

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η Παραγοντική Ανάλυση και η Ανάλυση
Κύριων Συνιστωσών ως Εργαλείο για τον
Προσδιορισμό της Δομής Δεδομένων: μια
εφαρμογή στα εμπόδια υιοθέτησης
τεχνολογιών αντιρρύπανσης στην
Ελληνική βιομηχανία**

Πτυχιακή Εργασία των

**ΚΑΖΑΝΤΖΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ
ΦΡΑΓΚΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ**

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΟΥΝΕΤΑΣ

ΠΑΤΡΑ, ΜΑΡΤΗΣ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε από τους σπουδαστές Καζαντζίδη Γεώργιο, Νικολόπουλο Χαράλαμπο και Φράγκο Θεόδωρο στα πλαίσια της ολοκλήρωσης του κύκλου σπουδών τους στη σχολή Επιχειρηματικού Σχεδιασμού και Πληροφοριακών Συστημάτων του Τεχνολογικού Ιδρύματος Πατρών. Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση των εμποδίων υιοθέτησης τεχνολογιών αντιρρύπανσης από τις ελληνικές βιομηχανίες, εφαρμόζοντας την στατιστική μέθοδο της Παραγοντικής Ανάλυσης.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον εποπτεύον καθηγητή μας Δρ. Κωνσταντίνο Κουνετά, ο οποίος στάθηκε καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχημένη ολοκλήρωση του συγγράμματος με την στήριξη, καθοδήγηση, καθώς και για το επιστημονικό υλικό που μας παρείχε κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας. Τον ευχαριστούμε ιδιαίτερα για την αμεσότητα και την υπευθυνότητα που μας έδειξε.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας, που με υπομονή στάθηκαν στο πλευρό μας και μας στήριξαν όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν σύγγραμμα περιγράφει την ανάλυση των εμποδίων υιοθέτησης τεχνολογιών αντιρρύπανσης και συγκεκριμένα Τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΤΕΕ) από τις ελληνικές βιομηχανίες μέσω μιας στατιστικής διαδικασίας, που έχει σκοπό να μειώσει τη διάσταση του προβλήματος που μελετάμε. Η στατιστική διαδικασία αυτή είναι η Παραγοντική Ανάλυση (Factor Analysis) και έχει πολλές εφαρμογές, μια εκ των οποίων είναι η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες (Principle Component Analysis), την οποία και εφαρμόζουμε στο παράδειγμά μας.

Αρχικά κάνουμε μια εισαγωγή παρουσιάζοντας τεχνολογίες αντιρρύπανσης και τα οφέλη τους προς τις επιχειρήσεις, άλλα και στο κοινωνικό και περιβαλλοντικό σύνολο. Συνεχίζουμε με την περιγραφή και την αλγεβρική ανάπτυξη των στατιστικών διαδικασιών που εφαρμόζουμε χρησιμοποιώντας την Παραγοντική Ανάλυση και την Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες, κεφάλαιο που αποτελεί το θεωρητικό σκέλος του συγγράμματος. Ύστερα, κάνουμε εκτενής ανάλυση στις Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΤΕΕ) και τους παράγοντες που τις επηρεάζουν. Έτσι παρουσιάζουμε 16 μεταβλητές (εμπόδια υιοθέτησης ΤΕΕ από τις ελληνικές βιομηχανίες), τις οποίες αναλύουμε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS, εφαρμόζοντας την Παραγοντική Ανάλυση και την Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες. Το αποτέλεσμα που λαμβάνουμε είναι 5 παράγοντες (factors), οι οποίοι είναι, στην ουσία, ομάδες των αρχικών 16 μεταβλητών που παρουσιάσαμε.

Η ομαδοποίηση των εμποδίων υιοθέτησης ΤΕΕ από τις ελληνικές βιομηχανίες, με την στατιστική διαδικασία που εφαρμόσαμε, μας βοηθάει στην καλύτερη, πιο ξεκάθαρη και συγκεκριμένη παρουσίαση του προβλήματος που μελετάμε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 2 – Τεχνολογίες Αντιρρύπανσης	8
2.1 Ανακύκλωση.....	9
2.2 Διαχείριση Αποβλήτων	16
2.3 Εξοικονόμηση Ενέργειας.....	20
Κεφάλαιο 3 – Θεωρία.....	24
3.1 Εισαγωγή στην παραγοντική ανάλυση	24
3.2 Ιδιοτιμές και Ιδιοδιανύσματα	29
3.3 Αλγεβρική ανάλυση της Παραγοντικής ανάλυσης.....	34
3.4 Αλγεβρική ανάπτυξη της μεθόδου της Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες	44
3.5 Περιστροφή (Rotation).....	53
3.6 Υπολογισμός των σκορ των παραγόντων	58
Κεφάλαιο 4 – Μελέτη περίπτωσης εμποδίων στην υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στην ελληνική βιομηχανία	61
4.1 Έρευνα στην ελληνική βιομηχανία.....	61
4.2 Ανάλυση εμποδίων υιοθέτησης Τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας από τις ελληνικές βιομηχανίες	65
Κεφάλαιο 5 - Αποτελέσματα.....	84
Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα.....	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104
ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	105

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1.1 – Σύστημα βιομηχανικής ανακύκλωσης	14
Εικόνα 2.2.1 - Εργοστασιακές μονάδες διαχείρισης και επεξεργασίας αποβλήτων	19
Εικόνα 5.1 – SPSS, Factor Analysis window	86
Εικόνα 5.2 SPSS, Select variables	87
Εικόνα 5.3 – SPSS, Factor analysis: Descriptives	88
Εικόνα 5.4 – SPSS, Factor Analysis: Extraction	91
Εικόνα 5.5 – SPSS, Factor analysis: Rotation	92
Εικόνα 5.6 – SPSS, Factor analysis: Factor Scores	93

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 3.5.1 – Η μεταβλητή Χ1 πριν την περιστροφή	56
Γράφημα 3.5.2 - Η μεταβλητή Χ1 μετά την ορθογώνια περιστροφή.....	57
Γράφημα 4.3.1 - Εμπόδια Υιοθέτησης ΤΕΕ (1=Ασήμαντο, 5=Παρα πολύ σημαντικό)	68
Γράφημα 4.3.2 - Κατανομή Στελεχών επιχειρήσεων που υιοθέτησαν ΤΕΕ σε σχέση με το τμήμα/τμήματα όπου ανήκουν	74

Γράφημα 4.3.3 - Συμπεριφορική αντίδραση των επιχειρήσεων που υιοθετούν ΤΕΕ σε μία ενδεχόμενη αύξηση των φόρων στην ενέργεια (1=Απίθανο, 5=Πάρα πολύ πιθανό)	76
Γράφημα 4.3.4 - Επενδυτική Συμπεριφορά επιχειρήσεων που υιοθετούν ΤΕΕ (1=Ασήμαντο, 5=Παρα πολύ σημαντικό)	77
Γράφημα 4.3.5 - Τρόποι Πληροφόρησης επιχείρησης για την ύπαρξη προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας (0=Ποτέ, 4=Πολύ Συχνά)	78
Γράφημα 4.3.6 - Φορείς Παροχής Πληροφόρησης επιχειρήσεων που επενδύουν σε ΤΕΕ.....	79
Γράφημα 4.3.7 - Αβεβαιότητα και επενδύσεις σε ΤΕΕ (1= Εντελώς Ασήμαντη, 5= Βαρύνουσας Σημασίας)	82
Γράφημα 5.1- Κλαδική Κατανομή Επιχειρήσεων που υιοθετούν ΤΕΕ.....	85
Γράφημα 5.1 – SPSS, Scree Plot	96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1.1 - Μεταβολή εκπομπών αέριων ρύπων μετά την επένδυση σε ΤΕΕ.....	22
Πίνακας 4.1.2 - Μεταβολή κατανάλωση ενέργειας (αγορά) μετά την επένδυση σε ΤΕΕ.....	22
Πίνακας 4.3.1 - Μορφές Κινδύνου από την υλοποίηση επένδυσης σε ΤΕΕ ...	80
Πίνακας 5.1 – SPSS, Correlation matrix	89
Πίνακας 5.2 – SPSS, KMO and Bartlett's Test.....	90
Πίνακας 5.3 – SPSS, Anti-image Matrices – Anti-image Correlation	91
Πίνακας 5.4 – SPSS, Communalities	95
Πίνακας 5.5 – SPSS, Total variance explained.....	95
Πίνακας 5.6 – SPSS, Component Matrix	97
Πίνακας 5.7 – SPSS, Rotated Component Matrix.....	98
Πίνακας 5.8 – SPSS, Component Transformation Matrix	99

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η συγγραφή της παρούσας εργασίας πραγματοποιείται μια εποχή καταστροφική για την ελληνική οικονομία, που λειτουργεί ως αντίκτυπο μιας γενικής κάμψης της παγκόσμιας οικονομίας, η ελληνική βιομηχανία διανύει την χειρότερη περίοδο των τελευταίων δεκαετιών. Μέσα σε όλα αυτά οι επιχειρήσεις της ελληνικής βιομηχανίας καλούνται να πάρουν αποφάσεις που θα καθορίσουν όχι απλά την ευημερία της εκάστοτε επιχείρησης, αλλά την επιβίωσή της σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Αυτό που διαπραγματεύεται η εργασία αυτή είναι οι αποφάσεις των ελληνικών βιομηχανιών στον τομέα της ενέργειας.

Είναι γνωστό ότι η δαπάνη για ενέργεια αποτελεί ένα απ'τα βασικότερα κόστη λειτουργίας μιας επιχείρησης. Παράλληλα, οι ενεργοβόρες επιχειρήσεις αποτελούν την κύρια πηγή μόλυνσης της ατμόσφαιρας, πράγμα που επιφέρει αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και κατ'επέκταση στην ποιότητα της ζωής μας.

Προκειμένου να μειωθεί η σπατάλη της ενέργειας, οι βιομηχανίες έχουν την δυνατότητα να υιοθετήσουν Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΤΕΕ), οι οποίες επιτυγχάνουν την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπής βλαβερών αερίων στην ατμόσφαιρα. Όμως, υπάρχουν διάφορα εμπόδια που καθιστούν αδύνατη ή δύσκολη την εφαρμογή των ΤΕΕ σε ορισμένες επιχειρήσεις. Αυτό που καλείται να κάνει η παρούσα εργασία είναι να πραγματοποιήσει μια στατιστική ανάλυση των εμποδίων αυτών.

Εφαρμόζοντας την παραγοντική ανάλυση και ανάλυση κύριων συνιστωσών, θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε και να κατηγοριοποιήσουμε τα εμπόδια υιοθέτησης Τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΤΕΕ) από τις ελληνικές βιομηχανίες. Αφού πρώτα εξετάσουμε το θεωρητικό σκέλος της παραγοντικής ανάλυσης και της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες, θα την εφαρμόσουμε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS, χρησιμοποιώντας δεδομένα, που συλλεχθησαν από 161 επιχειρήσεις του ελληνικού βιομηχανικού κλάδου, από τον κ. Κωνσταντίνο Κουνετά, με χρήση

ερωτηματολογίου, κατά τη συγγραφή της διδακτορικής του διατριβής «*Το παράδοξο της ενέργειας στην ελληνική βιομηχανία: Έκταση, υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και αντιρρύπανσης και επιδράσεις στην απόδοση, αποτελεσματικότητα και παραγωγικότητα*», προκειμένου να καταλήξουμε σε ορισμένα συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 2 – Τεχνολογίες Αντιρρύπανσης

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε σε κάποιες διαδεδομένες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, πριν κάνουμε εκτενής ανάλυση των Τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΤΕΕ), στις οποίες θα εστιάσουμε στα επόμενα κεφάλαια.

Καθώς η ανάπτυξη της παγκόσμιας βιομηχανίας και συνεπώς της ελληνικής βιομηχανίας υπήρξε ραγδαία την τελευταία πεντηκονταετία, παρουσιάστηκαν διάφορα προβλήματα, κυρίως περιβαλλοντικής φύσεως και δημόσιας υγείας, λόγω των ρυπογόνων λειτουργιών των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Έτσι, δημιουργήθηκε η ανάγκη αντιμετώπισης τέτοιου είδους προβλημάτων με τις τεχνολογίες αντιρρύπανσης.

Παρακάτω αναφέρουμε τις σημαντικότερες τεχνολογίες αντιρρύπανσης που χρησιμοποιούνε σήμερα οι βιομηχανικές μονάδες.

2.1 Ανακύκλωση

Όλες οι χώρες της Ευρώπης δημοσιοποιούν ευρήματα έρευνας που δείχνουν ότι περισσότερο από το 40% των πρώτων υλών της βιομηχανίας προέρχεται από την ανακύκλωση, τη βιομηχανία η οποία την τελευταία 15ετία προσδίδει ιδιαίτερη δυναμική στην ανάπτυξη των χωρών.

Ειδικά η σιδηρουργία και το σύνολο της χημικής βιομηχανίας προσφεύγουν σε μεγαλύτερο βαθμό στις ανακυκλωμένες πρώτες ύλες, σύμφωνα με τις ανακοινώσεις Ινστιτούτων. Μετά το 1995, ο κύκλος εργασιών του κλάδου των πρώτων υλών αυξάνει ετησίως κατά μέσον όρο σε ποσοστό περίπου 14% στη βιομηχανία, συγκριτικά με το +2% για τις πρώτες ύλες της γεωργίας.

Η εξέλιξη για τη βιομηχανία οδηγεί σε εξοικονόμηση κεφαλαίων της τάξης των 60 δισ. ευρώ ετησίως, στην Ευρώπη.

Η ανακύκλωση ως έννοια και πρακτική απασχολεί ιδιαίτερα έντονα τα τελευταία χρόνια τον κλάδο του marketing και της επικοινωνίας στην Ελλάδα. Τόσο σε θεσμικό επίπεδο, όσο και σε εταιρικό. Σε θεσμικό επίπεδο, η πλέον πρόσφατη εξέλιξη αφορά στην μεγάλη εκστρατεία που ξεκίνησε το Ινστιτούτο Επικοινωνίας με τίτλο «Δρω γιατί αντιδρώ», ενώ σε εταιρικό, αφορά πρωτοβουλίες προς αυτή την κατεύθυνση μεγάλων διαφημιζόμενων όπως οι Cosmote, Γερμανός, Κωτσόβολος, Ηλεκτρονική Αθηνών, Xerox Hellas, Coca-Cola, Vodafone, Carrefour Μαρινόπουλος, Lexmark, Infolex, AB Βασιλόπουλος, ΟΤΕ κ.ά.

Σχεδόν όλοι οι μεγάλοι διαφημιζόμενοι, άλλος περισσότερο, άλλος λιγότερο, έχουν εντάξει στη στρατηγική τους ενέργειες που υποστηρίζουν την ιδέα της ανακύκλωσης. Τα τελευταία χρόνια, η στρατηγική αυτή έχει γίνει ακόμα πιο έντονη, κάτι που αποτυπώνεται και στις διαφημιστικές εκστρατείες των εταιρειών. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

- Την πρωτοβουλία της Ηλεκτρονικής Αθηνών να αποσύρει σταδιακά όλες τις ενεργοβόρες συσκευές από τα καταστήματά της. Στο πλαίσιο αυτό η διαφημιστική της εταιρεία TBWA/Athens ξεκίνησε καμπάνια

ενημέρωσης του κοινού για την εξοικονόμηση ενέργειας και την προώθηση συσκευών λιγότερο ενεργοβόρων. Η Ηλεκτρονική Αθηνών στο πλαίσιο της καμπάνιας επιδοτεί τις λιγότερο ενεργοβόρες συσκευές προφέροντας πέραν των οικονομικών κινήτρων και ένα «οικολογικό» δώρο. Παράλληλα, δίνει τη δυνατότητα ανακύκλωσης και μπαταριών.

- Την ευρεία καμπάνια σε όλα τα μέσα της Αρχιμήδης Νεονάκης, η οποία δραστηριοποιείται στον κλάδο της εναλλακτικής διαχείρισης σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων και ανακύκλωσης αυτοκινήτων.
- Τη νέα περιβαλλοντική στρατηγική της Xerox Hellas, που περιλαμβάνει ενέργειες όπως την περισυλλογή του εξοπλισμού Xerox κατά τη στιγμή της απόσυρσής του, περισυλλογή κενών αναλώσιμων, χρήση ανακυκλωμένου χαρτιού κ.ά.
- Το ολοκληρωμένο περιβαλλοντικό πρόγραμμα της Vodafone που εστιάζει σε προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προγράμματα ανακύκλωσης και χρήση φιλικότερων προς το περιβάλλον υλικών. Το πρόγραμμα αυτό μάλιστα, βραβεύθηκε με το Βραβείο «Οικόπολις 2007, Ετήσιο Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Πολιτικής». Παρόμοια προγράμματα έχει δημιουργήσει και η Wind, όπως είναι το πρόγραμμα εταιρικής κοινωνικής ευθύνης «Στην πράξη», το οποίο επικοινωνείται με ολοκληρωμένη καμπάνια της Cream.
- Την καμπάνια ενημέρωσης της Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) στην ευρύτερη περιφέρεια της Αθήνας, στο πλαίσιο των δράσεων που πραγματοποιεί για την ευαισθητοποίηση των κατοίκων σε όλη τη χώρα. Δύο συρμοί του μετρό και ένας του τραμ προτρέπουν τους πολίτες να ανακυκλώνουν συστηματικά συσκευασίες από χαρτί, πλαστικό, μέταλλα και γυαλί. Για την καμπάνια συνεργάστηκαν η Casus Belli, η V+O Communication, η Dot Imaging και η Remedy.
- Την ανακύκλωση συσκευών της Κωτσόβολος, το πρόγραμμα επικοινωνίας της οποίας επιμελήθηκε η Civitas. Σημαντικό είναι το

γεγονός ότι η Civitas Ketchum προσφέρει από το 2007 την υπηρεσία «Green Communications» που καθοδηγεί τις επιχειρήσεις στο σχεδιασμό, την οργάνωση και την προβολή των περιβαλλοντικών πρακτικών τους και της δέσμευσής τους για την προστασία του περιβάλλοντος. Ανάλογα τμήματα έχουν δημιουργήσει και άλλα διεθνή δίκτυα δημοσίων σχέσεων, όπως π.χ. το δίκτυο της Burson-Marsteller που έχει δημιουργήσει το Environment, Energy & Climate Change Practice.

- Τη γιορτή ανακύκλωσης του ομίλου Carrefour Μαρινόπουλος, κατά τη διάρκεια της οποίας οι καταναλωτές παραδίδουν προς ανακύκλωση τις άχρηστες ηλεκτρικές μικροσυσκευές τους, συμμετέχοντας σε κλήρωση για να κερδίσουν καινούργιες. Το εν λόγω πρόγραμμα επικοινωνείται με καμπάνια επιμέλειας της Ashley & Holmes.
- Το πρόγραμμα ανακύκλωσης της Cosmote με τίτλο «Έλα στην ανακύκλωση», το οποίο αφορά στην ανακύκλωση κινητών τηλεφώνων και αξεσουάρ κινητής τηλεφωνίας στο δίκτυο καταστημάτων της Cosmote και του Γερμανού.
- Το πρόγραμμα ανακύκλωσης αναλώσιμων "re.Act" της Infolex (Lexmark). Για τις ανάγκες υλοποίησης του προγράμματος, η Infolex συνεργάστηκε με τα ΕΛΤΑ. Έτσι κάθε χρήστης ink ή laser cartridge μπορεί να επισκεφθεί ένα από τα 851 καταστήματα ΕΛΤΑ σε όλη τη χώρα και να αποστείλει χωρίς χρέωση το άδριο προϊόν για ανακύκλωση.

Ο Μεγαλύτερος ελληνικός φορέας βιομηχανικής ανακύκλωσης είναι η Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (Ε.Ε.Α.Α. Α.Ε.), η οποία ιδρύθηκε το Δεκέμβριο του 2001 από βιομηχανικές και εμπορικές επιχειρήσεις που, είτε διαθέτουν συσκευασμένα προϊόντα στην ελληνική αγορά, είτε κατασκευάζουν διάφορες συσκευασίες. Στο μετοχικό κεφάλαιο του Συστήματος συμμετέχει κατά 35% και η Κεντρική Ένωση Δήμων Ελλάδος (Κ.Ε.Δ.Ε). Η Ε.Ε.Α.Α., ανταποκρινόμενη στις διατάξεις του Νόμου 2939/01 και σκοπεύοντας στην εκπλήρωση των υποχρεώσεων των διαχειριστών

συσκευασίας με αποτελεσματικό και οικονομικά εφικτό τρόπο, έχει αναπτύξει και υλοποιεί στη χώρα μας το Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης - «ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ» (Σ.Σ.Ε.Δ.-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ).

Η λειτουργία της Ε.Ε.Α.Α. στηρίζεται σε μία σειρά από θεμελιώδεις αρχές που διασφαλίζουν την επίτευξη των στόχων της και βασίζονται στην Ευρωπαϊκή πρακτική. Συνοψίζονται στα εξής σημεία:

- Η συμβατική συμμετοχή και εξυπηρέτηση των υπόχρεων διαχειριστών συσκευασίας γίνεται με τους ίδιους όρους ανεξαρτήτως αν είναι ή όχι μέτοχοι.
- Η συμμετοχή στο μετοχικό κεφάλαιο είναι ανοικτή για οποιονδήποτε υπόχρεο διαχειριστή διατυπώσει σχετικό αίτημα με τους ίδιους όρους με τους ήδη μετόχους.
- Στόχος της Ε.Ε.Α.Α. δεν είναι η επίτευξη θετικού οικονομικού αποτελέσματος, αλλά η βέλτιστη αξιοποίηση των οικονομικών πόρων που διατίθενται για την αξιοποίηση των αποβλήτων συσκευασίας. Ακριβώς για αυτό το λόγο δεν προβλέπεται διανομή μερίσματος στους μετόχους της Ε.Ε.Α.Α. Με απόφαση του Υπουργείου Οικονομικών, το τυχόν θετικό ετήσιο λογιστικό διαθέσιμο μεταφέρεται σε ειδικό αποθεματικό με σκοπό να διατεθεί για τους σκοπούς της Ε.Ε.Α.Α. στις επόμενες χρήσεις.
- Οι δραστηριότητες του Συστήματος που στοχεύουν στην αξιοποίηση αποβλήτων συσκευασίας από τα δημοτικά απόβλητα αναπτύσσονται σε στενή συνεργασία με τους Ο.Τ.Α., όπως προβλέπεται από το νομικό πλαίσιο.
- Ισότιμη μεταχείριση όλων των υλικών που χρησιμοποιούν οι υπόχρεοι στις συσκευασίες τους.

Το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., με την υπ' αριθμόν 106453/20-02-2003 υπουργική απόφασή του ενέκρινε το Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών (Σ.Σ.Ε.Δ.-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ), που οργανώνει η Ε.Ε.Α.Α. και αφορά στην εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων συσκευασίας.

Μετά την επιτυχημένη Α' εξαετή περίοδο λειτουργίας του (2003-2009) με την υπ' αριθμόν 118019/18-3-09 υπουργική απόφαση επικυρώθηκε η ανανέωση της λειτουργίας του συστήματος και για την Β' εξαετία, δηλαδή την περίοδο 2009-2015.

Επιπλέον, το Σ.Σ.Ε.Δ.-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ είναι το μοναδικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών που εξυπηρετεί τις συσκευασίες όλων των μη επικίνδυνων προϊόντων και κατόπιν σχετικών ελέγχων, οι αρμόδιες αρχές, έχουν εισηγηθεί τη χορήγηση του Πιστοποιητικού Εναλλακτικής Διαχείρισης (Π.Ε.Δ.) απαλλάσσοντας με αυτόν το τρόπο τις συμβεβλημένες επιχειρήσεις από τη νομική υποχρέωση, σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο.

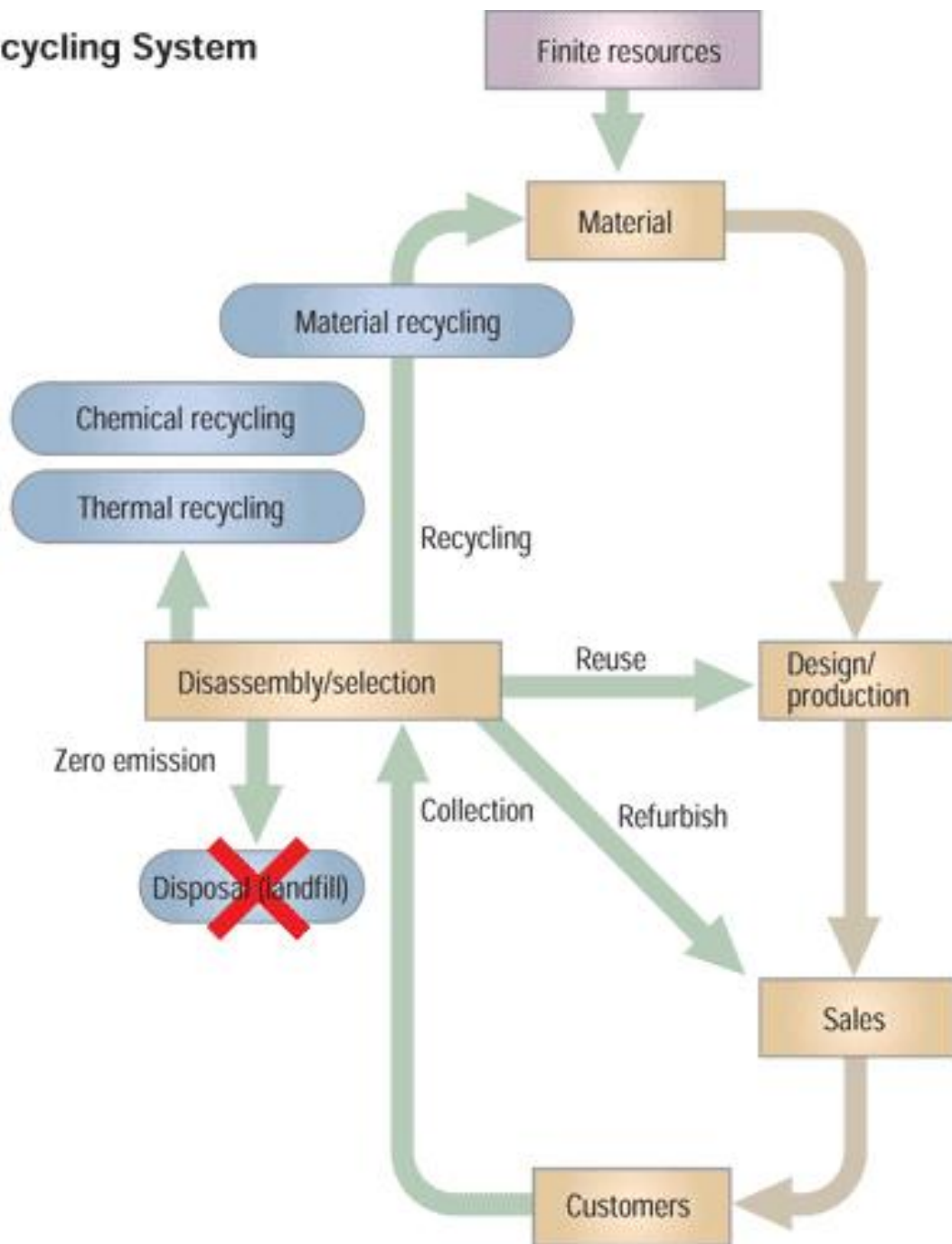
Το Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης απευθύνεται σε όλους όσοι διαχειρίζονται συσκευασίες. Εξασφαλίζει ισότιμη και ελεύθερη συμμετοχή και παρέχει τη δυνατότητα να εκπληρώσουν τις νομικές υποχρεώσεις τους με το βέλτιστο τρόπο συμβάλλοντας αποτελεσματικά στην προστασία του περιβάλλοντος στη χώρα μας.

Σήμερα (2011), στο Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης, Σ.Σ.Ε.Δ.-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ, της Ε.Ε.Α.Α. Α.Ε. συμμετέχουν πάνω από 1680 εταιρείες, από όλο το φάσμα των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων οι οποίες, λόγω του αριθμού και του μεγέθους τους, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των αποβλήτων συσκευασίας.

Η ευρεία λίστα των Συμβεβλημένων της Ε.Ε.Α.Α. αποδεικνύει πως το Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης (Σ.Σ.Ε.Δ.-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ) έχει ευρύτατη απήχηση και αποδοχή από το σύνολο των υπόχρεων διαχειριστών συσκευασίας που λειτουργούν και δραστηριοποιούνται στη χώρα μας.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει ένα παράδειγμα συστήματος βιομηχανικής ανακύκλωσης.

Recycling System



Εικόνα 2.1.1 – Σύστημα βιομηχανικής ανακύκλωσης

Recycling System – Σύστημα Ανακύκλωσης

Material – Υλικό

Design/Production – Σχεδιασμός/Παραγωγή

Sales – Πωλήσεις

Customers – Πελάτες

Disassembly/Selection – Αποσυναρμολόγηση / Επιλογή

Material Recycling – Υλική Ανακύκλωση

Chemical Recycling – Χημική Ανακύκλωση
Thermal Recycling – Θερμική Ανακύκλωση
Disposal (landfill) – Απόρριψη (ΧΥΤΑ)
Zero Emission – Μηδενική εκπομπή (αερίων)
Reuse – Εκ νέου χρήση
Refurbish – Αναβάθμιση
Collection – Συλλογή
Finite Resources – Πεπερασμένοι Πόροι

2.2 Διαχείριση Αποβλήτων

Η διαχείριση αποβλήτων απασχολεί πολύ τις βιομηχανίες, καθώς δέχονται συνεχείς πιέσεις όχι μόνο από διάφορες περιβαλλοντικές οργανώσεις, αλλά και από το ίδιο το κράτος, το οποίο έχει την ισχύ, σε περιπτώσεις παραβιάσεων των θεσπισμένων κανόνων, να επιβάλει πρόστιμα στις βιομηχανίες, ακόμα και να απαγορεύσει τη λειτουργία τους.

