



ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

ΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΙΤΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ GRANGER

της

ΜΗΔΕΙΑΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΟΥ

A.M. 261/10

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Μαρίνα Σύρπη

Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2019

Copyright © **Μήδεια/ Αντωνιάδου**, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Λογιστικής και Πληροφοριακών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Λογιστικής και Πληροφοριακών Συστημάτων του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Σύρπη για την κατανόηση και την υπομονή της.

Περίληψη

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μάθηση της αιτιότητας και πιο συγκεκριμένα της αιτιότητας κατά του Granger. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος ένα από τα κυριότερα θέματα ήταν να γίνει μια αναφορά στο τι είναι αιτιότητα και από που προέρχεται. Στην συνέχεια αναφέρθηκαν σημαντικοί φιλόσοφοι οι οποίοι ήταν υπέρ της. Για να γίνει ωστόσο αντιληπτή η έννοια της αιτιότητας επιλέχθηκε να αναλυθεί τον τι είναι οικονομετρία. Αφού ακολουθήθηκαν τα παραπάνω κύριο μέλημα της εργασίας ήταν να αναλυθεί η αιτιότητα κατά του Granger δηλαδή το τι υποστήριζε ο ίδιος για την κατεύθυνση της αιτιότητας. Τέλος δεν πρέπει να παραληφθεί πως σημαντικό κομμάτι της εργασίας ήταν το σύστημα VAR το οποίο εξετάζει τις αιτιώδεις σχέσεις ανάμεσα σε δύο οι περισσότερες μεταβλητές.

Λέξεις κλειδιά:

Αιτιότητα, Granger, Οικονομετρία, Συστήματα VAR.

Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος	i
Περίληψη.....	iii
Εισαγωγή	1
1^ο Κεφάλαιο: Αιτιότητα, ένα Φιλοσοφικό Πρόβλημα	5
1.1 Φιλοσοφικός ορισμός κατά τον ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗ (384 π.Χ. – 322 π.Χ.)	5
1.2 Φιλοσοφικός ορισμός κατά το DAVID HUME (1711 – 1776)	7
1.3 Φιλοσοφικός ορισμός κατά το EMMANOUEL KANT (1724 – 1804)	9
1.4 Από τη Φιλοσοφία στην Επιστήμη PATRIC SUPPES (1922 – 2014).....	12
2^ο Κεφάλαιο: Αντικείμενο και Μεθοδολογία της Οικονομετρίας	16
2.1 Τί είναι η Οικονομετρία;	16
2.2 Ιστορική Ανασκόπηση.....	18
2.3 Μεθοδολογία της Οικονομετρίας.....	21
2.4 Κλάδοι της Οικονομετρίας	23
3^ο Κεφάλαιο: Σύγχρονοι Μέθοδοι Ανάλυσης Χρονολογικών Σειρών	25
3.1 Εισαγωγή.....	25
3.2 Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών και Στασιμότητας	26
3.3 Εμπειρικοί Κανόνες	26
3.3.1 Έλεγχοι Dickey – Fuller	29
3.3.1 Επαυξημένος έλεγχος Dickey – Fuller	30
3.4 Συνολοκλήρωση (Cointegration)	31
3.5 Engle & Granger	33
3.6 Υπόδειγμα Διόρθωσης Σφάλματος (ECM)	33
3.7 Έλεγχοι Johansen	35
4^ο Κεφάλαιο: Έλεγχοι Αιτιότητας του Granger	40
4.1 Sir Clive William John Granger	40
4.2 Η Αιτιότητα στην Οικονομετρία	42

4.3 Η Αιτιότητα κατά τον Granger	26
4.4 Ο Έλεγχος Αιτιότητας του Granger	45
5^ο Κεφάλαιο: VAR και Αιτιότητα	48
5.1 Συστήματα VAR	48
5.2 Εκτίμηση VAR	50
5.3 Διαγνωστικός Έλεγχος και Πρόβλεψη των Υποδειγμάτων VAR	53
5.4 VAR και Αιτιότητα	55
Επίλογος	56

Εισαγωγή

Η έννοια της αιτιότητας (Causality) δεν είναι καινούργια. Ήδη από την αρχαιότητα είχε κυρίαρχο ρόλο στην επιστημονική σκέψη, αφού ο άνθρωπος πάντα προσπαθούσε να βρει την αιτία πίσω από τα γεγονότα. Από την πρωταυγή ακόμη της ανθρώπινης σκέψης και κατανόησης, ο άνθρωπος αναρωτιόταν για τον εαυτό του με δέος. Γιατί συμπεριφερόμαστε όπως συμπεριφερόμαστε; Γιατί είμαστε σε θέση να δώσουμε λογικές εξηγήσεις για ορισμένες από τις πράξεις μας, αλλά όχι για άλλες; Γιατί αλλάζουμε διαθέσεις και γινόμαστε συχνά δύσθυμοι; Γιατί δείχνουμε να έχουμε επίγνωση ότι γνωρίζουμε; Στην πορεία της ανθρώπινης εμπειρίας, οι άνθρωποι βρήκαν απαντήσεις για ερωτήματα σαν κι αυτά, συνήθως δε οι εξηγήσεις τους πρότειναν κάποια αίτια. Για παράδειγμα, τρέχουμε να φύγουμε, όταν φοβόμαστε ή κλαίμε, όταν λυπόμαστε.

Ο Γάλλος φιλόσοφος του 19^{ου} αιώνα Ογκύστ Κοντ, θεώρησε ότι οι αιτιακές αυτές εξηγήσεις, χαρακτηρίζονται από την προοδευτική διαδοχή πνευματικών σταδίων. Το πιο πρωτόγονο στάδιο, ονομάστηκε «θεολογικό», επειδή οι άνθρωποι θεώρησαν ότι ο αιτιώδης παράγοντας που ήταν υπεύθυνος για τις αλλαγές στη φύση και τους ίδιους, ήταν ο θεός. Πράγματι, πολλές αρχαίες κοινωνίες, επινόησαν θεούς τρομακτικής δύναμης. Τέτοια πνεύματα, χρησιμοποιούνταν, για να εξηγήσουν την ανθρώπινη συμπεριφορά, μάλιστα η καλύτερη προτροπή για τον άνθρωπο, που επιθυμούσε να αλλάξει τον εαυτό του ήταν η προσευχή και η προσφορά θυσίας στον κατάλληλο θεό. Εκτός αυτού, φυσικές αλλαγές, όπως εκρήξεις ηφαιστείων ή καταιγίδες, θεωρούνταν πως αντανάκλουν τη δυσαρέσκεια των θεών για κάποια ανθρώπινη δραστηριότητα.

Ακόμη και η πιο επιπόλαιη ματιά στην ιστορία της φιλοσοφίας, είναι αρκετή για να αντιληφθεί κάποιος ότι η έννοια της αιτιότητας αποτελεί ένα «φιλοσοφικό πρόβλημα» και γι' αυτό εμπλέκεται στην αιώνια φιλοσοφική συζήτηση.

Τόσα πολλά είναι αυτά που γράφθηκαν, σχετικά με την έννοια της αιτιότητας, ώστε καθίσταται αδύνατο να δοθεί μια επαρκής κάλυψη όλων των ιδεών που έχουν εκφραστεί.

Στους νεότερους χρόνους η θεωρία της αιτιότητας θεμελιώθηκε από το διαλεκτικό υλισμό. Ο υλισμός παραδέχεται την αντικειμενική ύπαρξη της αιτιότητας μέσα στη φύση και στην κοινωνία και την αντανάκλαση των νόμων αυτών μέσα στο μυαλό του ανθρώπου. Στην αντικειμενική αιτιότητα μέσα στη φύση και στην κοινωνία ο Άγγλος εμπειριστής φιλόσοφος

David Hume αντιπαραθέτει την υποκειμενική αντίληψη της αιτιότητας. Ο Καντ θεωρεί ως a priori το αξίωμα της αιτιότητας το οποίο ωστόσο ισχύει μόνο στην περιοχή της εμπειρίας.

Απόπειρες για μία πιθανολογική θεώρηση της αιτιότητας είχαν γίνει ακόμα από τον 17^ο αιώνα, σε επιδημιολογικές μελέτες που στόχευαν στον προσδιορισμό των αιτιών της πανούκλας, και τον 18^ο αιώνα, σε πιθανολογικές αναλύσεις της αποτελεσματικότητας εμβολίων. Επίσης το πρόβλημα των «κίβδηλων συσχετίσεων» (spurious correlations), δηλαδή της παρουσίας στατιστικών συσχετίσεων που δεν πιστοποιούν την ύπαρξη της αιτιότητας είχαν προσδιοριστεί και συζητηθεί εκτενώς από τους Edgeworth, Pearson και Yule κατά την δεκαετία 1890 - 1910. Οι ουσιαστικές όμως προσπάθειες για την ανάλυση και την ερμηνεία των γεγονότων μέσα στο πλαίσιο της θεωρίας των πιθανοτήτων και κατά συνέπεια η πραγμάτευση της αιτιότητας, ξεκίνησαν μετά την εμφάνιση της κβαντικής θεωρίας, που μας έδειξε ότι ζούμε σε ένα σύμπαν όπου οι πιο βασικοί νόμοι της φυσικής δεν είναι προσδιοριστικοί. Η κβαντική θεωρία επέδρασε καταλυτικά στις απόψεις των φιλοσόφων για την έννοια και είναι πολύ χαρακτηριστικό ότι ακόμα και ο Bertrand Russell αναγκάστηκε να αναθεωρήσει την ακραία στάση του.

Η επιστήμη στον Δυτικό πολιτισμό, γεννήθηκε, όταν οι Έλληνες έγιναν οι πρώτοι στοχαστές, οι οποίοι μετέθεσαν την έδρα των ζητούμενων αιτιακών εξηγήσεων, από το θεό, στη φύση και το περιβάλλον. Υπάρχουν πέντε προσανατολισμοί, που επιχείρησαν να αποκαλύψουν τις αιτιακές εξηγήσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας, με βάση φυσικές πρώτες αρχές ή τουλάχιστον αναλογίες προερχόμενες από τη φύση. Οι προσανατολισμοί διέφεραν ως προς την έμφαση, που έδιναν σε διαφορετικές πτυχές είτε του εσωτερικού είτε του εξωτερικού ανθρώπινου περιβάλλοντος. Αρχικά, γίνεται λόγος για το φυσιοκρατικό προσανατολισμό, οι εκφάνσεις του οποίου, αναζητούσαν στο φυσικό εξωγενές του ανθρώπου περιβάλλον, τις αιτίες των ζωοποιών αρχών. Συγκεκριμένα, ο Θαλής (640 - 546 π.Χ.), θεωρούσε, ως πρωτογενές στοιχείο το «ύδωρ», γιατί είναι εγγενές σε κάθε μορφή ζωής. Ανάγοντας τα πάντα στο νερό, ο Θαλής, υπογραμμίζει την ενότητα της φύσης. Ύλη και ζωή, είναι αδιαχώριστες, γιατί σύμπασα η φύση γεννάται από νερό, μα και σε υδάτινη μορφή καταλήγει. Ο Θαλής, θεωρώντας το ζωοποιό στοιχείο του ύδατος ικανή εξήγηση για κάθε μορφή της φύσης, ανεξαρτήτως ιδιαίτερων χωροχρονικών εκδηλώσεων, εξέφραζε μονισμό. Ο Αναξίμανδρος, υποστήριζε, με τη σειρά του, πως η γη είναι κύλινδρος αιωρούμενος εν μέσω του σύμπαντος, με τον ήλιο, τη σελήνη και τα αστέρια να περιστρέφονται γύρω της. Ισχυρίστηκε ότι τα θεμελιώδη στοιχεία της φύσης, εμπεριέχονται στο «άπειρον», στο απέραντο συμπαντικό διάστημα. Η άπειρη αυτή μάζα αναπτύσσει από τις ίδιες τις άμορφες δυνάμεις τις ποικίλες εκδηλώσεις της φύσεως. Ο Αναξίμανης, διατύπωσε την εικασία ότι ήταν ο «αήρ», που μας περιβάλλει, τον οποίο καλούσε και «πνεύμα», το

ζωογόνο αίτιο της φύσης. Στη συνέχεια, ο Δημόκριτος, υπογράμμισε, πως οι γνώσεις μας βρίσκονται στις αισθήσεις, οι οποίες με τη σειρά τους προσλαμβάνουν «άτομα» εκπεμπόμενα από τα αντικείμενα, που υπάρχουν στον κόσμο. Άρα, οι κρίσιμης σημασίας εξηγήσεις για τη ζωή, βρίσκονται στα άτομα, που συνιστούν την ύλη. Ο Ηράκλειτος, με τη σειρά του, αναζητούσε στο «πυρ», τη μοναδική ενοποιητική αρχή, που θα μπορούσε να εξηγήσει τη φύση της αλλαγής και της μονιμότητας του κόσμου. Τέλος, ο Παρμενίδης, από το φυσιοκρατικό προσανατολισμό, διατεινόταν, πως οι κοσμικές αλλαγές και κάθε κίνηση δεν είναι παρά επιπόλαιες παρατηρήσεις και παραμορφώσεις των αισθήσεών μας. Αντίθετα, θεμελιώδης πραγματικότητα της φύσεως, είναι η μονιμότητα και η ακινησία της, οι οποίες ενοποιούν και σχηματίζουν τη βάση της ζωής.

Αξιοσημείωτη, είναι η προσφορά του ορθολογισμού του Εμμανουήλ Καντ, στην προσπάθεια εξήγησης της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ο αισθητός κόσμος, αναφερόταν για τον Καντ στον κόσμο της αισθητηριακής πληροφορίας ή στον κόσμο του φαίνεσθε, ενώ το νοητό κόσμο συλλάμβανε η διάνοια ή η λογική. Στη συγκεκριμένη διάκριση, ο Καντ πρόσθεσε τη βασική θέση ότι οι διαστάσεις του χρόνου και του χώρου, δεν είναι ιδιότητες του αντικειμενικού περιβάλλοντος, απεναντίας, πρόκειται για μορφές αντίληψης, έμφυτες στο νου. Άρα, ο νους δεν είναι παθητικός παράγων, απότοκος των αισθήσεων, όπως έλεγαν οι εμπειριστές. Ο νους είναι ενεργητική οντότητα, κυβερνώμενη από εγγενείς νόμους και δομές και μετασχηματίζει τις αισθήσεις σε ιδέες. Η θέση του Καντ, υπονοούσε μια ψυχολογία νοητικών λειτουργιών, που δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την αισθητηριακή εμπειρία.

Μετά από 12 χρόνια προβληματισμού και στοχασμού, ο Καντ διατύπωσε τις ψυχολογικές του απόψεις το 1781 στη μνημειώδη *Kritik der Reinen Vernunft* (Κριτική του καθαρού λόγου, 1781). Υπό τον όρο «καθαρός λόγος», ο Καντ, εννοούσε τη γνώση, που δεν χρειάζεται εμπειρική απόδειξη, την οποία μάλιστα αποκαλούσε *a priori* γνώση, δηλαδή εκ των προτέρων γνώση. Ο Καντ, παραδέχτηκε ότι παρακινήθηκε, να αναλάβει το εν λόγω εγχείρημα, αφού διάβασε τον Χιουμ, ο οποίος είχε γράψει ότι η λογική σκέψη στο σύνολό της, βασίζεται στην έννοια αιτίου και αιτιατού, η οποία πάλι είναι στην ουσία παρατήρηση μιας αλληλουχίας χωρίς πραγματική υπόσταση. Τέτοιου είδους σχέσεις, δεν είναι παραπροϊόντα του νου. Ο Καντ, ήθελε να περισώσει την αιτιότητα, δείχνοντας πως είναι ανεξάρτητη από την εμπειρία, γνώση *a priori* και ενυπάρχουσα στη νοητική δομή, εγγενής. Άρχισε, διακρίνοντας το σύνολο της γνώσης σε εμπειρική, η οποία εξαρτάται από την αισθητηριακή εμπειρία και σε υπερβατική γνώση ανεξάρτητη εμπειρίας. Αποδεχόταν πως όλη η γνώση ξεκινάει από τις αισθήσεις στο βαθμό, που παρέχουν τα ερεθίσματα για την ενεργοποίηση των λειτουργιών του νου. Εφόσον, όμως εμφανιστεί το ερέθισμα, τότε η

εμπειρία διαπλάθεται από τις εγγενείς του νου ιδιότητες της πρόσληψης και της αντίληψης. Οι αντιληπτικές αυτές ιδιότητες, κατόπιν μετασχηματίζουν την εμπειρία ως εξωτερική αίσθηση χώρου και εσωτερική αίσθηση χρόνου. Θυμίζοντας, τη διδασκαλία του Αριστοτέλη, περί νοητικών κατηγοριών, οι μορφές ή τα είδη της εννοιολογικής σύλληψης για τον Καντ, είναι ανεξάρτητες από τις εμπειρίες και μάλιστα τις διαπλάθουν μέσω νοητικών κατηγοριών, που συνοψίζονται ως εξής:

1. Κατηγορίες ποιότητας ή ποιόντος: περιορισμός, αρνητικότητα, πραγματικότητα
2. Κατηγορίες ποσότητας ή ποσού: πολλαπλότητα, ολικότητα, ενότητα
3. Κατηγορίες σχέσεως ή αναφοράς: υπόσταση και ιδιότητα, αιτία και αποτέλεσμα (αίτιο-αιτιατό), ενεργητικότητα και παθητικότητα
4. Κατηγορίες τροπικότητας ή τρόπου: δυνατότητα και μη δυνατότητα, ύπαρξη και μη ύπαρξη, αναγκαιότητα και συγκυρία ή τυχαίο

Το 1778, Ο Καντ, ολοκλήρωσε άλλο ένα σημαντικό έργο για τη Γερμανική ψυχολογία , την *Kritik der Praktischen Vernunft* (Κριτική του Πρακτικού Λόγου). Ο Καντ, ήθελε να προεκτείνει το προηγούμενο έργο του, ώστε να εξετάσει την ηθική για να δείξει ότι οι αξίες δεν είναι *a posteriori* κοινωνικές παραδόσεις, αλλά *a priori* προϋποθέσεις του νου. Για να προχωρήσει στο σχέδιό του, έπρεπε να εξετάσει τη βούληση. Κατά τον Καντ, κάθε άτομο, διαθέτει ηθική συνείδηση, η οποία δεν καθορίζεται από την εμπειρία μα από τη δομή του νου. Η συνείδηση αυτή, είναι απόλυτη και ακολουθεί τον Χρυσό Κανόνα. Σύμφωνα, με τον Καντ, στον υποκειμενικό κόσμο των αντιλήψεων και των ιδεών το μοναδικό κόσμο, που γνωρίζουμε έχουμε την ελευθερία να προβαίνουμε σε κρίσεις, οι οποίες συμμορφώνονται με την ηθική μας συνείδηση. Πρόθεση του Καντ ήταν να προαγάγει, προς χάριν της κοινωνίας, την κοινωνική ευθύνη, βασιζόμενος σε κάτι ανώτερο από την ανθρώπινη λογική, χωρίς όμως να καταφύγει σε θεολογικά επιχειρήματα. Το σύστημα του Καντ, διατεινόταν, πως δεν είναι δυνατόν, να γνωρίσουμε τον αντικειμενικό κόσμο και ότι τα δεδομένα των αισθήσεων ταξινομούνται από το νου. Άρα, η γνώση, υπάρχει υπό την μορφή ιδεών. Σε αντίθεση με τον Χιουμ, ο Καντ, δεν απέρριπτε τον υποκειμενικό κόσμο , γιατί η ύπαρξή του επιβεβαιώνεται από τις λειτουργίες των αισθητηριακών δεδομένων, που διεγείρουν και κινητοποιούν στη διάπλαση ιδεών.

Αξίζει, να αναφερθεί, πως ο Ντέιβιντ Χιουμ, δεχόταν τη βασική εμπειρική προϋπόθεση, ότι όλες οι ιδέες τελικά πηγάζουν από τις αισθήσεις. Όριζε το νου, μόνο με βάση τις αισθήσεις, τις αντιλήψεις, τις ιδέες, τα συναισθήματα και τις επιθυμίες ενός ατόμου, μια δεδομένη στιγμή. Με αυτό τον τρόπο, αρνείται την ύλη και περιόριζε το νου στις τρέχουσες αισθητηριακές και αντιληπτικές διεργασίες. Οι συνειρμοί, αναγνωρίστηκαν, ως

αναγκαστικές συνδέσεις αισθήσεων, οι οποίες σχηματίζονται από τη συνάφεια και την ομοιότητα των γεγονότων. Επιπροσθέτως, στο δεύτερο δοκίμιο του Kant «τα όνειρα ενός πνευματικού εικονογράφου (1766)», υποστηρίζεται, πως η σχέση μεταξύ ενός πραγματικού εδάφους και των συνεπειών του, μπορεί να δοθεί μόνο από την εμπειρία. Είναι αδύνατο να αντιληφθούμε ποτέ από τη λογική πώς κάτι μπορεί να είναι αιτία ή να έχει μια δύναμη, μάλλον οι σχέσεις αυτές πρέπει να λαμβάνονται αποκλειστικά από την εμπειρία. Επομένως, εάν δεν προέρχονται από την εμπειρία, οι θεμελιώδεις έννοιες των πραγμάτων ως αιτιών, δυνάμεων και δραστηριοτήτων είναι εντελώς αυθαίρετες και δεν μπορούν ούτε να αποδειχθούν ούτε να αντικρουστούν. Στο παράδειγμα του Kant, ξεκινάμε από έναν απλό υποκειμενικό «εμπειρικό κανόνα»: ότι η αντίληψη μιας φωτισμένης πέτρας ακολουθείται συνεχώς από την αντίληψη της θερμότητας και στη συνέχεια μετατρέπουμε αυτόν τον «εμπειρικό κανόνα» σε αντικειμενικό νόμο, σύμφωνα με τον οποίο η ίδια ακριβώς σχέση, θεωρείται τώρα ως «αναγκαία και καθολικά έγκυρη». Αυτός ο μετασχηματισμός, πραγματοποιείται με την προσθήκη της *a priori* έννοιας της αιτιότητας: ο ήλιος είναι μέσα από το φως του την αιτία της θερμότητας. Ακριβώς με αυτόν τον τρόπο, γενικότερα, οι κατηγορίες ή οι καθαρές έννοιες της κατανόησης σχετίζονται με την εμπειρία: όχι με τέτοιο τρόπο ώστε να προέρχονται από την εμπειρία, αλλά αυτή η εμπειρία να προέρχεται από αυτές, μια εντελώς αναστρέψιμη σχέση που δεν συνέβη ποτέ στον Χιουμ.

