



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**



**Δημιουργία λογισμικού εργαλείου για την
αξιολόγηση ενεργειακού σχεδιασμού**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελένη Κ. Νάκου

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2010

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**Δημιουργία λογισμικού εργαλείου για την
αξιολόγηση ενεργειακού σχεδιασμού**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελένη Κ. Νάκου

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 13^η Ιουλίου 2010.

Ι.Ψαρράς,
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Δ.Ασκούνης,
Αναπληρωτής Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

Β.Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

.....

.....

Αθήνα Ιούλιος 2010

.....

Ελένη Κ. Νάκου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ελένη Κ. Νάκου, 2010
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Αυτό το διδακτικό βοήθημα έχει σχεδιασθεί προκειμένου να δώσει στον επικείμενο αναγνώστη μια σαφής εικόνα γύρω από την PCA (Principal Component Analysis). Η PCA είναι μια χρήσιμη στατιστική τεχνική η οποία έχει βρεί μεγάλη ανταπόκριση σε ένα ευρέως φάσμα εφαρμογών και τομέων όπως για παράδειγμα είναι η αναγνώριση προσώπων, η εικονική συμπίεση αλλά επίσης είναι μια κοινή τεχνική που χρησιμοποιείται στην εύρεση προτύπων που ανταποκρίνονται σε δεδομένα υψηλών-μεγάλων διαστάσεων.

Η ανάπτυξη της παραπάνω μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της Visual Basic Net 2008 (Vb.net 2008). Η Visual Basic Net 2008 αποτέλεσε το δομικό υλικό για την επικείμενη πολύπλευρη σύνθεση της PCA. Η Visual Basic. NET (VB.NET) είναι μια αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού υπολογιστών που μπορεί να θεωρηθεί ως εξέλιξη της Visual Basic της Microsoft (VB), η οποία συνήθως υλοποιείται με τη Microsoft. NET Framework.

Ύστερα έχοντας πλέον κατακτήσει το πρώτο βήμα, συγκεκριμένα αυτό της δημιουργίας του παραπάνω δομημένου προγράμματος, καθίσταται ως δεύτερο βήμα η εισαγωγή των δεδομένων. Επιθυμούμε λοιπόν στους κόλπους του εν λόγω προγράμματος να μελετήσουμε και να παρατηρήσουμε τις τιμές των εκάστοτε χωρών – σύνολο εικοσιεπτά (27) – που απαρτίζουν στο σύνολό τους την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι δείκτες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν χαρακτηρίζουν τόσο στη περίπτωση του πετρελαίου όσο και στην περίπτωση του φυσικού αερίου την εξάρτηση και δή τη μεταβλητότητα των εν λόγω χωρών έναντι στις παραπάνω πηγές ενέργειας.

Λέξεις Κλειδιά

ασφάλεια ενεργειακής προμήθειας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο, ρευστότητα αγοράς, PCA (ανάλυση κύριων συστατικών) , ενεργειακή μεταβλητότητα

Abstract

This tutorial is designed to give the reader an understanding of Principal Components Analysis (PCA). PCA is a useful statistical technique that has found application in fields such as face recognition and image compression, and is a common technique for finding patterns in data of high dimension.

The development of this aforementioned methology has been accomplished by the use of Visual Basic Net 2008 (Vb.net 2008). Visual Basic Net 2008 constituted the structural material for the imminent multifaceted composition of PCA. The Visual Basic. NET (VB.NET) is an object-oriented computer programming language that can be considered as an evolution of Visual Basic in Microsoft (VB), which is usually implemented by Microsoft. NET Framework.

Afterwards having henceforth conquers the first step, concretely that of creation of this structured program, is rendered as second step the import of data. We wish therefore with the help of this program to study and to observe the prices of each country (specifically 27 countries) that compose the European Union.

The indicators that are to be used characterize: so much in the case of oil as long as in the case of natural gas the dependence and particularly the variability of countries in sources of energy that are mentioned before.

Keywords: *Energy Supply Security),market liquidity, Energy Security Indices, Oil&Gas, PCA , Energy Vulnerability*

Πρόλογος

Η εργασία αυτή βασίστηκε σε μια ιδέα του Χρήστο Ρούπα. Η ιδέα αναπτύσσεται μέσα από τη συνεργασία του εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Η υλοποίηση στην τωρινή της μορφή δεν θα μπορούσε να είχε πραγματοποιηθεί χωρίς την καθοριστική συμβολή και καθοδήγηση του Χρήστου Ρούπα. Ο ίδιος παρείχε την θεωρητική υποστήριξη πίσω από τη ιδέα της στατιστικής μεθόδου PCA Principal Component Analysis. Επίσης σημαντική ήταν η συμβολή του φίλου μου και απόφοιτου της σχολής Η.Μ.Μ.Υ. Ροδόλφου Παρθένογλου για την κατανόηση του προγράμματος Visual Basic Net, η άμογη συνεργασία ήταν εξαιρετικά κρίσιμη για την πορεία της εργασίας.

Τέλος ευχαριστίες στον καθηγητή Ι. Ψαρρά και στην ομάδα της Μονάδας Αποφάσεων και Διοίκησης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για τα μέσα και την ευκαιρία που πρόσφεραν για την υλοποίηση της εργασίας αυτής.

Περιεχόμενα

1. Ένα διδακτικό βοήθημα σχετικά με την PCA(A tutorial on Principal Components Analysis).....	10
Εισαγωγή.....	10
Αναφορά και ανάλυση μαθηματικών εννοιών.....	12
1. Στατιστική.....	12
.....	12
1.1.1. Τυπική απόκλιση.....	12
1.1.2. Διασπορά.....	15
1.1.3. Συνδιακύμανση.....	15
1.1.4. Μήτρα Συνδιακύμανσης.....	17
1.2. Άλγεβρα Μήτρας.....	19
1.2.1. Ιδιοδιανύσματα.....	19
1.2.2. Ιδιοτιμές.....	21
1.3. PCA.....	21
1.4. Επαναφορά των αρχικών δεδομένων.....	28
1.5. Εφαρμογή στη Computer Vision.....	31
1.5.1. Περιγραφή.....	32
1.5.2. Principal Component Analysis – PCA Ευρεση προτύπων.....	32
1.5.3. Η PCA για τη συμπίεση εικόνας.....	33
Παράρτημα Α.....	34
2. Ανάπτυξη της PCA με τη χρήση Visual Basic Net 2008 (Express Edition).....	37
Εισαγωγή.....	37

2.1 Συνοπτική παρουσίαση της Visual Basic 2008 Express Edition	37
2.2. Τρόπος δόμησης της PCA με χρήση της V.B. 2008 Express	44
3.Ανάπτυξη του κώδικα που χρησιμοποιείται για την ολοκλήρωση της εν λόγω εφαρμογής σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 2008 Express Edition	76
4.Ανάλυση επιλογής δεικτών	88
Εισαγωγή	88
4.1.ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΣΤΑ: ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	88
Περίληψη	88
Συμπληρωματική εισαγωγή	89
4.2.Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τα είδη της μεταβλητότητας των υπάρχουσων μελετών	92
4.3.Μεθολογία	93
Διαστάσεις μεταβλητότητας	95
4.4.Η επιλογή των δεικτών	95
4.4.α. Κίνδυνος αγοράς (GPD-PES)	96
4.4.β.Κίνδυνος ανεφοδιασμού (PM-ML-DPED-NEID)	96
4.5..Principal Component Analysis PCA	98
4.5.α.Ανάπτυξη των δύο καθολικών δεικτών	100
4.5.β Δείκτης μεταβλητότητας πετρελαίου (Oil Vulnerability Index), και δείκτης μεταβλητότητας φυσικού αερίου (Natural Gas Vulnerability Index)	100
4.6. Πηγές δεδομένων	101
4.7..Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα	102
4.8. Αναλύοντας τα αποτελέσματα	107
4.9. Δείκτης μεταβλητότητας πετρελαίου (OIL VULNERABILITY INDEX - OVI)	109
<i>Συγκεκριμένη ανάλυση χωρών</i>	111
<i>Μεταβλητότητα πετρελαίου της ΕΕ</i>	113
<i>Η Ευρώπη των 27: προβλεπόμενη μεταβλητότητα</i>	116
<i>Ομαδοποίηση</i>	118
4.10.Δείκτης μεταβλητότητας του φυσικού αερίου(NATURAL VULNERABILITY INDEX - NGVI)	118
4.11.Συμπεράσματα	120
<i>Αναγνωρίσεις</i>	123
Αναφορές	123

1

A tutorial on Principal Components Analysis (ένα διδακτικό βοήθημα σχετικά με την PCA)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτό το διδακτικό βοήθημα έχει σχεδιασθεί προκειμένου να δώσει στον επικείμενο αναγνώστη μια σαφής εικόνα γύρω από την PCA (Principal Component Analysis). Η PCA είναι μια χρήσιμη στατιστική τεχνική η οποία έχει βρεί μεγάλη ανταπόκριση σε ένα ευρέως διαδεδομένο φάσμα εφαρμογών και τομέων όπως για παράδειγμα είναι η αναγνώριση προσώπων, η εικονική συμπίεση. Έτσι λοιπόν μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια συνήθης τεχνική προκειμένου να επιτυγχάνεται η εύρεση προτύπων-υποδειγμάτων σε πληροφορίες και δεδομένα υψηλών διαστάσεων.

Η PCA- principal component analysis ή όπως αλλιώς φέρει την ονομασία Hotelling μετατροπή ή Karhunen-Loeve μετατροπή είναι μία τεχνική ελαχιστοποίησης του συνολικού αριθμού των μεταβλητών. Η επικείμενη τεχνική χρησιμοποιείται όταν υπάρχει πλεονασμός στα δεδομένα ενός δείγματος, ο οποίος πλεονασμός δύναται να έχει συσχετισμένα στοιχεία, πιθανόν σε μια συνάρτηση που μετρά το ίδιο γεγονός. Η ύπαρξη αυτή του πλεονασμού καθιστά δυνατή τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης των μεταβλητών. Για τον έλεγχο της επικείμενης ύπαρξης θα πρέπει να αναλυθεί ο πίνακας συσχέτισης.

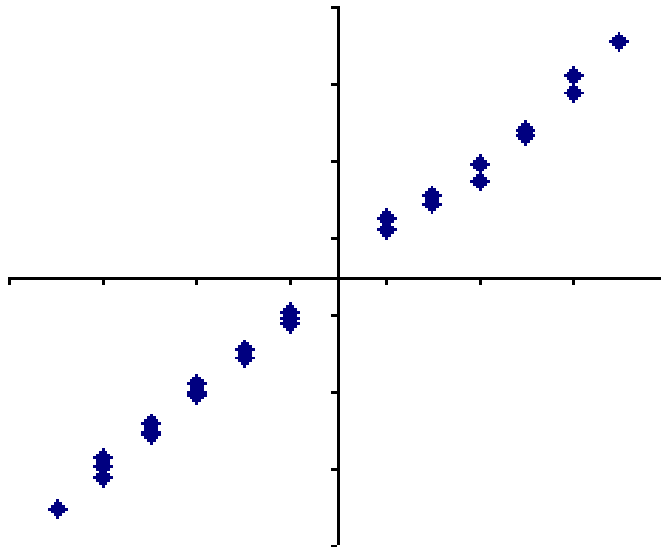
Η PCA τεχνική συνίσταται από τον επαναπροσδιορισμό των συντεταγμένων ενός συνόλου δεδομένων σε ένα άλλο σύστημα συντεταγμένων το οποίο θα είναι καταλληλότερο στην επικείμενη ανάλυση δεδομένων. Αυτές οι νέες συντεταγμένες είναι το αποτέλεσμα ενός γραμμικού συνδυασμού προερχόμενου από τις αρχικές μεταβλητές

και εκπροσωπούνται σε ορθογώνιο άξονα, ενώ τα επικείμενα σημεία διατηρούν μια φθίνουσα σειρά όσο αφορά στη τιμή της διακύμανσής τους. *Για το λόγο αυτό, το πρώτο κύριο συστατικό (principal component) διατηρεί περισσότερες πληροφορίες δεδομένων εν συγκρίσει με το δεύτερο το οποίο δεν διατηρεί πληροφορίες οι οποίες έχουν εισέλθει νωρίτερα(στο πρώτο συστατικό). Τα principal components δεν συσχετίζονται.*

Η συνολική ποσότητα των principal components είναι ίση με τη ποσότητα των αρχικών μεταβλητών και παρουσιάζει τις ίδιες πληροφορίες στατιστικής. Εντούτοις, η συγκεκριμένη μέθοδος επιτρέπει την μείωση του συνόλου των μεταβλητών, καθώς τα πρώτα συστατικά (principal componets) διατηρούν περισσότερο από το 90% των στατιστικών δεδομένων από τα αρχικά δεδομένα.

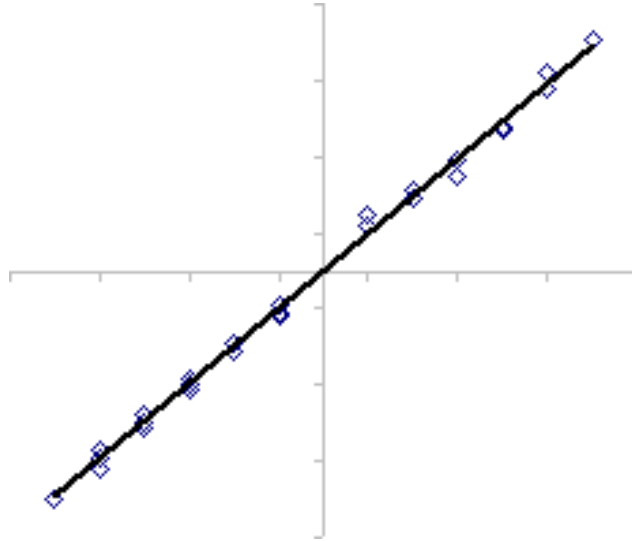
Ας λάβουμε ως παράδειγμα ένα σύνολο δεδομένων το οποίο αποτελείται από δύο μεταβλητές κανονικοποιημένες, των οποίων ο αρχικός άξονας διαγράφεται στο παρακάτω σχήμα. Για την αναπαράσταση ενός σημείου θα χρειασθούν οι πληροφορίες και από τις δύο μεταβλητές.

Αρχικά δεδομένα



Ας σκεφθούμε τώρα έναν νέο άξονα, ο οποίος προέρχεται από το γραμμικό συνδυσμό των δύο μεταβλητών. Τα σημεία του νέου αυτού άξονα είναι τοποθετημένα σε μια σειρά εν συγκρίσει με τις τιμές της μεταβλητότητας αυτών. Παρακάτω διαφαίνεται και το διάγραμμα του συνόλου δεδομένων με τη χρήση της PCA.

Pca άξονας



Στο επικείμενο παράδειγμα, ένα σημείο στο διάγραμμα δύναται να καθοριστεί μόνο από μια συντεταγμένη ή ένα αποτέλεσμα στο νέο άξονα.

Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών που δίνονται, έτσι με το συντελεστή φορτίου των εν λόγω μεταβλητών, οι οποίες εκπροσωπούνται με τη συνεργασία ενός νέου άξονα x για τη μεταβλητή στον οριζόντιο άξονα και αντίστοιχα το ίδιο διαδραματίζεται και για τον άξονα y .

Χρησιμοποιώντας περισσότερες μεταβλητές, το οπτικό παράδειγμα δύναται να χαρακτηριστεί ως ακατόρθωτο. Η PCA, εντούτοις, μπορεί να μειώσει το ποσό μεταβλητών. Η ίδια η διαδικασία, αντιπροσωπεύει τη σύγκριση του πλεονασμού ο οποίος είναι παρών στα κύρια συστατικά στοιχεία. Ακόμα κι έτσι, χρησιμοποιώντας μόνο τα αποτελέσματα PCA, είναι συχνά μη πιθανός ο προσδιορισμός των μεταβλητών που κρατούν έναν άλλο παράγοντα και επομένως, ερμηνεύοντας το μέσο όρο του κάθε συστατικού κατανοούμε τις δομές των εξαρτήσεων.

Προτού ξεκινήσουμε την περιγραφή της επικείμενης μεθόδου, το εν λόγω διδακτικό βοήθημα αρχικά μας καθοδηγεί σε μαθηματικές έννοιες και μεθόδους οι οποίες πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Καλύπτει επομένως τις παρακάτω μαθηματικές έννοιες τυπική απόκλιση, συνδιακύμανση, ιδιοδιανύσματα και ιδιοτιμές. Υπάρχουν εν συνεχεία παραδείγματα κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης αναφοράς που σκοπό έχουν να διευκρινίσουν τις προαναφερθείσες έννοιες.

Αναφορά και ανάλυση των μαθηματικών εννοιών

Η χρήση της συγκεκριμένης αναφοράς στόχο έχει το στοιχειώδη εμπλουτισμό μαθηματικών δεξιοτήτων, οι οποίες καθίστανται αναγκαίες προκειμένου να γίνει εφικτή η κατανόηση της διαδικασίας PCA.

Καθίσταται αναγκαία η κατανόηση της σπουδαιότητας της εν λόγω τεχνικής παρά η χωρίς λόγω αποστήθιση των μαθηματικών μηχανισμών που πρόκειται να λάβουν χώρα στο εν λόγω δοκίμιο. Δεν χρησιμοποιούνται όλες οι προς αναφορά τεχνικές στη μέθοδο PCA, αποτελούν όμως την βάση αυτής .

Έχει επίσης συμπεριληφθεί ένα κομμάτι στατιστικής το οποίο αποκρίνεται στη κατανομή των μετρήσεων αλλά και πώς τα δεδομένα «διασκορπίζονται» -εξαπλώνονται. Γίνεται επίσης αναφορά στην ορθογώνια παράσταση στοιχείων-μήτρα όπως αποκαλείται στην άλγεβρα- , η οποία καθίσταται απαραίτητη για την κατανόηση εννοιών τέτοιων όπως τα ιδιοδιανύσματα και οι ιδιοτιμές , έννοιες εξίσου σημαντικές και θεμελιώδεις για την PCA.

1.1.ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Όλο το κομμάτι το οποίο αναφέρεται στην στατιστική βασίζεται στην ιδέα πως τίθεται προς έρευνα και μελέτη ένα μεγάλο κομμάτι δεδομένων το οποίο χρήζει ανάλυσης και για κάθε ξεχωριστή μονάδα –αυτού του εύρους των δεδομένων . Εν συνεχεία γίνεται αναφορά σε ορισμένα από τα μέτρα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα τέτοιο μεγάλο εύρος δεδομένων καθώς και τί δύναται να αποκρυπτογραφηθεί με τη χρήση αυτών για το δεδομένο εύρος πληροφοριών.

1.1.1.ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ

Προκειμένου να γίνει κατανοητή αυτή η έννοια θα γίνει χρήση ενός συνόλου δεδομένων. Οι στατιστικολόγοι συνήθως έχουν ως αντικείμενο προς μελέτη ένα δείγμα πληθυσμού . Έτσι και στην επικείμενη διδακτική αναφορά θα χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα της εκλογικής διαδικασίας,

που ο πληθυσμός αναφέρεται στο πληθυσμό που απαρτίζει μία χώρα και το δείγμα ως το υποσύνολο του πληθυσμού το οποίο μελετούν οι στατιστικολόγοι . Το υπέροχο γεγονός το οποίο χαρακτηρίζει τη στατιστική είναι πως μόνο με τη καταγραφή ενός δείγματος πληθυσμού δύναται να βγει αποτέλεσμα σχετικά με το σύνολο αυτού (του πληθυσμού) . Στην εν λόγω στατιστική αναφορά τα προς μελέτη δείγματα θα υποτεθούν πως αντικατοπτρίζουν δείγματα ενός μεγάλου πληθυσμού .

Υπάρχει το εξής δείγμα δεδομένων

$$X=[1 \ 2 \ 4 \ 6 \ 12 \ 15 \ 25 \ 45 \ 68 \ 67 \ 65 \ 98]$$

Το σύμβολο X θα χρησιμοποιείται προκειμένου να αφορά στο σύνολο των αριθμών . Όταν πρόκειται να γίνει αναφορά σε έναν αριθμό ξεχωριστά του προς μελέτη συνόλου , πρόκειται να χρησιμοποιείται το σύμβολο X που συνδέεται με το όνομα του συνόλου για να προσδιορίσει την ταυτότητά του.

Έτσι το $X3$ θα αναφέρεται στον τρίτο αριθμό του προς μελέτη συνόλου δεδομένων, συγκεκριμένα στο εν λόγω παράδειγμα η τιμή του της μεταβλητής $X3$ είναι το 4 .Αξίζει να σημειωθεί πως η πρώτη τιμή του πλήθους των τιμών αντιστοιχεί στη μεταβλητή $X1$ και όχι στη μεταβλητή $X0$.Επιπροσθέτως το σύμβολο n πρόκειται να αναφέρεται στο πλήθος των στοιχείων το οποίο απαρτίζει το προς μελέτη σύνολο δεδομένων X .

Υπάρχει πλήθος πραγμάτων τα οποία δύναται να υπολογισθούν σε ένα πλήθος από δεδομένα . Για παράδειγμα , μπορούμε να υπολογίσουμε το μέσο όρο του δείγματος . Όπως είναι ήδη γνωστό ο τύπος για το μέσο όρο ενός πλήθους αριθμών δίνεται από τον παρακάτω τύπο

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Αξίζει να σημειωθεί πως το σύμβολο \bar{X} αφορά στο μέσο όρο του πλήθους των τιμών του συνόλου X . Ο παραπάνω τύπος στην ουσία αναφέρει πως ο μέσος όρος ορίζεται ως το άρθροισμα των επιμέρους δεδομένων προς το πλήθος αυτών .

Δυστυχώς όμως από ένα μέγεθος όπως αυτό του μέσου όρου δεν δύναται να μας προσδώσει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το πλήθος δεδομένων . Για την καλύτερη κατανόηση θα αναφέθει το παρακάτω παράδειγμα σύμφωνα με το οποίο έχουμε στη διάθεσή μας δύο διαφορετικά δείγματα με ακριβώς τον ίδιο μέσο όρο (10) αλλά καταφανώς διαφορετικές τιμές ,

$$[0 \ 8 \ 12 \ 20] \text{ και } [8 \ 9 \ 11 \ 12]$$

Έτσι λοιπόν όπως διαφαίνεται από τα παραπάνω δείγματα η διαφορά έγκειται στη ποικιλία των τιμών. Η τυπική απόκλιση (standard deviation SD) ενός συνόλου δεδομένων, είναι ένα μέγεθος το οποίο εκτιμά τη ποικιλομορφία των εκάστοτε προς έρευνα δεδομένων. Έτσι ερχόμαστε στο τρόπο με τον οποίο υπολογίζουμε το συγκεκριμένο μέγεθος . Η ακριβής ερμηνεία του εν λόγω μεγέθους είναι «η μέση απόσταση από το μέσο όρο των δεδομένων» . Ο τρόπος με τον οποίο τελικά υπολογίζεται είναι η τετραγωνική ρίζα του άθροισματος των επιμέρους τετραγώνων των διαφορών κάθε δεδομένου με το μέσο όρο (του συνόλου των δεδομένων) διαιρεμένο με τη ποσότητα $(n-1)$. Επομένως συγκεντρωτικά ο τύπος λαμβάνει τη παρακάτω μορφή

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Έτσι το επικείμενο σύμβολο S όπως αυτό διαφαίνεται στον παραπάνω τύπο, συμβολίζει τη ποσότητα της τυπικής απόκλισης ενός προς μελέτη δείγματος . Μία προφανής απορία η οποία απορρέει από τη παρατήρηση του προαναφερθέντος τύπου δύναται να είναι η εξής «γιατί πραγματοποιείται η διαίρεση με τον όρο $n-1$ αντί του n ». Έχει παρατηρηθεί λοιπόν πως το εν λόγω αποτέλεσμα που αποκομούμε από τον τύπο είναι πιο κοντά προς το πραγματικό-ρεαλιστικό νούμερο όταν η ποσότητα του αθροίσματος διαιρεθεί με τον όρο $n-1$ αντί με τον όρο n . Αξίζει όμως να σημειωθεί πως στη περίπτωση που έχουμε το νούμερο ολόκληρου του δείγματος αντί για ένα μέρος αυτού, η διαίρεση θα πραγματοποιηθεί με τον όρο n .

X	X-X	$X_i - \bar{X}^2$
0	-10	100
8	-2	4
12	2	4
20	10	100
Total		208
Divided by (n-1)		69.333
Square Root		8.3266

X_i	$X_i - X$	$X_i - X^2$
8	-2	4
9	-1	1
11	1	1
12	2	4
Total		10
Divided by (n-1)		3.333
Square Root		1.8257

Πίνακας : υπολογισμού της τυπικής απόκλισης

Στον παραπάνω πίνακα απεικονίζεται ο υπολογισμός της τυπικής απόκλισης δύο διαφορετικών συνόλων δεδομένων .

Έτσι όπως είναι ορατό το πρώτο σύνολο δεδομένων έχει μεγαλύτερη τιμή τυπικής απόκλισης από το δεύτερο, το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαφορετικότητα της εξάπλωσης των τιμών που απαρτίζουν το εν λόγω σύνολο. Τέλος στο παρακάτω παράδειγμα που παρουσιάζεται ο μέσος όρος αυτού είναι εξίσου ίσος με 10 με τη μόνη διαφορά πως η τιμή της τυπικής απόκλισης είναι ίση με 0 .

[10 10 10 10]

Η τιμή αυτή της απόκλισης οφείλεται στο ότι όλες οι τιμές που απαρτίζουν το συγκεκριμένο δείγμα είναι ταυτόσιμες , έτσι καμία από αυτές δεν παρεκκλίνει του μέσου όρου .

1.1.2.ΔΙΑΣΠΟΡΑ

Η διασπορά είναι ένα επιπρόσθετο μέγεθος το οποίο υπολογίζει-προσδιορίζει το εύρος τιμών των δεδομένων του προς μελέτη δείγματος . Στη πραγματικότητα είναι σχεδόν ταυτόσημο με τη τυπική απόκλιση . Το μέγεθος της διασποράς προσδιορίζεται από το τύπο

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^2$$

Από την απλή παρατήρηση του δοθέντος τύπου διαβλέπεται ότι πρόκειται για την τυπική απόκλιση στο τετράγωνο (δεν υπάρχει τετραγωνική ρίζα στον τύπο για την διακύμανση-διασπορά). Έτσι το s^2 είναι το συνήθως σύμβολο για τη διασπορά του δείγματος . Και τα δύο προαναφερθέντα μεγέθη αυτά δηλαδή της διασποράς και της τυπικής απόκλισης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της διασποράς των δεδομένων . Η τυπική απόκλιση είναι το περισσότερο διαδεδομένο μέγεθος εν αντιθέση με τη διασπορά –και αυτή χρησιμοποιείται όμως συχνά- . Ο λόγος όμως της επικείμενης αναφοράς έγκειται στην ανάγκη ύπαρξης μιας διασύνδεσης για την περιγραφή και καλύτερη κατανόηση του μεγέθους της συνδιακύμανσης (covariance).

1.1.3.ΣΥΝΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ

Τα δύο τελευταία μεγέθη – η διασπορά και η συνδιακύμανση- δύναται να χαρακτηρισθούν μονοδιάστατα . Οφείλουμε να σημειώσουμε πως τέτοια μονοδιάστατα δεδομένα δύναται να είναι : ύψη ανθρώπων οι οποίοι βρίσκονται σε ένα δωμάτιο, βαθμοί για ένα επικείμενο διαγώνισμα και άλλα. Εντούτοις υπάρχουν και δεδομένα τα οποία έχουν παραπάνω από μια διάσταση , έτσι ο σκοπός της στατιστικής ανάλυσης αυτών των πληροφοριών είναι η ύπαρξη ή μη σχέσεων μεταξύ των εκάστοτε διαστάσεων . Για παράδειγμα , υπάρχει περίπτωση τα προς μελέτη μας δεδομένα να είναι μαζί: το ύψος αλλά και ο βαθμός ενός διαγωνίσματος όλων των μαθητών που απαρτίζουν το σύνολο μιας τάξης . Έτσι έπειτα δύναται να γίνει μια στατιστική ανάλυση σχετικά με το πόσο και εάν υπάρχει επίδραση μεταξύ ύψους και βαθμού του μαθητή .

Η τυπική απόκλιση και η συνδιακύμανση δύναται να χρησιμοποιούνται σε δεδομένα μιάς διάστασης, έτσι υφίστανται ο μονομερής υπολογισμός κάθε διάστασης των εν λόγω δεδομένων ανεξάρτητα των υπόλοιπων διαστάσεων.

Ωστόσο είναι χρήσιμη η ύπαρξη ενός παρόμοιου μεγέθους το οποίο θα είναι υπεύθυνο για το πώς ποικίλλουν οι διαστάσεις έναντι της μέσης τιμής , με παράλληλο “σεβασμό προς την άλλη διάσταση” .

Η συνδιακύμανση είναι ένα τέτοιο μέγεθος. Η συνδιακύμανση πάντα υπολογίζεται μεταξύ δύο διαστάσεων. Εάν υπολογισθεί η συνδιακύμανση μεταξύ μιας διάστασης και του εαυτού της τότε τελικώς λαμβάνουμε τη τιμή της διασποράς. Έτσι λοιπόν στη περίπτωση που έχουμε ένα σύνολο τρισδιάστατων δεδομένων (x, y, z) , τότε δύναται να υπολογίσουμε τη συνδιακύμανση μεταξύ της x και της y διάστασης, καθώς επίσης της x και της z , και της y και z διάστασης . Υπολογίζοντας τη συνδιακύμανση μεταξύ x και x , αλλά και μεταξύ των y, y ή των z, z δύναται όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα να λάβουμε την τιμή της διασποράς των x, y, z διαστάσεων αντίστοιχα . Ο αντίστοιχος τύπος για τη συνδιακύμανση είναι πολύ παρόμοιος με αυτόν της φόρμουλας για τη διακύμανση. Ο τύπος για τη διακύμανση όπως ήδη γνωρίζουμε είναι ο εξής :

$$\text{var}X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2}{n-1}$$

Ο παραπάνω τύπος είναι ταυτόσημος με αυτόν που έχει ήδη δοθεί σε παράπανω διατύπωση μόνο που έχει επεκταθεί το τετράγωνο της παράστασης $X_i - \bar{X}$ σε γινόμενο, έτσι τελικώς ο τύπος της συνδιακύμανσης δίδεται από το τύπο :

$$\text{cov}X, Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \bar{X} \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n\bar{X} \bar{Y}}{n-1}$$

Όπως μπορούμε να δούμε από τον παραπάνω τύπο είναι ακριβώς ίδιος με τον προηγούμενο, η μόνη διαφορά έγκειται στη δεύτερη παρένθεση όπου τα μεν X έχουν δώσει τη θέση τους στα Y . Ο ορισμός έτσι της συνδιακύμανσης περιγράφεται ως εξής «για κάθε δεδομένο που αποτελεί το προς μελέτη σύνολο πολλαπλασιάζουμε τις διαφορές x και της μέσης τιμής και y και της μέσης τιμής και τελικώς το σύνολο των τιμών αυτών το διαιρούμε με τη παράσταση $(n-1)$ ».

Για να γίνει πιο κατανοητή η συγκεκριμένη διαδικασία θα παραθέσουμε το παρακάτω παράδειγμα . Έστω ότι έχουμε ρωτήσει μια ομάδα μαθητών σχετικά με το πόσες ώρες έχουν καταναλώσει διαβάζοντας για το μάθημα της Φυσικής αλλά και τον αντίστοιχο βαθμό που τελικώς έλαβαν στο εν λόγω διαγώνισμα . Έτσι έχουμε δυο διαστάσεις , η

πρώτη είναι η H η οποία εκφράζει τις ώρες του διαβάσματος και η δεύτερη η M διάσταση η οποία εκφράζει τον αντίστοιχο βαθμό . Καθώς έχουμε αυτές τις δύο διαστάσεις δύναται να υπολογίσουμε τη συνδιακύμανση $cov(H,M)$, μεταξύ των ωρών που κατανάλωσαν οι μαθητές για διάβασμα αλλά και των βαθμών.

Η τιμή όμως του αποτελέσματος αυτού μας οδηγεί στην έκβαση κάποιων συμπερασμάτων. Συγκεκριμένα εάν η τιμή λάβει θετική τιμή τότε αυτό υποδηλώνει πως και οι δύο διαστάσεις αυξάνονται ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως όσο αυξάνεται ο χρόνος διαβάσματος τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός που τελικά λαμβάνει ο μαθητής. Σε αντιδιαστολή με τα παραπάνω εάν η τιμή της συνδιακύμανσης είναι αρνητική τότε συμπεραίνουμε πως όσο η μία διάσταση αυξάνεται τόσο μειώνεται η άλλη. Έτσι όσο αυξάνεται ο χρόνος διαβάσματος τόσο μειώνεται ο βαθμός που τελικά λαμβάνει ο εκάστοτε μαθητής.

Υπάρχει όμως και η περίπτωση η τιμή της συνδιακύμανσης να είναι μηδενική, αυτό σημαίνει πως οι εν λόγω διαστάσεις που συνιστούν τη συνδιακύμανση είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη.

Η πολυτέλεια της απεικόνισης των δεδομένων συνίσταται μόνο όταν έχουμε στη διάθεσή μας δύο ή τρεις διαστάσεις. Καθώς λοιπόν η συνδιακύμανση μπορεί να υπολογισθεί μεταξύ οποιονδήποτε δύο διαστάσεων ενός συνόλου δεδομένων, αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται συχνά προκειμένου να βρεθούν σχέσεις μεταξύ διαστάσεων δεδομένων των οποίων η οπτικοποίηση είναι πραγματικά δύσκολη.

Συχνά δημιουργείται η απορία εάν οι τιμές των $cov(X, Y)$ και $cov(Y, X)$, είναι ίσες . Με μια πρώτη ματιά στον τύπο της συνδιακύμανσης ίσως η απάντηση είναι ναι, καθώς είναι ακριβώς ίδια, η μόνη διαφορά έγκειται στο ότι η παράσταση $X_i - \bar{X}$ αντικαθίσταται από την $Y_i - \bar{Y}$. Έτσι καθώς ο πολλαπλασιασμός χαρακτηρίζεται από την αντιμεταθετική ιδιότητα , το οποίο σημαίνει πως δεν διαδραματίζει κάποιο ιδιαίτερο ρόλο ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιώ τον πολλαπλασιασμό των δύο αριθμών, πάντα λαμβάνω το ίδιο αποτέλεσμα. Συμπερασματικά λοιπόν όντως οδηγούμαστε στο ίδιο αποτέλεσμα.

1.1.4. ΜΗΤΡΑ ΣΥΝΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ

Πριν προβούμε στην ανάλυση και διατύπωση του συγκεκριμένου μεγέθους δεν θα πρέπει να λησμονούμε ότι η συνδιακύμανση αφορά πάντα στον υπολογισμόν δύο διαστάσεων. Έτσι στη περίπτωση που έχουμε ένα σύνολο δεδομένων με περισσότερες από δύο διαστάσεις , τότε υπάρχουν περισσότερες από μία συνδιακυμάνσεις οι οποίες δύναται να υπολογισθούν. Για παράδειγμα , σε ένα τρισδιάστατο σύνολο δεδομένων (διαστάσεων x, y, z) μπορούμε να υπολογίσουμε $cov(x,y)$, $cov(x,z)$ και $cov(y,z)$. Οδηγούμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι σε ένα σύνολο δεδομένων με n διαστάσεις μπορούμε να υπολογίσουμε ένα σύνολο τιμών συνδιακύμανσης το οποίο αριθμητικά ισούται με το αποτέλεσμα της παράστασης :

$$n!(n-2)! \cdot 2$$

	Hours(H)	Marks(M)
<i>Data</i>		
9	39	
	15	56
	25	93
	14	61
	10	50
	18	75
	0	32
	16	85
	5	42
	19	70
	16	66
	20	80
Total	167	749

Averages

13.92

62.42

H	M	Hi-H	(Mi-M)	Hi-H(Mi-M)
9	39	-4.92	-23.42	115.23
15	56	1.08	-6.42	-6.93
25	93	11.08	30.58	338.83
14	61	0.08	-1.42	-0.11
10	50	-3.92	-12.42	48.69
18	75	4.08	12.58	51.33
0	32	-13.92	-30.42	423.45
16	85	2.08	22.58	46.97
5	42	-8.92	-20.42	182.15
19	70	5.08	7.58	38.51
16	66	2.08	3.58	7.45
20	80	6.08	17.58	106.89
Total				1149.89

Average

104.54

Παραπάνω διαφαίνεται η συνδιακύμανση των τιμών.

Ένας πολύ εύχρηστος τρόπος προκειμένου να λάβουμε όλες τις τιμές της συνδιακύμανσης μεταξύ όλων των διαφορετικών διαστάσεων, είναι ο υπολογισμός όλων

των τιμών και συνάμα η τοποθέτησή αυτών σε μια μήτρα. Στο συγκεκριμένο δοκίμιο δεν θα γίνει κάποια συγκεκριμένη αναφορά στους πίνακες και τις μήτρες καθώς έχει ληφθεί ως δεδομένη η γνώση αυτών. Επομένως ερχόμαστε στον προσδιορισμό της μήτρας της συνδιακύμανσης για ένα σύνολο δεδομένων n διαστάσεων ο οποίος γίνεται σύμφωνα με τον τύπο :

$$C_{n \times n} = (c_{i,j} \text{ ,, } c_{i,j} = \text{cov} (Dim_i, Dim_j))$$

όπου η έκφραση $C_{n \times n}$ χαρακτηρίζει τη μήτρα με n σειρές και n στήλες , και η έκφραση Dim_x , χαρακτηρίζει την x διάσταση. Από την παρατήρηση του παραπάνω τύπου κατανοούμε πως εάν έχουμε ένα σύνολο δεδομένων n διαστάσεων τότε η μήτρα θα έχει και αυτή n σειρές και στήλες, προκειμένου να έχουμε έναν τετραγωνικό πίνακα, και κάθε είσοδος στον πίνακα θα είναι το αποτέλεσμα του υπολογισμού της συνδιακύμανσης μεταξύ δύο ξεχωριστών διαστάσεων. Έτσι για παράδειγμα η είσοδος στη γραμμή 2 και στήλης 3 , είναι η συνδιακύμανση μεταξύ της 2^{ης} και της 3^{ης} διάστασης. Για να γίνει πιο σαφής η εν λόγω διατύπωση θα αναφερθούμε σε ένα σύνολο δεδομένων 3^{ων} διαστάσεων συγκεκριμένα των x, y και z . Επομένως η μήτρα της συνδιακύμανσης θα χαρακτηρίζεται από 3 γραμμές και 3 στήλες, ενώ οι τιμές που πρόκειται να λάβουμε θα λαμβάνονται σύμφωνα με την παρακάτω έκφραση –της εν λόγω μήτρας-.

$$C = \text{cov}(x,x) \text{cov}(x,y) \text{cov}(x,z) \text{cov}(y,x) \text{cov}(y,y) \text{cov}(y,z) \text{cov}(z,x) \text{cov}(z,y) \text{cov}(z,z)$$

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε πως πάντα στη διαγώνιο του πίνακα τοποθετούμε τις συνδιακυμάνσεις της κάθε διάστασης με τον εαυτό της, οι τιμές αυτές όπως έχουμε ήδη αναφέρει ισούνται με τις εκάστοτε τιμές των διασπορών κάθε διάστασης. Τέλος θα πρέπει να τονίσουμε ότι καθώς ισχύει $\text{cov}(a,b) = \text{cov}(b,a)$, η μήτρα είναι συμμετρική σε σχέση με τη κύρια διαγώνιο.

1.2.ΑΛΓΕΒΡΑ ΜΗΤΡΑΣ

Στο κομμάτι αυτό πρόκειται να αναφερθούμε σε ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τους πίνακες, γνώσεις που καθίστανται απαραίτητες προκειμένου να γίνει πλήρως κατανοητή η PCA. Ειδικότερα πρόκειται να γίνει ιδιαίτερη αναφορά στα ιδιοδιανύσματα και στις ιδιοτιμές ενός δοθέντος πίνακα. Η γνώση πινάκων θεωρείται δεδομένη αλλά και απαραίτητη για τη μετέπειτα κατανόηση των προς περιγραφή εννοιών καλή συνέχεια.

$$2321 \times 13 = 115$$

$$2321 \times 32 = 128 = 4 \times 32$$

2.2 παραπάνω διαφαίνονται ένα μη-ιδιοδιάνυσμα και ένα ιδιοδιάνυσμα

$$2 \times 32 = 64$$

$$2321 \times 64 = 2416 = 4 \times 64$$

2.3 απεικονίζεται πως ένα κλιμακόμενο ιδιοδιάνυσμα παραμένει ιδιοδιάνυσμα

1.2.1.ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ

Όπως είναι ήδη γνωστό δύναται ο πολλαπλασιασμός δύο πινάκων με την προϋπόθεση πως είναι συμβατά τα εν λόγω μεγέθη τους. Τα ιδιοδιανύσματα είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση αυτής της ιδιότητας. Ας αναλογισθούμε πως έχουμε δύο πολλαπλασιασμούς μεταξύ ενός πίνακα και ενός ιδιοδιανύσματος όπως έχει παρατεθεί στο παράδειγμα 2.2.

Αρχικά στο πρώτο παράδειγμα, το προκύπτωμενο διάνυσμα δεν είναι ένας ακέραιος αριθμός πολλαπλασιαζόμενος με το πρότυπο διάνυσμα, σε αντιδιαστολή στο δεύτερο παράδειγμα το αποτέλεσμα είναι 4 φορές το διάνυσμα με το οποίο ξεκινήσαμε τους υπολογισμούς. Είναι όμως απορίας άξιο πως καταλήξαμε σε αυτό το αποτέλεσμα, ας το δούμε λοιπόν πιο διεξοδικά. Αρχικά λοιπόν το διάνυσμα είναι ένα διάνυσμα σε χώρο 2 διαστάσεων.

Το διάνυσμα 32 (από το δεύτερο παράδειγμα πολλαπλασιασμού) αντικατοπτρίζει στην ουσία ένα διάνυσμα το οποίο έχει την αφετηρία του στο σημείο (0, 0) και το τέλος του στο σημείο (3, 2). Ενώ στο άλλο παράδειγμα του άλλου πίνακα, πιο συγκεκριμένα του τετραγωνικού πίνακα δύναται να θεωρηθεί ως ένας πίνακας μετασχηματισμού. Έτσι εάν πολλαπλασιασθεί ο πίνακας στην αριστερή πλευρά ενός διανύσματος, τότε το αποτέλεσμα που θα προκύψει θα είναι ένα άλλο διάνυσμα το οποίο έχει μετασχηματισθεί από την αρχικά- πρότυπη μορφή επομένως και θέση του.

Είναι η φύση του μετασχηματισμού τέτοια η οποία άρει μια τέτοια δημιουργία όπως αυτή του ιδιοδιανύσματος. Ας υποθέσουμε πως έχουμε έναν πίνακα μετασχηματισμού, ο οποίος όταν πολλαπλασιάζεται από τη αριστερή πλευρά οδεύει στη δημιουργία ιδιοδιανύσματος το οποίο απεικονίζεται πάνω στη γραμμή $y=x$. Τότε θα μπορούσαμε να δούμε πως εάν υπήρχε ένα τέτοιο διάνυσμα διατεταγμένο με τέτοιο τρόπο πάνω στη γραμμή $y=x$, θα ήταν μια αντανάκλαση της ίδιας της οντότητάς του. Το συγκεκριμένο διάνυσμα (καθώς και όλα τα πολλαπλάσια αυτού, καθότι δεν θα διαδραμάτιζε κάποιο ιδιαίτερο ρόλο το μέγεθος αυτού), θα ήταν ένα ιδιοδιάνυσμα της μήτρας μετασχηματισμού.

