



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάλυση και οπτικοποίηση της ευστάθειας  
στην πολυκριτήρια αξιολόγηση της  
ηλεκτρονικής διακυβέρνησης**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΚΟΥΡΟΥΣΙΑΣ**

**Επιβλέπων : Ι. Ψαρράς**

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015





## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

# Ανάλυση και οπτικοποίηση της ευστάθειας στην πολυκριτήρια αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΚΟΥΡΟΥΣΙΑΣ

Επιβλέπων : Ι. Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ..... Οκτωβρίου 2015.

.....

Ι. Ψαρράς

.....

Δ. Ασκούνης

.....

Β. Ασημακόπουλος

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

.....

ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΚΟΥΡΟΥΣΙΑΣ

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

Copyright © ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΚΟΥΡΟΥΣΙΑΣ, 2015

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.

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

**Η** παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε σε συναργασία με το Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Με την ολοκλήρωση της, λοιπόν, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ι. Ψαρρά, για την ανάθεση αυτής αλλά και την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με το επιστημονικό πεδίο της Επιχειρησιακής Έρευνας και συγκεκριμένα της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων, στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Υποψήφιο Διδάκτορα Λευτέρη Σίσκο για την καθοδήγηση, την επίβλεψη και την άριστη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης ένα ευχαριστώ οφείλω και στον Καθηγητή Ιωάννη Σίσκο για το συμβουλευτικό και καθοδηγητικό του έργο.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με υποστήριξαν, ιδιαιτέρως την οικογένειά μου για την ανιδιοτελή και αδιάκοπη βοήθεια και τη συμπαράστασή τους στην πορεία μου μέχρι σήμερα.

Αθήνα, 15 Οκτωβρίου 2015

Ιωάννης Γ. Κουρούσιος



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η ηλεκτρονική διακυβέρνηση αναφέρεται στη χρήση της πληροφορικής και των επικοινωνιών από τις κυβερνήσεις με στόχο την παροχή ψηφιακών υπηρεσιών μέσω διαδικτύου στους πολίτες και στις επιχειρήσεις σε τοπικό, εθνικό ή διεθνές επίπεδο. Η αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης είναι επομένως αναγκαία για την καταγραφή των επιδόσεων των χωρών και την ανάδειξη πιθανών πεδίων βελτίωσης. Παρά το γεγονός ότι πολλές σχετικές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν από διάφορους οργανισμούς, δεν έχει επιτευχθεί ακόμη η ανάδειξη της πολυδιάστατης φύσης τέτοιων αξιολογήσεων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία προτείνει μία πολυκριτηριακή μεθοδολογία για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο οκτώ κριτηρίων αξιολόγησης τα οποία είναι σχεδιασμένα στην βάση τεσσάρων τομέων: (1) υποδομών, (2) επενδύσεων, (3) ηλεκτρονικών διαδικασιών, (4) συμπεριφορά χρήστη απέναντι στις ηλεκτρονικές διαδικασίες. Η γενική αξιολόγηση επιτυγχάνεται μέσω ενός γραμμικού προσθετικού μοντέλου αξίας, το οποίο εκτιμάται με την συμμετοχή ενός μοναδικού αποφασίζοντα και με την χρήση μιας προσέγγισης πολυκριτήριας ποιοτικής παλινδρόμησης, και συγκεκριμένα της UTASTAR

Στη συνέχεια τα αποτελέσματα της αξιολόγησης εξετάζονται ως προς την ευστάθειά τους. Κατά την ανάλυση αυτή γίνεται εφαρμογή της θεωρίας του διπολικού μοντέλου ελέγχου ευστάθειας, στα πλαίσια του οποίου χρησιμοποιούνται ποικίλα εργαλεία και τεχνικές, έτσι ώστε να κατανοηθεί και εν συνεχεία να ρυθμιστεί η συμπεριφορά του μοντέλου. Η ανάλυση μεταβελτιστοποίησης αποτελεί κύριο πεδίο ενδιαφέροντος, όχι μόνο για την παρούσα διπλωματική εργασία, αλλά και για όλους όσους ασχολούνται με το πεδίο της επιχειρησιακής έρευνας.

Η εφαρμογή του μοντέλου πραγματοποιείται σε 22 ευρωπαϊκές χώρες, οι οποίες αξιολογούνται και κατατάσσονται με βάση τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία

που αφορούν τα οκτώ κριτήρια και εν συνεχεία εξετάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν ως προς την ευστάθεια που παρουσιάζουν. Τα αποτελέσματα που αναδύονται, καταδεικνύουν την κρισιμότητα της κατασκευής ευσταθών πολυκριτηριακών μοντέλων αξιολόγησης, τόσο για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, η οποία επηρεάζεται σημαντικά από την ελλιπή εκμαίευση των προτιμησιακών δεδομένων, όσο και για την ολοκληρωμένη υποστήριξη της απόφασης του αποφασίζοντα.

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

---

Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων, Ηλεκτρονική διακυβέρνηση, Αναλυτικά Μοντέλα Αξιολόγησης, Ανάλυση ευστάθειας, Υποστήριξη Αποφάσεων



## ABSTRACT

---

E-government is about using the information and communications sector in the direction of providing digital services to citizens and business. Whether it is in local, national or international level, assessing the e-government processes is necessary for recording countries' performances and identifying potential areas of improvement. Nevertheless numerous assessments have been processed from various organizations so far, any of them managed to intone the multidimensional nature of such evaluations.

This paper provides a multicriteria methodological frame for assessing e-government using a model consisting of eight evaluation criteria constructed on the base of four main sectors: (1) infrastructures, (2) investments, (3) e-processes, (4) user's attitude. The overall assessment is reached through a linear additive value model which reflects the preferential characteristics of a single decision maker and the use of a multicriteria ordinal regression approach, UTASTAR.

Afterwards, the exported results are being checked towards robustness. During this analysis, bipolar stability control model theory is explained and applied, permitting the use of various tools and techniques. Following this, it is possible to understand and, therefore, adjust the way the model reacts. The optimization analysis is a key area of concern, not only for the present work, but for all those involved in the field of operational research.

The extracted model is applied to 22 European countries, providing an overall ranking based on the latest criteria data available. The results provided, show the criticalness of structuring robust multiple-criteria evaluation models, not only to ensure the reliability of the results, which is significantly affected by the lack of eliciting preferential data, but also for the comprehensive support of the decision of the shareholder.

## KEY WORDS

---

Multiple Criteria Decision Analysis, E-government, Analytical Evaluation Models, Robustness analysis, Decision support

## Περιεχόμενα

---

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ / ΣΚΟΠΟΣ.....	13
1.1	Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας.....	14
1.2	Δομή και οργάνωση του κειμένου .....	14
2	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....	17
2.1	Εισαγωγή.....	18
2.2	Πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων.....	18
2.3	Προσθετικό μοντέλο.....	19
2.4	Μέθοδοι UTA - UTASTAR.....	22
3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ .....	27
3.1	Εισαγωγή – Ανάγκη ανάλυσης της ευστάθειας .....	28
3.2	Πολλαπλές βέλτιστες λύσεις .....	29
3.3	Ευσταθής Ποιοτική Παλινδρόμηση – Robust Ordinal Regression .....	30
4	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ.....	33
4.1	Αναλυτικό – Συνθετικό μοντέλο.....	34
4.2	Αναλυτικός Πόλος .....	36
4.2.1	Μέτρα ανάλυσης ευστάθειας .....	36
4.3	Συνθετικός πόλος .....	41
4.3.1	Μέθοδοι και τεχνικές ελέγχου στον συνθετικό πόλο .....	41
5	ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ.....	47
5.1	Ορισμός προβλήματος.....	48
5.1.1	Ηλεκτρονική διακυβέρνηση .....	48
5.1.2	Σημασία της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης .....	48
5.1.3	Σημασία αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης .....	49
5.2	Κατασκευή μοντέλου για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης ..	57
5.2.1	Μοντελοποίηση κριτηρίων.....	57
5.2.2	Ανάλυση κριτηρίων .....	58
5.2.3	Δεδομένα ευρωπαϊκών χωρών .....	64

6	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ.....	67
6.1	Α' φάση – 10 εικονικές χώρες.....	68
6.2	Β' φάση – 20 εικονικές χώρες .....	76
6.3	Γ' φάση – 25 εικονικές χώρες .....	84
6.4	Δ' φάση – 30 εικονικές χώρες .....	92
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ .....	103
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	107
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	111

## **1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ / ΣΚΟΠΟΣ**

---

## **1.1 Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας**

---

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη και η ανάλυση της ευστάθειας σε πολυκριτήρια προβλήματα απόφασης. Προς αυτή την κατεύθυνση, ερευνάται η σχετική μεθοδολογία και αναπτύσσεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης και ενδυνάμωσης της ευστάθειας σε τέτοιου είδους προβλήματα.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός πολυκριτήριου μοντέλου ελέγχου ευστάθειας στη βάση της ευσταθούς πολυκριτήριας ανάλυσης. Συγκεκριμένα, προτείνεται ένα σύστημα οκτώ κριτηρίων αξιολόγησης, τα οποία διακρίνονται σε τέσσερις άξονες προτίμησης: (1) υποδομές, (2) επενδύσεις, (3) ηλεκτρονικές διαδικασίες και (4) στάση πολιτών απέναντι στις ηλεκτρονικές διαδικασίες. Κάνοντας χρήση του μοντέλου προσθετικής αξίας και της αναλυτικής πολυκριτήριας μεθόδου UTASTAR επιτυγχάνεται ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων για την υποστήριξη της απόφασης.

Κατόπιν πραγματοποιείται ανάλυση και έλεγχος της ευστάθειας των προτιμησιακών παραμέτρων του προβλήματος όσο και των εξαγόμενων αποτελεσμάτων, ακολουθώντας την διπολική μέθοδο ελέγχου της ευστάθειας.

Τέλος, με την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου σε 22 ευρωπαϊκές χώρες καταδεικνύεται η πρακτική χρησιμότητα της μεθοδολογίας και η δυνατότητα χρησιμοποίησης σε πραγματικά προβλήματα. Αξιολογείται η συνέπεια της μεθόδου σε αληθινά δεδομένα και γίνεται αποτίμηση για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που παράγει. Συνεπώς, καθίσταται άμεσα ένα χρήσιμο και πρακτικό εργαλείο στο πεδίο των συγκριτικών αξιολογήσεων και δίνεται η δυνατότητα τροποποίησης και επέκτασής του για εφαρμογή και σε άλλα πεδία.

## **1.2 Δομή και οργάνωση του κειμένου**

---

Για την ευκολότερη ανάγνωση και κατανόηση της διπλωματικής εργασίας έχει επιλεγεί η παρακάτω δομή κατά την συγγραφή:

Στο πρώτο κεφάλαιο «Εισαγωγή – Σκοπός» παρέχεται ένα περίγραμμα του αντικειμένου της διπλωματικής, στο πεδίο που αναφέρεται και στα θέματα που πραγματεύεται, καθώς επίσης και το σκοπό τον οποίο φιλοδοξεί να επιτύχει.

Επιπροσθέτως, παρουσιάζεται η δομή που ακολουθεί το κείμενο και επεξηγείται ο τρόπος πάνω στον οποίο στηρίζεται.

Στο δεύτερο κεφάλαιο « Θεωρητικό υπόβαθρο » γίνεται εισαγωγή στην έννοια και στην θεωρία της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων. Αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται υποστήριξη αποφάσεων με την βοήθεια πολλαπλών κριτηρίων και αιτιολογείται η σημασία ύπαρξης τέτοιου είδους ανάλυσης. Παρουσιάζεται αναλυτικά το προσθετικό μοντέλο αξίας και ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται σε προβλήματα αξιολόγησης. Τέλος, περιγράφεται διεξοδικά το μαθηματικό πλαίσιο της οικογένειας μεθόδων UTA και ιδιαίτερα της UTASTAR που θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής.

Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζεται η ανάγκη ανάλυσης της ευστάθειας στα αναλυτικά πολυκριτηριακά μοντέλα. Αφού καταδεικνύεται η σημασία της, παρουσιάζεται αναλυτικά η προσέγγιση της Ευσταθούς Ποιοτικής Παλινδρόμησης – Robust Ordinal Regression που υποστηρίζει την συνεκτίμηση όλων εκείνων των παραμέτρων που είναι συμβατές με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα, προς την κατεύθυνση πιο ευσταθών αποτελεσμάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της προτεινόμενης μεθοδολογίας ελέγχου της ευστάθειας. Αναλύεται το αναλυτικό – συνθετικό μοντέλο που αποτελεί την βάση της μεθοδολογίας και επεξηγούνται τα επιμέρους εργαλεία που η συγκεκριμένη προσέγγιση προτείνει. Η μεθοδολογία που περιγράφεται στο κεφάλαιο αυτό θα χρησιμοποιηθεί σε επόμενο κεφάλαιο για εφαρμογή σε συγκεκριμένη αξιολόγηση (case study).

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρόβλημα που θα επιχειρηθεί να λυθεί εφαρμόζοντας την προτεινόμενη μεθοδολογία. Γίνεται εισαγωγή στην έννοια της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, στον ρόλο της, αλλά και στην σημασία αξιολόγησης της. Περιγράφεται το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα γίνει η εφαρμογή του μοντέλου και γίνονται κατανοητοί οι λόγοι που καθιστούν χρήσιμη μια τέτοια αξιολόγηση.

Στο έκτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η κατασκευή του μοντέλου σύμφωνα με την μεθοδολογία που έχει περιγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια και γίνεται

πρακτική εφαρμογή του. Στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου, αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο δομείται το μοντέλο και περιγράφονται τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν. Στο δεύτερο μέρος, περιγράφεται η πρακτική εφαρμογή του μοντέλου στην αξιολόγηση ευρωπαϊκών χωρών, επεξηγώντας ενδελεχώς την διαδικασία που ακολουθείται και με πλήρη παρουσίαση των στοιχείων που προκύπτουν σε κάθε φάση. Πραγματοποιείται, παράλληλα, ο έλεγχος για την ευστάθεια των παραγόμενων αποτελεσμάτων και πραγματοποιούνται οι ανάλογες ενέργειες για την ενδυνάμωση του μοντέλου.

Στο έβδομο κεφάλαιο, εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα αναφορικά με τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Γίνεται αποτίμηση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και αναφέρονται οι μελλοντικές προοπτικές που γεννούνται σαν απόρροια της παρούσας εργασίας.

Τέλος, στο Παράρτημα της εργασίας παρουσιάζονται όλα τα πραγματικά δεδομένα των 22 χωρών που αξιολογήθηκαν.



## **2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ**

---

## 2.1 Εισαγωγή

---

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνει εισαγωγή στην έννοια της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων, στον ρόλο και τη σημασία της στην διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων και θα αναλυθούν οι αρχές που την διέπουν και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί. Στην συνέχεια, θα εξηγηθεί το μοντέλο προσθετικής αξίας, σύμφωνα με το οποίο λειτουργούν αρκετές αναλυτικοί μέθοδοι αξιολόγησης, όπως η οικογένεια μεθόδων UTA που αναλύονται στην τελευταία παράγραφο του κεφαλαίου.

## 2.2 Πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων

---

Η αντιμετώπιση πολυάριθμων και αρκετά πολύπλοκων προβλημάτων εκτίμησης οδήγησε στην ανάγκη ανάπτυξης της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων (Multicriteria Decision Aid - MCDA ή Multicriteria Decision Making – MCDM). Η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων εστιάζει στην ανάδειξη της αντικρουόμενης φύσης των διαφόρων πτυχών τέτοιων προβλημάτων και προτείνει ένα τρόπο που θα τις φέρει σε συμβιβασμό στο πλαίσιο μίας διαφανής διαδικασίας. Η δόμηση καλά ορισμένων προβλημάτων και η θεώρηση πολλαπλών κριτηρίων οδηγεί σε πληρέστερες και καλύτερες αποφάσεις.

Βασικό χαρακτηριστικό και σημαντική διαφορά της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων από τις υπόλοιπες προσεγγίσεις της επιχειρησιακής έρευνας είναι ότι η σύνθεση των κριτηρίων αυτών πραγματοποιείται υπό το πρίσμα της ορθολογικής λήψης των αποφάσεων και του συστήματος προτιμήσεων και αξιών, το οποίο χρησιμοποιείται συνειδητά ή ασυνείδητα από τον αποφασίζοντα. Κατά αυτόν τον τρόπο, η πολυκριτήρια ανάλυση προκρίνει τον ενεργητικό ρόλο αυτού που αποφασίζει εξασφαλίζοντας την ενσωμάτωση των προτιμήσεών του κατά την διαδικασία ανάπτυξης των υποδειγμάτων. Με την ενσωμάτωση αυτή επιτυγχάνεται η αντικατάσταση της βέλτιστης λύσης (που δεν είναι δυνατό να είναι μοναδική σε ένα πρόβλημα πολλαπλών κριτηρίων), με ένα σύνολο

ανεξάρτητων λύσεων (non-dominated solutions set). Η έννοια του συνόλου των ανεξάρτητων λύσεων σημαίνει για τον αποφασίζοντα ότι είναι αδύνατο να κινηθεί σε άλλη λύση πέρα από τα όρια του συνόλου αυτού χωρίς να θυσιάσει έστω κι ένα κριτήριο. Έτσι, είναι λογικό, να αναζητηθεί η βέλτιστη λύση στο εσωτερικό του συνόλου. Κατά κανόνα, λόγω του μεγάλου μεγέθους του συνόλου αυτού, είναι δύσκολο να παρουσιαστεί στον αποφασίζοντα και συνεπώς χρησιμοποιούνται εργαλεία που τον βοηθούν να εστιάζει στις επιθυμητές λύσεις.

Όπως φαίνεται, λοιπόν, η πολυκριτήρια ανάλυση ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για την εξέταση θεμάτων που αφορούν την ανάλυση, μαθηματική μοντελοποίηση και αναπαράσταση των προτιμήσεων που διέπουν την πολιτική λήψης αποφάσεων από την πλευρά αυτού που αποφασίζει. Βασικός στόχος της ανάλυσης είναι η παροχή των αναγκαίων πληροφοριών για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης των αποφάσεων, συμβάλλοντας στον εντοπισμό των βασικών χαρακτηριστικών του εξεταζόμενου προβλήματος και των ιδιαιτεροτήτων των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων.

Η πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων είναι μια ενεργή περιοχή έρευνας από το 1970 και παρατηρείται ως η πιο γρήγορα εξελισσόμενη προσέγγιση στο πεδίο της επιχειρησιακής έρευνας. Υπάρχουν πολλοί οργανισμοί που ασχολούνται εντατικά με το πεδίο αυτό καθώς και την πρακτική εφαρμογή του στην διοίκηση επιχειρήσεων. Ενδεικτικά αναφέρεται η Διεθνής Κοινότητα Πολυκριτήριας Λήψης Αποφάσεων και ο αντίστοιχος τομέας του EURO working group (EWG-MCDA).

### **2.3 Προσθετικό μοντέλο αξίας**

---

Θεωρώντας ότι τα κριτήρια είναι βάσει προτίμησης ανεξάρτητα μεταξύ τους και χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη την αβεβαιότητα στο μοντέλο πολυκριτήριας ανάλυσης, μπορούμε να εφαρμόσουμε το απλό γραμμικό προσθετικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό βοηθάει στην παρουσίαση των τιμών μίας επιλογής στα διάφορα κριτήρια σε μία συνολική τιμή. Αυτό γίνεται πολλαπλασιάζοντας την τιμή για κάθε κριτήριο με το βάρος αυτού του κριτηρίου και στη συνέχεια προσθέτοντας όλες

αυτές τις σταθμισμένες τιμές μαζί. Φαίνεται, λοιπόν, πως η χρήση του προσθετικού μοντέλου είναι δυνατή μόνο σε περιπτώσεις που τα κριτήρια είναι αμιγώς ανεξάρτητα με βάση την προτίμηση.

Σύμφωνα με τα παραπάνω το γραμμικό προσθετικό μοντέλο περιγράφεται από το εξής μαθηματικό πλαίσιο:

$$u(g) = \sum_{i=1}^n p_i u_i(g_i) \quad (2.1)$$

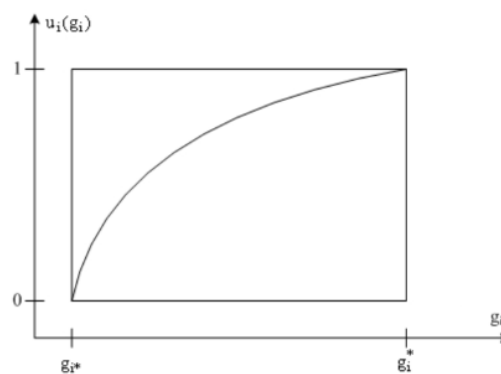
$$u_i(g_{i*}) = 0, \quad u_i(g_i^*) = 1, \quad 0 \leq u_i(g_i) \leq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (2.2)$$

$$p_i \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

Όπου:

- $g_i = (g_1, g_2, \dots, g_n)$  είναι η τιμή μιας επιλογής στο  $n$ -οστό κριτήριο και  $g_i^*$ ,  $g_{i*}$  είναι η μέγιστη και ελάχιστη προτιμώμενη τιμή για το συγκεκριμένο κριτήριο.
- $u_i(g_i)$ ,  $i=1, 2, \dots, n$  είναι οι μη αυξανόμενες περιθώριες συναρτήσεις αξίας των επιλογών  $g_i$ ,  $i=1, 2, \dots, n$
- $p_i$  είναι το σχετικό βάρος της  $i$ -οστής περιθώριας συνάρτησης  $u_i(g_i)$



Σχήμα 2.1: Περιθώρια συνάρτηση αξίας

Αμφότερες οι περιθώριες και η γενική συνάρτηση αξίας παρουσιάζουν την ιδιότητα της μονοτονίας του κριτηρίου. Συνεπώς, στην περίπτωση της γενικής συνάρτησης αξίας, για δύο δοσμένες επιλογές  $a$  και  $b$  ισχύουν οι παρακάτω ιδιότητες (ΘΑΛΗΣ, 2012):

$$u[g(a)] > u[g(b)] \Leftrightarrow a > b \text{ (Προτίμηση)}$$

$$u[g(a)] = u[g(b)] \Leftrightarrow a \sim b \text{ (Αδιαφορία)}$$

(2.3)

Η δημοτικότητα του προσθετικού μοντέλου έγκειται στην ικανότητά του να αξιολογεί ποσοτικά μεγάλα σύνολα εναλλακτικών και να μεταφράζει εύκολα τα αποτελέσματα και ιδιαίτερα τις διαφορές ανάμεσα στις τιμές που έλαβαν οι εναλλακτικές. Οι περιορισμοί του μοντέλου βρίσκονται στην επαλήθευση των υποκειμένων παραδοχών.

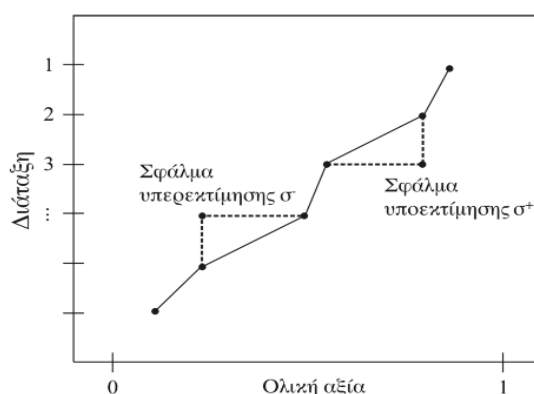
Συγκεκριμένα, η αναγκαία συνθήκη για την επικύρωση ενός προσθετικού μοντέλου για τον αποφασίζοντα είναι η **προτιμησησιακή ανεξαρτησία** όλων των κριτηρίων (Keeney, Raiffa, & Rajala, 1979). Ένα ζεύγος κριτηρίων ( $g_i, g_j$ ) είναι προτιμησησιακά ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα κριτήρια όταν οι συσχετισμοί (trade-offs) μεταξύ των κριτηρίων  $g_i, g_j$  δεν εξαρτώνται από τις τιμές των υπόλοιπων κριτηρίων. Το σύνολο των κριτηρίων υποτίθεται προτιμησησιακά ανεξάρτητο όταν η ίδια συνθήκη ισχύει για όλα τα ζεύγη κριτηρίων (Bouyssou & Pirlot, 2005). Όταν οι συναρτήσεις  $U_i$ , του μαθηματικού μοντέλου που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι ήδη αξιολογημένες, το γραμμικό αυτό μοντέλο ισχύει αν και μόνο αν οι ενδοκριτηριακές παράμετροι (βάρη)  $p_i$  είναι σταθερές τιμές υποκατάστασης (trade-offs) μεταξύ των  $U_i$ . Στην περίπτωση της λήψης αποφάσεων υπό καθεστώς αβεβαιότητας, η συνάρτηση χρησιμότητας του αποφασίζοντα μπορεί να είναι είτε προσθετική είτε πολλαπλασιαστική συνάρτηση των μέσων περιθώριων χρησιμότητων, έτσι ώστε να εκτιμηθεί η στάση του αποφασίζοντα έναντι στον κίνδυνο. Σε περίπτωση βεβαιότητας, ένα πολλαπλασιαστικό μοντέλο μπορεί να μετατραπεί σε προσθετικό έπειτα από επεξεργασία (απαγωγή).

## 2.4 Μέθοδοι UTA - UTASTAR

Η μέθοδος UTA ( UTilités Additives ) η οποία προτάθηκε από τους Jacquet-Lagrezze & Siskos (1982) έχει ως στόχο την εκτίμηση (επαγωγή) μιας ή περισσότερων προσθετικών συναρτήσεων αξίας από μία προδιάταξη (διάταξη με ισοδυναμίες) ενός συνόλου αναφοράς  $A_R$ . Η μέθοδος χρησιμοποιεί ειδικές τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού για να καθορίσει τις συγκεκριμένες συναρτήσεις, έτσι ώστε η(οι) κατάταξη(εις) που αποκτάται(ώνται) μέσω αυτών των συναρτήσεων στο  $A_R$  να είναι όσο το δυνατόν πιο συμβατή(ές) με την αρχική προδιάταξη. Η οικογένεια μεθόδων UTA αποτελεί βασικό κομμάτι των αναλυτικού τρόπου προσέγγισης προβλημάτων και αυτός είναι ο λόγος που συναντάμε διάφορες παραλλαγές και διαφοροποιήσεις (UTA 2, UTASTAR) των μεθόδων αυτών. Μία ανασκόπηση για τα 20 και πλέον χρόνια έρευνας στις συγκεκριμένες μεθόδους έχει αποτυπωθεί από τους Jacquet-Lagrezze & Siskos (2001).

Το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων (μοντέλο απόφασης) στη μέθοδο UTA είναι μία προσθετική συνάρτηση αξίας της μορφής (1) – (2).

Στην αρχική έκδοση της μεθόδου UTA, για κάθε δράση  $\alpha$  ορίζεται ένα μοναδικό σφάλμα  $\sigma(\alpha)$ . Αυτή η συνάρτηση σφάλματος δεν είναι επαρκής για την ελαχιστοποίηση της ολικής διασποράς των σημείων στη μονότονη καμπύλη του σχήματος 2.2 .



Σχήμα 2.2: Σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης

Το πρόβλημα αφορά τα σημεία που βρίσκονται δεξιά της καμπύλης, από τα οποία θα ήταν προτιμότερο να αφαιρεθεί μια ποσότητα αξίας χωρίς να αυξηθούν οι αξίες των άλλων (παράδειγμα της ποιοτικής ή μονότονης παλινδρόμησης, ordinal regression paradigm). Στην μέθοδο UTASTAR, η οποία προτάθηκε από τους Siskos & Yannacopoulos (1985) και αποτελεί μία βελτιωμένη έκδοση της πρωτότυπης μεθόδου UTA, εισάγεται μία διπλή θετική συνάρτηση σφάλματος και χρησιμοποιώντας το προσθετικό μοντέλο (1)-(2) και λαμβάνοντας υπ όψη τις σχέσεις προτίμησης (3), η αξία κάθε εναλλακτικής  $a \in A_R$  μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$u'[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i [g_i(a)] - \sigma^+(a) + \sigma^-(a), \quad \forall a \in A_r \quad (2.4)$$

Όπου  $\sigma^+$  και  $\sigma^-$  είναι τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης, αντίστοιχα.

Για την εκτίμηση των αντίστοιχων περιθώριων συναρτήσεων αξίας σε μια γραμμική κατά τμήματα μορφή, προτείνεται η χρήση της γραμμικής παρεμβολής. Έτσι, για κάθε κριτήριο, το διάστημα  $[g_i^*, g_i^*]$  χωρίζεται σε  $(a_i - 1)$  ίσα διαστήματα και τα τελικά σημεία  $g_i^j$  δίνονται από την σχέση:

$$g_i^j = g_i^* + \frac{j-1}{a_i-1} (g_i^* - g_{i*}), \quad \forall j = 1, 2, \dots, a_i \quad (2.5)$$

Η περιθώρια αξία μιας εναλλακτικής  $a$  υπολογίζεται με χρήση γραμμικής παρεμβολής:

$$u_i [g_i(a)] = u_i(g_i^j) + \frac{g_i(a) - g_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j} [u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j)], \quad (2.6)$$

$$\text{για } g_i(a) \in [g_i^j, g_i^{j+1}]$$

Το σύνολο αναφοράς  $A_R = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$  «ανακατατάσσεται» με τέτοιο τρόπο, ώστε οι δράσεις να είναι διατεταγμένες σε μια σειρά προτίμησης, δηλαδή η  $\alpha_1$  αποτελεί την κεφαλή και η  $\alpha_m$  την ουρά της κατάταξης. Δεδομένου ότι η συγκεκριμένη κατάταξη έχει τις μορφές μιας προδιάταξης  $R$ , για κάθε ζεύγος

διαδοχικών δράσεων  $(a_k, a_{k+1})$  ισχύει, είτε  $a_k > a_{k+1}$  (προτίμηση), είτε  $a_k = a_{k+1}$  (αδιαφορία). Έτσι αν τεθεί

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = u'[g(a_k)] - u'[g(a_{k+1})] \quad (2.7)$$

Τότε ισχύει μία από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

$$\begin{cases} \Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta & \text{αν } a_k > a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 & \text{αν } a_k \sim a_{k+1} \end{cases} \quad (2.8)$$

Όπου  $\delta$  είναι ένας μικρός θετικός αριθμός που διαχωρίζει σημαντικά δύο διαδοχικές κλάσεις ισοδυναμίας της R.

