

# Τεχνικο-οικονομικό υπόδειγμα μαθηματικού προγραμματισμού και προσφορά ενεργειακής βιομάζας

Πετσάκος Αθανάσιος  
Donati Michele  
Arfini Filippo  
Ροζάκης Στέλιος  
Καμπάς Αθανάσιος

"Δημιουργία Καινοτόμων Εμπειριών Αποδεικτικού  
Χαρακτήρα για την Τεκμηρίωση της Δυνατότητας των  
Καπνοπαραγωγών να στραφούν προς την Καλλιέργεια  
Ενεργειακών Φυτών"

Χρηματοδοτούμενο από τον **ΟΠΕΚΕΠΕ**, Δράση 10,  
Καν.(ΕΥ)2182/02

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Το γραμμικό υπόδειγμα αριστοποίησης .....	3
2. Προβλήματα του απλού γραμμικού υποδείγματος αριστοποίησης.....	6
3. Ανάλυση της μεθόδου του ΘΜΠ.....	8
4. Προεκτάσεις της μεθόδου .....	16
4.1. Εφαρμογή σε δείγμα εκμεταλλεύσεων.....	16
4.2. Επέκταση σε μη παρατηρούμενες δραστηριότητες .....	20
5. Παραγωγή καμπυλών προσφοράς για ενεργειακές καλλιέργειες.....	23
Βιβλιογραφία .....	33
Παράρτημα Ι : Παράμετροι των αποδόσεων των υφιστάμενων καλλιεργειών .....	35

## 1. Το γραμμικό υπόδειγμα αριστοποίησης

Στα πλαίσια της εκτίμησης της προσφοράς βιομάζας, κατασκευάστηκε ένα υπόδειγμα γραμμικού προγραμματισμού, η αντικειμενική συνάρτηση του οποίου αφορούσε στη μεγιστοποίηση του Ακαθάριστου Κέρδους ενός δείγματος πρώην καπνοπαραγωγικών εκμεταλλεύσεων, για συνεχώς αυξανόμενα επίπεδα τιμών του κάθε ενεργειακού φυτού, που ξεκινούσαν από το μηδέν και έφταναν σε 1€/κιλό για τον ηλιάνθο και σε 0.1€/κιλό για το σόργο και την αγριαγκινάρα.

Στη συνέχεια, προστέθηκαν στο υπόδειγμα οι κατάλληλοι αγρονομικοί και θεσμικοί περιορισμοί και συγκεκριμένα περιορισμοί για το ύψος των μεταβλητών δαπανών, τη πολλαπλή συμμόρφωση, και για τον υπολογισμό της επιλέξιμη έκτασης η οποία απαιτείται για την είσπραξη της ενιαίας ενίσχυσης. Επίσης, προστέθηκαν ως γραμμικοί όροι στην αντικειμενική συνάρτηση δυο μεταβλητές απόφασης που αφορούν την αγρανάπαυση και τη καλλιέργεια του βίκου και οι οποίες συνοδεύονται από δαπάνη 10€ και 15€ ανά στρέμμα αντίστοιχα. Ο βίκος χρησιμοποιείται ως επίσπορη καλλιέργεια πριν τη σπορά του βαμβακιού και του αραβοσίτου, ικανοποιώντας έτσι μαζί τη μηδική τις απαιτήσεις πολλαπλής συμμόρφωσης που προβλέπονται για τα δυο αυτά φυτά. Αναλυτικά, η αλγεβρική διατύπωση του υποδείγματος για κάθε εκμετάλλευση του δείγματος είναι η εξής:

$$\max Z = spp + \sum_{n=1}^N \left[ (yld_n (pr_n + ps_n) + ls_n) - vxp_n \right] x_n - 15x_{vetch} - 10x_{setaside}$$

και περιορισμούς

1. Συνολική έκταση:

$$x_{setaside} + \sum_{n=1}^N x_n = b$$

Το άθροισμα των εκτάσεων κάθε καλλιέργειας  $x_n$  συν την έκταση που αφήνεται σε αγρανάπαυση ( $x_{setaside}$ ) πρέπει να ισούται με το σύνολο των εκτάσεων του δείγματος  $b$  κατά το έτος βάσης.

2. Αρδευόμενη έκταση:

$$\sum_{n=1}^N ir\_x_n \leq tot\_xir$$

Το άθροισμα των εκτάσεων κάθε αρδευόμενης καλλιέργειας  $ir\_x_n$  πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο με το σύνολο των αρδευόμενων εκτάσεων του δείγματος  $tot\_xir$  κατά το έτος βάσης.

3. *Μεταβλητές δαπάνες:*

$$15x_{vetch} + 10x_{setaside} + \sum_{n=1}^N x_n vxp_n \leq tot\_vxp$$

Οι συνολικές μεταβλητές δαπάνες στη λύση του υποδείγματος δεν μπορούν να είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες κατά το έτος βάσης ( $tot\_vxp$ ).

4. *Αμειψισπορά για επιλέξιμες καλλιέργειες εκτός σκληρού σιταριού:*

$$0.2 \sum_{n=1}^N x_n - x_{alf} - x_{dwt} \leq x_{vetch}$$

5. *Αμειψισπορά για σκληρό σιτάρι:*

$$0.2x_{dwt} \leq x_{alf}$$

Η πολλαπλή συμμόρφωση για το σκληρό σιτάρι ορίστηκε ξεχωριστά από τον αραβόσιτο και το βαμβάκι, αφού λόγω της εποχής σποράς του (Νοέμβριο) δεν μπορεί να συνδυαστεί με το βίκο που σπέρνεται την ίδια εποχή κι έτσι η μόνη εφικτή αμειψισπορά είναι με τη μηδική.

6. *Ορισμός επιλέξιμων καλλιεργειών:*

$$\sum_{n=1}^N x_n = \sum_{n=1}^N (lg\_x_n + nlg\_x_n)$$

Το άθροισμα των καλλιεργειών κάθε εκμετάλλευσης  $x_n$  χωρίζεται σε επιλέξιμο και μη επιλέξιμο κομμάτι ( $lg\_x_n$  και  $nlg\_x_n$  αντίστοιχα), ανάλογα με τη συμμετοχή τους στη συνολική επιλέξιμη έκταση (βλέπε περιορισμό 7).

7. *Ορισμός επιλέξιμης έκτασης:*

$$x_{setaside} + \sum_{n=1}^N lg\_x_n \leq lg\_land$$

Για κάθε εκμετάλλευση, το άθροισμα της αγρανάπαυσης ( $x_{setaside}$ ) και των καλλιεργειών που δύνανται να αποτελέσουν την επιλέξιμη έκταση ( $lg\_x_n$ ) πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο με τη συνολική επιλέξιμη έκταση  $lg\_land$ .

8. Υπολογισμός συνολικής ενιαίας ενίσχυσης:

$$lg\_land \times pay = spp$$

Η συνολική επιλέξιμη έκταση  $lg\_land$  επί το ατομικό δικαίωμα  $pay$  δίνει το συνολικό ύψος της ενιαίας ενίσχυσης  $spp$  για κάθε εκμετάλλευση.

9. Κάλυψη αναγκών διατροφής ζωικού κεφαλαίου:

$$F\_value_{nc} \times yld_n \times (f\_x_n - s\_x_n) + pch_c \geq F\_Needs_c$$

Ο περιορισμός αυτός χρησιμοποιείται στις εκμεταλλεύσεις οι οποίες εμφανίζουν κατά το έτος βάσης κάποιον κλάδο ζωικής παραγωγής. Ειδικότερα, οι ανάγκες διατροφής των ζώων της εκμετάλλευσης ( $F\_Needs_c$ ), στα  $c$  θρεπτικά συστατικά (Ξηρά ουσία, Αζωτούχες ουσίες και Ενέργεια) πρέπει να καλύπτονται πλήρως από τις το τμήμα των καλλιεργειών που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή ( $F\_value_{nc} \times yld_n \times (f\_x_n - s\_x_n)$ ), συν τις αγοραζόμενες ζωοτροφές ( $pch_c$ ).

10. Ορισμός της ιδιόκτητης έκτασης:

$$\sum_{n=1}^N own\_x_n = \sum_{n=1}^N own\_xobs_n$$

Σύμφωνα με αυτό τον περιορισμό, η συνολική υπολογιζόμενη ιδιόκτητη έκταση πρέπει να είναι ίση με την αρχική συνολική ιδιόκτητη έκταση.

11. Ορισμός της ενοικιαζόμενης έκτασης

$$\sum_{n=1}^N rent\_x_n = \sum_{n=1}^N rent\_xobs_n$$

Σύμφωνα με αυτό τον περιορισμό, η συνολική υπολογιζόμενη ενοικιαζόμενη έκταση πρέπει να είναι ίση με την αρχική συνολική ενοικιαζόμενη έκταση.

Στις παραπάνω αλγεβρικές εκφράσεις, το  $x_n$  εκφράζει το διάνυσμα των μεταβλητών απόφασης (εκτάσεις καλλιεργειών), οι οποίες έχουν χωριστεί σε υποομάδες με βάση την απαίτηση άρδευσης ή μη της καλλιέργειας ( $ir\_x_n$  και

$nir_{x_n}$  αντίστοιχα), τη συμβολή τους στη συνολική επιλέξιμη έκταση της εκμετάλλευσης ( $lg_{x_n}$  και  $nlg_{x_n}$ ), τη χρήση τους ως ζωοτροφή ( $f_{x_n}$ ) ή τη διάθεση τους στην αγορά ( $s_{x_n}$ ) και το αν αφορούν σε ενοικιαζόμενες ή ιδιόκτητες εκτάσεις ( $rent_{x_n}$  και  $own_{x_n}$  αντίστοιχα). Το διάνυσμα  $yld_n$  συμβολίζει τις αποδόσεις για κάθε υποψήφια καλλιέργεια, το  $pr_n$  τις τιμές των προϊόντων (€ ανά κιλό), το  $ps_n$  την ενίσχυση στη παραγωγή όπου αυτή υπάρχει (€ ανά κιλό), το  $ls_n$  τη στρεμματική ενίσχυση (€ ανά στρέμμα) και το  $vxp_n$  τη μεταβλητή δαπάνη ανά στρέμμα για κάθε καλλιέργεια κατά το έτος βάσης. Με  $F\_value_{nc}$  συμβολίζεται η περιεκτικότητα σε  $c$  θρεπτικά συστατικά κάθε καλλιέργειας  $n$  ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος

## 2. Προβλήματα του απλού γραμμικού υποδείγματος αριστοποίησης

Πριν χρησιμοποιηθεί ένα μαθηματικό υπόδειγμα σαν εργαλείο προβλέψεων και ανάλυσης πολιτικής, πρέπει πρώτα να ελεγχθεί η αξιοπιστία του (validation), διαδικασία η οποία συνήθως συνδέεται με την ικανότητα του να αναπαράγει τα αποτελέσματα του έτους αναφοράς. Ένα μοντέλο του οποίου τα αποτελέσματα για το έτος αναφοράς διαφέρουν κατά πολύ από τις παρατηρήσεις, θεωρείται γενικά μη αποδεκτό.

Μια συνηθισμένη αιτία για την οποία ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού αποτυγχάνει στον έλεγχο αξιοπιστίας είναι η ανεπάρκεια των στοιχείων με τα οποία θα δομηθούν οι περιορισμοί του προβλήματος. Ειδικότερα, κάθε γραμμικό πρόβλημα αριστοποίησης δίνει μη αρνητικές λύσεις σε αριθμό μεταβλητών  $x_m$  ίσο με τον αριθμό των γραμμικά μη εξαρτημένων περιορισμών (Paris, 1991). Όταν τα διαθέσιμα δεδομένα δεν επαρκούν για τη διατύπωση ικανού αριθμού περιορισμών, η άριστη λύση διαφέρει από την παρατηρούμενη λόγω ακριβώς των μηδενικών λύσεων που προκύπτουν για μία ή περισσότερες άγνωστες μεταβλητές. Στην περίπτωση αυτή, το μοντέλο υποθέτει πως μια εκμετάλλευση για να επιτύχει ένα άριστο οικονομικό αποτέλεσμα πρέπει να «υπερεξειδικευτεί» (overspecialize), φαινόμενο που θεωρείται ως ένα από τα βασικά προβλήματα του γραμμικού προγραμματισμού.

Το πρόβλημα της «υπερεξειδίκευσης» φαίνεται να είναι οξύτερο σε υποδείγματα που λειτουργούν σε περιφερειακό επίπεδο και περιλαμβάνουν ένα δείγμα από αντιπροσωπευτικές εκμεταλλεύσεις, για κάθε μια από τις οποίες χρησιμοποιείται η ίδια αντικειμενική συνάρτηση και το ίδιο σύνολο περιορισμών παρά το γεγονός πως κάθε εκμετάλλευση μπορεί να θέτει διαφορετικούς στόχους και να χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνικές παραγωγής. Επίσης, σε περιπτώσεις δείγματος εκμεταλλεύσεων καθίσταται δυσκολότερη η συλλογή στοιχείων για τη διατύπωση επαρκούς αριθμού περιορισμών, με αποτέλεσμα συχνά να χρησιμοποιούνται στοιχεία που προέρχονται από τους περιφερειακούς μέσους όρους, που ωστόσο διαφέρουν από τα πραγματικά παρατηρούμενα σε κάθε εκμετάλλευση.

Άλλες φορές, παρά το γεγονός ότι ένα μαθηματικό υπόδειγμα έχει διατυπωθεί με θεωρητικά σωστό τρόπο και υποστηρίζεται από επαρκείς και ρεαλιστικούς περιορισμούς, δεν καταφέρνει και πάλι να αναπαράγει τα αποτελέσματα του έτους αναφοράς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οποιοδήποτε μοντέλο προγραμματισμού, ανεξάρτητα από το πώς είναι διατυπωμένο, δεν παύει να αποτελεί μια απλοποιημένη αναπαράσταση της πραγματικότητας με ό,τι αυτό συνεπάγεται για την αξιοπιστία του και την προβλεπτική του ικανότητα.