Τι ιδιότητες όμως χαρακτηρίζουν τα επικείμενα ιδιοδιανύσματα; Θα πρέπει αρχικά να γνωρίζουμε πως τα ιδιοδιανύσματα δύναται να υπολογισθούν μόνο για τετραγωνικούς πίνακες. Εντούτοις δεν έχει κάθε τετραγωνικός πίνακας ιδιοδιανύσματα. Έτσι δοθείσης για παράδειγμα ενός πίνακα $n \times n$ -ο οποίος έχει ιδιοδιανύσματα-, υφίσταται η ύπαρξη n ιδιοδιανυσμάτων. Έτσι σε έναν πίνακα 3×3 υπάρχουν 3 ιδιοδιανύσματα.

Μία άλλη ιδιότητα των ιδιοδιανυσμάτων είναι η εξής: έστω ότι πριν πολλαπλασιάσω το εν λόγω διάνυσμα το διαιρέσω με κάποια ποσότητα, πάλι θα λάβω το ίδιο πολλαπλάσιο ως αποτέλεσμα. Αυτό υφίσταται καθώς με τη διαίρεση του διανύσματος με κάποιο ακέραιο αριθμό το μόνο που στην ουσία λαμβάνει χώρα είναι η προέκταση του μήκους του χωρίς όμως να τροποποιείται η κατεύθυνσή του. Τέλος, όλα τα ιδιοδιανύσματα μιας μήτρας είναι κατακόρυφα, δηλαδή σε ορθή γωνία μεταξύ τους ανεξάρτητα του αριθμού των διαστάσεων που δύναται να έχουν. Επιπροσθέτως, ένας άλλος τρόπος διατύπωσης του όρου «κάθετος», όπως συχνά αναφέρεται και στη μαθηματική επιστήμη είναι ο όρος **ορθογώνιος**. Η παραπάνω διατύπωση είναι πράγματι πολύ σημαντική καθώς σημαίνει πως δύναται να χαρακτηρίσουμε το σύνολο των δεδομένων ως κάθετα ιδιοδιανύσματα, αποφεύγοντας να τα εκφράσουμε στους αντίστοιχους x, y άξονες. Στη χρήση της

παραπάνω διατύπωσης θα οδηγηθούμε στη συνέχεια του δοκιμίου με τη χρήση της μεθόδου PCA.

Ένα εξίσου σημαντικό πράγμα που πρέπει να γνωρίζουμε είναι ότι όταν οι μαθηματικοί υπολογίζουν τα ιδιοδιανύσματα συχνά αρέσκονται και στον υπολογισμό ιδιοδιανυσμάτων των οποίων το μήκος είναι ακριβώς ίσο με τη μονάδα. Αυτό συμβαίνει καθώς όπως γνωρίζουμε το μήκος ενός διανύσματος δεν έχει επιπτώσεις στο εάν είναι ή όχι ιδιοδιάνυσμα σε αντιδιαστολή με την κατεύθυνση αυτού. Έτσι προκειμένου να διατηρήσουμε σταθερά τα ιδιοδιανύσματα, όταν και όποτε υπολογίζουμε ένα ιδιοδιάνυσμα, στη συνέχεια το διαιρούμε ούτως ώστε να το μετατρέψουμε πολλαπλάσιο ενός μοναδιαίου ιδιοδιανύσματος, ώστε όλο το πλήθος των ιδιοδιανυσμάτων να έχει μήκος ίσο με τη μονάδα -και να είναι ευκόλως παρατηρήσιμα-. Παρακάτω παρατίθεται ένα παράδειγμα με σκοπό η παραπάνω διατύπωση να γίνει πιο κατανοητή, έτσι έχουμε το 32 που είναι ένα ιδιοδιάνυσμα, ενώ το μήκος αυτού είναι ίσο με: $32+22= 13$ έτσι διαιρούμε το πρότυπο διάνυσμα με το μήκος αυτού του ίδιου προκειμένου να δημιουργήσουμε –όπως ήδη προείπαμε- ένα νέο ιδιοδιάνυσμα με μήκος ίσο με τη μονάδα.

$$32 \div 13 = 313213$$

Είναι γενικά παραδεκτό πως η ευκολία του επικείμενου υπολογισμού συνδέεται άρρικτα με το μέγεθος της εκάστοτε προς μελέτη μήτρας, έτσι όσο αυξάνεται το μέγεθος αυτής τόσο οδεύουμε σε πιο περίπλοκους υπολογισμούς. Έτσι ένας περιορισμός στο μέγεθος της τάξης 3×3 είναι αρκετός, καθώς ύστερα από το μέγεθος αυτό, ο πιο συνήθης τρόπος να βρεθούν eigenvectors-τα ιδιοδιανύσματα- είναι με κάποια περίπλοκη επαναληπτική μέθοδο που είναι πέρα από το πεδίο αυτού του σεμιναρίου (και αυτού του συντάκτη). Εάν ποτέ χρειαστεί ο υπολογισμός ιδιοδιανυσμάτων μιας μήτρας σε ένα πρόγραμμα, η καλύτερη αντιμετώπιση για την αποφυγή της σπατάλης του χρόνου θα είναι η εύρεση μιας "βιβλιοθήκης" μαθηματικών η οποία προβαίνει στους επικείμενους υπολογισμούς.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα ιδιοδιανύσματα, πώς δύναται να υπολογισθούν, ιδιότητες δύναται να βρείτε στο εισαγωγικό βιβλίο: "*Elementary Linear Algebra 5e*" by Howard Anton, Publisher John Wiley & Sons Inc, ISBN 0-471-85223-6.

1.2.2. ΙΔΙΟΤΙΜΕΣ

Οι ιδιοτιμές είναι σχετικές έννοιες με τα ιδιοδιανύσματα, συγκεκριμένα, σε παραπάνω παράδειγμα (2.2) είδαμε μία ιδιοτιμή. Παρατηρείστε τα δύο παραδείγματα, τη ποσότητα με την οποία το πρότυπο διάνυσμα διαιρείται ύστερα από τον πολλαπλασιασμό με τον τετραγωνικό πίνακα. Σε αυτό το παράδειγμα η τιμή ήταν 4. 4 είναι και η τιμή της ιδιοτιμής η οποία συνδέεται με το ιδιοδιάνυσμα. Δεν έχει σημασία λοιπόν τι πολλαπλάσιο του ιδιοδιανύσματος λαμβάνουμε πριν από τον πολλαπλασιασμό με τον τετραγωνικό πίνακα, μπορούμε πάντα να λάβουμε 4 φορές το κλιμακωτό διάνυσμα ως αποτέλεσμά μας (όπως διαφαίνεται και στο παράδειγμα 2.3).

Έτσι λοιπόν μπορούμε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα πως τα ιδιοδιανύσματα και οι ιδιοτιμές πάντα συνναντώνται σε ζεύγη. Έτσι όταν κάνετε χρήση ενός προγράμματος υπολογισμού ιδιοδιανυσμάτων συνήθως υπολογίζονται και οι ιδιοτιμές.

1.3 PCA

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ένας τρόπος προσδιορισμού και καταγραφής προτύπων σε δεδομένα, αλλά παράλληλα και έκφρασης των συγκεκριμένων δεδομένων με τέτοιο τρόπο ώστε να δοθεί έμφαση στις ομοιότητες και στις διαφορές τους. Δεδομένου ότι είναι δύσκολη η εύρεση προτύπων σε δεδομένα υψηλής διάστασης καθώς η πολυτέλεια της γραφικής απεικόνισης δεν είναι διαθέσιμη, η PCA είναι πράγματι ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση των επικείμενων στοιχείων.

Το άλλο κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου PCA είναι, πως μόλις έχετε εντοπίσει τα εν λόγω πρότυπα των προς μελέτη δεδομένων, και συμπιέσετε τα δεδομένα, μειώνεται ο αριθμός των διαστάσεων, χωρίς όμως την απώλεια πληροφοριών. Η επικείμενη τεχνική χρησιμοποιείται για τη συμπίεση εικόνας όπως και θα δούμε αργότερα.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθούν διεξοδικά όλα τα βήματα τα οποία απαιτούνται προκειμένου να εκτελεσθεί η PCA σε ένα σύνολο δεδομένων. Δεν πρόκειται να περιγραφθεί ακριβώς η λειτουργία της τεχνικής, αλλά θα γίνει μια προσπάθεια ούτως ώστε να εξηγηθεί το τι συμβαίνει σε κάθε σημείο ώστε να είναι δύνατη η κατανόηση και η λήψη σωστών αποφάσεων κατά την προσπάθειά μας στη οποιαδήποτε χρησιμοποίηση της εν λόγω τεχνικής.

ΜΕΘΟΔΟΣ

ΒΗΜΑ 1^ο : λαμβάνουμε μερικά δεδομένα

Στο παράδειγμα που πρόκειται να παρατεθεί στη συνέχεια αυτής της αναφοράς, θα χρησιμοποιηθεί ένα «αυτοσχέδιο» σύνολο δεδομένων. Το συγκεκριμένο σύνολο χαρακτηρίζεται από δύο διαστάσεις, ο λόγος για τον οποίο έχει επιλεγεί ένα τέτοιο σύνολο είναι προκειμένου να γίνουν ορατές οι πλοκές των δεδομένων αλλά και η συμβολή της μεθόδου PCA σε κάθε βήμα.

Τα δεδομένα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν βρίσκονται στο πίνακα 3.1

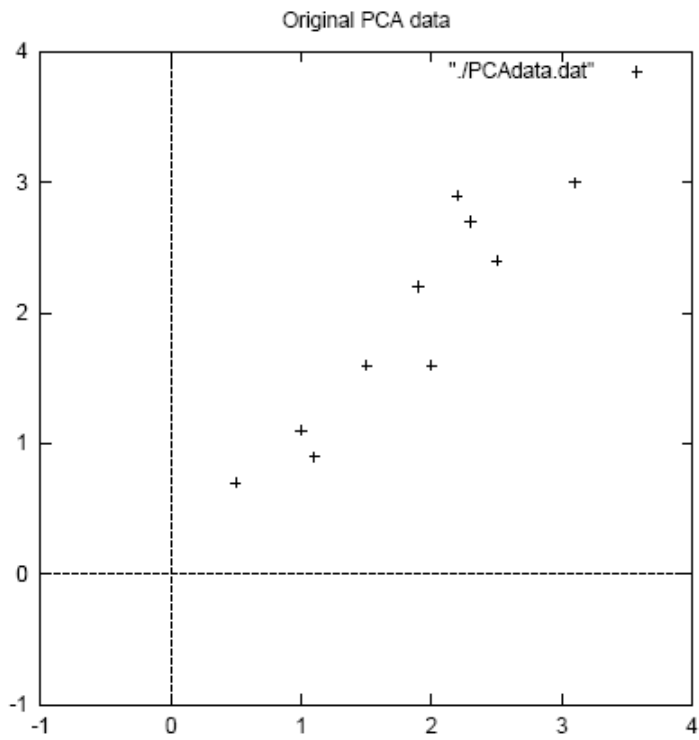
ΒΗΜΑ 2^ο : αφαίρεση του μέσου όρου

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της PCA κατάλληλα, θα πρέπει να αφαιρεθεί ο μέσος όρος από κάθε μία από τις διαστάσεις των στοιχείων. Ο μέσος όρος ο οποίος αφαιρείται είναι ο μέσος όρος των στοιχείων κάθε διάστασης. Επομένως όλες οι τιμές των x έχουν ως μέσο όρο το \bar{x} ο οποίος αφαιρείται από κάθε μία, ανάλογως όλες και οι y τιμές έχουν μέσο όρο την τιμή \bar{y} η οποία και αυτή αφαιρείται από κάθε μία. Η διαδικασία αυτή παράγει ένα σύνολο δεδομένων με μέσο όρο ίσο με το μηδέν.

χ	Y
2.5	2.4
0.5	0.7
2.2	2.9
1.9	2.2
3.1	3.0 = Data
2.3	2.7
2	1.6
1	1.1
1.5	1.6
1.1	0.9

χ	Y
0.6	0.49
9	
-	-1.21
1.3	
1	
0.3	0.99
9	
0.0	0.29
9	
1.2	1.09 = DataAdjust
9	
0.4	0.79
9	
0.1	-0.31
9	
-	-0.81
0.8	
1	
-	-0.31

0.3
1
- -1.01
0.7
1



Γραφική απεικόνιση 3.1 : παράδειγμα της PCA, πρότυπα δεδομένα όπως διαφαίνεται στην αριστερή πλευρά του πίνακα, δεδομένα των οποίων οι μέσοι όροι αφαιρούνται – όπως διαφαίνεται στη δεξιά πλευρά του πίνακα-, και τέλος γίνεται ορατή η απεικόνιση των παραπάνω προς μελέτη δεδομένων.

ΒΗΜΑ 3° : υπολογισμός της μήτρας συνδιακύμανσης

Η πραγματοποίηση του εν λόγω βήματος γίνεται με τον τρόπο που έχει περιγραφεί και στο δοκίμιο 2.1.4. Καθώς έχουμε στη διάθεση μας δισδιάστατα δεδομένα, η μήτρα συνδιακύμανσης προκειται να έχει μέγεθος 2×2 . Επομένως το αποτέλεσμα έχει τη παρακάτω μορφή:

$cov = .616555556.615444444.615444444.716555556$

Καθώς λοιπόν τα στοιχεία που δεν βρίσκονται στη διαγώνιο του πίνακα είναι θετικά, θα πρέπει να περιμένουμε πως και οι δύο μεταβλητές x, y θα αυξάνονται μαζί.

ΒΗΜΑ 4° : υπολογισμός των ιδιοδιανυσμάτων και των ιδιοτιμών μιας μήτρας συνδιακύμανσης

Καθώς ο πίνακας συνδιακύμανσης είναι τετραγωνικός, είναι δυνατός ο υπολογισμός των ιδιοτιμών και των ιδιοδιανυσμάτων αυτού. Τα μεγέθη αυτά είναι πραγματικά σημαντικά, καθώς μέσω αυτών λαμβάνουμε χρήσιμες πληροφορίες για τα προς μελέτη στοιχεία. Παρακάτω διαφαίνονται οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και τα ιδιοδιανύσματα (eigenvectors) :

$eigenvalues = .04908339891.28402771$

$eigenvectors = -.735178656-.677873399.677873399-.735178656$

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως τα ιδιοδιανύσματα αυτά είναι και τα δύο μοναδιαία, δηλαδή το μήκος αυτών είναι ίσα με τη μονάδα. Αυτό είναι πράγματι πολύ σημαντικό για τη PCA, αλλά ευτυχώς σχεδόν η πλειάδα των μαθηματικών πακέτων προγραμμάτων υπολογίζουν τα ιδιοδιανύσματα -όταν αυτά ζητούνται-, ως μοναδιαία ιδιοδιανύσματα. Όμως τι ακριβώς σημαίνουν όλα αυτά; Εάν κοιτάξουμε διεξοδικά τη πλοκή των δεδομένων στο γράφημα 3.2 θα διαπιστώσουμε πως τα δεδομένα έχουν ένα πραγματικά ισχυρό πρότυπο. Όπως προβλεπόταν από τη μήτρα συνδιακύμανσης, τα ιδιοδιανύσματα όντως αυξάνονται μαζί. Στη κορυφή των δεδομένων απεικονίζονται επίσης και δύο ιδιοδιανύσματα. Εμφανίζονται ως μια γραμμή διαγώνιες διακεκομμένες γραμμές. Όπως έχει ήδη επισημανθεί και παραπάνω τα ιδιοδιανύσματα είναι ορθογώνια μεταξύ τους.

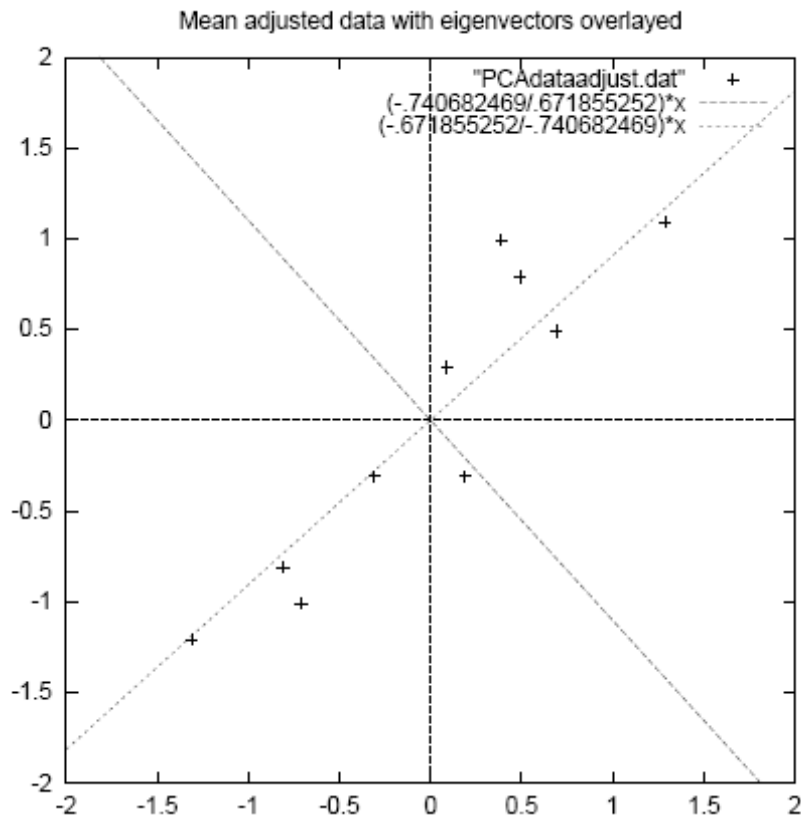
Όμως εξίσου σημαντική είναι η δυνατότητα που μας δίδουν σχετικά με τα πρότυπα των στοιχείων. Δείτε πως ένα από τα ιδιοδιανύσματα διέρχεται από τη μέση των σημείων, σαν να πρόκειται να σχεδιάζει μια γραμμή η οποία ταιριάζει καλύτερα στα εν λόγω στοιχεία. Το επικείμενο ιδιοδιάνυσμα μας δείχνει πως αυτά τα δύο σύνολα δεδομένων σχετίζονται κατά μήκος αυτής της γραμμής. Το δεύτερο ιδιοδιάνυσμα μας δίνει το

δεύτερο σημαντικό πρότυπο των δεδομένων, που ακολουθούν όλα τα σημεία της κύριας γραμμής, και βρίσκονται μακριά από την κύρια σε κάποια απόσταση.

Επομένως μέσω αυτής της διαδικασίας υπολογισμού των ιδιοδιανυσμάτων μιας μήτρας συνδιακύμανσης, μας δίδεται η δυνατότητα απεικόνισης γραμμών στο χώρο οι οποίες φέρουν πληροφορίες σχετικά με τα εν λόγω στοιχεία μας. Το υπόλοιπο των βημάτων περιλαμβάνει τη μετατροπή των δεδομένων έτσι ώστε να είναι εκφρασμένα σε αυτές τις γραμμές.

ΒΗΜΑ 5^ο : η επιλογή στοιχείων τα οποία θα αποτελέσουν το χαρακτηριστικό διάνυσμα

Σε αυτό το σημείο παρατίθεται η έννοια της συμπίεσης στοιχείων και της μειωμένης διαστατικότητας. Ας λάβουμε υπόψιν τα ιδιοδιανύσματα και τις ιδιοτιμές του προηγούμενου παραδείγματος.



3.2 απεικόνιση των κανονικοποιημένων δεδομένων (εφόσον έχει αφαιρεθεί από τα εν λόγω δεδομένα ο μέσος όρος) με ιδιοδιανύσματα της μήτρας συνδιακύμανσης στη κορυφή.

Θα παρατηρήσουμε πως οι ιδιοτιμές είναι εντελώς διαφορετικές τιμές. Στην πραγματικότητα αποδεικνύεται ότι τα ιδιοδιανύσματα με την υψηλότερη ιδιοτιμή

είναι η συνιστώσα αρχή (principal component) του συνόλου των στοιχείων. Στο επικείμενο παράδειγμά μας, το ιδιοδιάνυσμα με τις μεγαλύτερες ιδιοτιμές ήταν υπεύθυνο για την εμφάνιση του μέσου δεδομένων σε χαμηλότερο βαθμό. Είναι επομένως η σημαντικότερη σχέση μεταξύ των διαστάσεων των στοιχείων.

Γενικά λοιπόν, όταν υπολογισθούν τα ιδιοδιανύσματα από τη μήτρα συνδιακύμανσης, το επόμενο βήμα σε σειρά είναι η τοποθέτησή τους σύμφωνα με τις αντίστοιχες τιμές των ιδιοτιμών σε κλίμακα από το μεγαλύτερο στο μικρότερο. Η διαδικασία αυτή μας δίνει όλα τα συστατικά αυτά στοιχεία σε σειρά σπουδαιότητας. Στο σημείο αυτό δύναται να αγνοήσουμε τα λιγότερο σημαντικά στοιχεία. Στη πραγματικότητα όμως χάνουμε κάποιες πληροφορίες, όταν όμως οι ιδιοτιμές είναι μικρού μεγέθους, τότε δεν χάνουμε τόσα πολλά σε πληροφορίες-δεδομένα. Εάν λοιπόν όντως αγνοήσουμε κάποια δεδομένα τότε τα τελικά προς μελέτη στοιχεία θα έχουν λιγότερες διαστάσεις από τα αρχικά δεδομένα. Για να είμαστε ακριβείς, εάν αρχικά είχαμε n διαστάσεις στα δεδομένα μας και υπολογίσουμε n ιδιοτιμές και ιδιοδιανύσματα και στη συνέχεια επιλέξουμε μόνο p ιδιοδιανύσματα από τα αρχικά, τότε τα τελικά μας δεδομένα θα έχουν μόνο p διαστάσεις.

Τι είναι όμως απαραίτητο να γίνει ύστερα από όλα αυτά τα βήματα; Είναι η διαμόρφωση ενός χαρακτηριστικού διανύσματος (feature vector), του οποίου το όνομα προσδίδει απλά και μόνο έναν πίνακα διανυσμάτων και τίποτε παραπάνω. Η κατασκευή του προαναφερθέντος πίνακα διανυσμάτων, πραγματοποιείται με τη τοποθέτηση των ιδιοδιανυσμάτων που τελικά αποφασίζουμε να χρησιμοποιήσουμε από τη λίστα των ιδιοδιανυσμάτων, και τη μορφοποίηση της εν λόγω μήτρας με αυτά τα ιδιοδιανύσματα σε στήλες.

FeatureVector=(eig1 eig2 eig3 . . . eign)

Δεδομένου του συνόλου των στοιχείων μας καθώς επίσης και του ότι έχουμε 2 ιδιοδιανύσματα, έχουμε τελικώς δύο επιλογές. Μπορούμε επομένως είτε να δημιουργήσουμε ένα χαρακτηριστικό διάνυσμα –feature vector με τη ταυτόχρονη χρησιμοποίηση και των δύο ιδιοδιανυσμάτων:

-.677873399-.735178656-.735178656.677873399

είτε να επιλέξουμε να παραβλέψουμε το μικρότερο, το λιγότερο σημαντικό στοιχείο προκειμένου τελικώς να έχουμε μόνο μία στήλη

-.677873399-.735178656

Θα δούμε τελικώς το αποτέλεσμα καθενός από τις δύο παραπάνω εκδοχές στο επόμενο κομμάτι του διδακτικού αυτού βοηθήματος.

ΒΗΜΑ 5° : πως προκύπτουν τα νέα δεδομένα

Αυτό είναι το τελικό στάδιο της PCA, το οποίο δύναται να χαρακτηριστεί και το ευκολότερο. Όταν λοιπόν θα έχουμε επιλέξει τα στοιχεία (eigenvectors), τα οποία επιθυμούμε να διατηρήσουμε στα τελικά δεδομένα μας και δώσουμε τη τελική φόρμα

στο χαρακτηριστικό διάνυσμα, μπορούμε ύστερα να αντιμεταθέσουμε το διάνυσμα και στη συνέχεια να το πολλαπλασιάσουμε από την αριστερή του πλευρά του πρότυπου συνόλου δεδομένων, αντιμεταθετιμένο.

FinalData = RowFeatureVector × RowDataAdjust

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο το **RowFeatureVector**, αντιστοιχεί σε μία μήτρα με ιδιοδιανύσματα σε στήλες αντιμεταθετιμένη, ούτως ώστε τα εν λόγω ιδιοδιανύσματα να βρίσκονται στις γραμμές της μήτρας, με τα περισσότερο σημαντικά ιδιοδιανύσματα να βρίσκονται στη κορυφή αυτής. Ενώ ο όρος **RowDataAdjust** αντιστοιχεί στα μέσα δεδομένα προσαρμοσμένα αντιμεταθετιμένα, δηλαδή τα στοιχεία των δεδομένων βρίσκονται σε κάθε στήλη, με κάθε γραμμή να έχει ξεχωριστή διάσταση. Η αλήθεια είναι πως όλες αυτές οι αντιμεταθέσεις δύναται να προκαλέσουν μια σύγχυση, όμως από αυτό το σημείο και έπειτα οι λύσεις των εξισώσεων είναι ευκολότερες ειδικά εάν λάβουμε το αντιμεταθετιμένο χαρακτηριστικό διάνυσμα και τα δεδομένα αρχικά, από το να αποκτήσουμε το σύμβολο **T** πάνω από τα ονόματά τους σε αυτό το σημείο.

Τέλος ο όρος **FinalData** ισούται με το τελικό σύνολο δεδομένων, με στήλες τα στοιχεία των δεδομένων και γραμμές τις διαστάσεις τους.

Όμως τελικά τι αποκομούμε από τον παραπάνω πίνακα; Ο συγκεκριμένος πίνακας λοιπόν θα μας δώσει τα πρότυπα δεδομένα με αποκλειστική αντιστοιχία στα διανύσματα που εν κατακλείδι επιλέξαμε. Τα πρότυπα δεδομένα μας έχουν δύο άξονες συγκεκριμένα τους **x, y**, ούτως ώστε τα δεδομένα μας να βρίσκονται σε αντιστοιχία με τα σημεία αυτών. Είναι πιθανή οποιαδήποτε αντιστοίχιση με όποιους δύο άξονες προτιμούμε, στη περίπτωση που οι επιλεγμένοι άξονες είναι μεταξύ τους κάθετοι τότε η έκφραση είναι περισσότερο αποδοτική. Για αυτό καθορίζεται ως τόσο σημαντική η καθετότητα των ιδιοδιανυσμάτων μεταξύ τους. Έχουμε μετατρέψει τα δεδομένα μας από σημεία των **x,y** αξόνων σε στοιχεία δισδιάστατων ιδιοδιανυσμάτων. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στη περίπτωση που έχουμε μειώσει τα δεδομένα μας –καθώς έχουμε επιλέξει μέρος αυτών- και επομένως και τις διαστάσεις τους έχουμε αφήσει κάποια ιδιοδιανύσματα έξω, τα νέα δεδομένα είναι σε αντιστοιχία με τα διανύσματα τα οποία έχουμε αποφασίσει να κρατήσουμε.

Προκειμένου να γίνει εμφανής η παραπάνω μείωση στα δεδομένα μας, πραγματοποιείται ακολούθως η τελική μεταμόρφωση με κάθε ένα από τα πιθανά χαρακτηριστικά διανύσματα. Έτσι λάβαμε το αντιμεταθετιμένο αποτέλεσμα σε κάθε πιθανή περίπτωση προκειμένου να φέρουμε τα δεδομένα στην αρχική διαμορφωμένη μορφή του πίνακα. Επιπροσθέτως έχει πραγματοποιηθεί και μία γραφική απεικόνιση προκειμένου να δειχθεί πως σχετίζονται τα τελικά σημεία με τα στοιχεία- ιδιοδιανύσματα.

Στη περίπτωση που επιλεγθούν και τα δύο ιδιοδιανύσματα για την επικείμενη μεταμόρφωση, τότε λαμβάνουμε τα δεδομένα και τη γραφική απεικόνιση 3.3. Το γράφημα αυτό απεικονίζει στην ουσία το πρότυπο των δεδομένων, το οποίο έχει περιστραφεί έτσι ώστε τα ιδιοδιανύσματα να αποτελούν τους άξονες. Το γεγονός αυτό είναι κατανοητό καθώς δεν έχουμε παραλείψει κανένα δεδομένο σε αυτήν την αποδόμηση-διάσπαση.

Η άλλη μεταμόρφωση η οποία δύναται να λάβει χώρα είναι αυτή η οποία έχει προκύψει κατόπιν επιλογής ιδιοδιανυσμάτων με τη μεγαλύτερη ιδιοτιμή. Ο πίνακας των δεδομένων

ο οποίος έχει υπολογισθεί ύστερα από αυτή την επιλογή διαφαίνεται στο σχήμα 3.4. Όπως αναμενόταν έχει μόνο μια διάσταση. Εάν αντιπαραβάλλουμε το σύνολο των δεδομένων με το σύνολο το οποίο προέκυψε από τη χρήση και των δύο ιδιοδιανυσμάτων, θα διαπιστώσουμε πως το επικείμενο σύνολο των δεδομένων είναι ακριβώς ταυτόσημο με τη πρώτη στήλη του άλλου. Επομένως εάν επρόκειτο να σχεδιάζαμε τα συγκεκριμένα δεδομένα, θα ήταν μονοδιάστατα και σημεία μιας γραμμής σε ακριβώς x θέσεις των σημείων απεικόνισης του σχήματος 3.3. Συμπερασματικά λοιπόν έχουμε εξαλείψει έναν ολόκληρο άξονα, ο οποίος αντιπροσώπευε το δεύτερο ιδιοδιάνυσμα.

Επομένως τι ακριβώς έχουμε κάνει; Στην ουσία έχουμε μετασχηματίσει τα προς μελέτη δεδομένα μας ούτως ώστε να υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ των προτύπων, όπου τα πρότυπα είναι οι γραμμές εκείνες οι οποίες αποδίδουν στο μέγιστο δυνατό τη σχέση αυτή μεταξύ των δεδομένων. Το γεγονός αυτό είναι πραγματικά χρήσιμο καθώς με τη διαδικασία αυτή έχουμε ταξινομήσει τα δεδομένα μας σε έναν χώρο ο οποίος καθορίζεται από το συνδυασμό συνεισφορών κάθε γραμμής. Στην αρχή είχαμε απλώς τους άξονες x, y . Το γεγονός αυτό ως αποτέλεσμα κρίνεται καλό, όμως οι x, y τιμές κάθε δεδομένου -του προκύπτωμενου χώρου- δεν μας δίνουν ικανοποιητικές πληροφορίες σχετικά με το πώς ο εν λόγω χώρος συνδέεται με το υπόλοιπο σύνολο των δεδομένων. Τώρα οι τιμές των δεδομένων του χώρου μας καθορίζουν επακριβώς προς τα πού ρέπουν-τείνουν (δηλαδή κάτω ή πάνω) οι προκύπτόμενες γραμμές του χώρου. Στη περίπτωση της μετατροπής με τη χρήση και των δύο ιδιοδιανυσμάτων, έχουμε στην ουσία τροποποιήσει τα δεδομένα, ούτως ώστε να πραγματοποιείται σε αντιστοιχία με τα ιδιοδιανυσμάτα σε αντίθεση με τους συνήθεις άξονες. Εν αντιθέση το μονοδιάστατο ιδιοδιάνυσμα της αποσύνθεσης έχει αποσιωπηθεί από τη συνεισφορά εξαιτίας της ύπαρξης του μικρότερου ιδιοδιανύσματος, με αποτέλεσμα να μείνουμε με τα δεδομένα εκείνα τα οποία είναι σε αντιστοιχία με το προηγούμενο-μεγαλύτερο ιδιοδιάνυσμα.

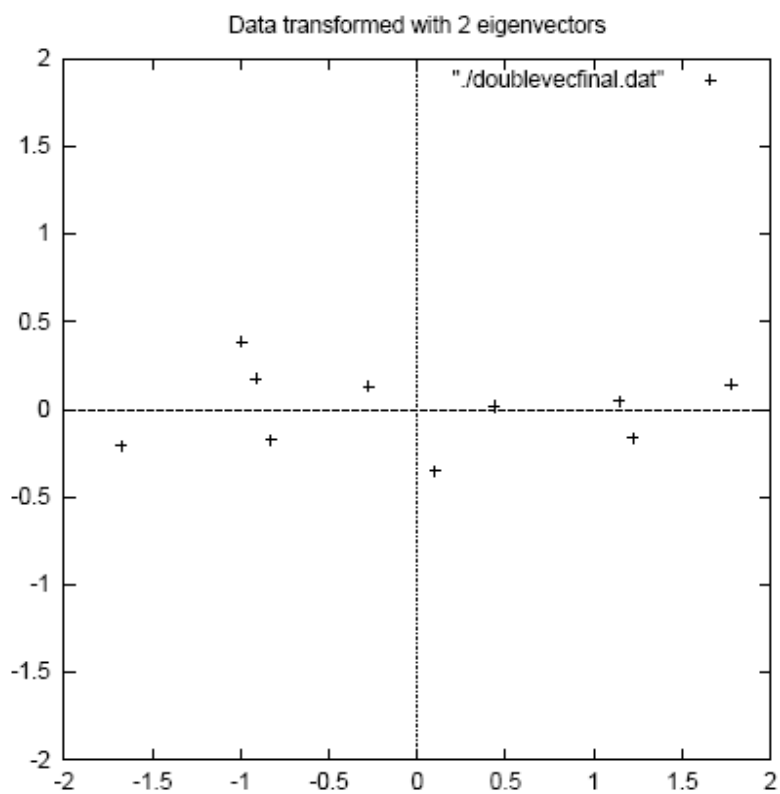
1.4.Επαναφορά των αρχικών δεδομένων

Η ανάγκη του να λάβουμε τα αρχικά μας δεδομένα χρήζει προφανώς μεγάλης ανησυχίας ειδικά εάν έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδο της PCA προκειμένου να μετατρέψουμε τα δεδομένα μας σε μια πιο συμπίεσμένη μορφή (ένα τέτοιο παράδειγμα πρόκειται να περιγραφεί στο επόμενο κομμάτι). Το εν λόγω δοκίμιο έχει ως πηγή την ηλεκτρονική διεύθυνση:

<http://www.vision.auc.dk/sig/Teaching/Flerdim/Current/hotelling/hotelling.html>

X	Y
-0.827970186	-0.175115307
1.77758033	0.142857227
-0.992197494	0.384374989
-0.274210416	0.130417207
-1.67580142	-0.209498461 = Transformed Data
-0.912949103	0.175282444
0.0991094375	-0.349824698

1.14457216	0.0464172582
0.438046137	0.177646297
1.22382056	-0.162675287



Σχήμα 3.3 ο πίνακας δεδομένων με τη χρήση της PCA και τη χρήση δυο ιδιοδιανυσμάτων, και η απεικόνιση του χώρου που απαρτίζουν τα νέα δεδομένα

Σχήμα 3.4 τα δεδομένα ύστερα από τη μετατροπή με τη χρήση μόνο του περισσότερο σημαντικού ιδιοδιανύσματος

Transformed Data (Single eigenvector)

X
-0.827970186
1.77758033
-0.992197494
-0.274210416
-1.67580142
-0.912949103
0.0991094375
1.14457216
0.438046137
1.22382056

Ερχόμαστε λοιπόν σε ένα από τα προηγούμενα ερωτήματα, πως θα λάβουμε τα αρχικά δεδομένα; Αξίζει σε αυτό το σημείο να σημειώσουμε πως μόνο εάν κάνουμε χρήση του συνόλου των ιδιοδιανυσμάτων στην εν λόγω μετατροπή μας μόνο τότε λαμβάνουμε επακριβώς το σύνολο των αρχικών δεδομένων. Στη περίπτωση όμως που έχουμε μείωση του αριθμού των ιδιοδιανυσμάτων -προκειμένου να προβούμε στη τελική μας μετατροπή-, τότε τα δεδομένα που ανευρίσκουμε έχουν προφανώς κάποια απώλεια πληροφοριών.

Ας υπενθυμίσουμε τον τύπο της τελικής μετατροπής :

$FinalData = RowFeatureVector \times RowDataAdjust$

ο οποίος δύναται να αντιστραφεί ούτως ώστε να λάβουμε την αρχική μορφή των δεδομένων, έτσι λαμβάνει τη μορφή:

$RowDataAdjust = RowFeatureVector^{-1} \times FinalData$

όπου $RowFeatureVector^{-1}$ είναι ο αντιστραμένος όρος $RowFeatureVector$. Εντούτοις όταν λαμβάνουμε όλα τα ιδιοδιανύσματα στο χαρακτηριστικό μας διάνυσμα (feature vector), προκύπτει πως το αντίστροφο του χαρακτηριστικού διανύσματος είναι στην ουσία ίσο με το ανεστραμμένο χαρακτηριστικό διάνυσμα. Το γεγονός αυτό είναι πραγματοποιήσιμο καθώς τα στοιχεία του πίνακα είναι όλα μοναδιαία ιδιοδιανύσματα του συνόλου των δεδομένων μας. Το γεγονός αυτό καθιστά τη διαδικασία της επιστροφής του αρχικού συνόλου των δεδομένων ευκολότερη, καθώς η εξίσωση λαμβάνει τελικώς τη μορφή:

$RowDataAdjust = RowFeatureVector^T \times FinalData$

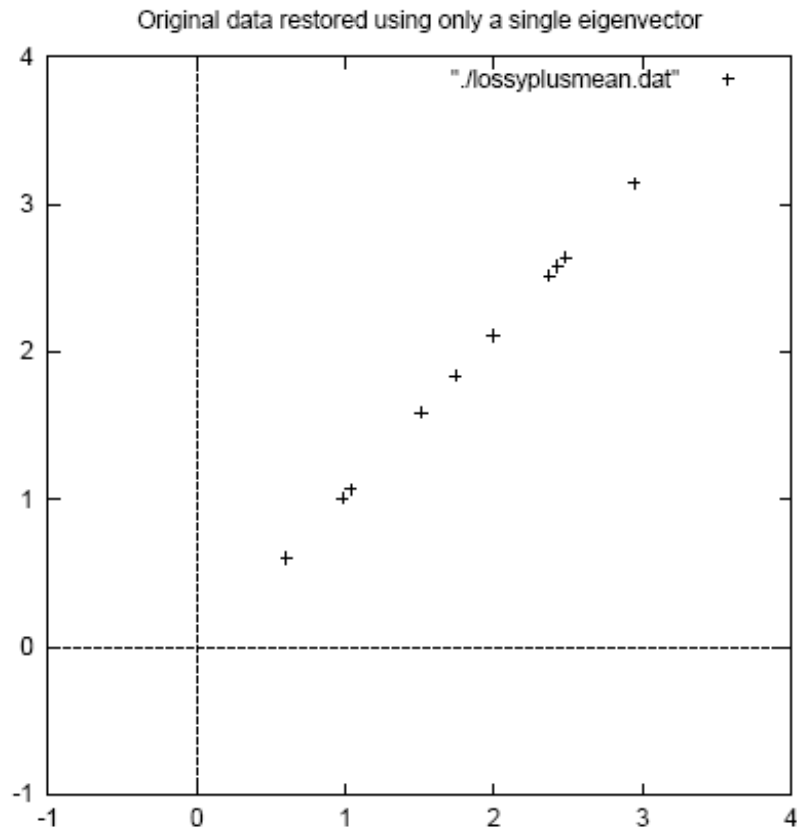
Ωστόσο προκειμένου να λάβουμε τα πραγματικά δεδομένα, χρειαζόμαστε τη πρόσθεση του μέσου όρου των πρωτογενών δεδομένων (καθώς όπως θυμόμαστε τον είχαμε

αφαιρέσει πρωτύτερα). Έτσι η πληρότητα του εν λόγω τύπου διαφαίνεται στην έκφραση που ακολουθεί:

$$\mathbf{RowOriginalData} = (\mathbf{RowFeatureVector} \times \mathbf{FinalData}) + \mathbf{OriginalMean}$$

Ο τύπος αυτός ισχύει για τις περιπτώσεις εκείνες που δεν έγινε χρήση όλων των ιδιοδιανυσμάτων στον επικείμενο υπολογισμό του χαρακτηριστικού διανύσματος (feature value). Έτσι ακόμα και όταν παραλείψουμε κάποια ιδιοδιανύσματα, η πιο πάνω εξίσωση εξακολουθεί να εκφράζει το σωστό τρόπο για τη πραγματοποίηση της ζητούμενης μετατροπής.

Δεν πρόκειται να πραγματοποιηθεί η επαναδόμηση των δεδομένων με τη χρήση της πλήρους μορφής του χαρακτηριστικού διανύσματος, καθώς το αποτέλεσμα είναι ταυτόσιμο με τα δεδομένα τα οποία παρατέθηκαν αρχικά. Εντούτοις, η συγκεκριμένη διεργασία θα πραγματοποιηθεί με το μειωμένο χαρακτηριστικό διάνυσμα, προκειμένου να παρουσιασθεί η απώλεια των πληροφοριών. Το σχήμα 3.5 παρουσιάζει την εν λόγω απεικόνιση. Μπορείτε να την συγκρίνετε με τη γραφική παράσταση των αρχέγονων-πρότυπων δεδομένων,



Σχήμα 3.5 η ανεικοδόμηση από τα δεδομένα τα οποία προήλθαν από τη χρήση του μονοδιάστατου ιδιοδιανύσματος

(σχήμα 3.1) και θα αντιληφθείτε πώς, ενώ η παραλλαγή κατά μήκος του ιδιοδιανύσματος-eigenvector (δείτε το σχήμα 3.2 σύμφωνα με το οποίο το ιδιοδιάνυσμα- eigenvector βρίσκεται πάνω από το μέσο-προσαρμοσμένο σύνολο των δεδομένων) έχει διατηρηθεί, η παραλλαγή κατά μήκος του άλλου συστατικού (το άλλο eigenvector το οποίο παραλείψαμε από τη διαδικασία) έχει εξαλειφθεί.

1.5.Εφαρμογή στη Computer VISION

Στο κεφάλαιο αυτό πρόκειται να περιγραφθεί ο τρόπος με τον οποίο η μέθοδος PCA χρησιμοποιείται στη Computer Vision. Αρχικά λοιπόν θα γίνει μια παρουσίαση του πώς παρουσιάζονται οι εικόνες και εν συνεχεία του τι είδους ενέργειες μας επιτρέπει η PCA να κάνουμε με τις εν λόγω εικόνες. Οι πληροφορίες στο εν λόγω κομμάτι του δοκιμίου όσον αφορά στη αναγνώριση προσώπου προέρχεται από *“Face Recognition: Eigenface, Elastic Matching, and Neural Nets”, Jun Zhang et al. Proceedings of the IEEE, Vol. 85, No. 9, September 1997.* Ενώ η παρουσίαση των πληροφοριών έχει ληφθεί από *“Digital Image Processing” Rafael C. Gonzalez and Paul Wintz,*

Addison-Wesley Publishing Company, 1987. Επιπροσθέτως δύναται να χαρακτηριστεί ως άριστη αναφορά για περαιτέρω

πληροφορίες σχετικά με τη μετατροπή K-L γενικά. Οι πληροφορίες συμπίεσης εικόνας προέρχονται από <http://www.vision.auc.dk/sig/Teaching/Flerdim/Current/hotelling/hotelling.html>, οι οποίες προβάλλουν παραδείγματα ανασυγκρότησης εικόνων με τη χρήση μιας μεγάλης ποικιλίας από ιδιοδιανύσματα.