Οι διαφορές του Kant με τον Χιουμ, μπορεί να ήταν αρκετές, ωστόσο, μολονότι ο Kant ανέπτυξε τη σκέψη του στο πλαίσιο του ορίζοντα που είχε διανοιήσει η λογοκρατική φιλοσοφική παράδοση της νεοτερικότητας, και ειδικότερα, αυτού, που οφειλόταν στην εργασία του Λάιμπνιτς και των επιγόνων του (κυρίως του Βολφ), όπως, μαρτυρά και ο ίδιος ο Kant στο πολύ γνωστό απόσπασμα από τα Προλεγόμενα (1783), ο Χιουμ τον έβγαλε από τον δογματικό ύπνο του. Αυτό κέντρισε τη σκέψη του Kant και δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη της κριτικής φιλοσοφίας του.

Σε μία από τις πρώτες σελίδες του εγχειριδίου του Stigler περί θεωρίας τιμών (Price Theory) το 1949 αναφέρει ότι *«Ο σημαντικός σκοπός ενός επιστημονικού νόμου είναι το να επιτρέψει να γίνει πρόβλεψη, και η πρόβλεψη είναι σημαντική με τη σειρά της γιατί μας επιτρέπει να ελέγξουμε τα φαινόμενα. Το γιατί ένας τέτοιος έλεγχος χρειάζεται την πρόβλεψη, είναι αυταπόδεικτο. Αν κάποιος δεν γνωρίζει τι προκαλεί ένα συγκεκριμένο φαινόμενο, δεν μπορεί και να επηρεάσει ή να εμποδίσει την εμφάνισή του»*.

Στη μελέτη των Koopmans και Hood [Studies in Econometric Method, 1953] υπάρχει ένα άρθρο του Simon για τη φύση των αιτιωδών ταξινομήσεων.

Ο Feigl (1953) σ ένα άρθρο του ορίζει την αιτιότητα σε όρους πρόβλεψης με βάσει κάποιον νόμο. Το σημαντικό σε αυτόν τον ορισμό είναι το γεγονός ότι συνδέει την αιτιότητα με την δυνατότητα πρόβλεψης στηριζόμενοι όμως σε κάποιο νόμο ή σύνολο νόμων.

Κεφάλαιο 1^ο

Αιτιότητα, ένα Φιλοσοφικό Πρόβλημα

1.1 Φιλοσοφικός ορισμός κατά τον ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗ (384 π. Χ. – 322 π. Χ.)

Η Ελληνική φιλοσοφία ακριβώς αναπτύχθηκε από την προσπάθεια να ανιχνεύσει και να διερευνήσει την αιτία του κόσμου. Οι παλαιότεροι φιλόσοφοι αναζητούσαν την αρχική αιτία σε μια πρωταρχική ύλη, εκ των οποίων από πού προήλθε το σύμπαν. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει ο Αριστοτέλης με τη θεωρία του, η οποία έγινε γνωστή για τις τέσσερις αιτίες, την οποία παρέλαβε και η σχολιαστική φιλοσοφία.

Η επιστήμη διαφέρει, τονίζει ο Αριστοτέλης, από την εμπειρία κατά το ότι η πρώτη γνωρίζει το *διότι* και την *αιτία*, ενώ η δεύτερη το *ότι*. Η επιστήμη έχει γνώση των αιτίων. Ο Αριστοτέλης παρατηρεί, ξεκινώντας από τη γλωσσική χρήση, ότι τα αίτια έχουν πολλές σημασίες : «λέγεται γαρ αιτία πολλαχώς». Διακρίνει τέσσερα είδη αιτίων, τα οποία είναι οι δυνατές απαντήσεις στο ερώτημα *γιατί είναι* ή *συμβαίνει κάτι*: μια αιτία είναι η *ουσία και το τι ην είναι*, μια άλλη αιτία είναι η *ύλη και το υποκείμενον*, τρίτη αιτία είναι το *όθεν ή αρχή της κινήσεως*, και τέταρτη αιτία το *ου ένεκα και ταγαθόν*. Με άλλα λόγια, τα τέσσερα αίτια είναι:

«**Υλικό αίτιο (causa materialis)** : αυτό από το οποίο είναι φτιαγμένο κάτι.

Μορφικό αίτιο (causa formalis) : αυτό στο οποίο έγινε κάτι .

Ποιητικό αίτιο (causa efficiens) : αυτό το οποίο έφτιαξε κάτι.

Τελικό αίτιο (causa finalis) : αυτό για χάρη του οποίου έγινε κάτι ».

Ας πάρουμε ως παράδειγμα ένα ανδριάντα. Το μάρμαρο είναι το υλικό αίτιο, *εξ ου γίνεται τι*, η μορφή π.χ. του Πλάτωνα, που έχει στον νου του ο γλύπτης σύμφωνα με την οποία διαμορφώνει την ύλη (το μάρμαρο), είναι το μορφικό αίτιο, ο γλύπτης είναι το ποιητικό αίτιο και ο σκοπός (το τέλος) είναι η τοποθέτηση του στην Ακαδημία Αθηνών.


Η αριστοτελική θεωρία των τεσσάρων αιτίων δεν είναι τόσο μια θεωρία της αιτιότητας όπως τη νοούμε σήμερα, όσο μια ολοκληρωμένη ερμηνευτική θεωρία δεν περιορίζεται στο να αιτιολογεί γεγονότα, αλλά ερμηνεύει όντα και γεγονότα συνδέοντας τα με άλλα όντα και γεγονότα. Δεν αποβλέπει μόνο στο να εντάξει τα φαινόμενα σε μια λογική διαδοχή, αλλά στοχεύει στη βαθύτερη κατανόηση του ίδιου του είναι όντων και φαινομένων. Έτσι, η

αριστοτελική θεωρία των αιτιών έχει μεγαλύτερο εύρος αναφοράς και πληρέστερους επιστημονικούς στόχους από μια θεωρία της αιτιότητας.

Από επιστημολογική άποψη η θεωρία των τεσσάρων αιτίων συνιστά εργαλείο διεπιστημονικής τάξεως, και βρίσκει εφαρμογές σε ποικίλες εκδοχές του επιστητού. Διακρίνεται για την ευελιξία και την εφευρετικότητα της, καθώς διευκολύνει την κατηγοριοποιημένη προσέγγιση του εκάστοτε επιστημονικού αντικειμένου, χωρίς όμως να οδηγεί σε αυστηρές και οριστικές σχηματοποιήσεις.

Απλή αλλά ακριβής και σαφής είναι η παρουσίαση των τεσσάρων αιτίων την οποία επιχειρεί ο *M. Adler*: «ο Αριστοτέλης για όλους δύσκολος στοχασμός σε απλοποιημένη μορφή».

1.2 Φιλοσοφικός ορισμός κατά τον DAVID HUME (1711 – 1776)

 εν είναι τυχαίο ότι η συγκεκριμένη θεωρία αποτέλεσε επί πολλούς αιώνες βασικό εργαλείο σκέψης για την ανθρωπότητα (τουλάχιστον αυτήν που σήμερα εντάσσεται στο δυτικό πολιτισμό). Ας εστιάσουμε το βλέμμα μας στο David Hume.

Η σημαντικότερη συνεισφορά του Hume αφορά την αποκαθήλωση της σχέσης αιτιότητας. Γνωρίζοντας ότι στη βάση της αιτιότητας στηρίζεται η βεβαιότητα μας για τον κόσμο, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η αμφισβήτηση που πρόβαλε ο Hume στην έννοια αυτή, προκάλεσε ισχυρό χτύπημα στα θεμέλια της γνώσης. Αρχικά, ας δούμε ποιές είναι οι τρεις συνθήκες για τη λειτουργία όλων των αιτιών : α) **Συνάφεια στο χώρο και το χρόνο**, δηλαδή η σκέψη ενός διαμερίσματος μέσα σε ένα κτήριο που έχουμε επισκεφθεί φέρνει στον νου μας τη σκέψη των άλλων διαμερισμάτων, β) **Η προτεραιότητα στο χρόνο της αιτίας**, ότι δηλαδή, πρώτα λαμβάνει χώρα η αιτία και κατόπιν ακολουθεί το αποτέλεσμα και γ) **Η σταθερή σύζευξη αιτίας και αποτελέσματος**, δηλαδή όταν βλέπουμε μια μπάλα του μπιλιάρδου να κινείται προς μια άλλη, μπορούμε κι αν ακόμη συνέβαινε να γνωρίζουμε ότι η δεύτερη μπάλα θα κινηθεί μετά την κρούση της με την πρώτη. Η Τρίτη συνθήκη είναι ιδιαίτερος σημαντική, καθώς από μόνη της η διαδοχή γεγονότων δεν είναι αρκετή για τη θεμελίωση αιτιακής σχέσης. Η νύχτα διαδέχεται τη μέρα, δεν σημαίνει όμως απαραίτητα ότι η νύχτα είναι αιτία της μέρας.

Αυτό που ονομάζεται αναγκαία σχέση για τον Hume αποτελεί απλώς μια γενίκευση προγενέστερων εμπειριών. Παρ' ότι γνωρίζουμε και είμαστε βέβαιοι για την ισχύ ενός φυσικού νόμου, όπως είναι η θερμοκρασία στην οποία εξατμίζεται το νερό, καθώς όσες φορές έγινε το συγκεκριμένο πείραμα παρατηρήθηκε το ίδιο φαινόμενο, εντούτοις δεν μπορεί να ισχύει εξίσου για το μέλλον. Η εμπειρία δεν μπορεί να μας δώσει την

αναγκαιότητα του αιτιώδους δεσμούς, αλλά απλή χρονική διαδοχή γεγονότων. Επιπλέον, κάθε συμπέρασμα που μας οδηγεί από το αίτιο στο αποτέλεσμα βασίζεται στην επανειλημμένη εμφάνιση μίας σταθερής διαδοχής ανάμεσα στα γεγονότα πηγάζει από την παρατήρηση ενός αριθμού ομοίων περιπτώσεων. Αλλά η επανάληψη ομοίων περιπτώσεων δεν προσθέτει τίποτε το καινούριο από τη μια μοναδική περίπτωση.

Υπάρχουν τέσσερα σημαντικά σημεία στην πρωτότυπη ανάλυση της αιτιότητας από τον Hume. Μπορούν να διατυπωθούν ως εξής :

- 1) Ούτε η λογική ούτε η εμπειρία επιτρέπει να υποστηρίξουμε ότι το μέλλον θα μοιάζει με το παρελθόν.
- 2) Η αιτία και το αποτέλεσμα πρέπει να είναι διακριτές υπάρξεις, που η καθεμία να μπορεί να συλληφθεί χωρίς την άλλη.
- 3) Η αιτιακή σχέση αναλύεται με όρους γειννίασης, προτεραιότητας και σταθερής σύνδεσης.
- 4) Το ότι κάθε έναρξη ύπαρξης έχει μια αιτία δεν αποτελεί αναγκαία αλήθεια.

Η καθεμία από αυτές τις αρχές μπορεί να απομονωθεί από τον ψυχολογικό μηχανισμό εντυπώσεων και ιδεών στον οποίο είναι ενσωματωμένη η πραγματική περιγραφή του Hume. Καθεμία εξ αυτών δικαιούται, και έχει υποβληθεί σε, εξονυχιστική φιλοσοφική εξέταση. Κάποιες από αυτές υπέστησαν, την ερευνητική κριτική του Καντ, ενώ άλλες τροποποιήθηκαν ή απορρίφθηκαν από πιο σύγχρονους φιλοσόφους. Όμως, η ατζέντα της συζήτησης για την αιτιατική σχέση παραμένει μέχρι σήμερα όπως την όρισε ο Hume.

Αν και εκ διαμέτρου διαφορετικές οι προσεγγίσεις του ζητήματος της αιτιότητας από δυο φιλοσόφους τον Αριστοτέλη και τον Hume, οι προτάσεις και των δυο επηρέασαν τη σκέψη και τις θεωρίες πολλών μεταγενέστερων φιλοσόφων τους και δημιούργησαν ακραία και αντίθετα ρεύματα όπως εκείνα του ντετερμινισμού και της απροσδιοριστίας. Οι απόψεις του Αριστοτέλη έγιναν οι περισσότερες αποδέκτες στα μετέπειτα χρόνια και κυρίως κατά το Μεσαίωνα. Κυρίως έγινε αποδεκτό ως απόλυτο ποιητικό αίτιο ο Θεός. Η Αριστοτελική αρχή της αιτιότητας επικράτησε αρκετά στη φιλοσοφική σκέψη μέχρι να την υποβάλλει σε αυστηρή κριτική, να την απομυθοποιήσει και να την αναγάγει στην ψυχολογική της διάσταση, από την μεριά των ανθρώπων ο Χιουμ.

1.3 Φιλοσοφικός ορισμός κατά τον EMMANOUEL KANT (1724 – 1804)

Eίναι γνωστό ότι η Καντιανή φιλοσοφία έχει αναγνωριστεί ως το αποκορύφωμα της σκέψης του Διαφωτισμού, καθώς το έργο του φιλοσόφου έχει θεωρηθεί από μόνο του σχεδόν αυτόνομος φιλοσοφικός κλάδος.

Επιδίωξη του Kant αποτέλεσε η προσπάθεια σύνθεσης και ενιαίας συγκρότησης των θετικών στοιχείων από διαμετρικά αντίθετες φιλοσοφικές θεωρίες. Επίσης σημαντική θεωρείται και μια σκιαγράφηση των γνωσιολογικών και επιστημολογικών συνεπειών της δεύτερης αναλογίας καθώς και η εξέλιξη της έννοιας της αιτιότητας σε αντιπαράθεση με τη φιλοσοφία του Hume με σκοπό να δειχθεί η εξέλιξη και η επίδραση που δέχθηκε το καντιανό σύστημα από τη φιλοσοφία του Hume.

Έμφαση θα δοθεί στην «Κριτική του Καθαρού Λόγου» ενός εκ των σημαντικότερων καντινιακών έργων, συγκεκριμένα στην δεύτερη αναλογία. Η δεύτερη αναλογία της εμπειρίας εξετάζει τις μεταβολές της ουσίας στη χρονική τους διαδοχή και ισχυρίζεται ότι συμβαίνουν συμφωνά με τον νόμο (αρχή) της αιτιότητας: κάθε γεγονός πρέπει να έχει ένα αίτιο. Κατά τον Kant η αρχή της αιτιότητας είναι a priori συνθετική κρίση, η οποία έχει αντικείμενο κύρος με την έννοια ότι αποτελεί τον αναγκαίο όρο της εμπειρίας.

Είναι αδύνατον να διακρίνουμε, σκέφτεται ο Kant, την αντικειμενική διαδοχή των φαινομένων από την απλή υποκειμενική διαδοχή τους, αν δεν υπάρχει ένας νόμος που να προσδιορίζει τη θέση των φαινομένων στον χρόνο κατά τρόπο αναγκαίο. Ο νόμος αυτός είναι ο νόμος της αιτιότητας. Η αναγκαιότητα που εισάγει η κατηγορία, όταν λειτουργήσει μέσα στον χρόνο, μας δίνει τη σχέση αιτίου–αποτελέσματος, η οποία θεμελιώνει κατά τρόπο αντικειμενικό την αντίστοιχη χρονική σχέση. Αντιλαμβάνομαι, τονίζει ο Kant, ότι τα φαινόμενα διαδέχονται το ένα το άλλο, σημαίνει ότι, όταν μια ορισμένη κατάσταση των πραγμάτων υπάρχει σε μια χρονική στιγμή, μια διαφορετική κατάσταση υπάρχει την προηγούμενη χρονική στιγμή. Συνδέω λοιπόν δυο κατ' αίσθηση αντιλήψεις στον χρόνο. Αλλά η σύνδεση αυτή δεν είναι έργο της απλής αίσθησης και της εποπτείας, αλλά προϊόν μιας συνθετικής ικανότητας της φαντασίας, η οποία καθορίζει την εσωτερική αίσθηση όσον αφορά τη χρονική σχέση. Αλλά η φαντασία μπορεί να συνδέει τις δυο παραπάνω καταστάσεις με δυο διαφορετικούς τρόπους, έτσι ώστε η μια ή η άλλη να προηγείται στον χρόνο. Με άλλα λόγια, η απλή κατ' αίσθηση αντίληψη αφήνει ακαθόριστη την αντικειμενική σχέση των φαινομένων που διαδέχονται το ένα το άλλο. Για να μπορεί λοιπόν να γνωσθεί η σχέση αυτή ως καθορισμένη, πρέπει η σχέση μεταξύ των δυο καταστάσεων να νοηθεί έτσι, ώστε να καθορίζεται κατ' αναγκαιότητα ποια κατάσταση πρέπει να τίθεται ως προηγούμενη, ποια ως επόμενη και όχι αντίστροφα. Αλλά η έννοια που περικλείει μέσα της μια

αναγκαιότητα της συνθετικής ενότητας μπορεί να είναι μόνον καθαρή έννοια της νόησης, η οποία δεν ενυπάρχει στην αισθητηριακή αντίληψη, κι αυτή είναι η έννοια της σχέσης αιτίου-αποτελέσματος. Σύμφωνα με αυτήν το αίτιο καθορίζει το αποτέλεσμα μέσα στον χρόνο ως επακολούθημα του κι όχι ως κάτι το οποίο θα μπορούσε να προηγείται μονάχα στη φαντασία (ή να μην μπορεί καθόλου να γίνει κατ' αίσθηση αντιληπτό).

Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε τη διαδοχή των φαινομένων στον χρόνο, πρέπει να δώσουμε στη διαδοχή αυτή τη μορφή της αναγκαιότητας. Σε ένα πρώτο στάδιο, η διαδοχή των φαινομένων είναι εντελώς υποκειμενική, κάθε διαδοχή δηλαδή υπάρχει σαν μια κατάσταση της συνείδησης μας. Αυτό που έρχεται πριν και αυτό έρχεται μετά στις παραστάσεις μας δεν είναι καθορισμένο αντικειμενικά, αλλά μόνον υποκειμενικά. Πρόκειται εδώ για μια διαδοχή παραστάσεων που δεν αναφέρεται σε κανένα αντικείμενο. Σε ένα δεύτερο στάδιο η αλληλουχία των φαινομένων στον χρόνο γίνεται κατανοητή, καθώς συλλαμβάνουμε τη μεταβολή τους μέσα από τον δεσμό αιτίου-αποτελέσματος. Ο χρόνος που έχει τώρα υπάρχει στην κατηγορία της αιτιότητας είναι χρόνος αντικειμενικός. Σε αυτό το στάδιο γίνεται το δέσιμο της αναγκαιότητας με τον αντικειμενικό χρόνο, για να ενταχθούν ύστερα τα γεγονότα σε ένα χρόνο μη αντιστρέψιμο, αφού στον αντικειμενικό χρόνο δεν μπορούμε να αντιστρέψουμε την τάξη των γεγονότων.

Παράδειγμα, βλέπω να αστράπτει και ύστερα ακούω τη βροντή. Η κατ' αίσθηση αντίληψη στην προκειμένη περίπτωση της βροντής ακολουθεί την κατ' αίσθηση αντίληψη της αστραπής. Η σχέση μεταξύ των κατ' αίσθηση αντιλήψεων είναι χρονική: η αστραπή προηγείται της βροντής. Αλλά η σύνδεση μεταξύ των κατ' αίσθηση αυτών αντιλήψεων δεν είναι αναγκαία όσες εμπειρικές επιβεβαιώσεις (επαγωγή) κι αν έχουμε της χρονικής τους διαδοχής, αλλά τυχαία και υποκειμενική στο μέτρο που εκφράζει μια σχέση προς ένα υποκείμενο και τη στιγμιαία κατάσταση του: για μένα δηλαδή ή για οποιονδήποτε άλλο στον χρόνο t αληθεύει ότι p : «όταν αστράφτει, ακολουθεί βροντή». Η κρίση αυτή είναι κρίση της κατ' αίσθηση αντίληψη και δεν περιέχει αναγκαιότητα, οσοδήποτε φορές κι αν εγώ ή άλλοι έχουμε παρατηρήσει αυτό το φαινόμενο. Οι κατ' αίσθηση αντιλήψεις είναι συνδεδεμένες μόνο κατά συνήθεια. Το κύρος της κρίσης αυτής περιορίζεται στο εκάστοτε υποκείμενο και στη στιγμιαία κατάσταση του. Συνεπώς, η δυνατότητα αναγκαιότητας και αντικειμενικής σύνδεσης τους πρέπει να προϋπάρχει της κατ' αίσθηση αντίληψη, να είναι δηλαδή *a priori*.

