



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

# **Μέτρηση της αγροτικής αποδοτικότητας των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιμέλεια: Μαρία Βασιλείου Τρέμου**

**Επιβλέπων: Επίκουρος καθηγητής Νικόλαος Τζερεμές**

**ΒΟΛΟΣ 2013**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της Εφαρμοσμένης Οικονομικής του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου, κύριο Νικόλαο Τζερεμέ, που μου προσέφερε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα αντικείμενο, το οποίο ανταποκρίνεται απολύτως στα επιστημονικά και προσωπικά μου ενδιαφέροντα, καθώς και για την καθοδήγησή του και τις πολύτιμες συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου για την υποστήριξη και την κατανόησή τους, καθώς και την οικογένειά μου για τη διαχρονική υλική και ηθική συμπαράσταση ως προς κάθε επιλογή μου. Αφιερώνω την παρούσα εργασία στη γιαγιά μου, Αδαμαντία.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
<b>1. Εισαγωγή.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Η συνάρτηση παραγωγής.....</b>	<b>10</b>
2.1. Βασικές έννοιες της συνάρτησης αγροτικής παραγωγής.....	10
2.2. Ανάλυση της μορφής και των αξιωμάτων της συνάρτησης παραγωγής.....	11
2.2.1. Η συνάρτηση παραγωγής ως σχέση εισροής – εκροής.....	12
2.2.2. Η συνάρτηση παραγωγής ως σχέση πολλαπλών εισροών.....	14
2.2.3. Η συνάρτηση παραγωγής ως σχέση πολλαπλών εκροών.....	15
2.3. Μαθηματική διατύπωση της συνάρτησης παραγωγής.....	17
2.3.1. Παραδοσιακή προσέγγιση.....	17
2.3.2. Δυϊκή προσέγγιση.....	18
<b>3. Η μέτρηση της αποδοτικότητας.....</b>	<b>20</b>
3.1. Η Αποδοτικότητα ως μέτρο εισροών.....	20
3.2. Η Αποδοτικότητα ως μέτρο εκροών.....	23
3.3. Η Αποδοτικότητα κλίμακας.....	24

<b>4. Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων.....</b>	<b>29</b>
4.1. Ιστορικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας DEA.....	29
4.2. Μοντέλο σταθερών αποδόσεων κλίμακας (CCR model).....	32
4.3. Μοντέλο μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας (BCC model).....	36
4.4. Προσθήκες στη βασική μεθοδολογία DEA.....	41
4.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθοδολογίας DEA.....	42
<b>5. Θεσμικό πλαίσιο της Ε.Ε. ως προς την αγροτική παραγωγή.....</b>	<b>45</b>
5.1. Η Κοινή Αγροτική Πολιτική και οι μεταρρυθμίσεις της.....	45
5.2. Θετικές και αρνητικές επιπτώσεις από την επιβολή της ΚΑΠ.....	47
<b>6. Εμπειρική Ανάλυση Δεδομένων.....</b>	<b>49</b>
6.1. Δεδομένα.....	49
6.2. Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	50
6.3. Συμπεράσματα.....	63
<b>7. Σύνοψη.....</b>	<b>65</b>
7.1. Επίλογος.....	65
7.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	65

<b>8. Βιβλιογραφία.....</b>	<b>67</b>
<b>Παράρτημα.....</b>	<b>70</b>
A.1. Δεδομένα.....	70
A.2. Κώδικας προγραμματισμού για Matlab.....	75



## ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

(άρθρο 8 Ν.1599/1986)

Η ακρίβεια των στοιχείων που υποβάλλονται με αυτή τη δήλωση μπορεί να ελεγχθεί με βάση το αρχείο άλλων υπηρεσιών (άρθρο 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986)

ΠΡΟΣ <sup>(1)</sup> :	<b>ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ-ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ</b>						
Ο – Η Όνομα:	<b>ΜΑΡΙΑ</b>	Επώνυμο:	<b>ΤΡΕΜΟΥ</b>				
Όνομα και Επώνυμο Πατέρα:	<b>ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΤΡΕΜΟΣ</b>						
Όνομα και Επώνυμο Μητέρας:	<b>ΕΥΔΟΚΙΑ ΖΗΣΗ</b>						
Ημερομηνία γέννησης <sup>(2)</sup> :	<b>ΤΡΙΑΝΤΑ ΜΑΡΤΙΟΥ ΧΙΛΙΑ ΕΝΝΙΑΚΟΣΙΑ ΟΓΔΟΝΤΑ ΕΞΙ</b>						
Τόπος Γέννησης:	<b>ΚΑΡΔΙΤΣΑ</b>						
Αριθμός Δελτίου Ταυτότητας:	<b>X 377677</b>		Τηλ:	<b>2441025884/6945556497</b>			
Τόπος Κατοικίας:	<b>ΚΑΡΔΙΤΣΑ</b>	Οδός:	<b>ΚΑΡΑΪΣΚΑΚΗ</b>	Αριθ:	<b>10</b>	TK:	<b>43100</b>
Αρ. Τηλεομοιοτύπου (Fax):			Δ/ση Ηλεκτρ. Ταχυδρομείου (Email):	<b>tremou@uth.gr</b>			

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις <sup>(3)</sup>, που προβλέπονται από τις διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

Είμαι συγγραφέας της παρούσας εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης, αναγράφονται οι βιβλιογραφικές πηγές από τις οποίες έγινε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε προσωπικά και αποκλειστικά από εμένα για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ημερομηνία : 21/6/2013  
Η δηλούσα

Υπογραφή

(1) Αναγράφεται από τον ενδιαφερόμενο πολίτη ή Αρχή ή η Υπηρεσία του δημόσιου τομέα, που απευθύνεται η αίτηση.

(2) Αναγράφεται ολογράφως.

(3) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της αγροτικής αποδοτικότητας των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η μέτρηση της αποδοτικότητας πραγματοποιείται με τη βοήθεια της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (DEA) για τεχνολογία παραγωγής σταθερών και μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας, ενώ παράλληλα ως μέτρο βελτιστοποίησης επιλέγεται η ελαχιστοποίηση των εισροών. Παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της συνάρτησης αγροτικής παραγωγής και αναλύεται εκτενώς η έννοια της οικονομικής αποδοτικότητας. Προσδιορίζεται το κανονιστικό πλαίσιο που διέπει τον Ευρωπαϊκό αγροτικό κλάδο και ακολούθως παρατίθενται τα συγκριτικά αποτελέσματα της έρευνας για είκοσι εννέα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και για τη χρονική περίοδο 2004 ως 2011.

Λέξεις κλειδιά: Αγροτική Οικονομική, Συνάρτηση Παραγωγής, Αποδοτικότητα, Κοινή Αγροτική Πολιτική, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων.

Κωδικοί JEL: C67, D24, O13, Q10, Q18

## Abstract

The aim of this report is to measure the agricultural efficiency of the European countries, using the DEA method for constant and variable returns to scale and the input minimization option. To this end, we focus on the axioms of agricultural production function and analyze the factors of economic efficiency. Moreover, we determine the objectives of the European agricultural policy, known as Common Agricultural Policy, and evaluate the efficiency results for twenty nine European countries using data for the years 2004 to 2011.

Keywords: Agricultural Economics, Production Function, Efficiency, Common Agricultural Policy, Data Envelopment Analysis

JEL Classification Codes: C67, D24, O13, Q10, Q18

## 1. Εισαγωγή

Η εκτίμηση της αγροτικής αποδοτικότητας συνιστά ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των αγροτικών οικονομικών μονάδων. Η έννοια της οικονομικής αποδοτικότητας διατυπώθηκε από τον Farrell (1957) και επεκτάθηκε ως προς τον αγροτικό τομέα από τον Schultz (1964), ο οποίος υποστήριξε ότι οι αγροτικές μονάδες είναι ουσιαστικά αποδοτικές και η περίπτωση κατά την οποία εμφανίζεται αναποτελεσματικότητα στην παραγωγή εξαρτάται από την αδυναμία αναδιάρθρωσης του αγροτικού τομέα, την κυβερνητική παρέμβαση μέσω δημοσιονομικών μέτρων και την ασυμμετρία πληροφόρησης. Ο προσδιορισμός του αποδοτικού ορίου, το οποίο επιτρέπει το διαχωρισμό των αποδοτικών από τις μη αποδοτικές οικονομικές μονάδες, μπορεί να επιτευχθεί μέσω της παραμετρικής και της μη παραμετρικής οδού, ωστόσο η πιο δημοφιλής τεχνική για την εκτίμηση της αποδοτικότητας είναι μια εφαρμογή γραμμικού προγραμματισμού, η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (DEA). Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε από τους Charnes, Cooper και Rhodes (1978) και τα θεωρητικά του θεμέλια βασίζονται στο έργο του Farrell (1957).

Η παρούσα εργασία στοχεύει στη μέτρηση της αγροτικής αποδοτικότητας των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με τη βοήθεια της μεθοδολογίας DEA. Αρχικά, παρουσιάζεται η συνάρτηση αγροτικής παραγωγής και τα αξιώματα που τη διέπουν. Η συνάρτηση παραγωγής μπορεί να εκφραστεί ως μέτρο εισροής-εκροής, ως μέτρο πολλαπλών εισροών και ως μέτρο πολλαπλών εκροών και να αναλυθεί μέσω δύο μαθηματικών προσεγγίσεων, της παραδοσιακής και της δυϊκής προσέγγισης. Ακολούθως, με τη βοήθεια της συνάρτησης παραγωγής παρουσιάζεται η έννοια της οικονομικής αποδοτικότητας και ο διαχωρισμός της σε τεχνική αποδοτικότητα (technical efficiency), η οποία δηλώνει την ικανότητα επίτευξης της βέλτιστης εκροής από την παραγωγική μονάδα και σε κατανομητική αποδοτικότητα (allocative efficiency), η οποία εκφράζει την ικανότητα εκμετάλλευσης των βέλτιστων αναλογιών των εισροών από την παραγωγική μονάδα, με δεδομένες τις τιμές και την τεχνολογία. Η ανάλυση αυτή υποθέτει σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), ενώ όταν παρατηρούνται μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας (VRS) εμφανίζεται και η αποδοτικότητα κλίμακας (scale efficiency), η οποία δηλώνει την απόκλιση της VRS αποδοτικής μονάδας από την άριστη κλίμακα παραγωγής (CRS). Κατόπιν,



παρουσιάζεται η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων μέσω της οποίας εκτιμάται η αποδοτικότητα. Γίνεται αναφορά στο ιστορικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας, περιγράφονται αναλυτικά τα κύρια υποδείγματά της, το μοντέλο CCR και το μοντέλο BCC, ενώ επίσης παρατίθενται τα θετικά και αρνητικά σημεία της τεχνικής αυτής και ορισμένες προσθήκες που μπορούν να πραγματοποιηθούν στη βασική μεθοδολογία. Στο τελευταίο μέρος της εργασίας, παρουσιάζεται αρχικά το θεσμικό πλαίσιο που επικρατεί στον ευρωπαϊκό αγροτικό τομέα, έπειτα ακολουθεί η εμπειρική ανάλυση της αγροτικής αποδοτικότητας για είκοσι εννέα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και για τη χρονική περίοδο 2004 ως 2011 και τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα αποτελέσματα της αποδοτικότητας και αντικατοπτρίζουν τη γεωγραφική διάρθρωση των κρατών, τα μέτρα της αγροτικής πολιτικής, τις επιπτώσεις από τη διεύρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τον ρόλο των πολιτικών καθεστώτων στην επίτευξη της βέλτιστης λειτουργίας παραγωγής.

## 2. Η Συνάρτηση Παραγωγής

### 2.1. Βασικές έννοιες της συνάρτησης αγροτικής παραγωγής

Ο αγροτικός τομέας είναι ένας κλάδος μείζονος σημασίας για την οικονομία, διότι ο πρωτογενής τομέας αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) για κάθε χώρα. Η προσπάθεια οικονομικής ανάλυσης του αγροτικού κλάδου προέκυψε στα τέλη του 19ου αιώνα, έχοντας ως βάση τη θεωρία των οργανώσεων, ενώ επεκτάθηκε σε μακροοικονομικό επίπεδο κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα. Ωστόσο, η εμπειρική ανάλυση της αγροτικής παραγωγικής δομής πραγματοποιείται τα τελευταία 60 χρόνια και περιλαμβάνει εφαρμογές στατιστικών και οικονομετρικών μεθόδων. Τα κύρια θέματα της αγροτικής οικονομικής καλύπτουν την ανάλυση των προσδιοριστικών παραγόντων ζήτησης αγροτικών προϊόντων και υπηρεσιών και της αντίστοιχης προσφοράς, τις τεχνολογικές μεταβολές, την κατανομή του εισοδήματος, τη σχέση των τιμών των παραγωγικών συντελεστών και των αγαθών που παράγονται, τη μορφή αγοράς που επικρατεί και ειδικότερα την ύπαρξη ανταγωνιστικού πλαισίου, την εμφάνιση αποδόσεων κλίμακας στην παραγωγή, την κατανομή μεγέθους των επιχειρήσεων καθώς και τη συσσώρευση κεφαλαίου. Σύμφωνα με τους Gardner και Rausser (2001) υπάρχουν δύο προσεγγίσεις στην μελέτη της αγροτικής παραγωγής, η παραδοσιακή και η δυϊκή προσέγγιση. Πριν την ανάλυση των δύο μαθηματικών διατυπώσεων της συνάρτησης αγροτικής παραγωγής, θα πρέπει να δοθεί ο ορισμός της παραγωγικής διαδικασίας και να προσδιοριστεί το είδος των πόρων που χρησιμοποιούνται σε αυτήν ως εισροές. Σύμφωνα τον Nicholson (2008) ως παραγωγική διαδικασία ορίζεται η διαδικασία, η οποία μετατρέπει τους παραγωγικούς συντελεστές σε εκροές με τη βοήθεια της τεχνολογίας.

Οι Λιανός και συν. (1998) ορίζουν ως εισροές που χρησιμοποιούνται στην αγροτική παραγωγική διαδικασία τη γη (R), το εργατικό δυναμικό (L) και το κεφάλαιο (K). Οι συντελεστές αυτοί, ωστόσο, παρουσιάζουν ορισμένες ιδιαιτερότητες ως προς τη φύση τους. Συγκεκριμένα, για το συντελεστή γη επισημαίνεται ότι η συνολική προσφορά του είναι περιορισμένη, υπάρχει συγκεκριμένο κανονιστικό πλαίσιο ιδιοκτησίας και χρήσης του ανά κράτος και δεν υπάρχει ομοιογένεια ως προς τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά. Όσον αφορά στο εργατικό δυναμικό, προσδιορίζεται μέσω της μορφής οικογενειακής εργασίας στα

πλαίσια των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και υπολογίζεται μέσω δύο μονάδων μέτρησης, του αριθμού απασχολούμενων και των Ετήσιων Μονάδων Εργασίας (Annual work units), οι οποίες δηλώνουν την ατομική εργασία που εκτελείται σε γεωργική εκμετάλλευση υπό μορφή πλήρους απασχόλησης. Επιπρόσθετα, προκύπτουν επιμέρους θέματα, όπως η σχέση μισθωτής εργασίας στον αγροτικό κλάδο και ύπαρξης εργατικών συνδικάτων, η επίδραση της μετανάστευσης, ο εντοπισμός μισθολογικών διαφορών με τους υπόλοιπους οικονομικούς κλάδους και η εκμηχάνιση του αγροτικού τομέα. Τέλος, το παραγωγικό κεφάλαιο αποτελείται από το πάγιο κεφάλαιο, το οποίο περιλαμβάνει το έγγειο κεφάλαιο και το κεφάλαιο εκμεταλλεύσεως. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι η μεγάλη γεωγραφική και χρονική διασπορά του, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους τομείς στους οποίους η συγκέντρωσή του είναι υψηλή. Παράλληλα, μέσω της επένδυσης δημιουργείται ένα απόθεμα κεφαλαίου, το οποίο με την πάροδο των ετών αποσβένεται. Η συνολική επένδυση, η οποία περιλαμβάνει την αντικατάσταση και αύξηση του παγίου κεφαλαίου, ονομάζεται ακαθάριστη επένδυση παγίου κεφαλαίου, από την οποία μετά την αφαίρεση των επενδύσεων προκύπτει η καθαρή επένδυση ή το καθαρό απόθεμα κεφαλαίου.

Επομένως, προκύπτει μία συνάρτηση παραγωγής, η οποία δηλώνει τη μέγιστη ποσότητα εκροής, η οποία μπορεί να παραχθεί με δεδομένες τις εισροές, έχει ως μαθηματική διατύπωση την  $Q = f(R, L, K)$  και υπόκειται στους περιορισμούς της τεχνολογίας και του οικονομικού περιβάλλοντος στο οποίο κινείται η επιχείρηση, δηλαδή της δομής αγοράς ως προς το πεδίο των παραγωγικών συντελεστών και του τελικού προϊόντος. Εναλλακτικά, γίνεται φανερή η πρόθεση της οικονομικής μονάδας να εκμεταλλευτεί τις ποσότητες των εισροών με το βέλτιστο δυνατό τρόπο.

## **2.2. Ανάλυση της μορφής και των αξιωμάτων της συνάρτησης παραγωγής**

Οι Colman και Young (1997) προτείνουν την ανάλυση της συνάρτησης παραγωγής σε τρεις τεχνικές πτυχές: ως προς τη σχέση εισροής-εκροής, κατά την οποία μία μεταβλητή εισροή συμμετέχει στην παραγωγή μίας εκροής, ως προς τη σχέση πολλαπλών εισροών, όπου υπάρχουν δύο ή περισσότερες μεταβλητές εισροές και ως προς τη σχέση πολλαπλών εκροών, κατά την οποία περισσότερα προϊόντα μπορούν να παραχθούν από τις διαθέσιμες εισροές.

### 2.2.1. Η συνάρτηση παραγωγής ως σχέση εισροής - εκροής

Ως προς τη σχέση εισροής-εκροής, γίνεται η υπόθεση μεταβολής μόνο μίας εισροής με τις υπόλοιπες να διατηρούνται σταθερές. Η σχέση αυτή απεικονίζεται στο συνολικό προϊόν του διαγράμματος 1(α). Στην περίπτωση αυτή, καθώς η εισροή αυξάνεται, η εκροή αυξάνεται μέχρι ενός μέγιστου σημείου. Ωστόσο, επιπρόσθετη χρήση της μεταβλητής εισροής, οδηγεί σε μείωση της συνολικής ποσότητας που παράγεται, λόγω της ύπαρξης των φθινουσών οριακών αποδόσεων. Η καμπύλη TP προκύπτει για δεδομένα επίπεδα σταθερών παραγωγικών συντελεστών και τεχνολογίας. Στο σημείο αυτό, όμως, θα πρέπει να εισαχθούν δύο χρήσιμα μεγέθη, το οριακό και το μέσο προϊόν. Το οριακό προϊόν αποτελεί τη μεταβολή του συνολικού προϊόντος  $q$ , η οποία οφείλεται στην αύξηση της ποσότητας της μεταβλητής εισροής  $x_i$  κατά μία μονάδα. Μαθηματικά ορίζεται ως:

$$MP_i = \frac{\partial q}{\partial x_i} \quad (1)$$

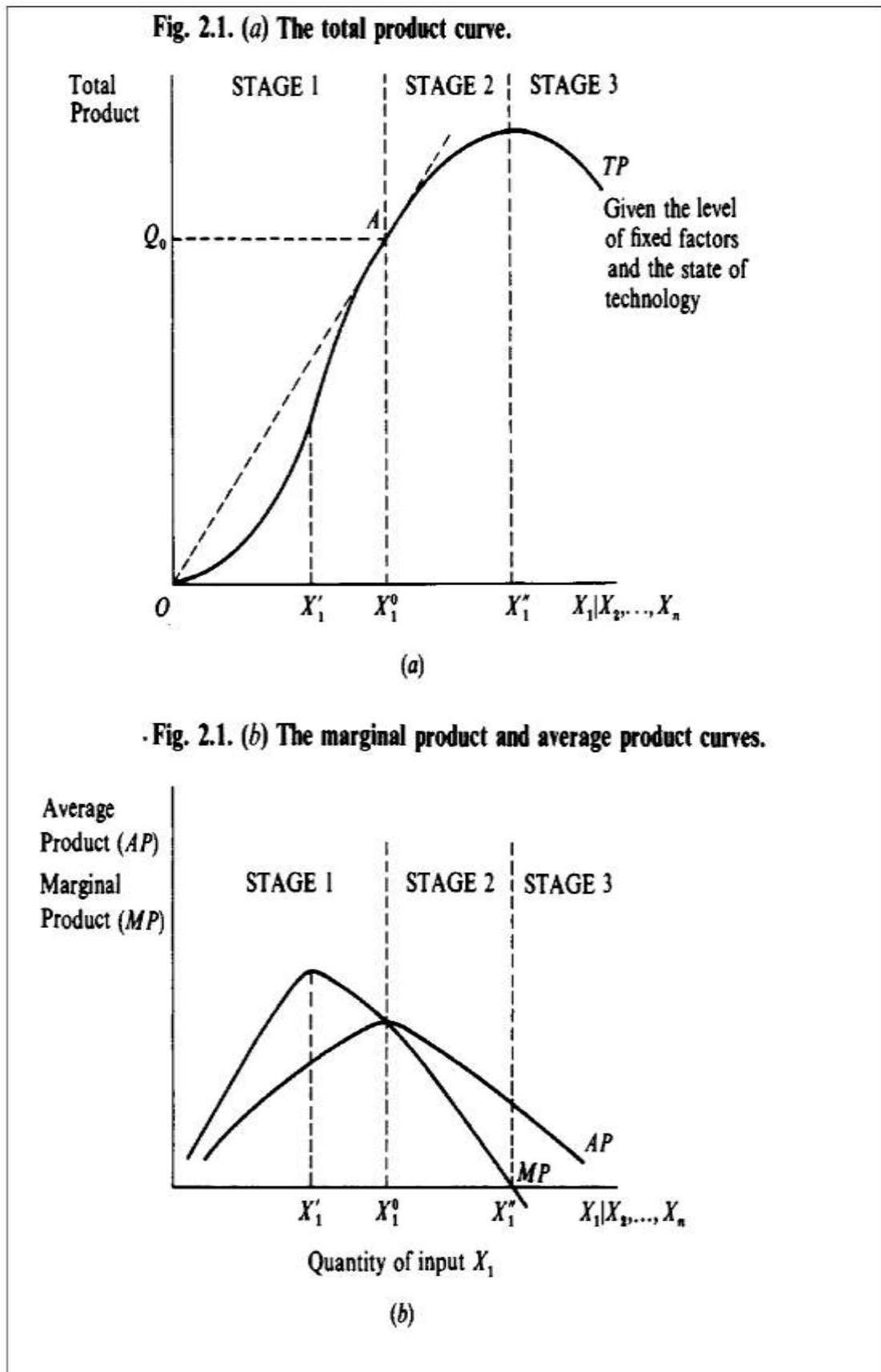
και αποτελεί την κλίση της καμπύλης του συνολικού προϊόντος. Το μέσο προϊόν δηλώνει τη μέση παραγωγικότητα της εισροής και προκύπτει από το λόγο του συνολικού προϊόντος προς την ποσότητα της εισροής. Μαθηματικά ορίζεται ως:

$$AP_i = \frac{q}{x_i} \quad (2)$$

και αντιστοιχεί στην κλίση της ακτίνας. Η σχέση μέσου και οριακού προϊόντος και ο διαχωρισμός των σταδίων παραγωγής δίνονται στο διάγραμμα 1(β). Παρατηρείται ότι το  $AP_i$  και  $MP_i$  αρχικά αυξάνονται, παίρνουν μία μέγιστη τιμή και έπειτα μειώνονται. Στο πρώτο στάδιο παραγωγής, η εκροή αυξάνεται με αύξοντα ρυθμό και παρατηρείται ένα σημείο καμπής, στο σημείο όπου το  $MP_i$  γίνεται μέγιστο. Στο δεύτερο στάδιο το  $AP_i$  γίνεται μέγιστο και ίσο με το  $MP_i$ , ενώ το τρίτο στάδιο δηλώνει ότι η παραγωγή πρέπει να σταματήσει, όταν το  $MP_i$  μηδενίζεται. Σημειώνεται ότι, όταν το  $MP_i$  είναι μεγαλύτερο από το  $AP_i$ , το  $AP_i$  ανέρχεται, ενώ σε αντίστροφη κατάσταση το  $AP_i$  κατέρχεται. Συνοπτικά, η σχέση  $AP_i$  και  $MP_i$  δίνεται ως:

- $MP_i > AP_i$  , τότε  $AP_i$  αυξάνεται
- $MP_i < AP_i$  , τότε  $AP_i$  μειώνεται
- $MP_i = AP_i$  , τότε  $AP_i$  είναι μέγιστο

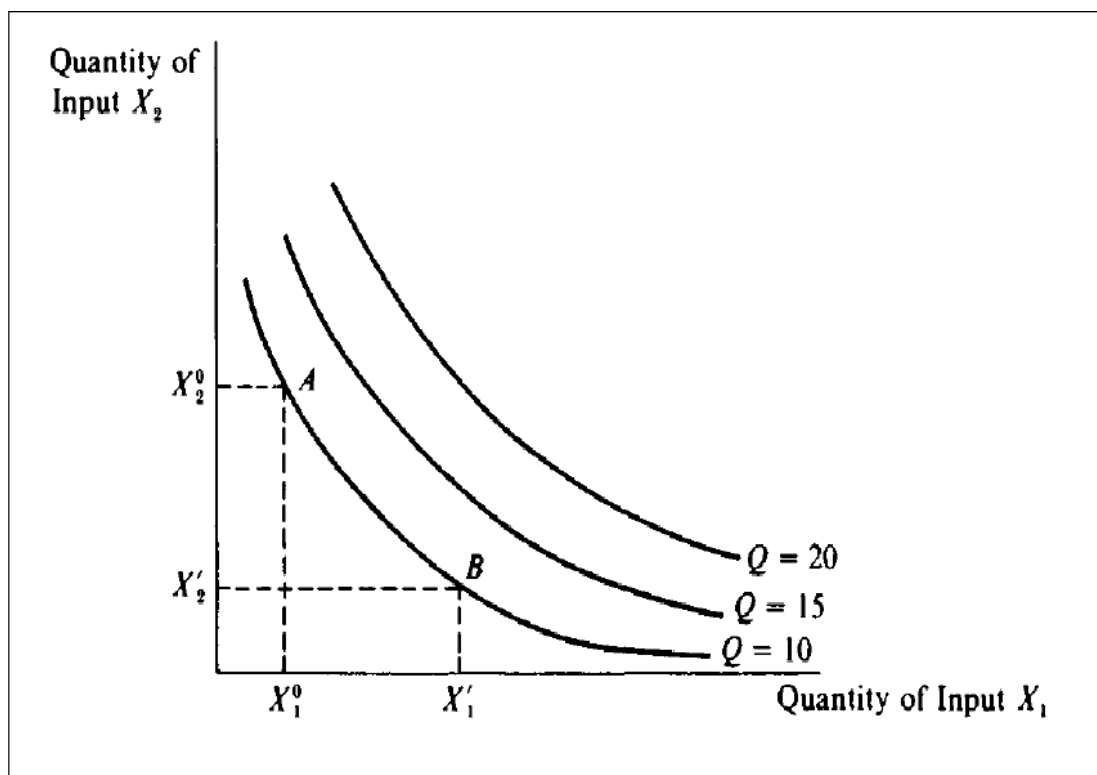
Γράφημα 1: Καμπύλη συνολικού, μέσου και οριακού προϊόντος (Colman and Young, 1997)



### 2.2.2. Η συνάρτηση παραγωγής ως σχέση πολλαπλών εισροών

Ως προς τη σχέση πολλαπλών εισροών, αυτή μπορεί να αποτυπωθεί μέσω της καμπύλης ισοπαραγωγής, η οποία αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στη θεωρία παραγωγής, καθώς δείχνει διαφορετικά παραγωγικά σχέδια, τα οποία μέσω των διάφορων αναλογιών των εισροών και της διαθέσιμης τεχνολογίας παράγουν μία συγκεκριμένη ποσότητα εκροής. Η μορφή της καμπύλης ισοπαραγωγής παριστάνεται στο διάγραμμα 2, όπου στους άξονες παρουσιάζονται οι ποσότητες των εισροών και κάθε καμπύλη δίνει μία συγκεκριμένη ποσότητα εκροής. Η καμπύλη ισοπαραγωγής διέπεται από συγκεκριμένα αξιώματα, αυτά της συνέχειας, της μονοτονικότητας και της κυρτότητας. Συγκεκριμένα, η συνάρτηση παραγωγής είναι συνεχής και διαφορίσιμη, γεγονός το οποίο συνεπάγεται συνεχείς και διαφορίσιμες καμπύλες ισοπαραγωγής. Το αξίωμα της μονοτονικότητας φανερώνει ότι η παραγωγή αυξάνεται προς τα πάνω και δεξιά, δεν υπάρχουν ζώνες ισοπαραγωγής και δε δύναται οι καμπύλες ισοπαραγωγής να έχουν θετική κλίση. Τέλος, η κυρτότητα των καμπυλών ισοπαραγωγής δηλώνει συμβατότητα με την κοιλότητα των συναρτήσεων παραγωγής.

