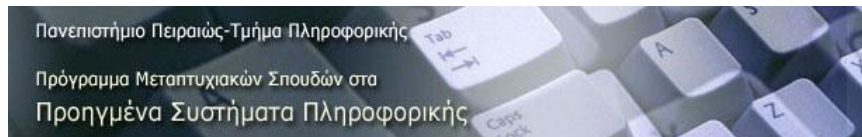




Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»
Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Ανάπτυξη διαδικτυακής εφαρμογής περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων (WebDEA)
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	ΚΟΡΩΝΑΚΟΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ του ΓΕΩΡΓΙΟΥ
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ 08006
Κατεύθυνση	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (ΣΥΑ)
Επιβλέπων	ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΔΕΣΠΟΤΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ



Ημερομηνία Παράδοσης 10 2010

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΔΕΣΠΟΤΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΜΕΤΑΞΙΩΤΗΣ
ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μεταπτυχιακή διατριβή που ακολουθεί έχει ως κεντρικό στόχο την υλοποίηση διαδικτυακής εφαρμογής που θα εξυπηρετεί την επίλυση του προβλήματος της μέτρησης της αποδοτικότητας των παραγωγικών μονάδων μέσω της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων (ΠΑΔ-Data Envelopment Analysis-DEA). Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος για την αποτίμηση της αποδοτικότητας ενός συνόλου συγκρίσιμων και ομοιογενών μονάδων, πέραν των παραδοσιακών οικονομετρικών μεθόδων, είναι η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (Σμυρλής, 2003). Η ΠΑΔ είναι μία μη παραμετρική τεχνική η οποία βασίζεται στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού, τα αντικείμενα ανάλυσής της είναι οι μονάδες των οποίων η αποδοτικότητα εκτιμάται και αναφέρονται ως μονάδες απόφασης (MA- decision making units -DMUs). Η έννοια MA έχει διευρυνθεί και επεκταθεί σε κοινωνικούς και πολιτικούς τομείς πέρα από τους οικονομικούς, συνεπώς η ΠΑΔ καλύπτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών για την εκτίμηση της αποδοτικότητας. Στον πυρήνα του λογισμικού χρησιμοποιείται αλγόριθμος που ενσωματώνει τα μαθηματικά μοντέλα CCR και BCC της ΠΑΔ και χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο simplex για να λύσει τα γραμμικά προγράμματα. Στους στόχους της παρούσας διατριβής συγκαταλέγεται η χρήση της για εκπαιδευτικούς σκοπούς αλλά και η υποστήριξη των αναλυτών για τη λήψη αποφάσεων. Η συμβολή στην προσπάθεια βελτίωσης της αποδοτικότητας των MA επιτυγχάνεται μέσω στοιχείων που παρέχονται από το λογισμικό και εξυπηρετούν τον αναλυτή στην κατανομή των πόρων και αναδιανομή αυτών, στον προσδιορισμό της “καλύτερης πρακτικής”, στη θέσπιση στόχων και στον προγραμματισμό αποφάσεων - ανάπτυξη στρατηγικών.

ABSTRACT

Subject of this post-graduate thesis is the development of a web-based application dedicated to enhance the idea of measuring production efficiency in a nonparametric framework, using Data Envelopment Analysis (DEA) models to evaluate the production units. In addition to traditional econometric methods, Data Envelopment Analysis is one of the most widespread methods for assessing the performance of a comparable and homogeneous set of units (Smyrliis 2003). DEA can be roughly defined as a nonparametric method based on linear programming, it is used to empirically measure productive efficiency of decision making units (or DMUs). Since DMUs can come from social and political areas, apart from economics, DEA provides a wide range of applications for the estimate of efficiency. The core of the WebDEA includes an algorithm which encapsulate the CCR and BCC models and use a simplex type algorithm to solve linear programs. In the objectives of the present thesis are included the use for educational purposes, as well as the support to analysts concerning decision-making. The contribution in improving the efficiency of the DMUs is obtained through results that are provided by the software and assist the analyst in the distribution and the reallocation of the resources, in the determination of the “best practice”, in setting objectives and planning of decisions - strategies.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	σελίδα 6
1.1. Γενικά για την ΠΑΔ.....	σελίδα 6
1.2. Γενικά για την εφαρμογή.....	σελίδα 7
2. Θεωρητικό υπόβαθρο.....	σελίδα 9
2.1. Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ).....	σελίδα 9
3. Σχεδιασμός – Ανάλυση Απαιτήσεων.....	σελίδα 14
3.1. Αρχιτεκτονική.....	σελίδα 15
3.1.1. Επίπεδο πελάτη (Client Tier).....	σελίδα 15
3.1.2. Επίπεδο παρουσίασης (Presentation Tier).....	σελίδα 15
3.1.3. Επίπεδο λογικής(Bussiness Tier).....	σελίδα 15
3.1.4. Επίπεδο διασύνδεσης (Integration Tier).....	σελίδα 16
3.2. Θέματα φιλοξενίας (hosting)	σελίδα 16
3.3. Επιλογή πλατφόρμας και γλωσσών προγραμματισμού για την ανάπτυξη της εφαρμογής	σελίδα 16
3.4. Χρήση Βάσης Δεδομένων και διαχείριση χρηστών.....	σελίδα 16
3.5. Η συμβατότητα και η επικοινωνία με άλλες εφαρμογές που ήδη υπάρχουν.....	σελίδα 16
3.6. Δημιουργία διεπαφής χρήστη (user interface).....	σελίδα 17
3.7. Συμβατότητα με όλους τους web browsers	σελίδα 17
3.8. Οι λειτουργίες της εφαρμογής και ποιες δυνατότητες θα προσφέρει στο χρήστη.....	σελίδα 18
3.9. Η δυνατότητα επέκτασης και αναβάθμισης.....	σελίδα 18
4. Υλοποίηση.....	σελίδα 18
4.1. Προγραμματιστικές Τεχνολογίες.....	σελίδα 18
4.2. Ανάπτυξη των λειτουργιών της εφαρμογής.....	σελίδα 19
4.2.1. Ανάπτυξη βάσης δεδομένων.....	σελίδα 19
4.2.2. Εισαγωγή δεδομένων.....	σελίδα 20
4.2.3. Προβολή Δεδομένων.....	σελίδα 20
4.2.4. Εξαγωγή αποτελεσμάτων.....	σελίδα 21
4.2.5. Ανάπτυξη βασικής λειτουργίας της εφαρμογής.....	σελίδα 21
4.2.6. Αποθήκευση project.....	σελίδα 23

4.3. Δημιουργία γραφικής διεπαφής χρήστη.....	σελίδα 24
4.4. Αναβάθμιση και επέκταση.....	σελίδα 30
4.5. Διάγραμμα ροής.....	σελίδα 31
5. Παράδειγμα - Παρουσίαση Διαδικτυακής Εφαρμογής.....	σελίδα 32
5.1. Εισαγωγή δεδομένων.....	σελίδα 32
5.2. Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	σελίδα 34
5.3. Εισαγωγή δεδομένων μέσω Data Editor.....	σελίδα 37
6. Συμπέρασμα.....	σελίδα 39
7. Βιβλιογραφία – Αναφορές.....	σελίδα 41
8. Ηλεκτρονικές πηγές.....	σελίδα 42

1.

Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για αύξηση της αποδοτικότητας των οργανισμών, προκειμένου αυτοί να λειτουργούν και να επιτυγχάνουν τη μέγιστη απόδοση, σε συνδυασμό με την τεχνολογική εξέλιξη και τις αλλαγές στο κοινωνικό και οικονομικό γίνεσθαι, απαιτεί τη μελέτη της αποδοτικότητάς τους αλλά και των παραγόντων που αλληλεπιδρούν και τη διαμορφώνουν. Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μονάδων-οργανισμών απαιτείται ένα ενιαίο πλαίσιο αξιολόγησης, το οποίο να αποδίδει με δίκαιο και αντικειμενικό τρόπο την αποδοτικότητα κάθε μονάδας. Ως αποδοτικότητα (efficiency) ορίζεται ο βαθμός στον οποίο μια μονάδα μετασχηματίζει αποτελεσματικά, τις εισροές που καταναλίσκει σε παραγόμενες εκροές. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί πολλοί και διάφοροι DEA

μέθοδοι για την εκτίμηση της αποδοτικότητας, οι δύο βασικοί είναι η παραμετρική προσέγγιση και η μη παραμετρική. Στις παραμετρικές τεχνικές χρησιμοποιούνται οικονομετρικές μέθοδοι, στις οποίες εφαρμόζονται τα πραγματικά δεδομένα αφού έχουν υπολογισθεί θεωρητικά οι συναρτήσεις παραγωγής. Οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν με τη χρήση αυτών των τεχνικών εξαιτίας της αδυναμίας οικοδόμησης των συναρτήσεων παραγωγής λόγω της πολυπλοκότητας του εκάστοτε προβλήματος αλλά και των σφαλμάτων που παρουσιάζονται στα δεδομένα των εμπειρικών παρατηρήσεων, οδήγησαν στην ανάπτυξη των μη παραμετρικών τεχνικών. Ο Farrell το 1957 διατύπωσε μία εναλλακτική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία η εκτίμηση της αποδοτικότητας μπορεί να γίνεται με εμπειρικά δεδομένα, χωρίς την εκ προτέρων υιοθέτηση συγκεκριμένων συναρτήσεων παραγωγής. Βασίζεται μόνο στις εμπειρικές μετρήσεις των εισροών και εκροών και εκφράζει την αποδοτικότητα ως το λόγο των συνολικών εκροών προς τις συνολικές εισροές:

Συνολικές Εκροές

Συνολικές Εισροές

Η πρωτοποριακή εργασία του Farrell είχε συνεχιστές τους Charnes, Cooper και Rhodes (1978), οι οποίοι εισήγαγαν μια νέα τεχνική αποτίμησης της αποδοτικότητας την Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ - Data Envelopment Analysis- DEA). Η ΠΑΔ αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως μια από τις πλέον δημοφιλείς τεχνικές μέτρησης της αποδοτικότητας μονάδων που λειτουργούν στα πλαίσια ενός συστήματος. Πρόκειται για μια μη παραμετρική μέθοδο που βασίζεται στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού. Τα αντικείμενα ανάλυσης της ΠΑΔ, δηλαδή οι μονάδες των οποίων η αποδοτικότητα εκτιμάται, αναφέρονται ως μονάδες απόφασης (ΜΑ - Decision Making Units - DMUs). Η ΠΑΔ θεωρεί την ύπαρξη ενός συνόλου μονάδων παραγωγής, των Μονάδων Απόφασης, οι οποίες λειτουργούν σε ένα ενιαίο πλαίσιο, είναι συγκρίσιμες, ομοιογενείς και καταναλώνουν τον ίδιο αριθμό εισροών και παράγουν τον ίδιο αριθμό εκροών. Συνεπώς η μεθοδολογία αυτή δεν περιορίζεται μόνο σε οικονομικές μονάδες (επιχειρήσεις) αλλά είναι εξίσου κατάλληλη για την μελέτη της αποτελεσματικότητας οποιασδήποτε μορφής παραγωγικών μονάδων.

1.1.

DEA

Η DEA εφαρμόζεται ευρέως σε πολλούς τομείς για την εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων που λειτουργούν σε αυτούς, αυτό που την καθιστά ξεχωριστή, είναι η ικανότητα της να διαχειρίζεται πολλαπλές εισόδους και εξόδους χωρίς την ανάγκη να θεσπίσει εκ των προτέρων βάρη σε αυτές και ρητά μια μαθηματική μορφή για τη συνάρτηση παραγωγής. Η αδυναμία καθορισμού των συντελεστών στάθμισης (weights) αποτελεί σύνηθες πρόβλημα στον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας. Η μέθοδος DEA ξεπερνά το πρόβλημα επιτρέποντας στην κάθε μονάδα απόφασης να επιλέξει τους σταθμισμένους συντελεστές βαρύτητας για κάθε εισροή και εκροή της. Επίσης, σε αντίθεση με τις συμβατικές οικονομετρικές τεχνικές όπως η παλινδρόμηση η οποία χρησιμοποιείται για να την εκτίμηση μιας συνάρτησης παραγωγής, στην εκτίμηση δεν επιδρούν καθόλου υποκειμενικοί παράγοντες ούτε υπάρχει ανάγκη μετατροπής των δεδομένων σε κάποιο σύστημα αξιών, ακόμα και όταν τα μέτρα τους δεν είναι όμοια, για να γίνει η άθροιση των εισροών/εκροών και η αποτίμηση. Το ίδιο συμβαίνει και για τη μορφή της συνάρτησης των σφαλμάτων μέτρησης, δεν χρειάζονται στατιστικές υποθέσεις όπως συμβαίνει στις οικονομετρικές μεθόδους (Παπαδημητρίου 2009). Επιπλέον, η μέθοδος χρησιμοποιεί κοινές μεθόδους γραμμικού προγραμματισμού για τον καθορισμό και σύγκριση ομοειδών συνόλων για το κάθε σύστημα που αποτιμάται. Χρησιμοποιώντας σαν σύστημα αναφοράς τα ομοειδή αυτά σύνολα, η DEA παρουσιάζει στον αποφασίζοντα, τις πτυχές μιας μη αποδοτικής μονάδας που πρέπει να τροποποιηθούν για γίνει αυτή αποδοτική καθώς και το μέγεθος των απαιτούμενων τροποποιήσεων (Κατσαμάνης 2009). Η μεγάλη ευελιξία που παρουσιάζει στο είδος δεδομένων που μπορεί να

διαχειριστεί, οδηγεί στην ανάγκη δημιουργίας λογισμικών που θα εκτιμούν την αποδοτικότητα των μονάδων, θα παρέχουν τη δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων και θα υποστηρίζουν τις αποφάσεις των αναλυτών ώστε να βελτιωθεί η απόδοση των μη αποτελεσματικών μονάδων.

1.2.

εφαρμογή

Γενικά για την

Η διαδικτυακή εφαρμογή WebDEA που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διατριβής είναι προσανατολισμένη προς την επίλυση του προβλήματος της μέτρησης και ανάλυσης της αποδοτικότητας των παραγωγικών μονάδων μέσω της τεχνικής της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Στους στόχους της περιλαμβάνονται η συνεισφορά για την αξιολόγηση και τη βελτίωση της αποδοτικότητας των οργανισμών, η υποστήριξη λήψης απόφασης, η επέκταση και εφαρμογή της ΠΑΔ σε μεγαλύτερο εύρος δραστηριοτήτων αλλά και η ανάδειξη του ενδιαφέροντος για περαιτέρω ερευνητική μελέτη στο συγκεκριμένο πεδίο.

Η ανάπτυξη του λογισμικού βασίζεται στην χρήση των γλωσσών προγραμματισμού PHP και Javascript στη σημειακή HTML, στη μετα-γλώσσα XML και στα CSS (Cascading Style Sheets). Επίσης χρησιμοποιήθηκε η MySQL ως σύστημα για την ανάπτυξη και τη διαχείριση της βάσης δεδομένων.

