

Ευσταθής Αξιολόγηση της Ηλεκτρονικής
Διακυβέρνησης στην Ευρώπη μέσω
Πολυκριτηριακής Μεθοδολογίας Υποστήριξης
Αποφάσεων

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ελευθέριος Ι. Σίσκος



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

Επιβλέπων Καθηγητής
Ιωάννης Ψαρράς

Αθήνα, Νοέμβριος 2018

Ευσταθής Αξιολόγηση της Ηλεκτρονικής
Διακυβέρνησης στην Ευρώπη μέσω
Πολυκριτηριακής Μεθοδολογίας Υποστήριξης
Αποφάσεων

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ελευθέριος Ι. Σίσκος



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

Αθήνα, Νοέμβριος 2018



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

Ευσταθής Αξιολόγηση της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης
στην Ευρώπη μέσω Πολυκριτηριακής Μεθοδολογίας
Υποστήριξης Αποφάσεων

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ελευθέριος Ι. Σίσκος

Συμβουλευτική Επιτροπή : Ιωάννης Ψαρράς
Δημήτριος Ασκούνης
Βασίλειος Ασημακόπουλος

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή την: / /2018

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Βασίλειος Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Αλέξανδρος Φλάμος
Αναπ. Καθηγητής ΠΑ.ΠΕΙ.

.....
Χρυσόστομος Δούκας
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ευάγγελος Γρηγορούδης
Καθηγητής Πολυτεχνείου
Κρήτης

.....
Νικόλαος Ματσατσίνης
Καθηγητής Πολυτεχνείου
Κρήτης

Αθήνα, Νοέμβριος 2018

.....
Ελευθέριος Ι. Σίσκος

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

Copyright © Ελευθέριος Ι. Σίσκος 2018

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 ηλεκτρονική διακυβέρνηση αποτελεί την απάντηση της τεχνολογίας στην αναγκαιότητα ανάπτυξης και συνεχούς βελτίωσης των σχέσεων του πολίτη με το κράτος. Η η-διακυβέρνηση περιλαμβάνει όλα εκείνα τα εργαλεία και τις υπηρεσίες οι οποίες, βασιζόμενες στο διαδίκτυο, χρησιμοποιούνται από τις κυβερνήσεις σε τοπικό, εθνικό ή διεθνές επίπεδο για την υποστήριξη των δημόσιων υπηρεσιών, της δημόσιας διοίκησης, τις δημοκρατικές διαδικασίες και τις σχέσεις μεταξύ των πολιτών, της κοινωνίας των πολιτών, του ιδιωτικού τομέα και του κράτους. Βασικός στόχος της η-διακυβέρνησης, που είναι συνιφασμένη με τη βελτίωση και προώθηση των δημοκρατικών διαδικασιών, είναι ο μετασχηματισμός και ο επαναπροσδιορισμός των εσωτερικών και εξωτερικών σχέσεων του δημόσιου τομέα με διαφάνεια, ασφάλεια και αποδοτικότητα.

Βασική προϋπόθεση εξορθολογισμού και βελτίωσης της ετοιμότητας ηλεκτρονικοποίησης των κυβερνητικών υπηρεσιών είναι η αξιολόγηση· ένα από τα πέντε «κλειδιά» της επιστήμης του management που επιτρέπει την εκάστοτε διοίκηση να κατανοήσει, αναλύσει και βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων και υπηρεσιών που προσφέρει.

Απαντώντας στα παραπάνω μείζονα θέματα, και ωθούμενη από τις προκλήσεις που παρουσιάζονται, η παρούσα Διδακτορική Διατριβή προτείνει ένα πρωτότυπο πολυκριτηριακό μεθοδολογικό πλαίσιο για τη μοντελοποίηση της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης. Παράλληλα, η Διατριβή επιχειρεί την ανάπτυξη νέων αλγορίθμων και τεχνικών που συμβάλλουν στη διασφάλιση ευσταθών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων. Η εφαρμογή και τα πραγματικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν σε 22 χώρες της Ευρώπης.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Ιωάννη Ψαρρά, επιβλέποντα της Διατριβής μου, για την αμέριστη στήριξη και καθοδήγηση σε όλη τη διαδικασία εκπόνησης αυτής της διατριβής. Ομοίως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, Καθηγητές κκ. Δημήτριο Ασκούνη και Βασίλειο Ασημακόπουλο, των οποίων οι πολύτιμες συμβουλές με βοήθησαν να εμβαθύνω στη φιλοσοφία της η-διακυβέρνησης. Ευχαριστώ ακόμη τους καθηγητές κκ. Ευάγγελο Γρηγορούδη, Χρυσόστομο Δούκα, Νικόλαο Ματσατσίνη και Αλέξανδρο Φλάμο, οι οποίοι με στήριξαν αδιάκοπα και ουσιαστικά στην ερευνητική μου πορεία. Θα ήταν παράλειψη μου να μην ευχαριστήσω επίσης, όλους τους ερευνητές και φίλους με τους οποίους συμπορεύτηκα στις επιστημονικές δημοσιεύσεις και ανακοινώσεις στα συνέδρια όλα αυτά τα χρόνια της έρευνας. Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου Γιάννη και Μαρία, καθώς και τον αδερφό μου Πελοπίδα, οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν ολοκληρωτικά στο μεγάλο ταξίδι αυτής της διδακτορικής έρευνας.

Αθήνα, 11 Νοεμβρίου
Ελευθέριος Σίσκος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένας από τους βασικούς πυλώνες της αιφόρου ανάπτυξης, την οποία έχει οραματιστεί η Ευρωπαϊκή Ένωση για τα κράτη-μέλη της, αποτελεί η ηλεκτρονική διακυβέρνηση (η-διακυβέρνηση). Η η-διακυβέρνηση είναι η χρησιμοποίηση τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών στη δημόσια διοίκηση και τοπική αυτοδιοίκηση, με στόχο την ψηφιακή παροχή υπηρεσιών προς τους πολίτες και τις επιχειρήσεις. Συμπεριλαμβάνονται όλα εκείνα τα εργαλεία και οι υπηρεσίες οι οποίες, βασιζόμενες στο διαδίκτυο, χρησιμοποιούνται από τις κυβερνήσεις σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο. Βασικός στόχος της η-διακυβέρνησης είναι ο μετασχηματισμός και ο επαναπροσδιορισμός των εσωτερικών και εξωτερικών σχέσεων του δημόσιου τομέα με τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματεύεται το ζήτημα της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης και προτείνει μια πρωτότυπη πολυκριτηριακή μεθοδολογία μοντελοποίησης του προβλήματος, αναπτύσσοντας νέους αλγορίθμους και τεχνικές που συμβάλλουν στην διασφάλιση ευσταθών (βέβαιων, αμετάβλητων) αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων, σχετικών με την ποιότητα των υπηρεσιών της η-διακυβέρνησης προς τους πολίτες. Η εφαρμογή και τα πραγματικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν στις χώρες της Ευρώπης.

Η διδακτορική διατριβή διαρθρώνεται σε δέκα (10) κεφάλαια:

Το **Πρώτο Κεφάλαιο** αναφέρεται στη φιλοσοφία της η-διακυβέρνησης, τοποθετεί το πρόβλημα της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης και θέτει τους στόχους της Διδακτορικής Διατριβής.

Το **Δεύτερο Κεφάλαιο** της διατριβής παρουσιάζει την παρούσα κατάσταση στον τομέα της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης (state of the art), με μία καταγραφή και ανάλυση των προσεγγίσεων που επικρατούν διεθνώς.

Στο **Τρίτο Κεφάλαιο** παρουσιάζεται μια εισαγωγή στην θεωρία της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων και αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η υποστήριξη αποφάσεων με τη βοήθεια πολλαπλών κριτηρίων. Ακολούθως, προτείνεται ένα πολυκριτηριακό μοντέλο αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης κρατών, το οποίο δομείται στη βάση τεσσάρων αξόνων αξιολόγησης: (α) τις υποδομές μιας χώρας, (β) τις επενδύσεις της, (γ) τις ηλεκτρονικές της διαδικασίες και (δ) τη στάση των χρηστών απέναντι σε αυτές.

Στο **Τέταρτο Κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στην αναλυτική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης (disaggregation theory) και παρουσιάζεται το προσθετικό μοντέλο αξίας, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αυτό εφαρμόζεται σε προβλήματα αξιολόγησης.

Ακόμη, περιγράφεται διεξοδικά το μαθηματικό πλαίσιο της οικογένειας μεθόδων UTA, ιδιαίτερα της UTASTAR που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής.

Στο **Πέμπτο Κεφάλαιο** εξετάζεται η ανάγκη ανάλυσης της ευστάθειας στα αναλυτικά πολυκριτηριακά μοντέλα. Αφού καταδεικνύεται η σημασία της, παρουσιάζεται αναλυτικά η προσέγγιση του διπολικού ελέγχου ευστάθειας, μέσω του οποίου αλληλοεπιδρούν το μοντέλο του αποφασίζοντος-αξιολογητή (αναλυτικός πόλος) και το τελικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης (συνθετικός πόλος), με γνώμονα τη βελτίωση της ευστάθειας.

Το **Έκτο Κεφάλαιο** παρουσιάζει μια εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας του προηγούμενου κεφαλαίου στην αξιολόγηση 22 ευρωπαϊκών χωρών, ως προς την πρόοδο που έχουν επιτελέσει οι χώρες αυτές στον τομέα της η-διακυβέρνησης.

Στο **Έβδομο Κεφάλαιο** της διατριβής εξετάζεται το πρόβλημα της ευστάθειας των βαρών των κριτηρίων που εκτιμώνται από τη μέθοδο Simos. Αποδεικνύεται αυστηρά ότι η λύση της μεθόδου Simos, όχι μόνο δεν είναι μοναδική/ευσταθής, αλλά η ίδια η μέθοδος Simos επιτρέπει την ύπαρξη άπειρων, πολύ διαφορετικών μεταξύ τους λύσεων. Στο κεφάλαιο προτείνονται δείκτες και μέθοδοι διαχείρισης της ευστάθειας των βαρών και γίνεται μια ολοκληρωμένη εφαρμογή της όλης μεθοδολογίας στο πρόβλημα της αξιολόγησης των 22 χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω της συνέργειας της μεθόδου Simos (υπολογισμός βαρών κριτηρίων) και της μεθόδου PROMETHEE II (κατάταξη των χωρών).

Το **Όγδοο Κεφάλαιο** παρουσιάζει το σύστημα eGov-Evaluator, ένα διαδικτυακό πληροφοριακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη.

Στο **Ένατο Κεφάλαιο** εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα αναφορικά με τα αποτελέσματα της διατριβής. Γίνεται αποτίμηση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και αναφέρονται οι μελλοντικές προοπτικές που γεννώνται ως απόρροια της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Τέλος, το **Δέκατο Κεφάλαιο** παρουσιάζει τη λίστα δημοσιεύσεων, του συγγραφέα της Διατριβής, σε επιστημονικά περιοδικά, τις ανακοινώσεις του σε συνέδρια και τα κεφάλαια βιβλίων που συνέταξε.

Λέξεις κλειδιά: Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων, Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, η-διακυβέρνηση, Ανάλυση Ευστάθειας, Μέθοδος Simos, Μέθοδος PROMETHEE II, Μέθοδος UTASTAR, Έλεγχος Ευστάθειας

ABSTRACT

One of the main pillars of sustainable development that the European Union has envisioned for its member states is electronic government (e-government). E-government comprises the use of information and communication technologies in public administration and local government to provide digital services to citizens and businesses. It includes all those online tools and services, which are used by governments at local, national and international level. The main objective of e-government is the transformation and redefinition of the internal and external relations of the public sector with the use of modern technologies.

This PhD dissertation addresses the issue of the evaluation of e-government and proposes an original multicriteria methodology for modeling the e-government evaluation problem, by developing new algorithms and techniques that help to ensure robust results and conclusions, regarding the quality of e-government. The implementation and provided results focus on 22 European countries.

The PhD dissertation is structured in ten chapters:

The **First Chapter** refers to the philosophy of e-government, defines the problem of the evaluation of e-government and sets the scope of the PhD dissertation.

The **Second Chapter** of the dissertation presents the current situation in the field of e-government assessment (state of the art), with a recording and analysis of the internationally prevailing approaches.

The **Third Chapter** outlines an introduction to the theory of multicriteria decision analysis and analyzes the way, in which decision support is carried out, with the aid of multiple criteria. Then, a multicriteria evaluation system of global e-government assessment is proposed, based on four points of view; (1) infrastructures, (2) investments, (3) e-processes, and (4) user's attitude.

The **Fourth Chapter** refers to the multicriteria disaggregation theory and presents the additive value model and the way it is applied to evaluation problems. In addition, the mathematical framework of the UTA family methods, particularly UTASTAR, which is used in the present thesis, is described in detail.

In **Chapter 5** the need for robustness analysis in multicriteria disaggregation models is examined. After demonstrating its importance, the bipolar robustness control methodological framework is presented. Through this framework, the model of the decision-maker (disaggregation pole) and the final results of the evaluation (aggregation pole), are examined, analyzed and controlled, based on the notion of robustness.

The **Sixth Chapter** presents an application of the proposed methodology of the previous chapter to the evaluation of 22 European countries, regarding their progress and readiness in the field of e-government.

The **Seventh Chapter** of the dissertation examines the robustness issues of the criteria weights, when they are assessed by the Simos method. It is demonstrated that the solution of the Simos method is not only unique/robust, but the Simos method itself allows the existence of an infinity of very different solutions. The chapter proposes indicators and methods of weight stability management and outlines an integrated application of the whole methodology to the problem of the evaluation of the 22 European countries, through the synergy of the Simos method (assessment of criteria weights) and the multicriteria PROMETHEE II method.

Chapter 8 presents the development of the eGov-Evaluator system, a web-based decision support system, which assesses e-government in Europe.

Chapter 9 draws out the final conclusions, regarding all the presented results, and showcases the future perspectives, emerging as an outcome of this PhD dissertation.

Finally, **Chapter 10** provides a list of all the papers published, by the author of the dissertation, as well as his conference announcements and book chapters.

Keywords: Multicriteria Decision Analysis, Decision Support Systems, e-government, Robustness Analysis, Simos method, PROMETHEE II, UTASTAR method, Robustness Control

Πίνακας Περιεχομένων

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1	Εισαγωγή	17
1.1	Γενικό περίγραμμα της Διατριβής	18
1.2	Αρχές και οφέλη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης	18
1.3	Στόχοι της διδακτορικής διατριβής	22
1.4	Διάρθρωση της διατριβής	24
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2	Φιλοσοφία και Μέθοδοι Αξιολόγησης Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης	27
2.1	Σημασία της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης	28
2.2	Σημασία της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης	29
2.3	Επίπεδα αξιολόγησης	30
2.3.1	Αξιολόγηση ιστοσελίδων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης	30
2.3.2	Αξιολόγηση δράσεων, πολιτικών και επενδυτικών σχεδίων υπηρεσιών η-διακυβέρνησης	30
2.3.3	Αξιολόγηση και σύγκριση των χωρών στον τομέα της η-διακυβέρνησης (benchmarking)	31
2.4	Αξιολογήσεις της η-διακυβέρνησης από διάφορους οργανισμούς	32
2.4.1	United Nation – E-government survey	32
2.4.2	European Commission - e-Government Benchmark 2017	33
2.4.3	Economist’s Intelligent Unit - Expert views on the UN e-government survey	34
2.4.4	Economist - Digital Economy Ranking	34
2.4.5	Accenture	35
2.4.6	Brown University – Brookings Institution	36
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3	Μια Πολυκριτηριακή Προσέγγιση Αξιολόγησης της η-Διακυβέρνησης	39
3.1	Στόχος κεφαλαίου	40
3.2	Θεωρία κατασκευής πολυκριτηριακού συστήματος αξιολόγησης	40
3.3	Μοντελοποίηση κριτηρίων αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης	47
3.3.1	Κριτήριο g1 – Πρόσβαση στο διαδίκτυο	50
3.3.2	Κριτήριο g2 – Ευρυζωνική πρόσβαση και πρόσβαση από κινητό	50

3.3.3	Κριτήριο <i>g3</i> – Α.Ε.Π. σε Έρευνα & Ανάπτυξη	51
3.3.4	Κριτήριο <i>g4</i> – Online Sophistication	52
3.3.5	Κριτήριο <i>g5</i> – Συμμετοχή σε ηλεκτρονικές διαδικασίες (e-Participation)	52
3.3.6	Κριτήριο <i>g6</i> – Αλληλεπίδραση πολιτών με τις αρχές	53
3.3.7	Κριτήριο <i>g7</i> – Αλληλεπίδραση επιχειρήσεων με τις αρχές	53
3.3.8	Κριτήριο <i>g8</i> – Εμπειρία χρήστη (User's Experience)	53
3.4	Αξιολόγηση ευρωπαϊκών χωρών	54
	Παράρτημα Κεφαλαίου	56
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4 Αναλυτικά Μοντέλα Υποστήριξης Αποφάσεων		63
4.1	Φιλοσοφία της αναλυτικής προσέγγισης	64
4.2	Μικρή ιστορική αναδρομή	66
4.3	Το προσθετικό πολυκριτηριακό μοντέλο	67
4.4	Μέθοδοι UTA	71
4.5	Σύντομη αναφορά σε πραγματικές εφαρμογές	78
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 5 Μεθοδολογία Ελέγχου της Ευστάθειας στα Αναλυτικά Πολυκριτηριακά Μοντέλα		87
5.1	Η έννοια της ευστάθειας στα πολυκριτηριακά συστήματα αποφάσεων	88
5.2	Διαχείριση πολλαπλών βέλτιστων λύσεων γραμμικού προγραμματισμού	90
5.3	Η θεωρία των δύο πόλων ελέγχου της ευστάθειας	94
5.4	Δείκτες ευστάθειας	97
5.4.1	Αναλυτικός πόλος	97
5.4.2	Συνθετικός πόλος	99
5.5	Παράδειγμα εφαρμογής	105
5.5.1	Παρουσίαση του προβλήματος απόφασης	105
5.5.2	Σύνολο αναφοράς και απόσπαση (elicitation) των προτιμήσεων του αποφασίζοντος	107
5.5.3	Αναλυτική προσέγγιση μέσω της μεθόδου UTASTAR	108
5.5.4	Διπολικός έλεγχος ευστάθειας	110
5.6	Ανασκόπηση κεφαλαίου – Επίλογος	122
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 6 Ευσταθής Αξιολόγηση η-Διακυβέρνησης		127

6.1	Εισαγωγή	128
6.2	Έλεγχος ευστάθειας του μοντέλου αξιολόγησης	128
6.3	Α' Φάση – 10 εικονικές χώρες	131
6.4	Β' Φάση – 20 εικονικές χώρες	138
6.5	Γ' Φάση – 25 εικονικές χώρες	145
6.6	Δ' Φάση – 30 εικονικές χώρες	153
6.7	Συμπεράσματα	161
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 7 Η Μέθοδος “Robust Simos” - Αξιολόγηση της η-Διακυβέρνησης με την PROMETHEE II		
		167
7.1	Το πρόβλημα της ευστάθειας των βαρών στις πολυκριτηριακές μη αντισταθμιστικές μεθόδους	168
7.2	Μια ανασκόπηση των μεθόδων Simos	170
7.2.1	Περιγραφή των μεθόδων Simos	170
7.2.2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	173
7.3	Θεωρητικά αποτελέσματα	175
7.4	Έλεγχος ευστάθειας και υποστήριξη αποφάσεων	177
7.4.1	Μέτρα ευστάθειας (Αναλυτικός Πόλος Ελέγχου)	178
7.4.2	Ευσταθής υποστήριξη αποφάσεων (Συνθετικός Πόλος Ελέγχου)	180
7.4.3	Το περίγραμμα της μεθόδου «Robust Simos»	181
7.5	Αριθμητικό παράδειγμα	181
7.6	Αξιολόγηση της η-διακυβέρνησης με τη μέθοδο PROMETHEE II	184
7.6.1	Σύντομη αναφορά στη μέθοδο PROMETHEE	184
7.6.2	Επιλογή συναρτήσεων προτίμησης Pd για τα κριτήρια η-διακυβέρνησης	187
7.6.3	Εφαρμογή της ευσταθούς μεθόδου Simos για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων η-διακυβέρνησης	189
	Παράρτημα Κεφαλαίου	207
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 8 eGov-Evaluator: Ένα Πληροφοριακό Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων		
		213
8.1	Εισαγωγή	214
8.2	Ανατομία των αποφάσεων και Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ)	214
8.2.1	Δομή και σχεδιασμός ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων	216
8.3	Σχεδιασμός του συστήματος	221

8.3.1	Κατηγορίες χρηστών	222
8.3.2	Τεχνολογίες και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν	222
8.4	Σχεδιασμός βάσης δεδομένων	229
8.5	Σελίδες και λειτουργίες	242
8.6	Σενάρια χρήσης του συστήματος	267
8.7	Μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος	282
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 9 Επίλογος		285
9.1	Κύρια επιτεύγματα Διδακτορικής Διατριβής	286
9.2	Η σημασία του διπολικού ελέγχου ευστάθειας	287
9.3	Μελλοντικές προοπτικές	288
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 10 Δημοσιεύσεις		291
10.1	Δημοσιευμένες εργασίες σε επιστημονικά περιοδικά	292
10.2	Δημοσιευμένες εργασίες σε κεφάλαια βιβλίων	293
10.3	Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά συνέδρια	293

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικό περίγραμμα της Διατριβής

Ένας από τους βασικούς πυλώνες της αειφόρου ανάπτυξης, την οποία έχει οραματιστεί η Ευρωπαϊκή Ένωση για τα κράτη-μέλη της και τους πολίτες τους αποτελεί η ηλεκτρονική διακυβέρνηση (η-διακυβέρνηση). Με τον όρο «η-διακυβέρνηση» ή «e-government» (βλ. West, 2005) σκιαγραφείται η χρησιμοποίηση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στη Δημόσια Διοίκηση και Τοπική Αυτοδιοίκηση, με στόχο την ψηφιακή παροχή υπηρεσιών προς τους πολίτες και τις επιχειρήσεις. Συμπεριλαμβάνονται όλα εκείνα τα εργαλεία και οι υπηρεσίες οι οποίες, βασιζόμενες στο Διαδίκτυο, χρησιμοποιούνται από τις κυβερνήσεις σε τοπικό, εθνικό, ή διεθνές επίπεδο. Βασικός στόχος της η-διακυβέρνησης είναι ο μετασχηματισμός και ο επαναπροσδιορισμός των εσωτερικών και εξωτερικών σχέσεων του Δημόσιου τομέα με τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματεύεται το ζήτημα της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης και προτείνει μια πρωτότυπη πολυκριτηριακή μεθοδολογία μοντελοποίησης της αξιολόγησης αυτής και αναπτύσσει νέους αλγορίθμους και τεχνικές που συμβάλλουν στην διασφάλιση ευσταθών (βέβαιων, αμετάβλητων) αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων σχετικών με την ποιότητα των υπηρεσιών της η-διακυβέρνησης προς τους πολίτες. Η εφαρμογή και τα πραγματικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

1.2 Αρχές και οφέλη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και η υιοθέτηση καινοτομιών στην καθημερινή ζωή του σύγχρονου ανθρώπου δε θα μπορούσαν να αφήσουν ανεπηρέαστες τις έννοιες της δημοκρατίας και της διακυβέρνησης. Συγκεκριμένα, έχουν προσφέρει αμέτρητες δυνατότητες προκειμένου οι δημοκρατικές και οι δημόσιες διοικητικές διαδικασίες να γίνουν αποδοτικότερες και πιο προσβάσιμες στο ευρύ κοινό.

Υπό τη σκέπη της έννοιας της η-διακυβέρνησης περιλαμβάνονται οι παρακάτω πρακτικές:

- E-Business (Ηλεκτρονικό επιχειρείν)
- E-Democracy (Ηλεκτρονική Δημοκρατία: Ενημέρωση πολιτών για τα πολιτικά δρώμενα, ηλεκτρονική Δημόσια Διαβούλευση, ηλεκτρονικές ψηφοφορίες, κλπ.)
- E-Inclusion (Ενίσχυση των δομών για τη συμμετοχή και ενημέρωση ατόμων με περιορισμένες δυνατότητες λόγω απόστασης, οικονομικών δυνατοτήτων, αναπηρίας, κλπ.)

- E-Participation (Άμεση συμμετοχή των πολιτών στις Δημόσιες διαδικασίες)
- Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η η-διακυβέρνηση, λόγω των πολλαπλών υπηρεσιών που προσφέρει, δεν αφορά αποκλειστικά τις Δημόσιες Υπηρεσίες, αλλά βρίσκει εφαρμογές και σε ιδιωτικές επιχειρήσεις, κοινωφελείς οργανισμούς και γενικότερα σε οποιοδήποτε κοινωνικό σχηματισμό του οποίου τα μέλη έχουν πρόσβαση σε ηλεκτρονικές υπηρεσίες.

Για την κατάταξη και κατηγοριοποίηση των υπηρεσιών της η-διακυβέρνησης, έχει υιοθετηθεί ένα πλαίσιο πέντε επιπέδων (βλ. Παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας, 2007), τα οποία παρουσιάζονται αμέσως παρακάτω. Αξίζει να σημειωθεί ότι το τελευταίο έχει προστεθεί τα τελευταία πέντε περίπου χρόνια, καθώς τότε ουσιαστικά άρχισαν να προσφέρονται τέτοιου είδους υπηρεσίες.

- **Επίπεδο 1 – Υπηρεσίες Πληροφόρησης:** Περιλαμβάνονται υπηρεσίες κατά τις οποίες ο Πολίτης απλά πληροφορείται σχετικά με τη διεκπεραίωση μιας διαδικασίας. Δηλαδή μπορεί μόνο να ενημερωθεί σχετικά με τη διαδικασία που θα πρέπει να ακολουθήσει, η οποία δεν έχει μεταβληθεί σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ιστοσελίδα που παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση διαβατηρίου και το χρόνο διεκπεραίωσης, χωρίς ωστόσο κάποια από τις απαιτούμενες ενέργειες να γίνεται ηλεκτρονικά.
- **Επίπεδο 2 – Υπηρεσίες Αλληλεπίδρασης:** Περιλαμβάνονται υπηρεσίες κατά τις οποίες ο χρήστης πληροφορείται σχετικά με τις απαιτούμενες διαδικασίες, όπως στο επίπεδο 1, αλλά επιπλέον του παρέχεται ηλεκτρονικά επίσημο υλικό που θα χρειαστεί κατά τη διεκπεραίωση. Είναι δηλαδή διαθέσιμα στον Πολίτη τα πρότυπα αιτήσεων, βεβαιώσεων και υπεύθυνων δηλώσεων που θα χρησιμοποιήσει, προκειμένου να μπορεί να τα «κατεβάσει» στον υπολογιστή του και να τα συμπληρώσει, επιταχύνοντας τη διαδικασία. Στην περίπτωση αυτή η διεκπεραίωση θα γίνει επίσης με φυσική επίσκεψη του Πολίτη στον αρμόδιο δημόσιο φορέα, χωρίς καμία διαφοροποίηση σε σχέση με τον τρόπο που γινόταν πριν την εισαγωγή της ηλεκτρονικής υπηρεσίας.
- **Επίπεδο 3 – Υπηρεσίες Αμφίδρομης Αλληλεπίδρασης:** Αφορά τις υπηρεσίες οι οποίες, εκτός από πληροφορίες προσφέρουν τη δυνατότητα στο χρήστη να συμπληρώσει και να καταθέσει ηλεκτρονικά τα απαραίτητα έγγραφα προκειμένου να προχωρήσει μια διαδικασία. Ωστόσο η ολοκλήρωση της γίνεται με μη ηλεκτρονικό τρόπο, αφού απαιτείται η φυσική επίσκεψη του Πολίτη στον αρμόδιο φορέα. Οι υπηρεσίες αυτού του επιπέδου, όπως και του 4^{ου} και του 5^{ου}, προϋποθέτουν μηχανισμό αναγνώρισης και ταυτοποίησης του χρήστη καθώς

και προστασίας των δεδομένων που αποστέλλει, εφόσον τα στοιχεία που συμπληρώνει υποβάλλονται ηλεκτρονικά.

- **Επίπεδο 4 – Υπηρεσίες Συναλλαγής:** Σε αυτού του είδους τις υπηρεσίες η συναλλαγή ολοκληρώνεται ηλεκτρονικά. Δηλαδή το ζητούμενο αποτέλεσμα για τον Πολίτη επιτυγχάνεται χωρίς φυσική αλληλεπίδραση με τον Δημόσιο φορέα. Κατ' αυτό τον τρόπο, υποκαθίσταται πλέον πλήρως η παραδοσιακή διαδικασία από την ηλεκτρονική. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι διαδικασίες λήψης βεβαιώσεων και πιστοποιητικών, στις οποίες τελικά αποστέλλεται ηλεκτρονικά το ζητούμενο έγγραφο στο χρήστη. Σε αυτό το επίπεδο υπηρεσιών μάλιστα, πολλές φορές πραγματοποιούνται και απευθείας οικονομικές συναλλαγές, καθιστώντας ακόμα πιο απαραίτητους τους μηχανισμούς ταυτοποίησης του χρήστη και προστασίας των δεδομένων του.
- **Επίπεδο 5 – Προσωποποιημένες Υπηρεσίες:** Αυτό το επίπεδο έχει νόημα μόνο σε συγκεκριμένα είδη υπηρεσιών και αφορά αφενός τις προληπτικές δράσεις από την πλευρά του κράτους, προκειμένου να βελτιώσει την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας και τη φιλικότητα του συστήματος προς το χρήστη, αφετέρου την αυτόματη εκτέλεση διαδικασιών πριν καν τις ζητήσει ο χρήστης, προκειμένου να επιταχυνθεί η διεκπεραίωση της.

Η η-διακυβέρνηση αποφέρει λοιπόν πολλαπλά οφέλη τόσο σε ατομικό επίπεδο για τον Πολίτη όσο και σε συλλογικό επίπεδο για την κοινωνία και το Κράτος (βλ. Finger, M., Sultana, F.N., 2012). Βασικότερος σκοπός είναι η αποτελεσματικότερη αλληλεπίδραση μεταξύ των Πολιτών, των επιχειρήσεων και του Δημόσιου τομέα, που επιτυγχάνεται αφενός μέσω της παροχής καλύτερων υπηρεσιών και αφετέρου μέσω της αύξησης της παραγωγικότητας του Κράτους. Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής οφέλη που προσφέρει η Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση (βλ. Βένιος, 2007):

- 1) Σημαντική μείωση του κόστους παροχής υπηρεσιών, καθώς τα ηλεκτρονικά συστήματα παρουσιάζουν εν γένει μικρότερα λειτουργικά κόστη από τις αντίστοιχες φυσικές μονάδες.
- 2) Βελτίωση των υπηρεσιών για τους Πολίτες, καθώς κατά τον σχεδιασμό των εφαρμογών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης λαμβάνονται υπ' όψη οι απαιτήσεις του χρήστη, ώστε το σύστημα που θα προκύψει να είναι προσανατολισμένο στις ανάγκες του.
- 3) Μείωση του κόστους και του χρόνου εξυπηρέτησης για τους Πολίτες και τις επιχειρήσεις και διαθεσιμότητα των υπηρεσιών σε βάση 24/7 (24 ώρες το 24ωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα). Επίσης, ο Πολίτης παραλαμβάνει απευθείας το ζητούμενο απο-

τέλεσμα της υπηρεσίας χωρίς να εμπλακεί στα ενδιάμεσα στάδια εξυπηρέτησης. Αυτό οδηγεί σε επιτάχυνση των διαδικασιών και μείωση της γραφειοκρατίας.

- 4) Η μείωση της γραφειοκρατίας οδηγεί στη διαμόρφωση ευνοϊκότερου επιχειρηματικού κλίματος. Κατά συνέπεια, στηρίζεται η επιχειρηματικότητα, καταπολεμάται η ανεργία και καλλιεργείται το έδαφος για την προσέλκυση επενδύσεων που θα οδηγήσουν στην ανάπτυξη.
- 5) Οι φορείς λειτουργούν αποδοτικότερα και η ανώτερη Δημόσια Διοίκηση μπορεί ευκολότερα να συντονίσει τις διαδικασίες.
- 6) Ενισχύονται οι δημοκρατικές διαδικασίες, καθώς οι Ηλεκτρονικές πλατφόρμες καθιστούν τις κυβερνήσεις πιο προσβάσιμες στον Πολίτη. Έτσι, δίνεται κίνητρο στον καθένα να συμμετάσχει ενεργά στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και στα κοινά γενικότερα.
- 7) Αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των ευαίσθητων κοινωνικών ομάδων, και παροχή ίσων ευκαιριών. Η εισαγωγή ηλεκτρονικών συστημάτων δίνει ίσες δυνατότητες συμμετοχής σε όλους τους ανθρώπους, χωρίς κανενός είδους κοινωνική, φυλετική ή οικονομική διάκριση (e-inclusion). Κατ' αυτό τον τρόπο δίνεται πρόσβαση σε κοινωνικά αγαθά και υπηρεσίες ακόμα και σε άτομα που πιθανόν να αποκλείονταν χωρίς τη χρήση των νέων τεχνολογιών.
- 8) Καταπολέμηση φαινομένων διαφθοράς και αδιαφάνειας (βλ. Γιαμπουράς, 2006), με τη δημοσιοποίηση όλων των κρατικών εγγράφων και την κινητοποίηση των πολιτών για συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων. Επίσης, με τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων τυποποιούνται οι διαδικασίες, αφήνοντας μικρότερα περιθώρια διαφθοράς και κακοδιαχείρισης. Τέλος, καθίσταται ευκολότερη η επίβλεψη από ελεγκτικούς κρατικούς μηχανισμούς, η οποία μπορεί ακόμα και να αυτοματοποιηθεί από ηλεκτρονικά συστήματα.

Για να επωφεληθεί βέβαια η κοινωνία σε αυτό το βαθμό, δεν αρκεί μόνο η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών, αλλά πρέπει να πληρούνται μια σειρά από προϋποθέσεις. Αυτονόητη συνθήκη είναι να υπάρχουν οι απαραίτητες τεχνολογικές υποδομές, τόσο από την πλευρά του Δημόσιου φορέα που θα προσφέρει την υπηρεσία, όσο και του Πολίτη που θα τη χρησιμοποιεί. Βασική είναι και η πολιτική βούληση για σωστή εισαγωγή και χρήση των υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης. Ειδικότερα, όσον αφορά στις δράσεις που ενισχύουν τους δημοκρατικούς θεσμούς, απαιτείται η βούληση από την πολιτική ηγεσία για ουσιαστική συμμετοχή των Πολιτών. Απαραίτητος είναι επίσης και ο σοβαρός ανασχεδιασμός των υπηρεσιών πριν την ηλεκτρονικοποίηση τους, λαμβάνοντας υπ' όψη τις ανάγκες του χρήστη. Επιπλέον, κρίσιμη είναι η διάθεση σημαντικών κρατικών ή κοινοτικών πόρων και κονδυλίων για τη σωστή ανάπτυξη των συστημάτων αυτών, καθώς αν αυτό γίνει ελλιπώς μπορεί να αποφέρει τα αντίθετα

αποτελέσματα. Τα ζητούμενα αποτελέσματα δεν μπορούν βεβαίως να επιτευχθούν, αν κατά τον σχεδιασμό και τη λειτουργία των εφαρμογών της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης δεν έχει συγκροτηθεί κάποια ομάδα ειδικών σε τέτοια θέματα για τον προγραμματισμό και την επίβλεψη του έργου. Απαιτείται δηλαδή μια σημαντική επένδυση σε επίπεδο ανθρώπινου δυναμικού, καθώς πρόκειται για διαδικασία μείζονος σημασίας για τη λειτουργία του Κράτους και μάλιστα σε ένα επιστημονικό αντικείμενο σχετικά νέο και συνεχώς αναπτυσσόμενο. Τέλος, όπως είναι κατανοητό, δεν αρκεί ο σχεδιασμός και η εισαγωγή των εφαρμογών η-διακυβέρνησης, αλλά απαιτείται και η συνεχής διαμόρφωση και συντήρηση των συστημάτων, προκειμένου αυτά να ανταποκρίνονται συνεχώς στις σύγχρονες και μεταβαλλόμενες ανάγκες του Πολίτη.

1.3 Στόχοι της διδακτορικής διατριβής

Οι προϋποθέσεις για τη σωστή λειτουργία των μοντέλων η-διακυβέρνησης αλλά και το συνεχώς μεταβαλλόμενο σκηνικό καθιστούν αναγκαία την κατασκευή μηχανισμών ελέγχου και αξιολόγησης της προόδου μιας χώρας σε επίπεδο ηλεκτρονικών υπηρεσιών. Απαιτούνται δηλαδή συστήματα και τεχνικές προκειμένου να εκτιμάται διαρκώς η αποδοτικότητα των τεχνολογιών αυτών, προκειμένου να εντοπίζονται οι αδυναμίες τους και να διορθώνονται.

Γενικότερα, η αξιολόγηση αποτελεί ένα από τα πέντε «κλειδιά» της επιστήμης του μάνατζμεντ, επιτρέποντας στον μάνατζερ να κατανοήσει, αναλύσει και βελτιώσει την ποιότητα προϊόντων και υπηρεσιών. Ο Λόρδος Kelvin (19ος Αιώνας) έλεγε ότι «... αν δεν μπορείς κάτι να μετρήσεις, δεν μπορείς να το κατανοήσεις ...». Για το λόγο αυτόν λοιπόν, η ποιότητα των υπηρεσιών η-διακυβέρνησης πρέπει να μετράται συνεχώς και να αναλύεται σε όρους μετρήσιμων και βελτιώσιμων παραμέτρων.

Η ανάλυση της διεθνούς βιβλιογραφίας στον τομέα της αξιολόγησης ηλεκτρονικών υπηρεσιών και ειδικότερα της η-διακυβέρνησης σε επίπεδο χώρας κατέδειξε την απουσία πολυδιάστατων ρεαλιστικών μοντέλων αξιολόγησης, τα οποία οφείλουν να συμπεριλάβουν όλες τις πραγματικές παραμέτρους που συμβάλλουν στην ποιότητα της η-διακυβέρνησης σε μια χώρα. Η ανάπτυξη λοιπόν ενός νέου μοντέλου αξιολόγησης που θα βασίζεται σε πολλαπλά κριτήρια αξιολόγησης καθίσταται επιβεβλημένη. Για την επίτευξη μιας σφαιρικής αξιολόγησης της πληρότητας της η-διακυβέρνησης κρατών διαμορφώθηκε μια συνεπής οικογένεια κριτηρίων στη βάση τεσσάρων αξόνων προτίμησης, που περιλαμβάνουν: (α) τις υποδομές μιας χώρας, (β) τις επενδύσεις της, (γ) τις ηλεκτρονικές της διαδικασίες και (δ) τη στάση των πολιτών της απέναντι σε αυτές.

Από θεωρητική σκοπιά, κάθε μαθηματικό μοντέλο υποστήριξης αποφάσεων βασίζεται σε ένα σύνολο παραδοχών, υποθέσεων και εκτιμήσεων, τα οποία χαρακτηρίζονται συχνά από υψηλό βαθμό αβεβαιότητας, δεδομένης της πολυπλοκότητας και αβεβαιότητας του κοινωνικού, πολιτικού και οικονομικού περιβάλλοντος μέσα στο οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις. Η διατριβή αυτή επικεντρώνεται στη μελέτη της ευστάθειας ή ευρωστίας (robustness) σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Η έννοια της ευστάθειας αναφέρεται τόσο στην επαλήθευση των παραδοχών και εκτιμήσεων που διαμορφώνουν ένα μοντέλο σε σχέση με τα πραγματικά χαρακτηριστικά του προβλήματος, όσο και στην ποιότητα των προτεινόμενων λύσεων σε σχέση με εναλλακτικά σενάρια για το πλαίσιο και το περιβάλλον της απόφασης.

Σύμφωνα με πρόσφατες δημοσιεύσεις του Καθηγητή Bernard Roy, η ευστάθεια μπορεί να θεωρηθεί ως μια προσπάθεια αντίστασης ενός αναλυτή/μελετητή σε προβλήματα που προκύπτουν από τις «προσεγγίσεις των παραμέτρων» και τις «ζώνες άγνοιας». Ειδικά στη θεωρία και την πρακτική της πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων (MCDA - Multicriteria Decision Aid), η ευστάθεια αποτελεί ένα εργαλείο για τη μέτρηση και ανάλυση του χάσματος μεταξύ του «πραγματικού» μοντέλου ενός αποφασίζοντος και του μοντέλου εκείνου που προκύπτει από έναν υπολογιστικό μηχανισμό. Από αυτή την άποψη, η αντιμετώπιση προβλημάτων ευστάθειας, κυρίως ευσταθούς αξιολόγησης ενισχύει το ρόλο των αναλυτών στις διαδικασίες υποστήριξης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια.

Η παρούσα λοιπόν διδακτορική διατριβή έχει διπλό στόχο, έναν στόχο θεωρητικό και έναν στόχο τεχνολογικό:

Θεωρητικός στόχος: Ανάπτυξη νέων τεχνικών, μεθόδων και αλγορίθμων στο πλαίσιο της πολυκριτηριακής θεωρίας αποφάσεων, για τον έλεγχο της ευστάθειας στα αναλυτικά μοντέλα υποστήριξης αποφάσεων και τη διασφάλιση ευσταθών λύσεων και συμπερασμάτων.

Τεχνολογικός στόχος: Πρόταση ενός πρωτότυπου πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης-σύγκρισης χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με βάση την απόδοση τους στον τομέα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, χρησιμοποιώντας πραγματικά στοιχεία και δείκτες για κάθε χώρα και ανάπτυξη ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων βασισμένου στο διαδίκτυο (web-based) για την υποστήριξη υποκειμενικών αξιολογήσεων.

1.4 Διάρθρωση της διατριβής

Η διδακτορική διατριβή διαρθρώνεται σε εννέα κεφάλαια, των οποίων το περιεχόμενο σκιαγραφείται αμέσως παρακάτω:

Το **Δεύτερο Κεφάλαιο** της διατριβής παρουσιάζει την παρούσα κατάσταση στον τομέα της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης (state of the art), με μία καταγραφή και ανάλυση των προσεγγίσεων που επικρατούν διεθνώς.

Στο **Τρίτο Κεφάλαιο** παρουσιάζεται μια εισαγωγή στην θεωρία της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η υποστήριξη αποφάσεων με την βοήθεια πολλαπλών κριτηρίων. Ακολούθως, προτείνεται ένα πολυκριτηριακό μοντέλο αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης κρατών, το οποίο δομείται με βάση τέσσερις άξονες αξιολόγησης: (α) τις υποδομές μιας χώρας, (β) τις επενδύσεις της, (γ) τις ηλεκτρονικές της διαδικασίες και (δ) τη στάση των πολιτών της απέναντι σε αυτές.

Στο **Τέταρτο Κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στην αναλυτική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης (disaggregation theory) και παρουσιάζεται το προσθετικό μοντέλο αξίας καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αυτό εφαρμόζεται σε προβλήματα αξιολόγησης. Τέλος, περιγράφεται διεξοδικά το μαθηματικό πλαίσιο της οικογένειας μεθόδων UTA, ιδιαίτερα της UTASTAR που χρησιμοποιείται στα πλαίσια της παρούσας διατριβής.

Στο **Πέμπτο Κεφάλαιο** εξετάζεται η ανάγκη ανάλυσης της ευστάθειας στα αναλυτικά πολυκριτηριακά μοντέλα. Αφού καταδεικνύεται η σημασία της, παρουσιάζεται αναλυτικά η προσέγγιση του διπολικού ελέγχου ευστάθειας, μέσω του οποίου αλληλοεπιδρούν το μοντέλο του αποφασίζοντος-αξιολογητή (αναλυτικός πόλος) και το τελικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης (συνθετικός πόλος), με γνώμονα την ευστάθεια.

Το **Έκτο Κεφάλαιο** παρουσιάζει μια εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας του προηγούμενου κεφαλαίου στην αξιολόγηση 21 χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς την πρόοδο που έχουν επιτελέσει οι χώρες αυτές στον τομέα της η-διακυβέρνησης.

Στο **Έβδομο Κεφάλαιο** της διατριβής εξετάζεται το πρόβλημα της ευστάθειας των βαρών των κριτηρίων που εκτιμώνται από τη μέθοδο Simos. Αποδεικνύεται αυστηρά ότι η λύση της μεθόδου Simos, όχι μόνο δεν είναι μοναδική/ευσταθής, αλλά η ίδια η μέθοδος Simos επιτρέπει την ύπαρξη άπειρων, πολύ διαφορετικών μεταξύ τους λύσεων. Στο κεφάλαιο προτείνονται δείκτες και μέθοδοι διαχείρισης της ευστάθειας των βαρών και γίνεται μια ολοκληρωμένη εφαρμογή της όλης μεθοδολογίας στο πρόβλημα της αξιολόγησης των 21 χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω της συνέργειας της μεθόδου Simos (υπολογισμός βαρών κριτηρίων) και της μεθόδου PROMETHEE II (κατάταξη των χωρών).

Το **Όγδοο Κεφάλαιο** παρουσιάζει το σύστημα eGov-Evaluator, ένα πληροφοριακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων βασισμένο στο διαδίκτυο (web-based) για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη.

Τέλος, στο **Ένατο Κεφάλαιο** εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα αναφορικά με τα αποτελέσματα της διατριβής. Γίνεται αποτίμηση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και αναφέρονται οι μελλοντικές προοπτικές που γεννούνται ως απόρροια της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Φιλοσοφία και Μέθοδοι Αξιολόγησης Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης

2.1 Σημασία της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

Ο όρος «Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση» (η-διακυβέρνηση, e-government) αναφέρεται στη χρησιμοποίηση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στη Δημόσια Διοίκηση, με στόχο την παροχή προηγμένων και καινοτομικών ηλεκτρονικών υπηρεσιών (electronic services – e-services) προς τους πολίτες και τις επιχειρήσεις καθώς επίσης και στη βελτιστοποίηση της ενδο-διοικητικής επικοινωνίας, συνεργασίας και αλληλεπίδρασης (Abramson and Means, 2001). Στόχος του Κεφαλαίου αυτού είναι να αναδείξει την αξία που έχει η ανάπτυξη της η-διακυβέρνησης για μια χώρα, δίνοντας έμφαση στη μεθοδολογία αξιολόγησης της καθώς και στα προβλήματα που αυτή παρουσιάζει.

Η η-διακυβέρνηση αφορά στην αξιοποίηση υφιστάμενων ηλεκτρονικών μέσων για την υποστήριξη της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε κυβερνητικούς φορείς, πολίτες και επιχειρήσεις, καθώς επίσης και την αποτελεσματικότερη διεξαγωγή των εσωτερικών κυβερνητικών λειτουργιών, στοχεύοντας στην απλοποίηση και τη βελτίωση των δημοκρατικών, κυβερνητικών και επιχειρηματικών όψεων της διακυβέρνησης.

Από τον παραπάνω ορισμό, συνάγεται ότι η η-διακυβέρνηση δεν περιορίζεται απλά στην «ηλεκτρονικοποίηση» των υφιστάμενων υπηρεσιών και διαδικασιών, αλλά συντελεί σημαντικά στον μετασχηματισμό της δομής και του τρόπου παροχής των υπηρεσιών καθώς και στην παροχή νέων συνδυασμένων και καινοτομικών υπηρεσιών, οι οποίες δεν ήταν εφικτό να παρασχεθούν στο παρελθόν (Dawes, 2008). Στην ουσία πρόκειται για μία εκ βάθρων μεταρρυθμιστική διαδικασία, η οποία συμβαδίζει με τις επιταγές της σύγχρονης δημόσιας διοίκησης.

Στόχος της η-διακυβέρνησης είναι ακόμη η αποκόμιση ενός συνόλου από στρατηγικά, διοικητικά και λειτουργικά οφέλη. Τέτοια οφέλη είναι ο περιορισμός της γραφειοκρατίας, η βελτίωση της ανταπόκρισης προς τους πολίτες, η αύξηση της ικανοποίησης των πολιτών, η μείωση κόστους επικοινωνίας και συναλλαγών καθώς και η μείωση του χρόνου ανταπόκρισης στα αιτήματα των πολιτών. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η αυτοματοποίηση των διαδικασιών, η εξάλειψη των μη παραγωγικών θέσεων εργασίας, η ελαχιστοποίηση λαθών και αστοχιών και η πιο αποτελεσματική χρήση της γνώσης.

Η σημασία της η-διακυβέρνησης αναδεικνύεται λοιπόν από την ίδια τη 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.

Στο επίπεδο παροχής υπηρεσιών προς τους **πολίτες**, επιδιώκεται η παροχή καινοτόμων υπηρεσιών, μέσω ενός μοναδικού σημείου παροχής (portal). 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 παράκαμψη 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.

2.2 Σημασία της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης

Όπως συμπεραίνεται από τα παραπάνω, η σημασία της μέτρησης της η-διακυβέρνησης μιας χώρας και η καταγραφή της προόδου της αποτελούν σημαντικούς πυλώνες για τη συνεχή αναβάθμιση των η-υπηρεσιών και τη σημείωση αισθητής κοινωνικο-οικονομικής ανάπτυξης (Heeks and Bailur, 2007). Τέτοιες μετρήσεις και μελέτες πραγματοποιούνται από διεθνείς οργανισμούς και πανεπιστήμια και προσελκύουν, λόγω της πολυστοχικότητάς τους, σημαντικό αριθμό παρατηρητών, συμπεριλαμβανομένων και κυβερνήσεων.

Ανεξάρτητα από τα διάφορα επίπεδα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και τους 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 η-διακυβέρνησης και με ποιους κανόνες μπορεί να αποφανθεί κάποιος αν και 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 πλαισίου μέτρησης και συγκριτικής αξιολόγησης (benchmarking) της η-διακυβέρνησης διαφόρων χωρών.

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

2.3 Επίπεδα αξιολόγησης

Οι προσεγγίσεις που έχουν γίνει για την αξιολόγηση της η-διακυβέρνησης παρέχουν 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 τη σύγκριση αποτελεσμάτων που βρίσκονται σε διαφορετική βάση (European Union, 2009).

2.3.1 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 πλευρά των φορέων ή προβλημάτων χρήσης από την πλευρά των πολιτών.

2.3.2 Αξιολόγηση δράσεων, πολιτικών και επενδυτικών σχεδίων υπηρεσιών η-διακυβέρνησης

Στο επίπεδο αυτό εξετάζονται πιο συγκεκριμένα οι δράσεις, οι πολιτικές και τα επενδυτικά σχέδια που αφορούν στην η-διακυβέρνηση. Αυτές εκτελούνται σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο και έχουν συχνά τη μορφή συγκριτικής μελέτης μεταξύ εναλλακτικών πρακτικών που μπορούν να υιοθετηθούν για τη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών. Πραγματοποιούνται συνήθως, είτε απευθείας από τους κυβερνητικούς φορείς, είτε για

λογαριασμό αυτών από τρίτους και συμβάλουν συμβουλευτικά στις διαδικασίες χάραξης πολιτικής.

2.3.3 Αξιολόγηση και σύγκριση των χωρών στον τομέα της η-διακυβέρνησης (benchmarking)

Είναι η κατηγορία αξιολόγησης που παρουσιάζει το περισσότερο ενδιαφέρον. Είναι σαφές ότι η συγκεκριμένη κατηγορία αξιολόγησης υπερβαίνει το τοπικό-εθνικό επίπεδο των προηγούμενων δύο κατηγοριών. Τούτο υποδηλώνει αυτόματα την πολυπλοκότητα και την απαιτητικότητα των αξιολογήσεων.

Η πρακτική συνίσταται στη συγκέντρωση στοιχείων που προσεγγίζουν το θέμα της η-διακυβέρνησης από διάφορες πτυχές. Στη συνέχεια, επιχειρείται μία βαθμολόγηση και 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 οπότε 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 σύγκριση 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.

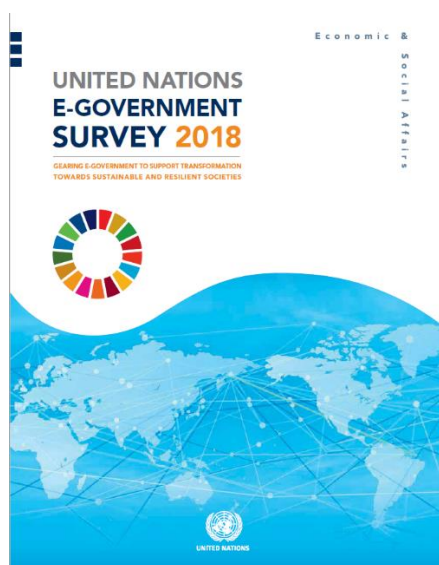
Κορυφαίοι διεθνείς οργανισμοί, όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, ασχολούνται σε τακτική βάση με τις εν λόγω αξιολογήσεις. Ειδικότερα, οι δύο αυτοί οργανισμοί, όπως και πολλοί άλλοι, συντάσσουν συγκριτικές μελέτες με βάση την πρόοδο της η-διακυβέρνησης. Το κύρος που χαρακτηρίζει 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 Κεφάλαιο 3 της παρούσας διατριβής πραγματοποιείται αξιολόγηση της η-διακυβέρνησης σε εθνικό επίπεδο, με χρήση της Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων. Συγκεκριμένα, προτείνεται ένα μοντέλο αξιολόγησης, οκτώ κριτηρίων αξιολόγησης, τα οποία εντάσσονται σε τέσσερις άξονες προτίμησης: (1) υποδομές, (2) επενδύσεις, (3) η-διαδικασίες, (4) στάση πολιτών.

2.4 Αξιολογήσεις της η-διακυβέρνησης από διάφορους οργανισμούς

2.4.1 United Nation – E-government survey

Η έκθεση των Ηνωμένων Εθνών (United Nations, 2018) για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση είναι εξέχουσας σημασίας διεθνώς για τις κυβερνήσεις και τους πολιτικούς.



Σχήμα 2.1: Η έκθεση αξιολόγησης Ηνωμένων Εθνών, 2018

Δημοσιεύεται από το 2001, ενώ η τελευταία αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε το 2018, υπό τον τίτλο «The United Nations E-Government Survey 2018: Gearing E-Government to Support Transformation towards sustainable and resilient societies». Η αξιολόγηση των κρατών-μελών βασίζεται σε τέσσερις δείκτες:

- 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 οι συνδέσεις 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 ως 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.

Ο τελευταίος δείκτης έχει δεχτεί κριτική από τον Grönlund (2011) ο οποίος απέδειξε ότι ο δείκτης δεν μετρά τη συμμετοχή των πολιτών σε βάθος, αλλά στην ουσία εξετάζει μόνο κάποιες τεχνικές λειτουργίες των δικτυακών τόπων.

2.4.2 European Commission - e-Government Benchmark 2017

Η 11^η έκθεση αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (European Commission, 2014) είναι η πρώτη ολοκληρωμένη μέτρηση των ηλεκτρονικών υπηρεσιών, σύμφωνα με το ευρωπαϊκό θεσπισμένο πλαίσιο για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση (European Commission, 2017).



Σχήμα 2.1: Η ευρωπαϊκή έκθεση αξιολόγησης, 2017

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 ακόμη και όταν βρίσκονται μακριά από τη χώρα τους.
- **Κινητήριοι Μοχλοί (Key enablers)**

Ο συγκεκριμένος δείκτης μετρά 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).

2.4.3 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, τη Μέση Ανατολή και την Αφρική και παρατηρεί τον ρόλο της διετούς 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.

2.4.4 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 διακυβέρνησης

(Economist, 2010). Υπάρχουν έξι κατηγορίες οι οποίες συναθροίζονται στον συνολικό δείκτη, ως εξής:

- Συνδεσιμότητα και τεχνολογική υποδομή (20 %),
- Επιχειρηματικό περιβάλλον (15 %),
- Κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον (15 %),
- Νομικό περιβάλλον (10 %),
- Κυβερνητική πολιτική και όραμα (15 %),
- Υιοθέτηση από καταναλωτές και επιχειρήσεις (25 %)

Κάθε προαναφερθείσα κατηγορία - κριτήριο μετράται από έναν αυξημένο αριθμό δεικτών και διαστάσεων. Για παράδειγμα, το πρώτο κριτήριο «συνδεσιμότητα και τεχνολογική υποδομή» διαρθρώνεται από τα ακόλουθα υποκριτήρια: ευρυζωνική διείσδυση, ευρυζωνική ποιότητα, προσιτότητα των τιμών των ευρυζωνικών συνδέσεων, διείσδυση της κινητής τηλεφωνίας, ποιότητα της κινητής τηλεφωνίας, διείσδυση του διαδικτύου, εύρος ζώνης στο Internet και ασφάλεια στο διαδίκτυο. Ο δείκτης καλύπτει 70 χώρες και ανανεώνεται κάθε δύο χρόνια.

Η μελέτη του Economist, παρ' όλο 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-διακυβέρνησης, 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 αποσαφηνίζει το πως εξήχθησαν τα βάρη των κριτηρίων και των διαστάσεων τους.

2.4.5 Accenture

Η Accenture είναι μια εταιρεία 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 η-διακυβέρνησης για να διατηρηθεί η ομοιογένεια και η συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων. Μετά το 2008, η μελέτη άλλαξε μορφή και μεθοδολογία και δεν θα αναλυθεί ιδιαίτερα (βλ. Accenture, 2009). Εφόσον πρόκειται για έναν οργανισμό με διεθνή παρουσία, τα δεδομένα συλλέγονταν από υπαλλήλους της εταιρείας, ενώ από το

2006 και μετά χρησιμοποιήθηκαν και οι συνεντεύξεις με πολίτες, ως μέσο συλλογής δεδομένων.

2.4.6 Brown University – Brookings Institution

Το Αμερικανικό πανεπιστήμιο Brown συντάξε μια έρευνα για την η-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 (2011) επισημαίνουν ότι ο δείκτης Brown μετρά την η-διακυβέρνηση σε περιορισμένη έκταση και κατά συνέπεια δεν μπορεί να αποτελέσει δείκτη υψηλής ποιότητας σε όρους κοινωνικών επιπτώσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Abramson, A. M., Means, E. G. (2001). *E-Government*, Price Waterhouse Coopers, Endowment for the Business of Government, Rowman & Littlefield Publishers Inc.
- Accenture, Leadership in customer service: Delivering on the promise, 2007. Retrieved November 10, 2012, <http://www.accenture.com/us-en/Pages/insight-public-leadership-customer-service-delivering-promise.aspx>.
- Dawes, S. S. (2008). The evolution and continuing challenges of e-governance, *Public Administration Review*, 68, 6, 82-102.
- Economist Intelligence Unit (2010), Digital economy rankings, Beyond e-readiness.
- European Commission, (2014). *eGovernment Benchmark, Delivering on the European Advantage?*, Luxembourg, Publications Office of the European Union.
- European Commission, (2017). *Taking stock of user-centric design and delivery of digital public services in Europe*, Directorate General Information Society and Media, Brussels.
- Grönlund, Å. (2011). Connecting eGovernment to real government - The failure of the UN eParticipation index, *Lecture Notes in Computer Science*, 6846, 26-37.
- Grönlund, Å., Flygare, A.M. (2011). The effect of eGovernment on corruption: measuring robustness of indexes ,electronic government and the information systems perspective. In: *Lecture notes in computer science*, 6866, 235- 248.
- Heeks, R., Bailur, S. (2007). Analyzing e-government research: Perspectives, philosophies, theories, methods, and practice, *Government Information Quarterly*, 24, 243-265.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris.
- Siskos, E., Askounis, D., Psarras, J. (2014), Multicriteria decision support for global e-government evaluation, *Omega*, 46, pp. 51-63.
- United Nations, (2012). *E-government survey 2012, E-government for the people*, New York.
- United Nations, (2014). *E-government survey 2014, E-government for the future we want*, New York.
- ΘΑΛΗΣ, (2013). Τεχνική έκθεση - Βιβλιογραφική ανασκόπηση προσεγγίσεων ευστάθειας σε αναλυτικές συνθετικές διαδικασίες.
- ΘΑΛΗΣ, (2013). Τεχνική έκθεση - Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες.
- 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&pcode=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
- Nations, U. (2014). E-government survey 2014.
- 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 Πολυκριτηριακής 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/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μια Πολυκριτηριακή Προσέγγιση Αξιολόγησης της η-Διακυβέρνησης

3.1 Στόχος κεφαλαίου

Στόχος του Κεφαλαίου αυτού είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πολυκριτηριακού μεθοδολογικού πλαισίου για την αξιολόγηση της η-διακυβέρνησης ευρωπαϊκών χωρών με συγκρίσιμα αποτελέσματα, με απώτερο σκοπό την κατάταξη τους σε μορφή benchmark.

Στην επόμενη παράγραφο (§ 3.2) αναπτύσσεται το γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο, μέσω της εφαρμογής του οποίου ένας αναλυτής αποκτά τη δυνατότητα να κατασκευάσει το πολυκριτηριακό μοντέλο αξιολόγησης για λογαριασμό ενός συγκεκριμένου αποφασίζοντος. Στην παράγραφο 3.3 παρουσιάζεται αναλυτικά το πολυκριτηριακό μοντέλο αξιολόγησης μιας χώρας, ενώ στην παράγραφο 3.4 παρέχονται οι κλίμακες αξιολόγησης για τα κριτήρια βάσει αυτού του μοντέλου, καθώς και τα δεδομένα για τις 22 χώρες υπό αξιολόγηση.

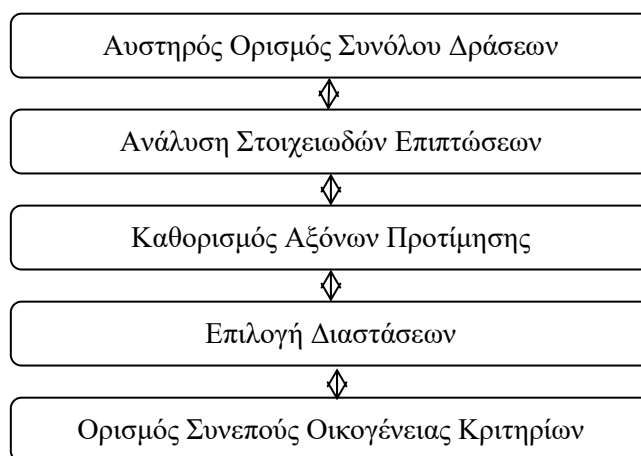
3.2 Θεωρία κατασκευής πολυκριτηριακού συστήματος αξιολόγησης

Διαδικασία μοντελοποίησης κριτηρίων

Κατά τον καθηγητή Bernard Roy, σε ένα πρόβλημα υποστήριξης αποφάσεων διακυβεύεται ένα **σύνολο δράσεων** (π.χ. Ευρωπαϊκές χώρες) $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots\}$, από το οποίο ένας **αποφασίζων** (decision maker) επιθυμεί: (1) να επιλέξει μία και μόνη δράση (**προβληματική α της επιλογής**, choice), (2) να ταξινομήσει τις δράσεις σε κατηγορίες προτιμησιακά διατεταγμένες (**προβληματική β της ταξινόμησης**, sorting), (3) να κατατάξει τις δράσεις από την καλύτερη έως την χειρότερη (**προβληματική γ της κατάταξης**, ranking), ή (4) να περιγράψει τις δράσεις μέσω της αξιολόγησης τους σε ένα σύνολο κριτηρίων (**προβληματική δ της περιγραφής**, description).

Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη **πολυκριτηριακή μεθοδολογία μοντελοποίησης** (κατασκευή μοντέλου), κάθε δράση (π.χ. χώρα προς αξιολόγηση) του συνόλου A εκπέμπει ένα «**νέφος στοιχειωδών επιπτώσεων**» (cloud of elementary consequences) το οποίο περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες, τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα, κλπ. μέσω των οποίων είναι δυνατή η αξιολόγηση της δράσης από τον αποφασίζοντα. Ο ρόλος του **αναλυτή-μοντελοποιού** συνίσταται στην διασαφήνιση των επιπτώσεων των διαφόρων δράσεων και εν συνεχεία, στην επινόηση και μοντελοποίηση των κριτηρίων βάσει των οποίων θα παρθεί η απόφαση. Αποτέλεσμα

της διαδικασίας αυτής είναι η κατασκευή ενός συστήματος κριτηρίων που ονομάζεται «**συνεπής οικογένεια κριτηρίων**» (consistent family of criteria).



Σχήμα 3.1: Διαδικασία κατασκευής μιας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων

Ο Roy (1985) προτείνει μια μεθοδολογική προσέγγιση η οποία περιγράφεται στο Σχήμα 3.1 (βλ. επίσης Roy & Bouyssou, 1991, Σίσκος, 2008). Πρόκειται για διαδικασία ενεργειών του αναλυτή του προβλήματος, η οποία αρχίζει από την ανάλυση των στοιχειωδών επιπτώσεων των δράσεων και καταλήγει στην οριστικοποίηση της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων.

Για να γίνει αντιληπτό πως λειτουργεί η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητο να δοθούν οι παρακάτω ορισμοί:

Στοιχειώδης επίπτωση (elementary consequence) μιας δράσης a ονομάζεται κάθε ιδιότητα ή χαρακτηριστικό που σχετίζεται με τη δράση a και πληροί τις εξής δύο ιδιότητες:

- είναι επαρκώς καθορισμένη ως προς το περιεχόμενο της ώστε οι εμπλεκόμενοι στη διαδικασία της απόφασης να αντιλαμβάνονται τη σημασία της,
- επιτρέπει την περιγραφή κάποιου συγκεκριμένου αποτελέσματος το οποίο σχετίζεται με την επιλογή της δράσης a .

Νέφος στοιχειωδών επιπτώσεων μιας δράσης $v(a)$ (cloud of elementary consequences) είναι το σύνολο των στοιχειωδών επιπτώσεων μιας δράσης $a \in A$.

Νέφος στοιχειωδών επιπτώσεων συνόλου A , $v(A)$ είναι το σύνολο-ένωση όλων των στοιχειωδών επιπτώσεων των δράσεων του συνόλου A :

$$(A) = \bigcup_{a \in A} v(a) \quad (3.1)$$

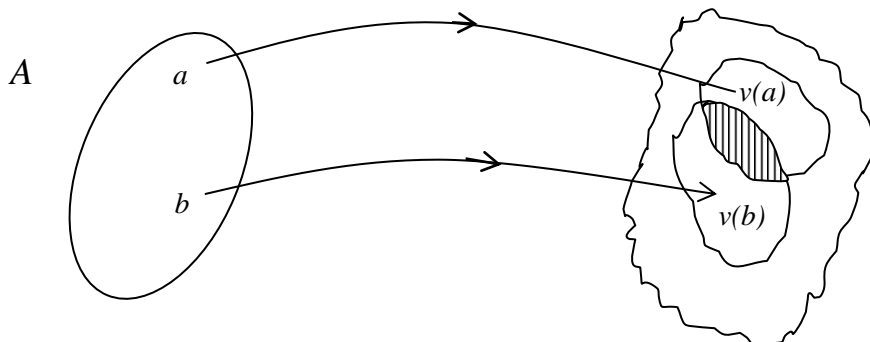
Άξονας προτίμησης (point of view) είναι το σύνολο των στοιχειωδών επιπτώσεων που αναφέρονται στον ίδιο στόχο ή την ίδια οπτική γωνία μέσω των οποίων θα αξιολογηθούν και συγκριθούν οι δράσεις. Ένας άξονας προτίμησης χαρακτηρίζεται λεκτικά από μια φράση ή κάποιες λέξεις-κλειδιά.

Κλίμακα προτίμησης (preference scale) είναι ένα σύνολο καταστάσεων ή στοιχείων, τα οποία ονομάζονται βαθμίδες της κλίμακας και ορίζουν μια διάταξη (preference order) ως προς τις προτιμήσεις ενός εμπλεκόμενου στην διαδικασία της απόφασης. Διακρίνουμε κυρίως δύο τύπους κλίμακας:

- **Κλίμακα ποσοτική ή μετρική** (measurable scale): Πρόκειται για ένα διάστημα της πραγματικής ευθείας διατεταγμένο ως προς τις προτιμήσεις, με το αριστερό του άκρο να είναι το χειρότερο και το δεξιό του το καλύτερο ως προς τις προτιμήσεις. Βασική ιδιότητα μιας ποσοτικής κλίμακας είναι ότι επιτρέπει τη σύγκριση διαστημάτων στο εσωτερικό της κλίμακας. Παραδείγματα κλίμακας μέτρου είναι μια ποσοστιαία κλίμακα απόδοσης (μετοχών, ομολόγων, κλπ.), μια κλίμακα αρνητικού κόστους, κλπ.
- **Κλίμακα διάταξης** (ordinal scale): Πρόκειται για ένα σύνολο διακεκριμένων καταστάσεων (π.χ. κακός, μέτριος, καλός, πολύ καλός, άριστος) οι οποίες είναι προτιμησιακά διατεταγμένες από τη χειρότερη έως την καλύτερη. Μια κλίμακα διάταξης δεν επιτρέπει τη σύγκριση διαστημάτων στο εσωτερικό της. Για παράδειγμα, η κλίμακα (κακός - άριστος) δεν δίνει πληροφορίες σύγκρισης μεταξύ των διαστημάτων (κακός - μέτριος) και (μέτριος - καλός).

Διάσταση (dimension) είναι μια στοιχειώδης επίπτωση τέτοια ώστε το σύνολο των καταστάσεων που αυτή υπαγορεύει ορίζει μια κλίμακα προτίμησης.

Ας επιστρέψουμε όμως στη μεθοδολογία του σχήματος 3.1. Μετά τον καθορισμό του συνόλου των δράσεων, ο αναλυτής καταγράφει όλες τις στοιχειώδεις επιπτώσεις των δράσεων, της μιας μετά την άλλη, πολλές από τις οποίες είναι κοινές (βλ. σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2: Ανάλυση των στοιχειωδών επιπτώσεων των δράσεων.

Στη συνέχεια, ο αναλυτής κατηγοριοποιεί τις επιπτώσεις (οικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές, τεχνολογικές, γεωπολιτικές, κ.α.), καθορίζοντας έτσι τους άξονες προτίμησης που ορίστηκαν παραπάνω. Για παράδειγμα, άξονες προτίμησης για τον ταξιδιώτη που θέλει να επιλέξει μεταφορικό μέσο για τις καθημερινές μετακινήσεις του μέσα στην πόλη αποτελούν: τα οικονομικά της μετακίνησης, η αξιοπιστία των δρομολογίων, η άνεση, κλπ. Επόμενο βήμα αποτελεί η επιλογή κλιμάκων προτίμησης, η οποία δίνει υπόσταση στις διαστάσεις στο πλαίσιο κάθε άξονα προτίμησης. Τέλος, τα κριτήρια κατασκευάζονται είτε με ταύτιση τους με διαστάσεις, είτε με διάσπαση διαστάσεων, είτε με σύμπτυξη διαστάσεων με τη βοήθεια μαθηματικών ή μη μαθηματικών σχέσεων. Σε κάθε περίπτωση πάντως, ένα κριτήριο ορίζεται μέσω μιας κλίμακας προτίμησης.

Αυστηρός ορισμός κριτηρίου

Στη μαθηματική γλώσσα, ένα **κριτήριο** (criterion) μοντελοποιείται από μια πραγματική συνάρτηση:

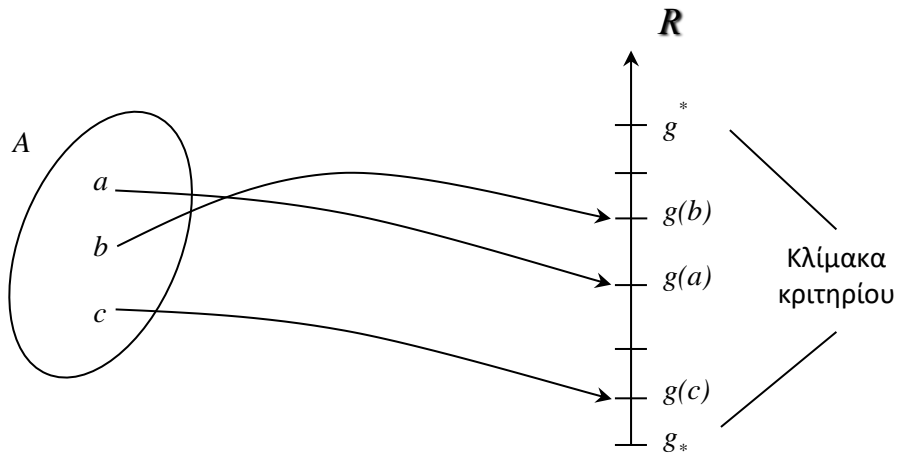
$$g: A \rightarrow R/a \rightarrow g(a) \quad (3.2)$$

όπου $g(a)$ είναι ένας πραγματικός αριθμός που δηλώνει την **τιμή** ή την **αξιολόγηση** (evaluation) της δράσης $a \in A$ πάνω στο κριτήριο g . Η συνάρτηση αυτή οφείλει να πληρεί την **ιδιότητα της συνέπειας ή μονοτονίας** (cohesiveness). Εάν δηλαδή a και b είναι δύο δράσεις του συνόλου A , ισχύει:

$$g(a) > g(b) \Rightarrow aSb \quad (3.3)$$

όπου aSb σημαίνει «η δράση a υπερέχει της δράσης b ». Η **σχέση της υπεροχής S** (outranking relation) είναι σύνθετη και εμπεριέχει, χωρίς σαφή διάκριση τις σχέσεις της **αδιαφορίας** (indifference), της **ασθενούς προτίμησης** (weak preference) και της **ισχυρής προτίμησης** (strict preference). Κατά συνέπεια, aSb σημαίνει ότι, για έναν αποφασίζοντα « a αδιάφορη της b » ή « a προτιμάται ασθενώς της b » ή « a προτιμάται ισχυρώς της b ».

Από τον παραπάνω ορισμό, γίνεται σαφές ότι οι προτιμήσεις ενός αποφασίζοντος ως προς ένα κριτήριο αυξάνονται όσο αυξάνεται η τιμή του κριτηρίου. Στο σχήμα 3.3, κατά τον ορισμό (3.3), έχουμε τις σχέσεις: bSa , aSc και προφανώς bSc .



Σχήμα 3.3: Προτιμήσεις αυξανόμενες με τις τιμές ενός κριτηρίου g

Η σχέση της υπεροχής aSb εξειδικεύεται στη σχέση της αδιαφορίας, της ασθενούς προτίμησης ή της ισχυρής προτίμησης, ανάλογα με το μέγεθος της θετικής διαφοράς $g(a) - g(b)$ σε σύγκριση με τα κατώφλια τιμών (thresholds) που έχει ορίσει ο αποφασίζων για να ελέγξει τις μικρές διαφορές.

Προκειμένου να ισχύσει ο ορισμός (3.3) παραπάνω για κριτήρια με αρνητική φορά προτιμήσεων (κριτήρια κόστους, ρίσκου, βλαβερών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κλπ.), η φορά του κριτηρίου αντιστρέφεται αλλάζοντας το πρόσημο της αξιολόγησης (π.χ. αρνητικό κόστος). Στην περίπτωση ποιοτικού κριτηρίου (κριτηρίου διάταξης), οι βαθμίδες της κλίμακας διάταξης βαθμολογούνται συμβατικά (αυθαίρετα), π.χ. 1, 2, 3, ... χωρίς όμως να υπονοείται κάποια σύγκριση των διαστημάτων στο εσωτερικό της κλίμακας, π.χ. 5: άριστο, 4: πολύ καλό, 3: καλό, 2: μέτριο, 1: κακό.

Συνεπής οικογένεια κριτηρίων

Ένα σύστημα αξιολόγησης των δράσεων του προβλήματος μοντελοποιείται μέσω μιας **συνεπούς οικογένειας κριτηρίων** (consistent family of criteria) $F = \{g_1, g_1, \dots, g_n\}$, η οποία περιλαμβάνει n κριτήρια που οφείλουν να πληρούν τρεις θεμελιώδεις συνθήκες:

1) **Συνέπεια ή μονοτονία** (cohesiveness) \forall κριτήριο g_j :

Εάν για ένα ζεύγος δράσεων (a, b) ισχύει: $g_i(a) = g_i(b)$

$\forall i \neq j$ και $g_j(a) > g_j(b)$, τότε η δράση a υπερέχει της b (aSb) (3.4)

2) **Επάρκεια** (exhaustiveness)

Εάν για ένα ζεύγος δράσεων (a, b) ισχύει: $g_i(a) = g_i(b) \forall i = 1, 2, \dots, n$, τούτο συνεπάγεται ότι η δράση a είναι αδιάφορη της b , δηλαδή δεν απουσιάζει κανένα κριτήριο απόφασης από το σύνολο των n κριτηρίων.

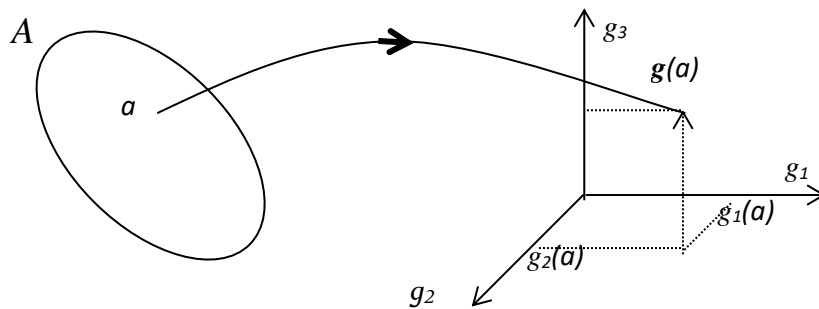
3) Μη πλεονασμός (non redundancy)

Η διαγραφή ενός κριτηρίου g_i από το σύνολο των κριτηρίων είναι ικανή να αναιρέσει μια από τις προηγούμενες δύο συνθήκες για κάποια ζεύγη δράσεων.

Η συνθήκη της επάρκειας επιδέχεται ένα επιπλέον σχόλιο. Εάν υποθέσουμε ότι ο αποφασίζων κρίνει ότι, παρά το γεγονός ότι δυο δράσεις έχουν τις ίδιες τιμές στα κριτήρια, παρά ταύτα η πρώτη προτιμάται από την δεύτερη, τούτο σημαίνει ότι απουσιάζει κριτήριο στο οποίο η πρώτη υπερέχει της δεύτερης. Άρα η οικογένεια κριτηρίων δεν είναι επαρκής. Παρόμοιοι συλλογισμοί μπορούν να αιτιολογήσουν και τη συνθήκη του μη πλεονασμού. Εάν διαγραφεί κάποιο κριτήριο χωρίς αυτό να μετατρέψει τη δομή των προτιμήσεων του αποφασίζοντος για διάφορα ζεύγη δράσεων, τούτο σημαίνει ότι το συγκεκριμένο κριτήριο είναι πλεοναστικό. Γενικότερα πάντως, μια συνεπής οικογένεια κριτηρίων πρέπει να περιλαμβάνει όσα κριτήρια χρειάζονται για την αξιολόγηση-κρίση των δράσεων και να μην περιέχει κριτήρια που πλεονάζουν. Για τον λόγο αυτόν, ο αναλυτής, προκειμένου να είναι βέβαιος για την ισχύ των δύο τελευταίων συνθηκών, μπορεί να δρομολογήσει έναν διάλογο με τον αποφασίζοντα, βάσει πρωτοκόλλου επικοινωνίας, προσθέτοντας ή αφαιρώντας κριτήρια κατά τη σύγκριση εικονικών δράσεων όπου οι τιμές των κριτηρίων ποικίλλουν.

Ομοίως, στο πλαίσιο της θεωρίας πολυκριτηριακής χρησιμότητας (MAUT), χρησιμοποιείται μια ιεραρχική δομή για να μοντελοποιηθούν στόχοι, χαρακτηριστικά (επίτευξη στόχων) και αξίες (Hurson & Siskos, 2014). Οι Keeney, Raiffa, & Rajala (1979), προτείνουν το σύνολο των κριτηρίων, όπως 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 είναι ουσιαστική, ελέγξιμη, πλήρης, μετρήσιμη, επιχειρησιακή, αποσυνθέσιμη, μη-πλεονασματική και συνοπτική.

Μια συνεπής οικογένεια κριτηρίων απεικονίζει το σύνολο των δράσεων A μέσα στον n -διάστατο πραγματικό χώρο R^n , όπως αυτό φαίνεται και στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4: Πολυκριτήρια απεικόνιση του συνόλου A στον χώρο R^n

Τέλος, με $g(a) = [g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a)]$ συμβολίζουμε το διάνυσμα-γραμμή των τιμών της δράσης $a \in A$ πάνω στα n κριτήρια, το οποίο και ονομάζουμε **πολυκριτηριακή αξιολόγηση** (multicriteria evaluation) της δράσης a .

Τυπολογία Κριτηρίων

Στο πλαίσιο των παραπάνω ορισμών, οι σημαντικότεροι τύποι κριτηρίων που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη αποφάσεων είναι τέσσερις (Σίσκος, 2008):

- **Κριτήρια ποσοτικά ή μετρικά** (measurable criteria): Πρόκειται για κριτήρια των οποίων η κλίμακα προτίμησης είναι μία κλίμακα μέτρου. Ένα μετρικό κριτήριο επιτρέπει τη σύγκριση διαστημάτων στο εσωτερικό της κλίμακας. Βεβαίως, όταν ο αποφασίζων έχει ορίσει κατώφλια αδιαφορίας και/ή προτίμησης για την κλίμακα τιμών ενός κριτηρίου, το κριτήριο αυτό μπορεί να είναι ένα **ημικριτήριο, προκριτήριο ή ψευδοκριτήριο**.
- **Κριτήρια ποιοτικά ή διάταξης** (ordinal criteria): Είναι κριτήρια των οποίων η κλίμακα προτίμησης είναι μία κλίμακα διάταξης. Φυσικά ένα κριτήριο διάταξης ορίζει μόνο μια **προδιάταξη** (weak order), δηλαδή **διάταξη** (order) με ισοδυναμίες δράσεων. Σε μερικές όμως περιπτώσεις ένα κριτήριο διάταξης μπορεί να συνοδεύεται από την ύπαρξη κατωφλίων προτίμησης, όπως και στην περίπτωση ενός κριτηρίου μέτρου.
- **Κριτήρια πιθανοτικά** (stochastic criteria): Πρόκειται για κριτήρια, στα οποία η αξιολόγηση μιας δράσης είναι κατά πιθανότητα γνωστή πάνω στην κλίμακα του κριτηρίου. Εάν $[g_*, g^*]$ είναι η κλίμακα του κριτηρίου g , η τιμή της δράσης a ορίζεται μέσω μιας συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας δ^a , για την οποία ισχύει:

$$\sum_j \delta^a(g^j) = 1$$

(διακριτή κλίμακα) (3.5)

$$\int_{g^*}^{g^*} \delta^a(g) dg = 1$$

(συνεχής κλίμακα) (3.6)

- **Κριτήρια ασαφή** (fuzzy criteria): Πρόκειται για κριτήρια στα οποία η αξιολόγηση μιας δράσης είναι ένα διάστημα της κλίμακας του κριτηρίου, όπου έχει οριστεί μία **συνάρτηση δυνατότητας** (possibility function) η οποία δείχνει πόσο δυνατή είναι μία τιμή του κριτηρίου και μεταβάλλεται μεταξύ 0 και 1 (βαθμός δυνατότητας). Γενικά, μία συνάρτηση δυνατότητας στη θεωρία των **ασαφών συνόλων** (fuzzy criteria) δεν υπόκειται σε στατιστικούς νόμους.

3.3 Μοντελοποίηση κριτηρίων αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης

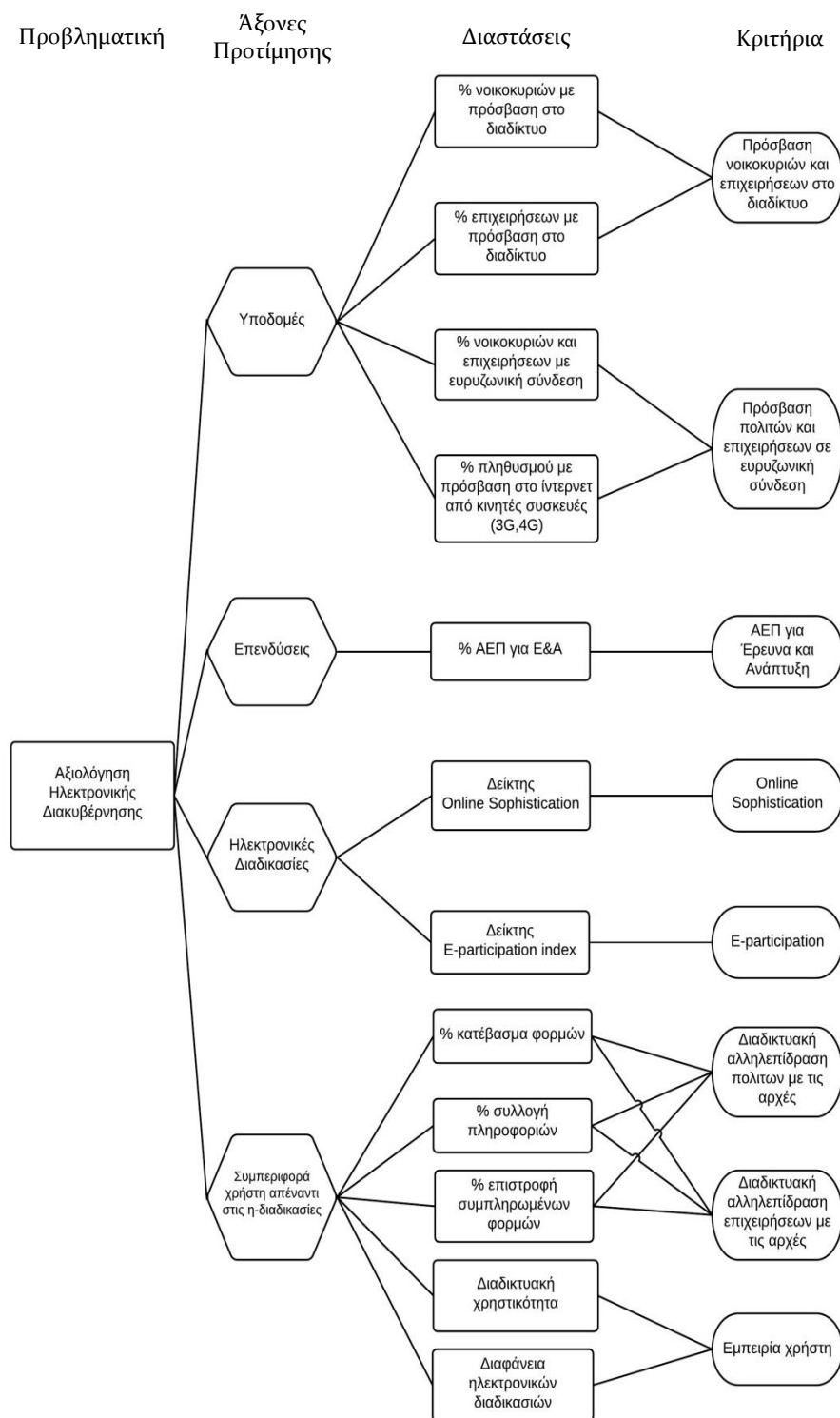
Η υποβόσκουσα πρόκληση αναφορικά με το σχεδιασμό της μεθοδολογίας της έρευνας, έγκειται στο γεγονός ότι η η-διακυβέρνηση αποτελεί ένα δυναμικό και διαρκώς μεταβαλλόμενο αντικείμενο, το οποίο βρίσκεται σε φάση συνεχούς ανάπτυξης. Με την πάροδο του χρόνου και την εισαγωγή νέων προτύπων η-διακυβέρνησης, η διαφοροποίηση των δεικτών αξιολόγησης καθώς και η εισαγωγή νέων καθίστανται αναγκαίες. Ωστόσο, με τον τρόπο αυτό διακυβεύεται η διαχρονική ομοιογένεια των αποτελεσμάτων, καθώς και η συγκρισιμότητα τους με εκείνα προηγούμενων ερευνών. Άλλωστε, ένας από τους βασικούς στόχους της έρευνας αυτής είναι η διαχρονική μελέτη της απόδοσης ενός κράτους, οπότε οι συχνές αλλαγές στο σύστημα αξιολόγησης θα υποβάθμιζαν αυτή τη δυνατότητα. Η επίτευξη του στόχου αυτού εξασφαλίζεται μέσω της διάρθρωσης του προβλήματος αξιολόγησης σε κεντρικούς άξονες προτίμησης και της δυνατότητας τροποποίησης του τρόπου βαθμολόγησης των δεικτών.

Επίσης, σε συνάφεια με την πλειοψηφία των πολυκριτηριακών αξιολογήσεων, εισάγεται η έννοια των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων, καθώς η ισοβαρής συμμετοχή όλων των κριτηρίων στα τελικά αποτελέσματα δε μπορεί να θεωρηθεί ορθολογική και επαρκής διαδικασία. Επιπλέον, η επιλογή των εναλλακτικών χωρών γίνεται με κριτήριο αφενός την ύπαρξη επαρκών στοιχείων για την αξιολόγηση τους και αφετέρου τη

γεωπολιτική τους ομοιογένεια (γεωγραφική εγγύτητα, μη απολυταρχικά καθεστώτα, κλπ.).

Η γεωπολιτική ομοιογένεια των χωρών υπό αξιολόγηση είναι απαραίτητο στοιχείο, καθώς, σύμφωνα με τον Grönlund (2011), διεθνείς αξιολογήσεις, όπως ο δείκτης του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών που κατατάσσει όλες τις χώρες του πλανήτη, αποτυγχάνουν να εκτιμήσουν σωστά την ηλεκτρονική συμμετοχή, που αποτελεί κύρια έκφανση της η-διακυβέρνησης και συνδέεται άμεσα με τη δημοκρατία. Αυτό συμβαίνει καθώς τέτοιοι δείκτες κατατάσσουν υψηλά χώρες με ιδιαίτερα αυταρχικά καθεστώτα, οι οποίες απλά παρουσιάζουν κάποια επιφανειακά χαρακτηριστικά η-διακυβέρνησης στις κυβερνητικές τους ιστοσελίδες, τα οποία σε καμία περίπτωση δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν ουσιαστικά στην πράξη από τους πολίτες.

Έτσι, στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής περιλαμβάνονται και αξιολογούνται 22 Ευρωπαϊκές χώρες, όλες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτός της Νορβηγίας. Το πρόβλημα της αξιολόγησης της διεθνούς η-διακυβέρνησης διαρθρώνεται σε τέσσερις βασικούς άξονες προτίμησης, από τους οποίους απορρέουν βασικές συνιστώσες (διαστάσεις του προβλήματος). Κατόπιν, οι διαστάσεις που παρουσιάζουν θεματική συνάφεια ομαδοποιούνται σε κριτήρια αξιολόγησης, σύμφωνα με το κλασικό μοντέλο κατασκευής μιας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Μέσω της διαδικασίας αυτής προκύπτουν τα 8 κριτήρια αξιολόγησης που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.5 (βλ. Siskos et al., 2014 για περισσότερες λεπτομέρειες).



Σχήμα 3.5: Σύστημα αξιολόγησης η-διακυβέρνησης

Σύμφωνα λοιπόν με την ανάλυση του Σχήματος 3.5, η αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης διαρθρώνεται σε 4 άξονες προτίμησης (points of view):

- Υποδομές
- Επενδύσεις

- Ηλεκτρονικές διαδικασίες
- Συμπεριφορά χρήστη απέναντι στις ηλεκτρονικές διαδικασίες

Οι διαστάσεις που απορρέουν από τους τέσσερις άξονες συναθροίζονται στη συνέχεια, σε 15 διαστάσεις για να διαμορφωθεί το τελικό μοντέλο των οκτώ κριτηρίων που αναλύεται παρακάτω. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα πρωταρχικά δεδομένα έχουν συλλεγεί από αξιόπιστους και αναγνωρισμένους οργανισμούς, όπως για παράδειγμα η Ευρωπαϊκή Στατιστική Αρχή Eurostat και μελέτες-εκθέσεις δημοσιευμένες από παγκόσμιους οργανισμούς, όπως ο ΟΗΕ και το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (ΔΝΤ). Όπως υπογραμμίστηκε παραπάνω, δεν υπάρχει συγκεκριμένη προτυποποιημένη διαδικασία για την αξιολόγηση της η-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 εμπειρογνώμονα.

Στις παρακάτω υποπαραγράφους περιγράφονται πιο αναλυτικά τα οκτώ κριτήρια και οι δεκαπέντε διαστάσεις που απαρτίζουν τη συνεπή οικογένεια κριτηρίων του Σχήματος 3.5.

3.3.1 Κριτήριο g_1 – 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). Οι τελικοί αριθμοί προκύπτουν υπολογίζοντας τους ομαλούς μέσους όρους για τις επιχειρήσεις και τα νοικοκυριά, με πρόσβαση στο διαδίκτυο, κάθε χώρας.

3.3.2 Κριτήριο g_2 – Ευρυζωνική πρόσβαση και πρόσβαση από κινητό

Εκφράζει το ποσοστό του πληθυσμού που διαθέτει ευρυζωνική πρόσβαση στο διαδίκτυο, συμπεριλαμβάνοντας 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 σχηματίσει τον παράγοντα K (βλ. Σχήμα 3.6). Τα στοιχεία προκύπτουν από το εργαλείο “Ψηφιακή Ατζέντα” (“Digital Agenda”) της Eurostat και αφορούν τα έτη 2012,2013,2014 (Eurostat, 2012-2013-2014).



Σχήμα 3.6: «Στοιχειώδεις επιπτώσεις» κριτηρίου g_2 «ευρυζωνική πρόσβαση και πρόσβαση από κινητό»

3.3.3 Κριτήριο g_3 – 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 στην εξέλιξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών. Στην περίπτωση της παρούσας έρευνας, το κριτήριο αποτυπώνει εμμέσως τα κεφάλαια που προορίζονται για την εξέλιξη νέων μέσων και εργαλείων η-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 από 4% θεωρείται ως βέλτιστη για το συγκεκριμένο κριτήριο.

3.3.4 Κριτήριο g_4 – Online Sophistication

Το κριτήριο μετρά τον βαθμό στον 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 ή 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_5). Τα στοιχεία προέκυψαν από μια μελέτη που εκπονήθηκε για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Συνόδου και δημοσιεύτηκε τον Μάιο του 2014 (European Commission, 2014).

3.3.5 Κριτήριο g_5 – Συμμετοχή σε ηλεκτρονικές διαδικασίες (e-Participation)

Το κριτήριο αυτό εστιάζει στη χρήση των διαδικτυακών υπηρεσιών για: (i) την διευκόλυνση της παροχής υπηρεσιών από τις κυβερνήσεις στους πολίτες, (ii) την αλληλεπίδραση των ενδιαφερόμενων μερών και (iii) τη συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων. Αντικατοπτρίζει τις παροχές της κυβέρνησης κάθε χώρας που ενθαρρύνουν 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). Παρ' όλα αυτά, μετά από διάλογο με τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων, ο συγκεκριμένος δείκτης ηλεκτρονικής συμμετοχής επιλέχθηκε στη διαδικασία αξιολόγησης. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι χώρες που επιλέχθηκαν για αξιολόγηση, στο πλαίσιο της Διατριβής, είναι μέλη της Ε.Ε. και παρεμφερείς, όσον αφορά, το είδος πολιτικού τους συστήματος και τις κυβερνητικές δομές τους (βλ. Grönlund, 2011, για την κριτική που έχει ασκήσει ο συγγραφέας στο δείκτη e-participation, σχετικά με την ανομοιογένεια που παρουσιάζεται όταν αξιολογούνται χώρες με ετερογενή πολιτικά συστήματα, π.χ. δημοκρατικές χώρες με δικτατορικά καθεστώτα).

3.3.6 Κριτήριο g_6 – Αλληλεπίδραση πολιτών με τις αρχές

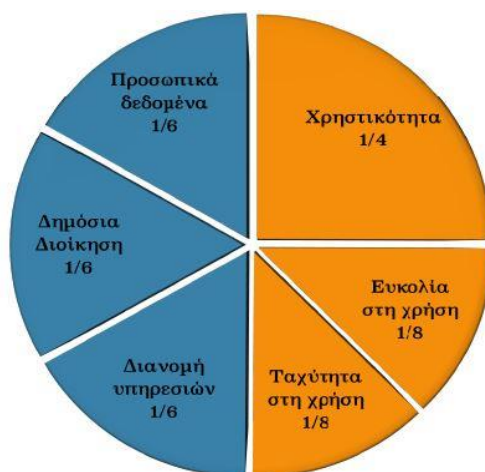
Το κριτήριο παρουσιάζει το ποσοστό των πολιτών που χρησιμοποιούν ήδη το διαδίκτυο για να αλληλεπιδράσουν με τις αρχές. Το κριτήριο προκύπτει από την ισόποση συνεισφορά τριών μεγεθών-διαστάσεων που αποτυπώνουν την παραπάνω διάδραση: (i) ποσοστό πολιτών που συλλέγουν πληροφορίες ηλεκτρονικά από ιστοσελίδες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

3.3.7 Κριτήριο g_7 – Αλληλεπίδραση 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 κυβέρνησης, (ii) ποσοστό επιχειρήσεων που κατεβάζει φόρμες από τις συγκεκριμένες ιστοσελίδες, (iii) ποσοστό επιχειρήσεων που υποβάλλουν συμπληρωμένες φόρμες στις ιστοσελίδες. Τα στοιχεία αντλήθηκαν από την Eurostat και αφορούν το έτος 2013 (Eurostat, 2013).

3.3.8 Κριτήριο g_8 – Εμπειρία χρήστη (User's Experience)

Αναφέρεται στην εμπειρία που απολαμβάνει ο χρήστης κατά την χρήση εργαλείων η-διακυβέρνησης. Το κριτήριο αποτελείται κατά 2/3 από στοιχεία που αφορούν στην χρηστικότητα των εργαλείων (παράγοντας X) και κατά 1/3 από στοιχεία που αφορούν την διαφάνεια των παρεχόμενων υπηρεσιών (παράγοντας Δ). Ο παράγοντας X σχηματίζεται από τρεις επιμέρους διαστάσεις με βάρη που αφορούν τη 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 (βλ. Σχήμα 3.7). Το κριτήριο αυτό, σε αντιδιαστολή με το κριτήριο g_5 , εστιάζει στην πλευρά του χρήστη και αποτελεί ουσιαστικά ένα μέτρο ικανοποίησης του πολίτη κατά τη χρήση των παρεχόμενων διαδικτυακών υπηρεσιών από την κυβέρνηση. Για το λόγο αυτό, στο κριτήριο συμπεριλαμβάνεται, εκτός από τον παράγοντα X 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 3.7: «Στοιχειώδεις επιπτώσεις» κριτηρίου g_8 «εμπειρία χρήστη»

3.4 Αξιολόγηση ευρωπαϊκών χωρών

Στον Πίνακα 3.1 συνοψίζεται η οικογένεια των οκτώ κριτηρίων και δίνονται οι κλίμακες αξιολόγησης, όπως ορίστηκαν σε συνεννόηση με τον αποφασίζοντα, καθώς και οι πηγές εξόρυξης των δεδομένων.

Πίνακας 3.1: Πίνακας κριτηρίων και κλίμακες αξιολόγησης

Κριτήριο	Μονάδα μέτρησης	Χειρότερο επίπεδο	Βέλτιστο επίπεδο	Πηγή δεδομένων
g_1	% πληθυσμού	0	100	Eurostat
g_2	% πληθυσμού	0	100	Eurostat
g_3	% ΑΕΠ	0	4	Eurostat
g_4	% δείκτης	0	100	Ευρωπαϊκή Επιτροπή
g_5	δείκτης [0,1]	0	1	Οργανισμός Ην. Εθνών
g_6	% πολίτες	0	100	Eurostat
g_7	% επιχειρήσεις	0	100	Eurostat
g_8	% δείκτης	0	100	Ευρωπαϊκή Επιτροπή

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι αξιολογήσεις των 22 ευρωπαϊκών χωρών στα 8 κριτήρια, σύμφωνα με το πολυκριτηριακό μοντέλο της προηγούμενης παραγράφου. Τα

επιμέρους δεδομένα των χωρών, σε επίπεδο διαστάσεων αξιολόγησης, δίνονται στο Παράρτημα του Κεφαλαίου.

Η συνολική αξιολόγηση των χωρών και η κατάταξη τους υλοποιείται στο Κεφάλαιο 6, μέσω ενός μοντέλου προσθετικής αξίας και τη χρήση της αναλυτικής πολυκριτηριακής μεθόδου UTASTAR, και στο Κεφάλαιο 7, μέσω της συνέργειας των πολυκριτηριακών μεθόδων PROMETHEE II και Simos. Η προτεινόμενη αξιολόγηση χαρακτηρίζεται από τον έλεγχο της ευστάθειας των προτιμησιακών παραμέτρων του αποφασίζοντος που διέπουν το μοντέλο αξιολόγησης, και των εξαγομένων αποτελεσμάτων (ευσταθής αξιολόγηση), μέσω μια αλγοριθμικής διαδικασίας διπολικού ελέγχου της ευστάθειας που παρουσιάζει η Διατριβή στο Κεφάλαιο 5.