Γράφημα 2: Καμπύλη ισοπαραγωγής (Colman and Young, 1997)



Η ανάλυση έχει επικεντρωθεί στη βραχυχρόνια παραγωγή, η οποία περιλαμβάνει σταθερούς και μεταβλητούς συντελεστές παραγωγής. Σε οικονομικούς όρους, βραχυχρόνια το σύνολο των διαθέσιμων εισροών δεν είναι εξ ολοκλήρου ρυθμιζόμενο από τον παραγωγό. Αντίθετα, στη μακροχρόνια περίοδο παραγωγής όλες οι εισροές είναι μεταβλητές. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο παραγωγός μπορεί να μεταβάλλει τους διαθέσιμους πόρους, καθώς και το μέγεθος της γεωργικής εκμετάλλευσης και τον μηχανολογικό εξοπλισμό. Παράλληλα, στη μακροχρόνια περίοδο εμφανίζεται το φαινόμενο των αποδόσεων κλίμακας, που εκφράζει ενδεχόμενη αύξηση της εκροής μέσω της μεταβολής των εισροών κατά την ίδια αναλογία, αλλάζοντας την λειτουργική κλίμακα. Ο Nicholson (2008) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι το ζήτημα των αποδόσεων κλίμακας απασχόλησε τους οικονομολόγους από την εποχή του Adam Smith. Ο Smith κατά τη διάρκεια ενός πειράματος παραγωγής, παρατήρησε την ύπαρξη δύο δυνάμεων κατά το διπλασιασμό των εισροών. Ο διπλασιασμός αυτός αυξάνει τον καταμερισμό εργασίας, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα και δημιουργεί την πιθανότητα υπερδιπλασιασμού της παραγωγής. Ενδέχεται, όμως, να οδηγήσει και σε μείωση της αποτελεσματικότητας, εξαιτίας της δυσκολίας διαχείρισης της υψηλότερης κλίμακας παραγωγής.

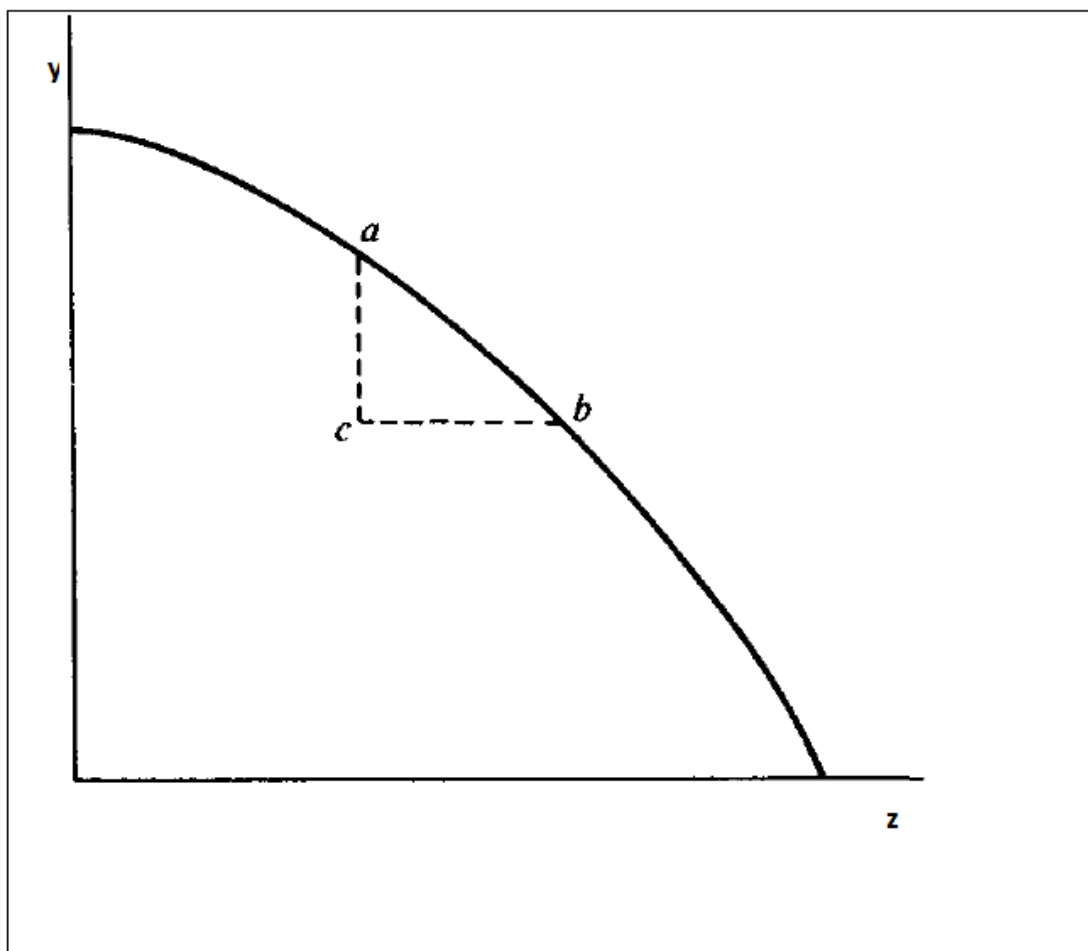
Η ποσότητα της εκροής που προκύπτει υπό καθεστώς αποδόσεων κλίμακας εξαρτάται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συνάρτησης παραγωγής. Συγκεκριμένα, προκύπτουν τρεις κατηγορίες αποδόσεων κλίμακας, οι αύξουσες, οι σταθερές και οι φθίνουσες αποδόσεις. Εάν, μία αναλογική αύξηση των εισροών (έστω κατά 50%) αυξάνει την εκροή κατά την ίδια αναλογία, τότε η συνάρτηση παραγωγής υπόκειται σε σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Εάν η εκροή αυξηθεί λιγότερο αναλογικά (έστω κατά 25%), τότε εμφανίζονται φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας. Εάν η παραγωγή αυξηθεί αναλογικά περισσότερο (έστω κατά 75%), τότε παρουσιάζονται αύξουσες αποδόσεις κλίμακας. Συνήθως, γίνεται η υπόθεση ότι η τεχνολογία παραγωγής εμφανίζει σταθερές αποδόσεις κλίμακας, οι οποίες ουσιαστικά καταδεικνύουν τη μακροχρόνια περίοδο παραγωγής, ενώ οι μεταβλητές αποδόσεις αντιστοιχούν στη βραχυχρόνια περίοδο.

### *2.2.3. Η συνάρτηση παραγωγής ως σχέση πολλαπλών εκροών*

Αναφορικά με τη σχέση μεταξύ εκροών, αυτή εκφράζεται μέσω της καμπύλης παραγωγικών δυνατοτήτων, η οποία αποτελεί το παραγωγικό σύνολο που δείχνει τη

μέγιστη ποσότητα παραγωγής μίας εκροής, δεδομένης της ποσότητας της άλλης εκροής, των εισροών και της τεχνολογίας. Στην περίπτωση αυτή, η ανάλυση επεκτείνεται στην κατηγορία οργανωτικών μονάδων που παράγουν πολλαπλές εκροές. Η μορφή αυτών των σχέσεων παραγωγής, σε συνδυασμό με τους διαθέσιμους πόρους που χρησιμοποιούνται πλήρως αποδοτικά, θα καθορίσει τις δυνατότητες παραγωγής που αντιμετωπίζει η οικονομική μονάδα. Οι τεχνολογικά εφικτές επιλογές παραγωγής απεικονίζονται στο διάγραμμα 3 μέσω της καμπύλης μετασχηματισμού.

Γράφημα 3: Καμπύλη Παραγωγικών Δυνατοτήτων (Colman and Young, 1997)



Οι άξονες παρουσιάζουν την αντίστοιχη ποσότητα εκροών  $y$  και  $z$ , ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο παραγωγός θα επιλέξει να λειτουργήσει σε κάποιο σημείο στο σύνορο παραγωγικών δυνατοτήτων. Το σημείο  $c$  θεωρείται αναποτελεσματικό και δύναται να βελτιωθεί ως προς το τμήμα  $ab$ . Επιπρόσθετα, η καμπύλη αυτή δηλώνει ότι μία αύξηση της ποιότητας και της ποσότητας των εισροών και η τεχνολογική πρόοδος συμβάλλουν στην οικονομική μεγέθυνση και προκαλούν μετατόπιση της καμπύλης προς τα δεξιά.



## 2.3. Μαθηματική διατύπωση της συνάρτησης παραγωγής

### 2.3.1. Παραδοσιακή προσέγγιση

Όπως αναφέρθηκε, η ανάλυση της συνάρτησης παραγωγής διαχωρίζεται σε δύο προσεγγίσεις, την παραδοσιακή και τη δυϊκή. Η πρώτη μέθοδος εμφανίζεται στο έργο του Heady, “Economics of agricultural production and resource use” (1952), υιοθετεί τη συνάρτηση Cobb-Douglas και χρησιμοποιεί δεδομένα που κατατάσσονται με βάση τα γεωγραφικά κριτήρια, το είδος και το μέγεθος των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Η μαθηματική έκφρασή της είναι η ακόλουθη:

$$Q = A x_1^{b_1} x_2^{b_2} \dots x_n^{b_n}, \quad (3)$$

όπου το  $Q$  αντιστοιχεί στην εκροή, το  $x_i$  αντιπροσωπεύει τις εισροές, το  $A$  είναι ένας σταθερός όρος και  $b_i$  είναι η ελαστικότητα παραγωγής, η ποσοστιαία, δηλαδή, μεταβολή της εκροής που προκαλείται από μία ποσοστιαία μεταβολή της εισροής. Η συνάρτηση αυτή μπορεί εύκολα να εκτιμηθεί με οικονομετρικές μεθόδους μέσω της μετατροπής της σε λογαριθμική μορφή:

$$\ln Q = \alpha + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_n \ln x_n \quad (4)$$

Η λογαριθμική μορφή περιγράφει πλήρως την τεχνολογία παραγωγής και προσδιορίζει μέσω της ελαστικότητας παραγωγής την ύπαρξη οικονομιών κλίμακας στην παραγωγική διαδικασία. Έστω  $\lambda$  είναι το άθροισμα των ελαστικοτήτων παραγωγής και  $\lambda = \beta_1 + \beta_2 + \beta_n$ , τότε εάν  $\lambda > 1$ , εμφανίζονται αύξουσες οικονομίες κλίμακας, εάν  $\lambda = 1$  υπάρχουν σταθερές οικονομίες κλίμακας και εάν  $\lambda < 1$ , εμφανίζονται φθίνουσες οικονομίες κλίμακας.

Είναι εμφανές ότι μέσω της παραδοσιακής προσέγγισης γίνεται μια απόπειρα να εξεταστεί η επίδραση των εισροών στις διακυμάνσεις της παραγωγής, να συγκριθεί η παραγωγικότητα των συντελεστών σε διαφορετικούς τύπους γεωργικών εκμεταλλεύσεων, ενώ μέσω του μέτρου της ελαστικότητας, επιδιώκεται η λήψη αποφάσεων για την άσκηση πολιτικής.

### 2.3.2. Δυϊκή προσέγγιση

Κατά τους Gardner και Rausser (2001), οι τετραγωνικές συναρτήσεις παραγωγής ενδεχομένως παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση και δεν είναι ακριβείς. Προκειμένου να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, εκτιμώνται οι παράμετροι της συνάρτησης παραγωγής χωρίς να κρίνεται αναγκαίος ο προσδιορισμός μιας συγκεκριμένης μορφής της. Η κεντρική ιδέα είναι ότι οι μεταβολές που προκύπτουν, αποδίδονται σε διαφορές στις αναλογίες των εισροών, οι οποίες δεν ερμηνεύονται ικανοποιητικά από τη λογαριθμική μορφή της συνάρτησης Cobb-Douglas, επομένως το ενδιαφέρον στρέφεται στην εναλλακτική περιγραφή της τεχνολογίας παραγωγής μέσω της συνάρτησης κόστους και κερδών. Ουσιαστικά, το επίκεντρο της εμπειρικής μελέτης μεταφέρεται από τον παράγοντα των ποσοτήτων στον παράγοντα των τιμών. Η μετάβαση αυτή στηρίζεται στην υπόθεση ότι κάθε συνάρτηση παραγωγής αντιστοιχεί σε μία συνάρτηση κόστους, όμως το αντίστροφο ισχύει μόνο μέσω της επιβολής αυστηρής υπόθεσης ως προς τη φύση της συνάρτησης παραγωγής. Επομένως, μεταβολές στο κόστος αντανακλούν μεταβολές στην ποσότητα.

Η τεχνολογία που αποτυπώνεται στο κέρδος ή το κόστος εκφράζεται από τη δυϊκή προσέγγιση, η οποία αποτέλεσε πρότυπο θέμα για την οικονομική ανάλυση στα τέλη του 1960. Η συνάρτηση κερδών εκφράζεται σε όρους των τιμών των εισροών και των εκροών, ενώ η συνάρτηση κόστους εκφράζεται σε όρους των τιμών των εισροών και της ποσότητας παραγωγής. Σύμφωνα με τους Λιανός και συν. (1998), η ελαχιστοποίηση κόστους ορίζεται ως η πρώτη φάση στη διαδικασία αριστοποίησης. Η δεύτερη φάση είναι η επιλογή ενός  $q$  που μεγιστοποιεί το κέρδος. Η μαθηματική διατύπωση ως προς τη συνάρτηση κόστους και κερδών δίδεται ως εξής:

$$c = g (w_1, w_2, \dots, w_n, Q) , \quad (5)$$

όπου  $c$  είναι το κόστος παραγωγής,  $w_i$  είναι οι τιμές των συντελεστών παραγωγής και  $Q$  το παραγόμενο προϊόν.

$$\pi = h (w_1, w_2, \dots, w_n, P) , \quad (6)$$

όπου  $\pi$  το κέρδος,  $w_i$  είναι οι τιμές των συντελεστών παραγωγής και  $P$  η τιμή του προϊόντος. Πρέπει να τονιστεί ξανά ότι το κύριο πλεονέκτημα της δυϊκής θεωρίας είναι η λύση των εμπειρικών και θεωρητικών προβλημάτων της παραδοσιακής προσέγγισης ως προς την τεχνολογία παραγωγής.

Η διαδικασία αυτή έχει ως στόχο την αξιολόγηση ενός κομβικού μέτρου στη θεωρία παραγωγής, της αποτελεσματικής χρήσης των πόρων, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η εκτίμηση της ικανότητας της παραγωγικής μονάδας να λειτουργεί στο άριστο επίπεδο και κατ'επέκταση να δίνεται η δυνατότητα επιλογής πολιτικών ανάπτυξης. Η έννοια της οικονομικής αποδοτικότητας έχει ουσιαστική σημασία στην παρούσα μελέτη και αναλύεται εκτενώς στην επόμενη ενότητα.

### 3. Η μέτρηση της αποδοτικότητας

Η αποδοτικότητα και η παραγωγικότητα αποτελούν βασικές έννοιες της οικονομικής θεωρίας. Η παραγωγικότητα μιας οικονομικής μονάδας ορίζεται ως ο λόγος των εκροών προς τις εισροές που αυτή χρησιμοποιεί. Η αποδοτικότητα αναφέρεται στη σύγκριση μεταξύ των παρατηρούμενων και των βέλτιστων τιμών των εισροών και εκροών. Οι δύο αυτοί όροι θεωρούνται σχεδόν ταυτόσημοι, ωστόσο υπάρχει μια διακριτή διαφορά μεταξύ τους. Ο Farrell (1957) θεμελίωσε την προσέγγιση αυτή, προτείνοντας τη διάσπαση της αποδοτικότητας σε δύο συστατικά μέρη: την τεχνική αποδοτικότητα (technical efficiency), η οποία αποτυπώνει την ικανότητα της οικονομικής οντότητας να επιτυγχάνει τη μέγιστη δυνατή εκροή μέσω ενός δεδομένου όγκου εισροών και την καταναμητική αποδοτικότητα (allocative efficiency), η οποία αποτυπώνει την ικανότητα της οικονομικής οντότητας να χρησιμοποιεί τις βέλτιστες αναλογίες των εισροών, με δεδομένες τις αγοραίες τιμές και την τεχνολογία παραγωγής. Ο συνδυασμός των επιμέρους αυτών παραγόντων συνιστά τη συνολική οικονομική αποδοτικότητα (overall efficiency).

#### 3.1. Η Αποδοτικότητα ως μέτρο εισροών

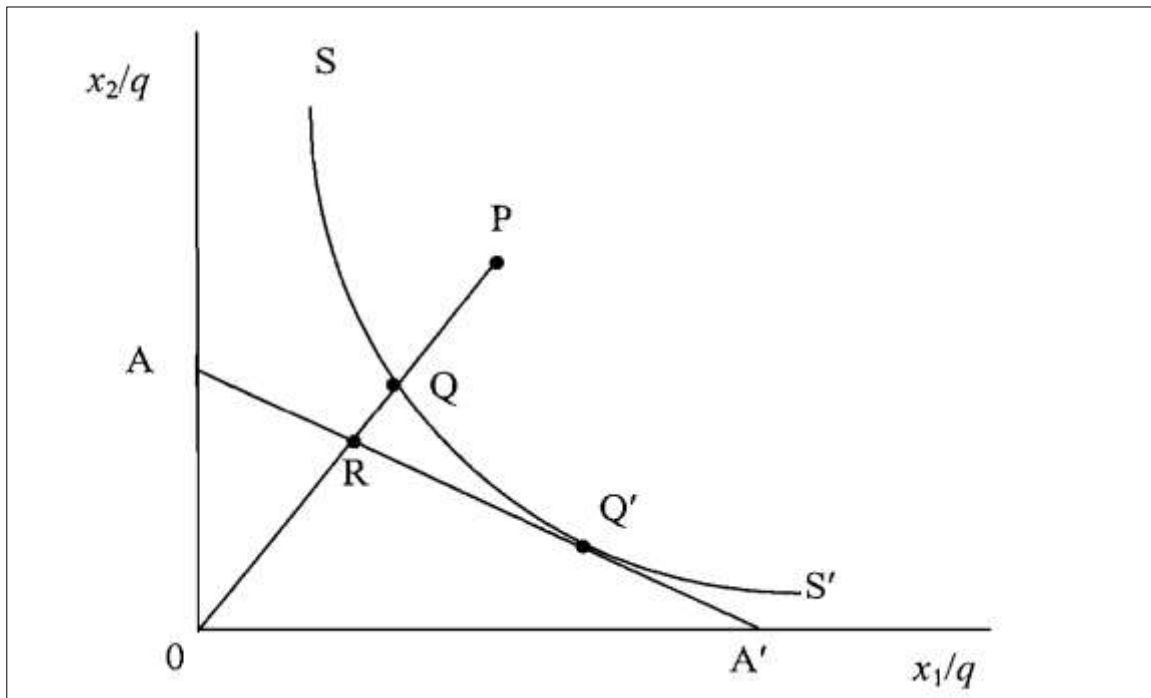
Η αποδοτικότητα μπορεί να αναλυθεί ως μέτρο εισροών και ως μέτρο εκροών. Ως προς την ανάλυση του πρώτου μέτρου, έστω ότι η οικονομική οντότητα χρησιμοποιεί δύο συντελεστές παραγωγής ( $x_1$  και  $x_2$ ) για την παραγωγή ενός μόνο προϊόντος ( $q$ ), υπό τον περιορισμό των σταθερών αποδόσεων κλίμακας. Η γνώση της καμπύλης ισοπαραγωγής της πλήρως αποτελεσματικής οικονομικής μονάδας ( $SS'$ ) επιτρέπει τη μέτρηση της τεχνικής, καταναμητικής και συνολικής αποδοτικότητας. Στο διάγραμμα 4, το σημείο P αντιπροσωπεύει τις εισροές, που η οικονομική μονάδα χρησιμοποιεί, ανά μονάδα παραγωγής. Το σημείο Q πάνω στην καμπύλη  $SS'$  απεικονίζει την ποσότητα των εισροών που χρησιμοποιούνται κατά την ίδια αναλογία, όπως και στο σημείο P.

Η τεχνική αναποτελεσματικότητα της οικονομικής οντότητας παρουσιάζεται από την απόσταση QP, η οποία δείχνει το μέγεθος κατά το οποίο όλες οι εισροές μπορούν να μειωθούν αναλογικά χωρίς να μειωθεί η ποσότητας εκροής. Αποδίδεται, κυρίως, ως ποσοστό μέσω του λόγου QP/OP. Η τεχνική αποδοτικότητα (TE) μίας οικονομικής μονάδας εκφράζεται από τον λόγο:

$$TE = OQ/OP \quad (7)$$

που είναι ίσος με  $1 - QP/OP$ . Η αναλογία αυτή έχει τις ιδιότητες που πρέπει να χαρακτηρίζουν ένα μέτρο αποδοτικότητας. Λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Συγκεκριμένα, η τιμή 1 δηλώνει ότι η οικονομική μονάδα είναι πλήρως αποτελεσματική, ενώ πλησιάζει την τιμή 0, αν οι ποσότητες των εισροών ανά μονάδα εκροής τείνουν στο άπειρο. Επιπρόσθετα, η αρνητική κλίση της  $SS'$  υποδηλώνει ότι η αύξηση της ποσότητας εισροής ανά μονάδα εκροής συνεπάγεται, *ceteris paribus*, μικρότερη τεχνική αποδοτικότητα.

Γράφημα 4: Τεχνική, Κατανομητική και Οικονομική Αποδοτικότητα ως μέτρο εισροών (Farrell, 1957)



Ωστόσο, θα πρέπει να υιοθετηθεί ένα μέτρο που να δηλώνει το βαθμό στον οποίο η οικονομική μονάδα χρησιμοποιεί τις παραγωγικές εισροές στις βέλτιστες αναλογίες, υπό το πρίσμα των αγοραίων τιμών τους. Έστω ότι στο διάγραμμα 4, η ευθεία  $AA'$  αντιπροσωπεύει τον λόγο των τιμών των εισροών, τότε το σημείο  $Q'$  αποτελεί το βέλτιστο σημείο παραγωγής. Η κατανομητική αποδοτικότητα ορίζεται ως ο λόγος:

$$AE = OR/OQ \quad (8)$$

και η συνολική οικονομική αποδοτικότητα μετράται από το λόγο:

$$OE = OR/OP \quad (9)$$

Οι Coelli et al. (2005) παραθέτουν τη μαθηματική επεξήγηση της αποδοτικότητας. Συγκεκριμένα, η τεχνική αποδοτικότητα μιας οικονομικής μονάδας ως μέτρο εισροών εκφράζεται μέσω της συνάρτησης εισροών  $d_i(x,q)$  ως:

$$TE = 1/d_i(x,q) \quad (10)$$

Η οικονομική οντότητα είναι τεχνικά αποδοτική, εάν λειτουργεί στο σύνορο και κατά συνέπεια ισχύει  $TE=1$  και  $d_i(x,q)=1$ . Ως προς τη συνολική οικονομική αποδοτικότητα (OE), έστω  $w$  το διάνυσμα του κόστους των εισροών και  $x$  το εκτιμημένο διάνυσμα των εισροών ως προς το σημείο P. Τα διανύσματα εισροών  $\hat{x}$  και  $x^*$  αναφέρονται αντίστοιχα στο τεχνικά αποδοτικό σημείο Q και στο σημείο Q', όπου ελαχιστοποιείται το κόστος. Η συνολική οικονομική αποδοτικότητα δίνεται από τον λόγο:

$$OE = \frac{w'x^*}{w'x} = OR/OP$$

Η ευθεία AA' αποτελεί την καμπύλη ίσου κόστους και επιτρέπει τον υπολογισμό της τεχνικής και κατανομικής αποδοτικότητας:

$$AE = \frac{w'x^*}{w'\hat{x}} = OR/OQ$$

και

$$TE = \frac{w'\hat{x}}{w'x} = OQ/OP$$

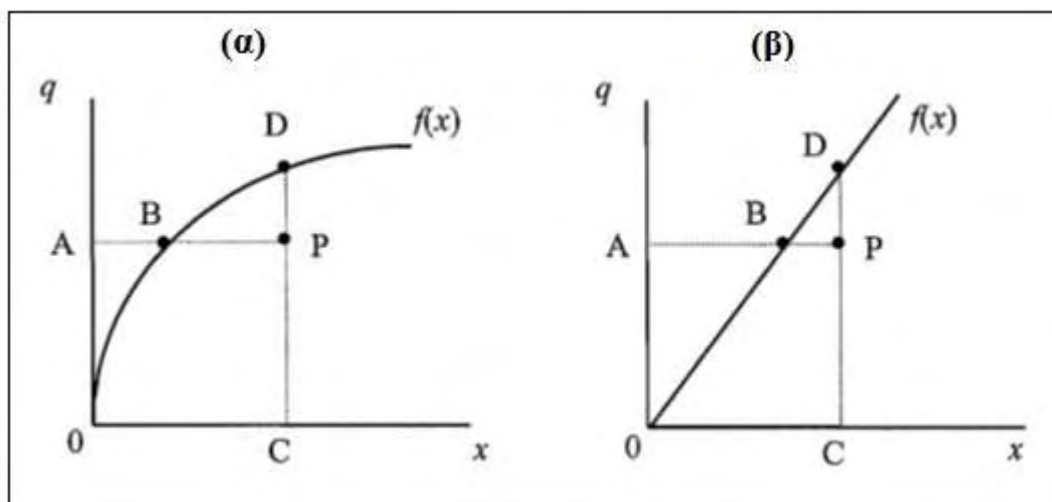
Η απόσταση RQ δηλώνει τη μείωση στο κόστος παραγωγής που θα μπορούσε να επιτευχθεί, αν η παραγωγή γινόταν στο βέλτιστο σημείο Q', όπου η καμπύλη ισοπαραγωγής (SS') εφάπτεται της καμπύλης ίσου κόστους, σε αντίθεση με το σημείο Q, το οποίο δηλώνει μόνο την τεχνική αποδοτικότητα. Επομένως, η συνολική οικονομική αποδοτικότητα υπολογίζεται μέσω της τεχνικής και της κατανομικής αποδοτικότητας ως:

$$TE \times AE = (OQ/OP) \times (OR/OP) = (OR/OP) = OE \quad (11)$$

### 3.2. Η Αποδοτικότητα ως μέτρο εκροών

Ως προς το μέτρο εισροής-εκροής, χρησιμοποιείται μία εισροή  $x$  και μία εκροή  $q$ . Στο διάγραμμα 5(α) η καμπύλη  $f(x)$  δηλώνει ότι επικρατούν φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας και αναποτελεσματικότητα στο σημείο P. Η τεχνική αποδοτικότητα είναι ίση με τον λόγο  $AB/AP$  ως προς τη μέτρηση των εισροών και ίση με  $CP/CD$  ως προς τη μέτρηση των εκροών. Στο διάγραμμα 5(β) ισχύουν σταθερές αποδόσεις κλίμακας, γεγονός το οποίο συνεπάγεται  $AB/AP = CP/CD$  και μη αποδοτικότητα στο σημείο P.

