίωσε στις 2 Ιουλίου 2016, στην Gainesville της Φλόριντα των ΗΠΑ, σε ηλικία 86 ετών. Ήταν παντρεμένος με την Κωνσταντίνα Σταύρου, είχε δύο παιδιά και οκτώ εγγόνια.

Το έτος 1943, ο Kalman μετανάστευσε στις ΗΠΑ. Έλαβε πτυχίο (1953) και μεταπτυχιακό (1954) Ηλεκτρολόγου Μηχανικού από το M.I.T.. Εκπόνησε τη διδακτορική διατριβή του (1957) στο Πανεπιστήμιο Columbia. Κατά την περίοδο 1958-1964 ήταν ερευνητής στο Research Institute for Advanced Studies, στη Βαλτιμόρη. Κατά την περίοδο 1964-1971 ήταν Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Stanford. Από το 1971 έως το 1992 ήταν Καθηγητής Έρευνας και Διευθυντής του Κέντρου Μαθηματικής Θεωρίας των Συστημάτων, στο Πανεπιστήμιο της Φλόριντα. Παράλληλα, από το 1973 έως το 1997, όπου συνταξιοδοτήθηκε, ήταν Πρόεδρος της Μαθηματικής Θεωρίας των Συστημάτων στο Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Τεχνολογίας στη Ζυρίχη. Έλαβε πολλές διεθνείς τιμητικές διακρίσεις, ενώ στις 7 Οκτωβρίου 2009 βραβεύθηκε με το Εθνικό Μετάλλιο των Επιστημών των ΗΠΑ, το οποίο συνιστά την ανώτατη επιστημονική βράβευση σε αυτή τη χώρα.

Ο Kalman είναι πρωτοπόρος στη θεμελίωση και ανάπτυξη της Σύγχρονης Γενικής Μαθηματικής Θεωρίας των Συστημάτων. Δεν είναι ο μοναδικός, αλλά σίγουρα ήταν από εκείνους, οι οποίοι διέθεταν ολιστική θεώρηση για αυτό το σαφώς προσδιορισμένο αλλά, ταυτοχρόνως, ευρύτατο πεδίο. Πεδίο που διαπερνά πλήθος – φαινομενικά ή ουσιαστικά ετερογενών μεταξύ τους – επιστημών και αφετέρου ενέχει θεμελιώδεις φιλοσοφικές προκείμενες αλλά και συνεπαγωγές.

Όταν έρχεται κανείς σε επαφή με τα γραπτά του Kalman, είναι εξαιρετικά δύσκολο να μείνει απαθής. Σε μία από τις εργασίες του, δια των οποίων θεμελιώθηκε, στις αρχές της δεκαετίας του 1960, η εν λόγω Γενική Θεωρία, επισημαίνεται:

Axiomatic definition of a dynamical system: Macroscopic physical phenomena are commonly described in terms of cause-and-effect relationships. This is the “Principle of Causality”. The idea involved here is at least as old as Newtonian mechanics. According to the latter, the motion of a system of particles is fully determined for all future time by the present

positions and momenta of the particles and by the present and future forces acting on the system. How the particles actually attained their present positions and momenta is immaterial. Future forces can have no effect on what happens at present. In modern terminology, we say that the numbers which specify the instantaneous position and momentum of each particle represent the *state* of the system. The state is to be regarded always as an abstract quantity. Intuitively speaking, the state is the minimum amount of information about the past history of the system which suffices to predict the effect of the past upon the future. Further, we say that the forces acting on the particles are the *inputs* of the system. Any variable in the system which can be directly observed is an *output*. (Kalman, 1963, p. 154)

Σε άλλη, αρκετά μεταγενέστερη συμβολή του, η οποία πραγματεύεται κριτικά τη λογική δόμησης των συνήθων δυναμικών υποδειγμάτων και, ιδίως, εκείνων της οικονομικής επιστήμης, υπογραμμίζονται, με αφορμή ένα ζήτημα (το οποίο, μάλιστα, δεν είναι, εδώ και κάποια χρόνια, ανενεργό για την ελληνική οικονομία), τα εξής:

According to the *basic Keynesian model*, the domestic price rise as a percentage of depreciation would correspond, at most, to the percentage of foreign trade in the national economy; thus, for the US, less than about 8 per cent of the lowered external value of the dollar would react back in the form of higher domestic prices. On the other hand, the so called *global monetary theory* implies that the effect would be, in the long run, 100 per cent. [...] Evidently both the Keynesian and global monetarist models represent attempts to grasp a piece of economic reality. As such, they are intuitively valuable. But they contribute little to modeling the economic system *as it really is*; their information value is too modest. The essential issues are of course of the *dynamic* type. The hedging phrases “short run” and “long run” simply reveal the inability of the simple models to cope with this aspect of the problem. Given that this is how things are, the effectiveness of economic theory for building models of predictive power is now and is likely to remain very limited. In the interests of modesty, it is well to bear in mind that the scenario is analogous with predicting the behavior, i.e., output, of a computer which has just been loaded with a big program about which little is known. The Keynesian will say: In the short run, the computer will put out many numbers. The global monetarist will say: In the long run the computer will stop but it will be warmer when it stops than when it has started. Such statements are trivial or irrelevant or misleading as far as the real system aspects are concerned. There is no substitute for finding out what the program actually is. It is well to bear in mind also (to rub in some conventional wisdom from the system field) that in the economic problem under discussion a simple and reliable answer may be expected only if it

were true that the effect of exchange-rate change on domestic price level is *loosely* coupled to the rest of the economy. If a phenomenon is loosely coupled then we are in the classical-science situation area and there is no problem (Very probably the problem has been solved already). But, on the other hand, if the phenomenon is *not* loosely coupled, then we have a system-determined problem with all its attendant difficulties. Contemporary analytic economic theory shows little awareness of these elementary facts of life. (Kalman, 1979, pp. 17-18)

Δύο είναι, σε γενικούς όρους, οι θεμελιώδεις ειδικές επιστημονικές συνεισφορές του Kalman:

(i). Η απόδειξη της μη-πληρότητας της παραδοσιακής απεικόνισης των δυναμικών συστημάτων μέσω «συναρτήσεων μεταφοράς» (*transfer functions*) ή, αλλιώς, στο «πεδίο της μιγαδικής συχνότητας». Κατ' επέκταση, η ανάγκη αντικατάστασή της από απεικονίσεις μέσω «μεταβλητών κατάστασης» (*state variables*) ή, αλλιώς, στο «πεδίο του χρόνου». Στο πλαίσιο αυτής της απόδειξης, ο Kalman συγκρότησε τις έννοιες του «ελέγξιμου» (*controllable*) και «παρατηρήσιμου» (*observable*) συστήματος και, έτσι, ανέδειξε το εξής πρόβλημα: Όταν ένα σύστημα είναι «μη-ελέγξιμο» ή/και «μη-παρατηρήσιμο», τότε, κατά την απεικόνισή του μέσω «συναρτήσεων μεταφοράς», αναγκαστικά συντελείται ορισμένη απώλεια πληροφορίας (*Kalman Decomposition Theorem*).

Με αυτήν τη συνεισφορά του, ο Kalman θεμελίωσε τη Σύγχρονη Θεωρία Ελέγχου των Συστημάτων. Πριν από αυτόν, μόνο ορισμένοι σοβιετικοί φυσικομαθηματικοί και μηχανικοί (όπως οι Aleksandr Aleksandrovich Andronov και Anatolii Isakovich Lur'e, μεταξύ άλλων) είχαν αναπτύξει απεικονίσεις στο «πεδίο του χρόνου», αλλά δεν – φαίνεται ότι – είχαν αντλήσει όλα τα επιβαλλόμενα πορίσματα. Τέλος, δεν απαιτείται να τονιστεί η εν λόγω συνεισφορά του Kalman έχει πρωτεύουσες συνεπαγωγές για όλες τις επιστήμες, οι οποίες χρησιμοποιούν συστημικές απεικονίσεις, ενώ έχει, μεταξύ άλλων, αποδειχθεί, κατά την τελευταία δεκαετία, ότι προσφέρει βάση επίλυσης ή, έστω, νέας προσέγγισης κομβικών ζητημάτων, θεωρητικών και εμπειρικών, της οικονομικής επιστήμης περί εμπορευματικών τιμών, κατανομής και μεγέθυνσης του κοινωνικού εισοδήματος.