Πίνακας 3.2: Πολυκριτηριακή αξιολόγηση Ευρωπαϊκών χωρών στα οκτώ κριτήρια του μοντέλου

Χώρα	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8
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	0.70	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	0.80	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
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

Παράρτημα Κεφαλαίου

Δεδομένα κριτηρίων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα επιμέρους δεδομένα, σε επίπεδο διαστάσεων, που συλλέχθηκαν για τις 22 ευρωπαϊκές χώρες και αφορούν στα οκτώ κριτήρια του συστήματος αξιολόγησης. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα δεδομένα για τα κριτήρια που απαρτίζονται από πάνω από μία διάσταση (βλ. σύστημα αξιολόγησης η-διακυβέρνησης – σχήμα 3.5)

Πίνακας 3.2: Δεδομένα κριτηρίου g_1

g_1 - Πρόσβαση στο διαδίκτυο			
Χώρα	% Νοικοκυριών	% Επιχειρήσεων	% Σύνολο
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 3.3: Δεδομένα κριτηρίου g_2 – Παράγοντας Σ

g_2 - Παράγοντας Σ: Ευρυζωνικό Ίντερνετ			
Χώρα	Σταθερές συνδέσεις		% Σύνολο
	% Νοικοκυριών	% Επιχειρήσεων	
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 3.4: Δεδομένα κριτηρίου g_2 - Παράγοντας Κ

g_2 - Παράγοντας Κ: Φορητό Ίντερνετ				
Χώρα	3G κάλυψη	4G κάλυψη	Πρόσβαση από κινητό τηλέφωνο	% Σύνολο
	% Νοικοκυριών	% Νοικοκυριών	% Επιχειρήσεων	
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 3.5: Δεδομένα κριτηρίου g_6

Χώρα	g_6 - Αλληλεπίδραση πολιτών με τις αρχές			
	Κατέβασμα φορμών	Συλλογή πληροφοριών	Επιστροφή συμπληρωμένων φορμών	% Πολίτες
	% Πολίτες			
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 3.6: Δεδομένα κριτηρίου g_7

Χώρα	g_7 - Αλληλεπίδραση επιχειρήσεων με τις αρχές			
	Κατέβασμα φορμών	Συλλογή πληροφοριών	Επιστροφή συμπληρωμένων φορμών	% Επιχειρήσεις
	% Επιχειρήσεις			
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 3.7: Δεδομένα κριτηρίου g_8

g_8 - Εμπειρία Χρήστη			
Χώρα	Χρηστικότητα	Διαφάνεια	Σύνολο
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

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Abramson, A. M., Means, E. G. (2001). *E-Government*, Price Waterhouse Coopers, Endowment for the Business of Government, Rowman & Littlefield Publishers Inc.
- Accenture (2007). Leadership in customer service: Delivering on the promise, 2007. Retrieved November 10, 2012, <http://www.accenture.com/us-en/Pages/insight-public-leadership-customer-service-delivering-promise.aspx>.
- Dawes, S. S. (2008). The evolution and continuing challenges of e-governance, *Public Administration Review*, 68, 6, 82-102.
- Economist Intelligence Unit, (2010), Digital economy rankings, Beyond e-readiness.
- European Commission, (2010). *Digitizing public services in Europe: Putting ambition into action*, 9th benchmark measurement, Directorate General Information Society and Media, Brussels.
- European Commission, (2014). *eGovernment Benchmark, Delivering on the European Advantage?*, Luxembourg, Publications Office of the European Union.
- Grönlund, Å. (2011). Connecting eGovernment to real government - The failure of the UN eParticipation index, *Lecture Notes in Computer Science*, 6846, 26-37.
- Heeks, R., Bailur, S. (2007). Analyzing e-government research: Perspectives, philosophies, theories, methods, and practice, *Government Information Quarterly*, 24, 243-265.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris.
- Roy, B., Bouyssou, D. (1991). Decision-aid: An elementary introduction with emphasis on multiple criteria, *Investigation Operativa*, 2, pp. 95-110.
- Siskos, E., Askounis, D., Psarras, J. (2014), Multicriteria decision support for global e-government evaluation, *Omega*, 46, pp. 51-63.
- United Nations, (2012). *E-government survey 2012, E-government for the people*, New York.
- United Nations, (2014). *E-government survey 2014, E-government for the future we want*, New York.
- ΘΑΛΗΣ, (2013). Τεχνική έκθεση - Βιβλιογραφική ανασκόπηση προσεγγίσεων ευστάθειας σε αναλυτικές συνθετικές διαδικασίες.
- ΘΑΛΗΣ, (2013). Τεχνική έκθεση - Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες.
- European Commission. (2012). *eGovernment Benchmark Framework 2012-2015*. -, (July 2012), pp. 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&pcode=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

Å. Grönlund. (2011) Connecting eGovernment to real government - The failure of the UN eParticipation index, Lecture Notes in Computer Science, 6846, pp. 26-37.

Hurson, C., and Siskos, Y. (2014). A synergy of multicriteria techniques to assess additive value models. *European Journal of Operational Research*, 238(2), 540-551.

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>

Nations, U. (2014). E-government survey 2014.

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.

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 Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων. Agrinio.

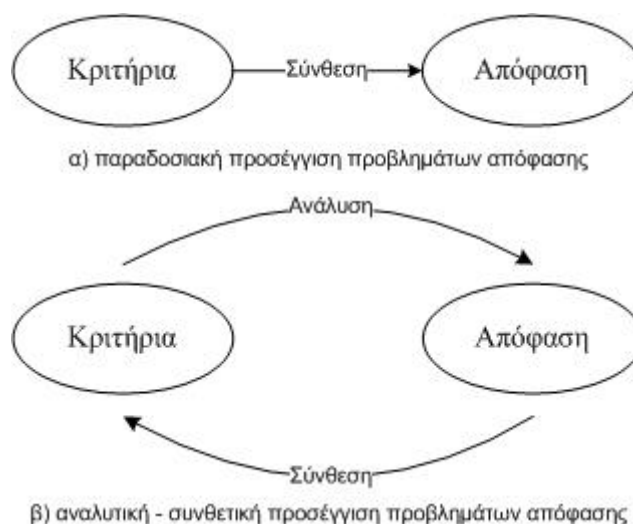
Σίσκος, Ι. (2008). Μοντέλα αποφάσεων, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Αναλυτικά Μοντέλα Υποστήριξης Αποφάσεων

4.1 Φιλοσοφία της αναλυτικής προσέγγισης

Τα μοντέλα της πολυκριτηριακής ανάλυσης, στη μεγαλύτερη πλειοψηφία τους, απεικονίζουν μια παραδοσιακή αντίληψη του εξορθολογισμού των αποφάσεων, η οποία βασίζεται στις αρχές της γραμμικότητας και της αιτιότητας, δηλαδή στη λογική ότι η απόφαση καθορίζεται από τα κριτήρια (**συνθετική προσέγγιση**, aggregation approach). Η **αναλυτική-συνθετική προσέγγιση** (aggregation-disaggregation approach), από τη δική της πλευρά, δέχεται ότι η απόφαση και τα κριτήρια επιδέχονται προοδευτική επεξεργασία αλληλοδομούμενα μέσα στο χρόνο, όπως αυτό φαίνεται στο Σχήμα 4.1 (Jacquet-Lagrèze & Siskos, 1982).

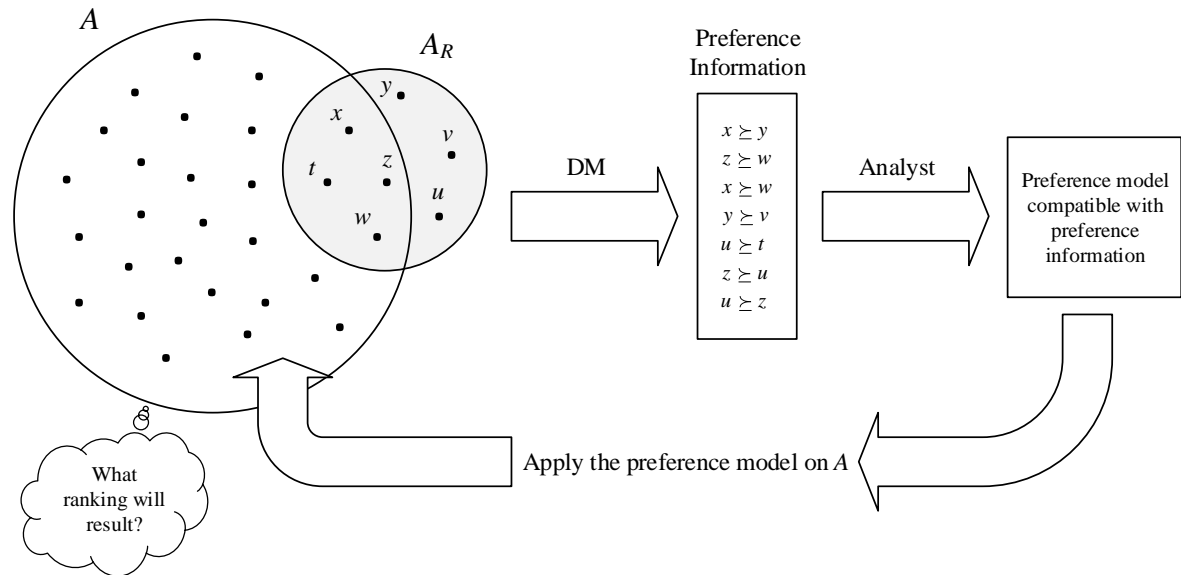


Σχήμα 4.1: (α) Παραδοσιακή προσέγγιση και (β) Αναλυτική-συνθετική προσέγγιση προβλημάτων απόφασης με πολλαπλά κριτήρια

Η αναλυτική-συνθετική ή απλά **αναλυτική προσέγγιση** (disaggregation approach) εστιάζεται στην κατασκευή ή τον συμπερασμό μοντέλων προτίμησης από προτιμησιακά δεδομένα που προέρχονται από ένα άτομο-αποφασίζοντα καθώς και στη χρήση των μοντέλων αυτών για την υποστήριξη αποφάσεων. Ουσιαστικά, στις μεθόδους της συγκεκριμένης προσέγγισης εκτιμώνται ή συμπεραίνονται οι παράμετροι εκείνες ενός μοντέλου απόφασης οι οποίες επιτρέπουν την βέλτιστη ανασύσταση μιας δεδομένης απόφασης. Σε τελική ανάλυση, πρόκειται για το γνωστό στους στατιστικολόγους **παράδειγμα της επαγωγής** (inference paradigm, Siskos et al., 2016).

Η φιλοσοφία αυτή προϋποθέτει ότι το αποτέλεσμα μιας απόφασης μπορεί, είτε να παρατηρηθεί (σε περιπτώσεις αποφάσεων με επαναληπτικό χαρακτήρα), είτε να

εκμαιευτεί από τον αποφασίζοντα μέσα από διαλογικές διαδικασίες. Βέβαια, όταν προσδιοριστεί το προτιμησιακό μοντέλο του αποφασίζοντος, ο απώτερος σκοπός είναι η **επέκταση** του (extrapolation) στο υπό μελέτη σύνολο A των δράσεων του προβλήματος (Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2: Αρχή της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης

Για την αποσαφήνιση της ολικής προτίμησης ενός αποφασίζοντος, οι Jacquet-Lagrèze & Siskos τονίζουν την αναγκαιότητα ύπαρξης ενός **συνόλου δράσεων αναφοράς A_R** (reference actions), το οποίο μπορεί να είναι:

- Ένα σύνολο προγενέστερων δράσεων (past decisions),
- Ένα υποσύνολο των πραγματικών δράσεων του προβλήματος, ιδιαίτερα όταν το A είναι αρκετά μεγάλο ($A_R \subset A$),
- Ένα σύνολο εικονικών δράσεων (fictitious actions), το οποίο μπορεί να αξιολογηθεί με ευκολία από τον αποφασίζοντα, ώστε αυτός να δηλώσει τις ολικές του προτιμήσεις.
- Ένας συνδυασμός των παραπάνω περιπτώσεων.

Σε καθεμία από τις παραπάνω περιπτώσεις, ζητείται από τον αποφασίζοντα να εξωτερικεύσει ή/και επιβεβαιώσει τις ολικές προτιμήσεις του στο σύνολο A_R , λαμβάνοντας υπ' όψη τις επιδόσεις των δράσεων αναφοράς σε όλα τα κριτήρια.

4.2 Μικρή ιστορική αναδρομή

Στο πλαίσιο της παραπάνω λογικής, έχουν εφαρμοστεί παλαιότερα τεχνικές προγραμματισμού στόχων του γραμμικού προγραμματισμού (goal programming) προκειμένου να κατασκευαστούν μοντέλα προτίμησης ή να αναπτυχθούν πολυδιάστατες γραμμικές ή μη γραμμικές αναλύσεις παλινδρόμησης (βλ. Siskos, 1983).

Μεταξύ άλλων, οι πρώτες ερευνητικές προσπάθειες περιλαμβάνουν τις εργασίες των Charnes et al. (1955) και Karst (1958), οι οποίοι εφάρμοσαν τεχνικές προγραμματισμού στόχων για να διασφαλίσουν τη συμβατότητα των μοντέλων με διαθέσιμα δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, οι Charnes et al. (1955) ανέπτυξαν ένα γραμμικό μοντέλο βέλτιστης μισθοδοσίας στελεχών, συμβατό με υπάρχοντα δεδομένα μιας επιχείρησης, στη λογική του «goal programming», ενώ ο Karst (1958) ανέπτυξε ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, στο οποίο ελαχιστοποιείται το άθροισμα των απόλυτων αποκλίσεων. Αργότερα, ο Wagner (1959) πρότεινε μια γενίκευση του μοντέλου του Karst για την περίπτωση της πολυδιάστατης γραμμικής παλινδρόμησης, ενώ ο Kelley (1958) πρότεινε ένα εναλλακτικό κριτήριο βελτιστότητας, ελαχιστοποιώντας το κριτήριο Tchebycheff (minmax criterion). Στις πιο πρόσφατες προσπάθειες συγκαταλέγονται οι εργασίες των Srinivasan and Shoker (1973), οι οποίοι πρότειναν μια προσέγγιση εκτίμησης μιας γραμμικής συνάρτησης αξίας μέσω παλινδρόμησης διάταξης (ordinal regression) πάνω σε διμερείς συγκρίσεις δράσεων αναφοράς (pairwise judgments) και η μελέτη των Freed and Glover (1981), οι οποίοι ανέπτυξαν ένα παρόμοιο μοντέλο εκτίμησης των βαρών γραμμικών συναρτήσεων αξίας στο πλαίσιο της προβληματικής ταξινόμησης των δράσεων (προβληματική β).

Η περίπτωση των ποιοτικών κριτηρίων (ordinal criteria) στην αναλυτική φιλοσοφία προσεγγίστηκε από τις εργασίες των Young et al. (1976) και Jacquet-Lagrèze and Siskos (1978), οι οποίες εστιάστηκαν στην εκτίμηση προσθετικών συναρτήσεων αξίας βέλτιστα συμβατών με την πλήρη κατάταξη δράσεων αναφοράς. Ιδιαίτερα, οι Jacquet-Lagrèze and Siskos (1978) παρουσίασαν στη Σειρά «Cahiers du LAMSADE» τη μέθοδο UTA, η οποία χρησιμοποιεί ειδικές τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού (βλ. παράγραφο 4.4), σε αντιδιαστολή με τους Young et al. (1976), όπου η βελτιστότητα της προσαρμογής του προσθετικού μοντέλου επιχειρείται μέσω τεχνικών εναλλασσόμενων ελαχίστων τετραγώνων (alternate least squares techniques). Η ερευνητική εργασία που δημοσιεύτηκε στα «Cahiers du LAMSADE» πρέπει να θεωρείται ο πρόδρομος της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης στα πολυκριτηριακά συστήματα αποφάσεων.

4.3 Το προσθετικό πολυκριτηριακό μοντέλο

Γενικές αρχές

Ένα συναρτησιακό μοντέλο χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μιας **συνάρτησης αξίας** (value function) της οποίας ο ρόλος είναι η σύνθεση των πολλαπλών κριτηρίων g_1, g_2, \dots, g_n σε ένα και μοναδικό κριτήριο. Για αυτόν ακριβώς το λόγο, αυτή η μοντελοποίηση της ολικής προτίμησης του αποφασίζοντος αποκαλείται και **μέθοδος του ολικού κριτηρίου** (method of global criterion).

Η συνάρτηση αξίας είναι μια πραγματική συνάρτηση η οποία ορίζεται στο καρτεσιανό γινόμενο των κριτηρίων και εκφράζει την ολική αξία μιας δράσης $a \in A$, ως εξής:

$$u : \prod_{i=1}^n [g_{i*}, g_i^*] \rightarrow \mathfrak{R} \quad (4.1)$$

$$g(a) \rightarrow u[g(a)]$$

όπου, g_{i*} και g_i^* , η χειρότερη και η καλύτερη τιμή του κριτηρίου g_i , αντίστοιχα και $u[g(a)]$, είναι ένας πραγματικός αριθμός που ονομάζεται ολική αξία της δράσης a .

Η συνάρτηση αξίας u έχει τις ιδιότητες του κριτηρίου. Για κάθε ζεύγος δράσεων (a, b) , πληρούνται οι εξής δυο ιδιότητες:

$$u[g(a)] > u[g(b)] \text{ } a \text{ προτιμάται της } b \text{ (} a > b \text{)} \quad (4.2)$$

$$u[g(a)] > u[g(b)] \text{ } a \text{ αδιάφορη της } b \text{ (} a \sim b \text{)} \quad (4.3)$$

Μια συνάρτηση αξίας ορίζει επίσης μια προδιάταξη (weak order), δηλαδή διάταξη με ενδεχόμενες ισοδυναμίες των δράσεων του συνόλου A κατά μήκος της πραγματικής ευθείας. Όσο μεγαλύτερη είναι δηλαδή η αξία μιας δράσης, τόσο πιο ψηλά βρίσκεται η δράση αυτή στην κατάταξη.

Το ζητούμενο τώρα για έναν αναλυτή είναι ο προσδιορισμός της αναλυτικής μορφής της συνάρτησης $u(g) = u(g_1, g_2, \dots, g_n)$ η οποία μοντελοποιεί την ολική προτίμηση ενός αποφασίζοντος. Οι πιο εύχρηστες μορφές είναι η γραμμική και η προσθετική. Όποια όμως και αν είναι η μορφή της συνάρτησης αξίας, το έργο του αναλυτή οφείλει να περιλαμβάνει τρία βασικά βήματα:

Βήμα 1 : Διερεύνηση επαλήθευσης των υποθέσεων για την ύπαρξη μιας αναλυτικής συνάρτησης αξίας $u(g_1, g_2, \dots, g_n)$

Βήμα 2 : Μέθοδος κατασκευής της συνάρτησης αξίας.

Βήμα 3 : Κατάταξη των δράσεων του συνόλου A (προβληματική γ).

Το μοντέλο απόφασης που προκύπτει από τη διαδικασία αυτή ανήκει στην κατηγορία των **αντισταθμιστικών μοντέλων** (compensatory models) της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Γραμμική συνάρτηση αξίας

Η **γραμμική συνάρτηση αξίας** (linear value function) είναι το δημοφιλέστερο αλλά και πιο πολυσυζητημένο μοντέλο σύνθεσης κριτηρίων. Η αξία μιας δράσης $a \in A$ υπολογίζεται από τον τύπο:

$$u[g(a)] = \sum_{i=1}^n p_i g_i(a) = p_1 g_1(a) + p_2 g_2(a) + \dots + p_n g_n(a) \quad (4.4)$$

όπου, p_1, p_2, \dots, p_n είναι θετικοί πραγματικοί αριθμοί οι οποίοι εκφράζουν τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων. Εξ' αυτού, το μοντέλο ονομάζεται και **μέθοδος του σταθμισμένου μέσου** (weighted mean method).

Σύμφωνα με την ισχύουσα θεωρία (Keeney and Raiffa, 1976, Keeney, 1992), το βάρος p_i ενός κριτηρίου g_i είναι η μοναδιαία παραχώρηση s_{ir}^g μεταξύ του κριτηρίου g_i και ενός κριτηρίου αναφοράς g_r , δηλαδή οι μονάδες κριτηρίου g_r που ο αποφασίζων δέχεται να παραχωρήσει για να κερδίσει μια μονάδα κριτηρίου g_i .

Η θεωρία ασχολήθηκε διεξοδικά με τις συνθήκες ισχύος του γραμμικού μοντέλου (4.4) ως μοντέλου ενός αποφασίζοντος. Το αποτέλεσμα είναι ένα σημαντικό θεώρημα που, εν πολλοίς, καταλογίζεται στον Debreu. Σύμφωνα με το θεώρημα, το μοντέλο απόφασης ενός ατόμου είναι μια γραμμική συνάρτηση αξίας όταν, για το άτομο αυτό, οι μοναδιαίες παραχωρήσεις s_{ir}^g μεταξύ των κριτηρίων $(g_i, g_r) \forall i \neq r$ είναι ανεξάρτητες των τιμών που παίρνουν τα υπόλοιπα κριτήρια $F - (g_i, g_r)$ και σταθερές. Κατά συνέπεια, ο διάλογος αναλυτή-αποφασίζοντος για την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να βασιστεί στις παραπάνω θεωρήσεις.

Η μέθοδος του σταθμισμένου μέσου μειονεκτεί στα εξής σημεία:

- i. η μέθοδος αδυνατεί να διαχειριστεί κριτήρια διάταξης (ordinal criteria). Αντ' αυτού, απαιτεί όλα τα κριτήρια να είναι μετρικά,
- ii. τα βάρη των κριτηρίων πρέπει να είναι σταθερές μοναδιαίες παραχωρήσεις, ανεξάρτητες του ύψους των επιπτώσεων των δράσεων, και

- iii. όπως κάθε αντισταθμιστικό μοντέλο, η γραμμική συνάρτηση αξίας δε μπορεί να μοντελοποιήσει τη διμερή σχέση της ασυγκρισιμότητας μεταξύ δράσεων.

Προσθετική συνάρτηση αξίας

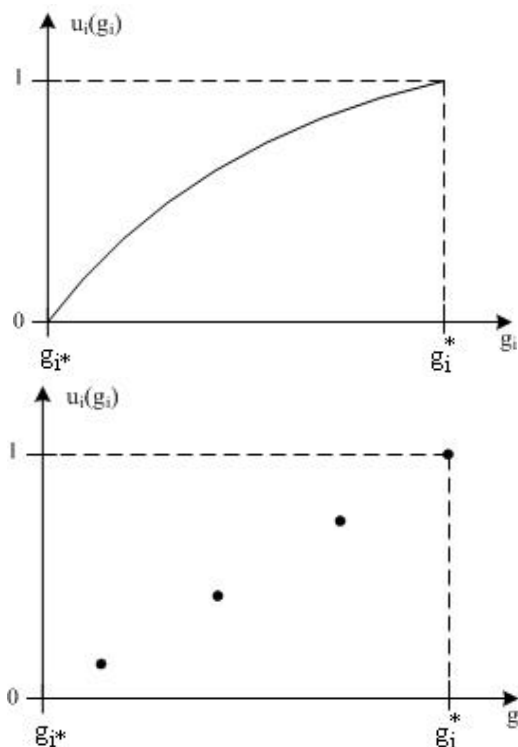
Μία προσθετική συνάρτηση αξίας (additive value function) ορίζεται από τις σχέσεις:

$$u(\mathbf{g}) = \sum_{i=1}^n p_i u_i(g_i) \quad (4.5)$$

$u_i(g_{i*}) = 0$, $u_i(g_i^*) = 1$, $0 \leq u_i(g_i) \leq 1 \quad \forall i$ και ισχύει ότι:

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (4.6)$$

όπου, $u_i(g_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ είναι μη φθίνουσες περιθώριες συναρτήσεις αξίας (marginal value functions), κανονικοποιημένες μεταξύ 0 και 1, g_{i*} και g_i^* το χειρότερο και το καλύτερο επίπεδο της κλίμακας του κριτηρίου g_i και p_i , $i = 1, 2, \dots, n$ οι συντελεστές βαρύτητας των περιθωρίων συναρτήσεων με άθροισμα τη μονάδα (βλ. Σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3 : Περιθώρια συνάρτηση αξίας για μετρικό κριτήριο και κριτήριο διάταξης.

Το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται από διαφορετικές, ηπιότερες συνθήκες από εκείνες που χαρακτηρίζουν το γραμμικό μοντέλο. Η έννοια που δεσπόζει στη θεωρία του μοντέλου προσθετικής αξίας είναι η **προτιμησιακή ανεξαρτησία** (preference independence) των κριτηρίων. Ο ορισμός της δίνεται αμέσως παρακάτω και οδηγεί στο χαρακτηρισμό της προσθετικής συνάρτησης αξίας:

Ορισμός 1 : Ένα ζεύγος κριτηρίων (g_i, g_j) είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο του λοιπού συνόλου των κριτηρίων $F - (g_i, g_j)$ όταν οι μοναδιαίες παραχωρήσεις μεταξύ των κριτηρίων g_i, g_j δεν εξαρτώνται από τις τιμές που παίρνουν τα υπόλοιπα κριτήρια.

Ορισμός 2 : Τα κριτήρια της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων F είναι προτιμησιακά ανεξάρτητα, όταν κάθε ζεύγος κριτηρίων είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο του συμπληρώματος του στο σύνολο F .

Ας υποθέσουμε τώρα ότι υπάρχει ένα κριτήριο αναφοράς g_r . Ισχύουν τα παρακάτω :

Πρόταση : Τα κριτήρια της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων F είναι προτιμησιακά ανεξάρτητα, εάν (g_i, g_j) είναι προτιμησιακά ανεξάρτητο των κριτηρίων $F - (g_i, g_j)$ $\forall g_j, j \neq r$

Θεώρημα : Το μοντέλο απόφασης ενός ατόμου είναι μια προσθετική συνάρτηση αξίας όταν, για το άτομο αυτό, τα κριτήρια της συνεπούς οικογένειας κριτηρίων είναι προτιμησιακά ανεξάρτητα.

Το σπουδαίο αυτό θεώρημα έχει αποδειχτεί με πολλούς τρόπους, από διάφορους συγγραφείς και αποτελεί την πυξίδα για την υλοποίηση της μεθοδολογίας στις σχετικές μεθόδους κατασκευής των $u_i(g_i)$ και p_i (βλ. Keeney and Raiffa, 1976, Keeney, 1992, Σίσκος, 2008).

Το μοντέλο (4.5) -(4.7) είναι γενικότερο από το γραμμικό, αφού το δεύτερο προκύπτει από το πρώτο, αν απλά τεθεί $u_i(g_i) = g_i, \forall i = 1, 2, \dots, n$. Κατά συνέπεια, οι συντελεστές βαρύτητας p_i του προσθετικού μοντέλου είναι οι μοναδιαίες παραχωρήσεις (trade-offs) μεταξύ των $u_i(g_i)$, που με τη σειρά τους, κατά το θεώρημα του Debreu, οφείλουν να είναι σταθερές. Ακόμη, το προσθετικό μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί σε κριτήρια διάταξης, τα οποία συναντώνται πολύ συχνά στην πράξη.

Τέλος, οι υποθέσεις του προσθετικού μοντέλου είναι πιο ήπιες από εκείνες του γραμμικού, δεδομένου ότι υπάρχει μεν η απαίτηση οι μοναδιαίες παραχωρήσεις μεταξύ

των κριτηρίων να είναι ανεξάρτητες των λοιπών κριτηρίων, αλλά δεν απαιτείται να είναι σταθερές. Η επαλήθευση τους όμως στην πράξη καταστάει μια επώδυνη και πρακτικά ανεφάρμοστη, ενδεχομένως και ανέφικτη, διαδικασία για τους αναλυτές, όσο έξυπνα και αν εμφανίζονται τα πρωτόκολλα επικοινωνίας αναλυτή-αποφασίζοντος.

Στις αναλυτικές μεθόδους τύπου UTA, που παρουσιάζονται αμέσως μετά, η υπόθεση της προτιμησιακής ανεξαρτησίας δεν είναι ο πρωτεύων στόχος. Υποτίθεται έμμεσα ότι αυτή ισχύει και επαφίεται στη μέθοδο να το πιστοποιήσει, μέσω της αλγοριθμικής διαδικασίας προσαρμογής του προσθετικού μοντέλου στις προτιμήσεις του αποφασίζοντος.

4.4 Μέθοδοι UTA

Βασικές αρχές οικογένειας μεθόδων UTA

Η αρχική μέθοδος UTA (UTilités Additives), όπως προτάθηκε από τους Jacquet-Lagrèze & Siskos (1978, 1982), έχει ως στόχο την εκτίμηση μιας ή περισσότερων προσθετικών συναρτήσεων αξίας από μία προδιάταξη 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 δυνατό πιο συμβατή(ές) με την αρχική προδιάταξη.

Το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων (μοντέλο απόφασης) στη μέθοδο UTA είναι μία προσθετική συνάρτηση αξίας της ακόλουθης μορφής:

$$u(g) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i) \tag{4.7}$$

υπό τους περιορισμούς κανονικοποίησης:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1 \\ u_i(g_i^*) = 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \tag{4.8}$$

όπου u_i , $i = 1, 2, \dots, n$ είναι αύξουσες συναρτήσεις των g_i που καλούνται **περιθώριες ή μερικές συναρτήσεις αξίας** (marginal value functions) (Σχήμα 5.1).

Οι Jacquet-Lagrèze & Siskos αποδεικνύουν ότι η αστάθμητη μορφή (4.7) - (4.8) είναι αυστηρά ισοδύναμη της σταθμισμένης (4.5)-(4.7), αρκεί να τεθεί: $u_i = p_i u'_i$. Τα βάρη

των κριτηρίων είναι: $p_i = u_i(g_i^*)$. Έτσι, επιτυγχάνεται απλά η μετάβαση από τη μια μορφή στην άλλη.

Μαθηματική ανάπτυξη μεθόδου UTA I

Χρησιμοποιώντας το προσθετικό μοντέλο (4.7) - (4.8), η αξία κάθε δράσης αναφοράς $a \in A_R$ μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$u'[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] + \sigma(a), \quad \forall a \in A_R \quad (4.9)$$

όπου $\sigma(a)$ είναι το ενδεχόμενο σφάλμα.

Για την εκτίμηση των περιθώριων συναρτήσεων αξίας σε μια **γραμμική κατά τμήματα μορφή**, οι Jacquet-Lagrèze & Siskos προτείνουν τη 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 τη σχέση:

$$g_i^j = g_{i*} + \frac{j-1}{a_i-1} (g_i^*, g_{i*}) \quad \forall j = 1, 2, \dots, a_i \quad (4.10)$$

Η περιθώρια αξία μιας δράσης a υπολογίζεται τώρα με τη χρήση γραμμικής παρεμβολής:

$$u_i[g_i(a)] = u_i(g_i^j) + \frac{g_i(a) - g_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j} [u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j)] \quad \text{για } g_i(a) \in [g_i^j, g_i^{j+1}] \quad (4.11)$$

Επίσης, το σύνολο αναφοράς $A_R = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ «ανακατατάσσεται» με τέτοιο τρόπο, ώστε οι δράσεις να είναι διατεταγμένες σε μια σειρά προτίμησης, δηλαδή η a_1 αποτελεί την κεφαλή και η a_m την ουρά της κατάταξης. Δεδομένου ότι η συγκεκριμένη κατάταξη έχει τη μορφή μιας προδιάταξης R , για κάθε ζεύγος διαδοχικών δράσεων (a_k, a_{k+1}) ισχύει, είτε $a_k > a_{k+1}$ (προτίμηση) είτε $a_k \sim a_{k+1}$ (αδιαφορία). Έτσι, αν τεθεί:

$$\Delta(a_k, a_{k+1}) = u'[g(a_k)] - u'[g(a_{k+1})] \quad (4.12)$$

τότε ισχύει μια από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

$$\begin{cases} \Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta & \text{αν } a_k > a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 & \text{αν } a_k \sim a_{k+1} \end{cases} \quad (4.13)$$

όπου δ 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:

$$u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i \quad \forall j = 1, 2, \dots, a_{i-1}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.14)$$

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 $g_i^{j+1} > g_i^j$.

Οι περιθώριες συναρτήσεις αξίας υπολογίζονται τελικά μέσω του ακόλουθου γραμμικού προγράμματος (γ.π.), όπου ως περιορισμοί χρησιμοποιούνται οι σχέσεις (4.8), (4.9), (4.13) και (4.14), ενώ η αντικειμενική συνάρτηση είναι το συνολικό προκαλούμενο σφάλμα (εδώ έχει τεθεί $s_i = 0$):

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{a \in A_R} \sigma(a) \\ \text{υπό τους περιορισμούς} \\ \left. \begin{array}{l} \Delta(a_k, a_{k+1}) \geq \delta \text{ αν } a_k \succ a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) = 0 \text{ αν } a_k \sim a_{k+1} \end{array} \right\} \forall k \\ u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq 0 \quad \forall i \text{ και } j \\ \sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1 \\ u_i(g_{i^*}) = 0, u_i(g_i^j) \geq 0, \sigma(a) \geq 0 \quad \forall a \in A_R, \forall i \text{ και } j \end{array} \right. \quad (4.15)$$

Η ανάλυση ευστάθειας των αποτελεσμάτων του γ.π. (4.15) αντιμετωπίζεται ως ένα πρόβλημα ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης. Πράγματι, αν η βέλτιστη λύση δώσει $F^* = 0$, τότε το υπερπολύεδρο των αποδεκτών λύσεων για τα $u_i(g_i)$ δεν είναι κενό, αλλά υπάρχουν πολλαπλές συναρτήσεις αξίας που είναι απόλυτα συμβατές με την προδιάταξη R . Ακόμη όμως και στην περίπτωση που η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης είναι μη μηδενική, υπάρχουν άλλες λύσεις, λιγότερο καλές για την F , που είναι σε θέση να βελτιώσουν άλλα εναλλακτικά κριτήρια βελτιστοποίησης (π.χ. τον συντελεστή συσχέτισης διατάξεων τ του Kendall).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4, ο χώρος των μεταβέλτιστων λύσεων καθορίζεται από το υπερπολύεδρο:

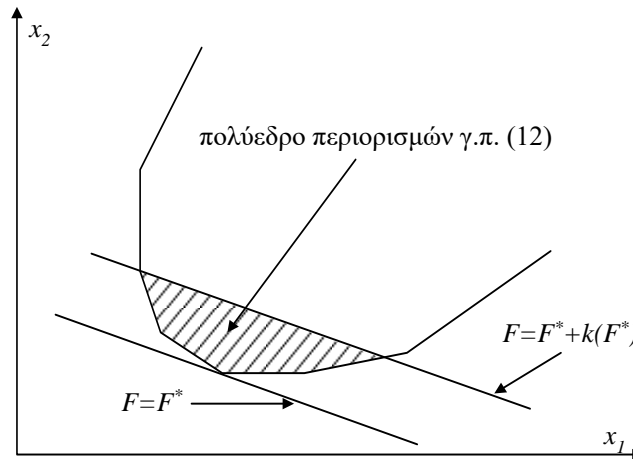
$$\begin{cases} F \leq F^* + k(F^*) \\ \text{όλοι οι περιορισμοί του γ.π.} \end{cases} \quad (4.16)$$

όπου $k(F^*)$ είναι ένα θετικό (ή μηδέν) κατώφλι, το οποίο καθορίζεται ως ένα μικρό ποσοστό του σφάλματος F^* .

Υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός αλγορίθμων που είναι σε θέση να εξετάσουν τις λύσεις του υπερπολύεδρου (4.16). Οι προτεινόμενες τεχνικές στο πλαίσιο αυτής της διατριβής παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.2 του Κεφαλαίου 5.

Οι Jacquet-Lagrèze & Siskos (1982), στην αρχική μορφή της μεθόδου UTA I, προτείνουν τη διερεύνηση του πολύεδρου (4.16), μέσω μιας ευριστικής μεθόδου αναζήτησης ακραίων (ημι)βέλτιστων λύσεων, επιλύοντας τα ακόλουθα γ.π.:

$$\begin{cases} [\min] u_i(g_i^*) \\ \text{στο} \\ \text{πολύεδρο (4.16)} \end{cases} \quad \text{και} \quad \begin{cases} [\max] u_i(g_i^*) \\ \text{στο} \\ \text{πολύεδρο (4.16)} \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (4.17)$$



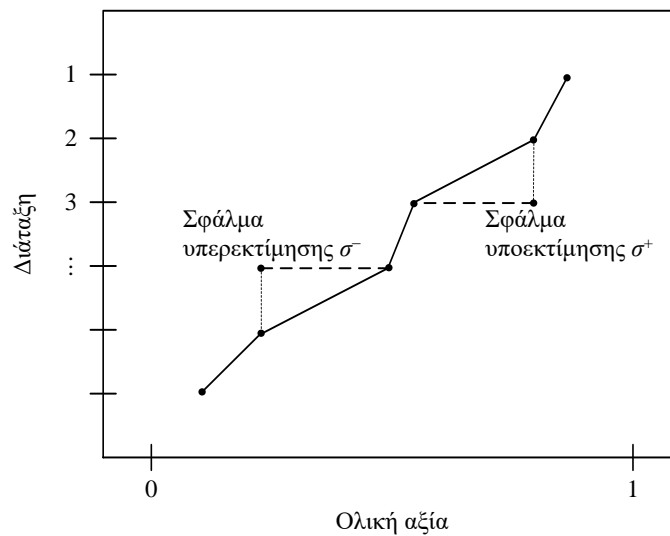
Σχήμα 4.4: Ανάλυση ευστάθειας στη μέθοδο UTA I

Ως τελική και πιο χαρακτηριστική λύση του προβλήματος, υπολογίζεται η μέση τιμή (βαρυκεντρική) των λύσεων των προηγούμενων γ.π., που είναι και αυτή (ημι)βέλτιστη, λόγω της κυρτότητας του υπερπολύεδρου. Σε περίπτωση αστάθειας, οι λύσεις των γ.π. (4.17) εμφανίζουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους και η εκτιμώμενη μέση λύση είναι λιγότερο αντιπροσωπευτική. Σε κάθε περίπτωση, οι επιμέρους αυτές λύσεις

υποδεικνύουν τη διακύμανση των βαρών των κριτηρίων g_i και συνεπώς δίνουν μια ιδέα της σημαντικότητας αυτών των κριτηρίων στο σύστημα προτιμήσεων του αποφασίζοντος.

Η μέθοδος UTASTAR

Η μέθοδος UTASTAR προτάθηκε από τους Siskos & Yannacopoulos (1985) και αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση της πρωτότυπης μεθόδου UTA I. Στην αρχική έκδοση της μεθόδου UTA (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 1982), για καθεμία δράση $a \in A_R$ ορίζεται ένα μοναδικό σφάλμα $\sigma(a)$. Αυτή η συνάρτηση σφάλματος δεν είναι επαρκής για την ελαχιστοποίηση της ολικής διασποράς των σημείων στη μονότονη καμπύλη του σχήματος 4.5. 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).



Σχήμα 4.5: Καμπύλη ποιοτικής παλινδρόμησης

Στη μέθοδο UTASTAR, οι Siskos & Yannacopoulos (1985) εισάγουν μια διπλή θετική συνάρτηση σφάλματος και έτσι ο τύπος (4.9) γίνεται:

$$u'[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i[g_i(a)] - \sigma^+(a) + \sigma^-(a) \quad \forall a \in A_R \quad (4.19)$$

όπου σ^+ και σ^- είναι τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης, αντίστοιχα.

Επιπρόσθετα, μια άλλη σημαντική τροποποίηση αφορά στους περιορισμούς μονοτονίας των κριτηρίων, οι οποίοι μοντελοποιούνται με τη βοήθεια των ακόλουθων μετασχηματισμών των μεταβλητών:

$$w_{ij} = u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \text{ και } j = 1, 2, \dots, a_i - 1 \quad (4.20)$$

Με αυτό τον τρόπο, οι συνθήκες μονοτονίας (4.20) μπορούν να αντικατασταθούν από περιορισμούς μη αρνητικότητας των μεταβλητών w_{ij} .

Συνεπώς, ο αλγόριθμος UTASTAR συνοψίζεται στα ακόλουθα βήματα:

Βήμα 1: Η ολική αξία των δράσεων αναφοράς $u[g(a_k)]$, $k = 1, 2, \dots, m$, εκφράζεται αρχικά ως συνάρτηση των περιθώριων αξιών $u_i(g_i)$ και στη συνέχεια των μεταβλητών w_{ij} , σύμφωνα με την εξίσωση (4.20), μέσω των ακόλουθων σχέσεων:

$$\begin{cases} u_i(g_i^1) = 0 & \forall i = 1, 2, \dots, n \\ u_i(g_i^j) = \sum_{i=1}^{j-1} w_{ij} & \forall i = 1, 2, \dots, n \text{ και } j = 2, 3, \dots, a_i - 1 \end{cases} \quad (4.21)$$

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

$$\begin{aligned} \Delta(a_k, a_{k+1}) = & u[g(a_k)] - \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k) \\ & - u[g(a_{k+1})] + \sigma^+(a_{k+1}) - \sigma^-(a_{k+1}) \end{aligned} \quad (4.22)$$

Βήμα 3: Επιλύεται το ακόλουθο γ.π.:

$$\begin{cases} [\min] z = \sum_{k=1}^m [\sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k)] \\ \text{υπό τους περιορισμούς :} \\ \left. \begin{aligned} \Delta(a_k, a_{k+1}) &\geq \delta \text{ αν } a_k \succ a_{k+1} \\ \Delta(a_k, a_{k+1}) &= 0 \text{ αν } a_k \sim a_{k+1} \end{aligned} \right\} \forall k \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{a_i-1} w_{ij} = 1 \\ w_{ij} \geq 0, \sigma^+(a_k) \geq 0, \sigma^-(a_k) \geq 0 \text{ } i, j \text{ και } k \end{cases} \quad (4.23)$$

Βήμα 4: Ελέγχεται η ύπαρξη πολλαπλών βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων στο γ.π. (4.23) και υπολογίζεται το βαρύκεντρο των προσθετικών συναρτήσεων αξίας που μεγιστοποιούν τις ακόλουθες αντικειμενικές συναρτήσεις:

$$u_i(g_i^*) = \sum_{j=1}^{\alpha_{i-1}} w_{ij} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (4.24)$$

στο υπερπολύεδρο των περιορισμών του γ.π. (4.23) που περιορίζεται από τον επόμενο νέο περιορισμό:

$$\sum_{k=1}^m [\sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k)] \leq z^* + \varepsilon \quad (4.25)$$

όπου z^* είναι η βέλτιστη τιμή (σφάλμα) του γ.π. του βήματος 3 και ε είναι ένας πολύ μικρός θετικός αριθμός ή μηδέν.

Οι Siskos & Yannacopoulos (1985) απέδειξαν, σε ένα σύνολο πειραματικών δεδομένων, ότι η UTASTAR δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τον πρωτότυπο αλγόριθμο UTA I.

Η μέθοδος UTA αποτέλεσε το αντικείμενο έρευνας πολλών ερευνητών, μέχρι σήμερα και δημιουργήθηκαν αξιοσημείωτες παραλλαγές της. Μερικές από αυτές είναι (Siskos et al., 2016, Σίσκος, 2008):

- i. Εναλλακτικά κριτήρια βελτιστότητας (πχ. τ του Kendall μεταξύ της εκτιμηθείσας και της κατάταξης του αποφασίζοντος).
- ii. Διαφορετικές μορφές της ολικής προτίμησης του αποφασίζοντος πάνω στο σύνολο αναφοράς (πχ. Διμερείς συγκρίσεις δράσεων, ένταση των προτιμήσεων του αποφασίζοντος, ασαφείς σχέσεις υπεροχής βασισμένες στην ανάλυση μεταβελτιστοποίησης της UTA).
- iii. Τεχνικές Μετα-UTA (πχ. Εναλλακτικές τεχνικές μεταβελτιστοποίησης).
- iv. Μέθοδος UTA II, όπου εφαρμόζονται, σε δύο φάσεις, διαφορετικές τεχνικές για την εκτίμηση των περιθωρίων συναρτήσεων αξίας και αναλυτικές τεχνικές τύπου UTA για την εκτίμηση των συντελεστών βαρύτητας.
- v. Μέθοδος UTADIS, για την προβληματική της ταξινόμησης των δράσεων (προβληματική β).
- vi. Μέθοδος «Στοχαστική UTA», σε προβλήματα λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα (βλ. επίσης Stavrou et al., 2016).
- vii. Προσέγγιση τύπου UTA σε προβλήματα πολυκριτηριακού γραμμικού προγραμματισμού.

Το πρόβλημα της ευστάθειας στις αναλυτικές πολυκριτηριακές προσεγγίσεις αντιμετωπίζεται αυτόνομα στο Κεφάλαιο 5 της Διατριβής, όπου παρέχεται και αναλυτικό αριθμητικό παράδειγμα, για την περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου UTASTAR.

4.5 Σύντομη αναφορά σε πραγματικές εφαρμογές

Μέθοδοι βασισμένες στην UTA εφαρμόστηκαν κατά καιρούς σε διάφορα προβλήματα λήψης αποφάσεων και σε διάφορους χώρους, όπως:

- Διαχείριση ανθρώπινων πόρων (Spyridakos et al., 2000; González-Araya et al., 2002; Grigoroudis and Zopounidis, 2012)
- Αξιολόγηση προτάσεων έργων (Jacquet-Lagrèze, 1995; Beuthe et al., 2000)
- Περιβαλλοντική διαχείριση (Siskos and Assimakopoulos, 1989; Hatzinakos et al., 1991; Demesouka et al., 2013, 2017)
- Διαχείριση υπηρεσιών υγείας (Manolitzas et al., 2013a, 2013b; Doumplos et al., 2016)
- Αξιολόγηση η-διακυβέρνησης (Siskos et al., 2013a, 2013b; Giannakopoulos et al., 2010)
- Διαχείριση καινοτομίας (Lakiotaki and Matsatsinis, 2012; Delias et al., 2013)
- Ενεργειακή ανάλυση (Diakoulaki et al., 1999; Androulaki and Psarras, 2016; Angelopoulos et al., 2017)
- Παιδεία (Manouselis and Sampson, 2002; Matsatsinis and Fortsas, 2005; Krassadaki et al., 2015)
- Στρατηγικό μάνατζμεντ (Mastorakis and Siskos, 2015)
- Αγροτικό μάρκετινγκ (Siskos and Matsatsinis, 1993; Baourakis et al., 1993, 1996; Matsatsinis et al., 1999, 2000, 2007; Siskos et al., 2001; Matsatsinis and Siskos, 2001, 2003)
- Συμπεριφορά καταναλωτή (Siskos et al., 1995a, 1995b; Baourakis et al., 1995; Kettani et al., 1998; Matsatsinis and Samaras, 2000; Manouselis and Matsatsinis, 2001; Matsatsinis, 2002; Lakiotaki et al., 2009, 2011)
- Μάνατζμεντ πωλήσεων (Richard, 1983; Siskos, 1986)
- Διαχείριση χαρτοφυλακίου (Hurson and Zopounidis, 1997; Zopounidis et al., 1999; Samaras et al., 2003; Hurson et al., 2012)
- Χρηματοπιστωτικός κίνδυνος χώρας (Country risk assessment) (Cosset et al., 1992; Oral et al., 1992; Zopounidis et al., 2000)
- Χρηματοδότηση επιχειρήσεων (Siskos et al., 1994; Zopounidis et al., 1996; Zopounidis and Doumplos, 1998; Zopounidis, 2001)
- Θαλάσσιες μεταφορές (Stavrou et al., 2017)

- Επένδυση επικίνδυνου κεφαλαίου (Venture capital) (Siskos and Zorounidis, 1987)
- Πρόβλεψη πτώχευσης επιχειρήσεων (Zorounidis, 1987; Zorounidis and Doumpros, 1999; Doumpros and Zorounidis, 2002)

Επίσης, διάφορες αναλυτικές προσεγγίσεις τύπου UTA εφαρμόστηκαν σε περιβάλλον πολλαπλών αποφασιζόντων για την επίλυση συγκρούσεων (conflict resolution) (Jacquet-Lagrèze and Shakun, 1984; Bui, 1987; Matsatsinis and Samaras, 2001; Matsatsinis et al., 2005; Siskos and Grigoroudis, 2010). Ακόμη, προσεγγίσεις βασισμένες στη UTA συνδυάστηκαν με συστήματα πολλαπλών πρακτόρων (multi-agent systems) (Matsatsinis et al., 1999, 2000, 2001; Manouselis and Matsatsinis, 2001; Matsatsinis and Delias, 2003; Matsatsinis and Delias, 2004).

Τέλος, θα πρέπει να μνημονευτούν κάποιες πραγματικές εφαρμογές που βασίστηκαν στη συνέργεια μεθόδων UTA και άλλων πολυκριτηριακών μεθόδων (Hurson et al., 2012; Lakiotaki and Matsatsinis, 2012; Delias et al., 2013; Krassadaki et al., 2015; Siskos et al., 2013a, 2013b; Demesouka et al., 2013, Doumpros et al., 2016).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Androulaki, S. and J. Psarras (2016). Multicriteria decision support to evaluate potential long-term natural gas supply alternatives: The case of Greece, *European Journal of Operational Research*, 253 (3), 791-810.
- Angelopoulos, D., Y. Siskos, and J. Psarras (2017). Disaggregating time series on multiple criteria for robust forecasting: The case of long-term electricity demand in Greece, Paper presented at the 85th Meeting of the EURO Working Group on MCDA, Padova, Italy, April 20-22, 2017.
- Baourakis, G., N.F. Matsatsinis, and Y. Siskos (1993). Agricultural product design and development, in: J. Janssen and C.H. Skiadas, (eds.), *Applied stochastic models and data analysis*, World Scientific, 1108-1128.
- Baourakis, G., N.F. Matsatsinis, and Y. Siskos (1995). Consumer behavioural analysis using multicriteria methods, in: J. Janssen, C.H. Skiadas and C. Zopounidis, (eds.), *Advances in stochastic modelling and data analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 328-338.
- Baourakis, G., N.F. Matsatsinis, and Y. Siskos (1996). Agricultural product development using multidimensional and multicriteria analyses: The case of wine, *European Journal of Operational Research*, 94 (2), 321-334.
- Beuthe, M., L. Eeckhoudt, and G. Scanella (2000). A practical multicriteria methodology for assessing risky public investments, *Socio-Economic Planning Sciences*, 34 (2), 121-139.
- Bui, T.X. (1987). Co-oP: A group decision support system for cooperative multiple criteria group decision making, *Lecture Notes in Computer Science*, No. 290, Springer-Verlag, Berlin.
- Charnes, A., W. Cooper, and R.O. Ferguson (1955). Optimal estimation of executive compensation by linear programming, *Management Science*, 1 (2), 138-151.
- Cosset, J.C., Y. Siskos, and C. Zopounidis (1992). Evaluating country risk: A decision support approach, *Global Finance Journal*, 3 (1), 79-95.
- Delias, P., G. Kyriakaki, E. Grigoroudis, and N. Matsatsinis (2013). Innovation management software exploiting multiple criteria analysis: The case of Innovation Centre of Crete, *International Journal of Decision Support System Technology*, 4 (1), 30-42.
- Demesouka, O.E., A.P. Vavatsikos, and K.P. Anagnostopoulos (2013). Spatial UTA (S-UTA): A new approach for raster-based GIS multicriteria suitability analysis and its use in implementing natural systems for wastewater treatment, *Journal of Environmental Management*, 125, 41-54.
- Demesouka, O.E., K.P. Anagnostopoulos, and E. Siskos (2017). Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece, *European Journal of Operational Research* (to appear).
- Diakoulaki, D., C. Zopounidis, G. Mavrotas, and M. Doumpos (1999). The use of a preference disaggregation method in energy analysis and policy making, *Energy*, 24 (2), 157-166.
- Doumpos, M. and C. Zopounidis (2002). Business failure prediction: A comparison of classification methods, *Operational Research: An International Journal*, 2 (3), 303-319.

- Doumpos, M., P. Xidonas, S. Xidonas, and Y. Siskos (2016). Development of a robust multicriteria classification model for monitoring the postoperative behaviour of heart patients, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 23 (1-2), 15-27.
- Freed, N. and G. Glover (1981). Simple but powerful goal programming models for discriminant problems, *European Journal of Operational Research*, 7, 44-60.
- Giannakopoulos, D., P. Manolitzas and A. Spyridakos (2010). Measuring e-government: A comparative study of the G2C online services progress using multi-criteria analysis, *The International Journal of Decision Support System Technology*, 2 (4), 1-12.
- González-Araya, M.C., L.A.D. Rangel, M.P.E. Lins, and L.F.A.M. Gomes (2002). Building the additive utility functions for CAD-UFRJ evaluation staff criteria, *Annals of Operations Research*, 116 (1-4), 271-288.
- Greco, S., R. Slowinski, J. Figueira, and V. Mousseau (2010). Robust ordinal regression, in: M. Ehrgott, S. Greco and J. Figueira (eds.), *Trends in multiple criteria decision analysis*, Springer, Berlin, 241-283.
- Grigoroudis, E. and C. Zopounidis (2012). Developing an employee evaluation management system: the case of a healthcare organization, *Operational Research: An international Journal*, 12 (1), 83-106.
- Grigoroudis, E. and Y. Siskos (2010). *Customer satisfaction evaluation: Methods for measuring and implementing service quality*, Springer, New York.
- Hatzinakos, I., D. Yannacopoulos, C. Faltsetas, and C. Ziourkas (1991). Application of the MINORA decision support system to the evaluation of landslide favourability in Greece, *European Journal of Operational Research*, 50 (1), 60-75.
- Hurson, Ch. and C. Zopounidis (1997). *Gestion de portefeuille et analyse multicritère*, Economica, Paris.
- Hurson, Ch., K. Mastorakis, and Y. Siskos (2012). Application of a synergy of MACBETH and MAUT multicriteria methods to portfolio selection in Athens stock exchange, *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 2 (2), 113-127.
- Jacquet-Lagrèze, E. (1995). An application of the UTA discriminant model for the evaluation of R&D projects, in: P.M. Pardalos, Y. Siskos and C. Zopounidis (eds.), *Advances in multicriteria analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 203-211.
- Jacquet-Lagrèze, E. and J. Siskos (1978). Une méthode de construction de fonctions d'utilité additives explicatives d'une préférence globale, *Cahier du LAMSADE*, 16, Université de Paris-Dauphine.
- Jacquet-Lagrèze, E. and M.F. Shakun (1984). Decision support systems for semistructured buying decisions, *European Journal of Operational Research*, 16, 48-56.
- Jacquet-Lagrèze, E. and Y. Siskos (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. and Y. Siskos (2001). Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 233-245.

- Karst, O.J. (1958). Linear curve fitting using least deviations, *Journal of the American Statistical Association*, 53, 118-132.
- Kelley, J.E. (1958). An application of linear programming to curve fitting, *Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 6 (1), 15-22.
- Keeney, R.L. (1992). *Value-focused thinking: A path to creative decision making*, Harvard U.P., London.
- Keeney, R.L., Raiffa, H. (1976). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value trade-offs*, John Wiley and Sons, New York.
- Kettani, O., M. Oral, and Y. Siskos (1998). A multiple criteria analysis model for real estate evaluation. *Journal of Global Optimization*, 12 (2), 197-214.
- Krassadaki, E., K. Lakiotaki, and N. Matsatsinis (2015). Students' behavior in peer assessment: A multi-criteria clustering approach, *European Journal of Engineering Education*, 39 (3), 233-246.
- Lakiotaki, K. and N.F. Matsatsinis (2012). Analyzing user behaviour in recommender systems, *International Journal of Electronic Business*, 10 (1), 1-19.
- Lakiotaki, K., N.F. Matsatsinis, and A. Tsoukias (2011). Multi-criteria user profiling in recommender systems, *IEEE Intelligent Systems*, 26 (2), 64-76.
- Lakiotaki, K., P. Delias, V. Sakkalis, and N.F. Matsatsinis (2009). User profiling based on multi-criteria analysis: The role of utility functions, *Operational Research: An International Journal*, 9 (1), 3-16.
- Manolitzas, P., E. Grigoroudis and N. Matsatsinis (2013a). MEDUTA: Integrating simulation modeling and multiple criteria analysis to improve emergency department performance, Paper presented at the 2nd International Symposium and 24th National Conference on Operational Research, National Technical University of Athens, Athens, September 26-28, 2013.
- Manolitzas, P., N. Matsatsinis and E. Grigoroudis (2013b). Reforming the hospitals in Greece: An integrated framework for improving the health care services in an Emergency Department, Paper presented at the 6th Biennial Hellenic observatory PhD symposium on Contemporary Greece and Cyprus, London School of Economics (LSE), London, UK, June 6-7, 2013.
- Manouselis, N. and D. Sampson (2002). Multi-criteria decision making for broker agents in eLearning environments, *Operational Research: An International Journal*, 2 (3), 347-361.
- Manouselis, N. and N.F. Matsatsinis (2001). Introducing a multi-agent, multi-criteria methodology for modeling electronic consumer's behavior: The case of internet radio, in: M. Klush and F. Zambonelli (eds.), *Lecture notes in artificial intelligence-Cooperative information agents*, Springer Verlag, 2182, 190-195.
- Mastorakis, K. and E. Siskos (2015), Value focused pharmaceutical strategy determination with multicriteria decision analysis techniques, *Omega*, 59A, 84-96.
- Matsatsinis, N.F. (2002). New agricultural product development using data mining techniques and multicriteria methods, in: A. Sideridis (ed.), *Proceedings of the 1st Hellenic Association of Information and Communication Technology in Agriculture, Food and Environment (HAICTA's Conference 2002)*, June 6-7, Athens, Greece.

- Matsatsinis, N.F. and A.P. Samaras (2000). Brand choice model selection based on consumers' multicriteria preferences and experts' knowledge, *Computers and Operations Research*, 27 (8), 689-707.
- Matsatsinis, N.F. and A.P. Samaras (2001). MCDA and preference disaggregation in group decision support systems, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 414-429.
- Matsatsinis, N.F. and P. Delias (2003). AgentAllocator: An agent-based multi-criteria decision support system for task allocation, in: V. Marik D. McFarlane and P. Valckenaers, *Holonic and multi-agent systems for manufacturing*, Lecture notes in computer science, Springer Verlag, 225-235.
- Matsatsinis, N.F. and P. Delias (2004). A multi-criteria protocol for multi-agent negotiations, in: G.A. Vouros and T. Panayiotopoulos (eds.), *Methods and applications of artificial intelligence*, Lectures Notes in Artificial Intelligence, 3025, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 103-111.
- Matsatsinis, N.F. and V.C. Fortsas (2005). A multicriteria methodology for the assessment of distance education trainees, *Operational Research: An International Journal*, 5 (3), 419-434.
- Matsatsinis, N.F. and Y. Siskos (2001). DIMITRA: An intelligent decision support system for agricultural products development decisions, in: F. Sevilla (ed.), *Proceedings of the 3rd European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment (EFITA 2001)*, June 18-20, Montpellier, France.
- Matsatsinis, N.F. and Y. Siskos (2003). *Intelligent support systems for marketing decision*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Matsatsinis, N.F., E. Grigoroudis, and A.P. Samaras (2005). Aggregation and disaggregation of preferences for collective decision-making, *Group Decision and Negotiation*, 14 (3), 217-232.
- Matsatsinis, N.F., E. Grigoroudis, and A.P. Samaras (2007). Comparing distributors' judgements to buyers' preferences: A consumer value analysis in the Greek olive oil market, *International Journal of Retail and Distribution Management*, 35 (5), 342-362.
- Matsatsinis, N.F., P. Moraitis, V. Psomatakis, and N. Spanoudakis (1999). Intelligent software agents for products penetration strategy selection, in: F.G. Garijo and M. Boman (eds.), *Proceedings of the 9th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World 1999 (MAAMAW'99)*, June 30-July 2, Valencia, Spain (CD format).
- Matsatsinis, N.F., P. Moraitis, V. Psomatakis, and N. Spanoudakis (2000). Multi-agent architecture for agricultural products development, in: G. Sciefer, R. Helbig and U. Rickert (eds.), *Proceedings of the 2nd European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment (EFITA 2000)*, September 27-30, Bonn, Germany, 187-196.
- Matsatsinis, N.F., P. Moraitis, V. Psomatakis, and N. Spanoudakis (2001). An agent-based system for products penetration strategy selection, *Applied Artificial Intelligence Journal*, 17 (10), 901-925.
- Oral, M., O. Kettani, J.C. Cosset, and M. Daouas (1992). An estimation model for country risk rating, *International Journal of Forecasting*, 8 (4), 583-593.

- Richard, J.L. (1983). Aide à la décision stratégique en P.M.E., in: E. Jacquet-Lagrèze and Y. Siskos (eds.), *Méthode de décision multicritère*, Hommes et Techniques, Paris, 119-142.
- Samaras, G.D., N.F. Matsatsinis, C. Zopounidis (2003). A multicriteria DSS for a global stock evaluation, *Operational Research: An International Journal*, 3 (3), 281-306.
- Siskos, E., D. Askounis and J. Psarras (2013a). Robust e-government evaluation based on multiple criteria analysis techniques, Paper presented at the 77th Meeting of the EURO Working Group on MCDA, Rouen, France, April 11-13, 2013.
- Siskos, E., M. Malafekas, D. Askounis, and J. Psarras (2013b). E-government benchmarking in European Union: A multicriteria extreme ranking approach, in: C. Douligieris, N. Polemi, A. Karantias and W. Lamersdorf (eds.), *Collaborative, trusted and privacy-aware e/m-services*, Springer, New York, 338-348.
- Siskos, J. (1980). Comment modéliser les préférences au moyen de fonctions d'utilité additives, *RAIRO Recherche Opérationnelle*, 14, 53-82.
- Siskos, J. (1983). Analyse de systèmes de décision multicritère en univers aléatoire, *Foundations of Control Engineering*, 10, (3-4), 193-212.
- Siskos, J. and C. Zopounidis (1987). The evaluation criteria of the venture capital investment activity: An interactive assessment, *European Journal of Operational Research*, 31 (3), 304-313.
- Siskos, J. and N. Assimakopoulos (1989). Multicriteria highway planning: A case study, *Mathematical and Computer Modelling*, 12 (10-11), 1401-1410.
- Siskos, J. and N.F. Matsatsinis (1993). A DSS for market analysis and new product design, *Journal of Decision Systems*, 2 (1), 35-60.
- Siskos, Y. (1986). Evaluating a system of furniture retail outlets using an interactive ordinal regression method, *European Journal of Operational Research*, 23, 179-193.
- Σίσκος, Ι. (2008). *Μοντέλα αποφάσεων*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Siskos, Y. and D. Yannacopoulos (1985). UTASTAR: An ordinal regression method for building additive value functions, *Investigação Operacional*, 5 (1), 39-53.
- Siskos, Y. and E. Grigoroudis (2010). New trends in aggregation-disaggregation approaches, in: C. Zopounidis and P.M. Pardalos (eds.), *Handbook of multicriteria analysis*, Springer, Heidelberg, 189-214.
- Siskos, Y., C. Zopounidis, and A. Pouliezios (1994). An integrated DSS for financing firms by an industrial development bank in Greece, *Decision Support Systems*, 12 (2), 151-168.
- Siskos, Y., E. Grigoroudis, and N.F. Matsatsinis (2016). UTA methods, in: S. Greco, M. Ehrgott, and J. Figueira (eds.), *Multiple criteria analysis: State of the art surveys*, 2nd Edition, Vol. 1, Springer, New York, 315-362.
- Siskos, Y., E. Grigoroudis, N.F. Matsatsinis, and G. Baourakis (1995a). Preference disaggregation analysis in agricultural product consumer behaviour, in: P.M. Pardalos, Y. Siskos and C. Zopounidis (eds.), *Advances in multicriteria analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 185-202.

- Siskos, Y., E. Grigoroudis, N.F. Matsatsinis, G. Baourakis, and F. Niguez (1995b). Comparative behavioural analysis of European olive oil consumer, in: J. Janssen, C.H. Skiadas and C. Zopounidis (eds.), *Advances in stochastic modelling and data analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 293-310.
- Siskos, Y., N.F. Matsatsinis, and G. Baourakis (2001). Multicriteria analysis in agricultural marketing: the case of French olive oil market, *European Journal of Operational Research*, 130, (2), 315-331.
- Spyridakos, A., Y. Siskos, D. Yannakopoulos, and A. Skouris (2000). Multicriteria job evaluation for large organisations, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 375-387.
- Srinivasan, V. and A.D. Shocker (1973). Linear programming techniques for multidimensional analysis of preferences, *Psychometrika*, 38 (3), 337-396.
- Stavrou, D., E. Siskos, N. Ventikos, and J. Psarras, J. (2016). Robust evaluation of the risk of ship-to ship transfer operations: Application in a multicriteria and stochastic environment, in P.T.W. Lee and Z. Yang (eds.), *Multi-criteria decision making in maritime studies and logistics: Applications and cases*, International Series in Operations Research and Business Management, Springer, Heidelberg (in press).
- Wagner, H.M. (1959). Linear programming techniques for regression analysis, *Journal of the American Statistical Association*, 54, 206-212.
- Young, F.W., J. De Leeuw, and Y. Takane (1976). Regression with qualitative and quantitative variables: An alternating least squares method with optimal scaling features, *Psychometrika*, 41 (4), 505-529.
- Zopounidis C., N.F. Matsatsinis, and M. Doumpos (1996). Developing a multicriteria knowledge-based decision support system for the assessment of corporate performance and viability: The FINEVA system, *Fuzzy Economic Review*, 1 (2), 35-53.
- Zopounidis, C. (1987). A multicriteria decision-making methodology for the evaluation of the risk of failure and an application, *Foundations of Control Engineering*, 12 (1), 45-67.
- Zopounidis, C. (2001). Preference disaggregation in financial modeling: Basic features and some examples, *Operational Research: An International Journal*, 1 (3), 263-284.
- Zopounidis, C. and M. Doumpos (1998). Developing a multicriteria decision support system for financial classification problems: The FINCLAS system, *Optimization Methods and Software*, 8 (3-4), 277-304.
- Zopounidis, C. and M. Doumpos (1999). Business failure prediction using UTADIS multicriteria analysis, *Journal of the Operational Research Society*, 50 (11), 1138-1148.
- Zopounidis, C., Ch. Hurson, and M. Doumpos (2000). *Risque-Pays: Evaluation des aspects economiques, sociaux et politiques*, Economica, Paris.
- Zopounidis, C., M. Doumpos, and S.H. Zanakis (1999). Stock evaluation using a preference disaggregation methodology, *Decision Sciences*, 30 (2), 313-336.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μεθοδολογία Ελέγχου της Ευστάθειας στα Αναλυτικά Πολυκριτηριακά Μοντέλα

5.1 Η έννοια της ευστάθειας στα πολυκριτηριακά συστήματα αποφάσεων

Η έννοια της ευστάθειας (robustness) στα αναλυτικά πολυκριτηριακά μοντέλα αποφάσεων, αλλά και εν γένει στην υποστήριξη αποφάσεων, έχει αποτελέσει τα τελευταία χρόνια το αντικείμενο εκτεταμένων ερευνητικών προσπαθειών, ιδιαίτερα στον Ευρωπαϊκό χώρο (βλ. για παράδειγμα Greco et al., 2010). Κατά τον καθηγητή Bernard Roy (2010), η ευστάθεια πρέπει γενικά να εκλαμβάνεται ως ένα εργαλείο αντίστασης των αναλυτών αποφάσεων (decision analysts) ενάντια σε φαινόμενα προσεγγίσεων και ζωνών άγνοιας.

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής η ανάλυση ευστάθειας πιστοποιείται ως ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων. Η θεώρηση αυτή βασίζεται στις παρακάτω παραδοχές:

- Η ευστάθεια μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο ανάλυσης και μέτρησης του χάσματος μεταξύ του «πραγματικού» μοντέλου του αποφασίζοντος και εκείνου που απορρέει από έναν υπολογιστικό μηχανισμό απόσπασης του.
- Η ανάλυση ευστάθειας (robustness analysis) πρέπει να διαφοροποιηθεί από την κλασική ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis), η οποία είναι περιθωριακή και βασίζεται στην εκάστοτε μεταβλητότητα μιας ή περισσοτέρων παραμέτρων ενός μοντέλου.
- Η ευστάθεια πρέπει πρωταρχικά να επικεντρωθεί στο μοντέλο απόφασης, υπό το φως της βεβαιότητας ότι «ευσταθή μοντέλα παράγουν ευσταθή συμπεράσματα» και στη συνέχεια να εστιάσει στα προκύπτοντα αποτελέσματα και τις δραστηριότητες υποστήριξης των αποφάσεων (συμπεράσματα, τεκμηρίωση, ...).
- Στις αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες (disaggregation procedures), η ευστάθεια εστιάζει στο γραμμικό προγραμματισμό που αποτελεί τον κυρίαρχο υπολογιστικό μηχανισμό εκτίμησης μοντέλων απόφασης, ειδικότερα κατά την ανάλυση μεταβελτιστοποίησης (post/near optimality analysis).
- Η ευστάθεια πρέπει να αποτελεί το αντικείμενο μέτρησης και ελέγχου κάθε δραστηριότητας υποστήριξης αποφάσεων.

Προβλήματα-ερωτήματα συνυφασμένα με τα ζητήματα ευστάθειας, τα οποία ο αναλυτής πρέπει να αντιμετωπίσει σε μια διαδικασία λήψης απόφασης είναι τα εξής:

- Είναι ένα μοντέλο απόφασης αποδεκτό από τον ίδιο τον αποφασίζοντα; (άποψη αποφασίζοντος)

- Είναι ένα μοντέλο απόφασης αξιόπιστο; (άποψη αναλυτή)
- Πώς μετράται η ευστάθεια ενός μοντέλου απόφασης;
- Πώς βελτιώνεται η ευστάθεια, αν αυτό κριθεί αναγκαίο;

Για να μπορέσουμε να βελτιώσουμε το επίπεδο ευστάθειας ενός μοντέλου πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τους λόγους και τα αίτια που ενδέχεται να προκαλούν αστάθεια. Αστάθεια μπορεί να προκαλείται από την αβεβαιότητα ως προς διάφορες παραμέτρους-εισόδους του προβλήματος απόφασης, όπως είναι η βαθμολόγηση των εναλλακτικών δράσεων στα κριτήρια, η φύση των κριτηρίων, η επιλογή του συνόλου αναφοράς, κλπ. Άλλος λόγος που ενδεχομένως προκαλεί ανισορροπία στο σύστημα μπορεί να είναι οι ίδιες οι προτιμήσεις του αποφασίζοντος, αφού η αποτύπωση τους ενδέχεται να προκαλέσουν διαστήματα διακύμανσης στις παραμέτρους των κριτηρίων. Γενικότερα, οι δυσκολίες που συχνά προκύπτουν στην άντληση των επιθυμητών πληροφοριών από τον αποφασίζοντα ή ακόμη και η διαφοροποίηση των πληροφοριών που παρέχει από εκείνες που απαιτούνται για τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων του είναι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν χαμηλά επίπεδα ευστάθειας. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι η ανάλυση ευστάθειας αποτελεί μια άκρως σημαντική διαδικασία για την υποστήριξη αποφάσεων, η οποία μπορεί να καταστεί εξαιρετικά δύσκολη αν αναλογιστούμε την πολυπλοκότητα που ενδέχεται να ενυπάρχει στο πρόβλημα απόφασης.

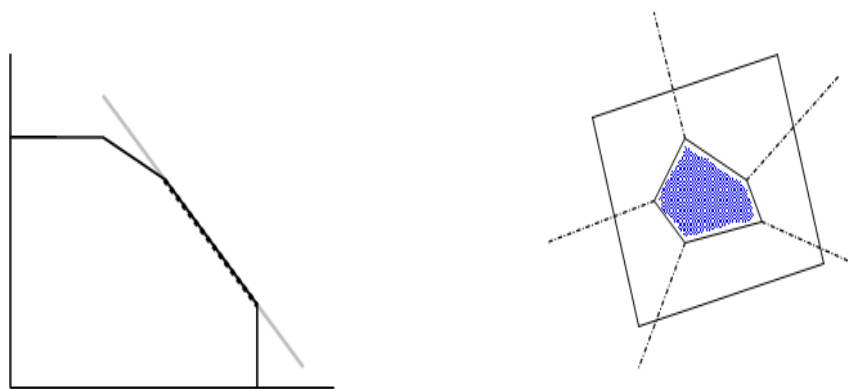
Στα αναλυτικά-συνθετικά μοντέλα του Κεφαλαίου 4, η κατασκευή του μοντέλου απόφασης δημιουργεί από μόνη της πρόβλημα ευστάθειας, αφού το μοντέλο αυτό δεν είναι μια και μοναδική συνάρτηση αξίας, όπως θεωρητικά υποτίθεται, αλλά ένας πολυεδρικός χώρος άπειρων τέτοιων συναρτήσεων-λύσεων ενός γραμμικού προγράμματος. Είναι σαφές ότι η έκταση που έχει το συγκεκριμένο υπερπολύεδρο προσδιορίζει το βαθμό ευστάθειας του μοντέλου απόφασης, δηλαδή όσο πιο «μικρό» είναι το πολύεδρο αυτό τόσο πιο ευσταθές είναι το μοντέλο απόφασης. Κατά συνέπεια, μένει στον αναλυτή να διαχειριστεί τις λύσεις που περιέχει το πολύεδρο των παραμέτρων του μοντέλου, προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα τόσο για την ευστάθεια του μοντέλου του αποφασίζοντος, όσο και τη συνολική αξιολόγηση των λύσεων του προβλήματος.

Στην επόμενη παράγραφο του Κεφαλαίου παρουσιάζονται συνοπτικά διαφορετικοί τρόποι διαχείρισης των στοιχείων ενός πολυεδρικού χώρου, προκειμένου αυτοί να χρησιμοποιηθούν για τη μεθοδολογική προσέγγιση του φαινομένου της ευστάθειας.

5.2 Διαχείριση πολλαπλών βέλτιστων λύσεων γραμμικού προγραμματισμού

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η επίλυση ενός γραμμικού προβλήματος μπορεί να οδηγήσει στον εντοπισμό πολλαπλών βέλτιστων ή ημιβέλτιστων λύσεων. Με τον όρο «ανάλυση ευστάθειας» ή τον ισοδύναμο 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 (Jacquet-Lagrange and Siskos, 1982, 2001, Siskos et al., 2016).

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 ή Σίσκος, 1998: Κεφάλαιο 10 ευστάθειας). Γεωμετρικά, το φαινόμενο αντιστοιχεί στην περίπτωση που το υπερπίεδο της αντικειμενικής συνάρτησης z είναι παράλληλο μιας πλευράς του υπερπολυέδρου των δυνατών λύσεων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1: Πολλαπλές βέλτιστες λύσεις σε 2 και 3 διαστάσεις

Η δυσκολία της ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης έγκειται στον προσδιορισμό του περιεχομένου ή απλώς των κορυφών του υπερπολυέδρου των πολλαπλών (ημι)βέλτιστων λύσεων του γραμμικού προγράμματος. Οι τεχνικές που προτείνονται για το σκοπό αυτό και αξιοποιούνται στον έλεγχο ευστάθειας της επόμενης παραγράφου είναι οι παρακάτω:

Υπολογισμός όλων των κορυφών του υπερπολυέδρου

Μια κλασική τεχνική συνίσταται στην επίσκεψη και καταγραφή όλων των κορυφών του υπερπολυέδρου. Για να γίνει αυτό, προτείνεται η μέθοδος των Manas-Nedoma (1968), η οποία μετατρέπει το πολυέδρο σε ένα συνεκτικό γράφημα και εν συνεχεία εφαρμόζει τη λογική του «λαβύρινθου» για να επισκεφθεί όλες τις κορυφές του. Ο αλγόριθμος των Manas-Nedoma εντοπίζει και καταγράφει εξαντλητικά όλες τις κορυφές ενός κυρτού Χαμιλτονιανού γραφήματος, πραγματοποιώντας μετάβαση από μια κορυφή στην άλλη, χρησιμοποιώντας διαδικασίες Simplex του γραμμικού προγραμματισμού. 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 στη μνήμη του υπολογιστή ένας και μοναδικός πίνακας simplex. Η αναζήτηση ολοκληρώνεται και ο αλγόριθμος σταματά όταν εντοπιστούν και καταγραφούν όλες οι κορυφές του γραφήματος. Η μέθοδος έχει παρουσιαστεί λεπτομερώς από το Σίσκο (1998, Κεφάλαιο 10 ευστάθειας) και δεν κρίνεται σκόπιμο να επαναληφθεί εδώ.

Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας μεθόδου επιτρέπει στον αναλυτή, από τη μία να ελέγξει το μέγεθος της απροσδιοριστίας των παραμέτρων μέσω της καταγραφής όλων των συνοριακών λύσεων και από την άλλη, να προτείνει έναν βαρυκεντρικό, αντιπροσωπευτικό υπολογισμό των παραμέτρων, δηλαδή τη μέση τιμή κάθε παραμέτρου που προκύπτει από όλες τις κορυφές του πολυέδρου (ACUTA reference). Σε μερικές όμως περιπτώσεις, ο αριθμός των κορυφών είναι πολύ μεγάλος και η υπολογιστική διαδικασία δυσκολεύεται να φέρει σε πέρας την αποστολή της σε λογικά χρονικά πλαίσια. Για τον λόγο αυτό, ίσως είναι περισσότερο δόκιμο να προκριθούν τεχνικές που παράγουν λιγότερες κορυφές, τις πλέον χαρακτηριστικές του πολυέδρου. Μια τέτοια τεχνική είναι αυτή που ακολουθεί αμέσως παρακάτω.

Υπολογισμός max – min λύσεων του υπερπολυέδρου

Η συγκεκριμένη τεχνική είναι μια ευριστική (heuristics) που αφορά στην παρατήρηση κάποιων χαρακτηριστικών κορυφών του υπερπολυέδρου, καθεμιά από τις οποίες αντιστοιχεί σε ακραία (μέγιστη ή ελάχιστη) τιμή κάποιας παραμέτρου του μοντέλου απόφασης. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται επίλυση ως προς τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή των αντίστοιχων αντικειμενικών συναρτήσεων και προκύπτουν οι ακραίες τιμές που μπορούν να πάρουν.

Έστω p_{rs} η εκτίμηση μιας παραμέτρου του μοντέλου απόφασης, η οποία παράγεται από μια αναλυτική διαδικασία, r συμβολίζει τον αριθμό παρατήρησης της παραμέτρου που εκτιμάται ($r = 1, 2, \dots, R$) και s συμβολίζει τη συγκεκριμένη παράμετρο ($s = 1, 2, \dots, S$). Στην περίπτωση της μεθόδου UTASTAR, όπου μεγιστοποιούνται και ελαχιστοποιούνται όλες οι παράμετροι της προσθετικής συνάρτησης αξίας $u_i(g_i^j)$, ο αριθμός των άγνωστων παραμέτρων είναι $S = \sum_{i=1}^n (a_i - 1)$, ενώ ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι

$R = 2 \sum_{i=1}^n (a_i - 1)$, όπου a_i είναι ο αριθμός των σημείων του i -οστού κριτηρίου και n ο αριθμός των κριτηρίων. Στη μέθοδο UTA I, πρώτη έκδοση της UTASTAR, όπου μεγιστοποιούνται μόνο οι συντελεστές βαρύτητας $u_i(g_i^*)$, έχουμε $S = R = n$. Τέλος, στη μέθοδο UTA II, όπου μεγιστοποιούνται και ελαχιστοποιούνται οι συντελεστές βαρύτητας, μόνες άγνωστες παράμετροι της μεθόδου, έχουμε $S = n$ και $R = 2n$.

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 παραμέτρων των κριτηρίων μπορούν να δώσουν μια εποπτεία (οπτικοποίηση) της διακύμανσης των εν λόγω παραμέτρων. Για την ειδική περίπτωση των βαρών των κριτηρίων, το εύρος της διακύμανσης δίνεται από την επόμενη σχέση:

$$\mu_i = [\max(p_i) - \min(p_i)], i = 1, 2, \dots, n \quad (5.1)$$

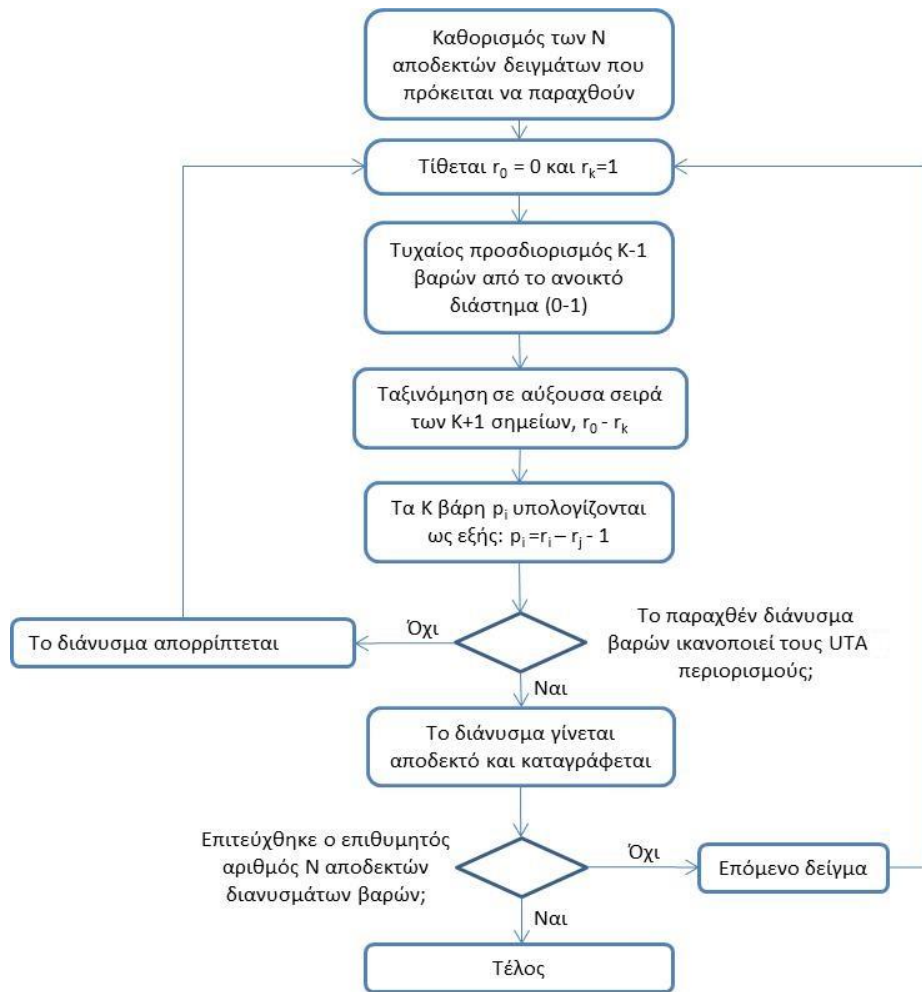
όπου p_i η βαρύτητα του κριτηρίου i .

Τυχαία δειγματοληψία λύσεων του υπερπολυέδρου (Simplex Point Picking)

Η διαδικασία τυχαίας δειγματοληψίας παραμέτρων του μοντέλου απόφασης (Σίσκος, 2015) εντοπίζει έναν μεγάλο αριθμό διανυσμάτων παραμέτρων εντός του υπερπολυέδρου, τα οποία αναδύονται με τυχαίο τρόπο από το εσωτερικό του.

Ένας γνωστός αλγόριθμος που έχει υλοποιηθεί για την συγκεκριμένη διαδικασία είναι ο «Simplex Point Picking». Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ο αλγόριθμος για την περίπτωση της μεθόδου UTA II, όπου μόνες παράμετροι είναι οι συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων φαίνεται στο διάγραμμα ροής του Σχήματος 5.2. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση, 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 υπερπολυέδρου είναι αυτό που λαμβάνεται αν δε δοθεί καμία προτιμησιακή πληροφορία από τον αποφασίζοντα, ισχύει δηλαδή:

$$R_V = \frac{V_A}{V_T} \quad (5.2)$$



Σχήμα 5.2: Διάγραμμα ροής αλγορίθμου «Simplex Point Picking» (περίπτωση UTA II)

Σε μια ενδεικτική εφαρμογή του αλγορίθμου σε περιβάλλον Matlab, για πρόβλημα 8 κριτηρίων, με κατάταξη αναφοράς UTA II (αποτελούμενη από 14 ανισωτικούς περιορισμούς), κατέληξαμε στην παραγωγή $N=1000$ συνόλων βαρών, που ικανοποιούν τους περιορισμούς του αποφασίζοντας.

Η εκτέλεση του αλγορίθμου δειγματοληψίας εμφάνισε μεγάλη δυσκολία εντοπισμού βαρών που ικανοποιούσαν τους περιορισμούς του αποφασίζοντας, λόγω του σχετικού μικρού όγκου του οκταδιάστατου υπερπολυέδρου. Ενδεικτικά, ένα στα 9 εκατομμύρια δείγματα γινόνταν αποδεκτό. Προσδιορίστηκε έτσι, η σχετικότητα R_V του όγκου V_A του εφικτού υπερπολυέδρου σε σχέση με τον όγκο του συνόλου των βαρών V_T .

$$R_V = \frac{V_A}{V_T} = \frac{1}{9,000,000} = 1.1 \cdot 10^{-7}$$

Ένας άλλος αλγόριθμος τυχαίας δειγματοληψίας 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 τη δειγματοληψία σε προβλήματα μεγαλύτερης πολυπλοκότητας. Όμως, η χρήση του «Hit and Run» δε μπορεί να δώσει εικόνα στον αναλυτή για το εύρος του όγκου του υπερπολυέδρου.

Στοχαστική Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποδοχής (Stochastic Multiobjective Acceptabilty Analysis - SMAA)

Η Στοχαστική Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποδοχής (SMAA) προτάθηκε αρχικά από τους Lahdelma, Hokkanen & Salminen (1998) και αποτελεί μια πολυκριτήρια τεχνική υποστήριξης αποφάσεων για πολλαπλούς αποφασίζοντες, βασισμένη στη διερεύνηση του χώρου των βαρών. Ανακριβή ή αβέβαια δεδομένα εισόδου μπορούν να παρασταθούν ως κατανομές πιθανότητας. Στην SMAA δε χρειάζεται οι ενδιαφερόμενοι να εκφράσουν τις προτιμήσεις τους άμεσα ή έμμεσα. Αντιθέτως, η τεχνική αναλύει τι είδους αποτιμήσεις θα καταστήσουν την κάθε εναλλακτική προτιμώμενη, υπολογίζοντας για καθεμία εναλλακτική έναν δείκτη αποδοχής. Αργότερα, η τεχνική αυτή επεκτάθηκε στη SMAA 2 από τους Tervonen & Lahdelma (2007) και χρησιμοποιήθηκε σε αρκετές εφαρμογές.

Όλες οι παραπάνω τεχνικές «εξερεύνησης» του υπερπολυέδρου των συμβατών συναρτήσεων αξίας είναι υποστηρικτικές του ελέγχου της ευστάθειας, όπως αυτό προτείνεται στις επόμενες παραγράφους.

5.3 Η θεωρία των δύο πόλων ελέγχου της ευστάθειας

Όπως τονίστηκε στο Κεφάλαιο 4 της διατριβής, η αναλυτική-συνθετική προσέγγιση στηρίζεται σε μια διαρκή αλληλεπίδραση δύο «πόλων», του πόλου της ανάλυσης (αναλυτικός πόλος) και του πόλου της σύνθεσης (συνθετικός πόλος). Εδώ αξίζει να γίνει η υπενθύμιση ότι ο αναλυτικός πόλος αναφέρεται στην ανάπτυξη του μοντέλου απόφασης, ενώ ο συνθετικός πόλος εστιάζει στα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του μοντέλου. Θα πρέπει όμως να διαχωριστεί ο ρόλος και η μεθοδολογική λειτουργία των δύο αυτών διακριτών πόλων. Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται επιγραμματικά μερικά βασικά στοιχεία που διαφοροποιούν τους δύο πόλους.

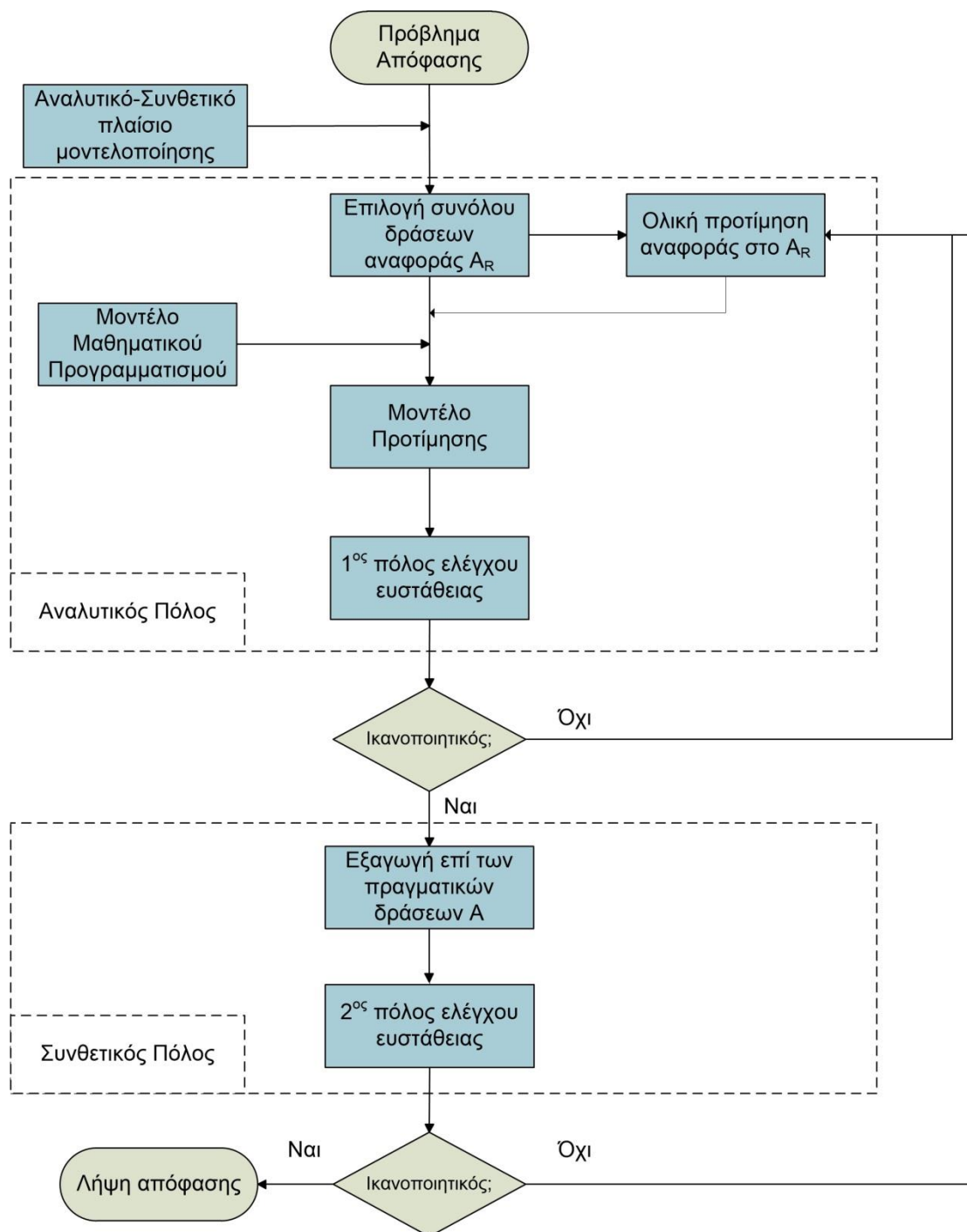
Πίνακας 5.1: Βασικές ιδιότητες διπολικού συστήματος στα αναλυτικά πολυκριτηριακά μοντέλα

Ιδιότητα	Αναλυτικός Πόλος	Συνθετικός Πόλος
Στόχος	Υποστήριξη	Υποστήριξη αποφάσεων

	μοντελοποίησης προτιμήσεων	
Εμπλεκόμενες δράσεις	Δράσεις αναφοράς	Πραγματικές δράσεις
Διαμόρφωση προτιμήσεων	Πλήρης/μερική διάταξη	Πλήρης διάταξη
Εμπλοκή αποφασίζοντος	Ισχυρή	Ασθενής
Εμπλοκή αναλυτή	Ισχυρή	Ισχυρή
Ανάλυση ευστάθειας	Ναι	Ναι
Προτεινόμενοι δείκτες ευστάθειας	2 ποσοτικοί δείκτες ευστάθειας Οπτικοποίηση	4 ποσοτικοί δείκτες ευστάθειας Οπτικοποίηση

Οι δύο πόλοι επιλύουν δύο διαφορετικά προβλήματα πάνω σε δύο διαφορετικές προβληματικές. Ο αναλυτικός πόλος χρησιμοποιεί ως επί το πλείστο ένα πλασματικό και περιορισμένο σύνολο δράσεων αναφοράς και έχει ως κύριο στόχο την ανάλυση των προτιμήσεων (preference analysis) του αποφασίζοντος και την ως εκ τούτου κατασκευή του μοντέλου απόφασης. Αποτελεί δηλαδή ένα αυτοδύναμο σύστημα ερμηνείας της συμπεριφοράς ενός ατόμου, όπως αυτό παρατηρείται στο μάρκετινγκ ή στις κοινωνικές επιστήμες. Το πρόβλημα ευστάθειας που ελλοχεύει στην αντίστοιχη αλγοριθμική διαδικασία είναι η αξιοπιστία, η ευστάθεια του μοντέλου υπό κατασκευή και αν αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα στη συνολική αξιολόγηση των πραγματικών δράσεων στο συνθετικό πόλο. Ο συνθετικός πόλος από την άλλη αφορά στο πραγματικό πρόβλημα απόφασης, τη συνολική αξιολόγηση και κατάταξη των πραγματικών δράσεων του προβλήματος. Ο αποφασίζων αναμένει από τον αναλυτή μια στέρεη επιχειρηματολογία και τεκμηρίωση που θα βασίζεται σε ευσταθή συμπεράσματα.

Όλα τα παραπάνω συμβάλλουν στη λογική ενός διπολικού ελέγχου της ευστάθειας στα αναλυτικά-συνθετικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (Siskos and Psarras, 2016). Η προτεινόμενη μεθοδολογία παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.3: Διπολική μεθοδολογία ελέγχου της ευστάθειας στις αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες

Η αλληλεπίδραση, επικοινωνία μεταξύ των δύο πόλων καθώς και η έξοδος από το σύστημα εξαρτώνται από το επίπεδο ευστάθειας που επιτυγχάνεται στους δύο πόλους (βλ. Σχήμα 5.3). Τούτο θα εξασφαλιστεί μέσω δεικτών ή συνδυασμού δεικτών

ευστάθειας που προτείνονται στην επόμενη παράγραφο, ειδικότερα για την περίπτωση της οικογένειας των μεθόδων UTA.

Σε καθένα από τους δύο πόλους προτείνονται ποσοτικοί δείκτες που συνοδεύονται από μέτρα οπτικοποίησης (visualization measures) ευστάθειας. Κλειδί στην προοδευτική αναβάθμιση της ευστάθειας του διπολικού συστήματος αποτελεί φυσικά το σύνολο των δράσεων αναφοράς και κυρίως το περιεχόμενο των προτιμησιακών δεδομένων πάνω σε αυτό, όπως αποδίδεται από τον αποφασίζοντα. Οι Ciomek et al. (2016) παρατήρησαν ότι η πληροφορία που προστίθεται κάθε φορά απαιτεί υπερβολική γνωστική προσπάθεια εκ μέρους του αποφασίζοντος. Έτσι, προτείνουν μια ευριστική διαδικασία μέσω της οποίας δίνεται προτεραιότητα στις ερωτήσεις απόσπασης προτιμησιακών δεδομένων που θα αποφέρουν υψηλότερο όφελος – θα βελτιώσουν την ευστάθεια του μοντέλου ταχύτερα και σε μεγαλύτερο βαθμό από άλλες ερωτήσεις. Όποιο και αν είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας αναλυτή-αποφασίζοντος, το έργο του αναλυτή πρέπει να εστιαστεί στον «έξυπνο» και προοδευτικό εμπλουτισμό του συνόλου αναφοράς, ώστε να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα για την υποστήριξη των αποφάσεων.

Πρέπει τέλος να τονιστεί εξ αρχής ότι, κατά τον έλεγχο ευστάθειας σε έναν πόλο του συστήματος, δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν όλοι οι προτεινόμενοι δείκτες, για να κριθεί ο βαθμός ευστάθειας του μοντέλου (αναλυτικός πόλος) ή της κατάταξης των δράσεων (συνθετικός πόλος) ως ικανοποιητικός. Ο αναλυτής μπορεί να κρίνει το αποτέλεσμα από έναν δείκτη, συνδυασμό δεικτών ή συνδυασμό δεικτών και οπτικοποίηση του αποτελέσματος.

5.4 Δείκτες ευστάθειας

5.4.1 Αναλυτικός πόλος

Η πρώτη φάση ελέγχου της ευστάθειας επιβάλλεται στον αναλυτικό πόλο του αναλυτικού-συνθετικού μοντέλου και εστιάζει στην κατασκευή και πρόταση ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου, σύμφωνα με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος. Αυτό σημαίνει, ότι εάν ο έλεγχος ευστάθειας στον πόλο αυτό δε δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα, ζητούνται πρόσθετες πληροφορίες από τον αποφασίζοντα, οι οποίες εν συνεχεία ενσωματώνονται στο πολυκριτηριακό μοντέλο. Είναι προφανές, ότι για να μεταβούμε από τον αναλυτικό στο συνθετικό πόλο, απαιτείται η εξασφάλιση ενός ικανοποιητικού επιπέδου ευστάθειας, ώστε να μπορεί να δομηθεί ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο.

Τα μέτρα ανάλυσης της ευστάθειας που παρουσιάζονται παρακάτω χρησιμοποιούνται σε πρώτη φάση από τον αναλυτή ως εργαλείο εποπτείας αλλά και σε επόμενη φάση ως

βοηθητικό εργαλείο για την καλύτερη κατανόηση από τον αποφασίζοντα του μοντέλου απόφασης.

Προτείνονται για το σκοπό αυτό δύο ποσοτικοί δείκτες και ένα μέτρο οπτικοποίησης (βλ. Πίνακα 5.2):

Μέσος δείκτης ευστάθειας (Average Stability Index - ASI)

Ο μέσος δείκτης ευστάθειας (δείκτης ASI) είναι ένας δείκτης ευστάθειας που προτάθηκε από τους Grigoriadis & Siskos (2002) και δηλώνει τη μέση τιμή της κανονικοποιημένης τυπικής απόκλισης των παραμέτρων του μοντέλου απόφασης. Ο δείκτης δίνεται από τον τύπο:

$$ASI = 1 - \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \sqrt{\frac{R \sum_{r=1}^R p_{rs}^2 - \left(\sum_{r=1}^R p_{rs}\right)^2}{R \sum_{r=1}^R p'_{rs}{}^2 - \left(\sum_{r=1}^R p'_{rs}\right)^2}} \quad (5.3)$$

Όπου p'_{rs} είναι η τιμή της r -οστής παρατήρησης της s -οστής προτιμησιακής παραμέτρου, η οποία μεγιστοποιεί τη διασπορά μιας παραμέτρου κατά τη διάρκεια της παραπάνω *max - min* διαδικασίας εξερεύνησης του υπερπολυέδρου. Ο δείκτης ASI παίρνει τιμές από 0 έως 1 και συνήθως η ευστάθεια του μοντέλου θεωρείται ικανοποιητική όταν επιτυγχάνεται σύγκλιση στην μέγιστη τιμή 1, δηλαδή εμπειρικά από 0.9 και άνω, καθώς ο δείκτης είναι «αισιόδοξος».

Στην περίπτωση της μεθόδου UTASTAR, η οποία εφαρμόζεται στο παράδειγμα της επόμενης παραγράφου 5.4, ο μαθηματικός τύπος του ASI μετασχηματίζεται στην ακόλουθη μορφή:

$$ASI = 1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - 1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^{\alpha_i} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - 1) \sum_{r=1}^R (u_{ij}^r)^2 - \left(\sum_{r=1}^R u_{ij}^r\right)^2}{2 \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i - (n+1)}}} \quad (5.4)$$

Όπου u_{ij}^r είναι η r -οστή παρατήρηση της u_{ij} της διαδικασίας *max - min*, με $R = \sum_{i=1}^n (\alpha_i - 1)$, δηλαδή με μεγιστοποίηση και ελαχιστοποίηση όλων των παραμέτρων της προσθετικής συνάρτησης αξίας.

Μέσο εύρος διακύμανσης παραμέτρων (Average Range of preferential Parameters - ARP)

Ο συγκεκριμένος δείκτης προτάθηκε από τους Siskos and Psarras (2015) και μετρά το διάστημα διακύμανσης μιας μέσης παραμέτρου του μοντέλου, με βάση την

προτιμησιακή πληροφορία που έχει συλλεγεί από τον αποφασίζοντα. Ο υπολογισμός του απαιτεί πάλι την ενεργοποίηση της τεχνικής *max – min* και ορίζεται από τον τύπο:

$$ARP = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S [max_r(p_{rs}) - min_r(p_{rs})] \quad (5.5)$$

όπου p_{rs} είναι η r -οστή παρατήρηση της s -οστής παραμέτρου και S είναι ο αριθμός όλων των παρατηρήσεων που επιτυγχάνονται μέσω της *max – min* διαδικασίας στο υπερπολύεδρο.

