

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ**

**ΜΕ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΡΙΩΝ**

**Επιμέλεια: Ευφροσύνη Δημητρίου Αυγερινού**

**Επιβλέπων: Λέκτορας Νικόλαος Τζερεμές**

**Βόλος 2013**

# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

### **Κεφάλαιο 1**

#### **Εισαγωγή**

### **Κεφάλαιο 2**

#### 2.1. Μέτρηση της αποδοτικότητας

#### 2.2. Στοχαστική Οριακή Συνάρτηση Παραγωγής

#### 2.3. Τα μοντέλα των Battese και Coelli

##### 2.3.1. Το μοντέλο του 1992

##### 2.3.2. Το μοντέλο του 1995

### **Κεφάλαιο 3**

#### 3.1. Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων

#### 3.2. Περιβαλλοντική Αποδοτικότητα και Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων

#### 3.3. Δεδομένα

#### 3.4. Μεθοδολογία

#### 3.5. Εμπειρικά Αποτελέσματα

### **Κεφάλαιο 4**

#### 4.1. Επίλογος

#### 4.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

### **Βιβλιογραφία**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία, εξετάζεται παραμετρικά με στοχαστικές οριακές συναρτήσεις η περιβαλλοντική αποδοτικότητα τριάντα Ευρωπαϊκών χωρών χρησιμοποιώντας δεδομένα για τα έτη 2000 έως 2010. Συγκεκριμένα μελετά την επίδραση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και την οικονομική ανάπτυξη (GDP) στην περιβαλλοντική αποδοτικότητα. Ενώ οι οριακές συναρτήσεις έχουν μελετηθεί με πολλές μεθόδους, όπως είναι η στοχαστική ανάλυση ορίων και η μέθοδος Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA), στη συγκεκριμένη εργασία η έρευνα πραγματοποιείται με στοχαστική ανάλυση ορίων. Αρχικά παρουσιάζονται βασικές έννοιες όπως της τεχνικής, της κατανομικής και της οικονομικής αποδοτικότητας ενώ στη συνέχεια βλέπουμε τις πρώτες ερευνητικές προσπάθειες για την εκτίμηση της οριακής συνάρτησης παραγωγής. Ενώ παρουσιάζονται αρκετές ερευνητικές προσπάθειες που επέκτειναν τη συγκεκριμένη εκτίμηση, στο τελευταίο μέρος της εργασίας παρατίθενται έρευνες που ασχολήθηκαν με την εκτίμηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας με τη μέθοδο Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων αλλά και η έρευνα που αναφέρθηκε για τις τριάντα Ευρωπαϊκές χώρες με στοχαστική ανάλυση ορίων.

Λέξεις κλειδιά: Στοχαστική Ανάλυση Ορίων, Περιβαλλοντική Αποδοτικότητα, Αποδοτικότητα, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων.

## **ABSTRACT**

In this paper, we examine parametric stochastic frontier functions to measure the environmental efficiency of thirty European countries using data for the years 2000 to 2010. Specifically examines the impact of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions and economic growth (GDP) on environmental efficiency. While the limit functions have been studied by many methods, such as stochastic frontier analysis and method DEA (Data Envelopment Analysis), in this work the investigation carried out by stochastic frontier analysis. Initially we can see basic concepts such as technological, allocative and economic efficiency while then presented the first research effort to estimate the frontier production function. While presented several research efforts that extend this estimate to the last part of the paper presented investigations dealt with assessing the environmental efficiency with DEA method and the research reported thirty European countries with stochastic frontier analysis.

Keywords: Stochastic Frontier Analysis, Environmental Efficiency, Efficiency, Data Envelopment Analysis.

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Η μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας θεωρήθηκε βασικό θέμα για πολλές ερευνητικές μελέτες. Μελετώντας την έννοια της αποδοτικότητας πιο γενικά και ακολουθώντας την μοντέρνα προσέγγιση των (Coelli, Rao, O'Donnell και Battese 2005), καταλήγουμε στο ότι αποτελείται από δύο παράγοντες. Την τεχνική αποδοτικότητα, δηλαδή την ικανότητα μιας επιχείρησης να εξασφαλίσει μέγιστη ποσότητα εκροής από μία δεδομένη ποσότητα εισροής και την καταναμητική αποδοτικότητα δηλαδή την ικανότητα μιας επιχείρησης να χρησιμοποιήσει βέλτιστες αναλογίες εισροών, δεδομένων των τιμών και την τεχνολογία παραγωγής. Ο συνδυασμός λοιπόν των δύο αυτών παραγόντων οδηγεί στη συνολική οικονομική αποδοτικότητα. Στη συγκεκριμένη μελέτη η μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας, εξετάζεται παραμετρικά με στοχαστικές οριακές συναρτήσεις παραγωγής, ενώ αρκετές μη παραμετρικές μελέτες έχουν ασχοληθεί με το συγκεκριμένο θέμα. Ακολουθώντας λοιπόν την παραμετρική οδό, αναφέρονται αρχικά κάποιες βασικές μελέτες για την εκτίμηση της στοχαστικής οριακής συνάρτησης παραγωγής, όπως αυτή των Aigner και Chu (1968), οι οποίοι πρότειναν μία Cobb-Douglas οριακή συνάρτηση παραγωγής, χρησιμοποιώντας γραμμικό προγραμματισμό για την εκτίμηση των αγνώστων παραμέτρων. Λίγο αργότερα ο Afriat (1972), χρησιμοποιεί την μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας ενώ οι Aigner, Lovell και Schmidt (1977) και οι Meeusen van de Broeck (1977), λαμβάνουν υπόψη τα σφάλματα μέτρησης και άλλες πηγές στατιστικού θορύβου βελτιώνοντας έτσι τη συνάρτηση που πρότειναν οι Aigner και Chu (1968). Πολλές έρευνες ακολούθησαν που βασίστηκαν στις παραπάνω έρευνες όπως των Forsund, Lovell και Schmidt (1980), του Bauer (1990) και των Battese και Coelli (1992, 1993, 1995). Οι Battese και Coelli στις μελέτες τους λοιπόν, ορίζουν μια στοχαστική οριακή συνάρτηση παραγωγής, στην οποία η τεχνική αποτελεσματικότητα μίας δεδομένης επιχείρησης ορίζεται ως η αναλογία της μέσης παραγωγής της με την αντίστοιχη μέση παραγωγή, εάν η επιχείρηση χρησιμοποιεί τα επίπεδα των εισροών πιο αποτελεσματικά και μπορεί να μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται μελέτες όπως των Reinhard, Lovell και Thijssen (2000) που εκτίμησαν την περιβαλλοντική αποδοτικότητα με τη μέθοδο Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA), και την ορίζουν ως τον λόγο των ελάχιστων εφικτών παρατηρηθέντων σε χρήση περιβαλλοντικών επιζήμιων εισροών, που εξεργάζονται από τα επίπεδα της επιθυμητής παραγωγής και τις παραδοσιακές εισροές. Σε πιο πρόσφατη

έρευνα, οι Halkos και Tzeremes (2012) εξετάζουν σε επίπεδο χώρας την περιβαλλοντική αποδοτικότητα και καταλήγουν σε μια σχέση τύπου U μεταξύ της περιβαλλοντικής απόδοσης και της οικονομικής ανάπτυξης για τις περιφέρειες του Ηνωμένου Βασιλείου. Τέλος παρουσιάζεται εμπειρική μελέτη για την μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας χρησιμοποιώντας στοχαστική ανάλυση ορίων για τριάντα Ευρωπαϊκές χώρες τη χρονική περίοδο 2000-2010.

## Κεφάλαιο 2

### 2.1. Μέτρηση της αποδοτικότητας

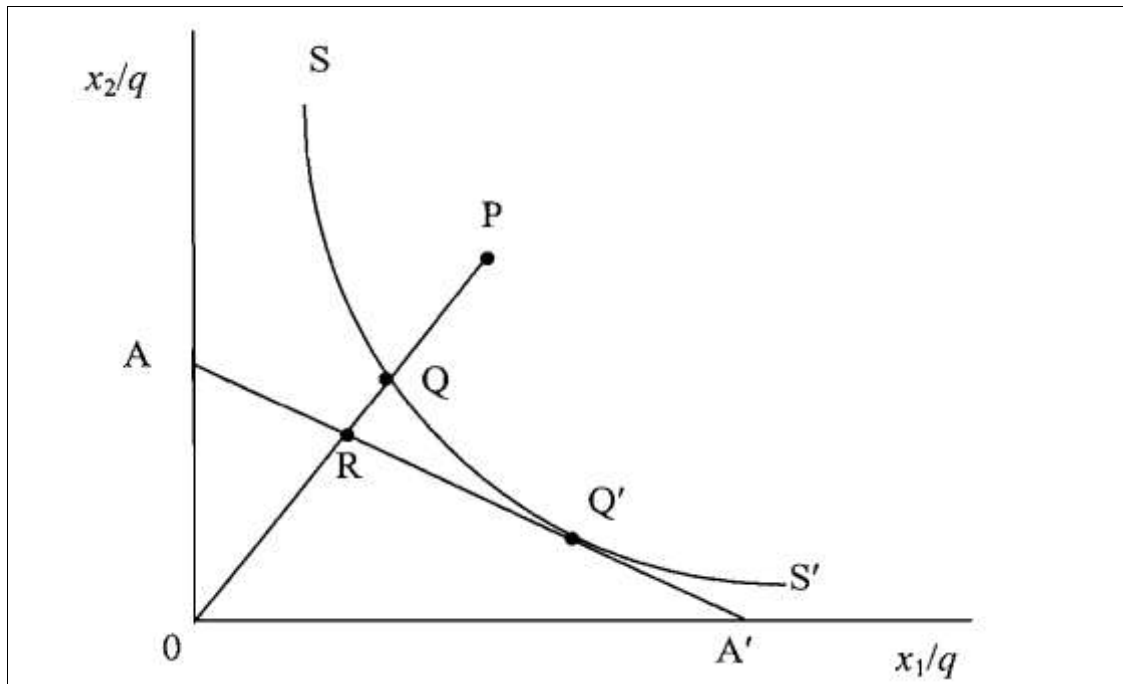
Η μέτρηση της αποδοτικότητας βασίζεται σε έναν αριθμό από έννοιες, όπως είναι οι συναρτήσεις εισροών και εκροών και οι συναρτήσεις κόστους και εσόδων και στο πως αυτές οι έννοιες υπολογίζονται σε σχέση με μία δεδομένη τεχνολογία που παρουσιάζεται σε μία μορφή οριακής συνάρτησης. Ακολουθώντας λοιπόν μία πιο μοντέρνα προσέγγιση Coelli, Rao, O'Donnell και Battese (2005), η αποδοτικότητα μίας επιχείρησης αποτελείται από δύο παράγοντες: την τεχνική αποδοτικότητα, που αντανακλά την ικανότητα μιας επιχείρησης να εξασφαλίσει μέγιστη ποσότητα εκροής από μία δεδομένη ποσότητα εισροών, και την καταναμητική αποδοτικότητα, που αντανακλά την ικανότητα μιας επιχείρησης να χρησιμοποιήσει τις εισροές σε βέλτιστες αναλογίες, δεδομένων των αντίστοιχων τιμών και την τεχνολογία παραγωγής. Αυτοί οι δύο παράγοντες αν συνδιαστούν έχουν ως αποτέλεσμα την συνολική οικονομική αποδοτικότητα.

Αναλύοντας λοιπόν το μέτρο των εισροών, εξετάζονται επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν δύο εισροές ( $x_1$  και  $x_2$ ) και παράγουν μία εκροή ( $q$ ), υπό την προϋπόθεση των σταθερών αποδόσεων κλίμακας. Στο Σχήμα 1 που ακολουθεί, η καμπύλη  $SS'$  αντιπροσωπεύει τις πλήρως αποτελεσματικές επιχειρήσεις και επιτρέπει την μέτρηση της τεχνικής αποδοτικότητας. Εάν μία δεδομένη επιχείρηση χρησιμοποιεί ποσότητες εισροών, που συμβολίζονται με το σημείο P, για να παράγει μία μονάδα εκροής, η τεχνική αποδοτικότητα της επιχείρησης παρουσιάζεται από την απόσταση QP, που είναι η ποσότητα κατά την οποία όλες οι εισροές μπορούν να μειωθούν αναλογικά χωρίς καμία μείωση στις εκροές. Αυτό εκφράζεται συνήθως σε ποσοστό από τον λόγο  $QP/OP$ , που αντιπροσωπεύει το ποσοστό κατά το οποίο όλες οι εισροές πρέπει να μειωθούν για να επιτευχθεί τεχνική αποδοτικότητα παραγωγής. Η τεχνική αποδοτικότητα (TE) μίας επιχείρησης μετράται από τον λόγο:

$$TE = \frac{OQ}{OP}, \quad (1)$$

που είναι ίσος με  $1 - QP/OP$ . Παίρει τιμές μεταξύ 0 και 1 και δηλώνει το επίπεδο της τεχνικής αποδοτικότητας της επιχείρησης. Η τιμή 1 δηλώνει ότι η επιχείρηση είναι πλήρως αποτελεσματική. Για παράδειγμα, το σημείο Q είναι τεχνικά αποδοτικό γιατί βρίσκεται στην αποτελεσματική καμπύλη ( $SS'$ ).

Σχήμα 1: Τεχνική και Κατανομητική Αποδοτικότητα (Coelli, Rao, O'Donnell και Battese 2005, σελ. 52)



Το μέτρο των εισροών της τεχνικής αποδοτικότητας μίας επιχείρησης μπορεί να εκφραστεί με την συναρτηση εισροών  $d_i(x, q)$  ως:

$$TE = 1/d_i(x, q) \quad (2)$$

Η υπό εξέταση επιχείρηση είναι τεχνικά αποδοτική εάν είναι πάνω στο σύνορο, και σε αυτή την περίπτωση  $TE=1$  και  $d_i(x, q)=1$ .

Όσον αφορά την αποδοτικότητα κόστους (CE), έστω  $w$  το διάνυσμα των τιμών των εισροών και  $x$  το εκτιμημένο διάνυσμα των εισροών που χρησιμοποιούνται σε σχέση με το σημείο P. Επίσης  $\hat{x}$  και  $x^*$  παρουσιάζουν το διάνυσμα εισροών που σχετίζεται με το τεχνικά αποδοτικό σημείο Q και με το διάνυσμα εισροών που ελαχιστοποιεί το κόστος Q' αντίστοιχα. Η αποδοτικότητα κόστους αντιπροσωπεύεται από τον λόγο:

$$CE = \frac{w' x^*}{w' x} = OR/OP \quad (3)$$

Εάν η ευθεία  $AA'$  που αντιπροσωπεύει τον λόγο των τιμών των εισροών είναι γνωστή, η τεχνική και κατανομητική αποδοτικότητα υπολογίζονται από τους λόγους:



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

Έτσι η συνολική αποδοτικότητα κόστους εκφράζεται μέσω της τεχνικής και της κατανομητικής αποδοτικότητας ως:

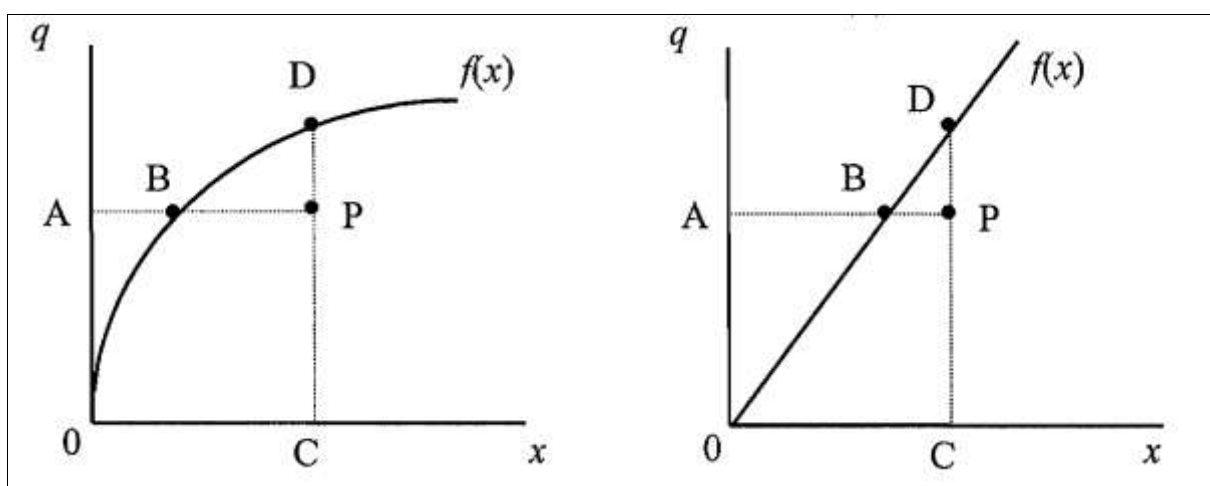
$$TE \times AE = \left( OQ/O_P \times (OR/O_P = (OR/O_P = CE.)) \right) \quad (4)$$

Πως όμως μπορούν οι ποσότητες των εκροών να αναπτυχθούν χωρίς να αλλάξουν οι ποσότητες των εισροών; Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να μελετηθούν τα μέτρα των εκροών, τα οποία όμως σε αντίθεση με τις εισροές χρησιμοποιούν μία εισροή  $x$  και μία εκροή  $q$ . Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2(α) η καμπύλη  $f(x)$  παρουσιάζει φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας και μία μη αποδοτική επιχείρηση στο σημείο P. Η τεχνική αποδοτικότητα στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ίση με τον λόγο  $AB/AP$  όσον αφορά τα μέτρα των εισροών και ίση με  $CP/CD$  όσον αφορά τα μέτρα των εκροών. Στο Σχήμα 2(β) τώρα επικρατούν σταθερές αποδόσεις κλίμακας και μόνο τότε ισχύει  $AB/AP = CP/CD$  την μη αποτελεσματική επιχείρηση στο σημείο P.

Σχήμα 2: Τεχνική Αποδοτικότητα και αποδόσεις κλίμακας (Coelli, Rao, O'Donnell και Battese 2005, σελ. 55)

(α)

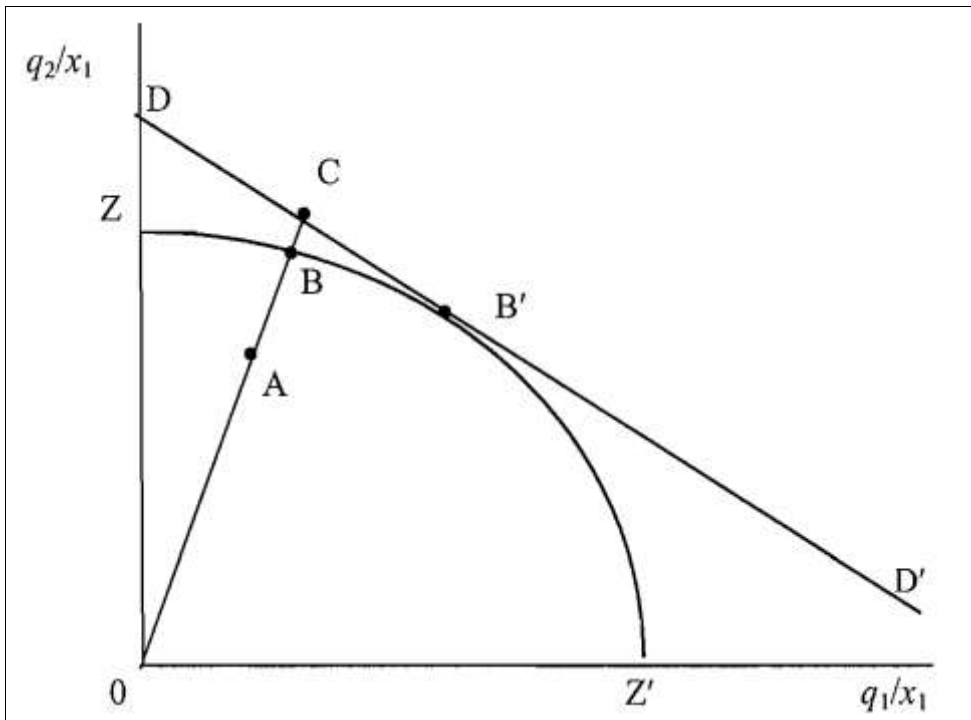
(β)



Στην περίπτωση όμως που περιλαμβάνονται δύο εκροές ( $q_1$  και  $q_2$ ) και μία εισροή ( $x$ ), η τεχνολογία παρουσιάζεται από μία καμπύλη δυνατοτήτων παραγωγής σε δύο διαστάσεις. Στο

Σχήμα 3 η καμπύλη  $ZZ'$  αντιπροσωπεύει την καμπύλη δυνατοτήτων παραγωγής και το σημείο A την μη αποδοτική επιχείρηση καθώς βρίσκεται κάτω από την καμπύλη και η  $ZZ'$  είναι το άνω όριο των δυνατοτήτων παραγωγής.