Λαμβάνοντας υπόψη την υπόθεση σχετικά με την μονοτονία των προτιμήσεων, οι περιθώριες αξίες  $u_i(g_i)$  πρέπει να ικανοποιούν το σύνολο των ακόλουθων περιορισμών:

$$u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i, \quad \forall j = 1, 2, \dots, a_i - 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.9)$$

Όπου  $s_i \geq 0$  είναι τα κατώφλια αδιαφορίας που ορίζονται για κάθε κριτήριο  $g_i$ . Τα συγκεκριμένα κατώφλια δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται σε κάθε περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου UTA, αλλά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την αποφυγή φαινομένων, όπου  $u_i(g_i^{j+1}) = u_i(g_i^j)$  όταν  $g_i^{j+1} > g_i^j$ .

Στην περίπτωση της UTASTAR, υπάρχει τροποποίηση στην μοντελοποίηση των περιορισμών μονοτονίας των κριτηρίων οι οποίοι μετασχηματίζονται με τη βοήθεια των ακόλουθων μεταβλητών:

$$w_{ij} = u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \text{ και } j = 1, 2, \dots, a_i - 1 \quad (2.10)$$

Με αυτόν τον τρόπο, οι συνθήκες μονοτονίας μπορούν να αντικατασταθούν από περιορισμούς μη αρνητικότητας των μεταβλητών  $w_{ij}$ .

Συνεπώς, ο αλγόριθμος της UTASTAR συνοψίζεται στα ακόλουθα βήματα:

**Βήμα 1:** Η ολική αξία των δράσεων  $u[g(a_k)]$ ,  $k=1,2,\dots,m$  εκφράζεται αρχικά ως συνάρτηση των περιθώριων αξιών  $u_i(g_i)$  και στη συνέχεια των μεταβλητών  $w_{ij}$  σύμφωνα με την εξίσωση ..., μέσω των ακόλουθων σχέσεων:



$$\begin{cases} u_i(g_i^1) = u_i(g_{i^*}) = 0 & \forall i = 1, 2, \dots, n \\ u_i(g_i^j) = \sum_{t=1}^{j-1} w_{it} & \forall i = 1, 2, \dots, n \text{ and } j = 2, 3, \dots, a_i - 1 \end{cases} \quad (2.11)$$

**Βήμα 2:** Εισάγονται δύο συναρτήσεις σφάλματος  $\sigma^+$  και  $\sigma^-$  στο  $A_R$ , γράφοντας για κάθε ζεύγος διαδοχικών δράσεων στην προδιάταξη τις αναλυτικές εκφράσεις:

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = u[g(a_k)] - \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k) - u[g(a_{k+1})] + \sigma^+(a_{k+1}) - \sigma^-(a_{k+1}) \quad (2.12)$$

**Βήμα 3:** Οι περιθώριες συναρτήσεις αξίας υπολογίζονται μέσω του ακόλουθου γραμμικού προγράμματος (γ.π.) που ως αντικειμενική συνάρτηση παρουσιάζεται το σύνολο των προκαλούμενων σφαλμάτων:

$$\left\{ \begin{array}{l} [min]z = \sum_{k=1}^m [\sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k)] \\ \text{υπό τους περιορισμούς} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta \quad \text{αν } a_k > a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 \quad \text{αν } a_k \sim a_{k+1} \end{array} \right\} \quad \forall k = 1, 2, \dots, m - 1$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{a_i-1} w_{ij} = 1$$

$$w_{ij} \geq 0, \sigma^+(a_k) \geq 0, \sigma^-(a_k) \geq 0 \quad \forall i, j \text{ and } k \quad (2.13)$$

**Βήμα 4:** Ελέγχεται η ύπαρξη πολλαπλών βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων στο γραμμικό πρόγραμμα, υπολογίζοντας το βαρύκεντρο των προσθετικών συναρτήσεων αξίας που μεγιστοποιούν τις ακόλουθες ανικειμενικές συναρτήσεις:

$$u_i(g_i^*) = \sum_{j=1}^{a_i-1} w_{ij}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (2.14)$$

στο υπερπολύεδρο των περιορισμών του γραμμικού προγράμματος που περιορίζεται από τον επόμενο νέο περιορισμό:

$$\sum_{k=1}^m \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k) \leq z^* + \varepsilon$$

(2.15)

Όπου  $z^*$  είναι η βέλτιστη τιμή (σφάλμα) του γραμμικού προγράμματος και  $\varepsilon$  είναι ένας πολύ μικρός θετικός αριθμός.

### **3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ**

---

### 3.1 Εισαγωγή – Ανάγκη ανάλυσης της ευστάθειας

---

Η σημασία της ανάλυσης ευστάθειας στα αναλυτικά πολυκριτήρια μοντέλα, αλλά και εν γένει στην υποστήριξη αποφάσεων, είναι ένα πεδίο της επιχειρησιακής έρευνας το οποίο δεν έχει μελετηθεί εκτενώς μέχρι τώρα. Οι βασικές προσεγγίσεις της ανάλυσης ευστάθειας μπορούν απλουστευτικά να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες με βάση τον χρόνο στον οποίο επιχειρείται η ανάλυση ευστάθειας. Η «εκ των προτέρων» προσέγγιση υποδηλώνει την ενσωμάτωση της διαδικασίας στο μοντέλο προκειμένου να αναλυθεί. Η «εκ των υστέρων» ανάλυση συμπληρώνει (ή υποκαθιστά) την ανάλυση ευαισθησίας και εκτιμά κατά πόσο είναι ευσταθής μια λύση η οποία προέρχεται από μία διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων (Τσότσολας, 2009).

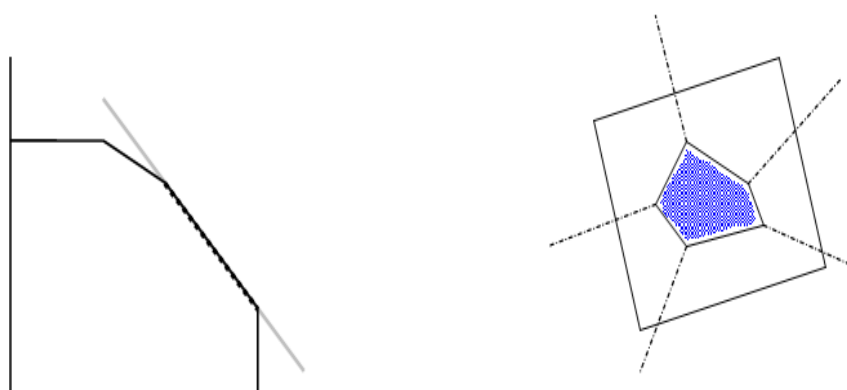
Για να μπορέσουμε να βελτιώσουμε το επίπεδο ευστάθειας ενός μοντέλου πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τους λόγους και τα αίτια που μπορεί να προκαλούν αστάθεια. Αστάθεια μπορεί να προκαλείται από την αβεβαιότητα που μπορεί να εμφανίζεται σε παραμέτρους του προβλήματος απόφασης όπως είναι η βαθμολόγηση των εναλλακτικών στα κριτήρια, η φύση των κριτηρίων, η επιλογή του συνόλου αναφοράς, κ.ά. . Άλλος λόγος που ενδεχομένως να προκαλεί ανισορροπία στο σύστημα μπορεί να είναι οι ίδιες οι προτιμήσεις του αποφασίζοντα, αφού η αποτύπωση του μπορεί να προκαλέσουν διαστήματα στις βαρύτητες των κριτηρίων. Οι δυσκολίες που συχνά προκύπτουν στην άντληση των επιθυμητών πληροφοριών από τον αποφασίζοντα ή ακόμη και η διαφοροποίηση των πληροφοριών που παρέχει από αυτές που απαιτούνται για το πραγματικό πρόβλημα είναι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν χαμηλά επίπεδα ευστάθειας.

Γίνεται αντιληπτό ότι η ανάλυση ευστάθειας αποτελεί μία άκρως σημαντική διαδικασία για την υποστήριξη αποφάσεων, η οποία μπορεί να είναι και εξαιρετικά δύσκολη αν αναλογιστούμε την πολυπλοκότητα της σύνθεσης της, όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω.

### 3.2 Πολλαπλές βέλτιστες λύσεις

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η επίλυση ενός γραμμικού προβλήματος μπορεί να οδηγήσει στον εντοπισμό πολλαπλών βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων. Με τον όρο «ανάλυση ευστάθειας» ή τον ισοδύναμό του «ανάλυση μεταβελτιστοποίησης» εννοούμε τη διαχείριση των πολλαπλών βέλτιστων και ημιβέλτιστων λύσεων ενός γραμμικού προγράμματος. Έτσι, η ανάλυση ευστάθειας αποτελεί ένα πολύ σημαντικό βήμα για τις μεθόδους που μοντελοποιούν τέτοιου είδους προβλήματα, όπως η οικογένεια μεθόδων UTA (I. Σίσκος, Γραμμικός Προγραμματισμός, 1998).

Επιγραμματικά, αναφέρεται ότι η βέλτιστη λύση ενός γραμμικού προβλήματος που επιτυγχάνεται με τη χρήση της μεθόδου Simplex θεωρείται ότι είναι μοναδική μόνο στην περίπτωση που όλα τα οριακά καθαρά εισοδήματα του βέλτιστου πίνακα Simplex που αντιστοιχούν σε μη βασικές μεταβλητές δεν ισούνται με μηδέν. Στην αντίθετη περίπτωση έχουμε πολλαπλές βέλτιστες λύσεις (Siskos, 1984). Γεωμετρικά, το φαινόμενο αντιστοιχεί στην περίπτωση που το υπερπολύεδρο της αντικειμενικής συνάρτησης  $z$  είναι παράλληλο μιας πλευράς του υπερπολυέδρου των δυνατών λύσεων όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3.1: Πολλαπλές βέλτιστες λύσεις σε 2 και 3 διαστάσεις

Η δυσκολία της ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης έγκειται στον προσδιορισμό και τον εντοπισμό των κορυφών των υπερπολυέδρων αυτών που ουσιαστικά

αντιστοιχούν σε εφικτές – δυνατές βασικές λύσεις του αντίστοιχου γραμμικού προβλήματος. Προς αυτή την κατεύθυνση, έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι, οι οποίοι συνεχώς βελτιώνονται και που θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

### **3.3 Ευσταθής Ποιοτική Παλινδρόμηση – Robust Ordinal Regression**

---

Η Ευσταθής Ποιοτική Παλινδρόμηση (Robust Ordinal Regression – ROR) αποτελεί ένα πρόσφατα προταθέν μεθοδολογικό πλαίσιο, που εφαρμόζεται συνεργιστικά με τις αναλυτικές-συνθετικές μεθόδους, και σκοπός της είναι η βελτίωση της ευστάθειας των εκτιμώμενων αποτελεσμάτων (Greco, Stowinski, Figueira, & Mousseau, 2010). Η ROR είναι σχεδιασμένη γύρω από μία βασική αρχή σύμφωνα με την οποία η ανάδειξη αποφάσεων και προτάσεων γίνεται εξετάζοντας όλες εκείνες τις παραμέτρους που είναι συμβατές με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα.

Η αρχή αυτή έρχεται σε αντίθεση με τις προσεγγίσεις των περισσότερων μεθόδων οι οποίες επιλέγουν συγκεκριμένες μόνο παραμέτρους για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, γεγονός όμως που θεωρείται αυθαίρετο και αποκλείει πληροφορίες για το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων. Αυτό σημαίνει ότι οι προτάσεις για την επιλογή της καλύτερης εναλλακτικής βασίζεται σε μία και μόνο συνάρτηση αξίας, ενώ μπορεί να υπάρχουν περισσότερες που να περιγράφουν απόλυτα τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Ο αποκλεισμός αυτός των υπόλοιπων συναρτήσεων, είναι φανερό, ότι αποκρύπτει προτιμησιακά δεδομένα του αποφασίζοντα από το αποτέλεσμα.

Συγκεκριμένα, η ROR λαμβάνει υπόψη όλες τις συναρτήσεις αξιών που είναι συμβατές με τις πληροφορίες που παρέχει ο αποφασίζοντας και υπολογίζει μία απαραίτητη και μία πιθανή ασθενή σχέση προτίμησης, ανάλογα με τον βαθμό στον οποίο όλες οι συναρτήσεις αξιών συμφωνούν με το αποτέλεσμα της μεθόδου που χρησιμοποιείται ή εάν υπάρχει έστω και μία συνάρτηση αξιών που να συμφωνεί με το αποτέλεσμα.

Συνοψίζοντας, η οικογένεια των μεθόδων της ευσταθούς ποιοτικής παλινδρόμησης δίνει έμφαση στην σχέση αλληλεπίδρασης του μοντέλου και των παρεχόμενων πληροφοριών για την καλύτερη δυνατή βελτίωση των αποτελεσμάτων. Οι επιπλέον πληροφορίες που παρέχονται μπορεί να υποδεικνύουν είτε σχέσεις υπεροχής μεταξύ εναλλακτικών είτε τη σύγκριση της έντασης της προτίμησης μεταξύ ζευγών των εναλλακτικών αναφοράς. Έτσι, μπορούν να αφορούν όχι μόνο μεμονωμένα κριτήρια αλλά και όλα τα κριτήρια μαζί.





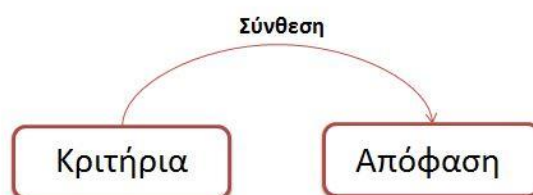
## **4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ**

---

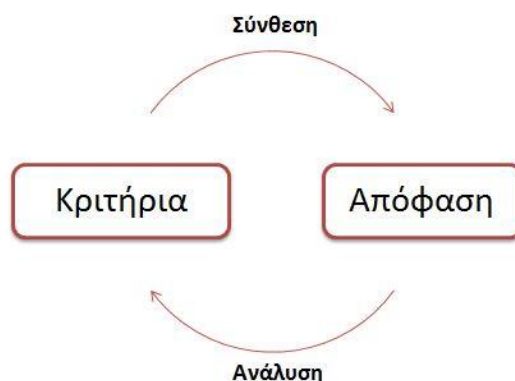
## 4.1 Αναλυτικό – Συνθετικό μοντέλο

Τα μοντέλα της πολυκριτήριας ανάλυσης, στην μεγαλύτερη πλειοψηφία τους, απεικονίζουν μια παραδοσιακή αντίληψη του ορθολογισμού που βασίζεται στις αρχές της γραμμικότητας και της αιτιότητας, δηλαδή στη λογική ότι η απόφαση καθορίζεται από τα κριτήρια. Η μονοσήμαντη αυτή προσέγγιση (συνθετική προσέγγιση ή aggregation approach), παρουσιάζει ελλείψεις από πλευράς ευστάθειας, οι οποίες μας οδηγούν στην αναζήτηση τρόπων που να επιτρέπουν στα κριτήρια να επενεργούν στην απόφαση ανάλογα με τον χρόνο.

Για τον σκοπό αυτό, εισάγεται η έννοια του διπολικού μοντέλου (Ε. Σίσκος & Ψαρράς, 2015), της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης (aggregation-disaggregation approach, Ι. Σίσκος, 2008). Η προσέγγιση αυτή δέχεται ότι η απόφαση και τα κριτήρια επιδέχονται προοδευτική επεξεργασία αλληλοδομούμενα μέσα στον χρόνο, όπως αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.1 Παραδοσιακή προσέγγιση προβλημάτων απόφασης

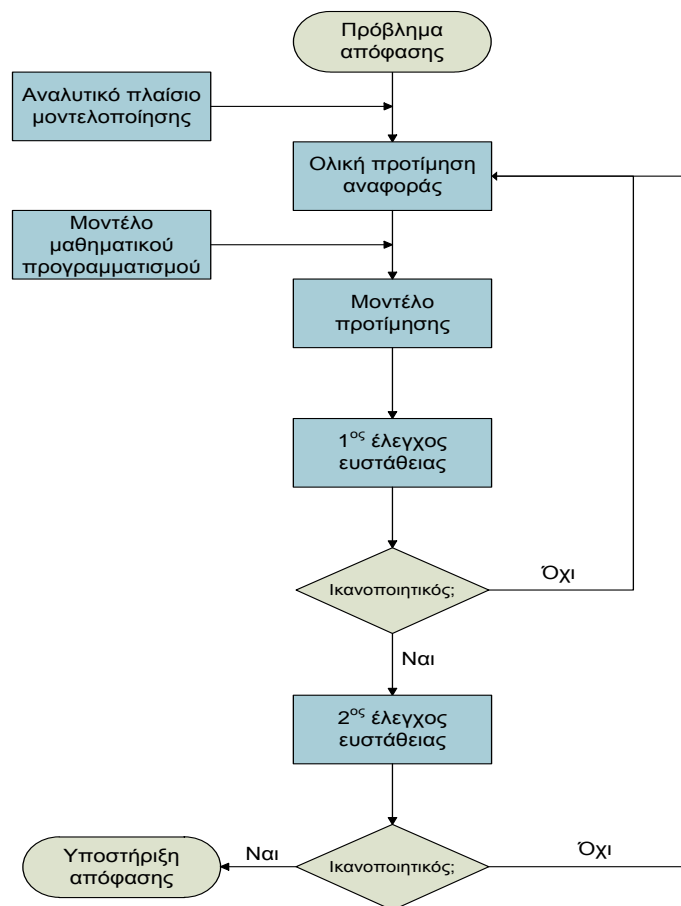


Σχήμα 4.1: Αναλυτική – Συνθετική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης

Η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση εστιάζεται στην συσχέτιση των πραγματικών δεδομένων απόφασης και του μοντέλου απόφασης, έτσι ώστε να

επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή συμβατότητα μοντέλου-αποφασίζοντος. Ουσιαστικά, οι μέθοδοι της συγκεκριμένης προσέγγισης προσδιορίζουν τις παραμέτρους εκείνες του μοντέλου απόφασης οι οποίες επιτρέπουν την βέλτιστη ανασύσταση μιας απόφασης. Μπορεί, συνεπώς, να γίνει μια αντιστοιχία με το στατιστικό παράδειγμα της επαγωγής (inference paradigm).

Η αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2, όπου πρέπει να σημειωθεί ότι, σε περίπτωση που διαπιστωθεί ασυνέπεια ανάμεσα στον αποφασίζοντα και το εκτιμώμενο μοντέλο απόφασης, αναθεωρείται είτε η ασυνεπής οικογένεια κριτηρίων είτε η αξιοπιστία των δεδομένων της απόφασης.



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα ροής αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης προβλημάτων απόφασης

Πηγή: Ε. Σίσκος & Ψαρράς, 2015

## 4.2 Αναλυτικός Πόλος

Η πρώτη φάση ελέγχου της ευστάθειας επιβάλλεται στον αναλυτικό πόλο του μοντέλου ανάλυσης-σύνθεσης που παρουσιάσαμε, και εστιάζει στην κατασκευή αντιπροσωπευτικού μοντέλου, σύμφωνα με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Αυτό σημαίνει, ότι εάν ο έλεγχος ευστάθειας του μοντέλου δεν δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε αυτό το στάδιο, τότε ζητούνται πρόσθετες πληροφορίες από τον αποφασίζοντα οι οποίες ενσωματώνονται στο κριτηριακό μοντέλο. Είναι προφανές, πως για να μεταβούμε από τον αναλυτικό στον συνθετικό πόλο, απαιτείται η εξασφάλιση ενός ικανοποιητικού επιπέδου ευστάθειας ώστε να μπορεί να δομηθεί ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο.

Προς τον σκοπό αυτό, ο αναλυτής έχει στην διάθεσή του κάποια εργαλεία, προερχόμενα κατά κύριο λόγο από το πεδίο της στατιστικής, τα οποία του επιτρέπουν ανά πάσα στιγμή να ελέγχει το σύστημα ως προς την ευστάθειά του.

Τα μέτρα ανάλυσης της ευστάθειας που παρουσιάζονται παρακάτω χρησιμοποιούνται σε πρώτη φάση από τον αναλυτή σαν εργαλείο εποπτείας αλλά και σε επόμενη φάση σαν βοηθητικό εργαλείο για την καλύτερη κατανόηση από τον αποφασίζοντα των αποτελεσμάτων του μοντέλου απόφασης.

### 4.2.1 Μέτρα ανάλυσης ευστάθειας

#### 4.2.1.1 Διακύμανση μεταβλητών

##### ➤ Δείκτης Τυπικής Απόκλισης – Average Stability Index

Ο δείκτης τυπικής απόκλισης είναι ένα μέτρο ευρωστίας (robustness) και παρουσιάζει την μέση τιμή της κανονικοποιημένης τυπικής απόκλισης των εκτιμώμενων βαρών:

$$ASI = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{m \sum_{j=1}^m p_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^m p_{ij})^2}}{\frac{m}{n} \sqrt{n-1}} \quad (4.1)$$

όπου  $m$  είναι ο αριθμός των περιπτώσεων στάθμισης (weighting instances) του συστήματος,  $n$  είναι ο αριθμός των κριτηρίων και  $p_{ij}$  είναι το βάρος του  $i$ -οστού κριτηρίου για την  $j$ -οστή περίπτωση. Ο δείκτης ASI παίρνει τιμές από 0 μέχρι 1 και συνήθως η ευρωστία των κριτηρίων θεωρείται ικανοποιητική όταν πετυχαίνεται σύγκλιση στην μέγιστη τιμή 1.

➤ Max-Min LPs

Η συγκεκριμένη τεχνική αφορά στην παρατήρηση των ακραίων τιμών των αντικειμενικών συναρτήσεων στα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού που προκύπτουν σε κάθε περίπτωση στάθμισης. Σε κάθε περίπτωση, γίνεται επίλυση ως προς την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή των επιθυμητών αντικειμενικών συναρτήσεων και προκύπτουν οι ακραίες τιμές που μπορούν να πάρουν. Στην περίπτωση που το εύρος είναι μεγάλο (για πολλά από τα κριτήρια) τότε έχουμε και χαμηλό βαθμό ευστάθειας στο εκτιμημένο μοντέλο προτιμήσεων. Οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των κριτηρίων μπορούν να δώσουν το  $n$ -διάστατο ορθογώνιο υπερ-πολύεδρο το οποίο περιγράφει το υπερ-πολύεδρο των λύσεων του γραμμικού προβλήματος (ΘΑΛΗΣ, 2012):

$$\mu_i = (Max(p_i) - Min(p_i)), i=1,3,\dots,n \quad (4.2)$$

όπου  $p_i$  η βαρύτητα του κριτηρίου  $i$

Για την περίπτωση της UTASTAR οι όροι  $p_i$  είναι ουσιαστικά τα  $W_i$ , όπου

$$W_i = W_{i1} + W_{i2} + W_{i3} + W_{i4} \quad (4.3)$$

Η παρακολούθηση του μέτρου αυτού δίνει στον αναλυτή μια βασική πρώτη εικόνα των τυχόν ακραίων σεναρίων που μπορεί να προκύψουν και του επιτρέπει να επέμβει κατάλληλα στο μοντέλο για τη διαχείριση της ευστάθειάς του.

➤ Εύρος μεταβλητών

Σε αντιστοιχία με το προηγούμενο μέτρο, το εύρος μεταβλητών απεικονίζει τα όρια των τιμών μέσα στο οποία κινούνται οι παράμετροι του

κριτηριακού μοντέλου. Ως παραμέτρους εννοούμε τις εσωτερικές μεταβλητές που προσδιορίζουν την συμπεριφορά των κριτηρίων. Αυτό σημαίνει πως για κάθε περίπτωση στάθμισης παρατηρούνται εκτός από τις τιμές των αντικειμενικών συναρτήσεων και οι επιμέρους μεταβλητές του μοντέλου και αναπαρίσταται τελικώς το εύρος τιμών μέσα στο οποίο κινούνται. Είναι προφανές, λοιπόν, πως όσο μικρότερο είναι αυτό το εύρος, τόσο πιο εύρωστο ως προς την ευστάθεια μπορεί να θεωρηθεί το μοντέλο. Το μέτρο, αυτό, βρίσκει ιδιαίτερο νόημα στην μέθοδο UTASTAR ( και UTA I ) όπου έχουμε μεγάλο αριθμό μεμονωμένων μεταβλητών, και έχει νοήμα η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των τιμών τους.

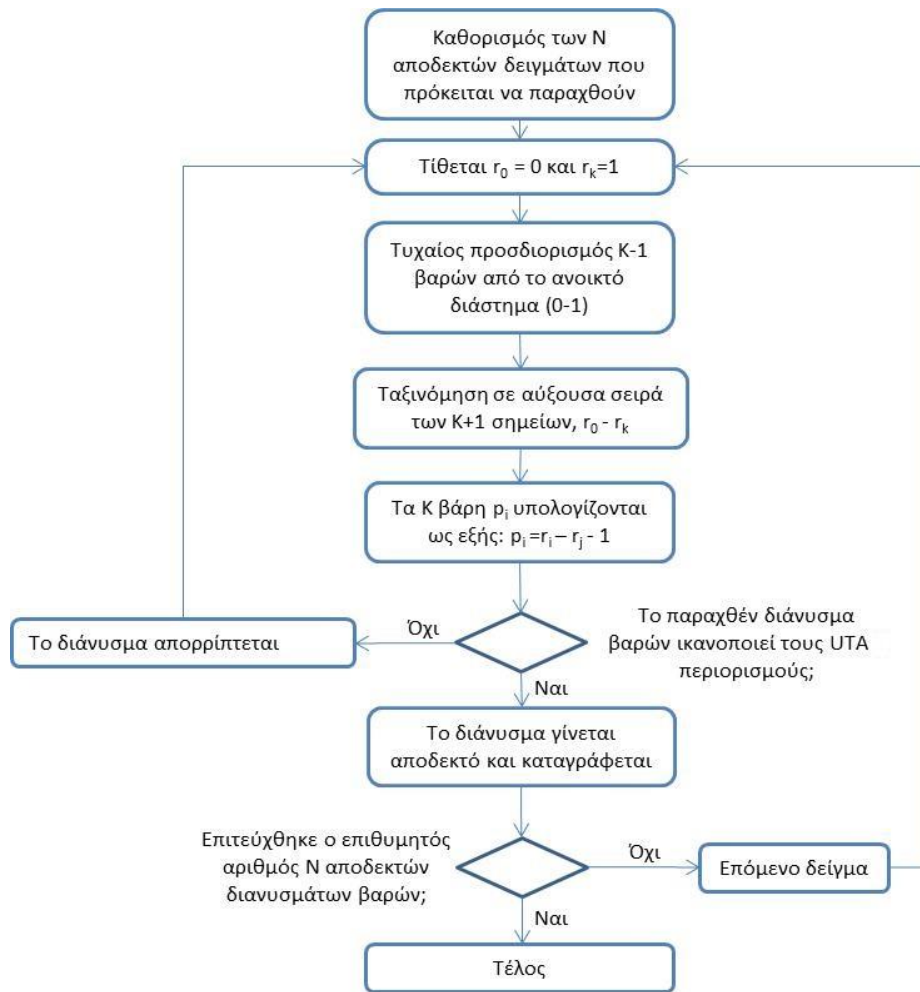
#### 4.2.1.2 Τυχαία Δειγματοληψία – Στατιστική ανάλυση

##### ➤ Τυχαία δειγματοληψία συμβατών διανυσμάτων βαρών – Simplex Point Picking

Η διαδικασία τυχαίας δειγματοληψίας βαρών (Ε. Σίσκος, 2015) εντοπίζει έναν μεγάλο αριθμό διανυσμάτων βαρών, εντός του υπερπολύεδρου τα οποία αναδύονται με τυχαίο τρόπο καθώς και από το εσωτερικό του. Για κάθε διάνυσμα που επιλέγεται, επιλύεται το μοντέλο προσθετικής αξίας που προκύπτει και τα αποτελέσματα επεξεργάζονται στατιστικά.

Ένας γνωστός αλγόριθμος που έχει υλοποιηθεί για την συγκεκριμένη διαδικασία είναι ο “Simplex Point Picking”, που έχει ως μοναδικό περιορισμό το άθροισμα των αριθμών που παράγονται να ισούται με τη μονάδα. Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ο αλγόριθμος φαίνεται στο διάγραμμα ροής του σχήματος 4.4. Επίσης, μέσω του αλγορίθμου αυτού υπολογίζεται η σχετικότητα  $R_V$  του όγκου  $V_A$  του εφικτού υπερπολυέδρου σε σχέση με τον όγκο του υπερπολυέδρου του συνόλου των βαρών  $V_T$ . Το δεύτερο υπερπολύεδρο είναι αυτό που λαμβάνεται αν δεν δοθεί καμία προτημισιακή πληροφορία από τον αποφασίζοντα.

$$R_V = \frac{V_A}{V_T} \quad (4.4)$$



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ροής Simplex Point Picking

Ένας άλλος αλγόριθμος τυχαίας διεγματοληψίας είναι ο Hit and Run του Lovász (1999), όπως προσαρμόστηκε από τους Tervonen, Van Valkenhoef, Baştürk, & Postmus (2013) για την περίπτωση βαρών κριτηρίων και προτείνεται για την δειγματοληψία σε προβλήματα μεγαλύτερης πολυπλοκότητας. Όμως, η χρήση του Hit and Run δεν μπορεί να δώσει εικόνα στον αναλυτή για το εύρος του όγκου του υπερπολυέδρου.

- Στοχαστική Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποδοχής – Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis

Προτάθηκε αρχικά από τους Lahdelma, Hokkanen, & Salminen (1998) και αποτελεί μια πολυκριτήρια τεχνική υποστήριξης αποφάσεων για πολλαπλούς αποφασίζοντες βασισμένη στην διερεύνηση του χώρου των βαρών. Ανακριβή ή αβέβαια δεδομένα εισόδου μπορούν να παρασταθούν ως κατανομές πιθανότητας. Στην SMAA δεν χρειάζονται οι ενδιαφερόμενοι να εκφράσουν τις προτιμήσεις τους άμεσα ή έμμεσα. Αντιθέτως, η τεχνική αναλύει τι είδους αποτιμήσεις θα καταστήσουν την κάθε εναλλακτική προτιμώμενη, παράγοντας για κάθε μία εναλλακτική έναν δείκτη αποδοχής που υπολογίζει τις διάφορες εκτιμήσεις που υποστηρίζουν την εναλλακτική, έναν κεντρικό δείκτη που αναπαριστά τις τυπικές εκτιμήσεις που οδηγούν σε αυτή την απόφαση και έναν παράγοντα εμπιστοσύνης που μετράει το κατά πόσο τα δεδομένα εισόδου είναι ακριβή για την εξαγωγή μιας αξιόπιστης απόφασης

Αργότερα, η τεχνική αυτή επεκτάθηκε (SMAA 2) από τους και χρησιμοποιήθηκε σε αρκετές εφαρμογές (Tervonen & Lahdelma, 2007).