Στο λογισμικό WebDEA χρησιμοποιούνται δυο μοντέλα βελτιστοποίησης (ελαχιστοποίηση εισροών ή μεγιστοποίηση εκροών), δυο είδη κλίμακας (συνεχής ή μεταβαλλόμενη επιστροφή κλίμακας) και τα μαθηματικά μοντέλα CCR και BCC της ΠΑΔ για την μέτρηση της αποδοτικότητας των μονάδων που εξετάζονται, η δομή του προβλήματος μπορεί να είναι προσανατολισμένη στην ελαχιστοποίηση των εισροών ή στη μεγιστοποίηση των εκροών. Τα δεδομένα εισάγονται από τους χρήστες μέσω αρχείων CSV και Excel, επεξεργάζονται και παράγονται αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου DEA.

Η εφαρμογή λειτουργεί από τις 6 Μαΐου και μέχρι την 24/09/2010, σύμφωνα με το Google Analytics, έχει καταγράψει 557 επισκέψεις από 35 διαφορετικές χώρες όπως φαίνεται από τον χάρτη που απεικονίζεται στην εικόνα 1 και τον πίνακα που ακολουθεί :



Χώρα / Επικράτεια	Επισκέψεις	Σελίδες / επίσκεψη	Μέσος χρόνος στον ιστότοπο	% Νέες επισκέψεις	Ποσοστό εγκαταλείψε- ων (bounces)
Greece	382	8	6.503	0.222	0.1675
Poland	50	1.54	58.04	0.24	0.82
Japan	45	16	9.429	0.088	0.0
United States	15	38.666	53.266	0.8	0.1333
United Kingdom	8	2.5	18.0	1.0	0.125
Bulgaria	6	9.5	4.531	0.833	0.5
Germany	5	2.6	76.6	0.8	0.4
Turkey	5	4.0	112.8	0.6	0.6
Brazil	3	2.0	73.333	0.666	0.0
Netherlands	3	2.0	23.333	0.666	0.3333
Australia	2	3.0	10.0	1.0	0.0
Iran	2	7.0	200.0	1.0	0.5
Mexico	2	3.5	153.0	1.0	0.0
Colombia	2	2.0	12.0	1.0	0.5

Russia	2	2.0	138.5	1.0	0.5
Hungary	2	4.0	23.5	1.0	0.0
Serbia	2	21.5	1391.0	0.5	0.0
Romania	2	2.0	15.5	0.5	0.0
China	2	5.5	1159.0	1.0	0.0
Portugal	2	2.0	59.0	0.5	0.0
Slovakia	1	2.0	0.0	1.0	0.0
Spain	1	1.0	0.0	1.0	1.0
Belgium	1	2.0	27.0	1.0	0.0
South Korea	1	6.0	59.0	1.0	0.0
New Zealand	1	5.0	115.0	1.0	0.0
Argentina	1	3.0	0.0	0.0	0.0
South Africa	1	2.0	0.0	1.0	0.0
Canada	1	7.0	602.0	1.0	0.0
Finland	1	2.0	5.0	1.0	0.0
France	1	1.0	0.0	0.0	1.0
Czech Republic	1	5.0	322.0	1.0	0.0
Indonesia	1	2.0	27.0	1.0	0.0
Paraguay	1	1.0	0.0	1.0	1.0
Norway	1	1.0	0.0	1.0	1.0
Italy	1	2.0	28.0	1.0	0.0

Εικόνα 1

2.

Θεωρητικό**Υπόβαθρο**

Το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο αναπτύχθηκε το λογισμικό είναι ο γραμμικός προγραμματισμός και κατά επέκταση η περιβάλλουσα ανάλυση δεδομένων η οποία βασίζεται στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού.

2.1.

Περιβάλλουσα**Ανάλυση Δεδομένων (ΠΑΔ)**

Η κλασική προσέγγιση στη μελέτη της αποδοτικότητας συστημάτων στηρίζεται στην οικοδόμηση και χρήση θεωρητικών συναρτήσεων παραγωγής, η καταλληλότητα των οποίων ελέγχεται σε σύνολα πραγματικών δεδομένων. Ο Farrell το 1957 διατύπωσε μία εναλλακτική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία η εκτίμηση της αποδοτικότητας μπορεί να γίνεται με εμπειρικά δεδομένα, χωρίς την εκ προτέρων υιοθέτηση συγκεκριμένων συναρτήσεων παραγωγής (Δεσπότης). Η σημερινή της μορφή ως γραμμική μέθοδος την πήρε το 1978 με το κλασματικό μοντέλο των Charnes, Cooper και Rhodes (1978). Ο Banker καθόρισε αργότερα το θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας της DEA ως μέθοδο αποτίμησης της σχετικής αποδοτικότητας συστημάτων με πολλαπλές εισόδους/εξόδους (Banker, 1980).

Αυτό που κάνει τη DEA ξεχωριστή, είναι η ικανότητα της να διαχειρίζεται πολλαπλές εισόδους και εξόδους χωρίς την ανάγκη να θεσπίσει εκ των προτέρων βάρη σε αυτές. Στην εκτίμηση δεν επιδρούν

καθόλου υποκειμενικοί παράγοντες ούτε υπάρχει ανάγκη μετατροπής των δεδομένων σε κάποιο σύστημα αξιών, για να γίνει η άθροιση των εισροών - εκροών και η αποτίμηση. Βασίζεται μόνο στις εμπειρικές μετρήσεις τους και εκφράζει την αποδοτικότητα ως το λόγο των συνολικών εκροών προς τις συνολικές εισροές.

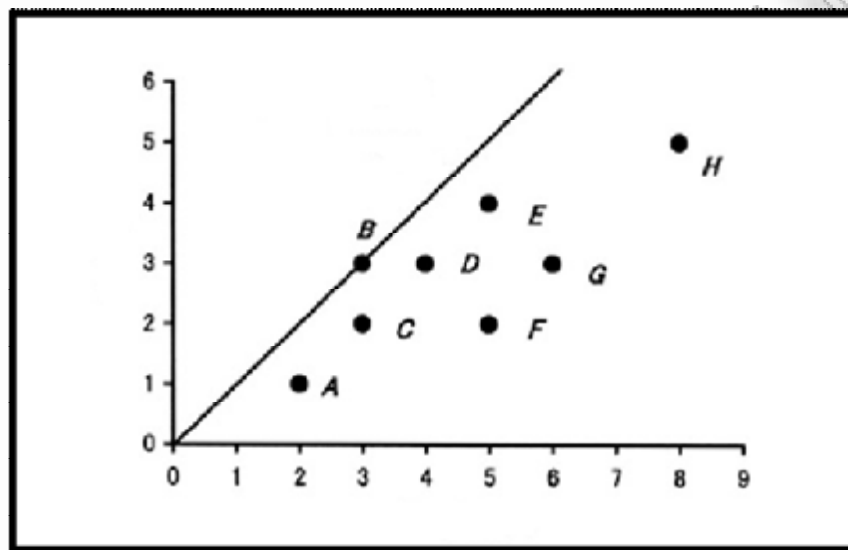
Τα αντικείμενα ανάλυσης της ΠΑΔ είναι οι μονάδες των οποίων η αποδοτικότητα εκτιμάται, αναφέρονται ως μονάδες απόφασης (MA - decision making units - DMUs) για να υπογραμμίσουν το γεγονός ότι η μεθοδολογία αυτή δεν περιορίζεται μόνο σε οικονομικές μονάδες αλλά είναι εξίσου κατάλληλη για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας οποιασδήποτε μορφής παραγωγικών μονάδων οι οποίες λειτουργούν σε ένα ενιαίο πλαίσιο, είναι συγκρίσιμες, ομοιογενείς και καταναλώνουν τον ίδιο αριθμό εισροών και παράγουν τον ίδιο αριθμό εκροών (Δεσπότης).

Η μέθοδος ΠΑΔ χρησιμοποιεί κοινές μεθόδους γραμμικού προγραμματισμού για τον καθορισμό και σύγκριση ομοειδών συνόλων για το κάθε σύστημα που αποτιμάται. Χρησιμοποιώντας σαν σύστημα αναφοράς τα ομοειδή αυτά σύνολα, η DEA παρουσιάζει στον αποφασίζοντα, τις πτυχές μιας μη αποδοτικής μονάδας που πρέπει να τροποποιηθούν για γίνει αυτή αποδοτική καθώς και το μέγεθος των απαιτούμενων τροποποιήσεων (Κατσαμάνης 2009). Χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση γραμμικού προγραμματισμού κατασκευάζεται ένα μη παραμετρικό γραμμικό κυρτό σύνορο έτσι ώστε καμία υπό μελέτη μονάδα (κάθε παρατηρούμενο σημείο) να μην βρίσκεται έξω από αυτό. Το σύνορο είναι στην ουσία μια τεθλασμένη γραμμή ή μια επιφάνεια στην περίπτωση πολλαπλών εισροών - εκροών. Πρόκειται για μια προσέγγιση μη στοχαστική αφού θεωρείται ότι κάθε απόκλιση από το σύνορο είναι αποτέλεσμα έλλειψης αποδοτικότητας. Οι μονάδες που βρίσκονται πάνω στο σύνορο αποδοτικότητας χαρακτηρίζονται ως αποδοτικές ή μονάδες καλύτερης πρακτικής και είναι οι μονάδες με τη μεγαλύτερη συνολική αποδοτικότητα των συντελεστών παραγωγής στο δείγμα.

Με «οδηγό» το συγκεκριμένο σύνορο αποδοτικότητας είναι δυνατός ο διαχωρισμός αποτελεσματικών και μη αποτελεσματικών μονάδων, ο προσδιορισμός των βέλτιστων συνδυασμών εισροών και εκροών καθώς και ο υπολογισμός της αποτελεσματικότητας για κάθε μονάδα. Η απόσταση μιας μη αποδοτικής μονάδας από το σύνορο εκφράζει την έλλειψη αποδοτικότητάς της, δηλαδή πόσο πρέπει να βελτιωθεί προκειμένου να καταστεί αποδοτική. Τα σημεία προβολής των μη αποδοτικών μονάδων επί του ορίου αποδοτικότητας αποτελούν στόχους για την επίτευξη της αποδοτικότητας.

Η εκτίμηση της αποδοτικότητας κάθε μη αποδοτικής μονάδας μπορεί να γίνει με δύο διαφορετικά υποδείγματα γραμμικού προγραμματισμού, είτε σύμφωνα με τα υποδείγματα που προσανατολίζονται στη μείωση των εισροών και υπολογίζουν το βαθμό στο οποίο η μονάδα μπορεί να μειώσει τις εισροές της, παράγοντας τη συγκεκριμένη ποσότητα εκροής (input oriented), είτε σύμφωνα με τα υποδείγματα που προσανατολίζονται στην αύξηση των εκροών και υπολογίζουν το βαθμό στο οποίο η μονάδα μπορεί να αυξήσει τις εκροές της για δεδομένη ποσότητα εισροής (output oriented) (Αθανασοπούλου 2008).

Για την περαιτέρω κατανόηση των εννοιών της ΠΑΔ παρατίθεται το ακόλουθο παράδειγμα, στο οποίο οκτώ μονάδες παραγωγής καταναλώνουν μια εισροή x για να παράξουν μια εκροή y . Οι μονάδες απεικονίζονται ως σημεία στο σχήμα που ακολουθεί :

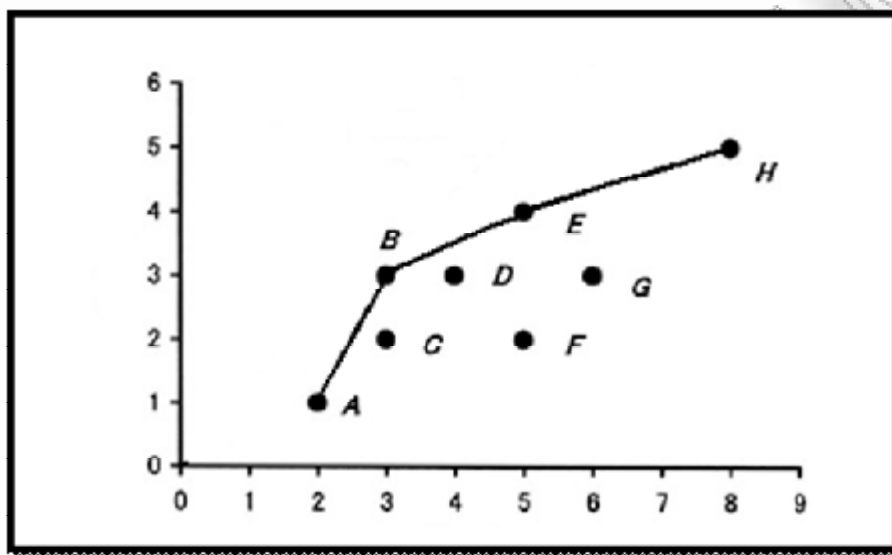


Σχήμα 1

Η κλίση της ευθείας που συνδέει την αρχή των αξόνων με το κάθε σημείο, παριστά το λόγο y/x (εκροή ανά μονάδα εισροής) δηλαδή την αποδοτικότητα της μονάδας. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι η αποδοτικότητα της μονάδας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1 την μεγαλύτερη κλίση στην ευθεία αυτή έχει μονάδα B. Η μονάδα B δηλαδή είναι αυτή που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σχετική αποδοτικότητα. Η ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων και από τα σημεία με τη μεγαλύτερη σχετική αποδοτικότητα, χαρακτηριζόμενα ως αποδοτικά, είναι το σύνολο αποδοτικότητας που περιβάλλει τις υπόλοιπες μονάδες με την έννοια ότι αυτές βρίσκονται δεξιά και κάτω από το σύνολο αποδοτικότητας. Ο χώρος των σημείων που περιβάλλεται από το σύνολο αποδοτικότητας ονομάζεται σύνολο παραγωγικών δυνατοτήτων.

Η απεικόνιση του συνόρου αποδοτικότητας στο παραπάνω σχήμα στηρίζεται στην υπόθεση περί κλίμακας σταθερών αποδόσεων (constant returns to scale - CRS). Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή μεταβάλλοντας την εισροή x κατά ένα σταθερό παράγοντα λ , η εκροή y μεταβάλλεται κατά τον ίδιο παράγοντα. Έτσι το σύνολο αποδοτικότητας διέρχεται από την αρχή των αξόνων και ορίζεται από τις μονάδες μέγιστης αποδοτικότητας.

Η μέθοδος DEA έχει την δυνατότητα ανάλυσης και με την υπόθεση των μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας (variable returns to scale, VRS), το σύνολο αποδοτικότητας είναι πλέον η κυρτή τεθλασμένη γραμμή που ορίζεται από τις A, B, E και H, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Πλέον, τέσσερις μονάδες είναι αποδοτικές.



