
Θέμα: Αγροτικές στατιστικές και τηλεπισκόπηση: αναγκαιότητες - μεθοδολογία - τυπολόγιο.

Εισηγητής: Χ. Κοντοές, δρ ΑΤΜ.

Ευχαριστώ, κύριε πρόεδρε. Κυρίες και κύριοι, χαιρετώ.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται μια διεξοδική παρουσίαση της θεωρητικής βάσης της μεθοδολογίας ολοκλήρωσης δορυφορικών δεδομένων στην εκτίμηση των επιφανειών των αγροτικών καλλιεργειών και παρατίθενται αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας. Από τα στοιχεία αυτά γίνεται φανερό ότι με χρήση των δορυφορικών δεδομένων βελτιώνονται σημαντικά οι τελικές εκτιμήσεις. Στην Ελλάδα η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τα τελευταία τρία χρόνια στο πλαίσιο συνεργασίας του Υπουργείου Γεωργίας με το Κοινό Κέντρο Ερευνών των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

Εισαγωγή

Η αντιμετώπιση του προβλήματος της σωστής διαχείρισης της αγροτικής παραγωγής, καθώς και της ανεύρεσης αγοράς, στο εσωτερικό και το εξωτερικό, για τη διάθεση των αγροτικών προϊόντων, αποτελεί

σήμερα βασικό μέλημα όλων των χωρών - μελών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Επίσης, η παγκόσμια επιστημονική σκέψη, αλλά και πολιτική απόφαση, δείχνει να είναι ιδιαίτερα ευαισθητοποιημένη σε θέματα σύμμετρης ανάπτυξης και ορθολογικής αξιοποίησης της αγροτικής γης που σέβεται το φυσικό περιβάλλον. Αν και η συλλογική αντιμετώπιση των ζητημάτων αυτών μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τον κατάλληλο σχεδιασμό της αγροτικής πολιτικής, ωστόσο στο παρελθόν οι παραπάνω αρχές σπάνια εξετάστηκαν στο σύνολό τους στο πλαίσιο αναπτυξιακών μελετών, ακόμη και στις οικονομικά αναπτυγμένες βιομηχανικές χώρες. Για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα για 20 ολόκληρα χρόνια ακολούθησε μια πολιτική χρηματοδότησης των χωρών - μελών, που απέβλεπε στην παραγωγή βασικών προϊόντων διατροφής, χωρίς να εξετάζει το μέγεθος και το είδος των αναγκών του καταναλωτικού κοινού. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η υπερπαραγωγή δημητριακών και κτηνοτροφικών προϊόντων, που υπερκαλύπτει τις ανάγκες της αγοράς, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει απαίτηση για εισαγωγή προϊόντων από τρίτες χώρες, τα οποία θα μπορούσαν κάλ-

λιστα να αποτελούν μέρος της παραγωγής των χωρών - μελών. Ο καθηγητής W. Verheye στην ομιλία του με τίτλο: "Land Evaluation and Land Use Planning in the EC", που έγινε στο πλαίσιο των εργασιών του EC - Land Evaluation Workshop τον Ιούνιο του 1986 στις Βρυξέλες, παρατηρεί ότι το 20% των δαπανών για τη γεωργία απορροφάται στην παραγωγή και αποθήκευση αγαθών, που δεν έχουν καμία οικονομική σημασία για την Κοινότητα. Δεδομένου, δε, ότι υπάρχει μια συνεχώς αναπτυσσόμενη ζήτηση για εναλλακτικά προϊόντα, όπως ελαιόσποροι, φρούτα, πρωτεϊνούχα προϊόντα και ξυλεία, γίνεται φανερό ότι μια αγροτική πολιτική όπως αυτή του παρελθόντος δεν μπορεί να αντέξει στον ανταγωνισμό αγορών του εξωτερικού και, επομένως, πρέπει να αντικατασταθεί από μια καινούργια, η οποία θα δίνει προτεραιότητα στην παραγωγή νέων ποικιλιών και ποιοτήτων με σύγχρονη μείωση της παραγωγής των προϊόντων που είναι σε πλεόνασμα (π.χ. σιτάρι, γάλα, βούτυρο, κρέας). Παράλληλα, τα οποιαδήποτε μέτρα είναι σκόπιμο να μην παραβιάζουν τις αρχές της διατήρησης και προστασίας του περιβάλλοντος, αποδίδοντας ιδιαίτερη σημασία στην πρόληψη της διάβρωσης των εδαφών, στη διατήρηση αναντικατάστατων βιοτόπων και στην προστασία των εδαφών και των υπογείων υδάτων από τη μόλυνση που μπορεί να προκαλέσει η υπερβολική χρήση χημικών ουσιών και λιπασμάτων. Διεξοδική αναφορά στις αρχές αυτές έγινε σε επίσημο έντυπο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων με τίτλο: "Perspectives for the Common Agricultural Policy". Οι προτεραιότητες αυτές αφορούν:

- α) αλλαγές στη γεωγραφική θέση της παραγωγής, ώστε να επιτυγχάνεται ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός καλλιεργειών, υποκείμενων εδαφών, συνθηκών περιβάλλοντος και αναγκών της τοπικής αγοράς,
- β) αλλαγές στα είδη και τις ποικιλίες των καλλιεργούμενων προϊόντων, ώστε να αποφεύγεται η περαιτέρω αποθήκευση αγαθών που είναι ήδη σε πλεόνασμα, με ταυτόχρονη επιδίωξη την παραγωγή άλλων που αποτελούν αντικείμενο ζήτησης στην αγορά,
- γ) αλλαγές στις καλλιεργητικές μεθόδους και ενίσχυση του παραγωγού με νέου τύπου εξοπλισμό, στη βάση των προδιαγραφών που βάζει η νέα καλλιέργεια.

Για τη χάραξη και εφαρμογή μιας τέτοιας αγροτικής πολιτικής, πρωταρχικής σημασίας εργασίες αποτελούν η συστηματική παρακολούθηση και ο έλεγχος της παραγωγής σε ευρωπαϊκή κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα οι εργασίες αυτές περιλαμβάνουν:

- α) τον προσδιορισμό και τη μέτρηση των επιφανειών που καλύπτονται από καλλιέργειες που αποτελούν αντικείμενο χρηματοδότησης της Κοινής Αγοράς, με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια και ταχύτητα,
- β) την εκτίμηση της παραγωγής σε επίπεδο γεωγραφικού διαμερίσματος, χώρας - μέλους, και, τέλος, συνόλου της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και

γ) την εκτίμηση της παραγωγής στο εξωτερικό.

Εργασίες του ίδιου αντικειμένου και της ίδιας κλίμακας, έχουν καταδείξει σαν απαραίτητη τη χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων, αφού αυτά:

- α) συμπληρώνουν και επαυξάνουν τη βάση των δεδομένων εισόδου στις μετρήσεις και καθιστούν ακριβέστερες τις μαθηματικές και στατιστικές μεθοδολογίες του παρελθόντος,
- β) χαρακτηρίζονται από μεγάλη επαναληπτικότητα στη λήψη τους και αποτελούν έτσι το καλύτερο μέσο για την ταχεία απεικόνιση της φυσικής πραγματικότητας και των μεταβολών της στην επιφάνεια της γης και σε εκτάσεις που μερικές φορές ξεπερνούν τα όρια κράτους,
- γ) ολοκληρώνονται στα στατιστικά μοντέλα υπολογισμού των επιφανειών, στη βάση μιας πολύ καλά περιγραμμένης μεθοδολογίας, που είναι ανεξάρτητη από τις επιμέρους μεθόδους που εφαρμόζονται από τις στατιστικές υπηρεσίες της κάθε χώρας - μέλους και δίνει αποτελέσματα, διαχρονικά και διαπεριφερειακά, που είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους και εγγίζουν ικανοποιητικά επίπεδα εμπιστοσύνης.

Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται λεπτομερής παρουσίαση των εργασιών που επιτρέπουν την αποτελεσματική ολοκλήρωση των τηλεπισκοπικών δεδομένων σε διαδικασίες παραγωγής αγροτικών στατιστικών στο πλαίσιο προγραμμάτων εφαρμογής. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στη διασάφηση των θεωρητικών εννοιών και στη συστηματική παράθεση βιβλιογραφικών αναφορών, που βοηθούν στην παραπέρα εμπάθυνση στο επιστημονικό αντικείμενο της τηλεπισκόπησης και συνδέουν την εργασία με τις ερευνητικές ανησυχίες, τις σχετικές με την καλύτερη και αποτελεσματικότερη χρήση των τηλεπισκοπικών απεικονίσεων.

1. Τηλεπισκόπηση και αγροτικές στατιστικές. Θεωρητική ανασκόπηση του αντικειμένου