Τα βιομηχανικά απόβλητα διακρίνονται σε:

- Αέρια απόβλητα
- Υγρά απόβλητα
- Στερεά απόβλητα
- Τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα

Διάφορα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά των βιομηχανικών αποβλήτων είναι τα εξής:

- Διαλυμένες οργανικές ενώσεις – Προκαλούν αποξυγόνωση στα επιφανειακά νερά. Π.χ. Βιομηχανίες τροφίμων
- Αιωρούμενα στερεά. Η απόθεση τους στον πυθμένα υδατορευμάτων εμποδίζει την ανάπτυξη των ψαριών. Π.χ. χαρτοποιεία
- Ρυπαντές προτεραιότητας όπως φαινόλες και άλλοι οργανικοί ρυπαντές προκαλούν μεταξύ άλλων χρωματισμό και ανεπιθύμητες γεύσεις στο νερό. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι και καρκινογόνες. Π.χ. βιομηχανίες πετρελαιοειδών, χημικές βιομηχανίες
- Βαριά μέταλλα, κυανιούχα και τοξικά οργανικά. Για τους ρυπαντές αυτούς υπάρχουν ειδικά όρια εκπομπής στα επιφανειακά νερά. Π.χ. βιομηχανίες κατεργασίας μετάλλων
- Χρώμα και θολότητα. Ακόμα και αν δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη τοξικότητα οι παράγοντες αυτοί είναι ανεπιθύμητοι στα επιφανειακά νερά. Π.χ. Υφαντουργεία, χαρτοποιεία

- Άζωτο και φωσφόρος. Προκαλούν ευτροφισμό των αποδεκτών. Π.χ. Βιομηχανίες τροφίμων, λιπασμάτων, χημικών
- Μη βιοδιασπώμενες οργανικές ενώσεις. Είναι ανεπιθύμητες για ορισμένες χρήσεις του νερού. Π.χ. Μη βιοδιασπάσιμες αζωτούχες ενώσεις βρίσκονται στα απόβλητα υφαντουργίας
- Έλαια, λίπη και επιπλέοντα υλικά. Η διάθεση τους στα νερά ελέγχεται στους περισσότερους κανονισμούς. Π.χ. ελαιουργεία, βιομηχανίες πετρελαιοειδών
- Πτητικές ενώσεις, π.χ. υδρόθειο ή πτητικά οργανικά. Προκαλούν προβλήματα αέριας ρύπανσης
- Τοξικότητα στους υδρόβιους οργανισμούς. Πολλά απόβλητα είναι τοξικά στους υδρόβιους οργανισμούς.

Παρακάτω αναφέρουμε τεχνικές ελέγχου και μείωσης βιομηχανικών αποβλήτων.

1. Καταγραφή πρώτων υλών και νοικοκύρεμα

- Καταγραφή όλων των πρώτων υλών
- Αντικατάσταση τοξικών πρώτων υλών με λιγότερο τοξικές
- Εκπαίδευση προσωπικού και εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων διαχείρισης (management)
- Βελτίωση του τμήματος χειρισμού και αποθήκευσης πρώτων υλών

2. Τροποποίηση και βελτίωση εξοπλισμού

- Εγκατάσταση εξοπλισμού που δεν παράγει απόβλητα
- Τροποποίηση υφιστάμενου εξοπλισμού για αύξηση του βαθμού ανάκτησης παραπροϊόντων ή ανακύκλωσης
- Βελτίωση της απόδοσης του εξοπλισμού
- Τήρηση αυστηρού προγράμματος συντήρησης

3. Αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία

- Υποκατάσταση επικίνδυνων πρώτων υλών με άλλα αβλαβή
- Διαχωρισμός ρευμάτων αποβλήτων
- Ελαχιστοποίηση διαρροών
- Διαχωρισμός επικίνδυνων από τα μη επικίνδυνα απόβλητα
- Επανασχεδιασμός τελικών προϊόντων ώστε να είναι λιγότερο τοξικά
- Βελτιστοποίηση αντιδράσεων και πρώτων υλών

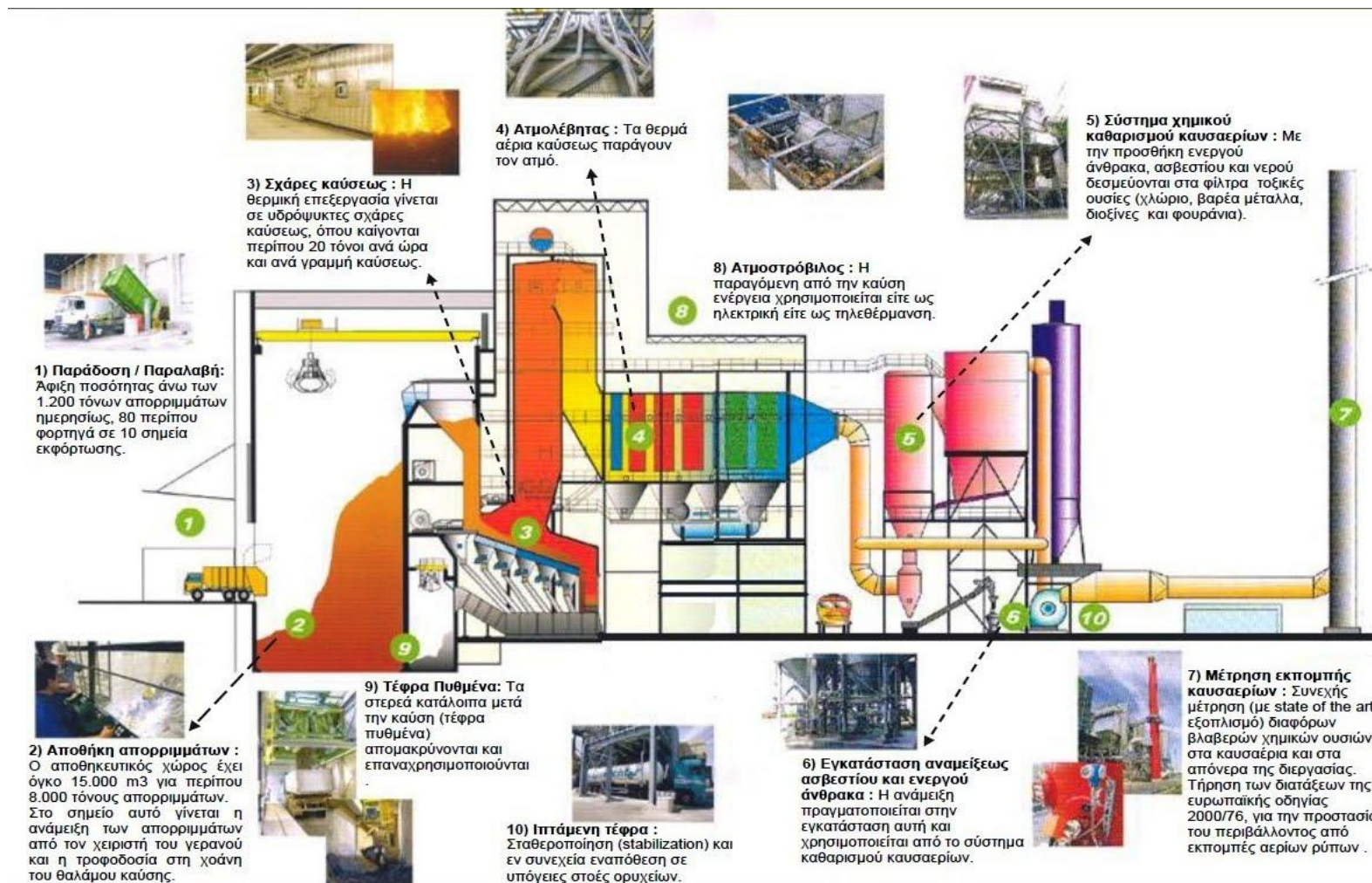
4. Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση

- Εγκατάσταση κλειστών κυκλωμάτων αποβλήτων
- Ανακύκλωση εντός του εργοστασίου
- Ανακύκλωση εκτός του εργοστασίου
- Ανταλλαγή παραπροϊόντων

Στα κράτη μέλη της ΕΕ παράγονται 2 δισ. τόνοι αποβλήτων ετησίως, ποσότητα που αφενός περιλαμβάνει και ιδιαιτέρως επικίνδυνα απόβλητα, αφετέρου αυξάνεται συνεχώς. Η αποθήκευση των αποβλήτων δεν αποτελεί βιώσιμη λύση, η δε καταστροφή τους δεν συνιστά ικανοποιητική επιλογή, επειδή συνεπάγεται απορρίψεις και αφήνει πολύ πυκνά και ρυπογόνα κατάλοιπα. Η καλύτερη λύση εξακολουθεί να είναι η πρόληψη της δημιουργίας των αποβλήτων αυτών και η επανεισαγωγή τους στον κύκλο των προϊόντων μέσω της ανακύκλωσης των συστατικών τους στοιχείων, στις περιπτώσεις που υπάρχουν λύσεις οικολογικά και οικονομικά βιώσιμες.

Η Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για τη διαχείριση των αποβλήτων δηλώνει ότι κάθε παραγωγός ή κάτοχος αποβλήτων πρέπει να πραγματοποιούν οι ίδιοι την επεξεργασία των αποβλήτων ή να την αναθέτουν σε έμπορο ή σε οργανισμό ή σε επιχείρηση. Τα κράτη μέλη μπορούν να συνεργαστούν εάν αυτό είναι απαραίτητο, για να δημιουργήσουν δίκτυο εγκαταστάσεων διάθεσης αποβλήτων. Το δίκτυο πρέπει να επιτρέπει στην Ευρωπαϊκή Ένωση να καταστεί αυτόνομη στον τομέα της επεξεργασίας αποβλήτων. Η αποθήκευση και η επεξεργασία των επικίνδυνων αποβλήτων πρέπει να διεξάγεται σε συνθήκες που παρέχουν προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας. Δεν πρέπει να αναμειγνύονται σε καμία περίπτωση με άλλες κατηγορίες επικίνδυνων αποβλήτων, ενώ πρέπει να συσκευάζονται και να επισημαίνονται σύμφωνα με τα διεθνή και κοινοτικά πρότυπα.

Σήμερα, οι περισσότερες βιομηχανίες είναι εξοπλισμένες με όλες τις απαραίτητες μονάδες επεξεργασίας των αποβλήτων τους. Στην ακόλουθη εικόνα φαίνονται οι μονάδες αυτές.



Εικόνα 2.2.1 - Εργοστασιακές μονάδες διαχείρισης και επεξεργασίας αποβλήτων

2.3 Εξοικονόμηση Ενέργειας

Ο σχηματισμός ή η χρήση ενεργειακών πόρων σε ένα οποιοδήποτε στάδιο της παραγωγής καλείται «ενεργειακή αποδοτικότητα». Η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, στόχος της οποίας είναι ο περιορισμός κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί αυτό που αποκαλούμε εξοικονόμηση ενέργειας.

Κάθε βιομηχανία είναι σε θέση να επιτύχει την εξοικονόμηση ενέργειας σε όλα τα στάδια της δραστηριότητάς της, όπως για παράδειγμα στο στάδιο παραγωγής, στο στάδιο μετατροπής, στο στάδιο μεταφοράς, στο στάδιο διανομής αλλά και κατά τη χρήση. Μπορούμε να πούμε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας είναι το αποτέλεσμα ενεργειακά ωφέλιμων οικονομικών καταστάσεων. Κάποιες από αυτές τις οικονομικά ωφέλιμες καταστάσεις είναι οι εξής:

- Υποκατάσταση ορισμένων μορφών ενέργειας με κάποιες πιο αποδοτικές για την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών.
- Υποκατάσταση ενέργειας από κεφάλαιο με την πραγματοποίηση επενδύσεων.
- Υποκατάσταση ενέργειας από εξειδικευμένη εργασία ή από εξειδικευμένη ενεργειακή και τεχνολογική γνώση.

Παρακάτω αναφέρουμε ενδεικτικά κάποιες τεχνικές που εφαρμόζονται στα πλαίσια των ΤΕΕ.

- Βελτιστοποίηση της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος
- Εξουδετέρωση της αέργου ισχύος των κινητήρων
- Εξουδετέρωση των αρμονικών ρευμάτων που συνοδεύουν τον μη γραμμικό εξοπλισμό
- Προσαρμογή της ενέργειας η οποία απαιτείται από το σύστημα φωτισμού

- Μείωση της ενέργειας η οποία απαιτείται από τα συστήματα κλιματισμού και ψύξης
- Εφαρμογή μικρών ανακατασκευών για να επιτευχθεί πιο αποτελεσματική λειτουργία του φωτισμού και του εξοπλισμού
- Διενέργεια συντήρησης όπου αυτή απαιτείται για να μειωθούν οι απώλειες του συστήματος

Η ενεργειακή αποδοτικότητα μπορούμε να πούμε ότι έχει οφέλη δύο μορφών, τα οφέλη που αφορούν στο περιβάλλον και τη μείωση διαφόρων προβλημάτων που υπάρχουν, και τα οικονομικά οφέλη για την επιχείρηση-βιομηχανία. Πιο αναλυτικά, τα οφέλη αναλύονται στα παρακάτω:

- Μείωση του ποσού των ρύπων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία. Συνεπώς, και των εκπομπών των ρύπων που δημιουργούνται, βελτιώνοντας με αυτόν τον τρόπο το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων ιδιαίτερα σε βιομηχανικές πόλεις. Παράλληλα, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να βοηθήσει χώρες να μειώσουν σταδιακά τις εκπομπές αερίων ρύπων.
- Ενίσχυσης της οικονομίας των χωρών καθώς δεν απαιτούνται μεγάλες δαπάνες και αποτελεί πολιτική ταχείας και υψηλής απόδοσης. Παράλληλα, αποτελεί και πολιτικής βάθους αφού εξασφαλίζει μόνιμα οφέλη μεγάλης κλίμακας, τα οποία συσσωρεύονται αθροιστικά καθώς το κόστος προσφοράς ενέργειας μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.
- Συμβολή στην αύξηση της απασχόληση, καθώς η εισαγωγή νέων τεχνολογιών σε μια επιχείρηση – βιομηχανία οδηγεί στην ύπαρξη νέων θέσεων εργασίας, οι οποίες σχετίζονται με την εγκατάσταση των τεχνολογιών αυτών, την τεχνογνωσία, τη λειτουργία και την υποστήριξή τους.
- Τέλος, αποτελεί μια σημαντική λύση στο πρόβλημα εξάρτησης κάποιων χωρών από την εισαγωγή αγαθών προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές τους ανάγκες.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την συμπεριφορά των επιχειρήσεων (εκτίμηση των υπευθύνων που ερωτήθηκαν) σε σχέση με την μεταβολή των εκπομπών αερίων σε διαφορετικές τάξεις μεγέθους.

Καύσιμο	Δεν Μειώθηκαν	Έως 5%	5%-10%	10%-15%	15%-20%	20%-25%	>25%
CO ₂	8%	34%	13%	10,5%	8,6%	7,4%	12,3%
CO	8,6%	20,4%	19,1%	9,2%	6,8%	8,6%	9,6%
HC	9,9%	10,5%	11,7%	7,4%	9,9%	6,2%	9,3%
SO ₂	9,3%	14,8%	16%	9,9%	7,4%	6,8%	9,9%
NO _x	10,5%	17,9%	11,7%	13%	4,9%	8,6%	8,8%

Πίνακας 4.1.1 - Μεταβολή εκπομπών αερίων ρύπων μετά την επένδυση σε ΤΕΕ

Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνεται η εκτίμηση της μεταβολής της κατανάλωσης ενέργειας μετά την πραγματοποίηση της επένδυσης σε ΤΕΕ σε υγρά, στερεά, αέρια καύσιμα αλλά και σε ηλεκτρική ενέργεια.

	Έως 5%	5%-10%	10%-15%	15%-20%	20%-25%	>25%
Ηλεκτρική Ενέργεια	21%	24,1%	7,4%	8%	1,2%	5,6%
Υγρά Καύσιμα	11,1%	22,2%	8,6%	13%	12,3%	8%
Στερεά Καύσιμα	3,7%	4,9%	2,5%	7,4%	2,5%	1,2%
Αέρια	1,2%	5,6%	1,2%	2,5%	2,5%	3,1%

Πίνακας 4.1.2 - Μεταβολή κατανάλωση ενέργειας (αγορά) μετά την επένδυση σε ΤΕΕ

Παράγοντες που επηρεάζουν τη δυνατότητα για βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι:

- Το αρχικό επίπεδο της ενεργειακής αποδοτικότητας
- Οι τιμές της ενέργειας σε σύγκριση με τους φυσικούς πόρους
- Το διοικητικό επίπεδο των επιχειρήσεων
- Οι επενδυτικοί προσανατολισμοί των επιχειρήσεων
- Οι προτεραιότητες των επιχειρήσεων

- Οι προτεραιότητες και οι κατευθύνσεις των διαφόρων κρατικών πολιτικών

Οι ανωτέρω παράγοντες ενσωματώνονται στα εμπόδια υιοθέτησης των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας.

Κεφάλαιο 3 – Θεωρία

3.1 Εισαγωγή στην παραγοντική ανάλυση

Η παραγοντική ανάλυση (factor analysis) χρησιμοποιείται κυρίως από τους ερευνητές των κοινωνικών επιστημών και της ανθρώπινης συμπεριφοράς, σε προβλήματα όπου σημαντικές μεταβλητές δεν μπορούν να μετρηθούν απευθείας. Παραδείγματα τέτοιων μεταβλητών είναι η εξυπνάδα, η πολιτική τοποθέτηση και η κοινωνικοοικονομική κατάσταση. Η παραγοντική ανάλυση έχει εφαρμογή, εκτός των κοινωνιολογικών και ψυχολογικών ερευνών, όπου υπάρχει ανάγκη συμπερασμάτων άμεσης πρακτικής σημασίας λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο δόμησης των διερευνώμενων μεταβλητών

Παρόλο που χρησιμοποιούμε τις παραπάνω έννοιες σαν να επρόκειτο για συνηθισμένες μεταβλητές, αυτές είναι διαφορετικές διότι δεν παρατηρούνται. Με την παραγοντική ανάλυση προσπαθούμε να συνδέσουμε τις μη παρατηρούμενες μεταβλητές (παράγοντες ή συνιστώσες), με μεταβλητές που παρατηρούμε και για τις οποίες έχουμε μετρήσεις, επιτυγχάνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο και μια ομαδοποίηση των παρατηρούμενων μεταβλητών σε κοινές συνιστώσες.

Σκοπός της ανάλυσης παραγόντων (ΑΠ) είναι να συνοψίσει τις σχέσεις ανάμεσα σε ένα μεγάλο αριθμό μεταβλητών με έναν περιεκτικό και ακριβή τρόπο, ώστε να βοηθήσει να γίνει αντιληπτή μια έννοια ή ιδιότητα.

Υπάρχουν δύο είδη παραγοντικής ανάλυσης, η διερευνητική ανάλυση παραγόντων (explanatory factor analysis), την οποία θα εφαρμόσουμε στην περίπτωση μας και η επιβεβαιωτική ανάλυση παραγόντων (Confirmatory Factor analysis).

Η Διερευνητική ανάλυση παραγόντων δημιουργήθηκε από τον Charles Spearman και χρησιμοποιείται για την αρχική διερεύνηση και την συνοπτική περιγραφή ενός σετ μεταβλητών μέσα από την ομαδοποίησή τους.

Ο Charles Spearman υπέθεσε ότι η τεράστια ποικιλία τεστ νοητικής ικανότητας (για παράδειγμα τεστ μαθηματικών ικανοτήτων, τεστ λεκτικών ικανοτήτων, τεστ ικανοτήτων λογικής σκέψης κτλ.) θα μπορούσαν να ερμηνευθούν στη βάση ενός «υποκείμενου» παράγοντα, αυτού της γενικής νοημοσύνης. Ο Spearman υπέθεσε ότι αν η γενική νοημοσύνη μπορούσε να μετρηθεί και αν μπορούσαμε να επιλέξουμε ένα υποσύνολο ανθρώπων με τον ίδιο βαθμό (σκορ) γενικής νοημοσύνης, τότε θα μπορούσαμε να διαπιστώσουμε την ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα σε οποιοδήποτε τεστ νοητικής ικανότητας. Με άλλα λόγια, θεώρησε ότι η γενική νοημοσύνη ήταν ο μόνος παράγοντας κοινός σε όλα τα τεστ νοητικής ικανότητας. Η ιδέα του Spearman ήταν ενδιαφέρουσα αλλά εν τέλει αποδείχθηκε λανθασμένη καθώς στην πορεία των ερευνών πάνω στην νόηση αποδείχθηκε ότι δεν υπάρχει ένας παράγοντας νοητικής ικανότητας αλλά πολλοί.

Η Επιβεβαιωτική ανάλυση παραγόντων χρησιμοποιείται για να διαπιστώσει κατά πόσο ένα προκαθορισμένο πλαίσιο σχέσεων ανάμεσα σε κάποιες μεταβλητές επιβεβαιώνεται και στην πράξη.

Η Ανάλυση Παραγόντων επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από την ποιότητα των δεδομένων που έχουμε στη διάθεσή μας. Η στατιστική τεχνική της παραγοντικής ανάλυσης βασίζεται στην αλληλοσυσχέτιση των μεταβλητών. Η παραγοντική ανάλυση συνήθως εφαρμόζεται σε πίνακες συσχετίσεων (correlation matrices), οι οποίοι δημιουργούνται με τη χρήση του συντελεστή συσχέτισης Pearson r . Όταν εφαρμόζουμε τον συντελεστή συσχέτισης Pearson r θέλουμε να διερευνήσουμε το βαθμό και την κατεύθυνση της γραμμικής συσχέτισης (συμμεταβολής) ανάμεσα σε δύο ποσοτικές μεταβλητές. Όταν εφαρμόζουμε την ίδια διαδικασία για ένα σύνολο από ποσοτικές μεταβλητές τότε καταλήγουμε σε ένα πίνακα συσχετίσεων ανάμεσα σε ζεύγη μεταβλητών. Πρακτικά, από ένα σύνολο από ποσοτικές

μεταβλητές μπορούμε να παρατηρήσουμε ποιες συμμεταβάλλονται και ποιος είναι ο βαθμός της γραμμικής συμμεταβολής τους. Οι μεταβλητές θα πρέπει να συσχετίζονται επαρκώς (δείκτης Pearson $r > 0.20$) Αλλά δεν πρέπει να συσχετίζονται υπερβολικά (δείκτης Pearson $r < 0.80$).

Οι μεταβλητές θα πρέπει να έχουν μετρηθεί τουλάχιστον σε κλίμακα ίσων διαστημάτων και ο συνολικός αριθμός των μεταβλητών που θα αναλύσουμε θα πρέπει να είναι 3 με 5 φορές περισσότερες από τους υποτιθέμενους παράγοντες. Ο συνολικός αριθμός των ατόμων θα πρέπει να είναι σημαντικός (τουλάχιστον > 300) και θα πρέπει να υπάρχει μια αναλογία ανάμεσα στον αριθμό των μεταβλητών και των ατόμων που θα χρησιμοποιήσουμε (**10:1**, ή **5:1**).

Για τον έλεγχο της ποιότητας των δεδομένο παρέχονται από το στατιστικό πακέτο ανάλυση δεδομένων δύο δείκτες, Ο Δείκτης Keiser-Meyer-Olkin , οποίος αξιολογεί την επάρκεια του δείγματος για τιμή $> .050$ και ο Δείκτης Bartlett's Test of Sphericity, ο οποίος αξιολογεί το κατά πόσο οι συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών επιτρέπουν την εφαρμογή της ανάλυσης παραγόντων ($p < 0.05$).

Η «εξαγωγή » των παραγόντων είναι η μαθηματική μέθοδος με την οποία οι παράγοντες καθορίζονται από ένα μεγαλύτερο αριθμό μεταβλητών (π.χ. στοιχείων ενός τεστ). Η «εξαγωγή» παραγόντων επιτυγχάνεται με τη χρήση ή της Ανάλυσης παραγόντων ή της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών.

Στην Ανάλυση κύριων συνιστωσών Ο στόχος είναι να μελετηθεί όλη η υπάρχουσα διακύμανση (κοινή, μοναδική και σφάλμα) ώστε να «εξαχθεί» το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης από τους λιγότερους δυνατούς παράγοντες. Παράγονται μεταβλητές και είναι η καλύτερη μέθοδος όταν θέλουμε να μειώσουμε τον αριθμό των μεταβλητών. Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη τη συνολική διακύμανση των μεταβλητών κατά φθίνουσα ακολουθία. Δηλαδή, η πρώτη κύρια συνιστώσα είναι ο γραμμικός συνδυασμός των

αρχικών μεταβλητών που εξηγεί στο μέγιστο την ολική διακύμανση τους. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα, η οποία είναι ασυσχέτιστη με την πρώτη, εξηγεί στο μέγιστο την υπόλοιπη διακύμανση, κ.τ.λ. Κατά μέγιστο μπορούν να εξαχθούν τόσες κύριες συνιστώσες όσες και οι αρχικές μεταβλητές, και το άθροισμα των διακυμάνσεων τους είναι το άθροισμα των διακυμάνσεων των αρχικών μεταβλητών. Στην πράξη επιλέγονται λιγότερες κύριες συνιστώσες από τις αρχικές μεταβλητές, με κριτήρια που θα εξετάσουμε παρακάτω. Όλες οι μεταβλητές μετρώνται με τυπικές μονάδες έτσι ώστε η διακύμανση των τιμών μιας μεταβλητής να είναι μονάδα.

Στην ανάλυση παραγόντων ο στόχος είναι να μελετηθεί μόνο το ποσοστό της διακύμανσης το οποίο έχουν κοινό οι μεταβλητές που μελετάμε. Παράγονται παράγοντες και γι' αυτό είναι καλύτερη όταν θέλουμε να κατασκευάσουμε παράγοντες.

Οι διαφορές μεταξύ παραγόντων και συνιστωσών έγκειται στο ότι οι παράγοντες είναι πραγματικές λανθάνουσες μεταβλητές, οι οποίες προκαλούν τη συνδιακύμανση μεταξύ των μεταβλητών ενώ οι συνιστώσες είναι εμπειρικά προκαθορισμένα αθροίσματα μεταβλητών, χωρίς απαραίτητα να υπάρχει θεωρητική τεκμηρίωση της εμφάνισής τους.

Η μέθοδος εξαγωγής των παραγόντων γίνεται με βάση τα τρία ακόλουθα στάδια:

1. Αρχικά «εξάγεται» ο πρώτος παράγοντας ή συνιστώσα, ο οποίος ερμηνεύει το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό της διακύμανσης ανάμεσα στα στοιχεία (items) και τον παράγοντα (συσχέτιση).
2. Στη συνέχεια «εξάγεται» ο επόμενος παράγοντας ή συνιστώσα, ο οποίος ερμηνεύει το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό της διακύμανσης που έχει απομείνει από την ερμηνεία του πρώτου παράγοντα.

3. Στη συνέχεια «εξάγεται» ο επόμενος παράγοντας ή συνιστώσα μέχρι να μην μείνει ποσοστό διακύμανσης που δεν ερμηνεύεται από τα στοιχεία που μελετάμε

3.2 Ιδιοτιμές και Ιδιοδιανύσματα

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα εξηγήσουμε και θα αναλύσουμε τις έννοιες «Ιδιοτιμή» και «Ιδιοδιάνυσμα», τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε στα παρακάτω κεφάλαια.

Τα ιδιοδιανύσματα και οι ιδιοτιμές εξαρτώνται από τις έννοιες των διανυσμάτων και των γραμμικών μετασχηματισμών. Στην πιο στοιχειώδη περίπτωση, τα διανύσματα μπορεί να θεωρηθούν ως βέλη που έχουν τόσο μήκος (ή μέγεθος) όσο και κατεύθυνση. Μόλις σχηματιστεί ένα σύνολο καρτεσιανών συντεταγμένων, ένα διάνυσμα μπορεί να περιγραφεί σε σχέση με το σύνολο συντεταγμένων από μία σειρά αριθμών. Ένας γραμμικός μετασχηματισμός μπορεί να περιγραφεί από ένα τετράγωνο πίνακα. Για παράδειγμα, στις τυποποιημένες συντεταγμένες ενός n -διάστατου χώρου, ένα διάνυσμα μπορεί να γραφτεί ως:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$$

Ένας πίνακας μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \dots & a_{n,n} \end{bmatrix}$$

Όπου n είναι κάποιοι φυσικοί αριθμοί

Συνήθως, ο πολλαπλασιασμός ενός διανύσματος x με ένα τετραγωνικό πίνακα A αλλάζει τόσο το μέγεθος όσο και την κατεύθυνση του διανύσματος

που επιδρά, αλλά στην ειδική περίπτωση κατά την οποία αλλάζει μόνο την κλίμακα (μέγεθος) του διανύσματος και αφήνει αμετάβλητη την κατεύθυνση, ή αλλάζει το διάνυσμα προς την αντίθετη κατεύθυνση, τότε το διάνυσμα ονομάζεται ιδιοδιάνυσμα του πίνακα A . (Ο όρος "ιδιοδιάνυσμα" δεν έχει νόημα παρά μόνο σε σχέση με κάποιο συγκεκριμένο πίνακα.) Όταν πολλαπλασιάζεται με έναν πίνακα, κάθε ιδιοδιάνυσμα του εν λόγω πίνακα αλλάζει το μέγεθός του κατά ένα παράγοντα, που ονομάζεται ιδιοτιμή, η οποία αντιστοιχεί στο εν λόγω ιδιοδιάνυσμα.

Το διάνυσμα x είναι ένα ιδιοδιάνυσμα του πίνακα A με ιδιοτιμή I , εάν ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

$$Ax = Ix$$

Η εξίσωση αυτή μπορεί να ερμηνευθεί γεωμετρικά ως εξής: ένα διάνυσμα x είναι ένα ιδιοδιάνυσμα αν πολλαπλασιάζοντάς το με τον πίνακα A εκτείνεται, συρρικνώνεται, μένει αμετάβλητο, αντιστρέφεται (προς την αντίθετη κατεύθυνση), γυρίζει και εκτείνεται, ή αντιστρέφεται και συρρικνώνεται το x . Εάν η ιδιοτιμή $I > 1$, το x εκτείνεται κατ' αυτόν τον παράγοντα. Αν ισχύει $I = 1$, το διάνυσμα x δεν επηρεάζεται καθόλου από τον πολλαπλασιασμό του με τον πίνακα A . Αν ισχύει $0 < I < 1$, τότε το διάνυσμα x συρρικνώνεται (ή συμπιέζεται). Στην περίπτωση που το $I = 0$ σημαίνει ότι το διάνυσμα x συρρικνώνεται σε τέτοιο βαθμό που βρίσκεται στον γραμμικό πυρήνα του χάρτη που δίνεται από τον A . Αν $I < 0$ τότε το διάνυσμα x στρέφεται προς την αντίθετη κατεύθυνση καθώς και κλιμακώνεται με συντελεστή ίσο με την απόλυτη τιμή του I .