Ο κανόνας που προσδιορίζει αναγκαιότητα στην τάξη των κατ' αίσθηση αντιλήψεων που διαδέχονται η μια την άλλη είναι ο κανόνας της αιτιότητας; κάθε γεγονός έχει ένα αίτιο. Στο παράδειγμα μας η αντικειμενική αναγκαιότητα της ακολουθίας των φαινομένων είναι τότε

μόνο δυνατή, αν συμμορφώνεται προς τον κανόνα αιτίου και αποτελέσματος: η αστραπή είναι η αιτία της βροντής (κρίση εμπειρίας). Η χρονική εδώ διαδοχή των φαινομένων είναι μη αναστρέψιμη. Επειδή ακριβώς η αστραπή είναι η αιτία της βροντής, δεν μπορώ να αντιστρέψω τη σειρά τοποθετώντας αυτό που συμβαίνει (την αστραπή) ύστερα από εκείνο που ακολουθεί (τη βροντή). Αν αυτό δεν συνέβαινε, θα έπρεπε να θεωρήσω τη διαδοχή των παραστάσεων ως ένα απλό παιχνίδι της φαντασίας μου κι αυτό που θεωρώ αντικειμενική πραγματικότητα καθαρό όνειρο. «Η διαφορά ανάμεσα στην αλήθεια και το όνειρο δεν κρίνεται από τη φύση των παραστάσεων, οι οποίες αναφέρονται σε αντικείμενα, διότι αυτές είναι ίδιες και στην αλήθεια και στο όνειρο. Κρίνεται από τον συνειρμό τους σύμφωνα με κανόνες, οι οποίοι ορίζουν τη σύνδεση των παραστάσεων στην έννοια ενός αντικειμένου». Το κριτήριο του πραγματικού πρέπει συνεπώς να το αναζητήσουμε στις κατηγορίες της σχέσης και προπάντων στη σχέση αιτίου και αποτελέσματος, η οποία και καθορίζει τη χρονική σχέση των φαινομένων. Όταν συγκροτείται ο αντικειμενικός χρόνος μέσα από τον αναγκαίο συσχετισμό των γεγονότων δυνάμει της κατηγορίας της αιτιότητας, η διαδοχή στον χρόνο δεν είναι κενό σχήμα, αλλά διαδοχή γεγονότων που ακολουθούν αναγκαστικά το ένα το άλλο. Με αυτό τον τρόπο γίνεται, κατά τον Kant, το πέρασμα από το υποκείμενο στο αντικείμενο (πραγματικό) και λύνεται έτσι το πρόβλημα του Hume.

Ο Hume σκέφτεται: *«η εμπειρία δεν έχει καμία αναγκαιότητα η αρχή της αιτιότητας πηγάζει από την εμπειρία, άρα δεν είναι αναγκαία. Και επειδή το ίδιο ισχύει για όλες τις άλλες εμπειρικές προτάσεις, η επιστήμη είμαι μονάχα μια πίστη».*

Ο Kant σκέφτεται: *«η εμπειρία δεν έχει καμία αναγκαιότητα, η αρχή όμως της αιτιότητας είναι αναγκαία, συνεπώς δεν πηγάζει από την εμπειρία, είναι άρα a priori συνθήκη κρίση, είναι θεμελιώδη αρχή της νόηση»*

1.4 Από την Φιλοσοφία στην Επιστήμη - PATRIC SUPPES (1922 – 2014)

Υπάρχουν δύο τρόποι προσέγγισης της βασικής ιδέας του Hume. Η πρώτη είναι η **προσδιοριστική** προσέγγιση (Hesslow, 1976). Η δεύτερη είναι η **πιθανολογική**, η οποία απαιτεί **το αίτιο να αυξάνει την πιθανότητα του αποτελέσματος** και δόθηκε από τον **Patric Suppes** που «διόρθωσε» το τρίτο από τα κριτήρια του Hume.

Ορισμός (**Suppes, 1970**): Ένα γεγονός C είναι **αίτιο** για ένα γεγονός E, αν η εμφάνιση του πρώτου γεγονότος συνοδεύεται με μεγάλη πιθανότητα από την εμφάνιση του δεύτερου και

δεν υπάρχει τρίτο γεγονός ικανό να αποκλείσει την σχέση πιθανότητας ανάμεσα στα δύο γεγονότα, δηλαδή όταν:

1. $t' < t$
2. $\text{prob}(C_{t'}) > 0$
3. $\text{prob}(E_t / C_{t'}) > \text{prob}(E_t)$ και
4. δεν υπάρχει γεγονός $D_{t''}$, με $t < t' < t''$, $\text{prob}(D_{t''}) > 0$ και $\text{prob}(E_t / D_{t''}) > \text{prob}(E_t)$ τέτοιο ώστε $\text{prob}(E_t / C_{t''}) = \text{prob}(E_t / C_{t'} \cap D_{t''})$

Οι σχέσεις 1- 3 αντιπροσωπεύουν την έννοια του *κατ' αρχήν αιτίου* (*prima facie cause*), δηλαδή ενός γεγονότος C του οποίου η παρουσία αυξάνει την πιθανότητα του γεγονότος E, ενώ οι σχέσεις 1 - 4 αντιπροσωπεύουν την έννοια του *κίβδηλου αιτίου* (*spurious cause*), το οποίο είναι ένα επαρκές αίτιο C, που ερμηνεύεται όμως από την παρουσία ενός άλλου επαρκούς αιτίου που προηγείται χρονικά .

Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του ορισμού του Suppes, τα συναντάμε στην τρίτη συνθήκη, η οποία «σπάζει» την απόλυτη συνοχή ανάμεσα στα γεγονότα και εκφράζει με τη γλώσσα των πιθανοτήτων την ουσία της επιφύλαξης του Hume για την ύπαρξη αναγκαίων αιτιατικών συνδέσεων και στην τέταρτη συνθήκη, που μας προειδοποιεί ότι ένα γεγονός που ικανοποιεί και τις πρώτες τρεις είναι ένα *κατ' αρχήν* αίτιο που μπορεί και να μην είναι γνήσιο.

Πώς όμως θα εντοπίσουμε την παρουσία γεγονότων που μπορεί να ανατρέπουν μια σχέση αιτιότητας; Πώς θα ξεχωρίσουμε τα κίβδηλα από τα γνήσια αίτια; Ο Suppes τονίζει ότι «ο προσδιορισμός των αιτιατικών σχέσεων ανάμεσα σε γεγονότα ή είδη γεγονότων είναι πάντοτε σχετικός με ένα εννοιολογικό πλαίσιο». Ειδικότερα, υποδεικνύει τρία βασικά πλαίσια σε σχέση με τα οποία προσδιορίζουμε τις αιτιώδεις σχέσεις: πρώτα πρώτα «Μια ειδική επιστημονική θεωρία», έπειτα «ένα πείραμα ή ένα σύνολο πειραμάτων» και τέλος «ένα πλαίσιο γενικών πεποιθήσεων που εκφράζει τις διαθέσιμες σ' εμάς πληροφορίες». Είναι πάντοτε δυνατό το θεωρητικό μας πλαίσιο να είναι μερικό ή ακατάλληλο. Όσον αφορά την διαχείριση των ανεπιθύμητων γεγονότων, παρατηρεί ότι ένας τρόπος να ασχοληθούμε με αυτά, μέσα στην τυπική πιθανολογική θεωρία, είναι να συσχετίσουμε ρητά τους ορισμούς των αιτιωδών εννοιών με τις υπό συνθήκη πιθανότητες που εκφράζουν τις διαθέσιμες πληροφορίες που βρίσκονται πίσω από τα γεγονότα, να πάρουμε δηλαδή την κατάλληλη διαμέριση.

Αυτό που προτείνει ο Suppes και που είναι μια βασική και ενδιαφέρουσα προϋπόθεση της εργασίας του στην αιτιότητα είναι η στερεή άποψη του ότι απλά δεν υπάρχουν έσχατα

αίτια. Θα πρέπει να κατανοήσουμε ότι μια έννοια της αιτιότητας που, μ' οποιονδήποτε τρόπο, είναι έσχατη δεν είναι δυνατή. Δεν υπάρχει κανένας τρόπος, πέρα από τον αυστηρό δογματισμό, να συλλάβουμε την αιτιότητα ή να αναζητήσουμε τα αίτια ξέχωρα από ένα εννοιολογικό πλαίσιο. Μέσα στο μη δογματικό σχήμα του Suppes μπορούμε να ανακαλύψουμε κλάσεις ανάμεσα σε αιτιώδεις προτάσεις και προβλέψεις, καθώς τις περισσότερες φορές τα σχόλιά μας βασίζονται σε διαφορετικά πλαίσια και διαφορετικά σύνολα πληροφοριών. Δεν υπάρχει κάποιο προνομιούχο πλαίσιο που να μπορούμε να το επικαλεστούμε για να παρουσιάσουμε μια τελική και ορθή άποψη γύρω από τον χαρακτήρα και τη φύση του σύμπαντος, υπάρχει όμως πάντα η δυνατότητα να ανακαλύψουμε μια καλύτερη ερμηνεία των αιτιατικών σχέσεων.

Η αποδοχή μιας πιθανολογικής αντίληψης για την αιτιότητα υποστηρίζεται σήμερα από σημαντικούς τομείς της φυσικής. Οι αναλύσεις των αιτιών στην κβαντική μηχανική, στην θερμοδυναμική και τις θερμοδυναμικές καταστάσεις μακράν της ισορροπίας, που ασχολούνται με πιθανολογικά φαινόμενα συνηγορούν υπέρ της πιθανολογικής αιτιότητας και θεωρούν ότι μια ντετερμινιστική θεωρία είναι τελείως ακατάλληλη ως ιδέα.

Έχει επίσης ερευνηθεί η σχέση ανάμεσα στον πιθανολογικό ορισμό της αιτιότητας του Suppes και στις αιτιώδεις κρίσεις που γίνονται από τα υποκείμενα των ψυχολογικών πειραμάτων. Οι Legrenzi και Sonino (1994), συμπεραίνουν ότι οι κανονικές αιτιώδεις κρίσεις αντιστοιχούν, στις περισσότερες περιπτώσεις στον ορισμό του Suppes.

Στα «ανοιχτά ερωτήματα» που αφήνει ο ορισμός του Suppes, μπορούμε να συγκαταλέξουμε την άνευ όρων αποδοχή της χρονικής προτεραιότητας και της τοπικότητας αλλά και το γεγονός ότι αποφεύγει τελικά την καθορισμό της «κατάλληλης» διαμέρισης.

Στην πραγματικότητα, η τέταρτη συνθήκη μας λέει απλά ότι *«δεν υπάρχει κάποια διαμέριση γεγονότων, προηγούμενων του C τέτοια ώστε, σε κάθε στοιχείο της διαμέρισης, τα C και E να καθίστανται υπό συνθήκη ανεξάρτητα»* (Skyrms, 1988). Όπως όμως ισχυρίζεται ο Good (1961, 1962), σχολιάζοντας μια αντίστοιχη πρόταση του Reichenbach (1956), με τη χρήση τέτοιων τεχνητών διαμερίσεων μπορεί κάποιος να βρει πάντοτε ένα σύνολο προηγούμενων γεγονότων τέτοιο ώστε, υπό συνθήκη σ' αυτά, τα C και E να καθίστανται ανεξάρτητα. Αν όμως συμβαίνει αυτό, τότε δεν μπορεί να υπάρχει μια τέτοια έννοια πιθανολογικής αιτιότητας. Επιπλέον, όταν δεν έχουμε τον τρόπο να ορίσουμε την κατάλληλη διαμέριση, τότε παραμένει και ο κίνδυνος της κυκλικότητας του εγχειρήματος.

Η βασική ιδέα της στατιστικής αιτιότητας, ο ορισμός του Suppes και η ανάλυση των δυναμικών συστημάτων βρίσκονται στη βάση του ορισμού του Granger, στον οποίο τα γεγονότα αντιπροσωπεύουν από χρονικές σειρές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 1^{ου} Κεφαλαίου

1. Αγησίλαου Σπ. Ντόκας *“Λεξικό Φιλοσοφικών Ωρών”*, Εκδόσεις Αστήρ, Αθήνα 1987.
2. Αριστοτέλης. *“Φυσικά Α΄, Β΄ (Αρχές, Φύση, Αιτία, Τύχη, Ανάγκη)”*, Εκδόσεις ΖΗΤΡΟΣ, Θεσσαλονίκη (2010).
3. Θρησκευτική και Ηθική Εγκυκλοπαίδεια (1962). Α *“ΑΚΩΜΑΖΩΝ”*, Εκδότης Α. ΜΑΡΤΙΝΟΣ.
4. Κ. Δ. Γεωργούλης *“ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ ΠΡΩΤΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ -ΤΑ ΜΕΤΑ ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ”*, Εκδοτικός Οίκος Αλεξίου και Πικοπούλου, Θεσσαλονίκη 1935.
5. Μπαλτάς Αριστείδης *“Φιλοσοφία και επιστήμες στον εικοστό αιώνα”*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (2013)
6. Νίκος Αυγελής *“Εισαγωγή στη Φιλοσοφία”*, Εκδοτικός Οίκος Σταμούλης Αντώνιος, Θεσσαλονίκη 2012.
7. <https://gerasimos-politis.blogspot.com/2012/04/aitiothta-aristotelhs-david-hume.html>
8. [https:// et-in-arcadia-ego8.webnode.gr/επιστημολογια/το-ζητημα-της-αιτιότητας/](https://et-in-arcadia-ego8.webnode.gr/επιστημολογια/το-ζητημα-της-αιτιότητας/)
9. <https://ekivolosblog.wordpress.com/2013/11/23/πρωτον-κινουν-ακινητον-και-αιτιότητα/>
10. <https://plato.stanford.edu/entries/causation-probabilistic/>
11. <https://plato.stanford.edu/entries/kant-hume-causality/>

Κεφάλαιο 2^ο

Αντικείμενο και Μεθοδολογία της Οικονομετρίας

2.1 Τι είναι η Οικονομετρία;

Η οικονομετρία είναι η εφαρμογή των μαθηματικών και στατιστικής για την ανάλυση ποσοτικών και ποιοτικών οικονομικών δεδομένων, με σκοπό να εκτιμηθούν διάφορες οικονομικές σχέσεις, να ελεγχθεί η ορθότητα της οικονομικής θεωρίας και να γίνουν προβλέψεις ως προς την εξέλιξη των οικονομικών φαινομένων.

Η κυριολεκτική ερμηνεία της λέξης, οικονομετρία είναι «Μέτρηση της Οικονομίας». Παρά το γεγονός ότι η μέτρηση αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της οικονομετρίας, το πλαίσιο της οικονομετρίας είναι πολύ ευρύτερο, όπως φαίνεται από τα ακόλουθα αποσπάσματα.

Ο Irving Fisher στον εναρκτήριο λόγο του ως πρώτου Προέδρου της Econometric Society το 1930, αναφέρει ότι ο σκοπός της Οικονομετρίας είναι: *«Η πρόοδος της οικονομικής θεωρίας σε συνδυασμό με τη στατιστική και τα μαθηματικά και η ενοποίηση της θεωρητικής με την ποσοτική ανάλυση».*

Η άποψη του Gerhard Tintner είναι: *«Η οικονομετρία, το αποτέλεσμα μίας συγκεκριμένης άποψης για το ρόλο της οικονομικής, αποτελείται από την εφαρμογή της μαθηματικής στατιστικής σε οικονομικά στοιχεία προκειμένου να προσδώσει εμπειρική υποστήριξη σε υποδείγματα που κατασκευάστηκαν από μαθηματικούς οικονομολόγους για να αποκτήσει κάποιος αριθμητικά αποτελέσματα».*

Άλλον έναν ορισμό δίνει ο Jan Tinbergen: *«Οικονομετρία είναι το όνομα του τομέα εκείνου της επιστήμης στον οποίον εφαρμόζονται σε συνδυασμό η μαθηματικό-οικονομικό και η μαθηματικό – στατιστική έρευνα».*

Οι Samuelson – Koopmans – Stone (1954) ορίζουν την οικονομετρία ως την ποσοτική ανάλυση των πραγματικών οικονομικών φαινομένων.

Ο A. S. Goldberger (1964) εισάγει τον ακόλουθο ορισμό της Οικονομετρίας: *«Η Οικονομετρία δύναται να οριστεί ως η κοινωνική επιστήμη στην όποια τα εργαλεία της οικονομικής θεωρίας, των μαθηματικών και της στατιστικής εφαρμόζονται για την ανάλυση των οικονομικών φαινομένων».*

Όπως αναδεικνύουν οι προηγούμενοι ορισμοί, η οικονομετρία είναι ένα αμάλγαμα οικονομικής θεωρίας, οικονομικών μαθηματικών, οικονομικής στατιστικής και μαθηματικής στατιστικής. Άρα, η οικονομετρία συνιστά μέθοδο ανάλυσης με την οποία εκτιμώνται οικονομικά μεγέθη, ελέγχεται ο βαθμός στατιστικής τους σημαντικότητας και πραγματοποιούνται προβλέψεις αναφορικά σε όλο το φάσμα των κοινωνικών επιστήμων όπως οικονομικά, μάνατζμεντ, λογιστική, χρηματοοικονομικά, μάρκετινγκ, ψυχολογία, κοινωνιολογία, πολιτική, ιστορία, κ.α.

Ωστόσο, το γνωστικό αυτό αντικείμενο αξίζει να μελετηθεί μεμονωμένα από τα παραπάνω για τους ακόλουθους λόγους .

Η οικονομική θεωρία διατυπώνει δηλώσεις ή υποθέσεις που είναι ως επί το πλείστον ποιοτικής φύσης. Δηλαδή, η οικονομετρία δίνει εμπειρικό περιεχόμενο στις περισσότερες οικονομικές θεωρίες.

Το κύριο ενδιαφέρον των οικονομικών μαθηματικών είναι η έκφραση της οικονομικής θεωρίας σε μαθηματική μορφή (εξισώσεις) ο οικονομέτρης χρησιμοποιεί συχνά τις μαθηματικές εξισώσεις που προτείνει ένας μαθηματικός οικονομολόγος, όμως μετατρέπει αυτές τις εξισώσεις σε μία τέτοια μορφή ώστε να μπορούν αυτές να ελεγχθούν εμπειρικά. Αυτή η μετατροπή μαθηματικών εξισώσεων σε οικονομετρικές απαιτεί μεγάλη εφευρετικότητα και πρακτική δεξιότητα.

Η οικονομική στατιστική ασχολείται κατά κύριο λόγο με τη συλλογή, την επεξεργασία και την παρουσίαση οικονομικών στοιχείων με τη μορφή διαγραμμάτων και ποινικών.

Επομένως, τα στοιχεία που συλλέγονται αποτελούν τα πρωτογενή στοιχεία για την οικονομετρική ανάλυση.

Η μαθηματική στατιστική η οποία παρέχει πολλά εργαλεία, ο οικονομέτρης χρειάζεται συχνά ειδικές μεθόδους λόγω της ιδιαίτερης φύσης της πλειοψηφίας των οικονομικών στοιχείων, δηλαδή λόγω του γεγονότος ότι τα στοιχεία δεν προκύπτουν από ένα ελεγχόμενο πείραμα.

Ένας από τους βασικούς σκοπούς της οικονομετρίας, είναι να διερευνηθεί αν μία οικονομική θεωρία είναι ορθή ή εσφαλμένη. Αξιοπρόσεκτο είναι ότι τα τελευταία χρόνια και ιδίως μετά το 1970, ολοένα και περισσότερες οικονομικές θεωρίες επινοούνται με την αξιοποίηση εναλλακτικών τεχνικών από το πεδίο της εφαρμοσμένης οικονομετρίας.

Μια παρατήρηση του Agi Spano: «Στην οικονομετρία ο ερευνητής έρχεται συχνά αντιμέτωπος με στοιχεία που είναι το αποτέλεσμα **παρατήρησης** και όχι **πειράματος**. Αυτό έχει δύο σημαντικές συνέπειες για την εμπειρική υποδειγματοποίηση στην οικονομετρία

Πρώτον, ο ερευνητής απαιτείται να κατέχει πολύ διαφορετικές δεξιότητες από αυτές που χρειάζονται για την ανάλυση πειραματικών στοιχείων. Δεύτερον, ο διαχωρισμός μεταξύ αυτού που συνέλλεξε τα στοιχεία και αυτού που θα τα αναλύσει απαιτεί ο ερευνητής να εξοικειωθεί σημαντικά με τη φύση και τη δομή των υπό εξέταση στοιχείων».

2.2 Ιστορική Ανασκόπηση

Η Οικονομετρία ως αυτοδύναμος επιστημονικός κλάδος διαμορφώθηκε την περίοδο 1910 – 1950. Εκείνοι που έχουν προσφέρει στην ανάπτυξη των Οικονομετρικών Μεθόδων (Econometric Method) ή της Θεωρητικής Οικονομετρίας (Theoretical Econometrics) Οικονομετρικής Θεωρίας (Econometric Theory) είναι οι :Irving Fisher, Henry Moore, Francois Divisia, Jacob Marschak, Ragnar Frisch, Henry Schultz, Michal Kalecki, E.J. Working, Jan Tinbergen, Trygve Haavelmo, Hood and T.J. Koopmans, John von Neuman, Mann and Wald, Durbin and Watson, Theil, Sargan, Malinvaud, Dhrymes και άλλοι.

Ο Ragnar Frisch μπορεί να θεωρηθεί ο μεγαλύτερος οικονομέτρης που έχει εμφανιστεί μέχρι σήμερα, καθώς η συμβολή του στην οικονομετρική μεθοδολογία ήταν πολύπλευρη και πρωτοποριακή. Ο Frisch επηρεασμένος από τον όρο Biometrics που είχε προταθεί στο επιστημονικό πεδίο της Βιολογίας, ήταν ο πρώτος ερευνητής που το 1926 εισήγαγε τον όρο Econometrics. Οι λέξεις economic (οικονομικός) και metric (μετρικός) συνθέτουν τον όρο Econometrics. Συνεπώς, η έννοια Econometrics υποδηλώνει τη μέτρηση οικονομικών μεγεθών.

Η Οικονομετρία στηρίζεται στην οικονομική θεωρία, τη στατιστική και τα μαθηματικά. Προπομποί της οικονομετρικής μεθοδολογίας θεωρούνται όσοι συγγραφείς συνετέλεσαν στην πρόοδο της Στατιστικής και της Μαθηματικής Οικονομικής (Mathematical Economics). Τότε ασφαλώς θα πρέπει να συμφωνήσουμε με τον Schumpeter στο ότι οι :Sir William Petty, Gregory King, Beccaria, Carli, Verri, Cournot, von Thunen , Walras, Pareto, Edgeworth και Wicksell είναι μερικοί από τους οικονομολόγους που από το 17^ο μέχρι το 19^ο αιώνα διατύπωσαν σκέψεις στα βιβλία τους που σήμερα θα τις αποδίδαμε σε οικονομέτρες.