Σχήμα 2

Η αποδοτικότητα υπολογίζεται, για οποιαδήποτε μονάδα, σχηματίζοντας το λόγο του αθροίσματος των εκροών, σε καθεμιά από τις οποίες έχει αντιστοιχηθεί ένα βάρος, προς το άθροισμα των εισροών, στις οποίες επίσης έχουν αντιστοιχηθεί βάρη. Τα βάρη αυτά είναι μεταβλητές και όχι καθοριζόμενα από τον αποφασίζοντα, υπολογίζονται από τη μέθοδο ως οι τιμές που πρέπει να αντιστοιχηθούν σε κάθε εισροή και εκροή ώστε να μεγιστοποιηθεί ο λόγος της αποδοτικότητας της μονάδας που αποτιμάται.

Η σχέση που ορίζει την CRS - αποδοτικότητα είναι το πηλίκο του σταθμισμένου αθροίσματος των εκροών προς το σταθμισμένο άθροισμα των εισροών :

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}}$$

Όπου:

- i είναι η υποσημείωση των εισροών (i = 1,2,...,m)
- j είναι η υποσημείωση των παραγωγικών μονάδων (j = 1,2,...,n)
- m είναι η υποσημείωση των εκροών (m = 1,2,...,r)
- X_{ij} είναι η i εισροή της j μονάδος
- Y_{rj} είναι η r εκροή της j μονάδος
- s είναι ο αριθμός των εκροών
- m είναι ο αριθμός των εισροών
- n είναι ο αριθμός των μονάδων

Η μαθηματική διατύπωση του μοντέλου της DEA για την εύρεση της σχετικής CRS - αποδοτικότητας της αποτιμώμενης μονάδας γίνεται με το ακόλουθο μαθηματικό πρόγραμμα :

$$\max h_{j_0}(u, v) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij_0}}$$

s.t.

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

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

ή το αντίστοιχο γραμμικό

$$\max h_{j_0}(u, v) = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}$$

s. t.

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

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

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

Η το δυικό του γραμμικού

$$\min E$$

s. t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{rj_0} E \leq 0, r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - x_{ij_0} E \leq 0, r = 1, \dots, m$$

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

Η μονάδα j_0 είναι αποδοτική τότε και μόνο τότε, όταν η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης είναι $h_{j_0}^* = 1$ ή ισοδύναμα στα πλαίσια του δυικού είναι $E^* = 1$. Στο πρωτεύον γραμμικό πρόβλημα οι μεταβλητές απόφασης $u = (u_1, u_2, \dots, u_s)$ και $v = (v_1, v_2, \dots, v_m)$ αντιπροσωπεύουν τα βάρη με τα οποία σταθμίζονται οι εκροές και οι εισροές αντίστοιχα. Όταν αποτιμάται η αποδοτικότητα μιας συγκεκριμένης μονάδας σε σχέση με τις υπόλοιπες μονάδες, τα βάρη προσδιορίζονται κατά τον ευνοϊκότερο τρόπο για τη μονάδα αυτή, κατά τρόπο δηλαδή που να μεγιστοποιείται η σχετική αποδοτικότητα της εξεταζόμενης μονάδας έναντι των υπολοίπων. Το δεύτερο σύνολο των περιορισμών εξασφαλίζει ότι το γραμμικό πρόβλημα είναι φραγμένο και ότι ο δείκτης αποδοτικότητας λαμβάνει τιμή στο φραγμένο διάστημα $[0, 1]$.

Αν στη βέλτιστη λύση του γραμμικού προβλήματος είναι $h_{j_0}^* = 1$ τότε ο δείκτης αποδοτικότητας θα είναι 1 και η μονάδα θα είναι αποδοτική. Το γραμμικό πρόβλημα επιλύεται n φορές, για κάθε μονάδα χωριστά

και κατ' αυτό τον τρόπο λαμβάνονται οι αποδοτικότητες όλων των μονάδων. Κάθε μονάδα η οποία είναι $h_{j_0}^* < 1$ είναι μη αποδοτική. Η απαίτηση τα βάρη να είναι γνήσια θετικά $\geq \epsilon$ (όπου ϵ ένας πολύ μικρός θετικός ακέραιος –πρακτικά από 10^{-6} έως 10^{-8}) εξασφαλίζει ότι κανένα βάρος δεν θα μηδενισθεί, αφού σε τέτοια περίπτωση θα σήμαινε ότι κάποια εισροή ή εκροή δεν θα λαμβανόταν καθόλου υπόψη στη διαμόρφωση της αποδοτικότητας.

Η μαθηματική διατύπωση του μοντέλου των μεταβλητών αποδόσεων κλίμακας (VRS) προκύπτει με την πρόσθεση ενός επιπλέον περιορισμού στο δυικό πρόγραμμα του CRS μοντέλου, που εκφράζεται μέσω της παρακάτω σχέσης:

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

Συνεπώς η εύρεση της σχετικής VRS - αποδοτικότητας για την κάθε μονάδα ορίζεται από το ακόλουθο γραμμικό πρόγραμμα :

$$\max h_{j_0}(u, v) = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} - u_0$$

s. t.

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

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \theta u_0 \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m, u_0 \text{ free}$$

και το δυικό του γραμμικού :

$$\min E$$

s. t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{rj_0} \leq 0, r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - x_{ij_0} E \leq 0, i = 1, \dots, m$$

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

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

3.

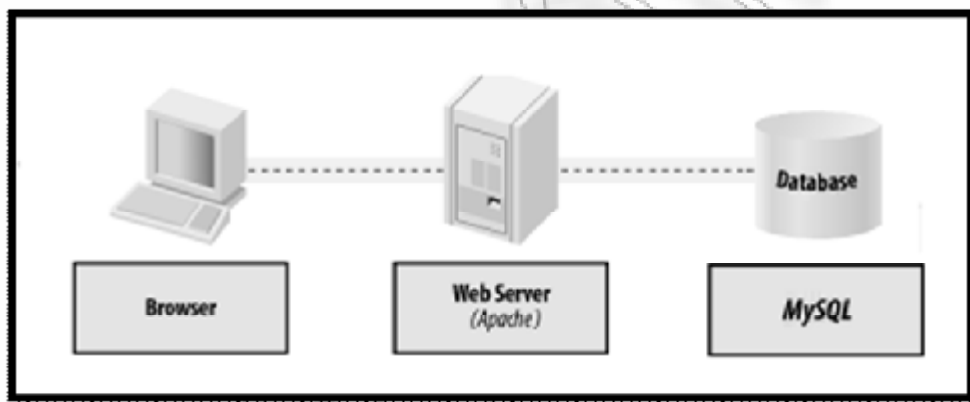
Σχεδιασμός -**Ανάλυση Απαιτήσεων**

Η ανάλυση απαιτήσεων αποτέλεσε ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι για την επιτυχή ανάπτυξη της εφαρμογής διότι κατά τη διαδικασία αυτή καταρτίστηκαν οι προδιαγραφές που πρέπει να πληροί το λογισμικό, η βάση των απαιτήσεων λειτουργίας της, το αντικείμενο που θα επιτελεί και ποιες δυνατότητες θα προσφέρει στο χρήστη όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

3.1.

Αρχιτεκτονική

Η WebDEA είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή, αυτό σημαίνει ότι είναι διαθέσιμη αποκλειστικά μέσω του διαδικτύου, συνεπώς βασίζεται σε client – server αρχιτεκτονική, οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό μέσω ενός client (ο browser που χρησιμοποιούν) και να εξυπηρετηθούν από τον server του εργαστηρίου ΣΥΑ, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:

**Εικόνα 2**

Η βασική αρχιτεκτονική που θα χρησιμοποιηθεί για τη σχεδίαση του λογισμικού είναι γνωστή ως Αρχιτεκτονική πολλαπλών επιπέδων (multi-tier Architecture), σε κάθε επίπεδο επιτελούνται διαφορετικά είδη εργασιών για την εφαρμογή. Τα επίπεδα που διακρίνονται στην αρχιτεκτονική πολλαπλών επιπέδων είναι :

3.1.1. Επίπεδο πελάτη (Client Tier)

Το επίπεδο πελάτη είναι το μέσο με το οποίο ο τελικός χρήστης έρχεται σε επαφή με την εφαρμογή. Το μέσο αυτό μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το είδος και το σκοπό της εφαρμογής, για την διαδικτυακή εφαρμογή WebDEA το μέσο αυτό θα είναι ένας περιηγητής web browser.

3.1.2. Επίπεδο παρουσίασης (Presentation Tier)

Το επίπεδο παρουσίασης αναλαμβάνει τη λειτουργικότητα για την παρουσίαση της εφαρμογής στο χρήστη, δέχεται τις αιτήσεις από το επίπεδο του πελάτη και τις προωθεί κατάλληλα στο επόμενο επίπεδο, δέχεται πίσω την απάντηση και αναλαμβάνει να την παρουσιάσει στο χρήστη.

3.1.3. Επίπεδο λογικής (Business Tier)

Στο επίπεδο λογικής εφαρμόζεται όλη η λειτουργικότητα που αφορά το ουσιαστικό σκοπό της εφαρμογής. Σε αυτό το επίπεδο γίνεται η επεξεργασία των αιτημάτων του χρήστη και η παραγωγή των αποτελεσμάτων και απαντήσεων στα αιτήματα αυτά.

3.1.4. **Επίπεδο διασύνδεσης** (Integration Tier)

Το επίπεδο διασύνδεσης περιλαμβάνει την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων αλλά και όλη τη λειτουργικότητα που απαιτείται για τη διασύνδεση της με τα υπόλοιπα επίπεδα.

3.2.

Θέματα

φιλοξενίας (hosting)

Η διαδικτυακή εφαρμογή σχεδιάστηκε ώστε να φιλοξενηθεί στον server του εργαστηρίου συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και στο domain <http://dsslab.cs.unipi.gr/dea/>. Ο server του εργαστηρίου λειτουργεί σε περιβάλλον windows και σε αυτόν έχει εγκατασταθεί ο WAMP server, ο οποίος εξυπηρετεί το web site του εργαστηρίου στην διεύθυνση <http://dsslab.cs.unipi.gr>.

3.3.

Επιλογή

πλατφόρμας και γλωσσών προγραμματισμού για την ανάπτυξη της εφαρμογής.

Ο WAMP server είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών, διατίθεται με τον Apache web server, το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων MySQL και την αντικειμενοστραφή γλώσσα προγραμματισμού PHP. Για την ομαλή λειτουργία και τη διευκόλυνση κατά τη δημιουργία του λογισμικού επελέγη ο WAMP server ως πλατφόρμα που θα βασιστεί η ανάπτυξη της εφαρμογής WebDEA. Η επιλογή της γλώσσας PHP έγινε με γνώμονα την ευελιξία της (αντικειμενοστραφής - απεριόριστες δυνατότητες), την ευρεία χρήση της (το 35% των ιστοσελίδων του διαδικτύου), την αξιοπιστία της (οι ίδιοι κατασκευαστές δημιούργησαν τον Apache), τη δωρεάν διανομή της αλλά και την άψογη συνεργασία της με τη MySQL.

3.4.

Χρήση βάσης

δεδομένων

Σημαντικός παράγοντας κατά την επιλογή του συστήματος της βάσης δεδομένων ήταν η επικοινωνία με την ήδη υπάρχουσα βάση δεδομένων του ιστοχώρου του εργαστηρίου, η οποία λειτουργεί σε MySQL. Το παραπάνω σε συνδυασμό με την άψογη συνεργασία της με την γλώσσα PHP οδήγησαν στο να επιλεγεί το συγκεκριμένο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων.

3.5.

Οι λειτουργίες

της εφαρμογής και ποιες δυνατότητες θα προσφέρει στο χρήστη

Η κεντρική ιδέα όσον αφορά τη λειτουργικότητα της εφαρμογής WebDEA είναι να δώσει τη δυνατότητα σε οποιονδήποτε χρήστη να μετρήσει την αποδοτικότητα των παραγωγικών μονάδων που επιθυμεί, εφαρμόζοντας τη μέθοδο DEA. Η WebDEA ως εργαλείο μέτρησης και ανάλυσης αποδοτικότητας πρέπει να δέχεται δεδομένα από τους χρήστες, να παρέχει οδηγίες και βοήθεια και να παράγει αποτελέσματα από την εφαρμογή της DEA. Τα παραγόμενα αποτελέσματα θα πρέπει να απεικονίζονται με τρόπο ακριβή και σαφή ώστε οι αναλυτές να είναι σε θέση να :

- σχηματίσουν μελέτες σύγκρισης αποδοτικότητας,

- διαθέσουν τους πόρους (εισροές) με περισσότερο αποδοτικούς τρόπους,
- αποκτήσουν πληροφορίες για στρατηγικό σχεδιασμό,
- αναγνωρίσουν τις μονάδες με την χειρότερη επίδοση,
- αναγνωρίσουν τις μονάδες με την καλύτερη επίδοση.

Ξεκινώντας από τα παραπάνω, χτίζονται οι λειτουργικές προδιαγραφές της εφαρμογής και το τεχνικό σχέδιο στο οποίο βασίζεται η ανάπτυξή της.

Η λειτουργία της εισαγωγής δεδομένων από τους χρήστες θα γίνεται μέσω μεταφόρτωσης των δεδομένων τους από τον υπολογιστή τους στον server μέσω αρχείων CSV ή Excel 2003 και 2007, ένας εναλλακτικός τρόπος εισαγωγής δεδομένων παρέχεται μέσω data editor. Κατά την εισαγωγή δεδομένων από τους χρήστες θα πρέπει να διεξάγονται έλεγχοι τόσο για την ορθότητα των δεδομένων όσο και για λόγους ασφαλείας. Για τη διευκόλυνση και την αποφυγή λαθών από την πλευρά των χρηστών θα παρέχονται συμβουλές, βοήθεια και διορθωτικά μηνύματα κατά τη διαδικασία της εισαγωγής αλλά και κατά τη διάρκεια της ανάλυσης. Επιπλέον, θα διατίθενται video tutorial ώστε να απλοποιείται όσο το δυνατόν η χρήση του λογισμικού.

Η WebDEA βασίζεται όπως αναφέρθηκε παραπάνω στη μέθοδο DEA για την επίλυση του προβλήματος της εύρεσης της αποδοτικότητας. Για τη διαμόρφωση του προβλήματος της δομής του προβλήματος ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει αν επιθυμεί στην ανάλυσή του να ελαχιστοποιήσει τις εισροές (input oriented) ή να μεγιστοποιήσει τις εκροές (output oriented). Επίσης ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει το μαθηματικό μοντέλο της DEA που επιθυμεί, ανάμεσα στο CCR (υπόθεση σταθερών αποδόσεων) και στο BCC (υπόθεση μεταβλητών αποδόσεων).

