

**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ
ΣΤΗΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΣΤΗΜΙΚΗ ΓΕΩΠΟΛΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Ιωάννης Θ. Μάζης

Άγης-Γεώργιος Δήγκας

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη: Στο ανά χείρας κείμενο, κατατίθεται μια συγκροτημένη πρόταση Ολοκληρωμένης Μεθοδολογίας Κατασκευής Σύνθετων Δεικτών με σκοπό την χρήση τους κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Σύγχρονης Συστημικής Γεωπολιτικής Αναλύσεως, όπως αυτή προτάθηκε από τον Ι. Θ. Μάζη. Κατατίθενται συστηματικά τα Στάδια Κατασκευής Σύνθετων δεικτών, τα ζητήματα αναπτύξεως του αντιστοίχου θεωρητικού πλαισίου για την επιλογή τους, τα θέματα κανονικοποιήσεως των Δεικτών με τρεις διαφορετικούς τρόπους, όπως και ζητήματα μεθόδων Σταθμίσεως και Συνθέσεως αυτών με τέσσερις διαφορετικές προσεγγίσεις. Επίσης αξιολογείται εν συντομία το ζήτημα της οπτικοποιήσεως των αποτελεσμάτων.

Λέξεις-κλειδιά: Συστημική Γεωπολιτική Ανάλυση, Ιωάννης Θ. Μάζης, Σύνθετοι Δείκτες, Στάθμιση και Συνθεση των Δεικτών

Σημείωση: Το παρόν κείμενο αποτελεί προδημοσίευση στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής του δεύτερου συγγραφέως με τίτλο: «Μαθηματική προτυποποίηση της θεωρητικής προσεγγίσεως της Σύγχρονης Συστημικής Γεωπολιτικής Αναλύσεως κατά τον Ι.Θ. Μάζη»

Εισαγωγή

Ορισμός: Δείκτης είναι ένα ποσοτικό ή ποιοτικό μέτρο που προέρχεται από μια σειρά παρατηρούμενων γεγονότων, για ένα συγκεκριμένο μέγεθος. Πιο συγκεκριμένα στην Συστημική Γεωπολιτική Ανάλυση (κατά τον Ι. Θ. Μάζη), οι δείκτες αποτελούν εκείνο το αριθμητικό στοιχείο που δείχνει την ανακατανομή ισχύος στο γεωπολιτικό σύστημα/σύμπλοκο. Όταν αξιολογείται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ένας δείκτης μπορεί να επισημάνει την κατεύθυνση αλλαγής μεταξύ διαφορετικών μονάδων, με το χρόνο.

Οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες περιγραφής και ανάλυσης του σύνθετου κόσμου, στον οποίο ζούμε, οδήγησαν στην ανάγκη βαθύτερης ανάλυσης και εξόρυξης γνώσης, με την χρήση σύνθετων μαθηματικών μεθόδων. Συνέπεια της διαδικασίας αυτής, είναι η δημιουργία «Σύνθετων Δεικτών», οι οποίοι ενσωματώνουν σε ένα μέγεθος, δύο ή και παραπάνω επιμέρους δείκτες.

Ο αριθμός των σύνθετων δεικτών που κατασκευάζονται κάθε χρόνο ανά τον κόσμο αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, ενώ στην πλειονότητα του παρέχουν ολοένα και περισσότερες πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση πολύπλοκων ζητημάτων σε τομείς υψηλού ενδιαφέροντος, όπως π.χ. η οικονομία, η κοινωνία, η εθνική ασφάλεια ή η τεχνολογική ανάπτυξη.²

Παρά το γεγονός ότι παρατηρείται μια κριτική στάση απέναντι στην χρήση σύνθετων δεικτών από ένα μέρος της ακαδημαϊκής κοινότητας, καθώς υποστηρίζεται ότι τα παραγόμενα αποτελέσματα μπορεί να είναι παραπλανητικά και εύκολα χειραγωγήσιμα³, η χρήση τους στις σύγχρονες μεθοδολογίες ανάλυσης αυξάνεται συνεχώς.

Είναι χαρακτηριστική η άποψη του καθηγητή του Κέντρου Μελέτης Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου του Bergen, Andrea Saltelli ότι: «οι σύνθετοι δείκτες μοιάζουν πολύ με τα μαθηματικά μοντέλα. Η κατασκευή τους επαφίεται περισσότερο στην δεξιότητα του αναλυτή που έστησε το μοντέλο, παρά στους παγκοσμίως αποδεκτούς επιστημονικούς κανόνες για την μοντελοποίηση. Η χρησιμότητα ενός σύνθετου δείκτη συνδέεται περισσότερο με την καταλληλότητά του ως προς τον επιδιωκόμενο σκοπό και την αποδοχή του από την ακαδημαϊκή/οικονομική κοινότητα».⁴

Βασικότερο πλεονέκτημα τους είναι ότι μπορούν να βοηθήσουν στον καθορισμό προτεραιοτήτων πολιτικής, στη συγκριτική αξιολόγηση και στην παρακολούθηση των σύνθετων επιδόσεων σε συνάρτηση με τον χρόνο. Ένας σύνθετος δείκτης σχηματίζεται όταν μεμονωμένοι δείκτες συγκεντρώνονται σε έναν ενιαίο, βάσει ενός μαθηματικού μοντέλου. Ο σύνθετος δείκτης θα πρέπει ιδανικά να μετρά πολυδιάστατες έννοιες οι οποίες δεν μπορούν να ληφθούν από έναν και μόνο δείκτη, όπως η ανταγωνιστικότητα, η εκβιομηχάνιση, η βιωσιμότητα, η ολοκλήρωση της ενιαίας αγοράς, η κοινωνία της γνώσης κλπ.

Τα κύρια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την χρήση σύνθετων δεικτών σύμφωνα με το εγχειρίδιο για την κατασκευή σύνθετων δεικτών του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

2. OECD & European Commission, "Handbook on Constructing Composite Indicators", 2008, σ. 13.

3. Stiglitz J., "GDP Fetishism", The Economist's Voice, September, 2009.

4. Saltelli A., Munda G., Nardo M., "From Complexity to Multidimensionality: the Role of Composite Indicators for Advocacy of EU Reform", Tijdschrift voor Economie en Management, 2006, σ. 226.

Πίνακας 1: Υπέρ και κατά σύνθετων δεικτών
(OECD & European Commission, Handbook
on Constructing Composite Indicators, 2008)

Υπέρ	Κατά
• Συνοψίζουν περίπλοκα και πολυδιάστατα προβλήματα με σκοπό την υποστήριξη λήψης αποφάσεων • Είναι πιο εύκολο να ερμηνευτούν σε σχέση με μια πληθώρα διαφορετικών ασύνδετων δεικτών • Διευκολύνουν την αξιολόγηση της προόδου σε σχέση με την πάροδο του χρόνου • Μειώνουν τον όγκο των προς διαχείριση πληροφοριών • Επιτρέπουν την διαχείριση μεγαλύτερου όγκου πληροφοριών • Δίνουν εικόνα για την ευρύτερη επίδοση ενός συνόλου και όχι αποσπασματική πληροφόρηση • Αποτελούν εύκολη και κατανοητή μορφή πληροφόρησης για το ευρύ κοινό • Επιτρέπουν στους αναλυτές να συγκρίνουν πολύπλοκες διαστάσεις και ζητήματα	• Αν δεν κατασκευαστούν σωστά, μπορεί να δώσουν παραπλανητικά μηνύματα σχετικά με την τελική απόδοση τους • Αν η σύνθεση δεν είναι η κατάλληλη, μπορεί να δώσουν απλουστευτικά συμπεράσματα • Υπάρχει πάντα η περίπτωση σύνθεσης δεικτών, με σκοπό την επιτήδευση των αποτελεσμάτων υπέρ ενός συμπεράσματος ή μιας πολιτικής • Η επιλογή των δεικτών και των βαρών τους (σταθμοδεικτών) μπορεί να αποτελέσουν αντικείμενο διαφωνίας (ως αποτέλεσμα υποκειμενικής επιλογής και καθορισμού από πλευράς των ερευνητών).

Σχετικά με το αν οι σύνθετοι δείκτες τελικά, μπορούν να συνεισφέρουν πραγματικά στην κατανόηση πολύπλοκων και πολυδιάστατων προβλημάτων, στην διεθνή κοινότητα υπάρχουν δύο βασικές σχολές. Μία υπέρ και μία κατά του συνδυασμού δεικτών.

Η πρώτη σχολή πιστεύει ότι μια τέτοια μαθηματική σύνοψη των δεικτών μπορεί πραγματικά να αποτυπώσει σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό την πραγματικότητα και να δώσει «εύπεπτα» αποτελέσματα για τις ευρείες λαϊκές μάζες και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, τα οποία θα αποτελέσουν εργαλεία χρήσιμα για την επεξήγηση των πολιτικών αποφάσεων που λαμβάνουν όσοι βρίσκονται στα κέντρα λήψης τους.

Η δεύτερη σχολή υποστηρίζει ότι η «αυθαίρετη» φύση της διαδικασίας επιλο-

γής και στάθμισης δεικτών, μέσω της γνώσης εμπειρίας του αναλυτή, δίνει εντελώς υποκειμενικά αποτελέσματα, τα οποία μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να επαληθεύονται, αλλά δεν αποτελούν τον κανόνα.⁵

Επιπρόσθετα σε όλα τα παραπάνω θα πρέπει να αναφερθεί ότι ακόμα και η καλύτερη μαθηματική μοντελοποίηση δεν μπορεί να διασφαλίσει ότι η τελική απόδοση ενός σύνθετου δείκτη θα είναι η βέλτιστη. Δύο ακόμη πολύ σημαντικοί παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στο τελικό αποτέλεσμα είναι i) το θεωρητικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα χτιστεί ο σύνθετος δείκτης, καθώς και ii) η ποιότητα των παρεχόμενων δεδομένων.⁶

Στάδια Κατασκευής Σύνθετων Δεικτών

Σε ότι έχει να κάνει με τις μεθοδολογίες κατασκευής σύνθετων δεικτών, στην διεθνή βιβλιογραφία έχουν γραφτεί πολλά και γράφονται συνεχώς περισσότερα τα τελευταία χρόνια. Καθώς οι ανάγκες για έγκαιρη και ασφαλή πληροφόρηση, αυξάνονται συνεχώς στις σύγχρονες κοινωνίες τις οποίες ζούμε, τόσο εξαιρέτοι ακαδημαϊκοί, όσο και εξειδικευμένοι οργανισμοί προσπαθούν να αναπτύξουν αποδοτικότερες μεθοδολογίες για την αποτύπωση και επίλυση των σύγχρονων προβλημάτων.

Ο Οργανισμός Οικονομικής Έρευνας και Ανάπτυξης (OECD) στην προσπάθεια του να βάλει μια τάξη στον τρόπο με τον οποίο ο κάθε οργανισμός δομεί και παρουσιάζει τα αποτελέσματα των ερευνών του, εξέδωσε ένα εγχειρίδιο αναφερόμενο στην κατασκευή σύνθετων δεικτών, ώστε να αποτελέσει μια κοινή βάση συζήτησης και έναν οδηγό προς κάθε συμμετέχοντα στον κλάδο επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων.

Για την χρήση τους στην εφαρμογή της μεθοδολογίας της Σύγχρονης Συστημικής Γεωπολιτικής Ανάλυσης μπορούμε να προτείνουμε, βάσει του παραπάνω εγχειριδίου, η κατασκευή ενός σύνθετου δείκτη μέσω μιας διαδικασίας αποτελούμενης από έξι (6) διακριτά στάδια, κάθε ένα από τα οποία επεξηγούν και καθοδηγούν τον αναλυτή προς μια βέλτιστη διαδικασία επιλογής, επεξεργασίας και σύνθεσης των δεδομένων. Ονομαστικά, τα στάδια είναι τα παρακάτω:⁷

1. Ανάπτυξη θεωρητικού πλαισίου
2. Επιλογή δεδομένων

5. Sharpe A. (2004), "Literature Review of Frameworks for Macro-indicators", Centre for the Study of Living Standards, Ottawa, CAN.

6. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., "Tools for Composite Indicators Building", European Commission, Institute for the Protection and Security of the Citizen Econometrics and Statistical Support to Antifraud Unit, Italy, σ. 7.

7. OECD & European Commission, "Handbook on Constructing Composite Indicators", 2008, σ. 20.

3. Διόρθωση/Προσθήκη δεδομένων
4. Κανονικοποίηση
5. Στάθμιση και σύνθεση
6. Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται αναλυτικότερα η σημασία του κάθε σταδίου, καθώς και η χρησιμότητα/συνεισφορά τους στην ολοκλήρωση της κατασκευής ενός σύνθετου δείκτη.