Η συστηματική χρήση της στατιστικής στο χώρο της οικονομικής επιστήμης τοποθετείται το 17^ο αιώνα. Κατά τη διάρκεια του 17^{ου} αιώνα ορισμένοι συγγραφείς παρουσίασαν ενδιαφέρουσες ερευνητικές εργασίες με τις οποίες προσπάθησαν να υπολογίσουν διάφορα μεγέθη. Ο William Petty δημοσίευσε το 1676 επιστημονική εργασία με τίτλο “Political Arithmetick”, στην οποία με την παράθεση στατιστικών στοιχείων συνέκρινε τις οικονομίες

της Γαλλίας και της Ολλανδίας. Ο Charles Davenant δημοσίευσε το 1699 εργασία με τίτλο "An Essay upon the Probable of Trade". Ο Davenant θεωρείται ο πρώτος συγγραφέας, ο οποίος με την χρήση στατιστικών στοιχείων ανέλυσε το νόμο της ζήτησης. Ο Gregory King δημοσίευσε το 1696 την ενδιαφέρουσα μελέτη "Natural and Political Observations and Conclusion on the State and Condition of England". Ο King θεωρείται ο πρώτος συγγραφέας που προσπάθησε να διατυπώσει συστήματα εθνικών λογαριασμών (national accounts system). Με την επεξεργασία στατιστικών στοιχείων του έτους 1688 επιχείρησε να υπολογίσει το επίπεδο της ακαθάριστης εγχώριας δαπάνης στην Αγγλία και την Ουαλία. Ερευνητικές εργασίες από τους John Graunt και Edmond Halley αποσκοπούσαν στη μέτρηση διάφορων δημογραφικών μεταβλητών στην Αγγλία και την Ουαλία, όπως το μέγεθος του πληθυσμού, το βαθμό θνησιμότητας, τη μέση διάρκεια ζωής, τις ετήσιες γεννήσεις, τον αριθμό των νοικοκυριών κ.α. Πολλοί άλλοι αξιόλογοι συγγραφείς από διάφορα κράτη χρησιμοποίησαν στατιστικά στοιχεία για να μετρήσουν και να εκτιμήσουν ορισμένα οικονομικά και κοινωνικά μεγέθη. Η συμβολή τους στην εμπέδωση της Στατιστικής ως αυτόνομου επιστημονικού κλάδου υπήρξε αξιοπρόσεκτη και έχει επισημανθεί με κολακευτικά σχόλια από αρκετούς μελετητές της οικονομικής ιστορίας.

Ένας οικονομολόγος που αξίζει ιδιαίτερη μνεία είναι ο William S. Jevons. Ο Jevons σε ορισμένες πραγματείες τη δεκαετία 1860 και στην επιστημονική του εργασία "The Solar Period and the Price of Corn " (1875), επιχείρησε να προσδιορίσει τους παράγοντες που προκαλούν τη διακύμανση της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας. Οι Francis Galton , Francis Edgeworth, G. U. Yule, W. F. Weldon και R. A. Fisher επηρεασμένοι από τις ποσοτικές μετρήσεις του Jevons, ανέπτυξαν ενδιαφέρουσες στατιστικές τεχνικές για την εκτίμηση ορισμένων οικονομικών μεγεθών.

Την περίοδο 1870 – 1930 ένας σημαντικός αριθμός μαθηματικών-στατιστικών οικονομολόγων, προσπάθησε να εκτιμήσει τις συναρτήσεις ζήτησης διάφορων προϊόντων και να προσδιορίσει με διάφορες στατιστικές τεχνικές τους παράγοντες που προκαλούν τις φάσεις του οικονομικού κύκλου. Έπειτα, ο Frisch, ο Tinbergen και ο Haavelmo κατά την περίοδο 1930 – 1940 επινοούν τις πρώτες οικονομετρικές τεχνικές για την εκτίμηση γραμμικών και μη γραμμικών υποδειγμάτων. Ο Henry Moore διαπίστωσε ότι η συναρτησιακή σχέση μεταξύ επιπέδου τιμής και ζητούμενης ποσότητας είναι θετική. Ο Moore με αυτή την εμπειρική διαπίστωση, ουσιαστικά είχε εντοπίσει το οικονομετρικό πρόβλημα της ταυτοποίησης (identification problem), το οποίο αποτελεί ένα από τα βασικά αντικείμενα ανάλυσης της σύγχρονης οικονομετρίας.

Το 1930 ο αριθμός των οικονομετρών σ' όλο τον κόσμο είχε αυξηθεί τόσο ώστε να δικαιολογεί την ίδρυση της Οικονομετρικής Εταιρείας (Econometric Society). Το καταστατικό της εταιρείας αναφέρει

«Κύριος σκοπός της (Econometric Society δηλαδή) θα είναι η προώθηση μελετών που θα αποσκοπούν στην ενοποίηση της θεωρητικό-ποσοτικής και της εμπειρικό-ποσοτικής προσεγγίσεως των οικονομικών προβλημάτων που αναλύονται με αυστηρή και συνθετική σκέψη ανάλογη με εκείνη που επικράτησε στις φυσικές επιστήμες».

Ο σκοπός αυτός άρχισε να γίνεται σιγά-σιγά πραγματικότητα. Ο I. Fisher υπήρξε ο πρώτος Πρόεδρος της Οικονομετρικής Εταιρείας (Econometric Society). Από τον Ιανουάριο του 1933 κυκλοφορεί το επιστημονικό περιοδικό Econometrica. Η συμβολή του Fisher στην εξέλιξη της Οικονομικής Επιστήμης ήταν πολύπλευρη και κάλυψε πολλούς κλάδους μεταξύ των οποίων τα μαθηματικά, τη στατιστική και την οικονομετρία. Αφιέρωσε σημαντικό μέρος του ερευνητικού του έργου, στην αξιόπιστη εκτίμηση οικονομικών υποδειγμάτων και την πραγματοποίηση όσο το δυνατόν ακριβέστερων μελλοντικών προβλέψεων. Επίσης, υποστήριξε ότι *«Η Οικονομική Επιστήμη θα καταστεί μια πλήρη επιστήμη όταν θα μπορεί να προβλέπει την εμφάνιση των οικονομικών κρίσεων».*

Μετά το Β' Παγκόσμιο πόλεμο η πρόοδος συνεχίστηκε, όπως αναφέρει ο Klein. Η πρόοδος αυτή ήταν: «σταθερή στη δεκαετία 1950 -60 ενώ στη δεκαετία 1960 – 70 σημειώθηκε μια αλματώδης πρόοδος με αποτέλεσμα η Οικονομετρία να είναι σήμερα στη πρώτη γραμμή της Οικονομικής Επιστήμης».

Ο Jan Tinbergen έθεσε τα θεμέλια των συστημάτων ανοιγμένης μορφής, τα όποια αποτελούν σοβαρό αντικείμενο ανάλυσης της σύγχρονης οικονομετρίας.

Ο Trygve Haavelmo ασχολήθηκε εκτενώς με τη θεωρία των πιθανοτήτων και υποστήριξε ότι η συναρτησιακή σχέση μεταξύ δυο ή περισσότερων οικονομικών μεταβλητών δεν είναι ακριβής αλλά στοχαστική.

Ιδιαίτερα αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η Σουηδική ακαδημία το 1969 απένειμε το Nobel Οικονομικής Επιστήμης στον Frisch και στον Tinbergen. Αυτοί ήταν οι πρώτοι που πήραν το Nobel Οικονομικής Επιστήμης. Έπειτα, το 1989 πήρε και ο Haavelmo το Nobel Οικονομικής Επιστήμης για τη συνεισφορά του στην εξέλιξη της οικονομετρίας.

Συνοψίζοντας, οι Σκανδιναβοί ερευνητές R. Frisch, J. Tinbergen και T. Haavelmo υπήρξαν οι κυριότεροι θεμελιωτές της σύγχρονης οικονομετρίας, με το καινοτόμο επιστημονικό έργο που παρήγαγαν κατά την περίοδο 1930 – 1940. Οι ερευνητές αυτοί άνοιξαν νέους ορίζοντες στην οικονομετρική μεθοδολογία, καθώς οι οικονομολόγοι άρχισαν πλέον να ασχολούνται

συστηματικά με την εκτίμηση μεμονωμένων συναρτήσεων και πολυμεταβλητών συστημάτων εξισώσεων .

Στην πρόοδο αυτή αναμφισβήτητα συντέλεσε και η ανάπτυξη και διάδοση της χρήσεως ηλεκτρονικών υπολογιστών που δίνουν σήμερα στους οικονομέτρους τη δυνατότητα να πειραματίζονται σε μεθόδους και να εκτιμούν με πολλές εξισώσεις που πριν από 40, η ακόμα και 30 χρόνια ήταν πράγματα αδύνατα από καθαρά τεχνική άποψη.

2.3 Μεθοδολογία της Οικονομετρίας

Πώς προχωρούν οι οικονομέτρους στην ανάλυση ενός οικονομικού προβλήματος; Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν αρκετές σχολές σκέψης όσον αφορά την οικονομετρική μεθοδολογία, εδώ παρουσιάζεται η παραδοσιακή ή κλασική μεθοδολογία, η οποία εξακολουθεί να κυριαρχεί στην εμπειρική έρευνα των οικονομικών και άλλων κοινωνικών και συμπεριφορικών επιστήμων .

Σε γενικές γραμμές, η παραδοσιακή οικονομετρική μεθοδολογία ακολουθεί τα ακόλουθα στάδια, όπως αναλύονται στο *Διάγραμμα 1*. Το πρώτο στάδιο της οικονομετρικής ανάλυσης είναι η εξειδίκευση (specification) του οικονομετρικού υποδείγματος. Το στάδιο αυτό είναι πολύ κρίσιμο, επειδή τα υπόλοιπα στάδια της οικονομετρικής ανάλυσης εξαρτώνται άμεσα από τη μέθοδο διατύπωσης του οικονομετρικού μοντέλου. Η εξειδίκευση του οικονομετρικού υποδείγματος αποσκοπεί στην κατασκευή μιας εξίσωσης ή ενός συστήματος εξισώσεων, ώστε να ερμηνεύεται όσο το δυνατόν ακριβέστερα το προς οικονομετρική ανάλυση οικονομικό φαινόμενο.

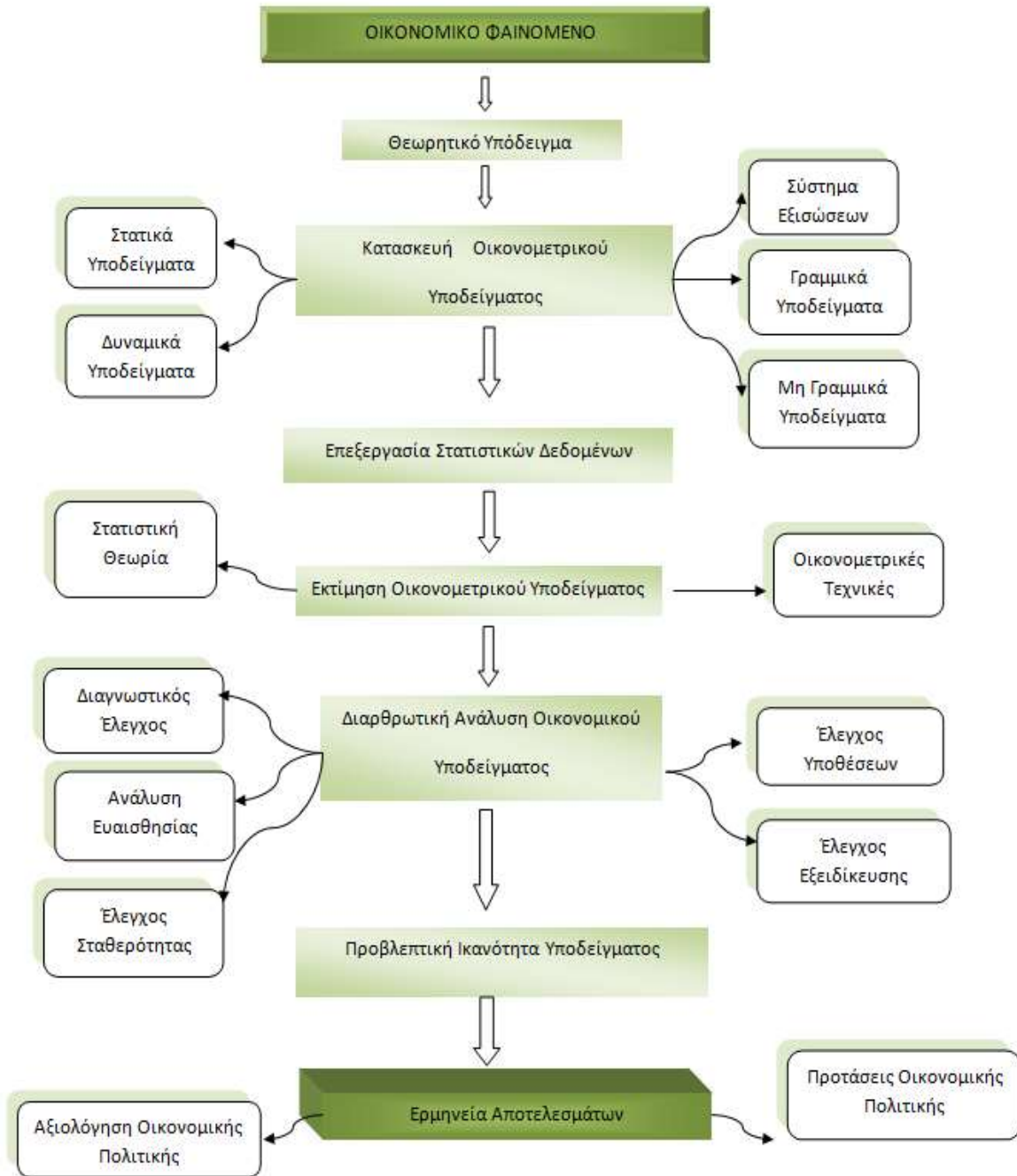
Συμπερασματικά, τίθεται ένα ερώτημα, πως μπορεί λοιπόν να επιλέξει κάποιος μεταξύ ανταγωνιστικών υποδειγμάτων ή υποθέσεων; Ο Clive Granger δίνει μια συμβουλή:

«Θα ήθελα να προτείνω στο μέλλον, όταν σας παρουσιάζεται μια νέα θεωρία ή ένα εμπειρικό υπόδειγμα, να θέτεται τα εξής ερωτήματα :

- i. Τι σκοπό έχει; Σε ποιες οικονομικές αποφάσεις συντελεί ;*
- ii. Παρουσιάζονται ενδείξεις που μου επιτρέπουν να αξιολογήσω την ποιότητα του σε σύγκριση με εναλλακτικές θεωρίες ή υποδείγματα;*

Νομίζω πως η προσοχή σε αυτά τα ερωτήματα θα ενισχύσει την οικονομική έρευνα».

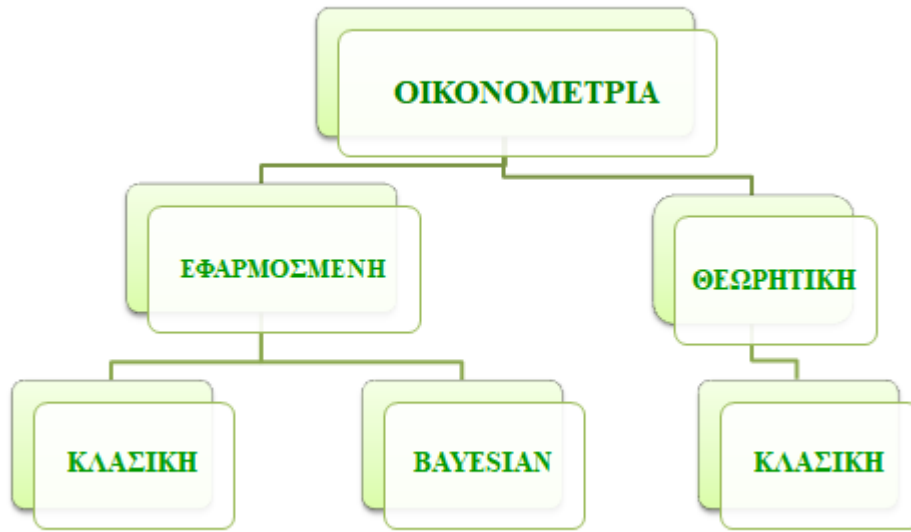
Η κλασική οικονομετρική μεθοδολογία των οκτώ σταδίων είναι ουδέτερη, με την έννοια ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο οποιασδήποτε εξ' αυτών των εναλλακτικών υποθέσεων .



Διάγραμμα 1: Ανατομία της μεθοδολογίας της Οικονομετρίας

2.4 Κλάδοι της Οικονομετρίας

Η Οικονομετρία διακρίνεται σε δυο κλάδους: α) στον κλάδο Θεωρητικής Οικονομετρίας (Theoretical Econometrics) και β) στον κλάδο της Εφαρμοσμένης Οικονομετρίας (Applied Econometrics). Σε κάθε κατηγορία, κάποιος μπορεί να προσεγγίσει το θέμα μέσω της κλασικής προσέγγισης ή της προσέγγισης του Bayes.



Διάγραμμα 2: Κλάδοι της Οικονομετρίας

Η Θεωρητική Οικονομετρία ασχολείται με την ανάπτυξη των κατάλληλων μεθόδων για τη μέτρηση των οικονομικών σχέσεων που καθορίζονται από τα οικονομετρικά υποδείγματα. Υπό αυτή την έννοια, η οικονομετρία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη μαθηματική στατιστική. Για παράδειγμα η μέθοδος των ελάχιστων τετραγώνων.

Στην Εφαρμοσμένη Οικονομετρία χρησιμοποιούνται τα εργαλεία της θεωρητικής οικονομετρίας για να μελετήσουμε κάποιο ειδικό πεδίο της οικονομίας και των επιχειρήσεων, όπως η συνάρτηση παραγωγής, η θεωρία χαρτοφυλακίου.

Η διάκριση αυτή ίσως να είναι πλασματική, αφού είναι δύσκολο να διαχωρίσει κανείς τον ένα κλάδο της οικονομετρίας από τον άλλο. Στην οικονομετρία π.χ. για να εφαρμόσει στην πράξη ο ερευνητής ένα στατιστικό έλεγχο, θα πρέπει απαραίτητως να έχει την απαιτούμενη θεωρητική κατάρτιση. Εξάλλου, οι νέες οικονομετρικές τεχνικές πολύ συχνά δημιουργούνται από τα προβλήματα που ανακύπτουν κατά τη διάρκεια μιας εμπειρικής οικονομετρικής εφαρμογής. Επομένως, η γνώση των βασικών αρχών της οικονομετρίας αλλά ακόμα

περισσότερο η αίσθηση της ποιότητας των οικονομικών δεδομένων, αποτελούν ουσιαστικά αναλυτικά εργαλεία για την εφαρμογή στην πράξη των μεθόδων της οικονομετρίας από τον ερευνητή .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2^{ου} Κεφαλαίου

1. Ανδρέας Α. Κιντής “Οικονομετρική θεωρία”, τόμος Α΄ , Αθήνα 1974
2. Ανδρέας Α. Κιντής “Οικονομετρία”, τόμος Α΄ , Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1982.
3. Αλέξης Λαζαρίδης “Αρχές της Σύγχρονης Οικονομετρίας ” τόμος Α΄ Θεσσαλονίκη 1984.
4. Ανδρέας Α. Κιντής “Εφαρμοσμένη Οικονομετρία” , Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1992.
5. Βασίλης Γ. Σταυρινός “Οικονομετρία” τόμος Α΄ , εκδόσεις ΑΝΤ. Ν. ΣΑΚΚΟΥΛΑ, Αθήνα – Κομοτηνή 1984.
6. Ζωή Α. Γεωργαντά “Οικονομετρία” τόμος Α΄ , Εκδόσεις Μπαρμπουνάκης ,Θεσσαλονίκη 2008.
7. Ηλίας Τζαβαλής “Οικονομετρία”, Εκδόσεις ΟΠΑ ΑΥΕΒ, Αθήνα 2008.
8. Μανόλη Δρεπτάκη “Θεωρητική Οικονομετρία Ι ”, Αθήνα 1975.
9. Damodar N. Gujarati & Dawn C. Porter “Οικονομετρία Αρχές και Εφαρμογές” 5^η έκδοση . Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη 2013.
10. Jack Johnston & John Dinardo “Οικονομετρικές Μέθοδοι” 4^η Έκδοση. Εκδόσεις ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, Αθήνα 2004
11. Μ. D. INTRILIGATOR “Οικονομετρικά Υποδείγματα”, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα
12. Oskar Lange “Οικονομετρία” Εκδόσεις ΝΕΦΕΛΗ , Αθήνα 1979

Κεφάλαιο 3^ο

Σύγχρονες Μέθοδοι Ανάλυσης Χρονολογικών Σειρών

3.1 Εισαγωγή

Με τον όρο χρονολογική σειρά εννοούμε μια σειρά συνεχών δεδομένων με κύρια χαρακτηριστικά την καθορισμένη διάταξη των παρατηρήσεων διαχρονικά, και την καθορισμένη εξάρτηση μεταξύ των διαδοχικών παρατηρήσεων της σειράς. Η καθορισμένη αυτή διάταξη και εξάρτηση εγγυάται τη δημιουργία αξιόπιστων προβλέψεων. Η διάταξη μίας παρατήρησης προσδιορίζεται από ένα δείκτη t . Έτσι με τον όρο z_t ορίζουμε την t -στη παρατήρηση της σειράς. Η προηγούμενη παρατήρηση ορίζεται ως z_{t-1} και η επόμενη ως z_{t+1} .

Τα υποδείγματα χρονολογικών σειρών παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους οικονομέτρους ερευνητές για δυο λόγους. Πρώτα, επειδή τα «κλασσικά» οικονομετρικά συστήματα χρησιμοποιούνται για να εξηγήσουν τις οικονομετρικές σχέσεις ανάμεσα σε διάφορες μεταβλητές στη διάρκεια του χρόνου, τα δυναμικά χαρακτηριστικά των οικονομικών αυτών μεταβλητών, όπως καθορίζονται από αυτά τα συστήματα, δεν είναι δυνατόν να απομονωθούν και δεύτερο, επειδή τα υποδείγματα χρονολογικών σειρών μπορούν να αποτελέσουν μια απλή αλλά ικανοποιητική εναλλακτική λύση των «κλασσικών» οικονομετρικών υποδειγμάτων.