Σαν μια ειδική περίπτωση, ο μοναδιαίος πίνακας I είναι ο πίνακας που αφήνει όλα τα διανύσματα ως έχουν:

$$Ix = 1x = x$$

Κάθε μη μηδενικό διάνυσμα x είναι ένα ιδιοδιάνυσμα του μοναδιαίου πίνακα I με ιδιοτιμή 1.

Παράδειγμα:

Για τον πίνακα A

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$$

Το διάνυσμα x

$$x = \begin{bmatrix} 3 \\ -3 \end{bmatrix}$$

είναι ένα ιδιοδιάνυσμα με ιδιοτιμή 1. Πράγματι,

$$Ax = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ -3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \cdot 3 + 1 \cdot (-3) \\ 1 \cdot 3 + 2 \cdot (-3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ -3 \end{bmatrix} = 1 \begin{bmatrix} 3 \\ -3 \end{bmatrix}$$

Από την άλλη πλευρά το διάνυσμα

$$x = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

δεν είναι ιδιοδιάνυσμα, αφού

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \cdot 0 + 1 \cdot 1 \\ 1 \cdot 0 + 2 \cdot 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

και το διάνυσμα αυτό δεν είναι πολλαπλάσιο του αρχικού διανύσματος x

Χαρακτηριστικό πολυώνυμο

Οι ιδιοτιμές του A είναι ακριβώς οι λύσεις λ στην εξίσωση

$$\det(A - II) = 0$$

Εδώ το \det είναι ο καθοριστικός παράγοντας του πίνακα που σχηματίζεται από $A - II$, όπου το I είναι ο $n \times n$ μοναδιαίος πίνακας. Η εξίσωση αυτή ονομάζεται χαρακτηριστική εξίσωση (ή, λιγότερο συχνά, η κοσμική εξίσωση) του A . Για παράδειγμα, αν ο A είναι ο ακόλουθος πίνακας (διαγώνιος πίνακας):

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_{2,2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{n,n} \end{bmatrix}$$

τότε η χαρακτηριστική εξίσωση έχει ως εξής:

$$\det(A - II) = \det \left(\begin{bmatrix} a_{1,1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_{2,2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{n,n} \end{bmatrix} - I \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right)$$

$$= \det \begin{bmatrix} a_{1,1}-1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_{2,2}-1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{n,n}-1 \end{bmatrix}$$

$$= (a_{1,1} - 1)(a_{2,2} - 1) \dots (a_{n,n} - 1) = 0$$

Οι λύσεις σε αυτή την εξίσωση είναι οι ιδιοτιμές $I_i = a_{i,i}$ ($i = 1, \dots, n$).

Αποδεικνύοντας την προαναφερόμενη σχέση των ιδιοτιμών και τις λύσεις της χαρακτηριστικής εξίσωσης απαιτείται κάποια γραμμική άλγεβρα, ειδικά η

έννοια των γραμμικά ανεξάρτητων διανυσμάτων. Εν συντομία, η εξίσωση ιδιοτιμών για έναν πίνακα A μπορεί να εκφραστεί ως:

$$Ax - Ix = 0$$

Η οποία μπορεί να αναδιατυπωθεί ως:

$$(A - I)x = 0$$

Αν υπάρχει το αντίστροφο

$$(A - I)^{-1}$$

τότε και οι δύο πλευρές μπορούν να πολλαπλασιαστούν με αυτό, ώστε να αποκτήσουν $x = 0$. Ως εκ τούτου, αν το I είναι τέτοιο που το $A - I$ είναι αντιστρέψιμο, το I δεν μπορεί να είναι μια ιδιοτιμή. Μπορεί να αποδειχθεί ότι το αντίστροφο ισχύει επίσης: Αν το $A - I$ δεν είναι αντιστρέψιμο, τότε το I αποτελεί ιδιοτιμή. Ένα κριτήριο από τη γραμμική άλγεβρα δηλώνει ότι ένας πίνακας (εδώ ο $A - I$) είναι μη αντιστρέψιμος αν και μόνο αν ο καθοριστικός του παράγοντας είναι το μηδέν, καταλήγοντας έτσι στη χαρακτηριστική εξίσωση.

3.3 Αλγεβρική ανάλυση της Παραγοντικής ανάλυσης

Στο ορθογώνιο μοντέλο της παραγοντικής ανάλυσης, το οποίο είναι και το πιο διαδεδομένο, υποθέτουμε πως οι όποιες συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών οφείλονται αποκλειστικά στην ύπαρξη κάποιων κοινών παραγόντων τους οποίους δεν ξέρουμε και θέλουμε να εκτιμήσουμε.

Έτσι υποθέτουμε πως οι p μεταβλητές μας μπορούν να γραφτούν ως γραμμικός συνδυασμός των k παραγόντων, δηλαδή

$$X - m = LF + e$$

Όπου

X είναι το διάνυσμα των αρχικών μεταβλητών μεγέθους $p \times 1$ (υποθέτω ότι έχω p μεταβλητές),

m είναι το διάνυσμα των μέσων μεγέθους $p \times 1$,

L είναι ένας πίνακας $p \times k$ όπου το L_{ij} είναι η επιβάρυνση (loading) του παράγοντα F_j στη μεταβλητή X_i ,

F είναι ένας $k \times 1$ πίνακας με τους παράγοντες και

e είναι το σφάλμα ή μοναδικός παράγοντας. Το σφάλμα e_i είναι ο μοναδικός παράγοντας της i μεταβλητής και είναι το μέρος της μεταβλητής το οποίο δεν μπορεί να εξηγηθεί από τους παράγοντες.

Μπορούμε να υποθέσουμε πως όλες οι μεταβλητές έχουν μέσο $\mathbf{0}$ οπότε το διάνυσμα m δεν χρειάζεται στο παραπάνω μοντέλο (αυτό μπορεί να επιτευχθεί εύκολα αφαιρώντας από κάθε μεταβλητή τη μέση της τιμή). Επίσης

είναι προφανές ότι $k < p$, δηλαδή ο αριθμός των παραγόντων πρέπει να είναι μικρότερος του αριθμού των μεταβλητών γιατί αλλιώς θα ήταν χωρίς νόημα να γίνει παραγοντική ανάλυση. Σύμφωνα με τα παραπάνω υποθέτουμε ότι κάθε μεταβλητή μπορούμε να την γράψουμε στη μορφή

$$X_1 = L_{11}F_1 + L_{12}F_2 + \dots + L_{1k}F_k + e_1$$

$$X_2 = L_{21}F_1 + L_{22}F_2 + \dots + L_{2k}F_k + e_2$$

...

$$X_p = L_{p1}F_1 + L_{p2}F_2 + \dots + L_{pk}F_k + e_p$$

Να σημειωθεί ότι:

- Το παραπάνω μοντέλο αν και μοιάζει με ένα γραμμικό μοντέλο έχει μερικές διαφορές. Κατά αρχάς τα X_i δεν είναι παρατηρήσεις αλλά μεταβλητές. Αφετέρου το δεξί μέλος της εξίσωσης δεν είναι παρατηρήσιμο και έτσι πρέπει να εκτιμηθεί.
- Οι παράγοντες F_i μπορούν να γραφτούν και αυτοί σαν γραμμικός συνδυασμός των μεταβλητών. Αυτό είναι χρήσιμο να γίνεται όταν θέλουμε να δημιουργήσουμε νέες μεταβλητές. Θα πρέπει όμως να γίνει σαφές ότι οι συντελεστές αυτοί διαφέρουν από τις επιβαρύνσεις και δεν πρέπει να γίνεται σύγχυση. Οι συντελεστές κάθε παράγοντα όταν εκφράζουμε τις μεταβλητές ως γραμμικό συνδυασμό των παραγόντων καλούνται επιβαρύνσεις ενώ αντίστοιχα οι συντελεστές κάθε μεταβλητής όταν εκφράζουμε κάθε παράγοντα ως γραμμικό συνδυασμό των μεταβλητών καλούνται συντελεστές των σκορ (factor scores coefficients).
- Παρατηρείστε πως οι παράγοντες έχουν την ίδια διακύμανση. Αυτό αποτελεί βασική διαφορά από την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες όπου θέλαμε οι κύριες συνιστώσες να είναι σε φθίνουσα τάξη διακύμανσης. Συνεπώς οι παράγοντες που προκύπτουν δεν είναι απαραίτητα σε κάποια σειρά (αν και αυτό, όπως θα δούμε στη συνέχεια, εξαρτάται και από τη μέθοδο εκτίμησης).

- Μια θεμελιώδης διαφορά με την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες είναι πως εδώ το μοντέλο προσπαθεί να εκφράσει τις μεταβλητές ως γραμμικό συνδυασμό των παραγόντων ενώ στην ανάλυση σε κύριες συνιστώσες νοιαζόμασταν περισσότερο να εκφράσουμε τις κύριες συνιστώσες ως γραμμικό συνδυασμό των αρχικών μεταβλητών.

Ένα πολύ βασικό κομμάτι του παραγοντικού μοντέλου είναι οι υποθέσεις που πρέπει να γίνουν. Αυτές είναι:

1. $E(F) = 0$
2. $Cov(F) = I$
3. $E(e) = 0$
4. $Cov(e) = \Psi$ όπου Ψ είναι ένας διαγώνιος πίνακας της μορφής

$$\Psi = \begin{bmatrix} y_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & y_2 & \dots & 0 \\ \dots & & & \\ 0 & 0 & \dots & y_p \end{bmatrix}$$

5. $Cov(e_i, F_j) = 0$, για κάθε $i \neq j$.

Δηλαδή υποθέτουμε πως οι μοναδικοί παράγοντες και οι κοινοί παράγοντες είναι ασυσχέτιστοι (υπόθεση 5). Επίσης από τις παραπάνω υποθέσεις έχουμε πως τόσο οι παράγοντες όσο και οι μοναδικοί παράγοντες είναι ασυσχέτιστοι μεταξύ τους (υποθέσεις 2 και 4) κι έχουν μηδενικές μέσες τιμές (υποθέσεις 1 και 3). Σημειώστε επίσης πως υποθέτουμε ότι τα δεδομένα προέρχονται από πολυμεταβλητούς κανονικούς πληθυσμούς. Αυτή η υπόθεση χρησιμοποιείται ως βάση για ελέγχους καλής προσαρμογής του μοντέλου καθώς και για την εκτίμηση με τη μέθοδο μεγίστης πιθανοφάνειας.

Συνεπώς μπορεί να αγνοηθεί στην περίπτωση που δουλεύουμε με άλλες μεθόδους εκτίμησης.

Η υπόθεση 2 σημαίνει ότι οι παράγοντες είναι ορθογώνιοι μεταξύ τους. Για αυτό το λόγο ονομάζουμε το μοντέλο ως ορθογώνιο. Αυτό δεν είναι καθόλου ρεαλιστικό σε πραγματικές εφαρμογές. Αν επιτρέψουμε κάποια μορφή συσχέτισης τότε μπορούμε να ορίσουμε ένα γενικότερο μοντέλο παραγοντικής ανάλυσης το οποίο δεν είναι ορθογώνιο. Παρατηρείστε επίσης πως οι διακυμάνσεις των παραγόντων είναι ίσες με τη μονάδα, άρα όλοι οι παράγοντες έχουν την ίδια διακύμανση.

Από τις παραπάνω υποθέσεις μπορεί ναδειχθεί ότι:

$$\begin{aligned}\Sigma &= Cov(X) = Cov(LF + e) = \\ &LCov(F)L' + Cov(e) = LL' + \Psi\end{aligned}$$

καθώς από τις υποθέσεις του μοντέλου η συνδιακύμανση μεταξύ F και e είναι μηδέν. Συνεπώς βλέπουμε πως ο πίνακας διακύμανσης μπορεί να διασπαστεί σε δυο μέρη, το πρώτο είναι το κομμάτι που ερμηνεύουν οι κοινοί παράγοντες και ονομάζεται εταιρικότητα (communality) και το δεύτερο το κομμάτι που οφείλεται στους μοναδικούς παράγοντες, και άρα το μοντέλο δεν μπορεί να ερμηνεύσει και ονομάζεται ιδιαιτερότητα (specificity).

Επίσης παρατηρείστε ότι η επιβάρυνση είναι η συσχέτιση κάθε μεταβλητής με τον αντίστοιχο παράγοντα.

Στην παραγοντική ανάλυση σκοπός μας είναι να εκτιμήσουμε τους πίνακες L και Ψ , να αναπαραστήσουμε δηλαδή τον πίνακα διακύμανσης του πληθυσμού. Για να το επιτύχουμε αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι εκτίμησης τις οποίες θα εξετάσουμε αργότερα.

Τα βήματα για να κάνω παραγοντική ανάλυση πρέπει να είναι τα εξής:

- Έλεγχος για το αν υπάρχουν συσχετίσεις ικανοποιητικές να κάνω παραγοντική ανάλυση
- Εύρεση του αριθμού των παραγόντων και εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου

- Περιστροφή του μοντέλου με σκοπό να αυξήσω την ερμηνευτική του ικανότητα
- Εκτίμηση των σκορ των παραγόντων για περαιτέρω στατιστική χρήση

Όπως όλες οι στατιστικές μέθοδοι, έτσι και στην παραγοντική ανάλυση πρέπει να ξεκινώ εξετάζοντας περιγραφικά τα δεδομένα. Για την παραγοντική ανάλυση είναι σημαντικό να υπάρχουν συσχετίσεις ανάμεσα στις μεταβλητές καθώς αυτές τις συσχετίσεις θα προσπαθήσω να εξηγήσω. Επομένως πρέπει να ξεκινήσω από τις συσχετίσεις.

Όπως είπαμε, αν τα δεδομένα είναι σχετικά ασυσχέτιστα δεν έχει νόημα να συνεχίσω αφού αυτό σημαίνει ότι δε θα βρω κοινούς παράγοντες που να μου επιτρέψουν να δουλέψω με αυτούς. Τι σημαίνει όμως μεγάλες συσχετίσεις; Σε καμιά περίπτωση δεν σημαίνει στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις, δηλαδή συσχετίσεις διάφορες του μηδέν. Είναι γνωστό στη στατιστική ότι όσο αυξάνει το μέγεθος του δείγματος τότε συσχετίσεις κοντά στο μηδέν τείνουν να είναι στατιστικά σημαντικά διάφορες του μηδέν αν και πολύ μικρές σε απόλυτη τιμή. Συνεπώς αυτό που μας ενδιαφέρει είναι να υπάρχουν μεγάλες συσχετίσεις τουλάχιστον σε μεγάλο ποσοστό του πίνακα συσχετίσεων. Τιμές μεγαλύτερες του 0.40 σε απόλυτη τιμή είναι ευπρόσδεκτες. Σε αντίθετη περίπτωση δεν έχει έννοια να συνεχίσουμε. Αν υπάρχουν κάποια ή κάποιες μεταβλητές που είναι ασυσχέτιστες με τις υπόλοιπες καλό είναι να τις αγνοήσουμε καθώς, επειδή δεν σχετίζονται με τις άλλες, θα προκύψουν από μόνες τους ως ένας ξεχωριστός παράγοντας.

Για να ελέγξουμε τη στατιστική σημαντικότητα ενός δειγματικού συντελεστή συσχέτισης χρειαζόμαστε κάποιον έλεγχο. Έτσι για να ελέγξουμε την

$H_0 : \rho = 0$ έναντι της εναλλακτικής

$H1 : \rho \neq 0$,

υπολογίζουμε την ελεγχοσυνάρτηση

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

η οποία ακολουθεί την t κατανομή με $n-2$ βαθμούς ελευθερίας. Συνεπώς απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση όταν $|t| \geq t_{1-\alpha/2, n-2}$ όπου $t_{\alpha, n-2}$ είναι το $\alpha\%$ ποσοστιαίο σημείο από την κατανομή t με $n-2$ βαθμούς ελευθερίας. Παρατηρείστε ότι:

- Ο παρονομαστής της ελεγχοσυνάρτησης είναι το τυπικό σφάλμα της δειγματικής εκτιμήτριας της συσχέτισης.
- Ο παραπάνω έλεγχος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξουμε υποθέσεις διάφορες από τη μορφή $p = 0$, κι αυτό γιατί η κατανομή της ελεγχοσυνάρτησης παύει να είναι η κατανομή t .
- Απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης σημαίνει ότι υπάρχει μη μηδενική συσχέτιση. Για σχετικά μέτρια μεγέθη δείγματος ακόμα και δειγματικές συσχέτισεις της τάξης του 0.10 σε απόλυτη τιμή τείνουν να είναι στατιστικά σημαντικές αν και μια τέτοια συσχέτιση είναι εξαιρετικά χαμηλή. Συνεπώς μη μηδενική συσχέτιση δεν σημαίνει και ότι υπάρχει κάποια έντονη σχέση μεταξύ των μεταβλητών.
- Ο συντελεστής συσχέτισης r του Pearson εξετάζει μόνο γραμμικής μορφής συσχέτιση και συνεπώς δεν μπορεί να διαγνώσει άλλες μορφές συσχέτισης.

Για να ελέγξουμε υποθέσεις της μορφής

$H_0 : p = 0$ έναντι της εναλλακτικής

$H_1 : p \neq 0$,

υπολογίζουμε την ελεγχοσυνάρτηση

$$Z = \frac{z(r) - z(p_0)}{\sqrt{\frac{1}{n-3}}}$$

Όπου $z(a) = 0.5 \ln\left(\frac{1+a}{1-a}\right)$, γνωστός και ως μετασχηματισμός του Fisher.

Η ελεγχουσυνάρτηση ακολουθεί προσεγγιστικά την τυποποιημένη κανονική κατανομή και άρα απορρίπτουμε όταν η τιμή είναι μεγαλύτερη σε απόλυτη τιμή από το αντίστοιχο ποσοστιαίο σημείο της κανονικής κατανομής. Για τον έλεγχο χρειάζεται η τιμή κάτω από τη μηδενική υπόθεση να μην είναι κοντά στο ± 1 .

Για να ελέγξουμε αν υπάρχουν συσχετίσεις στα δεδομένα μας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον έλεγχο σφαιρικότητας του Bartlett (Bartlett's test of sphericity). Αν τα δεδομένα ήταν ασυσχέιστα τότε το νέφος των σημείων θα ήταν μια υπερσφαίρα στο πολυεπίπεδο. Ο έλεγχος ελέγχει την υπόθεση:

$$H_0 : \Sigma = S^2 I_p \text{ έναντι της εναλλακτικής}$$

$$H_1 : \Sigma \neq S^2 I_p$$

Ο πιο πάνω έλεγχος είναι γενικότερος καθώς εξετάζει αν ο πίνακας διακύμανσης είναι διαγώνιος. Ένας έλεγχος βασισμένος στο λόγο πιθανοφαιών υπολογίζει τη στατιστική συνάρτηση:

$$L = -\left[n - \frac{1}{6p}(2p^2 + p + 2) \right] \left[\ln|S| - \ln\left(\prod_{i=1}^p S_i^2 \right) \right]$$

και απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση συγκρίνοντας την τιμή αυτή με το ποσοστιαίο σημείο της χ^2 κατανομής με $p(p-1)/2$ βαθμούς ελευθερίας. Στον παραπάνω τύπο S είναι ο δειγματικός πίνακας διακύμανσης

συνδιακύμανσης, s_i^2 είναι η δειγματική διακύμανση της i μεταβλητής και ο πρώτος όρος του γινομένου είναι η διόρθωση που προτάθηκε από τον Bartlett έτσι ώστε η κατανομή της ελεγχοσυνάρτησης να προσεγγίζεται καλά από μια x^2 κατανομή.

Στην περίπτωση που θέλουμε να ελέγξουμε για έναν πίνακα συσχέτισης, η μηδενική υπόθεση παίρνει τη μορφή

$$H_0 : R = Ip \text{ έναντι της εναλλακτικής}$$

$$H_1 : R \neq Ip ,$$

δηλαδή ελέγχουμε την υπόθεση πως ο πίνακας συσχετίσεων του πληθυσμού είναι ο μοναδιαίος. Η ελεγχοσυνάρτηση που χρησιμοποιούμε είναι η εξής:

$$L = - \left[n - \frac{1}{6(2p + 5)} \right] \ln |R|$$

η οποία και ακολουθεί και πάλι x^2 κατανομή με $p(p-1)/2$ βαθμούς ελευθερίας. Ο έλεγχος αυτός είναι στην πραγματικότητα ένας έλεγχος λόγου πιθανοφανειών κάτω από τις δύο υποθέσεις. Παρατηρείστε πως ο πολλαπλασιαστής μπροστά από το λογάριθμο της ορίζουσας δεν είναι ο ίδιος με αυτόν που είχαμε πριν στον έλεγχο για έναν πίνακα διακύμανσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως η προσέγγιση από την κατανομή x^2 είναι καλύτερη με τη χρήση του καινούριου πολλαπλασιαστή.

Ο απλός συντελεστής συσχέτισης υπολογίζει τη συσχέτιση μεταξύ δυο μεταβλητών αγνοώντας τις υπόλοιπες. Έτσι μπορεί να εμφανίζει συσχετισμένες κάποιες μεταβλητές απλά και μόνο επειδή κάποιες άλλες έχουν μεγάλη συσχέτιση με αυτές και όταν ακυρώσουμε την επίδρασή τους οι

αρχικές μεταβλητές να μην εμφανίζουν πια καμιά συσχέτιση (όπως στη γραμμική παλινδρόμηση όπου προσθέτοντας κάποια μεταβλητή σε ένα μοντέλο μπορεί μια μεταβλητή που ήταν πριν σημαντική να πάψει να είναι). Για αυτό είναι χρήσιμος ένας συντελεστής συσχέτισης ο οποίος θα υπολογίζει τη συσχέτιση αφού αφαιρέσει την επίδραση των υπόλοιπων μεταβλητών. Αυτός είναι ο μερικός συντελεστής συσχέτισης. Ο τρόπος υπολογισμού του είναι αρκετά πολύπλοκος και συνήθως γίνεται με τη χρήση υπολογιστή. Για να προχωρήσουμε σε παραγοντική ανάλυση μας ενδιαφέρει οι μερικοί συντελεστές συσχέτισης να είναι μικροί.

Αν οι μεταβλητές μοιράζονται κοινούς παράγοντες θα περίμενε κανείς ότι ο μερικός συντελεστής συσχέτισης ανάμεσα σε δύο μεταβλητές, όταν ακυρωθεί η επίδραση όλων των υπολοίπων μεταβλητών, θα είναι μικρή, αφού η ακύρωση της επίδρασης των υπολοίπων μεταβλητών ακυρώνει σε μεγάλο βαθμό την επίδραση των κοινών παραγόντων. Επομένως οι μερικοί συντελεστές συσχέτισης είναι εκτιμήσεις των συσχετίσεων μεταξύ των μοναδικών παραγόντων και θα πρέπει να είναι κοντά στο 0 όταν οι υποθέσεις του παραγοντικού μοντέλου ισχύουν. Θυμηθείτε ότι από τις υποθέσεις του μοντέλου οι μοναδικοί παράγοντες είναι ασυσχέτιστοι.

Ένα μέτρο για να συγκρίνουμε το σχετικό μέγεθος των συντελεστών συσχέτισης σχετικά με τους μερικούς συντελεστές συσχέτισης είναι το Kaiser-Meyer-Olkin στατιστικό που υπολογίζεται ως εξής:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} a_{ij}^2}$$

όπου r_{ij} και a_{ij} είναι οι δειγματικοί συντελεστές συσχέτισης και μερικής συσχέτισης αντίστοιχα. Αν η τιμή του KMO είναι μεγάλη τότε τα δεδομένα μας είναι κατάλληλα για παραγοντική ανάλυση. Τιμές κάτω από 0.5 είναι πολύ κακές τιμές. Στην πράξη τιμές γύρω στο 0.8 θεωρούνται αρκετά καλές για να

προχωρήσουμε. Μικρότερες τιμές αποτελούν ένδειξη ότι η παραγοντική ανάλυση δεν θα μας δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Τέλος ένα άλλο μέτρο που μας επιτρέπει να εξετάσουμε μια-μια τις μεταβλητές και το κατά πόσο είναι κατάλληλες για να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση είναι το μέτρο της δειγματικής καταλληλότητας (measure of sampling adequacy) το οποίο υπολογίζεται για την i μεταβλητή ως εξής:

$$MSA_i = \frac{\sum_j r_{ij}^2}{\sum_j r_{ij}^2 + \sum_j a_{ij}^2}$$

Τιμές κοντά στο 1 είναι ενδείξεις ότι η μεταβλητή είναι πολύ καλή για να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση.

3.4 Αλγεβρική ανάπτυξη της μεθόδου της Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες

Παρακάτω θα δούμε κάποια πράγματα από τη γραμμική άλγεβρα τα οποία και αποτέλεσαν τη βασική ιδέα πάνω στην οποία αναπτύχθηκε η μέθοδος της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες.

Έστω ένας τετραγωνικός συμμετρικός πίνακας A διαστάσεων $p \times p$. Ο πίνακας αυτός μπορεί να αναπαρασταθεί ως

$$A = P\Lambda P'$$

όπου Λ είναι ένας $p \times p$ διαγώνιος πίνακας όπου τα στοιχεία της διαγωνίου είναι οι ιδιοτιμές του πίνακα A , δηλαδή

$$\Lambda = \begin{bmatrix} I_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_2 & \dots & \\ \dots & & & \\ 0 & \dots & \dots & I_r \end{bmatrix}$$

και P είναι ένας ορθογώνιος $p \times p$ πίνακας (δηλαδή ισχύει $P'P = I$) ο οποίος αποτελείται από τα κανονικοποιημένα ιδιοδιανύσματα των αντίστοιχων ιδιοτιμών. Η παραπάνω αναπαράσταση του πίνακα A ονομάζεται φασματική ανάλυση του πίνακα A .

Επομένως αφού ο πίνακας είναι ορθογώνιος θα ισχύει πως $P^{-1} = P'$

Μπορεί κάποιος να δείξει με βάση τις παραπάνω ιδιότητες πως ισχύει

$$\Lambda = P'AP \quad (1.1)$$

Καθώς

$$\begin{aligned} A = P\Lambda P' &\Leftrightarrow P^{-1}A = P^{-1}P\Lambda P' \Leftrightarrow \\ P^{-1}AP &= \Lambda P'P = \Lambda \end{aligned}$$

Δηλαδή αυτό που με απλά λόγια είδαμε είναι πως αν ξεκινήσουμε από έναν τετραγωνικό πίνακα A μπορούμε να καταλήξουμε σε έναν διαγώνιο πίνακα Λ .

Γιατί αυτό όμως μας είναι τόσο χρήσιμο; Θυμηθείτε πως αν έχουμε ένα τυχαίο διάνυσμα X το οποίο έχει πίνακα διακύμανσης Σ τότε το διάνυσμα $Y = BX$ έχει πίνακα διακύμανσης $B'\Sigma B$. Αν τώρα κοιτάξουμε την σχέση (1.1) βλέπουμε πως από έναν τετραγωνικό πίνακα μπορώ να οδηγηθώ σε έναν διαγώνιο πίνακα, πολλαπλασιάζοντας με έναν κατάλληλο πίνακα P και άρα αν ο τετραγωνικός πίνακας είναι πίνακας διακύμανσης καταλήγουμε σε έναν διαγώνιο πίνακα διακύμανσης. Δηλαδή το τυχαίο διάνυσμα που αντιστοιχεί στον πίνακα αυτόν είναι ασυσχέτιστο. Δηλαδή αυτό που μου δίνει η φασματική ανάλυση ενός πίνακα διακύμανσης είναι πως αν πολλαπλασιάσω το αρχικό διάνυσμα με έναν κατάλληλο πίνακα μπορώ να δημιουργήσω έναν νέο διάνυσμα το οποίο να είναι ασυσχέτιστο, να έχει δηλαδή διαγώνιο πίνακα διακύμανσης.

Όπως είπαμε προηγούμενα η μέθοδος στηρίζεται στη φασματική ανάλυση ενός τετραγωνικού πίνακα. Αυτό σημαίνει πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε τον πίνακα διακυμάνσεων είτε τον πίνακα συσχετίσεων που είναι στην ουσία ο πίνακας διακυμάνσεων των τυποποιημένων δεδομένων.

Έστω λοιπόν πως έχουμε ένα σύνολο από k μεταβλητές (X_1, X_2, \dots, X_k) και θέλουμε να δημιουργήσουμε τις κύριες συνιστώσες (Y_1, Y_2, \dots, Y_k) οι οποίες να είναι γραμμικός συνδυασμός των αρχικών μεταβλητών, δηλαδή

$$\begin{aligned}
Y_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1k}X_k \\
Y_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2k}X_k \\
&\dots \\
Y_k &= a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + \dots + a_{kk}X_k
\end{aligned}$$

Υπό μορφή πινάκων μπορεί να γραφτεί ως $Y = AX$ όπου Y , X είναι διανύσματα $k \times 1$ και A είναι $k \times k$ πίνακας με στοιχεία

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \dots & & & \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kk} \end{bmatrix}$$

όπου a_j είναι το διάνυσμα στήλη με στοιχεία $a'_j = [a_{j1} \ a_{j2} \ \dots \ a_{jk}]$, $j = 1, \dots, k$ και για να μην έχουμε προβλήματα ταυτοποίησης θέτουμε

$$\sum_{i=1}^k a_{ji}^2 = a'_j a_j = 1$$

Επομένως το πρόβλημα εύρεσης των κυρίων είναι το πρόβλημα της εύρεσης των στοιχείων του πίνακα A . Έχουμε όμως έναν επιπλέον περιορισμό, ότι δηλαδή οι κύριες συνιστώσες πρέπει να είναι σε φθίνουσα σειρά ως προς τη διακύμανση τους, δηλαδή η πρώτη να έχει τη μεγαλύτερη διακύμανση, η δεύτερη τη δεύτερη μεγαλύτερη και ούτω καθεξής. Παρατηρείστε πως έχουμε ήδη δει (από την (1.1)) ότι τα ιδιοδιανύσματα αποτελούν μια λύση στο πρόβλημα αν εξαιρέσουμε την τελευταία υπόθεση για τη φθίνουσα σειρά της διακύμανσης.