Πίνακας 2: Στάδια Κατασκευής Συνθετών Δεικτών
(OECD & European Commission, Handbook
on Constructing Composite Indicators, 2008)

Στάδιο	Χρησιμότητα / Συνεισφορά
1. Ανάπτυξη θεωρητικού πλαισίου <i>Παρέχει τη θεωρητική βάση για την επιλογή και τον συνδυασμό των επιμέρους δεικτών σε έναν ενιαίο σύνθετο δείκτη σύμφωνα με τις αρχές που θα θέσει ο αναλυτής βάσει της πραγματολογίας και της εμπειρίας του</i>	• Για να υπάρξει σαφής κατανόηση και ορισμός του πολυδιάστατου φαινομένου που πρόκειται να μετρηθεί • Για να ορισθούν σαφώς οι διάφορες παράμετροι οι οποίες περιγράφουν το φαινόμενο • Για να ορισθούν τα κριτήρια επιλογής των επιμέρους δεικτών
2. Επιλογή δεικτών <i>Θα πρέπει να βασίζεται στην συνάφεια των δεικτών με το προς μέτρηση φαινόμενο και τη μεταξύ τους σχέση</i>	• Για να ελεγχθεί η ποιότητα των προς ανάλυση δεδομένων • Για να αναλυθούν οι δυνατότητες και οι αδυναμίες ενός έκαστου δείκτη συμμετέχοντος στην διαδικασία κατασκευής • Για να αποφευχθεί τυχόν επικάλυψη δεδομένων
3. Διόρθωση/Προσθήκη δεδομένων <i>Είναι ένα απαραίτητο ως προς την παροχή ενός ολοκληρωμένου συνόλου δεδομένων, ώστε να διευκολυνθεί η ανάλυση των δεδομένων</i>	• Για να υπολογιστούν οι τιμές που λείπουν ή δεν παρέχονται από την πηγή πληροφόρησης για οποιονδήποτε λόγο, κατά προσέγγιση • Για να υπολογιστεί ένα τελικό μέτρο αξιοπιστίας, έτσι ώστε να εκτιμηθεί αν ο αντίκτυπος της διόρθωσης (προσθήκης) δεδομένων είναι στατιστικά σημαντικός, από στατιστικής απόψεως, επί των αποτελεσμάτων του σύνθετου δείκτη

Στάδιο	Χρησιμότητα / Συνεισφορά
4. Κανονικοποίηση <i>Κατά το στάδιο αυτό, τα προς ανάλυση δεδομένα καθίστανται συγκρίσιμα μεταξύ τους άρα και επεξεργάσιμα μέσω ενός ενιαίου μαθηματικού μοντέλου</i>	• Για να επιλεγούν κατάλληλες διαδικασίες κανονικοποίησης που να έρχονται σε συμφωνία τόσο με το θεωρητικό πλαίσιο όσο και με τα ιδιαίτερα ενδογενή χαρακτηριστικά των προς ανάλυση δεδομένων • Για να διαφανεί η ύπαρξη ακραίων τιμών (outliers) στο σύνολο των δεδομένων καθώς μπορεί να αποκλίνουν σημαντικά τα αποτελέσματα του σύνθετου δείκτη • Για να γίνουν προσαρμογές κλίμακας στο σύνολο των δεδομένων, αν κριθεί απαραίτητο
5. Στάθμιση και σύνθεση <i>Είναι απαραίτητο να γίνουν σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο, καθώς και την γνώση της πραγματολογίας και της εμπειρίας του εκάστοτε αναλυτή</i>	• Για την επιλογή κατάλληλης διαδικασίας κατανομής βαρών (στάθμισης) στους επιμέρους δείκτες και σύνθεσης τους σε έναν ενιαίο δείκτη, τηρουμένων τούτων του θεωρητικού πλαισίου, όσον και των ιδιαίτερων ενδογενών χαρακτηριστικών των δεικτών • Για να ληφθούν υπόψη τυχόν θέματα συσχέτισμού ή αντιστάθμισης μεταξύ των δεικτών
6. Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων <i>Θα πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή στον τρόπο με τον οποίο θα αναπαρισταθούν τα δεδομένα, καθώς μπορεί να επηρεάσουν (υπέρ ή κατά) μια ερμηνεία</i>	• Για να προσδιοριστεί ένα αποδοτικό σύνολο εργαλείων παρουσίασης, προσαρμοσμένο στο κοινό για το οποίο προορίζονται τα αποτελέσματα • Για να συμπεριληφθεί αποδοτικά το μεγαλύτερο δυνατό εύρος πληροφοριών • Για να είναι η παρουσίαση ενός σύνθετου δείκτη σαφής και ακριβής

1. Ανάπτυξη θεωρητικού πλαισίου

Στην αρχή κάθε διαδικασίας που αποσκοπεί στην κατασκευή ενός σύνθετου δείκτη θα πρέπει να τίθεται το θεωρητικό πλαίσιο επί του οποίου θα βασιστεί η διαχείριση των δεδομένων και η μαθηματική μοντελοποίηση. Το πλαίσιο και οι παράμετροί του θα πρέπει να αποτυπώνονται σαφώς και με τρόπο τέτοιο, που θα αναδεικνύει την σημασία κατασκευής του εκάστοτε σύνθετου δείκτη.⁸

Αρχικά, θα πρέπει να ορίσουμε τις έννοιες του απλού και σύνθετου δείκτη.

Δείκτης: είναι ένα ποσοτικό ή ποιοτικό μέτρο που προέρχεται από μια σειρά παρατη-

8. OECD & European Commission, "Handbook on Constructing Composite Indicators", 2008, σ. 22.

ρούμενων γεγονότων. Πιο συγκεκριμένα στην γεωπολιτική, οι δείκτες αυτοί αποτελούν εκείνο το αριθμητικό στοιχείο που απεικονίζει την ανακατανομή ισχύος στο γεωπολιτικό σύστημα/σύμπλοκο.⁹

Σύνθετος Δείκτης: είναι ένα ποσοτικό ή ποιοτικό μέτρο που προκύπτει από την σύνθεση επιμέρους δεικτών δια μέσου μιας μαθηματικής διαδικασίας και οι οποίοι αφού μετρηθούν με την πάροδο του χρόνου, μπορούν να επισημάνουν την εξέλιξη του μετρούμενου μεγέθους.¹⁰

Καθώς οι σύνθετοι δείκτες αναδείχθηκαν σχετικά πρόσφατα ως ένα χρήσιμο εργαλείο ανάλυσης και υποστήριξης λήψεως αποφάσεων, υπάρχει πληθώρα προσεγγίσεων στην διεθνή βιβλιογραφία. Ανεξαρτήτως όμως μαθηματικής προσεγγίσεως, τρία είναι τα πράγματα που θα πρέπει να αναλυθούν επαρκώς πριν προχωρήσουμε σε οποιαδήποτε κατασκευή σύνθετων δεικτών.

Πρώτον ο ορισμός και η αναλυτική περιγραφή του μεγέθους που πρόκειται να μετρηθεί, δεύτερον ο ορισμός των υποκατηγοριών, όπου χρειάζονται, για την καλύτερη οργάνωση και κατανόηση του μετρούμενου μεγέθους και τρίτον ο ορισμός των κριτηρίων επιλογής των επιμέρους δεικτών που θα συμμετέχουν στην διαμόρφωση ενός σύνθετου δείκτη.¹¹

Σε ότι έχει να κάνει με τον ορισμό του προς μέτρηση μεγέθους, θα πρέπει να δίνει τόσο περιγραφικά, όσο και με σαφήνεια το είδος και τις παραμέτρους του μεγέθους που πρόκειται να μετρηθεί, καθώς και τα μέρη τα οποία συναποτελούν τον σύνθετο δείκτη που πρόκειται να κατασκευαστεί. Η παραπάνω θεώρηση αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό της μεθοδολογίας, καθώς θα δώσει στους τελικούς χρήστες/αναλυτές του σύνθετου δείκτη την δυνατότητα να αξιολογήσουν την ποιότητα και την αξιοπιστία του τελικού αποτελέσματος.

Επιπρόσθετα, υπάρχει περίπτωση, έννοιες οι οποίες είναι πολυδιάστατες και σύνθετες να χρειαστούν τον επιμερισμό των συνθετικών τους στοιχείων σε υποκατηγορίες, για την αποτελεσματικότερη κατανόηση και μέτρηση τους.

Η Σύγχρονη Συστημική Γεωπολιτική Ανάλυση ερευνά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τη δομή και τη λειτουργία των τεσσάρων θεμελιωδών πυλώνων, οι οποίες συναποτελούν και διαμορφώνουν την τελική ισορροπία ισχύος και την κατανομή της στο ενδοσυστημικό πλαίσιο του γεωγραφικού/γεωπολιτικού Συμπλόκου. Το ίδιο ισχύει και για τις επιρροές που δέχονται αυτοί οι πυλώνες από το εξωσυστημικό περιβάλλον του Συμπλόκου. Η διαδικασία αυτή οφείλει να τε-

9. Μάζης Ι. Θ., “Μεταθεωρητική κριτική διεθνών σχέσεων και Γεωπολιτικής: το νεο-θετικιστικό πλαίσιο”, Εκδόσεις Παπαζήση, 2012.

10. Freudenberg M., “Composite Indicators of Country Performance - A CRITICAL ASSESSMENT”, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003, σ. 7.

11. OECD & European Commission, “Handbook on Constructing Composite Indicators”, 2008, σ. 22.

λείται με αφετηρία την ποιοτικο-ποσοτική παρουσίαση των πυλώνων αυτών, στο πλαίσιο της δομής του εθνο-κρατικού δρώντος.¹²

Οι υποκατηγορίες οι οποίες συνθέτουν τον τελικό δείκτη Συνολικής Ανακατανομή Ισχύος ενός Υποσυστήματος, αποτελούν τις επιμέρους επιδόσεις των δεικτών των τεσσάρων Πυλώνων:¹³

- i. **Άμυνα-Ασφάλεια:** Περιλαμβάνει το σύνολο των γεωπολιτικών Δεικτών αμυντικής φύσεως που αφορούν επιγραμματικά την κατανομή όπλων ανά επιφάνεια προς κάλυψη, την ισχύ πλήγματος και βεληνεκές οπλικών συστημάτων, τεχνολογικούς δείκτες, δυναμικές εσωτερικών μετώπων, ασύμμετρες απειλές και εσωτερική ασφάλεια, τρομοκρατία και πηγές της, συσχετίσεις με διεθνής συλλογικά συστήματα ασφάλειας, κλπ.
- ii. **Οικονομία:** Περιλαμβάνει το σύνολο των γεωπολιτικών Δεικτών οικονομικής φύσεως που χρησιμοποιούνται στη γεωπολιτική ανάλυση, όπως το Α.Ε.Π. μιας χώρας, ελλείμματα, εξωτερικό χρέος, εμπορικό ισοζύγιο εξαγωγών-εισαγωγών, δείκτες παραγωγής και παραγωγικότητας, ανεργία, κλπ. Μέσα στα πλαίσια των οικονομικών δεικτών μπορούν να εξεταστούν και οι διαθέσιμοι ενεργειακοί πόροι, φυσικά αποθέματα και κοιτάσματα.
- iii. **Πολιτική:** Περιλαμβάνει το σύνολο των γεωπολιτικών Δεικτών πολιτικής φύσεως, όπως το πολιτικό σύστημα διακυβέρνησης, δείκτες σταθερότητας του πολιτικού συστήματος, πολιτικές σχέσεις Κέντρου-Περιφέρειας, κλπ.
- iv. **Πολιτισμός/Πληροφορία:** Περιλαμβάνει το σύνολο των γεωπολιτικών Δεικτών πολιτισμικής φύσεως και εξαγωγής/διάδοσης της πληροφορίας, όπως η παιδεία, η ποιότητα εκπαίδευσης, η πρόσβαση σε εκπαίδευση κοινωνικών ομάδων, διασπορά στο εξωτερικό και ισχύς επιρροής εθνικών πολιτισμικών προτύπων, επιρροές στο εθνικό πλαίσιο από διεθνή πολιτισμικά πρότυπα, εθνοτικοί πολιτισμικοί παράγοντες, παραπληροφόρηση, προπαγάνδα, κλπ.

Η παραπάνω θεώρηση συνεισφέρει στην ένταξη όσο το δυνατόν περισσότερων διαφορετικών απόψεων και αντιλήψεων στην εννοιολογική προσέγγιση του προς μέτρηση μεγέθους, καθώς και υποβοηθά αισθητά την κατανομή βαρών στις εκάστοτε υποκατηγορίες.

Τα κριτήρια επιλογής των επιμέρους δεικτών, που θα συμμετέχουν στην διαμόρφωση ενός σύνθετου δείκτη, θα πρέπει να γίνουν με τρόπο τέτοιο που να μην αφήνουν περιθώρια συζήτησης, για το αν ένας επιμέρους δείκτης μπορεί ή όχι να συμμετέχει στην σύνθεση του σύνθετου δείκτη. Θα πρέπει να βασίζονται στην ανα-

12. Mazis I., Digkas A., Domatioti X., "Application of simple and composite indicators of the four Geopolitical Pillars in the Methodology of Systemic Geopolitical Analysis: the case of Syria", *Civitas Gentium*, 2017, σ. 14.

13. Mazis I., Digkas A., Domatioti X., "Application of simple and composite indicators of the four Geopolitical Pillars in the Methodology of Systemic Geopolitical Analysis: the case of Syria", *Civitas Gentium*, 2017, σ. 15.

λυτική περιγραφή και να περιλαμβάνουν σαφώς τις παραμέτρους και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μετρούμενου μεγέθους. Η παραπάνω θεώρηση αποτρέπει την επικάλυψη πληροφορίας, καθοδηγώντας τον εκάστοτε αναλυτή στο να μην συμπεριλάβει δείκτες που παρουσιάζουν παραπλήσια ή παρεμφερή πληροφορία.

1. Επιλογή δεικτών

Μία από τις βασικότερες αποφάσεις και η πρώτη κατά σειράν που πρέπει να λάβει ο αναλυτής, κατά την διαδικασία κατασκευής σύνθετων δεικτών, είναι η επιλογή τόσο του αριθμού, όσο και του είδους των δεικτών που θα συμμετέχουν στον νέο σύνθετο δείκτη. Είναι βασικό η επιλογή των δεικτών να γίνει κατά τρόπο τέτοιο, που θα περιλαμβάνει το μεγαλύτερο εύρος διαθέσιμων πληροφοριών και θα περιγράφει με την μεγαλύτερη δυνατή σαφήνεια την πραγματικότητα.¹⁴

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι, τόσο η επιλογή των δεικτών σε αυτό το βήμα, όσο και η επιλογή μεθόδων διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων στα βήματα που θα ακολουθήσουν, εμπεριέχουν την έννοια της υποκειμενικής θεώρησης από μεριάς του αναλυτή.

Είναι χαρακτηριστική η φράση του καθηγητή του University College London και διευθυντή της Μονάδας Έρευνας Κοινωνικών Επιστημών David Gough ότι «ο παρατηρητής και η παρατήρηση δεν χωρίζονται [...] ο τρόπος προσέγγισης του ανθρώπινου είδους στο πρόβλημα είναι μέρος του ίδιου του προβλήματος».¹⁵

Κριτική με όρους «σωστής ή λάθους» επιλογής δεν μπορεί να υφίσταται, καθώς η πολυπλοκότητα των προς ανάλυση προβλημάτων σε συνδυασμό με την πληθώρα προσεγγίσεων και μεθόδων ανάλυσης μεταθέτουν την συζήτηση στην βάση «βέλτιστης ή βελτιούμενης» επιλογής μεθόδου. Σε ότι έχει να κάνει με τον αριθμό των δεικτών που είναι βέλτιστο να συμμετέχουν στην διαδικασία κατασκευής ενός σύνθετου δείκτη, θα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μεθοδολογία, η οποία να υποδεικνύει έναν ελάχιστο αποδεκτό αριθμό συμμετοχής δεικτών.