1.5.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Όταν κάνουμε χρήση αυτού του είδους τις τεχνικές των πινάκων στην Computer Vision, θα πρέπει να αναλογιζόμαστε την παρουσίαση των εικόνων. Ένας τετραγωνικός πίνακας εικόνων $N \times N$ δύναται να εκφραστεί ως ένα N^2 δισδιάστατο διάνυσμα

$$X = (x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_{N^2})$$

όπου οι γραμμές των πίξελ μιας εικόνας είναι τοποθετημένες η μία μετά την άλλη προκειμένου τελικά να σχηματίσουν μια μονοδιάστατη εικόνα. Για παράδειγμα τα πρώτα N στοιχεία $x_1 - x_N$ πρόκειται να είναι στη πρώτη σειρά της εικόνας, ενώ τα υπόλοιπα N στοιχεία θα είναι στην επόμενη σειρά και έτσι η διαδικασία θα συνεχίζεται με αυτό τον τρόπο. Οι τιμές που θα χαρακτηρίζουν το διάνυσμα είναι οι κατεξοχήν-χαρακτηριστικές τιμές της εικόνας, πιθανώς μιας μονοδιάστατης grayscale τιμής. ***(The values in the vector are the intensity values of the image, possibly a single greyscale value.)***

1.5.2. PCA ΕΥΡΕΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Ας υποθέσουμε πως έχουμε 20 εικόνες. Κάθε εικόνα έχει N πίξελς ύψος και N πίξελς πλάτος. Για κάθε εικόνα δύναται να δημιουργήσουμε ένα διάνυσμα εικόνας (image

vector) όπως περιγράφηκε και πρωτύτερα. Ύστερα μπορούμε να τοποθετήσουμε όλο το πλήθος των προκυπτών εικόνων μαζί σε έναν μεγάλο πίνακα εικόνων (image-matrix) η μορφή του οποίου παρατήθεται στη συνέχεια:

$ImagesMatrix = ImageVec1ImageVec2ImageVec20$

Ο συγκεκριμένος πίνακας αποτελεί το εφαλτήριο λάκτισμα της PCA ανάλυσης. Με την χρήση της μεθόδου PCA, έχουμε τα πρότυπα δεδομένα μας σε αντιστοιχία με τα ιδιοδιανύσματα τα οποία έχουν υπολογιστεί από τη μήτρα συνδιακύμανσης. Ερχόμαστε όμως στο ερώτημα: γιατί θα πρέπει η παραπάνω διαδικασία να είναι χρήσιμη. Έστω λοιπόν πως επιθυμούμε να πραγματοποιήσουμε μια αναγνώριση προσώπου, και ότι οι αρχικές μας εικόνες είναι πρόσωπα ανθρώπων. Ύστερα το πρόβλημά μας θα είναι, η προσθήκη μιας νέας εικόνας, ποιο πρόσωπο από το αρχικό πλήθος προσώπων είναι η νέα αυτή προσθήκη; (σημειώστε πως το νέο αυτό πρόσωπο δεν υπάρχει σε κανένα από τα δείγματα των 20 προσώπων που έχουμε ήδη στη διάθεσή μας). Ο τρόπος που αυτό γίνεται στη Computer Vision είναι να μετρηθεί η διαφορά μεταξύ της νέας εικόνας και των αρχικών εικόνων, αλλά όχι κατά μήκος των αρχικών αξόνων, κατά μήκος των νέων αξόνων που προέρχονται από τη PCA ανάλυση.

Αποδεικνύεται πως οι συγκεκριμένοι άξονες λειτουργούν καλύτερα στην αναγνώριση προσώπων, εξαιτίας του γεγονότος πως η PCA ανάλυση μας έχει δώσει τις αρχικές-πρότυπες εικόνες σε αντιστοιχία με τις διαφορές και τις ομοιότητες μεταξύ τους. Έτσι η PCA ανάλυση έχει προσδιορίσει τα στατιστικά πρότυπα σχέδια στα στοιχεία-δεδομένα.

Καθώς όλα τα διανύσματα έχουν N^2 διάσταση, θα λάβουμε όπως είναι αναμενόμενο ιδιοδιανύσματα N^2 . Στη πράξη είναι εφικτή η απαλειφή ορισμένων λιγότερο σημαντικών ιδιοδιανυσμάτων, και η επικείμενη αναγνώριση θα εξακολουθεί να λειτουργεί καλά.

1.5.3. Η PCA για τη συμπίεση εικόνας

Η χρήση της PCA σχετικά με τη συμπίεση εικόνων είναι επίσης γνωστή ως *Hotelling ή Karhunen και Leove (KL)*, μετατροπή. Εάν έχουμε 20 εικόνες, οι οποίες έχουν κάθε μία N^2 πίξελς, δύναται να μορφοποιήσουμε N^2 διανύσματα των οποίων οι διαστάσεις θα έχουν εύρος 20. Κάθε διάνυσμα αποτελείται από όλες εκείνες τις ισχυρές τιμές (intensity values) από το ίδιο εικονοκύτταρο-πίξελ από κάθε εικόνα. Αυτό είναι διαφορετικό από το προηγούμενο παράδειγμα καθώς είχαμε ένα διάνυσμα για την εικόνα, και κάθε στοιχείο στο διάνυσμα ήταν ένα διαφορετικό πίξελ, σε αντιαστολή με αυτό τώρα έχουμε ένα διάνυσμα για κάθε πίξελ, και κάθε στοιχείο στο διάνυσμα είναι μια διαφορετική εικόνα.

Σε αυτό το σημείο εκτελούμε τη διαδικασία της PCA στο επικείμενο σύνολο δεδομένων. Πρόκειται να λάβουμε 20 ιδιοδιανύσματα καθώς κάθε διάνυσμα είναι 20 διαστάσεων. Έτσι προκειμένου να συμπίεσουμε τα δεδομένα, δύναται για παράδειγμα να επιλέξουμε να μετασχηματίσουμε τα δεδομένα χρησιμοποιώντας μόνο 15 από τα 20 ιδιοδιανύσματα. Η συγκεκριμένη ενέργεια μας δίνει ένα τελικό σύνολο δεδομένων, 15 διαστάσεων, γεγονός το οποίο μας έχει αποφέρει ένα κενό χώρο ίσο με $\frac{1}{4}$. Εντούτοις, όταν το αρχέγονο σύνολο δεδομένων αναπαραχθεί, οι εικόνες θα έχουν χάσει ένα μέρος των πληροφοριών. Αυτή η τεχνική συμπίεσης χαρακτηρίζεται ως lossy καθώς η αποσυμπιεσμένη εικόνα δεν είναι ίδια ακριβώς με την αρχική αλλά είναι γενικά σε υποδιέστρη μορφή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Ο κώδικας που παρουσιάζεται παρακάτω γίνεται στα πλαίσια της χρήσης Scilab, -πρόκειται για μια ελεύθερη εναλλακτική λύση για το Matlab-. Η εν λόγω χρήση έλαβε χώρα με σκοπό να παραχθούν όλα τα παραδείγματα στο κείμενο.

```
// http://www.cs.montana.edu/~harkin/courses/cs530/scilab/macros/cov.sci
/// This macro taken from
/ No alterations made
// Return the covariance matrix of the data in x, where each column of x
// is one dimension of an n-dimensional data set. That is, x has x
columns
// and m rows, and each row is one sample.
//
// For example, if x is three dimensional and there are 4 samples.
// x = [1 2 3;4 5 6;7 8 9;10 11 12]
// c = cov (x)
function [c]=cov (x)
// Get the size of the array
sizex=size(x);
// Get the mean of each column
meanx = mean (x, "r");
// For each pair of variables, x1, x2, calculate
// sum ((x1 - meanx1) (x2-meanx2))/(m-1)
for var = 1:sizex(2),
x1 = x(:,var);
mx1 = meanx (var);
for ct = var:sizex (2),
x2 = x(:,ct);
mx2 = meanx (ct);
v = ((x1 - mx1)' * (x2 - mx2))/(sizex(1) - 1);

cv(var,ct) = v;
cv(ct,var) = v;
// do the lower part of c also.
```

```

end,
end,
c=cv;
// This a simple wrapper function to get just the eigenvectors
// since the system call returns 3 matrices
function [x]=justeigs (x)
// This just returns the eigenvectors of the matrix
[a, eig, b] = bdiag(x);
x= eig;
// this function makes the transformation to the eigenspace for PCA
// parameters:
// adjusteddata = mean-adjusted data set
// eigenvectors = SORTED eigenvectors (by eigenvalue)
// dimensions = how many eigenvectors you wish to keep
//
// The first two parameters can come from the result of calling
// PCAPrepare on your data.
// The last is up to you.
function [finaldata] =
PCAtransform(adjusteddata,eigenvectors,dimensions)
finaleigs = eigenvectors(:,1:dimensions);
prefinaldata = finaleigs'*adjusteddata';
finaldata = prefinaldata';
// This function does the preparation for PCA analysis
// It adjusts the data to subtract the mean, finds the covariance
matrix,
// and finds normal eigenvectors of that covariance matrix.
// It returns 4 matrices
// meanadjust = the mean-adjust data set
// covmat = the covariance matrix of the data
// eigvalues = the eigenvalues of the covariance matrix, IN SORTED ORDER
// normaleigs = the normalised eigenvectors of the covariance matrix,
// IN SORTED ORDER WITH RESPECT TO
// THEIR EIGENVALUES, for selection for the feature vector

//
// NOTE: This function cannot handle data sets that have any eigenvalues
// equal to zero. It's got something to do with the way that scilab
treats
// the empty matrix and zeros.
//
function [meanadjusted,covmat,sorteigvalues,sortnormaleigs] =
PCAPrepare (data)
// Calculates the mean adjusted matrix, only for 2 dimensional data
means = mean(data,"r");
meanadjusted = meanadjust(data);
covmat = cov(meanadjusted);
eigvalues = spec(covmat);
normaleigs = justeigs(covmat);
sorteigvalues = sorteigvectors(eigvalues',eigvalues');
sortnormaleigs = sorteigvectors(eigvalues',normaleigs);
// This removes a specified column from a matrix
// A = the matrix
// n = the column number you wish to remove
function [columnremoved] = removecolumn(A,n)
inputsize = size(A);
numcols = inputsize(2);

```

```

temp = A(:,1:(n-1));
for var = 1:(numcols - n)
temp(:,(n+var)-1) = A(:,(n+var));
end,
columnremoved = temp;
// This finds the column number that has the
// highest value in it's first row.
function [column] = highestvalcolumn(A)
inputsize = size(A);
numcols = inputsize(2);
maxval = A(1,1);
maxcol = 1;
for var = 2:numcols
if A(1,var) > maxval
maxval = A(1,var);
maxcol = var;
end,
end,
column = maxcol

// This sorts a matrix of vectors, based on the values of
// another matrix
//
// values = the list of eigenvalues (1 per column)
// vectors = The list of eigenvectors (1 per column)
//
// NOTE: The values should correspond to the vectors
// so that the value in column x corresponds to the vector
// in column x.
function [sortedvecs] = sorteigvectors(values,vectors)
inputsize = size(values);
numcols = inputsize(2);
highcol = highestvalcolumn(values);
sorted = vectors(:,highcol);
remainvec = removecolumn(vectors,highcol);
remainval = removecolumn(values,highcol);
for var = 2:numcols
highcol = highestvalcolumn(remainval);
sorted(:,var) = remainvec(:,highcol);
remainvec = removecolumn(remainvec,highcol);
remainval = removecolumn(remainval,highcol);
end,
sortedvecs = sorted;
// This takes a set of data, and subtracts
// the column mean from each column.
function [meanadjusted] = meanadjust(Data)
inputsize = size(Data);
numcols = inputsize(2);
means = mean(Data,"r");
tmpmeanadjusted = Data(:,1) - means(:,1);
for var = 2:numcols
tmpmeanadjusted(:,var) = Data(:,var) - means(:,var);
end,
meanadjusted = tmpmeanadjusted

```

Ανάπτυξη της Principal Component Analysis με τη χρήση Visual Basic Net 2008 (Express Edition)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της παραπάνω μεθοδολογίας αποτέλεσε και αποτελεί συχνά αντικείμενο συχνής χρήσης στον ευρύτερο επιστημονικό τομέα. Έτσι όπως έχει ήδη αναφερθεί η PCA είναι μια χρήσιμη στατιστική τεχνική που μπορεί να χαρακτηριστεί ως συνήθης προκείμενου να επιτευχθεί η εύρεση προτύπων-υποδειγμάτων σε πληροφορίες και δεδομένα υψηλών διαστάσεων. Η ανάγκη λοιπόν για τη σημαντική μείωση των προς μελέτη δεδομένων καθιστά συχνά απαραίτητη τη Principal Component Analysis.

Η ανάπτυξη της παραπάνω μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της Visual Basic Net 2008 (Vb.net 2008). Η Visual Basic Net 2008 αποτέλεσε το δομικό υλικό για την επικείμενη πολύπλευρη σύνθεση της PCA. Η Visual Basic. NET (VB.NET) είναι μια αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού υπολογιστών που μπορεί να θεωρηθεί ως εξέλιξη της Visual Basic της Microsoft (VB), η οποία συνήθως υλοποιείται με τη Microsoft. NET Framework.

Η συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού είναι ένα διαδραστικό σύστημα επικοινωνίας με το χρήστη του, εισάγει τα δεδομένα από αυτόν και ύστερα από μια αλληλουχία εντολών του παρέχει τα τελικά δεδομένα με τη χρήση της εν λόγω μεθόδου. Αποστασιοποιώντας τον από την πολυπλοκότητα των πινάκων και τους αναρίθμητους υπολογισμούς αυτών, παρουσιάζοντάς του όμως παράλληλα διεξοδικά έναν προς έναν τους προς δημιουργία πίνακες.

Οι δυνατότητες του εν λόγω προγράμματος είναι αναρίθμητες και το καθιστούν ως ένα από τα χρησιμότερα εργαλεία.

Στη συνέχεια λοιπόν της ενότητας αυτής εξηγείται το εν λόγω πρόγραμμα όπως αυτό αναπτύχθηκε. Δίδεται όσο τον δυνατόν μια καθολική εικόνα του τρόπου δόμησής του με τη μορφή οθονών από το πρόγραμμα ενώ παράλληλα δίνεται το στίγμα του προγραμματιστικού υπόβαθρου.

2.1

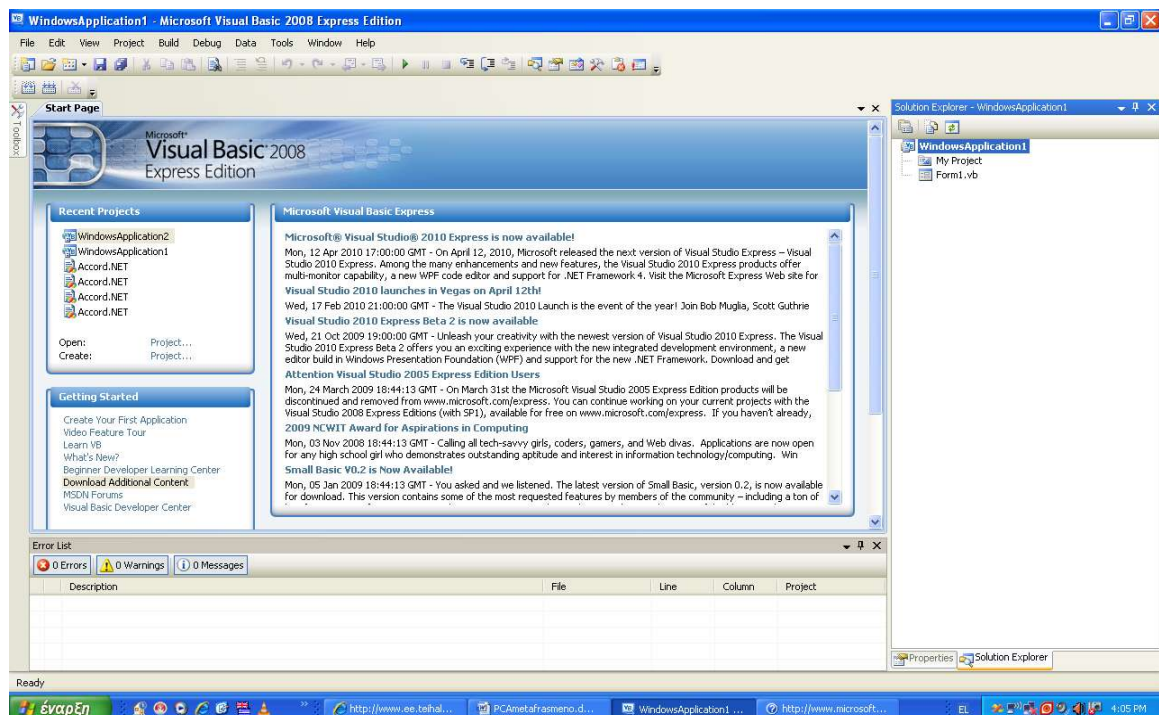
ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ VISUAL BASIC 2008 EXPRESS EDITION

Η Visual Basic είναι μια event driven language (καθοδηγούμενη από συμβάντα) γλώσσα οπτικού προγραμματισμού και συνδυάζει τα χαρακτηριστικά της γνωστής Basic για εύκολη εκμάθηση καθώς και μια πληθώρα εντολών και συναρτήσεων. Χρησιμοποιείται για πολλές εφαρμογές και εφαρμογές πολυμέσων καθώς και για αρχεία βάσεων δεδομένων (database). Ανήκει στην οικογένεια των προγραμμάτων του Microsoft Visual Studio.

Με την εισαγωγή των κατεπιλογή αντικειμένων –που ο κάθε χρήστης εισάγει- εκτελούνται υπορουτίνες που καλούνται κάθε φορά ακολουθώντας έτσι μια λογική που ονομάζεται αντικειμενοστραφής και έχει ως προϋπόθεση την παρέμβαση του χρήστη του προγράμματος για την εκτέλεση μιας οποιασδήποτε λειτουργίας.

Η Visual Basic έχει καθιερωθεί από τη Microsoft ως η κατ'εξοχήν γλώσσα για την επικοινωνία μεταξύ προγραμμάτων-εφαρμογών της όπως Access, Word , Excel, AutoCAD, κλπ.

Ακολουθεί μια περιγραφή σχετικά με τον τρόπο που ακολουθήθηκε προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο εν λόγω αλγόριθμος. Ανοίγοντας λοιπόν τη Visual Basic ο χρήστης βλέπει στην οθόνη του υπολογιστή του την παρακάτω εικόνα.

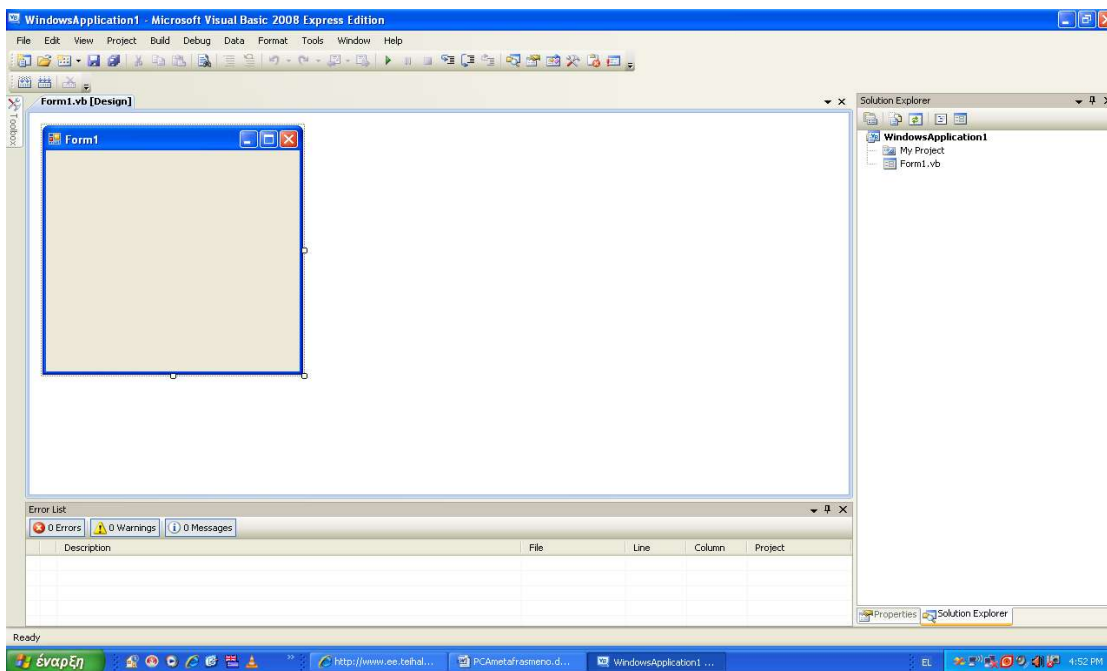


Εικόνα 2.1.1.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι εφαρμογές της εν λόγω γλώσσας οπτικού προγραμματισμού είναι ποικίλες. Οι εφαρμογές αυτές αποτελούνται από objects (αντικείμενα), συγκεκριμένα πλαίσια κειμένου, πλήκτρα εντολών, λίστες αλλά και πλήθος άλλων. Τα αντικείμενα αυτά ενεργοποιούνται από κάποιο event, για παράδειγμα το πλήκτρο ενός κουμπιού από το πληκτρολόγιο ή το ποντίκι.

Προκειμένου να δημιουργήσουμε μια εφαρμογή στη Visual Basic ακολουθούμε τα εξής βήματα :

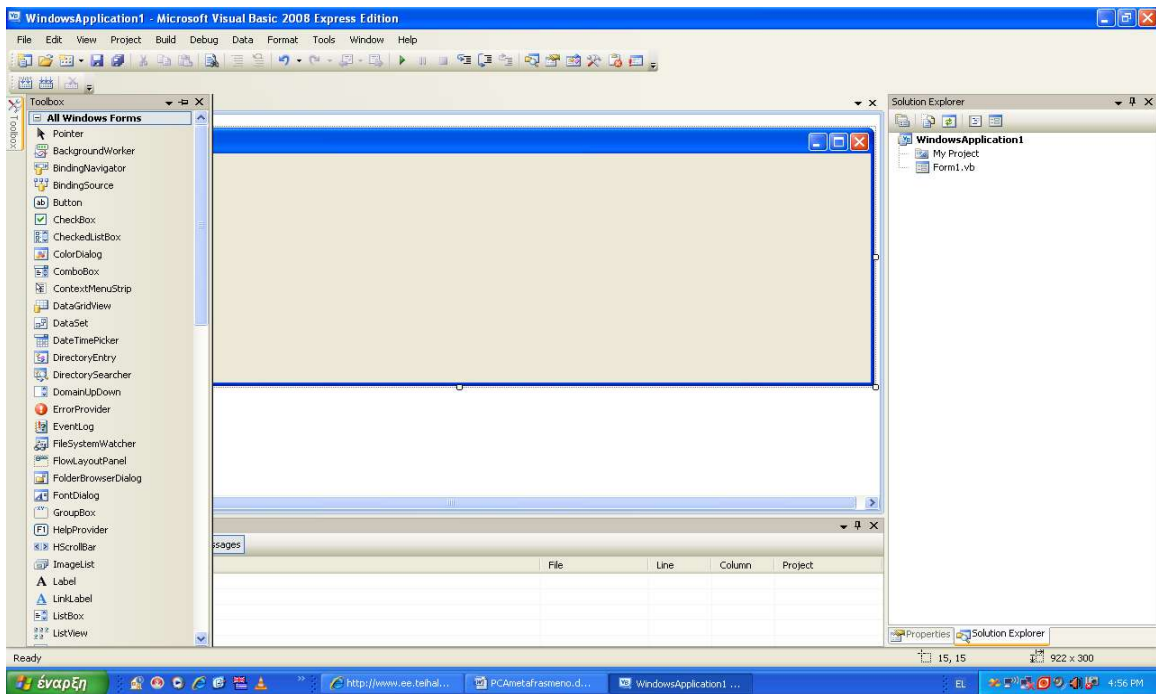
- Δημιουργία μιας νέας φόρμας(form), και ύστερα ονομασία αυτής.
- Σχεδίαση και ονομασία των αντικειμένων (objects) που απαρτίζουν μια φόρμα, με όρια τα όρια αυτής.
- Στη συνέχεια προγραμματισμός και γραφή κώδικα ούτως ώστε με την εκάστοτε ενέργεια του χρήστη (από το πληκτρολόγιο ή από το ποντίκι), τα αντικείμενα να αποκρίνονται.



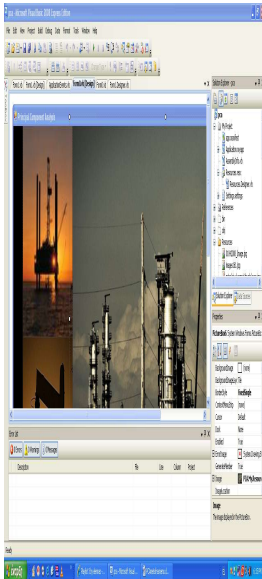
Εικόνα 2.1.2.

Στη Visual Basic δύναται να δημιουργήσουμε ένα σύνολο από υποπρογράμματα-υπορουτίνες που το καθένα ανταποκρίνεται σε κάθε εξωτερικό ερέθισμα που προέρχεται από τον εν λόγω χρήστη.

Αξίζει να αναφέρουμε στο σημείο αυτό πως με τον όρο υπορουτίνα χαρακτηρίζουμε τον κώδικα ο οποίος βρίσκεται σε εκτέλεση όταν κάποιος χρήστης καλέσει με κάποιο τρόπο την υπορουτίνα. Κάθε ενέργεια συνοδεύεται από πλήθος υπορουτίνων. Για παράδειγμα πίσω από κάθε επιλογή που ισοδυναμεί με κλικ σε ένα κουμπί του υπολογιστή όπως το «save», εκτελείται αυτόματα ο αντίστοιχος κώδικας προκειμένου να φέρει σε πέρας την εν λόγω επιλογή, στη συγκεκριμένη περίπτωση την αποθήκευση.



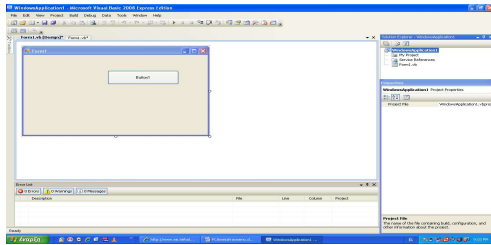
Εικόνα 2.1.3.



Τα αντικείμενα δύναται να επιλεγθούν από την εργαλειοθήκη (toolbox) που βρίσκεται στα αριστερά της οθόνης. Έτσι ο χρήστης επιλέγει το εκάστοτε αντικείμενο και το τοποθετεί στο σημείο που επιθυμεί. Για περαιτέρω μεταβολές του επιλεγθέντος αντικειμένου, δύναται να πραγματοποιηθούν μέσω των ιδιοτήτων (properties) οι οποίες διαφαίνονται στα δεξιά της οθόνης ή ειδιάλλως με δεξιά κλικ πάνω στο αντικείμενο και την επιλογή ιδιότητες (properties). Οι ιδιότητες είναι ένα συγκεκριμένο γνώρισμα κάθε

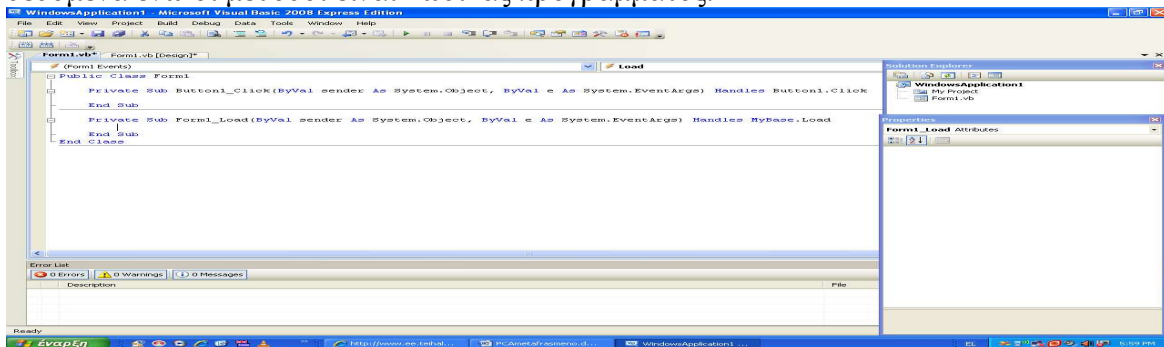
αντικείμενου που ορίζει τα χαρακτηριστικά του όπως το χρώμα, το μέγεθος, η θέση του κλπ.

Εικόνα 2.1.4.



Προκειμένου ο κάθε χρήστης να δώσει ή να

ενεργοποιήσει μια λειτουργία για κάποιο αντικείμενο που έχει ήδη επιλέξει, ακολουθεί τη παρακάτω μέθοδο. Αρχικά πατάει με διπλό αριστερό «κλικ» πάνω στο αντικείμενο και ανοίγει μια σελίδα εργασίας η οποία έχει επέκταση (vb*). Έτσι βρίσκεται μέσα στον κώδικα που ορίζει το εν λόγω αντικείμενο, παρέχοντάς του τη δυνατότητα να ορίσει τη λειτουργία αυτού. Οι ιδιότητες λοιπόν περιγράφουν ένα αντικείμενο ενώ η παραπάνω ενέργεια (μέθοδος), επιτρέπει τον ορισμό της ενέργειάς του. Δηλαδή, οι ιδιότητες είναι δεδομένα ενώ οι μέθοδοι είναι κώδικας προγράμματος.



Εικόνα 2.1.5.

Ο **Solution Explorer** μας δίνει τη δυνατότητα να δούμε το σύνολο των στοιχείων από τα οποία απαρτίζεται το εν λόγω project, αλλά παράλληλα επιτρέπει τη μετάβαση από το ένα στοιχείο στο άλλο, δίνοντας τη δυνατότητα της γρήγορης προσπέλασης. Περιεχόμενα του **Solution Explorer** είναι οι **φόρμες (forms)**, **τα modules**, **class modules** κτλ.

Με τον όρο **module** χαρακτηρίζουμε ένα αυτόνομο τμήμα κώδικα το οποίο όμως δεν έχει καθόλου γραφικό περιβάλλον. Επιπροσθέτως δεν ανήκει σε κάποια φόρμα έχει όνομα, αποθηκεύεται ξεχωριστά ενώ παράλληλα δύναται να χρησιμοποιηθεί από ένα πλήθος προγραμμάτων. Ένα **module** περιέχει δηλώσεις μεταβλητών και τύπων καθώς επίσης υπορουτίνες και συναρτήσεις.

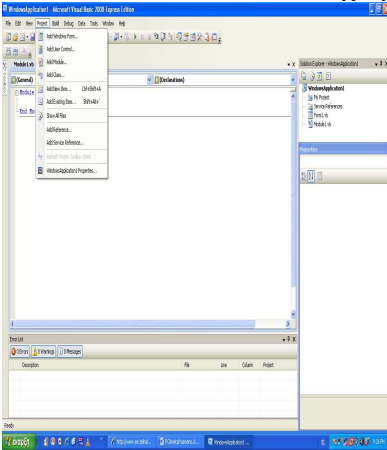
Ένα εξίσου ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της **Visual Basic** είναι το **class module**. Όταν ένα **class module** μεταγλωττίζεται (compile), δημιουργείται μια βιβλιοθήκη DLL. Στην ουσία λοιπόν λειτουργεί τελείως αυτόνομα σε σχέση με το υπόλοιπο Project.

Ας επανέλθουμε λοιπόν τώρα στο περιβάλλον σχεδίασης, προκειμένου να λάβουμε μια σύντομη περιγραφή σε σχέση με τα στοιχεία που το αποτελούν. Το περιβάλλον σχεδίασης λοιπόν αποτελείται από το **μενού επιλογών** που βρίσκεται στην κορυφή του περιβάλλοντος εργασίας και περιλαμβάνει ταξινομημένες όλες τις λειτουργίες και τις δυνατότητες της Visual Basic.



Εικόνα 2.1.6.

Ακολουθεί η ανάπτυξη ορισμένων από τα σημαντικότερα περιεχόμενα των **pool down menus**. Τα περισσότερα εξ' αυτών όπως για παράδειγμα **File, Edit, View, Format, Tools, Help**, είναι γνωστά καθώς υφίστανται πολύ συχνά σε ένα αρκετά μεγάλο σύνολο προγραμμάτων. Υπάρχουν όμως και τα **Project, Build, Debug, Data, Window** η χρήση των οποίων καθίσταται συχνή στην ανάπτυξη του εν λόγω προγράμματος. Έτσι έχουμε:

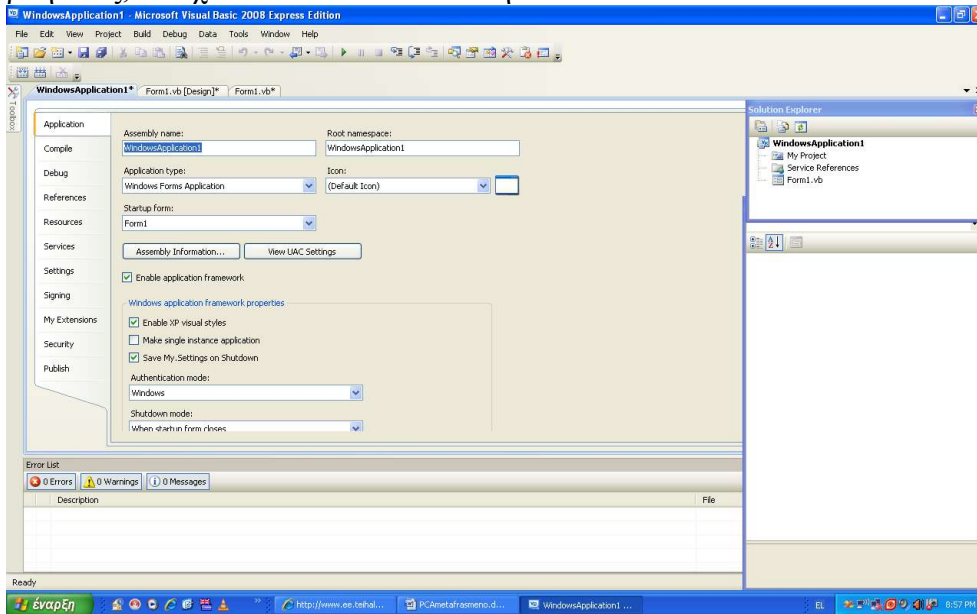


Project: αποτελείται από τη προσθήκη μιας φόρμας στο παράθυρο σχεδιασμού (add windows form), τη προσθήκη μιας φόρμας που φέρει το όνομα user control (add user control), προσθήκη module (add module), προσθήκη class (add class) προσθήκη νέου αντικειμένου (add new item), προσθήκη του ήδη υπάρχοντος αντικειμένου (add existing item), προβολή όλων των αρχείων (show all files), προσθήκη αναφοράς (add reference), προσθήκη υπηρεσίας αναφοράς (add service reference), και τέλος οι ιδιότητες της επικείμενης εφαρμογής μας (windows application1 properties).

Εικόνα 2.1.7.

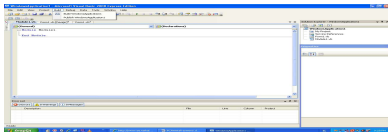
Αξίζει να αναφέρουμε στο σημείο αυτό τι ακριβώς εκπροσωπεί ο όρος **αναφορά (reference)**. Έχουμε λοιπόν τη δυνατότητα μέσω αυτής να συνδέσουμε το προς μελέτη Project που δημιουργούμε με μια εξωτερική βιβλιοθήκη ή ακόμα και με κάποιο άλλο λογισμικό, αρκεί να προσδιορίσουμε το 'μονοπάτι' που θα πρέπει να ακολουθηθεί.

Ενώ οι ιδιότητες του Project (*WindowsApplication1 Properties*)αφορούν στις γενικές ιδιότητες όπως για παράδειγμα το όνομα, την έκδοση , το όνομα του πιθανού αρχείου βοήθειας, τα σχόλια του κατασκευαστή κτλ.



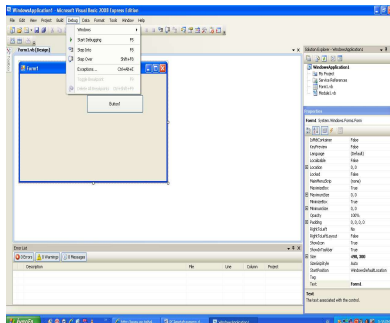
Εικόνα 2.1.8.

Build: δόμηση της τρέχουσας εφαρμογής



(buildWindowsApplication1), και δημοσιοποίηση της τρέχουσας εφαρμογής-ProjectPublish WindowsApplication1

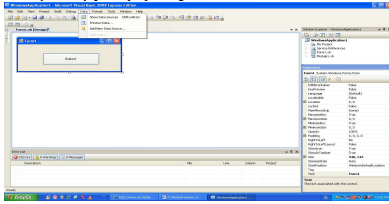
Debug : η αποσφαλμάτωση είναι ένα από τα



σημαντικότερα εργαλεία της Visual Basic, καθώς εξετάζει βήμα βήμα τον προς ανάπτυξη κώδικα και βοηθάει το χρήστη στην εύρεση πιθανών λαθών. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα (Step Into), ο χρήστης να κάνει προσπέλαση όλου του προγράμματος γραμμή προς γραμμή. Στη συνέχεια υπάρχει η επιλογή Step Over σύμφωνα με την οποία ο χρήστης δύναται να μεταπιδήσει στην επόμενη γραμμή του κώδικα, ενώ τέλος υφίσταται και η επιλογή Exceptions..

εικόνα 2.1.9.

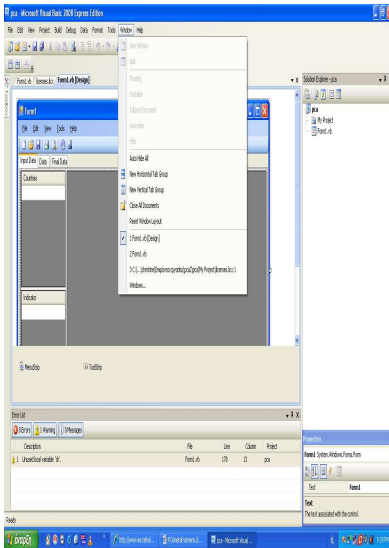
..σύμφωνα με την οποία ο χρήστης δύναται να εξαιρέσει από τον παραπάνω έλεγχο τις εν λόγω γραμμές του κώδικα.



Επιπροσθέτως το υπομενού **Data**: αποτελείται από την επιλογή show data sources – παράθεση δεδομένων-, preview data-προεπισκόπηση δεδομένων-, add new data source – προσθήκη νέων δεδομένων .

Εικόνα 2.1.10.

Window : ουσιαστικά δίνει τη δυνατότητα στον εν λόγω



χρήστη να καθορίσει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εργασθεί, ταξινομώντας τα επιμέρους παράθυρα. Συγκεκριμένα δίνεται η δυνατότητα της αυτόματης απόκρυψης (auto hide all), οριζόντιας ή ακόμη και κάθετης μορφοποίησης (new horizontal tab group, new vertical tab group), επίσης το κλείσιμο όλων των δεδομένων (close all documents) ενώ τέλος υφίσταται και η επιλογή της αναστοιχειοθέτησης του σχεδιαγράμματος των υπαρχόντων παραθύρων (reset window layout).

Εικόνα 2.1.11.

Αξίζει τέλος να αναφέρουμε πως η βοήθεια (Help),η οποία διατίθεται στο περιβάλλον της **Visual Basic Net** είναι πραγματικά πολύ χρήσιμη. Αποτελεί το καλύτερο βοήθημα καθώς προσφέρει δείγματα κώδικα, σύνταξη εντολών ενώ τέλος προσφέρει πλήθος

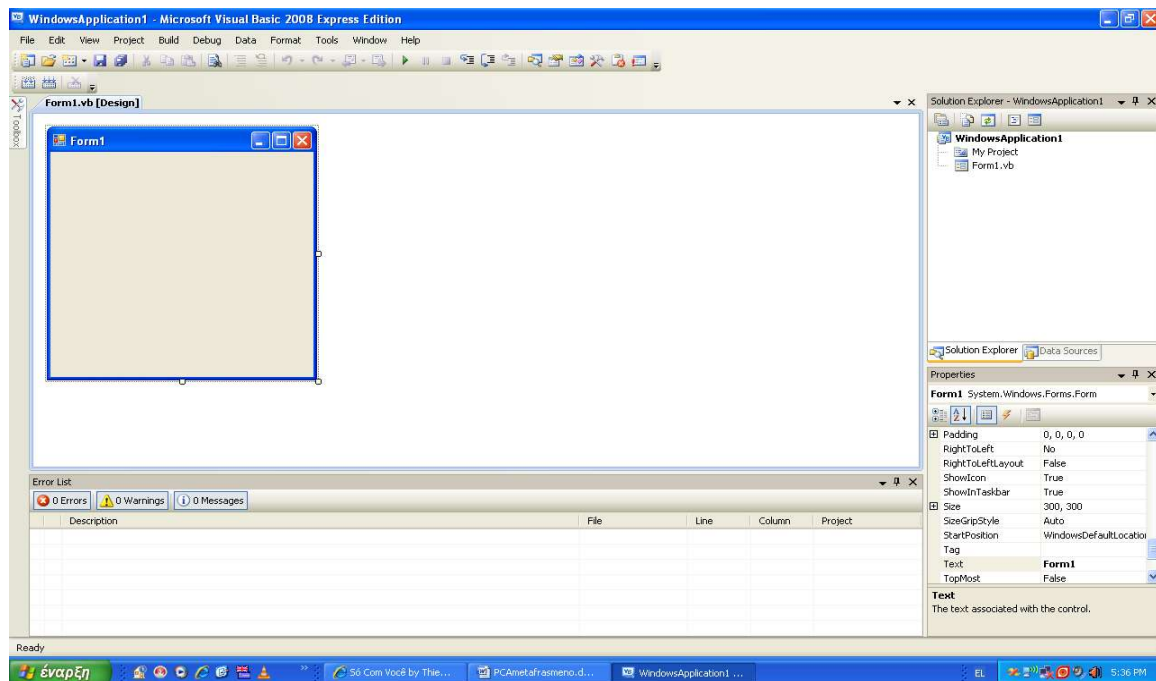
συμβουλών. Πρέπει σε αυτό το σημείο να σημειώσουμε πως διατίθεται ξεχωριστά από τη **Visual Basic Net** με το όνομα **MSDN**.

2.2

ΤΡΟΠΟΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ VISUAL BASIC 2008 EXPRESS EDITION

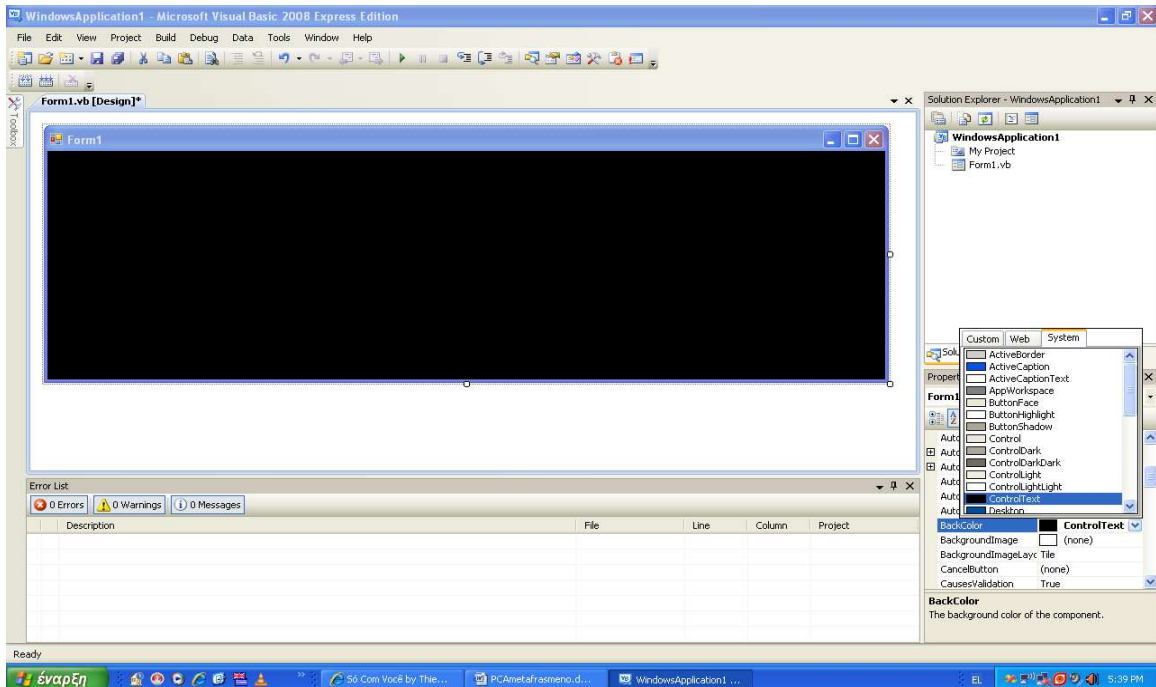
Συνοπτικά λοιπόν αυτό είναι το περιβάλλον της **Visual Basic**, το οποίο θα αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία ενός προγράμματος, με το οποίο προτιθέμεθα να δημιουργήσουμε και να επεξεργαστούμε δεδομένα κάνοντας χρήση της παραπάνω στατιστικής μεθόδου, **Principal Component Analysis**. Ας δούμε λοιπόν βήμα βήμα πως πραγματοποιήθηκε το εν λόγω πρόγραμμα.