Σε περιπτώσεις «υπερεξειδίκευσης», όπου ο έλεγχος αξιοπιστίας αποτυγχάνει, επιβάλλεται η ρύθμιση ή διαμέτρηση (calibration) του υποδείγματος, η οποία πραγματοποιείται συνήθως με την εισαγωγή επιπλέον περιορισμών που θέτουν όρια στις τιμές των μεταβλητών, αλλά παράλληλα περιορίζουν τους βαθμούς ελευθερίας του μοντέλου. Η χρήση μη γραμμικής αντικειμενικής συνάρτησης που εισάγει στο υπόδειγμα τον παράγοντα 'κίνδυνο', μπορεί να αμβλύνει το πρόβλημα της υπερεξειδίκευσης χωρίς ωστόσο να το εξαφανίζει, αφού ο τρόπος με τον οποίο ορίζονται οι μη γραμμικές σχέσεις είναι ανεξάρτητος από τους υφιστάμενους περιορισμούς, με αποτέλεσμα να συνεχίζουν να υπάρχουν αποκλίσεις από τα παρατηρούμενα επίπεδα παραγωγής (Heckelei, 2002).

Ο Θετικός Μαθηματικός Προγραμματισμός είναι μια μεθοδολογία που αναπτύχθηκε από τον Howitt (1995), προκειμένου να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πρόβλημα υπερεξειδίκευσης των κλασικών γραμμικών υποδειγμάτων, επιτυγχάνοντας τη ρύθμιση του μοντέλου χρησιμοποιώντας ως μόνο δεδομένο την

καλλιεργούμενη έκταση της εκμετάλλευσης, και αξιοποιώντας τις πληροφορίες που παρέχουν οι σκιώδεις τιμές των περιορισμών. Βασική υπόθεση του ΘΜΠ είναι πως το παρατηρούμενο σχέδιο παραγωγής κατά το έτος βάσης είναι και το άριστο. Να σημειωθεί πως αν και πρώτος ο Howitt παρουσίασε επίσημα τη συγκεκριμένη μέθοδο το 1995, οι αρχές και οι τεχνικές στις οποίες βασίζεται είχαν χρησιμοποιηθεί και παλιότερα σε μοντέλα προγραμματισμού, που είχαν ως στόχο την ανάλυση επιπτώσεων από αλλαγές στην αγροτική πολιτική (Bauer & Kasnakoglou, 1990).

Ο έλεγχος αξιοπιστίας του υποδείγματος εκτίμησης της προσφοράς βιομάζας, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μόνο των περιορισμών 1, 2 και 3, οι οποίοι αναπαριστούν πλήρως το πλαίσιο λειτουργίας των εκμεταλλεύσεων του δείγματος κατά το 2005, έτος άντλησης των στοιχείων. Οι ενισχύσεις στη παραγωγή περιορίστηκαν στα επίπεδα του 2005 και αφορούσαν μόνο στις εκμεταλλεύσεις όπου ήδη παρατηρούνται. Η επίλυση του μοντέλου με τους συγκεκριμένους περιορισμούς φανέρωσε μεγάλες αποκλίσεις από τη πραγματικότητα, δημιουργώντας την ανάγκη για ρύθμιση του.

Έτσι, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας κατασκευάστηκε ένα ακόμα υπόδειγμα, βασισμένο στη μεθοδολογία του ΘΜΠ, η οποία αναλύεται παρακάτω. Στόχος, πέρα από τη ρύθμιση του αρχικού υποδείγματος, ήταν να συγκριθούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των δυο αυτών μεθόδων, να εντοπιστούν οι διαφορές τους και να αξιολογηθεί η ικανότητα τους ως εργαλεία ανάλυσης πολιτικής.

### **3. Ανάλυση της μεθόδου του ΘΜΠ**

Σύμφωνα με τον Howitt (1995b), *«Αν ο αριθμός των παρατηρούμενων μη μηδενικών μεταβλητών απόφασης ξεπερνά τον αριθμό των δεσμευτικών περιορισμών, τότε μια ικανή και αναγκαία συνθήκη για τη μεγιστοποίηση του κέρδους στα παρατηρούμενα επίπεδα είναι η μη γραμμικότητα της αντικειμενικής συνάρτησης για κάποιες από τις μεταβλητές απόφασης. Στη βιβλιογραφία (Paris & Arfini, 2000; Arfini et al., 2003), η μη γραμμικότητα αναζητείται συνήθως στη συνάρτηση μεταβλητού κόστους, με του μετασχηματισμού της απλής γραμμικής σχέσης, σε μια αντίστοιχη τετραγωνικής μορφής  $x^T Q x$  μέσω μιας διαδικασίας τριών βημάτων που θα*



αναλυθούν παρακάτω. Ο κυριότερος λόγος επιλογής της συγκεκριμένης μορφής συνάρτησης είναι η απλότητα της, χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλες μορφές μη γραμμικών συναρτήσεων. Έτσι, μια εναλλακτική επιλογή θα ήταν η χρήση μιας συνάρτησης τύπου Cobb-Douglas ή σταθερής ελαστικότητας υποκατάστασης (CES), για το μετασχηματισμό της συνάρτησης παραγωγής (Howitt, 1995a).

Για την παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του μετασχηματισμού της συνάρτησης κόστους. Οδηγός στην ανάλυση των τριών φάσεων του ΘΜΠ αποτελεί ένα πρόβλημα μεγιστοποίησης του κέρδους σε μια γεωργική εκμετάλλευση, με μόνο περιορισμό τη χρήση του παραγωγικού συντελεστή ‘έδαφος’. Το κλασσικό πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του άριστου επιπέδου παραγωγής σε μια γεωργική εκμετάλλευση, μπορεί να διατυπωθεί σε απλή μορφή είτε ως ένα πρόβλημα μεγιστοποίησης του κέρδους είτε ως ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης του κόστους:

<p style="text-align: center;"><i>Πρωταρχικό Πρόβλημα</i> (Μεγιστοποίηση)</p> $\max f(\mathbf{x}_n) = \sum_{n=1}^N (\mathbf{p}r_n - \mathbf{c}_n) \mathbf{x}_n$ <p>και περιορισμούς:</p> $A_{mn} \mathbf{x}_n \leq \mathbf{b}_m \quad [\mathbf{y}_m] \quad (1)$ $\mathbf{x}_n \geq 0$ <p>όπου <math>n = 1, 2, \dots, N</math> και <math>m = 1, 2, \dots, M</math></p>	<p style="text-align: center;"><i>Δυϊκό Πρόβλημα</i> (Ελαχιστοποίηση)</p> $\min g(\mathbf{y}_m) = \sum_{m=1}^M \mathbf{b}_m \mathbf{y}_m$ <p>και περιορισμούς:</p> $A_{mn}^T \mathbf{y}_m \geq \mathbf{p}r_n - \mathbf{c}_n \quad [\mathbf{x}_n]$ $\mathbf{y}_m \geq 0$
---	---

Στην παραπάνω διατύπωση, οι δείκτες  $n$  και  $m$  παριστάνουν τους παραγωγικούς κλάδους της εκμετάλλευσης και τους χρησιμοποιούμενους συντελεστές παραγωγής αντίστοιχα. Το διάνυσμα  $\mathbf{x}_n$  αναφέρεται στην έκταση που καταλαμβάνει κάθε καλλιέργεια (ή στον αριθμό των ζώων εφόσον πρόκειται για κλάδο ζωικής παραγωγής), το διάνυσμα  $\mathbf{p}r_n$  στην αξία παραγωγής ανά στρέμμα (ή ανά κεφάλι) και το  $\mathbf{c}_n$  στο κόστος παραγωγής ανά στρέμμα (ή ανά κεφάλι). Ο πίνακας  $A_{mn}$  ορίζει τις σχέσεις μεταξύ των παραγωγικών κλάδων  $n$  και των συντελεστών παραγωγής  $m$ , ενώ το διάνυσμα  $\mathbf{b}_m$  αντιπροσωπεύει τις διαθέσιμες

ποσότητες καθενός από τους χρησιμοποιούμενους συντελεστές παραγωγής, δηλαδή τα στοιχεία του αποτελούν τους σταθερούς όρους των τεθέντων περιορισμών .

Το δυϊκό πρόβλημα κατασκευάζεται με τη βοήθεια των σκιωδών (ή δυϊκών) τιμών των περιορισμών του πρωταρχικού προβλήματος, που παριστάνονται από το διάνυσμα  $y_m$ . Κάθε ένα από τα  $m$  στοιχεία του διανύσματος  $y_m$  παριστάνει την ποσότητα κατά την οποία θα αυξανόταν η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης αν ήταν διαθέσιμη μια επιπλέον μονάδα του συντελεστή  $m$ . Ταυτόχρονα, εκφράζει το οριακό κόστος ή το κόστος ευκαιρίας από τη χρησιμοποίηση μιας επιπλέον μονάδας του συντελεστή παραγωγής, δηλαδή τη μέγιστη τιμή στην οποία θα ήταν διατεθειμένος ο παραγωγός να αγοράσει την επιπλέον αυτή μονάδα.

Η πρώτη φάση του ΘΜΠ (Πλαίσιο I) έχει ως στόχο τον υπολογισμό των σκιωδών τιμών οι οποίες στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση της νέας συνάρτησης μεταβλητού κόστους. Η αλγεβρική διατύπωση της πρώτης φάσης του ΘΜΠ διαφέρει από την αντίστοιχη του απλού γραμμικού προβλήματος ως προς δυο σημεία: ο πίνακας  $A$  στην ανισότητα  $A_{mn}x_n \leq b_m$  του αρχικού γραμμικού υποδείγματος, μετατρέπεται σε διάνυσμα, με αποτέλεσμα ο περιορισμός (1) να παίρνει τη μορφή της ανισότητας (2).

Επίσης, εισάγεται ο περιορισμός (3), σύμφωνα με τον οποίο η άγνωστη έκταση για κάθε μια από τις υποψήφιες καλλιέργειες δεν μπορεί να ξεπερνά το παρατηρούμενο επίπεδο κατά το έτος αναφοράς. Ο συγκεκριμένος περιορισμός είναι χαρακτηριστικός του ΘΜΠ και χρησιμοποιείται αποκλειστικά στη πρώτη φάση της μεθόδου για την εύρεση της σκιώδους τιμής κάθε παρατηρούμενης δραστηριότητας.

$$\max f(\mathbf{x}_n) = \sum_{n=1}^N (\mathbf{p}r_n - \mathbf{c}_n) \mathbf{x}_n$$

και περιορισμούς:

$$\sum_{n=1}^N \mathbf{x}_n \leq b \quad [y] \quad (2)$$

$$\mathbf{x}_n \leq \mathbf{x}_{Rn} + \varepsilon \quad [\lambda_n] \quad (3)$$

$$\mathbf{x}_n \geq 0$$

όπου  $n = 1, 2, \dots, N$

Στην ανισότητα (3), το διάνυσμα  $\mathbf{x}_{Rn}$  παριστάνει το παρατηρούμενο επίπεδο παραγωγής για κάθε κλάδο  $n$ , ενώ το  $\varepsilon$  είναι ένας πολύ μικρός αριθμός (π.χ. 0.000001) που προστίθεται για να αποφευχθεί ο εκφυλισμός του υποδείγματος λόγω της γραμμικής εξάρτησης που παρατηρείται μεταξύ των περιορισμών. Η εισαγωγή του  $\varepsilon$  έχει επίπτωση και στις σκιάδεις τιμές που αντιστοιχούν στον περιορισμό (3) και οι οποίες παριστάνονται από το διάνυσμα  $\lambda_n$ . Συγκεκριμένα, για τις πρώτες  $N - 1$  δραστηριότητες το  $\lambda_n$  θα είναι θετικό αφού γι' αυτές ο περιορισμός εξαντλείται πλήρως, ενώ αντίθετα για την οριακή δραστηριότητα (που δεν εξαντλεί τον περιορισμό) θα ισχύει  $\lambda_N = 0$ .

Το δεύτερο στάδιο του ΘΜΠ περιλαμβάνει την εκτίμηση της συνάρτησης κόστους μη γραμμικής μορφής με τη βοήθεια των σκιάδων τιμών που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο. Ειδικότερα, το δυϊκό πρόβλημα ελαχιστοποίησης μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

$$\min g(y, \lambda_n) = \sum_{n=1}^N by + (\mathbf{x}_{Rn} + \varepsilon) \lambda_n$$

και περιορισμούς:

$$y + \lambda_n \geq \mathbf{p}r_n - \mathbf{c}_n \quad (4)$$

$$y \geq 0$$

όπου  $n = 1, 2, \dots, N$

Μεταφέροντας το  $\mathbf{c}_n$  στο αριστερό μέρος, ο περιορισμός (4) γράφεται ως:

$$y + \lambda_n + \mathbf{c}_n \geq \mathbf{p}r_n \quad (5)$$

Στην ανισότητα (5), το άθροισμα  $\lambda_n + c_n$  μπορεί να ερμηνευτεί ως το οριακό μεταβλητό κόστος ( $MVC$ ) κάθε δραστηριότητας  $n$ , ο αριθμός  $y$  ως το σταθερό κόστος χρήσης του συντελεστή ‘έδαφος’ ( $FC$ ), ενώ το διάνυσμα  $\mathbf{p}r_n$ , που συμβολίζει την τιμή των παραγόμενων προϊόντων, αποτελεί το οριακό όφελος ( $MR$ ) από την παραγωγή μιας μονάδας  $n$ . Η θεώρηση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα ο περιορισμός (5) να γράφεται ως  $FC + MVC \geq MR$ .

Ως συνάρτηση μεταβλητού κόστους  $VC$ , χρησιμοποιείται συνήθως μια συνάρτηση τετραγωνικής μορφής (6), η μερική παράγωγος της οποίας ως προς  $\mathbf{x}_n$  δίνει το οριακό μεταβλητό κόστος  $MVC$  (7), που ισούται με το άθροισμα  $\lambda_n + c_n$  (8):

$$VC = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^N \mathbf{x}_{Rn} Q_{nj} \mathbf{x}_{Rj} \quad (6)$$

$$MVC = \sum_{j=1}^N Q_{nj} \mathbf{x}_{Rj} \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^N Q_{nj} \mathbf{x}_{Rj} \equiv \lambda_n + c_n \quad (8)$$

όπου  $n, j = 1, 2, \dots, N$

Η εξίσωση (7) παρουσιάζει μια παραδοχή του ΘΜΠ, που είναι το συνεχώς αυξανόμενο οριακό μεταβλητό κόστος για ολοένα μεγαλύτερα επίπεδα του  $\mathbf{x}_n$ , σε αντίθεση με το σταθερό οριακό μεταβλητό κόστος που παρατηρείται σε κάθε υπόδειγμα γραμμικού προγραμματισμού.