Ας δουλέψουμε για την πρώτη κύρια συνιστώσα $Y_1 = a'_1 X$. Είναι σαφές πως $Var(Y_1) = a'_1 \Sigma a_1$ όπου Σ ο πίνακας διακυμάνσεων του

τυχαίου διανύσματος X . Επομένως για να βρούμε το a_1 θα πρέπει να μεγιστοποιήσουμε την $Var(Y_1)$ με τον περιορισμό πως $a_1' a_1 = 1$ δηλαδή θα μεγιστοποιήσουμε τη συνάρτηση

$$L(a_1) = a_1' \Sigma a_1 - I (a_1' a_1 - 1),$$

όπου I είναι ο πολλαπλασιαστής Lagrange.

Χρησιμοποιώντας παραγώγους διανυσμάτων βρίσκουμε πως

$$\frac{\partial L(a_1)}{\partial a_1} = 2(\Sigma - II)a_1 = 0$$

και επομένως αντιστοιχεί στο να λύσουμε την εξίσωση

$$\Sigma a_1 = I a_1$$

η οποία είναι η εξίσωση των ιδιοδιανυσμάτων του πίνακα Σ όπου I είναι η ιδιοτιμή. Δηλαδή κάθε ζεύγος ιδιοτιμής και του ιδιοδιανύσματος που τη συνοδεύει είναι λύση της εξίσωσης, και άρα έχουμε k δυνατές λύσεις. Από αυτές πρέπει να διαλέξουμε ποια οδηγεί σε μεγαλύτερη διακύμανση. Η διακύμανση του Y_1 θα είναι ίση με I , και επομένως αρκεί να διαλέξουμε το ζεύγος ιδιοτιμής και ιδιοδιανύσματος που αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη ιδιοτιμή.

Με παρόμοια επιχειρήματα μπορούμε να δούμε πως για όλες τις κύριες συνιστώσες τα διανύσματα a_j που χρειαζόμαστε θα αντιστοιχούν στα ιδιοδιανύσματα της j σε φθίνουσα σειρά ιδιοτιμής. Φυσικά για την εύρεση των υπόλοιπων κυρίων συνιστωσών χρειάζεται να προσθέσουμε έναν ακόμη περιορισμό: ότι οι κύριες συνιστώσες είναι ασυσχέτιστες με τις προηγούμενες τους.

Επομένως :

- Για να κατασκευάσουμε τις κύριες συνιστώσες χρειάζεται να βρούμε τις ιδιοτιμές και τα ιδιοδιανύσματα του πίνακα Σ που χρησιμοποιούμε.

- Η μεγαλύτερη ιδιοτιμή και το ιδιοδιάνυσμα της αντιστοιχούν στην πρώτη κύρια συνιστώσα, η δεύτερη μεγαλύτερη ιδιοτιμή στη δεύτερη κύρια συνιστώσα κλπ.

- Η διακύμανση της κάθε κύριας συνιστώσας είναι ίση με την ιδιοτιμή που της αντιστοιχεί. Έτσι αν συμβολίσουμε με I_j την j μεγαλύτερη ιδιοτιμή τότε έχουμε πως $Var(Y_j) = I_j$.

- Όπως είπαμε και πριν οι κύριες συνιστώσες είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους και άρα ο πίνακας διακύμανσης τους είναι ο διαγώνιος με διαγώνια στοιχεία τις ιδιοτιμές I_j

- Η συνολική διακύμανση των κύριων συνιστωσών θα είναι η ίδια με τη συνολική διακύμανση των αρχικών μεταβλητών εξαιτίας των ιδιοτήτων του ίχνους συμμετρικού και τετραγωνικού πίνακα. Δηλαδή θα ισχύει $tr(\Sigma) = tr(\Lambda)$ και άρα η συνολική διακύμανση διατηρείται.

- Επίσης η γενικευμένη διακύμανση των κυριών συνιστωσών είναι η ίδια με τη γενικευμένη διακύμανση των αρχικών μεταβλητών. Αυτό προκύπτει εύκολα καθώς η ορίζουσα ενός τετραγωνικού πίνακα είναι το γινόμενο των

ιδιοτιμών της και άρα ισχύει: $|\Sigma| = \prod_{i=1}^p I_i = |\Lambda|$

- Η ποσότητα $\frac{I_j}{\sum_{i=1}^p I_i}$ μας δείχνει το ποσοστό της συνολικής

διακύμανσης που εξηγεί η j συνιστώσα. Είναι ευνόητο πως αν κάποιος πάρει όλες τις συνιστώσες τότε θα διατηρήσει όλη τη διακύμανση, ενώ αν τελικά παραλείψει κάποιες συνιστώσες κάποιο ποσοστό της διακύμανσης θα χαθεί. Προφανώς συμφέρει να διατηρούμε τις πρώτες συνιστώσες που εξηγούν μεγαλύτερο κομμάτι της διακύμανσης.

Άσχετα με το αν θα χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα διακύμανσης ή τον πίνακα συσχετίσεων είναι σκόπιμο να ρίξουμε μια ματιά στον πίνακα

συσχετίσεων και να δούμε αν οι αρχικές μας μεταβλητές έχουν συσχετίσεις ή όχι (αυτό γίνεται κυρίως γιατί από τον πίνακα διακύμανσης δεν είναι εύκολο να δούμε την ύπαρξη συσχετίσεων). Αν δεν υπάρχουν συσχετίσεις είναι άσκοπο να συνεχίσουμε. Μεταβλητές που εμφανίζονται ασυσχέτιστες με τις υπόλοιπες πρέπει να τις διώξουμε από την ανάλυση.

Τι εννοούμε όμως όταν λέμε να υπάρχουν συσχετίσεις; Εννοούμε πως η απόλυτη τιμή της συσχέτισης είναι μεγάλη. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα πως είναι στατιστικά σημαντική, σύμφωνα με το αποτέλεσμα κάποιου ελέγχου υποθέσεων. Ακόμα και συσχετίσεις της τάξης του 0.10 τείνουν να είναι στατιστικά σημαντικές για μέτριου μεγέθους δείγματα (π.χ. 300 παρατηρήσεις). Για να είναι όμως οι συσχετίσεις ικανοποιητικές για να προχωρήσουμε σε ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, θέλουμε να είναι της τάξης του 0.4 ή και μεγαλύτερες σε απόλυτη τιμή. Ένα μέτρο που μας επιτρέπει καλύτερα να συγκρίνουμε δύο σετ δεδομένων αλλά και να αξιολογήσουμε αν οι συσχετίσεις είναι 'ενδιαφέρουσες' είναι το

$$j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2 - p}{p(p-1)}}$$

όπου r_{ij} είναι το ij στοιχείο του πίνακα συσχετίσεων δηλαδή η συσχέτιση της X_i με τη X_j μεταβλητή. Το στατιστικό j παίρνει τιμές κοντά στο 1 αν υπάρχουν μεγάλες συσχετίσεις, καθώς όλα τα r_{ij} πλησιάζουν σε απόλυτη τιμή τη μονάδα και άρα το άθροισμα των τετραγώνων τους είναι κοντά στο p^2 και άρα ο αριθμητής τείνει να είναι ίσος με τον παρονομαστή. Αν δεν υπάρχουν συσχετίσεις η τιμή θα είναι κοντά στο 0, καθώς μόνο τα p διαγώνια στοιχεία θα είναι 1, άρα το άθροισμα τετραγώνων θα είναι p και άρα ο αριθμητής θα μηδενιστεί. Στην πράξη τιμές πάνω από 0.4 θεωρούνται ικανοποιητικές.

Το αντίστοιχο μέτρο, στην περίπτωση που δουλεύουμε με τον πίνακα διακύμανσης, είναι το

$$j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p S_{ij}^2 - \sum_{j=1}^p S_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p \sum_{j \neq 1}^p S_{ii} S_{jj}}}$$

για το οποίο ισχύουν παρόμοια πράγματα.

Επομένως, ξεκινώντας την ανάλυση, θα ήταν χρήσιμο κανείς όχι απλά να δει αν οι συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικά διάφορες του 0 αλλά αν είναι επαρκώς μεγάλες σε απόλυτη τιμή για να προχωρήσει.

Όπως είδαμε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα διακύμανσης ή τον πίνακα συσχετίσεων. Μιλήσαμε προηγουμένως πως επιλέγουμε και με ποια κριτήρια. Πρέπει να γίνει σαφές ότι τα αποτελέσματα θα διαφέρουν ανάλογα με τον πίνακα που θα επιλέξουμε για αυτό η επιλογή είναι βασική για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν.

Ανάλογα με τον πίνακα που διαλέξαμε να στηρίξουμε την ανάλυση υπολογίζουμε τις ιδιοτιμές και τα ιδιοδιανύσματα. Κρατήστε στο νου σας πως τα ιδιοδιανύσματα που δίνουν τα στατιστικά πακέτα είναι κανονικοποιημένα, δηλαδή το άθροισμα τετραγώνων του είναι 1 και πως δεν είναι μοναδικά από την άποψη πως μπορούμε να τους αλλάξουμε πρόσημο σε όλα τα στοιχεία τους. Συνεπώς η λύση από στατιστικό πακέτο σε στατιστικό πακέτο μπορεί να διαφέρει ως προς τα πρόσημα.

Ίσως το πιο σημαντικό κομμάτι της ανάλυσης το οποίο δυστυχώς δεν έχει εύκολη και κοινώς αποδεκτή απάντηση. Κατ' αρχάς να διευκρινίσουμε πως επιλέγοντας λιγότερες κύριες συνιστώσες από όσες μεταβλητές είχαμε αρχικά, χάνουμε αναγκαστικά πληροφορία. Αυτό είναι το κόστος για το κέρδος μας να μειώσουμε τις διαστάσεις του προβλήματος. Συνήθως λοιπόν ενδιαφερόμαστε για κάποιον μικρότερο αριθμό συνιστωσών. Πόσες όμως; Στη

βιβλιογραφία υπάρχουν πολλά κριτήρια τα οποία θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε. Αυτά είναι:

i) Ποσοστό συνολικής διακύμανσης που εξηγούν οι συνιστώσες. Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο βάζουμε κάποιο όριο (π.χ. 80%) και διαλέγουμε τόσες συνιστώσες ώστε αθροιστικά να εξηγούν μεγαλύτερο ποσοστό από το στόχο που βάλουμε. Είναι πολύ απλό και εύκολο να το χρησιμοποιήσουμε αλλά δυστυχώς στην πράξη δεν δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, ιδίως αν ο στόχος είναι αρκετά υψηλός. Επίσης δεν είναι ξεκάθαρο ποιο ποσοστό της διακύμανσης πρέπει να βάλουμε σαν στόχο.

ii) Κριτήριο του Kaiser. Έστω I_j οι ιδιοτιμές μας. Το κριτήριο αυτό λέει να πάρουμε τόσες ιδιοτιμές όσες είναι μεγαλύτερες από $\bar{I} = \sum_{j=1}^k I_j$

δηλαδή μεγαλύτερες από τη μέση τιμή των ιδιοτιμών. Στην περίπτωση που δουλεύουμε με πίνακα συσχετίσεων ισχύει $\bar{I} = 1$ και άρα διαλέγουμε τόσες συνιστώσες όσες και οι ιδιοτιμές μεγαλύτερες της μονάδας. Το κριτήριο στηρίζεται στην εξής απλή υπόθεση. Αν οι μεταβλητές είναι ασυσχέτιστες και άρα δεν υπάρχει καμιά δομή στα δεδομένα, τότε ο πίνακας συσχετίσεων είναι ο μοναδιαίος και όλες οι ιδιοτιμές είναι ίσες με 1 (δουλεύουμε με πίνακα συσχέτισης). Επομένως κάθε ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας δείχνει την παρουσία κάποιας δομής στα δεδομένα μας.

Στην πράξη η υπόθεση αυτή είναι απλοϊκή καθώς ακόμα και αν δεν υπάρχει δομή και όλες οι ιδιοτιμές είναι 1 όταν δουλέψουμε με ένα δείγμα σίγουρα κάποιες από αυτές θα είναι μεγαλύτερες από 1 αφού το άθροισμά τους πρέπει να είναι P . Το κριτήριο συνήθως υπερεκτιμά τον αριθμό των συνιστωσών που χρειάζονται.

iii) Ποσοστό της διακύμανσης των αρχικών μεταβλητών που ερμηνεύεται. Όπως είδαμε πριν αν διατηρήσουμε k συνιστώσες χάνουμε κάποιο μέρος από την πληροφορία κάθε μεταβλητής και μπορούμε να βρούμε και το ποσοστό της διακύμανσης που ερμηνεύουμε τελικά. Το κριτήριο αυτό διαλέγει τόσες συνιστώσες ώστε να ερμηνεύεται για κάθε μεταβλητή ένα

υψηλό ποσοστό τουλάχιστον. Και πάλι το ποιο είναι αυτό το ποσοστό είναι υποκειμενικό. Επίσης μπορεί κάποια μεταβλητή να μην ερμηνεύεται σωστά και αυτό να οδηγήσει σε μεγάλο αριθμό συνιστωσών.

iv) Scree plot. Το scree plot είναι ένα γράφημα που έχει στον οριζόντιο άξονα των x τη σειρά και στον κάθετο άξονα των y την τιμή της κάθε ιδιοτιμής. Το κριτήριο αυτό προτείνει να πάρουμε τόσες συνιστώσες μέχρι το γράφημα να αρχίσει να γίνεται περίπου επίπεδο, στην ουσία μέχρι να διαπιστώσουμε ότι αρχίζει να αλλάζει η κλίση.

3.5 Περιστροφή (Rotation)

Η Περιστροφή των παραγόντων αποσκοπεί στην καλύτερη ανίχνευση και ερμηνεία των παραγόντων που μπορούν να περιγράψουν τα δεδομένα και την επίτευξη απλής δομής. Συνοπτικά με τον όρο *απλή δομή* εννοούμε:

- Να υπάρχουν ξεκάθαρες φορτίσεις στους παράγοντες
- Η κάθε μεταβλητή να έχει υψηλές φορτίσεις σε έναν παράγοντα και χαμηλές φορτίσεις στους υπολοίπους παράγοντες
- Τα αποτελέσματα σχετικά με τον αριθμό και τη δομή των παραγόντων σχετικά με το υπό μελέτη θέμα να εμφανίζονται αντίστοιχα σε παρόμοιες έρευνες.

Όπως είπαμε με την περιστροφή των παραγόντων προσπαθούμε να κάνουμε τους παράγοντες πιο ερμηνεύσιμους. Με την περιστροφή δεν αλλάζουν κάποια από τα χαρακτηριστικά του μοντέλου όπως η καλή του προσαρμοστικότητα και το ποσό της διακύμανσης και συνδιακύμανσης που ερμηνεύει το μοντέλο παρά μόνο οι τιμές των επιβαρύνσεων. Γενικά αν L είναι ένας πίνακας που περιέχει τις επιβαρύνσεις και G ένας ορθογώνιος πίνακας (δηλαδή ισχύει $G'G = I$) τότε ισχύει πως $LG(LG)' = LGG'L' = LL'$ κι επομένως και ο πίνακας LG μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πίνακας επιβαρύνσεων. Μαθηματικά ο πίνακας G ορίζει έναν ορθογώνιο μετασχηματισμό.

Κάνοντας λοιπόν την περιστροφή ελπίζουμε ότι οι επιβαρύνσεις κάποιων παραγόντων θα είναι μεγάλες σε απόλυτη κλίμακα μόνο για κάποιες από τις μεταβλητές κι έτσι βλέποντας ποιες μεταβλητές εξαρτώνται με ποιους παράγοντες να μπορέσουμε να δώσουμε μια ερμηνεία σε αυτούς. Οι βασικές μέθοδοι περιστροφής είναι:

•Varimax: Προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των μεταβλητών που έχουν μεγάλες επιβαρύνσεις για κάθε παράγοντα

•Quartimax: Προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των παραγόντων που εξηγούν μια μεταβλητή

•Equimax: Συνδυασμός των varimax και quartimax

•Oblique: Μη ορθογώνια περιστροφή, οι άξονες που προκύπτουν δεν είναι πια ορθογώνιοι (και άρα οι παράγοντες δεν είναι ανεξάρτητοι). Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι πιο δύσκολη. Στην πράξη τον χρησιμοποιούμε όταν δεν θέλουμε οι παράγοντες που προκύπτουν να είναι ασυσχέτιστοι.

Για καλύτερη κατανόηση της Περιστροφής θα εξετάσουμε την μέθοδο και από γεωμετρική σκοπιά με ένα απλό παράδειγμα. Έστω ότι έχουμε δύο διαστάσεις (παράγοντες) S_1 και S_2 και τρία διανύσματα (μεταβλητές) X_1 , X_2 και X_3 . Ο πίνακας των φορτίσεων των παραγόντων a_{ij} θα είναι ως εξής:

	S_1	S_2
X_1	a_{11}	a_{21}
X_2	a_{21}	a_{22}
X_3	a_{31}	a_{32}

Το γράφημα 3.5.1 δείχνει τις υποθετικές συντεταγμένες μιας εκ των μεταβλητών, της X_1 , σε δυοδιάστατο χώρο. Για να κάνουμε ακόμα πιο απλό το παράδειγμα θα μεταχειριστούμε το X_1 ως σημείο και όχι ως διάνυσμα.

Έστω ότι η επιθυμητή περιστροφή των S_1 και S_2 είναι στις θέσεις S_1^* και S_2^* , όπως φαίνεται στο γράφημα 3.5.2. Η γωνία περιστροφής τους είναι q μοίρες. Οι νέες συντεταγμένες (παραγοντικές φορτίσεις) των μεταβλητών στο νέο σύστημα συντεταγμένων καθορίζονται από τις κάθετες ευθείες που σχηματίζονται από τα σημεία των μεταβλητών στις νέες διαστάσεις.

Οι φορτίσεις των παραγόντων a_{ij}^* στην περιστρεφόμενη διάσταση μπορεί να υπολογιστεί από τις ακόλουθες γραμμικές εξισώσεις (Harman 1967, Section 12.3) :

$$\begin{array}{l} \text{Μεταβλητή 1} \quad a_{11}^* = (\cos \theta)a_{11} + (\sin \theta)a_{12} \\ \quad \quad \quad \quad a_{12}^* = (-\sin \theta)a_{11} + (\cos \theta)a_{12} \\ \text{Μεταβλητή 2} \quad \hline a_{21}^* = (\cos \theta)a_{21} + (\sin \theta)a_{22} \\ \quad \quad \quad \quad a_{22}^* = (-\sin \theta)a_{21} + (\cos \theta)a_{22} \\ \text{Μεταβλητή 3} \quad \hline a_{31}^* = (\cos \theta)a_{31} + (\sin \theta)a_{32} \\ \quad \quad \quad \quad a_{32}^* = (-\sin \theta)a_{31} + (\cos \theta)a_{32} \end{array}$$

Αυτές οι εξισώσεις μπορούν να περιγραφούν με περίπλοκους πίνακες. Αρχικά είναι απαραίτητο μια σημείωση για τον μετασχηματισμένο πίνακα.

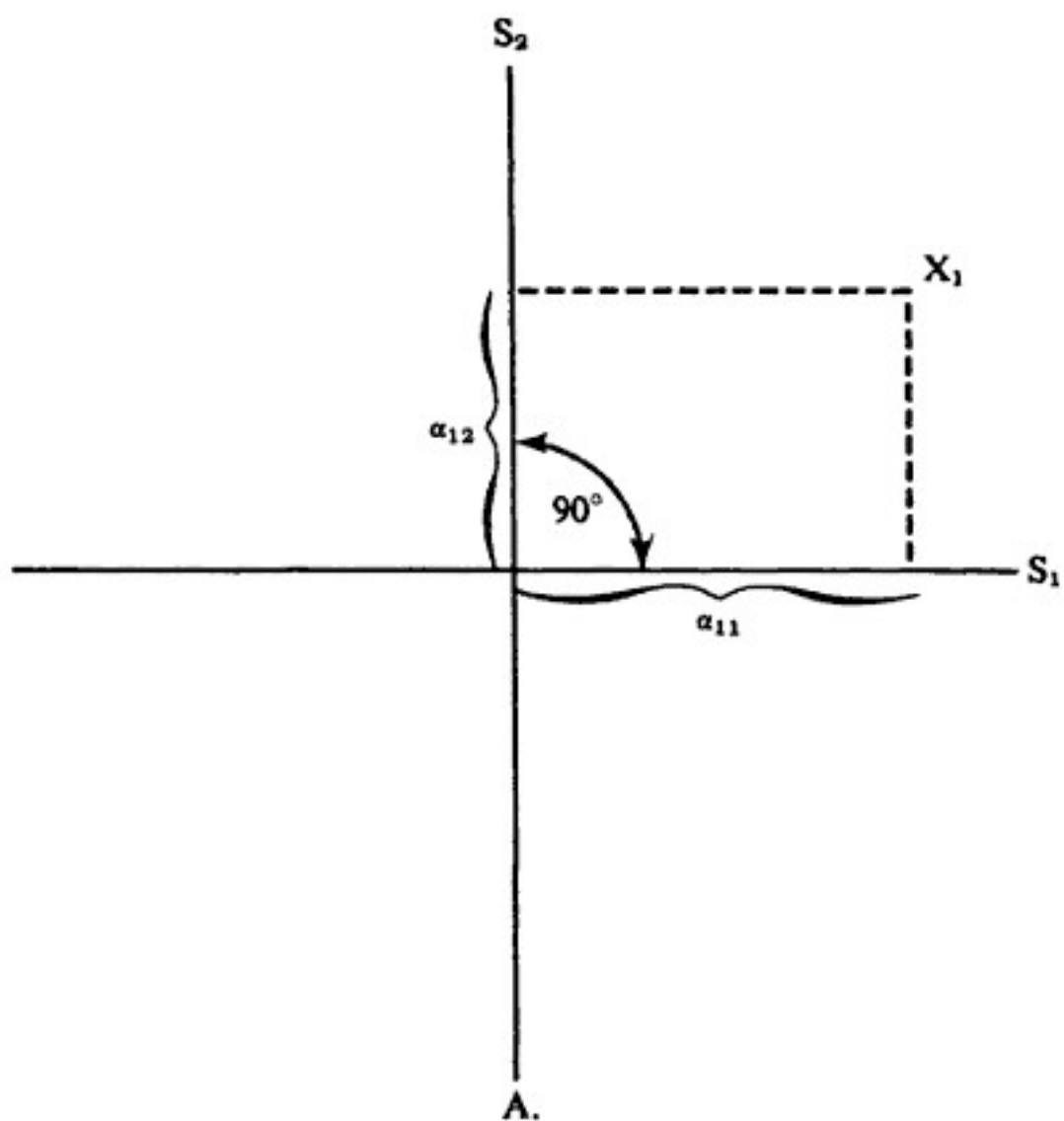
Σημείωση

$\mathbf{T}_{p \times p}$ = Ένας γραμμικός μετασχηματισμένος πίνακας για P παράγοντες.

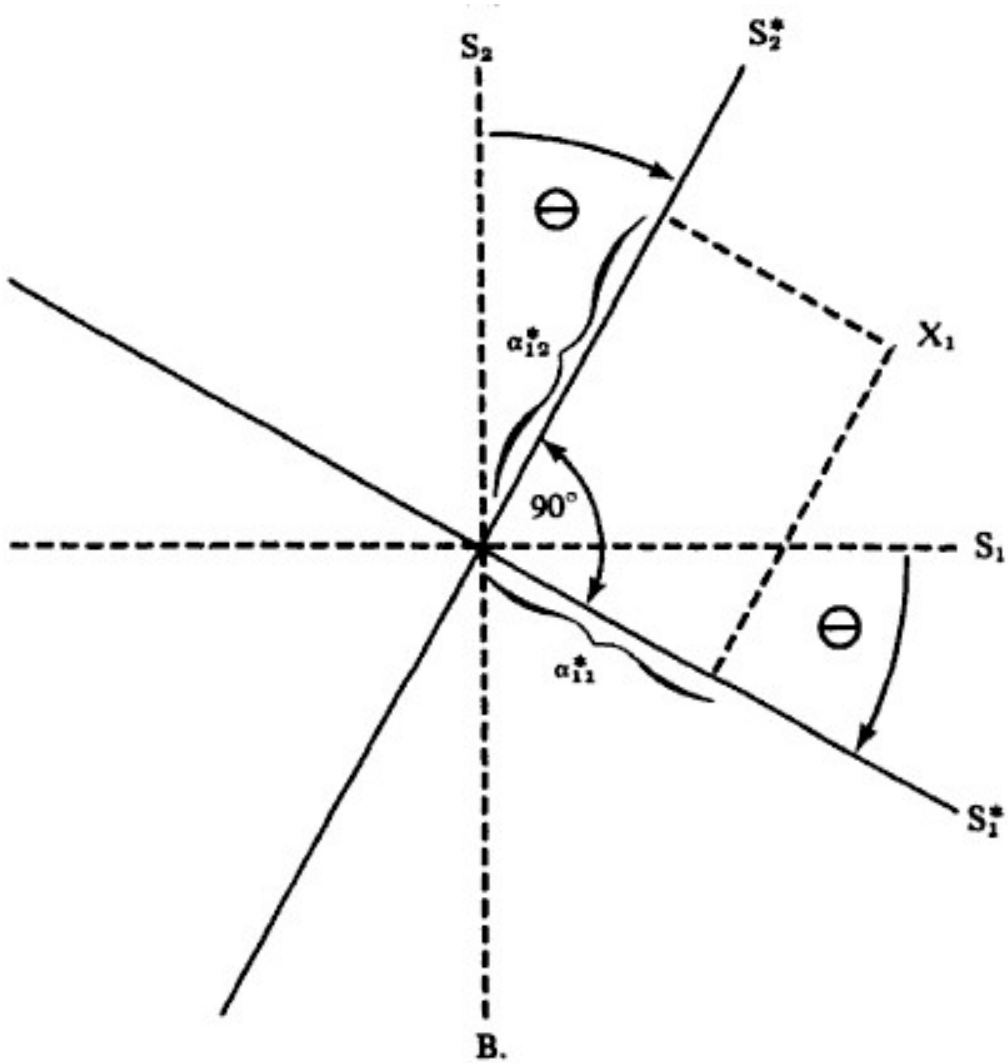
Τώρα, για P παράγοντες και m μεταβλητές έχουμε:

$$F_{m \times p}^* = F_{m \times p} \mathbf{T}_{p \times p}$$

Όπου $F_{m \times p}^*$ είναι ο πίνακας περιστρεφόμενων παραγοντικών φορτίσεων, και $F_{m \times p}$ είναι ο αρχικός πίνακας των παραγοντικών φορτίσεων πριν την περιστροφή.



Γράφημα 3.5.1 – Η μεταβλητή X_1 πριν την περιστροφή



Γράφημα 3.5.2 - Η μεταβλητή X_1 μετά την ορθογώνια περιστροφή

3.6 Υπολογισμός των σκορ των παραγόντων

Όπως είπαμε προηγουμένως ένας από του σκοπούς της παραγοντικής ανάλυσης είναι να μειώσει τον αριθμό των μεταβλητών. Για να επιτευχθεί αυτό μπορούμε να δημιουργήσουμε καινούριες μεταβλητές, τους παράγοντες, ως γραμμικούς συνδυασμούς των αρχικών μεταβλητών έτσι ώστε ξεκινώντας από έστω 10 αρχικές μεταβλητές να μας μείνουν έστω 4 νέες, οι κοινοί παράγοντες. Κάθε παράγοντας μπορεί να γραφτεί στη μορφή

$$\begin{aligned}F_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \\F_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \\&\dots \\F_k &= a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + \dots + a_{kp}X_p\end{aligned}$$

Οι συντελεστές a_{ij} είναι το σκορ της μεταβλητής X_j στον παράγοντα F_i και δεν πρέπει να συγχέονται με τις επιβαρύνσεις. Όταν το μοντέλο έχει εκτιμηθεί με τη μέθοδο κυριών συνιστωσών οι παράγοντες είναι ακριβής, δηλαδή μπορούν να υπολογιστούν χωρίς σφάλμα. Αντίθετα για μοντέλα εκτιμημένα με τη μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές μέθοδοι. Σημειώστε ότι εξ ορισμού οι νέες μεταβλητές θα έχουν μέση τιμή 0 και θα είναι ασυσχέτιστες, δεδομένου πως το μοντέλο είναι ορθογώνιο.

Με τη χρήση του παραπάνω μοντέλου μπορούμε να δημιουργήσουμε καινούριες μεταβλητές για περαιτέρω χρήση, όπως π.χ. για διακριτική ανάλυση, να δούμε πως κάποιοι υποπληθυσμοί διαφέρουν κλπ.

Έχοντας λοιπόν εκτιμήσει ένα παραγοντικό μοντέλο και έστω L και Ψ οι εκτιμήσεις μας για τις παραμέτρους αυτούς, (πριν η μετά την περιστροφή) τότε μπορούμε να βρούμε τα “factor scores” δηλαδή τις τιμές των

καινούριων μεταβλητών για κάθε μεταβλητή. Οι μέθοδοι που προσφέρονται είναι πολλές. Αυτές που τα περισσότερα στατιστικά πακέτα και ανάμεσα τους το SPSS προσφέρουν είναι οι εξής:

- **Regression method.** Το διάνυσμα F των καινούριων μεταβλητών για υπολογίζεται ως εξής

$$F = (L' L)^{-1} L' X$$

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων ανάμεσα στις πραγματικές τιμές και αυτές που το παραγοντικό μοντέλο προβλέπει.

- **Bartlett method.** Σε σχέση με την παραπάνω μέθοδο ο Bartlett πρότεινε αντί να χρησιμοποιήσει κανείς την απλή μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων να χρησιμοποιήσει γενικευμένα ελάχιστα τετράγωνα καθώς η διακύμανση δεν είναι η ίδια για όλες τις παρατηρήσεις. Επομένως η μέθοδος εκτίμησης εκτιμά τους παράγοντες ως

$$F = (L' \Psi^{-1} L)^{-1} L' \Psi^{-1} X$$

- **Μέθοδος του Anderson.** Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τον τύπο

$$F = (L' \Psi^{-1} L)(I + L' \Psi^{-1} L)^{-1/2} L' \Psi^{-1} X$$

Συνοψίζοντας ο παρακάτω πίνακας μας δίνει τον ορισμό του πίνακα A με τους συντελεστές των σκορ των παραγόντων για τις διάφορες μεθόδους.