Οι βασικές εννοιολογικές αρχές της μεθόδου, ο σχεδιασμός των φάσεων των επιμέρους εργασιών, το στατιστικό μοντέλο που χρησιμοποιείται σε αυτή, καθώς και η δημιουργία του κατάλληλου πακέτου προγραμμάτων, αναπτύχθηκαν κατά το χρονικό διάστημα 1972 - 1979, στο πλαίσιο ερευνητικών μελετών του Τμήματος Στατιστικής Υπηρεσίας (SRS) του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α. Η μέθοδος αναπτύσσεται παράλληλα με την παραγωγή δορυφορικών δεδομένων του προγράμματος LANDSAT. Από το έτος 1980 και ύστερα η μέθοδος αποκτά χαρακτήρα προγράμματος εφαρμογής στο πλαίσιο του AgRISTARS Domestic Crop and Land Cover project. Οι Holko M.L. και Sigman R.S. (1984), αναφέρουν ότι η νέα αυτή μέθοδος συγκρινόμενη με παλαιότερες τεχνικές επιστρέφει βελτιωμένες στατιστικές εκτιμήσεις και ότι ο βαθμός σχετικής βελτίωσης είναι συνάρτηση του ποσοστού κάλυψης της επιφάνειας από δορυφορικά δεδομένα. Οι δυο ερευνητές επισημαίνουν ότι, παρ' όλο που τα τελικά αποτελέσματα δεν ήταν τόσο καλά

όσο παρουσιάζονταν στις προκαταρκτικές μελέτες, ωστόσο η μέθοδος είναι η πιο ενδεδειγμένη για τη λήψη ακριβέστερων στατιστικών εκτιμήσεων, ειδικότερα εάν αναλογιστούμε την ταχύτητα με την οποία λαμβάνονται οι εκτιμήσεις αυτές, τις μικρές απαιτήσεις που έχει σε ειδικευμένο προσωπικό και την αντικειμενικότητα που παρουσιάζει στην απογραφή των χρήσεων γης. Επίσης, με την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, αντιμετωπίζονται προβλήματα συνδεδεμένα με την απροθυμία του καλλιεργητή να δώσει στοιχεία για την παραγωγή της χρονιάς. Το συνολικό κόστος, ωστόσο, δεν φαίνεται να ξεπερνά κατά πολύ αυτό των παλαιότερων μεθόδων, αφού, με δεδομένο ότι οι συνεντεύξεις στους παραγωγούς δεν έχουν πρακτική σημασία, μειώνονται σε σημαντικό βαθμό οι επισκέψεις των απογραφών στην περιοχή μελέτης. Εξάλλου, ενδιάμεσα προϊόντα που προκύπτουν στις διάφορες φάσεις των εργασιών (π.χ. χάρτης στρωματοποίησης της περιοχής μελέτης, ψηφιοποιήσεις χαρτών, κ.ά.), μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ίδια για μια 10ετία τουλάχιστον, πράγμα που μειώνει κατά πολύ το κόστος των εργασιών από χρόνο σε χρόνο.

1.1. Κατασκευή του επιφανειακού δειγματοληπτικού πλαισίου

Σύμφωνα με τις αρχές της μεθόδου, ο πληθυσμός του δείγματος συνίσταται από ένα διακεκριμένο αριθμό τμημάτων επιφανείας γης, που έχουν προκαθορισμένο μέγεθος και τυχαία κατανομή στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης. Τα τμήματα αυτά επιφανείας, αποτελούν τη λίστα των δειγματοληπτικών τομέων που αντικαθιστά, στη φάση της απογραφής των καλλιεργειών, τη λίστα των παραγωγών που είχε χρησιμοποιηθεί κυρίως στο παρελθόν. Η κατασκευή της γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το δείγμα των τομέων αυτών είναι «δείγμα πιθανότητας» ή αλλιώς «επιστημονικό δείγμα», αφού η πιθανότητα επιλογής κάθε στοιχείου του, στο εσωτερικό ενός στρώματος, είναι πάντα σταθερή και ίση προς $1/N_s$, όπου ο παράγοντας N_s υποδηλώνει το μέγιστο δυνατό αριθμό τομέων, στον οποίο μπορεί να διαιρεθεί το στρώμα "s" (= στατιστικός πληθυσμός των τομέων), (Nealon J., 1984).

1.2. Εκτίμηση του πληθυσμιακού αθροίσματος και της μεταβλητότητάς του

Έστω ότι X_{isc} εκφράζει την επιφάνεια της καλλιεργείας "c", που απογράφηκε στο εσωτερικό του δειγματοληπτικού τομέα "i", ο οποίος ανήκει στο στρώμα "s". Εάν θεωρηθεί ότι ο παράγοντας " n_s " συμβολίζει το δειγματικό πληθυσμό του στρώματος "s", τότε σύμφωνα με τη στατιστική θεωρία της στρωματοποιημένης τυχαίας δειγματοληψίας, ο αμερόληπτος εκτιμητής του πληθυσμιακού αθροίσματος των μεγεθών X_{isc} για όλες τις δυνατές τιμές των "i" και "s" (= εκτιμητής της συνολικής επιφανείας της καλλιεργείας "c" στο σύνολο της περιοχής μελέτης), δίνεται από το δειγματικό μέσο της καλλιεργείας για κάθε στρώμα "s", με τον παρακάτω τύπο:

$$x_c = \sum_{s=1}^s N_s \frac{\sum_{i=1}^{n_s} X_{isc}}{n_s} \quad (1.1)$$

όπου

S = συνολικός αριθμός των στρωμάτων στην περιοχή μελέτης και

N_s = συνολικός πληθυσμός των δειγματοληπτικών τομέων σε κάθε στρώμα "s".