Ο δείκτης κυμαίνεται στο διάστημα $[0,1]$ και παίρνει χαμηλές τιμές όταν η ευστάθεια του μοντέλου είναι υψηλή. Ο *ARP* παίρνει την τιμή 0 όταν μία και μοναδική συνάρτηση αξίας μοντελοποιεί τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος, γεγονός ουσιαστικά ανέφικτο στις αναλυτικές προσεγγίσεις, όπου το υπερπολύεδρο των λύσεων δεν εκφυλίζεται σε ένα σημείο. **Ως ικανοποιητική τιμή του δείκτη προτείνεται μια τιμή κάτω του 0.1**, δηλαδή γίνεται αποδεκτή μια απόκλιση της τάξης του 10% της αξίας που μπορεί να αντιπροσωπεύσει μια παράμετρος (βλ. Πίνακα 5.2).

Μέτρο οπτικοποίησης μοντέλου απόφασης

Σε συνέχεια της εφαρμογής της *max – min* διαδικασίας στο υπερπολύεδρο των πολλαπλών συναρτήσεων αξίας, είναι δυνατή η γραφική σχεδίαση των μερικών συναρτήσεων αξίας του προσθετικού μοντέλου. Σε κάθε κριτήριο, οπτικοποιείται η μέση-βαρυκεντρική συνάρτηση αξίας, καθώς και οι παρατηρούμενες ελάχιστες και μέγιστες τιμές που έχουν παρατηρηθεί ή υπολογιστεί για τις αντίστοιχες παραμέτρους του κριτηρίου.

5.4.2 Συνθετικός πόλος

Ο δεύτερος έλεγχος της ευστάθειας λαμβάνει χώρα στον συνθετικό πόλο της αλγοριθμικής διαδικασίας. Συγκεκριμένα, εφόσον πραγματοποιηθεί ο αναγκαίος αριθμός επαναλήψεων στον αναλυτικό πόλο, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ευστάθειας του μοντέλου απόφασης, μπορεί να γίνει η μετάβαση στο συνθετικό πόλο της διπολικής μεθοδολογίας ελέγχου της ευστάθειας. Σε κάθε επανάληψη, έχουμε ως δεδομένο ένα αντιπροσωπευτικό πολυκριτηριακό μοντέλο, το οποίο θα επεκταθεί και θα εφαρμοστεί στη συνέχεια. Κατά συνέπεια, η πρόταση κατάλληλων δεικτών ευστάθειας στο συνθετικό πόλο είναι επίσης απαραίτητη.

Οι δείκτες ευστάθειας του συνθετικού πόλου υπολογίζονται σε συνεργασία με κάποιες κατάλληλες μεθοδολογίες και τεχνικές. Η εφαρμογή αυτών των τεχνικών και

μεθοδολογιών είναι απαραίτητη για την εξαγωγή των δεικτών, επομένως απαιτείται προσεκτική επιλογή των δεικτών που θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της ευστάθειας, με γνώμονα την ελαχιστοποίηση του υπολογιστικού φόρτου και την αποφυγή περιττών υπολογισμών. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι δείκτες ευστάθειας του συνθετικού πόλου μαζί με τις απαραίτητες τεχνικές που τους προδιαγράφουν.

Ανάλυση ακραίων θέσεων κατάταξης (Extreme Ranking Analysis – ERA)

Ο αλγόριθμος ανάλυσης ακραίων θέσεων (Extreme Ranking Analysis – ERA) προτάθηκε από τους Kadziński, Greco & Słowiński (2012) για να υπολογίσει τη καλύτερη και χειρότερη δυνατή θέση κατάταξης μιας δράσης, χρησιμοποιώντας τεχνικές ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Πραγματοποιείται παράλληλα με την εφαρμογή του μοντέλου και δίνει ξεκάθαρη εικόνα του εύρους μέσα στο οποίο κινούνται οι πραγματικές δράσεις κατά την τελική τους κατάταξη. Κάθε συμβατή συνάρτηση αξίας μπορεί να παράγει διαφορετικές κατατάξεις των δράσεων, και επομένως η διαφοροποίηση στην κατάταξη των δράσεων μπορεί να είναι εκτεταμένη σε βαθμό τέτοιο που να μην είναι δυνατή η υποστήριξη της απόφασης.

Η ανάλυση ακραίας κατάταξης παρουσιάζει επομένως τη μέγιστη και την ελάχιστη δυνατή θέση που μπορεί να καταλάβει η κάθε δράση στην τελική κατάταξη. Εκτός από τη στατιστική σημασία του εργαλείου αυτού, μπορεί να προσφέρει ξεκάθαρη εικόνα 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 δράση μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες στον αποφασίζοντα όσον αφορά στη σχετική απόδοση μιας δράσης έναντι μιας άλλης.

Για παράδειγμα, για ένα ζεύγος δράσεων a, b για τις οποίες η a υπερέχει πάντα της b , θα πρέπει να ισχύει η σχέση αναγκαίας υπεροχής $a \geq^N b$, ενώ αν αυτές καταλαμβάνουν πάντα την ίδια θέση (περίπτωση ισοβαθμίας) θα πρέπει να ισχύει η σχέση αδιαφορίας $a \sim^N b$. Επίσης, στην αντίθετη περίπτωση που οι δύο δράσεις έχουν επικαλυπτόμενα εύρη στις πιθανές κατατάξεις τους, ο αποφασίζοντας θα έχει στα χέρια του μια σημαντική πληροφορία που μπορεί να αξιοποιήσει για την αναδιαμόρφωση και βελτίωση της επικοινωνίας του μοντέλου απόφασης του.

Σε αυτή τη λογική, αν $R^*(a)$ και $R_*(a)$ συμβολίζουν την καλύτερη και χειρότερη θέση, αντίστοιχα, μιας δράσης a , οι σχέσεις:

$$a > b \Leftrightarrow R^*(a) < R^*(b) \text{ και } R_*(a) < R_*(b)$$

$$a \sim b \Leftrightarrow [R^*(a), R_*(a)] \subset [R^*(b), R_*(b)] \Psi [R^*(a), R_*(a)] \supset [R^*(b), R_*(b)] \quad (5.6)$$

περιγράφουν την περίπτωση στην οποία η μέγιστη δυνατή κατάταξη της δράσης a είναι καλύτερη από αυτήν της δράσης b , ενώ η κατώτατη δυνατή κατάταξη της δράσης a είναι χειρότερη από εκείνη της δράσης b .

Χρησιμοποιώντας τώρα τις σχέσεις:

$$R^*(\alpha) = \{\text{πλήθος δράσεων } b \in A \setminus \{a\}: u(b) > u(a) \forall u \in u_{AR}\} + 1 \quad (5.7)$$

μπορούμε να εντοπίσουμε την μέγιστη δυνατή κατάταξη μιας δράσης $a \in A$ που υπολογίζεται από κάθε συμβατή συνάρτηση αξίας $u \in u_{AR}$ (υπερπολύεδρο συμβατών συναρτήσεων αξίας). Στη συνέχεια, πρέπει να λυθεί το παρακάτω πρόβλημα μικτού ακέραιου προγραμματισμού:

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

υπό τους περιορισμούς:

$$E_{u,max}^{AR} \begin{cases} E_u^{AR} \\ u(a) \geq u(b) - Mu_b \\ \forall b \in A \setminus \{a\} \end{cases} \quad (5.8)$$

όπου M είναι μια βοηθητική μεταβλητή ίση με ένα μεγάλο θετικό αριθμό και u_b είναι μια δυαδική μεταβλητή $[0 \text{ ή } 1]$ που σχετίζεται με τη σύγκριση της δράσης a με τη b .

Αντίστοιχα, με τη σχέση

$$R_*(\alpha) = \{\text{πλήθος δράσεων } b \in A \setminus \{a\}: u(b) < u(a) \forall u \in u_{AR}\} \quad (5.9)$$

μπορούμε να εντοπίσουμε την κατώτερη δυνατή κατάταξη μιας δράσης $a \in A$ που υπολογίζεται από κάθε συμβατή συνάρτηση αξίας $u \in u_{AR}$, επιλύοντας το παρακάτω μικτό ακέραιο γραμμικό πρόβλημα:

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

υπό τους περιορισμούς:

$$E_{U,min}^{AR} \begin{cases} E_U^{AR} \\ u(b) \geq u(a) + \varepsilon - Mu_b \\ \forall b \in A \setminus \{a\} \end{cases} \quad (5.10)$$

όπου ε είναι ένας μικρός θετικός αριθμός που εξασφαλίζει ότι $u(b) \neq u(a)$ ή $u(b) > u(a)$. Η χειρότερη δυνατή κατάταξη της δράσης a ορίζεται τότε ως $R_*(\alpha) = A - z'^*$, όπου z'^* είναι η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του παραπάνω γραμμικού προβλήματος.

Μέτρο οπτικοποίησης της κατάταξης (ranking visualization)

Στο πλαίσιο της ανάλυσης ακραίων θέσεων κατάταξης, σημαντική αξία στην όλη ανάλυση παρέχει η γραφική αναπαράσταση της κατάταξης των δράσεων. Συγκεκριμένα οπτικοποιείται για κάθε δράση η μέση θέση που καταλαμβάνει από την αντιπροσωπευτική συνάρτηση αξίας (βαρυκεντρική συνάρτηση), καθώς και οι ακραίες θέσεις στην κατάταξη (μέγιστη και ελάχιστη), όπως υπολογίστηκαν από την τεχνική που προηγήθηκε. Μια τέτοια οπτικοποίηση είναι ικανή να υποστηρίξει τον αποφασίζοντα στην αποτίμηση και τον επιτυχή τερματισμό της διαδικασίας υποστήριξης απόφασης.

Εάν, για παράδειγμα, η προβληματική είναι διευρυμένη α , δηλαδή πρέπει να επιλεγεί ένας περιορισμένος αριθμός από τις καλύτερες δράσεις και η εικόνα στην κεφαλή της κατάταξης εμφανίζει τις πρώτες δράσεις να κρατούν σχετικά σταθερές τις θέσεις τους, ο αποφασίζων μπορεί να πειστεί να ολοκληρώσει τη διαδικασία εφαρμογής του μοντέλου. Μια χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση παρατηρήθηκε στο πραγματικό πρόβλημα επιλογής κατάλληλων χώρων υγειονομικής ταφής αποβλήτων στη Θράκη (βλ. Demesouka et al., 2019).

Μέση εμβέλεια κατάταξης (ARRI) και λόγος μέσης εμβέλειας κατάταξης (RARR)

Ο δείκτης μέσης εμβέλειας κατάταξης (Average Range of the Ranking Index- ARRI) και ο λόγος μέσης εμβέλειας κατάταξης (Ratio of the Average Range of the Ranking - RARR) προτάθηκαν από τους Siskos and Psarras (2016) και συνεργούν στο πλαίσιο της ανάλυσης ακραίων θέσεων (Extreme Ranking Analysis - EPA) των Kadziński et al. (2012). Οι δύο αυτοί δείκτες έχουν ήδη εφαρμοστεί και έχουν αποδείξει τη χρησιμότητά τους σε μια πληθώρα διαφορετικών πραγματικών προβλημάτων απόφασης (π.χ. Mastorakis and Siskos, 2016, Matsatsinis et al. 2018, Stavrou et al. 2018). Ο *ARRI* δείχνει τον αριθμό θέσεων που μια μέση δράση μπορεί να καταλάβει στην ολική κατάταξη, ενώ ο *RARR* υπολογίζει το λόγο του προηγούμενου δείκτη προς τον συνολικό αριθμό των δράσεων, παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη λύση. Οι βέλτιστες τιμές των δεικτών *ARRI* και *RARR* είναι αντίστοιχα 1 and 0% και υπολογίζονται βάσει των τύπων (5.11) και (5.12).

$$ARRI = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (|R_*(k) - R^*(k)| + 1) \quad (5.11)$$

$$RARR = \frac{ARRI - 1}{m - 1} \cdot 100\% \quad (5.12)$$

όπου $R_*(k)$ και $R^*(k)$ είναι η χειρότερη και η καλύτερη πιθανή θέση στην κατάταξη, αντίστοιχα για την k -οστή δράση και m είναι ο αριθμός όλων των δράσεων του προβλήματος.

Προφανώς, όσο μικρότερη είναι η τιμή των δεικτών αυτών, τόσο πιο ασφαλή είναι τα αποτελέσματα. Η εφαρμογή των δεικτών αυτών έχει δείξει εμπειρικά ότι ικανοποιητική ευστάθεια επιτυγχάνεται όταν ο *ARRI* λαμβάνει τιμή κάτω του 2 για προβλήματα έως 10 εναλλακτικών και ο *RARR* κινείται αντίστοιχα κάτω του 10%. Σε κάθε περίπτωση όμως αυτό εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος και τα επίπεδα σταθερότητας των αποτελεσμάτων που απαιτεί ο αποφασίζων.

Στατιστικός δείκτης σχέσεων προτίμησης (Statistical Preference Relations Index - SPRI)

Ο δείκτης αυτός αποτελεί ένα αμιγώς στατιστικό εργαλείο το οποίο εξετάζει τη σταθερότητα των θέσεων που μπορούν να πάρουν όλες οι δράσεις στην κατάταξη. Υπολογίζει τις πιθανότητες υπεροχής μεταξύ δράσεων, δηλαδή την πιθανότητα μία δράση a να υπερέχει μιας άλλης δράσης b καθώς και τις πιθανότητες που αφορούν τις θέσεις των δράσεων στην τελική κατάταξη, δηλαδή την πιθανότητα για τη δράση a να βρεθεί σε μία συγκεκριμένη θέση της κατάταξης.

Φυσικά, για την εξαγωγή πιθανοτικών συμπερασμάτων, απαιτείται η εξαγωγή πολλαπλών διαφορετικών διανυσμάτων-συναρτήσεων εντός του υπερπολυέδρου και η αντίστοιχη επαναληπτική επίλυση του προσθετικού μοντέλου. Ο αριθμός των πολλαπλών κατατάξεων που θα προκύψουν θα πρέπει να είναι ικανός για να στηρίξει ασφαλή στατιστικά αποτελέσματα. **Η συγκεκριμένη τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά σε συνδυασμό με τις τεχνικές του υπολογισμού όλων των κορυφών του υπερπολυέδρου (μέθοδος Manas-Nedoma), της τυχαίας δειγματοληψίας λύσεων του υπερπολυέδρου (Simplex Point Picking) ή της στοχαστικής πολυκριτήριας ανάλυσης αποδοχής (SMAA) που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 5.2.**

Συγκεκριμένα, για την εκτίμηση της πιθανότητας μία δράση a_k να καταλάβει τη θέση t στην κατάταξη, χρησιμοποιείται η σχέση:

$$p_t^k = \frac{c_t^k}{R} \cdot 100\% \quad (5.13)$$

όπου c_t^k είναι ο αριθμός των δειγμάτων-παρατηρήσεων στα οποία η δράση a_k κατέχει την t -οστή θέση ($t = 1, 2, \dots, m$) και R είναι ο αριθμός των παραγόμενων δειγμάτων.

Ο στατιστικός δείκτης σχέσεων προτίμησης (SPRI) υπολογίζεται τώρα από την ακόλουθη εξίσωση:

$$SPRI = \frac{1}{R} \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^m P_t^k \quad (5.14)$$

Ο SPRI παίρνει τη βέλτιστη τιμή του στο 100%, όταν όλες οι δράσεις καταλαμβάνουν μια σταθερή θέση με πιθανότητα 100%. Φυσικά, **επιθυμητά επίπεδα αποδοχής της συνολικής ευστάθειας της κατάταξης είναι ποσοστά άνω του 80%**, σε συνδυασμό με άλλους δείκτες του συνθετικού πόλου, όπως για παράδειγμα η οπτικοποίηση της ανάλυσης ακραίας κατάταξης.

Κατασκευή διακριτών σχέσεων υπεροχής

Η τεχνική αυτή τοποθετείται στο ίδιο πλαίσιο με τον προηγούμενο δείκτη και ελέγχει τις σχέσεις υπεροχής ανάμεσα σε δράσεις που ο αποφασίζων θα επιθυμούσε να συγκρίνει. Καταδεικνύει την πιθανότητα μια δράση a να υπερέχει μιας δράσης b (Siskos, 1982), με τη μορφή ποσοστού παρατηρούμενων συναρτήσεων αξίας για τις οποίες η δράση a έχει μεγαλύτερη ή ίση τιμή από τη δράση b :

$$S(a, b) = \frac{U_s}{U} \quad 5.15$$

Όπου U είναι ο συνολικός αριθμός των συναρτήσεων αξίας που έχουν παραχθεί μέσω τυχαίας δειγματοληψίας ή επίσκεψης κορυφών του υπερπολύεδρου και U_s ο αριθμός των συναρτήσεων αξίας που υποδεικνύουν υπεροχή της a έναντι της b .

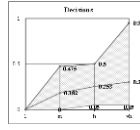
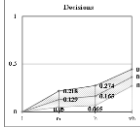
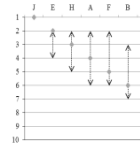
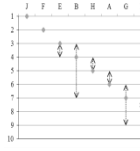
Η βέλτιστη τιμή του δείκτη είναι 100% και επιθυμητό επίπεδο πιθανότητας το 75%, δηλαδή συμφωνία $\frac{3}{4}$ του δείγματος των συναρτήσεων αξίας.

Σύνοψη δεικτών ευστάθειας

Συνοπτικά όλοι οι δείκτες ευστάθειας που παρουσιάστηκαν παραπάνω εμφανίζονται στον Πίνακα 5.2. μαζί με τις βέλτιστες και επιθυμητές τιμές τους.

Πίνακας 5.2: Δείκτες και μέτρα ευστάθειας στο διπολικό σύστημα ελέγχου της ευστάθειας

A/A	Πόλος	Δείκτης/ Μέτρο	Σύμβολο	Έννοια βελτίωσης	Βέλτιστη τιμή	Επιθυμητή τιμή
1	Αναλυτικός	Μέσος δείκτης ευστάθειας	ASI	Μεγιστο- ποίηση	1	≥ 0.9
2	Αναλυτικός	Μέσο εύρος διακύμανσης	ARP	Ελαχιστο- ποίηση	0	≤ 0.1

		παραμέτρων				
3	Αναλυτικός	Μέτρο οπτικοποίησης μοντέλου απόφασης				
4	Συνθετικός	Μέτρο οπτικοποίησης της κατάταξης (ERA)				
5	Συνθετικός	Μέση εμβέλεια κατάταξης	ARRI		1	≤ 2
6	Συνθετικός	Λόγος μέσης εμβέλειας κατάταξης	RARR	Ελαχιστοποίηση	0 %	$\leq 15 \%$
7	Συνθετικός	Στατιστικός δείκτης σχέσεων προτίμησης	SPRI	Μεγιστοποίηση	100 %	$\geq 80 \%$
8	Συνθετικός	Διακριτή σχέση υπεροχής	$S(a, b)$	Μεγιστοποίηση	100 %	$\geq 75 \%$

5.5 Παράδειγμα εφαρμογής

5.5.1 Παρουσίαση του προβλήματος απόφασης

Το παράδειγμα που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό είναι εμπνευσμένο από μία επιτυχημένη πραγματική εφαρμογή της μεθοδολογίας UTA σε πρόβλημα αξιολόγησης θέσεων ευθύνης (job evaluation) σε μεγάλο Ελληνικό οργανισμό τηλεπικοινωνιών (βλ. Spyridakos et al., 2001). Γενικά, η αξιολόγηση θέσεων ευθύνης είναι μια διαδικασία η οποία επιτρέπει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση διαδικασιών αναβάθμισης των ανθρώπινων πόρων του οργανισμού καθώς και τον εξορθολογισμό της μισθοδοτικής πολιτικής.

Στον συγκεκριμένο οργανισμό, το «job evaluation» αφορά στην εγκατάσταση ενός συστήματος αξιών που θα αναδεικνύει τη συνολική υπευθυνότητα και την απόδοση κάθε διαφορετικής θέσης ευθύνης του οργανισμού. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η προτεινόμενη αξιολόγηση δεν αφορά τα άτομα-κατόχους των θέσεων ευθύνης αλλά τις ίδιες τις θέσεις, το επίπεδο υπευθυνότητας που συνδέεται με αυτές καθώς και τη συνεισφορά τους στην παραγωγικότητα και την κερδοφορία του οργανισμού. Η αξιολόγηση συμβάλλει θετικά στην ανταγωνιστικότητα και το μάνατζμεντ των επιδόσεων, δηλαδή: (1) δημιουργεί τις προϋποθέσεις για τη δημιουργία ενός μισθοδοτικού συστήματος που συνδέει τη «βαρύτητα» μιας θέσης με την προσφερόμενη

αμοιβή και (2) υποστηρίζει τον σχεδιασμό των απαιτήσεων για τη διαχείριση των ανθρώπινων πόρων, με στόχο τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των θέσεων ευθύνης.

Προτείνονται εδώ τρία από τα κριτήρια αξιολόγησης της πραγματικής μελέτης σύμφωνα με τη μοντελοποίηση των Matsatsinis et al. (2018) (βλ. Πίνακα 5.3):

- *Κριτήριο 1* (κριτήριο προϋποθέσεων): Απαιτούμενα προσόντα και δεξιότητες (π.χ. βασικές γνώσεις, ειδικότητα, δεξιότητες, εμπειρία), μετρικό βάσει της αριθμητικής κλίμακας [5, 20].
- *Κριτήριο 2* (κριτήριο διαδικασιών): Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων (π.χ. συμμετοχή σε επιτροπές, θέση στην ιεραρχία, επίλυση προβλημάτων, ποσότητα και βαρύτητα αποφάσεων), μετρούμενη βάσει της ποιοτικής κλίμακας: [περιορισμένη, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή].
- *Κριτήριο 3* (κριτήριο αποτελεσμάτων): Υπευθυνότητες (π.χ. ποιοτικά αποτελέσματα, γεωγραφική περιοχή, βαθμός υπευθυνότητας, στρατηγικός ρόλος σε αναπτυξιακές δραστηριότητες, υποστήριξη άλλων μονάδων), μετρούμενες βάσει της ποιοτικής κλίμακας: [περιορισμένη, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή].

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω κριτήρια, αξιολογήθηκαν 10 θέσεις ευθύνης στον προκείμενο οργανισμό (βλ. Πίνακα 5.4).

Πίνακας 5.3: Κριτήρια αξιολόγησης θέσεων ευθύνης στο παράδειγμα εφαρμογής

Όνομα κριτηρίου	Άξονας προτίμησης	Τύπος κριτηρίου	Κλίμακα αξιολόγησης
g_1 : Προσόντα & δεξιότητες (skills)	Προϋποθέσεις	Μετρικό	Μετρική κλίμακα: [5, 20]
g_2 : Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων (decisions)	Διαδικασίες	Διάταξης	[περιορισμένη, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή]
g_3 : Υπευθυνότητες (responsibility)	Αποτελέσματα	Διάταξης	[περιορισμένη, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή]

Πίνακας 5.4: Πολυκριτηριακή αξιολόγηση 10 θέσεων ευθύνης

Θέση ευθύνης	Κριτήριο 1 (Προσόντα & δεξιότητες)	Κριτήριο 2 (Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων)	Κριτήριο 3 (Υπευθυνότητες)
A	7	μέτρια	υψηλή
B	12	υψηλή	μέτρια
C	15	περιορισμένη	περιορισμένη
D	5	μέτρια	μέτρια

E	10	περιορισμένη	πολύ υψηλή
F	19	πολύ υψηλή	περιορισμένη
G	12	περιορισμένη	υψηλή
H	8	υψηλή	υψηλή
I	16	περιορισμένη	μέτρια
J	6	μέτρια	πολύ υψηλή

Θα πρέπει να σημειωθεί εξ αρχής ότι ο έλεγχος ευστάθειας στο πρόβλημα αυτό θα βασιστεί αποκλειστικά στους δείκτες υπ' αριθμόν 1,2,3 (Αναλυτικός Πόλος) και 4,5,6 (Συνθετικός Πόλος) του Πίνακα 5.2.

5.5.2 Σύνολο αναφοράς και απόσπαση (elicitation) των προτιμήσεων του αποφασίζοντος

Ο αναλυτής του προβλήματος, ο οποίος καλείται να υποστηρίξει το έργο της αξιολόγησης, αναπτύσσει έναν διάυλο επικοινωνίας, υπό τη μορφή διαλόγου, με τον αποφασίζοντα, προκειμένου να κατασκευάσει ένα σύνολο αναφοράς θέσεων ευθύνης και δυναμικές διμερείς σχέσεις προτίμησης μεταξύ τους, με σκοπό να βοηθήσει τον αποφασίζοντα να εξωτερικεύσει εντολές προτίμησης. Ο διάλογος αυτός εκτυλίσσεται ως εξής:

Αναλυτής: Ας θεωρήσουμε τη θέση ευθύνης E η οποία απαιτεί μεταπτυχιακές σπουδές (βαθμός 10) αλλά καθόλου εμπειρία και ειδικές δεξιότητες. Σύμφωνα με την περιγραφή της θέσης αυτής (job description), η θέση δεν απαιτεί τη συμμετοχή σε επιτροπές αλλά έχει υψηλές υπευθυνότητες στον οργανισμό (βλ. Πίνακα 5.5). Συγκριτικά με μία εικονική θέση Z₁, η οποία έχει τις ίδιες υπευθυνότητες, υψηλή συνεισφορά στις διαδικασίες απόφασης και απαιτεί μόνο απολυτήριο λυκείου ($g_1 = 5$), ποια κατά τη γνώμη σας είναι συνολικά πιο σημαντική για τον οργανισμό;

Αποφασίζων: Νομίζω ότι η δεύτερη είναι πιο σημαντική.

Αναλυτής: Ας συγκρίνουμε τώρα την ίδια θέση E με μια νέα εικονική θέση, την Z₂, η οποία απαιτεί τα ίδια προσόντα και έχει υψηλή συνεισφορά στις διαδικασίες αποφάσεων και υψηλές υπευθυνότητες. Ποια από τις δυο είναι πιο σημαντική συνολικά για τον οργανισμό;

Αποφασίζων: Μου φαίνεται ότι οι δυο θέσεις είναι συνολικά ισάξιες.

Αναλυτής: Θα θέλατε τώρα να συγκρίνετε μια εικονική θέση, την Z₃, η οποία απαιτεί σημαντικά προσόντα και δεξιότητες ($g_1 = 5$) αλλά με μέτριες αξιολογήσεις στα κριτήρια της συμμετοχής στη λήψη αποφάσεων και των υπευθυνότητων.

Αποφασίζων: Κατά τη γνώμη μου, αυτή η θέση είναι καθαρά κατώτερη από τη θέση E.

Αναλυτής: Πολύ ωραία. Ας συνοψίσουμε τις προτιμήσεις σας. Έχετε δώσει μια πλήρη κατάταξη τεσσάρων θέσεων, όπως αυτή απεικονίζεται στον Πίνακα 3, σωστά;

Αποφασίζων: Ναι.

Στη συνέχεια, με βάση τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα, κατασκευάστηκε ένα σύνολο θέσεων αναφοράς που περιλαμβάνει μια πραγματική θέση ευθύνης από το σύνολο A και τρεις εικονικές, δηλαδή $A_R = \{Z_1, E, Z_2, Z_3\}$ (βλ. Πίνακα 5.5).

Πίνακα 5.5: Κατάταξη αποφασίζοντος των τεσσάρων θέσεων αναφοράς

Θέση ευθύνης αναφοράς	Κριτήριο 1 (Προσόντα & δεξιότητες)	Κριτήριο 2 (Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων)	Κριτήριο 3 (Υπευθυνότητες)	Θέση κατάταξης
Z_1	5	υψηλή	πολύ υψηλή	1
E	10	περιορισμένη	πολύ υψηλή	2
Z_2	10	υψηλή	υψηλή	2
Z_3	15	μέτρια	μέτρια	4

5.5.3 Αναλυτική προσέγγιση μέσω της μεθόδου UTASTAR

Βήμα 1

Σύμφωνα με το πρώτο βήμα του αλγορίθμου UTASTAR (βλ. Κεφάλαιο 4), υπολογίζονται οι παρακάτω εκφράσεις της αξίας κάθε εναλλακτικής υπό αξιολόγηση από τον αποφασίζοντα:

$$\begin{aligned} u[g(Z_1)] &= u_1(5) + u_2(\text{high}) + u_3(\text{very high}) = 0 + (w_{21} + w_{22}) + (w_{31} + w_{32} + w_{33}) \\ &= w_{21} + w_{22} + w_{31} + w_{32} + w_{33} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u[g(E)] &= u_1(10) + u_2(\text{limited}) + u_3(\text{very high}) = w_{11} + 0 + (w_{31} + w_{32} + w_{33}) \\ &= w_{11} + w_{31} + w_{32} + w_{33} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u[g(Z_2)] &= u_1(10) + u_2(\text{high}) + u_3(\text{high}) = w_{11} + (w_{21} + w_{22}) + (w_{31} + w_{32}) \\ &= w_{11} + w_{21} + w_{22} + w_{31} + w_{32} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u[g(Z_3)] &= u_1(15) + u_2(\text{medium}) + u_3(\text{medium}) = (w_{11} + w_{12}) + w_{21} + w_{31} \\ &= w_{11} + w_{12} + w_{21} + w_{31} \end{aligned}$$

Βήμα 2

Για κάθε ζεύγος διαδοχικών δράσεων της κατάταξης υπολογίζονται οι διαφορές:

$$\begin{aligned}\Delta(Z_1, E) &= u[\mathbf{g}(Z_1)] - \sigma^+(Z_1) + \sigma^-(Z_1) - u[\mathbf{g}(E)] + \sigma^+(E) - \sigma^-(E) \\ &= (w_{21} + w_{22} + w_{31} + w_{32} + w_{33}) - \sigma^+(Z_1) + \sigma^-(Z_1) - (w_{11} + w_{31} + w_{32} + w_{33}) + \sigma^+(E) - \sigma^-(E) \\ &= -w_{11} + w_{21} + w_{22} - \sigma^+(Z_1) + \sigma^-(Z_1) + \sigma^+(E) - \sigma^-(E)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta(E, Z_2) &= u[\mathbf{g}(E)] - \sigma^+(E) + \sigma^-(E) - u[\mathbf{g}(Z_2)] + \sigma^+(Z_2) - \sigma^-(Z_2) \\ &= (w_{11} + w_{31} + w_{32} + w_{33}) - \sigma^+(E) + \sigma^-(E) - (w_{11} + w_{21} + w_{22} + w_{31} + w_{32}) + \sigma^+(Z_2) - \sigma^-(Z_2) \\ &= -w_{21} - w_{22} + w_{33} - \sigma^+(E) + \sigma^-(E) + \sigma^+(Z_2) - \sigma^-(Z_2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta(Z_2, Z_3) &= u[\mathbf{g}(Z_2)] - \sigma^+(Z_2) + \sigma^-(Z_2) - u[\mathbf{g}(Z_3)] + \sigma^+(Z_3) - \sigma^-(Z_3) \\ &= (w_{11} + w_{21} + w_{22} + w_{31} + w_{32}) - \sigma^+(Z_2) + \sigma^-(Z_2) - (w_{11} + w_{12} + w_{21} + w_{31}) + \sigma^+(Z_3) - \sigma^-(Z_3) \\ &= -w_{12} + w_{22} + w_{32} - \sigma^+(Z_2) + \sigma^-(Z_2) + \sigma^+(Z_3) - \sigma^-(Z_3)\end{aligned}$$

Βήμα 3

Επιλύεται το παρακάτω γραμμικό πρόγραμμα:

$$[\min]z = \sigma^+(Z_1) + \sigma^-(Z_1) + \sigma^+(E) + \sigma^-(E) + \sigma^+(Z_2) + \sigma^-(Z_2) + \sigma^+(Z_3) + \sigma^-(Z_3)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\begin{aligned}-w_{11} + w_{21} + w_{22} - \sigma^+(Z_1) + \sigma^-(Z_1) + \sigma^+(E) - \sigma^-(E) &\geq 0.05 \\ -w_{21} - w_{22} + w_{33} - \sigma^+(E) + \sigma^-(E) + \sigma^+(Z_2) - \sigma^-(Z_2) &= 0 \\ -w_{12} + w_{22} + w_{32} - \sigma^+(Z_2) + \sigma^-(Z_2) + \sigma^+(Z_3) - \sigma^-(Z_3) &\geq 0.05 \\ w_{11} + w_{12} + w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23} + w_{31} + w_{32} + w_{33} &= 1 \\ w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{31}, w_{32}, w_{33} &\geq 0 \\ \sigma^+(Z_1), \sigma^-(Z_1), \sigma^+(E), \sigma^-(E), \sigma^+(Z_2), \sigma^-(Z_2), \sigma^+(Z_3), \sigma^-(Z_3) &\geq 0\end{aligned}$$

Όπου δ τίθεται αρχικά ίσο με 0.05.

Βήμα 4

Το γραμμικό πρόγραμμα του 3^{ου} βήματος αποφέρει λύση μηδενικού σφάλματος ($z = 0$), που σημαίνει ότι υπάρχει τουλάχιστον μια προσθετική συνάρτηση αξίας η οποία είναι πλήρως συμβατή με την κατάταξη που έδωσε ο αποφασίζων. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στην πρώτη γραμμή του Πίνακα 5.6. Όλα τα αριθμητικά αποτελέσματα έχουν στρογγυλοποιηθεί στο τρίτο δεκαδικό στοιχείο.

Στη συνέχεια, σύμφωνα με το βήμα 4 του αλγορίθμου UTASTAR, ο αναλυτής αναζητά ένα σύνολο $2 \cdot (3 + 3 + 3) = 18$ ακραίων λύσεων-κορυφών του πολυέδρου των εφικτών λύσεων, επιλύοντας διαδοχικά τα γραμμικά προγράμματα του τύπου:

$$[\min] \& [\max] \sum_{t=1}^{j-1} w_{it}$$

για $i = 1, 2, 3$ και $j = 2, 3, 4$.

Πίνακας 5.6: Λύσεις-συναρτήσεις αξίας της μεθόδου 5.6, γραμμές 3-20)

Υπό τους περιορισμούς:

$$-w_{11} + w_{21} + w_{22} \geq 0.05$$

$$-w_{21} - w_{22} + w_{33} = 0$$

$$-w_{12} + w_{22} + w_{32} \geq 0.05$$

$$w_{11} + w_{12} + w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23} + w_{31} + w_{32} + w_{33} = 1$$

$$w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{31}, w_{32}, w_{33} \geq 0$$

Όλες οι λύσεις που προκύπτουν εμφανίζονται στις γραμμές 3-20 του Πίνακα 5.6, ενώ η βαρυκεντρική λύση (μέση λύση) εμφανίζεται στην τελευταία γραμμή (γραμμή 21). Οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές των παραμέτρων του προσθετικού μοντέλου έχουν μεταφερθεί στο Σχήμα 3 προς οπτικοποίηση.

5.5.4 Διπολικός έλεγχος ευστάθειας

Η χρήση της αλγοριθμικής διαδικασίας UTASTAR έφερε στο φως αποτελέσματα πολύ χαμηλής ποιότητας ως προς την ευστάθεια του προσθετικού μοντέλου απόφασης. Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης *ASI* παίρνει την τιμή 0.733, ενώ το μέσο εύρος των προτιμησιακών παραμέτρων (*ARP*) είναι 0.686, δηλαδή το 68.6% του συνολικού πεδίου μεταβολής. Οι τιμές μερικών παραμέτρων, όπως των w_{13}, w_{23} και w_{31} κυμαίνονται ανεξέλεγκτα από 0 έως 0.9. Τούτο τεκμαίρεται επίσης και από την οπτικοποίηση της διακύμανσης των παραμέτρων στο Σχήμα 5.4.

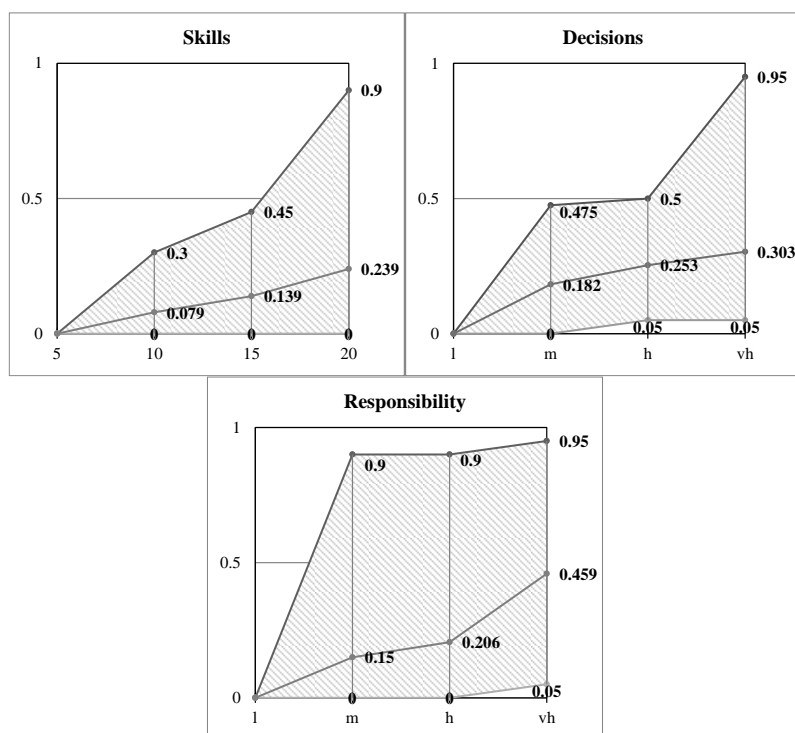
Κατά συνέπεια, στο στάδιο αυτό καθίσταται αδύνατη η μετάβαση στον συνθετικό πόλο προκειμένου να γίνει η συνολική αξιολόγηση των δέκα θέσεων ευθύνης του Πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.6: Λύσεις-συναρτήσεις αξίας της μεθόδου UTASTAR

Τύπος λύσης	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{21}	w_{22}	w_{23}	w_{31}	w_{32}	w_{33}
$\delta = 0.05$	0.3	0	0	0.3	0.05	0	0	0	0.35
$[\min]w_{11}$	0	0	0	0.45	0.05	0	0	0	0.5
$[\max]w_{11}$	0.3	0	0	0.3	0.05	0	0	0	0.35
$[\min]w_{11} + w_{12}$	0	0	0	0.45	0.05	0	0	0	0.5
$[\max]w_{11} + w_{12}$	0.225	0.225	0	0	0.275	0	0	0	0.275

$[\min]w_{11} + w_{12} + w_{13}$	0	0	0	0.45	0.05	0	0	0	0.5
$[\max]w_{11} + w_{12} + w_{13}$	0	0	0.9	0	0.05	0	0	0	0.05
$[\min]w_{21}$	0.3	0	0	0	0.35	0	0	0	0.35
$[\max]w_{21}$	0	0	0	0.475	0	0	0	0.05	0.475
$[\min]w_{21} + w_{22}$	0	0.425	0	0.05	0	0	0	0.475	0.05
$[\max]w_{21} + w_{22}$	0	0	0	0.45	0.05	0	0	0	0.5
$[\min]w_{21} + w_{22} + w_{23}$	0	0.425	0	0.05	0	0	0	0.475	0.05
$[\max]w_{21} + w_{22} + w_{23}$	0	0	0	0	0.05	0.9	0	0	0.05
$[\min]w_{31}$	0.3	0	0	0.3	0.05	0	0	0	0.35
$[\max]w_{31}$	0	0	0	0	0.05	0	0.9	0	0.05
$[\min]w_{31} + w_{32}$	0.3	0	0	0.3	0.05	0	0	0	0.35
$[\max]w_{31} + w_{32}$	0	0	0	0	0.05	0	0.9	0	0.05
$[\min]w_{31} + w_{32} + w_{33}$	0	0	0.9	0	0.05	0	0	0	0.05
$[\max]w_{31} + w_{32} + w_{33}$	0	0	0	0	0.05	0	0.9	0	0.05
Βαρύκεντρο*	0.079	0.060	0.100	0.182	0.071	0.050	0.150	0.056	0.253

* Μέση τιμή των 18 λύσεων της ανάλυσης μεταβελτιστοποίησης



Σχήμα 5.4: Οπτικοποίηση των 3 μερικών συναρτήσεων αξίας (μέγιστη, βαρυκεντρική, ελάχιστη) από την εφαρμογή του ελέγχου ευστάθειας στον αναλυτικό πόλο (1^η επανάληψη)

Επανεργοποίηση UTASTAR (2^η επανάληψη)

Ο αναλυτής αποφασίζει λοιπόν να ζητήσει νέες προτιμησιακές εντολές από τον αποφασίζοντα στοχεύοντας στη βελτίωση της ευστάθειας του μοντέλου απόφασης (Σχήμα 5.3). Στη διαδικασία αυτή δίνεται έμφαση στην εξασφάλιση της συμβατότητας των νέων προτιμήσεων με το σύνολο των προηγούμενων. Εάν κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, μερικές από τις νεότερες εντολές προτίμησης πρέπει να αντικατασταθούν από άλλες. Ο διάλογος εκτυλίσσεται ως εξής:

Αναλυτής: Φαίνεται ότι τα δεδομένα που απαιτεί η μέθοδος δεν είναι αρκετά για την οριστικοποίηση του δικού σας μοντέλου αξιολόγησης. Θα θέλατε σας παρακαλώ να εντάξετε στην κατάταξη του Πίνακα 5.5 μια εικονική θέση Z_4 υψηλών προσόντων (βαθμός: 17) με «πολύ υψηλή» συμμετοχή στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, αλλά χωρίς κάποιες αξιοσημείωτες («περιορισμένες») υπευθυνότητες;

Αποφασίζων: Θα κατέτασσα τη θέση αυτή τέταρτη, μεταξύ της Z_2 και της Z_3 .

Μένει τώρα, ο αναλυτής να ελέγξει τη συμβατότητα της νέας θέσης Z_4 με την προηγούμενη κατάταξη αναφοράς, πριν προχωρήσει στους επόμενους υπολογισμούς. Λόγω της επικείμενης αύξησης του αριθμού των θέσεων αναφοράς, ο αναλυτής αποφάσισε να μειώσει και οριστικοποιήσει τη τιμή του δ σε 0.01 ή 1%.

Βήμα 1

$$\begin{aligned} u[\mathbf{g}(Z_4)] &= u_1(17) + u_2(\text{very high}) + u_3(\text{limited}) = (w_{11} + w_{12} + 0.4w_{13}) + (w_{21} + w_{22} + w_{23}) + 0 \\ &= w_{11} + w_{12} + 0.4w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23} \end{aligned}$$

Βήμα 2

$$\begin{aligned} \Delta(Z_2, Z_4) &= u[\mathbf{g}(Z_2)] - u[\mathbf{g}(Z_4)] + \sigma^+(Z_4) - \sigma^-(Z_4) \\ &= (w_{11} + w_{21} + w_{22} + w_{31} + w_{32}) - (w_{11} + w_{12} + 0.4w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23}) + \sigma^+(Z_4) - \sigma^-(Z_4) \\ &= -w_{12} - 0.4w_{13} - w_{23} + w_{31} + w_{32} + \sigma^+(Z_4) - \sigma^-(Z_4) \\ \Delta(Z_4, Z_3) &= u[\mathbf{g}(Z_4)] - \sigma^+(Z_4) + \sigma^-(Z_4) - u[\mathbf{g}(Z_3)] \\ &= (w_{11} + w_{12} + 0.4w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23}) - \sigma^+(Z_4) + \sigma^-(Z_4) - (w_{11} + w_{12} + w_{21} + w_{31}) \\ &= 0.4w_{13} + w_{22} + w_{23} - w_{31} - \sigma^+(Z_4) + \sigma^-(Z_4) \end{aligned}$$

Βήμα 3

$$[\min]z' = \sigma^+(Z_4) + \sigma^-(Z_4)$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$\begin{aligned}
 & -w_{11} + w_{21} + w_{22} \geq 0.01 \\
 & -w_{21} - w_{22} + w_{33} = 0 \\
 & -w_{12} - 0.4w_{13} - w_{23} + w_{31} + w_{32} + \sigma^+(Z_4) - \sigma^-(Z_4) \geq 0.01 \\
 & 0.4w_{13} + w_{22} + w_{23} - w_{31} - \sigma^+(Z_4) + \sigma^-(Z_4) \geq 0.01 \\
 & w_{11} + w_{12} + w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23} + w_{31} + w_{32} + w_{33} = 1 \\
 & w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{31}, w_{32}, w_{33}, \sigma^+(Z_4), \sigma^-(Z_4) \geq 0
 \end{aligned}$$

Η επίλυση αυτού του γραμμικού προγράμματος αποδεικνύει ότι η νέα κατάταξη του αποφασίζοντος είναι απόλυτα συμβατή, δηλαδή μηδενικού σφάλματος. Όμως, η διαδικασία min-max αποκαλύπτει ότι ο δείκτης *ASI* είναι ακόμα πολύ χαμηλός (0.772), ενώ ο δείκτης *ARP* είναι 0.567, με το 56.7% της διακύμανσης να καταλαμβάνει το συνολικό πεδίο μεταβολής των παραμέτρων (βλ. Σχήμα 5.5). Σημειωτέο ότι η μικρή αύξηση που παρατηρείται στην τιμή του δείκτη *ASI* δείχνει ότι η νέα προτιμησιακή εντολή που προστέθηκε μείωσε ελαφρά μόνο το υπερπολύεδρο των εφικτών λύσεων-συναρτήσεων αξίας. Επομένως, ο αναλυτής αναγκάζεται να επιστρέψει και να ζητήσει νέες πληροφορίες από τον αποφασίζοντα.

2^η ανάδραση του αλγορίθμου (3^η επανάληψη)

Αναλυτής: Φαίνεται ότι το μοντέλο σας δεν προσαρμόστηκε ακόμα με ευσταθή τρόπο. Θα σας πρότεινα τώρα να ενσωματώσουμε στο σύστημα νέες πληροφορίες, διαφορετικές αυτή τη φορά, σύμφωνα με το πρωτόκολλο της μεθόδου MAUT (Multiattribute Utility Theory). Ας υποθέσουμε ότι έχετε τις 4 εικονικές θέσεις Y_1, Y_2, Y_3 και Y_4 , όπως αυτές φαίνονται στον Πίνακα 5.7. Συγκρίνοντας την Y_1 με την Y_2 , ποιόν βαθμό προσόντων απαιτείτε να έχει η θέση Y_2 για να αποζημιώσει ακριβώς τη διαφορά «μέτρια» - «περιορισμένη» στις αποφάσεις;

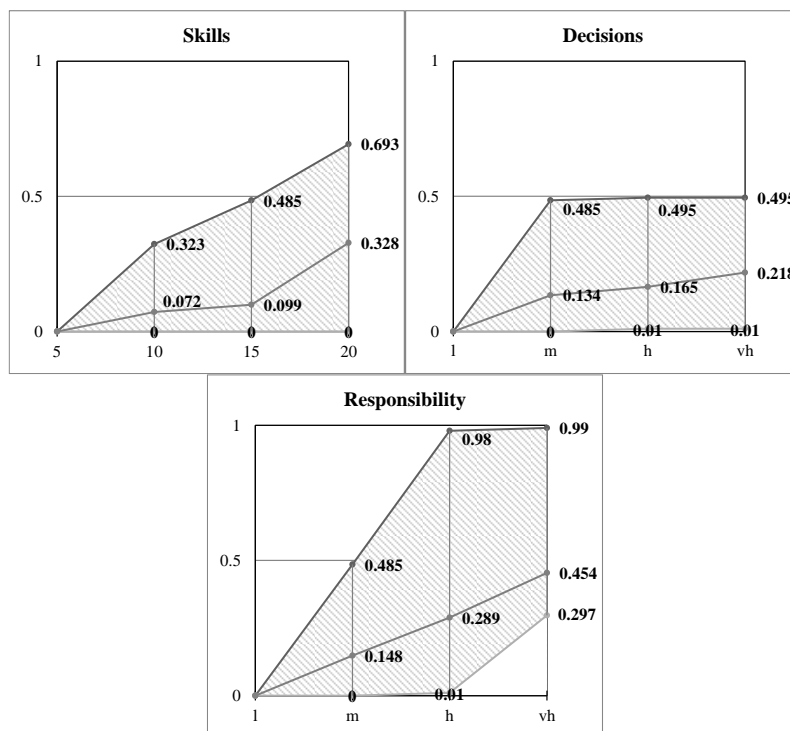
Αποφασίζων: Υποθέτω 17.

Αναλυτής: Άρα, έτσι οι δύο θέσεις Y_1 and Y_2 καθίστανται ισοδύναμες. Σωστά;

Αποφασίζων: Σωστά.

Αναλυτής: Ας συγκρίνουμε τώρα την Y_3 με την Y_4 . Ποιόν βαθμό προσόντων απαιτείτε να έχει η θέση Y_3 για να αποζημιώσει ακριβώς τη διαφορά «μέτρια» - «περιορισμένη» στις υπευθυνότητες;

Αποφασίζων: Θα έλεγα 12 μονάδες.



Σχήμα 5.5: Οπτικοποίηση των 3 μερικών συναρτήσεων αξίας (μέγιστη, βαρυκεντρική, ελάχιστη) από την εφαρμογή του ελέγχου ευστάθειας στον αναλυτικό πόλο (2^η επανάληψη)

Πίνακας 5.7: Τιμές 4 νέων εικονικών θέσεων αναφοράς στην 3^η επανάληψη

Θέση ευθύνης	Κριτήριο 1 (Προσόντα & δεξιότητες)	Κριτήριο 2 (Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων)	Κριτήριο 3 (Υπευθυνότητες)
Y ₁	5	μέτρια	περιορισμένη
Y ₂	?	περιορισμένη	περιορισμένη
Y ₃	?	περιορισμένη	περιορισμένη
Y ₄	5	περιορισμένη	μέτρια

Βάσει των προηγούμενων απαντήσεων δημιουργούνται δύο νέες σχέσεις αδιαφορίας: Y₁ ~ Y₂ και Y₃ ~ Y₄, από όπου προκύπτουν οι σχέσεις:

$$u[g(Y_1)] = u[g(Y_2)] \text{ και } u[g(Y_3)] = u[g(Y_4)]$$

Όπου:

$$u[g(Y_1)] = u_1(5) + u_2(\text{medium}) + u_3(\text{limited}) = 0 + w_{21} + 0 = w_{21}$$

$$u[g(Y_2)] = u_1(17) + u_2(\text{limited}) + u_3(\text{limited}) = w_{11} + w_{12} + 0.4w_{13} + 0 + 0 = w_{11} + w_{12} + 0.4w_{13}$$

$$u[g(Y_3)] = u_1(12) + u_2(\text{limited}) + u_3(\text{limited}) = w_{11} + 0.4w_{12} + 0 + 0 = w_{11} + 0.4w_{12}$$

$$u[g(Y_4)] = u_1(5) + u_2(\text{limited}) + u_3(\text{medium}) = 0 + 0 + w_{31} = w_{31}$$

Επομένως, μετά από επεξεργασία των ισοτήτων, δύο νέοι περιορισμοί δημιουργούνται:

$$w_{21} - w_{11} - w_{12} - 0.4w_{13} = 0$$

$$w_{11} + 0.4w_{12} - w_{31} = 0$$

Κατά τα πρότυπα του προγραμματισμού στόχων (goal programming), εισάγονται δύο νέα ζεύγη θετικών σφαλμάτων στις εξισώσεις αυτές, πριν προστεθούν και αυτές στο προηγούμενο σύνολο περιορισμών, ως εξής:

$$w_{21} - w_{11} - w_{12} - 0.4w_{13} - \lambda_1^+ + \lambda_1^- = 0$$

$$w_{11} + 0.4w_{12} - w_{31} - \lambda_2^+ + \lambda_2^- = 0$$

Συνεπώς, διαμορφώνεται τώρα ένα νέο, ενισχυμένο γραμμικό πρόγραμμα:

$$[\min]z'' = \lambda_1^+ + \lambda_1^- + \lambda_2^+ + \lambda_2^-$$

Υπό τους περιορισμούς:

$$-w_{11} + w_{21} + w_{22} \geq 0.01$$

$$-w_{21} - w_{22} + w_{33} = 0$$

$$-w_{12} - 0.4w_{13} - w_{23} + w_{31} + w_{32} \geq 0.01$$

$$0.4w_{13} + w_{22} + w_{23} - w_{31} \geq 0.01$$

$$w_{11} + w_{12} + w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23} + w_{31} + w_{32} + w_{33} = 1$$

$$w_{21} - w_{11} - w_{12} - 0.4w_{13} - \lambda_1^+ + \lambda_1^- = 0$$

$$w_{11} + 0.4w_{12} - w_{31} - \lambda_2^+ + \lambda_2^- = 0$$

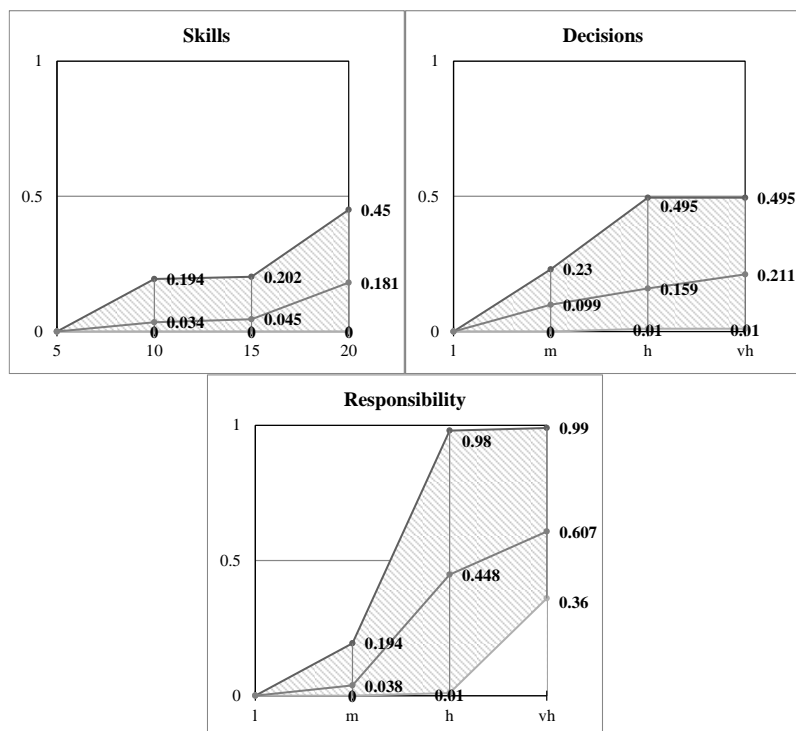
$$w_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j, \quad \lambda_1^+, \lambda_1^-, \lambda_2^+, \lambda_2^- \geq 0$$

Η ελάχιστη τιμή σφάλματος είναι πάλι μηδενική και τα αποτελέσματα, μετά τη γνωστή διαδικασία *min* – *max* παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.6. Ο δείκτης *ASI* βελτιώνεται και παίρνει την τιμή 0.795, ενώ ο *ARP* είναι 0.427. Ανάλογη είναι και η εικόνα συρρίκνωσης της διακύμανσης των παραμέτρων στο Σχήμα 5.6.

Ο αναλυτής δε θέλει να δώσει ακόμα το πράσινο φως για τη μετάβαση της διαδικασίας στο συνθετικό πόλο και προχωρεί στην απόσπαση μερικών ακόμη προτιμησιακών δεδομένων.

3^η ανάδραση του αλγορίθμου (4^η επανάληψη)

Στην 3^η αναζήτηση πληροφορίας, ο αναλυτής δείχνει στον αποφασίζοντα δύο νέες εικονικές θέσεις αναφοράς, που εμφανίζονται στον Πίνακα 5.8. Ακολουθεί ο παρακάτω διάλογος:



Σχήμα 5.6: Οπτικοποίηση των 3 μερικών συναρτήσεων αξίας (μέγιστη, βαρυκεντρική, ελάχιστη) από την εφαρμογή του ελέγχου ευστάθειας στον αναλυτικό πόλο (3^η επανάληψη)

Πίνακας 5.8: Πολυκριτηριακή αξιολόγηση 2 νέων εικονικών θέσεων αναφοράς στην 4^η επανάληψη

Θέση ευθύνης	Κριτήριο 1 (Προσόντα & δεξιότητες)	Κριτήριο 2 (Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων)	Κριτήριο 3 (Υπευθυνότητες)
Υ ₅	?	medium	high
Υ ₆	5	high	very high

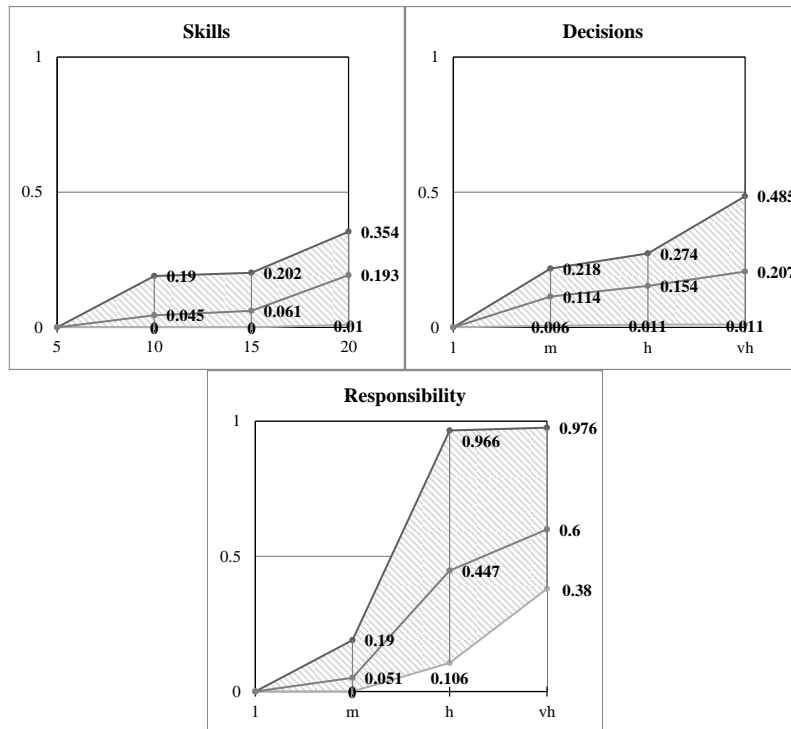
Αναλυτής: Συγκρίνοντας τις θέσεις Υ₅ και Υ₆, ποιο βαθμό προσόντων πρέπει να έχει η θέση Υ₅ για να αντισταθμίσει ακριβώς την υφιστάμενη διαφορά στα άλλα δύο κριτήρια;

Αποφασίζων: Θα έδινα το τέλειο σκορ των 20 βαθμών.

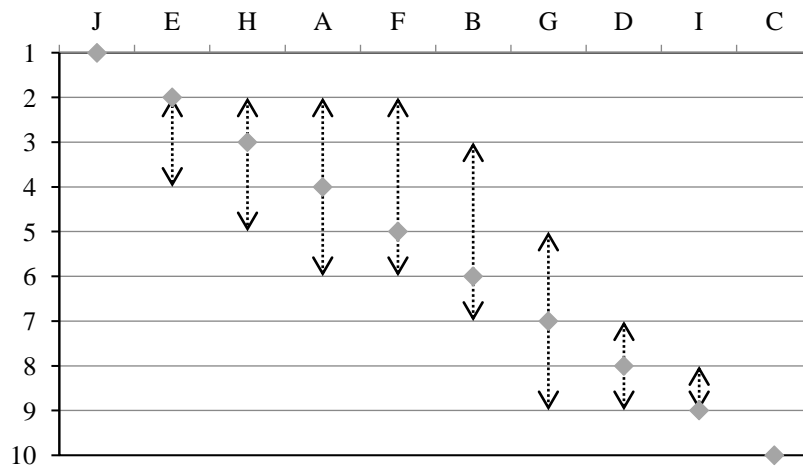
Η νέα απάντηση μεταφράζεται σε ένα νέο περιορισμό του UTASTAR, που είναι η εξίσωση:

$$w_{11} + w_{12} + w_{13} - w_{22} - w_{33} = 0$$

Μετά την ενσωμάτωση του περιορισμού αυτού στους προηγούμενους, το γ.π. UTASTAR δίνει ξανά μηδενικό σφάλμα. Στη συνέχεια, η διαδικασία *min-max* δίνει τα αποτελέσματα του Σχήματος 5.7. Ο δείκτης ASI φτάνει τώρα την τιμή 0.808 (+ 1.6%), ενώ ο ARP μειώνεται σημαντικά στο 0.370 (- 13.3%).



Σχήμα 5.7: Οπτικοποίηση των 3 μερικών συναρτήσεων αξίας (4^η επανάληψη)



Σχήμα 5.8: Ανάλυση ακραίων θέσεων κατάταξης στην 4^η επανάληψη

Στο σημείο αυτό, ο αναλυτής αποφασίζει να προχωρήσει στην επέκταση (extrapolation) του προσθετικού μοντέλου στο σύνολο A των 10 πραγματικών θέσεων ευθύνης, επισκεπτόμενος το συνθετικό πόλο. Ταυτόχρονα, ενεργοποιείται η ανάλυση ακραίων θέσεων (Extreme Ranking Analysis, ERA) για τη μελέτη της ευστάθειας της κατάταξης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχήμα 5.8, όπου κάθε θέση κατέχει τη θέση που λαμβάνει από το βαρυκεντρικό προσθετικό μοντέλο (ρόμβος) καθώς και την ελάχιστη

και μέγιστη θέση στην κατάταξη, λόγω έλλειψης ευστάθειας (διακεκομμένα τόξα). Το Σχήμα δείχνει ότι υπάρχει σημαντική αστάθεια κυρίως στο μέσο της κατάταξης. Ο δείκτης *ARRI* παίρνει την τιμή 3.4, ενώ ο δείκτης *RARR* την τιμή 26.7%.

Ο αναλυτής θεωρεί ότι η ευστάθεια σε επίπεδο συνθετικού πόλου δεν είναι αποδεκτή και αποφασίζει την επιστροφή στον αναλυτικό πόλο.

4^η ανάδραση του αλγορίθμου (5^η επανάληψη)

Αναλυτής: Υποθέστε ότι έχετε τώρα τις δύο εικονικές θέσεις Y_7 και Y_8 του Πίνακα 5.9. Ποιο επίπεδο υπευθυνότητας μπορεί να αποζημιώσει τη διαφορά «υψηλή» - «πολύ υψηλή» στη συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων;

Αποφασίζων: Νομίζω «υψηλή».

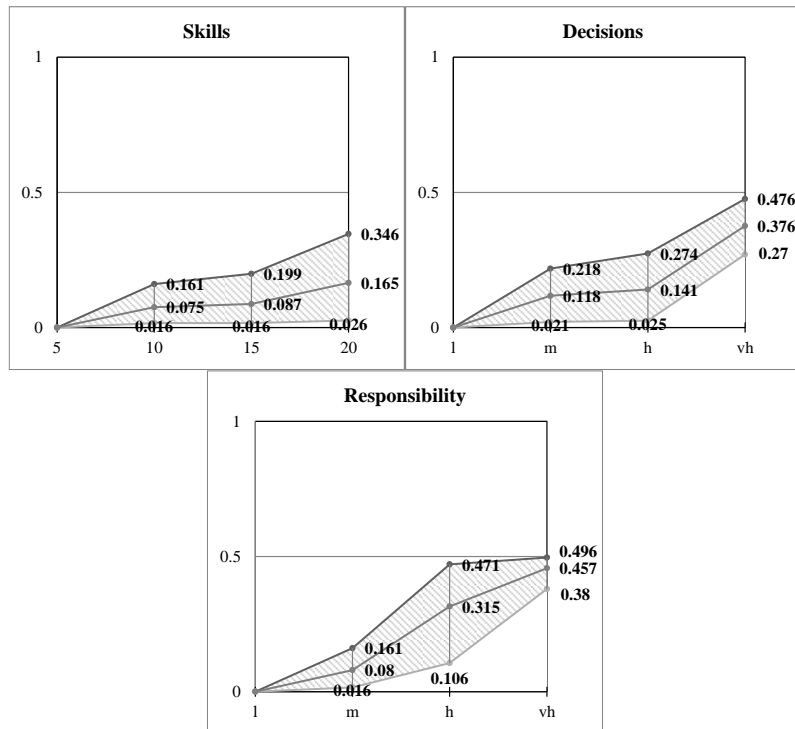
Πίνακας 5.9: Τιμές στα κριτήρια των εικονικών θέσεων Y_7 και Y_8 (5^η επανάληψη)

Θέση ευθύνης	Κριτήριο 1 (Προσόντα & δεξιότητες)	Κριτήριο 2 (Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων)	Κριτήριο 3 (Υπευθυνότητες)
Y_7	15	high	?
Y_8	15	very high	medium

Από τη νέα προτιμησιακή εντολή (σχέση αδιαφορίας) προκύπτει ο επόμενος περιορισμός, ο οποίος θα προστεθεί στο προηγούμενο πακέτο των περιορισμών, όπως στην προηγούμενη επανάληψη.

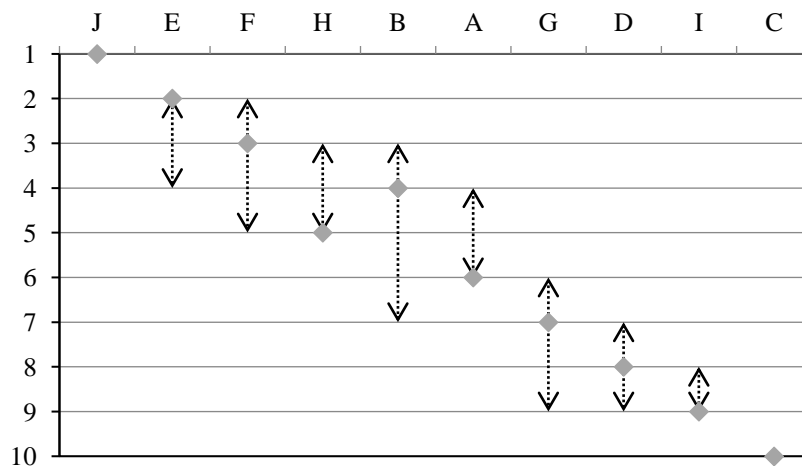
$$-w_{23} + w_{32} = 0$$

Η επίλυση του νέου ενισχυμένου γραμμικού προβλήματος, έδειξε ότι ο νέος περιορισμός είναι και αυτός συμβατός με όλους τους προηγούμενους (μηδενικά σφάλματα). Ο δείκτης *ASI* αυξάνει ξανά και παίρνει την τιμή 0.898, ενώ ο *ARP* είναι 0.214, που σημαίνει ότι το μοντέλο καταλαμβάνει μόνο το 21.4% του συνολικού εμβαδού διακύμανσης (βλ. Σχήμα 5.9).



Σχήμα 5.9: Οπτικοποίηση των μερικών συναρτήσεων αξίας (5^η επανάληψη)

Ο αναλυτής επισκέπτεται ξανά το συνθετικό πόλο, προκειμένου να κατατάξει τις 10 θέσεις ευθύνης με τη βοήθεια του βαρυκεντρικού μοντέλου και να ελέγξει την ευστάθεια στον πόλο αυτόν (βλ. Σχήμα 5.10). Οι δείκτες λαμβάνουν τώρα τις βελτιωμένες τιμές: $ARRI = 2.9$ (- 14.7%), $RARR = 21.1\%$ (- 21.0%). Στην ανάλυση ακραίων θέσεων φαίνεται ότι η θέση της πρώτης θέσης ευθύνης και η θέση της τελευταίας στην κατάταξη είναι σταθερές, αλλά στη μέση της κατάταξης υπάρχει εμφανής αστάθεια. Η εικόνα αυτή δεν αρέσει στον αναλυτή, ο οποίος αποφασίζει να πραγματοποιήσει μια ακόμα ανάδραση του αλγορίθμου, με γνώμονα τη βελτίωση της ευστάθειας στο μέσο της κατάταξης. Η μετάβαση στον αναλυτικό πόλο αποτελεί πλέον μονόδρομο.



Σχήμα 5.10: Αποτελέσματα της ανάλυσης ακραίων θέσεων στην 5^η επανάληψη

5^η ανάδραση του αλγορίθμου (6^η επανάληψη)

Ο αναλυτής, συζητά με τον αποφασίζοντα για τα αποτελέσματα, καθώς δε συγκλίνουν με τις προτιμήσεις του δεύτερου. Στο πλαίσιο αυτό, ο αποφασίζων διαφωνεί με το ενδεχόμενο η θέση E να υπερβαίνει στην κατάταξη τη θέση F και θεωρεί ότι αυτό πρέπει να τεθεί ως νέος περιορισμός στους ήδη υπάρχοντες. Άρα έχουμε:

$$u[g(F)] > u[g(E)]$$

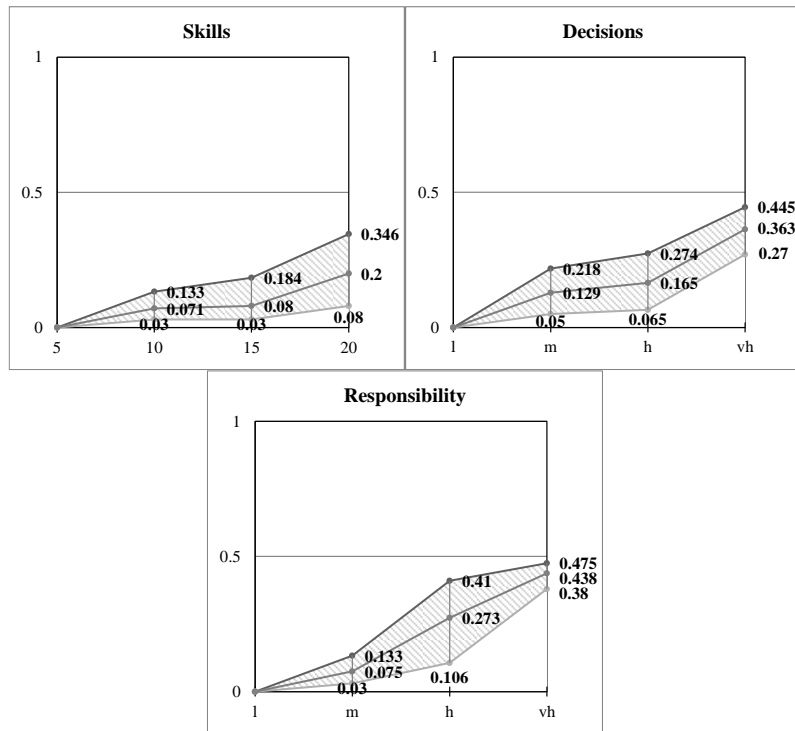
Η προτίμηση αυτή μεταφράζεται στις δύο νέες ανισοεξισώσεις παρακάτω, που αντικαθιστούν τη σχέση $w_{11} + w_{21} + w_{22} \geq 0.01$, για λόγους συνοχής στο νέο σύνολο των περιορισμών της UTASTAR:

$$w_{12} + 0.8w_{13} + w_{21} + w_{22} + w_{23} - w_{31} - w_{32} - w_{33} \geq 0.01$$

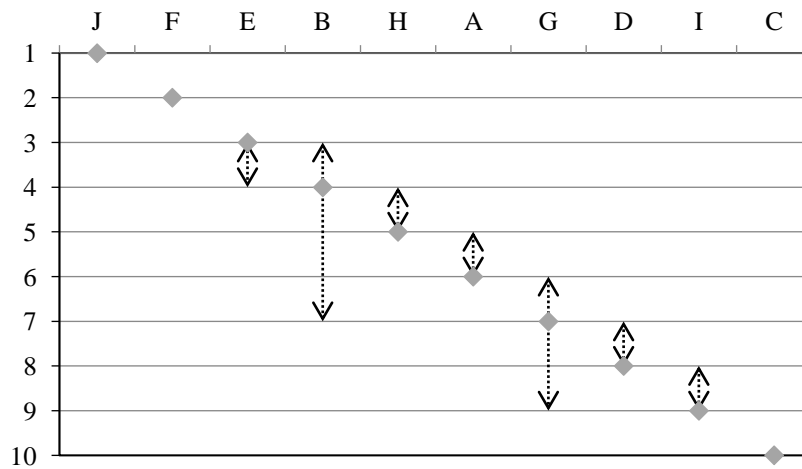
$$-w_{11} - w_{12} - 0.8w_{13} - w_{23} + w_{31} + w_{32} + w_{33} \geq 0.01$$

Το προσθετικό μοντέλο που προκύπτει αυτή τη φορά φαίνεται στο Σχήμα 5.11. Ο δείκτης ASI αυξάνει περισσότερο στην τιμή 0.909, ενώ ο δείκτης ARP παίρνει την τιμή 0.175. Τα νέα αποτελέσματα ενθαρρύνουν τον αναλυτή να εφαρμόσει την ERA στο συνθετικό πόλο, ενέργεια που αποφέρει τα αποτελέσματα του Σχήματος 5.12.

Τα αποτελέσματα της οπτικοποίησης της ERA κρίνονται ικανοποιητικά τόσο από τον αναλυτή όσο και από τον αποφασίζοντα. Έτσι, αποφασίζεται από κοινού η αποδοχή της τελικής κατάταξης που έδωσε το βαρυκεντρικό προσθετικό μοντέλο (Πίνακας 5.10).



Σχήμα 5.11: Οπτικοποίηση των μερικών συναρτήσεων αξίας (6^η επανάληψη)



Σχήμα 5.12: Αποτελέσματα της ανάλυσης ακραίων θέσεων στην 6^η επανάληψη

Πίνακας 5.10: Συνολική αξιολόγηση των δέκα θέσεων ευθύνης

Κατάταξη	Θέση ευθύνης	Συνολική αξία
1	J	0.580
2	F	0.539
3	E	0.509
4	H	0.480
5	A	0.430

6	G	0.348
7	B	0.315
8	D	0.204
9	I	0.180
10	C	0.081

Πίνακας 5.11: Εξέλιξη των ποσοτικών δεικτών ευστάθειας μετά από κάθε επανάληψη της μεθόδου ελέγχου ευστάθειας (σε παρένθεση τα ποσοστά βελτίωσης)

Επανάληψη	<i>ARP</i>	<i>ASI</i>	<i>ARRI</i>	<i>RARR</i>
1	0.686	0.733	-	-
2	0.567 (-17.3%)	0.772 (+5.3%)	-	-
3	0.427 (-24.8%)	0.795 (+3.0%)	-	-
4	0.370 (-13.3%)	0.808 (+1.6%)	3.4	26.7%
5	0.214 (-42.2%)	0.898 (+11.1%)	2.9 (-14.7%)	21.1% (-21.0%)
6	0.175 (-18.1%)	0.909 (+1.2%)	2.2 (-24.1%)	13.3% (-37.0%)

Η διαδικασία υποστήριξης της απόφασης, σε συνδυασμό με τον διπολικό έλεγχο ευστάθειας, ολοκληρώνεται στο σημείο αυτό. Ο Πίνακας 5.11 παρουσιάζει το ιστορικό υλοποίησης του διπολικού ελέγχου της ευστάθειας, καταγράφοντας τις τιμές των δεικτών ευστάθειας, όπως αυτές βελτιώθηκαν προοδευτικά στη διάρκεια των 6 επαναλήψεων της μεθόδου.

5.6 Ανασκόπηση κεφαλαίου – Επίλογος

Στο παρόν κεφάλαιο της διατριβής προτάθηκε μια διπολική θεωρία ελέγχου της ευστάθειας, εξειδικευμένη για την αποτελεσματική ένταξη της αναλυτικής-συνθετικής προσέγγισης σε μια διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων. Οι δύο πόλοι που αποτελούν το διακύβευμα της θεωρίας αυτής, ο αναλυτικός πόλος και ο συνθετικός πόλος, λειτουργούν, όχι μόνο ως αλγοριθμικές διαδικασίες υλοποίησης της γνωστής μεθοδολογίας UTA, αλλά πολύ περισσότερο ως ασφαλιστικές δικλείδες για την επίτευξη ευσταθούς και αξιόπιστου μοντέλου απόφασης (αναλυτικός πόλος) και ασφαλών συμπερασμάτων για την υποστήριξη αποφάσεων (συνθετικός πόλος). Ως παράδειγμα υλοποίησης της διπολικής θεωρίας, παρουσιάστηκε η εφαρμογή της σε πρόβλημα αξιολόγησης θέσεων ευθύνης ενός οργανισμού, εμπνευσμένο από την σημερινή επιχειρηματική πραγματικότητα, εμπλέκοντας στη διαδικασία έναν υποθετικό αποφασίζοντα.

Σε αλγοριθμικό επίπεδο, η ζητούμενη ευστάθεια παρακολουθείται μέσω μιας σειράς ποσοτικών δεικτών και μέτρων οπτικοποίησης που προτάθηκαν στο παρόν κεφάλαιο. Κατά τον έλεγχο ευστάθειας σε έναν πόλο του συστήματος, δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν όλοι οι προτεινόμενοι δείκτες, για να εκτιμηθεί ο βαθμός ευστάθειας του μοντέλου (αναλυτικός πόλος) ή της κατάταξης των δράσεων (συνθετικός πόλος). Ο αναλυτής μπορεί να κρίνει το αποτέλεσμα από έναν δείκτη, συνδυασμό δεικτών ή/και συνδυασμό δεικτών και οπτικοποίηση του εκάστοτε αποτελέσματος. Ο κύκλος μετάβασης από τον αναλυτικό πόλο στο συνθετικό και αντίστροφα μπορεί να πραγματοποιηθεί όσες φορές κριθεί απαραίτητο για να χαρακτηριστεί ικανοποιητική η ευστάθεια που παρουσιάζει το συνολικό αποτέλεσμα της υποστηρικτικής διαδικασίας.

Κλείνοντας το κεφάλαιο, είναι απαραίτητο να τονιστεί ότι η προτεινόμενη προσέγγιση δε μπορεί να ενσωματωθεί σε μια πραγματική διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων παρά μόνο με τη συνδρομή της πληροφορικής τεχνολογίας. Η ανάπτυξη ενός έξυπνου πληροφοριακού συστήματος, μέσω του οποίου θα προγραμματιστούν και αυτοματοποιηθούν τόσο τα πρωτόκολλα επικοινωνίας αναλυτή-αποφασίζοντος όσο και οι διαδικασίες παραγωγής και διαχείρισης του συνόλου των δεικτών ευστάθειας είναι μια μελλοντική επιταγή. Μια πρώτη προσπάθεια προς την κατεύθυνση αυτή πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο 8, με το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων eGov-Evaluator για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Ciomek, K., M. Kadziński, and T. Tervonen (2016). Heuristics for prioritizing pair-wise elicitation questions with additive multi-attribute value models, *Omega* (in press).
- Demesouka, O.E., Anagnostopoulos, K.P., and Siskos E. (2019). Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece, *European Journal of Operational Research*, 272(2), pp. 574-586.
- Greco, S., R. Slowinski, J. Figueira, and V. Mousseau (2010). Robust ordinal regression, in: M. Ehrgott, S. Greco and J. Figueira (eds.), *Trends in multiple criteria decision analysis*, Springer, Berlin, 241-283.
- Grigoroudis, E. and Y. Siskos (2010). *Customer satisfaction evaluation: Methods for measuring and implementing service quality*, Springer, New York.
- Jacquet-Lagrèze, E. and Y. Siskos (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. and Y. Siskos (2001). Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 233-245.
- Kadziński, M., S. Greco, and R. Słowiński (2012). Extreme ranking analysis in robust ordinal regression, *Omega* 40 (4), 488-501.
- Lahdelma, R., J. Hokkanen, and P. Salminen (1998). SMAA: Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis, *European Journal of Operational Research*, 106(1), 137-143.
- Lovász (1999)
- Manas, M. and J. Nedoma (1968). Finding all vertices of a convex polyhedron, *Numerische Mathematik*, 14, 226-229.
- Mastorakis, K. and E. Siskos (2016), Value focused pharmaceutical strategy determination with multicriteria decision analysis techniques, *Omega*, 59A, 84-96.
- Matsatsinis, N.F., Grigoroudis, E., Siskos, E. (2018). Disaggregation approach to value elicitation, *International Series in Operations Research and Management Science*, 261, pp. 313-348.
- Roy, B. (2010). Robustness in operational research and decision aiding: A multi-faceted issue, *European Journal of Operational Research*, 200 (3), 629-638.
- Siskos, E. and J. Psarras (2016). Bipolar robustness control methodology in disaggregation MCDA approaches: Application to European e-government evaluation, Paper presented at the 28th European Conference on Operational Research, Poznan, Poland, July 3-6, 2016.
- Siskos, J. (1982). A way to deal with fuzzy preferences in multicriteria decision problems, *European Journal of Operational Research*, 10, 314-324.
- Siskos, Y. (1984), Le traitement des solutions quasi-optimales en programmation linéaire continue: Une synthèse, *RAIRO Recherche Opérationnelle*, 18, 382-401.
- Siskos, Y., E. Grigoroudis, and N.F. Matsatsinis (2016). UTA methods, in: S. Greco, M. Ehrgott, and J. Figueira (eds.), *Multiple criteria analysis: State of the art surveys*, 2nd Edition, Vol. 1, Springer, New York, 315-362.

- Σίσκος, Ι. (1998). *Γραμμικός προγραμματισμός*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Spyridakos, A., Y. Siskos, D. Yannakopoulos, and A. Skouris (2000). Multicriteria job evaluation for large organisations, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 375-387.
- Stavrou, D.I., Siskos, E.Y., Ventikos, N.P., Psarras, J.E. (2018). Robust Evaluation of Risks in Ship-to-Ship Transfer Operations: Application of the STOCHASTIC UTA Multicriteria Decision Support Method, *International Series in Operations Research and Management Science*, 260, pp. 175-218
- Tervonen & Lahdelma (2007)
- Tervonen, Van Valkenhoef, Baştürk & Postmus (2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ευσταθής Αξιολόγηση η-Διακυβέρνησης

6.1 Εισαγωγή

Το Κεφάλαιο 6 εφαρμόζει τον αλγόριθμο ελέγχου ευστάθειας που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5 στο πρόβλημα της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης σε εθνικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, εξετάζεται το ίδιο μοντέλο αξιολόγησης, οκτώ κριτηρίων αξιολόγησης, τα οποία διακρίνονται σε τέσσερις άξονες προτίμησης: (1) υποδομές, (2) επενδύσεις, (3) η-διαδικασίες, (4) στάση πολιτών, όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3. Το μοντέλο προτίμησης, που εφαρμόζεται για να επιτύχει την κατάταξη των χωρών, κάνει χρήση της προσθετικής συνάρτησης αξίας, οι παράμετροι της οποίας προσδιορίζονται μέσω της πολυκριτηριακής αναλυτικής μεθόδου UTASTAR. Παράλληλα, μετράται και ελέγχεται η ευστάθεια του μοντέλου αξιολόγησης των χωρών, όπως προκύπτει μετά την απόσπαση των προτιμησιακών δεδομένων του αποφασίζοντος, καθώς και η ευστάθεια των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης. Η ανάλυση της ευστάθειας πραγματοποιείται μέσω της ολοκληρωμένης διπολικής μεθοδολογίας ελέγχου της, η οποία εφαρμόζεται διαδραστικά και σε εναρμόνιση με το πολυκριτηριακό σύστημα αξιολόγησης.

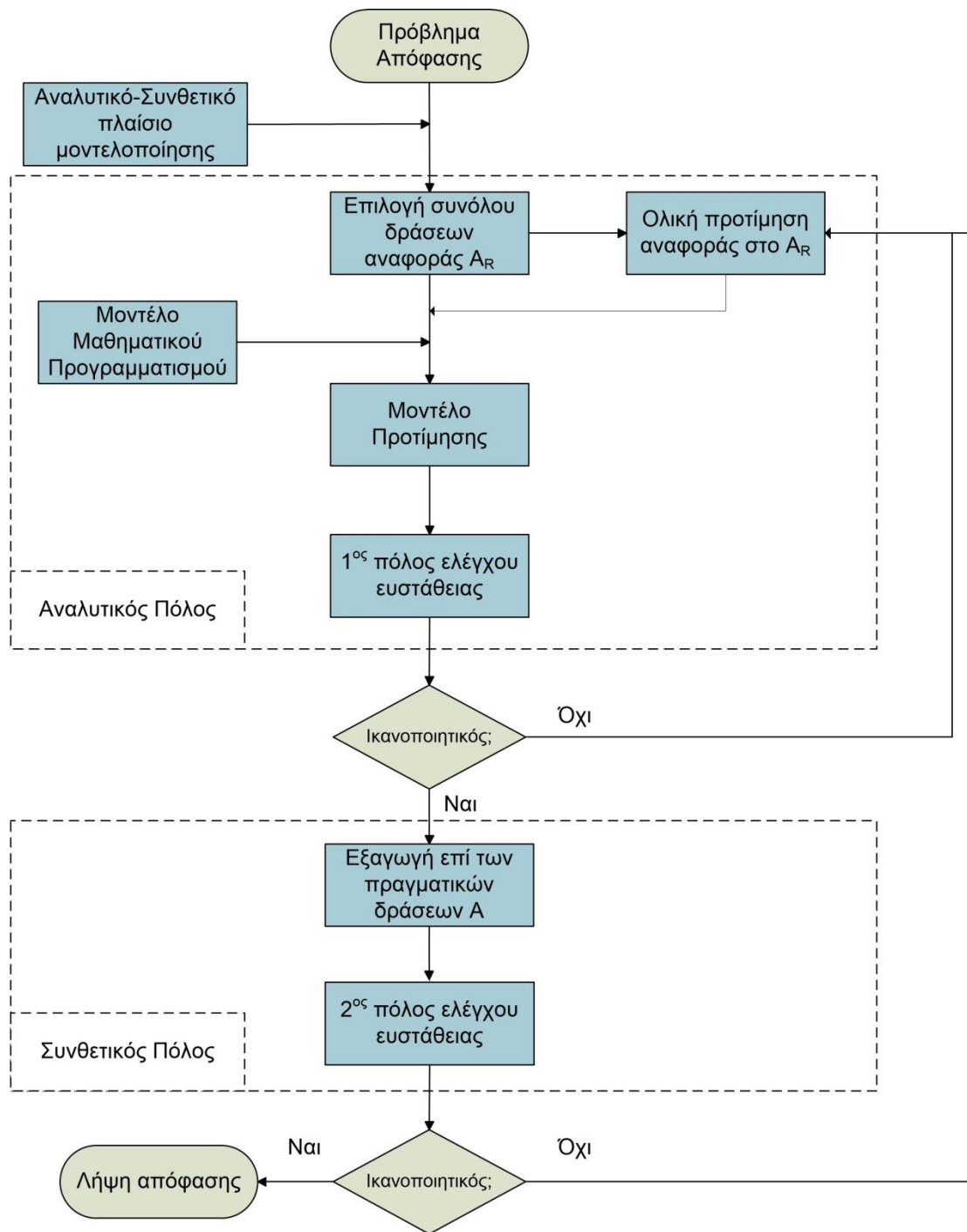
6.2 Έλεγχος ευστάθειας του μοντέλου αξιολόγησης

Το μοντέλο αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης στην Ευρώπη, παρά τη θεωρητική και τεχνική αρτιότητα που διαθέτει, παρουσιάζει αποδεδειγμένη αστάθεια, λόγω του τρόπου κατασκευής του μέσω της αναλυτικής μεθόδου UTA (βλ. Κεφ. 4, 5 και Παραδοτέα ΘΑΛΗ Π.1 και Π.2, 2013). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η αστάθεια εμφανίζεται στην εξαγωγή των προτιμησιακών παραμέτρων του αποφασίζοντα, καθώς εμφανίζεται πληθώρα διαφορετικών συμβατών μαθηματικών μοντέλων. Έτσι, κρίνεται αναγκαία η ανάλυση της ευστάθειας του μοντέλου υπό κατασκευή και των λύσεων που προκύπτουν. Επίσης, το εύρος της αστάθειας και διακύμανσης των αποτελεσμάτων τίθεται σε διαβούλευση με τον αποφασίζοντα, πράγμα που σημαίνει ότι μόνο αν η ευστάθεια κριθεί ικανοποιητική μπορούν τα τελικά αποτελέσματα να θεωρηθούν επαρκή και στέρεα.

Η πιλοτική μεθοδολογία ελέγχου της ευστάθειας, που παρουσιάζεται παρακάτω, επεκτείνει και συστηματικοποιεί την ανάλυση ευστάθειας στις αναλυτικές πολυκριτηριακές μεθόδους, όπως εκείνες της οικογένειας UTA. Η μεθοδολογία βασίζεται σε μια αυστηρή, συστηματική και διαδραστική διπολική διαδικασία που στηρίζεται σε διαδοχικές μετρήσεις και εκτιμήσεις της ευστάθειας. Συγκεκριμένα, οι δύο πόλοι του αλγορίθμου, δηλαδή ο αναλυτικός και ο συνθετικός πόλος, αλληλεπιδρούν και παρέχουν ανατροφοδότηση ο ένας στον άλλο. Κατόπιν, προτείνεται μια δέσμη

μέτρων και δεικτών αξιολόγησης της ευστάθειας, τα οποία ενσωματώνονται στους δύο πόλους.

Τέτοια μέτρα περιλαμβάνουν το Μέσο Δείκτη Σταθερότητας (ASI), την έννοια του πιο αντιπροσωπευτικού μοντέλου (most representative model) και τα μέτρα οπτικοποίησης για τον έλεγχο της αξιοπιστίας του μοντέλου απόφασης στη φάση του αναλυτικού πόλου, καθώς και η ανάλυση ακραίας κατάταξης, η συχνότητα εμφάνισης θέσεων κατάταξης, και οι διαδικασίες οπτικοποίησης για τον έλεγχο της ευστάθειας των αποτελεσμάτων του μοντέλου στη φάση του συνθετικού πόλου. Η όλη διαδικασία σταματά όταν ληφθούν ικανοποιητικά και αποδεκτά αποτελέσματα και στους δύο πόλους. Το γενικό διάγραμμα ροής της διπολικής μεθόδου ελέγχου της ευστάθειας, σε συνάφεια με την εφαρμογή του αναλυτικού πολυκριτηριακού μοντέλου και περιγράφηκε στην παράγραφο 5.3, παρουσιάζεται ξανά στο σχήμα 6.1, για διευκόλυνση της παρακολούθησης της διαδικασίας που θα ακολουθηθεί στην παράγραφο 6.3.



Σχήμα 6.1: Αλγόριθμος μεθοδολογίας διπολικού ελέγχου ευστάθειας

Παρακάτω περιγράφεται και εφαρμόζεται μια σειρά μέτρων ευστάθειας, στο πλαίσιο των δύο πόλων ελέγχου της και υπολογίζονται οι σχετικοί δείκτες.

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 δράσεων αναφοράς, 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 ελεγχθεί η ορθότητα και η συνέπεια της μεθοδολογίας. Θα γίνει, λοιπόν, εύκολα αντιληπτό, ότι όσο προχωράνε τα βήματα της μεθόδου το πέρασμα από τον αναλυτικό στο συνθετικό πόλο (και το αντίστροφο) οδηγεί σε αρτιότερα αποτελέσματα. Το ρόλο του αποφασίζοντα διαδραμάτισε εμπειρογνώμονας του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με υψηλές γνώσεις σε θέματα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και σχετική εμπειρία άνω των 20 ετών.

6.3 Α' Φάση – 10 εικονικές χώρες

Κατασκευή εικονικών δράσεων

Για τη δημιουργία του συνόλου των εικονικών δράσεων, βήμα απαραίτητο για να εφαρμοστεί η UTASTAR, 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 τη 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, έγινε προσπάθεια από τον αναλυτή να δοθούν τιμές στις εικονικές χώρες τέτοιες, ώστε να καλυφθεί κατά μεγάλο ποσοστό το εύρος των τιμών που λαμβάνουν οι πραγματικές χώρες στα 8 κριτήρια. Παράλληλα, δόθηκε σημασία στο να δοθούν στρογγυλοποιημένες τιμές στα κριτήρια, καθώς και να υπάρχουν πολλές κοινές τιμές μεταξύ των 10 χωρών, για ευκολότερη αξιολόγηση τους από τον αποφασίζοντα

Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι 10 εικονικές χώρες με τις αντίστοιχες βαθμολογίες τους σε κάθε κριτήριο:

Πίνακας 6.1 : Κατασκευή 10 εικονικών χωρών

Εικονικές Χώρες	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈
C1	85	70	2.0	75	0.6	40	80	60
C2	95	60	2.0	75	0.6	40	80	60
C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
C4	95	70	2.0	55	0.4	40	80	60
C5	95	70	2.0	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	3.0	65	0.6	50	80	60
C9	85	75	3.0	65	0.6	30	70	50

C10	80	65	3.0	65	0.6	40	80	40
------------	----	----	-----	----	-----	----	----	----

Προδιάταξη εικονικών δράσεων

Στη 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 εμμέσως στα κριτήρια βαρύτητες, σύμφωνα με τις οποίες θα προσπαθήσει να συγκρίνει και να κατατάξει τις εικονικές χώρες. Η προδιατεταγμένη σειρά των 10 εικονικών χωρών, όπως δόθηκε από τον αποφασίζοντα, παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Κατάταξη εικονικών χωρών από τον αποφασίζοντα

Κατάταξη	Εικονικές Χώρες	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈
1	C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60
2	C8	85	75	3.0	65	0.6	50	80	60
3	C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
4	C5	95	70	2.0	85	0.3	40	80	60
5	C1	85	70	2.0	75	0.6	40	80	60
6	C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
7	C4	95	70	2.0	55	0.4	40	80	60
8	C2	95	60	2.0	75	0.6	40	80	60
9	C9	85	75	3.0	65	0.6	30	70	50
10	C10	80	65	3.0	65	0.6	40	80	40

Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου UTASTAR

Χρησιμοποιώντας την κατάταξη αυτή, μπορούμε να προχωρήσουμε στην εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου στο πλαίσιο της μεθόδου UTASTAR. Το μοντέλο αυτό, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, απαιτεί για την έκφραση των τιμών των κριτηρίων, τη χρήση γραμμικής παρεμβολής για τη διακριτοποίηση του πεδίου τιμών του κάθε κριτηρίου. Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία, και διακριτοποιώντας κάθε κριτήριο σε 4 σημεία, μορφοποιούμε τα δεδομένα, εκμεταλλευόμενοι τις μεταβλητές w_{ij} , όπως γίνεται εμφανές στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6.3: Προσαρμογή δεδομένων για UTASTAR

Εικονικές Χώρες	C6	C8	C7	C5	C1	C2	C4	C9	C3	C10
g₁	w ₁₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w ₁₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w ₁₃	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	w ₁₄	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4	0.8	0.8	0.4	0.4

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	0	0	0
	W₆₄	0	0	0	0	0	0	0	0	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, αφού ορίσουμε την αξία κάθε εικονικής χώρας, κάνοντας χρήση των μεταβλητών w_{ij} , πραγματοποιούμε αφαιρέσεις ανά ζεύγη συνεχόμενων χωρών στην κατάταξη του αποφασίζοντα, ξεκινώντας από την πρώτη, δηλαδή τη C6. Οι μαθηματικές σχέσεις που προκύπτουν σύμφωνα με την μεθοδολογία UTASTAR, πρέπει να είναι θετικές και μεγαλύτερες ή ίσες από έναν μικρό θετικό αριθμό δ , ο οποίος δηλώνει το κατώφλι αδιαφορίας. Στην περίπτωσή μας επιλέχθηκε $\delta = 1\%$ ή $\delta = 0.01$.

Στο σημείο αυτό, σε κάθε ανισότητα εισάγονται 4 όροι, δύο με θετικό και δύο με αρνητικό πρόσημα, βλ. σχέση 4.19. Οι όροι αυτοί αποτελούν τα σφάλματα υποεκτίμησης και υπερεκτίμησης που αντιστοιχούν σε κάθε εικονική χώρα και ο ρόλος τους έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 4.

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:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^8 w_{ij} = 1 \\ w_{ij} \geq 0, \quad \forall i, j \end{cases}$$

καταλήγουμε στο γραμμικό πρόβλημα της μεθόδου UTASTAR.

Με τη βοήθεια της εξειδικευμένης πλατφόρμας μαθηματικού προγραμματισμού GAMS IDE, θα προχωρήσουμε στις απαραίτητες 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, εξασφαλίζουμε την απουσία λογικών σφαλμάτων στην κατάταξη που παρέδωσε ο αποφασίζοντας. Στην περίπτωση που κατά την επίλυση δεν προκύψει μηδενικό σφάλμα, τότε σημαίνει ότι ο αποφασίζοντας έχει κατατάξει τις χώρες, με μη συνεκτικό τρόπο, που δεν παρουσιάζει λογική συνέχεια, πράγμα που σημαίνει πως δεν υπάρχει μαθηματικό μοντέλο που να μπορεί να δώσει τη συγκεκριμένη κατάταξη. Σε αυτή την περίπτωση, ο αναλυτής επεμβαίνει, ζητώντας από τον αποφασίζοντα να ανακατατάξει τις συσχετιζόμενες χώρες με τα σφάλματα που προέκυψαν, με τέτοια σειρά που να μηδενίζοντα τα αντίστοιχα σφάλματα. Κατά συνέπεια, εξασφαλίζεται η λογική ορθότητα των δεδομένων που δίνονται ως είσοδος στο μοντέλο, χωρίς να παραβιάζονται τα προτιμησιακά χαρακτηριστικά του αποφασίζοντα.

Αφού εξασφαλιστεί ο μηδενισμός όλων των πιθανών σφαλμάτων, μπορούμε να προχωρήσουμε στον προσδιορισμό των τιμών των παραμέτρων w_{ij} , που είναι και σκοπός της μεθόδου, για να μεταβούμε στην εφαρμογή του μοντέλου προσθετικής αξίας. Για να γίνει αυτό, πρέπει προφανώς, να εισαχθούν στην αντικειμενική συνάρτηση οι παράμετροι w_{ij} με σκοπό την μεγιστοποίηση – ελαχιστοποίησή τους (διαδικασία *max – min*).

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 στη διακριτοποιημένη μορφή, σύμφωνα με την οποία διαμορφώνουμε τα πεδία τιμών των κριτηρίων (βλ. Κεφ.4). Έτσι, για παράδειγμα, για τον υπολογισμό του εύρους των παραμέτρων που συσχετίζονται με το 1^ο κριτήριο θα μεγιστοποιήσουμε – ελαχιστοποιήσουμε διαδοχικά τις παρακάτω αντικειμενικές συναρτήσεις:

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

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

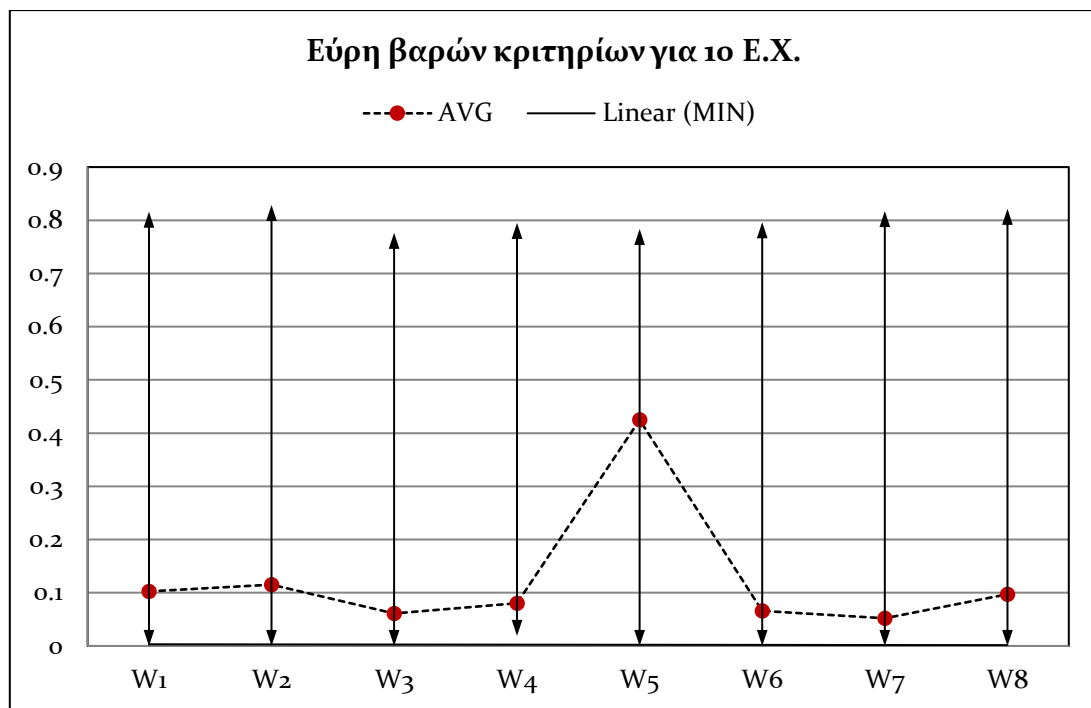
$$z_{13} = w_{11} + w_{12} + w_{13}$$

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

Όπου η αντικειμενική συνάρτηση z_{14} αντιστοιχεί στο βάρος του 1^{ου} κριτηρίου. Μεγιστοποιώντας και ελαχιστοποιώντας τη συνάρτηση αυτή, θα εκτιμήσουμε συνεπώς το εύρος εντός του οποίου κινείται το βάρος του 1^{ου} κριτηρίου.