#### 4.2.1.3 Αναζήτηση κορυφών πολυέδρου

##### ➤ Manas & Nedoma algorithm

Αποτελεί αλγόριθμο που πρότειναν οι Mañas & Nedoma το 1968 και προσδιορίζει την βέλτιστη διαδρομή στο συνεκτικό γράφημα (graph connected) το οποίο αναπαριστά το κυρτό πολυέδρο που ορίζεται μέσα από ένα γραμμικό πρόγραμμα. Μέσω του αλγορίθμου των Manas και Nedoma, καθίσταται δυνατό να βρεθούν και να καταγραφούν όλες οι κορυφές ενός κυρτού υπερπολύεδρου (γράφου Hamilton). Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος έχει δύο χαρακτηριστικές ιδιότητες που τον καθιστούν ιδιαίτερα σημαντικό και χρήσιμο. Πρώτον, αποφεύγεται η αναπαραγωγή λύσεων που έχουν ήδη υπολογιστεί και δεύτερον, κρατιέται στην μνήμη του υπολογιστή ένας και μοναδικός πίνακας Simplex.



### 4.3 Συνθετικός πόλος

---

Εφόσον επαναληφθεί ο αναγκαίος αριθμός κύκλων στον αναλυτικό πόλο προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ευστάθειας, μπορεί να γίνει το πέρασμα στον συνθετικό πόλο του μοντέλου απόφασης.

Στο σημείο αυτό έχουμε ως δεδομένο ένα αντιπροσωπευτικό πολυκριτηριακό μοντέλο, το οποίο θα επεκταθεί και θα εφαρμοστεί στην συνέχεια.

Παράλληλα, όμως, γίνεται χρήση διαφόρων εργαλείων στο πεδίο των πολυκριτηριακών μεθόδων, τα αποτελέσματα των οποίων θα συνεκτιμηθούν κατά την εφαρμογή του μοντέλου απόφασης. Η χρησιμοποίηση τέτοιων εργαλείων συμβάλει ουσιαστικά στην κατανόηση των αποτελεσμάτων που θα παραχθούν, στην ανάλυσή τους από στατιστική, κυρίως, σκοπιά αλλά βοηθούν και στον έλεγχο της ευστάθειας που θα γίνει κατά την ολοκλήρωση του συνθετικού πόλου.

Παρακάτω, εξετάζονται ειδικότερα κάποιες από αυτές τις μεθόδους.

#### 4.3.1 Μέθοδοι και τεχνικές ελέγχου στον συνθετικό πόλο

##### 1. Υπολογισμός μέγιστης και ελάχιστης κατάταξης δράσεων

Ο αλγόριθμος ανάλυσης ακραίων θέσεων Extreme Ranking Analysis» (Kadziński, Greco, & Słowiński, 2012) αποτελεί έναν πρόσφατα προτεινόμενο αλγόριθμο που υπολογίζει τη βέλτιστη και χειρίστη δυνατή θέση κατάταξης μιας εναλλακτικής, χρησιμοποιώντας τεχνικές ακέραιου προγραμματισμού. Πραγματοποιείται παράλληλα με την εφαρμογή του μοντέλου και δίνει μια εικόνα του εύρους μέσα στο οποίο κινούνται οι δράσεις στο πλαίσιο των αποτελεσμάτων. Κάθε συμβατή συνάρτηση αξίας μπορεί να παράγει διαφορετικές κατατάξεις των εναλλακτικών. Η διαφοροποίηση των εναλλακτικών αυτών μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη ανάλογα με την συνάρτηση αξίας που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Η ανάλυση ακραίας κατάταξης – extreme ranking παρουσιάζει δηλαδή την μέγιστη και την ελάχιστη θέση που μπορεί να καταλάβει η κάθε δράση. Εκτός από την στατιστική

σημασία, του εργαλείου αυτού, μπορεί να γίνει και μια παρατήρηση για την ευστάθεια που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα και κατά πόσο αυτή κρίνεται ικανοποιητική. Αυτό σημαίνει ότι ο καθορισμός της καλύτερης και της χειρότερης κατάταξης που μπορεί να πάρει μία εναλλακτική μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες στον αποφασίζοντα όσον αφορά την σχετική απόδοση μιας εναλλακτικής έναντι μιας άλλης. Για παράδειγμα, για ένα ζεύγος εναλλακτικών  $a, b$  για τις οποίες η  $a$  υπερέχει πάντα της  $b$  θα πρέπει να ισχύει η σχέση  $a \geq^N b$  ενώ αν πάντα κατατάσσονται στην ίδια θέση θα πρέπει να ισχύει η σχέση  $a \sim^N b$ . Επίσης, η περίπτωση που οι δύο εναλλακτικές έχουν επικαλυπτόμενα εύρη στις πιθανές κατατάξεις τους, δίνει σημαντικές πληροφορίες στον αποφασίζοντα όταν θα συγκρίνει τις δύο εναλλακτικές. Σε αυτή την λογική οι σχέσεις

$$\begin{aligned}
 a > b &\Leftrightarrow P^*(a) < P^*(b) \text{ και } P_*(a) < P_*(b) \\
 a \sim b &\Leftrightarrow [P^*(a), P_*(a)] \subset [P^*(b), P_*(b)] \text{ ή } [P^*(a), P_*(a)] \supset [P^*(b), P_*(b)]
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

περιγράφουν την περίπτωση στην οποία η καλύτερη κατάταξη της εναλλακτικής  $a$  είναι καλύτερη από αυτήν της εναλλακτικής  $b$ , ενώ η χειρότερη κατάταξη της εναλλακτικής  $a$  είναι χειρότερη από αυτήν της εναλλακτικής  $b$ .

Συνεπώς, σύμφωνα με τους Mastorakis & Siskos (2015) μπορούμε να μοντελοποιήσουμε τον τρόπο εύρεσης των ακραίων κατατάξεων με τον εξής τρόπο:

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις

$$P^*(a) = \{\text{πλήθος εναλλακτικών } b \in A \setminus \{a\}; U(b) > U(a) \forall U \in u_{A_R}\} + 1
 \tag{4.6}$$

μπορούμε να εντοπίσουμε την καλύτερη κατάταξη μιας εναλλακτικής  $a \in A$  που υπολογίζεται από κάθε συμβατή συνάρτηση αξίας  $U \in u_{A_R}$  (ή από κάθε συμβατό μοντέλο υπεροχής  $S \in s_{A_R}$ ).

Στη συνέχεια, χρειάζεται να λυθεί το παρακάτω μεικτό ακέραιο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού.

$$[min] \sum_{b \in A \setminus \{a\}} u_b$$

υπό τους περιορισμούς

$$E_{u,max}^{AR} \begin{cases} E_u^{AR} \\ U(a) \geq U(b) - Mu_b \\ \forall b \in A \setminus \{a\} \end{cases} \quad (4.7)$$

Όπου  $M$  είναι μια βοηθητική μεταβλητή ίση με ένα μεγάλο θετικό αριθμό και  $u_b$  είναι μια καινούργια δυαδική μεταβλητή που σχετίζεται με τη σύγκριση της εναλλακτικής  $a$  με τη  $b$ .

Αντίστοιχα, με την σχέση

$$P_*(a) = \{\text{πλήθος εναλλακτικών } b \in A \setminus \{a\}: U(b) < U(a) \forall U \in u_{AR}\} \quad (4.8)$$

μπορούμε να εντοπίσουμε την χειρότερη κατάταξη μιας εναλλακτικής  $a \in A$  που υπολογίζεται από κάθε συμβατή συνάρτηση αξίας  $U \in u_{AR}$  (ή από κάθε συμβατό μοντέλο υπεροχής  $S \in s_{AR}$ ), επιλύοντας το παρακάτω μεικτό ακέραιο γραμμικό πρόβλημα

$$[min] z' = \sum_{b \in A \setminus \{a\}} u_b$$

υπό τους περιορισμούς

$$E_{U,min}^{AR} \begin{cases} E_U^{AR} \\ U(b) \geq U(a) + \varepsilon - Mu_b \\ \forall b \in A \setminus \{a\} \end{cases} \quad (4.9)$$

Όπου  $\varepsilon$  είναι ένας μικρός θετικός αριθμός που εξασφαλίζει ότι  $U(b) \neq U(a)$  ή  $U(b) > U(a)$ . Η μικρότερη πιθανή κατάταξη της δράσης  $a$  ορίζεται τότε ως  $P_*(a) = |A| - z'^*$ , όπου  $z'^*$  είναι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του παραπάνω προβλήματος.

Ένας δείκτης που έχει προταθεί για τη μαθηματική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του αλγορίθμου, ως προς την ευστάθεια τους, είναι η μέση εμβέλεια κατάταξης ( $R_r$ ), (Mastorakis & Siskos, 2015).

$$R_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_*(i) - P^*(i) + 1| \quad (4.10)$$

Μέσω αυτού του δείκτη μπορεί τόσο ο αναλυτής όσο και ο αποφασίζοντας να εκτιμήσουν ποιος είναι ο μέσος αριθμός θέσεων που μπορεί να κινηθεί η μέση εναλλακτική στην κατάταξη. Κατόπιν, αν η τιμή του δείκτη δε θεωρηθεί ικανοποιητική, θα απαιτηθούν επιπρόσθετες προτιμησιακές πληροφορίες από το δεύτερο.

Για να πραγματοποιηθεί η εκτίμηση της τιμής του δείκτη, έχει προταθεί η διαίρεση της τιμής του με τον αριθμό των εναλλακτικών ( $R_r/N_A$ ). Έτσι, όσο μικρότερη είναι η τιμή του λόγου αυτού, τόσο πιο ασφαλή είναι τα αποτελέσματα. Γενικά, **προτείνεται ο λόγος αυτός να κινείται κάτω από 0.15** αλλά σε κάθε περίπτωση αυτό εξαρτάται από τη φύση κάθε προβλήματος και τα επίπεδα σταθερότητας των αποτελεσμάτων που απαιτεί ο αποφασίζοντας.

## II. Υπολογισμός πιθανοτήτων υπεροχής μεταξύ δράσεων και θέσεων δράσεων

Αποτελεί ένα αμιγώς στατιστικό εργαλείο το οποίο υπολογίζει τις πιθανότητες υπεροχής μεταξύ δράσεων, δηλαδή την πιθανότητα μία δράση A να υπερέχει μιας άλλης δράσης B, και τις πιθανότητες που αφορούν τις θέσεις των δράσεων στην τελική κατάταξη, δηλαδή ποια είναι η πιθανότητα για την δράση A να βρεθεί σε μία συγκεκριμένη θέση της κατάταξης.

Συγκεκριμένα, για την εκτίμηση της πιθανότητας εύρεσης μιας δράσης στην θέση t υπολογίζεται η σχέση:

$$P_t^i = \frac{c_t}{n} * 100\% \quad (4.11)$$

Όπου  $P_i^t$  είναι η πιθανότητα της χώρας  $i$  να βρεθεί στην  $t$  θέση,  $c_t$  είναι ο αριθμός των φορών που εντοπίσαμε την χώρα  $I$  στην  $t$  θέση και  $n$  το πλήθος των τρεξιμάτων (instances) για το οποίο πραγματοποιούμε την συγκεκριμένη ανάλυση.

Φυσικά, για την εξαγωγή πιθανοτικών συμπερασμάτων, απαιτείται η εξαγωγή πολλαπλών διαφορετικών διανυσμάτων εντός του υπερπολυέδρου και η επίλυση αντίστοιχων φορών του προσθετικού μοντέλου. Επίσης, ο αριθμός των πολλαπλών κατατάξεων που θα προκύψουν θα πρέπει να είναι ικανός για στηρίξει ασφαλή στατιστικά αποτελέσματα. **Η συγκεκριμένη τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά σε συνδυασμό με τις τεχνικές της τυχαίας δειγματοληψίας, SMAA και Manas Nedoma, του αναλυτικού πόλου.**

Συνοψίζοντας, γίνεται αντιληπτό, ότι εκτός από την στατιστική σημασία των πιθανοτήτων αυτών, μπορούμε να εκλάβουμε τα αποτελέσματα ως στοιχεία για τον «υπολογισμό» της εντροπίας – αταξίας και να βγάλουμε συμπεράσματα που αφορούν την ευστάθεια του μοντέλου.

### III. Κατασκευή διακριτών σχέσεων υπεροχής

Ελέγχει τις σχέσεις υπεροχής ανάμεσα στις διάφορες δράσεις που εξετάζονται. Καταδεικνύει την διαφορά μεταξύ της απόλυτης υπεροχής ( στην οποία η δράση A υπερέχει της δράσης B σε κάθε περίπτωση) και της ασαφούς υπεροχής ( στην οποία η σχέση υπεροχής μεταξύ των δράσεων A και B εξαρτάται από τα δεδομένα του προβλήματος). Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στις πολυκριτηριακές μεθόδους υπεροχής όπως ELECTRE και PROMETHE, όταν τίθεται θέμα αστάθειας κατά την εξαγωγή των προτιμησιακών δεδομένων του αποφασίζοντα.

Πραγματοποιώντας έναν συνυπολογισμό των δράσεων που αναλύθηκαν παραπάνω, καθώς και των αποτελεσμάτων της εφαρμογής του αντιπροσωπευτικού πολυκριτηριακού μοντέλου που προέκυψε από τον αναλυτικό πόλο, υπάρχει πλέον μια σαφής εικόνα της εξόδου του μοντέλου και μπορεί στο σημείο αυτό να γίνει μια αξιόπιστη εκτίμηση για την ευστάθεια των

αποτελεσμάτων. Εάν η ευστάθεια κριθεί ικανοποιητική, μπορούμε τότε να προχωρήσουμε στην εξαγωγή μιας ευσταθής απόφασης. Σε αντίθετη περίπτωση, στα πλαίσια του συνθετικού πόλου είναι αδύνατη η επέμβαση στο μοντέλο. Κατά συνέπεια, πραγματοποιείται επιστροφή στον αναλυτικό πόλο και σύμφωνα με την μεθοδολογία αυτού, ζητούνται πρόσθετες πληροφορίες από το αποφασίζοντα, που θα ενσωματωθούν στο μοντέλο και θα προσδώσουν μεγαλύτερη ευστάθεια στα καινούρια αποτελέσματα. Θεωρείται προφανές πως αυτός ο κύκλος μετάβασης από τον αναλυτικό πόλο στον συνθετικό και αντίστροφα μπορεί να πραγματοποιηθεί όσες φορές κριθεί απαραίτητο για να χαρακτηριστεί ικανοποιητική η ευστάθεια που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα του μοντέλου απόφασης.

## **5 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ**

---

## **5.1 Ορισμός προβλήματος**

---

### **5.1.1 Ηλεκτρονική διακυβέρνηση**

Με τον όρο ηλεκτρονική διακυβέρνηση εννοείται η εισαγωγή των τεχνολογιών της πληροφορικής και των υπολογιστών στη δημόσια διοίκηση και οι νέες διοικητικές πρακτικές, τις οποίες οι τεχνολογίες αυτές εισήγαγαν. Σκοπός είναι η βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών προς τους πολίτες καθώς επίσης και η διευκόλυνση των διαδικασιών σε ενδο-διοικητικό επίπεδο. Αφορά, λοιπόν, στην αξιοποίηση των υφιστάμενων ηλεκτρονικών υποδομών και στην ανάπτυξη νέων για την υποστήριξη της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε κυβερνητικούς φορείς, πολίτες και επιχειρήσεις.

Ο παραπάνω ορισμός καθιστά την ηλεκτρονική διακυβέρνηση, όχι απλά ένα εργαλείο για την μεταφορά των υπηρεσιών και των διαδικασιών στο ηλεκτρονικό πεδίο αλλά ένα δημοκρατικό μέσο που συντελεί στον μετασχηματισμό της δομής και του τρόπου παροχής των υπηρεσιών, παρέχοντας εκτός από ευκολία και απλότητα στην χρήση, τα επίπεδα διαφάνειας που μπορεί να εγγυηθεί ένα υπολογιστικό σύστημα.

Πρόκειται, τελικά, για ένα ολοκληρωμένο, εκ βάθρων μεταρρυθμιστικό, εργαλείο που συμβαδίζει με τις επιταγές της σύγχρονης Δημόσιας Διοίκησης, η χρησιμοποίηση του οποίου προσδίδει διττά οφέλη, τόσο από την μεριά των πολιτών και των επιχειρήσεων, όσο και από αυτή των κρατικών φορέων.

### **5.1.2 Σημασία της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης**

Η σημασία της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης αναδεικνύεται από την ίδια την ρίζα του προβλήματος που καλείται να λύσει. Η ανάδειξη λύσεων σε χρόνια προβλήματα που εμποδίζουν την, ήδη προβληματική, γραφειοκρατική λειτουργία του κράτους είναι επωφελής τόσο για τους πολίτες, τις επιχειρήσεις και την κυβέρνηση, όσο και για τον θεσμό της Δημοκρατίας εν γένει, ο οποίος πάσχει από δομές και εργαλεία που να αναδεικνύουν την ουσία του.



Στο επίπεδο παροχής υπηρεσιών προς τους **πολίτες**, επιδιώκεται η παροχή καινοτόμων υπηρεσιών, μέσω ενός μοναδικού σημείου παροχής ( πόρταλ ). Η πρόσβαση σε αυτό γίνεται με πολλαπλούς τρόπους ( υπολογιστής, mobile συσκευές, κλπ ) και στόχος του είναι η συγκέντρωση των επιμέρους υπηρεσιών, με βάση τις ανάγκες των πολιτών. Με αυτό τον τρόπο, όχι μόνο εξασφαλίζεται η αποτελεσματική εξυπηρέτηση των πολιτών, αλλά επιτυγχάνεται και η άμεση διασφάλιση της διαφάνειας των διαδικασιών και η θεμελίωση των δικαιωμάτων των πολιτών.

Για τις **επιχειρήσεις**, η ηλεκτρονική διακυβέρνηση αποτελεί ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο με άμεσο αντίκτυπο στην καθημερινή λειτουργία. Μέσω αυτής, επιτυγχάνεται η παρακάμψη των δυσλειτουργικών γραφειοκρατικών διαδικασιών που είναι απαραίτητες για την λειτουργία των επιχειρήσεων, με μικρότερο κόστος και σε εμφανώς καλύτερο χρόνο.

Από την πλευρά της **κυβέρνησης**, τα οφέλη που παρουσιάζονται στο πεδίο της **δημόσιας διοίκησης** μπορούν να συνοψιστούν σε τρεις κατηγορίες

- Στρατηγικά οφέλη – περιορισμός γραφειοκρατίας, βελτίωση σχέσεων με πολίτες κλπ.
- Διοικητικά οφέλη – μείωση κόστους/χρόνου, υποστήριξη συνεργασιών κλπ.
- Λειτουργικά οφέλη – αυτοματοποίηση διαδικασιών, αξιοποίηση γνώσης/προσωπικού κλπ.

### 5.1.3 Σημασία αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

Χωρίς να χρειαστεί, στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας, να αναφερθούμε στα επίπεδα Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης και στους τρόπους με τους οποίους μπορεί μια χώρα να προσεγγίσει τα επίπεδα αυτά, γεννιέται το ερώτημα κατά πόσο είναι μετρήσιμη η πρόοδος μιας χώρας στον τομέα της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης και κατά ποιους κανόνες μπορεί να αποφανθεί κανείς για το κατά πόσο μια χώρα υπερτερεί μιας άλλης στον τομέα αυτό.

Αναζητείται, λοιπόν, ο τρόπος που θα καταστήσει δυνατή την αξιολόγηση, την σύγκριση και την κατάταξη δύο ή και περισσότερων χωρών με σκοπό την ανάδειξη των σχέσεων υπεροχής/αδυναμίας που θα επιτρέψουν στους αρμόδιους φορείς να χαράξουν τις ανάλογες πολιτικές.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτή, εκτός από την ερευνητική, και η πολιτική διάσταση που παίρνει η ανάπτυξη ενός μετρητικού πλαισίου. Σε αυτές τις ανάγκες, καλείται να αναζητήσει λύσεις ο τομέας μέτρησης και συγκριτικής αξιολόγησης (benchmarking) της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης διαφόρων χωρών.

Η ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση και εκτίμηση της προόδου που πραγματοποιείται στον τομέα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης έχει οδηγήσει πληθώρα φορέων – κυβερνητικών, ακαδημαϊκών, ανεξάρτητων – να ασχοληθούν αποκλειστικά με την σχεδίαση τεχνικών και μοντέλων που προσεγγίζουν και εξυπηρετούν αυτή την ανάγκη.

### **Επίπεδα αξιολόγησης**

Οι προσεγγίσεις που έχουν γίνει για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης σχηματίζουν ένα εξαιρετικά ευρύ σύνολο θεωρήσεων και μη συγκρίσιμων αποτελεσμάτων. Έτσι, γίνεται μια προσπάθεια ταξινόμησης των διάφορων αξιολογήσεων, με βάση το επίπεδο στο οποίο γίνονται. Η κατηγοριοποίηση αυτή μας επιτρέπει να αντιληφθούμε τον τρόπο με τον οποίο οι εκάστοτε έρευνες προσεγγίζουν το πρόβλημα και αποτρέπει την σύγκριση αποτελεσμάτων που βρίσκονται σε διαφορετική βάση (European Union, 2009).

### **Αξιολόγηση ιστοσελίδων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης**

Το χαμηλότερο επίπεδο αξιολόγησης αφορά μελέτες που γίνονται αυτοτελώς σε ιστοσελίδες κρατικών φορέων και εξετάζουν τις παρεχόμενες προς τους πολίτες υπηρεσίες. Συνήθως, πραγματοποιούνται σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο και στοχεύουν στην ανάδειξη τεχνικών προβλημάτων από την μεριά των φορέων ή προβλημάτων χρήσης από την μεριά των πολιτών.

## Αξιολόγηση δράσεων, πολιτικών και επενδυτικών σχεδίων υπηρεσιών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

Σε αυτό το επίπεδο, εξετάζονται πιο συγκεκριμένα οι δράσεις, οι πολιτικές και τα επενδυτικά σχέδια που αφορούν την ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Εκτελούνται, και αυτές, σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο και, συχνά, έχουν την μορφή συγκριτικής μελέτης ανάμεσα στις εναλλακτικές πρακτικές που μπορούν να υιοθετηθούν για την βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών. Πραγματοποιούνται συνήθως είτε κατευθείαν από τους κυβερνητικούς φορείς, είτε για λογαριασμό αυτών και συμβάλουν συμβουλευτικά στις διαδικασίες χάραξης πολιτικής.

## Αξιολόγηση και σύγκριση των χωρών στον τομέα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης - Benchmarking

Είναι η κατηγορία αξιολόγησης που παρουσιάζει το περισσότερο ενδιαφέρον. Γίνεται σαφές ότι στην συγκεκριμένη κατηγορία ξεπερνιέται το τοπικό-εθνικό επίπεδο των προηγούμενων δύο κατηγοριών. Αυτό, αυτομάτως, υποδηλώνει την πολυπλοκότητα και την απαιτητικότητα των αξιολογήσεων στο συγκεκριμένο επίπεδο.

Συγκεντρώνοντας στοιχεία που προσεγγίζουν το θέμα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης από διάφορες πτυχές, επιχειρείται μία βαθμολόγηση και εν συνεχεία μια συγκριτική κατάταξη των χωρών βασισμένη σε ένα σύνολο δεικτών, οι οποίοι σχηματίζουν το πλαίσιο αξιολόγησης και κατάταξης. Οι δείκτες αυτοί οφείλουν να έχουν ρεαλιστικά και κοινώς αποδεκτά χαρακτηριστικά ώστε να επιτευχθεί η αντικειμενικότητα των αποτελεσμάτων.

Οι μελέτες σε αυτό το επίπεδο πραγματοποιούνται, κατά βάση, αναδρομικά όταν και είναι διαθέσιμα τα απαραίτητα στοιχεία από τους αρμόδιους φορείς. Τα αποτελέσματα τους χρησιμοποιούνται από πολιτικούς και ερευνητές, ώστε να γίνεται αποτίμηση της ανάπτυξης μιας χώρας σε βάθος χρόνου αλλά και σύγκρισή της με άλλες χώρες. Έτσι, μπορούν να σχεδιασθούν καλύτερα οι μελλοντικές δράσεις και να διαμορφωθούν κατάλληλα τα επενδυτικά σχέδια που θα βοηθήσουν την κάθε χώρα να αναπτυχθεί.

Κορυφαίοι διεθνής οργανισμοί, όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, καταπιάνονται σε τακτική βάση με τις εν λόγω αξιολογήσεις. Ειδικότερα, και οι δύο αυτοί οργανισμοί, όπως και πολλοί άλλοι, συντάσσουν συγκριτικές μελέτες με βάση την ηλεκτρονική διακυβέρνησης. Το κύρος που χαρακτηρίζει τους οργανισμούς αυτούς καθιστά τα αποτελέσματα αξιόπιστα και δίνει στις αξιολογήσεις αυτές το πλέον επίσημο βάρος, γεγονός που δεν μπορούν να αγνοήσουν οι πολιτικοί και οι σχεδιαστές δράσεων.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, η συγκριτική αξιολόγηση – benchmarking αποτελεί σημείο αναφοράς, αφού πραγματοποιείται μία τέτοιου είδους αξιολόγηση, η οποία παρουσιάζεται σε επόμενο κεφάλαιο.

### **Αξιολογήσεις της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης από διάφορους οργανισμούς**

#### **United Nation – E-government survey**

Η έκθεση των Ηνωμένων Εθνών (United Nations, 2014) για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση είναι εξέχουσας σημασίας διεθνώς για τις κυβερνήσεις και τους πολιτικούς. Δημοσιεύεται από το 2001, ενώ η τελευταία αξιολόγηση έγινε το 2014 κάτω από τον τίτλο «E-Government for the Future We Want». Η αξιολόγηση των κρατών-μελών γίνεται γύρω από τον άξονα τεσσάρων δεικτών:

- **Telecommunication Infrastructure Index (TII)**

Αφορά τις υποδομές στον τομέα των τηλεπικοινωνιών των κρατών που εξετάζονται. Περιλαμβάνει τον αριθμό των συνδέσεων, ενσύρματων-ασύρματων, ευρυζωνικών κλπ και κατά πόσο αυτές χρησιμοποιούνται από τους πολίτες. Έρευνες έχουν δείξει ότι αύξηση κατά 10 μονάδες στις δομές ευρυζωνικότητας οδηγεί σε αύξηση των δεικτών οικονομικής ανάπτυξης κατά 1.38% σε χώρες χαμηλού και μέτριου εισοδήματος.

- **Human Capital Index (HCI)**

Αντικατοπτρίζει το επίπεδο μόρφωσης των πολιτών των κρατών – μελών. Απαρτίζεται από τέσσερις επί μέρους δείκτες που αφορούν κατά κύριο λόγο τα χρόνια εκπαίδευσης που λαμβάνουν οι πολίτες καθώς και το επίπεδο μόρφωσης που επιτυγχάνεται.

- Online Service Index (OSI)

Προκύπτει ως το αποτέλεσμα μιας έρευνας, με τη μορφή ερωτηματολογίου, που διεξήχθη σε κάθε χώρα. Οι θεματικές ενότητες γύρω από τις οποίες ήταν διαμορφωμένες οι ερωτήσεις είναι η παροχή υπηρεσιών, οι ψηφιακές διαδικασίες και η προαγωγή τους καθώς και η συμμετοχή των πολιτών στις ηλεκτρονικές διαδικασίες.

- E-Participation Index (EPI)

Εισήχθη σαν συμπληρωματικός δείκτης για την έκθεση. Επεκτείνει τις διαστάσεις της έκθεσης εστιάζοντας στην χρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών διαδικασιών για την διευκόλυνση παροχής πληροφοριών από τους κυβερνητικούς φορείς προς τους πολίτες, την αλληλεπίδραση των ενδιαφερόμενων μερών και την διευκόλυνση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων

### European Commission - e-Government Benchmark Framework 2012-2015

Η 11<sup>η</sup> έκθεση αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (European Commission, 2014) είναι η πρώτη ολοκληρωμένη μέτρηση των ηλεκτρονικών υπηρεσιών σύμφωνα με το καινούριο πλαίσιο για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση (European Commission, 2012). Η μέτρηση χρησιμοποιεί τεχνικές mystery shopping για να αναδημιουργήσει την περιήγηση των πολιτών στις κυβερνητικές ιστοσελίδες και υπηρεσίες. Χρησιμοποιεί ένα σύνολο καθημερινών γεγονότων (life events), όπως το άνοιγμα μιας επιχείρησης, σε επτά διαφορετικές κυβερνητικές περιοχές, και υπογραμμίζει την πρόοδο και τα κενά σε τέσσερις τομείς:

- Κεντρικότητα χρήστη (User Centricity)

Αφορά στις υποδομές που υπάρχουν για τις ηλεκτρονικές υπηρεσίες και κατά πόσο αυτές χρησιμοποιούνται από τους πολίτες.

- Διαφάνεια (Transparency)

Εξετάζει την διαφάνεια, από την πλευρά των κυβερνήσεων, των παρεχόμενων υπηρεσιών και των προσωπικών δεδομένων που εμπλέκονται.

- Διασυνοριακή Φορητότητα (Cross Border Mobility)

Έχει αντικείμενο την δυνατότητα των πολιτών και των επιχειρήσεων να έχουν πρόσβαση στις ηλεκτρονικές υπηρεσίες και όταν βρίσκονται μακριά από την χώρα τους.

▪ Κινητήριοι Μοχλοί (Key enablers)

Ο συγκεκριμένος δείκτης μετράει την διαθεσιμότητα πέντε τεχνικών στοιχείων, απαραίτητων για τις δημόσιες υπηρεσίες: ηλεκτρονική ταυτοποίηση (eID), ηλεκτρονικά έγγραφα (eDocuments), γνήσιες πηγές, ηλεκτρονική ασφάλεια (eSafe) και μοναδική εγγραφή (Single Sign On - SSO).

### Economist's Intelligent Unit - Expert views on the UN e-government survey

Η συγκεκριμένη έκθεση (Economist's Intelligent Unit, 2013) εστιάζει στις τάσεις της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη, την Μέση Ανατολή και την Αφρική και παρατηρεί τον ρόλο της διετής έρευνας των Ηνωμένων Εθνών για την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Βασίζεται σε έρευνα και συνεντεύξεις από ειδικούς και πολιτικούς. Εκδόθηκε το 2013 και χρηματοδοτήθηκε από την εταιρεία Oracle.