Στις προδιαγραφές που θα πρέπει να πληροί η εφαρμογή κατατάσσονται, μεταξύ άλλων, η επιλογή να αποθηκευθεί το project για μελλοντική χρήση και η δυνατότητα εκτύπωσης και μεταφόρτωσης μέσω αρχείων Excel των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα θα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις αποδοτικές και μη αποδοτικές μονάδες, το reference set (οι αποδοτικές μονάδες που λειτουργούν ως μονάδες αναφοράς για κάθε μη αποδοτική), την ύπαρξη ή μη των slacks για κάθε αποτιμώμενη μονάδα, τα βάρη των εισροών και των εκροών για κάθε μονάδα αλλά και πληροφορίες σχετικά με το ποσοστό αλλαγής που χρειάζεται κάθε μεταβλητή (εισροή ή εκροή) ώστε να γίνει μια μονάδα αποδοτική.

3.6. **Η συμβατότητα και η επικοινωνία με άλλες εφαρμογές που ήδη υπάρχουν**

Η πλήρης πρόσβαση στην εφαρμογή παρέχεται σε όσους χρήστες είναι μέλη, κρίθηκε απαραίτητο οι χρήστες που διατηρούν λογαριασμό στο site του εργαστηρίου να μην αναγκαστούν να δημιουργήσουν επιπλέον λογαριασμό για τη χρήση του λογισμικού (ακολουθεί διεξοδικότερη ανάλυση για την βάση δεδομένων στο κεφάλαιο 4.Υλοποίηση - Ανάπτυξη) και να χρησιμοποιούν τον ήδη υπάρχον. Η κοινή διαχείριση των χρηστών παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως μεγαλύτερη αξιοπιστία, διαθεσιμότητα των δεδομένων και ασφάλεια της εφαρμογής. Τα επίπεδα ασφάλειας και δικαιωμάτων των χρηστών καθορίζονται από τον administrator του site του εργαστηρίου ΣΥΑ.

3.7. **Δημιουργία διεπαφής χρήστη (user interface)**

Λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία και τις δυνατότητες των εν δυνάμει χρηστών, δηλαδή προσεγγίζοντας το προφίλ τους και το στόχο του λογισμικού που είναι η εξυπηρέτηση των αναγκών όσο το δυνατόν περισσότερων χρηστών, παρότι το αντικείμενο (DEA) παρουσιάζει εξειδίκευση, δίνεται ιδιαίτερο βάρος στην ανάπτυξη της γραφικής διεπαφής χρήστη (Graphical User Interface, GUI). Ένα απλό και λιτό GUI θα εξυπηρετούσε μόνο έμπειρους και εξειδικευμένους χρήστες, υπόθεση όμως που δεν ισχύει για όλους τους αναλυτές. Προς αυτήν την κατεύθυνση δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην απλότητα, στην ελαχιστοποίηση των ενεργειών του χρήστη και στην καθοδήγησή του.

3.8.

Συμβατότητα με**όλους τους web browsers**

Καθώς η εφαρμογή στοχεύει στην εξυπηρέτηση όλο και περισσότερων χρηστών, αυξάνεται και η ανάγκη για συμβατότητα της εφαρμογής τουλάχιστον με τους πιο διαδεδομένους web browsers διότι πληθαίνει ο αριθμός των χρηστών που χρησιμοποιούν διαφορετικούς web browsers.

3.9.

Η δυνατότητα**επέκτασης και αναβάθμισης**

Από το σύνολο των παραπάνω προδιαγραφών πηγάζει ότι η διαδικτυακή εφαρμογή σχεδιάζεται με στόχο την όσο το δυνατόν απεριόριστη δυνατότητα επέκτασης και αναβάθμισης. Επιβάλλεται η δημιουργία λογισμικού που θα χρήζει βελτιώσεων ή αλλαγών εύκολα και γρήγορα ώστε να ανταποκρίνεται στους στόχους και τις επιδιώξεις που έχουν αρχικά τεθεί. Η δημιουργία της WebDEA λειτουργεί ως απαρχή ώστε να προσαρτηθούν επιπλέον μαθηματικά μοντέλα της ΠΑΔ στη λειτουργία της. Ήδη έχει ανακοινωθεί στο πλαίσιο νέας μεταπτυχιακής διατριβής να γίνει επέκταση της εφαρμογής που θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Assurance region (AR) DEA models με την εισαγωγή και διαχείριση πολλαπλών τύπων περιορισμών στα βάρη.
- Αθροιστικό (additive) μοντέλο DEA
- Μοντέλα DEA με ανακριβή δεδομένα (Imprecise DEA)
- Υπολογισμό cross - efficiencies

4.

Υλοποίηση -**Ανάπτυξη**

Η ανάπτυξη της εφαρμογής WebDEA ακολουθεί τις προδιαγραφές και τους περιορισμούς που τέθηκαν κατά το σχεδιασμό και την ανάλυση των απαιτήσεων, κεντρικός στόχος ήταν η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ βελτιστοποίησης του χρόνου απόκρισης και υλοποίησης μιας εύχρηστης - φιλικής διεπαφής χρηστών. Είναι επιθυμητό ένα πλούσιο γραφικό περιβάλλον ωστόσο η εφαρμογή είναι εργαλείο για την μέτρηση αποδοτικότητας, συνεπώς η διεπαφή χρήστη υλοποιήθηκε ώστε να μην καταναλώνει πόρους εις βάρος της υπολογιστικής δυνατότητας της εφαρμογής.

4.1.

Προγραμματιστ**ικές Τεχνολογίες**

Χρησιμοποιήθηκε ο WAMP που αποτελεί ένα μίγμα λογισμικών, ως εξυπηρετητή (server) για τη λειτουργία της διαδικτυακής εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε ο Apache έκδοσης 2.2.8. Αποτελεί λογισμικό ανοιχτού κώδικα παρότι χρησιμοποιείται ευρύτατα για την λειτουργία πολλών και απαιτητικών εφαρμογών.

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια πλατφόρμα ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών ή κάποιο λογισμικό ολοκληρωμένου γραφικού περιβάλλοντος ή λογισμικό CMS (content management system). Οι γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν είναι η PHP v 5.2.8 ως server side language, HTML, XML και Javascript ως client side languages. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν κάποιες κλάσεις γραμμένες σε γλώσσα προγραμματισμού PHP και Javascript οι οποίες λειτουργήσαν ως βάση για την υλοποίηση της εφαρμογής. Για τη διαχείριση και την ανάπτυξη της βάσης δεδομένων επιλέχθηκε η MySQL έκδοσης 5.0.51b. Πρόκειται για ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακής βάση ανοικτού κώδικα (relational database management system - RDBMS) που χρησιμοποιεί την Structured

Query Language (SQL) για την προσθήκη, την πρόσβαση και την επεξεργασία δεδομένων στη βάση δεδομένων. Η MySQL είναι γνωστή για την ταχύτητα, την αξιοπιστία, και την ευελιξία που παρέχει.

4.2.

Ανάπτυξη των

Λειτουργιών της εφαρμογής

Στη συνέχεια περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο η εφαρμογή WebDEA δέχεται δεδομένα από τους χρήστες, τα επεξεργάζεται, χρησιμοποιεί τα μαθηματικά μοντέλα της ΠΑΔ και εξάγει αποτελέσματα.

4.2.1. Ανάπτυξη βάσης δεδομένων

Η ανάπτυξη της βάσης δεδομένων αποτελεί σημαντικό κομμάτι για την λειτουργία της εφαρμογής διότι επικοινωνεί με την υπάρχουσα βάση του site εργαστηρίου ΣΥΑ, διατηρεί προσωρινά τα δεδομένα (όσο χρόνο διαρκεί η ανάλυση) και διατηρεί χρήσιμα στοιχεία για τα project που έχουν αποθηκευθεί. Δημιουργήθηκε νέα βάση για τις ανάγκες της εφαρμογής και όχι κοινή με αυτή του site του εργαστηρίου, ώστε να μην λειτουργεί σε βάρος της ευελιξίας (περίπτωση αναβάθμισης) και αυτονομίας του. Με την χρήση trigger πετύχαμε την απρόσκοπτη λειτουργία του site αλλά και τη διατήρηση των δύο βάσεων ενημερωμένων και έγκυρων.

Στη βάση διατηρούνται δύο κύριοι πίνακες, ένας (tbl_user) για τη διατήρηση πληροφορίας σχετικά με τους χρήστες και ένας (projects) για τη διατήρηση των στοιχείων των project. Στον πίνακα tbl_user έχουν εισαχθεί όλοι οι εγγεγραμμένοι χρήστες του site του εργαστηρίου, καθώς ο κωδικός των χρηστών ήταν κρυπτογραφημένος χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο MD5 και μια ακολουθία χαρακτήρων (salt), ήταν αναγκαίο να βρεθεί τρόπος ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ του κωδικού που δίνει ο χρήστης και του αποθηκευμένου στη βάση της WebDEA. Καταφέραμε να επικυρώσουμε τους κωδικούς κατά τη διαδικασία της σύνδεσης των χρηστών με το παρακάτω κομμάτι κώδικα:

```
$sql = "SELECT `password` FROM `tbl_user` WHERE `username`='\$u' ";
$result = @mysql_query($sql,$this->db);
$info = mysql_fetch_array($result);
$dbpassword= $info['password'];
list($md5pass, $saltpass) = split(":", $dbpassword);
$md= md5($p.$saltpass);
if ($md == $md5pass)
{..... then logging
```

Η εισαγωγή νέων δεδομένων από τον χρήστη οδηγεί στη δημιουργία ενός νέου πίνακα, στον οποίο διατηρούνται τα δεδομένα που εισήγαγε ο χρήστης, αφού επιλέξει να τρέξει κάποιο μοντέλο τότε δημιουργούνται άλλοι τέσσερις πίνακες με σκοπό να διατηρήσουν πληροφορία σχετικά με την αποδοτικότητα, τα βάρη των εισροών και των εκροών, τις μονάδες αναφοράς, τα slacks αλλά και στοιχεία για τις βελτιώσεις που πρέπει να γίνουν ώστε κάθε μονάδα να είναι αποδοτική.

Η έγκυρότητα και η διατήρηση των δύο βάσεων επετεύχθη με την εισαγωγή trigger που εκτελούνται έπειτα από κάθε ενημέρωση και εισαγωγή στη βάση του εργαστηρίου. Ο κώδικας SQL που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των trigger παρουσιάζεται παρακάτω:

```
/*AFTER UPDATE */

CREATE TRIGGER users_updtrigger
AFTER UPDATE ON jos_users
FOR EACH ROW
BEGIN UPDATE test.tbl_user
```

```
SET id=new.id, name=new.name, username=new.username, password=new.password, email=new.email,
block=new.block;
END;
```

```
delimiter $$

/*AFTER INSERT */

CREATE TRIGGER users_intrigger
AFTER INSERT ON jos_users
FOR EACH ROW
BEGIN
INSERT INTO test.tbl_user (id, name, username, email, password, usertype, block, sendEmail,
gid, registerDate, lastvisitDate, activation, params)
VALUES (new.id, new.name, new.username, new.email, new.password, new.usertype,
new.block, new.sendEmail, new.gid, new.registerDate, new.lastvisitDate, new.activation, new.params) ;
END;
```

4.2.2. Εισαγωγή δεδομένων

Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να εισάγουν δεδομένα στην εφαρμογή ανεβάζοντας αρχεία CSV ή Excel 2003 και 2007. Δημιουργήθηκαν πολλές δικλίδες ασφαλείας ώστε να εξασφαλισθεί η ομαλή λειτουργία της εφαρμογής και κατ' επέκταση του server, όπως ο αρχικός έλεγχος της κατάληξης των αρχείων, επειδή όμως η κατάληξη δεν μας εξασφαλίζει διενεργούμε και άλλους ελέγχους, όπως στον τύπο του αρχείου μέσω της (\$_FILES["file"]["type"]), του αλλάζουμε το όνομα κτλ.

Αφού οι χρήστες μεταφορτώσουν επιτυχώς τα δεδομένα τους, ακολουθεί το άνοιγμα των αρχείων για την επεξεργασία και αποθήκευση των δεδομένων τους. Στην περίπτωση που ο χρήστης μεταφορτώσει αρχείο CSV χρησιμοποιείται η class parseCSV v0.4.3 (<http://code.google.com/p/parsecsv-for-php/>) ενώ στην περίπτωση που τα αρχεία είναι Excel τότε χρησιμοποιείται η class PHPExcel (<http://phpexcel.codeplex.com/>).

Εναλλακτικός τρόπος εισαγωγής δεδομένων από τον χρήστη αποτελεί ο data editor που διαθέτει η εφαρμογή ώστε να είναι προσβάσιμη χωρίς τη χρήση αρχείων. Οι χρήστες αρχικά εισάγουν το πλήθος των εισροών και των εκροών που επιθυμούν και στη συνέχεια εισάγουν τα στοιχεία για κάθε μονάδα που δημιουργούν.

4.2.3. Προβολή δεδομένων

Η προβολή των δεδομένων που εισάγουν οι χρήστες αλλά και των αποτελεσμάτων της ανάλυσης γίνεται μέσω της PHP DataGrid Pro Version: 6.0.4 (<http://www.apphp.com>). Πρόκειται για μια datagrid που προσφέρει πολλές λειτουργίες όπως την επεξεργασία των δεδομένων (αλλαγή, διαγραφή, προσθήκη), ώστε να γίνονται οι αλλαγές από τους χρήστες χωρίς να απαιτείται να εγκαταλείψουν, να ξεκινήσουν νέο project και να μεταφορτώσουν το αναθεωρημένο αρχείο. Χρησιμοποιεί τη βάση δεδομένων για να προβάλλει τα δεδομένα και επικοινωνεί με αυτήν για τις αλλαγές. Στα πλαίσια της διατριβής αναπτύχθηκε και προσαρτήθηκε στην κλάση της, η εξαγωγή αποτελεσμάτων σε Excel 2003, οι έλεγχοι κατά την εισαγωγή και τροποποίηση των δεδομένων, η παραγωγή πεδίων τύπου bar chart και η επίλυση κάποιων προβλημάτων όπως η ταυτόχρονη λειτουργία παραπάνω από δύο datagrid. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από την λειτουργία της.

Unit_ID	Unit_Name	Efficiency (%)	Reference_Set	Times_Referenced	Mix_Inefficiencies
1	Brighton	100	1	2	●
2	Manchester	100	2	2	●
3	Leeds	100	3	0	●
4	Leicester	100	4	2	●
5	Cardiff	97.750	1-2-4	0	●
6	Nottingham	86.745	1-2-4	0	●

Εικόνα 3

4.2.4. Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Η εξαγωγή των αποτελεσμάτων από τους χρήστες γίνεται σε αρχεία Excel 2003 αφού μεγάλο μέρος των χρηστών δεν διαθέτει Office 2007, χρησιμοποιείται η class excelwriter (<http://www.phpclasses.org/package/2037-PHP-Generate-spreadsheet-files-Excel-xls-XML-format.html>) για την παραγωγή αρχείων Excel και την εγγραφή δεδομένων σε αυτά. Οι χρήστες μπορούν να εκτυπώσουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρησιμοποιώντας τα ενδεικτικά κουμπιά σε κάθε σελίδα.

