

ΝΙΚΗΤΑΣ ΠΙΤΤΗΣ

Ενοποιημένες ποσοτικές μέθοδοι
στα Οικονομικά

ΑΘΗΝΑ

2019

Στη Φοίβη, στη Χρυσήλια, στην Μπίλλη και στην Αθηνά

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν βιβλίο επιχειρεί να παρουσιάσει κάποιες από τις βασικές ποσοτικές μεθόδους της σύγχρονης οικονομικής επιστήμης σε ένα ενιαίο πλαίσιο (εννοιολογικό, μεθοδολογικό και σημειογραφικό). Παραδοσιακά, οι ποσοτικές μέθοδοι των οικονομικών χωρίζονταν σε τρεις κατηγορίες: μαθηματικά, στατιστική και οικονομετρία. Τα τελευταία χρόνια, ο διαχωρισμός αυτός είναι μάλλον ανεπαρκής. Η αυξανόμενη χρήση πιθανοθεωρητικών εννοιών σε όλους τους τομείς των οικονομικών απαιτεί την προσθήκη της θεωρίας πιθανοτήτων ως μιας επιπλέον ανεξάρτητης ενότητας στην παραπάνω κατηγοριοποίηση. Πιο συγκεκριμένα, η θεωρία πιθανοτήτων δεν αποτελεί πλέον απλώς το υπόβαθρο της στατιστικής και της οικονομετρίας, αλλά υπεισέρχεται ρητά στη θεμελίωση όλων των οικονομικών θεωριών που διατυπώνονται σε περιβάλλον αβεβαιότητας. Ειδικότερα, η θεωρία στοχαστικών ανελίξεων (που θεμελιώνεται πάνω στη θεωρία πιθανοτήτων) είναι παρούσα σε κάθε τομέα της οικονομικής επιστήμης που ασχολείται με τη δυναμική συμπεριφορά των οικονομικών φαινομένων σε στοχαστικό περιβάλλον.

Η έμφαση του βιβλίου είναι στη δυναμική συμπεριφορά των οικονομικών φαινομένων. Το πώς μπορεί να περιγραφεί η εξέλιξη ενός φαινομένου στον χρόνο - σε αντιδιαστολή με τη στατική/στιγμιαία συμπεριφορά του - αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες ανάπτυξης της οικονομικής επιστήμης. Το ποια αναλυτικά εργαλεία απαιτούνται για την περιγραφή αυτή και σε τι είδους οικονομικά μοντέλα καταλήγουν εξαρτάται από το αν θεωρήσουμε το υπόψη φαινόμενο ως ντετερμινιστικό ή στοχαστικό. Η θεώρηση του φαινομένου ως ντετερμινιστικού αποτελεί συχνά μια μη-ρεαλιστική απλούστευση, που γίνεται για λόγους αναλυτικής ευκολίας. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι οι εξισώσεις διαφορών (αν υποθέσουμε ότι ο χρόνος είναι διακριτός) και οι διαφορικές εξισώσεις (αν υποθέσουμε ότι ο χρόνος είναι συνεχής). Η θεωρητική μελέτη αυτών των εξισώσεων καθώς και οι οικονομικές τους εφαρμογές αποτελούν τα αντικείμενα του πρώτου μέρους του βιβλίου.

Οι πιο ρεαλιστικές προσεγγίσεις αντιμετωπίζουν τα οικονομικά φαινόμενα ως στοχαστικά. Σε αυτές τις προσεγγίσεις η αβεβαιότητα, που διέπει τις οικονομικές μονάδες απαιτεί ιδιαίτερη ανάλυση. Προκειμένου να μοντελοποιήσουμε αυτή την αβεβαιότητα, καταφεύγουμε στη θεωρία πιθανοτήτων και στη θεωρία στοχαστικών ανελίξεων. Σε αυτό το νέο πλαίσιο,