	Factor Coefficient	Score
Regression	$(L' L)^{-1} L'$	
Bartlett	$(L' \Psi^{-1} L)^{-1} L' \Psi^{-1}$	

Ander son	$(L'\Psi^{-1}L)(I + L'\Psi^{-1}L)^{-1/2}L'\Psi^{-1}$
--------------	------------------------------------------------------

Και οι τρεις μέθοδοι δίνουν παράγοντες με μέση τιμή μηδέν (άλλωστε αυτή ήταν και η αρχική υπόθεση). Η μέθοδος του Anderson οδηγεί πάντα σε ασυσχέτιστους παράγοντες ακόμα και αν εξαιτίας μη ορθογώνιας περιστροφής οι παράγοντες θα έπρεπε να είναι συσχετισμένοι. Η μέθοδος της παλινδρόμησης μπορεί να οδηγήσει σε πίνακα διακύμανσης των παραγόντων ο οποίος δεν είναι μοναδιαίος, δηλαδή τα διαγώνια στοιχεία να μην είναι 1 και να υπάρχουν συσχετίσεις.

Κεφάλαιο 4 – Μελέτη περίπτωσης εμποδίων στην υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στην ελληνική βιομηχανία

4.1 Έρευνα στην ελληνική βιομηχανία

Η έρευνα και η συλλογή δεδομένων από τις ελληνικές επιχειρήσεις έγινε από τον Κ. Κουνετά στα πλαίσια της συγγραφής της διατριβής του «*Το παράδοξο της ενέργειας στην ελληνική βιομηχανία: Έκταση, υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και αντιρρύπανσης και επιδράσεις στην απόδοση, αποτελεσματικότητα και παραγωγικότητα*». Παρακάτω θα εκθέσουμε ορισμένα γραφήματα με αποτελέσματα της έρευνας αυτής.

Η εμπειρική εφαρμογή των ερευνητικών μας ζητημάτων βασίστηκε σε ένα μοναδικό σετ δεδομένων το οποίο αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά συγκεκριμένα χρηματοοικονομικά μεγέθη των επιχειρήσεων οι οποίες υλοποίησαν μια επένδυση σε ΤΕΕ και προήλθαν από την ιδιωτική βάση χρηματοοικονομικών και επιχειρηματικών δεδομένων της επιχείρησης ICAP. Οι ετήσιοι κατάλογοι της επιχείρησης ICAP μας προμήθευσαν με χρηματοοικονομικά στοιχεία, στοιχεία παραγωγής και εργασίας των επιχειρήσεων που υιοθέτησαν τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας βασιζόμενη στους ετήσιους ισολογισμούς των περισσότερων επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην πατρίδα μας. Με βάση τους ετήσιους ισολογισμούς κατασκευάσαμε μια βάση δεδομένων των επιχειρήσεων που αναγνωρίστηκαν ως υιοθετούντες τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας.

Από την άλλη πλευρά το δεύτερο μέρος των δεδομένων μας προήλθε από τις απαντήσεις σε συγκεκριμένα ερωτήματα από ένα συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο το οποίο αφορούσε τις ελληνικές επιχειρήσεις. Τα στοιχεία συλλέχθηκαν από ένα συνολικό δείγμα 298 επιχειρήσεων που υιοθέτησαν και εφάρμοσαν μια επένδυση σε ΤΕΕ στην παραγωγική τους διαδικασία. Οι περισσότερες από τις επιχειρήσεις αυτές, επιχορηγήθηκαν βάσει

αναπτυξιακών νόμων που εκπονήθηκαν από την ελληνική κυβέρνηση. Από τις επιχειρήσεις ζητήθηκε η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου έκτασης δώδεκα – σελίδων, το οποίο και συντάχθηκε, ελέγχθηκε και έγινε αντικείμενο επεξεργασίας.

Αναλυτικά, ο πρώτος στόχος, πριν από το σχηματισμό του ερωτηματολογίου, ήταν να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων σχετικά με τις επιχειρήσεις που υιοθετούν και εφαρμόζουν ενεργειακές τεχνολογίες στην βιομηχανία. Στην Ελλάδα, τα προγράμματα ενεργειακής αποδοτικότητας επιχορηγούνται με ορισμένο ποσοστό από την κυβέρνηση. Η ελληνική κυβέρνηση έχει αναγνωρίσει ήδη την ανάγκη να μειώσει την ενεργειακή της χρήση στη βιομηχανία και να ελατώσει τις εκπομπές αερίων ρύπων για να ικανοποιήσει τα κριτήρια του πρωτοκόλλου του Κυότο. Προσπάθησε λοιπόν, να τροποποιήσει και να διαμορφώσει την ενεργειακή της πολιτική ούτως ώστε να προάγει και να παρακινήσει τις επιχειρήσεις στο να υιοθετήσουν και να εφαρμόσουν τέτοιες τεχνολογίες. Οι πολιτικές αυτές έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα τις δύο τελευταίες δεκαετίες με βάση τους αναπτυξιακούς νόμους 1262/82, 1892/90, το ενεργειακό υποπρόγραμμα (ΕΠΕ) του Β' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης καθώς και τελευταία, μέσω του προγράμματος για την ανταγωνιστικότητα του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης.

Οι επιχειρήσεις που υπέβαλλαν πρόταση για επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας, με βάση τα προγράμματα αυτά, αξιολογήθηκαν από τη αρμόδια διεύθυνση του Υπουργείου Ανάπτυξης και οι προϋπολογισμοί εγκρίθηκαν από το υπουργείο Εθνικής Οικονομίας. Με τη συνεργασία του Υπουργείου Ανάπτυξης και του τμήματος Ενέργειας και Φυσικών Πόρων συλλέξαμε ένα συνολικό δείγμα 396 επιχειρήσεων, που ενδιαφερόμενες να επενδύσουν αρχικά σε τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας. Ύστερα από μία πιο προσεκτική εξέταση και εξαιρώντας επιχειρήσεις οι οποίες δεν ανήκουν σε βιομηχανικούς κλάδους, ο αριθμός μας μειώθηκε στις 325 επιχειρήσεις. Με βάση μια προσωπική επικοινωνία με τα στελέχη των επιχειρήσεων, διαπιστώσαμε ότι ο αριθμός των ολοκληρωμένων ενεργειακών επενδύσεων ήταν 298, λόγω του ότι κάποιες επιχειρήσεις αποφάσισαν να μην

προχωρήσουν τελικά στην υλοποίηση του προγράμματος ενώ οι 293 εξ αυτών επιδοτήθηκαν για αυτή τους την επένδυση.

Για να απαντήσει, ο Κ. Κουνετάς στα ερωτήματα του διδακτορικού του χρησιμοποίησε την απαραίτητη θεωρία και σχεδίασε ένα συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο έκτασης δώδεκα σελίδων. Το ερωτηματολόγιο εξετάστηκε για περίπου δύο μήνες σε ένα πειραματικό στάδιο στην περιοχή της δυτικής Ελλάδας για μια περαιτέρω αξιολόγηση και βελτίωση. Τέλος, κατόπιν από προσωπική επικοινωνία με τους αρμόδιους υπευθύνους κάθε επιχείρησης κατάφερε να συλλέξει ένα ικανοποιητικό δείγμα 161 επιχειρήσεων σε όλη την Ελλάδα. Οι επιχειρήσεις σε δεκατέσσερις κλάδους της βιομηχανίας επιλέχθηκαν και παρέλαβαν το εν λόγω ερωτηματολόγιο. Η έρευνα πεδίου περιελάμβανε τις προσωπικές συνεντεύξεις με τα διευθυντικά στελέχη των επιχειρήσεων με την παράλληλη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, ή την συμπλήρωση αυτών από τα στελέχη ή με τη βοήθεια του ερευνητή μέσω τηλεφωνικής επικοινωνίας. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από δεκατέσσερις διαφορετικές ενότητες, που καλύπτουν ερωτήσεις για τα χαρακτηριστικά της επιχείρησης, γενικές πληροφορίες της επιχείρησης και την πληροφόρηση για ενεργειακά προγράμματα, τον ανταγωνισμό, τη γνώση και την εφαρμογή των ενεργειακών – αποδοτικών τεχνολογιών και την προϊστορία των επιχειρήσεων σε προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας, την επενδυτική συμπεριφορά των επιχειρήσεων καθώς και την συμπεριφορά προς τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, την περιβαλλοντική συμπεριφορά, την τοποθέτηση των επιχειρήσεων ως προς τα εμπόδια για να επενδύσουν σε ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες, τις προσδοκίες τους για την συγκεκριμένη επένδυση και τελικά την αξιολόγηση της επένδυσης και των περαιτέρω προσδοκιών σχετικά με τις περαιτέρω πιθανές επενδύσεις στην ενέργεια.

Συγκεκριμένα, στην έρευνα μας οι επιχειρήσεις ερωτώνται για χαρακτηριστικά (όπως μέγεθος, κερδοφορία, τόπος εγκατάστασης, αριθμός υπάλληλων, μερίδιο εξαγωγών), την υιοθετούμενη τεχνολογία (όπως ο χαρακτηρισμός της τεχνολογίας, το ποσό της επένδυσης, η επιδότηση και το επενδυτικό κόστος, την προϊστορία για τεχνολογίες ενεργειακής εξοικονόμησης) τις επενδύσεις τους (τόσο γενικά, όσο και για επενδύσεις που

στοχεύουν στην βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας), την γνώση, εφαρμογή και την χρήση τεχνολογιών ενεργειακά-αποδοτικών, την θέση τους στην αγορά (μετρούμενες από δείκτες όπως δύναμη, ανταγωνισμός, θέση ανταγωνιστή, πως η επιχείρηση συγκρίνεται με τους ανταγωνιστές τις σε θέματα μεγέθους, κόστους, κερδοφορίας κ.τ.λ.), την θέση και την συμπεριφορά τους ενάντια σε εμπόδια υιοθέτησης, την στάση τους έναντι σε ενεργειακές πολιτικές διαφόρων τύπων (όπως εθελοντικές συμφωνίες, φόρος εθνικός και διεθνής επίπεδο, επιχορήγησης, προτύπων), τους λόγους για τους οποίους υιοθετούν τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, την συμπεριφορά τους σε θέματα έρευνας και ανάπτυξης (ύπαρξη τμήματος E&A, μέγεθος αυτού), την επενδυτική και επιχειρηματική τους συμπεριφορά, τις μελλοντικές τους προσδοκίες σχετικά με την ανάπτυξη διαφορετικών τύπων κόστους και τελικά την αξιολόγηση-αποτίμηση για την επένδυση στην συγκεκριμένη τεχνολογία εξοικονόμησης ενέργειας (μακροπρόθεσμη αποδοτικότητα, μείωση – αύξηση εργασίας και μείωση ή αύξηση του ενεργειακού κόστους, βελτίωση περιβαλλοντικής εικόνας, αύξηση των πωλήσεων).

4.2 Ανάλυση εμποδίων υιοθέτησης Τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας από τις ελληνικές βιομηχανίες

Ως εμπόδιο χαρακτηρίζουμε ένα σύστημα ή μηχανισμό, ο οποίος αναστέλλει τη διαδικασία ανάληψης επενδυτικών σχεδίων στην δημιουργία καινοτόμων ή μη τεχνολογιών. Οι τεχνολογίες αυτές αποτελούν μια ιδιαίτερως συμφέρουσα επιλογή για την εκάστοτε οικονομία και επιπροσθέτως έχουν τη δυνατότητα να υλοποιηθούν τεχνικά.

Στην παρούσα μελέτη στόχος μας είναι να εξετάσουμε τα εμπόδια που τίθενται στην υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Τα εμπόδια αυτά αποτελούν τον κεντρικό παράγοντα για την έννοια του ενεργειακού παράδοξου. Ως ενεργειακό παράδοξο καλείται το φαινόμενο κατά το οποίο κάποιες επιχειρήσεις δεν επενδύουν σε ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες, παρά το γεγονός ότι οι επενδύσεις αυτές είναι ιδιαίτερα κερδοφόρες για την εκάστοτε επιχείρηση. Ο χαρακτηρισμός «παράδοξο» δίδεται καθώς η άρνηση υιοθέτησης των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας (ΤΕΕ) δεν οδηγεί στην μεγιστοποίηση του κέρδους της επιχείρησης, το οποίο θα μπορούσε να επιτευχθεί με την υιοθέτηση των τεχνολογιών αυτών. Δύο βασικές αιτίες της μη υιοθέτησης των ΤΕΕ είναι η αβεβαιότητα που έχει μελλοντικά μια τεχνολογία καθώς και το γεγονός ότι μια τέτοια επένδυση δεν έχει περιθώρια αναστρεψιμότητας.

Η ύπαρξη των εμποδίων αυτών βασίζεται σε κάποιες προϋποθέσεις και ακολουθούν κάποια συγκεκριμένα πρότυπα. Πιο αναλυτικά :

Α) Τα υποδείγματα εμποδίων θεωρούν ότι η βελτίωση της αποδοτικότητας είναι το αποτέλεσμα ενός συγκεκριμένου μέτρου πολιτικής. Ωστόσο, κάποια μέτρα πολιτικής που έμμεσα βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση δεν μπορούν να περιγραφούν από ένα μοντέλο εμποδίων. Έτσι, τα εμπόδια δεν μπορούν να περιγράψουν όλο το φάσμα των ενεργειακά

αποδοτικών επιλογών αλλά τις ενέργειες που γίνονται υπό την έννοια των θετικών κινήσεων.

Β) Κάθε τομέας παραγωγής αντιμετωπίζει σε διαφορετικό βαθμό τα διάφορα εμπόδια της αγοράς (market barriers) και τις αποτυχίες της αγοράς (market failures).

Γ) Η έννοια της δυνητικής εξοικονόμησης (saving potential) υπόκειται σε μια κανονιστική θεμελίωση.

Δ) Πολλά υποδείγματα εμποδίων βασίζονται στο γεγονός ότι υπάρχει ένα άριστο επίπεδο αποδοτικότητας.

Παράλληλα, σύμφωνα με μελέτες, η ύπαρξη κάποιων συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ενισχύει την αρνητική δράση των εμποδίων. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι ο συγκεντρωτισμός στη λήψη αποφάσεων που οδηγεί στην ύπαρξη πληροφοριακών κενών, η θεώρηση των ενεργειακών επιλογών αποκλειστικά υπό το πρίσμα της επιλογής προϊόντων αγνοώντας τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις και η πολυπλοκότητα των ενεργειακών υπηρεσιών που συνεπάγεται την αύξηση του κόστους τους.

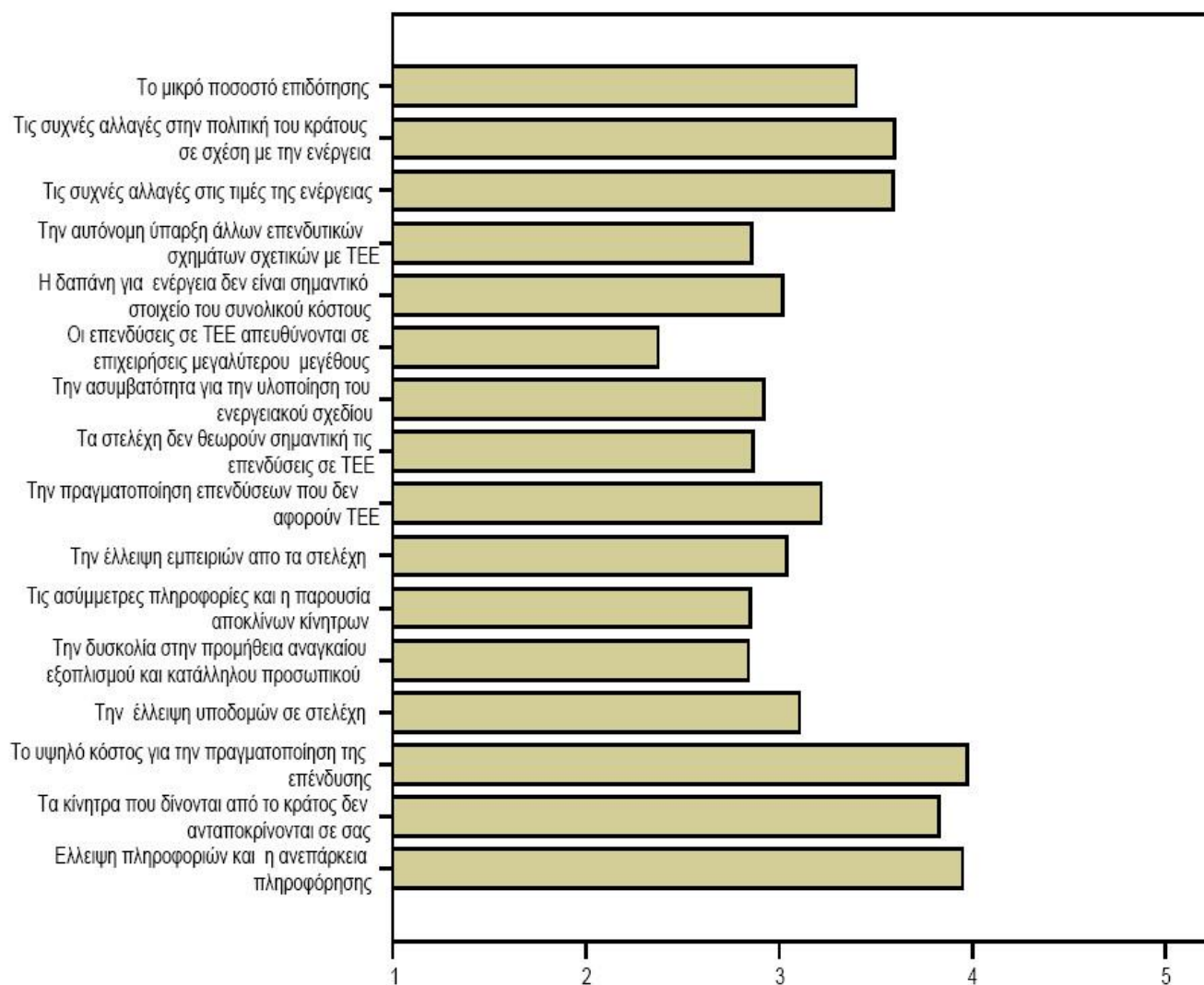
Τα εμπόδια τα οποία υπάρχουν και λειτουργούν αποτρεπτικά για την υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας αποτελούν ένα δύσκολο κομμάτι για τους οικονομολόγους για να εκτιμηθούν αλλά και να κατηγοριοποιηθούν. Η πολυπλοκότητα των εμποδίων ίσως να γινόταν πιο κατανοητή εάν γνωρίζαμε τις προσεγγίσεις που υπάρχουν σχετικά με την δημιουργία του φαινομένου του ενεργειακού παραδόξου και των παραγόντων που το δημιουργούν. Οι προσεγγίσεις αυτές ή τα οικονομικά πλαίσια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Νεοκλασικά Οικονομικά
- Νέο Θεσμικά Οικονομικά

- Οργανωτικές Προσεγγίσεις
- Συμπεριφορικές Προσεγγίσεις

Βασιζόμενη στην διατριβή «Το παράδοξο της ενέργειας στην Ελληνική Βιομηχανία: Επέκταση, Υιοθέτηση τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας και Αντιρρύπανσης και Επιδράσεις στην Απόδοση, Αποτελεσματικότητα και Παραγωγικότητα» (Κ. Κουνετάς, 2007), διαμορφώθηκε η υιοθέτηση των 16 ποιοτικών μεταβλητών, που θα χρησιμοποιήσουμε στο κεφάλαιο 4 για να βγάλουμε αποτελέσματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παρακάτω ταξινόμηση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως αυστηρή αφού τα εμπόδια διακρίνονται από έναν πολυεπίπεδο χαρακτήρα.

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση των εμποδίων θα εκθέσουμε το γράφημα 4.3.1 με τις 16 μεταβλητές – εμπόδια και την σημαντικότητά τους σύμφωνα με τους ερωτηθέντες αντιπροσώπους της ελληνικής βιομηχανίας. Όπως θα παρατηρήσουμε, το σημαντικότερο εμπόδιο για τις επιχειρήσεις που επενδύουν σε ΤΕΕ είναι το υψηλό κόστος για την πραγματοποίηση της. Η παραδοχή αυτή αποτελεί μια ένδειξη ότι τα συνολικά κόστη για την υλοποίηση της επένδυσης συχνά υπερβαίνουν τα αναμενόμενα οφέλη, παρότι το υψηλό ποσοστό επιδότησης για την πραγματοποίησής της. Επίσης πολύ σημαντική θεωρείται και η έλλειψη και ανεπάρκεια πληροφόρησης για τέτοια προγράμματα. Το γεγονός αυτό ενισχύει την διερεύνηση του ζητήματος για το πώς οι επιχειρήσεις πληροφορούνται όπως και για τους προσδιοριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν την πληροφόρηση.



Γράφημα 4.3.1 - Εμπόδια Υιοθέτησης ΤΕΕ (1=Ασήμαντο, 5=Παρα πολύ σημαντικό)

Ακολουθεί η ανάλυση των εμποδίων υιοθέτησης Τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας στην ελληνική βιομηχανία.

- **Χρηματοοικονομικά Εμπόδια:** Είναι αυτά τα οποία αναφέρονται στην οικονομική κατάσταση της επιχείρησης και επιδρούν αρνητικά στο αν η επιχείρηση είναι σε θέση να αναλάβει μια τέτοια επένδυση. Τέτοια εμπόδια είναι:

Ø **Προοπτική των Διευθυντικών Στελεχών.** Η προσοχή των μάνατζερ και των διευθυνόντων στελεχών είναι αστραμμένη περισσότερο στην είσπραξη εσόδων από ένα επενδυτικό σχέδιο

(cash-flow) παρά στην απόκτηση κερδών από ένα επενδυτικό πλάνο ενεργειακής διατήρησης, οπότε επενδύσεις αυτού του είδους φαντάζουν ως επενδύσεις υψηλού κινδύνου άρα και υψηλού ρίσκου για τις επιχειρήσεις.

- Ø **Μικρό μέγεθος επενδυτικών Πλάνων.** Πολλά επενδυτικά πλάνα ενεργειακής διατήρησης είναι μικρά σε μέγεθος, ασύμβατα για την χρηματοδότηση τους από τα διευθύνοντα στελέχη τα οποία ενδιαφέρονται κυρίως για τα αποπληρωμή των επενδυτικών σχεδίων. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται πιο έντονο σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις καθώς τα κόστη συναλλαγής για αυτά τα επενδυτικά πλάνα είναι αρκετά μεγάλα σε σύγκριση με το μέγεθος των πλάνων αυτών.
- Ø **Αδυναμία Χρηματοδότησης.** Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις παρουσιάζουν αδυναμίες χρηματοδότησης προγραμμάτων σε ΤΕΕ. Το γεγονός αυτό ενισχύεται και από τις πολιτικές κυβερνήσεων στην παροχή απαραίτητων κινήτρων στις επιχειρήσεις οι οποίες και αποφασίζουν την επένδυση σε ΤΕΕ. Μάλιστα η εμπειρία δείχνει ότι παραδοσιακοί μεσολαβητές σε ορισμένους τραπεζικούς οργανισμούς είναι συχνά απρόθυμοι να υποστηρίξουν ενεργειακής διατήρησης επενδυτικά σχέδια (Commission of the European Communities, 2005).
- Ø **Ποσοστό ενεργειακού κόστους στον προϋπολογισμό μιας επιχείρησης.** Στην βιομηχανία ο κάθε κλάδος παρουσιάζει και διαφορετικό ποσοστό ενεργειακής εξάρτησης. Ενεργειοβόροι κλάδοι θεωρούν ως πολύ σημαντικό στοιχείο για το συνολικό τους κόστος, το κόστος της ενέργειας που καταναλώνουν. Από την άλλη πλευρά επιχειρήσεις μη ενεργειοβόρες θεωρούν ότι τα ενεργειακά κόστη αποτελούν μικρό ποσοστό στην συνολική τους δαπάνη με αποτέλεσμα να θεωρούν τέτοιες επενδύσεις όχι αποτελεσματικού κόστους.

• Θεσμικά Εμπόδια: Αφορούν στο θεσμικό περιβάλλον μέσα στο οποίο δραστηριοποιείται η επιχείρηση. Τέτοια εμπόδια είναι:

- Ø **Αβεβαιότητα για τις τιμές της ενέργειας.** Η αβεβαιότητα για τις τιμές της ενέργειας είναι ένα σημαντικό εμπόδιο για την υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Προβλήματα που πηγάζουν από την αβεβαιότητα στις ενεργειακές τιμές όπως οι αλλαγές στις τιμές των καύσιμων, οι διαφορετικές πολιτικές στον χώρο της ενέργειας ή η περιορισμένη πρόσβαση σε κεφαλαία απόρροια έλλειψης αναπτυξιακών νομών αποτελούν εμπόδια στην υιοθέτηση ΤΕΕ.
- Ø **Ρυθμίσεις-Regulations.** Οι διάφοροι κανονισμοί, οι οποίοι επιβάλλονται από κυβερνήσεις και οργανισμούς αποτρέπουν επιχειρήσεις να υιοθετήσουν προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας. Οι Golove και Eto (1996) αναφέρουν ότι ιστορικά οι τιμές του ηλεκτρικού που τίθενται από ρυθμιστικές αρχές είναι συχνά χαμηλότερες από το οριακό κόστος παραγωγής τους.
- Ø **Πτώση ενεργειακών τιμών.** Μια πτώση στις ενεργειακές τιμές αποτελεί εμπόδιο της αγοράς γιατί αποθαρρύνει την επένδυση μιας επιχείρησης για ενεργειακή διατήρηση ή ένα πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας. Από την άλλη πλευρά ελάχιστες επενδύσεις σε χαμηλές ενεργειακές τιμές είναι αποτελεσματικού κόστους σε ενεργειακή αποτελεσματικότητα με αποτέλεσμα να μην πραγματοποιούνται (Sutherland, 1994).
- Ø **Διαταραχές στις ενεργειακές τιμές.** Είναι γεγονός ότι οι αναταραχές στις τιμές του πετρελαίου και γενικότερα στις τιμές των καύσιμων, αποτελούν ένα εμπόδιο. Το γεγονός αυτό ενισχύεται από την υπόθεση ότι οι τιμές της ενέργειας δεν αντικατοπτρίζουν καθολικά τα περιβαντολογικά ή και κοινωνικά κόστη σχετικά με την παραγωγή διανομή και χρήση. Επιπλέον, το γεγονός ότι οι ενεργειακές τιμές δεν ακολουθούν μια σταθερή σε διακυμάνσεις πορεία επηρεάζει μια τεχνολογία ή ένα

πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας καθιστώντας το περισσότερο ή λιγότερο αποτελεσματικού κόστους.

Ø **Κυβερνητικές Πολιτικές.** Η συμπεριφορά των κυβερνήσεων απέναντι στο θέμα της ενεργειακής αποδοτικότητας καθώς θεωρείται από αυτές δευτερευούσης σημασίας αλλά και ότι η προώθηση του αφορά μόνο την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης από καταναλωτές και επιχειρήσεις. Η έλλειψη τόσο τεχνικών όσο και διευθυντικών στελεχών καταρτισμένων σε θέματα ενεργειακής αποδοτικότητας καθώς και η έλλειψη εκπαιδευτών, τεχνογνωσίας, προγραμμάτων και υπηρεσιών οδηγούν σε αντίθετα αποτελέσματα αυξάνοντας την ενεργειακή χρήση από την αύξηση της ενεργειακής διατήρησης.

Ø **Διάφορα Θεσμικά Εμπόδια.** Αρκετοί μη κυβερνητικοί οργανισμοί σχετιζόμενοι με τέτοιου είδους επενδύσεις στερούνται δικαιοδοσίας, δύναμης αλλά και αρμοδιοτήτων για την πραγματοποίηση και την εποπτεία προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας. Για ορισμένους κλάδους επιχειρήσεων η ενέργεια αποτελεί ένα μικρό μέρος του συνολικού κόστους παραγωγής με αποτέλεσμα κόστη όπως το εργατικό δυναμικό και οι πρώτες ύλες να παίζουν σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις. Θεσμικά εμπόδια όπως η γραφειοκρατία, η ύπαρξη κανονισμών και ρυθμίσεων, η χαμηλή προτεραιότητα στα ενδιαφέροντα των καταναλωτών και η μη αποκεντρωμένη λήψη αποφάσεων σε θέματα ενεργειακής διατήρησης τυχάνουν λιγότερης σημασίας μια και εμπειρικές έρευνες δεν έχουν αναφέρει την σπουδαιότητα τους.