Στον αντίποδα, η συλλογή ατελείωτων δεικτών και δεδομένων με το πρόσχημα ότι έχουν έστω και μια μικρή εννοιολογική συνάφεια με το προς ανάλυση αντικείμενο δεν οδηγεί κατ' ανάγκη σε ποιοτικώς καλύτερα τελικά αποτελέσματα.¹⁶ Συνεπώς, ο αριθμός και το είδος των δεδομένων επαφίεται στην κρίση και την εμπειρία του αναλυτή.

14. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., "Tools for Composite Indicators Building" European Commission, Institute for the Protection and Security of the Citizen Econometrics and Statistical Support to Antifraud Unit, Italy, σ. 8.

15. Gough D., "A Risky Business", Child Abuse Review, 1998, σ. 139.

16. Saltelli A., "Composite Indicators between Analysis and Advocacy", Social Indicators Research, Springer, 2006, σ. 66.

Δύο παραδείγματα διαφορετικών προσεγγίσεων, ως προς τον αριθμό συμμετεχόντων δεικτών για την κατασκευή ενός σύνθετου δείκτη, είναι ο Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης (Human Development Index) και το πρόγραμμα Δεικτών Παγκόσμιας Διακυβέρνησης (Worldwide Governance Indicators project) της Παγκόσμιας Τράπεζας.

Πιο συγκεκριμένα, ο Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης αποτελείται από έξι επιμέρους απλούς δείκτες, όπως το προσδόκιμο ζωής, το ποσοστό αλφαριθμητισμού, το κατά κεφαλήν εισόδημα και τα ποσοστά ολοκλήρωσης της πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.¹⁷ Στον αντίποδα, το πρόγραμμα Δεικτών Παγκόσμιας Διακυβέρνησης αποτελεί μία από τις πιο ολοκληρωμένες προσεγγίσεις στους σύνθετους δείκτες, με πάνω από 300 απλούς δείκτες από 33 διαφορετικές πηγές δεδομένων, οι οποίοι μοντελοποιούνται σε έξι σύνθετους δείκτες.¹⁸

2. Διόρθωση/Προσθήκη δεδομένων

Κατά την επιλογή δεικτών για την μαθηματική μοντελοποίηση και ανάλυση δεδομένων, το πιο σύνθετο πρόβλημα που θα αντιμετωπίσει κάθε αναλυτής, στην προσπάθεια του να κατασκευάσει έναν σύνθετο δείκτη, είναι η έλλειψη δεδομένων για μια δεδομένη χρονική περίοδο, σε κάποιον από τους επιμέρους δείκτες.

Στην διεθνή βιβλιογραφία έχει αναπτυχθεί πληθώρα μεθοδολογιών για την υποβοήθηση των αναλυτών και τον περιορισμό του συγκεκριμένου φαινομένου, με πιο ευρέως διαδεδομένες την αντικατάσταση με τον «μέσο όρο των τιμών του δείκτη» και την αντικατάσταση με την «διάμεσο των γειτονικών τιμών».¹⁹

Για να γίνει ευκολότερα κατανοητή η χρήση των τριών παραπάνω μεθόδων, θα χρησιμοποιήσουμε τον Δείκτη Απασχολούμενων στην Ελλάδα που τηρείται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή, στον οποίο παρατηρείται έλλειψη τιμών για ορισμένες χρονικές περιόδους.

17. Foa R., "Household Risk Preparation Indices—Construction and Diagnostics", Harvard University- World Development Report, 2014, σ. 6.

18. Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M., "The Worldwide Governance Indicators Methodology and Analytical Issues", The World Bank Development Research Group, Macroeconomics and Growth Team, 2010, σ. 2.

19. OECD & European Commission, "Handbook on Constructing Composite Indicators", 2008, σ. 24.

Πίνακας 2: Σύνολο Απασχόλησης στην Ελλάδα (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2015)

Έτος	Σύνολο Απασχόλησης (σε άτομα)
2000	4.312.785
2001	4.328.380
2002	
2003	4.495.682
2004	4.604.092
2005	4.646.871
2006	4.731.335
2007	4.795.069
2008	
2009	4.829.003
2010	4.705.483
2011	4.381.820
2012	
2013	3.997.708
2014	4.034.842

3.1 Αντικατάσταση με τον Μέσο Όρο των τιμών του Δείκτη

Για την εξεύρεση του «μέσου όρου των τιμών του δείκτη», προσθέτουμε όλες τις τιμές του δείκτη για τις χρονικές περιόδους που έχουμε:

$$4.312.785 + 4.328.380 + 4.495.682 + 4.604.092 + 4.646.871 + 4.731.335 + 4.795.069 + 4.829.003 + 4.705.483 + 4.381.820 + 3.997.708 + 4.034.842 = 53.863.070$$

και στην συνέχεια διαιρούμε με το πλήθος τους:

$$Μ.Ο. = 53.863.070/12 = \mathbf{4.488.589}$$

Επομένως τα δεδομένα μας, με την χρήση αυτής της μεθόδου διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 3: Σύνολο Απασχόλησης στην Ελλάδα, με την χρήση της μεθοδολογίας «Μέσος όρος των τιμών του δείκτη»

Έτος	Σύνολο Απασχόλησης (σε άτομα)
2000	4.312.785
2001	4.328.380
2002	4.488.589
2003	4.495.682
2004	4.604.092
2005	4.646.871
2006	4.731.335
2007	4.795.069
2008	4.488.589
2009	4.829.003
2010	4.705.483
2011	4.381.820
2012	4.488.589
2013	3.997.708
2014	4.034.842

3.2 Αντικατάσταση με τον Διάμεσο των γειτονικών τιμών

Για την χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου, αρχικά βρίσκουμε τα χρονικά διαστήματα στα οποία παρατηρείται έλλειψη δεδομένων. Στην περίπτωση μας είναι τα έτη 2002, 2008 και 2012. Για το έτος 2002, θα εργαστούμε στο διάστημα 2001-2003.

Έτος	Σύνολο Απασχόλησης (σε άτομα)
2001	4.328.380
2002	
2003	4.495.682

Στην συνέχεια, θα προσθέσουμε την τιμή του έτους 2001 με την τιμή του έτους 2003:
 $4.328.380 + 4.495.682 = 8.824.062$

Και θα διαιρέσουμε με τον αριθμό 2 για να βρούμε τον διάμεσο των δύο τιμών:
 $8.824.062 / 2 = \mathbf{4.412.031}$

Αν κάνουμε την ίδια διαδικασία για το έτος 2008, εργαζόμενοι στο διάστημα 2007-2009, έχουμε:

Έτος	Σύνολο Απασχόλησης (σε άτομα)
2007	4.795.069
2008	
2009	4.829.003

Θα προσθέσουμε την τιμή του έτους 2007 με την τιμή του έτους 2009:

$$4.795.069 + 4.829.003 = 9.624.072$$

Και θα διαιρέσουμε με τον αριθμό 2 για να βρούμε τον διάμεσο των δύο τιμών:

$$9.624.072/2 = 4.812.036$$

Και τέλος, αν κάνουμε την ίδια διαδικασία για το έτος 2012, εργαζόμενοι στο διάστημα 2011-2013, έχουμε:

Έτος	Σύνολο Απασχόλησης (σε άτομα)
2011	4.381.820
2012	
2013	3.997.708

Θα προσθέσουμε την τιμή του έτους 2007 με την τιμή του έτους 2009:

$$4.381.820 + 3.997.708 = 8.379.528$$

Και θα διαιρέσουμε με τον αριθμό 2 για να βρούμε τον διάμεσο των δύο τιμών:

$$8.379.528/2 = 4.189.764$$

Επομένως τα δεδομένα μας, με την χρήση αυτής της μεθόδου διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 4: Σύνολο Απασχόλησης στην Ελλάδα, με την χρήση της μεθοδολογίας «Διάμεσος των γειτονικών τιμών»

Έτος	Σύνολο Απασχόλησης (σε άτομα)
2000	4.312.785
2001	4.328.380
2002	4.412.031
2003	4.495.682
2004	4.604.092
2005	4.646.871
2006	4.731.335
2007	4.795.069
2008	4.812.036
2009	4.829.003
2010	4.705.483
2011	4.381.820
2012	4.189.764
2013	3.997.708
2014	4.034.842

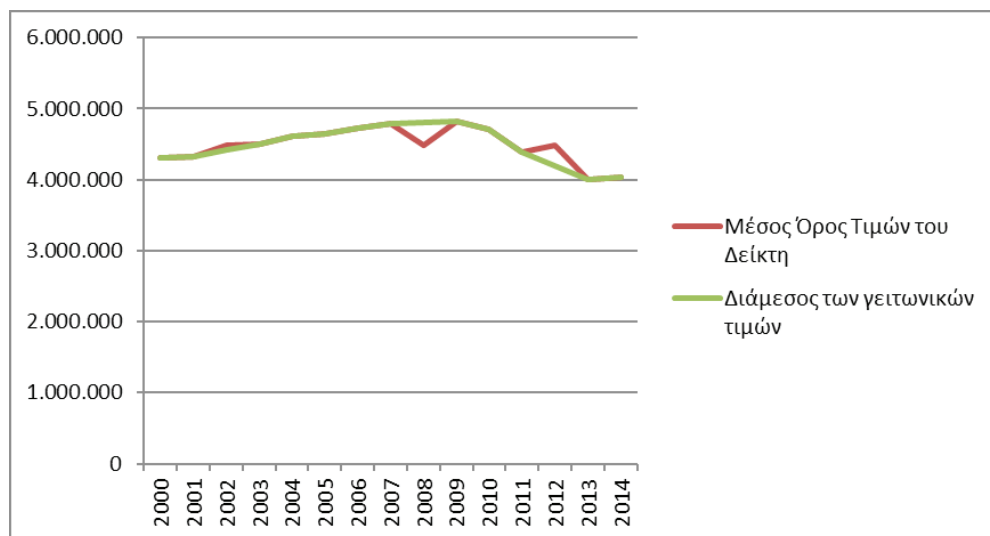
Από την στιγμή που συμπληρώσαμε τα δεδομένα μας, μπορούμε να τα παρουσιάσουμε σε έναν ενιαίο πίνακα, ώστε να αξιολογήσουμε ποια από τις δύο μεθόδους ταιριάζει περισσότερο στην συμπλήρωση των στοιχείων που λείπουν για το συγκεκριμένο πακέτο δεδομένων.

Πίνακας 5: Συγκεντρωτικός πίνακας για τον δείκτη «Σύνολο Απασχόλησης στην Ελλάδα», με την χρήση μεθοδολογιών προσθήκης δεδομένων

Έτος	Σύνολο Απασχόλησης (σε άτομα)	Μέσος Όρος Τιμών του Δείκτη	Διάμεσος των γειτονικών τιμών
2000	4.312.785	4.312.785	4.312.785
2001	4.328.380	4.328.380	4.328.380
2002		4.488.589	4.412.031
2003	4.495.682	4.495.682	4.495.682
2004	4.604.092	4.604.092	4.604.092
2005	4.646.871	4.646.871	4.646.871
2006	4.731.335	4.731.335	4.731.335
2007	4.795.069	4.795.069	4.795.069
2008		4.488.589	4.812.036
2009	4.829.003	4.829.003	4.829.003
2010	4.705.483	4.705.483	4.705.483
2011	4.381.820	4.381.820	4.381.820
2012		4.488.589	4.189.764
2013	3.997.708	3.997.708	3.997.708
2014	4.034.842	4.034.842	4.034.842

Αν αναπαράστησουμε σε ένα γράφημα τις δύο στήλες με τις μεθοδολογίες για την συμπλήρωση δεδομένων, θα πάρουμε μια πιο σαφή εικόνα για την αποτελεσματικότητα κάθε μεθόδου.

Γράφημα 1: Σύγκριση μεθόδων «Μέσος Όρος Τιμών του Δείκτη»
και «Διάμεσος των γειτονικών τιμών»



Από το παραπάνω γράφημα, παρατηρώντας την ομαλότερη πορεία της πράσινης καμπύλης, η οποία αντιπροσωπεύει την μέθοδο της «Διαμέσου των γειτονικών τιμών», μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι **για τον συγκεκριμένο δείκτη**, είναι αποτελεσματικότερη σε σχέση με τον «Μέσο Όρο Τιμών του Δείκτη» και συνεπώς τα δεδομένα με τα οποία θα επέλεγε ο αναλυτής να εργαστεί θα ήταν αυτά του Πίνακα 4. Δηλαδή:

Έτος	Σύνολο Απασχόλησης (σε άτομα)
2000	4.312.785
2001	4.328.380
2002	4.412.031
2003	4.495.682
2004	4.604.092
2005	4.646.871
2006	4.731.335
2007	4.795.069
2008	4.812.036
2009	4.829.003
2010	4.705.483
2011	4.381.820
2012	4.189.764
2013	3.997.708
2014	4.034.842

Επιπρόσθετα, θα πρέπει να αναφερθεί ότι μια ακόμα αναγνωρισμένη μέθοδος στην διεθνή βιβλιογραφία για την προσθήκη δεδομένων είναι η «προσθήκη βάσει λογικών κανόνων». Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο αναλυτής δύναται να συμπληρώσει μια τιμή, βάσει μιας λογικής αλληλουχίας, η οποία βασίζεται σε γνώσεις της πραγματολογίας.²⁰

Για να γίνει ευκολότερα κατανοητό, θα αναλύσουμε την περίπτωση μιας έρευνας με την χρήση ερωτηματολογίου, το οποίο απαντήθηκε από 1500 άτομα. Στην συγκεκριμένη έρευνα συμπεριλήφθηκαν μεταξύ άλλων δύο ερωτήσεις, για τον αριθμό των μηνών που εργάστηκε κάθε άτομο και για το ύψος των αποδοχών τους, το έτος που πέρασε.

