



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Οικονομικών επιστημών
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών
«Εφαρμοσμένη Οικονομική»

Διπλωματική εργασία

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ 51 ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΔΕΙΚΤΕΣ
MALMQUIST

ΜΑΚΡΗ ΕΛΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Λέκ. Τζερεμές Νικόλαος

Βόλος 2013

Υπεύθυνη δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η Δηλούσα
Μακρή Ελένη

Βόλος, Ιούνιος 2013

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Τζερεμέ , για την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε, την καθοδήγησή του και την όλη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες του μεταπτυχιακού προγράμματος στην «Εφαρμοσμένη Οικονομική» για τις πολύτιμες γνώσεις που μας προσέφεραν.

Στον πατέρα μου...

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1

1.Εισαγωγή.....	8
-----------------	---

Κεφάλαιο 2

2.1 Μέτρηση της Παραγωγικότητας.....	10
2.2 Δείκτης παραγωγικότητας <i>Malmquist</i>	15
2.3 Δείκτης παραγωγικότητας <i>Malmquist</i> χρησιμοποιώντας σταθερές αποδόσεις κλίμακας - <i>Fare et all. (1994)</i>	27
2.3.1 Τεχνική αποτελεσματικότητα (<i>technical efficiency</i>).....	27
2.3.2 Μεταβολή παραγωγικότητας (<i>productivity change</i>).....	28
2.4 Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (<i>DEA</i>).....	30
2.4.1 Το υπόδειγμα <i>DEA</i> με σταθερές αποδόσεις κλίμακας (<i>CRS-DEA</i>)...31	
2.4.2 Χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου <i>DEA</i>	35
2.5 Εμπειρικές εφαρμογές του δείκτη <i>Malmquist</i>	36

Κεφάλαιο 3

3.1 Μεθοδολογία.....	42
3.2 Εκτίμηση δείκτη <i>Malmquist TFP</i>	43
3.3. Δεδομένα.....	45
3.4. Εμπειρικά Αποτελέσματα.....	50

Κεφάλαιο 4

4.1. Συμπεράσματα.....	67
4.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	68

Βιβλιογραφία.....	69
-------------------	----

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά την παραγωγικότητα, την τεχνολογική μεταβολή και την αποδοτικότητα 51 χωρών για τη χρονική περίοδο 2000-2010 μέσω της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων DEA, ως την μέθοδο εκτίμησης των δεικτών. Από θεωρητικής πλευράς δίνει μεγάλη βάση στην έννοια της παραγωγικότητας καθώς και στις διαχρονικές εξελίξεις και παραλλαγές όπου εφαρμόστηκαν στον δείκτη μέτρησης της παραγωγικότητας, Malmquist. Ακόμα γίνεται ανάλυση και αναφορά στην Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων DEA, όπου ουσιαστικά αποτελεί μια μη- παραμετρική μέθοδο ανάλυσης και μας βοηθά στην εξαγωγή αποτελεσμάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 2000-2010 τη μεγαλύτερη τεχνολογική πρόοδο σημείωσε το Μεξικό με συνολική αύξηση κατά 57,4% και μικρότερη η Ελβετία με 16,3% ενώ τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα πραγματοποίησαν η Κίνα, η Ινδία και το Βιετνάμ με ποσοστά 184,5% 116,7% 112,3% αντίστοιχα.

Λέξεις κλειδιά: Παραγωγικότητα, μέτρηση παραγωγικότητας, δείκτης Malmquist, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων.

Jel Κωδικοί: C43, O47, O30, D24.

Abstract

This paper investigates the productivity growth, efficiency change and technological change in 51 countries during the period 2000-2010. In our investigation we use a nonparametric, output-based Malmquist index. Theoretically examines the decompositions of Malmquist index and analyzes and reports the Data Envelopment Analysis DEA, which is essentially a non-parametric method of analysis and enables us to export results. According to the results in 2000-2010 the greatest technological progress was at Mexico with a total increase of 57.4% and lower technological progress in Switzerland with 16.3%. Productivity growth was greater in China, India and Vietnam with rates 184.5% 116.7% 112.3% respectively.

Key words: Productivity, measuring productivity, Malmquist index, Data Envelopment Analysis.

Jel codes: C43, O47, O30, D24.

Κεφάλαιο 1

1.Εισαγωγή

Η παραγωγικότητα αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για κάθε οικονομία γενικότερα και για κάθε επιχείρηση ειδικότερα. Αποτελεί έναν όρο όπου πολλοί οικονομολόγοι εδώ και πολλά χρόνια προσπαθούν να αναλύσουν και κατά συνέπεια να μετρήσουν. Στην εργασία που ακολουθεί θα πραγματοποιήσουμε μέτρηση της παραγωγικότητας 51 χωρών χρησιμοποιώντας τους δείκτες Malmquist. Η ανάλυσή μας θα αποτελέσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς θα μπορούσαμε να συγκρίνουμε και να εντοπίσουμε πιθανές επιρροές της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης η οποία άρχισε ήδη να πραγματοποιείται από το 2008. Θα μπορούσαμε λοιπόν με τη βοήθεια της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, να φτιάξουμε τους δείκτες και να εξάγουμε τα συμπεράσματά μας. Πριν όμως ξεκινήσουμε την ανάλυσή μας κρίνεται σκόπιμο να δούμε και να κατανοήσουμε την έννοια της παραγωγικότητας καθώς και να αναλύσουμε λεπτομερώς τη διαχρονική εξέλιξη του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist.

Όταν συζητείται η αποδοτικότητα (performance) μιας παραγωγικής μονάδας, είναι σύνηθες να χαρακτηρίζεται ως λιγότερο ή περισσότερο αποτελεσματική (efficient) ή ως λιγότερο ή περισσότερο παραγωγική (productive). Με τον όρο αποτελεσματικότητα μιας παραγωγικής μονάδας εννοούμε τη σύγκριση μεταξύ των πραγματοποιηθέντων (observed) και των βέλτιστων (optimal) ποσοτήτων των εισροών η/και των εκροών της παραγωγικής διαδικασίας. Η σύγκριση αυτή μπορεί να πάρει τη μορφή του λόγου των πραγματοποιηθέντων προς την μέγιστη ποσότητα εκροών, η οποία παράγεται από μία δεδομένη ποσότητα εισροών ή του λόγου της ελάχιστης προς την πραγματική ποσότητα εισροών, που απαιτείται για την παραγωγή μιας δεδομένης ποσότητας εκροών ή κάποιο συνδυασμό των δύο. Στη σύγκριση αυτή το βέλτιστο ορίζεται σε όρους της εν δυνάμει συνάρτησης παραγωγής (production frontier) και η αποτελεσματικότητα αφορά την τεχνική πλευρά της παραγωγής. Με τον όρο παραγωγικότητα μιας παραγωγικής μονάδας εννοούμε τον λόγο των εκροών προς τις εισροές. Ο λόγος αυτός είναι εύκολο να

υπολογιστεί όταν για την παραγωγή μιας εκροής χρησιμοποιείται μόνο μία εισροή. Στην πραγματικότητα όμως, οι παραγωγικές μονάδες χρησιμοποιούν περισσότερες από μία εισροές για την παραγωγή πολλαπλών εκροών, με αποτέλεσμα οι εκροές και οι εισροές να πρέπει να ομαδοποιηθούν με τρόπο που να συμφωνεί με την οικονομική θεωρία, έτσι ώστε η παραγωγικότητα να παραμένει ο λόγος των εισροών προς τις εκροές. Οι παραγωγικοί συντελεστές και οι ενδιάμεσες εισροές συνδυάζονται μεταξύ τους σε συγκεκριμένες αναλογίες, που καθορίζονται μέσω της συνάρτησης παραγωγής, για την παραγωγή ενός ή περισσότερων τελικών προϊόντων. Ο ρυθμός μεταβολής της παραγωγικότητας υπολογίζεται από την διαφορά ανάμεσα στους ρυθμούς αύξησης των εκροών και των εισροών και μπορεί να είναι θετικός ή αρνητικός, ανάλογα με το εάν η συνολική αύξηση των εισροών είναι μεγαλύτερη από αυτή των εκροών. Διαφορές στην παραγωγικότητα μπορεί να οφείλονται σε διαφορές στην τεχνολογία παραγωγής, στην αποτελεσματικότητα της παραγωγικής διαδικασίας και στο περιβάλλον, στο οποίο λαμβάνει χώρα η παραγωγική διαδικασία. Η μέτρηση της τεχνικής αποτελεσματικότητας, της αποτελεσματικότητας μεγέθους και της παραγωγικότητας γίνεται στα πλαίσια τόσο της παραμετρικής όσο και της μη-παραμετρικής μεθόδου. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, οι μέθοδοι εκτίμησης που κυριαρχούν στη διεθνή βιβλιογραφία από την πλευρά της παραμετρικής μεθόδου είναι αυτή της στοχαστικής εν δυνάμει ανάλυσης (stochastic frontier analysis), που εκπορεύεται ταυτόχρονα από τα άρθρα των Aigner, Lovell και Schmidt (1977) και των Meusen και van den Broeck (1977) και από την πλευρά της μη-παραμετρικής η Data Envelopment Analysis (DEA), η οποία αναπτύχθηκε από τους Charnes, Cooper και Rhodes (1978) και αποτελεί την μέθοδο εκτίμησης στη συγκεκριμένη εργασία..

Η διαχρονική μεταβολή της παραγωγικότητας είναι ένας δείκτης της προσαρμοστικότητας ενός κλάδου. Στην παρούσα εργασία υπολογίζεται ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist ως μέτρο των μεταβολών της ολικής παραγωγικότητας (total factor productivity changes). Το κύριο πλεονέκτημα του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist είναι ότι δεν απαιτείται κάποια υπόθεση για τη συμπεριφορά αριστοποίησης των παραγωγών και επιτρέπει την αναποτελεσματικότητα (Fare et al. 1995).

Ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist, όπως έχει εισαχθεί από τον Caves et al. (1982) και τροποποιηθεί από τον Fare et al. (1989), ορίζεται με μια συνάρτηση απόστασης (distance functions) η οποία περιγράφει μια πολλαπλών εισροών και εκροών τεχνολογία παραγωγής χωρίς την περιπλοκότητα των χρηματικών τιμών των δεδομένων και την ανάγκη του καθορισμού υποθέσεων συμπεριφοράς όπως μεγιστοποίησης κέρδους ή ελαχιστοποίησης ζημίας. Οι συναρτήσεις απόστασης ταξινομούνται σε συναρτήσεις απόστασης εισροών και συναρτήσεις απόστασης εκροών. Η συνάρτηση απόστασης εκροών (εισροών) ορίζεται ως η αντιστοιχούσα στη μέγιστη (ελάχιστη) αναλογικά εξάπλωση -διαστολή (μάζεμα-συστολή) του διανύσματος της εκροής (εισροής) δοθέντος ενός διανύσματος της εισροής (εκροής) (Fare et al., 1994).

Η συγκεκριμένη εργασία δομείται ως εξής: Στο κεφάλαιο 2 αναλύεται η έννοια της παραγωγικότητας, ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist, η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA) καθώς εμπειρικές εφαρμογές του δείκτη Malmquist. Στο κεφάλαιο 3 παραθέτουμε τη μεθοδολογία, τα δεδομένα μας καθώς και τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα οποία αναλύονται. Τέλος στο Κεφάλαιο 4 περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα της εργασίας καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 2

2.1 Μέτρηση της Παραγωγικότητας

Η παραγωγικότητα μπορεί να προσεγγιστεί τόσο από την πλευρά των εκροών όσο και από την πλευρά των εισροών. Από την πλευρά των εκροών, ο ρυθμός μεταβολής της παραγωγικότητας δίνεται από την μεταβολή στη μέγιστη ποσότητα των εκροών που μπορεί να παραχθεί από μία δεδομένη ποσότητα των εισροών, ενώ από την πλευρά των εισροών, η μεταβολή της παραγωγικότητας συνδέεται με την μεταβολή της ελάχιστης ποσότητας των εισροών που απαιτούνται για την παραγωγή μιας δεδομένης ποσότητας εκροών (Καραγιάννης και Πάντζιος, 2002, σελ. 39). Η βασική ερώτηση που τίθεται

κατά την μέτρηση της παραγωγικότητας είναι ποιιά αναλογία της πραγματικής αύξησης του προϊόντος μεταξύ δύο χρονικών περιόδων εξηγείται από την αύξηση της χρησιμοποιούμενης ποσότητας των εισροών και ποιιά οφείλεται, για παράδειγμα, στην μεταβολή της τεχνολογικής προόδου. Η απάντηση δίνεται στο Διάγραμμα 1. σχήμα (α) και (β), όπου μία παραγωγική μονάδα παράγει μόνο μία εκροή (τελικό προϊόν) y με την χρησιμοποίηση μιας μόνο εισροής x . Έστω ότι η παραγωγική μονάδα ακολουθεί την καμπύλη ανάπτυξης AB στο σχήμα (α), όπου στη χρονική περίοδο $t = 0$ βρίσκεται στο σημείο Γ με παραγωγικό πλάνο (y_0, x_0) και στην χρονική στιγμή $t = 1$ μετατοπίζεται στο σημείο Δ με (y_1, x_1) . Οι γραμμές $\alpha\alpha'$ και $\beta\beta'$ εκφράζουν τις γραμμές ίσου κέρδους, δηλαδή την σχετική τιμή του τελικού προϊόντος, η οποία είναι ίση με τον λόγο της τιμής του προϊόντος προς το μοναδιαίο κόστος της εισροής. Οι συναρτήσεις παραγωγής $F1$ και $F2$ εφάπτονται στις γραμμές ίσου κέρδους $\alpha\alpha'$ και $\beta\beta'$ στα σημεία Γ και Δ . Η μεταβολή στην παραγωγή του προϊόντος $(y_1 - y_0)$ μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη: στο τμήμα $(y_2 - y_0)$, και το οποίο οφείλεται στην μετατόπιση της συνάρτησης παραγωγής τμήμα $(y_2 - y_1)$, που οφείλεται σε μετακίνηση πάνω στη συνάρτηση παραγωγής από το σημείο Γ στο Δ . Το πρώτο τμήμα εκφράζει τη βελτίωση της παραγωγικότητας μέσω της τεχνολογικής προόδου και αποτελεί την αύξηση του προϊόντος πέρα και πάνω από την αντίστοιχη αύξηση της εισροής. Το δεύτερο τμήμα ευθύνεται μόνο για την αύξηση του προϊόντος, λόγω της αύξησης της ποσότητας της εισροής κατά $(x_1 - x_0)$.

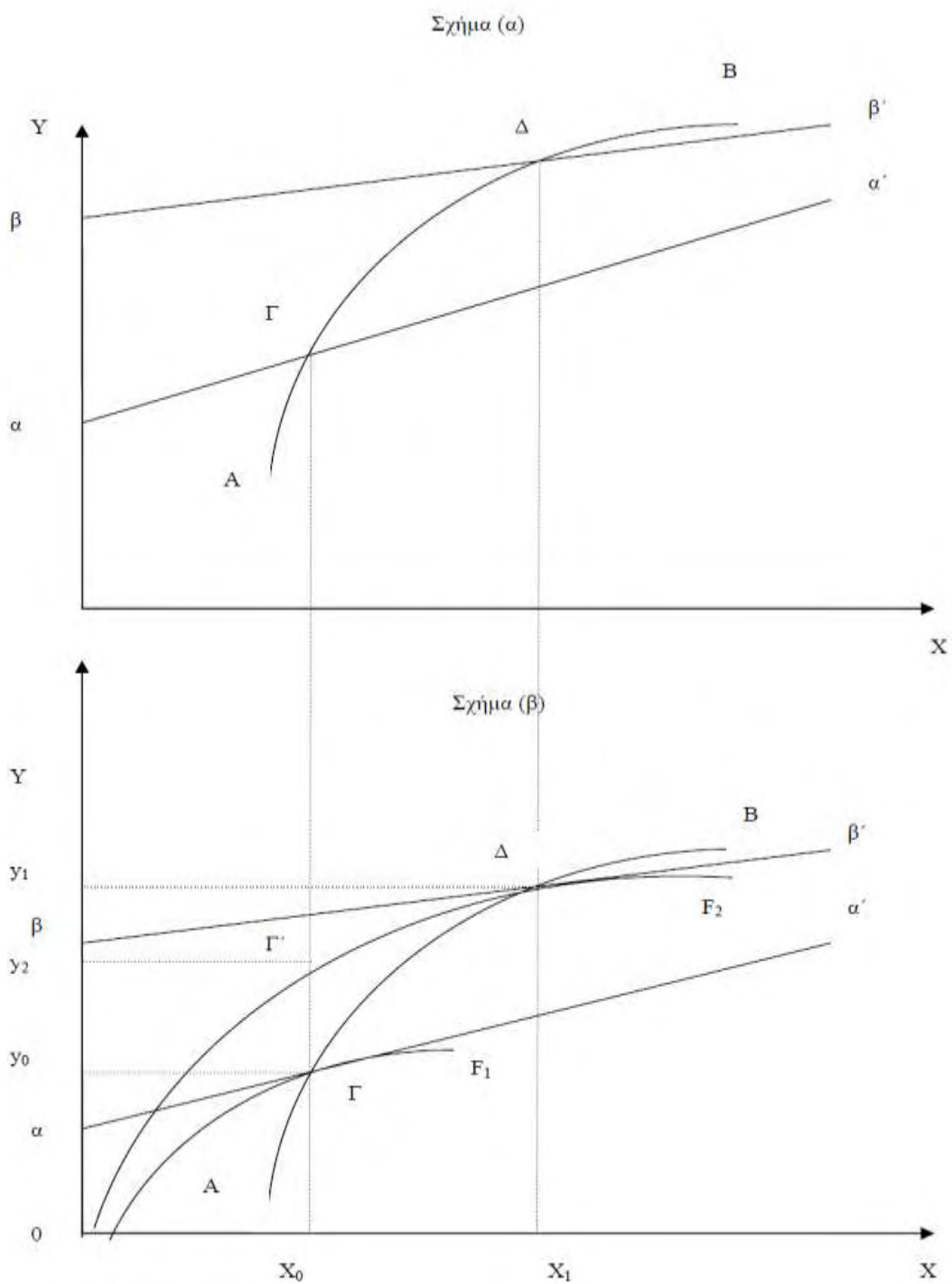
Το μερίδιο της αύξησης του παραγόμενου προϊόντος $(y_2 - y_0)$, που δεν οφείλεται στην αύξηση των εισροών, εξηγείται από τις μεταβολές άλλων οικονομικών μεταβλητών, που είτε βρίσκονται κάτω από τον έλεγχο της παραγωγικής μονάδας είτε είναι εξωγενείς ως προς αυτή, καθώς και από τις γενικότερες κοινωνικές αλλαγές που επηρεάζουν έμμεσα την παραγωγική διαδικασία. Σύμφωνα με τους Μέργο και Καραγιάννη (1997, σελ. 42), οι προσδιοριστικοί αυτοί παράγοντες της παραγωγικότητας μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

Πρώτον, σε αυτούς που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με την παραγωγική δομή της επιχείρησης, όπως οι τεχνολογικές αλλαγές, η παραγωγική

αποτελεσματικότητα, οι αποδόσεις κλίμακας, οι μεταβολές στο απόθεμα των οιονεί-σταθερών συντελεστών παραγωγής, ο βαθμός χρησιμοποίησης της υπάρχουσας παραγωγικής δυναμικότητας, η επενδυτική δραστηριότητα της παραγωγικής μονάδας και ο βαθμός επιθυμίας από την πλευρά του παραγωγού για ανάληψη κινδύνων.

Δεύτερον, στους παράγοντες που σχετίζονται με τις αγορές των εκροών και των εισροών, στους οποίους συμπεριλαμβάνονται οι τυχόν συνθήκες αβεβαιότητας, που αφορούν την τιμή του τελικού προϊόντος, τις τιμές των εισροών και την παραγωγή, ο βαθμός μονοπωλιακής εξάρτησης των αγορών των εκροών και των εισροών και η περίπτωση των υπό έλεγχο επιχειρήσεων.

Τρίτον, σε εξωγενείς ως προς την παραγωγική μονάδα παράγοντες, όπως ο ρόλος του ανθρώπινου κεφαλαίου, οι οικονομικές και περιβαλλοντικές πολιτικές που εντάσσονται στον κρατικό παρεμβατισμό, οι δαπάνες για έρευνα και ανάπτυξη, οι μακροοικονομικές μεταβλητές και η υποδομή του οικονομικού και κοινωνικού πλαισίου.



Διάγραμμα 1: Μέτρηση της συνολικής παραγωγικότητας (M=N=1). Πηγή: Hulten, 1986

Η μέτρηση της παραγωγικότητας γίνεται μέσω ενός ποσοτικού δείκτη, όπως οι δείκτες μερικής ή συνολικής παραγωγικότητας ώστε να γίνεται αντιληπτή η εξέλιξή της διαχρονικά ή διαστρωματικά (Christensen, 1975). Οι δείκτες μερικής παραγωγικότητας εκφράζουν την παραγωγικότητα ενός μόνο συντελεστή παραγωγής και ορίζονται ως το πηλίκο του παραγόμενου προϊόντος προς την χρησιμοποιούμενη ποσότητα του συγκεκριμένου συντελεστή παραγωγής. Δηλαδή, ο δείκτης μερικής παραγωγικότητας συμπίπτει με το μέσο φυσικό προϊόν και αποτελεί ακριβή και αμερόληπτη εκτίμηση της παραγωγικότητας μόνο στην οριακή περίπτωση κατά την οποία χρησιμοποιείται ένας μόνο συντελεστής παραγωγής. Όμως κάτι τέτοιο είναι πρακτικά αδύνατο και επομένως η μεροληψία είναι περιορισμένη. Η χρησιμοποίησή τους κρίνεται ικανοποιητική μόνο στην περίπτωση της παραγωγής με σταθερές αναλογίες, όπως σε μια Leontief συνάρτηση παραγωγής (Μέργος και Καραγιάννης, 1997, σελ. 99) ή όταν αναφέρεται στο σχετικά πιο σπάνιο συντελεστή παραγωγής (Hayami και Ruttan, 1970 και Yamada και Ruttan, 1980).

Οι δείκτες συνολικής παραγωγικότητας εκφράζουν την μεταβολή της παραγωγικότητας ως προς το σύνολο των παραγωγικών συντελεστών (Μέργος και Καραγιάννης, 1997 σελ. 104). Ο ρυθμός μεταβολής της παραγωγικότητας είναι η διαφορά ανάμεσα στο ρυθμό αύξησης μιας ομαδοποιημένης εκροής (aggregate output) και μιας ομαδοποιημένης εισροής (aggregate input).

Εξ ορισμού οι δείκτες συνολικής παραγωγικότητας παρακάμπτουν τα μειονεκτήματα των δεικτών μερικής παραγωγικότητας σε ότι αφορά την μεροληπτικότητά τους, στον τρόπο ομαδοποίησης των εκροών και των εισροών και πιο συγκεκριμένα στην εύρεση των καταλληλότερων σταθμίσεων των επιμέρους μεταβολών καθεμιάς εκροής και εισροής. Όμως, το πρόβλημά τους εντοπίζεται στον τρόπο ομαδοποίησης των εκροών και των εισροών και πιο συγκεκριμένα στην εύρεση των καταλληλότερων σταθμίσεων των επιμέρους μεταβολών καθεμιάς εκροής και εισροής. Το σημείο αυτό αποτέλεσε και την κύρια πηγή διαφωνιών αναφορικά με την επιλογή του δείκτη που χρησιμοποιείται για την προσέγγιση της παραγωγικότητας.