Ο  $Q$  είναι ένας θετικά ορισμένος  $N \times N$  πίνακας που αντιπροσωπεύει την κλίση της καμπύλης (ή του υπερεπιπέδου) μεταβλητού κόστους στο σημείο  $\mathbf{x}_{Rn}$ . Στη βιβλιογραφία ορίζεται είτε ως διαγώνιος (Howitt, 1995b), είτε ως συμμετρικός με μη μηδενικά στοιχεία παντού (Argini *et al.*, 2003). Οι διάφορες μορφές του  $Q$  επιβάλλουν και διαφορετική μεθοδολογία στον υπολογισμό των στοιχείων του. Έτσι, στην περίπτωση διαγώνιου πίνακα, κάθε στοιχείο  $q_{ii}$  υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_N \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} q_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & q_{NN} \end{pmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{x}_{R1} \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{RN} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\text{ή} \quad q_{nn} = \frac{c_n + \lambda_n}{x_{Rn}}$$

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, η διαγώνιος μορφή του  $Q$  καθιστά εύκολη την εκτίμηση των στοιχείων του, υστερεί ωστόσο σε ρεαλισμό, αφού δεν αναπαριστά τη πραγματική σχέση υποκατάστασης ή συμπληρωματικότητας που παρατηρείται μεταξύ των καλλιεργειών, καθώς υποθέτει πως το οριακό κόστος κάθε καλλιέργειας εξαρτάται αποκλειστικά από το δικό της επίπεδο παραγωγής. Αντίθετα, όταν ο πίνακας θεωρηθεί ως συμμετρικός με μη μηδενικά στοιχεία παντού, το οριακό κόστος κάθε καλλιέργειας εξαρτάται και από το επίπεδο παραγωγής όλων των υπολοίπων, ενώ η εξίσωση (9) παίρνει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_N \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{N1} & \cdots & q_{NN} \end{pmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{R1} \\ \vdots \\ x_{RN} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\text{ή} \quad c_n + \lambda_n = \sum_{j=1}^N q_{nj} x_{Rj}$$

Η (10) αποτελεί ένα σύστημα  $N$  εξισώσεων με  $(N^2 + N)/2$  αγνώστους και συνεπώς είναι ένα υποπροσδιορισμένο πρόβλημα για την επίλυση του οποίου χρησιμοποιείται συνήθως η μέγιστη εντροπία (Shannon, 1948). Πρόκειται για μια μέθοδο με οικονομετρικές εφαρμογές (Golan *et al.*, 1996; Léon *et al.*, 1999), που ωστόσο έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών που ασχολούνται με τον ΘΜΠ (Paris & Howitt, 1998; Heckelei & Wolff, 2003; Arfini *et al.*, 2008).

Το μέτρο της εντροπίας, όπως ορίστηκε από τον Shannon (1948) εκφράζεται μέσα από ένα διάνυσμα πιθανοτήτων  $p = [p_1, p_2, \dots, p_K]$  εμφάνισης  $K$  ενδεχομένων και αλγεβρικά ισούται με το αρνητικό άθροισμα των  $K$  πιθανοτήτων επί το λογάριθμο τους:

$$H(p_k) = \sum_{k=1}^K p_k \ln\left(\frac{1}{p_k}\right) = -\sum_{k=1}^K p_k \ln(p_k)$$

Η εντροπία μεγιστοποιείται όταν κάθε ενδεχόμενο έχει την ίδια πιθανότητα εμφάνισης  $p_1 = p_2 = \dots = p_K = 1/K$ , δηλαδή όταν το σύνολο πιθανοτήτων προσεγγίζει την ομοιόμορφη κατανομή.

Κατά τη χρήση του κριτηρίου της μέγιστης εντροπίας για την επίλυση συστημάτων εξισώσεων, το διάνυσμα  $p$  των πιθανοτήτων πολλαπλασιάζεται με ένα διάνυσμα υποστηρικτικών τιμών  $z_k = [z_1, z_2, \dots, z_K]^1$ , το οποίο επιλέγεται από τον ερευνητή με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εφικτή η επίλυση του συστήματος, δηλαδή οι τιμές που παίρνουν τα στοιχεία του διανύσματος να συγκεντρώνονται κοντά στις πιθανές τιμές των ζητούμενων παραμέτρων (Golan *et al.*, 1996). Αυτό σημαίνει πως οι υποστηρικτικές τιμές παίζουν το ρόλο μιας πιθανής αρχικής λύσης, η οποία στη συνέχεια, με τη μεγιστοποίηση της εντροπίας του συστήματος, διαμορφώνεται στο τελικό της ύψος. Αν και γενικά η επιλογή του υποστηρικτικού διανύσματος επηρεάζει τα αποτελέσματα, δηλαδή τις ζητούμενες τιμές των πιθανοτήτων και κατά συνέπεια την τιμή των στοιχείων του  $Q$ , το συνολικό υπολογιζόμενο μεταβλητό κόστος  $x^T Q x$  παραμένει σταθερό ανεξάρτητα από τις υποστηρικτικές τιμές που επιλέγονται (Paris & Howitt, 1998).

Η αλγεβρική διατύπωση του προβλήματος μεγιστοποίησης της εντροπίας για την εκτίμηση μιας παραμέτρου  $a$ , δεδομένου ενός διανύσματος υποστηρικτικών τιμών  $z_k$  είναι η εξής:

$$\max H(p_k) = -\sum_{k=1}^K p_k \ln(p_k)$$

και περιορισμούς:

$$\sum_{k=1}^K z_k p_k = a$$

$$\sum_{k=1}^K p_k = 1$$

$$p_k \geq 0$$

όπου  $k = 1, 2, \dots, K$

Προκειμένου να εξασφαλίσουν πως ο πίνακας  $Q$  είναι συμμετρικός και θετικά ορισμένος, οι Paris και Howitt (1998) πρότειναν την εφαρμογή της μεθόδου Cholesky που συνίσταται στη παραγοντοποίηση του  $Q$  σε ένα γινόμενο τριών πινάκων:

---

<sup>1</sup> Αν και σύμφωνα με τους Golan *et al.* (1996), η διακύμανση των εκτιμήσεων της μέγιστης εντροπίας και ο αριθμός των στοιχείων του υποστηρικτικού διανύσματος παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση, οι Heckeley & Britz (2000) διαπίστωσαν πως η επιλογή ενός διανύσματος με περισσότερα από 4 στοιχεία δε μεταβάλλει σημαντικά τα αποτελέσματα της μεθόδου. Έτσι, συνήθως  $K=4$ .

$Q = LDL^T$ , όπου  $L$  ένας κάτω τριγωνικός πίνακας με μονάδες στην κύρια διαγώνιο,  $L^T$  ο ανάστροφος του και  $D$  ένας διαγώνιος πίνακας. Ακολουθεί ένα παράδειγμα με ένα πίνακα  $3 \times 3$ :

$$\begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & & \\ l_{21} & 1 & \\ l_{31} & l_{32} & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} d_{11} & & \\ & d_{22} & \\ & & d_{33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & l_{12} & l_{13} \\ & 1 & l_{23} \\ & & 1 \end{pmatrix}$$

$$Q = L D L^T$$

Αν και στην παραπάνω διατύπωση η συμμετρία του πίνακα  $Q$  είναι προφανής αφού προέρχεται από το γινόμενο συμμετρικών πινάκων, η θετική οριστικότητα του δεν είναι ορατή, αλλά εξασφαλίζεται από την υπόθεση πως τα στοιχεία του  $D$  είναι μη αρνητικά (Σοφιανός & Τυχόπουλος, 2005).

Η μέθοδος της μέγιστης εντροπίας εφαρμόζεται για κάθε ένα από τα στοιχεία των  $L$  και  $D$ , με τα διανύσματα υποστηρικτικών τιμών  $\mathbf{z}_k^L$  και  $\mathbf{z}_k^D$  να ορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσεγγίζουν το άθροισμα  $\mathbf{c}_n + \boldsymbol{\lambda}_n$ . Έτσι, το πρόβλημα μεγιστοποίησης της εντροπίας στα πλαίσια του ΘΜΠ, διατυπώνεται αλγεβρικά ως εξής:

$$\max H(\mathbf{p}_k^L, \mathbf{p}_k^D) = -\sum_{k=1}^K \mathbf{p}_k^L \ln(\mathbf{p}_k^L) - \sum_{k=1}^K \mathbf{p}_k^D \ln(\mathbf{p}_k^D)$$

και περιορισμούς:

$$LDL^T \mathbf{x}_{Rn} = \boldsymbol{\lambda}_n + \mathbf{c}_n \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^K \mathbf{z}_k^L \mathbf{p}_k^L = l_{nj}$$

$$\sum_{k=1}^K \mathbf{z}_k^D \mathbf{p}_k^D = d_{mn}$$

$$\sum_{k=1}^K \mathbf{p}_k^L = 1$$

$$\sum_{k=1}^K \mathbf{p}_k^D = 1$$

$$\mathbf{p}_k^L, \mathbf{p}_k^D \geq 0$$

όπου  $k = 1, 2, \dots, K$  και  $n = 1, 2, \dots, N$

Κατά την τρίτη φάση του ΘΜΠ (Πλαίσιο II), επαναδιατυπώνεται το αρχικό πρόβλημα μεγιστοποίησης του κέρδους, με τη διαφορά ότι το κομμάτι της αντικειμενικής συνάρτησης που περιγράφει το κόστος είναι πλέον μη γραμμικό και επιπλέον λείπει ο ειδικός περιορισμός (3) που είχε εισαχθεί για τον υπολογισμό των σκιωδών τιμών κάθε δραστηριότητας. Έτσι, η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος είναι:

ΠΛΑΙΣΙΟ II: Τρίτη Φάση του ΘΜΠ
$\max GM = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^N pr_n x_n - \frac{1}{2} x_n Q_{nj} x_j$ <p>με περιορισμούς:</p> $\sum_{n=1}^N x_n \leq b$ $x_n \geq 0$ <p>όπου <math>n, j = 1, 2, \dots, N</math></p>

Η επίλυση του παραπάνω προβλήματος αριστοποίησης δίνει λύση  $x_n = x_{Rn}$  αναπαράγοντας έτσι τα αποτελέσματα του έτους βάσης.

## 4. Προεκτάσεις της μεθόδου

### 4.1. Εφαρμογή σε δείγμα εκμεταλλεύσεων

Αυτό που προκύπτει από την ανάλυση που προηγήθηκε είναι πως αν και ο ΘΜΠ εξασφαλίζει τη σωστή ρύθμιση ενός υποδείγματος μαθηματικού προγραμματισμού, αναπαράγοντας ακριβώς τις παρατηρήσεις του έτους αναφοράς, αδυνατεί να λειτουργήσει σε περιφερειακό επίπεδο, όπου κάθε εκμετάλλευση χαρακτηρίζεται από διαφορετικό σχέδιο παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, το γεγονός ότι ο ΘΜΠ βασίζεται στο παρατηρούμενο σχέδιο παραγωγής για να μετατρέψει τη συνάρτηση κόστους σε μη γραμμική, σημαίνει πως δε λαμβάνονται υπόψη άλλες εναλλακτικές καλλιέργειες, που παρατηρούνται σε άλλες εκμεταλλεύσεις του δείγματος και οι οποίες σε περιπτώσεις θεσμικών μεταβολών (αλλαγές τιμών ή επιδοτήσεων) πιθανώς να καθίστανται ανταγωνιστικές ή ακόμα και οικονομικά προτιμότερες των ήδη παρατηρούμενων.



Το ερώτημα που κατά συνέπεια προκύπτει είναι πως μπορούν να εισαχθούν στον πίνακα  $Q$  (ή σε κάθε άλλης μορφής μη γραμμικότητα στην αντικειμενική συνάρτηση) οι συντελεστές που αναπαριστούν τις σχέσεις μεταξύ όλων των υποψήφιων κλάδων παραγωγής για κάθε εκμετάλλευση. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η τετραγωνικής μορφής συνάρτηση κόστους, ο πίνακας  $Q$  για κάθε εκμετάλλευση θα πρέπει να περιλαμβάνει επιπλέον γραμμές και στήλες οι οποίες θα περιέχουν και τους συντελεστές για τις μη παρατηρούμενες δραστηριότητες, με αποτέλεσμα να μετατρέπεται στον επαυξημένο  $S$ .

$$S = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & \vdots & s_{43} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & \vdots & s_{43} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & \vdots & s_{43} \\ \dots & \dots & \dots & \vdots & \\ s_{41} & s_{42} & s_{43} & & s_{43} \end{pmatrix} \rightarrow Q$$

Στον  $4 \times 4$  πίνακα  $S$  που απεικονίζεται παραπάνω, ο αρχικός πίνακας  $Q$  αποτελεί την  $3 \times 3$  διαμέριση και περιλαμβάνει τους συντελεστές  $q$  για τις παρατηρούμενες καλλιέργειες, ενώ τα στοιχεία  $s$  της 4<sup>ης</sup> γραμμής και της 4<sup>ης</sup> στήλης αποτελούν τους αντίστοιχους συντελεστές με τους οποίους συσχετίζονται οι εναλλακτικές δραστηριότητες με τις ήδη παρατηρούμενες.

