

Διπλωματική Εργασία

**Μέτρηση της επίδοσης ελληνικών
επιχειρήσεων του κλάδου των
Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών (2015-2017)**

Κούρογλου Ορέστης - Μαρίνος

Επιβλέπων Καθηγητής
Τσώλας Ιωάννης

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθήνα, 2019



Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Abstract.....	2
Ευχαριστίες.....	3
1 Εισαγωγή	4
2 Ερμηνεία Σχετικών Εννοιών.....	8
2.1 Μονάδες Λήψης Αποφάσεων-Decision Making Units.....	8
2.2 Η Έννοια της Αποδοτικότητας	9
2.3 Διαφορά Αποδοτικότητας και Παραγωγικότητας.....	10
2.4 Κατηγορίες Αποδοτικότητας.....	11
2.5 Οικονομίες Κλίμακας-Economies of Scale.....	13
3 Η επιστήμη της Επιχειρησιακής Έρευνας.....	16
3.1 Τι είναι η Επιχειρησιακή Έρευνα	16
3.2 Βασικά Στοιχεία Γραμμικού Προγραμματισμού	18
4 Βιβλιογραφική Επισκόπηση	21
5 Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων	31
5.1 Περιγραφή της Μεθόδου.....	31
5.2 Επιλογή Inputs-Outputs-DMU's	33
5.2.1 Αριθμός Inputs-Outputs-DMU's.....	34
5.2.2 Διαχείριση Προβλημάτων Επιλογής Μεταβλητών Εισόδου-Εξόδου... ..	36
5.3 Η Έννοια του Αποδοτικού Συνόρου	37
5.4 Προσεγγίσεις, Οικονομίες Κλίμακας & Αποδοτικότητες.....	39
5.4.1 Τεχνική και Pareto Αποδοτικότητα.....	39
5.4.2 Μορφές Προσέγγισης Προβλημάτων και Οικονομίες Κλίμακας.....	41
6 Μαθηματική Διατύπωση της DEA	43
6.1 Μοντελοποίηση Μεθόδου	43
6.2 Μαθηματικά Μοντέλα.....	46
6.2.1 Το Μοντέλο CCR.....	46
6.2.2 Το Μοντέλο BCC.....	48

6.3	Το Δυϊκό Πρόβλημα.....	49
6.3.1	Δυϊκή Θεωρία	50
6.3.2	Δυϊκά Μοντέλα της DEA	50
6.4	Δείκτης Παραγωγικότητας Malmquist.....	53
6.5	Τεχνική Αποδοτικότητα και Αποδοτικότητα Κλίμακας	56
7	Efficiency Measurement System	58
7.1	Αναλύοντας το Περιβάλλον Εργασίας.....	59
8	Εμπειρική Μελέτη.....	66
8.1	Επιλογή Δείγματος.....	66
8.2	Επιλογή Εισροών-Εκροών.....	67
8.3	Προσανατολισμός και Οικονομίες Κλίμακας.....	68
8.4	Αποτελέσματα Έτους 2015	69
8.5	Scale Efficiency και Οικονομίες Κλίμακας.....	83
8.6	Αποτελέσματα Έτους 2016	87
8.7	Scale Efficiency και Οικονομίες Κλίμακας.....	97
8.8	Αποτελέσματα Έτους 2017	99
8.9	Scale Efficiency και Οικονομίες Κλίμακας.....	110
8.10	Συγκριτική Μελέτη στον Άξονα του Χρόνου	112
8.11	Ανάλυση του Malmquist Productivity Index (MPI)	116
8.11.1	Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων	117
8.11.2	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων.....	119
9	Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις της Μεθόδου	128
9.1	Επιλογή των DMU's.....	128
9.2	Επιλογή Εισροών και Εκροών.....	129
9.3	Καθορισμός Κατάλληλου Μοντέλου.....	130
9.4	Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων της DEA.....	131
9.4.1	Ανάλυση Ευαισθησίας - Sensitivity Analysis	131
9.5	Δυνατότητες και Περιορισμοί.....	132
9.6	Τελική Συμπερασματολογία	134

9.7	Προοπτικές και Προεκτάσεις της Μεθόδου	141
10	Παράρτημα.....	144
11	Ευρετήριο	148
12	Βιβλιογραφία.....	152

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία, έχει σκοπό την ανάλυση και παρουσίαση της μεθόδου της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων αλλά και την πρακτική της εφαρμογή σε ένα πρόβλημα Επιχειρησιακής Έρευνας, όπως είναι η εύρεση της αποδοτικότητας επιχειρήσεων. Συγκεκριμένα, αναλύθηκαν, με βάση τα στοιχεία των ισολογισμών τους, επιχειρήσεις του κλάδου των Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών της Ελλάδας για τα έτη 2015, 2016 και 2017. Πέρα από την ανάλυση των επιχειρήσεων αυτών ως προς την αποδοτικότητά τους, σημαντικό μέρος της εργασίας αποτέλεσε και ο ορισμός των στόχων για τις μη αποδοτικές επιχειρήσεις, ώστε να καταφέρουν να φτάσουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία εύρεσης του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για στοιχεία των επιχειρήσεων, όπως είναι μεταβολές στην τεχνική αποδοτικότητα, στην αποδοτικότητα κλίμακας, στο τεχνολογικό επίπεδο, καθώς και μεταβολές στον *Total Productivity Factor* (TFP). Η μέθοδος της DEA δίνει την δυνατότητα λοιπόν, εφαρμογής μια ανάλυσης χρονοσειρών, στην περίπτωση όπου υπάρχουν δεδομένα για περισσότερα από ένα χρόνια. Τέλος, διατυπώθηκαν συμπεράσματα με βάση την εμπειρική μελέτη και σχολιάστηκαν τα αποτελέσματα του μοντέλου, καθώς επίσης επισημάνθηκαν σημαντικές παρατηρήσεις, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.

Λέξεις Κλειδιά:

Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, Αποδοτικό Σύνορο, Αποδοτικότητα, Οικονομίες Κλίμακας, Εισροές-Εκροές, CCR (Charnes, Cooper, Rhodes), BCC (Banker, Charnes, Cooper), Μονάδες Λήψης Αποφάσεων, Δείκτης Παραγωγικότητας Malmquist

Abstract

This thesis, aims at presenting and analyzing the method of Data Envelopment Analysis (DEA) and also at describing an application of the method, based on Operational Research and specifically on firm's efficiency measurement. The data of the survey derived from the enterprises of Mines-Quarries-Salterns Department in Greece and their balance sheets and the research was conducted in order to measure the efficiency of these firms during 2015, 2016 and 2017. Apart from calculating the efficiency scores of these firms, one of the most important aspects of the survey was to set targets for the inefficient companies. Furthermore, Malmquist Productivity Index (MPI), was calculated, in order to draw conclusions about some very important aspects of production process, such as efficiency changes, technological changes, pure technical efficiency changes, scale efficiency changes and changes at Total Productivity Factor (TFP). DEA method, gives also the opportunity to the analyst, to conduct a time series analysis. Considering all the above, the results of the empirical study were extensively explained so as to be more comprehensible and some advantages and disadvantages of DEA method were reported.

Key Words:

Data Envelopment Analysis (DEA), Efficiency Frontier, Efficiency, Economies of Scale, Inputs-Outputs, CCR (Charnes, Cooper, Rhodes), BCC (Banker, Charnes, Cooper), Decision Making Units (DMU's), Malmquist Productivity Index

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία, εκπονήθηκε στα πλαίσια της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και συγκεκριμένα στον τομέα Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών και Δικαίου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα, τον κύριο Ιωάννη Τσώλα, ο οποίος ήταν ο επιβλέπων καθηγητής μου. Του οφείλω τις ευχαριστίες μου, τόσο για την ανάθεση του θέματος της διπλωματικής εργασίας, όσο και για την καθοδήγηση και τις παρατηρήσεις του κατά την διάρκεια της συγγραφής, οι οποίες συνεισέφεραν τα μέγιστα στην ολοκλήρωση της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω, τους υπεύθυνους της βιβλιοθήκης του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών, με την βοήθεια των οποίων, συλλέχθηκαν τα δεδομένα που αναλύθηκαν στην εργασία. Κλείνοντας, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους τους δικούς μου ανθρώπους, που με στήριξαν καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου.

1 Εισαγωγή

Η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, δημιουργήθηκε με σκοπό την εύρεση και αξιολόγηση της αποδοτικότητας και παραγωγικότητας των Μονάδων Λήψης Αποφάσεων, όπως είναι οι Τράπεζες, οι Χρηματοοικονομικές Υπηρεσίες, τα Σχολεία, τα Πανεπιστήμια και γενικά επιχειρήσεις οι οποίες ανήκουν σε συγκεκριμένους κλάδους. Βασική προϋπόθεση της μεθόδου, είναι όλες οι επιχειρήσεις που εξετάζονται να δέχονται και να διαχειρίζονται πανομοιότυπες μεταβλητές εισόδου (εισροές) και μέσω της παραγωγικής διαδικασίας να καταλήγουν σε συγκεκριμένες μεταβλητές εξόδου (εκροές).

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων ή αλλιώς *Data Envelopment Analysis*, πρωτοπαρουσιάστηκε το 1978 σε μία μελέτη που ήταν έργο των Charnes, Cooper και Rhodes (Charnes, et al., 1978). Η μελέτη αυτή, αναφέρονταν σε εκτιμήσεις που έγιναν για την αποδοτικότητα μη κερδοσκοπικών οργανισμών και μπορεί να θεωρηθεί προέκταση της έννοιας της τεχνικής αποδοτικότητας, όπως αυτή δόθηκε από τον Farrell το 1957 (Farrell, 1957).

Στόχος της εργασίας είναι η μέτρηση των τιμών αποδοτικότητας των επιχειρήσεων του κλάδου των Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών της Ελλάδας για τα έτη 2015, 2016 και 2017. Για την μέτρηση αυτή, χρησιμοποιήθηκαν σαν μεταβλητές εισόδου και εξόδου, στοιχεία από τους ισολογισμούς των εταιρειών αυτών. Συγκεκριμένα, τα Καθαρά Πάγια και το Κόστος των Πωληθέντων Αγαθών χρησιμοποιήθηκαν σαν μεταβλητές εισόδου, ενώ ο Κύκλος Πωλήσεων και το Μικτό Κέρδος σαν μεταβλητές εξόδου. Μέσα από την μέτρηση τη αποδοτικότητας, σκοπός ήταν η κατάταξη των επιχειρήσεων ανάλογα με τα *score* τους, καθώς επίσης και να τεθούν στόχοι για τις μη αποδοτικές μονάδες, ώστε να γίνουν αποδοτικές. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθεί, ότι εξαιτίας μεγάλης απόκλισης των *score* μεταξύ αποδοτικών και μη αποδοτικών επιχειρήσεων, διερευνήθηκε μια διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος. Αφορούσε την διάσπαση του κλάδου των Ορυχείων σε δύο υποκλάδους, συγκεκριμένα των Λατομείων και των Μεταλλείων, ώστε να μειωθεί το εύρος των τιμών, μιας και θα συγκρίνονταν οι πιο "όμοιες" επιχειρήσεις μεταξύ τους. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκαν εκ νέου μεγάλες αποκλίσεις στις αποδοτικότητες, οπότε αποφασίστηκε η αρχική προσέγγιση του στόχου, που ήταν να αναλυθεί

ολόκληρος ο κλάδος. Συνεχίζοντας, η ανάλυση που έγινε για τις οικονομίες κλίμακας των επιχειρήσεων, παρέχει την δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικά με το βέλτιστο μέγεθος παραγωγής των μονάδων, καθώς επίσης και γενικότερα για τις επιλογές που μπορεί και θα πρέπει να κάνει ένα υπεύθυνος μιας επιχείρησης, ώστε να βελτιώσει την θέση της. Τέλος, μέσα από την εύρεση του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist, στόχος είναι η εύρεση βασικών στοιχείων που αφορούν την παραγωγική διαδικασία. Συμπεράσματα εξάγονται με βάση την εξέλιξη των τιμών αποδοτικότητας στη διάρκεια της τριετίας, όπως επίσης γίνονται σχόλια και για την μεταβολή του τεχνολογικού επιπέδου τόσο των επιχειρήσεων όσο και ολόκληρου του κλάδου. Αυτή η τεχνολογική μεταβολή καθώς και η μεταβολή στην τεχνική αποδοτικότητα, είναι όπως θα φανεί στη συνέχεια, οι δύο βασικές αρχές στις οποίες βασίζεται ο *Total Factor Productivity* (TFP), και ο οποίος εξηγεί σε μεγάλο βαθμό την αποδοτικότητα της παραγωγικής διαδικασίας των επιχειρήσεων του κλάδου.

Ο κλάδος των Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών της Ελλάδας, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της χώρας και οι επιχειρήσεις που ανήκουν σε αυτόν είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την οικονομία της χώρας. Η βιομηχανία των Ορυχείων-Μεταλλείων, ασχολείται με την εξόρυξη διαφόρων ορυκτών, τα οποία μπορεί να είναι είτε μεταλλεύματα, όπως χρυσός, άργυρος, σίδηρος, χαλκός, τιτάνιο, είτε οικοδομικά υλικά, όπως είναι μάρμαρα, φυσικοί λίθοι και βιομηχανικά ορυκτά (χαλαζία, μπεντονίτης, κιμωλία, γύψος). Οι επιχειρήσεις που εξορύσσουν μεταλλεύματα λέγονται Μεταλλεία, ενώ αυτές που εξορύσσουν οικοδομικά υλικά, λέγονται Λατομεία. Επίσης, στον κλάδο αυτό, ανήκουν και οι Ελληνικές Αλυκές που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή αλατιού. Ο κλάδος αυτός, είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την οικονομική κατάσταση της χώρας, μιας και η Ελλάδα διαθέτει ιδιαίτερα πλούσιο υπέδαφος. Τα εξορυσσόμενα υλικά, χρησιμοποιούνται τόσο για εγχώριους σκοπούς αλλά παράλληλα εξάγονται και στο εξωτερικό. Τέλος, να τονιστεί ότι ο κλάδος αυτός, προσελκύει μεγάλο αριθμό επενδύσεων, καθώς επίσης απασχολεί και μεγάλο αριθμό εργαζομένων.

Σε αυτό το σημείο θα γίνει μια σύντομη αναφορά των κεφαλαίων της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας, γίνεται αναφορά σε διάφορες εισαγωγικές έννοιες που απαιτούνται για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου. Αναλύονται έννοιες όπως οι Μονάδες Λήψης Αποφάσεων ή αλλιώς *Decision Making Units*

(DMU's), ερμηνεύεται η έννοια της αποδοτικότητας και γίνεται διαχωρισμός της από την έννοια της παραγωγικότητας. Επίσης παρουσιάζονται οι διάφορες κατηγορίες αποδοτικότητας και κάνει την εμφάνισή της η έννοια των Οικονομιών Κλίμακας (*Economies of Scale*).

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναφέρεται το γενικό πλαίσιο στο οποίο ανήκει η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, το οποίο είναι το γενικότερο επιστημονικό πεδίο της Επιχειρησιακής Έρευνας, καθώς επίσης γίνεται και αναφορά στο βασικό μαθηματικό εργαλείο, που απαιτείται για την επίλυση της μεθόδου, το οποίο δεν είναι άλλο από τον Γραμμικό Προγραμματισμό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, στόχος είναι η παρουσίαση της σχετικής βιβλιογραφίας με την παρούσα εργασία. Γίνεται μια προσπάθεια, να αναφερθούν σχετικές έρευνες με το θέμα που θα αναλυθεί, να σχολιαστούν οι στόχοι και οι επιδιώξεις των ερευνών αυτών, όπως επίσης και να σχολιαστούν με σύντομο τρόπο τα αποτελέσματά τους.

Το πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζει την μέθοδο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Αρχικά δίνεται μια γενική περιγραφή της μεθόδου και αναλύονται διάφοροι κανόνες και αρχές που διέπουν την χρήση της, όπως είναι για παράδειγμα η επιλογή κατάλληλου αριθμού εισροών και εκροών, αλλά και η κατάλληλη επιλογή του αριθμούς των DMU's. Αναλύεται επίσης η έννοια του αποδοτικού συνόρου, πάνω στην οποία βασίζεται η μέθοδος, καθώς οι αποδοτικότητες αποτελούν ουσιαστικά αποστάσεις από αυτό το αποδοτικό σύνορο. Επεξηγούνται έννοιες αποδοτικότητας, όπως είναι η αποδοτικότητα *Pareto*, με πιο εξειδικευμένο τρόπο, και αναφέρονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις της μεθόδου, με βάση τον προσανατολισμό του αναλυτή (προσανατολισμός εισροών/εκροών) και τις υποθέσεις για τις οικονομίες κλίμακας (Σταθερές ή Μεταβλητές Αποδόσεις Κλίμακας).

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται εκτενώς η μαθηματική διατύπωση της μεθόδου. Περιλαμβάνει την μαθηματική μοντελοποίηση του προβλήματος, όπου παρουσιάζονται και τα διαφορετικά μοντέλα της μεθόδου. Ανάλογα με τις υποθέσεις για τις οικονομίες κλίμακας έχουμε δύο διαφορετικά μοντέλα, το CCR, το οποίο διακρίνεται σε CCR-I και CCR-O με βάση τον προσανατολισμό (εισροών ή εκροών), όπου υπάρχουν Σταθερές Αποδόσεις Κλίμακας, και το BCC, όπου υπάρχουν Μεταβλητές Αποδόσεις Κλίμακας και διακρίνεται και αυτό με τη σειρά του σε BCC-I

και BCC-O, ανάλογα πάλι με τον προσανατολισμό. Μετά, ακολουθεί η παράθεση της Δυικής θεωρίας και των Δυικών μοντέλων της μεθόδου, μέσω των οποίων μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με το πρωτεύον πρόβλημα. Τέλος, αναλύεται και ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist, που αποτελεί μια προέκταση της μεθόδου της DEA και βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσει που επιθυμείτε ανάλυση χρονοσειρών, όταν υπάρχουν δεδομένα επιχειρήσεων για πολλές χρονικές περιόδους.

Στο έβδομο κεφάλαιο, παρουσιάζεται εκτενώς το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε και είναι το *Efficiency Measurement System* (EMS). Σκοπός είναι να κατανοήσει κάποιος πλήρως το περιβάλλον εργασίας και τις διαθέσιμες επιλογές, να μπορέσει να το χρησιμοποιήσει για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και φυσικά να έχει την δυνατότητα να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα του μοντέλου.

Στο όγδοο κεφάλαιο, σειρά έχει η εμπειρική μελέτη, που αποτελεί και το πεδίο της εργασίας στο οποίο χρειάζονται όλα τα προαναφερθέντα. Μετά από μια μικρή ανάλυση του κλάδου και του προσανατολισμού που ορίστηκε, παρατίθενται τα αποτελέσματα για τα έτη 2015, 2016 και 2017 και παρέχονται σχετικές παρατηρήσεις, συμπεράσματα και διαγραμματικές αναπαραστάσεις. Εκτός αυτών, υπάρχει και το κομμάτι της στοχοθεσίας για τις μη αποδοτικές επιχειρήσεις και επίσης η αναλυτική παρουσίαση των στοιχείων του δείκτη Malmquist για τις επιχειρήσεις της τριετίας.

Στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η τελική συμπερασματολογία ολόκληρης της εργασίας και συνοψίζονται ορισμένα βασικά στοιχεία που αφορούν την μέθοδο. Αναφέρονται οι δυνατότητες και οι περιορισμοί της μεθόδου, καθώς επίσης και αναλύσεις στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα της DEA. Αμέσως μετά, παρουσιάζεται η βιβλιογραφία που ακολουθήθηκε, αλλά και κάποια επιπλέον χρήσιμα βιβλία και ηλεκτρονικές πηγές με σχετικές έρευνες, που συνέβαλαν τα μέγιστα για την συγγραφή της εν λόγω διπλωματικής.

2 Ερμηνεία Σχετικών Εννοιών

2.1 Μονάδες Λήψης Αποφάσεων-Decision Making Units

Ο όρος *Decision Making Units* ή σε συντομογραφία DMU's, αναφέρεται σε όλα τα άτομα ή στο σύνολο των διαφόρων ομάδων ανθρώπων, που συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με την παραγωγή, διαπραγμάτευση και διανομή προϊόντων και υπηρεσιών. Είναι δηλαδή οργανισμοί, που αποτελούνται από ομάδες ανθρώπων, οι οποίοι συνεργάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να καταφέρουν να πετύχουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα για την επιχείρησή τους. Στην κατηγορία αυτή, δεν ανήκουν μόνο οργανισμοί που έχουν σκοπό την επίτευξη του κέρδους, αλλά και άλλοι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί όπως είναι πανεπιστήμια, νοσοκομεία, σχολεία, φυλακές και αστυνομικά τμήματα. Άλλα είδη επιχειρήσεων είναι κατασκευαστικές εταιρίες, βιομηχανίες (π.χ. ηλεκτρικών ειδών, παπουτσιών, τροφίμων κ.α.), τράπεζες, και χρηματοοικονομικές υπηρεσίες.

Για τις Μονάδες Λήψης Αποφάσεων, οι οποίες δεν έχουν σαν κύριο σκοπό την επίτευξη κέρδους, η μέτρηση της αποδοτικότητάς τους δεν είναι μια εύκολη διαδικασία. Επιχειρήσεις όπως οι τράπεζες και οι κατασκευαστικές, μπορούν εύκολα να βγάλουν συμπεράσματα σχετικά με την απόδοσή τους και την παραγωγικότητά τους εξετάζοντας τα ετήσια κέρδη τους ή τους χρηματιστηριακούς τους δείκτες. Από την άλλη, αυτά τα στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα σε μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς. Το πρόβλημα έγκειται κυρίως στο γεγονός, ότι αυτά τα DMU's, δέχονται μια ποικιλία πανομοιότυπων εισροών και φέρουν σαν αποτέλεσμα κάποιες επίσης πανομοιότυπες εκροές. Για παράδειγμα, τα σχολεία μπορούν να έχουν μια ευρεία ποικιλία εισροών, η οποία είναι η ίδια για όλα (π.χ. η ποιότητα των μαθητών, των καθηγητών, διάφορες επιχορηγήσεις). Αντίστοιχα, έχουν μια ποικιλία πανομοιότυπων εκροών, όπως για παράδειγμα ο αριθμός των μαθητών που λαμβάνουν προβιβάσιμο βαθμό στον τελευταίο χρόνο σπουδών τους, ή ο μέσος όρος βαθμολογίας των μαθητών.

Συνεπώς, η μελέτη της αποδοτικότητας των DMU's, αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι για την εξέλιξη ενός οργανισμού και θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον τομέα αυτό. Η ανάγκη για αυτή ακριβώς την μελέτη, οδήγησε στην δημιουργία ενός είδους ανάλυσης βασισμένου στην επιχειρησιακή έρευνα που είναι γνωστό ως

Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (Π.Α.Δ.), ή αλλιώς στα αγγλικά *Data Envelopment Analysis* (DEA). Στην συνέχεια, θα αναλύσουμε εκτενέστερα τις έννοιες της αποδοτικότητας και παραγωγικότητας τις οποίες συναντούμε πολύ συχνά όποτε αναφερόμαστε στις Μονάδες Λήψης Αποφάσεων.

2.2 Η Έννοια της Αποδοτικότητας

Στη σύγχρονη εποχή, κάθε επιχείρηση έχει σκοπό την επίτευξη του κέρδους και την ισχυροποίηση της θέσης της στην αγορά. Αποτέλεσμα αυτού είναι να προσπαθεί να είναι όσο το δυνατόν πιο αποδοτική, ούτως ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στους όλο και πιο ανταγωνιστικούς ρυθμούς των αγορών.

Ο όρος αποδοτικότητα (*efficiency*), σχετίζεται με το τι πραγματικά έχει παραχθεί σε σύγκριση με το τι μπορούσε ιδανικά να παραχθεί, χρησιμοποιώντας ακριβώς τους ίδιους πόρους (π.χ. χρήματα, χρόνος, εργασία). Με απλά λόγια, μετράει το εάν υπάρχουν απώλειες κατά την παραγωγική διαδικασία μια επιχείρησης. Αφορά δηλαδή, το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα που μπορεί να επιτευχθεί, μέσω της χρήσης όσο το δυνατόν λιγότερων εισροών. Η αποδοτικότητα, μπορεί να δοθεί και από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Actual Output}}{\text{Standard Output}}$$

Καθορίζει ουσιαστικά, το πόσο "καλά" παράγεται η εκάστοτε εκροή της επιχείρησης. Οι αποδοτικές επιχειρήσεις, στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση των εισροών τους, χωρίς ωστόσο να επηρεάζεται το αποτέλεσμα της παραγωγικής διαδικασίας τους. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι εύρεσης της αποδοτικότητας. Αυτοί είναι οι:

1. Ανάλυση Δεικτών (*Ratio Analysis*): Τέτοιοι δείκτες απεικονίζονται στα στοιχεία των Ισολογισμών (*Balance-Sheets*)¹ των επιχειρήσεων.
2. Μέθοδοι Αποδοτικού Συνόρου: Διακρίνονται σε παραμετρικές, όπως είναι οι SFA, DFA, TFA, και μη-παραμετρικές, όπως η DEA και η FDH.

¹ Ισολογισμός είναι ένας λογιστικός πίνακας που απεικονίζει την χρηματοοικονομική κατάσταση μιας επιχείρησης σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

2.3 Διαφορά Αποδοτικότητας και Παραγωγικότητας

Μία άλλη έννοια εξίσου σημαντική, είναι αυτή της παραγωγικότητας (productivity). Με τον όρο αυτό, εννοείται ο βαθμός στον οποίο παράγονται τα προϊόντα ή ο βαθμός στον οποίο εκτελούνται και παρέχονται υπηρεσίες. Μπορεί να μετρηθεί αναγνωρίζοντας τον αριθμό των εκροών που παράχθηκαν, με της χρήση ενός συγκεκριμένου αριθμού εισροών. Σε γενικές γραμμές, πιστοποιεί το πόσο αποτελεσματικά συνδυάζονται οι πόροι, αλλά και το πώς χρησιμοποιούνται από την επιχείρηση, για να επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα. Είναι μια έννοια στενά συνδεδεμένη με την έννοια της απόδοσης παραγωγής (*yield*). Όσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση παραγωγής, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η παραγωγικότητα της εταιρείας. Ανάλογα με την προς μελέτη βιομηχανία, κάποιες φορές πιο σημαντική είναι η παραγωγικότητα, ενώ άλλες φορές η αποδοτικότητα. Ωστόσο, σε γενικές γραμμές η σημασία τους είναι ανάλογη για έναν οργανισμό. Η παραγωγικότητα δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Output Obtained}}{\text{Input Consumed}}$$

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, ας παρουσιαστεί ένας πίνακας με τις βασικές διαφορές μεταξύ αποδοτικότητας και παραγωγικότητας.

Παραγωγικότητα (Productivity)	Αποδοτικότητα (Efficiency)
<i>Αφορά το βαθμό παραγωγής των προϊόντων ή το βαθμό εκτέλεσης των εργασιών</i>	<i>Αφορά την παραγωγή του μέγιστου αριθμού εκροών με τη χρήση του ελάχιστου αριθμού εισροών, αλλά και τον περιορισμό των απωλειών</i>
<i>Περιγράφει πόσες εκροές παράγονται από τη χρήση μιας μονάδας εισροών</i>	<i>Περιγράφει το πόσο αποδοτικά χρησιμοποιούνται οι πόροι (εισροές)</i>
<i>Δίνει έμφαση στην ποσότητα</i>	<i>Δίνει έμφαση στην ποιότητα</i>
$\frac{\text{Output}}{\text{Input}}$	$\frac{\text{Actual Output}}{\text{Standard Output}}$

Πίνακας 2.3.1: Διαφορές Παραγωγικότητας-Αποδοτικότητας

2.4 Κατηγορίες Αποδοτικότητας

Η αποδοτικότητα αφορά, όπως αναφέρθηκε, την προσπάθεια βελτιστοποίησης της διαδικασίας παραγωγής μέσω της χρήσης όσο το δυνατόν λιγότερων εισροών. Υπάρχουν διάφορα είδη αποδοτικότητας τα οποία και θα αναλυθούν παρακάτω (EconomicsHelp, 2019).

1. Παραγωγική Αποδοτικότητα-*Productive Efficiency*

Η παραγωγική αποδοτικότητα αφορά την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών με τον βέλτιστο συνδυασμό των εισροών, έτσι ώστε να παραχθούν οι μέγιστες δυνατές εκροές με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

2. Κατανομητική Αποδοτικότητα-*Allocative Efficiency*

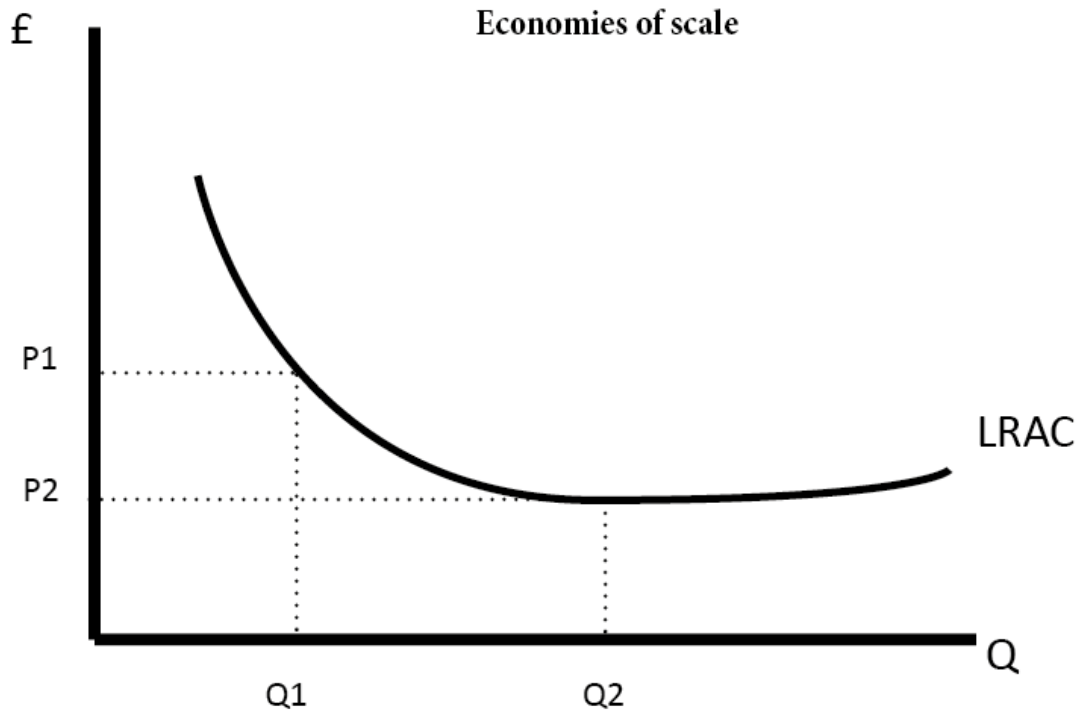
Αυτό το είδος, λαμβάνει χώρα όταν τα προϊόντα και οι υπηρεσίες κατανέμονται με βάση τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Μια επιχείρηση μπορεί να είναι παραγωγικά αποδοτική, ωστόσο τα προϊόντα και οι υπηρεσίες που παράγει να μην ενδιαφέρουν τους καταναλωτές. Αυτό σημαίνει ότι η επιχείρηση θα είναι *Allocative Inefficient*.

3. *X-Inefficiency*

Αυτή η περίπτωση παρατηρείται όταν οι εταιρείες δεν έχουν κίνητρα για να μειώσουν τα κόστη. Για παράδειγμα, μια επιχείρηση που έχει το μονοπώλιο σε μια αγορά και πετυχαίνει υπέρογκα κέρδη, θα έχει ελάχιστα κίνητρα για να απαλλαγεί από την πλεονάζουσα εργασία. Εάν το μέσο κόστος μια εταιρείας είναι μεγαλύτερο από το πιθανό κόστος (*potential cost*), τότε η εταιρεία αυτή θα είναι *X-Αναποτελεσματική*.

4. Αποδοτικότητα Κλίμακας-*Efficiency of Scale*

Παρατηρείται όταν η εταιρεία παράγει προϊόντα ή υπηρεσίες στο χαμηλότερο σημείο (Q2) του μακροπρόθεσμου μέσου κόστους της (*long-run average cost*) και σαν αποτέλεσμα, επωφελείται από τις Οικονομίες Κλίμακας (*Economies of Scale*).



Εικόνα 2.4.1: Αποδοτικότητα και Οικονομίες Κλίμακας
 Πηγή: *Economics Help, Economic Efficiency*

5. Δυναμική Αποδοτικότητα-Dynamic Efficiency

Αναφέρεται στην αποδοτικότητα με βάση το χρόνο. Δηλαδή, ένα εργοστάσιο μπορεί να είναι αποδοτικό την χρονική στιγμή t_1 , αλλά να μην είναι αποδοτικό την χρονική στιγμή t_2 . Η δυναμική αποδοτικότητα, περιλαμβάνει τις μεταβολές στην τεχνολογία αλλά και στις πρακτικές εργασίας που έχουν σκοπό την μείωση του κόστους με το πέρασμα του χρόνου.

6. Κοινωνική Αποδοτικότητα-Social Efficiency

Αφορά την βέλτιστη κατανομή των πόρων στην κοινωνία, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα εξωτερικά κόστη και οφέλη όπως επίσης και όλα τα εσωτερικά κόστη και οφέλη. Σαν έννοια συνδέεται στενά με την αποδοτικότητα κατά Pareto που θα δούμε στη συνέχεια.

7. Τεχνική Αποδοτικότητα-Technical Efficiency

Απαιτεί τον βέλτιστο συνδυασμό των εισροών για την παραγωγή ενός προϊόντος. Είναι η αποτελεσματικότητα (*effectiveness*) με την οποία χρησιμοποιείται ένα πλήθος εισροών για να παραχθεί ένα πλήθος εκροών. Μια επιχείρηση είναι τεχνικά αποδοτική όταν παράγει τις μέγιστες δυνατές εκροές χρησιμοποιώντας τις ελάχιστες

δυνατές εισροές (π.χ. εργασία, κεφάλαιο, τεχνολογία). Συνδέεται με την παραγωγική αποδοτικότητα.

8. Αποδοτικότητα κατά Pareto-Pareto Efficiency

Μια κατάσταση στην οποία οι πόροι κατανέμονται με βάση τον πιο αποδοτικό τρόπο. Ορίζεται ως η κατάσταση, στην οποία δεν είναι εφικτό να γίνει κάτι ή κάποιος καλύτερος χωρίς κάτι άλλο να γίνει χειρότερο.

9. Διανεμητική Αποδοτικότητα-Distributive Efficiency

Αφορά την κατανομή των προϊόντων και υπηρεσιών με βάση το ποιός τα χρειάζεται περισσότερο. Συμπερασματικά, απαιτεί δίκαιη διανομή των αγαθών.

2.5 Οικονομίες Κλίμακας-Economies of Scale

Η έννοια των Οικονομιών Κλίμακας είναι ιδιαίτερα σημαντική στον τομέα των οικονομικών επιστημών. Είναι ουσιαστικά, η τάση του μακροχρόνιου μέσου συνολικού κόστους να μειώνεται όταν αυξάνεται η αποδοτικότητα της παραγωγής. Συγκεκριμένα, με την αύξηση της ποσότητας των χρησιμοποιούμενων συντελεστών παραγωγής, το παραγόμενο προϊόν μπορεί να αυξάνεται (Euretirio, 2019):

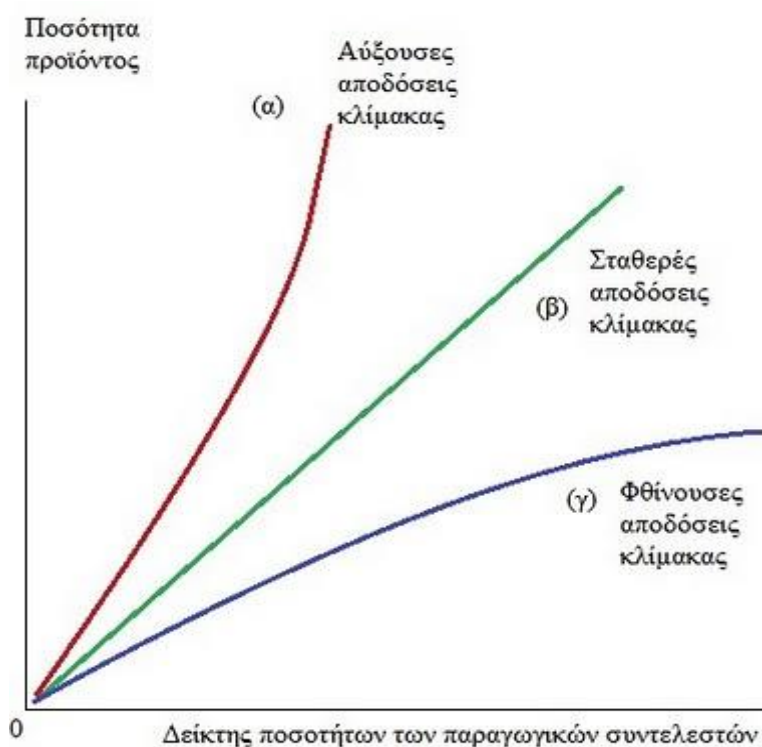
- Κατά το ίδιο ποσοστό, άρα είναι η περίπτωση Σταθερών Αποδόσεων Κλίμακας παραγωγής ή στα αγγλικά *Constant Returns to Scale* (CRS).
- Κατά μεγαλύτερο ποσοστό, άρα είναι Αύξουσες Αποδόσεις Κλίμακας ή στα αγγλικά *Increasing Returns to Scale* (IRS).
- Κατά μικρότερο ποσοστό, οπότε και είναι Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας, όπου στα αγγλικά λέγονται *Decreasing Returns to Scale* (DRS).

Στην περίπτωση CRS, για να διπλασιαστεί, τριπλασιαστεί κ.ο.κ. η ποσότητα του προϊόντος θα πρέπει να διπλασιαστούν τριπλασιαστούν κ.ο.κ. οι παραγωγικοί συντελεστές.

Εάν υπάρχουν IRS, τότε η ποσοστιαία αύξηση των ποσοτήτων των παραγωγικών συντελεστών θα είναι κάθε φορά μικρότερη από την αύξηση της ποσότητας του προϊόντος.

Τέλος, στην περίπτωση των DRS, για κάθε ποσοστιαία αύξηση του προϊόντος, θα απαιτείται μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση των ποσοτήτων των συντελεστών παραγωγής.

Στο παρακάτω διάγραμμα μπορούν να διαπιστωθούν οι διαφορές αυτές μεταξύ των περιπτώσεων CRS, IRS και DRS.



Εικόνα 2.5.1: Τα 3 Είδη Αποδόσεων Κλίμακας
Πηγή: Euretirio, Οικονομίες Κλίμακας

Φαίνεται λοιπόν και σχηματικά το πώς ερμηνεύονται οι έννοιες που αναλύθηκαν προηγουμένως.

Συνδυάζοντας τις περιπτώσεις IRS και DRS, συνεπάγεται η περίπτωση που είναι γνωστή ως Μεταβλητές Αποδόσεις Κλίμακας ή στα αγγλικά Variable Returns to Scale (VRS). Αυτό σημαίνει ότι στην παραγωγική διαδικασία, οι διάφορες εκτελούμενες λειτουργίες θα ακολουθήσουν Αύξουσες ή Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας (ή και Σταθερές Αποδόσεις Κλίμακας), ανάλογα με τις διαφορετικές διακυμάνσεις των εκροών. Για να γίνει πιο κατανοητό ας αναφέρουμε ένα σχετικό παράδειγμα.

Παράδειγμα

Έστω ότι μια κατασκευαστική εταιρεία κατασκευάζει λάστιχα αυτοκινήτων. Εάν χρειάζεται να κατασκευαστεί μικρός αριθμός από λάστιχα, ο υπεύθυνος ίσως επιλέξει η διαδικασία παραγωγής να γίνει με το χέρι. Ωστόσο, εάν χρειαστεί να παράξει μεγάλο αριθμό από λάστιχα αυτοκινήτου, τότε θα επιλέξει να χρησιμοποιήσει μηχανικό εξοπλισμό. Συνεπώς, θα παράξει μεγαλύτερο αριθμό εκροών αναλογικά με τις εισροές που έχει στην διάθεσή του. Άρα θα αναγκαστεί να χρησιμοποιήσει και περισσότερες εισροές για να έχει μεγάλο αριθμό εκροών. Αυτή είναι η περίπτωση IRS, καθώς τα κέρδη του θα αυξηθούν εάν αυξηθεί η παραγωγή.

Μετά από ένα σημείο, οι IRS δεν έχουν νόημα. Εάν για παράδειγμα ο κατασκευαστής, θέλει να παράξει εκατομμύρια λάστιχα αυτοκινήτων, μπορεί να αντιμετωπίσει δυσκολίες στην παραγωγή εξαιτίας έλλειψης διαθέσιμου χώρου αποθήκευσης ή και έλλειψης πρώτων υλών. Σε αυτή την περίπτωση λειτουργεί με βάση τις Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας (DRS).

Στην μεθοδολογία της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, η έννοια των Οικονομιών Κλίμακας είναι πολύ σημαντική για την εύρεση της αποδοτικότητας όπως θα δούμε και στην συνέχεια της εργασίας.

Οι IRS αλλάζουν και γίνονται DRS σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο παραγωγής. Σε αυτό ακριβώς το σημείο, ένα DMU, δηλαδή μια μονάδα λήψης αποφάσεων, λειτουργεί στο πιο παραγωγικό μέγεθος της κλίμακας, ή καλύτερα στα αγγλικά *Most Productive Scale Size* (MPSS). Σε αυτό ακριβώς το σημείο βρίσκεται στη μεγαλύτερη δυνατή οικονομία κλίμακας.

Στην περίπτωση των CRS, ο κατασκευαστής μπορεί να κλιμακώσει τις εισροές και τις εκροές γραμμικά, χωρίς να αυξήσει ή να μειώσει την αποδοτικότητα.

3 Η επιστήμη της Επιχειρησιακής Έρευνας

3.1 Τι είναι η Επιχειρησιακή Έρευνα

Έχοντας αναλύσει κάποιες βασικές έννοιες και ορισμούς που θα χρειαστούν στη συνέχεια για την καλύτερη κατανόηση του προς μελέτη προβλήματος, θα εξηγηθεί τώρα η ταυτότητα και το περιεχόμενο της επιστήμης της Επιχειρησιακής έρευνας, μέρος της οποίας είναι η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.

Καταρχάς, η Επιχειρησιακή Έρευνα ή "*Operational Research*" στα αγγλικά, είναι ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται για την άσκηση της διοίκησης και ειδικότερα για τη λήψη αποφάσεων με την βοήθεια των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Το περιεχόμενο του θέματος είναι η έρευνα πάνω στις λειτουργίες ή στη λειτουργία πολύπλοκων συστημάτων αποτελούμενων από ανθρώπους και μηχανές. Έχουν δοθεί αρκετοί ορισμοί για το τι είναι Επιχειρησιακή Έρευνα (Koletsos, et al., 2012).

Σύμφωνα με τον R. Watson-Watt, ο οποίος ήταν ένας από τους πρωτεργάτες του κλάδου:

Η Επιχειρησιακή Έρευνα αποσκοπεί στο να ερευνήσει ποσοτικά εάν ένας οργανισμός παίρνει από τη λειτουργία του εξοπλισμού του, τη βέλτιστη δυνατή συνεισφορά σε σχέση με τον ολικό αντικειμενικό σκοπό του, ποιές αλλαγές σε εξοπλισμό και μεθόδους απαιτούνται για την βελτίωση των αποτελεσμάτων με το μικρότερο δυνατό κόστος σε προσπάθεια και χρόνο και τέλος σε ποιό βαθμό μεταβολές στους επιμέρους αντικειμενικούς σκοπούς θα συνεισέφεραν στην πιο οικονομική και έγκαιρη εκτέλεση του ολικού αντικειμενικού στρατηγικού σκοπού.

Ένας άλλος συνοπτικός ορισμός, δόθηκε το 1978 από τους Hans G. Daellenbach και John A. George. Σύμφωνα με αυτόν:

Η Επιχειρησιακή Έρευνα είναι η συστηματική εφαρμογή ποσοτικών μεθόδων, τεχνικών και εργαλείων στην ανάλυση προβλημάτων που εμπεριέχουν την λειτουργία συστημάτων.

Τα βασικά στάδια από τα οποία αποτελείται η επιστήμη αυτή είναι τα ακόλουθα:

1. *Ανάλυση του Συστήματος*

Βασικός στόχος είναι η κατανόηση του προς μελέτη συστήματος. Απαιτεί προσδιορισμό της δομής του και του τρόπου λειτουργίας του. Επίσης αναλύουμε το σύστημα σε επιμέρους υποσυστήματα και αναγνωρίζουμε τις μεταβλητές και τις παραμέτρους του συστήματος καθώς και τους διάφορους περιορισμούς που υπάρχουν σε αυτό.

2. *Διατύπωση Στόχων*

Θέτουμε τους στόχους που θέλουμε να πετύχουμε, για παράδειγμα μεγιστοποίηση του κέρδους, ελαχιστοποίηση του κόστους, βελτίωση της αποδοτικότητας-παραγωγικότητας. Απαιτείται ακριβής και σαφής καθορισμός των στόχων, ειδικά σε περιπτώσεις επιχειρήσεων με πολλά τμήματα.

3. *Διατύπωση του Μοντέλου*

Δημιουργούμε μια απλουστευμένη αναπαράσταση του πραγματικού μας συστήματος, με σκοπό να μελετήσουμε, να αναλύσουμε την επίδραση διαφόρων παραγόντων στους στόχους που έχουν τεθεί και να επιλέξουμε την καλύτερη στρατηγική. Μετατρέπουμε το πρόβλημα σε ένα αντίστοιχο μαθηματικό μοντέλο με την χρήση μαθηματικών σχέσεων. Οι σχέσεις αυτές είναι ποσοτικές ή εντολές στον υπολογιστή που εκφράζουν τους στόχους του προβλήματος και τους περιορισμούς του περιβάλλοντος. Ουσιαστικά κάνουμε μια μαθηματική μοντελοποίηση του προβλήματός μας.

4. *Επίλυση του Μοντέλου*

Επιλύουμε το μοντέλο που έχουμε δημιουργήσει ώστε να βρούμε την βέλτιστη λύση του προβλήματός μας. Με την έννοια λύση εννοούμε τον προσδιορισμό της στρατηγικής που θα ακολουθήσουμε. Η επίλυση αυτή γίνεται με την χρήση Ανώτερων Μαθηματικών, όπως για παράδειγμα διαφορικό και ολοκληρωτικό λογισμό, γραμμική άλγεβρα, βελτιστοποίηση, λογισμό μεταβολών, με Θεωρία Πιθανοτήτων, Στατιστική, αλλά και μεθόδους και τεχνικές Επιχειρησιακής Έρευνας. Οι τελευταίες είναι πιο εύκολες και συχνά χρησιμοποιούμενες, αφού είναι αριθμητικές, επαναληπτικές μέθοδοι, που η υλοποίησή τους βασίζεται στην χρήση του H/Y. Η πιο χαρακτηριστική τεχνική της Επιχειρησιακής Έρευνας είναι ο Γραμμικός Προγραμματισμός (*Linear Programming*).

5. Ανάλυση Ευαισθησίας-Sensitivity Analysis

Έχοντας βρει την βέλτιστη λύση, μας ενδιαφέρει να ερευνήσουμε τι συνέπειες θα υπήρχαν στην λύση αυτή από την πιθανή μεταβολή κάποιου παράγοντα. Αυτή η περαιτέρω εμβάθυνση και ανάλυση της λύσης καλείται Ανάλυση Ευαισθησίας.

6. Υλοποίηση της Λύσης

Στο στάδιο αυτό έχουμε την μετατροπή των αποτελεσμάτων σε λειτουργικές οδηγίες, παρουσιασμένες με τρόπο κατανοητό στα άτομα τα οποία θα διαχειριστούν την προτεινόμενη στρατηγική. Αποτελεί ίσως το πιο δύσκολο στάδιο και για αυτό ακριβώς το λόγο απαιτεί ιδιαίτερη συγκέντρωση.

3.2 Βασικά Στοιχεία Γραμμικού Προγραμματισμού

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στην επιστήμη της Επιχειρησιακής Έρευνας είναι ο Γραμμικός Προγραμματισμός. Ο Γραμμικός Προγραμματισμός, είναι ουσιαστικά μια μέθοδος που βοηθάει στο να επιτευχθεί το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα, σε ένα μαθηματικό μοντέλο που έχουμε κατασκευάσει, του οποίου οι περιορισμοί και οι απαιτήσεις εκφράζονται με την μορφή γραμμικών σχέσεων. Αρκετές φορές γίνεται αναφορά και στην έννοια της Μαθηματικής Βελτιστοποίησης (*Mathematical Optimization*), που είναι ακριβώς το αντικείμενο που μόλις αναφέραμε.