Σχήμα 3: Τεχνική και Καταναμητική Αποδοτικότητα των μέτρων εκροών (Coelli, Rao, O'Donnell και Battese 2005, σελ. 55)



Στο Σχήμα 3 η τεχνική αποδοτικότητα είναι ίση με AB και υπολογίζεται από τον λόγο όπου  $d_o(x, q)$  είναι η συνάρτηση εκροών του εκτιμημένου διανύσματος εισροών  $x$  και του εκτιμημένου διανύσματος εκροών  $q$ . Η αποδοτικότητα κέρδους, αντιπροσωπεύεται από την ευθεία  $DD'$  και μετράται από τον λόγο:

$$RE = \frac{p' q}{p' q^*} = \frac{OA}{OC} \quad (5)$$

και η τεχνική και η καταναμητική αποδοτικότητα από τους λόγους:

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

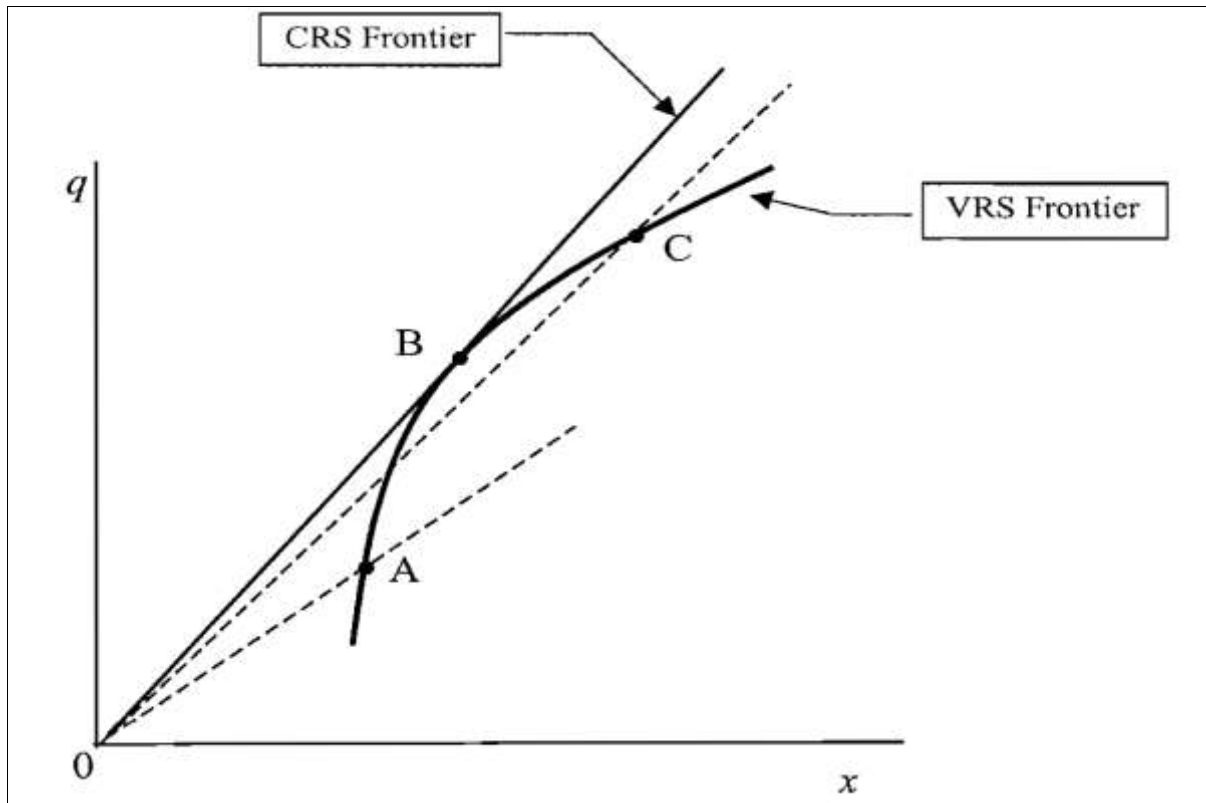
όπου  $q, \hat{q}, q^*$  αντιπροσωπεύουν το εκτιμημένο διάνυσμα εκροών της επιχείρησης που σχετίζεται με το σημείο A, το διάνυσμα της τεχνικής αποδοτικότητας παραγωγής που σχετίζεται με το σημείο B και το διάνυσμα της αποδοτικότητας κέρδους που σχετίζεται με το

σημείο  $B'$  αντίστοιχα. Τέλος η συνολική αποδοτικότητα κέρδους ως αποτέλεσμα και των δύο αποδόσεων εκφράζεται ως εξής:

$$RE = (OA/OC = (OA/OB \times (OB/OC = TE \times AE.))) \quad (6)$$

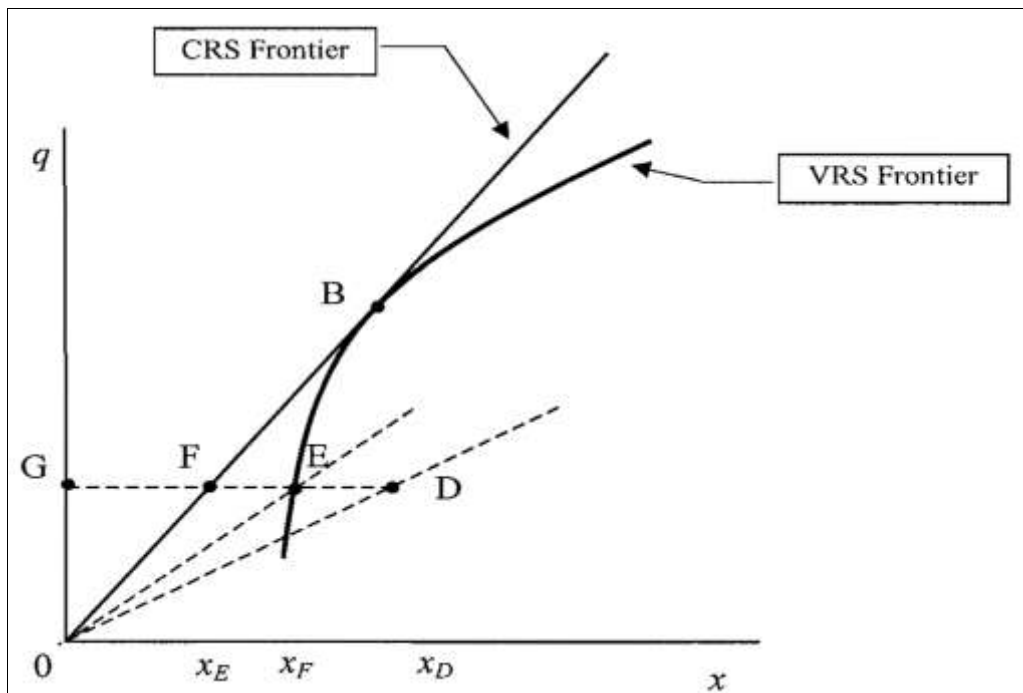
Είναι όμως δυνατό, μία επιχείρηση να είναι τεχνικά και κατανομητικά αποδοτική χωρίς η κλίμακα της λειτουργίας της να είναι βέλτιστη. Υποθέτοντας ότι η επιχείρηση χρησιμοποιεί τεχνολογία μεταβλητής απόδοσης κλίμακας (VRS), μπορεί να είναι πολύ μικρή στην κλίμακα λειτουργίας της και να μειώνεται με αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (IRS) ή να είναι πολύ μεγάλη και να λειτουργεί με φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας (DRS). Στις δύο αυτές περιπτώσεις η αποδοτικότητα της επιχείρησης μπορεί να βελτιωθεί αλλάζοντας την κλίμακα λειτουργίας της. Εάν η τεχνολογία παραγωγής είναι σε παγκόσμιο επίπεδο σταθερών αποδόσεων κλίμακας (CRS), τότε η κλίμακα της επιχείρησης είναι αυτόματα αποτελεσματική. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η τεχνολογία μεταβλητής κλίμακας παραγωγής (VRS), όπου η παραγωγή  $S$  είναι η περιοχή ανάμεσα στο σύνορο  $f(x)$  και τον άξονα  $x$ , συμπεριλαμβανομένων αυτών των ορίων. Η λειτουργία των επιχειρήσεων στα σημεία A,B,C είναι τεχνικά αποδοτική, αλλά επειδή η παραγωγικότητά τους είναι ίση με το λόγο των εκτιμημένων εκροών και εισροών τους δεν είναι παραγωγικά ίσες. Η επιχείρηση A λειτουργεί με αύξουσες αποδόσεις κλίμακας, η B μπορεί να γίνει πιο παραγωγική αυξάνοντας την κλίμακα λειτουργίας της και η C λειτουργεί σε φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας.

Σχήμα 4: Η επίδραση της κλίμακας στην παραγωγή (Coelli, Rao, O'Donnell και Battese 2005, σελ. 59)



Η λειτουργία της επιχείρησης B είναι αδύνατον να γίνει πιο παραγωγική αλλάζοντας την κλίμακα λειτουργίας. Λειτουργεί στο λεγόμενο πιο παραγωγικό μέγεθος κλίμακας (MPSS) ή στην τεχνικά βέλτιστη κλίμακα παραγωγής (TOPS) το οποίο μαθηματικά ορίζεται ως: 
$$TOPS = \max \left\{ \frac{y}{x} \mid (x, y) \in S \right\}$$
, το οποίο ισούται με το εφικτό σημείο που μεγιστοποιεί την παραγωγή. Στο Σχήμα 5, η αποδοτικότητα κλίμακας (SE) χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει το ποσό σύμφωνα με το οποίο η παραγωγικότητα μπορεί να αυξηθεί κάνοντας μετάβαση στο σημείο TOPS.

Σχήμα 5: Αποδοτικότητα κλίμακας (Coelli, Rao, O'Donnell και Battese 2005, σελ. 61)



Στο σημείο D του σχήματος η επιχείρηση είναι τεχνικά αποδοτική, ενώ μπορεί να βελτιωθεί κάνοντας μετάβαση στο σημείο E και πολύ περισσότερο από το σημείο E στο B. Ο λόγος της κλίσης OD και της κλίσης OE είναι ίσος με τον λόγο GE/GD και ίσος με την τεχνική αποτελεσματικότητα (TE) με μεταβλητή αποδοτικότητα κλίμακας, ενώ ο λόγος της κλίσης OE και της OF είναι ίσος με τον λόγο GF/GE και ίσος με την αποδοτικότητα κλίμακας (SE). Σύμφωνα λοιπόν με την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA), η τεχνική αποδοτικότητα με σταθερές αποδόσεις κλίμακας είναι ίση με τον λόγο GF/GD.

Η μέτρηση της τεχνικής αποδοτικότητας αποτέλεσε σημαντικό αντικείμενο μελέτης για πολλούς ερευνητές που χρησιμοποίησαν διάφορες μεθόδους για να το επιτύχουν.

## 2.2. Στοχαστική Οριακή Συνάρτηση Παραγωγής

Για την εκτίμηση της στοχαστικής οριακής συνάρτησης παραμετρικά, πολλές έρευνες επικράτησαν. Η πιο σημαντική προσπάθεια που επικράτησε αρχικά, ήταν αυτή των Aigner and Chu (1968) που πρότειναν μία Cobb-Douglas στοχαστική οριακή συνάρτηση της μορφής:

$$\ln q_i = x_i' \beta - u_i \quad (7)$$

όπου  $q_i$  είναι η εκροή της  $i$  εταιρίας,

$x_i$  είναι ένα διάνυσμα που περιλαμβάνει τους λογάριθμους των εισροών,

$\beta$  είναι ένα διάνυσμα άγνωστων παραμέτρων και

$u_i$  είναι μία μη αρνητική τυχαία μεταβλητή που σχετίζεται με την τεχνική αναποτελεσματικότητα. Οι Aigner and Chu (1968) χρησιμοποίησαν γραμμικό προγραμματισμό για την εκτίμηση των αγνώστων παραμέτρων, ενώ ο Afriat (1972) θεώρησε τις  $u_i$  γάμμα κατανομημένες τυχαίες μεταβλητές και χρησιμοποίησε τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας.

Σκοπός της μελέτης των Aigner and Chu (1968) λοιπόν, είναι να παρουσιάσει μια τεχνική εκτίμηση που επιτρέπει στους οικονομολόγους να κάνουν μια παραδοσιακή ερμηνεία μιας εμπειρικά μικροπαραγωγικής συνάρτησης, όπου η υποκείμενη διαδικασία παραγωγής υποτίθεται ότι είναι αιτιοκρατική. Συγκεκριμένα, υπολογίζει με μαθηματικό προγραμματισμό μια συνάρτηση παραγωγής για την επιχείρηση η οποία μπορεί να ορίζεται έτσι ώστε να εκφράζει το μέγιστο προϊόν που λαμβάνεται από την (εισροή) σε συνδυασμό με τη σημερινή κατάσταση των τεχνικών γνώσεων. Στην μικροοικονομική θεωρία η συνάρτηση παραγωγής μιας επιχείρησης συνήθως, εκφράζει το μέγιστο προϊόν που λαμβάνεται από την επιχείρηση από ένα δεδομένο συνδυασμό παραγόντων κατά τη διάρκεια της υποτιθέμενης χρονικής περιόδου που απαιτείται για την παραγωγή της εκροής. Η συνάρτηση παραγωγής καθορίζει το μέγιστο δυνατό όριο για την εκροή το οποίο μια εταιρεία μπορεί να ελπίζει να αποκτήσει με κάποιο συνδυασμό παραγόντων στη δεδομένη κατάσταση των τεχνικών γνώσεων κατά τη διάρκεια της παραγωγής περιόδου. Πιθανόν, οι εκροές μιας εταιρίας να βρίσκονται κάτω από το σύνορο για διάφορους λόγους όπως:

- Τυχαία σοκ στην παραγωγική διαδικασία, δηλαδή διάφορες φθορές στην παραγωγή
- Διαφορές στη τεχνική αποδοτικότητα. Ένας λόγος για τις διαφορές αυτές προέρχεται από διαφορές στις εκμεταλλεύσεις του κεφαλαιουχικού εξοπλισμού. Οι μεγάλες επιχειρήσεις βρίσκονται συνήθως σε καλύτερη θέση για την αντικατάσταση παλαιού εξοπλισμού από τις μικρότερες επιχειρήσεις, γεγονός που αντανακλά εν γένει στην τεχνική βελτίωση. Καθώς η σύνθεση του κεφαλαιουχικού εξοπλισμού διαφέρει από εταιρία σε εταιρία και μεγάλες επιχειρήσεις τείνουν να έχουν πιο νέο εξοπλισμό, οι μεγάλες επιχειρήσεις είναι γενικά πιο αποδοτικές. Επίσης, υπάρχουν διαφορές στην απόδοση των εισροών εργασίας. Για παράδειγμα, οι μεγάλες επιχειρήσεις μπορούν να

αντέξουν οικονομικά να μετατρέψουν πόρους για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της εργασίας, ενώ οι μικρές επιχειρήσεις δεν μπορούν.

- Διαφορές στην οικονομική αποδοτικότητα. Λαμβάνοντας υπόψη μια συνάρτηση παραγωγής και την κατάσταση της αγοράς, η επιχείρηση θα πρέπει να παράγει ένα ορισμένο επίπεδο εκροών, έτσι ώστε να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της. Μια τέτοια διαδικασία μεγιστοποίησης ταυτόχρονα καθορίζει το επίπεδο του παραγόμενου προϊόντος και τα επίπεδα των χρησιμοποιούμενων εισροών. Κάθε φορά που υπάρχει μια αλλαγή στην κατάσταση της αγοράς, τα επίπεδα της παραγωγής και των εισροών πρέπει να προσαρμοστούν αναλόγως έτσι ώστε να εξασφαλιστεί μεγιστοποίηση του κέρδους. Ωστόσο, η ικανότητα να πραγματοποιούνται τέτοιες προσαρμογές δεν μπορεί να υιοθετηθεί το ίδιο για όλες τις επιχειρήσεις. Όσο μεγαλύτερη είναι μια επιχείρηση σε οικονομική αποδοτικότητα τόσο υψηλότερο είναι το επίπεδο της παραγωγής που μπορεί να επιτευχθεί για ένα δεδομένο συνδυασμό εισροών. Οι τεχνικές διαφορές που αναφέρθηκαν εκδηλώνονται στις αξίες των τεχνικών παραμέτρων και στη συνάρτηση παραγωγής της βιομηχανίας. Αν και οι συναρτήσεις παραγωγής των επιμέρους επιχειρήσεων είναι αυτής της μορφής, οι τεχνικές τους παράμετροι διαφέρουν. Αυτή η συνάρτηση παραγωγής ονομάζεται συνάρτηση παραγωγής της επιχείρησης.

Το πρόβλημα με την Cobb-Douglas οριακή συνάρτηση παραγωγής (7) που πρότειναν οι Aigner και Chu (1968), είναι ότι δεν λαμβάνονται υπόψη τα σφάλματα μέτρησης και άλλες πηγές στατιστικού θορύβου. Όλες οι αποκλίσεις από τα σύνορα υποτίθεται ότι είναι το αποτέλεσμα της τεχνικής αναποτελεσματικότητας. Μια προφανής λύση στο πρόβλημα είναι να εισαχθεί μια άλλη τυχαία μεταβλητή που αντιπροσωπεύει το στατιστικό θόρυβο. Λαμβάνοντας υπόψη το συγκεκριμένο πρόβλημα, οι Aigner, Lovell και Schmidt (1977) και οι Meeusen και van de Broeck (1977) πρότειναν μια νέα προσέγγιση η οποία υπήρξε μια σημαντική συμβολή στα οικονομετρικά μοντέλα παραγωγής και στην εκτίμηση της τεχνικής αποδοτικότητας των επιχειρήσεων. Το στοχαστικό σύνορο περιέχει δύο τυχαίες συνιστώσες, όπου η μία έχει σχέση με την παρουσία της τεχνικής αναποτελεσματικότητας και η άλλη είναι ένα παραδοσιακό τυχαίο σφάλμα. Σύμφωνα με τη μελέτη τους λοιπόν προτείνουν ένα μοντέλο της στοχαστικής οριακής συνάρτησης παραγωγής της μορφής:

$$\ln q_i = x_i' \beta + v_i - u_i \quad (8)$$

όπου  $q_i$  είναι η εκροή της  $i$  εταιρίας,

$x_i$  είναι ένα διάνυσμα που περιλαμβάνει τους λογάριθμους των εισροών,

$\beta$  είναι ένα διάνυσμα άγνωστων παραμέτρων

$u_i$  είναι μία μη αρνητική τυχαία μεταβλητή που σχετίζεται με την τεχνική αναποτελεσματικότητα και

$v_i$  είναι ένα συμμετρικό τυχαίο σφάλμα

που είναι πανομοιότυπο με το μοντέλο που πρότειναν οι Aigner και Chu (1968) (7) με τη διαφορά ότι έχει προστεθεί ένα συμμετρικό τυχαίο σφάλμα  $v_i$ , για να λάβει υπόψη το στατιστικό θόρυβο. Το μοντέλο (8) ονομάζεται στοχαστική οριακή συνάρτηση παραγωγής διότι οι τιμές εξόδου οριοθετούνται πάνω από τη στοχαστική μεταβλητή  $\exp(\alpha_i\beta + v_i)$ . Το τυχαίο σφάλμα μπορεί να είναι θετικό ή αρνητικό και έτσι οι εκροές του στοχαστικού ορίου ποικίλουν σχετικά με το ντετερμινιστικό μέρος του μοντέλου,  $\exp(\alpha_i\beta)$ . Ο παράγοντας  $v_i$  παρουσιάζει συμμετρική διαταραχή και θεωρείται ανεξάρτητα και ισόνομα κατανομημένος ως  $N(0, \sigma_v^2)$ , ενώ ο παράγοντας σφάλματος  $u_i$  θεωρείται ανεξάρτητα κατανομημένος από τον  $v_i$  και ισχύει  $u_i \leq 0$ . Στη συγκεκριμένη έρευνα ασχολήθηκαν με την περίπτωση που ο παράγοντας  $u_i$  είναι διαχωρισμένος από μια  $N(0, \sigma_u^2)$ , κατανομή πάνω από το 0 και με την περίπτωση που ο  $u_i$  έχει μια εκθετική κατανομή. Η οικονομική λογική πίσω από αυτή την έρευνα είναι ότι η διαδικασία παραγωγής υπόκειται σε δυο οικονομικά διαχωρίσιμες τυχαίες διαταραχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Η μη θετική διαταραχή αντανακλά στο γεγονός ότι η παραγωγή κάθε εταιρίας πρέπει να έγκειται πάνω ή κάτω από το σύνορό της. Οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτό το γεγονός είναι η τεχνική και οικονομική ανεπάρκεια, η προσπάθεια του παραγωγού και των εργαζομένων και ίσως το ελαττωματικό και κατεστραμμένο προϊόν. Αλλά το σύνορο διαφέρει τυχαία μεταξύ των επιχειρήσεων ή στην πάροδο του χρόνου στην ίδια εταιρία. Σε αυτή την ερμηνεία το σύνορο είναι στοχαστικό με τυχαία διαταραχή ως αποτέλεσμα ευνοϊκών όπως και δυσμενών εξωτερικών γεγονότων όπως κλίμα, τύχη, τοπογραφία και λειτουργία των μηχανών. Ένα ενδιαφέρον υποπροϊόν αυτής της προσέγγισης είναι η εκτίμηση των διακυμάνσεων των  $v_i$  και  $u_i$  με αποτέλεσμα τον προσδιορισμό των σχετικών μεγεθών τους αλλά και τη μέτρηση της παραγωγικής

αποδοτικότητας μέσω του λόγου  $\frac{y_i}{[f(x_i; \beta) + v_i]}$ , απ' ότι μέσω του λόγου  $y_i / [f(x_i; \beta)]$ .