Αν και υπάρχουν δημοσιεύσεις που πραγματεύονται το παραπάνω ερώτημα, (Paris & Arfini, 2000; Blanco *et al.*, 2008), η παρούσα εργασία ακολουθεί τη μέθοδο που προτείνουν οι Paris και Arfini (2000) και αφορά στη τεχνική της «αυτό-επιλογής» (Self-selection). Η μέθοδος υποθέτει την ύπαρξη μιας συνάρτησης κόστους που περιλαμβάνει το σύνολο των δραστηριοτήτων σε μια εξεταζόμενη περιοχή, με την κάθε εκμετάλλευση στην περιοχή αυτή να χαρακτηρίζεται από την ίδια (συνολική) συνάρτηση κόστους συν μια απόκλιση που αναπαριστά τις διαφορές στον τρόπο παραγωγής και στις προτιμήσεις του κάθε παραγωγού.

Για το σκοπό αυτό προτείνεται η κατασκευή μιας εικονικής εκμετάλλευσης ( $VF$ ), η οποία παρουσιάζει ως σχέδιο παραγωγής τη συνολική έκταση των καλλιεργειών του δείγματος και συνεπώς σχηματίζει έναν πίνακα  $S$  πλήρως αναπτυγμένο, δηλαδή με τη μέγιστη δυνατή διάσταση (ίση με τον αριθμό των καλλιεργειών στο δείγμα των εκμεταλλεύσεων). Σύμφωνα με τη μέθοδο της «αυτό-

επιλογής», η συνάρτηση οριακού μεταβλητού κόστους της εικονικής εκμετάλλευσης  $S_{nj}\mathbf{x}_j$  παριστάνει τον ιδανικό τρόπο παραγωγής, αποτελώντας έτσι τη συνοριακή συνάρτηση κόστους (Frontier cost function) για όλες τις υπόλοιπες (πραγματικές) εκμεταλλεύσεις του δείγματος. Με βάση τα παραπάνω, για κάθε πραγματική εκμετάλλευση  $f$  του δείγματος, η συνάρτηση οριακού μεταβλητού κόστους θα ισούται με  $MVC_{(f)} = S_{nj}\mathbf{x}_{j(f)} + U_{n(f)}$ , όπου ο όρος  $U_{n(f)}$  παριστάνει την απόκλιση στο κόστος παραγωγής της  $n$  δραστηριότητας που παρουσιάζει κάθε εκμετάλλευση από το αντίστοιχο της εικονικής. Είναι προφανές πως τα στοιχεία κάθε διανύσματος  $U_{n(f)}$  πρέπει να είναι θετικά, αφού δείχνουν την κάθετη απόσταση της συνάρτησης κόστους της  $f$  εκμετάλλευσης από τη συνοριακή συνάρτηση κόστους της εικονικής εκμετάλλευσης, για διάφορα επίπεδα παραγωγής  $\mathbf{x}_{n(f)}$ . Έτσι, η μέγιστη εντροπία χρησιμοποιείται πλέον όχι μόνο για την εύρεση του  $S$ , αλλά και για την εκτίμηση των στοιχείων του διανύσματος σφάλματος  $U$ .

Η αλγεβρική διατύπωση του προβλήματος μεγιστοποίησης της εντροπίας στη μέθοδο της «αυτό-επιλογής», διαφοροποιείται σε σχέση με την αντίστοιχη για την περίπτωση της μιας εκμετάλλευσης ως προς τον τρόπο με τον οποίο εκφράζεται η αρχική εξίσωση (11), η οποία αντικαθίσταται από τους περιορισμούς (12), (13) και (14). Πιο συγκεκριμένα:

$$\max H(\mathbf{p}_k^L, \mathbf{p}_k^D, \mathbf{p}_{k(f)}^U) = -\sum_{f=1}^F \left[ \sum_{k=1}^K \mathbf{p}_k^L \ln(\mathbf{p}_k^L) + \sum_{k=1}^K \mathbf{p}_k^D \ln(\mathbf{p}_k^D) + \sum_{k=1}^K \mathbf{p}_{k(f)}^U \ln(\mathbf{p}_{k(f)}^U) \right]$$

και περιορισμούς:

- Για την εικονική εκμετάλλευση:

$$MVC \equiv \boldsymbol{\lambda}_{n(VF)} + \mathbf{c}_{n(VF)} = \sum_{j=1}^N S_{nj} \mathbf{x}_{Rj(VF)} \quad (12)$$

- Για όσες εκμεταλλεύσεις παράγουν το προϊόν  $n$ :

$$MVC \equiv \boldsymbol{\lambda}_{n(f)} + \mathbf{c}_{n(f)} = \sum_{j=1}^N S_{nj} \mathbf{x}_{Rj(f)} + U_{n(f)} \mid \mathbf{x}_{Rn(f)} > 0 \quad (13)$$

- Για όσες εκμεταλλεύσεις δεν παράγουν το προϊόν  $n$ :

$$MVC \equiv \boldsymbol{\lambda}_{n(VF)} + \mathbf{c}_{n(VF)} \leq \sum_{j=1}^N S_{nj} \mathbf{x}_{Rj(f)} + U_{n(f)} \mid \mathbf{x}_{Rn(f)} = 0 \quad (14)$$

και επιπλέον...

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^K z_k^L \mathbf{p}_k^L &= l_{nj} \\ \sum_{k=1}^K z_k^D \mathbf{p}_k^D &= d_{nn} \\ \sum_{k=1}^K \mathbf{p}_k^L &= 1, \quad \sum_{k=1}^K \mathbf{p}_k^D = 1, \quad \sum_{k=1}^K \mathbf{p}_{k(f)}^U = 1 \\ \mathbf{p}_k^L, \mathbf{p}_k^D, \mathbf{p}_{k(f)}^U &\geq 0 \end{aligned}$$

όπου  $k = 1, 2, \dots, K$ ,  $f = 1, 2, \dots, F$  και  $n, j = 1, 2, \dots, N$

Η εξίσωση (12) υπολογίζει τη συνοριακή συνάρτηση κόστους της εικονικής εκμετάλλευσης, ενώ η (13) αφορά στις εκμεταλλεύσεις όπου παρατηρείται ο  $n$  κλάδος παραγωγής και για τον οποίο συνεπώς το οριακό μεταβλητό  $\lambda_{n(f)} + c_{n(f)}$  κόστος ισούται ακριβώς με  $S_{nj} \mathbf{x}_{j(f)} + \mathbf{U}_{n(f)}$ . Αντίθετα, ο περιορισμός (14) αναφέρεται στις εκμεταλλεύσεις οι οποίες δεν καλλιεργούν το προϊόν  $n$ , άρα το οριακό μεταβλητό κόστος για το προϊόν αυτό, εφόσον αποφασίσουν να το καλλιεργήσουν, θα πρέπει είναι τουλάχιστον ίσο με το αντίστοιχο της εικονικής εκμετάλλευσης, δηλαδή είτε  $S_{nj} \mathbf{x}_{j(f)}$ , είτε  $S_{nj} \mathbf{x}_{j(f)} + \mathbf{U}_{n(f)}$ .

Η τρίτη φάση του ΘΜΠ κατά την εφαρμογή της μεθόδου της «αυτό-επιλογής» είναι όμοια με την περίπτωση της απλής εκμετάλλευσης με μόνη διαφορά ότι η μη γραμμική συνάρτηση κόστους περιλαμβάνει επιπλέον και τον όρο σφάλματος  $\mathbf{U}_{n(f)} \mathbf{x}_{n(f)}^T$ , για κάθε μια από τις  $f$  εκμεταλλεύσεις του δείγματος.

$$\max GM_{(f)} = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^N \mathbf{p} r_{n(f)} \mathbf{x}_{n(f)} - \frac{1}{2} \mathbf{x}_{n(f)} S_{nj} \mathbf{x}_{j(f)} - \mathbf{U}_{n(f)} \mathbf{x}_{n(f)}$$

με περιορισμούς:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N \mathbf{x}_{n(f)} &\leq b_{(f)} \\ \mathbf{x}_{n(f)} &\geq 0 \end{aligned}$$

όπου  $n, j = 1, 2, \dots, N$  και  $f = 1, 2, \dots, F$ .

Και πάλι προκύπτει η λύση  $\mathbf{x}_{n(f)} = \mathbf{x}_{Rn(f)}$  αναπαράγοντας έτσι τα αποτελέσματα του έτους βάσης.

#### 4.2. Επέκταση σε μη παρατηρούμενες δραστηριότητες

Με τον τρόπο που μόλις περιγράφηκε είναι δυνατό να δημιουργηθεί μη γραμμική συνάρτηση κόστους για κάθε μια από τις εξεταζόμενες εκμεταλλεύσεις, λαμβάνοντας υπόψη και όλες τις παρατηρούμενες καλλιέργειες. Ωστόσο, η εισαγωγή στην αντικειμενική συνάρτηση (δηλαδή στον πίνακα  $S$ ) καλλιεργειών που δεν παρατηρούνται σε καμία από τις εξεταζόμενες εκμεταλλεύσεις δεν έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας, εκτός από τους Judéz et al. (2008) που όμως δεν αναφέρονται σε εντελώς νέες δραστηριότητες, αλλά σε διαφορετικές ποικιλίες ή εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής (άρδευση ή μη) ήδη παρατηρούμενων καλλιεργειών.

Για τη παρούσα εργασία και στα πλαίσια της συνεργασίας με το πανεπιστήμιο της Πάρμα, προτείνεται και εφαρμόζεται μια πολύ απλή τεχνική για την εισαγωγή της καλλιέργειας ενεργειακών φυτών στο σχέδιο παραγωγής μιας εκμετάλλευσης όταν δεν υπάρχουν παρατηρήσεις για το έτος βάσης. Να σημειωθεί πως αν και η τεχνική που υιοθετήθηκε περιγράφεται για μια εκμετάλλευση, μπορεί εύκολα να επεκταθεί και σε δείγμα  $N$  εκμεταλλεύσεων με τη χρήση της μεθόδου της «αυτό-επιλογής» η οποία αναλύθηκε προηγουμένως.

Η εισαγωγή σε ένα υπόδειγμα ΘΜΠ μιας νέας δραστηριότητας (για την οποία είναι γνωστά τόσο η Ακαθάριστη Πρόσοδος ανά στρέμμα  $pr_{en}$ , όσο και το μεταβλητό κόστος παραγωγής ανά στρέμμα  $c_{en}$ ), στηρίζεται στην υπόθεση πως η εκμετάλλευση κατά το έτος βάσης εμφανίζει στο σχέδιο παραγωγής της τη νέα δραστηριότητα σε πολύ μικρή όμως έκταση (π.χ. ίση με  $x_{Ren} = 0.000001$ ). Έτσι, η πρώτη φάση του ΘΜΠ μπορεί να γραφτεί ως:

$$\max f(\mathbf{x}_n) = (pr_{en} - c_{en})x_{en} + \sum_{n=1}^N (pr_n - c_n)x_n$$

και περιορισμούς:

$$\mathbf{x}_{en} + \sum_{n=1}^N \mathbf{x}_n \leq b \quad [y]$$

$$\mathbf{x}_n \leq \mathbf{x}_{Rn} + \varepsilon \quad [\lambda_n]$$

$$\mathbf{x}_{en} \leq \mathbf{x}_{Ren} + \varepsilon$$

$$\mathbf{x}_n, \mathbf{x}_{en} \geq 0$$

όπου  $n = 1, 2, \dots, N$

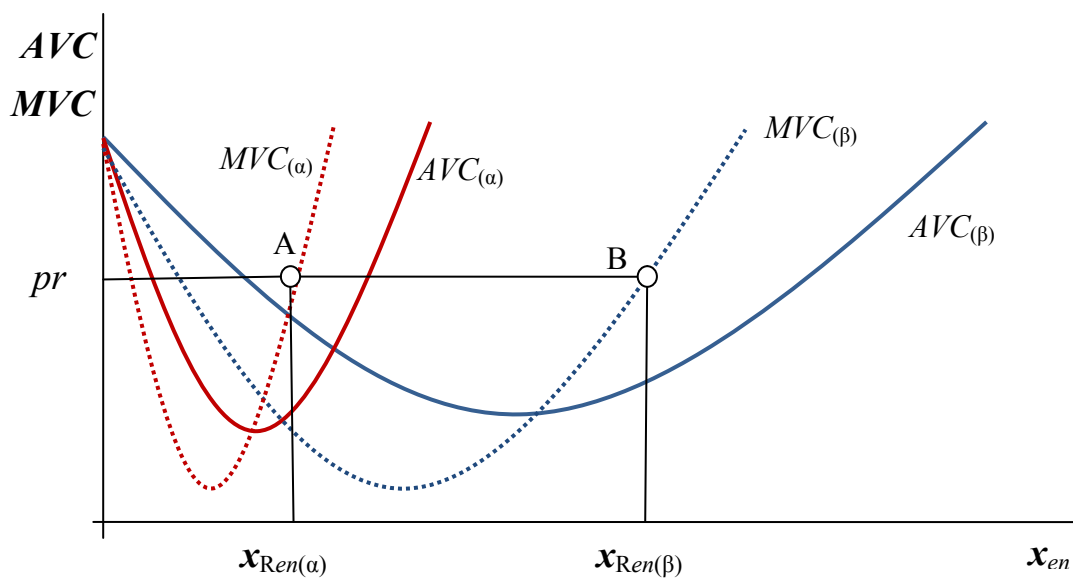
Η επιλογή του μικρού επιπέδου παραγωγής  $\varepsilon$  για την ενεργειακή καλλιέργεια έγινε για να μην επηρεαστεί το τελικό υπολογιζόμενο ακαθάριστο κέρδος της εκμετάλλευσης αλλά ούτε και να μεταβληθεί σημαντικά η σκιάδης τιμή  $y$  του περιορισμού για τη συνολική έκταση γης. Εξάλλου, ανεξάρτητα από τη παρατηρούμενη έκταση και εφόσον δεν πρόκειται για οριακή δραστηριότητα θα προκύπτει πάντα μια σκιάδης τιμή  $\lambda_{en}$  η οποία σε συνδυασμό με το γνωστό μεταβλητό κόστος  $c_{en}$  θα επιτρέπει τη διατύπωση μιας εξίσωσης της μορφής  $c + \lambda = Qx$ , όπως η (8).