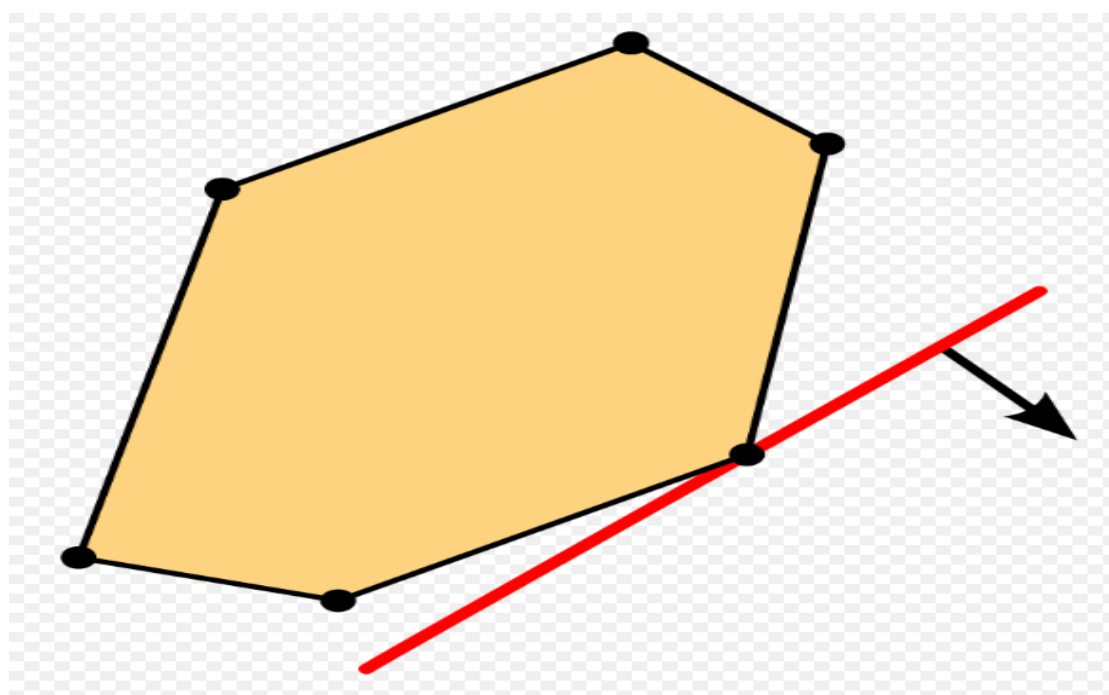
Πιο αναλυτικά, ο Γραμμικός Προγραμματισμός, είναι μια τεχνική που έχει σκοπό την βελτιστοποίηση μιας γραμμικής αντικειμενικής συνάρτησης, η οποία έχει διατυπωθεί από τα κατάλληλα άτομα και αφορά το πρόβλημά προς επίλυση, και η οποία συνάρτηση υπόκειται σε κάποιους γραμμικούς ισοτικούς ή ανισοτικούς περιορισμούς. Τα προβλήματα Γραμμικού Προγραμματισμού στην κανονική τους μορφή μπορούν να εκφραστούν ως εξής:

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } c^T X \\ & \text{Subject to } AX \leq b \\ & \text{And } X \geq 0 \end{aligned}$$

,όπου το X αντιπροσωπεύει το διάνυσμα των μεταβλητών που πρέπει να βρεθεί και τα c και b είναι τα διανύσματα των γνωστών συντελεστών. Ο πίνακας A είναι ένας γνωστός πίνακας συντελεστών και η ένδειξη $()^T$ υποδηλώνει τον ανάστροφο του

συγκεκριμένου πίνακα. Ανάλογα με το αν επιδιώκεται μεγιστοποίηση του κέρδους ή ελαχιστοποίηση του κόστους, ορίζετε και η αντικειμενική συνάρτηση ως *Maximize Profit* ή *Minimize Cost*. Στο παραπάνω παράδειγμα έχει επιλεγεί η μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης, $c^T X$.

Το σύνολο στο οποίο ανήκει η λύση, ονομάζεται εφικτή περιοχή και είναι ουσιαστικά ένα κυρτό πολύτοπο στο χώρο, δηλαδή είναι ένα σύνολο το οποίο ορίζεται ως το σημείο τομής πεπερασμένου του πλήθους μισών διαστημάτων, καθένα από τα οποία καθορίζεται από μια γραμμική ανισότητα. Η αντικειμενική συνάρτηση που ορίζεται, είναι μια *affine linear function*² με πραγματικές τιμές ορισμένη σε αυτό το πολύεδρο. Ένας αλγόριθμος Γραμμικού Προγραμματισμού, βρίσκει ένα σημείο πάνω σε αυτό το πολύεδρο, όπου αυτή η συνάρτηση έχει τη μεγαλύτερη ή μικρότερη(ανάλογα με το ποιο είναι το πρόβλημά μας) τιμή. Υπάρχει βέβαια και η πιθανότητα το σημείο αυτό να μην υπάρχει. Παρακάτω ακολουθεί σχηματική αναπαράσταση των προαναφερθέντων.



Εικόνα 3.2.1: Περιοχή Λύσης Προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού
Πηγή: Wikipedia, Linear Programming

² Στη γεωμετρία affine function, ονομάζεται μια συνάρτηση μεταξύ συγγενών χώρων που διατηρεί σημεία, ευθείες γραμμές και επίπεδα.

Αυτό είναι ένα απλό πρόβλημα Γραμμικού Προγραμματισμού με δύο μεταβλητές και έξι ανισότητες. Το σύνολο των εφικτών λύσεων απεικονίζεται σαν ένα πολύγωνο (κίτρινο χρώμα), δηλαδή ένα δισδιάστατο πολύτοπο. Η γραμμική συνάρτηση κόστους αναπαρίσταται με την κόκκινη γραμμή και το βέλος. Συγκεκριμένα η κόκκινη γραμμή είναι ένα επίπεδο της συνάρτησης κόστους και το βέλος καθορίζει την κατεύθυνση την οποία πρέπει να ακολουθήσουμε για να βρούμε την βέλτιστη λύση.

Για την επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού υπάρχουν διάφορες τεχνικές όπως είναι Γραφικές Μέθοδοι, η Μέθοδος *Simplex*, η *Northwest Corner Method*, η *Least Cost Method* καθώς επίσης και πακέτα επίλυσης στον Η/Υ, όπως είναι το *Solver Package* στο *Excel*.

4 Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Στην ενότητα αυτή θα γίνει μια καταγραφή ορισμένων εργασιών, βασισμένων στην μέθοδο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, οι οποίες βοήθησαν σε μεγάλο βαθμό στην κατανόηση του προβλήματος αλλά και στην συγγραφή της εν λόγω εργασίας. Οι περισσότερες από αυτές τις εργασίες, εφαρμόζουν την μέθοδο DEA υπό VRS, ωστόσο υπάρχουν και εργασίες, όπου γίνονται συγκρίσεις μεταξύ CRS και VRS υποθέσεων. Παράλληλα, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στον υπολογισμό του δείκτη Malmquist, καθώς παρέχει χρήσιμα στοιχεία για την διαδικασία παραγωγής. Ένα από αυτά, το οποίο τονίζεται στις περισσότερες εργασίες είναι ο *Total Productivity Factor* (TFP). Παρακάτω παρουσιάζονται οι εργασίες αυτές:

Στην εργασία των *Roman Lacko et al. (2017)*, εφαρμόστηκε η *two-step data envelopment analysis* για την βιομηχανία των Μεταλλείων-Λατομείων, για κάθε μία από τις τέσσερις χώρες της ομάδας Βίσεγκραντ, οι οποίες είναι η Τσεχία, Σλοβακία, Πολωνία και Ουγγαρία, δίνοντας συμπεράσματα σχετικά με το ποιά χώρα ήταν λιγότερο και ποιά περισσότερο αποδοτική. Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν η εύρεση των κατάλληλων παραγόντων στους οποίους έπρεπε να γίνουν επενδύσεις, καθώς επίσης και το αντίκτυπο των επενδύσεων αυτών. Αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι επενδύσεις σε μηχανικό εξοπλισμό, σε κατασκευές και αναπαλαιώσεις κτηρίων είχαν θετικό αντίκτυπο στην αποδοτικότητα.. Αναφορικά με την μελέτη που έγινε για τις χώρες αυτές κατά την περίοδο 2011-2015, βρέθηκε ότι η Σλοβακία ήταν η λιγότερο αποδοτική χώρα από τις τέσσερις. Σαν ερευνητική μελέτη, ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη και ενδιαφέρουσα, καθώς η μέθοδος εφαρμόστηκε με ένα καινοτόμο τρόπο, έτσι ώστε να βρεθεί ο βαθμός που επηρεάζουν επενδύσεις, σε διάφορους τομείς, την αποδοτικότητα επιχειρήσεων. Παράλληλα, έλλειψη σχετικών ερευνών, σχετικά με την συγκεκριμένη προσέγγιση, δίνει στη μελέτη αυτή, ακόμα μεγαλύτερη βαρύτητα και σημασία, καθώς αποτελεί χρήσιμο παράδειγμα (Lacko, et al., 2017).

Ο *Vu Hung Phuong (2018)*, εφάρμοσε την μέθοδο DEA και υπολόγισε τον δείκτη Malmquist, με σκοπό τον υπολογισμό του TFP και των τιμών αποδοτικότητας των επιχειρήσεων εξόρυξης γαιάνθρακα, που ανήκουν στον κλάδο των Ορυχείων, του Βιετνάμ. Υπολογίστηκαν οι τιμές αποδοτικότητας για CRS και VRS, καθώς και η *Scale Efficiency* για τα έτη 2007-2013 και συγκεκριμένα για 29 επιχειρήσεις. Τα

αποτελέσματα της εφαρμογής, έδειξαν επίσης, ότι ο TFP των επιχειρήσεων των Ορυχείων γαιάνθρακα του Βιετνάμ, μειώθηκε, εξαιτίας της αργής εξέλιξης του τεχνολογικού επιπέδου, αλλά και επειδή δεν σημειώνονταν πρόοδος στις αποδοτικότητες των επιχειρήσεων. Τα στοιχεία έδειξαν ότι οι επιχειρήσεις αυτές, είχαν περιθώρια μεγάλης εξέλιξης στην παραγωγικότητά τους, εάν κατορθώνονταν βελτίωση της τεχνικής αποδοτικότητας, η οποία βρισκόταν σε κατάσταση παρακμής. Επιλογές που θα οδηγούσαν σε βελτίωση αυτής της κατάστασης, ήταν ενίσχυση του ανθρώπινου δυναμικού και επενδύσεις στην τεχνολογία αλλά και στην έρευνα και ανάπτυξη. Μέσα από τις ενέργειες αυτές, είναι πιθανή η βελτίωση και αύξηση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων εξόρυξης γαιάνθρακα του Βιετνάμ. Παρόμοιες μελέτες έχουν διεξαχθεί και σε άλλες χώρες, ωστόσο η έρευνα αυτή ήταν η πρώτη που εφαρμόστηκε για τις επιχειρήσεις γαιάνθρακα του Βιετνάμ. Ιδιαίτερα χρήσιμη ήταν η συμπερασματολογία που παρατέθηκε σχετικά με τους λόγους και τις αιτίες των χαμηλών τιμών του TFP. Οι λόγοι αυτοί παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες και με την περίπτωση της Ελλάδας, η οποία ερευνάται στην παρούσα εργασία. (Phuong, 2018)

Οι *Yuzhen Tian et al.* (2016), υπολόγισαν τον δείκτη Malmquist, για τις επιχειρήσεις εξόρυξης γαιανθράκων της Κίνας. Σκοπός ήταν η ανάλυση της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων αυτών. Η έρευνα αφορά 15 επιχειρήσεις εξόρυξης γαιάνθρακα της Κίνας, από το 2004 μέχρι το 2014. Μετά τον υπολογισμό της τεχνικής αποδοτικότητας, της καθαρά τεχνικής αποδοτικότητας, της αποδοτικότητας κλίμακας, της μεταβολής του τεχνολογικού επιπέδου, καθώς και του TFP, τα συμπεράσματα ήταν ότι ο TFP παρουσίαζε για τις περισσότερες εταιρείες ανοδική τάση. Η μείωση του TFP μάλιστα, σε κάποιες επιχειρήσεις συνεπάγονταν και μείωση του τεχνολογικού επιπέδου αντίστοιχα. Στόχος των επιχειρήσεων, ούτως ώστε να βελτιωθούν, βρέθηκε ότι θα πρέπει να είναι η βελτίωση του τεχνολογικού επιπέδου, αλλά και γενικότερα οι τεχνολογικές καινοτομίες. Όσον αφορά τα συμπεράσματα της μελέτης, αυτά βασίστηκαν κυρίως στη σχέση του τεχνολογικού επιπέδου και του δείκτη TFP. Σχόλια και προτάσεις σχετικά με την αποτελεσματικότερη διεύθυνση αλλά και την μείωση των φυσικών πόρων δεν έγιναν. Να τονιστεί, ότι και αυτή η εργασία αποτελεί την πρώτη εφαρμογή της μεθόδου στις επιχειρήσεις γαιάνθρακα της Κίνας (Tian, et al., 2016).

Οι *Mudit Kulshreshtha et al. (2002)*, μελέτησαν την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα των ορυχείων γαιάνθρακα της Ινδίας, χρησιμοποιώντας εισροές και εκροές τόσο για υπόγεια ορυχεία, όσο και για *opencast*, για το διάστημα από το 1985 μέχρι και το 1997. Χρησιμοποίησαν τη μέθοδο DEA για την ανάλυση της απόδοσης και ανέλυσαν τον TFP χρησιμοποιώντας τον δείκτη Malmquist, διαχωρίζοντας την μεταβολή στην παραγωγικότητα, σε τεχνική μεταβολή και σε μεταβολές στην αποδοτικότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι τα ορυχεία που αντλούσαν τους πόρους από την επιφάνεια, δηλαδή τα *opencast*, είχαν μεγαλύτερη αύξηση στην παραγωγικότητα σε σχέση με τα υπόγεια ορυχεία. Γενικά στο πέρασμα των χρόνων, παρατηρήθηκε μια μείωση στην αποδοτικότητα των ορυχείων. Η πτώση αυτή μάλιστα, ήταν μεγαλύτερη στην περίπτωση των *opencast* ορυχείων. Η τεχνική και τεχνολογική πρόοδος, φάνηκε να αποτελεί τον βασικό παράγοντα αύξησης της παραγωγικότητας στα *opencast* ορυχεία, ενώ αντίθετα, η αύξηση στην αποδοτικότητα αποτελούσε τον βασικό παράγοντα αύξησης της παραγωγικότητας στα υπόγεια ορυχεία. Τα υπόγεια ορυχεία, φαίνεται να έχουν υιοθετήσει μια πιο αποδοτική πρακτική λειτουργίας, έτσι ώστε να αντισταθμίσουν τα προβλήματα στις τεχνολογικές μεταβολές. Αντίθετα, τα *opencast* ορυχεία, φαίνεται να έχουν παραβλέψει την αποδοτικότητα της λειτουργίας τους και να έχουν δώσει ιδιαίτερη έμφαση και βάρος στην αύξηση της παραγωγής μέσω τεχνολογικής εξέλιξης. Η συγκεκριμένη εργασία, ασχολήθηκε με τον διαχωρισμό μεταξύ της γεωγραφικής θέσης των ορυχείων, μιας και έκανε διάκριση μεταξύ υπόγειων και *opencast*, κάτι το οποίο αποτελεί μια πολύ ενδιαφέρουσα προσέγγιση. Ο διαχωρισμός μεταξύ *underground* και *opencast* ορυχείων ήταν ιδιαίτερα σημαντικός ώστε να ληφθούν συμπεράσματα σχετικά με το πως η γεωγραφική θέση του ορυχείου μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητά του (Kulshreshtha, et al., 2002).

Οι *Ahmad Hosseinzadeh et al. (2016)*, ανέλυσαν την αποδοτικότητα 33 επιχειρήσεων του κλάδου των ορυχείων της Αυστραλίας, για τα έτη 2008-2014, χρησιμοποιώντας την *bootstrap* DEA. Σε βάθος χρόνου, ερευνάται ποιές επιχειρήσεις αύξησαν την αποδοτικότητά τους και ποιές αντιμετώπισαν προβλήματα με την απόδοσή τους. Βρέθηκε, ότι εξορυκτικές επιχειρήσεις, όπως αυτές που ασχολούνται με την διεργασία του μετάλλου, ήταν πιο αποδοτικές από εκείνες που ασχολούνταν με την εξερευνητικές και εξαγωγικές λειτουργίες. Για την μελέτη, επιλέχθηκαν Μεταβλητές Αποδόσεις Κλίμακας και βρέθηκε ότι οι εξορυκτικές επιχειρήσεις μπορούν να

αυξήσουν την αποδοτικότητά τους κατά 17%, το λιγότερο, για το έτος 2010, και κατά 34%, το περισσότερο, για το έτος 2008, σε σχέση με τις πιο αποδοτικές. Οι περισσότερες επιχειρήσεις, γίνονται όλο και πιο αποδοτικές με το πέρασμα του χρόνου, με τις πιο αποδοτικές από αυτές, να διατηρούν τις αποδόσεις τους κατά την διάρκεια των ετών. Η μέθοδος που εφαρμόζεται στην εργασία αυτή είναι η *bootstrap* DEA, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί κι άλλες φορές σε παρόμοιες εργασίες. Καλό θα ήταν να είχε χρησιμοποιηθεί και ο δείκτης Malmquist στην εν λόγω εργασία, καθώς θα παρείχε χρήσιμα στοιχεία σχετικά με την παραγωγική διαδικασία (Hosseinzadeh, et al., 2016).

Ο *Ioannis E. Tsolas (2010)*, χρησιμοποιώντας την *bootstrap* DEA, εκτίμησε τις αποδοτικότητες των λειτουργιών 15 εξορυκτικών επιχειρήσεων στον τομέα των ορυχείων και συγκεκριμένα των ορυχείων γαιάνθρακα στο Ιλινόις της Αμερικής. Στην εφαρμογή αυτή, χρησιμοποιήθηκε ένας δείκτης ονόματι *mixed mine environmental performance indicator* (MMEPI), ο οποίος προέρχεται από την εφαρμογή της DEA υπό την υπόθεση VRS, όπου χρησιμοποιείται το *overburden*³ σαν μη επιθυμητή εκροή (*undesirable output*). Στη συνέχεια, αυτό το μέτρο συγκρίνεται με ένα παραδοσιακό δείκτη προσανατολισμού εκροών, ονόματι *mine performance indicator* (MPI), όπου το *overburden* παραλείπεται εντελώς από την διαδικασία. Παρά το γεγονός ότι παραλείποντας την *undesirable output*, κάνουν την εμφάνισή τους μεροληπτικές εκτιμήσεις σχετικά με την απόδοση, τα ευρήματα αυτά βασίζονται σε συγκεκριμένα αποτελέσματα και η υπόδειξη αυτής της προκατάληψης δεν είναι στατιστικά σημαντική. Μάλιστα, τα διαστήματα εμπιστοσύνης που προέρχονται από την *bootstrapping* μέθοδο του προτεινόμενου δείκτη MMEPI, υποδεικνύουν ότι στα προς ανάλυση ορυχεία του Ιλινόις, παρουσιάζονται σημαντικές αναποτελεσματικότητες. Η συγκεκριμένη έρευνα διεξήχθη, διότι πρώτον, δεν είχε ξαναγίνει μια τέτοια έρευνα σχετικά με τον υπολογισμό των αποδόσεων τέτοιου είδους δεικτών, δεύτερον, ήταν ανάγκη να ελεγχθεί η σημαντικότητα της παράλειψης μιας *undesirable output* και κατά πόσο η παράλειψη αυτή θα οδηγούσε σε λανθασμένα αποτελέσματα και τρίτον, εξαιτίας της έλλειψης εκτιμήσεων

³ Στον τομέα των ορυχείων, *overburden* είναι ένα υλικό το οποίο βρίσκεται πάνω από την περιοχή η οποία διατίθεται προς οικονομική εκμετάλλευση και του οικοσυστήματος που βρίσκεται πάνω από την περιοχή που υπάρχει ο άνθρακας ή το στρώμα όπου υπάρχουν τα μέταλλα. Μπορεί να είναι πέτρα, χώμα, κ.α..

αβεβαιότητας σχετικά με τις εκτιμήσεις του δείκτη επιδόσεων των ορυχείων σε σχετικές μελέτες. Η σημασία της εν λόγω εργασίας, έγκειται στο γεγονός ότι δεν είχε διεξαχθεί ποτέ σχετική έρευνα για τα ορυχεία γαιάνθρακα της Αμερικής. Παράλληλα, η χρήση της *bootstrap* προσέγγισης της DEA, βελτιώνει την έρευνα, καθώς αναλύεται και η αβεβαιότητα σχετικά με τις εκτιμήσεις της μεθόδου. Τέλος, η χρησιμοποίηση μιας *undesirable output (overburden)*, αποτελεί μια ξεχωριστή προσέγγιση του προβλήματος, που επιδιώκει να αναλύσει επιπλέον παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την αποδοτικότητα (Tsolas, 2011).

Οι *Dr.G.Thirupati Reddy et al. (2013)*, μελέτησαν τις μονάδες εξόρυξης γαιάνθρακα της εταιρείας *Singareni Collieries Company Limited (SCCL)*. Βασικοί στόχοι, ήταν η μελέτη των απαιτούμενων ενεργειών για τη βελτίωση της παραγωγικότητας, αλλά και για τον έλεγχο του κόστους των ορυχείων γαιάνθρακα της επιχείρησης. Χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της DEA και της συγκριτικής αξιολόγησης, για να υπολογίσει τις αποδοτικότητες των ορυχείων και να οδηγηθεί σε συμπεράσματα σχετικά με τους τρόπους βελτίωσης της παραγωγικότητας. Επιλέγοντας αρκετά ορυχεία, υπολόγισαν τις αποδοτικότητες τους και προχώρησαν στην κατάταξή τους με βάση τα *score* αποδοτικότητας. Για τις μη-αποδοτικές μονάδες, συζητήθηκαν οι τομείς οι οποίοι επιδέχονταν βελτίωση, καθώς και τρόποι βελτίωσης της απόδοσής τους. Να επισημανθεί, ότι το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε, ήταν αυτό του προσανατολισμού εισροών, για σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Η μελέτη αυτή, σύνδεσε ουσιαστικά την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων, με την ανάγκη για μείωση του κόστους. Δεν έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες, σχετικά με τις ενέργειες που απαιτούνται, ώστε να μειωθεί το κόστος μια επιχείρησης, μέσω της βελτίωσης της παραγωγικότητας της και αυτή η μελέτη αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο ανάλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος (Thirupati, et al., 2013).

Οι *Xuehong Zhu et al. (2018)*, έκαναν μια μελέτη σχετικά με τον *Green Total Factor Productivity (GTFP)* των ορυχείων γαιάνθρακα και των λατομείων της Κίνας. Η βιομηχανία των ορυχείων γαιάνθρακα και των λατομείων της Κίνας, χαρακτηρίζεται από υψηλή μόλυνση του περιβάλλοντος, υψηλή κατανάλωση ενέργειας, καθώς και από υψηλές εκπομπές βλαβερών ουσιών. Βελτιώνοντας λοιπόν, τον GTFP των μονάδων αυτών, ωφελείται ολόκληρη η οικονομία της Κίνας. Η ανάλυση βασίστηκε στην DEA και τον δείκτη Malmquist, για τα έτη από το 1991-2014 και δόθηκε

ιδιαίτερη σημασία στο τεχνολογικό επίπεδο, στην κλίμακα των μονάδων και στην διοίκησή τους. Κατά την διάρκεια των ετών της μελέτης, βρέθηκε ότι ο GTFP των μονάδων αυτών, αυξήθηκε κατά 71,7%. Η τεχνολογική πρόοδος ήταν ο πιο βασικός συντελεστής, ενώ η μείωση στην αποδοτικότητα κλίμακας, αλλά και στην αποδοτικότητα της διοίκησης ήταν ανασταλτικοί παράγοντες. Τα τελευταία χρόνια του δείγματος ωστόσο, βρέθηκε ότι η βελτίωση της αποδοτικότητας της διεύθυνσης και διοίκησης, συνεισέφερε σημαντικά στην βελτίωση του GTFP. Ιδιαίτερα σημαντικά ήταν και τα ευρήματα σχετικά με τις Οικονομίες Κλίμακας των μονάδων. Συγκεκριμένα, μονάδες που ασχολούνταν με την εξαγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, με την εξόρυξη και επεξεργασία μη σιδηρούχων μεταλλευμάτων και με την εξόρυξη και επεξεργασία μεταλλευμάτων, βρίσκονταν υπό την επίδραση Αυξουσών Οικονομιών Κλίμακας ή Σταθερών Οικονομιών Κλίμακας, ενώ μονάδες που ασχολούνταν με την εξόρυξη γαιανθράκων και με την εξόρυξη και επεξεργασία σιδηρούχων μεταλλευμάτων λειτουργούσαν υπό Φθίνουσες οικονομίες Κλίμακας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αποτέλεσε ο διαχωρισμός της λειτουργίας κάθε μονάδας με βάση τις Οικονομίες Κλίμακας, μιας και για τον διαχωρισμό αυτό, λήφθηκαν υπόψη οι διαφορετικοί τομείς της εξορυκτικής διαδικασίας κάθε επιχείρησης. Η μελέτη σύνδεσε την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων με την μόλυνση που επιφέρουν στο περιβάλλον και πρότεινε τρόπους για την βελτίωση των μη αποδοτικών, μέσω της ανάλυσης των Οικονομιών Κλίμακας (Xuehong, et al., 2018).

Οι *Fehim Bakirci et al. (2014)*, υπολόγισαν τις αποδοτικότητες των επιχειρήσεων γαιάνθρακα της Τουρκίας, για τα έτη 2003-2010, χρησιμοποιώντας την μέθοδο DEA. Μάλιστα, η ανάλυση έγινε και για το μοντέλο CCR και το μοντέλο BCC. Μετά την εύρεση των αποδοτικοτήτων, καθορίστηκαν δείκτες οι οποίοι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί στην εκτίμηση της πραγματικής απόδοσης των επιχειρήσεων αυτών. Οι δείκτες αυτοί υπολογίστηκαν, χρησιμοποιώντας τα *score* αποδοτικότητας της DEA στην *Data Mining Technique*. Και αυτή η εργασία, επικεντρώθηκε στη σχέση κόστους-αποδοτικότητας, μιας και δόθηκε σημασία στο πώς οι επιχειρήσεις θα μείωναν τα κόστη τους και να συνεχίσουν να λειτουργούν αποδοτικά (Bakirci, et al., 2014).

Οι *Roma Mitra Debnath et al. (2014)*, θέλησαν να υπολογίσουν την τεχνική αποδοτικότητα και την αποδοτικότητα κλίμακας των επιχειρήσεων χάλυβα και

σίδηρου της Ινδίας. Σε αντίθεση με τις εφαρμογές της μεθόδου στις προηγούμενες εργασίες, εδώ δεν γίνεται η μελέτη για επιχειρήσεις που ασχολούνται με τις εξορύξεις. Γίνεται για κατασκευαστικές επιχειρήσεις, ωστόσο υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς η έρευνα υποδηλώνει ότι ακόμη και η γεωγραφική θέση των μονάδων, επηρεάζει την αποδοτικότητα. Μελετήθηκε λοιπόν, το μοντέλο προσανατολισμού εκροών υπό CRS και VRS και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα. Η έρευνα περιείχε 4 εισροές (καθαρά πάγια, συνολικό ενεργειακό κόστος, σύνολο εργαζομένων και κυκλοφορούν ενεργητικό) και 4 εκροές (έσοδα, κύκλος πωλήσεων, και δύο άλλα μεγέθη σχετικά με το κέρδος, τα οποία καλούνται PBIT και PAT). Οι αποδοτικότητες διακρίθηκαν σε τρία μέρη. Την καθαρή τεχνική αποδοτικότητα, όπου οι αναποτελεσματικότητες οφείλονται σε μη αποδοτικές λειτουργίες. Την τεχνική αποδοτικότητα, όπου για τιμές 100% οι μονάδες θα είναι πλήρως αποδοτικές. Την αποδοτικότητα κλίμακας, κατά την οποία οι όποιες αναποτελεσματικότητες οφείλονται σε μειονεκτικές συνθήκες. Οι επιχειρήσεις δημοσίου τομέα, λειτουργούσαν σε μειονεκτικές συνθήκες σε σχέση με εκείνες του ιδιωτικού, αφού βρίσκονταν διάσπαρτες σε όλη την Ινδία και έτσι σε πολλές περιπτώσεις, η μεταφορά πρώτων υλών και μηχανικού εξοπλισμού ήταν δύσκολη διαδικασία. Φαίνεται λοιπόν, ότι η γεωγραφική θέση που έχει μια επιχείρηση σε μία χώρα, μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητά της, πράγμα που παρέχει πολύ χρήσιμες πληροφορίες στους υπεύθυνους διοίκησης και διαχείρισης μιας επιχείρησης. Μια εκτενέστερη ανάλυση σχετικά με τις Οικονομίες Κλίμακας και πώς αυτές καθορίζουν την λειτουργία της εκάστοτε επιχείρησης θα ήταν καλό να έχει συμπεριληφθεί στην εργασία (Debnath, et al., 2014).

Σε αυτή τη διπλωματική, γίνεται ανάλυση ολόκληρου του κλάδου και όχι συγκεκριμένων επιχειρήσεων (για παράδειγμα ορυχείων γαιάνθρακα). Όλες οι επιχειρήσεις συγκρίνονται μεταξύ τους και προκύπτουν τα αποτελέσματα. Σημασία έχει και η διαδικασία της στοχοθεσίας για τις μη αποδοτικές επιχειρήσεις, κομμάτι στο οποίο δεν έχει δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα σε άλλες εργασίες. Παράλληλα, μέσω του δείκτη Malmquist, εξάγονται συμπεράσματα για την παραγωγική διαδικασία των επιχειρήσεων και του κλάδου γενικότερα, σημείο στο οποίο υπήρχε έλλειψη όσων αφορά τις επιχειρήσεις του κλάδου Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών στην Ελλάδα. Τέλος, σημαντική είναι και η συνεισφορά της ανάλυσης των Οικονομιών Κλίμακας, καθώς δίνουν πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία της επιχείρησης, δηλαδή πώς

λειτουργούν συγκριτικά με το βέλτιστο μέγεθος παραγωγής και το τι πρέπει να προσέξουν. Παρόμοια προσέγγιση του προβλήματος που μελετά η DEA, δεν έχει διεξαχθεί για τον κλάδο των Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών της Ελλάδας.

Πολλές έρευνες έχουν γίνει επίσης σε επίπεδο πέραν αυτού της βιομηχανίας παραγωγής. Εφαρμογές υπάρχουν στον τραπεζικό τομέα, με κύριο πρόβλημα την ανάλυση αποδοτικότητας τραπεζών και τραπεζικών συστημάτων και την κατάταξή τους με βάση την αποδοτικότητα, στον τομέα των ασφαλιστικών υπηρεσιών και στον τομέα γενικά των χρηματοοικονομικών υπηρεσιών, στις οποίες εκτός των προαναφερθέντων συμπεριλαμβάνονται και επιχειρήσεις που ασχολούνται με το *Real Estate*, συμβουλευτικές επιχειρήσεις, ανταλλακτήρια συναλλάγματος και πιστωτικά ιδρύματα.

Όλες αυτές οι βιβλιογραφικές έρευνες, αποτελούν παραδείγματα εφαρμογών της μεθόδου και μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες σε έναν αναλυτή, τόσο για να κατανοήσει τον τρόπο διεξαγωγής μιας έρευνας, όσο και για να συγκρίνει την δική του μελέτη με άλλες σχετικές, και να αναζητήσει απαντήσεις σε σχετικά ερωτήματα.

Ακολουθεί πίνακας που παρουσιάζει συγκεντρωτικά την βιβλιογραφική επισκόπηση.

Συγγρα-φείας (είς)	Έτος δημο- σίευσης	Χώρα Μελέτης	Κλάδος/ Υποκλά- δος	Δείγμα DMUs	Μοντέλο DEA - Malmquist productivity index (MPI)	Επιλεγμένες εισροές	Επιλεγμένες εκροές
1)Roman Lacko 2)Zuzana Hajduová 3)Henrieta Pavalová	2017	Σλοβακία	Ορυχεία - Λατομεία	Επιχειρήσεις από τις χώρες Visegrad (Πολωνία, Τσεχία, Σλοβακία, Ουγγαρία) 2011-2015	DEA CCR Output-Oriented και Bootstrap DEA	1)Αριθμός Επιχειρήσεων 2)Αριθμός Εργαζομένων 3)Μέσο κόστος για κάθε εργαζόμενο	1)Τζίρος 2)Αξία παραγωγής
1)Vu Hung Phuong	2018	Βιετνάμ	Ορυχεία Γαιάνθρ	29 εταιρείες	DEA CCR και	Δεν Αναφέρονται	Δεν Αναφέρονται

			ακα	2007-2013	BCC Output- Oriented και MPI	αι	
1)Yuzhen Tian 2)Zhanxin Ma	2016	Κίνα	Ορυχεία Γαιάνθρακα	15 εταιρείες 2004-2014	MPI	1)Σύνολο Ενεργητικό ύ 2)Αριθμός Εργαζομένων 3)Κύρια κόστη επιχείρησης	1) Κύρια έσοδα επιχείρησης 2)Μικτό κέρδος
1)Ahmad Hosseinzadeh 2)Abbas Valadkhani 3)Russell Smyth 4)Viet Le	2016	Αυστραλία	Ορυχεία	33 εταιρείες 2008-2014	DEA CCR και BCC	1)Συνολικά έξοδα προσωπικό ύ 2)Πάγιο ενεργητικό 3)Λειτουργικά έξοδα	1)Λειτουργικά έσοδα 2)Άλλα έσοδα προ φόρων
1) Ioannis E. Tsolas	2011	Αμερική (Ιλινόις)	Ορυχεία	15 ανθρακωρυχεία	DEA BCC και Bootstrap DEA	1) Εργασία 2)Κεφάλαιο	1) Τόνοι γαιάνθρακα 2)Overburden(undesirable output)
1)Dr.G.Thirupati Reddy 2)Dr.K.Sudhakar 3) S.Jaya Krishna	2013	Ινδία	Ορυχεία Γαιάνθρακα	15 Opencast ορυχεία	DEA CCR Input- Oriented	1)Έξοδα Μισθών 2) Έξοδα Διατήρησης 3) Άλλα έξοδα 4) OBR κόστη	1)Παραγωγή
1)Fehim Bakirci 2)Emre Yakut	2014	Τουρκία	Ορυχεία Γαιάνθρακα	8 επιχειρήσεις	DEA CCR και BCC	1)Έκταση 2)Αποθέματα άνθρακα	1)Μέγεθος Παραγωγής 2)Πωληθέν μέγεθος

3)Ayhan Demirci 4)Murat Gündüz						3)Σύνολο Εργαζομένων 4)Αριθμός μηχανημάτων 5)Επενδύσεις	3)Πωλήσεις
1)Roma Mitra Debnath 2)V.J. Sebastian	2014	Ινδία	Επιχειρήσεις Ατσαλιού και Σιδήρου	22 επιχειρήσεις	DEA CCR και BCC Output-Oriented	1) Πάγιο Ενεργητικό 2)Συνολικά κόστη ενέργειας 3)Σύνολο εργαζομένων 4)Κυκλοφορούν Ενεργητικό	1) Έσοδα 2)Πωλήσεις 3)PBIT 4)PAT

Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικά Στοιχεία Βιβλιογραφικής Επισκόπησης

5 Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων

5.1 Περιγραφή της Μεθόδου

Μία μέθοδος που βασίζεται στην Επιχειρησιακή Έρευνα είναι και αυτή που θα παρουσιαστεί στην εργασία. Η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (Π.Α.Δ.) ή *Data Envelopment Analysis* (DEA), όπως θα καλείται από εδώ και πέρα, είναι μια μη-παραμετρική⁴ μαθηματική μέθοδος, βασισμένη στον Γραμμικό Προγραμματισμό. Η μέθοδος αυτή, χρησιμοποιείται για την μέτρηση της αποδοτικότητας-παραγωγικότητας επιχειρήσεων και γενικά DMU's που ανήκουν στον ίδιο κλάδο. Δηλαδή γίνεται σύγκριση DMU's με παρόμοια χαρακτηριστικά, τα οποία δέχονται και διαχειρίζονται παρόμοιες, αν όχι και ίδιες εισροές, με σκοπό την παραγωγή του μέγιστου αριθμού εκροών. Από εδώ και πέρα οι εισροές και εκροές θα αναφέρονται σαν *Inputs* και *Outputs* αντίστοιχα.

Έχοντας σαν βάση τις ιδέες του *Farrell*(1957), η εργασία των *Charnes, Cooper* και *Rhodes* (1978) με τίτλο "*Measuring the efficiency of Decision Making Units*", αποτέλεσε την πρώτη εφαρμογή των τεχνικών του Γραμμικού Προγραμματισμού στον υπολογισμό της βέλτιστης τεχνολογικής αποδοτικότητας και παραγωγικότητας. Σαν μεθοδολογία, η DEA υπολογίζει την σχετική αποδοτικότητα (*relative efficiency*) των DMU's. Ο υπολογισμός αυτός μπορεί να γίνει θέτοντας διάφορους περιορισμούς και τροποποιήσεις στο μοντέλο. Για παράδειγμα μπορεί να θεωρηθεί η ύπαρξη Σταθερών Αποδόσεων Κλίμακας ή Μεταβλητών Αποδόσεων Κλίμακας, ή ακόμη και *Non-Increasing* ή *Non-Decreasing Returns to Scale*. Όλες αυτές οι περιπτώσεις θα αναλυθούν εκτενέστερα στη συνέχεια. Αυτή η ανάλυση δίνει δύο διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με τα υπό εξέταση DMU's: Ποιά από αυτά είναι αποδοτικά(*efficient*) και ποια από αυτά είναι μη αποδοτικά(*inefficient*). Για τα μη αποδοτικά, παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πώς αυτά θα μπορέσουν να γίνουν αποδοτικά, αλλά και ποιά από τις ήδη αποδοτικές Μονάδες Λήψης Αποφάσεων έχουν σαν στόχο προς επίτευξη. Αυτός ο στόχος χαρακτηρίζεται ως *peer unit*.

⁴ Μη παραμετρική(Non-parametric), καλείται μια μέθοδος κατά την οποία το σύνολο των δεδομένων που αναλύονται δεν χρειάζεται και δεν απαιτείται να υπακούει σε κάποιες συγκεκριμένες υποθέσεις και παραμέτρους.

Η ιδέα πίσω από την DEA ήταν να είναι εφικτός ο υπολογισμός της αποδοτικότητας επιχειρήσεων που δεν έχουν σαν στόχο το κέρδος και συνεπώς δεν είναι τόσο εύκολη αυτή η ανάλυση. Τέτοιες επιχειρήσεις είναι σχολεία, πανεπιστήμια, νοσοκομεία, φυλακές. Η μέτρηση της απόδοσης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την συνεχή και αδιάκοπη βελτίωση ενός οργανισμού, είτε έχει σκοπό το κέρδος είτε όχι. Εκτός όμως από την μέτρηση της αποδοτικότητας, η DEA αποτελεί πολύ χρήσιμο εργαλείο στην λεγόμενη συγκριτική αξιολόγηση (*benchmarking*) μεταξύ των επιχειρήσεων. Μέσω της σύγκρισης, οι επιχειρήσεις που δεν είναι τόσο αποδοτικές μπορούν να διαπιστώσουν τα προβλήματά τους και να ακολουθήσουν στρατηγικές οι οποίες θα τις κάνουν να βελτιωθούν και να καταφέρουν να ανταπεξέλθουν στο μέλλον. Μέσα λοιπόν από όλη αυτή την ανάλυση το συμπέρασμα είναι ότι η μέτρηση της απόδοσης συνεισφέρει στους εξής τομείς (Zhu, 2009):

1. Υποδεικνύει τα δυνατά σημεία και τις αδυναμίες των λειτουργιών της επιχείρησης.
2. Προετοιμάζει καλύτερα την επιχείρηση για να δεχθεί και να αξιοποιήσει καλύτερα τις ανάγκες των πελατών της.
3. Αναγνωρίζει ευκαιρίες για να βελτιώσει τις υπάρχουσες λειτουργίες και να δημιουργήσει νέα προϊόντα και υπηρεσίες.

Τα πλεονεκτήματα της DEA είναι τα εξής:

1. Μπορεί να διαχειριστεί πολλαπλά inputs και outputs, καθένα από τα οποία θα αφορά διαφορετικό DMU, με σκοπό την εύρεση ενός συγκεκριμένου στοιχείου.
2. Τα *a priori*⁵ βάρη δεν είναι απαραίτητα για τα inputs και τα outputs.
3. Για την αύξηση της αποδοτικότητας απαιτείται αύξηση των outputs, μείωση των inputs ή συνδυασμός και των δύο.
4. Η DEA επικεντρώνεται στην εύρεση της βέλτιστης απόδοσης.
5. Μπορούν να ληφθούν υπόψη στην ανάλυση μη-ελεγχόμενες μεταβλητές καθώς και κατηγορηματικά δεδομένα.
6. Μειώνοντας πολλαπλές μεταβλητές σε ένα ενιαίο μέτρο αποδοτικότητας, μειώνει παράλληλα και την γνωστική δυσκολία (*cognitive complexity*).

⁵ A priori χαρακτηρίζεται η γνώση που αποτελείται από έμφυτες ιδέες και δεν προέρχεται από την εμπειρική μελέτη.

Ωστόσο παρά τα πλεονεκτήματά της, η μέθοδος αυτή εμφανίζει και κάποια μειονεκτήματα ή καλύτερα περιορισμούς, όσον αφορά τις δυνατότητές της, που καλό θα ήταν να τα αναφέρουμε.

1. Ο συνολικός αριθμός των DMU's που συμπεριλαμβάνουμε στην μελέτη μας, θα πρέπει να είναι μικρότερος από τον συνολικό αριθμό των inputs και outputs που έχουμε θέσει. Συγκεκριμένα υπάρχουν κάποιοι αριθμητικοί κανόνες που διέπουν την σχέση μεταξύ DMU's και του αριθμού των inputs-outputs. Εκτενέστερη ανάλυση θα γίνει στην συνέχεια.
2. Η DEA είναι μια τεχνική ακραίων σημείων⁶.
3. Η DEA είναι μια μη-παραμετρική μέθοδος, πράγμα που καθιστά δύσκολη την διεξαγωγή τεστ για στατιστικές υποθέσεις.
4. Η γραφική αναπαράσταση του βέλτιστου συνόρου των λύσεων είναι μια διαδικασία δύσκολη για περισσότερες από τρεις διαστάσεις.
5. Η DEA παρέχει απλά ένα μέτρο της αποδοτικότητας σε σχέση με το σύνολο των αποδοτικών DMU's και όχι την γενικά καλύτερη δυνατή αποδοτικότητα.
6. Μπορεί ορισμένες φορές να είναι δύσκολο να κάνουμε Ανάλυση Ευαισθησίας (*Sensitivity Analysis*) για τα αποτελέσματά μας.

Παρουσιάστηκε λοιπόν περιγραφικά το πώς λειτουργεί η μέθοδος αυτή καθώς επίσης και σημεία στα οποία διευκολύνει την εκτέλεση τεχνικών αναλύσεων, αλλά και σημεία στα οποία περιορίζει τις δυνατότητές του αναλυτή.

Μέχρι στιγμής έχουν αναφερθεί αρκετές φορές οι έννοιες Εισροές-Εκροές (*Inputs-Outputs*). Καλό θα ήταν να γίνει μια εμβάθυνση στην ευρύτερη ανάλυση αυτών των εννοιών, καθώς θα αποτελέσουν τα βασικά δεδομένα για την διεκπεραίωση της όλης μελέτης.

5.2 Επιλογή Inputs-Outputs-DMU's

Η DEA, αφήνει το δικαίωμα στον αναλυτή να διαλέξει εκείνος τόσο το πλήθος των Inputs και Outputs του μοντέλου, όσο και το ποιές ακριβώς θα είναι αυτές οι εισροές

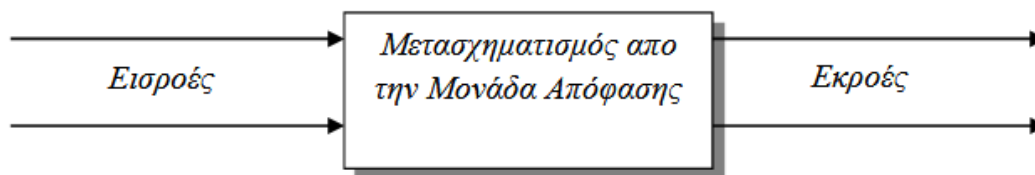
⁶ Ένα ακραίο σημείο ενός κυρτού συνόλου S σε ένα διανυσματικό χώρο, είναι ένα σημείο στο S το οποίο δεν βρίσκεται σε κανένα τμήμα της ανοιχτής γραμμής που συνδέει δύο σημεία του κυρτού συνόλου αυτού.

και εκροές. Πρόκειται για μια αρκετά υποκειμενική διαδικασία, καθώς η επιλογή των δεδομένων μπορεί να διαφέρει από άτομο σε άτομο, ωστόσο υπάρχουν κάποια κανόνες οι οποίοι είναι απαραίτητο να τηρούνται κατά τη διαδικασία δημιουργίας του αρχείου των δεδομένων (Sarkis, 2002). Οι ορισμοί των εννοιών αυτών είναι οι ακόλουθοι:

- Μεταβλητή Εισόδου ή Εισροή (*Input*): Οποιαδήποτε είσοδος σε ένα σύστημα, οι πόροι που καταναλώνει ένα DMU για να παράξει το έργο του και να εκτελέσει τον σκοπό του.
- Μεταβλητή Εξόδου ή Εκροή (*Output*): Οποιαδήποτε έξοδος ενός συστήματος, ή με άλλα λόγια το αποτέλεσμα που προκύπτει από την διαδικασία της παραγωγής.

Η έννοια της αποδοτικότητας που έχουμε εξηγήσει γράφεται όπως έχουμε δει ως εξής:

$$\text{Αποδοτικότητα} = \frac{\text{Εκροή}}{\text{Εισροή}}$$



Εικόνα 5.2.1: Παραγωγική Διαδικασία

Πηγή: Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων *Data Envelopment Analysis* - (DEA), Κωνσταντίνος Α. Σαΐτης

5.2.1 Αριθμός Inputs-Outputs-DMU's

Υπάρχουν κάποιοι κανόνες που πρέπει να τηρούνται σχετικά με τον αριθμό των εισροών και εκροών του μοντέλου καθώς επίσης και του αριθμού των DMU's που έχουμε επιλέξει στην ανάλυσή μας. Ο αριθμός που θα επιλεγεί καθώς και το είδος των εισροών και εκροών, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το πόσο καλή θα είναι η διάκριση μεταξύ των αποδοτικών και μη-αποδοτικών επιχειρήσεων. Υπάρχουν δύο αντικρουόμενες θεωρήσεις όταν αξιολογείται το μέγεθος ενός συνόλου δεδομένων.

Η μία θεώρηση είναι να συμπεριληφθούν στη μελέτη όσα περισσότερα DMU's είναι δυνατόν, γιατί έχοντας μεγαλύτερο αριθμό DMU's, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθούν αποδοτικές μονάδες, οι οποίες θα καθορίσουν και το αποδοτικό σύνορο αλλά και θα βελτιώσουν το βαθμό διάκρισης των αποδοτικών και μη επιχειρήσεων.

Η άλλη αντικρουόμενη θεώρηση με την επιλογή μεγάλου συνόλου δεδομένων, είναι ότι η ομοιογένεια ενός μεγάλου συνόλου θα μειωθεί, πράγμα που σημαίνει ότι κάποιες εξωγενείς επιπτώσεις που δεν αφορούν τον αναλυτή ή είναι πέραν των δυνατοτήτων του, πρόκειται να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της μελέτης. Επίσης, οι υπολογιστικές απαιτήσεις θα αυξηθούν λόγω του μεγάλου συνόλου δεδομένων.

Σε αυτό το σημείο ακολουθούν κάποιοι αριθμητικοί κανόνες, που καθορίζουν την επιλογή του αριθμού των DMU's, των *Inputs* και των *Outputs*.

Ο πρώτος κανόνας σύμφωνα με τους *Boussofiane et al.* (Boussofiane, et al., 1991) αναφέρει ότι για να υπάρχει μια καλή διάκριση μεταξύ αποδοτικών και μη επιχειρήσεων μέσα από την εφαρμογή των μοντέλων της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (τα μοντέλα αυτά είναι τα CCR και BCC και θα αναλυθούν εκτενώς στη συνέχεια), το κάτω όριο του αριθμού των DMU's που θα επιλέγουμε θα πρέπει να είναι το πολλαπλάσιο του αριθμού των *Inputs* και του αριθμού των *Outputs*. Για παράδειγμα εάν υπάρχουν 3 *Inputs* και 4 *Outputs* τότε το κάτω όριο, δηλαδή ο ελάχιστος αριθμός των DMU's που πρέπει να έχει ο αναλυτής θα είναι το 12.