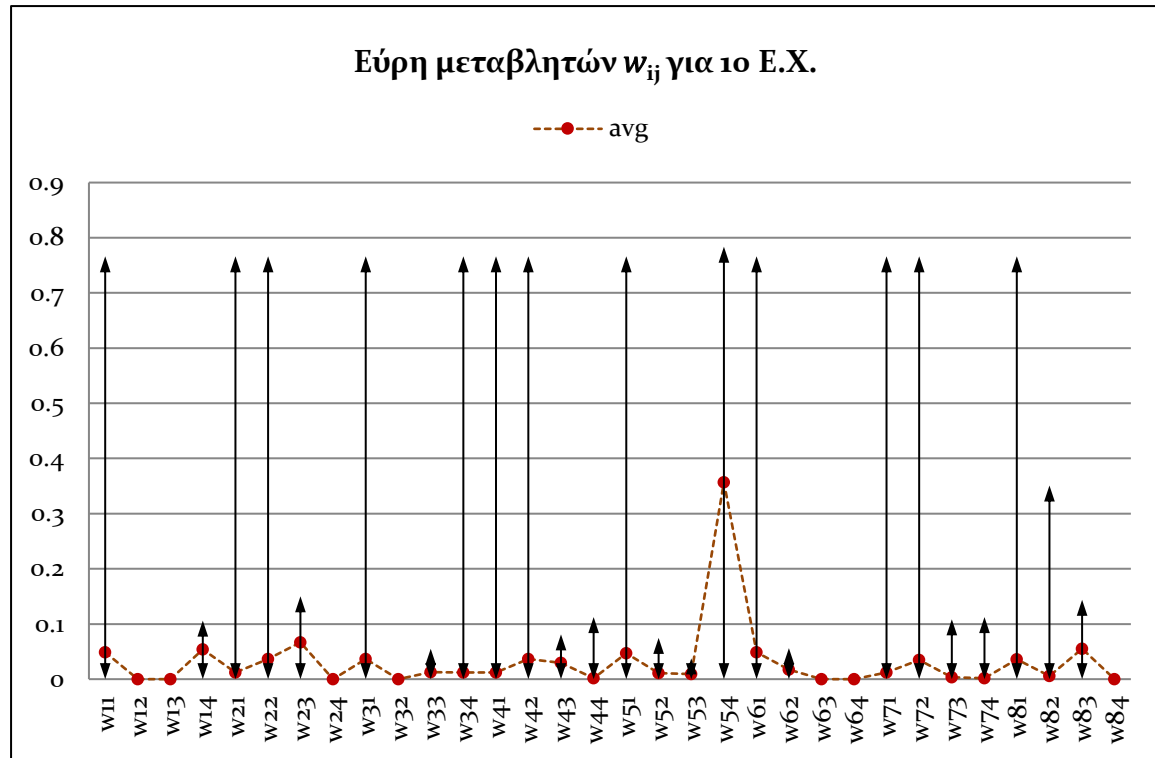
Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιούνται σε αυτό το στάδιο 64 τρεξίματα συνολικά (instances – max και min 32 αντικειμενικών συναρτήσεων) και προσδιορίζονται επομένως και τα εύρη μέσα στα οποία κινούνται τα βάρη των οκτώ κριτηρίων.

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



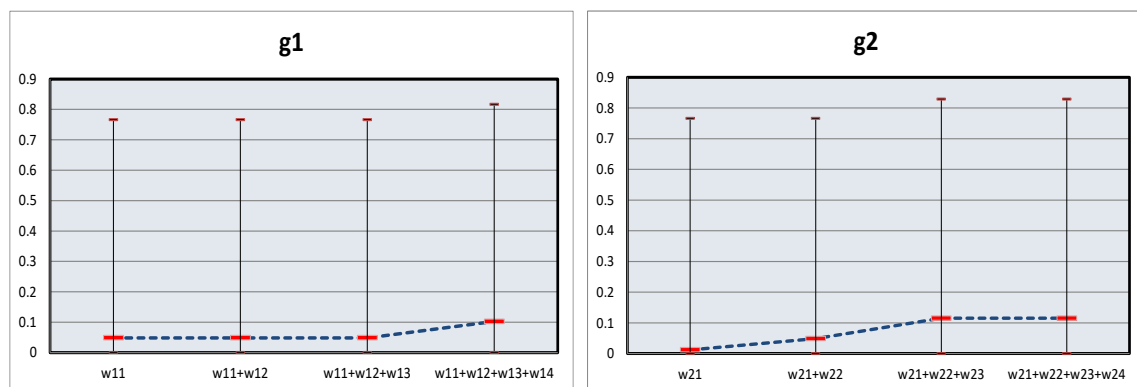
Σχήμα 6.2: Εύρη βαρών κριτηρίων για 10 εικονικές χώρες

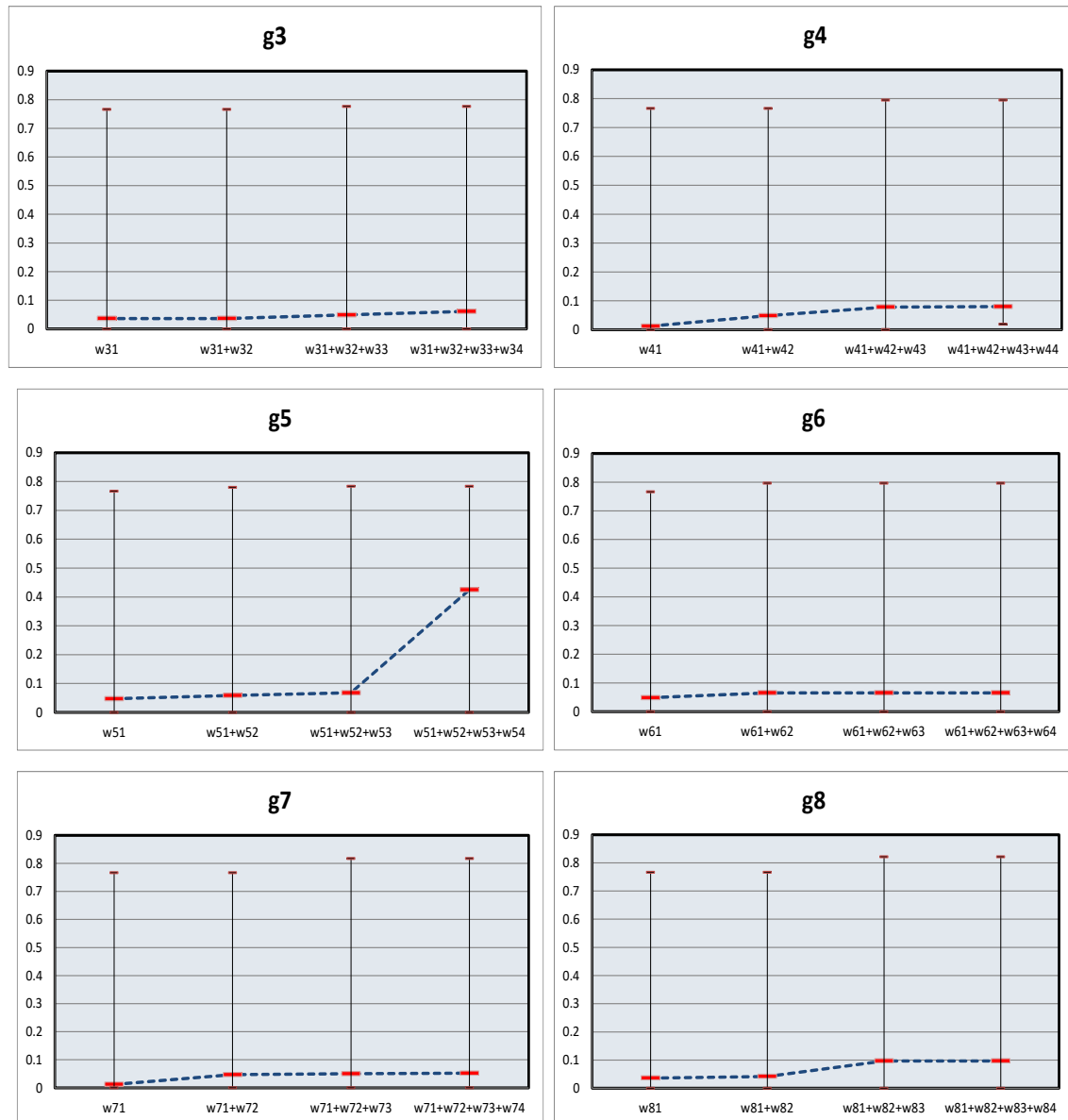
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα εύρη των μεμονωμένων μεταβλητών w_{ij} , όπως προέκυψαν από τις 64 επιλύσεις του γραμμικού προβλήματος.



Σχήμα 6.3: Εύρη μεταβλητών για 10 εικονικές χώρες

Στα διαγράμματα του σχήματος 6.4 βλέπουμε τις περιθώριες συναρτήσεις για τα οκτώ κριτήρια, όπως διαμορφώθηκαν για τα δεδομένα των 10 εικονικών χωρών. Τα διαγράμματα εμφανίζουν τα εύρη στα οποία μπορούν να κινηθούν τα διακριτά σημεία κάθε κριτηρίου, καθώς και τη μέση τιμή τους από τα πολλαπλά τρεξίματα.





Σχήμα 6.4: Περιθώριες συναρτήσεις για 10 εικονικές χώρες

Εκτίμηση ευστάθειας αποτελεσμάτων

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται απευθείας αντιληπτό, ότι τα εύρη τόσο των βαρών όσο και των επιμέρους μεταβλητών είναι πρακτικά ανεξέλεγκτα, καθώς εκτείνονται κατά προσέγγιση στο 80% του εφικτού πεδίου [0,1]. Επιπλέον, οι μέσες τιμές όλων των μεταβλητών 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 αισιόδοξος 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. Κεφ. 5).

Εύκολα, λοιπόν, ο αναλυτής κρίνει αδύνατο τον υπολογισμό ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου και κατά συνέπεια την μετάβαση στο συνθετικό πόλο. Αποφασίζεται, λοιπόν, η επιστροφή της διαδικασίας στην αρχή του αναλυτικού πόλου και η παροχή από τον αποφασίζοντα επιπλέον πληροφοριών που θα βοηθήσουν στον πιο ακριβή προσδιορισμό του μοντέλου απόφασης του αποφασίζοντα.

6.4 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, ενσωματώνονται από τον αναλυτή στο ήδη υπάρχον μοντέλο, με στόχο την επίτευξη ενός πιο ικανοποιητικού επιπέδου ευστάθειας τόσο του μοντέλου απόφασης όσο και των αποτελεσμάτων. Πρακτικά, δηλαδή, στο πλαίσιο του αναλυτικού πόλου, οι ενέργειες διαμόρφωσης του μοντέλου, αφορούν αποκλειστικά το πρόσωπο που αποφασίζει και τις επιπλέον πληροφορίες που καλείται να παρέχει, αποκλείοντας ταυτόχρονα τον αναλυτή από οποιαδήποτε αυτόβουλη δράση τροποποίησης του μοντέλου.

Ενσωμάτωση καινούριων δράσεων στην κατάταξη

Με γνώμονα τη διαδικασία που ακολουθήθηκε στην Α' φάση, κατασκευάζονται επιπλέον 10 εικονικές χώρες (δράσεις) με αντιπροσωπευτικές τιμές στα κριτήρια. Στη συνέχεια, καλείται πάλι ο αποφασίζοντας να ενσωματώσει τις 10 επιπλέον χώρες στην προκαθορισμένη κατάταξη της Α' φάσης. Τα αποτελέσματα της προηγούμενης φάσης που αφορούν στα βάρη των κριτηρίων δεν είναι γνωστά στον αποφασίζοντα και έτσι η νέα κατάταξη προκύπτει εντελώς αμερόληπτα, αποκλειστικά βάσει των προτιμησιακών δεδομένων του. Θεωρείται αυτονόητο, ότι οι σχετικές θέσεις των 10 πρώτων χωρών, όπως αυτές διαμορφώθηκαν στην Α' 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

Κατάταξη	Εικονικές Χώρες	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8
1	C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60

2	C8	85	75	3.0	65	0.6	50	80	60
3	C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
4	C20	95	75	1.0	95	1.0	20	60	75
5	C17	85	65	2.0	95	0.8	40	80	60
6	C5	95	70	2.0	85	0.3	40	80	60
7	C12	90	70	1.0	70	0.3	40	85	75
8	C19	80	60	3.0	75	0.8	60	80	70
9	C14	80	60	2.0	80	0.8	65	80	60
10	C1	85	70	2.0	75	0.6	40	80	60
11	C13	85	60	2.0	75	0.8	50	80	60
12	C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
13	C4	95	70	2.0	55	0.4	40	80	60
14	C2	95	60	2.0	75	0.6	40	80	60
15	C9	85	75	3.0	65	0.6	30	70	50
16	C18	90	70	1.0	75	0.6	40	70	50
17	C10	80	65	3.0	65	0.6	40	80	40
18	C16	85	65	2.5	80	0.4	40	60	40
19	C15	90	70	2.0	50	0.4	40	60	30
20	C11	80	60	1.0	65	0.3	20	70	40

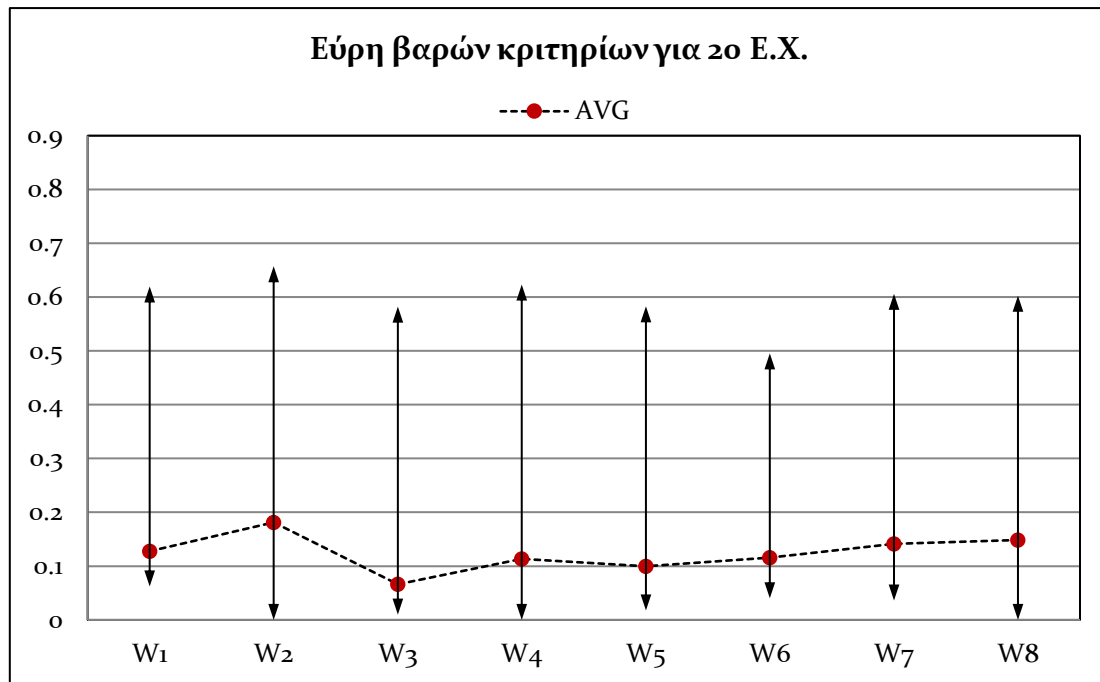
Οι χώρες C11 – C20 που φαίνονται με κόκκινο χρώμα αποτελούν τις 10 επιπλέον χώρες που εισήχθησαν στην κατάταξη από τον αποφασίζοντα στη Β' Φάση.

Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου UTASTAR

Εκφράζοντας και πάλι τα δεδομένα, στην διακριτοποιημένη μορφή που απαιτείται και ακολουθώντας την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω εξάγουμε τις 19 ανισότητες, που θα αποτελέσουν το κύριο μέρος του γραμμικού προβλήματος για την φάση αυτή. Σημειώνεται, στο σημείο αυτό, ότι ο όρος δ στο δεξί μέλος των ανισοτήτων μειώθηκε σε 0.5% ή 0.005, σε σχέση με το 1% της πρώτης φάσης, γεγονός που εκτιμάται ότι θα βοηθήσει περισσότερο στην εξασφάλιση λογικών αποτελεσμάτων, όσον αφορά στην κατάταξη των εικονικών χωρών από τον αποφασίζοντα.

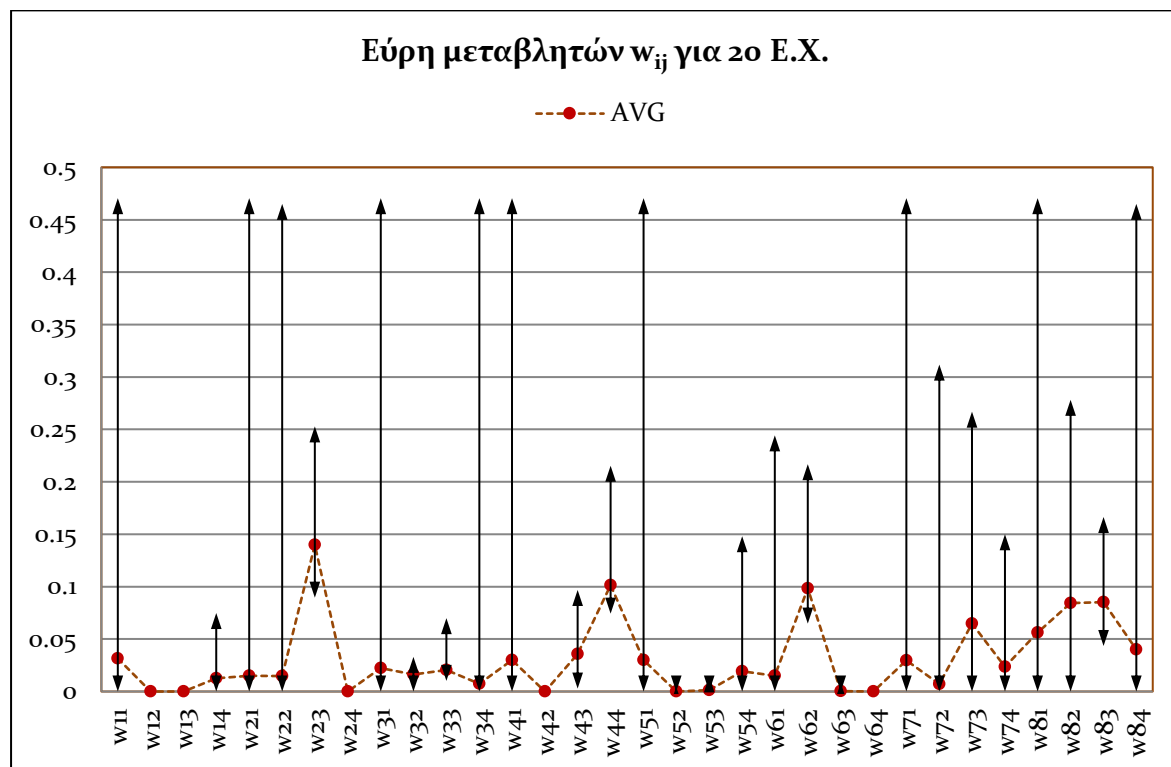
Μεταφέροντας, εκ νέου, το γραμμικό πρόβλημα που προκύπτει στην πλατφόρμα GAMS και εφαρμόζοντας τους ίδιους περιορισμούς με την πρώτη φάση, υλοποιούμε τα 64 τρεξίματα που μας δίνουν τα εύρη των βαρών W_i των κριτηρίων, καθώς και τα εύρη των μεταβλητών w_{ij} , αφού πρώτα εξασφαλίσουμε πάλι, ότι τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης είναι μηδενικά.

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



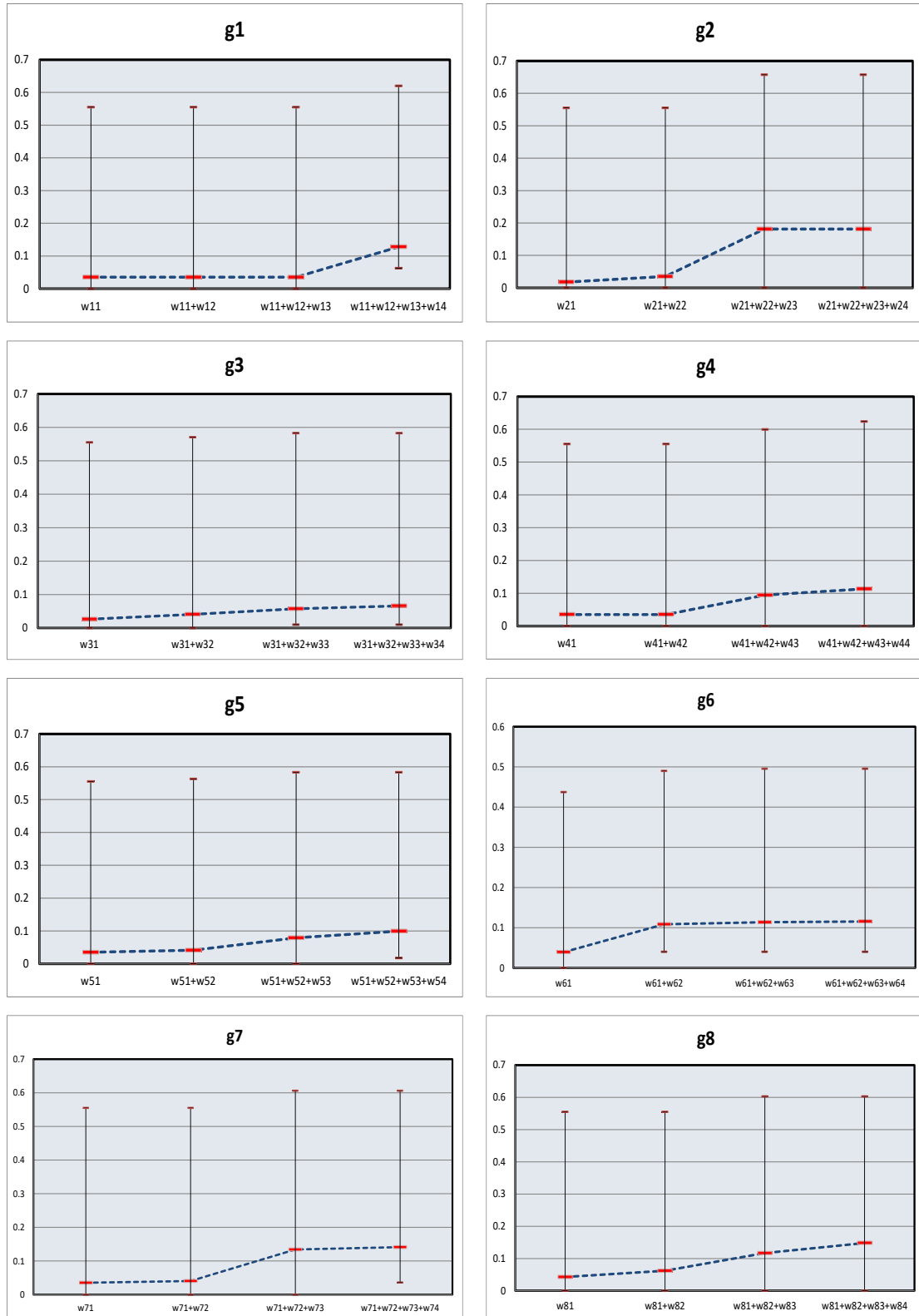
Σχήμα 6.5: Εύρη βαρών κριτηρίων για 20 εικονικές χώρες

Το σχήμα 6.6 δίνει μια καθαρή εικόνα των μέσων τιμών των μεταβλητών w_{ij} , καθώς και του εύρους διακύμανσης τους, όπως προέκυψαν από το σύνολο των επιλύσεων του γραμμικού προβλήματος.



Σχήμα 6.6: Εύρη μεταβλητών για 20 εικονικές χώρες

Στην συνέχεια, στο σχήμα 6.7 παρουσιάζονται οι περιθώριες συναρτήσεις των οκτώ κριτηρίων του μοντέλου απόφασης, όπως διαμορφώθηκαν για το προτιμησιακό μοντέλο των 20 εικονικών χωρών.



Σχήμα 6.7: Περιθώριες συναρτήσεις για 20 εικονικές χώρες

Εκτίμηση ευστάθειας αποτελεσμάτων

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα των ευρών μεταξύ της πρώτης (10 Ε.Χ.) και της δεύτερης (20 Ε.Χ.) φάσης, εύκολα κάποιος διαπιστώνει τη σημαντική μείωση που επιτεύχθηκε στις μέγιστες ακραίες τιμές στα βάρη των κριτηρίων και ακόμη περισσότερο στις μεμονωμένες μεταβλητές w_{ij} . Η πιο συμπαγής εικόνα που παρουσιάζουν οι τιμές των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνουν την υψηλότερη ευστάθεια του μοντέλου σε σχέση με την προηγούμενη φάση και καταδεικνύουν το μείζονα ρόλο που διαδραμάτισαν οι επιπλέον πληροφορίες που δόθηκαν από τον αποφασίζοντα. Η βελτίωση της ευρωστίας του μοντέλου αξιολόγησης καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική, δεδομένου ότι οφείλεται καθαρά σε αποφάσεις που παίρνει ο ενδιαφερόμενος, χωρίς την παραμικρή παρέμβαση του αναλυτή στο μοντέλο.

Πράγματι, ο δείκτης *ASI* δείχνει δραματική βελτίωση της τιμής του αφού έλαβε την τιμή 0.936. Η αύξηση αυτή κατά 0.05, σε σχέση με την τιμή του στην Α' Φάση, μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μεγάλο βήμα προς στην κατεύθυνση της βελτίωσης της ευστάθειας των αποτελεσμάτων του συστήματος.

Με τα νέα δεδομένα, κρίνεται πλέον δυνατή η ύπαρξη ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου, γεγονός που σηματοδοτεί την μετάβαση στο συνθετικό πόλο. Έτσι, θα χρησιμοποιηθούν επιπλέον εργαλεία, τα οποία στη συνέχεια θα συνεκτιμηθούν για να κριθεί εάν η ευστάθεια του μοντέλου και των αποτελεσμάτων είναι ικανοποιητική (βλ. Κεφ. 5).

Εφαρμογή σε αληθινά δεδομένα και ανάλυση ευστάθειας

Εφόσον η ευστάθεια του μοντέλου που έχει κατασκευαστεί στη Φάση Β' θεωρείται εν μέρει ικανοποιητική, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε εφαρμογή του αντιπροσωπευτικού μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα των 22 χωρών και να επιτύχουμε μία πρώτη κατάταξη τους.

Χρησιμοποιώντας τις τιμές των πραγματικών χωρών σε κάθε κριτήριο, όπως εμφανίζονται στον Πίνακα 3.2 και τις μέσες τιμές για τις προτιμησιακές μεταβλητές w_{ij} κάθε κριτηρίου, όπως απεικονίζονται στα σχήματα 6.6 και 6.7, εξάγουμε για κάθε χώρα την ολική αξία της $u(\mathbf{g})$. Η τιμή αυτή αποτελεί το σκορ κάθε χώρας συνυπολογιζομένων όλων των κριτηρίων. Κατατάσσοντας λοιπόν, τις χώρες κατά φθίνουσα ολική αξία, εξάγουμε την τελική κατάταξή τους, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 6.5.

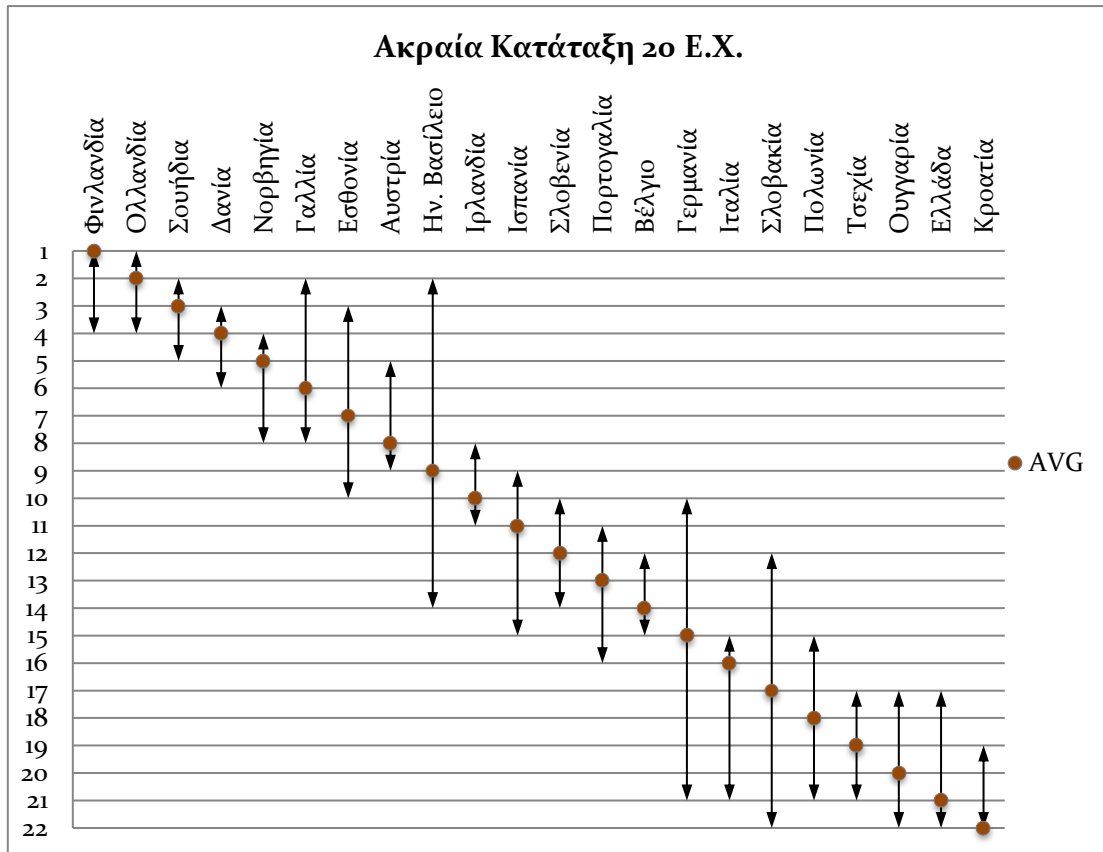
Πίνακας 6.5: Κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 20 εικονικών χωρών

Κατάταξη	Χώρα	Αξία
1	Φινλανδία	0.884
2	Ολλανδία	0.883
3	Σουηδία	0.855
4	Δανία	0.834
5	Νορβηγία	0.812
6	Γαλλία	0.804
7	Εσθονία	0.780
8	Αυστρία	0.767
9	Ην. Βασίλειο	0.757
10	Ιρλανδία	0.737
11	Ισπανία	0.717
12	Σλοβενία	0.685
13	Πορτογαλία	0.683
14	Βέλγιο	0.670
15	Γερμανία	0.659
16	Ιταλία	0.619
17	Σλοβακία	0.610
18	Πολωνία	0.563
19	Τσεχία	0.551
20	Ουγγαρία	0.523
21	Ελλάδα	0.510
22	Κροατία	0.491

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

Ένα τέτοιο εργαλείο είναι η *ανάλυση ακραίας κατάταξης* - *extreme ranking* που υπολογίζει τη μέγιστη και την ελάχιστη θέση στην κατάταξη που μπορεί να λάβει κάθε χώρα. Ο υπολογισμός των ακραίων κατατάξεων έγινε κατόπιν επίλυσης των σχετικών προβλημάτων μικτού-ακέραιου προγραμματισμού στην πλατφόρμα μοντελοποίησης GAMS IDE.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται με τη βοήθεια του διαγράμματος του σχήματος 6.8, όπου απεικονίζεται η θέση της κάθε χώρας στην αντιπροσωπευτική κατάταξη, ενώ με τα βέλη απεικονίζεται το διάστημα από τη μέγιστη έως την ελάχιστη δυνατή θέση της.



Σχήμα 6.8: Ακραία κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 20 εικονικών χωρών

Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Ακραίας Κατάταξης κάνει φανερό ότι τα εύρη κατάταξης για όλες τις χώρες είναι αρκετά μεγάλα, γεγονός που υποδεικνύει ισχυρή αστάθεια στα αποτελέσματα, που οφείλεται στην αντίστοιχη αστάθεια των τιμών των μεταβλητών w_{ij} . Ο δείκτης ευστάθειας **ARRI** (βλ. Κεφ.5) σε αυτή την περίπτωση λαμβάνει την τιμή **6.27**, γεγονός που δηλώνει ότι η μέση χώρα έχει πάνω από 6 πιθανές θέσεις στην κατάταξη. Αντίστοιχα ο δείκτης **RARR** παίρνει τη μη αποδεκτή τιμή του **24%**.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματά δεν παρουσιάζουν σε αυτή τη Φάση τα επιθυμητά επίπεδα ευστάθειας, καθώς εμφανίζεται ισχυρή επίδραση των ασταθών μεταβλητών του μοντέλου στα τελικά αποτελέσματα. Κατά συνέπεια, στην κατεύθυνση της αναζήτησης πιο ευσταθών αποτελεσμάτων, κρίνεται ωφέλιμη η επιστροφή εκ νέου στον αναλυτικό πόλο και η επανάληψη της διαδικασίας, όπως υποδεικνύει η διπολική μεθοδολογία ελέγχου ευστάθειας.

6.5 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 τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις προηγούμενες φάσεις, κατασκευάζονται επιπλέον 5 εικονικές χώρες βαθμολογίες στα κριτήρια, στα σημεία των περιθώριων συναρτήσεων αξίας όπου εμφανιζόταν η μεγαλύτερη αστάθεια σύμφωνα με την οπτικοποίηση των σχημάτων 6.6 και 6.7. Πάλι, χωρίς να έχει γνώση των προηγούμενων αποτελεσμάτων, ο αποφασίζοντας θα ενσωματώσει τις νέες εικονικές χώρες στην προϋπάρχουσα κατάταξη. Εννοείται, και στο σημείο αυτό, όπως και στην προηγούμενη φάση, οι σχετικές θέσεις που προέκυψαν για τις 20 πρώτες εικονικές χώρες δεν αλλάζουν.

Η ανανεωμένη κατάταξη που επέστρεψε ο αποφασίζοντας φαίνεται στον πίνακα 6.6:

Πίνακας 6.6: Κατάταξη 25 εικονικών χωρών

Κατάταξη	Εικονικές Χώρες	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈
1	C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60
2	C8	85	75	3.0	65	0.6	50	80	60
3	C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
4	C20	95	75	1.0	95	1.0	20	60	75
5	C17	85	65	2.0	95	0.8	40	80	60
6	C5	95	70	2.0	85	0.3	40	80	60
7	C19	80	60	3.0	75	0.8	60	80	70
8	C12	90	70	1.0	70	0.3	40	85	75
9	C1	85	70	2.0	75	0.6	40	80	60
10	C13	85	60	2.0	75	0.8	50	80	60
11	C14	80	60	2.0	80	0.8	65	80	60
12	C2	95	60	2.0	75	0.6	40	80	60
13	C4	95	70	2.0	55	0.4	40	80	60
14	C22	75	70	3.0	80	0.7	40	90	20
15	C9	85	75	3.0	65	0.6	30	70	50
16	C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
17	C18	90	70	1.0	75	0.6	40	70	50
18	C24	85	50	0.5	90	0.7	65	85	80
19	C10	80	65	3.0	65	0.6	40	80	40
20	C16	85	65	2.5	80	0.4	40	60	40

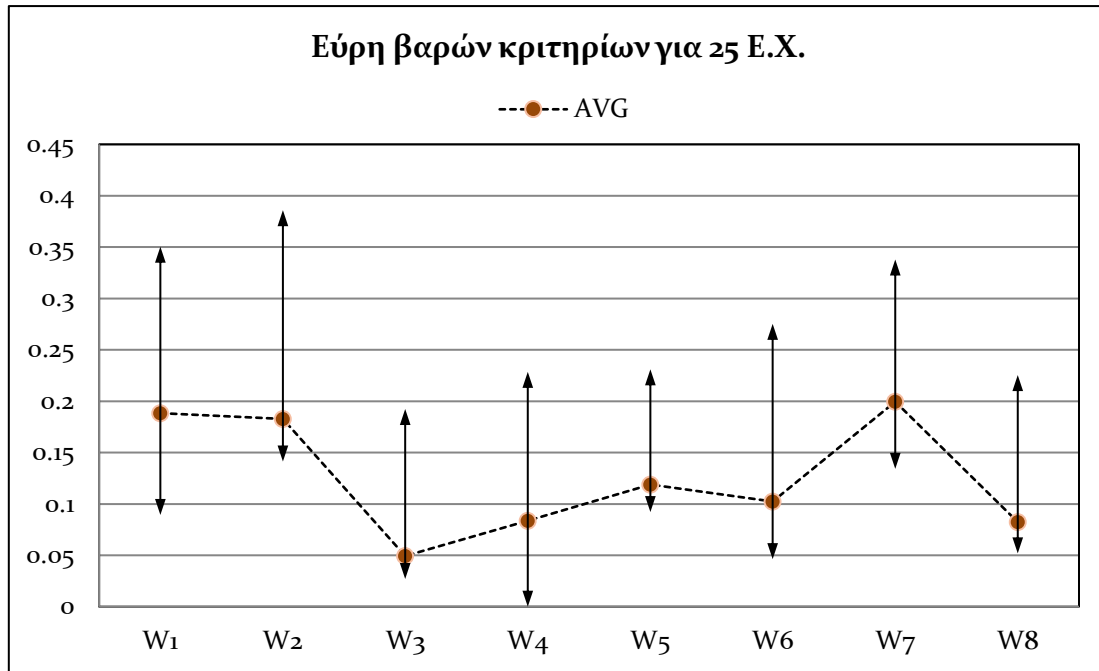
21	C23	90	60	1.0	80	0.4	60	60	50
22	C25	60	45	4.0	50	0.8	50	85	90
23	C15	90	70	2.0	50	0.4	40	60	30
24	C21	90	75	2.5	40	0.2	20	50	70
25	C11	80	60	1.0	65	0.3	20	70	40

Οι χώρες C21-C25 που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα είναι οι πέντε νέες εικονικές χώρες που εισήχθησαν στην κατάταξη στη Φάση Γ'.

Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου UTASTAR

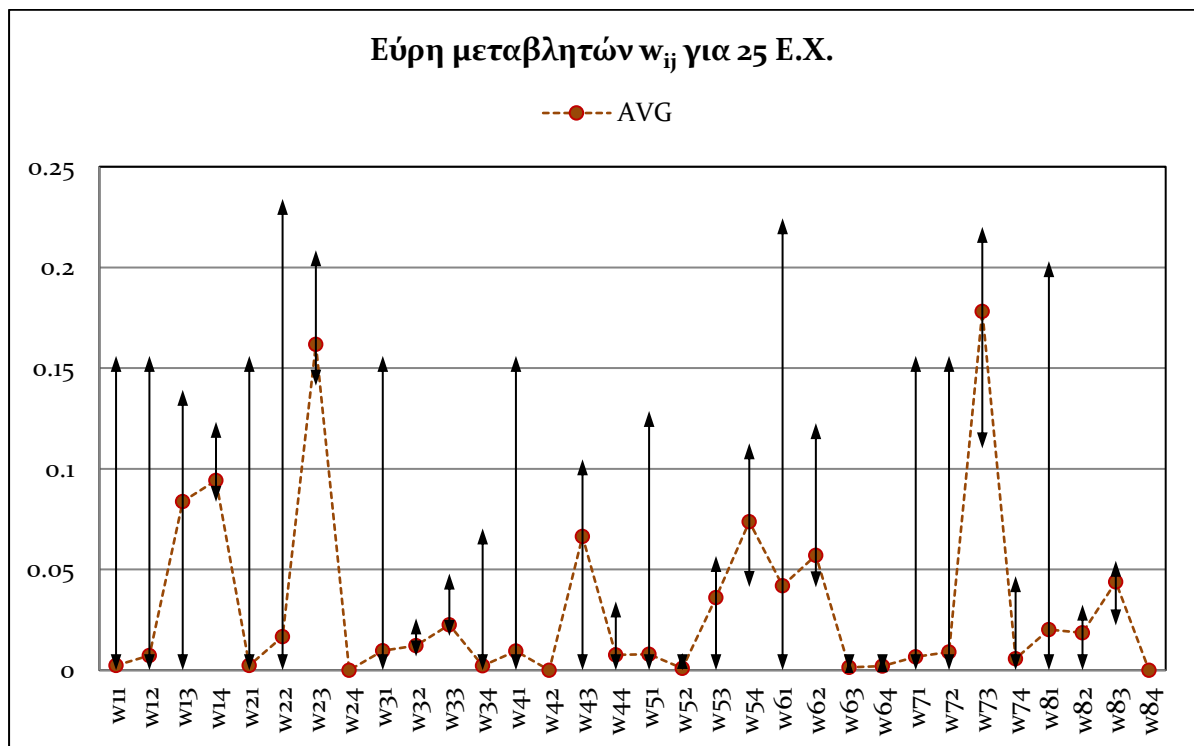
Έχοντας πάλι μία κατάταξη που αντικατοπτρίζει τις σχέσεις προτίμησης του αποφασίζοντος, εφαρμόζουμε τα βήματα της UTASTAR, όπως στις προηγούμενες Φάσεις. Μετατρέπουμε, αρχικά τις σχέσεις προτίμησης σε ανισωτικές σχέσεις διαφορών. Ο όρος δ του δεξιού μέλους των ανισωτήτων διατηρείται 0.005 ή 5%. Εφαρμόζοντας τους περιορισμούς που αφορούν στις μεταβλητές w_{ij} μπορούμε με τη βοήθεια του GAMS να επιλύσουμε το γραμμικό πρόβλημα της UTASTAR. Αρχικά, εξασφαλίζουμε ότι τα σφάλματα υπερεκτίμησης και υποεκτίμησης που έχουν προστεθεί στις ανισωτικές σχέσεις είναι μηδενικά. Εν συνεχεία, μεγιστοποιώντας και ελαχιστοποιώντας διαδοχικά τις αντικειμενικές συναρτήσεις των αθροισμάτων των w_{ij} (βλ. προηγούμενες Φάσεις), λαμβάνουμε σαν αποτέλεσμα τις ακραίες τιμές εντός των οποίων κινούνται τόσο οι ίδιες οι μεταβλητές όσο και τα βάρη W_i των κριτηρίων, όπως αυτά ορίστηκαν παραπάνω.

Στον διάγραμμα του σχήματος 6.9 παρουσιάζονται τα εύρη των τιμών που παίρνουν τα βάρη W_i των κριτηρίων για το σύνολο των τρεξιμάτων αυτού του σταδίου.



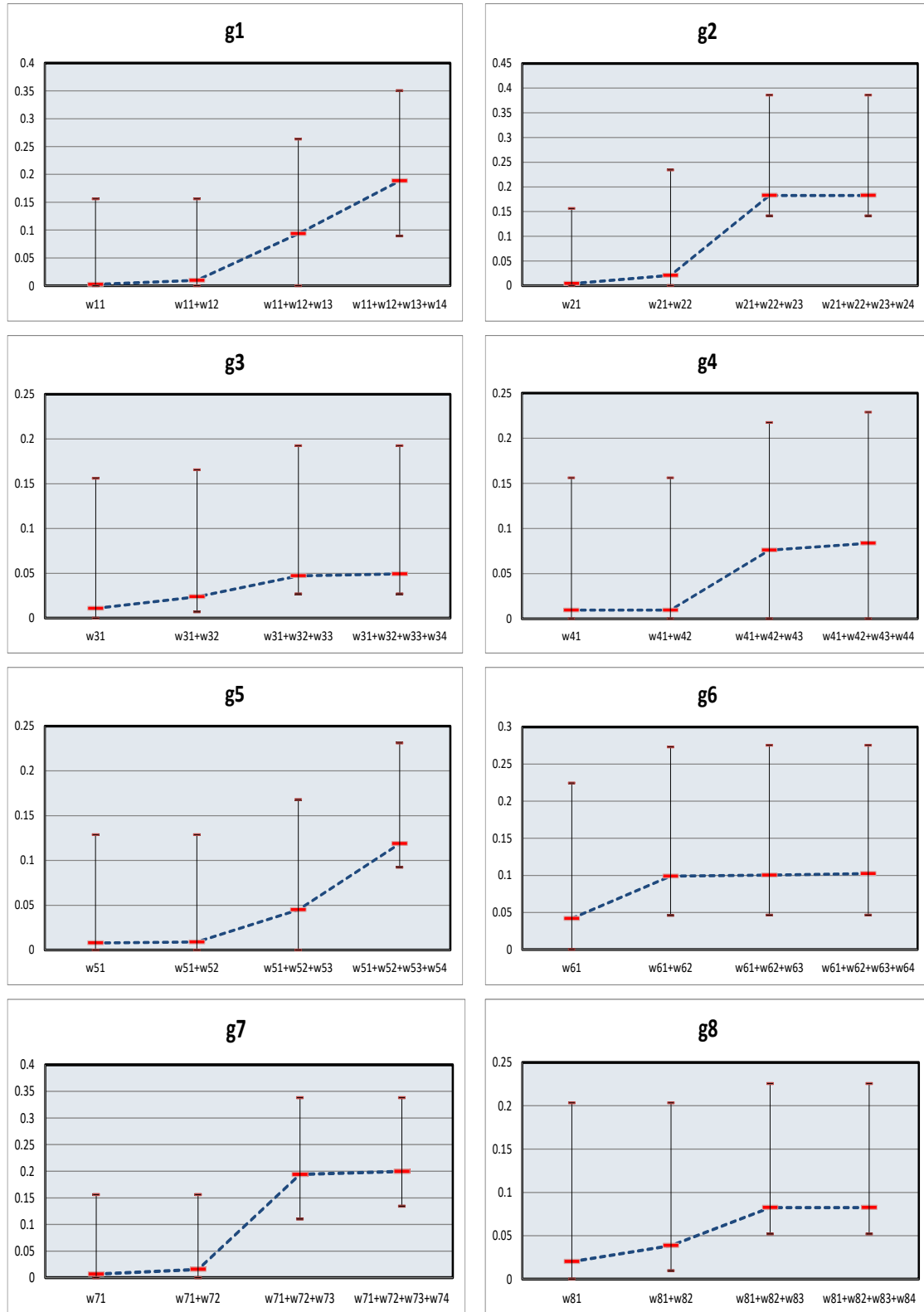
Σχήμα 6.9: Εύρη βαρών κριτηρίων για 25 εικονικές χώρες

Στη συνέχεια στο σχήμα 6.10 απεικονίζονται τα εύρη των τιμών των μεμονωμένων μεταβλητών w_{ij} μετά την επίλυση του γραμμικού προβλήματος για όλα τα instances του σταδίου αυτού.



Σχήμα 6.10: Εύρη μεταβλητών για 25 εικονικές χώρες

Κατόπιν, στο σχήμα 6.11 παρουσιάζονται τα διαγράμματα για τις περιθώριες συναρτήσεις αξίας των οκτώ κριτηρίων για το μοντέλο προτίμησης των 25 εικονικών χωρών.



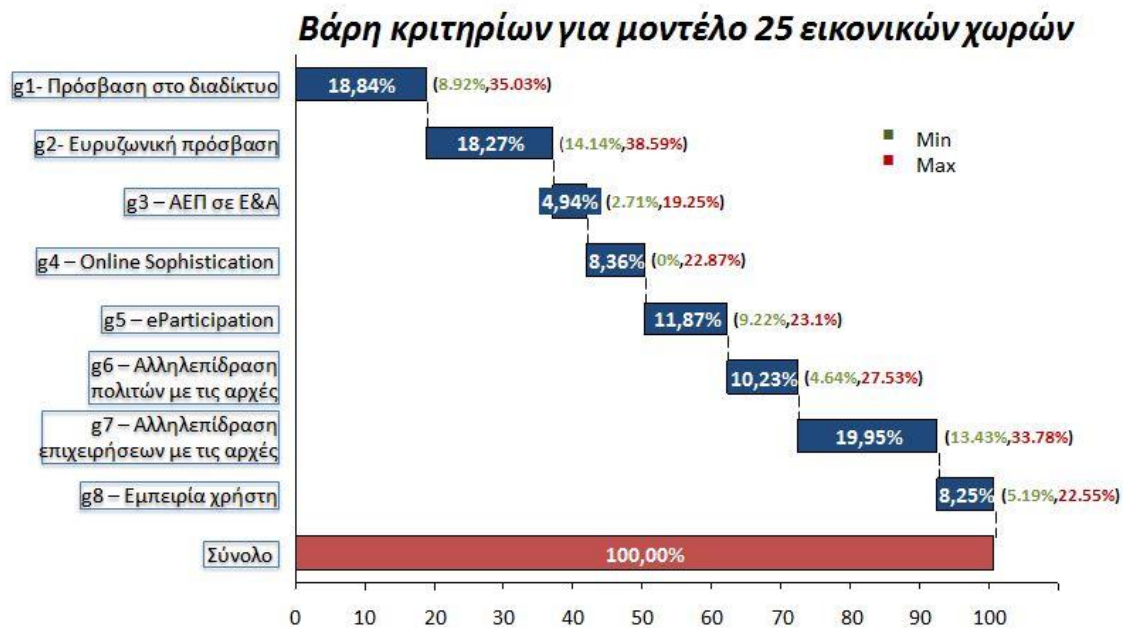
Σχήμα 6.11: Περιθώριες συναρτήσεις για 25 εικονικές χώρες

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 τη θεωρία που έχει αναπτυχθεί και θέλει την ενίσχυση της ευστάθειας του μοντέλου με την εκμείευση περισσότερων πληροφοριών από τον αποφασίζοντα.

Η βελτίωση που παρατηρήθηκε αντικατοπτρίζεται και στην τιμή του δείκτη *ASI*, ο οποίος από το 0.936 της προηγούμενης φάσης ανήλθε σε 0.971, τιμή που όπως παρατηρούμε τείνει όλο και περισσότερο στη μονάδα. Η τιμή αυτή, επιτρέπει, σαφώς στον αναλυτή να θεωρήσει ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο και να προχωρήσει στην εφαρμογή του στα πραγματικά δεδομένα των 22 ευρωπαϊκών χωρών.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα διαστήματα διακύμανσης των βαρών των κριτηρίων για το μοντέλο των 25 εικονικών χωρών που θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω για την εφαρμογή του μοντέλου στην αξιολόγηση των ευρωπαϊκών χωρών.



Σχήμα 6.12: Βάρη κριτηρίων για μοντέλο 25 εικονικών χωρών

Με πράσινο και κόκκινο χρώμα σημειώνονται αντίστοιχα οι κατώτερες και υψηλότερες δυνατές τιμές για τα βάρη των 8 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 ολική αξία $u(g)$ κάθε χώρας, κάνοντας χρήση των μέσων βαρών W_i που προέκυψαν στη Φάση αυτή.

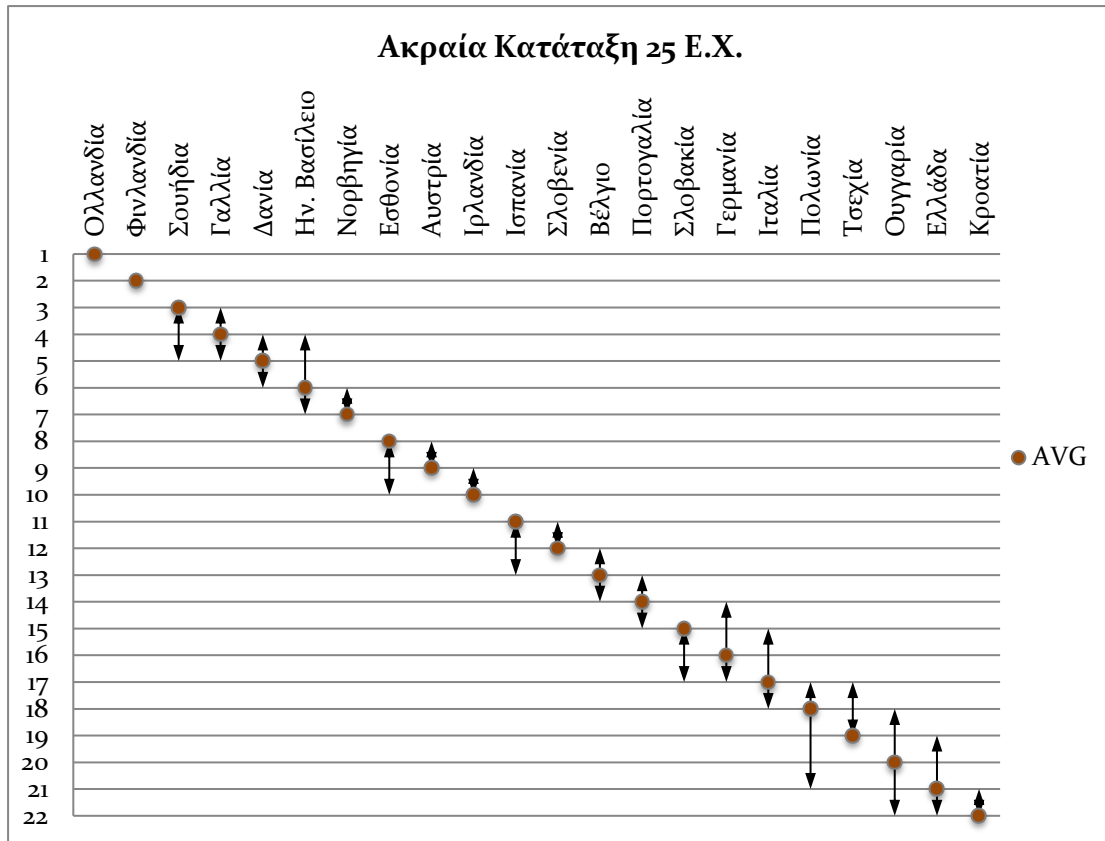
Η αντιπροσωπευτική κατάταξη παρουσιάζεται παρακάτω στον πίνακα 6.7, όπως προέκυψε για τα δεδομένα των 25 εικονικών χωρών.

Πίνακας 6.7: Κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 25 εικονικών χωρών

Κατάταξη	Χώρα	Αξία
1	Ολλανδία	0.940
2	Φινλανδία	0.886
3	Σουηδία	0.861
4	Γαλλία	0.855
5	Δανία	0.841
6	Ην. Βασίλειο	0.831
7	Νορβηγία	0.816
8	Εσθονία	0.781
9	Αυστρία	0.773
10	Ιρλανδία	0.740
11	Ισπανία	0.704
12	Σλοβενία	0.700
13	Βέλγιο	0.684
14	Πορτογαλία	0.681
15	Σλοβακία	0.631
16	Γερμανία	0.628
17	Ιταλία	0.622
18	Πολωνία	0.586
19	Τσεχία	0.572
20	Ουγγαρία	0.534
21	Ελλάδα	0.534
22	Κροατία	0.513

Σε αυτό το σημείο η εφαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα επιτρέπει την εφαρμογή εργαλείων και δεικτών του συνθετικού πόλου για την εκτίμηση της ευστάθειας των αποτελεσμάτων. Όπως και στην προηγούμενη φάση θα υλοποιηθεί η ανάλυση ακραίας κατάταξης – *extreme ranking analysis* για την εκτίμηση του διαστήματος μέσα στο οποίο κινούνται οι πραγματικές χώρες στην κατάταξη.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σχετικό αλγόριθμο, κατόπιν εφαρμογής του στο περιβάλλον GAMS παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα του σχήματος 6.13.



Σχήμα 6.13: Ακραία κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 25 εικονικών χωρών

Η ανάλυση ακραίας κατάταξης αποκαλύπτει ότι τα εύρη διακύμανσης των 22 χωρών έχουν μειωθεί αισθητά σε σχέση με την προηγούμενη φάση. Αυτό σημαίνει, ότι για τις διαφορετικές επιλύσεις του μοντέλου (διαφορετικά σετ βαρών) είναι δυνατό να προκύψουν λιγότερες, διαφορετικές μεταξύ τους κατατάξεις, σε σχέση με τα αποτελέσματα της προηγούμενης Φάσης. Ο δείκτης **ARRI** για το συγκεκριμένο στάδιο λαμβάνει την τιμή **2.95**, ενώ ο δείκτης **RARR** μειώθηκε στο **9.3%**.

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 . Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχθηκαν ως τιμές αναφοράς για τα βάρη W_i και τις μεταβλητές w_{ij} , οι τιμές που προέκυψαν από τα 64 διαφορετικά τρεξίματα κατά την εφαρμογή της *max - min* διαδικασίας.

Συνεπώς, εφαρμόστηκε το προσθετικό μοντέλο αξίας 64 φορές, όσες και τα διαφορετικά σετ βαρών και μεταβλητών w_{ij} που έχουμε στη διάθεση μας, και ελήφθησαν 64 διαφορετικές κατατάξεις των ευρωπαϊκών χωρών. Τα στατιστικά αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον πίνακα 6.8, όπου εμφανίζονται οι πιθανές θέσεις κάθε χώρας και η πιθανότητα εντοπισμού τους στις αντίστοιχες θέσεις.

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. Βασιλείο	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% - 0%
Ιρλανδία	(9) - 10	0% - 100%
Σλοβενία	11 - 12	21.54% - 78.46%
Ισπανία	11 - 12 - 13	78.46% - 9.23% - 12.31%
Βέλγιο	12 - 13 - 14	12.31% - 20% - 67.69%
Πορτογαλία	13 - 14 - (15)	67.69% - 32.31% - 0%
Γερμανία	(14) - 15 - 16 - 17	0% - 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	0% - 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%
Ελλάδα	18 - 19 - 20 - 21 - 22	3.08% - 4.62% - 58.46% - 23.08% - 10.77%
Κροατία	21 - 22	12.31% - 87.69%

Στο πίνακα, με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι στατιστικά επικρατούσες θέσεις για κάθε χώρα. Οι θέσεις που εμφανίζονται εντός παρενθέσεων αποτελούν αυτές που ενώ προσδιορίστηκαν ως δυνατές θέσεις από την ανάλυση ακραίας κατάταξης, δεν εμφανίστηκαν σε κανένα από τα 64 διαφορετικά τρεξίματα του προσθετικού μοντέλου. Το γεγονός αυτό, δεν καταδεικνύει κάποια αστοχία της μεθοδολογίας, αλλά σημαίνει ότι για τα συγκεκριμένα σετ βαρών δεν προέκυψαν αποτελέσματα που δίνουν τις συγκεκριμένες θέσεις. Είναι αποδεδειγμένο, (βλ. Παρ. 5.2) ότι για κάθε δυνατή θέση κάποια χώρας που υπολογίζεται από τον αλγόριθμο ακραίας κατάταξης, υπάρχει

τουλάχιστον ένα σετ βαρών, συμβατού με τα προτιμησιακά δεδομένα του αποφασίζοντα, που την επιφέρει.

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. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, κρίνεται ότι η ευστάθεια των αποτελεσμάτων, παρότι αρκετά ικανοποιητική, μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω. Για το λόγο αυτό ο αναλυτής αποφασίζει επανάληψη της όλης διαδικασίας με επιστροφή στον αναλυτικό πόλο και εκτέλεση των βημάτων, όπως ορίζει η μεθοδολογία διπολικού ελέγχου ευστάθειας.

6.6 Δ' Φάση – 30 εικονικές χώρες

Όπως έχει προαναφερθεί, η επιστροφή στον αναλυτικό πόλο προϋποθέτει την εκμείευση επιπλέον πληροφοριών από τον αποφασίζοντα, ώστε να ενσωματωθούν στο ήδη υπάρχον μοντέλο και να συντελέσουν στην εξαγωγή ενός πιο ευσταθούς μοντέλου προτίμησης.

Ενσωμάτωση νέων χωρών στην κατάταξη

Σε πλήρη αντιστοιχία με την αλγοριθμική διαδικασία των προηγούμενων φάσεων, κατασκευάζονται 5 νέες εικονικές χώρες με τιμές στα κριτήρια, τέτοιες ώστε να καλύψουν τιμές υψηλούς αστάθειας στις παραμέτρους w_{ij} , κατόπιν εξέτασης των σχημάτων 6.10 και 6.11. Οι 5 νέες εικονικές χώρες θα ενσωματωθούν στην ήδη υπάρχουσα κατάταξη από τον αποφασίζοντα. Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό ότι οι βαθμολογίες των εικονικών χωρών στα επιμέρους κριτήρια επιλέγονται επίσης 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	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8
1	C28	95	85	3.5	75	0.8	40	80	75
2	C27	100	80	3.0	75	0.4	65	80	70
3	C29	80	70	4.0	75	0.6	65	90	85
4	C6	85	75	2.5	85	0.8	40	80	60
5	C8	85	75	3.0	65	0.6	50	80	60

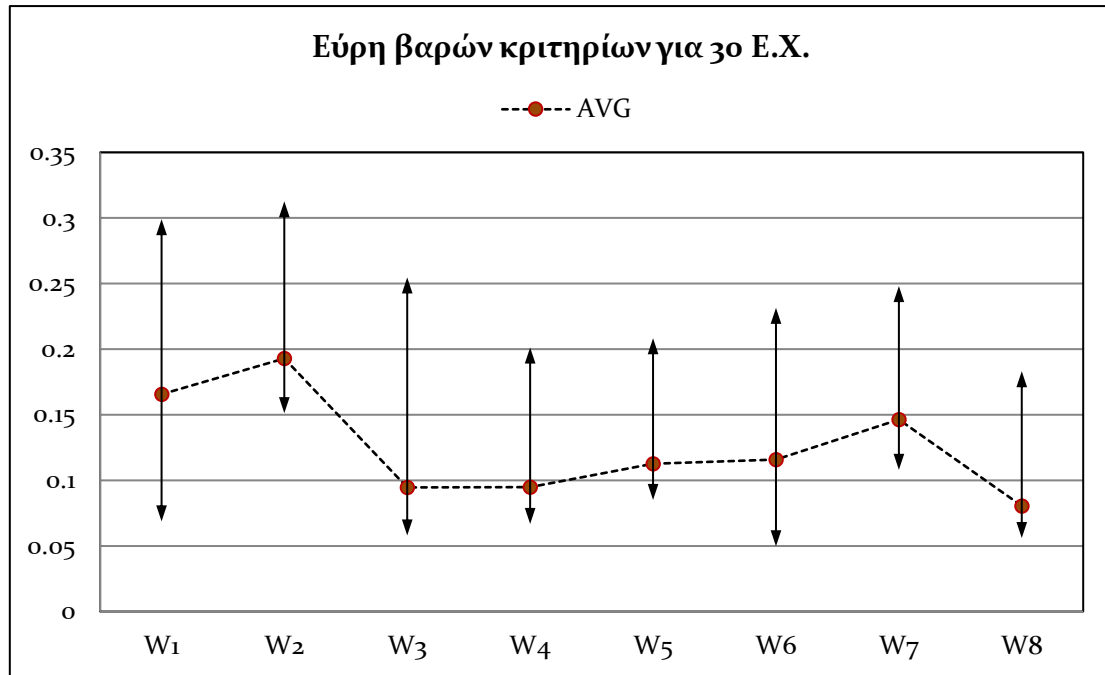
6	C7	85	75	2.5	65	0.6	50	85	60
7	C20	95	75	1.0	95	1.0	20	60	75
8	C17	85	65	2.0	95	0.8	40	80	60
9	C5	95	70	2.0	85	0.3	40	80	60
10	C19	80	60	3.0	75	0.8	60	80	70
11	C12	90	70	1.0	70	0.3	40	85	75
12	C1	85	70	2.0	75	0.6	40	80	60
13	C13	85	60	2.0	75	0.8	50	80	60
14	C14	80	60	2.0	80	0.8	65	80	60
15	C30	85	65	3.5	95	0.8	35	70	50
16	C26	85	70	2.0	95	0.4	40	90	60
17	C2	95	60	2.0	75	0.6	40	80	60
18	C4	95	70	2.0	55	0.4	40	80	60
19	C22	75	70	3.0	80	0.7	40	90	20
20	C9	85	75	3.0	65	0.6	30	70	50
21	C3	85	60	2.5	75	0.6	40	80	60
22	C18	90	70	1.0	75	0.6	40	70	50
23	C24	85	50	0.5	90	0.7	65	85	80
24	C10	80	65	3.0	65	0.6	40	80	40
25	C16	85	65	2.5	80	0.4	40	60	40
26	C23	90	60	1.0	80	0.4	60	60	50
27	C25	60	45	4.0	50	0.8	50	85	90
28	C15	90	70	2.0	50	0.4	40	60	30
29	C21	90	75	2.5	40	0.2	20	50	70
30	C11	80	60	1.0	65	0.3	20	70	40

Οι χώρες C26 – C30 που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα είναι οι 5 νέες εικονικές χώρες που εισήχθησαν σε αυτή τη φάση.

Εφαρμογή μαθηματικού μοντέλου UTASTAR

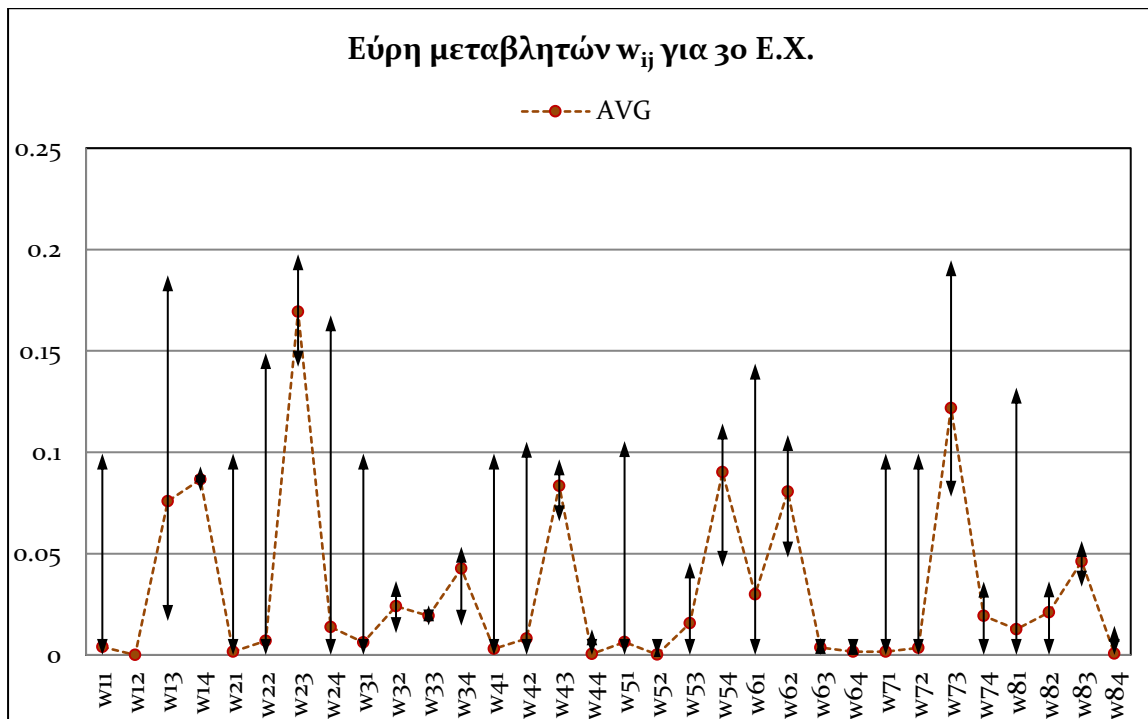
Εφόσον υπάρχουν πλέον αποτυπωμένα τα προτιμησιακά χαρακτηριστικά του αποφασίζοντα με τη μορφή της κατάταξης των 30 εικονικών χωρών, μπορούμε να εκφράσουμε αυτές τις σχέσεις προτίμησης με τη μορφή 29 ανισοτήτων που θα αποτελέσουν τον κορμό του μοντέλου. Το δεξί μέλος των ανισοτήτων παραμένει και σε αυτή την φάση ίσο με 0.005 ή 5%. 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 w_{ij} και των βαρών των κριτηρίων W_i .

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα βάρη των κριτηρίων W_i , με βάση τα προτιμησιακά δεδομένα των 30 εικονικών χωρών, παρουσιάζονται στο σχήμα 6.14.



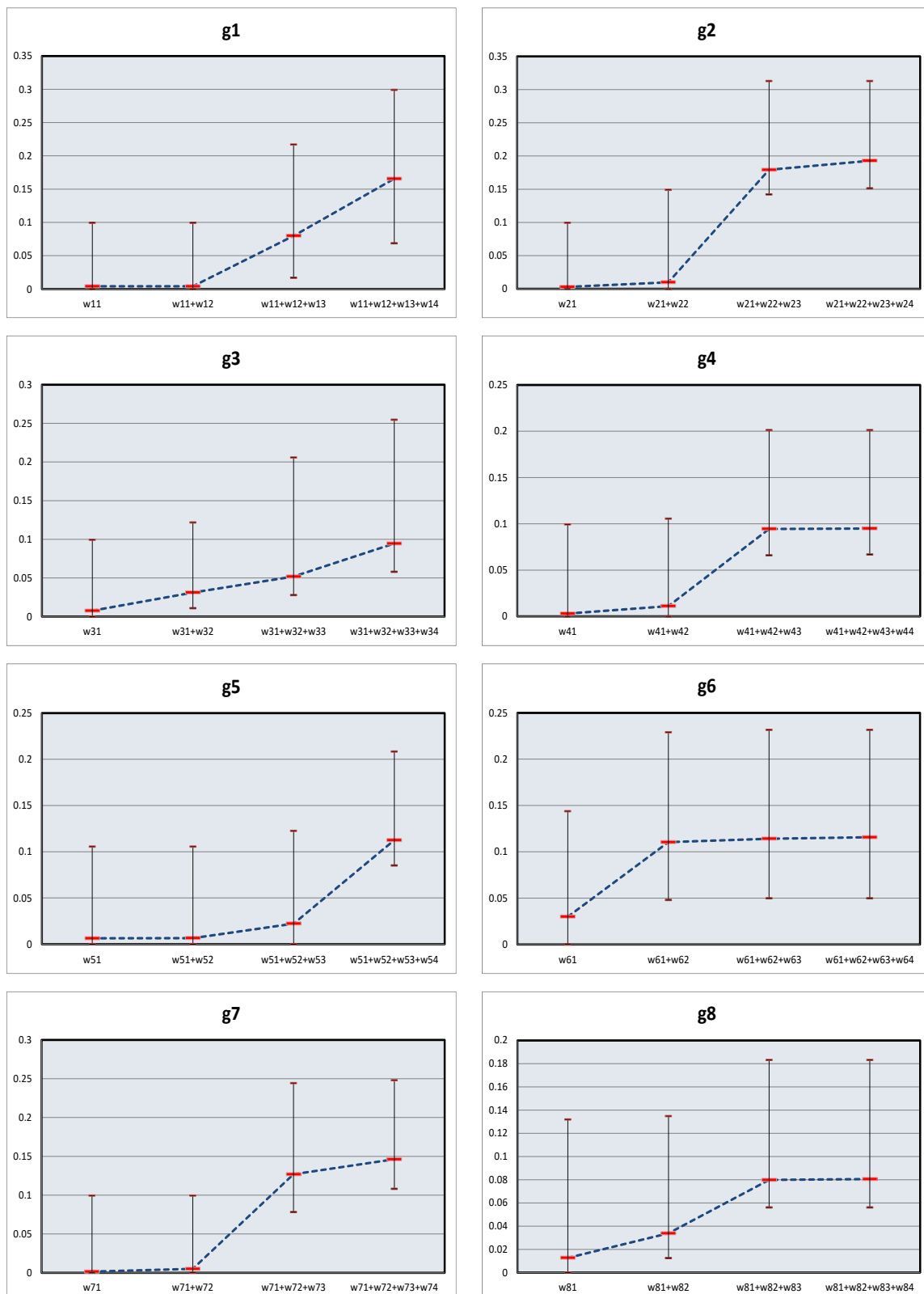
Σχήμα 6.14: Εύρη βαρών κριτηρίων για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα εύρη μέσα στα οποία κινούνται οι τιμές των μεμονωμένων μεταβλητών w_{ij} , καθώς και οι μέσες τιμές τους.



Σχήμα 6.15: Εύρη μεταβλητών για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

Τα διαγράμματα του σχήματος 6.16 αποτυπώνουν τις οκτώ περιθώριες συναρτήσεις των κριτηρίων του μοντέλου, όπως αυτές προέκυψαν για τα δεδομένα 30 εικονικών χώρων.



Σχήμα 6.16: Περιθώριες συναρτήσεις για 30 εικονικές χώρες

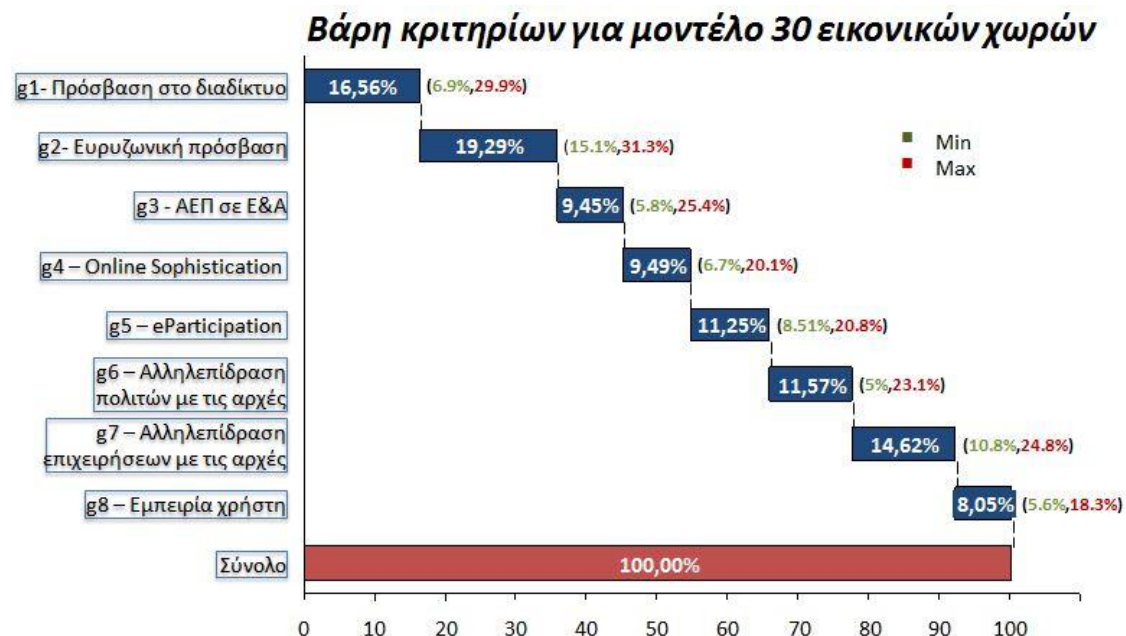
Εκτίμηση ευστάθειας αποτελεσμάτων

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 αποτελέσματα 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 πάλι, ότι όσο περισσότερες πληροφορίες παρέχονται ως είσοδος στο σύστημα, τόσο ελαχιστοποιείται το πεδίο των δυνατών τιμών που μπορούν να λάβουν οι παράμετροι του μοντέλου.

Η βελτίωση των αποτελεσμάτων αποτυπώνεται, σαφώς, και στον δείκτη *ASI* ο οποίος ανήλθε σε 0.979. Παρατηρούμε, ότι η τιμή του δείκτη πλησιάζει ακόμα περισσότερο την μονάδα, γεγονός που υποδεικνύει την αυξανόμενη ευστάθεια του μοντέλου απόφασης.

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

Στο σχήμα 6.17 παρουσιάζονται τα μέσα βάρη των κριτηρίων, καθώς και τα εύρη τους, για το μοντέλο των 30 εικονικών χωρών που θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω για την εφαρμογή του μοντέλου στην αξιολόγηση των ευρωπαϊκών χωρών.



Σχήμα 6.17: Βάρη κριτηρίων για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

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

Εφαρμογή σε αληθινά δεδομένα και ανάλυση ευστάθειας

Έχοντας εξάγει ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο, το οποίο προέκυψε από τις διαδικασίες του αναλυτικού πόλου, μπορούμε αδιάσειστα να προχωρήσουμε στην εφαρμογή του στα πραγματικά δεδομένα για την επίτευξη της τελικής κατάταξης των ευρωπαϊκών χωρών. Η κατάταξη αυτή θα προκύψει υπολογίζοντας εκ νέου την ολική αξία $u(\mathbf{g})$ κάθε χώρας με τα νέα μέσα βάρη W_i που προέκυψαν για τα κριτήρια στη φάση αυτή.

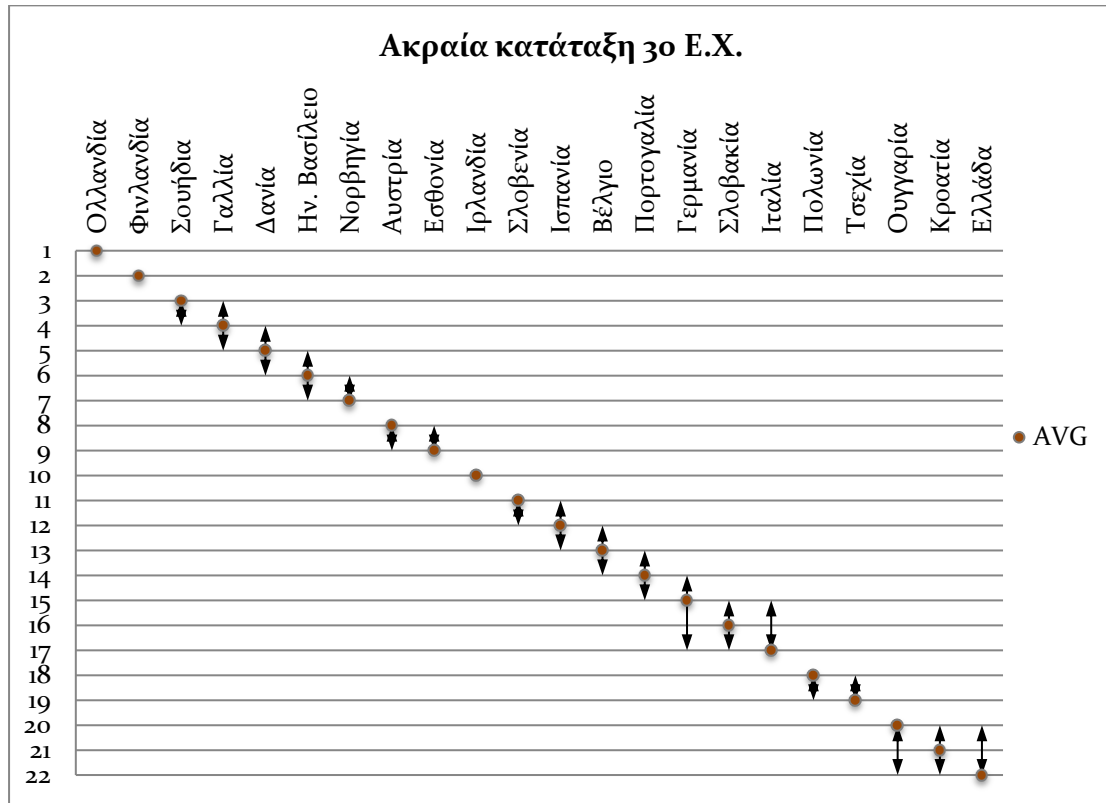
Η τελική κατάταξη, όπως προέκυψε μετά την εφαρμογή του αντιπροσωπευτικού μοντέλου, παρουσιάζεται στον πίνακα 6.10.

Πίνακας 6.10: Κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

Κατάταξη	Χώρα	Αξία
1	Ολλανδία	0.881
2	Φινλανδία	0.828
3	Σουηδία	0.807
4	Γαλλία	0.792
5	Δανία	0.785
6	Ην. Βασίλειο	0.749
7	Νορβηγία	0.743
8	Αυστρία	0.693
9	Εσθονία	0.687
10	Ιρλανδία	0.661
11	Σλοβενία	0.629
12	Ισπανία	0.615
13	Βέλγιο	0.610
14	Πορτογαλία	0.585
15	Γερμανία	0.565
16	Σλοβακία	0.532
17	Ιταλία	0.529
18	Πολωνία	0.499
19	Τσεχία	0.483
20	Ουγγαρία	0.437
21	Κροατία	0.411
22	Ελλάδα	0.409

Κατόπιν της εφαρμογής του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα, μπορούμε να κάνουμε χρήση των εργαλείων του συνθετικού πόλου για να αξιολογήσουμε το επίπεδο ευστάθειας των αποτελεσμάτων.

Όπως και στην προηγούμενη φάση, η ανάλυση ακραίας κατάταξης των χωρών θα μας δώσει σαφή εικόνα για την ευστάθεια της τελικής κατάταξης των 22 χωρών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον αλγόριθμο *extreme ranking analysis* στο GAMS απεικονίζονται στο διάγραμμα του σχήματος 6.18.



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

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ακραίας κατάταξης δείχνουν σημαντική μείωση των δυνατών θέσεων κατάταξης κάθε χώρας. Οι πιθανές θέσεις των χωρών που μπορούν να καταληφθούν είναι, κατά συνέπεια, αισθητά λιγότερες από τη Φάση Γ' και λιγότερο διαφοροποιημένες μεταξύ τους. Ο δείκτης *ARRI* για αυτή τη φάση μειώνεται δραματικά στο **2.45**, ενώ ο δείκτης *RARR* παίρνει την τιμή **6.9%**. Οι δείκτες αυτοί δείχνουν ότι η μέση χώρα της κατάταξης μπορεί να καταλάβει μόνο 2.45 θέσεις στην κατάταξη, ενώ συνολικά η κατάταξη δείχνει αστάθεια της απόλυτα αποδεκτής τάξης του 6.9%.

Η στατιστική ανάλυση που ακολουθεί, αναμένεται να επιβεβαιώσει την ευστάθεια των αποτελεσμάτων και να παρέχει περισσότερες πληροφορίες στον αναλυτή και τον αποφασίζοντα, σχετικά με τις επικρατέστερες θέσεις κάθε χώρας στην κατάταξη. Χρησιμοποιώντας, ως δεδομένα τις τιμές για τα w_{ij} που προέκυψαν από τα 64 *max – min* τρεξίματα στη συγκεκριμένη φάση, παράγουμε 64 κατατάξεις των χωρών, από

ισάριθμες επιλύσεις του προσθετικού μοντέλου αξίας, και προχωράμε στη στατιστική ανάλυση, όπως έγινε και στη Φάση Γ'.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης εμφανίζονται στον πίνακα 6.11, όπου απεικονίζονται οι πιθανές θέσεις κατάταξης κάθε χώρας και τα αντίστοιχα ποσοστά εμφάνισης τους.

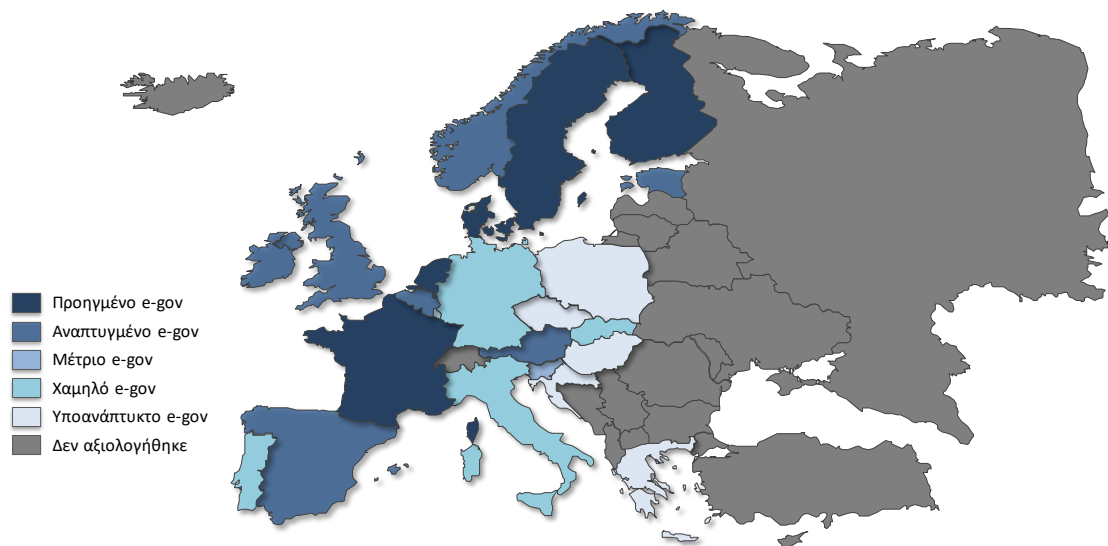
Πίνακας 6.11: Πιθανότητες εμφάνισης ευρωπαϊκών χωρών σε κάθε θέση για μοντέλο 30 εικονικών χωρών

Χώρες	Πιθανή θέση	Πιθανότητα εμφάνισης
Ολλανδία	1	100%
Φινλανδία	2	100%
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%
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, υποστηρίζοντας τα με πολύτιμη στατιστική πληροφορία. Σε αυτό το στάδιο η **τελική κατάταξη** των 22 χωρών, στην οποία θα καταλήξουν αναλυτής και αποφασίζοντας, μπορεί να εξαχθεί, είτε από την **επίλυση του αντιπροσωπευτικού μοντέλου** (πίνακας 6.10) ή από τις **επικρατέστερες θέσεις** κάθε χώρας, όπως προέκυψαν από τη **στατιστική ανάλυση** (πίνακας 6.11).

Με το πέρας της Φάσης Δ', και κατόπιν διαλόγου αναλυτή και αποφασίζοντα, συμφωνήθηκε, ότι τα αποτελέσματα του διπολικού ελέγχου ευστάθειας είναι αρκούντως ικανοποιητικά και μπορούν να στηρίξουν την απόφαση για μια συμπαγή

τελική κατάταξη των 22 ευρωπαϊκών χωρών. Το μοντέλο απόφασης, όπως αναπτύχθηκε με βάση τα δεδομένα 30 εικονικών χωρών, παρουσιάζει επίσης εξαιρετική ευστάθεια και μπορεί να στηρίξει επαρκώς την κατάταξη και επιπλέον χωρών ή και των ιδίων 22, όταν προκύψουν μελλοντικά νέα δεδομένα για τα κριτήρια. Με βάση τα παραπάνω αποφασίστηκε η λήξη της αλγοριθμικής διαδικασίας ελέγχου ευστάθειας και η επιλογή της αντιπροσωπευτικής κατάταξης σαν τελική κατάταξη. Η κατάταξη αυτή των ευρωπαϊκών χωρών αποτυπώνεται γραφικά και στο χάρτη του σχήματος 6.19.



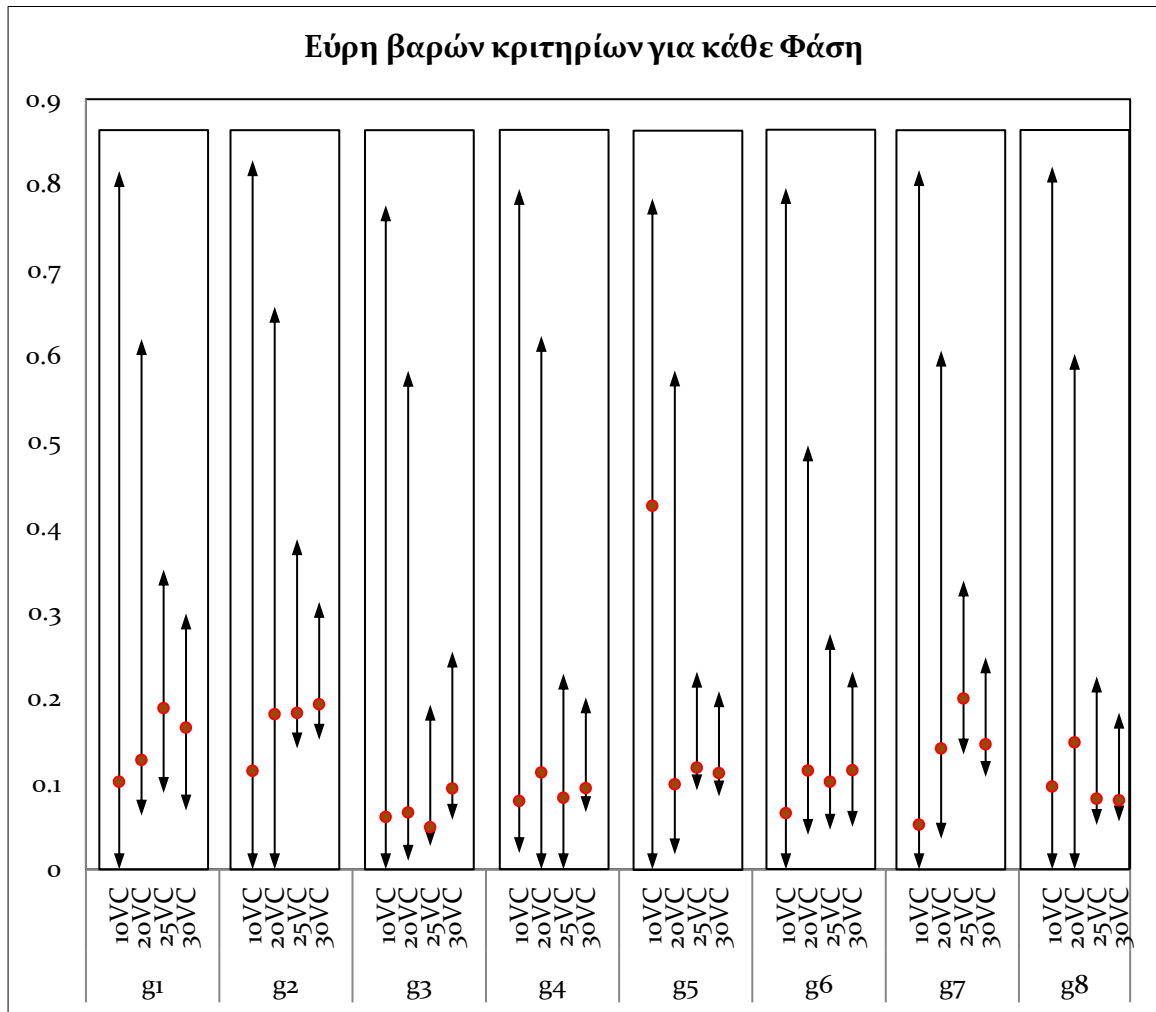
Σχήμα 6.19: Ευρωπαϊκός χάρτης ηλεκτρονικής διακυβέρνησης

6.7 Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται για πρώτη φορά η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου πλαισίου ελέγχου ευστάθειας σε πραγματικό πρόβλημα πολυκριτήριας ανάλυσης. Σκοπός της παρούσας εφαρμογής αξιολόγησης η-διακυβέρνησης στην Ευρώπη είναι η υποστήριξη αξιολογητών, εμπειρογνομόνων ή πάσης φύσης αποφασίζοντων στην κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών (τύπου benchmark), αναφορικά με την πρόοδο τους στο συγκεκριμένο τομέα. Ειδικότερα, προτάθηκε ένα πολυκριτηριακό μοντέλο αξιολόγησης των χωρών, το οποίο στηρίχθηκε στις προτιμήσεις ενός συγκεκριμένου αποφασίζοντα (βλ. Κεφ. 3).

Κατόπιν, το μοντέλο απόφασης που κατατάσσει τις χώρες ως προς την ηλεκτρονική τους διακυβέρνηση βελτιώθηκε συστηματικά μέσω ανατροφοδοτήσεων από τον αποφασίζοντα, σύμφωνα με την αλγοριθμική διαδικασία του διπολικού ελέγχου ευστάθειας που προτάθηκε στο Κεφάλαιο 5.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να κάνουμε μία αποτίμηση της εξέλιξης του μοντέλου αξιολόγησης και να παρατηρήσουμε το βαθμό στον οποίο καταφέραμε να βελτιώσουμε το σύστημα από Φάση σε Φάση. Το διάγραμμα του σχήματος 6.20 απεικονίζει τα βάρη για κάθε κριτήριο ανά Φάση, και τη βελτίωση της ευστάθειας του μοντέλου, όπως επιτεύχθηκε ακολουθώντας τη μεθοδολογία του διπολικού ελέγχου της.



Σχήμα 6.20: Εύρη βαρών κριτηρίων για κάθε Φάση ελέγχου ευστάθειας του μοντέλου

Σε επίπεδο αποτελεσμάτων του μοντέλου, η διαδικασία συντονίστηκε μέσα από 4 Φάσεις, μέχρι την επίτευξη αποτελεσμάτων υψηλής ευστάθειας, ικανά να στηρίζουν μια τελική στέρεη κατάταξη των ευρωπαϊκών χωρών. Προς αυτή την κατεύθυνση, συντέλεσε η αξιοποίηση πολλαπλών ανεξάρτητων εργαλείων ανάλυσης της ευστάθειας και η χρήση των κατάλληλων αριθμητικών δεικτών και δεικτών οπτικοποίησης. Η εξέλιξη της τιμής των δεικτών ευστάθειας, μέσα από τη διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων τεσσάρων Φάσεων, φαίνεται παραστατικά στον πίνακα 6.12.

Πίνακας 6.12: Εξέλιξη των ποσοτικών δεικτών ευστάθειας μετά από κάθε Φάση της μεθόδου ελέγχου ευστάθειας (σε παρένθεση τα ποσοστά βελτίωσης)

Φάση	ASI	ARRI	RARR
A'	0.885	-	-
B'	0.936 (+5.8%)	6.27	24%
Γ'	0.971 (+3.7%)	2.95 (-53.0%)	9.3% (-61.3%)
Δ'	0.979 (+0.8%)	2.45 (-17.0%)	6.9% (-25.8%)

Σημαντική παρατήρηση αναφορικά με την εξέλιξη των δεικτών ευστάθειας είναι η μη συγγενική και παράλληλη βελτίωση των δεικτών του αναλυτικού και του συνθετικού πόλου. Συγκεκριμένα, γίνεται εμφανές ότι μικρές μεταβολές του δείκτη ASI, που εστιάζει στην ευστάθεια του μοντέλου, προκαλούν σημαντικές βελτιώσεις των δεικτών ARRI και RARR που αξιολογούν την ευστάθεια των αποτελεσμάτων. Αυτό το γεγονός αποδεικνύει: (α) την αισιοδοξία του δείκτη ASI αλλά και γενικότερα των δεικτών που σχετίζονται με τον αναλυτικό πόλο, και (β) τη σημασία μέτρησης και ανάλυσης της ευστάθειας του συστήματος τόσο σε επίπεδο μοντέλου, όσο και σε επίπεδο αποτελεσμάτων. Πράγματι, έχοντας άγνοια του (β) και βασιζόμενοι στις υψηλές τιμές που λαμβάνουν οι δείκτες ευστάθειας του αναλυτικού πόλου (ειδικά από τη Φάση Β και μετά), θα μπορούσαμε αυθαίρετα να αποφύγουμε τη μέτρηση της ευστάθειας των αποτελεσμάτων μας, πεπεισμένοι ότι θα είναι εξίσου υψηλή. Αυτό όμως, όπως αποδείχτηκε από την αλγοριθμική διαδικασία που ακολουθήσαμε παραπάνω, θα είχε οδυνηρές συνέπειες για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, τα οποία σε καμία περίπτωση δεν ήταν αποδεκτά στις προηγούμενες Φάσεις.

Από την άλλη πλευρά όμως, κάποιος στηριζόμενος στο παραπάνω πόρισμα, θα μπορούσε να ισχυριστεί, ότι η ανάλυση της ευστάθειας στον αναλυτικό πόλο είναι περιττή, και αξία έχει μόνο όταν πραγματοποιείται στο συνθετικό πόλο. Αυτό τον ισχυρισμό μπορούμε να τον καταρρίψουμε, όπως αποδείχτηκε και εμπειρικά κατά την εφαρμογή του αλγορίθμου, και στηριζόμενοι στο γεγονός ότι ευσταθή μοντέλα παράγουν κατά μείζονα λόγο ευσταθή αποτελέσματα (“robust models produce a fortiori robust results”). Πράγματι, η εμπειρία μας από την εφαρμογή του αλγορίθμου και στους δύο πόλους, έδειξε ότι η ανάλυση της ευστάθειας, σε επίπεδο μοντέλου, πολλές φορές μας απεσόβησε από το να πραγματοποιήσουμε περιττές και χρονοβόρες αναλύσεις στα αποτελέσματα, στις περιπτώσεις που ο πρώτος έλεγχος ευστάθειας δεν ικανοποιούταν.

Παράλληλα, η επίτευξη ενός αποδεδειγμένα αρκούντως ευσταθούς μοντέλου αξιολόγησης/προτίμησης έχει καίρια αξία, καθώς από τη στιγμή που αναπτυχθεί και οριστικοποιηθεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, χωρίς διαφοροποιήσεις, σε πολλές

μελλοντικές περιπτώσεις, όταν προκύπτουν νέα δεδομένα, προστίθενται νέες δράσεις υπό αξιολόγηση, κλπ. Επιπλέον, η εμπειρία από άλλες παρόμοιες εφαρμογές έχει αποκαλύψει και την ύπαρξη περιπτώσεων, όπου ασταθή μοντέλα δίνουν ευσταθή αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει όταν οι δράσεις υπό αξιολόγηση απέχουν κατά πολύ σε αξία η μία της άλλης ή ακόμα και όταν επικρατούν κυριαρχικές σχέσεις μεταξύ τους (dominance relations). Σε τέτοιες περιπτώσεις, πράγματι, δεν έχει μεγάλη σημασία να χρησιμοποιηθεί ευσταθές μοντέλο, καθώς επί της ουσίας τα αποτελέσματα είναι προδιαγεγραμμένα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Abramson, A. M., Means, E. G. (2001). *E-Government*, Price Waterhouse Coopers, Endowment for the Business of Government, Rowman & Littlefield Publishers Inc.
- Accenture, Leadership in customer service: Delivering on the promise, 2007. Retrieved November 10, 2012, <http://www.accenture.com/us-en/Pages/insight-public-leadership-customer-service-delivering-promise.aspx>.
- Dawes, S. S. (2008). The evolution and continuing challenges of e-governance, *Public Administration Review*, 68, 6, 82-102.
- Economist Intelligence Unit, (2010), Digital economy rankings, Beyond e-readiness.
- European Commission, (2010). *Digitizing public services in Europe: Putting ambition into action*, 9th benchmark measurement, Directorate General Information Society and Media, Brussels.
- European Commission, (2014). *eGovernment Benchmark, Delivering on the European Advantage?*, Luxembourg, Publications Office of the European Union.
- Greco, S., Mousseau, V., Słowiński, R. (2008). Ordinal regression revisited: Multiple criteria ranking using a set of additive value functions, *European Journal of Operational Research*, 191, 2, 416-436.
- Greco, S., Słowiński, R., Figueira, J., Mousseau, V. (2010). *Robust ordinal regression*, Chapter 8 in: M. Ehrgott, S. Greco, and J. Figueira (eds.), Trends in multiple criteria decision analysis, Springer, Berlin.
- Grönlund, Å. (2011). Connecting eGovernment to real government - The failure of the UN eParticipation index, *Lecture Notes in Computer Science*, 6846, 26-37.
- Heeks, R., Bailur, S. (2007). Analyzing e-government research: Perspectives, philosophies, theories, methods, and practice, *Government Information Quarterly*, 24, 243-265.
- Jacquet-Lagrèze, E., Siskos J. (2001). Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience, *European Journal of Operational Research*, 130, 233-245.
- Kadzinski, M., Greco, S., Slowinski, R. (2012a). Extreme ranking analysis in robust ordinal regression, *Omega*, 40, 488-501.
- Kadzinski, M., Greco, S., Slowinski, R. (2012b). Selection of a representative value function in robust multiple criteria ranking and choice, *European Journal of Operational Research*, 217, 541-553.
- Lovasz, L. (1999). Hit-and-run mixes fast, *Mathematical Programming*, 86, 443-461.
- Manas, M., Nedoma, J. (1968). Finding all vertices of a convex polyhedron, *Numerische Mathematik*, 14, 226-229.
- Mastorakis, K., Siskos, E. (2015). Value focused pharmaceutical strategy determination with multicriteria decision analysis techniques, *Omega*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.01.020i>
- Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris.