συναντούμε και πάλι τις εξισώσεις διαφορών και τις διαφορικές εξισώσεις, τώρα όμως με τη μορφή των στοχαστικών τους ισοδυνάμων (στοχαστικές εξισώσεις διαφορών και στοχαστικές διαφορικές εξισώσεις). Η αλλαγή του πλαισίου ανάλυσης (από ντετερμινιστικό σε στοχαστικό) επιφέρει σημαντικές εννοιολογικές και μεθοδολογικές αλλαγές. Για την πλήρη κατανόηση αυτών των αλλαγών απαιτείται ικανοποιητική γνώση πιθανοθεωρητικών εννοιών, όπως αυτή της “στοχαστικής σύγκλισης”. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει μια ειδική κατηγορία στοχαστικών εξισώσεων διαφορών, στην οποία υπεισέρχονται οι προσδοκίες των οικονομικών μονάδων για τη μελλοντική συμπεριφορά του φαινομένου (εξισώσεις διαφορών με ορθολογικές προσδοκίες). Όλα αυτά τα θέματα αναλύονται στο δεύτερο μέρος του βιβλίου το οποίο τιτλοφορείται “Θεωρία Πιθανοτήτων”. Το επίπεδο ανάλυσης και παρουσίασης είναι σχετικά απλό και απευθύνεται κυρίως σε φοιτητές προπτυχιακού επιπέδου. Οι αναγνώστες που ενδιαφέρονται να προσεγγίσουν τη θεωρία πιθανοτήτων και τη θεωρία στοχαστικών ανελίξεων με ένα πιο αυστηρό τρόπο που βασίζεται σε μέτρο-θεωρητική θεμελίωση μπορούν να συμβουλευτούν το βιβλίο μου “Πιθανοθεωρητική Θεμελίωση της Οικονομετρίας” (Εκδόσεις Σταμούλη).

Το τρίτο μέρος του βιβλίου, με τίτλο “Επαγωγική Στατιστική”, ασχολείται με την εκτίμηση των αγνώστων παραμέτρων ενός στατιστικού μοντέλου και με τον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων. Στην ανάλυση αυτών των θεμάτων έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση η ανάδειξη των πιθανοθεωρητικών καταβολών τους και, άρα, η σύνδεσή τους με τη θεωρία πιθανοτήτων. Ιδιαίτερη προσοχή έχει επίσης δοθεί στον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύονται τα εμπειρικά στοιχεία υπό το πρίσμα της επαγωγικής στατιστικής, καθώς και στη σχέση μεταξύ εμπειρικών στοιχείων και στατιστικών μοντέλων.

Το τέταρτο μέρος του βιβλίου είναι αφιερωμένο στην οικονομετρία. Η ανάλυση περιστρέφεται γύρω από το Γραμμικό Μοντέλο Παλινδρόμησης και τις στατιστικές υποθέσεις που το συνθέτουν. Εκτός από την ανάλυση των τεχνικών θεμάτων (εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου, ιδιότητες των εκτιμητών κάτω από τις υποθέσεις του μοντέλου, έλεγχος υποθέσεων επί των παραμέτρων του μοντέλου κλπ) ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί και σε μεθοδολογικά θέματα που αφορούν στην ερμηνεία και τη χρήση του μοντέλου παλινδρόμησης. Δύο από αυτά τα θέματα είναι τα εξής: (i) Νομιμοποιούμε να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο παλινδρόμησης για την εξαγωγή συμπερασμάτων περί της ύπαρξης αιτιακών σχέσεων μεταξύ των

εμπλεκόμενων μεταβλητών; (ii) Ποιος είναι ο ρόλος της οικονομικής θεωρίας στην εξειδίκευση ενός οικονομετρικού μοντέλου; Τι πρέπει να καθοδηγεί τον ερευνητή στην κατάρτιση του μοντέλου; Η θεωρία ή οι εμπειρικές κανονικότητες των στατιστικών στοιχείων;

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι έννοιες, οι μέθοδοι και τα μοντέλα που αναπτύσσονται σε κάθε ένα από τα τέσσερα μέρη του βιβλίου παρουσιάζουν σχέσεις αλληλεξάρτησης μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η έννοια της στοχαστικής σύγκλισης που εισάγεται στη “Θεωρία Πιθανοτήτων” εμφανίζεται συχνά τόσο στη “Στατιστική” όσο και στην “Οικονομετρία” (για παράδειγμα στις ασυμπτωτικές ιδιότητες εκτιμητών). Οι στοχαστικές εξισώσεις διαφορών που εισάγονται στη “Θεωρία Πιθανοτήτων” επανεμφανίζονται με διαφορετικό όνομα, ως “αυτοπαλίνδρομα μοντέλα” στην “Οικονομετρία”. Η ανάδειξη αυτών των εννοιολογικών και μεθοδολογικών συναφειών μεταξύ φαινομενικά διαφορετικών γνωστικών περιοχών αποτελεί και τον κύριο “ενοποιητικό” σκοπό του παρόντος βιβλίου.

Τελειώνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου Νικόλαο Κουρογένη και Παναγιώτη Σαμαρτζή, εξαιρετους επιστήμονες και καλούς φίλους, για τα εκτενή τους σχόλια σε όλα τα κεφάλαια του βιβλίου. Η συνεισφορά τους υπήρξε ανεκτίμητη. Η σύζυγος μου Φοίβη Κουντούρη διάβασε όλα τα κείμενα, τα σχολίασε λεπτομερώς και ...τα διόρθωσε.

Στη Φοίβη και στις τρεις κόρες μου, τη Χρυσήλια, την Μπίλλη και την προσφάτως αφιχθείσα Αθηνά αφιερώνω το βιβλίο, αφού αυτές έδωσαν νόημα στη συγγραφή του, όπως δίνουν νόημα και σε κάθε τι. Σε αυτό το σημείο συνήθως ο συγγραφέας αναγνωρίζει ότι τα όποια λάθη και παραλείψεις υπάρχουν βαραίνουν αποκλειστικά τον ίδιο. Δεν θα αποτελέσω εξαίρεση σε αυτή την παράδοση. Ελπίζω μόνο ότι μια μέρα οι κόρες μου θα είναι σε θέση να εντοπίσουν αυτά τα λάθη...

Περιεχόμενα

Πρόλογος	ix
Μέρος 1. Εξισώσεις διαφορών και διαφορικές εξισώσεις	1
Κεφάλαιο 1. Ακολουθίες και σειρές πραγματικών αριθμών	3
1. Εισαγωγή	3
2. Ακολουθίες πραγματικών αριθμών	3
3. Σειρές πραγματικών αριθμών	12
Ερωτήσεις επανάληψης	17
Κεφάλαιο 2. Εξισώσεις διαφορών	19
1. Εισαγωγή	19
2. Γραμμικές εξισώσεις διαφορών	20
3. Γραμμικές εξισώσεις διαφορών με σταθερούς συντελεστές και σταθερό όρο	21
4. Γραμμική εξίσωση διαφορών πρώτης τάξης με σταθερό συντελεστή και σταθερό όρο: Γενική μέθοδος επίλυσης	25
5. Ασυμπτωτική συμπεριφορά της λύσης της $y_t = \rho y_{t-1} + b$	30
6. Ισορροπία και ευστάθεια ισορροπίας για την $y_t = \rho y_{t-1} + b$	36
7. Γραμμική εξίσωση διαφορών πρώτης τάξης με σταθερό συντελεστή και μεταβλητό όρο	40
Ερωτήσεις επανάληψης	51
Κεφάλαιο 3. Διαφορικές εξισώσεις	53
1. Εισαγωγή	53
2. Γραμμικές διαφορικές εξισώσεις	55
3. Γραμμικές διαφορικές εξισώσεις πρώτης τάξης με σταθερό συντελεστή	55
4. Ασυμπτωτική συμπεριφορά της λύσης της $\frac{dy}{dt} + \lambda y = b$	61
5. Ισορροπία και ευστάθεια ισορροπίας για την $\frac{dy}{dt} + \lambda y = b$	64