4.2.5. Ανάπτυξη βασικής λειτουργίας της εφαρμογής

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η ΠΑΔ βασίζεται στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού, για την επίλυση των γραμμικών προβλημάτων χρησιμοποιήθηκε ο Ip_solve ο οποίος διανέμεται δωρεάν υπό την άδεια LGPL και βασίζεται στην αναθεωρημένη μέθοδο simplex. Εγκαταστήσαμε ένα αρχείο dll στην PHP που λειτουργεί ως driver για τη βιβλιοθήκη (Ipsolve55.dll) του Ip_solve που τοποθετήσαμε στο path C:\WINDOWS\system32\ . Ο Ip_solve είναι γραμμένος σε ANSI C και η επικοινωνία με την εφαρμογή επιτυγχάνεται μέσω της γλώσσας PHP και την αμφίδρομη μεταφορά πινάκων.

Για την εφαρμογή της ΠΑΔ απαιτούνται πολλοί υπολογισμοί εφόσον το γραμμικό πρόβλημα πρέπει να λυθεί για κάθε μονάδα, συνεπώς υλοποιήθηκε αλγόριθμος που ενσωματώνει τα μαθηματικά μοντέλα CCR και BCC και λαμβάνει υπόψη αν η ανάλυση είναι προσανατολισμένη στην ελαχιστοποίηση των εισροών (input oriented) ή στη μεγιστοποίηση των εκροών (output oriented). Το γραμμικό πρόγραμμα που ενσωματώνει ο αλγόριθμος στην περίπτωση του CCR μοντέλου είναι το :

$$\begin{aligned}
 & \min \theta \\
 & \text{s.t.} \\
 & Y\lambda - s^+ = y_0 \\
 & \theta x_0 - X\lambda - s^- = 0 \\
 & \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \theta \text{ free}
 \end{aligned}$$

Στην περίπτωση του BCC μοντέλου :

$$\min \theta$$

DEA

s.t.

$$Y\lambda - s^+ = y_0$$

$$\theta x_0 - X\lambda - s^- = 0$$

$$\sum \lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \theta \text{ free}$$

Στοχεύοντας στη μείωση της πολυπλοκότητας των υπολογισμών και του χρόνου απόκρισης επιλέχθηκε η λύση του δυϊκού προγράμματος διότι είναι κατασκευασμένο με την λογική της ανάθεσης μιας μεταβλητής (δυϊκή μεταβλητή) σε κάθε περιορισμό του πρωταρχικού μοντέλου και την κατασκευή ενός νέου για τις μεταβλητές αυτές. Το σύνολο περιορισμών του πρωτεύοντος γραμμικού ισούται με το άθροισμα του αριθμού των μονάδων, των εισροών και των εκροών τους συν ένα, ενώ στο δυϊκό μοντέλο ο αριθμός των περιορισμών προέρχεται μόνο από το άθροισμα των εισροών και εκροών.

Τα παραπάνω ισχύουν όταν η ανάλυση είναι προσανατολισμένη στην ελαχιστοποίηση των εισροών (input oriented), στην περίπτωση που είναι προσανατολισμένη στη μεγιστοποίηση των εκροών (output

oriented) η αποδοτικότητα για κάθε μονάδα προκύπτει από τη σχέση $t^+ = s^+ / \theta$. Επίσης κατά πόσο μια μονάδα αποδοτική λειτουργεί ως μονάδα αναφοράς για την αποτιμώμενη προκύπτει από τη σχέση $t^- = s^- / \theta$ και οι

τιμές των slacks για τις εισροές προκύπτουν από τις σχέσεις $t^+ = s^+ / \theta$ και για τις εκροές $t^- = s^- / \theta$.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να περάσει τα δεδομένα στον lpsolve και να δεχθεί πίσω τα αποτελέσματα έχει την παρακάτω μορφή:

```

for($i=0; $i<=$n; $i++)
{
    for($j=0; $j<$noinputs; $j++)
    {
        $A[$j][0]=$ar1[$i][$j];
    }
    $b=$ar3[$i];

    $lp = lp_maker($f, $A, $b, $c, null, null, null, 1, 1);
    $solvestat = lpsolve('solve', $lp);
    $obj = lpsolve('get_objective', $lp);
    $duals=lpsolve('get_solution', $lp);
    $x = lpsolve('get_variables', $lp);
    lpsolve('delete_lp', $lp);

    for ($wei=0; $wei<=$nvars; $wei++)
    {

```

```

        $duals1[$i][$wei]=$duals2[$wei];
    }

    //CHECK ORIENTATION
    if($orient=="OUTPUT")
    {
        $deatable[$i]=(1/$obj)*100;
        for ($p=0; $p<=$grammes; $p++)
        {
            $x[0][$p]=($x[0][$p]/$obj);
        }
    }
    else //INPUT
    {
        $deatable[$i]=$obj*100;
    }

    $r=0;
    for ($p=1; $p<=$grammes+1; $p++)
    {

        if ($p<=$n+1)
        {
            $ref_score[$i+1][$p]=$x[0][$p];
            if($x[0][$p]!=0)
            {
                $ref_set[$i+1][$p]=1;
            }
            else
            {
                $ref_set[$i+1][$p]=0;
            }
        }
        else
        {
            $slacks[$i][$r]=$x[0][$p];
            $r++;
        }
    }
}

```

Στο παραπάνω κομμάτι κώδικα PHP δεν συμπεριλήφθηκαν η επικοινωνία με τη βάση, η επεξεργασία των δεδομένων και η εισαγωγή τους σε πίνακες έτσι ώστε να έχουν την κατάλληλη μορφή για να τα δεχθεί ο Ipsolve. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι υλοποιήθηκε αλλά δεν εφαρμόστηκε τελικά η προσέγγιση δύο σταδίων, κατά την οποία αρχικά υπολογίζεται η αποδοτικότητα και στη συνέχεια

προσδιορίζονται οι μέγιστες δυνατές μεταβλητές απόκλισης και s^* , διότι παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρχαν αποκλίσεις από τις λύσεις που επέστρεφε ο solver κατά το πρώτο στάδιο. Με αυτό τον τρόπο μειώθηκε επιπλέον ο χρόνος υπολογισμού.

4.2.6. Αποθήκευση project

Έχοντας ολοκληρώσει την ανάλυση οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύσουν το project τους. Δεν υπάρχει κάποιο όριο στα project που μπορούν να αποθηκεύσουν αλλά για να μην επιβαρύνεται η βάση δεδομένων με πολλούς πίνακες, τα δεδομένα που είναι αναγκαία ώστε να είναι δυνατή η αναπαραγωγή του στο μέλλον αποθηκεύονται σε ένα αρχείο CSV, έπειτα στον πίνακα projects αποθηκεύεται η ακριβής τοποθεσία του και κάποια άλλα χρήσιμα στοιχεία για τη μελλοντική χρησιμοποίησή του.

4.3.

Δημιουργία

γραφικής διεπαφής χρήστη (Graphical User Interface)

Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια φτωχά σχεδιασμένη διεπαφή μπορεί να προκαλέσει καταστροφικά λάθη από την πλευρά του χρήστη ενώ είναι και ο βασικός λόγος για τη μη χρησιμοποίηση μιας εφαρμογής, εστίασαμε ιδιαίτερα στην ανάπτυξη ενός χρηστικού GUI. Η ανάπτυξη του γραφικού περιβάλλοντος για τον χρήστη βασίστηκε στις γλώσσες προγραμματισμού PHP και Javascript, στη σημειακή HTML, στη μετα-γλώσσα XML και στα CSS (Cascading Style Sheets).

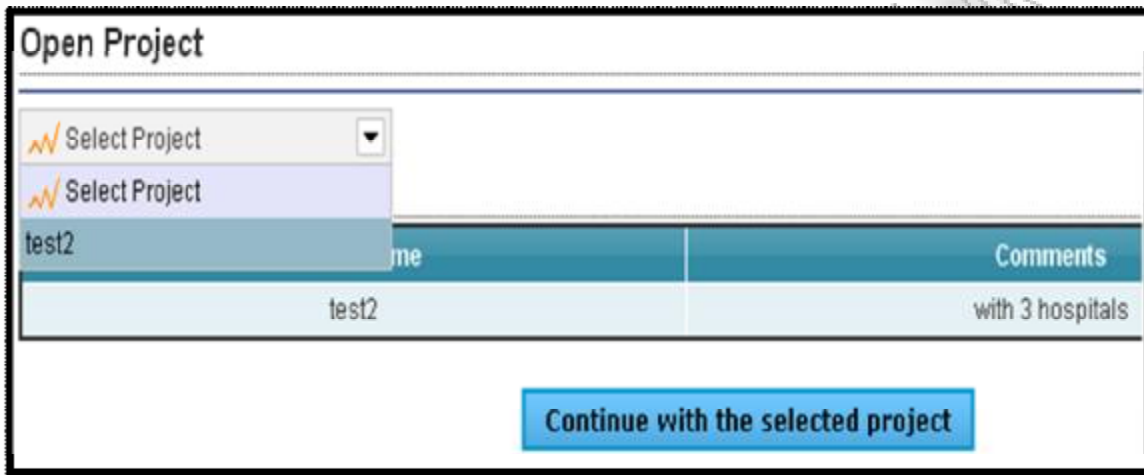
Για την κατασκευή των επιμέρους τμημάτων της διεπαφής της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν αντικείμενα αλληλεπίδρασης, όπως :

- Πεδία κειμένου
- Κουμπιά
- Σύνδεσμοι
- Φόρμες εισαγωγής δεδομένων
- Πεδία δυναμικής ενημέρωσης και εμφάνισης δεδομένων που στηρίζονται σε επερωτήσεις στη βάση
- Iframes
- Tabs
- Λίστες
- Εικόνες
- Απλό κείμενο

Για τη διαμόρφωση των παραπάνω αντικειμένων αλλά και τον έλεγχο τους χρησιμοποιήθηκε κώδικας JavaScript αλλά και βιβλιοθήκες της, όπως η jQuery 1.3.2 και η MooTools1.2. Αυτές αποτελούν τις γνωστότερες και καλύτερες βιβλιοθήκες που απλοποιούν το χειρισμό event, το animating και την επικοινωνία μέσω Ajax, τονώνοντας με αυτό τον τρόπο την ανάπτυξη δυναμικών ιστοσελίδων και εφαρμογών.

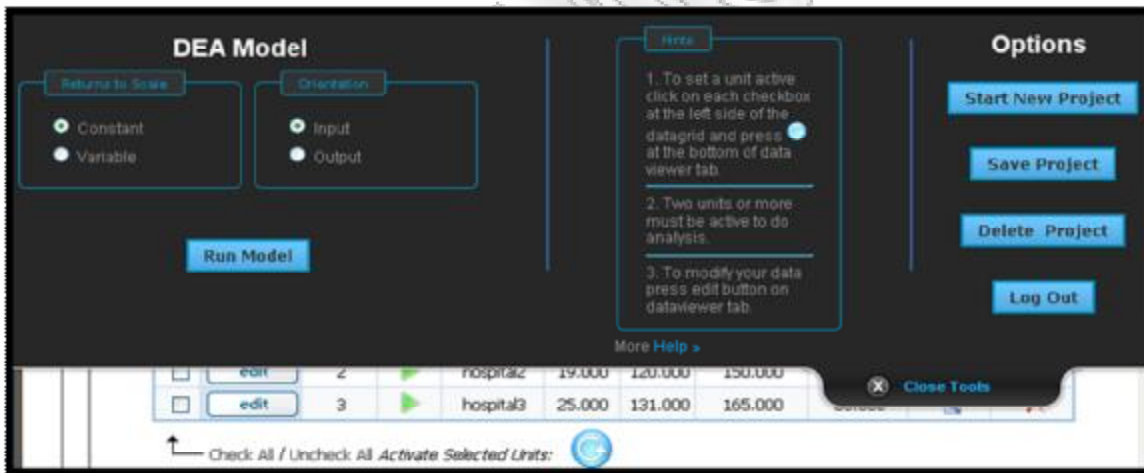
Η χρήση όλων των παραπάνω τεχνολογιών μαζί προβάλλεται από τα ακόλουθα παραδείγματα:

- Διαμόρφωση της drop down list με χρήση JavaScript, HTML και CSS και επικοινωνία με τη βάση μέσω Ajax request για τη δυναμική συμπλήρωση του περιεχομένου της.



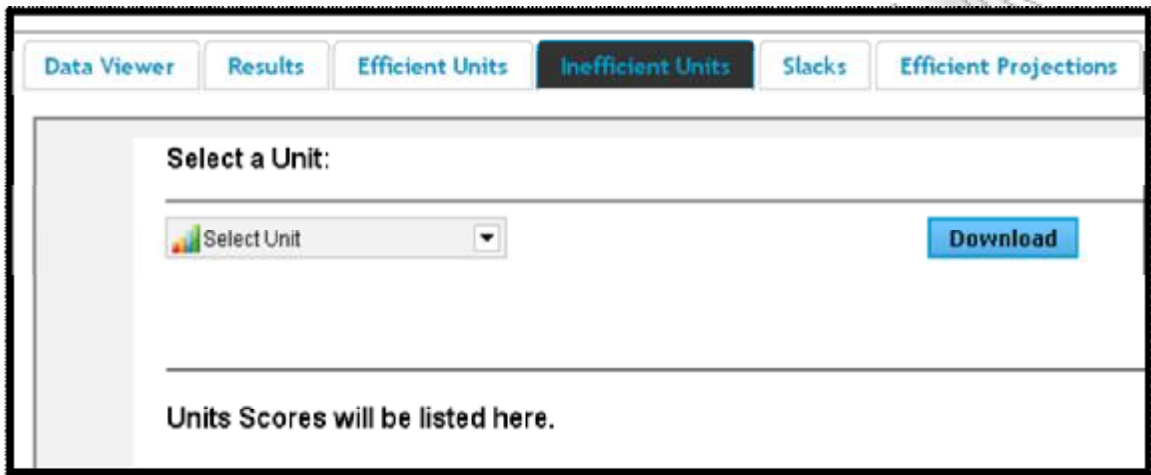
Εικόνα 4

- Δημιουργία sliding panel χρησιμοποιώντας JavaScript, HTML και CSS.