Στη βιβλιογραφία έχουν χρησιμοποιηθεί δύο μεθοδολογίες για την ομαδοποίηση των εισροών και των εκροών. Σε αυτές που χρησιμοποιούν

πρωτογενή στοιχεία (λογιστική προσέγγιση) και σε αυτές που βασίζονται σε εκτιμήσεις των ελαστικοτήτων παραγωγής μέσω οικονομετρικών ή μη παραμετρικών μεθόδων. Η λογιστική προσέγγιση χρησιμοποιεί τις αγοραίες τιμές και περιλαμβάνει τους δείκτες Paasche, Laspeyres, Tornqvist-Theil και Fisher (Diewert, 1976, Caves, Christensen και Diewert, 1982). Βασικό πλεονέκτημα της λογιστικής προσέγγισης είναι ότι οι δείκτες μπορούν να υπολογιστούν με απλές αλγεβρικές πράξεις, χωρίς να απαιτούνται οικονομετρικές ή μη- παραμετρικές εκτιμήσεις. Αντίθετα, όμως απαιτούνται στοιχεία που αφορούν τις τιμές των εκροών και των εισροών, που σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι διαθέσιμα ή δεν υπάρχουν.

Στη δεύτερη μεθοδολογία συμπεριλαμβάνεται εκτός των προαναφερθέντων δεικτών συνολικής παραγωγικότητας και ο δείκτης Malmquist, κυριότερο πλεονέκτημα του οποίου είναι ότι βασίζεται μόνο σε στοιχεία ποσοτήτων. Η χρησιμοποίηση του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist σε διάφορες εφαρμογές αναμένεται να εξάγει ασφαλέστερα αποτελέσματα εφόσον δεν είναι απαραίτητες οι αγοραίες τιμές των εκροών και των εισροών. Για τον υπολογισμό του, όμως, απαιτείται η εφαρμογή μη-παραμετρικών (Fare, Grosskopf, Lindgren και Ross (1992), Fare, Grosskopf, Norris και Zhang (1994)) ή οικονομετρικών μεθόδων (Fuente, Grifell-Tatje και Perelman, 2001).

2.2 Δείκτης παραγωγικότητας Malmquist

Ο Malmquist δείκτης παραγωγικότητας χρησιμοποιείται σε συγκρίσεις των τεχνολογιών παραγωγής δύο οικονομιών. Το όνομα του έχει προέλθει από τον εμπνευστή του, Σουηδό οικονομολόγο και στατιστικό Sten Malmquist, και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην εργασία των Douglas W. Caves, Laurits, R. Christensen και W. Erwin Diewert (1982). Αποτελεί τον πιο σύγχρονο δείκτη μέτρησης της συνολικής παραγωγικότητας ως προς τις εισροές και ως προς τις εκροές.

Τρεις διαφορετικοί δείκτες παραγωγικότητας Malmquist έχουν προταθεί στην βιβλιογραφία, οι οποίοι ορίζονται με βάση τις συναρτήσεις απόστασης ως προς τις εκροές και ως προς τις εισροές. Ο πρώτος δείκτης, που παρουσιάστηκε

από τους Caves, Christensen και Diewert (1982) ονομάζεται δείκτης παραγωγικότητας Malmquist (M^t) και ορίζεται τόσο από τις μεταβολές των εκροών με δεδομένες τις ποσότητες των εισροών (output-oriented):

$$M_o^t = \frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \quad (1)$$

όσο και ως προς τις μεταβολές των εισροών με δεδομένες τις ποσότητες των εκροών (input-oriented):

$$M_i^t = \frac{D_{ic}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{ic}^t(x^t, y^t)} \quad (2)$$

όπου t αναφέρεται σε χρονικές περιόδους και το c χαρακτηρίζει σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Λόγω των σταθερών αποδόσεων κλίμακας $D_{oc}^t = 1/D_{ic}^t$ (Fare και Primont, 1995, σελ. 24) συνεπάγεται και $M_o^t = 1/M_i^t$. Στο διάγραμμα 2 απεικονίζεται ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist ως προς τις εκροές για την περίοδο t . Η ευθεία T_t εκφράζει την τεχνολογία παραγωγής για την περίοδο t και τα σημεία (x^t, y^t) και (x^{t+1}, y^{t+1}) δύο διανύσματα εισροών – εκροών για τις δύο χρονικές περιόδους. Το διάνυσμα εισροών - εκροών (x^t, y^t) είναι μεν εφικτό αλλά βρίσκεται κάτω από την εν δυνάμει συνάρτηση παραγωγής, ενώ το (x^{t+1}, y^{t+1}) βρίσκεται πάνω από την εν δυνάμει συνάρτηση παραγωγής T_t . Επομένως, $D_{oc}^t(x^t, y^t) \leq 1$ και $D_{oc}^t(x^{t+1}, y^{t+1}) > 1$.

Ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist ως προς τις εκροές ισούται με τον λόγο $M_o^t = \frac{\partial d/\partial e}{\partial a/\partial b}$ και επειδή αυτός είναι μεγαλύτερος της μονάδας η παραγωγικότητα αυξάνεται.

Αντίστοιχα, για την χρονική περίοδο $t + 1$ ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist ως προς τις εκροές ορίζεται από τη σχέση (Caves, Christensen and Diewert 1982):

$$M_o^{t+1} = \frac{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (3)$$

Οι εξισώσεις 1 και 2 δίνουν διαφορετικές τιμές παραγωγικότητας, εφόσον υπολογίζονται ως προς την τεχνολογία παραγωγής δύο διαφορετικών χρονικών περιόδων.

Ο Bjurek (1996) παρουσιάζει τον δείκτη συνολικής παραγωγικότητας Malmquist (M^T), ο οποίος βασίζεται σε προηγούμενη εργασία του Diewert (1992). Ο δείκτης αυτός ορίζεται από το λόγο ενός δείκτη ποσότητας εκροών Malmquist προς τον αντίστοιχο δείκτη ποσότητας εισροών Malmquist. Συγκεκριμένα, ο δείκτης συνολικής παραγωγικότητας Malmquist (M^T) ορίζεται από τη σχέση:

$$M^T = \left(\frac{D_o^t(x^t, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^t(x^{t+1}, y^t)} \right) \quad (4)$$

Είναι φανερό, ότι ο δείκτης συνολικής παραγωγικότητας Malmquist βασίζεται σε συναρτήσεις απόστασης τόσο ως προς τις εκροές όσο και ως προς τις εισροές και επομένως, είναι πιο πολύπλοκος στον υπολογισμό του. Επιπλέον, βασίζεται σε τεχνολογίες παραγωγής που χαρακτηρίζονται από μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας.

Οι Grifell-Tatje και Lovell (1997) ανέπτυξαν τον γενικευμένο δείκτη παραγωγικότητας Malmquist (M^G). Ο δείκτης αυτός συνδυάζει στοιχεία του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist όσο και του δείκτη συνολικής παραγωγικότητας Malmquist. Μπορεί να οριστεί τόσο ως προς τις μεταβολές των εκροών:

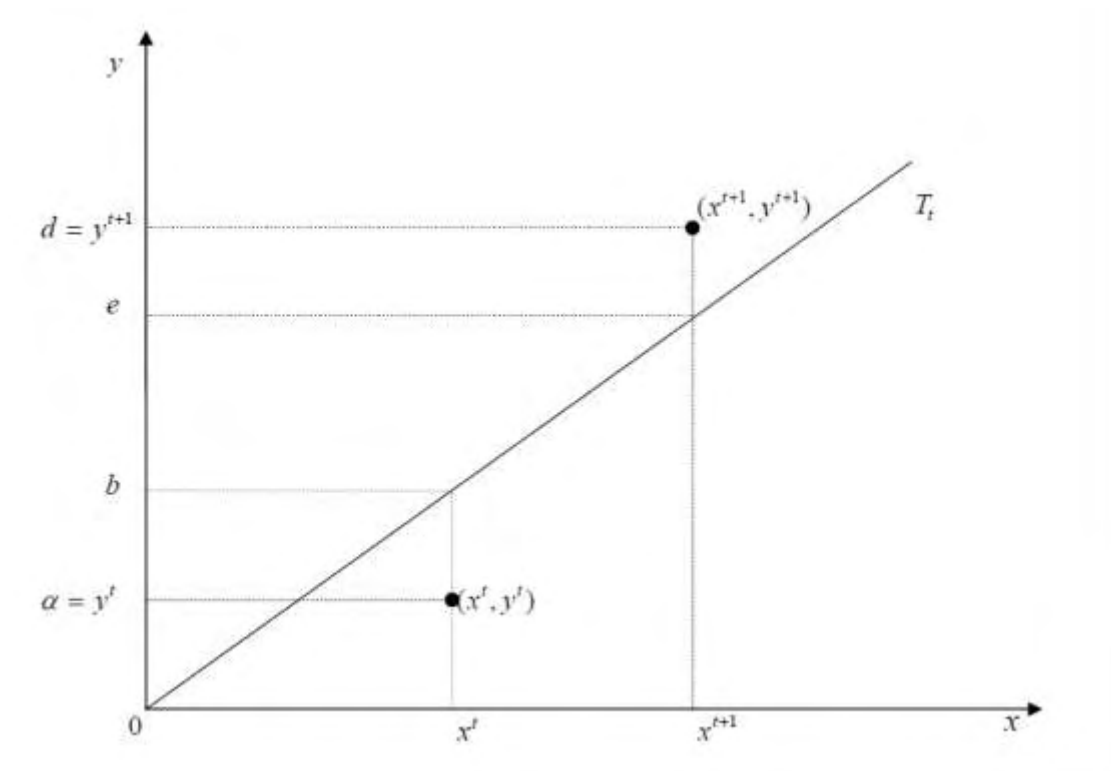
$$M_o^G = \left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^{t+1}, y^t)} \right) \left(\frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \right) \quad (5)$$

όσο και ως τις μεταβολές των εισροών:

$$M_i^G = \left(\frac{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^{t+1}, y^t)} \right) \left(\frac{D_{ic}^t(x^{t+1}, y^t)}{D_{ic}^t(x^t, y^t)} \right) \quad (6)$$

Είναι φανερό ότι για τον ορισμό του χρησιμοποιούνται συναρτήσεις απόστασης που αντιστοιχούν σε τεχνολογίες παραγωγής που χαρακτηρίζονται τόσο από σταθερές όσο και από μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας.

Οι τρεις διαφορετικές μορφές δεικτών παραγωγικότητας συνδέονται μεταξύ τους κάτω από ορισμένες συνθήκες. Πρώτον, σύμφωνα με τους Fare, Grosskopf και Roos (1998), ο δείκτης παραγωγικότητας (1) ή (2) και ο δείκτης συνολικής παραγωγικότητας (4) είναι ίσοι μεταξύ τους, όταν η τεχνολογία παραγωγής είναι αντιστρόφως ομοθετική και χαρακτηρίζεται από σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Δεύτερον, οι δείκτες παραγωγικότητας (1) ή (2) είναι αντίστοιχα ίσοι με τους γενικευμένους δείκτες παραγωγικότητας (5) ή (6), όταν η τεχνολογία παραγωγής χαρακτηρίζεται από σταθερές αποδόσεις κλίμακας.



Διάγραμμα 2: Δείκτης παραγωγικότητας Malmquist ως προς τις εκροές για την περίοδο t ($M = N = 1$), Πηγή: Fare, Grosskopf και Roos (1998), σελ. 133

Οι τρεις δείκτες παραγωγικότητας που αναφέραμε παραπάνω εκφράζουν την διαφορά μεταξύ της μεταβολής της ομαδοποιημένης εκροής και της ομαδοποιημένης εισροής. Η διαφορά τους έγκειται στον τρόπο ομαδοποίησης των εκροών και των εισροών. Ανεξάρτητα όμως από τον τρόπο ομαδοποίησης θα πρέπει όλοι οι δείκτες παραγωγικότητας να αντιστοιχούν στη σχέση:

$$TFP = \left(\frac{y^{t+1}}{x^{t+1}} \right) \left(\frac{x^t}{y^t} \right) \quad (7)$$

Οι Berg, Forsund και Jansen (1992) και οι Fare και Grosskopf (1996, σελ. 53-54) απέδειξαν ότι οι δείκτες παραγωγικότητας Malmquist έχουν τη μορφή της σχέσης (7), όταν οι συναρτήσεις απόστασης οριστούν με τεχνολογίες παραγωγής που χαρακτηρίζονται από σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν ορίζονται από μη σταθερές οικονομίες κλίμακας δεν αποτελούν καλώς ορισμένους δείκτες παραγωγικότητας. Ο δείκτης συνολικής παραγωγικότητας Malmquist εξ ορισμού αντιστοιχεί στη σχέση (7) (Bjurek, 1996, Balk, 1998, σελ. 113). Ο Balk (2001) απέδειξε ότι και ο γενικευμένος δείκτης παραγωγικότητας αντιστοιχεί στη σχέση (7). Επομένως, και οι τρεις δείκτες Malmquist αποτελούν καλώς ορισμένους δείκτες παραγωγικότητας.

Για όλους τους δείκτες παραγωγικότητας Malmquist τιμές ίσες με τη μονάδα δηλώνουν ότι η παραγωγικότητα μένει αμετάβλητη. Για τους δείκτες M_0 , M^T , και M^G τιμές μεγαλύτερες της μονάδας αντιστοιχούν σε βελτίωση της παραγωγικότητας, ενώ μικρότερες της μονάδας σε μείωση της παραγωγικότητας. Αντίθετα για τους δείκτες M_i και M_i^G τιμές μικρότερης της μονάδας αντιστοιχούν σε βελτίωση της παραγωγικότητας, ενώ μεγαλύτερης της μονάδας σε μείωση της παραγωγικότητας.

Επόμενο βήμα στη μέτρηση της παραγωγικότητας είναι η ανάλυση των πηγών μεγέθυνσης. Οι Nishimizu και Page (1982) ανέπτυξαν την πρώτη μορφή ανάλυσης της συνολικής παραγωγικότητας, σύμφωνα με την οποία ο δείκτης αναλύεται στη μεταβολή της αποτελεσματικότητας και στην τεχνολογική μεταβολή μέσω παραμετρικής μεθόδου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι δείκτες

Malmquist βασίζονται στην πρωταρχική προσέγγιση της θεωρίας της παραγωγής, υποθέτουν εξ ορισμού, διανεμητική αποτελεσματικότητα. Επομένως οι πηγές μεγέθυνσης περιορίζονται στην τεχνολογική πρόοδο, στην τεχνική αποτελεσματικότητα καθώς και στην αποτελεσματικότητα κλίμακας ή μεγέθους. Σε ότι αφορά στον δείκτη παραγωγικότητας Malmquist και στον γενικευμένο δείκτη παραγωγικότητας, όταν η τεχνολογία παραγωγής χαρακτηρίζεται από σταθερές αποδόσεις κλίμακας (όπως στο υπόδειγμά μας) η ανάλυση των πηγών μεγέθυνσης γίνεται με τον τρόπο που παρουσιάζεται από τους Fare et al. (1992, 1994) και αναλύεται στην εργασία ξεχωριστά. Όταν όμως η τεχνολογία παραγωγής χαρακτηρίζεται από μεταβλητές οικονομίες κλίμακας, η σχετική ανάλυση μπορεί να γίνει με πέντε διαφορετικούς τρόπους: Fare et al. (1994), Ray και Desli (1997), Wheelock και Wilson (1999), Balk (2001) και Lovell (2003).

Αν υποθέσουμε ότι η τεχνολογία παραγωγής χαρακτηρίζεται από μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, τότε η αποτελεσματικότητα μεγέθους μαζί με τις τεχνολογικές μεταβολές και την τεχνική αποτελεσματικότητα αποτελούν τις πηγές μεγέθυνσης της παραγωγικότητας. Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν πέντε εναλλακτικοί τρόποι ανάλυσης των πηγών μεγέθυνσης, οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τους ορισμούς των αποτελεσμάτων των τεχνολογικών μεταβολών (ΤΔ) και των μεταβολών στο βαθμό της αποτελεσματικότητας μεγέθους (ΣΕΔ).

Αρχικά οι Fare et al. (1994) υποστηρίζουν ότι η επίδραση των τεχνολογικών μεταβολών πρέπει να προσδιορίζεται με βάση την τεχνολογία παραγωγής που αντιστοιχεί σε σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Στη περίπτωση αυτή ισχύει:

$$M_O = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right] \left[\frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_{oc}^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

$$M_i = \frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_{ic}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right] \left[\frac{D_{ic}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_{ic}^t(x^t, y^t)}{D_{ic}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (9)$$

όπου ο πρώτος λόγος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού της τεχνικής αποτελεσματικότητας (TEΔ), που όμως υπολογίζεται με βάση την τεχνολογία που χαρακτηρίζεται από μεταβλητές οικονομίες κλίμακας, ο δεύτερος όρος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού της αποτελεσματικότητας μεγέθους (SEΔ) και ο τρίτος στις τεχνολογικές μεταβολές (TΔ). Ο βαθμός της αποτελεσματικότητας μεγέθους βελτιώνεται διαχρονικά, όταν παίρνει τιμές μεγαλύτερες (μικρότερες) της μονάδας και μειώνεται όταν παίρνει τιμές μικρότερες (μεγαλύτερες) της μονάδας.

Οι υπόλοιποι εναλλακτικοί τρόποι ανάλυσης των πηγών μεγέθυνσης χρησιμοποιούν την εν δυνάμει συνάρτηση παραγωγής που χαρακτηρίζεται από μεταβλητές οικονομίες κλίμακας για τη μέτρηση των τεχνολογικών μεταβολών. Διαφοροποιούνται όμως ως προς το αποτέλεσμα που αφορά τις μεταβολές στο βαθμό της αποτελεσματικότητας μεγέθους, ενώ χρησιμοποιούν την ίδια σχέση για το αποτέλεσμα που αφορά τις μεταβολές στο βαθμό της τεχνικής αποτελεσματικότητας.

Σύμφωνα με τους Ray and Desli (1997) και Mukherjee, Ray and Miller (2001) έχουμε:

$$M_o = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (10)$$

$$M_i = \frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_{ic}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_{ic}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{ic}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\left[\frac{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (11)$$

όπου ο πρώτος λόγος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού τεχνικής αποτελεσματικότητας (TEΔ) που υπολογίζεται με βάση την τεχνολογία με μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, ο δεύτερος όρος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού αποτελεσματικότητας μεγέθους (SEΔ) και ο τρίτος

στις τεχνολογικές μεταβολές (ΤΔ) με βάση τις μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας.

Παρότι η ερμηνευτική δυνατότητα των Ray και Desli φαίνεται να πλεονεκτεί έναντι αυτής των Fare et al. (1994), σε ότι αφορά το αποτέλεσμα των τεχνολογικών μεταβολών, όταν η τεχνολογία στην πραγματικότητα χαρακτηρίζεται από μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, προβληματική φαίνεται να είναι η μέτρηση του αποτελέσματος των μεταβολών της αποτελεσματικότητας μεγέθους. Το γεγονός αυτό επισημάνθηκε από τους Wheelock and Wilson (1999) όσο και από τον Balk (2001), οι οποίοι πρότειναν δύο άλλους εναλλακτικούς τρόπους, υιοθετώντας τον ορισμό των Ray and Desli (1997) για το αποτέλεσμα της τεχνολογικής μεταβολής. Οι Wheelock and Wilson (1999) υιοθετώντας τον ορισμό των Fare et al.(1994) για το αποτέλεσμα των μεταβολών της αποτελεσματικότητας μεγέθους πρότειναν για τον γεωμετρικό μέσο των δεικτών παραγωγικότητας την παρακάτω ανάλυση:

$$M_O = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_{oe}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \right] \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ \left[\frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (12)$$

$$M_i = \frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_{ic}^t(x^t, y^t)} \right] \left[\frac{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ \left[\frac{D_{ic}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{ic}^{t+1}(x^t, y^t)} \frac{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_{ic}^t(x^t, y^t)}{D_i^t(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (13)$$

όπου ο πρώτος λόγος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού της τεχνικής αποτελεσματικότητας (TEΔ) που υπολογίζεται ως προς την τεχνολογία με μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, ο δεύτερος όρος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού αποτελεσματικότητας μεγέθους (SEΔ), ο τρίτος όρος στις τεχνολογικές μεταβολές (ΤΔ) ως προς την τεχνολογία με μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας και ο τέταρτος όρος σε αυτό που οι Wheelock and Wilson (1999) ονομάζουν μεταβολή στην κλίμακα της τεχνολογίας.

Ο Balk (2001) διαφοροποιείται από τις προηγούμενες προσεγγίσεις ως προς το αποτέλεσμα των μεταβολών της αποτελεσματικότητας μεγέθους. Ο γεωμετρικός μέσος δείκτης της παραγωγικότητας με μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας μπορεί να αναλυθεί ως εξής:

$$M_O = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^t)}{D_o^t(x^{t+1}, y^t)} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^t)}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^t)} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2}$$

$$\left[\frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (14)$$

$$M_O = \frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_{ic}^t(x^{t+1}, y^t)}{D_i^t(x^{t+1}, y^t)} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_{ic}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{ic}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\left[\frac{D_i^t(x^{t+1}, y^t)}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^t)} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2}$$

$$\left[\frac{D_{ic}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_{ic}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{ic}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (15)$$

όπου ο πρώτος όρος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού της τεχνικής αποτελεσματικότητας (TEΔ) ως προς την τεχνολογία που χαρακτηρίζεται από μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, ο δεύτερος όρος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού αποτελεσματικότητας μεγέθους (SEΔ), ο τρίτος όρος στις τεχνολογικές μεταβολές (ΤΔ) ως προς την τεχνολογία με μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας και ο τέταρτος όρος αντιστοιχεί σε αυτό που ο Balk (2001) ονομάζει αποτέλεσμα συνδυασμού των εκροών και των εισροών (ΟΜΔ) αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι οι μεταβολές στα αποτελέσματα TEΔ και ΤΔ υπολογίζονται όπως και από τους Ray and Desli (1997), ενώ διαφορές υπάρχουν όσο αφορά τις μεταβολές στο αποτέλεσμα της αποτελεσματικότητας μεγέθους (SEΔ).

Η πιο πρόσφατη εκδοχή ανάλυσης του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist παρουσιάστηκε από τον Lovell (2003), ο οποίος κριτικάρει την ανάλυση των Fare et al. (1994) στις σχέσεις (8) και (9), υποστηρίζοντας ότι η σχέση μεταξύ

της αποτελεσματικότητας μεγέθους και των οικονομιών κλίμακας δεν είναι ξεκάθαρη. Σύμφωνα με τον Lovell (2003), η ανάλυση των πηγών μεγέθυνσης του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist, όπως αυτή αναπτύχθηκε από τους Ray και Desli (1997) αποτελεί μία ακριβή θεωρητική προσέγγιση της συνεισφοράς των οικονομιών κλίμακας στη μεταβολή της παραγωγικότητας, όταν για την παραγωγή μιας εκροής χρησιμοποιείται μία μόνο εισροή. Τι γίνεται όμως στην περίπτωση που ο αριθμός των εισροών που χρησιμοποιούνται ή των εκροών που παράγονται είναι μεγαλύτερος της μονάδας; Σε αυτήν την περίπτωση ο όρος που εκφράζει το αποτέλεσμα της μεταβολής της αποτελεσματικότητας μεγέθους (SEΔ) εμπεριέχει ένα radial scale economies effect (SΔ), αλλά και ένα output mix effect (ΟΜΔ). Επομένως, ο όρος της μεταβολής της αποτελεσματικότητας μεγέθους των Ray και Desli (1997) μπορεί να μετονομαστεί σε “activity effect” και ορίζεται από τη σχέση:

$$AE(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = S\Delta(x^t, y^t, \lambda x^t, \mu y^t) \bullet O\Delta(\mu y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) \bullet I\Delta(\lambda x^t, y^t, x^{t+1}) \quad (16)$$

Επομένως, ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist αναλύεται ως εξής:

$$M_{oc}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = T\Delta(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) \bullet T\Delta(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) \bullet S\Delta(x^t, y^t, \lambda x^t, \mu y^t) \bullet O\Delta(x^{t+1}, y^{t+1}, \mu y^t) \bullet I\Delta(y^t, x^{t+1}, \lambda x^t) \quad (17)$$

Η ανάλυση των πηγών μεγέθυνσης σύμφωνα με την σχέση (16) θυσιάζει την απλότητα της ανάλυσης των Ray και Desli (1997) για μια πιο λεπτομερή μέτρηση της συνεισφοράς των οικονομιών κλίμακας στην μεταβολή της παραγωγικότητας.