Ερωτήσεις επανάληψης	66
Κεφάλαιο 4. Συστήματα διαφορικών εξισώσεων	67
1. Εισαγωγή	67
2. Επίλυση γραμμικού συστήματος διαφορικών εξισώσεων	68
3. Ευστάθεια της ισορροπίας του συστήματος διαφορικών εξισώσεων	75
4. Σύντομη εισαγωγή σε μη-γραμμικά συστήματα διαφορικών εξισώσεων	80
Ερωτήσεις επανάληψης	84
Κεφάλαιο 5. Συστήματα εξισώσεων διαφορών	85
1. Εισαγωγή	85
2. Επίλυση γραμμικού συστήματος εξισώσεων διαφορών	85
3. Ευστάθεια της ισορροπίας του συστήματος εξισώσεων διαφορών	92
Ερωτήσεις επανάληψης	96
Κεφάλαιο 6. Εφαρμογές ντετερμινιστικών μεθόδων	97
1. Μικροοικονομική: Η ευστάθεια της ισορροπίας σε μια ανταγωνιστική αγορά (διακριτός χρόνος)	97
2. Μικροοικονομική: Η ευστάθεια της ισορροπίας σε μια ανταγωνιστική αγορά (συνεχής χρόνος)	103
3. Μικροοικονομική: Το υπόδειγμα Cobweb (διακριτός χρόνος)	105
4. Μικροοικονομική: Η ευστάθεια της ταυτόχρονης ισορροπίας σε ανταγωνιστικές αγορές (συνεχής χρόνος)	114
5. Μικροοικονομική: Η ευστάθεια της ταυτόχρονης ισορροπίας σε ανταγωνιστικές αγορές με προσδοκίες (συνεχής χρόνος)	119
6. Μακροοικονομική: Η ευστάθεια του υποδείγματος <i>IS-LM</i>	125
7. Μακροοικονομική: Η ευστάθεια του υποδείγματος <i>IS-LM</i> με στιγμιαία προσαρμογή στην αγορά χρήματος	145
8. Μακροοικονομική: Σύγκριση του κείνσιανού με το νεοκλασικό μακροοικονομικό σύστημα	150
9. Διεθνής χρηματοοικονομική: Το νομισματικό υπόδειγμα προσδιορισμού της συναλλαγματικής ισοτιμίας με εύκαμπτες τιμές σε συνεχή χρόνο	155

10. Διεθνής χρηματοοικονομική: Το νομισματικό υπόδειγμα προσδιορισμού της συναλλαγματικής ισοτιμίας με εύκαμπτες τιμές σε διακριτό χρόνο	163
11. Διεθνής χρηματοοικονομική: Το νομισματικό υπόδειγμα προσδιορισμού της συναλλαγματικής ισοτιμίας με δύσκαμπτες τιμές σε συνεχή χρόνο	166
Μέρος 2. Θεωρία πιθανοτήτων	175
Κεφάλαιο 7. Χώροι πιθανότητας, τυχαίες μεταβλητές και οι ροπές τους	177
1. Εισαγωγή	177
2. Χώροι πιθανότητας	177
3. Τυχαίες μεταβλητές και οι κατανομές τους	184
4. Ροπογεννήτριες	198
5. Τυχαία διανύσματα και από-κοινού κατανομές	205
6. Πιθανοτικές ανισότητες	222
Ερωτήσεις επανάληψης	225
Κεφάλαιο 8. Στοχαστικές ανελίξεις	227
1. Ορισμός και βασικές έννοιες	227
2. Πιθανοτική περιγραφή μιας στοχαστικής ανελίξης	232
3. Περιορισμοί ετερογένειας και εξάρτησης	235
4. Ο ρόλος των περιορισμών ετερογένειας και εξάρτησης στη μοντελοποίηση μιας στοχαστικής ανελίξης	252
5. Ορισμένες ειδικές στοχαστικές ανελίξεις	261
Ερωτήσεις επανάληψης	280
Κεφάλαιο 9. Στοχαστική σύγκλιση	283
1. Μορφές στοχαστικής σύγκλισης	283
2. Ο νόμος των μεγάλων αριθμών και το κεντρικό οριακό θεώρημα	293
Ερωτήσεις επανάληψης	301
Κεφάλαιο 10. Στοχαστικές εξισώσεις διαφορών	303
1. Εισαγωγή	303
2. Μέθοδος επίλυσης της στοχαστικής εξίσωσης διαφορών	304
3. Οι έννοιες της ασυμπτωτικής σχεδόν βέβαιης ευστάθειας και της ασυμπτωτικής στασιμότητας	312