Ο αμερόληπτος εκτιμητής της διασποράς του πληθυσμιακού αθροίσματος $\text{Var}(\hat{x}_c)$, υπολογίζεται ως:

$$\text{Var}(\hat{x}_c) = \sum_{s=1}^s N_s \frac{N_s - n_s}{n_s} \left(\frac{\sum_{i=1}^{n_s} (X_{isc} - \bar{X}_{sc})^2}{n_s - 1} \right) \quad (1.2)$$

όπου η ποσότητα \bar{X}_{sc} εκφράζει το δειγματικό μέσο και είναι ίση προς:

$$X_c = \sum_{i=1}^{n_s} \frac{X_{isc}}{n_s} \quad (1.3)$$

1.3. Χρήση των τηλεπισκοπικών δεδομένων στον υπολογισμό του μεγέθους \hat{x}_c

Το έτος 1972, ταυτόχρονα με την παραγωγή δορυφορικών δεδομένων Landsat, το ερευνητικό προσωπικό της Στατιστικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α., αρχίζει να μελετά τη δυνατότητα εισαγωγής τους στις εκτιμήσεις του πληθυσμιακού αθροίσματος \hat{x}_c . Στη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε διακρίνουμε τα παρακάτω στάδια:

1.3.1. Μετα-στρωματοποίηση της περιοχής

Τα στρώματα και υποστρώματα που προέκυψαν στο προηγούμενο στάδιο της μελέτης, υποδιαιρούνται εκ νέου σε επιμέρους τμήματα, των οποίων τα όρια προσδιορίζουν την κοινή επιφάνεια ανάμεσα στο στρώμα ή το υπόστρωμα και το εναποθέν επ' αυτής πλαίσιο της εικόνας Landsat. Η μεταστρωματοποίηση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τον καθορισμό ζωνών, για τις οποίες διατίθεται επιπρόσθετη (δορυφορικής προέλευσης) πληροφορία στον υπολογισμό των εκτιμητών επιφανείας, καθώς και άλλες στις οποίες οι εκτιμήσεις βασίζονται μόνο σε δεδομένα εδάφους και χρησιμοποιούν τους μαθηματικούς τύπους της προηγούμενης παραγράφου. Το σύνολο των νέων στρωμάτων που απεικονίζεται σε μια δορυφορική λήψη, ονομάζεται «περιφέρεια ανάλυσης Landsat» (Landsat analysis district). Στη βάση της νέας στρωματοποίησης της περιοχής μελέτης ο συνολικός και ο δειγματικός πληθυσμός των επιφανειακών τομέων επαναπροσδιορίζεται όπως παρακάτω:

M_s = ο συνολικός πληθυσμός των τομέων σε τμήμα του στρώματος "s", για το οποίο δεν υπάρχουν διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες.

m_s = ο δειγματικός πληθυσμός των τομέων στο ίδιο τμήμα του στρώματος "s".

M_{as} = ο συνολικός πληθυσμός των τομέων στο εσωτερικό του στρώματος "s" της περιφέρειας ανάλυσης "a".

m_{as} = ο δειγματικός πληθυσμός των τομέων στο ίδιο στρώμα "s" και στην ίδια περιφέρεια ανάλυσης "a".

1.3.2. Εξαγωγή φασματικών υπογραφών

Ένα κατάλληλο ποσοστό επιφανειακών δειγματοληπτικών τομέων που τοποθετούνται στο εσωτερικό περιόχων για τις οποίες διατίθενται δορυφορικές απεικονίσεις, χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των φασματικών υπογραφών που περιγράφονται από τη μέση ραδιομετρική τιμή, καθώς και τον πίνακα μεταβλητότητας / συμμεταβλητότητας της ραδιομετρίας, για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς καναλιών, σε στατιστικό χώρο "κ" διαστάσεων. Το μέγεθος της διάστασης "κ", εκφράζει το σύνολο των καναλιών της δορυφορικής εικόνας που πρόκειται να ταξινομηθεί.

