

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ LINREG (LINEAR REGRESSION) ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΙΑΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΕΩΣ

Του Δρος *Άλεξη Λαζαρίδη,*

I. Γενικά

Η έλλειψη ενός προγράμματος που να χαρακτηρίζεται από αξιόλογη ευελιξία και πολλαπλές παράλληλα δυνατότητες, μᾶς οδήγησε στην κατάρτιση του προγράμματος αυτού (Linreg) για την εκτίμηση — μεταξύ άλλων — των συντελεστών β_j και των διαταρακτικῶν ὄρων u_i τῆς γραμμικῆς σχέσης

$$Y_i = \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_N X_{Ni} + u_i \quad (1.1)$$

ἀπὸ ἓνα δείγμα T παρατηρήσεων ($i = 1, \dots, T$)

Ἐὰν $X_{1i} = 1$ τότε ἡ σχέση (1.1) παίρνει τὴ μορφή

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_N X_{Ni} + u_i \quad (1.2)$$

*Τὸ πρόγραμμα LINREG παρουσιάζει τὰ ἑξῆς βασικὰ χαρακτηριστικά.

- Τὰ δεδομένα «γράφονται» ὅπουδήποτε πάνω στὶς κάρτες, ἀρκεῖ νὰ χωρίζονται μεταξύ τους τουλάχιστον ἀπὸ ἓνα διάστημα.
- Στὶς μεταβλητὲς (Y καὶ X_j) μπορεῖ νὰ δοθεῖ ἓνα ὁποιοδήποτε ὄνομα¹.
- Οἱ ἐντολὲς πὺ ἀναφέρονται στὸ τί θὰ πρέπει νὰ κάνει τὸ πρόγραμμα εἶναι «λογικὲς» κατὰ τὸ μᾶλλον ἐντολὲς, χωρὶς νὰ χρειάζεται ἡ χρησιμοποίηση πολὺπλοκῶν συνθηματικῶν, ὅπως π.χ. συνδυασμοὶ διαφόρων ἀριθμῶν κ.λ.π.
- Τὰ δεδομένα ἀναφέρονται μόνον στὶς βασικὲς μεταβλητὲς. Κάθε μετατροπὴ τῶν τιμῶν τῶν μεταβλητῶν αὐτῶν γίνεται αὐτόματα, ἀφοῦ φυσικὰ δοθεῖ ἡ κατάλληλη ἐντολή. Ἐτσι δὲ χρειάζεται νὰ «γράφονται» ἐπὶ πλέον δεδομένα ἂν οἱ μεταβλητὲς ἐμφανίζονται καὶ μὲ χρονικὲς ὑστερήσεις, εἴτε ἀκόμα κι ἂν εἶναι ἀπαραίτητη μιὰ ὁποιαδήποτε μετατροπὴ τῆς ἀρχικῆς τιμῆς τῶν μεταβλητῶν.

¹ Βλέπε περιορισμοὺς στὸ κεφάλαιο II.

Στὸν Lecturer τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Birmingham J. Morris ἐκφράζονται εὐχαριστίες γιὰ τὴν πολύτιμη βοήθειά του, δεδομένου ὅτι τὸ πρόγραμμα αὐτὸ βασίζεται σὲ παρόμοιο πρόγραμμα πὺ ἔχει καταρτίσει ὁ κ. Morris γιὰ τὸν ὑπολογιστὴ τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Birmingham.

- Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή (dependent variable) εμφανίζεται και σαν εξηγητική μεταβλητή (explanatory variable), το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα εκτιμήσεως των συντελεστών της εξίσωσης σε δύο στάδια (two-stage least squares). Η δυνατότητα αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση που πρόκειται να εκτιμηθούν οι συντελεστές ενός συστήματος συνισχυουσών εξισώσεων (simultaneous-equation system).
- Υπάρχει η δυνατότητα να συνδυαστούν με όποιονδήποτε τρόπο τὰ δεδομένα, σε ένα μόνο «τρέξιμο» του προγράμματος στον υπολογιστή.
- Σε περίπτωση που υπάρχει αυτοσυσχέτιση (autocorrelation) των διαταρακτικών όρων, το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα απαλοιφής της με τη μέθοδο του Durbin (two-stage Durbin procedure).
Είναι χαρακτηριστικό ότι στις σχετικές εργασίες, δημοσιεύσεις κ.λ.π. στις οποίες χρησιμοποιήθηκε το υπάρχον πρόγραμμα στη βιβλιοθήκη του υπολογιστή του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, αποφεύγεται συστηματικά η άναγραφή των στοιχείων εκείνων (Durbin-Watson d statistic, Von-Neumann ratio) που δείχνουν την ύπαρξη ή μη αυτοσυσχέτισης. Κι αυτό γιατί στην περίπτωση που υπάρχει αυτοσυσχέτιση, οι συντελεστές που εκτιμώνται με την κλασσική μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων δεν είναι άριστοι². Μια λοιπόν και το πρόγραμμα που υπάρχει στη βιβλιοθήκη του υπολογιστή δεν παρέχει τη δυνατότητα άμεσου απαλοιφής της αυτοσυσχέτισης, οι κρίσεις, τὰ συμπεράσματα, οι προβολές κλπ. που γίνονται με βάση τους μη άριστους αυτούς συντελεστές είναι ουσιαστικά εκτός πραγματικότητας.
- Υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποιήσεως μέχρι και 19 ερμηνευτικών μεταβλητών. Γενικά ο συνολικός αριθμός των μεταβλητών (εξαρτημένης + ερμηνευτικών) δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 20, συμπεριλαμβανομένου και του σταθερού όρου.
- Το πρόγραμμα LINREG παρέχει τη δυνατότητα προβολών (ή προβλέψεων), είτε με τους αρχικά εκτιμηθέντες συντελεστές εφόσον δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση, είτε με τους επανεκτιμηθέντες συντελεστές μετά την απαλοιφή της αυτοσυσχέτισης.
- Τὰ υπόλοιπα χαρακτηριστικά του προγράμματος καθώς και αυτά που ήδη αναφέρθηκαν θα εξεταστούν λεπτομερέστερα στά επί μέρους κεφάλαια.

II. Παρουσίαση τῶν δεδομένων (data)

Τὰ δεδομένα πρέπει να δίνονται με την εξής σειρά:

1. Στη πρώτη κάρτα θα πρέπει να αναγράφεται ένα οποιοδήποτε όνομα που δεν θα καταλαμβάνει πάνω από 80 στήλες (δεν θα έχει δηλαδή πάνω από 80 χαρακτήρες, συμπεριλαμβανομένων και των διαστημάτων μεταξύ των λέξεων).
Το όνομα αυτό αποτελεί άπλως μιὰ ένδειξη που βοηθά στο να αναγνωρίζεται κα-

² Δεν έχουν τη μικρότερη διακύμανση

νείς τὸ πού ἀναφέρονται τὰ δεδομένα καθὼς καὶ τὰ ἀποτελέσματα πού θὰ προκύψουν.

2. Στις ἐπόμενες κάρτες, οἱ μεταβλητὲς καὶ οἱ ἀντίστοιχες τιμές τους μπορεῖ νὰ δοθοῦν εἴτε κατὰ παρατήρηση, εἴτε κατὰ μεταβλητὴ.

Παράδειγμα³

α) Τὰ στοιχεῖα δίνονται κατὰ μεταβλητὴ

	LINREG RUN AS PER JOHNSTON									a/a κάρτας	
(Όνομα)										1η	
(1η μεταβλητὴ, καὶ τιμές της)	Y	100	106	107	120	110	116	123	133	137	2η 3η 4η
(2η μεταβλητὴ καὶ τιμές της)	X ²	100	104	106	111	111	115	120	124	126	5η 6η
(3η μεταβλητὴ καὶ τιμές της)	X ³	100	99	110	126	113	103	102	103	98	7η

β) Τὰ στοιχεῖα δίνονται κατὰ παρατήρηση.

(Όνομα) ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΟΝ JOHNSTON

(Μεταβλητὲς)	Y	X ²	X ³			
	100	100	100	106	104	99
(Αντίστοιχες τιμές τῶν μεταβλητῶν)	107	106	110	120	111	126
	110	111	113	116	115	103
	123	120	102	133	124	103
	137	126	98			

(Έννοεῖται ὅτι στὴν περίπτωση δεκαδικῶν ἀριθμῶν ἀντὶ γιὰ κόμμα θὰ μπαίνει τελεία, π.χ. ὁ ἀριθμὸς 3,275 θὰ πρέπει νὰ «γραφτεῖ» στὴν κάρτα σὰν 3.275)

Δὲν ὑπάρχει καμιὰ συμμετρικότητα οὔτε καὶ θὰ πρέπει νὰ ἀκολουθεῖται ἕνας ὀρισμένος τρόπος σχετικὰ μὲ τὴ «γραφή» τῶν δεδομένων πάνω στὶς κάρτες.

Ἐνδείκνυται ὅμως νὰ ἀρχίζει ἡ γραφὴ τους ἀπὸ τὴν πρώτη στήλη.

Σημειώνεται ὅτι ἂν στὰ δεδομένα ὑπάρχουν πολὺ μικροὶ ἢ πολὺ μεγάλοι ἀριθμοί, τότε εἶναι δυνατόν οἱ ἀριθμοὶ αὐτοὶ νὰ γράφονται ὑπὸ ἐκθετικὴ μορφή, μὲ τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ γράμματος E (exponent). Ὁ ἀριθμὸς 0.000005 π.χ. μπορεῖ ἐπίσης νὰ γραφεῖ καὶ σὰν 5.0 E-6 (ἢ ἀκόμα 5E-6). Τὸ πρόγραμμα μετατρέπει αὐτόματα τὸ 5E-6 σὲ $5 \times 10^{-6} = 0.000005$.