Τα σημαντικά αυτά χαρακτηριστικά του μοντέλου μπορούν να εκφραστούν γραφικά, με την προϋπόθεση να περιοριστούμε στις επιχειρήσεις που παράγουν την εκροή  $q_i$  χρησιμοποιώντας μόνο την εισροή  $x_i$ . Σύμφωνα λοιπόν με τους Coelli, Rao, O'Donnell και Battese (2005) το



μοντέλο στοχαστικής οριακής συνάρτησης παραγωγής της μορφής Cobb-Douglas μετατρέπεται τώρα στη μορφή:

$$\ln q_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i \quad (9)$$

$$q_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i + v_i - u_i) \quad (10)$$

$$q_i = [\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i)] \times \exp(v_i) \times \exp(-u_i) \quad (11)$$

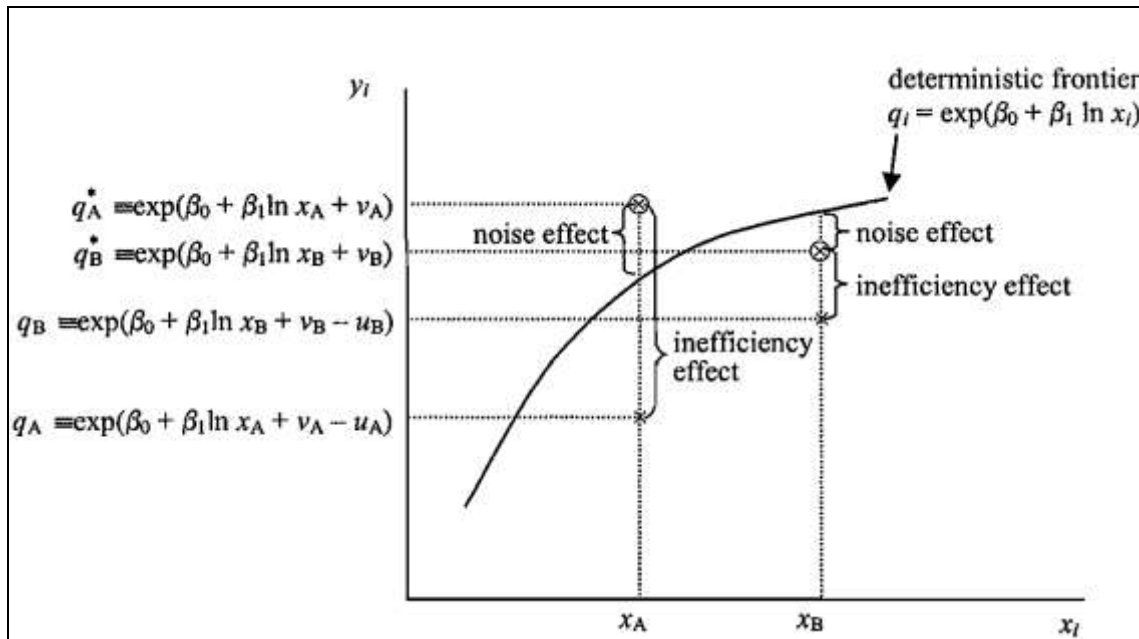
όπου  $[\exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_i)]$  είναι ο ντετερμινιστικός παράγοντας,  $\exp(v_i)$  ο θόρυβος και  $\exp(-u_i)$  η αναποτελεσματικότητα. Το παραπάνω μοντέλο γραφικά παρουσιάζεται με το σχήμα (6), όπου υπάρχουν εισροές και εκροές των εταιριών A και B και ο ντετερμινιστικός παράγοντας του μοντέλου έχει σχεδιαστεί για να αντανakλά την ύπαρξη φθινουσών αποδόσεων κλίμακας. Οι τιμές της εισροής μετρώνται στον οριζόντιο άξονα και οι τιμές της εκροής στον κάθετο άξονα. Η εταιρία A χρησιμοποιεί της εισροή  $x_A$  και παράγει την εκροή  $q_A$ , ενώ η εταιρία B χρησιμοποιεί την εισροή  $x_B$  και παράγει την εκροή  $q_B$  και στο σχήμα παρουσιάζονται με τη μορφή x. Εάν υπάρχουν παράγοντες ανεπάρκειας, τότε οι οριακές εκροές είναι της μορφής:

$$q_A^* \equiv \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_A + v_A) \quad \text{και}$$

$$q_B^* \equiv \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln x_B + v_B)$$

για τις εταιρίες A και B αντίστοιχα. Οι τιμές του συνόρου στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται με τη μορφή  $\otimes$ .

Σχήμα 6: Στοχαστική οριακή συνάρτηση παραγωγής (Coelli, Rao, O'Donnell και Battese 2005, σελ. 244).



Είναι ξεκάθαρο ότι η οριακή εκροή της εταιρίας A βρίσκεται πάνω από το ντετερμινιστικό μέρος του συνόρου παραγωγής καθώς η επίδραση του θορύβου είναι θετική ( $v_A > 0$ ), ενώ η παρατηρήσιμη εκροή της εταιρίας βρίσκεται κάτω από το ντετερμινιστικό μέρος του συνόρου καθώς το άθροισμα του θορύβου και της επίδρασης της αναποτελεσματικότητας είναι αρνητικό ( $v_A - u_A < 0$ ). Η οριακή εκροή της εταιρίας B βρίσκεται κάτω από το ντετερμινιστικό μέρος του συνόρου παραγωγής καθώς η επίδραση του θορύβου είναι αρνητική ( $v_B < 0$ ). Στην περίπτωση που οι εταιρίες χρησιμοποιούν πολλές εισροές το μοντέλο γενικεύεται. Συγκεκριμένα οι μη παρατηρήσιμες οριακές εκροές τείνουν να διανέμονται πάνω και κάτω από το ντετερμινιστικό τμήμα του συνόρου, ενώ παρατηρήσιμες εκροές τείνουν να βρίσκονται κάτω από το ντετερμινιστικό τμήμα του συνόρου και πάνω από αυτό το σημείο στην περίπτωση που ο θόρυβος είναι θετικός και μεγαλύτερος από την αναποτελεσματικότητα.

Ένα από τα βασικά σημεία της στοχαστικής ανάλυσης ορίων είναι ο υπολογισμός της αναποτελεσματικότητας. Το πιο κοινό μέτρο της τεχνικής αποτελεσματικότητας είναι ο λόγος της παρατηρήσιμης εκροής προς την αντίστοιχη στοχαστική οριακή εκροή:

$$TE_I = \frac{q_i}{\exp(x_i' \beta + v_i)} = \frac{\exp(x_i' \beta + v_i - u_i)}{[\exp(x_i' \beta + v_i)]} = \exp(-u_i). \quad (12)$$

Αυτό το μέτρο τεχνικής αποτελεσματικότητας παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Μετράει την εκροή της κάθε εταιρίας σχετικά με αυτή που θα μπορούσε να παραχθεί από μία πλήρως αποτελεσματική εταιρία χρησιμοποιώντας το ίδιο διάνυσμα εισροής.

Πολλές έρευνες ακολούθησαν που βασίστηκαν στις παραπάνω έρευνες όπως των Forsund, Lovell και Schmidt (1980), των Schmidt και Lovell (1980), του Bauer (1990) και των Battese και Coelli (1988, 1992, 1993, 1995).

Σύμφωνα με τους Forsund, Lovell και Schmidt (1980), το μοντέλο (7) των Aigner και Chu (1968) από την πλευρά της στατιστικής ανάλυσης μπορεί να γίνει αποδεκτό κάνοντας κάποιες παραδοχές και παίρνοντας τη μορφή:

$$y = f(x)e^{-u} \quad (13)$$

$$\text{ή} \quad (14)$$

όπου  $u \geq 0$  ή  $0 \leq e^{-u} \leq 1$  και  $\ln[f(x)]$  είναι γραμμικό στην περίπτωση Cobb-Douglas. Το ερώτημα όμως που τίθεται είναι τι πρέπει να υποθέσουμε για  $x$  και  $u$ . Υποθέτει ότι οι παρατηρήσεις σχετικά με  $u$  είναι ανεξάρτητα και πανομοιότυπα κατανομημένες, και ότι το  $x$  είναι εξωγενής μεταβλητή (ανεξάρτητη του  $u$ ). Εάν το  $u$  είναι εκθετικό, η διαδικασία γραμμικού προγραμματισμού των Aigner και Chu είναι μέγιστης πιθανοφάνειας, ενώ η διαδικασία τετραγωνικού προγραμματισμού τους είναι μέγιστης πιθανοφάνειας αν το  $u$  ακολουθεί κατανομή half-normal. Οι Aigner και Chu δεν αναλαμβάνουν ρητά ένα τέτοιο μοντέλο και έτσι ο Afriat (1972) ήταν ο πρώτος που ρητά προτείνει αυτό το μοντέλο. Πρότεινε δύο παραμέτρων κατανομή βήτα για το  $e^{-u}$ , και πρότεινε το μοντέλο να εκτιμηθεί από τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας. Ενώ τα μοντέλα αυτά είναι αιτιοκρατικά, η έννοια του αιτιοκρατικού συνόρου που μοιράζονται όλες τις επιχειρήσεις αγνοεί το πολύ πραγματικό ενδεχόμενο ότι η απόδοση μιας επιχείρησης μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες εντελώς έξω από τον έλεγχό της (όπως είναι η κακή απόδοση του μηχανήματος, κακές καιρικές συνθήκες, κατανομές εισόδου τροφοδοσίας), καθώς και από παράγοντες υπό τον έλεγχό της (αναποτελεσματικότητα). Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται αν αναλογιστεί κανείς επίσης το στατιστικό θόρυβο που κάθε εμπειρική σχέση περιέχει. Η τυπική ερμηνεία είναι ότι, μπορεί να υπάρχει σφάλμα μέτρησης για την εξαρτημένη μεταβλητή και όχι για τις ανεξάρτητες μεταβλητές και ότι η εξίσωση μπορεί να μην έχει καθοριστεί πλήρως, γεγονός που παρατήρησαν και μελέτησαν οι Aigner, Lovell και Schmidt (1977) και οι Meeusen και van de Broeck (1977) παραπάνω.

Ο Bauer (1990) τώρα, ασχολείται με τις πρόσφατες εξελίξεις στην οικονομετρική προσέγγιση για την εκτίμηση των στοχαστικών συνόρων, όπως οι συναρτήσεις παραγωγής, κόστους και κέρδους. Στη μελέτη του παρουσιάζει τη διαμάχη μεταξύ της δομής και της ευελιξίας που επικρατεί στα οικονομετρία και το ερώτημα αν η οριακή συνάρτηση θα μελετηθεί αιτιοκρατικά ή στοχαστικά. Κατά την εκτίμηση των οριακών συναρτήσεων, τα συνήθη προβλήματα που παρουσιάζονται είναι η επιλογή μιας μορφής εξισώσεων και αν θα υπολογιστεί μία μόνο εξίσωση ή ένα σύστημα εξισώσεων. Συνήθως μια στοχαστική οριακή συνάρτηση επιλέγεται επειδή επιτρέπει στατιστικούς θορύβους που προκαλούνται από γεγονότα όπως καιρικές συνθήκες. Η χρήση μιας στοχαστικής οριακής συνάρτησης μπορεί επίσης να θεωρηθεί ότι επιτρέπει ορισμένους τύπους σφάλματος και παρελειπόμενες ασυσχέτιστες μεταβλητές να περιλαμβάνονται στις παλινδρομήσεις. Ωστόσο, οι εκτιμήσεις της αποδοτικότητας μιας ατομικής επιχείρησης είναι πιο ενεργές σε μια στοχαστική οριακή συνάρτηση από ότι σε μια αιτιοκρατική, η οποία δίνει άμεσα τις εκτιμήσεις της ατομικής απόδοσης της επιχείρησης όπως τα κατάλοιπα. Τώρα οι ευέλικτες μορφές εξισώσεων επιτρέπουν μια πιο εξελιγμένη τεχνολογία και εκτίμηση των συστημάτων των εξισώσεων με την προϋπόθεση για περισσότερο ασυμπτωτικά αποτελεσματικές εκτιμήσεις της τεχνολογίας και της αποδοτικότητας. Το μοντέλο που προτείνει στη μελέτη του είναι της μορφής:

$$\ln C_i = \ln C(y_i, w_i) + u_i + v_i \quad (15)$$

όπου  $C_i$  είναι το παρατηρημένο κόστος,

$y_i$  είναι ένα διάνυσμα εκροών,

$w_i$  είναι ένα διάνυσμα τιμών των εισροών,

$u_i$  είναι μια μονόπλευρη διαταραχή (θετική για την οριακή συνάρτηση κόστους) περιλαμβάνοντας τις επιδράσεις της αναποτελεσματικότητας και

$v_i$  είναι μία διαταραχή δύο όψεων περιλαμβάνοντας τις επιδράσεις του θορύβου.

### 2.3. Τα μοντέλα των Battese και Coelli

Η έννοια της τεχνικής αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων έχει ζωτική σημασία για την ανάπτυξη και την εφαρμογή των οικονομετρικών μοντέλων των οριακών συναρτήσεων. Αν και η τεχνική αποτελεσματικότητα μπορεί να καθοριστεί με διαφορετικούς τρόπους όπως

αναφέρθηκε και προηγουμένως, στο συγκεκριμένα άρθρα οι Battese και Coelli βασισμένοι στις μελέτες των Aigner, Lovell και Schmidt (1977) και των Meeusen και van de Broeck (1977) ορίζουν την τεχνική αποτελεσματικότητα μίας δεδομένης εταιρείας (σε μια δεδομένη χρονική περίοδο) ως την αναλογία της μέσης παραγωγής της με την αντίστοιχη μέση παραγωγή εάν η επιχείρηση χρησιμοποιεί τα επίπεδα των εισροών πιο αποτελεσματικά. Ορίζουν μια στοχαστική οριακή συνάρτηση παραγωγής, στην οποία η τεχνική αποτελεσματικότητα των επιχειρήσεων μπορεί να μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου.

### 2.3.1. Το μοντέλο του 1992

Οι Battese και Coelli θεώρησαν μια στοχαστική οριακή συνάρτηση παραγωγής με μια απλή εκθετική προδιαγραφή των επιδράσεων της επιχείρησης που ποικίλουν στον χρόνο, η οποία ενσωματώνει στοιχεία ασύμμετρων πάνελ δεδομένων που συνδέονται με παρατηρήσεις σε ένα δείγμα  $N$  επιχειρήσεων έναντι  $T$  χρονικών περιόδων. Το μοντέλο αυτό έχει τη μορφή:

$$Y_{it} = f(x_{it}; \beta) \exp(V_{it} - U_{it}) \quad (16)$$

$$\text{και } U_{it} = \eta_{it} \quad U_{it} = \{\exp[-\eta(t - T)]\} U_{it}, \quad t \in J(i); i = 1, 2, \dots, N \quad (17)$$

όπου το  $Y_{it}$  αντιπροσωπεύει την παραγωγή για την εταιρεία  $i$  στην  $t$  χρονική περίοδο παρατήρησης,

$f(x_{it}; \beta)$  είναι μια κατάλληλη συνάρτηση του διανύσματος  $x_{it}$  παραγόντων εισροών (και σταθερών-συγκεκριμένων μεταβλητών), που σχετίζεται με την παραγωγή της  $i$  επιχείρησης στην  $t$  χρονική περίοδο της παρατήρησης,

$\beta$  είναι ένα διάνυσμα άγνωστων παραμέτρων,

$V_{it}$  είναι ανεξάρτητο και ισόνομο τυχαίο σφάλμα της κατανομής  $N(0, \sigma_v^2)$ ,  
 $U_i$  είναι ανεξάρτητη και ισόνομη μη-αρνητική περικοπή της κατανομής  $N(0, \sigma^2)$ ,

$\eta$  μια βαθμωτή άγνωστη παράμετρος και

$J(i)$  παριστά το σύνολο των χρονικών περιόδων  $T_i$  μεταξύ των περιόδων  $T$  που εμπλέκονται, για τις οποίες λαμβάνονται παρατηρήσεις για την κάθε εταιρεία.

Αυτό το μοντέλο είναι έτσι ώστε οι μη αρνητικές επιδράσεις της εταιρίας  $U_i$ , να μειώνονται, να παραμένουν σταθερές ή να αυξάνονται καθώς το  $t$  αυξάνει, εάν  $\eta > 0, \eta = 0 \Psi \eta < 0$  αντίστοιχα. Η περίπτωση στην οποία το  $\eta$  είναι θετικό, είναι πιθανό να είναι κατάλληλη στην περίπτωση που η εταιρία βελτιώνει το επίπεδο της τεχνικής αποτελεσματικότητας στην πάροδο του χρόνου. Η εκθετική προδιαγραφή της συμπεριφοράς των επιδράσεων της εταιρίας στη διάρκεια του χρόνου, είναι μια άκαμπτη παραμετροποίηση στην οποία η τεχνική αποτελεσματικότητα πρέπει είτε να αυξάνεται με μειούμενο ποσοστό ( $\eta > 0$ ), είτε να μειώνεται με αυξανόμενο ποσοστό ( $\eta < 0$ ) ή να παραμένει σταθερή ( $\eta = 0$ ). Για να υπάρχει όμως μία μεγαλύτερη ευελιξία στην φύση της τεχνικής αποτελεσματικότητας οι Battese και Coelli (1992), μελέτησαν ένα μοντέλο δύο παραμέτρων που ορίζεται από τη μορφή:

$$\eta_{it} = 1 + \eta_1(t - T) + \eta_2(t - T)^2 \quad (18)$$

όπου  $\eta_1$  και  $\eta_2$  είναι άγνωστοι παράμετροι. Αυτό το μοντέλο επιτρέπει στην επιχείρηση να είναι κυρτή ή κοίλη, αλλά το μοντέλο όπου ο χρόνος είναι αμετάβλητος είναι η ειδική περίπτωση στην οποία ισχύει  $\eta_1 = \eta_2 = 0$ . Η μέση τεχνική αποτελεσματικότητα των επιχειρήσεων στο  $t$  χρονικό διάστημα

$$TE_t \equiv E_t[U_i], \quad \text{όπου } \eta_t$$

που λαμβάνεται με απλή ολοκλήρωση με την συνάρτηση πυκνότητας της  $U_i$ , είναι της μορφής:

$$TE_t = \left\{ \frac{1 - \Phi \left[ \eta t - \left( \frac{\mu}{\sigma} \right) \right]}{1 - \Phi \left( -\frac{\mu}{\sigma} \right)} \right\} \exp \left[ -\eta t \mu + \frac{1}{2} \eta^2 t^2 \sigma^2 \right] \quad (19)$$

στην περίπτωση που οι επιδράσεις της εταιρίας είναι αμετάβλητες στο χρόνο.