• Εμπόδια που δημιουργούνται στην αγορά και το φαινόμενο αποτυχίας της αγοράς (market barriers/ market failures): Τα εμπόδια της αγοράς αφορούν σε καταστάσεις που επικρατούν στην εκάστοτε αγορά και δεν ενθαρρύνουν τέτοιου είδους επενδύσεις. Αντίστοιχα, ως αποτυχία της αγοράς αποκαλούμε το φαινόμενο κατά το οποίο δεν

παρέχονται επαρκείς πληροφορίες μέσα στα πλαίσια της αγοράς. Τέτοια εμπόδια είναι:

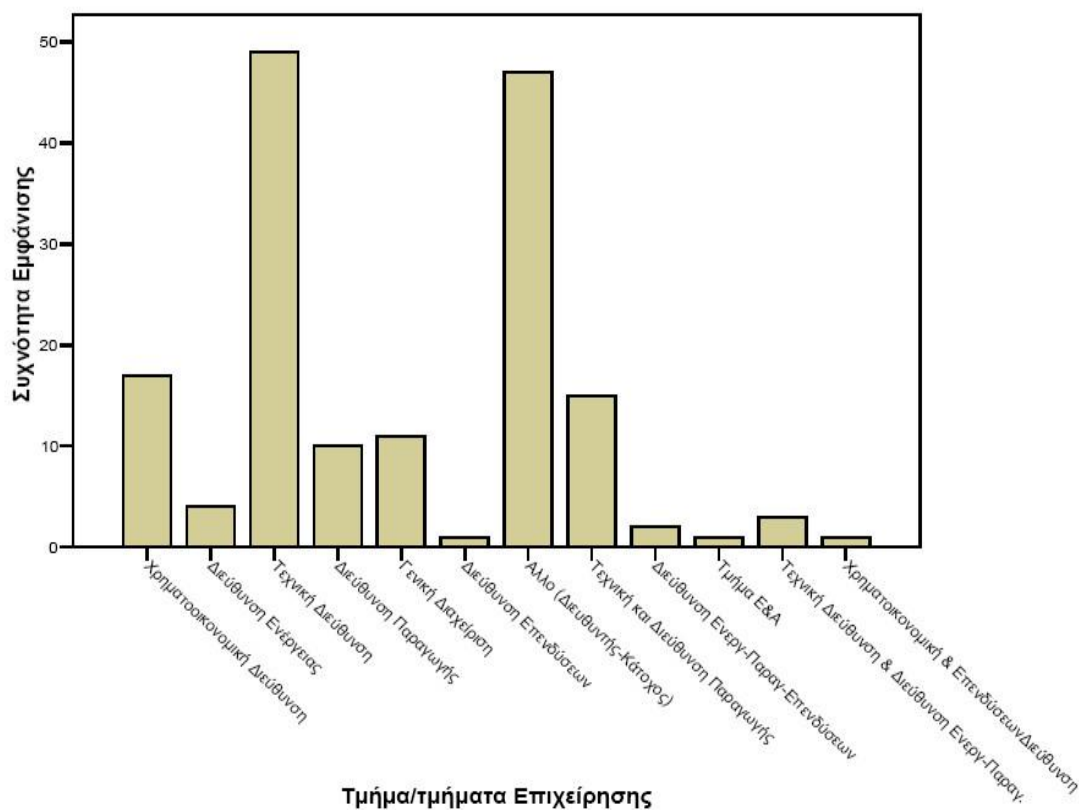
- Ø **Εξωτερικότητες – Externalities.** Πρόκειται για άμεσες αλληλεπιδράσεις παραγωγής ή κατανάλωσης ανταγωνιστικών προϊόντων (Externalities). Η παραβίαση της αρχής της αποκλειστικότητας οδηγεί στις εξωτερικότητες. Έτσι, οι ενέργειες ενός οικονομικού φορέα έχουν επιπτώσεις στην ευημερία και μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις με έναν τρόπο που δεν απεικονίζεται στις τιμές αγοράς. Ο τρόπος αυτός οδηγεί σε μια απόκλιση μεταξύ των ιδιωτικών δαπανών και οφελών όπως και των κοινωνικών δαπανών και των κερδών.
- Ø **Ατέλειες - Capital market Imperfections.** Διαφορετικοί παραγωγοί ενέργειας και καταναλωτές έχουν διαφορετική πρόσβαση σε κεφάλαια και λαμβάνουν διαφορετικά προεξοφλητικά επιτόκια.
- Ø **Υψηλά κόστη διεκπεραίωσης.** Πρώτα οι Levine et al., (1994) και έπειτα οι Howarth και Sanstad (1994) διατύπωσαν την άποψη ότι τα υψηλά κόστη διεκπεραίωσης αποτελούν συνέχεια του περιορισμού ή της έλλειψης πληροφοριών και εμφανίζονται ως αποτυχία της αγοράς.
- Ø **Περιορισμένη ορθολογικότητα.** Η έννοια του περιορισμένης ορθολογικότητας παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον H.Simon (1950) και ορίζεται ως το γεγονός όπου η συμπεριφορά των εντολοδόχων (agents) περιορίζεται λόγω έλλειψης πληροφόρησης η οποία δεν μπορεί να εκφραστεί σε όρους κερδοφορίας.
- Ø **Ατελείς Ανταγωνισμός.** Οι αγορές πρέπει να είναι ανταγωνιστικές εάν πρόκειται να διαθέσουν τους πόρους αποτελεσματικά, αν και ο απαραίτητος βαθμός ανταγωνισμού είναι μια μη ακριβής έννοια. Σε όρους αγοραστικής δύναμης, οι επιχειρήσεις είναι σε θέση να χρεώσουν τις τιμές παραπάνω από τις πρόσθετες δαπάνες.

Ø **Περιορισμένη Πρόσβαση σε Κεφάλαιο.** Μικρές σε μέγεθος επιχειρήσεις δεν μπορούν να αποκτήσουν εύκολα την αναγκαία χρηματοδότηση σε επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας. Η περιορισμένη πρόσβαση σε κεφάλαιο καθιστά τις επενδύσεις σε τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας αντιμέτωπες με άλλες επενδυτικές προτάσεις καθώς αρκετές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν υψηλά προεξοφλητικά επιτόκια για επενδύσεις σε ΤΕΕ.

• Οργανωτικά Εμπόδια: Αναφέρονται στα εσωτερικά χαρακτηριστικά των επιχειρήσεων και πως αυτά αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την υιοθέτηση των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Τέτοια εμπόδια είναι:

Ø **Τρόπος λειτουργίας επιχειρήσεων.** Οι επιχειρήσεις, αποτελούνται από εργαζομένους με διαφορετικό επίπεδο μόρφωσης, νοοτροπίας και κατάρτισης. Επιπλέον, οι αποφάσεις καθώς και ο σχεδιασμός της στρατηγικής δεν είναι αποτέλεσμα επιλογών ενός ατόμου αλλά μια διαδικασία αποφάσεων με την συμμετοχή στελεχών. Είναι λογική λοιπόν, η παρουσία αποκλίνουσων συμφερόντων και απόψεων ανάμεσα στα διάφορα στελέχη γεγονός που μεταφέρεται και στην διαδικασία λήψεως αποφάσεων σχετικά με ΤΕΕ.

Στο ακόλουθο γράφημα παρουσιάζεται η κατανομή των ερωτηθέντων υπευθύνων σε συνάρτηση με το τμήμα ή στα τμήματα της επιχείρησης όπου ανήκουν.



Γράφημα 4.3.2 - Κατανομή Στελεχών επιχειρήσεων που υιοθέτησαν ΤΕΕ σε σχέση με το τμήμα/τμήματα όπου ανήκουν

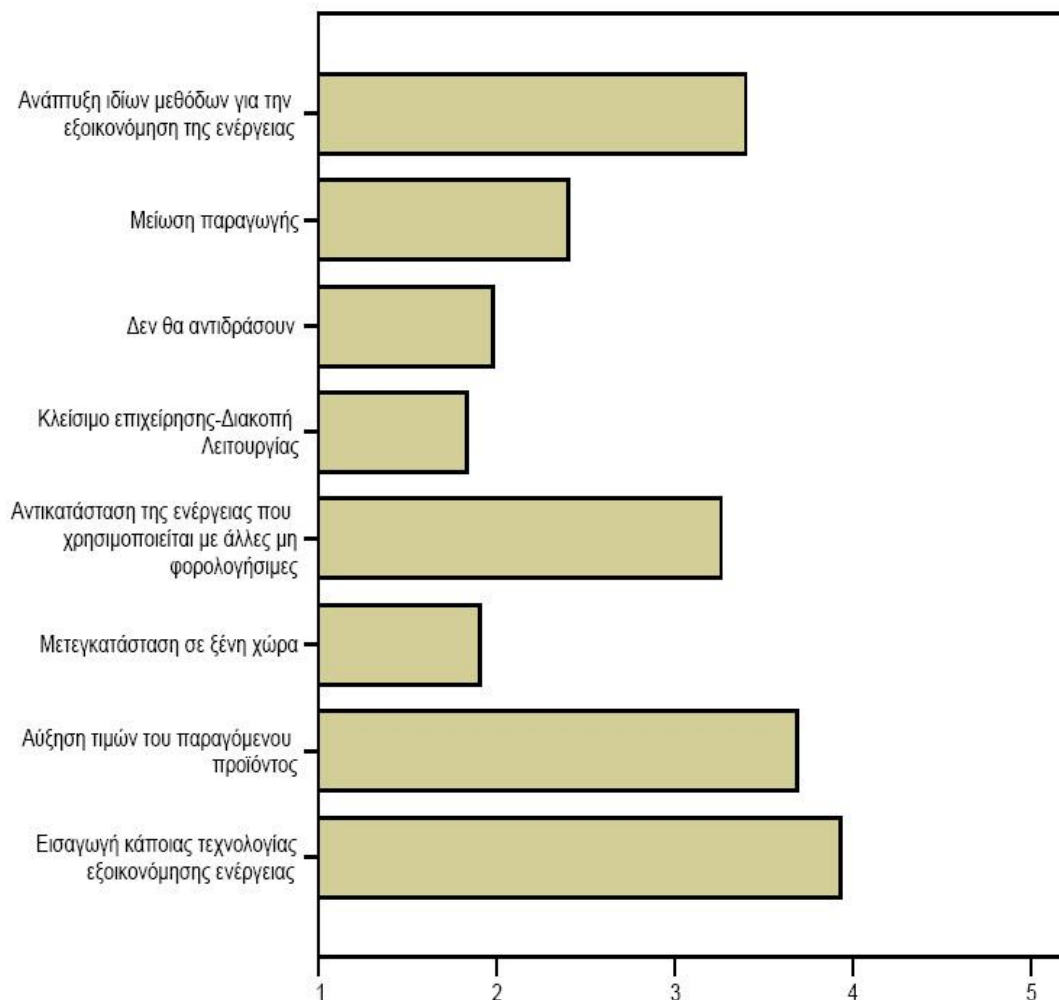
- Ø **Ασύμμετρη Πληροφόρηση.** Η ασύμμετρη πληροφόρηση ορίζεται ως η κατάσταση κατά την οποία διαφορετικά μέρη σε μια συναλλαγή έχουν πρόσβαση σε διαφορετικά επίπεδα πληροφόρησης και συντελεί στο να δημιουργηθούν διαφορετικές αποδόσεις για τις επιχειρήσεις. Μάλιστα ο DeCanio (1993) αναφέρει ότι τα προβλήματα μεταξύ διευθυντικών στελεχών και μετόχων ή διαφορετικών επιπέδων διοίκησης μπορεί να επιφέρουν την ματαίωση ενεργειακών επενδύσεων ενώ ο Ross (1986) ότι οι επιχειρήσεις μπορεί να αποκλίνουν από τα εξιδανικευμένα πρότυπα μεγιστοποίησης κερδών ακολουθώντας δεύτερες επιλογές οι οποίες τις διαφοροποιούν έναντι των επενδύσεων σε ενεργειακή διατήρηση.
- Ø **Η Ενεργειακή Αποδοτικότητα δεν αποτελεί πρωτεύουσα επενδυτική στρατηγική.** Ενδεχομένως η βελτίωση της

ενεργειακής αποδοτικότητας δεν αποτελεί θεμελιώδη και βασική επενδυτική στρατηγική, για μια επιχείρηση με αποτέλεσμα την μείωση του ενδιαφέροντος της υλοποίησης προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας. Μάλιστα, η υλοποίηση τέτοιων επενδύσεων φαίνεται ότι αποδιοργανώνουν την επιχείρηση από την λειτουργία της καθώς για την πραγματοποίηση τους χρησιμοποιείται δυναμικό που συμμετέχει στην παραγωγική διαδικασία ενώ η θεώρηση ότι τέτοιες επενδύσεις λειτουργούν κοστοβόρα κάνουν το επενδυτικά πλάνα μη ελκυστικά.

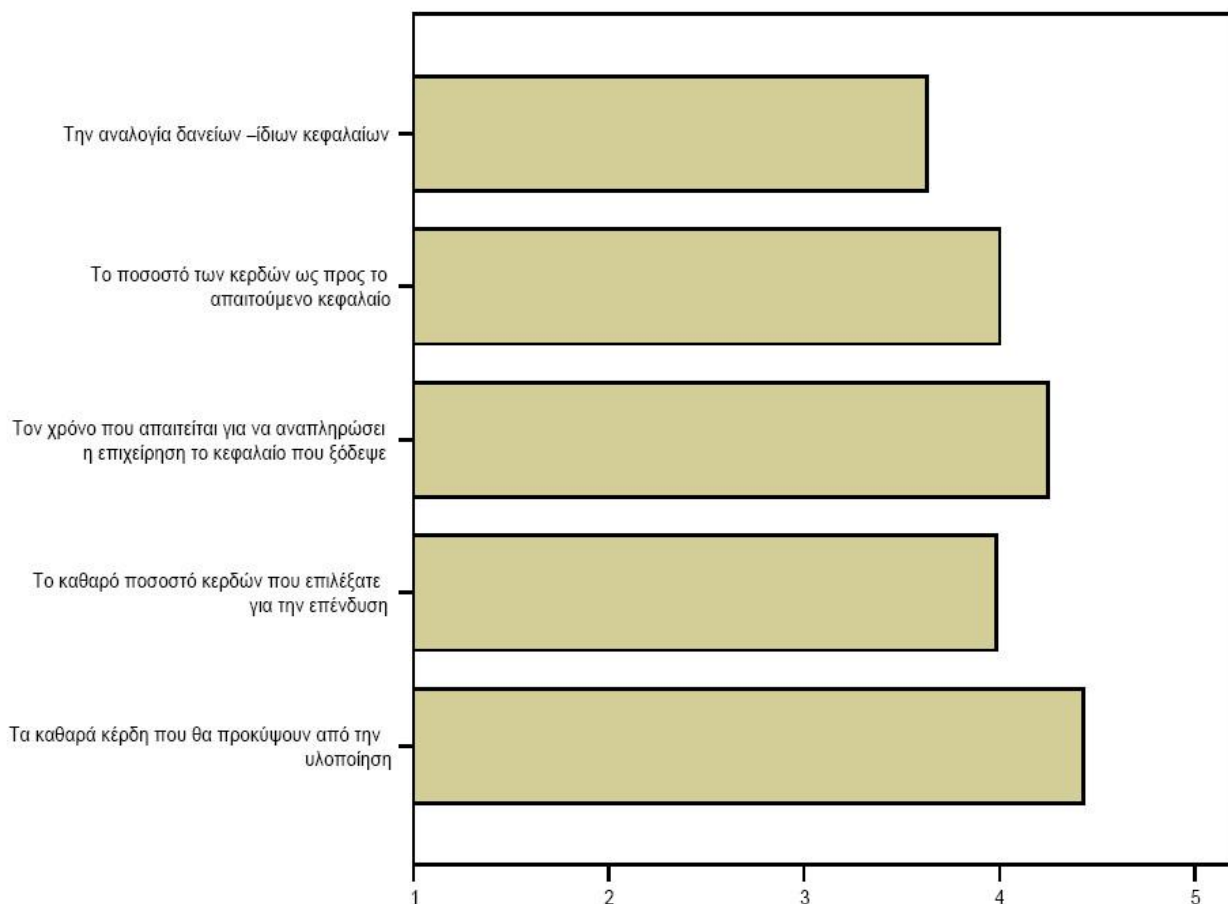
- Ø **Προβλήματα συγκέντρωσης και προσοχής.** Ένα άλλο εμπόδιο το οποίο παρατηρείται είναι ότι τα διευθύνοντα στελέχη δεν δίνουν προτεραιότητα σε επενδύσεις ενεργειακής διατήρησης καθώς θεωρούν ότι αποφέρουν μικρή μείωση στα λειτουργικά τους κόστη.
- Ø **Μεροληπτική επιλογή στην εκτίμηση των επενδυτικών αποδόσεων.** Τα προβλήματα πληροφοριών, μπορούν να επηρεάσουν πολλές φορές τα επενδυτικά κριτήρια των μάνατζερ με αρκετούς τρόπους. Για παράδειγμα εάν τα εκτιμώμενα κέρδη από μια επένδυση είναι μικρότερα του κόστους υιοθέτησης τότε οι μάνατζερ θα προτιμήσουν να επιβάλλουν ένα υψηλό ‘hurdle rate’ μεγαλύτερο από το κεφαλαιουχικό κόστος της επιχείρησης για να εξασφαλίσουν ότι τα κέρδη από το επενδυτικό σχέδιο θα είναι αρκετά για να το χαρακτηρίσουν κερδοφόρο εμποδίζοντας την επένδυση σε ΤΕΕ.
- Ø **Έλλειψη Εμπειριών.** Πολλές φορές η έλλειψη εμπειριών από στελέχη όπως και η έλλειψη ικανοτήτων σχετιζόμενη με επιχειρηματικά πλάνα, μάρκετινγκ, χρηματοδότησης και ελαχιστοποίησης κόστους αποτελούν σημαντικά εμπόδια στην υιοθέτηση τεχνολογιών και αντιρρύπανσης και στην αποδοχή τέτοιων επενδύσεων (De Almeida, 1998). Ειδικότερα στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις η έλλειψη αυτή οδηγεί σε δυσκολίες για την αξιολόγηση αλλά και την εγκατάσταση ενεργειακά

αποδοτικού μηχανολογικού εξοπλισμού συγκρινόμενη με την αγορά και προμήθεια της ενέργειας (Reddy, 1991; Velthuisen, 1995).

- Συμπεριφορικά Εμπόδια: Αναφέρονται στη στάση των επιχειρήσεων σε τέτοιου είδους επενδύσεις. Στα ακόλουθα γραφήματα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των ελληνικών επιχειρήσεων που υιοθετούν ΤΕΕ, όσων αφορά την συμπεριφορά τους σε μία ενδεχόμενη αύξηση των φόρων στην ενέργεια και γενικά την επενδυτική τους συμπεριφορά.



Γράφημα 4.3.3 - Συμπεριφορική αντίδραση των επιχειρήσεων που υιοθετούν ΤΕΕ σε μία ενδεχόμενη αύξηση των φόρων στην ενέργεια (1=Απίθανο, 5=Πάρα πολύ πιθανό)

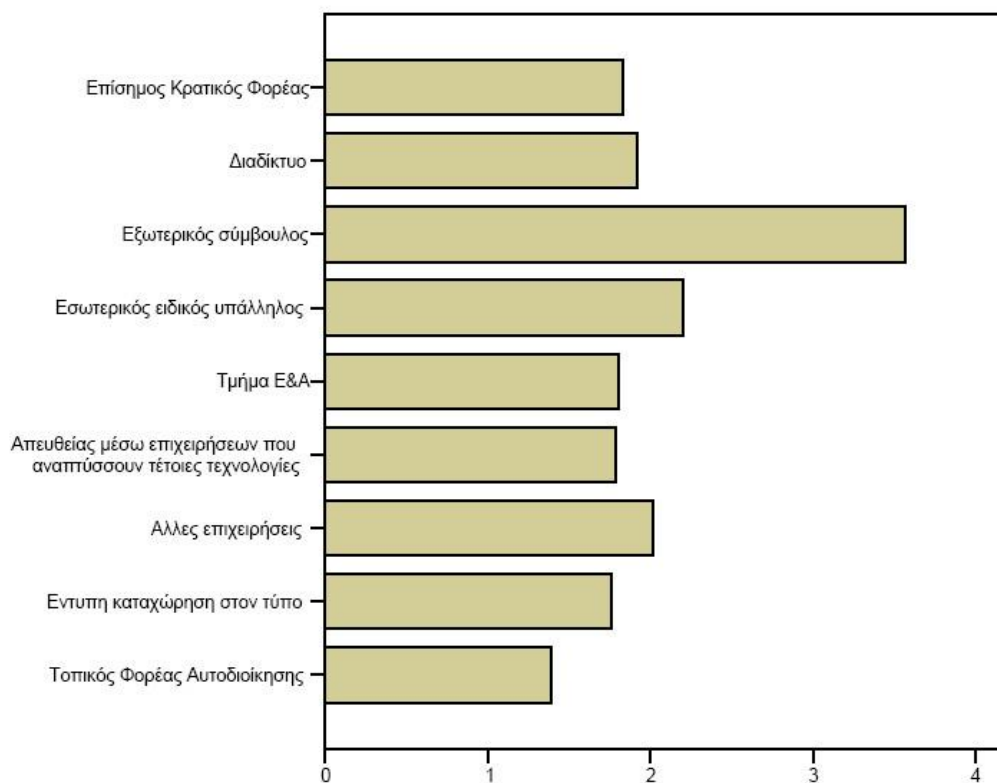


Γράφημα 4.3.4 - Επενδυτική Συμπεριφορά επιχειρήσεων που υιοθετούν ΤΕΕ (1=Ασήμαντο, 5=Παρα πολύ σημαντικό)

Συμπεριφορικά εμπόδια αφορούν:

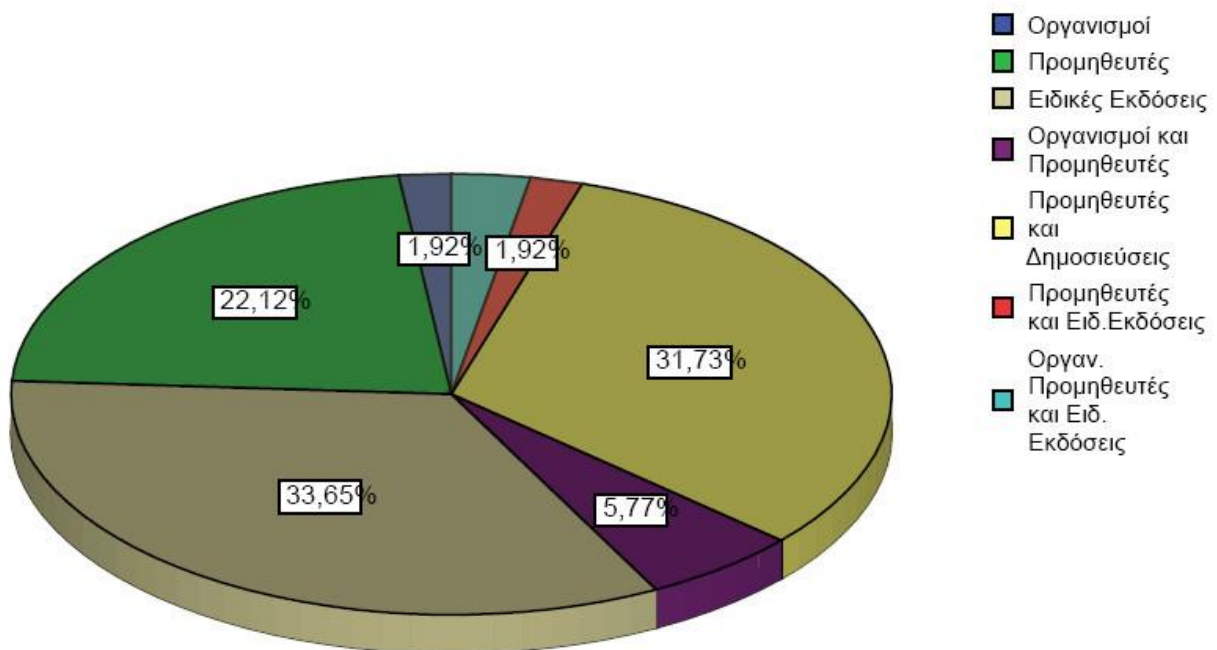
∅ **Γενικά Πληροφοριακούς Περιορισμούς.** Μέτρα ενεργειακής αποδοτικότητας τα οποία έχουν το χαρακτηριστικό ότι είναι αποτελεσματικού κόστους δεν αναλαμβάνονται από επιχειρήσεις ως αποτέλεσμα έλλειψης πληροφοριών ή ατελούς πληροφόρησης όσον αφορά τα κόστη και την διαθεσιμότητα της καινούργιας τεχνολογίας, τα κόστη της ενεργειακής τους κατανάλωσης, την εκπαίδευση των τεχνικών υπευθύνων για την ενεργειακή κατανάλωση της επιχείρησης από την πλευρά του υιοθετούντος (Reddy, 1991; Levine et al, 1994; Sioshansi, 1991).

Το παρακάτω γράφημα (Γράφημα 4.3.5) αναπαριστά τρόπους πληροφόρησης των επιχειρήσεων για την ύπαρξη προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας.



Γράφημα 4.3.5 - Τρόποι Πληροφόρησης επιχείρησης για την ύπαρξη προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας (0=Ποτέ, 4=Πολύ Συχνά)

Στο γράφημα 4.3.6 παρουσιάζονται οι φορείς παροχής πληροφόρησης επιχειρήσεων που επενδύουν σε ΤΕΕ.



Γράφημα 4.3.6 - Φορείς Παροχής Πληροφόρησης επιχειρήσεων που επενδύουν σε ΤΕΕ

Ø **Κίνδυνος Επενδύσεων σε ΤΕΕ.** Οι Carlsmith et al (1990) αναφέρουν ότι λόγω της υπόθεσης ότι οι επενδυτές προσπαθούν να μειώσουν το κίνδυνο τα επενδυτικά πλάνα σε εξοικονόμηση ενέργειας συχνά δεν πραγματοποιούνται. Η έννοια του ρίσκου σε σχέση με την ενεργειακή αποδοτικότητα θα λέγαμε ότι είναι αυστηρά θεμελιωμένη στην διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα έχει δειχθεί ότι υπάρχει σημαντική απόκλιση ανάμεσα στην παρατηρούμενη και στην προβλεπόμενη ενεργειακή διατήρηση (Greely, 1989) καθώς οι υπεύθυνοι για την λήψη αποφάσεων, θεωρούν ότι οι επενδύσεις σε ενεργειακά αποδοτικό εξοπλισμό είναι ριψοκίνδυνες λόγω της αβεβαιότητας για μακροπρόθεσμα πλεονάσματα σε λειτουργικά κόστη αλλά και του εσωτερικού κόστους που συνεπάγονται.

Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει τις απαντήσεις των επιχειρηματιών, όσων αφορά τις μορφές κινδύνου από την υλοποίηση επένδυσης σε ΤΕΕ.

Πηγές Κινδύνου	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Δ.Γ/Δ.Α
Από τα ρυθμιζόμενα κόστη πριν από την υιοθέτηση και εφαρμογή	41,97%	40,9%	17,13%
Από τα ρυθμιζόμενα κόστη μετά την υιοθέτηση και εφαρμογή	49,5%	35,9%	14,6%
Από το γεγονός της αμετακλητότητας της επένδυσης	51,9%	35,8%	12,3%
Από την συνεχή αλλαγή των πληροφοριών και πλάνων για τέτοια προγράμματα	48,6%	35,8%	15,6%

Πίνακας 4.3.1 - Μορφές Κινδύνου από την υλοποίηση επένδυσης σε ΤΕΕ

- Ø **Υψηλά αρχικά κόστη.** Τα υψηλά αρχικά κόστη των ενεργειακά αποδοτικών επενδύσεων θεωρούνται επίσης ένα συμπεριφορικό εμπόδιο. Μία επιχείρηση μπορεί να αποφασίσει εάν μια ενεργειακά αποδοτική επένδυση είναι οικονομικά επιθυμητή αλλά ένα υψηλά αρχικό κόστος απόκτησης μπορεί να την αποτρέψει από την πραγματοποίηση.
- Ø **Λαθεμένη τοποθέτηση κινήτρων.** Ο κλασικός ορισμός των λανθασμένα τοποθετημένα κινήτρων αναφέρεται σε μια κατάσταση όπου δύο μέρη συμμετέχουν σε συναλλαγές και κανένας δεν έχει κίνητρο να επενδύσει στην ενεργειακή αποδοτικότητα. Πολλές φορές τα οικονομικά οφέλη από μια ενεργειακά αποδοτική επένδυση δεν αποδίδονται στον φορέα πραγματοποίησης της. Γενικά το εμπόδιο αυτό στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως το πρόβλημα εντολέα-εντολοδόχου (principal-agent problem) και στην συγκεκριμένη περίπτωση αφορά τις δυσκολίες εσωτερίκευσης των ωφελειών της επένδυσης. Αφορά την κατάσταση όπου ένας

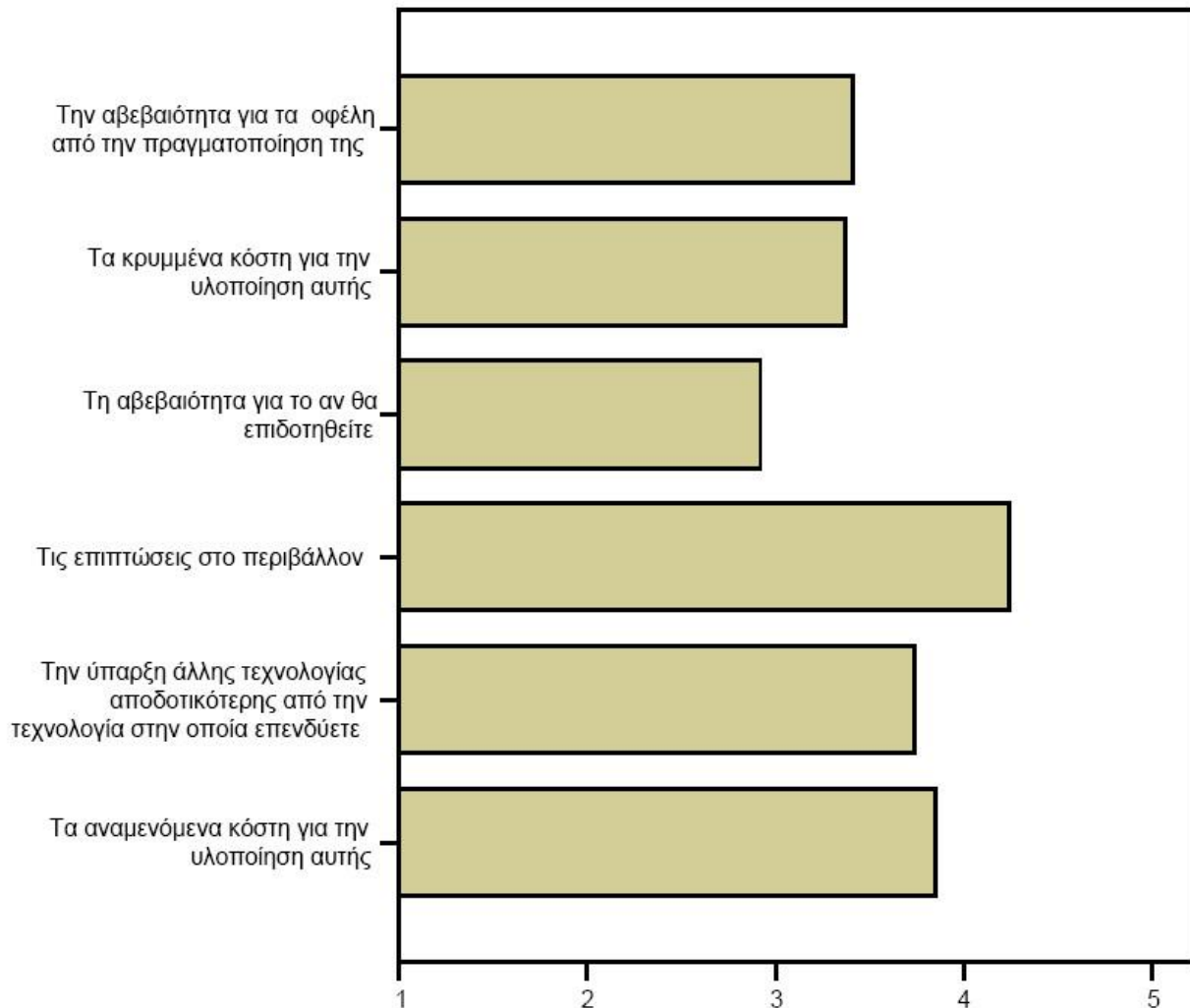
αντιπρόσωπος (agent) έχει την αρμοδιότητα να ενεργεί εκ μέρους ενός καταναλωτή αλλά δεν ανταποκρίνεται και δεν πράττει σύμφωνα με το συμφέρον του καταναλωτή. Συγκεκριμένα στον οικοδομικό τομέα το εμπόδιο αυτό αναφέρεται ως το πρόβλημα ενοικιαστή-ιδιοκτήτη (landlord/tenant problem) και επεκτείνεται και στον τομέα των επιχειρήσεων. Μπορεί λοιπόν μια επιχείρηση να είναι απρόθυμη να αναλάβει να χρηματοδοτήσει μια έρευνα για ένα πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας φοβούμενη ότι οι ανταγωνιστές της θα επωφεληθούν μακροπρόθεσμα από την απόκτηση τεχνογνωσίας και πληροφοριών χωρίς να πληρώσουν τίποτα για την απόκτηση αυτών των γνώσεων. Το εμπόδιο αυτό αναφέρεται στην βιβλιογραφία και ως διαχωριζόμενα κίνητρα (split incentives). Μάλιστα οι Jaffee and Stavins (1994, p.805) αναφέρουν ότι μια επιχείρηση θα μπορούσε να έχει πρόσφατη πληροφόρηση σχετικά με τα κόστη ή τα κέρδη από μια τέτοια επένδυση αλλά θα ήταν αρκετά δύσκολο να τα μεταβιβάσει σε άλλες επιχειρήσεις.