- Siskos, E., Askounis, D., Psarras, J. (2014), Multicriteria decision support for global e-government evaluation, *Omega*, 46, pp. 51-63.
- Siskos, E., Tsotsolas, N. (2015), Elicitation of criteria importance weights through the Simos method: A robustness concern, *European Journal of Operational Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.037>.
- Siskos, Y., Spyridakos, A., Yannacopoulos, D. (1999). Using artificial intelligence and visual techniques into preference disaggregation analysis: The MIIDAS system, *European Journal of Operational Research*, 113, 281-299.
- Tervonen, T., Valkenhoef, G.V., Baştürk, N., Postmus, D. (2012). Hit-And-Run enables efficient weight generation for simulation-based multiple criteria decision analysis, *European Journal of Operational Research*, 224, 552-559.
- United Nations, (2012). E-government survey 2012, E-government for the people, New York.
- United Nations, (2014). E-government survey 2014, E-government for the future we want, New York.
- Wagner, H.M. (1959). Linear programming techniques for regression analysis, *Journal of the American Statistical Association*, 54, 206-212.
- ΘΑΛΗΣ, (2013). Τεχνική έκθεση - Βιβλιογραφική ανασκόπηση προσεγγίσεων ευστάθειας σε αναλυτικές συνθετικές διαδικασίες.
- ΘΑΛΗΣ, (2013). Τεχνική έκθεση - Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Η Μέθοδος “Robust Simos”

-

Αξιολόγηση της η-Διακυβερνησης με την PROMETHEE II

7.1 Το πρόβλημα της ευστάθειας των βαρών στις πολυκριτηριακές μη αντισταθμιστικές μεθόδους

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ένας αναλυτής στις πολυκριτηριακές μη αντισταθμιστικές μεθόδους υποστήριξης αποφάσεων, όπως οι μέθοδοι υπεροχής ELECTRE and PROMETHEE, είναι ο προσδιορισμός των βαρών (criteria weighting) ή της σημαντικότητας των κριτηρίων (criteria importance weights). Γενικότερα, οι παράμετροι αυτές απηχούν τις προτιμήσεις ενός αποφασίζοντος στο πολυκριτηριακό μοντέλο. Οι υπάρχουσες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ευρέως για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων θα μπορούσαν να ενταχθούν σε δύο κατηγορίες: (i) υπολογιστικές διαδικασίες άμεσου υπολογισμού, όπου ο αποφασίζων καλείται να εξωτερικεύσει με σαφήνεια τα βάρη των κριτηρίων, συνήθως με τη μορφή ποσοστών και (ii) άμεσοι μέθοδοι, στις οποίες τα βάρη συμπεραίνονται έμμεσα από διμερείς συγκρίσεις των κριτηρίων ή δράσεων αναφοράς. Πολλές από τις μεθόδους αυτές χρησιμοποιούν τεχνικές μαθηματικού προγραμματισμού (βλ. Pekelman and Sen, 1974 ή την επισκόπηση των Figueira et al., 2005).

Η δεύτερη κατηγορία μεθόδων περιλαμβάνει κυρίως τις παρακάτω μεθόδους:

- Μέθοδος των καρτών (method of cards) που προτάθηκε από τον Simos (1990a, 1990b) και περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο 7.2.
- Μέθοδος των κεντροποιημένων βαρών (method of centralized weights, Solymosi and Dombi, 1986), η οποία απαιτεί από τον αποφασίζοντα έναν αριθμό συγκρίσεων των κριτηρίων, οι οποίες διαμορφώνονται στη συνέχεια ως γραμμικές ανισότητες, προκειμένου να υπολογίσει το βαρύκεντρο των διανυσμάτων-κορυφών ενός πολυέδρου.
- Η μέθοδος TACTIC (Vansnick, 1986), στην οποία η σχετική σημαντικότητα των κριτηρίων διαμορφώνεται και υπολογίζεται μέσα από ένα σύστημα συναρτησιακών αναπαραστάσεων διαφόρων σχέσεων.
- Μέθοδος DIVAPIME (Mousseau, 1995), η οποία εστιάζεται στις μεθόδους ELECTRE και υλοποιείται κάνοντας διμερείς συγκρίσεις εικονικών δράσεων αναφοράς, με στόχο τον υπολογισμό των διαστημάτων μέσα στα οποία κινούνται τα βάρη των κριτηρίων.
- Η αναλυτική ιεραρχική διαδικασία (Analytic Hierarchy Process, AHP), που προτάθηκε από τον Saaty (1994), όπου ο αποφασίζων καλείται να κάνει διμερείς συγκρίσεις σε όρους προτεραιότητας των κριτηρίων πάνω σε μια προεπιλεγμένη κλίμακα. Τα βάρη υπολογίζονται ως οι ιδιοτιμές (eigenvalues) ενός πίνακα συγκρίσεων των κριτηρίων.

- Μέθοδος MACBETH (Bana e Costa et al., 2012), η οποία εξάγει τα βάρη ως τιμές ελκυστικότητας (values of attractiveness) από διμερείς συγκρίσεις των κριτηρίων, όπως στην προηγούμενη μέθοδο αλλά με τη βοήθεια ποιοτικής κλίμακας. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού.

Πρόσφατα, οι Bisdorff et al. (2014) πρότειναν ένα μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού για να υπολογίσουν έμμεσα τα βάρη των κριτηρίων από δεδομένα ολικής υπεροχής του αποφασίζοντος, μεγιστοποιώντας την ευστάθεια του λεγόμενου γραφήματος μέσης τομής (median-cut outranking digraph). Οι εντολές υπεροχής παρέχονται από τον αποφασίζοντα βάσει συγκεκριμένου πρωτοκόλλου.

Η μέθοδος που προτάθηκε από τον Jean Simos το 1990 έγινε σύντομα δημοφιλής και εφαρμόστηκε σε διάφορους τύπους προβλημάτων απόφασης, χάρη στην απλότητα της καθώς και στην ευκολία που παρέχει σε έναν αποφασίζοντα να εκφράσει τις προτιμήσεις του. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος απαιτεί την ιεράρχηση των κριτηρίων από πλευράς σημαντικότητας, εμπλέκοντας τον αποφασίζοντα σε μια διαδικασία «παιγνίου καρτών» και στοχεύοντας στον αριθμητικό προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων. Η μέθοδος εγγράφεται λοιπόν στη λογική της αναλυτικής φιλοσοφίας (disaggregation philosophy), όπου η ανάλυση μιας ιεράρχησης των κριτηρίων οφείλει να εκτιμήσει εκείνες τις αριθμητικές τιμές των βαρών των κριτηρίων που είναι απόλυτα συμβατές με τη δεδομένη ιεράρχηση. Όμως, τόσο η προτεινόμενη διαδικασία της μεθόδου Simos όσο και εκείνη που προτείνεται στην αναθεωρημένη εκδοχή της από τους Figueira and Roy (2002) παρουσιάζουν προβλήματα ευστάθειας. Συγκεκριμένα, οι δυο μέθοδοι υπολογίζουν αυθαίρετα ένα μοναδικό διάνυσμα βαρών ενώ, όπως θα αποδειχτεί στη συνέχεια, υφίσταται μια απειρία διανυσμάτων βαρών που επίσης ικανοποιούν τις προτιμησιακές εντολές που εξωτερικεύει ο αποφασίζων κατά τη διάρκεια του παιγνίου με τις κάρτες.

Σύμφωνα με τους Figueira et al. (2005), το ζήτημα της ευστάθειας συνίσταται στην αναζήτηση όλων των δυνατών τρόπων αναζήτησης λύσεων που βασίζονται σε ευσταθή συμπεράσματα. Στην περίπτωση της μεθόδου Simos, αναπτύσσεται ένα δομημένο πλαίσιο που θα επιτρέψει τη μελέτη της ευστάθειας στις μεθόδους υπεροχής. Ακόμη, το πλαίσιο αυτό θα συνεισφέρει στον έλεγχο της ευστάθειας, στη λογική της προσθήκης νέων προτιμησιακών δεδομένων, όπως για παράδειγμα ο λόγος z , που εισάγεται στην αναθεωρημένη μέθοδο Simos (Shanian et al, 2008). Τέλος, το προτεινόμενο πλαίσιο προσαρμόζεται ειδικότερα στην υποστήριξη της εφαρμογής των μεθόδων ELECTRE και PROMETHEE όταν τα κριτήρια αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους ή όταν τίθεται σε εφαρμογή μια διαδικασία ιεράρχησης των κριτηρίων (Figueira et al. 2009).

Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να αναδειχθεί το πρόβλημα των αυθαίρετων εκτιμήσεων των βαρών των κριτηρίων μέσω της μεθόδου Simos (πρόβλημα ευστάθειας)

και να προταθούν διορθωτικά μέτρα και ένας διπολικός έλεγχος ευστάθειας των βαρών για τη χρήση μεθόδων υπεροχής και την ασφαλή υποστήριξη αποφάσεων. Η νέα προσέγγιση της μεθόδου Simos καθώς και της αναθεωρημένης μεθόδου Simos, όπως παρουσιάζεται στο παρόν κεφάλαιο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «Ευσταθής Μέθοδος Simos» (Robust Simos Method).

Στην παράγραφο 7.2 παρουσιάζεται συνοπτικά η μέθοδος Simos στην αρχική και αναθεωρημένη μορφή και ακολουθεί μια εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση των εφαρμογών που έχουν πραγματοποιηθεί. Τα προβλήματα ευστάθειας της εκτίμησης των βαρών αντιμετωπίζονται στην παράγραφο 7.3, ενώ στην παράγραφο 7.4 προτείνονται μέτρα ευστάθειας και διαδικασίες επίτευξης αντιπροσωπευτικών και «αποδεκτών βαρών» για τα κριτήρια. Στην παράγραφο 7.5 γίνεται εφαρμογή των προτεινόμενων μεθοδολογικών εργαλείων σε συγκεκριμένο αριθμητικό παράδειγμα. Η παράγραφος 7.6 παρουσιάζει ένα σενάριο εφαρμογής της μεθόδου υπεροχής PROMETHEE II για την ευσταθή αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη. Τέλος η παράγραφος 7.7 κλείνει το κεφάλαιο με τα βασικά συμπεράσματα.

7.2 Μια ανασκόπηση των μεθόδων Simos

7.2.1 Περιγραφή των μεθόδων Simos

Η αρχική μέθοδος Simos συνίσταται σε μια διαδικασία τριών βημάτων, η οποία αποσκοπεί στη συλλογή της απαραίτητης πληροφορίας από τον αποφασίζοντα. Η διαδικασία αυτή είναι η ακόλουθη:

- 1) Δίδεται στον αποφασίζοντα ένα σύνολο από κάρτες με το όνομα του κάθε κριτηρίου πάνω σε μια κάρτα (n κάρτες, καθεμία αντιστοιχούσα σε ένα συγκεκριμένο κριτήριο μιας οικογένειας F). Δίδεται επίσης ένας αριθμός λευκών καρτών.
- 2) Ζητείται από τον αποφασίζοντα να κατατάξει τις κάρτες/κριτήρια από το λιγότερο έως το περισσότερο σημαντικό κριτήριο, τοποθετώντας τις κάρτες σε μια ανοδική κατάταξη. Σε περίπτωση που θεωρηθεί ότι κάποια κριτήρια έχουν την ίδια σημαντικότητα, ο αποφασίζων κατασκευάζει υποσύνολα ισοβαρών κριτηρίων ενώνοντας τις αντίστοιχες κάρτες τους με ένα συνδετήρα.
- 3) Τέλος ζητείται από τον αποφασίζοντα να παρεμβάλει μία ή περισσότερες λευκές κάρτες μεταξύ δύο διαδοχικών καρτών (ή υποσυνόλων ισότιμων καρτών) σε περίπτωση που εκείνος κρίνει ότι η διαφορά σημαντικότητας μεταξύ τους πρέπει να αυξηθεί. Αν λοιπόν η διαφορά σημαντικότητας ή βάρους μεταξύ δύο διαδοχικών καρτών είναι u , τότε η παρεμβολή μιας λευκής κάρτας σημαίνει ότι η διαφορά γίνεται 2 φορές u , η παρεμβολή 2 λευκών καρτών 3 φορές u , κ.ο.κ.

Η πληροφορία που χορηγεί ο αποφασίζων χρησιμοποιείται από τη μέθοδο Simos για τον προσδιορισμό των βαρών σύμφωνα με τον αλγόριθμο:

- i. Κατάταξη των ισοβαρών υποσυνόλων καρτών από το λιγότερο στο περισσότερο σημαντικό συμπεριλαμβάνοντας επίσης τις λευκές κάρτες.
- ii. Ορισμός μιας θέσης σε κάθε κριτήριο/ κάρτα και σε κάθε λευκή κάρτα.
- iii. Υπολογισμός των μη κανονικοποιημένων βαρών.
- iv. Υπολογισμός των κανονικοποιημένων βαρών με άθροισμα 100.

Η λιγότερο σημαντική κάρτα παίρνει τη $\theta\chi\sigma\eta$ 1, ενώ η πιο σημαντική κάρτα παίρνει τη $\theta\chi\sigma\eta$ n . Το μη κανονικοποιημένο βάρος της κάθε κλάσης/υποσύνολο υπολογίζεται διαιρώντας το άθροισμα των θέσεων της κλάσης δια του αριθμού των κριτηρίων που ανήκουν σε αυτήν (οι λευκές αποκλείονται). Στη συνέχεια, το μη κανονικοποιημένο βάρος κάθε κλάσης διαιρείται δια του συνολικού αριθμού των θέσεων των κριτηρίων που ανήκουν στην κλάση, προκειμένου να κανονικοποιηθεί. Οι τιμές που βρίσκονται στρογγυλεύονται τέλος στον πλησιέστερο ακέραιο.

Τα παραπάνω βήματα της μεθόδου υλοποιούνται στήλη - στήλη στον πίνακα 7.1 (βλ. επίσης Σίσκος, 2008), στο πρόβλημα περιβαλλοντικής διαχείρισης των Maystre, Pictet & Simos (1994), όπου ένας αποφασίζων έχει κατατάξει δώδεκα περιβαλλοντικά κριτήρια της οικογένειας $F = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l\}$ σε 7 ισοβαρείς κλάσεις (μια από τις κλάσεις αυτές κατέχεται από μια λευκή κάρτα):

$$\{c, g, l\}, \{d\}, \{\text{λευκή κάρτα}\}, \{b, f, i, j\}, \{e\}, \{a, h\}, \{k\}$$

Στην κατάταξη αυτή, η κλάση κριτηρίων $\{c, g, l\}$ είναι η λιγότερο σημαντική (ουρά της κατάταξης) ενώ η κλάση $\{k\}$ είναι η περισσότερο σημαντική (κεφαλή της κατάταξης).

Πίνακας 7.1: Παράδειγμα υπολογισμού βαρών 12 κριτηρίων με τη μέθοδο Simos

Κλάση	Αριθμός καρτών	Θέσεις	Μη κανονικοποιημένο βάρος	Κανονικοποιημένο βάρος	Σύνολο
$\{c, g, l\}$	3	1,2,3	$\frac{1+2+3}{3} = 2$	$\frac{2}{86} \times 100 = 2.3 \rightarrow 2$	$3 \times 2 = 6$
$\{d\}$	1	4	4	$\frac{4}{86} \times 100 = 4.7 \rightarrow 5$	$1 \times 5 = 5$
Λευκή κάρτα	1	(5)	-	-	-
$\{b, f, i, j\}$	4	6,7,8,9	$\frac{6+7+8+9}{4} = 7.5$	$\frac{7.5}{86} \times 100 = 8.7 \rightarrow 9$	$4 \times 9 = 36$
$\{e\}$	1	10	10	$\frac{10}{86} \times 100 = 11.6 \rightarrow 12$	$1 \times 12 = 12$

$\{a,h\}$	2	11,12	$\frac{11+12}{2} = 11.5$	$\frac{11.5}{86} \times 100 = 13.4 \rightarrow 13$	$2 \times 13 = 26$
$\{k\}$	1	13	13	$\frac{13}{86} \times 100 = 15.1 \rightarrow 15$	$1 \times 15 = 15$
Σύνολο	13	86	-	-	100

Μετά την κριτική που άσκησε ο Scharlig (1996), ότι δηλαδή η μέθοδος διαχειρίζεται την πληροφορία με εξωπραγματικό τρόπο, οι Figueira και Roy (2002) εξέφρασαν τις δικές τους αντιρρήσεις για τον τρόπο που υπολογίζονται τα βάρη. Ένα από τα ζητήματα που θέτουν είναι ότι η μέθοδος αναδεικνύει μόνο ένα διάνυσμα βαρών, το οποίο ικανοποιεί τις επιταγές του αποφασίζοντας, τη στιγμή που ενδεχομένως υπάρχουν και άλλα διανύσματα βαρών που προσαρμόζονται καλύτερα στις προτιμήσεις του αποφασίζοντας. Τέτοια βάρη δεν είναι δυνατό να επιτευχθούν από τη διαδικασία Simos. Ένα δεύτερο σημείο κριτικής είναι ότι η διαδικασία Simos διαχειρίζεται τα ισοβαρή κριτήρια με τρόπο μη ευσταθή. Εάν δηλαδή προσπαθήσει κάποιος να αναδιατάξει τις κάρτες μεταξύ δύο κλάσεων, θα διαπιστώσει ότι η απόσταση (διαφορά βαρών) μεταξύ των διαδοχικών κλάσεων αλλάζει ανεξέλεγκτα. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός ότι η διαφορά βάρους μεταξύ δύο διαδοχικών κλάσεων κριτηρίων επηρεάζεται άμεσα από τον αριθμό των υπαρχουσών καρτών στις κλάσεις αυτές. Πάντως, κατά τους συγγραφείς, «ο χρήστης δεν έχει πραγματική ή απόλυτη αντίληψη του τρόπου με τον οποίο προσδιορίζονται οι αριθμητικές τιμές των βαρών στη διαδικασία αυτή». Τέλος, οι Figueira και Roy (2002) δε συμφωνούν με τη στρογγυλοποίηση των κανονικοποιημένων βαρών στο 100, επειδή αυτό γίνεται επίσης με αυθαίρετο τρόπο.

Στην προσπάθειά τους να αντιμετωπίσουν τα παραπάνω θέματα, οι Figueira και Roy (2002) προτείνουν μια αναθεωρημένη εκδοχή της μεθόδου Simos. Συμπληρωματικά της παραπάνω τρι-σταδιακής διαδικασίας συλλογής πληροφοριών της μεθόδου, η νέα εκδοχή προτείνει ένα τέταρτο στάδιο, στο οποίο ζητά από τον αποφασίζοντα να ορίσει «πόσες φορές το τελευταίο κριτήριο της κατάταξης είναι πιο σημαντικό από το πρώτο» (λόγος z). Ο λόγος αυτός ορίζει ένα σταθερό διάστημα μεταξύ των βαρών των κριτηρίων ή των κλάσεων κριτηρίων. Η μεταβλητή u συμβολίζει το διάστημα αυτό: $u = \frac{z-1}{e}$, όπου e είναι ο αριθμός των διαφόρων κλάσεων βάρους (απλή κάρτα, κλάση καρτών ή λευκή κάρτα). Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν το ίδιο παραπάνω περιβαλλοντικό παράδειγμα, παίρνοντας ως $z = 6.5$ (βλ. σχετικά αποτελέσματα στην παράγραφο 7.5).

7.2.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η μέθοδος Simos έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη διεθνή βιβλιογραφία, κυρίως λόγω της απλουστευμένης συλλογής και διαχείρισης της πληροφορίας που χρησιμοποιεί. Πλείστοι συγγραφείς και μελετητές συνδυάζουν τη μέθοδο αυτή για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων με τις γνωστές μεθόδους υπεροχής ELECTRE. Στον Πίνακα 7.2 δίνεται μια ανασκόπηση δημοσιευμένων εφαρμογών από το χώρο της ενέργειας και του περιβαλλοντικού μανάτζμεντ έως το χώρο της χρηματοοικονομικής διοίκησης. Ο Πίνακας 7.2 αριθμεί 39 τέτοιες εφαρμογές και δεν είναι αντιπροσωπευτικός των εφαρμογών που έχουν γίνει διεθνώς και δεν έχουν δει ακόμη το φως της δημοσιότητας.

Πίνακας 7.2: Ανασκόπηση εφαρμογών της μεθόδου Simos

<i>Σχετικό άρθρο</i>	<i>Πολυκριτηριακή μέθοδος</i>	<i>Αναθεωρημένη Simos</i>	<i>Ανάλυση ευστάθειας</i>	<i>Πεδίο εφαρμογής/ Τύπος προβλήματος</i>
Shanian et al. (2008)	ELECTRE III	Ναι	Ναι	Βιομηχανικός σχεδιασμός, Επιλογή υλικών
Özcan et al. (2011)	ELECTRE I	Όχι	Όχι	Χωροθέτηση αποθήκης
Kodikara et al. (2010)	PROMETHEE	Ναι	Όχι	Διαχείριση υδάτινων πόρων
Fontana et al. (2011)	SMARTER (SMARTS)	Ναι	Όχι	Στρατηγική διαχείρισης υδάτινων πόρων
Marzouk et al. (2014a)	Priority index model	Όχι	Όχι	Ιεράρχηση σχεδίων
Marzouk et al. (2014b)	Rating model	Όχι	Όχι	Ιεράρχηση σχεδίων
Pictet and Bollinger (2008)	MAUT	Όχι	Όχι	Public procurement in Switzerland
Herssens et al. (2008)	PROMETHEE I	Ναι	Όχι	Διοίκηση υπηρεσιών
Merad et al. (2004)	ELECTRE TRI	Ναι	Όχι	Risk zoning and management
Cavallaro (2009)	PROMETHEE	Όχι	Όχι	Αποτίμηση ηλιακών θερμικών τεχνολογιών
Augusto et al. (2008)	ELECTRE III	Ναι	Όχι	Αξιολόγηση επιχειρήσεων
Jabeur and Martel (2007)	Ordinal sorting method	Ναι	Όχι	Ομαδικές αποφάσεις
Dawson and Schlyter (2012)	MAUT	Ναι	Όχι	Χωροθέτηση θερμικού ηλιακού σταθμού
Ashari and Parsaei (2014)	ELECTRE III	Όχι	Όχι	Weapon selection

Cavallaro (2010)	ELECTRE III	Όχι	Όχι	Διαδικασίες φωτοβολταϊκής παραγωγής
Shanian and Savadogo (2006)	TOPSIS	Ναι	Όχι	Επιλογή υλικών
Jabeur et al. (2014)	ELECTRE III, PROMETHEE I, II	Ναι	Όχι	Ομαδικές αποφάσεις
Aretoulis et al. (2009)	Linear weighting model	Όχι	Όχι	Επιλογή προμηθευτών
Alexopoulos et al. (2012)	ELECTRE II	Όχι	Όχι	Αξιολόγηση εκδοτικών στρατηγικών
Bojovic et al. (2012)	ELECTRE	Ναι	Όχι	Ανάπτυξη συστήματος υποστήριξης αποφάσεων
Kostoglou et al. (2013)	AHP	Όχι	Όχι	Συγκριτική ανάλυση ιστοτόπων Ελληνικών Πανεπιστημίων
Huaylla et al. (2012)	ELECTRE III	Όχι	Όχι	Επιλογή φωτοβολταϊκών συστημάτων
Wilkens et al. (2012)	PROMETHEE	Ναι	Όχι	Αξιολόγηση ενεργειακών σεναρίων
Merad et al. (2013a)	ELECTRE III	Ναι	Όχι	Αξιολόγηση δράσεων αειφόρου ανάπτυξης
Madlener et al. (2007)	PROMETHEE I, II	Ναι	Όχι	Αξιολόγηση ανανεώσιμων ενεργειακών σεναρίων
Cai et al. (2012)	GDM method	Ναι	Όχι	Ομαδική λήψη αποφάσεων
Azadeh et al. (2004)	TOPSIS	Ναι	Όχι	Optimum operator assignment in cellular manufacturing systems
Merad et al. (2013b)	ELECTRE III	Ναι	Όχι	Διοίκηση αειφορίας
Merad et al. (2011)	ELECTRE III	Ναι	Όχι	Αξιολόγηση δράσεων αειφόρου ανάπτυξης
Xidonas et al. (2007)	PROMETHEE I, II	Όχι	Όχι	Αποτίμηση τραπεζικών προϊόντων
Jamali and Nejati (2009)	TOPSIS	Ναι	Όχι	Επιλογή υλικών
Bahraminasab and Jahan (2011)	VIKOR	Ναι	Όχι	Επιλογή υλικών
Pictet and Bollinger (2005)	Διάφορες πολυκρ. μέθοδοι	Ναι	Όχι	Ομαδικές αποφάσεις
Shanian et al. (2012)	ELECTRE III	Ναι	Όχι	Επιλογή υλικών
Esseghir and Mellouli (2006)	ELECTRE TRI	Ναι	Όχι	Αξιολόγηση επιστημονικών ερευνητικών δομών

Brifcani et al. (2012)	TOPSIS, VIKOR, ELECTRE	Ναι	Όχι	Επιλογή υλικών
Figueira et al. (2011)	ELECTRE TRI - C	Ναι	Όχι	Πρόβλημα ταξινόμησης
Ribas and da Silva Rocha (2014)	Fuzzy AHP	Ναι	Όχι	Ιεράρχηση ενεργειακών επενδύσεων
Bollinger et al. (1997)	ELECTRE III	Όχι	Ναι	Χωροθέτηση αποτεφρωτήρα δημοτικών αποβλήτων
Wang and Zionts (2014)	-	Ναι	Όχι	Σύγκριση «Generalized Rank-Sum method» και Simos

7.3 Θεωρητικά αποτελέσματα

Στο πλαίσιο της διαδικασίας υπολογισμού των συντελεστών βαρύτητας μέσω της μεθόδου Simos αποδεικνύονται οι εξής δύο θεωρητικές προτάσεις:

Πρόταση 1: Η λύση-βάρη της μεθόδου Simos είναι ένα διάνυσμα ενός μη κενού κυρτού πολυεδρικού συνόλου.

Απόδειξη: Χωρίς την απώλεια της γενικότητας, ας υποθέσουμε ότι η οικογένεια των n κριτηρίων g_1, g_2, \dots, g_n έχει αναδιαταχθεί με τρόπο ώστε το g_j είναι λιγότερο ή εξίσου σημαντικό με το g_{j+1} για κάθε $j = 1, 2, \dots, n - 1$, σύμφωνα με τα Βήματα 1-2 της διαδικασίας Simos. Ας υποθέσουμε ακόμη ότι ο αποφασίζων έχει παρεμβάλει μέσα στην κατάταξη k λευκές κάρτες wc_1, wc_2, \dots, wc_k ($k < n$) κατά τη διάρκεια του Βήματος 3. Ας συμβολίσουμε με p_1, p_2, \dots, p_n τα άγνωστα βάρη των κριτηρίων και με w_1, w_2, \dots, w_k τα άγνωστα βάρη των λευκών καρτών. Τότε ισχύει το ακόλουθο σύστημα γραμμικών σχέσεων:

- Για κάθε $j = 1, 2, \dots, n - 1$, και $h = 1, 2, \dots, k$:
 - Εάν το g_j ακολουθείται από το g_{j+1} , και το g_{j+1} ανήκει στην ίδια κλάση σημαντικότητας με το g_j , ισχύει:
- $$p_j = p_{j+1} \tag{7.1}$$

- Εάν το g_j ακολουθείται από το g_{j+1} , και το g_{j+1} ανήκει σε μια πιο σημαντική κλάση, ισχύει:
- $p_j < p_{j+1} \Leftrightarrow p_{j+1} - p_j \geq \delta$ (7.2)

- Εάν μεταξύ των κριτηρίων g_j και g_{j+1} παρεμβάλλεται μια λευκή κάρτα w_{c_h} , ισχύει:

$$p_j < w_h \text{ και } w_h < p_{j+1} \Leftrightarrow w_h - p_j \geq \delta \text{ και } p_{j+1} - w_h \geq \delta \quad (7.3)$$

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1 \quad (7.4)$$

$$p_1 \geq 0, p_2 \geq 0, \dots, p_n \geq 0; \quad w_1 \geq 0, w_2 \geq 0, \dots, w_k \geq 0 \quad (7.5)$$

Στην περίπτωση της αναθεωρημένης μεθόδου Simos, θα πρέπει να προστεθεί στο παραπάνω σύστημα και η εξίσωση που περιλαμβάνει το λόγο z την τιμή του οποίου έχει δώσει ο αποφασίζων:

$$p_n = zp_1 \quad (7.6)$$

δ είναι είναι η ελάχιστη τιμή βάρους, για παράδειγμα 0.01 (1%), που διαφοροποιεί δύο διαδοχικές κλάσεις της κατάταξης.

Κατά συνέπεια, όλες οι λύσεις-βάρη της διαδικασίας Simos ανήκουν στο πολυεδρικό σύνολο:

$$\mathbf{P} = \{ \mathbf{p} \in R^n / \mathbf{p} \text{ ικανοποιεί το σύστημα των γραμμικών σχέσεων (7.1) - (7.6) } \quad (7.7)$$

Αρκεί τώρα να αποδειχτεί ότι το σύνολο \mathbf{P} δεν είναι κενό. Ας υποθέσουμε, χωρίς βλάβη της γενικότητας, ότι δεν υπάρχουν κριτήρια ίσης σημαντικότητας, σύμφωνα με τις απαντήσεις του αποφασίζοντος. Τούτο σημαίνει ότι δεν υπάρχουν εξισώσεις τύπου (7.1). Αν τώρα μετασχηματίσουμε τις ανισότητες (7.2) - (7.3) σε εξισώσεις, προσθέτοντας $(n+k-1)$ περιθώριες μεταβλητές, το γραμμικό σύστημα (7.2) - (7.6) περιλαμβάνει $(n+k) + (n+k-1) = 2(n+k)-1$ μεταβλητές και μόνο $(n+k-1) + 1 + 1 = (n+k) + 1$ εξισώσεις. Άρα το σύνολο \mathbf{P} δεν είναι κενό, αφού περιλαμβάνει τουλάχιστον μια λύση.

Πρόταση 2: Το πολυεδρικό σύνολο \mathbf{P} είτε περιλαμβάνει μια και μοναδική λύση, είτε έχει άπειρες λύση-βάρη που όλες είναι συμβατές με την κατάταξη του αποφασίζοντος.

Απόδειξη: Συνεχίζοντας το σκεπτικό της Πρότασης 1, αρκεί να εντοπίσουμε περιπτώσεις στις οποίες υπάρχει μια και μοναδική λύση-βάρη. Τέτοιες λύσεις μπορούν να είναι οι εξής δύο:

Περίπτωση 1: Όλα τα κριτήρια είναι ισοβαρή, δηλαδή η κατάταξη του αποφασίζοντος συνίσταται σε μια και μοναδική κλάση βαρύτητας. Προφανώς λοιπόν ισχύει: $\mathbf{P} = \left\{ \left(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n} \right) \right\}$.

Περίπτωση 2: Ο αποφασίζων κατατάσσει τα n_1 πρώτα κριτήρια σε μια μικρή κλάση και τα υπόλοιπα n_2 κριτήρια σε μια δεύτερη ισχυρή κλάση ($n_1 + n_2 = n$). Δεν παρεμβάλλεται καμία λευκή κάρτα μεταξύ των δύο κλάσεων. Ας συμβολίσουμε με p και q τα αντίστοιχα

συνολικά βάρη των δύο κλάσεων. Σύμφωνα με τις σχέσεις (7.1), (7.4) και (7.6), ισχύουν οι σχέσεις:

$$n_1p + n_2q = 1$$

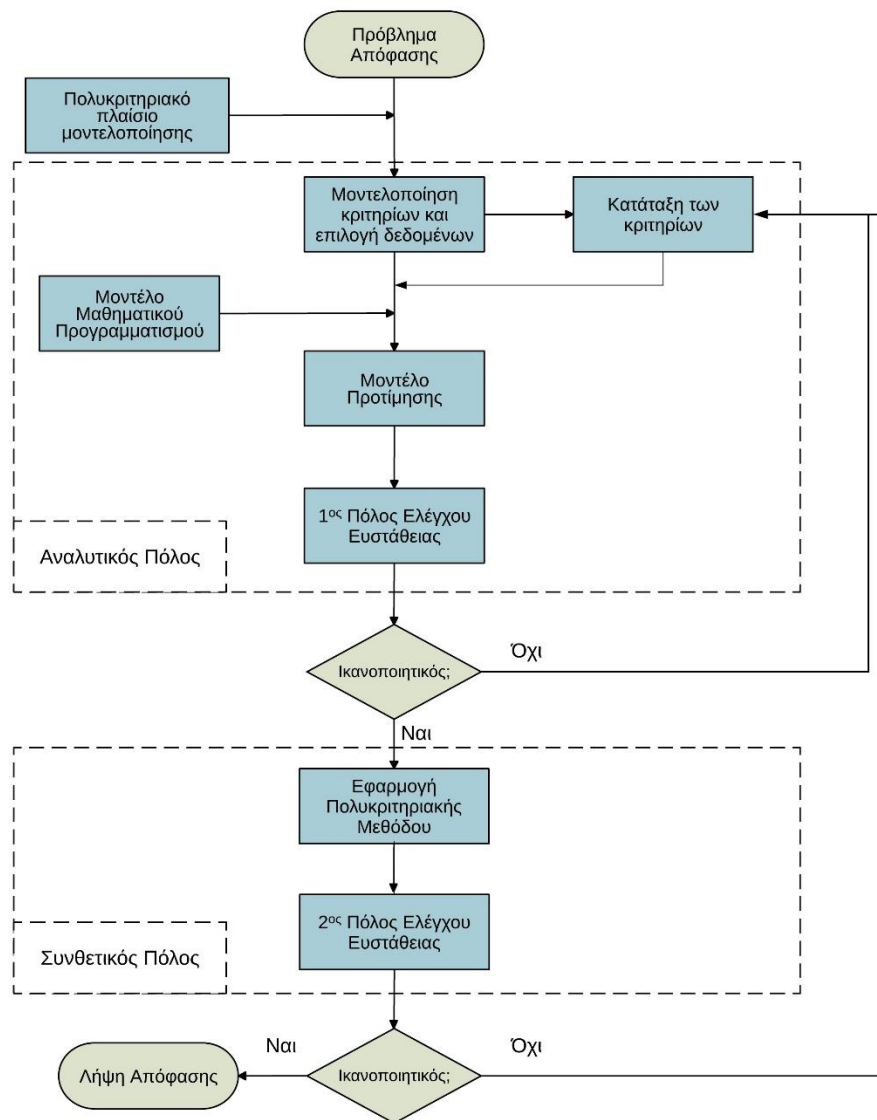
$$q = zp, \quad \text{όπου } p = \frac{1}{(n_1+n_2z)}$$

Προκύπτει λοιπόν ότι το σύνολο \mathbf{P} περιλαμβάνει πάλι μια μοναδική λύση-βάρη, στην οποία οι πρώτες n_1 συνιστώσες-βάρη είναι ίσες με p και οι υπόλοιπες n_2 είναι ίσες με q .

7.4 Έλεγχος ευστάθειας και υποστήριξη αποφάσεων

Αποδείχτηκε προηγουμένως ότι η πληροφορία που χορηγεί ένας αποφασίζων στο πλαίσιο της διαδικασίας της κλασικής ή της αναθεωρημένης μεθόδου Simos δεν είναι ικανή για να διασφαλίσει την επίτευξη ενός μοναδικού συνόλου βαρών. Απεναντίας, υπάρχει ένας άπειρος αριθμός διανυσμάτων-βαρών συμβατών με την κατάταξη του αποφασίζοντος, τα οποία αποτελούν στοιχεία του υπερπολυέδρου \mathbf{P} . Συνεπώς, είναι φυσικό η χρήση πολλαπλών και διαφορετικών διανυσμάτων βαρύτητας σε μεθόδους υπεροχής, όπως οι μέθοδοι ELECTRE και PROMETHEE να προκαλέσουν αλλοιώσεις στην κατάταξη των δράσεων του προβλήματος, όπως σημαντικές αλλαγές θέσεων στην κατάταξη.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται ένα σύνολο μέτρων ευστάθειας τα οποία θα βοηθήσουν τους αναλυτές, οι οποίοι θέλουν να εφαρμόσουν τη μέθοδο Simos για τον υπολογισμό των βαρών, να εξασφαλίσουν υψηλή ευστάθεια τόσο στα βάρη (Αναλυτικός Έλεγχος Ευστάθειας) όσο και στα αποτελέσματα-λύσεις της μεθόδου υπεροχής (Συνθετικός Έλεγχος Ευστάθειας). Η νέα προσέγγιση εμπίπτει λοιπόν στη διπολική φιλοσοφία του κεφαλαίου 5, όπου η έλλειψη ευστάθειας σε έναν από τους πόλους εξουσιοδοτεί τον αναλυτή να ενισχύσει την αρχική κατάταξη της Simos με νέα προτιμησιακά δεδομένα από τον αποφασίζοντα, όπως για παράδειγμα ο λόγος z , επιθυμητές τιμές και κατώφλια τιμών για τα βάρη κάποιων κριτηρίων, διμερείς συγκρίσεις εναλλακτικών δράσεων, κ.α. Το διάγραμμα ροής του διπολικού ελέγχου ευστάθειας, σε συνάφεια με τη χρήση της μεθόδου Simos για την εξαγωγή των βαρών των κριτηρίων, παρουσιάζεται στο διάγραμμα ροής του σχήματος 7.1.



Σχήμα 7.1: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας ελέγχου ευστάθειας για τη μέθοδο Simos

Στην παράγραφο 7.6 εφαρμόζεται ο διπολικός έλεγχος ευστάθειας στο πρόβλημα της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης, με τη χρήση της μεθόδου Simos για την εκτίμηση των βαρών των κριτηρίων και της PROMETHEE II για την επίτευξη της κατάταξης των ευρωπαϊκών χωρών.

7.4.1 Μέτρα ευστάθειας (Αναλυτικός Πόλος Ελέγχου)

Τα μέτρα που προτείνονται παρακάτω στοχεύουν στη μέτρηση της ευστάθειας των συντελεστών βαρύτητας που επιτυγχάνονται μέσω της μεθόδου Simos, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν, ενδεχομένως εναλλακτικά, οι συντελεστές αυτοί σε μια δεδομένη μέθοδο υπεροχής. Τα μέτρα αυτά είναι:

- 1) **Διάστημα μεταβολής του βάρους** κάθε κριτηρίου χωριστά, μέσω επίλυσης $2n$ γραμμικών προγραμμάτων του τύπου (προσέγγιση $max - min$):

$$\min p_j \ \& \ \max p_j, \text{ για κάθε } j = 1, 2, \dots, n \quad (7.8)$$

υ.π.

$$p \in P \quad (7.9)$$

- 2) **Μέσο διάνυσμα βαρών («βαρύκεντρο»)** όλων των διαφορετικών διανυσμάτων-λύσεων των $2n$ γραμμικών προγραμμάτων (7.8)-(7.9), θεωρούμενο ως η πλέον αντιπροσωπευτική λύση-βάρη του υπερπολυέδρου P (**Μέσος M-N**). Άλλες σχετικές τεχνικές έχουν προταθεί από τους Greco et al. (2011).
- 3) Υπολογισμός όλων των διανυσμάτων-κορυφών του πολυέδρου P , χρησιμοποιώντας τον αναλυτικό αλγόριθμο **Manas-Nedoma** (1968). Ο αλγόριθμος αυτός διατρέχει όλες τις κορυφές του Χαμιλτονιακού γραφήματος (Hamiltonian graph), έως ότου καταγραφούν όλες οι κορυφές του. Κατόπιν, υπολογίζεται ένα νέο μέσο διάνυσμα βαρών που αντιπροσωπεύει το βαρύκεντρο του P (βλ. επίσης τη σχετική τεχνική των Solymosi και Dombi, 1986).
- 4) **Εφαρμογή αλγορίθμου τυχαίας δειγματοληψίας** διανυσμάτων βαρών μέσα από το πολύεδρο. Μια τέτοια τεχνική είναι η SMAA (Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis) που αναπτύχθηκε από τους Lahdelma et al. (1998). Ένας σημαντικός αριθμός αλγορίθμων δειγματοληψίας αναπτύχθηκε επίσης από τους Smith (1984), Lovasz (1999), Smith και Tromble (2004) και Tervonen et al. (2012). Ο αναλυτής μπορεί να υπολογίσει, στη συνέχεια, μια μέση λύση-βάρη, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως αντιπροσωπευτική του πολυέδρου P .
- 5) **Οπτικοποίηση** των διαστημάτων μεταβολής των βαρών των κριτηρίων, προκειμένου να αποκτήσει ο αναλυτής σαφή εποπτεία της αστάθειας.
- 6) Υπολογισμός του λόγου του όγκου του πολυέδρου προς τον όγκο του χώρου των κριτηρίων χωρίς την παρουσία περιορισμών, μετά από υλοποίηση της οδηγίας 4. Υλοποιώντας λοιπόν έναν αλγόριθμο τυχαίας δειγματοληψίας, όπως ο αλγόριθμος «Simplex Point Picking», ο προτεινόμενος λόγος ερμηνεύεται ως το πηλίκο του αριθμού των δειγμάτων που εμπίπτουν στο πολύεδρο των κριτηρίων προς το σύνολο όλων των δειγμάτων.
- 7) Για καθεμία από τις παραπάνω οδηγίες 2-4, μπορεί να υπολογιστεί ο **δείκτης ευστάθειας ASI** (Average Stability Index), ο οποίος είναι η μέση τιμή της κανονικοποιημένης τυπικής απόκλισης των υπολογισθέντων βαρών:

$$ASI = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{m \sum_{j=1}^m p_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^m p_{ij} \right)^2}}{\frac{m}{n} \sqrt{m-1}} \quad (7.10)$$

όπου m είναι ο αριθμός των υπολογισθέντων διανυσμάτων βαρών του συστήματος, n είναι ο αριθμός των κριτηρίων και p_{ij} είναι το βάρος του i^{th} κριτηρίου στο j^{th} διάνυσμα βαρών. Ο δείκτης ASI παίρνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$. Η ευστάθεια των βαρών θεωρείται ως αποδεκτή (έξοδος από τον 1^ο Πόλο), όταν η τιμή του δείκτη προσεγγίσει τη μονάδα, λ.χ. γύρω στο 0.95 (Grigorioudis and Siskos, 2010).

7.4.2 Ευσταθής υποστήριξη αποφάσεων (Συνθετικός Πόλος Ελέγχου)

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ένας αναλυτής θέλει να εφαρμόσει ένα πολυκριτηριακό μοντέλο υπεροχής ή κάποιο άλλο συναφές μοντέλο υποστήριξης αποφάσεων, προκειμένου να γίνει η επιλογή μιας δράσης, να καταταγούν ή ταξινομηθούν οι δράσεις ενός συνόλου A , έχοντας προϋποθέσει ότι τα απαιτούμενα βάρη των κριτηρίων αποτελούν στοιχεία ενός υπερπολυέδρου P . Στην περίπτωση αυτή, ο αναλυτής μπορεί να αναλάβει τις εξής πρωτοβουλίες:

- Κατασκευάζει επί του συνόλου A δύο διακριτές σχέσεις υπεροχής, την **απαραίτητη υπεροχή** (necessary outranking ή pairwise dominance) ($aS^N b \Leftrightarrow aSb$), δηλαδή η δράση a υπερέχει της δράσης b , για κάθε διάνυσμα βαρών $p \in P$), και την **δυνατή υπεροχή** (possible outranking) ($aS^P b \Leftrightarrow$ υπάρχει τουλάχιστον ένα διάνυσμα βαρών $p \in P$ για το οποίο aSb (βλ. Figueira et al., 2009 και Greco et al., 2008 για τους ορισμούς και τις ιδιότητες των σχέσεων αυτών).
- Προσδιορίζει τη **μέγιστη και την ελάχιστη θέση** στην κατάταξη (Extreme Ranking Analysis) για κάθε δράση του συνόλου A , με τη βοήθεια τεχνικών μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (βλ. Kadzinski et al., 2012).
- Στο πλαίσιο των μεθόδων υποστήριξης της επιλογής μιας δράσης ELECTRE I και ELECTRE IS, υπολογίζει τη δυνατότητα/πιθανότητα η δράση a να ανήκει στον πυρήνα του γραφήματος υπεροχής.
- Σε συνέχεια μιας τυχαίας δειγματοληψίας μέσα στο σύνολο P , υπολογίζει **μέτρα εντροπίας** για τις σχέσεις υπεροχής μεταξύ δράσεων του A καθώς και για τις θέσεις κατάταξης κάθε δράσης χωριστά (βλ. Greco et al., 2013). Η εντροπία είναι ένας στατιστικός δείκτης που εκτιμά την πιθανότητα η δράση a να υπερέχει της δράσης b , όπως και την πιθανότητα μια δράση a να διατηρεί την αρχική θέση της μέσα στην κατάταξη.

Σε περίπτωση που μια από τις παραπάνω ενέργειες δεν είναι ικανή να παράσχει ευσταθή και αξιόπιστα αποτελέσματα, ο αναλυτής μπορεί να ανατρέξει στον Αναλυτικό Πόλο για να βελτιώσει την ευστάθεια των βαρών των κριτηρίων και να επιστρέψει ξανά σε μια ή περισσότερες ενέργειες του Συνθετικού Πόλου.

7.4.3 Το περίγραμμα της μεθόδου «Robust Simos»

Οι προηγούμενες ιδέες και οδηγίες για τον έλεγχο της ευστάθειας των βαρών των κριτηρίων θα πρέπει να ενσωματωθούν σε ένα ενιαίο μεθοδολογικό πλαίσιο, που μπορεί να ονομαστεί «Ευσταθής Μέθοδος Simos» (Robust Simos Method). Η νέα αλγοριθμική διαδικασία προβλέπεται να περιλαμβάνει μια φάση αρχικοποίησης, η οποία συνίσταται στο μετασχηματισμό της ιεράρχησης των κριτηρίων που δίνει ο αποφασίζων σε ένα κυρτό πολύεδρο n διαστάσεων P , σε εφαρμογή των γραμμικών σχέσεων (7.1) - (7.6) της παραγράφου 7.3. Κατόπιν θα ακολουθήσει ο διπολικός έλεγχος ευστάθειας που παρουσιάστηκε σε αυτή την παράγραφο 7.4, σε πλήρη συνάφεια με τον ορισμό του στην παράγραφο 5.3.

7.5 Αριθμητικό παράδειγμα

Στην παράγραφο αυτή ξαναπαίρνουμε το κλασικό παράδειγμα περιβαλλοντικής διαχείρισης της παραγράφου 7.2.1, που προτάθηκε αρχικά από τους Simos (1990) και Maystre et al. (1994).

Ο αποφασίζων έχει δώσει την εξής κατάταξη των 12 κριτηρίων της οικογένειας $F = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l\}$:

Κατάταξη: $\{c, g, l\}, \{d\}, \{\text{λευκή κάρτα}\}, \{b, f, i, j\}, \{e\}, \{a, h\}, \{k\}$

Η κλάση ελάχιστης βαρύτητας είναι η $\{c, g, l\}$, ενώ η κλάση ύψιστης βαρύτητας είναι η $\{k\}$. Για τη χρήση της αναθεωρημένης μεθόδου Simos, έχει υποτεθεί ότι η τιμή του λόγου z είναι 6.5, που κατά τη σχέση (7.6) σημαίνει ότι: $p_k = 6.5p_c$.

Υλοποιώντας τώρα τις σχέσεις (7.1) - (7.6), το υπερπολύεδρο P οριοθετείται από τους γραμμικούς περιορισμούς που ακολουθούν (έχει οριστεί $\delta = 0.01$):

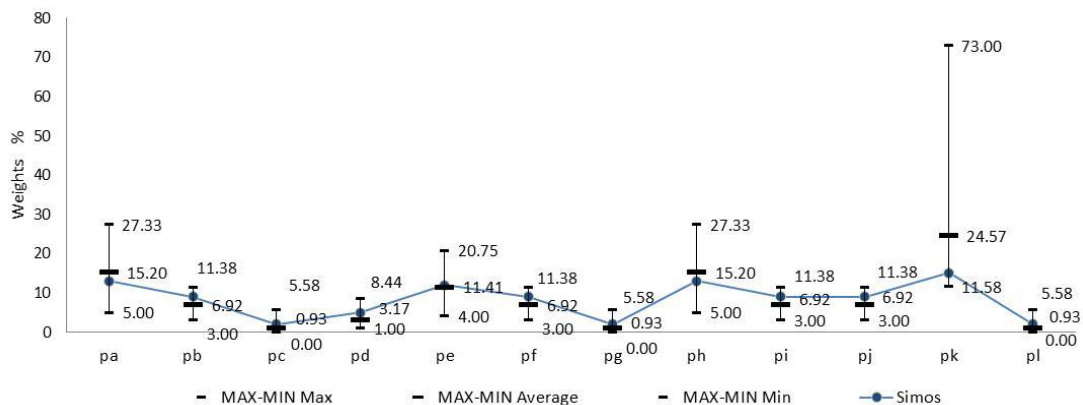
Πολύεδρο P

$p_g - p_c = 0$	$p_l - p_g = 0$	$p_d - p_l \geq 0.01$	$w - p_d \geq 0.01$
$p_b - w \geq 0.01$	$p_f - p_b = 0$	$p_i - p_f = 0$	$p_j - p_i = 0$
$p_e - p_j \geq 0.01$	$p_a - p_e \geq 0.01$	$p_h - p_a = 0$	$p_k - p_h \geq 0.01$
$p_k = 6.5p_c$			

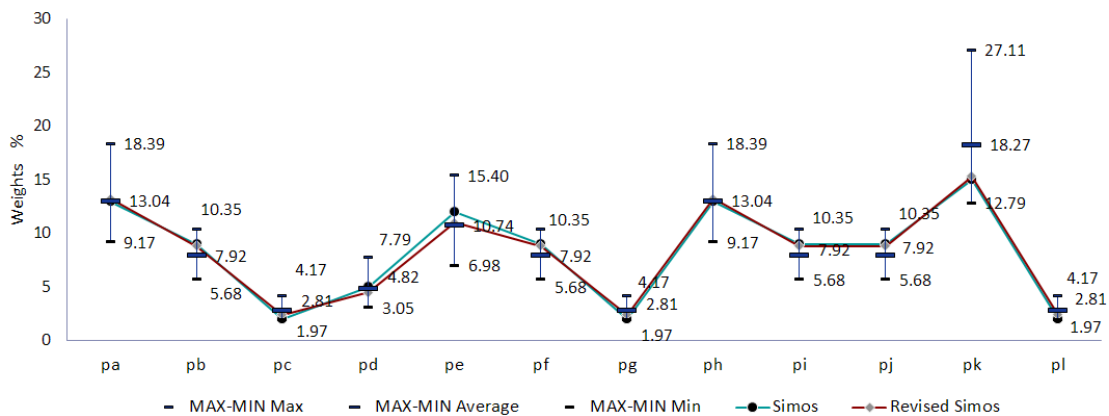
$$p_a + p_b + p_c + p_d + p_e + p_f + p_g + p_h + p_i + p_j + p_k + p_l = 1$$

$$p_a, p_b, p_c, p_d, p_e, p_f, p_g, p_h, p_i, p_j, p_k, p_l, w \geq 0$$

Σε πρώτη φάση εφαρμόζονται οι δείκτες ευστάθειας 1 και 5, οι οποίοι σχετίζονται με τον υπολογισμό και την οπτικοποίηση των διαστημάτων μεταβολής των βαρών των κριτηρίων. Μετά από επίλυση των $2 \times n = 24$ γραμμικών προγραμμάτων (7.8)-(7.9) και έχοντας θέσει $\delta = 0.01$, υπολογίζονται τα διαστήματα (*max – min*) στα οποία κινούνται τα βάρη. Το σχήμα 7.2 συγκρίνει αυτά τα διαστήματα με τις τιμές των βαρών που υπολογίζει η μέθοδος Simos και η αναθεωρημένη μέθοδος Simos.



(a) Μεταβολή βαρών χωρίς την προτιμησιακή πληροφορία z (Αρχική Simos)



(b) Μεταβολή βαρών με προσθήκη της προτιμησιακής πληροφορίας z (Αναθεωρημένη Simos)

Σχήμα 7.2: Διαστήματα μεταβολής των βαρών με χρήση διαφορετικών αλγορίθμων

Στο Σχήμα 7.1 παρατηρείται μια αξιοσημείωτη μεταβλητότητα (αστάθεια) των βαρών των κριτηρίων κατά την εφαρμογή των δύο μεθόδων Simos. Ειδικότερα, στην περίπτωση που απουσιάζει ο περιορισμός $z = 6.5$ (Σχήμα 7.1a), η μεταβολή αυτή είναι τελείως ανεξέλεγκτη. Τρανταχτό παράδειγμα αποτελεί το διάστημα μεταβολής του βάρους του κριτηρίου k , p_k , που είναι: $[11.58 - 73.00]$.

Πίνακας 7.3: Σύνολα βαρών υπολογισμένα με διαφορετικούς αλγορίθμους

	p_a	p_b	p_c	p_d	p_e	p_f	p_g	p_h	p_i	p_j	p_k	p_l
<i>Simos (χωρίς z)</i>	13.00	9.00	2.00	5.00	$\frac{12.0}{0}$	9.00	2.00	13.00	9.00	9.00	15.00	2.00
<i>Αναθ. Simos (z = 6.5)</i>	13.20	8.80	2.40	4.50	11.00	8.80	2.40	13.20	8.80	8.80	15.30	2.40
<i>Manas-Nedoma – μέσος (χωρίς z)</i>	14.84	7.25	0.80	2.86	10.65	7.25	0.80	14.84	7.25	7.25	25.41	0.80
<i>Max-Min – μέσος (χωρίς z)</i>	15.20	6.92	0.93	3.17	11.41	6.92	0.93	15.20	6.92	6.92	$\frac{24.5}{7}$	0.93
<i>Manas-Nedoma – μέσος (z = 6.5)</i>	13.44	8.23	2.64	4.45	10.69	8.23	2.64	13.44	8.23	8.23	17.16	2.64
<i>Max-Min – μέσος (z=6.5)</i>	13.04	7.92	2.81	4.82	10.74	7.92	2.81	13.04	7.92	7.92	18.27	2.81

Ο Πίνακας 7.3 (δύο πρώτες γραμμές) δείχνει αναλυτικότερα τα κανονικοποιημένα βάρη, όπως αυτά υπολογίστηκαν από τη μέθοδο Simos και την αναθεωρημένη μέθοδο Simos. Παρουσιάζει επίσης τις βαρυκεντρικές λύσεις, όπως διαδοχικά υπολογίζονται από το Μέτρο Ευστάθειας 3, το Μέτρο Ευστάθειας 4 (Manas-Nedoma) και τους αλγορίθμους Max-Min, με και χωρίς την προσθήκη του περιορισμού z. Ο Πίνακας 7.4 παρουσιάζει τις τιμές που παίρνει ο δείκτης ASI για τις τέσσερις τελευταίες περιπτώσεις του Πίνακα 7.3. Ειδικότερα, στην περίπτωση του αλγορίθμου Manas-Nedoma (με z = 6.5), ο δείκτης ASI είναι 0.922, ενώ η παράλειψη του λόγου z προκαλεί πτώση του ASI στο 0.809.

Πίνακας 7.4: Δείκτης ASI μετά από εφαρμογή διαφορετικών αλγορίθμων

	Manas-Nedoma (χωρίς z)	max – min (χωρίς z)	Manas-Nedoma (z = 6.5)	max – min (z = 6.5)
ASI	0.809	0.811	0.922	0.920

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η παρέμβαση του αποφασίζοντος στην κλασική μέθοδο Simos με την επισύναψη νέας πληροφορίας, όπως ο λόγος z, βελτιώνει σημαντικά την ευστάθεια των βαρών στη μέθοδο των καρτών. Ωστόσο υπάρχει μια μεγάλη πλειάδα βαρών που έχουν αγνοηθεί από τη μέθοδο και μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την επίτευξη ασφαλών συμπερασμάτων. Στο πλαίσιο της διπολικής φιλοσοφίας ελέγχου της ευστάθειας, που προτείνει η παρούσα διδακτορική διατριβή, είναι δυνατή η περαιτέρω βελτίωση της ευστάθειας των βαρών και των αποτελεσμάτων μιας μεθόδου υπεροχής, μετά από περαιτέρω διάλογο με τον αποφασίζοντα. Μια τέτοια προσπάθεια παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο στο πρόβλημα της αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης.

7.6 Αξιολόγηση της η-διακυβέρνησης με τη μέθοδο PROMETHEE II

7.6.1 Σύντομη αναφορά στη μέθοδο PROMETHEE

Οι μέθοδοι PROMETHEE αναπτύχθηκαν αρχικά από τους Βέλγους Brans και Vincke (1985) και έχουν «αυτοπροσδιοριστεί» ως μέθοδοι υπεροχής, παραμένουν όμως έξω από τη λογική των μη αντισταθμιστικών μεθόδων τύπου ELECTRE (απουσία συντελεστών βέτο). Πρόκειται πάντως, ειδικά οι μέθοδοι PROMETHEE I και II, για μεθόδους διμερούς σύγκρισης των δράσεων ενός προβλήματος απόφασης.

Όπως και στις μεθόδους ELECTRE, τα κριτήρια υποτίθεται ότι έχουν σταθμιστεί από τον αποφασίζοντα μέσω συντελεστών βαρύτητας p_1, p_2, \dots, p_n που εκφράζουν τη σχετική σημαντικότητα των κριτηρίων με άθροισμα τη μονάδα:

$$\sum_{j=1}^n p_j = 1 \quad (7.11)$$

Η μέθοδος PROMETHEE χρησιμοποιεί την έννοια του **γενικευμένου κριτηρίου** (generalised criterion) για να μοντελοποιήσει την αξία που ενδεχομένως αποδίδει ένας αποφασίζων στο εύρος της διαφοράς $[g_j(a) - g_j(b)]$ στο κριτήριο g_j για ένα ζεύγος δράσεων (a, b) . Τούτο γίνεται μέσω μιας **συνάρτησης προτίμησης** (preference function), που ορίζεται ως εξής:

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad \forall a, b \in A \quad (7.12)$$

όπου:

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (7.13)$$

$$0 \leq P_j(a, b) \leq 1 \quad (7.14)$$

$$P_j(a, b) = 0, \text{ όταν } g_j(a) - g_j(b) \leq 0 \quad (7.15)$$

Όταν $g_j(a) - g_j(b) > 0$, η συνάρτηση P_j παίρνει διάφορες τιμές, ανάλογα με την επιλογή του αναλυτή, από έξι προκαθορισμένους τύπους – καμπύλες που περιγράφονται στον Πίνακα 7.5. Οι παράμετροι που ενδέχεται να χρειαστεί να προσδιοριστούν είναι:

q : κατώφλι αδιαφορίας

p : κατώφλι γνήσιας προτίμησης

s : ενδιάμεσο κατώφλι μεταξύ q και p

Πρόκειται για παραμέτρους που είναι ήδη γνωστές από τη χρήση τους στις μεθόδους ELECTRE III-IV (έννοια του ψευδοκριτηρίου).

Πολυκριτήριος δείκτης προτίμησης

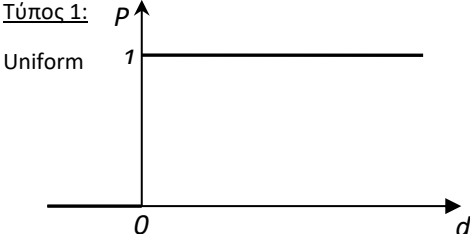
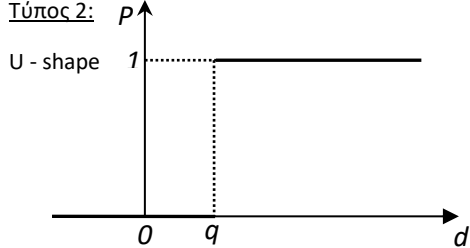
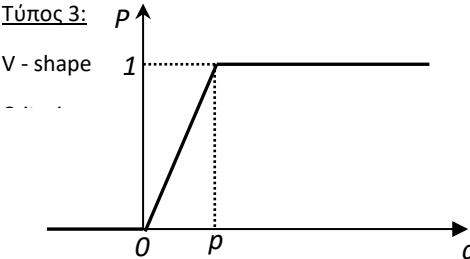
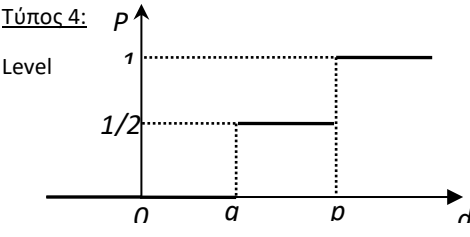
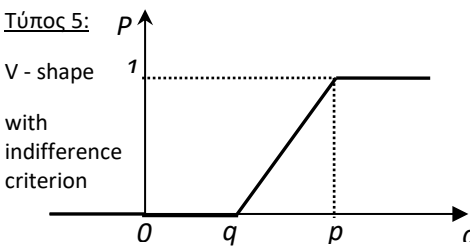
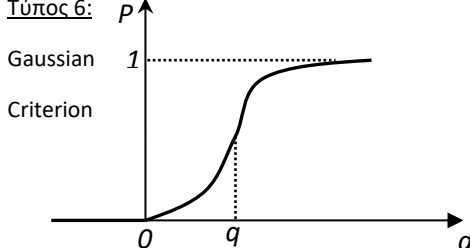
Για κάθε ζεύγος δράσεων (a, b) , ορίζεται ο ακόλουθος σταθμισμένος δείκτης προτίμησης:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n p_j P_j(a, b)$$

(7.16)

ο οποίος εκφράζει τον βαθμό ολικής προτίμησης της δράσης a έναντι της b .

Πίνακας 7.5: Τυπολογία γενικευμένων κριτηρίων (συνάρτηση προτίμησης $P(d)$, d : διαφορά αξιολόγησης, Brans & Mareschal, 2005)

Γενικευμένο κριτήριο	Ορισμός	Παράμετροι
<p><u>Τύπος 1:</u></p> <p>Uniform</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	-
<p><u>Τύπος 2:</u></p> <p>U - shape</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q
<p><u>Τύπος 3:</u></p> <p>V - shape</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 \leq d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
<p><u>Τύπος 4:</u></p> <p>Level</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
<p><u>Τύπος 5:</u></p> <p>V - shape</p> <p>with indifference criterion</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
<p><u>Τύπος 6:</u></p> <p>Gaussian Criterion</p> 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}} & d > 0 \end{cases}$	s

Ροές υπεροχής

Για κάθε δράση a υπολογίζονται τώρα οι εξής δείκτες (υπεροχής):

Θετική ροή υπεροχής (positive outranking flow)

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (7.17)$$

Αρνητική ροή υπεροχής (negative outranking flow)

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (7.18)$$

Καθαρή ροή υπεροχής (net outranking flow)

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (7.19)$$

Αλγόριθμος κατάταξης PROMETHEE II

Οι δράσεις οδηγούνται σε πλήρη κατάταξη μέσω της μεθόδου PROMETHEE II, βάσει των τιμών του δείκτη καθαρών ροών φ . Ας σημειωθεί ότι η μέθοδος PROMETHEE I παράγει 2 κατατάξεις βάσει των δεικτών φ^+ και φ^- , αντίστοιχα και καταλήγει σε μερική κατάταξη των δράσεων, μέσω της τομής των δύο προηγούμενων κατατάξεων.

Η εφαρμογή της μεθόδου PROMETHEE II στην αξιολόγηση της η-διακυβέρνησης προϋποθέτει τον καθορισμό των συναρτήσεων προτίμησης $P(d)$ για όλα τα κριτήρια η-διακυβέρνησης, καθώς και τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων. Τα βάρη θα υπολογιστούν παρακάτω μέσω της ευσταθούς μεθόδου Simos.

7.6.2 Επιλογή συναρτήσεων προτίμησης $P(d)$ για τα κριτήρια η-διακυβέρνησης

Σε διάλογο αναλυτή-αποφασίζοντος σχετικά με την καθορισμό μιας συνάρτησης προτίμησης για κάθε κριτήριο, από το τυπολόγιο του Πίνακα 7.5, ο αποφασίζων-αξιολογητής κρίνει ότι, από τη στιγμή που όλα τα δεδομένα των κριτηρίων προέρχονται από εξωτερικές αλλά αξιόπιστες πηγές (βλ. Πίνακες 3.1 και 3.2), δε βρίσκει το λόγο να θέσει υπό αμφισβήτηση κάποια διαφορά αξιολόγησης μιας χώρας έναντι μιας άλλης. Θεωρεί ωστόσο ότι υπάρχει θέμα προτιμησιακής αξιοπιστίας των λεγόμενων «μικρών» διαφορών. Τελικά, υιοθετείται ένα κατώφλι προτίμησης p για κάθε κριτήριο, δηλαδή επιλέγεται ο **Τύπος 3** συνάρτησης $P(d)$ για καθένα από τα οκτώ κριτήρια, βάσει του τύπου (7.20) και του Πίνακα 7.6.

$$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 \leq d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases} \quad (7.20)$$

Η παραπάνω συνάρτηση προτίμησης Τύπου 3, υποδηλώνει ότι υπάρχει πάντοτε προτίμηση μεταξύ δύο χωρών σε όλα τα κριτήρια, εφόσον οι τιμές τους διαφέρουν. Η προτίμηση αυτή αυξάνεται γραμμικά, όσο η διαφορά μεταξύ δύο χωρών σε ένα κριτήριο είναι μικρότερη από από την τιμή του κατωφλιού p , και λαμβάνει την τιμή 1, όταν η διαφορά μεταξύ των δύο χωρών αγγίζει ή υπερβεί την τιμή p .

Ο καθορισμός των κατωφλίων προτίμησης p , για τα 8 κριτήρια, επιτελέστηκε από τον αποφασίζοντα, κατόπιν διαλόγου και αλληλεπίδρασης του με τον αναλυτή. Οι τελικές τιμές των 8 κατωφλίων παρουσιάζονται στον πίνακα 7.6.

Οι πίνακες $P_j(a, b)$, για κάθε κριτήριο g_j , που προκύπτουν σε εφαρμογή του τύπου (7.20), δίνονται στο Παράρτημα του παρόντος Κεφαλαίου. Ακολουθεί παρακάτω ο προσδιορισμός των βαρών των κριτηρίων μέσω της μεθόδου Simos, σε συνέργεια με τον διπολικό αλγόριθμο ελέγχου ευστάθειας και σε πλήρη αλληλεπίδραση με τον αποφασίζοντα.

Πίνακας 7.6: Πίνακας κριτηρίων και κατώφλια προτίμησης

Κριτήριο	Μονάδα μέτρησης	Κατώφλι προτίμησης p
g_1 – Πρόσβαση στο διαδίκτυο	% πληθυσμού	5 %
g_2 – Ευρυζωνική πρόσβαση & από κινητό	% πληθυσμού	5 %
g_3 – Α.Ε.Π. σε Έρευνα & Ανάπτυξη	% ΑΕΠ	0.1 %
g_4 – Online Sophistication	% δείκτης	10 %
g_5 – Συμμετοχή σε ηλεκτρονικές διαδικασίες	δείκτης [0,1]	0.1
g_6 – Αλληλεπίδραση πολιτών με αρχές	% πολίτες	10 %
g_7 – Αλληλεπίδραση επιχειρήσεων με αρχές	% επιχειρήσεις	5 %
g_8 – Εμπειρία χρηστών	% δείκτης	10 %

7.6.3 Εφαρμογή της ευσταθούς μεθόδου Simos για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων η-διακυβέρνησης

Ο αναλυτής ζητά από τον αποφασίζοντα να δώσει μια πλήρη κατάταξη των κριτηρίων ως προς τη σημαντικότητα τους, προκειμένου να εφαρμόσει τη μέθοδο Simos για τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων. Η κατάταξη, από το λιγότερο στο περισσότερο σημαντικό κριτήριο είναι αυτή του πίνακα 7.7 (έχει τεθεί $g_i = i$):

Πίνακας 7.7: Κατάταξη κριτηρίων κατά Simos (αύξουσα σημαντικότητα)

Κατάταξη κριτηρίων (Αύξουσα σημαντικότητα)
g_5, g_7
g_8
Λευκή κάρτα I
g_4
g_1
g_3
g_6
Λευκή κάρτα II
g_2

Η εφαρμογή της κλασικής μεθόδου Simos γίνεται απευθείας στον πίνακα 7.8. Τα υπολογισθέντα βάρη, σύμφωνα με τη διαδικασία της Simos, εμφανίζονται στις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα.

Πίνακας 7.8: Υπολογισμός βαρών κριτηρίων η-διακυβέρνησης με την κλασική μέθοδο Simos

Κλάση	Αριθμός καρτών	Θέσεις	Μη κανονικοποιημένο βάρος	Κανονικοποιημένο βάρος	Σύνολο
{5, 7}	2	1,2	$\frac{1+2}{2} = 1.5$	$\frac{1.5}{42} \times 100 = 3.6 \rightarrow 4$	$2 \times 4 = 8$
{8}	1	3	3	$\frac{3}{42} \times 100 = 7.1 \rightarrow 7$	$1 \times 7 = 7$
Λευκή κάρτα I	1	(4)	-	-	-
{4}	1	5	5	$\frac{5}{42} \times 100 = 11.9 \rightarrow 12$	$1 \times 12 = 12$
{1}	1	6	6	$\frac{6}{42} \times 100 = 14.3 \rightarrow 14$	$1 \times 14 = 14$

{3}	1	7	7	$\frac{7}{42} \times 100 = 16.7 \rightarrow 17$	$1 \times 17 = 17$
{6}	1	8	8	$\frac{8}{42} \times 100 = 19.0 \rightarrow 19$	$1 \times 19 = 19$
Λευκή κάρτα II	1	(9)	-	-	-
{2}	1	10	10	$\frac{10}{55} \times 100 = 23.8 \rightarrow 24$	$1 \times 24 = 24$
Σύνολο	10	42			~100

Κατά παράβαση του πρωτοκόλλου της μεθόδου, ο αναλυτής θα μπορούσε να ορίσει το βάρος των δύο ασθενών κριτηρίων στην τιμή: $p_5 = p_7 = 3.5$ (αντί 4), προκειμένου το άθροισμα των βαρών να μειωθεί κατά 1 μονάδα, δηλαδή στο 100.

Α' Φάση Ευσταθούς Simos

Ακολουθώντας τώρα τη διαδικασία που προτείνει η ευσταθής μέθοδος Simos και υλοποιώντας τις σχέσεις (7.1) - (7.6), το υπερπολύεδρο P οριοθετείται από τους γραμμικούς περιορισμούς που ακολουθούν (έχει τεθεί $\delta = 0.01$ και τα βάρη των δύο λευκών καρτών έχουν συμβολιστεί w_1 και w_2):

1^ο Πολύεδρο P

$p_5 - p_7 = 0$	$p_8 - p_7 \geq 0.01$	$w_1 - p_8 \geq 0.01$	$p_4 - w_1 \geq 0.01$
$p_1 - p_4 \geq 0.01$	$p_3 - p_1 \geq 0.01$	$p_6 - p_3 \geq 0.01$	$w_2 - p_6 \geq 0.01$
$p_2 - w_2 \geq 0.01$			
$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 = 1$			
$p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, w_1, w_2 \geq 0$			

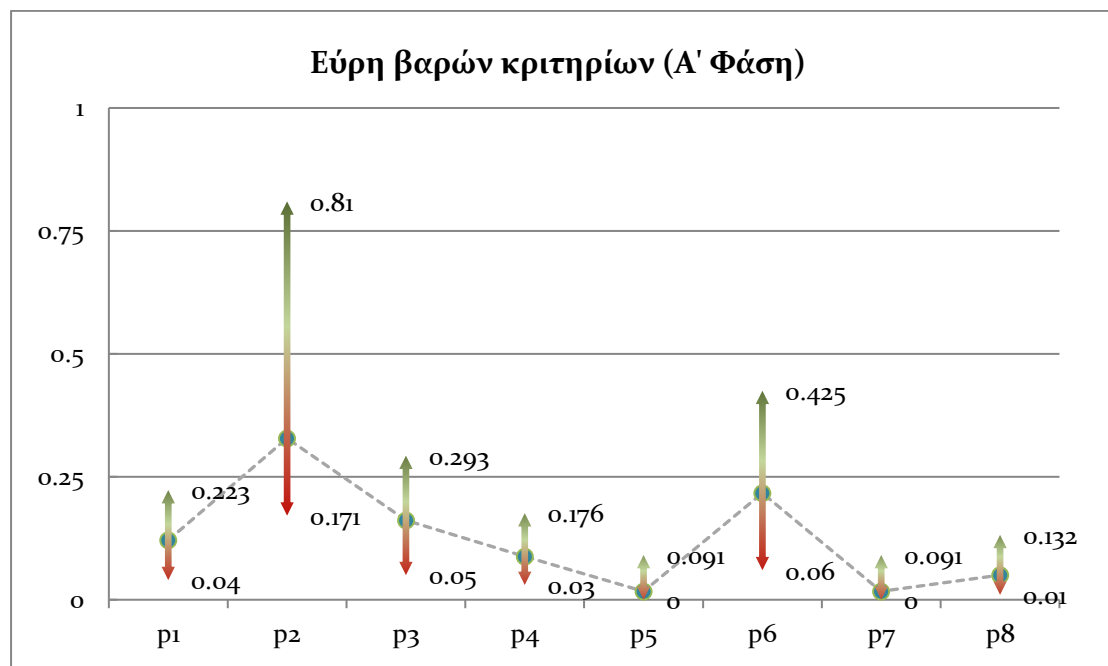
Ο έλεγχος ευστάθειας που ακολουθεί στο πλαίσιο της ευσταθούς μεθόδου Simos (§ 7.4.3) πραγματοποιείται αρχικά στον αναλυτικό πόλο, κάνοντας χρήση της διαδικασίας $max - min$. Κατόπιν επίλυσης των σχετικών 16 προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού, 8 max και 8 min , προκύπτουν για τα βάρη των κριτηρίων τα αποτελέσματα του Πίνακα 7.9.

Πίνακας 7.9: Αποτελέσματα Α' Φάσης διαδικασίας $max - min$

Τύπος λύσης	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8
$min p_1$	0.04	0.323	0.293	0.03	0	0.303	0	0.01
$max p_1$	0.223	0.263	0.233	0.03	0	0.243	0	0.01
$min p_2$	0.131	0.171	0.141	0.121	0.091	0.151	0.091	0.101

$max p_2$	0.04	0.81	0.05	0.03	0	0.06	0	0.01
$min p_3$	0.04	0.445	0.05	0.03	0	0.425	0	0.01
$max p_3$	0.04	0.323	0.293	0.03	0	0.303	0	0.01
$min p_4$	0.223	0.263	0.233	0.03	0	0.243	0	0.01
$max p_4$	0.186	0.226	0.196	0.176	0	0.206	0	0.01
$min p_5$	0.162	0.202	0.172	0.152	0	0.182	0	0.132
$max p_5$	0.131	0.171	0.141	0.121	0.091	0.151	0.091	0.101
$min p_6$	0.04	0.81	0.05	0.03	0	0.06	0	0.01
$max p_6$	0.04	0.445	0.05	0.03	0	0.425	0	0.01
$min p_7$	0.162	0.202	0.172	0.152	0	0.182	0	0.132
$max p_7$	0.131	0.171	0.141	0.121	0.091	0.151	0.091	0.101
$min p_8$	0.186	0.226	0.196	0.176	0	0.206	0	0.01
$max p_8$	0.162	0.202	0.172	0.152	0	0.182	0	0.132
Βαρύκεντρο*	0.121	0.328	0.161	0.088	0.017	0.217	0.017	0.050

Το διάγραμμα του σχήματος 7.3 απεικονίζει το εύρος διακύμανσης το βαρών των 8 κριτηρίων.



Σχήμα 7.3: Εύρη βαρών κριτηρίων (Α' Φάση)

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα γίνεται απευθείας αντιληπτό, ότι τα εύρη των βαρών είναι πρακτικά ανεξέλεγκτα, καθώς παρουσιάζουν πολύ υψηλή διακύμανση

εντός του εφικτού πεδίου $[0, 1]$. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το p_2 , το εύρος διακύμανσης του οποίου ξεπερνάει το 0.60 (60% της μέγιστης δυνατής διακύμανσης)

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 **0.901** που παίρνει ο αισιόδοξος δείκτης *ASI* για τα δεδομένα αυτής της φάσης. Ο δείκτης Μέσου Εύρους Διακύμανσης Παραμέτρων (*ARP*) λαμβάνει την τιμή **23.5%** που επίσης είναι πολύ υψηλή.

Εύκολα, λοιπόν, ο αναλυτής κρίνει αδύνατο τον υπολογισμό ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου και κατά συνέπεια την μετάβαση στο συνθετικό πόλο. Αποφασίζεται, λοιπόν, η επιστροφή της διαδικασίας στην αρχή του αναλυτικού πόλου και η παροχή από τον αποφασίζοντα επιπλέον πληροφοριών που θα βοηθήσουν στον πιο ακριβή προσδιορισμό του μοντέλου απόφασης του αποφασίζοντα.

B' Φάση Ευσταθούς Simos

Κατά την έναρξη της B' Φάσης ελέγχου ευστάθειας, ο αναλυτής κρίνει σκόπιμο να ζητήσει από τον αποφασίζοντα επιπλέον πληροφορίες, με στόχο τη βελτίωση της ευστάθειας του μοντέλου. Συγκεκριμένα, παρατηρώντας στο διάγραμμα του σχήματος 7.2, ότι τα δύο λιγότερα σημαντικά κριτήρια g_5 και g_7 μπορούν να έχουν ακόμα και μηδενική βαρύτητα, γεγονός παράλογο, ζητάει από τον αποφασίζοντα να ορίσει τα κατώφλια ελάχιστης σημαντικότητας τους.

Πράγματι, ο αποφασίζων ανταποκρίνεται και ορίζει την ελάχιστη δυνατή βαρύτητα για αυτά τα δύο κριτήρια στο 3%. Έτσι, προκύπτουν οι παρακάτω δύο νέες ανισωτικές σχέσεις, που προστίθενται στο ήδη υπάρχον σύστημα περιορισμών (7.1) – (7.6)

$$p_5, p_7 \geq 0.03 \quad (7.20)$$

Ο νέος πολυεδρικός χώρος, εντός του οποίου κινούνται τα βάρη των 8 κριτηρίων, περιγράφεται παρακάτω:

2° Πολύεδρο P

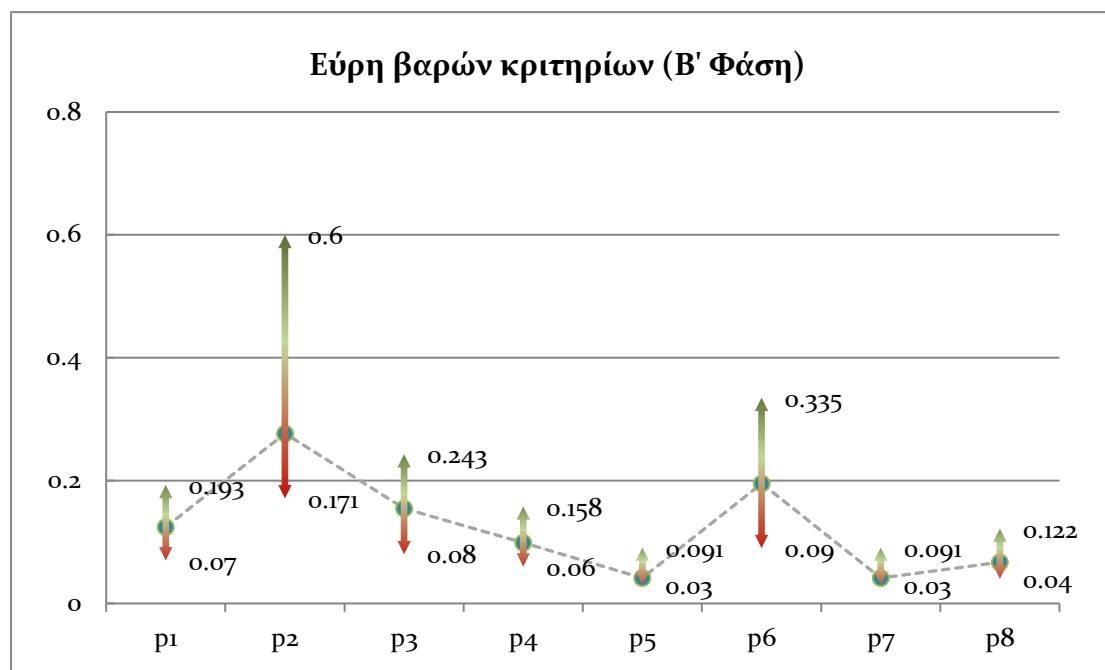
$p_5 - p_7 = 0$	$p_8 - p_7 \geq 0.01$	$w_1 - p_8 \geq 0.01$	$p_4 - w_1 \geq 0.01$
$p_1 - p_4 \geq 0.01$	$p_3 - p_1 \geq 0.01$	$p_6 - p_3 \geq 0.01$	$w_2 - p_6 \geq 0.01$
$p_2 - w_2 \geq 0.01$	$p_5 \geq 0.03$	$p_7 \geq 0.03$	
$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 = 1$			
$p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, w_1, w_2 \geq 0$			

Ο αναλυτής έχοντας τη νέα πληροφορία στα χέρια του, προχωράει στον έλεγχο της ευστάθειας του αναλυτικού πόλου κάνοντας χρήση της διαδικασίας $max - min$. Κατόπιν επίλυσης των σχετικών 16 προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού, 8 max και 8 min , προκύπτουν τα αποτελέσματα για τα βάρη των κριτηρίων που παρουσιάζονται στον πίνακα 7.10.

Πίνακας 7.10: Αποτελέσματα Β' Φάσης διαδικασίας $max - min$

Τύπος λύσης	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8
$min p_1$	0.07	0.273	0.243	0.06	0.03	0.253	0.03	0.04
$max p_1$	0.193	0.233	0.203	0.06	0.03	0.213	0.03	0.04
$min p_2$	0.131	0.171	0.141	0.121	0.091	0.151	0.091	0.101
$max p_2$	0.07	0.60	0.08	0.06	0.03	0.09	0.03	0.04
$min p_3$	0.07	0.355	0.08	0.06	0.03	0.335	0.03	0.04
$max p_3$	0.07	0.273	0.243	0.06	0.03	0.253	0.03	0.04
$min p_4$	0.193	0.233	0.203	0.06	0.03	0.213	0.03	0.04
$max p_4$	0.168	0.208	0.178	0.158	0.03	0.188	0.03	0.04
$min p_5$	0.152	0.192	0.162	0.142	0.03	0.172	0.03	0.122
$max p_5$	0.131	0.171	0.141	0.121	0.091	0.151	0.091	0.101
$min p_6$	0.07	0.60	0.08	0.06	0.03	0.09	0.03	0.04
$max p_6$	0.07	0.355	0.08	0.06	0.03	0.335	0.03	0.04
$min p_7$	0.152	0.192	0.162	0.142	0.03	0.172	0.03	0.122
$max p_7$	0.131	0.171	0.141	0.121	0.091	0.151	0.091	0.101
$min p_8$	0.168	0.208	0.178	0.158	0.03	0.188	0.03	0.04
$max p_8$	0.152	0.192	0.162	0.142	0.03	0.172	0.03	0.122
Βαρύκεντρο*	0.124	0.277	0.155	0.099	0.041	0.195	0.041	0.067

Η διακύμανση των βαρών των 8 κριτηρίων εμφανίζεται στο σχήμα 7.4.



Σχήμα 7.4: Εύρη βαρών κριτηρίων (B' Φάση)

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα διακύμανσης των βαρών των κριτηρίων μεταξύ της Α' και της Β' Φάσης, διαπιστώνεται σημαντική μείωση στις μέγιστες και ελάχιστες ακραίες τιμές τους. Η βελτιωμένη αυτή εικόνα που παρουσιάζουν οι τιμές των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνουν την υψηλότερη ευστάθεια του μοντέλου σε σχέση με την προηγούμενη φάση και καταδεικνύουν το σημαντικό ρόλο που διαδραμάτισαν οι επιπλέον πληροφορίες που δόθηκαν από τον αποφασίζοντα.

Πράγματι, ο δείκτης *ASI* δείχνει βελτίωση της τιμής του αφού ανήλθε στο **0.937**, ενώ ο δείκτης *ARP* μειώθηκε αισθητά στο **15.8%**.

Με τα νέα δεδομένα, κρίνεται πλέον δυνατή η ύπαρξη ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου, γεγονός που σηματοδοτεί τη μετάβαση στο συνθετικό πόλο. Η προδιαγραφή ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου, με χρήση του βαρυκεντρικού διανύσματος βαρών του πίνακα 7.9 καθιστά δυνατή την κατάταξη των 22 χωρών με βάση την αξιολόγησή τους για την ηλεκτρονική διακυβέρνηση. Η κατάταξη αυτή προκύπτει, μέσω εφαρμογής της μεθόδου PROMETHEE II, υπολογίζοντας την Καθαρή Ροή Υπεροχής – Net Positive Flow (NPF) $\varphi(a)$ κάθε χώρας, κάνοντας χρήση της σχέσης 7.19. Κατόπιν οι 22 χώρες κατατάσσονται κατά φθίνουσα καθαρή ροή υπεροχής, όπως φαίνεται στον πίνακα 7.11

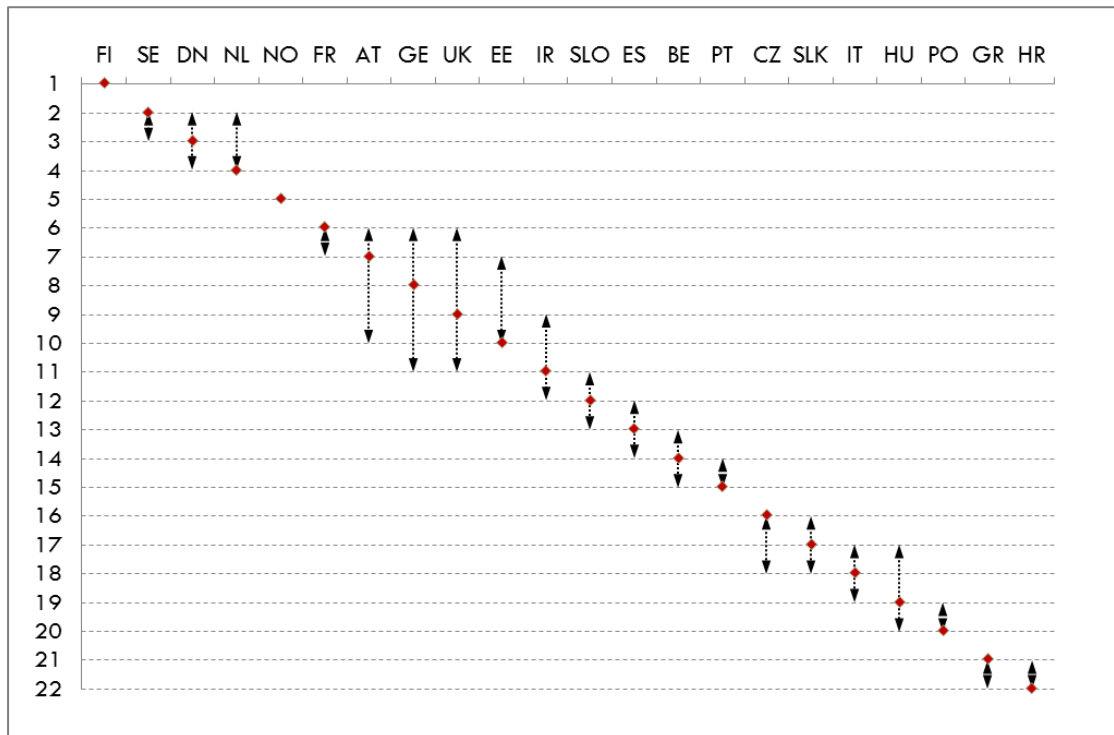
Πίνακας 7.11: Αντιπροσωπευτική κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών (B' Φάση)

Κατάταξη	Χώρα	Κωδικός Χώρας	NPF
1	Φινλανδία	FI	0.784
2	Σουηδία	SE	0.682
3	Δανία	DN	0.652

4	Ολλανδία	NL	0.631
5	Νορβηγία	NO	0.421
6	Γαλλία	FR	0.296
7	Αυστρία	AT	0.231
8	Εσθονία	EE	0.197
9	Γερμανία	GE	0.153
10	Ην. Βασίλειο	UK	0.141
11	Ιρλανδία	IR	0.095
12	Σλοβενία	SLO	0.016
13	Βέλγιο	BE	-0.048
14	Ισπανία	ES	-0.062
15	Πορτογαλία	PT	-0.227
16	Τσεχία	CZ	-0.409
17	Σλοβακία	SLK	-0.435
18	Ιταλία	IT	-0.481
19	Ουγγαρία	HU	-0.549
20	Πολωνία	PO	-0.599
21	Κροατία	HR	-0.744
22	Ελλάδα	GR	-0.744

Σε αυτό το σημείο η εφαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα επιτρέπει την εφαρμογή εργαλείων και δεικτών του συνθετικού πόλου για την εκτίμηση της ευστάθειας των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, θα υλοποιηθεί η ανάλυση ακραίας κατάταξης – *extreme ranking analysis* για την εκτίμηση του διαστήματος μέσα στο οποίο μπορούν να κινηθούν οι πραγματικές χώρες στην κατάταξη.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σχετικό αλγόριθμο, κατόπιν υλοποίησης του στο περιβάλλον GAMS, παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα του σχήματος 7.5.



Σχήμα 7.5: Ακραία κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο Β' Φάσης

Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Ακραίας Κατάταξης κάνει φανερό ότι τα εύρη κατάταξης για τις περισσότερες χώρες είναι αρκετά μεγάλα, γεγονός που υποδεικνύει σχετική αστάθεια στα αποτελέσματα. Ο δείκτης ευστάθειας **ARRI** (βλ. Κεφ.5) σε αυτή την περίπτωση λαμβάνει την τιμή **3.0**, γεγονός που δηλώνει ότι η μέση χώρα έχει 3 πιθανές θέσεις στην κατάταξη. Αντίστοιχα ο δείκτης **RARR** παίρνει τη μη αποδεκτή τιμή του **9.7%**.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματά δεν παρουσιάζουν σε αυτή τη Φάση τα επιθυμητά επίπεδα ευστάθειας. Κατά συνέπεια, στην αναζήτηση πιο ευσταθών αποτελεσμάτων, κρίνεται ωφέλιμη η επιστροφή εκ νέου στον αναλυτικό πόλο και η επανάληψη της διαδικασίας, όπως υποδεικνύει η διπολική μεθοδολογία ελέγχου ευστάθειας.

Γ' Φάση Ευσταθούς Simos

Με την επιστροφή στον αναλυτικό πόλο και την έναρξη της Γ' Φάσης ελέγχου ευστάθειας, ο αναλυτής επανεκκινεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας με τον αποφασίζοντα με στόχο τη βελτίωση της ευστάθειας του μοντέλου. Σε αυτή τη φάση, ζητάει από τον αποφασίζοντα να του ορίσει ένα **εύρος διακύμανσης του λόγου σημαντικότητας** (z , βλ. Revised Simos) μεταξύ του πιο σημαντικού και του λιγότερου σημαντικού κριτηρίου. Πιο συγκεκριμένα, ρωτάει τον αποφασίζοντα περίπου πόσες φορές πιο σημαντικό είναι το κριτήριο g_2 από τα κριτήρια g_5 και g_7 . Ο αποφασίζοντας, κατόπιν

σκέψης δηλώνει ότι θεωρεί το κριτήριο g_2 5 με 5.5 φορές πιο σημαντικό από τα κριτήρια g_5 και g_7 .

Η παραπάνω δήλωση αναδύει τη διπλή ανισωτική σχέση του τύπου 7.21, οι οποίες και προστίθενται στο ήδη υπάρχον σύστημα περιορισμών (7.1) – (7.6) & (7.20)

$$5p_5 \leq p_2 \leq 5.5p_5 \quad (7.21)$$

Ο νέος πολυεδρικός χώρος που προκύπτει, εντός του οποίου κινούνται τα βάρη των 8 κριτηρίων, περιγράφεται λοιπόν παρακάτω:

3^ο Πολύεδρο P

$p_5 - p_7 = 0$	$p_8 - p_7 \geq 0.01$	$w_1 - p_8 \geq 0.01$	$p_4 - w_1 \geq 0.01$
$p_1 - p_4 \geq 0.01$	$p_3 - p_1 \geq 0.01$	$p_6 - p_3 \geq 0.01$	$w_2 - p_6 \geq 0.01$
$p_2 - w_2 \geq 0.01$	$p_5, p_7 \geq 0.03$	$5p_5 \leq p_2$	$p_2 \leq 5.5p_5$
$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 = 1$			
$p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, w_1, w_2 \geq 0$			

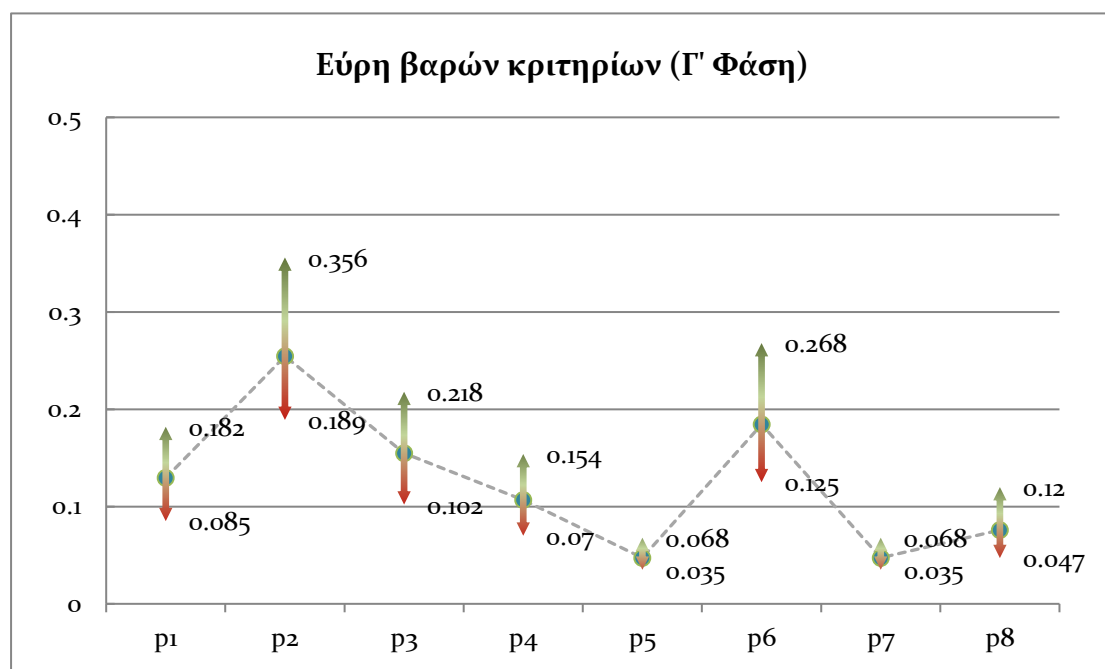
Ο αναλυτής, αποκτώντας τη νέα πληροφορία, προχωράει ευθύς αμέσως στον έλεγχο της ευστάθειας του αναλυτικού πόλου κάνοντας ξανά χρήση της διαδικασίας $max - min$. Κατόπιν επίλυσης των σχετικών 16 προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού, 8 max και 8 min , προκύπτουν τα αποτελέσματα για τα βάρη των κριτηρίων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.12.

Πίνακας 7.12: Αποτελέσματα Γ' Φάσης διαδικασίας $max - min$

Τύπος λύσης	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8
$min p_1$	0.085	0.248	0.218	0.075	0.045	0.228	0.045	0.055
$max p_1$	0.182	0.222	0.192	0.07	0.04	0.202	0.04	0.05
$min p_2$	0.149	0.189	0.159	0.139	0.038	0.169	0.038	0.119
$max p_2$	0.105	0.356	0.115	0.095	0.065	0.125	0.065	0.075
$min p_3$	0.092	0.288	0.102	0.082	0.052	0.268	0.052	0.062
$max p_3$	0.085	0.248	0.218	0.075	0.045	0.228	0.045	0.055
$min p_4$	0.182	0.222	0.192	0.07	0.04	0.202	0.04	0.05
$max p_4$	0.164	0.204	0.174	0.154	0.037	0.184	0.037	0.047
$min p_5$	0.15	0.19	0.16	0.14	0.035	0.17	0.035	0.12
$max p_5$	0.108	0.338	0.118	0.098	0.068	0.128	0.068	0.078
$min p_6$	0.105	0.356	0.115	0.095	0.065	0.125	0.065	0.075
$max p_6$	0.092	0.288	0.102	0.082	0.052	0.268	0.052	0.062
$min p_7$	0.15	0.19	0.16	0.14	0.035	0.17	0.035	0.12
$max p_7$	0.108	0.338	0.118	0.098	0.068	0.128	0.068	0.078

$min p_8$	0.164	0.204	0.174	0.154	0.037	0.184	0.037	0.047
$max p_8$	0.15	0.19	0.16	0.14	0.035	0.17	0.035	0.12
Βαρύκεντρο *	0.129	0.254	0.155	0.107	0.047	0.184	0.047	0.076

Η διακύμανση των βαρών των 8 κριτηρίων εμφανίζεται στο σχήμα 7.6.



Σχήμα 7.6: Εύρη βαρών κριτηρίων (Γ' Φάση)

Είναι φανερό, πλέον, από τα παραπάνω διαγράμματα ότι τα εύρη των βαρών των κριτηρίων έχουν περιορισθεί σε πολύ σημαντικό βαθμό, σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των προηγούμενων δύο φάσεων. Γίνεται, λοιπόν, εύκολα αντιληπτό ότι η σημαντική αυτή μείωση της διακύμανσης των μεταβλητών προσφέρει μία σταθερή βάση για την εξαγωγή ενός αξιόπιστου αντιπροσωπευτικού μοντέλου.

Η βελτίωση των αποτελεσμάτων του ελέγχου ευστάθειας αποτυπώνεται, σαφώς, και στον δείκτη *ASI* ο οποίος ανήλθε σε **0.964**. Παρατηρούμε, ότι η τιμή του δείκτη πλησιάζει ακόμα περισσότερο την μονάδα, γεγονός που υποδεικνύει την αυξανόμενη ευστάθεια του μοντέλου απόφασης. Ταυτόχρονα ο δείκτης *ARP* μειώθηκε κάτω του 10%, στην τιμή **9.3%**.

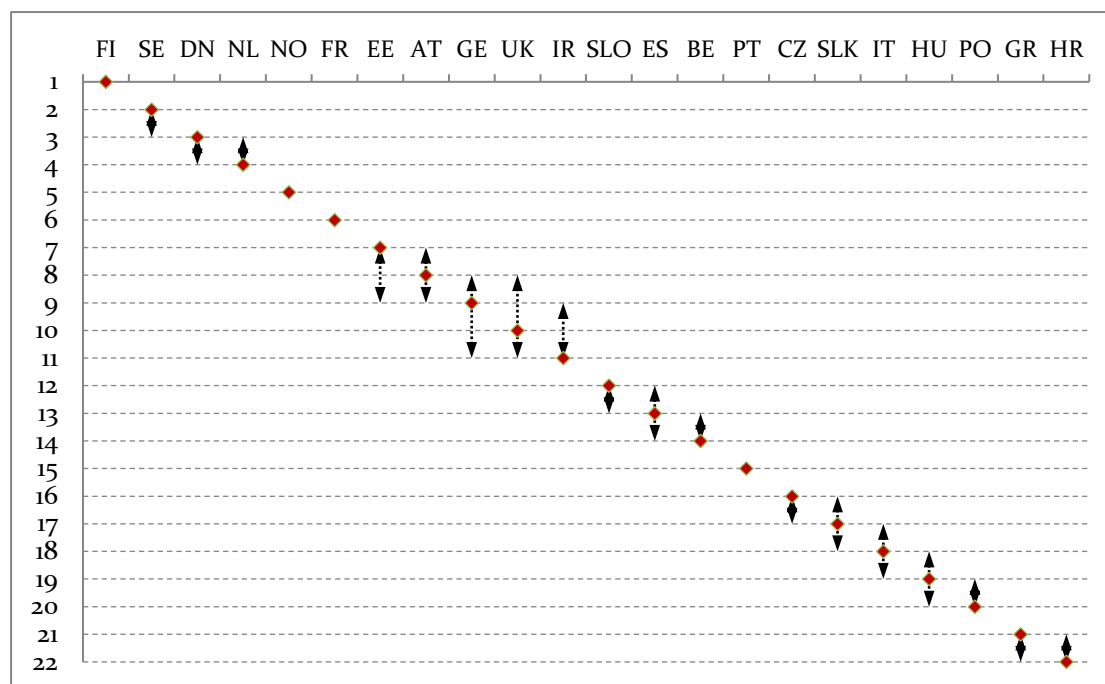
Η αισθητά αυξημένη ευστάθεια των αποτελεσμάτων επιτρέπει σαφώς στον αναλυτή να εξάγει ένα ικανό αντιπροσωπευτικό μοντέλο και να προχωρήσει στην εφαρμογή του στα πραγματικά δεδομένα.

Η κατασκευή ενός αντιπροσωπευτικού μοντέλου αξιολόγησης, με χρήση του βαρυκεντρικού διανύσματος βαρών του πίνακα 7.11 καθιστά δυνατή την κατάταξη των 22 χωρών. Η κατάταξη των χωρών που προκύπτει με εφαρμογή της PROMETHEE II, κατά φθίνουσα Καθαρή Ροή Υπεροχής (NPF), παρουσιάζεται στον πίνακα 7.13.