Περιορισμοὶ σχετικὰ μὲ τὶς μεταβλητὲς καὶ τὶς τιμές τους

Λόγω ὀρισμένων standards τοῦ ὑπολογιστῆ UNIVAC 1106 τοῦ Πανεπιστημίου

3 Ἀπὸ τὸν J. Johnston *Econometric Methods* (2nd edition), σελὶς 147

Θεσσαλονίκης, καθώς και της δομής του προγράμματος, υπάρχουν οι εξής περιορισμοί:

A. Για τις μεταβλητές

- Το όνομα κάθε μεταβλητής θα πρέπει να απαρτίζεται από 6 ή λιγότερους αλφαριθμητικούς χαρακτήρες και να αρχίζει οπωσδήποτε με ένα γράμμα. Στο όνομα μίας μεταβλητής δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται το ελληνικό στοιχείο Ω, τα σημεία στίξεως, οι παύλες και τα διάφορα άλλα σύμβολα.
- Δεν πρέπει επίσης μέρος από το όνομα μίας μεταβλητής να γράφεται σε μία κάρτα και το υπόλοιπο να συνεχίζεται στην επόμενη κάρτα.
- Το γράμμα E ακολουθούμενο από έναν ή περισσότερους αριθμούς (όπως π.χ. E1, E30, E5) δεν επιτρέπεται να αποτελεί την αρχή του ονόματος μίας μεταβλητής.
- Τέλος τα ονόματα των μεταβλητών δεν θα πρέπει να συμπίπτουν με καμιά από τις παρακάτω έντολές ή συναρτήσεις.
CNST, CONST, CNSTNT, TIME, LET, REGRES, HYPOTH, BLUS, STOP
ON, AND, NSAMPL, SELECT, LOG, LOGE, EXP, SQRT, LOG10, PUNCH,
CREATE, FRCAST, DROP, PICKUP, ABS, INT, RESIDS, NRESID, DISC,
SAVE.

B. Για τις τιμές των μεταβλητών

Η απόλυτη τιμή του κάθε αριθμού δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη του 10^{-38} ούτε μεγαλύτερη του 10^{38} .

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τόσο τα ονόματα των διαφόρων μεταβλητών όσο και οι τιμές τους (αριθμοί) μπορούν να γράφονται οπουδήποτε πάνω στις κάρτες, αρκεί να χωρίζονται μεταξύ τους τουλάχιστον από ένα διάστημα.

Ο συνολικός αριθμός των μεταβλητών δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 20 και οι παρατηρήσεις δε θα πρέπει να είναι περισσότερες από 200.

Σημειώνεται επίσης ότι για όλες τις μεταβλητές ο αριθμός των παρατηρήσεων θα πρέπει να είναι έναίσιος. Αν για κάποια μεταβλητή λείπουν (δεν είναι διαθέσιμες) μία ή και περισσότερες παρατηρήσεις, τότε στη θέση των παρατηρήσεων που λείπουν θα πρέπει να γράφεται το σύμβολο %. Η περίπτωση αυτή αναλύεται περισσότερο σε ένα από τα επόμενα κεφάλαια.

III Έντολές⁴

1. Έντολή παλινδρόμησης (REGRES)

Με την έντολή αυτή καθορίζονται ή εξαρτημένη και οι έρμηνευτικές μεταβλητές

⁴ Όλες οι έντολές απαρτίζονται από 6 ή λιγότερους χαρακτήρες.

καί εκτιμῶνται μὲ τὴ μέθοδο τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων οἱ συντελεστῆς τῶν ἐρμηνευτικῶν μεταβλητῶν καὶ ὁ σταθερὸς ὄρος (ἂν ὑπάρχει). Ἡ πλήρης μορφή τῆς ἐντολῆς αὐτῆς εἶναι:

REGRES *ἐξαρτημένη μεταβλητή* ON *1η ἐρμηνευτική μεταβλητή* *2η ἐρμηνευτική μεταβλητή* AND *τελευταία ἐρμηνευτική μεταβλητή*.

Ὅταν ὑπάρχει καὶ σταθερὸς ὄρος στὴν ἐξίσωση (ὅπως τὸ β₁ στὴ σχέση 1.2), τότε ἀπλῶς συμπεριλαμβάνεται καὶ τὸ ὄνομα CNST ἢ CONST ἢ CNSTNT (συντεμημένες μορφές τοῦ constant) μεταξὺ τῶν ἐρμηνευτικῶν μεταβλητῶν.

Εἶναι δυνατό νὰ δοθοῦν — διαδοχικὰ — πολλὲς ἐντολὲς παλινδρόμησης. Κάθε φορά θὰ θεωρεῖται μιὰ μόνο ἐξαρτημένη μεταβλητή, τὸ ὄνομα τῆς ὁποίας θὰ ἐμφανίζεται μεταξὺ τοῦ REGRES καὶ τοῦ ON. Οἱ ἐρμηνευτικὲς μεταβλητὲς — ἐκτὸς τῆς τελευταίας — θὰ ἐμφανίζονται μεταξὺ τοῦ ON καὶ τοῦ AND. Ἡ τελευταία ἐρμηνευτικὴ μεταβλητὴ θὰ πρέπει νὰ γράφεται μετὰ τὸ AND. Ὅπως ἀναφέρθηκε προηγουμένως, ὅλα τὰ ὀνόματα θὰ πρέπει νὰ χωρίζονται μεταξὺ τους ἀπὸ ἓνα τουλάχιστο διάστημα.

Ὅλοι οἱ δυνατόι συνδυασμοὶ τῶν ἀρχικῶν μεταβλητῶν μποροῦν νὰ ἐπιτευχθοῦν μὲ διαδοχικὲς ἐντολὲς παλινδρόμησης.

Ἔτσι γιὰ τὸ παράδειγμα ποῦ ἀναφέρθηκε στὸ προηγούμενο κεφάλαιο θὰ ἦταν δυνατό οἱ παρακάτω συνδυασμοί, σὲ ἓνα μόνο «τρέξιμο» τοῦ προγράμματος.

REGRES Y ON X2 X3 AND CNST

ὁπότε ἡ ἐξίσωση θὰ ἔχει τὴ μορφή (οἱ διαταρακτικοὶ ὄροι παραλείπονται)

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i}$$

Ἄφοῦ δοθεῖ ἡ παραπάνω ἐντολή παλινδρόμησης, τὸ πρόγραμμα αὐτόματα θὰ ὑπολογίσει τοὺς ἐκτιμητῆς τῶν συντελεστῶν β₁, β₂ καὶ β₃.

REGRES Y ON X2 AND X3

Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ ἐξίσωση θὰ ἔχει τὴ μορφή

$$Y_i = \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i}$$

• (Ἐννοεῖται ὅτι οἱ συντελεστῆς τῶν διαφορῶν περιπτώσεων εἶναι διάφοροι μεταξὺ τους. Ἀπλῶς συμβολίζονται μὲ τὰ ἴδια γράμματα). Σ' αὐτὴ τὴν περίπτωση τὸ πρόγραμμα θὰ ὑπολογίσει τοὺς ἐκτιμητῆς τῶν συντελεστῶν β₂ καὶ β₃.

REGRES X2 ON Y X3 AN CNST

Ἡ ἐξίσωση θὰ ἔχει τὴ μορφή

$$X_{2i} = \beta_1 + \beta_2 Y_i + \beta_3 X_{3i}$$

REGRES Y ON X2(-1) X3(-2) AND CNST

Ἡ ἐξίσωση θὰ ἔχει τὴ μορφή

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2(i-1)} + \beta_3 X_{3(i-2)}$$

Δηλαδή τὸ πρόγραμμα θὰ θεωρεῖ τὶς τιμὲς τῆς μεταβλητῆς X₂ μὲ χρονικὴ ὑστέρηση μιᾶς περιόδου, καὶ τὶς τιμὲς τῆς μεταβλητῆς X₃ μὲ χρονικὴ ὑστέρηση δύο περιόδων καὶ θὰ ὑπολογίσει τοὺς ἐκτιμητῆς τῶν συντελεστῶν β₁, β₂ καὶ β₃.

Έτσι χρονικές υστερήσεις αναφορικά με τις τιμές οποιασδήποτε μεταβλητής μπορούν να εισαχθούν απευθείας στην έντολή παλινδρόμησης (άμεσος τρόπος θεωρήσεων των χρονικών υστερήσεων).

Το βασικό μειονέκτημα του άμεσου αυτού τρόπου θεωρήσεως των χρονικών υστερήσεων είναι ότι χάνεται, από τη μήτρα των δεδομένων, αριθμός παρατηρήσεων ανάλογος με τον αριθμό των χρονικών υστερήσεων κάθε μεταβλητής.

Έτσι ο άμεσος τρόπος θεωρήσεως χρονικών υστερήσεων, ενδείκνυται να εφαρμόζεται μόνο στην περίπτωση που δε θα χρειαστούν μετέπειτα όλες οι παρατηρήσεις που αναφέρονται στις αρχικές μεταβλητές.

Το μειονέκτημα του άμεσου τρόπου καθορισμού των χρονικών υστερήσεων αντιμετωπίζεται με τον έμμεσο τρόπο καθορισμού των υστερήσεων αυτών. Ο έμμεσος αυτός τρόπος θα αναπτυχθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Σε μία απλή μορφή παλινδρόμησης προηγούνται οι κάρτες με τα δεδομένα, ακολουθούν μία ή περισσότερες έντολές παλινδρόμησης (ή κάθε μία σε ξεχωριστή κάρτα) και σε μία τελευταία κάρτα γράφεται η έντολή STOP.