(ii). Σε συνάφεια με ό,τι προαναφέρθηκε, η κατασκευή ενός μαθηματικού αλγορίθμου, γνωστού, σήμερα, ως «Φίλτρο Kalman», ο οποίος συνίσταται σε αλγεβρικές εκτιμήσεις των μεταβλητών κατάστασης ενός συστήματος μέσω μίας επαναληπτικής διαδικασίας διόρθωσης των παραγομένων εκτιμήσεων βάσει μετρήσεων επί του πραγματικού συστήματος (Kalman, 1960).

Αυτό το «φίλτρο» εφαρμόστηκε κατά τον πρακτικό έλεγχο («κυβερνητική») διαφόρων συστημάτων, όπως και για την πλοήγηση του Απόλλων 11, καθώς και σε πλήθος ετερογενών προβλημάτων σχηματισμού προβλέψεων (μετεωρολογία, οικονομία, σεισμολογία, εδαφομηχανική κ.λπ.).

Η ουσία της κοσμοθεώρησης του Kalman έγκειται, είμαι της άποψης, στον προσδιορισμό της ομοιότητας μέσα στην ετερότητα και, αντιστρόφως ή αναδραστικά, της ετερότητας μέσα στην ομοιότητα. Είναι, λοιπόν, γνησίως διαλεκτική.

Μπορεί οι θεμελιώδεις ειδικές επιστημονικές συνεισφορές του να έχουν πλήρη εφαρμογή μόνο στην ειδική περίπτωση των γραμμικών συστημάτων ή, αλλιώς, να απαιτούν σημαντικές ανασκευές για την πραγματοκρατική περίπτωση των μη-γραμμικών συστημάτων. Μπορεί, επίσης, και αυτό είναι μάλλον πιο κρίσιμο σε όρους Γενικής Επιστήμης, να είναι – μερικώς – ακατάλληλες κατά την ανάλυση εκείνων των συστημάτων (βιολογικών και κοινωνικών), όπου οι ατομικές και συλλογικές προσδοκίες διαδραματίζουν ενεργό ρόλο ή, με άλλα λόγια, όπου «το μέλλον επηρεάζει το παρόν, όπως ακριβώς το επηρεάζει και το παρελθόν» (Friedrich Nietzsche). Η πραγματικότητα, όμως, του Rudolph Emil Kálmán δεν ήταν παρά εκείνη του αγώνα. Δεν θεωρούσε ότι υπάρχει υποκατάστατο για την επιπρόσθετη, προς άντληση γνώση και, έτσι, στρατευόταν, όπως ο ίδιος είχε δηλώσει, κάτω από τη ρήση του David Hilbert: «Πρέπει να μάθουμε. Θα μάθουμε.». Ο αγώνας συνεχίζεται.

Αναφορές

- Kalman, R. E. (1960) A new approach to linear filtering and prediction problems, *Journal of Basic Engineering*, 82 (1), pp. 35-45.
- Kalman, R. E. (1963) Mathematical description of linear dynamical systems, *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics on Control*, 1 (2), pp. 152-192.
- Kalman, R. E. (1979) A system-theoretic critique of dynamic economic models, in: B. Lazarevic (Ed.) *Global and Large Scale System Models*, Lecture Notes in Control and Information Sciences, Vol. 19, Berlin, Springer, pp. 3-24.