Γράφημα 5: Μέτρηση τεχνικής αποδοτικότητας και αποδόσεις κλίμακας (Coelli et al., 2005)



Κατά τη χρήση δύο εκροών ( $q_1$  και  $q_2$ ) και μίας εισροής ( $x$ ) και με την υπόθεση των σταθερών αποδόσεων κλίμακας, η τεχνολογία παρουσιάζεται από την καμπύλη παραγωγικών δυνατοτήτων  $ZZ'$  του διαγράμματος 6. Το σημείο A είναι αναποτελεσματικό, καθώς βρίσκεται μέσα στο περίβλημα της καμπύλης παραγωγικών δυνατοτήτων. Η τεχνική αποδοτικότητα είναι ίση με  $AB$  και δίνεται από τον λόγο  $OA/OB = d_o(x, q)$ , όπου  $d_o(x, q)$  αποτελεί τη συνάρτηση εκροών του εκτιμημένου διανύσματος εισροών  $x$  και εκροών  $q$ . Η ευθεία  $DD'$  αποτελεί την καμπύλη ίσου κέρδους και η συνολική οικονομική αποδοτικότητα υπολογίζεται ως:

$$OE = \frac{p'q}{p'q^*} = OA/OC ,$$

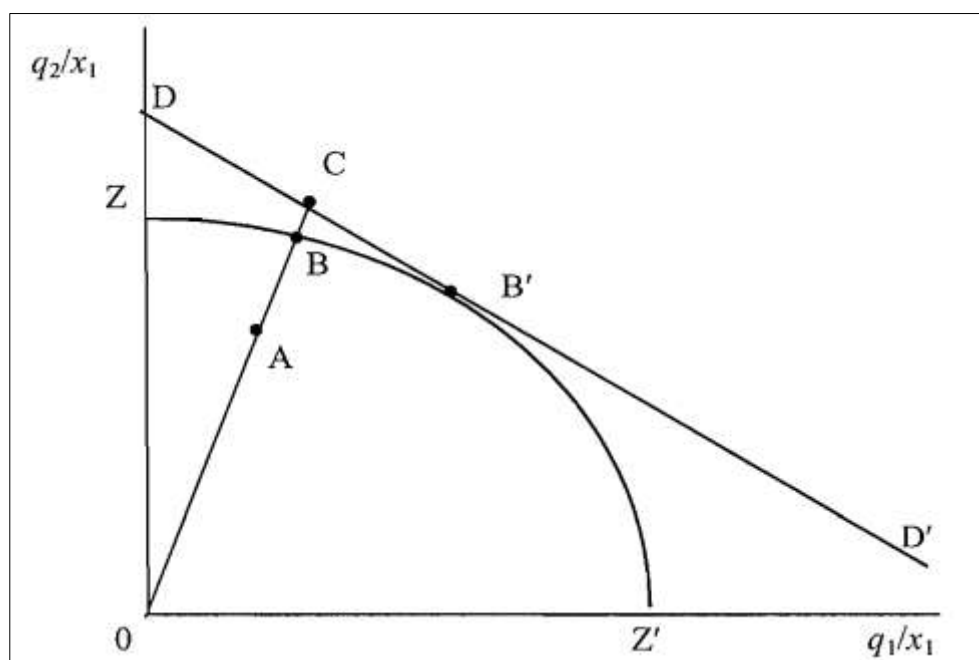
ενώ η τεχνική και η κατανημητική αποδοτικότητα ορίζεται ως:

$$TE = \frac{p'q}{p'q^*} = OA/OB \text{ και } AE = \frac{p'q}{p'q^*} = OB/OC$$

Τα διανύσματα  $q$ ,  $\hat{q}$ ,  $q^*$  αντιστοιχούν στις εκροές ως προς το σημείο A, στην τεχνική αποδοτικότητα ως προς το σημείο B και στην αποδοτικότητα κέρδους ως προς το σημείο B'. Συνδυαστικά, η συνολική οικονομική αποδοτικότητα μέσω της τεχνικής και της κατανεμητικής αποδοτικότητας ορίζεται ως:

$$OE = (OA/OC) = (OA/OB) \times (OB/OC) = TE \times AE \quad (12)$$

Γράφημα 6: Τεχνική, Κατανεμητική και Οικονομική Αποδοτικότητα ως μέτρο εκροών (Coelli et al., 2005)



Από τις δύο προηγούμενες αναλύσεις συμπεραίνεται ότι η τεχνική αποδοτικότητα ως μέτρο εισροών ερμηνεύεται ως προσπάθεια εξοικονόμησης κόστους, ενώ η αντίστοιχη ως μέτρο εκροών ερμηνεύεται ως προσπάθεια αύξησης των εσόδων. Παράλληλα, ως προς την πρώτη ανάλυση, η αποδοτικότητα βελτιώνεται μέσω της αναλογικής μείωσης των εισροών, ενώ ως προς τη δεύτερη, για τη βελτίωση της αποδοτικότητας απαιτείται αναλογική αύξηση των εκροών.

### 3.3. Η Αποδοτικότητα κλίμακας

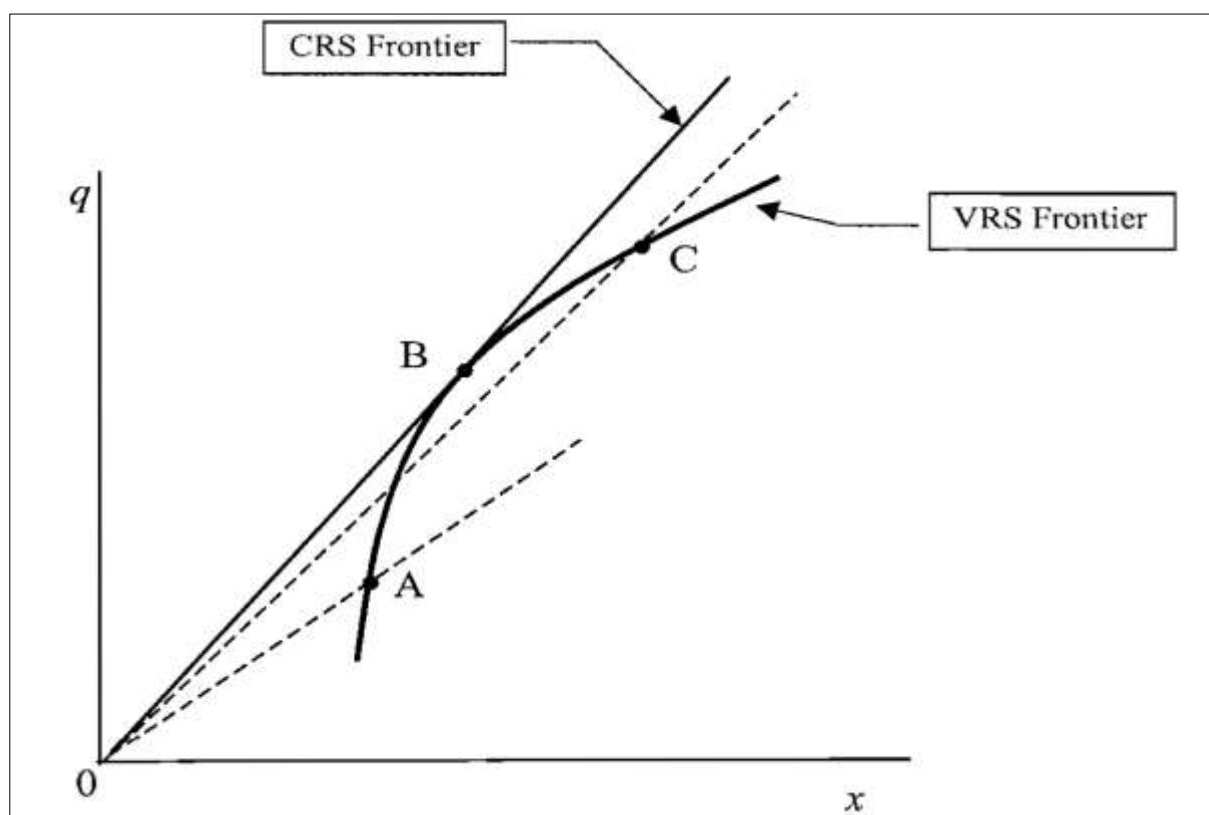
Οι προηγούμενες αναλύσεις έγιναν στο πλαίσιο των σταθερών αποδόσεων κλίμακας (CRS). Ωστόσο, η οικονομική οντότητα ενδέχεται να είναι τεχνικά και κατανεμητικά αποδοτική, χωρίς να λειτουργεί στο βέλτιστο σημείο. Με την υπόθεση των μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας (VRS), η οικονομική μονάδα μπορεί να είναι



πολύ μικρή ως προς την κλίμακα λειτουργίας της και ένα τμήμα της συνάρτησης παραγωγής να υπόκειται σε αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (IRS) ή αντίστροφα να είναι πολύ μεγάλη και ένα τμήμα της συνάρτησης παραγωγής να υπόκειται σε φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας (DRS). Είναι σαφές ότι η βελτίωση της αποδοτικότητας επιτυγχάνεται με αλλαγή της κλίμακας λειτουργίας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διατήρηση του μείγματος των εισροών με ταυτόχρονη μεταβολή του λειτουργικού μεγέθους. Επιπρόσθετα, εάν ισχύουν σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), τότε η λειτουργική κλίμακα είναι αποτελεσματική.

Η αποδοτικότητα κλίμακας (scale efficiency), η οποία αποτυπώνει την απόκλιση της αποδοτικής οικονομικής μονάδας από την άριστη κλίμακα παραγωγής, είναι μία έννοια εύκολα κατανοητή στην περίπτωση μίας εισροής ( $x$ ) και μίας εκροής ( $q$ ), ενέχει, ωστόσο, ένα βαθμό δυσκολίας στην περίπτωση των πολλαπλών εισροών και εκροών.

Γράφημα 7: Αποδόσεις κλίμακας στην παραγωγική διαδικασία (Coelli et al., 2005)

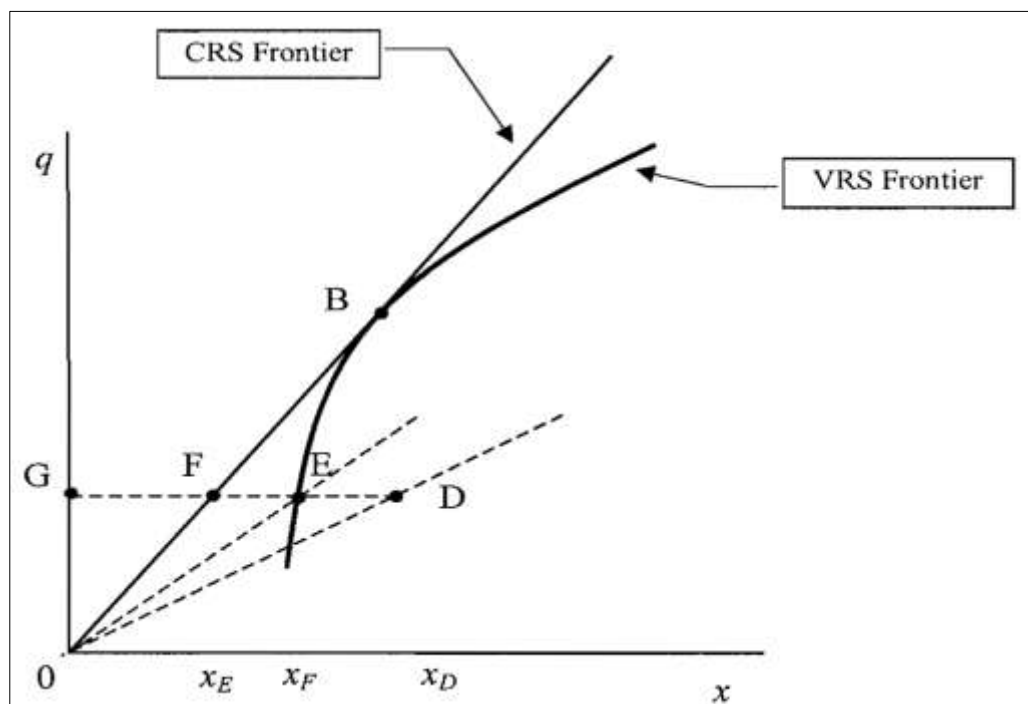


Στο διάγραμμα 7, η παραγωγική περιοχή  $S$  βρίσκεται ανάμεσα στο παραγωγικό σύνορο  $f(x)$  της μεταβλητής κλίμακας (VRS) και στον οριζόντιο άξονα, ενώ

περιλαμβάνει και τα όρια αυτά. Οι οικονομικές μονάδες στα σημεία A, B, C είναι τεχνικά αποδοτικές, καθώς, όμως, η παραγωγικότητα δίνεται από το λόγο των ποσοτήτων εκροών και εισροών ( $q/x$ ) και ταυτίζεται με την κλίση της ακτίνας, διαπιστώνεται ότι οι οικονομικές μονάδες δεν είναι παραγωγικά ίσες. Η μονάδα A υπόκειται σε αύξουσες αποδόσεις κλίμακας, ενώ μπορεί να γίνει πιο παραγωγική αν αυξήσει τη λειτουργική της κλίμακα προς το σημείο B. Αντίθετα, η μονάδα C υπόκειται σε φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας και μπορεί να γίνει πιο παραγωγική αν μειώσει τη λειτουργική της κλίμακα προς το σημείο B.

Η μονάδα B λειτουργεί στο άριστο μέγεθος κλίμακας παραγωγής (MPSS) ή εναλλακτικά στην τεχνικά βέλτιστη κλίμακα παραγωγής (TOPS), καθώς βρίσκεται στο σύνορο των σταθερών αποδόσεων κλίμακας (CRS). Είναι το σημείο εκείνο στο οποίο το μέσο προϊόν μεγιστοποιείται και έχει την ακόλουθη μαθηματική έκφραση:  $TOPS = \max \{q/x | (x, q) \in S\}$ . Όπως αναφέρθηκε, η αποδοτικότητα κλίμακας (SE) υποδηλώνει το ποσό κατά το οποίο η παραγωγικότητα αυξάνεται, καθώς κινούμαστε προς το σημείο TOPS.

Γράφημα 8: Αποδοτικότητα κλίμακας (Coelli et al., 2005)



Στο διάγραμμα 8, η οικονομική μονάδα D είναι τεχνικά αναποτελεσματική, ενώ η παραγωγικότητά της βελτιώνεται με τη μετάβαση στο σημείο E και αριστοποιείται με

τη μετακίνηση από το σημείο E στο B. Η μετακίνηση στο VRS σύνορο μπορεί να επιτευχθεί με την αφαίρεση της τεχνικής αναποτελεσματικότητας, ενώ η μετακίνηση στο CRS σύνορο με την αφαίρεση της αναποτελεσματικότητας κλίμακας. Ο λόγος της κλίσης της ακτίνας OD και OE ισούται με τον λόγο GE/GD.

Ταυτόχρονα ισχύει:

$$TE_{VRS} = GE/GD \quad (13)$$

Ο λόγος της κλίσης της ακτίνας OE και OF ισούται με τον λόγο GF/GE και με την αποδοτικότητα κλίμακας (SE), δηλαδή

$$SE = GF/GE \quad (14)$$

Το μέτρο της αποδοτικότητας κλίμακας συνήθως δεν υπολογίζεται άμεσα, αλλά έμμεσα με τη βοήθεια των σταθερών αποδόσεων κλίμακας (CRS). Συγκεκριμένα,

$$TE_{CRS} = GF/GD$$

και

$$SE = TE_{CRS}/TE_{VRS} = (GF/GD)/(GD/GE) = GF/GE$$

Εναλλακτικά, η αποδοτικότητα κλίμακας μπορεί να αποδοθεί και με τη μορφή διανυσμάτων ως:

$$SE_{(x,q)} = \frac{di(x,q)|VRS}{di(x,q)|CRS} = TE_{CRS}/TE_{VRS},$$

όπου  $d_i(x,q)$  η συνάρτηση εισροών,  $x$  το διάνυσμα εισροών και  $q$  το διάνυσμα εκροών.

Οι ιδέες και οι έννοιες που διατυπώθηκαν απεικονίζουν την προσπάθεια υιοθέτησης και εξέλιξης μεθόδων και μοντέλων εκτίμησης της αποδοτικότητας. Σημείο εκκίνησης αυτής της προσπάθειας και κατ' επέκταση της δημιουργίας του μαθηματικού μοντέλου της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (Data Envelopment Analysis) θεωρείται το άρθρο του Farrell (1957), ο οποίος επιχείρησε να προσεγγίσει την ανάλυση της παραγωγικής δραστηριότητας με μία μεθοδολογία, η οποία θα παρουσίαζε λιγότερα μειονεκτήματα συγκριτικά με τις εφαρμοζόμενες μεθόδους, όπως η μέση παραγωγικότητα εργατικού δυναμικού και κεφαλαίου, οι

δείκτες των σταθμισμένων μέσων όρων των εισροών και η σύγκριση του κόστους. Προσπάθησε, δηλαδή, να επεκτείνει την έννοια της παραγωγικότητας ως προς την πιο γενική έννοια της αποδοτικότητας με την υιοθέτηση τεχνικών γραμμικού προγραμματισμού. Το ιστορικό υπόβαθρο και η μεθοδολογία της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων παρουσιάζονται στο ακόλουθο κεφάλαιο.

## 4. Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων

Ο υπολογισμός της αποδοτικότητας απαιτεί την εισαγωγή και μέτρηση ενός ορίου παραγωγικών δυνατοτήτων. Η κατασκευή και η εκτίμηση του συγκεκριμένου ορίου μπορεί να επιτευχθεί μέσω της παραμετρικής και της μη παραμετρικής μεθόδου. Η οικονομετρική προσέγγιση εκτίμησης των συνόρων παραγωγής και της αποδοτικότητας διαφέρει από εκείνη του γραμμικού προγραμματισμού. Σύμφωνα με τους Fried, Lovell και Schmidt (1993) τα σημεία διαφοροποίησης των δύο τεχνικών είναι τα ακόλουθα:

- Η οικονομετρική προσέγγιση είναι στοχαστική και διακρίνει τις επιπτώσεις της ύπαρξης του τυχαίου σφάλματος από τις επιπτώσεις της αναποτελεσματικότητας. Η προσέγγιση του γραμμικού προγραμματισμού είναι μη στοχαστική και συνδυάζει το τυχαίο σφάλμα με την αναποτελεσματικότητα.
- Η οικονομετρική προσέγγιση είναι παραμετρική και συγχέει τις επιπτώσεις της μη εξειδίκευσης των υποθέσεων ως προς το τεχνολογικό όριο με την αναποτελεσματικότητα. Η προσέγγιση του γραμμικού προγραμματισμού είναι μη παραμετρική και υπόκειται σε μικρότερο βαθμό σε αυτό το σφάλμα.

Ένας δημοφιλής τρόπος για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας είναι η τεχνική της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, γνωστή με τη συντομογραφία DEA (Data Envelopment Analysis). Η DEA είναι μία μη παραμετρική προσέγγιση, η οποία αποτιμά τη σχετική αποτελεσματικότητα των οικονομικών μονάδων στην περίπτωση των πολλαπλών εισροών και εκροών.

### 4.1. Ιστορικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας DEA

Το μοντέλο της DEA αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του '70 από τους Charnes, Cooper και Rhodes (1978) και θεωρείται ότι ακολουθεί τις βασικές αρχές της θεωρίας του Farrell (1957). Στο θεμελιώδες άρθρο του "The measurement of productive efficiency", ο Farrell υποστηρίζει ότι η μέτρηση της αποδοτικότητας ενέχει θεωρητική και πρακτική σημασία, διότι αποτελεί ένα ικανοποιητικό εργαλείο που επιτρέπει τόσο τον εμπειρικό έλεγχο των υποθέσεων όσο και τον οικονομικό

σχεδιασμό για τη βελτίωση της παραγωγικότητας. Η προσέγγιση του Farrell έχει επηρεαστεί από το έργο του Koopmans (1951), ο οποίος αναλύει το «κριτήριο Pareto» για την αποτελεσματικότητα. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, τα τελικά αγαθά υπόκεινται στον περιορισμό ότι κανένα δεν επιτρέπεται να βελτιωθεί, εάν η βελτίωση αυτή επιδεινώνει ένα ή περισσότερα τελικά αγαθά. Οι εκροές αυτές θα πρέπει να αποδίδονται με συγκεκριμένα ποσά, ενώ οι εισροές πρέπει να ορίζονται ως βέλτιστες, ανταποκρινόμενες στις τιμές και τα ποσά που καθορίζονται εξωγενώς για κάθε εκροή. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στις «αποδοτικές τιμές», τις τιμές εκείνες που συνδέονται με την αποτελεσματική κατανομή των πόρων. Ο Farrell, ωστόσο, επέκτεινε τη σκέψη του Koopmans με την υπόθεση της ύπαρξης εισροών και εκροών, οι οποίες δεν υπόκεινται στους μηχανισμούς των σχετικών τιμών. Είναι αξιοσημείωτο ότι χρησιμοποίησε τις επιδόσεις των υπόλοιπων οικονομικών μονάδων προκειμένου να αξιολογήσει τη συμπεριφορά της κάθε οικονομικής μονάδας ως προς τις συνολικές εισροές και εκροές. Ακόλουθα, εισήγαγε την υπόθεση του ίσου δικαιώματος πρόσβασης των οικονομικών μονάδων στις πηγές εισροών.

Κατά τους Førsund και Sarafoglou (2002), η βασική θεωρία του Farrell συνοψίζεται σε τρία σημεία:

1. Η μέτρηση της αποδοτικότητας βασίζεται στις ακτινωτές αποκλίσεις των αναποτελεσματικών σημείων από το παραγωγικό όριο.
2. Το παραγωγικό όριο είναι κυρτό προς την αρχή των αξόνων και απεικονίζεται στην πιο συντηρητική του μορφή, υποδηλώνοντας ταυτόχρονα το ελάχιστο προσδοκώμενο επίπεδο αποδοτικότητας ως προς τα παρατηρούμενα σημεία.
3. Το σύνορο παραγωγής υπολογίστηκε μέσω επίλυσης συστημάτων γραμμικών εξισώσεων, υπό τον περιορισμό των ιδιοτήτων της καμπύλης ισοπαραγωγής.

Η εμπειρική ανάλυση του Farrell περιοριζόταν σε μία μόνο εκροή και οι ακόλουθες επεκτάσεις της δεν αρκούσαν για την κάλυψη ενός μεγάλου όγκου δεδομένων. Ακολούθησαν κάποιες απόπειρες γενίκευσης της μεθόδου από τους Aigner και Chu (1968) και από τον Afriat (1972), οι οποίες δε στέφθηκαν από επιτυχία. Η προσπάθεια των Aigner και Chu έγκειται στην εισαγωγή της συνάρτησης Cobb-Douglas για την εκτίμηση της αποδοτικότητας, γεγονός το οποίο καταδεικνύει

ότι το ενδιαφέρον στράφηκε στο παραγωγικό όριο και όχι στην αποτελεσματικότητα και αντιτίθεται στην υπόθεση του Farrell περί ορισμού a priori υποθέσεων για τη συνάρτηση παραγωγής. Μια διαφορετική προσέγγιση πραγματοποιήθηκε από τον Afriat (1972) με την ανάπτυξη μιας μεθόδου εκτίμησης της αποδοτικότητας, η οποία ακολουθούσε τη φιλοσοφία του Farrell (1957), δεν περιελάμβανε το λεπτομερή ορισμό της συνάρτησης παραγωγής και αφορούσε στον έλεγχο του συνόλου των δεδομένων ως προς την υπόθεση της αποτελεσματικότητας, της ελαχιστοποίησης του κόστους και της μεγιστοποίησης των κερδών υπό το καθεστώς των σταθερών οικονομικών κλίμακας. Η αποτυχία της συγκεκριμένης μεθόδου οφείλεται στην ταύτιση των μέτρων οικονομικής αποδοτικότητας με τα κριτήρια που εισήγαγε ο Farrell.