2. Έντολή μετατροπής (LET)

Πολλές φορές είναι απαραίτητη η μετατροπή (transformation) της αρχικής τιμής μίας ή περισσότερων μεταβλητών (χωρίς να χαθούν οι αρχικές τιμές των μεταβλητών αυτών), ή ακόμα ο καθορισμός νέων μεταβλητών οι τιμές των οποίων θα προκύπτουν από ένα οποιοδήποτε συνδυασμό των τιμών των αρχικών μεταβλητών. Έδω υπάγεται και η περίπτωση έμμεσου καθορισμού των χρονικών υστερήσεων.

Υποτίθεται ότι από τα δεδομένα του παραδείγματος που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο II, χρειάζεται η εκτίμηση των συντελεστών των παρακάτω εξισώσεων

$$\alpha) Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{2i}^2 + \beta_5 [(X_{2i} + X_{3i}) : 2]$$

$$\beta) Y_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} \text{ που } \eta \text{ λογαριθμική της μορφή είναι είτε (λογάριθμοι με βάση } \tau \delta \text{ } 10)$$

$$\beta.1) \text{Log} (Y_i) = \text{log} (\beta_1) + \beta_2 \text{log} (X_{2i}) + \beta_3 \text{log} (X_{3i})$$

είτε (λογάριθμοι με βάση τὸ e)

$$\beta.2) \text{In} (Y_i) = \text{In} (\beta_1) + \beta_2 \text{In} (X_{2i}) + \beta_3 \text{In} (X_{3i})$$

και

$$\gamma) Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2(i-1)} + \beta_3 X_{3(i-2)}$$

Οι έντολές μετατροπής για τις παραπάνω περιπτώσεις θα είναι:

$$\text{LET X2} = \text{X2} * \text{X2} \text{ ή } \text{LET X4} = \text{X2} ** 2$$

$$\text{LET X5} = (\text{X2} + \text{X3}) / 2.$$

$$\text{LET LOGY} = \text{LOG10} (Y)$$

$$\text{LET LOGX2} = \text{LOG10}(\text{X2})$$

$$\text{LET LOGX3} = \text{LOG10}(\text{X3})$$

$$\text{LET NLOGY} = \text{LOG}(Y) \text{ ή } \text{LET NLOGY} = \text{LOGE}(Y)$$

LET NLOGX2 = LOG(X2) ἢ LET NLOGX2 = LOGE (X2)
 LET NLOGX3 = LOG(X3) ἢ LET NLOGX3 = LOGE (X3)
 LET X2LAG1 = X2 (-1)
 LET X3LAG2 = X3 (-2)

Με τις παραπάνω ἐντολὲς μετατροπῆς ἔχουν δημιουργηθεῖ 8 νέες μεταβλητὲς (X4, X5 ... X3LAG2)
 Θὰ πρέπει ὁ συνολικὸς ἀριθμὸς τῶν ἀρχικῶν καὶ τῶν νέων μεταβλητῶν νὰ μὴν ξεπερνᾷ τὶς 20, συμπεριλαμβανομένου καὶ τοῦ σταθεροῦ ὄρου.

Με τις παραπάνω ἐντολὲς μετατροπῆς, οἱ συντελεστὲς τῆς ἐξίσωσης (α) θὰ ἐκτιμηθοῦν μετὰ τὴν ἐντολὴ παλινδρόμησης

REGRES Y ON X2 X3 X4 X5 AND CNST
 Οἱ συντελεστὲς τῆς ἐξίσωσης (β.1) θὰ ἐκτιμηθοῦν μετὰ τὴν ἐντολὴ παλινδρόμησης

REGRES LOGY ON LOGX2 LOGX3 AND CNST
 οἱ συντελεστὲς τῆς ἐξίσωσης (β.2) μετὰ τὴν ἐντολὴ

REGRES NLOGY ON NLOGX2 NLOGX3 AND CNST
 Οἱ συντελεστὲς τῆς ἐξίσωσης (γ) θὰ ἐκτιμηθοῦν μετὰ τὴν ἐντολὴ παλινδρόμησης

REGRES Y ON X2LAG1 X3LAG2 AND CNST
 Ἡ τελευταία αὐτὴ περίπτωση ἀποτελεῖ καὶ τὸν ἑμμεσο τρόπο καθορισμοῦ τῶν χρονικῶν ὑστερήσεων ἀναφορικὰ μετὰ τις τιμὲς τῶν ἀρχικῶν μεταβλητῶν.

Οἱ ἐντολὲς μετατροπῆς μποροῦν νὰ περιλαμβάνουν στὸ δεξιὸ τμήμα ἀλγεβρικές παραστάσεις ὅποιασδήποτε μορφῆς. Ἡ τετραγωνικὴ ρίζα παρίσταται μετὰ τὸ SQRT, ἡ ἀπόλυτη τιμὴ μετὰ τὸ ABS καὶ ἡ ἐκθετικὴ μορφή μετὰ τὸ EXP.
 Δηλαδή οἱ ἐντολὲς μετατροπῆς

LET X7 = ABS (X3)
 LET X8 = SQRT(X7)
 LET X9 = EXP(X2)

ἀντιστοιχοῦν στὰ μαθηματικὰ μετὰ

$$X_{7i} = |X_{3i}|, X_{8i} = \sqrt{X_{7i}} \text{ καὶ } X_{9i} = e^{X_{2i}}$$

Εἶναι ἐλεύθερη ἡ ἐκλογή τῶν ὀνομάτων καὶ τῶν νέων μεταβλητῶν. Καὶ στὴν περίπτωση αὐτὴ ἰσχύουν οἱ περιορισμοὶ ποὺ ἀναφέρθηκαν γιὰ τὰ ὀνόματα τῶν ἀρχικῶν μεταβλητῶν.

Ἐκτὸς ἀπὸ τις παραπάνω περιπτώσεις καὶ οἱ ἀρνητικοὶ ἀριθμοὶ — ὅταν χρησιμοποιῶνται στὸ δεξιὸ μέρος μιᾶς ἐντολῆς μετατροπῆς — πρέπει νὰ περικλείονται σὲ παρενθέσεις.

Οἱ ἐντολὲς μετατροπῆς θὰ πρέπει νὰ προηγοῦνται τῶν ἀντίστοιχων ἐντολῶν παλινδρόμησης.

Στὸ τέλος, ὅπως προαναφέρθηκε, θὰ πρέπει νὰ τοποθετεῖται — σὲ ξεχωριστὴ κάρτα — ἡ ἐντολὴ STOP, ἐφόσον δὲν πρόκειται νὰ ἀκολουθήσει ἄλλη ἐντολή.

III. Άλλα χαρακτηριστικά και δυνατότητες του προγράμματος

1. Στην περίπτωση που λείπουν (δέν είναι διαθέσιμες) παρατηρήσεις από μία ή περισσότερες μεταβλητές, σε μία ομάδα μεταβλητών που πρόκειται να συνδυαστούν μεταξύ τους σε εξισώσεις παλινδρόμησης, τότε στη θέση των παρατηρήσεων που λείπουν θα πρέπει να «γράφεται» το σύμβολο %. Μ' αυτόν τον τρόπο το πρόγραμμα επιλέγει αυτόματα μόνο τις παρατηρήσεις που υπάρχουν για το σύνολο των μεταβλητών που καθορίζεται με κάθε έντολη παλινδρόμησης.

2. Έντολη άπορριψως (DROP)

Με την έντολη αυτή δίνεται η δυνατότητα της κατ' επιλογή άπορριψης όρισμένων παρατηρήσεων, που αναφέρονται σε μία ή περισσότερες μεταβλητές. Έτσι με την έντολη

$$\text{DROP } X3 < 100$$

το πρόγραμμα θα δημιουργήσει αυτόματα μία νέα ομάδα δεδομένων στην οποία δέν θα υπάρχουν οι αρχικές τιμές της μεταβλητής X_3 που είναι μικρότερες του 100. Στο παράδειγμα του κεφαλαίου II, π.χ. θα άπορριφθούν οι τιμές 99 και 98 που άντιστοιχούν στη δεύτερη και τελευταία παρατήρηση. Έτσι κάθε φορά που ή μεταβλητή X_3 θα περιλαμβάνεται σε μία έντολη παλινδρόμησης τότε και από τις άλλες μεταβλητές θα άγνωούνται ή δεύτερη και ή τελευταία παρατήρηση. Η έντολη άπορριψως μπορεί επίσης να έχει τη μορφή

$$\text{DROP } Y > = 133$$

$$\text{DROP } Y > 133$$

$$\text{DROP } X2 = 111$$

Στην πρώτη περίπτωση θα άπορριφθούν δύο παρατηρήσεις από τη μεταβλητή Y , ενώ στη δεύτερη θα άπορριφθεί μόνο μία παρατήρηση. Στην τελευταία, τέλος, περίπτωση θα άπορριφθούν ή 4η και ή 5η παρατήρηση από τη μεταβλητή $X2$. Μπορούν να τοποθετηθούν διαδοχικά πολλές έντολές άπορριψως, ή κάθε μία όμως θα πρέπει να είναι σε νέα κάρτα.

Οί έντολές άπορριψως θα πρέπει πάντοτε να προηγούνται των άντίστοιχων έντολών παλινδρόμησης.

3. Έντολη έπανακτήσεως (PICKUP)

Η έπίδραση της προηγούμενης έντολης παύει να ισχύει με τη χρησιμοποίηση της έντολης έπανακτήσεως. Έτσι σε άντιστοιχία με την προηγούμενη έντολη θα είναι

$$\text{PICKUP } Y > = 133$$

$$\text{PICKUP } Y > 133$$

$$\text{PICKUP } X2 = 111$$

Με τις εντολές αυτές θα πάψει να ισχύει η έντολη άπορριψεως για τις αντίστοιχες παρατηρήσεις των παραπάνω μεταβλητών.