Πίνακας 7.13: Αντιπροσωπευτική κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών (Γ' Φάση)

Κατάταξη	Χώρα	Κωδικός Χώρας	NPF
1	Φινλανδία	FI	0.806
2	Σουηδία	SE	0.717
3	Δανία	DN	0.689
4	Ολλανδία	NL	0.666
5	Νορβηγία	NO	0.450
6	Γαλλία	FR	0.270
7	Αυστρία	AT	0.230
8	Γερμανία	GE	0.211
9	Εσθονία	EE	0.180
10	Ην. Βασίλειο	UK	0.170
11	Ιρλανδία	IR	0.070
12	Σλοβενία	SLO	0.032
13	Βέλγιο	BE	0.003
14	Ισπανία	ES	-0.085
15	Πορτογαλία	PT	-0.282
16	Τσεχία	CZ	-0.424
17	Σλοβακία	SLK	-0.446
18	Ιταλία	IT	-0.524
19	Ουγγαρία	HU	-0.549
20	Πολωνία	PO	-0.633
21	Κροατία	HR	-0.763
22	Ελλάδα	GR	-0.787

Κατόπιν της εφαρμογής του αντιπροσωπευτικού μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα, ο αναλυτής αποφασίζει να κάνει χρήση των εργαλείων του συνθετικού πόλου ελέγχου ευστάθειας. Όπως και στ Φάση Β', η ανάλυση ακραίας κατάταξης των χωρών θα μας δώσει σαφή εικόνα για την ευστάθεια της τελικής κατάταξης των 22 χωρών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον αλγόριθμο *extreme ranking analysis* απεικονίζονται στο διάγραμμα του σχήματος 7.7.



Σχήμα 7.7: Ακραία κατάταξη ευρωπαϊκών χωρών για μοντέλο Γ' Φάσης

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ακραίας κατάταξης δείχνουν σημαντική μείωση των δυνατών θέσεων κατάταξης κάθε χώρας. Οι πιθανές θέσεις των χωρών που μπορούν να καταληφθούν είναι, κατά συνέπεια, αισθητά λιγότερες από τη Φάση Β' και λιγότερο διαφοροποιημένες μεταξύ τους. Ο δείκτης *ARRI* για αυτή τη φάση μειώνεται δραματικά στο 2.3, ενώ ο δείκτης *RARR* παίρνει την τιμή 6.2%. Οι δείκτες αυτοί δείχνουν ότι η μέση χώρα της κατάταξης μπορεί να καταλάβει μόνο 2.3 θέσεις στην κατάταξη, ενώ συνολικά η κατάταξη δείχνει αστάθεια της αποδεκτής τάξης του 6.2%.

Με το πέρας της Γ' Φάσης, ο αναλυτής κρίνει ότι τα αποτελέσματα του διπολικού ελέγχου ευστάθειας είναι αρκούντως ικανοποιητικά και μπορούν να στηρίξουν την απόφαση για μια συμπαγή ευσταθή κατάταξη των 22 ευρωπαϊκών χωρών. Το μοντέλο απόφασης, όπως αναπτύχθηκε με βάση τα δεδομένα της Ευσταθούς Μεθόδου Simos, παρουσιάζει επίσης εξαιρετική ευστάθεια και μπορεί να στηρίξει επαρκώς την κατάταξη και επιπλέον χωρών ή και των ιδίων 22, όταν προκύψουν μελλοντικά νέα δεδομένα για τα κριτήρια. Με βάση τα παραπάνω αποφασίστηκε η λήξη της αλγοριθμικής διαδικασίας ελέγχου ευστάθειας, με τον αναλυτή προτείνει στον αποφασίζοντα τη συγκεκριμένη τελική κατάταξη ως εργαλείο λύσης του προβλήματος αξιολόγησης της η-διακυβέρνησης.

Σε επίπεδο ανάπτυξης του μοντέλου αξιολόγησης και εξαγωγής των αποτελεσμάτων του, η διαδικασία συντονίστηκε μέσα από 3 Φάσεις, μέχρι την επίτευξη υψηλής ευστάθειας, και αποτελεσμάτων ικανών να στηρίξουν μια ευσταθή κατάταξη των

ευρωπαϊκών χωρών. Προς αυτή την κατεύθυνση, συντέλεσε η αξιοποίηση πολλαπλών ανεξάρτητων εργαλείων ανάλυσης της ευστάθειας και η χρήση των κατάλληλων αριθμητικών δεικτών και δεικτών οπτικοποίησης. Η εξέλιξη της τιμής των αριθμητικών δεικτών ευστάθειας, μέσα από τη διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων τριών Φάσεων, φαίνεται παραστατικά στον πίνακα 7.14. Στις παρενθέσεις εμφανίζονται τα ποσοστά βελτίωσης των δεικτών από τη μία φάση στην άλλη.

Πίνακας 7.14: Εξέλιξη των δεικτών ευστάθειας κατά την εφαρμογή της ευσταθούς μεθόδου Simos

Δείκτης	Φάση Α'	Φάση Β'	Φάση Γ'
ASI	0.906	0.937 (+3.4%)	0.964 (+2.9%)
ARP	23.5%	15.8% (-32.7%)	9.3% (-41.1%)
ARRI	-	3.0	2.3 (-23.3%)
RARR	-	9.7%	6.2% (-36.1%)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Alexopoulos, S., Siskos, Y., Tsotsolas, N. and Hristodoulakis, N. (2010). Evaluating strategic actions for a Greek publishing company, *Operational Research*, 12(2), pp. 253-269.
- Aretoulis, G., Kalfakakou, G. and Striagka, F. (2010). Construction material supplier selection under multiple criteria, *Operational Research*, 10(2), pp. 209-230.
- Ashari, H.E. and Parsaei, M. (2014). Application of the multi-criteria decision method ELECTRE III for the weapon selection, *Decision Science Letters*, 3(4), pp. 511-522.
- Augusto, M., Lisboa, J., Yasin, M. and Figueira, J.R. (2008). Benchmarking in a multiple criteria performance context: An application and a conceptual framework, *European Journal of Operational Research*, 184(1), pp. 244-254.
- Azadeh, A., Kor, H. and Hatefi, S.M. (2011). A hybrid genetic algorithm-TOPSIS-computer simulation approach for optimum operator assignment in cellular manufacturing systems, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 34(1), pp. 57-74.
- Bahraminasab, M. and Jahan, A. (2011). Material selection for femoral component of total knee replacement using comprehensive VIKOR, *Materials and Design*, 32(8-9), pp. 4471-4477.
- Bana e Costa, C.A., De Corte, J.-M. and Vansnick, J.-C. (2012). MACBETH, *International Journal of Information Technology & Decision Making*. Vol. 12, No 2, pp. 359-387.
- Bisdorff, R., Meyer, P. and Veneziano, T. (2014). Elicitation of criteria weights maximising the stability of pairwise outranking statements. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 21(1-2), pp. 113-124.
- Bojovic, D., Bonzanigo, L. and Giupponi, C., 2012. Drivers of Change in Southern European Agriculture: Online Participatory Approaches for the Analysis of Planned and Autonomous Adaptation Strategies, In: R. Seppelt, A.A.V., S. Lange, D. Bankamp (Eds.), 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software. Managing Resources of a Limited Planet, pp. 684-691.
- Bollinger, D., Maystre, L.Y. and Slowinski, R. (1997). Un cas concret de la contribution de l'aide multicritère à la décision à la coordination inter-cantonale pour l'incinération des déchets urbains. In 45e Journées du Groupe de Travail Européen Aide Multicritère à la Décision, Celàkovice, République Tchèque, 20-21 Mars 1997.
- Brans, J.P. and Vincke, Ph. (1985). A preference ranking organization method, *Management Science*, 31(6), pp. 647-656.
- Brans, J.P. and Mareschal, B. (2005). PROMETHEE Methods. In: J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott (Eds), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer Verlag, Boston, Dordrecht, London, pp. 163-196.
- Brifcani, N., Day, R., Walker, D., Hughes, S., Ball, K. and Price D. (2012). A Review of Cutting-edge Techniques for Material Selection, Proceedings of the 2nd International Conference on Advanced Composite Materials and Technologies for Aerospace Applications, June 11-13, 2012, Retrieved online 16th November 2014 from <http://collections.crest.ac.uk/3975/1/fulltext.pdf>

- Cai, F.L., Liao, X. and Wang, K.L. (2012). An interactive sorting approach based on the assignment examples of multiple decision makers with different priorities, *Annals of Operations Research*, 197(1), pp. 87-108.
- Cavallaro, F. (2009). Multi-criteria decision aid to assess concentrated solar thermal technologies, *Renewable Energy*, 34(7), pp. 1678-1685.
- Cavallaro, F. (2010). A comparative assessment of thin-film photovoltaic production processes using the ELECTRE III method, *Energy Policy*, 38(1), pp. 463-474.
- Dawson, L. and Schlyter, P. (2012). Less is more: Strategic scale site suitability for concentrated solar thermal power in Western Australia, *Energy Policy*, 47, pp. 91-101.
- Esseghir, H. and Mellouli, K. (2006). A Decision Support System for the evaluation of the scientific research structures in Tunisia, Proceedings of the ICSSSM'06: 2006 International Conference on Service Systems and Service Management, 2, pp. 872-877.
- Figueira, J. and Roy, B. (2002). Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *European Journal of Operational Research*, 139, pp. 317-326.
- Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M., Eds. (2005). *State-of-Art of Multiple Criteria Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht.
- Figueira, J., Greco, S. and Słowiński, R. (2009). Building a set of additive value functions representing a reference preorder and intensities of preference: GRIP method, *European Journal of Operational Research*. 195 (2), pp. 460-486.
- Figueira, J.R. Almeida-Dias, J. Matias, S. Roy, B. Carvalho and M.J. Planca C.E. (2011). Electre Tri-C, a multiple criteria decision aiding sorting model applied to assisted reproduction, *International journal of Medical Informatics*, 80(4), pp. 262-273.
- Fontana, M.E., Morais, D.C. and Almeida, A.T. (2011). A MCDM Model for Urban Water Conservation Strategies Adapting Simos Procedure for Evaluating Alternatives Intra-criteria, *Evolutionary Multi-Criterion Optimization, Lecture Notes in Computer Science*, 6576, pp. 564-578.
- Greco, S., Mousseau, V. and Słowiński, R. (2008). Ordinal regression revisited: Multiple criteria ranking using a set of additive value functions, *European Journal of Operational Research*, Volume 191, Issue 2, 1 December 2008, Pages 416-436
- Greco, S., Kadziński, M., Mousseau, V. and Słowiński, R. (2011). ELECTRE^{GKMS}: Robust ordinal regression for outranking methods. *European Journal of Operational Research*. 214 (10), pp. 118-135.
- Greco, S., Siskos, Y. and Slowinski, R. (2013). *Entropy measures to control robustness in ordinal regression models*. Proceedings of the 77th EURO Working Group on MCDA, Rouen, France.
- Grigoroudis, E., Siskos, Y. (2010). *Customer Satisfaction Evaluation*, Springer, New York.
- Herssens, C., Jureta, I.J. and Faulkner, S. (2008). Dealing with quality tradeoffs during service selection, 5th International Conference on Autonomic Computing, ICAC 2008, art. no. 4550829, pp. 77-86.

- Huaylla, F., Berrah, L. and Cliville, V. (2013). A Decision-Aiding Approach for Residential PhotoVoltaic System Choice: An Application to the French Context, *Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services*, 397, pp. 232-239.
- Hugonnard, J. C. and Roy, B. (1983). Le plan d'extension du métro en banlieue Parisienne, in Jacquet-Lagrèze, E., Siskos, J. (Eds.), *Méthode de decision multicritère*, Hommes et Techniques, Paris, pp. 39–65.
- Jabeur, K., Martel, J.M. and Khélifa, S.B. (2004). A Distance-Based Collective Preorder Integrating the Relative Importance of the Group's Members, *Group Decision and Negotiation*, 13(4), pp 327-349.
- Jabeur, K. and Martel, J.M. (2007). An ordinal sorting method for group decision-making, *European Journal of Operational Research*, 180(3), pp. 1272-1289.
- Jamali, R. and Nejati, M. (2009). Women's career progression barriers and organisational justice: a study of Iranian society, *Business Strategy Series*, 10(5), pp. 311-328.
- Kadzinski, M., Greco, S. and Slowinski, R. (2012). Extreme ranking in robust ordinal regression. *Omega*, vol. 40, pp. 488-501.
- Kodikara, P.N., Perera, B.J.C. and Kularathna, M.D.U.P. (2010). Stakeholder preference elicitation and modelling in multi-criteria decision analysis – A case study on urban water supply, *European Journal of Operational Research*, 206(1), pp. 209-220.
- Kostoglou, V., Papathanasiou, J., Moschidis, O. and Ladopoulou, P. (2014). A comparative analysis of Greek universities' presence on the World Wide Web using an analytical MCDM methodology, *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 4(3), pp. 279 – 298.
- Lahdelma, R., Hokkanen, J. and Salminen, P. (1998). SMAA – Stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 106 (1), pp. 137-143.
- Lovasz, L., 1999. Hit-and-run mixes fast. *Mathematical Programming*, 86, pp. 443–461.
- Madlener, R., Kowalski, K. and Stagl, S. (2007). New ways for the integrated appraisal of national energy scenarios: The case of renewable energy use in Austria, *Energy Policy*, 35(12), pp. 6060-6074.
- Manas, M. and Nedoma, J. (1968). Finding all vertices of a convex polyhedron. *Numerische Mathematik*, Vol. 14, pp. 226-229.
- Marzouk, M., Hamid, S.A. and El-Said, M. (2014a). A methodology for prioritizing water mains rehabilitation in Egypt, *HBRC Journal*, In press.
- Marzouk, M., Nouh, A. and El-Said, M. (2014b). Developing green bridge rating system using Simos' procedure, *HBRC Journal*, 10(2), pp. 176-182.
- Maystre, L., Pictet, J. and Simos, J. (1994). Methodes multicriteres ELECTRE – Description, conseils pratiques et cas d'application a la gestion environnementale, *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*, Lausanne.
- Merad, M.M., Verdel, T., Roy, B. and Kouniali, S. (2004). Use of multi-criteria decision-aids for risk zoning and management of large area subjected to mining-induced hazards, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19(2), pp. 125-138.

- Merad, M. Dechy, N. and Marcel, F. (2011). Sustainable Development and Climate Change Challenges: Case of a Public Organization, Climate: Global Change and Local Adaptation, in I. Linkov and T.S. Bridges (eds.), Chapter 11, pp. 193-208.
- Merad, M., Dechy, N., Serir, L., Grabisch, M. and Marcel, F. (2013a). Using a multi-criteria decision aid methodology to implement sustainable development principles within an organization, *European Journal of Operational Research*, 224(3), pp. 603-613.
- Merad, M. Dechy, N., Marcel, F. and Linkov, I. (2013b). Multiple-criteria decision-aiding framework to analyze and assess the governance of sustainability, *Environment Systems and Decisions*, 33(2), pp. 305-321.
- Mousseau, V. (1995). Eliciting information concerning the relative importance of criteria. In: P.M. Pardalos, Y. Siskos and C. Zopounidis (Eds.), *Advances in multicriteria analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 17-43.
- Özcan, T., Çelebi, N. and Esnaf, Ş. (2011). Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem, *Expert Systems with Applications*, 38(8), pp. 9773-9779.
- Pekelman, D. and Sen, S.K. (1974). Mathematical programming models for the determination of attribute weights. *Management Science*, Vol. 20. No 8, pp. 1217-1229.
- Pictet, J. and Bollinger, D. (2007). The silent negotiation or how to elicit collective information for group MCDA without excessive discussion, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 13(5-6), pp. 199-211.
- Pictet, J. and Bollinger, D. (2008). Extended use of the cards procedure as a simple elicitation technique for MAVT. Application to public procurement in Switzerland, *European Journal of Operational Research*, 185(3), pp. 1300-1307.
- Ribas, J.R. and da Silva Rocha, M. (2014). A decision support system for prioritizing investments in an energy efficiency program in favelas in the city of Rio de Janeiro, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, In press.
- Saaty, T.L. (1994). *The analytic hierarchy process*. McGraw Hill, New York.
- Scharlig, A. (1996). *Pratiquer Electre et PROMETHEE – Un complément à décider sur plusieurs critères*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Collection Diriger L'Entreprise, Lausanne.
- Shanian, A. and Savadogo, O. (2006). TOPSIS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell, *Journal of Power Sources*, 159(2), pp. 1095-1104.
- Shanian, A., Milani, A.S., Carson, C. and Abeyarante, R.C. (2008). A new application of ELECTRE III and revised Simos' procedure for group material selection under weighting uncertainty. *Knowledge-Based Systems*, 21, 7, pp. 709-720.
- Shanian, A., Milani, A.S., Vermaak, N., Bertoldi, K., Scarinci T. and Gerendas M. (2012). A Combined Finite Element-Multiple Criteria Optimization Approach for Materials Selection of Gas Turbine Components, *Journal of Applied Mechanics*, 79(6), Article number 061019.

- Simos, J. (1990a). L'évaluation environnementale: Un processus cognitif négocié. Thèse de doctorat, DGF EPFL, Lausanne.
- Simos, J. (1990b). Evaluer l'impact sur l'environnement: Une approche originale par l'analyse multicritère et la négociation, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Σίσκος, Ι. (2008). *Μοντέλα αποφάσεων*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Smith, R.L. (1984). Efficient Monte Carlo procedures for generating points uniformly distributed over bounded regions. *Operations Research*, 32, pp. 1296-1308.
- Smith, N.A. and Tromble, R.W. (2004), *Sampling uniformly from the unit simplex*, Department of computer science. Center for Language and Speech processing, Johns Hopkins University.
- Solymosi, T. and Dombi, J. (1986). A method for determining the weights of criteria: The centralized weights. *European Journal of Operational Research*, 22, pp. 35-41.
- Tervonen, T., Valkenhoef, G.V., Baştürk, N. and Postmus, D. (2012). Hit-And-Run enables efficient weight generation for simulation-based multiple criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 224, pp. 552-559.
- Vansnick, J.-C. (1986). On the problem of weights in multiple criteria decision making (the noncompensatory approach). *European Journal of Operational Research*, 24, pp. 288-294.
- Wang J. and Zionts S. (2014). Using Ordinal Data to Estimate Cardinal Values, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, In press.
- Wilkens, I. and Schmuck, P. (2012). Transdisciplinary evaluation of energy scenarios for a German village using multi-criteria decision analysis, *Sustainability*, 4(4), pp. 604-629.
- Xidonas, P., Flamos, A., Koussouris, S. Askounis, D. and Psarras J. (2007). On the appraisal of consumer credit banking products within the asset quality frame: A multiple criteria application, *Operational Research*, 7(2), pp 255-283.

Παράρτημα Κεφαλαίου

Συναρτήσεις προτίμησης κριτηρίων η-διακυβέρνησης (Μέθοδος PROMETHEE II

Κριτήριο g_1 – Πρόσβαση στο διαδίκτυο

	BE	CZ	DN	GE	EE	IR	GR	ES	FR	HR	IT	HU	NL	AT	PO	PT	SLO	SLK	FI	SE	NO	UK
BE	0.4	0	0	0.1	0	1	0.8	0	1	0.9	1	0	0.1	1	1	0.5	0.4	0	0	0	0	0
CZ	0	0	0	0	0	1	0.4	0	1	0.5	1	0	0	0.8	1	0.1	0	0	0	0	0	0
DN	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.2	0.4	0.2	0.7
GE	0.7	1	0	0.8	0.7	1	1	0.5	1	1	1	0	0.8	1	1	1	1	1	0	0	0	0.2
EE	0	0.3	0	0	0	1	0.7	0	1	0.8	1	0	0	1	1	0.4	0.3	0	0	0	0	0
IR	0	0.4	0	0	0.1	1	0.8	0	1	0.9	1	0	0.1	1	1	0.5	0.4	0	0	0	0	0
GR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	0	0	0	0	0	1	0	0.8	0.1	0.9	0	0	0.4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
FR	0.2	0.6	0	0	0.3	0.2	1	1	1	1	1	0	0.3	1	1	0.7	0.6	0	0	0	0	0
HR	0	0	0	0	0	0.9	0	0	1	1	1	0	0.3	1	1	0.7	0.6	0	0	0	0	0
IT	0	0	0	0	0	1	0	0	0.7	0.8	0	0	0.3	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0
HU	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0
NL	1	1	0.4	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	0.8	0.6	1	1	1	0.6	0.8	0.6	1
AT	0	0.3	0	0	0	1	0.7	0	1	0.8	1	0	1	1	0.4	0.3	0	0	0	0	0	0
PO	0	0	0	0	0	1	0	0	0.4	0	0.5	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0
PT	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLO	0	0	0	0	0	1	0.3	0	1	0.4	1	0	0	0.7	1	0	0	0	0	0	0	0
SLK	0	0	0	0	0	1	0.4	0	1	0.5	1	0	0	0.8	1	0.1	0	0	0	0	0	0
FI	1	1	0	0.3	1	1	1	1	0.8	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.2	0	0.5	0
SE	0.8	1	0	0.1	0.9	0.8	1	1	0.6	1	1	1	0	0.9	1	1	1	1	0	0	0.3	0
NO	1	1	0	0.3	1	1	1	1	0.8	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0.2	0.5	0
UK	0.5	0.9	0	0	0.6	0.5	1	1	0.3	1	1	1	0	0.6	1	1	1	0.9	0	0	0	0

Κριτήριο g_2 – Ευρυζωνική πρόσβαση & πρόσβαση από κινητό

	BE	CZ	DN	GE	EE	IR	GR	ES	FR	HR	IT	HU	NL	AT	PO	PT	SLO	SLK	FI	SE	NO	UK
BE	0.8	0	0	0	0.32	1	0.27	0	1	0.88	1	0	0.07	1	0.82	0.07	0.84	0	0	0	0	0
CZ	0	0	0	0	0	0.83	0	0	0.42	0.08	0.36	0	0	0.25	0.03	0	0.05	0	0	0	0	0
DN	1	1	0.3	0.66	1	1	1	0.85	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0.27	0.09
GE	0.7	1	0	0.35	1	1	0.97	0.55	1	1	1	0	0.77	1	1	0.77	1	1	0	0	0	0
EE	0.35	1	0	0	0.67	1	0.62	0.2	1	1	1	0	0.42	1	1	0.42	1	0	0	0	0	0
IR	0	0.48	0	0	0	1	0	0	0.9	0.56	0.84	0	0	0.73	0.51	0	0.53	0	0	0	0	0
GR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	0	0.53	0	0	0.05	1	0	0.95	0.61	0.89	0	0	0.78	0.56	0	0.58	0	0	0	0	0	0
FR	0.15	0.95	0	0	0.47	1	0.42	1	1	1	0	0.22	1	0.98	0.22	1	0	0	0	0	0	0
HR	0	0	0	0	0	0.41	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IT	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0.34	0.28	0	0	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU	0	0	0	0	0	0.47	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NL	1	1	0.92	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.39	0.49	1	1	1	1	0.39	0.49	1	1
AT	0	0.73	0	0	0.25	1	0.2	0	1	0.81	1	0	0.98	0.76	0	0.78	0	0	0	0	0	0
PO	0	0	0	0	0	0.58	0	0	0.17	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PT	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0.39	0.06	0.33	0	0	0.23	0	0.02	0	0	0	0
SLO	0	0.73	0	0	0	0.24	1	0.19	0	1	0.81	1	0	0	0.98	0.75	0.77	0	0	0	0
SLK	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0	0.37	0.04	0.31	0	0	0.21	0	0	0	0	0	0
FI	1	1	0.54	0.84	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0.1	0.81	0.63	
SE	1	1	0.43	0.74	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0.7	0.52		
NO	0.73	1	0	0.03	0.38	1	1	1	0.58	1	1	1	0	0.8	1	1	0.81	1	0	0	
UK	0.92	1	0	0.21	0.57	1	1	1	0.76	1	1	1	0	0.98	1	1	0.99	1	0	0	0.18

Κριτήριο g_3 – Α.Ε.Π. σε Έρευνα και Ανάπτυξη

	BE	CZ	DN	GE	EE	IR	GR	ES	FR	HR	IT	HU	NL	AT	PO	PT	SLO	SLK	FI	SE	NO	UK
BE	0	1	0	0	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
CZ	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
DN	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
GE	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
EE	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0.5	1
IR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
GR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
FR	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
HR	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IT	0	0	0	0	0	0	1	0.1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
HU	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0.5	0	1	0	0	0	0
NL	0	0.7	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
AT	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
PO	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0
PT	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
SLO	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
SLK	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
SE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
NO	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0.6	
UK	0	0	0	0	0	0.5	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0

Κριτήριο g_4 – Online Sophistication

	BE	CZ	DN	GE	EE	IR	GR	ES	FR	HR	IT	HU	NL	AT	PO	PT	SLO	SLK	FI	SE	NO	UK
BE	0	0.7	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DN	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0.8	1	0.3	0	0.9	0	1	1	0	0.2	0.7	1
GE	0.4	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EE	1	1	0.2	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0.5	0.1	1	0	1	1	0.1	0.4	0.9	1
IR	1	1	0.2	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0.5	0.1	1	0	1	1	0.1	0.4	0.9	1
GR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	1	1	0.6	1	0.4	0.4	1	0	1	1	1	1	0.9	0.5	1	0	1	1	0.5	0.8	1	1
FR	1	1	0	0.8	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.7	0.3	0	0	0	0.1
HR	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IT	1	1	0	1	0	0	1	0	0.2	1	0	1	0	0	0.1	0	0.9	0.5	0	0	0	0.3
HU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NL	1	1	0	1	0	0	1	0	0.7	1	0.5	1	0	0	0.6	0	1	1	0	0	0.4	0.8

AT	1	1	0.1	1	0	0	1	0	1	1	0.9	1	0.4	1	0	1	1	0	0.3	0.8	1
PO	1	1	0	0.9	0	0	1	0	0.1	1	0	1	0	0	0	0.8	0.4	0	0	0	0.2
PT	1	1	1	1	0.9	0.9	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLO	0.5	1	0	0.1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLK	0.9	1	0	0.5	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0
FI	1	1	0.1	1	0	0	1	0	1	1	0.9	1	0.4	0	1	0	1	1	0.3	0.8	1
SE	1	1	0	1	0	0	1	0	0.8	1	0.6	1	0.1	0	0.7	0	1	1	0	0.5	0.9
NO	1	1	0	1	0	0	1	0	0.3	1	0.1	1	0	0	0.2	0	1	0.6	0	0	0.4
UK	1	1	0	0.7	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0.6	0.2	0	0	0

Κριτήριο g_5 – Συμμετοχή σε ηλεκτρονικές διαδικασίες (e-participation)

	BE	CZ	DN	GE	EE	IR	GR	ES	FR	HR	IT	HU	NL	AT	PO	PT	SLO	SLK	FI	SE	NO	UK	
BE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DN	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0.6	0	1	0	0	0	0	0	0
GE	1	1	1	1	0	0.5	0	0	0	1	0	1	0	0.7	1	0.5	1	0.7	0	0.9	0.1	0	0
EE	1	1	1	0.6	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0.5	1	0.7	0	0
IR	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0.2	1	0	1	0.2	0	0.4	0	0	0
GR	1	1	1	1	0.4	1	0	0.2	0	1	0.2	1	0	1	1	1	1	1	0.9	1	1	0	0
ES	1	1	1	0.8	0.2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0.7	1	0.9	0	0
FR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
HR	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IT	1	1	1	0.8	0.2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0.7	1	0.9	0	0
HU	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0
NL	1	1	1	1	1	1	1	1	0.4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.4
AT	1	1	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0.2	0	0	0
PO	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PT	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0.2	1	0	1	0.2	0	0.4	0	0	0
SLO	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLK	1	1	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0.2	0	0	0	0
FI	1	1	1	0.1	0	0.6	0	0	0	1	0	1	0	0.8	1	0.6	1	0.8	1	0.2	0	0	0
SE	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
NO	1	1	1	0	0	0.4	0	0	0	1	0	1	0	0.6	1	0.4	1	0.6	0	0.8	0	0	0
UK	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Κριτήριο g_6 – Αλληλεπίδραση πολιτών με τις αρχές

	BE	CZ	DN	GE	EE	IR	GR	ES	FR	HR	IT	HU	NL	AT	PO	PT	SLO	SLK	FI	SE	NO	UK	
BE	1	1	0	0.27	0.1	0	0.83	0	0	1	1	0.17	0	0	1	0.53	0	0.3	0	0	0	0.1	0
CZ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.57	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
DN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.77	1	1	1	1	1	0.13	0.5	0.1	1	1
GE	0	1	0	1	0	0	0.57	0	0	1	1	0	0	0	1	0.27	0	0.03	0	0	0	0	0
EE	0	1	0	0.17	1	0	0.73	0	0	1	1	0.07	0	0	1	0.43	0	0.2	0	0	0	0	0
IR	0.7	1	0	0.97	0.8	1	0.67	0	1	1	1	0.87	0	0.27	1	1	0.6	1	0	0	0	0.8	0
GR	0	0.63	0	0	0	0	0	0	0	0.83	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	0.03	1	0	0.3	0.13	0	0.87	1	0	1	1	0.2	0	0	1	0.57	0	0.33	0	0	0	0	0.13
FR	0.8	1	0	1	0.9	0.1	1	0.77	1	1	1	0.97	0	0.37	1	1	0.7	1	0	0	0	0	0.9
HR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.37	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0
IT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

HU	0	1	0	0.1	0	0	0.67	0	0	1	1	0	0	1	0.37	0	0.13	0	0	0	0
NL	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
AT	0.43	1	0	0.7	0.53	0	1	0.4	0	1	1	0.6	0	1	0.97	0.33	0.73	0	0	0	0.53
PO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT	0	0.93	0	0	0	0	0.3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SLO	0.1	1	0	0.37	0.2	0	0.93	0.07	0	1	1	0.27	0	0	1	0.63	0	0.4	0	0	0.2
SLK	0	1	0	0	0	0	0.53	0	0	1	1	0	0	0	1	0.23	0	0	0	0	0
FI	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.63	1	1	1	1	1	0.37	0	1
SE	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.27	1	1	1	1	1	0	0	1
NO	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.67	1	1	1	1	1	0.03	0.4	1
UK	0	1	0	0.17	0	0	0.73	0	0	1	1	0.07	0	0	1	0.43	0	0.2	0	0	0

Κριτήριο g_7 – Αλληλεπίδραση επιχειρήσεων με τις αρχές

	BE	CZ	DN	GE	EE	IR	GR	ES	FR	HR	IT	HU	NL	AT	PO	PT	SLO	SLK	FI	SE	NO	UK
BE	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0.93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CZ	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0.53	1	0	0	0.67	1
DN	1	0.33	0	1	1	0.27	1	1	0.07	1	1	1	1	1	1	1	0.87	1	0	0	1	1
GE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EE	1	0	0	1	0	0	0.33	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
IR	1	0.07	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0.6	1	0	0	0.73	1
GR	0.8	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67
ES	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FR	1	0.27	0	1	1	0.2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0.8	1	0	0	0.93	1
HR	1	0	0	1	0.2	0	0.53	1	0	0	1	0	0.07	0.07	0	0	0	0.07	0	0	0	1
IT	0	0	0	1	0	0	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HU	1	0	0	1	0.47	0	0.8	1	0	0.27	1	0	0.33	0.33	0.13	0.27	0	0.33	0	0	0	1
NL	1	0	0	1	0.13	0	0.47	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AT	1	0	0	1	0.13	0	0.47	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
PO	1	0	0	1	0.33	0	0.67	1	0	0.13	1	0	0.2	0.2	0	0.13	0	0.2	0	0	0	1
PT	1	0	0	1	0.2	0	0.53	1	0	0	1	0	0.07	0.07	0	0	0	0.07	0	0	0	1
SLO	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0.8	1	0.53	0.87	0.87	0.67	0.8	0	0.87	0	0	0.13	1
SLK	1	0	0	1	0.13	0	0.47	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
FI	1	0.73	0.4	1	1	0.67	1	1	0.47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.13	1	1	1
SE	1	0.6	0.27	1	1	0.53	1	1	0.33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
NO	1	0	0	1	0.87	0	1	1	0	0.67	1	0.4	0.73	0.73	0.53	0.67	0	0.73	0	0	0	1
UK	0.13	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Κριτήριο g_8 – Εμπειρία χρηστών

	BE	CZ	DN	GE	EE	IR	GR	ES	FR	HR	IT	HU	NL	AT	PO	PT	SLO	SLK	FI	SE	NO	UK
BE	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0.7	0	0	1	0	0	0	0.7
CZ	0	0	0	0	0	0	0.35	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
DN	0.7	1	0	1	0	0.3	1	0	0	1	0.45	1	0	0	1	0	0.2	1	0	0	0.15	1
GE	0	0.1	0	0	0	0	0.45	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
EE	1	1	1	1	0	1	1	0.5	0.9	1	1	1	1	0.7	1	0.35	1	1	0.65	0.9	1	1
IR	0.4	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0.15	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
GR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.55	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ES	1	1	0.75	1	0	1	1	0	0.4	1	1	1	0.7	0.2	1	0	0.95	1	0.15	0.4	0.9	1
FR	1	1	0.35	1	0	0.65	1	0	0	1	0.8	1	0.3	0	1	0	0.55	1	0	0	0.5	1

HR	0	0.35	0	0.25	0	0	0.7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
IT	0.25	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0.95	0	0	1	0	0	0	0.95
HU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.55	0	0	0	0	0
NL	0.75	1	0.05	1	0	0.35	1	0	0	1	0.5	1	0	1	0	0.25	1	0	0	0.2	1	1
AT	1	1	0.55	1	0	0.85	1	0	0.2	1	1	1	0.5	0	1	0	0.75	1	0	0.2	0.7	1
PO	0	0.65	0	0.55	0	0	1	0	0	0.3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
PT	1	1	0.9	1	0	1	1	0.15	0.55	1	1	1	0.85	0.35	1	0	1	1	0.3	0.55	1	1
SLO	0.5	1	0	1	0	0.1	1	0	0	1	0.25	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
SLK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FI	1	1	0.6	1	0	0.9	1	0	0.25	1	1	1	0.55	0.05	1	0	0.8	1	0	0.25	0.75	1
SE	1	1	0.35	1	0	0.65	1	0	0	1	0.8	1	0.3	0	1	0	0.55	1	0	0	0.5	1
NO	0.55	1	0	1	0	0.15	1	0	0	1	0.3	1	0	0	1	0	0.05	1	0	0	0	1
UK	0	0.65	0	0.55	0	0	1	0	0	0.3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

eGov-Evaluator:

**Ένα Πληροφοριακό Σύστημα
Υποστήριξης Αποφάσεων**

8.1 Εισαγωγή

Αντικείμενο του κεφαλαίου αυτού είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και υλοποίηση ενός Πληροφοριακού Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support System - DSS) το οποίο πραγματοποιεί συγκριτική αξιολόγηση και κατάταξη των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) με βάση το επίπεδο Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης καθεμιάς από αυτές. Το εν λόγω πληροφοριακό σύστημα, eGov-Evaluator αποφαινεται για λογαριασμό ενός συγκεκριμένου χρήστη ποιες χώρες είναι πιο προηγμένες σε σχέση με άλλες στον τομέα της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης και μάλιστα, σε ποια θέση βρίσκεται η εκάστοτε χώρα στην πανευρωπαϊκή κατάταξη.

Πιο συγκεκριμένα, το eGov-Evaluator αποτελεί την πρακτική υλοποίηση μιας συγκεκριμένης πολυκριτήριας μεθοδολογίας η οποία έχει αναπτυχθεί στα Κεφάλαια 3 και 6 της παρούσας διατριβής για τη συγκριτική αξιολόγηση και είναι σχεδιασμένο έτσι, ώστε να φιλοξενείται σε μια ιστοσελίδα στο διαδίκτυο, όπου διάφορες κατηγορίες χρηστών θα μπορούν να το προσπελαίνουν, προκειμένου να ενημερώνονται και να παρακολουθούν διαχρονικά την εξέλιξη και χαρτογράφηση του φαινομένου της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης ανά την Ευρώπη (Καλόγερος, 2014).

8.2 Ανατομία των αποφάσεων και Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ)

Μια ανατομία των αποφάσεων

Σύμφωνα με το κλασικό μοντέλο του Simon (1977) αλλά και μεταγενέστερες απόψεις, η διαδικασία λήψης μιας απόφασης μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα βασικά στάδια:

- 1) Το **Νοητικό Στάδιο** (Business Intelligence) που αποτελεί ουσιαστικά τη διάγνωση του προβλήματος:
 - Αναζήτηση περιπτώσεων που απαιτούν λήψη αποφάσεων
 - Αναγνώριση - καθορισμός προβλήματος
- 2) Το **Στάδιο Σχεδιασμού** (Design of Alternatives) που κυρίως αποτελεί την εύρεση εναλλακτικών επιλογών:
 - Διαμόρφωση - επιλογή μοντέλου (συστατικά -δομή)
 - Καθορισμός κριτηρίων επιλογής
 - Αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων

- Υπολογισμός των επιπτώσεων από την πιθανή εφαρμογή κάθε λύσης
 - Εφαρμογή σεναρίων
- 3) Το **Στάδιο Αξιολόγησης (Evaluation)** που έχει ως στόχο την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων βάσει των μοντέλων και κριτηρίων:
- Επίλυση του μοντέλου
 - Αναζήτηση λύσης κατευθυνόμενη από τα δεδομένα
 - Αναζήτηση λύσης κατευθυνόμενη από τον στόχο
 - Επιλογή εναλλακτικής λύσης
 - Σχεδίαση ολοκλήρωσης
- 4) Το **Στάδιο Επιλογής (Choice/Selection)** είναι η τελική επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής:
- Εφαρμογή της προτεινόμενης λύσης
 - Έλεγχος αποτελεσμάτων
 - Διορθωτικές κινήσεις

Οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε μία επιχείρηση, έναν φορέα ή δημόσιο οργανισμό κατατάσσονται, ως προς το ιεραρχικό τους επίπεδο, σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Αποφάσεις καθημερινής λειτουργίας:** σε επίπεδο υπαλλήλου (Operational), όπως για παράδειγμα αποφάσεις που έχουν να κάνουν με παραγγελίες πρώτων υλών, αποφάσεις για τη χορήγηση δανείων, αποφάσεις καθορισμού μιας τιμής προσφοράς προς έναν πελάτη, κτλ.
- **Τακτικές αποφάσεις:** σε επίπεδο Διευθυντή (Tactical - Managerial), όπως για παράδειγμα η αγορά ενός νέου μηχανήματος, μια εξωτερική προμήθεια ή μια εσωτερική κατασκευή, το άνοιγμα ενός νέου υποκαταστήματος, κτλ.
- **Στρατηγικές αποφάσεις:** σε επίπεδο ανωτάτων στελεχών - διοίκησης (Strategic), με παραδείγματα όπως η επένδυση σε νέα προϊόντα, ίδρυση νέων εργοστασίων, επέκταση σε άλλες χώρες, κτλ.

Κατά τους Keen και Scott-Morton (1978) οι αποφάσεις, ως προς το βαθμό δόμησης τους, διαίρονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Δομημένες Αποφάσεις (Structured):** λαμβάνονται με αυτοματοποιημένο τρόπο μέσα από μηχανογραφημένες διαδικασίες χωρίς να συμμετέχει ο αποφασίζων. Είναι συνηθισμένες, επαναλαμβανόμενες και τυποποιημένες αποφάσεις και συνεπώς υπάρχει σχετική εμπειρία όσον αφορά την λήψη των αποφάσεων αυτών. Οι δομημένες αποφάσεις μπορούν να αυτοματοποιηθούν πλήρως με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών με το χρήστη να έχει πιθανόν μια δυνατότητα τελικής επιλογής/επιβεβαίωσης.

- **Αδόμητες Αποφάσεις (Unstructured):** θεωρούνται αυτές οι αποφάσεις που είτε δεν υπάρχει η δυνατότητα να δομηθούν είτε δεν έχει αναλυθεί σε βάθος και απαντηθεί το ερώτημα αν υπάρχει αυτή η δυνατότητα. Για τις αποφάσεις αυτές δεν υπάρχει εμπειρία σχετικά με τη λήψη τους, δηλαδή για κάθε στάδιο ποια δεδομένα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη και ποιες διαδικασίες πρέπει να πραγματοποιηθούν. Πρωταγωνιστικό ρόλο παίζει η κρίση του αποφασίζοντος και η διαίσθηση του. Οι αδόμητες αποφάσεις δεν είναι δυνατόν να αυτοματοποιηθούν πλήρως από ένα υπολογιστικό σύστημα, αλλά μπορούν να υποστηριχθούν αποτελεσματικά όσον αφορά στην πρόσβαση σε δεδομένα και την επεξεργασία τους.
- **Ημιδομημένες Αποφάσεις (Semistructured):** λαμβάνονται μέσα από ένα σύστημα «άνθρωπος - μηχανή» όπου τον πρωταρχικό και βασικό ρόλο έχει ο «άνθρωπος» (αποφασίζων) έχοντας υπό πλήρη έλεγχο και εποπτεία τη «μηχανή» (ηλεκτρονικός υπολογιστής). Είναι μια «υβριδική» κατηγορία αποφάσεων που βρίσκεται μεταξύ των δύο προηγούμενων και έχει να κάνει με αποφάσεις για τις οποίες υπάρχει μια εμπειρία «μέτριου - μεσαίου» επιπέδου όχι όμως και καθορισμένα βήματα βασισμένα στη λεπτομέρεια, όπως για παράδειγμα ο προγραμματισμός παραγωγής σε μια επιχείρηση.

Όπως τονίστηκε επαρκώς στα τρία πρώτα κεφάλαια της διατριβής, η πλειοψηφία των αποφάσεων που λαμβάνουμε χαρακτηρίζονται ως πολυκριτήριες (multicriteria decisions) ή πολυδιάστατες, δηλαδή για να φτάσουμε σε μία από αυτές πρέπει να συνυπολογίσουμε πολλά δεδομένα, παράγοντες, διαστάσεις και πολλαπλά κριτήρια. Κατά συνέπεια δεν υπάρχει πάντα η «απόλυτα» σωστή απόφαση για ένα πρόβλημα, αλλά αναλόγως με την προσέγγιση που επιχειρεί ένας αποφασίζων και τη σπουδαιότητα που θα δώσει σε ένα κριτήριο επιλογής έναντι των άλλων, φτάνει σε μια ικανοποιητική για αυτόν απόφαση. Είναι λοιπόν σαφές ότι οι πολυκριτήριες αποφάσεις, στη μεγαλύτερη πλειοψηφία τους, ανήκουν στην κατηγορία των αδόμητων αποφάσεων.

8.2.1 Δομή και σχεδιασμός ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων

Η ραγδαία εξέλιξη της πληροφορικής σε συνδυασμό με την αναθεώρηση του τρόπου προσέγγισης των προβλημάτων απόφασης είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των «Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων» (ΣΥΑ, αγγλ. Decision Support Systems ή DSS, γαλλ. SIAD ή Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision). Ο όρος αυτός πρωτοεμφανίζεται στις αρχές της δεκαετίας του '70 και αποδίδει μια νέα αντίληψη, στα πλαίσια της Επιστήμης των Αποφάσεων, η οποία αφορά στον χειρισμό και την αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων απόφασης. Στόχος των ΣΥΑ είναι η ενίσχυση του ρόλου του αποφασίζοντος μέσα στην επιχείρηση και η διευκόλυνση του έργου του για μία αποτελεσματικότερη διοίκηση.

Τα ΣΥΑ αναδεικνύουν και αξιοποιούν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τη συμβολή των μοντέλων απόφασης στην επιτυχή περάτωση μιας διαδικασίας απόφασης. Τα ΣΥΑ συμπλήρωσαν παρά αντικατέστησαν τα παραδοσιακά Πληροφοριακά Συστήματα Διοίκησης (ΠΣΔ, Management Information Systems, MIS) των οποίων η εμφάνιση τοποθετείται στις αρχές της δεκαετίας του '60. Στόχος των ΠΣΔ ήταν και εξακολουθεί να είναι η εφαρμογή της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην διεκπεραίωση των λειτουργιών διαφόρων προκαθορισμένων τομέων δραστηριοτήτων στις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς. Τα ΠΣΔ και τα ΣΥΑ συνθέτουν σήμερα ένα δυναμικό πλαίσιο για αποτελεσματικότερη και αποδοτικότερη οργάνωση και διοίκηση.

Η ερμηνεία του όρου δεν είναι πάντα η ίδια στην βιβλιογραφία, είναι όμως κοινά αποδεκτό ότι τα ΣΥΑ αντιπροσωπεύουν μία αντίληψη του ρόλου των ηλεκτρονικών υπολογιστών στις διαδικασίες αποφάσεων.

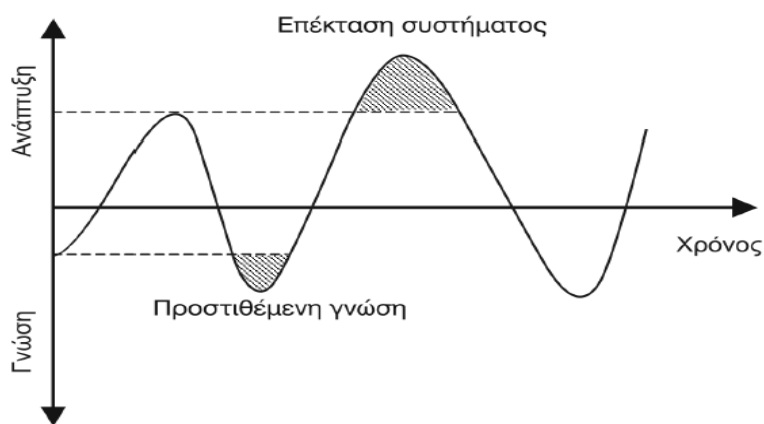
Οι Keen και Scott-Morton (1978), σε μία προσπάθειά τους να προσδιορίσουν τον ρόλο των ΣΥΑ σε έναν οργανισμό, υποστηρίζουν ότι ένα ΣΥΑ αποσκοπεί στη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή για να προάγει την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών λήψης αποφάσεων σε προβλήματα ή δραστηριότητες που χαρακτηρίζονται από χαμηλό βαθμό δόμησης, υποστηρίζοντας και όχι υποκαθιστώντας την κρίση των αποφασίζοντων. Οι συγγραφείς, κάνοντας σαφή διάκριση μεταξύ των όρων «αποδοτικότητα» (efficiency) και «αποτελεσματικότητα» (effectiveness), έννοιες συχνά αντικρουόμενες, υποστηρίζουν ότι βασική επιδίωξη των ΣΥΑ είναι η αύξηση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών απόφασης. Με τον τρόπο αυτό αποδίδουν έναν ιδιαίτερο ρόλο στα ΣΥΑ, διακρίνοντας τα από τα ΠΣΔ, τα οποία προσανατολίζονται στην επίλυση δομημένων προβλημάτων απόφασης.

Η θεώρηση των ΣΥΑ από τους Keen και Scott-Morton (1978) δεν διαφέρει από εκείνη του Alter (1980) ο οποίος επισημαίνει τη διαφορά μεταξύ των ΣΥΑ και των ΠΣΔ στο ότι, τα πρώτα σχεδιάζονται για να διευκολύνουν και ενισχύσουν τη συμμετοχή του αποφασίζοντος στις διαδικασίες απόφασης, ενώ τα ΠΣΔ αποσκοπούν στην αυτοματοποίηση των διαφόρων λειτουργιών, την καταχώρηση και επεξεργασία δεδομένων και την έκδοση πληροφοριών.

Οι Sprague και Carlson (1982) αντιλαμβάνονται τα ΣΥΑ ως διαδικασίες υποστηριζόμενες από ηλεκτρονικό υπολογιστή, οι οποίες αποσκοπούν στην διεύρυνση του γνωστικού πεδίου των αποφασίζοντων σχετικά με τα προβλήματα του οργανισμού που καλούνται να αντιμετωπίσουν. Υποστηρίζουν και αυτοί ότι ο ρόλος των ΣΥΑ είναι διαφορετικός από εκείνον των ΠΣΔ και ότι όλες αυτές οι δομές-συστήματα μαζί με τα συστήματα επικοινωνίας ορίζουν μια τρίτη διάσταση, τη διάσταση των συστημάτων στο παραδοσιακό διαξωνικό σύστημα «Οργανωτική διάταξη – Λειτουργικές διαδικασίες».

Ως Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) μπορεί να οριστεί ένα πληροφοριακό σύστημα που υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων μέσα από διαδικασίες επεξεργασίας δεδομένων και ζητούμενων στοιχείων, διαχείρισης μιας βάσης γνώσης και κατασκευάζεται στη βάση διαλεκτικών διαδικασιών με δυνατότητα παρέμβασης του χρήστη (Matsatsinis & Siskos, 2003). Ένα ΣΥΑ χρησιμοποιεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα μοντέλα απόφασης σε μια αποτελεσματική διαδικασία λήψης απόφασης και υποστηρίζει τον αποφασίζοντα, παρέχοντας του δυνατότητες όπως η επιτάχυνση στην αναζήτηση και επεξεργασία δεδομένων, η ενίσχυση στη μνήμη, τη γνώση και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ένα ΣΥΑ συνδυάζει τις ανθρώπινες νοητικές ικανότητες και τις δυνατότητες που έχει ένα υπολογιστικό σύστημα, με στόχο την καλύτερη ποιότητα και αποτελεσματικότητα στη λήψη αποφάσεων. Πρέπει λοιπόν το ΣΥΑ να έχει τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το χρήστη, να είναι φιλικό προς αυτόν και να είναι προσαρμοσμένο στις ανάγκες, τα δεδομένα και τους κανόνες που θέτει ένας αποφασίζων (Σίσκος, 2008).

Τα ΣΥΑ μπορούν να χαρακτηριστούν ως εξελισσόμενα συστήματα, ικανά να προσαρμόζονται συνεχώς στις απαιτήσεις που προβάλλει ο χρήστης καθώς επίσης και στην αυξανόμενη γνώση που εκείνος αποκτά. Στο Σχήμα 8.1 φαίνεται η εξέλιξη ενός ΣΥΑ στο χρόνο βάσει της ανάπτυξης του και της γνώσης που παρέχει μέσα στο χρόνο.



Σχήμα 8.1: Η εξέλιξη ενός ΣΥΑ

Για το σχεδιασμό ενός ΣΥΑ, είναι προφανές ότι την ευθύνη σχεδιασμού του ΣΥΑ δεν μπορεί να έχει ένα άτομο αλλά μια ολόκληρη ομάδα σχεδιασμού η οποία αποτελείται από επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων. Στο Σχήμα 8.2 φαίνεται η δομή μιας τέτοιας ομάδας σχεδιασμού ενός ΣΥΑ.



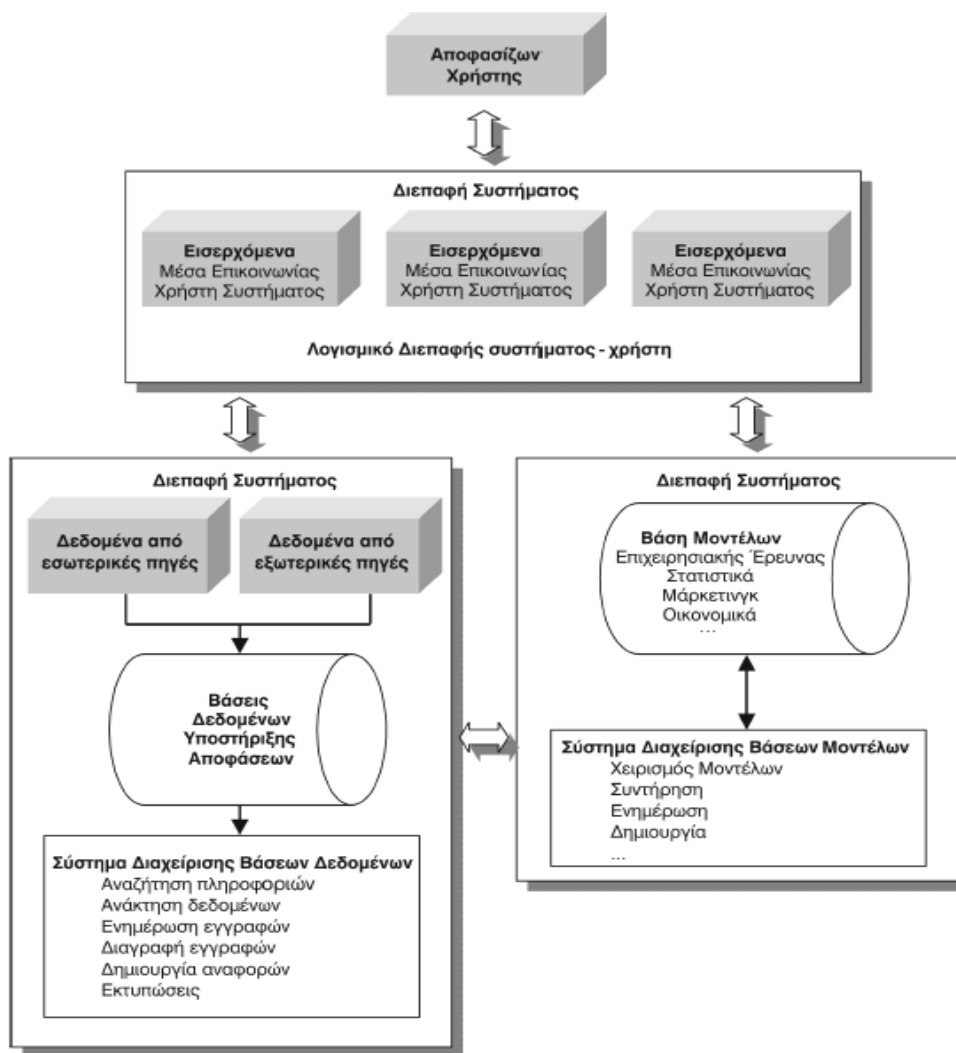
Σχήμα 8.2: Δομή ομάδας σχεδιασμού ενός ΣΥΑ

Οι αποφασίζοντες είναι εκείνοι που θέτουν τις απαιτήσεις του συστήματος βάσει των οποίων θα γίνει και η υλοποίηση του. Πρόκειται για τις απαιτήσεις που πρέπει να αναλυθούν από τους αρμόδιους επιστήμονες ώστε να φτάσουμε σε ένα ΣΥΑ που θα υλοποιεί τους αρχικούς στόχους του συστήματος. Οι αναλυτές λοιπόν επιλέγουν τις βάσεις δεδομένων στις οποίες θα στηριχθεί, τα μοντέλα αποφάσεων που θα χρησιμοποιηθούν και φυσικά το σχεδιασμό ενός διαδραστικού περιβάλλοντος για το χρήστη και όλα αυτά μέσα από το διάλογο με τους αποφασίζοντες. Η τρίτη υποομάδα αποτελείται από τους τεχνικούς συστημάτων οι οποίοι επιλέγουν τα υλικά (hardware) με τα οποία θα υλοποιηθεί το ζητούμενο ΣΥΑ.

Ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων σε πλήρη και σωστή λειτουργία αποτελείται από τέσσερα υποσυστήματα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8.3:

- Αποφασίζων – χρήστης
- Διεπαφή χρήστη – συστήματος
- Βάσεις Δεδομένων
- Βάσεις Μοντέλων

Αυτές είναι οι τέσσερις συνιστώσες της αρχιτεκτονικής ενός ΣΥΑ και όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8.3, ο Αποφασίζων επικοινωνεί μέσω ενός Λογισμικού Διεπαφής (GUI) με τις Βάσεις Δεδομένων και τις Βάσεις των Μοντέλων και φυσικά υπάρχει και η απαραίτητη επικοινωνία μεταξύ των Δεδομένων και των Μοντέλων. Έτσι συντελείται αποτελεσματικά η ροή ενεργειών και πληροφοριών μέσα σε ένα ΣΥΑ. Ας εξετάσουμε λίγο πιο αναλυτικά κάθε ένα από αυτά τα υποσυστήματα.



Σχήμα 8.3: Αρχιτεκτονική ενός ΣΥΑ (Matsatsinis & Siskos, 2003)

Οι αποφασίζοντες είναι αυτοί που με τις εισηγήσεις τους, βάσει των αναγκών που προβάλλονται, οδηγούν τους αναλυτές και σχεδιαστές του συστήματος στο επιθυμητό αποτέλεσμα / στόχο. Διακρίνουμε δύο μεγάλες κατηγορίες χρηστών: α) χρήστες που έχουν καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό των απαιτήσεων / αναγκών και β) χρήστες που έχουν ως κύρια αρμοδιότητα και ειδικευση στην πλήρη εφαρμογή του συστήματος. Είναι φανερό ότι και οι δύο κατηγορίες χρηστών είναι πολύ σημαντικοί σε ένα ΣΥΑ. Το υποσύστημα Διεπαφή Χρήστη - Συστήματος είναι υπεύθυνο για την την επικοινωνία ανάμεσα στο χρήστη και το ΣΥΑ. Είναι εφοδιασμένο με γραφικά και οθόνες (GUI) καθώς και επιλογές οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να αλληλοεπιδρά με το σύστημα και να ανταλλάσσει τις απαραίτητες πληροφορίες και τα στοιχεία μέσω των οποίων θα τρέξουν οι διαδικασίες που θα οδηγήσουν στη λήψη της απόφασης. Για να είναι αποτελεσματικό και πετυχημένο το συγκεκριμένο υποσύστημα θα πρέπει να διέπεται από φιλικότητα, ευελιξία, απλότητα αλλά όχι απλοϊκότητα, ευκολία στη χρήση, αξιοπιστία, στοχοθετημένο πλάνο και ευέλικτες επιλογές παραμετροποίησης.

Όλα αυτά τα στοιχεία συντελούν σε μια σωστή επικοινωνία μεταξύ χρήστη, βάσης δεδομένων και μοντέλων.

Οι Βάσεις Δεδομένων περιέχουν δεδομένα και πληροφορίες που μπορούν να προσπελαστούν και να χρησιμοποιηθούν από περισσότερους από έναν χρήστες. Πρόκειται για ένα λογισμικό που είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση, συντήρηση, διαχείριση και αναζήτηση δεδομένων. Όσον αφορά στην αποθήκευση των δεδομένων αυτή επιτυγχάνεται με βάσεις που επιτρέπουν την εύκολη και γρήγορη προσπέλαση τους από τους χρήστες του συστήματος. Επίσης πρέπει να υπάρχουν εργαλεία στο πακέτο λογισμικού τα οποία να παρέχουν δυνατότητες στη διαχείριση των δεδομένων, όπως καταχώρηση, αναβάθμιση, διαγραφή, ανάκτηση και συντήρηση των βάσεων δεδομένων. Συνήθως επιλέγεται ένα λογισμικό το οποίο πρέπει να έχει όλες αυτές τις δυνατότητες και λειτουργίες, όμως δεν είναι λίγες οι φορές που χρησιμοποιούνται και εξωτερικά εργαλεία τα οποία βελτιώνουν το βασικό λογισμικό διαχείρισης βάσεων δεδομένων.

Ένα μοντέλο θεωρείται ότι είναι μια απλοποιημένη αναπαράσταση ή αφηρημένη αποτύπωση της πραγματικότητας. Το υποσύστημα των Βάσεων Μοντέλων είναι αυτό που απαλλάσσει το χρήστη από μεγάλο μέρος των διαχειριστικών λειτουργιών του συστήματος και η Διαχείριση Μοντέλων (Προτύπων) που αυτό παρέχει αναλαμβάνει την ορθή λειτουργία των μοντέλων που χρειάζεται ένα ΣΥΑ για να καταλήξει στη λήψη μιας απόφασης. Η δομή της βάσης μοντέλων είναι αντίστοιχη με αυτήν της βάσης δεδομένων και παρέχονται επίσης και τα κατάλληλα εργαλεία διαχείρισης. Το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί και σε αυτό το υποσύστημα πρέπει να παρέχει τις βάσεις στις οποίες αποθηκεύονται και συντηρούνται τα μοντέλα, τα εργαλεία διαχείρισης και εκτέλεσης των μοντέλων, ώστε αυτά να χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες του συστήματος αποτελεσματικά και μια δομή με καταλόγους / ευρετήρια των μοντέλων που περιέχει απαραίτητες πληροφορίες για αυτά. Η τελική επεξεργασία και εκτέλεση των μοντέλων οδηγεί σε μια αναπαράσταση πληροφοριών και αποτελεσμάτων που συντελούν στη λήψη της απόφασης.

8.3 Σχεδιασμός του συστήματος

Η παράγραφος αυτή περιλαμβάνει λεπτομερή περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για τον σχεδιασμό του πληροφοριακού συστήματος, λαμβάνοντας υπ' όψη τους χρήστες στους οποίους απευθύνεται καθώς επίσης και τις λειτουργίες τις οποίες αυτό θα παρέχει. Έτσι λοιπόν, αρχικά γίνεται καταγραφή των επιμέρους κατηγοριών χρηστών και έπειτα γίνεται συσχέτιση αυτών των κατηγοριών με τις αντίστοιχες λειτουργίες τις οποίες το σύστημα θα τους παρέχει.

Στη συνέχεια, γίνεται καταγραφή των προδιαγραφών και των σχεδιαστικών αποφάσεων που ελήφθησαν, προκειμένου το σύστημα να εκπληρώνει το στόχο του και να εξυπηρετεί τους χρήστες στους οποίους απευθύνεται.

8.3.1 Κατηγορίες χρηστών

Επισκέπτες (Visitors): Η πρώτη κατηγορία αφορά τους απλούς χρήστες οι οποίοι θα μπορούν να επισκέπτονται το πληροφοριακό σύστημα στην ιστοσελίδα που θα το φιλοξενεί στο διαδίκτυο και να ανακτούν διάφορες πληροφορίες σχετικά με την Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση σε διάφορες χώρες της ΕΕ. Θα έχουν απλές δυνατότητες περιήγησης στην ιστοσελίδα, ενημέρωσης και εκτύπωσης πληροφοριών.

Αποφασίζοντες (Decision Makers): Η δεύτερη κατηγορία χρηστών, αφορά τους αποφασίζοντες οι οποίοι θα έχουν το δικαίωμα να εγγραφούν στην ιστοσελίδα (Sign Up) και να αποκτήσουν δικαιώματα σε περαιτέρω λειτουργίες της πλατφόρμας. Είναι ίσως η ουσιαστικότερη κατηγορία γιατί είναι και αυτοί χρήστες που μπορούν να εφαρμόσουν πλήρως και με επιτυχία το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων.

Διαχειριστές Πλατφόρμας (Administrators): Η τρίτη κατηγορία χρηστών αφορά στους διαχειριστές της εφαρμογής οι οποίοι έχουν την ευθύνη και τη δυνατότητα να ενημερώνουν τον ιστότοπο και να υλοποιήσουν πιθανόν μελλοντικές λειτουργίες και επεκτάσεις της διαδικτυακής εφαρμογής.

8.3.2 Τεχνολογίες και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

Σε αυτή την εφαρμογή έγινε χρήση της πλατφόρμας .NET. Οι γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν είναι η C#, HTML, asp, javascript, SQL, ενώ τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, από άποψη λογισμικού, και υλοποίησαν αυτές τις γλώσσες είναι το Microsoft Visual Studio 2010 και ο Microsoft SQL Server 2010. Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά τα πιο σημαντικά «υλικά» που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του πληροφοριακού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων eGov-Evaluator.

.NET Framework

Το .NET Framework είναι μια πλατφόρμα λογισμικού η οποία εγκαθιστάται σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές που έχουν ως λειτουργικό σύστημα αυτό των Windows. Περιέχει ένα μεγάλο αριθμό προγραμματιστικών λύσεων και εφαρμογών για τα πιο κοινά προγραμματιστικά προβλήματα. Επίσης, περιέχει μια εικονική μηχανή που διαχειρίζεται όλες τις διαδικασίες που αφορούν την εκτέλεση των προγραμμάτων. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του .NET Framework είναι το ότι υποστηρίζει πολλές και διάφορες γλώσσες προγραμματισμού με αποτέλεσμα ο χρήστης να μπορεί να

χρησιμοποιήσει κομμάτια (βιβλιοθήκη) του framework σε οποιαδήποτε, από τις υποστηριζόμενες γλώσσες. Η πλατφόρμα αυτή που είναι πολύ σημαντική και χρήσιμη και σε αυτήν οποία βασίζονται οι περισσότερες εφαρμογές που τρέχουν σε windows, έχει κατασκευαστεί από την microsoft. Η βασική βιβλιοθήκη του framework δίνει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να χρησιμοποιήσουν μια ευρεία γκάμα εργαλείων για τη δημιουργία: διεπαφών χρήστη, πρόσβασης σε δεδομένα, διασύνδεσης με βάσεις δεδομένων, εφαρμογών στον παγκόσμιο ιστό, αλλά επίσης και εργαλεία που σχετίζονται με: κρυπτογραφία, αλγόριθμους και επικοινωνία μέσω δικτύου. Οι προγραμματιστές συνδυάζουν τη βασική βιβλιοθήκη που παρέχει το .NET Framework με τον δικό τους κώδικα δημιουργούν τις εφαρμογές που θέλουν.

Τα προγράμματα που έχουν κατασκευαστεί με το .NET Framework εκτελούνται σε ένα περιβάλλον λογισμικού το οποίο διαχειρίζεται τις απαιτήσεις εκτέλεσης. Ένα σημαντικό μέρος του .NET Framework είναι γνωστό ως Common Language Runtime (CLR). Το CLR παρέχει μια εικονική μηχανή την οποία χρησιμοποιούν οι προγραμματιστές ώστε να μην χρειάζεται να υπολογίζουν την αρχιτεκτονική του τερματικού / υπολογιστή στον οποίο εκτελούν τα προγράμματά τους. Παράλληλα, το CLR περιέχει και άλλες πολύ σημαντικές υπηρεσίες όπως είναι η ασφάλεια, η διαχείριση της μνήμης αλλά και ο χειρισμός λαθών. Μπορούμε να πούμε ότι το .NET Framework αποτελείται από το συνδυασμό της βιβλιοθήκης κλάσεων και του CLR. Η έκδοση 3.0 του .NET Framework βρίσκεται ενσωματωμένη στα λειτουργικά των Windows Server 2008 και Windows Vista. Στη συνέχεια συναντάμε την έκδοση 3.5 στα λειτουργικά των Windows 7. Τέλος, στις 20 Μαΐου 2009, η microsoft εξέδωσε την δοκιμαστική (beta) έκδοση 4.0 της πλατφόρμας και το Φεβρουάριο του 2010, εκδόθηκε η candidate έκδοση 4.0 για να δωθεί τελικά από τη microsoft, στις 12 Απριλίου 2010 η τελική και επίσημη έκδοση 4.0 του .NET Framework. Αυτή η έκδοση χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της εφαρμογής μας, του eGov-Evaluator.

ASP.NET

Η ASP.NET είναι μια web πλατφόρμα η οποία παρέχει στους προγραμματιστές όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για την κατασκευή δυναμικών διαδικτυακών εφαρμογών. Η πλατφόρμα έχει σαν βάση το .NET Framework και επομένως όλα τα χαρακτηριστικά του είναι διαθέσιμα στις ASP.NET εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να προγραμματιστούν με οποιαδήποτε από τις υποστηριζόμενες γλώσσες με τις πιο διαδεδομένες να είναι η Visual Basic η C#.

Η ASP.NET ήρθε να αντικαταστήσει την κλασική ASP τεχνολογία που ήταν η πρώτη προσπάθεια της Microsoft για να αναπτύξει μια πλατφόρμα που αφορά το διαδικτυακό προγραμματισμό. Μερικά από τα νέα χαρακτηριστικά της ASP.NET σε σχέση με την κλασική ASP είναι τα εξής:

- Διαχωρισμός μεταξύ εμφάνισης και κώδικα.
- Καθορισμός ενός μοντέλου ανάπτυξης εφαρμογών το οποίο είναι πολύ πιο κοντά σε αυτό της ανάπτυξης desktop εφαρμογών.
- Ένα νέο περιβάλλον ανάπτυξης, το Visual Studio, δημιουργήθηκε για να βοηθήσει τους προγραμματιστές να προγραμματίσουν και να κατασκευάσουν διαδικτυακές εφαρμογές με τη βοήθεια ενός οπτικού περιβάλλοντος προγραμματισμού.
- Δυνατότητα επιλογής ανάμεσα από έναν αριθμό αντικειμενοστραφών γλωσσών προγραμματισμού με πιο διαδεδομένες τη Visual Basic .NET και τη C#.
- Πρόσβαση σε ολόκληρο το .NET Framework με αποτέλεσμα ένα μοναδικό και εύκολο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα χρήσης σημαντικών χαρακτηριστικών της πλατφόρμας για τη διασύνδεση με βάσεις δεδομένων, αρχεία, e-mails, εργαλεία δικτύων και άλλα πολλά.

Ένα αρχείο που περιέχει μια ASP.NET σελίδα έχει την κατάληξη .aspx. Αυτά τα αρχεία για να «τρέξουν» πρέπει να υπάρχει ένα ειδικό λογισμικό στον server, ο web-server. Ο web-server που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση των aspx αρχείων σε περιβάλλον Windows είναι ο Internet Information Server (IIS). Στον web-server υπάρχει ένα μικρό κομμάτι λογισμικού που αναλαμβάνει να εκτελέσει τον κώδικα σε asp.net. Ένα aspx αρχείο μπορεί να περιέχει κώδικα σε γλώσσες όπως η HTML, η Javascript, η ASP αλλά και κώδικα στη γλώσσα .NET η οποία έχει επιλεγεί για τον προγραμματισμό της εφαρμογής στο κομμάτι που αφορά τον server. Γενικά ένα αρχείο aspx μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα. Το πρώτο μέρος είναι αυτό το οποίο περιέχει τον κώδικα ο οποίος θα εκτελεστεί τοπικά στον περιηγητή. Το δεύτερο είναι ο κώδικας ο οποίος θα εκτελεστεί στον server.

Συνοπτικά η λειτουργία της ASP.NET τεχνολογίας είναι η εξής:

- Ο περιηγητής ζητάει ένα αρχείο HTML και ο server στέλνει το αρχείο αυτό.
- Ο περιηγητής ζητάει ένα ASP.NET αρχείο και ο IIS περνάει την αίτηση στη μηχανή του server που επεξεργάζεται το ASP.NET κομμάτι.
- Η ASP.NET μηχανή διαβάσει το αρχείο και εκτελεί τα scripts που περιέχονται μέσα σε αυτό.
- Τέλος, το ASP.NET αρχείο επιστρέφεται στον περιηγητή ως HTML αρχείο.

Η γλώσσα προγραμματισμού C#

Η C# είναι μια αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού η οποία δημιουργήθηκε από τη Microsoft. Στη συνέχεια ήρθε η αναγνώρισή της σαν πρότυπο από τους

οργανισμούς Ecma και ISO. Η C# μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για συναρτησιακό ή δομημένο προγραμματισμό. Στόχος της microsoft ήταν να δημιουργήσει μια γλώσσα απλή, μοντέρνα, γενικού-σκοπού και αντικειμενοστρεφή. Η ομάδα δημιουργίας της γλώσσας είχε επικεφαλής τον Anders Hejlsberg και η νεότερη έκδοσή της είναι η 4 την οποία χρησιμοποιούμε και στην εφαρμογή μας.

Η C# έχει πολλά στοιχεία από τις C, C++ και JAVA γλώσσες προγραμματισμού και συντακτικά μοιάζει πολύ στη C++ και στη JAVA καθώς πολλές λέξεις-κλειδιά είναι ίδιες. Παράλληλα μοιράζεται με αυτές τη δομή των μπλοκ που ορίζονται με τα σύμβολα “{” και “}”, αλλά και την οριοθέτηση των εντολών με το σύμβολο “;”. Οι ομοιότητες είναι εμφανείς αλλά η C# μπορούμε να πούμε ότι είναι πιο εύκολη στην εκμάθηση από την C++ και παρόμοιας δυσκολίας με τη JAVA. Επίσης έχει υιοθετήσει την απλότητα της Visual Basic αλλά και την υψηλή απόδοση της C++ σε θέματα χαμηλού επιπέδου διαχείρισης της μνήμης.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της C# είναι τα εξής:

- Πλήρης υποστήριξη κλάσεων και αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού.
- Μεταβλητές συνεπείς και καθορισμένες με σαφήνεια.
- Δεν υπάρχουν καθολικές μεταβλητές και μέθοδοι, αλλά όλες οι μέθοδοι πρέπει να δηλώνονται μέσα στις κλάσεις.
- Ενσωματωμένη δυνατότητα αυτόματης παραγωγής XML documentation.
- Αυτόματο καθάρισμα της δυναμικά δεσμευμένης μνήμης.
- Δυνατότητα για μαρκάρισμα κλάσεων ή μεθόδων με κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.
- Πλήρης πρόσβαση στη βασική βιβλιοθήκη του .NET Framework και εύκολη πρόσβαση στο Windows API.
- Προσπέλαση της μνήμης με δείκτες ή απ' ευθείας.
- Δυνατότητα υποστήριξης ιδιοτήτων (properties) και γεγονότων (events) στο στυλ της Visual Basic.
- Δυνατότητα μεταγλώττισης του προγράμματος μας σε εκτελέσιμο αρχείο ή βιβλιοθήκη η οποία θα περιέχει .NET συστατικά τα οποία μπορούν να κληθούν από άλλα τμήματα κώδικα σαν ActiveX controls.
- Η C# μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προγραμματισμό δυναμικών ιστοσελίδων ASP.NET αλλά και XML Web Services
- Η C# υποστηρίζει έναν αυστηρό τύπο δεδομένων για boolean μεταβλητές, τον bool.

- Σε αντίθεση με “try...catch” που χρησιμοποιούμε, δίνεται η δυνατότητα χρήσης της “try...finally” η οποία εγγυάται την εκτέλεση του κώδικα που βρίσκεται μέσα στο finally μπλοκ.
- Παρέχει πλήρη δυνατότητα για reflection programming.
- Η C# έχει 77 δεσμευμένες λέξεις στην τελευταία έκδοσή της (έκδοση 4).

ASP

Η γλώσσα προγραμματισμού ASP (Active Server Pages) έχει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι ο κώδικάς της πρώτα μεταγλωττίζεται στον server και μετά φορτώνεται σαν ένα κανονικό html έγγραφο, χωρίς ο χρήστης να είναι σε θέση να δει τον αρχικό κώδικα. Με την τεχνολογία της ASP μπορούμε να δημιουργήσουμε δυναμικές ιστοσελίδες (dynamic web pages). Ανταγωνιστικές της τεχνολογίας ASP είναι η τεχνολογία Php (HyperText PreProcessor) καθώς και η τεχνολογία CFML (ColdFusion Markup Language).

Ένα αρχείο ASP είναι ακριβώς το ίδιο όπως ένα αρχείο HTML και μπορεί να περιέχει κείμενο, HTML tags και scripts. Τα scripts σε ένα αρχείο ASP εκτελούνται στον server. Τέλος ένα αρχείο ASP έχει την επέκταση .asp.

Η γλώσσα προγραμματισμού ASP έχει πολλά πλεονεκτήματα να προσφέρει σε έναν προγραμματιστή. Μπορεί να:

- τροποποιήσει δυναμικά το περιεχόμενο μιας ιστοσελίδας,
- απαντά σε ερωτήσεις χρήστη ή σε δεδομένα που υποβάλλονται από φόρμες HTML,
- έχει πρόσβαση σε δεδομένα ή βάσεις δεδομένων και να επιστρέφει τα αποτελέσματα σε έναν φυλλομετρητή,
- προσαρμόζει μια ιστοσελίδα ώστε να την κάνει πιο χρήσιμη στους χρήστες.
- Τα πλεονεκτήματα από την χρήση της ASP αντί για την CGI και την Perl είναι η απλότητα και η ταχύτητα.
- Παρέχει ασφάλεια εφόσον ο ASP κώδικάς μας δε μπορεί να ιδωθεί από τον φυλλομετρητή.
- Εφόσον τα αρχεία ASP επιστρέφονται σαν απλή HTML, μπορούν να ιδωθούν από οποιονδήποτε φυλλομετρητή.
- Ο έξυπνος ASP προγραμματισμός μπορεί να ελαχιστοποιήσει την κυκλοφορία στο δίκτυο (network traffic).

Δεν μπορούμε να δούμε τον ASP κώδικα σε έναν φυλλομετρητή, αλλά μόνο την έξοδο από την ASP, που είναι απλή HTML. Και αυτό γιατί τα scripts εκτελούνται στον server πριν σταλεί το αποτέλεσμα στον φυλλομετρητή. Ένα αρχείο ASP περιέχει κανονικά HTML tags, όπως ένα κανονικό αρχείο HTML. Επιπλέον, ένα αρχείο ASP μπορεί να περιέχει server scripts, που περικλείονται από τους οριοθέτες (delimiters) <% και %>. Τα server scripts εκτελούνται στον server και μπορούν να περιέχουν οποιοσδήποτε εκφράσεις, εντολές, διαδικασίες ή τελεστές που είναι έγκυροι για τη γλώσσα συγγραφής που χρησιμοποιούμε.

HTML

Η HTML (HyperText Markup Language) δεν είναι γλώσσα προγραμματισμού αλλά μια markup γλώσσα, δηλαδή ένας δομημένος τρόπος με τον οποίο γράφονται κείμενα. Κάθε χρήστης ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορεί να δημιουργήσει ένα αρχείο HTML. Αυτό που χρειάζεται είναι ένας επεξεργαστής κειμένου για να δημιουργήσει ένα έγγραφο με τη δομή που επιτρέπει η HTML. Η γλώσσα αυτή, όπως και η XML, αποτελεί ένα υποσύνολο της SGML (Standard Generalized Markup Language) που δημιουργήθηκε από την IBM για να δοθεί λύση στο πρόβλημα της ανόμοιας απεικόνισης σε διαφορετικά υπολογιστικά συστήματα. Ένας περιηγητής (browser) αναγνωρίζει αυτόν τον συγκεκριμένο τρόπο γραφής του HTML εγγράφου και εκτελεί τις εντολές που περιέχονται σε αυτό. Είναι σημαντικό και πρέπει να τονιστεί ότι η HTML είναι η πιο διαδεδομένη γλώσσα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή και δομή μιας ιστοσελίδας στο διαδίκτυο και είναι και η πρώτη γλώσσα η οποία χρησιμοποιήθηκε για κάτι τέτοιο. Ένα HTML έγγραφο περιέχει διάφορες ετικέτες (tags) οι οποίες διέπονται από κανόνες για το πως θα τις αξιοποιήσει ένα περιηγητής. Οι ετικέτες είναι εντολές οι οποίες ορίζουν την αρχή και το τέλος μιας συγκεκριμένης λειτουργίας και βρίσκονται πάντα ανάμεσα από τα σύμβολα "<" και ">". Επίσης οι εντολές αυτές δεν είναι case sensitive, δηλαδή δεν έχει σημασία εάν είναι γραμμένες με πεζούς ή κεφαλαίους χαρακτήρες. Τέλος, τα HTML έγγραφα έχουν κατάληξη .htm ή .html, μπορούμε όμως να ενσωματώσουμε HTML σε αρχεία τα οποία δεν έχουν τέτοια κατάληξη.

SQL

Η SQL (Structured Query Language) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού η οποία έχει σαν στόχο τη δημιουργία, τη διαχείριση, την καταχώρηση δεδομένων και την ανάκτηση δεδομένων από Βάσεις Δεδομένων και Σχισιακές Βάσεις Δεδομένων. Υπάρχουν διαφορετικές εκδόσεις της γλώσσας αυτής με μερικές διαφοροποιήσεις όπως η MySQL, Oracle, MS Sql Server. Αυτή που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι από τους μη ειδικευμένους σε SQL χρήστες, είναι η MS Access. Το βασικό συστατικό μιας Βάσης

Δεδομένων είναι ο πίνακας, μέσα στον οποίο καταχωρούμε όλα τα δεδομένα που θέλουμε να διαχειριζόμαστε. Οι Βάσεις Δεδομένων αποτελούνται από περισσότερους από έναν πίνακες οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους, για αυτό και ονομάζονται Σχεσιακές.

Microsoft SQL Server

Ο Microsoft SQL Server είναι μια σχεσιακή βάση δεδομένων η οποία έχει αναπτυχθεί από τη Microsoft. Οι δύο πρωταρχικές γλώσσες ερωτημάτων που χρησιμοποιεί είναι οι T-SQL και ANSI-SQL. Ο SQL Server βγήκε για πρώτη φορά στην αγορά το 1989 σε συνεργασία με την Sybase. Η κύρια μονάδα αποθήκευσης στοιχείων είναι μια βάση δεδομένων, η οποία αποτελείται από μια συλλογή πινάκων και κώδικα. Η κεντρική βάση δεδομένων του SQL υποστηρίζει διαφορετικούς τύπους, συμπεριλαμβανομένων των ακεραίων αριθμών, αριθμών κινητής υποδιαστολής, δεκαδικών, αλφαριθμητικών, Varchar (σειρές χαρακτήρων μεταβλητού μήκους), δυαδικών αριθμών (για τα μη δομημένα δεδομένα), κειμένων (για κείμενα). Επιτρέπει επίσης καθορισμένους από το χρήστη σύνθετους τύπους δεδομένων (UDTs), δηλαδή τύπους που βασίζονται στους βασικούς τύπους αλλά μπορούν να τροποποιηθούν. Τα στοιχεία στη βάση δεδομένων αποθηκεύονται σε ένα ή περισσότερα αρχεία με επέκταση .mdf. Τα δευτεροβάθμια στοιχεία αποθηκεύονται στο αρχείο με επέκταση .ndf. Το αρχείο καταγραφής το οποίο περιέχει όλες τις πρόσφατες αλλαγές στη βάση δεδομένων αποθηκεύεται σε αρχείο με επέκταση .ldf. Ο χώρος αποθήκευσης που διατίθεται σε μια βάση δεδομένων διαιρείται σε διαδοχικά αριθμημένες σελίδες, κάθε μία από τις οποίες έχει μέγεθος 8 KB. Η έκδοση του Microsoft SQL Server που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη υλοποίηση είναι αυτή του 2008 release 2.

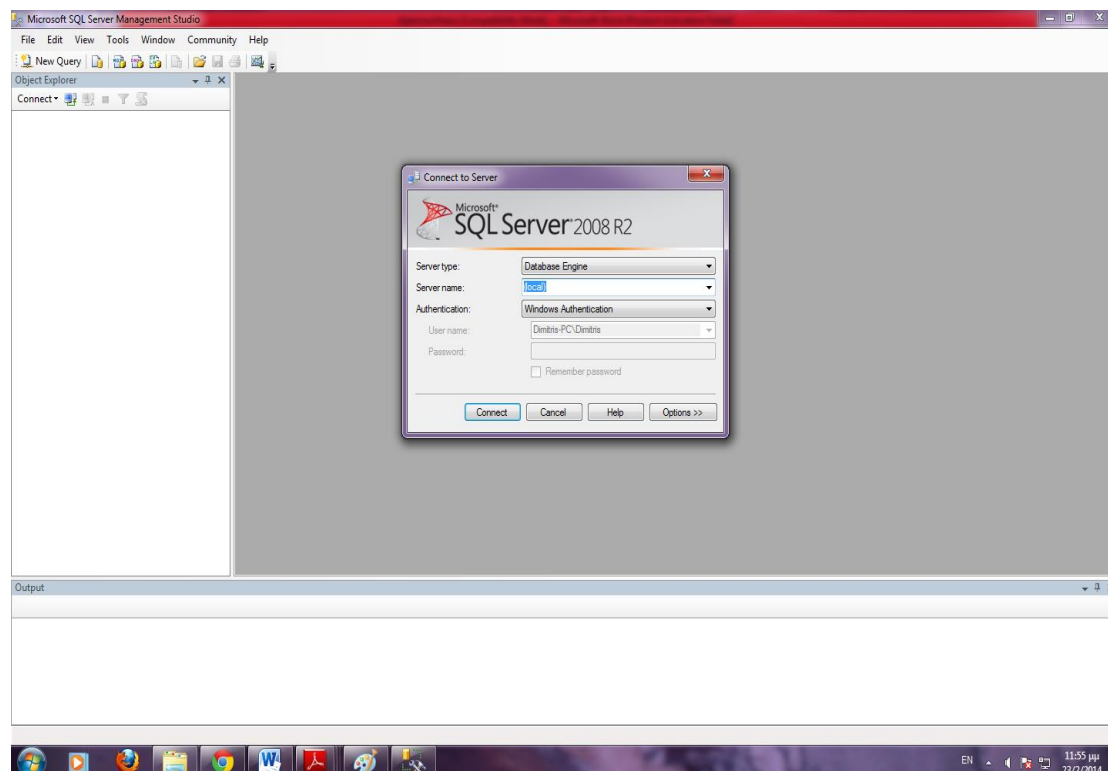
Microsoft Visual Studio

Το Microsoft Visual Studio αποτελεί ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment - IDE) από τη Microsoft. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη εφαρμογών κονσόλας, γραφικών εφαρμογών, ιστοσελίδων, εφαρμογών Web και υπηρεσιών web για όλες τις πλατφόρμες που υποστηρίζονται από τα Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework και Microsoft Silverlight. Το Microsoft Visual Studio περιλαμβάνει έναν συντάκτη κώδικα που υποστηρίζει IntelliSense καθώς επίσης και κώδικα. Ο ενσωματωμένος διορθωτής (debugger) λειτουργεί και σαν διορθωτής πηγής (source-level debugger) αλλά και σαν διορθωτής μηχανής (machine-level debugger). Άλλα ενσωματωμένα εργαλεία περιλαμβάνουν έναν σχεδιαστή φορμών για την σχεδίαση των γραφικών εφαρμογών (Graphical User Interface - GUI), το σχεδιαστή Ιστού, το σχεδιαστή κλάσεων, και το σχεδιαστή σχημάτων βάσεων δεδομένων. Το

Microsoft Visual Studio υποστηρίζει τις γλώσσες, με τη έννοια των γλωσσικών υπηρεσιών. Στις ενσωματωμένες γλώσσες περιλαμβάνονται οι C/C++ (μέσω Visual C++), VB.NET (μέσω Visual Basic .NET), και C# (μέσω Visual C#). Η υποστήριξη για άλλες γλώσσες όπως F#, το M, Python, και την Ruby μεταξύ των άλλων έχει παρασχεθεί μέσω των γλωσσικών υπηρεσιών που πρόκειται να εγκατασταθούν χωριστά. Υποστηρίζει επίσης XML/XSLT, HTML/XHTML, JavaScript και CSS. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε εδώ είναι το Microsoft Visual Studio 2010 το οποίο αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο, όταν θέλει κάποιος να μετατρέψει τις ιδέες του σε εντυπωσιακές λύσεις.

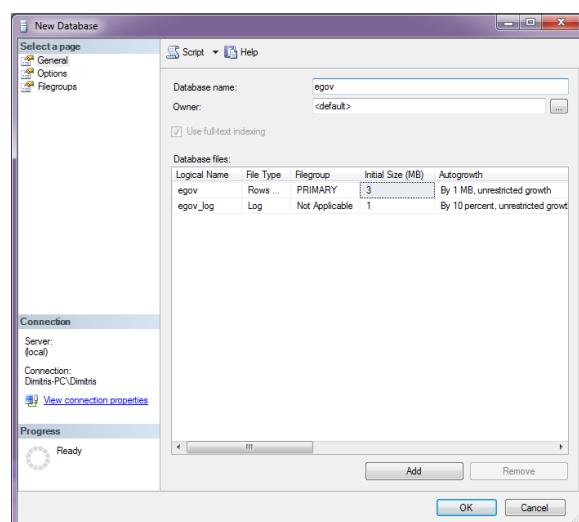
8.4 Σχεδιασμός βάσης δεδομένων

Για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε ο Microsoft SQL Server 2008 R2 και συγκεκριμένα το SQL Server Management Studio. Τα πλεονεκτήματα χρήσης της γλώσσας SQL και του SQL Server αναλύθηκαν προηγουμένως, γι' αυτό και έγινε επιλογή της συγκεκριμένης πλατφόρμας και γλώσσας. Αφού λοιπόν έγινε η εκλογή του συστήματος διαχείρισης βάσης δεδομένων του συστήματος που θα υλοποιηθεί, σειρά παίρνει ο ορισμός των πινάκων της βάσης και των δεδομένων που θα περιέχουν αυτοί. Πρέπει να κατασκευαστούν πίνακες με πληροφορίες και δεδομένα για τους χρήστες, για τις χώρες, για τα κριτήρια, για τις τιμές των κριτηρίων και για όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν το σύστημα και τη λειτουργία του. Στην εικόνα του Σχήματος 8.4 φαίνεται η είσοδος στο Management Studio του SQL Server. Κάνουμε είσοδο με server name το local για περισσότερη απλότητα (θα χρησιμοποιηθεί και στη σύνδεση με το Visual Studio).



Σχήμα 8.4: Αρχική σύνδεση στον SQL Server

Αυτό λοιπόν που καλούμαστε να κάνουμε τώρα είναι, αφού έχουμε αναλύσει τις απαιτήσεις που πρέπει να πληροί η βάση του συστήματος μας, να δημιουργήσουμε αρχικά την ίδια τη βάση. Επιλέγουμε λοιπόν New Database και έχουμε την εικόνα του Σχήματος 8.5.



Σχήμα 8.5: Δημιουργία της e-gon

Γνωρίζοντας ότι δεν χρειάζεται να κάνουμε κάποια περαιτέρω παραμετροποίηση στη διαδικασία δημιουργίας της βάσης, επιλέγουμε το όνομα της βάσης μας το οποίο είναι «egon» και στη συνέχεια επιλέγουμε OK και έχουμε κατασκευάσει μια άδεια βάση

έτοιμη να γεμίσει με το απαραίτητο περιεχόμενο. Καλό είναι να γίνει εδώ μια αναφορά στις πηγές των πληροφοριών, αν και θα γίνει εκτενέστερα και στη συνέχεια. Οι πληροφορίες, λοιπόν οι οποίες θα δομηθούν σε δεδομένα, προέρχονται κυρίως από τον ιστότοπο της Eurostat ο οποίος δίνει δυνατότητα πρόσβασης σε αυτές στον κάθε χρήστη. Πιο σημαντικό όμως είναι ότι δίνει τη δυνατότητα να «κατεβάσει» κάποιος στον υπολογιστή του αυτές τις πληροφορίες και να τις χρησιμοποιήσει όπως αυτός κρίνει. Άλλες πηγές είναι οι ιστότοποι της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Ηνωμένων Εθνών οι οποίοι επίσης χρησιμοποιήθηκαν.

Ο πίνακας tblCountries

Ο πίνακας tblCountries περιέχει δεδομένα για τις χώρες που αναλύονται στο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που υλοποιείται στη web εφαρμογή eGov-Evaluator. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τον πίνακα αφού τον έχουμε δημιουργήσει.

DIMITRIS-PC.egov - dbo.tblCountries			
Column Name	Data Type	Allow Nulls	
CountryID	int	<input type="checkbox"/>	
CountryName	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>	
Capital	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Population	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>	
TotalArea	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Flag	nvarchar(250)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Map	nvarchar(250)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Code	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	

Σχήμα 8.6: Ο πίνακας tblCountries

Επιλέξαμε λοιπόν New Table από το πεδίο Tables της βάσης μας στο οποίο αποθηκεύονται οι πίνακες. Δημιουργήθηκαν οχτώ (8) στήλες στον πίνακα. Αριστερά στην εικόνα βλέπουμε τα ονόματα των στηλών, δεξιότερα φαίνεται ο τύπος δεδομένων (data type) και τέλος, αν επιτρέπει ο δημιουργός, στη βάση να μπορεί να καταχωρήσει κενές τιμές σε κάποιο πεδίο της στήλης.

- **CountryID:** Το πρωτεύον κλειδί του πίνακα, η «ταυτότητα» της χώρας για τη βάση. Είναι τύπου ακεραίου (int) και έχουμε επιλέξει να παίρνει αυτόματα τιμές από τη βάση αυξητικά καθώς προστίθεται μια νέα εγγραφή. Δεν μπορεί να είναι κενό.
- **CountryName:** Το όνομα της χώρας καταχωρείται στα πεδία αυτής της στήλης με τύπο δεδομένων nvarchar και επίσης δεν μπορεί να είναι κενό.
- **Capital:** Στα πεδία της στήλης καταχωρούνται οι πρωτεύουσες των χωρών με τύπο nvarchar και μπορεί να είναι κενό.

- **Population:** Ο πληθυσμός των χωρών με τύπο nvarchar και μπορεί να έχει και κενές τιμές.
- **TotalArea:** Η έκταση κάθε χώρας τύπου nvarchar μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **Flag:** Εικόνα με τη σημαία κάθε χώρας με τύπο nvarchar, μπορεί να έχει κενά.
- **Map:** Εικόνα με το χάρτη κάθε χώρας τύπου nvarchar, μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **Code:** Η συντομογραφία κάθε χώρας με τύπο nvarchar, μπορεί να έχει κενές τιμές.

Στην εικόνα του Σχήματος 8.7 βλέπουμε και τον πίνακα γεμάτο με τα δεδομένα που εισήχθησαν.

DIMITRIS-PC.egov - dbo.tblCountries								
	CountryID	CountryName	Capital	Population	TotalArea	Flag	Map	Code
▶	1	Austria	Vienna	8.3 million	83 870 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	AUT
	2	Belgium	Brussels	10.7 million	30 528 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	BEL
	3	Czech Republic	Prague	10.5 million	78 866 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	CZE
	4	Denmark	Copenhagen	5.5 million	43 094 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	DNK
	5	Estonia	Talinn	1.3 million	45 000 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	EST
	6	Finland	Helsinki	5.3 million	338 000 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	FIN
	7	France	Paris	64.3 million	550 000 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	FRA
	8	Germany	Berlin	82 million	356 854 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	DEU
	9	Greece	Athens	11.2 million	131 957 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	GRC
	10	Hungary	Budapest	10 million	93 000 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	HUN
	11	Ireland	Dublin	4.5 million	70 000 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	IRL
	12	Italy	Rome	60 million	301 263 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	ITA
	13	Netherlands	Amsterdam	16.4 million	41 526 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	NLD
	14	Norway	Oslo	5 million	385,199 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	NOR
	15	Poland	Warsaw	38.1 million	312 679 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	POL
	16	Portugal	Lisbon	10.6 million	92 072 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	PRT
	17	Slovakia	Bratislava	5.4 million	48 845 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	SVK
	18	Slovenia	Ljubljana	2 million	20 273 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	SVN
	19	Spain	Madrid	45.8 million	504 782 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	ESP
	20	Sweden	Stockholm	9.2 million	449 964 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	SWE
	21	United Kingdom	London	61.7 million	244 820 km ²	~/images/flags/i...	~/images/maps/...	GBR
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Σχήμα 8.7: Ο πίνακας tblCountries σε πλήρη ανάπτυξη

Ο πίνακας tblCriteria

Ο πίνακας tblCriteria περιέχει τα δεδομένα για τα κριτηρια που χρησιμοποιούνται από τη μεθοδολογία του συστήματος. Παρακάτω βλέπουμε τον πίνακα κατασκευασμένο.

DIMITRIS-PC.egov - dbo.tblCriteria			
	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	CriteriaID	int	<input type="checkbox"/>
	CriteriaSymbol	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
	CriteriaName	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
	Review	nvarchar(255)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Σχήμα 8.8: Ο πίνακας tblCriteria

Στον συγκεκριμένο πίνακα υπάρχουν τέσσερις (4) στήλες και στην εικόνα (Σχήμα 8.9) παρατηρούμε ότι τα χαρακτηριστικά τους είναι το όνομα της στήλης, ο τύπος δεδομένων της και το αν επιτρέπει κενές τιμές ή όχι.

- **CriteriaID:** Η «ταυτότητα» του κριτηρίου για τη βάση, το πρωτεύον κλειδί του πίνακα. Είναι τύπου ακεραίου (int) και δεν μπορεί προφανώς να έχει κενές τιμές, επίσης ορίστηκε να αυξάνει κατά ένα με κάθε είσοδο κριτηρίου.
- **CriteriaSymbol:** Το σύμβολο για κάθε κριτήριο ώστε να μην χρησιμοποιείται ολόκληρο το όνομα και να υπάρχει ευρύτερη αναγνώριση. Είναι τύπου nvarchar και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **CriteriaName:** Το όνομα του κριτηρίου το οποίο επίσης χρησιμοποιείται, αλλά λιγότερο συχνά από το συμβολισμό του. Είναι τύπου nvarchar και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **Review:** Μια μικρή περίληψη για το τι αντιπροσωπεύει το κάθε κριτήριο. Είναι τύπου nvarchar και μπορεί να περιέχει κενές τιμές.

DIMITRIS-PC.egov - dbo.tblCriteria				
	CriteriaID	CriteriaSymbol	CriteriaName	Review
▶	1	g1	Internet Access	Percentage of h...
	2	g2	Broadband Access	Percentage of e...
	3	g3	GDP on ICT and ...	Percentage of e...
	4	g4	Online Sophistic...	Percentage of e...
	5	g5	E-Participation	Percentage of t...
	6	g6	Citizen Authority...	Percentage of ci...
	7	g7	Business Authori...	Percentage of b...
	8	g8	User Experience	Percentage of ci...
*	NULL	NULL	NULL	NULL

Σχήμα 8.9: Ο πίνακας tblCriteria πλήρης σε δεδομένα.

Ο πίνακας tblMainData

Είναι ο πιο «σημαντικός» πίνακας τη βάσης μας με την έννοια ότι συνδυάζει δεδομένα από τους tblCountries και tblCriteria και έχει δεδομένα και για τις διαστάσεις των κριτηρίων.

Column Name	Data Type	Allow Nulls
ID	int	<input type="checkbox"/>
countryID	int	<input type="checkbox"/>
g1		<input checked="" type="checkbox"/>
g2		<input checked="" type="checkbox"/>
g3		<input checked="" type="checkbox"/>
g4		<input checked="" type="checkbox"/>
g5		<input checked="" type="checkbox"/>
g6		<input checked="" type="checkbox"/>
g7		<input checked="" type="checkbox"/>
g8		<input checked="" type="checkbox"/>
HIA	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
EIA	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
HBA	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
EBA	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
GDP ICT	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
GDP RD	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
OS	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
EP	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
COIA	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
BOI	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
BDF	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
BSF	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
UES	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>
UEP	decimal(4, 1)	<input checked="" type="checkbox"/>

Σχήμα 8.10: Ο πίνακας tblMainData

Περιέχει τις τιμές κάθε κριτηρίου για κάθε χώρα και παράλληλα και τις τιμές των διαστάσεων (dimensions) για κάθε κριτήριο. Περιέχει εικοσιτέσσερις (24) στήλες με δεδομένα (Σχήμα 8.10).

- **ID:** Η ταυτότητα κάθε εγγραφής και το πρωτεύον κλειδί του πίνακα. Είναι τύπου ακεραίου (int) και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές. Αυξάνει κατά ένα (+1) κάθε φορά που εισάγεται μια νέα εγγραφή.
- **countryID:** Το ID κάθε χώρας όπως το είδαμε και στον πίνακα tblCountries. Χρειαζόμαστε ένα στοιχείο (ταυτότητας) από τον πίνακα tblCountries για να γίνει η αντιστοίχιση των δεδομένων με αξιοπιστία και αυτό είναι το countryID το οποίο αποτελεί και ξένο κλειδί (foreign key) προς το CountryID του πίνακα tblCountries. Είναι τύπου ακεραίου (int) και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **gI:** Το πρώτο κριτήριο, στον τίτλο της στήλης βλέπουμε τον συμβολισμό του. Περιέχει τις τιμές του κριτηρίου για κάθε χώρα και οι τιμές του προκύπτουν σαν συνάρτηση των στηλών HIA και EIA. Το άθροισμα των δύο αυτών διαστάσεων διαιρείται δια του 2 και προκύπτει η τιμή η οποία είναι τύπου δεκαδικού (decimal) όπως και οι άλλες δύο στήλες και μπορεί να έχει κενές τιμές.

- **g2:** Η στήλη του δεύτερου κριτηρίου με τίτλο το συμβολισμό του. Προκύπτει σαν συνάρτηση των στηλών HBA και EBA των οποίων το άθροισμα διαιρείται δια του 2 και προκύπτει η τιμή. Είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **g3:** Το τρίτο κριτήριο με τίτλο το συμβολισμό του. Προκύπτει σαν συνάρτηση των στηλών GDP ICT και GDPRD των οποίων το άθροισμα διαιρείται δια του 2 και προκύπτει η τιμή. Είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **g4:** Το τέταρτο κριτήριο με τίτλο το συμβολισμό του. Παίρνει σαν τιμή κατευθείαν την τιμή της διάστασης OS, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **g5:** Το πέμπτο κριτήριο με τίτλο το συμβολισμό του. Παίρνει σαν τιμή κατευθείαν την τιμή της διάστασης EP, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **g6:** Το έκτο κριτήριο με τίτλο το συμβολισμό του. Παίρνει σαν τιμή κατευθείαν την τιμή της διάστασης COIA, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **g7:** Το έβδομο κριτήριο με τίτλο το συμβολισμό του. Προκύπτει σαν συνάρτηση των στηλών BOI, BDF και BSF των οποίων το άθροισμα διαιρείται με το 3 και προκύπτει η τιμή. Είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **g8:** Το όγδοο κριτήριο με τίτλο το συμβολισμό του. Προκύπτει σαν συνάρτηση των στηλών UEP και UES των οποίων το άθροισμα διαιρείται δια του 2 και προκύπτει η τιμή. Είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **HIA:** Home Internet Access, η στήλη έχει τιμές για τις οικογένειες που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του *g1* όπως είδαμε παραπάνω, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **EIA:** Enterprise Internet Access, η στήλη έχει τιμές για τις εταιρείες που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του *g1* όπως είδαμε παραπάνω, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **HBA:** Home Broadband Access, η στήλη έχει τιμές για τις οικογένειες που έχουν ευρυζωνική σύνδεση στο διαδίκτυο. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του

g2 όπως είδαμε παραπάνω, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.