Σύμφωνα με τους (Golany, et al., 1989), ο αριθμός των DMU's θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ο διπλάσιος του αριθμού των εισροών και εκροών που έχουμε επιλέξει.

Ο (Bowlin, 1998) ανέφερε ότι ο αριθμός αυτός θα πρέπει να είναι τρεις φορές ο αριθμός των μεταβλητών εισόδου και εξόδου.

Η εργασία των (Dyson, et al., 2001) πρότεινε τα DMU's να είναι δύο φορές το γινόμενο των *Inputs* και *Outputs*.

Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν 3 μεταβλητές εισόδου και 4 μεταβλητές εξόδου, σύμφωνα με τους *Golany* και *Roll* ο αριθμός των DMU's θα έπρεπε να είναι τουλάχιστον 14, σύμφωνα με τον *Bowlin* θα έπρεπε να είχαμε 21 DMU's, ενώ τέλος σύμφωνα με τον *Dyson* χρειαζόμαστε τουλάχιστον 24 Μονάδες Λήψης Αποφάσεων.

Σε κάθε περίπτωση οι αριθμοί αυτοί θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σαν τα ελάχιστα επιτρεπτά όρια για την ανάλυση της αποδοτικότητας.

Οι κανόνες αυτοί βοηθούν στο να υπάρχει καλύτερη διάκριση μεταξύ αποδοτικών και μη-αποδοτικών επιχειρήσεων. Ωστόσο, εάν κάποιος αναλυτής παρατηρήσει ότι αυτή η διάκριση δεν είναι επαρκής εξαιτίας μικρού αριθμού DMU's, τότε μπορεί να μειώσει κατάλληλα τον αριθμό των *Inputs/Outputs*.

5.2.2 Διαχείριση Προβλημάτων Επιλογής Μεταβλητών Εισόδου-Εξόδου

Από τα πιο σημαντικά ζητήματα σε μια τεχνική ανάλυση είναι ο καθορισμός των δεδομένων. Συγκεκριμένα ένας αναλυτής κατά την επιλογή των δεδομένων έρχεται αντιμέτωπος με πληθώρα διαφορετικών προβλημάτων, τα οποία πρέπει να φέρει εις πέρας ούτως ώστε να επιλέξει τα απαραίτητα και κατάλληλα στοιχεία για την μελέτη του.

Σε περίπτωση που υπάρχουν πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων, μπορεί να χρειάζεται να μειωθεί το μέγεθος εξαλείφοντας τους παράγοντες εισροών-εκροών με μεγάλη συσχέτιση μεταξύ τους.

Παράλληλα, σημαντικός είναι και ο κίνδυνος να υπάρχει ανισορροπία στα δεδομένα των μεγεθών (*imbalance at data magnitudes*). Ένας από τους καλύτερους τρόπους για να διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει μεγάλη ανισορροπία στα δεδομένα, είναι να παραλλαχθούν έτσι ώστε όλα να ανήκουν στην ίδια κλίμακα. Ένας τέτοιος τρόπος είναι η κανονικοποίηση των δεδομένων (*mean normalize data*). Η διαδικασία αυτή χρειάζεται δύο στάδια:

- a) Σε πρώτη φάση υπολογίζεται ο αριθμητικός μέσος(mean) των δεδομένων για κάθε μια μεταβλητή εισροών και εκροών.
- b) Αμέσως μετά διαιρείται κάθε Input και Output με το μέσο του αντίστοιχου παράγοντα.

Άλλες φορές ο αναλυτής μπορεί να έρθει αντιμέτωπος με ελλιπή στοιχεία. Για παράδειγμα, στην εμπειρική μελέτη που θα παρουσιαστεί σε επόμενο κεφάλαιο, κάποιες επιχειρήσεις δεν παρουσίαζαν όλα τα στοιχεία στους ισολογισμούς τους, είτε

λόγω πολιτικής της εκάστοτε επιχείρησης, είτε λόγω του ότι κάποιες σταμάτησαν την λειτουργία τους για κάποιο έτος. Σε τέτοιες περιπτώσεις όπου λείπουν στοιχεία τα οποία χρειάζονται για τον καθορισμό των μεταβλητών εισόδου και εξόδου, η συνήθης αντιμετώπιση είναι να απορριφθούν όλα τα DMU's για τα οποία λείπουν στοιχεία. Αυτό βέβαια σαν τεχνική μπορεί να έχει επιπτώσεις στην διαδικασία εύρεσης του αποδοτικού συνόρου. Οι επιλογές σε τέτοιες περιπτώσεις είναι αρκετά περιορισμένες. Υπάρχει και η περίπτωση όπου κάποιοι αναλυτές συμπληρώνουν με δική τους ευθύνη τα δεδομένα που λείπουν, διαδικασία που βασίζεται καθαρά στην υποκειμενική κρίση του καθενός.

Σε τέτοιες περιπτώσεις, η επιλογή των δεδομένων γίνεται πιθανοτικά με βάση των πιο αισιόδοξη κατάσταση, την πιο απαισιόδοξη, καθώς και την πιο πιθανή βάσει προηγούμενων εμπειριών. Με τη βοήθεια των μαθηματικών η διαδικασία αυτή υλοποιείται ως εξής:

Χρησιμοποιώντας την κατανομή beta έχουμε :
$$V_e = \frac{V_o + 4V_m + V_p}{6},$$

όπου το V_e είναι η τιμή που θα υπολογιστεί για το ελλειπές δεδομένο, το V_o είναι η αισιόδοξη τιμή, το V_m είναι η πιο πιθανή τιμή και τέλος το V_p είναι η απαισιόδοξη τιμή. Βασική προϋπόθεση για την χρήση αυτής της μεθόδου είναι καταρχάς η κατανομή beta να αντιπροσωπεύει τα χαρακτηριστικά του δείγματος, καθώς επίσης και οι υπεύθυνοι για τις υποθέσεις των παραπάνω τιμών να έχουν την σχετική εμπειρία και την ικανότητα.

Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι για την επίλυση τέτοιου είδους προβλημάτων, όπως είναι ο κλάδος των Fuzzy Mathematics, ωστόσο σε αυτή την περίπτωση η πολυπλοκότητα των μεθοδολογιών και των υπολογισμών είναι αρκετά μεγάλη.

5.3 Η Έννοια του Αποδοτικού Συνόρου

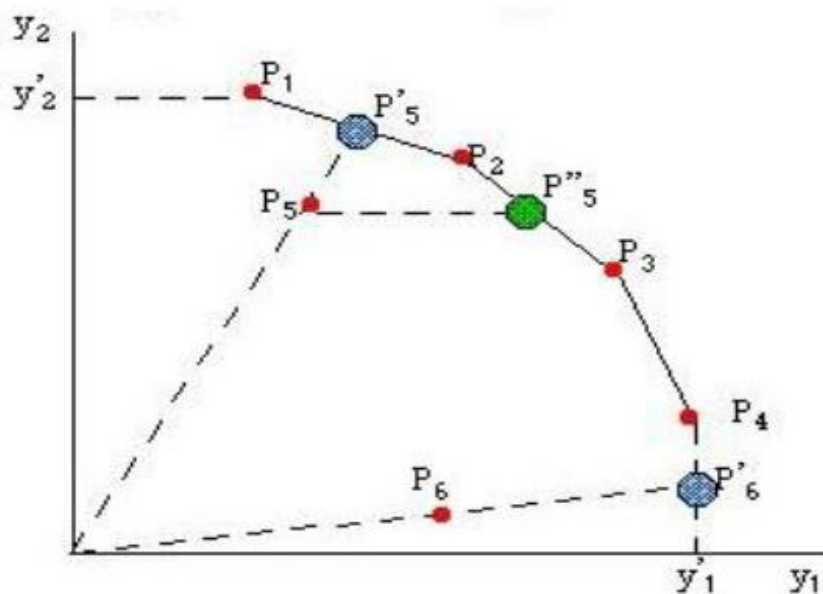
Η έννοια του Αποδοτικού Συνόρου (*Efficiency Frontier*) που έχει αναφερθεί ως τώρα είναι ιδιαίτερα σημαντική στην κατανόηση του τι πραγματικά έχει σαν σκοπό η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Έχει σημειωθεί ότι η DEA σκοπεύει να υπολογίσει το ποιές επιχειρήσεις είναι αποδοτικές και ποιές όχι. Η

διαδικασία εύρεσης των αποδοτικών DMU's είναι ουσιαστικά η εύρεση του Αποδοτικού Συνόρου.

Το Αποδοτικό Σύνоро έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά:

1. Είναι το σύνορο που περιέχει μέσα του τις πιο αποδοτικές επιχειρήσεις του δείγματος μας
2. Αποτελεί μέτρο σύγκρισης για τις υπόλοιπες μονάδες, η αποδοτικότητα των οποίων μετράται πλέον ανάλογα με την απόστασή τους από το όριο αυτό.
3. Εξυπηρετεί στην οριοθέτηση των στόχων για τις μη αποδοτικές μονάδες.

Η αποδοτικότητα των μονάδων αποκτά μορφή ποσοστού και οι τιμές που παίρνει ανήκουν στην κλίμακα 0-100, με την τιμή 100 να αποδίδεται στις μονάδες οι οποίες είναι αποδοτικές. Για τις μονάδες με μικρότερες τιμές, όσο πιο μικρή τιμή έχουν τόσο περισσότερο θα απέχουν και από το Αποδοτικό Σύνορο. Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα το οποίο θα περιγραφεί ώστε να κατανοηθούν οι προαναφερθείσες έννοιες (Szabo, 2015).



Εικόνα 5.3.1: Διαγραμματική Απεικόνιση Αποδοτικού Συνόρου
Πηγή: *Efficiency of the Financial Services, Richard Szabo*

Απεικονίζεται ένα σύνολο μονάδων $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$, όπου κάθε μονάδα καταναλώνει το ίδιο ποσό ενός συγκεκριμένου πόρου και παράγει διαφορετικά ποσά εκροών y_1 και y_2 . Για μια συγκεκριμένη τιμή εισροής, οι μονάδες που θα παράγουν μεγαλύτερο ποσό εκροών θα είναι και πιο αποδοτικές. Παρατηρώντας το διάγραμμα,

συμπεραίνουμε ότι οι P_1, P_2, P_3, P_4 είναι αποδοτικές καθώς βρίσκονται πάνω στο σύνορο αποδοτικότητας που αναφέραμε προηγουμένως και το οποίο ορίζεται από την καμπύλη P_1-P_4 . Αντιθέτως οι μονάδες P_5 και P_6 δεν βρίσκονται πάνω στο σύνορο πράγμα που σημαίνει ότι δεν είναι αποδοτικές. Για την περίπτωση της P_5 , μπορεί να τεθεί σαν στόχος το σημείο P_5' ώστε να γίνει αποδοτική, κατάσταση στην οποία όπως είναι φανερό θα πρέπει να αυξηθεί τόσο η εκροή y_1 , όσο και η εκροή y_2 . Δεν είναι βέβαια αυτή η μοναδική λύση. Εάν για παράδειγμα δεν γίνεται να αυξηθεί η εκροή y_2 , μπορεί να γίνει αύξηση μόνο της εκροής y_1 και έτσι να τεθεί ένας νέος στόχος για την μονάδα P_5 ώστε να είναι αποδοτική. Αυτός ο νέος στόχος στο διάγραμμα είναι στη θέση P_5'' . Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται και για την P_6 , όπου τίθεται σαν στόχος, για να γίνει αποδοτική το σημείο P_6' . Ο στόχος της P_5 καθορίζεται εξ' ολοκλήρου από τις μονάδες P_1 και P_2 , οι οποίες αποτελούν το μέτρο σύγκρισης για αυτή. Αντίστοιχα η εταιρία στόχος ή αλλιώς *peer unit* για την P_6 είναι αποκλειστικά η P_4 . Τέλος, οι στόχοι ή αλλιώς *targets* των μη αποδοτικών μονάδων είναι τα απεικονιζόμενα σημεία προβολής στο Αποδοτικό Σύνορο.

Όσα αναλύθηκαν αποτελούν ουσιαστικά και την σχηματική αναπαράσταση της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.

5.4 Προσεγγίσεις, Οικονομίες Κλίμακας & Αποδοτικότητες

5.4.1 Τεχνική και Pareto Αποδοτικότητα

Οι έννοιες Οικονομίες Κλίμακας και Αποδοτικότητα έχουν αναφερθεί και αναλυθεί επαρκώς. Ωστόσο, εισχωρώντας όλο και βαθύτερα στη θεωρία της μεθόδου αξίζει να αναφερθούν ακόμα περισσότερες πτυχές των εννοιών αυτών, καθώς και η ειδική σημασία τους για στην μέθοδο.

Καταρχάς όταν αποδίδεται ένα ποσοστό αποδοτικότητας στις επιχειρήσεις στην κλίμακα από 0 έως 100, το ποσοστό αυτό αφορά την Τεχνική Αποδοτικότητα (*Technical Efficiency*). Συγκεκριμένα έχουμε δύο είδη Τεχνικής Αποδοτικότητας:

A. Τεχνική Αποδοτικότητα Εισροών

Αν όλα τα επίπεδα εισροών μειωθούν αναλογικά και όσο το δυνατόν περισσότερο χωρίς μείωση των εκροών, τότε ως τεχνική αποδοτικότητα εισροών ενός DMU ορίζεται η μέγιστη αναλογία που έχει οποιοδήποτε από τα μειωμένα επίπεδα εισροών, προς το αρχικά παρατηρούμενο επίπεδό της.

Η παραπάνω έννοια χρησιμοποιείται όταν μια επιχείρηση που δεν είναι αποδοτική χρειάζεται να μειώσει τις εισροές της για να καταστεί αποδοτική. Εάν μια επιχείρηση χρειάζεται να αυξήσει τις εκροές της για να γίνει αποδοτική τότε έχουμε:

B. Τεχνική Αποδοτικότητα Εκροών

Αν όλα τα επίπεδα εκροών αυξηθούν αναλογικά και όσο το δυνατόν περισσότερο χωρίς να αυξηθούν τα επίπεδα των εισροών, τότε η τεχνική αποδοτικότητα εκροών ορίζεται ως η μέγιστη αναλογία που έχει οποιοδήποτε από τα αρχικά παρατηρούμενα επίπεδα εκροών προς το τελικό επίπεδο μετά την οποιαδήποτε αύξηση.

Να τονιστεί σε αυτό το σημείο, ότι μπορεί δύο ή και περισσότερες μονάδες να είναι αποδοτικές, δηλαδή να έχουν αποδοτικότητα 100%, ωστόσο κάποια ή κάποιες από αυτές να επιτυγχάνουν αυτό το ποσοστό καταναλώνοντας λιγότερες εισροές ή παράγοντας περισσότερες εκροές από τις υπόλοιπες. Συνεπώς, θα ήταν άδικο να χαρακτηριστούν τέτοιου είδους επιχειρήσεις ισάξια αποδοτικές. Τη λύση σε αυτό το πρόβλημα διαχωρισμού την δίνει η αποδοτικότητα Pareto που εξηγήθηκε στο πρώτο κεφάλαιο. Στον επιχειρηματικό τομέα λοιπόν, συναντούμε την έννοια:

❖ Αποδοτικότητα Pareto

Μια μονάδα καλείται Pareto Αποδοτική εάν δεν είναι δυνατόν να μειώσει κάποια από τις εισροές της χωρίς ταυτόχρονα να αυξήσει κάποια άλλη ή να μειώσει τουλάχιστον ένα από τα επίπεδα των εκροών της.

Για παράδειγμα, στο διάγραμμα που παρουσιάστηκε, η μονάδα P_2 είναι Pareto αποδοτική, διότι εάν αυξηθεί η εκροή y_1 τότε η μονάδα θα αρχίσει να κινείται πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα P_2P_3 του Αποδοτικού Συνόρου και μάλιστα προς την μονάδα P_3 , διαδικασία η οποία όπως παρατηρούμε θα προκαλέσει μείωση της εκροής y_2 . Επομένως, η μονάδα P_2 δεν είναι δυνατόν να βελτιώσει κάποιο από τα επίπεδα εκροών της χωρίς να βλάψει τα υπόλοιπα, άρα είναι Pareto αποδοτική.

Αντίθετα, η μονάδα P_6' , κινούμενη στο ευθύγραμμο τμήμα $P_6'P_4$ του Αποδοτικού Συνόρου, μπορεί να αυξήσει την εκροή y_2 , χωρίς να προκαλέσει κάποια μεταβολή στην εκροή y_1 . Άρα η P_6' δεν είναι Pareto αποδοτική αλλά είναι μόνο Τεχνικά αποδοτική.

5.4.2 Μορφές Προσέγγισης Προβλημάτων και Οικονομίες Κλίμακας

Κατά την διαδικασία επίλυσης προβλημάτων με την μέθοδο DEA, ο αναλυτής πρέπει να πάρει κάποιες αποφάσεις σχετικά με το πού θέλει να επικεντρωθεί στην ανάλυσή του. Η πρώτη απόφαση, αφορά τον προσανατολισμό της προσέγγισης του προβλήματος και η δεύτερη απόφαση τον προσδιορισμό του είδους των Οικονομιών Κλίμακας που θα εφαρμόσει.

Σε πρώτη φάση, ο αναλυτής επιλέγει την προσέγγιση του προβλήματος. Δύο είναι οι πιθανές προσεγγίσεις:

1. Προσανατολισμός Εισροών - Input Orientation

Σε αυτόν τον προσανατολισμό, στόχος είναι η μείωση των εισροών της μονάδας κρατώντας τις εκροές της σταθερές. Μέσω της μείωσης των επιπέδων εισροών αλλά και της διατήρησης των εκροών στα ίδια επίπεδα η επιχείρηση κατορθώνει να αυξήσει την αποδοτικότητά της.

2. Προσανατολισμός εκροών - Output Orientation

Σε αυτή την περίπτωση, στόχος είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αύξηση των εκροών διατηρώντας παράλληλα τις εισροές σταθερές. Μέσα από τη μεγιστοποίηση των παραγόμενων εκροών για σταθερές και μη μεταβλητές πάντοτε εισροές η επιχείρηση κατορθώνει να αυξήσει την αποδοτικότητά της.

Η επιλογή του κατάλληλου προσανατολισμού έγκειται στην υποκειμενική κρίση του κάθε αναλυτή.

Η δεύτερη απόφαση όπως προαναφέρθηκε, αφορά την επιλογή του είδους των Οικονομιών Κλίμακας, υπό τις οποίες θα γίνει η ανάλυση. Πάλι έχουμε δύο διαφορετικές περιπτώσεις οι οποίες είναι οι:

1. Σταθερές Αποδόσεις Κλίμακας - Constant Returns to Scale

Μεταβάλλοντας μια εισροή κατά ένα σταθερό παράγοντα, η εκροή μεταβάλλεται αντίστοιχα κατά τον ίδιο παράγοντα.

2. Μεταβλητές Αποδόσεις Κλίμακας - Variable Returns to Scale

Πιθανή αύξηση της παραγωγής μπορεί να έχει αντίκτυπο στο κόστος παραγωγής.

Οι μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας διακρίνονται σε:

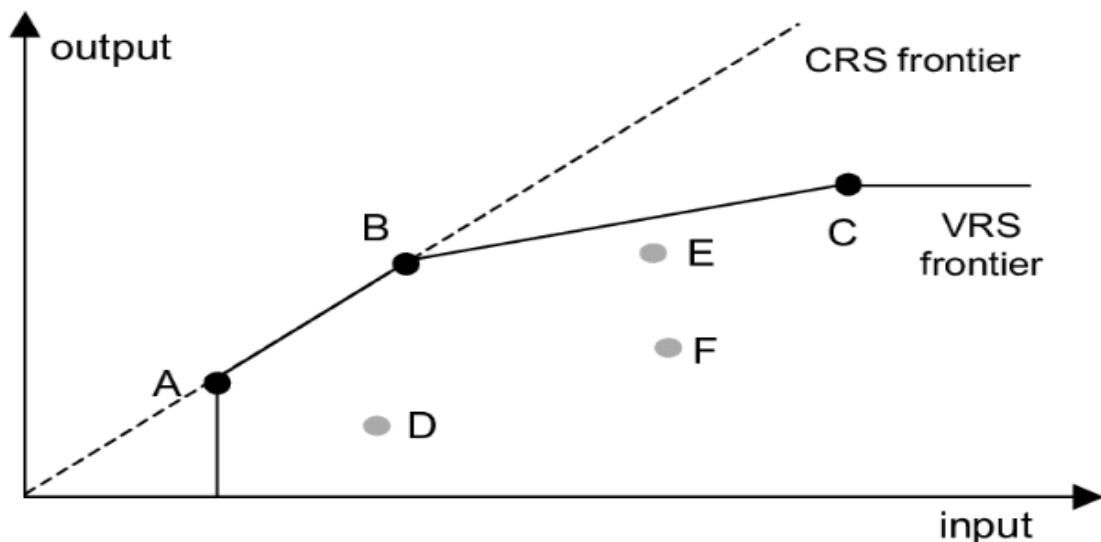
- Αύξουσες Αποδόσεις Κλίμακας (IRS)

Πιθανή αύξηση της παραγωγής έχει θετικό αντίκτυπο στο κόστος παραγωγής.

- Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας (DRS)

Πιθανή αύξηση της παραγωγής έχει αρνητικά αποτελέσματα στο κόστος παραγωγής.

Η επιλογή των Οικονομιών Κλίμακας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη μορφή του Αποδοτικού Συνόρου. Παρακάτω βλέπουμε σχηματικά την διαφορά μεταξύ CRS και VRS. Η διακεκομμένη γραμμή είναι το σύνορο όταν έχω CRS, ενώ η συνεχής γραμμή όταν έχουμε VRS.



Εικόνα 5.4.2.1: Διαφορά CRS-VRS Συνόρου

Πηγή: ResearchGate, *Data envelopment analysis models for identifying and benchmarking the best healthcare processes*

6 Μαθηματική Διατύπωση της DEA

Τα μαθηματικά αποτελούν το εργαλείο με τη βοήθεια του οποίου επιτεύχθηκε η μοντελοποίηση του προβλήματος εύρεσης της αποδοτικότητας επιχειρήσεων μέσω της μεθόδου της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Στο κεφάλαιο αυτό, θα παρουσιαστεί η μοντελοποίηση του προβλήματος, το οποίο είναι βασισμένο στον Γραμμικό Προγραμματισμό, καθώς επίσης θα αναλυθούν και τα βασικά μοντέλα CCR και BCC της DEA, αλλά και η έννοια της δυϊκότητας των προβλημάτων (Ramanathan, 2003).

6.1 Μοντελοποίηση Μεθόδου

Η Αποδοτικότητα μιας μονάδας είναι το πηλίκο της εκροής προς την εισροή. Αυτός είναι και ο συνηθέστερος τρόπος εύρεσής της. Στον επιχειρηματικό τομέα όμως, απαιτείται η εύρεση της αποδοτικότητας για πολλαπλές εισροές και εκροές, συνεπώς θα πρέπει να δημιουργηθεί μια σχέση τέτοια, ώστε να περιέχονται όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες για τον υπολογισμό της απόδοσης ενός DMU.

Έστω λοιπόν ότι με x απεικονίζονται οι εισροές και με y απεικονίζονται οι εκροές. Έστω επίσης ότι οι δείκτες i, j απεικονίζουν συγκεκριμένες εισροές και εκροές αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι η x_i εισροή είναι η $i_{οστη}$ εισροή ενώ αντίστοιχα η y_j εκροή είναι η $j_{οστη}$ εκροή. Ο συνολικός αριθμός εισροών και εκροών θα ορίζεται ως I και J αντίστοιχα, όπου αυτά τα $I, J > 0$. Στην DEA πολλαπλές εισροές και εκροές συναθροίζονται γραμμικά χρησιμοποιώντας βάρη(weights). Συμπερασματικά η εικονική εισροή της επιχείρησης ή αλλιώς Virtual Input δίνεται ως το γραμμικά σταθμισμένο άθροισμα όλων των εισροών της μονάδας.

$$\text{Virtual Input} = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij0}$$

όπου το u_i είναι το βάρος που εκχωρείται στην εισροή x_i κατά την συνάθροιση.

Ακριβώς με τον ίδιο τρόπο ορίζουμε την εικονική εκροή ως:

$$\text{Virtual Output} = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0}$$

όπου το v_j είναι το βάρος που εκχωρείται στην εκροή y_j κατά την συνάθροιση.

Δοθέντων των δύο παραπάνω σχέσεων, μπορούμε να βρούμε την αποδοτικότητα ως εξής:

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Virtual Output}}{\text{Virtual Input}} = \frac{\sum_{r=1}^S u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}}$$

Το πιο σοβαρό θέμα σε αυτό το σημείο είναι η εκχώρηση των κατάλληλων τιμών στα βάρη. Είναι μια περίπλοκη διαδικασία καθώς δεν υπάρχει συγκεκριμένη μεθοδολογία. Για παράδειγμα, ένα σχολείο το οποίο έχει πολύ καλή φήμη στην διδασκαλία των θετικών επιστημών, επιθυμεί να εκχωρήσει μεγαλύτερες τιμές στα βάρη στις εκροές του που είναι σχετικές με μαθήματα όπως τα μαθηματικά και η φυσική και χαμηλότερα βάρη στις εκροές που είναι σχετικές με θεωρητικά μαθήματα. Στην DEA, λοιπόν αυτά τα βάρη καθορίζονται μέσω μαθηματικού προγραμματισμού. Εκχωρούνται βάρη τα οποία θα μεγιστοποιήσουν την αποδοτικότητα των DMU's σε σχέση με αυτή άλλων και οι τιμές των βαρών ανήκουν στο διάστημα από 0 μέχρι και 1. Τα βάρη αυτά καλούνται και ως συντελεστές βαρύτητας.

Σε αυτό το σημείο θα εκφραστεί το πρόβλημα σε κλασματική μορφή. Η κλασματική μορφή είναι ισοδύναμη με την γραμμική μορφή του προβλήματος.

Έστω ότι υπάρχουν N DMU's των οποίων πρέπει να συγκριθούν οι αποδοτικότητες. Ας παρθεί τυχαία ένα από αυτά, έστω το $m_{\text{οστό}}$ DMU και ας μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότητά του χρησιμοποιώντας την παραπάνω μέθοδο. Σε αυτή την περίπτωση το $m_{\text{οστό}}$ DMU καλείται *Reference DMU*, διότι είναι αυτό για το οποίο απαιτείται να μεγιστοποιηθεί η απόδοσή του. Το μαθηματικό πρόγραμμα που προέκυψε είναι το ακόλουθο:

$$\text{Maximize } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^S u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}}$$

υπό τους περιορισμούς

$$\frac{\sum_{r=1}^S u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, \dots, n$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s$$

όπου:

- h_0 είναι η αποδοτικότητα της μονάδας j_0 ,
- y_{rj} η τιμή της εκροής Y_r για την μονάδα j ,
- x_{ij} η τιμή της εισροής X_i για την μονάδα j ,
- u_r ο συντελεστής βαρύτητας για την εκροή Y_r ,
- v_i ο συντελεστής βαρύτητας για την εισροή X_i

Παρατηρήσεις

1. Τα βάρη είναι ελεύθερες μεταβλητές και αποτελούν τους αγνώστους που πρέπει να υπολογίσει το μοντέλο ώστε να μεγιστοποιηθεί η ζητούμενη τιμή της αποδοτικότητας.
2. Το παραπάνω μοντέλο αναφέρεται αποκλειστικά και μόνο στην μονάδα j_0 , άρα κατασκευάζονται η το πλήθος τέτοια μοντέλα για κάθε μία μονάδα απόφασης ξεχωριστά. Στη συνέχεια επιλύονται όλα, ακριβώς όπως αυτό που δείχθηκε, και προκύπτουν οι κατάλληλοι συντελεστές βαρύτητας για την κάθε μονάδα, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη αποδοτικότητά της.
3. Κατά την επίλυση του μοντέλου πολλά διαφορετικά βάρη εκχωρούνται σε κάθε μονάδα. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρις ότου η τιμή της αποδοτικότητας να φτάσει την τιμή 1. Τότε η διαδικασία τερματίζεται για την συγκεκριμένη μονάδα μιας και θεωρείται αποδοτική (έχει απόδοση ίση με 1 ή με 100%) και η ίδια διαδικασία συνεχίζεται και για τις άλλες. Ωστόσο, τερματισμό της διαδικασίας έχουμε και στην περίπτωση που η απόδοση ενός DMU είναι μικρότερη του 100% ($score < 100%$) διότι μπορεί τότε οποιαδήποτε περαιτέρω προσπάθεια αύξησης της απόδοσης της συγκεκριμένης μονάδας, να οδηγεί κάποιες άλλες μονάδες σε λόγο κλάσματος μεγαλύτερο του 1, κάτι το οποίο απαγορεύεται από τους περιορισμούς που υπόκεινται το πρόβλημα. Οι αποδοτικές μονάδες με $score = 1$ καλούνται μονάδες αναφορές ή αλλιώς *reference units* και αποτελούν στόχους ή *benchmarks* για τις μη-αποδοτικές.
4. Οι μονάδες που έχουν χαρακτηριστεί ως μη-αποδοτικές θέτουν στόχους για την βελτίωσή τους. Αυτοί οι στόχοι μπορεί να είναι είτε να μειώσουν τα επίπεδα εισροών τους, χωρίς όμως να μεταβληθεί το αποτέλεσμα της

παραγωγικής διαδικασίας, είτε να αυξήσουν τις εκροές τους, χωρίς πάλι να μειωθεί κάποια από τις μεταβλητές εισόδου.

Ο χαρακτηρισμός κάποιων επιχειρήσεων βέβαια ως αποδοτικές δεν είναι πολλές φορές απόλυτος και ούτε ακριβής στο 100%. Δεν σημαίνει ότι η συγκεκριμένη μονάδα είναι πλήρως αποδοτική, αλλά στην πραγματικότητα είναι πιο αποδοτική σε σχέση με τις υπόλοιπες μονάδες που εμπεριέχονταν στο προς μελέτη δείγμα. Εάν η ίδια αποδοτική μονάδα συμπεριληφθεί σε ένα άλλο δείγμα, τότε δεν είναι σίγουρο ότι θα συνεχίσει να είναι αποδοτική.

Συμπέρασμα

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων αποτελεί άριστο εργαλείο στον υπολογισμό των μη-αποδοτικών μονάδων ενός δείγματος, ωστόσο δεν μας εξασφαλίζει στο έπακρο την ύπαρξη αποδοτικών, καθώς επίσης και το ποιές είναι αυτές.

6.2 Μαθηματικά Μοντέλα

Υπάρχουν δύο βασικά μοντέλα της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων τα οποία και θα αναλυθούν σε αυτό το κεφάλαιο. Το πρώτο μοντέλο επίλυσης κατασκευάστηκε το 1978 από τους Charnes, Cooper και Rhodes και είναι γνωστό με την συντομογραφία CCR που προκύπτει από τα αρχικά των ονομάτων τους. Το δεύτερο μοντέλο, που αποτελεί ουσιαστικά μια προέκταση του πρώτου, κατασκευάστηκε το 1984 από τους Banker, Charnes, και Cooper και ονομάστηκε BCC, πάλι από τα αρχικά των ονομάτων των τριών ερευνητών.

6.2.1 Το Μοντέλο CCR

Για την μεγιστοποίηση του κλάσματος παραπάνω, απαιτείται απλά και μόνο να μεγιστοποιηθεί ο αριθμητής του, διατηρώντας παράλληλα σταθερό τον παρονομαστή. Έτσι, μεταβάλλεται η αντικειμενική συνάρτηση μεγιστοποίησης ή ελαχιστοποίησης, βελτιστοποιώντας σε κάθε περίπτωση μονάχα τον αριθμητή και προσθέτοντας έναν επιπλέον περιορισμό.

Ο τελικός σκοπός είναι η δημιουργία γραμμικών σχέσεων τόσο στην αντικειμενική συνάρτηση όσο και στους περιορισμούς.

Όπως ειπώθηκε, υπάρχουν δύο διαφορετικοί προσανατολισμοί. Ο πρώτος είναι ο προσανατολισμός εισροών και ο δεύτερος ο προσανατολισμός εκροών. Έτσι και στην διατύπωση του μοντέλου CCR, έχουμε δύο διαφορετικές περιπτώσεις, ανάλογα πάντα με το είδος του προσανατολισμού που θέλουμε στην ανάλυσή μας. Έχουμε λοιπόν το μοντέλο CCR-Input (CCR-I) και το μοντέλο CCR-Output (CCR-O). Ας αναλύσουμε αυτά τα δύο μοντέλα με βάση την εργασία των (Cooper, et al., 2011).

Μοντέλο CCR-O

Το μοντέλο CCR Output Maximization έχει σκοπό την μεγιστοποίηση των εκροών διατηρώντας σταθερές τις εισροές, ώστε να μεγιστοποιήσουμε την αποδοτικότητα. Ισχύει:

$$\text{Minimize } q = \sum_{r=1}^s v_r y_{rj_0}$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^m u_i x_{ij_0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s \text{ και } q = \frac{1}{h_0}$$

Εδώ ο αριθμός ε είναι ένας αρκετά μικρός αριθμός της τάξης του 10^{-6} που εξασφαλίζει ότι κανένας συντελεστής δεν πρόκειται να μηδενισθεί. Εάν μηδενίζονταν κάποιος συντελεστής βαρύτητας, αυτό θα σήμαινε ότι η μονάδα δεν θα λάμβανε καθόλου την εκροή ή την εισροή της οποίας θα είχε μηδενιστεί ο συντελεστής.

Μοντέλο CCR-I

$$\text{Maximize } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s$$

Στην περίπτωση που περιγράφηκε, είτε διαλέγουμε προσανατολισμό εκροών, είτε διαλέγουμε προσανατολισμό εισροών, οι οικονομίες κλίμακας που επιλέγονται είναι οι Σταθερές Αποδόσεις Κλίμακας, δηλαδή οι CRS.

6.2.2 Το Μοντέλο BCC

Τώρα, θα εξεταστεί το μοντέλο BCC, το οποίο υποθέτει ότι υπάρχουν Μεταβλητές Αποδόσεις Κλίμακας, δηλαδή VRS. Και αυτό το μοντέλο με τη σειρά του, υπολογίζει την αποδοτικότητα των DMU's, ωστόσο τα *score* μπορεί να διαφέρουν σε σχέση με το CCR, εξαιτίας της επιλογής διαφορετικών οικονομιών κλίμακας. Σύμφωνα με τους (Banker, et al., 1984)

Μοντέλο BCC-O

$$\text{Minimize } q = \sum_{r=1}^s v_i x_{ij_0} - w$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^m u_r y_{rj_0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - w \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s \text{ και } q = \frac{1}{h_0}$$

όπου το w είναι μια ελεύθερη μεταβλητή, η οποία επιτρέπει στα DMU's να λειτουργούν υπό μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας, ενώ ταυτόχρονα προσδιορίζει και το είδος των αποδόσεων αυτών. Λέγοντας ελεύθερη μεταβλητή, σημαίνει ότι δεν υπόκειται σε κανένα περιορισμό προσήμου. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την μεταβλητή αυτή, δίνονται στο κεφάλαιο 8.5.

Σαν μαθηματικό πρόβλημα είναι ακριβώς ίδιο με την περίπτωση του CCR-O, με την μόνη διαφορά να παρατηρείται στην ύπαρξη της ελεύθερης μεταβλητής w .

Μοντέλο BCC-I

$$\text{Maximize } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} - w$$

υπό τους περιορισμούς

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - w \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s$$

Και στην περίπτωση αυτή το μοντέλο είναι ακριβώς ίδιο με το CCR-I που αναλύσαμε, με την διαφορά ότι υπάρχει η ελεύθερη μεταβλητή w , η οποία δίνει την δυνατότητα στην μονάδα να λειτουργεί υπό την επίδραση VRS. Η μεταβλητή w , μπορεί να πάρει θετική, αρνητική, ή και μηδενική τιμή. Περισσότερα σχετικά με το πως καθορίζει τις αποδόσεις κλίμακας, αναφέρονται στο κεφάλαιο 8.5 της εργασίας.

6.3 Το Δυϊκό Πρόβλημα

Στον Γραμμικό Προγραμματισμό κάθε πρωτεύων γραμμικό πρόβλημα ή αλλιώς *Primal*, έχει και το δυϊκό του ή *Dual* με το οποία είναι στενά συνδεδεμένο. Κάθε πρόβλημα από τα παραπάνω έχει και το δυϊκό του. Η έννοια της δυϊκότητας είναι

ιδιαίτερα σημαντική στην μέθοδο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Μπορεί να εμφανίσει στοιχεία για το πρόβλημα που να είναι αρχικά "αόρατα".

6.3.1 Δυϊκή Θεωρία

Πριν εξηγηθεί το δυϊκό πρόβλημα ας παρουσιαστεί η βασική θεωρία πίσω από τη σχέση σύνδεσης Δυϊκού και Πρωτεύοντος προβλήματος.

1. Μια δυϊκή μεταβλητή ορίζεται για κάθε έναν από τους γραμμικούς περιορισμούς του πρωτεύοντος προβλήματος.
2. Ένας δυϊκός περιορισμός ορίζεται για κάθε μία μεταβλητή του πρωτεύοντος.
3. Οι συντελεστές της αντικειμενικής συνάρτησης του δυϊκού είναι ίσοι με τα δεξιά μέλη των περιορισμών του πρωτεύοντος.
4. Οι συντελεστές των μεταβλητών ενός δυϊκού περιορισμού είναι ίσοι με τους συντελεστές της συνδεόμενης μεταβλητής του πρωτεύοντος. Το δεξιό μέλος του περιορισμού είναι ίσο με τον αντικειμενικό συντελεστή της εν λόγω μεταβλητής.
5. Όταν το πρωτεύων πρόβλημα είναι πρόβλημα μεγιστοποίησης τότε το δυϊκό είναι πρόβλημα ελαχιστοποίησης και το αντίστροφο.

Η σύγκριση ενός Δυϊκού με ένα Πρωτεύων πρόβλημα είναι η ακόλουθη.

<u>Πρωτεύων Πρόβλημα</u>	<u>Δυϊκό Πρόβλημα</u>
Maximize $F(x) = c^T \cdot x$	Minimize $G(y) = b^T \cdot v$
Περιορισμοί	Περιορισμοί
$A \cdot x [\leq, =, \geq] b$	$A^T \cdot v [\leq, =, \geq] c$

Πίνακας 6.1.1: Διαφορές Δυϊκού και Πρωτεύοντος Προβλήματος

6.3.2 Δυϊκά Μοντέλα της DEA

Προτού δοθεί το *primal* πρόβλημα στην *dual* μορφή του πρέπει να γίνουν κάποιες παρατηρήσεις. Συγκρίνοντας τα δύο μοντέλα καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

1. Οι βέλτιστες τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης του πρωτεύοντος και του δυϊκού προβλήματος είναι ίσες.

2. Ο αριθμός των περιορισμών του πρωτεύοντος εξαρτάται από τον αριθμό των DMU's, ενώ ο αριθμός των περιορισμών του δυϊκού εξαρτάται από τον αριθμό των εισροών και εκροών.
3. Η δυϊκή διατύπωση του προβλήματος είναι, υπολογιστικά, περισσότερο αποδοτική από την αντίστοιχη του πρωτεύοντος.

Καταρχάς, να τονιστεί ότι το πρωτεύων πρόβλημα εκχωρεί συντελεστές βαρύτητας στις εισροές και τις εκροές, ενώ αντίθετα το δυϊκό εκχωρεί συντελεστές βαρύτητας στα DMU's. Τα προγράμματα της DEA τα οποία εκχωρούν βάρη στις εισροές και στις εκροές καλούνται *Multiplier DEA Programs*. Τα προγράμματα από την άλλη, που εκχωρούν βάρη στα DMU's καλούνται *Envelopment DEA Programs*. Μέχρι στιγμής έχει αναλυθεί η περίπτωση των *Multiplier DEA Programs*. Ακολούθως, παρουσιάζονται τα λεγόμενα *Envelopment DEA Programs*.

Δυϊκό μοντέλο CCR-O

$$\text{Maximize } \varphi + \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_{i-} + \sum_{r=1}^s s_{r+})$$

υπό τους περιορισμούς

$$x_{ij0} - s_{i-} = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\varphi \cdot y_{rj0} + s_{r+} = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad \text{και} \quad \varphi = \frac{1}{h_0}$$

Δυϊκό μοντέλο CCR-I

$$\text{Minimize } h_0 - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_{i-} + \sum_{r=1}^s s_{r+})$$

υπό τους περιορισμούς

$$h_0 x_{ij0} - s_{i-} = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$y_{rj0} + s_{r+} = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n$$

Δυϊκό μοντέλο BCC-O

$$\text{Maximize } \varphi + \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_{i^-} + \sum_{r=1}^s s_{r^+})$$

υπό τους περιορισμούς

$$x_{ij0} - s_{i^-} = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, i = 1, \dots, m$$

$$\varphi \cdot y_{rj0} + s_{r^+} = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}, r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n \text{ και } \varphi = \frac{1}{h_0}$$

Δυϊκό μοντέλο BCC-I

$$\text{Minimize } h_0 - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_{i^-} + \sum_{r=1}^s s_{r^+})$$

υπό τους περιορισμούς

$$h_0 x_{ij0} - s_{i^-} = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, i = 1, \dots, m$$

$$y_{rj0} + s_{r^+} = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}, r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n$$

Στα παραπάνω μοντέλα, η κάθε μεταβλητή έχει την εξής ερμηνεία:

h_0 : Αποδοτικότητα της μονάδας j_0 ,

x_{ij} : η τιμή της εισροής X_i για την μονάδα j ,

y_{rj} : η τιμή της εκροής Y_r για την μονάδα j ,

λ_j : ο συντελεστής παρεμβολής για την μονάδα j ,

s_{i-} : η χαλαρή μεταβλητή ή *Slack* για την εισροή X_i για την οποία ισχύει $s_{i-} > 0$,

s_{r+} : η χαλαρή μεταβλητή για την εκροή Y_r για την οποία ισχύει $s_{r+} > 0$

$\varepsilon \ll 1$

Στα μοντέλα BCC, σε αντίθεση με τα δύο μοντέλα CCR, υπάρχει ένας ακόμα περιορισμός. Ο περιορισμός $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, εξασφαλίζει την ύπαρξη μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας. Οι μεταβλητές s_{i-} και s_{r+} ονομάζονται χαλαρές μεταβλητές ή αλλιώς *Slacks* και δείχνουν την μεταβολή που πρέπει να υποστεί μία μονάδα, για να φτάσει στο αποδοτικό σύνορο. Δηλαδή, μετά την εύρεση των τιμών αποδοτικότητας, οι μονάδες οι οποίες δεν είναι αποδοτικές, μπορούν να φτάσουν στο αποδοτικό σύνορο, εάν εφαρμοστεί σε αυτές η τιμή του *Slack*. Οι τιμές των *Slack* είναι οι ακόλουθες:

$$s_{i-} = h_0 x_{ij0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij0}, i = 1, \dots, m$$

$$s_{r+} = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{rj0}, r = 1, \dots, s$$

6.4 Δείκτης Παραγωγικότητας Malmquist

Ως τώρα, έχει αναλυθεί η διαδικασία εύρεσης αποδοτικότητας ενός συνόλου από DMU's για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτή η ανάλυση είναι γνωστή με τον όρο *Cross-Sectional Analysis*. Υπάρχει ωστόσο και η δυνατότητα να αναλυθούν οι αποδοτικότητες συναρτήσει του χρόνου. Μια τέτοια ανάλυση είναι γνωστή με το όνομα *Time-Series Analysis* ή αλλιώς Ανάλυση Χρονοσειρών. Πρακτικά, οι μονάδες λήψης αποφάσεων, παρατηρούνται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και μέσα από την παρατήρησή τους στο χρόνο μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την λειτουργία τους. Ένας τρόπος να διεξαχθεί η DEA σε ένα μοντέλο ανάλυσης χρονοσειρών είναι με τη βοήθεια του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist (*Malmquist Productivity Index* ή αλλιώς *MPI*) (Ramanathan, 2003).

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της μεθόδου σε συνδυασμό με τον MPI, μπορεί να διεξαχθεί μια ανάλυση χρονοσειρών. Να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι αυτός ο τρόπος προσέγγισης των αποδοτικότητας για διάφορες μονάδες προϋπήρχε της DEA.

Ο δείκτης παραγωγικότητας *Malmquist* βασισμένος στον προσανατολισμό εκροών βασίζεται στην ακόλουθη σχέση:

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

όπου:

D^t : συνάρτηση απόστασης που μετράει την αποδοτικότητα μετατροπής των εισροών x^t σε εκροές y^t κατά τη διάρκεια της περιόδου t

Να σημειωθεί ότι αν υπάρξει κάποια τεχνολογική αλλαγή κατά το έτος $t+1$, τότε:

$D^{t+1}(x^t, y^t)$: είναι η συνάρτηση που μετράει την αποδοτικότητα μετατροπής των εισροών την περίοδο t σε εκροές την περίοδο t

Ο MPI είναι ένας γεωμετρικός μέσος της επίδρασης της τεχνολογικής αλλαγής. Μπορεί να γραφεί και με την παρακάτω μορφή:

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

ή με μορφή πινάκων:

$$M = E \cdot T$$

όπου:

E : η μεταβολή της τεχνικής αποδοτικότητας

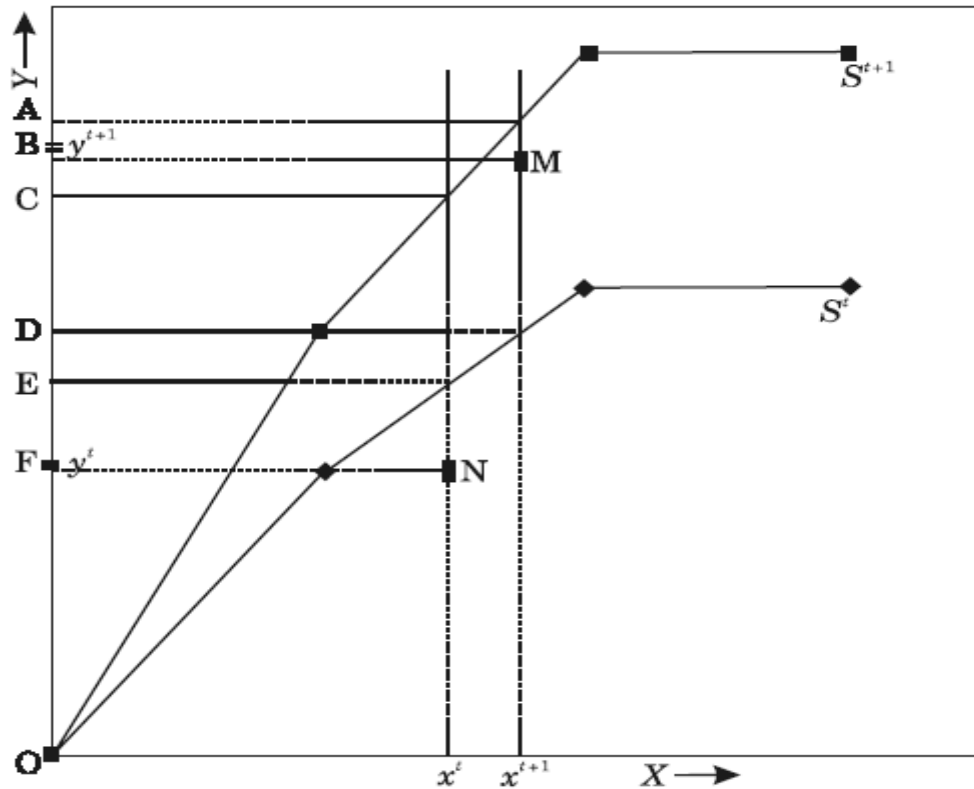
T : η μεταβολή της τεχνολογίας

Εάν το E είναι μεγαλύτερο της μονάδας τότε αυτό σημαίνει ότι υπάρχει αύξηση στην τεχνική αποδοτικότητα μετατροπής των εισροών σε εκροές.

Εξαιτίας της μεταβολής στην τεχνική αποδοτικότητα, η ίδια εισροή x^t μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή μεγαλύτερου αριθμού εκροών, εάν εφαρμοστεί το διάστημα $t+1$, σε σχέση με το αν εφαρμοστεί στο χρονικό διάστημα t . Επίσης, η τεχνολογική

μεταβολή, δηλαδή η εξέλιξη του τεχνολογικού επιπέδου μπορεί να οδηγήσει στην καλύτερη χρήση και αξιοποίηση των εισροών και σαν αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερο αριθμό εκροών σε μεταγενέστερη χρονική περίοδο.

Παρακάτω ακολουθεί διάγραμμα, όπου απεικονίζονται οι διαφορές μεταξύ των δύο χρονικών περιόδων.