Η θεμελίωση του μαθηματικού μοντέλου της DEA γίνεται αρχικά από τους Charnes, Cooper και Rhodes (1978) και έπειτα από τους Banker, Charnes και Cooper (1984). Στο πλαίσιο της μελέτης των Charnes, Cooper και Rhodes (1978) χρησιμοποιήθηκε ο όρος «Μονάδες Λήψεως Αποφάσεων» (Decision Making Units – DMUs), ο οποίος περιγράφει ομογενείς οικονομικές μονάδες που μετατρέπουν τις πολλαπλές εισροές σε πολλαπλές εκροές. Μία DMU αναφερόταν αρχικά σε μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς, ωστόσο η έννοια αυτή επεκτάθηκε σε δημόσιους φορείς, χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς, εκπαιδευτικές και βιομηχανικές μονάδες. Το μοντέλο συγκρίνει τις αποφάσεις κάθε DMU, παρέχοντας κατ' αυτόν τον τρόπο ένα μέτρο σχετικής αποδοτικότητας. Η σχετική αποδοτικότητα κάθε DMU αφορά στη δημιουργία μίας υποθετικής αποδοτικής μονάδας και προκύπτει από τον λόγο του σταθμισμένου αθροίσματος των εκροών προς το σταθμισμένο άθροισμα των εισροών, όπου τα βάρη υπολογίζονται με βάση τα κριτήρια Pareto και υπόκεινται στον περιορισμό ότι η αποδοτικότητα του κάθε οργανισμού δε δύναται να ξεπεράσει τη μονάδα.

Σύμφωνα με τους Coelli et al. (2005), η μεθοδολογία DEA στοχεύει στη μέτρηση της αποδοτικότητας μέσω της κατασκευής ενός συνόρου από το σύνολο των παρατηρήσεων, το οποίο δεν απαιτεί την εκτίμηση της συναρτησιακής σχέσης εισροών και εκροών. Το σύνορο αυτό επιτρέπει την εκτίμηση της αποδοτικότητας κάθε μονάδας και τον προσδιορισμό των βέλτιστων ποσοτήτων εισροών και εκροών. Η κύρια ιδέα είναι η σύγκριση κάθε αναποτελεσματικής μονάδας με την αποδοτική, η οποία χρησιμοποιεί παρεμφερείς εισροές και παράγει παρόμοιες εκροές. Η μονάδα

αυτή συνήθως είναι υποθετική και αποτελεί ένα γραμμικό συνδυασμό των υφιστάμενων μονάδων. Το σύνολο των πραγματικών αποδοτικών μονάδων που συνδυάζονται με τρόπο ώστε να δημιουργήσουν μια υποθετική μονάδα, ονομάζεται ομάδα αναφοράς και συμβάλλει στον διαχωρισμό των αποτελεσματικών και των αναποτελεσματικών DMUs.

#### 4.2. Μοντέλο σταθερών αποδόσεων κλίμακας (CCR model)

Το μαθηματικό υπόδειγμα DEA των Charnes, Cooper και Rhodes (CCR – model) υπολογίζει την τεχνική αποδοτικότητα και υποθέτει σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Συγκεκριμένα, υποθέτουμε ότι υπάρχουν  $n$  DMUs προς αξιολόγηση, κάθε μία από τις οποίες χρησιμοποιεί  $m$  εισροές και παράγει  $s$  εκροές. Κάθε  $j$  οικονομική μονάδα ( $DMU_j$ ), χρησιμοποιεί ποσότητα  $x_{ij}$  της εισροής  $i$  και παράγει ποσότητα  $y_{rj}$  της εκροής  $r$ . Παράλληλα, λόγω της εισαγωγής στο μοντέλο της σχετικής αποτελεσματικότητας, χρησιμοποιείται ο συντελεστής στάθμισης των εκροών, ο οποίος συμβολίζεται με  $u$  και ο συντελεστής στάθμισης των εισροών, ο οποίος συμβολίζεται με  $v$ . Το μοντέλο στοχεύει στη μεγιστοποίηση της σχετικής αποδοτικότητας  $h_o$  της  $DMU_{j_o}$ , υπό τον περιορισμό ότι η αποδοτικότητα των άλλων DMUs είναι μικρότερη της μονάδας. Η μαθηματική του διατύπωση δίνεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \max h_o(u, v) &= \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} / \sum_{i=1}^m v_i x_{io}, \\ \text{s.t.} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 1, \quad j=1, 2, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Το μέτρο της αποδοτικότητας συνδέεται με το σταθμισμένο άθροισμα των εισροών και εκροών της κάθε DMU και εφαρμόζει γραμμικά μοντέλα βελτιστοποίησης για τον υπολογισμό των συντελεστών σταθμίσεως. Ωστόσο, η αρχική διατύπωση του μοντέλου δεν ήταν γραμμική, αλλά κλασματική. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι το γεγονός ότι καθορίζει την αξία των συντελεστών στάθμισης και αποδίδει την ίδια τιμή για όλες τις DMUs. Γίνεται φανερό ότι υπάρχει ευελιξία ως προς τη σχετική σημασία του κάθε συντελεστή, όμως είναι πιθανό να αποδοθεί



μηδενική ή λιγιστή βαρύτητα σε ένα συγκεκριμένο παράγοντα. Για το λόγο αυτό, οι Charnes, Cooper και Rhodes (1978) προτείνουν τη μετατροπή της κλασματικής μορφής σε γραμμική, ούτως ώστε το μοντέλο να υπάγεται στους κανόνες του γραμμικού προγραμματισμού. Με την επιβολή του περιορισμού  $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$ , ο οποίος αποτρέπει την εμφάνιση άπειρων λύσεων, προκύπτει η εξής γραμμική μορφή:

$$\begin{aligned}
 \max z &= \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} \\
 \text{s.t. } & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1, \\
 & \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 & \mu_r, v_i \geq 0
 \end{aligned} \tag{16}$$

όπου η αλλαγή των συμβολισμών των διανυσμάτων από  $u$  και  $v$  σε  $\mu$  και  $v$  αντίστοιχα, υπογραμμίζει την ύπαρξη ενός διαφορετικού προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού.

Λόγω της δυϊκότητας στα πλαίσια του γραμμικού προγραμματισμού, είναι δυνατόν να ληφθεί η ακόλουθη εναλλακτική μορφή:

$$\begin{aligned}
 \min_{\theta, \lambda} & \theta \\
 \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{17}$$

όπου  $\theta$  είναι μία παράμετρος και  $\lambda$  δηλώνει τις νέες υποθετικές σταθμίσεις. Η συγκεκριμένη μορφή περιέχει λιγότερους περιορισμούς και είναι προτιμότερη. Η

τελευταία μορφή θα πρέπει να επιλυθεί  $n$  φορές, όσες είναι και οι DMUs του υποδείγματος. Η τιμή  $\theta$  αποτελεί τον βαθμό αποδοτικότητας (efficiency score) και ικανοποιείται όταν  $\theta=1$ , βρίσκεται δηλαδή πάνω στο όριο. Εάν  $\theta<1$ , τότε σαφώς το σημείο είναι αναποτελεσματικό.

Όταν η αποδοτικότητα εκτιμάται μέσω των εκροών, προκύπτει το ακόλουθο μαθηματικό υπόδειγμα:

$$\begin{aligned} & \max_{\varphi, \lambda} \varphi \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq \varphi y_{ro}, \quad r = 1, 2, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{io}, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (18)$$

Όπου  $1 \leq \varphi < \infty$  και  $(\varphi-1)$  είναι η αναλογική αύξηση των εκροών που θα μπορούσε να επιτευχθεί από την  $j$  οικονομική μονάδα με σταθερές τις ποσότητες εισροών. Ο βαθμός τεχνικής αποδοτικότητας μέσω των εκροών δίνεται από τον λόγο  $1/\varphi$ .

Οι Coelli et al. (2005) παραθέτουν ένα πολύ κατανοητό παράδειγμα της DEA για σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS-DEA). Έστω ότι υπάρχουν 5 DMUs, οι οποίες χρησιμοποιούν δύο εισροές  $x_1$  και  $x_2$  και παράγουν μία εισροή  $q$ .

**Πίνακας 1: Δεδομένα για CRS-DEA ( Coelli et al., 2005)**

DMU	q	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> /q	x <sub>2</sub> /q
1	1	2	5	2	5
2	2	2	4	1	2
3	3	6	6	2	2
4	1	3	2	3	2
5	2	6	2	3	1

Το σύνορο DEA είναι αποτέλεσμα πέντε προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού της, όπως δίνεται από την εξίσωση 17. Έστω ότι το αντικείμενο μελέτης είναι η DMU<sub>3</sub>. Τότε,

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ \text{s.t.} \quad & -q_3 + (q_1\lambda_1 + q_2\lambda_2 + q_3\lambda_3 + q_4\lambda_4 + q_5\lambda_5) \geq 0, \\ & \theta x_{13} - (x_{11}\lambda_1 + x_{12}\lambda_2 + x_{13}\lambda_3 + x_{14}\lambda_4 + x_{15}\lambda_5) \geq 0, \\ & \theta x_{23} - (x_{21}\lambda_1 + x_{22}\lambda_2 + x_{23}\lambda_3 + x_{24}\lambda_4 + x_{25}\lambda_5) \geq 0, \\ & \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5 \geq 0 \end{aligned}$$

Οι τιμές των  $\theta$  και  $\lambda$  παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

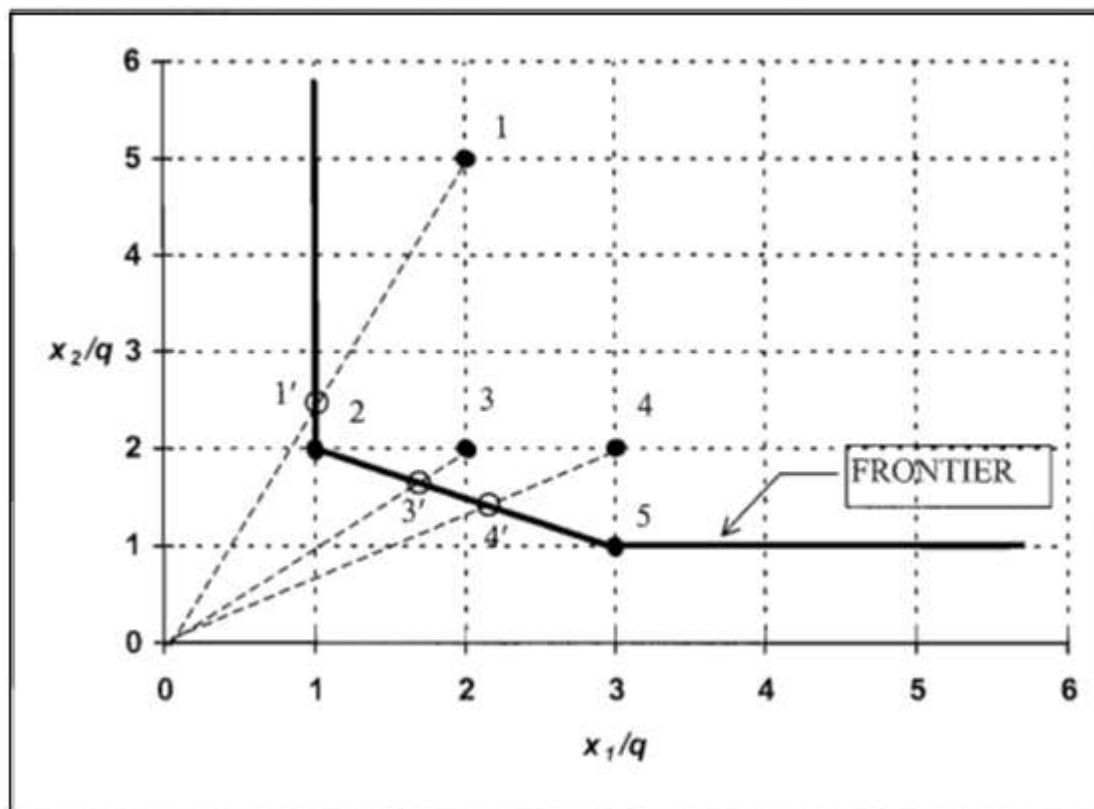
**Πίνακας 2: Αποτελέσματα CRS –DEA ως προς το μέτρο των εισροών**

DMU	$\theta$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$
1	0.5	-	0.5	-	-	-
2	1	-	1	-	-	-
3	0.833	-	1	-	-	0.5
4	0.714	-	0.214	-	-	0.286
5	1	-	-	-	-	1

Παρατηρούμε ότι η τεχνική αποδοτικότητα της DMU<sub>3</sub> είναι 0.833, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι η DMU<sub>3</sub> θα μπορούσε να μειώσει το μέγεθος των εισροών που χρησιμοποιεί κατά 16.7% χωρίς να προβεί σε μείωση της εκροής. Στο διάγραμμα 9, το υποθετικό αυτό σημείο παριστάνεται από το 3' και είναι γραμμικός συνδυασμός των σημείων 2 και 5. Οι DMU<sub>2</sub> και DMU<sub>5</sub> αναφέρονται ως ομοειδείς της DMU<sub>3</sub>, βρίσκονται στο τμήμα του παραγωγικού συνόρου και ορίζουν την αποδοτική παραγωγή της DMU<sub>3</sub>. Παρόμοια, η DMU<sub>4</sub> και η DMU<sub>1</sub> είναι αναποτελεσματικές με τεχνική αποδοτικότητα ίση με 0.714 και 0.5 αντίστοιχα, με την πρώτη να εμφανίζει ίδιες ομοειδείς με την DMU<sub>3</sub> και τη δεύτερη να παρουσιάζει ως ομοειδή την DMU<sub>2</sub>. Η DMU<sub>1</sub> μπορεί να μειώσει την ποσότητα της εισροής  $x_2$  κατά 50% και να παράγει

ακόμη το ίδιο προϊόν. Τέλος, η  $DMU_2$  και  $DMU_5$  είναι αποδοτικές και έχουν ως ομοειδείς τους εαυτούς τους.

Γράφημα 9: CRS-DEA ως προς το μέτρο των εισροών (Coelli et al., 2005)



#### 4.3. Μοντέλο μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας (BCC model)

Η επιβολή των σταθερών αποδόσεων κλίμακας είναι εφικτή, όταν όλες οι οικονομικές μονάδες λειτουργούν στη βέλτιστη κλίμακα παραγωγής. Ωστόσο, η ύπαρξη ατελούς ανταγωνισμού, κυβερνητικών κανονιστικών διατάξεων, χρηματοοικονομικών περιορισμών και απρόβλεπτων παραγόντων μπορεί να καθιστούν αδύνατη την ισορροπία στο βέλτιστο σημείο και επομένως να εμφανίζονται μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας. Το υπόδειγμα CRS μετασχηματίζεται σε VRS υπόδειγμα, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Banker, Charnes και Cooper (1984) και είναι ευρύτερα γνωστό ως υπόδειγμα BCC (BCC - model). Το συγκεκριμένο υπόδειγμα επιτρέπει τον υπολογισμό της τεχνικής αποδοτικότητας, απομονώνοντας τις επιδράσεις της αποδοτικότητας κλίμακας. Το μοντέλο BCC προκύπτει από το κλασικό μοντέλο CCR με την προσθήκη του περιορισμού

κυρτότητας  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ . Πρέπει να επισημανθεί ότι ο περιορισμός αυτός εξασφαλίζει ότι μια μη αποδοτική οικονομική μονάδα έχει ως σημείο αναφοράς οικονομικές μονάδες παρόμοιου μεγέθους. Για τον υπολογισμό της τεχνικής αποδοτικότητας μέσω των εισροών, από τον μετασχηματισμό της εξίσωσης (17) προκύπτει:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (19)
 \end{aligned}$$

ενώ για τον υπολογισμό της αντίστοιχης αποτελεσματικότητας μέσω των εκροών μετασχηματίζουμε την εξίσωση (18):

$$\begin{aligned}
 & \max_{\phi, \lambda} \phi \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq \phi y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (20)
 \end{aligned}$$

Όπως και στο υπόδειγμα CCR, οι τιμές των  $\theta$  και  $1/\phi$  αποτελούν τους βαθμούς τεχνικής αποδοτικότητας.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναλύθηκε η έννοια της αποδοτικότητας κλίμακας. Με τη βοήθεια του διαγράμματος 10, υπενθυμίζεται ότι για σταθερές αποδόσεις η τεχνική αναποτελεσματικότητα ως προς τις εισροές στο σημείο P είναι η απόσταση  $PP_C$ , ενώ υπό το πλαίσιο των μεταβλητών αποδόσεων η αναποτελεσματικότητα αποτυπώνεται στην απόσταση  $PP_V$ . Ως προς τη μαθηματική απόδοση ισχύει:

$$TE_{CRS} = AP_C/AP$$

$$TE_{VRS} = AP_V/AP$$

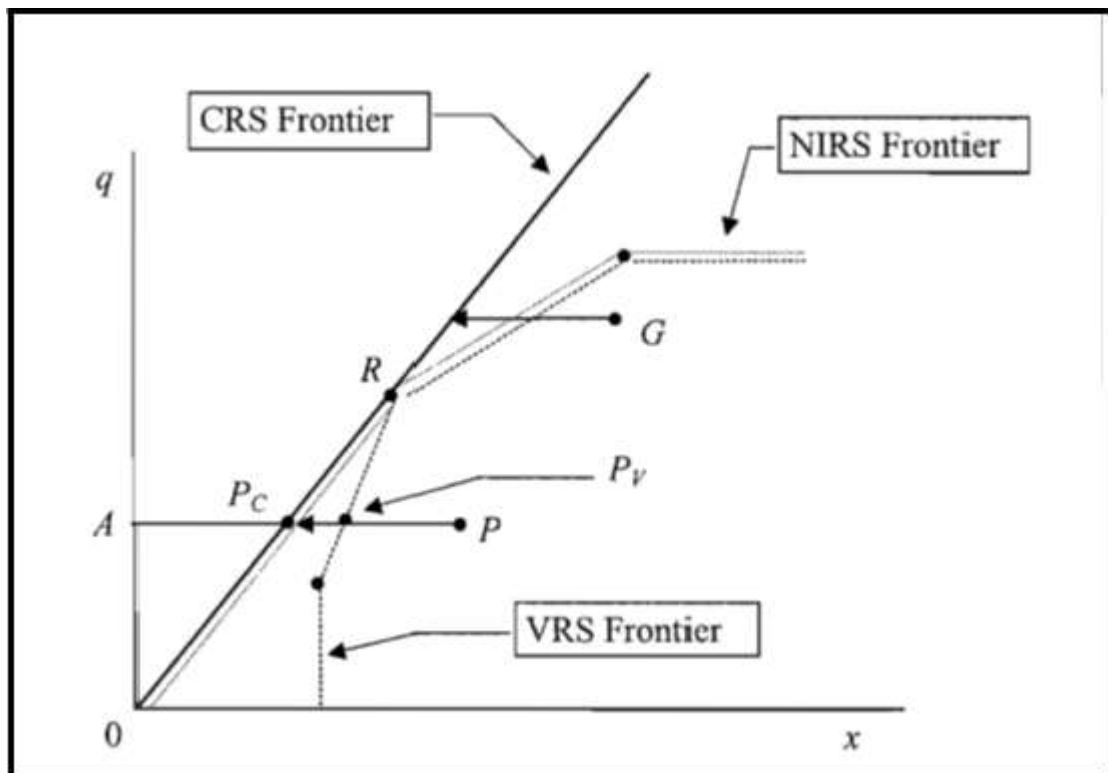
$$SE = TE_{CRS}/TE_{VRS} = AP_C/AP_V$$

και εναλλακτικά

$$TE_{CRS} = SE \times TE_{VRS}$$

Η τελευταία ισότητα φανερώνει ότι σε συνθήκες CRS η τεχνική αποδοτικότητα διασπάται σε «καθαρή» τεχνική αποδοτικότητα και σε αποδοτικότητα κλίμακας.

Γράφημα 10: Μέτρηση της αποδοτικότητας κλίμακας με τη μέθοδο DEA (Coelli et al., 2005)



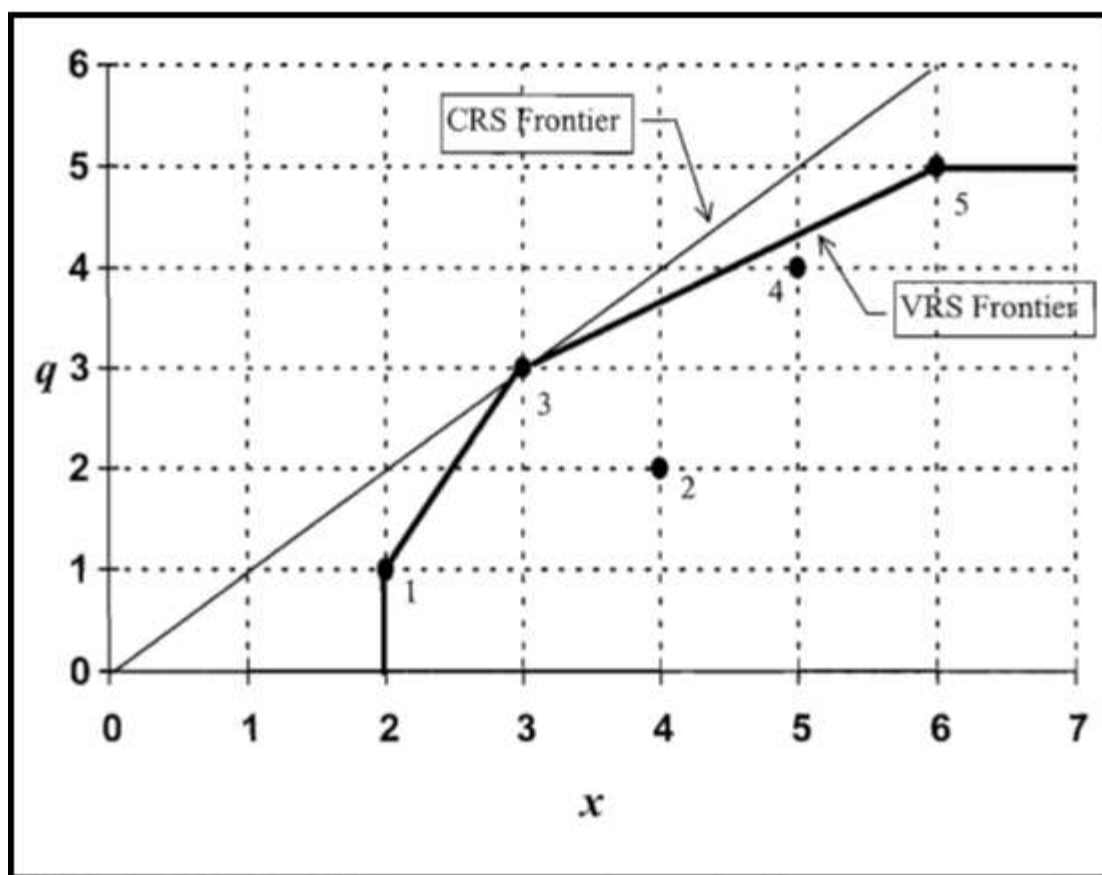
Στο διάγραμμα 10 εμφανίζεται και το σύνορο DEA για μη αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (NIRS Frontier), ενώ σύμφωνα με τους Halkos, Tzeremes (2005), κατά την ανάλυση τίθεται ο περιορισμός ότι το άθροισμα των σταθμίσεων πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο της μονάδας, δηλαδή  $\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$ , περιορισμός ο οποίος επιτρέπει την εμφάνιση μη αυξουσών αποδόσεων κλίμακας (NIRS). Η αναποτελεσματικότητα κλίμακας μπορεί να οριστεί μέσω της σύγκρισης της  $TE_{NIRS}$  και της  $TE_{VRS}$ . Εάν τα δύο μεγέθη είναι άνισα, τότε εμφανίζονται αύξουσες αποδόσεις κλίμακας για την οικονομική μονάδα. Αντίθετα, εάν ισχύει η ισότητα, τότε επικρατούν φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας.

Το ακόλουθο αριθμητικό παράδειγμα που περιλαμβάνει πέντε DMUs, οι οποίες χρησιμοποιούν μία εισροή και παράγουν μία εκροή, εφαρμόζει το μοντέλο των μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στον πίνακα 3 και τα αποτελέσματα για CRS και VRS κλίμακα παραγωγής απεικονίζονται στον πίνακα 4 και στο διάγραμμα 11. Η  $DMU_3$  είναι η μόνη αποδοτική, όταν ισχύουν συνθήκες CRS, ενώ όταν ισχύουν VRS συνθήκες ως αποδοτικές εμφανίζονται οι  $DMU_1$ ,  $DMU_3$  και  $DMU_5$ .

**Πίνακας 3: Δεδομένα για VRS-DEA ( Coelli et al., 2005)**

DMU	q	x
1	1	2
2	2	4
3	3	3
4	4	5
5	5	6

Γράφημα 11: VRS-DEA ως προς το μέτρο των εισροών ( Coelli et al., 2005)



Πίνακας 4: Αποτελέσματα VRS –DEA ως προς το μέτρο των εισροών

DMU	$TE_{CRS}$	$TE_{VRS}$	SE	
1	0.500	1.000	0.500	IRS
2	0.500	0.625	0.800	IRS
3	1.000	1.000	1.000	-
4	0.800	0.900	0.889	DRS
5	0.833	1.000	0.833	DRS
μέσος	<b>0.727</b>	<b>0.905</b>	0.804	

Παρατηρείται ότι η  $DMU_2$  είναι αναποτελεσματική τόσο για τεχνολογικές συνθήκες CRS όσο και για VRS. Η  $TE_{CRS}$  ισούται με  $2/4=0.5$  και η  $TE_{VRS}$  με  $2.5/4=0.625$ . Επιπρόσθετα, η SE ισούται με  $0.5/0.625=0.8$  και συμπεραίνεται ότι η  $DMU_2$  λειτουργεί υπό αύξουσες αποδόσεις κλίμακας.



#### **4.4. Προσθήκες στη βασική μεθοδολογία DEA**

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούν ορισμένες προσθήκες στη βασική μεθοδολογία DEA, οι οποίες υποδηλώνουν και την προσαρμοστικότητα της συγκεκριμένης μεθόδου. Οι επεκτάσεις αυτές προέκυψαν από την ανάγκη να ληφθούν υπόψη τα οργανωτικά κίνητρα των οικονομικών μονάδων και ως λύση στο πρόβλημα έλλειψης δεδομένων και περιλαμβάνουν τροποποιήσεις στο σύνολο αναφοράς, στο σύνολο μεταβλητών και στο εύρος των συντελεστών βαρύτητας. Συγκεκριμένα, το αρχικό μοντέλο επιτρέπει τη σύγκριση ομοειδών οικονομικών μονάδων, οι οποίες χρησιμοποιούν όμοιες εισροές και παράγουν όμοιες εκροές. Η ενσωμάτωση των κατηγορικών μεταβλητών στο μοντέλο δημιουργεί τις συνθήκες εκείνες που επιτρέπουν τη σύγκριση των ομοιογενών οικονομικών μονάδων αφενός μεταξύ τους και αφετέρου με οικονομικές μονάδες υποδεέστερης κατηγορίας, ενώ επίσης συμβάλλει στη βελτίωση του αποδοτικού συνόρου.