### Economist - Digital Economy Ranking

Ο δείκτης για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση του Economist (πρώην κατάταξη για την «ηλεκτρονική ετοιμότητα», και κατάταξη για την ψηφιακή οικονομία από το 2010), είναι ευρύτερος από τα προαναφερθέντα και μετρά και ποιοτικές πτυχές της κυβέρνησης. Υπάρχουν έξι κατηγορίες οι οποίες συναθροίζονται στο συνολικό δείκτη ως εξής:

- Συνδεσιμότητα και τεχνολογική υποδομή (20 %),
- το επιχειρηματικό περιβάλλον (15 %),
- κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον (15 %),
- νομικό περιβάλλον (10 %),
- η κυβερνητική πολιτική και το όραμα (15 %),
- των καταναλωτών και των επιχειρήσεων έκδοσης (25 %).

Κάθε προαναφερθείσα κατηγορία - κριτήριο μετριέται από έναν αυξημένο αριθμό δεικτών και διαστάσεων. Για παράδειγμα, το πρώτο κριτήριο «συνδεσιμότητα και την τεχνολογική υποδομή» διαρθρώνεται από τα ακόλουθα υποκριτήρια: την ευρυζωνική διείσδυση, ευρυζωνική ποιότητα, την προσιτότητα των τιμών των ευρυζωνικών συνδέσεων, τη διείσδυση της κινητής τηλεφωνίας, την ποιότητα της κινητής τηλεφωνίας, τη διείσδυση του διαδικτύου, το εύρος ζώνης στο Internet και την ασφάλεια στο διαδίκτυο. Ο δείκτης καλύπτει 70 χώρες και ανανεώνεται κάθε δύο χρόνια. Η μελέτη του Economist, παρόλο που υποστηρίζεται επαρκώς και αξιολογεί την ηλεκτρονική διακυβέρνηση πολυδιάστατα, χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό επιμέρους δεικτών που είναι δύσκολο να αξιολογηθούν λόγω του μεγάλου αριθμού των δυνητικά σχετικών παραγόντων που τους επηρεάζουν. Οι δείκτες αυτοί, για παράδειγμα η στρατηγική της η-κυβέρνησης, το επίπεδο της λογοκρισίας, η ευκολία εγγραφής μιας νέας επιχείρησης, καθώς και η αποτελεσματικότητα των παραδοσιακών νομικών πλαισίων αξιολογούνται έμμεσα και με μη εμφανή τρόπο. Επιπλέον, η έρευνα δεν είναι αποσαφηνίζει το πώς εξήχθησαν τα βάρη των κριτηρίων και των διαστάσεων τους.

### Accenture

Η Accenture είναι μια εταιρία παροχής υπηρεσιών συμβουλευτικής, και συστημάτων πληροφοριών που δραστηριοποιείται σε παγκόσμιο επίπεδο. Διεξήγαγε μελέτες συγκριτικής αξιολόγησης κρατών σχετικά με υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης ετησίως από το 2000 έως το 2008 (βλ. Accenture, 2001-2007). Η μελέτη συμπεριλαμβάνει περιορισμένο αριθμό κρατών, τα οποία στην πλειοψηφία τους είναι Ευρωπαϊκά. Γενικά δίνεται βάρος σε κράτη που έχουν επιδείξει σημαντική πρόοδο στο πεδίο της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης, για να διατηρηθεί η ομοιογένεια και η συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων. Μετά το 2008 η μελέτη άλλαξε μορφή και μεθοδολογία και δε θα αναλυθεί ιδιαίτερα (βλ. Accenture, 2009). Εφόσον πρόκειται για έναν οργανισμό με διεθνή παρουσία, τα δεδομένα συλλέγονταν από υπαλλήλους της εταιρίας, ενώ από το 2006 και μετά χρησιμοποιήθηκαν και οι συνεντεύξεις με πολίτες ως μέσο συλλογής δεδομένων.

### Brown University – Brookings Institution

Το αμερικανικό πανεπιστήμιο Brown συνέταξε μια έρευνα για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση αξιολογώντας 198 χώρες, από το 2001 μέχρι το 2007. Η έρευνα εκδόθηκε επίσης το 2008 υπό την επίβλεψη του ινστιτούτου Brookings. Οι ιστοσελίδες των αρχών κάθε χώρας αξιολογήθηκαν ετησίως για την ύπαρξη βασικών δημόσιων υπηρεσιών. Η έρευνα δεν εστίασε στην ποιότητα και την προσβασιμότητα των υπηρεσιών αυτών ή στην ετοιμότητα των πολιτών να τις ενστερνιστούν. Εναλλακτικά, δίνεται έμφαση στην έκταση της έρευνας καθώς σκοπός της είναι να αποτυπώσει μια επισκόπηση της τεχνικής προόδου στην παγκόσμια ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Οι Grönlund και Flygare επισημαίνουν ότι ο δείκτης Brown μετράει την ηλεκτρονική διακυβέρνηση σε περιορισμένη έκταση και κατά συνέπεια δεν αποτελεί έναν δείκτη υψηλής ποιότητας σε όρους κοινωνικών επιπτώσεων.



## 5.2 Κατασκευή μοντέλου για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

---

### 5.2.1 Μοντελοποίηση κριτηρίων

Για να επιτευχθεί μια καθολική αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, κατασκευάζεται μία συνεπής οικογένεια κριτηρίων σύμφωνα με την κλασική μεθοδολογία για την πολυκριτήρια μοντελοποίηση όπως αυτή αναπτύχθηκε από τον Roy. Σύμφωνα με αυτή την μεθοδολογία ένα σύστημα πολυκριτήριας αξιολόγησης πρέπει να συντελείται από κριτήρια που σέβονται την μονοτονία, την πληρότητα, και τις μη πλεονασματικές ιδιότητες. Για να επιτευχθεί αυτό, αναλύονται όλες οι στοιχειώδεις συνέπειες της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης των χωρών έτσι ώστε να διαμορφωθεί μια ιεραρχία απόψεων, διαστάσεων και κριτηρίων. Ομοίως, στο πλαίσιο της θεωρίας χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών (MAUT), χρησιμοποιείται μια ιεραρχική δομή για να μοντελοποιηθούν στόχοι, χαρακτηριστικά (επίτευξη στόχων) και αξίες (Hurson & Siskos, 2014). Συνεπώς, σε συνέχεια των προηγούμενων ιδιοτήτων οι Keeney, Raiffa, & Rajala (1979), προτείνουν το σύνολο των κριτηρίων, καθώς και η ιεραρχική δομή τους, να είναι λειτουργικό, αποσυνθέσιμο και ελάχιστο. Ειδικότερα, θεμελιώδεις στόχοι μπορούν να συμβάλλουν στην δημιουργία και την αξιολόγηση εναλλακτικών, και να οδηγήσουν ολόκληρη την διαδικασία λήψης της απόφασης ενόσω η ιεραρχία τους θα πρέπει να είναι ουσιαστική, ελέγξιμη, πλήρης, μετρήσιμη, επιχειρησιακή, αποσυνθέσιμη, μη-πλεονασματική και συνοπτική. Η αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης χωρίζεται σε ορισμένες πτυχές:

- Υποδομές
- Επενδύσεις
- Ηλεκτρονικές διαδικασίες
- Συμπεριφορά του χρήστη απέναντι στις ηλεκτρονικές διαδικασίες

Οι παραπάνω παράμετροι – διαστάσεις, στη συνέχεια, κατηγοριοποιούνται και συναθροίζονται για να διαμορφωθεί το τελικό μοντέλο των οκτώ κριτηρίων που αναλύεται στην επόμενη παράγραφο.

### **5.2.2 Ανάλυση κριτηρίων**

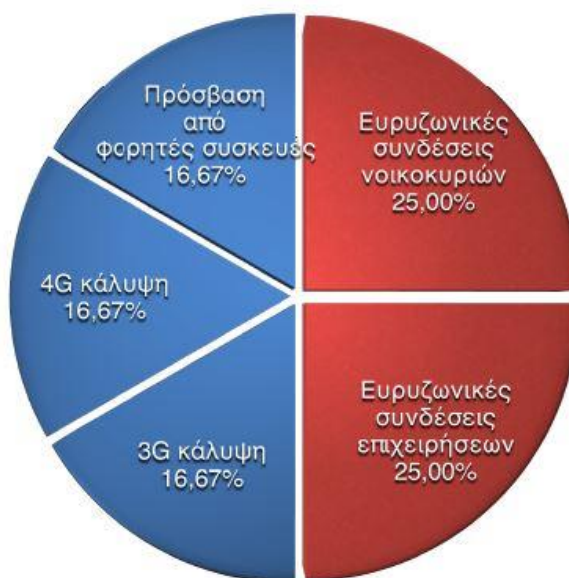
Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται τα οκτώ επιλεγμένα κριτήρια καθώς και οι πηγές των στοιχείων για καθένα από αυτά. Τα πρωταρχικά δεδομένα έχουν συλλεχθεί από αξιόπιστους και αναγνωρισμένους οργανισμούς όπως για παράδειγμα η Ευρωπαϊκή Στατιστική Αρχή Eurostat της Ευρωπαϊκής Συνόδου και από μελέτες-εκθέσεις δημοσιευμένες από τους οργανισμούς αυτούς (βλ. εκθέσεις UN). Όπως υπογραμμίστηκε παραπάνω, δεν υπάρχει συγκεκριμένη διαδικασία για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Για τον λόγο αυτό, οι παράγοντες αξιολόγησης επιλέχθηκαν έπειτα από διάλογο με τον αποφασίζοντα, γεγονός που προσθέτει στην τελική εκτίμηση την υποκειμενική φύση των προτιμήσεων ενός ειδικού.

#### ***g<sub>1</sub> – Πρόσβαση στο διαδίκτυο***

Με το συγκεκριμένο κριτήριο εκφράζεται το ποσοστό των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων κάθε χώρας που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, με οποιονδήποτε τρόπο. Είναι δεδομένο, ότι ηλεκτρονική διακυβέρνηση δεν δύναται να υπάρξει χωρίς την παρουσία βασικών δομών, συμπεριλαμβανομένου του διαδικτύου. Το συγκεκριμένο κριτήριο, συνεπώς, αποτυπώνει το ποσοστό του πληθυσμού κάθε χώρας που έχει πρόσβαση στα διαδικτυακά μέσα διακυβέρνησης. Τα δεδομένα για το κριτήριο αυτό, προέρχονται από την Ευρωπαϊκή Στατιστική Αρχή (Eurostat) της Ευρωπαϊκής Συνόδου και αφορούν το έτος 2014 (Eurostat, 2014). Τα τελικά νούμερα προκύπτουν υπολογίζοντας τους ομαλούς μέσους όρους για τις επιχειρήσεις και τα νοικοκυριά, με πρόσβαση στο διαδίκτυο, κάθε χώρας.

## **g<sub>2</sub> – Ευρυζωνική πρόσβαση και πρόσβαση από κινητό**

Εκφράζει το ποσοστό του πληθυσμού που διαθέτει ευρυζωνική πρόσβαση στο διαδίκτυο, περιλαμβάνοντας και τις σταθερές αλλά και τις κινητές συνδέσεις. Ειδικότερα το κριτήριο αποτελείται κατά τα 2/3 από στοιχεία που αφορούν τις σταθερές ευρυζωνικές συνδέσεις (παράγοντας Σ) και κατά το 1/3 από στοιχεία που αφορούν τις κινητές ευρυζωνικές συνδέσεις (παράγοντας Κ). Ο παράγοντας Σ δίνεται από τον υπολογισμό του απλού μέσου όρου των ποσοστών των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων με σταθερή ευρυζωνική σύνδεση κάθε χώρας. Ακόμη, έχοντας τα στοιχεία που αφορούν το ποσοστό των νοικοκυριών με πρόσβαση σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας τρίτης (3G) και τέταρτης (4G) γενιάς καθώς και το ποσοστό του πληθυσμού που χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο για να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο, μπορούμε να υπολογίσουμε τον απλό μέσο όρο που θα μας σχηματίσει τον παράγοντα Κ. Τα στοιχεία προκύπτουν από το εργαλείο “Ψηφιακή Ατζέντα” (“Digital Agenda”) της Eurostat και αφορούν τα έτη 2012,2013,2014 (Eurostat, 2012-2013-2014).



Σχήμα 5.1: Κριτήριο g<sub>2</sub>

### ***g<sub>3</sub> – Α.Ε.Π. σε Έρευνα & Ανάπτυξη***

Με το κριτήριο αυτό εκφράζεται για κάθε χώρα το ποσοστό του ΑΕΠ που διατίθεται στον τομέα της Έρευνας και Ανάπτυξης. Αντικατοπτρίζει το μέγεθος των κεφαλαίων που κάθε χώρα δαπανά σε εξέλιξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών. Στην περίπτωση μας, αποτυπώνει εμμέσως τα κεφάλαια που προορίζονται για την εξέλιξη νέων μέσων και εργαλείων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Τα στοιχεία προέρχονται από το εργαλείο “Ψηφιακή Αντζέντα” (“Digital Agenda”) της Eurostat και αφορούν το έτος 2013 (Eurostat, 2013). Μία τιμή ίση ή μεγαλύτερη με 4% θεωρείται ως βέλτιστη για το συγκεκριμένο κριτήριο.

### ***g<sub>4</sub> – Online Sophistication***

Μετράει το βαθμό μέχρι τον οποίο πολίτες και επιχειρήσεις μπορούν να ολοκληρώσουν μία ηλεκτρονική διαδικασία διαδικτυακά. Μια βαθμολογία 100% σημαίνει ότι η υπηρεσία μπορεί να διεκπεραιωθεί από την αρχή μέχρι το τέλος διαδικτυακά και είναι προσβάσιμη από την ιστοσελίδα της αρμόδιας αρχής ή από κάποιο κεντρικό κυβερνητικό portal (εάν όχι μέσω portal, τότε επιτυγχάνεται βαθμολογία 75%). Βαθμολογία 50% υποδηλώνει το γεγονός ότι παρόλο που πληροφορίες μπορούν να βρεθούν στις ιστοσελίδες των αρχών ή στο κεντρικό πόρταλ, οι πολίτες ή οι επιχειρήσεις απαιτείται να χρησιμοποιήσουν έντυπη μορφή είτε να έχουν φυσική παρουσία στην αρμόδια αρχή για να ολοκληρωθεί η διαδικασία. Υπογραμμίζεται ότι το συγκεκριμένο κριτήριο αντικατοπτρίζει την αλληλεπίδραση κυβέρνησης-πολιτών και όχι την παρουσία υποδομών που ενθαρρύνουν την αλληλεπίδραση αυτή (βλ. κριτήριο g<sub>5</sub>). Τα στοιχεία προέκυψαν για μια μελέτη που εκπονήθηκε για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Συνόδου, και δημοσιεύτηκε τον Μάιο του 2014 (European Commission, 2014).

### ***g<sub>5</sub> – Συμμετοχή σε ηλεκτρονικές διαδικασίες (e-Participation)***

Το κριτήριο αυτό εστιάζει στην χρήση των διαδικτυακών υπηρεσιών για (i) την διευκόλυνση της παροχής υπηρεσιών από τις κυβερνήσεις στους πολίτες, (ii) την

αλληλεπίδραση των ενδιαφερόμενων μερών και (iii) την συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων. Αντικατοπτρίζει τις παροχές της κυβέρνησης κάθε χώρας που ενθαρύνουν την διαδικτυακή αλληλεπίδραση των πολιτών και των επιχειρήσεων με τις αρχές. Σκοπός του κριτηρίου δεν είναι η μέτρηση δράσης μεταξύ κυβερνήσεων και πολιτών, αλλά η ανάδειξη της χρήσης εργαλείων, καθαρά από την πλευρά της κυβέρνησης, ώστε να διευκολύνει την ηλεκτρονική αλληλεπίδραση με τους πολίτες. Τα στοιχεία για το συγκεκριμένο κριτήριο παρουσιάζονται με την μορφή δεικτών (EPI index) στην έκθεση των Ηνωμένων Εθνών για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση, για το έτος 2014 (United Nations, 2014).

#### ***g<sub>6</sub> – Αλληλεπίδραση πολιτών με τις αρχές***

Παρουσιάζει το ποσοστό των πολιτών που χρησιμοποιούν ήδη το διαδίκτυο για να αλληλεπιδράσουν με τις αρχές. Το κριτήριο σχηματίζεται από την ισόποση συνεισφορά τριών μεγεθών που αποτυπώνουν την παραπάνω διάδραση: (i) ποσοστό πολιτών που συλλέγουν πληροφορίες ηλεκτρονικά από ιστοσελίδες τις κυβέρνησης, (ii) ποσοστό πολιτών που κατεβάζει φόρμες από τις εν λόγω ιστοσελίδες, (iii) ποσοστό πολιτών που υποβάλλουν συμπληρωμένες φόρμες στις ιστοσελίδες. Τα επιμέρους στοιχεία εξάχθηκαν από την Eurostat και αφορούν το έτος 2014 (Eurostat, 2014).

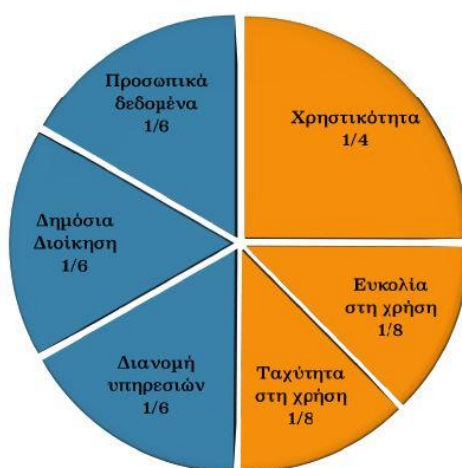
#### ***g<sub>7</sub> – Αλληλεπίδραση των επιχειρήσεων με τις αρχές***

Παρουσιάζει το ποσοστό των επιχειρήσεων που αλληλεπιδρούν διαδικτυακά με τις αρχές. Αποτελεί το αντίστοιχο του προηγούμενου κριτηρίου, με αναφορά στις επιχειρήσεις και όχι τους πολίτες. Σε πλήρη αντιστοιχία, οι 3 διαστάσεις που σχηματίζουν το κριτήριο είναι: (i) ποσοστό επιχειρήσεων που συλλέγουν πληροφορίες ηλεκτρονικά από ιστοσελίδες της της κυβέρνησης, (ii) ποσοστό επιχειρήσεων που κατεβάζει φόρμες από τις συγκεκριμένες ιστοσελίδες, (iii) ποσοστό επιχειρήσεων που υποβάλλουν συμπληρωμένες φόρμες στις ιστοσελίδες.

Τα επιμέρους στοιχεία εξάχθηκαν από την Eurostat και αφορούν το έτος 2013 (Eurostat, 2013).

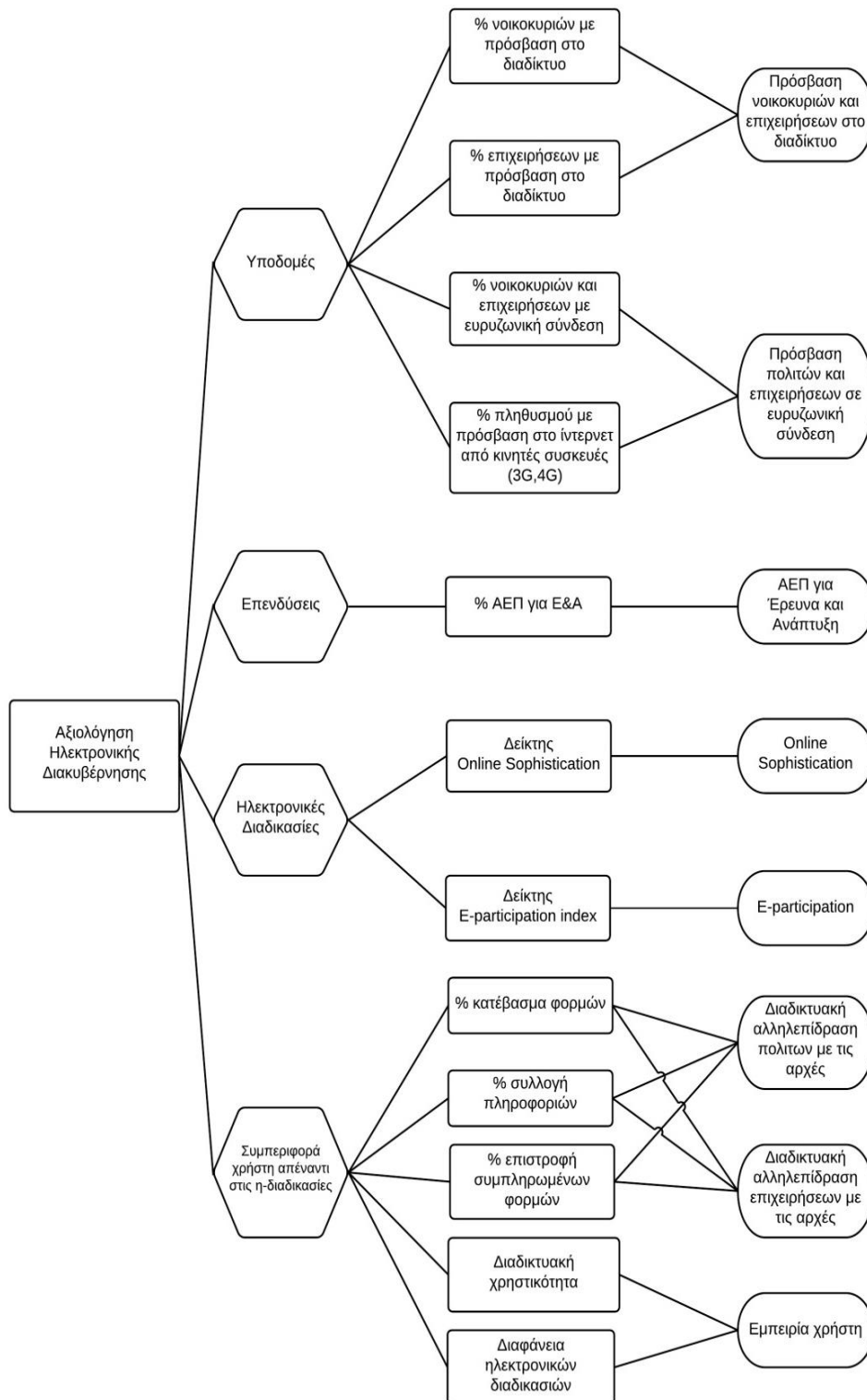
### **g<sub>8</sub> – Εμπειρία χρήστη (User's Experience)**

Αναφέρεται στην εμπειρία που απολαμβάνει ο χρήστης κατά την χρήση εργαλείων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Το κριτήριο αποτελείται κατά 2/3 από στοιχεία που αφορούν την χρηστικότητα των εργαλείων (παράγοντας Χ) και κατά 1/3 στοιχεία που αφορούν την διαφάνεια των παρεχόμενων υπηρεσιών (παράγοντας Δ). Ο παράγοντας Χ σχηματίζεται από τρεις επιμέρους διαστάσεις με βάρη που αφορούν την χρήση εργαλείων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης: (i) 50% χρηστικότητα - υποστήριξη, (ii) ευκολία, (iii) ταχύτητα. Ο παράγοντας Δ προέρχεται από τον υπολογισμό του απλού μέσου όρου στοιχείων που αφορούν την διαφάνεια (i) της διανομής υπηρεσιών, (ii) της δημόσιας διοίκησης και (iii) των δεικτών προσωπικών δεδομένων. Το κριτήριο αυτό, σε αντιδιαστολή με το κριτήριο g<sub>5</sub>, εστιάζει στην πλευρά του χρήστη και αποτελεί, ουσιαστικά, ένα μέτρο ικανοποίησης του πολίτη κατά την χρήση των παρεχόμενων, από την κυβέρνηση, διαδικτυακών υπηρεσιών. Για τον λόγο αυτό, στο κριτήριο συμπεριλαμβάνεται, εκτός από τον παράγοντα Χ που εστιάζει σε τεχνικά μέρη, ο παράγοντας Δ, που αντικατοπτρίζει την εμπιστοσύνη του πολίτη στις ηλεκτρονικές διαδικασίες. Τα στοιχεία προέρχονται από μελέτη για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Συνόδου που δημοσιεύτηκε τον Μάιο του 2014 (European Commission, 2014).



Σχήμα 5.2: Κριτήριο g<sub>8</sub>

Παρακάτω, παρουσιάζεται με μορφή δενδροδιαγράμματος η διάρθρωση του συστήματος των κριτηρίων για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης καθώς και ένας συνοπτικός πίνακας για τα οκτώ κριτήρια:



Σχήμα 5.3: Κριτήρια αξιολόγησης ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

Πίνακας 5.1: Συνοπτικός πίνακας κριτηρίων

Κριτήρια	Μονάδα μέτρησης	Χειρότερο επίπεδο	Βέλτιστο επίπεδο	Πηγή δεδομένων
g1	% πληθυσμού	0	100	Eurostat
g2	% πληθυσμού	0	100	Eurostat
g3	% ΑΕΠ	0	4	Eurostat
g4	% δείκτης	0	100	Ευρωπαϊκή Σύνοδος
g5	δείκτης [0,1]	0	1	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
g6	% πολίτες	0	100	Eurostat
g7	% επιχειρήσεις	0	100	Eurostat
g8	% δείκτης	0	100	Ευρωπαϊκή Σύνοδος

### 5.2.3 Δεδομένα ευρωπαϊκών χωρών

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται βαθμολογίες των χωρών στα 8 κριτήρια του μοντέλου αξιολόγησης, τα οποία διαμορφώνονται με την μορφή που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, όπου αναφέρονται και οι πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν τα δεδομένα.

Πίνακας 5.2: Βαθμολογίες ευρωπαϊκών χωρών στα 8 κριτήρια του μοντέλου

Χώρα	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
Βέλγιο	90.00	67.75	2.28	63.00	0.25	36.00	74.33	58.00
Τσεχία	88.00	63.76	1.91	56.00	0.25	21.33	87.67	44.50
Δανία	96.00	72.78	3.05	85.00	0.55	65.33	89.33	65.00
Γερμανία	93.50	71.26	2.94	67.00	0.7	33.33	58.67	45.50
Εσθονία	89.50	69.50	1.74	87.00	0.76	35.00	80.00	77.50
Ιρλανδία	90.00	66.17	1.58	87.00	0.65	43.00	88.00	62.00
Ελλάδα	77.50	59.62	0.78	46.00	0.8	27.67	78.33	41.00
Ισπανία	86.00	66.42	1.24	91.00	0.78	36.33	69.00	72.50
Γαλλία	91.00	68.51	2.23	75.00	0.96	44.00	89.00	68.50
Κροατία	82.00	61.67	0.81	53.00	0.33	19.33	81.00	48.00
Ιταλία	85.50	63.35	1.25	77.00	0.78	15.67	69.67	60.50
Ουγγαρία	81.50	61.96	1.41	45.00	0.45	34.33	82.33	35.50
Ολλανδία	98.00	77.40	1.98	82.00	1.00	57.67	80.67	65.50
Αυστρία	89.50	67.41	2.81	86.00	0.63	40.33	80.67	70.50



Χώρα	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
Πολωνία	84.00	62.50	0.87	76.00	0.49	17.33	81.67	51.00
Πορτογαλία	81.00	63.63	1.36	96.00	0.65	30.67	81.00	74.00
Σλοβενία	87.50	67.39	2.59	68.00	0.39	37.00	85.00	63.00
Σλοβακία	88.00	63.53	0.83	72.00	0.63	33.00	80.67	30.00
Φινλανδία	95.00	75.46	3.32	86.00	0.71	64.00	91.33	71.00
Σουηδία	94.00	74.94	3.21	83.00	0.61	60.33	90.67	68.50
Νορβηγία	95.00	71.42	1.69	78.00	0.69	64.33	84.33	63.50
Ην. Βασίλειο	92.50	72.33	1.63	74.00	0.96	35.00	75.00	51.00



## **6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ**

---

Στην παράγραφο αυτή, θα αναλυθεί λεπτομερώς η διαδικασία εφαρμογής της μεθοδολογίας που περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, με παρουσίαση όλων των σχετικών στοιχείων. Ξεκινώντας από την κατασκευή των εικονικών δράσεων, που απαιτεί η μέθοδος, θα εφαρμοστεί εν συνεχεία το μαθηματικό μοντέλο και θα ακολουθηθούν όλα τα στάδια που απαρτίζουν το διπολικό μοντέλο ευστάθειας έτσι ώστε να παρατηρηθεί η ορθότητα και η συνέπεια της μεθοδολογίας. Θα γίνει, λοιπόν, εύκολα αντιληπτό, ότι όσο προχωράνε τα βήματα της μεθόδου το πέρασμα από τον αναλυτικό στον συνθετικό πόλο (και το αντίστροφο) οδηγεί σε αρτιότερα αποτελέσματα.