Από τα άτομα που αρνήθηκαν να απαντήσουν στην ερώτηση σχετικά με τις αποδοχές, 10 άτομα δήλωσαν ότι δεν εργάστηκαν καθόλου το έτος που πέρασε. Συνεπώς, μέσα από μια λογική αλληλουχία σκέψεων, παρότι οι συγκεκριμένοι 10 δεν απάντησαν καθόλου για τις αποδοχές τους, μπορούμε να αποδώσουμε την τιμή μηδέν σαν απάντηση στην συγκεκριμένη ερώτηση.

3. Κανονικοποίηση

«Κανονικοποίηση» καλείται η διαδικασία μετασχηματισμού δεδομένων, κατά την οποία αριθμητικές τιμές αντικαθίστανται με άλλες, «καταλληλότερες», ώστε οι αριθμοδείκτες να καταστούν συγκρίσιμοι.²¹ Αποτελεί κοινώς, μια μέθοδο με την οποία μετασχηματίζουμε τα δεδομένα μας σε μια κοινή βάση.

Στην διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχει πληθώρα μεθοδολογιών που έχουν αναπτυχθεί για την επίτευξη των ανωτέρω και για την ευκολότερη κατανόηση τους στην παρούσα εργασία, θα δουλέψουμε με τον δείκτη «Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ» για την Ελλάδα.²²

Πίνακας 6: *Κατά κεφαλήν ΑΕΠ / Ελλάδα (Πηγή: World Bank Open Data, 2018)*

Έτος	Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ (USD)
1990	9.600
1995	12.959
2000	12.042
2005	22.551
2010	26.917
2015	18.007

20. Gelman A., Hill J., "Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models", Cambridge University Press, 2007, σ.533.

21. Mazis I., Digkas A., Domatioti X., "Application of simple and composite indicators of the four Geopolitical Pillars in the Methodology of Systemic Geopolitical Analysis: the case of Syria", Regional Science Inquiry, 2017, σ.42.

22. World Bank Open Data, 2018, Ανακτήθηκε 19/2/2018: <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο για την κατασκευή σύνθετων δεικτών του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, οι πιο διαδεδομένες είναι οι εξής:

4.1 Κανονικοποίηση ελάχιστου-μέγιστου (MIN-MAX)

Με αυτήν τη μέθοδο κανονικοποίησης, μετασχηματίζουμε τις αριθμητικές τιμές έτσι ώστε να κυμαίνονται εντός ενός συγκεκριμένου εύρους τιμών, το οποίο θα επιλέξει ο αναλυτής.

Αν θεωρήσουμε ένα σύνολο τιμών ενός αριθμοδείκτη A , όπου η μεγαλύτερη τιμή του είναι η $\max_A$ και η μικρότερη τιμή του είναι η $\min_A$, μπορούμε να μετασχηματίσουμε όλες τις τιμές εντός ενός νέου εύρους με κατώτερο όριο την new_min_A και ανώτερο όριο την new_max_A σύμφωνα με την κατωτέρω σχέση. Όπου x είναι η αριθμητική τιμή του δείκτη και όπου x' είναι η τιμή που λαμβάνουμε μετά τον μετασχηματισμό.

$$x' = \frac{x - \min_A}{\max_A - \min_A} (\text{new_max}_A - \text{new_min}_A) + \text{new_min}_A$$

Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής, αποτελεί το γεγονός ότι ο αναλυτής μπορεί να προκαθορίσει το εύρος τιμών που θέλει να εργασθεί με τους αριθμοδείκτες (είθισται το διάστημα $[0,1]$), καθώς και το γεγονός ότι τα μετασχηματισμένα δεδομένα διατηρούν την αναλογία μεταξύ των τιμών που υπήρχαν στα αρχικά.

Για τον αριθμοδείκτη «Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ» της Ελλάδας παρατηρούμε ότι η μικρότερη τιμή είναι $\min_A = 9.600$, ενώ η μέγιστη τιμή είναι $\max_A = 26.917$. Το διάστημα στο οποίο θα μετασχηματίσουμε τα δεδομένα είναι το $[0,1]$. Επομένως, ορίζουμε $\text{new_min}_A = 0$ και $\text{new_max}_A = 1$.

Αν αντικαταστήσουμε τα δεδομένα μας στον ανωτέρω τύπο, τότε αυτός απλοποιείται σημαντικά στον ακόλουθο:

$$x' = \frac{x - 9.600}{26.917 - 9.600} (1 - 0) + 0 = \frac{x - 9.600}{17.317}$$

Στην συνέχεια, όπου x βάζουμε την αντίστοιχη τιμή για κάθε ένα από τα έτη που συμπεριλαμβάνονται στον αριθμοδείκτη

$$1990: x' = \frac{9.600 - 9.600}{17.317} = 0,000$$

$$1995: x' = \frac{12.959 - 9.600}{17.317} = 0,193$$

$$2000: x' = \frac{12.042 - 9.600}{17.317} = 0,141$$

$$2005: x' = \frac{22.551 - 9.600}{17.317} = 0,747$$

$$2010: x' = \frac{26.917 - 9.600}{17.317} = 1,000$$

$$2015: x' = \frac{18.007 - 9.600}{17.317} = 0,485$$

Επομένως τα μετασχηματισμένα δεδομένα με την μέθοδο Ελαχίστου - Μεγίστου είναι τα ακόλουθα:

Πίνακας 7: Μετασχηματισμένα Δεδομένα με την μέθοδο Ελαχίστου - Μεγίστου

Έτος	Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ (USD)	Μέθοδος Ελαχίστου-Μεγίστου
1990	9.600	0,000
1995	12.959	0,193
2000	12.042	0,141
2005	22.551	0,747
2010	26.917	1,000
2015	18.007	0,485

4.2 Κανονικοποίηση Z-score

Η συγκεκριμένη μέθοδος μετασχηματίζει δεδομένα, χρησιμοποιώντας τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση από το σύνολο των τιμών του αριθμοδείκτη. Για μία αριθμητική τιμή x του αριθμοδείκτη, με μέση τιμή M_A από το σύνολο τιμών του αριθμοδείκτη και τυπική απόκλιση σ_A , η τιμή x' αντιπροσωπεύει την νέα μετασχηματισμένη τιμή.

$$x' = \frac{x - M_A}{\sigma_A}$$

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε περιπτώσεις που ο αριθμοδείκτης περιέχει ακραίες τιμές, σε αντίθεση με την κανονικοποίηση ελαχίστου - μεγίστου, η οποία θα περιόριζε το μεγαλύτερο μέρος των τιμών σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του επιλεγμένου εύρους, χρησιμοποιώντας το υπόλοιπο για να περιγράψει τις ακραίες τιμές.

Επιπρόσθετα μια ουσιαστική διαφορά της συγκεκριμένης μεθόδου, σε σχέση με την μέθοδο Ελαχίστου – Μεγίστου είναι ότι δεν μπορεί να προκαθοριστεί το εύρος εργασίας, καθώς αυτό θα προκύψει από την απόσταση της πιο ακραίας θετικής και αρνητικής τιμής από την μέση τιμή του συνόλου των τιμών του αριθμοδείκτη.

Για τον αριθμοδείκτη «Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ» της Ελλάδας παρατηρούμε ότι η Μέση Τιμή είναι:

$$MA = \frac{9.600 + 12.959 + 12.042 + 22.551 + 26.917 + 18.007}{6} = \frac{102.076}{6} = 17.012$$

Η Τυπική Απόκλιση δίνεται από τον τύπο:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Και το σ^2 δίνεται από τον τύπο:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{x})^2$$

Αντικαθιστώντας λοιπόν, τιμές του αριθμοδείκτη έχουμε:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \\ &= \frac{(9.600 - 17.012)^2 + (12.959 - 17.012)^2 + (12.042 - 17.012)^2 +}{6} \\ &= \frac{(22.551 - 17.012)^2 + (26.917 - 17.012)^2 + (18.007 - 17.012)^2}{6} \\ &= \frac{(-7.412)^2 + (-4.053)^2 + (-4.970)^2 + 5.539^2 + 9.905^2 + 995^2}{6} \\ &= \frac{54.937.744 + 16.426.809 + 24.700.900 + 30.680.521 + 98.109.025 + 990.025}{6} \\ &= \frac{225.845.024}{6} = 37.640.837 \end{aligned}$$

Επομένως, η Τυπική Απόκλιση για τις τιμές του συγκεκριμένου αριθμοδείκτη είναι:

$$\sigma = \sqrt{37.640.837} = 6.135$$

Αντικαθιστώντας τα παραπάνω δεδομένα στον τύπο της μεθόδου Z-score, έχουμε:

$$1990: x' = \frac{9.600 - 17.012}{6.135} = \frac{-7.412}{6.135} = -1,208$$

$$1995: x' = \frac{12.959 - 17.012}{6.135} = \frac{-4.053}{6.135} = -0.660$$

$$2000: x' = \frac{12.042 - 17.012}{6.135} = \frac{-4.970}{6.135} = -0.810$$

$$2005: x' = \frac{22.551 - 17.012}{6.135} = \frac{5.539}{6.135} = 0.902$$

$$2010: x' = \frac{26.917 - 17.012}{6.135} = \frac{9.905}{6.135} = 1.614$$

$$2015: x' = \frac{18.007 - 17.012}{6.135} = \frac{995}{6.135} = 0.162$$

Επομένως τα μετασχηματισμένα δεδομένα με την μέθοδο Z-score είναι τα ακόλουθα:

Πίνακας 8: Μετασχηματισμένα Δεδομένα με την μέθοδο Z-score

Έτος	Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ (USD)	Μέθοδος Z-score
1990	9.600	-1,208
1995	12.959	-0,660
2000	12.042	-0,810
2005	22.551	0,902
2010	26.917	1,614
2015	18.007	0,162

4.3 Κανονικοποίηση Δεκαδικής Κλιμάκωσης

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μια από τις πιο απλές και διαδεδομένες μεθόδους, η οποία μετασχηματίζει τις τιμές ενός αριθμοδείκτη, διαιρώντας τες με την κατάλληλη δύναμη του 10, έτσι ώστε η μετασχηματισμένη μέγιστη τιμή να είναι μικρότερη από την μονάδα, σύμφωνα με τον τύπο:

$$x' = \frac{x}{10^k}$$

Για τον δείκτη «Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ» της Ελλάδας, παρατηρούμε ότι τα μεγέθη είναι της τάξης των δεκάδων χιλιάδων. Επομένως για να τα μετασχηματίσουμε σε τιμές μικρότερες της μονάδας θα πρέπει να διαιρέσουμε με μια τάξη

μεγαλύτερη, δηλαδή εκατοντάδες χιλιάδες (100.000). Συνεπώς, για τον μετασχηματισμό του δείκτη ορίζουμε $k=5$.

Αντικαθιστώντας τα παραπάνω δεδομένα στον τύπο της μεθόδου Δεκαδικής Κλιμάκωσης, έχουμε:

$$1990: x' = \frac{9.600}{10^5} = 0,096$$

$$1995: x' = \frac{12.959}{10^5} = 0,129$$

$$2000: x' = \frac{12.042}{10^5} = 0,120$$

$$2005: x' = \frac{22.551}{10^5} = 0,225$$

$$2010: x' = \frac{26.917}{10^5} = 0,269$$

$$2015: x' = \frac{18.007}{10^5} = 0,180$$

Επομένως τα μετασχηματισμένα δεδομένα με την μέθοδο Δεκαδικής Κλιμάκωσης είναι τα ακόλουθα:

Πίνακας 9: Μετασχηματισμένα Δεδομένα με την μέθοδο Δεκαδικής Κλιμάκωσης

Έτος	Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ (USD)	Μέθοδος Δεκαδικής Κλιμάκωσης
1990	9.600	0,096
1995	12.959	0,129
2000	12.042	0,120
2005	22.551	0,225
2010	26.917	0,269
2015	18.007	0,180

Για να αποκτήσουμε μια συνολική εικόνα, για το πως η κάθε μέθοδος μετασχηματίζει τα δεδομένα μας, συγκεντρώνουμε όλα τα μετασχηματισμένα δεδομένα που υπολογίσαμε στις προηγούμενες σελίδες, σε έναν ενιαίο πίνακα.

Πίνακας 10: Συγκεντρωτικός Πίνακας Μετασχηματισμένων Δεδομένων

Έτος	Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ (USD)	Μέθοδος Ελαχίστου-Μεγίστου	Μέθοδος Z-score	Μέθοδος Δεκαδικής Κλιμάκωσης
1990	9.600	0,000	-1,208	0,096
1995	12.959	0,193	-0,660	0,129
2000	12.042	0,141	-0,810	0,120
2005	22.551	0,747	0,902	0,225
2010	26.917	1,000	1,614	0,269
2015	18.007	0,485	0,162	0,180

4. Στάθμιση και σύνθεση

Κεντρικό ρόλο στην κατασκευή ενός σύνθετου δείκτη κατέχει ο τρόπος με τον οποίο θα σταθμίσει ο εκάστοτε αναλυτής μια πληροφορία, ώστε να την εντάξει στο ευρύτερο μαθηματικό μοντέλο και να την μετουσιώσει σε ένα αποτέλεσμα που θα βγάξει νόημα και θα προσεγγίζει κατά το δυνατόν περισσότερο, την πραγματικότητα.