1.3.3. Επεξεργασία μικρής κλίμακας

Δειγματοληπτικοί τομείς που χαρτογραφούνται στο εσωτερικό μιας περιφέρειας ανάλυσης Landsat και των οποίων τα δεδομένα δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στη φάση της εξαγωγής των φασματικών υπογραφών, ταξινομούνται χρησιμοποιώντας διαφορετικού τύπου αλγόριθμους (π.χ. μέγιστη πιθανοφάνεια, ελάχιστη ευκλείδεια απόσταση, απόσταση Mahalanobis). Ο αλγόριθμος ταξινόμησης, που οδηγεί στην καλύτερη γραμμική συσχέτιση ανάμεσα στα ταξινομημένα ανά καλλιέργεια pixels και τα αντίστοιχα δεδομένα απογραφής, θα χρησιμοποιηθεί σε επόμενο στάδιο της μελέτης, για την ταξινόμηση της δορυφορικής εικόνας που απεικονίζει συνολικά την περιφέρεια ανάλυσης. Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης των δυο σειρών παρατηρήσεων, προκύπτει από την επίλυση με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, μιας γραμμικής εξίσωσης 1ου βαθμού, όπου τα μεγέθη επιφανείας ανά καλλιέργεια που έχουν απογραφεί αποτελούν την ανεξάρτητη μεταβλητή, ενώ τα αποτελέσματα της ταξινόμησης την εξαρτημένη μεταβλητή. Η γραμμική αυτή εξίσωση για περιφέρεια ανάλυσης "a", στρώμα "s" και καλλιέργεια "c", έχει την παρακάτω μορφή:

$$X_{iasc} = B_{0asc} + B_{1asc} Y_{iasc} \quad (1.4)$$

όπου:

X_{iasc} = η συνολική επιφάνεια της καλλιέργειας "c", που έχει απογραφεί στο εσωτερικό του τομέα "i" που ανήκει στο στρώμα "s" της περιφέρειας ανάλυσης "a".

Y_{iasc} = η συνολικά ταξινομημένη επιφάνεια σαν καλλιέργεια "c" για τον ίδιο συνδυασμό "i", "s" και "a".

B_{0asc}, B_{1asc} , σταθεροί όροι της εξίσωσης, που προκύπτουν μετά από επίλυση της εξίσωσης (1.4), με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

1.3.4. Καθολική επεξεργασία του πλαισίου

Η δορυφορική απεικόνιση που αντιστοιχεί στην περι-

φέρεια ανάλυσης "a", ταξινομείται με τη χρήση του καταλληλότερου αλγόριθμου, που έχει προκύψει από τις επεξεργασίες μικρής κλίμακας. Έστω ότι ο συνολικός αριθμός των pixels, που έχουν αποδοθεί στο στάδιο της ταξινόμησης στην καλλιέργεια "c" για το στρώμα "s", ισούται προς P_{ctot} . Τότε ο πληθυσμιακός μέσος αριθμός pixels για την καλλιέργεια αυτή υπολογίζεται ως:

$$\bar{Y}_{pasc} = \frac{P_{ctot}}{M_{as}} \quad (1.5)$$

όπου η παράμετρος M_{as} , έχει προσδιοριστεί στη φάση της μετα-στρωματοποίησης της περιοχής μελέτης.

Ανάλογα υπολογίζεται και ο δειγματικός μέσος αριθμός pixels για την καλλιέργεια "c", στο στρώμα "s" της περιφέρειας ανάλυσης "a". Κατ' αντιστοιχία με τη σχέση (1.5) έχουμε:

$$\bar{Y}_{asc} = \sum_{i=1}^{m_{as}} \frac{m_i Y_{iasc}}{m_{as}} \quad (1.6)$$

Τέλος, η δειγματική μέση επιφάνεια της καλλιέργειας "c" στο στρώμα "s" της περιφέρειας ανάλυσης "a", που έχει προκύψει από τις εργασίες της απογραφής, είναι ίση με:

$$\bar{X}_{asc} = \sum_{i=1}^{m_{as}} \frac{X_{iasc}}{m_{as}} \quad (1.7)$$

Τα μεγέθη των σχέσεων (1.5), (1.6) και (1.7) αφορούν εκτιμήσεις σε επίπεδο δειγματοληπτικού τομέα. Ο εκτιμητής της συνολικής επιφάνειας της καλλιέργειας "c", που δίνεται από τη σχέση (1.1), υπολογίζεται εκ νέου, κάνοντας χρήση των μεγεθών που προκύπτουν από τις σχέσεις (1.5), (1.6) και (1.7), όπως παρακάτω:

$$\hat{X}_{cpix} = M_{as} [\bar{X}_{asc} - B_{1asc} (\bar{Y}_{pasc} - \bar{Y}_{asc})] \quad (1.8)$$

Επίσης, η διασπορά του εκτιμητή του πληθυσμιακού αθροίσματος, που δίνεται από τη σχέση (1.2), υπολογίζεται όπως παρακάτω:

$$V_{\hat{X}_{cpix}} = \frac{m_{as}-1}{m_{as}-2} (1-r_{asc}^2) \left(M_{as} \frac{M_{as}-m_{as}}{m_{as}} \left[\sum_{i=1}^{m_{as}} \frac{(Y_{iasc}-\bar{Y}_{asc})^2}{m_{as}-1} \right] \right) \quad (1.9)$$

όπου ο παράγοντας r_{asc} , εκφράζει το συντελεστή γραμμικής συσχέτισης των παρατηρήσεων X_{iasc}, Y_{iasc} και υπολογίζεται από την επίλυση της εξίσωσης (1.4).