Ο πίνακας  $Q$  της εκμετάλλευσης θα έχει τη μορφή του επαυξημένου  $S$  και διάσταση  $(N+1) \times (N+1)$ , με τα στοιχεία  $s$  να αντιπροσωπεύουν τον τρόπο με τον οποίο η νέα δραστηριότητα σχετίζεται με τις ήδη παρατηρούμενες. Ομοίως τα διανύσματα  $\lambda$  και  $c$  θα έχουν διάσταση  $N+1$ , δηλαδή  $N$  υφιστάμενες καλλιέργειες συν την ενεργειακή.

Ένα σημείο που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής κατά το στάδιο εκτίμησης των στοιχείων του πίνακα  $Q$  και ειδικότερα όσων αναφέρονται στη νεοεισαχθείσα δραστηριότητα, είναι ο ορισμός των υποστηρικτικών τιμών που σχετίζονται με αυτή. Πιο συγκεκριμένα, όταν χρησιμοποιείται ένα ενιαίο διάνυσμα υποστηρικτικών τιμών για όλες τις καλλιέργειες, ένα πολύ μικρό επίπεδο παραγωγής για το  $x_{Ren}$  οδηγεί σε τιμές των  $q$  του ενεργειακού φυτού κατά πολύ υψηλότερες σε σχέση με τα υπόλοιπα στοιχεία του  $Q$ . Δεδομένου πως κάθε  $q_{nj}$  αντιπροσωπεύει το βαθμό υποκατάστασης ή συμπληρωματικότητας μεταξύ των κλάδων  $n$  και  $j$ , η ενεργειακή καλλιέργεια φαίνεται πως συνεισφέρει σε πολύ μεγάλο βαθμό στη διαμόρφωση του τελικού συνολικού μεταβλητού κόστους  $x_n Q_{nj} x_j$ , με αποτέλεσμα να υποκαθίσταται ευκολότερα και να δημιουργεί προβλήματα όταν επιχειρείται η χρήση του υποδείγματος για ανάλυση πολιτικής. Έτσι, αν και με τη χρήση του αρχικού  $x_{Ren} = 0.000001$  το υπόδειγμα επιτυγχάνει να αναπαράγει τα αποτελέσματα του έτους βάσης, αδυνατεί να δώσει ρεαλιστικά αποτελέσματα όταν εξετάζονται οι μεταβολές σε κάποιες παραμέτρους (π.χ. τιμή του ενεργειακού φυτού). Αυτό οφείλεται ακριβώς στη πολύ χαμηλή τιμή του  $x_{Ren}$  που έχει οδηγήσει σε προβληματική εκτίμηση των στοιχείων του  $Q$ .

Να σημειωθεί πως τα στοιχεία του πίνακα  $Q$  για τα οποία το πρόβλημα παρουσιάζεται οξύτερο είναι τα διαγώνια στοιχεία  $q_m$ , τα οποία αντιπροσωπεύουν την ελαστικότητα ως προς την τιμή του προϊόντος  $n$ . Αυτό σημαίνει πως εξαιτίας της χαμηλής τιμής του  $x_{Ren}$ , ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζονται τα στοιχεία του  $Q$ , δημιουργεί υπερβολικά χαμηλή ελαστικότητα προσφοράς για τη μη παρατηρούμενη δραστηριότητα, με αποτέλεσμα η αύξηση της τιμής να συνεπάγεται πολύ μικρή αύξηση της καλλιεργούμενης έκτασης.

Τα παραπάνω γίνονται εμφανή στο διάγραμμα που ακολουθεί: Για διαφορετικά επίπεδα  $x_{Ren}$ , το υπόδειγμα παράγει διαφορετικές καμπύλες οριακού και μέσου μεταβλητού κόστους, η κλίση των οποίων αυξάνει όσο μικρότερη είναι η αρχική επιλεχθείσα τιμή του  $x_{Ren}$ .



Τα  $a$  και  $b$  του διαγράμματος αναφέρονται σε διαφορετικά επίπεδα του  $x_{Ren}$  με  $x_{Ren(b)} > x_{Ren(a)}$ . Όπως είναι εμφανές, όταν η αρχική έκταση της ενεργειακής καλλιέργειας είναι πολύ μικρή, το μέσο μεταβλητό κόστος για μεγάλα επίπεδα  $x_{en}$  αυξάνει υπερβολικά με αποτέλεσμα να μην είναι συμφέρουσα η εισαγωγή της στο σχέδιο παραγωγής της εκμετάλλευσης. Σε κάθε περίπτωση, το κριτήριο της μέγιστης εντροπίας διαμορφώνει τον πίνακα  $Q$  – δηλαδή τη κλίση της καμπύλης οριακού μεταβλητού κόστους – με τέτοιο τρόπο, ώστε για δεδομένο διάνυσμα  $x_R$  να αναπαράγονται τα αποτελέσματα του έτους βάσης.

Η παρατήρηση αυτή είναι συνεπής με τη βασική υπόθεση του ΘΜΠ πως το υφιστάμενο σχέδιο παραγωγής είναι το άριστο, αφού σε οικονομικούς όρους σημαίνει πως το οριακό κόστος μιας δραστηριότητας που δεν παρατηρείται είναι πολύ μεγαλύτερο από το οριακό της κέρδος, με αποτέλεσμα να παραβιάζεται η συνθήκη αριστοποίησης  $MR = MC$ . Έτσι φαίνεται πως το παρατηρούμενο επίπεδο παραγωγής κάθε δραστηριότητας επηρεάζει την εκτίμηση του πίνακα  $Q$ , αφού αποδίδονται μικρότερες τιμές στα στοιχεία εκείνα που σχετίζονται με τις καλλιέργειες που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη έκταση.

Η λύση στο πρόβλημα δεν είναι άλλο από τη σωστή επιλογή του διανύσματος των υποστηρικτικών τιμών, ώστε τα στοιχεία του πίνακα  $Q$  που προκύπτουν από την εφαρμογή της μέγιστης εντροπίας να προσεγγίζουν τις τιμές πραγματικών ελαστικότητας, τουλάχιστον σε επίπεδο αριθμητικής κλίμακας. Μάλιστα, οι (Heckelei & Britz, 2000) υποστηρίζουν πως εφόσον είναι γνωστές οι ελαστικότητες προσφοράς κάθε παρατηρούμενης καλλιέργειας, δεν είναι καν απαραίτητη η χρήση της μέγιστης εντροπίας για την εκτίμηση του  $Q$ . Για την παρούσα εργασία, ελλείπει στοιχείων για ελαστικότητες ενεργειακών φυτών, προτιμήθηκε η μείωση της κλίμακας των υποστηρικτικών τιμών κατά ένα ποσοστό ώστε όλα τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα  $Q$  να βρίσκονται πρακτικά στο ίδιο επίπεδο.

Πλέον, η διαφορά στην αλγεβρική διατύπωση του μη γραμμικού προβλήματος σε σχέση με το αρχικό γραμμικό εντοπίζεται στην αντικειμενική συνάρτηση και στον περιορισμό 3, που αφορά στις συνολικές μεταβλητές δαπάνες:

$$\max Z = spp + \sum_{n=1}^N [(yld_n (pr_n + ps_n) + ls_n)] x_n - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^N (x_n S_{nj} x_j + U_n x_n) - 15x_{vetch} - 10x_{setaside}$$

Περιορισμός μεταβλητών δαπανών:

$$15x_{vetch} + 10x_{setaside} + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^N (x_n S_{nj} x_j + U_n x_n) \leq tot\_vxp$$

## 5. Παραγωγή καμπυλών προσφοράς για ενεργειακές καλλιέργειες

Το δείγμα των εκμεταλλεύσεων που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή τόσο του απλού γραμμικού υποδείγματος όσο και του ΘΜΠ αποτελείται από 500 συνολικά

πρώην καπνοπαραγωγικές εκμεταλλεύσεις, εκ των οποίων 360 προέρχονται από την Αιτωλοακαρνανία, 70 από την Καρδίτσα και 70 από το Κιλκίς. Τα δεδομένα των εκμεταλλεύσεων του δείγματος αναφέρονται στο 2005, τελευταίο έτος πριν την εφαρμογή των μέτρων της ενδιάμεσης αναθεώρησης στην Ελλάδα.

Οι εκμεταλλεύσεις της Αιτωλοακαρνανίας (Πίνακας 8) είναι σχετικά μικρές σε μέγεθος (36.6 στρέμματα), ενώ χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη έκταση δενδρωδών καλλιεργειών, με κυρίαρχη την επιτραπέζια ελιά η οποία εμφανίζεται στο 44.7% των εκμεταλλεύσεων. Να σημειωθεί πως για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, οι δενδρώδεις καλλιέργειες δεν λήφθηκαν υπόψη, αφού λόγω του πολυετούς χαρακτήρα τους δεν μπορούν να εξομοιωθούν από ένα στατικό υπόδειγμα γραμμικού προγραμματισμού, δεν είναι δυνατό να . Σημαντική είναι και η καλλιέργεια φυτών που χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή (βρώμη και μηδική), γεγονός που δικαιολογείται από την ύπαρξη κτηνοτροφικών κλάδων παραγωγής περίπου στο ένα τρίτο των εκμεταλλεύσεων της περιοχής.

**Πίνακας 8. Χαρακτηριστικά εκμεταλλεύσεων Αιτωλοακαρνανίας**

<b>ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ</b>		
	<b>Μ.Ο. έκτασης (στρ.)</b>	<b>Ποσοστό επί Χ.Γ.Ε.</b>
<b>Χ.Γ.Ε</b>	36,6	
<b>Αρδευόμενη έκταση</b>	23,6	64,5%
<b>Ιδιόκτητη έκταση</b>	22,8	62,3%
<b>Έκταση δικαιωμάτων</b>	28,8	78,7%
<b>ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>		
	<b>Μ.Ο. έκτασης (στρ.)</b>	<b>Ποσοστό Εκμεταλλεύσεων</b>
<b>Καπνός</b>	8,9	100,0%
<b>Βρώμη</b>	3,8	12,8%
<b>Μηδική</b>	4,8	17,2%
<b>Αραβόσιτος</b>	5,2	21,2%
<b>Ελιές επιτραπέζιες</b>	6,2	44,7%
<b>Ελιές ελαιοποιήσιμες</b>	3,3	33,3%

Χαρακτηριστικό των εκμεταλλεύσεων της Καρδίτσας (Πίνακας 9) είναι το σχετικά μεγάλο μέγεθος τους (μέσος όρος 117 στρ.) καθώς και το υψηλό ποσοστό αυτών που καλλιεργούν βαμβάκι (94,3%). Το βαμβάκι είναι από πλευράς έκτασης η σημαντικότερη καλλιέργεια του δείγματος και η παρουσία του, σε συνδυασμό με τη



καλλιέργεια του καπνού, δικαιολογεί το υψηλό ποσοστό των αρδευόμενων εκτάσεων (88,2% της Χ.Γ.Ε.) Να σημειωθεί πως για τον καπνό, η μοναδική καλλιεργούμενη ποικιλία είναι το Virginia.

**Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά εκμεταλλεύσεων Καρδίτσας**

<b>ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ</b>		
	<b>Μ.Ο. έκτασης (στρ.)</b>	<b>Ποσοστό επί Χ.Γ.Ε.</b>
<b>Χ.Γ.Ε</b>	117	
<b>Αρδευόμενη έκταση</b>	103,2	88,2%
<b>Ιδιόκτητη έκταση</b>	69,6	59,5%
<b>Έκταση δικαιωμάτων</b>	96,2	82,2%
<b>ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>		
	<b>Μ.Ο. έκτασης (στρ.)</b>	<b>Ποσοστό Εκμεταλλεύσεων</b>
<b>Καπνός</b>	22,7	100,0%
<b>Βαμβάκι</b>	64,5	94,3%
<b>Σ. Σιτάρι</b>	13,1	40,0%
<b>Αραβόσιτος</b>	8,1	35,7%

Οι εκμεταλλεύσεις του Κιλκίς (Πίνακας 10) είναι μέσου μεγέθους (77.7 στρέμματα κατά Μ.Ο.) και εμφανίζουν μικρότερη καλλιεργητική ποικιλομορφία σε σχέση με τους υπόλοιπους νομούς, αφού, πέρα από τον καπνό το βαμβάκι και το σκληρό σιτάρι αποτελούν τις κυριότερες καλλιέργειες. Χαρακτηριστικό επίσης είναι το μικρό ποσοστό ιδιοκτησίας (26,5%), το οποίο είναι το χαμηλότερο μεταξύ των τριών περιοχών.

**Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά εκμεταλλεύσεων Κιλκίς**

<b>ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ</b>		
	<b>Μ.Ο. έκτασης (στρ.)</b>	<b>Ποσοστό επί Χ.Γ.Ε.</b>
<b>Χ.Γ.Ε.</b>	77,7	
<b>Αρδευόμενη έκταση</b>	49,7	64,0%
<b>Ιδιόκτητη έκταση</b>	20,6	26,5%
<b>Έκταση δικαιωμάτων</b>	76,3	98,2%
<b>ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>		
	<b>Μ.Ο. έκτασης (στρ.)</b>	<b>Ποσοστό Εκμεταλλεύσεων</b>
<b>Καπνός</b>	17,6	100,0%
<b>Βαμβάκι</b>	17,5	35,7%
<b>Σ. Σιτάρι</b>	23	45,7%

Κάθε καλλιέργεια που εμφανίζεται στο δείγμα των εκμεταλλεύσεων κάθε περιοχής, θεωρήθηκε ως υποψήφιος παραγωγικός κλάδος. Για την εκτίμηση των αποδόσεων όσων καλλιεργειών δεν εμφανίζονται στο σχέδιο παραγωγής κάποιων εκμεταλλεύσεων κατά το έτος βάσης, ακολουθήθηκε μια διαδικασία η οποία λαμβάνει υπόψη το σύνολο των παρατηρήσεων για τα έτη 2005 και 2006. Έτσι, υπολογίστηκαν ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των αποδόσεων κάθε καλλιέργειας σε κάθε νομό, αφαιρώντας το 5% των ανώτερων και κατώτερων ακραίων τιμών (Παράρτημα Ι). Η διαδικασία αυτή εφαρμόστηκε σε κάθε μια από τις περιοχές μελέτης, με αποτέλεσμα ο κάθε νομός να παρουσιάζει διαφορετική κατανομή για το ίδιο φυτό.