Σε αντίθεση με τον Balk (1998, p. 114), ο οποίος θεωρεί ότι η ανάλυση πηγών μεγέθυνσης στο δείκτη συνολικής παραγωγικότητας Malmquist δεν είναι εφικτή, ο Lovell (2003) την παρακάτω ανάλυση για τις πηγές μεγέθυνσης ως προς την περίοδο t , της οποίας η τεχνολογία χαρακτηρίζεται από μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας:

$$M^T = TE\Delta_o(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) \bullet T\Delta_o(x^{t+1}, y^{t+1}) \bullet SE\Delta^t(x^t, y^t, \lambda x^t, \mu y^t) \bullet O\Delta(x^t, y^{t+1}, \mu y^t) \bullet I\Delta(y^t, x^{t+1}, \lambda x^t) \quad (18)$$

Ο πρώτος όρος εκφράζει τη μεταβολή της τεχνικής αποτελεσματικότητας (TEΔ), ο δεύτερος όρος την μεταβολή της τεχνολογίας (TΔ) και οι υπόλοιποι όροι εκφράζουν αυτό που ο Lovell (2003) αποκαλεί “activity effect”, δηλαδή την συνεισφορά των οικονομιών κλίμακας της περιόδου t στην μεταβολή της παραγωγικότητας και αποτελείται από το αποτέλεσμα οικονομιών κλίμακας το output mix effect και το input mix effect.

Ο Balk (2004) κριτικάρει την ανάλυση των πηγών μεγέθυνσης του Lovell (2003), υποστηρίζοντας ότι το γινόμενο των τριών τελευταίων όρων της σχέσης (17) ισούται με τον όρο:

$$\frac{\mu D_o^t(x^t, y^{t+1})}{\lambda \mu D_o^t(x^t, y^t)} \frac{\lambda D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^t(x^{t+1}, y^t)} \quad (19)$$

ο οποίος είναι ίσος με τον δείκτη συνολικής παραγωγικότητας (M^t) που εισήγαγε ο Bjurek (1996). Ο Balk (2004) συμπεραίνει λοιπόν ότι δεν μπορούμε να αναλύσουμε τις πηγές μεγέθυνσης στον δείκτη συνολικής παραγωγικότητας, γιατί δεν ικανοποιεί την ιδιότητα της μεταβατικότητας.

Σύμφωνα με τους Grifell – Tatje and Lovell (1997), ο γενικευμένος δείκτης παραγωγικότητας Malmquist μπορεί να αναλυθεί ως εξής:

$$M_o = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{oc}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_{oc}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (20)$$

$$M_i = \frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_{ic}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_{ic}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{ic}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{ic}^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\left[\frac{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

όπου ο πρώτος όρος αντιστοιχεί στις διαδοχικές μεταβολές του βαθμού της τεχνικής αποτελεσματικότητας (TEΔ) ως προς την τεχνολογία παραγωγής με μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, ο δεύτερος όρος αντιστοιχεί στις μεταβολές του βαθμού της αποτελεσματικότητας μεγέθους (SEΔ) και ο τρίτος στις τεχνολογικές μεταβολές (ΤΔ) ως προς την τεχνολογία με μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας. Είναι φανερό, ότι τα αποτελέσματα (TEΔ) και (ΤΔ) υπολογίζονται σύμφωνα με τους Ray and Desli (1997), Wheelock and Wilson (1999) και Balk (2001), ενώ το αποτέλεσμα (SEΔ) είναι όμοιο με αυτό της προσέγγισης του Balk (2001). Επομένως η ανάλυση του γενικευμένου δείκτη παραγωγικότητας Malmquist είναι παρόμοια με αυτή του Balk (2001), με εξαίρεση ότι απουσιάζει από τις σχέσεις (20) και (21) το αποτέλεσμα του συνδυασμού των εκροών και του συνδυασμού των εισροών αντίστοιχα.

2.3 Δείκτης παραγωγικότητας Malmquist χρησιμοποιώντας σταθερές αποδόσεις κλίμακας - Fare et al. (1994).

2.3.1 Τεχνική αποτελεσματικότητα (technical efficiency)

Έστω ότι ορίζεται η τεχνολογία παραγωγής μίας Μονάδας Λήψης Αποφάσεων (DMU) σε χρόνο $t = 1, \dots, T$, ως P^t , που αποτελεί τον μετασχηματισμό των εισροών $x^t \in R_+^K$ σε εκροές $y^t \in R_+^M$. Επομένως,

$$P^t = \{(x^t, y^t): x^t, \text{μπορεί να παράγει } y^t\} \quad (22)$$

Η συνάρτηση απόστασης εκροών (Shepherd 1970, Fare 1988, Fare κ.α. 1994) ορίζεται στον χρόνο t ως:

$$D_o^t(x^t, y^t) = \min_{\theta} \{\theta: (x^t, y^t / \theta) \in P^t\} = (\max\{\theta: (x^t, \theta y^t)\} \in P^t)^{-1} \quad (23)$$

Αν $(x^t, y^t) \in P^t$ τότε $D_o^t(x^t, y^t) \leq 1$, ενώ $D_o^{t+1}(x^t, y^t) = 1$ αν και μόνο αν (x^t, y^t) βρίσκεται στο όριο παραγωγής. Η συνάρτηση απόστασης $D_o^t(x^t, y^t)$ αποτελεί μέτρο της αποτελεσματικότητας την περίοδο t . Η αποτελεσματικότητα για την περίοδο $t + 1$ υπολογίζεται με την αναλόγως ορισμένη συνάρτηση απόστασης $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$. Ωστόσο, για τον υπολογισμό του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist ορίζουμε την συνάρτηση απόστασης με βάση δύο διακριτές περιόδους t και $t + 1$ ως $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$ και $D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ αντίστοιχα.

2.3.2 Μεταβολή παραγωγικότητας (productivity change)

Οι Fare, Grosskopf και Lovell(1994) κατασκεύασαν έναν προσαρμοσμένο δείκτη Malmquist (Malmquist TFP index) για την DEA τεχνολογία παραγωγής. Ο συγκεκριμένος δείκτης εκτιμά τη μεταβολή στην παραγωγικότητα (productivity change) και συγχρόνως αναλύει την μεταβολή της παραγωγικότητας στον παράγοντα της τεχνολογικής μεταβολής (technical change) και στον παράγοντα μεταβολής της τεχνικής αποτελεσματικότητας (technical efficiency). Ο δείκτης Malmquist ως μέτρο του ρυθμού μεταβολής της παραγωγικότητας με βάση την αποτελεσματικότητα εκροής (την οποία χρησιμοποιούμε ως μέτρο στο ερευνητικό στάδιο της παρούσης εργασίας) έχει την παρακάτω μορφή:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^{t+1}, y^t)} \right) \left(\frac{D_{oc}^t(x^{t+1}, y^t)}{D_{oc}^t(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (24)$$

Όπου το $x^T \in R_+^N$ δηλώνει τις εισροές και $y^T \in R_+^M$ δηλώνει τις εκροές με $t = t, t + 1$. Ο συγκεκριμένος δείκτης υπολογίζει την μεταβολή της παραγωγικότητας ενός σημείου παραγωγής της επιχείρησης (x^t, y^t) τη χρονική στιγμή t σε σχέση με την παραγωγικότητα ενός σημείου τη χρονική στιγμή $t + 1$. Όταν η τιμή είναι μεγαλύτερη της μονάδας επιτυγχάνεται αύξηση του ρυθμού παραγωγικότητας από την περίοδο t στην περίοδο $t + 1$. Αντιθέτως, όταν η τιμή είναι μικρότερη της μονάδας εμφανίζεται μείωση του ρυθμού παραγωγικότητας. Τέλος, όταν η τιμή του δείκτη είναι ίση με τη μονάδα ο ρυθμός μεταβολής της παραγωγικότητας παραμένει σταθερός. Πρακτικά, ο συγκεκριμένος δείκτης αντιστοιχεί στο γεωμετρικό μέσο δύο Malmquist TFP δεικτών με σημείο αναφοράς τις εκροές. Ο ένας δείκτης υπολογίζει την τεχνολογία παραγωγής της περιόδου t και ο δεύτερος την τεχνολογία της περιόδου $t + 1$. Ο δείκτης Malmquist TFP μπορεί να επιμερισθεί σε δύο επιπλέον συνιστώσες και να λάβει τη μορφή :

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (25)$$

Όπου ο λόγος $TEC^{t,t+1} = \left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right)$, μετρά τη μεταβολή της τεχνικής αποτελεσματικότητας από την περίοδο t έως την περίοδο $t+1$, ενώ το γινόμενο των λόγων $TC^{t,t+1} = \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2}$, μετρά την τεχνολογική μεταβολή από την περίοδο t έως την περίοδο $t+1$. Αν οι λόγοι TEC και TC λαμβάνουν τιμές μεγαλύτερης της μονάδας σημαίνει πως η τεχνική αποτελεσματικότητα και αντίστοιχα η τεχνολογία βελτιώνονται, ενώ αν λαμβάνουν τιμές μικρότερης της μονάδας το επίπεδά τους μειώνεται. Αν οι Μονάδες Λήψης Αποφάσεων παράγουν μια εκροή τότε $TC^{t,t+1} \equiv F^{t+1}(x)/F^t(x)$ όπου F η συνάρτηση παραγωγής.

Σύμφωνα με τον Balk (2001), την χρονική περίοδο t , η παραγωγική μονάδα παράγει προϊόν y^t και χρησιμοποιεί x^t εισροές. Εξ ορισμού, μια Μονάδα Λήψης Αποφάσεων με συνδυασμό εισροών x^t μπορεί να παράγει $y^t/D_0^t(x^t, y^t)$. Συνεπώς, ο λόγος $y^t/y^t D_0^t(x^t, y^t)$ μετρά την τεχνική αποτελεσματικότητα (TE) του σημείου παραγωγής (x^t, y^t) την χρονική περίοδο t . Πρακτικά το TE μετρά την απόσταση μεταξύ του σημείου και του ορίου παραγωγής της Μονάδας Λήψης Αποφάσεων. Την συγκεκριμένη απόσταση οφείλει να διανύσει μια DMU για να είναι τεχνικά αποτελεσματική. Σύμφωνα με τον Balk (2001), η τεχνική αποτελεσματικότητα διατυπώνεται ως εξής:

$$TE^{t+1}(x^t, y^t) \equiv \frac{\|y^t\|}{\|y^t/y^t D_0^t(x^t, y^t)\|} = D_0^t(x^t, y^t) \quad (26)$$

Για την μονάδα Λήψης Αποφάσεων που παράγει μια εκροή, η $TE^t(x^t, y^t) = y^t/F^t(x^t)$ είναι ο λόγος του πραγματικού με το μέγιστο εφικτό προϊόν.

2.4 Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA)

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA), η οποία εφαρμόζεται στην παρούσα εργασία, είναι μια μη παραμετρική μαθηματική μεθοδολογία για την εκτίμηση των ορίων τεχνολογίας παραγωγής. Η συγκεκριμένη μέθοδος μέτρησης της αποτελεσματικότητας των παραγωγικών μονάδων πρωτοεμφανίστηκε από τον Farrell (1957), ο οποίος στηρίχθηκε στις εργασίες των Debreu (1951) και Koopmans (1951). Ο Farrell (1957) όρισε ένα απλό μέτρο της αποτελεσματικότητας το οποίο αποτελείται από δύο στοιχεία. την τεχνική αποτελεσματικότητα, που μετρά την ικανότητα της επιχείρησης να παράγει το μέγιστο δυνατό προϊόν για δεδομένο σύνολο εισροών και την διανεμητική αποτελεσματικότητα (allocative efficiency) που αποδίδει την ικανότητα της παραγωγικής μονάδας να χρησιμοποιεί τις εισροές της σε άριστες ποσότητες, με δεδομένες τις αγοραίες τιμές των συγκεκριμένων εισροών.

Οι Charnes, Cooper και Rhodes (1978) στηριζόμενοι στην εργασία του Farrell κατασκεύασαν το υπόδειγμα DEA. Το παραπάνω υπόδειγμα αναπτύχθηκε για τεχνολογίες παραγωγής που χαρακτηρίζονται από σταθερές αποδόσεις κλίμακας (Constant Returns to Scale-CRS). Σκοπός της μη παραμετρικής προσέγγισης για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας της παραγωγής, είναι ο ορισμός μιας οροθετημένης επιφάνειας επικάλυψης για όλες τις παραγωγικές μονάδες του δείγματος. Οι παραγωγικές μονάδες που βρίσκονται στην επιφάνεια ονομάζονται αποτελεσματικές, ενώ αυτές που βρίσκονται εκτός της επιφάνειας ονομάζονται αναποτελεσματικές. Πληθώρα μελετών, ακολούθησαν τα επόμενα έτη, με θεωρητικές βελτιώσεις και εμπειρικές εφαρμογές της DEA. Σημαντικότερη αυτή των Banker, Charnes και Cooper (1984) που τροποποίησαν το αρχικό υπόδειγμα, ώστε να λαμβάνει υπόψη μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας (VRS).

2.4.1 Το υπόδειγμα DEA με σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS-DEA)

Το υπόδειγμα των Charnes, Cooper και Rhodes (1978), είναι γνωστό και ως υπόδειγμα CCR από τα αρχικά των ερευνητών που το ανέπτυξαν. Για την θεωρητική προσέγγιση του υποδείγματος υποθέτουμε πως το δείγμα, που ερευνάται, περιλαμβάνει δεδομένα για N παραγωγικές μονάδες, που καθεμία χωριστά χρησιμοποιεί K εισροές και παράγει M εκροές. Το διάνυσμα εισροών συμβολίζεται στην i -οστή παραγωγική μονάδα με x_i και το διάνυσμα των εκροών με y_i . Οι εισροές των παραγωγικών μονάδων περιλαμβάνονται στον διαστάσεων $K \times N$ πίνακα X και οι εκροές στον διαστάσεων $M \times N$ πίνακα Y . Στην βιβλιογραφία της μεθόδου DEA οι παραγωγικές μονάδες ονομάζονται «Μονάδες Λήψης Αποφάσεων» ή DMU (Decision Make Unit), όπως τις αναφέραμε και παραπάνω. Ο διακριτός αυτός όρος χρησιμοποιείται για να υπογραμμισθεί πως η DEA δεν περιορίζεται μόνο σε μελέτη της αποτελεσματικότητας των οικονομικών μονάδων (εταιρίες) που έχουν κερδοσκοπικό χαρακτήρα, αλλά και παραγωγικών μονάδων που μετατρέπουν κάθε μορφής εισροή σε κάθε μορφής εκροή. Σκοπός της χρήσης της DEA τεχνολογίας είναι η δημιουργία ενός μη παραμετρικού ορίου επικάλυψης με τα σημεία παραγωγής των DMU να βρίσκονται επάνω στο όριο παραγωγής (αποτελεσματικές DMU) ή κάτω από αυτό (αναποτελεσματικές DMU).

Ο πιο απλός τρόπος μέτρησης της τεχνικής αποτελεσματικότητας (technical efficiency) θα ήταν με την μορφή λόγου (κλασματική μορφή). Αριθμητής θα ήταν το σύνολο των εκροών και παρονομαστής το σύνολο των εισροών. Το κλάσμα θα είχε τη μορφή $u'y_i/v'x_i$, όπου u' το $M \times 1$ διάνυσμα των συντελεστών βαρύτητας των εκροών και v' το $K \times 1$ διάνυσμα των συντελεστών βαρύτητας των εισροών. Ο παραπάνω υπολογισμός της τεχνικής αποτελεσματικότητας παρουσιάζει δύο σοβαρά προβλήματα. Το πρώτο αρνητικό στοιχείο είναι η έλλειψη αντικειμενικού κριτηρίου επιλογής των συντελεστών βαρύτητας και το δεύτερο σημαντικό πρόβλημα είναι η υπόθεση

πως όλες οι DMU αξιολογούν τις εισροές και τις εκροές τους με την ίδια αξία. Η DEA τα επιλύει επιλέγοντας για κάθε DMU τους βέλτιστους συντελεστές βαρύτητας που την τοποθετούν σε ευνοϊκότερη θέση σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Επομένως, η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος γράφεται ως εξής:

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} (u'y_i/v'x_i), \\ & \text{δ.ο. } (u'y_j/v'x_j) \leq 1, j = 1, 2, \dots, N, \\ & u, v \geq 0, \end{aligned} \tag{27}$$

Σύμφωνα με το παραπάνω υπόδειγμα οι τιμές των u και v πρέπει να μεγιστοποιούν την τεχνική αποτελεσματικότητα της i -οστης DMU. Οι μεταβλητές u και v λαμβάνουν τιμές μεγαλύτερες ή ίσες του μηδενός, προκειμένου να συμμετέχουν όλες οι εκροές και οι εισροές αντίστοιχα στον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας. Επιπλέον, οι τιμές που λαμβάνει η τεχνική αποτελεσματικότητα είναι μικρότερες ή ίσες της μονάδας. Εάν η τεχνική αποτελεσματικότητα της i -οστης DMU είναι ίση με τη μονάδα τότε η DMU i χρησιμοποιεί την τεχνολογία παραγωγής ιδανικά σε σύγκριση με τις υπόλοιπες DMU που χρησιμοποιούν κοινή τεχνολογία παραγωγής. Αντιθέτως, αν ο βαθμός τεχνικής αποτελεσματικότητας είναι μικρότερος της μονάδας, αυτό σημαίνει πως παρά την βέλτιστη επιλογή των συντελεστών βαρύτητας για την ομαδοποίηση των εισροών από την i -οστη DMU, υπάρχουν άλλες DMU που χρησιμοποιούν με πιο αποτελεσματικό τρόπο την δεδομένη τεχνολογία παραγωγής. Βασικό μειονέκτημα του προβλήματος (27) είναι ο άπειρος αριθμός λύσεων¹. Επομένως, είναι απαραίτητη η αλλαγή της μορφής του προβλήματος από κλασματική σε γραμμική, προκειμένου να επιλυθεί με τη μέθοδο γραμμικού προγραμματισμού. Αυτό επιτυγχάνεται θέτοντας τον παρανομαστή ίσο με κάποια σταθερή τιμή, που στην προκειμένη περίπτωση είναι η μονάδα. Συνεπώς για $u, v \geq 0$ το υπόδειγμα CRS-DEA (27) λαμβάνει την εξής γραμμική μορφή :

¹ Αυτό συμβαίνει, γιατί αν το διάνυσμα $(K + M > N + 1)$ αποτελεί μία λύση του προβλήματος τότε και το διάνυσμα $(\alpha u^*, \alpha v^*)$, με α οποιαδήποτε σταθερά, αποτελεί λύση.

$$\begin{aligned}
& \max_{\mu, \nu} (\mu' y_i), \\
& \delta.ο. \nu' x_i = 1, \\
& \mu' y_j - \nu' x_j \leq 0, j = 1, 2, \dots, N, \\
& \mu, \nu \geq 0
\end{aligned} \tag{28}$$

όπου οι συντελεστές βαρύτητας μ και ν του προβλήματος (27) μετασχηματίζονται σε μ και ν . Η μαθηματική αυτή διατύπωση είναι γνωστή ως υπόδειγμα του πολλαπλασιαστή του προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού. Με την χρήση των δεδομένων του προηγούμενου υποδείγματος (28) μπορεί να αναδιατυπωθεί το αρχικό πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού σε δυική μορφή, με κοινά αποτελέσματα ως προς τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας.

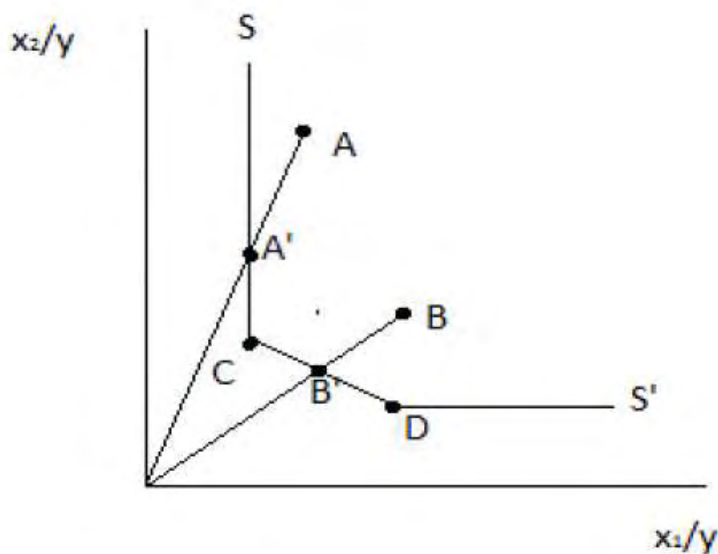
Επομένως το αντίστοιχο δυικό υπόδειγμα περικάλυψης (envelopment) λαμβάνει τη μορφή :

$$\begin{aligned}
& \min_{\theta, \lambda} \theta, \\
& \delta.ο. Y\lambda - y_i \geq 0, \\
& \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
& \lambda \geq 0,
\end{aligned} \tag{29}$$

όπου θ είναι μία παράμετρος και λ το διαστάσεων $N \times 1$ διάνυσμα των μεταβλητών X και Y . Το δυικό υπόδειγμα περικάλυψης, υπόκειται σε μικρότερο αριθμό περιορισμών από το υπόδειγμα του πολλαπλασιαστή, δεδομένου ότι ο αριθμός των DMU (N) είναι κατά κανόνα πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των εισροών (K) που χρησιμοποιούν στην παραγωγική διαδικασία και των εκροών (M) που παράγουν. Άρα, το υπόδειγμα πρέπει να λυθεί N φορές όσες και οι DMU του εξεταζόμενου δείγματος. Η τιμή που

λαμβάνει η παράμετρος θ στο υπόδειγμα (29) αντιστοιχεί στο βαθμό τεχνικής αποτελεσματικότητας εισροών (TE_i) της i -οστής DMU. Το θ λαμβάνει τιμές μικρότερες ή ίσες $\theta \leq 1$ της μονάδας, με την μοναδιαία τιμή να αποτελεί ένδειξη πως η i -οστή DMU παράγει πάνω στο όριο της τεχνολογίας παραγωγής και είναι τεχνικά αποτελεσματική (Farrell 1957).