Η τροποποίηση ως προς το σύνολο των μεταβλητών έγκειται στην προσθήκη των μη διακριτών μεταβλητών. Οι συγκεκριμένες μεταβλητές περιλαμβάνουν τους παράγοντες εκείνους που δε μπορούν να ελεγχθούν από την οικονομική μονάδα και συνεπώς οδηγούν στην εμφάνιση μειωμένης αποτελεσματικότητας. Αστάθμητοι παράγοντες, όπως τα καιρικά φαινόμενα, τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά, το ιδιοκτησιακό καθεστώς και το κανονιστικό πλαίσιο αποτελούν κριτήρια που ανήκουν στην κατηγορία των μη διακριτών μεταβλητών. Επιπρόσθετα, είναι δυνατόν να παρατηρηθεί χαλάρωση του περιορισμού της ισχυρής διαθεσιμότητας των εισροών, η οποία ισχύει στο βασικό μοντέλο. Κατά την ύπαρξη μίας μόνο εισροής στο μοντέλο, η καμπύλη ισοπαραγωγής έχει αρνητική κλίση. Κατά την ύπαρξη πολλαπλών εισροών, η συμμόρφωση τους έχει ως αποτέλεσμα της εμφάνιση θετικής κλίσης σε κάποιο σημείο της καμπύλης ισοπαραγωγής, παρατηρείται, δηλαδή, κορεσμός ως προς τη χρήση ορισμένων εισροών. Η υπερβολική χρήση των εισροών προκύπτει από την ύπαρξη περιορισμών που δεν υπόκεινται στον έλεγχο της οικονομικής μονάδας, όπως η αδυναμία μείωσης του εργατικού δυναμικού λόγω της ισχύος των εργατικών συνδικάτων και η επιβολή κυβερνητικής πολιτικής ως προς τον καθορισμό των επιπέδων των εισροών. Η συμμόρφωση των εισροών οδηγεί στη μελέτη ενός μοντέλου DEA υπό την υπόθεση της ασθενούς διαθεσιμότητας των εισροών.

Τέλος, η επέκταση ως προς το εύρος των συντελεστών βαρύτητας δηλώνει τα προβλήματα που προκύπτουν εξαιτίας της ευελιξίας του ορίου παραγωγικών δυνατοτήτων που κατασκευάζεται με τη μέθοδο DEA. Ενδέχεται οι τιμές των συντελεστών στάθμισης των εισροών και των εκροών να είναι πολύ μεγάλες, πολύ μικρές ή και μηδενικές, γεγονός που θέτει υπό αμφισβήτηση τα μεγέθη αποδοτικότητας που προκύπτουν. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η επιβολή πρόσθετων περιορισμών αναφορικά με το εύρος των συντελεστών στάθμισης, οι οποίοι θα πρέπει να ταυτίζονται με τη θεωρητική ανάλυση και να είναι συνεπείς ως προς το υπόδειγμα. Είναι ωφέλιμο, ωστόσο, να τονιστεί ότι η εισαγωγή των περιορισμών αυτών δεν εξασφαλίζει την ισότητα του βαθμού τεχνικής αποδοτικότητας ως μέτρο εισροών και εκροών, όπως προκύπτει στο πλαίσιο των σταθερών αποδόσεων κλίμακας.

#### **4.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθοδολογίας DEA**

Η μεθοδολογία DEA παρουσιάζει ορισμένα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, όπως ακριβώς συμβαίνει με την πλειοψηφία των τεχνικών εκτίμησης. Τα θετικά και αρνητικά σημεία της μεθόδου συνοψίζονται ακολούθως.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της μεθόδου DEA είναι ότι δεν απαιτούνται *a priori* υποθέσεις ως προς τη συνάρτηση παραγωγής, δεν απαιτείται, δηλαδή, ρητός μαθηματικός ορισμός της συνάρτησης παραγωγής. Η μέθοδος γενικεύεται και στην περίπτωση κατά την οποία οι οικονομικές μονάδες χρησιμοποιούν πολλαπλές εισροές και παράγουν πολλαπλές εκροές. Όπως επισήμανε και ο Farrell (1957), οι εισροές και οι εκροές που εισάγονται στο υπόδειγμα είναι απαλλαγμένες από τα βάρη των σχετικών τιμών, παράγοντες οι οποίοι είναι δύσκολο να εκτιμηθούν. Κατά το εμπειρικό σκέλος της μεθοδολογίας, η κατασκευή του αποδοτικού συνόρου διαχωρίζει τις αποτελεσματικές από τις αναποτελεσματικές μονάδες, επιτρέπει τη σύγκριση όμοιων οικονομικών μονάδων και ορίζει τις κινήσεις για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των αναποτελεσματικών μονάδων. Τέλος, σύμφωνα με τους Dyson et al. (2001) ένα ουσιαστικό σημείο της τεχνικής DEA είναι η ελευθερία καθορισμού των συντελεστών στάθμισης των εισροών και των εκροών από τη σκοπιά των οικονομικών μονάδων. Ο καθορισμός αυτός επιτυγχάνεται με τη μετατροπή της αρχικού κλασματικού υποδείγματος στο αντίστοιχο γραμμικό μοντέλο, το οποίο είναι εύκολο να επιλυθεί.

Είναι δυνατόν, ωστόσο, τα χαρακτηριστικά που καθιστούν τη μέθοδο DEA ως ένα πολύτιμο εργαλείο για τον υπολογισμό της αποδοτικότητας, να οδηγήσουν στην εμφάνιση ορισμένων προβλημάτων. Σύμφωνα με τους Charnes et al. (1978), η υπόθεση της ομοιογένειας των οικονομικών μονάδων, οι οποίες αναλαμβάνουν παρεμφερείς δραστηριότητες και παράγουν όμοια προϊόντα, θεωρείται απαραίτητη για τον αποκλεισμό των ετερογενών παραγόντων, οι οποίοι μέσω της συγκριτικής διαδικασίας ενδέχεται να οδηγήσουν σε εσφαλμένες μετρήσεις της αποδοτικότητας. Η αναφερόμενη ομοιογένεια επικεντρώνεται στην κλίμακα παραγωγής και στη χρήση των εισροών, στην παραγωγή εκροής και στο λειτουργικό περιβάλλον των οικονομικών μονάδων. Οι Dyson et al. (2001) τονίζουν ότι η ύπαρξη μεταβαλλόμενων οικονομικών κλίμακας συμβάλλει στην εμφάνιση της ετερογένειας. Σε VRS περιβάλλον οι πολύ μικρές ή πολύ μεγάλες DMUs τείνουν να υπερεκτιμώνται κατά τη διαδικασία μέτρησης της αποδοτικότητας, φαινόμενο το οποίο δεν εμφανίζεται σε ένα CRS πλαίσιο. Παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν ενδέχεται να επηρεαστούν σημαντικά από τις ακραίες τιμές, ενώ ένα μειονέκτημα εντοπίζεται και στον σαφή προσδιορισμό του αριθμού των εισροών και των εκροών που εμφανίζονται στο υπόδειγμα, καθώς η εφαρμογή της μεθόδου επιτρέπει την ελεύθερη επιλογή συνδυασμών εισροών και εκροών. Οι επιλογές συνδυασμών, όμως, που απέχουν από το όριο των παραγωγικών δυνατοτήτων θεωρούνται αναποτελεσματικές. Επίσης, δύναται να εμφανιστούν προβλήματα λόγω συσχέτισης μεταξύ των εισροών, εισαγωγής στο υπόδειγμα μη διακριτών ή ανεπιθύμητων μεταβλητών και συμφόρησης των εισροών, παράγοντες οι οποίοι οδηγούν σε θετική κλίση της καμπύλης ισοπαραγωγής σε κάποιο σημείο. Παράλληλα, η ευελιξία καθορισμού των συντελεστών στάθμισης μπορεί να θεωρηθεί ως πρόβλημα στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν συντελεστές που λαμβάνουν μηδενικές τιμές, με αποτέλεσμα οι αντίστοιχες εισροές και εκροές να μην ενσωματώνονται στο υπόδειγμα, ειδικότερα όταν οι μεταβλητές αυτές θα μπορούσαν να θεωρηθούν σημαντικές για τη βελτίωση της αποδοτικότητας. Τέλος, μία επισήμανση δίνεται από τους Banker et al. (1984), αναφορικά με τον αριθμό των δεδομένων, υποστηρίζοντας ότι ο αριθμός των οργανωτικών μονάδων (DMUs) θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το άθροισμα των εισροών και εκροών, για να είναι εφικτή η εκτίμηση του παραγωγικού ορίου.

Τα θετικά σημεία της μεθόδου DEA υπερτερούν σαφώς των αρνητικών της σημείων. Η εμπειρική φύση της μεθόδου και η απουσία των a priori υποθέσεων έχουν ως αποτέλεσμα την ευρεία χρήση της για την εκτίμηση του αποδοτικού συνόρου τόσο στο δημόσιο και μη κερδοσκοπικό τομέα όσο και στον ιδιωτικό τομέα. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας DEA γίνεται μέσω ενός κατανοητού τρόπου, γεγονός που καθιστά τη συγκεκριμένη τεχνική πιο απλή και προτιμητέα συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους εκτίμησης της αποδοτικότητας. Ωστόσο, πριν από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας DEA, κρίνεται απαραίτητο να γίνει αναφορά στο κανονιστικό πλαίσιο που εφαρμόζεται στην αγροτική παραγωγή των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

## **5. Θεσμικό πλαίσιο της Ε.Ε. ως προς την αγροτική παραγωγή**

Ο όρος «Κοινή Αγροτική Πολιτική» αναφέρεται στην ολοκληρωμένη πολιτική των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία συγκροτεί ένα ενιαίο κανονιστικό πλαίσιο που αφορά στους τομείς της γεωργίας, της κτηνοτροφίας και του εμπορίου αγροτικών προϊόντων και υπηρεσιών. Μέσω συγκεκριμένων νομοθετικών και οικονομικών εργαλείων διαμορφώνει το αγροτικό εισόδημα, προκαλεί μεταβολές στο εμπορικό ισοζύγιο, την απασχόληση και στοχεύει στην προώθηση της περιφερειακής ανάπτυξης και στην προστασία του περιβάλλοντος.

### **5.1. Η Κοινή Αγροτική Πολιτική και οι μεταρρυθμίσεις της**

Η απόπειρα συγκρότησης μίας κοινής πολιτικής τοποθετείται χρονικά στη δεκαετία του 1950, κατά τη διάρκεια της οποίας ο έντονος προστατευτισμός αποτελούσε τροχοπέδη για την εξειδίκευση της παραγωγής και την αναδιάρθρωση της περιφέρειας. Η ΚΑΠ συμπίπτει με την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας και κατά τον Ackrill (2000) οι γνωστοί πέντε στόχοι που ορίζονται στη Συνθήκη της Ρώμης (1957) είναι οι ακόλουθοι:

1. Αύξηση της παραγωγικότητας μέσω της τεχνολογικής προόδου, ορθολογική ανάπτυξη της αγροτικής παραγωγής και βέλτιστη χρήση των παραγωγικών μέσων.
2. Εξασφάλιση ικανοποιητικού βιοτικού επιπέδου μέσω της αύξησης του ατομικού αγροτικού εισοδήματος.
3. Σταθεροποίηση των αγορών.
4. Διασφάλιση της διαθεσιμότητας των αγαθών.
5. Εξασφάλιση λογικών τιμών για τους καταναλωτές.

Η ΚΑΠ προβλέπει τη θέσπιση ενιαίων τιμών, συνήθως υψηλών, μέσω ενός συστήματος επιχορηγήσεων με σκοπό την ενθάρρυνση της παραγωγής, την ελεύθερη διακίνηση αγροτικών προϊόντων, ένα ενιαίο εξωτερικό δασμολόγιο και την ίση πρόσβαση στους κοινοτικούς πόρους. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Λιανός και συν. (1998), τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της ΚΑΠ ήταν κάπως αντιφατικά. Συγκεκριμένα, ο αυστηρός έλεγχος των τιμών δημιούργησε στρεβλώσεις στη διάθεση των πόρων, η αξία αγροτικής γης και η παραγωγή αυξήθηκαν υπερβολικά με αποτέλεσμα να προκύψουν πλεονάσματα, γεγονός το οποίο ωφέλησε τους μεγάλους

παραγωγούς. Παράλληλα, οι αποκλίσεις των εθνικών και κοινοτικών τιμών ήταν σημαντικές και το γεγονός αυτό αποτελούσε αρνητική εξέλιξη ως προς τους στόχους της αρμονικής ανάπτυξης του εμπορίου, της εξάλειψης των εμποδίων και της μείωσης των δασμών.

Οι συνέπειες αυτές σε συνδυασμό με την είσοδο νέων μελών στην Ένωση, εξέλιξη η οποία σηματοδοτούσε αλλαγές στην παραγωγή και την αγροτική δομή λόγω ετερογένειας, είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση της απασχόλησης μέσω συνταξιοδότησης, την καθιέρωση εκπαιδευτικών προγραμμάτων και κυρίως την εφαρμογή του μέτρου των άμεσων ενισχύσεων με τη μορφή εξισωτικών αποζημιώσεων για τη στήριξη των εισοδημάτων. Η αναδιάρθρωση αυτή και η εφαρμογή αυστηρής δημοσιονομικής πειθαρχίας κρίθηκαν ανεπαρκείς και οδήγησαν στη ριζική μεταρρύθμιση της ΚΑΠ το 1992.

Η κατευθυντήρια γραμμή της μεταρρύθμισης προέβλεπε τη μείωση των τιμών για την προώθηση του ανταγωνισμού, την αντιστάθμιση της απώλειας εισοδήματος μέσω άμεσων ενισχύσεων με τη μορφή ποσοτώσεων, το οποίο σήμαινε ταυτόχρονα και έλεγχο της παραγωγής, τον έλεγχο των κοινοτικών δαπανών και τη δίκαιη κατανομή του προϋπολογισμού μεταξύ των κρατών-μελών. Ουσιαστικά, κύριος στόχος της ήταν η μετάβαση σε μία απελευθερωμένη μορφή αγοράς αγροτικών προϊόντων. Ακολούθησε ένα πρόγραμμα δράσης με την ονομασία “Agenda 2000” που στόχευε στην περαιτέρω ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας μέσω νέας μείωσης των τιμών και κατά συνέπεια αύξησης των αντισταθμίσεων. Το πρόγραμμα αυτό τονίζει τη στήριξη της αγροτικής εργασίας και της καθιέρωσης ενός συμπληρωματικού εισοδήματος, ενώ εισάγει την έννοια της βελτίωσης της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων και της προστασίας του περιβάλλοντος σε συνάρτηση με την αγροτική παραγωγή. Εναλλακτικά, προτείνει μία νέα εστία ενδιαφέροντος, η οποία στοχεύει στην αειφόρο ανάπτυξη.

Η απόφαση για νέα διεύρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης διαμόρφωσε παράλληλα το 2003 και την νέα ΚΑΠ, η οποία θέσπιζε τη σταδιακή αύξηση των επιδοτήσεων για τα νέα κράτη-μέλη και ενίσχυε τους στόχους της “Agenda 2000” ως προς την πρότυπη βελτίωση της ποιότητας της φυτικής και ζωϊκής παραγωγής. Μεταβαλλόταν, όμως, η μορφή των άμεσων ενισχύσεων που ήταν πλέον ανεξάρτητες από τον όγκο παραγωγής και χορηγούνταν ανά αγροτική εκμετάλλευση. Παράλληλα, προέβλεπε τη

σταδιακή μείωση των άμεσων εισοδηματικών ενισχύσεων ανά έτος που αφορούσε στις μεγάλες παραγωγικές δυνάμεις. Επιπρόσθετα, αντικατοπτριζόταν η προσπάθεια να δικαιολογηθούν οι χρηματοδοτικοί πόροι για τις δαπάνες της αγροτικής παραγωγής στους φορολογούμενους-καταναλωτές και ενισχυόταν ο περιορισμός της δημοσιονομικής πειθαρχίας. Τέλος, η τροποποίηση της ΚΑΠ για την περίοδο 2009-2012 επιφέρει κινήσεις πλήρους κατάργησης των άμεσων ενισχύσεων με σκοπό την προώθηση της ανταγωνιστικότητας και της καινοτομίας στον αγροτικό τομέα και περιλαμβάνει μέτρα κατά της κλιματικής αλλαγής και υπέρ της ανάπτυξης της αγροτικής περιφέρειας.

## **5.2. Θετικές και αρνητικές επιπτώσεις από την επιβολή της ΚΑΠ**

Η εφαρμογή ενός κανονιστικού πλαισίου είναι φυσικό να ενέχει θετικές και αρνητικές επιπτώσεις. Η Κοινή Αγροτική Πολιτική συνιστά τη μόνη ουσιαστική και μεθοδευμένη στρατηγική στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την εύκολη ενσωμάτωση των κρατών-μελών κατά τη διαδικασία της διεύρυνσης, ενώ ταυτόχρονα προάγει τον πλούτο και την ευημερία, εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των αγροτικών προϊόντων, προωθεί την προστασία του περιβάλλοντος και την ανάπτυξη της περιφέρειας. Παρόλα αυτά, αρκετοί ερευνητές έχουν διατυπώσει κάποια αρνητικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της ΚΑΠ και των μεταρρυθμίσεων της.

Συγκεκριμένα, όπως αναφέρθηκε, η πρώτη εφαρμογή της ΚΑΠ είχε ως συνέπεια την επιβολή υψηλών τιμών, οι οποίες οδήγησαν σε αύξηση της παραγωγής και δημιούργησαν πλεονάσματα. Αυτό υποδεικνύει ταυτόχρονα και την άνιση κατανομή των εισοδηματικών ενισχύσεων που καταβάλλονταν με κριτήριο τον όγκο παραγωγής, καθώς και τη μεταβίβαση κεφαλαίου στις πλουσιότερες κοινωνικές τάξεις εξαιτίας των υψηλών τιμών των αγροτικών προϊόντων, που επιβάρυναν με δυσανάλογο τρόπο τους καταναλωτές. Τα συμπεράσματα αυτά είναι εμφανή και στη μελέτη του Demekas et al. (1988), όπου υποστηρίζεται ότι η αγροτική πολιτική αποτελεί μια δαπανηρή πολιτική, διότι απορροφά ένα μεγάλο ποσοστό του προϋπολογισμού. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με την έκθεση του ΟΟΣΑ (2004), η νέα ΚΑΠ συντηρεί τον προστατευτισμό πολλών αγροτικών αγαθών με συνέπεια να εμποδίζεται η επίτευξη της ισορροπίας των δυνάμεων αγοράς και ο καθορισμός του βέλτιστου επιπέδου παραγωγής, ενώ ως σταθερή πολιτική αποτελεί τροχοπέδη για τις

διεθνείς εμπορικές διαπραγματεύσεις. Παράλληλα, η σταδιακή μείωση των ενιαίων ενισχύσεων παρόλο που σηματοδοτεί την κατάργηση του μέτρου αυτού, εξακολουθεί να ευνοεί τις μεγάλες αγροτικές εκμεταλλεύσεις. Επίσης, το υψηλό κόστος της πολιτικής αυτής επιβαρύνει τους πολίτες, καθώς επιμερίζεται στη φορολογία και στην κατανάλωση.

Αναφορικά με τη διεύρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, παρατηρείται ότι η ΚΑΠ προβλέπει μεν αύξηση των ενισχύσεων για τα νέα κράτη-μέλη, ωστόσο δεν περιλαμβάνει μέτρα ως προς την αναδιάρθρωση και τον εκσυγχρονισμό του αγροτικού τομέα των νέων κρατών-μελών. Μία ακόμη σημαντική επίπτωση που απορρέει από την επιβολή της αγροτικής πολιτικής προσεγγίζεται μέσω της περιβαλλοντικής διάστασης. Είναι σαφές ότι η παροχή κινήτρων για αύξηση της παραγωγής, προκάλεσε εντατική αγροτική εκμετάλλευση και κατά συνέπεια οδήγησε σε αρνητικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζεται στη θέσπιση μέτρων της νέας ΚΑΠ που στοχεύουν στην περιβαλλοντική προστασία.

Συμπερασματικά, μπορεί να λεχθεί ότι η Κοινή Αγροτική Πολιτική αποτελεί μία σημαντική και ουσιαστική έμπνευση για την αγροτική ανάπτυξη και την υποστήριξη της αγροτικής περιφέρειας. Ωστόσο, η χρήση των δημοσιονομικών εργαλείων για την επίτευξη του στόχου αυτού κρίνεται αναποτελεσματική και ως προς την επιβάρυνση του καταναλωτή και ως προς την ενίσχυση του παραγωγού και ως προς την περιβαλλοντική προστασία. Η αναποτελεσματικότητα από την εφαρμογή της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής όσον αφορά στην παραγωγή γίνεται φανερό και στο εμπειρικό κομμάτι της παρούσας εργασίας.



## 6. Εμπειρική Ανάλυση Δεδομένων

### 6.1. Δεδομένα

Η εμφάνιση της οικονομικής κρίσης κρίνει επιτακτική τη μέτρηση της οικονομικής αποδοτικότητας. Η οικονομική κρίση έχει εκδηλωθεί πιο ήπια στον πρωτογενή τομέα, ωστόσο το τελευταίο διάστημα ο παραδοσιακός αγροτικός τομέας αμφισβητείται έντονα. Επομένως, η μέτρηση της αγροτικής αποδοτικότητας είναι ένα εγχείρημα, το οποίο προκαλεί ενδιαφέρον τόσο σε οικονομικό όσο και σε θεσμικό και πολιτισμικό επίπεδο. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μέτρηση της αγροτικής αποδοτικότητας με τη μέθοδο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου είναι 29 κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και καλύπτει ένα φάσμα ετών από το 2004 ως το 2011.

Ως ανεξάρτητες μεταβλητές θεωρούνται οι εισροές, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή αγροτικών προϊόντων σε καθαρά πρωτογενές επίπεδο και συνιστούν τον πυλώνα για την εκτίμηση της αγροτικής αποδοτικότητας. Τις εισροές αυτές αποτελούν αφενός το μέγεθος του εργατικού δυναμικού, εκφρασμένο σε ετήσιες μονάδες εργασίας (annual work units) και αφετέρου το μέγεθος κεφαλαίου (capital stock). Θα πρέπει να δοθεί ως διευκρίνιση ότι το κεφάλαιο αποτελεί έμμεσο μέγεθος και υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο που προτείνουν οι Halkos, Tzeremes (2011) :

$$K_t = I_t + (1 - \delta) \times K_{t-1} \quad , \quad (21)$$

όπου  $K_t$  και  $K_{t-1}$  εκφράζει το κεφάλαιο για τη χρονική περίοδο  $t$  και  $t-1$ ,  $I_t$  είναι οι ακαθάριστες επενδύσεις παγίου κεφαλαίου (Gross Fixed Capital Formation), οι οποίες στο υπόδειγμα εκφράζονται σε μονάδες αγοραστικής δύναμης (Purchasing Power Standard) και  $\delta$  είναι ο συντελεστής απόσβεσης του κεφαλαίου, ο οποίος θεωρείται δεδομένος και ίσος με 6%.

Ως εξαρτημένες μεταβλητές αναγνωρίζονται οι εκροές της συνολικής φυτικής (crop output) και ζωϊκής παραγωγής (animal output), οι οποίες εκφράζονται και αυτές σε μονάδες αγοραστικής δύναμης (PPS). Όλα τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στη διαδικτυακή βάση δεδομένων της Eurostat, ενώ επίσης παρατίθενται και στο παράρτημα της παρούσας εργασίας.

Αναφορικά με τη μεθοδολογία της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων που ακολουθήθηκε στο υπόδειγμα, αυτή χωρίζεται σε δύο σκέλη. Αρχικά, υιοθετείται το μοντέλο CCR για την εκτίμηση της αγροτικής αποδοτικότητας υπό σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS), οι οποίες ουσιαστικά αντικατοπτρίζουν τη μακροχρόνια αγροτική παραγωγή και έπειτα υιοθετείται το μοντέλο BCC για την αντίστοιχη εκτίμηση των βραχυχρόνιων δυνατοτήτων της αγροτικής παραγωγής υπό μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας (VRS). Κατά την εκτέλεση του μοντέλου BCC χρησιμοποιείται η επιλογή ελαχιστοποίησης των εισροών υπό τον περιορισμό των σταθερών εκροών (input minimization), σε αντίθεση με εκείνη που στοχεύει στην μεγιστοποίηση των εκροών υπό τον περιορισμό των σταθερών εισροών (output maximization). Αυτό συμβαίνει, διότι στον τομέα της αγροτικής παραγωγής οι παράγοντες που είναι άμεσα ελέγξιμοι και προσβάσιμοι είναι οι εισροές. Επίσης, η ανάλυση των δεδομένων για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας πραγματοποιήθηκε μέσω του ηλεκτρονικού προγράμματος MATLAB.

## **6.2. Ανάλυση αποτελεσμάτων**

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει την αποδοτικότητα των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα έτη 2004 ως 2011, αποτέλεσμα το οποίο προκύπτει με την εφαρμογή της DEA σε σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Οι πλήρως αποδοτικές χώρες ( $\theta^* = 1$ ) καθ'όλη τη διάρκεια των ετών είναι το Βέλγιο, η Κύπρος, η Δανία και η Ολλανδία, ενώ η Ισπανία και η Εσθονία είναι επίσης αποδοτικές κατά το έτος 2004 και 2011 αντίστοιχα. Λιγότερο αποδοτικές στο σύνολό τους ( $0.70 < \theta^* < 1$ ) είναι η Ισπανία, η Εσθονία, η Μάλτα, η Γερμανία και η Σλοβακία με τις τρεις τελευταίες χώρες να εμφανίζουν δείκτες καλής αποδοτικότητας (της τάξεως του 0.9) για τα έτη 2005, 2008 και 2011 αντίστοιχα. Εμφανή αναποτελεσματικότητα ως προς το μέσο όρο ( $0.50 < \theta^* < 0.70$ ) παρουσιάζεται στη Γαλλία, την Τσεχία, το Λουξεμβούργο, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Ρουμανία, την Ελβετία, τη Σουηδία, τη Λετονία, τη Νορβηγία και την Ελλάδα. Τέλος, η ομάδα των κρατών που εμφανίζει δείκτη αποδοτικότητας κάτω του 0.5 αποτελείται από τη Λιθουανία, τη Βουλγαρία, την Ιρλανδία, την Πολωνία, τη Φινλανδία, την Ιταλία, την Αυστρία, την Ουγγαρία, τη Σλοβενία και την Πορτογαλία. Ειδικότερα, η Πορτογαλία παρουσιάζει το μικρότερο αποτέλεσμα αποδοτικότητας στο σύνολο των κρατών του υποδείγματος για το έτος 2007, δεύτερη κατατάσσεται η Σλοβενία για το έτος 2010 και τρίτη η Ουγγαρία για το έτος 2010 ( $\theta^* < 0.30$ ).