Γενικά δεν υπάρχει στην διεθνή βιβλιογραφία, μια ενδεδειγμένη μεθοδολογία που να καλύπτει όλες τις περιπτώσεις. Η απόδοση βαρών (σταθμοδεικτών) όμως, έχει πολύ σημαντικό αντίκτυπο στο τελικό αποτέλεσμα ενός σύνθετου δείκτη και γι' αυτό, παρά την πληθώρα μεθόδων σταθμίσεως που είναι στην διάθεση οιοδήποτε αναλυτή, τα βάρη που θα αποδοθούν σε κάθε ένα από τους επιμέρους δείκτες ενός σύνθετου δείκτη, θα πρέπει κάθε φορά να αιτιολογούνται με σαφήνεια, διαφάνεια και να έρχονται σε πλήρη συμφωνία με το θεωρητικό πλαίσιο.²³

Επιπρόσθετα, ανεξάρτητα από τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να τονιστεί ότι τα βάρη (σταθμοδείκτες) ουσιαστικά αποτελούν υποκειμενικές εκτιμήσεις του εκάστοτε αναλυτή. Ορισμένοι αναλυτές θα επιλέξουν την απόδοση βαρών (σταθμοδεικτών) αποκλειστικά και μόνο με την χρήση στατιστικών μεθόδων, ενώ άλλοι θα βασιστούν στην γνώση της πραγματολογίας και την εμπειρία που οι ίδιοι κατέχουν ή στην γνώμη ενός ή μιας ομάδας ειδικών.²⁴

Ορισμένες από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους σταθμίσεως δεικτών, πέρα από αυτές που βασίζονται καθαρά στην γνώση της πραγματολογίας και στην εμπειρία του αναλυτή, είναι:

23. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., "Tools for Composite Indicators Building" European Commission, Institute for the Protection and Security of the Citizen Econometrics and Statistical Support to Antifraud Unit, Italy, σ.54

24. OECD & European Commission, "Handbook on Constructing Composite Indicators", 2008, σ.31

5.1 Ισόβαθμη Στάθμιση (Equal Weighting)

Κατά την χρήση της συγκεκριμένη μεθόδου, όλοι επιμέρους δείκτες που συναποτελούν έναν σύνθετο δείκτη, βαθμολογούνται ισάξια. Αν και φαινομενικά η χρήση της φαντάζει ανούσια σε μια πρώτη ανάγνωση, η σημαντικότητα της συγκεκριμένης μεθόδου αναδεικνύεται σε δύο περιπτώσεις.

Η πρώτη περίπτωση και πιο προφανής, αφορά την μοντελοποίηση καταστάσεων κατά τις οποίες κάθε επιμέρους δείκτης είναι εξίσου στατιστικά σημαντικός με τους υπόλοιπους, για την κατασκευή ενός σύνθετου δείκτη. Η δεύτερη περίπτωση όμως και πιο σημαντική, αφορά την μοντελοποίηση καταστάσεων, κατά τις οποίες υπάρχει ανεπαρκής γνώση σχετικά με τις αιτιακές σχέσεις ανάμεσα στους επιμέρους δείκτες ή κάποια έλλειψη συναίνεσης ως προς την ενδεδειγμένη μέθοδο που πρέπει να ακολουθηθεί από τους αναλυτές. Σε κάθε περίπτωση η χρήση της Ισόβαθμης Στάθμισης σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να ερμηνευθεί ως μη στάθμιση των επιμέρους δεικτών, αφού αποτελεί συνειδητή επιλογή του αναλυτή να σταθμίσει ισάξια, τα συναποτελούμενα μέρη.²⁵

Για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου, θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα, όπου θέλουμε να μετρήσουμε την ισχύ μιας στρατιωτικής μονάδας, για τον καθορισμό της έκβασης μιας μάχης. Υποθέτουμε ότι βάση του θεωρητικού πλαισίου, οι επιμέρους δείκτες που θα χρησιμοποιηθούν κατά την κατασκευή του σύνθετου δείκτη «**Ισχύς Στρατιωτικής Μονάδας**» είναι:

- Ανθρώπινο Δυναμικό Μονάδας
- Πολεμικός Εξοπλισμός & Εφόδια
- Στρατιωτική Εκπαίδευση Μονάδας
- Ποσοστό Ανώτερων & Ανώτατων Αξιωματικών επί του Συνόλου

Για δύο παραταγμένες μονάδες που πρόκειται να συγκρουστούν στο πεδίο της μάχης, έχουμε όλα τα δεδομένα γνωστά για την μία από τις δύο, ενώ για την άλλη γνωρίζουμε ελάχιστα.

Σε αυτή την περίπτωση κατά την στάθμιση των επιμέρους δεικτών για την φίλια μονάδα, της οποίας γνωρίζουμε τα δεδομένα, ο αναλυτής βάση της εμπειρίας του αποδίδει τα ακόλουθα βάρη:

- Ανθρώπινο Δυναμικό Μονάδας – **35%**
- Πολεμικός Εξοπλισμός & Εφόδια – **25%**
- Στρατιωτική Εκπαίδευση Μονάδας – **30%**
- Ποσοστό Ανώτερων & Ανώτατων Αξιωματικών επί του Συνόλου – **10%**

25. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., “Tools for Composite Indicators Building” European Commission, Institute for the Protection and Security of the Citizen Econometrics and Statistical Support to Antifraud Unit, Italy, σ.55

Στην εχθρική μονάδα όμως, για την οποία γνωρίζει ελάχιστα, μη θέλοντας να διακινδυνεύει την πρόβλεψη του με ασαφείς υποθέσεις, θα χρησιμοποιήσει την μέθοδο της ισόβαθμης στάθμισης, ως ακολούθως:

- Ανθρώπινο Δυναμικό Μονάδας – 25%
- Πολεμικός Εξοπλισμός & Εφόδια – 25%
- Στρατιωτική Εκπαίδευση Μονάδας – 25%
- Ποσοστό Ανώτερων & Ανώτατων Αξιωματικών επί του Συνόλου – 25%

Τοποθετώντας τα παραπάνω βάρη (σταθμοδείκτες) σε έναν ενιαίο πίνακα, για την καλύτερη κατανόηση απόδοσης βαρών και την συνέχιση της μαθηματικής μοντελοποίησης του προβλήματος από τον αναλυτή, έχουμε:

Πίνακας 11: Στάθμιση Αριθμοδεικτών με την μέθοδο της Ισόβαθμης Στάθμισης

Επιμέρους Αριθμοδείκτες	Φίλια Μονάδα	Εχθρική Μονάδα
Ανθρώπινο Δυναμικό Μονάδας	35%	25%
Πολεμικός Εξοπλισμός & Εφόδια	25%	25%
Στρατιωτική Εκπαίδευση Μονάδας	30%	25%
Ποσοστό Ανώτερων & Ανώτατων Αξιωματικών επί του Συνόλου	10%	25%

5.2 Πρόσθεση Σταθμισμένων Παραγόντων

Κατά την χρήση της συγκεκριμένη μεθόδου, όλοι επιμέρους δείκτες που συναποτελούν έναν σύνθετο δείκτη, βαθμολογούνται σύμφωνα με την κρίση και την εμπειρία του αναλυτή και στην συνέχεια προστίθενται για να δώσουν το τελικό αποτέλεσμα.

Με αυτό τον τρόπο, ο αναλυτής έχει την δυνατότητα να προσδώσει σημαντικότητα σε εκείνους τους δείκτες που θεωρεί κρίσιμους, με αποτέλεσμα οι μεταβολές των δεικτών με τον μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας να επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό το τελικό αποτέλεσμα.²⁶

Για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου, θα πάρουμε μια μελέτη περίπτωσης για την μέτρηση της συνολικής επίδοσης πυλώνων Άμυνας & Ασφάλειας των Καθεστωτικών Δυνάμεων, στο σύστημα της Συρίας. Ο σύνθετος δείκτης που αποφασίστηκε να κατασκευαστεί, βάσει του θεωρητικού πλαισίου, εμπεριέχει του επιμέρους δείκτες Military Expenditure (% of GDP), Armed Forces Personnel (Total), Arms Imports (SIPRI trend indicator values), των οποίων οι

26. Mazis I., Digkas A., Domatioti X., “Application of simple and composite indicators of the four Geopolitical Pillars in the Methodology of Systemic Geopolitical Analysis: the case of Syria”, Civitas Gentium, 2017, σ. 50.

κανονικοποιημένες επιδόσεις για τα έτη 2010-2016, παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 12: Κανονικοποιημένες επιδόσεις αριθμοδεικτών *Military Expenditure (% of GDP)*, *Armed Forces Personnel (Total)*, *Arms Imports (SIPRI trend indicator values)*

Καθεστωτικές Δυνάμεις			
Έτος	Military Expenditure (% of GDP)	Armed Forces Personnel (Total)	Arms Imports (SIPRI trend indicator values)
2010	0,74	0,99	0,69
2011	0,73	1,00	0,48
2012	0,90	1,00	0,74
2013	0,78	0,40	0,92
2014	0,70	0,40	0,93
2015	0,60	0,40	0,90
2016	0,55	0,68	0,87

Ο αναλυτής, βάσει της γνώσης και της εμπειρίας του, αποφασίζει ότι στην συνολική επίδοση του πολώνα, ο κάθε δείκτης συμμετέχει με την ακόλουθη βαρύτητα:

- Military Expenditure (% of GDP) – **30% ή 0,3**
- Armed Forces Personnel (Total) – **50% ή 0,5**
- Arms Imports (SIPRI trend indicator values) – **20% ή 0,2**

Για την απόδοση συντελεστών βαρύτητας, θα πρέπει να επισημανθεί ότι όλοι οι συντελεστές αν προστεθούν θα πρέπει να ισούνται με την μονάδα. Κάτι που επαληθεύεται και στην δικιά μας περίπτωση, καθώς:

$$0,3 + 0,5 + 0,2 = 1$$

Επομένως η Επίδοση Ισχύος του πολώνα Άμυνας & Ασφάλειας για το έτος 2010, είναι:

$$2010: 0,3*0,74m.e.+0,5*0,99a.f.p.+0,2*0,69a.i. = 0,86$$

Ομοίως και για τα υπόλοιπα έτη:

$$2011: 0,3*0,73m.e.+0,5*1,00a.f.p.+0,2*0,48a.i. = 0,82$$

$$2012: 0,3*0,90m.e.+0,5*1,00a.f.p.+0,2*0,74a.i. = 0,92$$

$$2013: 0,3*0,78m.e.+0,5*0,40a.f.p.+0,2*0,92a.i. = 0,62$$

$$2014: 0,3*0,70m.e.+0,5*0,40a.f.p.+0,2*0,93a.i. = 0,60$$

$$2015: 0,3*0,60m.e.+0,5*0,40a.f.p.+0,2*0,90a.i. = 0,56$$

$$2016: 0,3*0,55m.e.+0,5*0,68a.f.p.+0,2*0,87a.i. = 0,68$$

Από τους παραπάνω υπολογισμούς καταρτίζεται ο συγκεντρωτικός Πίνακας με την συνολική επίδοση ισχύος του πυλώνα Άμυνας & Ασφάλειας για τις Καθεστωτικές Δυνάμεις στο σύστημα της Συρίας.

Πίνακας 13: Επίδοση Ισχύος πυλώνα Άμυνας & Ασφάλειας για τις Καθεστωτικές Δυνάμεις στο σύστημα της Συρίας

Υποσύστημα Α: Καθεστωτικές Δυνάμεις	
Έτος	Επίδοση Ισχύος Πυλώνα Άμυνας & Ασφάλειας
2010	0,86
2011	0,82
2012	0,92
2013	0,62
2014	0,60
2015	0,56
2016	0,68

5.2 Μέθοδος των Δελφών (Delphi Method)

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελείται από μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία κατά την οποία:

1. Μια σειρά από ερωτηματολόγια διαμοιράζονται ανάμεσα σε μια ομάδα ειδικών και απαντώνται αρχικά, χωρίς πρότερη συζήτηση ή συνεννόηση ανάμεσα στα μέλη της.
2. Στην συνέχεια ανακοινώνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του ερωτηματολογίου και ζητάτε από την ομάδα των ειδικών να ξανασυμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια, αυτή την φορά γνωρίζοντας τον μέσο όρο των απαντήσεων που δόθηκαν κατά τον πρώτο γύρο συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων.
3. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή συναίνεση ανάμεσα στους ειδικούς που συναποτελούν την ομάδα.²⁷

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της μεθόδου ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες του προς ανάλυση αντικειμένου, όπως η Delphi πολιτικής τακτικής, στόχος της οποίας είναι η παραγωγή εναλλακτικών, ακόμη και αντιφατικών σεναρίων και η ομαδική Delphi, όπου σε μια ολοήμερη συνάντηση των ειδικών λαμ-

27. Yousouf M., "Using experts' opinions through Delphi technique", Practical Assessment, Research & Evaluation, 2007, σ. 4

βάνονται οι απόψεις μέσα από ανατροφοδότηση και σχηματισμό υποομάδων. Σημαντικό ρόλο στην μέθοδο επίσης, παίζει η σύνθεση της ομάδας των ειδικών, η οποία θα πρέπει να γίνεται κατά τρόπο τέτοιο που να περιλαμβάνει ευρύτητα γνώσεων και ειδικεύσεων, αλλά όχι σε τέτοιο βαθμό που να παρουσιάζονται αποκλίσεις.²⁸

Για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου θα πάρουμε ένα παράδειγμα από τον χώρο της ενέργειας και πιο συγκεκριμένα τον κλάδο της χάραξης ενεργειακής πολιτικής. Το θέμα προς ανάλυση είναι η προώθηση μέτρων πράσινης ανάπτυξης και η ομάδα ειδικών απαρτίζεται από τον Υπουργό Ενέργειας, έναν Αρχιτέκτονα - Σύμβουλο Οικιστικής Ανάπτυξης και έναν Μηχανολόγο Μηχανικό - Εμπειρογνώμονα του Τεχνικού Επιμελητηρίου.

Τα μέτρα που έχουν τεθεί στο τραπέζι είναι η εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, η επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε. και η αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση.

Για την καλύτερη κατανόηση των κινήτρων κάθε ειδικού, θα υποθέσουμε ότι ο Υπουργός ενδιαφέρεται για την προώθηση πηγών που θα δημιουργήσουν ένα θετικό κλίμα για το μεγαλύτερο δυνατό μέρος του πληθυσμού της χώρας του, ο Αρχιτέκτονας ενδιαφέρεται οι πράσινες πηγές που θα προωθηθούν να έρχονται σε αρμονία με το περιβάλλον και τις καλές πρακτικές οικιστικής ανάπτυξης, ενώ ο Μηχανολόγος Μηχανικός ενδιαφέρεται να προωθηθούν οι πιο συμφέρουσες πηγές ενέργειας, από τεχνοοικονομικής άποψης.