Εικόνα 6.4.1: Διαφορές μεταξύ Χρονικών Περιόδων - Δείκτης Malmquist
Πηγή: An Introduction to Data Envelopment Analysis, R. Ramanathan

Εάν υπάρξει κάποια τεχνική πρόοδος, τότε το σύνορο S^{t+1} , θα μετακινηθεί προς τα επάνω σε σχέση με το αρχικό σύνορο S^t . Το M , αντιπροσωπεύει τα επιτεύγματα των εισροών και εκροών (x^{t+1}, y^{t+1}) , την στιγμή $t+1$, ενώ το N αντιπροσωπεύει τα επιτεύγματα την χρονική στιγμή t .

Σημείωση

Ο δείκτης παραγωγικότητας *Malmquist*, έχει τα στοιχεία εκείνα που χρησιμοποιούνται για την μελέτη της απόδοσης επιχειρήσεων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτών είναι μεταβολές στην τεχνική αποδοτικότητα (αποδοτικότητα που προκύπτει από την CRS ανάλυση), μεταβολές στις τεχνολογικές αλλαγές,

μεταβολές στην καθαρή τεχνική αποδοτικότητα (αποδοτικότητα που προκύπτει από την VRS ανάλυση), μεταβολές στην αποδοτικότητα κλίμακας και επίσης μεταβολές στον λεγόμενο *Total Factor Productivity (TFP)*⁷. Συγκεκριμένα οι μεταβολές στην τεχνική αποδοτικότητα και στην τεχνολογία δίνονται, με βάση και τους τύπους που προαναφέρθηκαν, από τις εξής σχέσεις:

$$E = \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \quad \text{και} \quad T = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2}$$

6.5 Τεχνική Αποδοτικότητα και Αποδοτικότητα Κλίμακας

Δεδομένου ότι οι μονάδες λαμβάνουν διαφορετικές τιμές αποδοτικότητας ανάλογα με το αν θα θεωρηθούν CRS ή VRS, ή αλλιώς ανάλογα με το ποιο μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί (CCR ή BCC), είναι εφικτό να διακριθούν δύο είδη αποδοτικότητας (Ramanathan, 2003):

- Τεχνική Αποδοτικότητα - Technical Efficiency
- Αποδοτικότητα Κλίμακας - Scale Efficiency

Το CCR μοντέλο, δηλαδή αυτό χωρίς τον περιορισμό κυρτότητας, υπολογίζει την μικτή αποδοτικότητα (*gross efficiency*). Αυτό σημαίνει ότι υπολογίζει και την τεχνική αποδοτικότητα και την αποδοτικότητα κλίμακας. Η τεχνική αποδοτικότητα περιγράφει, την αποδοτικότητα με την οποία μετατρέπονται οι εισροές σε εκροές, ενώ η αποδοτικότητα κλίμακας αναγνωρίζει ότι η οικονομία κλίμακας δεν μπορεί να επιτευχθεί σε όλους τους τομείς της παραγωγής και ότι υπάρχει μόνο ένα πιο αποδοτικό μέγεθος κλίμακας από τα άλλα, το οποίο στην διεθνή βιβλιογραφία αναγράφεται ως *Most Productive Scale Size (MPSS)*, όπου η αποδοτικότητα κλίμακας λαμβάνει μέγιστη τιμή το 100%.

Το BCC μοντέλο λαμβάνει υπόψη την μεταβολή της αποδοτικότητας ανάλογα με την κλίμακα της λειτουργίας και συνεπώς μετράει την καθαρή τεχνική αποδοτικότητα.

Συνοπτικά λοιπόν αναφέρθηκαν τα εξής:

⁷ Total Factor Productivity είναι το μέρος των εκροών που δεν μπορεί να εξηγηθεί από τις παραδοσιακές μετρήσεις εισροών όπως της εργασίας και του κεφαλαίου που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή. Αύξησή του προέρχεται συνήθως από τεχνολογικές καινοτομίες και βελτιώσεις.

$$VRS \text{ Efficiency} = \text{Pure Technical Efficiency}$$

$$CRS \text{ Efficiency} = \text{Technical and Scale Efficiency}$$

Συμπερασματικά, η αποδοτικότητα κλίμακας ενός DMU μπορεί να υπολογιστεί ως ο λόγος της CRS προς την VRS αποδοτικότητα.

$$\text{Scale Efficiency} = \frac{CRS \text{ Efficiency}}{VRS \text{ Efficiency}}$$

Παρατηρήσεις

1. Η CRS αποδοτικότητα μιας επιχείρησης θα είναι πάντα μικρότερη ή ίση με την καθαρή τεχνική αποδοτικότητα ή αλλιώς την VRS αποδοτικότητά της.
2. Η ισότητα θα ισχύει όταν η αποδοτικότητα κλίμακας λαμβάνει την τιμή 1 ή όταν το DMU λειτουργεί στο πιο αποδοτικό του επίπεδο (*MPSS*).
3. Η VRS αποδοτικότητα μας δίνει το υψηλότερο score σε μία μελέτη, ενώ η CRS αποδοτικότητα μας δίνει το χαμηλότερο score.

7 Efficiency Measurement System

Το *Efficiency Measurement System* είναι ένα λογισμικό με τη βοήθεια του οποίου υπολογίζονται οι τιμές της αποδοτικότητας κατά την εφαρμογή της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Σε συντομογραφία καλείται με τα αρχικά των λέξεων και συγκεκριμένα αναφέρεται ως *EMS* (Scheel, 2000).

Το πιο σημαντικό και δύσκολο βήμα κατά την εκτέλεση της μεθόδου είναι ο καθορισμός των *Inputs* και *Outputs*. Αφού καθοριστούν λοιπόν οι μεταβλητές αυτές, διαδικασία η οποία θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο της Εμπειρικής Μελέτης, θα πρέπει να εισαχθούν τα δεδομένα στο πρόγραμμα. Το *EMS* δέχεται δεδομένα σε μορφή *Excel* ή σε μορφή αρχείου *txt*. Εκτός από τις τυπικές μορφές εισροών και εκροών, το πρόγραμμα αυτό μπορεί να δεχθεί επίσης και μη διακριτές τιμές (*non-discretionary*), δηλαδή δεδομένα τα οποία δεν ελέγχονται από τα *DMU's*. Σε γενικές γραμμές το μέγεθος των υπό εξέταση δεδομένων που μπορεί να αναλυθεί εξαρτάται από την μνήμη του υπολογιστή, ωστόσο ο κώδικας δεν είναι προγραμματισμένος για πολύ μεγάλα σύνολα δεδομένων. Παρόλα αυτά, έχουν υπολογιστεί οι αποδοτικότητες για πλήθος άνω των 5000 *DMU's* και για περίπου 40 εισροές και εκροές.

Στην εισαγωγή των δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί το *Excel* οπότε ας παρουσιαστεί συνοπτικά το πως θα γραφούν τα δεδομένα στο *Excel*, ώστε να περαστούν μετά στο λογισμικό.

Αρχικά θα πρέπει τα δεδομένα να βρίσκονται όλα σε ένα *spreadsheet* του *Excel*, το οποίο να μην περιέχει τύπους παρά μόνο τα δεδομένα μας, δηλαδή μόνο αριθμούς. Το *EMS* χρειάζεται τα ακόλουθα βήματα για την εισαγωγή των δεδομένων:

1. Το όνομα του φύλλου εργασίας να είναι *Data*. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση το πρόγραμμα δεν θα διαβάζει τα δεδομένα.
2. Η πρώτη γραμμή να περιέχει τα *Inputs* και *Outputs* που έχουμε ορίσει. Πρώτα τοποθετούνται όλα τα *Inputs* και ακολουθούν μετά τα *Outputs*.
3. Όλα τα *Inputs*, δίπλα από το όνομά τους θα πρέπει να φέρουν την ένδειξη {I}.
4. Αντίστοιχα τα *Outputs* να φέρουν την ένδειξη {O}.

5. Η πρώτη στήλη του φύλλου εργασίας θα περιέχει τα ονόματα των DMU's.

Αντίστοιχοι κανόνες διέπουν και την γραφή των δεδομένων σε μορφή *txt*, ωστόσο εμείς δεν θα ασχοληθούμε με την διατύπωσή τους.

Για την εισαγωγή μη διακριτών τιμών στις εισροές και τις εκροές, θα πρέπει αντί για τις ενδείξεις {I} και {O}, να αναγράφονται οι ενδείξεις {IN} και {ON} αντίστοιχα.

Όμοια με την εισαγωγή των *Inputs-Outputs*, γίνεται και η εισαγωγή των συντελεστών βαρύτητας, σε περίπτωση που κάποια μονάδα επιθυμεί να δώσει περισσότερη έμφαση σε μια εισροή ή εκροή (όπως το παράδειγμα που είχε δοθεί για ένα σχολείο που ασχολείται κυρίως με την διδασκαλία μαθημάτων θετικών επιστημών). Στην παρούσα ανάλυσή, δεν έχουν προστεθεί συντελεστές βαρύτητας για κανένα DMU.

7.1 Αναλύοντας το Περιβάλλον Εργασίας

Αφού ετοιμαστούν τα δεδομένα, στη συνέχεια ανοίγουμε το πρόγραμμα και κάνουμε *load* τα δεδομένα. Αυτό γίνεται πατώντας την ένδειξη *File* και στην συνέχεια την ένδειξη *Load Data*. Η διαδικασία αυτή έχει γίνει επιτυχώς εάν το όνομα του αρχείου έχει εμφανιστεί στο κάτω μέρος του *EMS*. Για την εισαγωγή συντελεστών βαρύτητας ακολουθούμε ανάλογη διαδικασία πατώντας πρώτα *File* και στην συνέχεια *Load Weight Restr.*

Για να εκτελεσθεί ένα μοντέλο της DEA πρέπει σε πρώτη φάση το αρχείο *brmpd.par* του λογισμικού, να βρίσκεται στον ίδιο φάκελο με το αρχείο των δεδομένων. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση θα υπάρξει πρόβλημα στην διεξαγωγή της μεθόδου.

Πατώντας διαδοχικά DEA και στη συνέχεια *Format* μπορεί να οριστεί το πόσα δεκαδικά ψηφία πρόκειται να έχουν τα αποτελέσματά. Επίσης μπορεί να επιλεγεί τα αποτελέσματά του λογισμικού, να μας δίνουν τους καθαρούς συντελεστές βαρύτητας εισροών-εκροών (*pure Input-Output weights*) ή τους εικονικούς συντελεστές βαρύτητας, δηλαδή τα βάρη πολλαπλασιασμένα με τις τιμές των εισροών και εκροών (*virtual Inputs-Outputs*).

Αμέσως μετά πατώντας DEA και *Run Model*, αρχίζει η επιλογή των στοιχείων εκείνων, που θα καθορίσουν τα αποτελέσματα της μελέτης. Σε πρώτη φάση, επιλέγεται η χρήση ή μη του περιορισμού κυρτότητας, επιλέγοντας *Convex* ή

Nonconvex αντίστοιχα. Ακολουθώς επιλέγονται οι Αποδόσεις Κλίμακας. Οι επιλογές είναι οι εξής:

- *Constant*
- *Variable*
- *Nonincreasing*
- *Nondecreasing*

Ανάλυσή τους έχει γίνει σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Επόμενο βήμα είναι η επιλογή του προσανατολισμού. Τρεις είναι οι διαθέσιμες επιλογές:

- *Input*, όπου ελαχιστοποιούμε τις εισροές διατηρώντας τις εκροές σταθερές
- *Output*, όπου μεγιστοποιούμε τις εκροές διατηρώντας τις εισροές σταθερές
- *Nonoriented*, όπου ταυτόχρονα μπορούν να υπάρξουν βελτιώσεις και στις εισροές και στις εκροές.

Η επιλογή ενός συγκεκριμένου μέτρου βασίζεται κυρίως σε τρία κριτήρια:

- ❖ Την πρωτεύουσα ερμηνεία ή καλύτερα *primal interpretation*, δηλαδή τη σημασία του *score* της αποδοτικότητας με έμφαση στις ποσότητες (*quantities*) εισροών και εκροών.
- ❖ Την δυϊκή ερμηνεία ή αλλιώς *dual interpretation*, δηλαδή τη σημασία του *score* της αποδοτικότητας με έμφαση στις τιμές (*prices*) των εισροών και εκροών.
- ❖ Τις αξιωματικές ιδιότητες του μέτρου αποδοτικότητας, δηλαδή την μονοτονία, την συνέχεια κ.α..

Το πρόγραμμα παρέχει άλλη μια επιλογή με όνομα *Distance*, που περιέχει τις ακόλουθες επιλογές:

- *Radial*
- *Additive*
- *maxAverage*
- *minAverage*

Ας εξηγηθούν κάποια πράγματα για την κάθε μία από τις επιλογές αυτές, χωρίς να γίνει εμβάθυνση στο μαθηματικό μοντέλο πίσω από την κάθε επιλογή.

Radial

Αυτό το μέτρο υποδεικνύει τις απαραίτητες βελτιώσεις που πρέπει να γίνουν όταν όλοι οι σχετικοί παράγοντες βελτιώνονται από τον ίδιο ακριβώς παράγοντα αναλογικά.

Additive

Το μέτρο αυτό ποσοτικοποιεί το μέγιστο άθροισμα των "απόλυτων" βελτιώσεων (μείωση εισροών, αύξηση εκροών), δηλαδή των βελτιώσεων που λαμβάνουν χώρα σε απόλυτη τιμή.

maxAverage

Το μέτρο αυτό ποσοτικοποιεί τον μέγιστο μέσο όρο των σχετικών βελτιώσεων που έχουν λάβει χώρα.

minAverage

Το μέτρο αυτό ποσοτικοποιεί τον ελάχιστο μέσο όρο των σχετικών βελτιώσεων που απαιτούνται για να έχουμε ασθενή αποδοτικότητα. Ασθενής αποδοτικότητα ή αλλιώς *weak efficiency*, σημαίνει ότι δεν υπάρχει κανένα σημείο στο επίπεδο της τεχνολογίας το οποίο να είναι καλύτερο για κάθε εισροή και εκροή.

Μία ακόμα ένδειξη που μπορούμε να επιλέξουμε είναι η λεγόμενη *Superefficiency*. Πάμε να δούμε τι ακριβώς σημαίνει καθώς επίσης κι να κάνουμε μία παρατήρηση σχετικά με τα αποτελέσματα που μπορεί να μας δώσει.

Superefficiency

Στην περίπτωση που επιλεγεί η ένδειξη *Radial* στην περιοχή *Distance* το πρόγραμμα, επιτρέπει να επιλέξουμε και την επιλογή *Superefficiency*. Για τις μη αποδοτικές μονάδες, τα αποτελέσματα της επιλογής *Superefficiency* παραμένουν ακριβώς τα ίδια με τα κανονικά αποτελέσματα τα οποία μας εμφανίζονται στην οθόνη εάν δεν έχει γίνει αυτή η επιλογή. Για τις αποδοτικές μονάδες όμως, υπολογίζεται ένα *score* το οποίο υποδηλώνει την μέγιστη ακτινική μεταβολή, ή καλύτερα *radial change*, η οποία είναι εφικτή έτσι ώστε η συγκεκριμένη μονάδα να παραμένει αποδοτική. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτή για μια αποδοτική μονάδα, τόσο περισσότερες

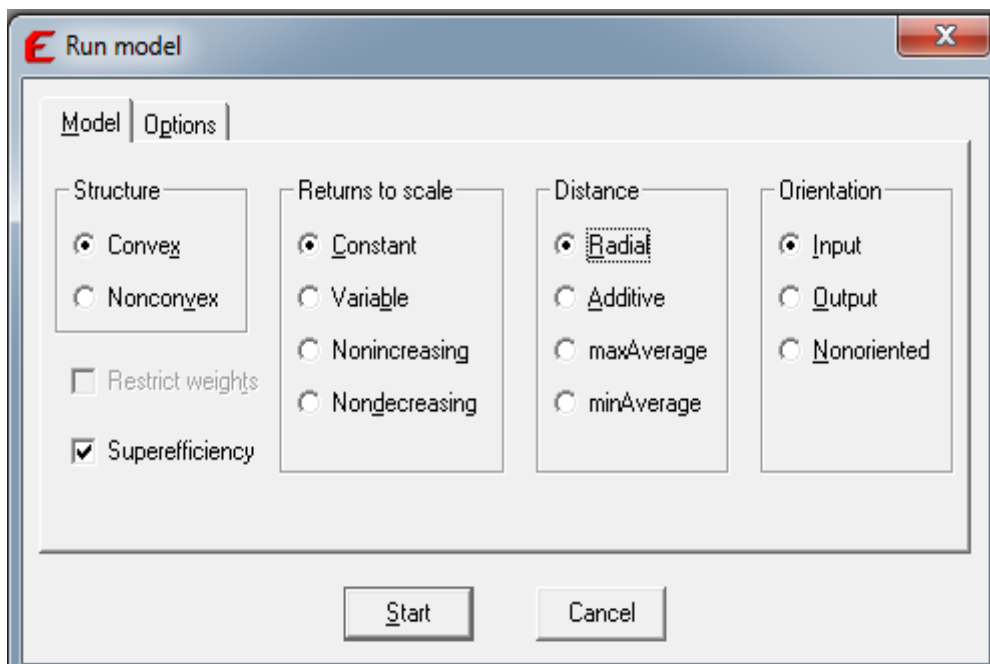
πιθανότητες εμφανίζει αυτή στο να παραμείνει αποδοτική ακόμα και αν υποστεί κάποιες αλλαγές στις εισροές και εκροές της. Η *super* αποδοτικότητα, βοηθάει ιδιαίτερα στο να γίνει κατάταξη μεταξύ των ήδη αποδοτικών μονάδων. Χωρίς αυτή την ένδειξη δεν μπορούν να ληφθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με το ποια από τις αποδοτικές μονάδες είναι "καλύτερη" από την άλλη. Ωστόσο σαν μέθοδος, πολλές φορές παρουσιάζει πρόβλημα, σχετικά με την εύρεση λύσης.

Παρατήρηση

Έχοντας διαλέξει την επιλογή *Superefficiency*, υπάρχει πιθανότητα να εμφανιστεί στα αποτελέσματά μας η ένδειξη *big*. Αυτό σημαίνει ότι το συγκεκριμένο DMU παραμένει αποδοτικό ακόμα και μετά από πολύ μεγάλη αύξηση των εισροών (*input oriented*) ή μετά από πολύ μεγάλη μείωση των εκροών (*output oriented*).

Τελειώνοντας, εάν έχουν εισαχθεί συντελεστές βαρύτητας στο πρόγραμμα, θα πρέπει να γίνει "*check*" στο κουτί με την ένδειξη *Restrict weights* για να ενσωματωθούν στην ανάλυση. Εάν δεν επιλεγεί αυτή η ένδειξη, τότε οι περιορισμοί βαρών θα αγνοηθούν.

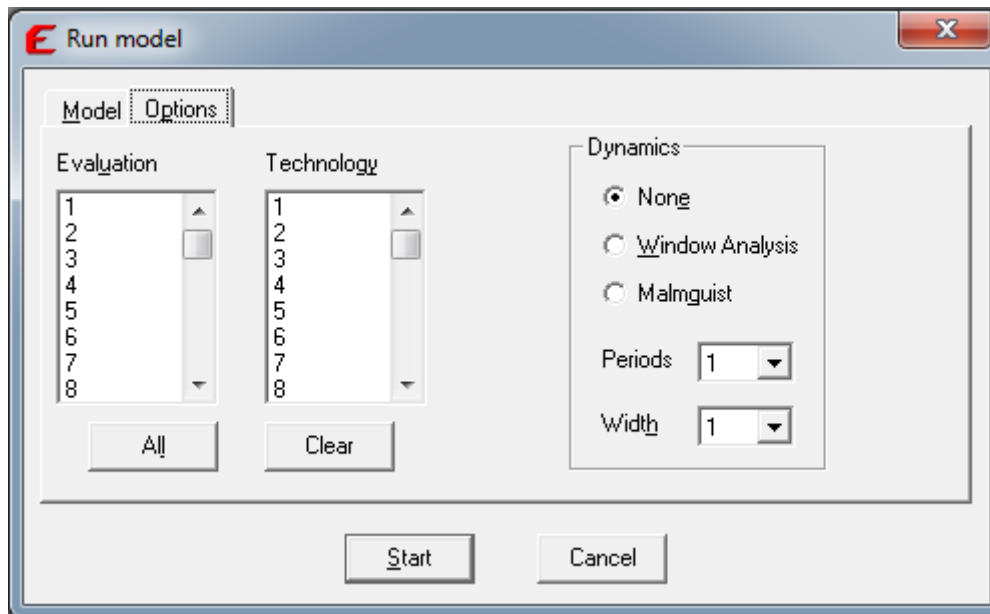
Στο παρακάτω *Screenshot* φαίνονται όλες οι ενδείξεις που έχουν περιγραφεί παραπάνω. Όπως αναγράφεται και στην πάνω δεξιά πλευρά του (*Run Model*), οι επιλογές αυτές εμφανίζονται στην οθόνη αφού πατήσουμε *DEA* και στην συνέχεια *Run Model*, από την γραμμή εργαλείων του προγράμματος.



Εικόνα 7.1.1: Menu του EMS

Θα αναφερθούν τώρα κάποιες επιπλέον επιλογές που έχει ένας αναλυτής στην διάθεσή του εάν πατήσει την επιλογή *Options*, που βρίσκεται δίπλα από την ένδειξη *Model*.

Μόλις επιλεγθεί η επιλογή *Options*, εμφανίζεται στην οθόνη ο ακόλουθος πίνακας:



Εικόνα 7.1.2: Επιπλέον Επιλογές του EMS

Μπορούν να επιλεγούν "πακέτα" από DMU's για τα οποία θα γίνουν διάφοροι υπολογισμοί (αυτή η επιλογή γίνεται μέσα από την πρώτη στήλη με το όνομα *Evaluation*), καθώς επίσης και ποιιά DMU's θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του *Envelopment* μοντέλου (το οποίο καθορίζεται μέσα από την επιλογή των DMU's στην δεύτερη στήλη με το όνομα *Technology*). Αυτές οι επιλογές μας επιτρέπουν να υπολογίσουμε την λεγόμενη *Program Efficiency*, δηλαδή για κάθε ένα DMU που επιλέγεται στην στήλη *Evaluation*, υπολογίζεται ένα *score* με βάση τους περιορισμούς των DMU's που επιλέχθηκαν στην στήλη *Technology*.

Στην δεξιά πλευρά του πίνακα υπάρχει η ένδειξη *Dynamics*, η οποία προσφέρει διάφορες επιλογές σχετικά με την ανάλυση των δεδομένων σε συνάρτηση με τον χρόνο. Συγκεκριμένα υπάρχουν οι επιλογές:

- *None*
- *Window Analysis*
- *Malmquist*

Εάν υπάρχουν δεδομένα τα οποία είναι σε μορφή πίνακα και είναι τοποθετημένα ανά συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, τότε το *EMS* δίνει την δυνατότητα να υλοποιηθεί είτε *Window Analysis* είτε να εφαρμοστεί μια διαδικασία η οποία θα υπολογίζει τον δείκτη *Malmquist*.

Για την περίπτωση που κάνουμε *Window Analysis*, θα πρέπει να καθοριστούν ο αριθμός των περιόδων (*Periods*) καθώς και το πλάτος του παραθύρου (*Width*).

Στην περίπτωση που απαιτείται ο υπολογισμός του δείκτη *Malmquist*, θα πρέπει να καθοριστεί μόνο ο αριθμός των περιόδων.

Αποτελέσματα Μελέτης

Έχοντας εξηγήσει πλήρως τις λειτουργίες του λογισμικού, αλλά και την θεωρία πίσω από τις διάφορες παραλλαγές του μοντέλου, θα πρέπει ο αναλυτής να είναι σε θέση να αξιολογήσει τα αποτελέσματα που θα εμφανιστούν στην οθόνη μετά την εκτέλεση των επιθυμητών λειτουργιών.

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στην οθόνη σε μορφή πίνακα. Στο πάνω μέρος του πίνακα των αποτελεσμάτων αναγράφονται επίσης το τι Αποδόσεις Κλίμακας έχουν χρησιμοποιηθεί, τι προσανατολισμός, εάν υπάρχουν περιορισμοί βαρών, καθώς επίσης και το είδος της απόστασης (*distance*) που επιθυμούμε.

Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει τις εξής στήλες :

- Τα ονόματα των DMU's. Εάν σε κάποιο όνομα εμπεριέχεται η ένδειξη {X}, αυτό σημαίνει ότι το συγκεκριμένο DMU εξαιρέθηκε από την δημιουργία του επιπέδου τεχνολογίας, όπως αυτό ορίστηκε στην στήλη *Technology*. Ένα όνομα DMU το οποίο δεν θα έχει *score* υποδηλώνει ότι αυτό το DMU συμπεριλήφθη στην δημιουργία του επιπέδου τεχνολογίας, αλλά δεν αξιολογήθηκε όπως ορίστηκε στο πεδίο *Evaluation*.
- Το *efficiency score*, δηλαδή το σκορ αποδοτικότητας όπως το έχουμε ορίσει παραπάνω.
- Τα βάρη (ή αλλιώς οι σκιάδεις τιμές) εμφανίζονται με {W}, ενώ οι εικονικές εισροές-εκροές εμφανίζονται με {V}. Το τι θα εμφανιστεί εξαρτάται από το τι έχουμε διαλέξει εμείς από το *Menu DEA* και το πεδίο *Format*.
- Τα *Benchmarks* ή αλλιώς οι μονάδες που είναι σημεία αναφοράς (*reference units* ή *peers*). Για τις μη αποδοτικές μονάδες, εμφανίζονται οι αποδοτικές

μονάδες που αποτελούν σημεία αναφοράς αυτών, με τις αντίστοιχες εντάσεις (*intensities*), δηλαδή τα *l* που συναντήσαμε στην μαθηματική διατύπωση της μεθόδου. Αντίθετα, για τις αποδοτικές μονάδες, εμφανίζεται ο αριθμός των μη αποδοτικών DMU's που χρησιμοποιούν τις συγκεκριμένες μονάδες σαν σημείο αναφοράς.

- Τα *Slacks* με {S}. Ανάλογα με την επιλεγμένη απόσταση (*distance*), εάν έχουμε διαλέξει Radial ή Additive, εμφανίζονται οι τιμές των *Slacks* ή αλλιώς οι τιμές της χαλαρότητας για το συγκεκριμένο DMU. Για τις περιπτώσεις maxAverage και minAverage εμφανίζονται στην οθόνη αντί για τα *Slacks* οι ενδείξεις *Factors* με {F}.
- Στην περίπτωση που έχουμε επιλέξει *Nonconvex* προσέγγιση, αντί για τα βάρη για κάθε DMU, εμφανίζεται ο αριθμός των *dominated* και *dominating* DMU's καθώς και λίστες αυτών.

Έχοντας τελειώσει με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, σειρά έχει να μεταφερθούν εκεί που επιθυμεί ο αναλυτής, για παράδειγμα στο *report* που θα πρέπει να παραδώσει σχετικά με την μελέτη ενός θέματος. Στην γραμμή εργαλείων, πατώντας *Edit* υπάρχει η επιλογή αντιγραφής με την ένδειξη *Copy* και *Copy All* ανάλογα με τον αν θέλει να αντιγράψει όλο τον πίνακα των αποτελεσμάτων ή μέρος αυτού. Επίσης μπορεί να σώσει τον πίνακα των αποτελεσμάτων πατώντας *Save* ή *Save As* από το πεδίο *File* στην γραμμή εργαλείων του προγράμματος.

8 Εμπειρική Μελέτη

Ολόκληρη αυτή η ανάλυση απαιτείται, διότι γνωρίζοντας το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, μπορεί ένας αναλυτής να μεταβεί στο επόμενο σκέλος που είναι η εμπειρική μελέτη. Μπορεί δηλαδή, να συλλέξει δεδομένα, να τα αναλύσει και να τα εισάγει σε ένα μαθηματικό λογισμικό, όπως είναι το *EMS*, ούτως ώστε να πάρει κάποια αποτελέσματα που τον ενδιαφέρουν και να τα αξιολογήσει προκειμένου να βρει λύσεις σε διάφορα προβλήματα και να βελτιώσει καταστάσεις και διαδικασίες.

Η DEA, αποτελεί ένα τρόπο προσδιορισμού των τιμών αποδοτικότητας διαφόρων μονάδων λήψης αποφάσεων πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό στη σημερινή εποχή, τόσο για την διατήρηση των μονάδων αυτών, όσο και για την εξέλιξή τους στο χρόνο. Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας μελέτης μπορούν να υποδείξουν διάφορα προβλήματα αλλά και τρόπους βελτίωσης της αποδοτικότητας των μονάδων. Η DEA αποτελεί μια εκ των ιδανικότερων μεθόδων από τους ερευνητές για τέτοιου είδους προβλήματα.

Μια εμπειρική μελέτη περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Επιλογή του κατάλληλου δείγματος μονάδων λήψης αποφάσεων και συλλογή δεδομένων γι αυτά.
- Επιλογή, από τα δεδομένα των DMU's, των κατάλληλων μεταβλητών εισόδου και εξόδου (*Inputs-Outputs*).
- Επιλογή του επιθυμητού προσανατολισμού προσέγγισης (*Input/Output Oriented*) αλλά και των οικονομιών κλίμακας (*CRS/VRS*).
- Επιλογή κατάλληλου λογισμικού.
- Διεξαγωγή της μελέτης, συλλογή, ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

8.1 Επιλογή Δείγματος

Σε πρώτη φάση όπως εξηγήθηκε και στα στάδια της μελέτης, πρέπει να βρεθεί το κατάλληλο δείγμα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, το δείγμα περιλαμβάνει επιχειρήσεις που ανήκουν στον κλάδο των *Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών* της Ελλάδας.

Οι πληροφορίες σχετικά με τις επιχειρήσεις του κλάδου αυτού, πηγάζουν από την μελέτη των ισολογισμών των επιχειρήσεων αυτών. Τα στοιχεία των ισολογισμών, διατέθηκαν από την βάση δεδομένων ICAP, με την οποία συνεργάζεται το Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Συγκεκριμένα, η μελέτη αφορά τρία διαδοχικά έτη, το 2015, το 2016 και το 2017 και περιλαμβάνει 81 επιχειρήσεις του κλάδου αυτού. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν κάποιοι κανόνες όσον αφορά την επιλογή του κατάλληλου αριθμού Inputs-Outputs και DMU's. Σε γενικές γραμμές, για την διεξαγωγή της μελέτης θα ακολουθήσουμε τον εξής κανόνα:

- ✓ Εάν n είναι ο αριθμός των προς ανάλυση DMU's, m ο αριθμός των εισροών και s ο αριθμός των εκροών τότε θα ισχύει ότι $n > 3 \cdot (m + s)$.

Ο ελάχιστος αριθμός συνεπώς, των μονάδων που θα επιλεγθούν στο δείγμα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το τριπλάσιο του αθροίσματος των εισροών και εκροών. Στην περίπτωση της εργασίας αυτής, ο αριθμός των επιχειρήσεων είναι 81, ενώ έχουν επιλεγεί για την ανάλυση 2 εισροές και 2 εκροές τις οποίες θα αναλύσουμε στη συνέχεια. Ωστόσο, οι επιχειρήσεις που λαμβάνουν χώρα στην ανάλυση για τα έτη 2015, 2016 και 2017 είναι 35, 33 και 22 αντίστοιχα. Διαπιστώνεται όμως, ότι πληρείται ο κανόνας, οπότε τα αποτελέσματά θα ευσταθούν, καθώς το δείγμα είναι ικανοποιητικά μεγάλο. Αυτό βοηθά την ανάλυση, διότι η μέθοδος κάνει διαχωρισμό μεταξύ αποδοτικών και μη αποδοτικών μονάδων, οπότε λογικό είναι για να έχει νόημα ένας τέτοιος υπολογισμός, το δείγμα να πρέπει να είναι επαρκώς μεγάλο.

8.2 Επιλογή Εισροών-Εκροών

Βασικό κομμάτι της έρευνας είναι ο καθορισμός των μεταβλητών εισόδου και εξόδου. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέχθηκαν 2 μεταβλητές εισόδου και 2 μεταβλητές εξόδου. Αυτές είναι:

Μεταβλητές Εισόδου

1. Καθαρά Πάγια ή *Net Fixed Assets*

Περιλαμβάνουν τα καθαρά πάγια μιας επιχείρησης όπως αυτά απεικονίζονται στον ισολογισμό της. Στο στοιχείο αυτό περιλαμβάνονται τα πάγια περιουσιακά στοιχεία,

δηλαδή ακίνητα εξοπλισμός κτλ, και τυχών έξοδα ιδρύσεως μετά την αφαίρεση των αποσβέσεων.

2. Κόστος Πωληθέντων Αγαθών ή *Cost of Goods Sold*

Είναι το κόστος αγοράς των πωληθέντων προϊόντων μιας επιχείρησης και ισούται με το συνολικό ποσό με το οποίο επιβαρύνθηκε προκειμένου να αποκτήσει τα εμπορεύματά της. Το κόστος αγοράς αποτελείται από:

- a) Την τιμή αγοράς τοις μετρητοίς
- b) Τα άμεσα ή ειδικά έξοδα αγορών
- c) Τις εκπτώσεις αγορών
- d) Τις επιστροφές αγορών

Μεταβλητές Εξόδου

1. Κύκλος εργασιών(Πωλήσεις) ή *Revenues*

Αφορά τα συνολικά έσοδα της επιχείρησης που προκύπτουν μετά από όλες τις πωλήσεις των αγαθών που έχει επιτύχει.

2. Μικτό Κέρδος ή *Gross Profit*

Είναι το κέρδος μιας εταιρείας μετά την αφαίρεση των εξόδων που σχετίζονται με την δημιουργία και πώληση των προϊόντων της, ή των εξόδων που σχετίζονται με την παροχή υπηρεσιών. Προκύπτει από την αφαίρεση: *Revenues - Cost of Goods Sold*.

8.3 Προσανατολισμός και Οικονομίες Κλίμακας

Η επιλογή του προσανατολισμού για την μελέτη θα είναι αυτή του Προσανατολισμού Εισροών δηλαδή, *Input Oriented*. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, θα απεικονίζουν *score* αποδοτικότητας από το 0% μέχρι και το 100%, όπου όποια επιχείρηση έχει *score* 100% θα θεωρείται αποδοτική, ενώ όποια έχει *score* < 100%, θα θεωρείται μη αποδοτική. Για το πεδίο *Distance* έχει επιλεγεί η ένδειξη *Radial*, ενώ η μελέτη θα γίνει με την ύπαρξη του επιπλέον περιορισμού της κυρτότητας (*Convex*).

Αναλύοντας τα δεδομένα που πάρθηκαν από τους ισολογισμούς των επιχειρήσεων του κλάδου μας, διαπιστώνουμε ότι στην εκροή "*Μικτό Κέρδος*" ή "*Gross Profit*",

όπως έχει διατυπωθεί στην μελέτη, εμφανίζονται τιμές οι οποίες είναι αρνητικές. Η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων, δέχεται σαν δεδομένα, τόσο εισροών όσο και εκροών. τιμές οι οποίες είναι μη αρνητικές και μάλιστα αυστηρά θετικές. Οπότε σε περίπτωση αρνητικών ή μηδενικών τιμών στις μεταβλητές εισόδου και εξόδου πρέπει να ακολουθηθεί μια συγκεκριμένη διαδικασία ώστε να είναι η μέθοδος σε θέση να μας δώσει το αποτέλεσμα που μας ενδιαφέρει.

Η μεθοδολογία για την εξάλειψη αρνητικών ή μηδενικών τιμών είναι απλή. Αρκεί να προστεθεί κάποιος αρκετά μεγάλος σταθερός αριθμός, ο οποίος θα μετατρέπει την πιο αρνητική τιμή σε θετική. Η συγκεκριμένη διαδικασία πρόσθεσης ενός αυθαίρετου αριθμού, πρέπει να γίνει για ολόκληρο το διάνυμα στήλης, στο οποίο παρατηρούνται οι αρνητικές τιμές. Έτσι η αποδοτικότητα που θα υπολογιστεί δεν θα διαφέρει από την πραγματική της τιμής εξαιτίας της πρόσθεσης αυτού του αριθμού παντού στο διάνυμα στήλη. Να τονιστεί εδώ ότι εξαιτίας αυτής της τεχνικής, οι επιλογές για την εύρεση της αποδοτικότητας περιορίζονται στην επίλυση ενός *Input Minimization* προβλήματος, θεωρώντας αυστηρά Αποδόσεις Κλίμακας οι οποίες είναι μεταβλητές, δηλαδή *VRS*. Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της μελέτης για κάθε ένα από τα τρία έτη, δηλαδή το 2015, το 2016 και το 2017, καθώς επίσης θα γίνουν και κάποιες παρατηρήσεις και περαιτέρω αναλύσεις των αποτελεσμάτων αυτών.

8.4 Αποτελέσματα Έτους 2015

Καταρχάς, πριν ξεκινήσει η παρουσίαση της εμπειρικής μελέτης και των αποτελεσμάτων, σε πρώτη φάση θα παρουσιαστούν κάποια *Correlation tests* που εφαρμόστηκαν, ώστε να βρεθούν οι συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών εισόδου και εξόδου. Τα τεστ που εφαρμόστηκαν, έγιναν στην γλώσσα προγραμματισμού R με την εντολή: `cor(Data, method="pearson")`. Ακολουθούν τα αποτελέσματα.

-	<i>Καθαρά Πάγια</i>	<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	<i>Μικτό Κέρδος</i>
<i>Καθαρά Πάγια</i>	1.00	0.6188914	0.4980406	-0.7579128
<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	0.6188914	1.00	0.9829301	-0.3009487

Κύκλος Πωλήσεων	0.4980406	0.9829301	1.00	-0.1203612
Μικτό Κέρδος	-0.7579128	-0.3009487	-0.1203612	1.00

Πίνακας 8.4.1: Correlation test για το 2015

Παρατηρείται σχετικά υψηλή συσχέτιση μεταξύ των δύο εισροών, ενώ η συσχέτιση μεταξύ καθαρών παγίων και κύκλου πωλήσεων δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή. Μεγάλη συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών, σημαίνει ότι αύξηση της μιας, οδηγεί σε αύξηση της άλλης. Τα καθαρά πάγια και το μικτό κέρδος, παρουσιάζουν υψηλή αρνητική συσχέτιση. Αυτό σημαίνει ότι αύξηση της μίας, οδηγεί σε μείωση της άλλης. Γενικά όσο πιο κοντά στην μονάδα είναι οι αριθμοί τόσο μεγαλύτερη συσχέτιση υπάρχει μεταξύ τους (είτε θετική, είτε αρνητική εάν το αποτέλεσμα τείνει στο -1). Όσον αφορά το κόστος πωληθέντων, παρουσιάζει πολύ υψηλή συσχέτιση με τον κύκλο πωλήσεων (λογικό αν σκεφτεί κανείς την σχέση των μεταβλητών αυτών), ενώ αντίστοιχα παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση (χαμηλή) με το μικτό κέρδος. Τέλος, αρνητική συσχέτιση, αλλά αρκετά χαμηλή παρουσιάζουν και οι δύο εκροές μεταξύ τους.

Για το έτος 2015, μετά την αξιολόγηση των δεδομένων διαπιστώθηκε η ύπαρξη αρνητικών τιμών στην εκροή του Μικτού Κέρδους. Η μεγαλύτερη (σε απόλυτη τιμή) αρνητική τιμή παρατηρήθηκε για την επιχείρηση "Ελληνικός Χρυσός Α.Ε." και ήταν ίση με -9.245.258,00. Επιλέχθηκε λοιπόν η πρόσθεση του αριθμού 9.500.000,00 ούτως ώστε να γίνει θετικό το Μικτό Κέρδος της επιχείρησης. Να αναφέρουμε ότι από τις συνολικά 81 επιχειρήσεις του κλάδου, το 2015 οι 59 από αυτές παρουσίασαν στοιχεία των ισολογισμών τους και μάλιστα το δείγμα μας μειώθηκε και άλλο εξαιτίας ελλιπών στοιχείων σε κάποιες από τις εισροές και τις εκροές που τέθηκαν υπό εξέταση. Η κατάληξη ήταν να γίνει η μελέτη για δείγμα 35 επιχειρήσεων, το οποίο και πάλι πληροί τα κριτήρια που απαιτούνται και έχουν αναλυθεί παραπάνω.

Αρχικά, παρουσιάζονται τα δεδομένα με κάποιους υπολογισμούς σχετικά με την ελάχιστη και μέγιστη παρατήρηση, τον μέσο όρο, αλλά και την τυπική απόκλιση.

	<i>Net Fixed Assets{I}</i>	<i>Cost of Goods Sold{I}</i>	<i>Revenues {O}</i>	<i>Gross Profit {O}</i>
Average	30.619.014,03	6.888.165,74	7.484.395,40	10.096.229,74

Minimum	600,00	18.024,00	21.000,00	254.742,00
Maximum	681.723.464,00	43.613.343,00	42.612.430,00	14.873.012,00
Standard Deviation	117.305.979,9	11.841.794,09	11.375.510,34	2.194.603,261

Πίνακας 8.4.2: Μέσοι Όροι των Μεταβλητών των Επιχειρήσεων

Παρατηρείται σε πρώτη φάση ότι υπάρχει και στις εισροές και στις εκροές πολύ μεγάλη τυπική απόκλιση. Ειδικά στα *Καθαρά Πάγια*(*Net Fixed Assets*), η τιμή της τυπικής απόκλισης είναι περίπου 4 φορές μεγαλύτερη του μέσου όρου. Αυτό το γεγονός οφείλεται στο μεγάλο εύρος τιμών που έχουν τα δεδομένα μας. Στις προς εξέταση επιχειρήσεις υπάρχουν μονάδες οι οποίες διαχειρίζονται πολύ περισσότερα υλικά, εγκαταστάσεις και γενικά έχουν πολύ περισσότερη οικονομική ισχύ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο *Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.*, του οποίου τα Καθαρά Πάγια υπερβαίνουν τα αντίστοιχα όλων των υπολοίπων επιχειρήσεων του κλάδου. Συγκεκριμένα:

Καθαρά Πάγια ή Net Fixed Assets	
<i>Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.</i>	<i>Υπόλοιπος Κλάδος</i>
681.723.464,00€	389.942.027,00€

Πίνακας 8.4.3: Σύγκριση Ελληνικού Χρυσού Α.Ε. με τον Υπόλοιπο Κλάδο

Παρατηρούνται λοιπόν, κάποιες ακραίες τιμές, στις οποίες οφείλεται και αυτή η μεγάλη τυπική απόκλιση του δείγματός μας. Αυτό διαπιστώνεται και εύκολα βλέποντας απλά την μέγιστη και ελάχιστη τιμή για τα *Καθαρά Πάγια*, η οποία είναι 681.723.464,00€ για τον "*Ελληνικό Χρυσό Α.Ε.*"(μέγιστη) και μόλις 600€(ελάχιστη) για την επιχείρηση "*Redpath Ελλάδα Μονοπρόσωπη Ι.Κ.Ε.*". Βέβαια σε καμία περίπτωση, αυτή η διαφορά στα μεγέθη μεταξύ των επιχειρήσεων δεν σημαίνει και αντίστοιχη διαφορά στην αποδοτικότητά τους.

Ακολουθούν οι τιμές αποδοτικότητας για τις επιχειρήσεις:

DMU Name	Efficiency Score
BENTOMINE ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΙΜΩΛΟΥ Α.Ε.	15,76%
CABO DRILLING ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε.	100,00%
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	43,89%
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	62,22%
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ	100,00%

ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	62,09%
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	12,87%
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	77,33%
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	92,84%
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	69,74%
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	44,44%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	37,34%
ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	70,32%
ΕΛΠΕ UPSTREAM Α.Ε.	78,55%
ΖΕΡΒΑΚΗΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Ε.	52,95%
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	100,00%
ΚΑΒΑΛΑ ΟΙΛ Α.Ε.	88,58%
ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	100,00%
ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Β.Ε.Ε.	25,96%
ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΣΚΑΡΗ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	62,82%
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	100,00%
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	100,00%
ΜΑΡΜΑΡΑ ΓΡΑΝΙΤΕΣ ΔΙΕΘΝΗΣ F.H.L. A.B.&E.E.	27,43%
ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	58,92%
ΜΑΡΜΑΡΑ ΣΚΥΡΟΥ Α.Ε.	53,42%
ΜΑΡΜΙ Ε.Π.Ε.	34,12%
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	55,61%
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	100,00%
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	44,80%
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	78,66%
ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	20,09%
ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	92,57%

Πίνακας 8.4.4: Score Αποδοτικότητας Επιχειρήσεων

Υπάρχουν 10 αποδοτικά DMU's, δηλαδή που να εμφανίζουν αποδοτικότητα 100%.

Τα υπόλοιπα 25 είναι μη-αποδοτικά. Τα αποδοτικά είναι τα εξής:

<i>DMU Name</i>	<i>Efficiency Score</i>
CABO DRILLING ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε.	100,00%
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	100,00%
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	100,00%

ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	100,00%
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	100,00%
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	100,00%
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	100,00%

Πίνακας 8.4.5: Αποδοτικές Μονάδες

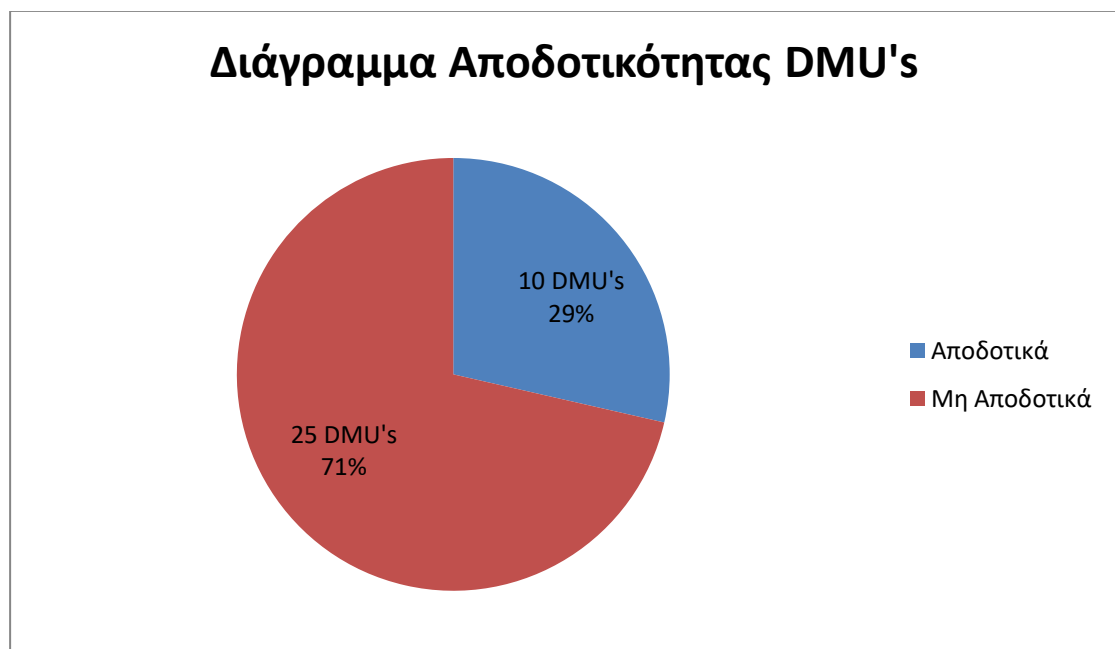
Παρακάτω ακολουθούν κάποια μεγέθη για την VRS αποδοτικότητα των μονάδων:

<i>Σύνολο DMU's (n=35)</i>	
<i>Average</i>	67,52%
<i>Minimum</i>	12,87%
<i>Maximum</i>	100,00%
<i>Standard Deviation</i>	0,283883204
<i>Median</i>	69,74%

Πίνακας 8.4.6: Μέσοι Όροι Στοιχείων για την VRS Αποδοτικότητα

Ο μέσος όρος της αποδοτικότητας είναι **67,52%** ενώ η διάμεσος έχει τιμή **69,74%**. Παρατηρείται επίσης ότι η τιμή της τυπικής απόκλισης είναι **0,284**, τιμή η οποία δεν είναι ιδιαίτερα μικρή, πράγμα λογικό αφού πάλι παρατηρούμε μεγάλες διαφορές μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης τιμής.

Στο παρακάτω κυκλικό διάγραμμα, παρουσιάζεται το ποσοστό αποδοτικών και μη αποδοτικών μονάδων.



Εικόνα 8.4.1: Αποδοτικά και Μη Αποδοτικά DMU's

Παρακάτω, παρουσιάζονται κάποιες βασικές μετρήσεις που έγιναν για το πλήθος των μη αποδοτικών καταστημάτων και μόνο. Φαίνεται ότι η διάμεσος και ο μέσος όρος

έχουν πολύ μικρή διαφορά μεταξύ τους, όπως επίσης και η τυπική απόκλιση παρουσιάζει μια μείωση από το **0.284** στο **0.232**, ωστόσο και πάλι αποτελεί σχετικά μεγάλη τιμή.