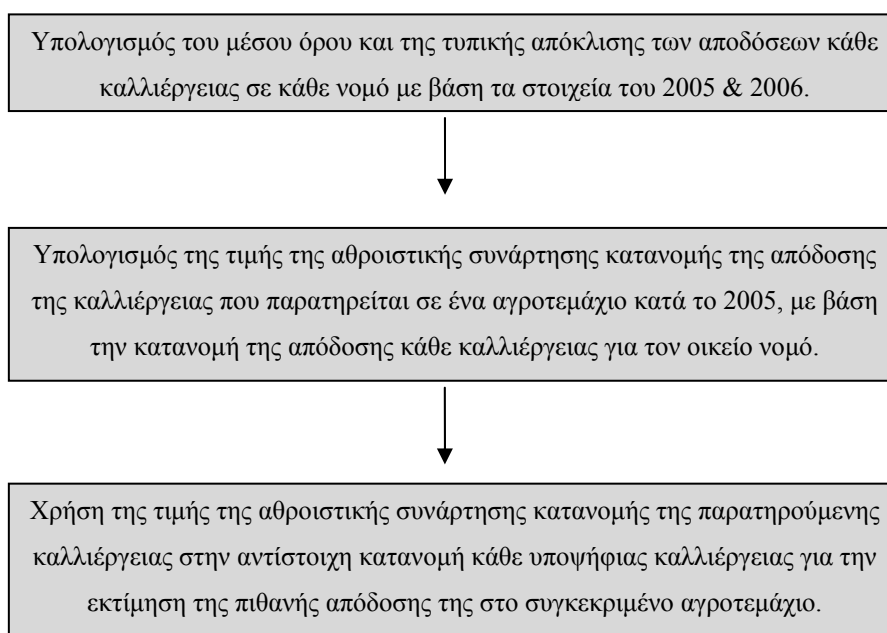
Για την εκτίμηση της πιθανής απόδοσης μιας καλλιέργειας σε ένα αγροτεμάχιο, έγιναν οι δυο παρακάτω υποθέσεις:

1. Η απόδοση οποιασδήποτε καλλιέργειας σε κάθε μια από τις περιοχές του δείγματος ακολουθεί κανονική κατανομή.
2. Η τιμή που παίρνει η αθροιστική συνάρτηση κατανομής της απόδοσης της παρατηρούμενης καλλιέργειας σε κάποιο αγροτεμάχιο κατά το έτος 2005 είναι σταθερή και χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο αγροτεμάχιο.

Ειδικότερα, η τιμή της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής της απόδοσης της παρατηρούμενης καλλιέργειας κάθε αγροτεμαχίου, υπολογίστηκε με βάση το μέσο όρο και την τυπική απόκλιση που παρουσιάζει η συγκεκριμένη καλλιέργεια στον

οικείο νομό. Η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως σταθερά που εκφράζει την ποιότητα του εδάφους, την καταλληλότητα της διαχείρισης της καλλιέργειας από τον παραγωγό (επαρκής άρδευση, λίπανση, προετοιμασία του εδάφους, καλλιεργητικές φροντίδες) και αστάθμητους παράγοντες που δεν είναι εύκολο να καταγραφούν ή να ληφθούν υπόψη, όπως η επάρκεια των βροχοπτώσεων ή η ξηρασία και οι προσβολές από ασθένειες.

Για τον υπολογισμό της πιθανής απόδοσης ακολουθήθηκε η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή έχοντας ως δεδομένο το μέσο όρο και την τυπική απόκλιση της κατανομής κάθε καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκε η σταθερά που χαρακτηρίζει το αγροτεμάχιο για να υπολογιστεί απόδοση που αντιστοιχεί σε αυτό. Η σταθερά αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις κατανομές των αποδόσεων κάθε υποψήφιας καλλιέργειας, προκειμένου να εκτιμηθεί η απόδοση της στο συγκεκριμένο αγροτεμάχιο. Διαγραμματικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν μπορούν να περιγραφτούν ως εξής:



Ένα πρόβλημα που εμφανίστηκε, αφορούσε στο μικρό αριθμό παρατηρήσεων σε κάποιες καλλιέργειες με συνέπεια η τυπική απόκλιση να προσεγγίζει το μέσο όρο της κατανομής. Αυτό επιλύθηκε μερικώς με τη χρήση των παρατηρήσεων της βάσης δεδομένων και για τα δυο έτη, μειώνοντας έτσι τη προκύπτουσα τυπική απόκλιση. Όπου αυτό δεν κατέστη δυνατό (και για τα δυο έτη ο αριθμός των παρατηρήσεων

είναι μικρός), χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος για το σύνολο του δείγματος. Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία (αντιστοιχία στην αθροιστική συνάρτηση κατανομής κτλ) για τον υπολογισμό των πιθανών αποδόσεων σε κάθε αγροτεμάχιο. Ειδικά για τη μηδική, λόγω και του πολυετούς χαρακτήρα της καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκαν στο Κιλκίς και στην Καρδίτσα αυθαίρετες τιμές που δεν προέρχονται από το δείγμα (μέσος όρος 1200 και τυπική απόκλιση 200). Επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις οι αποδόσεις που προέκυψαν ήταν υπερβολικά υψηλές ή χαμηλές. Οι τιμές αυτές διορθώθηκαν με τον ορισμό ανώτατων και κατώτατων ορίων, με βάση τη παρατηρούμενη μέγιστη και ελάχιστη απόδοση των καλλιεργειών σε κάθε νομό.

Ποτιστικές καλλιέργειες όπως ο αραβόσιτος και το βαμβάκι αποκλείστηκαν από τα ξηρικά αγροτεμάχια ενώ οι βιολογικές καλλιέργειες και τα κηπευτικά περιορίστηκαν στα αγροτεμάχια όπου παρατηρούνται κατά το 2005. Σε αγροτεμάχια που χρησιμοποιούνται ως βοσκές ή βρίσκονται σε αγρανάπαυση, χρησιμοποιήθηκαν ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση της απόδοσης κάθε υποψήφιας καλλιέργειας, είτε για το νομό, είτε για το δείγμα, ανάλογα με το πλήθος των παρατηρήσεων σε κάθε περίπτωση.

Επίσης δόθηκε η δυνατότητα να καλλιεργηθεί ποτιστικό σκληρό σιτάρι (μόνο στα αρδευόμενα αγροτεμάχια), με απόδοση που υπολογίστηκε κατά 20% υψηλότερη από την αντίστοιχη εκτιμώμενη για το ξηρικό σιτάρι. Στις περιπτώσεις όπου η καλλιέργεια σκληρού σιταριού εμφανίζεται σε αρδευόμενο αγροτεμάχιο, η παρατηρούμενη απόδοση θεωρήθηκε ότι αναφέρεται σε ποτιστικό σιτάρι κι έτσι η απόδοση του ξηρικού σιταριού υπολογίστηκε κατά 20% χαμηλότερη.

Οι μεταβλητές δαπάνες κάθε υποψήφιου κλάδου παραγωγής προέρχονται από το μέσο όρο των μεταβλητών δαπανών του αντίστοιχου κλάδου σε κάθε νομό. Ωστόσο, σε όποιες καλλιέργειες η τυπική απόκλιση προσέγγιζε το μέσο όρο των δαπανών, χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος του δείγματος. Αντίθετα, στις καλλιέργειες που παρατηρούνται κατά το 2005 χρησιμοποιήθηκαν οι μεταβλητές δαπάνες όπως έχουν δηλωθεί και υπολογιστεί από τη βάση δεδομένων.

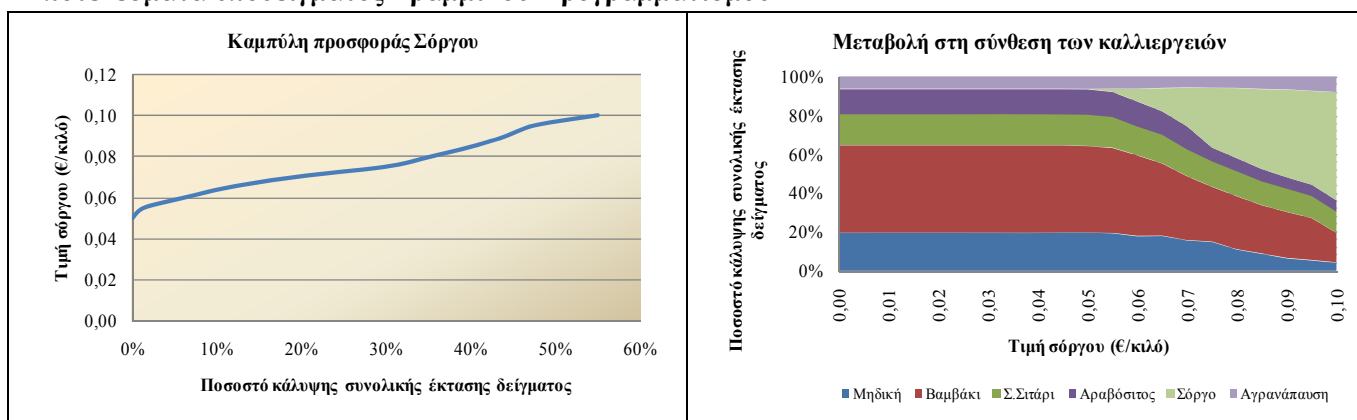
Ο πίνακας που κατασκευάστηκε για τις μεταβλητές δαπάνες ακολουθεί ακριβώς την ίδια δομή με τον αντίστοιχο για τις αποδόσεις. Έτσι δεν υπολογίστηκαν

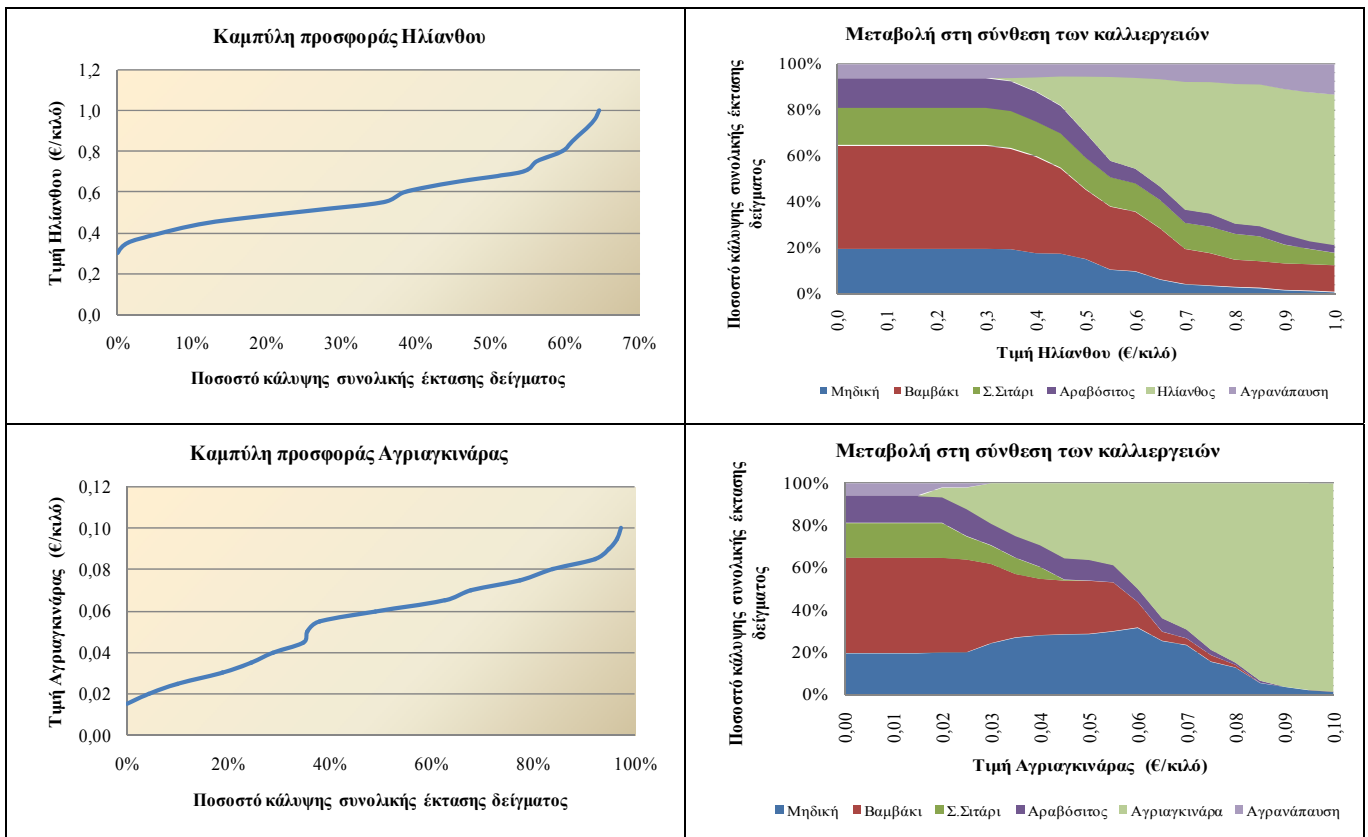
ούτε μεταβλητές δαπάνες καλλιεργειών που δεν παρατηρούνται σε κάποιο από τα δυο έτη, αλλά ούτε και δαπάνες για ποτιστικές καλλιέργειες σε μη αρδευόμενα αγροτεμάχια.

Σε αντίθεση με τις αποδόσεις των συμβατικών καλλιεργειών, για τις οποίες εφαρμόστηκε η παραπάνω μέθοδος, για τις ενεργειακές εκτιμήθηκε η πιθανή απόδοση τους σε κάθε εκμετάλλευσης, με βάση την καταγεγραμμένη απόδοση του καπνού. Συγκεκριμένα, για κάθε ενεργειακή καλλιέργεια κατασκευάστηκε μια συνάρτηση κανονικής κατανομής με τη βοήθεια κατάλληλων μέσων όρων και τυπικών αποκλίσεων, έτσι ώστε η αντιστοίχιση των κατανομών τους με τη «σταθερά» των εκμεταλλεύσεων να δίνει ανώτατες αποδόσεις ίσες με το δυναμικό παραγωγής που υπολογίστηκε κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής των πιλοτικών αγρών στη περιοχή.