Τους ζητήθηκε λοιπόν να προσδιορίσουν το μίγμα πολιτικής που θα πρέπει να ακολουθηθεί για την προώθηση των τριών παραπάνω μέτρων, βάσει της γνώσης και της εμπειρίας τους, μέσω ερωτηματολογίου, χωρίς να έρθουν σε επαφή ή συνεννόηση μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

28. Van Zolingen S., Klaassen C., "Selection process in a Delphi study about key qualifications in senior secondary vocational education", *Technol Forecast Soc Change*, 2003, σ.318-319

Πίνακας 14: 1^{ος} γύρος απαντήσεων ομάδας ειδικών με την μέθοδο Delphi

Μέτρα προώθησης πράσινης ανάπτυξης	Υπουργός Ενέργειας	Σύμβουλος Οικιστικής Ανάπτυξης	Εμπειρογνώμων Τεχνικού Επιμελητηρίου
Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο	60%	5%	25%
Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.	25%	75%	30%
Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση	15%	20%	45%

Για το μέτρο «Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{60\% + 5\% + 25\%}{3} = \frac{90\%}{3} = 30\%$$

Για το μέτρο «Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{25\% + 75\% + 30\%}{3} = \frac{130\%}{3} = 43,3\%$$

Για το μέτρο «Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{15\% + 20\% + 45\%}{3} = \frac{80\%}{3} = 26,7\%$$

Τα αποτελέσματα του 1ου γύρου απαντήσεων παρουσιάζονται ξεχωριστά στους ειδικούς, με την μορφή του παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 15: Αποτελέσματα 1ου γύρου απαντήσεων ομάδας ειδικών με την μέθοδο Delphi

Μέτρα προώθησης πράσινης ανάπτυξης	Αποτελέσματα 1 ^{ου} γύρου απαντήσεων
Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο	30%
Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.	43,3%
Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση	26,7%

Στην συνέχεια, τους ζητήθηκε να αναπροσαρμόσουν τις απαντήσεις τους βάσεις των αποτελεσμάτων, αν το κρίνουν αναγκαίο, μέσω της συμπλήρωσης ενός 2ου ερωτηματολογίου. Οι αναπροσαρμοσμένες απαντήσεις τους δίνονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 16: 2^{ος} γύρος απαντήσεων ομάδας ειδικών με την μέθοδο Delphi

Μέτρα προώθησης πράσινης ανάπτυξης	Υπουργός Ενέργειας	Σύμβουλος Οικιστικής Ανάπτυξης	Εμπειρογνώμων Τεχνικού Επιμελητηρίου
Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο	40%	15%	25%
Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.	35%	65%	40%
Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση	25%	20%	35%

Για το μέτρο «Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{40\% + 15\% + 25\%}{3} = \frac{80\%}{3} = 26,7\%$$

Για το μέτρο «Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{35\% + 65\% + 40\%}{3} = \frac{140\%}{3} = 46,6\%$$

Για το μέτρο «Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντιστοιχούς με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{25\% + 20\% + 35\%}{3} = \frac{80\%}{3} = 26,7\%$$

Τα αποτελέσματα του 2ου γύρου απαντήσεων παρουσιάζονται ξεχωριστά στους ειδικούς, με την μορφή του παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 17: Αποτελέσματα 2^{ου} γύρου απαντήσεων ομάδας ειδικών με την μέθοδο Delphi

Μέτρα προώθησης πράσινης ανάπτυξης	Αποτελέσματα 1 ^{ου} γύρου απαντήσεων
Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο	26,7%
Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.	46,6%
Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντιστοιχούς με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση	26,7%

Τέλος, τους ζητήθηκε για τελευταία φορά να αναπροσαρμόσουν τις απαντήσεις τους βάσεις των αποτελεσμάτων, αν το κρίνουν αναγκαίο, μέσω της συμπλήρωσης 3ου ερωτηματολογίου. Οι αναπροσαρμοσμένες απαντήσεις τους δίνονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 18: 3ος γύρος απαντήσεων ομάδας ειδικών με την μέθοδο Delphi

Μέτρα προώθησης πράσινης ανάπτυξης	Υπουργός Ενέργειας	Σύμβουλος Οικιστικής Ανάπτυξης	Εμπειρογνώμων Τεχνικού Επιμελητηρίου
Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο	25%	20%	25%
Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.	45%	55%	45%
Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση	30%	25%	30%

Για το μέτρο «Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{25\% + 20\% + 25\%}{3} = \frac{70\%}{3} = 23,3\%$$

Για το μέτρο «Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{45\% + 55\% + 45\%}{3} = \frac{145\%}{3} = 48,3\%$$

Για το μέτρο «Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση», ο μέσος όρος των απαντήσεων των ειδικών είναι:

$$MO = \frac{30\% + 25\% + 30\%}{3} = \frac{85\%}{3} = 28,4\%$$

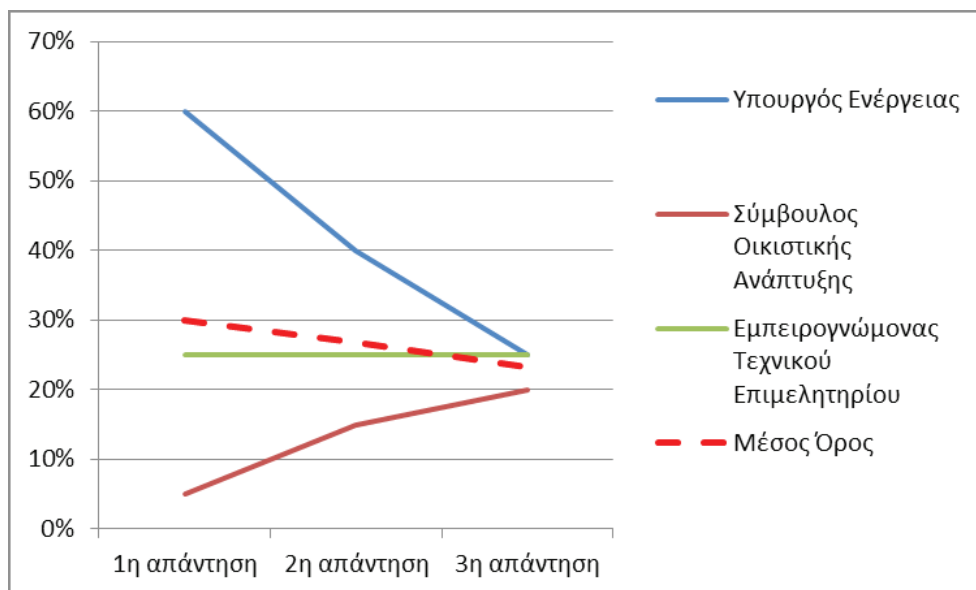
Τα αποτελέσματα του 3ου γύρου απαντήσεων είναι και τα τελικά που θα επιλεγούν για την χάραξη ενεργειακής πολιτικής, πάνω στην προώθηση μέτρων πράσινης ανάπτυξης και παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 19: Αποτελέσματα 3ου γύρου απαντήσεων ομάδας ειδικών με την μέθοδο Delphi

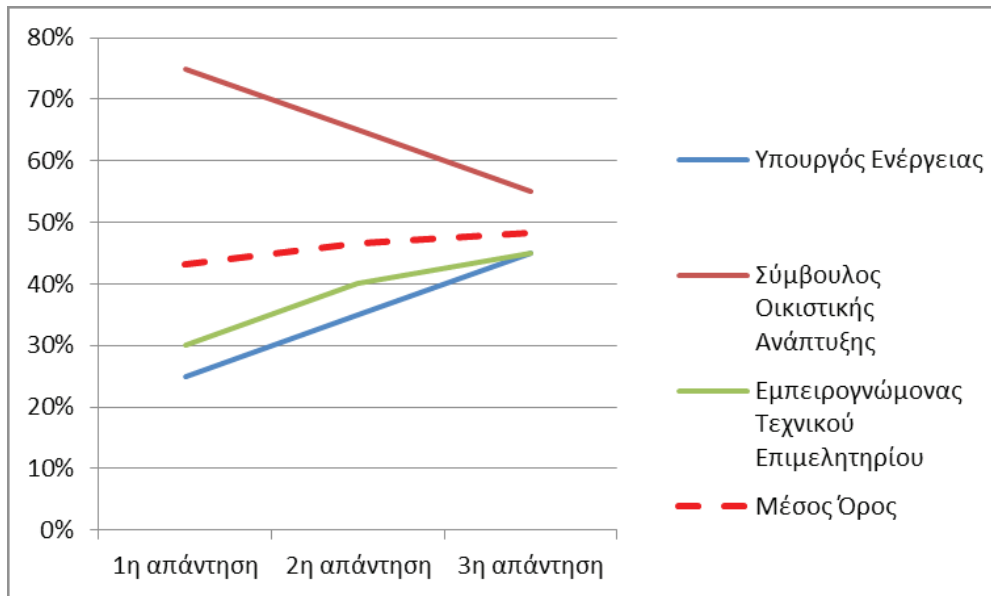
Μέτρα προώθησης πράσινης ανάπτυξης	Αποτελέσματα 1 ^{ου} γύρου απαντήσεων
Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο	23,3%
Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.	48,3%
Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση	28,4%

Η σύγκλιση απόψεων κατά την διάρκεια της διαδικασίας, για κάθε ένα από τα μέτρα πράσινης ανάπτυξης, μπορεί να φανεί καθαρά στα παρακάτω γραφήματα.

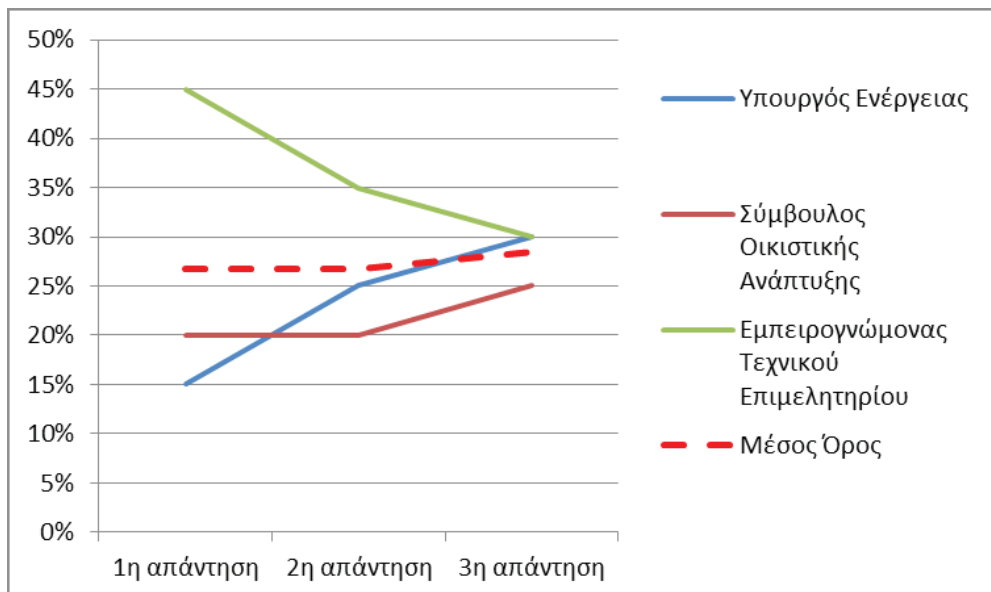
Γράφημα 2: Σύγκλιση απόψεων ομάδας ειδικών για το μέτρο «Εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών για ηλεκτροπαραγωγή με δυνατότητες πώλησης στο διασυνδεδεμένο δίκτυο» με την μέθοδο Delphi



Γράφημα 3: Σύγκλιση απόψεων ομάδας ειδικών για το μέτρο «Επιδότηση για ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σύμφωνα με τις νέες οδηγίες της Ε.Ε.» με την μέθοδο Delphi



Γράφημα 4: Σύγκλιση απόψεων ομάδας ειδικών για το μέτρο «Αντικατάσταση εξοπλισμού θέρμανσης με βάση το πετρέλαιο, σε αντίστοιχους με φυσικό αέριο με σκοπό την μεγαλύτερη εξοικονόμηση» με την μέθοδο Delphi



5.3 Analytical Hierarchy Process (AHP)

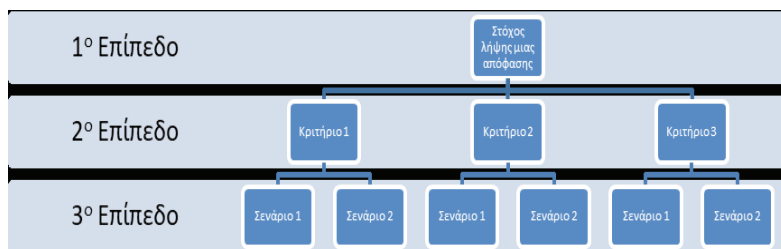
Η AHP παρουσιάστηκε από τον Thomas Saaty το 1980 και αποτελεί ένα από τα πιο αποτελεσματικά εργαλεία για την υποβοήθηση λήψης σύνθετων αποφάσεων. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία μπορεί να διευκολύνει τον υπεύθυνο λήψης μιας απόφασης, κατηγοριοποιώντας και προτεραιοποιώντας τα δομικά στοιχεία ενός προβλήματος, μέσα από την σύγκριση τους ανά ζεύγη και στη συνέχεια τη σύνθεση τους σε ένα ενιαίο αποτέλεσμα.²⁹

Σύμφωνα με τον Saaty, κάθε αναλυτής, για να μπορέσει να πάρει μια απόφαση με συγκροτημένο και ιεραρχημένο τρόπο, θα πρέπει να αποσυνθέσει την διαδικασία λήψης της αποφάσεώς του, στα εξής παρακάτω βήματα:³⁰

1. Να περιγράψει με σαφήνεια το πρόβλημα για το οποίο θέλει να λάβει μια απόφαση.
2. Να ιεραρχήσει τα ζητήματα ξεκινώντας από την κορυφή, όπου θα τοποθετήσει τον στόχο για τον οποίο επιδιώκεται να ληφθεί η απόφαση, στην συνέχεια στο ενδιάμεσο επίπεδο θα τοποθετήσει τα κριτήρια τα οποία σχετίζονται άμεσα με την λήψη της αποφάσεως και τέλος στο κατώτερο επίπεδο θα τοποθετήσει τα εναλλακτικά σενάρια που έχει στην διάθεση του.
3. Να κατασκευάσει ένα πίνακα σύγκρισεως των κριτηρίων ανά ζεύγη και να τον συμπληρώσει βάσει ενός προσυμφωνημένου συστήματος αξιολογήσεως.
4. Να υπολογίσει μαθηματικά τις βαρύτητες κάθε κριτηρίου για τον τελικό στόχο λήψεως της αποφάσεως, καθώς και την βαρύτητα κάθε σεναρίου, για κάθε ένα από τα κριτήρια που έχουν συμπεριληφθεί και σχετίζονται άμεσα με την λήψη της αποφάσεως.