<i>Μη Αποδοτικά DMU's(n=25)</i>	
<i>Average</i>	54,53%
<i>Minimum</i>	12,87%
<i>Maximum</i>	92,84%
<i>Standard Deviation</i>	0,231863737
<i>Median</i>	55,61%

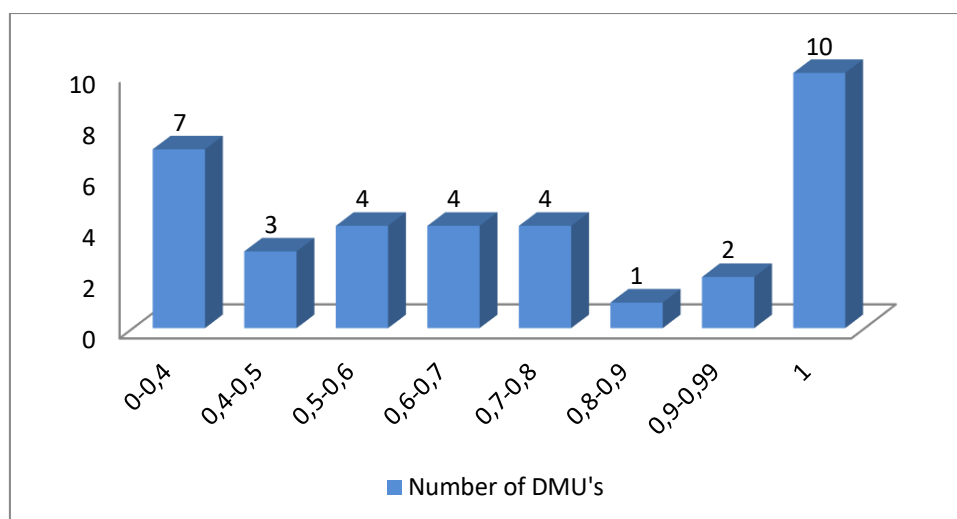
Πίνακας 8.4.7: Μέσοι Όροι Στοιχείων Μη Αποδοτικών Μονάδων

Ακολουθεί ένας πίνακας συχνοτήτων, όπου παρουσιάζεται η κατανομή των σχετικών τιμών αποδοτικότητας, δηλαδή παρουσιάζεται ο αριθμός των DMU's για συγκεκριμένα εύρη αποδοτικότητας.

<i>Efficiency Score</i>	<i>Number of DMU's</i>	<i>Percentage %</i>
0-0,4	7	20,00%
0,4-0,5	3	8,57%
0,5-0,6	4	11,43%
0,6-0,7	4	11,43%
0,7-0,8	4	11,43%
0,8-0,9	1	2,86%
0,9-0,99	2	5,71%
1	10	28,57%
<i>Σύνολο</i>	35	100%

Πίνακας 8.4.8: Πίνακας Συχνοτήτων της Αποδοτικότητας

Βλέπουμε ότι 10 μονάδες έχουν αποδοτικότητα **100%**, ενώ 7 μονάδες παρουσιάζουν αποδοτικότητα μικρότερη του **40%**. Επίσης, υπάρχει ισομερής κατανομή των μονάδων στις αποδοτικότητες από **50%-60%**, από **60%-70%** και από **70%-80%** και συγκεκριμένα υπάρχουν 4 μονάδες που ανήκουν σε κάθε ένα διάστημα. Με μορφή ιστογράμματος έχουμε τον εξής πίνακα:



Εικόνα 8.4.2: Ιστόγραμμα Αποδοτικότητας-Αριθμού DMU's

Σειρά Κατάταξης των Επιχειρήσεων με βάση την Αποδοτικότητα

<i>Ranking</i>	<i>DMU Name</i>	<i>Score</i>
<i>1</i>	CABO DRILLING ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε.	100,00%
<i>1</i>	REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	100,00%
<i>2</i>	ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	92,84%
<i>3</i>	ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	92,57%
<i>4</i>	ΚΑΒΑΛΑ OIL Α.Ε.	88,58%
<i>5</i>	ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	78,66%
<i>6</i>	ΕΛΠΕ UPSTREAM Α.Ε.	78,55%
<i>7</i>	ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	77,33%
<i>8</i>	ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	70,32%
<i>9</i>	ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	69,74%
<i>10</i>	ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΣΚΑΡΗ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	62,82%
<i>11</i>	MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	62,22%
<i>12</i>	SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	62,09%
<i>13</i>	ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	58,92%

14	ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	55,61%
15	ΜΑΡΜΑΡΑ ΣΚΥΡΟΥ Α.Ε.	53,42%
16	ΖΕΡΒΑΚΗΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Ε.	52,95%
17	ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	44,80%
18	ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	44,44%
19	ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	43,89%
20	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	37,34%
21	ΜΑΡΜΙ Ε.Π.Ε.	34,12%
22	ΜΑΡΜΑΡΑ ΓΡΑΝΙΤΕΣ ΔΙΕΘΝΗΣ F.H.L. A.B.&E.E.	27,43%
23	ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Β.Ε.Ε.	25,96%
24	ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	20,09%
25	BENTOMINE ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΙΜΩΛΟΥ Α.Ε.	15,76%
26	ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	12,87%

Πίνακας 8.4.9: Κατάταξη των Επιχειρήσεων

Το *rank* των αποδοτικών αποφασίστηκε να είναι για όλες ίσο με 1. Όπως έχει αναφερθεί, το μέγεθος και η οικονομική ισχύ μιας μονάδας δεν ταυτίζεται και με την αποδοτικότητά της. Για παράδειγμα, ο *Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.* παρά το γεγονός ότι είναι η μεγαλύτερη από τις προς μελέτη επιχειρήσεις με βάση τις ασώματες και ενσώματες ακινητοποιήσεις, δηλαδή τα καθαρά πάγια, καταλαμβάνει μόλις την 20^η θέση στην αξιολόγηση που έγινε. Επίσης, σαν επιχείρηση παρουσιάζει και το υψηλότερο *Κόστος Πωληθέντων Αγαθών*, αλλά εξαιτίας του χαμηλού *Κύκλου Πωλήσεων* που εμφάνισε το 2015, δεν είχε θετικό πρόσημο στο *Μικτό Κέρδος*. Αποτέλεσμα αυτού είναι και η χαμηλή τιμή της αποδοτικότητας, συγκεκριμένα μόλις **37,34%**, που όπως θα δούμε στη συνέχεια αυτή αλλάζει για τα έτη 2016 και 2017.

Υποσύνολα Αναφοράς

Κάθε μη αποδοτική επιχείρηση, έχει σαν στόχο μια άλλη αποδοτική επιχείρηση ούτως ώστε να βελτιώσει την θέση της. Παρακάτω, θα παρουσιαστούν για κάθε μη αποδοτική επιχείρηση τα υποσύνολα αναφοράς της, δηλαδή οι αντίστοιχες αποδοτικές επιχειρήσεις τις οποίες θέτει σαν στόχο και για κάθε αποδοτική επιχείρηση, ο αριθμός των μη αποδοτικών μονάδων που την έχουν θέσει σαν *reference firm* ή peer όπως είχαμε δει.

Ακολουθεί ο πίνακας που αναγράφει το πόσες μη αποδοτικές επιχειρήσεις έχουν σαν στόχο τις αποδοτικές και συγκεκριμένα ποιές από αυτές.

<i>DMU Name</i>	<i>Benchmarks</i>
CABO DRILLING ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε.	9
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ I.K.E.	12
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	17
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	5
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	3
ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	7
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	2
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	5
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	0
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	6

Πίνακας 8.4.10: Benchmarks

Η εταιρεία *ΕΕΚΟΜ Α.Ε.* αποτελεί σημείο αναφοράς για 17 μη αποδοτικές μονάδες ενώ αμέσως μετά ακολουθούν η *REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ I.K.E.* με 12 και η *CABO DRILLING ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε.* με 9 μονάδες. Να τονιστεί ότι κάποιες από τις επιχειρήσεις μπορεί να μην αποτελούν σημείο αναφοράς για καμία μη αποδοτική, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της *ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.*. Θεωρητικά, μια επιχείρηση είναι περισσότερο αποδοτική από μια άλλη εάν εμφανίζεται σαν μονάδα αναφοράς περισσότερες φορές. Εξετάζοντας εκτενέστερα τις αποδοτικές μονάδες, παρατηρούμε ότι όλες τους έχουν μηδενικές τιμές στα *Slack*, δηλαδή στις "χαλαρές" μεταβλητές τους. Οι χαλαρές μεταβλητές αντιστοιχούν σε κάθε μία από τις εισροές και τις εκροές που έχουμε ορίσει.

Παρατηρήσεις

1. Η ερμηνεία των *Slack* εξαρτάται από το μοντέλο το οποίο έχουμε επιλέξει. Στο κλασικό μοντέλο, έχοντας επιλέξει την ένδειξη *Radial*, οι "χαλαρές" μεταβλητές σχετίζονται με περαιτέρω αύξηση των εκροών ή μείωση των εισροών (ανάλογα με τον προσανατολισμό μας). Αμέσως μετά δηλαδή από τον υπολογισμό της αποδοτικότητας, οι χαλαρές μεταβλητές υποδεικνύουν τον στόχο που πρέπει να θέσει μια μη αποδοτική μονάδα, ώστε να γίνει τελικά αποδοτική. Με λίγα λόγια, τα *Slacks* "ωθούν" τα μη αποδοτικά DMU's προς το αποδοτικό σύνορο. Οι ενδείξεις των χαλαρών μεταβλητών απεικονίζονται αναλυτικά για όλες τις μονάδες και όλα τα έτη της μελέτης στο Παράρτημα, στο τέλος της εργασίας.

2. Όταν μια αποδοτική μονάδα, παρουσιάζει μηδενικές τιμές σε όλες τις χαλαρές μεταβλητές της καλείται *Pareto* αποδοτική.

Ακολουθεί ο πίνακας που περιγράφει το ποιές αποδοτικές μονάδες έχουν σαν στόχο οι μη αποδοτικές επιχειρήσεις, καθώς επίσης και μία ένδειξη που καλείται ένταση ή *intensity* και αναγράφεται δίπλα από κάθε *reference unit*(διαφέρει ανάλογα με το *unit* που έχει τεθεί σαν στόχος). Οι εντάσεις ή αλλιώς και συντελεστές έντασης, διακρίνουν την κάθε αποδοτική μονάδα στο σχηματισμό του απαιτούμενο στόχου των μη αποδοτικών μονάδων. Η τιμή αυτή διαφέρει όπως παρατηρούμε ανάλογα με το υποσύνολο αναφοράς που ανήκει σε κάθε περίπτωση η μονάδα. Για παράδειγμα, η επιχείρηση *EEKOM A.E.* με το νούμερο 11, παρουσιάζει κάθε φορά διαφορετικό συντελεστή έντασης, ανάλογα με το για ποιά επιχείρηση αποτελεί στόχο ή αλλιώς μονάδα αναφοράς. Έτσι, για την *ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.*, βλέπουμε ότι έχει τιμή 0,09, ενώ για την *BENTOMINE ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΙΜΩΛΟΥ Α.Ε.* παρουσιάζει την τιμή 0,68. Παρατηρώντας τα δεδομένα, διαπιστώνουμε τέτοιες διαφοροποιήσεις και υπόλοιπες μονάδες του δείγματος.

Σημείωση

Εξαιτίας της υπόθεσης μεταβλητών οικονομικών κλίμακας, το άθροισμα των συντελεστών έντασης που αναφέραμε, θα πρέπει να είναι ίσο με την μονάδα. Για κάθε μονάδα αναφοράς, η τιμή αυτή του συντελεστή, αντιπροσωπεύει το ποσοστό εκείνο στο οποίο επηρεάζει η μονάδα τη διαδικασία σχηματισμού του τελικού στόχου.

<i>DMU Name</i>	<i>Benchmarks</i>
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	2 (0,91) 5 (0,00) 11 (0,09)
BENTOMINE ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΙΜΩΛΟΥ Α.Ε.	2 (0,22) 5 (0,11) 11 (0,68)
ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	11 (1,00)
ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Β.Ε.Ε.	11 (1,00)
ΜΑΡΜΑΡΑ ΓΡΑΝΙΤΕΣ ΔΙΕΘΝΗΣ F.H.L. Α.Β.&Ε.Ε.	5 (0,17) 11 (0,75) 20 (0,08)
ΜΑΡΜΙ Ε.Π.Ε.	2 (0,10) 18 (0,90)
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	13 (0,89) 24 (0,11)
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	13 (0,49) 24 (0,51)
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	11 (0,44) 20 (0,51) 31 (0,05)
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	11 (0,35) 18 (0,65)
ΖΕΡΒΑΚΗΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Ε.	2 (0,29) 5 (0,51) 11 (0,20)
ΜΑΡΜΑΡΑ ΣΚΥΡΟΥ Α.Ε.	2 (0,81) 5 (0,18) 11 (0,01)

ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	11 (0,16) 20 (0,73) 31 (0,11)
ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	2 (0,64) 5 (0,19) 11 (0,17)
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	5 (0,50) 11 (0,49) 20 (0,02)
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	11 (0,45) 20 (0,43) 31 (0,11)
ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΣΚΑΡΗ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	2 (0,62) 5 (0,36) 11 (0,02)
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	5 (0,60) 20 (0,40) 23 (0,00)
ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	13 (0,07) 24 (0,12) 31 (0,81)
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	2 (0,02) 5 (0,77) 11 (0,21)
ΕΛΠΕ UPSTREAM Α.Ε.	2 (0,35) 5 (0,64) 11 (0,01)
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	5 (0,90) 20 (0,08) 23 (0,02)
ΚΑΒΑΛΑ ΟΙΛ Α.Ε.	13 (0,42) 24 (0,32) 31 (0,25)
ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	11 (0,25) 18 (0,75)
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	13 (0,31) 24 (0,34) 31 (0,35)

Πίνακας 8.4.11: Στόχοι Μη Αποδοτικών Επιχειρήσεων

Οι μη αποδοτικές μονάδες είναι άμεσα συγκρίσιμες με τις μονάδες αναφοράς τους. Οι μονάδες αναφοράς ουσιαστικά διαχειρίζονται καλύτερα τις διατιθέμενες εισροές και καταλήγουν ταυτόχρονα σε ένα καλύτερο αποτέλεσμα παραγωγής εκροών. Είναι ιδιαίτερα σημαντική η μελέτη τους, διότι αντί να γίνεται σύγκριση των μη αποδοτικών μονάδων με όλες τις μονάδες του δείγματος, αρκεί να συγκριθούν με τις μονάδες αναφοράς τους. Αυτό είναι πολύ βοηθητικό σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν μεγάλα δείγματα προς ανάλυση. Ο αριθμός των μονάδων αναφοράς για κάθε μη αποδοτική επιχείρηση δεν είναι συγκεκριμένος και αλλάζει κάθε φορά, ωστόσο παρατηρείται ότι κάθε μη αποδοτική επιχείρηση παρουσιάζει μία, δύο ή τρεις μονάδες αναφοράς. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, εμφανίζονται 3 μονάδες αναφοράς για κάθε μη αποδοτικό DMU και μάλιστα ο πιο συχνός συνδυασμός είναι αυτός των μονάδων 2,5 και 11. Ακολουθεί ένας πίνακας που αντιστοιχίζει τους αριθμούς που εμφανίζονται στον παραπάνω πίνακα, με τις μονάδες αναφοράς.

<i>DMU Name</i>	<i>Αριθμός Αντιστοιχίας</i>
CABO DRILLING ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε.	2
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	5
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	11
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	13
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	18
ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	20
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	23
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	24
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	30
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	31

Πίνακας 8.4.12: Αριθμοί Αντιστοιχίας

Έτσι αναγνωρίζεται ποιά επιχείρηση αποτελεί μονάδα αναφοράς κάθε φορά σε ένα συγκεκριμένο DMU.

Μελέτη Μη Αποδοτικών Επιχειρήσεων και Στοχοθεσία

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, εκτός από την υπόδειξη των αποδοτικών μονάδων και τον διαχωρισμό τους από τις μη αποδοτικές, μας παρέχει και πολύ χρήσιμες πληροφορίες για το πως θα κατορθώσουν οι μη αποδοτικές επιχειρήσεις να φτάσουν στο επιθυμητό επίπεδο απόδοσης. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται *Στοχοθεσία* και υποδεικνύει όλες τις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να γίνουν, όσον αφορά τις εισροές και εκροές που έχουμε αναλύσει, ώστε η επιχείρηση να αυξήσει την απόδοσή της.

Αρχικά, ο πρώτος στόχος ορίζεται με βάση την τιμή της αποδοτικότητας του μη αποδοτικού DMU. Αμέσως μετά, σε περίπτωση που η επιχείρηση αυτή εμφανίζει κάποιο *Slack* σε κάποια μεταβλητή της, μπορεί να οριστεί και ένας δεύτερος στόχος με βάση το *Slack*, όπως αναλύθηκε προηγουμένως, ώστε να οδηγηθεί η επιχείρηση στο αποδοτικό σύνορο. Επειδή ο προσανατολισμός της μελέτης είναι αυτός των εισροών, ο πρώτος στόχος, με βάση την αποδοτικότητα, μπορεί να οριστεί μόνο για τις μεταβλητές εισόδου που έχουν εισαχθεί. Εάν είχε επιλεγεί προσανατολισμός εκροών αντίθετα, ο στόχος θα οριζόνταν για τις μεταβλητές εξόδου. Ο δεύτερος στόχος που βασίζεται στο *Slack*, μπορεί να γίνει για όλες τις εισροές και εκροές και ανάλογα με το αν υπάρχει προσανατολισμός εισροών, αφαιρούμε τη "χαλαρή" μεταβλητή, ή προσθέτουμε σε περίπτωση εκροών. Παρακάτω θα παρουσιαστεί αναλυτικά αυτή η διαδικασία και δοθεί συγκεντρωτικός πίνακας με όλα τα απαραίτητα στοιχεία.

Οι τύποι για τις χαλαρές μεταβλητές, δόθηκαν κατά τον ορισμό των μοντέλων της μεθόδου. Ακολουθεί η μαθηματική σχέση με την οποία ορίζονται οι στόχοι.

$$1_{\text{ος Στόχος}} = (\text{Αρχική Τιμή της Μονάδας}) \cdot (\text{Αποδοτικότητα Μονάδας})$$

Εάν, έχει ακολουθηθεί προσανατολισμός εισροών, η τιμή που προκύπτει θα είναι μικρότερη της αρχικής τιμής, πράγμα λογικό μιας και οι αποδοτικότητες θα έχουν τιμή μικρότερη της μονάδας. Αντιθέτως στην περίπτωση προσανατολισμού εκροών, η τιμή που θα προκύψει θα είναι μεγαλύτερη, καθώς τα *score* αποδοτικότητας θα

είναι άνω της μονάδας. Να σημειωθεί, ότι ο πρώτος στόχος ορίζεται είτε μόνο για τις εισροές, είτε μόνο για τις εκροές, ανάλογα με τον προσανατολισμό που ακολουθήθηκε.

$$2_{\text{ος}} \text{ Στόχος} = 1_{\text{ος}} \text{ Στόχος} \text{ } ^{+/-} \text{ Slack}$$

Ο δεύτερος στόχος, προκύπτει εάν αφαιρεθεί η τιμή του *Slack*, από τον πρώτο στόχο, για τις εισροές της μελέτης, ενώ μπορεί να τεθεί και για τις εκροές της μελέτης, εάν προστεθεί αυτή τη φορά το *Slack*, στον πρώτο στόχο.

Έστω ότι εξετάζεται η μονάδα *ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.*, με τον αριθμό 33 (Πίνακας δεδομένων έτους 2015). Να τονιστεί ότι στους αριθμούς του *Μικτού Κέρδους* έχει προστεθεί ο αριθμός 9.500.00,00€ για να μπορεί να επιλυθεί η μέθοδος.

-	<i>Καθαρά Πάγια</i>	<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	<i>Μικτό Κέρδος</i>
<i>Αρχική Τιμή</i>	436.866,00	2.528.927,00	2.782.045,00	9.753.117,00
<i>1^{ος} Στόχος</i>	343.638,80	1.989.252,98	-	-
<i>2^{ος} Στόχος</i>	-	-	-	10.292.836,05

Πίνακας 8.4.13: Στοιχοθεσία για την Επιχείρηση *ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.*

Επειδή έχουμε προσανατολισμό εισροών δεν μπορούμε να θέσουμε τον πρώτο στόχο με βάση την απόδοση, ωστόσο μπορούμε να θέσουμε στόχο με βάση το *Slack*. Καταλήγουμε και μετά την αφαίρεση του αριθμού 9.500.000,00 (χρήση για δημιουργία αυστηρά θετικών δεδομένων) ότι η μονάδα *ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.* μπορεί να αυξήσει το μικτό κέρδος της από **253.117€** σε **792.836,05€**, δηλαδή αύξηση κατά **539.719,05€**.

Ακολουθεί μια περίπτωση επιχείρησης με αρκετά χαμηλή αποδοτικότητα που μπορούμε να θέσουμε στόχους τόσο μέσω αυτής όσο και μέσω χαλαρών μεταβλητών. Η επιχείρηση είναι η *ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Β.Ε.Ε.*.

-	<i>Καθαρά Πάγια</i>	<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	<i>Μικτό Κέρδος</i>
<i>Αρχική Τιμή</i>	5.175.003,00	69.423,00	77.139,00	9.507.716,00

<i>1^{ος} Στόχος</i>	1.343.430,78	18.022,21	-	-
<i>2^{ος} Στόχος</i>	1.078.564,56	-	1.193.476,84	10.675.453,83

Πίνακας 8.4.14: Στοχοθεσία για την Επιχείρηση ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Β.Ε.Ε

Για το *Μικτό Κέρδος* αφαιρώντας το 9.500.000€ έχω ότι πρέπει να αυξηθεί από 7.716€ σε 1.175.453,83€. Ο πρώτος στόχος ορίζεται εάν πολλαπλασιάσουμε την αρχική τιμή με την αποδοτικότητα της συγκεκριμένης μονάδας. Εν συνεχεία, όπως εξηγήθηκε, ο δεύτερος στόχος ορίζεται προσθέτοντας (αν έχω εκροές), ή αφαιρώντας (αν έχω εισροές) το *Slack* είτε από την αρχική τιμή(εάν δεν έχει τεθεί ένας πρώτος στόχος), είτε από τον πρώτο στόχο (εφόσον έχει υπολογισθεί). Με ακριβώς ίδιο τρόπο μπορούν να υπολογισθούν όλοι οι στόχοι για όλες τις μη αποδοτικές μονάδες.

Μέχρι στιγμής έχουν παρουσιαστεί οι αποδοτικότητες όλων των μονάδων, έγινε διαχωρισμός μεταξύ αποδοτικών και μη αποδοτικών, καθώς επίσης κατατάχθηκαν και όλες οι επιχειρήσεις βάση της απόδοσής τους και αναλύθηκαν τα υποσύνολα αναφοράς. Τέλος ορίστηκαν οι στόχοι που πρέπει να τεθούν για τις μη αποδοτικές μονάδες, ώστε να γίνουν αποδοτικές.

Ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι μιας τέτοιας ανάλυσης είναι να εξεταστεί και υπό ποιές οικονομίες κλίμακας λειτουργεί η κάθε επιχείρηση. Ωστόσο για να γίνει αυτό χρειάζεται να ευρεθεί και η λεγόμενη αποδοτικότητα κλίμακας ή αλλιώς *Scale Efficiency*, η οποία όπως έχει εξηγηθεί ισούται με το πηλίκο της CRS αποδοτικότητας προς την VRS αποδοτικότητα. Το πρόβλημα ωστόσο στην μέχρι στιγμής ανάλυση είναι ότι εξαιτίας της ύπαρξης αρνητικών τιμών στο *Μικτό Κέρδος*, ακολουθήθηκε η τεχνική όπου προστίθεται μια σταθερά, ώστε να μετατραπούν όλες οι τιμές της μεταβλητής αυτής σε θετικές. Υπό αυτές τις συνθήκες, το μόνο μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είναι αυτό του προσανατολισμού εισροών και μάλιστα για μεταβλητές οικονομίες κλίμακας. Συνεπώς, δεν μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή της CRS απόδοσης και συμπερασματικά ούτε την αντίστοιχη τιμή της *Scale Efficiency*. Παρακάτω θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία για την εύρεση των οικονομιών κλίμακας.

8.5 Scale Efficiency και Οικονομίες Κλίμακας

Κατά το έτος 2015, παρατηρούνται αρνητικές τιμές στην μεταβλητή του μικτού κέρδους. Η ύπαρξη αυτή των αρνητικών τιμών, δημιουργεί πρόβλημα στην εφαρμογή του μοντέλου, όπως έχει προαναφερθεί. Μία λύση θα ήταν να αφαιρεθεί η μεταβλητή αυτή του μικτού κέρδους και η ανάλυση να γίνει υπολογίζοντας τις τιμές για την CRS, την VRS, την NIRS και την *scale* αποδοτικότητα και μέσα από τις τιμές αυτές να προέκυπταν οι αποδόσεις κλίμακας. Η διαδικασία αυτή, ακολουθήθηκε κατά το έτος 2017, όπου δεν υπήρχαν αρνητικές τιμές. Για το 2015 και το 2016 ωστόσο, μπορεί, όπως έγινε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, να εφαρμοστεί το μοντέλο *BCC-Input*. Με την εφαρμογή του *BCC* μοντέλου, δηλαδή υπό την υπόθεση μεταβλητών οικονομιών κλίμακας, όχι μόνο μπορεί να ξεπεραστεί το πρόβλημα των αρνητικών τιμών, αλλά μπορούν να υπολογιστούν και οι αποδόσεις κλίμακας, με βάση τις οποίες λειτουργούν οι μονάδες. Σύμφωνα με την εργασία των (Banker, et al., 2011), όλες οι μεταβλητές στην αντικειμενική συνάρτηση και στους περιορισμούς του μοντέλου *BCC-Input*, πρέπει να είναι υποχρεωτικά μη αρνητικοί αριθμοί. Η μόνη μεταβλητή που δεν έχει περιορισμό, είναι η ελεύθερη μεταβλητή w , η οποία μπορεί να παίρνει αρνητικές τιμές, θετικές τιμές, ή να είναι και μηδέν. Συνέπεια αυτής της "ελευθερίας" της μεταβλητής w , αποτελεί, ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι βέλτιστες τιμές της, ούτως ώστε να καθοριστούν οι αποδόσεις κλίμακας των μονάδων. Όταν ένα DMU είναι αποδοτικό, η βέλτιστη τιμή της w , μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει τις αποδόσεις κλίμακας. Η τιμή αυτή, προκύπτει μέσα από την επίλυση ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού, όπως αυτό αναλύθηκε με βάση το μοντέλο *BCC-I*. Ωστόσο, ακόμη και όταν ένα DMU δεν είναι αποδοτικό με βάση το *BCC* μοντέλο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι βέλτιστες τιμές των συντελεστών παρεμβολής, ή των *Slacks* (όπως αυτά διατυπώθηκαν κατά την παρουσίαση των μοντέλων), για να προβληθεί η συγκεκριμένη μονάδα στο αποδοτικό σύνορο. Το θεώρημα, με βάση την εργασία των *Banker et al.*, που συνδέει την βέλτιστη τιμή της μεταβλητής w , με τις αποδόσεις κλίμακας της μονάδας αναφέρει τα εξής:

- i. Μια μονάδα, λειτουργεί υπό αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (*Increasing Returns to Scale* ή *IRS*), εάν κατά την επίλυση του προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού, ισχύει για την βέλτιστη τιμή της ελεύθερης μεταβλητής w , $w < 0$.

- ii. Μια μονάδα λειτουργεί υπό φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας (*Decreasing Returns to Scale* ή DRS), εάν για την βέλτιστη τιμή της ελεύθερης μεταβλητής w ισχύει, $w > 0$.
- iii. Μια μονάδα λειτουργεί υπό σταθερές αποδόσεις κλίμακας (*Constant Returns to Scale* ή CRS), εάν για την βέλτιστη τιμή της ελεύθερης μεταβλητής w ισχύει, $w = 0$.

Εφαρμόζοντας το BCC-Input μοντέλο για τις 4 μεταβλητές της ανάλυσης, προκύπτουν, με βάση τις τιμές της μεταβλητής w , οι αποδόσεις κλίμακας για τις επιχειρήσεις ως εξής(παράδειγμα για την μεταβλητή w , βρίσκεται στο Παράρτημα):

<i>DMU Name</i>	<i>VRS Score</i>	<i>Returns to Scale</i>
BENTOMINE ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΙΜΩΛΟΥ Α.Ε.	15,76%	DRS
CABO DRILLING ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε.	100,00%	CRS
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	43,89%	DRS
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	62,22%	DRS
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	100,00%	CRS
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	62,09%	DRS
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	12,87%	DRS
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	77,33%	DRS
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	92,84%	DRS
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	69,74%	DRS
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%	CRS
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	44,44%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	37,34%	DRS
ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	70,32%	DRS
ΕΛΠΕ UPSTREAM Α.Ε.	78,55%	DRS
ΖΕΡΒΑΚΗΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Ε.	52,95%	DRS
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ	100,00%	CRS

ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.		
ΚΑΒΑΛΑ OIL A.E.	88,58%	DRS
ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	100,00%	DRS
ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Β.Ε.Ε.	25,96%	IRS
ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΣΚΑΡΗ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	62,82%	DRS
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	100,00%	DRS
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	100,00%	DRS
ΜΑΡΜΑΡΑ ΓΡΑΝΙΤΕΣ ΔΙΕΘΝΗΣ F.H.L. Α.Β.&Ε.Ε.	27,43%	DRS
ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	58,92%	DRS
ΜΑΡΜΑΡΑ ΣΚΥΡΟΥ Α.Ε.	53,42%	DRS
ΜΑΡΜΙ Ε.Π.Ε.	34,12%	IRS
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	55,61%	DRS
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%	CRS
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	100,00%	DRS
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	44,80%	IRS
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	78,66%	DRS
ΦΙΛΙΠΠΙΟΣ ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	20,09%	IRS
ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	92,57%	IRS

Πίνακας 8.5.1: Αποδόσεις Κλίμακας των επιχειρήσεων το 2015

Παρατηρώντας τις οικονομίες κλίμακας, είναι φανερό ότι οι πλειοψηφία των επιχειρήσεων λειτουργών υπό *Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας*, ενώ ελάχιστες υπό *Αύξουσες* ή *Σταθερές Αποδόσεις Κλίμακας*. Συγκεκριμένα για τις 35 επιχειρήσεις ισχύει:

<i>Economies of Scale</i>	<i>DRS</i>	<i>IRS</i>	<i>CRS</i>
<i>Ποσοστό %</i>	71,42%	14,29%	14,29%
<i>Αριθμός DMU's</i>	25	5	5

Πίνακας 8.5.2: Οικονομίες Κλίμακας Επιχειρήσεων

Γενικά, ένα DMU λειτουργεί υπό IRS όταν μια αύξηση σε όλες τις εισροές του, οδηγεί σε μια αναλογικά μεγαλύτερη αύξηση των εκροών του. Αντίθετα, εάν μια

αύξηση στις εισροές του οδηγεί σε μια μικρότερη αναλογικά αύξηση των εκροών του, τότε το DMU λειτουργεί υπό την επίδραση DRS. Σχόλια για την ερμηνεία των ποσοστών αυτών, υπάρχουν στο κεφάλαιο της Τελικής Συμπερασματολογίας.

Όλα όσα έχουν αναφερθεί είναι πολύ συμβάλουν στο να υπάρχει μια ολοκληρωμένη εικόνα τόσο για την κάθε επιχείρηση μεμονωμένα όσο και για ολόκληρο τον κλάδο. Ακολουθούν κάποιες γενικές παρατηρήσεις.

Παρατήρηση 1

Στην παρούσα εργασία, οι διαφορές μεταξύ των τιμών αποδοτικότητας υπό VRS παρατηρήθηκε ότι ήταν αρκετά μεγάλες. Δηλαδή, υπήρχαν επιχειρήσεις με αποδοτικότητα 100% αλλά και επιχειρήσεις με αποδοτικότητα κάτω από 30% ή ακόμα και κάτω από 20%. Εκ πρώτης όψεως, μια τέτοια μεγάλη διαφορά στην κατανομή των τιμών δεν φαίνεται να είναι αποδεκτή. Ωστόσο πολλές φορές ο αναλυτής, έρχεται σε επαφή με περιπτώσεις επιχειρήσεων και κλάδων, όπου η ιδιομορφία των δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα τα οποία δεν φαίνονται αποδεκτά. Συγκεκριμένα στην περίπτωση μας, η κλίμακα στην οποία ανήκουν τα δεδομένα της κάθε επιχείρησης διαφέρει αρκετά. Για παράδειγμα, υπάρχουν επιχειρήσεις οι οποίες έχουν υπερβολικά χαμηλές τιμές εισροών, πράγμα που σημαίνει ότι στα αποτελέσματα θα απεικονίζονται αποδοτικές ενώ στην πραγματικότητα μπορεί να μην είναι. Αυτό συμβαίνει διότι εξαιτίας των πολύ χαμηλών τιμών εισροών, στο μοντέλο προσανατολισμού εισροών που ακολουθήθηκε, όπου επιδιώκεται η μείωση τους, οι ήδη χαμηλές τιμές δεν μπορούν να μειωθούν περαιτέρω κι έτσι οι μονάδες αυτές μπορεί να απεικονίζονται αποδοτικές ή και να επηρεάζουν τις τιμές απόδοσης άλλων μονάδων.

Παρατήρηση 2

Έπειτα από ανάλυση που έγινε μέσω διάφορων δοκιμών, διαπιστώθηκε ότι σε κάθε περίπτωση κάνουν την εμφάνισή τους επιχειρήσεις με χαμηλές τιμές αποδοτικότητας. Συγκεκριμένα, αφαιρώντας τις επιχειρήσεις με χαμηλές εισροές, μπορεί να υπήρξε βελτίωση στο γενικό μέσο όρο της VRS αποδοτικότητας κατά **3%** περίπου, ωστόσο συνέχισαν να υπάρχουν αποδοτικότητες της τάξης του **10%** και **20%**. Η ανάλυση επίσης σε επίπεδο υποκλάδων δεν ωφέλησε ιδιαίτερα την κατανομή των αποδοτικότητων. Διασπώντας τον κλάδο σε δύο υποκλάδους (Λατομεία και

Μεταλλεία), συνεχίζουν να υπάρχουν στον υποκλάδο των Λατομείων χαμηλές αποδοτικότητες (συγκεκριμένα μέχρι και **16,2%**), τη στιγμή που στον υποκλάδο των Μεταλλείων τα πράγματα είναι πιο ομαλά. Ωστόσο και μέσω αυτής της προσέγγισης εμφανίζεται πρόβλημα κατά το έτος 2017, καθώς ο αριθμός των μονάδων στον υποκλάδο των Μεταλλείων είναι αρκετά μικρός και δεν μπορεί να διεξαχθεί ορθά η μέθοδος. Σε αυτή την περίπτωση η ανάλυση μπορεί να γίνει μέσω αριθμοδεικτών, προσέγγιση που ξεφεύγει από το θέμα της εργασίας. Τέλος, ίδια ήταν τα συμπεράσματα και στην προσέγγιση με βάση το μέγεθος κάθε επιχείρησης, όπου πάλι ο κλάδος διασπάστηκε σε δύο υποκλάδους με βάση το μέγεθος των δεδομένων των μεταβλητών εισόδου και εξόδου. Πάλι υπήρξαν χαμηλές τιμές αποδοτικότητας στις ίδιες επιχειρήσεις. Τα αποτελέσματα αυτά, δηλαδή οι μικρές τιμές αποδοτικότητας, αλλά και η μεγάλη απόκλιση των αποδοτικών με την λιγότερο αποδοτική επιχείρηση, αν και δεν είναι συχνό φαινόμενο, έχουν παρατηρηθεί σε αρκετές εργασίες, με χαρακτηριστικότερη αυτή του (Phuong, 2018), όπου η χαμηλότερη τιμή της CRS αποδοτικότητας ήταν **0,2%** για το έτος 2011 και για το ίδιο έτος η αντίστοιχη τιμή της VRS ήταν **3,7%**. Η μεγάλη μεταβλητότητα των τιμών, επιβεβαιώνεται και μέσα από τις τιμές της τυπικής απόκλισης για τα έτη της μελέτης.

Τελικά, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα προαναφερθέντα, αποφασίστηκε να ακολουθηθεί η παρούσα ροή της μελέτης, όπου περιλαμβάνονται όλες οι επιχειρήσεις του κλάδου και γίνεται ενιαία ανάλυσή τους, για 4 μεταβλητές εισόδου και εξόδου. Ίδια πορεία ακολουθήθηκε και για τα έτη 2016 και 2017.

8.6 Αποτελέσματα Έτους 2016

Τα *correlation test* για το 2016, είναι τα ακόλουθα.

-	<i>Καθαρά Πάγια</i>	<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	<i>Μικτό Κέρδος</i>
<i>Καθαρά Πάγια</i>	1.00	0.5676322	0.6135227	0.5092504
<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	0.5676322	1.00	0.9861567	0.3656428
<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	0.6135227	0.9861567	1.00	0.5149153

Μικτό Κέρδος	0.5092504	0.3656428	0.5149153	1.00
---------------------	-----------	-----------	-----------	------

Πίνακας 8.6.1: Correlation test για το 2016

Η συσχέτιση των εισροών μεταξύ τους και των εκροών μεταξύ τους δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή. Ωστόσο, καταγράφεται εκ νέου μεγάλη συσχέτιση μεταξύ κύκλου πωλήσεων και κόστος πωληθέντων αγαθών.

Για το έτος 2016, μετά την ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε εκ νέου η ύπαρξη αρνητικών τιμών στην εκροή του *Μικτού Κέρδους*. Συγκεκριμένα η μεγαλύτερη, κατά απόλυτη τιμή, τιμή στα δεδομένα μας ήταν 1.249.000,00€ και παρουσιάστηκε για την επιχείρηση *ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.*. Όμοια με την ανάλυση του 2015, προσθέσαμε έναν αριθμό σε ολόκληρη την στήλη του *Μικτού Κέρδους*, ο οποίος μετέτρεπε την περισσότερο αρνητική τιμή σε θετική. Ο αριθμός αυτός ήταν το 1.500.000,00€. Ο αριθμός των μονάδων το έτος 2016 ανέρχονταν στις 54, ενώ από αυτές πλήρη δεδομένα είχαν οι 33. Βλέπουμε ότι από το 2015 παρατηρείται μια μικρή μείωση 2 μονάδων στο δείγμα μελέτης μας (από 35 το 2015 στις 33 το 2016).

Ακολουθεί πίνακας που παρουσιάζει κάποια στοιχεία του κλάδου όπως είναι ο μέσος όρος των τιμών εισροών και εκροών, καθώς επίσης και η τυπική απόκλιση και οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές.

-	<i>Net Fixed Assets{I}</i>	<i>Cost of Goods Sold{I}</i>	<i>Revenues {O}</i>	<i>Gross Profit {O}</i>
<i>Average</i>	40.760.458,97	6.665.066,97	7.874.856,48	2.709.789,45
<i>Minimum</i>	600,00	321,00	1.200,00	251.000,00
<i>Maximum</i>	909.634.410,00	37.070.477,00	38.582.767,00	8.999.035,00
<i>Standard Deviation</i>	159761154,2	10513023,06	11414585,79	2033533,973

Πίνακας 8.6.2: Μέσοι όροι Στοιχείων Επιχειρήσεων

Παρατηρείται και πάλι αρκετά μεγάλη τιμή στις τυπικές αποκλίσεις κάθε μεταβλητής. Αυτό οφείλεται όπως έχει εξηγηθεί στην ύπαρξη ακραίων τιμών στο δείγμα, πράγμα που μπορεί να παρατηρηθεί εύκολα μέσα από τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Για παράδειγμα για τα *Καθαρά Πάγια* ισχύει:

<i>Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.</i>	<i>Υπόλοιπος Κλάδος</i>
909.634.410,00€	123.181.932,00€

Πίνακας 8.6.3: Σύγκριση Ελληνικού Χρυσού Α.Ε. με τον Υπόλοιπο Κλάδο

Σε σχέση με το 2015, παρατηρείται αύξηση των *Καθαρών Παγίων* του Ελληνικού Χρυσού και ταυτόχρονα πτώση του αθροίσματος της εισροής όλων των υπόλοιπων μονάδων. Συγκεκριμένα:

	<i>Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.</i>	<i>Υπόλοιπος Κλάδος</i>
2015	681.723.464,00€	389.942.027,00€
2016	909.634.410,00€	123.181.932,00€

Πίνακας 8.6.4: Σύγκριση Ελληνικού Χρυσού με τον Υπόλοιπο Κλάδο για τα Έτη 2015 και 2016

Παρατηρείται μια αύξηση για την επιχείρηση *Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.* κατά **33,43%** και αντίστοιχα μια μείωση για τον υπόλοιπο κλάδο κατά **68,41%**. Όμοια, εάν παρατηρήσουμε, υπάρχουν και άλλες μεταβολές στα δεδομένα, οι οποίες θα οδηγήσουν και σε διαφορετικά αποτελέσματα μετά την ανάλυσή. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι αποδοτικότητες όλων των επιχειρήσεων κατά το έτος 2016.

<i>DMU Name</i>	<i>Efficiency Score</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	48,90%
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	56,13%
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	100,00%
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	63,63%
ΑΠΓ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	34,00%
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	18,62%
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	84,47%
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	90,12%
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	74,85%
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	35,37%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	100,00%
ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	100,00%
ΖΕΡΒΑΚΗΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Ε.	48,14%
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	53,09%
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%
ΚΑΒΑΛΑ ΟΙΛ Α.Ε.	80,14%
ΚΑΡΑΠΑΤΗ, ΕΛΕΝΗ, ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	78,83%

ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	100,00%
ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	34,92%
ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΣΚΑΡΗ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	75,54%
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	68,09%
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	88,26%
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	83,48%
ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	72,62%
ΜΠΙΜΠΙΑΣ Ι.Κ.Ε.	100,00%
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	50,28%
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	99,01%
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	12,48%
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	71,78%
ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	10,24%

Πίνακας 8.6.5: Score Αποδοτικότητας Επιχειρήσεων

Αναλύοντας τα αποτελέσματα, παρουσιάζονται 9 αποδοτικά DMU's, ενώ τα υπόλοιπα 24 είναι μη αποδοτικά. Οι αποδοτικές μονάδες παρουσιάζονται παρακάτω.

<i>DMU Name</i>	<i>Efficiency Score</i>
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	100,00%
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	100,00%
ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	100,00%
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%
ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	100,00%
ΜΠΙΜΠΙΑΣ Ι.Κ.Ε.	100,00%
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%

Πίνακας 8.6.6: Αποδοτικές Επιχειρήσεις

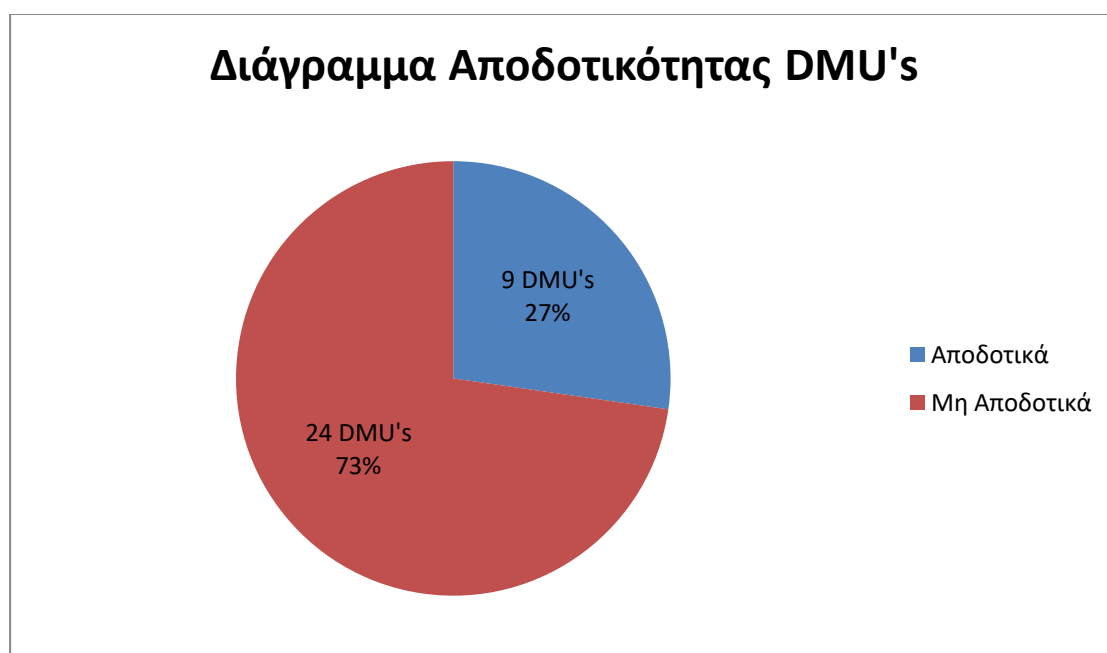
Είναι προφανές ότι ορισμένες επιχειρήσεις που ήταν αποδοτικές το 2015 συνεχίζουν να παραμένουν αποδοτικές και το 2016, ενώ κάποιες άλλες, όπως ο *ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.*, που δεν ήταν αποδοτικές, κατάφεραν να έχουν υψηλή απόδοση. Αντίστοιχα, άλλες επιχειρήσεις που ήταν αποδοτικές το 2015, έπαψαν να είναι αποδοτικές κατά το 2016. Αναλυτική σύγκρισή των επιχειρήσεων σε βάθος τριετίας θα γίνει σε επόμενη υποενότητα.

Κάποια συγκεντρωτικά στοιχεία για την VRS αποδοτικότητα είναι τα ακόλουθα:

<i>Σύνολο DMU's(n=33)</i>	
<i>Average</i>	70,70%
<i>Minimum</i>	10,24%
<i>Maximum</i>	100,00%
<i>Standard Deviation</i>	0,277324808
<i>Median</i>	75,54%

Πίνακας 8.6.7: Μέσοι Όροι Στοιχείων για την VRS Αποδοτικότητα

Σε σχέση με το 2015, ο μέσος όρος αποδοτικότητας έχει αυξηθεί κατά **3%** περίπου, ενώ παράλληλα η μικρότερη τιμή το 2016 είναι **2%** χαμηλότερη από την αντίστοιχη του 2015. Όσον αφορά την τυπική απόκλιση, παρατηρούνται μικρές διαφοροποιήσεις, καθώς και πάλι έχουμε αρκετά μεγάλο εύρος τιμών στις αποδοτικότητες. Τέλος, η διάμεσος του δείγματος παρουσιάζεται κατά **6%** μεγαλύτερη σε σχέση με το 2015, ενώ παράλληλα έχει και μεγαλύτερη διαφορά από τον μέσο όρο σε σχέση με το προηγούμενο έτος (περίπου **5%** διαφορά το 2016 έναντι **2%** το 2015). Ο αριθμός αποδοτικών και μη μονάδων φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 8.6.1: Αποδοτικά και Μη Αποδοτικά DMU's

Για το σύνολο των μη αποδοτικών επιχειρήσεων παρατηρείται και πάλι μια αύξηση στο μέσο όρο κατά **5%**, ενώ η μέγιστη τιμή είναι στο **99,01%**, δηλαδή αρκετά κοντά στο αποδοτικό σύνολο(το 2015 ήταν στο **92,84%**). Η διάμεσος είναι αυξημένη κατά περίπου **10%** από το 2015, ενώ διαφέρει και κατά **6%** από τον μέσο όρο(το 2015 η διαφορά αυτή ήταν στο **1%**). Ακολουθεί σχετικός πίνακας.

<i>Μη Αποδοτικά DMU's(n=24)</i>	
<i>Average</i>	59,71%
<i>Minimum</i>	10,24%
<i>Maximum</i>	99,01%
<i>Standard Deviation</i>	0,247939467
<i>Median</i>	65,86%

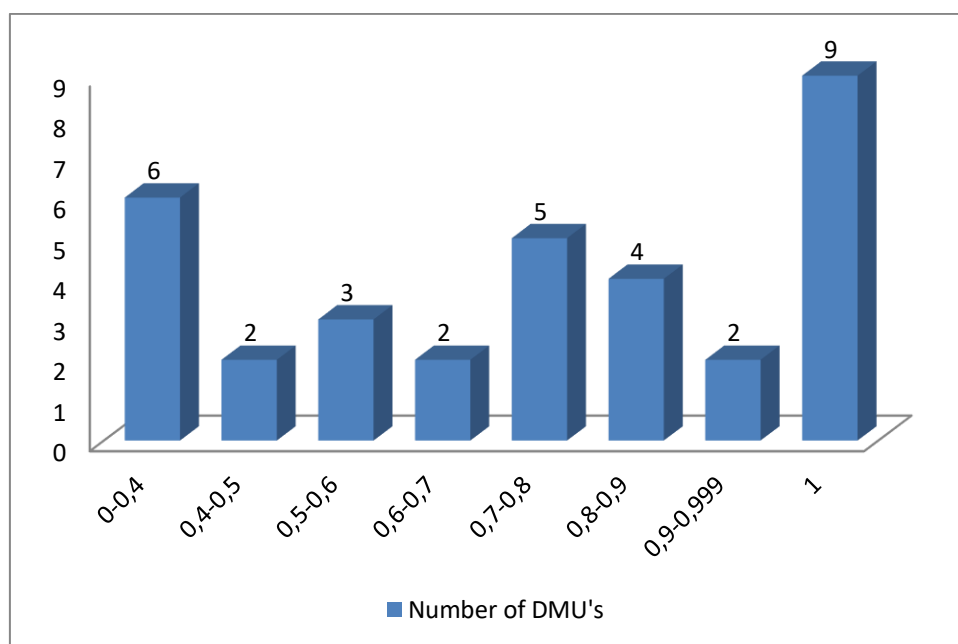
Πίνακας 8.6.8: Μέσοι Όροι Στοιχείων Μη Αποδοτικών Μονάδων

Ακολουθεί τώρα ο πίνακας συχνοτήτων για το 2016.