1.3.5. Υπολογισμός του \hat{X}_{totc} σε επίπεδο περιοχής μελέτης.

Για τον υπολογισμό του εκτιμητή της επιφανείας στο σύνολο της περιοχής μελέτης X_{totc} , αθροίζονται όλα τα μεγέθη τα προερχόμενα από τη σχέση (1.8), που αντιστοιχούν στο σύνολο των περιφερειών ανάλυσης, με την ποσότητα που υπολογίζεται από την εφαρμογή της σχέσης (1.1) στις περιοχές για τις οποίες είναι διαθέσιμα μόνο δεδομένα απογραφής των καλλιεργειών. Επομένως:

$$\hat{X}_{\text{totc}} = \sum_{a=1}^A \sum_{s_a=1}^{S_a} \hat{X}_{\text{cpix}} + \sum_{s_b=1}^{S_b} M_s \frac{\sum_{i=1}^{m_s} X_{\text{isc}}}{m_s} \quad (1.10)$$

όπου,

A = ο συνολικός αριθμός των περιφερειών ανάλυσης στην περιοχή μελέτης,

S_a = ο συνολικός αριθμός των στρωμάτων στο εσωτερικό της περιφέρειας ανάλυσης "a" και

S_b = ο συνολικός αριθμός των στρωμάτων, για τα οποία διατίθενται μόνο δεδομένα απογραφής των καλλιεργειών.

Χρησιμοποιώντας το συμβολισμό:

$$X_{\text{CS}_b} = M_s \frac{\sum_{i=1}^{m_s} X_{\text{isc}}}{m_s}$$

προκύπτει ότι η διασπορά του εκτιμητή \hat{X}_{totc} δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Var}(\hat{X}_{\text{totc}}) = \sum_{a=1}^A \sum_{s_a=1}^{S_a} \text{Var}(\hat{X}_{\text{cpix}}) + \sum_{s_b=1}^{S_b} \text{Var}(X_{\text{CS}_b}) \quad (1.11)$$

1.3.6. Σχετική βελτίωση των εκτιμήσεων

Η συγκριτική μελέτη των διασπορών που δίνονται από τις σχέσεις (1.2) και (1.9), οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η χρήση δορυφορικών δεδομένων συνεπάγεται βελτιωμένες εκτιμήσεις των επιφανειών των καλλιεργειών, αφού το μέγεθος της διασποράς που δίνεται από τη σχέση (1.9) είναι μικρότερο κατά τον παράγοντα:

$$\frac{m_{\text{as}} - 1}{m_{\text{as}} - 2} (1 - r_{\text{asc}}^2) \quad (1.12)$$

Ως συντελεστής σχετικής βελτίωσης ορίζεται το παρακάτω πηλίκο:

$$\text{RE} = \frac{\text{Var}(\hat{X}_c)}{\text{Var}(\hat{X}_{\text{totc}})} \quad (1.13)$$

που ισοδυναμεί πρακτικά με τον παράγοντα με τον οποίο πρέπει να πολλαπλασιαστεί το αρχικό δείγμα, για να έχουμε εκτιμήσεις από τη σχέση (1.1) ίδιας ακρίβειας με αυτές που προκύπτουν από τη χρήση των δορυφορικών εικόνων.

2. Το πρόγραμμα αγροτικών στατιστικών MARS. Γενική παρουσίαση

Το πρόγραμμα - πιλότος MARS (Monitoring Agriculture by Remote Sensing), αποβλέπει στη δημιουργία αγροτικών στατιστικών σε ευρωπαϊκή κλίμακα και ξεκίνησε στις αρχές του έτους 1987 από χρηματοδότη-

ση του Κοινού Κέντρου Ερευνών (J.R.C. - Ispra site). Το έτος 1988, μετά από πρόταση της Γενικής Διεύθυνσης Γεωργίας - VI (DG - VI) στο συμβούλιο των υπουργών Γεωργίας της Κοινότητας, το πρόγραμμα MARS αποκτά συγκεκριμένο νομικό πλαίσιο και περιεχόμενο με 10ετή διάρκεια ζωής και σταθερή χρηματοδότηση. Ο βασικός λόγος ύπαρξής του είναι η υποστήριξη της DG - VI και του Στατιστικού Γραφείου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, στη χάραξη της κοινής αγροτικής πολιτικής. Η υποστήριξη αυτή υλοποιείται με τη συστηματική χορήγηση δεδομένων αγροτικών στατιστικών στις παραπάνω υπηρεσίες. Τα δεδομένα αυτά είναι αποτέλεσμα εργασιών που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο των επτά δραστηριοτήτων του προγράμματος. Εν συντομία οι δραστηριότητες αυτές είναι:

α) Δραστηριότητα 1

Εκτιμήσεις των επιφανειών των βασικών αγροτικών προϊόντων σε επίπεδο γεωγραφικού διαμερίσματος χώρας, που βρίσκεται στην επικράτεια της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Στις εργασίες χρησιμοποιούνται δορυφορικά δεδομένα Landsat TM και SPOT - XS, καθώς και δειγματοληπτικά δεδομένα εδάφους. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται είναι παρόμοια με αυτή που περιγράφεται στην ενότητα 2.

β) Δραστηριότητα 2

Παρακολούθηση της εξέλιξης της χλωροφύλλης, σε κλίμακα ηπείρου, χρησιμοποιώντας δεδομένα μετεωρολογικών δορυφόρων (NOAA - AVHRR). Στις εργασίες αυτές υπολογίζονται διαχρονικά οι τιμές των δεικτών χλωροφύλλης, συνδυάζοντας κατάλληλα τις ραδιομετρικές τιμές που δίνονται στο ερυθρό και υπέρυθρο μέρος του φάσματος.

γ) Δραστηριότητα 3

Αγρομετεωρολογικά μοντέλα. Υπολογισμός της παραγωγής των αγροτικών προϊόντων, κύριου οικονομικού ενδιαφέροντος, σε κλίμακα γεωγραφικού διαμερίσματος. Στις εργασίες αυτές γίνεται χρήση δεδομένων απογραφής και μελετάται η ενδεχόμενη χρήση δορυφορικών δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά θα αποτελέσουν στοιχεία εισόδου στα αγρομετεωρολογικά μοντέλα.

δ) Δραστηριότητα 4

Ταχείες εκτιμήσεις της μεταβολής των επιφανειών των καλλιεργειών και της παραγωγής, σε κλίμακα ηπείρου. Για τις εκτιμήσεις αυτές γίνεται χρήση ενός δειγματοληπτικού πλαισίου από επιφανειακούς τομείς, που είναι κατανομημένοι στην επικράτεια της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

ε) Δραστηριότητα 5

Δημιουργία ενός συστήματος αγροτικών πληροφοριών που περιέχει δεδομένα απογραφής, δορυφορικά δεδομένα, καθώς και τα αποτελέσματα των εργασιών άλλων δραστηριοτήτων.

στ) Δραστηριότητα 6

Κατασκευή του κατάλληλου δειγματοληπτικού πλαι-

οίου, που απαιτείται για να υποστηρίξει τις εργασίες των άλλων δραστηριοτήτων. Σχεδιασμός και οργάνωση των απογραφών.

ζ) Δραστηριότητα 7

Μακροπρόθεσμη έρευνα που αποβλέπει:

- στην ανάπτυξη του κατάλληλου Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, που αποσκοπεί στην καλύτερη οργάνωση των δεδομένων εισόδου, αλλά και την ταχεία εκτίμηση των απαραίτητων στατιστικών μεγεθών,
- στην ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδων εμπείρων συστημάτων και κατανόησης εικόνας, στις επεξεργασίες των δορυφορικών δεδομένων,
- στην εφαρμογή των δεδομένων ενεργητικής τηλεπισκόπησης (δεδομένα RADAR), με σκοπό την παραγωγή αγροτικών στατιστικών.

3. Εκσυγχρονισμός του προγράμματος παραγωγής αγροτικών στατιστικών στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, η Πορτογαλία και η Ισπανία αποτελούν τις πρώτες χώρες στις οποίες γίνεται προσπάθεια εκσυγχρονισμού των στατιστικών τους μεθόδων με τη

χρήση της τηλεπισκόπησης. Το Υπουργείο Γεωργίας της χώρας μας έχει ενεργά εμπλακεί στην προσπάθεια αυτή τα τελευταία τρία χρόνια με την τεχνική και οικονομική υποστήριξη του προγράμματος αγροτικών στατιστικών MARS του Joint Research Centre.

Τον πρώτο χρόνο αυτής της δραστηριότητας, το υπουργείο οργάνωσε και πραγματοποίησε τους απαραίτητους επίγειους ελέγχους στην περιοχή της Θράκης και της Μακεδονίας. Το δεύτερο χρόνο η δραστηριότητα επεκτάθηκε στις περιοχές της Θεσσαλίας και Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Το 1993, που είναι ο τρίτος χρόνος αυτής της δραστηριότητας, στις περιοχές μελέτης συμπεριελήφθησαν η Πελοπόννησος, η Δυτική Στερεά και η Εύβοια. Η επεξεργασία των δεδομένων που προκύπτουν από τις προαναφερθείσες επίγειες απογραφές, καθώς και η παραγωγή των αποτελεσμάτων με χρήση δορυφορικών εικόνων πραγματοποιούνται από το Υπουργείο Γεωργίας με την τεχνική υποστήριξη της ιδιωτικής εταιρείας TELE EXPERT.