## **6.1 Α' φάση – 10 εικονικές χώρες**

---

### ***Κατασκευή εικονικών δράσεων***

Για τον σχηματισμό του συνόλου των εικονικών δράσεων που είναι απαραίτητο για να εφαρμοστεί η μέθοδος κατασκευάστηκαν 10 εικονικές χώρες, στις οποίες δόθηκαν τιμές (scores) για το κάθε κριτήριο. Ο τρόπος που δόθηκαν οι τιμές αυτές ήταν τέτοιος έτσι ώστε, από την μία πλευρά, να παρουσιάζουν ρεαλιστικές αναφορές στο κάθε κριτήριο και από την άλλη να καλύπτεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος των τιμών που παρουσιάζουν οι αληθινές χώρες, συμπεριλαμβανομένων κάποιων ακραίων τιμών. Κατά συνέπεια, γίνεται προσπάθεια να επιτευχθεί ένα αρκετά μεγάλο πλαίσιο πιθανόν σεναρίων, έτσι ώστε το αποτέλεσμα που θα εξαχθεί να έχει προκύψει από ένα ικανοποιητικό σύνολο δεδομένων.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι 10 εικονικές χώρες με τις αντίστοιχες βαθμολογίες τους σε κάθε κριτήριο:

Πίνακας 6.1 : 10 εικονικές χώρες

Εικονικές Χώρες	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
C1	85	70	2	75	0.6	40	80	60
C2	95	60	2	75	0.6	40	80	60
C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
C4	95	70	2	55	0.4	40	80	60
C5	95	70	2	85	0.3	40	80	60
C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60
C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
C8	85	75	3	65	0.6	50	80	60
C9	85	75	3	65	0.6	30	70	50
C10	80	65	3	65	0.6	40	80	40

### Προδιάταξη εικονικών δράσεων

Στην συνέχεια, το σύνολο των εικονικών χωρών δίνεται στον αποφασίζοντα έτσι ώστε να τις κατατάξει σύμφωνα με τα δικά του προτιμησιακά δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι ο αποφασίζοντας, στην ουσία, θα προσδώσει στα κριτήρια κάποια εικονικά βάρη σύμφωνα με το πόσο σημαντικά είναι κατά την δική του άποψη. Με βάση αυτά τα εικονικά βάρη θα συγκρίνει τις εικονικές χώρες μεταξύ τους και εν τέλει θα τις επιστρέψει σε προδιατεταγμένη σειρά.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής τον ρόλο του αποφασίζοντα έπαιξε στέλεχος του εργαστηρίου «Συστημάτων αποφάσεων και διοίκησης» της σχολής ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογιστών του Ε.Μ.Π. με πείρα σε σχετικά θέματα, ο οποίος για τις 10 εικονικές χώρες επέστρεψε την εξής κατάταξη:

Πίνακας 6.2: Διάταξη εικονικών χωρών από τον αποφασίζοντα

Κατάταξη	Εικονικές Χώρες	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
1	C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60
2	C8	85	75	3	65	0.6	50	80	60
3	C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
4	C5	95	70	2	85	0.3	40	80	60
5	C1	85	70	2	75	0.6	40	80	60
6	C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
7	C4	95	70	2	55	0.4	40	80	60

Κατάταξη	Εικονικές Χώρες	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
8	C2	95	60	2	75	0.6	40	80	60
9	C9	85	75	3	65	0.6	30	70	50
10	C10	80	65	3	65	0.6	40	80	40

### Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου UTASTAR

Χρησιμοποιώντας την κατάταξη αυτή, μπορούμε να προχωρήσουμε στην εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου στα πλαίσια της μεθόδου UTASTAR. Το μοντέλο αυτό, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, απαιτεί για την έκφραση των τιμών των κριτηρίων, την χρήση γραμμικής παρεμβολής για την διακριτοποίηση του πεδίου τιμών του κάθε κριτηρίου. Ακολουθώντας αυτή την διαδικασία μορφοποιούμε τα δεδομένα όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6.3: Προσαρμογή δεδομένων για UTASTAR

Κατάταξη		1	2	3	4	5	8	7	9	6	10
Εικονικές Χώρες		C6	C8	C7	C5	C1	C2	C4	C9	C3	C10
g1	w11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w14	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4	0.8	0.8	0.4	0.4	0.2
g2	w21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w23	1	1	1	0.8	0.8	0.4	0.8	1	0.4	0.6
	w24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
g3	w31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w33	0.5	1	0.5	0	0	0	0	1	0.5	1
	w34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
g4	w41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w43	1	0.6	0.6	1	1	1	0.2	0.6	1	0.6
	w44	0.4	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0
g5	w51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w52	1	1	1	0.2	1	1	0.6	1	1	1
	w53	1	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0.4
	w54	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
g6	w61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	w62	0.6	1	1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2	0.6	0.6
	w63	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	w64	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
g7	w71	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w73	1	1	1	1	1	1	1	0.8	1	1
	w74	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2
g8	w81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6
	w83	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0.4	0
	w84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Στη συνέχεια, πραγματοποιούμε αφαιρέσεις ανα ζεύγη χωρών ξεκινώντας από την πρώτη στην κατάταξη και προς τα κάτω. Πολλαπλασιάζοντας, τώρα, τους όρους που προέκυψαν με τον τελεστή  $w_{ij}$  στον οποίον αντιστοιχούν και προσθέτοντας όλα τα γινόμενα που εμφανίζονται κατά σειρά καταφέρνουμε να δημιουργήσουμε τις αξίες συναρτήσεων διαφορών της μεθόδου UTASTAR. Οι συναρτήσεις αυτές, σύμφωνα με την μεθοδολογία, θέλουμε να είναι μεγαλύτερες ή ίσες από έναν πολύ μικρό θετικό αριθμό. Στην περίπτωση μας επιλέχθηκε το 0,01. Στο σημείο αυτό, σε κάθε ανισότητα εισάγονται 4 όροι, δύο με θετικό και δύο με αρνητικό πρόσημα. Οι όροι αυτοί αποτελούν τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης που αντιστοιχούν σε κάθε εικονική χώρα και ο ρόλος τους έχει αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Έχουμε, στο σημείο αυτό ένα σύνολο από 9 ανισωτικές σχέσεις της μορφής:

$$aw_{11} \pm bw_{12} \pm \dots \pm zw_{84} \geq 0.01$$

Συμπεριλαμβάνοντας και τους περιορισμούς:

$$\begin{cases} \sum \sum w_{ij} = 1 \\ w_{ij} \geq 0, \quad \forall i, j \end{cases}$$

Έχουμε το γραμμικό πρόβλημα της μεθόδου UTASTAR.

Με τη βοήθεια του προγραμματιστικού περιβάλλοντος GAMS IDE, θα προχωρήσουμε σε γραμμικές επιλύσεις του προβλήματος.

Αρχικά θέτουμε ως αντικειμενική συνάρτηση το άθροισμα του συνόλου των σφαλμάτων που περιέχουν οι ανισωτικές σχέσεις. Με την ελαχιστοποίηση της συνάρτησης αυτής, θα εξασφαλίσουμε την απουσία λογικών σφαλμάτων στην κατάταξη που παρέδωσε ο αποφασίζοντας. Στην περίπτωση που κατά την επίλυση αυτή προκύψει κάποιο σφάλμα, τότε σημαίνει ότι ο αποφασίζοντας έχει τοποθετήσει τις χώρες, η ανισότητα των οποίων εμπεριέχει τα πιθανά σφάλματα, με τρόπο που δεν παρουσιάζει λογική συνέχεια. Στο σημείο αυτό, ο αναλυτής επεμβαίνει, ζητώντας από τον αποφασίζοντα να ανακατατάξει τις χώρες αυτές σε τέτοια σειρά που να μηδενίζει το αντίστοιχο σφάλμα. Κατά συνέπεια, εξασφαλίζεται η ορθότητα των δεδομένων που δίνονται ως είσοδος στο μοντέλο, χωρίς να παραβιάζονται τα προτιμησιακά χαρακτηριστικά του αποφασίζοντα.

Εφόσον εξασφαλιστεί ο μηδενισμός όλων των πιθανόν σφαλμάτων, μπορούμε να προχωρήσουμε στον προσδιορισμό των τιμών των βαρών  $w_{ij}$ , που είναι και σκοπός της μεθόδου. Για να γίνει αυτό πρέπει, προφανώς, να μπουν στην αντικειμενική συνάρτηση τα βάρη  $w_{ij}$  με σκοπό την μεγιστοποίηση – ελαχιστοποίησή τους. Επισημαίνεται στο σημείο αυτό, ότι τα βάρη θα μπουν με την μορφή αθροισμάτων και όχι ως μεμονωμένες τιμές. Αυτή η ιδιομορφία της UTASTAR, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους UTA οφείλεται στην διακριτοποιημένη μορφή στην οποία σχηματίσαμε τα πεδία τιμών των κριτηρίων (βλ. Κεφ.2). Έτσι, για παράδειγμα, για τον υπολογισμό του βάρους του 1<sup>ου</sup> κριτηρίου θα μεγιστοποιήσουμε – ελαχιστοποιήσουμε διαδοχικά τις αντικειμενικές συναρτήσεις:

$$z_{11} = w_{11}$$

$$z_{12} = w_{11} + w_{12}$$

$$z_{13} = w_{11} + w_{12} + w_{13}$$

$$z_{14} = w_{11} + w_{12} + w_{13} + w_{14}$$

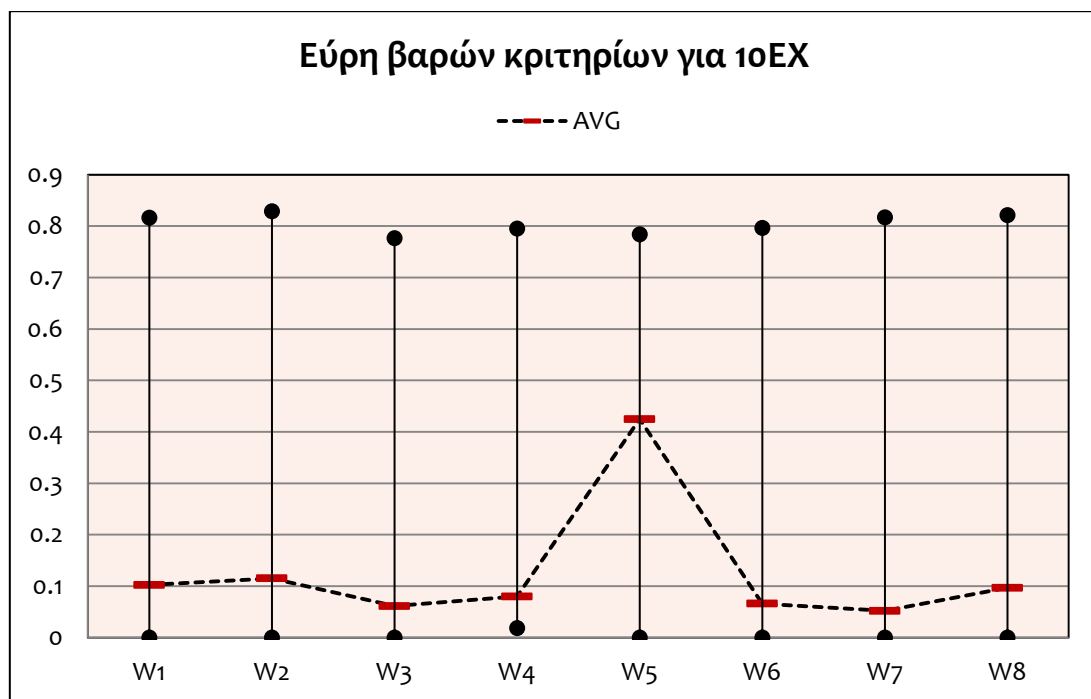
Όπως έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 2 οι τιμές που προσδιορίζονται για την αντικειμενική συνάρτηση  $z_{14}$  αντιστοιχούν στο βάρος του συγκεκριμένου κριτηρίου. Μεγιστοποιώντας και ελαχιστοποιώντας την συνάρτηση αυτή, θα



έχουμε μία ελάχιστη και μία μέγιστη τιμή μεταξύ των οποίων μπορεί να παίρνει τιμές το βάρος του κριτηρίου που εξετάζεται.

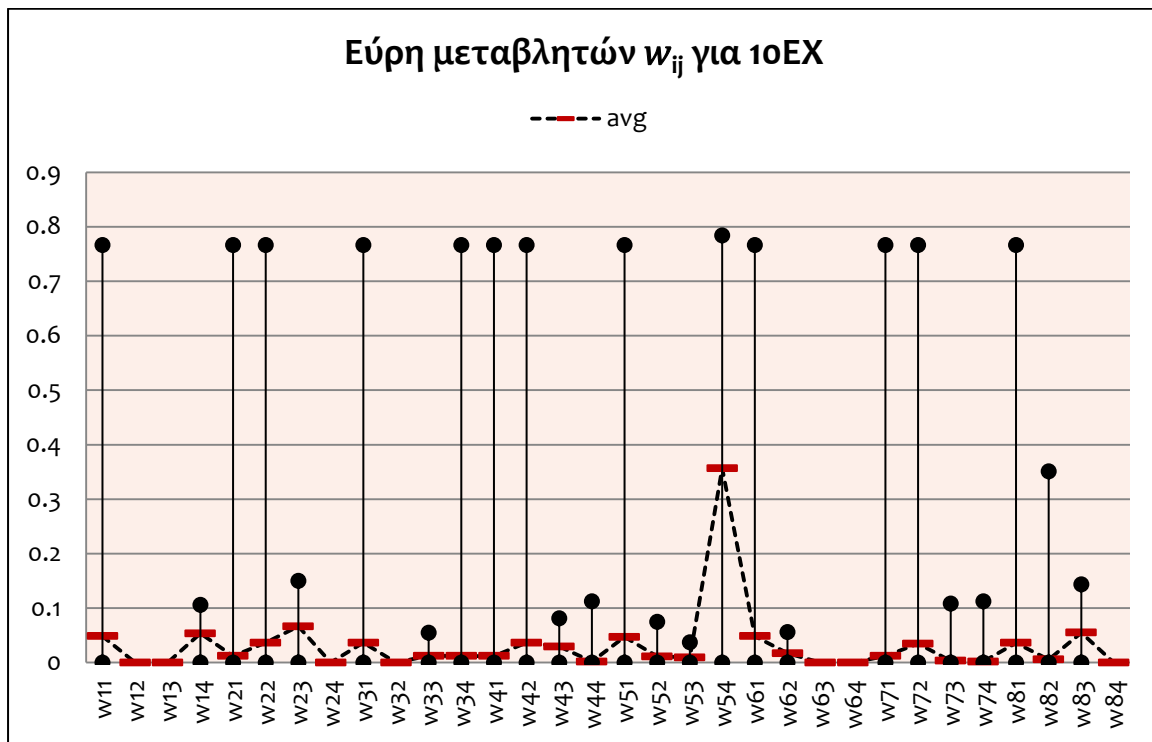
Πραγματοποιούνται, συνεπώς, σε αυτό το στάδιο 64 τρεξίματα (instances – max και min 32 αντικειμενικών συναρτήσεων) και προσδιορίζονται τα εύρη μέσα στα οποία κινούνται τα βάρη των οκτώ κριτηρίων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα, όπου  $W_1 = w_{11} + w_{12} + w_{13} + w_{14}$  κ.ο.κ.. Η διακεκομμένη γραμμή αναπαριστά την μέση τιμή όλων των τρεξιμάτων.



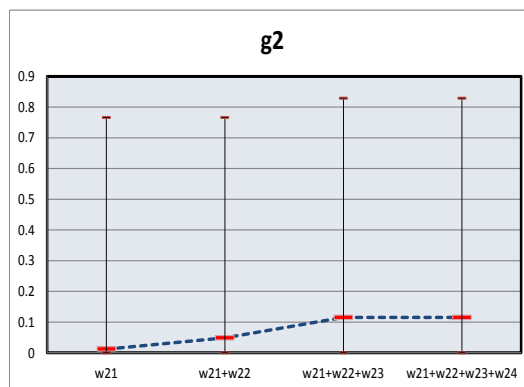
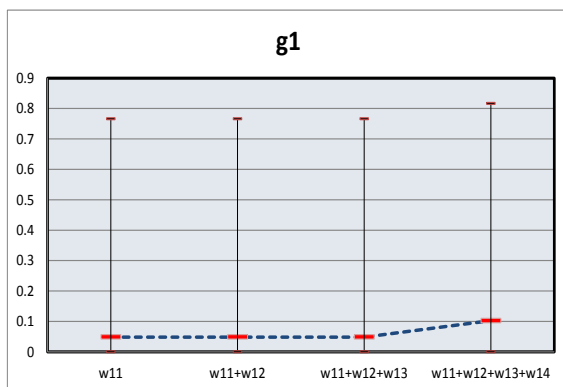
Διάγραμμα 6.1: Εύρη βαρών κριτηρίων για 10 εικονικές χώρες

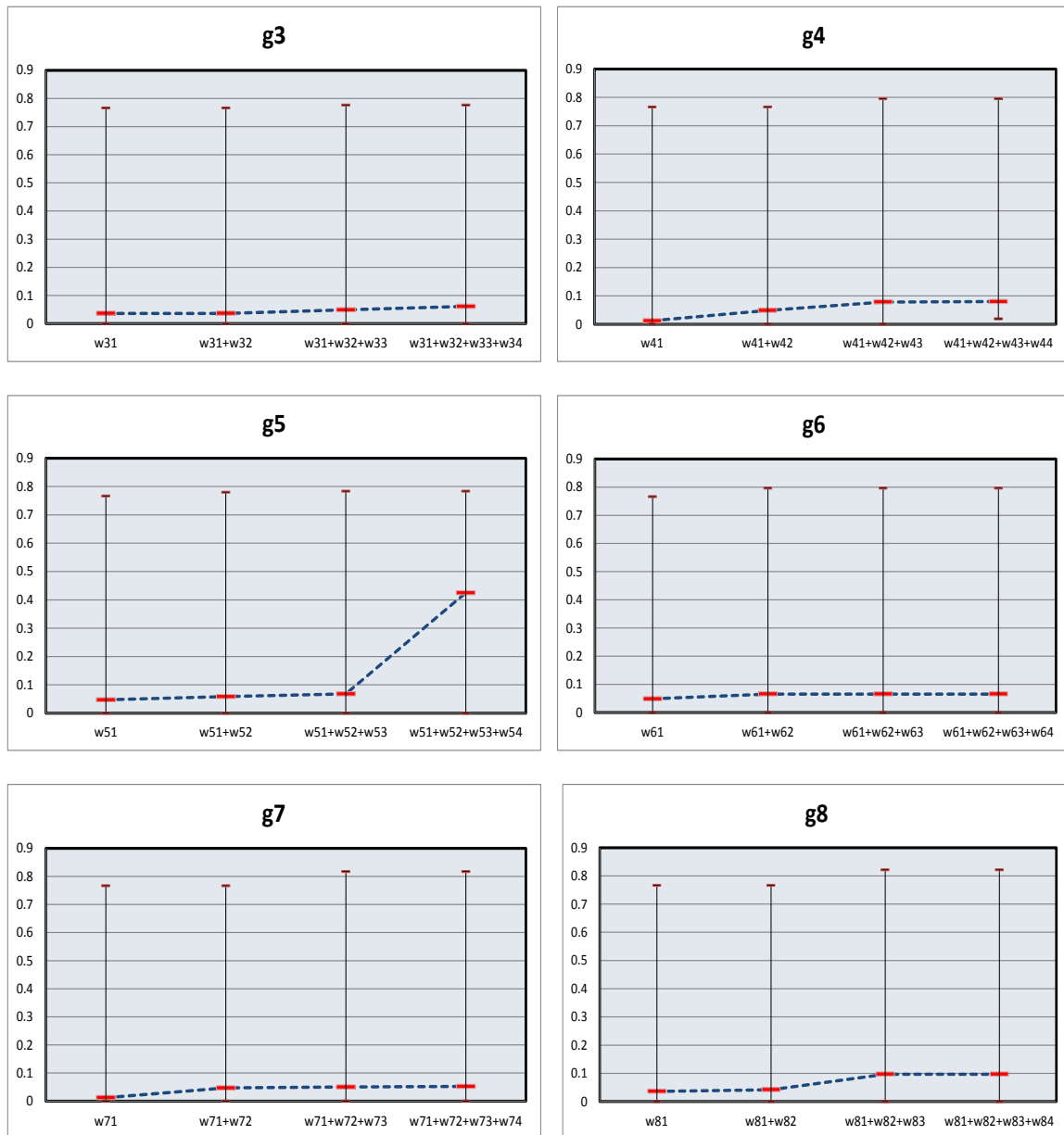
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα εύρη των μεμονωμένων μεταβλητών  $w_{ij}$ , όπως προέκυψαν από τις 64 επιλύσεις του γραμμικού προβλήματος.



Διάγραμμα 6.2: Εύρη μεταβλητών για 10 εικονικές χώρες

Στα διαγράμματα της επόμενης σελίδας βλέπουμε τις περιθώριες συναρτήσεις για τα οκτώ κριτήρια όπως διαμορφώθηκαν για τα δεδομένα των 10 εικονικών χωρών.





Διάγραμμα 6.3: Περιθώριες συναρτήσεις για 10 εικονικές χώρες

### Εκτίμηση ευστάθειας αποτελεσμάτων

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα, γίνονται απευθείας αντιληπτά δύο κυρίως χαρακτηριστικά. Πρώτον, τα εύρη τόσο των βαρών όσο και τον επιμέρους μεταβλητών είναι πολύ μεγάλα σε σχέση με την κλίμακα τιμών στην οποία κινούνται και δεύτερον, οι μέσες τιμές τείνουν καθολικά προς τις ακραίες ελάχιστες τιμές.

Κατά συνέπεια, μπορούμε, χωρίς δυσκολία, να αποφανθούμε για την ανεπαρκή ευστάθεια του μοντέλου σε αυτή την φάση, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την σχετικά μικρή τιμή 0.885 που παίρνει ο δείκτης ASI για τα δεδομένα αυτής της φάσης. Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό, ότι όσο καλύτερη είναι η ευστάθεια του μοντέλου τόσο ο δείκτης ASI τείνει στην μονάδα (για τον υπολογισμό του ASI βλ. Κεφ4).

Εύκολα, λοιπόν, ο αναλυτής κρίνει αδύνατο τον υπολογισμό ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου και κατά συνέπεια την μετάβαση στον συνθετικό πόλο. Αποφασίζεται, λοιπόν, η επιστροφή της διαδικασίας στην αρχή του αναλυτικού πόλου και η ζήτηση από τον αποφασίζοντα επιπλέον πληροφοριών που θα καταστήσουν τον προσδιορισμό ενός ικανοποιητικού μοντέλου δυνατό.

## **6.2 Β' φάση – 20 εικονικές χώρες**

---

Όπως έχει αναλυθεί στο θεωρητικό μέρος της μεθοδολογίας του διπολικού μοντέλου, κάθε εκκίνηση του αναλυτικού πόλου απαιτεί την παροχή πρόσθετων πληροφοριών από τον αποφασίζοντα. Τα στοιχεία αυτά, θα ενσωματωθούν από τον αναλυτή στο μοντέλο που υπάρχει με στόχο να επιτευχθεί ένα πιο ικανοποιητικό επίπεδο ευστάθειας των αποτελεσμάτων. Πρακτικά, δηλαδή, στα πλαίσια του αναλυτικού πόλου, οι ενέργειες βελτιστοποίησης του μοντέλου, αφορούν αποκλειστικά το πρόσωπο που αποφασίζει και τις επιπλέον πληροφορίες που καλείται να παρέχει, αποκλείοντας ταυτόχρονα τον αναλυτή από οποιαδήποτε δράση τροποποίησης του μοντέλου.

### **Ενσωμάτωση καινούριων δράσεων στην κατάταξη**

Σε ακολουθία της διαδικασίας που ακολουθήθηκε στην Α' φάση, κατασκευάζονται επιπλέον 10 εικονικές χώρες (δράσεις) με αντιπροσωπευτικές τιμές στα κριτήρια. Καλείται, εδώ, ο αποφασίζοντας να ενσωματώσει τις 10 επιπλέον χώρες στην κατάταξη που ήδη έχει καθορίσει στην πρώτη φάση. Τα

αποτελέσματα της προηγούμενης φάσης που αφορούν τα βάρη των κριτηρίων δεν είναι γνωστά στον αποφασίζοντα και έτσι η νέα κατάταξη προκύπτει εντελώς αμερόληπτα, βάσει των προτιμησιακών χαρακτηριστικών του. Θεωρείται αυτονόητο, ότι οι σχετικές θέσεις των 10 πρώτων χωρών όπως αυτές διαμορφώθηκαν στην πρώτη φάση δεν είναι δυνατό να αλλάξουν, αφού αυτό θα σήμαινε λογική παραδρομή και ασυνέχεια του μοντέλου.

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται η νέα κατάταξη των 20 εικονικών χωρών όπως αυτή σχηματίστηκε από τον αποφασίζοντα μετά την εισαγωγή νέων δεδομένων.

Πίνακας 6.4: Κατάταξη 20 εικονικών χωρών

1	C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60
2	C8	85	75	3	65	0.6	50	80	60
3	C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
4	C30	95	75	1	95	1	20	60	75
5	C27	85	65	2	95	0.8	40	80	60
6	C5	95	70	2	85	0.3	40	80	60
7	C22	90	70	1	70	0.3	40	85	75
8	C29	80	60	3	75	0.8	60	80	70
9	C24	80	60	2	80	0.8	65	80	60
10	C1	85	70	2	75	0.6	40	80	60
11	C23	85	60	2	75	0.8	50	80	60
12	C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
13	C4	95	70	2	55	0.4	40	80	60
14	C2	95	60	2	75	0.6	40	80	60
15	C9	85	75	3	65	0.6	30	70	50
16	C28	90	70	1	75	0.6	40	70	50
17	C10	80	65	3	65	0.6	40	80	40
18	C26	85	65	2.5	80	0.4	40	60	40
19	C25	90	70	2	50	0.4	40	60	30
20	C21	80	60	1	65	0.3	20	70	40

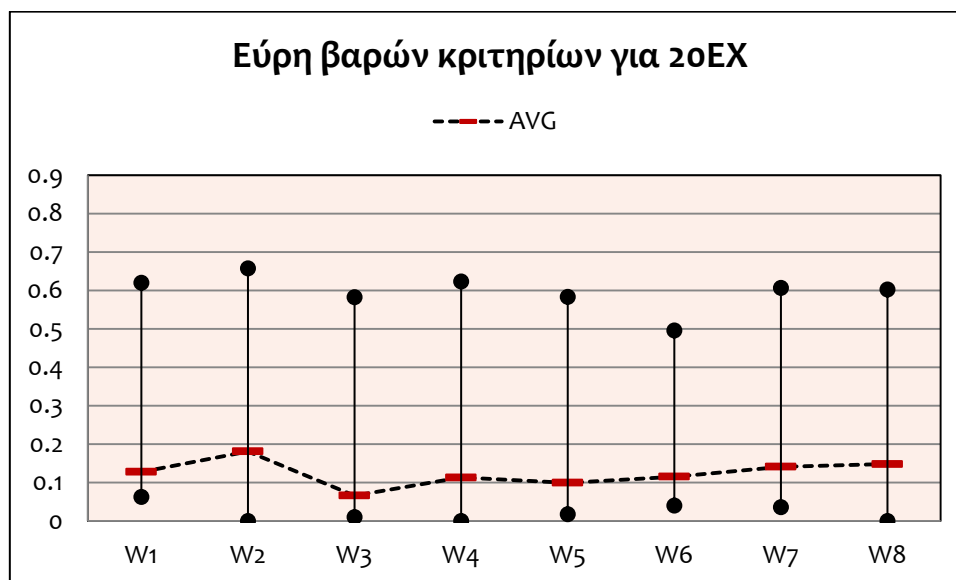
Οι χώρες C21 – C30 που φαίνονται με γαλάζιο χρώμα αποτελούν τις 10 επιπλέον χώρες που εισήχθηκαν στην φάση αυτή.

## Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου UTASTAR

Εκφράζοντας και πάλι τα δεδομένα, στην διακριτοποιημένη μορφή που απαιτείται και ακολουθώντας την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω εξάγουμε τις 21 ανισότητες, που θα αποτελέσουν το κύριο μέρος του γραμμικού προβλήματος για την φάση αυτή. Σημειώνεται, στο σημείο αυτό, ότι ο όρος  $\delta$  στο δεξί μέλος των ανισοτήτων επιλέχθηκε 0.005 σε σχέση με το 0.01 της πρώτης φάσης, γεγονός που θα βοηθήσει περισσότερο στην εξασφάλιση λογικών αποτελεσμάτων όσον αφορά τις σχέσεις υπεροχής ή αδιαφορίας μεταξύ των εικονικών χωρών.

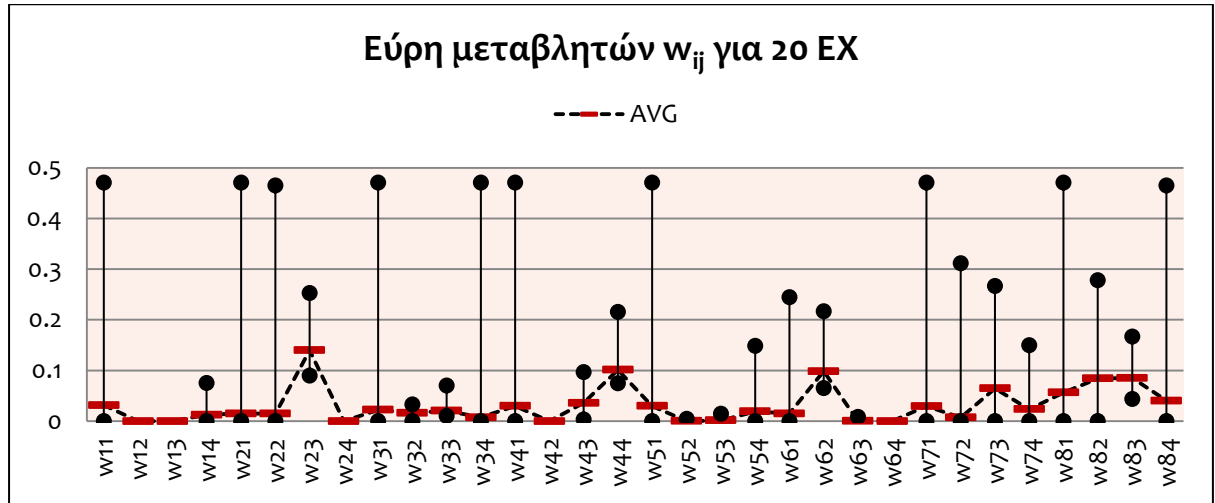
Μεταφέροντας, εκ νέου, τις ανισοτικές σχέσεις στο GAMS και εφαρμόζοντας τους ίδιους περιορισμούς με την πρώτη φάση θα υλοποιούμε τα 64 τρεξίματα που μας δίνουν τα εύρη των βαρών  $W_i$  των κριτηρίων καθώς και τα εύρη των μεταβλητών  $w_{ij}$ , αφού πρώτα εξασφαλίσουμε ότι πάλι τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης είναι μηδενικά.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα εύρη των βαρών  $W_i$  των κριτηρίων για τα δεδομένα των 20 εικονικών χωρών.