### 2.3.2. Το μοντέλο του 1995

Οι Battese και Coelli (1995), στη συγκεκριμένη μελέτη, προτείνουν ένα μοντέλο για την τεχνική αναποτελεσματικότητα σε μια στοχαστική οριακή συνάρτηση παραγωγής για πάνελ δεδομένα. Δεδομένου ότι οι επιδράσεις της αναποτελεσματικότητας είναι στοχαστικές, το μοντέλο επιτρέπει την εκτίμηση τόσο των τεχνικών αλλαγών σε μια στοχαστική οριακή συνάρτηση παραγωγής αλλά και της χρονικά μεταβαλλόμενης τεχνικής αναποτελεσματικότητας. Το μοντέλο που προτείνουν λοιπόν βασίζεται στην μελέτη των Reifschneider and Stevenson (1991), οι οποίοι υποστήριξαν ότι η διαδικασία εκτίμησης δύο

σταδίων είναι ασυνεπής σχετικά με την ανεξαρτησία των επιδράσεων της αναποτελεσματικότητας. Οι συγκεκριμένοι πρότειναν ένα μοντέλο τεχνικής αναποτελεσματικότητας που εμπλέκεται σε στοχαστικές οριακές συναρτήσεις στο οποίο οι επιδράσεις της τεχνικής αναποτελεσματικότητας ( $U_i$ ) εκφράζονται ως μία ρητή συνάρτηση ενός διανύσματος μιας συγκεκριμένης μεταβλητής μιας εταιρίας και ενός τυχαίου σφάλματος. Οι παράμετροι της στοχαστικής οριακής συνάρτησης και του μοντέλου αναποτελεσματικότητας εκτιμώνται ταυτόχρονα. Οι Battese και Coelli (1995) λοιπόν πρότειναν ένα μοντέλο ισοδύναμο με αυτό των Reifschneider and Stevenson (1991) με τη διαφορά, ότι επιβάλλεται αποδοτική διάθεση των πόρων, οι πρώτης τάξης συνθήκες μεγιστοποίησης του κέρδους αφαιρούνται και επιτρέπονται τα πάνελ δεδομένα. Το μοντέλο μπορεί να εκφραστεί με τη μορφή:

$$Y_{it} = \exp(x_{it}\beta + V_{it} - U_{it}) \quad , \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad (20)$$

όπου  $Y_{it}$  είναι η παραγωγή για την  $i$  εταιρία την  $t$  χρονική περίοδο

$x_{it}$  είναι ένα διάνυσμα τιμών των γνωστών λειτουργιών των εισροών της παραγωγής και άλλων ερμηνευτικών μεταβλητών σχετιζόμενων με την  $i$  εταιρία την  $t$  χρονική περίοδο.

$\beta$  είναι ένα διάνυσμα άγνωστων παραμέτρων που πρέπει να εκτιθεί

$V_{it}$  είναι τυχαία σφάλματα ανεξάρτητα κατανεμημένα από  $U_{it}$

$U_i$  είναι μη αρνητικές τυχαίες μεταβλητές σχετιζόμενες την τεχνική αναποτελεσματικότητα της παραγωγής, οι οποίες είναι ανεξάρτητα κατανεμημένες και λαμβάνονται με (στο μηδέν) της κανονικής κατανομής με μέση τιμή  $z_{it}\delta$  και διακύμανση  $\sigma^2$ .

$z_{it}$  είναι ένα διάνυσμα ερμηνευτικών μεταβλητών σχετιζόμεμων με την τεχνική αναποτελεσματικότητα της παραγωγής στον χρόνο και

$\delta$  είναι ένα διάνυσμα αγνώστων συντελεστών.

Η εξίσωση (20) καθορίζει την στοχαστική οριακή συνάρτηση παραγωγής από άποψη των αρχικών τιμών παραγωγής. Παρόλα αυτά οι επιδράσεις της τεχνικής αναποτελεσματικότητας,  $U_{it}$ , υποτίθεται ότι είναι μία συνάρτηση ενός συνόλου επεξηγηματικών μεταβλητών  $z_{it}$ , και ενός άγνωστου διανύσματος  $\delta$ . Οι ερμηνευτικές μεταβλητές στο μοντέλο αναποτελεσματικότητας μπορεί να περιλαμβάνουν κάποιες μεταβλητές εισροών στην συνάρτηση στοχαστικών ορίων, με την προϋπόθεση οι επιδράσεις της

αναποτελεσματικότητας να είναι στοχαστικές. Εάν η πρώτη-z μεταβλητή έχει αξία ένα και οι συντελεστές όλων των άλλων μεταβλητών  $z$  είναι μηδέν, τότε η υπόθεση αυτή αντιπροσωπεύει τα μοντέλο των Battese και Coelli (1988, 1992, 1993, 1995). Εάν όλα τα στοιχεία του διανύσματος  $\delta$  ισούνται με μηδέν, τότε οι επιδράσεις της τεχνικής αναποτελεσματικότητας δεν σχετίζονται με τις μεταβλητές  $z$  και έτσι λαμβάνεται half-normal κατανομή όπως καθορίζεται αρχικώς στην μελέτη των Aigner, Lovell και Schmidt (1977).

Η τεχνική αναποτελεσματικότητα  $U_{it}$  στο μοντέλο στοχαστικής οριακής συνάρτησης μπορεί να προσδιοριστεί με την εξίσωση:

$$U_{it} = z_{it}\delta - W_i \quad (21)$$

όπου  $W_i$  είναι μία τυχαία μεταβλητή που ορίζεται από την περικοπή της κανονικής κατανομής με μέση τιμή μηδέν και διακύμανση  $\sigma^2$ . Η διαφορά της οριακής συνάρτησης παραγωγής της αναποτελεσματικότητας με αυτή των Reifschneider and Stevenson (1991) είναι ότι οι  $W$  τυχαίες μεταβλητές δεν είναι ταυτόσημα κατανομημένες και δεν απαιτείται να είναι μη αρνητικές και επιπλέον η μέση τιμή  $z_{it}\delta$  της κανονικής κατανομής δεν απαιτείται να είναι θετική για κάθε παρατήρηση σε σχέση με την έρευνα των Battese και Coelli (1995). Η τεχνική αναποτελεσματικότητα της παραγωγής για την  $i$  εταιρία στην  $t$  παρατήρηση ορίζεται από τη συνάρτηση:

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_i) \quad (22)$$

Τόσο στο μοντέλο Battese και Coelli (1992) και όπως επίσης και στο μοντέλο Battese και Coelli (1995), η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας, προτείνεται για τον ταυτόχρονο προσδιορισμό των παραμέτρων της στοχαστικής οριακής συνάρτησης και του μοντέλου για την τεχνική αναποτελεσματικότητα.

Σύμφωνα με τον Coelli (1996a), όλες οι παραπάνω παραδοχές έχουν αναπτυχθεί από την πλευρά της παραγωγικής συνάρτησης, με το  $U_i$  να ερμηνεύεται ως η επίδραση της τεχνικής αναποτελεσματικότητας, που επιφέρει στην επιχείρηση να λειτουργεί κάτω από το στοχαστικό όριο παραγωγής. Για να προσδιοριστεί η στοχαστική οριακή συνάρτηση κόστους, αλλάζει ο όρος του σφάλματος από  $(V_i^i - U_i^i)$  σε  $(V_i^i + U_i^i)$ . Έτσι η συνάρτηση παραγωγής (8) μετατρέπεται στη συνάρτηση κόστους:

$$Y_i = x_i\beta + (V_i^i + U_i^i) \quad , i = 1, \dots, N \quad (23)$$



όπου  $Y_i$  είναι (ο λογάριθμος του) το κόστος της παραγωγής της  $i$  επιχείρησης

$x_i$  είναι ένα διάνυσμα των τιμών των εισροών και των εκροών της  $i$  επιχείρησης

$\beta$  είναι ένα διάνυσμα αγνώστων παραμέτρων

$V_i$  είναι τυχαίες μεταβλητές κατανεμημένες ως  $N(0, \sigma_V^2)$  ανεξάρτητες από

$U_i$  που είναι μη αρνητικές τυχαίες μεταβλητές που μετράνε το κόστος της αναποτελεσματικότητας της παραγωγής.

Σε αυτή τη συνάρτηση κόστους, το  $U_i$  ορίζει μέχρι στιγμής ότι η επιχείρηση βρίσκεται πάνω από το σύνορο κόστους. Εάν θεωρηθεί η κατανομητική αποδοτικότητα, το  $U_i$  σχετίζεται πολύ κοντά με το κόστος της τεχνικής αποτελεσματικότητας. Αν δεν γίνει αυτή η υπόθεση, η ερμηνεία του  $U_i$  στη συνάρτηση κόστους δεν είναι τόσο ξεκάθαρη και η τεχνική και κατανομητική αναποτελεσματικότητα πιθανόν να συμμετέχουν.

## Κεφάλαιο 3

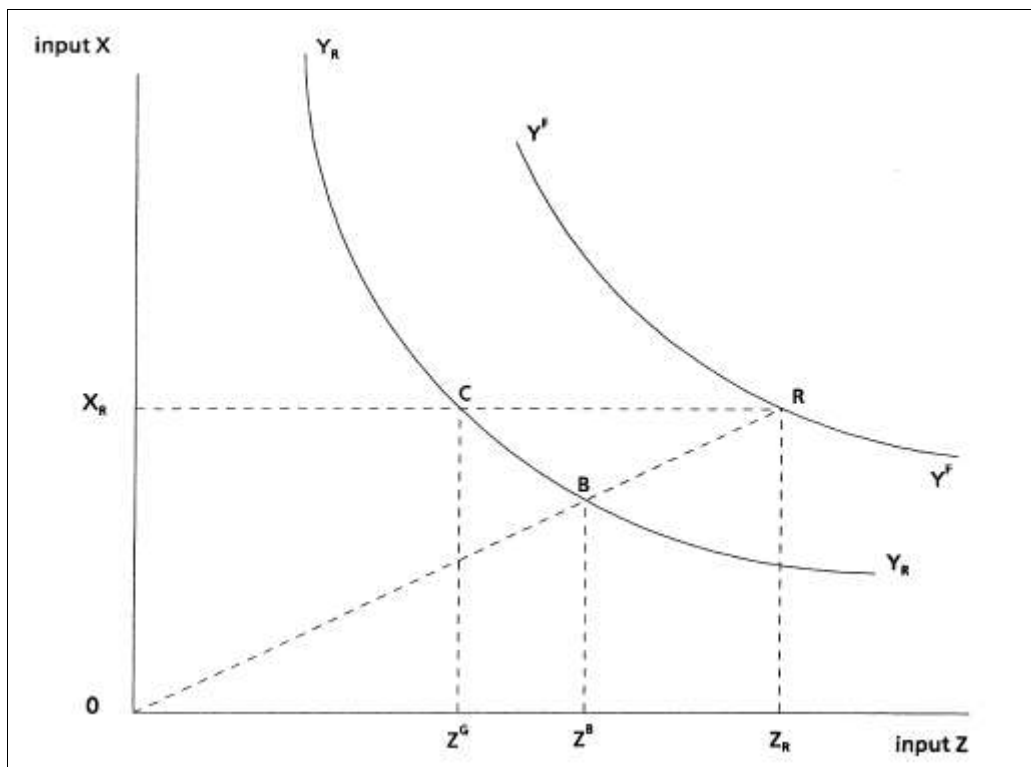
Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, οι οριακές συναρτήσεις έχουν εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας πολλές διαφορετικές μεθόδους. Οι δύο κύριες μέθοδοι είναι η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA) και η στοχαστική ανάλυση ορίων οι οποίες περιλαμβάνουν μαθηματικό προγραμματισμό και οικονομετρικές μεθόδους, αντίστοιχα. Στη συγκεκριμένη εργασία θα μελετηθεί η περιβαλλοντική αποδοτικότητα κάποιων Ευρωπαϊκών χωρών με στοχαστική ανάλυση ορίων. Ωστόσο, όπως θα δούμε και παρακάτω έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες μέτρησης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων.

### *3.1 Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων*

Οι Reinhard, Lovell και Thijssen (2000), χρησιμοποίησαν τη στοχαστική ανάλυση ορίων και τη μέθοδο Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA) για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Υποστηρίζουν, πως μια ποικιλία περιβαλλοντικών δεικτών απόδοσης έχουν προταθεί στο παρελθόν, βασισμένοι σε προσαρμογές των συμβατικών μέτρων της παραγωγικής αποτελεσματικότητας. Οι δείκτες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε εκείνους που υπολογίζονται χρησιμοποιώντας ντετερμινιστικές τεχνικές, οι οποίες μπορεί να είναι είτε παραμετρικές ή μη παραμετρικές, και εκείνες οι οποίες εκτιμώνται με τη χρήση στοχαστικών μεθόδων, οι οποίες είναι αποκλειστικά παραμετρικές. Οι δείκτες μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν με βάση του εάν αντιμετωπίζουν τις περιβαλλοντικές επιδράσεις ως εισροές ή εκροές. Υπάρχουν δύο βασικές διαφορές μεταξύ της οικονομετρικής προσέγγισης και της μεθόδου του γραμμικού προγραμματισμού για την κατασκευή του συνόρου παραγωγής και τον υπολογισμό της αποδοτικότητας σε σχέση με το σύνορο. Η οικονομετρική προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα να είναι στοχαστική, και έτσι προσπαθεί να διακρίνει τις επιδράσεις του στατιστικού θορύβου από εκείνες της παραγωγικής αναποτελεσματικότητας. Ένα κύριο πλεονέκτημα της οικονομετρικής προσέγγισης είναι η δυνατότητα που προσφέρει για τον έλεγχο των υποθέσεων και την κατασκευή του διαστήματος εμπιστοσύνης. Η μαθηματική προσέγγιση προγραμματισμού είναι μη στοχαστική και βάζει τον θόρυβο και την αναποτελεσματικότητα μαζί και καλεί τον συνδυασμό αναποτελεσματικότητα. Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων μαθηματική προσέγγιση του προγραμματισμού είναι μη παραμετρική, και έχει ένα πρόσθετο πλεονέκτημα να συνδιάζει πολλές εισόδους και πολλές εξόδους, αν και παράγει περισσότερο αποδοτικές επιχειρήσεις, όταν ο αριθμός των μεταβλητών αυξάνεται.

Οι Reinhard, Lovell και Thijssen (2000), ορίζουν την περιβαλλοντική αποδοτικότητα ως τον λόγο των ελάχιστων εφικτών παρατηρηθέντων σε χρήση περιβαλλοντικών επιζήμιων εισροών, που εξαρτάται από τα παρατηρούμενα επίπεδα της επιθυμητής παραγωγής και τις παραδοσιακές εισροές. Έτσι η περιβαλλοντική αποδοτικότητα ορίζεται ως ένα μη ακτινικό μέτρο εισροών τεχνικής αποδοτικότητας που επιτρέπει την ακτινική μείωση των περιβαλλοντικών επιζήμιων εισροών. Στο Σχήμα 7 που ακολουθεί απεικονίζεται το σύνορο παραγωγής σε συμβατικές εισροές X και στον χώρο Z περιβαλλοντικών επιζήμιων εισροών, διατηρώντας την εκροή σταθερή στην παρατηρημένη τιμή  $Y_R$ . Η περιβαλλοντική αποδοτικότητα σε αυτή την κακή περίπτωση εισροών ισούται με  $\frac{|OZ^G|}{|OZ^R|}$ .

Σχήμα 7: Παραγωγικό σύνορο σε κακές εισροές Z, χώρος X συμβατικών εισροών (Reinhard, Lovell και Thijssen (2000), σελ. 292).

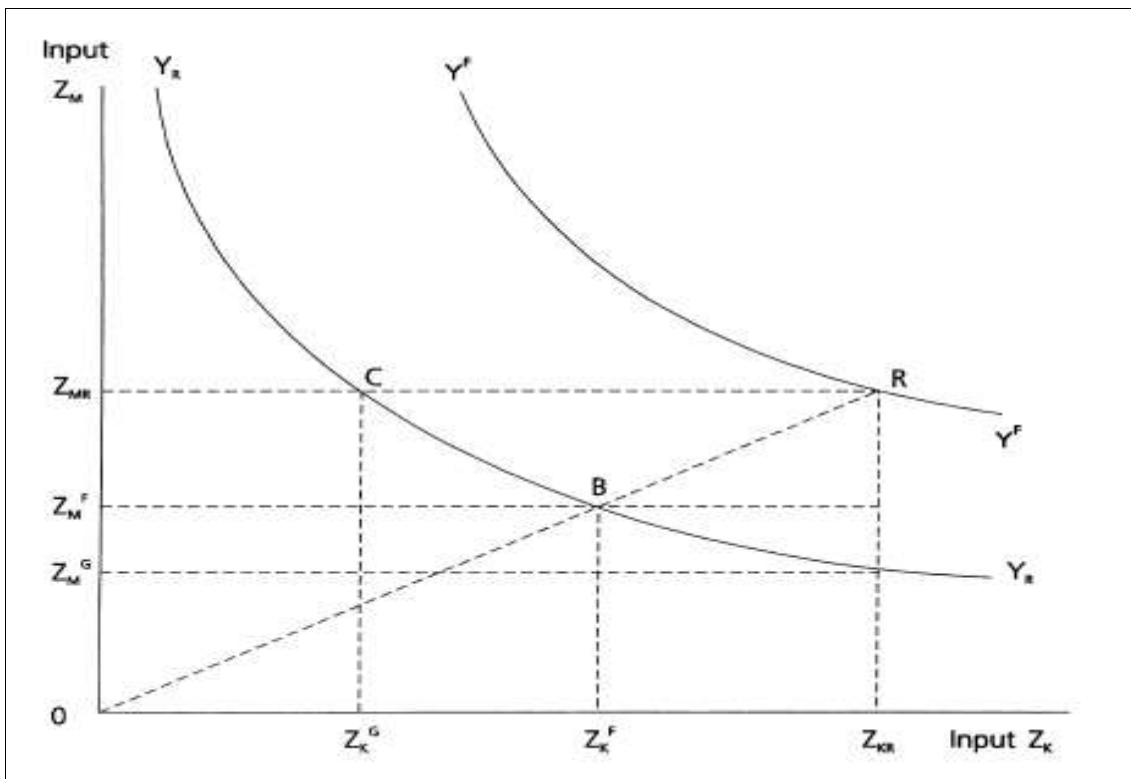


Στο Σχήμα 8 τώρα, ο ορισμός της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας επεκτείνεται σε δύο περιβαλλοντικά επιζήμιες εισροές, αν και η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και σε περισσότερες από δύο. Η σχέση μεταξύ των δύο κακών εισροών υποτίθεται ότι είναι παρόμοια με τη σχέση μεταξύ μιας συμβατικής και μιας κακής εισροής, όπως περιγράφεται στο Σχήμα 7. Το Σχήμα 8 επομένως απεικονίζει το σύνορο παραγωγής με περιβαλλοντικά επιζήμιες εισροές  $Z_K$  και  $Z_M$ , που εξαρτώνται από τις παρατηρούμενες τιμές τξς εκροής Y

και την συμβατική εισροή  $X$ , όπου ισχύει  $Y \leq F(X, Z_K, Z_M)$ . Το ολοκληρωμένο μέτρο περιβαλλοντικής αποδοτικότητας υπολογίζεται ως ακτινική συστολή των δύο περιβαλλοντικά επιζήμιων εισροών στο σύνορο. Ο δείκτης περιβαλλοντικής αποδοτικότητας  $EE_R$  ορίζεται

$$\text{ως: } EE_R = \frac{|OZ_K^F|}{|OZ_{KR}|} = \frac{|OZ_M^F|}{|OZ_{MR}|}.$$

Σχήμα 8: Παραγωγικό σύνορο σε κακές εισροές  $Z_K$ , χώρος  $Z_M$  κακών ειροών (Reinhard, Lovell και Thijssen (2000), σελ. 292).