Η καλύτερη κατανόηση της τεχνικής αναποτελεσματικότητας εισροών και των εκτιμήσεων της μπορεί να επιτευχθεί με την βοήθεια του Σχήματος (3), στο οποίο απεικονίζεται η απλή περίπτωση του υποδείγματος, με τις DMU να χρησιμοποιούν δύο εισροές (x_1, x_2) για την παραγωγή μίας εκροής y . Οι συνδυασμοί C και D αντιστοιχούν στις δύο αποτελεσματικές παραγωγικές μονάδες και βρίσκονται επάνω στο όριο τεχνολογίας παραγωγής. Στην ουσία, αν το υπόδειγμα περικάλυψης (28) λάβει την μορφή εξίσωσης, τότε η επίλυσή της αποτελεί μια γραμμική προσέγγιση της καμπύλης ισοπαραγωγής. Τα σημεία A και B παριστάνουν τεχνικά αναποτελεσματικές DMU. Οι λόγοι OA'/OA και OB'/OB αποτελούν το βαθμό τεχνικής αποτελεσματικότητας των DMU A ($TE^1 = \theta^A$) και B ($TE^1 = \theta^B$) αντίστοιχα. Οι δυσκολίες στην μέτρηση της τεχνικής αποτελεσματικότητας προκύπτουν, όταν το σημείο στο οποίο αντιστοιχεί η παραγωγική μονάδα, αν και βρίσκεται στο όριο της τεχνολογίας παραγωγής, εμφανίζεται σε οριζόντιο ή κάθετο τμήμα τεθλασμένης γραμμής που την ορίζει. Για παράδειγμα είναι αμφισβητήσιμο αν το σημείο A' αποτελεί αποτελεσματικό σημείο, καθώς με μείωση της ποσότητας της εισροής x_2 (CA') παράγεται η ίδια ποσότητα εκροών. Η απόσταση CA' ονομάζεται χαλάρωση εισροής (input slack) της εισροής x_2 . Ανάλογη είναι και η χαλάρωση εκροής. Η επικρατούσα άποψη (Farrell 1957) είναι πώς ο συνδυασμός τεχνικής αποτελεσματικότητας (θ) και χαλάρωσης εισροών-εκροών αποτελεί την ακριβή ένδειξη της τεχνικής αποτελεσματικότητας μίας DMU. Αντιθέτως, σύμφωνα με τον Koopman (1951) μία παραγωγική μονάδα είναι τεχνικά αποτελεσματική αν λειτουργεί στο όριο της τεχνολογίας παραγωγής και συγχρόνως οι χαλαρώσεις εισροών και εκροών είναι μηδενικές. Για την i -οστή DMU η χαλάρωση εισροής θα είναι μηδενική αν $\theta x_i - X\lambda = 0$.



Διάγραμμα 3. Χαλαρώσεις εισροών. Πηγή: Farell (1957), σελ. 3.

2.4.2 Χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου DEA

Η μη παραμετρική μέθοδος DEA αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για την μέτρηση της τεχνικής αποτελεσματικότητας των παραγωγικών μονάδων. Με τη βοήθειά της, οι DMU μπορούν να επιλέξουν τους βέλτιστους συντελεστές βαρύτητας των εκροών που παράγουν και των εισροών που χρησιμοποιούν στην παραγωγική διαδικασία. Ακόμα και στην περίπτωση που χρησιμοποιεί άριστα τους συντελεστές βαρύτητας μια DMU και εξακολουθεί να παραμένει αναποτελεσματική δεν αμφισβητείται πως έχουν χρησιμοποιηθεί οι κατάλληλοι συντελεστές για την αξιολόγησή της.

Επίσης, η μέθοδος DEA προτιμάται σε περιπτώσεις που συγκρίνονται DMU που ένα μέρος των εισροών τους και των εκροών διαφέρουν. Επιπλέον στην DEA κάθε DMU ενδέχεται να υπολογίζει με διαφορετικό τρόπο την αξία των εισροών και εκροών. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί, πως στην περίπτωση που κάθε παραγωγική μονάδα επεξεργάζεται στο σύνολο της διαφορετικές εισροές και παράγει στο σύνολο της διαφορετικές εκροές, θα εμφανίζονται όλες οι εξεταζόμενες DMU πλήρως αποτελεσματικές. Άρα,

για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων με τη χρήση της μεθόδου DEA, απαιτείται ο συνδυασμός της διαφορετικότητας των παραγωγικών μονάδων με τα κοινά τους χαρακτηριστικά, που θα αποτελέσουν την βάση της σύγκρισης. Ανάλογα με τον αριθμό των εισροών και των εκροών, αλλά όχι το πλήθος των DMU, διαμορφώνεται και η τιμή που λαμβάνει ο βαθμός τεχνικής αποτελεσματικότητας της DMU. Αν για παράδειγμα προστεθεί στο εξεταζόμενο δείγμα μία παραγωγική μονάδα με άριστη απόδοση ενδέχεται να μειώσει τον βαθμό τεχνικής αποτελεσματικότητας ορισμένων μονάδων. Συνεπώς, η αποτελεσματικότητα των DMU δεν εξαρτάται από το πλήθος των παραγωγικών μονάδων. Επιπλέον, ο βαθμός τεχνικής αποτελεσματικότητας των DMU έχει θετική σχέση με τον αριθμό των εκροών και των εισροών που λαμβάνονται υπόψη στη DEA. Σε μετρήσεις με μικρό αριθμό DMU και πλήθος εισροών και εκροών οι πλειοψηφία των DMU θα εμφανίζεται λειτουργικά πλήρως αποτελεσματική. Επίσης, οι παραγωγικές μονάδες που λειτουργούν πλήρως αποτελεσματικά θα είναι ίσες ή περισσότερες από τον αριθμό των εκροών που επεξεργάζεται η μελέτη.

Τέλος, όπως σημειώθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, όσο πιο ανομοιογενείς είναι οι παραγωγικές μονάδες, τόσο θα αυξάνεται ο αριθμός των τεχνικά αποτελεσματικών DMU.

2.5 Εμπειρικές εφαρμογές του δείκτη Malmquist

Η μέτρηση της παραγωγικότητας αποτελεί αντικείμενο μελέτης για πολλούς οικονομολόγους. Η εφαρμογή της, χρησιμοποιώντας δείκτες παραγωγικότητας Malmquist εναλλάσσεται μεταξύ πολλών τομέων και γνωστικών πεδίων. Στη βιβλιογραφία θα συναντήσουμε πολλές εφαρμογές μέτρησης της παραγωγικότητας τόσο σε επίπεδο χωρών γενικά, όσο και ειδικότερα σε τομείς όπως η γεωργία, η υγεία, ο τραπεζικός τομέας, κτλ. Έτσι λοιπόν κάποιες από τις πιο σημαντικές μετρήσεις της παραγωγικότητας σύμφωνα με τη βιβλιογραφία αποτελούν οι παρακάτω.

Όσον αφορά τον τομέα της υγείας (οι μελέτες παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα) η πλειοψηφία των μελετών χρησιμοποιεί συναρτήσεις απόστασης ως προς τις εισροές τις οποίες εκτιμά μέσω της μη-παραμετρικής μεθόδου DEA. Οι **Fare et al. (1992b)** ασχολήθηκαν με τη μέτρηση της παραγωγικότητας 17 δημόσιων νοσοκομείων της Σουηδίας για τη χρονική περίοδο 1970-1985. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν σημαντική απόκλιση της παραγωγικότητας μεταξύ των νοσοκομείων διαχρονικά. Τα περισσότερα νοσοκομεία εμφανίζουν μείωση παραγωγικότητας προς τα μέσα και τέλη της δεκαετίας του 1970, ενώ αντίθετα παρατηρείται αύξηση κατά τη χρονική περίοδο 1980-1982.

Οι **Burgess και Wilson (1995)** διαπιστώνουν μείωση της παραγωγικότητας στα στρατιωτικά νοσοκομεία των ΗΠΑ για την περίοδο 1985-1988. Η μείωση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην τεχνολογική οπισθοδρόμηση. Ο **Linna (1998)** εκτιμά ότι τα 42 νοσοκομεία της Φιλανδίας εμφανίζουν αύξηση της παραγωγικότητας κατά 3-5% κατά το διάστημα 1988-1994, η οποία οφείλεται ταυτόχρονα στην τεχνολογική μεταβολή και στο αποτέλεσμα της διαχρονικά μεταβαλλόμενης αποτελεσματικότητας κόστους.

Οι **Maniadakis et al. (1999)** μετρούν τη μεταβολή της παραγωγικότητας και της ποιότητας 75 οξείας νοσηλείας νοσοκομείων της Σκοτίας για τη χρονική περίοδο 1991-1996. Τα εμπειρικά αποτελέσματα αυτής της μελέτης κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι η παραγωγικότητα αυξήθηκε κατά μέσο όρο κατά 7,2%. Η αύξηση οφείλεται στην τεχνολογική πρόοδο και στην τεχνική αποτελεσματικότητα, ενώ η αποτελεσματικότητα μεγέθους παραμένει ουδέτερη. Το ίδιο δείγμα νοσοκομείων χρησιμοποιείται και από τους **Maniadakis και Thannasoulis (2000)**, οι οποίοι ταυτόχρονα με το δείκτη παραγωγικότητας Malmquist εισάγουν και το δείκτη cost Malmquist. Τα εμπειρικά αποτελέσματα έδωσαν παρόμοιες τιμές αύξησης της παραγωγικότητας και για τους δύο δείκτες. Η βελτίωση της παραγωγικότητας οφείλεται στην αύξηση της διανεμητικής αποτελεσματικότητας και στην τεχνική αποτελεσματικότητα, ενώ η αποτελεσματικότητα μεγέθους δεν φαίνεται να επηρεάζει.

Οι **McCallion et al. (2000)** υποστηρίζουν ότι η παραγωγικότητα των νοσοκομείων μεγάλου μεγέθους της Βόρειας Ιρλανδίας αυξήθηκε κατά 2,31%,

ενώ των νοσοκομείων μικρού μεγέθους κατά 22,53% κατά την περίοδο 1986-1992. Η σημαντική αυτή αύξηση της παραγωγικότητας στα νοσοκομεία μικρού μεγέθους οφείλεται στην τεχνολογική πρόοδο και στη μείωση των χρησιμοποιούμενων εισροών όπως π.χ. κλίνες, νοσηλευτικό και βοηθητικό προσωπικό. Αντίθετα, παρατηρείται μείωση στην τεχνική αποτελεσματικότητα, η οποία είναι αποτέλεσμα της μείωσης της αποτελεσματικότητας μεγέθους.

Οι **Sommersguter και Reichmann (2000)** μελετώντας 22 νοσοκομεία της Αυστρίας για την περίοδο 1994-1998 βρήκαν ότι η παραγωγικότητα αυξήθηκε κατά την περίοδο 1996-1998, λόγω της σημαντικής τεχνολογικής προόδου. Σε ότι αφορά την αποτελεσματικότητα μεγέθους, τα περισσότερα νοσοκομεία βρίσκονται κοντά στο most productive scale size, αυξάνοντας το μεγέθός τους προς το βέλτιστο.

Οι **Ventura et al. (2004)** μελετούν την παραγωγικότητα 68 νοσοκομείων στην Ισπανία. Τα εμπειρικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η συνολική παραγωγικότητα αυξήθηκε κατά 8% κατά τη χρονική περίοδο 1993-1996. Η τεχνική αποτελεσματικότητα καθώς και η αποτελεσματικότητα μεγέθους αυξήθηκαν κατά 3,5 και 4,2% αντίστοιχα. Επίσης, η τεχνολογική μεταβολή επηρέασε την παραγωγικότητα των νοσοκομείων, όμως το θετικό της αποτέλεσμα επισκιάστηκε από την αρνητική μεταβολή στην κλίμακα της τεχνολογίας.

Όσον αφορά τον γεωργικό τομέα υπάρχουν πολλές μελέτες μέτρησης της γεωργικής παραγωγικότητας ειδικότερα για τις αναπτυγμένες χώρες. Ο **Trueblood (1996)** χρησιμοποιώντας μη παραμετρική μέθοδο εκτίμησης του δείκτη Malmquist και παράλληλα εκτιμώντας την Cobb-Douglas συνάρτηση παραγωγής για 117 χώρες, βρίσκει αρνητική παραγωγικότητα για τις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες.

Ο **Arnade (1998)** πραγματοποίησε εκτίμηση της γεωργικής παραγωγικότητας για 70 χώρες μέσω του δείκτη Malmquist κατά τη διάρκεια των ετών 1961-1993. Τα αποτελέσματά του δείχνουν ότι 36 από τις 47 αναπτυγμένες χώρες του δείγματος εμφανίζουν αρνητικούς ρυθμούς τεχνολογικής μεταβολής. Οι **Trueblood και Coggins (2003)** εξετάζουν την αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας, κατά την περίοδο 1961-1991.

Χρησιμοποιώντας το δείκτη Malmquist, οι περισσότερες χώρες παρουσίασαν μέτρια ποσοστά αύξησης της παραγωγικότητας. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η παραγωγικότητα μειώθηκε κατά τη δεκαετία του 1960 και του 1970, αλλά ανέκαμψε στη δεκαετία του 1980. Η παραγωγικότητα των αναπτυσσόμενων χωρών μειώθηκε κατά τη διάρκεια των ετών, ενώ οι ανεπτυγμένες χώρες παρουσίασαν θετικό παραγωγικό ρυθμό ανάπτυξης. Η Βόρεια Αμερική και η Δυτική Ευρώπη παρουσίασε υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης ενώ η Ασία και η νότια Αφρική παρουσίασε αρνητική ανάπτυξη.

Οι **Coelli και Rao (2005)** εξετάζουν τα επίπεδα και τις τάσεις της γεωργικής παραγωγής και της παραγωγικότητας σε 93 χώρες, αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν μια ετήσια αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας των συντελεστών κατά 2,1%, με την αλλαγή της αποτελεσματικότητας να συμβάλλει κατά 0,9% ανά έτος και την τεχνική αλλαγή παρέχοντας το άλλο 2%. Όσον αφορά τις επιμέρους επιδόσεις της χώρας, τις πιο θεαματικές επιδόσεις έχει η Κίνα με μια μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 6,0%. Άλλες χώρες με ισχυρές επιδόσεις είναι μεταξύ άλλων η Καμπότζη, η Νιγηρία και η Αλγερία. Οι Ηνωμένες Πολιτείες παρουσιάζουν ρυθμό ανάπτυξης της τάξης του 2,6%, ενώ η Ινδία ρυθμό ανάπτυξης μόλις 1,4%.

Στον τομέα των τραπεζών οι **Berg, Forsund, Jansen (1992)** ερεύνησαν την ανάπτυξη της παραγωγικότητας κατά τη διάρκεια αποσταθεροποίησης της Νορβηγικής Τραπεζικής Βιομηχανίας. Χρησιμοποιώντας τους δείκτες Malmquist για την μέτρηση της παραγωγικότητας στον Νορβηγικό τραπεζικό σύστημα κατά τα έτη 1980-1989 βρίσκουν ότι η παραγωγικότητα μειώθηκε στην μέση τράπεζα πριν από την αποσταθεροποίηση αλλά αυξήθηκε γρήγορα όταν η αποσταθεροποίηση έλαβα χώρα.

Οι **Griffell-Tatje και Lovell (1997)** εξέτασαν την αλλαγή της παραγωγικότητας στο Ισπανικό τραπεζικό σύστημα κατά την περίοδο 1986-1993 χρησιμοποιώντας έναν γενικευμένο δείκτη παραγωγής του Malmquist. Συγκρίνοντας τις εμπορικές τράπεζες με τις τράπεζες καταθέσεων βρήκαν ότι οι εμπορικές τράπεζες έχουν έναν χαμηλότερο ρυθμό αύξησης παραγωγικότητας.

Ο **Mlima (1999)** ανάλυσε την αλλαγή παραγωγικότητας στο Σουηδικό Τραπεζικό Σύστημα εφαρμόζοντας τον δείκτη Malmquist. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σ' αυτή την έρευνα καλύπτουν την περίοδο 1984-1995, κατά τη διάρκεια της οποίας έγινε αναμόρφωση του Σουηδικού Τραπεζικού Συστήματος και Σουηδική Τραπεζική κρίση. Μετά τη σύσταση της μη κανονικότητας υπήρξε βελτίωση της παραγωγικότητας για τις εμπορικές τράπεζες. Το αποτέλεσμα στις τράπεζες καταθέσεων ήταν λιγότερο εμφανές.

Οι **Rebelo και Mendes (2000)** αξιολόγησαν την παραγωγικότητα στο Πορτογαλικό Τραπεζικό Σύστημα. Χρησιμοποίησαν δείκτη παραγωγικότητας Malmquist. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι Πορτογαλικές Τράπεζες έχουν αυξήσει την παραγωγικότητα ως αποτέλεσμα της Τεχνολογικής ανάπτυξης κατά την περίοδο 1990-1997.

Οι **Isik και Hassan (2003)** εφαρμόζοντας έναν DEA τύπου TFP δείκτη παραγωγικότητας Malmquist ερευνήσαν την επίδραση των οικονομικών αναμορφώσεων που παρουσιάστηκαν το 1980 στην παραγωγικότητα των Τουρκικών εμπορικών τραπεζών από το 1981-1990. Τα αποτελέσματα έδειξαν η παραγωγικότητα των Τουρκικών Τραπεζών μετά την καταγεγραμμένη αποσταθεροποίηση αυξήθηκε σημαντικά. Αυτή η αύξηση της παραγωγικότητας οφειλόταν στην αποδοτικότητα των συντελεστών παραγωγής και όχι στην τεχνολογική πρόοδο.

Οι **Casu, Girardone και Molyneux (2004)** εξέτασαν την αλλαγή παραγωγικότητας στο Ευρωπαϊκό Τραπεζικό Σύστημα (Γαλλίας, Γερμανίας, Ιταλίας, Ισπανίας, και Ην. Βασιλείου) μεταξύ 1994 -2000. Σύγκριναν παραμετρικές και μη παραμετρικές εκτιμήσεις της αλλαγής της παραγωγικότητας στην εργασία τους. Τα ευρήματα έδειξαν καθαρή αύξηση παραγωγικότητας στον Ιταλικό και Ισπανικό Τραπεζικό τομέα με ανάμικτα αποτελέσματα για τον Γαλλικό και Γερμανικό. Τα αποτελέσματα που βρέθηκαν επίσης έδειξαν ότι η αύξηση της παραγωγικότητας έχει κυρίως επιτευχθεί κατόπιν βελτιώσεων στην τεχνολογική αλλαγή.

Τέλος, στη βιβλιογραφία συναντάμε μετρήσεις της παραγωγικότητας και σε άλλους τομείς. Οι **Fare, Grosskopf, Norris και Zhang (1994)** πραγματοποίησαν μέτρηση της παραγωγικότητας για 17 χώρες του ΟΟΣΑ μέσω μη- παραμετρικής μεθόδου (activity analysis) και διαπίστωσαν ότι στις

Η.Π.Α η αύξηση της παραγωγικότητας είναι υψηλότερη από το μέσο όρο λόγω της τεχνολογικής μεταβολής. Ακόμα όσον αφορά την Ιαπωνία βρήκαν ότι η αύξηση της παραγωγικότητας είναι σχεδόν διπλάσια σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες στο δείγμα γεγονός που οφείλεται στη αποτελεσματικότητα της παραγωγής. Οι **Maudos, Pastor και Serrano (1999)** ανέλυσαν τη συνολική παραγωγικότητα, με διάσπαση της παραγωγικότητας σε τεχνικές αλλαγές και αλλαγές της αποτελεσματικότητας. Για την αποφυγή μεροληψίας, εκτίμησαν τον Malmquist δείκτη παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπινου δυναμικού. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι, στην πραγματικότητα, η συμπερίληψη του ανθρώπινου κεφαλαίου έχει σημαντική επίδραση στην ακριβή μέτρησης της συνολικής παραγωγικότητας.

Οι **Weber και Domazlicky (2001)** προχώρησαν σε εμπειρική εφαρμογή της περιβαλλοντικής DEA με την χρήση του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist-Luenberger. Μελετώντας βιομηχανικούς κλάδους ανά αμερικανική πολιτεία, για την περίοδο 1988-1994, οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως ο δείκτης παραγωγικότητας εμφανίζει μείωση 0.6% όταν υπολογίζεται μόνο το επιθυμητό προϊόν και αύξηση κατά 1.4% όταν αθροίζονται το επιθυμητό και το ανεπιθύμητο προϊόν. Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα των **Fare, Grosskopf και Pasurka (2001)** για τους βιομηχανικούς κλάδους των Η.Π.Α. την περίοδο 1974-1986. Οι ίδιοι συγγραφείς (2006), προχώρησαν στην κατασκευή υποδείγματος χρησιμοποιώντας από κοινού την συνδυαστική τεχνολογία παραγωγής επιθυμητού και ανεπιθύμητου προϊόντος, με δεδομένα από τον κλάδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση λιγνίτη των Η.Π.Α.. Συνέκριναν τους δείκτες παραγωγικότητας και τεχνολογικής μεταβολής (technical change) προκειμένου να εξετάσουν τη σχέση της παραγωγικότητας με τις δράσεις για περιστολή της μόλυνσης. Συμπέραναν, πως αν και η σχέση που συνδέει τους δείκτες με το περιβαλλοντικό κόστος είναι αρνητική, τελικώς δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Οι **Murty, Kumar και Paul (2006)** εξέτασαν την επίδραση των περιβαλλοντικών περιορισμών στην βιομηχανία ζάχαρης της Ινδίας για την τριετία 1996-1999. Σύμφωνα με τις μετρήσεις του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist, εκτίμησαν πως η παραγωγικότητα εμφανίζεται «ευαίσθητη» στην εφαρμογή περιβαλλοντικών κανόνων, ενώ σύμφωνα με τον οικονομετρικό

έλεγχο στον οποίο προέβησαν συμπέραναν πως ισχύει η «Porter υπόθεση» για την εξοικονόμηση υδάτων (θετική σχέση μέτρων εξοικονόμησης υδάτων και τεχνικής αποτελεσματικότητας).

Οι **Halkos και Tzeremes (2012)** χρησιμοποιώντας διαφορετικές εκδοχές του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist εξετάζουν την παραγωγικότητα των Ελληνικών λιμανιών. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι ο αριθμός των σταθμών (λιμανιών) είναι ένας κρίσιμος καθοριστικός παράγοντας των επιπέδων παραγωγικότητας των θαλάσσιων λιμένων. Επιπλέον, παρατηρούν ότι η το υψηλό μήκος των ελληνικών θαλάσσιων λιμένων έχει αρνητική επίδραση στα επίπεδα παραγωγικότητάς τους κατά τη διάρκεια των ετών.

Κεφάλαιο 3

3.1 Μεθοδολογία

Στη συγκεκριμένη εργασία η μέτρηση της παραγωγικότητας πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τον δείκτη Malmquist TFP index όπως περιγράφεται από τους Fare et al το 1994. Η προσέγγιση που ακολουθούμε χρησιμοποιεί Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA), υποθέτοντας σταθερές αποδόσεις κλίμακας (CRS) όπου περιγράψαμε στο κεφάλαιο 2. Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, ουσιαστικά αποτελεί την μέθοδο εκτίμησης του δείκτη Malmquist που εμείς θέλουμε να κατασκευάσουμε, βοηθώντας μας στη κατασκευή των συναρτήσεων απόστασης για κάθε έτος στο δείγμα μας. Όσο αναφορά τις σταθερές αποδόσεις κλίμακας σύμφωνα με τους Sahoo και Tone (2013) παρόλο που το αξίωμα της κυρτότητας, δηλαδή οι μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, παραβλέπει σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά ωστόσο σπάνια χρησιμοποιείται σε εμπειρικές εφαρμογές (Σημαντική εξαίρεση αποτελεί Briec et al, 2004). Το μόνο επιχειρήμα που ίσως ευνοεί το αξίωμα της κυρτότητας είναι ότι υπάρχει δυνατότητα μείωσης των λαθών σε μικρά δείγματα γεγονός βέβαιο που από μόνο του οδηγεί το πιθανό σφάλμα να είναι αμελητέο σε μεγάλα δείγματα.