Αρχικά ανοίγουμε το πρόγραμμα και από τα pool down menus (όπως έχει ήδη αναφερθεί σε σχετική ενότητα παραπάνω) επιλέγω λοιπόν το **File** και εν συνεχεία κάνω «κλικ» στην επιλογή **New Project**. Με την κίνηση μου αυτή η οθόνη διαμορφώνεται ως εξής:



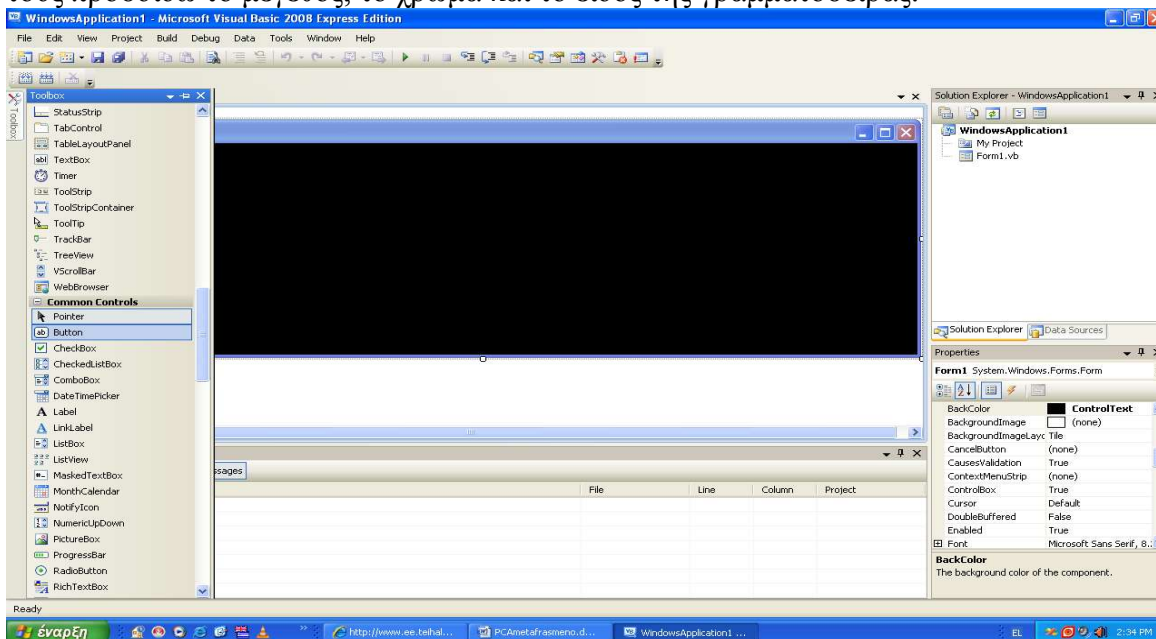
Εικόνα 2.2.1.

Επικείμενος στόχος μου είναι η διαμόρφωση της πρώτης μου φόρμας (**Form 1**), έτσι κατευθύνομαι προς το παράθυρο που βρίσκεται κάτω δεξιά στην οθόνη, συγκεκριμένα στην επιλογή **Back Color** προκειμένου να ορίσω το χρώμα που θα έχει το πίσω μέρος της πρωτεύουσας φόρμας μου. Με τον τρόπο αυτό αρχίζω να διαμορφώνω το **interface** βήμα προς βήμα. Στην εικόνα που ακολουθεί διαφαίνεται η οπτική παράσταση των μέχρι τώρα κινήσεών μου.



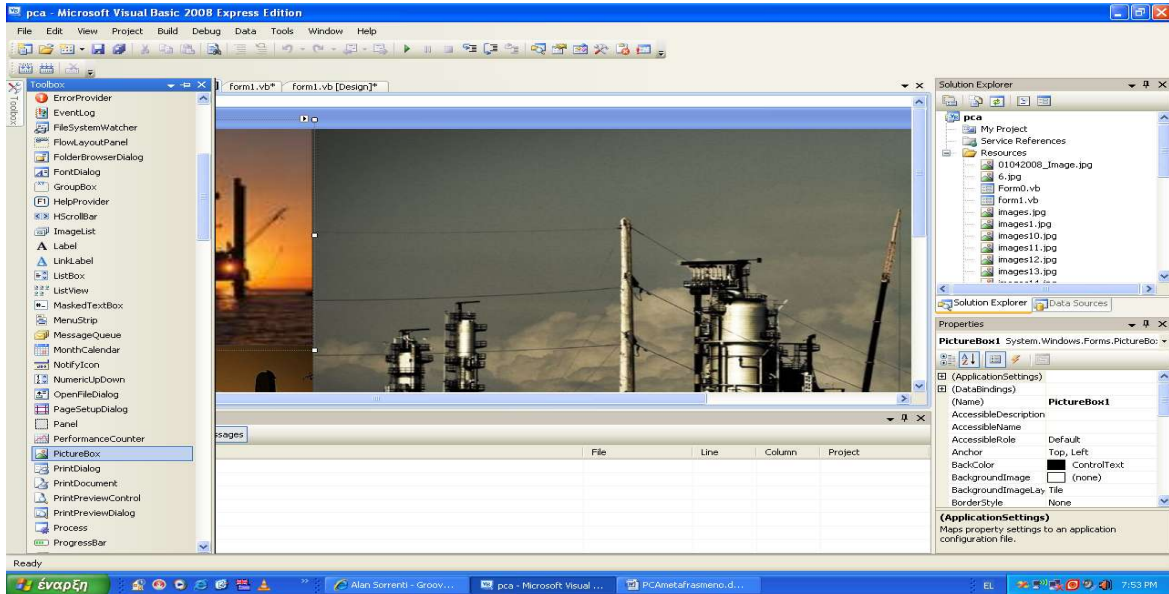
Εικόνα 2.2.2.

Ορίζω ως δεύτερό μου βήμα, την τοποθέτηση κουμπιών *buttons*. Έτσι από το παράθυρο *Toolbox* το οποίο βρίσκεται στο αριστερό τμήμα της οθόνης, προκειμένου να επιλέξω τα εν λόγω κουμπιά συγκεκριμένα δύο στον αριθμό, συνεχίζοντας έτσι τη διαμόρφωση της φόρμας μου. Τα ονομάζω με τη βοήθεια του παραθύρου των ιδιοτήτων (που βρίσκεται στα δεξιά της οθόνης και φέρει το όνομα *PROPERTIES*), OK και EXIT αντίστοιχα, και τους προσδίδω το μέγεθος, το χρώμα και το είδος της γραμματοσειράς.



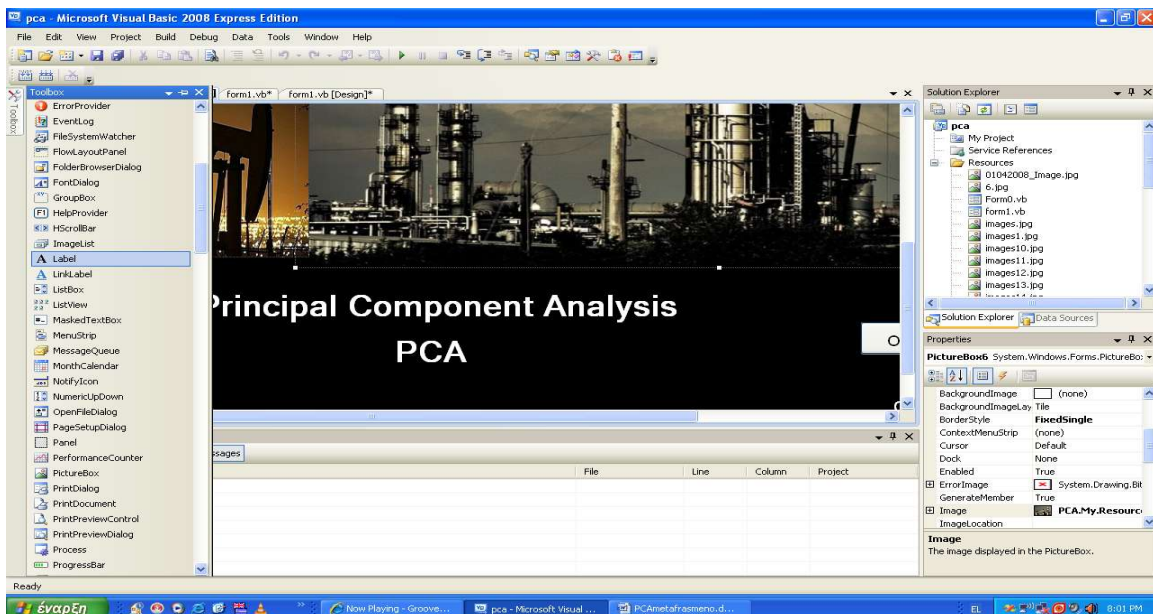
Εικόνα 2.2.3.

Στη συνέχεια επιλέγω πάλι από την εργαλειοθήκη (στα αριστερά της οθόνης που φέρει την ονομασία Toolbox) το σύμβολο που είναι υπεύθυνο για την εισαγωγή εικόνας- PictureBox- στη φόρμα, στη συγκεκριμένη φόρμα εισάγω παραπάνω από ένα PictureBox. Ύστερα από το παράθυρο Properties προβαίνω στις ρυθμίσεις που επιθυμώ σχετικά με το μέγεθος και το είδος της εικόνας.



Εικόνα 2.2.4.

Η επόμενη μου κίνηση φέρει το χαρακτηριστικό της τιλοδότησης της φόρμας. Έτσι ωθούμαι στο να επιλέξω το εικονίδιο με τον τίτλο Label –σύμφωνα με τον προαναφερθέντα τρόπο-.



Εικόνα 2.2.5.

Η χρήση του Label υπερβαίνει τη μία φορά για τη συγκεκριμένη φόρμα. Τα εν λόγω Labels τοποθετούνται στο κάτω μέρος της αρχικής φόρμα (main form) ενώ φέρουν τα ονόματα “Principal Component Analysis”, “PCA”, “Copyright 2009-2010”, όπως διαφαίνεται στην εικόνα που παρατίθεται παραπάνω.

Μην λησμονούμε πως οι όποιες ρυθμίσεις σχετικά με το μέγεθος, το χρώμα και τη γραμματοσειρά πραγματοποιούνται με τη χρήση του παραθύρου **Properties**.

Μια καλύτερη εικόνα του τι έχουμε φτιάξει μέχρι τώρα είναι καλύτερα ορατή εάν προβούμε στην επιλογή **Start debugging**, η οποία διαφαίνεται στο παρακάτω σχήμα .



Πρέπει να αναφέρουμε πως η επικείμενη επιλογή (**Start debugging**), δύναται να ακολουθηθεί και με άλλους τρόπους. Συγκεκριμένα από τα υπομενού στο πάνω μέρος της οθόνης επιλέγω εκείνο με το όνομα **Debug** και εν συνεχεία επιλέγω το **Start debugging** ή πατώντας απλά το **F5** (το οποίο αποτελεί το συντομότερο των τρόπων). Έτσι λοιπόν η τελική εικόνα έχει την παρακάτω μορφή.



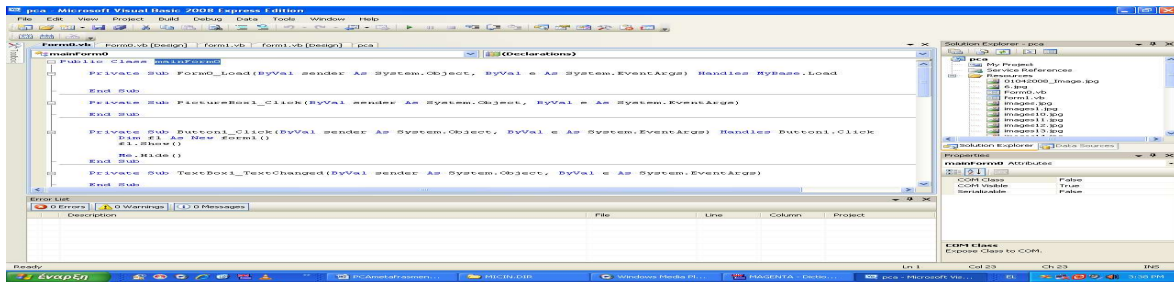
Εικόνα 2.2.6.

Οδηγηθήκαμε σε μια σειρά από ενέργειες , οι οποίες διαμόρφωσαν κατά ένα μεγάλο ποσοστό το INTERFACE, του προς κατασκευή μας προγράμματος.

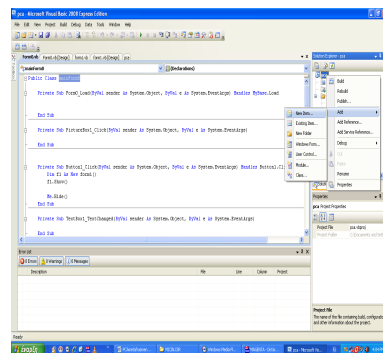
Θα πρέπει όμως σε αυτό το σημείο να ορίσουμε τις λειτουργίες που πρέπει να εκτελούν τα δύο κουμπιά “ok” και “exit”, προκειμένου με το πάτημα- ενεργοποίηση του καθενός από αυτά να οδηγούμαι ή να με απομακρύνει αντίστοιχα, από το τρέχον πρόγραμμα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στη σύντομη αναφορά σχετικά με τη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 2008 Express Edition, με κάθε διπλό αριστερό «κλικ», πάνω σε κάποιο στοιχείο της φόρμας που έχω επιλέξει, ανοίγει μια σελίδα εργασίας η οποία έχει επέκταση (vb*). Έτσι δύναται να μεταφερθούμε μέσα στον κώδικα που ορίζει το εν λόγω αντικείμενο, παρέχοντάς μας τη δυνατότητα να ορίσουμε τη λειτουργία αυτού. Το ίδιο συμβαίνει και για το σύνολο της εκάστοτε φόρμας.

Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να ονομάσουμε την πρωτεύσα φόρμα (main form) η οποία αποτελεί το συνδετικό κρίκο για τις μετέπειτα φόρμες που πρόκειται να δημιουργήσουμε.

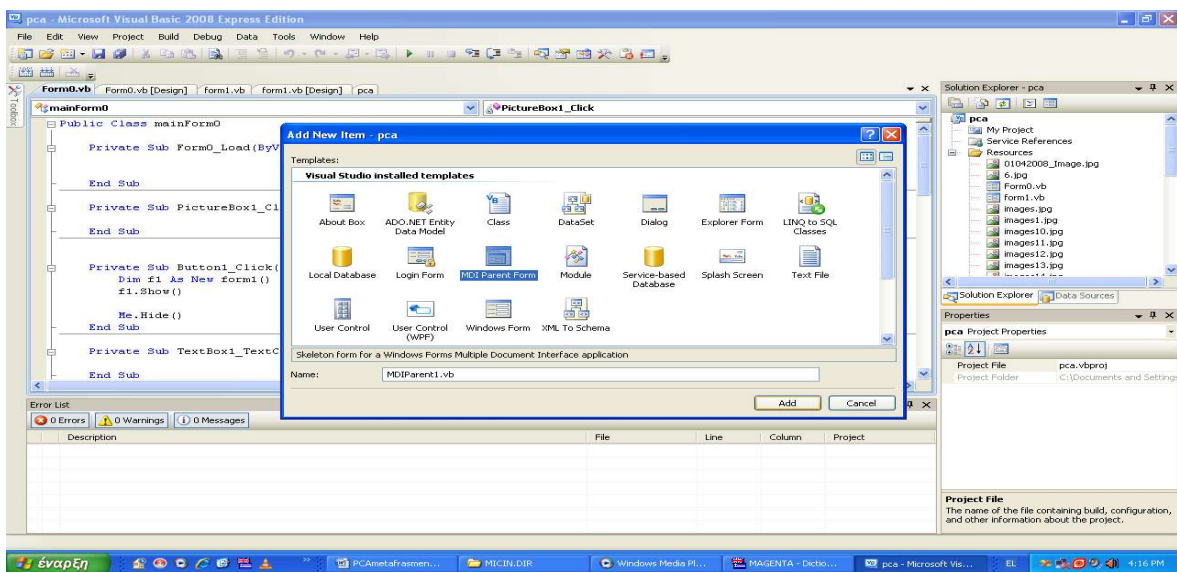
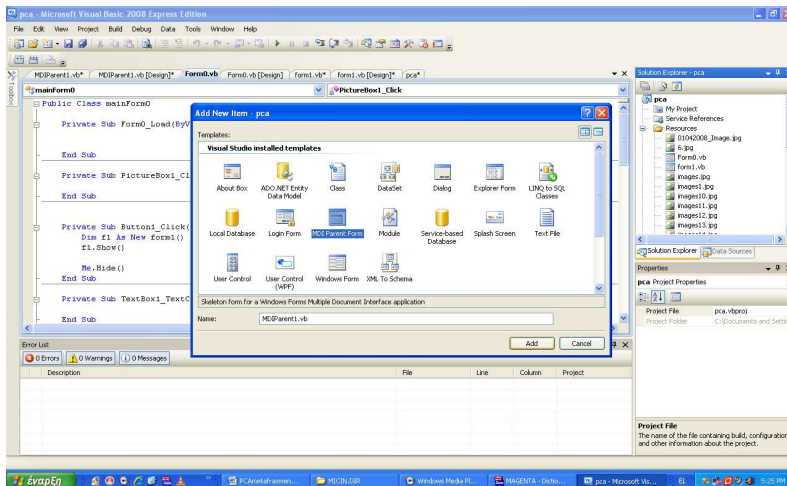


Εικόνα 2.2.7.

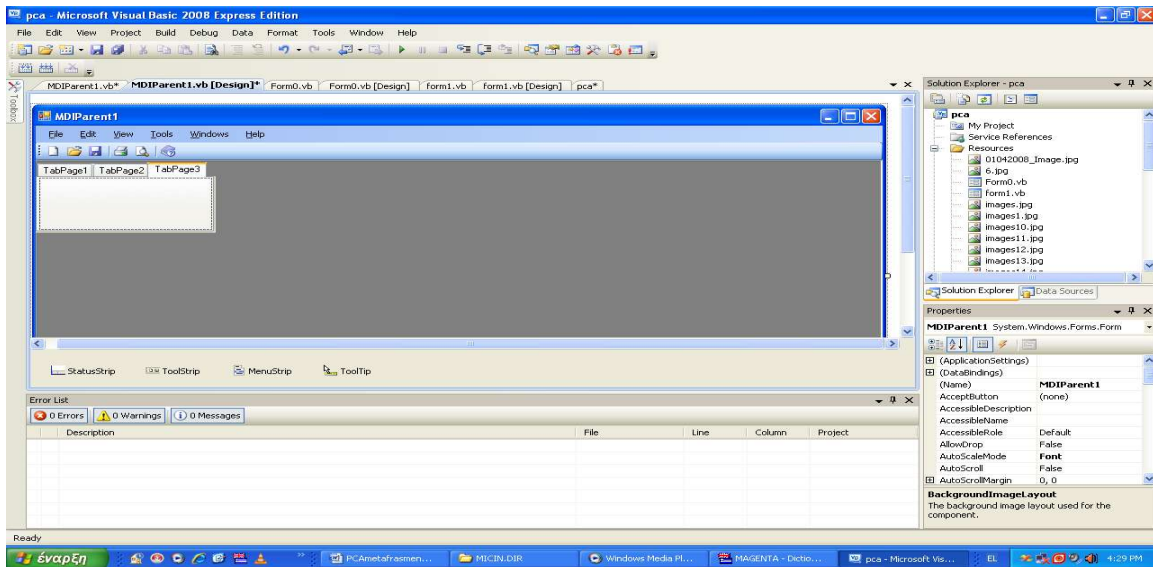


Ύστερα από την ονομασία της και το καθορισμό της ως main form καταφεύγουμε στην εισαγωγή της επόμενης φόρμας. Έτσι επιλέγουμε από το παράθυρο **Solution Explorer** που βρίσκεται στα δεξιά της οθόνης το όνομα του Project και με δεξιά «κλικ», επιλέγουμε Add και εν συνεχεία το New Item.

Εικόνα 2.2.8.



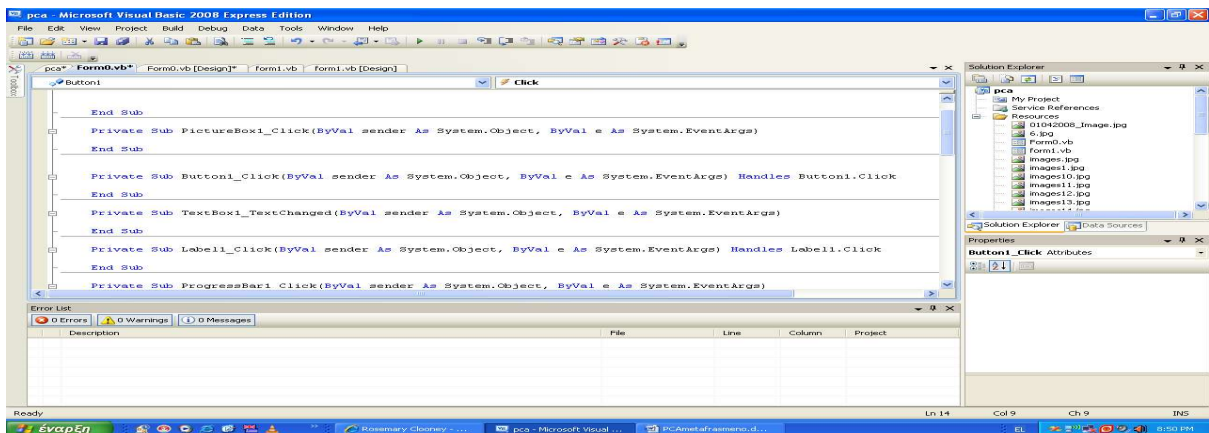
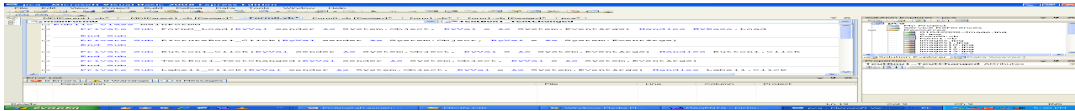
Η οθόνη λαμβάνει την παραπάνω εικόνα. Προτιθέμεθα να χρησιμοποιήσουμε από το πλήθος των παρατεταμένων εικονιδίων (*Visual Studio installed templates*), εκείνο που φέρει το όνομα *MDI Parent Form* . Στη συνέχεια εισάγουμε από το *Toolbox* το εικονίδιο που χαρακτηρίζεται ως *TabControl*. Με τη βοήθεια του παραθύρου *Properties* διαμορφώνουμε τη δεύτερη πλέον φόρμα μας και τη αποθηκεύουμε με το όνομα *Form1*.



Εικόνα 2.2.9.

Ας επανέλθουμε σε αυτό το σημείο στην αρχική μας φόρμα που φέρει το όνομα Form0, προκειμένου να διασφαλίσουμε στον εκάστοτε χρήστη (πλὴν του δημιουργού), τη ‘πλοήγηση’ και μεταφορά μέσα στο πρόγραμμα. Επανερχόμαστε στα δύο αρχικά κουμπιά.

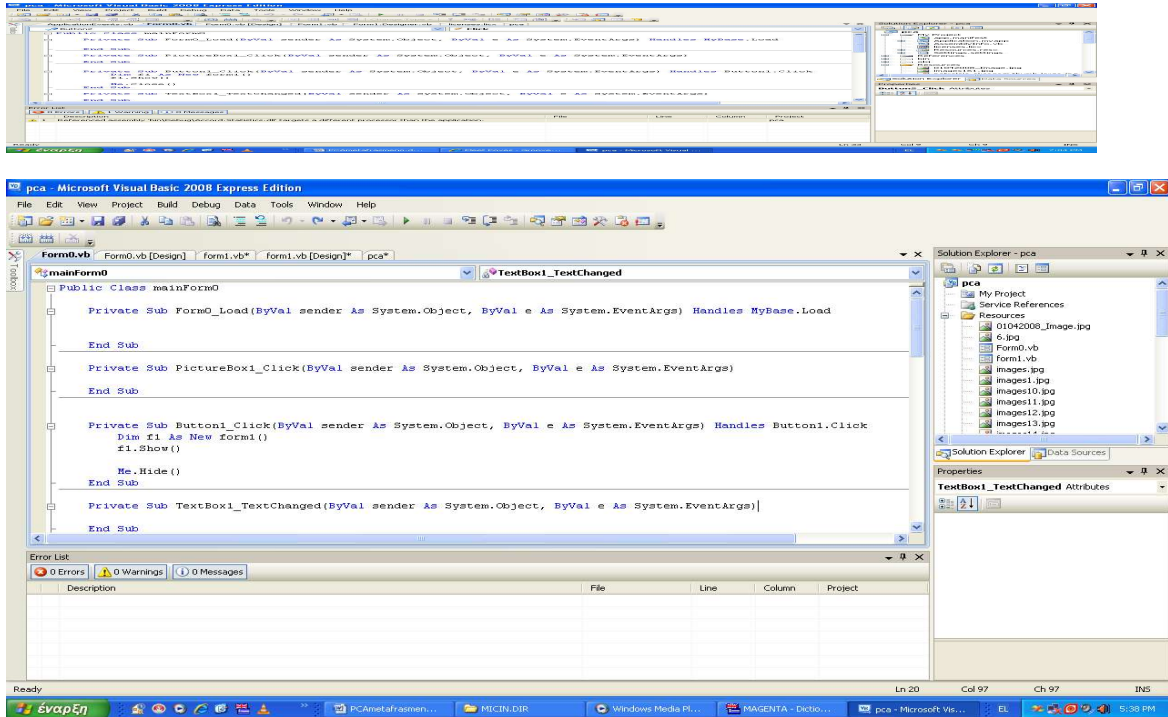
Έτσι όπως έχει ήδη αναφερθεί, πατώντας με διπλό αριστερό ‘κλικ’, πάνω στα δύο buttons “ok” και “exit” εμφανίζεται ο αντίστοιχος κώδικας.



Εικόνα 2.2.10.

Μέσα στο επιλεγθέν πλαίσιο είναι ορατός ο κώδικας που αντιστοιχεί στο ‘button 1’ που αφορά στο κουμπί που φέρει την ονομασία “ok”. Επιθυμούμε με το πάτημα του εν λόγω

κουμπιού να μεταφερόμαστε στην επόμενη φόρμα του προγράμματός μας. Έτσι εισάγουμε τον παρακάτω κώδικα:



Εικόνα 2.2.11.

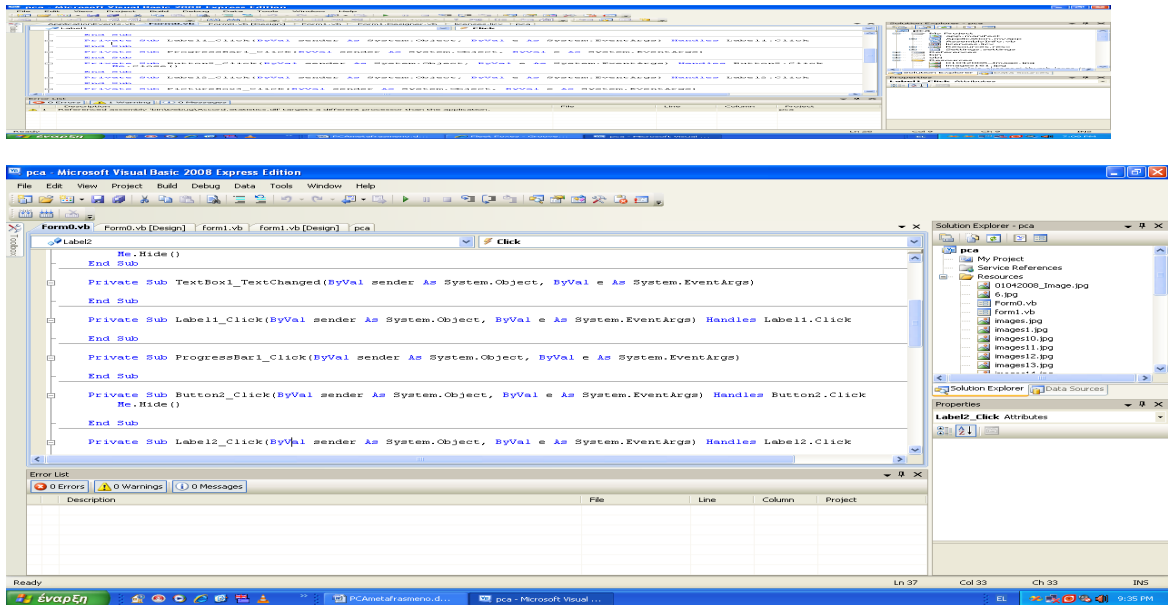
Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε πως η αρχική μας φόρμα διαδραματίζει το ρόλο της *main form*, στα πλαίσια της οποίας καλούμε και ορίζουμε τις μετέπειτα φόρμες.

Με την εντολή: Dim f1 As New form1(), ορίζουμε μια νέα φόρμα την οποία ονομαζουμε f1, στη συνέχεια η εντολή: f1.Show(), καθορίζει πως με το πάτημα του κουμπιού “ok”, θα δύναται η δυνατότητα να εμφανισθεί η νέα φόρμα, που όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω έχει λάβει το όνομα Form1. Τέλος με την εντολή: Me.Close() ενεργοποιείται το κλείσιμο της τρέχουσας αρχικής φόρμας Form0-εφόσον έχει προηγηθεί το άνοιγμα της επόμενης φόρμας-.

Με την παραπάνω διεργασία έχουμε καταφέρει τη σύνδεση μεταξύ των δύο φορμών, εφόσον προβήκαμε στο χαρακτηρισμό και διαχωρισμό των δύο, προδίδοντας στη μεν πρώτη φόρμα την ιδιότητα της καθολικής- κύριας φόρμας (main form) ενώ στη δεύτερη το χαρακτηριστικό της δευτερευούσης (subform).

Εν συνεχεία προγραμματίζουμε τη λειτουργία του κουμπιού ‘EXIT’ ακολουθώντας τον προαναφερθέντα τρόπο. Έτσι ο κώδικας που ισχύει και για το button 2 διαφαίνεται στην υπάρχουσα εικόνα 2.2.10., μόνο που αντί του button1_Click, υφίσταται το button2_Click. Διαφοροποιείται όμως η λειτουργία του εν λόγω κουμπιού, καθώς επιθυμούμε με το πάτημά του να μεταφερόμαστε στην επόμενη φόρμα του

προγράμματος. Για το λόγο αυτό εισάγουμε τον παρακάτω κώδικα, όπως αυτός διαφαίνεται στην εικόνα 2.2.12.



Εικόνα 2.2.12.

Στην ουσία το μόνο που έχουμε προσθέσει στο κώδικα είναι η εντολή *Me.Close()*, ούτως ώστε ο εκάστοτε χρήστης με την επιλογή του αυτή να εξάγεται από το τρέχων πρόγραμμα ενώ παράλληλα και το ίδιο το πρόγραμμα κλείνει. Σε αυτό το σημείο φθάσαμε στο τέλος της διαμόρφωσης της πρωτεύουσας φόρμας.

Με τον ίδιο τρόπο τουλάχιστον όσο αφορά στο τρόπο δόμησης αυτής, λαμβάνει χώρα και η διαμόρφωση της δεύτερης φόρμας. Παρακάτω παρατήθεται ο αντίστοιχος κώδικας που καθίσταται 'υπαίτιος' για την τελική απεικόνιση της δεύτερης φόρμας η οποία φέρει και το όνομα Form1. Η κάθε γραμμή κώδικα αντιστοιχεί σε κάθε κίνησή μας, συγκεκριμένα σε κάθε εισαγωγή αντικειμένου από το Toolbox αλλά και πλήθος άλλων διαμορφώσεων που έλαβαν χώρα με τη συμβολή και χρήση του παραθύρου Properties κ.ά. Στο τέλος του εν λόγω κώδικα διαφαίνονται οι απεικονίσεις της δεύτερης φόρμας.

```

<Global.Microsoft.VisualBasic.CompilerServices.DesignerGenerated()> _
Partial Class Form1
    Inherits System.Windows.Forms.Form

    'Form overrides dispose to clean up the component list.
    <System.Diagnostics.DebuggerNonUserCode()> _
    Protected Overrides Sub Dispose(ByVal disposing As Boolean)
        Try
            If disposing AndAlso components IsNot Nothing Then
                components.Dispose()
            End If
        Finally
            MyBase.Dispose(disposing)
        End Try
    End Sub

    'Required by the Windows Form Designer
    Private components As System.ComponentModel.IContainer

    'NOTE: The following procedure is required by the Windows Form
    Designer
    'It can be modified using the Windows Form Designer.
    'Do not modify it using the code editor.
    <System.Diagnostics.DebuggerStepThrough()> _
    Private Sub InitializeComponent()
        Me.components = New System.ComponentModel.Container
        Dim resources As System.ComponentModel.ComponentResourceManager
        = New System.ComponentModel.ComponentResourceManager(GetType(Form1))
        Dim DataGridViewCellStyle17 As
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
        Dim DataGridViewCellStyle18 As
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
        Dim DataGridViewCellStyle19 As
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
        Dim DataGridViewCellStyle20 As
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
        Dim DataGridViewCellStyle21 As
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
        Dim DataGridViewCellStyle22 As
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
        Dim DataGridViewCellStyle23 As
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New
        System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
    End Sub

```



```

Dim DataGridViewCellStyle24 As New
System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle = New
System.Windows.Forms.DataGridViewCellStyle
Me.MenuStrip = New System.Windows.Forms.MenuStrip
Me.FileMenu = New System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
Me.NewToolStripMenuItem = New
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
Me.OpenToolStripMenuItem = New
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
Me.ToolStripSeparator3 = New
System.Windows.Forms.ToolStripSeparator
Me.SaveToolStripMenuItem = New
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
Me.ToolStripSeparator4 = New
System.Windows.Forms.ToolStripSeparator
Me.ExitToolStripMenuItem = New
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
Me.HelpMenu = New System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
Me.ToolStripSeparator8 = New
System.Windows.Forms.ToolStripSeparator
Me.AboutToolStripMenuItem = New
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
Me.ToolStrip = New System.Windows.Forms.ToolStrip
Me.NewToolStripButton = New System.Windows.Forms.ToolStripButton
Me.OpenToolStripButton = New
System.Windows.Forms.ToolStripButton
Me.SaveToolStripButton = New
System.Windows.Forms.ToolStripButton
Me.ToolStripSeparator1 = New
System.Windows.Forms.ToolStripSeparator
Me.PrintToolStripButton = New
System.Windows.Forms.ToolStripButton
Me.ImageList1 = New
System.Windows.Forms.ImageList (Me.components)
Me.TabPage2 = New System.Windows.Forms.TabPage
Me.SplitContainer7 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.SplitContainer8 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.grofr = New System.Windows.Forms.GroupBox
Me.dgVTransposed = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.SplitContainer10 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.GroupBox5 = New System.Windows.Forms.GroupBox
Me.DgVCalculation = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.GroupBox6 = New System.Windows.Forms.GroupBox
Me.dgvFinal = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.graphZ = New ZedGraph.ZedGraphControl
Me.DataTab = New System.Windows.Forms.TabPage
Me.SplitContainer1 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.SplitContainer2 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.GroupBox1 = New System.Windows.Forms.GroupBox
Me.DgVNormalization = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.GroupBox2 = New System.Windows.Forms.GroupBox
Me.DgvCorellation = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.SplitContainer3 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.GroupBox3 = New System.Windows.Forms.GroupBox
Me.DgvEigenValues = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.GroupBox4 = New System.Windows.Forms.GroupBox
Me.DgvEigenvectors = New System.Windows.Forms.DataGridView

```

```

Me.TabPage1 = New System.Windows.Forms.TabPage
Me.SplitContainer4 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.SplitContainer6 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.DgVCounytry = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.Countries = New
System.Windows.Forms.DataGridViewTextBoxColumn
Me.DgVIndicator = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.Indicator = New
System.Windows.Forms.DataGridViewTextBoxColumn
Me.Splitter1 = New System.Windows.Forms.Splitter
Me.SplitContainer5 = New System.Windows.Forms.SplitContainer
Me.DgVInputData = New System.Windows.Forms.DataGridView
Me.Button1 = New System.Windows.Forms.Button
Me.TabControl1 = New System.Windows.Forms.TabControl
Me.MenuStrip.SuspendLayout()
Me.ToolStrip.SuspendLayout()
Me.TabPage2.SuspendLayout()
Me.SplitContainer7.Panel1.SuspendLayout()
Me.SplitContainer7.Panel2.SuspendLayout()
Me.SplitContainer7.SuspendLayout()
Me.SplitContainer8.Panel1.SuspendLayout()
Me.SplitContainer8.Panel2.SuspendLayout()
Me.SplitContainer8.SuspendLayout()
Me.grofr.SuspendLayout()
CType(Me.dgVTransposed,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit()
Me.SplitContainer10.Panel1.SuspendLayout()
Me.SplitContainer10.Panel2.SuspendLayout()
Me.SplitContainer10.SuspendLayout()
Me.GroupBox5.SuspendLayout()
CType(Me.DgVCalculation,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit()
Me.GroupBox6.SuspendLayout()
CType(Me.dgvFinal,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit()
Me.DataTab.SuspendLayout()
Me.SplitContainer1.Panel1.SuspendLayout()
Me.SplitContainer1.Panel2.SuspendLayout()
Me.SplitContainer1.SuspendLayout()
Me.SplitContainer2.Panel1.SuspendLayout()
Me.SplitContainer2.Panel2.SuspendLayout()
Me.SplitContainer2.SuspendLayout()
Me.GroupBox1.SuspendLayout()
CType(Me.DgVNormalization,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit()
Me.GroupBox2.SuspendLayout()
CType(Me.DgvCorellation,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit()
Me.SplitContainer3.Panel1.SuspendLayout()
Me.SplitContainer3.Panel2.SuspendLayout()
Me.SplitContainer3.SuspendLayout()
Me.GroupBox3.SuspendLayout()
CType(Me.DgvEigenValues,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit()
Me.GroupBox4.SuspendLayout()
CType(Me.DgvEigenvectors,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit()

```

```

Me.TabPage1.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer4.Panel1.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer4.Panel2.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer4.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer6.Panel1.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer6.Panel2.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer6.SuspendLayout ()
CType (Me.DgVCounytry,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
CType (Me.DgVIndicator,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
Me.SplitContainer5.Panel1.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer5.Panel2.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer5.SuspendLayout ()
CType (Me.DgVInputData,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
Me.TabControll1.SuspendLayout ()
Me.SuspendLayout ()
'
'MenuStrip
'
Me.MenuStrip.Items.AddRange (New
System.Windows.Forms.ToolStripItem () {Me.FileMenu, Me.HelpMenu})
Me.MenuStrip.Location = New System.Drawing.Point (0, 0)
Me.MenuStrip.Name = "MenuStrip"
Me.MenuStrip.Size = New System.Drawing.Size (822, 24)
Me.MenuStrip.TabIndex = 6
Me.MenuStrip.Text = "MenuStrip"
'
'FileMenu
'
Me.FileMenu.DropDownItems.AddRange (New
System.Windows.Forms.ToolStripItem () {Me.NewToolStripMenuItem,
Me.OpenToolStripMenuItem, Me.ToolStripSeparator3,
Me.SaveToolStripMenuItem, Me.ToolStripSeparator4,
Me.ExitToolStripMenuItem})
Me.FileMenu.ImageTransparentColor =
System.Drawing.SystemColors.ActiveBorder
Me.FileMenu.Name = "FileMenu"
Me.FileMenu.Size = New System.Drawing.Size (37, 20)
Me.FileMenu.Text = "&File"
'
'NewToolStripMenuItem
'
Me.NewToolStripMenuItem.Image =
CType (resources.GetObject ("NewToolStripMenuItem.Image"),
System.Drawing.Image)
Me.NewToolStripMenuItem.ImageTransparentColor =
System.Drawing.Color.Black
Me.NewToolStripMenuItem.Name = "NewToolStripMenuItem"
Me.NewToolStripMenuItem.ShortcutKeys =
CType ((System.Windows.Forms.Keys.Control Or
System.Windows.Forms.Keys.N), System.Windows.Forms.Keys)
Me.NewToolStripMenuItem.Size = New System.Drawing.Size (154, 22)
Me.NewToolStripMenuItem.Text = "&New"
'
'OpenToolStripMenuItem

```

```

        Me.OpenToolStripMenuItem.Image =
CType (resources.GetObject ("OpenToolStripMenuItem.Image"),
System.Drawing.Image)
        Me.OpenToolStripMenuItem.ImageTransparentColor =
System.Drawing.Color.Black
        Me.OpenToolStripMenuItem.Name = "OpenToolStripMenuItem"
        Me.OpenToolStripMenuItem.ShortcutKeys =
CType ((System.Windows.Forms.Keys.Control Or
System.Windows.Forms.Keys.O), System.Windows.Forms.Keys)
        Me.OpenToolStripMenuItem.Size = New System.Drawing.Size(154, 22)
        Me.OpenToolStripMenuItem.Text = "&Open"
    '
    'ToolStripSeparator3
    '
    Me.ToolStripSeparator3.Name = "ToolStripSeparator3"
    Me.ToolStripSeparator3.Size = New System.Drawing.Size(151, 6)
    '
    'SaveToolStripMenuItem
    '
        Me.SaveToolStripMenuItem.Image =
CType (resources.GetObject ("SaveToolStripMenuItem.Image"),
System.Drawing.Image)
        Me.SaveToolStripMenuItem.ImageTransparentColor =
System.Drawing.Color.Black
        Me.SaveToolStripMenuItem.Name = "SaveToolStripMenuItem"
        Me.SaveToolStripMenuItem.ShortcutKeys =
CType ((System.Windows.Forms.Keys.Control Or
System.Windows.Forms.Keys.S), System.Windows.Forms.Keys)
        Me.SaveToolStripMenuItem.Size = New System.Drawing.Size(154, 22)
        Me.SaveToolStripMenuItem.Text = "&Save & As"
    '
    'ToolStripSeparator4
    '
    Me.ToolStripSeparator4.Name = "ToolStripSeparator4"
    Me.ToolStripSeparator4.Size = New System.Drawing.Size(151, 6)
    '
    'ExitToolStripMenuItem
    '
    Me.ExitToolStripMenuItem.Name = "ExitToolStripMenuItem"
    Me.ExitToolStripMenuItem.Size = New System.Drawing.Size(154, 22)
    Me.ExitToolStripMenuItem.Text = "E&xit"
    '
    'HelpMenu
    '
        Me.HelpMenu.DropDownItems.AddRange (New
System.Windows.Forms.ToolStripItem() {Me.ToolStripSeparator8,
Me.AboutToolStripMenuItem})
        Me.HelpMenu.Name = "HelpMenu"
        Me.HelpMenu.Size = New System.Drawing.Size(44, 20)
        Me.HelpMenu.Text = "&Help"
    '
    'ToolStripSeparator8
    '
    Me.ToolStripSeparator8.Name = "ToolStripSeparator8"
    Me.ToolStripSeparator8.Size = New System.Drawing.Size(116, 6)
    '