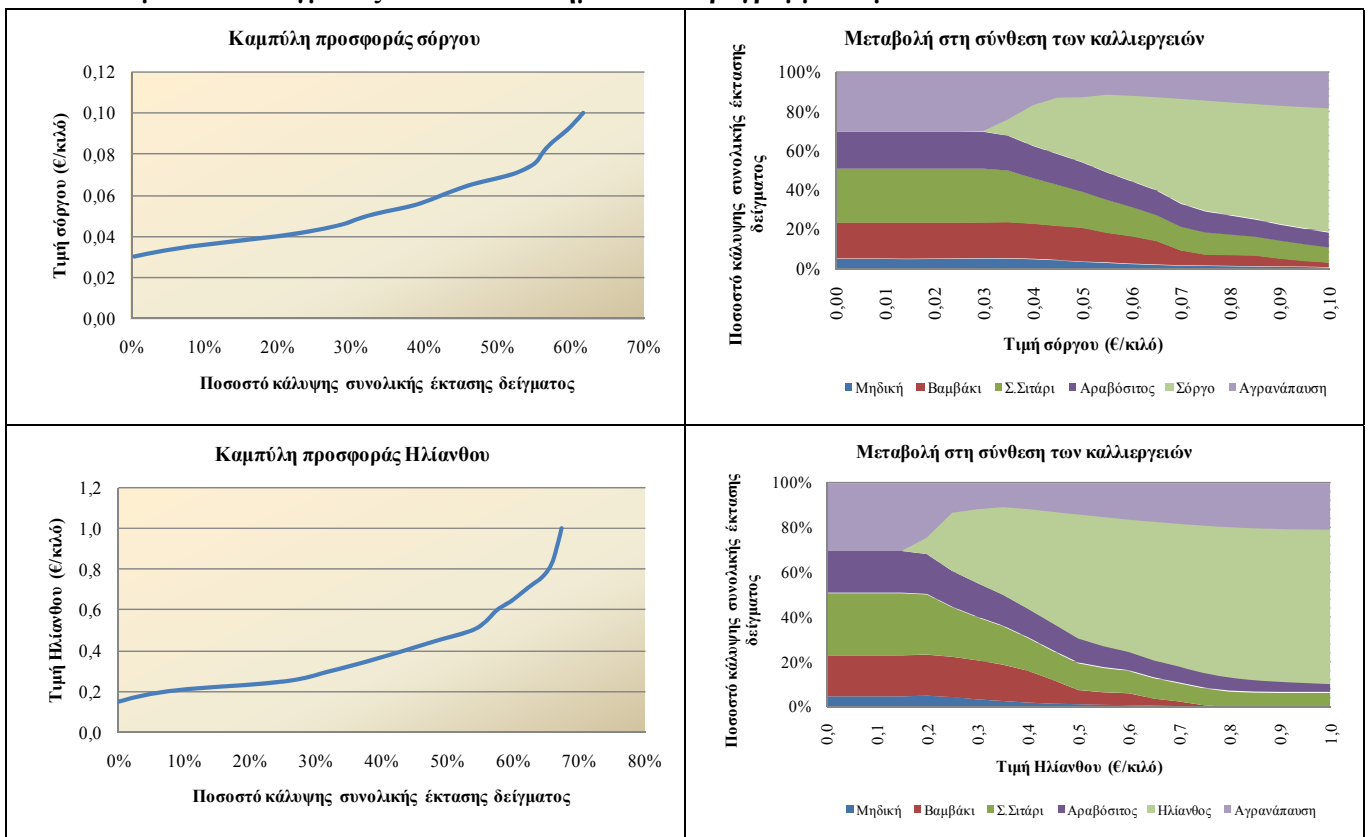
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής των μεθόδων του Γραμμικού και του Θετικού Μαθηματικού Προγραμματισμού στη προσπάθεια εκτίμησης της προσφοράς ενεργειακών φυτών στη περιοχή της Καρδίτσας. Κάθε διάγραμμα στην αριστερή πλευρά δείχνει τη σχέση της τιμής προϊόντος και του αντίστοιχου ποσοστού της συνολικής έκτασης του δείγματος, το οποίο μπορεί να καλυφτεί από την εξεταζόμενη καλλιέργεια. Στη δεξιά πλευρά φαίνεται το πώς διαμορφώνεται η σύνθεση των καλλιεργειών της περιοχής για συνεχώς αυξανόμενες τιμές του ενεργειακού φυτού.

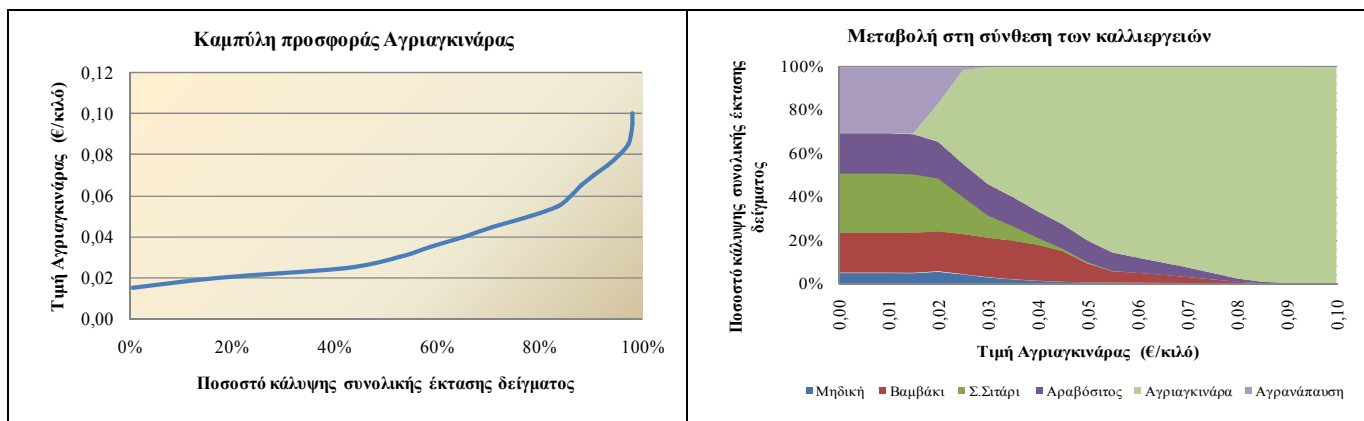
### Αποτελέσματα υποδείγματος Γραμμικού Προγραμματισμού





**Αποτελέσματα υποδείγματος Θετικού Μαθηματικού Προγραμματισμού**





Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται πως ο ηλιάνθος και η αγριαγκινάρα πλεονεκτούν του σόργου σε δυνατότητα εξάπλωσης στη περιοχή της Καρδίτσας, αφού αφενός εμφανίζονται σε χαμηλότερα επίπεδα τιμών και αφετέρου έχουν τη δυνατότητα κάλυψης μεγαλύτερης έκτασης στο σύνολο του δείγματος, κάτι, που είναι εμφανές ανεξάρτητα από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο. Οικονομικά αποδοτικότερο φυτό φαίνεται πως είναι η αγριαγκινάρα, η οποία σε υψηλά επίπεδα τιμών δύναται να αντικαταστήσει πλήρως το σύνολο των καλλιεργειών. Να σημειωθεί πως η αγριαγκινάρα, ως ξηρικό φυτό, δεν υπόκειται στον περιορισμό της αρδευόμενης έκτασης ο οποίος θέτει όρια στη μέγιστη έκταση των υπολοίπων δυο ενεργειακών καλλιεργειών.

Σε αντίθεση με τις καμπύλες του γραμμικού υποδείγματος που εμφανίζουν πιο σταθερή κλίση, οι καμπύλες που κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο του ΘΜΠ χαρακτηρίζονται από μεγάλη ελαστικότητα για μικρές τιμές του ενεργειακού φυτού, η οποία βαίνει συνεχώς μειούμενη καθώς η τιμή αυξάνεται. Επίσης, οι καμπύλες του ΘΜΠ ξεκινούν από χαμηλότερα επίπεδα τιμών σε σχέση με τις αντίστοιχες που κατασκευάστηκαν με το γραμμικό υπόδειγμα. Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στη περίπτωση του σόργου, όπου η καμπύλη του ΘΜΠ έχει σημείο εκκίνησης περίπου τα 0.3€/κιλό, ενώ η καμπύλη του γραμμικού υποδείγματος ξεκινά από περίπου 0.5€/κιλό.

Χαρακτηριστικό των γραφημάτων του ΘΜΠ που απεικονίζουν τη μεταβολή στη σύνθεση των καλλιεργειών του δείγματος λόγω των συνεχών αυξήσεων της τιμής της ενεργειακής καλλιέργειας, είναι η μεγάλη συμμετοχή της αγρανάπαυσης στα σχέδια παραγωγής των εκμεταλλεύσεων, τουλάχιστον σε χαμηλά επίπεδα τιμών του

ενεργειακού φυτού. Αυτό εξηγείται από το γραμμικό ορισμό της αγρανάπαυσης μέσα στην αντικειμενική συνάρτηση, ο οποίος δεν δημιουργεί αλληλεξαρτήσεις με τις υπόλοιπες μεταβλητές με αποτέλεσμα να ικανοποιούνται ευκολότερα οι περιορισμοί της συνολικής και επιλέξιμης έκτασης με την αύξηση της αγρανάπαυσης. Η μη γραμμικότητα που χαρακτηρίζει τη μέθοδο του ΘΜΠ είναι φανερή από την ομαλότερη μεταβολή των σχεδίων παραγωγής των εκμεταλλεύσεων του δείγματος, σε αντίθεση με τα αντίστοιχα γραφήματα που κατασκευάστηκαν με το γραμμικό υπόδειγμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα απότομης μεταβολής αποτελεί το γράφημα της αγριαγκινάρας, όπου μετά από κάποιο επίπεδο τιμών του ενεργειακού φυτού παρατηρείται ραγδαία πτώση της καλλιεργούμενης έκτασης βαμβακιού και μηδικής.



## Βιβλιογραφία

Arfini, F., Donati, M., Grossi, L. & Paris, Q. (2008). Revenue and Cost Functions in PMP: A Methodological Intergration for a Territorial Analysis of CAP. *107<sup>th</sup> EAAE Seminar: "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies"*, Sevilla, Spain, January 29-February 1, 2008.

Arfini, F., Donati, M. & Paris, Q. (2003). A National PMP Model for Policy Evaluation in Agriculture Using Micro Data and Administrative Information. *International Conference: "Agricultural policy reform and the WTO: where are we heading?"*, Capri, Italy, June 23-26, 2003.

Bauer, S. & Kasnakoglou, H. (1990). "Non-linear programming models for sector and policy analysis." *Economic Modelling*: 275-290.

Blanco, M., Cortignani, R. & Severini, S. (2008). Evaluating Changes in Cropping Patterns due to the 2003 CAP Reform. An Ex-post Analysis of Different PMP Approaches considering New Activities. *107<sup>th</sup> EAAE Seminar: "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies"*, Sevilla, Spain, January 29-February 1, 2008.

Golan, E., Judge, G. & Miller, D. (1996). *Maximum Entropy Econometrics*. Chichester, UK, Wiley.

Heckelei, T. (2002). Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis, *Habilitationschrift*. Landwirtschaftlichen Fakultät, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Heckelei, T. & Britz, W. (2000). "Positive Mathematical Programming with Multiple Data Points: A Cross-Sectional Estimation Procedure." *Cahiers d' economie et sociologie rurales* 57: 28-50.

Heckelei, T. & Wolff, H. (2003). "Estimation of constrained optimisation models for agricultural supply analysis based on generalized maximum entropy." *European Review of Agricultural Economics* 30(1): 27-50.

Howitt, R.E. (1995a). "A calibration method for agricultural economic production models." *American Journal of Agricultural Economics* 46(2): 147-159.

Howitt, R.E. (1995b). "Positive Mathematical Programming." *American Journal of Agricultural Economics* 77: 329-342.

Léon, Y., Peeters, L., Quinqu, M. & Surry, Y. (1999). "The Use of Maximum Entropy to Estimate Input-Output Coefficients From Regional Farm Accounting Data." *Journal of Agricultural Economics* 50(3): 425-439.

Paris, Q. (1991). *An Economic Interpretation of Linear Programming*. Iowa, Iowa State University Press.

Paris, Q. & Arfini, F. (2000). "Frontier Cost Functions, Self-Selection, Price Risk, PMP and Agenda 2000." *EUROTOOLS, Working Paper Series No.20*, from <http://eurotools.stat.unibo.it>.

Paris, Q. & Howitt, R.E. (1998). "An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy." *American Journal of Agricultural Economics* 80(1): 124-138.

Shannon, C.E. (1948). "A Mathematical Theory of Communication." *Bell system Technical Journal* 27(July and October): 379-423, 623-656.

Σοφιανός, Γ.Σ. & Τυχόπουλος, Ε.Θ. (2005). *Αριθμητική Ανάλυση*. Αθήνα, Σταμούλης.