3.2 Ανάλυση Χρονολογικών Σειρών και Στασιμότητα

Τα αποτελέσματα μιας παλινδρόμησης μεταξύ δυο ή περισσότερων μεταβλητών αξιολογούνται με βάση τα κριτήρια προβλεπτικότητας R^2 , $R-adj$, της συνολικής στατιστικής σημαντικότητας F , της ατομικής στατιστικής σημαντικότητας t . Στην ανάλυση χρονολογικών σειρών είναι απαραίτητο να ελέγχουμε πρώτα από όλα αν οι υπό εξέταση μεταβλητές είναι στάσιμες. Αν οι μεταβλητές δεν είναι στάσιμες, οι εκτιμητές της μεθόδου ελάχιστων τετραγώνων είναι ασυνεπείς (inconsistent) και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι διάφοροι στατιστικοί έλεγχοι να μην είναι έγκυροι (invalid). Εξάιρεση αποτελεί, όπως θα αναλυθεί παρακάτω, η περίπτωση κατά την οποία οι μεταβλητές δεν είναι στάσιμες αλλά συνολοκληρώνονται.

Βασική υπόθεση στις οικονομετρικές μεθόδους είναι ότι τα δεδομένα λαμβάνονται τυχαία και διαδοχικές παρατηρήσεις είναι στατιστικά ανεξάρτητες. Αυτό είναι λογικό σε

διαστρωματικά στοιχεία, όχι όμως σε χρονολογικές σειρές. Το κύριο χαρακτηριστικό μιας χρονολογικής σειράς είναι η εξάρτηση των παρατηρήσεων της με το χρόνο (ανάπτυξη, εμπορική κύκλοι, εποχικότητα κ. α.), δηλαδή η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των παρατηρήσεων.

Οι κύριες συνιστώσες μιας χρονολογικής σειράς είναι :

1. **Η τάση (Trend)**: Η μακροχρόνια αύξηση ή μείωση στα δεδομένα .
2. **Η εποχικότητα (Seasonality)**, δηλαδή η περιοδική μεταβολή η οποία επαναλαμβάνεται σε κάποια χρονικά διαστήματα .
3. **Οι ακανόνιστες (τυχαίες) μεταβολές** διακρινόμενες σε συμπτωματικές (απρόβλεπτα γεγονότα όπως σεισμοί) και σε τυχαίες μεταβολές (π.χ. τύχη)
4. **Οι κυκλικές μεταβολές ή κυκλικές διακυμάνσεις (cycles)** οι οποίες διαφέρουν από τις περιοδικές γιατί είναι διάρκειας μεγαλύτερης του ενός χρόνου και δεν παρουσιάζουν κανονική περιοδικότητα .

Η ύπαρξη τάσης σε μια χρονολογική σειρά την κάνει μη στάσιμη και ο μέσος και (ίσως) η διακύμανση μεταβάλλονται με το χρόνο. Αυτό υποδηλώνει ότι η σειρά δεν είναι στάσιμη. Κάποια πιθανή ένδειξη (σύμπτωμα) είναι η περίπτωση η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού R^2 να είναι μεγαλύτερη από την τιμή του τεστ Durbin – Watson (DW), υποδηλώνοντας ότι μεταξύ των μεταβλητών του υποδείγματος ίσως δεν υπάρχει πραγματική σχέση. Δηλαδή ενδέχεται να έχουμε μια φαινομενική παλινδρόμηση (spurious regression). Στην περίπτωση αυτή συνιστάται η εκτίμηση του υποδείγματος σε πρώτες διαφορές και όχι στα επίπεδα των μεταβλητών καθώς πολλές οικονομικές και μη χρονολογικές σειρές έχουν τα χαρακτηριστικά τυχαίας διαδρομής (random walk) και η χρήση πρώτων διαφορών τις κάνει στάσιμες.

Το αυτοπαλίνδρομο σχήμα πρώτου βαθμού AR(1) εκφράζεται ως μια απλή παλινδρόμηση της μορφής

$$Y_t = \alpha + \phi Y_{t-1} + \epsilon_t \quad (1)$$

- Αν $|\phi| < 1$ Η μεταβλητή Y είναι *ΣΤΑΣΙΜΗ*
Αν $|\phi| = 1$ Η μεταβλητή Y είναι *ΜΗ – ΣΤΑΣΙΜΗ*
Αν $|\phi| > 1$ Σπάνια περίπτωση (explosive behavior over time)

- Αν η Y_t είναι μη στάσιμη τότε λέμε ότι έχει μοναδιαία ρίζα ($\phi = 1$) και η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης (Autocorrelation function, ACF) θα είναι κοντά στη μονάδα και ΔΕΝ θα μειώνεται γρήγορα όσο θα αυξάνονται οι υστερήσεις.
- Αν η Y_t έχει μοναδιαία ρίζα τότε η μεταβλητή θα παρουσιάζει τάση (ειδικά αν $\neq 0$).
- Αν η Y_t έχει μοναδιαία ρίζα τότε η ΔY_t θα είναι στάσιμη .

Ας ορίσουμε ως λευκό θόρυβο (White Noise) τη χρονολογική σειρά με σταθερό μέσο (συνήθως 0) και σταθερά διακύμανση και τιμές που δεν αυτοσυσχετίζονται. Από την πλευρά, ο τυχαίος περίπατος (Random Walk) μπορεί να εκφραστεί ως

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t \rightarrow Y_t - Y_{t-1} = \varepsilon_t \rightarrow \Delta Y_t = \varepsilon_t \quad (2)$$

Όπου ε_t λευκός θόρυβος .

Όταν μια σειρά γίνεται στάσιμη παίρνοντας τις πρώτες διαφορές είναι ολοκληρώσιμη πρώτης τάξης (Integrated of first order) και συμβολίζεται από $I(1)$. Όμως είναι απαραίτητο να κάνουμε ελέγχους για στασιμότητα. Οι συνήθεις έλεγχοι γίνονται σύμφωνα με το τεστ Dickey – Fuller το οποίο μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Η διαφορά βρίσκεται στο αν συμπεριλαμβάνουμε σταθερό όρο ή / και τάση ή όχι .

Αν ο διαταρακτικός όρος αυτοσυσχετίζεται τότε χρησιμοποιείται ο επαυξημένος έλεγχος (Augmented) Dickey- Fuller (ADF) με τη μορφή :

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} a_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Ο καθορισμός της ανάλογης υστέρησης στο τμήμα της άθροισης καθορίζεται εμπειρικά βάσει των μικρότερων τιμών για το Akaike κριτήριο πληροφοριών (Akaike Information Criterion) και το κριτήριο Schwatz (SC). Η αυτοσυσχέτιση ελέγχεται με το τεστ Breusch-Godfrey.

3.3 Εμπειρικοί Κανόνες

Aν θέλουμε να βάλουμε κάποιους εμπειρικούς κανόνες ανάλυσης χρονολογικών σειρών θα λέγαμε ότι υπάρχουν 5 διακριτές περιπτώσεις: Αν οι σειρές X και Y είναι στάσιμες προχωράμε σε παλινδρόμηση

Αν οι σειρές X και Y έχουν μοναδιαίες ρίζες (είναι μη στάσιμες) τότε η παλινδρόμηση είναι φαινομενική. Συστήνεται μετασχηματισμός των μεταβλητών εκτός αν συνολοκληρώνονται.

1. Αν X και Y έχουν μοναδιαίες ρίζες ελέγχεται αν συνολοκληρώνονται. Οι πιο απλός έλεγχος συνολοκλήρωσης δίνεται σε τρία βήματα
 - i. Παλινδρομούμε Y και X και παίρνουμε τα κατάλοιπα \hat{u} .
 - ii. Κάνουμε τεστ μοναδιαίας ρίζας στα κατάλοιπα (χωρίς τάση και σταθερό).
 - iii. Αν απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση (H_0 : τα κατάλοιπα δεν είναι στάσιμα) τότε X και Y συνολοκληρώνονται. Αν X και Y συνολοκληρώνονται προχωρούμε σε παλινδρόμηση.

Η συνολοκλήρωση αντιπροσωπεύει την ύπαρξη μακροχρόνιας ισορροπίας ανάμεσα σε οικονομικές μεταβλητές. Υποδηλώνει ότι για ατομικές μη στάσιμες X, Y ένας γραμμικός συνδυασμός δυο ή περισσότερων X, Y μπορεί να είναι στάσιμες. Τα συνήθη τεστ που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο συνολοκλήρωσης είναι τα Engle – Granger (όπως περιγράφηκε στα i-iii βήματα παραπάνω), Augmented Engle – Granger και το Cointegrating Regression Durbin Watson. Συνολοκλήρωση δυο ή περισσότερων σειρών δείχνει ότι υπάρχει μια μακροχρόνια σχέση μεταξύ τους. Αν δυο μεταβλητές δεν είναι συνολοκληρώσιμες (κάθε γραμμικός συνδυασμός θα είναι μη στάσιμος) και έτσι και τα κατάλοιπα θα είναι επίσης μη στάσιμα .

2. Αν X και Y συνολοκληρώνονται τότε η σχέση μεταξύ τους μπορεί να εκφραστεί ως το Υπόδειγμα Διόρθωσης Λαθών (Error Correction Model ECM), συμφωνά με το Granger Representation Theorem. Ο συντελεστής της μεταβλητής X από την παλινδρόμηση δίνει το μακροχρόνιο πολλαπλασιαστή ενώ το ECM δίνει τη βραχυχρόνια συμπεριφορά. Το Υπόδειγμα Διόρθωσης Λαθών πραγματοποιείται σε δυο στάδια:
 - iv. Αφού ελέγξουμε αν Y, X_1, X_2, \dots είναι στάσιμες και αν συνολοκληρώνονται, παλινδρομούμε την Y πάνω στις ανεξάρτητες και παίρνουμε τα κατάλοιπα (e_t)
 - v. Παλινδρομούμε την ΔY πάνω στις $\Delta X_1, \Delta X_2, \dots$ και τα κατάλοιπα με μια υστέρηση (e_{t-1}). Δηλαδή έχουμε μια παλινδρόμηση της μορφής

$$\Delta Y = \gamma_1 \Delta X_1 + \gamma_2 \Delta X_2 + \dots + \lambda e_{t-1} + v_t \quad (7)$$

Μπορούμε με βάση τα κριτήρια AIC και Schwartz (SC) και το κριτήριο του Πολλαπλασιαστή Lagrange (Lagrange Multiplier, LM (1)) να ελέγξουμε αν χρειάζεται να πάρουμε και υστερήσεις των διαφόρων των μεταβλητών (π.χ. $\Delta X_{1,t-1}$, $\Delta X_{2,t-1}$...). Το υπόδειγμα ECM δείχνει την επίδραση των βραχυχρόνιων αλλαγών των X_1, X_2, \dots, X_k πάνω στην Y . Ο συντελεστής των κατάλοιπων της προηγούμενης περιόδου (λ) δείχνει τη βραχυχρόνια προσαρμογή. Η τιμή λ δείχνει την απόκλιση της πραγματικής Y από το μακροχρόνιο επίπεδο ισορροπίας που διορθώνεται σε κάθε περίοδο .

3. Αν X_1, X_2, \dots, X_k και Y έχουν μοναδιαία ρίζα αλλά δε συνολοκληρώνονται τότε οδηγούμαστε σε φαινομενική παλινδρόμηση και πρέπει να διαφοροποιήσουμε τις υπάρχουσες ή να συμπεριλάβουμε άλλες μεταβλητές.

3.3.1 Έλεγχοι Dickey – Fuller

Eστω ότι μια δεδομένη οικονομική χρονολογική σειρά μπορεί να περιγραφεί με το AR(1) υπόδειγμα :

$$Y_t = \alpha Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

Η σειρά θα είναι στάσιμη αν $-1 < \alpha < 1$. Αν $\alpha = 1$, η σειρά θα είναι μη στάσιμη. Με τον έλεγχο Dickey – Fuller γίνεται έλεγχος της μηδέν υποθέσεως $H_0: \alpha = 1$, δηλαδή γίνεται έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας, που συνεπάγεται μη στασιμότητα.

Για να ελεγχθεί η παραπάνω υπόθεση είναι να εκτιμηθεί το υπόδειγμα (7) με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων και στη συνέχεια να γίνει ο συνήθης έλεγχος με την κατανομή t . Το πρόβλημα είναι ότι ο έλεγχος αυτός δεν είναι έγκυρος αν ισχύει η μηδέν υπόθεση $H_0: \alpha = 1$, γιατί η κατανομή του t ή F σ' αυτή την περίπτωση δε συμπίπτει με τη γνωστή κατανομή t ή F . Αυτό σημαίνει ότι οι κρίσιμες τιμές της t ή F δεν είναι κατάλληλες για τον έγκυρο έλεγχο της παραπάνω υποθέσεως. Θα πρέπει, επίσης, να αναφερθεί ότι και ο ελάχιστων τετραγώνων εκτιμητής $\hat{\alpha}$ δεν έχει τις επιθυμητές ιδιότητες. Συγκεκριμένα, ο εκτιμητής $\hat{\alpha}$ είναι μεροληπτικός και ασυνεπής.

Διέξοδο στο παραπάνω πρόβλημα έδωσαν οι Dickey και Fuller .Εν πρώτοις, μπορεί να γίνει επαναπαραμετροποίηση (reparametrization) του υποδείγματος (7) ως εξής: αφαιρούμε το Y_{t-1} και από τις δυο πλευρές, οπότε :

$$\Delta Y_t = \beta Y_{t-1} + u_t \quad (8)$$

όπου

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$\beta = \alpha - 1$$

Ο έλεγχος της μηδέν υποθέσεων $H_0 : \alpha=1$ μετατρέπεται τώρα σε έλεγχο της μηδέν υποθέσεων $H_0 : \beta = 0$ έναντι της εναλλακτικής $H_1 : \beta < 0$. Δηλαδή, ο έλεγχος είναι μονόπλευρος. Δεν μας ενδιαφέρει η περίπτωση $\beta > 0$ δηλαδή $\alpha > 1$, γιατί συνεπάγεται εκρηκτική συμπεριφορά (explosive behavior) για την υπό εξέταση μεταβλητή Y . Επίσης, $\beta < -1$, δηλαδή $\alpha < 0$, είναι μάλλον σπάνια περίπτωση για μια μεταβλητή που χαρακτηρίζεται από μοναδιαία ρίζα. Επομένως, στην πράξη $0 < \alpha < 1$, δηλ. $-1 < \beta < 0$.

Ο έλεγχος της παραπάνω μηδέν υποθέσεως μπορεί να γίνει με τη βοήθεια των πινάκων της κατανομής που κατασκεύασαν οι Dickey και Fuller. Αν στο υπόδειγμα (7) προστεθεί σταθερός όρος, έστω δ , δηλαδή,

$$Y_t = \delta + \alpha Y_{t-1} + u_t \quad (9)$$

το μετασχηματισμένο υπόδειγμα γίνεται :

$$\Delta Y_t = \delta + \beta Y_{t-1} + u_t \quad (10)$$

Όπου $\beta = \alpha - 1$. Το υπόδειγμα (9) είναι αυτό που πρέπει να χρησιμοποιήσει όταν η μεταβλητή Y έχει μη μηδενικό μέσο. Σ' αυτή την περίπτωση η παράλειψη του σταθερού όρου μπορεί να οδηγήσει σε τελείως εσφαλμένα αποτελέσματα. Ο έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας στο παραπάνω υπόδειγμα γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και για τον έλεγχο του υποδείματος χωρίς τον σταθερό όρο.

3.3.2 Επαυξημένος έλεγχος Dickey – Fuller

Ο προηγούμενος έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας σε ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτης τάξης μπορεί να εφαρμοστεί και στη γενική περίπτωση μίας AR (p) διαδικασία.

Όπως γνωρίζουμε, στη γενική του μορφή ένα AR (p) υπόδειγμα διατυπώνεται ως :

$$Y_t = \delta + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + u_t$$

ενώ η τροποποιημένη του μορφή είναι :

$$\Delta Y_t = \delta + \beta Y_{t-1} + \alpha_1^* \Delta Y_{t-1} + \alpha_2^* \Delta Y_{t-2} + \dots + \alpha_{p-1}^* \Delta Y_{t-p+1} + u_t \quad (11)$$

όπου : $\Delta Y_{t-1} = Y_{t-1} - Y_{t-2}$, $\Delta Y_{t-2} = Y_{t-2} - Y_{t-3}$

και $\beta = (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_p - 1)$

Ας σημειωθεί ότι α_i^* , για $i = 1, 2, \dots, p$ είναι επίσης συναρτήσεις των αρχικών συντελεστών α_i για $i = 1, 2, \dots, p$.

Για παράδειγμα, για $p = 2$.

$$\Delta Y_t = \delta + \beta Y_{t-1} + \alpha_1^* \Delta Y_{t-1} + u_t \quad (12)$$

όπου $\beta = (\alpha_1 + \alpha_2 - 1)$ και $\alpha_1^* = -\alpha_2$

Ο έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας, ότι δηλαδή η σειρά δεν είναι στάσιμη, ισοδυναμεί με έλεγχο της μηδέν υποθέσεως $H_0: \beta = 0$ έναντι της εναλλακτικής $H_1: \beta < 0$.

Για τον έλεγχο της παραπάνω υποθέσεως εκτιμάται με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων το υπόδειγμα (11). Ο έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας για $p > 1$ είναι γνωστός ως επαυξημένος έλεγχος Dickey– Fuller (Augmented Dickey – Fuller ή ADF test).

Είναι προφανές ότι, για να γίνει ο παραπάνω έλεγχος, πρέπει να είναι γνωστή η τάξη (p) της αυτοπαλινδρομούμενης διαδικασίας που, βεβαίως, δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων. Στην πράξη, αυτό που γίνεται είναι να προστίθενται τόσες υστερήσεις της Y_t ώστε τα κατάλοιπα που προκύπτουν από την μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων να μην αυτοσυσχετίζονται.

3.4 Συνολοκλήρωση (Cointegration)

O Granger και ο Engle θεωρούνται οι πρωτεργάτες στο αντικείμενο της ανάλυσης συνολοκλήρωσης (cointegration analysis).

Με στόχο τη διεύρυνση στην έννοια της συνολοκλήρωσης, έστω το κάτωθι διμετάβλητο υπόδειγμα :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

Όπου Y_t, X_t είναι μεταβλητές και ε_t είναι διαταρακτικός όρος.

Από τη συνάρτηση(13) λαμβάνουμε ότι

$$\varepsilon_t = Y_t - \beta_0 - \beta_1 X_t \quad (14)$$

Οι μεταβλητές Y_t και X_t υποτίθεται ότι είναι μη στάσιμες και ολοκληρωμένες πρώτου βαθμού. Στη σχέση (14) ο στοχαστικός όρος ε_t αποκαλείται **σφάλμα ανισορροπίας** (disequilibrium error) και απεικονίζει το εύρος της ανισορροπίας μεταξύ των μεταβλητών Y_t και X_t στο βραχυχρόνιο.

Συνεπώς, ο στοχαστικός όρος συνιστά τον παράγοντα, ο οποίος μπορεί να υποδείξει αν μεταξύ των μεταβλητών Y_t και X_t υπάρχει ισόρροπη ή ανισόρροπη σχέση. Ο Granger (1981, 1986) έδειξε ότι αν ο όρος ε_t είναι στάσιμος, δηλαδή $I(0)$, συνάγεται ότι μεταξύ των μεταβλητών Y_t και X_t υφίσταται μια ισόρροπη μακροχρόνια σχέση. Στην περίπτωση αυτή οι

μεταβλητές Y_t και X_t θεωρούνται **συνολοκληρωμένες (cointegrated)**. Όταν οι μεταβλητές Y_t και X_t είναι συνολοκληρωμένες, ο όρος ε_t κατανέμεται με μέσο μηδέν και διακύμανση σταθερή, $\varepsilon_t \sim (0, \sigma^2)$.

Η συλλογιστική της συνολοκλήρωσης βασίζεται στο γεγονός ότι ανάμεσα σε δυο ή περισσότερες μακροχρόνιες ισόρροπες σχέσεις. Ο ορισμός της συνολοκλήρωσης μεταξύ δυο σειρών αναπτύχθηκε από τους Engle και Granger :

Δυο χρονολογικές σειρές $Y_{1,t}$ και $Y_{2,t}$ λέμε ότι είναι συνολοκληρωμένες βαθμού d και b , όπου $d \geq b \geq 0$ και συμβολίζουμε με $Y_{1,t}$ και $Y_{2,t} \sim CI(d, b)$, αν :

1. Και οι δυο είναι ολοκληρωμένες βαθμού d .
2. Υπάρχει ένας γραμμικός συνδυασμός τους, $W_t = a_1 Y_{1,t} + a_2 Y_{2,t}$, ο οποίος δίνει μια σειρά που είναι ολοκληρωμένη βαθμού $(d - b)$.
3. Το διάνυσμα $[a_1, a_2]$ ονομάζεται διάνυσμα συνολοκλήρωσης (Cointegrating vector).

Στην περίπτωση των “ n ” μεταβλητών, ο ορισμός της συνολοκλήρωσης είναι :

Αν Y_t είναι ένα $n \times 1$ διάνυσμα των σειρών $Y_{1t}, Y_{2t} \dots Y_{nt}$ τότε :

1. Κάθε μια από αυτές είναι $I(d)$.
2. Υπάρχει ένα $n \times 1$ μηδενικό διάνυσμα β , τέτοιο ώστε $Y_t' \beta \sim I(d - b)$, τότε :

$$Y_t' \beta \sim CI(d, b).$$

3. Το διάνυσμα β καλείται διάνυσμα συνολοκλήρωσης.