∅ **Συμπεριφορά καταναλωτών-επιχειρηματιών έναντι στην ενεργειακή αποδοτικότητα.** Ο Carlsmith (1980), παρατήρησε ότι κατά την δεκαετία του 1980 και καθώς οι τιμές της ενέργειας μειώνονταν οι καταναλωτές έχαναν το ενδιαφέρον τους για την εξοικονόμηση ενέργειας με αποτέλεσμα το ελάχιστο ενδιαφέρον για προγράμματα ενεργειακής διατήρησης. Η συμπεριφορά αυτή μπορεί να βρίσκει και το ανάλογο της και σε επίπεδο επιχειρήσεων καθώς επιχειρήσεις με μικρό σχετικό μερίδιο του ενεργειακού κόστους, θεωρούν τέτοιες επενδύσεις χαμηλής αποδοτικότητας.

Αξίζει να αναφέρουμε και τα παρακάτω εμπόδια.

- Εμπόδια συσχετισμένα με την Αβεβαιότητα. Προέρχονται από το έσω και έξω-επιχειρησιακό περιβάλλον της επιχείρησης. Στο ακόλουθο

γράφημα παρουσιάζεται η αβεβαιότητα που αντιμετωπίζουν οι διάφορες επιχειρήσεις σε συνάρτηση με ορισμένες συνιστώσες για την πραγματοποίηση μιας επένδυσης σε ΤΕΕ.



Γράφημα 4.3.7 - Αβεβαιότητα και επενδύσεις σε ΤΕΕ (1= Εντελώς Ασήμαντη, 5= Βαρύνουσας Σημασίας)

- Ύπαρξη άλλων Επενδυτικών Σχημάτων. Ένα σημαντικό εμπόδιο αποτελεί η ύπαρξη άλλων επενδυτικών δυνατοτήτων που θεωρούνται περισσότερο σημαντικές και υποσχόμενες από τις ΤΕΕ.
- Κρυμμένα Κόστη. τα κρυμμένα κόστη είναι η κατάσταση σύμφωνα με την οποία μηχανικό-οικονομικές μελέτες αποτυγχάνουν να εκτιμήσουν είτε τη μείωση των οφελών που συνδέονται με τις

ενεργειακές αποδοτικές τεχνολογίες είτε τις συμπληρωματικές δαπάνες που συνδέονται με αυτές (Nichols,1994)

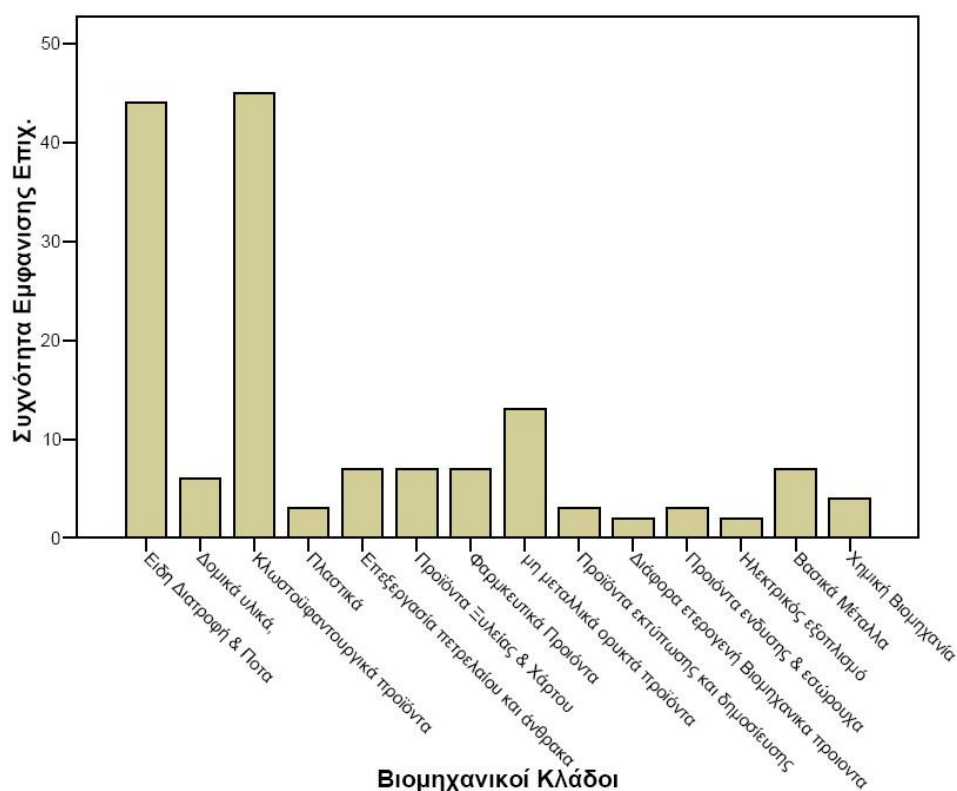
- Κίνδυνος. Γενικότερα, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες κινδύνου. Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στον εξωτερικό κίνδυνο, ο οποίος περιλαμβάνει γενικές οικονομικές τάσεις (π.χ. υποχώρηση), αναμενόμενες μειώσεις των τιμών καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας, πολιτικές αλλαγές και κυβερνητική πολιτική. Η δεύτερη κατηγορία κινδύνου καλείται επιχειρησιακός κίνδυνος, και αφορά π.χ. τομεακές οικονομικές τάσεις, μεμονωμένες επιχειρησιακές οικονομικές τάσεις, κίνδυνο χρηματοδότησης (αντίδραση των κύριων αγορών στις αυξήσεις στο δανεισμό). Τέλος η Τρίτη κατηγορία κινδύνου ονομάζεται τεχνικός κίνδυνος. Αφορά κυρίως την τεχνική απόδοση των μεμονωμένων τεχνολογιών και την αναξιοπιστία. Μάλιστα ο τεχνικός κίνδυνος αφορά ορισμένες τεχνολογίες καθώς αρκετές τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζουν και διαφορετικά επίπεδα τεχνικού ρίσκου.

- Εμπόδια και Δαπάνες Συναλλαγής. οι δαπάνες αυτές περιλαμβάνουν κόστη για την συλλογή, την αξιολόγηση και την εφαρμογή πληροφοριών, κόστη διαπραγματεύσεων με τους πιθανούς προμηθευτές, τους συνεργάτες και τους πελάτες, κόστη που προϋποθέτουν τον κίνδυνο, κόστη που ευθύνονται για την επιλογή των αποφάσεις και τέλος δαπάνες που αφορούν τις συμφωνίες ανάμεσα στα διάφορα μέρη.

Κεφάλαιο 5 - Αποτελέσματα

Στην παρούσα μελέτη στόχος μας είναι να εξετάσουμε τα εμπόδια υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας σε επιχειρήσεις – βιομηχανίες. Η συλλογή δεδομένων προήλθε από τη διδακτορική διατριβή του Κωνσταντίνου Κουνετά, *«Το παράδοξο της ενέργειας στην ελληνική βιομηχανία: Έκταση, υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και αντιρρύπανσης και επιδράσεις στην απόδοση, αποτελεσματικότητα και παραγωγικότητα»*, και βασίστηκε στη συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου δώδεκα σελίδων, το οποίο συντάχθηκε, ελέγχθηκε και έγινε αντικείμενο επεξεργασίας. Το δείγμα αποτελείται από 161 επιχειρήσεις από δεκατέσσερις κλάδους της βιομηχανίας της χώρας. Η έρευνα βασίστηκε σε συνεντεύξεις διευθυντικών στελεχών των εκάστοτε επιχειρήσεων. Οι επιχειρήσεις διαιρέθηκαν σε δεκατέσσερις τομείς που περιλάμβαναν τη χημική βιομηχανία, τα μη μεταλλικά ορυκτά προϊόντα, τα βασικά μέταλλα, τα μηχανήματα, τα ποτά-τρόφιμα και τα προϊόντα δενδροκηποκομίας, τα προϊόντα ξυλείας και χάρτου, τα δομικά υλικά, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και εσώρουχα, τα προϊόντα εκτύπωσης και δημοσίευσης, τα πλαστικά, τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, τα διάφορα κατασκευασμένου προϊόν, την επεξεργασία πετρελαίου και άνθρακα, και τέλος τα φαρμακευτικά προϊόντα.

Το παρακάτω γράφημα (Γράφημα 5.1) αναπαριστά την συχνότητα εμφάνισης των επιχειρήσεων που υιοθετούν ΤΕΕ ανά κλάδο.



Γράφημα 5.1- Κλαδική Κατανομή Επιχειρήσεων που υιοθετούν ΤΕΕ

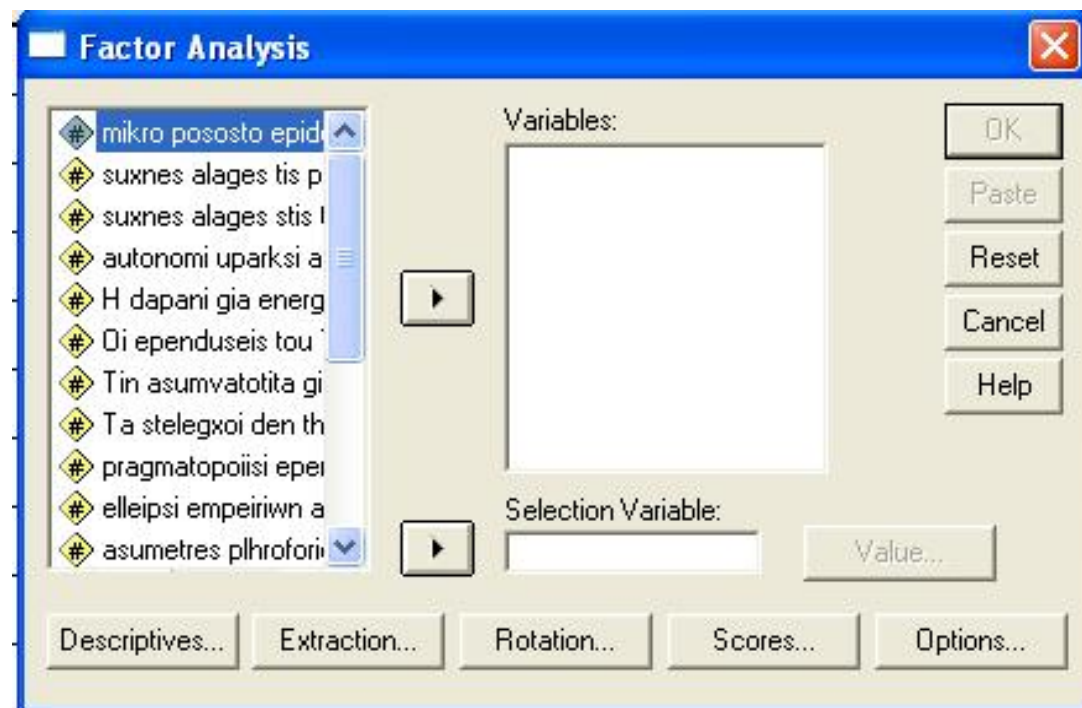
Προκειμένου να πάρουμε αναλυτικά αποτελέσματα για τα εμπόδια υιοθέτησης τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας (ΤΕΕ) θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό πρόγραμμα SPSS. Θα εφαρμόσουμε την διαδικασία της παραγοντικής ανάλυσης και την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (Factor Analysis – PCA).

Αρχικά θα ορίσουμε τις μεταβλητές μας ως εξής:

- X1** : Έλλειψη πληροφοριών και η ανεπάρκεια πληροφόρησης
- X2** : Τα κίνητρα που δίνονται από το κράτος δεν ανταποκρίνονται σε σας
- X3** : Το υψηλό κόστος για την πραγματοποίηση της επένδυσης
- X4** : Την έλλειψη υποδομών σε στελέχη
- X5** : Την δυσκολία στην προμήθεια αναγκαίου εξοπλισμού και κατάλληλου προσωπικού
- X6** : Τις ασύμμετρες πληροφορίες και η παρουσία αποκλίνων κινήτρων
- X7** : Την έλλειψη εμπειριών από τα στελέχη

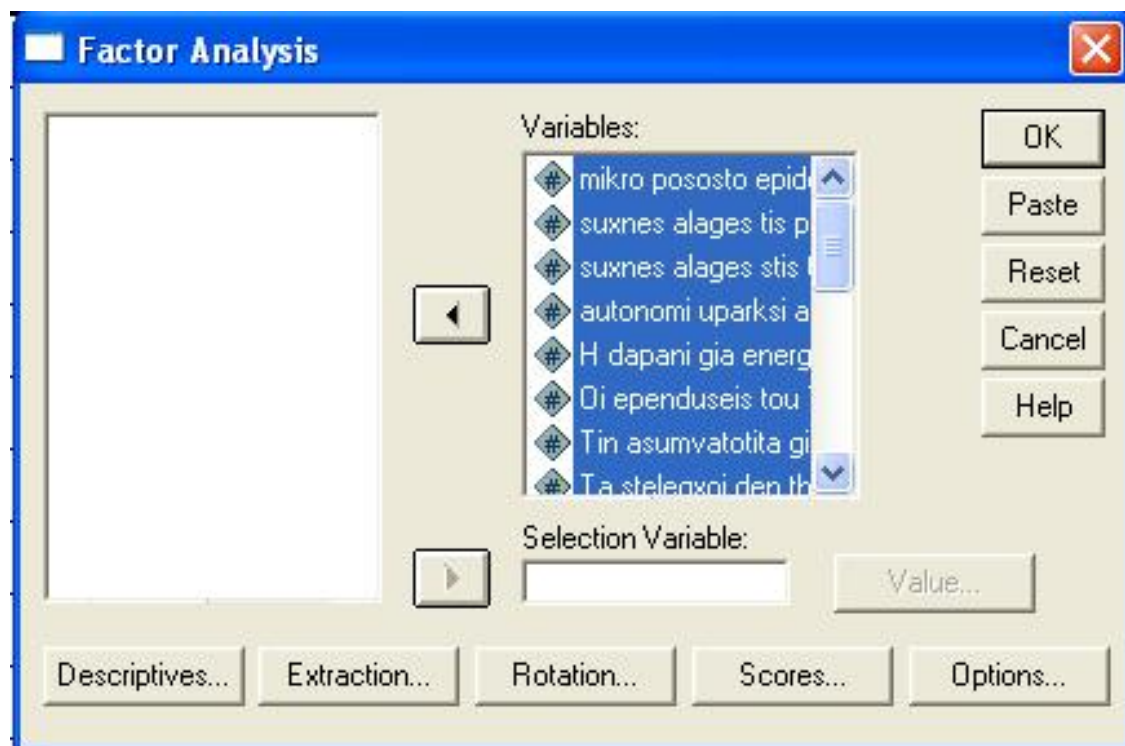
- X8** : Την πραγματοποίηση επενδύσεων που δεν αφορούν ΤΕΕ
- X9** : Τα στελέχη δεν θεωρούν σημαντική τις επενδύσεις σε ΤΕΕ
- X10** : Την ασυμβατότητα για την υλοποίηση του ενεργειακού σχεδίου
- X11** : Οι επενδύσεις σε ΤΕΕ απευθύνονται σε επιχειρήσεις μεγαλύτερου μεγέθους
- X12** : Η δαπάνη για ενέργεια δεν είναι σημαντικό στοιχείο του συνολικού κόστους
- X13** : Την αυτόνομη ύπαρξη άλλων επενδυτικών σχημάτων σχετικών με ΤΕΕ
- X14** : Τις συχνές αλλαγές στις τιμές της ενέργειας
- X15** : Τις συχνές αλλαγές στην πολιτική του κράτους σε σχέση με την ενέργεια
- X16** : Το μικρό ποσοστό επιδότησης

Αφού συμπληρώσουμε τα δεδομένα που έχουμε από τις επιχειρήσεις, επιλέγουμε από το μενού **Analyze** την εφαρμογή **Data Reduction** → **Factor**. Ανοίγει το παράθυρο Factor Analysis (εικόνα 5.1)



Εικόνα 5.1 – SPSS, Factor Analysis window

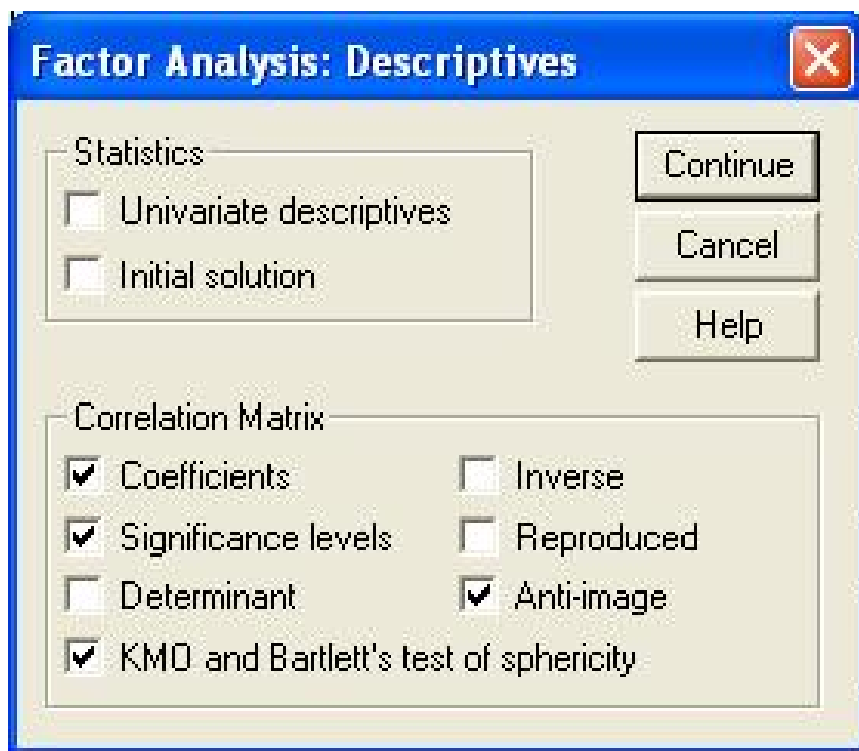
Στο αριστερό πλαίσιο εμφανίζονται οι μεταβλητές μας. Επειδή θα αποτελέσουν όλες τη βάση της παραγοντικής ανάλυσης, θα τις επιλέξουμε και θα τις μετακινήσουμε στο πλαίσιο «Variables:» (εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2 SPSS, Select variables

Έπειτα θα επιλέξουμε μια μια τις επιλογές που υπάρχουν στο κάτω μέρος του παραθύρου.

Επιλέγοντας το Descriptives εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο (εικόνα 5.3), όπου τσεκάρουμε τις επιλογές coefficients, significance levels, KMO and Bartlett's test of sphericity και anti-image. Κατόπιν πατάμε continue.



Εικόνα 5.3 – SPSS, Factor analysis: Descriptives

Αν πατήσουμε **OK**, στο output θα εμφανιστούν οι εξής πίνακες: Correlation matrix (Πίνακας 5.1), που μας δείχνει τις συσχετίσεις όλων των ζευγών μεταβλητών (Correlation) καθώς και τις σημαντικότητες αυτών των συσχετίσεων σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (Sig. 1-tailed)

Correlation matrix

correlation	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16
X1	1.000	.402	.424	.240	.351	.369	.266	.167	.366	.232	.444	.357	.457	.056	.103	.237
X2	.402	1.000	.400	.176	.370	.378	.000	.154	.115	.277	.272	.211	.211	-.023	.050	.398
X3	.424	.400	1.000	.435	.500	.296	.399	.316	.235	.057	.273	.199	.125	.175	.168	.054
X4	.240	.176	.435	1.000	.699	.296	.707	.454	.340	.220	.151	.292	.078	.395	.450	.122
X5	.351	.370	.500	.699	1.000	.465	.647	.548	.389	.332	.378	.331	.240	.335	.289	.273
X6	.369	.378	.296	.296	.465	1.000	.385	.398	.372	.342	.385	.393	.141	.153	.217	.278
X7	.266	.000	.399	.707	.647	.385	1.000	.523	.439	.236	.263	.381	.140	.437	.392	.136
X8	.167	.154	.316	.454	.548	.398	.523	1.000	.563	.463	.420	.552	.312	.360	.382	.129
X9	.366	.115	.235	.340	.389	.372	.439	.563	1.000	.515	.383	.739	.406	.203	.208	.336
X10	.232	.277	.057	.220	.332	.342	.236	.463	.515	1.000	.323	.598	.400	.184	.335	.601

X11	.444	.272	.273	.151	.378	.385	.263	.420	.383	.323	1.000	.483	.502	.273	.316	.273
X12	.357	.211	.199	.292	.331	.393	.381	.552	.739	.598	.483	1.000	.459	.164	.232	.361
X13	.457	.211	.125	.078	.240	.141	.140	.312	.406	.400	.502	.459	1.000	.184	.155	.238
X14	.056	-.023	.175	.395	.335	.153	.437	.360	.203	.184	.273	.164	.184	1.000	.693	.006
X15	.103	.050	.168	.450	.289	.217	.392	.382	.208	.335	.316	.232	.155	.693	1.000	.126
X16	.237	.398	.054	.122	.273	.278	.136	.129	.336	.601	.273	.361	.238	.006	.126	1.000
Sig (1-tailed)																
X1		.000	.000	.001	.000	.000	.000	.017	.000	.002	.000	.000	.000	.239	.096	.001
X2	.000		.000	.013	.000	.000	.499	.026	.072	.000	.000	.004	.004	.387	.263	.000
X3	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.001	.235	.000	.006	.057	.013	.017	.247
X4	.001	.013	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.002	.028	.000	.163	.000	.000	.061
X5	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000
X6	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.037	.026	.003	.000
X7	.000	.499	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.001	.000	.000	.038	.000	.000	.043
X8	.017	.026	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.052
X9	.000	.072	.001	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.005	.004	.000
X10	.002	.000	.235	.002	.000	.000	.001	.000	.000		.000	.000	.000	.010	.000	.000
X11	.000	.000	.000	.028	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
X12	.000	.004	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.019	.002	.000
X13	.000	.004	.057	.163	.001	.037	.038	.000	.000	.000	.000	.000		.010	.025	.001
X14	.239	.387	.013	.000	.000	.026	.000	.000	.005	.010	.000	.019	.010		.000	.469
X15	.096	.263	.017	.000	.000	.003	.000	.000	.004	.000	.000	.002	.025	.000		.055
X16	.001	.000	.247	.061	.000	.000	.043	.052	.000	.000	.000	.000	.001	.469	.055	

Πίνακας 5.1 – SPSS, Correlation matrix

Στο παράδειγμα μας 92 συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούμε να συνεχίσουμε την παραγοντική ανάλυση. Ο έλεγχος γίνεται συγκρίνοντας την τιμή Sig. με το επίπεδο σημαντικότητας ($\alpha = 0.01$) για κάθε συσχέτιση. Αν η τιμή Sig. είναι μικρότερη από το α (0.01) τότε η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική.

Στον πίνακα **KMO and Bartlett's Test** (πίνακας 5.2) ένας δείκτης σύγκρισης του σχετικού μεγέθους των συντελεστών συσχέτισης σχετικά με τους μερικούς συντελεστές συσχέτισης είναι το στατιστικό **Kaiser-Meyer-Olkin**. Οι τιμές του δείκτη αυτού κυμαίνονται από 0 έως 1. Τιμές κοντά στη

μονάδα δηλώνουν ότι τα δεδομένα είναι κατάλληλα για παραγοντική ανάλυση, ενώ τιμές κάτω του 0.5 θεωρούνται μη αποδεκτές. Στην περίπτωση μας η τιμή του δείκτη αυτού είναι 0.807 , πράγμα που σημαίνει ότι τα δεδομένα μας είναι κατάλληλα για την συνέχιση της παραγοντικής ανάλυσης. Σε περίπτωση, όμως, που ο δείκτης αυτός ήταν μικρότερος του 0.5 θα έπρεπε να εξετάσουμε τον δείκτη Measures of Sampling Adequacy (MSA) για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά. Αυτό το βλέπουμε στον πίνακα **Anti-image Correlation** (πίνακας 5.3). Τιμές κοντά στη μονάδα είναι ενδείξεις ότι η μεταβλητή είναι κατάλληλη για χρησιμοποίηση, ενώ οι υπόλοιπες θα αποκλειστούν. Οι μεταβλητές που μένουν θα πρέπει να δώσουν δείκτη ΚΜΟ αποδεκτό, ώστε να συνεχιστεί η παραγοντική ανάλυση. Στην περίπτωση μας, όπως ήταν λογικό λόγω υψηλού δείκτη ΚΜΟ, όλες οι τιμές είναι αποδεκτές.