3.2 Εκτίμηση δείκτη Malmquist TFP

Ακολουθώντας τους Fare et al (1994) για τον υπολογισμό της ισότητας (25) απαιτείται η μέτρηση των τεσσάρων συναρτήσεων απόστασης (distance function), που πραγματοποιείται με την επίλυση τεσσάρων διαφορετικών προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού. Υποθέτουμε πως η τεχνολογία παραγωγής χαρακτηρίζεται από σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Ο τρόπος υπολογισμού των γραμμικών προγραμματισμοί (LP) είναι παρόμοιος με αυτόν που χρησιμοποιείται στις μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας. Μοναδικές διαφορές, αποτελούν η απόρριψη της υποθέσεως της κυρτότητας και η συμμετοχή στο υπόδειγμα της επίδρασης του χρόνου. Επομένως το υπόδειγμα VRS DEA Malmquist μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$\begin{aligned} [d_0^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\varphi, \lambda, \varphi}, \\ St - \varphi y_{it} + Y_t \lambda &\geq 0, \\ x_{it} - X_t \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \tag{30}$$

$$\begin{aligned} [d_0^s(x_s, y_s)]^{-1} &= \max_{\varphi, \lambda, \varphi}, \\ St - \varphi y_{is} + Y_s \lambda &\geq 0, \\ x_{is} - X_s \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \tag{31}$$

$$\begin{aligned}
[d_0^t(x_s, y_s)]^{-1} &= \max_{\varphi, \lambda} \varphi, \\
St - \varphi y_{is} + Y_t \lambda &\geq 0, \\
x_{is} - X_t \lambda &\geq 0 \\
\lambda &\geq 0
\end{aligned} \tag{32}$$

$$\begin{aligned}
[d_0^s(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\varphi, \lambda} \varphi, \\
St - \varphi y_{it} + Y_s \lambda &\geq 0, \\
x_{it} - X_s \lambda &\geq 0 \\
\lambda &\geq 0
\end{aligned} \tag{33}$$

Στους γραμμικούς προγραμματισμούς 32 και 33, όπου τα σημεία παραγωγής συγκρίνουν τεχνολογίες από διαφορετικές χρονικές περιόδους, η παράμετρος φ δεν είναι αναγκαίο να είναι μεγαλύτερη ή ίση με 1, όπως πρέπει να είναι κατά τον υπολογισμό της τεχνικής αποτελεσματικότητας. Το σημείο δεδομένων θα μπορούσε να βρίσκεται πάνω στα σύνορα της παραγωγής. Αυτό πιθανότατα θα συμβεί στον γραμμικό προγραμματισμό 33, όπου ένα σημείο παραγωγής από την περίοδο t είναι σε σύγκριση με την τεχνολογία σε μια προγενέστερη περίοδο, s . Εάν έχει επιτευχθεί τεχνική πρόοδος, τότε η τιμή του $\varphi < 1$ είναι δυνατή.

3.3 Δεδομένα

Η συγκεκριμένη εργασία μελετά την παραγωγικότητα 51 χωρών με δείκτες Malmquist μέσω της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων DEA. Οι χώρες που χρησιμοποιούμε για την εξαγωγή αποτελεσμάτων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 1.

<i>Advanced economies</i>	<i>Emerging market and developing economies</i>	<i>Central and eastern Europe</i>
<i>Australia</i>	<i>Brazil</i>	<i>Bulgaria</i>
<i>Austria</i>	<i>Chile</i>	<i>Croatia</i>
<i>Belgium</i>	<i>China</i>	<i>Hungary</i>
<i>Canada</i>	<i>Egypt, Arab Rep.</i>	<i>Latvia</i>
<i>Cyprus</i>	<i>India</i>	<i>Lithuania</i>
<i>Czech Republic</i>	<i>Indonesia</i>	<i>Poland</i>
<i>Denmark</i>	<i>Mexico</i>	<i>Romania</i>
<i>Estonia</i>	<i>Russian Federation</i>	<i>Turkey</i>
<i>Finland</i>	<i>Thailand</i>	
<i>France</i>	<i>Tunisia</i>	
<i>Germany</i>	<i>Venezuela, RB</i>	
<i>Greece</i>	<i>Vietnam</i>	
<i>Iceland</i>		
<i>Israel</i>		
<i>Italy</i>		
<i>Japan</i>		
<i>Korea, Rep.</i>		
<i>Luxembourg</i>		
<i>Malta</i>		
<i>Netherlands</i>		
<i>New Zealand</i>		
<i>Norway</i>		
<i>Portugal</i>		
<i>Singapore</i>		
<i>Slovak Republic</i>		
<i>Slovenia</i>		
<i>Spain</i>		
<i>Sweden</i>		
<i>Switzerland</i>		
<i>United Kingdom</i>		
<i>United States</i>		

Πίνακας 1. Σύνολο χωρών υποδείγματος, Ιδία Επεξεργασία

Σύμφωνα με το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο τις χώρες τις χωρίσαμε σε Αναπτυγμένες οικονομίες, σε αναδυόμενες-αναπτυσσόμενες οικονομίες και τέλος σε χώρες της Ανατολικής και Κεντρικής Ευρώπης. Θέλοντας λοιπόν να πραγματοποιήσουμε μέτρηση της παραγωγικότητας συλλέξαμε στοιχεία για τις

51 χώρες που αναφέρονται στον Πίνακα 1 για τα έτη 2000-2010 από την Παγκόσμια Τράπεζα. Ως εισροές στο υπόδειγμά μας χρησιμοποιούμε το συνολικό εργατικό δυναμικό (Total Labor Force) σε χιλιάδες και το μετοχικό κεφάλαιο (capital stock) σε τρέχουσες τιμές σε εκατομμύρια ευρώ , και ως εκροή το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (GDP).

Το μετοχικό κεφάλαιο καθώς δεν ήταν διαθέσιμο για τις χώρες που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα, υπολογίστηκε βάση της μεθόδου (Feldstein και Foot, 1971, Epstein και Denny, 1980):

$$K_t = I_t + (1 - \delta) \times K_{t-1} \quad (33)$$

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

δ είναι ο συντελεστής απόσβεσης του μετοχικού κεφαλαίου που θεωρείται δεδομένος και ίσος με 6% σύμφωνα με τους Zhang et al. (2011).

Οι πίνακες με τις μεταβλητές που χρησιμοποιούμε στο υπόδειγμά μας παρουσιάζονται παρακάτω. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται το συνολικό εργατικό δυναμικό για τις 51 χώρες για τα έτη 2000-2010, στο Πίνακα 3 το μετοχικό κεφάλαιο και στο Πίνακα 4 το Ακαθάριστο εγχώριο Προϊόν.

Πίνακας 2. Συνολικό Εργατικό Δυναμικό, Ιδία Επιχειρημασία

Country Name	TOTAL LABOR FORCE											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Austria	3853930,631	3865341,569	3895402,196	3963650,828	4012347,856	3999178,719	4078742,448	4159763,222	4245062,183	4291082,932	4332722,394	4335561,014
Australia	9434436,145	9629602,727	9782847,855	9942246,879	10121976,15	10248988,92	10557576,43	10806610,02	11112324,04	11394782,82	11635867,07	11832996,11
Belgium	4387084,637	4436491,462	4335903,999	4426584,51	4455610,01	4545581,917	4650197,165	4673252,813	4752703,621	4790895,406	4802611,88	4891344,846
Bulgaria	3649373,227	3608802,365	3507236,27	3432574,691	3369956,791	3426196,137	3371938,13	3500175,408	3584315,83	3665431,892	3597908,267	3510499,883
Cyprus	433413,3191	445065,7224	466921,7217	479589,8887	500275,8325	515545,0724	523958,5346	537660,6175	550999,2833	560466,7948	571274,9961	584451,9098
Czech Republic	5201906,476	5170237,04	5150637,394	5140074,8	5136589,746	5134741,759	5171779,201	5197195,362	5219470,161	5242194,44	5299941,181	5291485,914
Denmark	2877923,44	2863459,347	2877328,304	2878560,136	2871338,641	2904896,243	2901216,76	2931774,931	2936495,5	2964440,586	2968828,137	2938344,417
Egypt, Arab Rep.	19664080,68	20076777,68	20424051,91	20785022,2	21852681,75	22893957,38	23941161,13	23970004,99	25099054,66	25761984,8	26427506,94	27103630,84
Estonia	662297,0346	656338,452	658922,9953	646964,1238	667733,3072	667683,1182	671476,9431	692481,9672	695395,6252	703390,5986	700741,3987	697880,5018
Finland	2585529,381	2613577,043	2633300,973	2635995,787	2625514,745	2620799,49	2639476,153	2681760,946	2708360,444	2736041,62	2692124,946	2694738,94
France	27110995,37	27290371,61	27427832,9	27762307,72	28394382,65	28627958,2	28913852,28	29075680,45	29366331,8	29585099,37	29904291,16	29962184,79
Germany	40398033,07	40343924,58	40536871,43	40542918,76	40370382,61	40861808,47	41391064,36	41730388,08	42037397,74	42090307,79	42179953,42	42170276,1
Greece	4840094,072	4870257,772	4814364,542	4889513,807	4962608,64	5053566,929	5077479,477	5137454,373	5156495,628	5183133,136	5238437,759	5268508,795
Hungary	4152203,974	4179520,586	4157565,863	4158876,386	4228018,951	4222815,432	4268805,924	4307375,006	4293969,04	4269734,968	4269883,582	4315633,711
Iceland	162261,8323	165899,5755	168427,5159	168460,472	169929,2347	168801,5484	174620,1637	182023,1443	187126,5726	189548,6165	186727,2451	187626,7797
Italy	23238637,11	23271091,58	23401633,12	23736357,04	24132744,79	24681666,53	24670776,97	24816647,37	24900711,31	25299792,11	25141681,8	25105073,94
Latvia	1117281,474	1089376,76	1100461,874	1141717,022	1127185,363	1133369,438	1135967,826	1167943,395	1194305,786	1219675,606	1192086,186	1155438,961
Lithuania	1712560,761	1683282,701	1650297,568	1640945,672	1709969,285	1635061,958	1605582,621	1589245,852	1600694,313	1613860,395	1638980,762	1628492,198
Luxembourg	182196,4275	188819,546	189283,0618	194965,5168	194946,0666	201343,5142	207834,4218	2135644,2238	216643,8649	221116,9202	235193,9575	238344,2021
Malta	150769,0581	152330,6825	160410,936	161338,5925	162781,4656	160570,126	164455,1254	166592,0992	171404,8289	174571,9611	176626,5432	181089,7338
Netherlands	7971832,656	8157076,336	8309105,906	8454110,556	8495673,22	8542923,449	8584097,321	8663015,799	8804314,112	8937258,572	9029032,392	8860996,794
New Zealand	1911132,806	1931619,053	1968675,109	2030516,981	2071522,052	2125629,225	2182761,693	2236276,476	2273172,022	2301420,117	2322054,741	2351135,486
Poland	17210948,02	17361503,33	17379341,12	17222721,28	17238999,86	17310691,19	17439828,57	17332742,62	17343749,69	17611622,58	17907013,79	18188774,95
Portugal	5127422,178	5220205,791	5317497,843	5399657,818	5443783,227	5463167,905	5527599,692	5579578,918	5616273,437	5630295,488	5579477,927	5598277,583
Romania	11887616,62	11828996,15	11507846,17	10412211,05	10371762,63	10304638,53	10040585,55	10233493,53	10230167,92	10182018,71	10147324,87	10181444,75
Slovak Republic	2561450,993	2591041,569	2628337,125	2631449,543	2660464,783	2672246,472	2661311,271	2657650,619	2662122,187	2707235,318	2705653,791	2723790,157
Slovenia	965778,3565	961757,8608	9689618,9975	973589,4465	964638,8316	1009679,822	1015936,458	1022871,401	1036757,223	1031997,663	1039719,447	1040542,675
Spain	17645501,6	18186663,94	18150923,48	18825647,1	19581388,48	20303701,14	21003265,19	21713815,65	22260568,97	22881595,96	23106628,37	23232545,63
Sweden	4470789,368	4552229,021	4589068,753	4615027,736	4636632,642	4645102,316	4751106,921	4806517,787	4878706,032	4928884,601	4923800,445	4986009,991
United Kingdom	29261792,5	29521121,58	29508448,92	29795214,65	30099631,96	30335761,57	30591309,89	31092712,14	31195731,27	31598050,49	31933358,22	31831748,95
Venezuela, RB	10335452,69	10507471,89	11179956,98	11724879,86	11866961,92	12000430,77	12122523,7	12273193,91	12433626,37	12743287,99	13072388,2	13404562,54
Vietnam	40294843,47	41283197	42356667,31	43341370,56	44388454,71	45399765,89	46397993,25	47369863,45	48319138,78	49288103,57	50190071,82	51137640,7
United States	145181708,1	147089709	148195589,8	149239409,3	149960030	151222279,4	152918787	155131797,4	156352011,2	158012165,3	157816053,5	157492705,6
Thailand	33827231,71	34805019,9	35654192,41	36177851,21	36618774,56	37342241,67	37902026,58	37977106,02	38821122,46	39120013,37	38638033,98	39383538,52
Brazil	82402536,42	83713964,08	84941647,46	87753933,31	89379564,14	92014900,16	94507062,64	95610276,47	96514745,03	98227293,05	99958636,59	101586446
Canada	16004479,96	16255965,15	16506145,56	16970741,59	17383327,52	17620841,51	17751766,76	17932526,55	18325168,05	18654968,9	18793899,71	18996279,97
China	176426321,1	1724480292,9	1732251387,2	1741524810,6	1749937753,8	1758907350,4	1767143183,2	1775312477,8	1782454972	1786794550,7	1793880406,5	1799541706
Croatia	2029915,31	1968863,281	1959173,953	1938636,265	1950838,917	1999648,184	1998232,903	1983402,353	1993826,787	1997519,511	1992009,028	1972035,809
India	401441696,2	409427198,1	420275631,7	432005672,6	443905306,9	455945006,8	467332665,4	468583140,9	470274576,5	470827220,9	471872607	472615192,5
Indonesia	97871709,5	99627159,93	101317022,4	102945551,8	104987417,5	107158686,1	109313025,5	111122414,8	112737674,3	114325144	116407259,7	117961804,4
Israel	2366485,23	2451354,665	2512084,924	2554901,538	2621554,339	2694321,61	2760017,587	2839211,584	2932337,744	3007030,06	3101261,214	3178243,92
Japan	67831663	67589376,15	67572810,27	67108186,74	66938829,71	66632276,57	66625755,11	66592087,44	66895564,51	66707219,7	66472480,33	66696962,91
Korea, Rep.	22224402,83	22664505,43	22971558,8	23388559,4	23377727,4	23810216,97	23949870,41	24173904,82	24467717,99	24550819,41	24547227,6	24898258,49
Russian Federation	72511711,88	73252488,36	72390664,02	73060105,93	72207412,34	72810896,25	73431167,92	74171828	75265948,43	75887405,41	75757632,39	75601032,32
Mexico	39480722,13	40279114,5	40685263,36	41521622,95	41916349,75	43602106,17	44325073,93	45828442,73	46778741,12	47906134,47	47938339,12	49616581,91
Turkey	22744676,79	21947932,85	22341502,55	22674803,53	22526539,74	22592591,55	23086232,35	23386528,31	23835154,7	24594572,55	24794890,34	26517893
Norway	2356954,277	2374559,417	2382902,032	2400570,616	2395105,796	2409013,095	2426057,955	2454612,197	2520301,932	2600679,339	2604580,844	2614782,377
Singapore	2017177,902	2069014,474	2130534,99	2156292,909	2135116,412	2173406,517	2244009,387	2338254,737	2457481,868	2624580,571	2719444,487	2805434,639
Switzerland	3993155,085	3998473,102	4050646,327	4092514,72	4141657,681	4146195,424	4172882,784	4236071,581	4304360,619	4408644,963	4473946,804	4497438,734
Tunisia	3130383,751	3186441,646	3244285,102	3301774,023	3340983,767	3396158,952	3441124,686	3519947,219	3594778,108	3676335,556	3749457,66	3827349,701
Chile	6043321,217	6081901,474	6120286,275	6192699,329	6371195,118	6576800,568	6761042,373	6922248,57	7160450,139	7451903,479	7560947,951	8037177,657

Πίνακας 3. Μετοχικό Κεφάλαιο, Ίδια Επεξεργασία

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CAPITAL STOCK											
Austria	211323332442305,0000	210101409748186,0000	208884987542781,0000	207677967027781,0000	206478461454286,0000	205286416514466,0000	204101773443530,0000	202925922702450,0000	201757448952800,0000	200591889854072,0000	199433358032264,0000
Australia	450582968216202,000	447977376113653,00	445396708096277,00	442846486362231,00	440321387018162,00	437820050879041,00	435346036435168,00	432895132910433,00	430475670385026,00	428072173362207,00	425687387977690,00
Cyprus	223728249933403,00	222435643566431,00	221148574169763,00	219869259330003,00	218601342409266,00	217344330921845,00	216096233355174,00	214859126907596,00	213630570368946,00	212404584472051,00	211185495116155,00
Belgium	5928227928187,93	5895121459180,19	5862400274322,66	5830218601762,68	5798639271337,92	576829452192,14	5738716754367,19	5709910275067,99	5682505639307,59	5654058981437,51	5624851021480,29
Bulgaria	5224935662421,94	5195213758155,23	5165811561374,44	5136628190592,43	5107829156604,39	5079284914935,27	5051127772834,91	5023450600919,86	4996096890716,79	4968654710880,50	4941177372624,64
Czech Rep	67298050851896,30	66911916256748,60	66528777461866,60	66148047115177,70	65770148401692,50	65395662903008,30	65024592559133,40	64658568313899,50	64295730249151,20	63932184645012,60	63570842086710,50
Denmark	152567386902692,00	151683839749959,00	150805611321663,00	149932602119563,00	149066074484317,00	148206288097834,00	147356611641613,00	146512193430734,00	145671192472609,00	144830137022635,00	143992887032898,00
Egypt, Ara	58696637025217,70	58362948490464,40	58032280539926,00	57701891301263,00	57374582724158,40	57051926007194,30	56734182272410,20	56424183470478,60	56120547846875,40	55815366437416,60	55513739074348,00
Estonia	2506226667326,16	2492838301476,74	2479929512702,88	2467440256618,35	2455168870704,32	2443357274777,64	2421618149794,62	240102228996,62	2398031332902,07	2385526622818,59	
Finland	76379278667908,40	75946106183665,80	75514595752570,80	75086392091819,90	74661968266632,10	74241032572750,00	73823140274494,30	73410696181327,20	73000531433021,20	72588808878290,80	72180237513873,10
France	1134780157231140,00	1128227522537980,00	1121709212413530,00	1115235596945640,00	1108809437386840,00	1102433523124460,00	1096106821241130,00	1089836297269610,00	1083604351666930,00	1077377338426720,00	1071191060471650,00
Germany	2207392313399000,00	2194539559194500,00	2181739964713600,00	2169012748922560,00	2156361056480090,00	2143788086197150,00	2131320572851710,00	2118946635663620,00	2106653807784500,00	2094386713596060,00	2082213782505940,00
Greece	103979837930412,00	103385243430092,00	102796998029166,00	102216062874503,00	101638747328062,00	101062617085791,00	100496830589639,00	99936630518410,20	99376932325659,20	98814542165279,70	98250444749706,70
Hungary	44576819716053,30	44320869548777,40	44067310479705,80	43815463661055,90	43566030663087,50	43318700651857,90	43072481329589,00	42828265846661,80	42585930725873,10	42343442798365,90	42101150415976,90
Iceland	7665669201693,12	7621578633966,75	7577486682349,23	7533840703240,44	7490978916653,60	7449180747440,76	7408400754510,12	7367387669924,08	7325932715631,89	7283307863950,47	7240830877902,57
Italy	1031865241309700,00	1025906471151860,00	1019991368063420,00	1014108712144580,00	1008266071296800,00	1002461593774650,00	996700196825398,00	99097794672155,00	98520484797480,00	97958807803967,00	97393432848269,00
Latvia	4576759400114,88	4551414424917,82	4526497034823,38	450202412025,43	4478337614405,93	4455578480272,79	4433628084859,06	4412168982466,97	4390141660245,71	436658874580,85	4342633226695,41
Lithuania	10978714086703,00	10915270752182,80	10852464852669,70	1079040488853,70	10729197009222,40	10668751552167,00	10609430217854,00	10551541536546,90	10493702568577,60	10434020092916,20	10374695912358,70
Luxembot	8315818248527,73	8270507681652,22	8225721704423,10	8181507157195,23	8137695146238,45	8094278640728,30	8051326417646,68	8009634800887,37	7968401994091,67	7926527775019,61	7885081413538,05
Malta	2203645951139,51	2191233195475,45	2178731387482,29	2166454108039,34	2154253627637,72	2142282726430,96	2130381789008,67	2118565386550,44	2106587767541,91	2094557579462,45	2082656988876,82
Netherlan	357100438320792,00	355042413590276,00	352992890391598,00	350954415017956,00	3489269159509957,00	34691448408288,00	34492019482982,00	34294867250361,00	340981164764104,00	339021601704352,00	337070018812754,00
New Zeala	66002782430518,10	65617847545669,60	652360883166703,50	64858126854731,00	64483520637854,40	64111882888816,90	63742123927577,40	63375284714384,40	63009836871777,90	62644814715226,10	62282269873981,80
Poland	159109045731846,00	158191102555067,00	157276361624943,00	156367082110476,00	155465452132054,00	154571597491980,00	153688915180326,00	152819382741846,00	151960114714619,00	151105295464333,00	150255512910700,00
Portugal	138193028816158,00	137396539579817,00	136603796396224,00	135813568139367,00	135028076827708,00	134247164607475,00	133470552621068,00	132699356949445,00	131932696345103,00	131168091949264,00	130406964830930,00
Romania	55591376030959,30	55265473001829,60	54942160397394,20	54621549449764,40	54303766369547,80	53988148679541,20	53654406713856,50	5336793083862,80	53065113095782,60	52762168460340,50	52461385811613,20
Slovak Re	90244176987391,20	89711080800929,40	89181198467089,00	88654270847803,20	88130894984085,00	87612159780021,80	87097467588920,20	86586857447567,00	86079425906869,00	85572658159118,00	85070132628274,70
Slovenia	20474350256043,20	20356812734047,70	20239997932615,70	20124286911888,40	20009555156441,30	19895691364401,70	19783154983168,80	19672202034422,30	19562516655482,20	19451542778895,00	19340703068921,30
Spain	495055446020293,00	492242304241536,00	489451456972311,00	486686978102492,00	483947802706446,00	481237866159124,00	478557979169797,00	475903436524172,00	473254597851844,40	470587430865996,00	467925389267662,00
Sweden	166308022080782,00	165354803418073,00	164406711454951,00	163465002831299,00	162531548158235,00	161607500885093,00	160693707018128,00	159790358730606,00	158893274371787,00	157992037997706,00	157100211342075,00
United Kir	945114735891985,00	939703537581652,00	934334237879964,00	929000161518698,00	923711904931968,00	918462287533813,00	913262848844743,00	908119811212616,00	902991440717381,00	897850954432773,00	892750017807670,00
Venezuela	111295365708659,00	110655605944690,00	110014541952218,00	109368856485774,00	108734209787601,00	108111654678658,00	107501575088813,00	106905042959528,00	106313268093627,00	105720900002927,00	105129221497730,00
Vietnam	21162523318851,70	21045090169815,70	20929589093284,70	20816062804389,80	20704475975550,00	20594856467439,80	20487341137443,10	20384349047615,30	20282740051366,20	20183546591158,30	20087399836955,60
Thailand	7916309627143910,00	7870772480176970,00	7825449639857290,00	7780459354042720,00	7735861229791260,00	7691641990454800,00	7647739461567450,00	7604065338358440,00	7560525309586030,00	7516913886014720,00	7473595021715710,00
Brazil	41900184874708,80	416596618811131,00	414200129330661,00	41181328273325,50	4094497289030695,00	407104239930695,00	404783707388229,00	40249400025814,00	400236895179193,00	399782719659028,00	395773482729507,00
Canada	442342473164779,00	439832832938305,00	437340504904417,00	434872230966156,00	432430860441897,00	430019780511414,00	427636115413033,00	425273708160998,00	422929634275500,00	420572688506360,00	418248024849390,00
China	811166214309783,00	806745271266472,00	802409712667645,00	798182834708348,00	794049727573700,00	790017360849023,00	786100248598643,00	782314271607585,00	778641459623362,00	775220480886159,00	771991213727656,00
Croatia	18121120591463,70	18016757273360,50	17913634904887,90	17812356762847,60	17712005626488,10	17612579319419,80	17417569192614,90	17321879023360,90	17225726203380,70	17129274936994,80	17029274936994,80
India	454469357651936,00	451867521140432,00	449280750832973,00	446722650547460,00	444212893930725,00	441745818240512,00	439320930859321,00	436947144224166,00	434596793907746,00	432278867482940,00	429996549277067,00
Indonesia	110967651959896,00	110336730937174,00	109711233088158,00	109089707473356,00	108477305918648,00	10787316625786,00	107273864804783,00	106682628800137,00	106101169396403,00	105525131577889,00	104957696658808,00
Israel	42255296440879,20	42024454453930,20	41793469014024,50	415629941508159,70	413339027169707,10	41106892211359,30	40883991279217,10	40665883160318,70	40450234238338,60	40234715809197,50	40024183692323,20
Japan	8804350398592990,00	8752691762361070,00	8701285844839520,00	8650190331342700,00	859405784086460,00	8548935385605900,00	849878478000430,00	8448938704868450,00	8399459456865190,00	8349931603772360,00	8300813265151480,00
Korea, Rep	31387832217266,00	312155411421200,00	31045417127557,00	308770649167311,00	307101001223316,00	305444851174603,00	303804992053226,00	302183097630311,00	300567027723613,00	2989587002005997,00	2973734547498206,00
Russian Fe	72994430619740,90	72604750562862,20	72218737366701,50	71841936777420,90	71474517482875,80	71116047730666,70	70772396720454,70	70448247124300,00	70136693812844,10	69811066212591,20	69493075824259,90
Mexico	313519622983556,00	311755694832136,00	310001602088758,00	308258463607847,00	306535144958982,00	304830310072492,00	303150382293739,00	301490882968196,00	299850683638157,00	298200235575352,00	296563214422652,00
Turkey	133740671066920,00	132976295583671,00	132222096372488,00	131478608031430,00	1307537						