Αν ο αριθμός στο δεξιό μέρος της έντολης είναι αρνητικός, τότε θα πρέπει να περικλείεται μέσα σε παρενθέσεις. Αυτό φυσικά ισχύει και για την έντολη άπορριψεως.

Όπως και για την προηγούμενη περίπτωση, ή μία ή περισσότερες έντολές επανακτήσεως θα πρέπει να προηγούνται της αντίστοιχης έντολης παλινδρόμησης. Σημειώνεται ότι με το συνδυασμό των δύο παραπάνω έντολων (DROP, PICKUP) είναι δυνατή η δημιουργία ενός νέου δείγματος, από το δείγμα των αρχικών παρατηρήσεων.

4. Έντολη επιλογής νέου δείγματος (NSAMPL - SELECT)

Μόνο στην περίπτωση που τα δεδομένα δίνονται κατά παρατήρησης⁵ είναι δυνατό το σύνολο των αρχικών παρατηρήσεων να υποδιαιρεθεί σε επί μέρους τμήματα, τα οποία στη συνέχεια μπορούν είτε να συνδυαστούν μεταξύ τους με όποιονδήποτε τρόπο, είτε να χρησιμοποιηθεί το καθένα σαν ένα ανεξάρτητο δείγμα.

Το σύνολο των αρχικών παρατηρήσεων υποδιαιρείται σε επί μέρους τμήματα με την παρεμβολή της έντολης NSAMPL (συντετημένη μορφή του new sample). Η επιλογή, στη συνέχεια, των επί μέρους δειγμάτων γίνεται με την έντολη SELECT. Έτσι χρησιμοποιώντας απλώς σαν παράδειγμα τα δεδομένα του κεφαλαίου II θα είναι

LINREG RUN AS PER JOHNSTON

Y	X2	X3			
100	100	100	106	104	99
107	106	110			

(Παρατηρήσεις για τις πρώτες τρεις περιόδους δηλ. 1, 2, 3)

NSAMPL					
120	111	126	110	111	113
116	115	103	123	120	102

(Παρατηρήσεις για τις επόμενες 4 περιόδους δηλ. 4, 5, 6, 7).

NSAMPL					
133	124	103	137	126	98

(Παρατηρήσεις για τις δύο τελευταίες περιόδους, δηλ. 8,9)

Επαναλαμβάνεται ότι τα παραπάνω αποτελούν απλώς ένα παράδειγμα γιατί ο αριθμός των παρατηρήσεων στο καθένα από τα επί μέρους δείγματα είναι πολύ μικρός και δε συμβιβάζεται με τη θεωρία της γραμμικής παλινδρόμησης. Με την παραπάνω παρουσίαση των δεδομένων έχουν δημιουργηθεί τρία επί μέρους δείγματα

⁵ Βλέπε κεφάλαιο II

πού καλύπτουν αντίστοιχα τις περιόδους που αναφέρονται στις επεξηγήσεις μέσα στις παρενθέσεις.

Τά επί μέρους αυτά δείγματα, είτε ξεχωριστά, είτε σε συνδυασμό, μπορούν να επιλεγούν με την έντολή επιλογής (SELECT).

Έτσι αν άμέσως μετά την παραπάνω παρουσίαση των δεδομένων δοθούν οι έντολές

```
SELECT 2  
REGRES Y ON X2 X3 AND CONST
```

τότε το πρόγραμμα θα χρησιμοποιήσει μόνο τις παρατηρήσεις του δεύτερου επί μέρους δείγματος που αναφέρεται στις περιόδους 4, 5, 6 και 7 για την εκτίμηση των συντελεστών β_1 , β_2 και β_3 της εξίσωσης

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i}$$

Αν δοθούν οι έντολές

```
SELECT 1 3  
REGRES Y ON X2 X3 AND CONST
```

τότε το πρόγραμμα θα χρησιμοποιήσει τα επί μέρους δείγματα ένα και τρία που αναφέρονται στις περιόδους 1, 2, 3, 8 και 9 για την εκτίμηση των συντελεστών β_1 , β_2 και β_3 .

Γίνεται αντιληπτό πώς αν γραφτεί

```
SELECT 1 2 3
```

τότε αυτόμάτως επιλέγονται όλες οι παρατηρήσεις.

Σημειώνεται η χρησιμότητα των παραπάνω έντολών για την κατάταξη του αρχικού δείγματος κατά στρώματα.

5. Έντολές για την εκτίμηση των συντελεστών σε δύο στάδια (two-stage least squares)

Δεδομένου του συστήματος

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i}$$

$$X_{2i} = \beta_1 + \beta_2 Y_i + \beta_3 Z_i$$

Η εκτίμηση των συντελεστών σε δύο στάδια γίνεται με τις εξής έντολές:

```
REGRES Y ON X2 X3 AND CONST  
GREATE YHAT  
REGRES X2 ON Y Z AND CONST  
GREATE XHAT  
REGRES Y ON XHAT X3 AND CONST  
REGRES X2 ON YHAT Z AND CONST
```

Σημειώνεται ότι η έντολή CREATE θα πρέπει να τοποθετείται άμέσως μετά την έντολή παλινδρόμησης.

Έννοείται ότι οι παραπάνω έντολές ακολουθούν τα αρχικά δεδομένα και τις έντολές μετατροπής — αν υπάρχουν.

6. Ἡ ἐντολή **HYPOTH** (συντεταγμένη μορφή τοῦ Hypothesis)

Με τὴν ἐντολή αὐτὴ παρέχεται ἡ δυνατότητα νὰ ἐξεταστῆ ἂν ὀρισμένες ἐρμηνευτικὲς μεταβλητὲς, δὲν ἔχουν ἐπίδραση στὴν ἐξαρτημένη μεταβλητὴ. Ἡ ἐξέταση αὐτὴ μπορεῖ βέβαια νὰ γίνῃ θεωρώντας τοὺς συντελεστὲς τῆς κάθε μεταβλητῆς ξεχωριστὰ (t-test). Γενικὰ ὁμως γιὰ μιὰ ομάδα ἐρμηνευτικῶν μεταβλητῶν, ὁ ἔλεγχος μὲ βάση τὴν F κατανομὴ θεωρεῖται καλύτερος, δεδομένου ὅτι καθορίζεται μ' αὐτὸν τὸν τρόπο ἡ συνδυασμένη περιοχὴ ἐμπιστοσύνης τῶν ἀντίστοιχων συντελεστῶν τῆς θεωρουμένης ομάδας τῶν ἐρμηνευτικῶν μεταβλητῶν.

Πρὶν δοθεῖ ἡ πλήρης μορφή τῆς παραπάνω ἐντολῆς χρειάζεται ἡ ἐξῆς διευκρίνιση. Ἡ ἐξίσωση (οἱ διαταρακτικοὶ ὄροι παραλείπονται)

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \beta_5 X_{5i} + \beta_6 X_{6i}$$

ἀποθηκεύεται στὸν ὑπολογιστὴ μὲ τὴ μορφή

$$Y_i = \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \beta_5 X_{5i} + \beta_6 X_{6i} + \beta_1 \quad (1.3)$$

Αὐτὸ συμβαίνει μόνο ὅταν ὑπάρχει σταθερὸς ὄρος (τὸ β_1). Διαφορετικὰ (στὴ σχέση 1.1 π.χ.) ἡ σειρά παραμένει ἀναλλοίωτη. Στὴ σχέση (1.3) πρῶτος συντελεστὴς εἶναι τὸ β_2 , δεῦτερος τὸ β_3 , τρίτος τὸ β_4 κ.ο.κ.

Ἄν λοιπὸν θέλουμε νὰ ἐλέγξουμε τὴν ὑπόθεση:

$$H_0 : \beta_2 = \beta_4 = \beta_6 = 0$$

(δηλαδὴ ὁ πρῶτος, ὁ τρίτος καὶ ὁ πέμπτος συντελεστὴς = 0) τότε ἡ ἀντίστοιχη ἐντολή θὰ πρέπει νὰ εἶναι

HYPOTH 3 1 3 5

Ὁ πρῶτος ἀριθμὸς δείχνει τὸ σύνολο τῶν συντελεστῶν στοὺς ὁποίους ἀναφέρεται ὁ ἔλεγχος τῆς ὑπόθεσης μηδέν. Οἱ ὑπόλοιποι ἀριθμοὶ δείχνουν τὸν αὐξοῦντα ἀριθμὸ τοῦ κάθε συντελεστῆ στὴν ἐξίσωση.

Στὴν περίπτωσι πού ἡ ἐντολή θὰ ἔχει τὴ μορφή

HYPOTH 4 2 3 4 5

τότε ὁ ἔλεγχος τῆς ὑποθέσεως μηδέν θὰ ἀναφέρεται σὲ τέσσερις συντελεστὲς: στὸ δεῦτερο (β_2), στὸν τρίτο (β_3), στὸν τέταρτο (β_4) καὶ στὸν πέμπτο (β_5). Ὑπενθυμίζεται ὅτι γιὰ τὴν ἀκριβὴ διατύπωση τῆς ἐντολῆς αὐτῆς θὰ θεωρεῖται ἡ σχέση (1.3) ἂν ὑπάρχει σταθερὸς ὄρος καὶ ἡ σχέση (1.1) ἂν δὲν ὑπάρχει σταθερὸς ὄρος. Ἡ ἐντολή γιὰ τὸν ἔλεγχο τῆς ὑπόθεσης μηδέν πρέπει νὰ δίνεται μετὰ τὴν ἐντολή παλινδρόμησης. Εἶναι δυνατό νὰ δοθοῦν διαδοχικὰ πολλὲς τέτοιες ἐντολές. Ἡ κάθε μιὰ ὁμως πρέπει νὰ γράφεται σὲ ξεχωριστὴ κάρτα.