Ο δείκτης **Bartlett's Test of Sphericity** μας δίνει την πιθανότητα ο πίνακας συσχέτισης να έχει σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ κάποιων μεταβλητών. Αν η τιμή Sig. του δείκτη αυτού είναι μικρότερη από 0.05 απορρίπτεται η υπόθεση της μη ύπαρξης σημαντικών συσχετίσεων, σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.807
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1308.528
	df	120
	Sig.	.000

Πίνακας 5.2 – SPSS, KMO and Bartlett's Test

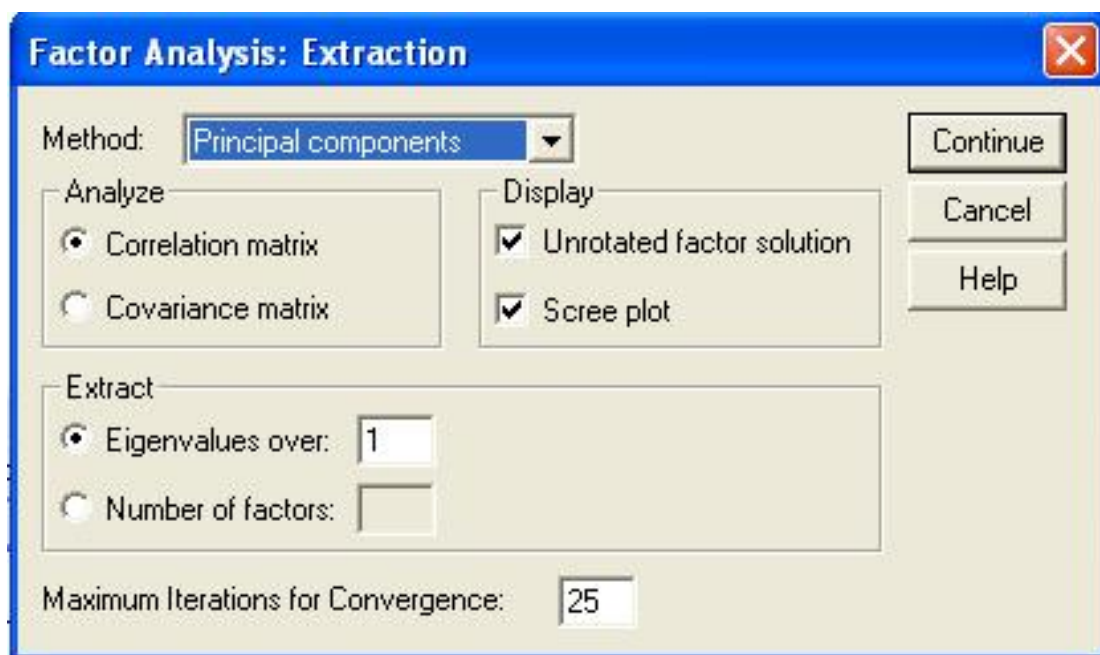
Anti-image Matrices – Anti-image Correlation

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16
x1	0.801	-0.184	-0.235	-0.049	0.020	-0.155	-0.110	0.270	-0.163	0.005	-0.185	0.013	-0.327	0.114	-0.013	0.051
x2	-0.184	0.677	-0.306	-0.081	-0.197	-0.229	0.385	-0.047	0.198	-0.009	0.032	-0.088	-0.036	0.010	0.019	-0.291
x3	-0.235	-0.306	0.852	-0.068	-0.117	0.064	-0.127	-0.090	-0.050	0.125	-0.053	0.022	0.099	0.003	-0.004	0.111

x4	-0.049	-0.081	-0.068	0.795	-0.454	0.131	-0.359	0.010	-0.034	0.069	0.255	-0.109	0.085	0.065	-0.327	0.050
x5	0.020	-0.197	-0.117	-0.454	0.833	-0.141	-0.231	-0.205	-0.007	-0.098	-0.195	0.215	-0.069	-0.111	0.247	-0.090
x6	-0.155	-0.229	0.064	0.131	-0.141	0.877	-0.171	-0.077	-0.058	-0.062	-0.127	-0.063	0.230	0.047	-0.056	0.023
x7	-0.110	0.385	-0.127	-0.359	-0.231	-0.171	0.835	-0.122	-0.028	0.102	0.044	-0.114	0.053	-0.170	0.019	-0.125
x8	0.270	-0.047	-0.090	0.010	-0.205	-0.077	-0.122	0.867	-0.223	-0.231	-0.148	-0.122	-0.057	-0.002	-0.082	0.295
x9	-0.163	0.198	-0.050	-0.034	-0.007	-0.058	-0.028	-0.223	0.857	-0.034	0.082	-0.483	-0.063	-0.063	0.101	-0.152
x10	0.005	-0.009	0.125	0.069	-0.098	-0.062	0.102	-0.231	-0.034	0.794	0.190	-0.277	-0.166	0.051	-0.243	-0.488
x11	-0.185	0.032	-0.053	0.255	-0.195	-0.127	0.044	-0.148	0.082	0.190	0.822	-0.235	-0.253	-0.045	-0.210	-0.137
x12	0.013	-0.088	0.022	-0.109	0.215	-0.063	-0.114	-0.122	-0.483	-0.277	-0.235	0.841	-0.108	0.076	0.061	0.039
x13	-0.327	-0.036	0.099	0.085	-0.069	0.230	0.053	-0.057	-0.063	-0.166	-0.253	-0.108	0.809	-0.134	0.075	0.059
x14	0.114	0.010	0.003	0.065	-0.111	0.047	-0.170	-0.002	-0.063	0.051	-0.045	0.076	-0.134	0.745	-0.597	0.091
x15	-0.013	0.019	-0.004	-0.327	0.247	-0.056	0.019	-0.082	0.101	-0.243	-0.210	0.061	0.075	-0.597	0.695	-0.013
x16	0.051	-0.291	0.111	0.050	-0.090	0.023	-0.125	0.295	-0.152	-0.488	-0.137	0.039	0.059	0.091	-0.013	0.698

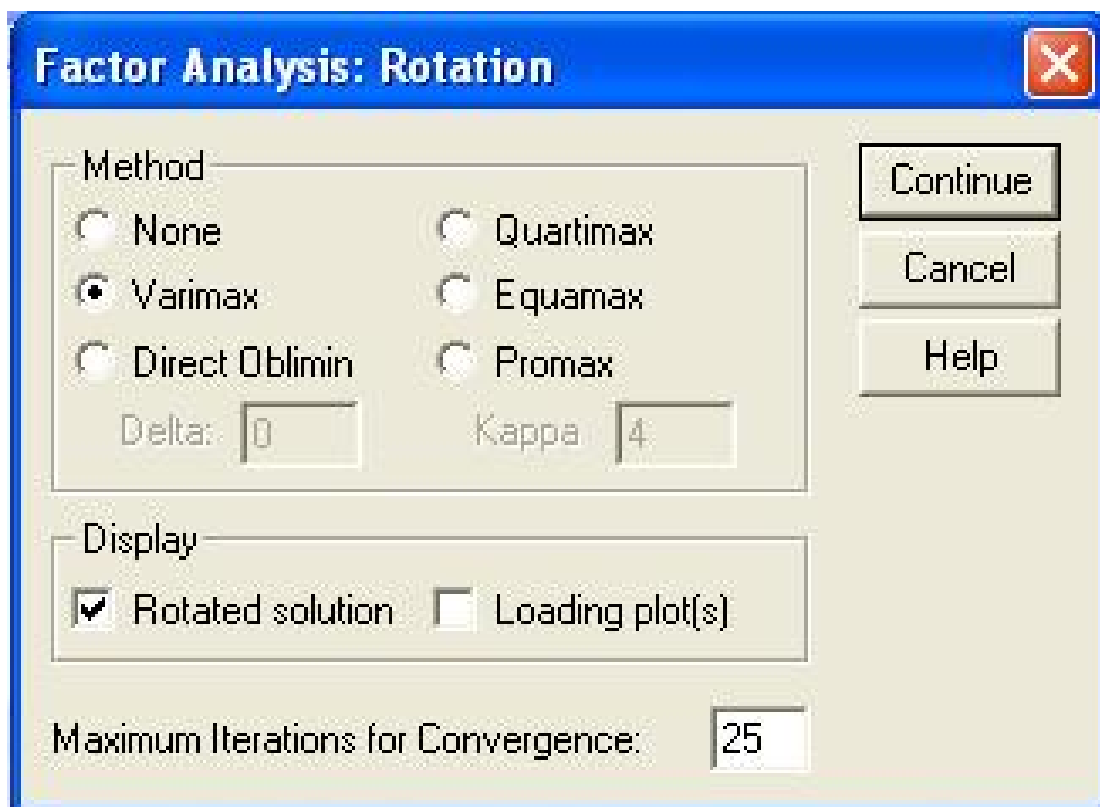
Πίνακας 5.3 – SPSS, Anti-image Matrices – Anti-image Correlation

Συνεχίζουμε με τις υπόλοιπες επιλογές του παραθύρου Factor Analysis (εικόνα 5.1) Επιλέγουμε από το παράθυρο Extraction (εικόνα 5.4) στο Method : Principal Components, στο πλαίσιο Analyze το Correlation matrix, στο πλαίσιο Display τσεκάρουμε τις δυο επιλογές Unrotated factor solution και Scree plot, από το πλαίσιο Extract επιλέγουμε Eigenvalues over 1



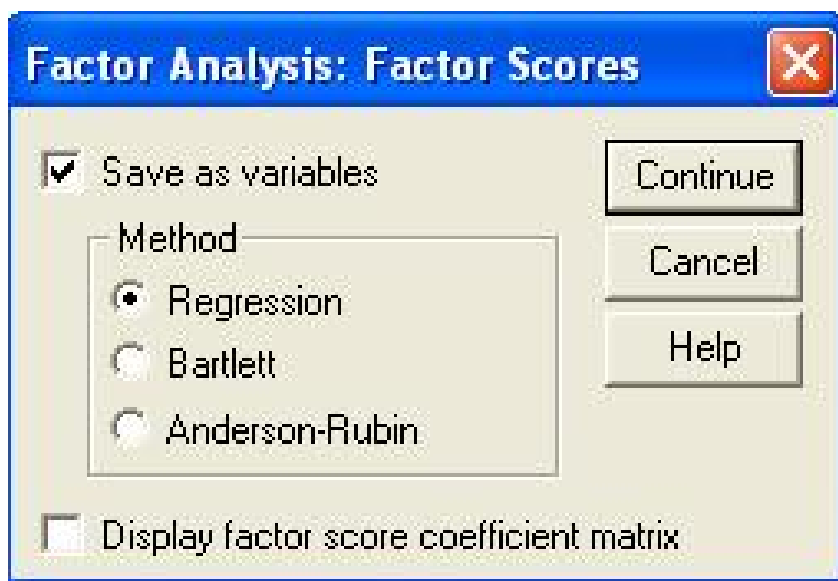
Εικόνα 5.4 – SPSS, Factor Analysis: Extraction

Στη συνέχεια πατάμε Continue και ανοίγουμε το παράθυρο Rotation (εικόνα 5.5), όπου επιλέγουμε στο πλαίσιο Method : Varimax και πατάμε Continue.



Εικόνα 5.5 – SPSS, Factor analysis: Rotation

Τέλος ανοίγουμε το παράθυρο Scores (εικόνα 5.6), όπου τσεκάρουμε την επιλογή Save as variables και στο πλαίσιο Method επιλέγουμε Regression. Ύστερα πατάμε Continue και OK.



Εικόνα 5.6 – SPSS, Factor analysis: Factor Scores

Στο Output που προκύπτει, εκτός από τους πίνακες που προαναφέραμε, εμφανίζονται επιπλέον:

Ο πίνακας **Communalities** (πίνακας 5.4), όπου στην στήλη Extraction περιέχονται οι τιμές που εκφράζουν το ποσοστό της μεταβολής της κάθε μεταβλητής, το οποίο ερμηνεύεται από τους παράγοντες.

Ο πίνακας **Total Variance Explained** (πίνακας 5.5), απ'τον οποίον παίρνουμε πολλές πληροφορίες.

Η στήλη Component μας δίνει το πλήθος των παραγόντων, οι οποίοι είναι όσες και οι μεταβλητές, δηλαδή 16.

Το τμήμα Initial Eigenvalues περιέχει τρεις στήλες. Στην στήλη Total είναι οι ιδιοτιμές του κάθε παράγοντα, δηλαδή οι τιμές που δηλώνουν την συνολική μεταβολή, η οποία ερμηνεύεται από κάθε παράγοντα. Η στήλη % of Variance δίνει το ποσοστό της διακύμανσης το οποίο περιγράφεται από τον παράγοντα, ενώ η στήλη Cumulative % περιέχει αθροιστικά τα ποσοστά της στήλης % of Variance.

Το τμήμα Extraction Sums of Squared Loadings επίσης έχει τρεις στήλες. Οι στήλες του είναι ίδιες με τις στήλες του τμήματος Initial Eigenvalues, μόνο

που εμφανίζονται οι τιμές των παραγόντων, των οποίων οι ιδιοτιμή είναι μεγαλύτερη της μονάδας (όπως το ορίσαμε στο παράθυρο Extraction της εικόνας 5.4). Στην ουσία αυτοί είναι οι παράγοντες που προκύπτουν από την ανάλυση μας. Στην περίπτωση μας είναι 5.

Στο τμήμα Rotation Sums of Squared Loadings πάλι έχουμε τις ίδιες στήλες, αλλά οι τιμές είναι αυτές που προέκυψαν μετά την ορθογώνια περιστροφή (Rotation-Varimax)

Επίσης εμφανίζεται το διάγραμμα **Scree Plot** (Γράφημα 5.1), το οποίο απεικονίζει τους παράγοντες στον οριζόντιο άξονα και τις ιδιοτιμές τους στον κάθετο. Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε ποιοι από τους παράγοντες έχουν ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας και σχηματικά.

Ο πίνακας **Component Matrix** (πίνακας 5.6) περιέχει τους 5 παράγοντες που προέκυψαν, καθώς και τις αντίστοιχες φορτίσεις (loadings) των μεταβλητών στους 5 αυτούς παράγοντες. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται από -1 έως 1.

Ο πίνακας **Rotated Component Matrix** (πίνακας 5.7) είναι ίδιος με τον πίνακα **Component Matrix**, μόνο που οι τιμές του είναι αυτές που προέκυψαν μετά την ορθογώνια περιστροφή (Rotation-Varimax) των 5 παραγόντων.

Τέλος ο πίνακας **Component Transformation Matrix** (πίνακας 5.8) είναι ο εκ περιστροφής πίνακας ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή των φορτίσεων (loadings) του πίνακα **Component Matrix** σε αυτές του πίνακα **Rotated Component Matrix**

Communalities

	Initial	Extraction
X1	1.000	.691
X2	1.000	.777
X3	1.000	.682

X4	1.000	.767
X5	1.000	.753
X6	1.000	.467
X7	1.000	.772
X8	1.000	.654
X9	1.000	.779
X10	1.000	.802
X11	1.000	.666
X12	1.000	.787
X13	1.000	.710
X14	1.000	.821
X15	1.000	.832
X16	1.000	.774

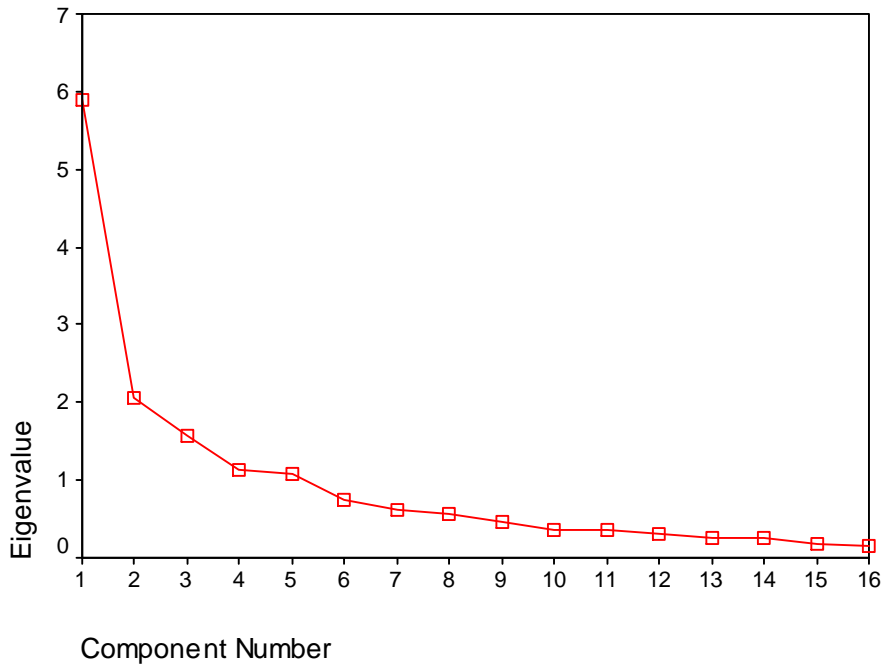
Πίνακας 5.4 – SPSS, Communalities

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.900	36.874	36.874	5.900	36.874	36.874	3.054	19.086	19.086
2	2.053	12.831	49.706	2.053	12.831	49.706	2.677	16.730	35.815
3	1.568	9.800	59.506	1.568	9.800	59.506	2.100	13.127	48.942
4	1.130	7.060	66.565	1.130	7.060	66.565	2.009	12.559	61.501
5	1.084	6.773	73.339	1.084	6.773	73.339	1.894	11.838	73.339
6	.739	4.617	77.956						
7	.630	3.937	81.892						
8	.556	3.474	85.366						
9	.475	2.966	88.332						
10	.370	2.312	90.644						
11	.361	2.258	92.902						
12	.297	1.858	94.761						
13	.253	1.581	96.342						
14	.246	1.539	97.881						
15	.180	1.127	99.007						
16	.159	.993	100.000						

Πίνακας 5.5 – SPSS, Total variance explained

Scree Plot



Γράφημα 5.1 – SPSS, Scree Plot

Component Matrix

	Component				
	1	2	3	4	5
X1	.552	.315	.376	.374	-7.643E-02
X2	.419	.380	.539	-5.333E-02	.405
X3	.515	-.173	.597	.154	-8.096E-02
X4	.644	-.518	.192	-.212	-3.705E-02
X5	.756	-.244	.313	-.154	-1.063E-02
X6	.613	9.683E-	.228	-.169	3.803E-

		02			02
X7	.686	-.479	4.436E-02	-.143	-.223
X8	.729	-.162	-.198	-7.125E-02	-.226
X9	.712	.187	-.263	-.114	-.394
X10	.636	.353	-.368	-.309	.206
X11	.634	.231	-6.048E-02	.451	6.099E-02
X12	.722	.302	-.295	-6.981E-02	-.287
X13	.513	.397	-.207	.492	-6.919E-02
X14	.467	-.545	-.314	.284	.356
X15	.519	-.441	-.333	.169	.478
X16	.452	.484	-6.453E-02	-.415	.399

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Πίνακας 5.6 – SPSS, Component Matrix

Rotated Component Matrix

	Component				
	1	2	3	4	5
X1	.338	9.182E-02	.731	-.106	.152
X2	.339	-.225	.406	-.113	.659
X3	.728	-9.166E-02	.379	-2.210E-02	1.147E-02
X4	.779	.211	-9.117E-02	.325	4.539E-02
X5	.773	.223	.144	.187	.223
X6	.474	.233	.207	1.913E-	.380

					02	
X7	.710	.410	-3.427E-02	.304	-8.189E-02	
X8	.421	.617	.127	.280	3.813E-02	
X9	.246	.807	.228	1.366E-02	.124	
X10	-1.918E-03	.579	9.199E-02	.226	.638	
X11	.114	.282	.692	.270	.144	
X12	.150	.784	.309	4.053E-02	.228	
X13	-.110	.393	.718	.149	7.647E-02	
X14	.208	7.903E-02	9.842E-02	.870	-7.067E-02	
X15	.181	9.756E-02	7.105E-02	.876	.130	
X16	8.984E-03	.247	5.666E-02	2.746E-02	.842	

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Πίνακας 5.7 – SPSS, Rotated Component Matrix

Component Transformation Matrix

Component	1	2	3	4	5
1	.571	.538	.402	.332	.334
2	-.468	.180	.440	-.539	.515
3	.621	-.580	.213	-.474	.088
4	-.204	-.228	.774	.269	-.485

5	-.168	-.538	-.008	.550	.616
---	-------	-------	-------	------	------

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Πίνακας 5.8 – SPSS, Component Transformation Matrix

Όπως προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση των 16 μεταβλητών, σχηματίζονται 5 παράγοντες (Components). Οι παράγοντες αυτοί συνιστώνται από τις 16 αρχικές μεταβλητές και η ομαδοποίησή τους έχει μια λογική βάση. Παρακάτω παραθέτουμε τους παράγοντες αυτούς και τους ονομάζουμε, βασισμένοι στις μεταβλητές που τους απαρτίζουν.

Παράγοντας 1 (Ανεπάρκεια στελεχών και κινήτρου)

X4 : Την έλλειψη υποδομών σε στελέχη

X5 : Την δυσκολία στην προμήθεια αναγκαίου εξοπλισμού και κατάλληλου προσωπικού

X6 : Τις ασύμμετρες πληροφορίες και η παρουσία αποκλίνων κινήτρων

X7 : Την έλλειψη εμπειριών από τα στελέχη

Παράγοντας 2 (Οι ΤΕΕ δεν αποτελούν προτεραιότητα)

X8 : Την πραγματοποίηση επενδύσεων που δεν αφορούν ΤΕΕ

X9 : Τα στελέχη δεν θεωρούν σημαντική τις επενδύσεις σε ΤΕΕ

X12 : Η δαπάνη για ενέργεια δεν είναι σημαντικό στοιχείο του συνολικού κόστους

Παράγοντας 3 (Ανεπάρκεια πληροφόρησης)

X1 : Έλλειψη πληροφοριών και η ανεπάρκεια πληροφόρησης

X11 : Οι επενδύσεις σε ΤΕΕ απευθύνονται σε επιχειρήσεις μεγαλύτερου μεγέθους

X13 : Την αυτόνομη ύπαρξη άλλων επενδυτικών σχημάτων σχετικών με ΤΕΕ

Παράγοντας 4 (Συχνές αλλαγές στα πολιτικά και οικονομικά δεδομένα της ενέργειας)

X14 : Τις συχνές αλλαγές στις τιμές της ενέργειας

X15 : Τις συχνές αλλαγές στην πολιτική του κράτους σε σχέση με την ενέργεια

Παράγοντας 5 (Ανεπαρκής κρατική υποστήριξη και ασυμβατότητα)

X2 : Τα κίνητρα που δίνονται από το κράτος δεν ανταποκρίνονται σε σας

X10 : Την ασυμβατότητα για την υλοποίηση του ενεργειακού σχεδίου

X16 : Το μικρό ποσοστό επιδότησης

Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα

Όπως είδαμε αρχικά στο κεφάλαιο 4, η ανάλυση των μεταβλητών (εμποδίων υιοθέτησης ΤΕΕ από ελληνικές επιχειρήσεις) ήταν αρκετά περίπλοκη λόγω του πλήθους τους και των διαφόρων παραγόντων που τα επηρεάζουν. Εφαρμόζοντας την παραγοντική ανάλυση και συγκεκριμένα την μέθοδο της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες, καταφέραμε να μειώσουμε την διάσταση του προβλήματος που μελετάμε σε λιγότερες παραμέτρους, πράγμα που μας δίνει την δυνατότητα ευκολότερης κατανόησής του.

Τα αποτελέσματα που πήραμε από την ανάλυση των 16 μεταβλητών (εμποδίων υιοθέτησης ΤΕΕ από ελληνικές επιχειρήσεις) μας έδειξαν ότι μπορούν να ομαδοποιηθούν σε πέντε ομάδες μεταβλητών (παράγοντες) βασιζόμενοι πάντα στις απαντήσεις που λάβαμε από τους επιχειρηματίες των ελληνικών βιομηχανιών. Έτσι, πετύχαμε το σκοπό μας, δηλαδή, να μειώσουμε τη διάσταση του προβλήματος που μελετάμε, ώστε να είναι δυνατή η συνοπτική παρουσίασή του.

Το σημαντικότερο, όμως, είναι η χρησιμότητα των στοιχείων που αποκομίσαμε εφαρμόζοντας την παραγοντική ανάλυση. Διαχωρίσαμε τα εμπόδια υιοθέτησης ΤΕΕ ανάλογα με τη συσχέτισή τους, όπως το βλέπουν οι επιχειρηματίες των ελληνικών βιομηχανιών.

Έτσι, για παράδειγμα στον πρώτο από τους πέντε παράγοντες έχουμε τέσσερα εμπόδια υιοθέτησης ΤΕΕ.

- Την έλλειψη υποδομών σε στελέχη
- Την δυσκολία στην προμήθεια αναγκαίου εξοπλισμού και κατάλληλου προσωπικού
- Τις ασύμμετρες πληροφορίες και η παρουσία αποκλίνων κινήτρων
- Την έλλειψη εμπειριών από τα στελέχη

Ονομάσαμε τον παράγοντα αυτό «Ανεπάρκεια στελεχών και κινήτρου». Είναι φανερό ότι όλα τα εμπόδια του παράγοντα αυτού σχετίζονται με προβλήματα που αφορούν το προσωπικό των επιχειρήσεων και τα κίνητρα για επένδυση σε ΤΕΕ απ'αυτούς.

Το ίδιο ισχύει και για τους υπόλοιπους παράγοντες. Κάθε εμπόδιο υιοθέτησης ΤΕΕ, που απαρτίζει το εκάστοτε παράγοντα, σχετίζεται με κάτι συγκεκριμένο, απ'το οποίο ο παράγοντας παίρνει το όνομά του. Οι πέντε παράγοντες, όπως αναφέρονται και στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι οι εξής:

- Ανεπάρκεια στελεχών και κινήτρου
- Οι ΤΕΕ δεν αποτελούν προτεραιότητα
- Ανεπάρκεια πληροφόρησης
- Συχνές αλλαγές στα πολιτικά και οικονομικά δεδομένα της ενέργειας
- Ανεπαρκής κρατική υποστήριξη και ασυμβατότητα

Οπότε, μια προσπάθεια αντιμετώπισης των εμποδίων υιοθέτησης ΤΕΕ από τις ελληνικές βιομηχανίες, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους παραπάνω παράγοντες. Κάθε παράγοντας αποτελεί μια ξεχωριστή ενότητα και μπορεί να στοχευτεί και να αντιμετωπιστεί ξεχωριστά. Παρακάτω θα σχολιάσουμε τον κάθε παράγοντα.

- **Ανεπάρκεια στελεχών και κινήτρου.**

Η αντιμετώπιση του εμποδίου αυτού απαιτεί κυρίως ενέργειες κατάρτισης του προσωπικού των επιχειρήσεων. Αυτή η προσπάθεια θα μπορούσε να στηριχθεί από εθνικά και διεθνή προγράμματα μεταφοράς τεχνογνωσίας από αναπτυγμένες χώρες, οι οποίες εφαρμόζουν ΤΕΕ στις βιομηχανίες τους.

- **Οι ΤΕΕ δεν αποτελούν προτεραιότητα.**

Μπορεί οι ΤΕΕ να έχουν σημαντικά οφέλη όχι μόνο για το περιβάλλον, αλλά και για την ίδια την επιχείρηση σε βάθος χρόνου, ωστόσο όμως, η εφαρμογή των ΤΕΕ δεν παύει να είναι μια επένδυση μεγάλου κόστους για μια επιχείρηση. Έτσι, αν τα πλάνα μιας επιχείρησης έχουν άλλη κατεύθυνση με περισσότερες κερδοφόρες προοπτικές, είναι λογικό η επιχείρηση αυτή να μην προτιμάει, την δεδομένη χρονική στιγμή, να επενδύσει σε ΤΕΕ.

- **Ανεπάρκεια πληροφόρησης.**

Είναι σημαντικό για οποιαδήποτε επιχείρηση να έχει εύκολη πρόσβαση σε πληροφορίες που αφορούν τις επενδύσεις σε ΤΕΕ. Θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένας φορέας, ο οποίος να εξυπηρετεί αυτό το σκοπό ή να

αναλάβει τον ρόλο αυτό ένας οργανισμός, ο οποίος θα μπορούσε να διεξαγάγει μια ενημερωτική εκστρατεία στις ελληνικές βιομηχανίες.

- **Συχνές αλλαγές στα πολιτικά και οικονομικά δεδομένα της ενέργειας.**

Είναι γνωστό πως οποιαδήποτε αστάθεια στην οικονομική και την πολιτική σκηνή μιας χώρας είναι ένας ανασταλτικός παράγοντας σε επενδυτικές κινήσεις από επιχειρήσεις. Ακριβώς αυτό το κλίμα της αστάθειας επικρατεί στην Ελλάδα τα τελευταία δύο τουλάχιστον χρόνια, προκαλώντας μεγαλύτερο σκεπτικισμό και περισσότερη επιφύλαξη στους Έλληνες επιχειρηματίες για επενδύσεις όχι μόνο σε ΤΕΕ, αλλά και σε άλλους τομείς.

- **Ανεπαρκής κρατική υποστήριξη και ασυμβατότητα.**

Οποιαδήποτε επένδυση που επιφέρει όχι μόνο κερδοφορία στην εκάστοτε επιχείρηση, αλλά και όφελος στο κοινωνικό ή περιβαλλοντικό σύνολο, είναι απαραίτητο να έχει την αντίστοιχη κρατική στήριξη. Είναι σαφές πως αν οι αρχές μιας χώρας, όπως η Ελλάδα, αδιαφορούν για τέτοιου είδους ενέργειες, τότε οι προσπάθειες των επιχειρηματιών γίνονται με μεγαλύτερες δυσκολίες.

Σε γενικές γραμμές, μπορούμε να πούμε πως κάποια εμπόδια υιοθέτησης ΤΕΕ από τις ελληνικές βιομηχανίες είναι πιο εύκολο να αντιμετωπιστούν, ενώ υπάρχουν και εμπόδια, που αν δεν γίνουν ριζικές αλλαγές στη φιλοσοφία της λειτουργίας του κράτους, η αντιμετώπισή τους είναι σχεδόν αδύνατη. Η Παραγοντική Ανάλυση και η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες μας έδωσε την δυνατότητα να δούμε πιο ξεκάθαρα και συγκεκριμένα το πρόβλημα που μελετάμε. Έτσι, είδαμε πόσο χρήσιμη είναι η συγκεκριμένη στατιστική διαδικασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

1. *Functional data analysis* by James O. Ramsay, B. W. Silverman, 2005
2. *Applied Factor Analysis* by Rudolph J. Rummel, 1970
3. *Factor analysis* by Richard L. Gorsuch, 1983
4. *Factor Analysis: An Applied Approach* by Edward E. Cureton, Ralph B. D'Agostino, 1993
5. *Principal components analysis* by George Henry Dunteman, 1989
6. *Modern Factor Analysis* by Harman, Harry Horace, 1967
7. *Energy efficiency or the efficient use of energy resources* by Sutherland, 1994
8. *Market Barriers to energy efficiency: a critical reappraisal of the rational for public policies to promote energy efficiency* by Golove and Eto, 1996
9. *Discount Rates and Energy Efficiency* by Howarth and Stanstad, 1955
10. *Models of Man* by H. Simon, 1950
11. *Barriers within firms to energy efficient investment* by DeCanio, 1993
12. *The capital budgeting practices of 12 large manufacturing firms* by Ross, 1986
13. *Energy Efficiency and the Limits of Market Forces: The Example of the Electric Motor Market in France* by De Almeida, 1998
14. *Barriers to improvements in energy efficiency* by Reddy, 1991
15. *Determinants of Investment in Energy Conservation* by Velthuijsen, 1995
16. *DSM: The third Wave. Energy Policy* by Sioshansi, 1955
17. *The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology* by Jaffe, A. B. and Stavins, R. N., 1994
18. *Energy Efficiency :How far can we go?* by Carlsmith, 1990

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. *Το παράδοξο της ενέργειας στην ελληνική βιομηχανία: Έκταση, υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και αντιρρύπανσης και επιδράσεις στην απόδοση, αποτελεσματικότητα και παραγωγικότητα* του Κουνετά Κωνσταντίνου, 2007
2. *Στατιστικές Εφαρμογές με SPSS* του Ευστάθιου Δημητριάδη, 2002-2003
3. *Κοινωνική Στατιστική με SPSS* του Βασιλείου Δαθέρμου, 2005
4. *Στοιχεία Πολυμεταβλητής Ανάλυσης Δεδομένων* του Καρλή Δημητρίου, 2001
5. *Διαχείριση βιομηχανικών αποβλήτων - Γενική θεώρηση* της Α. Κατσίρη, 2005

ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://stocksteelrecycling.com/eng/page/recycling-in-industr> - Ανακύκλωση & Βιομηχανία
2. www.marketingweek.gr άρθρο του Δημήτρη Κορδερά για ΤΕΕ
3. www.herrco.gr – Ελληνική Εταιρία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (Ε.Ε.Α.Α.)
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Eigenvalues_and_eigenvectors - Αλγεβρική θεωρία ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων
5. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management - Διαχείριση αποβλήτων