### 3.2 Περιβαλλοντική αποδοτικότητα και Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων

Οι Halkos και Tzeremes (2012), εξετάζουν τη σχέση μεταξύ της περιβαλλοντικής αποτελεσματικότητας και της οικονομικής ανάπτυξης χρησιμοποιώντας δεδομένα σε επίπεδο χώρας. Το προτεινόμενο μοντέλο ενσωματώνει την επίδραση της περιφερειακής οικονομικής ανάπτυξης σε περιφέρειες περιβαλλοντικά αποδοτικών επιπέδων. Τα αποτελέσματα των περιφερειακών δεδομένων του Ηνωμένου Βασιλείου αποκαλύπτουν ότι η οικονομική ανάπτυξη έχει αρνητική επίδραση στην περιβαλλοντική επίδοση των περιφερειών μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο κατά κεφαλήν ΑΕΠ, όπου μετά αυτό το σημείο το αποτέλεσμα γίνεται

θετικό. Έτσι καταλήγουν στην ύπαρξη μιας ανεστραμμένης σχέσης τύπου U (Environmental Kuznets Curve-EKC ) σχέσης μεταξύ της περιβαλλοντικής απόδοσης των περιφερειών του Ηνωμένου Βασιλείου και της οικονομικής ανάπτυξης. Στη διαμόρφωση τους έχουν χρησιμοποιήσει το κατά κεφαλήν ΑΕΠ ως ανεξάρτητη μεταβλητή και ως εξαρτημένη μεταβλητή Δείκτες Περιβαλλοντικών Επιδόσεων (EPI). Με τον τρόπο αυτό, η ύπαρξη μιας σχέσης τύπου Kuznets εξετάζεται σε ένα δεύτερο στάδιο οικονομετρικής ανάλυσης πάνελ δεδομένων. Σύμφωνα λοιπόν με τη μελέτη τους εξετάζεται το μοντέλο που ενσωματώνει κακές εκροές, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης. Πιο συγκεκριμένα προτείνουν ένα μοντέλο υπό όρους ευκλείδειας συνάρτησης απόστασης με τη μεταχείριση κακών εκροών στην ανάλυση παραγωγικότητας, η οποία προϋποθέτει την επίδραση στην οικονομική ανάπτυξη και έτσι θα είναι σε θέση να διαμορφώσουν την επίδραση της οικονομικής ανάπτυξης για τις περιβαλλοντικές επιδόσεις αποφεύγοντας όλες τις μη ρεαλιστικές παραδοχές που εμπλέκονται στις περισσότερες μεθόδους Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων δύο σταδίων. Έτσι, ως ενδεικτικό παράδειγμα χρησιμοποιούν NUTS 2 δεδομένα από περιφέρειες του Ηνωμένου Βασιλείου, προκειμένου να εξεταστεί η σύνδεση των περιβαλλοντικών επιδόσεων της οικονομικής ανάπτυξης.

Στην ανάλυσή τους χρησιμοποιούν περιφερειακά δεδομένα που συλλέχθηκαν από δύο διαφορετικές περιφερειακές βάσεις δεδομένων, για 37 περιοχές του Ηνωμένου Βασιλείου για το έτος 2007 και μέτρανε την αποτελεσματικότητα των περιφερειακών περιβαλλοντικών αναλύσεων των διοικητικών περιοχών (σε επίπεδο NUTS 2), προκειμένου να γίνει κατανοητή η επίδραση των περιφερειακών ρυθμιστικών περιβαλλοντικών στυλ στο εσωτερικό των χωρών. Στη μοντελοποίηση της περιφερειακής περιβαλλοντικής αποδοτικότητας χρησιμοποιούνται το συνολικό περιφερειακό εργατικό δυναμικό και το περιφερειακό μετοχικό κεφάλαιο ως εισροές και το περιφερειακό ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ως καλή εκροή, ενώ τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (greenhouse gases) ως κακές εκροές.

Ο πιθανολογικός χαρακτηρισμός της ευκλείδειας συνάρτησης απόστασης που μετρά την περιβαλλοντική αποδοτικότητα παίρνει τη γενική μορφή:

$$D(x^k, v^k, u^k; g_v, g_u) = \sup \{ \beta > 0 \mid H_{XY^{v,u}}(x^k, v^k + \beta g_u, u^k - \beta g_u) > 0 \} \quad (24)$$

και η υπό όρους ευκλείδια συνάρτηση απόστασης των (x,y) υπό τον όρο ότι  $Z = z$  παίρνει τη μορφή:

$$D(x^{k'}, v^{k'}, u^{k'}; g_v, g_u | z) = \sup \{ \beta > 0 | H_{XY^{v,u}} | z (x^{k'}, v^{k'} + \beta g_u, u^{k'} - \beta g_u | Z = z) > 0 \}$$

(25)

Στο δεύτερο στάδιο της ανάλυσης παρουσιάζονται περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της περιφερειακής περιβαλλοντικής αποδοτικότητας και της περιφερειακής οικονομικής ανάπτυξης, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν πολλές ανισότητες μεταξύ των περιφερειών όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Περιγραφική στατιστική των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν (Halkos G. και Tzeremes N. (2012), σελ. 5)

	Inputs		Good output	Exogenous variable
	Capital stock	Labor force	GDP (constant price)	GDPPC
Min	8607011.688	234.300	9413.000	21200.000
Max	10375626.651	2772.800	242892.000	96600.000
Mean	9443410.963	831.249	46894.784	31570.270
Std	527350.090	513.995	40521.327	12218.494
Bad outputs				
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	
Min	1440.000	121000.000	12.900	
Max	49168.000	173222000.000	6748.000	
Mean	14222.000	11177540.541	420.668	
Std	10761.241	28643694.624	1179.242	

Στον Πίνακα 2 στη συνέχεια παρουσιάζονται εμπειρικά αποτελέσματα της περιβαλλοντικής αναποτελεσματικότητας (EI) των περιφερειών του Ηνωμένου Βασιλείου, των άνευ όρων (24) και υπό όρων του GDPPC (25) μέτρων.

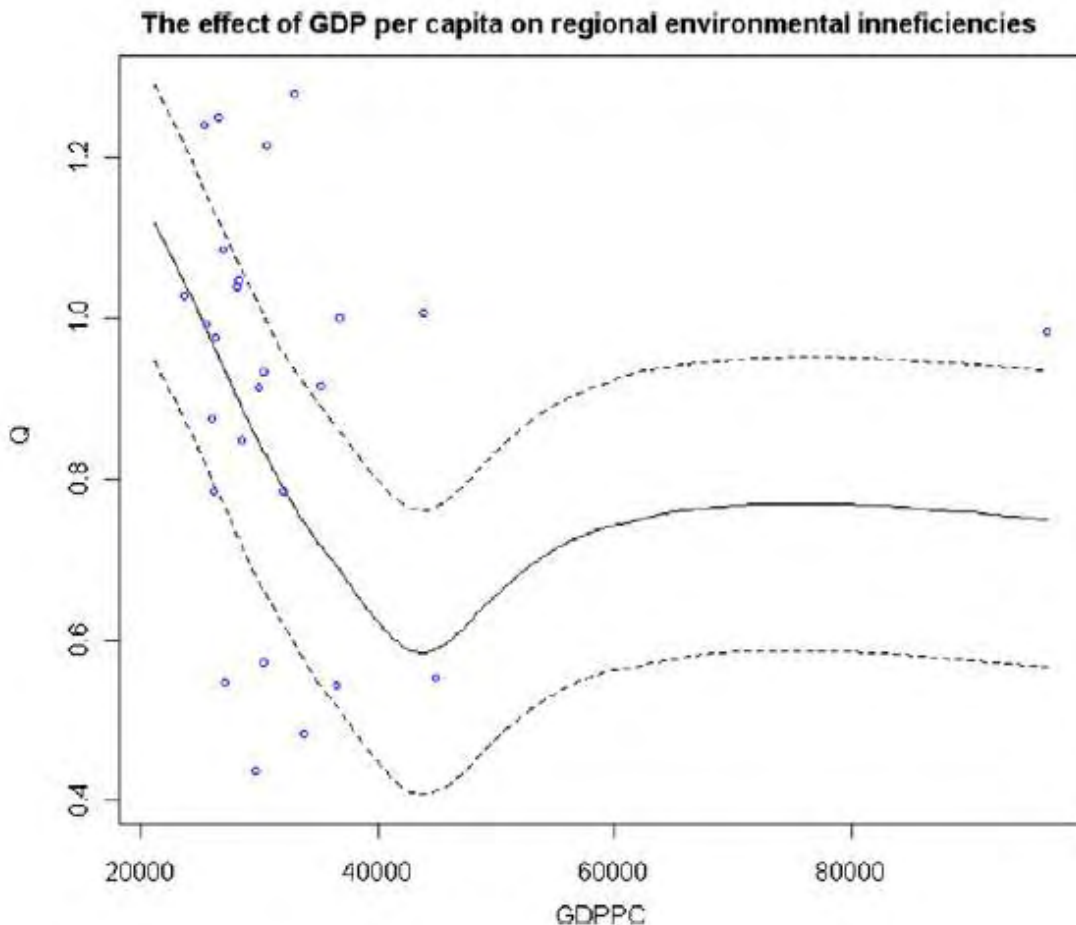
Πίνακας 2: Τα επίπεδα της περιβαλλοντικής αναποτελεσματικότητας των περιφερειών του Ηνωμένου Βασιλείου (Halkos και Tzeremes (2012), σελ. 5)

Regions (NUTS 2 level)	$D(x, v, u; g_D, g_u)$	$D(x, v, u; g_D, g_u   z)$
Bedfordshire and Hertfordshire	0.4545	0.4565
Berkshire, Buckinghamshire and Oxfordshire	0.0000	0.7186
Cheshire	0.0837	0.9493
Cornwall and Isles of Scilly	0.8999	0.7343
Cumbria	0.0000	0.9424
Derbyshire and Nottinghamshire	0.5385	0.9301
Devon	0.6529	0.6040
Dorset and Somerset	0.7323	0.4559
East Anglia	0.5333	0.2661
East Wales	0.4066	0.7903
East Yorkshire and Northern Lincolnshire	0.1720	0.9966
Eastern Scotland	0.2961	0.0000
Essex	0.6559	0.6600
Gloucestershire, Wiltshire and Bristol/Bath area	0.0279	0.0000
Greater Manchester	0.0000	0.0000
Hampshire and Isle of Wight	0.4741	0.6511
Herefordshire, Worcestershire and Warwickshire	0.4953	0.3361
Highlands and Islands	0.9535	0.8688
Inner London	0.7016	0.0000
Kent	0.0000	0.7929
Lancashire	0.0000	0.8513
Leicestershire, Rutland and Northamptonshire	0.0000	0.6392
Lincolnshire	0.9123	0.9161
Merseyside	0.0000	0.4615
North Eastern Scotland	0.9105	0.9457
North Yorkshire	0.8575	0.9831
Northern Ireland (UK)	0.0000	0.0000
Northumberland and Tyne and Wear	0.2497	0.8189
Outer London	0.9159	0.0000
Shropshire and Staffordshire	0.2935	0.9117
South Western Scotland	0.0000	0.0000
South Yorkshire	0.4997	0.5942
Surrey, East and West Sussex	0.0000	0.0000
Tees Valley and Durham	0.7471	0.9983
West Midlands	0.1081	0.0592
West Wales and The Valleys	0.2525	0.8347
West Yorkshire	0.0000	0.7511
Mean	0.3737	0.5654
Max	0.9535	0.9983
Min	0.0000	0.0000
Std	0.3435	0.3679

Στη συνέχεια το Γράφημα 1 παρουσιάζει μια γραφική αναπαράσταση των επιδράσεων του GDPPC στην περιβαλλοντική αποδοτικότητα των περιφερειών του Ηνωμένου Βασιλείου. Παρουσιάζει τα μεταβλητά όρια των σημειακών γραμμών σφάλματος χρησιμοποιώντας ασυμπτωτικό πρότυπο τύπο σφάλματος. Όταν η παλινδρόμηση αυξάνεται, ο παράγοντας GDPPC είναι δυσμενής για την περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα των περιφερειών που δείχνει ένα σαφές αρνητικό αποτέλεσμα. Το Γράφημα 1, απεικονίζει μια φθίνουσα μη παραμετρική παλινδρόμηση έως ένα σημείο (43,800 ευρώ) που υποδεικνύει ότι όταν

περιφερειακό επίπεδο GDPPC αυξηθεί μέχρι αυτό το σημείο τα επίπεδα της περιβαλλοντικής αναποτελεσματικότητας των περιφερειών επίσης μειώνονται (δηλαδή η περιβαλλοντική αποδοτικότητα των περιφερειών αυξάνεται). Ωστόσο, μετά από αυτό το σημείο φαίνεται ότι η γραμμή παλινδρόμησης αυξάνει ελαφρά και κατά συνέπεια το GDPPC έχει θετική επίδραση στην περιβαλλοντική αναποτελεσματικότητα των περιφερειών (δηλαδή η περιβαλλοντική απόδοση των περιφερειών μειώνεται). Επιπλέον, το Γράφημα 1 απεικονίζει ότι υπάρχει ένα "U" σχήμα μεταξύ των περιβαλλοντικών επιπέδων αναποτελεσματικότητας των περιφερειών του Ηνωμένου Βασιλείου και την περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη.

Γράφημα 1: Η επίδραση του περιφερειακού κατά κεφαλήν ΑΕΠ (GDPPC) στα επίπεδα της περιβαλλοντικής απόδοσης (Q) των περιφερειών του Ηνωμένου Βασιλείου (Halkos G. και Tzeremes N. (2012), σελ. 6)





### 3.3. Δεδομένα

Ακολουθώντας την παραπάνω μελέτη για την μέτρηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας παραμετρικά με στοχαστική ανάλυση ορίων, πραγματοποιήθηκε έρευνα για 30 Ευρωπαϊκές χώρες για την χρονική περίοδο 2000-2010. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν το συνολικό εργατικό δυναμικό (σε χιλιάδες) και το μετοχικό κεφάλαιο (σε τρέχουσες τιμές σε εκατομμύρια ευρώ). Τις εξαρτημένες μεταβλητές αποτελούν το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (καλή εκροή – έτος βάσης 2000 σε εκατομμύρια ευρώ) και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), (κακή εκροή – σε χιλιάδες τόνους. Επιπλέον καθώς το μετοχικό κεφάλαιο δεν ήταν διαθέσιμο για τις χώρες που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα, υπολογίστηκε βάση της μεθόδου:

$$K_t = I_t + (1 - \delta) \times K_{t-1} \quad (26)$$

όπου  $K_t$  και  $K_{t-1}$  είναι το μετοχικό κεφάλαιο για το τρέχον έτος και το προηγούμενο έτος αντίστοιχα,

$I_t$  είναι οι ακαθάριστες επενδύσεις παγίου κεφαλαίου και

$\delta$  είναι ο συντελεστής απόσβεσης του μετοχικού κεφαλαίου που θεωρείται δεδομένος και ίσος με 6% ακολουθώντας τους (Halkos, Tzeremes 2011).

Όλα τα δεδομένα μετατρέπονται σε λογαρίθμους και λαμβάνονται από τη βάση δεδομένων της Eurostat και της Unctad. Η συχνότητα των δεδομένων είναι ετήσια και τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι ο υπολογισμός, μέσω κατάλληλου προγράμματος, του περιβαλλοντικού δείκτη κάθε χώρας.

### 3.4. Μεθοδολογία

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η συγκεκριμένη εργασία μελετά το επίπεδο περιβαλλοντικής αποδοτικότητας των 30 χωρών για τη χρονική περίοδο 2000-2010. Καθώς θέλουμε να συγκρίνουμε την περιβαλλοντική αποδοτικότητα κάθε χώρας για κάθε έτος, μελετήσαμε κάθε έτος ξεχωριστά. Στην ουσία υπολογίσαμε την καλή και κακή αποδοτικότητα των χωρών μεμονομένα όπως φαίνεται στους Πίνακες (1) και (2) για κάθε έτος και στη συνέχεια υπολογίσαμε τον δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας (καλή αποδοτικότητα/ κακή αποδοτικότητα, Πίνακας (4)). Αφού μετατρέψαμε όλες τις μεταβλητές

που χρησιμοποιήσαμε σε λογαριθμική μορφή, ο υπολογισμός των παραπάνω αποδόσεων<sup>1</sup> προήλθε μέσω του προγράμματος FRONTIER 4.1 που παρέχει εκτιμήσεις των στοχαστικών οριακών συναρτήσεων παραγωγής και των συναρτήσεων κόστους και συγκεκριμένα εκτιμά το μοντέλο των στοχαστικών οριακών συναρτήσεων παραγωγής που παρουσιάζεται στις μελέτες των Battese και Coelli (1992, 1995) που αναφέρθηκε παραπάνω και είναι της μορφής:

$$Y_{it} = x_{it}\beta + (V_{it} - U_{it}) \quad , i = 1, \dots, N$$

όπου  $Y_{it}$  είναι η παραγωγή για την  $i$  εταιρία την  $t$  χρονική περίοδο

$x_{it}$  είναι ένα διάνυσμα τιμών των γνωστών λειτουργιών των εισροών της παραγωγής και άλλων ερμηνευτικών μεταβλητών σχετιζόμενων με την  $i$  εταιρία την  $t$  χρονική περίοδο.

$\beta$  είναι ένα διάνυσμα άγνωστων παραμέτρων που πρέπει να εκτιθεί

$V_{it}$  είναι τυχαία σφάλματα ανεξάρτητα κατανομημένα από  $U_{it}$

$U_i$  είναι μη αρνητικές τυχαίες μεταβλητές σχετιζόμενες την τεχνική αναποτελεσματικότητα της παραγωγής,

Σύμφωνα με τον Coelli (1996a) το πρόγραμμα υπολογίζει τις εκτιμήσεις της τεχνικής αποδοτικότητας κάθε επιχείρησης (στη συγκεκριμένη περίπτωση κάθε χώρας) από εκτιμημένες στοχαστικές συναρτήσεις παραγωγής και εκτιμήσεις της αποδοτικότητας κόστους από εκτιμημένες στοχαστικές οριακές συναρτήσεις κόστους. Στην ουσία υπολογίστηκε η καλή αποδοτικότητα μέσω του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος σε συνάρτηση με το συνολικό εργατικό δυναμικό και το μετοχικό κεφάλαιο και η κακή αποδοτικότητα μέσω των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα σε συνάρτηση με το συνολικό εργατικό δυναμικό και το μετοχικό κεφάλαιο. Τα μέτρα της τεχνικής αποδοτικότητας σχετικής με την οριακή συνάρτηση παραγωγής (8) και της αποδοτικότητας κόστους σχετικής με την οριακή συνάρτηση κόστους (23) εκφράζονται με τη μορφή:

$$EFF_i = \frac{(Y_i^* | U_i, X_i)}{E(Y_i^* | = 0, X_i)} \quad (27)$$

όπου  $Y_i^*$  είναι η παραγωγή (ή το κόστος) της κάθε εταιρίας (ή χώρας) και ισούται με  $\exp(Y_i)$  καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή είναι σε λογαριθμική μορφή στη συγκεκριμένη μελέτη. Στην

<sup>1</sup> Λόγω του μεγάλου όγκου των αποτελεσμάτων είναι δύσκολο να παρουσιαστούν. Παρόλα αυτά όλα τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα εφόσον ζητηθούν.