**Πίνακας 5: Αποδοτικότητα των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω DEA για CRS**

DMU	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	0.367543	0.349121	0.352888	0.355119	0.375289	0.357294	0.341395	0.387884
<b>Βέλγιο</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Βουλγαρία	0.374354	0.368869	0.386324	0.333128	0.544557	0.459232	0.447216	0.513050
Γαλλία	0.742766	0.726233	0.628094	0.684464	0.692481	0.700432	0.685940	0.735207
Γερμανία	0.831488	0.707712	0.690439	0.812992	<b>0.897415</b>	0.810617	0.732872	0.819281
<b>Δανία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Ελβετία	0.585033	0.570620	0.533768	0.542615	0.572875	0.586629	0.505582	0.509678
Ελλάδα	0.574832	0.603429	0.465978	0.469719	0.492341	0.497821	0.451841	0.488515
<b>Εσθονία</b>	0.781823	0.778056	0.779569	0.829266	0.845364	0.743955	0.890806	<b>1</b>
Ηνωμένο Βασίλειο	0.744464	0.669589	0.626032	0.591044	0.731657	0.731794	0.644862	0.658037
Ιρλανδία	0.460578	0.457553	0.387406	0.408098	0.400186	0.363599	0.377472	0.423979
<b>Ισπανία</b>	<b>1</b>	0.983494	0.833515	0.963557	0.966303	0.912990	0.884632	0.903285
Ιταλία	0.446301	0.397145	0.340930	0.344855	0.382164	0.364493	0.309790	0.344050
<b>Κύπρος</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Λετονία	0.498987	0.375127	0.422158	0.510221	0.552372	0.510010	0.599522	0.668700
Λιθουανία	0.409282	0.441039	0.388516	0.536011	0.574134	0.498285	0.491534	0.655944
Λουξεμβούργο	0.815466	0.684051	0.646695	0.732872	0.740643	0.705297	0.585490	0.570312
Μάλτα	0.895663	<b>0.922703</b>	0.868411	0.816744	0.837146	0.818685	0.669448	0.637556
Νορβηγία	0.527137	0.503197	0.493533	0.504288	0.504446	0.552382	0.529178	0.481384
<b>Ολλανδία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Ουγγαρία	0.321300	0.297887	0.289519	0.308430	0.385568	0.309424	<b>0.278785</b>	0.390155
Πολωνία	0.402524	0.344971	0.336263	0.410804	0.419795	0.393862	0.402957	0.490641
Πορτογαλία	0.193232	0.178761	0.172743	<b>0.165133</b>	0.172836	0.178021	0.178051	0.177363
Ρουμανία	0.710703	0.419492	0.445414	0.401791	0.633822	0.487608	0.661009	0.811294
Σλοβακία	0.803859	0.661651	0.653745	0.679404	0.767424	0.611313	0.562204	<b>0.918802</b>
Σλοβενία	0.254351	0.254505	0.225413	0.243734	0.245615	0.232201	<b>0.220857</b>	0.260280
Σουηδία	0.532066	0.482916	0.467522	0.557374	0.554513	0.541018	0.562408	0.593784
Τσεχία	0.743442	0.643700	0.593202	0.748204	0.730219	0.643759	0.619110	0.806388
Φινλανδία	0.370160	0.396165	0.359668	0.354312	0.369867	0.394061	0.388682	0.366461

Ο Πίνακας 6 αποτυπώνει τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της DEA για VRS συνθήκες παραγωγής και με επιλογή βελτιστοποίησης την ελαχιστοποίηση των εισροών. Παρατηρούνται ορισμένες διαφορές συγκριτικά με την προηγούμενη υπόθεση των CRS συνθηκών. Οι πλήρως αποδοτικές χώρες ( $\theta^* = 1$ ) για τα έτη 2004 ως 2011 είναι το Βέλγιο, η Κύπρος, η Δανία και η Ολλανδία, όπως προηγουμένως, ενώ προστίθενται η Γαλλία, η Γερμανία, η Ισπανία, η Λετονία, το Λουξεμβούργο, η Μάλτα, η Πολωνία και η Ρουμανία. Για τα έτη 2004, 2009 και 2010 το Ηνωμένο Βασίλειο εμφανίζεται πλήρως αποδοτικό και το ίδιο συμβαίνει το 2011 για την Εσθονία. Λιγότερο αποδοτικές στο σύνολό τους ( $0.70 < \theta^* < 1$ ) είναι το Ηνωμένο Βασίλειο, η Εσθονία, η Σλοβακία και η Τσεχία, με τη Σλοβακία να εμφανίζει υψηλό δείκτη αποδοτικότητας (0.9483) για το έτος 2011. Η ομάδα των κρατών εκείνων, όπου η αποδοτικότητα λαμβάνει μέτριες τιμές ( $0.50 < \theta^* < 0.70$ ), περιλαμβάνει τη Λιθουανία, την Ελβετία, την Ελλάδα, τη Σουηδία, τη Βουλγαρία, τη Νορβηγία και την Ιταλία, ενώ οι χώρες που εμφανίζουν δείκτη αποδοτικότητας κάτω του 0.5 είναι η Ιρλανδία, η Ουγγαρία, Η Φινλανδία, η Αυστρία, η Σλοβενία και η Πορτογαλία, δηλαδή, σχεδόν ο μισός αριθμός κρατών σε σύγκριση με την αντίστοιχη κατηγορία στη CRS περίπτωση. Επιπρόσθετα, η τιμή  $\theta^* < 0.30$  εξακολουθεί να υφίσταται για την Πορτογαλία, η οποία διατηρεί το μικρότερο αποτέλεσμα αποδοτικότητας για το έτος 2007 και έπειτα η Σλοβενία για το έτος 2006.

Είναι σαφές ότι τα αποτελέσματα των αποδόσεων παρουσιάζουν βελτίωση σε σχέση με εκείνα που προέκυψαν στο πλαίσιο των σταθερών αποδόσεων κλίμακας. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μια ανακατάταξη των κρατών στις κατηγορίες αποδοτικότητας με μέτρο αναφοράς τη μέση αποδοτικότητα. Συνοπτικά, η Γαλλία, η Λετονία, το Λουξεμβούργο, η Πολωνία και η Ρουμανία βελτίωσαν αισθητά τις επιδόσεις τους, μετακινούμενες από την κατηγορία των μέτριων επιδόσεων σε εκείνη της άριστης επίδοσης, ενώ και η Γερμανία, η Ισπανία και η Μάλτα που επεδείκνυαν ικανοποιητικές επιδόσεις γίνονται άριστες. Το Ηνωμένο Βασίλειο και η Τσεχία μετακινούνται στην ομάδα δεύτερης δυναμικότητας, ενώ η Λιθουανία, η Βουλγαρία και η Ιταλία εμφανίζουν πλέον αποδοτικότητα μεγαλύτερη του 0.50 ( $\theta^* > 0.50$ ). Ακολούθως, δίνονται στον πίνακα 7 τα μέτρα της μέση τιμής, της τυπικής απόκλισης και της μέγιστης και ελάχιστης τιμής αποδοτικότητας για κάθε χώρα, ενώ στον πίνακα 8 αποτυπώνεται συνοπτικά η προαναφερθείσα ανακατάταξη.

**Πίνακας 6: Αποδοτικότητα των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω DEA για VRS**

DMU	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	0.374352	0.351851	0.356948	0.423796	0.378609	0.361146	0.347529	0.395499
<b>Βέλγιο</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Βουλγαρία	0.459705	0.516028	0.554105	0.443548	0.624282	0.566472	0.532276	0.574976
<b>Γαλλία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Γερμανία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Δανία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Ελβετία	0.588930	0.576264	0.541093	0.554128	0.580614	0.595965	0.524318	0.526402
Ελλάδα	0.596165	0.639564	0.546981	0.566931	0.504586	0.541429	0.500002	0.535988
Εσθονία	0.783566	0.778697	0.780546	0.830897	0.847575	0.753550	0.908381	<b>1</b>
<b>Ηνωμένο Βασίλειο</b>	<b>1</b>	0.977102	0.894746	0.860916	0.979842	<b>1</b>	<b>1</b>	0.986069
Ιρλανδία	0.476870	0.457704	0.388841	0.417018	0.408166	0.365442	0.381599	0.472637
<b>Ισπανία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Ιταλία	0.601481	0.538217	0.525623	0.485600	0.520001	0.503149	0.421759	0.446797
<b>Κύπρος</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Λετονία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Λιθουανία	0.452449	0.558078	0.475207	0.610986	0.639679	0.565589	0.565998	0.723503
<b>Λουξεμβούργο</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Μάλτα</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Νορβηγία	0.536132	0.512792	0.507711	0.516197	0.515702	0.567053	0.547039	0.504756
<b>Ολλανδία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Ουγγαρία	0.344735	0.328944	0.431063	0.477254	0.443419	0.356451	0.327992	0.461280
<b>Πολωνία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Πορτογαλία	0.194638	0.180369	0.175413	<b>0.167071</b>	0.174916	0.179997	0.181202	0.180634
<b>Ρουμανία</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Σλοβακία	0.867043	0.776508	0.763665	0.759604	0.849993	0.669428	0.598723	<b>0.948303</b>
Σλοβενία	0.266658	0.261792	<b>0.233867</b>	0.252672	0.253215	0.240232	0.234357	0.271026
Σουηδία	0.537725	0.491231	0.478167	0.575604	0.569509	0.558470	0.588129	0.629579
Τσεχία	0.745472	0.646677	0.617450	0.758594	0.735996	0.654196	0.628206	0.834686
Φινλανδία	0.373037	0.403934	0.369663	0.366493	0.381199	0.403665	0.403739	0.380385

**Πίνακας 7: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση, μέγιστη και ελάχιστη τιμή αποδοτικότητας**

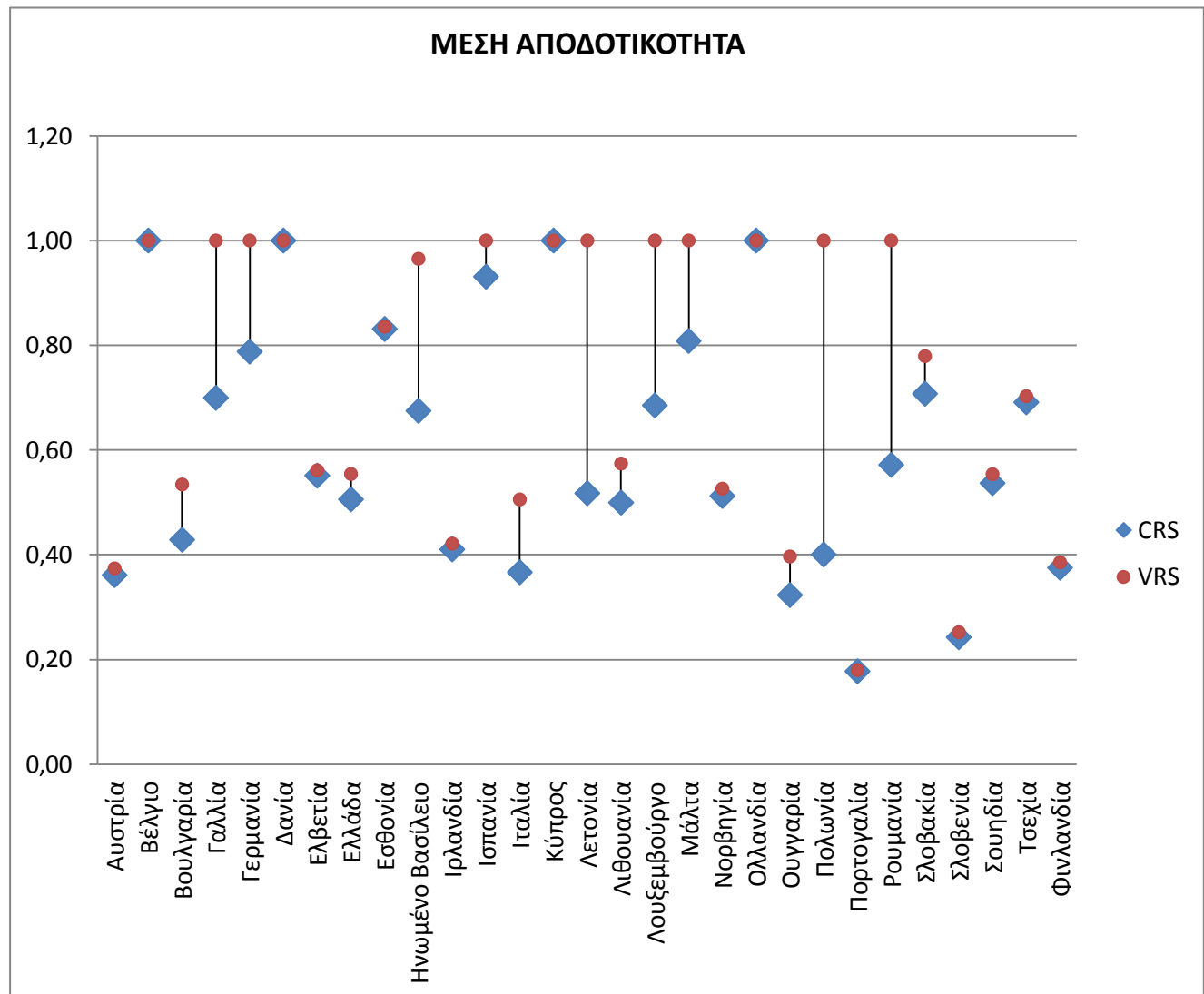
DMU	CRS				VRS			
	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή
Αυστρία	0.360817	0.015161	0.387884	0.341395	0.373716	0.025662	0.423796	0.347529
Βέλγιο	1	0	1	1	1	0	1	1
Βουλγαρία	0.428341	0.074905	0.544557	0.333128	0.533924	0.060138	0.624282	0.443548
Γαλλία	0.699452	0.036685	0.742766	0.628094	1	0	1	1
Γερμανία	0.787852	0.070691	0.897415	0.690439	1	0	1	1
Δανία	1	0	1	1	1	0	1	1
Ελβετία	0.550850	0.032576	0.586629	0.505582	0.560964	0.028301	0.595965	0.524318
Ελλάδα	0.505559	0.054300	0.603429	0.451841	0.553956	0.046530	0.639564	0.500002
Εσθονία	0.831105	0.082627	1	0.743955	0.835402	0.082979	1	0.753550
Ηνωμένο Βασίλειο	0.674685	0.055974	0.744464	0.591044	0.965197	0.055205	1	0.860916
Ιρλανδία	0.409859	0.035529	0.460578	0.363599	0.421035	0.043076	0.476870	0.365442
Ισπανία	0.930972	0.056781	1	0.833515	1	0	1	1
Ιταλία	0.366216	0.042086	0.446301	0.309790	0.505329	0.055752	0.601481	0.421759
Κύπρος	1	0	1	1	1	0	1	1
Λετονία	0.517137	0.093056	0.668700	0.375127	1	0	1	1
Λιθουανία	0.499343	0.088896	0.655944	0.388516	0.573936	0.086978	0.723503	0.452449
Λουξεμβούργο	0.685103	0.082241	0.815466	0.570312	1	0	1	1
Μάλτα	0.808295	0.102663	0.922703	0.637556	1	0	1	1
Νορβηγία	0.511943	0.022764	0.552382	0.481384	0.525923	0.022016	0.567053	0.504756
Ολλανδία	1	0	1	1	1	0	1	1
Ουγγαρία	0.322634	0.042308	0.390155	0.278785	0.396392	0.062854	0.477254	0.327992
Πολωνία	0.400227	0.047610	0.490641	0.336263	1	0	1	1
Πορτογαλία	0.177017	0.007974	0.193232	0.165133	0.179280	0.007802	0.194638	0.167071
Ρουμανία	0.571392	0.152885	0.811294	0.401791	1	0	1	1
Σλοβακία	0.707300	0.115677	0.918802	0.562204	0.779158	0.111213	0.948303	0.598723
Σλοβενία	0.242120	0.014527	0.260280	0.220857	0.251727	0.014405	0.271026	0.233867
Σουηδία	0.536450	0.042058	0.593784	0.467522	0.553552	0.050083	0.629579	0.478167
Τσεχία	0.691003	0.075665	0.806388	0.593202	0.702660	0.077266	0.834686	0.617450
Φινλανδία	0.374922	0.015965	0.396165	0.354312	0.385264	0.016098	0.403934	0.36649

**Πίνακας 8: Ομάδες χωρών σύμφωνα με το δείκτη αποδοτικότητας  $\theta^*$**

<b>Ομάδες κρατών ως προς <math>\theta^*</math> υπό σταθερές αποδόσεις κλίμακας</b>			
<b><math>\theta^*=1</math></b>	<b><math>0.70 &lt; \theta^* &lt; 1</math></b>	<b><math>0.50 &lt; \theta^* &lt; 0.70</math></b>	<b><math>\theta^* &lt; 0.50</math></b>
Βέλγιο	Ισπανία	Γαλλία	Λιθουανία
Δανία	Εσθονία	Τσεχία	Βουλγαρία
Κύπρος	Μάλτα	Λουξεμβούργο	Ιρλανδία
Ολλανδία	Γερμανία	Ηνωμένο Βασίλειο	Πολωνία
	Σλοβακία	Ρουμανία	Φινλανδία
		Ελβετία	Ιταλία
		Σουηδία	Αυστρία
		Λετονία	Ουγγαρία
		Νορβηγία	Σλοβενία
		Ελλάδα	Πορτογαλία
<b>Ομάδες κρατών ως προς <math>\theta^*</math> υπό μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας</b>			
Βέλγιο	Ηνωμένο Βασίλειο	Λιθουανία	Ιρλανδία
Γαλλία	Εσθονία	Ελβετία	Ουγγαρία
Γερμανία	Σλοβακία	Ελλάδα	Φινλανδία
Δανία	Τσεχία	Σουηδία	Αυστρία
Ισπανία		Βουλγαρία	Σλοβενία
Κύπρος		Νορβηγία	Πορτογαλία
Λετονία		Ιταλία	
Λουξεμβούργο			
Μάλτα			
Ολλανδία			
Πολωνία			
Ρουμανία			

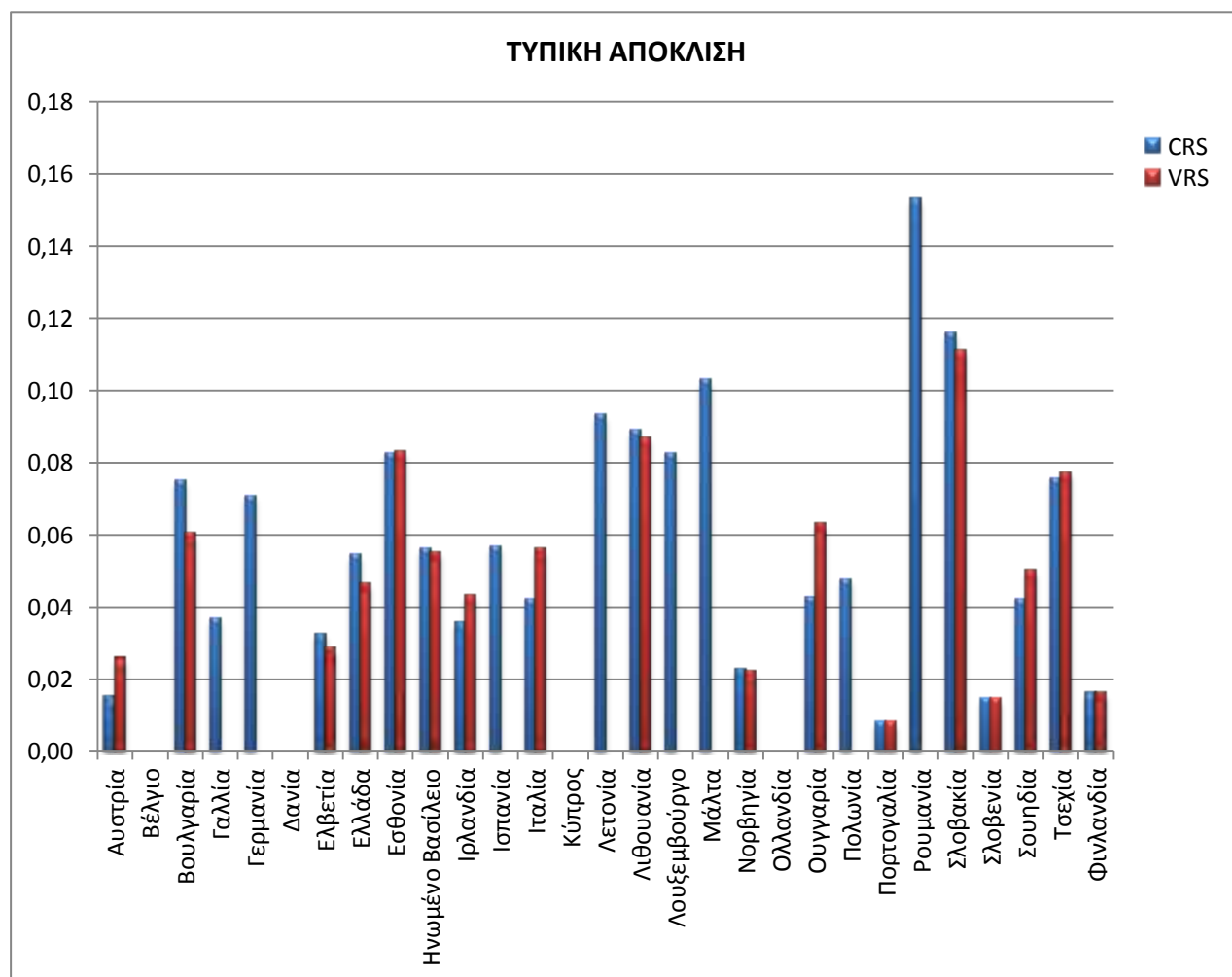
Παρατηρείται ότι τα κράτη τα οποία εμφανίζουν έντονες αποκλίσεις ως προς την αποδοτικότητά τους, με την έννοια ότι το μέγεθος της αποτελεσματικότητά τους δεν κρίνεται ως σταθερό, είναι η Σλοβακία και η Ρουμανία στη CRS περίπτωση και η Λιθουανία και η Σλοβακία στη VRS περίπτωση. Επιπρόσθετα, στη δεύτερη περίπτωση διαπιστώνεται ότι υπάρχει μεγαλύτερη σύγκλιση μεταξύ των χωρών. Τα παραπάνω αποτελέσματα γίνονται ευκόλως κατανοητά και μέσω διαγραμματικής απεικόνισης.

Γράφημα 12: Μέση αποδοτικότητα για CRS και VRS





Γράφημα 13: Τυπική απόκλιση για CRS και VRS



Σε προηγούμενη ενότητα αποδείχθηκε ότι η τεχνική αποτελεσματικότητα σε συνθήκες CRS ( $TE_{CRS}$ ) διασπάται σε «καθαρή» τεχνική αποδοτικότητα ( $TE_{VRS}$ ) και σε αποδοτικότητα κλίμακας (SE). Σύμφωνα με τους Halkos, Tzeremes (2005), η αποδοτικότητα κλίμακας προκύπτει μέσω της διαίρεσης των αποτελεσμάτων σε συνθήκες CRS και των αντίστοιχων σε συνθήκες VRS. Εάν υφίσταται αναποτελεσματικότητα κλίμακας, το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε αύξουσες (IRS) είτε σε φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας (DRS) και ορίζεται, όπως αναφέρθηκε, μέσω της σύγκρισης της  $TE_{NIRS}$  και της  $TE_{VRS}$ . Για τη συγκεκριμένη μελέτη, τα αποτελέσματα της αποδοτικότητας κλίμακας εμφανίζονται στον πίνακα 9, ενώ παράλληλα στον πίνακα 10 αποδίδεται ο χαρακτηρισμός των αποδόσεων κλίμακας ανά χώρα και έτος.