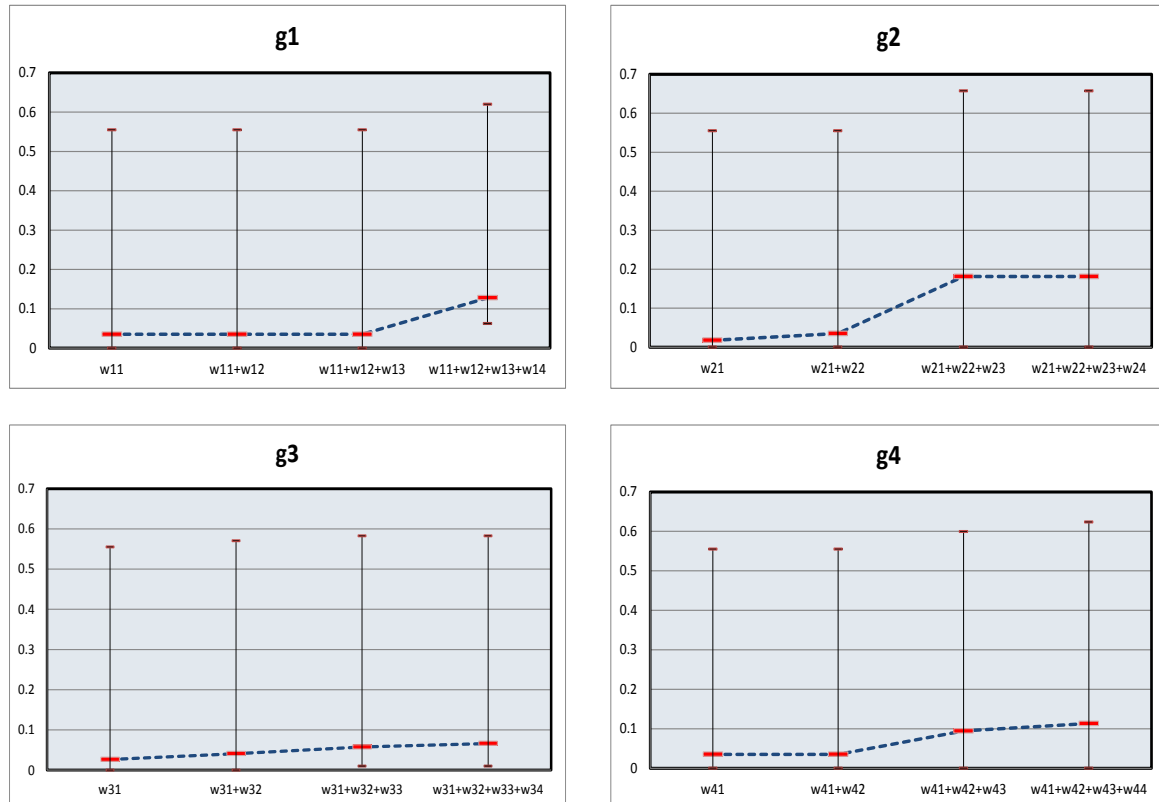
Διάγραμμα 6.4: Εύρη βαρών κριτηρίων για 20 εικονικές χώρες

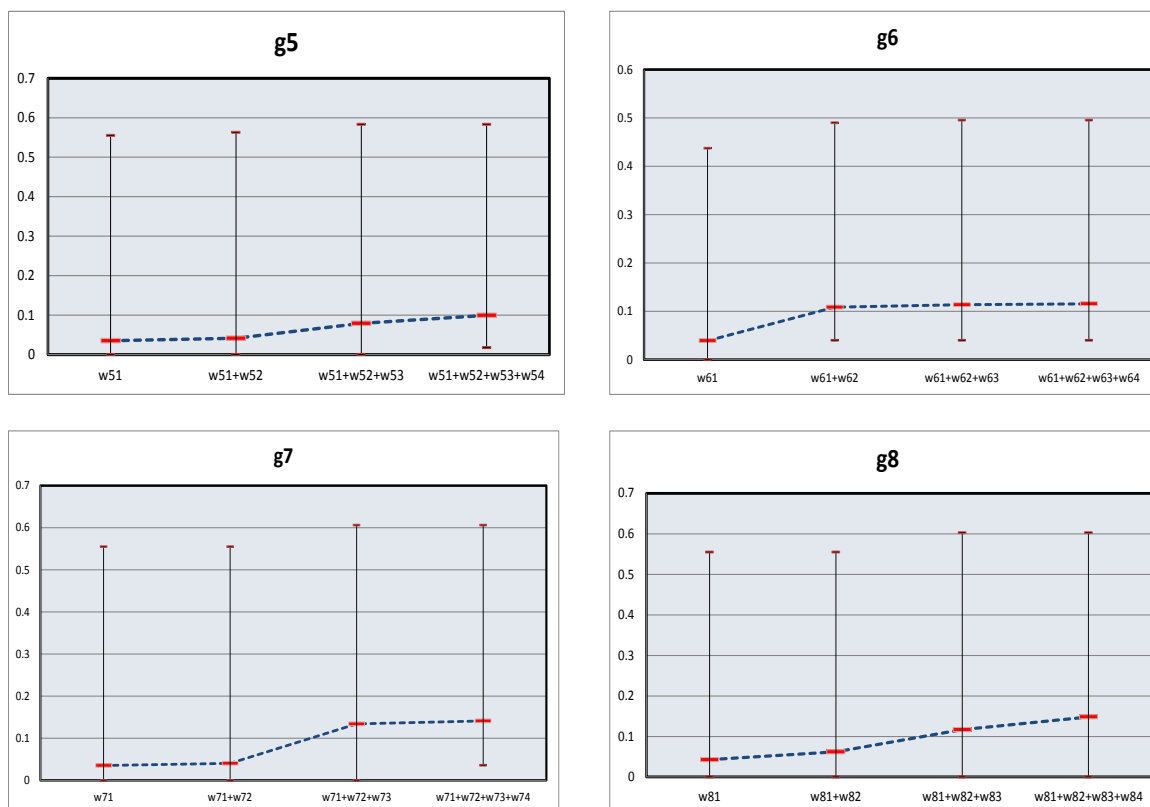
Εν συνεχεία, παρουσιάζονται οι τιμές των μεμονωμένων μεταβλητών  $w_{ij}$ , όπως προέκυψαν από το σύνολο των επιλύσεων του γραμμικού προβλήματος.



Διάγραμμα 6.5: Εύρη μεταβλητών για 20 εικονικές χώρες

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται οι περιθώριες συναρτήσεις των οκτώ κριτηρίων του μοντέλου, όπως διαμορφώθηκαν για τις 20 εικονικές χώρες.





Διάγραμμα 6.6: Περιθώριες συναρτήσεις για 20 εικονικές χώρες

### Εκτίμηση ευστάθειας αποτελεσμάτων

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα των ευρών μεταξύ της πρώτης (10EX) και της δεύτερης (20EX) φάσης, εύκολα κάποιος διαπιστώνει την μεγάλη μείωση που υπάρχει στις μέγιστες ακραίες τιμές τόσο στα βάρη των κριτηρίων και ακόμη περισσότερο στις μεμονωμένες μεταβλητές  $w_{ij}$ . Η πιο συμπαγής εικόνα που παρουσιάζουν οι τιμές των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνουν την καλύτερη ευστάθεια του μοντέλου σε σχέση με την προηγούμενη φάση, και καταδεικνύουν τον ρόλο που διαδραμάτισαν οι επιπλέον πληροφορίες που λήφθηκαν από τον αποφασίζοντα. Η βελτίωση, αυτή της ευρωστίας του μοντέλου αξιολόγησης καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική αν αναλογιστούμε το γεγονός ότι οφείλεται καθαρά σε αποφάσεις που παίρνει ο ενδιαφερόμενος και χωρίς την επέμβαση του αναλυτή στο μοντέλο.

Πράγματι, ο δείκτης ASI θα δείξει δραματική βελτίωση της τιμής του αφού εκτινάχθηκε από το σχετικά μικρό 0.885 της προηγούμενης φάσης στο 0.936. Η



αύξηση αυτή κατά 0.05 μπορεί να θεωρηθεί ένα πολύ μεγάλο βήμα στην κατεύθυνση της καλύτερης ευστάθειας των αποτελεσμάτων του συστήματος.

Με τα νέα δεδομένα, κρίνεται πλέον δυνατή η ύπαρξη ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου, γεγονός που σηματοδοτεί την μετάβαση στον συνθετικό πόλο. Έτσι, θα χρησιμοποιηθούν επιπλέον εργαλεία τα οποία στην συνέχεια θα συνεκτιμηθούν για να κριθεί εάν η ευστάθεια του μοντέλου είναι ικανοποιητική (βλ. Κεφ.4).

### Εφαρμογή σε αληθινά δεδομένα και ανάλυση ευστάθειας

Εφόσον το μοντέλο που έχει κατασκευαστεί θεωρείται αντιπροσωπευτικό, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε εφαρμογή των αληθινών δεδομένων και να βγάλουμε μία πρώτη κατάταξη των χωρών με βάση την ηλεκτρονική διακυβέρνηση.

Χρησιμοποιώντας τις τιμές των πραγματικών χωρών σε κάθε κριτήριο όπως εμφανίζονται παραπάνω και τις τιμές για το βάρος κάθε κριτηρίου που προέκυψε από την δεύτερη φάση της εφαρμογής του μοντέλου εξάγουμε για κάθε χώρα την αξία  $u(g)$ . Η τιμή αυτή αποτελεί το σκορ κάθε χώρας συνυπολογιζομένων όλων των κριτηρίων. Διατάσσοντας, λοιπόν, τις χώρες σε αύξουσα σειρά, ανάλογα με την τιμή αυτή, εξάγεται η τελική κατάταξή τους, έτσι όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.5: Κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 20 εικονικών χωρών

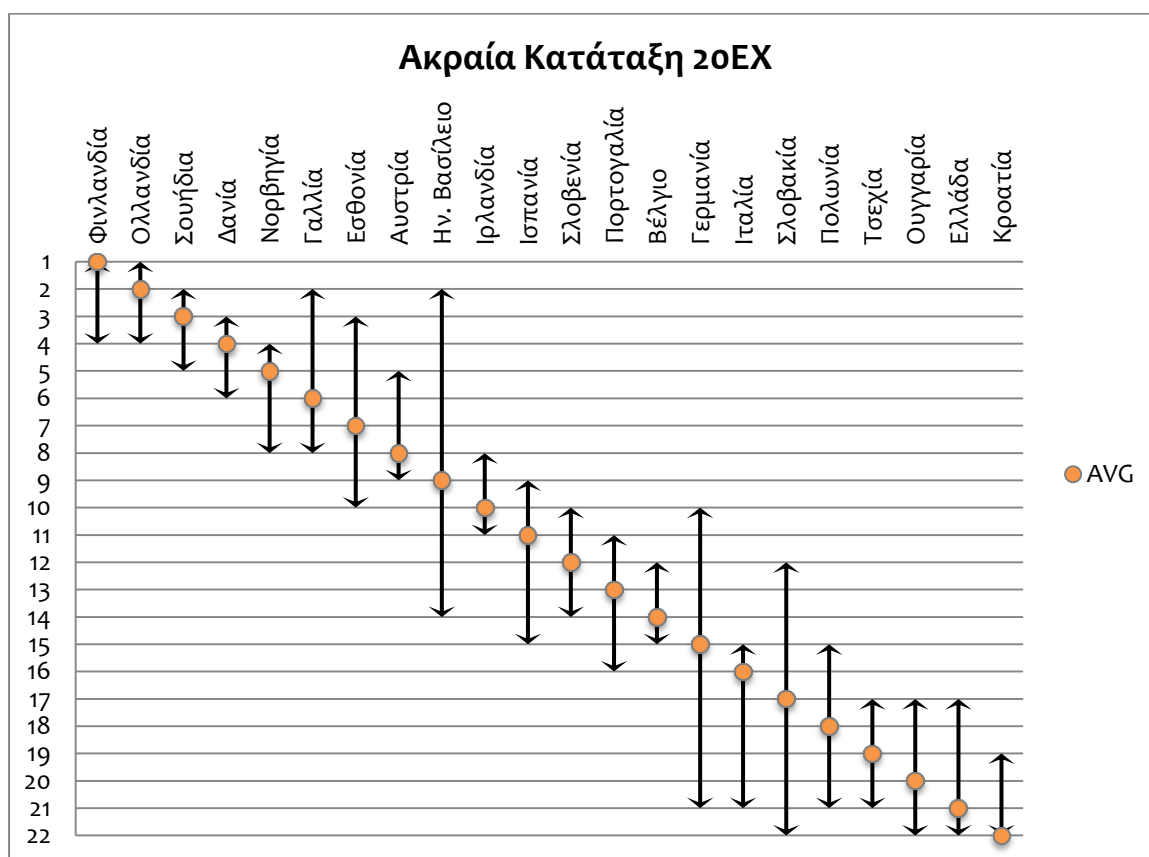
Κατάταξη	Χώρα	Αξία
1	Φινλανδία	0.88412
2	Ολλανδία	0.88303
3	Σουηδία	0.85519
4	Δανία	0.83486
5	Νορβηγία	0.81202
6	Γαλλία	0.80468
7	Εσθονία	0.78001
8	Αυστρία	0.76750
9	Ην. Βασίλειο	0.75750

Κατάταξη	Χώρα	Αξία
10	Ιρλανδία	0.73773
11	Ισπανία	0.71744
12	Σλοβενία	0.68527
13	Πορτογαλία	0.68365
14	Βέλγιο	0.67066
15	Γερμανία	0.65976
16	Ιταλία	0.61951
17	Σλοβακία	0.61024
18	Πολωνία	0.56399
19	Τσεχία	0.55190
20	Ουγγαρία	0.52388
21	Ελλάδα	0.51018
22	Κροατία	0.49171

Έχοντας τώρα πραγματοποιήσει την εφαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα μπορούμε να κάνουμε χρήση των εργαλείων του συνθετικού πόλου για να αποφανθούμε για το επίπεδος της ευστάθειας των αποτελεσμάτων.

Ένα τέτοιο εργαλείο είναι η ανάλυση ακραίας κατάταξης – *extreme ranking* που παρουσιάζει την μέγιστη και την ελάχιστη θέση που μπορεί να βρεθεί κάθε χώρα. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής ο υπολογισμός των ακραίων κατατάξεων έγινε με κατάλληλο αλγόριθμο στο προγραμματιστικό περιβάλλον GAMS IDE (βλ. Κεφ 4).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται με την βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος όπου απεικονίζεται η θέση της κάθε χώρας στην κανονική κατάταξη και με τα βέλη απεικονίζεται το εύρος από την μέγιστη έως την ελάχιστη δυνατή θέση για κάθε χώρα.



Διάγραμμα 6.7: Ακραία κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 20 εικονικών χωρών

Είναι φανερό ότι τα δυνατά εύρη κατάταξης για τις χώρες είναι σχετικά μεγάλα, γεγονός που υποδεικνύει την ύπαρξη πολυάριθμων, αρκετά διαφορετικών μεταξύ τους κατατάξεων για τα διάφορα σύνολα τιμών των μεταβλητών  $w_{ij}$  και κατά προέκταση των βαρών  $W_i$  των κριτηρίων. Ο δείκτης  $R_r$  (βλ. Κεφ.4) για το συγκεκριμένο στάδιο υπολογίζεται ίσως με 6.27.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματά μας δεν παρουσιάζουν, εν τέλει, ούτε σε αυτή την φάση το επιθυμητό επίπεδο ευστάθειας αφού ο καθορισμός των τελικών αποτελεσμάτων μπορεί να διαφέρει ριζικά ανάλογα με τις τιμές που λαμβάνουν οι μεταβλητές του μοντέλου σε κάθε επίλυσή του.

Κατά συνέπεια, στην κατεύθυνση της αναζήτησης ενός πιο συμπαγούς και ευσταθούς μοντέλου, κρίνεται ωφέλιμη η επιστροφή εκ νέου στον αναλυτικό πόλο και η επανάληψη της διαδικασίας όπως υποδεικνύει η σχετική μεθοδολογία.

### 6.3 Γ' φάση – 25 εικονικές χώρες

Θεωρώντας ότι υπάρχει πλέον μία καλή βάση όσον αφορά την ευστάθεια του μοντέλου, προχωρούμε εκ νέου στην αρχή της αναλυτικής διαδικασίας και καλείται ο αποφασίζοντας να παρέχει επιπλέον πληροφορίες.

#### Ενσωμάτωση νέων χωρών στην κατάταξη

Σε συνέπεια με την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις προηγούμενες φάσεις, κατασκευάζονται επιπλέον 5 εικονικές χώρες με αντιπροσωπευτικές βαθμολογίες στα κριτήρια. Πάλι, χωρίς να έχει γνώση των προηγούμενων αποτελεσμάτων, ο αποφασίζοντας θα ενσωματώσει τις νέες εικονικές χώρες. Εννοείται, και στο σημείο αυτό, όπως και στην προηγούμενη φάση, οι σχετικές θέσεις υπεροχής που προέκυψαν για τις 20 πρώτες εικονικές χώρες δεν αλλάζουν.

Η ανανεωμένη κατάταξη που επέστρεψε ο αποφασίζοντας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6.6: Κατάταξη 25 εικονικών χωρών

Κατάταξη	Εικονικές Χώρες	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
1	C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60
2	C8	85	75	3	65	0.6	50	80	60
3	C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
4	C30	95	75	1	95	1	20	60	75
5	C27	85	65	2	95	0.8	40	80	60
6	C5	95	70	2	85	0.3	40	80	60
7	C29	80	60	3	75	0.8	60	80	70
8	C22	90	70	1	70	0.3	40	85	75
10	C1	85	70	2	75	0.6	40	80	60
11	C23	85	60	2	75	0.8	50	80	60
9	C24	80	60	2	80	0.8	65	80	60
14	C2	95	60	2	75	0.6	40	80	60
12	C4	95	70	2	55	0.4	40	80	60
15	C12	75	70	3	80	0.7	40	90	20
16	C9	85	75	3	65	0.6	30	70	50
13	C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
17	C28	90	70	1	75	0.6	40	70	50

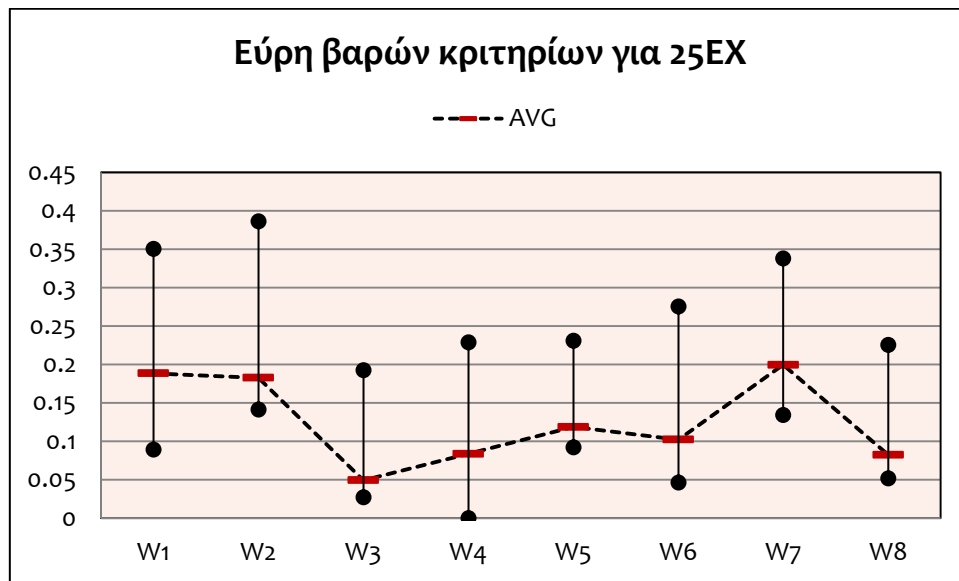
Κατάταξη	Εικονικές Χώρες	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
18	C14	85	50	0.5	90	0.7	65	85	80
19	C10	80	65	3	65	0.6	40	80	40
20	C26	85	65	2.5	80	0.4	40	60	40
21	C13	90	60	1	80	0.4	60	60	50
22	C15	60	45	4	50	0.8	50	85	90
23	C25	90	70	2	50	0.4	40	60	30
24	C11	90	75	2.5	40	0.2	20	50	70
25	C21	80	60	1	65	0.3	20	70	40

Οι χώρες C11-C15 που εμφανίζονται με γαλάζιο χρώμα είναι οι πέντε νέες χώρες που εισήχθησαν σε αυτό το στάδιο.

### Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου UTASTAR

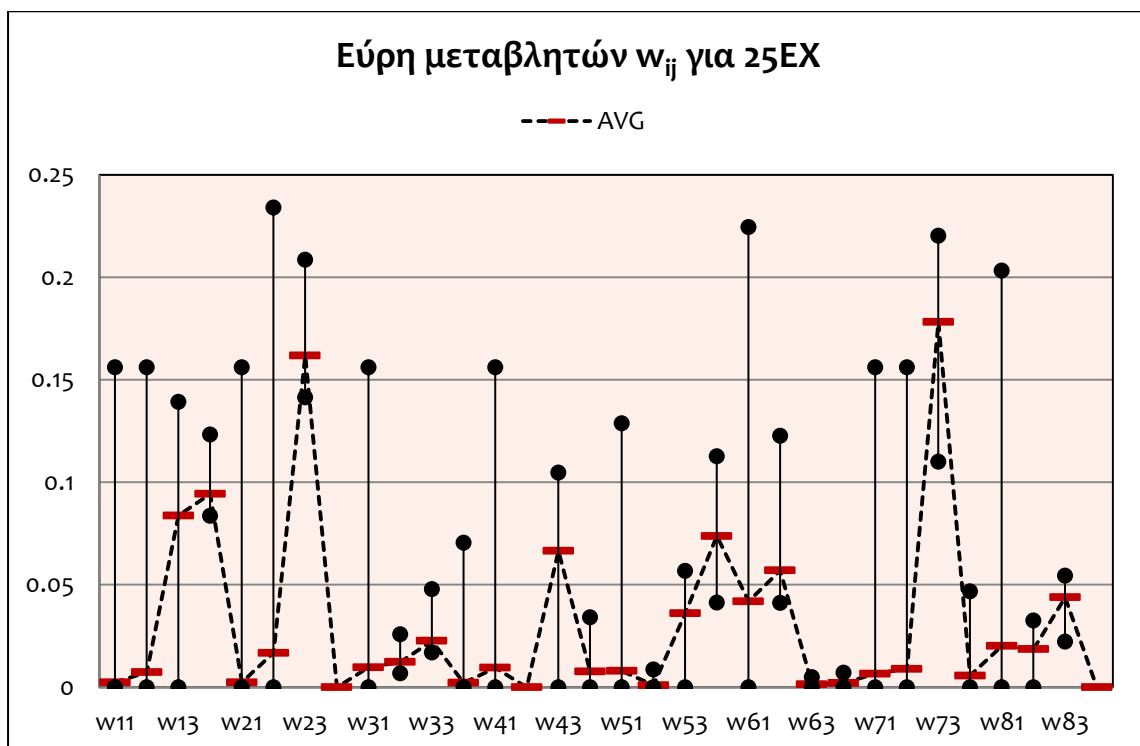
Έχοντας πάλι μία κατάταξη που αντικατοπτρίζει τις σχέσεις υπεροχής (προτίμησης) εφαρμόζουμε τα βήματα της UTASTAR όπως και παραπάνω. Μετατρέπουμε, αρχικά τις σχέσεις υπεροχής σε ανισοτικές σχέσεις διαφορών. Ο όρος  $\delta$  του δεξιού μέλους των ανισοτήτων επιλέγεται και πάλι 0.005. Εφαρμόζοντας τους περιορισμούς που αφορούν τις μεταβλητές  $w_{ij}$  μπορούμε με την βοήθεια του GAMS να επιλύσουμε το γραμμικό πρόβλημα της UTASTAR. Αρχικά, εξασφαλίζουμε ότι τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης που έχουν προστεθεί στις ανισοτικές σχέσεις είναι μηδενικά. Εν συνεχεία, μεγιστοποιώντας και ελαχιστοποιώντας διαδοχικά τις αντικειμενικές συναρτήσεις των αθροισμάτων των  $w_{ij}$  (βλ. Α'φάση), έχουμε σαν αποτέλεσμα τις τιμές μέσα στις οποίες κινούνται τόσο οι ίδιες οι μεταβλητές όσο και τα βάρη  $W_i$  των κριτηρίων, όπως αυτά ορίστηκαν παραπάνω.

Στον παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα εύρη των τιμών που παίρνουν τα βάρη  $W_i$  των κριτηρίων για το σύνολο των τρεξιμάτων αυτού του σταδίου:



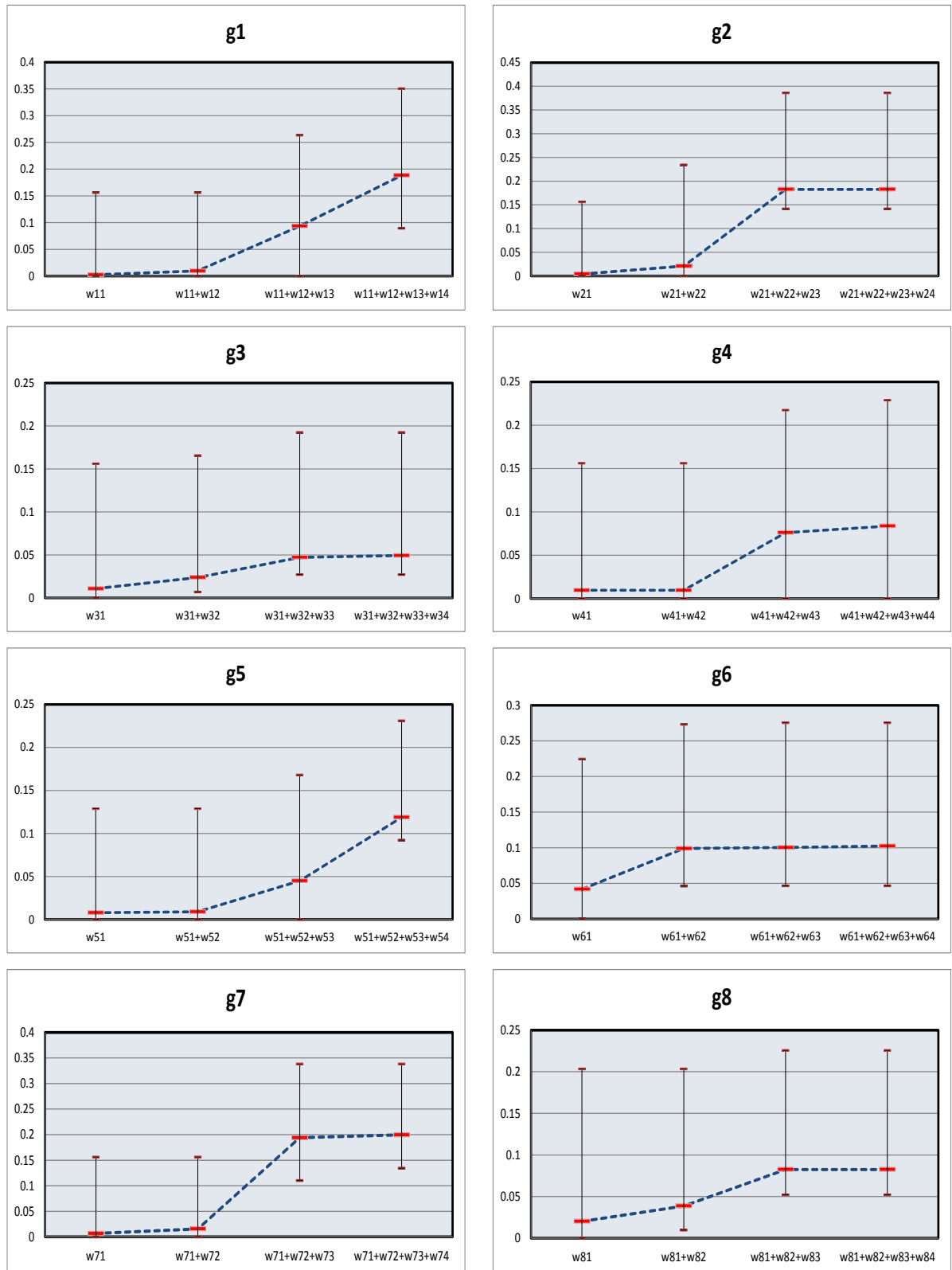
Διάγραμμα 6.8: Εύρη βαρών κριτηρίων για 25 εικονικές χώρες

Στη συνέχεια απεικονίζονται τα εύρη των τιμών των μεμονωμένων μεταβλητών  $w_{ij}$  μετά την επίλυση του γραμμικού προβλήματος για όλα τα instances του σταδίου αυτού:



Διάγραμμα 6.9: Εύρη μεταβλητών για 25 εικονικές χώρες

Κατόπιν, παρουσιάζονται τα διαγράμματα για τις περιθώριες συναρτήσεις των οκτώ κριτηρίων για μοντέλο 25 εικονικών χώρων.



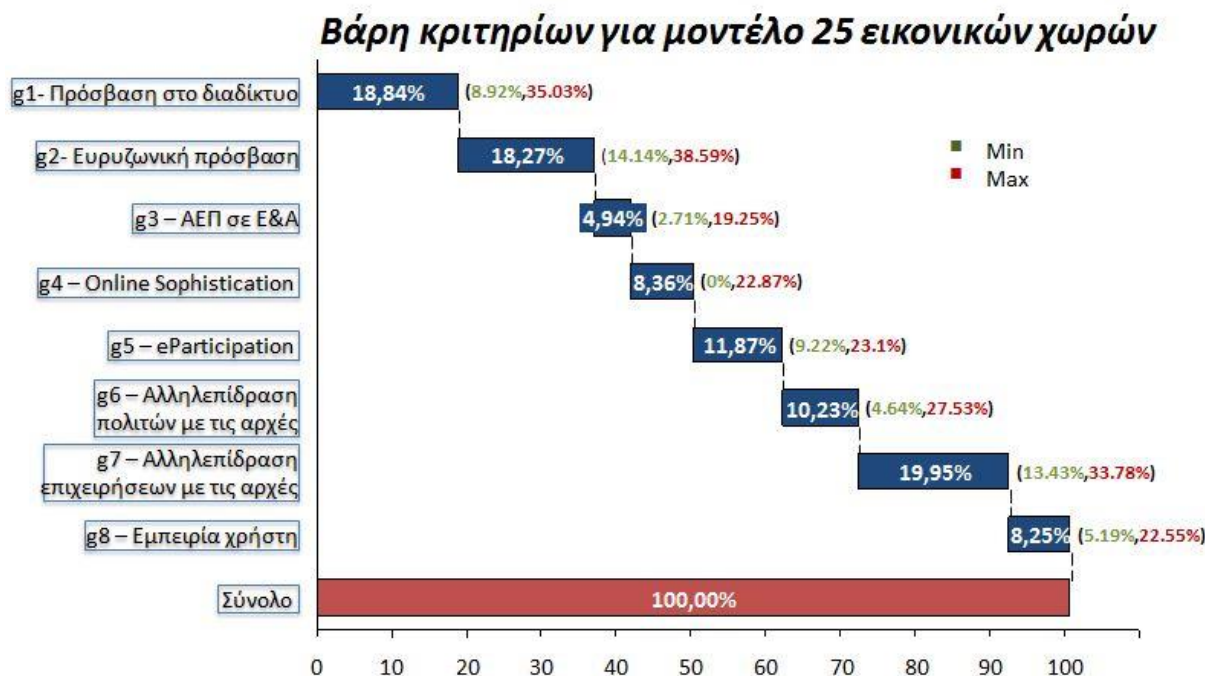
Διάγραμμα 6.10: Περιθώριες συναρτήσεις για 25 εικονικές χώρες

### Εκτίμηση ευστάθειας αποτελεσμάτων

Όπως αναμενόταν, παρατηρώντας τα διαγράμματα γίνεται αντιληπτή η μείωση στα εύρη των μεταβλητών  $w_{ij}$  και κατά συνέπεια στα βάρη  $W_i$  των κριτηρίων. Η μείωση αυτή ενισχύει ακόμα περισσότερο την θεωρία που έχει αναπτυχθεί και θέλει την ενίσχυση της ευστάθειας του μοντέλου όσο περισσότερες είναι οι πληροφορίες που δίνονται από τον αποφασίζοντα.