# Παράρτημα Ι : Παράμετροι των αποδόσεων των υφιστάμενων καλλιεργειών

## 1. ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑ

### 1.1 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	203	100,0%	0	,0%	203	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		1050,4195	13,87731
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1023,0565	
		Upper Bound	1077,7824	
	5% Trimmed Mean		1058,6640	
	Median		1090,9100	
	Variance		39093,712	
	Std. Deviation		197,72130	
	Minimum		312,50	
	Maximum		1786,67	
	Range		1474,17	
	Interquartile Range		192,50	
	Skewness		-,606	,171
	Kurtosis		1,984	,340

### 1.2 ΒΡΩΜΗ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	113	100,0%	0	,0%	113	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		293,2757	9,53674
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	274,3798	
		Upper Bound	312,1715	
	5% Trimmed Mean		286,5306	
	Median		279,1700	
	Variance		10277,290	
	Std. Deviation		101,37697	
	Minimum		59,09	
	Maximum		641,03	
	Range		581,94	
	Interquartile Range		140,39	
	Skewness		1,016	,227
	Kurtosis		1,678	,451

### 1.3 ΚΡΙΘΑΡΙ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	10	100,0%	0	,0%	10	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		253,1180	35,72979
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	172,2916	
		Upper Bound	333,9444	
	5% Trimmed Mean		246,5789	
	Median		221,7950	
	Variance		12766,181	
	Std. Deviation		112,98753	
	Minimum		123,94	
	Maximum		500,00	
	Range		376,06	
	Interquartile Range		104,20	
	Skewness		1,445	,687
	Kurtosis		1,712	1,334

### 1.4 ΜΗΔΙΚΗ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	220	100,0%	0	,0%	220	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		1003,2429	21,08162
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	961,6940	
		Upper Bound	1044,7917	
	5% Trimmed Mean		999,2197	
	Median		1000,0000	
	Variance		97775,632	
	Std. Deviation		312,69095	
	Minimum		204,55	
	Maximum		1913,04	
	Range		1708,49	
	Interquartile Range		400,00	
	Skewness		,060	,164
	Kurtosis		,161	,327

### 1.5 ΜΑΛΑΚΟ ΣΙΤΑΡΙ (ΔΕΙΓΜΑ\*\*\*)

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	17	100,0%	0	,0%	17	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		318,5282	21,16411
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	273,6623	
		Upper Bound	363,3941	
	5% Trimmed Mean		317,8092	
	Median		300,0000	
	Variance		7614,634	
	Std. Deviation		87,26187	
	Minimum		150,00	
	Maximum		500,00	
	Range		350,00	
	Interquartile Range		97,73	
	Skewness		,634	,550
	Kurtosis		,763	1,063

### 1.6 ΣΚΛΗΡΟ ΣΙΤΑΡΙ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	12	100,0%	0	,0%	12	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		204,8958	13,78280
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	174,5601	
		Upper Bound	235,2316	
	5% Trimmed Mean		207,9215	
	Median		225,8350	
	Variance		2279,585	
	Std. Deviation		47,74500	
	Minimum		100,00	
	Maximum		255,33	
	Range		155,33	
	Interquartile Range		73,46	
	Skewness		-1,175	,637
	Kurtosis		,589	1,232

## 1.7 ΚΑΠΙΝΟΣ ΒΙΡΤΖΙΝΙΑ

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	297	100,0%	0	,0%	297	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		377,4049	4,64373
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	368,2660	
		Upper Bound	386,5438	
	5% Trimmed Mean		378,8332	
	Median		380,0000	
	Variance		6404,579	
	Std. Deviation		80,02861	
	Minimum		120,80	
	Maximum		772,00	
	Range		651,20	
	Interquartile Range		109,86	
	Skewness		,026	,141
	Kurtosis		1,894	,282

## 1.8 ΚΑΠΙΝΟΣ ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	13	100,0%	0	,0%	13	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		272,8338	20,83546
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	227,4373	
		Upper Bound	318,2304	
	5% Trimmed Mean		274,8154	
	Median		272,0000	
	Variance		5643,511	
	Std. Deviation		75,12330	
	Minimum		140,00	
	Maximum		370,00	
	Range		230,00	
	Interquartile Range		135,67	
	Skewness		-,327	,616
	Kurtosis		-1,112	1,191

## 1.9 ΚΑΙΝΟΣ ΜΠΑΣΜΑΣ

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	18	100,0%	0	,0%	18	100,0%

### Descriptives

		Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean	211,2311	11,09410
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 187,8246 Upper Bound 234,6376	
	5% Trimmed Mean	210,2568	
	Median	215,3700	
	Variance	2215,421	
	Std. Deviation	47,06826	
	Minimum	140,00	
	Maximum	300,00	
	Range	160,00	
	Interquartile Range	86,92	
	Skewness	,140	,536
	Kurtosis	-,862	1,038

## 1.10 ΚΑΙΝΟΣ ΜΥΡΩΔΑΤΑ ΑΓΡΙΝΙΟΥ

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	38	100,0%	0	,0%	38	100,0%

### Descriptives

		Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean	230,2613	7,49889
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound 215,0671 Upper Bound 245,4555	
	5% Trimmed Mean	230,2773	
	Median	229,6200	
	Variance	2136,865	
	Std. Deviation	46,22624	
	Minimum	126,67	
	Maximum	325,00	
	Range	198,33	
	Interquartile Range	49,95	
	Skewness	,093	,383
	Kurtosis	-,013	,750

### 1.11 ΚΑΙΝΟΣ Σ79

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	15	100,0%	0	,0%	15	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		280,3840	22,36139
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	232,4236	
		Upper Bound	328,3444	
	5% Trimmed Mean		274,3583	
	Median		260,0000	
	Variance		7500,478	
	Std. Deviation		86,60530	
	Minimum		169,23	
	Maximum		500,00	
	Range		330,77	
	Interquartile Range		120,00	
	Skewness		1,135	,580
	Kurtosis		1,640	1,121

### 1.12 ΚΑΙΝΟΣ ΤΣΕΜΠΕΛΙΑ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	11	100,0%	0	,0%	11	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		290,6591	16,80703
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	253,2107	
		Upper Bound	328,1075	
	5% Trimmed Mean		292,2229	
	Median		300,0000	
	Variance		3107,239	
	Std. Deviation		55,74261	
	Minimum		190,67	
	Maximum		362,50	
	Range		171,83	
	Interquartile Range		112,00	
	Skewness		-,369	,661
	Kurtosis		-,659	1,279



## 2. ΚΑΡΑΙΤΣΑ

### 2.1 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	48	100,0%	0	,0%	48	100,0%

**Descriptives**

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		1050,6506	45,21271
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	959,6944	
		Upper Bound	1141,6069	
	5% Trimmed Mean		1056,7167	
	Median		1000,0000	
	Variance		98121,067	
	Std. Deviation		313,24282	
	Minimum		400,00	
	Maximum		1569,36	
	Range		1169,36	
	Interquartile Range		400,00	
	Skewness		-,282	,343
	Kurtosis		-,431	,674

### 2.2 ΒΑΜΒΑΚΙ

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	207	100,0%	0	,0%	207	100,0%

### Descriptives

		Statistic	Std. Error	
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean	304,7519	5,28540	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	294,3315	
		Upper Bound	315,1723	
	5% Trimmed Mean	305,9966		
	Median	300,0000		
	Variance	5782,628		
	Std. Deviation	76,04359		
	Minimum	90,00		
	Maximum	500,00		
	Range	410,00		
	Interquartile Range	100,00		
	Skewness	-,229	,169	
	Kurtosis	,125	,337	

## 2.3 ΚΡΙΘΑΡΙ (ΔΕΙΓΜΑ\*\*\*)

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	12	100,0%	0	,0%	12	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		277,5983	35,97693
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	198,4136	
		Upper Bound	356,7830	
	5% Trimmed Mean		273,7793	
	Median		246,7950	
	Variance		15532,076	
	Std. Deviation		124,62775	
	Minimum		123,94	
	Maximum		500,00	
	Range		376,06	
	Interquartile Range		186,42	
	Skewness		,982	,637
	Kurtosis		-,171	1,232

## 2.4 ΜΗΔΙΚΗ (ΔΕΙΓΜΑ\*\*\*)

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	234	100,0%	0	,0%	234	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		980,8648	22,24708
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	937,0337	
		Upper Bound	1024,6959	
	5% Trimmed Mean		984,5563	
	Median		1000,0000	
	Variance		115814,2	
	Std. Deviation		340,31482	
	Minimum		60,00	
	Maximum		1913,04	
	Range		1853,04	
	Interquartile Range		450,00	
	Skewness		-,212	,159
	Kurtosis		,377	,317

## 2.5 ΜΑΛΑΚΟ ΣΙΤΑΡΙ (ΔΕΙΓΜΑ\*\*\*)

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	17	100,0%	0	,0%	17	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		318,5282	21,16411
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	273,6623	
		Upper Bound	363,3941	
	5% Trimmed Mean		317,8092	
	Median		300,0000	
	Variance		7614,634	
	Std. Deviation		87,26187	
	Minimum		150,00	
	Maximum		500,00	
	Range		350,00	
	Interquartile Range		97,73	
	Skewness		,634	,550
	Kurtosis		,763	1,063

## 2.6 ΣΚΛΗΡΟ ΣΙΤΑΡΙ

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	91	100,0%	0	,0%	91	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		330,5299	9,97342
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	310,7159	
		Upper Bound	350,3438	
	5% Trimmed Mean		331,9572	
	Median		334,0000	
	Variance		9051,693	
	Std. Deviation		95,14038	
	Minimum		80,00	
	Maximum		538,46	
	Range		458,46	
	Interquartile Range		100,00	
	Skewness		-,355	,253
	Kurtosis		,133	,500

## 2.7 ΚΑΠΙΝΟΣ ΒΙΡΤΖΙΝΙΑ

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	78	100,0%	0	,0%	78	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		442,1083	8,33800
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	425,5053	
		Upper Bound	458,7114	
	5% Trimmed Mean		440,9000	
	Median		450,0000	
	Variance		5422,729	
	Std. Deviation		73,63918	
	Minimum		260,00	
	Maximum		617,67	
	Range		357,67	
	Interquartile Range		121,25	
	Skewness		,036	,272
	Kurtosis		-,348	,538

## 2.8 ΚΑΠΙΝΟΣ Σ79

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	4	100,0%	0	,0%	4	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		344,3675	20,92811
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	277,7649	
		Upper Bound	410,9701	
	5% Trimmed Mean		345,3900	
	Median		353,5700	
	Variance		1751,943	
	Std. Deviation		41,85621	
	Minimum		285,71	
	Maximum		384,62	
	Range		98,91	
	Interquartile Range		75,97	
	Skewness		-1,221	1,014
	Kurtosis		2,238	2,619

### 3. ΚΙΑΚΙΣ

#### 3.1 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	19	100,0%	0	,0%	19	100,0%

**Descriptives**

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		1126,6295	22,90286
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1078,5123	
		Upper Bound	1174,7466	
	5% Trimmed Mean		1130,0039	
	Median		1150,0000	
	Variance		9966,282	
	Std. Deviation		99,83127	
	Minimum		900,00	
	Maximum		1292,52	
	Range		392,52	
	Interquartile Range		100,00	
	Skewness		-1,066	,524
	Kurtosis		1,327	1,014

#### 3.2 ΒΑΜΒΑΚΙ

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	59	100,0%	0	,0%	59	100,0%

### Descriptives

		Statistic	Std. Error	
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean	301,5069	7,75362	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	285,9864	
		Upper Bound	317,0275	
	5% Trimmed Mean	304,4214		
	Median	318,1800		
	Variance	3547,001		
	Std. Deviation	59,55670		
	Minimum	130,95		
	Maximum	428,57		
	Range	297,62		
	Interquartile Range	85,29		
	Skewness	-,670	,311	
	Kurtosis	,213	,613	

## 2.3 ΜΗΔΙΚΗ (ΔΕΙΓΜΑ\*\*\*)

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	234	100,0%	0	,0%	234	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		980,8648	22,24708
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	937,0337	
		Upper Bound	1024,6959	
	5% Trimmed Mean		984,5563	
	Median		1000,0000	
	Variance		115814,2	
	Std. Deviation		340,31482	
	Minimum		60,00	
	Maximum		1913,04	
	Range		1853,04	
	Interquartile Range		450,00	
	Skewness		-,212	,159
	Kurtosis		,377	,317

## 3.4 ΜΑΛΑΚΟ ΣΙΤΑΡΙ

### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	14	100,0%	0	,0%	14	100,0%

### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		293,9271	19,20878
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	252,4291	
		Upper Bound	335,4252	
	5% Trimmed Mean		291,2835	
	Median		284,2300	
	Variance		5165,681	
	Std. Deviation		71,87267	
	Minimum		150,00	
	Maximum		485,44	
	Range		335,44	
	Interquartile Range		46,03	
	Skewness		,981	,597
	Kurtosis		4,377	1,154



### 3.5 ΣΚΛΗΡΟ ΣΙΤΑΡΙ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	80	100,0%	0	,0%	80	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		247,5626	5,76951
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	236,0787	
		Upper Bound	259,0465	
	5% Trimmed Mean		245,1529	
	Median		248,3750	
	Variance		2662,977	
	Std. Deviation		51,60404	
	Minimum		150,00	
	Maximum		400,00	
	Range		250,00	
	Interquartile Range		60,90	
	Skewness		,926	,269
	Kurtosis		1,129	,532

### 3.6 ΚΑΙΝΟΣ ΒΙΠΤΖΙΝΙΑ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	52	100,0%	0	,0%	52	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		343,2146	6,38398
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	330,3982	
		Upper Bound	356,0310	
	5% Trimmed Mean		344,5484	
	Median		350,0000	
	Variance		2119,271	
	Std. Deviation		46,03554	
	Minimum		150,00	
	Maximum		500,00	
	Range		350,00	
	Interquartile Range		46,25	
	Skewness		-,801	,330
	Kurtosis		7,221	,650

### 3.7 ΚΑΙΝΟΣ ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	9	100,0%	0	,0%	9	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		161,7244	9,86016
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	138,9869	
		Upper Bound	184,4620	
	5% Trimmed Mean		158,3477	
	Median		152,3800	
	Variance		875,005	
	Std. Deviation		29,58048	
	Minimum		144,23	
	Maximum		240,00	
	Range		95,77	
	Interquartile Range		5,70	
	Skewness		2,910	,717
	Kurtosis		8,615	1,400

### 3.8 ΚΑΙΝΟΣ ΜΙΑΣΜΑΣ

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Απόδοση (kg/στρ.)	14	100,0%	0	,0%	14	100,0%

#### Descriptives

			Statistic	Std. Error
Απόδοση (kg/στρ.)	Mean		143,9300	8,27009
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	126,0635	
		Upper Bound	161,7965	
	5% Trimmed Mean		145,8789	
	Median		152,7800	
	Variance		957,522	
	Std. Deviation		30,94386	
	Minimum		75,00	
	Maximum		177,78	
	Range		102,78	
	Interquartile Range		31,02	
	Skewness		-1,589	,597
	Kurtosis		1,806	1,154