<i>Efficiency Score</i>	<i>Number of DMU's</i>	<i>Percentage %</i>
0-0,4	6	18,18%
0,4-0,5	2	6,06%
0,5-0,6	3	9,09%
0,6-0,7	2	6,06%
0,7-0,8	5	15,15%
0,8-0,9	4	12,12%
0,9-0,999	2	6,06%
1	9	27,27%
<i>Σύνολο</i>	33	100%

Πίνακας 8.6.9: Πίνακας Συχνοτήτων για τις Αποδοτικότητες

Το προτελευταίο διάστημα, δηλαδή το 0,9-0,999, ορίστηκε έτσι ώστε το άνω όριο να έχει τρία δεκαδικά ψηφία για την καλύτερη κατανομή των μη αποδοτικών μονάδων, καθώς επιχείρηση ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε. παρουσίασε αποδοτικότητα **99,01%**. Σε μορφή ιστογράμματος έχω:



Εικόνα 8.6.2: Ιστογράμμα Αποδοτικότητας - Αριθμού DMU's

Σειρά Κατάταξης των Επιχειρήσεων με βάση την Αποδοτικότητα

Ranking	DMU Name	Score
1	REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	100,00%
1	ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
1	ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
1	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	100,00%
1	ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	100,00%
1	ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%
1	ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	100,00%
1	ΜΠΙΜΠΑΣ Ι.Κ.Ε.	100,00%
1	ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%
2	ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	99,01%
3	ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	90,12%
4	Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	88,26%
5	ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	84,47%
6	ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	83,48%
7	ΚΑΒΑΛΑ ΟΙΛ Α.Ε.	80,14%
8	ΚΑΡΑΠΑΤΗ, ΕΛΕΝΗ, ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	78,83%
9	ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΣΚΑΡΗ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	75,54%
10	ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	74,85%
11	ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	72,62%
12	ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	71,78%
13	ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	68,09%
14	SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	63,63%
15	MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	56,13%
16	ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	53,09%
17	ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	50,28%
18	ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	48,90%
19	ΖΕΡΒΑΚΗΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Ε.	48,14%
20	ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	35,37%
21	ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	34,92%
22	ΑΠΓ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	34,00%
23	ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	18,62%
24	ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	12,48%
25	ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	10,24%

Πίνακας 8.6.10: Σειρά Κατάταξης Μονάδων

Βλέποντας τον αντίστοιχο πίνακα για το 2015, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις τόσο στις θέσεις κατάταξης των επιχειρήσεων όσο και στις τιμές της αποδοτικότητας. Για

παράδειγμα, το 2015 ο *Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.* είχε αποδοτικότητα **37,34%** και καταλάμβανε μόλις την **20^η** θέση, ενώ ένα χρόνο μετά βλέπουμε ότι έχει απόδοση **100%** και βρίσκεται στην **1^η** θέση της κατάταξης, σε ισοβαθμία βέβαια και με τις υπόλοιπες αποδοτικές.

Υποσύνολα Αναφοράς

Οι επιχειρήσεις οι οποίες είναι αποδοτικές όπως έχει εξηγηθεί είναι και αυτές που έχουν μηδενικές τιμές σε όλες τις "χαλαρές" τους μεταβλητές. Προηγουμένως, παρουσιάστηκαν οι επιχειρήσεις με αποδοτικότητα **100%**. Ας εξετάσουμε τώρα για πόσες μη αποδοτικές μονάδες, αποτελεί η κάθε μία αποδοτική επιχείρηση μέτρο σύγκρισης ή αλλιώς *Benchmark*.

<i>DMU Name</i>	<i>Benchmarks</i>
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	12
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	12
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	5
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	1
ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	3
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	14
ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	10
ΜΠΙΜΠΙΑΣ Ι.Κ.Ε.	3
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	3

Πίνακας 8.6.11: Benchmarks

Η εταιρεία *ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.* αποτελεί μονάδα αναφοράς για 14 μη αποδοτικές μονάδες, ενώ αμέσως μετά ακολουθούν οι επιχειρήσεις *REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.* και *ΕΕΚΟΜ Α.Ε.*, οι οποίες αποτελούν μονάδες αναφοράς για 12 μη αποδοτικά DMU's.

Αμέσως μετά σειρά έχει η παρουσίαση των μη αποδοτικών μονάδων, όπου στην στήλη *Benchmark* παρουσιάζονται οι μονάδες αναφοράς μαζί με τους συντελεστές έντασης, οι οποίοι διαφέρουν κάθε φορά ανάλογα με την επιχείρηση που αφορούν. Να σημειωθεί ότι όπως και για το 2015, το άθροισμα των συντελεστών αυτών θα πρέπει να ισούται με την μονάδα καθώς έχουμε υποθέσει μεταβλητές οικονομίες κλίμακας.

<i>DMU Name</i>	<i>Benchmarks</i>
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	13 (0,01) 20 (0,99)
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	12 (0,23) 14 (0,17) 20 (0,60)
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	12 (0,06) 14 (0,01) 20 (0,93)
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	3 (0,29) 10 (0,23) 17 (0,47)
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	17 (0,12) 27 (0,57) 29 (0,30)
ΚΑΒΑΛΑ ΟΙΛ Α.Ε.	12 (0,23) 14 (0,10) 20 (0,67)
ΚΑΡΑΠΑΤΗ, ΕΛΕΝΗ, ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	17 (0,71) 29 (0,29)
ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΣΚΑΡΗ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	3 (0,31) 10 (0,01) 17 (0,68)
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	3 (0,45) 10 (0,31) 20 (0,24)
ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	3 (0,22) 10 (0,20) 17 (0,58)
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	3 (0,58) 10 (0,40) 17 (0,02)
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	3 (0,26) 12 (0,16) 20 (0,58)
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	3 (0,21) 10 (0,52) 17 (0,27)
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	10 (0,59) 20 (0,41)
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	3 (0,00) 17 (0,42) 27 (0,58)
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	10 (0,36) 20 (0,64)
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	12 (0,87) 20 (0,13)
ΖΕΡΒΑΚΗΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Ε.	3 (0,17) 10 (0,20) 17 (0,64)
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	10 (0,73) 20 (0,27)
ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	3 (0,01) 17 (0,54) 27 (0,44)
ΑΠΓ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	17 (1,00)
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	3 (0,04) 10 (0,29) 17 (0,67)
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	3 (0,00) 10 (0,06) 17 (0,93)
ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	17 (0,79) 29 (0,21)

Πίνακας 8.6.12: Στόχοι Μη Αποδοτικών Επιχειρήσεων

Κάθε φορά χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός δύο ή τριών μονάδων αναφοράς για κάθε η αποδοτική επιχείρηση και μάλιστα όπως είχε αναφερθεί οι συντελεστές έντασης διαφέρουν κάθε φορά. Ας δοθεί ένα παράδειγμα δύο επιχειρήσεων με τον ίδιο συνδυασμό τριών μονάδων αναφοράς.

SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	3 (0,21) 10 (0,52) 17 (0,27)
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	3 (0,58) 10 (0,40) 17 (0,02)

Πίνακας 8.6.13: Διαφορά Συντελεστών Βαρύτητας για τις Ίδιες Επιχειρήσεις - Στόχους

Διαπιστώνεται ότι στην *SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.*, εάν η μονάδα 3, που είναι η *REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.*, αποτελεί μονάδα αναφοράς, τότε ο συντελεστής έντασης ισούται με 0,21, ενώ στην εταιρεία *ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.*, για την μονάδα 3 ο συντελεστής έντασης ισούται με 0,58. Όμοια, εάν η μονάδα αναφοράς είναι η υπ' αριθμόν 10, δηλαδή η *ΕΕΚΟΜ Α.Ε.*, τότε στην πρώτη

περίπτωση έχουμε συντελεστή βαρύτητας 0,52, ενώ στην δεύτερη περίπτωση έχουμε συντελεστή 0,40. Σε κάθε μία περίπτωση όμως βλέπουμε ότι οι συντελεστές αθροίζουν στην μονάδα. Ακολουθεί πίνακας με τους αριθμούς αντιστοιχίας για την αναγνώριση των αποδοτικών μονάδων.

<i>DMU Name</i>	<i>Αριθμός Αντιστοιχίας</i>
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	3
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	10
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	12
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	13
ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	14
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	17
ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	20
ΜΠΙΜΠΙΑΣ Ι.Κ.Ε.	27
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	29

Πίνακας 8.6.14: Αριθμοί Αντιστοιχίας

Μελέτη Μη Αποδοτικών Επιχειρήσεων και Στοχοθεσία

Όπως και για το 2015, έτσι και εδώ παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα στοχοθεσίας, μέσω των αποτελεσμάτων της μελέτης. Έχει ειπωθεί, ότι αφού έχει επιλεγθεί προσανατολισμός εισροών, ο 1^{ος} στόχος μπορεί να τεθεί πολλαπλασιάζοντας την τιμή απόδοσης μιας μη αποδοτικής μονάδας με την αρχική τιμή για την συγκεκριμένη εισροή.

Προσοχή

Η θέσπιση του 1^{ου} στόχου με αυτόν τον τρόπο, απαιτεί να γίνει σε απόλυτη συνάρτηση με τον προσανατολισμό μας. Δηλαδή εάν έχω προσανατολισμό εισροών, τότε μπορώ να χρησιμοποιήσω αυτόν τον τρόπο για να θέσω στόχο ως προς κάποια εισροή, ενώ δεν μπορώ να κάνω το αντίστοιχο για κάποια εκροή. Για να θέσω με αυτήν την μέθοδο στόχο για εκροή, απαιτείται η μελέτη να έχει γίνει με προσανατολισμό εκροών.

Ο 2^{ος} στόχος, μπορεί να τεθεί μέσω της πρόσθεσης ή αφαίρεσης της τιμής της "χαλαρής" μεταβλητής για κάποια εκροή ή εισροή αντίστοιχα. Ας δούμε ένα παράδειγμα που αφορά την επιχείρηση *MICROFILL K. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.*.

-	<i>Καθαρά Πάγια</i>	<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	<i>Μικτό Κέρδος</i>
<i>Αρχική Τιμή</i>	6.535.018,00	3.460.754,00	5.105.423,00	3.144.669,00
<i>1^{ος} Στόχος</i>	3.668.105,60	1.942.521,22	-	-
<i>2^{ος} Στόχος</i>	2.176.274,96	-	-	4.662.902,24

Πίνακας 8.6.15: Στοιχοθεσία για την Επιχείρηση MICROFIL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.

Στις τιμές του Μικτού Κέρδους, αφαιρούμε την τιμή **1.500.000,00** που προσθέσαμε και προκύπτει ότι θα πρέπει να αυξηθεί η εκροή αυτή από **1.644.669,00** σε **3.162.902,24**. Όμοια μπορούμε να βρούμε τους στόχους για οποιαδήποτε μη αποδοτική μονάδα επιθυμούμε.

8.7 Scale Efficiency και Οικονομίες Κλίμακας

Όπως για το 2015, έτσι και το 2016 ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία, τα αποτελέσματα της οποίας ακολουθούν ακριβώς από κάτω.

<i>DMU Name</i>	<i>VRS Score</i>	<i>Returns to Scale</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	48,90%	DRS
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	56,13%	DRS
REDPATH ΕΛΛΑΔΑ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	100,00%	CRS
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	63,63%	DRS
ΑΠΓ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	34,00%	IRS
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	18,62%	DRS
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	84,47%	DRS
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	90,12%	DRS
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	74,85%	DRS
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	35,37%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	100,00%	DRS

ΕΛΜΙΝ ΒΩΞΙΤΕΣ Α.Ε.	100,00%	DRS
ΖΕΡΒΑΚΗΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Ε.	48,14%	DRS
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	53,09%	IRS
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%	CRS
ΚΑΒΑΛΑ ΟΙΛ Α.Ε.	80,14%	DRS
ΚΑΡΑΠΑΤΗ, ΕΛΕΝΗ, ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	78,83%	IRS
ΛΑΒΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ & ΛΑΤΟΜΙΚΗ Α.Ε.	100,00%	DRS
ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	34,92%	IRS
ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΣΚΑΡΗ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	75,54%	DRS
ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε.	68,09%	DRS
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	88,26%	DRS
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	83,48%	IRS
ΜΑΡΜΑΡΑ ΘΑΣΟΥ Α.Ε.	72,62%	DRS
ΜΠΙΜΠΙΑΣ Ι.Κ.Ε.	100,00%	CRS
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	50,28%	DRS
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%	CRS
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	99,01%	DRS
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	12,48%	DRS
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	71,78%	DRS
ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.	10,24%	IRS

Πίνακας 8.7.1: Αποδόσεις Κλίμακας των επιχειρήσεων το 2016

Ενώ όσον αφορά τις οικονομίες κλίμακας σε σύνολο 33 επιχειρήσεων:

<i>Economies of Scale</i>	<i>DRS</i>	<i>IRS</i>	<i>CRS</i>
<i>Ποσοστό %</i>	69,70%	18,18%	12,12%
<i>Αριθμός DMU's</i>	23	6	4

Πίνακας 8.7.2: Οικονομίες Κλίμακας Επιχειρήσεων

Παρατηρούνται και πάλι φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας σε αρκετά υψηλό ποσοστό, ενώ όπως και το 2015, οι αύξουσες αποδόσεις κλίμακας έχουν ελαφρώς μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης σε σχέση με τις σταθερές αποδόσεις κλίμακας.

8.8 Αποτελέσματα Έτους 2017

Σε πρώτη φάση, όπως και για τα προηγούμενα έτη, ακολουθούν τα *correlation test*.

-	<i>Καθαρά Πάγια</i>	<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	<i>Μικτό Κέρδος</i>
<i>Καθαρά Πάγια</i>	1.00	0.6720024	0.7035446	0.6291374
<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	0.6720024	1.00	0.9924394	0.5719960
<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	0.7035446	0.9924394	1.00	0.6683464
<i>Μικτό Κέρδος</i>	0.6291374	0.5719960	0.6683464	1.00

Πίνακας 8.8.1: Correlation test για το 2017

Εδώ η συσχέτιση μεταξύ εισροών μεταξύ τους και εκροών μεταξύ τους είναι πάλι σχετικά υψηλή. Ακόμα μεγαλύτερη από τα προηγούμενα έτη, είναι η συσχέτιση μεταξύ κύκλου πωλήσεων και κόστους πωληθέντων αγαθών.

Το έτος 2017, το δείγμα των επιχειρήσεων ήταν ακόμη μικρότερο, ωστόσο ικανοποιείται και πάλι το ελάχιστο κάτω όριο των απαιτούμενων μονάδων. Συγκεκριμένα, από το σύνολο των 81 επιχειρήσεων του κλάδου, μόνο 32 παρουσίασαν στοιχεία για το 2017, ενώ από αυτές οι 22 είχαν πλήρη δεδομένα σε όλες τις απαιτούμενες εισροές και εκροές. Σε αντίθεση με τα έτη 2015 και 2016, το έτος 2017 δεν παρατηρήθηκαν αρνητικές τιμές σε κάποια από τις μεταβλητές εισόδου ή εξόδου, οπότε υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία όσον αφορά την επιλογή του επιθυμητού μοντέλου για την εύρεση της αποδοτικότητας.

Πιο αναλυτικά, ακολουθήθηκε προσανατολισμός εισροών και πάλι, ωστόσο εκτός από την υπόθεση για μεταβλητές οικονομίες κλίμακας, έγινε και η υπόθεση για σταθερές οικονομίες κλίμακας. Συνεπώς, μετρήθηκαν δύο διαφορετικές αποδοτικότητες, μία με βάση τις CRS και μια με βάση τις VRS, και παρακάτω θα

παρουσιαστούν αναλυτικά τα αποτελέσματα της μελέτης. Ακολουθούν κάποια στοιχεία του κλάδου για το 2016.

	<i>Net Fixed Assets{I}</i>	<i>Cost of Goods Sold{I}</i>	<i>Revenues {O}</i>	<i>Gross Profit {O}</i>
<i>Average</i>	62.156.853,27	8.076.776,55	9.811.260,36	1.734.483,82
<i>Minimum</i>	7.025,00	4.739,00	286.136,00	26.846,00
<i>Maximum</i>	979.781.878,00	42.973.000,00	48.157.000,00	7.277.346,00
<i>Standard Deviation</i>	208988847,7	13670266,37	15074437,14	2255607,052

Πίνακας 8.8.2: Μέσοι Όροι Στοιχείων

Οι μεγάλες τιμές στην τυπική απόκλιση οφείλονται και πάλι στο μεγάλο εύρος τιμών των δεδομένων μας, ενώ αν παρατηρηθεί πιο προσεκτικά ο πίνακας, διαπιστώνεται μια αύξηση σε όλες τις τιμές τόσο των εισροών όσο και των εκροών, σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές. Μάλιστα, όπως αναφέρθηκε, καμία επιχείρηση δεν παρουσίασε αρνητικές τιμές στην εκροή του *Μικτού Κέρδους*, σε αντίθεση με τις ενδείξεις την προηγούμενη διετία.

Ας δούμε για την επιχείρηση *Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.* την πορεία των *Καθαρών Παγίων* της σε σχέση με τον υπόλοιπο κλάδο σε βάθος τριετίας.

-	<i>Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.</i>	<i>Υπόλοιπος Κλάδος</i>
2015	681.723.464,00€	389.942.027,00€
2016	909.634.410,00€	123.181.932,00€
2017	979.781.878,00€	387.668.894,00€

Πίνακας 8.8.3: Σύγκριση Ελληνικού Χρυσού Α.Ε. με τον Υπόλοιπο Κλάδο

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές αποδοτικότητας υπό CRS και VRS.

<i>DMU Name</i>	<i>CRS Efficiency Score</i>	<i>VRS Efficiency Score</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	2,20%	100,00%
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	11,72%	64,27%
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	26,09%	72,56%
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	16,42%	58,08%
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	42,53%	92,20%

ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	13,63%	78,24%
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	23,50%	78,19%
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	83,38%	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	13,50%	60,08%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	22,09%	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	1,26%	100,00%
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	53,63%	94,76%
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%	100,00%
ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	37,58%	91,50%
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	29,65%	100,00%
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%	100,00%
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	13,18%	59,32%
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	36,99%	41,58%
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	10,19%	100,00%
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	8,26%	14,42%
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	37,65%	94,17%
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%	100,00%

Πίνακας 8.8.4: CRS και VRS Αποδοτικότητες

Προτού αναλυθούν τα αποτελέσματα, αναμένεται οι τιμές της VRS αποδοτικότητας να είναι μεγαλύτερες της αντίστοιχης CRS. Αυτό ακριβώς επιβεβαιώνεται και μέσα από τον υπολογισμό του μέσου όρου των δεδομένων για κάθε περίπτωση οικονομιών κλίμακας.

-	<i>Περίπτωση CRS</i>	<i>Περίπτωση VRS</i>
<i>Average</i>	35,61%	81,79%
<i>Minimum</i>	1,26%	14,42%
<i>Maximum</i>	100,00%	100,00%
<i>Standard Deviation</i>	0,31379461	0,2298243

Πίνακας 8.8.5: Μέσοι Όροι Στοιχείων για CRS και VRS Αποδοτικότητα

Παρατηρούνται αρκετές και σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο περιπτώσεων. Η διαφορά στον μέσο όρο αγγίζει το **45%**, ενώ ταυτόχρονα στην περίπτωση Μεταβλητών Αποδόσεων Κλίμακας, έχουμε και αισθητά μικρότερη τυπική απόκλιση. Υπάρχουν σοβαρές μεταβολές στις αποδοτικότητες και μάλιστα επιχειρήσεις που υπό CRS είχαν πολύ μικρή απόδοση, υπό την εφαρμογή των VRS ήταν αποδοτικές (δηλαδή απόδοση **100%**). Ακολουθεί παράδειγμα.

-	<i>CRS Efficiency</i>	<i>VRS Efficiency</i>
<i>Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.</i>	1,26%	100,00%

Πίνακας 8.8.6: Σύγκριση Αποδοτικότητας Ελληνικού Χρυσού μεταξύ CRS και VRS

Στις περισσότερες επιχειρήσεις παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των δύο διαφορετικών περιπτώσεων, ωστόσο την μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζει ο *Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.*, όπου ενώ για την CRS περίπτωση έχει την πιο μικρή απόδοση, εάν θεωρήσουμε VRS η απόδοση γίνεται 100%. Οι αποδοτικές επιχειρήσεις υπό σταθερές και μεταβλητές οικονομίες κλίμακας δεν είναι οι ίδιες. Στην VRS περίπτωση έχουμε περισσότερες αποδοτικές μονάδες. Ας δούμε τις δύο αυτές περιπτώσεις.

<i>DMU Name</i>	<i>CRS Efficiency Score</i>
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%

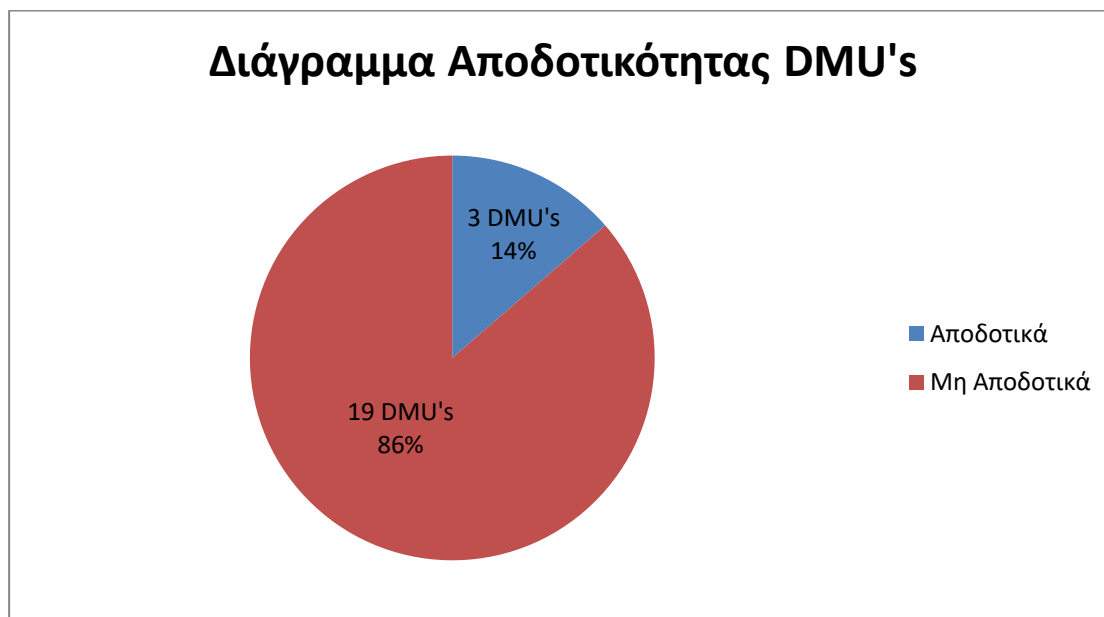
Πίνακας 8.8.7: Αποδοτικές Επιχειρήσεις με βάση την CRS

<i>DMU Name</i>	<i>VRS Efficiency Score</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	100,00%
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	100,00%
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	100,00%
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%

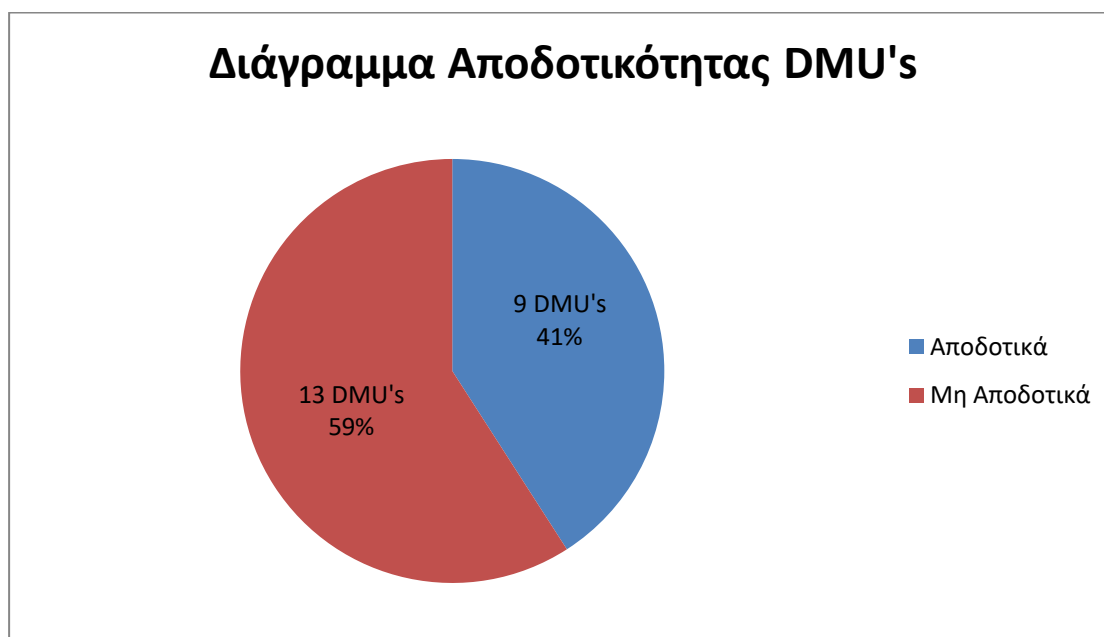
Πίνακας 8.8.8: Αποδοτικές Επιχειρήσεις με βάση την VRS

Στην πρώτη περίπτωση έχουμε 3 αποδοτικές επιχειρήσεις, ενώ στην δεύτερη περίπτωση έχουμε τις τρεις επιχειρήσεις που ήταν αποδοτικές υπό CRS και επιπλέον άλλες 6 επιχειρήσεις, άρα συνολικά έχουμε 9 αποδοτικές επιχειρήσεις.

Ακολουθούν κυκλικά διαγράμματα που δείχνουν την κατανομή των αποδοτικών και μη αποδοτικών μονάδων ανάλογα με την υπόθεση οικονομιών κλίμακας.



Εικόνα 8.8.1: Αποδοτικές Επιχειρήσεις με βάση την CRS



Εικόνα 8.8.2: Αποδοτικές Επιχειρήσεις με βάση την VRS

Εύκολα παρατηρείται η διαφορά στον αριθμό των αποδοτικών μονάδων για τις δύο διαφορετικές υποθέσεις. Η διαφορά αγγίζει σε μορφή ποσοστού το **30%**.

Μια μελέτη για τα μη αποδοτικά DMU's είναι η ακόλουθη:

<i>Μη Αποδοτικά DMU's(n=19) για CRS Υπόθεση</i>	
<i>Average</i>	25,44%
<i>Minimum</i>	1,26%
<i>Maximum</i>	83,38%
<i>Standard Deviation</i>	0,195491516
<i>Median</i>	22,09%
<i>Μη Αποδοτικά DMU's(n=13) για VRS Υπόθεση</i>	
<i>Average</i>	69,18%
<i>Minimum</i>	14,42%
<i>Maximum</i>	94,76%
<i>Standard Deviation</i>	0,233976363
<i>Median</i>	72,56%

Πίνακας 8.8.9: Μέσοι Όροι Στοιχείων Μη Αποδοτικών DMU's

Στο σημείο αυτό, θα παρουσιαστούν οι πίνακες συχνοτήτων για τις δύο διαφορετικές υποθέσεις καθώς και τα αντίστοιχα ιστογράμματα αμέσως μετά.

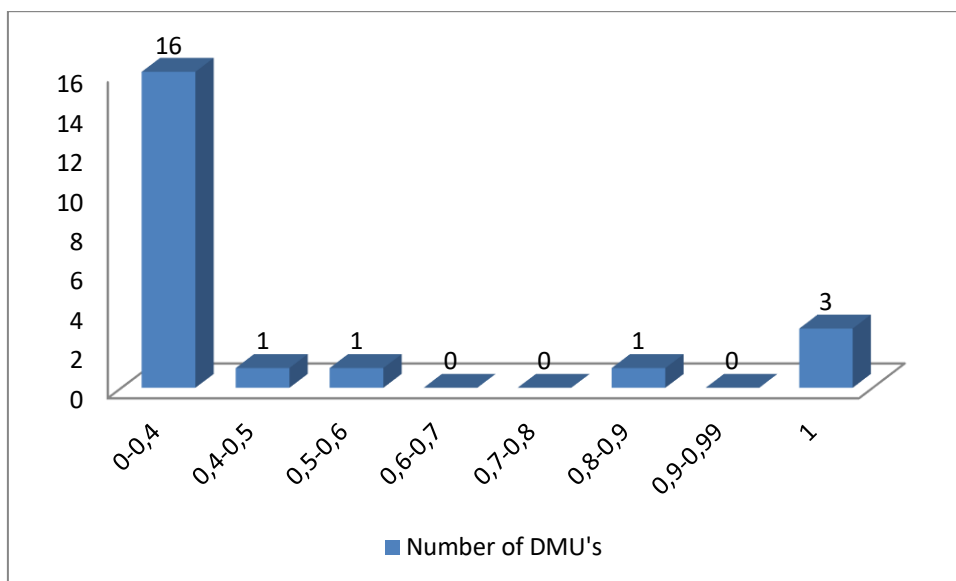
<i>CRS Efficiency Score</i>	<i>Number of DMU's</i>	<i>Percentage %</i>
0-0,4	16	72,73%
0,4-0,5	1	4,55%
0,5-0,6	1	4,55%
0,6-0,7	0	0%
0,7-0,8	0	0%
0,8-0,9	1	4,55%
0,9-0,99	0	0%
1	3	13,64%
Σύνολο	22	100%

Πίνακας 8.8.10: Πίνακας Συχνοτήτων για την CRS

<i>VRS Efficiency Score</i>	<i>Number of DMU's</i>	<i>Percentage %</i>
0-0,4	1	4,55%
0,4-0,5	1	4,55%
0,5-0,6	2	9,09%
0,6-0,7	2	9,09%
0,7-0,8	3	13,64%
0,8-0,9	0	0%
0,9-0,99	4	18,18%
1	9	40,91%
Σύνολο	22	100%

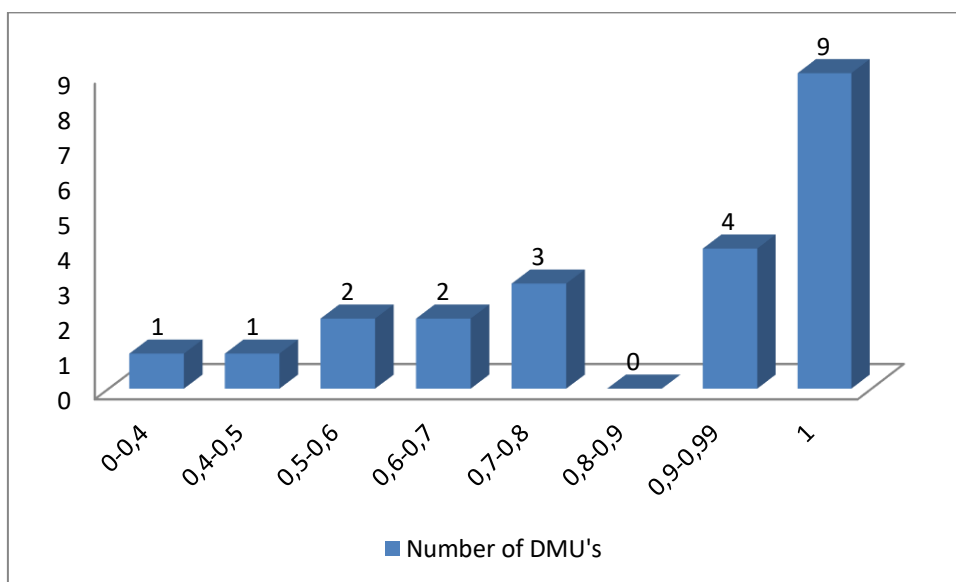
Πίνακας 8.8.11: Πίνακας Συχνοτήτων για την VRS

Και τα αντίστοιχα ιστογράμματα για τους παραπάνω πίνακες συχνοτήτων. Πρώτα για σταθερές αποδόσεις κλίμακας και ακολούθως για μεταβλητές αποδόσεις κλίμακας.



Εικόνα 8.8.3: Ιστόγραμμα για CRS

Οι περισσότερες μονάδες στην υπόθεση CRS έχουν αποδοτικότητα κάτω του **40%**, ενώ ενδιάμεσα από **40%** και **90%** δεν συναντούμε πολλές μονάδες.



Εικόνα 8.8.4: Ιστόγραμμα για VRS

Αντίθετα, στην VRS περίπτωση συναντώνται οι περισσότερες μονάδες στην τελευταία στήλη, δηλαδή με αποδοτικότητα 1, ενώ μόλις 1 έχει απόδοση κάτω του 40%. Παρατηρούνται αρκετά μεγάλες μεταβολές τόσο στις αποδοτικότητες, όσο και στο εύρος τιμών και την κατανομή στην οποία ανήκουν κάθε φορά οι μονάδες.

Σειρά Κατάταξης των Επιχειρήσεων με βάση την CRS Αποδοτικότητα

Ranking	DMU Name	Efficiency Score
1	ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%
1	ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%
1	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%
2	ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	83,38%
3	ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	53,63%
4	ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	42,53%
5	ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	37,65%
6	ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	37,58%
7	ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	36,99%
8	Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	29,65%
9	SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	26,09%
10	ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	23,50%
11	ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	22,09%
12	ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	16,42%
13	ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	13,63%
14	ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	13,50%
15	ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	13,18%
16	MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	11,72%
17	ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	10,19%
18	ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	8,26%
19	ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	2,20%
20	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	1,26%

Πίνακας 8.8.12: Κατάταξη με βάση την CRS

Σειρά Κατάταξης των Επιχειρήσεων με βάση την VRS Αποδοτικότητα

<i>Ranking</i>	<i>DMU Name</i>	<i>Efficiency Score</i>
<i>1</i>	ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%
<i>1</i>	Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%
<i>2</i>	ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	94,76%
<i>3</i>	ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	94,17%
<i>4</i>	ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	92,20%
<i>5</i>	ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	91,50%
<i>6</i>	ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	78,24%
<i>7</i>	ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	78,19%
<i>8</i>	SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	72,56%
<i>9</i>	MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	64,27%
<i>10</i>	ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	60,08%
<i>11</i>	ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	59,32%
<i>12</i>	ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	58,08%
<i>13</i>	ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	41,58%
<i>14</i>	ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	14,42%

Πίνακας 8.8.13: Κατάταξη με βάση την VRS

Κάνοντας διαφορετική υπόθεση Αποδόσεων Κλίμακας υπάρχει, όπως είναι λογικό, και διαφορετική κατάταξη των μονάδων.

Υποσύνολα Αναφοράς

Κάνοντας ανάλυση ίδια με αυτή των προηγούμενων ετών, θα παρουσιαστούν σε αυτό το σημείο οι μονάδες αναφοράς του δείγματος, αλλά και τα υποσύνολα αναφοράς για τις μη αποδοτικές μονάδες. Η παρουσίαση θα γίνει μόνο για την περίπτωση των Μεταβλητών Αποδόσεων Κλίμακας, που είναι και η περίπτωση που μελετήθηκε και για τα έτη του 2015 και 2016.

<i>DMU Name</i>	<i>Benchmarks</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	1
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	6
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	1
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	0
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	8
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	11
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	2
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	3
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ Ι.Κ.Ε.	4

Πίνακας 8.8.14: Benchmarks

Όπως είναι εμφανές, τις περισσότερες εμφανίσεις σαν μονάδα αναφοράς τις έχει η *Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.*, ενώ αμέσως μετά ακολουθεί η επιχείρηση *ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.*. Ο *ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.*.

Σειρά τώρα έχουν οι μη αποδοτικές μονάδες και τα υποσύνολα αναφοράς τους μαζί με τους συντελεστές έντασης.

<i>DMU Name</i>	<i>Benchmarks</i>
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	13 (0,47) 16 (0,53)
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	15 (0,08) 22 (0,92)
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	13 (0,53) 15 (0,04) 22 (0,43)
ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	13 (0,84) 15 (0,04) 22 (0,12)
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	1 (0,02) 10 (0,15) 15 (0,82)
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	8 (0,17) 13 (0,61) 15 (0,22)
ΣΙΒΕΛΚΟ ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	13 (0,72) 15 (0,09) 22 (0,19)
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	8 (0,72) 15 (0,17) 19 (0,11)
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	8 (0,67) 15 (0,27) 19 (0,06)
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	8 (0,53) 15 (0,38) 19 (0,09)
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	8 (0,41) 13 (0,49) 15 (0,10)
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	13 (0,69) 16 (0,31)

ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	8 (0,05) 13 (0,95) 15 (0,00)
----------------	------------------------------

Πίνακας 8.8.15: Επιχειρήσεις Στόχοι για τις Μη Αποδοτικές

Οι περισσότεροι συνδυασμοί περιλαμβάνουν 3 αποδοτικές μονάδες, καθεμία από τις οποίες, παρουσιάζει όπως είναι λογικό διαφορετικούς συντελεστές έντασης, οι οποίοι κάθε φορά έχουν άθροισμα ίσο με 1.

Οι αριθμοί αντιστοιχίας για την αναγνώριση των παραπάνω υποσυνόλων αναφοράς είναι οι ακόλουθοι.

<i>DMU Name</i>	<i>Αριθμός Αντιστοιχίας</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	1
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	8
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	10
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	11
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	13
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	15
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	16
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	19
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ Ι.Κ.Ε.	22

Πίνακας 8.8.16: Αριθμοί Αντιστοιχίας

Μελέτη Μη Αποδοτικών Επιχειρήσεων και Στοχοθεσία

Το πιο σημαντικό σκέλος μιας έρευνας αποδοτικότητας επιχειρήσεων, αποτελεί το να βρεθούν οι στόχοι εκείνοι οι οποίοι θα οδηγήσουν την επιχείρηση στο αποδοτικό σύνορο. Ας παρουσιάσουμε λοιπόν, ένα παράδειγμα στοχοθεσίας. Μας ενδιαφέρει και πάλι η περίπτωση των VRS.

Η στοχοθεσία που ακολουθεί αφορά την επιχείρηση *SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.*.

-	<i>Καθαρά Πάγια</i>	<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	<i>Μικτό Κέρδος</i>
<i>Αρχική Τιμή</i>	828.702,00	1.178.691,00	1.663.881,00	485.191,00
<i>1^{ος} Στόχος</i>	601.306,17	855.258,19	-	-
<i>2^{ος} Στόχος</i>	-	-	-	808.604,48

Πίνακας 8.8.17: Στοχοθεσία για την *SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.*

Ας δούμε άλλο ένα παράδειγμα που αφορά την επιχείρηση ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε..

-	<i>Καθαρά Πάγια</i>	<i>Κόστος Πωληθέντων</i>	<i>Κύκλος Πωλήσεων</i>	<i>Μικτό Κέρδος</i>
<i>Αρχική Τιμή</i>	555.499,00	1.748.802,00	2.064.219,00	315.417,00
<i>1^{ος} Στόχος</i>	523.113,00	1.646.846,84	-	-
<i>2^{ος} Στόχος</i>	-	1.417.323,38	-	646.969,26

Πίνακας 8.8.18: Στοχοθεσία για την ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.

Με ακριβώς τον ίδιο τρόπο, βρίσκουμε στόχους για όλες τις υπόλοιπες μη αποδοτικές μονάδες.

8.9 Scale Efficiency και Οικονομίες Κλίμακας

Το 2017 υπάρχουν στην ανάλυση 22 επιχειρήσεις. Το συγκεκριμένο έτος, η εκροή του *Μικτού Κέρδους* δεν εμφανίζει κάποια αρνητική τιμή, οπότε είναι δυνατό να υπολογιστούν και άλλες μορφές αποδοτικότητας εκτός της VRS. Για την συγκεκριμένη ανάλυση, υπολογίσθηκαν οι CRS, VRS και NIRS αποδοτικότητες. Συγκεκριμένα, εάν η τιμή της CRS είναι ίση με αυτή της VRS, τότε η μονάδα λειτουργεί υπό σταθερές αποδόσεις κλίμακας. Εάν η VRS είναι ίση με την NIRS, τότε η μονάδα θα λειτουργεί υπό φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας. Τέλος, στην περίπτωση που η VRS αποδοτικότητα είναι διάφορη της NIRS, τότε η μονάδα λειτουργεί υπό αύξουσες αποδόσεις κλίμακας (Jarzėbowski, 2014). Παράλληλα, υπολογίσθηκε και η *scale efficiency*, από το πηλίκο της CRS προς την VRS αποδοτικότητα. Να σημειωθεί, πως η υπόθεση NIRS προκύπτει εάν αντί για τον περιορισμό $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, υπάρχει ο περιορισμός $\sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$ (Ramanathan, 2003). Ακολουθεί ο πίνακας που περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα μεγέθη.

<i>DMU Name</i>	<i>CRS Score</i>	<i>VRS Score</i>	<i>NIRS Score</i>	<i>Scale Efficiency</i>	<i>Returns to Scale</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	2,20%	100,00%	100,00%	2,20%	DRS
MICROFILL Κ.	11,72%	64,27%	64,27%	18,24%	DRS

ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.					
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	26,09%	72,56%	72,56%	35,96%	DRS
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	16,42%	58,08%	58,08%	28,27%	DRS
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	42,53%	92,20%	92,20%	46,13%	DRS
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	13,63%	78,24%	78,24%	17,42%	DRS
ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗ, ΑΦΟΙ, Α.Β.Ε.Ε.Ε.	23,50%	78,19%	78,19%	30,05%	DRS
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	83,38%	100,00%	100,00%	83,38%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	13,50%	60,08%	60,08%	22,47%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	22,09%	100,00%	100,00%	22,09%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	1,26%	100,00%	100,00%	1,26%	DRS
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	53,63%	94,76%	53,63%	56,60%	IRS
ΙΩΑΝΝΟΥ, Α., & ΣΙΑ Ε.Π.Ε.	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	CRS
ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΒΩΛΑΚΑ ΓΟΥΡΛΗΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ι.Κ.Ε.	37,58%	91,50%	91,50%	41,07%	DRS
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	29,65%	100,00%	100,00%	29,65%	DRS
ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΟΞΑΤΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	CRS
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	13,18%	59,32%	59,32%	22,22%	DRS
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	36,99%	41,58%	36,99%	88,96%	IRS
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	10,19%	100,00%	100,00%	10,19%	DRS
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	8,26%	14,42%	14,42%	57,28%	DRS
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	37,65%	94,17%	94,17%	39,98%	DRS
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ Ι.Κ.Ε.	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	CRS

Πίνακας 8.9.1: Αποδοτικότητα και Αποδόσεις Κλίμακας

Επίσης οι μέσοι όροι είναι:

<i>CRS Score</i>	<i>VRS Score</i>	<i>NIRS Score</i>	<i>Scale Score</i>
35,61%	81,79%	79,71%	43,34%

Πίνακας 8.9.2: Μέσοι όροι αποδοτικότητας

Ενώ για τις Οικονομίες Κλίμακας κάθε μονάδας ισχύει:

<i>Economies of Scale</i>	<i>DRS</i>	<i>IRS</i>	<i>CRS</i>
<i>Ποσοστό %</i>	77,27%	9,09%	13,64%
<i>Αριθμός DMU's</i>	17	2	3

Πίνακας 8.9.3: Αποδόσεις Κλίμακας των Επιχειρήσεων

Και το 2017 το μεγαλύτερο ποσοστό των επιχειρήσεων λειτουργεί υπό Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας.

Εδώ ολοκληρώνεται η μελέτη και του έτους 2017 και στη συνέχεια ακολουθεί μια συγκριτική μελέτη των επιχειρήσεων στον άξονα του χρόνου.

8.10 Συγκριτική Μελέτη στον Άξονα του Χρόνου

Για τις επιχειρήσεις που λειτουργούσαν κάθε έτος από το 2015 έως και το 2017, έγινε μια ανάλυση, με την βοήθεια της οποίας διαπιστώνεται το ποιές έχουν βελτιώσει την απόδοσή τους και γενικά το τι πορεία ακολούθησαν. Οι επιχειρήσεις που εμφάνισαν τα απαραίτητα στοιχεία για την σύγκριση αυτή, ήταν 17. Παρακάτω παρουσιάζονται οι 17 αυτές επιχειρήσεις, καθώς επίσης και η VRS αποδοτικότητά τους για κάθε έτος.

<i>DMU Name</i>	<i>Year 2015</i>	<i>Year 2016</i>	<i>Year2017</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	43,89%	48,90%	100,00%
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	62,22%	56,13%	64,27%
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	62,09%	63,63%	72,56%
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	12,87%	18,62%	58,08%
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	77,33%	84,47%	92,20%
ΔΕΛΦΟΙ -	92,84%	90,12%	78,24%

ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.			
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%	100,00%	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	44,44%	35,37%	60,08%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%	100,00%	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	37,34%	100,00%	100,00%
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	100,00%	53,09%	94,76%
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	100,00%	88,26%	100,00%
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	55,61%	50,28%	59,32%
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	100,00%	100,00%	41,58%
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	100,00%	99,01%	100,00%
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	44,80%	12,48%	14,42%
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	78,66%	71,78%	94,17%

Πίνακας 8.10.1: Αποδοτικότητες Επιχειρήσεων στην Τριετία

Ενδιαφέρον έχει να παρουσιαστεί ο μέσος όρος της αποδοτικότητας κάθε μιας από αυτές τις μονάδες, καθώς επίσης και η μέγιστη και ελάχιστη τιμή. Ακολουθεί σχετικός πίνακας.

<i>DMU Name</i>	<i>Average DMU Efficiency</i>	<i>Minimum DMU Efficiency</i>	<i>Maximum DMU Efficiency</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	64,26%	43,89%	100,00%
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	60,87%	56,13%	64,27%
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	66,09%	62,09%	72,56%
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	29,86%	12,87%	58,08%
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	84,67%	77,33%	92,20%
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	87,07%	78,24%	92,84%
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%	100,00%	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ	46,63%	35,37%	60,08%

ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.			
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%	100,00%	100,00%
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	79,11%	37,34%	100,00%
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	82,62%	53,09%	100,00%
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	96,09%	88,26%	100,00%
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	55,07%	50,28%	59,32%
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	80,53%	41,58%	100,00%
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	99,67%	99,01%	100,00%
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	23,90%	12,48%	44,80%
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	81,54%	71,78%	94,17%

Πίνακας 8.10.2: Μέσοι Όροι Επιχειρήσεων

Στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται τα ονόματα των μονάδων, ενώ στην δεύτερη στήλη εμφανίζονται οι μέσοι όροι των αποδοτικότητας, οι οποίοι προκύπτουν από τις τιμές για κάθε έτος, για κάθε μονάδα. Η τρίτη και η τέταρτη στήλη παρουσιάζουν τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές για κάθε μονάδα στην τριετία. Από τις 17 επιχειρήσεις οι οποίες λειτουργούσαν σε όλη την τριετία, η κατάταξή τους με βάση τον μέσο όρο της αποδοτικότητας είναι η ακόλουθη.

<i>Ranking</i>	<i>DMU Name</i>	<i>Average DMU Efficiency</i>
<i>1</i>	ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	100,00%
<i>1</i>	ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	100,00%
<i>2</i>	ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	99,67%
<i>3</i>	Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	96,09%
<i>4</i>	ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	87,07%
<i>5</i>	ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	84,67%
<i>6</i>	ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	82,62%
<i>7</i>	ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	81,54%
<i>8</i>	ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	80,53%

9	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	79,11%
10	SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	66,09%
11	ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	64,26%
12	MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	60,87%
13	ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	55,07%
14	ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	46,63%
15	ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	29,86%
16	ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	23,90%

Πίνακας 8.10.3: Κατάταξη Τριετίας

Οι επιχειρήσεις *EEKOM A.E.* και *ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.* παρέμειναν αποδοτικές και τα τρία χρόνια, συνεπώς η μέση τιμή της απόδοσής τους ήταν **100%**.