**Πίνακας 9: Αποδοτικότητα κλίμακας**

DMU	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	0.981812	0.992240	0.988628	0.837948	0.991231	0.989333	0.982349	0.980746
Βέλγιο	1	1	1	1	1	1	1	1
Βουλγαρία	0.814335	0.714823	0.697203	0.751053	0.872293	0.810687	0.840197	0.892298
Γαλλία	0.742766	0.726233	0.628094	0.684464	0.692481	0.700432	0.685940	0.735207
Γερμανία	0.831488	0.707712	0.690439	0.812992	0.897415	0.810617	0.732872	0.819281
Δανία	1	1	1	1	1	1	1	1
Ελβετία	0.993383	0.990205	0.986463	0.979223	0.986671	0.984335	0.964266	0.968229
Ελλάδα	0.964216	0.943500	0.851910	0.828529	0.975733	0.919458	0.903677	0.911429
Εσθονία	0.997776	0.999177	0.998748	0.998037	0.997391	0.987266	0.980652	1
Ηνωμένο Βασίλειο	0.744464	0.685280	0.699676	0.686529	0.746709	0.731794	0.644862	0.667333
Ιρλανδία	0.965836	0.999671	0.996309	0.978610	0.980449	0.994958	0.989186	0.897048
Ισπανία	1	0.983494	0.833515	0.963557	0.966303	0.912990	0.884632	0.903285
Ιταλία	0.742004	0.737891	0.648620	0.710162	0.734929	0.724424	0.734518	0.770036
Κύπρος	1	1	1	1	1	1	1	1
Λετονία	0.498987	0.375127	0.422158	0.510221	0.552372	0.510010	0.599522	0.668700
Λιθουανία	0.904593	0.790282	0.817573	0.877288	0.897534	0.881002	0.868438	0.906623
Λουξεμβούργο	0.815466	0.684051	0.646695	0.732872	0.740643	0.705297	0.585490	0.570312
Μάλτα	0.895663	0.922703	0.868411	0.816744	0.837146	0.818685	0.669448	0.637556
Νορβηγία	0.983222	0.981289	0.972074	0.976930	0.978173	0.974127	0.967350	0.953697
Ολλανδία	1	1	1	1	1	1	1	1
Ουγγαρία	0.932020	0.905587	0.671640	0.646260	0.869535	0.868069	0.849976	0.845810
Πολωνία	0.402524	0.344971	0.336263	0.410804	0.419795	0.393862	0.402957	0.490641
Πορτογαλία	0.992776	0.991085	0.984777	0.988400	0.988108	0.989023	0.982609	0.981891
Ρουμανία	0.710703	0.419492	0.445414	0.401791	0.633822	0.487608	0.661009	0.811294
Σλοβακία	0.927128	0.852086	0.856062	0.894419	0.902859	0.913187	0.939004	0.968891
Σλοβενία	0.953849	0.972168	0.963849	0.964627	0.969986	0.966572	0.942396	0.960350
Σουηδία	0.989476	0.983073	0.977738	0.968329	0.973668	0.968750	0.956268	0.943145
Τσεχία	0.997277	0.995397	0.960729	0.986304	0.992150	0.984046	0.985521	0.966097
Φινλανδία	0.992287	0.980768	0.972962	0.966764	0.970272	0.976209	0.962705	0.963395

**Πίνακας 10: Σταθερές, Αύξουσες και Φθίνουσες Αποδόσεις κλίμακας**

DMU	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS
Βέλγιο	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS
Βουλγαρία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Γαλλία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Γερμανία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Δανία	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS
Ελβετία	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS
Ελλάδα	IRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Εσθονία	IRS	IRS	DRS	IRS	IRS	IRS	IRS	CRS
Ηνωμένο Βασίλειο	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Ιρλανδία	DRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	DRS	DRS
Ισπανία	CRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Ιταλία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Κύπρος	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS
Λετονία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Λιθουανία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Λουξεμβούργο	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS
Μάλτα	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS
Νορβηγία	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS
Ολλανδία	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS	CRS
Ουγγαρία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Πολωνία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Πορτογαλία	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS
Ρουμανία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Σλοβακία	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Σλοβενία	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS
Σουηδία	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS
Τσεχία	IRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Φινλανδία	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS	IRS

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς την προέκταση της μελέτης προκαλεί η κατηγορία δεδομένων, η οποία κατατάσσεται τελευταία χρονικά και αποτελεί το εργαλείο για τη διατύπωση προτάσεων για τη μελλοντική βελτίωση της αποδοτικότητας των οργανωτικών μονάδων. Συγκεκριμένα, για τη μελέτη του υποδείγματος της αγροτικής αποδοτικότητας θα πρέπει να αναλυθούν τα δεδομένα του έτους 2011. Σύμφωνα με τον πίνακα 10, εκτός του Βελγίου, της Δανίας, της Κύπρου, της Ολλανδίας και της Εσθονίας, τα υπόλοιπα κράτη λειτουργούν τεχνολογικά σε μεταβλητές συνθήκες παραγωγής. Ειδικότερα, τα κράτη που υπόκεινται σε αύξουσες αποδόσεις κλίμακας είναι η Αυστρία, η Ελβετία, το Λουξεμβούργο, η Μάλτα, η Νορβηγία, η Πορτογαλία, η Σλοβενία, η Σουηδία και η Φινλανδία, ενώ αντίθετα φθίνουσες αποδόσεις εμφανίζουν η Βουλγαρία, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ελλάδα, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιρλανδία, η Ισπανία, η Ιταλία, η Λετονία, η Λιθουανία, η Ουγγαρία, η Πολωνία, η Ρουμανία, η Σλοβακία και η Τσεχία. Σκοπός των αναποτελεσματικών κρατών είναι μακροπρόθεσμα να λειτουργούν σε σταθερές αποδόσεις κλίμακας και να είναι πλήρως αποδοτικές. Εναλλακτικά, οι μη αποδοτικές χώρες οφείλουν να προσπαθήσουν να δημιουργήσουν ένα δείκτη αποδοτικότητας ίσο με τη μονάδα. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να μεταβληθούν οι ποσότητες των εισροών των αναποτελεσματικών κρατών. Η προσπάθεια αυτή παρουσιάζεται στον πίνακα 11.

Στον πίνακα 11 παρουσιάζονται οι τιμές που θα έπρεπε να λαμβάνουν οι εισροές ούτως ώστε όλες οι χώρες να είναι πλήρως αποδοτικές και ως λογική συνέπεια, η ανάλυση γίνεται για το έτος 2011. Ως εργαλείο της ανάλυσης, χρησιμοποιείται ο τρέχων δείκτης αποδοτικότητας  $\theta^*$ . Η πρώτη στήλη παρουσιάζει τις οργανωτικές μονάδες – κράτη και δεν περιλαμβάνει εκείνα τα κράτη που ήδη είναι αποδοτικά, καθώς θεωρείται ότι έχουν καλύψει το στόχο τους. Η δεύτερη στήλη απεικονίζει το δείκτη αποδοτικότητας, ενώ η τρίτη περιλαμβάνει τις τρέχουσες τιμές των εισροών κεφαλαίου και εργασίας για κάθε πίνακα. Η τέταρτη στήλη περιλαμβάνει τις τιμές-στόχους που καθορίζονται για την επίτευξη της αποδοτικότητας, η πέμπτη δείχνει τη διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές τιμές και η τελευταία στήλη την ποσοστιαία μεταβολή. Για την καλύτερη κατανόηση, παρατίθεται μια επεξήγηση για την πρώτη οργανωτική μονάδα, την Αυστρία. Η τρέχουσα τιμή του κεφαλαίου είναι 5895971.19. Ο υπολογισμός της τιμής στόχου πραγματοποιείται αν πολλαπλασιάσουμε την τρέχουσα τιμή με το δείκτη αποδοτικότητας  $\theta^*$ . Η τιμή-στόχος για την εισροή είναι

2286951.71 και επομένως η εισροή πρέπει να μειωθεί κατά 61.21% (τιμή-στόχος / τρέχουσα τιμή = 38.79%, 100-38.79=61.21%). Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται και οι υπόλοιπες τιμές-στόχοι ως προς τις δύο εισροές όλων των μη αποδοτικών κρατών.

**Πίνακας 11 (α): Βελτίωση της εισροής κεφαλαίου με στόχο την πλήρη αποδοτικότητα**

DMU	θ*	Κεφάλαιο	2011	Μεταβολή	% Μεταβολή
		Τρέχουσα τιμή	Τιμή- Στόχος		
Αυστρία	0.38788	5895971.19	2286951.71	-3609019.48	-61.21
Βουλγαρία	0.51305	1965469.41	1008383.92	-957085.49	-48.7
Γαλλία	0.73521	28053544.8	20625154.57	-7428390.23	-26.48
Γερμανία	0.81928	11820478.1	9684289.94	-2136188.16	-18.07
Ελβετία	0.50968	2080004.84	1060131.95	-1019872.89	-49.03
Ελλάδα	0.48852	4041367.54	1974269.17	-2067098.37	-51.15
Ηνωμένο Βασίλειο	0.65804	8428960.53	5546566.36	-2882394.17	-34.2
Ιρλανδία	0.42398	2190256.27	928621.62	-1261634.65	-57.6
Ισπανία	0.90329	6771224.23	6116345.84	-654878.39	-9.67
Ιταλία	0.34405	216933672	74636012.06	<b>-142297659.9</b>	<b>-65.6</b>
Λετονία	0.6687	3060.50402	2046.56	-1013.94402	-33.13
Λιθουανία	0.65594	620182.608	406805.35	-213377.258	-34.41
Λουξεμβούργο	0.57031	446802.951	254817.04	-191985.911	-42.97
Μάλτα	0.63756	22911.0169	14607.07	-8303.9469	-36.24
Νορβηγία	0.48138	37336083.4	17972998.96	<b>-19363084.44</b>	-51.86
Ουγγαρία	0.39016	5532823.17	2158659.01	-3374164.16	-60.98
Πολωνία	0.49064	4298511.61	2109025.27	-2189486.34	-50.94
Πορτογαλία	0.17736	25104572.5	4452622.19	<b>-20651950.31</b>	<b>-82.26</b>
Ρουμανία	0.81129	2864661.73	2324082.87	-540578.86	-18.87
Σλοβακία	0.9188	436023.891	400619.61	-35404.281	-8.12
Σλοβενία	0.26028	834247.755	217138.22	-617109.535	<b>-73.97</b>
Σουηδία	0.59378	1641830.37	974893.02	-666937.35	-40.62
Τσεχία	0.80639	1353669.12	1091582.64	-262086.48	-19.36
Φινλανδία	0.36646	1243980.06	455870.1	-788109.96	-63.35

**Πίνακας 11 (β): Βελτίωση της εισροής εργασίας με στόχο την πλήρη αποδοτικότητα**

DMU	θ*	Εργασία Τρέχουσα τιμή	2011 Τιμή- Στόχος	Μεταβολή	% Μεταβολή
Αυστρία	0.38788	126.4	49.03	-77.37	-61.21
Βουλγαρία	0.51305	406.5	208.55	-197.95	-48.70
Γαλλία	0.73521	791.5	581.92	-209.58	-26.48
Γερμανία	0.81928	533	436.68	-96.32	-18.07
Ελβετία	0.50968	79.7	40.62	-39.08	-49.03
Ελλάδα	0.48852	408	199.31	-208.69	-51.15
Ηνωμένο Βασίλειο	0.65804	287.7	189.32	-98.38	-34.20
Ιρλανδία	0.42398	165.6	70.21	-95.39	-57.60
Ισπανία	0.90329	894.1	807.63	-86.47	-9.67
Ιταλία	0.34405	1143	393.25	<b>-749.75</b>	<b>-65.60</b>
Λετονία	0.6687	81.8	54.70	-27.10	-33.13
Λιθουανία	0.65594	142.2	93.28	-48.92	-34.41
Λουξεμβούργο	0.57031	3.7	2.11	-1.59	-42.97
Μάλτα	0.63756	4.9	3.12	-1.78	-36.24
Νορβηγία	0.48138	49.4	23.78	-25.62	-51.86
Ουγγαρία	0.39016	431.8	168.47	-263.33	-60.98
Πολωνία	0.49064	2101.3	1030.98	<b>-1070.32</b>	-50.94
Πορτογαλία	0.17736	356.8	63.28	-293.52	<b>-82.26</b>
Ρουμανία	0.81129	1565	1269.68	<b>-295.32</b>	-18.87
Σλοβακία	0.9188	57.4	52.74	-4.66	-8.12
Σλοβενία	0.26028	78	20.30	-57.70	<b>-73.97</b>
Σουηδία	0.59378	56.7	33.67	-23.03	-40.62
Τσεχία	0.80639	106.2	85.64	-20.56	-19.36
Φινλανδία	0.36646	81.2	29.76	-51.44	-63.35

Πράγματι εάν οι τιμές-στόχοι εφαρμοστούν, τα αποτελέσματα που προκύπτουν δίνουν 100% αποδοτικότητα για ολόκληρη την κλίμακα κρατών. Παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη μείωση σε απόλυτους αριθμούς για την εισροή του κεφαλαίου οφείλει να πραγματοποιήσει η Ιταλία και ακολούθως η Πορτογαλία και η Νορβηγία, ενώ τη μεγαλύτερη μείωση ως προς την εισροή της εργασίας οφείλει να πραγματοποιήσει η Πολωνία και έπειτα η Ιταλία και η Ρουμανία. Σε ποσοστιαίες μεταβολές οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται στα κράτη, όπου ο δείκτης αποδοτικότητας είναι συγκριτικά μικρότερος. Συγκεκριμένα, για την Πορτογαλία, τη Σλοβενία και την

Ιταλία προβλέπεται μείωση των εισροών κατά 82.26%, 73.97% και 65.6% αντίστοιχα.

### **6.3. Συμπεράσματα**

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι η εφαρμογή της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ) προκάλεσε αρκετές ανισότητες μεταξύ των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς ενίσχυσε τον αγροτικό βορρά και τις παραδοσιακές δυνάμεις, αποδυναμώνοντας ταυτόχρονα τις χώρες του νότου. Συγκεκριμένα, για την Ελλάδα η εφαρμογή της ΚΑΠ αρχικά συνέβαλε στη βελτίωση της παραγωγικότητας και στην ενίσχυση του αγροτικού εισοδήματος μέσω των επιδοτήσεων, ωστόσο στη συνέχεια η προσπάθεια επιβολής ενός ανταγωνιστικού πλαισίου και η μείωση των ενισχύσεων, είχαν ως συνέπεια τη μείωση της παραγωγής, την αύξηση των εισαγωγών και την επιδείνωση του αγροτικού εμπορικού ισοζυγίου. Για το λόγο αυτό, ο δείκτης αποδοτικότητας κινείται σε μέτρια επίπεδα. Ένα ακόμη σημείο που προκαλεί ενδιαφέρον είναι τα χαμηλά επίπεδα αποδοτικότητας που χαρακτηρίζουν τα κράτη της Βαλκανικής και Ανατολικής Ευρώπης, όπως είναι ενδεικτικά η Βουλγαρία, η Ουγγαρία και η Πολωνία. Μία εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι το γεγονός ότι στις μεταβατικές αυτές οικονομίες ως και κάποια χρόνια νωρίτερα ίσχυαν διαφορετικά πολιτικά καθεστώτα, κυρίως κομμουνιστικά, τα οποία αντιπροσώπευαν μία διαφορετική παραγωγική νοοτροπία, επομένως η μετάβαση σε ένα νέο σύστημα παραγωγής απαιτεί αρκετή προσπάθεια.

Παράλληλα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η Τσεχία, η Εσθονία, η Κύπρος, η Λιθουανία, η Ουγγαρία, η Μάλτα, η Πολωνία, η Σλοβενία και η Σλοβακία έγιναν μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2004 και η Βουλγαρία και η Ρουμανία το 2007 αντίστοιχα. Εάν εξεταστεί η αποδοτικότητα για το έτος 2011, παρατηρείται ότι η Εσθονία, η Ρουμανία, η Σλοβακία και η Τσεχία παρουσιάζουν ικανοποιητικούς δείκτες ως προς το  $\theta^*$ , γεγονός το οποίο δηλώνει ότι τα κράτη αυτά σαφώς ευνοήθηκαν από την ένταξή τους στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Επιπρόσθετα, το έτος 2009 παρατηρείται ένα σημείο καμψής ως προς τα απόλυτα μεγέθη φυτικής και ζωϊκής παραγωγής για την πλειοψηφία των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κατ'επέκταση ως προς την αποδοτικότητα, το οποίο πιθανότατα οφείλεται στις συνθήκες οικονομικής κρίσης που εκδηλωνόταν εκείνη την περίοδο και φανερώνει την επιφυλακτικότητα που χαρακτήριζε τις οικονομικές δραστηριότητες. Τέλος, ως

προς την περίπτωση και των σταθερών και των μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας, παρατηρείται ότι τα μικρά σε γεωγραφική έκταση κράτη, όπως το Βέλγιο, η Μάλτα, η Κύπρος και το Λουξεμβούργο, είναι πλήρως αποδοτικά.



## 7. Σύνοψη

### 7.1. Επίλογος

Η εκτίμηση της αποδοτικότητας είναι ένα ζήτημα, το οποίο τις τελευταίες δεκαετίες έχει προκαλέσει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον, διότι σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον η αποδοτική χρήση των πόρων κρίνεται αναγκαία, ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η βέλτιστη λειτουργία και μακροπρόθεσμα η βιωσιμότητα των οικονομικών μονάδων. Στη συγκεκριμένη μελέτη παρουσιάστηκαν τα συγκριτικά αποτελέσματα ως προς τη μέτρηση της αποδοτικότητας του αγροτικού κλάδου για είκοσι εννέα ευρωπαϊκά κράτη και για το χρονικό διάστημα 2004 ως 2011.

Το πρώτο στάδιο αποτέλεσε ο ορισμός και η περιγραφή των χαρακτηριστικών της συνάρτησης αγροτικής παραγωγής, ούτως ώστε να γίνει κατανοητή με μεγαλύτερη ευκολία η έννοια της αποδοτικότητας. Όπως αναλύθηκε, η οικονομική αποδοτικότητα μπορεί να διασπαστεί σε τεχνική αποδοτικότητα (technical efficiency) και σε κατανομική αποδοτικότητα (allocative efficiency) για τεχνολογία παραγωγής σταθερών αποδόσεων (CRS), ενώ σε μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας (VRS) προστίθεται και η αποδοτικότητα κλίμακας (scale efficiency). Ως δεύτερο στάδιο, περιγράφηκε αναλυτικά η τεχνική της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (DEA) και των κύριων υποδειγμάτων της CCR και BCC για την εκτίμηση της αποδοτικότητας στο πλαίσιο σταθερών (CRS) και μεταβλητών (VRS) αποδόσεων κλίμακας αντίστοιχα. Στο τελικό στάδιο της μελέτης, παρατέθηκε το νομοθετικό πλαίσιο αγροτικής πολιτικής, το οποίο ασκεί ουσιαστική επίδραση στα μεγέθη της αποδοτικότητας, τα εμπειρικά αποτελέσματα της έρευνας, όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας DEA και τα επιμέρους συμπεράσματα.

### 7.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η εκτίμηση της αποδοτικότητας στον κλάδο αγροτικής παραγωγής έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνητικών μελετών, ωστόσο παρουσιάζει τη δυναμική περαιτέρω εμβάθυνσης. Μία ενδιαφέρουσα πρόταση για τη συνέχεια της έρευνας αποτελεί και η προσθήκη δεδομένων από τον τομέα της αλιείας και της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας, η οποία επιτρέπει την πιο σφαιρική εκτίμηση της αποδοτικότητας στην πρωτογενή παραγωγή, ωστόσο θα πρέπει η προσέγγιση να γίνει προσεκτικά, διότι δύναται να εμφανιστεί ετερογένεια ως προς το είδος των εισροών.

Επιπρόσθετα, σε αντίστοιχη μελέτη, η μέτρηση της αποδοτικότητας μπορεί να επιτευχθεί εκτός από την εφαρμογή της μεθοδολογίας DEA και με τη χρήση των δεικτών Malmquist για την παραγωγικότητα. Η προσέγγιση αυτή θεωρείται παρόμοια, ωστόσο η διαφορά της μεθοδολογίας DEA με τους δείκτες Malmquist έγκειται στο γεγονός ότι η DEA επιτρέπει την ιεράρχηση των οικονομικών μονάδων αναφορικά με την αποδοτικότητα, ενώ οι δείκτες Malmquist κατά τους Fare et al. (1994) επιτρέπουν την εκτίμηση των δυναμικών μεταβολών της παραγωγικότητας.

## 8. Βιβλιογραφία

- Λιανός Θ., Δαμιανός Δ., Μέργος Γ., Ντεμούσης Μ., Κατρανίδης Σ., (1998). “Αγροτική Οικονομική. Θεωρία και πολιτική”, Β’ έκδοση. Εκδόσεις Μπένου
- Ackrill, R.W., (2000). “The Common Agricultural Policy”. *Sheffield: Sheffield Academic Press*, for the University Association for Contemporary European Studies.
- Ackrill, R.W., (2000). “CAP Reform 1999: A Crisis in the Making”. *Journal of Common Market Studies*, 38, (2), pp 343-353
- Ackrill, R.W., (2003). “EU Enlargement, the CAP and the Cost of Direct Payments: A Note”. *Journal of Agricultural Economics*, 54, (1), pp 73-78
- Ackrill, R.W., (2005). “Romania’s EU Accession Negotiations: The significance of the EU budget”. *Romanian Journal of European Affairs*, 5, (1), pp 5- 21
- Afriat, S.N., (1972). “Efficiency Estimation of Production Functions”, *International Economic Review*, 13, pp 568-598.
- Aigner, D.J., Chu S.F., (1968). “On Estimating the Industry Production Function”, *American Economic Review*, 58, pp 826-839.
- Banker R.D, Charnes A. Cooper W.W., (1984). “Some models for estimating technical and scale inefficiencies”. *Management Science*, 30, pp 1078-1092.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., (1978). “Measuring the efficiency of decision making units”. *European Journal of Operational Research* , 2 , pp 429-444
- Coelli, T.J., Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J., Battese, G.E., (2005). “An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis”, 2nd Edition, *Springer*.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J., (2004). “Data envelopment analysis: History, Models and Interpretations, in Handbook on Data Envelopment Analysis”, Chapter 1, pp 1-39, *Kluwer Academic Publishers*, Boston.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Ton, K., (2007). “A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software”, 2nd Edition, *Springer*.

Colman D., Young T., (1997). "Principles of Agricultural Economics", *Cambridge University Press*.

Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, (2007). "Preparing for the "Health Check" of the CAP reform", 722, Brussels.

Demekas D., Bartholdy K., Gupta S., Lipschitz L., Mayer T., (1988). "The Effects of the Common Agricultural Policy of the European Community: A Survey of the Literature", *Journal of Common Market Studies*, Wiley Blackwell, 27 (2), pp 113-145

Directorate-General for Agriculture, (2003). "Reform of the Common agricultural policy. A long term perspective for sustainable agriculture", European Commission.

Dyson, R.G., Allen, R., Camanho, A.S., Podinovski, V.V., Sarrico, C.S., Shale, E.A., (2001). "Pitfalls and protocols in DEA ", *European Journal of Forest Research* ,132 , pp 245–259.

Färe, R., Lovell, C.A.K., (1978). "Measuring the technical efficiency of production", *Journal of Economic Theory*, 19 , 150-62.

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., (1994). "Production Frontiers", *Cambridge University Press*, Cambridge.

Färe, R., Grosskopf, S., Primont, D., (2007). "Aggregation, Efficiency, and Measurement", *Springer*.

Farell M.J., (1957). "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A (General), 120, (3), pp 253-290

Farell M.J., Fieldhouse, M., (1962). "Estimating Efficient Production Functions under Increasing Returns to Scale", *Journal of the Royal Statistical Society*. Series A (General), 125, (2), pp 252-267

Førsund, F.R., Sarafoglou, N., (2002). "On the origins of Data Envelopment Analysis", *Journal of the Productivity Analysis*, 17, pp 23-40.

Førsund F.R., Hjalmarsson L., (1979). "Generalised Farrell Measures of Efficiency: An Application to Milk Processing in Swedish Dairy Plants", *The Economic Journal*, 89, (354), pp 294-315

- Førsund F.R., Hjalmarsson L., (1979). "Frontier Production Functions and Technical Progress: A Study of General Milk Processing in Swedish Dairy Plants", *Econometrica*, 47, (4), pp 883-900
- Førsund, F.R., Kittelsen, S.A.C., Krivonozhko, V.E., (2009). "Farrell revisited—Visualizing properties of DEA production frontiers", *Journal of the Operational Research Society*, 60, pp 1535-1545.
- Fried, H., Lovell, C.A.K., Schmidt, S., (1993). "The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications", *New York: Oxford University Press*.
- Gardner B., Rausser G., (2001). "Handbook of Agricultural Economics", *Elsevier Science*, volume 1A.
- Golany, B., Yu, G., (1997). "Estimating Returns to Scale in DEA", *European Journal of Operational Research*, 103, (1), pp 11-20
- Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., (2005). "A DEA approach to regional development", *MPRA Paper 3992*.
- Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., (2011). "A conditional full frontier modeling for analyzing environmental efficiency and economic growth", *MPRA Paper 32839*.
- Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., (2012). "Ranking agricultural, environmental and natural resource economics journals: A note", *MPRA Paper 36233*.
- Johnston, B.F., (1969). "Economic Growth and Agriculture by T. W. Schultz", *Journal of Economic Literature*, 7, (2), pp 443-445
- Nicholson W., Snyder C.,(2008). "Microeconomic Theory: Basic Principles and Extensions", 10th edition, *Thomson south – western*.
- The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), (2004). "Analysis of the 2003 CAP Reform", Paris

## Παράρτημα

### A.1. Δεδομένα

Τα δεδομένα διατίθενται στον διαδικτυακό τόπο της Eurostat και συγκεκριμένα στην ακόλουθη βάση δεδομένων:

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/agriculture/data/database>

**Πίνακας 12: Δεδομένα για εργατικό δυναμικό**

GEO/TIME	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	152,2	147,2	140,6	137,3	133,0	131,7	129,5	126,4
Βέλγιο	71,9	70,0	68,0	66,0	64,9	63,0	61,9	57,6
Βουλγαρία	712,4	626,4	563,5	494,4	465,1	435,8	406,5	406,5
Γαλλία	930,0	907,8	886,2	867,1	847,6	827,7	809,5	791,5
Γερμανία	592,0	582,6	568,0	554,2	545,0	536,0	537,5	533,0
Δανία	66,9	62,9	60,9	58,8	58,1	55,1	54,1	52,1
Ελβετία	91,8	88,9	88,5	86,3	85,3	81,3	80,6	79,7
Ελλάδα	613,4	606,6	590,5	574,8	499,5	434,0	420,8	408,0
Εσθονία	38,3	37,8	37,4	32,9	31,2	29,3	25,4	24,9
Ηνωμένο Βασίλειο	301,9	298,1	291,8	286,6	283,0	278,1	277,1	287,7
Ιρλανδία	160,0	148,6	152,9	150,2	147,9	146,5	165,6	165,6
Ισπανία	1.032,2	1.017,2	1.013,3	998,2	1.012,4	922,0	924,2	894,1
Ιταλία	1.284,0	1.242,0	1.257,0	1.216,0	1.182,0	1.149,0	1.171,0	1.143,0
Κύπρος	30,4	28,7	27,3	25,9	25,9	25,9	25,4	25,4
Λετονία	139,6	138,2	122,8	107,4	99,2	92,9	85,9	81,8
Λιθουανία	165,4	173,6	165,8	158,0	150,9	147,1	143,4	142,2
Λουξεμβούργο	3,9	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,6	3,7
Μάλτα	4,3	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,9	4,9
Νορβηγία	64,5	66,0	63,3	61,4	59,4	54,0	51,4	49,4
Ολλανδία	194,8	194,1	189,5	185,8	181,7	179,7	177,7	175,2
Ουγγαρία	553,8	522,2	504,4	459,3	430,1	442,3	440,0	431,8
Πολωνία	2.283,6	2.291,9	2.291,9	2.299,3	2.299,3	2.213,8	2.101,3	2.101,3
Πορτογαλία	446,8	437,3	425,9	416,1	409,8	403,5	369,9	356,8
Ρουμανία	2.336,0	2.596,0	2.527,0	2.205,0	2.152,0	2.152,0	1.639,0	1.565,0
Σλοβακία	105,4	98,8	91,3	91,3	90,3	86,0	82,6	57,4
Σλοβενία	90,2	90,0	88,7	84,0	83,2	80,2	77,0	78,0
Σουηδία	76,8	75,6	74,6	68,6	65,8	63,2	59,5	56,7
Τσεχία	144,9	139,2	133,1	138,1	120,7	114,6	108,8	106,2
Φινλανδία	103,3	96,2	93,1	90,9	88,7	86,9	82,1	81,2