Η βελτίωση που παρατηρήθηκε αντικατοπτρίζεται και στην τιμή του δείκτη ASI, ο οποίος από το 0.936 της προηγούμενης φάσης υπολογίστηκε σε 0.971, αριθμός που όπως παρατηρούμε τείνει όλο και περισσότερο στην μονάδα. Η τιμή αυτή, επιτρέπει, σαφώς στον αναλυτή να θεωρήσει ένα αντιπροσωπευτικό το μοντέλο και να προχωρήσει στην εφαρμογή του στα πραγματικά δεδομένα.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα βάρη των κριτηρίων για το μοντέλο των 25 εικονικών χωρών και όπως θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω για την εφαρμογή του μοντέλου στην αξιολόγηση των ευρωπαϊκών χωρών:



Διάγραμμα 6.11: Βάρη κριτηρίων για μοντέλο 25 εικονικών χωρών

Με πράσινο και κόκκινο χρώμα σημειώνονται αντίστοιχα οι κατώτερες και υψηλότερες πιθανές τιμές για τα βάρη των κριτηρίων.



### Εφαρμογή σε αληθινά δεδομένα και ανάλυση ευστάθειας

Η ύπαρξη στο σημείο αυτό ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου καθιστά δυνατό τον υπολογισμό μίας νέας κατάταξης των χωρών με βάση την αξιολόγησή τους για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Η κατάταξη αυτή θα προκύψει υπολογίζοντας εκ νέου την αξία  $u(g)$  κάθε χώρας με τα νέα βάρη  $W_i$  που προέκυψαν για τα κριτήρια στην φάση αυτή.

Η προαναφερθείσα κατάταξη παρουσιάζεται παρακάτω όπως προέκυψε για τα δεδομένα των 25 εικονικών χωρών:

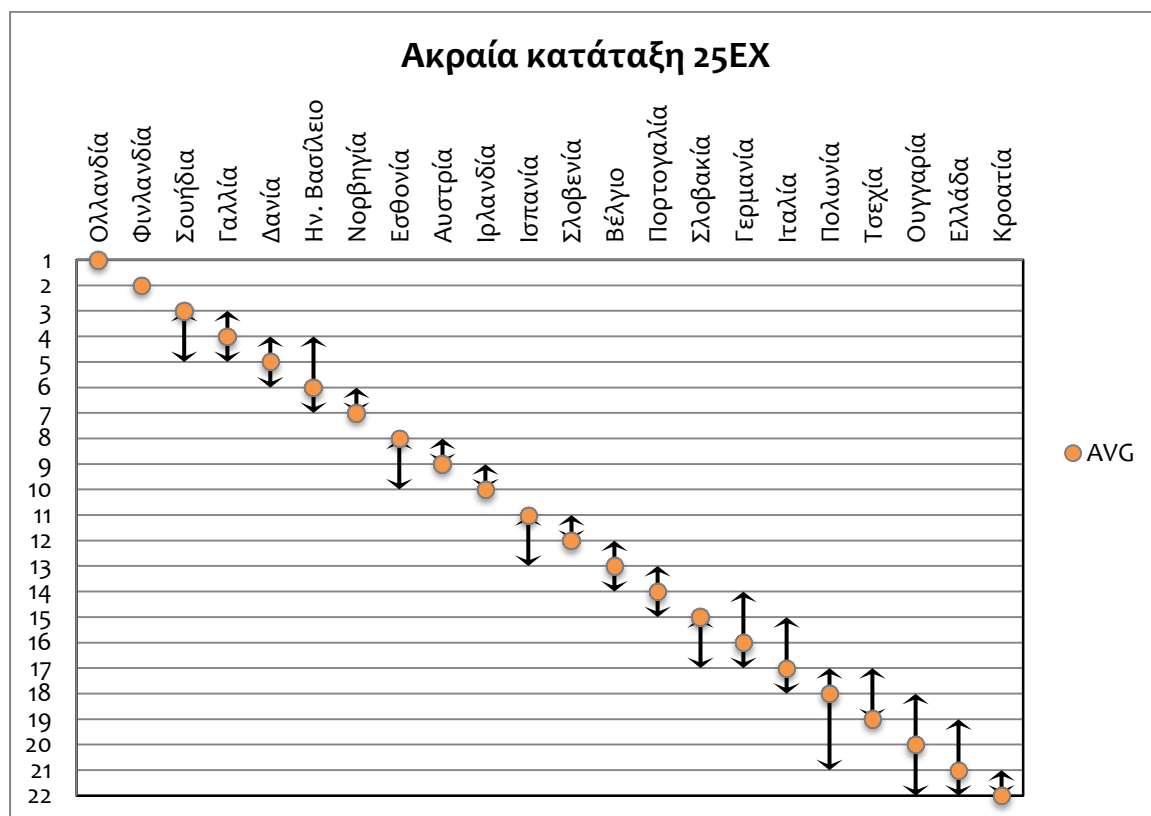
Πίνακας 6.7: Κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 25 εικονικών χωρών

Κατάταξη	Χώρα	Αξία
1	Ολλανδία	0.94052
2	Φινλανδία	0.88654
3	Σουηδία	0.86184
4	Γαλλία	0.85565
5	Δανία	0.84137
6	Ην. Βασίλειο	0.83160
7	Νορβηγία	0.81612
8	Εσθονία	0.78171
9	Αυστρία	0.77368
10	Ιρλανδία	0.74065
11	Ισπανία	0.70409
12	Σλοβενία	0.70080
13	Βέλγιο	0.68465
14	Πορτογαλία	0.68182
15	Σλοβακία	0.63170
16	Γερμανία	0.62899
17	Ιταλία	0.62235
18	Πολωνία	0.58631
19	Τσεχία	0.57232
20	Ουγγαρία	0.53433
21	Ελλάδα	0.53401
22	Κροατία	0.51315

Η εφαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα επιτρέπει την χρησιμοποίηση των εργαλείων του συνθετικού πόλου για την εκτίμηση της ευστάθειας των αποτελεσμάτων.

Όπως και στην προηγούμενη φάση θα υλοποιήσουμε την ανάλυση ακραίας κατάταξης – *extreme ranking* για να παρατηρήσουμε το εύρος μέσα στο οποίο κινούνται οι δυνατές θέσεις για κάθε χώρα.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον σχετικό αλγόριθμο στο GAMS παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 6.12: Ακραία κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 25 εικονικών χωρών

Παρατηρείται εύκολα, ότι και στην ακραία κατάταξη, τα εύρη διακύμανσης έχουν μειωθεί αισθητά σε σχέση με την προηγούμενη φάση. Αυτό σημαίνει, ότι για τα διαφορετικές επιλύσεις του μοντέλου (διαφορετικά σετ βαρών) είναι δυνατό να προκύψουν λιγότερες, διαφορετικές μεταξύ τους κατατάξεις απ’ ότι στο προηγούμενο στάδιο. Ο δείκτης  $R_r$  για το συγκεκριμένο στάδιο υπολογίζεται ίσος με 2.95.

Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο να αναρωτηθούμε για το κατά πόσο, τελικά, είναι αντιπροσωπευτική η ακραία κατάταξη και γεννάει την ανάγκη για την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων που υπάρχουν. Στην κατεύθυνση αυτή,

χρησιμοποιείται ένα στατιστικό εργαλείο του συνθετικού πόλου το οποίο μας επιτρέπει να ελέγξουμε πιθανοτικά τις σχέσεις υπεροχής μεταξύ των χωρών και των θέσεων τους στην ακραία κατάταξη. Προσδιορίζεται, λοιπόν, η πιθανότητα εντοπισμού της κάθε χώρας στην κάθε θέση, για ένα τυχαίο σετ βαρών  $W_i$ . Στην συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχθηκαν ως τιμές αναφοράς για τα βάρη  $W_i$  και τις μεταβλητές  $w_{ij}$ , οι τιμές που προέκυψαν από τα 64 τρεξίματα του συγκεκριμένου σταδίου.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα όπου εμφανίζονται οι πιθανές θέσεις κάθε χώρας και δίπλα η πιθανότητα εντοπισμού που αντιστοιχεί σε κάθε θέση:

Πίνακας 6.8: Πιθανότητες εμφάνισης ευρωπαϊκών χωρών σε κάθε θέση για μοντέλο 25 εικονικών χωρών

Χώρες	Πιθανή θέση	Πιθανότητα εμφάνισης
Ολλανδία	1	100%
Φινλανδία	2	100%
Σουηδία	3 - 4 - 5	81.54% - 7.69% - 10.77%
Γαλλία	3 - 4 - 5	18.46% - 67.69% - 13.85%
Δανία	4 - 5 - 6	13.85% - 56.92% - 29.23%
Ην. Βασίλειο	4 - 5 - 6 - 7	10.77% - 18.46% - 67.69% - 3.08%
Νορβηγία	6 - 7	3.08% - 96.92%
Αυστρία	8 - 9	18.46% - 81.54%
Εσθονία	8 - 9 - 10	81.54% - 18.46%
Ιρλανδία	(9) - 10	100%
Σλοβενία	11 - 12	21.54% - 78.46%
Ισπανία	11 - 12 - 13	78.46% - 9.23%
Βέλγιο	11 - 12 - 13	12.31% - 20% - 67.69%
Πορτογαλία	13 - 14 - (15)	67.69% - 32.31%
Γερμανία	14 - 15 - 16 - 17	24.62% - 20% - 55.38%
Σλοβακία	15 - 16 - 17	20% - 67.69% - 12.31%
Ιταλία	15 - 16 - 17 - 18	55.38% - 12.31% - 26.15% - 6.15%
Πολωνία	(17) - 18 - 19 - 20 - 21	78.46% - 6.15% - 3.08% - 12.31%
Τσεχία	17 - 18 - 19	6.15% - 12.31% - 81.54%
Ουγγαρία	19 - 20 - 21 - 22	7.69% - 38.46% - 52.31% - 1.54%
Κροατία	21 - 22	12.31% - 87.69%
Ελλάδα	18 - 19 - 20 - 21 - 22	3.08% - 4.62% - 58.46% - 23.08% - 10.77%

Οι πιθανές θέσεις που εμφανίζονται εντός παρενθέσεων αποτελούν τις θέσεις που ενώ προσδιορίστηκαν ως πιθανές θέσεις από την ανάλυση ακραίας κατάταξης, δεν προέκυψαν ως αποτέλεσμα του συγκεκριμένου τρεξίματος. Το γεγονός αυτό, δεν καταδεικνύει κάποια αστοχία της μεθοδολογίας, αλλά σημαίνει ότι για το συγκεκριμένο σετ βαρών δεν προέκυψαν αποτελέσματα που δίνουν τις συγκεκριμένες θέσεις. Είναι αποδεδειγμένο ότι για όλες τις πιθανές θέσεις που υπολογίστηκαν από τον αλγόριθμο για την ακραία κατάταξη, υπάρχει έστω και ένα σετ βαρών που να τις ικανοποιεί, στο πλαίσιο των αποτελεσμάτων.

Η συνεκτίμηση των παραπάνω αποτελεσμάτων όπως προέκυψαν από τα εργαλεία του συνθετικού πόλου, δίνει την δυνατότητα στον αναλυτή να αποφανθεί για το επίπεδο ευστάθειας του μοντέλου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, κρίνεται ότι η ευστάθεια δεν έχει πιάσει το απαραίτητο επίπεδο ευστάθειας και για τον λόγο αυτό θα προχωρήσουμε σε επανάληψη της διαδικασίας με επιστροφή στον αναλυτικό πόλο και εκτέλεση των βημάτων όπως ορίζει η μεθοδολογία για το διπολικό μοντέλο.

#### **6.4 Δ' φάση – 30 εικονικές χώρες**

---

Όπως έχει προαναφερθεί, η επιστροφή στον αναλυτικό πόλο προϋποθέτει την ζήτηση επιπλέον πληροφορίες από τον αποφασίζοντα, ώστε να ενσωματωθούν στο ήδη υπάρχον μοντέλο και να συντελέσουν στην εξαγωγή ενός πιο αντιπροσωπευτικού τελικού μοντέλου.

##### **Ενσωμάτωση νέων χωρών στην κατάταξη**

Σε πλήρη αντιστοιχία με ότι ακολουθήθηκε στις προηγούμενες φάσεις, κατασκευάζονται 5 καινούριες εικονικές χώρες με αντιπροσωπευτικές τιμές στα κριτήρια, οι οποίες θα ενσωματωθούν στην ήδη υπάρχουσα κατάταξη, ανάλογα με

τα προτιμησιακά χαρακτηριστικά του αποφασίζοντα. Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό ότι οι βαθμολογίες των εικονικών χωρών στα επιμέρους κριτήρια επιλέγονται έτσι ώστε, όχι μόνο να αναπαριστούν ρεαλιστικά τις βαθμολογίες των πραγματικών χωρών, αλλά και να καλύπτουν τυχόν ακραία σενάρια.

Η κατάταξη που επέστρεψε ο αποφασίζοντας μετά την ενσωμάτωση των νέων χωρών παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6.9: Κατάταξη 30 εικονικών χωρών

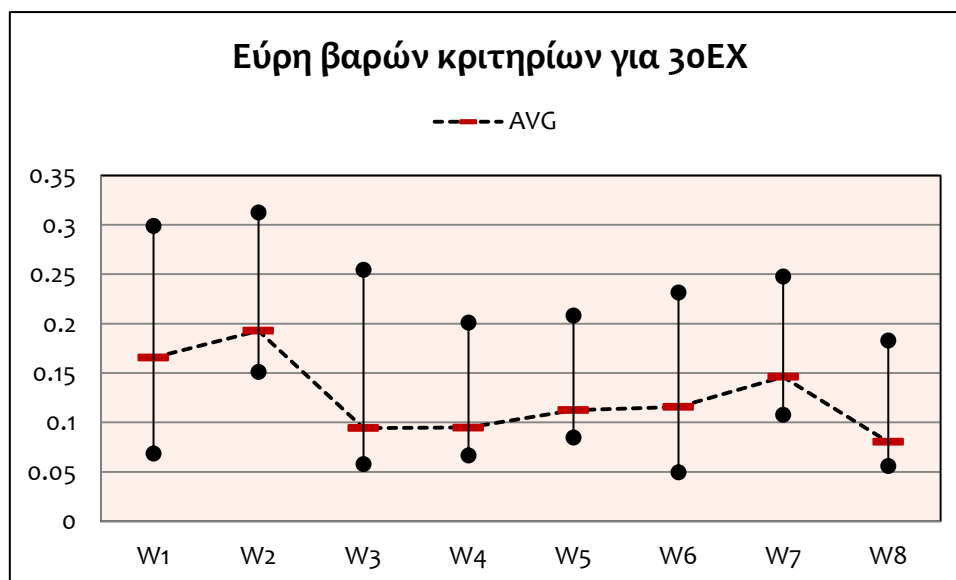
Κατάταξη	Εικονικές Χώρες	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8
1	C18	95	85	3.5	75	0.8	40	80	75
2	C17	100	80	3	75	0.4	65	80	70
3	C19	80	70	4	75	0.6	65	90	85
4	C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60
5	C8	85	75	3	65	0.6	50	80	60
6	C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
7	C30	95	75	1	95	1	20	60	75
8	C27	85	65	2	95	0.8	40	80	60
9	C5	95	70	2	85	0.3	40	80	60
11	C29	80	60	3	75	0.8	60	80	70
10	C22	90	70	1	70	0.3	40	85	75
16	C1	85	70	2	75	0.6	40	80	60
15	C23	85	60	2	75	0.8	50	80	60
12	C24	80	60	2	80	0.8	65	80	60
13	C20	85	65	3.5	95	0.8	35	70	50
14	C16	85	70	2	95	0.4	40	90	60
19	C2	95	60	2	75	0.6	40	80	60
18	C4	95	70	2	55	0.4	40	80	60
21	C12	75	70	3	80	0.7	40	90	20
20	C9	85	75	3	65	0.6	30	70	50
17	C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
22	C28	90	70	1	75	0.6	40	70	50
23	C14	85	50	0.5	90	0.7	65	85	80
24	C10	80	65	3	65	0.6	40	80	40
25	C26	85	65	2.5	80	0.4	40	60	40
26	C13	90	60	1	80	0.4	60	60	50
27	C15	60	45	4	50	0.8	50	85	90
28	C25	90	70	2	50	0.4	40	60	30
29	C11	90	75	2.5	40	0.2	20	50	70
30	C21	80	60	1	65	0.3	20	70	40

Οι χώρες C16 – C20 που εμφανίζονται με γαλάζιο χρώμα είναι οι 5 νέες εικονικές χώρες που εισήχθησαν σε αυτή την φάση.

### Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου UTASTAR

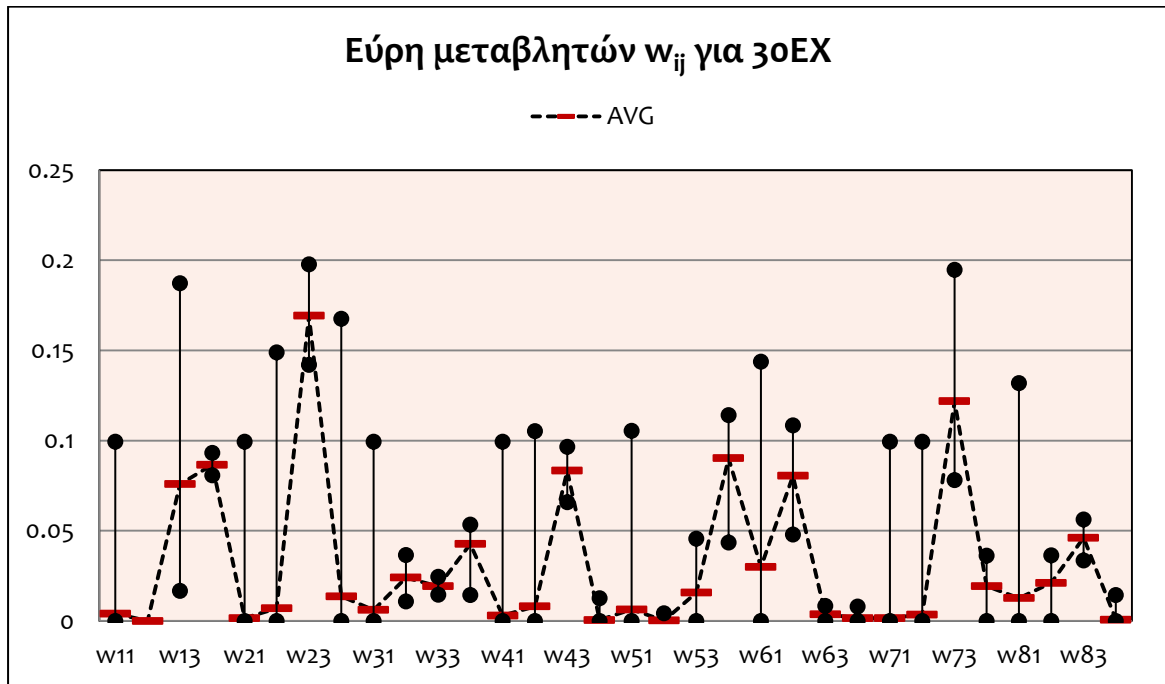
Εφόσον υπάρχουν πλέον αποτυπωμένα τα προτιμησιακά χαρακτηριστικά του αποφασίζοντα με την μορφή της κατάταξης των εικονικών χωρών, μπορούμε να εκφράσουμε αυτές τις σχέσεις προτίμησης όπως ορίζεται από την UTASTAR και να δημιουργήσουμε τις νέες ανισότητες που θα αποτελέσουν τον κορμό του μοντέλου. Το δεξί μέλος των ανισοτήτων παραμένει και σε αυτή την φάση ίση με 0.005. Περιορίζοντας, και πάλι, τις πιθανές λύσεις κατά τον τρόπο που έγινε και στα προηγούμενα στάδια, πραγματοποιούμε στο GAMS τα 64 τρεξίματα που θα μας δώσουν τα εύρη των μεταβλητών και των κριτηρίων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα βάρη των κριτηρίων  $W_i$ , με βάση τα δεδομένα των 30 εικονικών χωρών παρουσιάζονται παρακάτω με την βοήθεια του γραφήματος:



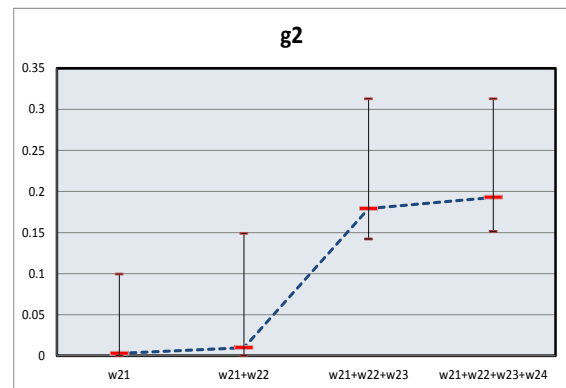
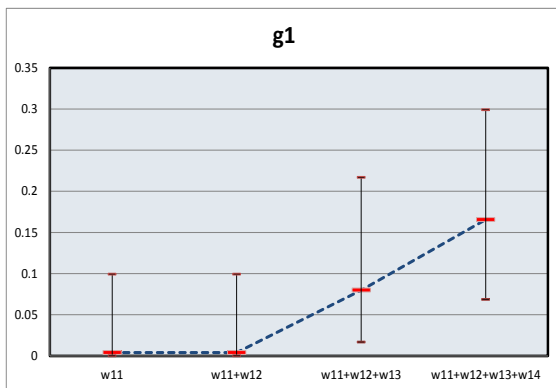
Διάγραμμα 6.13: Εύρη βαρών κριτηρίων για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

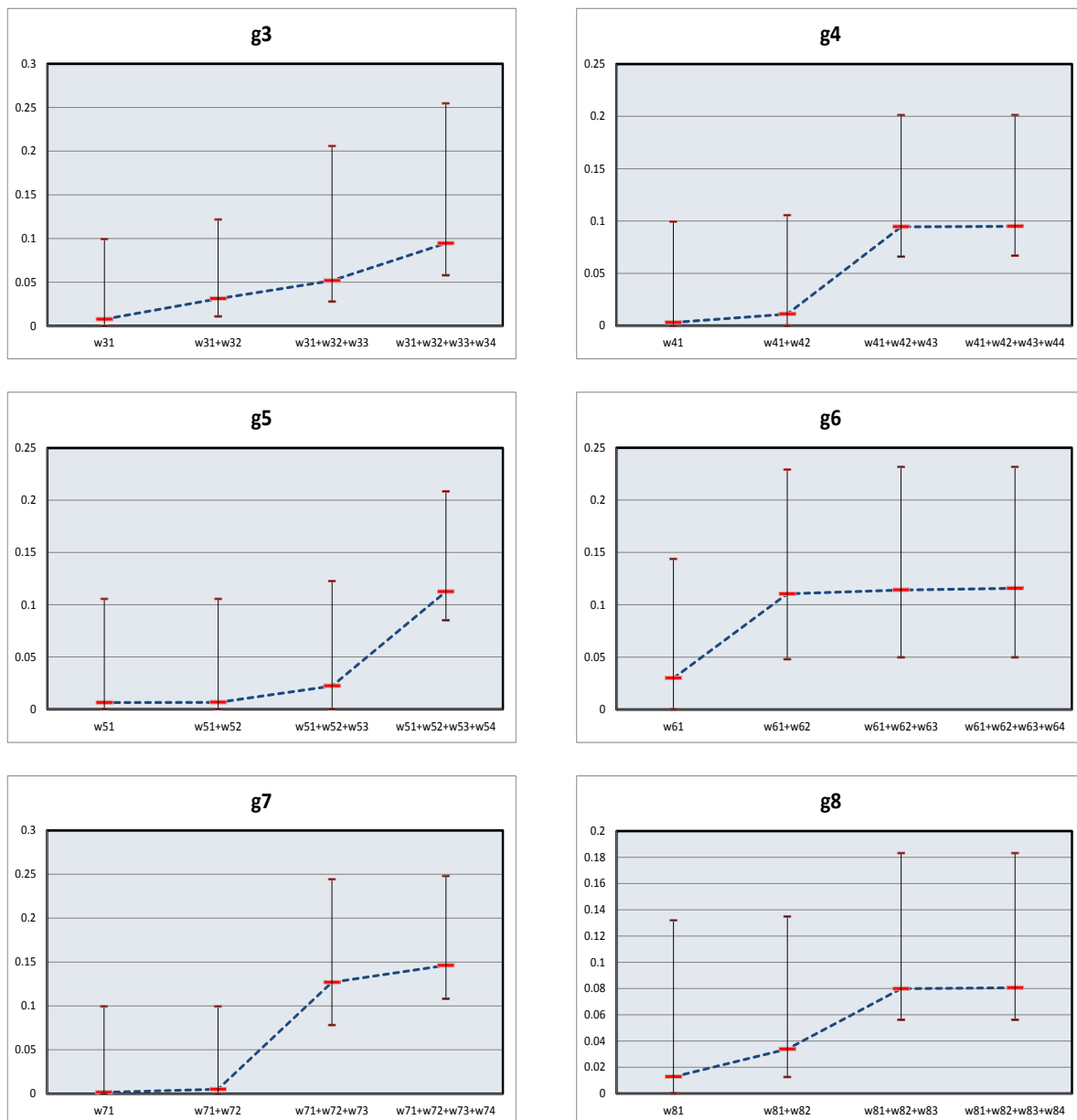
Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα εύρη μέσα στα οποία κινήθηκαν οι τιμές των μεμονωμένων μεταβλητών  $w_{ij}$ :



Διάγραμμα 6.14: Εύρη μεταβλητών για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

Σε αυτή την σελίδα παρουσιάζονται οι οκτώ περιθώριες συναρτήσεις των κριτηρίων του μοντέλου όπως αυτές προέκυψαν για δεδομένα 30 εικονικών χωρών.





Διάγραμμα 6.15: Περιθώριες συναρτήσεις για 30 εικονικές χώρες

### Εκτίμηση ευστάθειας αποτελεσμάτων

Είναι φανερό, πλέον, από τα παραπάνω διαγράμματα ότι τα εύρη τόσο για τις μεμονωμένες μεταβλητές όσο και για τα βάρη έχουν περιοριστεί σε πολύ σημαντικό βαθμό σε σύγκριση με τα εύρη των προηγούμενων φάσεων. Γίνεται, λοιπόν, εύκολα αντιληπτό ότι η ελαχιστοποίηση, αυτή, της διακύμανσης των μεταβλητών προσφέρει μία σταθερή βάση για την εξαγωγή ενός αξιόπιστου αντιπροσωπευτικού μοντέλου. Βλέπουμε, ότι όσο περισσότερες πληροφορίες

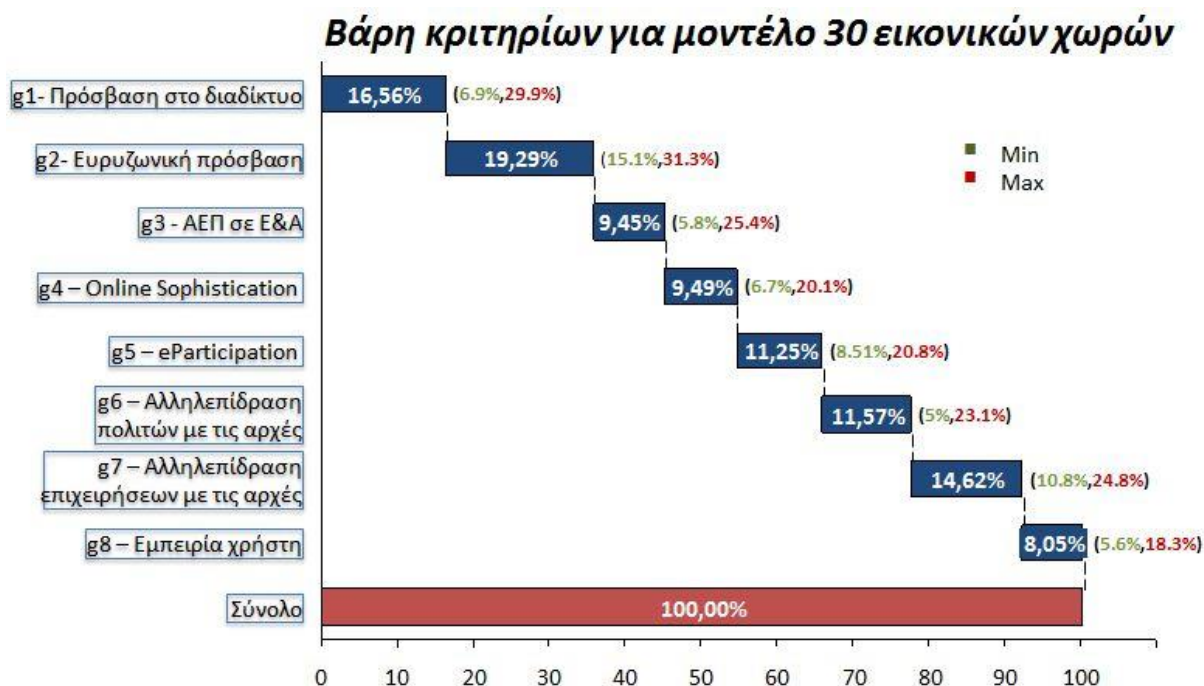


παρέχονται ως είσοδος στο σύστημα, τόσο πιο μικρό γίνεται το πεδίο των δυνατών λύσεων.

Η βελτίωση των αποτελεσμάτων αποτυπώνεται, σαφώς, και στον δείκτη ASI ο οποίος διαμορφώθηκε σε 0.979 από την τιμή 0.971 που είχε στην προηγούμενη φάση. Παρατηρούμε, ότι η τιμή του δείκτη πλησιάζει ακόμα περισσότερο την μονάδα, γεγονός που υποδεικνύει την ευρωστία του δοκιμαζόμενου μοντέλου.

Οι δύο παράγοντες που αναλύθηκαν παραπάνω και αφορούν στην ευστάθεια των αποτελεσμάτων, επιτρέπουν σαφώς στον αναλυτή να εξάγει ένα συμπαγές, πλήρως αντιπροσωπευτικό μοντέλο και να προχωρήσει στην εφαρμογή του στα πραγματικά δεδομένα.