- **EBA:** Enterprise Broadband Access, η στήλη έχει τιμές για τις εταιρείες που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του *g2* όπως είδαμε παραπάνω, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **GDPICT:** Gross Domestic Product on Information and Communications Technology, η στήλη έχει τιμές για το ποσοστό του ΑΕΠ που επενδύει κάθε χώρα στην επιστήμη της Πληροφορίας και των Τηλεπικοινωνιών. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του *g3* όπως είδαμε παραπάνω, παίρνει τιμές [0-5%] είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **GDPRD:** Gross Domestic Product on Research and Development, η στήλη έχει τιμές για το ποσοστό του ΑΕΠ που επενδύει κάθε χώρα στην έρευνα και την ανάπτυξη. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του *g3* όπως είδαμε παραπάνω, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **OS:** Online Sophistication, η στήλη έχει τιμές που δείχνουν το ποσοστό ανάπτυξης και ωριμότητας 20 βασικών υπηρεσιών μιας χώρας σε ηλεκτρονικό επίπεδο, σύμφωνα με την έρευνα της European Commission. Τροφοδοτεί με τιμές το τέταρτο κριτήριο, είναι τύπου δεκαδικού (decimal) και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **EP:** E-Participation, η στήλη έχει τιμές που προσδιορίζουν τον βαθμό που οι κυβερνήσεις αλληλοεπιδρούν ηλεκτρονικά με τους πολίτες. Τροφοδοτεί με τιμές το πέμπτο κριτήριο, είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **COIA:** Citizens Online Interaction with Authorities, η στήλη έχει τιμές που εκφράζουν το ποσοστό των πολιτών που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για να έλθουν σε αλληλεπίδραση με τις δημόσιες υπηρεσίες. Τροφοδοτεί με τιμές το έκτο κριτήριο, είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **BOI:** Business Obtaining Information, η στήλη έχει τιμές που δείχνουν το ποσοστό που οι επιχειρήσεις λαμβάνουν πληροφορίες από τους πολίτες. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του *g7*, είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **BDF:** Business Downloading Forms, η στήλη έχει τιμές που δείχνουν το ποσοστό που οι επιχειρήσεις κατεβάζουν φόρμες από το διαδίκτυο. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του *g7* όπως είδαμε παραπάνω, είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.

- **BSF:** Business Submitting Forms, η στήλη έχει τιμές που δείχνουν το ποσοστό που οι επιχειρήσεις επιστρέφουν ηλεκτρονικές φόρμες μέσω διαδικτύου. Συμμετέχει στη διαμόρφωση του g7 όπως είδαμε παραπάνω, είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **UES:** User Experience on Services, η στήλη έχει τιμές που δείχνουν το ποσοστό εμπειρίας των πολιτών στις 20 υπηρεσίες που είδαμε και προηγουμένως. Συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής του g8, είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **UEP:** User Experience on Portal, η στήλη έχει τιμές που δείχνουν το ποσοστό εμπειρίας των πολιτών από την ηλεκτρονική εθνική πύλη. Συμμετέχει στη διαμόρφωση του g8, είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.

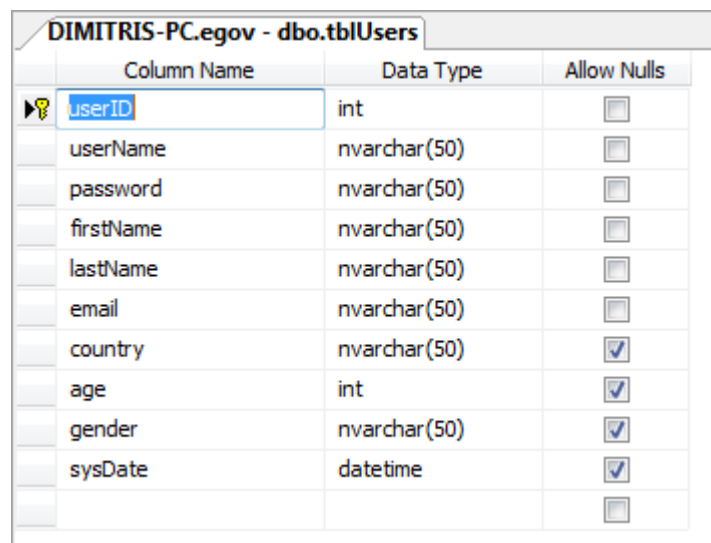
Μια εικόνα του tblMainData δίνεται στο Σχήμα 8.11.

DIMITRIS-PC.egov - dbo.tblMainData																							
ID	countryID	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	HIA	EIA	HBA	EBA	GDPIC1	GDPIC2	OS	EP	COIA	BOI	BDF	BSF	UES	UEP
1	1	86,5	77,0	3,3	100,0	0,5	35,0	79,7	70,0	75,0	98,0	72,0	82,0	4,1	2,5	100,0	0,5	35,0	82,0	84,0	73,0	50,0	90,0
2	2	86,5	80,0	3,3	92,0	0,6	28,0	75,3	79,0	77,0	96,0	74,0	86,0	4,9	1,7	92,0	0,6	28,0	85,0	70,0	71,0	65,0	93,0
3	3	81,5	75,0	3,3	85,0	0,1	15,0	74,0	59,5	67,0	96,0	63,0	87,0	5,2	1,4	85,0	0,1	15,0	82,0	79,0	61,0	43,0	76,0
4	4	94,0	87,5	3,8	95,0	0,6	68,0	85,7	75,5	90,0	98,0	84,0	91,0	5,2	2,4	95,0	0,6	68,0	87,0	86,0	84,0	83,0	68,0
5	5	83,5	78,0	4,0	97,0	0,7	47,0	83,3	87,0	71,0	96,0	66,0	90,0	6,9	1,1	97,0	0,7	47,0	85,0	85,0	80,0	94,0	80,0
6	6	92,0	88,5	4,3	96,0	0,4	49,0	90,3	87,0	84,0	100,0	81,0	96,0	5,5	3,1	96,0	0,4	49,0	92,0	92,0	87,0	86,0	88,0
7	7	86,0	81,0	3,7	94,0	0,6	30,0	85,0	94,5	76,0	96,0	70,0	92,0	5,5	1,9	94,0	0,6	30,0	86,0	83,0	86,0	89,0	100,0
8	8	90,0	83,0	3,8	99,0	0,6	35,0	65,3	91,0	83,0	97,0	78,0	88,0	5,2	2,3	99,0	0,6	35,0	63,0	72,0	61,0	92,0	90,0
9	9	71,5	60,5	2,4	70,0	0,3	11,0	83,7	91,0	50,0	93,0	45,0	76,0	4,2	0,6	70,0	0,3	11,0	82,0	82,0	87,0	91,0	91,0
10	10	77,0	72,5	3,4	80,0	0,3	26,0	78,7	80,0	65,0	89,0	61,0	84,0	5,9	0,9	80,0	0,3	26,0	83,0	79,0	74,0	70,0	90,0
11	11	85,5	77,5	3,5	100,0	0,4	22,0	83,3	68,5	78,0	93,0	65,0	90,0	5,6	1,4	100,0	0,4	22,0	83,0	85,0	82,0	87,0	50,0
12	12	78,0	68,0	2,7	99,0	0,2	16,0	57,0	51,0	62,0	94,0	52,0	84,0	4,2	1,1	99,0	0,2	16,0	65,0	67,0	39,0	79,0	23,0
13	13	97,0	87,0	3,5	97,0	0,6	55,0	80,0	93,5	94,0	100,0	83,0	91,0	5,3	1,6	97,0	0,6	55,0	48,0	95,0	97,0	91,0	96,0
14	14	94,5	83,5	2,5	92,0	0,5	62,0	81,0	76,5	92,0	97,0	80,0	87,0	3,4	1,6	92,0	0,5	62,0	82,0	84,0	77,0	67,0	86,0
15	15	80,5	67,0	2,7	87,0	0,2	18,0	83,0	88,0	67,0	94,0	61,0	73,0	4,5	0,9	87,0	0,2	18,0	81,0	81,0	87,0	91,0	85,0
16	16	76,5	70,0	3,8	100,0	0,3	21,0	80,3	92,5	58,0	95,0	57,0	83,0	6,4	1,2	100,0	0,3	21,0	83,0	79,0	79,0	91,0	94,0
17	17	84,0	65,5	3,1	81,0	0,1	33,0	86,7	89,0	71,0	97,0	55,0	76,0	5,7	0,4	81,0	0,1	33,0	94,0	92,0	74,0	85,0	93,0
18	18	85,0	79,5	3,4	99,0	0,5	40,0	85,3	83,5	73,0	97,0	67,0	92,0	5,3	1,4	99,0	0,5	40,0	89,0	90,0	77,0	99,0	68,0
19	19	80,5	79,0	3,1	98,0	0,8	31,0	67,3	93,0	64,0	97,0	62,0	96,0	4,8	1,3	98,0	0,8	31,0	68,0	69,0	65,0	91,0	95,0
20	20	93,5	90,0	4,1	99,0	0,5	57,0	88,3	83,5	91,0	96,0	86,0	94,0	4,8	3,3	99,0	0,5	57,0	91,0	91,0	83,0	99,0	68,0
21	21	90,0	87,5	4,3	97,0	0,8	33,0	81,0	91,0	85,0	95,0	83,0	92,0	6,9	1,7	97,0	0,8	33,0	80,0	78,0	85,0	99,0	83,0
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Σχήμα 8.11: Ο πίνακας tblMainData πλήρης σε δεδομένα.

Ο πίνακας tblUsers

Έχουμε υλοποιήσει ένα σύστημα το οποίο έχει τρεις διαφορετικές κατηγορίες χρηστών. Έτσι γίνεται σαφές ότι πρέπει να δημιουργηθεί ένας πίνακας που θα περιέχει αυτά τα δεδομένα, τα οποία ο χρήστης εισάγει κατά την εγγραφή του στην ιστοσελίδα μας. Κατασκευάζεται λοιπόν ο συγκεκριμένος πίνακας με τα παρακάτω χαρακτηριστικά. Στο Σχήμα 8.12 βλέπουμε τον πίνακα tblUsers όπως έχει ήδη δημιουργηθεί.

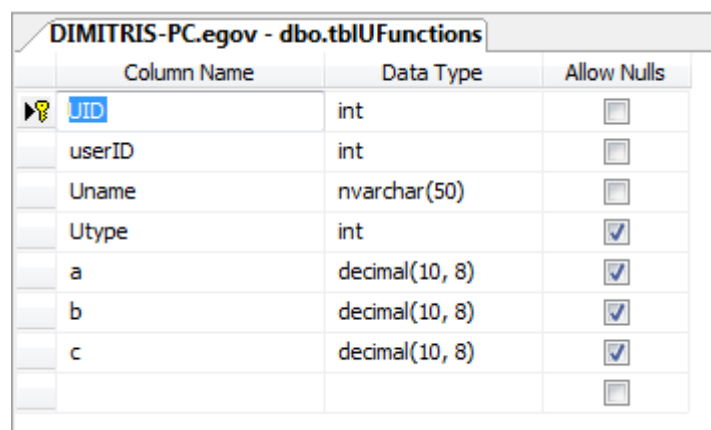


Column Name	Data Type	Allow Nulls
userID	int	<input type="checkbox"/>
userName	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
password	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
firstName	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
lastName	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
email	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
country	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
age	int	<input checked="" type="checkbox"/>
gender	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
sysDate	datetime	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Σχήμα 8.12: Ο πίνακας tblUsers

Ο πίνακας tblUFunctions

Ο πίνακας tblUFunctions περιέχει δεδομένα που έχουν να κάνουν με τη λειτουργία του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων και συγκεκριμένα με την κατασκευή των U συναρτήσεων όπως περιγράφονται και παραπάνω στη μεθοδολογία που διέπει το σύστημα. Στο Σχήμα 8.13 βλέπουμε μια εικόνα του πίνακα όπως τον έχουμε ήδη δημιουργήσει.



Column Name	Data Type	Allow Nulls
UID	int	<input type="checkbox"/>
userID	int	<input type="checkbox"/>
Uname	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
Utype	int	<input checked="" type="checkbox"/>
a	decimal(10, 8)	<input checked="" type="checkbox"/>
b	decimal(10, 8)	<input checked="" type="checkbox"/>
c	decimal(10, 8)	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Σχήμα 8.13: Ο πίνακας tblUFunctions

Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά την κάθε στήλη:

- **UID:** Η ταυτότητα κάθε εγγραφής του πίνακα, το πρωτεύον κλειδί. Είναι τύπου ακεραίου και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **userID:** Το ID του decision maker που χρησιμοποιεί την εφαρμογή, η τιμή του οποίου προέρχεται από τον πίνακα tblUsers. Είναι ξένο κλειδί προς το

αντίστοιχο userID του πίνακα tblUsers. Είναι τύπου ακεραίου και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.

- **Uname:** Το όνομα της κάθε συνάρτησης U, δηλαδή αν πρόκειται για την U(g1), U(g2), κτλ. Είναι τύπου nvarchar και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **Utype:** Ο τύπος της συνάρτησης που προκύπτει κατά την εκτέλεση της μεθοδολογίας και όπως αυτή ορίζει. Μπορεί να έχει τιμές από 1 – 5 που όπως καταλαβαίνουμε από τη μεθοδολογία σημαίνει ότι μπορεί να είναι πολυωνυμική συνάρτηση, εκθετική κτλ. Είναι τύπου ακεραίου και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **a:** Ο παράγοντας a της κάθε συνάρτησης όπως προκύπτει από την εκτέλεση της μεθοδολογίας από το σύστημα. Είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **b:** Ο παράγοντας b της κάθε συνάρτησης όπως προκύπτει από την εκτέλεση της μεθοδολογίας από το σύστημα. Είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **c:** Ο παράγοντας c της κάθε συνάρτησης όπως προκύπτει από την εκτέλεση της μεθοδολογίας από το σύστημα. Είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.

Ένα στιγμιότυπο του πίνακα φαίνεται στο Σχήμα 8.14.

DIMITRIS-PC.egov - dbo.tblUFunctions							
	UID	userID	Uname	Utype	a	b	c
▶	1	1	U(g1)	0	0,00006800	0,00325700	0,00000000
	3	1	U(g2)	0	0,00004400	0,00559600	-0,00357100
	4	1	U(g3)	0	0,02321400	0,09050000	-0,01071400
	5	1	U(g4)	0	0,00009200	0,00055900	0,01321400
	6	1	U(g5)	0	0,08482100	0,93660700	-0,01107100
	7	1	U(g6)	0	-0,00002100	0,01237000	-0,01321400
	8	1	U(g7)	0	0,00004300	0,00592900	-0,00857100
	9	1	U(g8)	0	0,00006700	0,00300500	0,01250000
	11	2	U(g3)	0	0,02142900	0,09942900	-0,01000000
	14	2	U(g5)	0	-0,01339300	1,03625000	-0,01321400
	17	2	U(g1)	0	0,00006300	0,00370400	0,00071400
	18	2	U(g2)	0	0,00003900	0,00613000	-0,00392900
	19	2	U(g4)	0	0,00008600	0,00128600	0,01142900
	20	2	U(g6)	0	-0,00002900	0,01326100	-0,01500000
	21	2	U(g7)	0	0,00003600	0,00665500	-0,01035700
	22	2	U(g8)	0	0,00005900	0,00382000	0,00964300
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Σχήμα 8.14: Ο πίνακας tblUFunctions πλήρης σε δεδομένα.

Ο πίνακας tblReferenceRanking

Ο πίνακας tblReferenceRanking περιέχει ένα σύνολο εικονικών χωρών με εικονικές τιμές για κάθε κριτήριο *g*. Ο πίνακας συμπληρώνεται αυτόματα κάθε φορά που ο decision maker τρέχει κατάλληλα την εφαρμογή του συστήματος. Ένα στιγμιότυπο του πίνακα tblReferenceRanking φαίνεται στην εικόνα του Σχήματος 8.15.

countryID	countryName	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	Ranking
1	C1	85,0	80,0	3,0	90,0	0,4	30,0	80,0	80,0	13
2	C2	90,0	75,0	3,0	90,0	0,4	30,0	80,0	80,0	15
3	C3	85,0	75,0	3,5	90,0	0,4	30,0	80,0	80,0	14
4	C4	90,0	90,0	3,0	80,0	0,3	30,0	80,0	80,0	10
5	C5	90,0	90,0	3,0	100,0	0,2	30,0	80,0	80,0	3
6	C6	85,0	85,0	3,5	100,0	0,5	30,0	80,0	80,0	2
7	C7	85,0	85,0	3,5	80,0	0,4	40,0	85,0	90,0	5
8	C8	85,0	85,0	4,0	80,0	0,4	40,0	80,0	80,0	6
9	C9	85,0	85,0	4,0	80,0	0,4	30,0	75,0	90,0	7
10	C10	80,0	70,0	4,0	80,0	0,4	50,0	80,0	90,0	12
11	C11	90,0	90,0	3,0	80,0	0,3	40,0	80,0	70,0	9
12	C12	80,0	80,0	4,0	90,0	0,5	50,0	90,0	90,0	1
13	C13	90,0	70,0	2,5	90,0	0,4	60,0	80,0	85,0	11
14	C14	80,0	70,0	2,5	100,0	0,5	70,0	90,0	90,0	4
15	C15	70,0	70,0	4,0	90,0	0,7	60,0	90,0	90,0	8
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Σχήμα 8.15: Ο πίνακας tblReferenceRanking πλήρης σε δεδομένα.

Ο πίνακας tblPValues

Ο πίνακας tblPValues περιέχει τις τιμές των βαρών *P* για κάθε κριτήριο όπως αυτές προκύπτουν από την εκτέλεση της μεθοδολογίας από το χρήστη μέσω του συστήματος. Ο πίνακας λοιπόν συμπληρώνεται αυτόματα κάθε φορά που τρέχει η διαδικασία αξιολόγησης και κατάταξης από τον decision maker. Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 8.16) φαίνεται ο πίνακας που έχει δημιουργηθεί με τα χαρακτηριστικά του.

Column Name	Data Type	Allow Nulls
PID	int	<input type="checkbox"/>
userID	int	<input type="checkbox"/>
Pname	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
Pvalue	decimal(18, 17)	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Σχήμα 8.16: Ο πίνακας tblPValues

Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά κάθε στήλη:

- **PID:** Η ταυτότητα κάθε εγγραφής του πίνακα και το πρωτεύον κλειδί. Είναι τύπου ακεραίου και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **userID:** Το ID του decision maker που χρησιμοποιεί την εφαρμογή ή τιμή του οποίου προέρχεται από τον πίνακα tblUsers. Είναι ξένο κλειδί προς το αντίστοιχο userID του πίνακα tblUsers. Είναι τύπου ακεραίου και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.

- **Pname:** Το όνομα του κάθε βάρους P, δηλαδή αν πρόκειται για P1, P2, κλπ. Είναι τύπου nvarchar και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **Pvalue:** Η τιμή κάθε βάρους P. Είναι τύπου δεκαδικού και μπορεί να έχει κενές τιμές.

Ένα στιγμιότυπο του πίνακα tblPValues με τιμές P για όλα τα κριτήρια για δύο χρήστες δίνεται στο Σχήμα 8.17.

DIMITRIS-PC.egov - dbo.tblPValues				
	PID	userID	Pname	Pvalue
▶	11	1	P1	0,13235817994...
	12	1	P2	0,34178412988...
	13	1	P3	0,09139333833...
	14	1	P4	0,11548517519...
	15	1	P5	0,06546011213...
	16	1	P6	0,16257382557...
	17	1	P7	0,00000000000...
	18	1	P8	0,09094523893...
	19	2	P1	0,00000000000...
	20	2	P2	0,00000000000...
	21	2	P3	0,00000000000...
	22	2	P4	0,00000000000...
	23	2	P5	0,00000000000...
	24	2	P6	0,00000000000...
	25	2	P7	0,00000000000...
	26	2	P8	0,00000000000...
*	NULL	NULL	NULL	NULL

Σχήμα 8.17: Ο πίνακας tblPValues πλήρης σε δεδομένα.

Ο πίνακας tblWorldCountries

Ο πίνακας tblWorldCountries περιέχει όλες τις χώρες του πλανήτη και χρησιμοποιείται σαν επιλογή κατά την εγγραφή του χρήστη στην web εφαρμογή. Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 8.18) βλέπουμε τον ήδη δημιουργημένο πίνακα.

DIMITRIS-PC.egov...tblWorldCountries		
Column Name	Data Type	Allow Nulls
CountryID	int	<input type="checkbox"/>
CountryName	nvarchar(255)	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

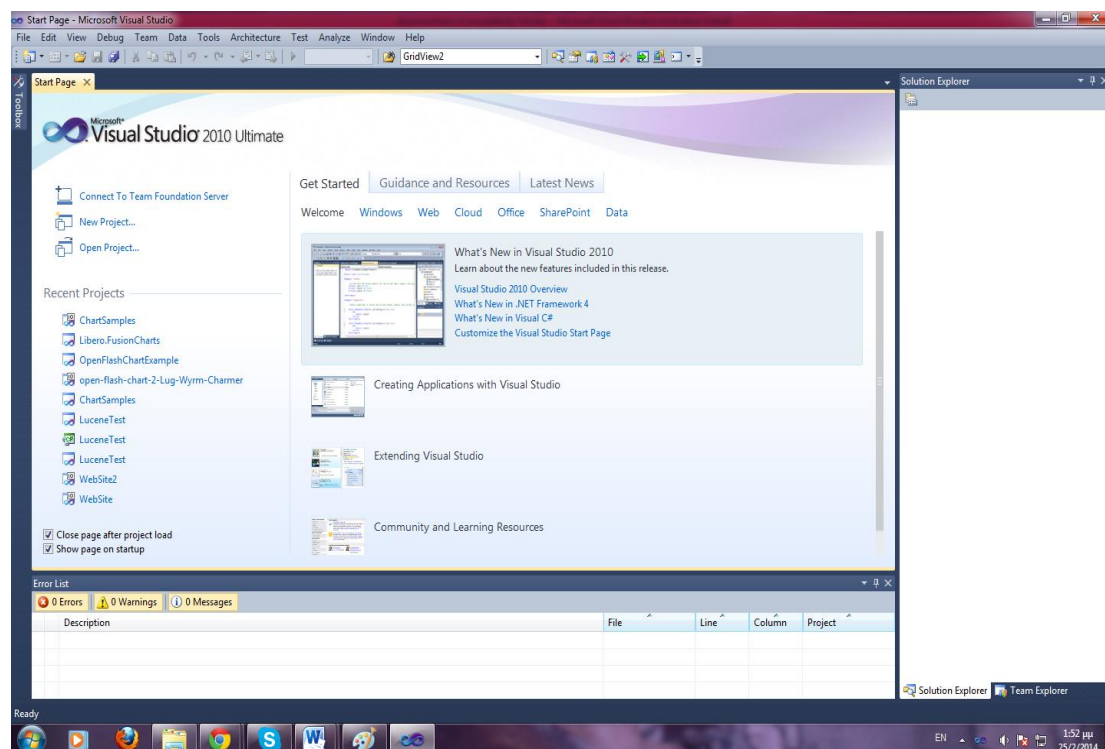
Σχήμα 8.18: Ο πίνακας tblWorldCountries

Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά τις δύο στήλες του πίνακα:

- **CountryID:** Η ταυτότητα κάθε εγγραφής του πίνακα και το πρωτεύον κλειδί του. Είναι τύπου ακεραίου και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.
- **CountryName:** Το όνομα κάθε χώρας. Είναι τύπου nvarchar και δεν μπορεί να έχει κενές τιμές.

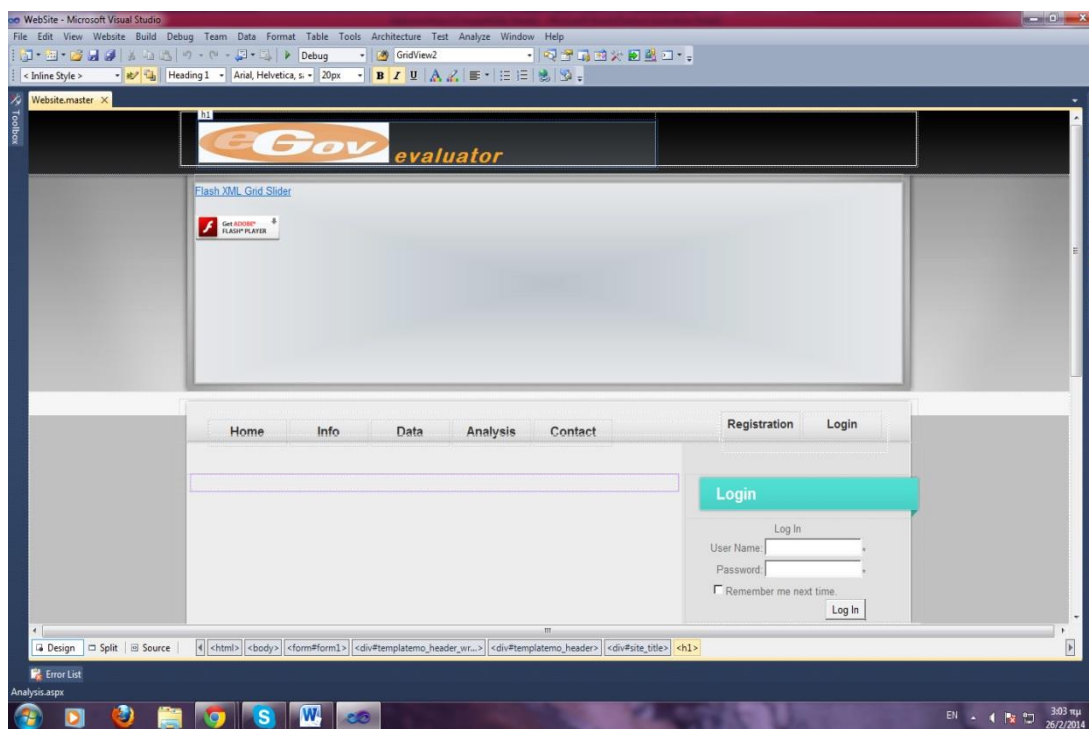
8.5 Σελίδες και λειτουργίες

Για τη δημιουργία της web εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το Visual Studio 2010 Ultimate edition το οποίο είναι μια πλατφόρμα που, όπως είδαμε και προηγουμένως, είναι βασισμένο σε περιβάλλον .NET (έκδοση 4) και υποστηρίζει asp.net και C# πάνω στα οποία κατασκευάστηκε η εφαρμογή μας. Επίσης η συγκεκριμένη πλατφόρμα υποστηρίζει απευθείας διασύνδεση και συνεργασία με τον SQL Server 2008 ο οποίος επίσης χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της βάσης της εφαρμογής. Αφού λοιπόν εγκαταστήσουμε επιτυχώς το Visual Studio, ανοίγουμε την πλατφόρμα για να δημιουργήσουμε τις asp σελίδες στις οποίες έχουμε επιλέξει να στηριχθεί η web εφαρμογή μας (Σχήμα 8.19).



Σχήμα 8.19: Η αρχική σελίδα του Visual Studio 2010

Στη συνέχεια, για να ξεκινήσουμε επιλέγουμε από το File ⇒ New ⇒ Website ⇒ Empty ASP.NET Website υποστηριζόμενο από τη γλώσσα προγραμματισμού C#. Αρχικά πρέπει να δημιουργήσουμε μια master page σελίδα πάνω στην οποία θα χτιστούν και οι υπόλοιπες σελίδες asp. Στην εικόνα του Σχήματος 8.20 φαίνεται η Website.master, δηλαδή η master page όπως την έχουμε δημιουργήσει. Στο πάνω μέρος της σελίδας βλέπουμε τον τίτλο της web εφαρμογής και το αντίστοιχο logo της. Στη συνέχεια έγινε επιλογή να προστεθεί ένα slider το οποίο να προβάλλει εικόνες και να τις αλλάζει κατά τη διάρκεια της περιήγησης. Στο κύριο μέρος της σελίδας έχουμε το κύριο μενού, με τις επιλογές του χρήστη να είναι οι Home, Info, Data, Analysis, Contact, Registration και Login οι οποίες αντιστοιχούν στις αντίστοιχες σελίδες asp που θα δημιουργηθούν. Ακολουθεί στα δεξιά της σελίδας μια sidebar η οποία στην ουσία ολοκληρώνει και τον κορμό της master page. Η sidebar περιέχει ένα πεδίο στο οποίο ο χρήστης μπορεί να κάνει quick login στην εφαρμογή, ένα δεύτερο πεδίο με μερικά χρήσιμα links όπως οι ιστότοποι του πανεπιστημίου Πειραιά και του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και ένα τρίτο πεδίο με μερικές ακόμα πληροφορίες για την εφαρμογή. Τέλος το μοναδικό κομμάτι της master page που αλλάζει με την εναλλαγή των σελίδων μέσω της σελίδας, είναι το περιεχόμενο της (μωβ πλαίσιο).



Σχήμα 8.20: Η εικόνα της Website.master

Ακολουθεί επίσης ένα κομμάτι του κώδικα html με τον οποίο χτίστηκε η master page (Σχήμα 8.21). Στο συγκεκριμένο μέρος του κώδικα δημιουργείται το κεντρικό μενού της σελίδας σε δομή και μορφοποίηση.

```

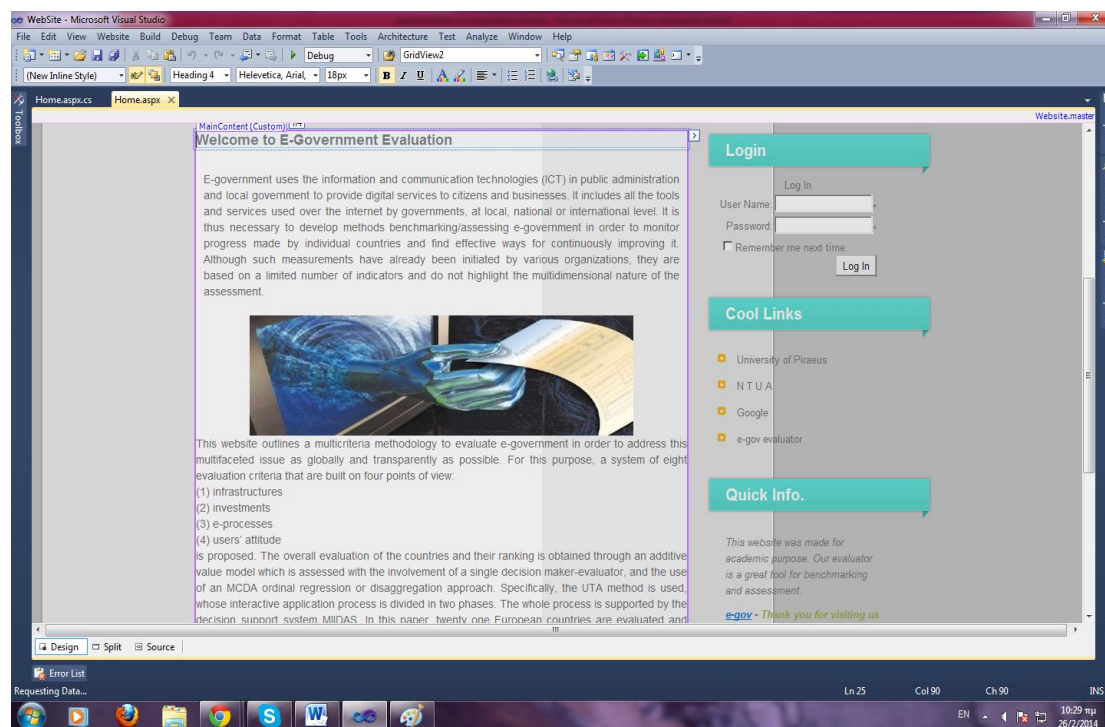
</div>
</div>
<div id="templatemo_menu">
  <table>
    <tr>
      <td width="680px">
        <ul>
          <li><a href="Home.aspx" style="font-size: 16px; font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;">
            Home</a></li>
          <li><a href="Info.aspx" style="font-size: 16px; font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;">
            Info</a></li>
          <li><a href="Data.aspx" style="font-size: 16px; font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;">
            Data</a></li>
          <li><a href="Analysis.aspx" style="font-size: 16px; font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;">
            Analysis</a></li>
          <li><a href="Contact.aspx" style="font-size: 16px; font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;">
            Contact</a></li>
        </ul>
      </td>
      <td width="220px">
        <ul>
          <li><a href="Registration.aspx" style="font-size: 15px; font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;">
            Registration</a></li>
          <li><a href="Login.aspx" style="font-size: 15px; font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;">
            Login</a></li>
        </ul>
      </td>
    </tr>
  </table>
</div>

```

Σχήμα 8.21: Μέρος της υλοποίησης της Website.master

Home.aspx

Η πρώτη σελίδα εντός της master page (Σχήμα 8.22), content page όπως λέγεται, είναι η Home.aspx και είναι αυτή που δημιουργήθηκε πρώτη. Περιέχονται κείμενα, εικόνες και γενικά πληροφοριακό περιεχόμενο. Στη συγκεκριμένη σελίδα λοιπόν καλωσορίζουμε το χρήστη και παραθέτουμε κείμενο σχετικό με τη λειτουργία του ιστοτόπου και το σκοπό του, καθώς επίσης έχουν επιλεγεί και τρεις χαρακτηριστικές εικόνες.



Σχήμα 8.22: Η σελίδα Home.aspx

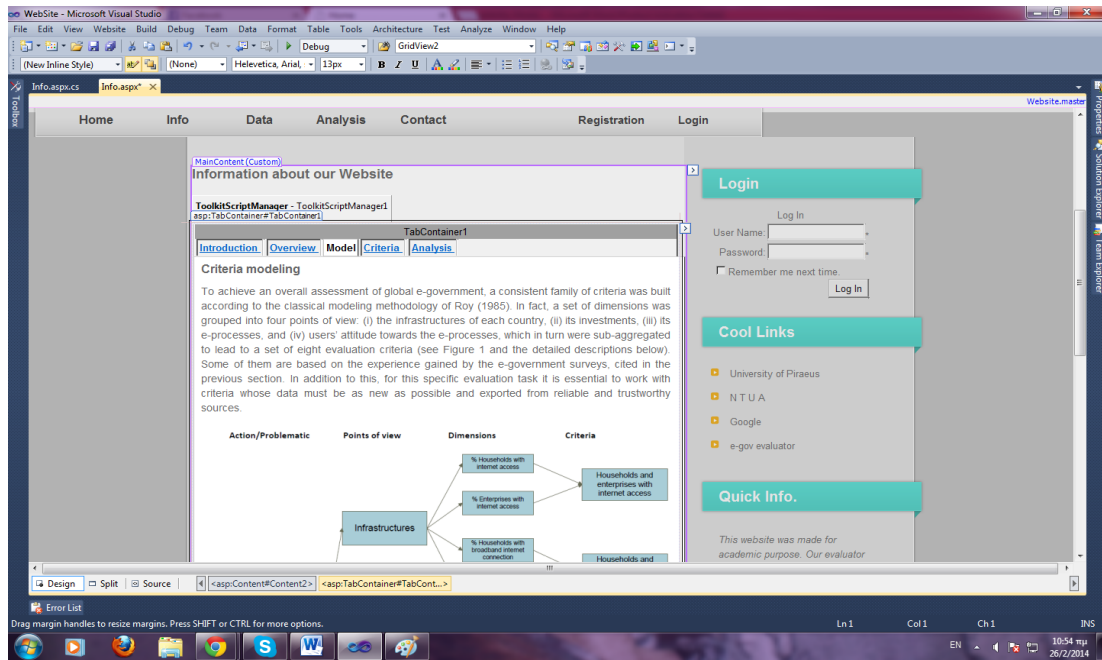
Από θέμα υλοποίησης, παρατηρώντας το παρακάτω κομμάτι κώδικα asp και html, μέσα στο main content της σελίδας, εισάγεται το κείμενο που θέλουμε σε μία παράγραφο (div) και επίσης φαίνεται η εισαγωγή μιας εικόνας σαν asp object. Παρατηρούμε επίσης ότι δηλώνονται και attributes μορφοποίησης σε κάθε κομμάτι ώστε η στοίχιση και το μέγεθος για παράδειγμα να είναι στη μορφή που θέλουμε (Σχήμα 8.23).

```
<asp:Content ID="Content2" ContentPlaceHolderID="MainContent" runat="Server">
  <h4>
    Welcome to E-Government Evaluation</h4>
  <div style="padding:10px;"><p style="text-align: justify; font-size: 14px; font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;">
    E-government uses the information and communication technologies (ICT) in public
    administration and local government to provide digital services to citizens and
    businesses. It includes all the tools and services used over the internet by governments,
    at local, national or international level. It is thus necessary to develop methods
    benchmarking/assessing e-government in order to monitor progress made by individual
    countries and find effective ways for continuously improving it. Although such measurements
    have already been initiated by various organizations, they are based on a limited
    number of indicators and do not highlight the multidimensional nature of the assessment.</p>
  </div>
  <div align="center">
    <asp:Image ID="Image1" runat="server" ImageUrl="~/images/image24.jpg" Height="150px"
      Width="500px" />
  </div>
</asp:Content>
```

Σχήμα 8.23: Μέρος της υλοποίησης της Home.aspx

Info.aspx

Η επόμενη σελίδα που δημιουργείται είναι η Info.aspx με στόχο να δώσει στον χρήστη περισσότερες και ειδικότερες πληροφορίες για τη λειτουργία του ιστοτόπου και της εφαρμογής. Δημιουργήσαμε λοιπόν μια νέα content page η οποία ανταποκρίνεται σε αυτό το στόχο και σε σχέση με τη Home εισάγεται ένα tab container σαν μενού της σελίδας. Το tab container μπορεί να δώσει ένα σύνολο από tabs ώστε να μπορεί ο χρήστης, αλλάζοντας και επιλέγοντας διαφορετικό tab, να έχει πρόσβαση σε διαφορετικό πληροφοριακό περιεχόμενο μέσα στη ίδια σελίδα χωρίς να χρειάζεται να κάνει scroll down σε μια τεράστια σε περιεχόμενο σελίδα που μπορεί να προκύψει βλ. Σχήμα 8.24).



Σχήμα 8.24: Η σελίδα Info.aspx

Επίσης στην Info.aspx δεν υπάρχει η ανάγκη για C# κώδικα υλοποίησης, αφού ακόμα δεν έχει ζητηθεί από το σύστημα κάποια είδους λειτουργία ή διαδικασία. Αυτό που παρατηρούμε στην εικόνα του Σχήματος 8.25 είναι ένα δείγμα από τον html και asp κώδικα ο οποίος δομεί τη σελίδα. Το tab container για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί προϋποθέτει τη χρήση του AjaxControlToolkit το οποίο εισάγεται στον κώδικα, όπως φαίνεται παρακάτω. Επίσης κάθε tab περιέχει ένα TabPanel στο οποίο ο προγραμματιστής μπορεί να εισάγει το επιθυμητό περιεχόμενο του tab.

```

<%@ Page Title="Info" Language="C#" MasterPageFile="~/Website.master" AutoEventWireup="true"
CodeFile="Info.aspx.cs" Inherits="Info" %>

<% Register Assembly="AjaxControlToolkit" Namespace="AjaxControlToolkit" TagPrefix="asp" %>
<asp:Content ID="Content1" ContentPlaceHolderID="HeadContent" runat="Server">
</asp:Content>
<asp:Content ID="Content2" ContentPlaceHolderID="MainContent" runat="Server">
<h4>
Information about our Website</h4>
<asp:ToolkitScriptManager ID="ToolkitScriptManager1" runat="server">
</asp:ToolkitScriptManager>
<asp:TabContainer ID="TabContainer1" runat="server" ActiveTabIndex="2" Width="635px"
Font-Bold="False">
<asp:TabPanel ID="TabPanel1" runat="server" HeaderText="<b>General</b>">
<HeaderTemplate>
<b style="font-size: small">Introduction</b>
</HeaderTemplate>
<ContentTemplate>
<h5>
Introduction</h5>
<p style="font-family: Arial, Helvetica, sans-serif; font-size: 14px; text-align: justify">
The development of new technologies and the adoption of innovations in the everyday
life of modern citizens could not leave democracy and governance unaffected. Specifically,
new technologies have offered countless possibilities to democratic and public administrative
procedures to become more efficient and accessible to the public, giving birth to
the term of e-government. According to Abramson and Means (2001), e-government can
be defined as the electronic interaction (transaction and information exchange)
between the government, the public (citizens and businesses) and employees.</p>

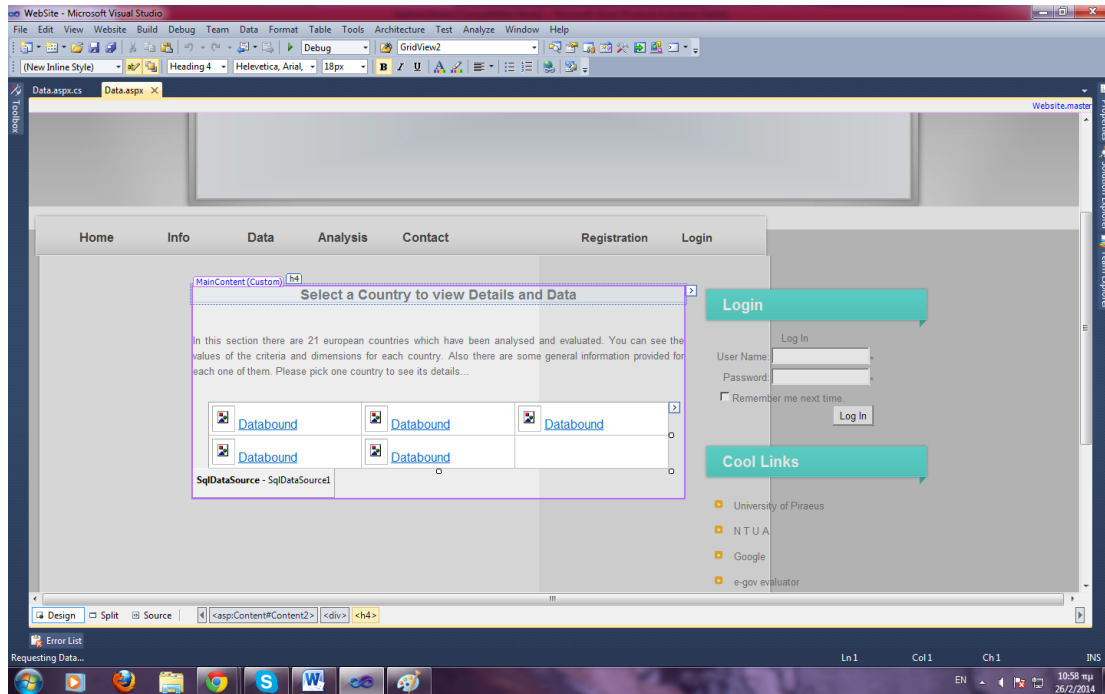
```

Σχήμα 8.25: Ένα μέρος του κώδικα της Info.aspx

Data.aspx

Στη σελίδα Data.aspx που ακολουθεί (Σχήμα 8.26) παρουσιάζεται στον χρήστη ένα σύνολο από 21 ευρωπαϊκές χώρες στις οποίες γίνεται ανάλυση και αξιολόγηση από την web εφαρμογή. Η υλοποίηση γίνεται με έναν πίνακα ο οποίος περιέχει τις χώρες τις

οποίες αντλεί από τη βάση δεδομένων του συστήματος που ήδη παρουσιάσαμε. Ο χρήστης επιλέγει μία χώρα και στη συνέχεια ανακατευθύνεται στην επόμενη σελίδα με τα δεδομένα και τα στατιστικά της.



Σχήμα 8.26: Η σελίδα Data.aspx

Για την υλοποίηση του πίνακα με τις χώρες χρησιμοποιήθηκε η Datalist της asp η οποία δίνει τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να παρουσιάσει τα δεδομένα σε πολλές μορφές, μία από τις οποίες είναι και η μορφή πίνακα που υλοποιήθηκε στη σελίδα αυτή. Η Datalist τροφοδοτείται με δεδομένα από έναν SqlDataSource τον οποίο περιέχει το visual studio ο οποίος εκτελεί ένα sql ερώτημα στη βάση δεδομένων και ανακτά το επιθυμητό περιεχόμενο το οποίο και το δίνει με κάθε εγγραφή της Datalist. Το sql ερώτημα το επιλέγει ο προγραμματιστής. Ένα μέρος του κώδικα υλοποίησης βλέπουμε στο Σχήμα 8.27.

```
<asp:Datalist ID="DataList1" Width="600px" runat="server" BackColor="White" BorderColor="#3366CC"
  BorderStyle="None" BorderWidth="1px" CellPadding="4" DataKeyField="CountryID"
  DataSourceID="SqlDataSource1" GridLines="Both" RepeatColumns="3" Font-Underline="False"
  HorizontalAlign="Center" RepeatDirection="Horizontal">
  <EditItemStyle HorizontalAlign="Left" VerticalAlign="Top" />
  <FooterStyle BackColor="#99CCCC" ForeColor="#003399" />
  <HeaderStyle BackColor="#003399" Font-Bold="True" ForeColor="#CCCCCC" />
  <ItemStyle BackColor="White" ForeColor="#003399" Font-Size="Medium" HorizontalAlign="Left"
    VerticalAlign="Top" />
  <ItemTemplate>
    <asp:Label ID="CountryIDLabel" Width="20px" runat="server" Text='<%# Eval("CountryID") %>'
      Visible="false" />
    <asp:Image ID="FlagLabel1" Width="30px" runat="server" ImageUrl='<%# Eval("Flag") %>' ImageAlign="AbsBottom" />
    <asp:LinkButton ID="LnkBtnCountry" Width="140px" Text='<%# Eval("CountryName") %>'
      CommandArgument='<%# Eval("CountryID") %>' OnClick="LnkBtnCountry_OnClick" runat="server" />
  </ItemTemplate>
  <SelectedItemStyle BackColor="#009999" Font-Bold="True" ForeColor="#C0FF99" />
</asp:Datalist>
<asp:SqlDataSource ID="SqlDataSource1" runat="server" ConnectionString='<%$ ConnectionStrings:DBCS %>'
  SelectCommand="SELECT [CountryID], [CountryName], [Flag] FROM [tblCountries]">
</asp:SqlDataSource>
</asp:Content>
```

Σχήμα 8.27: Μέρος της υλοποίησης της Data.aspx

Στη σελίδα Data.aspx χρειάστηκε και η υλοποίηση σε γλώσσα C# η οποία φαίνεται στην εικόνα του Σχήματος 8.28. Στις δύο πρώτες σειρές του κώδικα μετατρέπονται σε links τα ονόματα των χωρών ώστε να μπορεί ο χρήστης επιλέγοντας ένα από αυτά να ανακατευθυνθεί στην επόμενη σελίδα. Τέλος πρέπει την επιλογή που θα κάνει να την αποθηκεύσει το σύστημα για να γνωρίζει ποιας χώρας τις πληροφορίες θα παρουσιάσει. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν Session μεταβλητές οι οποίες αποθηκεύουν για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα το ID και το όνομα της επιλεγμένης χώρας.

```
protected void LnkBtnCountry_OnClick(object sender, EventArgs e)
{
    LinkButton link = (LinkButton)sender;
    LinkButton lbl = (LinkButton)link.NamingContainer.FindControl("LnkBtnCountry");

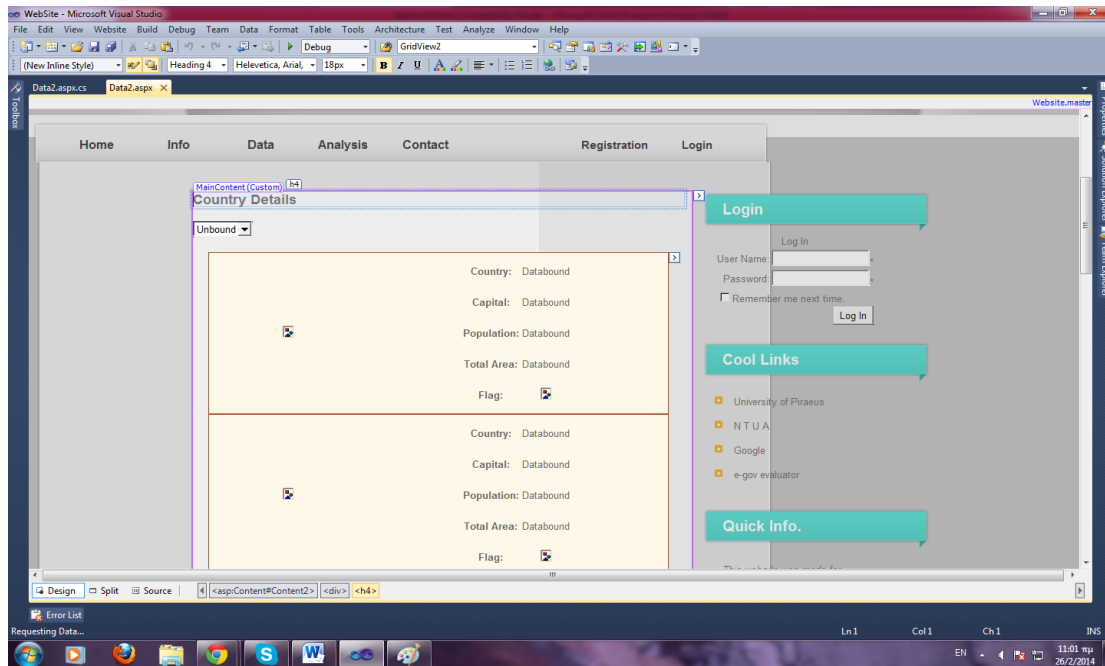
    Session["DataCountryID"] = link.CommandArgument;
    Session["DataCountryName"] = link.Text;

    Server.Transfer("~/Data2.aspx", false);
}
```

Σχήμα 8.28: Μέρος κώδικα C# της Data.aspx

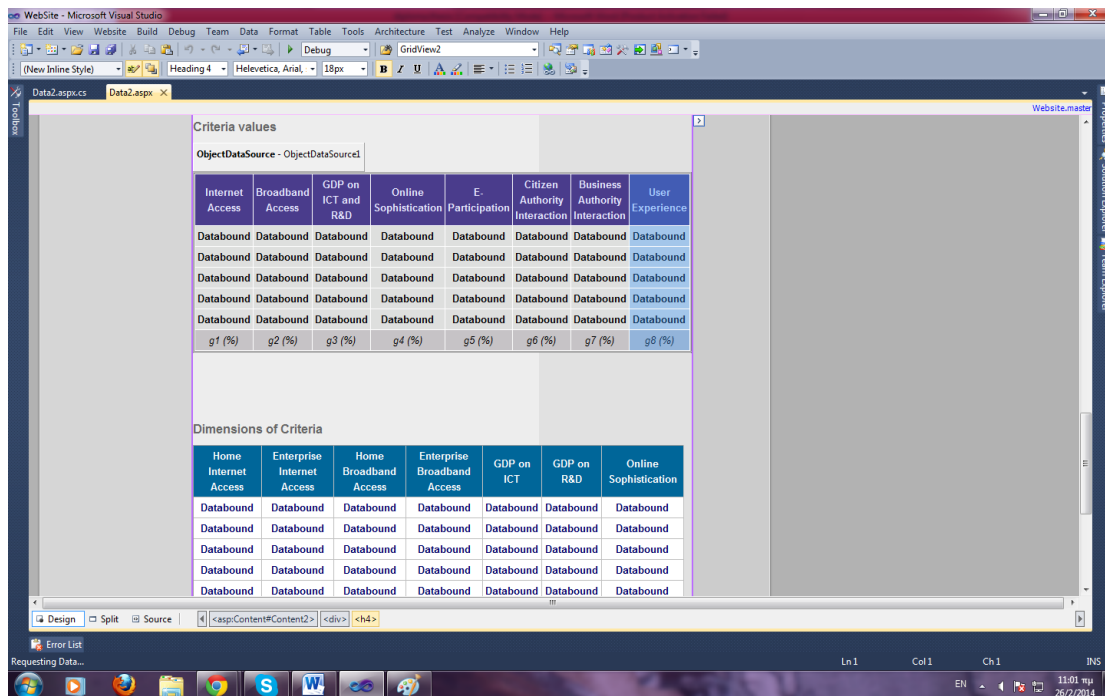
Data2.aspx

Η σελίδα Data2.aspx είναι η σελίδα που φιλοξενεί τις πληροφορίες για κάθε χώρα που επιλέγει ο χρήστης. Δεν υπάρχει σαν επιλογή στο κεντρικό μενού και μπορεί να μεταβεί κάποιος σε αυτήν επιλέγοντας μια χώρα από τις 21 της σελίδας Data.aspx. Οι πληροφορίες που θα δει ο χρήστης σε αυτή τη σελίδα είναι τρεις πίνακες, έναν με τις τιμές των κριτηρίων, έναν με τις τιμές των διαστάσεων και έναν με γενικές πληροφορίες για την κάθε χώρα. Επίσης πρέπει να υπάρχει ένα πεδίο τύπου λίστας με όλες τις χώρες ώστε να μπορεί ο χρήστης να αλλάζει χώρα εντός της σελίδας και να μην χρειάζεται να πηγαίνει στην προηγούμενη.



Σχήμα 8.29: Η σελίδα Data2.aspx

Στις εικόνες των Σχημάτων 8.29 και 8.30 βλέπουμε τον πίνακα που θα φιλοξενήσει τις γενικές πληροφορίες για κάθε χώρα και τις τιμές των κριτηρίων και διαστάσεων αντίστοιχα.



Σχήμα 8.30: Συνέχεια της Data2.aspx

Στον κώδικα του Σχήματος 8.31 φαίνεται ένα μέρος της υλοποίησης της σελίδας σε html και asp. Χρησιμοποιήθηκε μια DropDownList η οποία περιέχει τα ονόματα των 21 χωρών που αξιολογούνται και δημιουργείται με τον συγκεκριμένο κώδικα, αλλά γεμίζει

με δεδομένα απο μία μέθοδο γραμμένη σε C#, όπως θα δούμε στη συνέχεια. Για τον πίνακα με τις γενικές πληροφορίες κάθε χώρας χρησιμοποιήθηκε ένας Repeater της asp ο οποίος έχει τη δυνατότητα να γεμίζει με δεδομένα απο τη βάση δεδομένων και να τα προβάλλει με πολλούς τρόπους στον χρήστη, εμφωλιάζοντας πίνακες, εικόνες, κλπ. Ένα παράδειγμα χρήσης του φαίνεται στο Σχήμα 8.31, όπου μέσα σε ένα ItemTemplate του Repeater τοποθετούμε έναν πίνακα και μέσα σε κάθε κελί του πίνακα εικόνες και κείμενο.

```
<div>
  <asp:DropDownList ID="DropDownList1" runat="server" AutoPostBack="True" OnSelectedIndexChanged="DropDownList_SelectedIndexChanged">
  </asp:DropDownList>
</div>
<br />
<div align="center">
  <asp:Repeater ID="Repeater1" runat="server">
    <ItemTemplate>
      <table style="border: 1px solid #A55129; background-color: #FFF7E7" width="600px">
        <tr>
          <td style="width: 200px">
            <asp:Image ID="Map" ImageUrl='<%= Eval("Map") %>' runat="server" />
          </td>
          <td style="width: 200px">
            <table>
              <tr style="height: 40px">
                <td>
                  <b>Country:</b>
                </td>
                <td style="height: 40px">
                  <asp:Label ID="lblCountry" runat="server" Text='<%= Eval("CountryName") %>'>
                  </asp:Label>
                </td>
              </tr>
            </table>
          </td>
        </tr>
      </table>
    </ItemTemplate>
  </asp:Repeater>
</div>
```

Σχήμα 8.31: Μέρος της υλοποίησης της Data2.aspx

Τέλος, στο Σχήμα 8.32 παραθέτουμε ένα τμήμα του C# κώδικα για τη σελίδα Data2.aspx. Χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι διαχείρισης δεδομένων. Η LoadCountries δεν επιστρέφει κάτι, αλλά καλείται κατά την είσοδο στη σελίδα για να γεμίσει τη DropDownList που χρησιμοποιήθηκε. Από την άλλη, η GetData επιστρέφει ένα dataset δεδομένων το οποίο ανακτά από τη βάση, σύμφωνα με την απαραίτητη εντολή sql, ώστε με αυτό να φορτωθεί με δεδομένα ο Repeater και να τα παρουσιάσει στον χρήστη.

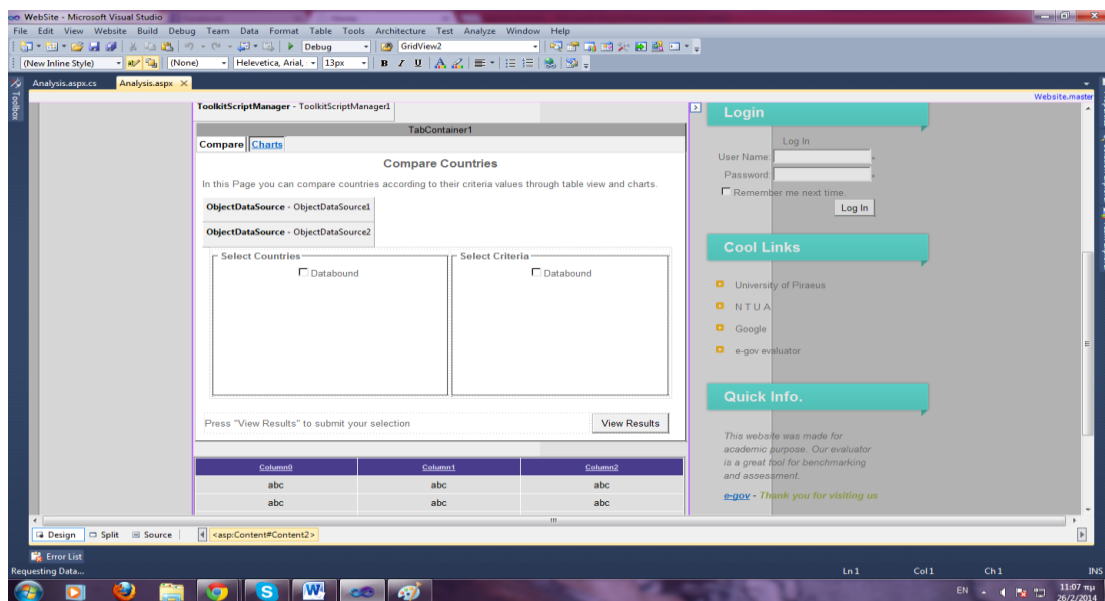
```
protected void LoadCountries()
{
    List<Country> countries = CountryAccess.GetAllCountries();
    foreach (Country country in countries)
    {
        ListItem item = new ListItem();
        item.Text = country.CountryName;
        item.Value = country.CountryID.ToString();
        DropDownList1.Items.Add(item);
    }
}

private DataSet GetData()
{
    string CS = ConfigurationManager.ConnectionStrings["DBCS"].ConnectionString;
    using (SqlConnection con = new SqlConnection(CS))
    {
        SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter("Select * from tblCountries where CountryID = " + Convert.ToInt32(DropDownList1.SelectedValue) + "", con);
        DataSet ds = new DataSet();
        da.Fill(ds);
        return ds;
    }
}
```

Σχήμα 8.32: Μέρος του κώδικα C# της Data2.aspx

Analysis.aspx

Η Analysis.aspx είναι η επόμενη σελίδα που δημιουργήθηκε και με την οποία μπαίνουμε περισσότερο στην ουσία της web εφαρμογής. Επιλέγοντας αυτή τη σελίδα ο χρήστης μπορεί πλέον να κάνει και σύγκριση ανάμεσα στις 21 χώρες βάσει των τιμών των κριτηρίων τους. Η υλοποίηση γραφικά θα γίνει με δύο μενού επιλογών, όπου το ένα θα περιέχει τις χώρες και το άλλο τα κριτήρια και ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε 21 χώρες και 8 κριτήρια ώστε να κάνει τη σύγκριση που θέλει. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης αποτυπώνεται σε έναν πίνακα και επίσης σε διαγράμματα στα οποία γίνεται η σύγκριση και γραφικά.



Σχήμα 8.33: Η σελίδα Analysis.aspx

Κατά την υλοποίηση της σελίδας χρησιμοποιήθηκε ένα Tab Container, το οποίο είδαμε και σε προηγούμενη σελίδα, ώστε να φιλοξενήσει στο ένα tab τα μενού των επιλογών του χρήστη και τον πίνακα που εμφανίζεται και κάνει σύγκριση στις επιλεγμένες χώρες και στο άλλο tab τα διαγράμματα που προκύπτουν. Χρειαζόμαστε ξανά λοιπόν στη σελίδα το AjaxControlToolkit για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί το Tab Container και ακόμα τα Libero Fusion Charts για την κατασκευή των διαγραμμάτων. Τα Libero Fusion Charts είναι ελεύθερη έκδοση των Fusion Charts και χρησιμοποιούν Flash για την γραφική τους απεικόνιση. Στο κομμάτι του κώδικα του Σχήματος 8.34 γίνεται εισαγωγή ενός πίνακα στο πρώτο TabPanel μέσα στον οποίο τοποθετούνται δύο fieldsets, ένα για κάθε CheckBoxList, που χρησιμοποιούνται για να φιλοξενήσουν τις επιλογές των χωρών και των κριτηρίων. Η CheckBoxList είναι ένα ακόμα χρήσιμο εργαλείο της asp το οποίο αποτυπώνει σε μορφή λίστας δεδομένα απο τα οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει παραπάνω από ένα κάθε φορά.

```

<% Register Assembly="Libero.FusionCharts" Namespace="Libero.FusionCharts.Control"
TagPrefix="asp" %>
<% Register Assembly="AjaxControlToolkit" Namespace="AjaxControlToolkit" TagPrefix="asp" %>
<asp:Content ID="Content1" ContentPlaceHolderID="HeadContent" runat="Server">
</asp:Content>
<asp:Content ID="Content2" ContentPlaceHolderID="MainContent" runat="Server">
<asp:ToolkitScriptManager ID="ToolkitScriptManager1" runat="server">
</asp:ToolkitScriptManager>
<asp:TabContainer ID="TabContainer1" runat="server" ActiveTabIndex="0" Height="100%"
ScrollBars="Auto" Width="100%">
<asp:TabPanel runat="server" HeaderText="Compare" ID="TabPanel1">
<ContentTemplate>
<h5 align="center">
Compare Countries</h5>
<p>
In this Page you can compare countries according to their criteria values through
table view and charts.</p>
<asp:ObjectDataSource ID="ObjectDataSource1" runat="server" SelectMethod="GetAllCountries"
TypeName="CountryAccess"></asp:ObjectDataSource>
<asp:ObjectDataSource ID="ObjectDataSource2" runat="server" SelectMethod="GetAllCriteria"
TypeName="CriteriaAccess"></asp:ObjectDataSource>
<div style="font-family: Arial" align="center">
<table style="width: 600px">
<tr>
<td>
<fieldset style="height: 220px">
<legend title="Contact us"><b>Select Countries</b></legend>
<asp:CheckBoxList ID="CheckBoxList1" runat="server" DataSourceID="ObjectDataSource1"
DataTextField="CountryName" DataValueField="CountryID" RepeatColumns="3" RepeatDirection="Horizontal">
</asp:CheckBoxList>
</fieldset>
</td>

```

Σχήμα 8.34: Μέρος της υλοποίησης της Analysis.aspx

Οι CheckBoxLists που είδαμε παραπάνω γέμισαν με τα απαραίτητα δεδομένα μέσω δύο ObjectDataSource που χρησιμοποιήθηκαν και ανακτούν δεδομένα από τη βάση, μετά από την κατάλληλη παραμετροποίηση τους από τον προγραμματιστή. Τα flash charts από την άλλη θέλουμε να τα διαχειριστούμε διαφορετικά. Δεν είναι επιθυμητό να εμφανίζονται όλα τα κριτήρια με όλες τις χώρες σε έναν πίνακα γιατί σε ένα σενάριο με 21 χώρες και 8 κριτήρια, ο πίνακας θα είναι δυσνόητος. Έτσι δημιουργήθηκε μία μέθοδος (GenerateCharts) η οποία εκτελεί ερωτήματα στη βάση δεδομένων, ένα για κάθε κριτήριο και τα αποθηκεύει σε ένα dataset το καθένα, από το οποίο τροφοδοτείται ένας πίνακας για κάθε κριτήριο. Στο Σχήμα 8.35 βλέπουμε ένα μέρος της μεθόδου.

```

private void GenerateCharts()
{
    string CS = ConfigurationManager.ConnectionStrings["DBCS"].ConnectionString;
    DataSet ds = new DataSet();
    List<string> strcrit = (List<string>)Session["crit"];

    try
    {
        using (SqlConnection con = new SqlConnection(CS))
        {
            foreach (string crit in strcrit)
            {
                SqlCommand cmd = new SqlCommand("select CountryName, Code, " + crit + " from tblMainData inner join tblCountries " +
                "on tblMainData.countryID = tblCountries.CountryID where tblMainData.countryID in (" + Session["countries"] + ")", con);
                SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(cmd);

                DataTable dt = new DataTable(crit);

                da.Fill(dt);

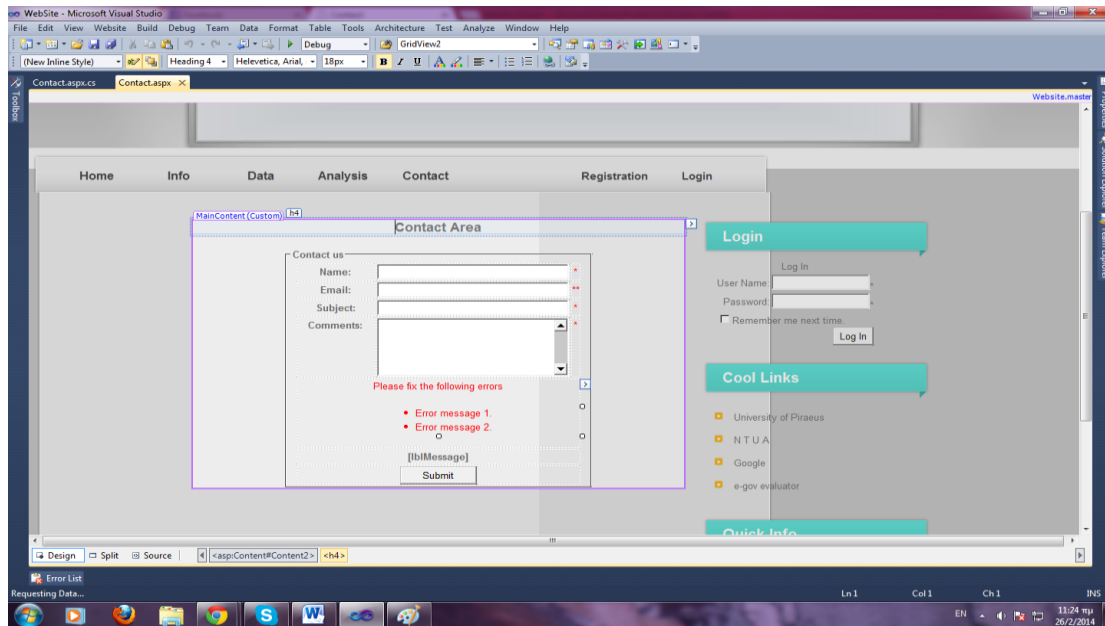
                ds.Tables.Add(dt);
            }
        }
    }
}

```

Σχήμα 8.35: Μέρος του κώδικα C# της Analysis.aspx

Contact.aspx

Κρίθηκε απαραίτητο να δημιουργήσουμε και μία σελίδα για να μπορεί ο χρήστης να επικοινωνήσει με τους Administrators της web εφαρμογής. Δημιουργήθηκε λοιπόν η Contact.aspx μέσω της οποίας ο κάθε χρήστης μπορεί να στείλει ένα μήνυμα στους διαχειριστές οι οποίοι το λαμβάνουν με τη μορφή e-mail. Στα πλαίσια της υλοποίησης χρησιμοποιήθηκε ένας πίνακας για την καταχώρηση των στοιχείων και του μηνύματος και οι απαραίτητοι validators για τους ελέγχους εισόδου (βλ. Σχήμα 8.36).



Σχήμα 8.36: Η σελίδα Contact.aspx

Στο παρακάτω τμήμα κώδικα (Σχήμα 8.37) γραμμένο σε html και asp βλέπουμε ένα μέρος της υλοποίησης της σελίδας. Χρησιμοποιήθηκε ένα table της html με τα απαραίτητα labels και textboxes για την εισαγωγή των στοιχείων του χρήστη και του μηνύματος. Αυτό που αξίζει να παρατηρηθεί είναι η χρήση των validators που παρχει η asp και συγκεκριμένα του RequiredFieldValidator και του RegularExpressionValidator. Ο πρώτος κάνει έλεγχο στο textbox για το αν έχει εισαχθεί κείμενο και στην περίπτωση που αυτό δεν έχει γίνει, ειδοποιεί για σφάλμα. Ο δεύτερος κάνει έλεγχο σε μια είσοδο του χρήστη για το αν αυτή έχει μια συγκεκριμένη μορφή και αν δεν έχει (μορφή e-mail π.χ.), ειδοποιεί για σφάλμα.

```

        <asp:TextBox ID="txtEmail" Width="250px" runat="server"></asp:TextBox>
    </td>
    <td>
        <asp:RequiredFieldValidator Display="Dynamic" ForeColor="Red" ID="RequiredFieldValidator2"
            runat="server" ControlToValidate="txtEmail" ErrorMessage="Email is required"
            Text="">
        </asp:RequiredFieldValidator>
        <asp:RegularExpressionValidator Display="Dynamic" ForeColor="Red" ID="RegularExpressionValidator1"
            runat="server" ErrorMessage="Invalid Email" ValidationExpression="\w+([-+.'@]\w+)*@([-.\w+)*\.\w+([-.\w+)*"
            ControlToValidate="txtEmail" Text="">
        </asp:RegularExpressionValidator>
    </td>
</tr>
<tr>
    <td width="100px">
        <b>Subject:</b>
    </td>
    <td>
        <asp:TextBox ID="txtSubject" Width="250px" runat="server"></asp:TextBox>
    </td>
    <td>
        <asp:RequiredFieldValidator ForeColor="Red" ID="RequiredFieldValidator3" runat="server"
            ControlToValidate="txtSubject" ErrorMessage="Subject is required" Text="">
        </asp:RequiredFieldValidator>
    </td>
</tr>

```

Σχήμα 8.37: Μέρος της υλοποίησης της Contact.aspx

Τέλος, χρειαζόμαστε ένα κομμάτι κώδικα για να αναλάβει την επικοινωνία με τον mail server, την ασφάλεια και τη διαδικασία αποστολής του μηνύματος. Το visual studio μας παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία για να γίνει αυτό εύκολα και γρήγορα και αυτά τα εργαλεία είναι οι κλάσεις και τα χαρακτηριστικά τους. Έτσι στην εικόνα του Σχήματος 8.38 φαίνεται μία μέθοδος στην οποία χρησιμοποιούνται οι κλάσεις MailMessage και

SmtpClient. Στη μέθοδο αυτή καθορίζεται το e-mail προορισμού, η δομή και το περιεχόμενό του και η ασφάλεια μέσω χρήσης SSL (πρωτόκολλο ασφαλείας).

```
protected void Button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        if (Page.IsValid)
        {
            MailMessage mailMessage = new MailMessage();
            mailMessage.From = new MailAddress("egovaluator@gmail.com");
            mailMessage.To.Add("egovaluator@gmail.com");
            mailMessage.Subject = txtSubject.Text;

            mailMessage.Body = "<b>Sender Name : </b>" + txtName.Text + "<br/>"
                + "<b>Sender Email : </b>" + txtEmail.Text + "<br/>"
                + "<b>Comments : </b>" + txtComments.Text;
            mailMessage.IsBodyHtml = true;

            SmtpClient smtpClient = new SmtpClient("smtp.gmail.com", 587);
            smtpClient.EnableSsl = true;
            smtpClient.Credentials = new
                System.Net.NetworkCredential("egovaluator@gmail.com", "otinanai");
            smtpClient.Send(mailMessage);

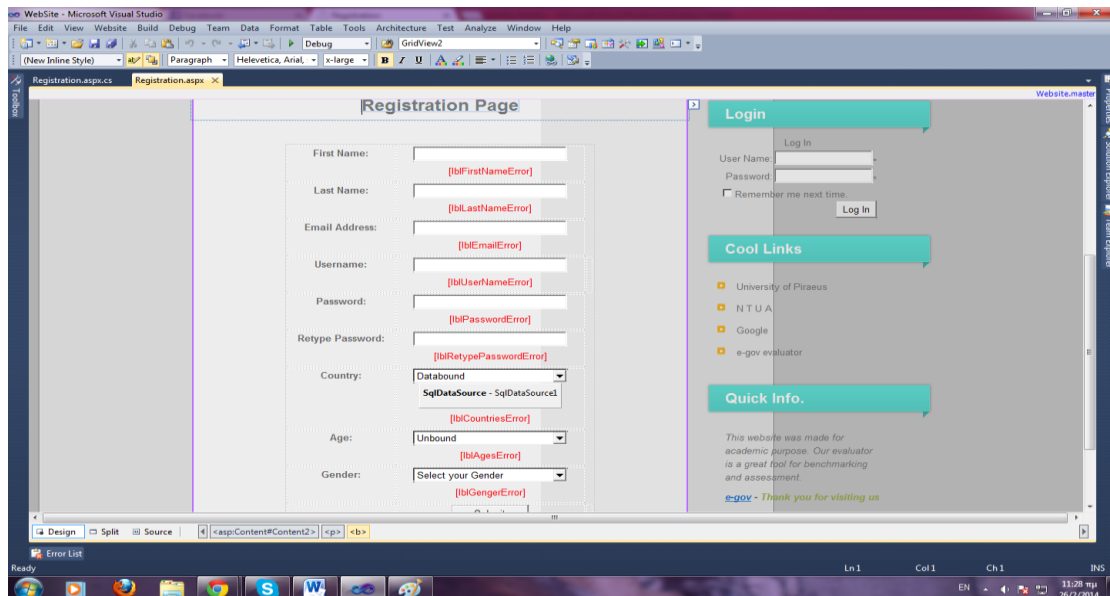
            lblMessage.ForeColor = System.Drawing.Color.Blue;
            lblMessage.Text = "Thank you for contacting us";

            txtName.Enabled = false;
            txtEmail.Enabled = false;
            txtComments.Enabled = false;
            txtSubject.Enabled = false;
            Button1.Enabled = false;
        }
    }
}
```

Σχήμα 8.38: Μέρος του κώδικα C# της Contact.aspx

Registration.aspx

Ο χρήστης, πέρα από την περιήγηση, μπορεί να κάνει και εγγραφή στη web εφαρμογή ώστε να χρησιμοποιήσει και το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που έχει κατασκευαστεί. Έτσι λοιπόν δημιουργήθηκε η σελίδα Registration.aspx με την απαραίτητη φόρμα εγγραφής για το χρήστη. Η φόρμα αποτελείται από έναν πίνακα με τα απαραίτητα πεδία στα οποία ο χρήστης μπορεί να εισάγει τα προσωπικά του στοιχεία και ένα button, ώστε πατώντας το αυτά να καταχωρηθούν στη βάση, αν περάσουν σωστά όλους του ελέγχους (Σχήμα 8.39).



Σχήμα 8.39: Η σελίδα Registration.aspx

Στο τμήμα του κώδικα που παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.40 συναντάμε εργαλεία σχεδιασμού της asp και html που είδαμε και προηγουμένως και δεν χρειάζεται να κάνουμε εκτενή αναφορά. Παρατηρούμε τη χρήση ενός πίνακα ο οποίος περιέχει labels, textboxes καθώς και dropdownlists για τη σωστή καταχώρηση των στοιχείων. Οι έλεγχοι εισόδου δεν γίνονται σε αυτό το κομμάτι αλλά σε C# κώδικα.

```

<td class="style3" valign="top">
<b>Retype Password:</b>
</td>
<td class="style6">
<asp:TextBox ID="tbxRetypePassword" runat="server" Width="200px" TextMode="Password"></asp:TextBox>
<div class="row">
<asp:Label ID="lblRetypePasswordError" CssClass="error" runat="server" />
</div>
</td>
</tr>
<tr>
<td class="style3" valign="top">
<b>Country:</b>
</td>
<td class="style6">
<asp:DropDownList ID="ddlCountries" Width="200px" runat="server" DataSourceID="SqlDataSource1"
DataTextField="CountryName" DataValueField="CountryID">
</asp:DropDownList>
<asp:SqlDataSource ID="SqlDataSource1" runat="server"
ConnectionString=" <img alt="SQL icon" data-bbox="215 315 230 330"/> ConnectionStrings:DBCS <img alt="SQL icon" data-bbox="455 315 470 330"/>
SelectCommand="SELECT * FROM [tblWorldCountries]"></asp:SqlDataSource>
<div class="row">
<asp:Label ID="lblCountriesError" CssClass="error" runat="server" />
</div>

```

Σχήμα 8.40: Μέρος της υλοποίησης της Registration.aspx

Επιλέξαμε λοιπόν έναν εναλλακτικό τρόπο, πιο «προγραμματιστικό», για να κάνουμε τους ελέγχους εισόδου από το χρήστη, αν δηλαδή θα συμπληρώσει όλα τα πεδία που κρίνονται απαραίτητα και αν αυτά πληρούν τις προϋποθέσεις που δίνει ο προγραμματιστής. Βλέπουμε παρακάτω για παράδειγμα τον έλεγχο που γίνεται μέσα σε μία μέθοδο C# για τον αν ο χρήστης πληκτρολόγησε επώνυμο και επίσης αν πληκτρολόγησε e-mail και αν αυτό έχει τη μορφή που πρέπει.

```

if (string.IsNullOrEmpty(tbxLastName.Text))
{
    lblLastNameError.Text = "Enter Last Name";
    isError = true;
}

if (string.IsNullOrEmpty(tbxEmail.Text))
{
    lblEmailError.Text = "Enter email";
    isError = true;
}

else if (!IsValidEmail(tbxEmail.Text))
{
    lblEmailError.Text = "Enter valid email, for example: user@provider.domain";
    isError = true;
}

```

Σχήμα 8.41: Μέρος του C# κώδικα της σελίδας Registration.aspx

Τέλος, για να ολοκληρωθεί σωστά η διαδικασία εγγραφής πρέπει τα στοιχεία του χρήστη να εγγραφούν στη βάση δεδομένων. Στην μέθοδο που βλέπουμε στο Σχήμα 8.42 επιτυγχάνεται με τις κατάλληλες εντολές η εγγραφή των στοιχείων που πληκτρολόγησε ο χρήστης, στη βάση ώστε να μπορεί στη συνέχεια ο χρήστης να κάνει login όποια στιγμή το επιθυμήσει.

```

if (isError) return;
if (!isError)
{
    string CS = ConfigurationManager.ConnectionStrings["DBCS"].ConnectionString;
    SqlConnection con = new SqlConnection((CS));

    con.Open();

    string inscmd = "Insert into tblUsers (firstName, lastName, email, userName, password, country, age, gender, sysDate) values (@firstName, @lastName, @email, @username,
    SqlCommand inser
    class System.String
    Represents text as a series of Unicode characters.
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@firstName", tbxFirstName.Text);
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@lastName", tbxLastName.Text);
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@email", tbxEmail.Text);
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@username", tbxUserName.Text);
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@password", tbxPassword.Text);
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@country", ddlCountries.SelectedItem.Text);
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@age", ddlAges.SelectedItem.Text);
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@gender", ddlGender.SelectedItem.Text);
    Insertuser.Parameters.AddWithValue("@sysdate", DateTime.Now);

    Insertuser.ExecuteNonQuery();
    Insertuser.Dispose();
    Insertuser = null;
    con.Close();
}

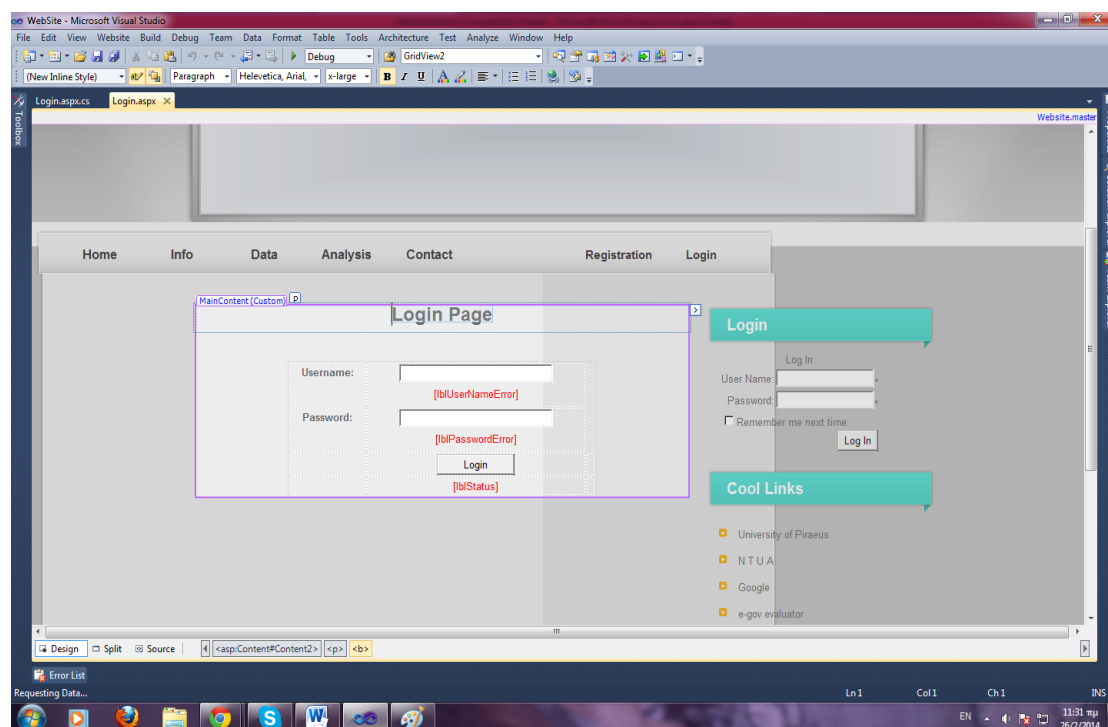
Response.Redirect("Login.aspx");

```

Σχήμα 8.42: Ένα ακόμα κομμάτι του C# κώδικα της σελίδας Registration.aspx

Login.aspx

Η τελευταία σελίδα που είναι content page στην Website.master είναι η Login.aspx. Είναι η φόρμα στην οποία ο χρήστης μπορεί να κάνει είσοδο στον ιστότοπο με τα στοιχεία του (username, password), ώστε να μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων. Αυτή η λειτουργία υπάρχει βέβαια και στη sidebar αλλά επιλέχθηκε να δημιουργηθεί και ξεχωριστή σελίδα. Για την υλοποίηση χρησιμοποιήθηκε ένας πίνακας, ένα button για την υποβολή στοιχείων και ξεχωριστός C# κώδικας για να κάνει την ταυτοποίηση του χρήστη (Σχήμα 8.43).



Σχήμα 8.43: Η σελίδα Login.aspx

Στην εικόνα του Σχήματος 8.44 φαίνεται ένα μέρος του κώδικα υλοποίησης της σελίδας στο οποίο τοποθετούνται labels και textboxes στα κελιά ενός πίνακα. Τα labels περιέχουν τους τίτλους των ζητούμενων στοιχείων πληκτρολόγησης και τα textboxes τα πεδία στα οποία μπορεί να πληκτρολογήσει ο χρήστης. Επίσης δηλώνονται και labels για να ενημερώνουν με κείμενο το χρήστη αν τα στοιχεία είναι λάθος.

```
<tr>
  <td class="style3" valign="top">
    <b>Username:</b>
  </td>
  <td class="style6">
    <asp:TextBox ID="tbxUserName" runat="server" Width="200px"></asp:TextBox>
    <div class="row">
      <asp:Label ID="lblUserNameError" CssClass="error" runat="server" />
    </div>
  </td>
</tr>
<tr>
  <td class="style3" valign="top">
    <b>Password:</b>
  </td>
  <td class="style6">
    <asp:TextBox ID="tbxPassword" runat="server" Width="200px" TextMode="Password"></asp:TextBox>
    <div class="row">
      <asp:Label ID="lblPasswordError" CssClass="error" runat="server" />
    </div>
  </td>
</tr>
```

Σχήμα 8.44: Κομμάτι της υλοποίησης της Login.aspx

Ο έλεγχος για μία ακόμα φορά προτιμήθηκε να γίνει μέσα από κώδικα C# μέρος του οποίου παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.45. Γίνεται χρήση της μεθόδου ValidateControls και της κλάσης Users η οποία περιέχει μια απεικόνιση του πίνακα tblUsers της βάσης δεδομένων. Εκτελούνται sql ερωτήματα στη βάση ώστε να προκύψει αν το κάθε πεδίο υπάρχει σε κάποια εγγραφή για να δοθεί πρόσβαση, διαφορετικά ο έλεγχος φέρνει τη μεταβλητή isError σε true και εμφανίζεται μήνυμα αποτυχίας εισόδου. Αν υπάρχει και το username και το password στην ίδια εγγραφή στη βάση δεδομένων, τότε ο χρήστης κάνει επιτυχή είσοδο (login).

```
private bool ValidateControls()
{
    bool isError = false;
    Users usern = Users.GetUserByUsername(tbxUserName.Text);
    Users userp = Users.GetUserByPassword(tbxPassword.Text);

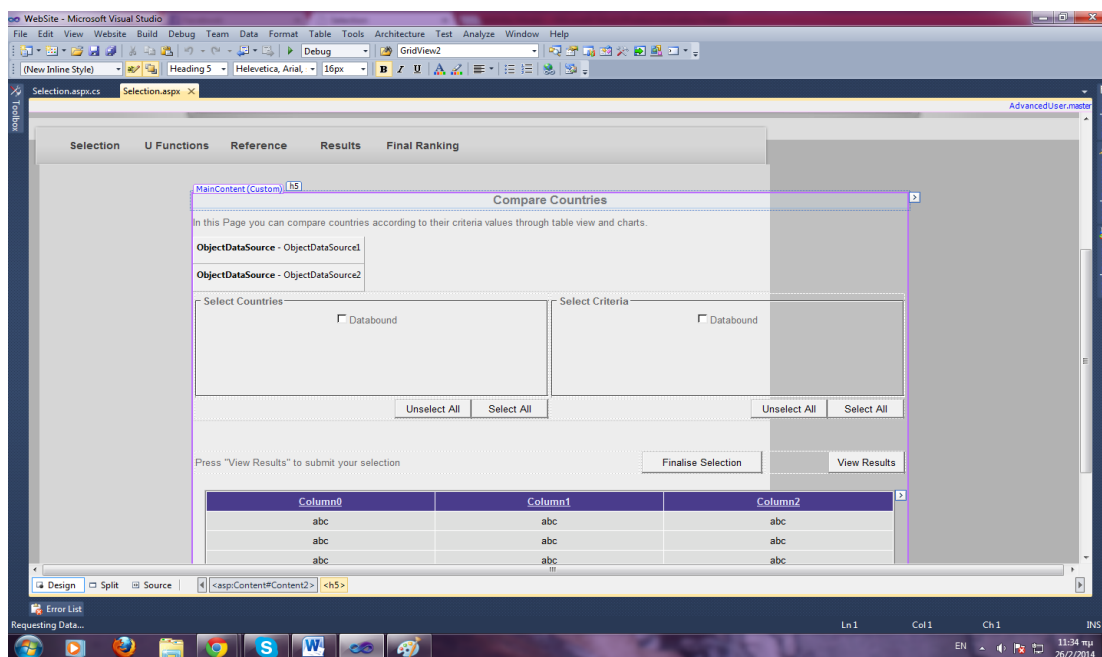
    if (string.IsNullOrEmpty(tbxUserName.Text))
    {
        lblUserNameError.Text = "Enter username";
        lblStatus.Text = "Login Failed...";
        isError = true;
    }
    else if (tbxUserName.Text != usern.username)
    {
        lblUserNameError.Text = "Check your username";
        lblStatus.Text = "Login Failed...";
        isError = true;
    }
}
```

Σχήμα 8.45: Μέρος του κώδικα C# της Login.aspx

Selection.aspx

Αφού ο χρήστης κάνει επιτυχή είσοδο στον ιστότοπο, ανακατευθύνεται σε άλλη master page, την AdvancedUser.master η οποία περιέχει διαφορετικό μενού, είναι το μενού των σελίδων που πραγματοποιούν τις διαδικασίες του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων. Η ουσιαστική διαφορά της από την Website.master είναι η απουσία της

sidebar η οποία δεν κρίνεται πλέον απαραίτητη. Οι σελίδες που δημιουργήθηκαν είναι η Selection, U Functions, Reference, Results και Ranking τις οποίες θα αναλύσουμε παρακάτω. Στη σελίδα Selection.aspx (Σχήμα 8.46) γίνεται η επιλογή από το χρήστη των χωρών και των κριτηρίων που θα συμμετέχουν στην ανάλυση και σύγκριση. Επίσης παρουσιάζεται και ένας πίνακας με τις επιλεγμένες χώρες και κριτήρια με δυνατότητα κατάταξης ανά κριτήριο.



Σχήμα 8.46: Η σελίδα Selection.aspx

Για την υλοποίηση χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν γνωστά μέχρι τώρα εργαλεία της asp και html, όπως πίνακες, fieldsets, checkboxlists, buttons. Ένας πίνακας χρησιμοποιήθηκε για να περιέχει δύο fieldsets, όπου το καθένα από αυτά περιέχει μια checkboxlist με τις επιλογές χωρών και κριτηρίων. Οι checkboxlists τροφοδοτούνται και εδώ με δεδομένα από δύο objectdatasources, όπως είδαμε και σε προηγούμενη υλοποίηση. Επίσης χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν κάποια buttons για να εκτελούν τις απαραίτητες ενέργειες, όπως για παράδειγμα την προβολή των επιλογών του χρήστη σε πίνακα. Ο πίνακας που προκύπτει από τις επιλογές των χωρών ορίζεται στο Σχήμα 8.47 και είναι ένα GridView. Το GridView είναι ένα πανίσχυρο εργαλείο της asp το οποίο προβάλλει τα δεδομένα από τη βάση δεδομένων σε μορφή πίνακα με πολλές δυνατότητες παραμετροποίησης. Δυνατότητες όπως διάταξη, κατάταξη, σχήματα, χρωματισμοί, μερικές από τις οποίες αποτυπώνονται και στο Σχήμα.

```
<asp:GridView ID="GridView1" OnSorting="SortRecords" AllowSorting="True" runat="server"
    OnRowCreated="GridView1_RowCreated" OnRowDataBound="GridView1_RowDataBound" currentsortfield="CountryName"
    BackColor="White" BorderColor="White" BorderStyle="Ridge" BorderWidth="2px" CellPadding="3"
    CellSpacing="1" GridLines="None" ShowFooter="True" HorizontalAlign="Center" Width="900px">
    <FooterStyle BackColor="#C6C3C6" ForeColor="Black" HorizontalAlign="Center" />
    <HeaderStyle BackColor="#4A3C8C" Font-Bold="False" ForeColor="#E7E7FF" Font-Size="Small" />
    <PagerStyle BackColor="#C6C3C6" ForeColor="Black" HorizontalAlign="Right" />
    <RowStyle BackColor="#DEDFDE" ForeColor="Black" HorizontalAlign="Center" />
    <SelectedRowStyle BackColor="#9471DE" Font-Bold="True" ForeColor="White" />
    <SortedAscendingCellStyle BackColor="#F1F1F1" />
    <SortedAscendingHeaderStyle BackColor="#594B9C" />
    <SortedDescendingCellStyle BackColor="#CAC9C9" />
    <SortedDescendingHeaderStyle BackColor="#33276A" />
</asp:GridView>
```

Σχήμα 8.47: Κομμάτι της υλοποίησης της σελίδας Selection.aspx

Η Selection.aspx περιέχει πολλές γραμμές C# κώδικα, όπως και όλες οι σελίδες της AdvancedUser.master, γιατί εκτελεί πολλές λειτουργίες και διαδικασίες. Μία από αυτές φαίνεται και στο Σχήμα 8.48. Αφού έχει δημιουργηθεί το gridView με το οποίο προβάλλουμε τα δεδομένα των επιλεγμένων χωρών και κριτηρίων, κρίθηκε απαραίτητο να δημιουργηθεί η δυνατότητα κατάταξης ανά επιλεγμένο κριτήριο, να μπορεί δηλαδή ο χρήστης να επιλέγει τον τίτλο ενός κριτηρίου από τον πίνακα και το σύστημα να τοποθετεί τις χώρες σε φθίνουσα ή αύξουσα κατάταξη ανάλογα με τις τιμές του συγκεκριμένου κριτηρίου. Με την παρακάτω μέθοδο επιτυγχάνεται αυτού του είδους η λειτουργία του πίνακα και μάλιστα εισάγονται και δύο μικρές εικόνες στον πίνακα (άνω και κάτω βέλος) και τοποθετούνται κάθε φορά στο κριτήριο το οποίο έχει επιλεγεί με τη φορά που έχει ζητηθεί.

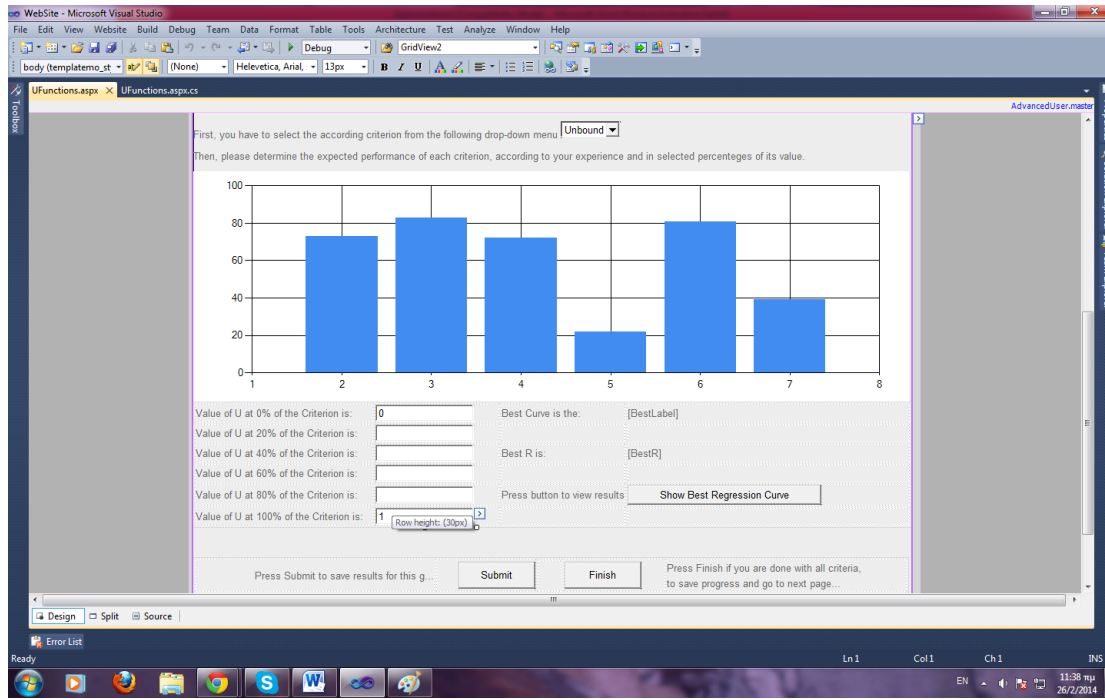
```
protected void GridView1_RowCreated(object sender, GridViewRowEventArgs e)
{
    if (e.Row.RowType == DataControlRowType.Header)
    {
        foreach (TableCell tablecell in e.Row.Cells)
        {
            if (tablecell.HasControls())
            {
                LinkButton sortLinkButton = null;
                if (tablecell.Controls[0] is LinkButton)
                {
                    sortLinkButton = (LinkButton)tablecell.Controls[0];
                }
                if (sortLinkButton != null && GridView1.Attributes["currentsortfield"] == sortLinkButton.CommandArgument)
                {
                    Image img = new Image();
                    if (SortDirection == SortDirection.Ascending)
                    {
                        img.ImageUrl = "~/images/up_arrow.png";
                    }
                    else
                    {
                        img.ImageUrl = "~/images/down_arrow.png";
                    }
                    tablecell.Controls.Add(new LiteralControl("&nbsp;"));
                    tablecell.Controls.Add(img);
                }
            }
        }
    }
}
```

Σχήμα 8.48: Μέρος του κώδικα C# της Selection.aspx

UFunctions.aspx

Η επόμενη σελίδα της διαδικασίας είναι η UFunctions.aspx, ένα στιγμιότυπο της οποίας δίνεται στο Σχήμα 8.49. Στην UFunctions.aspx θα υπολογιστούν τα $U(g_i)$ για κάθε κριτήριο που επιλέχθηκε στο προηγούμενο βήμα σύμφωνα με όσα ορίζει το μεθοδολογικό πλαίσιο που διέπει το σύστημα. Για την υλοποίηση της σελίδας χρησιμοποιήθηκε ένα chart το οποίο θα κάνει γραφική απεικόνιση της κάθε συνάρτησης

U, μία dropdownlist για τα κριτήρια που επιλέχθηκαν, ένας πίνακας με labels και textboxes για την είσοδο από το χρήστη και τα αποτελέσματα των συναρτήσεων και τέλος τα απαραίτητα buttons για να δίνουν τις εντολές υλοποίησης, αποτελεσμάτων και αποθήκευσης.



Σχήμα 8.49: Η σελίδα UFunctions.aspx

Στο Σχήμα 8.50 βλέπουμε μόνο ένα μικρό κομμάτι του κώδικα κατασκευής της σελίδας και συγκεκριμένα τον ορισμό του chart και την αρχή του ορισμού του table που χρησιμοποιήθηκε. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση κρίθηκε απαραίτητο να γίνει χρήση ενός γραμμικού chart και όχι των fusion charts όπως προηγουμένως. Το πιο σημαντικό και ουσιαστικό μέρος της υλοποίησης όμως βρίσκεται στον C# κώδικα της σελίδας όπου τρέχουν όλες οι διαδικασίες υπολογισμού των συναρτήσεων U και αποθήκευσης τους στη βάση δεδομένων του συστήματος.

```
<div>
  <asp:Chart ID="Chart1" runat="server" Width="931px">
    <Series>
      <asp:Series Name="Series1">
      </asp:Series>
    </Series>
    <ChartAreas>
      <asp:ChartArea Name="ChartArea1">
      </asp:ChartArea>
    </ChartAreas>
  </asp:Chart>
  <table id="Table1" runat="server" style="width: 934px">
    <tr>
      <td width="230px">
        Value of U at 0% of the Criterion is:
      </td>
      <td width="160px">
        <asp:TextBox ID="TextBox1" runat="server" Enabled="false"></asp:TextBox>
      </td>
    </tr>
  </table>
</div>
```

Σχήμα 8.50: Μέρος της υλοποίησης της UFunctions.aspx

Αφού έχουν υπολογιστεί οι τιμές των συναρτήσεων $U(g_i)$ για κάθε κριτήριο, πρέπει στη συνέχεια να αποθηκεύσουμε τα αποτελέσματα για το συγκεκριμένο χρήστη στη βάση

δεδομένων (Σχήμα 8.51). Πρέπει λοιπόν να γίνει αρχικά έλεγχος για το αν υπάρχει εγγραφή για τον συγκεκριμένο χρήστη και αν δεν υπάρχει να εγγραφούν (insert) οι τιμές κατευθείαν στη βάση, πράγμα το οποίο υλοποιείται στο πρώτο if}. Διαφορετικά, εντοπίζονται οι υπάρχουσες εγγραφές και γίνεται ενημέρωση (update) πλέον σε αυτές με αντικατάσταση των τιμών, το οποίο υλοποιείται στο δεύτερο if}.

```
string CS = ConfigurationManager.ConnectionStrings["DBCS"].ConnectionString;
using (SqlConnection con = new SqlConnection(CS))
{
    con.Open();

    if (strUserID == "0" || strUserName == null)
    {
        string inscmd = "insert into tblUFunctions (userID, Uname, Utype, a, b, c) values (@userID, @Uname, @Utype, @a, @b, @c)";
        SqlCommand insertU = new SqlCommand(inscmd, con);

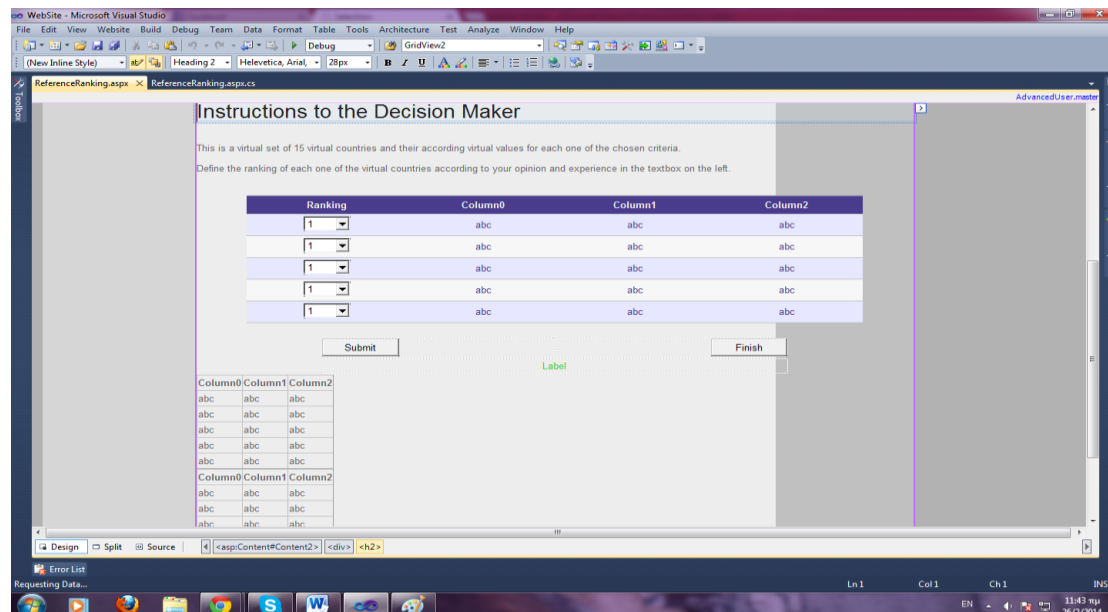
        insertU.Parameters.AddWithValue("@userID", strUserLogin);
        insertU.Parameters.AddWithValue("@Uname", strddlUname);
        insertU.Parameters.AddWithValue("@Utype", intUtype);
        insertU.Parameters.AddWithValue("@a", strA);
        insertU.Parameters.AddWithValue("@b", strB);
        insertU.Parameters.AddWithValue("@c", strC);

        insertU.ExecuteNonQuery();
        insertU.Dispose();
        insertU = null;
    }
    else if (strUserLogin == strUserID && strddlUname == strdbUname)
    {
        string updcmd = "update tblUFunctions set Utype=" + intUtype + ", a=" + strA + ", b=" + strB + ", c=" + strC + " where userID = " + strUserID + " and Uname=" + strddlUname .
        SqlCommand updateU = new SqlCommand(updcmd, con);
        updateU.ExecuteNonQuery();
        updateU.Dispose();
        updateU = null;
    }
}
```

Σχήμα 8.51: Μέρος του κώδικα C# της UFunctions.aspx

ReferenceRanking.aspx

Στην ReferenceRanking.aspx γίνεται ο υπολογισμός των βαρών $P(i)$ για κάθε κριτήριο τα οποία χρειαζόμαστε για το τελικό βήμα πριν την κατάταξη των χωρών βάσει της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται. Για τον υπολογισμό αυτό γίνεται χρήση αφενός των αποτελεσμάτων των $U(g_i)$ και αφαιτέρου μιας κατάταξης εικονικών χωρών την οποία επιλέγει ο χρήστης βάσει εικονικών τιμών κριτηρίων. Οι χώρες και οι τιμές των κριτηρίων προβάλλονται σε έναν πίνακα με dropdownlists σε κάθε γραμμή για την επιλογή του αποφασίζοντος (Σχήμα 8.52).