7. Ἡ ἐντολή **BLUS**

Στὶς περιπτώσεις πού ὁ ἔλεγχος μὲ βάση τὸ d τοῦ Durbin-Watson δὲ μᾶς δίνει

έπαρκείς ένδειξεις για την ύπαρξη ή μη αυτοσυσχέτισης, ό Theil⁶ προτείνει τόν έλεγο του Von-Neumann για αυτοσυσχέτιση, χρησιμοποιώντας τούς λεγόμενους BLUS διαταρακτικούς όρους (Best, Linear, Unbiased with Scalar covariance). Ό αριθμός τών BLUS διαταρακτικών όρων είναι ίσος με T-N, όπου T ό αριθμός τών παρατηρήσεων και N ό αριθμός τών συντελεστών (συμπεριλαμβανομένου και τού σταθερού όρου).

Ή πλήρης μορφή τής έντολης είναι

BLUS n

όπου n είναι ένας άκέραιος αριθμός και παριστάνει τόν αύξοντα αριθμό τής παρατήρησης από την οποία θά αρχίσουν νά αφαιρούνται N παρατηρήσεις.

Θά μπορούσε νά είναι

BLUS 1

ή

BLUS 5

κ.λ.π.

Θά πρέπει όμως νά ισχύει πάντα ή σχέση

$n \leq T-N$

Ή έντολη BLUS θά πρέπει νά δίνεται μετά την έντολη παλινδρόμησης. Είναι δυνατό νά δοθούν, διαδοχικά, πολλές τέτοιες έντολές, ώστε μεταβάλλοντας την τιμή τού n νά γίνεται πληρέστερος ό έλεγχος. Ή κάθε μία όμως έντολη θά πρέπει νά γράφεται σέ ξεχωριστή κάρτα.

8. Ή έντολη PUNCH

Σέ περίπτωση που έχουν γίνει μετασχηματισμοί τών αρχικών τιμών τών μεταβλητών, με αντίστοιχες έντολές μετατροπής, είναι δυνατό οί τιμές τών νέων μεταβλητών που δημιουργήθηκαν είτε νά τυπωθούν, είτε νά μās δοθούν σέ κάρτες. Το πρόγραμμα μπορεί νά χρησιμοποιηθεί μόνο για τό σκοπό αυτό — εφόσον τό θέλουμε — δίχως νά κάνει τίποτε άλλο.

Ή πλήρης μορφή τής έντολης είναι:

PUNCH A όνομα μεταβλητής όνομα μεταβλητής

Ήν τό A είναι ένα γράμμα (K, π.χ.) τότε θά πάρουμε κάρτες. Ήν είναι ένας αριθμός (από τό 0 ως τό 9) τότε τά άποτελέσματα θά τυπωθούν.

Έτσι, άν μετά τά δεδομένα τού παραδείγματος στό κεφάλαιο II, δοθούν οί έντολές

LET X4 = X2 * X2

LET X5 = (X2 + X3) / 2.

LET X6 = X4 * X5

PUNCH K X4 X5 X6

PUNCH 2 X6

6 Βλέπε J. Jonhston, *Econometric Methods* (2nd edition), σελίδες 254-258.

τότε οί τιμές τῶν μεταβλητῶν X4, X5 καί X6 θά μᾶς δοθοῦν σέ κάρτες, ἐνῶ ἡ τιμή τῆς μεταβλητῆς X6 θά τυπωθεῖ. (Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στό τέλος). Ἄν στή συνέχεια δοθεῖ ἡ ἐντολή STOP τὸ πρόγραμμα θά σταματήσει. Διαφορετικά θά προχωρήσει στήν ἐκτέλεση τῆς ἐπόμενης ἐντολῆς.

9. Ἡ ἐντολή γιά προβολές (ἢ προβλέψεις) (FRCAST)

Μέ τὰ δεδομένα πού παρουσιάστηκαν στό κεφάλαιο II, ὑποτίθεται ὅτι γιά τήν ἐξίσωση

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3}$$

ζητοῦνται οί προβολές τῆς ἐξαρτημένης μεταβλητῆς, δεδομένων τῶν νέων τιμῶν τῶν ἀνεξαρτήτων (ἢ ἐρμηνευτικῶν) μεταβλητῶν. Οί ἐντολές πού χρειάζονται γιά τὸ σκοπὸ αὐτὸ εἶναι:

ἀρχικά δεδομένα

```
REGRES Y ON X2 X3 AND CNST
FRCAST AND
```

νέα δεδομένα τῶν μεταβλητῶν X2 καί X3

```
FRCAST X2 X3 AND CNST
STOP
```

Θά πρέπει δηλαδή νά προηγῆται πάντα ἡ ἐντολή παλινδρόμησης καί νά ἀκολουθεῖ ἡ ἐντολή γιά προβολές (FRCAST AND – συντεταγμένη μορφή τοῦ and forecasting). Οί νέες τιμές τῶν μεταβλητῶν X₂ καί X₃ δίνονται μέ τὸν τρόπο πού ἀναπτύχθηκε στό κεφάλαιο 11.

Κάθε μετασχηματισμὸς τῶν νέων αὐτῶν τιμῶν τῶν μεταβλητῶν X₂ καί X₃ εἶναι δυνατὸς μέ κατάλληλες ἐντολές μετατροπῆς. Οί καινούργιες ὁμως μεταβλητές πού θά δημιουργηθοῦν πρέπει νά ἔχουν τὸ ἴδιο ὄνομα μέ τίς ἀντίστοιχες μεταβλητές πού ἐμφανίζονται στήν ἐντολή παλινδρόμησης. Ἔτσι μέ τὰ δεδομένα πού ἀναφέρθηκαν στό κεφάλαιο II θά εἶναι

δεδομένα

```
REGRES Y ON X2 X3 AND CNST
LET NLOGY = LOG(Y)
LET NLOGX2 = LOG(X2)
LET NLOGX3 = LOG(X3)
REGRES NLOGY ON NLOGX2 NLOGX3 AND CNST
FRCAST AND
```

X2

128 125

X3

101 107

```

LET NLOGX2 = LOG(X2)
LET NLOGX3 = LOG(X3)
FRCAST NLOGX2 NLOGX3 AND CNST
STOP

```

Με τις παραπάνω έντολές οι προβολές που θα προκύψουν θα αναφέρονται στη σχέση.

$$\ln(Y_i) = \ln(\beta_1) + \beta_2 \ln(X_{2i}) + \beta_3 \ln(X_{3i})$$

Όπου οι λογάριθμοι (με βάση το e) των μεταβλητών X_{2i} και X_{3i} θα υπολογιστούν από τις νέες τιμές των μεταβλητών αυτών (δηλ. 128 125 για την X_{2i} 101 107 για την X_{3i})

Ο περιορισμός στην έντολή προβλέψεων είναι ότι οι περίοδοι προβλέψεων F θα πρέπει να είναι

$$2 \leq F \leq 20$$

Αν χρειάζονται προβλέψεις για περισσότερες από 20 περιόδους τότε χρησιμοποιείται εκ νέου ή έντολή προβλέψεων, όπου θα περιλαμβάνονται οι υπόλοιπες τιμές των έρμηνευτικών μεταβλητών.

10. Τρόπος απαλοιφής της αυτοσυσχέτισης (μέχρι 2ου βαθμού) με τη μέθοδο του Durbin (two-stage Durbin procedure)

Αν σε κάποια εξίσωση, βρεθεί ότι υπάρχει αυτοσυσχέτιση των διαταρακτικών όρων, τότε για την απαλοιφή της ακολουθούνται οι εξής διαδικασίες.

α) Πρώτο στάδιο

Αναφερόμενοι στο παράδειγμα του κεφαλαίου II, μετά τα δεδομένα δίνονται οι εξής έντολές.

```
LET YLAG1 = Y(-1)
```

```
LET X2LAG1 = X2(-1)
```

```
LET X3LAG1 = X3(-1)
```

```

REGRES Y ON YLAG1 X2 X2LAG1 X3 X3LAG1 AND CNST
REGRES Y ON Y(-1) Y(-2) X2 X2(-1) X2(-2) X3 X3(-1) X3(-2) AND
CNST
STOP

```

Υποθέτουμε ότι R είναι η τιμή του συντελεστή της μεταβλητής $YLAG1$ στην πρώτη εξίσωση και $R1, R2$ οι συντελεστές των μεταβλητών $Y(-1)$ και $Y(-2)$, αντίστοιχα, στη δεύτερη εξίσωση.