Πίνακας 4. Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν Ιόδα. Επεξεργασία

	REAL GDP											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Austria	185275602636,4960	192070749953,9340	193717569559,6090	196998621885,4140	198704472152,3910	20385008831,6240	208743854863,3360	216404316585,3280	224424149682,1380	227557455519,6430	218887605292,6060	223954137424,1630
Australia	224436421791,7220	232672747374,2400	234552028141,5780	237741668285,2460	239659286073,5420	247949005974,3490	251845091555,1050	258690550017,2840	2626243709886,3380	268825324877,6190	261295933961,5580	267143096398,0020
Belgium	8667754206,5679	9314937556,4791	9689915174,3638	9892554194,1565	10083883129,1235	10509896324,2224	10920829406,2205	11371347785,1084	11954759660,6975	12388312912,3468	12181903864,2790	12320777568,3318
Bulgaria	401040979796,3650	416887521195,7550	425523831426,0990	442135393398,5140	456603230863,8330	475578723953,2400	489651768691,6540	504739869396,8000	522729696644,7000	542761040949,2850	550622241459,1380	563049439184,9440
Cyprus	286463942700,2750	284203745280,0000	271673657735,9500	242076212334,2640	263468585945,2610	287258675093,5190	313626005874,3390	340177780212,1140	369614509410,5460	394594682114,8320	397949689763,3020	434405530243,8870
Czech Rep	56444667842,9055	58807244367,8667	60628710341,9532	61931803246,6550	64264262985,7886	67312054039,1406	71857267364,8578	76901921232,2686	81312346952,1958	83832217961,1764	79896120087,8694	82084475849,4869
Denmark	154626288220,6060	160082517845,8760	161210834023,9410	161961831921,8020	162583491905,3770	166317200731,8850	170383902312,9860	176167942355,2780	178957142593,7560	177554383049,4040	167196323656,5130	169362540761,3960
Egypt, Ara	94752235333,4777	99838540997,3210	103368058729,0700	105818387281,5840	109197716207,2100	113666164952,2650	118749025399,7620	126876016554,8260	135868769654,2440	145591924088,4150	152414550276,7460	160258746161,7250
Estonia	5173492807,6223	5675174661,8758	60316688952,5482	6427372283,5995	6926482596,8758	7365818095,2668	8017950551,9043	8827550544,9336	9488928631,4304	9140619357,9432	78373611480,9562	8014762096,8752
Finland	115637552975,8210	121793808734,1070	124575271789,2020	126860143725,8150	129413119587,2490	134751243781,9590	138680670720,4270	144797309747,5580	152522572323,5670	15297033517,5970	140190713101,1610	145421964252,8100
France	1279258855127,5300	1326334899576,1900	1350682881886,6900	1363229017958,5300	1375491323088,3700	1410493938384,3100	1436256423650,4500	1471687515757,3600	1505321677069,4600	1504107370104,4300	1456772338299,0900	1480999829195,0000
Germany	1830433099431,9300	1886401326699,8300	1914968442701,1600	1915162776823,6200	1907972414292,6700	1930126504252,8900	1943341224580,0300	2015244899889,4900	2081124117402,7500	2103666875607,8800	1995811437643,6900	2069464070055,2700
Greece	119086192481,6760	124418164455,2030	129640052496,6140	134098566244,5220	142068547965,0410	148273579289,3000	151654726496,3900	160060884678,5770	164856617855,6600	159247577305,2640	153647288779,6800	153647288779,6800
Hungary	44505141590,2788	46385589533,8363	48107516796,3599	50275293599,1806	52211105382,5728	54715769279,8986	56884939841,3921	59101837692,0837	59169627000,7808	59698693167,7497	55640003180,2150	56340039480,1682
Iceland	8336761572,0623	8697298233,8201	9038371651,1001	9050931398,3584	9271268440,5676	9977746575,2742	10720581749,0677	11225410811,3277	11897251671,8575	12048292689,4325	11228149347,5007	10776345914,6297
Italy	1065095186669,8400	1104009462562,1900	1124573045861,4200	1129649776279,7700	1129123604611,9200	1148664954779,1900	1159362094006,5700	118485583061,8900	1204797445901,4500	1190867198487,3200	1125436104018,3700	1145744066759,5800
Latvia	7326519373,4542	7833068425,3916	8463121187,1393	9010898598,5161	9659317394,8887	10497533388,2935	11610367683,4295	13030609489,1344	14330842539,1591	13722705688,3759	11258794723,8252	11220120362,7370
Lithuania	11074208250,9000	11434200000,0000	12204375000,0000	13042025000,0000	14378400000,0000	15435325000,0000	16639625000,0000	179449975000,0000	19710725000,0000	20287746250,0000	17296985000,0000	17527068250,0000
Luxembou	18691358145,9076	20269578035,7472	20279788755,9776	21632774847,4052	21967645545,4719	229338852106,5844	24179117582,7525	25381346055,2111	27066319404,9017	27270323847,8108	252825285723,4398	26257040699,7522
Malta	3706482063,5665	3957418082,7993	3896082511,6224	4005624314,4590	4010915242,3241	3990731332,3202	4137015689,7755	4229019046,5408	4409988375,5561	4602421381,6125	4480338120,1327	4601833500,7386
Netherlands	370474105839,5440	385074626865,6720	392490611984,5320	392790134493,6530	394108353878,7110	402922644615,0160	411168323101,3860	42512419956,8140	44179169640,8020	449761878487,7670	433855151011,4380	441185443861,6460
New Zeala	50282008367,8422	51599748517,9818	53451262720,7580	56077274190,4358	58513885618,5613	607127241762,8311	62717853637,3156	63200977861,2817	65084119223,7571	64991412258,2353	63779599883,9907	64991412258,2353
Poland	164278190494,1700	171276118424,2320	173340512232,8910	175842681117,1930	182642797860,3660	192404689711,3940	199364603180,7590	211779433442,2590	2261492467111,6600	237742898867,6500	241612593968,9330	2510308387904,1730
Portugal	112879698512,8060	117299520913,9490	119616127052,8300	120530280649,9970	119432109120,9330	1222358578322,3080	124006192050,6590	124006192050,6590	126939300661,8410	126928507821,2600	123236970884,1440	129463902468,7390
Romania	36290534541,5765	37052636395,1938	39164637562,0489	41162034208,3660	43302459253,3229	46939862239,0469	4889832853,4018	52761301148,8206	55926979217,7498	61198545646,6439	5596669266,6792	56527456853,2395
Slovak Rep	28336290313,8720	28724041827,8976	29724210072,1606	31086438645,2091	32570824493,5798	34218193031,4832	36495488120,9069	39541185361,9993	43690611893,4676	4620303072,0283	439224489377,4449	45761806913,6237
Slovenia	19162102396,1058	19979467790,4398	20566790943,1662	21353851323,0809	21979529703,5689	22947026191,5305	25262672257,7742	25262672257,7742	26986256241,5445	27967310657,2186	25727727934,2561	26082652065,4858
Spain	552447896215,2480	580345494748,4800	601640869725,4470	617946434914,2080	637037529120,3970	657800500119,2700	681373742384,2760	709148044935,7760	733820614902,3050	740341770865,0400	712647416141,2030	712152291145,9030
Sweden	236728086164,2450	247260155857,7630	250381346603,9200	256593959724,7350	262592755596,9610	273713195656,7770	282364681256,9640	294498396948,4050	304258796391,3720	302392423837,8500	287188905095,7990	304858727344,9320
United Kin	1414162353492,7500	1477200786805,8700	1523742447714,4700	1564235998289,9700	1619369390629,9200	1667227104394,8400	1702001557851,3300	1746374722576,2100	180690922656,3200	1786979190485,2500	1708828582043,5200	1744580105044,8600
Venezuela	112982030193,7160	117147614565,5630	121123881198,5620	110397577419,5110	101835914043,1400	120458247112,4840	132887025219,7390	146005830495,2950	158786565931,7690	167167089250,1370	161813893108,6320	159404822025,4780
Vietnam	29191217010,3097	31172517272,2098	33321830052,2719	35681076633,4434	38300485720,4024	41283942095,6690	44769045610,3933	48453031029,1805	52550385537,2255	5866678638,5356	58840794626,5553	62832215474,3606
United Sta	9502248293168,1900	9898800000000,0000	10007031114616,3000	10189959441123,5000	10450068972316,1000	1081370774621,1000	11146296666995,3000	11442690235792,8000	11660926745592,9000	11619053724200,4000	11209194913112,4000	11547905073444,4000
Thailand	117160062361,4460	122725247705,5590	125385028150,5210	132052469495,6880	141480983231,2910	150456640790,2130	157384716142,4800	165400160325,4290	173743467321,8150	178059776977,3370	173911253778,4120	187494613810,6230
Brazil	618073920863,6000	644701831101,3940	653149809198,7050	670512665737,2120	678217761978,6830	716959543488,8820	739613124999,3060	768867489436,0370	815703390473,8730	857885609995,6700	855069617296,5670	919487274118,0180
Canada	688868389470,3880	724918860682,7820	7378489972166,1000	7594286112127,4890	773714028802,0710	797853728385,8490	821941389978,3290	845145064427,4840	863738436331,0870	869687235057,8880	845598914756,6570	872784483603,2780
China	1105604182840,2000	1198474934198,7800	1297948353737,2800	1416061653927,3700	1557667819320,1000	1714992269071,4400	1908786395476,5100	2151202267702,0200	2456672989715,7200	269251359678,4200	2940224847627,4400	3246008231780,7000
Croatia	20739955885,1240	21517784659,0236	22304474424,1023	23392545951,0607	24648975414,3445	25666592893,8846	26765073225,6013	28085993743,4479	29507125184,3611	30147225799,4370	28341089553,8616	28003469441,9948
India	456543772247,5060	474691627708,1330	498161456344,5480	517627284474,3590	558747568020,8900	602602553781,7460	658553437817,1940	719561619358,2640	790088337362,2270	820830424070,1360	888452309192,2420	973324950212,3340
Indonesia	157282606425,0500	165021102261,5090	171033497474,1120	178729107603,0820	187273018674,3860	196694488176,9240	207891462167,1030	219327417266,4740	233243848106,7380	247270439237,2700	258716275052,1570	274744677419,8860
Israel	114315400243,6800	124895151203,0020	124616185508,1160	123898976675,6020	12577458157,3570	131865380688,5010	138380104307,1080	146121402339,0430	154153404270,7750	160363153467,2400	16170055264,3080	169541631200,4010
Japan	4626750094249,9000	4731198760271,1400	4748016360516,9900	4761764168336,9000	4842005214500,7400	4956311889695,0700	5020879159600,3800	5105877836025,1300	5217808186994,9000	5163457616711,6400	487807452823,7800	5094422657991,6800
Korea, Rep	491660742719,7820	533384027728,6550	554577928768,5580	594230347811,0560	610885292931,5150	639102209101,3980	664392465835,4110	698799258265,5880	734478718311,0800	751359801124,7400	753760392874,3220	801399964525,8560
Russian Fe	236098632970,3000	259708496267,3300	275932811944,5430	306737220531,8140	328748527632,2590	349710148602,6510	378223391606,6350	40505209127,6900	432048331749,8810	45332755703,9060	45332755703,9060	41533275199,1740
Mexico	545418010283,7650	581426421971,4530	580513674391,5450	585312691416,4520	593223360014,0880	617269309006,4000	637055457596,0520	669864782183,0580	69170402			

3.4 Εμπειρικά αποτελέσματα

Τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν επιλύθηκαν με τη βοήθεια της ψηφιακής πλατφόρμας General Algebraic Modelling System (GAMS), όπου αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για προβλήματα εφαρμογής βελτιστοποίησης γραμμικού, μη γραμμικού και μικτού προγραμματισμού.

Εισάγοντας λοιπόν τα δεδομένα μας στο πρόγραμμα, παίρνουμε αποτελέσματα για την παραγωγικότητα των χωρών, την αποδοτικότητα καθώς και την τεχνολογική μεταβολή ανάμεσα στα έτη. Τα εμπειρικά αποτελέσματα παρουσιάζονται και φαίνονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 5. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2000-2001

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	1,001	1,098	0,911
Australia	0,992	1,089	0,911
Cyprus	1,064	1,168	0,911
Belgium	1,030	1,000	1,030
Bulgaria	0,935	1,000	0,935
Czech Republic	1,035	1,136	0,911
Denmark	1,002	1,100	0,911
Egypt, Arab Rep.	1,037	1,036	1,001
Estonia	1,067	1,079	0,988
Finland	1,015	1,114	0,911
France	1,013	1,112	0,911
Germany	1,010	1,109	0,911
Greece	1,054	1,157	0,911
Hungary	1,043	1,087	0,960
Iceland	1,024	1,123	0,911
Italy	1,013	1,112	0,911
Latvia	1,084	1,101	0,985
Lithuania	1,075	1,108	0,970
Luxembourg	1,023	1,122	0,911
Malta	0,935	1,026	0,911
Netherlands	1,001	1,098	0,911
New Zealand	1,016	1,115	0,911
Poland	1,017	1,057	0,962
Portugal	1,001	1,099	0,911
Romania	1,066	1,088	0,980
Slovak Republic	1,020	1,120	0,911
Slovenia	1,021	1,121	0,911
Spain	1,039	1,140	0,911
Sweden	1,004	1,102	0,911
United Kingdom	1,032	1,133	0,911
Venezuela, RB	1,035	1,078	0,960
Vietnam	1,075	1,047	1,026
United States	1,003	1,101	0,911
Thailand	1,021	1,016	1,005
Brazil	1,016	1,039	0,979
Canada	1,002	1,100	0,911
China	1,089	1,061	1,026
Croatia	1,043	1,083	0,962
India	1,055	1,028	1,026
Indonesia	1,042	1,016	1,026
Israel	0,974	1,069	0,911
Japan	1,004	1,102	0,911
Korea, Rep.	1,026	1,126	0,911
Russian Federation	1,057	1,029	1,026
Mexico	1,003	1,038	0,966
Turkey	0,946	0,973	0,973
Norway	1,016	1,115	0,911
Singapore	0,960	1,053	0,911
Switzerland	0,998	1,096	0,911
Tunisia	1,052	1,084	0,970
Chile	1,039	1,080	0,962

Πίνακας 6. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2001-2002

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	1,000	1,000	1,000
Australia	1,000	1,000	1,000
Cyprus	1,000	1,000	1,000
Belgium	1,005	1,000	1,005
Bulgaria	1,003	1,000	1,003
Czech Republic	1,000	1,000	1,000
Denmark	1,000	1,000	1,000
Egypt, Arab Rep.	1,004	1,000	1,004
Estonia	1,004	1,000	1,005
Finland	1,000	1,000	1,000
France	1,000	1,000	1,000
Germany	1,000	1,000	1,000
Greece	1,000	1,000	1,000
Hungary	1,005	1,000	1,005
Iceland	1,000	1,000	1,000
Italy	1,000	1,000	1,000
Latvia	1,005	1,000	1,005
Lithuania	1,005	1,000	1,005
Luxembourg	1,000	1,000	1,000
Malta	1,000	1,000	1,000
Netherlands	1,000	1,000	1,000
New Zealand	1,000	1,000	1,000
Poland	1,005	1,000	1,005
Portugal	1,000	1,000	1,000
Romania	1,005	1,000	1,005
Slovak Republic	1,000	1,000	1,000
Slovenia	1,000	1,000	1,000
Spain	1,000	1,000	1,000
Sweden	1,000	1,000	1,000
United Kingdom	1,000	1,000	1,000
Venezuela, RB	1,005	1,000	1,005
Vietnam	1,006	1,000	1,006
United States	1,000	1,000	1,000
Thailand	1,004	1,000	1,004
Brazil	1,005	1,000	1,005
Canada	1,000	1,000	1,000
China	1,005	1,000	1,006
Croatia	1,005	1,000	1,005
India	1,006	1,000	1,006
Indonesia	1,006	1,000	1,006
Israel	1,000	1,000	1,000
Japan	1,000	1,000	1,000
Korea, Rep.	1,000	1,000	1,000
Russian Federation	1,005	1,000	1,006
Mexico	1,005	1,000	1,005
Turkey	1,005	1,000	1,005
Norway	1,000	1,000	1,000
Singapore	1,000	1,000	1,000
Switzerland	1,000	1,000	1,000
Tunisia	1,005	1,000	1,005
Chile	1,005	1,000	1,005

Πίνακας 7. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2002-2003

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	0,996	1,100	0,905
Australia	0,988	1,091	0,905
Cyprus	1,013	1,119	0,905
Belgium	1,085	1,000	1,085
Bulgaria	0,937	1,000	0,937
Czech Republic	1,063	1,174	0,905
Denmark	1,011	1,117	0,905
Egypt, Arab Rep.	1,042	0,996	1,046
Estonia	1,150	1,125	1,022
Finland	1,042	1,151	0,905
France	0,984	1,087	0,905
Germany	1,000	1,105	0,905
Greece	1,063	1,175	0,905
Hungary	1,078	1,133	0,952
Iceland	1,017	1,123	0,905
Italy	0,974	1,076	0,905
Latvia	1,141	1,123	1,016
Lithuania	1,178	1,191	0,989
Luxembourg	1,026	1,134	0,905
Malta	1,014	1,121	0,905
Netherlands	0,982	1,085	0,905
New Zealand	1,040	1,149	0,905
Poland	1,060	1,088	0,975
Portugal	0,975	1,078	0,905
Romania	1,131	1,128	1,003
Slovak Republic	1,083	1,196	0,905
Slovenia	1,074	1,187	0,905
Spain	0,981	1,084	0,905
Sweden	1,038	1,147	0,905
United Kingdom	1,042	1,151	0,905
Venezuela, RB	0,840	0,864	0,973
Vietnam	1,156	1,071	1,079
United States	1,032	1,140	0,905
Thailand	1,125	1,069	1,052
Brazil	1,034	1,028	1,006
Canada	0,996	1,100	0,905
China	1,206	1,118	1,079
Croatia	1,111	1,141	0,974
India	1,128	1,045	1,079
Indonesia	1,101	1,021	1,079
Israel	0,967	1,068	0,905
Japan	1,029	1,137	0,905
Korea, Rep.	1,082	1,196	0,905
Russian Federatic	1,130	1,047	1,079
Mexico	1,023	1,042	0,982
Turkey	1,122	1,129	0,994
Norway	1,020	1,127	0,905
Singapore	1,087	1,201	0,905
Switzerland	0,980	1,083	0,905
Tunisia	1,074	1,084	0,990
Chile	1,063	1,091	0,974

Πίνακας 8. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2004-2005

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	1,004	0,935	1,074
Australia	0,988	0,920	1,074
Cyprus	1,016	0,946	1,074
Belgium	1,037	1,000	1,037
Bulgaria	1,085	1,000	1,085
Czech Republic	1,060	0,987	1,074
Denmark	1,026	0,955	1,074
Egypt, Arab Rep.	1,036	0,982	1,055
Estonia	1,091	1,019	1,071
Finland	1,022	0,951	1,074
France	1,008	0,939	1,074
Germany	0,994	0,925	1,074
Greece	1,018	0,948	1,074
Hungary	1,028	0,957	1,074
Iceland	1,037	0,965	1,074
Italy	1,010	0,940	1,074
Latvia	1,110	1,034	1,073
Lithuania	1,086	0,998	1,088
Luxembourg	1,021	0,951	1,074
Malta	1,012	0,942	1,074
Netherlands	1,016	0,945	1,074
New Zealand	1,006	0,936	1,074
Poland	1,041	0,951	1,094
Portugal	0,996	0,927	1,074
Romania	1,051	0,971	1,082
Slovak Republic	1,071	0,997	1,074
Slovenia	1,034	0,962	1,074
Spain	1,001	0,932	1,074
Sweden	1,009	0,939	1,074
United Kingdom	1,012	0,942	1,074
Venezuela, RB	1,108	1,012	1,094
Vietnam	1,090	1,053	1,035
United States	1,019	0,949	1,074
Thailand	1,046	0,991	1,055
Brazil	1,032	0,958	1,077
Canada	1,023	0,952	1,074
China	1,119	1,081	1,035
Croatia	1,048	0,958	1,094
India	1,099	1,062	1,035
Indonesia	1,063	1,027	1,035
Israel	1,024	0,954	1,074
Japan	1,013	0,943	1,074
Korea, Rep.	1,034	0,962	1,074
Russian Federation	1,069	1,033	1,035
Mexico	1,035	0,951	1,089
Turkey	1,086	1,001	1,084
Norway	1,019	0,948	1,074
Singapore	1,040	0,968	1,074
Switzerland	1,020	0,949	1,074
Tunisia	1,043	0,961	1,085
Chile	1,045	0,956	1,093