Σχήμα 8.52: Η σελίδα ReferenceRanking.aspx

Ο ορισμός του συγκεκριμένου πίνακα γίνεται στο τμήμα κώδικα html και asp του Σχήματος 8.53. Δηλώνεται ένα gridView μέσα σε μια παράγραφο div και η μία του στήλη γεμίζει χειροκίνητα από τον προγραμματιστή με 15 dropdownlists, οι οποίες με τη σειρά τους γεμίζουν με 15 ListItemς, ένα για κάθε αριθμό από 1-15. Οι άλλες δύο στήλες ανακτούν τα δεδομένα τους από τη βάση δεδομένων. Επίσης βλέπουμε ότι ορίζονται και τα γραφικά χαρακτηριστικά του πίνακα όπως χρώματα, διάταξη, κλπ.

```
<div align="center">
  <asp:GridView ID="GridView1" runat="server" BackColor="white" BorderColor="#E7E7FF"
    BorderStyle="None" BorderWidth="1px" CellPadding="3" GridLines="Horizontal" Width="800px">
    <AlternatingRowStyle BackColor="#F7F7F7" />
    <Columns>
      <asp:TemplateField HeaderText="Ranking">
        <ItemTemplate>
          <asp:DropDownList ID="DropDownList1" runat="server" Width="60px">
            <asp:ListItem Text="1" Value="1"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="2" Value="2"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="3" Value="3"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="4" Value="4"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="5" Value="5"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="6" Value="6"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="7" Value="7"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="8" Value="8"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="9" Value="9"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="10" Value="10"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="11" Value="11"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="12" Value="12"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="13" Value="13"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="14" Value="14"></asp:ListItem>
            <asp:ListItem Text="15" Value="15"></asp:ListItem>
          </asp:DropDownList>
        </ItemTemplate>
      </asp:TemplateField>
    </Columns>
    <FooterStyle BackColor="#B5C7DE" ForeColor="#4A3C8C" />
    <HeaderStyle BackColor="#4A3C8C" Font-Bold="True" ForeColor="#F7F7F7" />
    <PagerStyle BackColor="#E7E7FF" ForeColor="#4A3C8C" HorizontalAlign="Right" />
    <RowStyle BackColor="#E7E7FF" ForeColor="#4A3C8C" HorizontalAlign="Center" />
    <SelectedRowStyle BackColor="#F3B9C" Font-Bold="True" ForeColor="#F7F7F7" />
    <SortedAscendingHeaderStyle BackColor="#4F4FD" />
    <SortedAscendingHeaderStyle BackColor="#5A4C9D" />
    <SortedDescendingHeaderStyle BackColor="#DBD8F0" />
    <SortedDescendingHeaderStyle BackColor="#3E3277" />
  </asp:GridView>
</div>
```

Σχήμα 8.53: Μέρος της υλοποίησης της ReferenceRanking.aspx

Ο C# κώδικας που τρέχει πίσω από τη συγκεκριμένη σελίδα αποτελείται από πολλές δεκάδες γραμμές. Επιλέχθηκε ένα μέρος από αυτόν για να προβληθεί στην εικόνα του Σχήματος 8.54 και να αναλυθεί. Έχουν ήδη προκύψει οι τιμές των $P(i)$ μέσα από τις κατάλληλες μεθόδους και συναρτήσεις και αυτό που φαίνεται ουσιαστικά στο τμήμα κώδικα είναι τα scores που προκύπτουν και η τελική κατάταξη των χωρών βάσει αυτών.

Αρχικά, αντιστοιχίζεται ένα κλειδί (key) στην κάθε χώρα που αναλύεται και προκύπτει και ένα score για το κλειδί της χώρας αυτής σύμφωνα με την συνάρτηση που βλέπουμε μέσα στο for{}. Στη συνέχεια γίνεται κατάταξη των χωρών με τη χρήση της Array.Sort (κλάση Array, attribute Sort) και δημιουργείται ένα κενό gridView το οποίο γεμίζει στο επόμενο for{} με τις χώρες και τα scores. Τέλος, δημιουργείται ένας κλώνος του πίνακα, γίνεται στρογγυλοποίηση στα scores και γίνεται κατάταξη με φθίνουσα σειρά στον πίνακα αυτόν.

```
string str = Session["sesStrCountriesID"].ToString();
List<string> lst = (List<string>)Session["sesLstCountriesID"];
int j = lst.Count;
double[] scores = new double[j];
int[] keys = new int[j];

for (int k = 0; k < j; k++)
{
    keys[k] = k;
    scores[k] = (p1.ToDouble()) * u1(Convert.ToDouble(GridView3.Rows[k].Cells[2].Text)) + (p2.ToDouble()) * u2(Convert.ToDouble(GridView3.Rows[k].Cells[3].Text)) + (p3.ToDouble())
}

Array.Sort(scores, keys);

DataTable dt = new DataTable();
dt.Clear();
dt.Columns.Add("Country");
dt.Columns.Add("Code");
dt.Columns.Add("Score");
dt.Columns.Add("Rank");

for (int k = 0; k < j; k++)
{
    DataRow dtr = dt.NewRow();
    dtr["Country"] = GridView3.Rows[keys[k]].Cells[1].Text;
    dtr["Code"] = GridView3.Rows[keys[k]].Cells[10].Text;
    dtr["Score"] = scores[k];
    dtr["Rank"] = j - k;
    dt.Rows.Add(dtr);
}

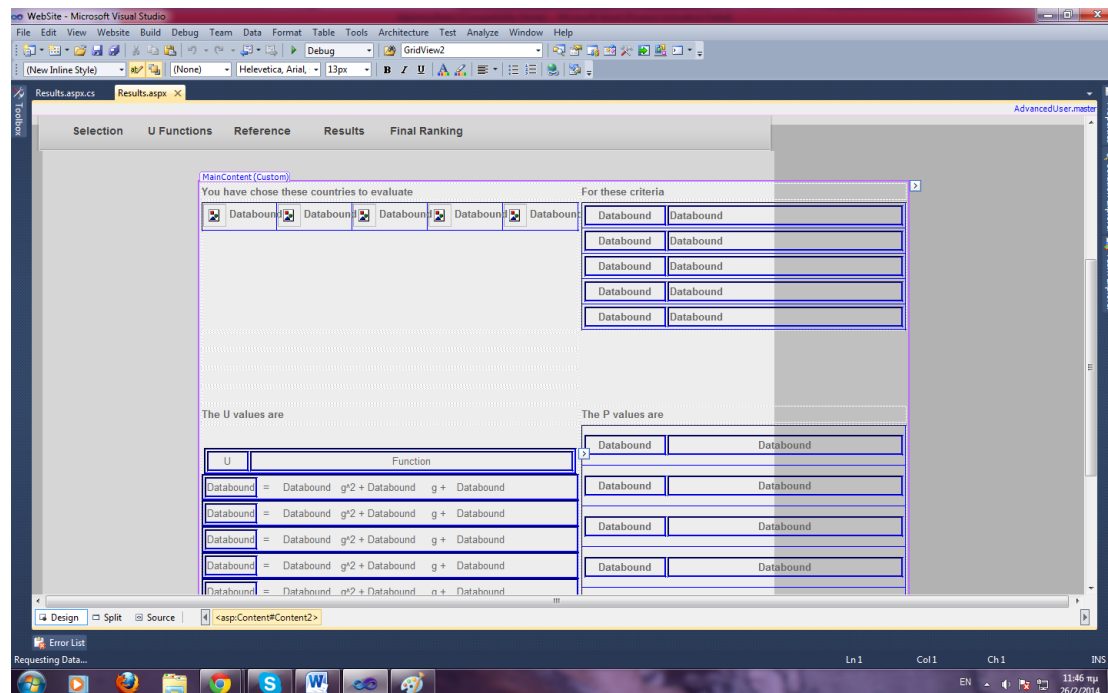
DataTable dtCloned = dt.Clone();
dtCloned.Columns[2].DataType = typeof(Double);
foreach (DataRow row in dt.Rows)
{
    row[2] = Math.Round(Convert.ToDouble(row[2]), 3);
    dtCloned.ImportRow(row);
}

dt.DefaultView.Sort = "Score desc";
dt = dt.DefaultView.ToTable();
```

Σχήμα 8.54: Μέρος του κώδικα C# της ReferenceRanking.aspx

Results.aspx

Η Results.aspx (Σχήμα 8.55) φιλοξενεί τα τελικά αποτελέσματα της αξιολόγησης και σύγκρισης των επιλεγμένων χωρών και είναι η πρωτοτελευταία σελίδα της web εφαρμογής. Κρίθηκε απαραίτητο, πριν γίνει η τελική κατάταξη των χωρών σε πίνακα και διάγραμμα, να προβληθούν οι χώρες, τα κριτήρια, οι U συναρτήσεις, οι τιμές των P και ένα report από τη διαδικασία εύρεσης των τιμών των P από την προηγούμενη σελίδα. Χρησιμοποιήθηκαν 4 κατάλληλοι πίνακες για τη συγκεκριμένη υλοποίηση, ένας για κάθε κατηγορία αποτελεσμάτων, και ένα πεδίο κειμένου για την αναφορά (report).



Σχήμα 8.55: Η σελίδα Results.aspx

Για τη κατασκευή της δομής σελίδας χρησιμοποιήθηκε ένας βασικός πίνακας, τρεις datalists, ένας repeater και ένα textbox. Αυτά τα εργαλεία της asp και της html τα συναντήσαμε και σε προηγούμενες υλοποιήσεις σελίδων. Οι datalists φιλοξενούν τις χώρες και τα κριτήρια που έχουν επιλεγεί καθώς και τις τιμές των P που έχουν υπολογιστεί. Οι τιμές των συναρτήσεων U φιλοξενούνται από έναν πίνακα gridview κατάλληλα διαμορφωμένο. Επίσης έγινε χρήση ενός multiline textbox για να προβληθεί το κείμενο της αναφοράς. Ο ορισμός μιας datalist φαίνεται στο Σχήμα 8.56.

```
<td width="500px" valign="top" align="left">
  <asp:Datalist ID="Datalist1" runat="server" HorizontalAlign="Left" Width="490px"
    RepeatColumns="5" BorderColor="Blue" BorderStyle="Inset" BorderWidth="1px" GridLines="Both"
    RepeatDirection="Horizontal">
    <AlternatingItemStyle BorderColor="Blue" BorderStyle="Inset" />
    <EditItemStyle BorderColor="Blue" BorderStyle="Inset" />
    <FooterStyle BorderColor="Blue" BorderStyle="Inset" />
    <HeaderStyle BorderColor="Blue" BorderStyle="Inset" />
    <ItemStyle Font-Bold="True" BorderColor="Blue" BorderStyle="Inset" />
    <ItemTemplate>
      <asp:Image ID="imgFlag" runat="server" ImageUrl='<%# Eval("Flag") %>' Width="30px" Height="30px" />
      <asp:Label ID="lblCountry" Text='<%# Eval("CountryName") %>' runat="server" Width="60px" Height="30px" />
    </ItemTemplate>
    <SelectedItemStyle BorderColor="Blue" BorderStyle="Inset" />
    <SeparatorStyle BorderColor="Blue" BorderStyle="Inset" />
  </asp:Datalist>
</td>
```

Σχήμα 8.56: Μέρος της υλοποίησης της Results.aspx

Στον κώδικα C# της σελίδας Results.aspx χρησιμοποιούνται οχτώ μέθοδοι, στις τέσσερις από τις οποίες γίνεται ανάκτηση από τη βάση δεδομένων και στις άλλες τέσσερις δένονται τα συγκεκριμένα δεδομένα που ανακτήθηκαν με τις datalists και το gridview. Βλέπουμε δύο από αυτές τις μεθόδους στο Σχήμα 8.57. Επίσης έγινε χρήση ενός session για να αποθηκευτεί το report από τη σελίδα ReferenceRanking.aspx και

ανακτήθηκε το περιεχόμενό του στον C# κώδικα της Results.aspx για να τοποθετηθεί μέσα σε ένα textbox και να παρουσιαστεί στο χρήστη.

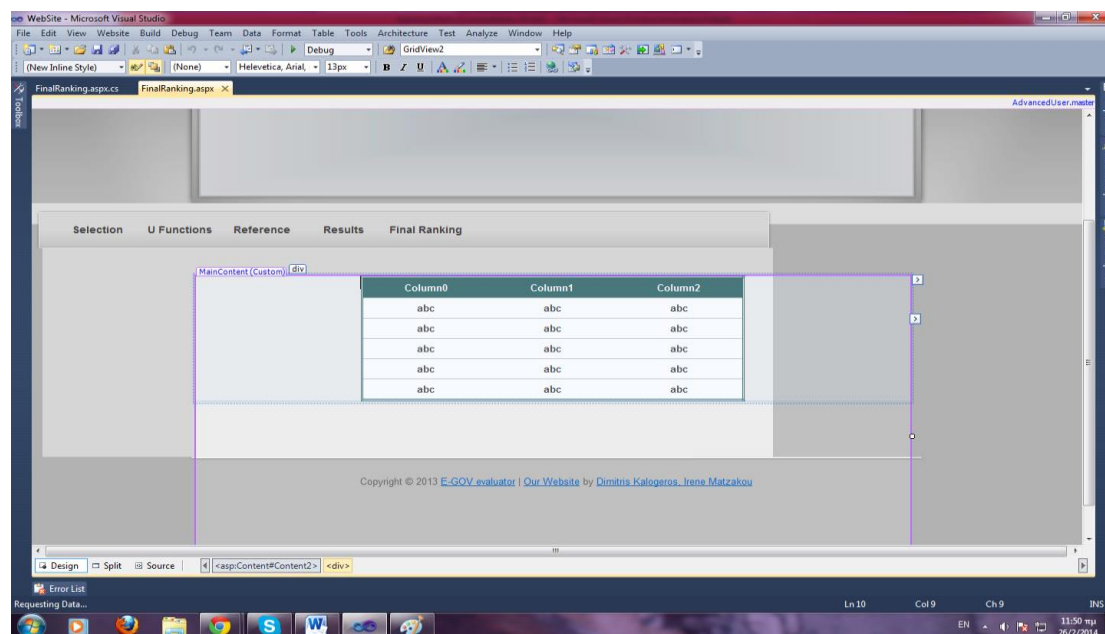
```
protected void LoadDataList4()
{
    DataList3.DataSource = GetData4();
    DataList3.DataBind();
}

private DataTable GetData1()
{
    DataTable table = new DataTable();
    string CS = ConfigurationManager.ConnectionStrings["DBCS"].ConnectionString;
    using (SqlConnection con = new SqlConnection(CS))
    {
        string sql = "select CountryName, Flag from tblCountries where CountryID in (" + Session["sesStrCountriesID"] + ")";
        using (SqlCommand cmd = new SqlCommand(sql, con))
        {
            using (SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(cmd))
            {
                da.Fill(table);
            }
        }
    }
    return table;
}
```

Σχήμα 8.57: Μέρος του κώδικα C# της Results.aspx

FinalRanking.aspx

Η τελευταία σελίδα της εφαρμογής είναι η Ranking.aspx, ένα στιγμιότυπο της οποίας φαίνεται στο Σχήμα 8.58. Στη σελίδα αυτή προβάλλεται ένας πίνακας με όλες τις χώρες που επέλεξε ο χρήστης στην Selection.aspx σε κατάταξη με βάση το score που προέκυψε από όλη τη διαδικασία ανάλυσης και αξιολόγησης που πραγματοποιήθηκε από το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων της εφαρμογής. Η κατάταξη είναι σε φθίνουσα σειρά από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο score. Τέλος το αποτέλεσμα αυτό αποτυπώνεται και σε ένα διάγραμμα των χωρών επίσης με φθίνουσα σειρά.



Σχήμα 8.58: Η σελίδα FinalRanking.aspx

Στον κώδικα της html και asp της συγκεκριμένης σελίδας χρησιμοποιήθηκε ένα gridView για να προβάλλει τις χώρες σε κατάταξη και ένα διάγραμμα libero fusion chart

για την γραφική απεικόνιση της κατάταξης. Στην εικόνα του Σχήματος 8.59 παρουσιάζεται ένα κομμάτι του κώδικα αυτού στο οποίο γίνεται ο ορισμός και η εισαγωγή του gridView και των χαρακτηριστικών του καθώς και η εισαγωγή του διαγράμματος. Τα δεδομένα φορτώνονται στον C# κώδικα της σελίδας, τόσο για τον πίνακα, όσο και για το διάγραμμα.

```
<%@ Register Assembly="Libero.FusionCharts" Namespace="Libero.FusionCharts.Control"
    TagPrefix="asp" %>
<asp:Content ID="Content1" ContentPlaceHolderID="HeadContent" runat="Server">
</asp:Content>
<asp:Content ID="Content2" ContentPlaceHolderID="MainContent" runat="Server">
    <div>
        <asp:GridView ID="GridView1" runat="server" BackColor="White" BorderColor="#336666"
            BorderStyle="Double" BorderWidth="3px" CellPadding="4" GridLines="Horizontal"
            HorizontalAlign="Center" Width="500px">
            <EditRowStyle Font-Bold="False" />
            <FooterStyle BackColor="White" ForeColor="#333333" />
            <HeaderStyle BackColor="#336666" Font-Bold="True" ForeColor="White" />
            <PagerStyle BackColor="#336666" ForeColor="White" HorizontalAlign="Center" />
            <RowStyle BackColor="White" Font-Bold="True" ForeColor="#333333" HorizontalAlign="Center" />
            <SelectedRowStyle BackColor="#339966" Font-Bold="True" ForeColor="White" />
            <SortedAscendingCellStyle BackColor="#F7F7F7" />
            <SortedAscendingHeaderStyle BackColor="#487575" />
            <SortedDescendingCellStyle BackColor="#E5E5E5" />
            <SortedDescendingHeaderStyle BackColor="#275353" />
        </asp:GridView>
    </div>
    <div align="center">
        <br />
        <br />
        <asp:FChart ID="crt5" runat="server" Width="930px" Height="350px" />
    </div>
</asp:Content>
```

Σχήμα 8.59: Μέρος της υλοποίησης της FinalRanking.aspx

Στην εικόνα του Σχήματος 8.60 υπάρχει ολόκληρο το κομμάτι υλοποίησης σε C# κώδικα της σελίδας Ranking.aspx. Παρατηρούμε ότι πηγή δεδομένων για τον πίνακα gridView που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί η μεταβλητή session["dt"] η οποία έχει αποθηκεύσει το αποτέλεσμα που προέκυψε στη σελίδα ReferenceRanking.aspx, όπως είδαμε και προηγουμένως. Τέλος ορίζεται το διάγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, τα χαρακτηριστικά του, καθώς και η πηγή δεδομένων η οποία είναι και σε αυτήν την περίπτωση το περιεχόμενο του session["dt"].

```
protected void Page_Load(object sender, EventArgs e)
{

    GridView1.DataSource = Session["dt"];
    GridView1.DataBind();

    Column3DChart oChart = new Column3DChart();
    oChart.Background.BgColor = "ffffff";
    oChart.Background.BgAlpha = 50;
    oChart.ChartTitles.Caption = "Final Ranking";
    oChart.ChartTitles.SubCaption = "Countries";
    oChart.Template = new Libero.FusionCharts.Template.OfficeTemplate();
    oChart.DataSource = Session["dt"];
    oChart.DataTextField = "Code";
    oChart.DataValueField = "Score";
    crt5.ShowChart(oChart);
    crt5.Visible = true;
}
```

Σχήμα 8.60: Μέρος του κώδικα C# της FinalRanking.aspx

8.6 Σενάρια χρήσης του συστήματος

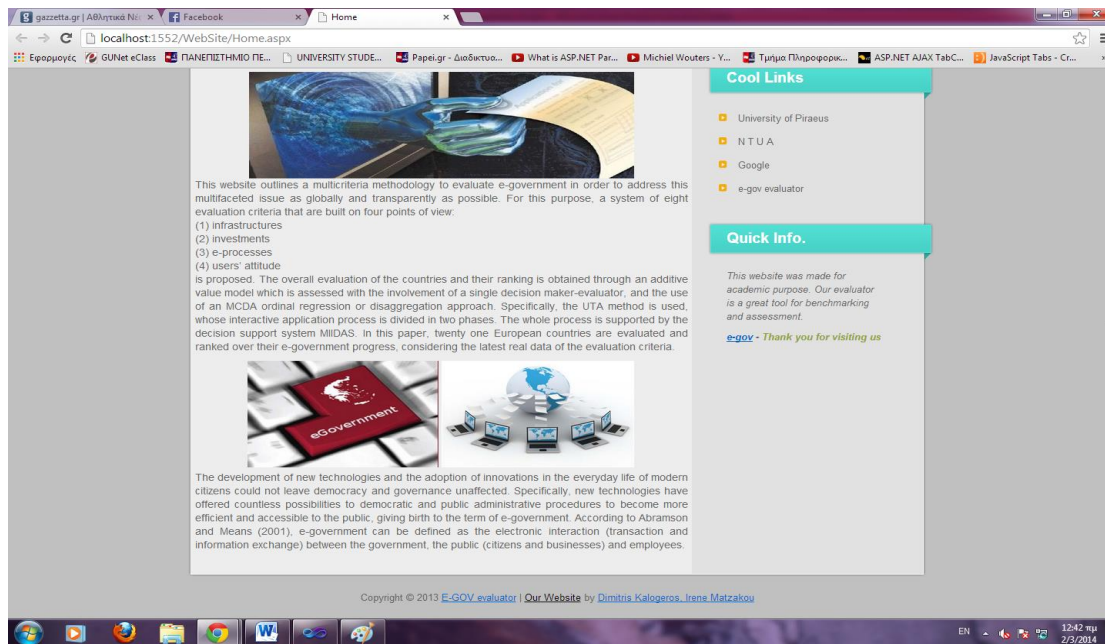
Στη συγκεκριμένη παράγραφο έχουμε την ευκαιρία να δούμε τη λειτουργία της διαδικτυακής εφαρμογής στην πράξη. Υποθέτουμε ότι ένας χρήστης εισέρχεται στον ιστότοπο για πρώτη φορά και κάνει περιήγηση στις σελίδες. Στη συνέχεια κάνει εγγραφή και χρησιμοποιεί το σύστημα που έχει υλοποιηθεί.

Ο χρήστης λοιπόν εισέρχεται στον ιστότοπο που έχουμε δημιουργήσει και βρίσκεται μπροστά στην αρχική σελίδα της εφαρμογής. Αυτό που σχεδιαστικά παρατηρεί είναι ο τίτλος και το sidebar με τις εικόνες που ανανεώνονται κάθε λίγα δευτερόλεπτα, στο οποίο έχει και τη δυνατότητα να αλλάζει ο ίδιος τις εικόνες ή να σταματήσει τη ροή των εικόνων (Σχήμα 8.61).



Σχήμα 8.61: Η πρώτη σελίδα του eGov - evaluator

Παρατηρεί επίσης το κεντρικό μενού με τις επιλογές Home, Info, Data, Analysis, Contact, Registration, Login και τη sidebar, όπου δίνονται και άλλες δυνατότητες όπως χρήσιμα links και quick login. Το βασικότερο είναι ότι μπορεί να λάβει μια κεντρική ιδέα για τον ίδιο τον ιστότοπο και την εφαρμογή που φιλοξενεί διαβάζοντας το κεντρικό κείμενο της σελίδας και παρατηρώντας τις εικόνες που φαίνονται στο Σχήμα 8.62.



Σχήμα 8.62: Η σελίδα Home

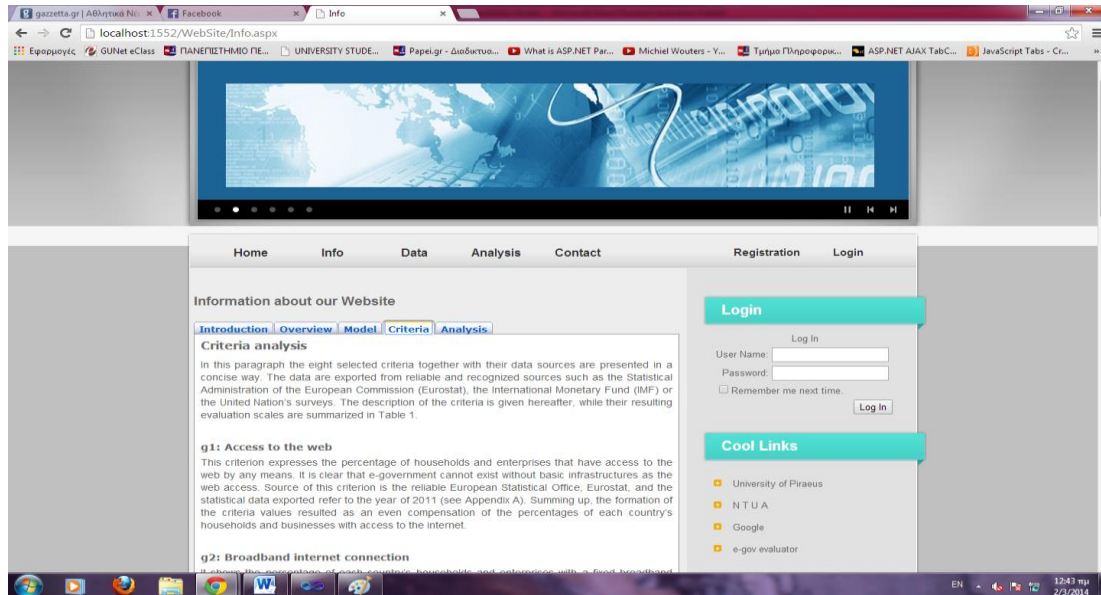
Στη συνέχεια, ο χρήστης επιλέγει τη σελίδα Info από το κεντρικό μενού και ανακατευθύνεται στην εικόνα του Σχήματος 8.63 που αποτελεί ένα στιγμιότυπο της. Σε αυτή τη σελίδα βρίσκει πιο ειδικές πληροφορίες σχετικά με τους στόχους και τις λειτουργίες της web εφαρμογής. Παρατηρεί ένα ακόμα υπομενού με τις επιλογές Introduction, Overview, Model, Criteria και Analysis.



Σχήμα 8.63: Η σελίδα Info

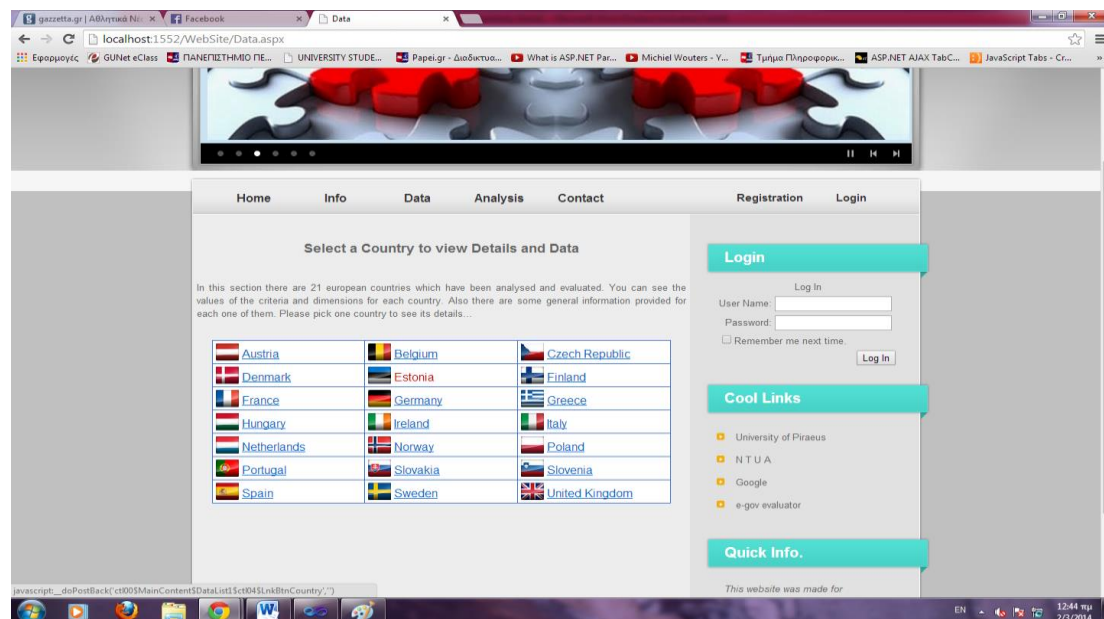
Ο χρήστης βρίσκει πληροφορίες σχετικά με τη φιλοσοφία του ιστοτόπου, τη μεθοδολογία που διέπει τις λειτουργίες της εφαρμογής, τις χώρες που αξιολογούνται και τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται, καθώς και δεδομένα που πιστοποιούν την

επιστημονική τεκμηρίωση του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων που ενσωματώνεται στον ιστότοπο. Δύο ενδεικτικά στιγμιότυπα της Info φαίνονται στα Σχήματα 8.63 και 8.64.



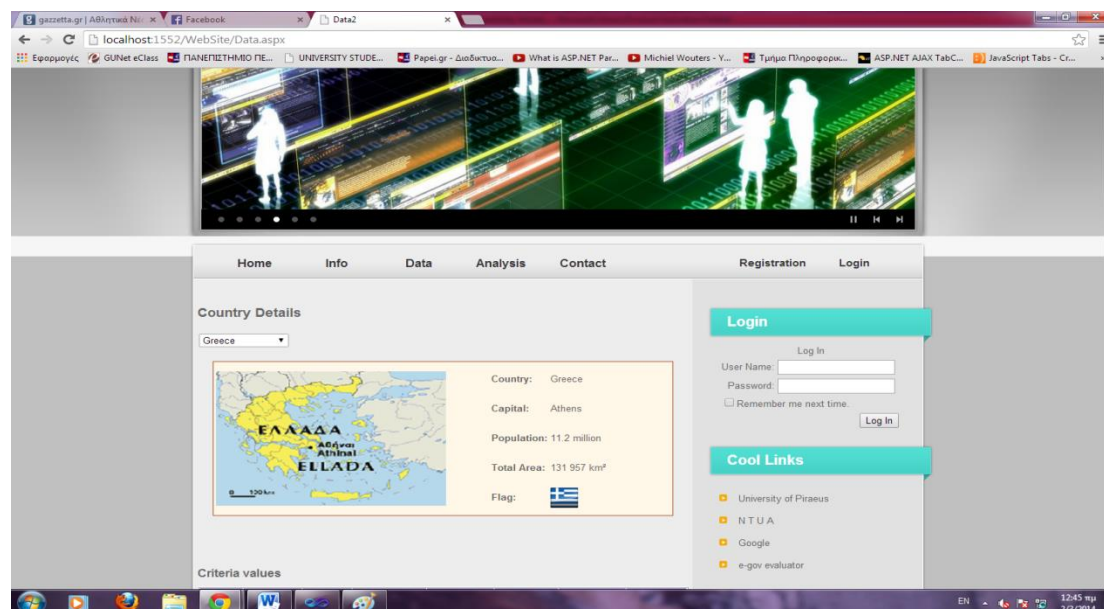
Σχήμα 8.64: Άλλη μια άποψη της σελίδας Info

Ακολουθεί η σελίδα Data την οποία επιλέγει ο χρήστης από το κεντρικό μενού. Αρχίζει πλέον να γίνεται λίγο πιο κατανοητή η λειτουργία της εφαρμογής. Σε αυτή τη σελίδα παρουσιάζεται ένας πίνακας με τις 21 χώρες που αξιολογούνται και τις σημαίες τους και δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει μία από αυτές για να δει ειδικότερες πληροφορίες για αυτή. Η Data φαίνεται στο Σχήμα 8.65 στο οποίο βλέπουμε επίσης και ένα κείμενο που πληροφορεί το χρήστη για τις διαθέσιμες επιλογές και τα δεδομένα που αναμένεται να δει στην επόμενη σελίδα.



Σχήμα 8.65: Η σελίδα Data

Η σελίδα στην οποία ανακατευθύνεται ο χρήστης είναι η Data2 (Σχήμα 8.66) η οποία προφανώς δεν υπάρχει στο κεντρικό μενού της εφαρμογής και μπορεί κάποιος να μεταφερθεί σε αυτή μόνο μέσα από κάποια επιλογή χώρας στη σελίδα Data. Ο χρήστης επιλέγει την Ελλάδα και βλέπει αρχικά έναν πίνακα με τον χάρτη της χώρας καθώς και γενικές πληροφορίες, όπως η πρωτεύουσα, ο πληθυσμός, η έκταση και η σημαία της.



Σχήμα 8.66: Η σελίδα Data2

Στο υπόλοιπο κομμάτι της σελίδας υπάρχει και το ουσιαστικότερο περιεχόμενο της. Παρουσιάζονται τρεις πίνακες στο χρήστη (ουσιαστικά δύο) στους οποίους φιλοξενούνται οι τιμές των κριτηρίων για την Ελλάδα καθώς και οι διαστάσεις οι οποίες παράγουν αυτές τις τιμές. Στον πρώτο πίνακα βλέπουμε το όνομα του κάθε κριτηρίου,

την τιμή της χώρας για αυτό και επίσης το εύρος των τιμών που μπορεί να έχει. Στον δεύτερο που έχει χωριστεί σε δύο υποπίνακες βλέπουμε επίσης το όνομα κάθε διάστασης με την αντίστοιχη τιμή και το εύρος.

The screenshot shows the 'Criteria values' table with the following data:

Internet Access	Broadband Access	GDP on ICT and R&D	Online Sophistication	E-Participation	Citizen Authority Interaction	Business Authority Interaction	User Experience
71,5	60,5	2,4	70,0	0,3	11,0	83,7	91,0
g1 (%)	g2 (%)	g3 (%)	g4 (%)	g5 (%)	g6 (%)	g7 (%)	g8 (%)

Below it, the 'Dimensions of Criteria' section contains two tables:

Home Internet Access	Enterprise Internet Access	Home Broadband Access	Enterprise Broadband Access	GDP on ICT	GDP on R&D	Online Sophistication
50,0	93,0	45,0	76,0	4,2	0,6	70,0
g1 dim (%)	g1 dim (%)	g2 dim (%)	g2 dim (%)	g3 dim (%)	g3 dim (%)	g4 dim (%)

E-Participation	Citizen Authority Interaction	Business Obtain Information	Business Download Forms	Business Submit Forms	User Services Experience	User Portal Experience
0,3	11,0	82,0	82,0	87,0	91,0	91,0
g5 dim (%)	g6 dim (%)	g7 dim (%)	g7 dim (%)	g7 dim (%)	g8 dim (%)	g8 dim (%)

Σχήμα 8.67: Συνέχεια της σελίδας Data2

Ένα σημαντικό στοιχείο της Data2 είναι η λίστα με τις χώρες που υπάρχει στην αρχή της σελίδας και φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 8.68) σε πλήρη ανάπτυξη. Έτσι, ο χρήστης δεν χρειάζεται να πάει στην προηγούμενη σελίδα για να επιλέξει διαφορετική χώρα, αλλά επιλέγει αυτή που θέλει να δει από τη λίστα. Στο παρακάτω στιγμιότυπο για παράδειγμα επιλέγει να δει την Ιταλία και τις πληροφορίες για αυτήν.

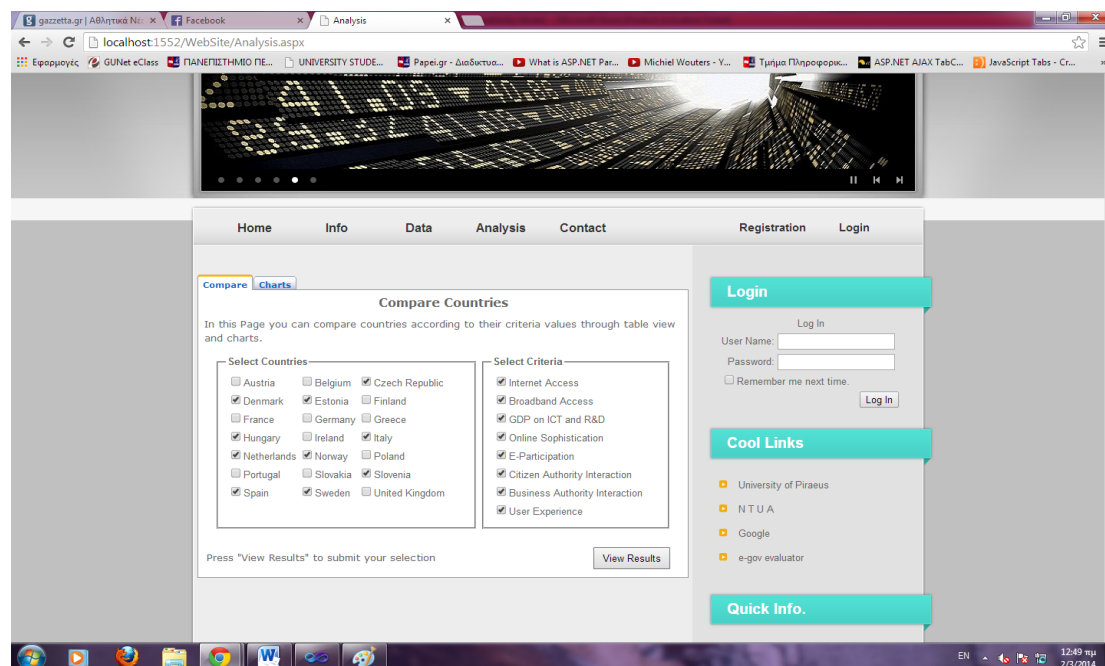
The screenshot shows the 'Country Details' section for Italy. On the left, a dropdown menu lists various countries, with 'Italy' selected. To the right of the menu is a map of Italy. Further right, a box displays the following information:

- Country: Italy
- Capital: Rome
- Population: 60 million
- Total Area: 301 263 km²
- Flag:

On the right side of the page, there is a 'Login' section with a 'Log In' button and a 'Cool Links' section with links to 'University of Piraeus', 'NTUA', 'Google', and 'e-gov evaluator'.

Σχήμα 8.68: Άλλο ένα στιγμιότυπο της Data2

Επόμενη σελίδα στην περιήγηση του χρήστη είναι η Analysis, την οποία επιλέγει από το κεντρικό μενού της εφαρμογής. Μπαίνουμε όλο και περισσότερο στην ουσία του ιστοτόπου. Στην Analysis ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μία ή περισσότερες χώρες και ένα ή περισσότερα κριτήρια και να κάνει σύγκριση ανάμεσα στις χώρες αυτές. Τσεκάρει λοιπόν 10 χώρες της επιλογής του και όλα τα κριτήρια από τις δύο λίστες και επιλέγει View Results όπως τον κατευθύνει το κείμενο της σελίδας για να δει τα αποτελέσματα της σύγκρισης (Σχήμα 8.69).



Σχήμα 8.69: Η σελίδα Analysis

Το αποτέλεσμα της επιλογής και σύγκρισης των χωρών αποτυπώνεται στον πίνακα που φαίνεται στο Σχήμα 8.70. Βλέπουμε τα ονόματα των κριτηρίων στους τίτλους των στηλών και τα ονόματα των χωρών στις γραμμές της πρώτης στήλης. Στα υπόλοιπα κελιά του πίνακα υπάρχουν οι τιμές των κριτηρίων αντιστοιχισμένες κατάλληλα στις χώρες και τα κριτήρια. Παρατηρούμε επίσης στην τελευταία γραμμή του πίνακα το εύρος και την κλίμακα των τιμών των κριτηρίων.

Country	Internet Access	Broadband Access	GDP on ICT and R&D	Online Sophistication	E-Participation	Citizen Authority Interaction	Business Authority Interaction	User Experience
Czech Republic	81,5	75,0	3,3	85,0	0,1	15,0	74,0	59,5
Denmark	94,0	87,5	3,8	95,0	0,6	68,0	85,7	75,5
Estonia	83,5	78,0	4,0	97,0	0,7	47,0	83,3	87,0
Greece	71,5	60,5	2,4	70,0	0,3	11,0	83,7	91,0
Hungary	77,0	72,5	3,4	80,0	0,3	26,0	78,7	80,0
Netherlands	97,0	87,0	3,5	97,0	0,6	55,0	80,0	93,5
Norway	94,5	83,5	2,5	92,0	0,5	62,0	81,0	76,5
Spain	80,5	79,0	3,1	98,0	0,8	31,0	67,3	93,0
Sweden	93,5	90,0	4,1	99,0	0,5	57,0	88,3	83,5
United Kingdom	90,0	87,5	4,3	97,0	0,8	33,0	81,0	91,0
	g1 (%)	g2 (%)	g3 (% max 5)	g4 (%)	g5 [0-1]	g6 (%)	g7 (%)	g8 (%)

Σχήμα 8.70: Συνέχεια της σελίδας Analysis

Ένα σημαντικό στοιχείο της υλοποίησης αποτελεί επίσης η δυνατότητα που παρέχει ο πίνακας για κατάταξη των χωρών σύμφωνα με ένα επιλεγμένο κριτήριο. Αρχικά οι χώρες μπαίνουν σε αλφαβητική σειρά στον πίνακα όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.71. Υπάρχει ένα μικρό βέλος στον τίτλο Country των χωρών που το δείχνει και δείχνει επίσης ότι η κατάταξη είναι σε αύξουσα σειρά. Αν όμως επιλέξουμε για παράδειγμα το κριτήριο “GDP on ICT and R&D” για να δούμε ποια χώρα επενδύει τα περισσότερα χρήματα στις τεχνολογίες της Πληροφορικής και Επικοινωνιών καθώς και στην έρευνα και ανάπτυξη, έχουμε το αποτέλεσμα του Σχήματος 8.71.

Country	Internet Access	Broadband Access	GDP on ICT and R&D	Online Sophistication	E-Participation	Citizen Authority Interaction	Business Authority Interaction	User Experience
United Kingdom	90,0	87,5	4,3	97,0	0,8	33,0	81,0	91,0
Sweden	93,5	90,0	4,1	99,0	0,5	57,0	88,3	83,5
Estonia	83,5	78,0	4,0	97,0	0,7	47,0	83,3	87,0
Denmark	94,0	87,5	3,8	95,0	0,6	68,0	85,7	75,5
Netherlands	97,0	87,0	3,5	97,0	0,6	55,0	80,0	93,5
Hungary	77,0	72,5	3,4	80,0	0,3	26,0	78,7	80,0
Czech Republic	81,5	75,0	3,3	85,0	0,1	15,0	74,0	59,5
Spain	80,5	79,0	3,1	98,0	0,8	31,0	67,3	93,0
Norway	94,5	83,5	2,5	92,0	0,5	62,0	81,0	76,5
Greece	71,5	60,5	2,4	70,0	0,3	11,0	83,7	91,0
	g1 (%)	g2 (%)	g3 (% max 5)	g4 (%)	g5 [0-1]	g6 (%)	g7 (%)	g8 (%)

Σχήμα 8.71: Άλλο ένα στιγμιότυπο της Analysis

Τέλος, ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της σελίδας Analysis είναι τα διαγράμματα που προκύπτουν από τη σύγκριση παράλληλα με τον πίνακα που είδαμε προηγουμένως. Στο υπομενού της σελίδας βλέπουμε την επιλογή Charts η οποία αρχικά δεν έχει

περιεχόμενο, αλλά στη συνέχεια αναπτύσσονται σε αυτό το κομμάτι της σελίδας τα διαγράμματα που προκύπτουν από τη διαδικασία σύγκρισης. Όπως παρατηρείται και στην εικόνα του Σχήματος 8.72, δημιουργείται ένα διάγραμμα για κάθε κριτήριο με τις επίσημες συντομογραφίες των χωρών στον άξονα των X και τις τιμές των κριτηρίων στον άξονα των Y. Οπτικά το αποτέλεσμα είναι εντυπωσιακό για το χρήστη και χρήσιμο για να διαμορφώσει άποψη.

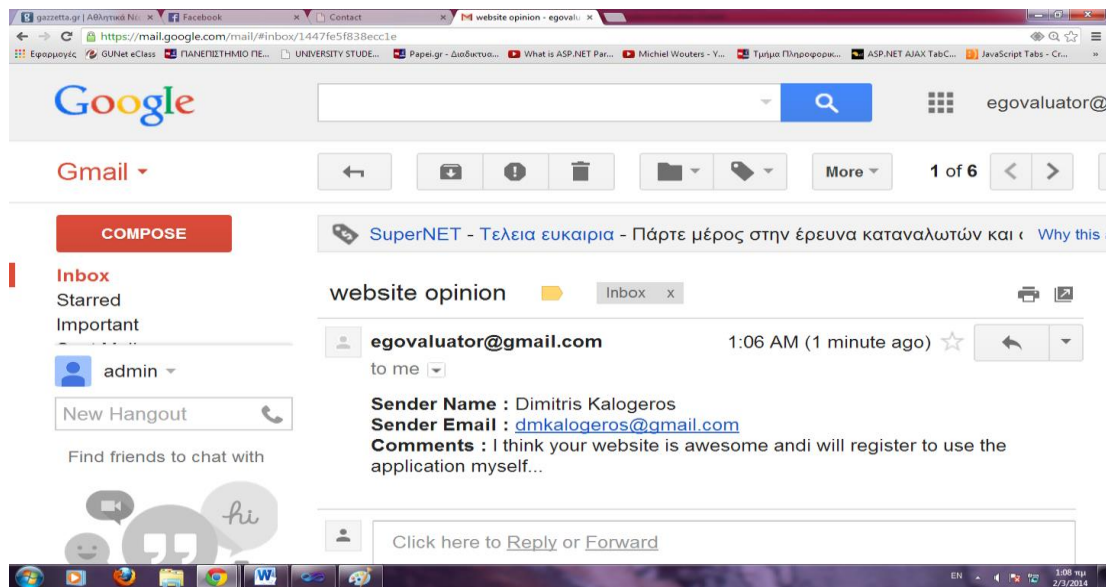


Σχήμα 8.72: Μία ακόμα άποψη της Analysis

Η επόμενη σελίδα που μπορεί να επισκεφθεί ο χρήστης είναι η Contact (Σχήμα 8.73). Μέσω αυτής μπορεί να επικοινωνήσει με τους διαχειριστές του ιστοτόπου για να κάνει, για παράδειγμα, πιθανές παρατηρήσεις ή σχόλια που πιθανόν έχει. Ο χρήστης καλείται να εισάγει όνομα, e-mail, θέμα και το σχόλιο του και να επιλέξει submit για να αποσταλεί μέσω των server το μήνυμα σε μορφή e-mail.

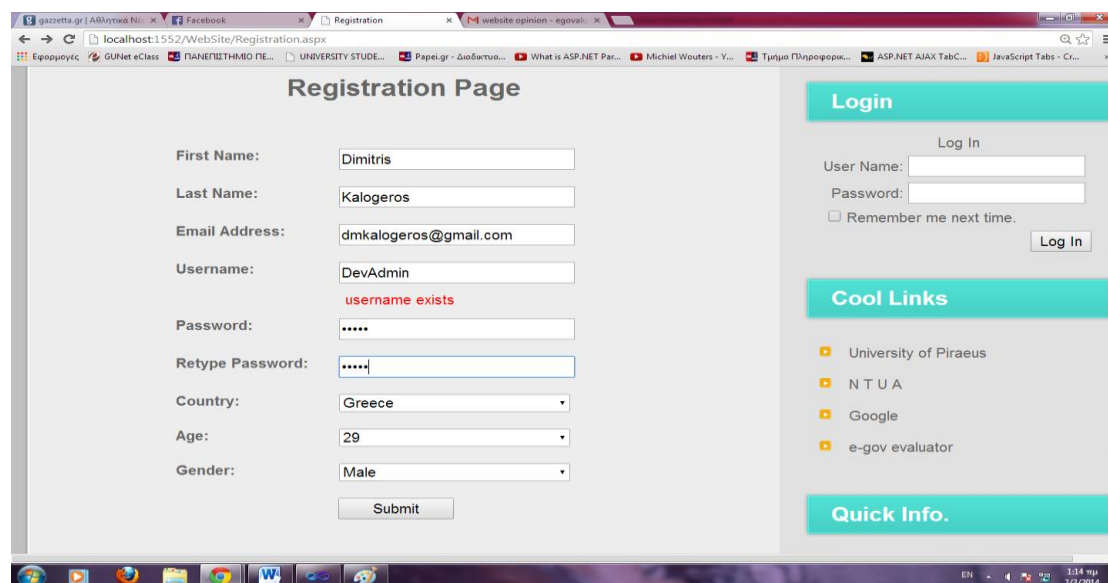
Σχήμα 8.73: Η σελίδα Contact

Το αποτέλεσμα της αποστολής φαίνεται στο Σχήμα 8.74. Έχει οριστεί από τους διαχειριστές ένα gmail για την παραλαβή των μηνυμάτων από τον ιστότοπο το οποίο δημιουργήθηκε για το σκοπό αυτό. Βλέπουμε λοιπόν ότι το μήνυμα εστάλη επιτυχώς και στη μορφή που έχει οριστεί από τον προγραμματιστή. Παρατηρούμε το e-mail της εφαρμογής που είναι το egovaluator@gmail.com και το εισερχόμενο ηλεκτρονικό μήνυμα με τα στοιχεία και τις παρατηρήσεις του χρήστη.



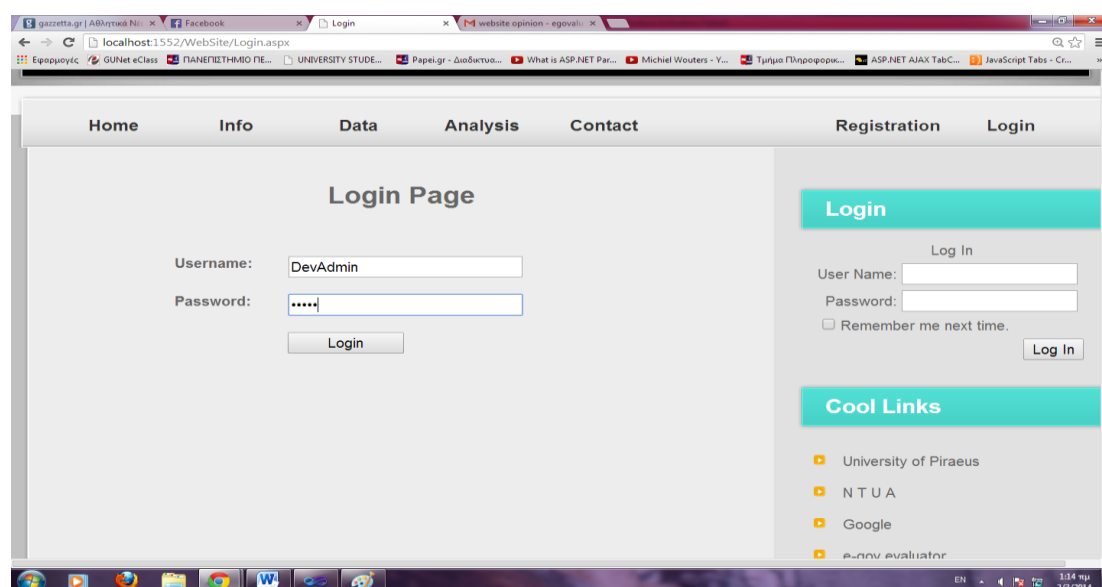
Σχήμα 8.74: Το e-mail account της web εφαρμογής

Ο χρήστης έχει την επιλογή να κάνει εγγραφή στη web εφαρμογή ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιήσει το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που έχει υλοποιηθεί. Επιλέγει λοιπόν τη σελίδα Registration από το κεντρικό μενού και μεταφέρεται σε αυτήν, ένα στιγμιότυπο της οποίας βλέπουμε στο Σχήμα 8.75. Όπως παρατηρείται στη σελίδα αυτή, ο χρήστης καλείται να εισάγει τα στοιχεία που του ζητούνται από το σύστημα και να επιλέξει submit για να γίνει η εγγραφή του στη βάση δεδομένων της εφαρμογής. Φαίνεται και ο απαραίτητος έλεγχος που γίνεται όταν ο χρήστης έκανε εισαγωγή ενός username που ήδη υπάρχει.



Σχήμα 8.75: Η σελίδα Registration

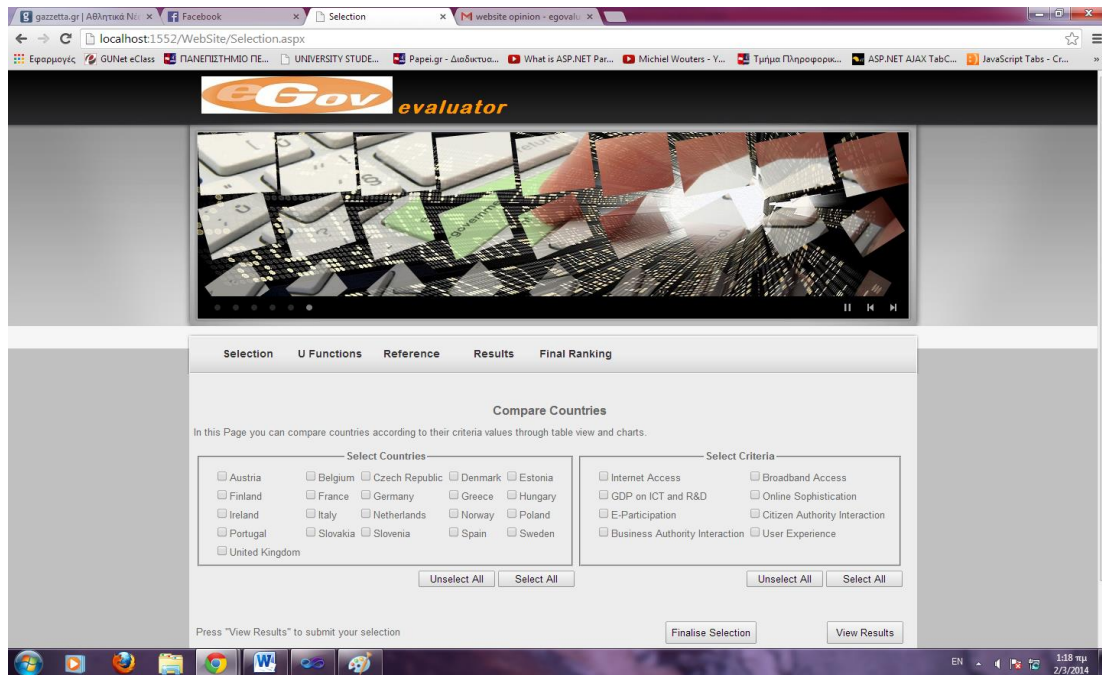
Αφού ο χρήστης ολοκληρώσει τη διαδικασία εγγραφής στον ιστότοπο, στη συνέχεια ανακατευθύνεται στη σελίδα Login, την οποία βέβαια μπορεί να επιλέξει και απευθείας από το κεντρικό μενού αν έχει ήδη κάνει εγγραφή στο παρελθόν. Συμπληρώνει το username και το password που έχει και επιλέγοντας το button Login, αφού γίνει ο απαραίτητος έλεγχος στη βάση δεδομένων, μεταφέρεται αυτόματα στην πρώτη σελίδα του συστήματος αξιολόγησης που υπάρχει στην εφαρμογή (Σχήμα 8.76).



Σχήμα 8.76: Η σελίδα Login

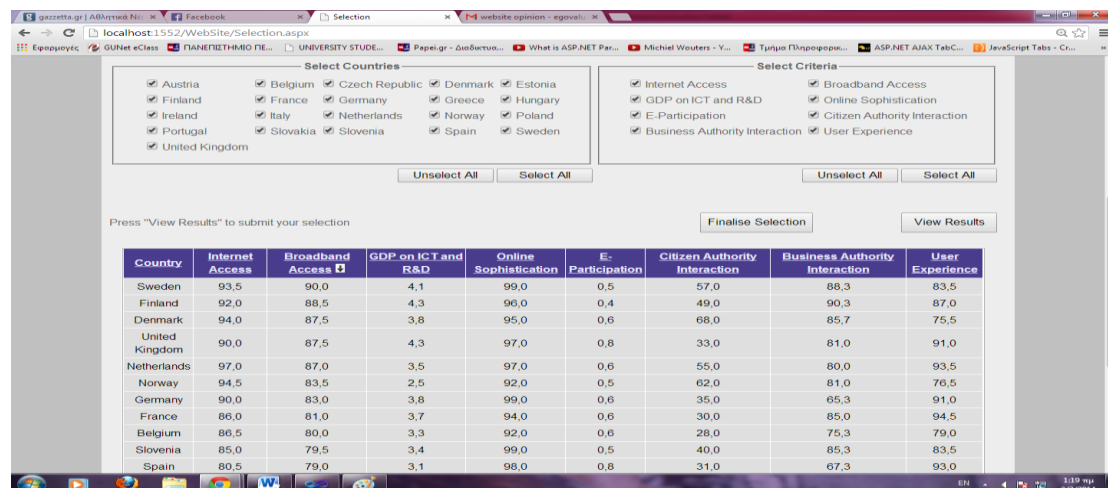
Ο χρήστης λοιπόν έχει επιλέξει να κάνει εγγραφή στην εφαρμογή για να χρησιμοποιήσει το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων ως decision maker πλέον. Η πρώτη σελίδα του συστήματος είναι η Selection που μοιάζει πολύ με την Analysis, μόνο που δεν υπάρχει η sidebar και η επιλογή για προβολή διαγραμμάτων σύγκρισης. Εδώ ο decision maker

καλείται να επιλέξει τις χώρες και τα κριτήρια από τις δύο δοθείσες λίστες, μεταξύ των οποίων θα γίνει η αξιολόγηση (Σχήμα 8.77).



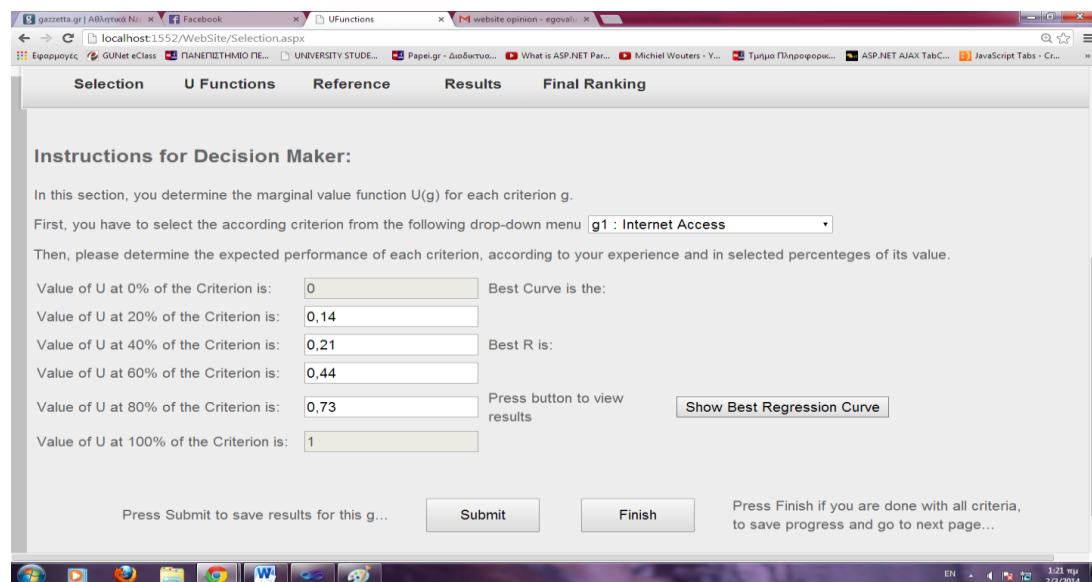
Σχήμα 8.77: Η σελίδα Selection

Επιλέγει λοιπόν όλες τις χώρες και όλα τα κριτήρια που υπάρχουν στις δύο λίστες μέσω των buttons “select all” και στη συνέχεια επιλέγοντας view results βλέπει το αποτέλεσμα στον πίνακα που προβάλλεται. Κάτι αντίστοιχο δηλαδή με τις επιλογές της Analysis. Ο στόχος όμως εδώ δεν είναι η προβολή του πίνακα και των τιμών του, αλλά η οπτικοποίηση του αποτελέσματος της επιλογής βοηθά το χρήστη να καταλάβει ότι οι συγκεκριμένες χώρες και κριτήρια και κυρίως οι συγκεκριμένες τιμές των κριτηρίων θα συμβάλλουν στο τελικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης. Με το button “finalise selection” ολοκληρώνεται η διαδικασία επιλογής και ο decision maker μεταφέρεται στην επόμενη σελίδα (βήμα) της διαδικασίας (Σχήμα 8.78).



Σχήμα 8.78: Συνέχεια της Selection

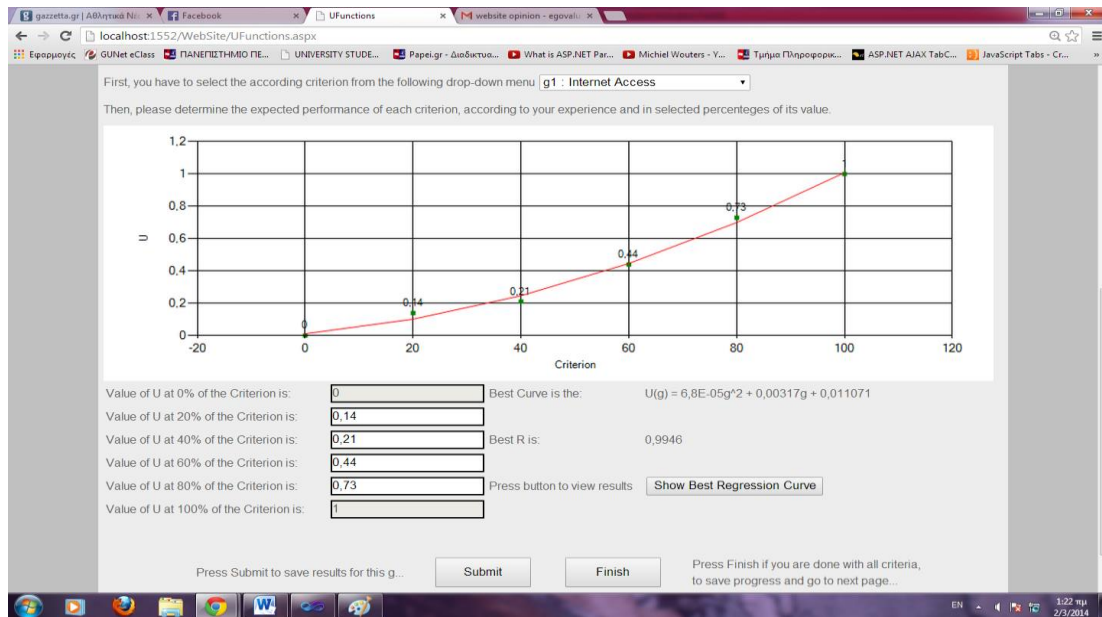
Με βάση τη μεθοδολογία υλοποίησης του συστήματος, το επόμενο βήμα της διαδικασίας αξιολόγησης είναι ο καθορισμός των τιμών των $U(g_i)$ ο οποίος επιτυγχάνεται στη σελίδα U Functions, ένα στιγμιότυπο της οποίας φαίνεται στο Σχήμα 8.79. Σε αυτή τη σελίδα ο decision maker καλείται να καθορίσει την αναμενόμενη απόδοση της τιμής κάθε κριτηρίου σε συγκεκριμένα επίπεδα του εύρους τιμών του. Επιλέγει λοιπόν το κριτήριο από τη λίστα και στη συνέχεια εισάγει στα πεδία του πίνακα που ακολουθεί τις αναμενόμενες τιμές απόδοσης του κριτηρίου στα επίπεδα 20%, 40%, 60%, 80%.



Σχήμα 8.79: Η σελίδα U Functions

Στη συνέχεια, για να γίνει η αναπαράσταση του αποτελέσματος υπολογισμού της $U(g)$ για το συγκεκριμένο κριτήριο πρέπει ο decision maker να επιλέξει το button “show best regression curve”. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα του Σχήματος 8.80 στην οποία βλέπουμε ότι έχει υπολογιστεί η $U(g_i)$ καθώς και οι τιμές των a , b , c όπως καθορίζει η

μεθοδολογία που διέπει το σύστημα. Επίσης βλέπουμε και τη γραφική απεικόνιση της συνάρτησης U στο διάγραμμα που εμφανίστηκε.



Σχήμα 8.80: Συνέχεια της U Functions

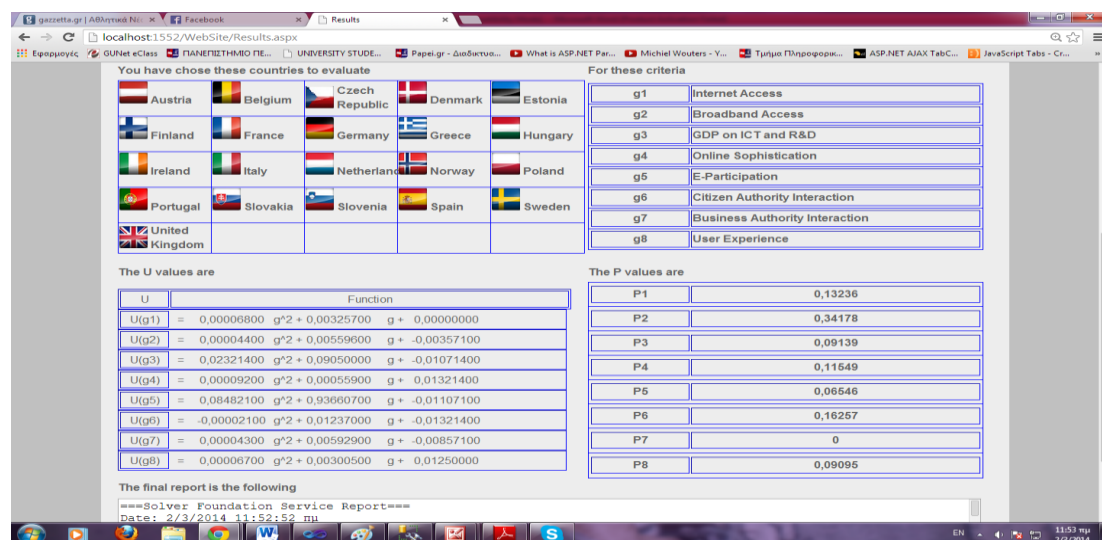
Ο decision maker πρέπει να επιλέξει submit κάθε φορά που υπολογίζει τη U για κάθε κριτήριο, ώστε το αποτέλεσμα να καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων του συστήματος. Αφού ολοκληρωθεί η διαμόρφωση όλων των U , πρέπει να επιλεγθεί το button "finish" για να ολοκληρωθεί με επιτυχία η διαδικασία και να μευαφερθεί ο decision maker στην επόμενη σελίδα.

Η επόμενη σελίδα του συστήματος είναι η Reference (Σχήμα 8.81) στην οποία διαμορφώνονται οι τιμές των βαρών P . Ο decision maker καλείται να τοποθετήσει σε κατάταξη, βάσει των γνώσεων και της εμπειρίας του, 15 τεχνητές χώρες με τεχνητές τιμές κριτηρίων. Από την κατάταξη αυτή και σε συνάρτηση με τις τιμές των a , b , c που προέκυψαν από τις συναρτήσεις U , διαμορφώνονται οι τιμές των P οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην τελική αξιολόγηση και κατάταξη των 21 χωρών που έχουν επιλεγεί.



Σχήμα 8.81: Η σελίδα Reference

Με την επιλογή submit στη σελίδα Reference αποθηκεύονται οι τιμές των P στη βάση δεδομένων και για να ολοκληρωθεί η διαδικασία και η μεταφορά στην επόμενη σελίδα πρέπει να επιλέξει ο decision maker το button “finish”. Έτσι μεταφέρεται στη σελίδα Results (Σχήμα 8.82) στην οποία φαίνεται όλη η πορεία του συστήματος, ένα βήμα πριν την αποτύπωση της τελικής κατάταξης των χωρών. Παρατηρούμε 4 πίνακες όπου ο πρώτος παρουσιάζει τις επιλεγμένες χώρες, ο δεύτερος τα επιλεγμένα κριτήρια, ο τρίτος τις τιμές των συναρτήσεων U για κάθε κριτήριο και ο τέταρτος τις τιμές των P επίσης για κάθε κριτήριο. Τέλος υπάρχει και μία αναφορά (report) από τον Solver της microsoft που αποτελεί μια μαθηματική βιβλιοθήκη για τους μαθηματικούς υπολογισμούς και μοντέλα που έτρεξαν για να υλοποιηθεί το σύστημα.



Σχήμα 8.82: Η σελίδα Results

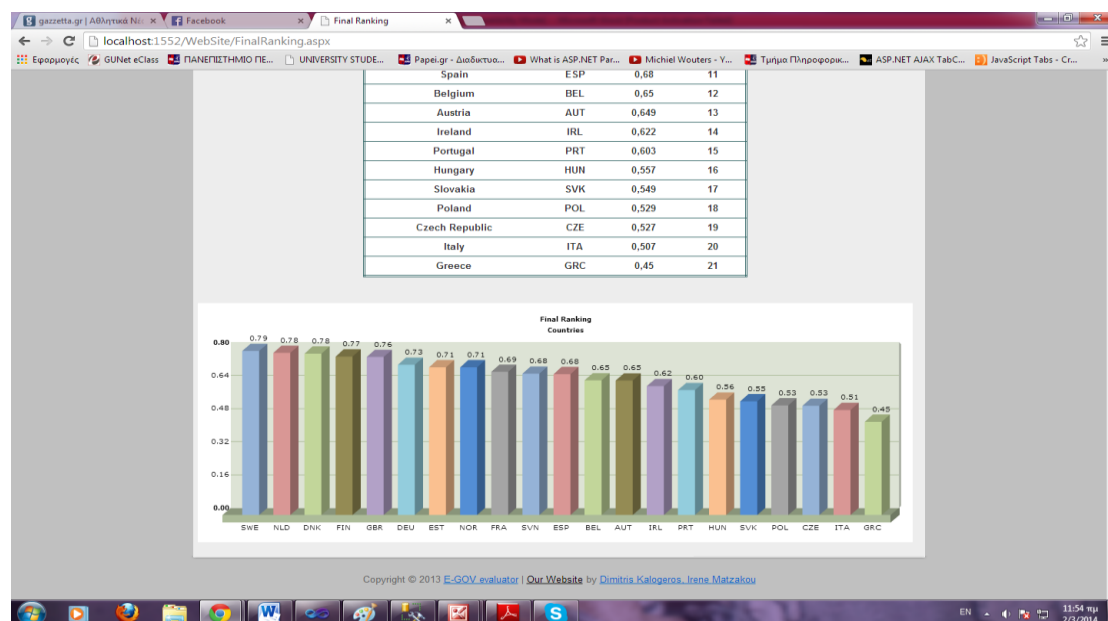
Τέλος, στη σελίδα Final Ranking (Σχήμα 8.83) αποτυπώνεται το αποτέλεσμα της τελικής κατάταξης των χωρών σε μορφή πίνακα και διαγράμματος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που είδαμε στην προηγούμενη σελίδα, υλοποιείται μια διαδικασία που

υπολογίζει ένα score για κάθε χώρα και της δίνει και μία θέση σε κατάταξη (rank). Αφού υπολογιστούν όλα τα scores και δοθούν τα ranks, τοποθετείται το αποτέλεσμα σε ένα πίνακα με αύξουσα κατάταξη ως προς το rank και φθίνουσα ως προς το score (βλ. Σχήμα 8.83).

Country	Code	Score	Rank
Sweden	SWE	0,792	1
Netherlands	NLD	0,783	2
Denmark	DNK	0,779	3
Finland	FIN	0,765	4
United Kingdom	GBR	0,763	5
Germany	DEU	0,725	6
Estonia	EST	0,713	8
Norway	NOR	0,713	7
France	FRA	0,691	9
Slovenia	SVN	0,682	10
Spain	ESP	0,68	11
Belgium	BEL	0,65	12
Austria	AUT	0,649	13
Ireland	IRL	0,622	14
Portugal	PRT	0,603	15
Hungary	HUN	0,557	16
Slovakia	SVK	0,549	17
Poland	POL	0,529	18
Czech Republic	CZE	0,527	19
Italy	ITA	0,507	20
Greece	GRC	0,46	21

Σχήμα 8.83: Η σελίδα Final Ranking

Όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 8.84, το αποτέλεσμα καταχωρείται και σε ένα διάγραμμα με φθίνουσα σειρά ώστε να παρουσιάζεται και με γραφικό τρόπο η τελική κατάταξη. Και στις δύο εικόνες βλέπουμε στις τρεις πρώτες θέσεις τη Σουηδία, την Ολλανδία και τη Δανία, ενώ η Ελλάδα καταλαμβάνει την τελευταία θέση στον πίνακα και το διάγραμμα.



Σχήμα 8.84: Συνέχεια της Final Ranking

Έτσι λοιπόν ολοκληρώθηκε με επιτυχία η διαδικασία αξιολόγησης των 21 χωρών μέσα από το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων eGov-Evaluator.

8.7 Μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος

Όπως τονίστηκε στο παρόν κεφάλαιο, οι ηλεκτρονικές υπηρεσίες είναι πολύ σημαντικές και βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος και του προβληματισμού του επιστημονικού και κοινωνικού κόσμου. Στόχος είναι να καταφέρουν οι επιχειρήσεις και οι δημόσιες υπηρεσίες να βελτιώσουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες τους με τέτοιο τρόπο ώστε η αναζήτηση και η χρήση αυτών από τους πελάτες τους να γίνεται εύκολα και γρήγορα. Παρατηρήσαμε επίσης ότι η διαλειτουργικότητα στις εφαρμογές της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης μπορεί να επιτευχθεί μέσα από ένα κοινό πλαίσιο λειτουργίας, κάποιους κοινούς κανόνες δηλαδή που εγγυώνται την αποτελεσματικότερη και απλούστερη επικοινωνία μεταξύ των διαδικασιών.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε μια διαδικτυακή εφαρμογή η οποία εφαρμόζει το πολυκριτηριακό μοντέλο της διατριβής μέσα από την υλοποίηση ενός πληροφοριακού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων που ενσωματώνεται στην εφαρμογή. Στα πλαίσια της έρευνας αξιολογήθηκαν 21 ανεπτυγμένες χώρες της Ευρώπης ως προς το βαθμό εφαρμογής και προόδου του e-government. Ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δοθεί στη δυνατότητα κάθε χρήστη – αποφασίζοντος που χρησιμοποιεί το σύστημα, να μπορεί να επιτυγχάνει μια προσωπική ανάλυση και αξιολόγηση των χωρών με βάση τις δικές του γνώσεις, εμπειρίες και οπτικές.

Το παραπάνω εγχείρημα που πραγματοποιήθηκε για 21 Ευρωπαϊκές χώρες μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία για μια σειρά από νέες ερευνητικές προσπάθειες στο χώρο της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Πιο συγκεκριμένα, οι μελέτες που θα ακολουθήσουν θα μπορούσαν να επεκτείνουν την πολυκριτηριακή μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στο σύστημα μας, να προσθέσουν ίσως νέα κριτήρια ή διαστάσεις και νέους τρόπους υπολογισμού των δεικτών. Ακόμη θα μπορούσε να γίνει εισαγωγή νέων ομάδων χρηστών και νέων διαδικασιών στα συστήματα υλοποίησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης όπως και επέκταση του μοντέλου, της μεθοδολογίας και του συστήματος σε επιχειρήσεις και κρατικούς οργανισμούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Simon, H. (1977), *The New Science of Management Decisions*, Revised Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Keen, P.G.W., Scott-Morton, M.S. (1978), *Decision Support Systems: An Organizational Perspective*, Addison-Wesley, Reading, MA.
- Alter, S. (1980), *Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge*. Addison - Wesley, Reading, MA;
- Sprague, R.H., Carlson, E.D. (1982), *Building Effective Decision Support Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Matsatsinis, N.F. and Siskos, Y. (2003), *Intelligent Support Systems for Marketing Decisions*, Kluwer, Dordrecht.
- Καλόγερος, Δ. (2014), *eGov-Evaluator: Ένα Πληροφοριακό Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων για την Αξιολόγηση της Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης*, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Σίσκος, Γ. (2008), *Μοντέλα Αποφάσεων, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών*, Αθήνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Επίλογος

9.1 Κύρια επιτεύγματα Διδακτορικής Διατριβής

Το κυριότερο επίτευγμα της Διδακτορικής Διατριβής ήταν η ανάπτυξη μιας **ολοκληρωμένης διαδικασίας ελέγχου της ευστάθειας** στα πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, όταν αυτά χαρακτηρίζονται από ελλιπή, αβέβαιη και ανακριβή πληροφορία εισόδου. Η διαδικασία αυτή, υπό τη μορφή ενός διπολικού αλγορίθμου ανατροφοδότησης, εκτελείται σε πλήρη συνεργασία και αρμονία με τον αποφασίζοντα του προβλήματος, ο οποίος είναι και αυτός που παρέχει στο σύστημα επιπρόσθετη προτιμησιακή πληροφορία.

Ταυτόχρονα, η Διατριβή συνέβαλε στο πρόβλημα της αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης χωρών, μέσω της **πρότασης ενός πλήρους πολυκριτηριακού μοντέλου αξιολόγησης**, βασιζόμενου σε 4 κύριους πυλώνες (υποδομές, επενδύσεις, ηλεκτρονικές διαδικασίες και στάση χρηστών). Το συγκεκριμένο μοντέλο, σε αντίθεση με παρόμοιες αξιολογήσεις και benchmarks που διεξάγονται από παγκόσμιους οργανισμούς, ενσωματώνει τις απόψεις και τις προτιμησιακές παραμέτρους ενός ή πολλαπλών αποφασιζόντων και καταλήγει σε μια εξατομικευμένη και υποκειμενική κατάταξη των χωρών.

Προς αυτή την κατεύθυνση η Διατριβή συνέβαλε στην ανάπτυξη ενός **Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων**, για το πρόβλημα της αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Ο σκοπός της συγκεκριμένης διαδικτυακής πλατφόρμας είναι η υποστήριξη μεμονωμένων χρηστών στην επίτευξη της δικής τους κατάταξης των χωρών, με τα κριτήρια που θεωρούν πιο σημαντικά, στηριζόμενοι στα τελευταία δημοσιευμένα δεδομένα.

Η συμβολή της Διατριβής εκτείνεται τέλος και σε αμιγώς θεωρητικό και μαθηματικό επίπεδο, **αποδεικνύοντας την έλλειψη ευστάθειας τόσο της κλασικής όσο και της αναθεωρημένης μεθόδου Simos**, όταν οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων. Μέσω συστηματικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε για την ευστάθεια της μεθόδου Simos, αποδείχτηκε ότι, στην πραγματικότητα ο αποφασίζων αγνοεί εντελώς την ύπαρξη πολλαπλών και διαφορετικών συνόλων βαρών. Όλα αυτά τα διανύσματα βαρών είναι επίσης συμβατά με τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος και παρ' ότι είναι ικανά να διαφοροποιήσουν δραματικά τα τελικά αποτελέσματα, έχουν αδικαιολόγητα αποκλειστεί ή παραμεληθεί κατά την εφαρμογή της μεθόδου.

Μέσω της χρήσης σχετικών παραδειγμάτων, η Διατριβή απέδειξε ότι ένας αναλυτής δε μπορεί πλέον να εξαρτάται αποκλειστικά από τη μέθοδο Simos, για την εκμείευση των προτιμήσεων του αποφασίζοντος, προκειμένου να υπολογίσει τα βάρη των κριτηρίων. Αντίθετα, για να διασφαλίσει τη σωστή εφαρμογή της Simos και την εξαγωγή ευσταθών

αποτελεσμάτων, ο αναλυτής θα πρέπει να εκτελέσει έναν ή περισσότερους από τους συμπληρωματικούς κανόνες ευστάθειας που προτείνει η Διατριβή, μέχρι να διασφαλίσει την ακεραιότητα του μοντέλου και των αποτελεσμάτων του.

9.2 Η σημασία του διπολικού ελέγχου ευστάθειας

Η μεθοδολογία διπολικού ελέγχου ευστάθειας που προτάθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής εκτελείται μέσω μιας άρρηκτης διφασικής διαδικασίας. Συγκεκριμένα, σε πρώτο στάδιο ο αναλυτής του προβλήματος απόφασης εξετάζει και μετράει την ευστάθεια του μοντέλου απόφασης/αξιολόγησης που αναπτύσσει, σε συνεργασία με τον αποφασίζοντα. Κατόπιν, με τη χρήση κατάλληλων αριθμητικών δεικτών και μέσων οπτικοποίησης, αποφασίζει για τη μετάβαση της ανάλυσης στο επόμενο στάδιο ελέγχου ευστάθειας ή την παραμονή της στο ίδιο στάδιο. Στη δεύτερη περίπτωση ο αποφασίζων καλείται να ανατροφοδοτήσει και να εξειδικεύσει το μοντέλο με επιπρόσθετη προτιμησιακή πληροφορία με σκοπό τη βελτίωση της ευστάθειας του.

Στο δεύτερο στάδιο (πόλο) της μεθοδολογίας, εξετάζεται και αξιολογείται η ευστάθεια των αποτελεσμάτων μετά την εφαρμογή του μοντέλου απόφασης. Τα νέα αποτελέσματα κρίνονται ευσταθή ή όχι, μέσω της παράλληλης εφαρμογής κατάλληλων υποστηρικτικών μεθόδων και τον υπολογισμό των σχετικών αριθμητικών δεικτών ευστάθειας. Αν ο έλεγχος της ευστάθειας κριθεί ικανοποιητικός, τότε ο αλγόριθμος εξέρχεται του κόμβου ανατροφοδότησης και τα αποτελέσματα οριστικοποιούνται. Σε αντίθετη περίπτωση, η ανάλυση μεταβαίνει πάλι στο πρώτο στάδιο ελέγχου της ευστάθειας και ζητείται από τον αποφασίζοντα επιπρόσθετη πληροφορία για τη βελτίωση του μοντέλου απόφασης.

Μέσω της πρότασης της συγκεκριμένης ολοκληρωμένης και πρακτικής διαδικασίας ελέγχου ευστάθειας, η Διατριβή αποπειράθηκε να καλύψει το επιστημονικό κενό της **έλλειψης συστηματικοποίησης** για την ανάλυση και τον έλεγχο της ευστάθειας πολυκριτηριακών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Πράγματι, παρ' ότι η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα Επιχειρησιακής Έρευνας έχει στραφεί σε μεγάλο βαθμό στην ανάλυση ευστάθειας και τη διαχείριση της αβεβαιότητας στα συστήματα αποφάσεων, σε πρακτικό επίπεδο δεν υπάρχει κάποιο ολοκληρωμένο εργαλείο που να μπορεί να υποστηρίξει έναν πραγματικό αποφασίζοντα.

Προς αυτή την κατεύθυνση, η Διατριβή πρότεινε **μια καθολική μεθοδολογία που επιχειρεί να ενοποιήσει διάφορες ποιοτικές και ποσοτικές κατακερματισμένες μεθόδους και τεχνικές** ανάλυσης ευστάθειας σε ένα σύστημα, για την πιο αποδοτική εφαρμογή και ανάλυση των αποτελεσμάτων τους. Επιπλέον, η μεθοδολογία της Διατριβής όρισε την έννοια του διαδραστικού «ελέγχου» της ευστάθειας καθώς, όπως

παρουσιάστηκε θεωρητικά στο Κεφάλαιο 5 αλλά και μέσα από τα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν, η απλή «ανάλυση» αποτελεί πλέον μια παρωχημένη διαδικασία που ανταποκρίνεται ανεπαρκώς στο πολύπλοκο και ιδιαίτερο περιβάλλον των καθημερινών προβλημάτων απόφασης/αξιολόγησης που συμπεριλαμβάνουν πραγματικούς αποφασίζοντες.

Πράγματι, η χρήση του μεθοδολογικού πλαισίου διπολικού ελέγχου ευστάθειας σε διάφορα πραγματικά προβλήματα αξιολόγησης, έφερε ιδιαίτερα ελπιδοφόρα αποτελέσματα. Σε όλες τις περιπτώσεις, η ευστάθεια του μοντέλου και των αποτελεσμάτων βελτιώθηκε σε μεγάλο βαθμό, ελαχιστοποιώντας, όσο είναι δυνατόν, τον υπολογιστικό φόρτο του αναλυτή και το χρόνο και τη δυσκολία εμπλοκής του αποφασίζοντος. Απόδειξη αποτελούν οι δύο πρόσφατες παρακάτω πραγματικές εφαρμογές σε διαφορετικά αλλά πολύ σημαντικά προβλήματα, προϊόντα συνεργασίας με άλλους Έλληνες επιχειρησιακούς ερευνητές, στις οποίες χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς ο διπολικός έλεγχος ευστάθειας:

- Stavrrou, Siskos, Ventikos και Psarras (2018): Αξιολόγηση διαφόρων μορφών ρίσκου κατά τη μεταφόρτωση φορτίου από πλοίο σε πλοίο.
- Demesouka, Anagnostopoulos και Siskos (2019): Ανάλυση καταλληλότητας χρήσης γης για την κατασκευή χώρου υγειονομικής ταφής αποβλήτων στη Θράκη.

9.3 Μελλοντικές προοπτικές

Οι προοπτικές που διαμορφώνονται από τη συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια είναι πολυδιάστατες και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες, τόσο για το ερευνητικό πεδίο της ανάλυσης ευστάθειας στη θεωρία αποφάσεων, όσο και για το μείζον θέμα της αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Σε θεωρητικό επίπεδο, απαιτείται η ενίσχυση της διπολικής μεθοδολογίας ελέγχου της ευστάθειας, με την προδιαγραφή και προσθήκη χαρτοφυλακίου συγκεκριμένων διαδικασιών που θα αντιμετωπίζουν όλες τις περιπτώσεις μοντέλων αποφάσεων και όλες τις πιθανές εφαρμογές και τύπους αποφασίζοντων. Στη συνέχεια, κρίνεται αναγκαία η εξέταση της μεθοδολογίας σε διαφορετικά είδη μοντέλων απόφασης, με χρήση εναλλακτικών πολυκριτηριακών μεθόδων για ξεχωριστά προβλήματα απόφασης, με σκοπό την απόκτηση πολύτιμης ανατροφοδότησης που θα θέσει τα θεμέλια για περαιτέρω βελτίωση. Απώτερος σκοπός αυτής της έρευνας είναι η πρόταση μιας ολιστικής μεθοδολογίας ελέγχου ευστάθειας που θα μπορεί να εφαρμοστεί κατά βούληση, παρέχοντας, τόσο στον αναλυτή όσο και τον αποφασίζοντα, τη δυνατότητα

να ακολουθήσουν πολλαπλές εναλλακτικές πρακτικές για την ενίσχυση του υπό εξέταση μοντέλου απόφασης.

Είναι απαραίτητο επίσης να τονιστεί, ότι η προτεινόμενη προσέγγιση διπολικού ελέγχου ευστάθειας δε μπορεί να ενσωματωθεί αποδοτικά σε μια πραγματική διαδικασία υποστήριξης αποφάσεων, παρά μόνο με τη συνδρομή της πληροφορικής τεχνολογίας. Η ανάπτυξη ενός έξυπνου πληροφοριακού συστήματος (intelligent decision support system), μέσω του οποίου θα προγραμματιστούν και αυτοματοποιηθούν τόσο τα πρωτόκολλα επικοινωνίας αναλυτή-αποφασίζοντος, όσο και οι διαδικασίες παραγωγής και διαχείρισης του συνόλου των δεικτών ευστάθειας, είναι μια μελλοντική επιταγή. Μια πρώτη προσπάθεια προς την κατεύθυνση αυτή πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο 8, με το διαδικτυακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων eGov-Evaluator για την αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Αναφορικά με το κρίσιμο και επίμαχο ζήτημα της αξιολόγησης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης που πραγματεύεται η Διατριβή, κρίνουμε ότι είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός έξυπνου Παρατηρητηρίου σε ευρωπαϊκό επίπεδο, προέκταση του European Commission - e-Government Benchmark Framework. Αυτός ο μηχανισμός, θα μπορεί, πέρα από το να αντλεί δεδομένα ηλεκτρονικοποίησης υπηρεσιών, να αναλύει τα ισχυρά και ασθενή σημεία σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, με τη μορφή μιας “SWOT analysis” και να συμβουλεύει τους ιθύνοντες στη λήψη μέτρων συνεχούς αναβάθμισης των σχέσεων πολιτών και κράτους.

Επιπλέον, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, όπου το επίπεδο ανάπτυξης των χωρών είναι υψηλό και ομοιογενές, με παρεμφερή πολιτικά συστήματα σε σχέση με τον υπόλοιπο πλανήτη, κρίνεται σημαντική η ύπαρξη κεντρικής πολιτικής για ταυτόχρονη συμπόρευση των χωρών προς την ηλεκτρονική διακυβέρνηση και την ηλεκτρονική συμμετοχή των πολιτών στο πολιτικό γίνεσθαι. Τέτοιες προοπτικές, παρ’ ότι έχουν εκκινήσει διστακτικά, θα πρέπει να ενταθούν, προς την κατεύθυνση της περαιτέρω ηλεκτρονικής ενσωμάτωσης του ευρωπαίου πολίτη μέσω των εθνικών αλλά πολύ περισσότερο των ευρωπαϊκών πυλών. Ο ευρωπαίος πολίτης πρέπει να αποκτήσει τη δύναμη της συμμετοχής και της εκφοράς άποψης, μέσω διαδικασιών ηλεκτρονικής διαβούλευσης και ηλεκτρονικής λήψης αποφάσεων για θέματα που τον αφορούν. Τέτοιες πρωτοβουλίες ενδυναμώνουν και οχυρώνουν το πολίτευμα της δημοκρατίας, καθώς και το ευρωπαϊκό εγχείρημα προς την πολιτική, κοινωνική και πολιτισμική Ένωση.

Τέλος, κατά την άποψη μας, η διατριβή αυτή ανοίγει νέες λεωφόρους για επανεξέταση και ανακατασκευή μεθοδολογικών προσεγγίσεων που θα εφαρμοστούν σε μια σειρά προβλημάτων αξιολόγησης και υποστήριξης αποφάσεων, υπό το πρίσμα της απαιτούμενης ευστάθειας των αποτελεσμάτων. Ενδεικτικό παράδειγμα προς αυτή την κατεύθυνση αποτελεί η θεωρητική και, πολύ περισσότερο πρακτική έρευνα, που συντελείται από το Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων του Εθνικού Μετσόβιου

Πολυτεχνείου. Μερικές σχετικές εφαρμογές, ανάλυσης ευστάθειας στη λήψη πραγματικών αποφάσεων, πραγματοποιήθηκαν από το Εργαστήριο:

- στο πλαίσιο του Προγράμματος «ΘΑΛΗΣ», σε προβλήματα επιλογής βέλτιστου χαρτοφυλακίου έργων,
- για την υποστήριξη της εθνικής μεσοπρόθεσμης ενεργειακής πολιτικής του Υπουργείου Ενέργειας,
- για απτά προβλήματα ενεργειακής διαχείρισης και ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και
- για προβλήματα χρονοπρογραμματισμού μιας γραμμής παραγωγής εργοστασίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Δημοσιεύσεις

10.1 Δημοσιευμένες εργασίες σε επιστημονικά περιοδικά

- Demesouka, O.E., Anagnostopoulos, K.P., Siskos, E. (2019). Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece, *European Journal of Operational Research*, 272 (2), pp. 574-586.
- Doukas, H., Siskos, E., Psarras, J., Malamatenios, C., Tournaki, S., Tsoutsos, T. (2016). Qualification roadmap empowering the Greek building sector workforce in the field of energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, pp. 992-1004.
- Tsotsolas, N., Spyridakos, A., Siskos, E., Salmon, I. (2016). Criteria weights assessment through prioritizations (WAP) using linear programming techniques and visualizations, *Operational Research*, pp. 1-16, *Article in Press*.
- Makarouni, I., Siskos, E., Psarras, J. (2016). Multiobjective large scale job sequencing optimization based on a synergy of compensatory and non compensatory methods, *Operational Research*, 16(2), pp. 223-244.
- Siskos, E., Tsotsolas, N. (2015), Elicitation of criteria importance weights through the Simos method: A robustness concern, *European Journal of Operational Research*, 246(2), pp. 543-553.
- Mastorakis, K., Siskos, E. (2015), Value focused pharmaceutical strategy determination with multicriteria decision analysis techniques, *Omega*, 59(A), pp. 84-96.
- Mavrotas, G. Figueira, J. R., Siskos, E. (2015), Robustness analysis methodology for multi-objective combinatorial optimization problems and application to project selection, *Omega*, 52, pp. 142-155.
- Mavrotas, G., Pechak, O., Siskos, E., Doukas, H., Psarras, J. (2015), Robustness analysis in Multi-Objective Mathematical Programming using Monte Carlo simulation, *European journal of Operational Research*, 240(1), pp. 193-201.
- Siskos, E., Askounis, D., Psarras, J. (2014), Multicriteria decision support for global e-government evaluation, *Omega*, 46, pp. 51-63 (**13th most downloaded paper of Omega in a quarterly period**).
- Makarouni, I., Psarras, J., Siskos, E. (2015), Interactive bicriterion decision support for a large scale industrial scheduling system, *Annals of Operations Research*, 227(1), pp. 45-61.
- Siskos, E., Malafekas, M., Askounis, D., Psarras, J. (2013), E-government benchmarking in European Union : A multicriteria extreme ranking approach, Douliger-

is, C., Polemi, N., Karantjias, A., Lamersdorf, W. (Eds), **Proceedings of the 12th IFIP Conference on e-Business, e-Services, and e-Society**, Springer, Athens, pp. 338-348.

10.2 Δημοσιευμένες εργασίες σε κεφάλαια βιβλίων

- Matsatsinis, N.F., Grigoroudis, E., Siskos, E. (2018). Disaggregation approach to value elicitation, *International Series in Operations Research and Management Science*, 261, pp. 313-348.
- Stavrou, D.I., Siskos, E.Y., Ventikos, N.P., Psarras, J.E. (2018). Robust Evaluation of Risks in Ship-to-Ship Transfer Operations: Application of the STOCHASTIC UTA Multicriteria Decision Support Method, *International Series in Operations Research and Management Science*, 260, pp. 175-218

10.3 Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά συνέδρια

- Siskos, E., Psarras, J. Bipolar robustness control methodology in disaggregation MCDA approaches: Application to European e-government evaluation, EURO2016 – 28th European Conference on Operational Research, 3-6 July, 2016.
- Siskos, E., Psarras, J. Robust evaluation of electricity production investments from renewable energy sources: A synergistic multicriteria approach, EURO2015 – 27th European Conference on Operational Research, Glasgow, 12-15 July, 2015.
- Siskos, E., Psarras, J. Bipolar robustness control methodology in disaggregation MCDA approaches: Application to European e-government evaluation, 81st Meeting of the European Working Group «Multiple Criteria Decision Aiding», Annecy, France, 26-28 March, 2015.
- Siskos, E., Psarras, J. Διπολική μεθοδολογία ελέγχου της ευστάθειας στις αναλυτικές μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης: Εφαρμογή στην αξιολόγηση της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης στην Ευρώπη, 11η συνάντηση Πολυκριτήριας Ανάλυσης Αποφάσεων, Αγρίνιο, 12-14 Μαρτίου, 2015.
- Siskos, E., Peronikolis, D., Psarras, J. Rationalizing electricity production investments from renewable energy sources in Greece, using a synergy of multicriteria methods, 80th Meeting of the European Working Group «Multiple Criteria Decision Aiding», Quebec, Canada, 9-11 October, 2014.

- Siskos, E., Tsotsolas, N., Siskos, Y. Elicitation of criteria importance weights with the Simos method: A robustness concern, 20th Conference of the International Federation of Operational Research, Barcelona, 13-18 July, 2014.
- Siskos, E., Peronikolis, D., Psarras, J. Rationalizing electricity production investments from renewable energy sources in Greece, using a synergy of multicriteria methods, 3rd International Symposium and 25th National Conference on Operational Research, Volos, 26-28 June 2014.
- Mavrotas, G., Figueira, J., Siskos, E. Assessing the robustness of Pareto sets in Multi-Objective Integer Programming problems, 79th Meeting of the European Working Group «Multiple Criteria Decision Aiding», Athens, 3-5 April 2014
- Siskos, E., Matzakou, I., Kalogeros, D., Askounis D. Towards An Extended Multicriteria Decision Support System for e-Government Benchmarking of the European Countries, 10th HELORS Meeting on MCDA, Thessaloniki 2013.
- Mastorakis, K., Siskos, E., Siskos Y. Value focused pharmaceutical strategy determination with multicriteria decision analysis techniques, 24th National Conference on Operational Research, Athens 2013.
- Malamatenios, Ch., Veziryianni, G., Doukas, H., Papadopoulou, A., Siskos E. Greece: how the building sector is planned to contribute to the achievement of the national targets for “20-20-20” – the role of the skilled workforce, 6th International Conference on Energy and Environment, Bucharest 2013.
- Siskos, E. Robust e-government evaluation based on multiple criteria decision analysis, XVII ELAVIO, Valencia, 2013
- Siskos, E., Tsotsolas, N., Christodoulakis, N. How robust is the elicitation of criteria weights through Simos’ procedure?, 26th European Conference on Operational Research, Rome 2013.
- Mavrotas, G. Psarras, J., Pechak, O., Siskos E. Multi-objective project portfolio selection: Assessing the robustness of selected portfolios, 26th European Conference on Operational Research, Rome 2013.
- Siskos, E., Malafekas, M., Askounis, D., Psarras, J. E-government Benchmarking in European Union: A Multicriteria Extreme Ranking Approach, 12th IFIP Conference on e-Business, e-Services, e-Society, Athens 2013.
- Siskos, E., Askounis, D., Psarras, J. Robust e-government evaluation based on multiple criteria decision analysis techniques, 77th meeting of the EWG on MCDA, Rouen 2013.

- Hurson, Ch., Siskos, E., Tsotsolas., Christodoulakis, N. Robustness measures in criteria importance estimation based on Hamiltonian search algorithms, 9th HELORS Meeting on MCDA, Kavala 2012.
- Siskos, E., Makarouni, I., Psarras, J. Robust compromise programming of industrial scheduling jobs with variable criteria priorities, 9th HELORS Meeting on MCDA, Kavala 2012.
- Siskos, E., Askounis, D., Psarras, J. European e-government: A multicriteria evaluation, 23th HELORS Conference on Operational Research, Athens 2012.