περίπτωση της οριακής συνάρτησης κόστους η EFF παίρνει τιμές από 1 έως άπειρο, ενώ στην περίπτωση της οριακής συνάρτησης παραγωγής η EFF παίρνει τιμές από 0 έως 1. Στην μελέτη μας, παρατηρούμε ότι η τεχνική αποδοτικότητα παρουσιάζει τιμές από 0 έως 1 καθώς εκτιμήσαμε στοχαστικές οριακές συναρτήσεις παραγωγής. τα μέτρα της αποδοτικότητας μπορούν να οριστούν ως:

<b>Cost or Production</b>	<b>Logged Dependent Variable.</b>	<b>Efficiency (EFF<sub>i</sub>)</b>
production	yes	$\exp(-U_i)$
cost	yes	$\exp(U_i)$
production	no	$(x_i\beta - U_i)/(x_i\beta)$
cost	no	$(x_i\beta + U_i)/(x_i\beta)$

Οι παραπάνω τέσσερις εκφράσεις της EFF βασίζονται βασίζονται στην αξία των μη παρατηρήσιμων  $U_i$  που προβλέπεται. Αυτό επιτυγχάνεται με εκφράσεις που απορρέουν για την υπό όρους προσδοκία αυτών των λειτουργιών της  $U_i$ , που εξαρτάται από την παρατηρούμενη τιμή του ( $V_i - U_i$ ).

Στη συνέχεια με τη χρήση του Excel υπολογίσαμε τον δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας κάθε χώρας.

### *3.5. Εμπειρικά Αποτελέσματα*

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, υπολογίσαμε την καλή και κακή αποδοτικότητα κάθε χώρας για κάθε έτος όπως φαίνεται στους Πίνακες (1) και (2) που ακολουθούν. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα προήλθαν από την χρήση του προγράμματος που αναφέρθηκε παραπάνω και στη συνέχεια προχωρήσαμε στον υπολογισμό των μεγεθών μέγιστη και ελάχιστη τιμή, τυπική απόκλιση και μέση τιμή (Πίνακας (3)). Στον Πίνακα (4) που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα περιβαλλοντικού δείκτη για τις 30 χώρες τη χρονική περίοδο 2000-2010 που προήλθαν μέσω της χρήσης Excel, (καλή αποδοτικότητα/ κακή αποδοτικότητα). Στην συνέχεια στους Πίνακες (5) και (6) παρουσιάζεται περιγραφική στατιστική του δείκτη. Συγκεκριμένα ακολουθώντας την ίδια μέθοδο υπολογίσαμε την μέση τιμή, την τυπική απόκλιση και την ελάχιστη και μέγιστη τιμή του δείκτη για κάθε χώρα και για κάθε έτος ξεχωριστά. Συγκεκριμένα στους πίνακες (1) και (2), παρατηρούμε ότι ενώ η καλή αποδοτικότητα παραμένει σταθερή για όλες τις χώρες σε όλα τα έτη και διατηρεί υψηλές τιμές, η κακή αποδοτικότητα αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όπως θα δούμε και παρακάτω την μείωση του δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας.

Πίνακας (1): Αποτελέσματα του δείκτη καλής αποδοτικότητας

Χώρα / Έτος	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Βέλγιο	0.9349453	0.9370373	0.9980798	0.9976367	0.9977068	0.9970648	0.9983623	0.9984745	0.9991395	0.9991195	0.9989154
Βουλγαρία	0.9325063	0.9343575	0.9980774	0.9976335	0.9977031	0.9970575	0.9983596	0.9984713	0.9991383	0.9991185	0.9989142
Τσεχία	0.9283334	0.9312542	0.9980761	0.9976301	0.9977006	0.9970564	0.9983600	0.9984724	0.9991390	0.9991188	0.9989146
Δανία	0.9364237	0.9384881	0.9980812	0.9976387	0.9977085	0.9970680	0.9983633	0.9984752	0.9991398	0.9991197	0.9989158
Γερμανία	0.9263186	0.9281034	0.9980720	0.9976241	0.9976945	0.9970462	0.9983566	0.9984697	0.9991376	0.9991170	0.9989122
Εσθονία	0.9304865	0.9334609	0.9980771	0.9976336	0.9977039	0.9970603	0.9983615	0.9984739	0.9991390	0.9991185	0.9989142
Ιρλανδία	0.9436223	0.9464436	0.9980906	0.9976549	0.9977236	0.9970907	0.9983704	0.9984813	0.9991416	0.9991217	0.9989179
Ελλάδα	0.9279310	0.9303099	0.9980742	0.9976294	0.9977001	0.9970540	0.9983591	0.9984716	0.9991384	0.9991183	0.9989133
Ισπανία	0.9362862	0.9385819	0.9980817	0.9976408	0.9977106	0.9970711	0.9983643	0.9984761	0.9991398	0.9991198	0.9989156
Γαλλία	0.9375384	0.9393581	0.9980821	0.9976407	0.9977103	0.9970705	0.9983640	0.9984760	0.9991399	0.9991199	0.9989158
Ιταλία	0.9368629	0.9387974	0.9980816	0.9976399	0.9977095	0.9970688	0.9983634	0.9984753	0.9991396	0.9991195	0.9989153
Κύπρος	0.9345148	0.9368360	0.9980790	0.9976351	0.9977049	0.9970604	0.9983606	0.9984723	0.9991388	0.9991189	0.9989145
Λετονία	0.9351372	0.9370424	0.9980793	0.9976347	0.9977048	0.9970610	0.9983619	0.9984750	0.9991395	0.9991190	0.9989144
Λιθουανία	0.9376842	0.9396338	0.9980827	0.9976419	0.9977113	0.9970711	0.9983642	0.9984760	0.9991401	0.9991196	0.9989156
Λουξεμβούργο	0.9411778	0.9436241	0.9980867	0.9976488	0.9977184	0.9970846	0.9983692	0.9984811	0.9991420	0.9991222	0.9989193
Ουγγαρία	0.9320306	0.9354844	0.9980803	0.9976376	0.9977080	0.9970652	0.9983612	0.9984733	0.9991389	0.9991185	0.9989142
Μάλτα	0.9374597	0.9390432	0.9980813	0.9976373	0.9977054	0.9970601	0.9983603	0.9984719	0.9991388	0.9991189	0.9989148
Ολλανδία	0.9386667	0.9409818	0.9980837	0.9976431	0.9977121	0.9970728	0.9983647	0.9984765	0.9991401	0.9991202	0.9989163
Αυστρία	0.9302161	0.9322532	0.9980754	0.9976294	0.9976999	0.9970546	0.9983592	0.9984718	0.9991386	0.9991183	0.9989137
Πολωνία	0.9385121	0.9409622	0.9980825	0.9976377	0.9977067	0.9970669	0.9983628	0.9984748	0.9991397	0.9991193	0.9989158
Πορτογαλία	0.9297690	0.9317350	0.9980750	0.9976286	0.9976985	0.9970504	0.9983574	0.9984697	0.9991376	0.9991173	0.9989125
Ρουμανία	0.9360225	0.9376602	0.9980805	0.9976385	0.9977089	0.9970718	0.9983649	0.9984771	0.9991402	0.9991200	0.9989161
Σλοβενία	0.9160772	0.9188003	0.9980655	0.9976138	0.9976848	0.9970306	0.9983519	0.9984656	0.9991365	0.9991159	0.9989104
Σλοβακία	0.9317989	0.9333338	0.9980768	0.9976338	0.9977050	0.9970617	0.9983616	0.9984745	0.9991397	0.9991200	0.9989161
Φινλανδία	0.9379619	0.9402003	0.9980828	0.9976411	0.9977106	0.9970699	0.9983637	0.9984758	0.9991400	0.9991199	0.9989159
Σουηδία	0.9430554	0.9435199	0.9980866	0.9976481	0.9977171	0.9970791	0.9983667	0.9984782	0.9991406	0.9991203	0.9989173
Αγγλία	0.9472400	0.9485871	0.9980922	0.9976553	0.9977245	0.9970914	0.9983703	0.9984814	0.9991411	0.9991209	0.9989175
Ισλανδία	0.9397443	0.9403917	0.9980834	0.9976417	0.9977123	0.9970778	0.9983655	0.9984775	0.9991391	0.9991183	0.9989142
Νορβηγία	0.9492764	0.9511578	0.9980959	0.9976610	0.9977293	0.9971027	0.9983744	0.9984849	0.9991434	0.9991235	0.9989214
Ελβετία	0.9384916	0.9408618	0.9980837	0.9976414	0.9977105	0.9970701	0.9983638	0.9984754	0.9991401	0.9991203	0.9989170

Πίνακας (2): Αποτελέσματα του δείκτη κακής αποδοτικότητας

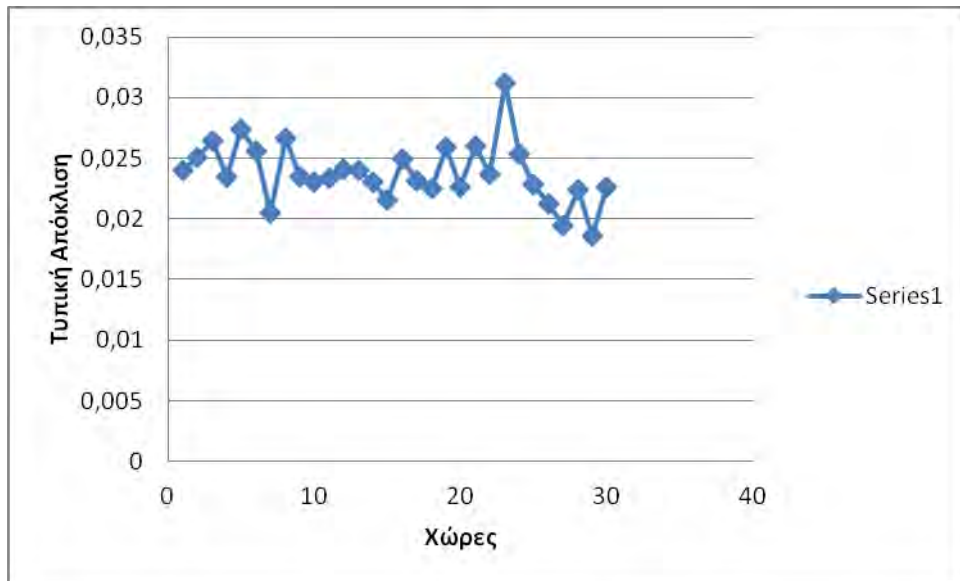
Χώρα / Έτος	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Βέλγιο	0.8722793	0.8761841	0.8575752	0.8413786	0.8878349	0.953592	0.8699958	0.85371	0.86605	0.8694	0.95445
Βουλγαρία	0.8944701	0.8682629	0.8402299	0.8787204	0.8841158	0.953258	0.8702609	0.85834	0.85946	0.86738	0.95409
Τσεχία	0.8861986	0.8924507	0.9625181	0.9518068	0.8982574	0.95539	0.8957483	0.89461	0.89892	0.90438	0.957
Δανία	0.8650592	0.7786613	0.6052346	0.6290451	0.8407521	0.947474	0.8219841	0.77183	0.74781	0.78831	0.94917
Γερμανία	0.8744034	0.8101203	0.7693352	0.7580458	0.8562244	0.949638	0.8335603	0.82043	0.82876	0.83549	0.95175
Εσθονία	0.8810055	0.8846606	0.8178515	0.8459437	0.8984869	0.955	0.8773891	0.89225	0.88693	0.88051	0.95787
Ιρλανδία	0.8771998	0.9126111	0.9998244	0.9460484	0.9015704	0.955936	0.8931643	0.88598	0.89248	0.89724	0.95596
Ελλάδα	0.8736235	0.8346802	0.7415461	0.7336087	0.8690958	0.952097	0.8528903	0.8464	0.84649	0.86175	0.95217
Ισπανία	0.8799949	0.7942302	0.7365093	0.7104041	0.8537662	0.949766	0.8247799	0.80779	0.78133	0.79441	0.94814
Γαλλία	0.8769882	0.7747892	0.6837467	0.6661332	0.839592	0.948182	0.8056285	0.77575	0.77764	0.80557	0.94974
Ιταλία	0.8781547	0.8130411	0.7662167	0.7615533	0.8608233	0.950554	0.8401883	0.82652	0.82459	0.83153	0.95134
Κύπρος	0.8678966	0.7811395	0.5720232	0.5509239	0.8487418	0.948984	0.8144826	0.75655	0.75186	0.80693	0.9491
Λετονία	0.8740539	0.5636974	0.3479791	0.3409013	0.7330527	0.937919	0.6360866	0.53949	0.51139	0.59884	0.94153
Λιθουανία	0.8817431	0.6860194	0.5062885	0.4668295	0.8121944	0.946184	0.7784843	0.74397	0.72794	0.73156	0.94642
Λουξεμβούργο	0.8578768	0.9185048	0.9932122	0.994648	0.9264161	0.961109	0.9277832	0.92592	0.92844	0.92572	0.96006
Ουγγαρία	0.8746799	0.8032002	0.6676121	0.6601127	0.850939	0.949206	0.8148401	0.7674	0.76461	0.79712	0.9491
Μάλτα	0.8563532	0.6585381	0.3931449	0.3968614	0.8018936	0.945039	0.7357234	0.65439	0.63571	0.72039	0.94546
Ολλανδία	0.8762364	0.837474	0.7737707	0.753298	0.8694749	0.951161	0.8441068	0.8244	0.82793	0.85277	0.95359
Αυστρία	0.8607946	0.7172784	0.5366628	0.5525928	0.8314105	0.947691	0.7846592	0.72806	0.72082	0.74586	0.94789
Πολωνία	0.8961756	0.8830557	0.9999221	0.9998342	0.8929023	0.954414	0.8942132	0.89341	0.90193	0.90923	0.95734
Πορτογαλία	0.8694495	0.6515884	0.4975526	0.4515166	0.7880241	0.943452	0.7075834	0.62314	0.61144	0.67981	0.94224
Ρουμανία	0.8978419	0.7788215	0.7727281	0.7711976	0.8592593	0.949851	0.8364232	0.79602	0.80307	0.81036	0.94898
Σλοβενία	0.85526	0.6879637	0.4633658	0.4435675	0.8016921	0.945092	0.7516084	0.68986	0.70054	0.73444	0.94647
Σλοβακία	0.8846921	0.8347063	0.734669	0.7064736	0.8630651	0.950476	0.8370038	0.78821	0.80182	0.8201	0.95085
Φινλανδία	0.870451	0.846831	0.7752106	0.8304916	0.8849269	0.951207	0.8732387	0.8597	0.83509	0.85689	0.95474
Σουηδία	0.8667395	0.6300412	0.4500402	0.4377926	0.7765023	0.940899	0.682534	0.5923	0.56869	0.629	0.94284
Αγγλία	0.8868827	0.8462789	0.8541944	0.8326181	0.8691702	0.951148	0.8501858	0.83669	0.84017	0.84838	0.52384
Ισλανδία	0.8530321	0.7343841	0.4633006	0.4365674	0.825575	0.946518	0.795332	0.7532	0.7801	0.82188	0.95011
Νορβηγία	0.8727632	0.8065079	0.6417817	0.6292932	0.8549766	0.949547	0.8201715	0.79273	0.77532	0.81533	0.95096
Ελβετία	0.8560449	0.5266733	0.3324694	0.3267652	0.7172927	0.937162	0.6184255	0.5187	0.51516	0.58539	0.93923

Κοιτώντας τον λοιπόν δείκτη κακής αποδοτικότητας συνειδητοποιούμε ότι κάποιες χώρες παρουσιάζουν σημαντική αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κυρίως μετά τα έτη 2002 και 2003 και είναι οι: Γαλλία, Κύπρος, Λετονία, Λιθουανία, Μάλτα, Αυστρία, Πορτογαλία, Σλοβενία, Σουηδία, Ισλανδία και Ελβετία. Ταυτόχρονα παρατηρούμε ότι χώρες όπως Βέλγιο, Βουλγαρία, Τσεχία, Εσθονία, Ιρλανδία, Λουξεμβούργο, Πολωνία, Σλοβακία και Φινλανδία, διατηρούν αρκετά υψηλές τιμές του δείκτη σε όλη την δεκαετή απογραφή. Στη συνέχεια στον Πίνακα 4, βλέπουμε τις τιμές από τους υπολογισμούς από τα μεγέθη μέση τιμή, τυπική απόκλιση και μέγιστη και ελάχιστη τιμή, καθώς και τα διαγράμματα (1) και (2) των τυπικών αποκλίσεων.

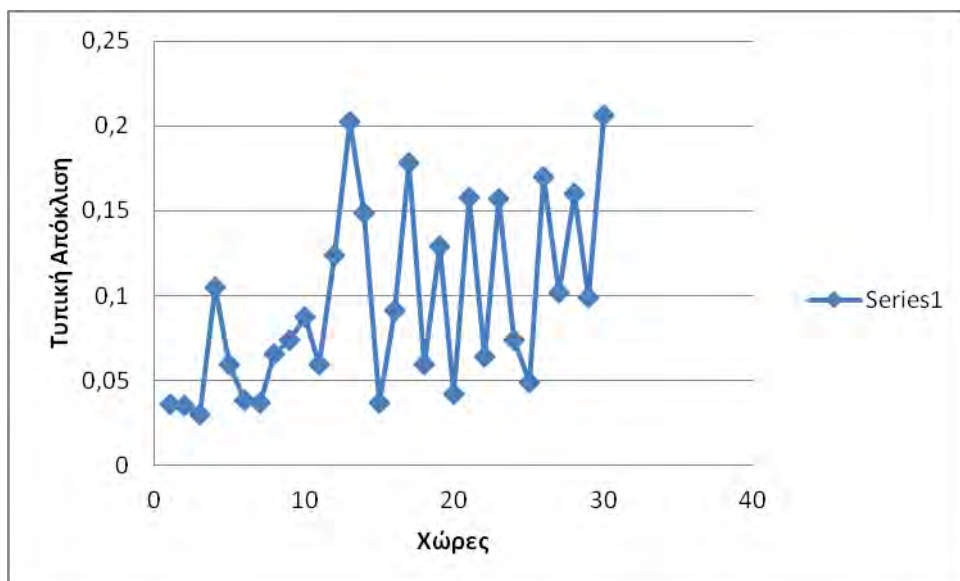
Πίνακας 4: Περιγραφική στατιστική των δεικτών καλής και κακής αποδοτικότητας.