Εικόνα 5

- Εμφάνιση αποτελεσμάτων επιλέγοντας μονάδα χωρίς την ανανέωση της σελίδας (AJAX Request). Η tab Inefficient Units περιέχει iframe στο οποίο έχει τοποθετηθεί η σελίδα inefficient.php, από εκεί μέσω του selectinefficient.js στέλνεται το όνομα της μονάδας που έχει επιλεγεί στη getinefficient.php. Εκεί γίνεται επερώτηση στη βάση και επιστρέφονται τα αποτελέσματα πάλι πίσω στην inefficient.php μέσω του selectinefficient.js.



Εικόνα 6

Χρησιμοποιώντας τον παρακάτω κώδικα στέλνεται το όνομα της μονάδας που επιλέχθηκε :

```

var xmlhttp;
function showUnit(str)
{
    xmlhttp=GetXmlHttpRequest();
    if (xmlhttp==null)
    {
        alert ( "Browser does not support HTTP Request" );
        return;
    }
    var url= "getinefficient.php";
    url= url+"?r="+str;
    url= url+"&sid="+Math.random();
    xmlhttp.onreadystatechange=stateChanged;
    xmlhttp.open("GET",url,true);
    xmlhttp.send(null);
}

```

Η συνάρτηση που επιστρέφει τα αποτελέσματα είναι η παρακάτω :

```

function stateChanged()
{
    if (xmlhttp.readyState==4 && xmlhttp.status==200)
    {
        document.getElementById("txtHint").innerHTML=xmlhttp.responseText;
    }
}

```

Select a Unit:

Cardiff Download

Unit Name	Efficiency (%)
Cardiff	97.750

Reference Set	Lambda(λ)
Brighton	0.200000
Leicester	0.538331
Manchester	0.080481

Εικόνα 7

- Υλοποίηση λειτουργίας αναζήτησης για την διευκόλυνση της ανάλυσης με την χρήση Ajax. Όταν ο χρήστης πληκτρολογήσει τα αρχικά από την ονομασία μιας μονάδος ταυτόχρονα στέλνεται σε μια άλλη σελίδα όπου πραγματοποιείται σχετική επερώτηση στη βάση, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως autosuggest κάτω από το πεδίο αναζήτησης.

Search

Unit_Name: c
 Efficiency: Cardiff
 Reference_Set: -- any --
 Reference_Scores: -- any --
 Mix_Inefficiencies: -- any --

Search type: and Search

Unit_ID	Unit_Name	Efficiency (%)	Reference_Set	Times_Referenced	Mix_Inefficiencies
1	Brighton	100	1	2	●
2	Manchester	100	2	2	●
3	Leeds	100	3	0	●
4	Leicester	100	4	2	●
5	Cardiff	97.750	1-2-4	0	●
6	Nottingham	86.745	1-2-4	0	●

Εικόνα 8

- Έλεγχος κατά την εισαγωγή δεδομένων από τον χρήστη και παροχή του ανάλογου μηνύματος με συνδυασμό JavaScript, HTML και CSS.

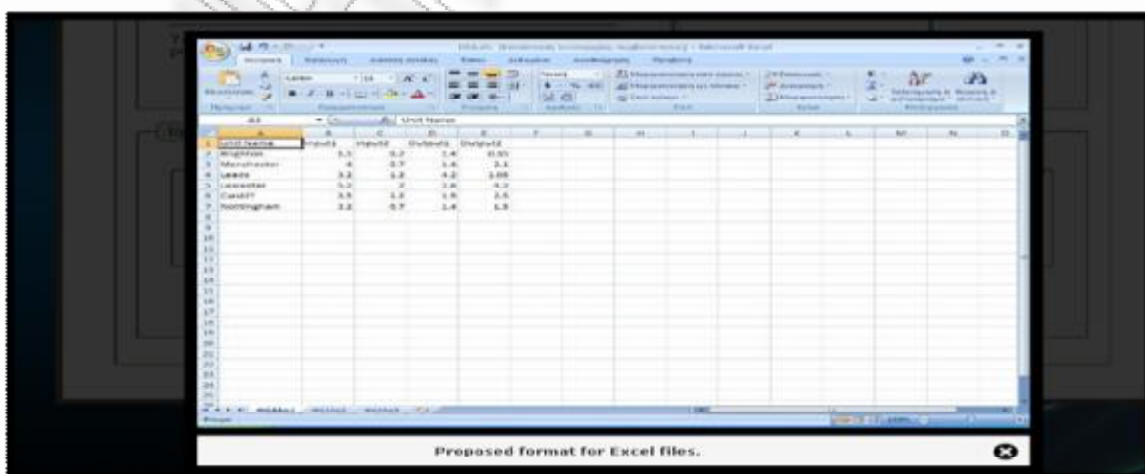
The image shows a web form with two sections. The top section is titled 'Project Name' and contains a label '* Project Name :', a text input field containing 'test@', and a red border around the field. A tooltip message above the field reads 'This field accepts alphanumeric characters only. ✕'. The bottom section is titled 'Comments' and contains a label 'Comments:' followed by a large, empty text area.

Εικόνα 9

Η παροχή βοήθειας, οδηγιών αλλά και μηνυμάτων λάθους είναι ιδιαίτερως σημαντική τόσο για την εύρυθμη λειτουργία της εφαρμογής αλλά και για την εξυπηρέτηση του χρήστη. Η εφαρμογή θα πρέπει να παρέχει ανοχή σε λάθη του χρήστη, να τον συμβουλεύει και να του επιτρέπει να συνεχίζει.

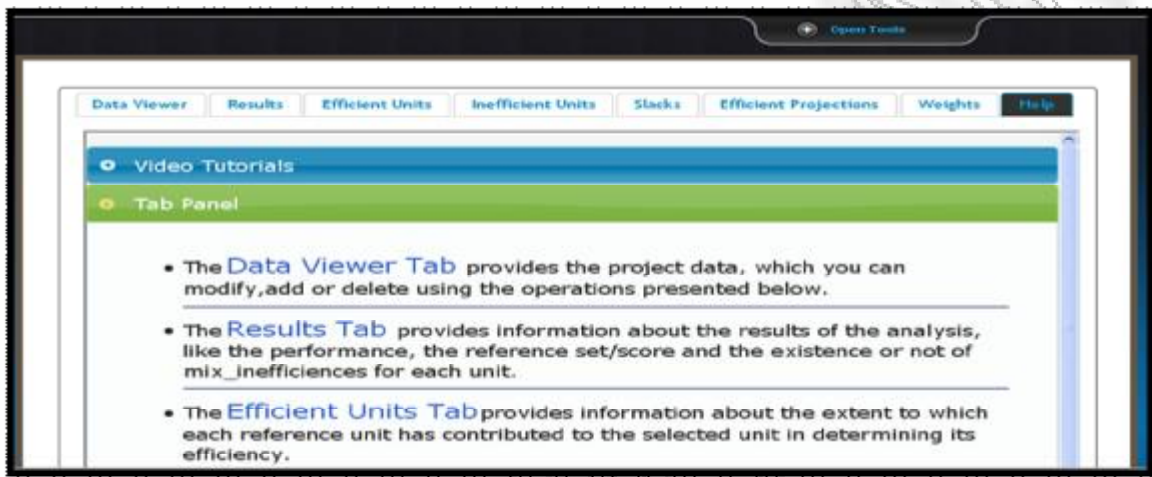
Προς αυτήν την κατεύθυνση δημιουργήθηκαν μηνύματα που περιλαμβάνουν συμβουλές και οδηγίες για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των χρηστών καθ' όλη τη διαδικασία της πλοήγησης στην εφαρμογή. Τα διορθωτικά μηνύματα που παρέχονται έπειτα από κάποιο λάθος είναι εξειδικευμένα και κατανοητά ώστε ο χρήστης να μην χάνει πολύτιμο χρόνο για τον εντοπισμό του λάθους. Στην περίπτωση που κατά τη μεταφόρτωση αρχείων στο server το αρχείο που επιλέχθηκε από το χρήστη δεν ήταν Excel ή CSV, παρέχεται μήνυμα λάθους, το οποίο ενημερώνει ότι δεν χρησιμοποίησε επιτρεπόμενα αρχεία. Οι έλεγχοι κατά τη μεταφόρτωση αρχείων διεξάγονται μέσω μίας δεύτερης σελίδας όπου αναλαμβάνει να επικυρώσει αν το αρχείο και το περιεχόμενό του είναι ασφαλή και έγκυρα, σε περίπτωση λάθους παρέχεται μήνυμα μέσω ενός iframe.

Ένα παράδειγμα από τους τρόπους που παρέχεται καθοδήγηση στο χρήστη παρουσιάζεται στην εικόνα 9, όπου υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης της μορφής που θα πρέπει να έχει το αρχείο Excel ώστε να είναι αποδεκτό από την εφαρμογή. Επιπλέον οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να κατεβάσουν μορφοποιημένα αρχεία CSV και Excel, να εισάγουν τα δεδομένα τους και να τα χρησιμοποιήσουν έπειτα στην εφαρμογή.



Εικόνα 10

Πέρα από την καθοδήγηση μέσω μηνυμάτων και συμβουλών δημιουργήθηκε η σελίδα help στην οποία περιλαμβάνεται περιγραφή για όλες τις λειτουργίες της εφαρμογής :



Εικόνα 11

Λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν έχουν όλοι οι χρήστες υψηλό υπόβαθρο και εμπειρία, δημιουργήθηκε σελίδα που παρέχει βοήθεια αλλά και video tutorial που φιλοξενούνται στο youtube στη διεύθυνση (http://www.youtube.com/view_play_list?p=E224B8B057BAAA1A).



Εικόνα 12

Έπειτα από παρατήρηση του ποσοστού των εγκαταλείψεων στη σελίδα της σύνδεσης των χρηστών (log in) μέσω του Google analytics δημιουργήθηκε ένας λογαριασμός με username test και password dsslab, έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να περιηγηθούν στην εφαρμογή χωρίς να είναι μέλη του εργαστηρίου ΣΥΑ αλλά με περιορισμένες δυνατότητες. Παρατηρήθηκε κάποιος αριθμός εγκαταλείψεων διότι για να εισέλθει κάποιος χρήστης στην εφαρμογή πρέπει να διατηρεί λογαριασμό στο εργαστήριο ΣΥΑ, συνεπώς οι εγκαταλείψεις προήλθαν από την απροθυμία κάποιων χρηστών να δημιουργήσουν λογαριασμό.

Για την όσο το δυνατόν καλύτερη εξυπηρέτηση των χρηστών αλλά και την χρήσιμη επισήμανση κάποιων λαθών ή παραλήψεων της εφαρμογής δημιουργήθηκε το e-mail: dsslabdea@gmail.com.

4.4.

Αναβάθμιση**και επέκταση**

Σε κάθε βήμα της υλοποίησης του λογισμικού ελεγχόταν αν υιοθετείται η σωστή πρακτική ώστε η εφαρμογή να παραμένει επεκτάσιμη και να δέχεται αναβαθμίσεις. Ο πυρήνας του προγράμματος στον οποίο χρησιμοποιείται και ο Ipsolve, είναι ευέλικτος και δέχεται εύκολα αλλαγές αφού είναι γραμμένος με την τελευταία έκδοση της PHP και διατηρείται επαρκής σχολιασμός στα σημεία που χρειαζόταν. Επίσης, σε τυχόν αναβαθμίσεις του Ipsolve δεν απαιτείται η μεταγλώττιση του driver ξανά, αλλά μόνο η τοποθέτηση της ενημερωμένης βιβλιοθήκης στο path του συστήματος.

Η ανάπτυξη της διεπαφής ακολουθεί τη θεμελιώδη αρχή για ενιαία παρουσίαση των διαδικτυακών εφαρμογών και το πρότυπο HTML 4.0, επίσης η συμβατότητα με όλους τους web browsers διασφαλίζεται δημιουργώντας CSS τα οποία ελέγχθησαν σύμφωνα με τα πρότυπα του World Wide Web Consortium (W3C).

Η τήρηση των παραπάνω προδιαγραφών κατά την ανάπτυξη του λογισμικού εξασφαλίζουν την επεκτασιμότητα του και την εύκολη προσάρτηση αναβαθμίσεων σε αυτό.

4.5.

Διάγραμμα**ροής**

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ο χάρτης με όλες τις σελίδες της εφαρμογής και κάποια σημαντικά αρχεία κώδικα JavaScript. Αυτός ο χάρτης δημιουργήθηκε όχι για να βοηθήσει τους χρήστες στην πλοήγηση αλλά όσους ασχολούνται ή θα ασχοληθούν με τη συντήρηση, την επέκταση και την αναβάθμιση της εφαρμογής. Στοχεύοντας στην εύκολη κατανόηση της λειτουργικότητας και των αλληλεπιδράσεων της κάθε σελίδας, υλοποιήσαμε τον παρακάτω χάρτη ως διάγραμμα ροής των λειτουργιών που επιτελεί η εφαρμογή έπειτα από κάθε ενέργεια του χρήστη.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια παρουσίαση της λειτουργικότητας της διαδικτυακής εφαρμογής WebDEA, ως παράδειγμα θα χρησιμοποιηθούν έξι μονάδες που καταναλώνουν δύο εισροές και παράγουν δύο εκροές.

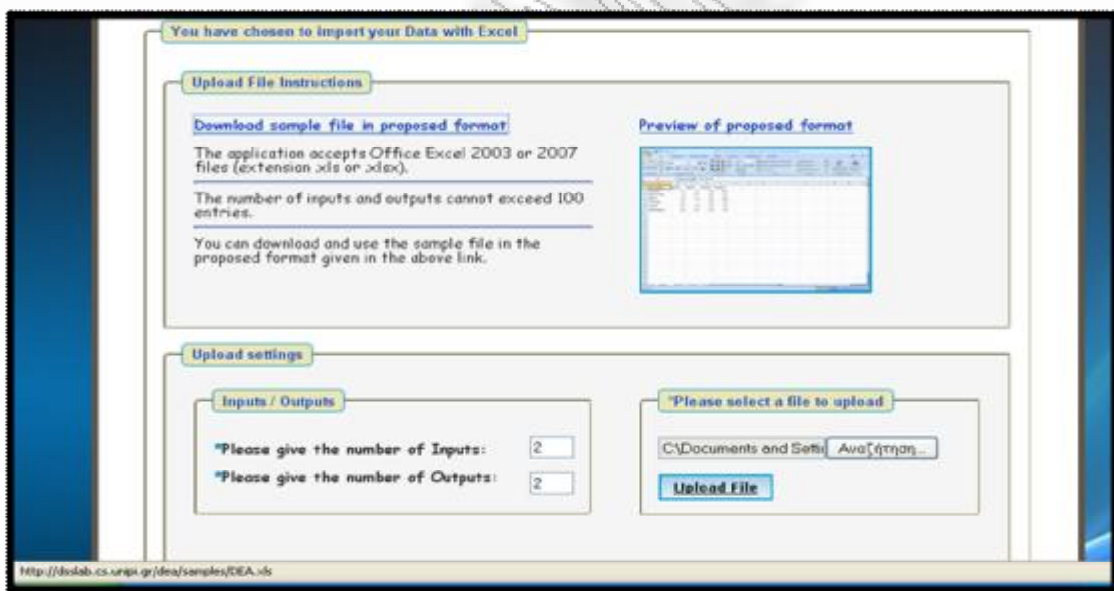
DMU	Input1	Input2	Output1	Output2
Brighton	1,5	0,2	1,4	0,35
Manchester	4	0,7	1,4	2,1
Leeds	3,2	1,2	4,2	1,05
Leicester	5,2	2	2,8	4,2
Cardiff	3,5	1,2	1,9	2,5
Nottingham	3,2	0,7	1,4	1,5

5.1.