Σήμερα μετά από τρία χρόνια προσπαθειών στο πλαίσιο προγράμματος πιλοτικής εφαρμογής, μπορούμε να πούμε ότι στο Υπουργείο Γεωργίας έχει αναπτυχθεί πλήρως η απαραίτητη τεχνολογία και μεθοδολογία, η οποία σε συνδυασμό με τις επενδύσεις που έ-

1992				1993	
ΕΠΙΓΕΙΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ		ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔ		ΕΠΙΓΕΙΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ	
ΔΥΤΙΚΟΙ και ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ					
ΜΑΛΑΚΟ ΣΙΤΑΡΙ					
Ha	Var	Ha	Var	Ha	Var
225859,5	7,30	201336,8	6,97	208007,6	7,29
ΣΚΛΗΡΟ ΣΙΤΑΡΙ					
Ha	Var	Ha	Var	Ha	Var
249528,0	6,60	258874,3	4,91	239624,7	6,77
ΚΡΙΘΑΡΙ					
Ha	Var	Ha	Var	Ha	Var
66746,1	9,42	53544,95	7,81	62959,0	9,13
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ					
Ha	Var	Ha	Var	Ha	Var
58263,41	11,12	56588,48	5,14	60983,2	11,09
ΒΑΜΒΑΚΙ					
Ha	Var	Ha	Var	Ha	Var
61561,32	11,62	60600,55	4,89	61333,0	13,01
ΚΑΠΝΟΣ					
Ha	Var	Ha	Var	Ha	Var
30733,68	13,48	32208,65	12,86	31462,0	12,57

* Πηγή: Final report on contract for "Technical support to the Action 1 of the MARS project in Greece". TELE EXPERT/CESD Communautaire No 3352-EHL-PG.

γιναν σε τεχνολογικό εξοπλισμό επιτρέπουν την επίλυση του προβλήματος παραγωγής αγροτικών στατιστικών σε επιχειρησιακή βάση. Στη συνέχεια δίνονται ενδεικτικά στοιχεία επιφανειακής κάλυψης* για μερικές βασικές καλλιέργειες στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας, υπολογισμένα στη βάση επίγειων παρατηρήσεων ή και συνδυασμού αυτών με δορυφορικά δεδομένα Landsat TM.

Κλείνοντας, θα ήθελα να πω ότι η μέθοδος αυτή αποτελεί την καλύτερη προσέγγιση για την εκτίμηση αγροτικών στατιστικών, για τη λήψη αξιόπιστων αγροτικών στατιστικών σε μικρά χρονικά διαστήματα και θα λέγαμε ότι αποτελεί μία εφαρμογή της τηλεπισκόπησης, η οποία πραγματικά υποστηρίζει την αγροτική πολιτική σε εθνικό, αλλά και διεθνές επίπεδο. Ευχαριστώ πολύ.

* Πηγή: Final report on contract for "Technical support to the Action 1 of the MARS project in Greece". Contract TELE EXPERT / CESD Communautaire No 3352 - EHL - PG.

Βιβλιογραφία

Aifadopoulou D. (1992), "Final Report on contract for technical support to the Action 1 of the MARS project in Greece", Contract No 4469 - 91 - 09 ED ISP GR, p. 36.

Aifadopoulou D. (1993), "Final Report on contract for

technical support to the Action 1 of the MARS project in Greece", Contract No 3352 - EHL - PG, p. 26.

Κοντοές Χ. (1992), «Η εφαρμογή μεθόδων τεχνητής νοημοσύνης στις μεταταξινομήσεις δορυφορικών εικόνων», Διδακτορική Διατριβή Ε.Μ.Π. σελ. 166.

Nealon J.P. (1984), "Area Frame Sampling. Chapter II.", U.S. Department of Agriculture, Statistical Reporting Service, Washington D.C.

Holko M.L., Sigman R.S. (1984), "The Role of Landsat Data in Improving U.S. Crop Statistics", 18^o International Symposium on Remote Sensing, Paris.

Verheye W. (1986), "Land Evaluation and Land Use Planning in the EEC. Principles and Procedures applied in Land Evaluation for the EC", EC Land Evaluation Workshop, Brussels.

Πρόεδρος (Γιαννίρης): Παρακαλώ, εάν υπάρχουν ερωτήσεις στον ομιλητή να γίνουν τώρα. Δεν υπάρχουν. Παρακαλώ τον επόμενο ομιλητή, το συνάδελφο Πρίντζιο να έρθει στο βήμα.