```

```

        'AboutToolStripMenuItem
        ,
        Me.AboutToolStripMenuItem.Name = "AboutToolStripMenuItem"
        Me.AboutToolStripMenuItem.Size = New System.Drawing.Size(119,
22)
        Me.AboutToolStripMenuItem.Text = "&About ..."
        ,
        'ToolStrip
        ,
        Me.ToolStrip.Items.AddRange(New
System.Windows.Forms.ToolStripItem() {Me.NewToolStripButton,
Me.OpenToolStripButton, Me.SaveToolStripButton, Me.ToolStripSeparator1,
Me.PrintToolStripButton})
        Me.ToolStrip.Location = New System.Drawing.Point(0, 24)
        Me.ToolStrip.Name = "ToolStrip"
        Me.ToolStrip.Size = New System.Drawing.Size(822, 25)
        Me.ToolStrip.TabIndex = 7
        Me.ToolStrip.Text = "ToolStrip"
        ,
        'NewToolStripButton
        ,
        Me.NewToolStripButton.DisplayStyle =
System.Windows.Forms.ToolStripItemDisplayStyle.Image
        Me.NewToolStripButton.Image =
CType(resources.GetObject("NewToolStripButton.Image"),
System.Drawing.Image)
        Me.NewToolStripButton.ImageTransparentColor =
System.Drawing.Color.Black
        Me.NewToolStripButton.Name = "NewToolStripButton"
        Me.NewToolStripButton.Size = New System.Drawing.Size(23, 22)
        Me.NewToolStripButton.Text = "New"
        ,
        'OpenToolStripButton
        ,
        Me.OpenToolStripButton.DisplayStyle =
System.Windows.Forms.ToolStripItemDisplayStyle.Image
        Me.OpenToolStripButton.Image =
CType(resources.GetObject("OpenToolStripButton.Image"),
System.Drawing.Image)
        Me.OpenToolStripButton.ImageTransparentColor =
System.Drawing.Color.Black
        Me.OpenToolStripButton.Name = "OpenToolStripButton"
        Me.OpenToolStripButton.Size = New System.Drawing.Size(23, 22)
        Me.OpenToolStripButton.Text = "Open"
        ,
        'SaveToolStripButton
        ,
        Me.SaveToolStripButton.DisplayStyle =
System.Windows.Forms.ToolStripItemDisplayStyle.Image
        Me.SaveToolStripButton.Image =
CType(resources.GetObject("SaveToolStripButton.Image"),
System.Drawing.Image)
        Me.SaveToolStripButton.ImageTransparentColor =
System.Drawing.Color.Black
        Me.SaveToolStripButton.Name = "SaveToolStripButton"
        Me.SaveToolStripButton.Size = New System.Drawing.Size(23, 22)
        Me.SaveToolStripButton.Text = "Save"

```

```

'
'ToolStripSeparator1
'
Me.ToolStripSeparator1.Name = "ToolStripSeparator1"
Me.ToolStripSeparator1.Size = New System.Drawing.Size(6, 25)
'
'PrintToolStripButton
'
Me.PrintToolStripButton.DisplayStyle =
System.Windows.Forms.ToolStripItemDisplayStyle.Image =
Me.PrintToolStripButton.Image =
CType(resources.GetObject("PrintToolStripButton.Image"),
System.Drawing.Image)
Me.PrintToolStripButton.ImageTransparentColor =
System.Drawing.Color.Black
Me.PrintToolStripButton.Name = "PrintToolStripButton"
Me.PrintToolStripButton.Size = New System.Drawing.Size(23, 22)
Me.PrintToolStripButton.Text = "Print"
'
'ImageList1
'
Me.ImageList1.ColorDepth =
System.Windows.Forms.ColorDepth.Depth8Bit
Me.ImageList1.ImageSize = New System.Drawing.Size(16, 16)
Me.ImageList1.TransparentColor =
System.Drawing.Color.Transparent
'
'TabPage2
'
Me.TabPage2.Controls.Add(Me.SplitContainer7)
Me.TabPage2.Location = New System.Drawing.Point(4, 22)
Me.TabPage2.Name = "TabPage2"
Me.TabPage2.Padding = New System.Windows.Forms.Padding(3)
Me.TabPage2.Size = New System.Drawing.Size(814, 391)
Me.TabPage2.TabIndex = 3
Me.TabPage2.Text = "Final Data"
Me.TabPage2.UseVisualStyleBackColor = True
'
'SplitContainer7
'
Me.SplitContainer7.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.SplitContainer7.Location = New System.Drawing.Point(3, 3)
Me.SplitContainer7.Name = "SplitContainer7"
'
'SplitContainer7.Panel1
'
Me.SplitContainer7.Panel1.Controls.Add(Me.SplitContainer8)
'
'SplitContainer7.Panel2
'
Me.SplitContainer7.Panel2.Controls.Add(Me.graphZ)
Me.SplitContainer7.Size = New System.Drawing.Size(808, 385)
Me.SplitContainer7.SplitterDistance = 351
Me.SplitContainer7.TabIndex = 0
'
'SplitContainer8
'

```

```

Me.SplitContainer8.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.SplitContainer8.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.SplitContainer8.Name = "SplitContainer8"
Me.SplitContainer8.Orientation =
System.Windows.Forms.Orientation.Horizontal
'
'SplitContainer8.Panel1
'
Me.SplitContainer8.Panel1.Controls.Add(Me.grofr)
'
'SplitContainer8.Panel2
'
Me.SplitContainer8.Panel2.Controls.Add(Me.SplitContainer10)
Me.SplitContainer8.Size = New System.Drawing.Size(351, 385)
Me.SplitContainer8.SplitterDistance = 180
Me.SplitContainer8.TabIndex = 2
'
'grofr
'
Me.grofr.Controls.Add(Me.dgVTransposed)
Me.grofr.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.grofr.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.grofr.Name = "grofr"
Me.grofr.Size = New System.Drawing.Size(351, 180)
Me.grofr.TabIndex = 1
Me.grofr.TabStop = False
Me.grofr.Text = "Transposed EigenVectors"
'
'dgVTransposed
'
Me.dgVTransposed.AllowUserToAddRows = False
Me.dgVTransposed.AllowUserToDeleteRows = False
Me.dgVTransposed.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.ColumnHeader
Me.dgVTransposed.AutoSizeRowsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeRowsMode.AllHeaders
Me.dgVTransposed.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
DataGridViewCellStyle17.Alignment =
System.Windows.Forms.DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
DataGridViewCellStyle17.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Window
DataGridViewCellStyle17.Font = New
System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(161, Byte))
DataGridViewCellStyle17.ForeColor =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
DataGridViewCellStyle17.Format = "N4"
DataGridViewCellStyle17.NullValue = Nothing
DataGridViewCellStyle17.SelectionBackColor =
System.Drawing.SystemColors.Highlight
DataGridViewCellStyle17.SelectionForeColor =
System.Drawing.SystemColors.HighlightText
DataGridViewCellStyle17.WrapMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewTriState.[False]
Me.dgVTransposed.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle17

```

```

Me.dgVTransposed.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.dgVTransposed.Location = New System.Drawing.Point(3, 16)
Me.dgVTransposed.Name = "dgVTransposed"
Me.dgVTransposed.ReadOnly = True
Me.dgVTransposed.RowHeadersWidthSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllH
eaders
Me.dgVTransposed.SelectionMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewSelectionMode.CellSelect
Me.dgVTransposed.Size = New System.Drawing.Size(345, 161)
Me.dgVTransposed.TabIndex = 1
'
'SplitContainer10
'
Me.SplitContainer10.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.SplitContainer10.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.SplitContainer10.Name = "SplitContainer10"
Me.SplitContainer10.Orientation =
System.Windows.Forms.Orientation.Horizontal
'
'SplitContainer10.Panel1
'
Me.SplitContainer10.Panel1.Controls.Add(Me.GroupBox5)
'
'SplitContainer10.Panel2
'
Me.SplitContainer10.Panel2.Controls.Add(Me.GroupBox6)
Me.SplitContainer10.Size = New System.Drawing.Size(351, 201)
Me.SplitContainer10.SplitterDistance = 136
Me.SplitContainer10.TabIndex = 3
'
'GroupBox5
'
Me.GroupBox5.Controls.Add(Me.DgVCalculation)
Me.GroupBox5.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.GroupBox5.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.GroupBox5.Name = "GroupBox5"
Me.GroupBox5.Size = New System.Drawing.Size(351, 136)
Me.GroupBox5.TabIndex = 2
Me.GroupBox5.TabStop = False
Me.GroupBox5.Text = "Calculation"
'
'DgVCalculation
'
Me.DgVCalculation.AllowUserToAddRows = False
Me.DgVCalculation.AllowUserToDeleteRows = False
Me.DgVCalculation.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.AllCells
Me.DgVCalculation.AutoSizeRowsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeRowsMode.AllHeaders
Me.DgVCalculation.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
DataGridViewCellStyle18.Alignment =
System.Windows.Forms.DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
DataGridViewCellStyle18.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Window

```



```

DataGridViewCellStyle18.Font = New
System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(161, Byte))
DataGridViewCellStyle18.ForeColor =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
DataGridViewCellStyle18.Format = "N4"
DataGridViewCellStyle18.NullValue = Nothing
DataGridViewCellStyle18.SelectionBackColor =
System.Drawing.SystemColors.Highlight
DataGridViewCellStyle18.SelectionForeColor =
System.Drawing.SystemColors.HighlightText
DataGridViewCellStyle18.WrapMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewTriState.[False]
Me.DgVCalculation.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle18
Me.DgVCalculation.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.DgVCalculation.Location = New System.Drawing.Point(3, 16)
Me.DgVCalculation.Name = "DgVCalculation"
Me.DgVCalculation.ReadOnly = True
Me.DgVCalculation.RowHeadersWidthSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllH
eaders
Me.DgVCalculation.SelectionMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewSelectionMode.CellSelect
Me.DgVCalculation.Size = New System.Drawing.Size(345, 117)
Me.DgVCalculation.TabIndex = 1
'
'GroupBox6
'
Me.GroupBox6.Controls.Add(Me.dgvFinal)
Me.GroupBox6.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.GroupBox6.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.GroupBox6.Name = "GroupBox6"
Me.GroupBox6.Size = New System.Drawing.Size(351, 61)
Me.GroupBox6.TabIndex = 1
Me.GroupBox6.TabStop = False
Me.GroupBox6.Text = "Actual Values"
'
'dgvFinal
'
Me.dgvFinal.AllowUserToAddRows = False
Me.dgvFinal.AllowUserToDeleteRows = False
Me.dgvFinal.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.ColumnHeader
Me.dgvFinal.AutoSizeRowsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeRowsMode.AllHeaders
Me.dgvFinal.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
DataGridViewCellStyle19.Alignment =
System.Windows.Forms.DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
DataGridViewCellStyle19.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Window
DataGridViewCellStyle19.Font = New
System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(161, Byte))

```

```

        DataGridViewCellStyle19.ForeColor =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
        DataGridViewCellStyle19.Format = "N4"
        DataGridViewCellStyle19.NullValue = Nothing
        DataGridViewCellStyle19.SelectionBackColor =
System.Drawing.SystemColors.Highlight
        DataGridViewCellStyle19.SelectionForeColor =
System.Drawing.SystemColors.HighlightText
        DataGridViewCellStyle19.WrapMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewTriState.[False]
        Me.dgvFinal.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle19
        Me.dgvFinal.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
        Me.dgvFinal.Location = New System.Drawing.Point(3, 16)
        Me.dgvFinal.Name = "dgvFinal"
        Me.dgvFinal.RowHeadersWidthSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllH
eaders
        Me.dgvFinal.SelectionMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewSelectionMode.FullRowSelect
        Me.dgvFinal.Size = New System.Drawing.Size(345, 42)
        Me.dgvFinal.TabIndex = 0
    '
    'graphZ
    '
    Me.graphZ.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
    Me.graphZ.IsShowPointValues = True
    Me.graphZ.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
    Me.graphZ.Name = "graphZ"
    Me.graphZ.ScrollGrace = 0
    Me.graphZ.ScrollMaxX = 0
    Me.graphZ.ScrollMaxY = 0
    Me.graphZ.ScrollMaxY2 = 0
    Me.graphZ.ScrollMinX = 0
    Me.graphZ.ScrollMinY = 0
    Me.graphZ.ScrollMinY2 = 0
    Me.graphZ.Size = New System.Drawing.Size(453, 385)
    Me.graphZ.TabIndex = 1
    '
    'DataTab
    '
    Me.DataTab.Controls.Add(Me.SplitContainer1)
    Me.DataTab.Location = New System.Drawing.Point(4, 22)
    Me.DataTab.Name = "DataTab"
    Me.DataTab.Padding = New System.Windows.Forms.Padding(3)
    Me.DataTab.Size = New System.Drawing.Size(814, 391)
    Me.DataTab.TabIndex = 2
    Me.DataTab.Text = "Data"
    Me.DataTab.UseVisualStyleBackColor = True
    '
    'SplitContainer1
    '
    Me.SplitContainer1.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
    Me.SplitContainer1.Location = New System.Drawing.Point(3, 3)
    Me.SplitContainer1.Name = "SplitContainer1"
    Me.SplitContainer1.Orientation =
System.Windows.Forms.Orientation.Horizontal
    '

```

```

'SplitContainer1.Panel1
'
Me.SplitContainer1.Panel1.Controls.Add(Me.SplitContainer2)
'
'SplitContainer1.Panel2
'
Me.SplitContainer1.Panel2.Controls.Add(Me.SplitContainer3)
Me.SplitContainer1.Size = New System.Drawing.Size(808, 385)
Me.SplitContainer1.SplitterDistance = 213
Me.SplitContainer1.TabIndex = 0
'
'SplitContainer2
'
Me.SplitContainer2.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.SplitContainer2.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.SplitContainer2.Name = "SplitContainer2"
'
'SplitContainer2.Panel1
'
Me.SplitContainer2.Panel1.Controls.Add(Me.GroupBox1)
'
'SplitContainer2.Panel2
'
Me.SplitContainer2.Panel2.Controls.Add(Me.GroupBox2)
Me.SplitContainer2.Size = New System.Drawing.Size(808, 213)
Me.SplitContainer2.SplitterDistance = 381
Me.SplitContainer2.TabIndex = 0
'
'GroupBox1
'
Me.GroupBox1.Controls.Add(Me.DgVNormalization)
Me.GroupBox1.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.GroupBox1.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.GroupBox1.Name = "GroupBox1"
Me.GroupBox1.Size = New System.Drawing.Size(381, 213)
Me.GroupBox1.TabIndex = 0
Me.GroupBox1.TabStop = False
Me.GroupBox1.Text = "Normalized Data"
'
'DgVNormalization
'
Me.DgVNormalization.AllowUserToAddRows = False
Me.DgVNormalization.AllowUserToDeleteRows = False
Me.DgVNormalization.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.ColumnHeader =
Me.DgVNormalization.AutoSizeRowsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeRowsMode.AllHeaders
Me.DgVNormalization.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
DataGridViewCellStyle20.Alignment =
System.Windows.Forms.DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter
DataGridViewCellStyle20.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Window
DataGridViewCellStyle20.Font = New
System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(161, Byte))

```

```

DataGridViewCellStyle20.ForeColor =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
DataGridViewCellStyle20.Format = "N4"
DataGridViewCellStyle20.NullValue = Nothing
DataGridViewCellStyle20.SelectionBackColor =
System.Drawing.SystemColors.Highlight
DataGridViewCellStyle20.SelectionForeColor =
System.Drawing.SystemColors.HighlightText
DataGridViewCellStyle20.WrapMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewTriState.[False]
Me.DgVNormalization.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle20
Me.DgVNormalization.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.DgVNormalization.Location = New System.Drawing.Point(3, 16)
Me.DgVNormalization.Name = "DgVNormalization"
Me.DgVNormalization.ReadOnly = True
Me.DgVNormalization.RowHeadersWidthSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllH
eaders
DataGridViewCellStyle21.Format = "N4"
DataGridViewCellStyle21.NullValue = "0"
Me.DgVNormalization.RowsDefaultCellStyle =
DataGridViewCellStyle21
Me.DgVNormalization.RowTemplate.DefaultCellStyle.Format = "N4"
Me.DgVNormalization.RowTemplate.DefaultCellStyle.NullValue =
Nothing
Me.DgVNormalization.RowTemplate.Resizable =
System.Windows.Forms.DataGridViewTriState.[True]
Me.DgVNormalization.SelectionMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewSelectionMode.CellSelect
Me.DgVNormalization.Size = New System.Drawing.Size(375, 194)
Me.DgVNormalization.TabIndex = 0
'
'GroupBox2
'
Me.GroupBox2.Controls.Add(Me.DgvCorellation)
Me.GroupBox2.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.GroupBox2.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.GroupBox2.Name = "GroupBox2"
Me.GroupBox2.Size = New System.Drawing.Size(423, 213)
Me.GroupBox2.TabIndex = 1
Me.GroupBox2.TabStop = False
Me.GroupBox2.Text = "Corellation Table"
'
'DgvCorellation
'
Me.DgvCorellation.AllowUserToAddRows = False
Me.DgvCorellation.AllowUserToDeleteRows = False
Me.DgvCorellation.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.ColumnHeader
Me.DgvCorellation.AutoSizeRowsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeRowsMode.AllHeaders
Me.DgvCorellation.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
DataGridViewCellStyle22.Alignment =
System.Windows.Forms.DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
DataGridViewCellStyle22.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Window

```

```

        DataGridViewCellStyle22.Font      = New
System.Drawing.Font ("Microsoft      Sans      Serif",      8.25!,
System.Drawing.FontStyle.Regular,      System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(161, Byte))
        DataGridViewCellStyle22.ForeColor      =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
        DataGridViewCellStyle22.Format = "N4"
        DataGridViewCellStyle22.NullValue = Nothing
        DataGridViewCellStyle22.SelectionBackColor      =
System.Drawing.SystemColors.Highlight
        DataGridViewCellStyle22.SelectionForeColor      =
System.Drawing.SystemColors.HighlightText
        DataGridViewCellStyle22.WrapMode      =
System.Windows.Forms.DataGridViewTriState.[False]
        Me.DgvCorellation.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle22
        Me.DgvCorellation.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
        Me.DgvCorellation.EditMode      =
System.Windows.Forms.DataGridViewEditMode.EditProgrammatically
        Me.DgvCorellation.Location = New System.Drawing.Point(3, 16)
        Me.DgvCorellation.Name = "DgvCorellation"
        Me.DgvCorellation.ReadOnly = True
        Me.DgvCorellation.RowHeadersWidthSizeMode      =
System.Windows.Forms.DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllH
eaders
        Me.DgvCorellation.Size = New System.Drawing.Size(417, 194)
        Me.DgvCorellation.TabIndex = 1
    '
    'SplitContainer3
    '
    Me.SplitContainer3.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
    Me.SplitContainer3.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
    Me.SplitContainer3.Name = "SplitContainer3"
    '
    'SplitContainer3.Panel1
    '
    Me.SplitContainer3.Panel1.Controls.Add(Me.GroupBox3)
    '
    'SplitContainer3.Panel2
    '
    Me.SplitContainer3.Panel2.Controls.Add(Me.GroupBox4)
    Me.SplitContainer3.Size = New System.Drawing.Size(808, 168)
    Me.SplitContainer3.SplitterDistance = 184
    Me.SplitContainer3.TabIndex = 0
    '
    'GroupBox3
    '
    Me.GroupBox3.Controls.Add(Me.DgvEigenValues)
    Me.GroupBox3.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
    Me.GroupBox3.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
    Me.GroupBox3.Name = "GroupBox3"
    Me.GroupBox3.Size = New System.Drawing.Size(184, 168)
    Me.GroupBox3.TabIndex = 1
    Me.GroupBox3.TabStop = False
    Me.GroupBox3.Text = "Eigen Values"
    '
    'DgvEigenValues
    '

```

```

        Me.DgvEigenValues.AllowUserToAddRows = False
            Me.DgvEigenValues.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.ColumnHeader
            Me.DgvEigenValues.AutoSizeRowsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeRowsMode.AllHeaders
            Me.DgvEigenValues.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
            DataGridViewCellStyle23.Alignment =
System.Windows.Forms.DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft
            DataGridViewCellStyle23.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Window
            DataGridViewCellStyle23.Font = New
System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(161, Byte))
            DataGridViewCellStyle23.ForeColor =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
            DataGridViewCellStyle23.Format = "N4"
            DataGridViewCellStyle23.NullValue = Nothing
            DataGridViewCellStyle23.SelectionBackColor =
System.Drawing.SystemColors.Highlight
            DataGridViewCellStyle23.SelectionForeColor =
System.Drawing.SystemColors.HighlightText
            DataGridViewCellStyle23.WrapMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewTriState.[False]
        Me.DgvEigenValues.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle23
        Me.DgvEigenValues.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
        Me.DgvEigenValues.Location = New System.Drawing.Point(3, 16)
        Me.DgvEigenValues.Name = "DgvEigenValues"
            Me.DgvEigenValues.RowHeadersWidthSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllH
eaders
        Me.DgvEigenValues.Size = New System.Drawing.Size(178, 149)
        Me.DgvEigenValues.TabIndex = 1
        'GroupBox4
        Me.GroupBox4.Controls.Add(Me.DgvEigenvalues)
        Me.GroupBox4.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
        Me.GroupBox4.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
        Me.GroupBox4.Name = "GroupBox4"
        Me.GroupBox4.Size = New System.Drawing.Size(620, 168)
        Me.GroupBox4.TabIndex = 1
        Me.GroupBox4.TabStop = False
        Me.GroupBox4.Text = "Eigenvectors"
        'DgvEigenvectors
        Me.DgvEigenvectors.AllowUserToAddRows = False
            Me.DgvEigenvectors.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.AllCells
            Me.DgvEigenvectors.AutoSizeRowsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeRowsMode.AllHeaders
            Me.DgvEigenvectors.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
            DataGridViewCellStyle24.Alignment =
System.Windows.Forms.DataGridViewContentAlignment.MiddleLeft

```

```

        DataGridViewCellStyle24.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Window
        DataGridViewCellStyle24.Font = New
System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 8.25!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(161, Byte))
        DataGridViewCellStyle24.ForeColor =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
        DataGridViewCellStyle24.Format = "N4"
        DataGridViewCellStyle24.NullValue = Nothing
        DataGridViewCellStyle24.SelectionBackColor =
System.Drawing.SystemColors.Highlight
        DataGridViewCellStyle24.SelectionForeColor =
System.Drawing.SystemColors.HighlightText
        DataGridViewCellStyle24.WrapMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewTriState.[False]
        Me.DgvEigenvectors.DefaultCellStyle = DataGridViewCellStyle24
        Me.DgvEigenvectors.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
        Me.DgvEigenvectors.Location = New System.Drawing.Point(3, 16)
        Me.DgvEigenvectors.Name = "DgvEigenvectors"
        Me.DgvEigenvectors.RowHeadersWidthSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllH
eaders
        Me.DgvEigenvectors.Size = New System.Drawing.Size(614, 149)
        Me.DgvEigenvectors.TabIndex = 1
        '
        'TabPage1
        '
        Me.TabPage1.Controls.Add(Me.SplitContainer4)
        Me.TabPage1.Location = New System.Drawing.Point(4, 22)
        Me.TabPage1.Name = "TabPage1"
        Me.TabPage1.Padding = New System.Windows.Forms.Padding(3)
        Me.TabPage1.Size = New System.Drawing.Size(814, 391)
        Me.TabPage1.TabIndex = 1
        Me.TabPage1.Text = "Input Data"
        Me.TabPage1.UseVisualStyleBackColor = True
        '
        'SplitContainer4
        '
        Me.SplitContainer4.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
        Me.SplitContainer4.Location = New System.Drawing.Point(3, 3)
        Me.SplitContainer4.Name = "SplitContainer4"
        '
        'SplitContainer4.Panel1
        '
        Me.SplitContainer4.Panel1.Controls.Add(Me.SplitContainer6)
        Me.SplitContainer4.Panel1.Controls.Add(Me.Splitter1)
        '
        'SplitContainer4.Panel2
        '
        Me.SplitContainer4.Panel2.Controls.Add(Me.SplitContainer5)
        Me.SplitContainer4.Size = New System.Drawing.Size(808, 385)
        Me.SplitContainer4.SplitterDistance = 149
        Me.SplitContainer4.TabIndex = 7
        '
        'SplitContainer6
        '

```

```

Me.SplitContainer6.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.SplitContainer6.Location = New System.Drawing.Point(3, 0)
Me.SplitContainer6.Name = "SplitContainer6"
Me.SplitContainer6.Orientation =
System.Windows.Forms.Orientation.Horizontal
    |
    |SplitContainer6.Panel1
    |
Me.SplitContainer6.Panel1.Controls.Add(Me.DgVCounytry)
    |
    |SplitContainer6.Panel2
    |
Me.SplitContainer6.Panel2.Controls.Add(Me.DgVIndicator)
Me.SplitContainer6.Size = New System.Drawing.Size(146, 385)
Me.SplitContainer6.SplitterDistance = 171
Me.SplitContainer6.TabIndex = 6
    |
    |DgVCounytry
    |
Me.DgVCounytry.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.Fill
Me.DgVCounytry.ClipboardCopyMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewClipboardCopyMode.EnableWithoutHeaderT
ext
Me.DgVCounytry.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
Me.DgVCounytry.Columns.AddRange(New
System.Windows.Forms.DataGridViewColumn() {Me.Countries})
Me.DgVCounytry.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.DgVCounytry.EditMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewEditMode.EditOnKeystroke
Me.DgVCounytry.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.DgVCounytry.Name = "DgVCounytry"
Me.DgVCounytry.RowHeadersVisible = False
Me.DgVCounytry.SelectionMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewSelectionMode.FullRowSelect
Me.DgVCounytry.Size = New System.Drawing.Size(146, 171)
Me.DgVCounytry.TabIndex = 3
    |
    |Countries
    |
Me.Countries.HeaderText = "Countries"
Me.Countries.Name = "Countries"
    |
    |DgVIndicator
    |
Me.DgVIndicator.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.Fill
Me.DgVIndicator.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
Me.DgVIndicator.Columns.AddRange(New
System.Windows.Forms.DataGridViewColumn() {Me.Indicator})
Me.DgVIndicator.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.DgVIndicator.EditMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewEditMode.EditOnKeystroke
Me.DgVIndicator.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.DgVIndicator.MultiSelect = False

```



```

Me.DgVIndicator.Name = "DgVIndicator"
Me.DgVIndicator.RowHeadersVisible = False
Me.DgVIndicator.SelectionMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewSelectionMode.FullRowSelect
Me.DgVIndicator.Size = New System.Drawing.Size(146, 210)
Me.DgVIndicator.TabIndex = 4
'
'Indicator
'
Me.Indicator.HeaderText = "Indicator"
Me.Indicator.Name = "Indicator"
'
'Splitter1
'
Me.Splitter1.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.Splitter1.Name = "Splitter1"
Me.Splitter1.Size = New System.Drawing.Size(3, 385)
Me.Splitter1.TabIndex = 5
Me.Splitter1.TabStop = False
'
'SplitContainer5
'
Me.SplitContainer5.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.SplitContainer5.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.SplitContainer5.Name = "SplitContainer5"
Me.SplitContainer5.Orientation =
System.Windows.Forms.Orientation.Horizontal
'
'SplitContainer5.Panel1
'
Me.SplitContainer5.Panel1.Controls.Add(Me.DgVInputData)
'
'SplitContainer5.Panel2
'
Me.SplitContainer5.Panel2.Controls.Add(Me.Button1)
Me.SplitContainer5.Size = New System.Drawing.Size(655, 385)
Me.SplitContainer5.SplitterDistance = 351
Me.SplitContainer5.TabIndex = 7
'
'DgVInputData
'
Me.DgVInputData.AllowUserToAddRows = False
Me.DgVInputData.AutoSizeColumnsMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewAutoSizeColumnsMode.Fill
Me.DgVInputData.ClipboardCopyMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewClipboardCopyMode.EnableWithoutHeaderText
Me.DgVInputData.ColumnHeadersHeightSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode.AutoSize
Me.DgVInputData.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.DgVInputData.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.DgVInputData.Name = "DgVInputData"
Me.DgVInputData.RowHeadersWidthSizeMode =
System.Windows.Forms.DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllH
eaders
Me.DgVInputData.Size = New System.Drawing.Size(655, 351)
Me.DgVInputData.TabIndex = 0

```

```

'
'Button1
'
Me.Button1.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.Button1.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
Me.Button1.Name = "Button1"
Me.Button1.Size = New System.Drawing.Size(655, 30)
Me.Button1.TabIndex = 6
Me.Button1.Text = "Start Analysis"
Me.Button1.UseVisualStyleBackColor = True
'
'TabControl1
'
Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage1)
Me.TabControl1.Controls.Add(Me.DataTab)
Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage2)
Me.TabControl1.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.TabControl1.Location = New System.Drawing.Point(0, 49)
Me.TabControl1.Name = "TabControl1"
Me.TabControl1.SelectedIndex = 0
Me.TabControl1.Size = New System.Drawing.Size(822, 417)
Me.TabControl1.TabIndex = 13
'
'Form1
'
Me.AutoScaleDimensions = New System.Drawing.SizeF(6.0!, 13.0!)
Me.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font
Me.ClientSize = New System.Drawing.Size(822, 466)
Me.Controls.Add(Me.TabControl1)
Me.Controls.Add(Me.ToolStrip)
Me.Controls.Add(Me.MenuStrip)
Me.Name = "Form1"
Me.Text = "PCA"
Me.WindowState = System.Windows.Forms.FormWindowState.Maximized
Me.MenuStrip.ResumeLayout(False)
Me.MenuStrip.PerformLayout()
Me.ToolStrip.ResumeLayout(False)
Me.ToolStrip.PerformLayout()
Me.TabPage2.ResumeLayout(False)
Me.SplitContainer7.Panel1.ResumeLayout(False)
Me.SplitContainer7.Panel2.ResumeLayout(False)
Me.SplitContainer7.ResumeLayout(False)
Me.SplitContainer8.Panel1.ResumeLayout(False)
Me.SplitContainer8.Panel2.ResumeLayout(False)
Me.SplitContainer8.ResumeLayout(False)
Me.grofr.ResumeLayout(False)
                                                                    CType(Me.dgVTransposed,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit()
Me.SplitContainer10.Panel1.ResumeLayout(False)
Me.SplitContainer10.Panel2.ResumeLayout(False)
Me.SplitContainer10.ResumeLayout(False)
Me.GroupBox5.ResumeLayout(False)
                                                                    CType(Me.DgVCalculation,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit()
Me.GroupBox6.ResumeLayout(False)
                                                                    CType(Me.dgvFinal,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit()

```

```

    Me.DataTab.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer1.Panel1.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer1.Panel2.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer1.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer2.Panel1.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer2.Panel2.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer2.ResumeLayout (False)
    Me.GroupBox1.ResumeLayout (False)
                                                                    CType (Me.DgvNormalization,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
    Me.GroupBox2.ResumeLayout (False)
                                                                    CType (Me.DgvCorellation,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
    Me.SplitContainer3.Panel1.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer3.Panel2.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer3.ResumeLayout (False)
    Me.GroupBox3.ResumeLayout (False)
                                                                    CType (Me.DgvEigenValues,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
    Me.GroupBox4.ResumeLayout (False)
                                                                    CType (Me.DgvEigenvectors,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
    Me.TabPage1.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer4.Panel1.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer4.Panel2.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer4.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer6.Panel1.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer6.Panel2.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer6.ResumeLayout (False)
                                                                    CType (Me.DgvCounytry,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
                                                                    CType (Me.DgvIndicator,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
    Me.SplitContainer5.Panel1.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer5.Panel2.ResumeLayout (False)
    Me.SplitContainer5.ResumeLayout (False)
                                                                    CType (Me.DgvInputData,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
    Me.TabControll.ResumeLayout (False)
    Me.ResumeLayout (False)
    Me.PerformLayout ()

End Sub
Friend WithEvents MenuStrip As System.Windows.Forms.MenuStrip
Friend WithEvents FileMenu As System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
    Friend WithEvents NewToolStripMenuItem As
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
    Friend WithEvents OpenToolStripMenuItem As
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
    Friend WithEvents ToolStripSeparator3 As
System.Windows.Forms.ToolStripSeparator
    Friend WithEvents SaveToolStripMenuItem As
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
    Friend WithEvents ToolStripSeparator4 As
System.Windows.Forms.ToolStripSeparator
    Friend WithEvents ExitToolStripMenuItem As
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem

```

```

    Friend WithEvents HelpMenu As System.Windows.Forms.ToolStripItem
        Friend WithEvents ToolStripSeparator8 As
System.Windows.Forms.ToolStripItemSeparator
        Friend WithEvents AboutToolStripMenuItem As
System.Windows.Forms.ToolStripItem
    Friend WithEvents ToolStrip As System.Windows.Forms.ToolStrip
        Friend WithEvents SaveToolStripButton As
System.Windows.Forms.ToolStripButton
        Friend WithEvents ToolStripSeparator1 As
System.Windows.Forms.ToolStripItemSeparator
        Friend WithEvents PrintToolStripButton As
System.Windows.Forms.ToolStripButton
    Friend WithEvents ImageList1 As System.Windows.Forms.ImageList
        Friend WithEvents NewToolStripButton As
System.Windows.Forms.ToolStripButton
        Friend WithEvents OpenToolStripButton As
System.Windows.Forms.ToolStripButton
    Friend WithEvents tabPage2 As System.Windows.Forms.TabPage
        Friend WithEvents SplitContainer7 As
System.Windows.Forms.SplitContainer
        Friend WithEvents SplitContainer8 As
System.Windows.Forms.SplitContainer
    Friend WithEvents grofr As System.Windows.Forms.GroupBox
    Friend WithEvents dgVTransposed As System.Windows.Forms.DataGridView
        Friend WithEvents SplitContainer10 As
System.Windows.Forms.SplitContainer
    Friend WithEvents GroupBox5 As System.Windows.Forms.GroupBox
        Friend WithEvents DgVCalculation As
System.Windows.Forms.DataGridView
        Friend WithEvents GroupBox6 As System.Windows.Forms.GroupBox
        Friend WithEvents dgvFinal As System.Windows.Forms.DataGridView
        Friend WithEvents graphZ As ZedGraph.ZedGraphControl
        Friend WithEvents DataTab As System.Windows.Forms.TabPage
            Friend WithEvents SplitContainer1 As
System.Windows.Forms.SplitContainer
            Friend WithEvents SplitContainer2 As
System.Windows.Forms.SplitContainer
        Friend WithEvents GroupBox1 As System.Windows.Forms.GroupBox
            Friend WithEvents DgVNormalization As
System.Windows.Forms.DataGridView
            Friend WithEvents GroupBox2 As System.Windows.Forms.GroupBox
                Friend WithEvents DgvCorellation As
System.Windows.Forms.DataGridView
                Friend WithEvents SplitContainer3 As
System.Windows.Forms.SplitContainer
            Friend WithEvents GroupBox3 As System.Windows.Forms.GroupBox
                Friend WithEvents DgvEigenValues As
System.Windows.Forms.DataGridView
            Friend WithEvents GroupBox4 As System.Windows.Forms.GroupBox
                Friend WithEvents DgvEigenvectors As
System.Windows.Forms.DataGridView
            Friend WithEvents tabPage1 As System.Windows.Forms.TabPage
                Friend WithEvents SplitContainer4 As
System.Windows.Forms.SplitContainer
                Friend WithEvents SplitContainer6 As
System.Windows.Forms.SplitContainer
            Friend WithEvents DgVCounytry As System.Windows.Forms.DataGridView

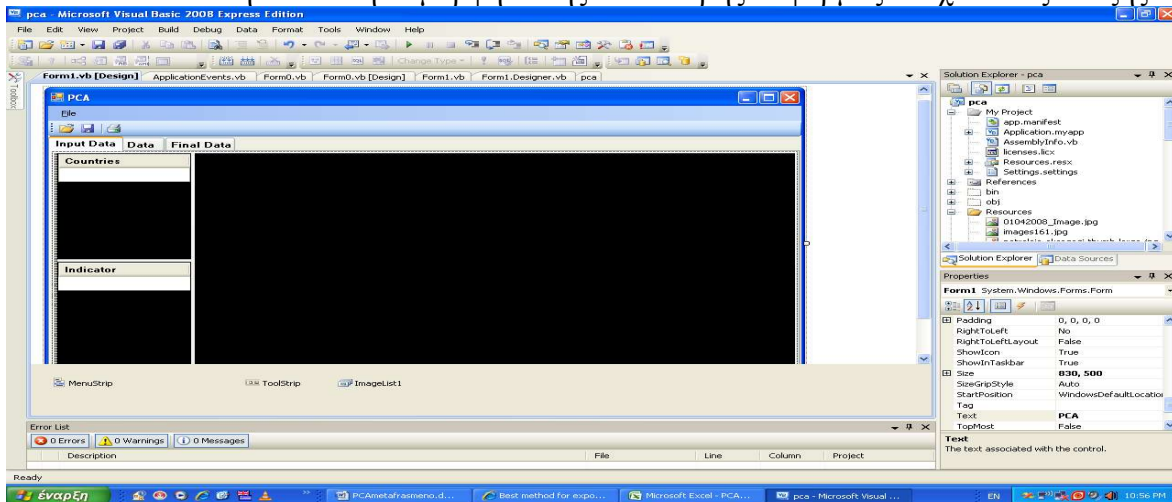
```

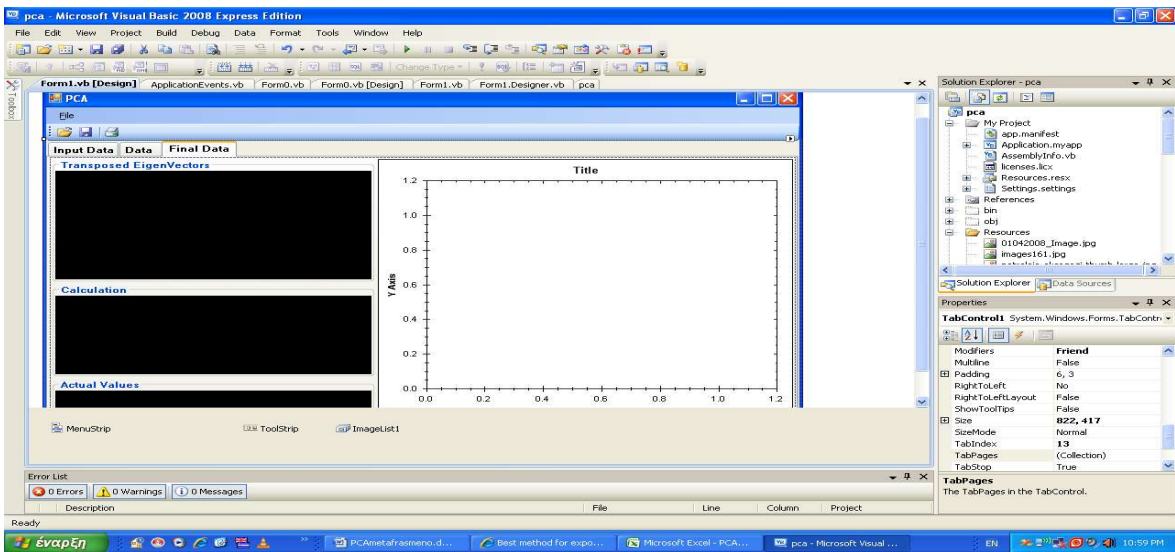
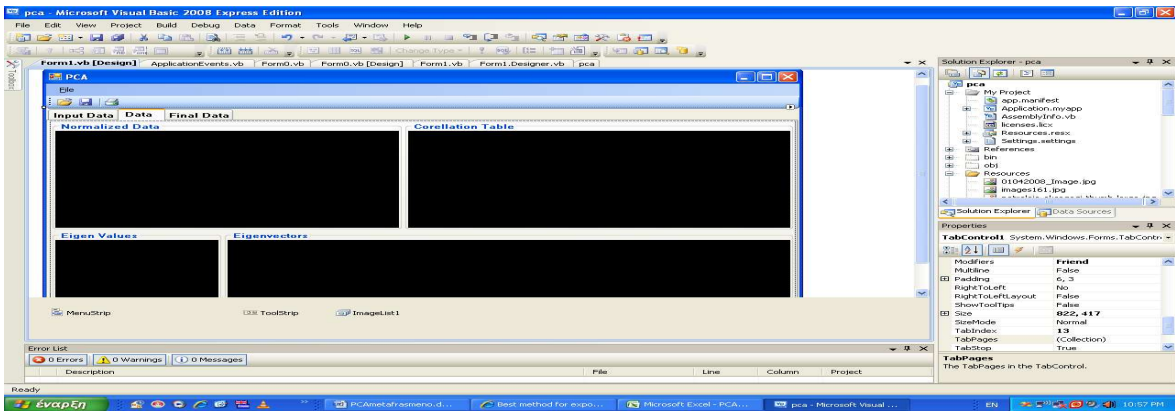
```

Friend WithEvents Countries As
System.Windows.Forms.DataGridViewTextBoxColumn
Friend WithEvents DgVIndicator As System.Windows.Forms.DataGridView
Friend WithEvents Indicator As
System.Windows.Forms.DataGridViewTextBoxColumn
Friend WithEvents Splitter1 As System.Windows.Forms.Splitter
Friend WithEvents SplitContainer5 As
System.Windows.Forms.SplitContainerer
Friend WithEvents DgVInputData As System.Windows.Forms.DataGridView
Friend WithEvents Button1 As System.Windows.Forms.Button
Friend WithEvents TabControll1 As System.Windows.Forms.TabControl
End Class

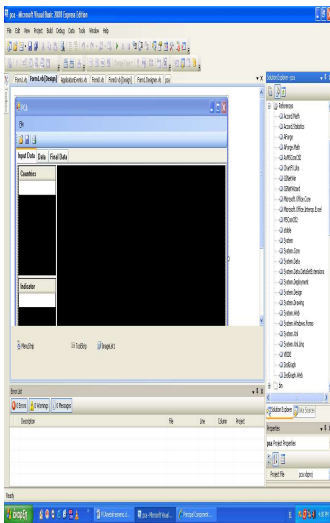
```

Έτσι λοιπόν η τελική μορφή της δεύτερης φόρμας έχει ως εξής:





Εικόνα 2.2.14



Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε πως χρειάστηκε -για την ολοκλήρωση του προς δόμηση προγράμματος-, η προσθήκη ορισμένων βιβλιοθηκών. Οι εν λόγω βιβλιοθήκες αντλήθηκαν από τις παρακάτω διαδικτυακές πηγές:

<http://crsouza.blogspot.com/2009/09/principal-component-analysis-in-c.html>

Στη παραπάνω εικόνα διαφαίνονται οι εν λόγω προσθήκες βιβλιοθηκών. Ενώ ακολουθούν η βιβλιοθήκη κλάσης που χρειάστηκε για τη γραφική απεικόνιση

<http://www.brothersoft.com/zedgraph-329975.html>

3

Ανάπτυξη του κώδικα που χρησιμοποιείται για την ολοκλήρωση της εν λόγω εφαρμογής σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 2008 Express Edition