Παρατηρήσεις

- Σε γενικές γραμμές, οι περισσότερες επιχειρήσεις, εμφάνισαν την μέγιστη τιμή της απόδοσής τους κατά το έτος 2017. Συγκεκριμένα 13 από τις 17 επιχειρήσεις, είχαν την μέγιστή τους τιμή το 2017(συμπεριλαμβανομένου και αυτών που ήταν αποδοτικές όλη την τριετία).
- Μεγαλύτερη μεταβολή παρουσίασε η *ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.*, η οποία από **37,34%** το 2015, ανέβηκε στο **100%** το 2016 και παρέμεινε στο **100%** το 2017. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί εύκολα, απλά παρατηρώντας τις τιμές της εκροής του *Μικτού Κέρδους* κατά τα έτη αυτά. Από **-9.245.258,00€** το 2015, ανήρθε στα **7.499.035,00€** το 2016 και το 2017 είχε τιμή ίση με **7.277.346,00€**.
- Η *ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.* παρουσίασε αύξηση στην απόδοσή της από το **48,90%** το 2016 στο **100%** το 2017.
- Την μεγαλύτερη μείωση στην αποδοτικότητα, παρουσίασε η *ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΑΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.*, η οποία από **100%** που είχε κατά την διετία 2015 και 2016, έπεσε στο **41,58%** το 2017.

Ενδιαφέρον έχουν και κάποια μεγέθη που αφορούν ετήσιες μετρήσεις. Δηλαδή μετρήσεις που αφορούν το σύνολο των επιχειρήσεων για κάθε έτος ξεχωριστά.

-	<i>Year 2015</i>	<i>Year 2016</i>	<i>Year 2017</i>
<i>Average Annual Efficiency</i>	71,30%	68,95%	78,22%
<i>Minimum Annual Efficiency</i>	12,87%	12,48%	14,42%
<i>Maximum Annual Efficiency</i>	100,00%	100,00%	100,00%

Πίνακας 8.10.4: Μέσοι Όροι Στοιχείων του Κλάδου

Όπως είναι προφανές, η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάζεται κατά το έτος 2017 με **78,22%**, ενώ αμέσως μετά ακολουθεί το 2015 με τιμή **71,30%**. Το 2016 είχαμε την χαμηλότερη τιμή μέση αποδοτικότητα με **68,95%**. Οι μέγιστες τιμές ήταν για κάθε έτος 100% και παρουσιάστηκαν από διάφορες επιχειρήσεις όπως υποδεικνύουν και οι προηγούμενοι πίνακες. Η ελάχιστη τιμή για το 2015 σημειώθηκε από την επιχείρηση *ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.* και ήταν **12,87%**, ενώ για τα έτη 2016 και 2017 η επιχείρηση *ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.* παρουσίασε τις χαμηλότερες αποδοτικότητες με τιμές **12,48%** και **14,42%** αντίστοιχα.

8.11 Ανάλυση του Malmquist Productivity Index (MPI)

Η μαθηματική διατύπωση του δείκτη αυτού έχει δοθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο με σχετικό τίτλο. Στο σημείο αυτό, θα αναλυθούν τα αποτελέσματα του δείκτη αυτού για τις επιχειρήσεις του κλάδου το διάστημα από το 2015 μέχρι και το 2017. Να τονιστεί ότι 17 επιχειρήσεις λειτουργούσαν καθόλη την διάρκεια της τριετίας και είναι και αυτές οι οποίες έχουν συμπεριληφθεί στη μελέτη.

Στόχος είναι να μελετηθεί η μεταβολή στην αποδοτικότητα και παραγωγικότητα των επιχειρήσεων αυτών, πράγμα που επιτυγχάνεται μέσα από την χρήση του MPI. Ο δείκτης παραγωγικότητας Malmquist, έχει στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται στην διαδικασία μέτρησης της απόδοσης, όπως είναι:

- Μεταβολές στην τεχνική αποδοτικότητα
- Μεταβολές στην τεχνολογία
- Μεταβολές στην καθαρή τεχνική αποδοτικότητα
- Μεταβολές στην αποδοτικότητα κλίμακας
- Μεταβολές στον Total Factor Productivity (TFP)

Μέσα από την ανάλυση αυτή θα διαπιστωθεί το πόσες και ποιές επιχειρήσεις, κατέγραψαν βελτίωση όσον αφορά τις μεταβολές στα παραπάνω είδη αποδοτικότητας. Παράλληλα, ο TFP, παρέχει πληροφορίες για όλους τους παράγοντες που αφορούν την διαδικασία παραγωγής. Αναλύοντάς τον για μια μία δεδομένη χρονική περίοδο και εξετάζοντας τις μεταβολές που παρουσιάζει στο χρόνο, έχει σαν αποτέλεσμα την εξαγωγή χρήσιμων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Ο TFP περιλαμβάνει τα δύο βασικά στοιχεία που απαιτούνται για να παρθούν αποφάσεις σχετικά με την εξέλιξη των επιχειρήσεων. Αυτά είναι οι μεταβολές στην τεχνική αποδοτικότητα και η μεταβολή στο τεχνολογικό επίπεδο.

Μέσα από την εφαρμογή της μη παραμετρικής προσέγγισης του δείκτη Malmquist, η έρευνα επιθυμεί να καλύψει χρονικό διάστημα τριών χρόνων.

Σημείωση

Μέσα από την εφαρμογή της μεθόδου αυτής, εξετάζονται οι μεταβολές της αποδοτικότητας που οφείλονται σε βελτιώσεις στον τρόπο διοίκησης, αφορά την καθαρή τεχνική αποδοτικότητα(δηλαδή που προκύπτει μέσω της VRS υπόθεσης), ή και σε μεταβολές που αφορούν το απαιτούμενο μέγεθος της επιχείρησης, που αφορά βέβαια την αποδοτικότητα κλίμακας.

8.11.1 Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εν λόγω ανάλυση, προέρχονται από τα αντίστοιχα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του κάθε έτους ξεχωριστά. Οι τιμές των μεταβλητών εισόδου και εξόδου, δηλαδή του *Κύκλου Πωλήσεων*, του *Κόστους Πωληθέντων Αγαθών* και των *Καθαρών Παγίων*, είναι σε χρηματικές μονάδες, δηλαδή εμπεριέχεται μέσα τους η τιμή του πληθωρισμού για το κάθε έτος. Για την επιστημονική ορθότητα της έρευνας, απαιτείται να αποπληθωριστούν οι τιμές αυτές, δηλαδή να εξομοιωθούν οι όποιες διαφορές υπάρχουν μεταξύ τους λόγω του πληθωρισμού κάθε έτους. Σαν έτος βάσης επιλέχθηκε το 2015, οπότε οι τιμές του 2016 και 2017 μεταφράστηκαν με βάση αυτό το έτος.

Για την διαδικασία αυτή, χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Τιμών Καταναλωτή(ΔΤΚ), ο οποίος βρέθηκε σε σχετικό αρχείο Excel της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής. Ο ΔΤΚ, αποτελεί το βασικό μέσο με τη βοήθεια του οποίου ένας αναλυτής μπορεί να

υλοποιήσει αυτή τη διαδικασία. Ακολουθεί σχετικός πίνακας που παρουσιάζει τους ΔTK των ετών 2015,2016 και 2017 και τις διαφορές του καθενός από τον προηγούμενο.

-	<i>Μέσος Ετήσιος ΔTK</i>	<i>Μεταβολή %</i>
2015	105,521	-
2016	104,649	-0,8
2017	105,823	1,1

Πίνακας 8.11.1.1: Τιμές και Μεταβολές Δείκτη Τιμών Καταναλωτή(ΔTK)
Πηγή: ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ

Το 2016, υπήρξε μείωση κατά 0,8% από το 2015, ενώ το 2017 παρουσιάστηκε αύξηση κατά 1,1% σε σχέση με το 2016.

Για την μετατροπή των τιμών του 2016 και 2017, θεωρήθηκε σαν έτος βάσης το 2015, οπότε δημιουργήθηκε και ένας νοητός ΔTK ίσος με 100, ώστε να δούμε τις μεταβολές των άλλων δύο ετών σε σχέση με αυτών. Ισχύει λοιπόν:

<i>Nominal Values</i>	<i>ΔTK</i>	<i>Προσαρμοσμένος ΔTK</i>	<i>Real Values</i>
<i>NV_2015</i>	105,521	100,00	<i>RV_2015</i>
<i>NV_2016</i>	104,649	99,17	<i>RV_2016</i>
<i>NV_2017</i>	105,823	100,28	<i>RV_2017</i>

Πίνακας 8.11.1.2: Προσαρμοσμένος ΔTK

Για την εύρεση των *Real Values*, χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$\text{Real Values} = \frac{\text{Nominal Values}}{\text{Προσαρμοσμένος ΔTK}/100}$$

Οι τιμές (*Real Values*) δηλαδή, προκύπτουν μέσω διαίρεσης των τιμών που υπάρχουν στα δεδομένα (*Nominal Values*), με τον Προσαρμοσμένο ΔTK σε δεκαδική μορφή (διααιρεμένο δηλαδή με το 100). Να τονιστεί ότι αφού έχει θεωρηθεί το έτος 2015 σαν έτος βάσης, οι τιμές δεν παρουσιάζουν καμία μεταβολή, καθώς γίνεται διαίρεση με την μονάδα. Αντίθετα, για το **2016**, οι τιμές προκύπτουν μέσω διαίρεσης με το **0,9917**, ενώ για το **2017** μέσω διαίρεσης με το **1,0028**.

Έτσι προέκυψαν οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση, για την οποία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα DEAP.

Για όλα τα ακόλουθα αποτελέσματα, θεωρήθηκε ότι οι τιμές μεγαλύτερες της μονάδας υποδηλώνουν βελτίωση και εξέλιξη της επιχείρησης, ενώ οι τιμές μικρότερες της μονάδας, υποδηλώνουν επιδείνωση της κατάστασης της επιχείρησης. Ανάλογα, τιμές ίσες με την μονάδα, υποδηλώνουν ότι δεν υπήρξε καμία μεταβολή, ούτε βελτίωση ούτε επιδείνωση, στις εν λόγω επιχειρήσεις.

8.11.2 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Ακολουθούν πίνακες που παρουσιάζουν την CRS αποδοτικότητα σε σχέση με το τεχνολογικό επίπεδο για κάθε έτος. Επίσης, απεικονίζεται και για κάθε έτος η τιμή της VRS αποδοτικότητας για το προς ανάλυση έτος, καθώς και οι μέσοι όροι για τα δεδομένα αυτά.

Για $t = 2015$:

<i>DMU Name</i>	<i>CRS in t</i>	<i>CRS in t+1</i>	<i>VRS in t</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	0.094	0.071	0.802
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	0.456	0.378	0.771
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	0.713	0.637	0.744
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	0.222	0.176	0.222
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	0.959	1.065	1.000
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	0.539	0.476	0.928
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	1.000	0.824	1.000
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	0.394	0.336	0.575
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	0.634	0.594	1.000
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	0.044	0.033	0.718
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	0.562	0.472	1.000
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	0.845	0.791	1.000

ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	0.449	0.381	0.710
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	1.000	11.774	1.000
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	0.341	0.265	1.000
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	0.305	0.228	0.448
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	0.859	1.347	1.000
Mean	0.554	1.167	0.819

Πίνακας 8.11.2.1: Αποτελέσματα Malmquist με βάση το 2015

Αναλύοντας τα δεδομένα παρατηρούμε μια ακραία περίπτωση για την επιχείρηση ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε., όπου για την ανάλυση στο 2015, προβλέπεται στο μέλλον και συγκεκριμένα στο 2016 να έχει μία πολύ μεγάλη τιμή αποδοτικότητας και συγκεκριμένα 11.774. Το μεγάλο αυτό εύρος που βρέθηκε, δεν έχει παρατηρηθεί πουθενά στην βιβλιογραφία που μελετήθηκε και αποτελεί σημείο άξιο αναφοράς. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι τιμές της επιχείρησης για την οποία εμφανίζεται αυτή η τόσο μεγάλη τιμή (σε *real values*). Οι τιμές των μεταβλητών, αυξήθηκαν σε πολύ μεγάλο βαθμό στο βάθος της τριετίας.

ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	Καθαρά πάγια	Κόστος Πωληθέντων Αγαθών	Κύκλος Πωλήσεων
2015	950	47.470	52.900
2016	13.536	29.266	30.020
2017	100.343	348.996	381.678

Πίνακας 8.11.2.2: Σύγκριση Επιχείρησης σε βάθος Χρόνου

Για $t = 2016$:

DMU Name	CRS in $t-1$	CRS in t	CRS in $t+1$	VRS in t
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	0.110	0.085	0.100	0.872
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	0.469	0.390	0.437	0.699
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	0.786	0.705	0.752	0.719
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	0.276	0.224	0.255	0.227

ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	1.008	1.000	1.033	1.000
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	0.511	0.448	0.485	0.935
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	1.353	1.000	1.407	1.000
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	0.342	0.285	0.319	0.448
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	0.624	0.589	0.607	1.000
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	0.038	0.028	0.034	1.000
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	0.888	0.929	0.918	1.000
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	0.814	0.740	0.782	1.000
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	0.449	0.383	0.422	0.644
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	0.643	0.614	0.627	1.000
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	0.377	0.296	0.345	1.000
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	0.306	0.234	0.277	0.249
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	0.808	0.936	0.850	1.000
Mean	0.577	0.523	0.568	0.811

Πίνακας 8.11.2.3: Αποτελέσματα Malmquist με βάση το 2016

Ενώ για το έτος $t = 2017$ θα ισχύει ο παρακάτω πίνακας, από όπου μπορεί κανείς να δει τις τιμές αποδοτικότητας(CRS και VRS) για τα αναφερθέντα έτη.

<i>DMU Name</i>	<i>CRS in t-1</i>	<i>CRS in t</i>	<i>VRS in t</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	0.102	0.120	1.000
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	0.387	0.434	0.643
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	0.697	0.732	0.767
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	0.507	0.557	0.596
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	0.986	1.000	1.000
ΔΕΛΦΟΙ -	0.408	0.443	0.782

ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.			
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	0.828	1.000	1.000
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	0.422	0.465	0.601
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	0.559	0.579	1.000
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	0.032	0.038	1.000
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	1.726	1.000	1.000
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	0.820	0.870	1.000
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	0.406	0.446	0.593
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	0.804	0.803	0.831
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	0.361	0.416	1.000
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	0.304	0.356	0.788
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	0.811	0.836	1.000
<i>Mean</i>	0.598	0.594	0.859

Πίνακας 8.11.2.4: Αποτελέσματα Malmquist με βάση το 2017

Παρατηρείτε ότι η VRS αποδοτικότητα για τα δύο πρώτα χρόνια είναι σχεδόν ίδια με τιμή **81,9%** και **81,1%**, ενώ τον τελευταίο χρόνο έχει τιμή μεγαλύτερη και ίση με **85,9%**. Ωστόσο, ο αριθμός των αποδοτικών επιχειρήσεων δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες μεταβολές. Συγκεκριμένα, 8 επιχειρήσεις είναι αποδοτικές για $t = 2015$, με βάση την VRS αποδοτικότητα, ενώ τα επόμενα δύο έτη, οι αποδοτικές επιχειρήσεις είναι 9.

Ακολουθεί πίνακας, όπου παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία του δείκτη Malmquist. Ο πρώτος πίνακας αναφέρεται στο δεύτερο έτος της έρευνας, δηλαδή το 2016, ενώ ο δεύτερος πίνακας αναφέρεται στο τρίτο έτος, δηλαδή το 2017. Ο λόγος που τα αποτελέσματα δεν ξεκινούν από το αρχικό έτος είναι ότι όλοι οι δείκτες δίνονται με βάση το προηγούμενο έτος. Πριν την παρουσίαση των πινάκων, προηγείται η επεξήγηση των εικονιζόμενων στοιχείων.

- *effch*: Σημαίνει "*Efficiency Change*" και είναι η μεταβολή της τεχνικής αποδοτικότητας που προκύπτει από το CRS σύνορο.
- *techch*: Σημαίνει "*Technological Change*" και είναι η μεταβολή στο επίπεδο της τεχνολογίας.
- *pech*: Σημαίνει "*Pure Efficiency Change*" και είναι η μεταβολή της καθαρής τεχνικής αποδοτικότητας που προκύπτει από το VRS σύνορο.
- *sech*: Σημαίνει "*Scale Efficiency Change*" και είναι η μεταβολή της αποδοτικότητας κλίμακας.
- *tfpch*: Σημαίνει "*Total Productivity Factor Change*" και είναι η μεταβολή του *Total Productivity Factor*, ο οποίος αναλύθηκε σε προηγούμενη ενότητα.

Σειρά έχει η παράθεση των αποτελεσμάτων αρχικά για το 2016.

<i>DMU Name</i>	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>pech</i>	<i>sech</i>	<i>tfpch</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	0.903	1.308	1.087	0.831	1.181
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	0.855	1.204	0.907	0.943	1.030
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	0.988	1.118	0.966	1.023	1.105
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	1.010	1.246	1.021	0.989	1.258
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	1.042	0.953	1.000	1.042	0.994
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	0.831	1.137	1.007	0.825	0.945
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	1.000	1.281	1.000	1.000	1.281
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	0.722	1.187	0.780	0.925	0.857
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	0.929	1.064	1.000	0.929	0.988
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	0.643	1.340	1.393	0.462	0.861
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	1.651	1.068	1.000	1.651	1.763
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	0.875	1.085	1.000	0.875	0.949
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	0.854	1.174	0.908	0.941	1.003

ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	0.614	0.298	1.000	0.614	0.183
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	0.870	1.278	1.000	0.870	1.112
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	0.769	1.323	0.555	1.385	1.017
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	1.090	0.742	1.000	1.090	0.809
Mean	0.898	1.058	0.964	0.931	0.950

Πίνακας 8.11.2.5: Στοιχεία του Δείκτη για το 2016

Ο μέσος όρος της τεχνολογικής μεταβολής είναι άνω της μονάδας, πράγμα που σημαίνει ότι το 2016 οι επιχειρήσεις προόδευαν όσον αφορά αυτό τον τομέα. Συγκεκριμένα 14 επιχειρήσεις παρουσίασαν τιμές μεγαλύτερη της μονάδας. Αντιθέτως, στην *techch*, μόλις 4 επιχειρήσεις παρουσίασαν προόδους, ενώ 1 παρέμεινε σταθερή με τιμή ίση με την μονάδα, οπότε οι υπόλοιπες 12 παρουσίασαν πτωτική τάση στην τεχνική αποδοτικότητα. Όμοια αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν με ανάλογο τρόπο και από τις άλλες στήλες.

Για το 2017 ισχύει:

<i>DMU Name</i>	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>pech</i>	<i>sech</i>	<i>tfpch</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	1.422	0.847	1.147	1.239	1.204
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	1.114	0.891	0.920	1.211	0.993
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	1.038	0.945	1.068	0.973	0.981
ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	2.488	0.894	2.624	0.948	2.224
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	1.000	0.977	1.000	1.000	0.977
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	0.989	0.922	0.837	1.181	0.911
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	1.000	0.767	1.000	1.000	0.767
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	1.634	0.900	1.340	1.219	1.470
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	0.984	0.968	1.000	0.984	0.952
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	1.366	0.830	1.000	1.366	1.134
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ	1.077	1.321	1.000	1.077	1.423

ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.					
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	1.176	0.944	1.000	1.176	1.110
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	1.163	0.910	0.921	1.263	1.058
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	1.308	0.990	0.831	1.574	1.295
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	1.404	0.864	1.000	1.404	1.213
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	1.517	0.849	3.165	0.479	1.289
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	0.892	1.034	1.000	0.892	0.922
Mean	1.227	0.926	1.130	1.086	1.137

Πίνακας 8.11.2.6: Στοιχεία του Δείκτη για το 2017

Εδώ, παρατηρείται αύξηση στους μέσους όρους σε όλα τα μεγέθη εκτός από την στήλη των τεχνολογικών μεταβολών, όπου υπήρξε μείωση από **1.058** σε **0.926**. Σε όλες τις υπόλοιπες στήλες, υπάρχουν επιχειρήσεις που βελτιώθηκαν και προόδευαν κατά το 2017 σε σχέση με το προηγούμενο έτος.

Ακολουθεί πίνακας με συγκεντρωτικά αποτελέσματα για διαφορετικές χρονικές περιόδους, συγκεκριμένα για τα έτη 2016 και 2017, που αφορούν όλες τις επιχειρήσεις.

<i>Year</i>	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>pech</i>	<i>sech</i>	<i>tfpch</i>
2016	0.898	1.058	0.964	0.931	0.950
2017	1.227	0.926	1.130	1.086	1.137
Mean	1.050	0.990	1.044	1.005	1.039

Πίνακας 8.11.2.7: Μέσοι Όροι Κάθε Έτους

Τέλος, ακολουθεί πίνακας που παρουσιάζει τους μέσους όρους για τις διαφορετικές επιχειρήσεις, για όλα τα χρόνια, των στοιχείων του δείκτη Malmquist.

<i>DMU Name</i>	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>pech</i>	<i>sech</i>	<i>tfpch</i>
ENERGEAN OIL & GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ Α.Ε.	1.133	1.052	1.117	1.015	1.193
MICROFILL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.	0.976	1.036	0.913	1.069	1.011
SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	1.013	1.028	1.016	0.997	1.041

ΔΑΝΑΗ Ε.Π.Ε.	1.585	1.055	1.637	0.968	1.673
ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Ε.	1.021	0.965	1.000	1.021	0.985
ΔΕΛΦΟΙ - ΔΙΣΤΟΜΟΝ Α.Μ.Ε.	0.906	1.024	0.918	0.987	0.928
ΕΕΚΟΜ Α.Ε.	1.000	0.991	1.000	1.000	0.991
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ Α.Ε.	1.086	1.034	1.022	1.062	1.122
ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΙ Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.	0.956	1.015	1.000	0.956	0.970
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε.	0.937	1.055	1.180	0.794	0.988
ΖΥΝΤ-ΧΕΜΙ ΕΛΛΑΣ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.	1.333	1.188	1.000	1.333	1.584
Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.	1.014	1.012	1.000	1.014	1.027
ΟΜΥΑ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.	0.997	1.033	0.914	1.090	1.030
ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε.	0.896	0.543	0.911	0.983	0.487
ΣΑΜΑΡΑΣ, Π., Α.Ε.	1.105	1.051	1.000	1.105	1.161
ΤΟΠΑΛΙΔΗΣ Α.Ε.	1.080	1.060	1.326	0.815	1.145
ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	0.986	0.876	1.000	0.986	0.864
Mean	1.050	0.990	1.044	1.005	1.039
-	<i>effch<1=07</i>	<i>techch<1=04</i>	<i>pech<1=04</i>	<i>sech<1=08</i>	<i>tfpch<1=07</i>
-	<i>effch>1=09</i>	<i>techch>1=13</i>	<i>pech>1=06</i>	<i>sech>1=08</i>	<i>tfpch>1=10</i>
-	<i>effch=1=01</i>	<i>techch=1=00</i>	<i>pech=1=07</i>	<i>sech=1=01</i>	<i>tfpch=1=00</i>

Πίνακας 8.11.2.8: Μέσοι Όροι Στοιχείων Δείκτη για κάθε Επιχείρηση

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι οι επιχειρήσεις, κατέγραψαν προόδους σε όλους τους τομείς της παραγωγικότητας, με εξαίρεση την κατηγορία των μεταβολών του τεχνολογικού επιπέδου, όπου υπήρξε μια επιδείνωση της τάξης του **1%**.

Στην πρώτη κατηγορία, αυτή της τεχνικής αποδοτικότητας, το **52,9%** των επιχειρήσεων παρουσίασε βελτιώσεις, το **41,2%** παρουσίασε πτώση, ενώ το **5,9%** δεν παρουσίασε καμία μεταβολή. Στην δεύτερη κατηγορία, αυτή των τεχνολογικών μεταβολών, το **76,5%** παρουσίασε πρόοδο, ενώ το **23,5%** παρουσίασε πτωτική πορεία. Ωστόσο, ο μέσος όρος είναι κάτω από την μονάδα εξαιτίας μικρών τιμών των

επιχειρήσεων που ακολουθούν πτωτική πορεία. Στην τρίτη κατηγορία, αυτή των μεταβολών της καθαρής τεχνικής αποδοτικότητας, το **35,3%** εμφανίζει πρόοδο, το **23,5%** εμφανίζει επιδείνωση της κατάστασης, ενώ το **41,2%** εμφανίζει απόλυτη σταθερότητα. Στην τέταρτη κατηγορία, αυτή των μεταβολών της αποδοτικότητας κλίμακας, υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ των επιχειρήσεων που παρουσιάζουν βελτίωση και αυτών που παρουσιάζουν επιδείνωση, με το ποσοστό να είναι μοιρασμένο και ίσο με **47,1%**, ενώ το **5,9%** δεν παρουσιάζει καμία αλλαγή. Τελευταία κατηγορία είναι αυτή που παρουσιάζει τις μεταβολές του δείκτη TFP και εκεί το **58,8%** παρουσιάζει βελτίωση στις μεταβολές παραγωγικότητας, ενώ το **41,2%** παρουσιάζει επιδείνωση. Όσο μεγαλύτερες τιμές επιτυγχάνουν οι επιχειρήσεις στις κατηγορίες *effch* και *techch*, τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή της κατηγορίας *tfpch*.

Κλείνοντας και το τελευταίο κομμάτι της ανάλυσης, να αναφερθεί ξανά ότι ο MPI, χρησιμοποιήθηκε για να μετρηθεί η βελτίωση και γενικά η μεταβολή της παραγωγικότητας των Ορυχείων της χώρας. Αποτελεί προέκταση της μεθόδου DEA, παρά το γεγονός ότι προϋπήρχε αυτής και είναι μια πολύ χρήσιμη και διαδεδομένη περίπτωση ανάλυσης χρονοσειρών όταν υπάρχουν δεδομένα των ίδιων επιχειρήσεων για πολλές χρονικές περιόδους.

9 Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις της Μεθόδου

Κατά την εκπόνηση της εργασίας, αναλύθηκαν τεχνικές έννοιες και θέματα γύρω από την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, καθώς επίσης παρουσιάστηκαν και εξηγήθηκαν τα αποτελέσματα της εμπειρικής μελέτης που διεξήχθη για τον κλάδο *Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών*. Στην παρούσα ενότητα, θα παρουσιαστούν κάποια συμπεράσματα και παρατηρήσεις σχετικά με την μέθοδο, όπως επίσης θα τονιστούν και οι δυνατότητες και οι περιορισμοί της μεθόδου.

Οι βασικοί υπολογισμοί της μεθόδου μπορούν να γίνουν είτε με ένα λογισμικό επίλυσης προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού είτε με εξειδικευμένο λογισμικό που αφορά αποκλειστικά την μέθοδο. Ωστόσο υπάρχουν πολλές μη υπολογιστικές παράμετροι, οι οποίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές και χρίζουν ανάλυσης. Τέτοιες είναι η επιλογή των DMU's για μια συγκεκριμένη εφαρμογή της DEA, η επιλογή των εισροών και εκροών, η επιλογή του κατάλληλου μοντέλου, δηλαδή CRS ή VRS, και η επιλογή της κατάλληλης ανάλυσης ευαισθησίας για τα αποτελέσματα της μεθόδου. Αρκετά από τα προαναφερθέντα έχουν συζητηθεί, ωστόσο εδώ θα δοθεί μια πιο αναλυτική επισκόπηση αυτών (Ramanathan, 2003).

9.1 Επιλογή των DMU's

Δύο είναι οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των DMU's για μια ανάλυση. Η ομοιογένεια και ο αριθμός τους (Ramanathan, 2003).

- Οι μονάδες λήψης αποφάσεων θα πρέπει να είναι ομοιογενείς. Θα πρέπει να εκτελούν τις ίδιες λειτουργίες και να έχουν παρόμοιους στόχους. Οι εισροές και εκροές που τις χαρακτηρίζουν θα πρέπει να είναι πανομοιότυπες, εκτός από τυχόν διαφορές στα μεγέθη των αριθμών. Για παράδειγμα, η αποδοτικότητα που θα μετρηθεί εάν εφαρμοστεί το μοντέλο για ένα Πανεπιστήμιο και ένα Δημοτικό σχολείο δεν θα είναι σωστή, εξαιτίας των διαφορετικών μεταβλητών εισόδου και εξόδου.
- Ο αριθμός των DMU's που θα συγκριθούν, εξαρτάται από τους στόχους της έρευνας και από τον αριθμό των ομοιογενών μονάδων, των οποίων η

αποδοτικότητα πρόκειται να συγκριθεί. Ωστόσο έχουν γίνει διάφορες υποθέσεις σχετικά με τον αριθμό αυτό. Συγκεκριμένα:

- Εάν ο αριθμός αυτός είναι μεγάλος, τότε μεγάλη είναι και η πιθανότητα να βρεθούν μονάδες με υψηλή απόδοση οι οποίες θα καθορίσουν και το αποδοτικό σύνορο. Ένας μεγάλος αριθμός επίσης, θα βοηθήσει στην αναγνώριση των επιμέρους σχέσεων μεταξύ των εισροών και εκροών. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μονάδων, τόσο μεγαλύτερος μπορεί να είναι και ο αριθμός των εισροών και εκροών που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυσή μας. Ωστόσο, ο αναλυτής δεν θα πρέπει να αυξάνει τον αριθμό αυτό χωρίς λόγο. Ο βασικότερος λόγος παραμένει η ομοιογένεια των μονάδων αυτών.
- Η σχέση μεταξύ του αριθμού των DMU's και των εισροών και εκροών. Ειδική αναφορά έχει γίνει σε προηγούμενη ενότητα, αλλά σε γενικές γραμμές να αναφέρουμε ότι ο αριθμός αυτός θα πρέπει να είναι 2 ή 3 φορές μεγαλύτερος από το άθροισμα των εισροών και εκροών, ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν καλύτερη διάκριση μεταξύ αποδοτικών και μη αποδοτικών μονάδων.

9.2 Επιλογή Εισροών και Εκροών

Από τα πιο απαιτητικά κομμάτια, εάν όχι το πιο δύσκολο, είναι ο καθορισμός των εισροών και εκροών του μοντέλου. Γενικά, αποτελεί μια διαδικασία εντελώς υποκειμενική. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιες παρατηρήσεις που μπορούν να γίνουν για να βοηθήσουν στην διάκριση των μεταβλητών εισόδου και εξόδου (Ramanathan, 2003).

Σε πρώτη φάση, στην αρχή μιας μελέτης με τη μέθοδο DEA, θα πρέπει να υπάρχει μια λίστα με όλες τις πιθανές εισροές και εκροές που μπορούν να επιλεγούν και είναι σχετικές με την μελέτη. Διαδικασίες διαλογής, που μπορεί να είναι ποσοτικές (μέσω στατιστικής) ή ποιοτικές (που βασίζονται στην κριτική ικανότητα του αναλυτή ή μέθοδοι όπως η λεγόμενη "*Analytic Hierarchy Process*"), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιλεγούν οι πιο σημαντικές εισροές και εκροές και έτσι να μειωθεί ο αρχικός αριθμός τους σε λογικά πλαίσια. Για τον σκοπό αυτού του φιλτραρίσματος μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες ερωτήσεις:

- 1) Σχετίζονται οι εισροές ή οι εκροές με έναν ή περισσότερους σκοπούς της μελέτης;
- 2) Αναγνωρίζουν οι εισροές και οι εκροές χαρακτηριστικά των DMU's, τα οποία δεν αναγνωρίζονται από άλλες εισροές και εκροές;

Οι εισροές, όπως έχει ειπωθεί, ορίζονται ως οι πόροι που χρησιμοποιούνται από τα DMU's ή ως οι συνθήκες που καθορίζουν την απόδοσή τους. Αντίθετα, οι εκροές είναι τα οφέλη που προκύπτουν σαν αποτέλεσμα της λειτουργίας των DMU's. Κάποιες φορές είναι δύσκολο να καθορίσεις έναν παράγοντα σαν εισροή ή εκροή, ειδικά σε περιπτώσεις όπου αυτός ο παράγοντας μπορεί να ερμηνευτεί τόσο σαν εκροή όσο και σαν εισροή. Σε τέτοιες περιπτώσεις, εάν αύξηση αυτού του παράγοντα οδηγήσει σε βελτίωση της απόδοσης, τότε θεωρείται εκροή. Αντίθετα, εάν αύξησή του οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση, θεωρείται εισροή.

Σε οποιαδήποτε μελέτη, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι σωστές εισροές και εκροές και μάλιστα σε σωστό και λογικό αριθμό.

9.3 Καθορισμός Κατάλληλου Μοντέλου

Μια μεγάλη ποικιλία μοντέλων έχουν παρουσιαστεί στην παρούσα εργασία (Ramanathan, 2003):

- 1) Ελαχιστοποίησης Εισροών ή Μεγιστοποίησης Εκροών
- 2) Τα κανονικά και τα δυϊκά μοντέλα
- 3) Μοντέλα Σταθερών ή Μεταβλητών Αποδόσεων Κλίμακας

Σε εφαρμογές όπου περιέχονται εισροές που δεν βρίσκονται υπό τον πλήρη έλεγχο του αναλυτή, προτιμάται η χρήση του μοντέλου με προσανατολισμό εκροών. Ωστόσο σε εφαρμογές όπου οι εκροές καθορίζονται με βάση τους στόχους της διεύθυνσης και όχι εξάγοντας το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα για την επίτευξη της μέγιστης απόδοσης, προτιμάται ο προσανατολισμός εισροών. Οι *Multiplier* μορφές χρησιμοποιούνται όταν οι εισροές και οι εκροές τονίζονται σε μια εφαρμογή, ενώ οι *Envelopment* μορφές χρησιμοποιούνται όταν τονίζονται οι σχέσεις μεταξύ των DMU's.

Η επιλογή για CRS ή VRS προσέγγιση, εξαρτάται από την συγκεκριμένη εφαρμογή που μας απασχολεί. Όταν οι αποδόσεις των μονάδων, δεν αναμένεται να εξαρτώνται από την κλίμακα λειτουργίας(δηλαδή σύγκρισή της αποδοτικότητας πολλών ισχυρών μονοπωλίων), χρησιμοποιούνται οι Σταθερές Αποδόσεις Κλίμακας(CRS). Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις, οι Μεταβλητές Αποδόσεις Κλίμακας(VRS) αποτελούν την κατάλληλη επιλογή.

9.4 Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων της DEA

Μια μελέτη βασισμένη στην DEA, παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις αποδόσεις των επιχειρήσεων, τις "χαλαρές" μεταβλητές ή *Slacks*, αλλά και τις μονάδες αναφοράς. Είναι σημαντικό να πιστοποιηθεί και να επαληθευτεί η ευρωστία και η ορθότητα των αποτελεσμάτων κάνοντας κάποια Ανάλυση Ευαισθησίας. Κάποιες φορές, τα αποτελέσματα της μελέτης αρκούν για να παρθούν τα κατάλληλα συμπεράσματα. Άλλες φορές απαιτούνται εκ νέου αναλύσεις για την πλήρη κατανόηση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή των κατάλληλων συμπερασμάτων.

9.4.1 Ανάλυση Ευαισθησίας - Sensitivity Analysis

Όπως έχει ειπωθεί, η DEA είναι μια μέθοδος των ακραίων σημείων γιατί το αποδοτικό σύνορο δομείται από την αποδοτικότητα των καλύτερα αποδοτικών μονάδων. Μια άμεση συνέπεια αυτού, είναι ότι σφάλματα στις μετρήσεις μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της μεθόδου σημαντικά. Οι αποδοτικότητες της DEA είναι ιδιαίτερος ευαίσθητες ακόμα και απέναντι σε μικρά σφάλματα. Επίσης, από τη στιγμή που είναι μια μη παραμετρική μέθοδος, η διεξαγωγή διαφόρων τεστ στατιστικών υποθέσεων είναι δύσκολη. Για παράδειγμα, μπορεί να μην είναι δυνατό να υπολογισθούν τα διαστήματα εμπιστοσύνης με τα οποία υπολογίζονται οι αποδοτικότητες της μεθόδου. Όπως και με κάθε τεχνική μοντελοποίησης, έτσι και εδώ, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την μελέτη πρέπει να αξιολογηθούν με προσοχή και θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μόνο μετά από την κατάλληλη διεξαγωγή μιας ανάλυσης ευαισθησίας.

Είναι πιθανό ένα DMU να αποκτήσει αξία απλά βελτιώνοντας την απόδοσή του, στα πλαίσια μιας και μόνο εκροής, αγνοώντας τις υπόλοιπες. Έτσι, θα θεωρηθεί αποδοτικό παρά το γεγονός ότι δεν θα έχει βελτιώσει όλες τις εκροές του, αλλά μόνο

μία. Ωστόσο, ένα τέτοιο DMU, δεν θα αποτελεί *peer unit*, δηλαδή μονάδα αναφοράς για άλλες μη αποδοτικές μονάδες. Επομένως, εάν ένα DMU, αναγνωριστεί αρχικά ως αποδοτικό από τη μέθοδο, μια επιπλέον ανάλυση ευαισθησίας, θα πρέπει να διεξαχθεί, ελέγχοντας τον αριθμό των μη αποδοτικών DMU's, για τα οποία αποτελεί μονάδα αναφοράς. Εάν ο αριθμός αυτός είναι υψηλός, τότε το εν λόγω DMU είναι πραγματικά αποδοτικό. Η αποδοτικότητα ενός DMU γενικά πρέπει να ελέγχεται και να υπάρχει ιδιαίτερη προσοχή στην αξιολόγησή της.

Ένας άλλος τρόπος για να γίνει έλεγχος της ευαισθησίας στα αποτελέσματα, είναι με βάση το εάν αλλάζει η τιμή της αποδοτικότητας σε περίπτωση που παραλειφθεί μία εκ των εκροών ή εισροών. Εάν ένα DMU είναι αποδοτικό και με την παράλειψη μιας εισροής ή εκροής γίνει μη αποδοτικό, τότε η αποδοτικότητά του θα πρέπει να απασχολήσει τον αναλυτή. Παρόμοια ανάλυση μπορεί να γίνει και στην περίπτωση που παραληφθεί από την μελέτη ένα αποδοτικό DMU.

Επιπλέον ανάλυση των αποτελεσμάτων της μεθόδου, μπορεί να οδηγήσει σε χρήσιμα και ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Μεθοδολογίες όπως ανάλυση παλινδρόμησης, ανάλυση κύριων παραγόντων και εύρεση του δείκτη παραγωγικότητας *Malmquist*, μπορούν να δώσουν απαντήσεις σε διάφορα ερωτήματα που προκύπτουν κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Ο δείκτης *Malmquist* συγκεκριμένα, επιτρέπει στις αποδοτικότητες της μεθόδου να χρησιμοποιηθούν για ανάλυση χρονοσειρών (Ramanathan, 2003).

9.5 Δυνατότητες και Περιορισμοί

Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, αποτελεί μια πολύ ισχυρή τεχνική για την μέτρηση της αποδοτικότητας. Αυτό φαίνεται άλλωστε και από τις χρήσεις της σε διάφορους τομείς (Ramanathan, 2003).

1. Η κύρια δυνατότητα που προσφέρει είναι η αντικειμενικότητα. Η μέθοδος, παρέχει *score* αποδοτικότητας, βασισμένα σε αριθμητικά δεδομένα και όχι χρησιμοποιώντας υποκειμενικές γνώμες ανθρώπων. Είναι ένα πολύ αξιόπιστο εργαλείο αξιολόγησης, που βρίσκει την μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των διαθέσιμων δεδομένων. Τα αποτελέσματα είναι χρήσιμα εάν κάποιος έχει καταλάβει και αποδεχθεί τις αρχές της Ανάλυσης Συνόρων (Frontier Analysis).

2. Μπορεί να διαχειριστεί πολλαπλές εισροές και εκροές, οι οποίες μπορούν να μετρηθούν σε πολύ διαφορετικές μονάδες. Για παράδειγμα, η μια μεταβλητή μπορεί να μετριέται σε χρηματικές μονάδες, ενώ η άλλη μεταβλητή να μετριέται σε αριθμητικές μονάδες.
3. Σε αντίθεση με τις στατιστικές μεθόδους του προβλήματος της ανάλυσης της αποδοτικότητας, η DEA είναι μη παραμετρική, δηλαδή δεν απαιτεί καμία υπόθεση σχετικά με την σχέση μεταξύ εισροών και εκροών. Δεν απαιτείται δηλαδή να υπακούουν σε κάποια κανονική μορφή.

Οι περιορισμοί είναι οι εξής:

1. Η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί την επίλυση ενός ξεχωριστού προβλήματος για κάθε DMU. Σε περιπτώσεις με πολλά DMU, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υπολογιστικές δυσκολίες. Ωστόσο, αυτός ο περιορισμός δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικός, εξαιτίας της όλο και αυξανόμενης υπολογιστικής δυνατότητας των υπολογιστών.
2. Όπως έχει αναφερθεί, το γεγονός ότι είναι μια μέθοδος ακραίων σημείων δημιουργεί την ανάγκη διεξαγωγής περαιτέρω αναλύσεων για την πλήρη κατανόηση των αποτελεσμάτων.
3. Είναι δύσκολη η διεξαγωγή τεστ στατιστικών υποθέσεων.
4. Τα *score* αποδοτικότητας, προκύπτουν μετά την επίλυση συγκεκριμένου αριθμού προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού. Έτσι είναι δύσκολο να εξηγηθεί η διαδικασία, σε περιπτώσεις όπου έχουμε περισσότερες από δυο στον αριθμό εισροές και εκροές, σε ένα κοινό το οποίο δεν έχει τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις. Ένα κοινό χωρίς γνώσεις γραμμικού προγραμματισμού, δεν μπορεί να κατανοήσει την μέθοδο σωστά και δεν του φαίνεται και απόλυτα διαφανής. Έτσι στα πλαίσια μιας εταιρείας, είναι πιθανό να επιλεχθεί άλλος τρόπος εύρεσης της αποδοτικότητας, ώστε να είναι κατανοητά τα αποτελέσματα σε όλο το ακροατήριο μια πιθανής παρουσίασης.

9.6 Τελική Συμπερασματολογία

Βασικός στόχος όλων των επιχειρήσεων είναι η διασφάλιση της θέσης τους μέσα στον όλο και αυξανόμενο ανταγωνισμό που υπάρχει σε κάθε κοινωνία. Η επίτευξη κέρδους έρχεται μέσα από την όσο δυνατόν καλύτερη αξιοποίηση των διατιθέμενων πόρων και την καλύτερη λειτουργία της παραγωγής. Συνεπώς, η αύξηση της αποδοτικότητας συνεπάγεται, σε μεγάλο βαθμό, και την επίτευξη μεγαλύτερου κέρδους για μια επιχείρηση. Υπάρχουν ωστόσο και άλλοι παράγοντες που υπεισέρχονται στην επίτευξη του κέρδους. Βέβαια, πολλές είναι και οι διαφορετικές προσεγγίσεις σχετικά με την αποδοτικότητα. Υπάρχουν προσεγγίσεις κερδοφορίας, προσεγγίσεις σχετικές με την παραγωγική διαδικασία, προσεγγίσεις σχετικά με το φυσικό περιβάλλον κ.α..

Οι στόχοι που τέθηκαν κατά την εισαγωγή της εργασίας ήταν:

- Μέτρηση της Αποδοτικότητας των Επιχειρήσεων
- Στοχοθεσία για τις μη Αποδοτικές Επιχειρήσεις
- Μελέτη των Οικονομικών Κλίμακας των Μονάδων του Κλάδου
- Εύρεση του δείκτη Παραγωγικότητας Malmquist

Κατά την ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν διάφορα προβλήματα τα οποία έχουν αναφερθεί μέσα στην εργασία αλλά καλό θα ήταν να αναφερθούν εκ νέου. Κατ' αρχάς, μία από τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν, συγκεκριμένα το Μικτό Κέρδος, περιείχε αρνητικές τιμές, κατάσταση που περιόριζε τις δυνατότητες της ανάλυσης. Έτσι, προστέθηκε ένας σταθερός αριθμός (διαφορετικός μεταξύ των διαφορετικών ετών) στην στήλη του Μικτού Κέρδους, με σκοπό όλες οι τιμές να είναι αυστηρά θετικές. Το μόνο μοντέλο που μπορούσε να εφαρμοστεί ήταν εκείνο του προσανατολισμού εισροών για Μεταβλητές Οικονομίες Κλίμακας. Στην συνέχεια, βρέθηκαν οι Αποδόσεις Κλίμακας των επιχειρήσεων. Για τα έτη 2015 και 2016, η διαδικασία έγινε με την εφαρμογή του BCC μοντέλου, δηλαδή για μεταβλητές οικονομίες κλίμακας, μιας και το μοντέλο αυτό επιτρέπει την εύρεση των αποδόσεων κλίμακας, ακόμη και για αρνητικές τιμές στις μεταβλητές. Για το έτος 2017, όπου δεν υπήρχαν αρνητικές τιμές, βρέθηκαν οι CRS, VRS και NIRS αποδοτικότητες και μέσω αυτών εντοπίστηκαν οι αποδόσεις κλίμακας των μονάδων. Παράλληλα, υπολογίστηκε και η αποδοτικότητα κλίμακας. Το τελευταίο κομμάτι,

αφορούσε την εύρεση του δείκτη παραγωγικότητας Malmquist. Εκεί, υπολογίσθηκαν διάφορα στοιχεία που αφορούν την διαδικασία παραγωγής και σχετίζονται με την εξέλιξη των επιχειρήσεων μέσα στο χρόνο. Τα στοιχεία αυτά οδηγούν σε χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τις αποφάσεις που μπορεί να κάνει ένας *Manager*, για να βελτιώσει τις υπάρχουσες συνθήκες.

Το βασικό πρόβλημα της εργασίας, ήταν ότι εξαιτίας ιδιομορφίας των δεδομένων, εμφανίζονται μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των αποδοτικών επιχειρήσεων και εκείνων που είναι λιγότερο αποδοτικές, καθώς κάθε χρόνο υπάρχει τουλάχιστον μία επιχείρηση με αποδοτικότητα της τάξης περίπου του **15%**. Μέσα από την ανάλυση σχετικών βιβλιογραφικών ερευνών και εργασιών βασισμένων σε αυτό το θέμα, το φαινόμενο οφείλεται στα αρχικά δεδομένα αυτά καθαυτά. Όσες προσπάθειες και να έγιναν για τον περιορισμό των τόσο χαμηλών τιμών αποδοτικότητας, πάντα εμφανιζόταν κάποιες πολύ χαμηλές τιμές. Ακόμη δηλαδή και με τον αποκλεισμό των επιχειρήσεων οι οποίες εμφάνιζαν πολύ χαμηλές τιμές εισροών, πράγμα που μπορεί να επηρέαζε το Αποδοτικό Σύνορο, δεν βελτιώθηκαν οι αποδοτικότητες των "προβληματικών" μονάδων, οι οποίες διατήρησαν πολύ χαμηλές τιμές (της τάξης του **10%** και **20%**). Διαδικασίες διάσπασης του κλάδου σε δύο υποκλάδους με βάση την κλίμακα των δεδομένων δεν βελτίωσε την κατάσταση. Επίσης, ακολουθήθηκε και μια προσέγγιση όπου ο κλάδος διασπάστηκε σε δύο υποκλάδους, ένας Μεταλλείων και ένας Λατομείων, ούτως ώστε να γίνει σύγκριση μεταξύ επιχειρήσεων που είναι ακόμα πιο όμοιες μεταξύ τους, όσον αφορά την διαχείριση εισροών και εκροών. Και σε αυτή την περίπτωση, κάποιες επιχειρήσεις εμφάνιζαν πολύ χαμηλές τιμές αποδοτικότητας. Έτσι αποφασίστηκε, όπως αναφέρθηκε και στις παρατηρήσεις του 2015, να γίνει ανάλυση ολόκληρου του κλάδου χωρίς να γίνει αφαίρεση καμίας επιχείρησης και τα αποτελέσματα ήταν αυτά που αναγράφηκαν.

Μια τέτοια μελέτη, έχει σκοπό να οδηγήσει σε κάποια αποτελέσματα τα οποία θα μπορούν στη συνέχεια να παρθούν από κάποιον υπεύθυνο και να οδηγήσουν στην λήψη αποφάσεων οι οποίες θα έχουν στόχο την βελτίωση της κατάστασης μιας επιχείρησης. Παράλληλα, μπορούν να εξαχθούν και χρήσιμα συμπεράσματα για ολόκληρο τον κλάδο.