Ο δεύτερος ορισμός είναι για παραπάνω από δυο χρονοσειρές. Όταν το διάνυσμα των ανεξάρτητων μεταβλητών περιλαμβάνει περισσότερα από δύο στοιχεία τότε το διάνυσμα συνολοκλήρωσης ίσως να μην είναι μοναδικό. Αν n το πλήθος των διανυσμάτων συνολοκλήρωσης. Ο αριθμός των ανεξάρτητων διανυσμάτων συνολοκλήρωσης λέγεται «τάξη της συνολοκλήρωσης»

Στη γλώσσα της θεωρίας συνολοκλήρωσης, μια παλινδρόμηση όπως: $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t$ είναι γνωστή ως παλινδρόμηση συνολοκλήρωσης (cointegrating regression) και η παράμετρος κλίσης β_1 είναι γνωστή ως παράμετρος συνολοκλήρωσης (cointegrating parameter). Η έννοια της συνολοκλήρωσης μπορεί να επεκταθεί σε ένα υπόδειγμα παλινδρόμησης που περιέχει k παλινδρομητές. Σε αυτή της περίπτωση θα έχουμε k παραμέτρους συνολοκλήρωσης.

Η πολύτιμη συμβολή των εννοιών της μοναδιαίας ρίζας, της συνολοκλήρωσης, κ.λπ. είναι να μας αναγκάσουν να διαπιστώσουμε αν τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης είναι στάσιμα.

Όπως σημειώνει ο Granger: «Ένας έλεγχος για συνολοκλήρωση μπορεί να θεωρηθεί ως ένας προέλεγχος για την αποφυγή καταστάσεων νόθου παλινδρόμησης».

3.5 Engle & Granger

Ένας απλός τρόπος ελέγχου συνολοκλήρωσης είναι ο έλεγχος Engle-Granger. Ας υποθέσουμε ότι τα κατάλοιπα ακολουθούν το αυτοπαλίνδρομο σχήμα πρώτου βαθμού AR (1), ως :

$$\hat{u}_t = \rho \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (15)$$

Όπως είδαμε αν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι ίσος με τη μονάδα τότε τα κατάλοιπα δεν είναι στάσιμα. Αντίθετα αν $|\rho| < 1$ τότε τα κατάλοιπα είναι στάσιμα. Αν από την (1) αφαιρέσουμε τα κατάλοιπα της προηγούμενης περιόδου τότε έχουμε :

$$\begin{aligned} \hat{u}_t - \hat{u}_{t-1} &= \rho \hat{u}_{t-1} - \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t \Rightarrow \Delta \hat{u}_t = (\rho - 1) \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t \Rightarrow \\ \Delta \hat{u}_t &= \rho^* \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (16) \end{aligned}$$

Δηλαδή ο έλεγχος της υπόθεσης ότι $\rho=1$ γίνεται $H_0 : \rho^*=0$

Οι κρίσιμες τιμές για τον έλεγχο δίνονται από τον πίνακα των κρίσιμων τιμών για ελέγχους συνολοκλήρωσης, ο οποίος εκτός των n και α , χρειάζεται και ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών. Αν $|t| \geq \alpha$ απορρίπτουμε H_0 (H_0 : τα κατάλοιπα δεν είναι στάσιμη σειρά και άρα οι μεταβλητές δε συνολοκληρώνονται). Σημειώτew ότι υπάρχει και ο πίνακας MacKinnon που είναι πλήρης, αφού δίνει τιμές για $n < 50$, για αριθμό μεταβλητών μέχρι 6 και για το αν το υπόδειγμα περιλαμβάνει σταθερό όρο ή/ και τάση.

Αν έχουμε αυτοπαλίνδρομο σχήμα μεγαλύτερης τάξης τότε ο συντελεστής ρ^* εκτιμάται από τη σχέση

$$\Delta \hat{u}_t = \rho^* \hat{u}_{t-1} + \sum \rho^* \Delta \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (17)$$

3.6 Υπόδειγμα Διόρθωσης Σφάλματος (ECM)

Το υπόδειγμα διόρθωσης σφάλματος (error correction model – ECM), το οποίο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Sanghan και διαδόθηκε αργότερα από τους Engle και Granger διορθώνει την ανισορροπία.

Οι Engle και Granger (1987) έδειξαν ότι αν δύο μεταβλητές Y και X είναι συνολοκληρωμένες, τότε υπάρχει μία μακροχρόνια σχέση ισορροπίας μεταξύ των μεταβλητών αυτών. Βραχυχρόνια όμως οι μεταβλητές αυτές μπορεί να βρίσκονται σε ανισορροπία. Η

βραχυχρόνια αυτή σχέση ανισορροπίας μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών μπορεί να διατυπωθεί με ένα υπόδειγμα που ονομάζεται υπόδειγμα διόρθωσης λαθών (ECM). Το σφάλμα ισορροπίας (ανισορροπίας) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνενώσει τη βραχυχρόνια με τη μακροχρόνια περίοδο. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη συνένωση αυτή λέγεται μηχανισμός διόρθωσης σφάλματος (Error Correction Mechanism - ECM).

Με κριτήριο τις συναρτήσεις :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t \quad (18)$$

$$\varepsilon_t = Y_t - \beta_0 - \beta_1 X_t \quad (19)$$

Δίνετε παρακάτω το υπόδειγμα σε πρώτες διαφορές :

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta X_t + \lambda \varepsilon_{t-1} + u_t \quad (20)$$

όπου

$$\varepsilon_{t-1} = (Y_{t-1} - \beta_0 - \beta_1 X_{t-1}).$$

Η συνάρτηση (20) απεικονίζει ένα υπόδειγμα ECM, είναι ότι στην ομάδα των ερμηνευτικών μεταβλητών έχει συμπεριληφθεί το σφάλμα ανισορροπίας ε_{t-1} , που θεωρείται μια στάσιμη χρονολογική σειρά I(0). Συνεπώς, με την εξειδίκευση του υποδείγματος ECM (20), έχουμε τη δυνατότητα να διερευνηθεί η συμπεριφορά της εξαρτημένης μεταβλητής Y_t από τη μακροχρόνια και τη βραχυχρόνια συμπεριφορά των μεταβλητών του υποδείγματος. Η συνάρτηση ECM (20) είναι σαφές ότι συνιστά δυναμικό υπόδειγμα με κατανεμόμενες χρονικές υστερήσεις. Η ποσότητα $\lambda \varepsilon_{t-1}$ αποκαλείται **όρος διόρθωσης σφάλματος (error correction term)**. Η παρουσία της ποσότητας $\lambda \varepsilon_{t-1}$ μας παρέχει τη δυνατότητα να διερευνηθεί, τόσο η βραχυγραφία όσο και η μακροχρόνια σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές Y_t και X_t .

Η ποσότητα $\lambda \varepsilon_{t-1}$ δίνει τη δυνατότητα, το σφάλμα ανισορροπίας στη συμπεριφορά της Y_t σε ορισμένη περίοδο να διορθώνεται την επόμενη χρονική περίοδο.

- Αν $\lambda < 0$ που συμβαίνει ότι $Y_{t-1} > \beta_0 + \beta_1 X_{t-1}$, έπεται ότι την προηγούμενη περίοδο t-1, η Y_t ήταν πάνω από την τιμή ισορροπίας, με συνέπεια η τιμή της την επόμενη περίοδο θα πρέπει να μειωθεί ώστε να αποκατασταθεί η ισορροπία.
- Αν $\lambda > 0$ που υποδηλώνει ότι $Y_{t-1} < \beta_0 + \beta_1 X_{t-1}$, συνάγεται ότι την περίοδο t-1, η Y_t ήταν κάτω από την τιμή ισορροπίας, με αποτέλεσμα η τιμή της να αναμένεται ότι θα αυξηθεί την επόμενη χρονική περίοδο ώστε να επιτευχθεί η ισορροπία.

Η παράμετρος λ ονομάζεται συντελεστής προσαρμογής (adjustment coefficient), γιατί η τιμή του δείχνει την ταχύτητα με την οποία αποκαθιστάται η τιμή ισορροπίας της Y_t .

Για τους παραπάνω λόγους αξίζει να υπενθυμίσουμε την επισήμανση του S.G. Hall :

«Ενώ η έννοια της συνολοκλήρωσης είναι σαφώς μια σημαντική θεωρητική βάση του υποδείγματος διόρθωσης λαθών, εξακολουθούν να υπάρχουν αρκετά προβλήματα όσον αφορά την πρακτική της εφαρμογή οι κρίσιμες τιμές και η επιδόσεις σε μικρά δείγματα πολλών εξ' αυτών των ελέγχων είναι άγνωστες για ένα ευρύ φάσμα υποδειγμάτων η προσεκτική διερεύνηση του διαγράμματος αυτοσυσχέτισης μπορεί να αποτελεί και σε αυτή την περίπτωση ένα σημαντικό εργαλείο.»

3.7 Έλεγχος Johansen

O Johansen (1988, 1991, 1995) επινόησε μια τεχνική VAR (Vector Autoregression), με την οποία προσδιορίζεται ο ακριβής αριθμός των διανυσμάτων συνολοκλήρωσης στα πλαίσια ενός πολυμετάβλητου συστήματος. Η τεχνική του Johansen είναι γνωστή με την ονομασία έλεγχος συνολοκλήρωσης *Johansen της μέγιστης πιθανοφάνειας* (*the Johansen maximum likelihood cointegration test*), αυτή οφείλεται στην εκτίμηση του υποδείγματος (21) και η διαδικασία του στατιστικού ελέγχου, επιπλέον βασίζονται στη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας.

Έστω ότι έχουμε ένα VAR υπόδειγμα :

$$X_t = \mu + \sum_{i=1}^p \Gamma_i X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (20)$$

όπου

- X_t είναι ένα άνωσμα διαστάσεων $n \times 1$ που περιέχει μεταβλητές ολοκληρώσιμες πρώτου βαθμού,
- μ απεικονίζει τη μήτρα των προσδιοριστικών τάσεων του συστήματος,
- Γ είναι μια μήτρα διαστάσεων $n \times k$ που περιλαμβάνει τις παραμέτρους του πολυμετάβλητου υποδείγματος,
- p συμβολίζει τη χρονική υστέρηση
- ε_t είναι ο στοχαστικός όρος. Ο όρος ε_t κατανέμεται κανονικά με μέση τιμή ίση με το μηδέν και διακύμανση σταθερή.

Επομένως, ένα VAR υπόδειγμα (20) μπορεί να γραφεί και σε μορφή πρώτων διαφορών με ECM ως εξής :

$$\Delta X_t = \mu + \Pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (21)$$

όπου

- οι μήτρες Π και Γ έχουν διαστάσεις $n \times k$
 - ο βαθμός (rank) r της μήτρας Π προσδιορίζει τον αριθμό των διαανυσμάτων συνολοκλήρωσης.
1. Εάν διαπιστωθεί ότι $r=0$ συνάγεται πως οι μεταβλητές X_t του υποδείγματος (21) δεν είναι συνολοκληρωμένες.
 2. Εάν προέκυπτε ότι $r = 0$ και άρα $\Pi=0$, τότε το υπόδειγμα (21) θα παρίστανε ένα VAR σύστημα σε πρώτες διαφορές.

Ο έλεγχος του Johansen αποσκοπεί να ανιχνεύσει αν στη *μήτρα ανοιγμένης μορφής* Π (*reduced – form matrix*) υπάρχουν ανύσματα συνολοκλήρωσης. Ο Johansen έδειξε ότι ο αριθμός των ανυσμάτων συνολοκλήρωσης r , δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των μεταβλητών του υποδείγματος k , που σημαίνει ότι $r < k$. Δίνετε ότι $0 < r < k$ η μήτρα Π μπορεί να επιμεριστεί σε δυο μήτρες, τις α και b διαστάσεων $n \times r$, έτσι ώστε $\Pi = \alpha b'$. Η μήτρα α περιλαμβάνει τις παραμέτρους ECM και η μήτρα b περιλαμβάνει τις παραμέτρους των σχέσεων συνολοκλήρωσης. Η ποσότητα $\alpha b' X_{t-1}$ αντικατοπτρίζει τον όρο ECM και γι' αυτό οι παράμετροι της μήτρας α αποκαλούνται συντελεστές προσαρμογής. Στα πλαίσια του ελέγχου Johansen, η υπόθεση μηδέν H_0 διατυπώνεται ως ακολούθως :

$$H_0(r) : \Pi = \alpha b' \quad (22)$$

Για τον έλεγχο της υπόθεσης (22) ο Johansen επινόησε δυο στατιστικά, τη *στατιστική ίχνους* (*trace statistic*) και τη *στατιστική μέγιστου* (*max statistic*).

- Με την υπόθεση H_0 (22) ελέγχεται αν ο αριθμός των σχέσεων συνολοκλήρωσης είναι ίσος ή μικρότερος από r .
- Με την υπόθεση H_1 μπορεί να ληφθεί το υπόδειγμα (22), με την έννοια ότι αν απορριφθεί η υπόθεση H_0 , συμπεραίνεται ότι στο υπόδειγμα (22) περιλαμβάνονται r ανύσματα συνολοκλήρωσης.

Τα στατιστικά λ_{tr} και λ_{max} , με τα οποία διεξάγεται ο έλεγχος Johansen για τη ανίχνευση αν στο υπόδειγμα (22) υπάρχουν σχέσεις συνολοκλήρωσης, δίνετε από τις παρακάτω φόρμουλες :

$$\lambda_{tr} = -T \sum_{i=r+1}^k \log(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (23)$$

και

$$\lambda_{max} = -T \log(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (24)$$

όπου

- λ_{tr} είναι το στατιστικό ίχνους
- λ_{max} συμβολίζει το στατιστικό μέγιστο.
- Το T είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων του δείγματος
- και $\hat{\lambda}_i$ είναι οι εκτιμηθείσες χαρακτηριστικές ρίζες ή ιδιότητες (characteristic roots ή eigenvalues) .

Ασυμπτωτικές κριτικές τιμές για τις στατιστικές λ_{tr} και λ_{max} υπάρχουν στους πίνακες Osterwald – Lenum (1992).

Πλεονεκτήματα

Η τεχνική Johansen χαρακτηρίζεται ως η αποτελεσματικότερη προσέγγιση για τον έλεγχο συνολοκλήρωσης και παράλληλα διακρίνεται για τα σημαντικά συγκριτικά της πλεονεκτήματα έναντι των ανταγωνιστικών μεθόδων.

- Είναι ότι ο ερευνητής έχει τη δυνατότητα στα πλαίσια ενός πολυμετάβλητου υποδείγματος να εντοπίσει τον ακριβή αριθμό των ανυσμάτων συνολοκλήρωσης.
- Είναι ότι ο οικονομήτρης μπορεί να εκτιμήσει τις παραμέτρους έκαστου διανύσματος συνολοκλήρωσης και στη συνέχεια να προβεί σε χρήσιμες διαπιστώσεις, σχετικές με την άσκηση της οικονομικής πολιτικής, την προβλεπτική ικανότητα του υποδείγματος EMC , κλπ.
- Είναι ότι ο ερευνητής μπορεί να επιβάλλει ορισμένους περιορισμούς στις παραμέτρους των διανυσμάτων συνολοκλήρωσης , ώστε να ελέγξει την αξιοπιστία διάφορων οικονομικών θεωριών ή να αξιολογήσει την αποδοτικότητα της οικονομικής πολιτικής .
- Είναι ότι η υιοθέτηση της μεθόδου VAR έχει ως θετικό επακόλουθο όλες οι μεταβλητές του υποδείγματος (13.59) να θεωρούνται ενδογενείς και γι' αυτό κάθε μια μεταβλητή εκφράζεται ως συνάρτηση των δικών της χρονικών υστερήσεων και των υστερήσεων των υπόλοιπων μεταβλητών του υποδείγματος.

Μειονεκτήματα

Η μέθοδος Johansen έχει ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν από τους αναλυτές των οικονομικών φαινομένων.

- Είναι ότι σχετίζεται με την εξειδίκευση της χρονικής υστέρησης p στο υπόδειγμα (13.59), π.χ. στη πράξη έχει διαπιστωθεί ότι σε μικρά δείγματα, η επιλογή της χρονικής

υστέρησης μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη συμπερασματολογία, αναφορικά με τον προσδιορισμό του ακριβούς αριθμού των σχέσεων συνολοκλήρωσης.

- Είναι ότι σχετίζεται με την εμπειρική διαπίστωση ότι αν στο υπόδειγμα ανιχνευτούν περισσότερες από μία σχέσεις συνολοκλήρωσης, ενδέχεται ανάμεσα στις σχέσεις αυτές να υπάρχουν κάποια ανύσματα συνολοκλήρωσης, των οποίων οι συντελεστές να είναι εξαιρετικά δύσκολο να ερμηνευτούν εννοιολογικά από τον οικονομικό αναλυτή.
- Είναι ότι με την εισαγωγή αρκετών διανυσμάτων συνολοκλήρωσης στο υπόδειγμα (13.59) μπορεί να προκύψει το πρόβλημα της πολυσυγγραμμικότητας. Εάν ανάμεσα στα ανύσματα συνολοκλήρωσης υπάρχει έντονη προσδιοριστική τάση, είναι δυνατόν ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών να αυξηθεί και έτσι το φαινόμενο της πολυσυγγραμμικότητας να κάνει αισθητή την παρουσία του.
- Είναι ότι σχετίζεται με τη διαφορούμενη συμπερασματολογία μεταξύ των στατιστικών λ_{tr} και λ_{max} .

Όπως κάθε οικονομετρική τεχνική, έτσι και η μέθοδος Johansen έχει τόσο πλεονεκτήματα όσο μειονεκτήματα. Η μέθοδος του Johansen φαίνεται ότι αποδίδει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα σε μεγάλα δείγματα π.χ. άνω των 100 παρατηρήσεων. Στην περίπτωση μικρών δειγμάτων π.χ. 50 παρατηρήσεις, ο έλεγχος Johansen είναι προτιμότερο να διεξάγεται εναλλακτικά με μια δυο ή τρεις εξειδικεύσεις χρονικών υστερήσεων (*lag structure*), ώστε να εξασφαλίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο η αξιοπιστία της οικονομετρικής συμπερασματολογίας. Σε γενικές γραμμές, η τεχνική Johansen χαρακτηρίζεται ως η αρτιότερη μέθοδος έλεγχου συνολοκλήρωσης και δεν είναι τυχαίο ότι έχει συμπεριληφθεί στο σύνολο των σύγχρονων οικονομετρικών προγραμμάτων, όπως Eviews, Rats- Cats, Microfit, Shazam, κ.α..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 3^ο Κεφαλαίου.

1. Αλέξης Λαζαρίδης “Οικονομετρία II ” , Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ , Θεσσαλονίκη 2005
2. Αναστάσιος Β. Κάτος “Οικονομετρία ” , Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ , Θεσσαλονίκη 2004
3. Ανδρέας Κιντής “ Στατιστικές και Οικονομικές Μέθοδοι”, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1999.
4. Γεώργιος Α. Βαμβουκάς “ Σύγχρονη Οικονομετρία , Ανάλυση και Εφαρμογές ” Εκδόσεις ΟΠΑ , Αθήνα 2007.
5. Γεωργίου Κ. Χρήστου “Εισαγωγή στην Οικονομετρία ” τόμος Β, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 2007.
6. Γεωργίου Κ. Χρήστου “Εισαγωγή στην Οικονομετρία ”, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 2011
7. Γεώργιος Εμμ. Χαλκός “Οικονομετρία - θεωρία και πράξη ”, Εκδόσεις Β. Γκιούρδας , Αθήνα 2006.
8. Γεώργιος Εμμ. Χαλκός “Οικονομετρία - θεωρία , εφαρμογές & χρήση προγραμμάτων σε Η / Υ ”, Εκδόσεις Gutenberg , Αθήνα 2011
9. Δημελή Σ. “ Σύγχρονες Μέθοδοι Ανάλυσης Χρονολογικών Σειρών ” 2002.
10. Κώστας Συριόπουλος & Διονύσης Θ. Φίλιππας “Οικονομετρικά υποδείγματα & Εφαρμογές με το EVIEWS ”, Εκδόσεις ΑΝΙΚΟΥΛΑ , Θεσσαλονίκη 2010.
11. Κατρακυλίδης Κωνσταντίνος & Ταμπάκης Νικόλαος “Εισαγωγή στην Οικονομετρία”, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη 2011.

Κεφάλαιο 4^ο

Έλεγχοι Αιτότητας του Granger

4.1 Sir Clive William John Granger

O Clive Granger γεννήθηκε το Σεπτέμβριο του 1934 στη Swansea στο Πριγκιπάτο της Ουαλίας από τον Edward John Granger και την Evelyn Granger. Ονομάστηκε Clive William John Granger. Το ονόματα William & John ήταν τα παραδοσιακά ονόματα των αγοριών τις οικογένειας Granger και στη μητέρα του άρεσε το όνομα Clive, επειδή τότε υπήρχε κάποιος δημοφιλής μουσικός. Την επόμενη χρονιά οι γονείς του μετακόμισαν στο Λίνκολν. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, ο Granger μετακόμισε στην γιαγιά του στο Κέιμπριτζ, όπου πήγε σε ένα τοπικό δημοτικό σχολείο. Ήταν καλός στα μαθηματικά, δυστυχώς αδύναμος στα άλλα μαθήματα. Μια δασκάλα είπε στη μητέρα του ότι «ποτέ δεν θα γίνει επιτυχημένος».

Σε ηλικία 11 ετών πέρασε τις απαραίτητες εξετάσεις και έγινε δεκτός από Cambridge shire High School for Boys. Κατά τη διάρκεια του σχολείου ο Granger έδειξε ταλέντο για τα μαθηματικά, αναπτύσσοντας έντονο ενδιαφέρον για τα εφαρμοσμένα μαθηματικά. Μετά το γυμνάσιο Granger γράφεται στο Πανεπιστήμιο του Nottingham για ένα κοινό πτυχίο στα οικονομικά και τα μαθηματικά, αλλά μετατράπηκε σε πλήρη μαθηματικά κατά το δεύτερο έτος. Αφού έλαβε το πτυχίο του το 1955, παρέμεινε στο Πανεπιστήμιο του Nottingham για διδακτορικό στις στατιστικές υπό την επίβλεψη του Harry Pitt. Το 1956, μόλις 23 ετών ο Granger διορίστηκε κατώτερος καθηγητής στατιστικών στο πανεπιστήμιο. Δεδομένου ότι ενδιαφέρεται κυρίως για τις εφαρμοσμένες στατιστικές και τα οικονομικά, ο Granger επέλεξε ως θέμα της διδακτορικής του διατριβής ανάλυση χρονικών σειρών, ένα πεδίο στο οποίο θεώρησε ότι σχετικώς λίγη δουλειά είχε γίνει εκείνη τη στιγμή. Το 1959 έλαβε το διδακτορικό δίπλωμα με διατριβή με τίτλο "Δοκιμές μη στασιμότητας".