Παρακάτω διαφαίνεται ο σχετικός κώδικας που αναπτύχθηκε για την πραγματοποίηση της εν λόγω εφαρμογής:

```
Imports Accord.Statistics.Analysis
Imports System.Math

Public Class Form1

    Dim pca As PrincipalComponentAnalysis
    Dim sda As DescriptiveAnalysis
    Dim Inputds As New DataSet
    Dim openfileFlag As Boolean

    Private Sub OpenFile(ByVal sender As Object, ByVal e As EventArgs)
Handles OpenToolStripMenuItem.Click, OpenToolStripButton.Click
        Dim OpenFileDialog As New OpenFileDialog
        OpenFileDialog.InitialDirectory =
My.Computer.FileSystem.SpecialDirectories.MyDocuments
        OpenFileDialog.Filter = "Xml files (*.xml)|*.xml|All files
(*.*)|*.*"
        If (OpenFileDialog.ShowDialog(Me) =
System.Windows.Forms.DialogResult.OK) Then
            Dim FileName As String = OpenFileDialog.FileName
            Dim extension As String =
System.IO.Path.GetExtension(FileName)
            If extension = ".xml" Then
                openfileFlag = True
                Dim dt As New DataTable
                Dim ds As New DataSet
                ds.ReadXml(OpenFileDialog.FileName)
                DgVInputData.Columns.Clear()
                DgVCounytry.Columns.Clear()
                DgVIndicator.Columns.Clear()
                DgVInputData.DataSource = ds.Tables("InputData")
                DgVCounytry.DataSource = ds.Tables("Countries")
                DgVIndicator.DataSource = ds.Tables("Indicators")
                For i = 0 To DgVInputData.RowCount - 1
                    DgVInputData.Rows(i).HeaderCell.Value =
DgVCounytry.Item(0, i).Value
                Next
                DgVInputData.RowHeadersWidthSizeMode =
DataGridViewRowHeadersWidthSizeMode.AutoSizeToAllHeaders
                DgVCalculation.Columns.Clear()
                DgvCorellation.Columns.Clear()
            End If
        End If
    End Sub
End Class
```

```

        DgvEigenValues.Columns.Clear()
        DgvEigenvectors.Columns.Clear()
        dgvFinal.Columns.Clear()
        DgVNormalization.Columns.Clear()
        openfileFlag = False
    End If
End If
End Sub

Private Sub SaveAsToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As Object,
ByVal e As EventArgs)
    End Sub

Private Sub ExitToolsStripMenuItem_Click(ByVal sender As Object,
ByVal e As EventArgs) Handles ExitToolStripMenuItem.Click
    Me.Close()
    MainForm0.Close()
End Sub

```

'ο κώδικας που ακολουθεί ορίζει τη συνάρτηση που εκτελείται όταν επιλέξουμε να κάνουμε save as

```

Private Sub SaveToolStripMenuItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
SaveToolStripMenuItem.Click
    Try
        TabControl1.SelectTab(0)
    
```

'δημιουργούμε ένα παράθυρο για αποθήκευση αρχείου XML

```

Dim savefiledialog1 As New SaveFileDialog
savefiledialog1.InitialDirectory =
My.Computer.FileSystem.SpecialDirectories.MyDocuments
savefiledialog1.Filter = "XML Files (*.xml)|*.xml|All Files
(*.*)|*.*"
DgVInputData.EndEdit()

```

'στη συνέχεια δημιουργούμε τρεις (3) νέους datatable και αποθηκεύουμε σε αυτούς τα δεδομένα από τους πίνακες dgvCountry, dgvIndicator και τέλος dgvInputdata

```

Dim dt As New DataTable("InputData")
Dim dt2 As New DataTable("Countries")
Dim dt3 As New DataTable("Indicators")
Dim ds As New DataSet
dt = DgVToDatatable(DgVInputData, "InputData", False)
dt2 = DgVToDatatable(DgVCounytry, "Countries", True)
dt3 = DgVToDatatable(DgVIndicator, "Indicators", True)

```

'όστερα δημιουργούμε ένα νέο dataset και τοποθετούμε σε αυτό και τους τρεις (3) πίνακες

```

ds.Tables.Add(dt)
ds.Tables.Add(dt2)
ds.Tables.Add(dt3)

```

'αποθηκεύουμε το dataset αυτό με τη μορφή xml ,εφόσον ο χρήστης έχει προβεί στη σχετική ενέργεια για αποθήκευση και επιλέξει το όνομα και τη θέση του εν λόγω αρχείου


```

        If (savefiledialog1.ShowDialog(Me) =
System.Windows.Forms.DialogResult.OK) Then
            ds.WriteXml(savefiledialog1.FileName,
XmlWriteMode.WriteSchema)
        End If
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try
End Sub

```

'με τη συνάρτηση που ακολουθεί λαμβάνουμε τα δεδομένα από ένα datagridview και τα αποθηκεύουμε σε ένα datatable ούτως ώστε να μπορούμε να τα διαχειριστούμε

'οι παράμετροι της εν λόγω συνάρτησης είναι: το datagridview που επιθυμούμε να αντιγράψουμε , το όνομα του datatable που θα δημιουργήσουμε και επιπροσθέτως μια μεταβλητή που καθορίζει εάν το συγκεκριμένο datagridview έχει μια κενή γραμμή στο τέλος

```

Private Function DgVToDatatable(ByRef dgv As DataGridView, ByVal
tablename As String, ByVal allowuser As Boolean) As DataTable
    Dim dt = New DataTable(tablename)
    Dim dr As DataRow
    Dim j As Integer

```

'με τη παρακάτω ενέργεια σβήνουμε τη τελευταία κενή γραμμή εάν υπήρχε

```

dgv.AllowUserToAddRows = False

```

'εν συνέχεια ο κώδικας που ακολουθεί προσθέτει για κάθε μία από τις στήλες του datagridview μια στήλη και στο datatable

```

For i = 0 To dgv.ColumnCount - 1
    dt.Columns.Add(dgv.Columns(i).HeaderText)
Next

```

'στη συνέχεια για κάθε ένα κελί του datagridview αντιγράφουμε τα δεδομένα στο datatable

```

For i = 0 To dgv.Rows.Count - 1
    dr = dt.NewRow()
    For j = 0 To dgv.Columns.Count - 1
        dr(j) = dgv.Item(j, i).Value
    Next
    dt.Rows.Add(dr)
Next
dgv.AllowUserToAddRows = allowuser
Return dt
End Function

```

```

Public Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
    Try

```

'καθαρίζουμε τα περιεχόμενα των πινάκων

```

DgVCalculation.Columns.Clear()
DgVCorellation.Columns.Clear()
DgVEigenValues.Columns.Clear()

```

```
DgvEigenvectors.Columns.Clear()
dgvFinal.Columns.Clear()
DgvVNormalization.Columns.Clear()
Dim dt As DataTable
Dim dtNorm As DataTable
```

'παίρνουμε τα δεδομένα από τον αρχικό πίνακα εισαγωγής δεδομένων και τα αποθηκεύουμε σε ένα datatable

```
dt = DgvToDatatable(DgvInputData, "inputData", False)
```

'καλούμε τη συνάρτηση κανονικοποίησης του αρχικού πίνακα, και έτσι με αυτόν τον τρόπο προκύπτει το κανονικοποιημένο datatable που φέρει το όνομα dtnorm

```
dtNorm = NormalizeDatatable(dt)
```

'εμφανίζουμε τα δεδομένα του dtnorm στον πίνακα dgvnormalization

```
DgvNormalization.DataSource = dtNorm
TabControl1.SelectTab(1)
Dim Normdata(,) As Double
Dim indicator() As String = {""}
```

'δημιουργούμε έναν πίνακα (array) με τα δεδομένα του datatable dtnorm καλώντας τη συνάρτηση tomatrix()

```
Normdata = ToMatrix(dtNorm, indicator)
```

'ορίζουμε μια μεταβλητή τύπου descriptive analysis με αρχικά δεδομένα τον κανονικοποιημένο πίνακα normdata

```
sda = New DescriptiveAnalysis(Normdata, indicator)
Dim dt1 As New DataTable
Dim ds As New DataSet
```

'γемίζουμε τον πίνακα dgvcorellation με τον πίνακα correlationmatrix που προκύπτει από την μεταβλητή sda εφόσον όμως πρώτα χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση matrixtodatatable για να τον μετατρέψουμε σε datatable

```
DgvCorellation.DataSource =
matrixToDatatable(sda.CorrelationMatrix)
```

'ορίζουμε μια νέα μεταβλητή τύπου PrincipalComponentAnalysis με αρχικά δεδομένα τα ίδια με της μεταβλητής sda και κάνοντας χρήση της μεθόδου AnalysisMethod.Correlation

```
pca = New PrincipalComponentAnalysis(sda.Source,
PrincipalComponentAnalysis.AnalysisMethod.Correlation)
```

'εκτελούμε τον υπολογισμό της PCA

```
pca.Compute()
```

'γемίζουμε τον πίνακα με τα eigenvectors (ιδιοδιανύσματα)

```
DgvEigenvectors.DataSource =
matrixToDatatable(pca.ComponentMatrix)
```

'γεμίζουμε τον πίνακα με τις eigenValues (ιδιοτιμές) και κάνουμε hide τις πρώτες 5 στήλες που δεν τις χρειαζόμαστε

```
DgvEigenValues.DataSource = pca.Components  
DgvEigenValues.Columns(0).Visible = False  
DgvEigenValues.Columns(1).Visible = False  
DgvEigenValues.Columns(2).Visible = False  
DgvEigenValues.Columns(3).Visible = False  
DgvEigenValues.Columns(4).Visible = False
```

'ορίζουμε έναν πίνακα (array) με διαστάσεις τις διαστάσεις του πίνακα eigenvectors (ιδιοδιανύσματα)

```
Dim transMatrix(DgvEigenvectors.Columns.Count() - 1,  
DgvEigenvectors.Rows.Count() - 1) As Double
```

'δημιουργούμε τον ανάστροφο πίνακα με τις τιμές των eigenvectors (ιδιοδιανύσματα)

```
For Each r As DataGridViewRow In DgvEigenvectors.Rows()  
    For i As Integer = 0 To r.Cells.Count - 1  
        transMatrix(i, r.Index) = r.Cells(i).Value  
    Next  
Next
```

'μετατρέπουμε τον πίνακα σε datatable και απεικονίζουμε τα δεδομένα στον πίνακα dgvtransposed

```
dgVTransposed.DataSource = matrixToDatatable(transMatrix)  
Dim calcmatrix(DgVIndicator.Rows.Count - 2,  
DgVCounytry.Rows.Count - 2) As Double
```

'δημιουργούμε τον πίνακα calcmatrix που υπολογίζεται από τον πολλαπλασιασμό των στοιχείων κάθε γραμμής του transmatrix και του normdata

```
For i As Integer = 0 To calcmatrix.GetLength(1) - 1  
    For j As Integer = 0 To calcmatrix.GetLength(0) - 1  
        calcmatrix(j, i) = 0  
        For k As Integer = 0 To dgVTransposed.Columns.Count  
- 1  
            calcmatrix(j, i) = calcmatrix(j, i) +  
transMatrix(j, k) * Normdata(i, k)  
        Next k  
    Next j  
Next i
```

'απεικονίζουμε τα δεδομένα του calcmatrix στο dgvCalculation

```
dt1 = matrixToDatatable(calmatrix)  
DgVCalculation.DataSource = dt1
```

'ορίζουμε τις παρακάτω βοηθητικές μεταβλητές

```
Dim temp1 As Double  
Dim temp2 As Double  
Dim temp3 As Double  
Dim sum As Double
```

```
Dim finalmatrix(DgVCounytry.Rows.Count - 2) As Double
```

'δημιουργούμε τον τελικό πίνακα

```
For Each C As DataGridViewColumn In DgVCalculation.Columns()
    temp3 = 0
    For i As Integer = 0 To DgVCalculation.Rows.Count - 1
        temp1 = DgVCalculation.Item(C.Index, i).Value
        temp2 = DgvEigenValues.Item(5, i).Value
        temp3 = temp3 + temp1 * temp2
        finalmatrix(C.Index) = finalmatrix(C.Index) +
DgVCalculation.Item(C.Index, i).Value * DgvEigenValues.Item(5, i).Value
        sum = sum + DgvEigenValues.Item(5, i).Value
    Next i
    temp3 = temp3 / sum
    finalmatrix(C.Index) =
System.Math.Abs(System.Math.Round(finalmatrix(C.Index) / sum, 4))
    sum = 0
Next
Dim dtfinal As New DataTable

dtfinal.Rows.Add()
For i As Integer = 0 To finalmatrix.GetLength(0) - 1
    dtfinal.Columns.Add(DgVCounytry.Item(0,
i).Value.ToString)
Next

For i As Integer = 0 To finalmatrix.GetLength(0) - 1
    dtfinal.Rows(0)(i) = finalmatrix(i)
Next
dgvFinal.DataSource = dtfinal
```

'κάνουμε όλες τις στήλες στα εν λόγω datagrids ούτες ώστε να μην δύνανται να σորταρισθούν

```
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(DgVNNormalization)
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(DgVIndicator)
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(DgvEigenValues)
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(DgVCalculation)
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(DgvCorellation)
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(DgvEigenVectors)
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(dgvFinal)
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(dgVTransposed)
MakeDatagridviewColumnsNotSortable(DgVInputData)
```

'παρακάτω παρατίθεται η ονομασία των γραμμών του normalization table με τα ονόματα των χωρών

```
For i As Integer = 0 To DgVNNormalization.RowCount - 1
    DgVNNormalization.Rows(i).HeaderCell.Value =
DgVCounytry.Item(0, i).Value
Next
```

'βάζουμε ονόματα στις γραμμές του πίνακα των eigenvectors (ιδιοδιανύσματα) με τα ονόματα των δεικτών (indicators)

```
For i As Integer = 0 To DgvEigenVectors.RowCount - 1
    DgvEigenVectors.Rows(i).HeaderCell.Value =
DgVIndicator.Item(0, i).Value
Next
```

'βάζουμε ονόματα στις στήλες του πίνακα των eigenvectors (ιδιοδιανύσματα) από F1 έως Fn

```
For i As Integer = 0 To DgvEigenvectors.Columns.Count - 1
    DgvEigenvectors.Columns(i).HeaderText = "F" & (i +
1).ToString
Next
```

'βάζουμε ονόματα στις στήλες και γραμμές του πίνακα dgvCorrelation (συγκεκριμένα τα ονόματα των δεικτών - indicators)

```
For i As Integer = 0 To DgvCorellation.RowCount - 1
    DgvCorellation.Columns(i).HeaderText =
DgVIndicator.Item(0, i).Value
    DgvCorellation.Rows(i).HeaderCell.Value =
DgVIndicator.Item(0, i).Value
Next
```

```
TabControll1.SelectTab(2)
```

'ονομάζουμε τις γραμμές του πίνακα dgvTransposed

```
For i As Integer = 0 To dgvVTransposed.RowCount - 1
    dgvVTransposed.Rows(i).HeaderCell.Value = "F" & (i +
1).ToString
Next
```

'ονομάζουμε τις στήλες του πίνακα calculation

```
For i As Integer = 0 To DgVCalculation.Columns.Count - 1
    DgVCalculation.Columns(i).HeaderCell.Value =
DgVCounytry.Item(0, i).Value.ToString
Next
```

'δημιουργία του διαγράμματος από τις τιμές του πίνακα finaldata

```
Dim countries(dgvFinal.ColumnCount - 1) As String
For i As Integer = 0 To dgvFinal.ColumnCount - 1
    countries(i) = dgvFinal.Columns(i).HeaderText
Next
```

```
Dim mycurve As ZedGraph.BarItem
graphZ.Update()
Dim myPane As ZedGraph.GraphPane = graphZ.GraphPane
myPane.CurveList.Clear()
```

'ονομάζω το γράφημα energy independency index

```
myPane.Title.Text = "Energy Independency Index"
myPane.XAxis.Title.Text = "Countries"
myPane.YAxis.Title.Text = "values (%)"
mycurve = myPane.AddBar("final Data", Nothing, finalmatrix,
Color.WhiteSmoke)
mycurve.Bar.Fill = New ZedGraph.Fill(Color.Black,
Color.Black, Color.Black, 90.0F)
```

'ρυθμίσεις σχετικά με τον άξονα x συγκεκριμένα τι προσδιορίζουν οι τιμές αυτής

```
myPane.XAxis.Scale.TextLabels = countries
```

'ρυθμίσεις σχετικά με τον άξονα y αντίστοιχα

```
myPane.XAxis.Type = ZedGraph.AxisType.Text  
myPane.XAxis.Scale.FontSpec.Angle = 90  
myPane.XAxis.Scale.MajorStep = 1  
myPane.XAxis.Scale.MinorStep = 1
```

'disable the legend

```
myPane.Legend.IsVisible = False
```

'υπολογίζουμε τη κλίμακα των ορίων διακύμανσης του άξονα x

```
graphZ.AxisChange()  
graphZ.Refresh()  
graphZ.Invalidate()  
Catch ex As Exception  
MsgBox(ex.Message)  
End Try
```

```
End Sub
```

'εν συνεχεία ορίζεται η συνάρτηση που λαμβάνει ως όρισμα ένα datatable και επιστρέφει ένα άλλο datatable κανονικοποιημένο

```
Private Function NormalizeDatatable(ByVal dt As DataTable) As  
DataTable  
Dim dtNorm As New DataTable  
Dim max As Double  
Dim min As Double  
Dim j As Integer  
dtNorm = dt
```

'για κάθε στήλη του πίνακα ορίζουμε τα καθεκαστα

```
For i = 0 To dt.Columns.Count - 1
```

'θέτουμε ως μέγιστη και ελάχιστη τιμή την πρώτη τιμή

```
max = Double.Parse(dt.Rows(0)(i).ToString)  
min = Double.Parse(dt.Rows(0)(i).ToString)
```

'εν συνεχεία για κάθε σειρά της στήλης

```
For j = 0 To dt.Rows.Count - 1
```

'εάν η επόμενη τιμή είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τότε η μέγιστη γίνεται αυτή

```
If Double.Parse(dt.Rows(j)(i).ToString) > max Then  
max = Double.Parse(dt.Rows(j)(i).ToString)  
End If
```

'εάν η επόμενη τιμή είναι μικρότερη από την ελάχιστη τότε η ελάχιστη γίνεται αυτή

```
    If Double.Parse(dt.Rows(j)(i).ToString) < min Then
        min = Double.Parse(dt.Rows(j)(i).ToString)
    End If
Next
```

'στο τέλος έχουμε βρεί τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή της στήλης

```
For j = 0 To dt.Rows.Count - 1
```

'εάν η μέγιστη και ελάχιστη τιμή δεν είναι ίδιες, τότε η τιμή του νέου πίνακα είναι η προηγούμενη τιμή μείον την ελάχιστη δια την διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης

```
    If max - min > 0 Then
        dtNorm.Rows(j)(i) =
System.Math.Round((Double.Parse(dt.Rows(j)(i).ToString) - min) / (max -
min), 4)
```

'ειδώλλως τοποθετούμε στον πίνακα την τιμή 1

```
        Else
            dtNorm.Rows(j)(i) = 1
        End If
    Next
Next
Return dtNorm
End Function
```

'εν συνεχεία διαφαίνεται η συνάρτηση που παίρνει ως όρισμα ένα datatable και επιστρέφει ένα πίνακα (array)

```
Private Function ToMatrix(ByRef dt As DataTable, ByRef Indicatos As
String()) As Double(,)
    Dim m(dt.Rows.Count - 1, dt.Columns.Count - 1) As Double
    ReDim Preserve Indicatos(dt.Columns.Count - 1)
    Dim j As Integer
    For i = 0 To dt.Columns.Count - 1
        Indicatos(i) = dt.Columns(i).Caption
        For j = 0 To dt.Rows.Count - 1
            m(j, i) = System.Math.Round(Double.Parse(dt.Rows(j)
(i).ToString), 4)
        Next
    Next
    Return m
End Function
```

'ακολουθεί συνάρτηση που παίρνει ως όρισμα ένα datatable και το μετατρέπει σε array

```
Private Function matrixToDatatable(ByRef matrix(,) As Double) As
DataTable
    Dim dt As New DataTable
    Dim dr As DataRow
    Dim j As Integer
    For i = 0 To matrix.GetLength(1) - 1
        dt.Columns.Add()
    Next
```

```

    For i = 0 To matrix.GetLength(0) - 1
        dr = dt.NewRow()
        For j = 0 To matrix.GetLength(1) - 1
            dr(j) = System.Math.Round(matrix(i, j), 4)
        Next
        dt.Rows.Add(dr)
    Next
    Return dt
End Function

```

```

Public Sub MakeDatagridviewColumnsNotSortable(ByRef dgv As
DataGridView)
    For i As Integer = 0 To dgv.Columns.Count - 1
        dgv.Columns(i).SortMode =
DataGridViewColumnSortMode.NotSortable
    Next
End Sub

```

'η ρουτίνα που εκτελείται όταν κάνουμε αλλαγή σε ένα κελί του πίνακα που εναποτίθενται οι χώρες

```

Private Sub DgVCounytry_CellEndEdit(ByVal sender As Object, ByVal e
As System.Windows.Forms.DataGridViewCellEventArgs) Handles
DgVCounytry.CellEndEdit
    Try
        Dim k As Integer
        k = e.RowIndex 'μεταβλητή που δείχνει ποια γραμμή τροποποιήθηκε

```

'εάν έχουμε προσθέσει μια καινούργια χώρα

```

    If k = DgVInputData.RowCount Then
        Dim DT As New DataTable
        DT = DgVInputData.DataSource

```

'προσθέτουμε μια νέα γραμμή στον πίνακα των δεδομένων dgvInputdata

```

        DT.Rows.Add()
        DgVInputData.DataSource = DT

```

'και βάζουμε όνομα της χώρας που προσθέσαμε στην αντίστοιχη γραμμή

```

        DgVInputData.Rows(k).HeaderCell.Value =
DgVCounytry.Item(0, k).Value
    Else

```

'αλλιώς εάν προβούμε στην αλλαγή του ονόματος μιας υπάρχουσας χώρας απλά αλλάζουμε το όνομα και στην αντίστοιχη γραμμή

```

        DgVInputData.Rows(k).HeaderCell.Value =
DgVCounytry.Item(0, k).Value
    End If
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try

```

```

End Sub

```


'ρουτίνα που εκτελείται εάν πατίσουμε κάποιο πλήκτρο στον πίνακα των χωρών

```
Private Sub DgVCounytry_KeyDown(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles DgVCounytry.KeyDown
```

'εάν το κουμπί είναι το delete

```
    If e.KeyData = Keys.Delete Then  
        Dim k As Integer
```

'σβήνουμε και την αντίστοιχη γραμμή στον πίνακα dgvInputdata

```
        k = DgVCounytry.SelectedRows(0).Index  
        DgVInputData.Rows.Remove(DgVInputData.Rows(k))  
    End If  
End Sub
```

'ρουτίνα που εκτελείται όταν τροποποιηθεί μια γραμμή του πίνακα των δεικτών (indicator)

```
Private Sub DgVIndicator_CellEndEdit(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.DataGridViewCellEventArgs) Handles DgVIndicator.CellEndEdit
```

```
    Try  
        Dim k As Integer  
        k = e.RowIndex
```

'εάν προσθέσαμε καινούργιο δείκτη

```
        If k = DgVInputData.Columns.Count Then
```

'προσθέτουμε και μια καινούργια στήλη στον πίνακα dgvInputdata

```
            Dim DT As New DataTable  
            DT = DgVInputData.DataSource  
            DT.Columns.Add(DgVIndicator.Item(0, k).Value)  
            DgVInputData.DataSource = DT  
        Else
```

'σε αντίθετη περίπτωση αλλάζουμε το όνομα στην αντίστοιχη στήλη

```
            DgVInputData.Columns(k).HeaderText =  
DgVIndicator.Item(0, k).Value  
        End If
```

'τέλος ξαναφτιάχνουμε τα ονόματα των γραμμών στον πίνακα dgvInputdata γιατί εάν προσθέσουμε νέα γραμμή σβήνονται τα ήδη υπάρχοντα

```
        For i = 0 To DgVInputData.RowCount - 1  
            DgVInputData.Rows(i).HeaderCell.Value =  
DgVCounytry.Item(0, i).Value  
        Next  
        Catch ex As Exception  
            MsgBox(ex.Message)  
        End Try  
End Sub
```

Ρουτίνα που εκτελείται εάν πατήσουμε κάποιο πλήκτρο ενώ είμαστε στον πίνακα των δεικτών

```
Private Sub DgVIndicator_KeyDown(ByVal sender As Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles DgVIndicator.KeyDown
```

Εάν το πλήκτρο που πατήθηκε είναι το delete τότε σβήνουμε και την αντίστοιχη στήλη στον πίνακα dgVInputdata

```
    If e.KeyData = Keys.Delete Then
        Dim k As Integer
        k = DgVIndicator.SelectedRows(0).Index
        DgVInputData.Columns.Remove(DgVInputData.Columns(k))
    End If
End Sub
```

```
Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
    Dim dt As New DataTable
    dt.Columns.Add()
    dt.Rows.Add()
    DgVInputData.DataSource = dt
End Sub
```

Ανάλυση επιλογής δεικτών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχοντας πλέον κατακτήσει το πρώτο βήμα, συγκεκριμένα αυτό της δημιουργίας του παραπάνω δομημένου προγράμματος, καθίσταται ως δεύτερο βήμα η εισαγωγή δεδομένων. Επιθυμούμε λοιπόν στους κόλπους του εν λόγω προγράμματος να μελετήσουμε και να παρατηρήσουμε τις τιμές των εκάστοτε χωρών – σύνολο εικοσιεπτά (27) – που απαρτίζουν στο σύνολό τους την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι δείκτες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν χαρακτηρίζουν τόσο στη περίπτωση του πετρελαίου όσο και στην περίπτωση του φυσικού αερίου την εξάρτηση και δή τη μεταβλητότητα των εν λόγω χωρών έναντι στις παραπάνω πηγές ενέργειας.

4.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΣΤΑ: ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της επικείμενης διατριβής είναι η συγκριτική ανάλυση της προμήθειας τόσο του πετρελαίου όσο και του φυσικού αερίου για τις 27 Ευρωπαϊκές χώρες, χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθόλη τη διάρκεια της μέτρησης της τρωτότητας-μεταβλητότητας, την οποία οι οικονομίες τους εκθέτουν στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο λοιπόν, έξι δείκτες που ποσολογούν-προσδιορίζουν την ποσότητα- την κεντρική ιδέα, που επηρεάζει την ασφάλεια της προμήθειας μιας χώρας ολοκληρώνονται, με τη χρήση της μεθόδου PCA (Principal Component Analysis), η οποία μετρά τη μεταβλητότητα της περιπτώσιολογίας κάθε χώρας.

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας είναι ενδεικτικά των υπάρχουσων τιμών μεταβλητότητας στον ανεφοδιασμό πετρελαίου και φυσικού αερίου, και δύνανται να αποτελέσουν το έναυσμα για μια κοινή Ευρωπαϊκή πολιτική η οποία θα επιληφθεί του θέματος του κινδύνου της ενεργειακής διαθεσιμότητας. Ο κύριος περιορισμός της εν λόγω ανάλυσης είναι η μεταχείριση των έξι δεικτών που έχουν ως σκοπό την αιχμαλώτιση του βασικού στοιχείου της μεταβλητότητας και της ασφάλειας του ανεφοδιασμού. Η ενσωμάτωση ενός επιπρόσθετου δείκτη στον επικείμενο σύνθετο δείκτη δύναται να αποτελέσει την αιτία για την ανάγκη χρησιμοποίησης μιας πιο ακριβής ανάλυσης.

Η συνεισφορά της εν λόγω αναφοράς βρίσκεται στη χρήση μιας στατιστικής τεχνικής, PCA –όπως έχει αναφερθεί πρωτύτερα-, για την ανάπτυξη ενός σύνθετου δείκτη ο οποίος καθορίζει επακριβώς τη μεταβλητότητα στο πετρέλαιο για τις προς μελέτη χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Συμπληρωματική εισαγωγή

Όπως επισημαίνει ο Constantini et al (2005), η ασφάλεια σχετικά με την ενέργεια έχει ορισθεί ως η διαθεσιμότητα ενός κανονικού ανεφοδιασμού ενέργειας σε μια προσιτή τιμή, που έχει οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική διάσταση. Στην ίδια γραμμή πλευσης βρίσκεται και η αναφορά Yergin(1988), ο οποίος υπογραμμίζει μεταξύ άλλων: **«ο αντικειμενικός στόχος της ενεργειακής ασφάλειας είναι η εξασφάλιση της επάρκειας, ο αξιόπιστος ανεφοδιασμός της ενέργειας σε προσιτές τιμές και με τρόπους οι οποίοι δεν εκθέτουν σε κίνδυνο τη πλειοψηφία των κρατικών αξιών και των αντικειμενικών στόχων.»**

Η αυξανόμενη εξάρτηση σε εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, αλλά και σε φυσικό αέριο κυρίως από περιοχές του κόσμου οι οποίες χαρακτηρίζονται πολιτικά ασταθείς, η αύξηση της ευμεταβλητότητας των τιμών των πρωτογενών ενεργειακών πηγών (Primary Energy Sources- P.E.S.), συγκεκριμένα του πετρελαίου όπως διαφαίνεται και στο γράφημα (4.1) καθώς και η σπουδαιότητα των περιβαλλοντικών επιδράσεων από την εκτεταμένη κατανάλωση θεωρούνται μη βιώσιμα μακροπρόθεσμα.

Figure 4.1: Oil price evolution

Source EIA

Ένας σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την ασφάλεια της ενέργειας μιας συγκεκριμένης χώρας είναι το επίπεδο της μεταβλητότητας που παρουσιάζει κάθε προς μελέτη χώρα σε σχέση με τον κύριο ανεφοδιασμό πρωτογενών ενεργειακών καυσίμων. Όπως επισημαίνει ο Percebois(2007), **η μεταβλητότητα εκφράζει τη δυσνόητη διάσταση του ενεργειακού ανεφοδιασμού.** Η μεταβλητότητα είναι μια πολυδιάστατη έννοια η οποία δεν δύναται να περιορισθεί στο βαθμό εξάρτησης μιας χώρας, σχετικά με τον ενεργειακό ανεφοδιασμό. Άλλες διαστάσεις της μεταβλητότητας θα πρέπει να θεωρούνται και να αντιμετωπίζονται ως εξίσου σημαντικές.

Ο Percebois(2007), αναγνωρίζει το υψηλό επίπεδο της εισαγόμενης τιμής της ενέργειας στο εγχώριο ακαθάριστο προϊόν (Gross Domestic Product- GPD), το οποίο αφορά και στα δύο: στη ποσότητα και στο κόστος των ενεργειακών εισαγωγών, ο κίνδυνος συσκότισης στο τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, η αστάθεια της τιμής της ενεργειακής μεταβλητότητας, η μεταβλητότητα των ενεργειακών συναλλαγματικών ισοτιμιών που συνδέεται με τις μεταβολές στις συναλλαγματικές ισοτιμίες νομίσματος και τις τεχνικές επιλογές της ενεργειακής μεταβλητότητας- οι οποίες δύναται να προκύψουν από την ανικανότητα μιας χώρας να χρησιμοποιήσει πλήρως τις προηγμένες ενεργειακές τεχνολογίες και επομένως με αυτόν τον τρόπο να κάνει ανεξάρτητες ενεργειακές επιλογές. Στην επικείμενη ανάλυσή μας, έχουμε επικεντρωθεί στο βαθμό εξάρτησης μιας χώρας που ενδιαφέρεται για ενεργειακή προμήθεια αλλά και στο επίπεδο της εξάρτησης από τις εισαγωγές ενέργειας -που η εν λόγω χώρα έχει-.

Συγκεκριμένα, έχουμε εστιάσει στη μέτρηση της μεταβλητότητας πετρελαίου για κάθε μία από τις χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μία χρονική περίοδο δώδεκα χρόνων, 1995-2007. Επιπροσθέτως, η χρησιμοποίηση προβλέψεων σχετικές με την ενέργεια οι οποίες απορρέουν από τις εκθέσεις της διεθνούς διοίκησης ενεργειακών πληροφοριών (EIA-international energy information administration), αποτέλεσε τη βάση για τον υπολογισμό της μεταβλητότητας του πετρελαίου,η οποία χαρακτηρίζει το ευρωπαϊκό ενεργειακό σύστημα, μέχρι το έτος 2030.

Για τη μέτρηση της μεταβλητότητας των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει υιοθετηθεί η στατιστική τεχνική Principal Component Analysis(PCA). Η εν λόγω χρήση της PCA κατέστησε δυνατή την ανάπτυξη ενός σύνθετου δείκτη, ο οποίος ιεραρχεί το σύνολο των χωρών σε αντιστοιχία με τη μεταβλητότητά τους απέναντι στο πετρέλαιο. Ο κύριος στόχος της επικείμενης ανάλυσης είναι: η εξέταση της μεταβλητότητας του πετρελαίου για κάθε χώρα-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η διατήρηση χρήσιμων απόψεων, σχετικών με την εξέλιξη της μεταβλητότητας που παρουσιάζουν γενικά οι 27 χώρες μέλη, κατά τη διάρκεια του υπό εξέταση χρονικού διαστήματος.

Η ενεργειακή ασφάλεια δύναται να ορισθεί ως η συνεχής και αδιάλειπτη διαθεσιμότητα ενέργειας, σε μια συγκεκριμένη χώρα ή περιοχή. Η ασφάλεια της ενεργειακής προμήθειας διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο σε αποφάσεις οι οποίες σχετίζονται με τη μορφοποίηση στρατηγικών ενεργειακής πολιτικής. Οι περισσότερες οικονομίες χωρών οι οποίες εντάσσονται μέσα στο θεσμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξαρτώνται από τις εισαγωγές και εξαγωγές ενέργειας, μέσα στη γενική αντίληψη ότι η ισορροπία εξόφλησης επηρεάζεται από το μέγεθος της μεταβλητότητας που οι χώρες έχουν στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Το γεγονός ότι χώρες της Μέσης Ανατολής χώρες δηλαδή που παράγουν το πετρέλαιο, παρέχουν το 50% της συνολικής παγκόσμιας κατανάλωσης πετρελαίου, όπως επισημαίνει και το EI-Genk (2008), είναι ενδεικτικό της βάση διαχωρισμού των ενεργειακών πηγών καθώς και των συνοδευτικών ρίσκων της ομαλής ενεργειακής προμήθειας. Η διαφοροποίηση η οποία προσφέρεται μέσω των εναλλακτικών προμηθειών από τη Ρωσία και την Αφρική δεν δύναται να αποτελέσει το εφόδιο μιας ισχυρής λύσης σχετικά με την πρόκληση ρήξης στη προμήθεια, η οποία μπορεί να συμβεί στη περιοχή της Μέσης Ανατολής. Επιπροσθέτως, η εξάρτηση που

χαρακτηρίζει τα κράτη μέλη της Ευρώπης από τις εισαγωγές του φυσικού αερίου από την ομοσπονδία της Ρωσίας καθίσταται αρκετά υψηλή και προβλέπεται να μεγιστοποιηθεί τα επόμενα χρόνια.

Η γενική θεώρηση γύρω από την αγορά του πετρελαίου και του φυσικού αερίου καθώς και τα σχετιζόμενα με αυτά ρίσκα και τεκτονόμενα, σημειώνουν πως ακόμα και σήμερα τα ρίσκα τα οποία συνδέονται με την ενεργειακή προμήθεια είναι πολλά. Οι ενίοτε πόλεμοι και οι πολιτικές διαμάχες έχουν δώσει τη θέση τους, μέχρι ενός σημείου, στις γενικότερες κλιματολογικές συνθήκες και στις μονοπωλιακές πρακτικές, αλλά παρόλο αυτά διαδραματίζουν εξίσου σπουδαίο και κρίσιμο ρόλο στην ενεργειακή προμήθεια. Κατά συνέπεια, η υψηλή εξάρτηση που χαρακτηρίζει τις περισσότερες χώρες στις ενεργειακές εισαγωγές διαδραμάτισε πρωταρχικό ρόλο στο να εστιάσουν οι κατασκευαστές των πολιτικών στην ιδέα της ασφάλειας της ενεργειακής προμήθειας.

Στο επικείμενο πλαίσιο, η ευρωπαϊκή ένωση έχει πολλές φορές επισημάνει ως προτεραιότητα, την ανάγκη προσδιορισμού του σύγχρονου ενεργειακού συστήματος, και των ρίσκων της ενεργειακής αναταραχής με σκοπό τον καλύτερο σχεδιασμό και υιοθέτηση των απαιτούμενων πολιτικών. Το δοκίμιο, ακολουθώντας μια σύντομη καταγραφή των ήδη υπάρχοντων μελετών πάνω στο θέμα της ενεργειακής ασφάλειας, παρουσιάζει τη μεθολογία και τη μεθοδολογία εφαρμογής αποτελεσμάτων με τη συμβολή του παραπάνω προγράμματος όπως έχει ήδη αναφερθεί και πρωτύτερα. Τέλος, στο τελευταίο κομμάτι γίνεται μια επισημάνση στα κυριότερα σημεία της επικείμενης μελέτης.

4.2.Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τα είδη της μεταβλητότητας των υπάρχουσων μελετών

Ένας σημαντικός αριθμός ακαδημαϊκών και ερευνητών έχει επικεντρωθεί στο θέμα της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού. Εντούτοις, ένα κοινό σημείο των υφιστάμενων ερευνών είναι πως οι μεθοδολογίες οι οποίες υιοθετούνται προκειμένου να διαμορφώσουν ένα μοντέλο παραμέτρων που έχει επιπτώσεις στον ομαλό ενεργειακό ανεφοδιασμό σε μια συγκεκριμένη χώρα ή περιοχή, περιορίστηκαν στην ανάπτυξη συγκεκριμένων δεικτών, οι οποίοι προσμετρούν μόνο συγκεκριμένες διαστάσεις ενεργειακής ασφάλειας, χωρίς την ενσωμάτωση -στις εν λόγω προσεγγίσεις- του γενικού συνόλου τεχνοοικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών πτυχών των εθνικών και διεθνών ενεργειακών συστημάτων. Εξίσου σημαντική έρευνα έχει διεξαχθεί από το ολλανδικό ενεργειακό κέντρο ερευνών (Dutch Energy Research Centre- E.C.N.)(Jansen et al,2004 and Schaeppers et al,2007).

Ο Jansen ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε το Shannon-Wiener δείκτη πολυμορφίας ως βασικό δείκτη (Gnansounou 2008). Η δεύτερη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το ίδιο κέντρο και διεθνές ενεργειακό πρόγραμμα Clingendael (CIEP) πρότεινε τους ποσοτικούς δείκτες για το προσδιορισμό της ποσότητας της έννοιας της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού. Επιπροσθέτως, ήταν οι πρώτοι οι οποίοι δημιούργησαν ένα σύστημα αντιστάθμισης και βαθμολόγησης για τη σύνθεση ενός δείκτη προσφοράς/ζήτησης (S/D index- supply/demand index) λαμβάνοντας υπόψιν τη τελική

ενεργειακή ζήτηση, την ενεργειακή μετατροπή και τον πρωτογενές ενεργειακό εφοδιασμό. Όλες οι προαναφερθείσες ερευνητικές προσπάθειες χρησιμοποιήθηκαν για τη χρήση υποκειμενικών βαρών με σκοπό να παραχθεί ένας σύνθετος δείκτης, δείκτης (Jansen και λοιποί, 2004 Schaepers και λοιποί, 2007).

Εκτός από την ερευνητική εργασία η οποία διεξήχθη από το ECN, άλλες ερευνητικές ομάδες μέτρησαν την έννοια της μεταβλητότητας την οποία παρουσιάζουν τα ευρωπαϊκά ενεργειακά συστήματα (Babusiaux και λοιποί, 2007 Costantini και λοιποί, 2005 Gnansounou, 2008 Gupta, 2007, 2008 Το Συμβούλιο παγκόσμιας ενέργειας, 2008 Ρούπας και λοιποί, 2009). Οι προαναφερθείσες μελέτες διεξήγαγαν μια στατική ανάλυση σχετικά με τη μέτρηση της μεταβλητότητας που τα ενεργειακά συστήματα της ΕΕ εκθέτουν. Συγκεκριμένα, ο κ.Ρούπας και λοιποί, (2009), μέτρησαν την μεταβλητότητα των χωρών της ΕΕ σχετικά με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο για το έτος 2006.

Ως εκ τούτου θα πρέπει να αναφερθεί, ότι μια δυναμική ανάλυση δύναται να διεξαχθεί, με σκοπό να ελεγχθεί η εξέλιξη της μεταβλητότητας μιας δοθείσας χώρας, περιοχής ή και ένωσης. Στο πλαίσιο αυτό το πεδίο εφαρμογής του τρέχοντος εγγράφου είναι, η εξέταση αυτών των περιορισμών και η διεξαγωγή μιας δυναμικής ανάλυσης σχετικά με τη μεταβλητότητα του πετρελαίου των χωρών-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο Grubb και οι άλλοι (2006), διερεύνησαν τη στρατηγική ασφάλεια της ηλεκτρικής ενέργειας στα πλαίσια του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου. Χρησιμοποιώντας την έννοια της ποικιλομορφίας μίγματος των πηγών καυσίμων, μέτρησαν το αντίκτυπο της μεταβλητότητας της πηγής σε μια δεύτερη διάσταση ασφαλείας, την αξιοπιστία της διαθεσιμότητας παραγωγής. Επιπλέον, ο Chevalier(2005), χρησιμοποίησε διάφορους δείκτες προκειμένου να μετρήσει την εξάρτηση την οποία χώρες εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρουσιάζουν στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο. Διαπίστωσαν ότι οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες είναι εκτεθειμένες σε απειλές ενεργειακού εφοδιασμού, και δήλωσαν την ανάγκη για την ΕΕ να αναπτύξει μια κοινή ενεργειακή πολιτική.

4.3. Μεθοδολογία

Καθώς ο κύριος σκοπός της εν λόγω ανάλυσης είναι η μέτρηση της μεταβλητότητας των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης την οποία παρουσιάζουν σε βάθος χρόνου δώδεκα ετών, είναι σημαντική η εφαρμογή μιας μεθοδολογίας η οποία αφενός θα καταγράφει μέσω της χρήσης των σπουδαιότερων εκ των δεικτών, τις επιλεγμένες έννοιες της μεταβλητότητας και αφετέρου θα καθιστά δυνατή την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου δείκτη ο οποίος θα ταξινομεί τις χώρες- που αποτελούν το προς μελέτη δείγμα- σύμφωνα με την μεταβλητότητά τους.

Όπως αναφέρθηκε προτύτερα, το επιλεγμένο δείγμα της συγκεκριμένης μελέτης αποτελείται από χώρες οι οποίες ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Μία χρονική περίοδος ίση με 12 χρόνια, συγκεκριμένα από το 1995 μέχρι το 2007, έχει επιλεγεί για τη μέτρηση της μεταβλητότητας. Η ενόραση πίσω από τη συγκεκριμένη επιλογή της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου ήταν πως κατά τη διάρκεια αυτών των 12 χρόνων η Ευρωπαϊκή Ένωση διευρύνθηκε σταδιακά, έτσι ενώ αρχικά την αποτελούσαν 15 χώρες τελικά φέρει το πλήθος των 27 χωρών μελών. Το σχήμα 2 παρουσιάζει τη διεύρυνση

αυτή. Ο στόχος της εν λόγω ανάλυσης είναι η εξέταση της μεταβλητότητας που παρουσιάζουν οι χώρες μέλη της ΕΕ στο πετρέλαιο.

Figure 4.2: Accession years of EU member countries (τα χρόνια προσχώρησης των χωρών μελών της ΕΕ)

Ειδικά, το γεγονός ότι: οι νέες δώδεκα χώρες μέλη έχουν χαρακτηριστεί από σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με τις παλαιότερες χώρες μέλη – 15 στον αριθμό- όσον αναφορά στα γεωγραφικά, οικονομικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά έχει επιτρέψει τη σύγκριση της μεταβλητότητας του πετρελαίου μεταξύ των νέων και παλιών χωρών μελών.

Για τη μέτρηση της ασφάλειας της προμήθειας, την οποία τα μέλη της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έχουν παρουσιάσει, είναι αναγκαίο να τεθεί σε εφαρμογή μια μεθολογία η οποία θα λάβει υπόψη τις βασικές ιδέες οι οποίες επηρεάζουν τη προμήθεια ενός συγκεκριμένου πρωταρχικού ενεργειακού καυσίμου (Primary Energy Fuel). Στο προαναφερθέν πλαίσιο εργασίας και με στόχο τη σύλληψη της ιδέας της ασφάλειας της προμήθειας των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει μετρηθεί η τρωτότητα της οικονομίας -του αντιπροσωπευτικού δείγματος των χωρών- σε ότι αφορά στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο.