β) Δεύτερο στάδιο

Δίνονται πάλι τα αρχικά δεδομένα και αν υποθεθεί ότι η εξίσωση, από την οποία θέλουμε να απαλείψουμε την αυτοσυσχέτιση, έχει τη μορφή

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i}$$

άκολουθοῦν οἱ ἑξῆς ἔντολές

```
LET YNEW = Y-Y(-1) * R
LET YNEW1 = Y-Y(-1) * R1
LET YNEW2 = YNEW1-Y(-2) * R2
LET X2NEW = X2-X2(-1) * R
LET X2NEW1 = X2-X2(-1) * R1
LET X2NEW2 = X2NEW1-X2(-2) * R2
LET X3NEW = X3-X3(-1) * R
LET X3NEW1 = X3(-1) * R1
LET X3NEW2 = X3NEW1-X3(-2) * R2
REGRES Y ON X2 X3 AND CNST (ἡ ἀρχικὴ ἐξίσωση στὴν ὁποία ὑπάρχει αὐτο-
συσχέτιση)
REGRES 1 YNEW ON X2NEW X3NEW AND CNST
FRCAST DROP
R X2 X3 AND CNST
REGRES 2 YNEW2 ON X2NEW2 X3NEW2 AND CNST
FRCAST DROP
R1 R2 X2 X3 AND CNST
STOP
```

Μὲ τὶς παραπάνω ἔντολές θὰ ἐπιβεβαιωθεῖ ἂν ὑπάρχει αὐτοσυσχέτιση πρώτου ἢ δευτέρου βαθμοῦ καὶ θὰ μᾶς δοθοῦν οἱ συντελεστὲς τῆς ἀρχικῆς ἐξίσωσης οἱ ὁποῖοι ἐπανεκτιμήθηκαν, μετὰ τὴν ἀπαλοιφὴ τῆς αὐτοσυσχέτισης. Ὑποτίθεται ὅτι στὴ θέση τοῦ R, R1 καὶ R2 ἔχουν μπεῖ οἱ ἀντίστοιχες τιμές τους. Ἐάν κάποια ἀπὸ τὶς τιμές αὐτὲς εἶναι ἀρνητικὴ θὰ χρησιμοποιοῦνται παρενθέσεις, μόνο στὶς ἔντολές μετατροπῆς. Στὶς ὑπόλοιπες θέσεις δὲν ἐπιτρέπεται νὰ χρησιμοποιοῦνται παρενθέσεις γιὰ τοὺς ἀρνητικούς ἀριθμούς. Μετὰ τὴν ἔντολὴ FRCAST DROP (συντεταγμένη μορφή τοῦ drop forecasting, perform autocorrelation test) ἀκολουθεῖ σὲ μιὰ κάρτα ἡ τιμὴ τοῦ συντελεστῆ R (ἢ R1 καὶ R2 στὴ δευτέρη περίπτωση) καὶ ἀμέσως μετὰ ἡ ὁμάδα τῶν ἐρμηνευτικῶν μεταβλητῶν τῆς ἀρχικῆς ἐξίσωσης, ἀπὸ τὴν ὁποία ἐπιχειρεῖται ἡ ἀπαλοιφὴ τῆς αὐτοσυσχέτισης⁷.

11. Προβλέψεις (ἢ προβολές) μετὰ τοὺς συντελεστὲς ποὺ ἐπανεκτιμήθηκαν μετὰ τὴν ἀπαλοιφὴ τῆς αὐτοσυσχέτισης

Στὴν περίπτωσι αὐτὴ μετὰ τὰ δεδομένα καὶ ὅλες τὶς ἔντολές μετατροπῆς ποὺ ἀναφέρθηκαν προηγουμένως, χρειάζεται νὰ ἀκολουθήσουν οἱ ἑξῆς ἔντολές

```
REGRES Y ON X2 X3 AND CNST
```

⁷ Λεπτομέρειες γιὰ τὴ μέθοδο τοῦ Durbin (two stage Durbin procedure) δίνονται στὸν J. Johnston, *Econometric Methods*, (2nd edition), σελίδες 259-265.

REGRES 1 YNEW ON X2NEW X3NEW AND CNST
FRCAST AND

Ἀκολουθοῦν τὰ νέα δεδομένα γιὰ τὶς μεταβλητὲς X_2 καὶ X_3 , εἴτε κατὰ μεταβλητὴ εἴτε κατὰ παρατήρηση.

FRCAST R X2 X3 AND CNST
REGRES 2 YNEW2 ON X2NEW2 X3NEW2 AND CNST
FRCAST AND

Τὰ νέα δεδομένα γιὰ τὶς μεταβλητὲς X_2 καὶ X_3 ποὺ εἶναι ἴδια μὲ τὰ παραπάνω.
FRCAST R1 R2 X2 X3 AND CNST
STOP

Καὶ ἔδῳ, ὅπως καὶ στὴν προηγούμενη περίπτωση, ὁ ἔλεγχος γιὰ τὸ βαθμὸ τῆς αὐτοσυσχέτισης γίνεται ἀπὸ τὸ d τοῦ Durbin - Watson, ποὺ ἀναφέρεται στὰ κατάλοιπα ποὺ θὰ προκύψουν ἀπὸ τὶς ἐντολὲς παλινδρόμησης 1 καὶ 2 (REGRES 1, REGRES 2).

12. Ἐντολὲς γιὰ νὰ τυπώνονται ἢ ὄχι τὰ κατάλοιπα

Τὰ κατάλοιπα (ἐκτιμητὲς τῶν διαταρακτικῶν ὀρων u_i) θὰ τυπώνονται μόνο ἐφόσον ὑπάρχει ἡ ἐντολὴ RESIDS (συντετμημένη μορφή τοῦ residuals) πάνω σὲ ξεχωριστὴ κάρτα, πρὶν ἀπὸ κάθε ἐντολὴ μετατροπῆς (ἂν ὑπάρχει). Ἄν γιὰ ὅποιοδήποτε λόγο χρειάζεται νὰ σταματήσῃ, σὲ ἓνα ἐπόμενο στάδιο, νὰ ἰσχύει ἡ ἐντολὴ RESIDS, τότε ἀπλῶς γράφεται σὲ ξεχωριστὴ κάρτα ἡ ἐντολὴ NRESID (συντετμημένη μορφή τοῦ no residuals) καὶ τοποθετεῖται πάλι πρὶν ἀπὸ τὶς ἐντολὲς μετατροπῆς (ἂν ὑπάρχουν).

Παράδειγμα:

δεδομένα

```
RESIDS  
REGRES Y ON X2 X3 AND CNST  
LET X4 = X2 * X2  
LET X5 = (X2 + X3) / 2.  
REGRES Y ON X2 X3 X4 X5 AND CONST  
NRESID  
LET LOGY = LOG10 (Y)  
LET LOGX2 = LOG10(X2)  
LET LOGX3 = LOG10(X3)  
REGRES LOGY ON LOGX2 LOGX3 AND CNST  
RESIDS  
LET NLOGY = LOG(Y)  
LET NLOGX2 = LOG(X2)  
LET NLOGX3 = LOG(X3)
```


REGRES NLOGY ON NLOGX2 NLOGX3 AND CNST
STOP

Με τις παραπάνω έντολές, στην πρώτη και δεύτερη περίπτωση θα τυπωθούν οι εκτιμήσεις των διαταρακτικών όρων (και οι εκτιμήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής \hat{Y}_i). Στην τρίτη περίπτωση δεν θα τυπωθούν τα παραπάνω, ενώ στην τέταρτη περίπτωση θα τυπωθούν.

13. Διάφορες άλλες έντολές

Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται να συμπεριληφθεί ή σειρά 1, 2, 3, ... σαν μία έρμηνευτική μεταβλητή στην εξίσωση παλινδρόμησης. Για το σκοπό αυτό χρειάζονται μετά τα δεδομένα οι εξής έντολές

LET T = TIME

REGRES Y ON X2 X3 T AND CNST

Η μεταβλητή T θα έχει τιμές 1, 2, 3 ... T.

Για τη δημιουργία μιάς χρονολογικής σειράς χρειάζονται οι έντολές

LET T = TIME

LET YEAR = T + 1959

Έτσι, δημιουργείται μία χρονολογική σειρά που αρχίζει από το 1960. Η σειρά 1, 4, 9, 16 ... T^2 μπορεί να δημιουργηθεί με τις έντολές

LET T = TIME

LET TSQ = T*T

Η σειρά 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4 μπορεί να δημιουργηθεί με τις έντολές

LET T = TIME

LET Q = T - 4*INT ((T-1)/4)

Γενικά, εποχιακές ψευδομεταβλητές μπορούν να δημιουργηθούν με τις έντολές

LET T = TIME

LET Q = T - 4*INT ((T-1)/4)

LET Q1 = INT ((Q+3)/4)

LET Q2 = INT ((Q+2)/4)

LET Q3 = INT ((Q+1)/4)

LET Q4 = INT (Q/4)

Οι τιμές των παραπάνω μεταβλητών θα είναι:

T : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ...

Q : 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, ...

Q1: 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, ...

Q2: 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, ...

Q3: 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, ...

Q4: 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, ...

IV. Οί οικονομομετρικές σχέσεις που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα. Διευκρίνιση τών όρολογιῶν

Υπό μορφή μητρῶν, ἡ σχέση (1.1) γράφεται:

$$Y = Xb + u \text{ (ἀναφέρεται στὸν πληθυσμὸς)}$$

$$Y = Xb + \varepsilon \text{ (ἀναφέρεται στὸ δείγμα)}$$

$$\text{καὶ } \hat{Y} = X\hat{b} \text{ (τὸ } \hat{Y} \text{ εἶναι ἀμερόληπτος ἐκτιμητὴς τοῦ } E\{Y\}\text{)}$$

ὅπου u εἶναι τὸ διάνυσμα τῶν διαταρακτικῶν ὄρων, ε τὸ διάνυσμα τῶν καταλοίπων (ἐκτιμητὴς τοῦ διανύσματος u) καὶ b τὸ διάνυσμα τῶν ἐκτιμητῶν τῶν στοιχείων τοῦ διανύσματος b .

$$\text{Βρίσκεται ὅτι } \hat{b} = (X'X)^{-1}X'Y$$

Στὰ ἀποτελέσματα που δίνει τὸ πρόγραμμα ἡ μήτρα $X'X$ ἀναφέρεται σὰν X PRIMED X MATRIX καὶ τὸ διάνυσμα $X'Y$ ἀναφέρεται σὰν X PRIMED Y VECTOR. Ἡ μήτρα διακυμάνσεων - συνδιακυμάνσεων τῶν ἐκτιμητῶν b ἀναφέρεται σὰν VARIANCE - COVARIANCE MATRIX OF COEFFICIENTS καὶ παριστάνει τὴ μήτρα:

$$E \{(\hat{b}-b)(\hat{b}-b)'\} = vc(\hat{b})$$

ἡ ὁποία ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴ σχέση $vc(\hat{b}) = \sigma^2(X'X)^{-1}$ ὅπου σὰν ἐκτιμητὴς τοῦ σ^2 λαμβάνεται τὸ $S^2 = \varepsilon'\varepsilon / (T-N)$, ὅπου T ὁ ἀριθμὸς τῶν παρατηρήσεων καὶ N ὁ ἀριθμὸς τῶν συντελεστῶν (ἡ διάσταση τοῦ διανύσματος b).