Βάσει των ανωτέρω, αν απεικονίσουμε σχηματικά την διαδικασία λήψεως μιας αποφάσεως με την μέθοδο AHP, για ένα πρόβλημα το οποίο απαρτίζεται από 3 διαφορετικά κριτήρια και 2 εναλλακτικά σενάρια, έχουμε:

Εικόνα 1: Απεικόνιση διαδικασίας λήψεως αποφάσεως με την μέθοδο AHP



29. Triantaphyllou E., Mann S., "Using the AHP for decision making in engineering applications: some challenges", International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, 1995, σ. 35.

30. Saaty T., "Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary", European Journal of Operational Research, 2003, σ. 85.

Επιπρόσθετα, ο Saaty πρότεινε το παρακάτω σύστημα αξιολογήσεως για τις διμερείς συγκρίσεις, για την καθολικότερη και πιο συνεπή χρήση της μεθόδου:³¹

Πίνακας 20: Σύστημα αξιολόγησης για διμερείς συγκρίσεις της μεθοδολογία AHP

Σπουδαιότητα	Περιγραφή	Επεξήγηση
1	Ίση βαρύτητα και για τα δύο στοιχεία	Τα δύο στοιχεία συνεισφέρουν εξίσου στον στόχο
2	Ενδιάμεση τιμή	Ερμηνεύεται ως ενδιάμεση σπουδαιότητα ανάμεσα στην επιλογή 1 και 3
3	Μέτρια βαρύτητα του ενός στοιχείου ως προς ένα άλλο	Σύμφωνα με την κρίση και την εμπειρία του αναλυτή το ένα στοιχείο ευνοεί ελαφρώς τον στόχο, έναντι του άλλου
4	Ενδιάμεση τιμή	Ερμηνεύεται ως ενδιάμεση σπουδαιότητα ανάμεσα στην επιλογή 3 και 5
5	Σημαντική βαρύτητα του ενός στοιχείου ως προς ένα άλλο	Σύμφωνα με την κρίση και την εμπειρία του αναλυτή το ένα στοιχείο ευνοεί σημαντικά τον στόχο, έναντι του άλλου
6	Ενδιάμεση τιμή	Ερμηνεύεται ως ενδιάμεση σπουδαιότητα ανάμεσα στην επιλογή 5 και 7
7	Ισχυρή βαρύτητα	Σύμφωνα με την κρίση και την εμπειρία του αναλυτή το ένα στοιχείο ευνοεί ισχυρά τον στόχο, έναντι του άλλου
8	Ενδιάμεση τιμή	Ερμηνεύεται ως ενδιάμεση σπουδαιότητα ανάμεσα στην επιλογή 7 και 9
9	Μέγιστη βαρύτητα	Σύμφωνα με την κρίση και την εμπειρία του αναλυτή το ένα στοιχείο ευνοεί απόλυτα τον στόχο, έναντι του άλλου

31. Saaty T., “Decision making with the analytic hierarchy process”, International Journal of Services Sciences, 2008, σ.85

Για την ευκολότερη κατανόηση της μεθόδου θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα, κατά το οποίο θα πρέπει να ληφθεί μια απόφαση για την αγορά αεροπλανοφόρου, εκ μέρους του Υπουργείου Άμυνας της Ινδίας.

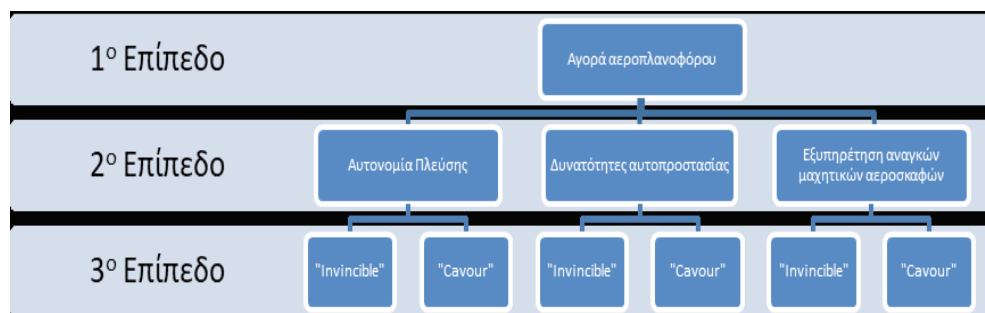
Υποθέτουμε για την διευκόλυνση του παραδείγματος μας, ότι διατίθενται προς πώληση το βρετανικών συμφερόντων αεροπλανοφόρο “Invincible” (20.300 tons, 695 ft, 22 aircraft) και το ιταλικών συμφερόντων “Cavour” (26.000 tons, 800 ft, 20 aircraft).

Ο Ινδός Υπουργός Άμυνας ανέθεσε στην εταιρεία αναλύσεων σας να καθορίσετε τα βασικότερα κριτήρια που θα πρέπει να επηρεάσουν την τελική λήψη απόφασης και μετά από σύσκεψη, η ομάδα αναλυτών σας κατέληξε ότι τα 3 σημαντικότερα κριτήρια είναι τα εξής:

- Αυτονομία πλεύσης
- Δυνατότητες αυτοπροστασίας
- Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών

Συνεπώς, η διαδικασία λήψης απόφασης για την αγορά αεροπλανοφόρου με την μέθοδο AHP που προτείνεται από την εταιρεία σας, απεικονίζεται ως εξής:

Εικόνα 2: Απεικόνιση διαδικασίας λήψης απόφασης αγοράς αεροπλανοφόρου με την μέθοδο AHP



Στην συνέχεια η ομάδα αναλυτών σας, καταρτίζει τον Πίνακα διμερών συγκρίσεων, βάσει του συστήματος αξιολόγησης του Saaty:

Πίνακας 21: Εκτίμηση διμερών συγκρίσεων κριτηρίων ομάδας αναλυτών

	Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	Δυνατότητες αυτοπροστασίας	Αυτονομία πλεύσης
Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	1	5	8
Δυνατότητες αυτοπροστασίας		1	2
Αυτονομία πλεύσης			1

Παρατηρούμε ότι στην διαγώνιο του Πίνακα 21, έχουν συμπληρωθεί με κόκκινο χρώμα οι μονάδες, καθώς η σύγκριση ενός κριτηρίου με τον αυτό του, υποδηλώνει ότι έχουν ίση βαρύτητα, δηλαδή τιμή 1 στο σύστημα αξιολόγησης του Saaty, για την AHP.

Στην συνέχεια, η ομάδα αναλυτών συμπληρώνει τα κενά κελιά του Πίνακα, με τους αντίστροφους αριθμούς των τιμών αξιολόγησης που έχει δώσει για κάθε διμερή σύγκριση. Επομένως:

Πίνακας 22: Ολοκληρωμένος πίνακας διμερών συγκρίσεων κριτηρίων ομάδας αναλυτών

	Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	Δυνατότητες αυτοπροστασίας	Αυτονομία πλεύσης
Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	1	5	8
Δυνατότητες αυτοπροστασίας	$\frac{1}{5}$	1	2
Αυτονομία πλεύσης	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	1

Το επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε το συνολικό άθροισμα κάθε στήλης:

Πίνακας 23: Άθροισμα στηλών πίνακα διμερών συγκρίσεων κριτηρίων ομάδας αναλυτών

	Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	Δυνατότητες αυτοπροστασίας	Αυτονομία πλεύσης
Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	1	5	8
Δυνατότητες αυτοπροστασίας	0,2	1	2
Αυτονομία πλεύσης	0,125	0,5	1
Άθροισμα	1,325	6,5	11

Και να διαιρέσουμε την τιμή κάθε στήλης, με το αντίστοιχο άθροισμα της, ώστε να κανονικοποιηθούν οι τιμές:

Πίνακας 24: Κανονικοποίηση στηλών πίνακα διμερών συγκρίσεων κριτηρίων ομάδας αναλυτών

	Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	Δυνατότητες αυτοπροστασίας	Αυτονομία πλεύσης
Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	$\frac{1}{1,325} = 0,755$	$\frac{5}{6,5} = 0,77$	$\frac{8}{11} = 0,73$
Δυνατότητες αυτοπροστασίας	$\frac{0,2}{1,325} = 0,15$	$\frac{1}{6,5} = 0,15$	$\frac{2}{11} = 0,18$
Αυτονομία πλεύσης	$\frac{0,125}{1,325} = 0,095$	$\frac{0,5}{6,5} = 0,08$	$\frac{1}{11} = 0,09$
Άθροισμα	1,325	6,5	11

Τέλος υπολογίζοντας τον μέσο όρο των νέων κανονικοποιημένων τιμών κάθε γραμμής του Πίνακα 24, θα υπολογίσουμε τις τελικές βαρύτητες που θα έχει κάθε κριτήριο για την λήψη της τελικής απόφασης αγοράς αεροπλανοφόρου.

Έτσι έχουμε:

Πίνακας 25: Υπολογισμός βαρύτητας κριτηρίων

	Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	Δυνατότητες αυτοπροστασίας	Αυτονομία πλεύσης	Μέση τιμή γραμμής Πίνακα
Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	0,755	0,77	0,73	$\frac{0,755 + 0,77 + 0,73}{3} = \mathbf{0,752}$
Δυνατότητες αυτοπροστασίας	0,15	0,15	0,18	$\frac{0,15 + 0,15 + 0,18}{3} = \mathbf{0,16}$
Αυτονομία πλεύσης	0,095	0,08	0,09	$\frac{0,095 + 0,08 + 0,09}{3} = \mathbf{0,088}$

Οι βαρύτητες για τα κριτήρια που προέκυψαν από την μέση τιμή κάθε γραμμής του Πίνακα θα πρέπει να αθροίζουν στην μονάδα, κάτι που όπως παρατηρούμε ισχύει στην περίπτωση μας:

$$0,752 + 0,16 + 0,088 = 1$$

Υπάρχει περίπτωση, λόγω των πράξεων η παραπάνω άθροιση να υπολείπεται ορισμένων δεκαδικών, το οποίο οφείλεται στις ατελείς διαιρέσεις και αντί για την μονάδα να αθροίζει στο 0,998. Σε αυτή την περίπτωση στρογγυλοποιούμε τα επιμέρους βάρη αναλόγως ώστε να αθροίζουν στην μονάδα, καθώς το σφάλμα είναι τόσο μικρό που δεν μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την τελική λήψη της απόφασης.

Τελικά, οι βαρύτητες των κριτηρίων που προτείνονται από την εταιρεία σας για την περαιτέρω ανάλυση, προκειμένου να ληφθεί η απόφαση για την αγορά αεροπλανοφόρου, εκ μέρους του Ινδικού Υπουργείου Άμυνας είναι οι εξής:

Πίνακας 26: Τελικές βαρότητες κριτηρίων με την μέθοδο AHP

Κριτήριο	Βαρότητα
Εξυπηρέτηση αναγκών μαχητικών αεροσκαφών	75,2%
Δυνατότητες αυτοπροστασίας	16%
Αυτονομία πλεύσης	8,8%

6. Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων

Η οπτικοποίηση δεδομένων είναι ένας από τους πιο ταχέως αναπτυσσόμενους τομείς έρευνας, καθώς συνεισφέρει αποτελεσματικά τόσο στην εύρυθμη επικοινωνία των πληροφοριών στην θετική του πλευρά, όσο και στην συστηματική απόκρυψη και παραπλάνηση στην αρνητική του πλευρά.

Λόγω της ευκολίας με την οποία μπορεί να παραχθεί ένα διάγραμμα, με τα σύγχρονα υπολογιστικά εργαλεία που διαθέτουμε, ο σχεδιασμός γραφικών δεν λαμβανόταν σοβαρά υπόψη, κατά την συγγραφή ερευνητικών και επιστημονικών κειμένων. Η γενικευμένη αντίληψη που επικρατεί, είναι ότι η οπτικοποίηση δεδομένων αποτελεί ζήτημα κοινής λογικής και δουλειά χαμηλού επιπέδου, που δεν χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη επιστημονική προσοχή. Όσοι συμμερίζονται όμως αυτή την αντίληψη, αδυνατούν να ορίσουν σαφώς τι αποτελεί «κοινή λογική», καθώς και να συγκρίνουν την απόκλιση της, από την δικιά τους λογική.³²

Επιπρόσθετα, η τεράστια αύξηση στην συλλογή και αποθήκευση δεδομένων που πρέπει να επεξεργαστούν και να προετοιμαστούν για τον τελικό χρήστη, σε μορφή που είναι εύκολο να κατανοηθεί, έχει αναδείξει την οπτικοποίηση δεδομένων σε ζήτημα κρίσιμης σημασίας. Για τον λόγο αυτό έχει αναπτυχθεί πληθώρα εργαλείων οπτικοποίησης δεδομένων, τα οποία έχουν δύο βασικές στοχεύσεις.

Η πρώτη και πιο βασική στόχευση είναι η οπτικοποίηση των τελικών αποτελεσμάτων, με σκοπό την αποτελεσματική παρουσίαση και επικοινωνία των ευρημάτων. Αυτή η κατηγορία οπτικοποίησης συναντάται στην διεθνή βιβλιογραφία με τον όρο «Presentation Graphics».

Η δεύτερη όμως και πιο κρίσιμη στόχευση, είναι η αποκάλυψη των πληροφοριών πίσω από τα δεδομένα, η οποία στην διεθνή βιβλιογραφία συναντάται με τον όρο «Exploratory Graphics». Η κατανόηση δομών και ανακάλυψη μοτίβων, μέσα από την οπτικοποίηση των δεδομένων, αποτελεί μια νέα ιδέα στις σύγχρονες επιστήμες, η οποία δεν περιορίζεται απλά και μόνο στην γραφική αναπαράσταση δεδομένων.

32. Chen C., Härdle W., Unwin A., "Handbook of Data Visualization", Springer, 2008, σ. 4.

Ωστόσο, τα εργαλεία αυτά δεν επιλύουν τα προβλήματα που δημιουργούνται από την χαμηλή ποιότητα δεδομένων ή την λάθος επεξεργασία τους. Γεγονός που σηματοδοτεί ότι πρέπει να δώσουμε τεράστια προσοχή στις τεχνικές απόκτησης και διαχείρισης δεδομένων, που αναφέραμε παραπάνω, προτού προχωρήσουμε στην αναπαράσταση αυτών.