Ερωτήσεις επανάληψης	316
Κεφάλαιο 11. Εξισώσεις διαφορών με ορθολογικές προσδοκίες	317
1. Εισαγωγή	317
2. Επίλυση εξισώσεων διαφορών με ορθολογικές προσδοκίες	320
3. Εφαρμογές στοχαστικών εξισώσεων διαφορών με ορθολογικές προσδοκίες	338
Ερωτήσεις επανάληψης	344
Μέρος 3. Επαγωγική στατιστική	345
Κεφάλαιο 12. Στοχαστικά φαινόμενα και στατιστικά μοντέλα	347
1. Ντετερμινιστικά φαινόμενα και ντετερμινιστικά μοντέλα	348
2. Στοχαστικά φαινόμενα και στατιστικά μοντέλα	352
3. Ο ρόλος της επαγωγικής στατιστικής και η διαφορά της με την περιγραφική στατιστική	360
4. Ο ρόλος του τυχαίου δείγματος στην απλοποίηση της διαδικασίας μοντελοποίησης	361
Ερωτήσεις επανάληψης	373
Κεφάλαιο 13. Εκτίμηση αγνώστων παραμέτρων	375
1. Ιδιότητες εκτιμητών	377
2. Μέθοδοι εύρεσης εκτιμητών	395
Ερωτήσεις επανάληψης	408
Κεφάλαιο 14. Έλεγχος υποθέσεων	411
1. Διαδικασία ελέγχου υποθέσεων και λήψης αποφάσεων: Γενική θεώρηση	413
2. Διαδικασία ελέγχου στατιστικών υποθέσεων	415
3. Εκτίμηση διαστήματος εμπιστοσύνης	437
Ερωτήσεις επανάληψης	441
Μέρος 4. Οικονομετρία	443
Κεφάλαιο 15. Το απλό γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης	447
1. Πειραματικά δεδομένα: Η ερμηνευτική μεταβλητή x_t υπόκειται στον έλεγχο του πειραματιστή	448
2. Μη πειραματικά δεδομένα. Η ερμηνευτική μεταβλητή X_t θεωρείται ως τυχαία μεταβλητή. Εξωγένεια της X_t	452

3. Χρήσεις του μοντέλου παλινδρόμησης: Διενέργεια προβλέψεων και έλεγχος αιτιακών σχέσεων	457
Ερωτήσεις επανάληψης	464
Κεφάλαιο 16. Εκτίμηση παραμέτρων και έλεγχος υποθέσεων	465
1. Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων	466
2. Η μέθοδος της μεγίστης πιθανοφάνειας	471
3. Ιδιότητες των εκτιμητών ελαχίστων τετραγώνων	473
4. Έλεγχος υποθέσεων επί των παραμέτρων b_0 και b_1	485
5. Ο συντελεστής προσδιορισμού (βαθμός προσαρμογής) της παλινδρόμησης	490
6. Ένα εμπειρικό παράδειγμα	492
Ερωτήσεις επανάληψης	498
Κεφάλαιο 17. Το πολυμεταβλητό μοντέλο παλινδρόμησης	501
1. Ο εκτιμητής ελαχίστων τετραγώνων στην πολυμεταβλητή παλινδρόμηση	506
2. Έλεγχος υποθέσεων επί των παραμέτρων b_0, b_1, \dots, b_k του πολυμεταβλητού μοντέλου παλινδρόμησης	514
3. Ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού της πολυμεταβλητής παλινδρόμησης	517
4. Ένα εμπειρικό παράδειγμα	518
Ερωτήσεις επανάληψης	526
Κεφάλαιο 18. Ετεροσκεδαστικότητα και αυτοσυσχέτιση	527
1. Οι ιδιότητες του εκτιμητή ελαχίστων τετραγώνων κάτω από ετεροσκεδαστικότητα και/ή συτοσυσχέτιση	529
2. Έλεγχοι ετεροσκεδαστικότητας και αυτοσυσχέτισης	532
3. Τρόποι αντιμετώπισης της ετεροσκεδαστικότητας και της αυτοσυσχέτισης	538
Ερωτήσεις επανάληψης	548
Κεφάλαιο 19. Ενδογένεια	551
1. Λόγοι που προκαλούν την παραβίαση της υπόθεσης της εξωγένειας	554
2. Ο εκτιμητής βοηθητικών μεταβλητών	557
Ερωτήσεις επανάληψης	560

Κεφάλαιο 20. Συνδυασμός χρονοσειρών και διαστρωματικών στοιχείων	561
1. Εισαγωγή	561
2. Το μοντέλο παλινδρόμησης για παρατηρήσεις panel	562
Βιβλιογραφία	577