Τα αποτελέσματα της μελέτης, έδειξαν ότι καθόλη την διάρκεια της τριετίας, η πλειοψηφία των επιχειρήσεων ακολουθούσε Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας. Από

τις 17 επιχειρήσεις δηλαδή, που λειτουργούσαν και τα τρία χρόνια της μελέτης, οι περισσότερες επιχειρήσεις λειτουργούσαν με βάση DRS. Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας ακολουθεί μια επιχείρηση όταν μια αύξηση στις εισροές, οδηγεί τελικά σε μία μικρότερη αναλογικά αύξηση στις εκροές. Δηλαδή, εάν μια επιχείρηση του κλάδου της μελέτης αυτής, αυξήσει τις εισροές της κατά 30%, τότε σε περίπτωση που οι εκροές της αυξηθούν σε ποσοστό κάτω του 30%, αυτό σημαίνει ότι θα λειτουργεί με βάση τις Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας. Οι Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας έχουν άμεση σχέση και με το βέλτιστο δυνατό ύψος της παραγωγής (*Most Productive Scale Size*). Συγκεκριμένα, το MPSS, είναι μια μονάδα, ή αλλιώς ένα σημείο επάνω στο Αποδοτικό Σύνορο, όπου μεγιστοποιείται η μέση παραγωγικότητα, για δεδομένες εισροές και εκροές, και αμέσως μετά από αυτό είναι που κάνουν την εμφάνισή τους οι Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας. Συχνά, η εξήγηση για την εμφάνιση των DRS περιλαμβάνει οργανωτικούς παράγοντες σε μεγάλες επιχειρήσεις. Καθώς το μέγεθος της επιχείρησης αυξάνεται, οι δυσκολίες για τον συντονισμό και την παρακολούθηση τόσο του ανθρώπινου δυναμικού όσο και της παραγωγικής διαδικασίας αυξάνονται. Σε μία μεγάλη επιχείρηση, υπάρχουν όλα και μεγαλύτερα έξοδα συντονισμού και ελέγχου της οργάνωσης και της παραγωγής. Συνεπώς, για να υπάρξει αύξηση στις εκροές, απαιτείται μια αναλογικά μεγαλύτερη αύξηση στις εισροές.

Ωστόσο, όπως προκύπτει και από παρόμοιες μελέτες στον κλάδο των Ορυχείων, (εργασία του *Vu Hung Phuong*), ο βασικότερος λόγος εμφάνισης των Φθινουσών Οικονομιών Κλίμακας, είναι η εξάντληση των φυσικών πόρων. Με τη διαρκή εξόρυξη του ορυκτού πλούτου της γης, επόμενο είναι με το πέρασμα των χρόνων, να μην υπάρχουν επαρκής ποσότητες για εκμετάλλευση. Έτσι, μια επιχείρηση που εξορύσσει όλο και μεγαλύτερες ποσότητες μεταλλευμάτων, θα βρεθεί κάποια στιγμή αντιμέτωπη, με το να μην έχει διαθέσιμα άλλα κοιτάσματα. Μάλιστα, εάν για παράδειγμα διπλασιάσει τον εξορυκτικό της μηχανισμό, αυτό δεν σημαίνει ότι θα διπλασιαστούν και οι ποσότητες που εξορύσσει, καθώς θα εξαντληθούν με πολύ γρηγορότερο ρυθμό. Αυτό είναι και το σημείο που θα αρχίσει να λειτουργεί με βάση τις Φθίνουσες Οικονομίες Κλίμακας. Σε αυτό το σημείο, ακολουθούν και άλλοι λόγοι, εξαιτίας των οποίων εμφανίζονται οι DRS και αφορούν το σύστημα διεύθυνσης.

1. Περιπλοκότητα του τμήματος Διεύθυνσης

Αύξηση της κλίμακας παραγωγής πέρα από ένα σημείο, μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα σχετικά με την σωστή διεύθυνση, οδηγώντας έτσι σε μειωμένη διευθυντική αποδοτικότητα. Μεγάλη κλίμακα παραγωγής, δημιουργεί επίσης πρόβλημα εξαιτίας αυξημένης γραφειοκρατίας, ανάγκης υπογραφής πολλών διαφορετικών εγγράφων από διαφορετικά τμήματα και διευθύνσεις (*red tapism*) και μεγάλα κανάλια επικοινωνίας και διοίκησης, μεταξύ της διεύθυνσης και των εργαζομένων στην γραμμή παραγωγής. Αποτέλεσμα όλων αυτών όπως ειπώθηκε είναι η μείωση της αποδοτικότητας της κύριας διεύθυνσης.

2. Η επιχειρηματικότητα θεωρείται σταθερός παράγοντας

Σύμφωνα με πολλούς οικονομολόγους, οι DRS κάνουν την εμφάνισή τους διότι η έννοια του επιχειρηματία, αποτελεί σταθερό και αδιαίρετο παράγοντα. Μία αύξηση στην κλίμακα, μπορεί να οδηγήσει στο σημείο εκείνο, όπου οι δυνατότητες και δεξιότητες του επιχειρηματία θα χρησιμοποιούνται πλήρως. Μία αύξηση συνεπώς πέραν αυτού του σημείου, μπορεί να προκαλέσει μείωση της αποδοτικότητας του. Αυτό το γεγονός θα ωθήσει μάλιστα και στην δημιουργία αντί-οικονομιών κλίμακας. Ο όρος αυτός συναντάται όταν μια επιχείρηση μεγαλώνει τόσο πολύ που το κόστος ανά μονάδα αυξάνεται. Λαμβάνει χώρα όταν οι Οικονομίες Κλίμακας δεν λειτουργούν πλέον για μια επιχείρηση. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι αντί-οικονομίες κλίμακας (*diseconomies of scale*) κάνουν την εμφάνισή τους, όταν υπάρχει πρόβλημα στην διαχείριση πολύ μεγάλων μονάδων.

Οι παραπάνω λόγοι, πρέπει να ληφθούν υπόψη, ώστε να παρθούν οι κατάλληλες αποφάσεις από έναν διευθυντή, ούτως ώστε να διατηρείται η αποδοτικότητα σε όσο το δυνατόν υψηλότερα επίπεδα. Βασικό μέλημα ενός *manager* είναι η όσο το δυνατό καλύτερη οργάνωση και διαχείριση του προσωπικού και των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα στην διαδικασία παραγωγής.

Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα της μελέτης για κάθε μία επιχείρηση, χρήσιμα είναι και τα συμπεράσματα που προκύπτουν για ολόκληρο τον κλάδο των Ορυχείων της Ελλάδας. Ο ορυκτός πλούτος της χώρας, αποτελεί έναν από τους πιο αξιόλογους, σε παγκόσμιο επίπεδο και οι επιχειρήσεις που απασχολούνται στον τομέα αυτό, θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικές, όσον αφορά την αντιμετώπιση του

προβλήματος της εξάντλησης των φυσικών πόρων. Από την στιγμή που ο κλάδος αυτός, αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες της ελληνικής οικονομίας, η διατήρησή του σε υψηλό επίπεδο, αλλά και η βελτίωση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει, θα πρέπει να αποτελούν βασικό μέλημα όλων. Τόσο μέσω των εξαγωγών στο εξωτερικό, όσο και μέσα από την παροχή βασικών πόρων σε όλη τη χώρα, ο κλάδος των ορυχείων συμβάλει σημαντική στην οικονομική ανάπτυξη της Ελλάδας. Για την εξορυκτική βιομηχανία, η ορθολογική διαχείριση του περιβάλλοντος πέρα από σοβαρή κανονιστική υποχρέωση αποτελεί πεδίο καινοτομίας και υπεύθυνης λειτουργίας. Η ανάγκη επενδύσεων και καινοτομιών, είναι μεγάλη, καθώς με την βελτίωση τόσο του μηχανικού εξοπλισμού, όσο και των μεθόδων αξιοποίησης του ορυκτού πλούτου, θα μπορέσει ο κλάδος να συνεχίσει το σημαντικό του έργο. Η δημιουργία ευκαιριών επαναχρησιμοποίησης ή και εγκατάστασης νέων χρήσεων γης (μετά-μεταλλευτικές χρήσεις γης) σε περιοχές που έχει τελειώσει η εξορυκτική δραστηριότητα, ίσως αποτελεί μια σωτήρια λύση στο πρόβλημα της εξάντλησης των πόρων, που μπορεί να προκύψει τα επόμενα έτη. Πολιτεία και κοινή γνώμη θα πρέπει να αναγνωρίζουν τον εξορυκτικό κλάδο, ως στρατηγικό πλεονέκτημα και οδηγό ανάπτυξης και ανταγωνιστικότητας της οικονομίας.

Κλείνοντας την συμπερασματολογία της εργασίας, θα γίνει μια αναφορά σχετικά με τα αποτελέσματα κάποιων στοιχείων που αφορούν την παραγωγική διαδικασία και προέκυψαν από το δείκτη Malmquist.

Οι 17 επιχειρήσεις που πήραν μέρος στην μελέτη του δείκτη Malmquist, παρουσίασαν για της τριετία 2015-2016-2017, πρόοδο σε όλα τα στοιχεία που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία. Συγκεκριμένα, οι μέσοι όροι στις τιμές της τεχνικής αποδοτικότητας (CRS), της καθαρά τεχνικής αποδοτικότητας (VRS) και της αποδοτικότητας κλίμακας, ήταν μεγαλύτεροι της μονάδας, πράγμα που σημαίνει ότι υπήρξε πρόοδος στην διαδικασία παραγωγής των επιχειρήσεων αυτών. Βέβαια, δεν εμφάνισαν όλες οι επιχειρήσεις πρόοδο, ωστόσο η πλειοψηφία αυτών αναπτύσσονταν με το πέρασμα του χρόνου. Υπήρχαν και επιχειρήσεις που δεν εμφάνισαν βελτίωση στην παραγωγικότητα. Το μόνο στοιχείο που, που εμφάνισε τιμή μέσου όρου χαμηλότερη της μονάδας ήταν οι μεταβολές στο τεχνολογικό επίπεδο. Με μια πιο προσεκτική ματιά ωστόσο, φαίνεται ότι οι περισσότερες επιχειρήσεις βελτίωσαν το τεχνολογικό τους επίπεδο κατά την διάρκεια της τριετίας.

Κάποιες επιχειρήσεις όμως, οι οποίες δεν προόδευσαν τεχνολογικά, εμφάνισαν αρκετά χαμηλές τιμές στην μεταβλητή αυτή, πράγμα που συντέλεσε στην πτώση του μέσου όρου της μεταβλητής των τεχνολογικών αλλαγών, κάτω από την μονάδα.

Τελευταίο στοιχείο που χρίζει ανάλυσης, είναι ο *Total Factor Productivity*. Ο παράγοντας αυτός, ο οποίος είναι ο λόγος των συνολικών εκροών προς τις συνολικές εισροές, εξαρτάται κυρίως από το τεχνολογικό επίπεδο αλλά και από την τεχνική αποδοτικότητα. Εάν τα δύο αυτά στοιχεία έχουν υψηλές τιμές, τότε και ο TFP θα έχει ικανοποιητική τιμή. Στην περίπτωση του κλάδου των Ορυχείων-Μεταλλείων-Αλυκών, η μέση τιμή του TFP είναι τέτοια ώστε να υποδηλώνει υψηλή αποδοτικότητα, όσον αφορά την παραγωγή των επιχειρήσεων της μελέτης. Επιχειρήσεις που δεν είναι τόσο αποδοτικές όσον αφορά την παραγωγική διαδικασία, δηλαδή που έχουν τιμή χαμηλότερη της μονάδας, οφείλεται στον εξίσου χαμηλότερο συνδυασμό των τιμών της τεχνικής αποδοτικότητας και κυρίως του τεχνολογικού επιπέδου. Γενικό συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί για τον κλάδο, είναι ότι παρουσιάζει υψηλή παραγωγικότητα, χωρίς ωστόσο το τεχνολογικό επίπεδο να είναι ιδιαίτερα προηγμένο και καινοτόμο.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της έρευνας, με τα αντίστοιχα άλλων ερευνών, όπως του *Vu Hung Phuong*, ο οποίος υπολογίζοντας τον δείκτη Malmquist, μελέτησε την παραγωγικότητα και αποδοτικότητα των ορυχείων γαιάνθρακα του Βιετνάμ, παρατηρούνται, για την περίπτωση της Ελλάδας, μεγαλύτερες τιμές στα πεδία των τεχνολογικών αλλαγών, των αλλαγών στην καθαρά τεχνική αποδοτικότητα, αλλά και στο TFP. Αντιθέτως, στην περίπτωση των ορυχείων του Βιετνάμ, παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές στις μεταβολές της τεχνικής αποδοτικότητας και στην αποδοτικότητα κλίμακας. Στην εν λόγω εργασία για τα ορυχεία του Βιετνάμ, παρατηρήθηκαν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές των αποδοτικότητων. Ακολουθούν πίνακες που αναγράφουν όσα αναφέρθηκαν.

<i>Country</i>	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>pech</i>	<i>sech</i>	<i>tfpch</i>
<i>Greece</i>	1.050	0.990	1.044	1.005	1.039
<i>Vietnam</i>	1.095	0.823	1	1.095	0.901

Πίνακας 9.6.1: Σύγκριση τιμών του MPI για τα Ορυχεία στην Ελλάδα και το Βιετνάμ
 Πηγή: Τα στοιχεία του Βιετνάμ προέρχονται από την εργασία του *Vu Hung Phuong*

Για την Ελλάδα, λόγοι μείωσης του δείκτη TFP κατά το έτος 2016, αλλά και για τη μείωσή του σε κάποιες συγκεκριμένες επιχειρήσεις αποτελούν οι εξής:

1. Οι διαδικασίες εξόρυξης, απαιτούν από τις εταιρείες να προχωρούν μέρα με τη μέρα όλο και βαθύτερα στο φλοιό της γης, κατάσταση που απαιτεί την αφαίρεση όλο και μεγαλύτερης ποσότητας χώματος και μη εκμεταλλεύσιμων υλικών. Παράλληλα, αυξάνεται η απαιτούμενη απόσταση μεταφοράς των υλικών και η υπάρχουσα πίεση του αέρα στο ορυχείο δυσκολεύει τις εργασίες.
2. Τα κόστη σχετικά με τις εγκαταστάσεις παροχής αέρα και νερού, αλλά και σχετικά με τις εγκαταστάσεις για τις μεταφορές αυξάνονται διαρκώς.
3. Υπάρχει αύξηση του ανταγωνισμού μεταξύ των εξορυκτικών επιχειρήσεων.
4. Σχετικά με τον μηχανικό εξοπλισμό, υπάρχει ακόμα περιθώρια τεχνολογικής εξέλιξης.

Για την επίτευξη λοιπόν, υψηλότερης αποδοτικότητας και υψηλότερου TFP συνίσταται:

1. Ενίσχυση των προσόντων και των δεξιοτήτων της διεύθυνσης προσωπικού.
2. Βελτίωση των τεχνικών δεξιοτήτων των εργατών και γενικότερα του προσωπικού.
3. Δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου οι εργαζόμενοι θα αισθάνονται ότι μπορούν μέσω της δουλειάς τους να σταθεροποιήσουν την ζωή τους και έτσι να αφοσιώνουν όλη τους την προσοχή στην δουλειά.
4. Ενίσχυση των τεχνολογικών καινοτομιών με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας.
5. Εφαρμογή αξιόλογων διαφημιστικών ενεργειών, επέκταση σε νέες αγορές και διατήρηση και ισχυροποίηση της θέσης στις ήδη υπάρχουσες.
6. Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, μέσω της μείωσης του κόστους, κυρίως μέσα από καλή διαχείριση, τεχνικές εφαρμογές και τεχνολογική πρόοδο.

Οι παραπάνω λόγοι, έχουν μεγάλη συσχέτιση με την περίπτωση των ορυχείων του Βιετνάμ, όπως αυτή αναλύθηκε και παραπάνω.

Όπως έχει βρεθεί και σε άλλες εργασίες παρόμοιες με αυτή, όπως για παράδειγμα στην εργασία των (Gajigo, et al., 2015), πράγματι οι Οικονομίες Κλίμακας κάνουν την εμφάνισή τους στον κλάδο των Ορυχείων (*Mining Industry*) και μάλιστα όσο

μεγαλύτερες είναι επιχειρήσεις που ασχολούνται με αυτόν τον κλάδο τόσο πιθανότερη είναι η εμφάνιση των Οικονομιών Κλίμακας. Στην εργασία τους, έγινε έρευνα σχετικά με τις επιχειρήσεις εξόρυξης χρυσού της Αφρικής. Βρέθηκε ότι η πρόοδος στο τεχνολογικό επίπεδο, οδηγεί σε αύξηση του μηχανικού εξοπλισμού. Οι καλύτερες χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες, οδηγούν με την σειρά τους σε αύξηση της αυτοματοποίησης των διαδικασιών. Αυτά συνεπάγονται, βελτίωση της αποδοτικότητας του εξοπλισμού. Ωστόσο, περισσότερος και πιο προηγμένος μηχανικός εξοπλισμός, είναι πιθανό να αυξήσει τα λειτουργικά έξοδα εξαιτίας τη ανάγκης συντήρησης. Μεγαλύτερα ορυχεία, οδηγούν σε περισσότερα έξοδα καθώς απαιτείται η δημιουργία εγκαταστάσεων αερισμού και εγκαταστάσεων παροχής ενέργειας. Όλα αυτά, έχουν σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη Οικονομιών Κλίμακας στην επιχείρηση, καθώς είναι πολύ πιθανό να ξεπεράσει το βέλτιστο μέγεθος παραγωγής και συνεπώς τότε να αρχίσει να λειτουργεί υπό την επίδραση Φθινουσών Οικονομιών Κλίμακας.

Στην παρούσα εργασία, έχουν αναλυθεί οι Οικονομίες Κλίμακας για τις επιχειρήσεις της τριετίας 2015-2016-2017 και έχουν δοθεί σημαντικές παρατηρήσεις και συμπεράσματα για τους λόγους ύπαρξής τους, αλλά και για τρόπους που μπορεί το διευθυντικό τμήμα να επέμβει στη συγκεκριμένη κατάσταση. Η διαφορά σε σχέση με άλλες παρόμοιες εργασίες, έγκειται στον τρόπο προσέγγισης των επιχειρήσεων, όπου δεν γίνεται διαχωρισμός τους με βάση περαιτέρω στοιχεία, αλλά λογίζονται όλες μαζί σαν ενιαίος κλάδος.

9.7 Προοπτικές και Προεκτάσεις της Μεθόδου

Εξαιτίας της σημαντικότητας της DEA, υπάρχουν αρκετές μελλοντικές προοπτικές για διάφορες έρευνες και μελέτες βασιζόμενες στην μέθοδο αυτή και χρόνο με το χρόνο, επεκτείνεται όλο και περισσότερο η βιβλιογραφία της. Αυτό οφείλεται κυρίως στο πλήθος των ερευνητών και των αναλυτών οι οποίοι ασχολούνται με την τεχνική αυτή.

Μια ιδιαίτερα δημοφιλής παραλλαγή της μεθόδου, αποτελεί η Κατανομητική Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, όπως αυτή περιγράφεται στην εργασία των (Hartman, et al., 2001). Η συγκεκριμένη τροποποίηση αφορά τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο. Συγκεκριμένα περιλαμβάνονται τιμές κόστους για

αυτές. Εφαρμόζοντας την μέθοδο αυτή , εκτός από την πιο αποδοτική επιχείρηση υπολογίζεται και το συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα. Υπολογίζεται συνεπώς, μια ακόμα τιμή εκτός της τεχνικής αποδοτικότητας, αυτή της καταναμητικής αποδοτικότητας. Σε αυτή την περίπτωση η συνολική αποδοτικότητα προκύπτει από το γινόμενο της καταναμητικής με την τεχνική αποδοτικότητα.

Μια άλλη πολύ ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι αυτή που περιλαμβάνει τα *Cone Ratio* ή *Assurance Region* μοντέλα. Σύμφωνα με τα μοντέλα αυτά, που υπάρχουν στην εργασία των (Brockett, et al., 1997), είναι εφικτό να τεθούν περιορισμοί στη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή που μπορούν να λάβουν οι συντελεστές βαρύτητας στα βασικά μοντέλα της DEA. Πρόκειται για άνω και κάτω φράγματα ουσιαστικά, όπως ο αριθμός ϵ που αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια.

Άλλες προεκτάσεις της μελέτης αποτελούν τα *bounded models*, όπου απαιτείται να τεθούν συγκεκριμένοι περιορισμοί στις μεταβλητές, αλλά και προβλήματα κατά τα οποία κάποια από τις μεταβλητές της μελέτης δεν μπορεί ή είναι αρκετά δύσκολο να ελεγχθεί, όσον αφορά την απαιτούμενη μείωση ή αύξησή της. Η τελευταία περίπτωση είναι αυτή των *Non-Controllable* και *Non-Discretionaire models*. Η χρησιμότητά τους έγκειται στο γεγονός ότι κάποια μεταβλητή, μπορεί να μην είναι εφικτό να ελεγχθεί άμεσα από τις μονάδες απόφασης του δείγματος.

Υπάρχουν μοντέλα τα οποία μπορούν να προσφέρουν λύση, όταν οι μονάδες απόφασης δεν ανήκουν στην ίδια κατηγορία. Αυτά είναι τα λεγόμενα *Categorical DEA models*.

Ολοκληρώνοντας, μεγάλη κατηγορία εργασιών κάνει χρήση των λεγόμενων προσθετικών μοντέλων ή αλλιώς *Additive Models*, όπως η εργασία των (Haag, et al., 1992), όπου η αποδοτικότητα υπολογίζεται με εντελώς διαφορετικό τρόπο και συνεπώς οι τιμές της, διαφέρουν από τα συνηθισμένα *score* αποδοτικότητας.

Όλα αυτά τα μοντέλα αποτελούν προεκτάσεις της μεθόδου που συνιστώνται για περαιτέρω έρευνα από τους ειδικούς. Για κάθε περιορισμό και δυσκολία που μπορεί να προκύπτει για ένα μοντέλο, αναπτύσσεται κάποιο άλλο μοντέλο που είναι ικανό να

φέρει αυτό το πρόβλημα εις πέρας. Έτσι, καλύπτονται όλα τα θέματα που αφορούν την μελέτη της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων, για οποιαδήποτε περίπτωση, όλα όμως, βασίζονται στην μέθοδο της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.

10 Παράρτημα

Για την εύρεση των Αποδόσεων κλίμακας το 2015 και το 2016, όπου εφαρμόστηκε το BCC-Input μοντέλο, απαιτείται η επίλυση ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού για κάθε μία επιχείρηση ξεχωριστά. Μέσα από την επίλυση του προβλήματος, υπολογίζεται η μεταβλητή w και ανάλογα με τις τιμές της είναι εφικτό να διαπιστωθούν οι αποδόσεις κλίμακας της επιχείρησης. Ακολουθεί παράδειγμα για την επιχείρηση BENTOMINE ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΙΜΩΛΟΥ Α.Ε. για το έτος 2015. Η διατύπωση της αντικειμενικής συνάρτησης, καθώς και των περιορισμών, γίνεται με βάση τα δεδομένα όλων των επιχειρήσεων και βασίζεται στον μαθηματικό τύπο που διατυπώθηκε κατά την παρουσίαση του BCC-Input μοντέλου.

$$\text{Maximize } z = 1016628x_1 + 9621492x_2 + 0x_3 + 0x_4 - x_5$$

υπό τους περιορισμούς

1. $4645300x_3 + 895136x_4 = 1$
2. $101662841x_1 + 9621492x_2 - 4645300x_3 - 895136x_4 - x_5 \leq 0$
3. $162688x_1 + 9635518x_2 - 15239x_3 - 27170x_4 - x_5 \leq 0$
4. $24747000x_1 + 8319000x_2 - 216843000x_3 - 25928000x_4 - x_5 \leq 0$
5. $5153999x_1 + 11183603x_2 - 6903282x_3 - 3470396x_4 - x_5 \leq 0$
6. $1623753x_1 + 9983701x_2 - 600x_3 - 1140052x_4 - x_5 \leq 0$
7. $1516461x_1 + 9994170x_2 - 927665x_3 - 1022290x_4 - x_5 \leq 0$
8. $255672x_1 + 9521563x_2 - 824119x_3 - 234109x_4 - x_5 \leq 0$
9. $1508979x_1 + 9867753x_2 - 299730x_3 - 1141226x_4 - x_5 \leq 0$
10. $19447776x_1 + 12426587x_2 - 16583767x_3 - 16521189x_4 - x_5 \leq 0$
11. $4239948x_1 + 10539910x_2 - 1778824x_3 - 3200039x_4 - x_5 \leq 0$
12. $1193477x_1 + 10675454x_2 - 1078698x_3 - 18024x_4 - x_5 \leq 0$
13. $5122701x_1 + 9750083x_2 - 7050776x_3 - 4872618x_4 - x_5 \leq 0$
14. $37135411x_1 + 12289014x_2 - 19375410x_3 - 34346397x_4 - x_5 \leq 0$
15. $34368085x_1 + 254742x_2 - 681723464x_3 - 43613343x_4 - x_5 \leq 0$
16. $12067510x_1 + 11560574x_2 - 28021343x_3 - 10006936x_4 - x_5 \leq 0$
17. $1105699x_1 + 9662314x_2 - 14940x_3 - 943385x_4 - x_5 \leq 0$
18. $1113629x_1 + 9493395x_2 - 414892x_3 - 1120235x_4 - x_5 \leq 0$
19. $37551x_1 + 9515138x_2 - 38845x_3 - 22413x_4 - x_5 \leq 0$
20. $22397925x_1 + 10956243x_2 - 17381384x_3 - 20941682x_4 - x_5 \leq 0$
21. $8092000x_1 + 13771000x_2 - 3076000x_3 - 3821000x_4 - x_5 \leq 0$
22. $77139x_1 + 9507716x_2 - 5175003x_3 - 69423x_4 - x_5 \leq 0$
23. $714106x_1 + 9524726x_2 - 45800x_3 - 689380x_4 - x_5 \leq 0$
24. $42612430x_1 + 9791231x_2 - 5875100x_3 - 42321199x_4 - x_5 \leq 0$
25. $13005946x_1 + 13542230x_2 - 5142213x_3 - 8963716x_4 - x_5 \leq 0$

26. $1843039x_1 + 9438161x_2 - 3892661x_3 - 1904879x_4 - x_5 \leq 0$
27. $616280x_1 + 9706480x_2 - 319257x_3 - 409800x_4 - x_5 \leq 0$
28. $437461x_1 + 9513727x_2 - 48938x_3 - 423734x_4 - x_5 \leq 0$
29. $21000x_1 + 9453989x_2 - 107234x_3 - 67011x_4 - x_5 \leq 0$
30. $7160000x_1 + 10788700x_2 - 8769990x_3 - 5871300x_4 - x_5 \leq 0$
31. $52900x_1 + 9505430x_2 - 950x_3 - 47470x_4 - x_5 \leq 0$
32. $9717001x_1 + 14873012x_2 - 21859757x_3 - 4343989x_4 - x_5 \leq 0$
33. $313355x_1 + 9766754x_2 - 897790x_3 - 46601x_4 - x_5 \leq 0$
34. $2782045x_1 + 9753117x_2 - 436866x_3 - 2528927x_4 - x_5 \leq 0$
35. $152561x_1 + 9562865x_2 - 11776070x_3 - 89697x_4 - x_5 \leq 0$
36. $141684x_1 + 9618649x_2 - 320584x_3 - 23035x_4 - x_5 \leq 0$
37. $x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$ και x_5 η ελεύθερη μεταβλητή

Για να αποφευχθούν τυχόν παρανοήσεις, οι μεταβλητές x_1, x_2 αντιστοιχούν στις εκροές, δηλαδή στους συντελεστές βαρύτητας u_i , ενώ οι μεταβλητές x_3, x_4 , αντιστοιχούν στις εισροές, δηλαδή στους συντελεστές βαρύτητας v_i . Τέλος, η μεταβλητή x_5 , αντιστοιχεί στην ελεύθερη μεταβλητή w , που όπως έχει ειπωθεί δεν υπακούει σε κανένα περιορισμό προσήμου και μπορεί να παίρνει θετικές, αρνητικές και μηδενικές τιμές, καθορίζοντας έτσι το είδος των αποδόσεων κλίμακας.

Για να ενταχθεί η μεταβλητή x_5 , σαν ελεύθερη μεταβλητή στο πακέτο *Solver* του *Excel* και να μην υπακούει σε κανένα περιορισμό προσήμου ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Θέτουμε την $x_5 = x_5' - x_5''$. Εισάγουμε δηλαδή, δύο καινούργιες μεταβλητές, οι οποίες συνδέονται με την ελεύθερη μεταβλητή μέσω αυτής της σχέσης. Για τις μεταβλητές x_5' και x_5'' θα ισχύουν κανονικά οι περιορισμοί μη αρνητικότητας που εισάγονται από τις επιλογές του *Solver*. Στη συνέχεια, λύνουμε το παραλλαγμένο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού για τις μεταβλητές αυτές.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Στην μαθηματική διατύπωση του BCC-I, η μεταβλητή w είναι διατυπωμένη ως $-w$. Συνεπώς, η σχέση θα είναι $-x_5 = -x_5' + x_5''$.

Βάζοντας στο *Spreadsheet* του *Excel*, όλα τα παραπάνω, επιλύουμε το πρόβλημα. Μετά την επίλυση προκύπτει η τιμή της αποδοτικότητας, καθώς επίσης και η τιμή για τις x_5' και x_5'' . Για να βγάλουμε συμπέρασμα για την x_5 (δηλαδή για την w) ακολουθείται η εξής λογική:

1. Εάν $x_5' = x_5'' = 0$, τότε και $x_5 = 0$, συνεπώς έχουμε CRS
2. Εάν $x_5' > 0$ και $x_5'' = 0$, τότε $x_5 = x_5' > 0$, άρα έχουμε DRS
3. Εάν $x_5' = 0$ και $x_5'' > 0$, τότε $x_5 = -x_5'' < 0$, άρα έχουμε IRS

Λύνοντας το παραπάνω πρόβλημα με την βοήθεια του πακέτου Solver στο Excel, προέκυψε η τιμή της αποδοτικότητας της επιχείρησης καθώς και η τιμή της μεταβλητής w . Η τιμή της αποδοτικότητας βρέθηκε να είναι 0,157586, δηλαδή 15,76%. Τόσο ακριβώς υπολογίστηκε και μέσω του EMS, κατά την εφαρμογή του ίδιου μοντέλου. Όσον αφορά την μεταβλητή w , η τιμή της ήταν 0,019456. Η τιμή αυτή, αποτελεί την βέλτιστη τιμή της μεταβλητής αυτής και είναι μεγαλύτερη του μηδέν. Συμπέρασμα αυτού είναι, ότι η επιχείρηση BENTOMINE ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΚΙΜΩΛΟΥ Α.Ε., ακολουθεί Φθίνουσες Αποδόσεις Κλίμακας (DRS). Αυτό ήταν και το αποτέλεσμα, που έδωσε η επίλυση του μοντέλου μέσω του λογισμικού DEAP, που χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση των αποδόσεων κλίμακας.

Με ακριβώς όμοιο τρόπο, μπορεί να ευρεθεί η τιμή της w , για κάθε μία επιχείρηση και να βγουν έτσι συμπεράσματα για τις αποδόσεις κλίμακας. Το μόνο που χρειάζεται είναι η διατύπωση και επίλυση, αντίστοιχων προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού. Για παράδειγμα για τις επιχειρήσεις CABO DRILLING ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε. και ΟΥΡΓΑΝΤΖΙΔΗ, ΑΦΟΙ, Ε.Π.Ε., η αποδοτικότητα βρέθηκε ίση με 1 (δηλαδή 100%), ενώ η μεταβλητή w ήταν ίση με το 0, άρα οι μονάδες λειτουργούν υπό σταθερές αποδόσεις κλίμακας.

Κλείνοντας, ένα παράδειγμα IRS περίπτωσης ήταν η επιχείρηση ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.. Η αποδοτικότητα, υπολογίστηκε 92,57%, ενώ για την μεταβλητή w , ισχύουν τα εξής:

Η $x_5' = 0$ και $x_5'' = 0,925736$. Άρα με βάση τον παραπάνω συλλογισμό, $w = -x_5'' = -0,925736 < 0$, άρα έχουμε IRS.

Ακολουθεί ένα *Screenshot* του *Spreadsheet* του *Excel* για την επιχείρηση ΦΟΥΝΤΙΔΑΚΗΣ, ΜΙΧΑΗΛ, & ΥΙΟΙ Α.Β.Ε.Ε.. Να σημειωθεί, ότι για όποια επιχείρηση χρησιμοποιηθεί το φύλλο εργασίας, το μόνο που αλλάζει είναι τα πεδία *Objective Coefficients* και *Constraint 1*. Η αλλαγή γίνεται με βάση τις τιμές των εκροών και εισροών αντίστοιχα που έχει κάθε επιχείρηση. Όλα τα υπόλοιπα πεδία παραμένουν ως έχουν.

11 Ευρετήριο

Εικόνες

Εικόνα 2.4.1: Αποδοτικότητα και Οικονομίες Κλίμακας Πηγή: <i>Economics Help, Economic Efficiency</i>	12
Εικόνα 2.5.1: Τα 3 Είδη Αποδόσεων Κλίμακας Πηγή: <i>Euretirio, Οικονομίες Κλίμακας</i>	14
Εικόνα 3.2.1: Περιοχή Λύσης Προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού Πηγή: <i>Wikipedia, Linear Programming</i>	19
Εικόνα 5.2.1: Παραγωγική Διαδικασία Πηγή: <i>Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων Data Envelopment Analysis - (DEA), Κωνσταντίνος Α. Σαΐτης</i>	34
Εικόνα 5.3.1: Διαγραμματική Απεικόνιση Αποδοτικού Συνόρου Πηγή: <i>Efficiency of the Financial Services, Richard Szabo</i>	38
Εικόνα 9.7.2.1: Διαφορά CRS-VRS Συνόρου Πηγή: <i>ResearchGate, Data envelopment analysis models for identifying and benchmarking the best healthcare processes</i>	42
Εικόνα 6.4.1: Διαφορές μεταξύ Χρονικών Περιόδων - Δείκτης Malmquist Πηγή: <i>An Introduction to Data Envelopment Analysis, R. Ramanathan</i>	55
Εικόνα 7.1.1: Menu του EMS.....	62
Εικόνα 7.1.2: Επιπλέον Επιλογές του EMS	63
Εικόνα 9.7.1: Αποδοτικά και Μη Αποδοτικά DMU's.....	73
Εικόνα 9.7.2: Ιστόγραμμα Αποδοτικότητας-Αριθμού DMU's.....	75
Εικόνα 8.6.1: Αποδοτικά και Μη Αποδοτικά DMU's.....	91
Εικόνα 8.6.2: Ιστόγραμμα Αποδοτικότητας - Αριθμού DMU's	92
Εικόνα 8.8.1: Αποδοτικές Επιχειρήσεις με βάση την CRS	103
Εικόνα 8.8.2: Αποδοτικές Επιχειρήσεις με βάση την VRS	103
Εικόνα 8.8.3: Ιστόγραμμα για CRS	105
Εικόνα 8.8.4: Ιστόγραμμα για VRS	105
Εικόνα 11.1: Φύλλο υπολογισμού αποδοτικότητας και μεταβλητής w	147

Πίνακες

Πίνακας 2.3.1: Διαφορές Παραγωγικότητας-Αποδοτικότητας	10
Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικά Στοιχεία Βιβλιογραφικής Επισκόπησης.....	30
Πίνακας 11.2.1: Διαφορές Δυικού και Πρωτεύοντος Προβλήματος.....	50
Πίνακας 8.4.1: Correlation test για το 2015	69
Πίνακας 8.4.2: Μέσοι Όροι των Μεταβλητών των Επιχειρήσεων	70
Πίνακας 8.4.3: Σύγκριση Ελληνικού Χρυσού Α.Ε. με τον Υπόλοιπο Κλάδο.....	71
Πίνακας 8.4.4: Score Αποδοτικότητας Επιχειρήσεων	71
Πίνακας 8.4.5: Αποδοτικές Μονάδες.....	72
Πίνακας 8.4.6: Μέσοι Όροι Στοιχείων για την VRS Αποδοτικότητα.....	73
Πίνακας 9.7.7: Μέσοι Όροι Στοιχείων Μη Αποδοτικών Μονάδων.....	74
Πίνακας 9.7.8: Πίνακας Συχνοτήτων της Αποδοτικότητας.....	74
Πίνακας 9.7.9: Κατάταξη των Επιχειρήσεων.....	75
Πίνακας 9.7.10: Benchmarks.....	77
Πίνακας 9.7.11: Στόχοι Μη Αποδοτικών Επιχειρήσεων.....	78
Πίνακας 9.7.12: Αριθμοί Αντιστοιχίας.....	79
Πίνακας 9.7.13: Στοχοθεσία για την Επιχείρηση ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.....	81
Πίνακας 9.7.14: Στοχοθεσία για την Επιχείρηση ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ ΜΑΡΜΑΡΑ Α.Β.Ε.Ε.....	81
Πίνακας 8.5.1: Αποδόσεις Κλίμακας των επιχειρήσεων το 2015.....	84
Πίνακας 8.5.2: Οικονομίες Κλίμακας Επιχειρήσεων.....	85
Πίνακας 9.7.1: Correlation test για το 2016.....	87
Πίνακας 8.6.2: Μέσοι όροι Στοιχείων Επιχειρήσεων	88
Πίνακας 8.6.3: Σύγκριση Ελληνικού Χρυσού Α.Ε. με τον Υπόλοιπο Κλάδο.....	89
Πίνακας 8.6.4: Σύγκριση Ελληνικού Χρυσού με τον Υπόλοιπο Κλάδο για τα Έτη 2015 και 2016	89
Πίνακας 8.6.5: Score Αποδοτικότητας Επιχειρήσεων	89
Πίνακας 8.6.6: Αποδοτικές Επιχειρήσεις	90
Πίνακας 8.6.7: Μέσοι Όροι Στοιχείων για την VRS Αποδοτικότητα.....	91
Πίνακας 8.6.8: Μέσοι Όροι Στοιχείων Μη Αποδοτικών Μονάδων	92
Πίνακας 8.6.9: Πίνακας Συχνοτήτων για τις Αποδοτικότητες	92

Πίνακας 8.6.10: Σειρά Κατάταξης Μονάδων	93
Πίνακας 8.6.11: Benchmarks Στόχοι Μη Αποδοτικών Επιχειρήσεων	94
Πίνακας 8.6.12: Στόχοι Μη Αποδοτικών Επιχειρήσεων.....	95
Πίνακας 8.6.13: Διαφορά Συντελεστών Βαρύτητας για τις Ίδιες Επιχειρήσεις - Στόχους.....	95
Πίνακας 8.6.14: Αριθμοί Αντιστοιχίας.....	96
Πίνακας 9.7.15: Στοχοθεσία για την Επιχείρηση MICROFIL Κ. ΖΑΦΡΑΝΑΣ Α.Ε.....	97
Πίνακας 9.7.2: Αποδόσεις Κλίμακας των επιχειρήσεων το 2016.....	97
Πίνακας 8.7.2: Οικονομίες Κλίμακας Επιχειρήσεων.....	98
Πίνακας 8.8.1: Correlation test για το 2017	99
Πίνακας 8.8.2: Μέσοι Όροι Στοιχείων	100
Πίνακας 8.8.3: Σύγκριση Ελληνικού Χρυσού Α.Ε. με τον Υπόλοιπο Κλάδο.....	100
Πίνακας 8.8.4: CRS και VRS Αποδοτικότητες	100
Πίνακας 8.8.5: Μέσοι Όροι Στοιχείων για CRS και VRS Αποδοτικότητα.....	101
Πίνακας 8.8.6: Σύγκριση Αποδοτικότητας Ελληνικού Χρυσού μεταξύ CRS και VRS	102
Πίνακας 8.8.7: Αποδοτικές Επιχειρήσεις με βάση την CRS	102
Πίνακας 8.8.8: Αποδοτικές Επιχειρήσεις με βάση την VRS.....	102
Πίνακας 8.8.9: Μέσοι Όροι Στοιχείων Μη Αποδοτικών DMU's	104
Πίνακας 8.8.10: Πίνακας Συχνοτήτων για την CRS	104
Πίνακας 8.8.11: Πίνακας Συχνοτήτων για την VRS.....	104
Πίνακας 8.8.12: Κατάταξη με βάση την CRS	106
Πίνακας 8.8.13: Κατάταξη με βάση την VRS	107
Πίνακας 8.8.14: Benchmarks	108
Πίνακας 8.8.15: Επιχειρήσεις Στόχοι για τις Μη Αποδοτικές.....	108
Πίνακας 8.8.16: Αριθμοί Αντιστοιχίας.....	109
Πίνακας 8.8.17: Στοχοθεσία για την SIBELCO ΕΛΛΑΣ Α.Ε.	109
Πίνακας 8.8.18: Στοχοθεσία για την ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ, ΠΑΝΤΕΛΗΣ, Α.Ε.	110
Πίνακας 8.9.1: Πίνακας με τα Score Αποδοτικότητας.....	110
Πίνακας 8.9.2: Μέσοι Όροι των Αποδοτικότητων	112
Πίνακας 8.9.3: Οικονομίες Κλίμακας των Επιχειρήσεων	112
Πίνακας 8.10.1: Αποδοτικότητες Επιχειρήσεων στην Τριετία.....	112

Πίνακας 8.10.2: Μέσοι Όροι Επιχειρήσεων	113
Πίνακας 8.10.3: Κατάταξη Τριετίας	114
Πίνακας 8.10.4: Μέσοι Όροι Στοιχείων του Κλάδου	116
Πίνακας 8.11.1.1: Τιμές και Μεταβολές Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (ΔΤΚ).....	118
Πίνακας 9.7.1.2: Προσαρμοσμένος ΔΤΚ.....	118
Πίνακας 9.7.2.1: Αποτελέσματα Malmquist με βάση το 2015.....	119
Πίνακας 9.7.2.2: Σύγκριση Επιχείρησης σε βάθος Χρόνου.....	120
Πίνακας 9.7.2.3: Αποτελέσματα Malmquist με βάση το 2016.....	120
Πίνακας 9.7.2.4: Αποτελέσματα Malmquist με βάση το 2017.....	121
Πίνακας 9.7.2.5: Στοιχεί του Δείκτη για το 2016.....	123
Πίνακας 9.7.2.6: Στοιχεία του Δείκτη για το 2017.....	124
Πίνακας 9.7.2.7: Μέσοι Όροι Κάθε Έτους.....	125
Πίνακας 9.7.2.8: Μέσοι Όροι Στοιχείων Δείκτη για κάθε Επιχείρηση.....	125
Πίνακας 9.6.1: Σύγκριση τιμών του MPI για τα Ορυχεία στην Ελλάδα και το Βιετνάμ <i>Πηγή: Τα στοιχεία του Βιετνάμ προέρχονται από την εργασία του Vu Hung Phuong.....</i>	139

12 Βιβλιογραφία

1. Bakirci, Fehim, Yakut Emre, Ayhan, Demirci and Gündüz, Murat. 2014. Efficiency Measurement in Turkish Coal Enterprises Using Data Envelopment Analysis and Data Mining. *Canadian Social Science*. 2014, Vol. 10, 1, pp. 103-110.
2. Banker, R. D., A. Charnes and Cooper, W. W. 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. 1984, Vol. 30, 9, pp. 1078-1092.
3. Banker, Rajiv D, Cooper William W., M., Seiford Lawrence and Zhu, Joe. 2011. Returns to Scale in DEA. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. 2011, 2.
4. Boussofiane, A, Dyson, RG and Thanassoulis, E. 1991. Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*. 1991, Vol. 52, 1, pp. 1-15.
5. Bowlin, William F. 1998. Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA). 1998.
6. Brockett, A, Charnes A, WW Cooper, ZM Huang and Sun, DB. 1997. Data Transformations in DEA Cone Ratio Envelopment Approaches for Monitoring Bank Performances. *European Journal of Operational Research*. 1997, Vol. 98, pp. 250-268.
7. Charnes, A., Cooper W.W. and Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*. 1978, Vol. 2, 6, pp. 429-444.
8. Cooper, William W., Seiford, Lawrence M. and Zhu, Joe. 2011. *Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations*. 2011.
9. Debnath, Roma Mitra and Sebastian, V.J. 2014. Efficiency in the Indian iron and steel industry - an application of data. *Journal of Advances in Management Research*. 2014, Vol. 11, 1, pp. 4-19.
10. Dyson, R.G., Allen, R, Camanho, A.S., Podinovski, V.V., Sarrico, C.S. and Shale, E.A. 2001. *European Journal of Operational Research*. 2001, Vol. 132, 2, pp. 245-259.
11. EconomicsHelp. 2019. Economics Help. [Online] 2019. [Cited: March 19, 2019.] <https://www.economicshelp.org/microessays/costs/efficiency/>.

12. Euretirio. 2019. Euretirio. [Online] 2019. [Cited: March 19, 2019.] <https://www.euretirio.com/oikonomies-klimakas/>.
13. Farrell, M.J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1957, Vol. 120, 3, pp. 253-290.
14. Gajigo, Ousman and Dhaou, Mouna Ben. 2015. *Economies of Scale in Gold Mining*. 2015.
15. Golany, B and Roll, Y. 1989. An Application Procedure for DEA. *Omega*. 1989, Vol. 1, 3, pp. 237-250.
16. Haag, Stephen, Charnes Abraham, Semple John H and Patrick, Jaska. 1992. Sensitivity of Efficiency Classification in the Additive Model of Data Envelopment Analysis. *International Journal of Systems Science*. 1992, Vol. 23, 5, pp. 789-798.
17. Hartman, Thomas E., E., Storbeck James and Byrnes, Patricia. 2001. Allocative efficiency in branch banking. *European Journal of Operational Research*. 2001, Vol. 134, 2, pp. 232-242.
18. Hosseinzadeh, Ahmad, Smyth Russell, Valadkhani Abbas και Le, Viet. 2016. Analysing the efficiency performance of major Australian mining companies using bootstrap data envelopment analysis. *Economic Modelling*. 2016.
19. Jarzębowski, Sebastian. 2014. EFFICIENCY AND RETURNS TO SCALE—A CONCEPT OF USING DETERMINISTIC APPROACH. *QUANTITATIVE METHODS IN ECONOMICS*. 2014, Vol. XV, 2, pp. 102-111.
20. Koletsos, Ioannis and Stogiannis, Dimitrios. 2012. Εισαγωγή Στην Επιχειρησιακή Έρευνα. [book auth.] Stogiannis Dimitrios Koletsos Ioannis. *Εισαγωγή Στην Επιχειρησιακή Έρευνα*. 2012.
21. Kulshreshtha, Mudit and Parikh, Jyoti. 2002. Study of efficiency and productivity growth in opencast and underground coal mining in India: A DEA analysis. *Energy Economics*. 2002, Vol. 24, 5, pp. 439-453.
22. Lacko, Roman, Hajduova Zuzana and Pavolova, Henrieta. 2017. Efficiency of mining and quarrying industry of V4 countries: the impact of investments and selected indicators. *Acta Montanistica Slovaca*. 2017, Vol. 22, 2, pp. 136-145.
23. Nguyen, Nhu-Ty. 2015. Optimization of Strategic Alliances by Integrating DEA and Grey Model. *The Journal of Grey System*. 2015, Vol. 27, 1.
24. Phuong, Vu Hung. 2018. Total Factor Productivity Growth, Technical Progress & Efficiency Change in Vietnam Coal Industry – Nonparametric Approach. *E3S Web of Conferences*. 2018, Vol. 35, 01009.

25. Ramanathan. 2003. *An Introduction to Data Envelopment Analysis*. 2003.
26. Sarkis, Joseph. 2002. *Preparing your Data for DEA*. 2002.
27. Scheel, Holger. 2000. *EMS: Efficiency Measurement System User's Manual*. 2000.
28. Szabo, Richard. 2015. Efficiency of the Financial Services Institution. *FIKUSZ '15 Symposium for Young Researchers*. 2015, pp. 219-228.
29. Thirupati, Dr.G. Reddy, Dr.K.Sudhakar and Krishna, S.Jaya. 2013. Bench Marking of Coal Mines using Data Envelopment Analysis. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2013, Vol. 2, 1, pp. 159-164.
30. Tian, Yuzhen και Zhanxin, Ma. 2016. An Efficiency Analysis Of Chinese Coal Enterprises By Using Malmquist Productivity Indexes. *The 2016 International Conference on Advances in Energy, Environment and Chemical Science*. 2016.
31. Tsolas, I. E. 2011. Performance assessment of mining operations using nonparametric production analysis: A bootstrapping approach in DEA. *Resources Policy*. 2011, Vol. 36, 2, pp. 159-167.
32. Xuehong, Zhu, Chen Ying and Feng, Chao. 2018. Green total factor productivity of China's mining and quarrying industry: A global data envelopment analysis. *Resources Policy*. 2018, Vol. 57, C, pp. 1-9.
33. Zhu, Joe. 2009. *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmark*. 2009.

Βοηθητικές Πηγές και Βιβλία

1. A DEA-Based Malmquist Productivity Index approach in assessing performance of commercial banks: Evidence from Tanzania. Gwahula Raphael (2013).
2. Efficiency and Returns to Scale - A Concept of Using Deterministic Approach Sebastian Jarzebowski (2014).
3. Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operation Research. Subhash C.Ray (2004).
4. Returns to Scale in DEA. Joe Zhu et al.(2011) from ResearchGate.
5. Data Envelopment Analysis Explained. Sherman and Zhu
6. Recent Applications of Data Envelopment Analysis. Ali Emrouznejad et al. (2017).
7. Efficiency Analysis of Manufacturing Firms Using Data Envelopment Analysis Technique. Tagdira Naznin Smriti et al. (2018).