Πηγή: Eurostat, Agricultural Database, code: aact\_ali01

**Πίνακας 13: Δεδομένα για ακαθάριστες επενδύσεις παγίου κεφαλαίου**

GEO/TIME	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	1.377,56	1.434,33	1.388,19	1.600,62	1.720,86	1.741,97	1.724,15	1.854,35
Βέλγιο	664,54	647,19	814,16	983,17	703,38	1.025,10	1.082,17	1.181,45
Βουλγαρία	557,10	418,15	366,94	412,21	492,88	355,06	342,36	388,09
Γαλλία	8.282,86	8.732,88	8.992,50	10.050,09	10.813,92	9.125,00	8.115,02	8.496,44
Γερμανία	6.209,97	5.927,81	6.684,66	7.868,69	9.486,11	7.241,69	6.877,91	7.125,85
Δανία	1.112,49	1.228,42	1.471,11	1.728,09	1.586,69	1.165,03	1.173,16	1.176,67
Ελβετία	766,03	737,30	740,14	825,35	799,85	783,27	806,86	846,01
Ελλάδα	1.641,27	1.774,69	1.563,77	2.043,35	2.114,53	2.005,83	1.745,23	1.383,06
Εσθονία	182,12	278,42	272,95	237,96	329,94	156,72	188,08	281,71
Ηνωμένο Βασίλειο	3.131,36	3.046,25	3.328,97	3.613,94	4.168,69	4.332,05	3.880,28	3.936,17
Ιρλανδία	478,80	476,30	567,27	1.033,86	1.555,58	424,04	355,86	331,80
Ισπανία	3.696,85	3.694,55	4.062,29	5.673,65	5.816,84	5.722,24	5.138,96	4.257,08
Ιταλία	10.219,38	10.523,65	10.843,38	10.877,13	10.799,03	9.059,15	9.342,84	9.623,20
Κύπρος	59,23	42,89	33,46	19,40	13,12	12,99	12,96	12,05
Λετονία	268,04	549,62	396,92	477,84	449,62	194,57	226,87	376,47
Λιθουανία	572,38	544,52	500,81	465,44	397,01	289,21	353,38	408,02
Λουξεμβούργο	103,92	84,95	96,74	84,53	105,33	102,90	108,26	108,28
Μάλτα	13,96	14,49	11,84	15,48	12,40	18,80	24,47	19,54
Νορβηγία	570,18	622,89	669,59	671,08	741,02	592,81	720,40	743,18
Ολλανδία	2.895,13	2.966,37	3.132,05	3.860,47	4.078,40	3.594,47	3.472,98	3.742,82
Ουγγαρία	1.019,09	1.019,52	864,16	1.095,32	1.208,93	1.472,34	1.146,35	1.268,65
Πολωνία	1.273,25	1.423,07	1.278,40	1.686,67	1.806,26	1.854,97	1.712,20	1.608,03
Πορτογαλία	1.032,42	921,59	924,68	948,02	883,64	763,40	805,28	832,01
Ρουμανία	1.481,77	1.066,41	2.131,37	2.331,17	1.759,95	1.821,71	2.191,16	2.886,26
Σλοβακία	158,45	289,23	189,30	243,38	402,36	307,19	244,58	310,32
Σλοβενία	265,25	297,55	322,35	358,17	385,51	300,70	259,26	243,15
Σουηδία	743,54	724,29	763,96	905,23	977,68	831,67	849,36	868,82
Τσεχία	695,91	828,65	853,68	913,35	938,07	633,82	614,53	899,92
Φινλανδία	860,22	927,69	929,02	1.102,36	1.048,82	989,04	919,76	986,06

Πηγή: Eurostat, Agricultural Database, code: aact\_eaa01

**Πίνακας 14: Δεδομένα για φυτική εκροή**

GEO/TIME	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	2.434,32	1.947,76	2.060,63	2.533,18	2.470,55	2.158,55	2.488,71	2.944,48
Βέλγιο	2.927,30	2.700,80	2.917,37	3.036,04	2.886,26	2.658,69	3.134,23	2.983,92
Βουλγαρία	5.026,37	4.447,65	4.611,06	3.906,75	5.827,53	4.527,31	4.824,05	5.533,63
Γαλλία	32.512,30	31.540,68	30.118,50	34.595,14	33.376,17	30.748,94	34.518,85	36.127,89
Γερμανία	21.374,80	17.498,10	18.334,09	23.028,49	24.247,09	20.226,15	21.652,94	24.133,18
Δανία	2.361,09	1.796,23	1.975,35	2.633,63	2.315,01	1.992,49	2.523,68	2.556,83
Ελβετία	2.304,51	2.058,79	2.086,26	2.333,54	2.311,70	2.171,25	2.186,56	2.284,29
Ελλάδα	10.136,98	9.663,43	7.926,73	8.344,46	7.816,94	7.006,53	7.340,21	7.695,90
Εσθονία	290,09	341,06	330,30	491,91	356,06	327,29	404,30	474,94
Ηνωμένο Βασίλειο	8.430,70	6.784,87	6.905,96	7.623,62	9.597,19	8.145,57	8.644,71	10.082,75
Ιρλανδία	1.228,11	1.140,69	1.208,64	1.382,84	1.361,22	1.148,17	1.361,16	1.601,91
Ισπανία	29.586,25	26.374,74	23.999,66	29.145,86	27.963,12	23.905,96	26.845,40	26.697,10
Ιταλία	27.547,12	24.150,65	23.772,75	25.056,86	26.348,09	22.648,78	22.871,60	24.675,66
Κύπρος	355,33	369,57	361,76	372,19	347,52	347,62	363,75	382,01
Λετονία	630,21	667,71	669,79	788,57	736,97	637,57	740,27	826,17
Λιθουανία	1.409,07	1.540,03	1.301,28	1.997,67	1.969,63	1.613,52	1.779,00	2.369,62
Λουξεμβούργο	134,02	106,18	114,34	151,63	135,39	123,77	111,36	118,76
Μάλτα	66,02	64,38	65,70	68,79	71,46	69,35	67,57	69,97
Νορβηγία	1.022,50	990,73	973,59	988,94	1.085,62	1.004,44	1.035,86	1.020,23
Ολλανδία	9.364,23	9.503,51	10.512,08	11.102,02	10.598,31	9.718,15	11.203,66	10.993,48
Ουγγαρία	6.384,99	5.354,21	5.581,88	6.054,64	7.072,90	5.333,52	5.658,34	7.672,04
Πολωνία	15.066,75	12.565,25	13.489,62	17.713,59	17.033,18	15.145,37	16.488,60	20.504,13
Πορτογαλία	4.150,26	3.750,29	4.081,19	4.105,70	4.131,32	3.884,63	4.152,41	3.970,90
Ρουμανία	24.659,67	16.446,94	17.795,41	15.420,68	22.395,96	16.914,92	20.277,37	24.600,33
Σλοβακία	1.864,89	1.426,40	1.437,80	1.586,93	1.688,39	1.248,97	1.284,11	1.746,25
Σλοβενία	787,19	726,21	692,70	772,77	739,62	645,47	709,51	822,11
Σουηδία	1.697,18	1.339,41	1.417,07	2.019,14	1.757,34	1.548,46	1.856,13	1.969,10
Τσεχία	3.713,85	2.921,38	2.870,93	3.866,51	3.426,67	2.768,76	3.083,59	3.886,29
Φινλανδία	1.162,67	1.179,28	958,16	1.282,52	1.185,91	1.069,47	1.152,59	1.392,57

Πηγή: Eurostat, Agricultural Database, code: aact\_eaa01



**Πίνακας 15: Δεδομένα για ζωϊκή εκροή**

GEO/TIME	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	2.545,68	2.518,90	2.649,41	2.665,86	2.900,71	2.528,23	2.636,97	2.926,95
Βέλγιο	3.583,85	3.385,09	3.492,77	3.665,15	3.742,16	3.275,50	3.628,48	3.835,62
Βουλγαρία	3.102,08	3.086,73	2.910,08	3.110,01	3.219,28	2.608,63	2.421,84	2.678,17
Γαλλία	21.361,62	22.012,29	20.573,76	21.339,85	22.659,87	19.636,68	20.475,73	22.488,45
Γερμανία	18.616,44	18.327,58	19.177,48	20.454,13	22.123,29	18.907,09	20.230,06	23.988,75
Δανία	3.660,28	3.559,12	3.662,27	3.673,55	3.900,49	3.628,49	4.116,43	4.694,60
Ελβετία	2.494,45	2.373,89	2.409,11	2.552,08	2.827,02	2.447,16	2.422,90	2.538,13
Ελλάδα	3.423,29	3.493,24	3.248,39	3.023,32	3.096,90	3.020,32	3.030,20	3.079,54
Εσθονία	465,82	463,63	463,01	440,27	487,80	405,41	471,10	547,73
Ηνωμένο Βασίλειο	11.849,22	10.414,28	10.245,35	10.498,71	12.497,20	12.243,33	12.799,50	13.986,29
Ιρλανδία	3.708,24	3.363,51	3.084,47	3.433,24	3.450,99	2.804,72	3.447,81	4.155,25
Ισπανία	14.883,52	15.285,67	15.274,71	16.470,94	15.374,87	14.774,14	14.799,15	15.941,14
Ιταλία	13.678,04	13.187,11	13.620,12	14.343,88	15.236,67	13.958,76	13.725,48	15.342,78
Κύπρος	347,81	341,42	320,49	317,62	339,84	358,21	369,94	368,79
Λετονία	562,74	582,32	609,19	594,80	562,09	507,32	598,15	630,75
Λιθουανία	1.325,33	1.458,43	1.486,90	1.428,16	1.433,74	1.104,49	1.357,44	1.500,96
Λουξεμβούργο	151,50	132,11	127,57	144,71	159,49	127,31	138,15	148,04
Μάλτα	107,87	105,75	102,12	102,16	108,46	98,23	94,75	95,62
Νορβηγία	1.860,25	1.844,92	1.878,68	1.934,44	2.011,61	1.964,30	2.069,61	2.142,79
Ολλανδία	7.491,91	7.774,74	8.161,95	8.581,42	9.059,80	7.813,59	8.551,89	9.153,35
Ουγγαρία	3.640,21	3.605,60	3.602,47	3.512,55	3.895,02	3.559,20	3.544,89	4.155,33
Πολωνία	13.076,34	13.666,95	13.373,13	14.898,23	14.259,58	14.525,24	15.069,46	16.870,37
Πορτογαλία	2.990,41	3.193,72	2.974,54	3.149,48	3.249,61	3.044,60	3.118,31	3.293,11
Ρουμανία	9.086,74	8.951,12	8.426,95	7.833,22	7.684,53	8.488,46	7.140,49	7.485,87
Σλοβακία	1.492,89	1.450,71	1.415,86	1.483,77	1.581,16	1.194,31	1.191,32	1.273,24
Σλοβενία	694,35	705,74	709,41	656,99	686,14	586,09	595,69	648,25
Σουηδία	1.984,93	1.823,55	1.868,51	1.874,43	2.085,08	1.771,97	1.912,47	1.961,43
Τσεχία	2.880,32	2.789,00	2.772,91	2.862,03	2.873,42	2.296,80	2.213,97	2.402,24
Φινλανδία	1.869,27	1.847,95	1.725,43	1.791,55	1.897,90	1.785,92	1.894,44	1.969,28

Πηγή: Eurostat, Agricultural Database, code: aact\_eaa01

Πίνακας 15: Δεδομένα για κεφάλαιο

GEO/ΠΙΜΕ	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Αυστρία	6137896,304	6102503,256	6067276,427	6032473,388	5997999,408	5963753,381	5929695,011	5895971,19
Βέλγιο	921179,8443	916299,9552	911616,3155	907129,7876	902390,3889	898001,1465	893895,3097	889514,588
Βουλγαρία	2047194,211	2035329,195	2023484,16	2011755,465	2000177,813	1988531,806	1976942,975	1965469,41
Γαλλία	29194711,69	29028276,3	28863099,14	28699970,63	28538584,73	28376478,22	28214334,37	28053544,8
Γερμανία	12276586,29	12208854,58	12142286,12	12077301,09	12014323,39	11949479,14	11884660,18	11820478,1
Δανία	1840458,071	1830643,743	1821130,991	1811932,295	1802647,391	1792996,537	1783411,717	1773887,92
Ελβετία	2163823,289	2151577,65	2139408,324	2127397,224	2115432,69	2103523,364	2091709,084	2080004,84
Ελλάδα	4202319,317	4178880,091	4155370,58	4132481,707	4109801,347	4087148,369	4064370,708	4041367,54
Εσθονία	52729,27415	52691,3185	52648,12059	52570,19187	52584,71072	52425,92245	52299,44692	52267,3602
Ηνωμένο Βασίλειο	8764651,708	8715110,048	8666148,357	8617765,407	8570227,505	8523138,19	8475879,641	8428960,53
Ιρλανδία	2279643,648	2266442,086	2253410,703	2240924,099	2229034,135	2216083,97	2203143,326	2190256,27
Ισπανία	7027336,655	6988867,185	6950996,272	6914963,944	6879291	6843737,494	6807814,029	6771224,23
Ιταλία	226194792,3	224848147,2	223509901,7	222179719,4	220857440,1	219541354,6	218233449,3	2.17E+08
Κύπρος	129,98292	172,0930225	204,5204643	222,6933416	234,4771815	246,0603184	257,5439565	268,0486693
Λετονία	462,00916	1008,857105	1399,723962	1869,165619	2307,570625	2488,295201	2700,23543	3060,50402
Λιθουανία	643841,5681	640523,0387	637180,7104	633823,0662	630417,1378	626923,8449	623515,6819	620182,608
Λουξεμβούργο	465318,7187	462611,7564	459932,8259	457257,7589	454619,5424	451994,7251	449391,0168	446802,951
Μάλτα	23776,64625	23648,47638	23518,42552	23392,79497	23264,8382	23144,04917	23029,65487	22911,0169
Νορβηγία	38937641,68	38704638,72	38473080,48	38242913,08	38014196,62	37786704,25	37560704,42	37336083,4
Ολλανδία	6687416,269	6650258,141	6613488,643	6577668,181	6542280,572	6506621,358	6471054,61	6435971,1
Ουγγαρία	5762597,729	5729041,663	5695531,573	5662453,703	5629687,911	5597382,124	5564944,181	5532823,17
Πολωνία	4471803,959	4446396,205	4420996,228	4396156,921	4371586,239	4347211,692	4322840,621	4298511,61
Πορτογαλία	26178509,46	26022359,99	25867150,51	25712895,63	25559501,89	25406908,28	25255272,11	25104572,5
Ρουμανία	2973351,841	29566578,14	2940970,041	29256655,391	2909861,409	2894223,95	2879049,766	2864661,73
Σλοβακία	452748,0745	450320,8161	447808,1912	445364,722	443094,8937	440743,5143	438343,6332	436023,891
Σλοβενία	867924,9616	863014,9618	858159,2221	853368,4367	848633,7361	843842,6337	839038,8379	834247,755
Σουηδία	1706403,495	1696889,364	1687471,988	1678252,386	1669160,551	1659977,258	1650866,754	1641830,37
Τσεχία	1406095,121	1398487,201	1390949,958	1383517,608	1376154,572	1368531,465	1360934,806	1353669,12
Φινλανδία	1290432,37	1283617,466	1276844,781	1270286,072	1263713,176	1257119,937	1250496,977	1243980,06

## A.2. Κώδικας Προγραμματισμού για Matlab

Ο κώδικας προγραμματισμού διατίθεται στον διαδικτυακό τόπο [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)

### 1. Εντολή PPL

```
function [zmax,xbasic,ibasic]=PPL(A,b,c);
%
% A forma de escrever a funcao eh: PPL(A,b,c)
% a funcao retorna 3 valores, em ordem: zmax - valor maximizado da F.O. (eficiencia), xbasic -
valores das solucoes basicas,
% ibasic - indice das solucoes basicas
%
% Esta funcao nao explica os valores, serve apenas de modulo para o DEASolver. Para conseguir
solucoes de PPL,
% usar o linprog original
%
% Usa o metodo Simplex Generalizado, de 2 fases, aceitando restricoes >=, <= ou =, desde que as
matrizes sejam inseridas
% sempre na forma Max cx tal que Ax=b.
%
% Baseado no codigo linprog referenciado abaixo
% Written by Jeff Stuart, Department of Mathematics,
% University of Southern Mississippi, Hattiesburg, MS 39406.
% December, 1993. Revised, October, 1997.
% jeffrey.stuart@usm.edu
%
[m,n]=size(A);
% verificando dimensoes b X A
if max(size(b) ~= [m 1]);
    disp('The dimensions of b do not match the dimensions of A.')
    return
end
% Positividade de b
if min(b) < 0;
    disp('The RHS vector b must be nonnegative.')
    return
end
% Verificando dimensoes c X A
if max(size(c) ~= [1 n]);
    disp('The dimensions of c do not match the dimensions of A.')
    return
end
if rank(A) ~= m;
    disp('A does not have full row rank.')
    return
end
t=cputime;
PHIiter=0;
PHIIiter=0;
tol=0.0000000001;
xbasic=zeros(1,n);
% Roda a fase I
[wmax,ibasic,PHIiter]=Phasei(A,b);
if wmax < -tol ;
    t=cputime -t;
    disp('The original LP is infeasible. Infeasibility was')
    disp('detected during Phase I. The total number of phase')
    disp('one iterations performed was: '), disp(PHIiter)
else;
    % roda a fase 2
    [zmax,xbasic,ibasic,ienter,PHIIiter,PCOL,OPTEST,CYCTEST]=Phaseii(A,b,c,ibasic);
    xbasic=xbasic';
    t=cputime -t;
    if CYCTEST==1;
        return
    end
    if OPTEST == 0;
        disp('The original LP is unbounded. An unbounded ray was')
        disp('detected during Phase II. The output objective')
        disp('value is for the last basic solution found.')
        disp('The number of Phase II iterations was: '),disp(PHIIiter)
        disp('Last objective value is '),disp(zmax)
        disp('The last basic solution, xbasic is '),disp(xbasic)
        disp('The column indices for the last basis: '),disp(ibasic)
        disp('The index of the unbounded entering variable: '),disp(ienter)
        disp('The unbounded ray column is: '),disp(PCOL)
        disp('The required cpu time was: '),disp(t)
    end
end
end
```

## 2. Εντολή Phasei

```
function [wmax,ibasic,PHIiter]=Phasei(A,b)
%PHASEI performs Phase I of the simplex method on the constraints
%Ax = b and x >= 0 (where A is m x n, rank(A) = m , and b >= 0)
%to determine whether there is a feasible point. The function
%output is wmax, the artificial objective value; ibasic, the
%indices of the basic variables at optimality; and PHIiter, the
%number of Phase I iterations performed. If wmax < 0 ,then the
%original LP is infeasible. If wmax = 0 , the original LP is
%feasible, and ibasic is the index set for a feasible basis.
%To allow for round-off error, the tests are wmax < -tol for
%infeasibility, and wmax >= -tol for feasibility, where "tol"
% is a preset tolerance (see the initialization value in the fourth
%line below). At the expense of additional computation, an adaptive
%choice for "tol" based on A and b could be selected.
%
%See also PHASEII and LINPROG.
%Written for MATLAB version 5.0 .
%Written by Jeff Stuart, Department of Mathematics, University of
%Southern Mississippi, Hattiesburg, MS 39406. October, 1997.
%jeff.stuart@usm.edu

[m,n]=size(A);
A=[A,eye(m)];
PHIiter=0;
tol=0.0000001;
ztol=0.0000001;
X=zeros(1,n+m);
J=[zeros(1,n),ones(1,m)];
c=-J;
K=[1:n+m];
J=logical(J);
ibasic=K(J);
inon=K(~J);
B=eye(m);
xbasic=b;
w=-sum(xbasic);
X(ibasic)=b;
Cred= ones(1,m)*A(:,inon);
loop =1;
while loop ==1;
    if max(Cred) > ztol ;
        PHIiter=PHIiter + 1;
        [Maxcost,j]=max(Cred);
        ienter=inon(j);
        PCOL=B\A(:,ienter);
        J(ienter)=1;
        TESTROWS=find(PCOL > ztol);
        TESTCOL=PCOL(TESTROWS);
        [minrat,j]=min(xbasic(TESTROWS)./TESTCOL);
        iexit=ibasic(TESTROWS(j));
        J(iexit)=0;
        if minrat > 0;
            xbasic=xbasic - minrat*PCOL;
        end
        X(ibasic)=xbasic;
        X(ienter)=minrat;
        X(iexit)=0;
        w=w + Maxcost*minrat;
        ibasic=K(J);
        inon=K(~J);
        B=A(:,ibasic);
        xbasic=X(ibasic)';
        Cred=c(inon) - (c(ibasic)/B)*A(:,inon);
    elseif Cred <= ztol;
        loop = 0;
    end
end
end
wmax=-sum(X(n+1:n+m));
if wmax >= -tol;
    X=X(1:n);
    last=ibasic(m);
    K=K(1:last);
    ibasic=K(J(1:last));
    while last > n;
        J=J(1:last);
        K=[1:last];
        inon=K(~J);
        B=A(:,ibasic);
        inon=inon(inon <= n);
        j=find(( [zeros(1,m-1),1]/B)*A(:,inon));
        ienter=inon(j(1));
        J(ienter)=1;
        J(last)=0;
        ibasic=K(J);
    end
end
```

```

        last=ibasic(m);
        PHIiter=PHIiter+1;
    end
end
end

```

### 3. Εντολή Phaseii

```

function [z,xbasic,ibasic,ienter,iter,PCOL,OPTEST,CYCTEST]=phaseii(A,b,c,ibasic);
%PHASEII performs phase II of the simplex method starting with the basic
%columns specified by the vector ibasic.
%
%See also PHASEI and LINPROG.
%Written for Matlab version 5.0.
%
%Written by Jeff Stuart, Department of Mathematics, University of Southern Mississippi,
%Hattiesburg, MS 39406. October, 1993. Revised October, 1997.
%jeffrey.stuart@usm.edu

[m,n]=size(A);
PCOL=[];
ienter=[];
iter=0;
cycle=0;
CYCTEST=0;
X=zeros(1,n);
J=X;
J(ibasic)=ones(1,m);
K=[1:n];
inon=K(~J);
B=A(:,ibasic);
xbasic=B\b;
z=c(ibasic)*xbasic;
if m<n;
    X(ibasic)=xbasic;
    Cred=c(inon) - (c(ibasic)/B)*A(:,inon);
    OPTEST=1;
    loop =1;
    while loop ==1;
        if max(Cred) > 0;
            iter=iter + 1;
            [Maxcost,j]=max(Cred);
            ienter=inon(j);
            PCOL=B\A(:,ienter);
            if PCOL <= 0 , OPTEST = 0;
                loop = 0;
            else
                J(ienter)=1;
                TESTROWS=find(PCOL > 0);
                TESTCOL=PCOL(TESTROWS);
                [minrat,j]=min(xbasic(TESTROWS)./TESTCOL);
                if minrat <=0, cycle = cycle+1;
                    if cycle > m;
                        disp('Algorithm terminated due to excessive cycling.')
                        disp('Restart algorithm from phase II using a perturbed')
                        disp(' RHS vector b and the current basis.')
                        disp(ibasic)
                        CYCTEST=1;
                        break
                    end
                else
                    cycle = 0;
                end
                iexit=ibasic(TESTROWS(j));
                J(iexit)=0;
                xbasic=xbasic - minrat*PCOL;
                X(ibasic)=xbasic;
                X(ienter)=minrat;
                X(iexit)=0;
                z=z + Maxcost*minrat;
                J=logical(J);
                ibasic=K(J);
                inon=K(~J);
                B=A(:,ibasic);
                xbasic=X(ibasic)';
                Cred=c(inon) - (c(ibasic)/B)*A(:,inon);
            end
        else
            loop = 0;
        end
    end
end
end
end

```

## 4. Εντολή CRSEI

```
function[Efc] = DEACRSEI(X,Y);

i=size(X,1); % check #Inputs
j=size(Y,1); % check #Outputs
k=size(X,2); % check #DMUs
if k ~= size(Y,2)
    disp('Invalid number od DMU at Input Matrix')
end % end check matrix size

for o = 1:k % Check from DMU o=1 the last
    c=[-1 zeros(1,k+i+j)];
    b=[zeros(1,i) Y(:,o)']';
    A=[X(:,o) -X -eye(i) zeros(i,j); zeros(j,1) Y zeros(j,i) -eye(j)];
    % runs PPL
    [zmax, ibasic, xbasic]=PPL(A,b,c);
    %
    sprintf('DMU %d CRS/E/I Efficiency is %d',o,-zmax)
    disp('non-zero variables: '),disp(ibasic)
    disp('Solving each Variable: '),disp(xbasic)
    Efc(o)=-zmax; % takes Ef DMU(o)
end % end loop DMUs
```

## 5. Εντολή VRSEI

```
function[Efc] = DEAVRSEI(X,Y);

i=size(X,1); % Check #Inputs
j=size(Y,1); % Check #Outputs
k=size(X,2); % Check #DMUs
if k ~= size(Y,2)
    disp('Invalid number od DMU at Input Matrix')
end

for o = 1:k % Check from DMU o=1 the last

    c=[-1 zeros(1,k+i+j)];
    b=[zeros(1,i) Y(:,o) 1]';
    A=[X(:,o) -X -eye(i) zeros(i,j); zeros(j,1) Y zeros(j,i) -eye(j); 0 ones(1,k) zeros(1,i)
    zeros(1,j)];

    % Runs PPL
    [zmax, ibasic, xbasic]=PPL(A,b,c);

    sprintf('The Efficiency VRS/E/I of DMU %d is %d',o,-zmax)
    Mult=[xbasic;ibasic];
    disp('non zero h and its values: '),disp(Mult)

    Efc(1,o)=o;
    Efc(2,o)=-zmax; % Takes Ef DMU(o)

end % close loop DMUs
```

## 6. Εντολή DEA program

```
% DEA program

% Input matrix (one row per DMU);
X = [
x11, x12;
x21, x22;
x31, x32;
x41, x42;
x51, x52;
x61, x62;
x71, x72;
x81, x82;
x91, x92;
x101, x102;
x111, x112;
x121, x122;
x131, x132;
x141, x142;
x151, x152;
```

```

x161, x162;
x171, x172;
x181, x182;
x191, x192;
x201, x202;
x211, x212;
x221, x222;
x231, x232;
x241, x242;
x251, x252;
x261, x262;
x271, x272;
x281, x282;
x291, x292;
]

% Output matrix (one row per DMU);
Y = [
y11, y12;
y21, y22;
y31, y32;
y41, y42;
y51, y52;
y61, y62;
y71, y72;
y81, y82;
y91, y92;
y101, y102;
y111, y112;
y121, y122;
y131, y132;
y141, y142;
y151, y152;
y161, y162;
y171, y172;
y181, y182;
y191, y192;
y201, y202;
y211, y212;
y221, y222;
y231, y232;
y241, y242;
y251, y252;
y261, y262;
y271, y272;
y281, y282;
y291, y292;
]

X=X'
Y=Y'

results_DEACRSEI_2outputs=DEACRSEI(X,Y)

results_DEAVRSEI_2outputs=DEAVRSEI(X,Y)

```