Χώρα / Έτος	Μέση τιμή	Καλή αποδοτικότητα			Μέση τιμή	Κακή αποδοτικότητα		
		Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή		Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Βέλγιο	0.98695289	0.024035508	0.99913949	0.93494529	0.88204077	0.03585409	0.95444795	0.84137856
Βουλγαρία	0.9864852	0.025020273	0.99913826	0.93250628	0.88441703	0.03533395	0.95408625	0.84022987
Τσεχία	0.98582324	0.026427079	0.99913902	0.92833335	0.91793472	0.02967946	0.96251808	0.88619857
Δανία	0.98722018	0.023471259	0.99913981	0.93642367	0.79503009	0.10504304	0.94917255	0.60523462
Γερμανία	0.98535018	0.027416704	0.99913763	0.9263186	0.84434191	0.05948432	0.95175141	0.75804578
Εσθονία	0.98622085	0.025587607	0.99913899	0.93048651	0.8888993	0.03862265	0.95786606	0.8178515
Ιρλανδία	0.98860532	0.02055798	0.9991416	0.9436223	0.91981889	0.0369441	0.99982442	0.87719976
Ελλάδα	0.98569992	0.026683788	0.99913842	0.927931	0.85130491	0.06570003	0.95216674	0.73360874
Ισπανία	0.98721708	0.023481035	0.99913981	0.93628624	0.82555709	0.07362519	0.94976613	0.71040405
Γαλλία	0.98740143	0.023088144	0.99913988	0.93753838	0.80943219	0.08744793	0.9497424	0.66613315
Ιταλία	0.98728847	0.023326579	0.99913958	0.9368629	0.84586448	0.05950228	0.95134061	0.76155334
Κύπρος	0.98689411	0.02415763	0.9991388	0.93451482	0.78623852	0.12364189	0.94909891	0.5509239
Λετονία	0.98696993	0.023996432	0.99913951	0.93513724	0.63863041	0.20271028	0.9415289	0.34090131
Λιθουανία	0.98744004	0.023007522	0.99914005	0.9376842	0.74796689	0.14881233	0.94641884	0.46682953
Λουξεμβούργο	0.98812492	0.021569416	0.99914201	0.94117782	0.93815466	0.03656159	0.99464796	0.85787683
Ουγγαρία	0.98654655	0.024903452	0.99913893	0.93203057	0.80898316	0.09116671	0.94920618	0.66011265
Μάλτα	0.98736287	0.023161988	0.99913875	0.93745965	0.70395491	0.17853673	0.9454611	0.3931449
Ολλανδία	0.98765254	0.02256016	0.99914014	0.93866674	0.85129129	0.05917375	0.95358588	0.75329796
Αυστρία	0.98608455	0.025867502	0.99913855	0.93021612	0.76124751	0.1292847	0.9478946	0.53666276
Πολωνία	0.98763458	0.022593447	0.99913967	0.93851207	0.92567536	0.04206819	0.99992213	0.88305566
Πορτογαλία	0.98599553	0.026052746	0.99913757	0.92976898	0.70598188	0.15762537	0.94345195	0.45151662
Ρουμανία	0.98710914	0.023706973	0.99914016	0.93602251	0.83859519	0.0638404	0.94985087	0.77119756
Σλοβενία	0.9835684	0.03118546	0.99913653	0.91607715	0.72907855	0.15719503	0.94646674	0.44356753
Σλοβακία	0.98632927	0.02535365	0.99913969	0.93179894	0.83382414	0.0739156	0.95084707	0.70647358
Φινλανδία	0.98751652	0.022845886	0.99913998	0.93796192	0.86716161	0.04908276	0.95474359	0.77521061
Σουηδία	0.98828447	0.021220714	0.99914058	0.94305536	0.68339866	0.17001026	0.94283753	0.43779259
Αγγλία	0.98912923	0.019440874	0.99914107	0.94723995	0.83086879	0.10221348	0.95114799	0.5238394
Ισλανδία	0.98769688	0.02246119	0.99913906	0.93974434	0.75999965	0.16031418	0.9501054	0.43656741
Νορβηγία	0.98955188	0.018556778	0.99914337	0.94927642	0.80994359	0.09904148	0.95095619	0.62929317
Ελβετία	0.98762506	0.022617032	0.99914005	0.93849158	0.62484656	0.20609987	0.93923107	0.32676519

Διάγραμμα 1: Τυπική Απόκλιση των χωρών για την καλή αποδοτικότητα.



Διάγραμμα 2: Τυπική Απόκλιση των χωρών για την κακή αποδοτικότητα.



Αυτό που αξίζει να παρατηρηθεί είναι οι τυπικές αποκλίσεις της καλής αποδοτικότητας παρουσιάζουν τιμές που είναι κοντά αριθμητικά μεταξύ τους, ενώ στην κακή αποδοτικότητα παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις. Συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι χώρες όπως Δανία, Ελλάδα, Ισπανία, Γαλλία, Κύπρος, Λετονία, Λιθουανία, Ουγγαρία, Μάλτα, Αυστρία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβενία, Σλοβακία, Σουηδία, Αγγλία, Ισλανδία, Νορβηγία και Ελβετία, παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές για την τυπική απόκλιση, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δείκτης κακής αποδοτικότητας παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβλητότητα.



Στη συνέχεια, στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται ο δείκτης περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Σύμφωνα με τον πίνακα παρατηρούμε ότι δεν παρουσιάζονται αξιοσημείωτες αυξομειώσεις του δείκτη στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο με εξαίρεση τα έτη 2002 και 2003 όπου ενώ ο δείκτης έχει αρκετά υψηλές τιμές στη συνέχεια οι τιμές αυτές μειώνονται σε μεγάλο ποσοστό σε αρκετές χώρες. Σε όλες τις χώρες ο δείκτης έχει τιμές μεγαλύτερες του 1 που σημαίνει πως η καλή αποδοτικότητα υπερισχύει της κακής αποδοτικότητας. Παρ' όλα αυτά αξίζει να αναφέρουμε πως παρατηρείται μια αισθητή μείωση του δείκτη το έτος 2010 με αποκορύφωμα τις χώρες Δανία, Λετονία, Ισπανία, Λιθουανία, Ουγγαρία, Μάλτα, Αυστρία, Πορτογαλία, Σλοβενία, Σουηδία και Ελβετία, γεγονός που υποδηλώνει ότι αυξήθηκε η κακή αποδοτικότητα των συγκεκριμένων χωρών που οφείλεται στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω όπως παρουσιάζεται και στα σχετικά Διάγραμμα 5 έως 14 που ακολουθούν. Αυτό που προκαλεί έντονο ενδιαφέρον είναι το γεγονός πως οι συγκεκριμένες χώρες προέρχονται από διαφορετικές περιβαλλοντικές και οικονομικές συνθήκες. Επιπλέον μεγάλο ενδιαφέρον προκαλεί και η περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου όπου ο δείκτης παρουσιάζει αρκετά μεγάλη αύξηση το έτος 2010 σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χώρες Διάγραμμα 15. Παρατηρούμε ότι αυτή η μεγάλη μείωση παρατηρείται στη μετάβαση από το 2009 στο 2010 γεγονός που υποδηλώνει χαλαρές οικονομικές και περιβαλλοντικές πολιτικές που επηρεάστηκαν από την οικονομική κρίση. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 3, παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις της τυπικής απόκλισης, γεγονός που επιβεβαιώνει το συμπέρασμα σχετικά με τις οικονομικές και περιβαλλοντικές πολιτικές και τις μεγάλες αποκλίσεις που επικρατούν μεταξύ των κρατών.

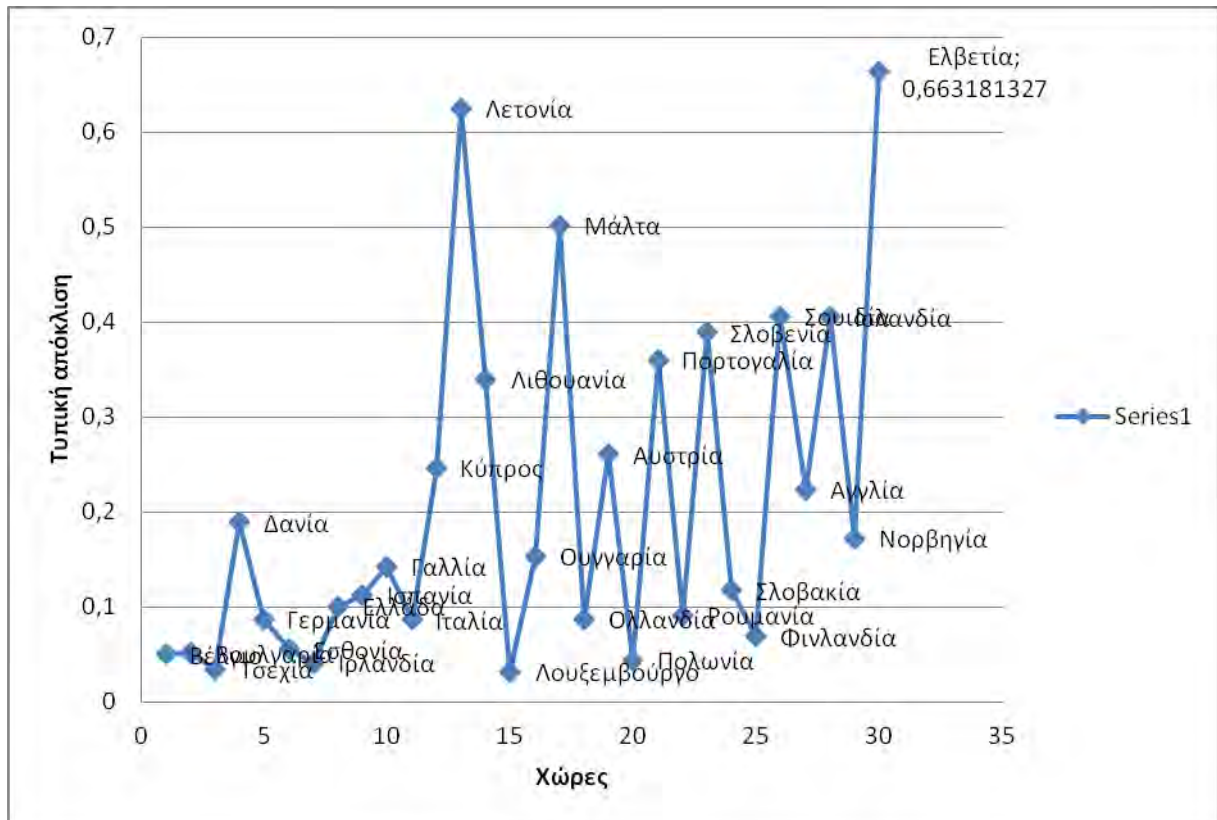
Πίνακας 4: Δείκτης περιβαλλοντικής αποδοτικότητας

Χώρα / Έτος	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Βέλγιο	1.0718	1.0695	1.1638	1.1857	1.1238	1.0456	1.1475	1.1696	1.1537	1.1492	1.0466
Βουλγαρία	1.0425	1.0761	1.1879	1.1353	1.1285	1.0459	1.1472	1.1633	1.1625	1.1519	1.047
Τσεχία	1.0475	1.0435	1.0369	1.0481	1.1107	1.0436	1.1146	1.1161	1.1115	1.1048	1.0438
Δανία	1.0825	1.2053	1.6491	1.586	1.1867	1.0523	1.2146	1.2937	1.3361	1.2674	1.0524
Γερμανία	1.0594	1.1456	1.2973	1.316	1.1652	1.0499	1.1977	1.217	1.2056	1.1958	1.0496
Εσθονία	1.0562	1.0552	1.2204	1.1793	1.1104	1.044	1.1379	1.1191	1.1265	1.1347	1.0429
Ιρλανδία	1.0757	1.0371	0.9983	1.0545	1.1067	1.0431	1.1178	1.127	1.1195	1.1135	1.0449
Ελλάδα	1.0622	1.1146	1.3459	1.3599	1.148	1.0472	1.1706	1.1797	1.1803	1.1594	1.0491
Ισπανία	1.064	1.1818	1.3552	1.4043	1.1686	1.0498	1.2105	1.2361	1.2788	1.2577	1.0536
Γαλλία	1.069	1.2124	1.4597	1.4977	1.1883	1.0516	1.2392	1.2871	1.2848	1.2403	1.0518
Ιταλία	1.0669	1.1547	1.3026	1.31	1.159	1.0489	1.1883	1.2081	1.2117	1.2015	1.05
Κύπρος	1.0768	1.1993	1.7448	1.8108	1.1755	1.0507	1.2258	1.3198	1.3289	1.2382	1.0525
Λετονία	1.0699	1.6623	2.8682	2.9265	1.361	1.0631	1.5695	1.8508	1.9538	1.6684	1.0609
Λιθουανία	1.0634	1.3697	1.9714	2.1371	1.2284	1.0538	1.2824	1.3421	1.3725	1.3657	1.0555
Λουξεμβούργο	1.0971	1.0273	1.0049	1.003	1.077	1.0374	1.0761	1.0784	1.0762	1.0793	1.0405
Ουγγαρία	1.0656	1.1647	1.495	1.5113	1.1725	1.0504	1.2252	1.3011	1.3067	1.2534	1.0525
Μάλτα	1.0947	1.426	2.5387	2.5138	1.2442	1.055	1.357	1.5258	1.5717	1.3869	1.0565
Ολλανδία	1.0712	1.1236	1.2899	1.3244	1.1475	1.0483	1.1827	1.2112	1.2068	1.1716	1.0475
Αυστρία	1.0806	1.2997	1.8598	1.8054	1.2	1.0521	1.2723	1.3714	1.3861	1.3395	1.0538
Πολωνία	1.0472	1.0656	0.9982	0.9978	1.1174	1.0447	1.1165	1.1176	1.1078	1.0989	1.0434
Πορτογαλία	1.0694	1.4299	2.006	2.2095	1.2661	1.0568	1.4109	1.6023	1.6341	1.4697	1.0601
Ρουμανία	1.0425	1.2039	1.2916	1.2936	1.1611	1.0497	1.1936	1.2543	1.2442	1.2329	1.0526
Σλοβενία	1.0711	1.3355	2.1539	2.2491	1.2445	1.055	1.3283	1.4473	1.4262	1.3604	1.0554
Σλοβακία	1.0532	1.1182	1.3585	1.4121	1.156	1.049	1.1928	1.2668	1.2461	1.2183	1.0506
Φινλανδία	1.0776	1.1103	1.2875	1.2013	1.1274	1.0482	1.1433	1.1614	1.1964	1.166	1.0463
Σουηδία	1.088	1.4976	2.2178	2.2788	1.2849	1.0597	1.4627	1.6858	1.7569	1.5884	1.0595
Αγγλία	1.0681	1.1209	1.1685	1.1982	1.1479	1.0483	1.1743	1.1934	1.1892	1.1777	1.9069
Ισλανδία	1.1017	1.2805	2.1543	2.2852	1.2085	1.0534	1.2553	1.3256	1.2808	1.2157	1.0514
Νορβηγία	1.0877	1.1794	1.5552	1.5854	1.167	1.0501	1.2173	1.2596	1.2887	1.2254	1.0504
Ελβετία	1.0963	1.7864	3.002	3.0531	1.3909	1.0639	1.6144	1.9249	1.9395	1.7068	1.0635

Πίνακας 5: Περιγραφική στατιστική του δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας κάθε χώρας

Χώρα	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Βέλγιο	1.1206163	0.0497758	1.0455884	1.185717
Βουλγαρία	1.1170993	0.051343	1.0425237	1.187862
Τσεχία	1.0746474	0.0338712	1.0369427	1.116102
Δανία	1.2659968	0.1888654	1.0523436	1.649081
Γερμανία	1.1726551	0.0874665	1.0495516	1.316047
Εσθονία	1.111498	0.0551583	1.0428537	1.220365
Ιρλανδία	1.0761897	0.041183	0.9982659	1.126981
Ελλάδα	1.1651646	0.1008817	1.0472193	1.359893
Ισπανία	1.2054657	0.1129215	1.049807	1.404329
Γαλλία	1.2347233	0.1421229	1.0515597	1.49766
Ιταλία	1.1728765	0.0861603	1.0489339	1.310007
Κύπρος	1.2930003	0.2463826	1.0506611	1.81084
Λετονία	1.7322213	0.6245087	1.0609493	2.926462
Λιθουανία	1.3856414	0.339619	1.053781	2.137058
Λουξεμβούργο	1.054284	0.0312943	1.003017	1.097101
Ουγγαρία	1.2362223	0.1533925	1.0504201	1.511314
Μάλτα	1.5245772	0.5017221	1.0550466	2.538711
Ολλανδία	1.1658835	0.0871041	1.0475368	1.324367
Αυστρία	1.3382591	0.2607097	1.0520888	1.859781
Πολωνία	1.068635	0.0438671	0.9978031	1.117601
Πορτογαλία	1.4740772	0.35983	1.056811	2.209506
Ρουμανία	1.1836574	0.0908969	1.0425248	1.293622
Σλοβενία	1.4297031	0.3888915	1.0549559	2.249069
Σλοβακία	1.1928694	0.1174909	1.0490135	1.412132
Φινλανδία	1.1423324	0.0687103	1.0462661	1.287499
Σουηδία	1.5436438	0.4061356	1.0594798	2.278814
Αγγλία	1.2175735	0.2232086	1.0483031	1.906916
Ισλανδία	1.382937	0.4051496	1.051372	2.285195
Νορβηγία	1.242364	0.1722223	1.0500826	1.585368
Ελβετία	1.7856203	0.6631813	1.0635477	3.053084

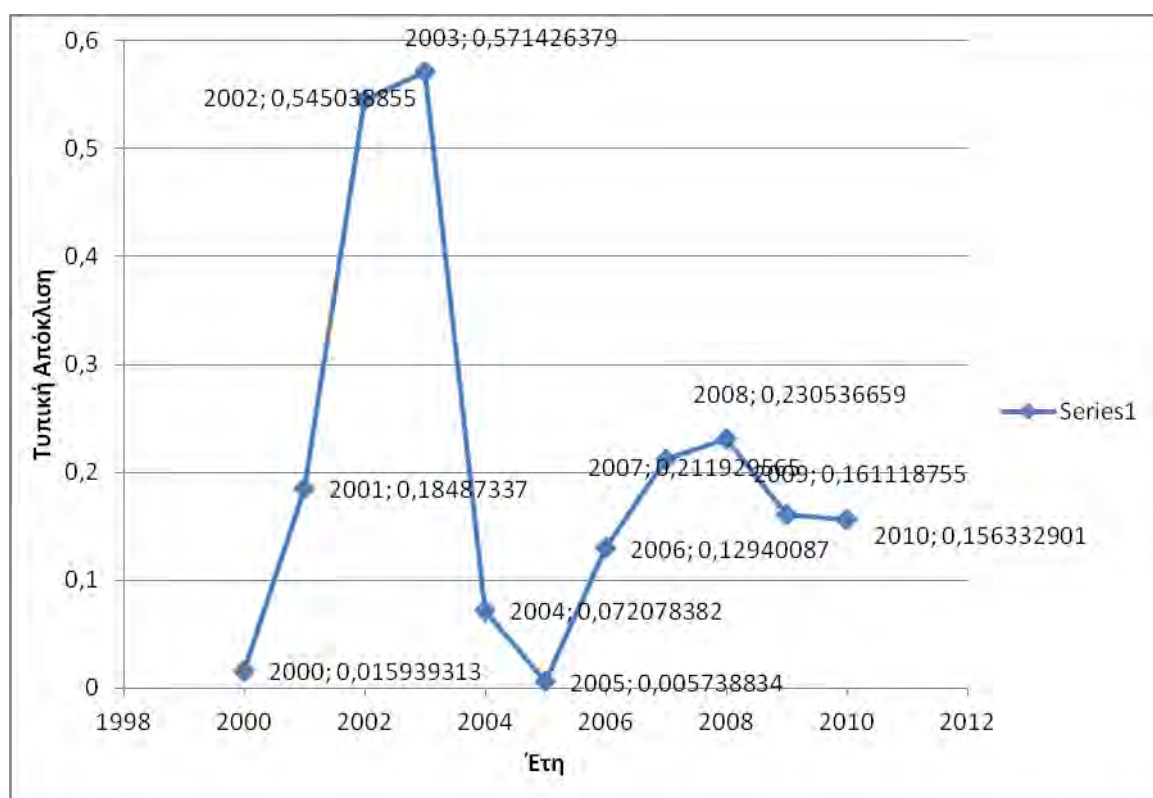
Διάγραμμα 3: Τυπική Απόκλιση των χωρών για την περιβαλλοντική αποδοτικότητα.



Πίνακας 6: Περιγραφική στατιστική του δείκτη περιβαλλοντικής αποδοτικότητας κάθε έτους

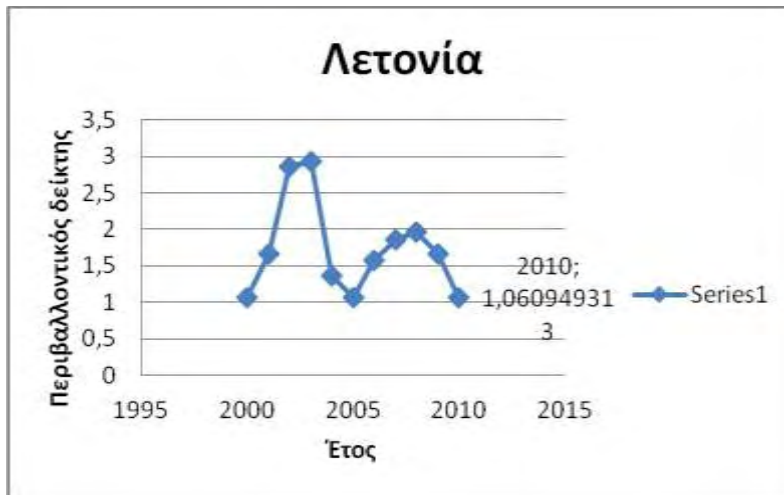
Έτος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
2000	1.07066	0.0159393	0.184873	1.101652
2001	1.2232122	0.1848734	0.545039	1.786424
2002	1.5994433	0.5450389	0.99816	3.002031
2003	1.62911	0.5714264	0.997803	3.053084
2004	1.1824543	0.0720784	1.076966	1.390939
2005	1.0503873	0.0057388	1.037431	1.063925
2006	1.2395405	0.1294009	1.07608	1.614364
2007	1.3118686	0.2119296	1.078361	1.924944
2008	1.3227845	0.2305367	1.076152	1.953778
2009	1.2646488	0.1611188	1.079289	1.70677
2010	1.0797164	0.1563329	1.040472	1.906916

Διάγραμμα 4: Τυπική Απόκλισης της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας για κάθε έτος.