Η ορθολογική εξήγηση πίσω από την επιλογή σχετικά με τη χρήση της μεταβλητότητας-τρωτότητας ως μεγέθος μέτρησης της ασφάλειας της ενεργειακής προμήθειας δύναται να αναγνωρισθεί στον προσδιορισμό του όρου «τρωτότητα»-(vulnerability). Όπως διευκρινίζει ο Percebois (2007), **“η τρωτότητα εκφράζει την αβάστακτη διάσταση της ενεργειακής προμήθειας”**. Επιπροσθέτως όπως παραθέτει ο Gnansounou E.(2008), η τρωτότητα είναι **“ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα καθίσταται ανήμπορο να ανταπεξέλθει στα επίλεκτα δυσμενή γεγονότα”**. Για την καλύτερη κατανόηση των επίλεκτων δυσμενών γεγονότων, που δύναται να επηρεάσουν το σύστημα τα οποία στη περίπτωση μας είναι οι οικονομίες των προς μελέτη χωρών, είναι σημαντικό να καθορίσουμε -δια μέσου της χρήσης των προς μέτρησης δεικτών – δύο βασικές έννοιες της τρωτότητας: την αγορά (market) και το ρίσκο της προμήθειας (risk of supply).

Έχοντας ως στόχο τη μέτρηση της ασφάλειας της προμήθειας την οποία κάθε χώρα -από τις 27 χώρες μέλη- παρουσιάζει, ακολουθήθηκε μια διαδικασία δύο βημάτων. Αρχικά λοιπόν, με τη χρήση ενός πλήθους δεικτών, μετρήθηκαν και προσδιορίστηκαν οι βασικές έννοιες της ασφάλειας της προμήθειας και ύστερα με τη χρήση της μεθόδου PCA (Principal Component Analysis), παρήχθησαν οι ξεχωριστοί δείκτες (indicator) οι οποίοι με τη σειρά τους παρήγαγαν ένα σύνθετο δείκτη, ο οποίος μετρά τη μεταβλητότητα -κάθε χώρας δείγματος- στην αναταραχή της προμήθειας τόσο του πετρελαίου όσο και του φυσικού αερίου.

Διαστάσεις μεταβλητότητας

Όπως ο Percebois (2007), επισημαίνει, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μέτρηση της ενεργειακής μεταβλητότητας μιας χώρας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν ξεχωριστές διαστάσεις. Συγκεκριμένα, προσδιόρισε επτά συντελεστές οι οποίοι επηρεάζουν το επίπεδο της μεταβλητότητας που έχει μια χώρα: συγκέντρωση εισαγωγών- import concentration, τιμές ενέργειας- energy prices, κίνδυνος ενεργειακής συσκότισης- energy black out risk, αστάθεια τιμών ενέργειας, συναλλαγματικές ισοτιμίες, βιομηχανικοί παράγοντες και τεχνικές επιλογές. Επιπλέον, όπως επισημαίνει ο Gupta, (2007), τρεις είναι οι σημαντικοί κίνδυνοι που συμβάλλουν στη γενική μεταβλητότητα του πετρελαίου, μιας υπάρχουσας οικονομίας: ο κίνδυνος αγοράς (ή οικονομικός), κίνδυνος ανεφοδιασμού, και περιβαλλοντικός κίνδυνος. Επιπροσθέτως, όπως επισημαίνει και το παγκόσμιο ενεργειακό συμβούλιο (2008), οι σποικιαίστεροι δείκτες μεταβλητότητας δύναται να προσδιορισθούν σε μακρο-οικονομικό επίπεδο (ενεργειακή εξάρτηση/ ενεργειακή ανεξαρτησία, ενεργειακή ένταση, καθαρές πληρωμές για εισαγωγές ενέργειας, περιεκτικότητα σε άνθρακα των πρωτογενών ενεργειακών πηγών(P.E.S), συναλλαγματική ισοτιμία νομίσματος), σε μικρο οικονομικό και τεχνολογικό επίπεδο (διανομή, ξεπερασμένη τεχνολογία), και σε κοινωνικό επίπεδο (ανεπάρκεια καυσίμων και πρόσβασης στο δίκτυο) και τέλος σε γεωπολιτικό επίπεδο.

4.4 Η επιλογή των δεικτών

Για τη μέτρηση της μεταβλητότητας του πετρελαίου στον χώρο μελών της ΕΕ, έχει ακολουθηθεί μια προσέγγιση σε δύο στάδια. Αρχικά, χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους δείκτες ο κύριος στόχος μας είναι ο προσδιορισμός της ποσότητας των εννοιών οι οποίες καθορίζουν την μεταβλητότητα που εμφανίζει μια χώρα σχετικά με το πετρέλαιο αλλά και το φυσικό αέριο. Χρησιμοποιούνται λοιπόν οι πρώτες δύο διαστάσεις της ενεργειακής μεταβλητότητας. Η διαίσθηση πίσω από την επιλογή αυτών των δύο διαστάσεων είναι ότι η συγκέντρωση εισαγωγών και οι τιμές της ενέργειας είναι στενά συνδεδεμένες με το επίπεδο εξάρτησης πετρελαίου, φυσικού αερίου μιας συγκεκριμένης χώρας.

Επιπλέον, έχουμε εστιάσει στον προσδιορισμό της ποσότητας του κινδύνου αγοράς και του κινδύνου ανεφοδιασμού χωρών υπό εξέταση. Όπως διατυπώνει ο Gnansounou E. (2008), μεταβλητότητα είναι «ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα είναι ανίκανο να αντιμετωπίσει τα επιλεγμένα δυσμενή γεγονότα». Για τον προσδιορισμό των δυσμενών γεγονότων που έχουν επιπτώσεις στο σύστημα, τα οποία στην περίπτωση μας είναι οι οικονομίες των υπό εξέταση χωρών, είναι ουσιαστικό να μετρηθεί ο αντίκτυπος των δυσμενών γεγονότων μέσω της χρήσης των δεικτών που θα μετρήσει δύο κύριες έννοιες της μεταβλητότητας: τον κίνδυνο αγοράς και ανεφοδιασμού.

Επομένως λοιπόν με την εν λόγω χρήση των κατάλληλων δεικτών έχουμε ως κύριο σκοπό να ποσολογηθούν οι κύριες έννοιες που έχουν επιπτώσεις στην ασφάλεια του ανεφοδιασμού που μια χώρα έχει. Όπως επισημαίνει και ο Gupta (2007), υπάρχουν τρεις σημαντικοί κίνδυνοι οι οποίοι συμβάλλουν στην καθολική μεταβλητότητα του

πετρελαίου και του φυσικού αερίου και καθορίζουν την ύπαρξη μιας οικονομίας και είναι: ο κίνδυνος της αγοράς ή της οικονομίας (market risk or economy risk), ο κίνδυνος της προμήθειας-ανεφοδιασμού (supply risk), και ο περιβαλλοντικός κίνδυνος (environmental risk). Στο επικείμενο έγγραφο εστιάζουμε στη ποσοτικοποίηση του κινδύνου της αγοράς και της προμήθειας των προς εξέταση χωρών.

4.4.α Κίνδυνος αγοράς (GPD-PES)

Για τη μέτρηση του κινδύνου αγοράς των δύο κύριων ενεργειακών καυσίμων, πετρέλαιο και φυσικό αέριο, χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες: Primary Energy Security fuel - αρχικό καύσιμο ενεργειακής ασφάλειας- που από τώρα και στο εξής θα φέρεται με τη συντομογραφία P.E.S, έτσι έχουμε P.E.S. που καταναλώνεται σε μια οικονομία προς το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (GDP) και την κατανάλωση P.E.S στη συνολική κατανάλωση αρχικής ενέργειας TPES. Ο πρώτος δείκτης προσμετρά το αρχικό καύσιμο ενεργειακής ασφάλειας (P.E.S.) που καταναλώνονται από τις οικονομίες των προς μελέτη χωρών σχετικά με το ΑΕΠ (GPD) τους και εκφράζονται ως τόνοι του πετρελαίου ανά τη μονάδα του ΑΕΠ ενώ για το φυσικό αέριο σε κυβικό μέτρο (cm³) ανά μονάδα του ΑΕΠ, ενώ ο δεύτερος δείκτης υπολογίζεται ως ποσοστό των υπό εξέταση καυσίμων P.E.S σχετικά με τα συνολικά καύσιμα T.P.E.S που κάθε χώρα καταναλώνει.

4.4.β.Κίνδυνος ανεφοδιασμού (PM-ML-DPED-NEID)

Έχοντας ως στόχο τη καταγραφή και μέτρηση του κινδύνου ανεφοδιασμού, ο οποίος αφορά στους κινδύνους των φυσικών αναταραχών στις παροχές καυσίμων P.E.S. όπως αναφέρει στην ανάλυση του ο Gupta (2007), έχουν χρησιμοποιηθεί τέσσερις δείκτες. Κάθε δείκτης έχει υπολογισθεί και για τα δύο καύσιμα δηλαδή και για το πετρέλαιο και για το φυσικό αέριο. Η επιλογή των δεικτών μέτρησης του κινδύνου του ανεφοδιασμού πραγματοποιήθηκε με βάση τέσσερις παράγοντες: τη καθαρή εξάρτηση από εισαγωγές P.E.S. μιας χώρας εισαγωγής, τη διαφοροποίηση των P.E.S εισαγωγών, τους πολιτικούς κινδύνους σε P.E.S. των προμηθευτριών χωρών και τη ρευστότητα της αγοράς –market liquidity όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Gupta (2007).

Πιο συγκεκριμένα, έχουμε επιλέξει δύο δείκτες οι οποίοι αιχμαλωτίζουν την αίσθηση των γεωπολιτικών ρίσκων: συγκεκριμένα έχουμε τον δείκτη πολιτικής μέτρησης (Political Measurement Indicator) και τον δείκτη αγοραστικής ρευστότητας (Market Liquidity Indicator), καθώς επίσης και δύο δείκτες οι οποίοι προσδίδουν- ποσολογούν τη διαφοροποίηση του ενεργειακού μίγματος που οι προς μελέτη χώρες έχουν, έτσι έχουμε: τη διαφοροποίηση της αρχικής ενεργειακής ζήτησης (Diversification of Primary Energy Demand- DPED) καθώς και τη καθαρή εξάρτηση της ενεργειακής εισαγωγής (Net Energy Import Dependency-NEID).

Το πρώτο ζευγάρι δεικτών αιχμαλωτίζει και ποσολογεί την επιρροή των γεωπολιτικών κινδύνων οι οποίοι χαρακτηρίζουν τις προς εξέταση χώρες, σε αντιδιαστολή το δεύτερο ζευγάρι δεικτών μετρά τη διαφοροποίηση που κάθε προς μελέτη χώρα έχει σε σχέση με τη πρωτογενούς ενεργειακή ζήτηση (Primary Energy Demand) και την καθαρή εξάρτηση από τις εισαγωγές (Net Import Dependency).

Συγκεκριμένα λοιπόν όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω ο δείκτης DPED υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη έκφραση και μετρά την εξάρτηση που οι προς μελέτη χώρες έχουν, στα πρωτογενή καύσιμα ενέργειας. Μια χαμηλότερη αξία υπονοεί ότι μια χώρα εξαρτάται από περιορισμένες πηγές ενέργειας ενώ μια υψηλότερη αξία δείχνει μια διαφοροποίηση των πρωτογενών καυσίμων ενέργειας. Μεταξύ των εννέα χωρών, η Αυστρία έχει τη καλύτερη επίδοση όσον αφορά στον δείκτη DPED. Αυτό είναι λογικό, καθώς οικονομία των πηγών ενέργειάς της διανέμεται ομοιόμορφα μεταξύ των κύριων P.E.S. Αντίθετα, ο χαμηλότερος δείκτης αντιστοιχεί στη χώρα της Κύπρου δεδομένου ότι είναι κυρίως εξαρτώμενη από τα δύο καύσιμα πρωτογενής ενέργειας. Ο δεύτερος δείκτης κινδύνου ανεφοδιασμού, NEID, μετριέται ομοίως με το δείκτη DPED με τη μόνη διαφορά ότι προστίθεται σε αυτόν ένας παράγοντας διορθώσεων c_i που μετρά την εξάρτηση ενεργειακών εισαγωγών των χωρών του δείγματος.

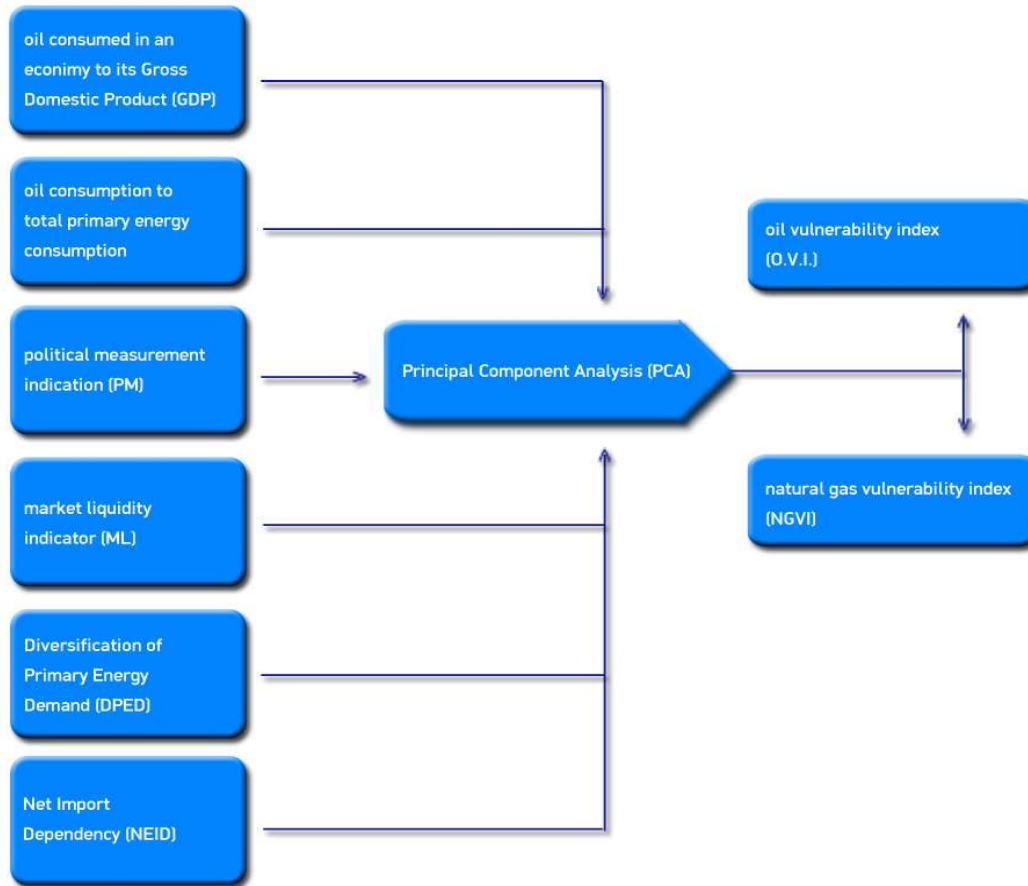
$$c_i = 1 - m_i$$

Ο δείκτης NEID μετρά το επίπεδο που μια χώρα εξαρτάται από τις ενεργειακές εισαγωγές για την κάλυψη της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας. Μια υψηλότερη τιμή αυτού του δείκτη υπονοεί ότι μια χώρα εξαρτάται ιδιαίτερα από τις ενεργειακές εισαγωγές. Συμπερασματικά λοιπόν το πρώτο ζευγάρι δεικτών αιχμαλωτίζει και υπολογίζει την ποσοτικοποίηση της επιρροής των γεωπολιτικών κινδύνων τους οποίους έχουν οι προς μελέτη χώρες, σε αντιδιαστολή το δεύτερο ζευγάρι δεικτών μετρά τη διαφοροποίηση που κάθε χώρα έχει συγκριτικά με τη ζήτηση της πρωτογενούς ενέργειας και την εξάρτηση από καθαρές εισαγωγές των εν λόγω χωρών. Στη παράγραφο που ακολουθεί παρέχεται ο υπολογισμός του σύνθετου δείκτη.

4.5. Principal Component Analysis PCA

Έχοντας εξηγήσει το λόγο επιλογής των δεικτών, που μετρούν τις ξεχωριστές διαστάσεις που καθορίζουν την μεταβλητότητα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου που παρουσιάζουν οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πρόκειται να περιγράψουμε τη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των καθέκαστων σύνθετων δεικτών. Για την ανάπτυξη και κατασκευή των σύνθετων δεικτών μεταβλητότητας του πετρελαίου και του φυσικού αερίου χρησιμοποιήθηκε η PCA. Η PCA είναι μια πολύμορφη στατιστική προσέγγιση η οποία μετατρέπει ένα σύνολο συσχετισμένων μεταβλητών σε ένα σύνολο ασυσχέτιστων μεταβλητών οι οποίες αποκαλούνται συστατικά. Τα εν λόγω συστατικά είναι γραμμικοί συνδυασμοί των πρότυπων μεταβλητών. Η PCA χρησιμοποιείται προκειμένου να μειώσει τις διαστάσεις των προβλημάτων και προκειμένου να μετατρέψει τις αλληλένδετες συντεταγμένες σε μια σημαντική και ανεξάρτητη. Κάνοντας χρήση της PCA, η μεταβλητότητα κάθε προς εξέταση χώρας σε σχέση με τα δύο πρωτογενή καύσιμα δύναται να εξετασθεί. Στο σχήμα που ακολουθεί διαφαίνεται η διαγραμματική διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη των

σύνθετων δεικτών της μεταβλητότητας πετρελαίου (Oil Vulnerability Index- OVI) και του φυσικού αερίου (Natural Gas Vulnerability Index- N.G.V.I.).



Σχήμα : ανάπτυξη του σύνθετου δείκτη μεταβλητότητας πετρελαίου(Oil Vulnerability Index- OVI) και του φυσικού αερίου (Natural Gas Vulnerability Index).

Ο κύριος λόγος για τη χρησιμοποίηση της μεθόδου PCA είναι το γεγονός ότι καθιστά δυνατή την εξεύρεση ενός σύνθετου μέτρου το οποίο με τη σειρά του αιχμαλωτίζει τις αλληλεπιδράσεις και αλληλεξαρτήσεις των επιλεγμένων δεικτών. Το κύριο πλεονέκτημα της PCA της στατιστικής αυτής προσέγγισης είναι ότι, ενώ οι τυποποιημένες τεχνικές παλινδρόμησης απαιτούν την διευκρινισμένη/εξαρτώμενη μεταβλητή για να παρατηρηθούν, η PCA μεταχειρίζεται τις τελευταίες ως αφανή μεταβλητή (Basu, 2002 Shukla και Kakar, 2006). Σε αυτό το πλαίσιο, η PCA - μια πολύ-μεταβλητή στατιστική προσέγγιση που μετασχηματίζει ένα σύνολο συσχετισμένων μεταβλητών σε ένα σύνολο ασύνδετων, ασυσχέτιστων μεταβλητών τα οποία αποκαλούνται συστατικά- αποτελεί μια κανονική μορφή που διευκολύνει την κατανόηση και της ξεχωριστής αλλά και της συμβολής του συνόλου κάθε ενός από τους δείκτες στο συνθετικό δείκτη.

Έχοντας εξηγήσει το λόγο επιλογής των εν λόγω σημαντικών δεικτών που θα μετρήσουν και θα ποσολογήσουν τις δύο κύριες έννοιες της ασφάλειας του ανεφοδιασμού, σε αυτό το τμήμα θα προχωρήσουμε στην περιγραφή του δεύτερου βήματος, που επιτρέπει την ένταξη των έξι δεικτών κινδύνου αγοράς και ανεφοδιασμού σε δύο δείκτες, ένας για το πετρέλαιο και ένας για το φυσικό αέριο, το οποίο μετρά το επίπεδο μεταβλητότητας που οι χώρες της ΕΕ εκθέτουν-παρουσιάζουν στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο αντίστοιχα.

4.5.α Ανάπτυξη των δύο καθολικών δεικτών

Πιο συγκεκριμένα, η γενική μορφή- φόρμουλα του επικείμενου μοντέλου μας, Gas and Oil Vulnerability Index (GOVI)- δείκτης μεταβλητότητας του φυσικού αερίου και του πετρελαίου, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη των δύο δεικτών, δείκτης μεταβλητότητας πετρελαίου (Oil Vulnerability Index- OVI) και δείκτης μεταβλητότητας φυσικού αερίου (Natural Gas Vulnerability Index- NGVI) παρουσιάζεται παρακάτω:

$$\text{GOVI} = \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_K X_K + e \quad (1)$$

όπου X_1, X_K , είναι το σύνολο των προτεινόμενων δεικτών, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την ποσοτικοποίηση και καταγραφή των δύο κύριων στοιχείων της ενεργειακής ασφάλειας και ανεφοδιασμού, της αγοράς και του κινδύνου του ανεφοδιασμού. Επιπροσθέτως β_1, β_K είναι τα αντίστοιχα διανύσματα των παραμέτρων σε κάθε τομέα, ενώ τέλος το e είναι ο αντίστοιχος όρος του σφάλματος.

4.5.β. Δείκτης μεταβλητότητας πετρελαίου (Oil Vulnerability Index), και δείκτης μεταβλητότητας φυσικού αερίου (Natural Gas Vulnerability Index)

Έχοντας παρουσιάσει τη γενική μορφή του επικείμενου παρατιθέμενου μοντέλου, δύναται να προχωρήσουμε στη παρουσίαση της ανάπτυξης των δύο δεικτών, οι οποίοι θα μετρούν τη μεταβλητότητα την οποία παρουσιάζουν οι προς μελέτη χώρες σχετικά με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Η εξίσωση (2) εκθέτει το δείκτη μεταβλητότητας του φυσικού αερίου (Natural Gas Vulnerability Index- NGVI) και η εξίσωση (3) παρουσιάζει το δείκτη μεταβλητότητας του πετρελαίου (Oil Vulnerability Index-OVI).

$$\text{NGVI} = \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \beta_3 \chi_3 + \beta_4 \chi_4 + \beta_5 \chi_5 + \beta_6 \chi_6 + e \quad (2)$$

$$\text{OVI} = \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \beta_3 \chi_3 + \beta_4 \chi_4 + \beta_5 \chi_5 + \beta_6 \chi_6 + e \quad (3)$$

Στο ίδιο πλαίσιο με την ανάλυση η οποία πραγματοποιήθηκε στις προηγούμενες παραγράφους και λαμβάνοντας υπόψιν τη διαθεσιμότητα των στατιστικών δεδομένων, έχουν επιλεγεί έξι συστατικά τα οποία ενδείκνυνται να συνθέσουν το ζητούμενο πρότυπο μοντέλο.

Η εξάρτηση εισαγωγών από καθαρή ενέργεια Net Energy Import Dependency- (χ_1), ρευστότητα αγοράς -Market Liquidity (χ_2), κατανάλωση πετρελαίου στη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας – oil Consumption to total Primary Energy

Consumption και αντίστοιχα κατανάλωση φυσικού αερίου στην συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας- natural gas to total Primary Energy Consumption (χ3), κατανάλωση πετρελαίου στο σύνολο του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος- oil consumed in an economy to its GDP και αντίστοιχα κατανάλωση φυσικού αερίου στο σύνολο του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος – natural gas consumed in an economy to its GDP (χ4), μέτρηση πολιτικού παράγοντα (χ5), διαφοροποίηση της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας – diversification of Primary Energy Demand (χ6).

Η συνολική μεταβολή του δείκτη οφείλεται: (α) στη μεταβολή που οφείλεται στο σύνολο των δεικτών και (β) στη μεταβολή εξαιτίας σφάλματος. Προκειμένου να διευκρινισθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, το επικείμενο μοντέλο περιέχει έναν αρκετά μεγάλο αριθμό δεικτών σε κάθε τομέα, ούτως ώστε ο μέσος όρος της πιθανότητας σφάλματος να είναι ίση με το μηδέν ($E(\epsilon) = 0$). Επιπροσθέτως, το γεγονός ότι η διακύμανση σφάλματος είναι μικρή σχετικά με τη συνολική διακύμανση, οδηγεί στη λογική υπόθεση ότι η συνολική διακύμανση του δείκτη εξηγείται κατά ένα μεγάλο μέρος από τη διακύμανση στις μεταβλητές των δεικτών σε κάθε περιοχή που περιλαμβάνονται για τον υπολογισμό αυτού του σύνθετου δείκτη. Επομένως οι δείκτες μεταβλητότητας πετρελαίου αλλά και φυσικού αερίου συσχετίζονται γραμμικά με τους ανωτέρω έξι δείκτες και τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται για κάθε χώρα εξηγούνται πλήρως από τους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν.

4.6 Πηγές δεδομένων

Προκειμένου να υπολογίσουμε τους δείκτες μεταβλητότητας του πετρελαίου και του φυσικού αερίου για το έτος 2006 τα αναγκαία αυτά στοιχεία ελήφθησαν από τα επικείμενα έγγραφα:

- 1) πληροφορίες για το 2005 πετρελαίου για τις χώρες του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organization for Economic Cooperation and Development OECD)
- (2) στατιστικές για το 2006 της BP που ενσωμάτωσαν την ενεργειακή πολιτική το 2006 και επετηρίδα 2006 ενεργειακών στατιστικών (DESA, 2006).

Για τον υπολογισμό του δείκτη μεταβλητότητας πετρελαίου για τη χρονική περίοδο 1995-2007 τα απαραίτητα δεδομένα λήφθηκαν από τις παρακάτω πηγές:

- International Energy Outlook (EIA, 2008a)
- Βασικές παγκόσμιες στατιστικές (EIA, 2008b)
- Ενεργειακές ισορροπίες των μη OECD χωρών (ΔΟΕ, 2006a)
- Πληροφορίες πετρελαίου των χωρών του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) (ΔΟΕ, 2005b)
- Προοπτική παγκόσμιας ενέργειας (ΔΟΕ, 2006c)
- Ενεργειακή πολιτική των χωρών ΔΟΕ (ΔΟΕ, 2005a)
- Πληροφορίες πετρελαίου (ΔΟΕ, 2005b)
- Στατιστικές ολοκληρωμένης ενεργειακής πολιτικής 2006 της BP και (επετηρίδα ενεργειακών στατιστικών (DESA, 2006).

Επιπροσθέτως, χρησιμοποιήθηκαν οι ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων της διοίκησης ενεργειακών πληροφοριών (EIA) και το παρατηρητήριο αγοράς ενέργειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, προκειμένου να ληφθούν τα απαραίτητα στοιχεία όσον αφορά στα αποθέματα, στην παραγωγή και στην κατανάλωση πετρελαίου. Οι πληροφορίες σχετικά με τα αποθέματα πετρελαίου, την παραγωγή και την κατανάλωση, έχουν καταγραφεί από στατιστικές μελέτες κατά τη διάρκεια του έτους 2006 –μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από την BP- και από τη διοίκηση των ενεργειακών πληροφοριών το επικείμενο έτος (EIA).

4.7.Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα

Σε αυτό το σημείο θα τοποθετήσουμε τα εν λόγω δεδομένα και για τα δύο προς μελέτη καύσιμα : το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Ανοίγουμε λοιπόν το πρόγραμμα και η πρώτη επιφάνεια που διαφαίνεται είναι η παρακάτω. Στη συνέχεια επιλέγουμε το κουμπί που φέρει την ονομασία 'OK' προκειμένου να προχωρήσουμε στο επόμενο βήμα.



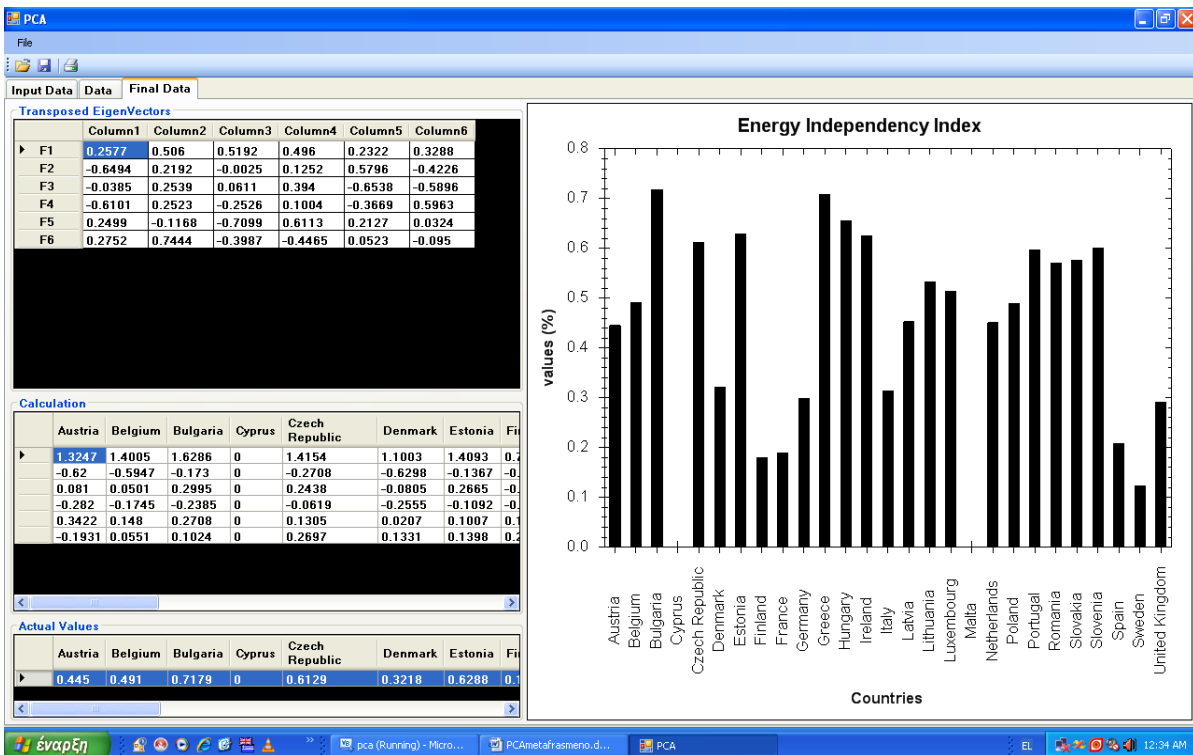
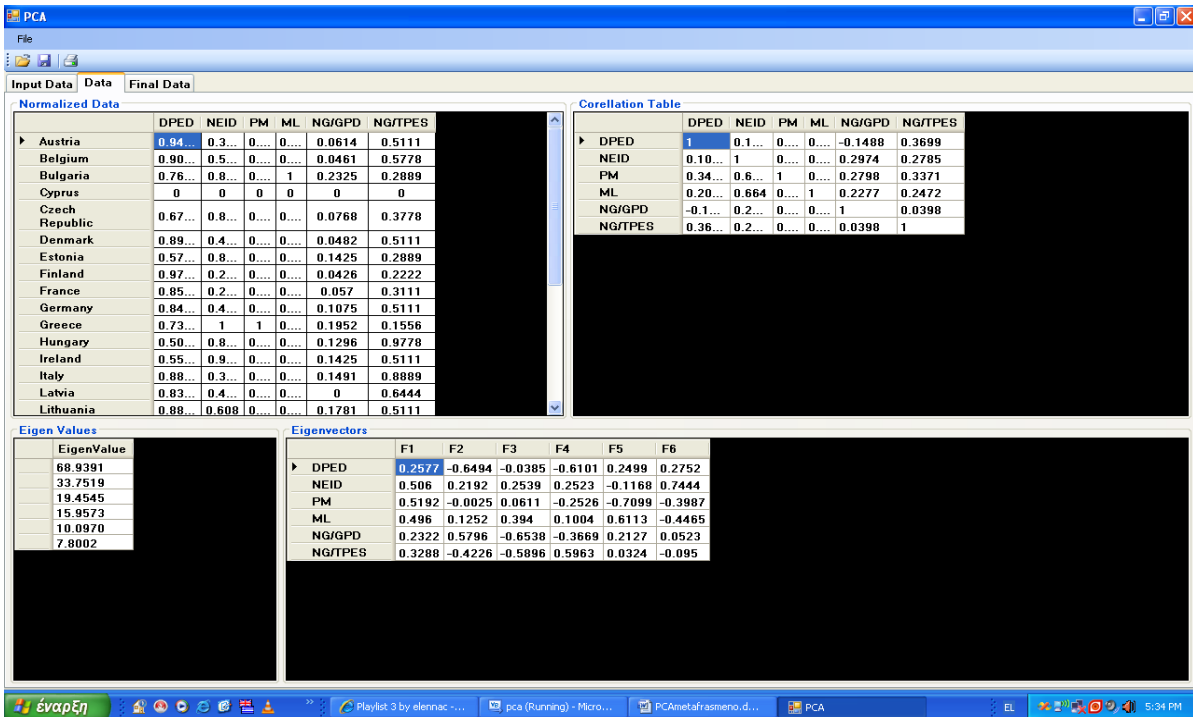
Εισάγουμε μία προς μία τις προς μελέτη (27) εικοσιεπτά στο σύνολό τους χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και έναν προς έναν τους εν λόγω δείκτες (6) έξι στο σύνολό τους όπως ορίστηκαν και αναλύθηκαν διεξοδικά σε παραπάνω παραγράφους. Έτσι φθάνουμε στη συνολική εικόνα όπως αυτή διαγράφεται στην παρακάτω εικόνα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε πως τα εν λόγω δεδομένα χαρακτηρίζουν μόνο τον σύνθετο δείκτη που αφορά στο φυσικό αέριο –Natural Gas Vulnerability Index N.G.V.I.-.

Countries	DPED	NEID	PM	ML	NG/GPD	NG/TPES
Austria	0.8467	0.2266	0.4521	140.82	0.028	23.00
Belgium	0.8095	0.4309	0.4891	110.35	0.021	26.00
Bulgaria	0.6824	0.6393	0.5214	160.32	0.106	13.00
Cyprus	0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.00
Czech Republic	0.6054	0.6710	0.4267	115	0.035	17.00
Denmark	0.8002	0.3250	0.4258	58.15846	0.022	23.00
Estonia	0.5123	0.6158	0.4891	124.25	0.065	13.00
Finland	0.8712	0.21565	0.2478	38.46	0.01943	10.00
France	0.7624	0.2104	0.2267	40.26	0.026	14.00
Germany	0.7572	0.3533	0.4772	30.2	0.049	23.00
Greece	0.6608	0.7551	0.7541	110.12	0.089	7.00
Hungary	0.4541	0.6610	0.5650	105.6	0.0591	44.00
Ireland	0.5002	0.6895	0.6518	85	0.065	23.00
Italy	0.7908	0.2920	0.4256	48.26	0.068	40.00
Latvia	0.7523	0.3284	0.6210	102.54	0.000	29.00
Lithuania	0.7950	0.4591	0.7156	95.263	0.0812	23.00
Luxembourg	0.4200	0.6100	0.0000	115.289	0.0	26.00
Malta	0	0	0	0	0.0	0.000
Netherlands	0.8523	0.5619	0.4521	56.1561	0.02342	45.00
Poland	0.6451	0.5861	0.4856	69.23	0.052	13.00
Portugal	0.3921	0.4352	0.4710	95.26	0.456	13.00
Romania	0.4231	0.4256	0.5615	85.6	0.325	35.00
Slovakia	0.8056	0.4921	0.45297	102.15	0.2989	29.00
Slovenia	0.5681	0.6821	0.359	74.235	0.326	12.00
Spain	0.7624	0.1164	0.2267	71.21	0.019	18.00
Sweden	0.8958	0.1985	0.199	25.158	0.008	2.00

Με την ολοκλήρωση των δεδομένων προχωρούμε στην επόμενη ενέργειά μας που είναι το πάτημα του κουμπιού **'Start Analysis'**. Η συγκεκριμένη ενέργειά μας αποτελεί το έναυσμα για το ξεκίνημα αλληπάλληλων υπολογισμών κάνοντας χρήση της μεθόδου Principal Component Analysis προκειμένου τελικώς να λάβουμε τις τελικές τιμές. Η τελική τιμή για κάθε χώρα –όπως έχει αναλυθεί πρωτύτερα- είναι ο σύνθετος δείκτης του φυσικού αερίου.

Ανάλογα με το τι επιλέγουμε στην επιφάνεια εργασίας μας βλέπουμε και τα αντίστοιχα δεδομένα. Έτσι εάν επιλέξουμε το tab 'Input Data' μας δίνεται η εικόνα με το σύνολο των δεδομένων που έχουν τοποθετηθεί, εάν εν συνεχεία επιλέξουμε το tab 'Data' έχουμε μια συνολική εικόνα σε ότι αφορά στους πίνακες που μεσολαβούν μέχρι να οδηγηθούμε στην λήψη των τελικών δεδομένων. Τέλος με την επιλογή του tab 'Final Data' λαμβάνουμε την τελική εικόνα της επεξεργασίας των δεδομένων μας, αλλά και την απεικόνιση αυτών μέσω του διαγράμματος.

Ακολουθούν οι δύο εικόνες που απεικονίζουν τις παραπάνω πληροφορίες.



Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία, ενεργούμε κατά τον ίδιο τρόπο και για την εισαγωγή των δεδομένων που χαρακτηρίζουν τις Ευρωπαϊκές χώρες σχετικά με το πετρέλαιο. Έτσι λοιπόν λαμβάνουμε τη παρακάτω εικόνα.

PCA

File

Input Data Data Final Data

Countries	DPED	NEID	PM	ML	OIL/GPD	OIL/TPES
Austria	0.8467	0.1464	0.2456	150.82	0.074	42.00
Belgium	0.8095	0.362	0.2865	110.35	0.100	37.00
Bulgaria	0.4216	0.6002	0.6542	160.54	0.310	22.00
Cyprus	0.1414	0.9840	0.9898	42.71	0.420	94.00
Czech Republic	0.6054	0.4256	0.3985	101.23	0.400	0.065
Denmark	0.8302	0.2015	0.3562	58.894	0.065	0.052
Estonia	0.5123	0.2149	0.5912	125.125	0.169	0.104
Finland	0.8712	0.1156	0.1561	55.12	0.150	0.025
France	0.7624	0.1058	0.1475	38.15	0.068	33.00
Germany	0.8012	0.1749	0.2383	35.24	0.061	36.00
Greece	0.8608	0.5828	0.8013	135.64	0.190	57.00
Hungary	0.5541	0.2125	0.6890	105.8	0.189	0.115
Ireland	0.6002	0.2156	0.6015	88.91	0.145	0.120
Italy	0.7908	0.5249	0.2214	45.05	0.069	40.00
Latvia	0.7523	0.2360	0.2456	101.32	0.138	0.054
Lithuania	0.7950	0.2430	0.2618	87.46	0.140	0.058
Luxembourg	0.0000	0.5200	0.0000	97.53	0.213	0.112
Malta	0.2354	0.5700	0.9629	41.62	0.356	0.000
Netherlands	0.8523	0.2723	0.1381	69.23	0.062	0.053
Poland	0.6451	0.4526	0.3951	68.21207	0.071	0.043
Portugal	0.6521	0.5736	0.5423	94.682	0.053	0.072
Romania	0.8231	0.5164	0.4128	84.256	0.063	0.048
Slovakia	0.8056	0.1692	0.2568	92.67128	0.064	0.056
Slovenia	0.6281	0.5819	0.4567	80.145	0.069	0.042
Spain	0.7624	0.5507	0.1475	80.92	0.102	49.00
Sweden	0.8958	0.1056	0.1356	30.26	0.165	0.035

Start Analysis

Εν συνεχεία με το πάτημα του κουμπιού 'Start Analysis' έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα :

PCA

File

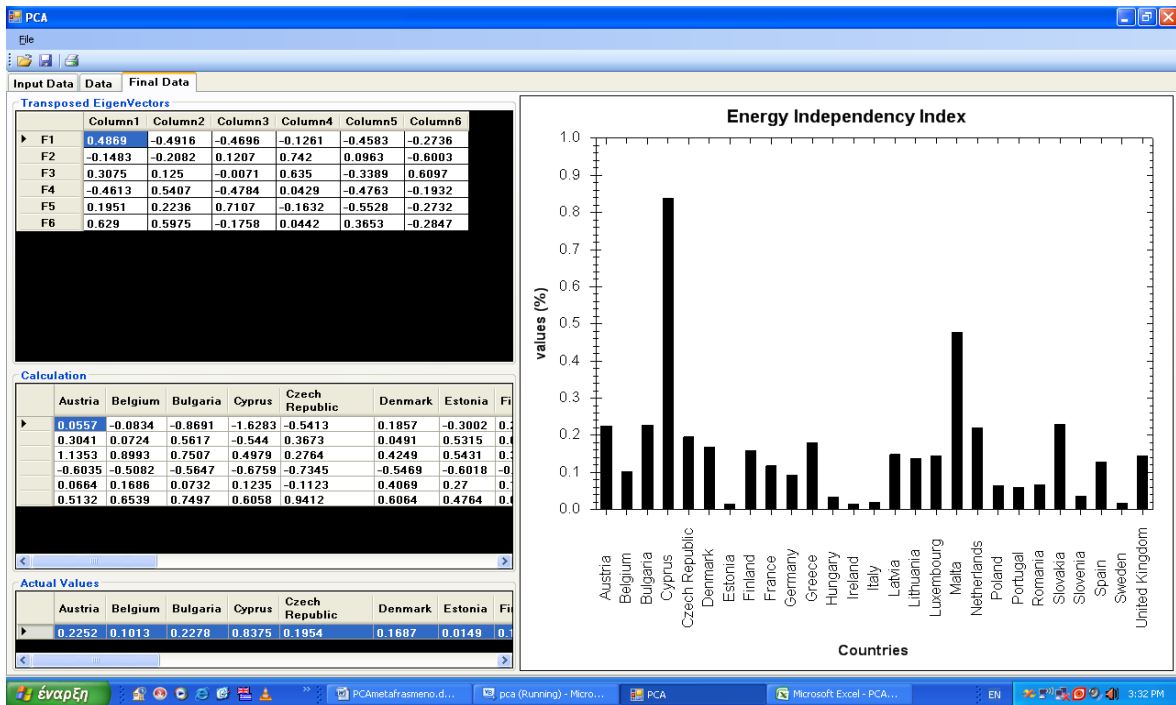
Input Data Data Final Data

Normalized Data	DPED	NEID	PM	ML	OIL/GPD	OIL/TPES
Austria	0.94	0.0	0	0	0.0572	0.4468
Belgium	0.90	0.2	0	0	0.1281	0.3936
Bulgaria	0.47	0.5	0	1	0.7003	0.234
Cyprus	0.15	1	1	0	1	1
Czech Republic	0.67	0.3	0	0	0.9455	0.0007
Denmark	0.92	0.1	0	0	0.0327	0.0006
Estonia	0.57	0.1	0	0	0.3161	0.0011
Finland	0.97	0.0	0	0	0.2643	0.0003
France	0.85	0.0	0	0	0.0409	0.3511
Germany	0.89	0.0	0	0	0.0218	0.383
Greece	0.73	0.5	0	0	0.3733	0.6064
Hungary	0.61	0.1	0	0	0.3706	0.0012
Ireland	0.67	0.1	0	0	0.2507	0.0013
Italy	0.88	0.4	0	0	0.0436	0.4255
Latvia	0.83	0.1	0	0	0.2316	0.0006
Lithuania	0.88	0.1	0	0	0.2371	0.0006

Correlation Table	DPED	NEID	PM	ML	OIL/GPD	OIL/TPES
DPED	1	-0.6	-0	-0	-0.6574	-0.1401
NEID	-0.6	1	0	0	0.4609	0.4813
PM	-0.5	0.5	1	0	0.5689	0.2656
ML	-0.1	0.0	0	1	0.0791	0.0056
OIL/GPD	-0.6	0.4	0	0	1	0.2086
OIL/TPES	-0.1	0.4	0	0	0.2086	1

Eigen Values	EigenValue
75.9709	
26.9995	
23.7875	
12.7155	
11.4549	
5.0718	

Eigen vectors	F1	F2	F3	F4	F5	F6
DPED	0.4869	-0.1483	0.3075	-0.4613	0.1951	0.629
NEID	-0.4916	-0.2082	0.125	0.5407	0.2236	0.5975
PM	-0.4896	0.1287	-0.0071	-0.4764	0.7187	-0.1758
ML	-0.1261	0.742	0.635	0.0429	-0.1632	0.0442
OIL/GPD	-0.4593	0.0963	-0.3389	-0.4763	-0.5528	0.3653
OIL/TPES	-0.2736	-0.6003	0.6097	-0.1932	-0.2732	-0.2847



Σε αυτό το σημείο βρισκόμαστε στο τέλος της συμβολής του προγράμματος που αναπτύχθηκε προκειμένου να αντληθούν τα σχετικά αποτελέσματα βάσει των δοθέντων δεδομένων. Αυτό που είναι πλέον αναγκαίο είναι η παιρετέρω ανάλυση και τα συμπερασματικά σχόλια, και τα δύο αναλύονται στο ακόλουθο δοκίμιο.

4.8. Αναλύοντας τα αποτελέσματα

Αρχικά λοιπόν, όπως διαφαίνεται και στον ακόλουθο (πίνακα 1) , παρατηρούμε τον πίνακα συσχέτισης των κανονικοποιημένων δεικτών του προς υπολογισμού σύνθετου δείκτη, ο οποίος μετρά τη μεταβλητότητα για τις επιλεγμένες 27 χώρες, σε αντιδιαστολή με αυτόν στο δεύτερο πίνακα παρατηρούμε τον πίνακα συσχέτισης για τους δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό του δείκτη του φυσικού αερίου. Πρέπει να επισημανθεί πως οι δείκτες που είναι συνδεδεμένοι με τη μεταβλητότητα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου είναι θετικοί. Θα πρέπει επιπροσθέτως να σημειωθεί ότι η διαφοροποίηση του δείκτη της αρχικής ενεργειακής ζήτησης (Diversification of Primary Energy Demand -DPED) σχετίζεται θετικά με το δείκτη πολιτικής μέτρησης (Political Measurement -PM) καθώς επίσης και με τις αναλογίες: πετρελαϊκή κατανάλωση μιας οικονομίας προς το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (GPD- Gross Domestic Product) και πετρελαϊκή κατανάλωση προς τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση, την ώρα που οι ίδιοι δείκτες είναι συσχετισμένοι αρνητικά με τη μήτρα συσχέτισης του φυσικού αερίου. Το παραπάνω μπορεί να εξηγηθεί με το γεγονός ότι η διαφοροποίηση της πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης (Diversification of Primary Energy Demand -DPED) επηρεάζεται από το επίπεδο του πολιτικού κινδύνου, που παρουσιάζουν πλήθος χωρών που εξάγουν.

Συγκεκριμένα, στη περίπτωση του πετρελαίου, το υψηλότερο επίπεδο του πολιτικού ρίσκου, το οποίο έχει μετρηθεί κάνοντας χρήση του δείκτη πολιτικής μέτρησης-Political Measure indicator-, μιας συγκεκριμένης χώρας εξαγωγής, έχει την υψηλότερη αξία διαφοροποίησης του δείκτη πρωτογενούς ενεργειακής ζήτησης- DPED-. Το αντίθετο συμβαίνει στη περίπτωση του φυσικού αερίου.

Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το ότι οι περισσότερες εκ των 27 Ευρωπαϊκών χωρών εισάγουν φυσικό αέριο από ορισμένες χώρες, οι οποίες βρίσκονται μέσα στους κόλπους της Ευρωπαϊκής ένωσης, κυρίως από τη Νορβηγία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ολλανδία και το Βέλγιο, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως χώρες μικρού πολιτικού ρίσκου. Από την άλλη μεριά, οι χώρες εκείνες που παράγουν φυσικό αέριο και δεν ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χαρακτηρίζονται ως χώρες υψηλής πολιτικής αστάθειας και για το λόγο αυτό, μια επικείμενη αύξηση της διαφοροποίησης της εισαγωγής του φυσικού αερίου από χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης οδηγεί στη μείωση του δείκτη πολιτικής μέτρησης. Κατά συνέπεια, η υψηλότερη πολιτική αστάθεια των χωρών ανεφοδιασμού οδηγεί σε χαμηλότερη διαφοροποίηση των εισαγωγών σε φυσικό αέριο. Ανάλογα, η ίδια επισήμανση δύναται να γίνει για τους δείκτες: P.E.S. που καταναλώνεται σε μια οικονομία στο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν GPD της και P.E.S καταναάλωση προς τη συνολική πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση.

Variables	DPED	NEID	PM	ML	NG/GDP	NG/TPS
DPED	1					
NEID	0.451	1				
PM	0.492	0.774	1			
ML	0.168	0.645	0.561	1		
NG/GDP	0.014	0.420	0.259	0.287	1	
NG/TPS	0.301	0.250	0.337	0.239	0.073	1

Πίνακας 1: πίνακας συσχέτισης των πετρελαικών δεικτών (Correlation Matrix of Oil Indicators)

Variables	DPED	NEID	PM	ML	NG/GDP	NG/TPS
DPED	1					
NEID	0.451	1				
PM	0.492	0.774	1			
ML	0.168	0.645	0.561	1		
NG/GDP	0.014	0.420	0.259	0.287	1	
NG/TPS	0.301	0.250	0.337	0.239	0.073	1

Πίνακας 2: πίνακας συσχέτισης των δεικτών φυσικού αερίου (Correlation Matrix of Natural Gas Indicators)

Τα τελικά αποτελέσματα σχετικά με τη μεταβλητότητα την οποία παρουσιάζουν οι 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο παρουσιάζεται στις γραφικές παραστάσεις : για το πετρέλαιο και για το φυσικό αέριο αντίστοιχα. Η χώρα η οποία έχει ταξινομηθεί με το βαθμό 1 αντιπροσωπεύει την πιο τρωτή χώρα, σε αντίθεση η χώρα που έχει ταξινομηθεί με το βαθμό 27 αντιπροσωπεύει την λιγότερο ευάλωτη χώρα όσο αφορά στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Η παραπάνω μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε για τις προς μελέτη χώρες της ΕΕ για τη χρονική περίοδο 1995-2007. Στο σχήμα που ακολουθεί , εμφανίζονται οι εν λόγω χώρες ταξινομημένες σύμφωνα με τη μεταβλητότητα πετρελαίου που παρουσιάζουν για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Σχήμα: χώρες τις εν λόγω μελέτης που ταξινομούνται βάση της μεταβλητότητας πετρελαίου

4.9. Δείκτης μεταβλητότητας πετρελαίου (OIL VULNERABILITY INDEX - OVI)

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, η περισσότερο τρωτή χώρα σε σχέση με το πετρέλαιο είναι η Κύπρος, από την άλλη μεριά η λιγότερο ευάλωτη χώρα είναι η Σουηδία. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να εξεγηθεί βάσει του γεγονότος πως η Κύπρος είναι μια χώρα υψηλής εξάρτησης και επομένως ευάλωτη στο πετρέλαιο, έτσι το ενεργειακό της μίγμα για το έτος 2006 αποτελείται από 94% πετρέλαιο και μόνο 2% και 4% στέρεα καύσιμα και ανανεώσιμες πηγές αντίστοιχα. Από την άλλη πλευρά η Σουηδία έχει ένα διαφοροποιημένο χαρτοφυλάκιο πηγών ενέργειας. Επιπλέον η Σουηδία εισάγει πετρέλαιο από χώρες οι οποίες χαρακτηρίζονται από πολιτική σταθερότητα και ασφάλεια, για το λόγο αυτό ελαχιστοποιεί τη πιθανότητα απειλής της ασφάλειας ανεφοδιασμού.

Οι περισσότερες οικονομίες των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ευάλωτες στο πετρέλαιο. Αυτό δύναται να γίνει περισσότερο σαφές με το ότι η Ευρώπη των 27 κύρια ανεφοδιάζεται με πετρέλαιο από: τη Ρωσία με ένα ποσοστό ίσο με 26% του πετρελαίου το οποίο εξάγεται στις προς μελέτη χώρες, και τις χώρες της Μέσης Ανατολής με ένα ποσοστό ίσο με το 30%. Η αστάθεια η οποία χαρακτηρίζει τις χώρες της Μέσης Ανατολής καθώς επίσης η χρήση της ενέργειας ως ένα εργαλείο πολιτικής πίεσης από τη Ρωσία συνδράμουν σημαντικά στην ασφάλεια του εφοδιασμού με πετρέλαιο. Εν αντιθέση χώρες, οι οποίες εισάγουν πετρέλαιο από χώρες όπως η Νορβηγία και η Δανία, είναι λιγότερο τρωτές στο πετρέλαιο και καθιστούνται δυνατόν να αντιμετωπίσουν περιορισμένους κινδύνους σε σχέση με την ασφάλεια του εφοδιασμού του πετρελαίου.

Διάγραμμα 2: Oil Vulnerability Index

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι από τους έξι δείκτες οι οποίοι συνθέτουν το OVI- Oil Vulnerability Index- μοντέλο, το συστατικό το οποίο επηρεάζει περισσότερο τη μέτρηση της μεταβλητότητας είναι ο δείκτης NEID- net energy import dependence. Όπως δύναται να παρατηρηθεί από τον πίνακα 1, **ο δείκτης NEID αποτελεί το 49,56% της συσσωρευτικής μεταβλητότητας**, αντιθέτως τα υπόλοιπα πέντε συστατικά αντιστοιχούν στο υπόλοιπο περίπου 50% . Επομένως μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι το συγκεκριμένο συστατικό OVI που έχει τις περισσότερες επιπτώσεις στη μέτρηση της μεταβλητότητας είναι ο δείκτης NEID. Το δεύτερο συστατικό που καθορίζει τη συνολική τρωτότητα κάθε χώρας, είναι ο δείκτης ρευστότητας αγοράς που μετρά τις παγκόσμιες εισαγωγές πετρελαίου στις καθαρές εισαγωγές πετρελαίου μιας δεδομένης χώρας. Σε αυτό το πλαίσιο μπορεί να αναφερθεί ότι το επίπεδο και το ποσό εισαγωγών πετρελαίου μιας συγκεκριμένης χώρας είναι σημαντικής σπουδαιότητας.

	Net Energy Import Dependency	Market Liquidity	Oil Consumption / Primary Energy Consumption	Oil Consumption/ Gross Domestic Product	Diversification of Primary Energy Demand
Eigenvalue	2.91	1.11	0.77	0.34	0.19
Component share %	48.53	18.5	12.85	5.62	3.15
Commulative %	48.53	67.03	79.88	96.85	100

Πίνακας 1: συνεισφορά κάθε δείκτη στη μέτρηση του OVI

Δύναται επίσης να παρατηρηθεί ότι οι 27 χώρες- μέλη της ΕΕ παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σχετικά με την εξάρτησή τους από το πετρέλαιο. Προσέτι, η μεταβλητότητα του πετρελαίου των χωρών μελών της ΕΕ αυξάνεται κατά τη διάρκεια του παρερχόμενου χρόνου.

Οι βοριότερες χώρες, Σουηδία, Φινλανδία και Δανία, είναι ταξινομημένες στις λιγότερο τρωτές χώρες σε σχέση με το πετρέλαιο. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η Σουηδία και η Φινλανδία καλύπτουν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι των αναγκών τους σε πετρέλαιο από τις εισαγωγές τους από χώρες όπως η Νορβηγία και για το λόγο αυτό περιορίζουν κατά πολύ την απειλή διακοπής τροφοδοσίας πετρελαίου. Το Ηνωμένο Βασίλειο και η Δανία έχουν σημαντική παραγωγή πετρελαίου και για το λόγο αυτό η μεταβλητότητά τους σχετικά με το πετρέλαιο είναι χαμηλή.

Τρεις από τις περισσότερο σημαντικές οικονομίες της ΕΕ, Γερμανία, Γαλλία και Ιταλία είναι επίσης χαμηλά εξαρτημένες από το πετρέλαιο, καθώς χαρακτηρίζονται από ένα αρκετά καλά διαφοροποιημένο χαρτοφυλάκιο πηγών ενέργειας. Επιπροσθέτως, ένα σημαντικό κομμάτι των εισαγωγών τους σε πετρέλαιο είναι από χώρες οι οποίες χαρακτηρίζονται ως πολιτικά σταθερές και ασφαλείς, ως εκ τούτου ελαχιστοποιούνται οι απειλές για την ασφάλεια της προμήθειας.

Οι περισσότερες οικονομίες των χωρών της ΕΕ θεωρούνται ως αρκετά τρωτές σχετικά με το πετρέλαιο, γεγονός το οποίο οξύνεται κατά το πέρασμα των χρόνων. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι προμηθευτές του πετρελαίου της Ευρώπης των 27 είναι κυρίως η Ρωσία με ένα μερίδιο 26% των εξαγωγών πετρελαίου στις χώρες της ΕΕ και οι χώρες της Μέσης Ανατολής με ένα συνολικό μερίδιο 30% (ΕΕ Ε.Ρ.Δ., 2006). Η αστάθεια που χαρακτηρίζει τις χώρες της Μέσης Ανατολής διευθύνει έναν σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια του εφοδιασμού με πετρέλαιο. Επιπλέον, η «χρήση της ενέργειας ως όπλο» πρακτικές που η Ρωσία υιοθετεί, υπογραμμίζει τους αυξανόμενους κινδύνους των ενδεχόμενων αιφνίδιων διακοπών εφοδιασμού με πετρέλαιο.

Συγκεκριμένη ανάλυση χωρών

Στο σχήμα που ακολουθεί διαφαίνεται η μεταβλητότητα πετρελαίου ανά χώρα για κάθε έτος της περιόδου υπό εξέταση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι από το 1995 έως το 2007 οι περισσότερες χώρες της επικείμενης μελέτης κράτησαν την αρχική θέση τους. Όπως δύναται να παρατηρηθεί η μεταβλητότητα πετρελαίου για τις εν λόγω χώρες, αυξάνεται για το υπό εξέταση χρονικό διάστημα. Πιο συγκεκριμένα, η Κύπρος παραμένει η πιο τρωτή χώρα στο πετρέλαιο καθόλη τη χρονική διάρκεια. Πρέπει να επισημανθεί, ότι από το 1999 και μετά η τρωτότητά της αυξήθηκε από 0.80 σε 0.87 κατά τη διάρκεια του 2005. Συνεπώς, η ίδια τάση παρατηρείται για τη Βουλγαρία, την Ελλάδα και το Λουξεμβούργο που ταξινομούνται ως δεύτερη, τρίτη και τέταρτη αντίστοιχα πιο τρωτές χώρες εντός της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Οι προαναφερθείσες χώρες παραμένουν οι τέσσερις πιο τρωτές χώρες εντός της ΕΕ από την άποψη της μεταβλητότητας του πετρελαίου για ολόκληρη την υπό εξέταση περίοδο. Η Ιρλανδία, η Δημοκρατία της Τσεχίας και η Λετονία έχουν βελτιώσει τις σχετικές θέσεις τους. Η Ιρλανδία, το 1995 ήταν ταξινομημένη στη 4η θέση και κατέληξε στα τέλη του 2005 για να έχει την 7^η θέση στη γενική κατάταξη. Με τον ίδιο τρόπο, η Δημοκρατία της Τσεχίας έχει βελτιωθεί από τη 7η στη 10η θέση και η Λετονία από τη 14^η στη 18^η. Μια ομάδα πέντε χωρών συγκεκριμένα, η Εσθονία, η Δημοκρατία της Τσεχίας, η Πορτογαλία και η Ισπανία χαρακτηρίζεται από μια σημαντική εξάρτηση στο πετρέλαιο καθώς η τιμές της μεταβλητότητά τους παίρνει τις τιμές από 0.60 έως 0.70. Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτής της ομάδας χωρών είναι το γεγονός ότι η εξάρτησή τους στο πετρέλαιο δεν αλλάζει σημαντικά κατά τη διάρκεια του υπό εξέταση χρονικού διαστήματος.

Μια άλλη ομάδα χωρών αποτελείται από τη Λιθουανία, την Πολωνία, τις Κάτω Χώρες, τη Ρουμανία, τη Σλοβενία, τη Λετονία και το Βέλγιο και εκθέτει μια μέση μεταβλητότητα στο πετρέλαιο φέρει λοιπόν τις τιμές από 0.50 έως 0.60. Πάλι όμως η επικείμενη εξάρτησή τους στο πετρέλαιο αυξάνεται στη διάρκεια του υπό εξέταση χρονικού διαστήματος.

Τέλος, οι λιγότερες τρωτές χώρες από την άποψη του πετρελαίου, έχουν μια μεταβλητότητα που είναι κάτω από 0.50. Δύο από αυτές τις χώρες, το UK και Δανία, θεωρούνται τα κράτη πετρελαίου των Βόρειων Θαλασσών, δύο Σκανδιναβικά (Φινλανδία & Σουηδία), τρία από την κεντρική Ευρώπη (Γερμανία, Γαλλία και Αυστρία) και τέλος την Ιταλία από την περιοχή της Μεσογείου. Μια επεξεργασία στις προαναφερθείσες στρατηγικές ενεργειακής πολιτικής χωρών σε σχέση με την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού θα ήταν υψηλού ενδιαφέροντος. Εντούτοις, γίνεται μια προσπάθεια από το τρέχον πεδίο εγγράφου. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί ότι η κατανάλωση πετρελαίου στη Γερμανία, τη Γαλλία και την Ιταλία έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια με τα θετικά αποτελέσματα στη τιμή της μεταβλητότητας του πετρελαίου αυτών των χωρών. Αυτό θα μπορούσε να σχετίζεται με τη συνεχή αποβιομηχάνιση, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τεχνολογιών στο συντηρητικό σύστημα ενέργειας. Η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και η Ιταλία παρουσιάζουν ομοιότητες στην κατανάλωση

πετρελαίου. Μετά από την αυξανόμενη κατανάλωση που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '60 και τις αρχές της δεκαετίας του '70, οι δίδυμες πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και του 1979 έχουν επηρεάσει σημαντικά την ενεργειακή στρατηγική τους και επομένως βαθμιαία και τα σχέδια κατανάλωσης πετρελαίου τους.

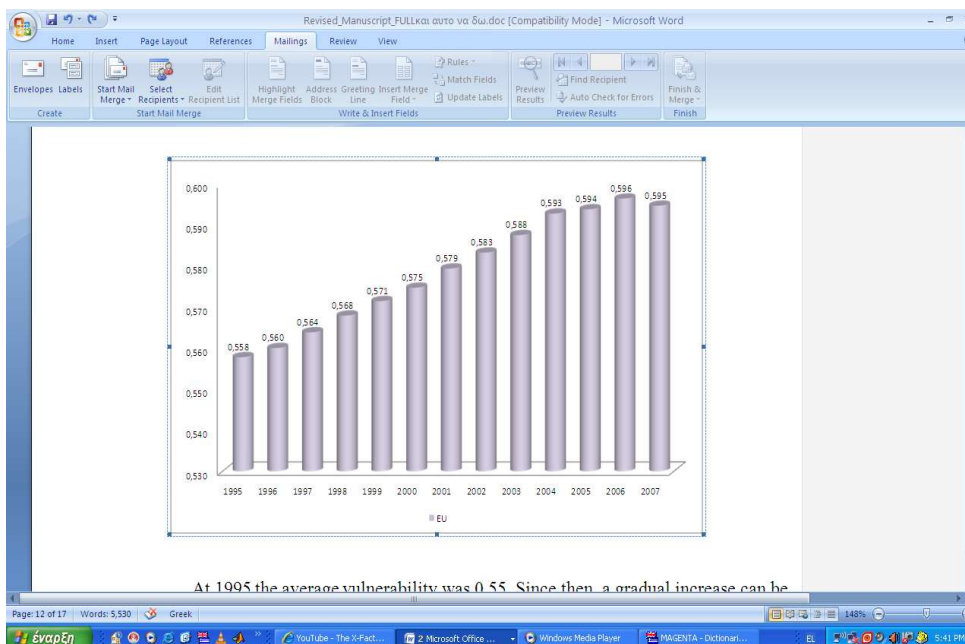
Μετά από μια περίοδο ρύθμισης και μείωσης της κατανάλωσης πετρελαίου (π.χ. κλείσιμο των πετρελαιοκίνητων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος), η σταθεροποίηση εμφανίστηκε και επομένως οι εισαγωγές πετρελαίου μειώθηκαν κατά τη διάρκεια της μέσης δεκαετίας του '90 και έχουν παραμείνει αρκετά σταθερές από τότε.

Σχήμα: σχετική μεταβλητότητα ανά χώρα για τη περίοδο 1995-2007

Μεταβλητότητα πετρελαίου της ΕΕ

Παρουσιάζοντας την μεταβλητότητα πετρελαίου που κάθε μια από τις 27 χώρες μέλη της ΕΕ εκθέτει για ένα χρονικό διάστημα 12 ετών, προχωράμε στην εξέταση της μεταβλητότητας που η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει στο σύνολο, κατά τη διάρκεια του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, με έναν πληθυσμό περίπου 460 εκατομμυρίων, καταναλώνει πάνω από 15 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου ανά ημέρα και είναι στον κόσμο ο αριθμός δύο καταναλωτής πετρελαίου μετά από τις ΗΠΑ. Το σχήμα 6 παρουσιάζει την μεταβλητότητα πετρελαίου της ΕΕ και δείχνει ότι η μεταβλητότητα πετρελαίου της ΕΕ έχει αυξηθεί μέσα στα τελευταία 12 έτη.

Σχήμα 6 : μέση μεταβλητότητα της ΕΕ



Στο έτος 1995 η μέση μεταβλητότητα ήταν 0.55. Από τότε, μια βαθμιαία αύξηση έχει παρατηρηθεί μέχρι το τέλος της προς μελέτη περιόδου όπου η μέση μεταβλητότητα πετρελαίου φθάνει την τιμή 0.60. Ένας από τους λόγους για αυτήν την επικείμενη αύξηση είναι ότι οι χώρες παραγωγοί μείωσαν την παραγωγή πετρελαίου της Ευρώπης - κατά τη διάρκεια της περιόδου 2000 - 2005.

Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή πετρελαίου της Νορβηγίας μειώθηκε στο 7% το 2005, η βρετανική παραγωγή μειώθηκε κατά 10% το 2004 και 2005 και μέχρι το 2007 τη μείωσε κατά περίπου 13%. Η ανωτέρω μείωση της παραγωγής από κοινού σε συνδυασμό με την αύξηση που πραγματοποιήθηκε στις εισαγωγές πετρελαίου για τις περισσότερες από τις ευρωπαϊκές χώρες μέλη οδήγησε στη σημαντική αύξηση των εισαγωγών της ΕΕ από τη Μέση Ανατολή και τη Ρωσία (σχήμα 7). Ένας άλλος παράγοντας που έχει συμβάλει στην αύξηση της μέσης μεταβλητότητας πετρελαίου της ΕΕ ήταν η πρόσφατη διεύρυνση της ΕΕ. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση πετρελαίου της ανατολικο-ευρωπαϊκής ομάδας που προσαρτήθηκε στην ΕΕ το 2004, βύθισε -με την πτώση της Σοβιετικής Ένωσης- και την εισαγωγή των τιμών αγοράς για τα καύσιμα. Το 2005 η κατά κεφαλήν κατανάλωση πετρελαίου τους, συγκεκριμένα 5.2 βαρέλια το χρόνο, ήταν μικρότερη από το μέσο όρο της ΕΕ.

Με έναν πληθυσμό σχεδόν 68 εκατομμυρίων και τη φιλοδοξία να επιτευχθεί το δυτικο-ευρωπαϊκό βιοτικό επίπεδο, αυτή η ομάδα χωρών αντιπροσωπεύει μια ισχυρή κινητήρια δύναμη για τη ζήτηση πετρελαίου της ΕΕ και επομένως έχει συμβάλει μερικώς στην αύξηση της μέσης μεταβλητότητας πετρελαίου της ΕΕ. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι η κατανάλωση της ανατολικής Ευρώπης ανά άτομο αναμένεται να φθάσει σε 10 βαρέλια το χρόνο, κάτι που θα πρόσθετε συνολικά 365 εκατομμύρια βαρέλια το χρόνο στη συνολική κατανάλωση πετρελαίου της ΕΕ και επομένως θα αύξανε σημαντικά τις εισαγωγές πετρελαίου της ΕΕ και επομένως και το δείκτη μεταβλητότητας.

Αυτό που είναι ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι η μεταβλητότητα της ΕΕ στο πετρέλαιο δεν αυξήθηκε όπως προσδοκώταν. Το γεγονός ότι οι περισσότερες χώρες μείωσαν το

μερίδιο του πετρελαίου στο ενεργειακό μίγμα τους και χρησιμοποίησαν περαιτέρω τις τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας και την πυρηνική ενέργεια έχει επηρεάσει θετικά στην χαλιναγωγήση έως ενός σημείου της μεταβλητότητας πετρελαίου των μεμονωμένων χωρών αλλά και συνολικά στο επίπεδο της ΕΕ.

Σχήμα 7: η εισαγωγές πετρελαίου ανά περιοχή της ΕΕ

Πηγή EC αγορά ενέργειας (αστεροσκοπείου)- Source EC energy market observatory

Η Ευρώπη των 27: προβλεπόμενη μεταβλητότητα

Οποιαδήποτε προσπάθεια να προβλεφθεί η μέση μελλοντική εξάρτηση πετρελαίου για τις 27 χώρες μέλη της ΕΕ, πρέπει να συνδεθεί με τους παράγοντες όπως η οικονομική ανάπτυξη και η μελλοντική παραγωγή πετρελαίου της ΕΕ. Για τους σκοπούς της ανάλυσής μας, έχουν χρησιμοποιηθεί για την Οικονομική Ανάπτυξη περιπτώσεις προβλέψεων που έγιναν από την International Energy Outlook, (2008). Δύο πιθανά σενάρια προβλέπονται: Η προβολή της περίπτωσης της χαμηλής οικονομικής ανάπτυξης και προβολή της περίπτωσης της υψηλής οικονομικής ανάπτυξης, οι οποίες έχουν γίνει μέχρι το έτος 2030. Και το υψηλό και το χαμηλό σενάριο οικονομικής ανάπτυξης θα εξετασθούν σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας της Ευρώπης και το ΑΕΠ που εκφράζονται στην ισοτιμία αγοραστικής δύναμης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσής μας παρουσιάζονται στο σχήμα.

Σχήμα: πρόβλεψη μεταβλητότητας για την ΕΕ των 27

Εξετάζοντας το σενάριο προβολής περίπτωσης χαμηλών τιμών του πετρελαίου, μπορεί να παρατηρηθεί ότι η μέση μεταβλητότητα της ΕΕ μειώνεται από 0.53 που ήταν το 2005 σε 0.50 το 2030. Σε αυτό το σενάριο το πετρέλαιο παραμένει διαθέσιμο σε λογική τιμή για το εγγύς μέλλον και εμφανίζεται μια αυξανόμενη συνειδητοποίηση τόσο της αλλαγής κλίματος όσο και της εισαγωγής περισσότερων ανανεώσιμων ενεργειών.

Κατά συνέπεια, η παρουσία πετρελαίου στο ενεργειακό μίγμα της ΕΕ 27 μειώνεται. Η μειωμένη εξάρτηση από το πετρέλαιο θα οδηγήσει σε χαμηλότερη ζήτηση αυτού, για όλες τις χώρες μέλη της ΕΕ. Αυτή η μειωμένη ζήτηση μπορεί να αντισταθμιστεί από τη αυξανόμενη ζήτηση στην ανατολική Ευρώπη και τις μεσογειακές χώρες (Πορτογαλία, Ισπανία και Ελλάδα). Αυτές οι τάσεις επισημαίνουν μια αύξηση ζήτησης το χρόνο κατά 0.5% και αυτό είναι η αύξηση της ζήτησης που χρησιμοποιείται, στο πρότυπο εισαγωγών πετρελαίου της ΕΕ. Αφ' ετέρου, για το δεύτερο σενάριο η μεταβλητότητα πετρελαίου για τις 27 χώρες μέλη της ΕΕ αυξάνεται από 0.54 το 2005 σε 0.67 το 2030.

Ο ανταγωνισμός για το πετρέλαιο οδηγεί σε υψηλότερες τιμές ενέργειας και παράλληλα σε πτώσεις παραγωγής πετρελαίου της Ευρώπης. Και αυτό με τη συνέχεια οδηγεί (α) σε μια αύξηση εισαγωγών πετρελαίου από τη Ρωσία και τη Μέση Ανατολή, και (β) σε ένα υψηλότερο κόστος του πετρελαίου στο εθνικό εισόδημα.

Ομαδοποίηση

Η χρησιμοποίηση του Κ σημαίνει τη λειτουργία XLSTAT που οι χώρες δειγμάτων οργανώθηκαν σε τρεις ομάδες σχετικά με το δείκτη ευπάθειας πετρελαίου. Ο πίνακας 3 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ομαδοποιημένης ανάλυσης Κ. Η ομάδα 1 περιέχει χώρες που είναι περισσότερο τρωτές στο πετρέλαιο, οι ομάδες 2 και 3 περιέχουν χώρες οι οποίες παρουσιάζουν μια μέση μεταβλητότητα στο πετρέλαιο και τέλος η ομάδα 4 περιέχει χώρες με τη μικρότερη μεταβλητότητα.

Class	1	2	3	4	5
Objects	10	5	1	5	5

Sum of weights	10	5	1	5	5
Within-class variance	0.000	0.002	0.00 0	0.001	0.001
Minimum distance to centroid	0.005	0.006	0.00 0	0.011	0.004
Average distance to centroid	0.017	0.029	0.00 0	0.022	0.020
Maximum distance to centroid	0.036	0.064	0.00 0	0.032	0.040
	Belgium	Bulgaria	Cyprus	Czech Republic	Denmark
	Germany	Greece		Estonia	Finland
	Hungary	Ireland		Italy	France
	Latvia	Luxembourg		Portugal	Sweden
	Lithuania	Malta		Romania	United Kingdom
	Netherlands				
	Poland				
	Slovakia				
	Slovenia				
	Spain				

Πίνακας 3 ομαδοποιημένη ανάλυση του δείκτη του πετρελαίου

4.10. Δείκτης μεταβλητότητας του φυσικού αερίου(NATURAL VULNERABILITY INDEX - NGVI)

Σε παρόμοια συμπεράσματα διατηρούνται από τα αποτελέσματα του δείκτη. Η Βουλγαρία είναι η περισσότερο τρωτή χώρα σε σχέση με το φυσικό αέριο και η Σουηδία είναι και πάλι η λιγότερο εύαλωτη χώρα σε σχέση με το φυσικό αέριο. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι η Κύπρος δεν εμπεριέχεται στο δείκτη μεταβλητότητας του φυσικού αερίου (Natural Gas Vulnerability Index- NGVI), καθώς το φυσικό αέριο δεν αποτελεί μέρος της σύνθεσης των ενεργειακών πηγών της.

Οι λιγότερο τρωτές χώρες στο φυσικό αέριο είναι οι Σκανδιναβικές χώρες: η Δανία, η Φινλανδία, η Σουηδία μία γειτονική χώρα το Ηνωμένο Βασίλειο και μία κεντρική Ευρωπαϊκή χώρα η Γαλλία. Όλες αυτές οι χώρες εκτός από την Γαλλία είναι στην ίδια γεωγραφική περιοχή. Η Φινλανδία και η Σουηδία εισάγουν φυσικό αέριο το οποίο φθάνει κατά βάση 100% από τη Ρωσική Ομοσπονδία και τη Δανία αντίστοιχα. Το Ηνωμένο Βασίλειο εισάγει φυσικό αέριο κυρίως από τη Νορβηγία, ενώ η Γαλλία εισάγει από τη Ρωσική Ομοσπονδία και τη Νορβηγία. Ένας λόγος ο οποίος εξηγεί τη χαμηλή μεταβλητότητα, την οποία οι επικείμενες χώρες παρουσιάζουν στο φυσικό αέριο είναι το

καλά κατανοημένο ενεργειακό μίγμα, καθώς και η χρήση της πυρηνικής αλλά και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Από την άλλη μεριά η Βουλγαρία, η Ελλάδα, η Ιρλανδία και το Λουξεμβούργο είναι οι περισσότερο ευάλωτες χώρες στο φυσικό αέριο. Μία εξήγηση είναι η καθαρά διαφοροποιημένη σύνθεση ενεργειακών πηγών που οι εν λόγω χώρες έχουν και το γεγονός ότι η εγχώρια παραγωγή τους σε φυσικό αέριο είναι πολύ χαμηλή ή δεν υπάρχει. Τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από το N.G.V.I. είναι σε σύγκλιση με τα αποτελέσματα που μας παρέχει ο O.V.I. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι για τη σύνθεση των δύο δεικτών χρησιμοποιήσαμε τους ίδιους δείκτες και επομένως οι έννοιες της ασφάλειας του ανεφοδιασμού που εξετάστηκαν είναι ίδιες.

Διάγραμμα 3 natural gas vulnerability index

Σύμφωνα με την ομαδοποίηση της μεταβλητότητας του πετρελαίου, οι χώρες από τις οποίες αποτελείται το προς μελέτη δείγμα, είναι ταξινομημένο σε τέσσερις ομάδες σχετικά με τη μεταβλητότά τους στο φυσικό αέριο. Η ομάδα 1 περιέχει χώρες που είναι περισσότερο ευάλωτες στο φυσικό αέριο, οι ομάδες 2 και 3 περιέχουν με τη σειρά τους χώρες οι οποίες παρουσιάζουν μία μέση μεταβλητότητα στο φυσικό αέριο και τέλος στην ομάδα 4 περιέχονται οι χώρες εκείνες με το χαμηλότερο δείκτη μεταβλητότητας στο φυσικό αέριο.

Class	1	2	3	4	5
Objects	4	6	4	6	5
Sum of weights	4	6	4	6	5
Within-class variance	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Minimum distance to centroid	0.002	0.000	0.001	0.011	0.000
Average distance to centroid	0.009	0.017	0.015	0.024	0.008
Maximum distance to centroid	0.017	0.030	0.029	0.043	0.019
	Austria	Belgium	Bulgaria	Czech Republic	Latvia
	Finland	Denmark	Greece	Estonia	Lithuania
	France	Germany	Ireland	Hungary	Poland
	Sweden	Italy	Luxembourg	Portugal	Romania
		Netherlands		Slovakia	Slovenia
		United Kingdom		Spain	

Πίνακας 4 : ομαδοποιημένη ανάλυση του δείκτη φυσικού αερίου

4.11. Συμπεράσματα

Η εισαγωγή συμβάλλει όλο και περισσότερο στην ενεργειακή κατανάλωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σύμφωνα με επίσημες αναφορές, μέχρι το έτος 2030 σχεδόν το 70% των ενεργειακών αναγκών της Ευρώπης θα καλύπτονται από πρωτογενής (και όχι ανανεώσιμες) πηγές οι οποίες θα προέρχονται από αλλοδαπές χώρες-περιοχές, μερικές από τις οποίες είναι πολύ απομακρυσμένες και γεωπολιτικά ασταθείς. Ένα σχετικό ζήτημα περιλαμβάνει την αξιοπιστία των υποδομών (για την εξαγωγή, την αρχική επεξεργασία και τη μεταφορά στην ΕΕ), καθώς και τα πιθανά ατυχήματα και τις τρομοκρατικές επιθέσεις.

Επομένως η μελλοντική εξάρτηση από τους ξένους προμηθευτές προσκρούει άμεσα στην ευρωπαϊκή ασφάλεια του ανεφοδιασμού και έμμεσα σε δύο ακόμη κύριους στόχους της ενεργειακής πολιτικής της Ευρώπης: την οικονομική ανάπτυξη και την εξομάλυνση της αλλαγής του κλίματος. Ο πολυδιάστατος χαρακτήρας της μεταβλητότητας των χωρών προς τις πρωτογενείς πηγές εφοδιασμού ενέργειας, έχει διαφανεί σαφώς μέσω της αναθεώρησης της σχετικής λογοτεχνίας και έδωσε το σύνθημα για την ανάγκη ενσωμάτωσης των διαφόρων μετρήσιμων δεικτών σε κατάλληλα αναπτυγμένους συνθετικούς δείκτες. Εν προκειμένω, η χρησιμοποίηση της μεθόδου της PCA, έχει αποδειχθεί ένα πολύτιμο εργαλείο για την ενσωμάτωση έξι μετρήσιμων δεικτών στους κατάλληλα αναπτυγμένους σύνθετους δείκτες O.V.I. και N.G.V.I..

Η χρήση της μεθόδου PCA, μιας μεθόδου στατιστικής προσέγγισης πολλών μεταβλητών έγινε για το μετασχηματισμό των συσχετισμένων δεικτών στους δείκτες μεταβλητότητας πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Η συγκριτική ανάλυση των υπολογισμένων δεικτών έχει παράσχει τις χρήσιμες ιδέες σχετικά με την μεταβλητότητα που οι 27 ευρωπαϊκές χώρες μέλη παρουσιάζουν στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Παρόλο τα χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία αντλήθηκαν από την επικείμενη εφαρμογή των δύο σύνθετων αυτών δεικτών, η ανάλυση που εκτελέστηκε ήταν στατική όπως και οι εν λόγω δείκτες που συνθέθηκαν το προς μελέτη έτος 2006.

Συγκεκριμένα για τη περίπτωση του πετρελαίου έχουμε να επισημάνουμε πως η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε μας δυναμιτίζει με ένα πλήθος χρήσιμων ιδεών σχετικά με την μεταβλητότητα των 27 χωρών μελών της ΕΕ που παρουσιάζουν στο πετρέλαιο για τη χρονική περίοδο 1995 έως το 2007.

Η συγκριτική ανάλυση των 27 χωρών μέλη της ΕΕ της μεταβλητότητας στο πετρέλαιο, έχει εικονογραφήσει τις διαφορές μεταξύ των χωρών καθώς και τα θετικά αποτελέσματα ενός καλά διαφοροποιημένου ενεργειακού μίγματος. Οι βαθμιαίες αλλαγές είναι ενδεικτικές της αδράνειας των ενεργειακών συστημάτων και της δυσκολίας που αντιμετωπίζεται στην αλλαγή ενεργειακών τάσεων/σχεδίων κατανάλωσης. Το γεγονός

ότι οι εισαγωγές συμβάλλουν όλο και περισσότερο στην κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ και σύμφωνα με τις συνήθως αποδεκτές ενεργειακές προβλέψεις (EC,IEA, κ.λπ.), το 2030 περίπου 70% των ευρωπαϊκών ενεργειακών αναγκών θα καλυφθούν από τις πρωτογενείς (και μη ανανεώσιμες) πηγές που προέρχονται από τις ξένες περιοχές, μερικές από τις οποίες περιοχές είναι πολύ μακρινές και γεωπολιτικά ασταθείς, πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στη διατύπωση της ενεργειακής στρατηγικής της ΕΕ. Εξίσου σημαντικά ζητήματα προς μελέτη είναι τόσο η αξιοπιστία των υποδομών (για την εξαγωγή, την αρχική επεξεργασία και τη μεταφορά στην ΕΕ), όσο και τα πιθανά ατυχήματα και οι τρομοκρατικές επιθέσεις. Επομένως η μελλοντική εξάρτηση από τους ξένους προμηθευτές, επηρεάζει άμεσα την ασφάλεια του εφοδιασμού με πετρέλαιο (της ΕΕ) και έμμεσα τους άλλους δύο κύριους στόχους της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ, την οικονομική ανάπτυξη και τον μετριασμό-άμβλυνση της αλλαγής του κλίματος.

Είναι λοιπόν στα χέρια των δημιουργών να συνθέσουν και να αναπτύξουν δείκτες που θα λειτουργούν σε ένα πιο δυναμικό περιβάλλον και θα ενσωματώσουν περισσότερους δείκτες συλλαμβάνοντας κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, όλες τις ουσίες της μεταβλητότητας και της ασφάλειας του ανεφοδιασμού.

Αναγνωρίσεις

Αυτό το έγγραφο βασίστηκε στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε μέσα στο «REACCESS: Κίνδυνος ενεργειακής διαθεσιμότητας - κοινοί διάδρομοι για ένα πρόγραμμα ασφάλειας ανεφοδιασμού της Ευρώπης» FP7, που χρηματοδοτείται από την EC (EC-Γενική Διεύθυνση έρευνα FP7). Οι συντάκτες θα επιθυμούσαν να αναγνωρίσουν την υποστήριξη από την EC. Το περιεχόμενο του εγγράφου είναι προς ευθύνη των συντακτών του και όχι απαραίτητα να απεικονίσει απόψεις της EC.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

EC. (2001a). Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply. European Communities.

IAEA (International Atomic Energy Agency). (2005). Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and methodologies. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Vienna. Details available at http://www-ub.iaea.org/MTC/publications/PDF/Pub1222_web.pdf, last accessed on 20 October 2007.

IEM (International Energy Markets). (2005). Security of energy supply: comparing scenarios from a European perspective. Social Science Research Network Electronic Paper Collection. Details available <http://ssrn.com/abstract=758225S>, last accessed on 10 October 2007.

International Country risk guide. (2004–05). <http://www.prsgroup.com/FreeSamplePage.aspx>.

http://www.ee.teihal.gr/labs/techno/private/uploads/VB_part_1.pdf

<http://crsouza.blogspot.com/2009/09/principal-component-analysis-in-c.html>

(το παραπάνω site χρησιμοποιήθηκε για τις παρεχόμενες βιβλιοθήκες σχετικά με την Pca)

CH. V. ROUPAS (MSc), A. FLAMOS (PhD) and J. PSARRAS (PhD)
Management & Decision Support Systems Lab (EPU-NTUA), School of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, 9, Iroon Polytechniou str., 15780, Athens, Greece

British Petroleum (BP). (2006) Statistical Review.
Chevalier, Jean-Marie. “Security of energy supply for the European Union.” *International Journal of European Sustainable Energy Market* (2005).

Costantini, Valeria. Gracceva, Francesco. Markandya, Anil . Vicini, Giorgio. “Security of energy supply. Comparing scenarios from European perspective.” *Energy Policy* 35, (2007): 220–226.

Doukas, Harris, Flamos, Alexandros, Psarras, John, "Risks on Security of Oil & Gas Supply", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, Taylor & Francis, ISSN: (2008):1556-7257, in print.

El-Genk, Mohamed S., "On the introduction of nuclear power in Middle East countries: Promise, strategies, vision and challenges" *Energy Conversion and Management* 49 (2008): 2618–2628.

EU Energy Policy Data Commission Staff Working, Document Brussels, 10.10.2007 SEC(2007): 12.

Gnansounou, Edgard. "Assessing the energy vulnerability: Case of industrialised countries." *Energy Policy*, Volume 36 (10): (2008): 3734-3744.

Gupta, Eshita. "Oil vulnerability index of oil-importing countries." *Energy Policy* 36 (2008):1195–1211.

Gupta, Eshita. (2007). "Assessing the relative geopolitical risk of oil importing countries." Working paper.

Grubba, Michael, Butlerb, Lucy, Twomey, Paul. "Diversity and security in UK electricity generation: The influence of low-carbon objectives." *Energy Policy*, Volume 34(10) (2006): 4050-4062.

IEA (International Energy Agency). (2006a). *Energy Balances of Non- OECD Countries 2006*. IEA, Paris.

IEA (International Energy Agency). (2006b). *Energy Balances of OECD Countries 2006*.

IEA (International Energy Agency). (2006c). *World Energy Outlook 2006*. IEA, Paris.

Jansen, J. C., Van Arkel, W.G., Boot, M.G. "Designing indicators of long term energy supply security". *ECN-C-04-007* (2004)

Percebois, Jacques. "Energy vulnerability and its management." *International Journal of Energy Sector Management*. Vol. 1(1), (2007): 51-62.

Schaepers, Martin, Seebregts, Ad. De Jong, Jacques. Maters, Hans. "EU Standards for Energy Security of Supply." *ECN-E-07-004/CIEP*. (2007).

World Energy Council. (2008). *Europes vulnerability to energy crisis: Executive summary*.

<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/contents.html>

http://ec.europa.eu/energy/observatory/oil/import_export_en.htm

[EU energy and transport in figures: Statistical pocketbook 2007/2008](#)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

http://www.editgrid.com/user/graphoilogy/Oil_Production