Ακαδημαϊκή πορεία

Ο Granger πέρασε το επόμενο ακαδημαϊκό έτος, 1959-60, στις ΗΠΑ στο Πανεπιστήμιο του Princeton, υπό την υποτροφία Harkness του Κοινοπολιτειακού Ταμείου. Είχε προσκληθεί στο Princeton από τον Oskar Morgenstern για να συμμετάσχει στο Οικονομετρικό

Ερευνητικό Έργο του. Στο τέλος του έτους στο Princeton, Granger παντρεύτηκε την Πατ και πέρασε το μήνα του μέλιτος σε ένα ταξίδι στις ΗΠΑ.

Granger έγραψε επίσης 1963 ένα άρθρο με θέμα «Το τυπικό φασματικό σχήμα μιας οικονομικής μεταβλητής», το οποίο εμφανίστηκε το 1966 στο *Econometrica*. Επιπλέον, το 1964 οι Granger και Hatanaka δημοσίευσαν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους σε ένα βιβλίο για τη *Φασματική Ανάλυση της Οικονομικής Χρονικής Σειράς*. Τόσο το βιβλίο όσο και το άρθρο αποδείχθηκαν επιρροές στην υιοθέτηση των νέων μεθόδων. Σε ένα έγγραφο του 1969 στην *Econometrica*, ο Granger εισήγαγε την ιδέα της αιτιότητας του Granger. Το 1969 εκδόθηκε για πρώτη φορά το βιβλίο “Spectral Analysis in Economic Time Series” από τον Michio και τον Granger. Το 1968 ο Granger ενδιαφέρεται για την πρόβλεψη. Έπειτα, για αρκετά χρόνια εργάστηκε πάνω σ’ αυτό το θέμα με το μεταδιδακτορικό σπουδαστή του, Paul Newbold. Το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας είναι η έκδοση νέου βιβλίου με τίτλο “Πρόβλεψη Οικονομικών Χρονικών σειρών” το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως διεθνώς σε μεταπτυχιακά μαθήματα.

Ο Granger έγινε πλήρης καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Nottingham. Όμως το 1973 φεύγει στην Καλιφόρνια και έγινε καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Σαν Ντιέγκο. Το 1975 συμμετείχε σε μια επιτροπή του Αμερικανικού Γραφείου Απογραφής υπό την προεδρία του Arnold Zellner για εποχική προσαρμογή. Στο UCSD, ο Granger συνέχισε την έρευνά του σε χρονολογικές σειρές, συνεργάζονταν στενά Robert Engle, τον Roselyne Joyeux, τον Timo Teräsvirta και άλλους. Συνεργαζόμενος με τον Robert Engle, ανέπτυξε την έννοια της συνένωσης, που δημοσιεύτηκε σε ένα κοινό έγγραφο του 1987 στην *Econometrica* για το οποίο του απονεμήθηκε το βραβείο Νόμπελ το 2003.

Στα επόμενα χρόνια, ο Granger εργάστηκε σε ένα έργο που αφορούσε το τροπικό δάσος του Αμαζονίου και δημιούργησε ένα πρότυπο για την πρόβλεψη της αποψίλωσης. Τα αποτελέσματα δημοσιεύθηκαν σε βιβλίο του 2002.

Συνολικά, ο Granger πέρασε 22 χρόνια στο Πανεπιστήμιο του Nottingham. Το 2005, το κτίριο που στεγάζει τα τμήματα Οικονομίας και Γεωγραφίας μετονομάστηκε σε κτίριο Sir Clive Granger Building προς τιμήν του. Το 2003 ο Granger εγκατέλειψε το UCSD ως ομότιμος καθηγητής σε ηλικία 69 ετών.

Παράλληλα όμως με αυτό ο Granger μαζί με την Πατ απέκτησαν ένα γιο Mark William John και μια κόρη Claire Amanda Jane. Και οι δυο τελικά πήραν τα προπτυχιακά πτυχία τους από τα πανεπιστήμια της Καλιφόρνιας. Ο Μάρκ έγινε προγραμματιστής λογισμικού. Η Claire απέκτησε το πτυχίο της από το Stanford in Molecular Biology και τώρα είναι επιστημονικός συγγραφέας.

Τιμές και Βραβεία.

Το 2003, ο Granger και ο συνεργάτης του Robert Engle έλαβαν από κοινού το Βραβείο Νόμπελ Μνημείων στις Οικονομικές Επιστήμες.

Ο Granger ήταν μέλος της Οικονομετρικής Εταιρίας από 1972 και ένας Ανώτατος Συνεργάτης της Βρετανικής Ακαδημίας από το 2002. Ψηφίστηκε το 2004 στους 100 Ουαλούς Ήρωες.

Στις 27 Μαΐου 2009 ο Granger απεβίωσε εξαιτίας εγκεφαλικού όγκου, στο νοσοκομείο Scripps Memorial στο La Jolla της Καλιφόρνιας.

Η ιστορία του τελειώνει με μια συνταγή για την επιτυχία :

« Μην ξεκινάτε από ψηλά , μεταφερθείτε σε ένα καλό πανεπιστήμιο, μη διστάσετε να εργαστείτε σκληρά, να έχετε μερικές καλές ιδέες και να επιλέξετε καλούς συνεργάτες».

Clive WJ Granger.

4.2 Η Αιτιότητα στην Οικονομετρία

Tνωρίζουμε ότι μια στατιστικά ισχυρή εξάρτηση μεταξύ δυο (ή περισσότερων) μεταβλητών δεν συνεπάγεται αναγκαστικά ότι μεταξύ τους υφίσταται αιτιοκρατική σχέση, με την έννοια ότι οι μεταβλητές στις τιμές της μιας μεταβλητής προκαλούν (cause) τις μεταβολές στις τιμές της άλλης μεταβλητής.

Στην κλασική οικονομική θεωρία η αιτιότητα μεταξύ δυο μεταβλητών θεμελιώνεται a priori βάσει της οικονομικής θεωρίας. Όμως, όπως ήδη αναφέρθηκε, οι οικονομικές σχέσεις δεν είναι απόλυτα προσδιοριστικές και συχνά υπάρχουν αλληλεξαρτήσεις ανάμεσα στις μεταβλητές που τις διαμορφώνουν. Είναι, γι' αυτό απαραίτητα κατά την κατάστρωση, την εκτίμηση, τον έλεγχο και την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της εκτίμησης να γνωρίζουμε ποιες μεταβλητές είναι εξαρτημένες και ποιες ενδογενές, καθώς και ποιες είναι ανεξάρτητες και ποιες προκαθορισμένες. Στο περιβάλλον που εργάζονται οι οικονομόμετρος, οι διακρίσεις αυτές πρέπει να αποφασίζονται μετά από στατιστικούς ελέγχους.

Όμως σε παλινδρομήσεις που αφορούν στοιχεία χρονοσειρών, η κατάσταση μπορεί να είναι κάπως διαφορετική, διότι, όπως λέει ο συγγραφέας Gary Koop :

«ο χρόνος δεν τρέχει προς τα πίσω. Δηλαδή, αν το γεγονός „Α” συμβεί πριν το γεγονός „Β” τότε είναι δυνατόν το „Α” να προκαλεί το „Β”. Ωστόσο, δεν είναι δυνατόν το „Β” να προκαλεί το „Α”. Με άλλα λόγια, τα γεγονότα που έχουν συμβεί στο παρελθόν μπορούν να προκαλέσουν άλλα γεγονότα να συμβούν σήμερα. Τα μελλοντικά γεγονότα όμως όχι ».

Όμως, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ζήτημα της αιτιότητας είναι βαθιά φιλοσοφικό και εμπεριέχει πληθώρα αντιπαραθέσεων. Στο ένα άκρο είναι εκείνοι που πιστεύουν ότι «τα πάντα προκαλούν τα πάντα» και στο άλλο άκρο είναι εκείνοι που αρνούνται την ύπαρξη της αιτιώδους συνάφειας. Ο οικονομέτρης Edward Leamer προτιμά τον όρο **προτεραιότητα** και όχι **αιτιότητα**. Ο Francis Diebold προτιμά τον όρο **προβλεπτική αιτιότητα** (predictive causality). Όπως γράφει:

«η δήλωση «το y_i προκαλεί το y_j » είναι απλά συντομογραφία για την πιο ακριβή, αλλά μακροσκελή, δήλωση, «το y_i περιέχει χρήσιμες πληροφορίες για την πρόβλεψη του y_j (υπό την έννοια των γραμμικών ελάχιστων τετραγώνων), πέρα και πάνω από τις παρελθούσες ιστορίες των άλλων μεταβλητών του συστήματος.» Για λόγους συντομίας, μπορούμε απλά να πούμε ότι το y_i προκαλεί το y_j ».

4.3 Η αιτιότητα κατά τον Granger

Ο πιο γνωστός έλεγχος για την κατεύθυνση της αιτιότητας είναι αυτός που προτάθηκε από τον Granger. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στο συλλογισμό *ότι το μέλλον δεν μπορεί να προκαλέσει το παρόν ή το παρελθόν*. Σκοπός του ελέγχου αυτού είναι η διαπίστωση της προηγέσεως (precedence), δηλαδή προσπαθεί να διαπιστώσει αυτό που δεν μπορεί να πετύχει μια παλινδρόμηση. Την διαπίστωση ότι οι μεταβολές της εξαρτημένης μεταβλητής Y προηγούνται, έπονται ή είναι συγχρονισμένες με τις μεταβολές της ανεξάρτητης μεταβλητής X .

Σε υποδείγματα της οικονομετρίας η σχέση αιτίας – αιτιατού (αιτιότητα) είναι δεδομένη εκ των προτέρων (a priori).

Πώς γίνεται ο έλεγχος αυτός;

Ο έλεγχος για τη διαπίστωση της αιτιότητας κατά Granger είναι ο ακόλουθος:

Έστω ότι έχουμε δύο χρονικές σειρές Y_t και X_t και τα παρακάτω υποδείγματα:

$$Y_t = \mu_0 + \sum \alpha_i Y_{t-i} + \sum \beta_i X_{t-i} + u_t$$

$$X_t = \varphi_0 + \sum \gamma_i Y_{t-i} + \sum \delta_i X_{t-i} + e_t$$

Όπου m είναι το μέγεθος των χρονικών υστερήσεων.

Στο πρώτο υπόδειγμα υποθέτουμε ότι οι τρέχουσες τιμές της μεταβλητής Y είναι συνάρτηση των τιμών της σε προηγούμενες περιόδους, καθώς και των προηγούμενων περιόδων των τιμών της μεταβλητής X .

Στο δεύτερο υπόδειγμα υποθέτουμε ότι οι τρέχουσες τιμές της μεταβλητής X είναι συνάρτηση των τιμών με τις προηγούμενες τιμές της μεταβλητής Y και με τις προηγούμενες τιμές της ίδιας μεταβλητής.

Υποθέτουμε επίσης ότι οι διαταρακτικοί όροι u_t και e_t στα δύο παραπάνω υποδείγματα δεν συσχετίζονται.

Με βάση τα δύο παραπάνω υποδείγματα μπορούμε να έχουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Αν οι συντελεστές β_i των μεταβλητών X_{t-i} στην πρώτη συνάρτηση είναι στατιστικά σημαντικοί (διάφοροι του μηδέν), ενώ οι συντελεστές γ_i των μεταβλητών Y_{t-i} στη δεύτερη συνάρτηση δεν είναι στατιστικά σημαντικοί (ίσοι του μηδέν), τότε υπάρχει αιτιότητα κατά Granger από τη μεταβλητή X προς τη μεταβλητή Y .

Δηλαδή, αν $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\} \neq 0$ και $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\} = 0$ τότε υπάρχει μονόδρομη σχέση αιτιότητας από τη μεταβλητή X στην μεταβλητή Y ($X \rightarrow Y$).

- Αν οι συντελεστές β_i των μεταβλητών X_{t-i} στην πρώτη συνάρτηση δεν είναι στατιστικά σημαντικοί (ίσοι του μηδέν), ενώ οι συντελεστές γ_i των μεταβλητών Y_{t-i} στη δεύτερη συνάρτηση είναι στατιστικά σημαντικοί (διάφοροι του μηδέν), τότε υπάρχει μονόδρομη σχέση αιτιότητας κατά Granger από τη μεταβλητή Y προς τη μεταβλητή X .

Δηλαδή, αν $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\} = 0$ και $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\} \neq 0$ τότε υπάρχει μονόδρομη σχέση αιτιότητας από τη μεταβλητή Y στην μεταβλητή X ($Y \rightarrow X$).

- Αν οι συντελεστές β_i των μεταβλητών X_{t-i} στην πρώτη συνάρτηση και γ_i των μεταβλητών Y_{t-i} στη δεύτερη συνάρτηση είναι στατιστικά σημαντικοί (διάφοροι του μηδέν), τότε υπάρχει αιτιότητα κατά Granger και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Δηλαδή, αν $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\} \neq 0$ και $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\} \neq 0$ τότε υπάρχει αμφίδρομη σχέση αιτιότητας ($Y \leftrightarrow X$).

- Αν οι συντελεστές β_i των μεταβλητών X_{t-i} στην πρώτη συνάρτηση και γ_i των μεταβλητών Y_{t-i} στη δεύτερη συνάρτηση δεν είναι στατιστικά σημαντικοί (ίσοι του μηδέν), τότε δεν υπάρχει αιτιότητα κατά Granger.

Δηλαδή, αν $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\} = 0$ και $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\} = 0$ τότε δεν υπάρχει σχέση αιτιότητας, με άλλα λόγια οι μεταβλητές X και Y είναι ανεξάρτητες. ($X \nleftrightarrow Y$).

Οι υποθέσεις αιτιότητας που διαμορφώνονται είναι οι παρακάτω:

- H_0 : Η μεταβλητή X δεν προκαλεί κατά Granger (δεν αιτιάζεται) της Y

- H_1 : Η μεταβλητή X προκαλεί κατά Granger (αιτιάζεται) της Y

ή

- $H_0: \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\} = 0$ (Η μεταβλητή X δεν προκαλεί κατά Granger (δεν αιτιάζεται) της Y)

- $H_1: \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\} \neq 0$ (Η μεταβλητή X προκαλεί κατά Granger (αιτιάζεται) της Y).

και

- H_0 : Η μεταβλητή Y δεν προκαλεί κατά Granger (δεν αιτιάζεται) της X

- H_1 : Η μεταβλητή Y προκαλεί κατά Granger (αιτιάζεται) της X

ή

- $H_0: \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\} = 0$ (Η μεταβλητή Y δεν προκαλεί κατά Granger (δεν αιτιάζεται) της X)

- $H_1: \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\} \neq 0$ (Η μεταβλητή Y προκαλεί κατά Granger (αιτιάζεται) της X).

Στην πράξη, οι έλεγχοι για την ύπαρξη αιτιότητας γίνονται με τη χρήση των υποδειγμάτων VAR.

Δηλαδή, για να αιτιάζει μία μεταβλητή X μία άλλη Y θα πρέπει οι συντελεστές όλων των χρονικών υστερήσεων της X στην εξίσωση της Y να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το μηδέν, ενώ οι συντελεστές των χρονικών υστερήσεων της Y στην εξίσωση της X να μη διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν.

Το **χαρακτηριστικό** της αιτιότητας κατά Granger είναι ότι υστερήσεις μιας μεταβλητής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν μια μεταβλητή όταν μεταξύ αυτών φυσικά έχει ταυτοποιηθεί σχέση αιτιότητας.

Το **μειονέκτημα** αυτού του ορισμού είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη μη-γραμμικές αιτιώδεις σχέσεις.

4.4 Ο Έλεγχος Αιτιότητας του Granger

Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνει με το κριτήριο της κατανομής F του Wald (1940) για την από κοινού σημαντικότητα των παραμέτρων των χρονικών υστερήσεων των αντίστοιχων μεταβλητών και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$F = \frac{\frac{(SSR_R - SSR_U)}{k}}{\frac{SSR_U}{n - 2k - 1}}$$

όπου

- SSR_R (Error Sum of Squares) είναι το άθροισμα τετραγώνων των καταλοίπων που προκύπτουν από την εκτίμηση της εξίσωσης με περιορισμό (δηλαδή παλινδρομώντας τη μεταβλητή X μόνον πάνω στις υστερήσεις της).
- SSR_U (Error Sum of Squares) είναι το άθροισμα τετραγώνων των καταλοίπων που προκύπτουν από την εκτίμηση της εξίσωσης παλινδρόμησης (πλήρη εξίσωση).
- k είναι ο αριθμός των περιορισμών.
- n είναι το μέγεθος του δείγματος.

Αν η τιμή της κατανομής F είναι μεγαλύτερη από αυτή των πινάκων ($F_{\pi\alpha\nu}$) σε κάποιο επίπεδο σημαντικότητας, τότε λέμε ότι η υπόθεση H_0 απορρίπτεται και συμπεραίνουμε ότι οι υστερήσεις της μεταβλητής X επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά της Y .

Στη συνέχεια για να συμπεράνουμε ότι η X αιτιάζει την Y μονόδρομα θα πρέπει να ελέγξουμε την αντίστοιχη υπόθεση για τις υστερήσεις της Y πάνω στη μεταβλητή X συγκεκριμένα έχουμε:

- Αν $F < F_{\pi\alpha\nu}$ δεχόμαστε την υπόθεση H_0 , δηλαδή η μεταβλητή X δεν προκαλεί κατά Granger (δεν αιτιάζεται) της Y για την πρώτη συνάρτηση ή η μεταβλητή Y δεν προκαλεί κατά Granger (δεν αιτιάζεται) της X για τη δεύτερη συνάρτηση.
- Αν $F > F_{\pi\alpha\nu}$ δεχόμαστε την υπόθεση H_1 , δηλαδή η μεταβλητή X προκαλεί κατά Granger (αιτιάζεται) της Y για τη πρώτη συνάρτηση ή η μεταβλητή Y προκαλεί κατά Granger (αιτιάζεται) της X για τη δεύτερη συνάρτηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 4ου Κεφαλαίου.

1. Γεώργιος Κ. Χρήστου “ Εισαγωγή στην Οικονομετρία” τόμος ,Εκδόσεις Gutenberg , Αθήνα 2007
2. Γεώργιος Εμμ. Χαλκός “Οικονομετρία – θεωρία και πράξη ”, Εκδόσεις Β. Γκιούρδας , Αθήνα 2006.
3. Αλέξης Λαζαρίδης “Οικονομετρία ΙΙ ”Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ , Θεσσαλονίκη 2005
4. Αλέξης Λαζαρίδης “Αρχές της Σύγχρονης Οικονομετρίας ”, Θεσσαλονίκη 1984
5. Ανδρέας Α. Κιντής “Στατιστικές και Οικονομετρικές Μέθοδοι ”, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1999
6. Γεώργιος Α. Βαμβουκάς “Σύγχρονη Οικονομετρία Ανάλυση και Εφαρμογές ”, Εκδόσεις ΟΠΕ, Αθήνα 2007
7. Damodar N. Gujarati & Dawn C. Porter “Οικονομετρία Αρχές και Εφαρμογές ” 5^η έκδοση , Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη 2013
8. Jack Johnston & John Dinardo “ Οικονομετρικές Μέθοδοι ”, 4^η έκδοση , Εκδόσεις Κλειδάριθμος , Αθήνα 2004
9. Oskar lange “ Οικονομετρία”, Εκδόσεις ΝΕΦΕΛΗ , Αθήνα 1979
10. <http://paradosiakos.blogspot.com/2016/04/granger.html>

Κεφάλαιο 5°

VAR και Αιτιότητα

5.1 Συστήματα VAR

Tα υποδείγματα διανυσματικής αυτοπαλινδρόμησης (Vector Autoregressions) ή συντομότερα VAR υποδείγματα, είναι δυναμικά υποδείγματα μιας ομάδας χρονολογικών σειρών. Αποτελούν επέκταση των μονομεταβλητών αυτοπαλινδρομικών υποδειγμάτων, δηλαδή των γνωστών AR(p) υποδειγμάτων. Χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως στη θέση των υποδειγμάτων συστημάτων εξισώσεων (simultaneous equations models). Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τον Sims (1980). Σύμφωνα με τον Sims, αν υπάρχει πραγματικός ταυτοχρονισμός μεταξύ μιας ομάδας μεταβλητών, θα πρέπει όλες να αντιμετωπίζονται επί ίσοις όροις. Δε θα πρέπει να υπάρχει καμία *a priori* διάκριση μεταξύ ενδογενών και εξωγενών μεταβλητών. Είναι εντός αυτού του πλαισίου που ο Sims ανέπτυξε το VAR υποδείγματα του.

Ο όρος VAR (Vector Autoregressions) αυτοπαλίνδομα διανύσματα οφείλεται σε δυο παράγοντες: 1) Ο όρος αυτοπαλίνδομα οφείλεται στην εμφάνιση της εξαρτημένης μεταβλητής με υστέρηση στο δεξί μέρος. 2) Ο όρος διάνυσμα οφείλεται στο γεγονός ότι αναφερόμαστε σε ένα διάνυσμα δυο (ή περισσότερων) μεταβλητών.