Πίνακας 9. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2005-2006

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	1,017	0,962	1,057
Australia	1,004	0,949	1,057
Cyprus	1,036	0,980	1,057
Belgium	1,030	1,000	1,030
Bulgaria	1,072	1,000	1,072
Czech Republic	1,065	1,008	1,057
Denmark	1,023	0,968	1,057
Egypt, Arab Rep.	1,073	1,030	1,041
Estonia	1,099	1,037	1,060
Finland	1,028	0,972	1,057
France	1,019	0,964	1,057
Germany	1,029	0,973	1,057
Greece	1,043	0,987	1,057
Hungary	1,030	0,974	1,057
Iceland	1,005	0,950	1,057
Italy	1,016	0,961	1,057
Latvia	1,122	1,056	1,063
Lithuania	1,085	1,004	1,080
Luxembourg	1,022	0,966	1,057
Malta	1,009	0,955	1,057
Netherlands	1,025	0,969	1,057
New Zealand	0,984	0,931	1,057
Poland	1,068	0,983	1,087
Portugal	1,005	0,951	1,057
Romania	1,082	1,008	1,074
Slovak Republic	1,085	1,026	1,057
Slovenia	1,051	0,995	1,057
Spain	1,007	0,952	1,057
Sweden	1,031	0,975	1,057
United Kingdom	1,010	0,955	1,057
Venezuela, RB	1,103	1,015	1,087
Vietnam	1,088	1,050	1,036
United States	1,012	0,957	1,057
Thailand	1,055	1,012	1,042
Brazil	1,043	0,978	1,067
Canada	1,018	0,963	1,057
China	1,133	1,093	1,036
Croatia	1,055	0,971	1,087
India	1,099	1,060	1,036
Indonesia	1,061	1,024	1,036
Israel	1,026	0,971	1,057
Japan	1,017	0,963	1,057
Korea, Rep.	1,042	0,986	1,057
Russian Federatio	1,087	1,049	1,036
Mexico	1,053	0,975	1,080
Turkey	1,072	0,997	1,075
Norway	1,013	0,958	1,057
Singapore	1,044	0,987	1,057
Switzerland	1,021	0,966	1,057
Tunisia	1,059	0,984	1,077
Chile	1,060	0,977	1,085

Πίνακας 10. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2006-2007

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	1,016	0,958	1,060
Australia	1,001	0,944	1,060
Cyprus	1,034	0,975	1,060
Belgium	1,037	1,000	1,037
Bulgaria	1,075	1,000	1,075
Czech Republic	1,053	0,993	1,060
Denmark	1,014	0,957	1,060
Egypt, Arab Rep.	1,066	1,015	1,050
Estonia	1,078	1,011	1,067
Finland	1,043	0,984	1,060
France	1,013	0,955	1,060
Germany	1,025	0,967	1,060
Greece	1,026	0,968	1,060
Hungary	1,004	0,947	1,060
Iceland	1,031	0,972	1,060
Italy	1,013	0,956	1,060
Latvia	1,101	1,030	1,069
Lithuania	1,103	1,017	1,084
Luxembourg	1,051	0,992	1,060
Malta	1,014	0,956	1,060
Netherlands	1,023	0,964	1,060
New Zealand	1,013	0,956	1,060
Poland	1,074	0,985	1,090
Portugal	1,017	0,959	1,060
Romania	1,066	0,988	1,079
Slovak Republic	1,103	1,040	1,060
Slovenia	1,054	0,994	1,060
Spain	1,009	0,952	1,060
Sweden	1,018	0,960	1,060
United Kingdom	1,031	0,973	1,060
Venezuela, RB	1,092	1,003	1,090
Vietnam	1,090	1,047	1,041
United States	1,011	0,954	1,060
Thailand	1,051	0,999	1,052
Brazil	1,065	0,993	1,073
Canada	1,000	0,943	1,060
China	1,148	1,102	1,041
Croatia	1,056	0,969	1,090
India	1,104	1,061	1,041
Indonesia	1,069	1,027	1,041
Israel	1,021	0,963	1,060
Japan	1,017	0,959	1,060
Korea, Rep.	1,039	0,980	1,060
Russian Federatio	1,090	1,048	1,041
Mexico	1,036	0,956	1,084
Turkey	1,050	0,972	1,080
Norway	1,000	0,943	1,060
Singapore	1,036	0,977	1,060
Switzerland	1,020	0,962	1,060
Tunisia	1,066	0,986	1,081
Chile	1,055	0,970	1,088

Πίνακας 11. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2007-2008

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	1,003	0,956	1,050
Australia	0,985	0,938	1,050
Cyprus	1,028	0,979	1,050
Belgium	1,040	1,000	1,040
Bulgaria	1,061	1,000	1,061
Czech Republic	1,027	0,978	1,050
Denmark	0,983	0,936	1,050
Egypt, Arab Rep.	1,072	1,023	1,048
Estonia	0,966	0,913	1,058
Finland	0,993	0,946	1,050
France	0,992	0,945	1,050
Germany	1,010	0,962	1,050
Greece	0,993	0,946	1,050
Hungary	1,015	0,967	1,050
Iceland	1,000	0,953	1,050
Italy	0,973	0,927	1,050
Latvia	0,960	0,906	1,060
Lithuania	1,034	0,967	1,069
Luxembourg	0,987	0,941	1,050
Malta	1,025	0,976	1,050
Netherlands	1,003	0,956	1,050
New Zealand	0,973	0,927	1,050
Poland	1,056	0,985	1,072
Portugal	0,997	0,950	1,050
Romania	1,100	1,033	1,066
Slovak Republic	1,040	0,991	1,050
Slovenia	1,041	0,992	1,050
Spain	0,982	0,935	1,050
Sweden	0,984	0,937	1,050
United Kingdom	0,976	0,930	1,050
Venezuela, RB	1,057	0,986	1,072
Vietnam	1,068	1,024	1,043
United States	0,986	0,939	1,050
Thailand	1,028	0,980	1,049
Brazil	1,055	0,994	1,062
Canada	0,989	0,942	1,050
China	1,101	1,055	1,043
Croatia	1,027	0,958	1,072
India	1,045	1,001	1,043
Indonesia	1,066	1,022	1,043
Israel	1,014	0,967	1,050
Japan	0,992	0,946	1,050
Korea, Rep.	1,019	0,971	1,050
Russian Federation	1,057	1,013	1,043
Mexico	1,015	0,950	1,068
Turkey	1,009	0,947	1,066
Norway	0,969	0,924	1,050
Singapore	0,952	0,907	1,050
Switzerland	0,997	0,950	1,050
Tunisia	1,049	0,983	1,067
Chile	1,036	0,968	1,071

Πίνακας 12. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2008-2009

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	0,953	0,963	0,989
Australia	0,952	0,962	0,989
Cyprus	0,981	0,991	0,989
Belgium	1,021	1,000	1,021
Bulgaria	1,001	1,000	1,001
Czech Republic	0,943	0,953	0,989
Denmark	0,940	0,950	0,989
Egypt, Arab Rep.	1,047	1,027	1,020
Estonia	0,862	0,848	1,017
Finland	0,931	0,941	0,989
France	0,958	0,968	0,989
Germany	0,947	0,957	0,989
Greece	0,957	0,968	0,989
Hungary	0,932	0,942	0,989
Iceland	0,946	0,956	0,989
Italy	0,951	0,961	0,989
Latvia	0,826	0,813	1,016
Lithuania	0,856	0,845	1,014
Luxembourg	0,890	0,900	0,989
Malta	0,962	0,972	0,989
Netherlands	0,955	0,965	0,989
New Zealand	0,986	0,997	0,989
Poland	1,021	1,008	1,013
Portugal	0,980	0,990	0,989
Romania	0,920	0,907	1,015
Slovak Republic	0,951	0,961	0,989
Slovenia	0,913	0,923	0,989
Spain	0,953	0,963	0,989
Sweden	0,949	0,959	0,989
United Kingdom	0,953	0,964	0,989
Venezuela, RB	0,972	0,959	1,013
Vietnam	1,058	1,038	1,020
United States	0,966	0,976	0,989
Thailand	0,983	0,965	1,019
Brazil	1,000	0,985	1,016
Canada	0,965	0,975	0,989
China	1,097	1,076	1,020
Croatia	0,945	0,933	1,013
India	1,088	1,067	1,020
Indonesia	1,052	1,032	1,020
Israel	0,978	0,988	0,989
Japan	0,948	0,958	0,989
Korea, Rep.	1,003	1,014	0,989
Russian Federati	0,926	0,908	1,020
Mexico	0,942	0,929	1,014
Turkey	0,954	0,940	1,015
Norway	0,982	0,992	0,989
Singapore	0,956	0,966	0,989
Switzerland	0,967	0,977	0,989
Tunisia	1,035	1,020	1,014
Chile	0,994	0,981	1,013

Πίνακας 13. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2009-2010

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	1,022	0,958	1,067
Australia	1,005	0,942	1,067
Cyprus	0,993	0,931	1,067
Belgium	1,030	1,000	1,030
Bulgaria	1,081	1,000	1,081
Czech Republic	1,029	0,964	1,067
Denmark	1,023	0,959	1,067
Egypt, Arab Rep.	1,052	1,004	1,048
Estonia	1,028	0,959	1,071
Finland	1,036	0,971	1,067
France	1,015	0,951	1,067
Germany	1,037	0,972	1,067
Greece	0,959	0,899	1,067
Hungary	1,002	0,939	1,067
Iceland	0,955	0,895	1,067
Italy	1,020	0,956	1,067
Latvia	1,004	0,935	1,074
Lithuania	1,019	0,935	1,090
Luxembourg	1,013	0,950	1,067
Malta	1,002	0,939	1,067
Netherlands	1,036	0,971	1,067
New Zealand	1,006	0,943	1,067
Poland	1,044	0,953	1,096
Portugal	1,011	0,947	1,067
Romania	1,015	0,935	1,085
Slovak Republic	1,035	0,970	1,067
Slovenia	1,013	0,949	1,067
Spain	0,994	0,931	1,067
Sweden	1,050	0,984	1,067
United Kingdom	1,016	0,953	1,067
Venezuela, RB	0,989	0,903	1,095
Vietnam	1,073	1,044	1,028
United States	1,032	0,968	1,067
Thailand	1,081	1,026	1,053
Brazil	1,079	1,003	1,077
Canada	1,021	0,957	1,067
China	1,109	1,079	1,028
Croatia	0,996	0,930	1,071
India	1,101	1,071	1,028
Indonesia	1,068	1,039	1,028
Israel	1,023	0,959	1,067
Japan	1,041	0,975	1,067
Korea, Rep.	1,048	0,982	1,067
Russian Federatic	1,048	1,019	1,028
Mexico	1,059	0,972	1,089
Turkey	1,094	1,010	1,083
Norway	1,003	0,940	1,067
Singapore	1,112	1,043	1,067
Switzerland	1,022	0,958	1,067
Tunisia	1,034	0,953	1,085
Chile	1,063	0,973	1,093

Πίνακας 14. Malmquist index, Efficiency Change, Technological Change 2000-2010

	Malmquist	Efficiency Change	Technological Change
Austria	1,040	0,893	1,164
Australia	0,934	0,803	1,164
Cyprus	1,200	1,031	1,164
Belgium	1,421	1,000	1,421
Bulgaria	1,359	1,000	1,359
Czech Republic	1,364	1,172	1,164
Denmark	1,031	0,886	1,164
Egypt, Arab Rep.	1,610	1,090	1,476
Estonia	1,466	0,963	1,523
Finland	1,158	0,995	1,164
France	1,017	0,874	1,164
Germany	1,050	0,902	1,164
Greece	1,142	0,981	1,164
Hungary	1,227	0,923	1,330
Iceland	1,096	0,941	1,164
Italy	0,962	0,826	1,164
Latvia	1,493	0,974	1,533
Lithuania	1,620	1,031	1,571
Luxembourg	1,036	0,890	1,164
Malta	0,988	0,840	1,175
Netherlands	1,055	0,906	1,164
New Zealand	1,035	0,889	1,164
Poland	1,485	0,972	1,527
Portugal	0,993	0,853	1,164
Romania	1,629	1,050	1,551
Slovak Republic	1,516	1,302	1,164
Slovenia	1,207	1,037	1,164
Spain	0,961	0,825	1,164
Sweden	1,126	0,967	1,164
United Kingdom	1,095	0,941	1,164
Venezuela, RB	1,274	0,894	1,425
Vietnam	2,124	1,492	1,423
United States	1,090	0,936	1,164
Thailand	1,574	1,064	1,479
Brazil	1,477	0,958	1,542
Canada	1,030	0,885	1,164
China	2,846	1,999	1,423
Croatia	1,335	0,887	1,506
India	2,167	1,522	1,423
Indonesia	1,760	1,237	1,423
Israel	1,047	0,900	1,164
Japan	1,091	0,937	1,164
Korea, Rep.	1,368	1,175	1,164
Russian Federatic	1,680	1,180	1,423
Mexico	1,239	0,787	1,574
Turkey	1,517	0,973	1,558
Norway	1,055	0,906	1,164
Singapore	1,274	1,095	1,164
Switzerland	1,049	0,901	1,164
Tunisia	1,608	1,028	1,564
Chile	1,436	0,960	1,495

Σύμφωνα λοιπόν με τους παραπάνω πίνακες, μπορούμε να δούμε τις μεταβολές της παραγωγικότητας (Malmquist index), την μεταβολή στην αποδοτικότητα (Efficiency Change) καθώς και την τεχνολογική μεταβολή (Technological Change) και των 51 χωρών που εξετάζουμε από το 2000 έως και το 2010.

Ξεκινώντας με τον Πίνακα 5 όπου παρουσιάζονται οι μεταβολές των δεικτών για τα έτη 2000-2001, παρατηρούμε ότι για τις περισσότερες χώρες ο δείκτης παραγωγικότητας είναι μεγαλύτερος της μονάδας γεγονός που μας φανερώνει ότι η παραγωγικότητα βελτιώνεται, μεταβάλλεται θετικά. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για την μεταβολή στην αποδοτικότητα, με εξαίρεση το Βέλγιο και τη Βουλγαρία οι οποίες δεν παρουσιάζουν μεταβολές ($EC=1$) κρατώντας την αποδοτικότητά τους σταθερή. Η Τουρκία αποτελεί την μοναδική χώρα για την περίοδο 2000-2001 η οποία εμφανίζει μείωση της αποδοτικότητας κατά 2,7%. Όσον αφορά την τεχνολογική μεταβολή σχεδόν σε όλες τις χώρες εμφανίζεται μειωμένη με εξαίρεση χώρες όπως: Κίνα Βιετνάμ, Ρωσία, Ινδία, Ινδονησία, Βέλγιο, Κορέα και Ταϊλάνδη. Όλες οι υπόλοιπες χώρες παρουσιάζουν μείωση στην μεταβολή της τεχνολογίας. Αυτό σημαίνει ότι πιθανές αυξήσεις της παραγωγικότητας στις χώρες αυτές οφείλονται καθαρά στην αποτελεσματικότερη χρήση του εργατικού δυναμικού και του μετοχικού κεφαλαίου στην παραγωγή προϊόντος. Σημαντική παρατήρηση είναι ότι στην εξέλιξη της τεχνολογίας απουσιάζουν προς το παρόν χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κυριαρχούν χώρες της Ανατολής.

Η Κίνα κατέχει την πρώτη θέση, όσον αφορά την μεταβολή στην παραγωγικότητα, η οποία μέσα σε ένα έτος έχει αυξηθεί κατά 8,9% εξαιτίας της αποδοτικότητας των συντελεστών παραγωγής κατά 6% και της τεχνολογίας κατά 2,6%. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η Ελλάδα, όσον αφορά την παραγωγικότητα βρίσκεται στη 13^η θέση με 5,4% ετήσια αύξηση, με 15,6% αύξηση της αποδοτικότητας και 8,9% μείωση της τεχνολογίας. Αντίθετα λιγότερο παραγωγική χώρα από όλες για την περίοδο 2000-2001 φαίνεται να είναι η Βουλγαρία με σταθερή αποδοτικότητα και μείωση κατά 6,5% της τεχνολογίας. Γενικότερα λοιπόν όσον αφορά την περίοδο 2000-2001 η τεχνολογία στο σύνολο των χωρών παρουσιάζει πτωτική τάση, ενώ η αύξηση

της παραγωγικότητας οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αποδοτικότητα των συντελεστών παραγωγής.

Σύμφωνα με τον πίνακα 6, όπου εμφανίζονται τα αποτελέσματα για την περίοδο 2001-2002 παρατηρούμε ότι πολλές χώρες εμφανίζουν σταθερή παραγωγικότητα (μηδενική μεταβολή), καμία χώρα δεν έχει μειωμένη παραγωγικότητα ενώ την πρώτη θέση όσον αφορά την αύξηση της παραγωγικότητας καταλαμβάνει η Ινδία με 0,5% ετήσια αύξηση. Η αύξηση της παραγωγικότητας στην Ινδία οφείλεται ξεκάθαρα στην θετική μεταβολή της τεχνολογίας κατά 0,5% καθώς η αποδοτικότητα παρέμεινε σε σταθερά επίπεδα. Επίσης παρατηρούμε ότι η Κίνα προχώρησε στην 4^η θέση και στην αύξηση της παραγωγικότητας προηγήθηκαν χώρες όπως η Ινδονησία, Βιετνάμ με ελάχιστη παραπάνω αύξηση της παραγωγικότητάς τους. Η Ελλάδα την περίοδο αυτή παρουσιάζει μηδενική μεταβολή στην παραγωγικότητά της. Γενικότερη παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι οι μεταβολές στην τεχνολογία, παραγωγικότητα και αποδοτικότητα συνοδεύονται από μικρές αυξήσεις ποσοστιαίως.

Σύμφωνα με τον πίνακα 7 παρατηρούμε πολύ μεγάλες διαφορές όσον αφορά την παραγωγικότητα. Η Κίνα εμφανίζει αύξηση της παραγωγικότητας για την περίοδο 2002-2003 κατά 20,6% με συμβολή κατά 11,8% της αποδοτικότητας και 7,9% της τεχνολογίας. Μεγάλη αύξηση παραγωγικότητας παρατηρούνται και σε χώρες της Ανατολικής Ευρώπης με τη μεγαλύτερη να παρατηρείται στην Λιθουανία με 17,8% με σημαντικό ρόλο της αποδοτικότητας καθώς αυξήθηκε κατά 19,1%. Η τεχνολογία της χώρας αυτής είναι μειωμένη κατά 1,1%. Η Ελλάδα παρουσιάζει αύξηση της παραγωγικότητας κατά 6,3 με 17,5% αύξηση της αποδοτικότητας και μείωση 9,5% της τεχνολογίας. Χώρες ισχυρές όπως η Γερμανία, Γαλλία εμφανίζουν σταθερή και μειωμένη παραγωγικότητα κατά 1,6% αντίστοιχα με κύριο υπαίτιο τη μείωση της τεχνολογίας κατά 9,5%. Μεγαλύτερη τεχνολογική μεταβολή παρουσιάζει το Βέλγιο με αύξηση κατά 8,5% ενώ η Βενεζουέλα είναι η χώρα με τη μεγαλύτερη μείωση στην παραγωγικότητα κατά 8,4%.

Για τα έτη 2004-2005(Πίνακας 8), η παραγωγικότητα της Κίνας καταλαμβάνει την πρώτη θέση με 11,8% ετήσια αύξηση και πρόοδο της αποδοτικότητας και της τεχνολογίας κατά 8% και 3,5% αντίστοιχα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η Βενεζουέλα σημείωσε σημαντική αύξηση της παραγωγικότητας κατά 10,7% με τεχνολογική μεταβολή κατά 9,4% και αποδοτικότητα κατά 1,2%. Γενικότερα παρατηρείται ότι όλες οι χώρες εμφανίζουν θετικούς ρυθμούς αύξησης της τεχνολογίας με ποσοστά από 3,5% στην Ινδονησία έως 9,4% στην Βενεζουέλα. Η Ελλάδα με παραγωγικότητα 1,7%, αρχίζει κατά τα έτη 2004-2005 να αυξάνει την τεχνολογία κατά 7,4% και να μειώνει την αποδοτικότητα των συντελεστών παραγωγής κατά 5,3%.

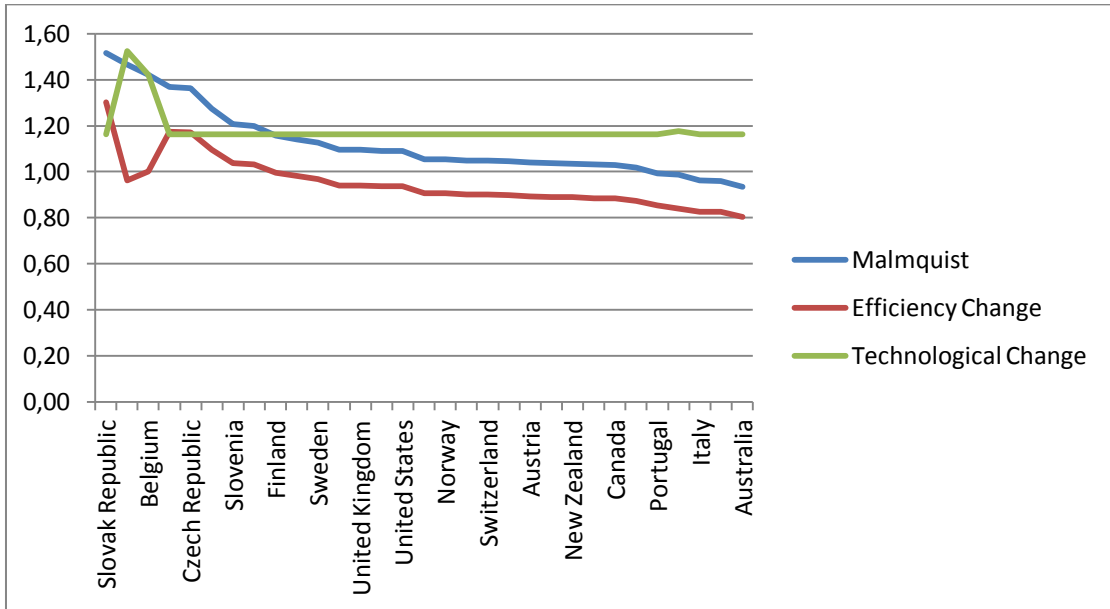
Ανάμεσα στα έτη 2005-2008 (Πίνακες 9,10,11) η Κίνα καταλαμβάνει την πρώτη θέση στην αύξηση της παραγωγικότητας με τη μεγαλύτερη να λαμβάνει χώρα μεταξύ 2006-2007 και αύξηση κατά 14,7% με αύξηση στην αποδοτικότητα κατά 10,2% και τεχνολογική πρόοδο κατά 4%. Χώρες της Ανατολικής και Νοτιοανατολικής Ευρώπης εμφανίζουν επίσης μεγάλες αυξήσεις στην παραγωγικότητά τους με τη Βουλγαρία να αυξάνει την παραγωγικότητά της κατά 6% το 2007-2008 σημειώνοντας τεχνολογική μεταβολή κατά 6%. Χώρες όπως η Ιταλία, Αγγλία, Νορβηγία, Λουξεμβούργο που αποτελούν δυνατές οικονομίες παρουσιάζουν μείωση στην παραγωγικότητά τους αλλά με σημαντική τεχνολογική πρόοδο με ποσοστά περίπου στο 4,9% και για τις 4 χώρες. Μεγάλη τεχνολογική μεταβολή παρουσιάζουν η Πολωνία, Κροατία και Βενεζουέλα (7,1%) για τα έτη 2007-2008 με τα ποσοστά να έχουν μειωθεί από το 2005 έως το 2008. Όσον αφορά την Ελλάδα ξεκινά με αύξηση παραγωγικότητας κατά 4,3% (2005-2006) και σταδιακά μειώνεται φθάνοντας σε αρνητικό ρυθμό παραγωγικότητας μεταξύ των ετών 2007-2008 που αντιστοιχεί σε μείωση της παραγωγικότητας κατά 0,7% με αντίστοιχη σταδιακή μείωση την τεχνολογικής προόδου.