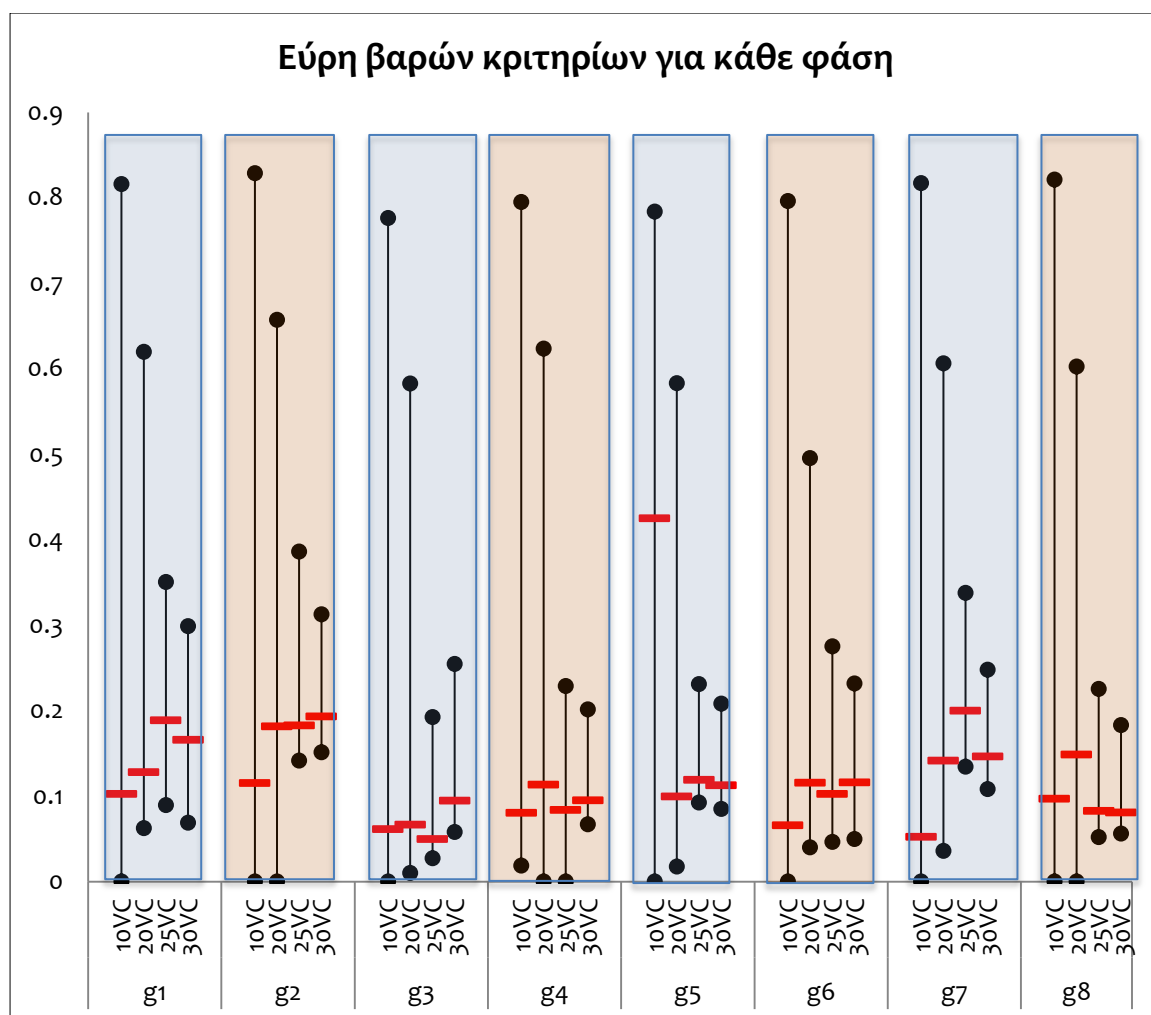
Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα βάρη των κριτηρίων για το μοντέλο των 30 εικονικών χωρών και όπως θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω για την εφαρμογή του μοντέλου στην αξιολόγηση των ευρωπαϊκών χωρών:



Διάγραμμα 6.16 : Βάρη κριτηρίων για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

Με πράσινο και κόκκινο χρώμα σημειώνονται αντίστοιχα οι κατώτερες και υψηλότερες πιθανές τιμές για τα βάρη των κριτηρίων.

Με το τέλος αυτής της φάσης είναι σημαντικό να κάνουμε μία αποτίμηση για την βελτίωση του μοντέλου και να παρατηρήσουμε τον βαθμό στον οποίον καταφέραμε να βελτιστοποιήσουμε το σύστημα από φάση σε φάση. Για τον λόγο αυτό, κατασκευάσαμε το παρακάτω διάγραμμα, όπου απεικονίζονται τα τελικά βάρη για κάθε κριτήριο ανά φάση, και γίνεται εύκολα αντιληπτή η βελτιστοποίηση της ευστάθειας του μοντέλου που επιτεύχθηκε ακολουθώντας την μεθοδολογία του διπολικού μοντέλου.



Διάγραμμα 6.17 : Εύρη βαρών κριτηρίων για κάθε φάση του μοντέλου

### Εφαρμογή σε αληθινά δεδομένα και ανάλυση ευστάθειας

Έχοντας εξάγει ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο που προέκυψε από τις διαδικασίες του αναλυτικού πόλου, μπορούμε να το εφαρμόσουμε στα

πραγματικά δεδομένη και να προκύψει η τελική κατάταξη των ευρωπαϊκών χωρών, με βάση την ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Η κατάταξη αυτή θα προκύψει υπολογίζοντας εκ νέου την αξία  $u(g)$  κάθε χώρας με τα νέα βάρη  $W_i$  που προέκυψαν για τα κριτήρια στην φάση αυτή.

Η τελική κατάταξη, όπως, προέκυψε μετά την εφαρμογή του μοντέλου παρουσιάζεται με την μορφή του παρακάτω πίνακα:

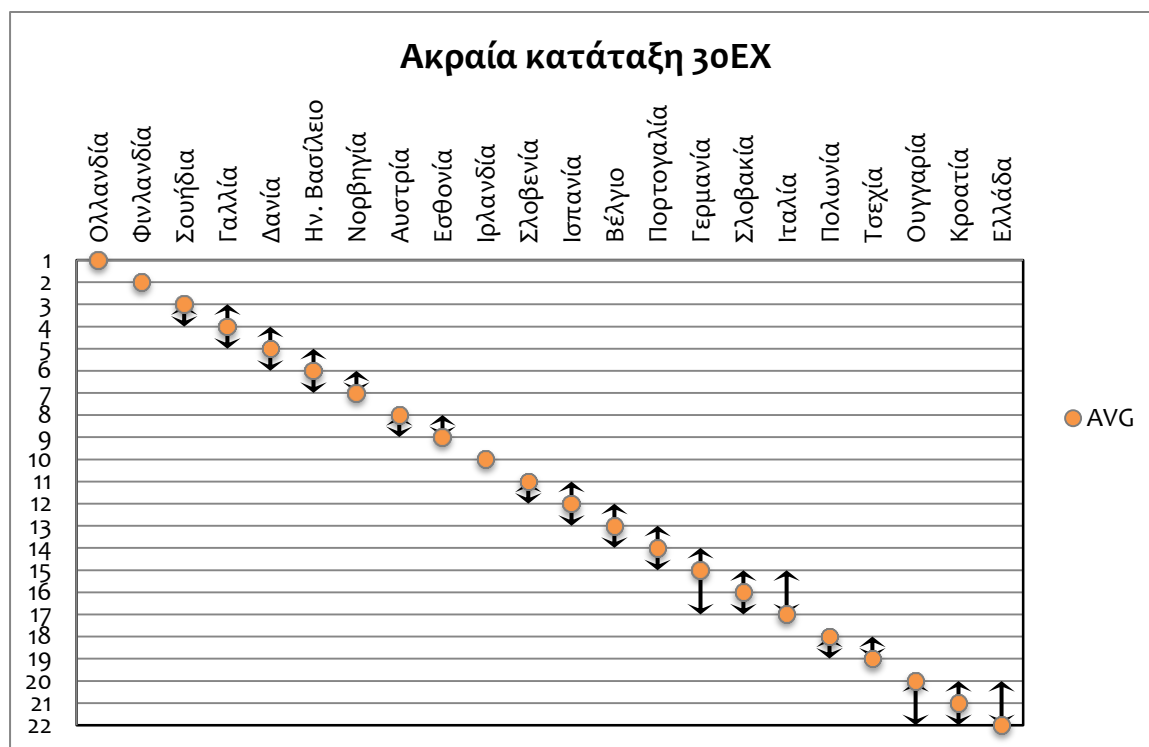
Πίνακας 6.10: Κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

Κατάταξη	Χώρα	Αξία
1	Ολλανδία	0.88116
2	Φινλανδία	0.82831
3	Σουηδία	0.80769
4	Γαλλία	0.79235
5	Δανία	0.78562
6	Ην. Βασίλειο	0.74957
7	Νορβηγία	0.74358
8	Αυστρία	0.69348
9	Εσθονία	0.68700
10	Ιρλανδία	0.66153
11	Σλοβενία	0.62977
12	Ισπανία	0.61557
13	Βέλγιο	0.61042
14	Πορτογαλία	0.58572
15	Γερμανία	0.56515
16	Σλοβακία	0.53283
17	Ιταλία	0.52941
18	Πολωνία	0.49919
19	Τσεχία	0.48345
20	Ουγγαρία	0.43793
21	Κροατία	0.41105
22	Ελλάδα	0.40932

Εφόσον πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα, μπορούμε να κάνουμε χρήση των εργαλείων του συνθετικού πόλου για να αξιολογήσουμε το επίπεδο ευστάθειας των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

Όπως και στην προηγούμενη φάση, η ανάλυση των ακραίων κατατάξεων των χωρών θα μας δώσουν μια σαφή εικόνα για την μεταβλητότητα της τελικής

κατάταξης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον αλγόριθμο του extreme ranking στο GAMS απεικονίζονται με την βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος:



Διάγραμμα 6.18: Ακραία κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

Από το διάγραμμα του extreme ranking, φαίνεται εύκολα ότι ο αριθμός των πιθανών θέσεων για κάθε χώρα έχει μειωθεί δραματικά. Οι πιθανές κατατάξεις που μπορεί να προκύψουν είναι, κατά συνέπεια, πολύ λιγότερες από το προηγούμενο στάδιο και λιγότερο διαφορετικές μεταξύ τους. Ο δείκτης  $R_T$  για αυτή την φάση υπολογίζεται ίσος με 2.45.

Η πιθανοτική ανάλυση που θα ακολουθήσει, αναμένεται να επιβεβαιώσει την ευστάθεια των αποτελεσμάτων που έχει παρατηρηθεί. Χρησιμοποιώντας, ως δεδομένα τις τιμές για τα  $w_{ij}$  που προέκυψαν από τις 64 επιλύσεις του μοντέλου στο συγκεκριμένο στάδιο, παράγουμε 64 αντίστοιχες κατατάξεις των χωρών και προχωράμε στην στατιστική ανάλυση που έγινε και στο προηγούμενο στάδιο.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα και απεικονίζουν τις πιθανές θέσεις κατάταξης κάθε χώρας και τα αντίστοιχα ποσοστά εμφάνισης:

Πίνακας 6.11: Πιθανότητες εμφάνισης ευρωπαϊκών χωρών σε κάθε θέση για μοντέλο 30 εικονικών  
χωρών

Χώρες	Πιθανή θέση	Πιθανότητα εμφάνισης
Ολλανδία	1	100.00%
Φινλανδία	2	100.00%
Σουηδία	3 - 4	93.85% - 6.15%
Γαλλία	3 - 4 - 5	6.15% - 78.46% - 15.38%
Δανία	4 - 5 - 6	15,38% - 81.54% - 3.08%
Ην. Βασίλειο	5 - 6 - 7	3.08% - 80% - 16.92%
Νορβηγία	6 - 7	16.92% - 83.08%
Αυστρία	8 - 9	78.46% - 21.54%
Εσθονία	8 - 9	21.54% - 78.46%
Ιρλανδία	10	100.00%
Σλοβενία	11 - 12	80% - 20%
Ισπανία	11 - 12 - 13	20% - 43.08% - 36.92%
Βέλγιο	12 - 13 - 14	36.92% - 47.69% - 15.38%
Πορτογαλία	13 - 14 - 15	15.38% - 49.23% - 35.38%
Γερμανία	14 - 15 - 16 -17	35.38% - 43.08% - 6.15% - 15.38%
Σλοβακία	15 - 16 - 17	9.23% - 49.23% - 41.54%
Ιταλία	15 - 16 - 17	12.31% - 44.62% - 43.08%
Πολωνία	18 - 19	89.23% - 10.77%
Τσεχία	18 - 19	10.77% - 89.23%
Ουγγαρία	20 - 21 - 22	81.54% - 15.38% - 3.08%
Κροατία	20 - 21 - 22	1.54% - 66.15% - 32.31%
Ελλάδα	20 - 21 - 22	16.92% - 18.46% - 64.62%

Πράγματι, βλέπουμε ότι οι τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης ενισχύουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν παραπάνω, αφού παρουσιάζει υψηλά ποσοστά για τις πιθανότητες εμφάνισης των χωρών στις συγκεκριμένες θέσεις.



## **7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

---

Έχοντας μία πλήρη εικόνα τόσο των τελικών αποτελεσμάτων της εφαρμογής στην αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, όσο και της αναλυτικής μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την κατασκευή του μοντέλου καλούμαστε να κάνουμε μία αποτίμηση της διαδικασίας σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο.

Για την κατασκευή του μοντέλου αξιολόγησης των ευρωπαϊκών χωρών, τέθηκαν σε εφαρμογή διάφορες μέθοδοι και τεχνικές πολυκριτήριας ανάλυσης και υποστήριξης αποφάσεων. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο προσθετικής αξίας, οι παράμετροι του οποίου εκτιμήθηκαν με την χρήση της μεθόδου ποιοτικής παλινδρόμησης UTASTAR, και με βάση τα στοιχεία που παρασχέθηκαν από έναν αληθινό αποφασίζοντα.

Στη συνέχεια γίνεται εφαρμογή του μοντέλου σε 22 ευρωπαϊκές χώρες με στόχο την αξιολόγησή τους ως προς το επίπεδο της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης τους. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης ελέγχονται ως προς την ευστάθεια, χρησιμοποιώντας, κυρίως, τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού.

Μελετώντας τα αποτελέσματα σε μεμονωμένα επίπεδα, βλέπουμε τη σταδιακή βελτίωση της ευστάθειας σε κάθε επόμενο στάδιο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην θεωρία ελέγχου του αναλυτικού – συνθετικού μοντέλου που εφαρμόστηκε και η οποία απαιτεί σε κάθε νέο στάδιο την εξασφάλιση νέων επιπρόσθετων πληροφοριών από τον αποφασίζοντα. Όπως γίνεται σαφές, η ενσωμάτωση των νέων αυτών πληροφοριών στο μοντέλο ελαχιστοποιεί ανάλογα τα εύρη διακύμανσης των διαφόρων δεδομένων του μοντέλου και συμβάλλει με αυτόν τον τρόπο στην εξασφάλιση ενός πιο συνεπούς μοντέλου στον αναλυτή.

Με την εφαρμογή του μοντέλου στην αξιολόγηση των ευρωπαϊκών χωρών υπάρχουν πλέον απτά αποτελέσματα για την λειτουργία και την απόδοση του συστήματος. Δίνεται, έτσι, η δυνατότητα στον αναλυτή να εργαστεί, με τους τρόπους που δείξαμε παραπάνω, στα αποτελέσματα που προέκυψαν και να αποφανθεί για τα επίπεδα ευστάθειας που εξασφαλίζονται. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική γιατί όπως είδαμε προσαρμόζεται απόλυτα στο εκάστοτε πρόβλημα και κάνει εύκολα αντιληπτή τόσο στον αναλυτή όσο και στα ενδιαφερόμενα μέρη την πιθανή συμπεριφορά των αποτελεσμάτων που παράγονται.

Αυτή η δυνατότητα επάγει, αμέσως, την ιδέα για προσαρμογή του μοντέλου σε πολλά και διαφορετικά πεδία όπου η πολυκριτήρια ανάλυση μπορεί να συνεισφέρει σε ορθότερες αποφάσεις. Η προσαρμοστικότητα του μοντέλου και των εργαλείων του, τόσο στις προτιμησιακές ιδιότητες του αποφασίζοντα όσο και στα ειδικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε προβλήματος το καθιστά ένα πολύ



χρήσιμο εργαλείο για εφαρμογή σε διαφορετικά πεδία (βλ. για παράδειγμα Mastorakis & Siskos, 2015).

Εκτός από την επέκταση εφαρμογής του μοντέλου, ιδιαίτερο ενδιαφέρον για μελλοντική έρευνα παρουσιάζουν και οι τρόποι περαιτέρω ανάλυσης και ελέγχου της ευστάθειας του μοντέλου. Ειδικότερα, θα ήταν άκρως εποικοδομητική μία γραφική αναπαράσταση του χώρου των αποτελεσμάτων, των κορυφών, δηλαδή, του υπερπολύεδρου των εφικτών λύσεων.

Επιπλέον, σημαντικό πεδίο μελλοντικής ενασχόλησης πρέπει να αποτελέσει η περαιτέρω αλληλεπίδραση μεταξύ αναλυτή και αποφασίζοντα που μπορεί να συμβάλει στην εξασφάλιση μεγαλύτερης ευστάθειας. Η ενίσχυση αυτής της αλληλεπίδρασης θα επιτρέψει στον αναλυτή να προσαρμόσει το μοντέλο ακόμα περισσότερο στις ανάγκες και τις απαιτήσεις του προβλήματος έτσι ώστε να ανταποκρίνεται πλήρως στην βάση που έχει θέσει ο αποφασίζοντας.

Τέλος, η εφαρμογή περισσότερων τεχνικών δειγματοληψίας βαρών, πέρα από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν, μπορεί να λειτουργήσει στην ίδια κατεύθυνση, αφού εκτιμάται έτσι η συμπεριφορά του συστήματος στα διάφορα τυχαία σενάρια.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- Bouyssou, D., & Pirlot, M. (2005). Chapter 3 Conjoint measurement tools for MCDM a Brief Introduction. *Pans*.
- European Commission. (2012). eGovernment Benchmark Framework 2012-2015. -, (July 2012), 1–95.
- European Commission. (2014). *Delivering the European Advantage ? - Final report*.
- Eurostat. (n.d.-a). Digital Agenda for Europe | A Europe 2020 Initiative | European Commission. Retrieved September 27, 2015, from <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en>
- Eurostat. (n.d.-b). Eurostat - Tables, Graphs and Maps Interface (TGM) table. Retrieved September 27, 2015, from [http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcod e=t2020\\_20&plugin=1](http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcod e=t2020_20&plugin=1)
- Eurostat. (2014). Data Explorer. Retrieved September 27, 2015, from <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do>
- European Union. (2009). Ministerial Declaration on eGovernment. *European Union*, (November 2009), 1–6. Retrieved from [www.egov2009.se/wp-content/uploads/Ministerial-Declaration-on-eGovernment.pdf](http://www.egov2009.se/wp-content/uploads/Ministerial-Declaration-on-eGovernment.pdf)
- Greco, S., Stowinski, R., Figueira, J. R., & Mousseau, V. (2010). Robust Ordinal Regression. *Trends in Multiple Criteria Decision Analysis*, 142, 241–283. [http://doi.org/Doi 10.1007/978-1-4419-5904-1\\_9](http://doi.org/Doi 10.1007/978-1-4419-5904-1_9)
- Hurson, C., & Siskos, Y. (2014). A synergy of multicriteria techniques to assess additive value models. *European Journal of Operational Research*, 238(2), 540–551. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.03.047>
- Jacquet-Lagrange, E., & Siskos, J. (1982). Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making , the UTA method. *European Journal of Operational Research*, 10(2), 151–164.
- Jacquet-Lagrèze, E., & Siskos, Y. (2001). Preference disaggregation: 20 Years of MCDA experience. *European Journal of Operational Research*, 130(2), 233–245. [http://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00035-7](http://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00035-7)

- Kadziński, M., Greco, S., & Słowiński, R. (2012). Extreme ranking analysis in robust ordinal regression. *Omega*, 40(4), 488–501. <http://doi.org/10.1016/j.omega.2011.09.003>
- Keeney, R. L., Raiffa, H., & Rajala, D. W. (1979). Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(7). <http://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310245>
- Lahdelma, R., Hokkanen, J., & Salminen, P. (1998). SMAA - Stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 106(1), 137–143. [http://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00163-X](http://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00163-X)
- Lovász, L. (1999). Hit-and-run mixes fast. *Mathematical Programming. A Publication of the Mathematical Programming Society*, 86(3, Ser. A), 443–461. <http://doi.org/10.1007/s101070050099>
- Mañas, M., & Nedoma, J. (1968). Finding all vertices of a convex polyhedron. *Numerische Mathematik*, 12(3), 226–229. <http://doi.org/10.1007/BF02162916>
- Mastorakis, K., & Siskos, E. (2015). Value focused pharmaceutical strategy determination with multicriteria decision analysis techniques. *Omega*. <http://doi.org/10.1016/j.omega.2015.01.020>
- Nations, U. (2014). *E-government survey 2014*.
- Siskos, J., Wäscher, G., & Winkels, H.-M. (1984). Outranking approaches versus MAUT in MCDM. *European Journal of Operational Research*. [http://doi.org/10.1016/0377-2217\(84\)90080-8](http://doi.org/10.1016/0377-2217(84)90080-8)
- Siskos, J., & Yannacopoulos, D. (1985). Amelioration de la methode UTA par introduction d'une double fonction d'erreurs.
- Tervonen, T., & Lahdelma, R. (2007). Implementing stochastic multicriteria acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 178(2), 500–513. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.12.037>
- Tervonen, T., Van Valkenhoef, G., Baştürk, N., & Postmus, D. (2013). Hit-And-Run enables efficient weight generation for simulation-based multiple criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 224(3), 552–559. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.026>
- Unit, E. I. (2013). Expert views on the UN e-government survey.
- ΘΑΛΗΣ. (2012). Π1 – Τεχνική έκθεση: Βιβλιογραφική ανασκόπηση προσεγγίσεων ευστάθειας σε αναλυτικές συνθετικές διαδικασίες.

ΘΑΛΗΣ. (2013). Π2-Τεχνική Έκθεση: Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες.

Νικόλαος Τσότσολας. (2009). Αλγοριθμοί μεταβελτιστοποίησης σε γραμμικά συστήματα: εφαρμογή στα συστήματα ποιότητας..

Σίσκος, Ε. (2015). Κεφάλαιο 6 Μονογραφίας ΘΑΛΗ - e-government evaluation.

Σίσκος, Ε., & Ψαρράς, Ι. (2015). Διπολική μεθοδολογία ελέγχου της ευστάθειας στις αναλυτικές μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης: Εφαρμογή στην αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη. In 11η Συνάντηση Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων. Agrinio.

Σίσκος, Ι. (1998). Γραμμικός Προγραμματισμός. Retrieved from <http://www.unipi.gr/faculty/ysiskos/#>

Σίσκος, Ι. (2008). Μοντέλα Αποφάσεων. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών. Retrieved from <http://www.unipi.gr/faculty/ysiskos/>



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα επιμέρους δεδομένα που συλλέχθηκαν για τις 22 ευρωπαϊκές χώρες και αφορούν τα οκτώ κριτήρια του συστήματος αξιολόγησης.

Πίνακας Π1: Κριτήριο g1

<b>g1 - Πρόσβαση στο διαδίκτυο</b>			
<b>Χώρα</b>	<b>% Νοικοκυριών</b>	<b>% Επιχειρήσεων</b>	<b>% Σύνολο</b>
Βέλγιο	83	97	90
Τσεχία	78	98	88
Δανία	93	99	96
Γερμανία	89	98	93.5
Εσθονία	83	96	89.5
Ιρλανδία	82	98	90
Ελλάδα	66	89	77.5
Ισπανία	74	98	86
Γαλλία	83	99	91
Κροατία	68	96	82
Ιταλία	73	98	85.5
Ουγγαρία	75	88	81.5
Ολλανδία	96	100	98
Αυστρία	81	98	89.5
Πολωνία	75	93	84
Πορτογαλία	65	97	81
Σλοβενία	77	98	87.5
Σλοβακία	78	98	88
Φινλανδία	90	100	95
Σουηδία	90	98	94
Νορβηγία	93	97	95
Ην. Βασίλειο	90	95	92.5

Πίνακας Π2: Κριτήριο g2 – Παράγοντας Σ

<b>g2 - Παράγοντας Σ: Ευρυζωνικό Ίντερνετ</b>			
<b>Χώρα</b>	<b>Σταθερές συνδέσεις</b>		<b>% Σύνολο</b>
	<b>% Νοικοκυριών</b>	<b>% Επιχειρήσεων</b>	
Βέλγιο	81	96	88.5
Τσεχία	76	97	86.5
Δανία	85	99	92
Γερμανία	87	95	91
Εσθονία	81	96	88.5
Ιρλανδία	80	95	87.5
Ελλάδα	65	87	76
Ισπανία	73	98	85.5
Γαλλία	77	96	86.5
Κροατία	68	95	81.5
Ιταλία	71	95	83
Ουγγαρία	74	88	81
Ολλανδία	95	100	97.5
Αυστρία	79	96	87.5
Πολωνία	71	90	80.5
Πορτογαλία	63	95	79
Σλοβενία	75	98	86.5
Σλοβακία	76	93	84.5
Φινλανδία	89	100	94.5
Σουηδία	87	97	92
Νορβηγία	88	93	90.5
Ην. Βασίλειο	88	95	91.5

Πίνακας Π3: Κριτήριο g2 – Παράγοντας Κ

<b>g2 - Παράγοντας Κ: Φορητό Ίντερνετ</b>				
<b>Χώρα</b>	<b>3G κάλυψη %</b>	<b>4G κάλυψη %</b>	<b>Πρόσβαση από κινητό τηλέφωνο</b>	<b>% Σύνολο</b>
			<b>% Επιχειρήσεων</b>	
Βέλγιο	97.84	45.6	14	52.48
Τσεχία	97.03	12	0.7	36.58
Δανία	99	73.7	33.4	68.70
Γερμανία	92.5	81	17.1	63.53
Εσθονία	99	85	5	63.00
Ιρλανδία	94.59	35.2	11.2	47.00



Ελλάδα	99.32	54.8	7	53.71
Ισπανία	99.65	47.1	22.8	56.52
Γαλλία	99.75	68	27.5	65.08
Κροατία	97.71	24.4	10	44.04
Ιταλία	97.65	39.3	7.42	48.12
Ουγγαρία	98.2	39.1	6	47.77
Ολλανδία	99.57	90.4	33.2	74.39
Αυστρία	97.95	35	30.5	54.48
Πολωνία	99.54	55	4.5	53.01
Πορτογαλία	96.66	91.3	9.4	65.79
Σλοβενία	99.37	63.4	12.2	58.32
Σλοβακία	99.09	24.1	6.4	43.20
Φινλανδία	99.5	85.5	39.2	74.73
Σουηδία	99.7	99.2	46	81.63
Νορβηγία	98.6	67.7	33.3	66.53
Ην.Βασίλειο	99	63	42	68.00

Πίνακας Π4: Κριτήριο g6

<b>g6 - Αλληλεπίδραση πολιτών με τις αρχές</b>				
<b>Χώρα</b>	<b>Κατέβασμα φορμών</b>	<b>Συλλογή πληροφοριών</b>	<b>Επιστροφή συμπληρωμένων φορμών</b>	<b>% Πολίτες</b>
	<b>% Πολίτες</b>			
Βέλγιο	28	44	36	36.00
Τσεχία	17	36	11	21.33
Δανία	49	81	66	65.33
Γερμανία	32	52	16	33.33
Εσθονία	25	48	32	35.00
Ιρλανδία	39	44	46	43.00
Ελλάδα	21	38	24	27.67
Ισπανία	34	46	29	36.33
Γαλλία	40	48	44	44.00
Κροατία	20	25	13	19.33
Ιταλία	16	20	11	15.67
Ουγγαρία	31	48	24	34.33
Ολλανδία	54	62	57	57.67
Αυστρία	37	54	30	40.33
Πολωνία	17	20	15	17.33
Πορτογαλία	25	38	29	30.67
Σλοβενία	38	52	21	37.00
Σλοβακία	30	52	17	33.00
Φινλανδία	60	76	56	64.00
Σουηδία	52	79	50	60.33

Νορβηγία	61	76	56	64.33
Ην. Βασίλειο	31	40	34	35.00

Πίνακας Π5: Κριτήριο g7

<b>g7 - Αλληλεπίδραση επιχειρήσεων με τις αρχές</b>				
<b>Χώρα</b>	<b>Κατέβασμα φορμών</b>	<b>Συλλογή πληροφοριών</b>	<b>Επιστροφή συμπληρωμένων φορμών</b>	<b>% Επιχειρήσεις</b>
	<b>% Επιχειρήσεις</b>			
Βέλγιο	77	72	74	74.33
Τσεχία	92	90	81	87.67
Δανία	91	89	88	89.33
Γερμανία	49	66	61	58.67
Εσθονία	79	81	80	80.00
Ιρλανδία	81	88	95	88.00
Ελλάδα	77	77	81	78.33
Ισπανία	74	72	61	69.00
Γαλλία	89	91	87	89.00
Κροατία	78	84	81	81.00
Ιταλία	78	73	58	69.67
Ουγγαρία	84	82	81	82.33
Ολλανδία	74	83	85	80.67
Αυστρία	81	84	77	80.67
Πολωνία	78	81	86	81.67
Πορτογαλία	77	81	85	81.00
Σλοβενία	88	86	81	85.00
Σλοβακία	85	86	71	80.67
Φινλανδία	93	92	89	91.33
Σουηδία	93	92	87	90.67
Νορβηγία	79	85	89	84.33
Ην. Βασίλειο	58	80	87	75.00

Πίνακας Π6: Κριτήριο g8

<b>g8 - Εμπειρία Χρήστη</b>			
<b>Χώρα</b>	<b>Χρηστικότητα</b>	<b>Διαφάνεια</b>	<b>Σύνολο</b>
Βέλγιο	65	51	58
Τσεχία	60	29	44.5
Δανία	71	59	65
Γερμανία	61	30	45.5
Εσθονία	80	75	77.5
Ιρλανδία	76	48	62
Ελλάδα	59	23	41
Ισπανία	79	66	72.5
Γαλλία	73	64	68.5
Κροατία	56	40	48
Ιταλία	72	49	60.5
Ουγγαρία	48	23	35.5
Ολλανδία	80	51	65.5
Αυστρία	73	68	70.5
Πολωνία	65	37	51
Πορτογαλία	77	71	74
Σλοβενία	73	53	63
Σλοβακία	43	17	30
Φινλανδία	79	63	71
Σουηδία	78	59	68.5
Νορβηγία	72	55	63.5
Ην. Βασίλειο	64	38	51