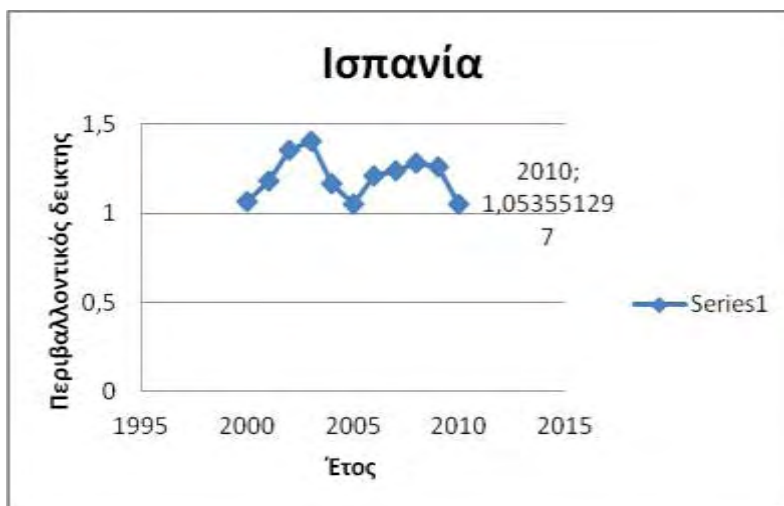


Στους παραπάνω πίνακες και διαγράμματα παρατηρούμε για ακόμη μία φορά ότι οι μεγαλύτερες τιμές του δείκτη εμφανίζονται τα έτη 2002 και 2003. Όσον αφορά την τυπική απόκλιση μπορούμε να δούμε ότι στα δύο αυτά έτη επικρατούν μεγαλύτερες τιμές που αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη διασπορά των τιμών των δεδομένων και συνεπώς μεγαλύτερη μεταβλητότητα των τιμών των δεδομένων.

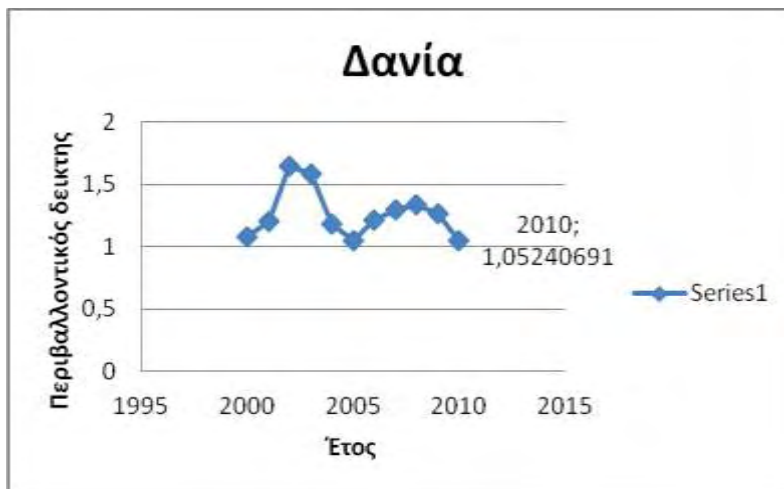
Διάγραμμα 5: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Λετονία.



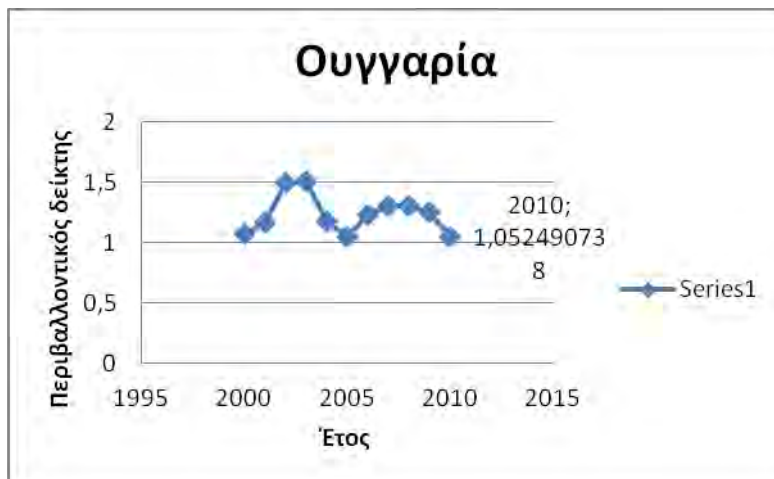
Διάγραμμα 6: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Ισπανία.



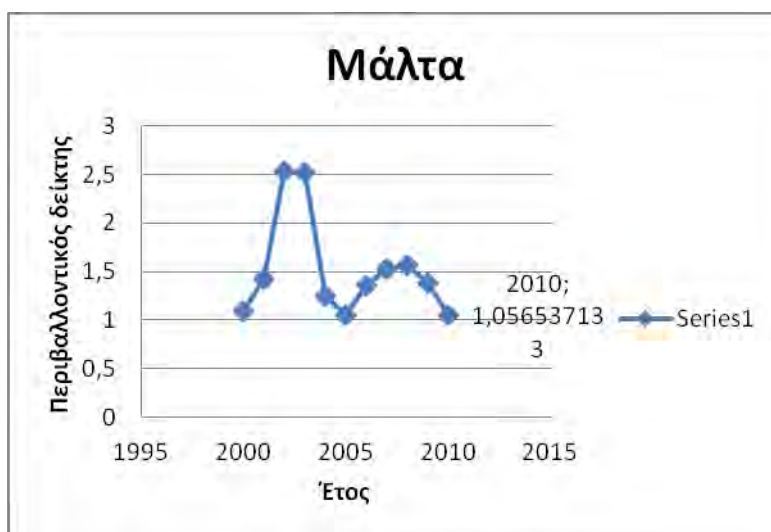
Διάγραμμα 7: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Δανία.



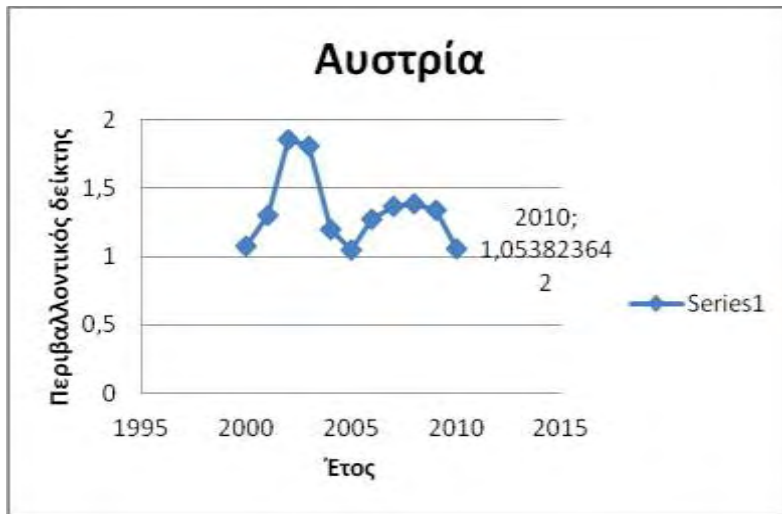
Διάγραμμα 8: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Ουγγαρία.



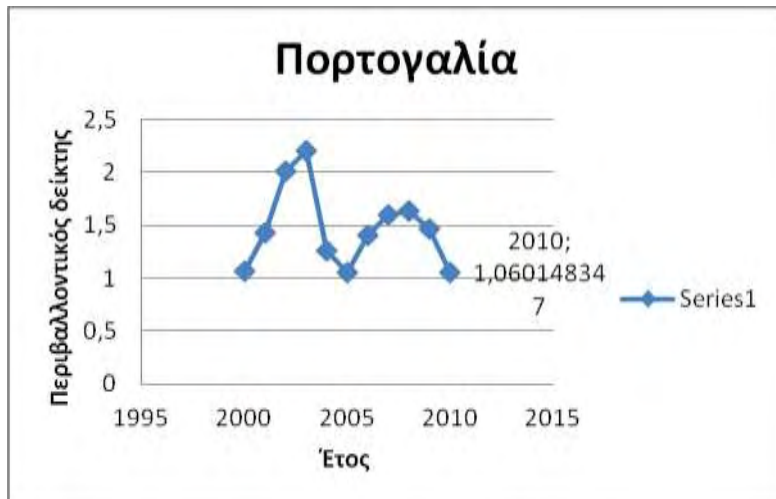
Διάγραμμα 9: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Μάλτα.



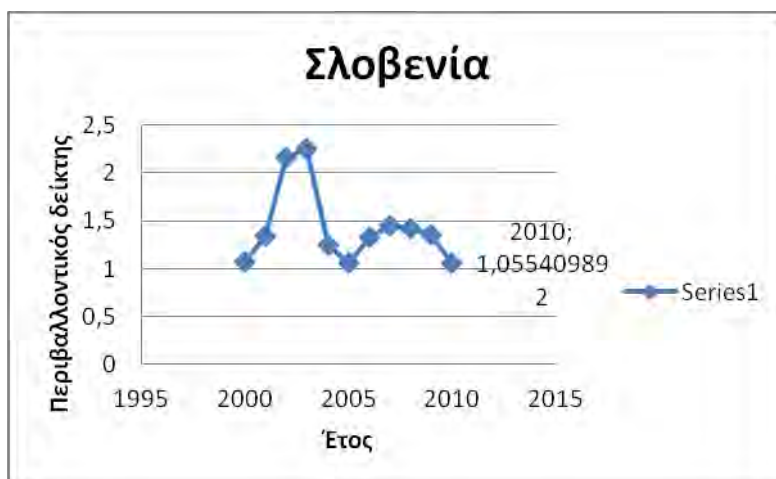
Διάγραμμα 10: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Αυστρία.



Διάγραμμα 11: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Πορτογαλία.

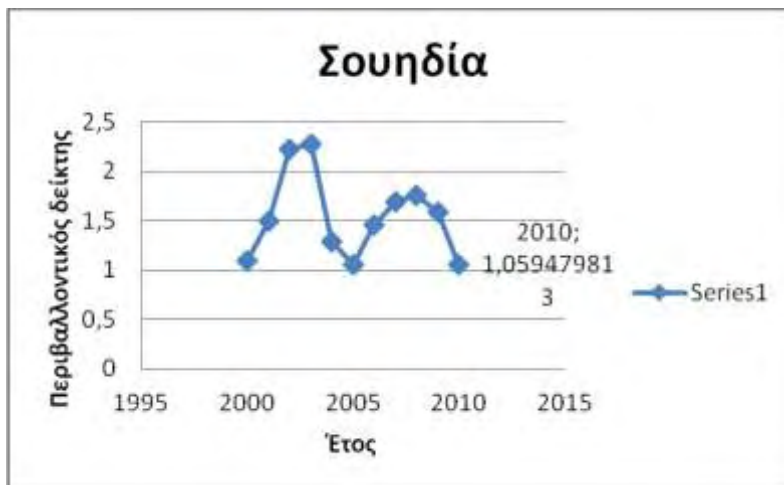


Διάγραμμα 12: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Σλοβενία.

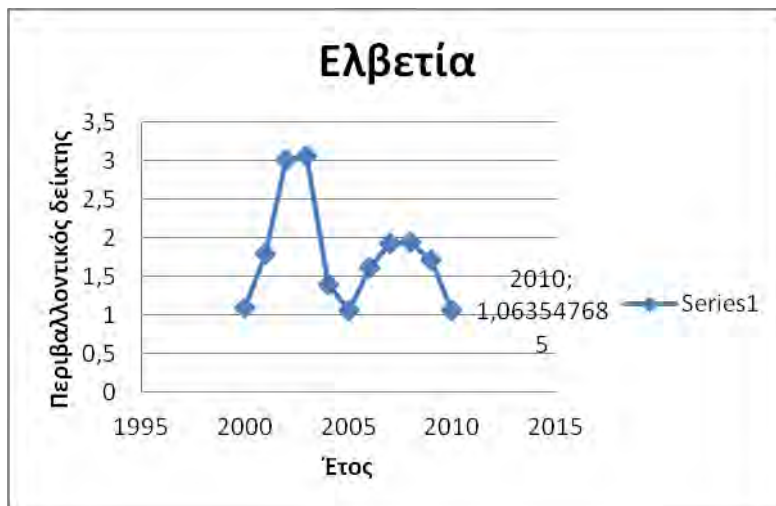




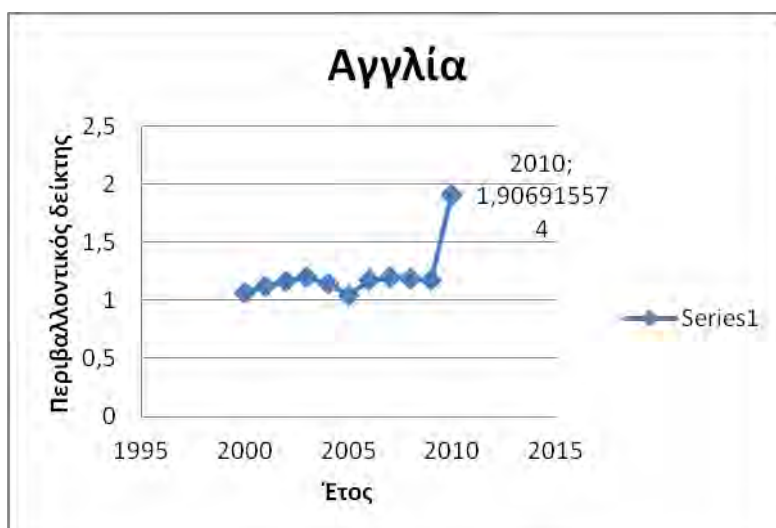
Διάγραμμα 13: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Σουηδία.



Διάγραμμα 14: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Ελβετία.



Διάγραμμα 15: Περιβαλλοντικός δείκτης για την Αγγλία.



## Κεφάλαιο 4

### 4.1. Επίλογος

Σε αυτή την εργασία αρχικά παρουσιάστηκε η έννοια της οικονομικής αποδοτικότητας και οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται, δηλαδή η τεχνική αποδοτικότητα και η κατανομητική αποδοτικότητα, όπως την απέδωσαν οι (Coelli, Rao, O'Donnell και Battese 2005). Η τεχνική αποδοτικότητα λοιπόν αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης για πολλούς ερευνητές οι οποίοι χρησιμοποίησαν για την εκτίμησή της τις μεθόδους Στοχαστική Ανάλυση Ορίων και την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων. Σε δεύτερο στάδιο, η εργασία αναφέρει τις βασικές μελέτες των Aigner και Chu (1968) και στη συνέχεια την επέκταση του μοντέλου που πρότειναν και εφαρμόζεται από τους Aigner, Lovell και Schmidt (1977) και τους Meeusen van de Broeck (1977). Σημαντική όμως ήταν και η μελέτη των Battese και Coelli (1992, 1993, 1995), στην εκτίμηση της στοχαστικής οριακής συνάρτησης παραγωγής στην οποία βασίζεται και το εμπειρικό παράδειγμα που παρουσιάζεται.

Σε τρίτο στάδιο λοιπόν, η εργασία παρουσιάζει την εκτίμηση της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας τριάντα Ευρωπαϊκών χωρών για τη χρονική περίοδο 2000-2010 μέσω της στοχαστικής ανάλυσης ορίων και του προγράμματος FRONTIER 4.1 που βασίστηκε στις παραπάνω έρευνες. Αφού υπολογίστηκε η καλή αποδοτικότητα που προέρχεται από το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν σε συνάρτηση με το συνολικό εργατικό δυναμικό και το μετοχικό κεφάλαιο και η κακή αποδοτικότητα που προέρχεται από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε συνάρτηση με το συνολικό εργατικό δυναμικό και το μετοχικό κεφάλαιο, υπολογίστηκε ο δείκτης περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Ακολουθώντας τους Halkos και Tzeremes (2011, 2012) εκτιμήθηκε η περιβαλλοντική αποδοτικότητα των χωρών που μελετήθηκαν από τον λόγο καλή αποδοτικότητα/ κακή αποδοτικότητα.

### 4.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Αν και η περιβαλλοντική αποδοτικότητα έχει απασχολήσει αρκετούς ερευνητές, αποτελεί ένα θέμα που επιδέχεται περαιτέρω και ουσιαστικότερες αναλύσεις. Η εμπειρική έρευνα που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3 θα μπορούσε να επεκταθεί ακολουθώντας το παράδειγμα των Halkos και Tzeremes (2011). Σύμφωνα με την έρευνά τους εξετάζουν τη σύνδεση μεταξύ των αξιών της κουλτούρας και της περιβαλλοντικής αποδοτικότητας. Παρατηρώντας τώρα μια

άλλη έρευνα Halkos και Tzeremes (2012), εξετάζεται η σχέση μεταξύ των εκπομπών διοξειδίου τοα άνθρακα με διάφορα κυβερνητικά μέτρα όπως, η κυβερνητική αποτελεσματικότητα, η πολιτική σταθερότητα και η απουσία βίας. Αν και οι παραπάνω έρευνες ακολουθούν τη μέθοδο Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, ανάλογη μελέτη θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί και με τη Στοχαστική Ανάλυση Ορίων.

## *Βιβλιογραφία*

Afriat, S.N. (1972), "Efficiency Estimation of Production Functions", *International Economic Review*, 13, 568-598.

Aigner, D.J., and S.F. Chu (1968), "On Estimating the Industry Production Function", *American Economic Review*, 58, 826-839.

Aigner, D.J., C.A.K Lovell and P. Schmidt (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.

Battese, G.E., and T.J. Coelli (1988), "Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies With a Generalized Frontier Production Function and Panel Data", *Journal of Econometrics*, 38, 387-399.

Battese, G.E., and T.J. Coelli (1992), "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India", *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.

Battese, G.E., and T.J. Coelli (1993), "A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects", *Working Papers in Econometrics and Applied Statistics*, No. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.

Battese, G.E., and T.J. Coelli (1995), "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data", *Empirical Economics*, 20, 325-332.

Bauer PW (1990). Recent developments in the econometric estimation of frontiers. *Journal of Econometrics* 46: 39-56

Coelli, T.J. (1996a), "A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Frontier Production Function Estimation", CEPA Working Paper 96/07, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.

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.

Forsund FR, Lovell CAK, Schmidt P (1980) A survey of frontier production functions and their relationship to efficiency measurement. *Journal of Econometrics* 13:5-25

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., (2011), "Towards a culture of environmental efficiency: An application of conditional partial nonparametric frontiers". *MPRA Paper 28690*.

Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., (2012), "A conditional directional distance function approach for measuring regional environmental efficiency: Evidence from the UK regions", *European Journal of Operational Research*.

Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., (2012), "Carbon dioxide emissions and governance: A nonparametric analysis for the G-20 ". *MPRA Paper 40387*.

Meeusen, W. and van de Broeck, J. (1977), "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error", *International Economic Review*, 18, 435-444.

Reifschneider D, Stevenson R (1991) Systematic departures from the frontier: A framework for the analysis of firm inefficiency. *International Economic Review* 32:715-723.

Reinhard S., Lovell C.A. Knox, Thijssen Geert J. (2000), Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research*, 121, 287-303.

Schmidt, P. and Lovell, C.A.K. (1980), "Estimating Stochastic Production and Cost Frontiers when Technical and Allocative Inefficiencies Are Correlated", *Journal of Econometrics*, 13, pp. 83-100.