Ἔτσι γιὰ κάθε συντελεστή θὰ εἶναι:

$$E\{(\hat{b}_i - b_i)(\hat{b}_j - b_j)\} = S^2 a_{ij}$$

ὅπου a_{ij} εἶναι τὸ ἀντίστοιχο στοιχεῖο τῆς μήτρας $(X'X)^{-1}$.

Στὸ τμῆμα που ἐπιγράφεται ANALYSIS OF VARIANCE τὰ στοιχεῖα τοῦ διανύσματος b ἀναφέρονται σὰν REGRESSION COEFFICIENTS. Ὁ μέσος ὄρος κάθε μεταβλητῆς ἀναφέρεται σὰν MEAN καὶ ἡ τυπικὴ ἀπόκλιση σὰν STANDARD DEVIATION. Ἡ τυπικὴ ἀπόκλιση τῶν συντελεστῶν b_i ἀναφέρεται σὰν STANDARD ERROR OF COEFFICIENTS καὶ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴ σχέση $\sqrt{V(\hat{b}_i)} = \sqrt{a_{ii} \cdot S^2}$. Τὸ ὑπολογιζόμενο t ἀναφέρεται σὰν COMP. T (computed t) καὶ δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$t_i = \hat{b}_i / \sqrt{S^2 a_{ii}}$$

Οἱ ὑπολογιζόμενες τιμές τῆς ἐξαρτημένης μεταβλητῆς ἀναφέρονται σὰν EST. Y (estimated Y) καὶ τῶν διαταρακτικῶν ὄρων σὰν RESIDUALS. Τὰ παραπάνω ὑπολογίζονται ἀπὸ τὶς σχέσεις:

$$\hat{Y} = X\hat{b} \text{ καὶ } \varepsilon = Y - \hat{Y} \text{ ἢ } \varepsilon = Y - X\hat{b}$$

τὸ $\sum_{i=1}^T Y_i$ ἀναφέρεται σὰν SUM Y καὶ τὸ $\sum Y^2$ σὰν SUM Y SQ.

Ὁ συντελεστὴς προσδιορισμοῦ R^2 ἀναφέρεται σὰν R SQ καὶ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὸν τύπο:

$$R^2 = 1 - [e / (Y'Y - (\sum Y)^2 : T)]$$

Τὸ $(\hat{b}'X'Y - (\sum Y)^2 : T)$ δίνει τὴ μεταβλητικότητα τῆς ἐξαρτημένης μεταβλητῆς

που όφείλεται στην παλινδρόμηση και αναφέρεται σαν VARIATION EXPLAINED BY REGRESSION. Ο προσαρμοσμένος (ή διορθωμένος) συντελεστής παλινδρομώσεως αναφέρεται σαν RSQ ADJUSTED FOR DEGREES OF FREEDOM και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\bar{R}^2 = R^2 - \frac{(1-R^2)(N-1)}{T-N}$$

Οί συντελεστές συσχέτισεως μεταξύ των έρμηνευτικών μεταβλητών αναφέρονται σαν SIMPLE CORRELATION COEFFICIENTS, τυπώνονται μετά τη μήτρα X'X και το διάνυσμα X'Y, και υπολογίζονται από τον τύπο:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{n=1}^T (X_{in} - \bar{X}_i)(X_{jn} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum_n (X_{in} - \bar{X}_i)^2 \sum_n (X_{jn} - \bar{X}_j)^2}}$$

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζεται και ό συντελεστής συσχέτισεως με την εξαρτημένη μεταβλητή, και αναφέρεται σαν CORRELATION WITH DEP VAR (correlation with dependent variable).

Άμέσως μετά την έπιγραφή ANALYSIS OF VARIANCE FROM OLS CALCULATION, αναγράφονται οί πηγές μεταβλητικότητας της εξαρτημένης μεταβλητής, που είναι ή παλινδρόμηση (VARIATION EXPLAINED BY REGRESSION) και τὰ κατάλοιπα (REMAINING ERROR). Στην έπόμενη στήλη δίνεται τó άθροισμα τετραγώνων (SUM OF SQUARES) των πηγών αυτών, οί βαθμοί έλευθερίας (DEG. OF FREEDOM), που για την πρώτη πηγή μεταβλητικότητας είναι N-1 και για τη δεύτερη είναι T-N. Στην έπόμενη στήλη αναγράφονται οί μέσοι (MEAN SQUARE) που για την πρώτη πηγή μεταβλητικότητας είναι $(\delta'X'Y - (\Sigma Y)^2 : T) / (N-1)$ και για τη δεύτερη είναι $\epsilon'\epsilon / (T-N)$.

Συνέπώς τó F προσδιορίζεται από τον λόγο:

$$F = \frac{(\delta'X'Y - (\Sigma Y)^2 : T) / (N-1)}{\epsilon'\epsilon / (T-N)}$$

Τό υπολογιζόμενο F χρησιμοποιείται για τόν έλεγχο της υπόθεσης μηδέν, ήτοι:

$$H_0 : b_1 = b_2 = \dots b_N = 0$$

Ο πολλαπλός συντελεστής συσχέτισεως αναφέρεται σαν COEFCNT OF CORR (R) και είναι ή τετραγωνική ρίζα του R^2 . Τό τυπικό σφάλμα εκτίμησης της εξαρτημένης μεταβλητής αναφέρεται σαν STANDARD ERROR OF ESTIMATE, και είναι $\sqrt{S^2}$.

Τέλος ή στατιστική του Durbin - Watson υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d = \frac{\sum_{i=2}^T (E_i - E_{i-1})^2}{\sum_{j=1}^T (E_j^2)}$$

V. Τεχνικά στοιχεία του προγράμματος

Το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε Standard FORTRAN και σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του υπολογιστή UNIVAC 1106 του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Χρησιμοποιεί την προβλεπόμενη από τον υπολογιστή αντίστοιχα χαρακτηρισμών — άκεραίων. Ο κώδικας αυτός καθώς και διάφορα άλλα στοιχεία δίνονται με τη μορφή κοινών δεδομένων (BLOCK DATA) και χρησιμοποιούνται από όλα σχεδόν τα υποπρογράμματα.

Το πρόγραμμα αποτελείται από το κυρίως πρόγραμμα (MAIN) και 29 υποπρογράμματα. Τα ονόματα, ή φύση των υπολογισμών κ.λ.π. που εκτελούν το κυρίως πρόγραμμα και τα διάφορα υποπρογράμματα είναι:

- MAIN: Έλέγχει την είσοδο των δεδομένων, συντονίζει τις φάσεις εκτελέσεως των διαφόρων εντολών και ρυθμίζει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.
- GETCNS: Βεβαιώνει την ύπαρξη ενός πραγματικού αριθμού (σε δεκαδική ή έκθετική μορφή) και σε περίπτωση που υπάρχει ένας τέτοιος αριθμός τον διαβάζει.
- NEXT: Τοποθετεί ένα δείκτη (pointer) στον επόμενο χαρακτήρα (στην επόμενη μη κενή στήλη της κάρτας).
- NEXNAM: Διαβάζει το επόμενο όνομα από τα δεδομένα.
- NEXNUM: Διαβάζει τον επόμενο άκεραίο αριθμό από τα δεδομένα.
- NNB: Διασυνδέει τα παραπάνω υποπρογράμματα.
- ERROR: Στην περίπτωση που θα βρεθεί κάποιο λάθος τυπώνει τη μορφή του λάθους, εντοπίζει τη θέση του με ένα δείκτη (Δ) και σταματά το πρόγραμμα.
- TRNSFM: Εκτελεί μαζί με το υποπρόγραμμα XECUTE τις εντολές μετατροπής (LET) άπορριψεως (DROP) και επανακτήσεως (PICKUP).
- FINDLG: Ρυθμίζει, ανάλογα, τις αρχικές παρατηρήσεις όταν υπάρχουν χρονικές υστερήσεις.
- XECUTE: Εκτελεί όλες τις πράξεις που καθορίζονται με τις εντολές μετατροπής
- PUTR: Χρησιμοποιείται από το υποπρόγραμμα XECUTE
- PUTD: Χρησιμοποιείται από το υποπρόγραμμα XECUTE
- SELECT: Επιλέγει τα επί μέρους δείγματα που καθορίζονται με την αντίστοιχη εντολή επιλογής
- PUNCH: Τυπώνει ή δίνει σε κάρτες τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις εντολές μετατροπής.
- REGRES: Ρυθμίζει την εξίσωση όπως αυτή καθορίζεται από την αντίστοιχη εντο-