Στους πίνακες 12,13 περιέχονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα έτη 2008-2009 και 2009-2010. Η περίοδος αυτή αποτελεί για τις περισσότερες χώρες ένα μεταβατικό στάδιο καθώς ξεκινά η μεγάλη οικονομική κρίση. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε για τα έτη 2008-2009 από τις 51 χώρες μόνο οι 13 διατηρούν θετικό ρυθμό αύξησης της παραγωγικότητας εκ των οποίων μόνο η Βουλγαρία και το Βέλγιο αποτελούν χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με αυξήσεις στην παραγωγικότητα κατά 0,1% και 2,1% αντίστοιχα για το 2008-2009, με τη Βουλγαρία να συνεχίζει με αύξηση 8,1% για το επόμενο έτος. Η Κίνα για ακόμη μια φορά παρουσιάζει την μεγαλύτερη αύξηση της

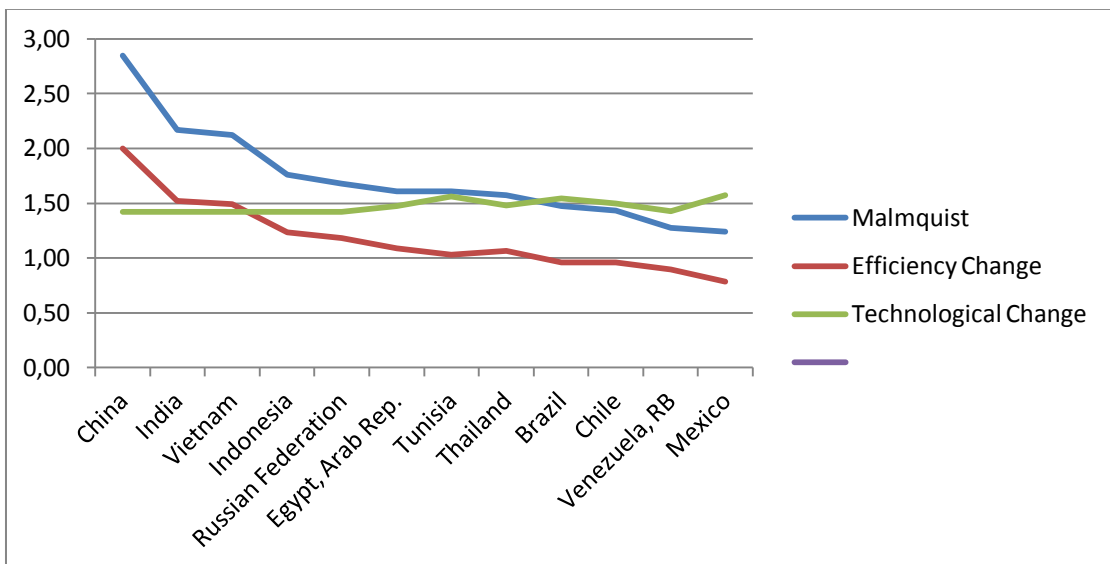
παραγωγικότητας το 2008-2009 κατά 11,2% με τη Σιγκαπούρη να προηγείται για το επόμενο έτος με αύξηση κατά 11,2%. Κατά τα έτη 2009-2010 μεγάλες οικονομίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σημειώνουν αύξηση της παραγωγικότητας με τη μεγαλύτερη να σημειώνεται στη Γερμανία με 3,7% με σημαντική τεχνολογική πρόοδο κατά 6,6%. Αντίθετα χώρες που αρχίζουν να πλήττονται περισσότερο από την οικονομική κρίση όπως Ελλάδα, Ισλανδία και Ισπανία παρουσιάζουν μείωση της παραγωγικότητας τους κατά 4,1% 4,5% και 0,7% αντίστοιχα. Η Ελλάδα κατά τα έτη 2009-2010 μαζί με την Ισλανδία φαίνεται να βρίσκεται σε δυσχερέστερη θέση από όλες τις χώρες που εξετάζουμε.

Ο πίνακας 14 αποτελεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς μπορούμε να δούμε για τα έτη 2000-2010 τη συνολική μεταβολή των χωρών όσον αφορά την παραγωγικότητά τους, την αποδοτικότητα και την τεχνολογική μεταβολή. Πρώτα από όλα παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα που μας δίνει η τεχνολογική μεταβολή για τα έτη 2000-2010 αποτελούν ένα σημαντικό στοιχείο αξιοπιστίας της τρέχουσας ανάλυσης καθώς όλα τα αποτελέσματα είναι μεγαλύτερα της μονάδας. Όσον αφορά λοιπόν την τεχνολογική μεταβολή μεγαλύτερη πρόοδο κατά τη διάρκεια της δεκαετίας σημείωσε το Μεξικό με συνολική αύξηση κατά 57,4% και μικρότερη η Ελβετία με 16,3%. Η παραγωγικότητα για την Κίνα, Ινδία, Βιετνάμ αυξήθηκε κατά 184,5% 116,7% και 112,3% αντίστοιχα. Η Αυστραλία, Ισπανία και Ιταλία έχουν αντίστοιχα μείωση της παραγωγικότητας κατά 6,6% , 0,4% και 23,9%. Η Ελλάδα, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας παρουσίασε συνολικά αύξηση κατά 14,1% που οφείλεται κυρίως σε τεχνολογική μεταβολή, ενώ η Γερμανία, Γαλλία είχαν αύξηση της παραγωγικότητας κατά 4,9% και 1,7% αντίστοιχα λόγω της τεχνολογικής προόδου κατά 16,3%.

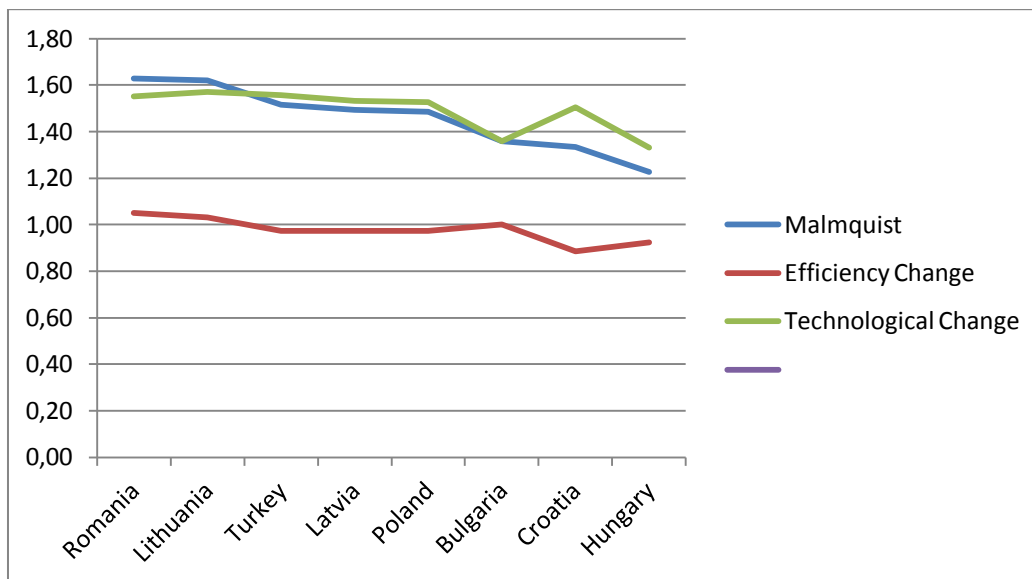
Διάγραμμα 4. TFP, EC ,TC 2000-2010. Αναπτυγμένες οικονομίες. Ίδια επεξεργασία.



Διάγραμμα 5. TFP, EC ,TC 2000-2010. Αναδύομενες-αναπτυσσόμενες οικονομίες. Ίδια επεξεργασία.



Διάγραμμα 6. TFP, EC, TC 2000-2010. Χώρες Ανατολικής και Κεντρικής Ευρώπης. Ιδία επεξεργασία.



Στα παραπάνω διαγράμματα (4,5,6) αποτυπώνονται ξεχωριστά για κάθε γκρουπ χωρών σύμφωνα με το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο οι τιμές των δεικτών που εξετάσαμε στην εργασία για τα έτη 2000-2010. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στις αναπτυγμένες οικονομίες (διάγραμμα 4) η παραγωγικότητα για τις περισσότερες χώρες εμφανίζει θετικό ρυθμό ανάπτυξης με εξαίρεση χώρες όπως η Ιταλία, Αυστραλία, Πορτογαλία ενώ σημαντική τεχνολογική μεταβολή εμφανίζουν το Βέλγιο και η Σλοβακία. Ακόμα είναι ξεκάθαρο το γεγονός ότι η αύξηση της παραγωγικότητας για όλες τις χώρες οφείλεται σε τεχνολογική πρόοδο.

Στο διάγραμμα 5 παρατηρούμε την εξέλιξη των αναδυόμενων-αναπτυσσόμενων οικονομιών για τα έτη 2000-2010. Είναι άξιο λόγου το γεγονός ότι παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες αυξήσεις παραγωγικότητας καθώς και τεχνολογικής προόδου από ότι οι αναπτυγμένες οικονομίες, με την Κίνα όπως προαναφέραμε παραπάνω να εκτοξεύει την παραγωγικότητά της στο 184,5%.

Τέλος στο διάγραμμα 6 απεικονίζονται οι χώρες της Ανατολικής και Κεντρικής Ευρώπης οι οποίες όλες παρουσιάζουν αύξηση της παραγωγικότητας η οποία κατά κύριο λόγο οφείλεται στην τεχνολογική μεταβολή με τη Ρουμανία να κατέχει τη μεγαλύτερη αύξηση παραγωγικότητας καθώς και τεχνολογικής μεταβολής.

Κεφάλαιο 4

4.1 Συμπεράσματα

Στην συγκεκριμένη εργασία εξετάσαμε την παραγωγικότητα, την αποδοτικότητα καθώς και την τεχνολογική μεταβολή 51 χωρών χρησιμοποιώντας το δείκτη παραγωγικότητας Malmquist. Αρχικά λοιπόν παρουσιάστηκε ο τρόπος μέτρησης της παραγωγικότητας, έπειτα παρατέθηκαν οι παραλλαγές της εφαρμογής του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist και στη συνέχεια η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA) με την οποία εφαρμόσαμε το μοντέλο μας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η παραγωγικότητα κατά τη διάρκεια των ετών 2000-2010 καθώς και η τεχνολογική μεταβολή αποτελούν θετική εξέλιξη για χώρες όπως η Κίνα, Ινδία κτλ ενώ για τις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης μειώνεται δραματικά. Η οικονομική κρίση αποτέλεσε ένα σημαντικό παράγοντα μείωσης της παραγωγικότητας γεγονός που μας παραπέμπει σε λάθος πολιτικές από πλευράς κρατών.

Η παραγωγικότητα πρέπει πάντα να είναι κάτι που θέλουμε να αυξηθεί, όσο το δυνατόν περισσότερο. Αλλαγές στην παραγωγικότητα έχουν μεγάλη σημασία σε όλα τα επίπεδα (εθνικό, βιομηχανικό, επιχειρησιακό). Σε εθνικό επίπεδο, η παραγωγικότητα είναι ένα σημαντικό στοιχείο της οικονομικής ανάπτυξης και προόδου. Σε βιομηχανικό επίπεδο, άνω του μέσου όρου αύξηση της παραγωγικότητας οδηγεί σε σχετική μείωση κόστους και τιμών. Σε επίπεδο επιχειρησιακό, η παραγωγικότητα είναι θεμελιώδους σημασίας για την αύξηση των κερδών και την επιβίωση.

Σε παγκόσμια κλίμακα, βελτίωση της παραγωγικότητας είναι απαραίτητη για την εξάλειψη της πείνας, των ασθενειών και της φτώχειας. Ως εκ τούτου, το πρώτο στοιχείο για τη βελτίωση της παραγωγικότητας είναι να αναπτυχθούν νέες ιδέες και νέες διεργασίες για να κάνουμε τα πράγματα με ένα νέο και καλύτερο τρόπο. Κάθε κράτος και κάθε κυβέρνηση θα πρέπει να διαμορφώσει πολιτικές ώστε να επιτυγχάνονται θετικοί ρυθμοί αύξησης της παραγωγικότητας καθώς και να πραγματοποιεί εισαγωγή σε νέες τεχνολογίες

και πρακτικές συμβάλλοντας έτσι στην εξέλιξη των παραγωγικών δυνατοτήτων του.

4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η έρευνα της παρούσας μελέτης έγκειται στη συλλογή δεδομένων για 51 χώρες ώστε να πραγματοποιηθεί μέτρηση της παραγωγικότητας αυτών των χωρών με τη χρήση των δεικτών Malmquist, μέτρηση της τεχνολογικής μεταβολής και μέτρηση της αποδοτικότητας. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων.

Ενδιαφέρον θα αποτελούσε η εκτίμηση του μοντέλου μέσω παραμετρικής ανάλυσης, όπως της στοχαστικής εν δυνάμει ανάλυσης (Stochastic Frontier Analysis) και η σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Τέλος ακόμη μεγαλύτερο ενδιαφέρον θα αποτελούσε η επέκταση της ανάλυσης ως προς το χρόνο. Να χωρίζαμε την ανάλυση σε δεκαετίες από το 1960 έως και σήμερα για να δούμε κυρίως την επίδραση της τεχνολογικής προόδου στην παραγωγικότητα καθώς και το στάδιο ενδυνάμωσης χωρών όπως η Κίνα, Ινδία κτλ.

Βιβλιογραφία

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.

Arnade C (1998). *Using a Programming Approach to Measure International Agricultural Efficiency and Productivity*. *J. Agric. Econ.* 49: 67-84.

Balk B.M., (1998), *Industrial Price, Quantity and Productivity Indices: The Microeconomic Theory and an Application*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Balk, B. M. (2001). *Scale efficiency and productivity change*. *Journal of Productivity Analysis*, 15, 159–183.

Balk M.B., (2004), "The Many Decompositions of Productivity Change", paper presented at North American Productivity Workshop, University of Toronto, Toronto, June 2004.

Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., (1984 "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management science*, 1078-92.

Berg S.A., F.R. Forsund and E.S. Jansen, (1992), "Malmquist Indices of Productivity Growth During the Deregulation of Norwegian Banking, 1980-1989", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 94(S), pp. 211-228.

Burges J.F, and W.P Wilson, (1995), "Decomposing Hospital Productivity Changes, 1985-88: A Nonparametric Malmquist Approach", *The Journal of Productivity Analysis*, vol. 6, pp. 343-363.

Bjurek H., (1996), "The Malmquist Total Factor Productivity Index", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 98(2), pp. 303-313.107

Casu, B., C. Girardone, P.Molyneux. 2004. *Productivity change in European banking: A comparison of parametric and non-parametric approaches*. *Journal of Banking & Finance*, no 28, p. 2521–2540.

Caves D.W., L.R., Christensen and W.E. Diewert, (1982), "The Economic Theory of Index Number and the Measurement of Input, Output and Productivity" Econometrica, vol. 50(6), pp. 1393-1414.

Charnes, A., Cooper, W., and Rhodes, E. "Measuring the Efficiency of Decision making Units." European Journal of Operational Research , 2.6 (1978): 429-444.

Coelli & Rao, 2005. "Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000," Agricultural Economics, International Association of Agricultural Economists, vol. 32(s1), pages 115-134, 01.

Coelli, T. J., D. S. P. Rao, and G. E. Battese, An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis (Kluwer Academic Publishers: Boston, 1998).

Coelli T., D.S P. Rao and C. O'Donnell, (2005), An introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Springer, New York.

Christensen L.R, (1975), "Concepts and Measurement of Agricultural Productivity", American Journal of Agricultural Economics, vol. 57, pp. 910-915.

Debreu, G., (1951) "The coefficient of resource utilization", Econometrica: Journal of the Econometric Society, 273-292

Diewert, W.E. (1976), "Exact and Superlative Index Numbers", Journal of Econometrics vol. 4, 115-145.

Epstein, L. and Denny, M. (1980) Endogenous capital utilization in a short run production model, Journal of Econometrics, 12(2), pp. 189 – 207.

Fare R., and S. Grosskopf, (1996), Intertemporal Production Frontiers: With Dynamic DEA, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K.(1994)" Production frontiers" Cambridge, Cambridge university press, 1994

Färe R., S. Grosskopf and P. Roos, (1998), "Malmquist Productivity Indexes: A Survey of Theory and Practice" in Fare R., S. Grosskopf and R.R. Rusell (eds.) *Index Numbers: Essays in Honor of Sten Malmquist*, Kluwer Academic Publications, Boston.

Färe R., S. Grosskopf, B. Lindgren and P. Roos, (1992), "Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980-1989: A Non-parametric Malmquist Approach", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 13, pp. 85-101.

Färe R., S. Grosskopf, B. Lindgren and P. Roos, (1992b), "Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach", in Charnes A., W. Cooper, A. Lewin and L. Seiford (eds) *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer, Boston.

Färe R., S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang, (1994), "Productivity Growth, technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries", *American Economic Review*, vol. 84(1), pp. 66-83.

Färe R., and D. Primont, (1995), *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Färe R., Grosskopf, S. & Pasurka, C.A., Jr., (2001). "Accounting for Air Pollution Emissions in Measures of State Manufacturing Productivity Growth," *Journal of Regional Science*, Wiley Blackwell, vol. 41(3), pages 381-409.

Farrell, M. J.(1957) "The Measurement of Productive Efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957, Series A, General, 120(3), pp. 253-82.

Feldstein, M. and Foot, D. (1971) *The Other Half of Gross Investment: Replacement and Modernization*, *Review of Economics and Statistics*, 53(1), pp. 49 – 58.

Fuente H.J., E. Grifell-Tatje and S. Perelman, (2001), "A Parametric Distance Function Approach for Malmquist Productivity Index Estimation", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 15, pp. 75-94.

Grifell-Tatje E. and C.A.K. Lovell, (1997), "The Sources of Productivity Change in Spanish Banking", *European Journal of Operational Research*, vol. 98, pp. 364-380.

Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., (2012), "Measuring seaports' productivity: A Malmquist productivity index decomposition approach ". MPRA Paper 40174.

Hayami Y. and V.W. Ruttan, (1970), "Agricultural Productivity Differences among Countries", *American Economic Review*, vol. 60, pp. 895-911.

Hulten C.R., (1986), "Productivity Change, Capacity Utilization and the Sources of Efficiency Growth", *Journal of Econometrics*, vol. 33, pp. 31-50.

Isik, I., M.K. Hassan. (2003). *Financial deregulation and total factor productivity change: An empirical study of Turkish commercial banks*. *Journal of Banking and Finance*, no 27.

Koopmans, T.C (1951), "An analysis of production as efficient combination of activities", In *Activity analysis of production and allocation*, cowles.econ.yale.edu., monograph no.13

Linna M., (1998), "Measuring Hospital Cost Efficiency with Panel Data Models", *Health Economics*, vol. 7, pp. 415-427.

Lovell C.A.K., (2003), "The Decomposition of Malmquist Productivity Indexes", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 20, pp. 437-458.

Lovell C.A.K., (1993), "Production Frontiers and Productive Efficiency", in Fried H.O., C.A.K. Lovell, and S.S. Schmidt (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, pp. 3-67.

Malmquist, S. (1953). *Index Numbers and Indifference Curves*. *Trabajos de Estadística*, no 4, 1, p. 209-42.

Maniadakis N., B. Hollingsworth and E. Thanassoulis, (1999), "The Impact of the Internal Market on Hospital Efficiency, Productivity and Service Quality", Health Care Management Science, vol. 2, pp. 75-85.

Maniadakis N. and E. Thanassoulis, (2000), "Assessing Productivity Changes in UK Hospitals Reflecting Technology and Input Prices", Applied Economics, vol. 32, pp.1575-1589.

Maudos, M., J.M. Pastor and L. Serrano (1999): Total factor productivity measurement and human capital in OECD countries, Economics Letters 63(1), 39-44.

McCallion G.M, J.C. Glass, R. Jackson and C. Kerr and D.G. McKillop, (2000), "Investigating Productivity Change and Hospital Size: A Nonparametric Frontier Approach", Vol. 32, pp. 161-174.

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

Mlima, A. P. (1999). Dissertation: Four Essays on efficiency and productivity in Swedish Banking. Economiska Studier, Göteborgs Universitet.

Mukherjee K., S.C. Ray and S.M. Miller, (2001), "Productivity Growth in Large U.S. Commercial Banks: The Initial Post-deregulation Experience", Journal of Banking and Finance, vol. 25, pp. 913-939.

Murty, M.N., Kumar, S., Paul, M.(2006) "Environmental regulation, productive efficiency and cost of pollution abatement: a case study of the sugar industry in India" - Journal of environmental management, 1-9

Nishimizu M. and J.M. Page, (1982), "Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-78", Economic Journal, vol. 92, pp. 920-936.

Ray S.C. and E. Desli, (1997), “Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries: Comment”, *American Economic Review*, vol. 87, pp. 1033-1039.

Rebelo, J. and Mendes, V., (2000). “Malmquist Indices of Productivity Change in Portuguese Banking: The Deregulation Period”. *IAER*, 6 (3), 531-543.

Sahoo.,B.,K and Tone.,K (2013),” Non-parametric measurement of economies of scale and scope in non-competitive environment with price uncertainty” *Omega Volume 41, Issue 1, Pages 97–111*

Shephard, R.W. (1970) *Theory of cost and production functions*. Princeton, NJ: Princeton University Press,.

Sommersguter –Reichmann M., (2000), “The Impact of the Austrian Hospital Financing Reform on Hospital Productivity: Empirical Evidence on Efficiency and Technology Changes Using A Non-parametric Input-based Malmquist Approach”, *Health Care Management Science*, vol. 3, pp. 309-321.

Trueblood MA (1996). *An intercountry comparison of agricultural efficiency and productivity*. PhD dissertation, University of Minnesota.

Trueblood, M.A. and J. Coggins. (2003). “Intercountry Agricultural Efficiency and Productivity: A Malmquist Index Approach.” Washington, DC, United States: World Bank. Mimeographed document

Ventura J., E. Gonzalez and A. Carcaba, (2004), “Efficiency and Program-contract Bargaining in Spanish Public Hospitals” *Annals of Public and Cooperative Economics*, vol. 75(4), pp. 549-573

Yamada S. and V.W. Ruttan, (1980), “International Comparisons of Productivity in Agriculture”, in Kendrick J.W. and B.N. Vaccara (eds.), *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, Chicago, University

Wheelock D.C. and P.W. Wilson, (1999), “Technical Progress, Inefficiency and Productivity Changes in U.S. Banking, 1984-1993”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 31, pp. 212-234. of Chicago Press, pp. 509-594.

Weber., W., L. & Domazlicky., B., (2001). "Productivity Growth and Pollution in State Manufacturing," *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press, vol. 83(1), pages 195-199

Zhang, X.P., Cheng, X.M., Yuan, J.H. and Gao, X.J. (2011) Total-factor energy efficiency in developing countries, *Energy Policy*, 39(2), pp.644-650

Ελληνική Βιβλιογραφία

Μέργος Γ. και Γ. Καραγιάννης, (1997), *Θεωρητική Ανάλυση και Μέτρηση της Παραγωγικότητας: Μεθοδολογία και Εφαρμογή*, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

Καραγιάννης Γ. και Χ. Πάντζιος, (2002), *Αξιολόγηση της Αποδοτικής Λειτουργίας των Ερευνητικών Μονάδων του ΕΘΙΑΓΕ*, Ιωάννινα, κεφάλαια 2 και 3, σελ. 13-72.

Ιστοσελίδες

<http://www.worldbank.org/>

<http://www.imf.org>