Θεωρούμε ο υπόδειγμα AR(p) :

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + a_2 Y_{t-2} + \dots + a_p Y_{t-p} + e_t$$

Υποθέτουμε ότι η μεταβλητή Y είναι ένα διάνυσμα στήλης k μεταβλητών $Y_{k,t}$, εκφρασμένη ως συνάρτηση των χρονικών υστερήσεων της και λέγεται VAR. Το σύστημα τάξης k που δημιουργείται, αποτελείται από τις χρονικές υστερήσεις των εξαρτημένων μεταβλητών του διανύσματος Y . Ένα σύστημα VAR για δυο χρονικές υστερήσεις και $k = 2$ διάνυσμα ενδογενών μεταβλητών, θα έχει τη μορφή :

$$\begin{aligned} Y_{1t} &= a_1 + a_{11} Y_{1,t-1} + a_{12} Y_{2,t-2} + e_{1t} \\ Y_{2t} &= a_2 + a_{21} Y_{1,t-1} + a_{22} Y_{2,t-2} + e_{2t} \end{aligned}$$

Οι μεταβλητές σε ένα υπόδειγμα χωρίζονται σε εκείνες που καθορίζονται μέσα στο υπόδειγμα και λέγονται *ενδογενείς μεταβλητές* και σε εκείνες που καθορίζονται έξω από το

υπόδειγμα και λέγονται *εξωγενείς μεταβλητές*. Το παραπάνω σύστημα για $k = 2$ και υστέρηση $p=1$, το ονομάζουμε VAR(1).

Μπορούμε να διακρίνουμε δυο μορφές υποδειγμάτων VAR, η μια είναι η Structural VAR (SVAR ή Primitive System) και η άλλη είναι η Unstructured VAR (UVAR ή απλώς VAR). Η μορφή του υποδείγματος SVAR (2 x 2), σε μήτρες, θα είναι :

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-1} \\ Y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

Αλλιώς:
$$BY_t = C_0 + C_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (SVAR)$$

Πολλαπλασιάζοντας με την αντιστροφή μήτρα έχουμε :

$$B^{-1}BX_t = B^{-1}C_0 + B^{-1}C_1 X_{t-1} + B^{-1}\varepsilon_t$$

Έτσι προκύπτει η μορφή του υποδείγματος VAR (2 x 2), σε μήτρες :

$$Y_t = A_0 + AY_{t-1} + E_t$$

Όπου:
$$Y_t = \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \end{bmatrix}, \quad A_0 = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}, \quad Y_{t-1} = \begin{bmatrix} Y_{1,t-1} \\ Y_{2,t-1} \end{bmatrix}, \quad E_t = \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

Ισχύει ότι :

- $e_t = B^{-1}\varepsilon_t$ όπου, $B^{-1} = \frac{1}{(1-b_{21}b_{12})} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix}$. Άρα, μπορούμε να γράψουμε

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = \frac{1}{(1-b_{21}b_{12})} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad \text{ή αλλιώς,}$$

$$e_{1t} = \frac{\varepsilon_{yt} - b_{12} \varepsilon_{zt}}{\Delta} \quad \text{και} \quad e_{2t} = \frac{-b_{21} \varepsilon_{yt} + \varepsilon_{zt}}{\Delta}, \quad \text{όπου} \quad \Delta = 1 - b_{21}b_{12}$$

- Τα ε_i είναι λευκός θόρυβος και έτσι, τα e_t ακολουθούν

$N(0, e_i^2)$, με:

1. $E(e_{it}) = 0$

$$2. \text{Var}(e_{1t}) = E(e_{1t}^2) = \frac{E(\varepsilon_{Y_1t}^2 + b_{12}^2 \varepsilon_{Y_2t}^2)}{\Delta^2} = \frac{\sigma_{Y_1}^2 + b_{12}^2 \sigma_{Y_2}^2}{\Delta^2} \text{ ανεξάρτητη}$$

του χρόνου όπως και για τη $\text{var}(e_{2t})$.

- Η συνδιακύμανση είναι :

$$\begin{aligned} \text{COV}(e_{1t}e_{2t}) &= E(e_{1t}e_{2t}) = \frac{E[(\varepsilon_{Y_1t} - b_{12}\varepsilon_{Y_2t})(\varepsilon_{Y_2t} - b_{21}\varepsilon_{Y_1t})]}{\Delta^2} = \\ &= \frac{-(b_{12}\sigma_{Y_2}^2 + b_{21}\sigma_{Y_1}^2)}{\Delta^2} \neq 0 \end{aligned}$$

5.2 Εκτίμηση VAR

Tια ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα, πρέπει να ισχύει η συνθήκη στασιμότητας. Αν ισχύει η συνθήκη, τότε το υπόδειγμα εκτιμάται με τη OLS σε κάθε εξίσωση ξεχωριστά, δίνοντας συνεπείς εκτιμητές ακόμα και αν τα καινοτομικά σοκ είναι ταυτόχρονα συσχετισμένα.

Δε μπορούμε όμως να χρησιμοποιήσουμε OLS για να εκτιμήσουμε το SVAR λόγω των από κοινού επιδράσεων ($b_{12}, b_{21} \neq 0$) που σχετίζονται με το σφάλμα ε_{it} (structural innovations). Πρέπει να ελέγξουμε πως ένα structural innovation ε_{it} επιδρά στις εξαρτημένες μεταβλητές στο αρχικό υπόδειγμα αφού βλέπουμε ότι, ένα VAR αποτελείται από 9 παραμέτρους (6 συντελεστές προς εκτίμηση, 2 εκτιμήσεις διακύμανσης και 1 συνδιακύμανσης) και ένα SVAR από παραμέτρους (8 συντελεστές προς εκτίμηση και 2 διακυμάνσεις).

Ο Sims (1980) πρότεινε να εφαρμοστούν περιορισμοί στις παραμέτρους του VAR, όπως για παράδειγμα ότι η Y_1 επηρεάζεται από τις μεταβολές της Y_2 αλλά δε συμβαίνει το αντίστροφο. Έτσι, θα υποθέταμε ότι $b_{12}=0$. Έτσι, η Y_1 θα επηρεαζόταν και από τα δυο καινοτομικά σοκ των Y_1 και Y_2 , αλλά η Y_2 θα επηρεαζόταν μόνο από το δικό της καινοτομικό σοκ. Αυτό καλείται *Cholesky decomposition*.

Έτσι, το SVAR θα γράφεται

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-1} \\ Y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

Όπου ,
$$B^{-1} = \frac{1}{(1-b_{21}b_{12})} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Έτσι τα SVAR καταλήγει να γράφεται :

$$\begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} & -b_{12}b_{20} \\ & b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (c_{11} - b_{12}c_{21}) & (c_{12} - b_{12}c_{22}) \\ & c_{21} & c_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_{1,t-1} \\ Y_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} - b_{12}\varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

Αντιστοιχώντας τους συντελεστές στο UVAR έχουμε ότι :

- $a_{10} = b_{10} - b_{12}b_{20}, \quad a_{11} = c_{11} - b_{12}c_{21}, \quad a_{12} = c_{12} - b_{12}c_{22}$
- $a_{20} = b_{20}, \quad a_{21} = c_{21}, \quad a_{22} = c_{22}$
- $e_{1t} = \varepsilon_{1t} - b_{12}\varepsilon_{2t}, \quad cov(e_{1t}, e_{2t}) = \frac{-(b_{12}\sigma_{y_2}^2 + b_{21}\sigma_{y_1}^2)}{\Delta^2} = -b_{12}\sigma_{y_2}^2$

Οι βασικές υποθέσεις για τα υποδείγματα VAR, είναι :

- I. αναφερόμαστε σε σταθερά VAR, δηλ. σε χρονοσειρές που έχουν απαλλαγεί από τάση και άλλους προσδιορισμούς παράγοντες που συνδέονται με τη συχνότητα των δεδομένων .
- II. οι σειρές e_{1t}, e_{2t} είναι λευκός θόρυβος με $E(e_{it}) = 0, \forall t, ,$
- III. τα διανύσματα των διαταρακτικών όρων δεν αυτοσυσχετίζονται ή αυτοσυσχετίζονται στην ίδια χρονική περίοδο, $E(e_{1t}, e_{2t}) = 0$

Έτσι, η γενική μορφή ενός υποδείγματος VAR (k, p) με k μεταβλητές και p τάξη, είναι :

$$Y_t = A_0 + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + E_t$$

Οι μήτρες A_i αναφέρονται στους δείκτες $i = 1, 2 \dots, p$ των συντελεστών $a_{ij} \mid, j = 1, 2, \dots, k.$

Για το VAR (k, p) οι εκτιμητές θα είναι :

$$\hat{C}_i = (X^T X)^{-1} X^T Y_i$$

Όπου :

- $\hat{C}_i = \begin{bmatrix} a_i \\ a_{i1} \\ \dots \\ a_{ip} \end{bmatrix}$ το διάνυσμα των συντελεστών εκτίμησης και $Y_i = \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ \dots \\ Y_{ik} \end{bmatrix}$

- $$X = \begin{bmatrix} 1 & Y_{1,t-1} & \dots & Y_{k-1,t-p} \\ 1 & Y_{2,t-1} & \dots & Y_{k-1,t-p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & Y_{k,t-1} & \dots & Y_{k-1,t-p} \end{bmatrix}$$

- είναι η $k \times k$ μήτρα των παρατηρήσεων των όρων της i εξίσωσης για $i = 1, 2 \dots p$.

Για ένα υπόδειγμα VAR (p) p τάξης με k μεταβλητές, $Y_t = [Y_{i1} \dots Y_{ik}]$, οι μήτρες 1^{es} μη κεντρικές ροπές είναι :

$$\mu_{it} = E(Y_{it}) = [E(Y_{1,t}) \dots E(Y_{kt})]$$

και η χρονική διάρθρωση της συνδιακύμανσης (cross covariance function) ανάμεσα σε δυο χρονοσειρές i και j σε διαφορετικές χρονικές στιγμές t + h και t, είναι :

$$\gamma_{ij}(h) = cov(Y_{i,t+h}, Y_{j,t})$$

Επίσης, η συνάρτηση χρονικής διάρθρωσης της συνδιακύμανσης $\Gamma(h)$, $h = \pm 1, \pm 2, \pm \dots$, για κάθε υστέρηση (ή προήγηση) h, έχει ως τιμή μια $n \times n$ μήτρα συνδιακυμάνσεων :

$$\Gamma(h) = E[(Y_{i,t+h} - \mu)(Y_{i,t} - \mu)^T]$$

Η μήτρα συνδιακυμάνσεων περιέχει στοιχεία :

$$\gamma_{ij}(h) = cov(Y_{i,t+h}, Y_{j,t})$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο i στοιχείο της διαγωνίου αυτής της μήτρας θα έχουμε την τιμή της χρονικής διάρθρωσης της συνδιακύμανσης (ACVF) της i χρονοσειράς σε υστέρηση h. Επίσης, ισχύει ότι $\gamma_{ij}(h) = \gamma_{ij}(-h)$ καθώς και, $\Gamma(h) = \Gamma(-h)$. Η εκτίμηση της συνάρτησης χρονικής διάρθρωσης της συνδιακύμανσης είναι :

$$\hat{\gamma}_{i,j}(h) = \frac{\sum_{1, \dots, T-h} (Y_{i,t+h} - \bar{Y})(Y_{i,t} - \bar{Y})^T}{T}$$

Πλεονεκτήματα των VAR

- Η μέθοδος είναι απλή γιατί δε χρειάζεται να προσδιορίσουμε ποιές μεταβλητές είναι ενδογενείς και εξωγενείς. Όλες οι μεταβλητές στο VAR είναι ενδογενές.
- Η εκτίμηση είναι απλή και συνήθως μέθοδος της OLS μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε εξίσωση ξεχωριστά.

- Οι προβλέψεις που προκύπτουν από αυτή τη μέθοδο είναι σε πολλές περιπτώσεις καλύτερες από εκείνες που προκύπτουν από τα πιο πολύπλοκα υποδείγματα ταυτόχρονων εξισώσεων.

Μειονεκτήματα των VAR .

- Σε αντίθεση με τα υποδείγματα ταυτόχρονων εξισώσεων, ένα υπόδειγμα VAR είναι μη θεωρητικό, διότι χρησιμοποιεί λιγότερες a priori πληροφορίες.
- Λόγου της έμφασης που δίνουν στην πρόβλεψη, τα υποδείγματα VAR είναι λιγότερο κατάλληλα για την ανάλυση πολιτικών.
- Το κυριότερο μειονέκτημα τους είναι ότι τα οικονομετρικά αποτελέσματα επηρεάζονται από τη διάταξη (ordering) των ενδογενών μεταβλητών, δηλαδή η σειρά με την οποία οι μεταβλητές εισάγονται στο σύστημα.
- Ένα άλλο σοβαρό μειονέκτημα των υποδειγμάτων VAR είναι η επιλογή του απόλυτου αριθμού των χρονικών υστερήσεων, με βάση τις οποίες διεξάγεται η εκτίμηση του συστήματος εξισώσεων.
- Ένα άλλο σημαντικό ελάττωμα των συστημάτων VAR, σχετίζονται με το αν οι μεταβλητές εισαχθούν σε επίπεδα π.χ. X_t , R_t ή σε πρώτες διαφορές π.χ. ΔX_t , ΔR_t , κ.α..

Αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων

Για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων των μοντέλων VAR, αρχικά ο Sims και μετέπειτα άλλοι οικονομήτρες, έχουν προτείνει τα *διαρθρωτικά συστήματα SVAR (structural VAR systems)*. Τα διαρθρωτικά συστήματα SVAR έχουν το συγκριτικό πλεονέκτημα ότι ο οικονομήτρης δύναται να εισάγει ορισμένους περιορισμούς σε κάποιους από τους συντελεστές του συστήματος, με απώτερη επιδίωξη να προβεί σε αποτελεσματικότερες εκτιμήσεις των IRF και VDC.

5.3 Διαγνωστικός Έλεγχος και Πρόβλεψη των Υποδειγμάτων VAR

O διαγνωστικός έλεγχος του υποδείγματος VAR περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια.

- 1) *Έλεγχος αυτοσυσχέτισης των κατάλοιπων*: Θεωρείται η μηδενική υπόθεση ότι, δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στα κατάλοιπα. Πραγματοποιείται με τον έλεγχο Portmanteau (που βασίζεται στην πολυμετάβλητη στατιστική Box – Pierce (Ljung – Box Q – Statistics για τη συσχέτιση της σειράς των κατάλοιπων) και με διαφορές μορφές του ελέγχου LM.

- Portmanteau (Q_h): Η μηδενική υπόθεση είναι ότι δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στην επιλεγμένη h υστέρηση. Ο έλεγχος βασίζεται στη στατιστική Box – Pierce (Ljung – Box – Q – statistics). Αν η μηδενική υπόθεση είναι ορθή ο έλεγχος $Q_n \sim X_{k^2}^2(h-n)$, όπου n η τάξη του συστήματος και h μέγιστος αριθμός των υστερήσεων που αντιστοιχούν στο προσδιοριστικό μέρος του υποδείγματος.
- Αυτοσυσχέτιση με τον Έλεγχο LM:
ο έλεγχος βασίζεται στη βοηθητική παλινδρόμηση :

$$e_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B_1 e_{t-1} + B_h e_{t-h} + v_t$$

όπου v_t είναι μια διαδικασία λευκού θορύβου. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στην h υστέρηση, $H_0 : B_1 = \dots = B_h$. Η στατιστική έλεγχου είναι: $LM = T(k - tr(V_R - V_U))$ όπου V_R και V_U οι μήτρες συνδιακυμάνσεων των κατάλοιπων του υποδείγματος με περιορισμούς και χωρίς περιορισμούς αντίστοιχα. Κάτω από την μηδενική έχουμε : $LM \sim \chi_{(hk)}^2$

- 2) Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας των κατάλοιπων : Θεωρείται η μηδενική υπόθεση ότι τα κατάλοιπα είναι ομοσκεδαστικά. Ο έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας πραγματοποιείται με τον έλεγχο ARCH.
- 3) Έλεγχος κανονικότητας κατάλοιπων : Η μηδενική υπόθεση είναι ότι τα κατάλοιπα κατανέμονται κανονικά. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με την πολυμετάβλητη μορφή του ελέγχου JB που ακολουθεί την $\chi_{(2k)}^2$.
- 4) Ο Έλεγχος της διαρθρωτικής σταθερότητας γίνεται με την βοήθεια ελέγχων τύπου CUSUM, κλπ.
- 5) Για την επιλογή της άριστης τάξης του υποδείγματος, δηλαδή του μέγιστου αριθμού χρονικών υστερήσεων των μεταβλητών του, χρησιμοποιείται ο έλεγχος LR. Η μηδενική υπόθεση είναι ότι το σύστημα έχει περιορισμούς της τάξης. Χρησιμοποιείται ο έλεγχος LR : $LR = (T - m)(\ln|\Sigma_r| - \ln|\Sigma_u|) \sim \chi^2(q)$, όπου T ο αριθμός των παρατηρήσεων, m οι παράμετροι εκτίμησης σε κάθε εξίσωση του χωρίς περιορισμούς συστήματος μαζί με το σταθερό όρο, $\ln|\Sigma_r|$ η λογαριθμική τιμή της ορίζουσας της μήτρας συνδιακυμάνσεων των κατάλοιπων του με περιορισμούς υποδείγματος και $\ln|\Sigma_u|$ η αντίστοιχη χωρίς περιορισμούς, q ο συνολικός αριθμός των περιορισμών στο σύστημα και n ο αριθμός των εξισώσεων. Το EViews ακολουθεί τη μεθοδολογία Lutkepohl (1991) που είναι παρόμοια με τον έλεγχο LR.
- 6) Η επιλογή του καλύτερου υποδείγματος, γίνεται με τα κριτήρια πληροφορίας, όπως το AIC, SCH, κλπ. Επιλέγεται το υπόδειγμα εκείνο που έχει τη μικρότερη τιμή των κριτηρίων.
- 7) Μια πρόβλεψη των υποδειγμάτων VAR για h περιόδους μπροστά, θα είναι,

$\hat{Y}_{t+h}(\frac{Y_{T+h}}{Y_T \dots Y_1})$. Για παράδειγμα, για $h=1$ θα έχουμε : $\hat{Y}_{1,T+1} = \hat{C}_1 Y_T$ και $\hat{Y}_{2,T+1} = \hat{C}_2 Y_T$. Η μήτρα διακυμάνσεων – συνδιακυμάνσεων των προβλεπόμενων $\hat{Y}_{i,t+n}$ υπολογίζεται βάσει του μετασχηματισμού της αρχικής εξίσωσης σε ένα υπόδειγμα κινητών μέσων. Έτσι, υπολογίζονται και τα διαστήματα εμπιστοσύνης που έχουν τη μορφή : $\hat{Y}_{T+h/T} \pm 1,96se(\hat{Y}_{T+h/T})$.

5.4 VAR και Αιτιότητα

Υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ του VAR και της αιτιότητας; Ο Granger (1969) διατύπωσε τον έλεγχο αιτιότητας ανάμεσα σε δυο μεταβλητές, υιοθετώντας ένα υπόδειγμα AR (Autoregressive model) στο οποίο δεν υπάρχουν εξωγενείς μεταβλητές, αλλά όλες οι μεταβλητές νοούνται ως ενδογενείς. Τα συστήματα VAR βασίζονται στα μεθοδολογικά πρότυπα των ελέγχων αιτιότητας Granger. Μια από τις συνέπειες αυτού του θεωρήματος είναι ότι αν δυο μεταβλητές, για παράδειγμα, οι X_t και Y_t είναι συνολοκληρωμένες και καθεμία είναι μεμονωμένα $I(1)$, δηλαδή, ολοκληρωμένη τάξη 1 (δηλαδή, καθεμία είναι μεμονωμένα μη στάσιμη), τότε είτε η X_t θα προκαλεί κατά Granger τη Y_t ή η Y_t θα προκαλεί κατά Granger τη X_t . Η ιδέα που κρύβεται πίσω από τον αριθμό του Sims βασίζεται στην αρχή του Granger, *ότι το αίτιο προηγείται πάντα του αποτελέσματος*.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 5ου Κεφαλαίου

1. Damodar N.Gujarati & Dawn C. Parter “Οικονομετρία Αρχές και Εφαρμογές” 5^η έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη 2013.
2. Jack Johnston & John Dinardo “Οικονομετρικές Μέθοδοι”, 4^η έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2004.
3. Γεώργιος Α. Βαμβουκάς “Σύγχρονη Οικονομετρία Ανάλυση και Εφαρμογές”, Εκδόσεις ΟΠΑ, Αθήνα 2007
4. Γεωργίου Κ. Χρήστου “Εισαγωγή στην Οικονομετρία”, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 2007.
5. Γεώργιος Χαλκός “Οικονομετρία θεωρία, εφαρμογές & χρήση προγραμμάτων σε Η/Υ”, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 2011
6. Αλέξης Λαζαρίδης “Οικονομετρία II”, Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ, Θεσσαλονίκη 2005.
7. Αναστάσιος Β. Κάτος “Οικονομετρία” τόμος Α, Εκδόσεις Μπαρμπουνάκης, Θεσσαλονίκη 2008.

Επίλογος

Εν κατακλείδι, η έννοια της αιτιότητας δεν είναι καθόλου καινούργια αλλά υπάρχει ήδη από την αρχαιότητα καθώς ο άνθρωπος προσπαθούσε να βρει την αιτία πίσω από τα γεγονότα. Ωστόσο ο πιο γνωστός έλεγχος για την κατεύθυνση της αιτιότητας είναι αυτός που προτάθηκε από τον Granger. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στο συλλογισμό ότι το μέλλον δεν μπορεί να προκαλέσει το παρόν ή το παρελθόν. Με την Ανάλυση Αιτιότητας κατά του Granger περιλαμβάνεται η έννοια της προηγέσεως και το χαρακτηριστικό είναι ότι οι υστερήσεις μίας μεταβλητής χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν μία άλλη μεταβλητή όταν μεταξύ αυτών των δύο έχει εντοπιστεί μία σχέση αιτιότητας. Σκοπός αυτού του ελέγχου είναι η διαπίστωση της προσπάθειας να διαπιστωθεί αυτό που δεν μπορεί να πετύχει η παλινδρόμηση.

Η πλάνη είναι μεγάλη. Η φιλοσοφία της επιστήμης είναι κλάδος της Φιλοσοφίας που δεν έχει τίποτε να κάνει με εκλαϊκευση. Κάθε κλάδος της φιλοσοφίας έχει τη δική του αυστηρή πειθαρχία, όπου απαιτεί τον ανάλογο κόπο για να κατανοηθεί και, ακόμη περισσότερο, για να ασκηθεί γόνιμα και δημιουργικά.

« Η επιστήμη είναι γνώση των αιτίων »

Αριστοτέλης.