Εισαγωγή

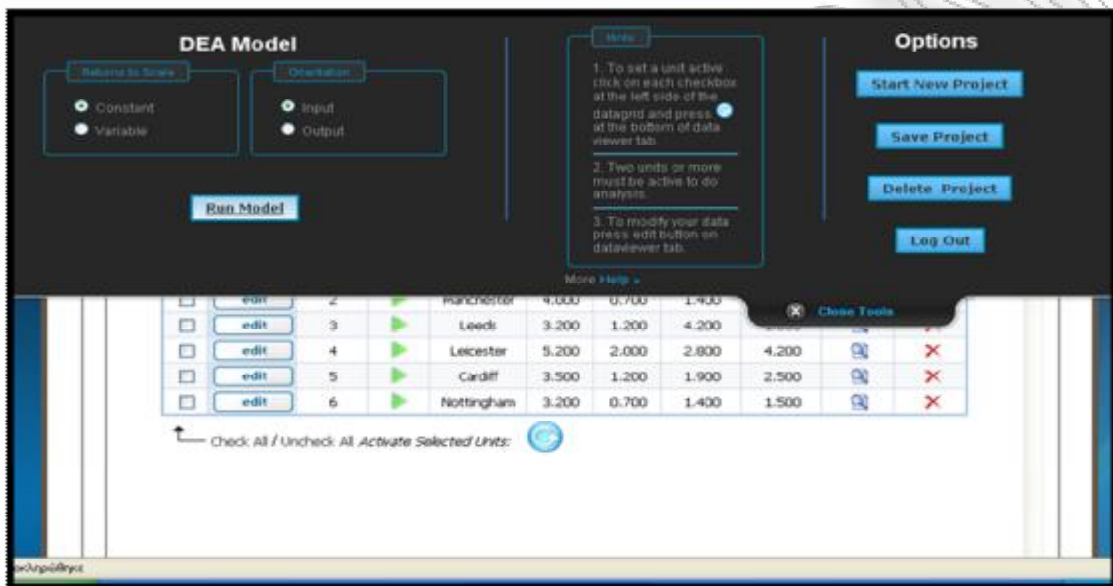
δεδομένων

Αφού ο χρήστης συνδεθεί με τον λογαριασμό του στην εφαρμογή, επιλέγει να αρχίσει ένα νέο project και δίνει κάποια ονομασία σε αυτό, έπειτα επιλέγει να εισάγει τα δεδομένα μέσω αρχείου Excel, εισάγει τον αριθμό των εισροών και των εκροών και μεταφορτώνει το αρχείο στον server.



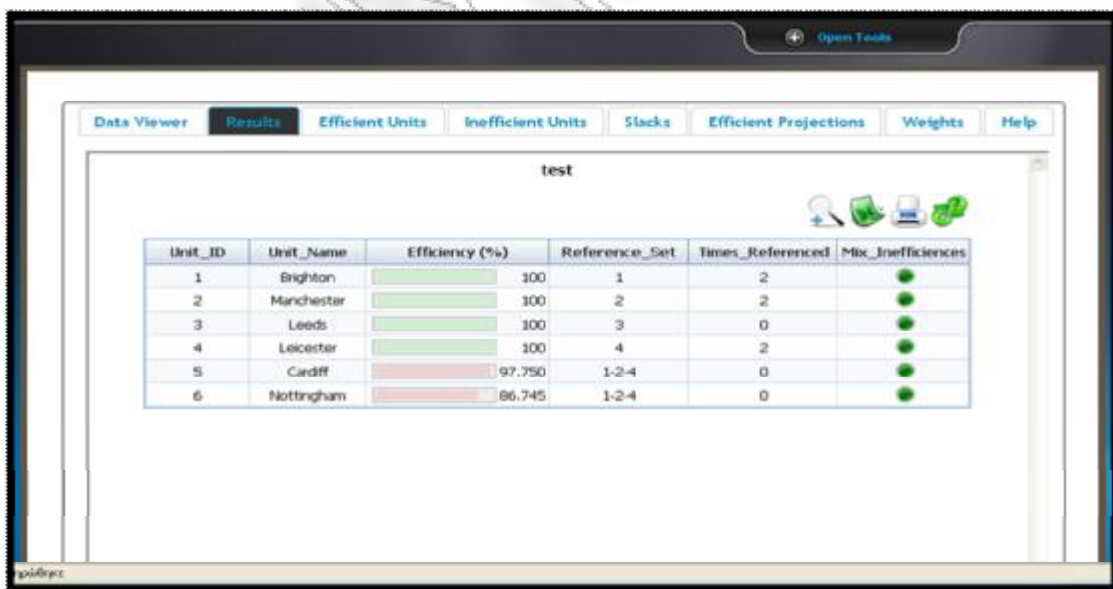
Εικόνα 14

Στη συνέχεια διαμορφώνεται η δομή του προβλήματος, επιλέγονται το μοντέλο CCR και η ανάλυση προσανατολίζεται στην ελαχιστοποίηση των εισροών (input oriented), έπειτα πατάει στο κουμπί Run Model για να γίνει η ανάλυση.



Εικόνα 15

Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στην tab Results, οι μονάδες Brighton, Manchester, Leeds και Leicester είναι αποδοτικές ενώ η Cardiff και η Nottingham όχι, όλες οι μονάδες είναι τεχνικά αποτελεσματικές (δεν υπάρχουν slacks).

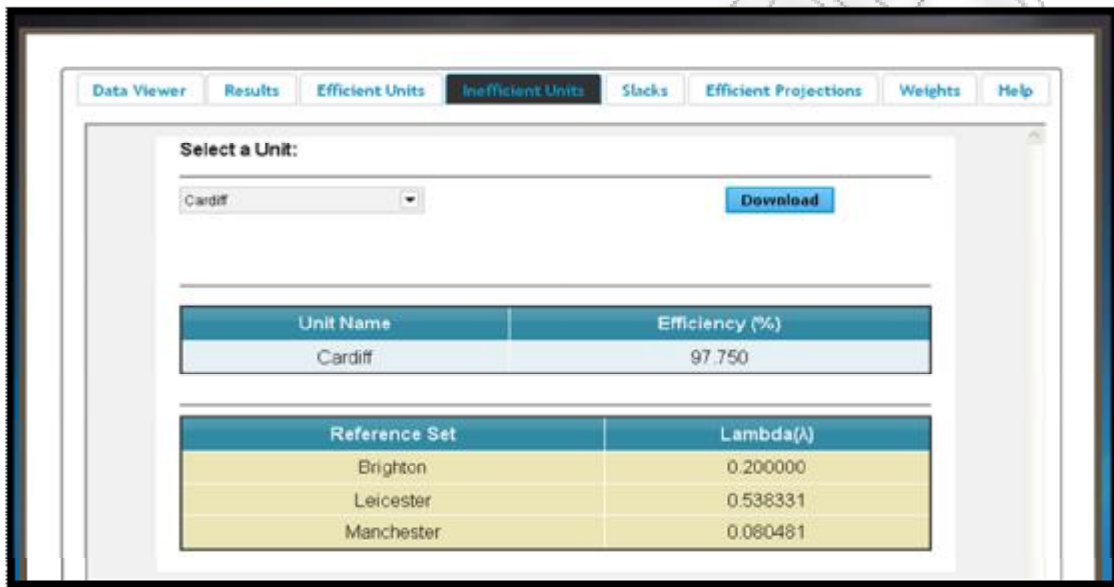


Εικόνα 16

5.2.

Ανάλυση**Αποτελεσμάτων**

Στην tab Inefficient Units παρέχεται πληροφορία για το reference set της κάθε μη αποδοτικής μονάδας. Επίσης παρέχονται τα λ (lambdas), ο στόχος για το Cardiff έχει επίπεδο εισροών-εκροών 0,2 φορές μεγαλύτερες από αυτές για τη μονάδα Brighton, συν 0,53833 φορές μεγαλύτερες από αυτές για τη μονάδα Leicester, συν 0,080481 φορές μεγαλύτερες από αυτές για τη μονάδα Manchester.



Unit Name	Efficiency (%)
Cardiff	97.750

Reference Set	Lambda(λ)
Brighton	0.200000
Leicester	0.538331
Manchester	0.080481

Εικόνα 17

Στην tab Efficient Projections παρέχεται πληροφορία σχετικά με τις μη αποδοτικές μονάδες και κατά πόσο πρέπει να μειώσουν / αυξήσουν το επίπεδο των εισροών/ εκροών τους , ώστε να καταστούν αποδοτικές.

Unit Name	Efficiency (%)
Cardiff	97.750

Input \ Output	Value	Target	Potential Improvement (%)
Input1	3.500	3.421250	-2.250000
Input2	1.200	1.173000	-2.250000
Output1	1.900	1.900000	0.000000
Output2	2.500	2.500000	0.000000

Εικόνα 18

Στην tab Weights παρέχεται πληροφορία σχετικά με τους σταθμισμένους συντελεστές βαρύτητας για κάθε εισροή και εκροή κάθε μονάδας.

Unit Name	Efficiency (%)
Cardiff	97.750

Input \ Output	Weight
Input1	0.110
Input2	0.513
Output1	0.115
Output2	0.304

Εικόνα 19

Στην περίπτωση που επιλεγεί το μοντέλο BCC μόνο η μονάδα Nottingham είναι τεχνικά μη αποδοτική αλλά παρουσιάζει και αναποτελεσματική κατανομή των πόρων.

Unit_ID	Unit_Name	Efficiency (%)	Reference_Set	Times_Referenced	Mix_Inefficiencies
1	Brighton	100	1	1	●
2	Manchester	100	2	1	●
3	Leeds	100	3	0	●
4	Leicester	100	4	0	●
5	Cardiff	100	5	1	●
6	Nottingham	89.633	1-2-5	0	●

Εικόνα 20

Η εκροή Output1 της μονάδας Nottingham παρουσιάζει χαλάρωση (slack), αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να αυξηθεί κατά 0,12815 διότι υπάρχει κάποια άλλη μονάδα που χρησιμοποιώντας ίδιο επίπεδο εισροών παράγει ότι και το Nottingham συν 0,12815.

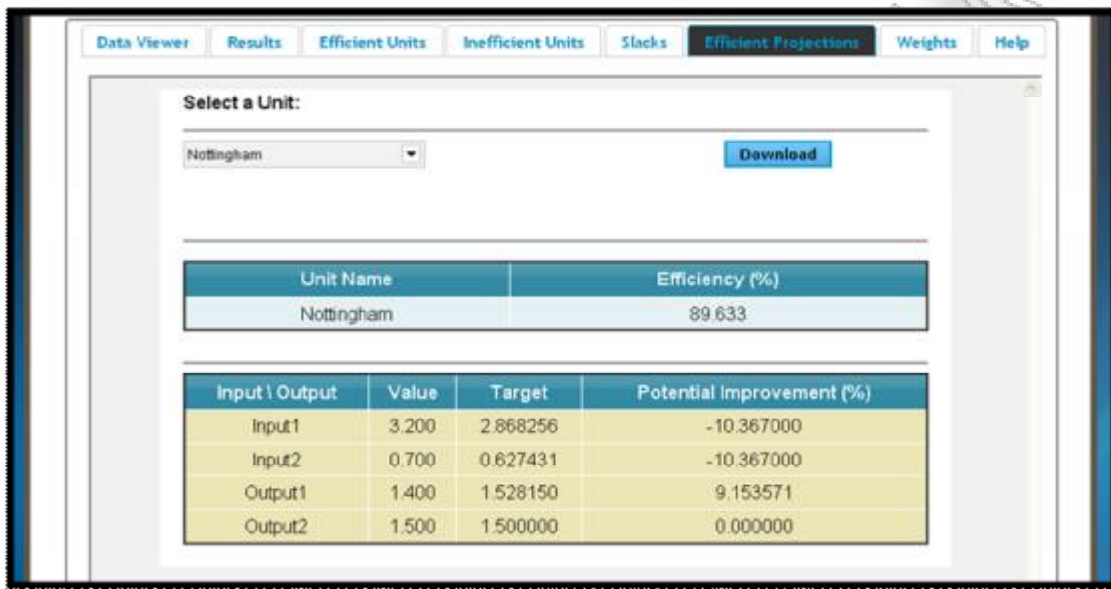
Select a Unit: Nottingham [Download]

Unit Name	Efficiency (%)
Nottingham	89.633

Input \ Output	Value
Input1	0.000000
Input2	0.000000
Output1	0.128150
Output2	0.000000

Εικόνα 21

Η μονάδα Nottingham για να γίνει αποδοτική θα πρέπει να μειώσει το επίπεδο των εισροών της κατά 10,367% και να αυξήσει το επίπεδο της εκροής Output1 κατά 9,153571%, δηλαδή κατά 0,12815 όσο είναι η χαλάρωση (slack).



Unit Name	Efficiency (%)
Nottingham	89.633

Input \ Output	Value	Target	Potential Improvement (%)
Input1	3.200	2.868256	-10.367000
Input2	0.700	0.627431	-10.367000
Output1	1.400	1.528150	9.153571
Output2	1.500	1.500000	0.000000

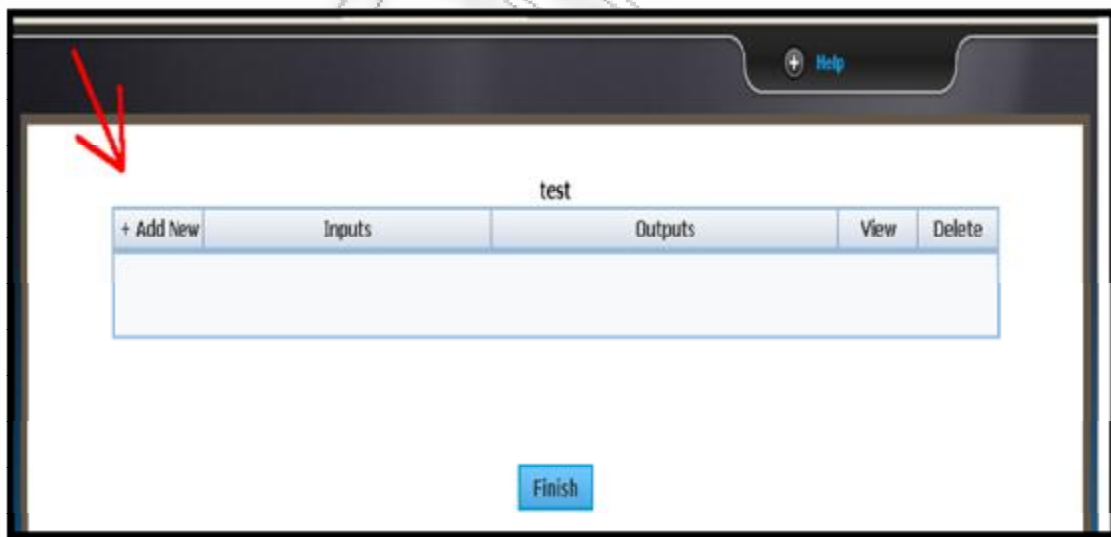
Εικόνα 22

5.3.