Αφού διασφαλίσουμε επαρκώς την ποιότητα των πληροφοριών και βασίσουμε την μεθοδολογική μας προσέγγιση σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο που έχουμε ορίσει, μπορούμε να προχωρήσουμε στην αξιολόγηση και στην οπτικοποίηση του συνόλου δεδομένων.³³

Η συνεισφορά της οπτικοποίησης δεδομένων κατά την διαδικασία της ανάλυσης και παρουσίασης των αποτελεσμάτων της, μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:³⁴

- Να δώσουν μια συνολική εικόνα για την ποιότητα των δεδομένων
- Να επιτρέψουν την σύγκριση μεταξύ των αριθμοδεικτών
- Να αναδείξουν τυχόν ακραίες τιμές (outliers) ή στρεβλώσεις στο σύνολο (set) δεδομένων
- Να αποκαλύψουν μοτίβα και τάσεις στην δομή των δεδομένων
- Να επικοινωνήσουν αποτελεσματικά και με σαφήνεια τα τελικά ευρήματα της ανάλυσης

Σχετικά με την επιλογή γραφημάτων, υπάρχει πληθώρα εναλλακτικών, όπως ραβδογράμματα, ιστογράμματα, πίτες, γραμμές τάσεων, κ.α. Η επιλογή εξαρτάται από τον τύπο των δεδομένων που έχουν επιλεγεί προς ανάλυση.

Ένα σύνολο (set) δεδομένων μπορεί να αναπαρασταθεί με πολλούς τρόπους, καθώς δεν υπάρχει πάντα μια μοναδική βέλτιστη επιλογή. Άλλες εναλλακτικές λύσεις μπορεί να είναι εξίσου καλές και οι οποίες ενδεχομένως να δίνουν έμφαση σε διαφορετικές πτυχές των ίδιων δεδομένων.³⁵

Στα πλαίσια της Σύγχρονης Συστημικής Γεωπολιτικής Ανάλυσης, αυξημένη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στην κατηγορία των «Exploratory Graphics, καθώς πέρα από τις κλασσικές πίτες και τα ραβδογράμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρέως, υπάρχει ανάγκη απεικόνισης, αξιοποίησης και ανακάλυψης μοτίβων σε γεωγραφικά δεδομένα ή συνδυασμούς αυτών με αριθμητικά δεδομένα. Μεγέθη εξαιρετικά χρήσιμα για κάθε αναλυτή.

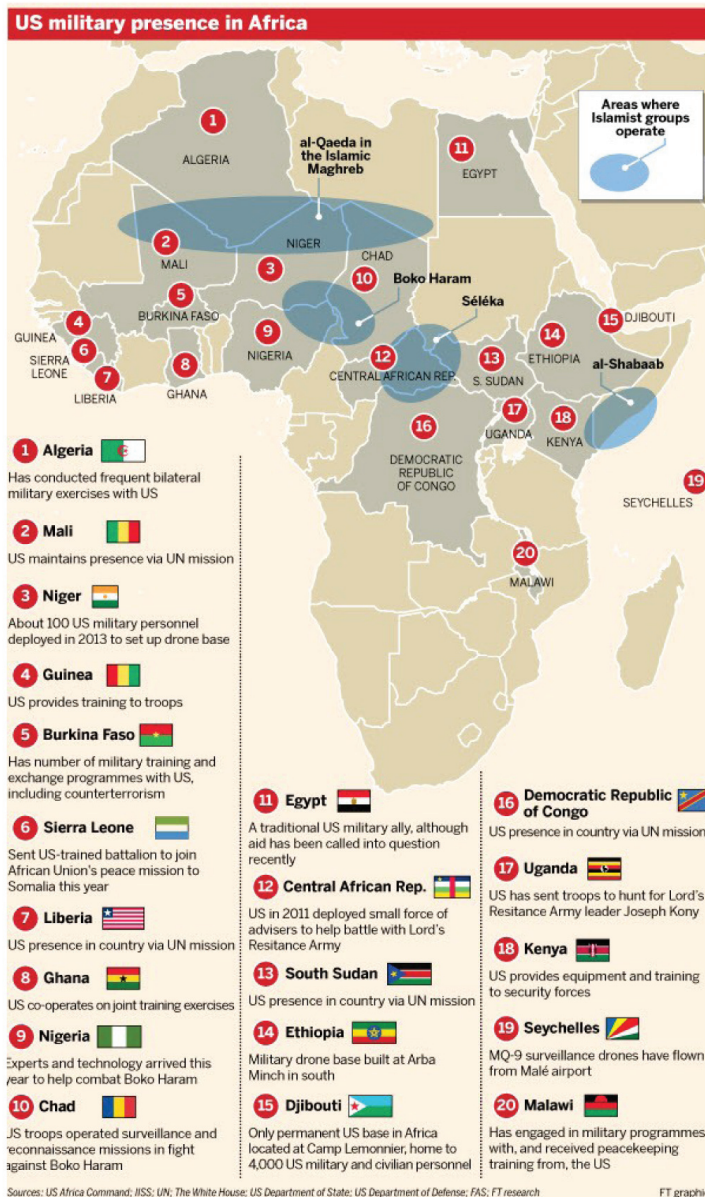
33. State Secretariat for Telecommunications and the Information Society (SETSI), “Data Processing and Visualization Tools”, European Public Sector Information Platform, 2013, σ. 5.

34. McGhee G., “Getting started with Data Visualizations, Tooling up for Digital Humanities Seminar”, Stanford University, 2011, σ. 5.

35. Chen C., Härdle W., Unwin A., “Handbook of Data Visualization”, Springer, 2008, σ. 64.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί ο συνδυασμός ποσοτικών δεδομένων ενός αριθμοδείκτη, με τις γεωγραφικές συντεταγμένες στις οποίες εδράζονται, όπως η παρουσία αμερικανικών στρατιωτικών δυνάμεων στην ήπειρο της Αφρικής.

Εικόνα 1: Παρουσία αμερικανικών στρατιωτικών δυνάμεων στην Αφρική
(Πηγή: US Africa Command)



Ένα ακόμα χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί η μοντελοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων για τις μετακινήσεις ντόπιου πληθυσμού και τουριστών στους δρόμους του San Fransisco, μέσω της μεθόδου ανάλυσης δικτύων, η οποία αναδεικνύει τις συνάφειες μεταξύ δεδομένων και τις αναπαριστά με την μορφή γραμμών, οι οποίες συνδέουν δύο διαδοχικά σημεία.³⁶

Εικόνα 2: μετακινήσεις ντόπιου πληθυσμού και τουριστών στους δρόμους του San Fransisco (Πηγή: Eric Fisher, Flickr, 2010)



Πολύ συχνά, στην Σύγχρονη Συστημική Γεωπολιτική Ανάλυση, καλούμαστε εκτός από αμιγώς γεωγραφικά δεδομένα, αν αναπαραστήσουμε και τις σχέσεις που δημιουργούνται ανάμεσα στους Γεωπολιτικούς Παράγοντες ενός Συστήματος.

Η οπτικοποίηση τέτοιων δεδομένων υποβοηθά τον αναλυτή να βάλει σε μια τάξη την σκέψη του, ενώ του δίνει και την δυνατότητα να ανατρέχει συνεχώς σε αυτά. Έτσι, μπορεί να αναθεωρήσει τις σχέσεις μεταξύ των γεωπολιτικών παραγόντων, ειδικά σε σύνθετα και συνεχώς μεταβαλλόμενα Συστήματα και τέλος να επικοινωνήσει αποτελεσματικά τα ευρήματα της έρευνας του.

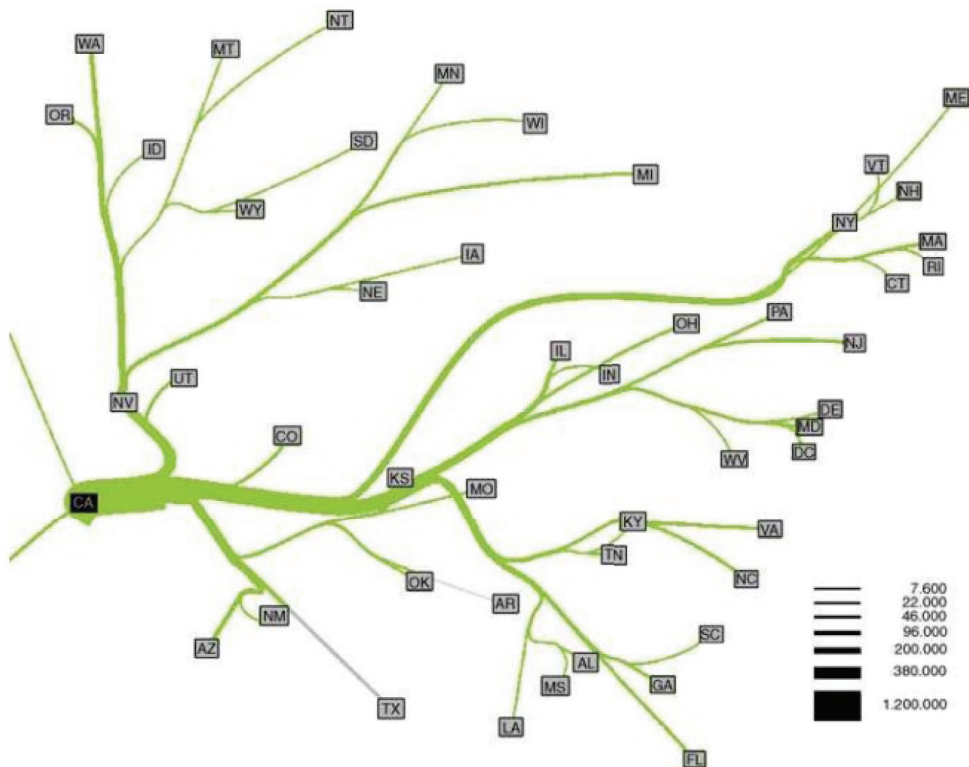
Ένας από τους πιο αποδοτικούς τρόπους απεικόνισης τέτοιων σχέσεων είναι τα δέντροδιαγράμματα και πιο συγκεκριμένα τα δέντροδιαγράμματα ιεραρχί-

36. Snheiderman B., "The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations", Institute for Systems Research, 1996, σ. 4.

ας, τα οποία αποτελούνται από ένα σύνολο κόμβων που συνδέονται από ακμές ή τόξα.³⁷

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το δεντροδιάγραμμα που ακολουθεί και παρουσιάζει δεδομένα που σχετίζονται με την μετανάστευση στην Πολιτεία του Κολοράντο από το 1995 έως το 2000. Κάθε κόμβος αναπαριστά και μια Πολιτεία των Η.Π.Α., ενώ το πάχος της κάθε γραμμής προσομοιώνει τον όγκο των ροών μετανάστευσης.

Γράφημα 6: Μεταναστευτικές ροές προς την Πολιτεία του Κολοράντο για τα έτη 1995-2000
(Πηγή: *Handbook on Constructing Composite Indicators*, 2008)



37. Φωτάκης Δ., “Δέντρα”, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ, ανακτήθηκε 5/3/2018: https://www.softlab.ntua.gr/~fotakis/discrete_math/data/14_Trees.pdf

Βιβλιογραφία

1. Μάζης Ι. Θ., “Μεταθεωρητική κριτική διεθνών σχέσεων και Γεωπολιτικής: το νεοθετικιστικό πλαίσιο”, Εκδόσεις Παπαζήση, 2012
2. Mazis I., Digkas A., Domatioti X., “Application of simple and composite indicators of the four Geopolitical Pillars in the Methodology of Systemic Geopolitical Analysis: the case of Syria”, Civitas Gentium, 2017
3. OECD & European Commission, “Handbook on Constructing Composite Indicators”, 2008
4. Saaty T., “Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary”, European Journal of Operational Research, 2003
5. Saaty T., “Decision making with the analytic hierarchy process”, International Journal of Services Sciences, 2008
6. Saltelli A., Munda G., Nardo M., “From Complexity to Multidimensionality: the Role of Composite Indicators for Advocacy of EU Reform”, Tijdschrift voor Economie en Management, 2006
7. Sharpe A., “Literature Review of Frameworks for Macro-indicators”, Centre for the Study of Living Standards, Ottawa, 2004
8. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., “Tools for Composite Indicators Building”, European Commission, Institute for the Protection and Security of the Citizen Econometrics and Statistical Support to Antifraud Unit, Italy
9. Freudenberg M., “Composite Indicators of Country Performance - A CRITICAL ASSESSMENT”, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003
10. Gough D., “A Risky Business”, Child Abuse Review, 1998
11. Saltelli A., “Composite Indicators between Analysis and Advocacy”, Social Indicators Research, Springer, 2006
12. Foa R., “Household Risk Preparation Indices—Construction and Diagnostics”, Harvard University - World Development Report, 2014
13. Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M., “The Worldwide Governance Indicators Methodology and Analytical Issues”, The World Bank Development Research Group, Macroeconomics and Growth Team, 2010
14. Gelman A., Hill J., “Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models”, Cambridge University Press, 2007
15. Yousouf M., “Using experts’ opinions through Delphi technique”, Practical Assessment, Research & Evaluation, 2007
16. Van Zolingen S., Klaassen C., “Selection process in a Delphi study about key qualifications in senior secondary vocational education”, Technol Forecast Soc Change, 2003
17. Triantaphyllou E., Mann S., “Using the AHP for decision making in engineering applications: some challenges”, International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, 1995

18. Stiglitz J., "GDP Fetishism", The Economist's Voice, September, 2009
19. Chen C., Härdle W., Unwin A., "Handbook of Data Visualization", Springer, 2008
20. State Secretariat for Telecommunications and the Information Society (SETSI), "Data Processing and Visualization Tools", European Public Sector Information Platform, 2013
21. McGhee G., "Getting started with Data Visualizations, Tooling up for Digital Humanities Seminar", Stanford University, 2011
22. Schneiderman B., "The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations", Institute for Systems Research, 1996