- λή παλινδρόμησης (REGRES). Επίσης τυπώνει όλες τις στατιστικές πληροφορίες.
- SOLVE: Χρησιμοποιείται από το υποπρόγραμμα REGRES για τον υπολογισμό της μήτρας $S^2(X'X)^{-1}$.
- YHATY: Υπολογίζει το \hat{Y} , από τη σχέση $\hat{Y} = X\hat{\beta}$.
- Επίσης υπολογίζει και το $\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T Y_i$.
- HYPO: Υπολογίζει τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία για τον έλεγχο της υπόθεσης μηδέν για μία ομάδα συντελεστών.
- BLUS: Υπολογίζει τους BLUS διαταρακτικούς όρους και την αντίστοιχη σχέση του Von - Neumann.
- MATRP: Εκτελεί πολλαπλασιασμούς μητρών. Χρησιμοποιείται από το υποπρόγραμμα BLUS.
- MATPR: Εκτελεί πολλαπλασιασμούς μητρών. Χρησιμοποιείται από το υποπρόγραμμα BLUS.
- MPROD: Σχηματίζει τη μήτρα $X'X$. Χρησιμοποιείται από το υποπρόγραμμα REGRES.
- INPUT: Διαβάζει τα δεδομένα.
- ENDOG: Αποθηκεύει το \hat{Y} . Γενικά εκτελεί όλες τις απαιτούμενες τροποποιήσεις για την εκτίμηση των συντελεστών σε δύο στάδια.
- F4CST: Εκτελεί όλους τους υπολογισμούς για προβολές (ή προβλέψεις) καθώς και την επανεκτίμηση των συντελεστών μετά την απαλοιφή της αυτοσυσχέτισης.
- COPY8: Κάθε φορά που καλείται «αδειάζει» μία λέξη - 6 χαρακτήρες - και τοποθετεί άλλους.
- MAPROD: Εκτελεί πολλαπλασιασμούς μητρών. Χρησιμοποιείται από το υποπρόγραμμα F4CST.
- CHOLAS: Ελέγχει αν μία συμμετρική μήτρα είναι θετικά ορισμένη εφαρμόζοντας την παραγοντοποίηση του Cholesky (Cholesky's factorization). Αν η μήτρα A είναι συμμετρική και θετικά ορισμένη, τότε:
 $A = LL'$ όπου L είναι μία τριγωνική μήτρα (lower triangular).
 Το υποπρόγραμμα υπολογίζει την A^{-1} από τη σχέση:
 $A^{-1} = (L^{-1})' L^{-1}$, όπου η L^{-1} υπολογίζεται με την επίλυση μιας ομάδας εξισώσεων.
 Το υποπρόγραμμα αυτό καλείται από το υποπρόγραμμα SOLVE για τον υπολογισμό της μήτρας $(X'X)^{-1}$, δεδομένου ότι η μήτρα $(X'X)$ είναι συμμετρική.
- DISCO: Αποθηκεύει όλα τα δεδομένα, μαζί με τους μετασχηματισμούς που ένδεχομένως έχουν γίνει, σε δίσκο. Η έντολη SAVE που χρειάζεται γι' αυτό, θα επεξηγηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.
- DISCIN: Διαβάζει τα δεδομένα, μαζί με όλους τους μετασχηματισμούς, από δίσκο.

Υποτίθεται φυσικά ότι τα παραπάνω στοιχεία είναι ήδη γραμμένα σε δίσκο. Η αντίστοιχη έντολη DISC θα επεξηγηθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Το πρόγραμμα καλεί, από τη βιβλιοθήκη του υπολογιστή, τη ρουτίνα JACMX ή όποια υπολογίζει τις χαρακτηριστικές (ή λανθάνουσες) ρίζες και τα χαρακτηριστικά διανύσματα μιᾶς συμμετρικῆς πραγματικῆς μήτρας. Τα παραπάνω χρειάζονται για τὸν υπολογισμό τῶν BLUS διαταρακτικῶν ὄρων.

VI. Οἱ ἀπαραίτητες ἐντολές γιὰ τὴ χρησιμοποίηση τοῦ προγράμματος

Ἄν ὄλες τις κάρτες, ἀπὸ τὴν πρώτη (στὴν ὁποία εἶναι γραμμένος ἕνας τίτλος) μέχρι καὶ τὴν τελευταία πού εἶναι γραμμένη ἡ ἐντολή STOP, τις ὀνομάσουμε DATA, τότε οἱ ἀπαιτούμενες ἐντολές γιὰ τὴν χρησιμοποίηση τοῦ προγράμματος εἶναι:

ΩRUN, E ———, ———, ———, 5, 100 (Run κάρτα)

ΩASG, AX ALEXI * LINREG., F

ΩASG, T PRINT., F (ὅπου στὴ θέση τοῦ PRINT μπορεῖ νὰ εἶναι ἕνα ὁποιοδήποτε ὄνομα - filename).

ΩUSE 2, PRINT.

ΩXQT ALEXI * LINREG. LINREG

DATA

ΩFIN

Ἄν ἔχει χρησιμοποιηθεῖ ἡ ἐντολή PUNCH κατὰ τρόπο πού οἱ τιμές τῶν μεταβλητῶν πρόκειται νὰ τυπωθοῦν, τότε γιὰ νὰ μᾶς δοθοῦν αὐτὲς οἱ τιμές θὰ πρέπει πρὶν ἀπὸ τὴν κάρτα ΩFIN νὰ μπουῦν οἱ ἐξῆς δύο κάρτες.

ΩDATA, L PRINT.

ΩEND

Τὸ μεγαλύτερο μέρος τοῦ συνολικοῦ χρόνου καταναλώνεται στὸ διάβασμα τῶν δεδομένων ἀπὸ τις κάρτες. Συνεπῶς ἂν τὰ ἴδια δεδομένα πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθοῦν πολλὲς φορές, εἶναι προτιμότερο νὰ ἀποθηκευτοῦν αὐτὰ σὲ δίσκο καὶ στὴ συνέχεια, κάθε φορά πού πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθοῦν νὰ διαβάζονται ἀπὸ τὸ δίσκο. Ἔτσι ὁ χρόνος πού χρειάζεται γιὰ τὸ διάβασμα τῶν δεδομένων θὰ μειωθεῖ σὲ πολὺ μεγάλο βαθμό.

Οἱ ἐντολές πού χρειάζονται γιὰ τὴν «ἀποθήκευση» τῶν ἀρχικῶν δεδομένων μαζί μὲ τοὺς μετασχηματισμοὺς πού πιθανὸν νὰ ἔχουν γίνει, εἶναι:

ΩRUN, E ———, ———, ———, 3, 100 (Run κάρτα)

ΩASG, AX ALEXI * LINREG., F

ΩASG, T PRINT., F

ΩUSE 2, PRINT.

ΩASG, UP ALEXI * UNIT1., F

ΩUSE 9, ALEXI * UNIT1.

ΩΧΩΤ ALEXI * LINREG. LINREG

δεδομένα μαζί με τις έντολές
μετατροπής, αν υπάρχουν

SAVE

ΩFIN

(Σημειώνεται ότι μετά το πρώτο «τρέξιμο» το UP στην πέμπτη κάρτα θα πρέπει να αντικατασταθεί με το AX).

Με τις παραπάνω έντολές τα δεδομένα θα αποθηκευτούν στο «φάκελο» — file — που θα έχει το όνομα UNIT1. Σημειώνεται ότι η πρώτη κάρτα — πάνω στην οποία είναι γραμμένος ένας τίτλος — δεν θα συμπεριληφθεί. Συνεπώς κάθε φορά που θα χρησιμοποιούνται τα «αποθηκευμένα» δεδομένα, θα πρέπει να δίνεται πρόσθετα ή παραπάνω κάρτα.

Για να χρησιμοποιηθούν τα «αποθηκευμένα» δεδομένα χρειάζονται οι εξής έντολές:

ΩRUN, F _____, _____, _____, 5, 100 (Run κάρτα)

ΩASG, AX ALEXI * LINREG., F

ΩASG, T PRINT., F

ΩUSE 2, PRINT.

ΩASG, AX ALEXI * UNIT1., F

ΩUSE 3, ALEXI * UNIT1.

ΩΧΩΤ ALEXI * LINREG. LINREG

LINREG RUN AS PER JOHNSTON → (1η κάρτα)

DISC

REGRES Y ON X2 X3 AND CNST

• άλλες έντολές

STOP

ΩFIN

(Το γράμμα Ω μπορεί να διατηρηθεί πιέζοντας το πλήκτρο NUMERIC και το πλήκτρο του γράμματος C).

Σημειώνεται ότι τα ονόματα των «φακέλων» (filenames) PRINT και UNIT1 μπορεί να τα διαλέξει κανείς ελεύθερα. Όσοι χρησιμοποιούν το πρόγραμμα με τον ίδιο κωδικό αριθμό θα πρέπει, ό καθένας, να επιλέγει και διαφορετικό όνομα.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΙΣ

— Όπως είναι γνωστό, με τη γενικευμένη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (generalized least squares) το διάνυσμα b υπολογίζεται ελαχιστοποιώντας τη συνάρτηση

$$J = || Xb - Y ||_d^2 \quad (1)$$

όπου η μήτρα Ω υποτίθεται ότι είναι συμμετρική και θετικά ορισμένη. Κατά συνέπεια είναι δυνατή η εφαρμογή της παραγοντοποίησης του Cholesky (Cholesky's factorization) στη μήτρα Ω , όποτε θα προκύψει η άνω τριγωνική μήτρα P που θα

ικανοποιεί τη σχέση

$$P'P = \Omega$$

Έτσι η σχέση (1) γράφεται

$$J = \left| \left| PXb PY \right| \right|^2$$

Αν είναι γνωστή η μήτρα P , τότε με μία σειρά εντολών μετατροπής (LET) είναι δυνατό να καθοριστούν τα γινόμενα PX και PY σαν μία νέα ομάδα μετασχηματισμένων παρατηρήσεων, όποτε το διάνυσμα b που θα προκύψει θα είναι ο εκτιμητής του θεωρητικού διανύσματος b , βάσει της γενικευμένης μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων.

— Αν μετά την εντολή REGRES διατηρηθεί το σημείο της αφαίρεσης, τότε οι συντελεστές της εξίσωσης εκτιμώνται από τις αποκλίσεις των τιμών των μεταβλητών από τους αντίστοιχους μέσους όρους.