Εισαγωγή

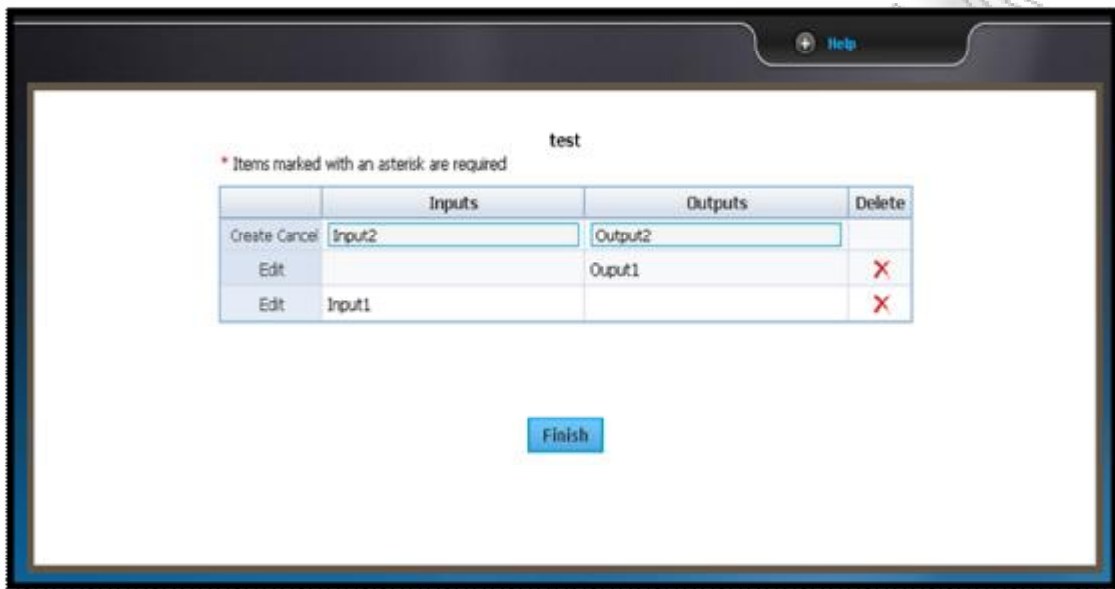
δεδομένων μέσω Data Editor

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα με εισαγωγή δεδομένων στην εφαρμογή μέσω του Data Editor. Πατώντας στο κουμπί +Add New όπως φαίνεται από την εικόνα 23:



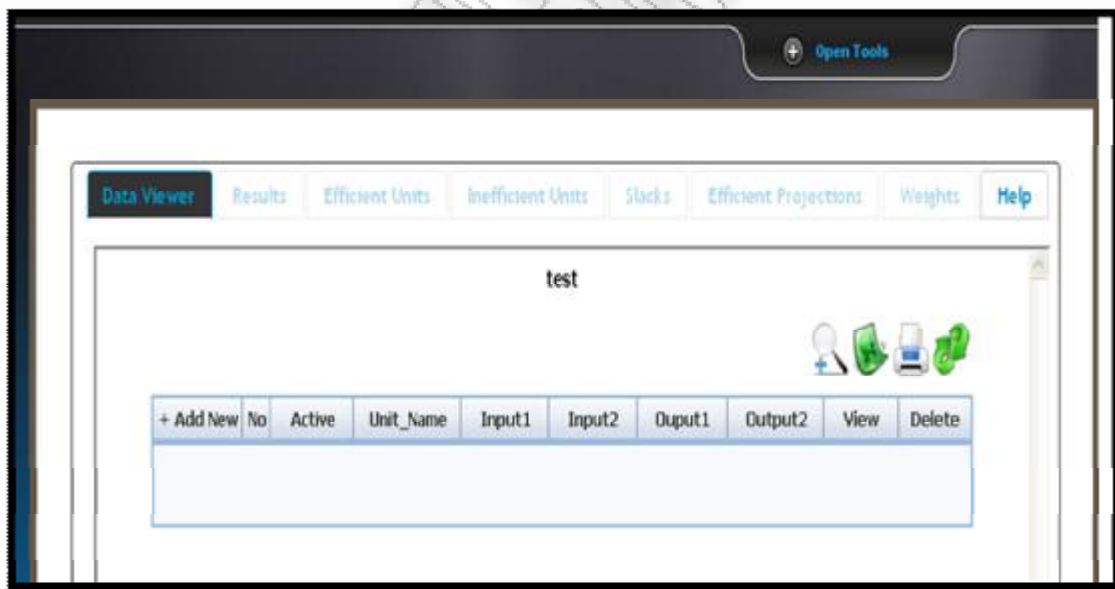
Εικόνα 23

Δίνεται η δυνατότητα να εισάγουμε την ονομασία των εισροών και των εκροών των μονάδων που επιθυμούμε. Για τις ανάγκες του παραδείγματος εισάγονται δύο εισροές με την ονομασία Input1 και Input2 και δύο εκροές με την ονομασία Output1 και Output2.



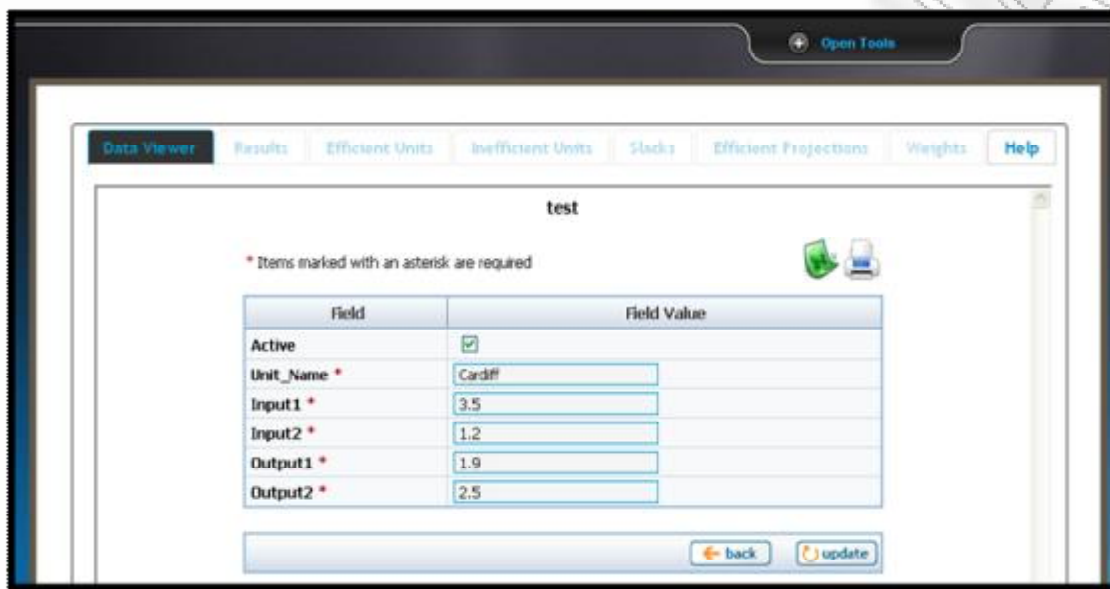
Εικόνα 24

Κάνοντας κλικ στο κουμπί Finish λαμβάνουμε την παρακάτω εικόνα (25), επιλέγοντας το κουμπί +Add New μπορούμε να δημιουργήσουμε τις μονάδες που επιθυμούμε.



Εικόνα 25

Για τη δημιουργία της μονάδας Cardiff εισάγεται η ονομασία της και τα στοιχεία για κάθε εισροή και εκροή της.



Εικόνα 26

6.

Συμπέρασμα

Ο κύριος στόχος της μελέτης αυτής ήταν η δημιουργία ενός εύχρηστου διαδικτυακού εργαλείου για τη μέτρηση της αποδοτικότητας των οργανισμών εφαρμόζοντας την τεχνική DEA. Η ΠΑΔ είναι μια πρωτοποριακή προσέγγιση για τη μέτρηση της σχετικής αποτελεσματικότητας παραγωγικών μονάδων στην περίπτωση που υπάρχουν πολλές υπό ανάλυση μεταβλητές εισόδου / εξόδου που πρέπει να συνυπολογιστούν στο μαθηματικό μοντέλο. Η ΠΑΔ επιτρέπει να ληφθούν υπόψη όλοι οι σημαντικοί παράγοντες που επιδρούν στην αποδοτικότητα ενός οργανισμού, παρέχοντας μια πλήρης και περιεκτική αξιολόγηση της αποδοτικότητας τους. Πράγμα που κατορθώνει, μετατρέποντας πολλαπλές εισροές και εκροές σε ένα απλό τρόπο μέτρησης της αποδοτικότητας. Επιπροσθέτως η μέθοδος μπορεί να προσδιορίσει μέσα από το σύνολο των υπό ανάλυση μονάδων, για κάθε αναποτελεσματική μονάδα, ποιες από τις υπόλοιπες μονάδες αποτελούν το reference set γι' αυτήν (αποτελεσματικές μονάδες των οποίων την απόδοση μπορεί να προσεγγίσει) καθώς και τους στόχους που πρέπει να έχει αυτή η μονάδα για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας της.

Η ανάγκη για την αποδοτική κατανομή των πόρων σε όλους τους τομείς ολοένα και αυξάνεται λόγω των σύνθετων συνθηκών που υπάρχουν στις σύγχρονες κοινωνίες. Η αναζήτηση για μεγαλύτερη αποδοτικότητα δεν τελειώνει ποτέ, καθώς οι ανάγκες αυξάνονται και οι πόροι (εισροές) είναι πεπερασμένοι η βελτίωση της αποδοτικότητας των οργανισμών αποτελεί μονόδρομο. Οι αναλυτές έχουν να αντιμετωπίσουν και να ανταπεξέλθουν σε μια τεράστια ποσότητα δεδομένων που σχετίζονται με τον εκάστοτε οργανισμό. Η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA) σε συνδυασμό με το κατάλληλο λογισμικό ίσως να αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο για τους αναλυτές για τη μέτρηση και τη βελτίωση της αποδοτικότητας των οργανισμών.

Συνοψίζοντας η διαδικτυακή εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, στοχεύει στα ακόλουθα:

- Στην ανάπτυξη της απαραίτητης μεθοδολογική υποδομής για τον χειρισμό πολλαπλών δεδομένων, διατυπώνοντας τα σχετικά μοντέλα για την εκτίμηση της αποδοτικότητας των μονάδων, την ταξινόμηση και την κατάταξη αυτών.
- Στη σαφή παρουσίαση των πληροφοριών που πηγάζουν από την ανάλυση.

- Στην εύρεση της αποδοτικότητας των μονάδων αλλά και στη βοήθεια των αναλυτών για το πώς μπορούν να βελτιώσουν τις μη αποδοτικές.
- Προτείνει την μέθοδο DEA και τη WebDEA ως ένα κατάλληλο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων και ανάπτυξη στρατηγικής για τους αναλυτές.
- Στο να συνεισφέρει στην περαιτέρω επιστημονική μελέτη της ΠΑΔ και την εφαρμογή της σε πολλούς τομείς βασισόμενη στη δωρεάν χρήση της εφαρμογής.

Βιβλιογραφία – Αναφορές

1. Σημειώσεις μαθήματος Μοντέλα αποφάσεων. Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής .
2. Κατσαμάνης (2009). Μέτρηση αποδοτικότητας οργανισμών: Η περίπτωση της Data Envelopment Analysis. Ερευνητική εργασία πολυτεχνείο Κρήτης.
3. Λαζαρίδης Π. Βασιλείος (2005). Ασύγχρονη εξ αποστάσεως εκπαίδευση αλγορίθμων γραμμικής βελτιστοποίησης. Διδακτορική διατριβή πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
4. Αθανασοπούλου Σοφία (2008) . Συγκριτική αξιολόγηση της αποδοτικότητας των ελληνικών ομάδων ποδοσφαίρου της σούπερ λίγκας. Διπλωματική εργασία πανεπιστημίου Πατρών.
5. Παπαδημητρίου Γεωργία (2009). Η αποτελεσματικότητα διαδικασιών R&D μέσω των πατεντών. Προσέγγιση πολλαπλών εκροών. Διπλωματική εργασία πανεπιστημίου Πατρών.

6. Γεωργατζινός Στυλιανός (2009). Χρήση της περιβάλλουσας ανάλυση δεδομένων για την αποδοτική κάλυψη ή σύμπτυξη ενός συνόλου. Διπλωματική εργασία πανεπιστημίου Πατρών.
7. Ελληνικό ανοικτό πανεπιστήμιο (2005-2006). Σημειώσεις γραμμικού προγραμματισμού.
8. Farrell MJ. The measurement of productive efficiency (with Discussion). Journal of the Royal Statistical Society A 120 (1957) 253–81.
9. An Intelligent Decision Support System for Performance Evaluation of State-Owned Enterprises of Electronics Industry Wei-Kang Wang.
10. Jibendu Kumar Mantri (2008) Research Methodology on Data Envelopment Analysis
11. Farrell M.J. and Fieldhouse M. (1962) Estimating efficient production functions under increasing returns to scale, J.R. Statis. Soc. Series A 125, 252-267.
12. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes, Measuring efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research 2 (1978) 429–44.
13. Schilling DA, Jayaraman V, Barkhi R. A review of covering models in facility location. Location Science 1993;1:25–55.
14. Jati k. Sengupta (2000). Dynamic and stochastic efficiency analysis: Economics of data envelopment analysis.
15. Ramu Ramanathan (2003). An introduction to data envelopment analysis: a tool for performance measurement.
16. William W. Cooper, Lawrence M. Seiford and Kaoru Tone (2002). Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software

Ηλεκτρονικές πηγές

1. www.deasoftware.co.uk/deasoftware.htm
2. www.prodtools.com/introduction_dea.html
3. www.deazone.com/datasets/FILE1/index.asp
4. <http://www.deasoftware.co.uk/deasoftware.htm>
5. <http://www.banxia.com/frontier/glossary.html>
6. <http://www.gams.com/contrib/gamsdea/dea.htm>

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΠΑ