



**Robust
MCDA**



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΘΑΛΗΣ - Πανεπιστήμιο Πειραιά Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια

Δ18 – Διοργάνωση workshops

Π18.2 – Έκθεση 2^{ου} Επιστημονικού Workshop



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Στοιχεία παραδοτέου

Δράση: Δ18 – Διοργάνωση workshops

Τίτλος παραδοτέου: Π18.2 – Έκθεση 2^{ου} Επιστημονικού Workshop

Τύπος παραδοτέου: I - PP

Έκδοση: 01

Ημερομηνία: 28 Ιουνίου 2013

Υπεύθυνος σύνταξης: Καθηγητής Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης

Ομάδα σύνταξης: Καθηγητής Νικόλαος Ματσατσίνης
Αναπληρωτής Καθηγητής Μιχάλης Δούμπος
Επίκουρος Καθηγητής Παύλος Δελιάς
Professor Alexis Tsoukias
Ελευθέριος Μαναρώλη, MSc.
Δημήτριος Νίκλης, MSc

Περιεχόμενα

1	Γενικά.....	5
1.1	Γενικά στοιχεία δράσης.....	5
1.2	Γενικά στοιχεία παραδοτέου	6
2	Υλοποίηση	7
2.1	Γενικές πληροφορίες workshop.....	7
2.2	Απολογισμός workshop.....	7
	Παράρτημα Α: Αφίσα workshop	10
	Παράρτημα Β: Φυλλάδιο workshop	11
	Παράρτημα Γ: Φωτογραφίες workshop.....	13
	Παράρτημα Δ: Παρουσιάσεις workshop.....	14

Συνομογραφίες Παραδοτέου**ΣΕ:** Συντονιστής Έργου**ΥΕΟ:** Υπεύθυνος Ερευνητικής Ομάδας**ΚΕΟ:** Κύρια Ερευνητική Ομάδα**ΟΕΣ:** Ομάδα Εξωτερικών Συνεργατών**ΟΕ:** Ομάδα Έργου**ΥΔΠΕ:** Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας Έργου**ΕΥΔ:** Επιστημονικός Υπεύθυνος Δράσης**ΟΕΜ:** Ομάδα Εμπειρογνομόνων**ΠΑΠΕΙ ή UNIRI:** Πανεπιστήμιο Πειραιά**ΠΚ ή ΤUC:** Πολυτεχνείο Κρήτης**ΕΜΠ ή ΝΤΥΑ:** Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

1 Γενικά

1.1 Γενικά στοιχεία δράσης

Η δράση Δ18 αφορά τη διοργάνωση μιας σειράς επιστημονικών συναντήσεων εργασίας (workshops) και εντάσσεται στο σύνολο των δράσεων δημοσιότητας του έργου. Τα workshops οργανώνονται από τις ερευνητικές ομάδες των ιδρυμάτων που συμμετέχουν στην υλοποίηση του έργου και είναι ανοικτά για το κοινό, δεδομένου ότι απευθύνονται σε ερευνητές, υποψήφιους διδάκτορες, μεταπτυχιακούς φοιτητές, κ.λπ. που εργάζονται ή σκοπεύουν να ασχοληθούν με το ευρύτερο αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης.

Στα πλαίσια των επιστημονικών αυτών συναντήσεων παρουσιάζεται όχι μόνο η τρέχουσα έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του έργου και αφορά τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, αλλά και το γενικότερο αντικείμενο της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων.

Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι των επιστημονικών workshops είναι:

- η παρουσίαση των τρέχουσας ερευνητικής προσπάθειας που αφορά τη μελέτη της ευστάθειας στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων,
- η παρουσίαση της γενικότερης θεωρίας και των πρακτικών εφαρμογών της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων,
- η διάδοση του επιστημονικού αντικείμενου της πολυκριτήριας ανάλυσης αποφάσεων και
- η δικτύωση και η ανταλλαγή απόψεων ανάμεσα σε επιχειρησιακούς ερευνητές και στελέχη επιχειρήσεων και οργανισμών που ασχολούνται με το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Σύμφωνα με το πλάνο υλοποίησης, στα πλαίσια του συγκεκριμένου έργου πρόκειται να πραγματοποιηθούν 6 επιστημονικές συναντήσεις εργασίας (workshops), οι οποίες κατανέμονται σε 2 ανά έτος και 2 ανά ερευνητική ομάδα. Η γενική εποπτεία των συναντήσεων θα γίνεται από τη Μικτή Επιτροπή Συντονισμού του Έργου (βλ. δράση Δ21), στην οποία συμμετέχουν οι υπεύθυνοι των 3 ερευνητικών ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, η Μικτή Επιτροπή Συντονισμού του Έργου αποτελείται από τους:

1. Καθηγητή Ιωάννη Σίσκο (συντονιστή έργου και υπεύθυνου της ερευνητικής ομάδας του ΠΑΠΕΙ)
2. Καθηγητή Κωνσταντίνο Ζοπουνίδα (υπεύθυνου της ερευνητικής ομάδας του ΠΚ)
3. Καθηγητή Ιωάννη Ψαρρά (υπεύθυνου της ερευνητικής ομάδας του ΕΜΠ)

Δεδομένου ότι η επιτροπή αυτή έχει ως στόχο τη συνολική παρακολούθηση υλοποίησης του έργου, η συνεισφορά της στη συγκεκριμένη δράση επικεντρώνεται στο συντονισμό με τις υπόλοιπες ενέργειες του έργου και τη συνεργασία με τον εκάστοτε διοργανωτή του επιστημονικού workshop.

1.2 Γενικά στοιχεία παραδοτέου

Το συγκεκριμένο παραδοτέο αφορά το 2^ο Επιστημονικό Workshop του έργου που πραγματοποιήθηκε στα Χανιά, το χρονικό διάστημα 21-22 Ιουνίου 2013. Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου, τη χρονική στιγμή διεξαγωγής του workshop έχουν ολοκληρωθεί:

1. Οι βιβλιογραφικές δράσεις του ερευνητικού προγράμματος:
 - Δ1: Βιβλιογραφική ανασκόπηση ανάλυσης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες
 - Δ5: Βιβλιογραφική ανασκόπηση προσεγγίσεων τεχνικής νοημοσύνης για την ανάλυση ευστάθειας πολυκριτήριων προβλημάτων
 - Δ9: Βιβλιογραφική ανασκόπηση ανάλυσης ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχικού προγραμματισμού
2. Η ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης της ευστάθειας:
 - Δ2: Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες
 - Δ6: Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης ευστάθειας σε προβλήματα ταξινόμησης
 - Δ10: Ανάπτυξη μέτρων αξιολόγησης μέτρων ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχικού προγραμματισμού

Επιπλέον, οι ερευνητικές ομάδες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα βρίσκονται στο στάδιο της πραγματοποίησης πειραματικών αναλύσεων (δράσεις Δ3, Δ7, Δ11) των αξιολογήσεων των μέτρων ευστάθειας και των μεθοδολογιών που αναπτύχθηκαν στα παραπάνω στάδια.

Στα πλαίσια του 2^ο Επιστημονικού Workshop του έργου πραγματοποιήθηκε παρουσίαση των μέχρι σήμερα αποτελεσμάτων από όλες τις ομάδες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα δίνοντας έμφαση στις δράσεις που έχουν ολοκληρωθεί έως τώρα αλλά και τις πειραματικές αναλύσεις που είναι σε στάδιο υλοποίησης. Στο παραδοτέο αυτό δίνονται:

- Γενικές πληροφορίες για τη δράση (τόπος, χρόνος διεξαγωγής, συμμετέχοντες, κ.λπ.)
- Συνοδευτικό υλικό της δράσης (αφίσα, δελτίο τύπου, παρουσιάσεις, κ.λπ.)
- Άλλο πρόσθετο υλικό (φωτογραφίες, κ.λπ.)

Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στα πλαίσια της συγκεκριμένης δράσης δίνεται για άλλη μια φορά η δυνατότητα συνάντησης των μελών των ερευνητικών ομάδων, γεγονός που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε ένα έργο που έχει ως βασικό αντικείμενο τη συνεργασία ερευνητικών ομάδων.

2 Υλοποίηση

2.1 Γενικές πληροφορίες workshop

Το 2^ο Επιστημονικό Workshop με διακριτικό τίτλο “Robust MCDA» (ακρωνύμιο του έργου) πραγματοποιήθηκε στις 21-22 Ιουνίου 2013 στο Πολυτεχνείο Κρήτης (Χανιά). Το workshop διοργανώθηκε από την ερευνητική ομάδα του Πολυτεχνείου Κρήτης (Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης).

Για τις ανάγκες διοργάνωσης του workshop προετοιμάστηκε κατάλληλο ενημερωτικό υλικό (αφίσα, φυλλάδιο), το οποίο παρουσιάζεται στα Παραρτήματα Α-Β της παρούσας έκθεσης.

2.2 Απολογισμός workshop

Στο workshop συμμετείχαν και οι 3 ερευνητικές ομάδες του έργου, καθώς και σημαντικός αριθμός νέων επιχειρησιακών ερευνητών, προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών, καθώς και υποψήφιων διδασκόντων. Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει τους μέλη της ΚΕΟ και της ΟΕΣ του έργου που συμμετείχαν στο 2^ο Επιστημονικό Workshop. Το Workshop παρακολούθησαν επίσης μεταπτυχιακοί φοιτητές, υποψήφιοι διδάκτορες και ερευνητές του Πολυτεχνείου Κρήτης. Συνολικά, ο αριθμός των συμμετεχόντων ανήρθε σε 25 άτομα (βλ. Παράρτημα Γ για φωτογραφίες του workshop).

Συνοπτικά, το πρόγραμμα του 2^{ου} Επιστημονικού Workshop έχει ως εξής:

Παρασκευή 21 Ιουνίου 2013

09:30 – 10:00: Χαιρετισμοί

10:00 – 11:30: Ευστάθεια σε θέματα πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης: Αξιολογώντας την ευστάθεια του μετώπου Pareto και την ευστάθεια μεμονωμένων Pareto βέλτιστων λύσεων (Γ. Μαυρωτάς)

11:30 – 12:00: Διάλειμμα

12:00 – 13:30: Constructing robust efficient frontiers for portfolio selection under various future return scenarios (Γ. Μαυρωτάς, Π. Ξυδώνας, Χ. Δούκας, Ι. Ψαρράς)

13:30 – 14:30: Διάλειμμα

14:30 – 16:00: Βελτιστοποίηση επενδυτικού χαρτοφυλακίου, συμπεριλαμβάνοντας την ενεργειακή και περιβαλλοντική εταιρική ευθύνη (Χ. Δούκας, Γ. Μαυρωτάς, Π. Ξυδώνας, Ι. Ψαρράς)

16:00 – 16:30: Διάλειμμα

16:30 – 18:00: Οπτικές και διαδραστικές προσεγγίσεις στην ανάλυση στιβαρότητας στην πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (Α. Σπυριδάκος)

Σάββατο 22 Ιουνίου 2013

09:00 – 10:00: Ευσταθής συναινετικός προγραμματισμός στο χρονοπρογραμματισμό εργασιών βιομηχανικού σχεδιασμού με μεταβλητά βάρη κριτηρίων (Ε. Σίσκος, Ι. Μακαρούνη, Ι. Ψαρράς)

10:00 – 11:00: On the robustness of representative value functions in multicriteria classification problems (Μ. Δούμπος, Κ. Ζοπουνίδης, Ε. Γαλαριώτης)

11:00 – 11:30: Διάλειμμα

11:30 – 13:00: Examining robustness in the MUSA method (Ε. Γρηγορούδης, Ι. Πολίτης)

13:00 – 14:00: Διάλειμμα

14:00 – 15:30: Ανάλυση στιβαρότητας στην πολυκριτηριακή αναλυτική - συνθετική προσέγγιση για λήψη ομαδικών αποφάσεων (Δ. Γιαννακόπουλος)

15:30 – 16:00: Διάλειμμα

16:00 – 17:30: The ϵ -neighborhood concept for robust clustering (Ν. Ματσατσίνης, Π. Δελιάς)

17:30 – 18:00: Κλείσιμο του workshop

Πίνακας 2.1: Συμμετέχοντες στο 2^ο επιστημονικό workshop

Ομάδα	Ερευνητές
Ερευνητική ομάδα Πανεπιστημίου Πειραιά	Ιωάννης Σίσκος (Καθηγητής/ΠΑΠΕΙ) Διονύσης Γιαννακόπουλος (Καθηγητής/ΤΕΙ Πειραιά) Ευάγγελος Γρηγορούδης (Επ. Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Αθανάσιος Σπυριδάκος (Αν. Καθηγητής/ΤΕΙ Πειραιά) Νίκος Τσότσολας (Μεταδιδάκτορας/ΠΑΠΕΙ) Νίκος Χριστοδουλάκης (Υπ. Διδάκτορας/ΠΑΠΕΙ) Γεωργία Μουριάδου (Ερευνητής/ΠΑΠΕΙ) Christian Hurson (Επικ. Καθηγ./University of Rouen, Γαλλία)
Ερευνητική ομάδα Πολυτεχνείου Κρήτης	Νικόλαος Ματσατσίνης (Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Μιχάλης Δούμπος (Επ. Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Δημήτριος Νίκλης (Υπ. Διδάκτορας /Πολ. Κρήτης) Ελευθέριος Μαναρώλης (Υπ. Διδάκτορας /Πολ. Κρήτης)
Ερευνητική ομάδα Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου	Ιωάννης Ψαρράς (Καθηγητής/ΕΜΠ) Γιώργος Μαυρωτάς (Επ. Καθηγητής, ΕΜΠ) Χάρης Δούκας (Μεταδιδάκτορας/ΕΜΠ) Παναγιώτης Ξυδώνας (Μεταδιδάκτορας/ΕΜΠ) Ελευθέριος Σίσκος (Υπ. Διδάκτορας/ΕΜΠ)

Στο Παράρτημα Δ της συγκεκριμένης έκθεσης δίνονται οι παρουσιάσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε όλη τη διάρκεια του workshop συνάντησης, σύμφωνα με το προηγούμενο πρόγραμμα.

Παράρτημα Α: Αφίσα workshop



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**



**ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

2ο Επιστημονικό Workshop **Robust MCDA**



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΘΑΛΗΣ

**Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε
προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια**

**21-22 Ιουνίου 2013
Πολυτεχνείο Κρήτης**

ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ

**Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Πολυτεχνείο Κρήτης**



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ

Παράρτημα Β: Φυλλάδιο workshop

Ερευνητικές Ομάδες

Πανεπιστήμιο Πειραιώς
 Σίσκος, Ι.
 Γιαννακόπουλος, Δ.
 Γρηγορούδης, Ε.
 Bouyssou, D.
 Hurson, C.
 Σπυριδαίος, Α.
 Τσιστολάς, Ν.
 Πολίτης, Ι.
 Χριστοδουλάκης, Ν.
 Μουριάδου, Γ.

Πολυτεχνείο Κρήτης
 Ζουπουνίδης, Κ.
 Μασσασινης, Ν.
 Δούμπος, Μ.
 Tsoukias, Α.
 Δελιάς, Π.
 Μανφραλής, Ε.
 Νικήτας, Δ.

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Ψαρράς, Ι.
 Ασκούνης, Δ.
 Καραγιαννιόπουλος, Κ.
 Figureira, J.
 Δούκας, Χ.
 Ξυδώνας, Π.
 Σίσκος, Ε.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς
 Πανεπιστήμιο Πειραιώς
 ΤΕΙ Πειραιώς
 Πολυτεχνείο Κρήτης
 Université Paris Dauphine
 Université de Rouen
 ΤΕΙ Πειραιώς
 Πανεπιστήμιο Πειραιώς
 Πανεπιστήμιο Πειραιώς
 Πανεπιστήμιο Πειραιώς
 Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πολυτεχνείο Κρήτης
 Πολυτεχνείο Κρήτης
 Πολυτεχνείο Κρήτης
 Université Paris Dauphine
 ΤΕΙ Καβάλας
 Πολυτεχνείο Κρήτης
 Πολυτεχνείο Κρήτης

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Instituto Superior Tecnico
 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Πληροφορίες
 Καθηγήτριας Κ. Ζοπουιδης
 Πολυτεχνείο Κρήτης
 Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
 Πολυτεχνειούπολη
 73100 Χανιά
 Τηλ. 28210-37236
 E-mail: kostas@dpem.tuc.gr

Website Ερευνητικού Έργου
<http://rncda.epu.ntua.gr/>

Συμμετέχοντα Ιδρύματα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

2ο Επιστημονικό Workshop
Robust MCDA

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΘΑΛΗΣ
 Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια

21-22 Ιουνίου 2013
Πολυτεχνείο Κρήτης

ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ
 Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
 Πολυτεχνείο Κρήτης

Ευρωπαϊκή Ένωση
 Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΟΥΛΙΑ
 2014-2020
 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΥΠΕΡΕΞΕΛΙΞΗ
 ΔΙΑΚΕΙΡΗΣΗ
 Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Πρόγραμμα Workshop

Παρασκευή 21 Ιουνίου 2013

- 09:30 – 10:00: Χαιρετισμοί
- 10:00 – 11:30: Εισαγωγή σε θέματα πολυκριτηριακής βέλτιστοποίησης: Αξιολογώντας την ευστάθεια του μετρίου Pareto και την ευστάθεια μεμονωμένων Pareto βέλτιστων λύσεων (Γ. Μαυρωτάς)
- 11:30 – 12:00: Διάλειμμα
- 12:00 – 13:30: Constructing robust efficient frontiers for portfolio selection under various future return scenarios (Γ. Μαυρωτάς, Π. Ξιδώνας, Χ. Δουκας, Ι. Ψαρράς)
- 13:30 – 14:30: Διάλειμμα
- 14:30 – 16:00: Βελτιστοποίηση επενδυτικού χαρτοφυλακίου, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής και περιβαλλοντικής εταιρικής ευθύνης (Γ. Μαυρωτάς, Π. Ξιδώνας, Χ. Δουκας, Ι. Ψαρράς)

- 16:00 – 16:30: Διάλειμμα
- 16:30 – 18:00: Οπτικές και διδρασματικές προσεγγίσεις στην ανάλυση σιβαροτήτων στην πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (Α. Σπυριδάκος)

Σάββατο 22 Ιουνίου 2013

- 09:00 – 10:00: Εισαγωγή συναινετικός προγραμματισμός στο χρονοπρογραμματισμό εργασιών βιομηχανικού σχεδίασμου με μεταβλητά βάρη κριτηρίων (Ε. Σίτσος, Ι. Μακαρούνη, Ι. Ψαρράς)
- 10:00 – 11:00: On the robustness of representative value functions in multicriteria classification problems (Μ. Δουμπας, Κ. Ζοπουνίδης, Ε. Γαλαριώτης)
- 11:00 – 11:30: Διάλειμμα
- 11:30 – 13:00: Examining robustness in the MUSA method (Ε. Γρηγορούδης, Ι. Πολίτης)
- 13:00 – 14:00: Διάλειμμα
- 14:00 – 15:30: Ανάλυση σιβαροτήτων στην πολυκριτηριακή αναλυτική - συνθετική προσέγγιση για λήψη ομαδικών αποφάσεων (Δ. Γαντακοπούλος)
- 15:30 – 16:00: Διάλειμμα
- 16:00 – 17:30: The ε-neighborhood concept for robust clustering (N. Μαστασάνης, Π. Δελιάς)
- 17:30 – 18:00: Κλείσιμο του workshop

Στόχοι και Θέματα Workshop

Βασικός στόχος του Workshop είναι η παρουσίαση όχι μόνο της τρέχουσας έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του έργου και αφορά τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια.

- Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι του Workshops είναι:
- η παρουσίαση των τρέχουσας ερευνητικής προσπάθειας που αφορά τη μελέτη της ευστάθειας στην πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων,
 - η παρουσίαση της γενικότερης θεωρίας και των πρακτικών εφαρμογών της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων,
 - η διάδοση του επιστημονικού αντικείμενου της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων και
 - η δικτύωση και η ανταλλαγή απόψεων ανάμεσα σε επιχειρησιακούς ερευνητές και στελέχη επιχειρήσεων και οργανισμών που ασχολούνται με το συγκεκριμένο αντικείμενο.
- Επίσης, στα πλαίσια της συγκεκριμένου workshop δίνεται η δυνατότητα συνάντησης των μελών των ερευνητικών ομάδων.

Τόπος και Χρόνος Διεξαγωγής

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Πολυτεχνείο Κρήτης
Πολυτεχνειούπολη
73100 Χανιά
21-22 Ιουνίου 2013

Συμμετοχή

Το επιστημονικό workshop είναι ανοικτό για το κοινό και στις εργασίες του μπορούν να συμμετάσχουν ελεύθερα χωρίς περιορισμό κάθε ενδιαφερόμενος.

Πιο συγκεκριμένα, το επιστημονικό workshop απευθύνονται σε ερευνητές, υποψήφιους διδάκτορες, μεταπτυχιακούς φοιτητές, κ.λπ. που εργάζονται ή σκοπεύουν να ασχοληθούν με το ευρύτερο αντικείμενο της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Πρόγραμμα ΘΑΛΗΣ

Το 2^ο Επιστημονικό Workshop Robust MCDA πραγματοποιείται στα πλαίσια του έργου ΘΑΛΗΣ με τίτλο «Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια» και εντάσσεται στο σύνολο των δράσεων δημοσιότητας του έργου.

Το έργο αφορά στη μελέτη της ευστάθειας (robustness) σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Η έννοια της ευστάθειας αναφέρεται τόσο στη συμφωνία των παραδοχών και εκτιμήσεων που διαμορφώνουν ένα μοντέλο υποστηρίξεις αποφάσεων 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.

- Το αντικείμενο του έργου καλύπτει θέματα όπως:
- η ανάπτυξη διαδικασιών μέτρησης της ευστάθειας των αποτελεσμάτων και των παραμέτρων διαδικασιών πολυκριτηριακής ανάλυσης,
 - η μελέτη της ποιότητας των δεδομένων και της σχέσης τους με τα αποτελέσματα μιας πολυκριτηριακής αξιολόγησης, και
 - η ανάπτυξη μεθοδολογιών για τη διαμόρφωση λύσεων που παρουσιάζουν ευστάθεια σε μεταβολές των παραμέτρων ενός προβλήματος, αποφάσεις και του περιβάλλοντος της.
- Βασικός στόχος του έργου είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου θεωρητικού πλαισίου για τη μέτρηση της ευστάθειας των λύσεων που προκύπτουν από υπάρχουσες μεθοδολογίες, καθώς επίσης και η προώθηση της διεθνούς επιστημονικής έρευνας στο χώρο της επιχειρησιακής έρευνας και της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Πρόσθετοι στόχοι του έργου αποτελούν

- η ανάπτυξη της συνεργασίας σε εθνικό και διεθνές επίπεδο σε θέματα πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων,
- η διάδοση της παραγωγικής επιστημονικής γνώσης και
- η πρακτική εφαρμογή των θεωρητικών αποτελεσμάτων της έρευνας.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο πλαίσιο του έργου θα μελετηθεί ένα ευρύ πεδίο πρακτικών εφαρμογών από τους χώρους της περιβαλλοντικής και ενεργειακής διαχείρισης, της ανάπτυξης οικονομικών και τεχνολογικών κινδύνων (διαχείριση επενδύσεων, χρηματοοικονομικός προγραμματισμός, βιομηχανική ασφάλεια, κ.ά.), της διοίκησης επιχειρήσεων (εφοδιαστική αλυσίδα, προγραμματισμός έργων, μάρκετινγκ, διοίκηση προσωπικού, κ.ά.), καθώς και των κατασκευών (κτίρια, μηχανολογικά & ηλεκτρολογικά/ηλεκτρονικά συστήματα). Σε όλα αυτά τα πεδία, η λήψη αποφάσεων χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολλαπλών κριτηρίων και περιορισμών (τεχνολογικών και οικονομικών) και την αυξημένη αβεβαιότητα.

Παράρτημα Γ: Φωτογραφίες workshop



Παράρτημα Δ: Παρουσιάσεις workshop

Robust MCDA – Project meeting
21-22 Ιουνίου 2013, Χανιά

Ευστάθεια σε θέματα πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης

Αξιολογώντας την ευστάθεια του μετώπου Pareto και την ευστάθεια μεμονωμένων Pareto βέλτιστων λύσεων

Γιώργος Μαυρωτάς


 Laboratory of Industrial & Energy Economics
School of Chemical Engineering
National Technical University of Athens



Δομή παρουσίασης

- Εισαγωγή
- Ευστάθεια του μετώπου Pareto
- Ευστάθεια μιας Pareto βέλτιστης λύσης
- Παραδείγματα

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτάς



Εισαγωγή

- Με τον όρο **ευστάθεια** στον Μαθηματικό Προγραμματισμό εννοούμε το κατά πόσο είναι ευαίσθητη η βέλτιστη λύση σε μεταβολές των παραμέτρων του προβλήματος
- Ευστάθεια = Robustness
- Η έννοια δηλαδή της ευστάθειας είναι συνυφασμένη με την έννοια της αβεβαιότητας ως προς τις παραμέτρους του προβλήματος
 - Στοχαστική προσέγγιση
 - Σενάρια

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτός

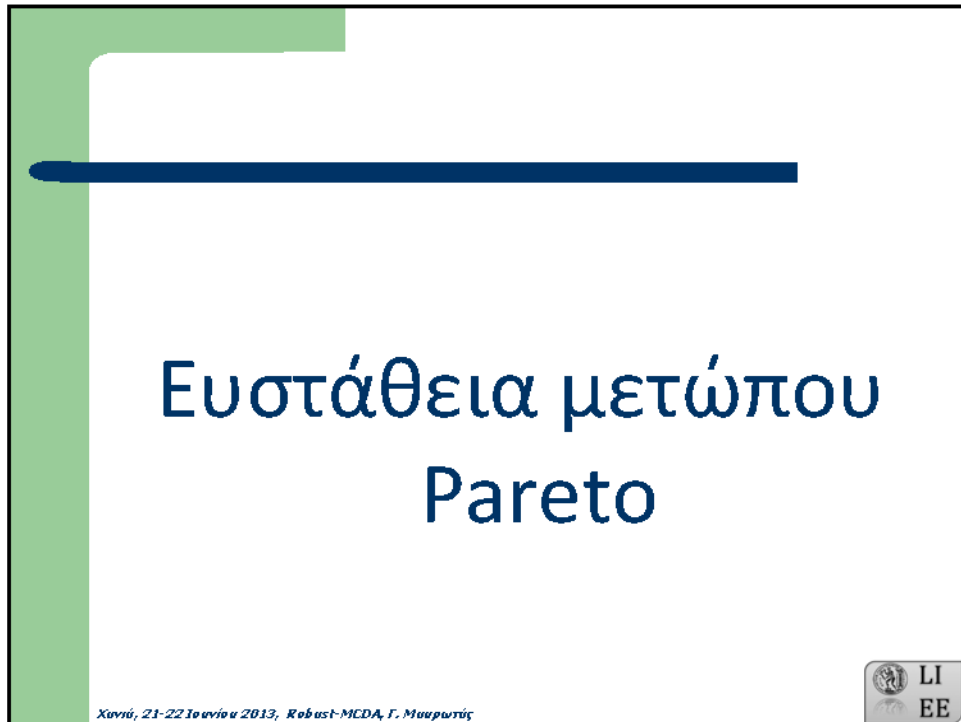


Δύο προσεγγίσεις

- (1) την ευστάθεια του μετώπου Pareto (Pareto front)
 - Εύρεση περιοχών μεγαλύτερης και μικρότερης ευστάθειας
 - Στοχαστική προσέγγιση
 - Σενάρια (minimax regret → robust solutions)
- (2) την ευστάθεια μια συγκεκριμένης κατά Pareto βέλτιστης λύσης
 - Μέσω των συντελεστών βαρύτητας

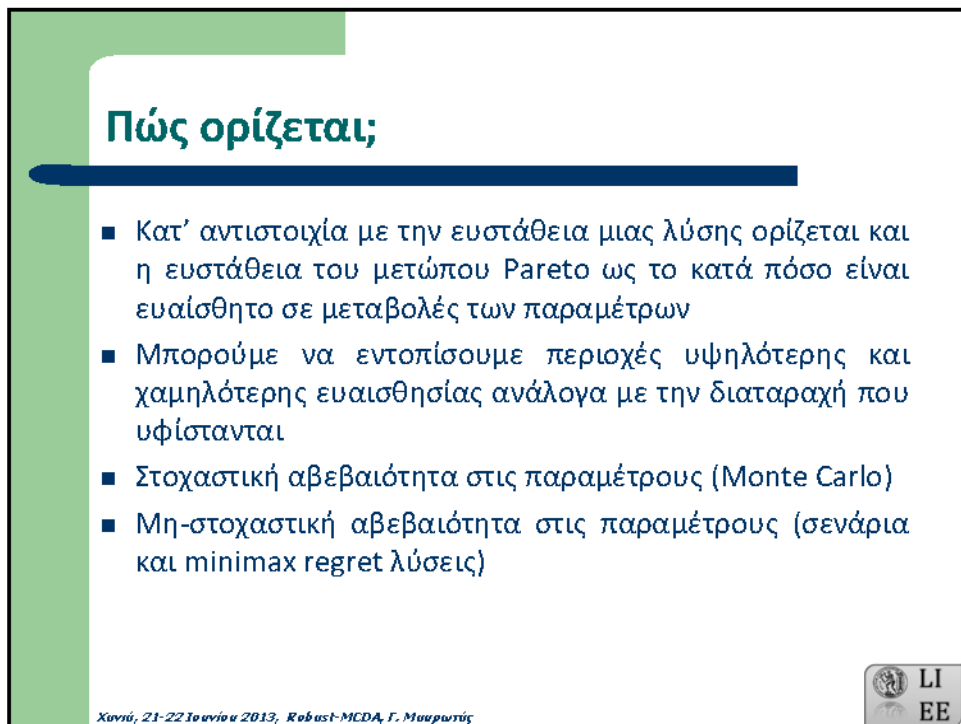

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτός





Ευστάθεια μετώπου Pareto


Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτός

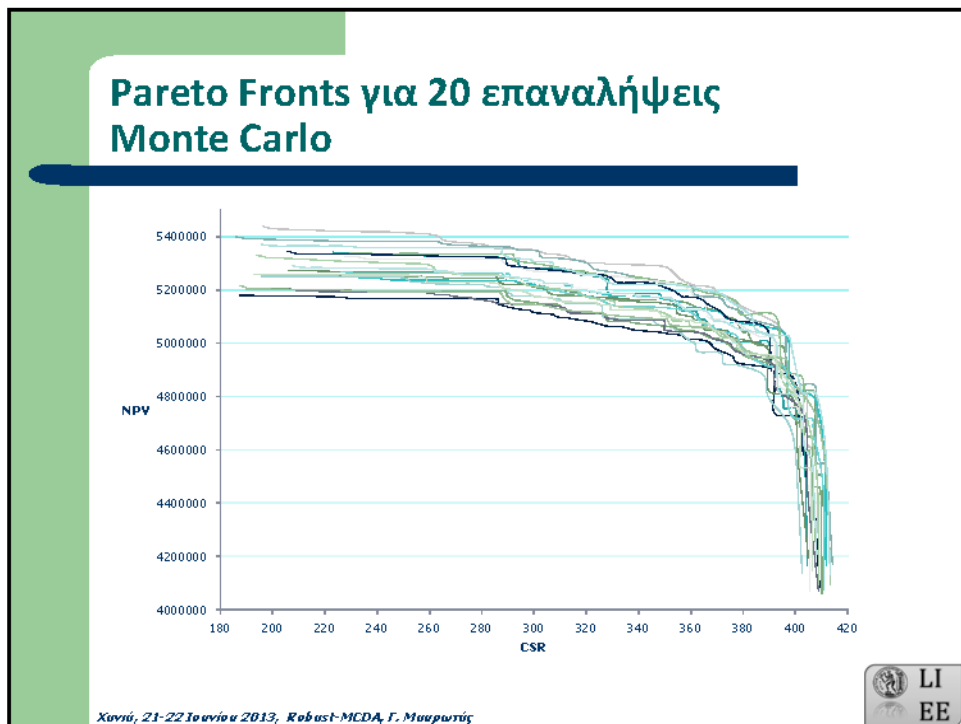
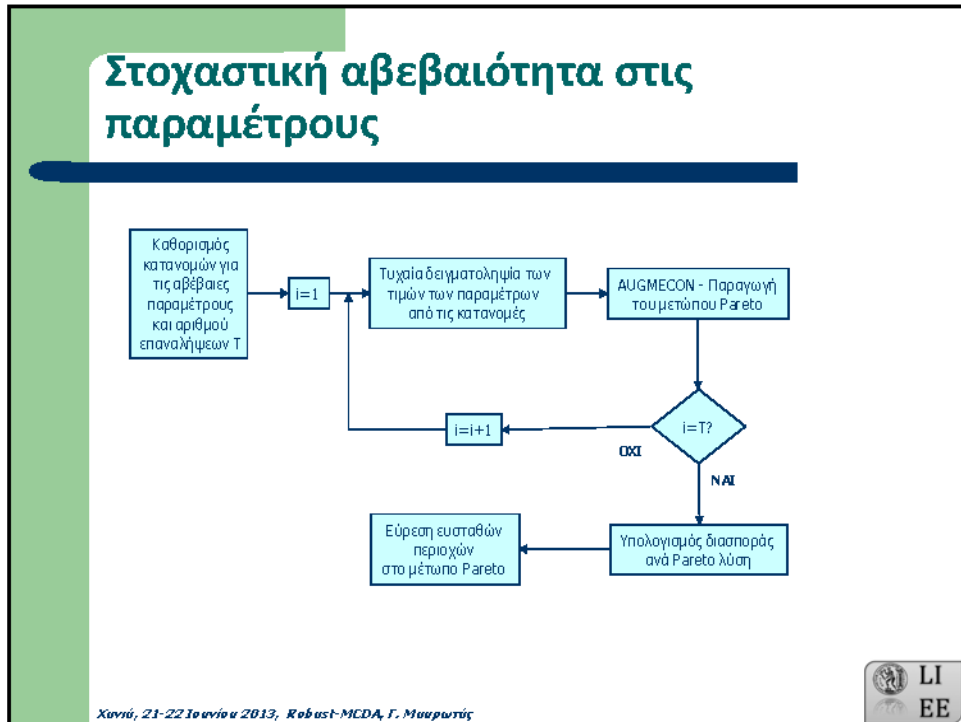


Πώς ορίζεται;

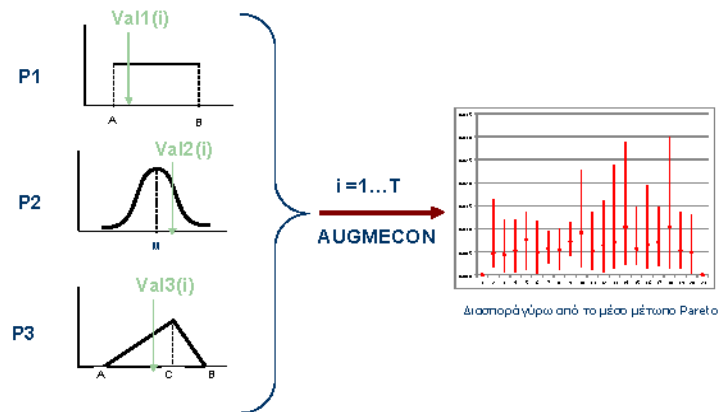
- Κατ' αντιστοιχία με την ευστάθεια μιας λύσης ορίζεται και η ευστάθεια του μετώπου Pareto ως το κατά πόσο είναι ευαίσθητο σε μεταβολές των παραμέτρων
- Μπορούμε να εντοπίσουμε περιοχές υψηλότερης και χαμηλότερης ευαισθησίας ανάλογα με την διαταραχή που υφίστανται
- Στοχαστική αβεβαιότητα στις παραμέτρους (Monte Carlo)
- Μη-στοχαστική αβεβαιότητα στις παραμέτρους (σενάρια και minimax regret λύσεις)

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτός





Στοχαστική αβεβαιότητα στις παραμέτρους (2)



Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Εφαρμογή σε project selection

- Αβεβαιότητα στους συντελεστές της αντικειμ. συνάρτησης
- Δύο αντικειμενικές συναρτήσεις: NPV & CSR (=Corporate Social Responsibility)
- Παραγωγή των μετώπων Pareto μετά από δειγματοληψία στους συντελεστές
- Κατά πόσο μία λύση περιέχεται στο μέτωπο Pareto μετά από ένα Monte Carlo simulation-optimization
- ITA (Iterative Trichotomic Approach)
 - Μείωση της διακύμανσης από γύρο σε γύρο
 - Robustness Index

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Μη-στοχαστική αβεβαιότητα στις παραμέτρους

- Όχι κατανομές για τις παραμέτρους αλλά σενάρια
- Ευσταθής βελτιστοποίηση (Robust Optimization) και ευσταθής προγραμματισμός (Robust Programming)
- Βασικό ρόλο παίζει η έννοια της minimax regret λύσης
 - P. Kouvelis & G. Yu "Robust Discrete Optimization and its Applications" (1997)
- Εξετάζουμε κυρίως την αβεβαιότητα που υπάρχει στους συντελεστές της αντικειμενικής συνάρτησης

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Το κριτήριο minimax regret

- Η αβεβαιότητα εκφράζεται με την μορφή σεναρίων
- Διάφορα κριτήρια
 - Maximax
 - Maximin
 - Hurwicz
 - Minimax regret
- Στο κριτήριο minimax regret επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της απώλειας στην χειρότερη περίπτωση
- Λιγότερο συντηρητικό από το maximin
 - Μεγιστοποίηση της ελάχιστης επίδοσης

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Διαφορά maximin και minimax regret

$$\begin{array}{l} \max z = cx \\ st \\ x \in F \end{array}$$


} s scenarios για τα c

MAXIMIN

$$\begin{array}{l} z_{MAXIMIN} = \max y \\ st \\ c^s x \geq y \quad s \in S \\ x \in F \end{array}$$

MINIMAX REGRET

$$\begin{array}{l} z_{MMR} = \min y \\ st \\ c^s x \geq z^s - y \quad s \in S \\ x \in F \end{array}$$



Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτάς

Σε περιβάλλον ΜΠ

- Στα μονοκριτηριακά προβλήματα το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το ακόλουθο

$$\begin{array}{l} \max z = cx \\ st \\ x \in F \end{array}$$

→

$$\begin{array}{l} z_{MMR} = \min y \\ st \\ c^s x \geq (1-y)z^s \quad s \in S \\ x \in F \end{array}$$


(relative regret model)

όπου z^s το βέλτιστο για το σενάριο s

(deviation regret model)

$$\begin{array}{l} z_{MMR} = \min y \\ st \\ c^s x \geq z^s - y \quad s \in S \\ x \in F \end{array}$$

→



Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτάς

Εφαρμογή στον πολυκριτηριακό προγραμματισμό

- Επεκτείνουμε την έννοια στον πολυκριτηριακό προγραμματισμό
- Οι Pareto λύσεις μπορούν να προκύψουν λύνοντας ένα μονοκριτηριακό πρόβλημα

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{p=1}^P w_p f_p(x) \\ \text{st} \quad & \\ & x \in F \end{aligned}$$

- Λύνοντας το πρόβλημα MMP για διάφορους συνδυασμούς των συντελεστών βαρύτητας w_p εξάγουμε συμπεράσματα για την ευστάθεια περιοχών του μετώπου Pareto

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Εφαρμογή στον πολυκριτηριακό προγραμματισμό (2)

- Οι διάφορες λύσεις στο μέτωπο Pareto θα παράγονται λύνοντας το ακόλουθο πρόβλημα:

$$\max z = \sum_{p=1}^P w_p \times \frac{c_p x - f_{p,\min}}{f_{p,\max} - f_{p,\min}} \quad \text{st} \quad x \in F$$

- Για s σενάρια ως προς τις παραμέτρους έχουμε για κάθε συνδυασμό σ.β. $w^g = w_{g_1}^g, w_{g_2}^g, \dots, w_{g_p}^g$:

$$z_g = \min y_g$$

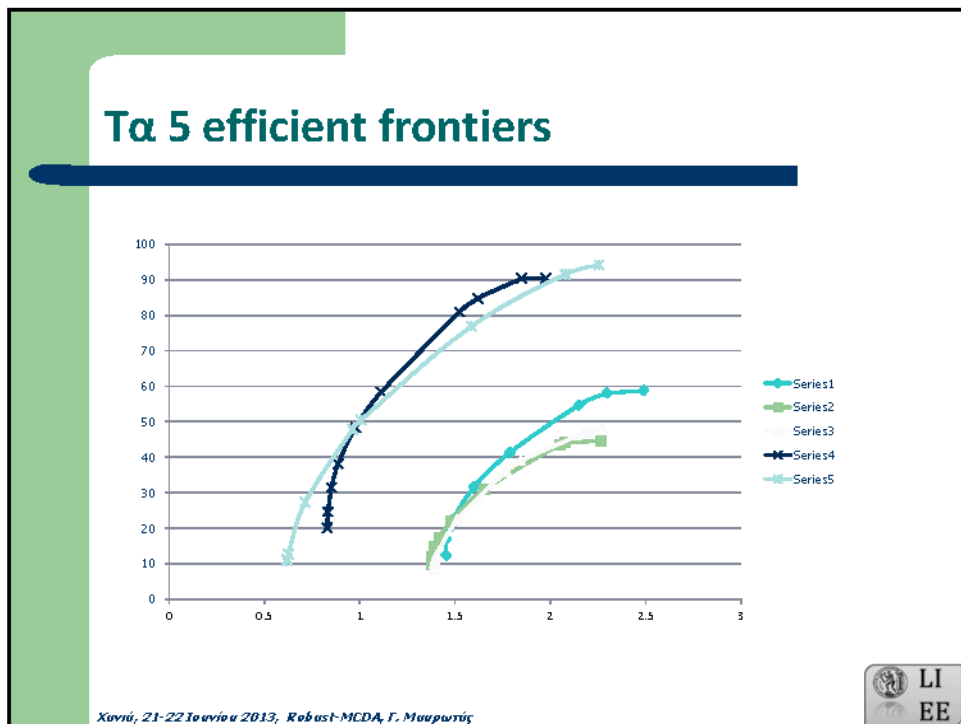
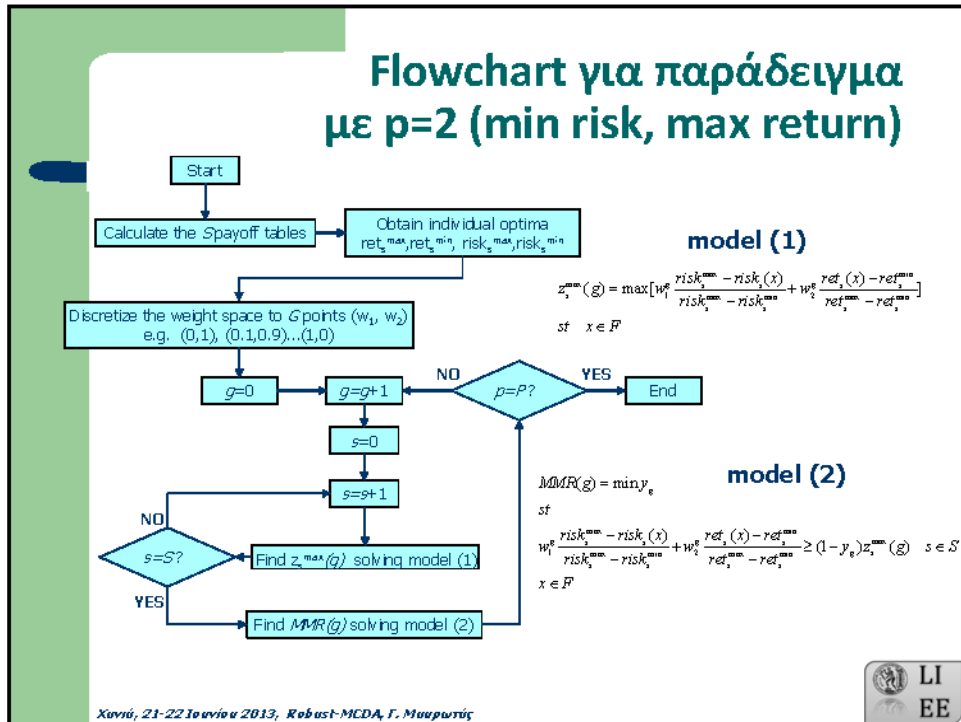
st

$$\sum_{p=1}^P w_p^g \times \frac{c_p^s x - f_{p,\min}^s}{f_{p,\max}^s - f_{p,\min}^s} \geq (1 - y_g) z_g^s \quad s \in S$$

$$x \in F$$

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής





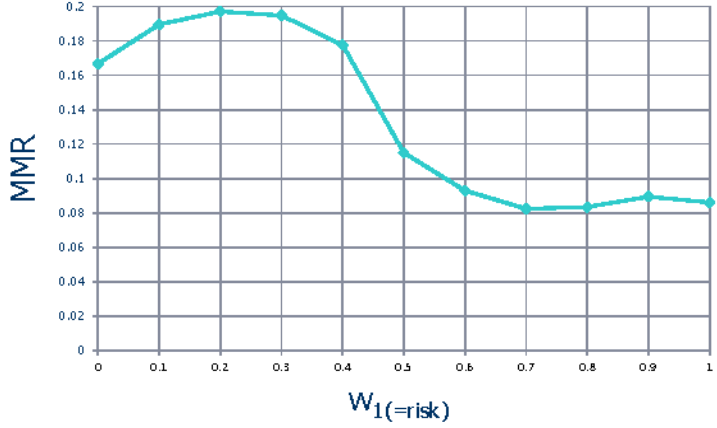
Οι minimax regret λύσεις

w1= 0		Σελ./Ρα																					
SCN#	W3UM	MAD	Κρυμ. κ/ρ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.209	2.4002	30.351	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.209	2.2763	48.852	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	0.209	2.2754	47.321	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.209	1.9794	30.409	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	0.209	2.2335	34.112	10	0	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1
M.M.R.	0.1995	1	11	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
w1= 0.1		Σελ./Ρα																					
SCN#	W3UM	MAD	Κρυμ. κ/ρ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.209	2.2974	30.209	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.209	2.2772	48.1	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	0.209	2.2754	47.321	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.209	1.8409	30.549	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	0.209	2.2335	34.112	10	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
M.M.R.	0.1995	1	12	0	0.1	0	0	0	0	0.09	0	0.209	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
w1= 0.2		Σελ./Ρα																					
SCN#	W3UM	MAD	Κρυμ. κ/ρ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.209	2.2974	30.209	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.209	2.2772	48.1	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	0.209	2.2754	47.321	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.209	1.8409	30.549	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	0.209	2.2335	34.112	10	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
M.M.R.	0.1995	1	15	0	0.1	0	0	0	0.1	0.209	0	0.209	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
w1= 0.3		Σελ./Ρα																					
SCN#	W3UM	MAD	Κρυμ. κ/ρ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.209	1.8322	19.2917	14	0	0	0.202	0	0.203	0.1	0	0.202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.209	1.3211	11.2187	12	0	0	0	0	0	0.202	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.209	1.322	10.1152	15	0	0	0.209	0	0	0.207	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.204	0.203	0.203
4	0.209	0.2551	24.8253	14	0	0	0.204	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.209	0.6197	11.5294	11	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.209	0	0	0	0	0	0	0	0
M.M.R.	0.2094	1	15	0	0.207	0	0	0	0.207	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
w1= 1		Σελ./Ρα																					
SCN#	W3UM	MAD	Κρυμ. κ/ρ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.209	1.8323	12.402	12	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0.242	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.209	1.5793	9.292	12	0	0	0.247	0	0	0.209	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.209	1.3223	3.5291	15	0	0	0.209	0	0	0.27	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.22	0.207	0.207
4	0.209	0.2551	20.1065	15	0	0	0	0	0	0.01	0.207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.209	0.6182	10.2943	11	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
M.M.R.	0.209	1	15	0	0.22	0	0	0	0.209	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίδης



Minimax regret solution on Pareto front




Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίδης



Ευστάθεια της προτιμότερης Pareto βέλτιστης λύσης


Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Εισαγωγή

- Ο αποφασίζων επιλέγει την προτιμότερη λύση από το σύνολο των Pareto βέλτιστων λύσεων
- Ουσιαστικά καθορίζει ρητά ή εμμέσως τους συντελεστές βαρύτητας των αντικειμενικών συναρτήσεων κι έτσι προκύπτει η προτιμότερη λύση
- Οι αβέβαιες παράμετροι τώρα είναι οι σ.β. των αντικειμενικών συναρτήσεων
- Εξετάζουμε κατά πόσο είναι ευαίσθητη η τελική επιλογή του αποφασίζοντα στις μεταβολές των βαρών
- Όσο περισσότερο ευαίσθητη είναι τόσο μικρότερη η ευστάθεια της προτιμότερης λύσης

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Ορισμοί

- Το μέτρο ευστάθειας εκφράζεται με το πόσο μπορεί να διευρυνθεί το εύρος των σ.β. που παράγουν την ίδια προτιμότερη λύση
- Ταυτόχρονη διεύρυνση του εύρους όλων των σ.β.
 - Όχι όπως το stability intervals ή στο sensitivity analysis που κοιτάμε κάθε παράμετρο μεμονωμένα
- Η μέγιστη ευστάθεια όταν το εύρος μπορεί να διευρυνθεί στο μέγιστο = $[0, 1]$
- Μεθοδολογία: Monte Carlo simulation για δειγματοληψία στο χώρο των βαρών

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Πότε αλλάζει η λύση;

- Στα προβλήματα με ακέραιες μεταβλητές (MOIP) είναι σαφές
 - Όταν αλλάξει έστω και μια μεταβλητή από 0 σε 1 ή το ανάποδο
- Στα προβλήματα που υπάρχουν και συνεχείς μεταβλητές (MOLP, MOMILP) μπορούμε να ορίσουμε ότι η λύση αλλάζει αν έστω και μια μεταβλητή μεταβάλλει την τιμή της περισσότερο από α% (π.χ. 1% ή 5%)

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρωτής



Μέτρο ευστάθειας

- Διευρύνουμε το διάστημα των σ.β. κατά 5%, 10%, 15%, ... 50%
- Σε κάθε διευρυμένο διάστημα κάνουμε ένα Monte Carlo simulation – optimization
 - Δειγματοληψία για συντελεστές βαρύτητας ($i=1 \dots 1000$)
 - Επίλυση του προβλήματος:

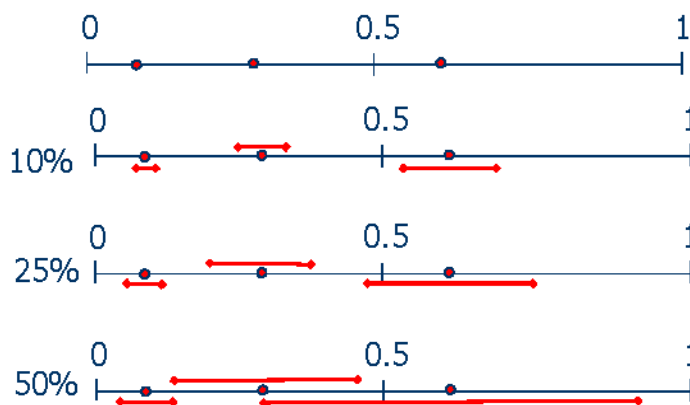
$$\max z(i) = \sum_{p=1}^P w_p^{(i)} \times \frac{c_p x - f_{p,\min}}{f_{p,\max} - f_{p,\min}} \quad st \quad x \in F$$

- Καταγράφουμε το ποσοστό των λύσεων που είναι ίδιες με την αρχική
- Επαναλαμβάνουμε για το επόμενο διευρυμένο διάστημα

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίς

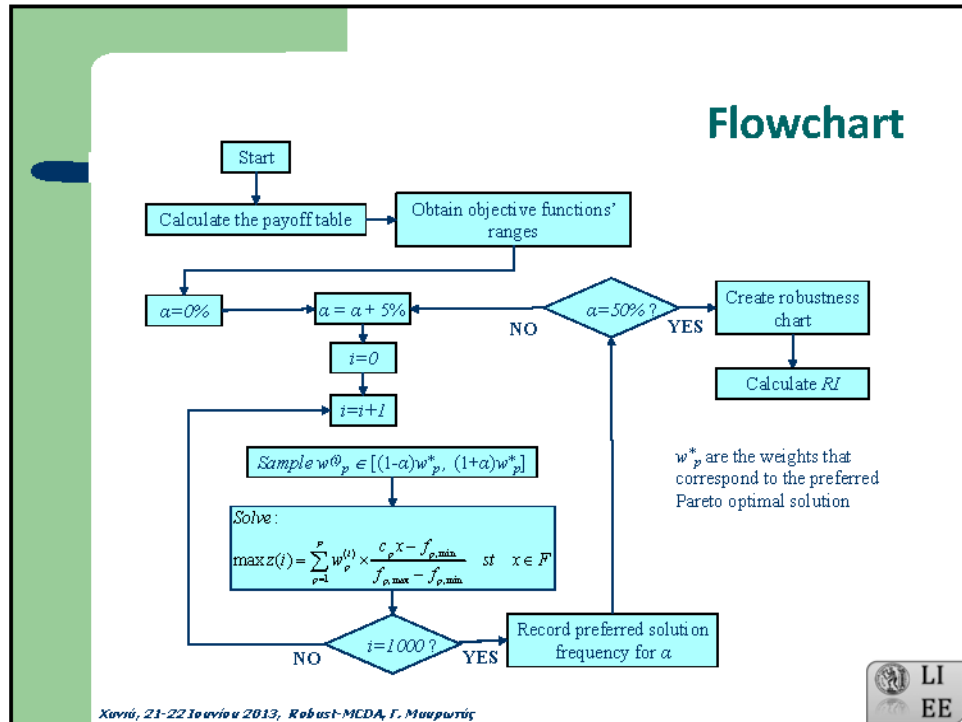


Διεύρυνση πεδίου ορισμού για τους σ.β.



Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίς



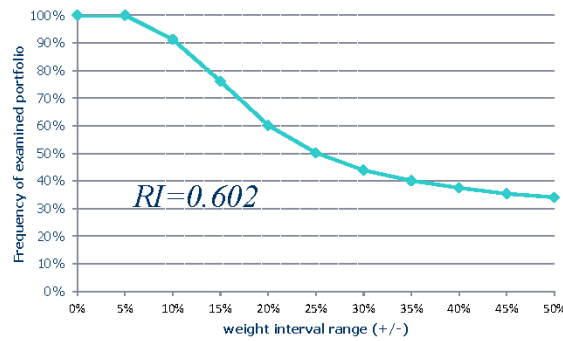


Δείκτης ευστάθειας (Robustness index)

- Όσο μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζει η προτιμότερη λύση στα δείγματα που παίρνουμε τόσο πιο ευσταθής είναι
- Όσο προχωράμε σε διεύρυνση τους εύρους των σ.β. η συχνότητα αυτή πέφτει
- Ο δείκτης ευστάθειας δείχνει ουσιαστικά τον βαθμό αντίστασης σ' αυτήν την πτώση
- Η απόλυτα ευσταθής λύση είναι αυτή που όσο και να διευρύνουμε το εύρος των σ.β. προκύπτει πάντα αυτή (RI=1)
- Ποσοτικοποίηση του δείκτη ευστάθειας με το διάγραμμα ευστάθειας

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίδης

Δείκτης ευστάθειας



$$RI = \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{a_2 + a_3}{2} + \dots + \frac{a_n + a_{n+1}}{2} \right] \times (0.5 / n) / 0.5$$

$$RI = \left[\frac{a_1}{2} + \sum_{i=2}^n a_i + \frac{a_{n+1}}{2} \right] / n = \left[\frac{1}{2} + \sum_{i=2}^n a_i + \frac{a_{n+1}}{2} \right] / n$$

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτάς



Εφαρμογή

■ 133 έργα ΑΠΕ

→ Αιολικά (W), Μικρά υδροηλεκτρικά (SH), Φωτοβολταϊκά (PV)

	W	SH	PV	ΣΥΝΟΛΟ
ΑΝΑΤ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ (EMD)	3		2	5
ΑΤΤΙΚΗΣ (ΑΤΤ)		1		1
ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ (ΝΑΟ)			6	6
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (WGR)			1	1
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (WMD)	3		6	9
ΗΠΕΙΡΟΥ (EPR)		3	8	11
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ (THE)	1	7	9	17
ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΙΩΝ (ION)	1			1
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (CMD)	3	5	6	14
ΚΡΗΤΗΣ (CRE)			4	4
ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ (SAG)	1			1
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ (PEL)	8	1	3	12
ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (STE)	33	13	5	51
ΣΥΝΟΛΟ	53	30	50	133

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτάς



Περιορισμοί

- Συνολικό κόστος των 133 σχεδίων είναι 659 εκ. €.
- Ο διαθέσιμος προϋπολογισμός κυμαίνεται από 75 ως 125 εκ. €.
- Περιορισμοί πολιτικής
 - Το σύνολο των χρημάτων που θα διατεθούν σε έργα για την Στερεά Ελλάδα πρέπει να είναι μικρότερο από το 30% του συνολικού κόστους
 - Το σύνολο των χρημάτων που θα διατεθούν σε έργα για την Πελοπόννησο πρέπει να είναι μικρότερο από το 15% του συνολικού κόστους
 - Το σύνολο των χρημάτων που θα διατεθούν σε έργα για την Αν. Μακεδονία-Θράκη, Βόρειο Αιγαίο, Δυτική Μακεδονία, Ήπειρο, Νότιο Αιγαίο πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το 10% του συνολικού κόστους
 - Ο αριθμός των έργων από κάθε τεχνολογία πρέπει να είναι ανάμεσα στο 20% και στο 60% του συνολικού αριθμού των επιλεχθέντων έργων
 - Η συνολική ισχύς του τελικού χαρτοφυλακίου να είναι μεγαλύτερη από 170 MW.

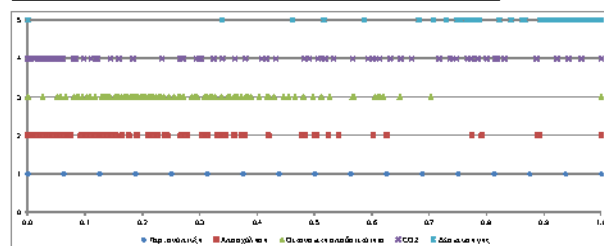
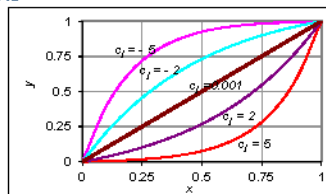
Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίδης



Αξιολόγηση έργων στα κριτήρια

■ Πολυκριτηριακή ανάλυση – Utility functions

	Συνάρτηση χρησιμότητας	Συντελεστής κλίσης σ_j
1 Περιφερειακή ανάπτυξη	Γραμμική	0.001
2 Απασχόληση	Κοίτη	-5
3 Οικονομική αποδοτικότητα	Κοίτη	-3
4 Αποφυγή εκπομπών CO ₂	Κοίτη	-1
5 Δέσμευση γης	Κυρτή	5



$$y = \frac{1 - e^{k \cdot x}}{1 - e^k}$$

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίδης



Τελικό μοντέλο

$$\begin{aligned} \max Z_1 &= \sum_{i=1}^{133} c_{1i} X_i & \max Z_2 &= \sum_{i=1}^{133} c_{2i} X_i & \max Z_3 &= \sum_{i=1}^{133} c_{3i} X_i & \max Z_4 &= \sum_{i=1}^{133} c_{4i} X_i & \max Z_5 &= \sum_{i=1}^{133} c_{5i} X_i \\ \text{st} & & & & & & & & & \\ \sum_{i \in \text{SFB}} \cos t_i X_i &\leq 0.3 \times Z_2 & & & & & & & & \\ \sum_{i \in \text{PBI}} \cos t_i X_i &\leq 0.15 \times Z_2 & & & & & & & & \\ \sum_{i \in \text{EMD, NAG, WMD, EPR, SAG}} \cos t_i X_i &\geq 0.1 \times Z_2 & & & & & & & & \\ 0.2 \times \sum_{i=1}^{133} X_i &\leq \sum_{i \in \text{W}} X_i \leq 0.6 \times \sum_{i=1}^{133} X_i & & & & & & & & \\ 0.2 \times \sum_{i=1}^{133} X_i &\leq \sum_{i \in \text{SEI}} X_i \leq 0.6 \times \sum_{i=1}^{133} X_i & & & & & & & & \\ 0.2 \times \sum_{i=1}^{133} X_i &\leq \sum_{i \in \text{PP}} X_i \leq 0.6 \times \sum_{i=1}^{133} X_i & & & & & & & & \\ \sum_{i=1}^{133} \cos t_i X_i &\leq 200,000 & & & & & & & & \\ \sum_{i=1}^{133} mn_i X_i &\geq 300 & & & & & & & & \end{aligned}$$

PAYOFF	TABLE				
30.24	15.92	10.03	68.05	41.8	
22.87	18.21	10.45	58.68	37.84	
11.18	14.96	13.83	44.96	36.06	
26.31	15.1	11.72	75.42	48.01	
23.74	15.8	11.98	72.8	50.06	

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίς



Αποτελέσματα

- Έστω ότι η προτιμότερη λύση αντιστοιχεί στους ακόλουθους συντελεστές βαρύτητας

1: Regional Development	0.1
2: Employment	0.2
3: CO2 emissions avoided	0.2
4: Land	0.1
5: Economic evaluation	0.4

- Προκύπτει λύνοντας το πρόβλημα:

$$\max z = \sum_{p=1}^P w_p \times \frac{c_p x - f_{p,\min}}{f_{p,\max} - f_{p,\min}} \quad \text{st} \quad x \in F$$

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίς



Προτιμότερη λύση

- Τα χαρακτηριστικά της προτιμότερης λύσης είναι τα ακόλουθα:

Regional Development (f1)	29.05
Unemployment (f2)	21.87
CO2 emissions avoided (f3)	15.3
Land Use (f4)	82.9
Economic evaluation (f5)	54.47
Objective function (Z)	0.809
Number of projects	92
Budget (k€)	199,860
Power (MW)	392.09

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτός



Επαναληπτική διαδικασία

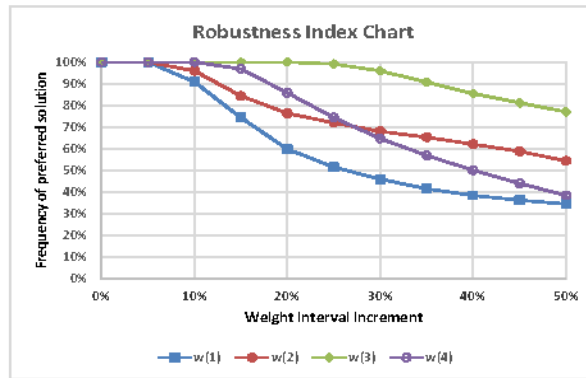
- Διευρύνουμε το εύρος των σ.β., κάνουμε δειγματοληψία βαρών υπολογίζουμε την αντίστοιχη βέλτιστη λύση.
- 1000 δειγματοληψίες
- Υπολογίζουμε πόσες φορές απαντάται η προτιμότερη λύση
- Επαναλαμβάνουμε διευρύνοντας το εύρος

Weight interval	Frequency of preferred solution
0%	100.0%
5%	100.0%
10%	90.8%
15%	74.4%
20%	59.9%
25%	51.5%
30%	46.0%
35%	41.6%
40%	38.5%
45%	36.3%
50%	34.5%

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μαυρωτός



Γράφημα για Robustness Index (4 περιπτώσεις βαρών)


 $W^{(1)} = (0.1, 0.2, 0.2, 0.1, 0.4)$
 $W^{(2)} = (0.25, 0.25, 0.1, 0.1, 0.3)$
 $W^{(3)} = (0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.6)$
 $W^{(4)} = (0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2)$

1: Regional Development
 2: Employment
 3: CO2 emissions avoided
 4: Land
 5: Economic evaluation

	RI
w(1)	60.6%
w(2)	76.0%
w(3)	94.1%
w(4)	74.2%

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίς





Μελλοντικές κατευθύνσεις

- Εφαρμογή σε προβλήματα και με συνεχείς μεταβλητές (MOLP ή MOMILP)
- Ορισμός του τι σημαίνει «διαφορετική λύση» σε σχέση με τη λύση αναφοράς
 - Όταν έστω και σε μία τιμή η απόκλιση είναι > α%
 - Το α παράμετρος που τίθεται από τον αποφασίζοντα
- Όσο μικρότερο το α% τόσο χαμηλότερος θα προκύπτει ο Robustness Index
 - Θα αυξάνονται οι διαφορετικές λύσεις
- Στα MOLP και MIMOLP θα έχουμε RI(α)
 - Π.χ. RI(5%)

Χανιά, 21-22 Ιουνίου 2013, Robust-MCDA, Γ. Μουρατίς



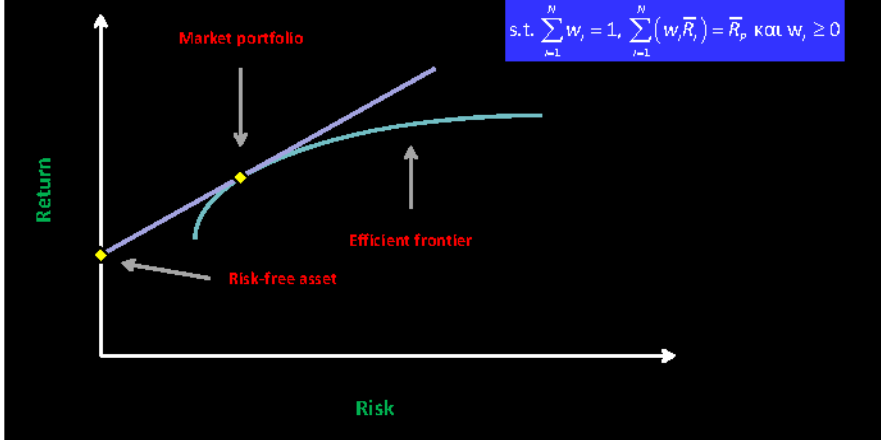
Thales Project | 3rd Coordination Meeting
Chania | 21 June 2013

Constructing robust efficient frontiers for portfolio selection under various future return scenarios

Mavrotas | Xidonas | Doukas | Psarras

Introduction | The mean-variance formulation

⇒ 2-dimensions



$$\min \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N (w_i^2 \sigma_i^2) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N (w_i w_j \sigma_{ij})$$

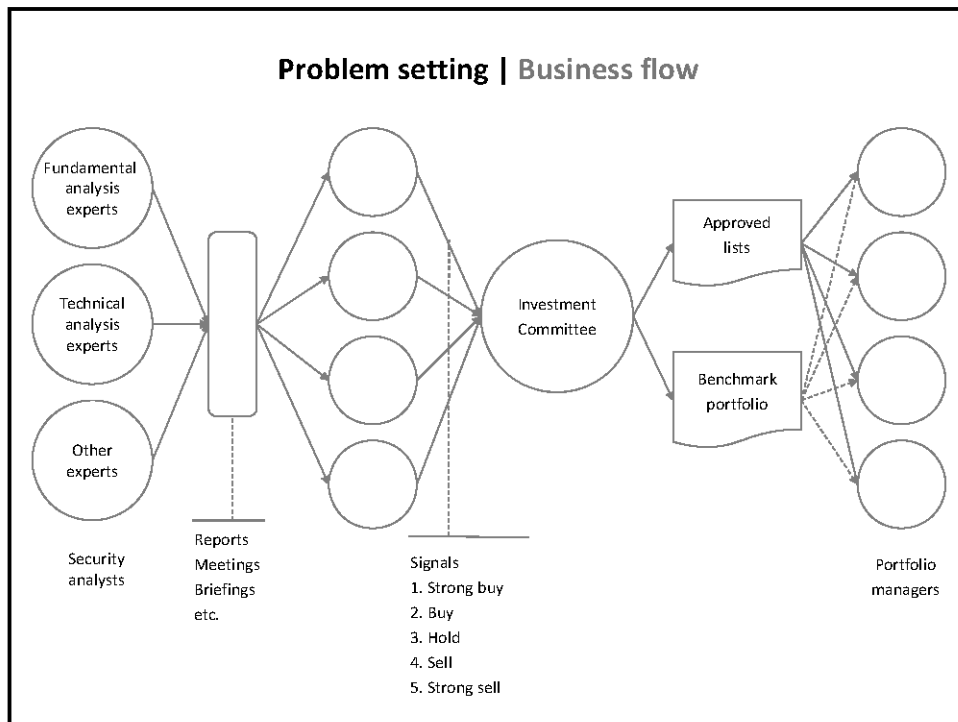
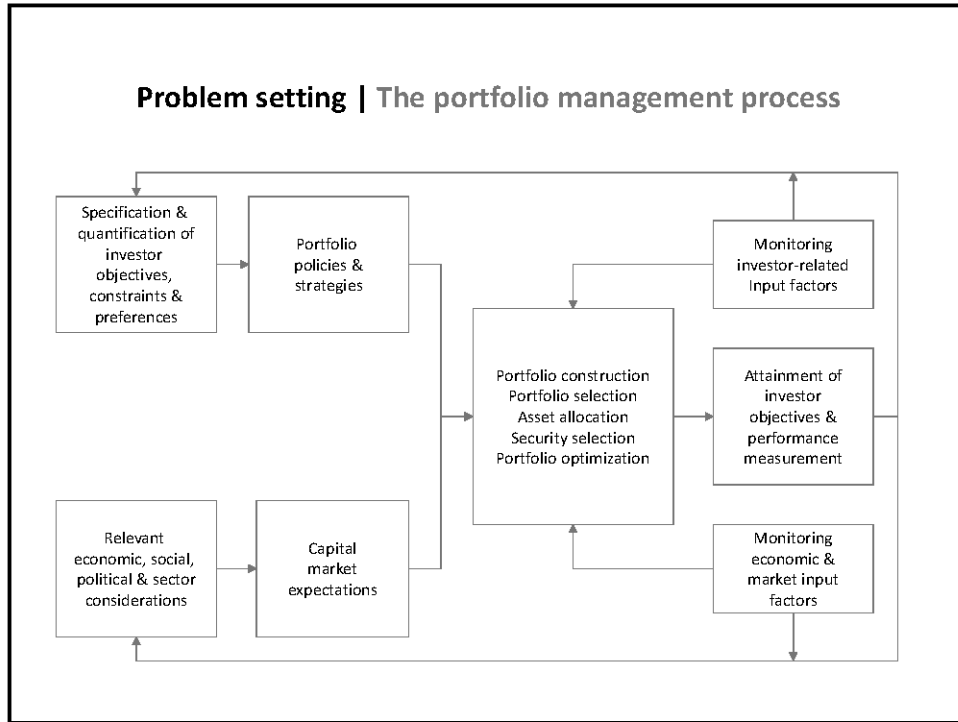
$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^N w_i = 1, \sum_{i=1}^N (w_i \bar{R}_i) = \bar{R}_p \text{ και } w_i \geq 0$$

Introduction | Robust efficient frontiers I

- ✓ About this work
 - ⇒ An efficient frontier in the typical portfolio selection problem consists an illustrative way to express the tradeoffs between return and risk.
 - ⇒ Usually security returns are extracted from past data.
 - ⇒ This work is an attempt to incorporate future returns scenarios in the investment decision.

Introduction | Robust efficient frontiers II

- ✓ About this work
 - ⇒ For representative points of the efficient frontier, the minimax regret portfolio is calculated on the basis of the aforementioned scenarios.
 - ⇒ These points correspond to specific weight combinations.
 - ⇒ In this way, the areas of the efficient frontier that are more robust than others are identified.



Problem setting | Objectives

- ✓ We aim at
 - ⇒ Assisting portfolio managers in formulating successful investment strategies.
 - ⇒ Providing them with an effective investment policy making tool in order to construct robust efficient frontiers.
 - ⇒ Standardizing the investment analytics procedure, along with incorporating full tractability and compliance in it.

Review | Research map I

- ✓ Where we build on
 - ⇒ Xidonas, P., Mavrotas, G., 2013. *Multiobjective portfolio optimization with non-convex policy constraints: Evidence from the Eurostoxx 50*. **European Journal of Finance**, To appear.
 - ⇒ Xidonas, P., Mavrotas, G., Zopounidis, C., Psarras, J., 2011. *IPSSIS: An integrated multicriteria decision support system for equity portfolio construction and selection*. **European Journal of Operational Research**, 210 (2), 398-409.
 - ⇒ Xidonas, P., Mavrotas, G., Psarras, J., 2010. *Equity portfolio construction and selection using multiobjective mathematical programming*. **Journal of Global Optimization**, 47 (2), 185-209.

Review | Research map II

✓ Milestone studies

- ⇒ Kouvelis, P., Yu, G. 1997. *Robust discrete optimization and its applications*. Kluwer, Amsterdam.
- ⇒ Young, M., 1996. *A minimax portfolio selection rule with linear programming solution*. University of Michigan Business School, Department of Statistics and Management Science, Working paper No. 9612-24.

Conceptual | Description I

We have five scenaria for return and risk (based on different historical horizons from 80, 60, 40, 20, 10 weeks.

We want to calculate the minimax regret solution based on these five scenaria

Less conservative than the maximin solution

Conceptual | Example of minimax regret solution

	Scen1	Scen2	Scen3	Scen4	Scen5	Worst case
Solution 1	8	2	1	3	4	8
Solution 2	2	4	7	3	2	7
Solution 3	3	4	3	2	4	4

In the rightmost column we calculate the maximum of each row to find the worst case scenario for each solution. The minimax-regret solution is the one that has the minimum among the worst case values which is Solution 3 in our case.

Kouvelis & Yu approach accomplish this task not for a finite number of solutions but for an infinite number of solutions according to the feasible region of the problem.

By varying the weights we can have the minimax regret solution (portfolio) for representative points of the Pareto set. Consequently, we can extract information about the degree of robustness of different areas in the Pareto set.

Conceptual | Methodological routine I

Step 1: For each scenario we calculate the average return vector ($ret(I)$) and the deviation from return table ($dr(I,T)$)

Step 2: We calculate for each scenario the payoff table in order to have the range of the objective functions ($ret_s^{max}, ret_s^{min}, risk_s^{max}, risk_s^{min}$)

Step 3: We discretize the Pareto front to 11 points according to the weights w_1 and w_2

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
risk (MAD)	w1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
return	w2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0

Conceptual | Methodological routine II

Step 4: For each one of the above Pareto points we find the optimal solution for each one of the five scenarios solving the model with objective function

$$\max z_s = w_1 * (\text{risk}_s^{\max} - Z_1) / (\text{risk}_s^{\max} - \text{risk}_s^{\min}) + w_2 * (Z_2 - \text{ret}_s^{\min}) / (\text{ret}_s^{\max} - \text{ret}_s^{\min}) = z_s^{\max}$$

Step 5: After we found all z_s^{\max} we solve the minimax regret problem for the specific w_1, w_2 combination adding the following s constraints:

$$w_1 * (\text{risk}_s^{\max} - Z_1) / (\text{risk}_s^{\max} - \text{risk}_s^{\min}) + w_2 * (Z_2 - \text{ret}_s^{\min}) / (\text{ret}_s^{\max} - \text{ret}_s^{\min}) \geq (1 - \text{MMR}) z_s^{\max} \quad \text{for } s=1..5$$

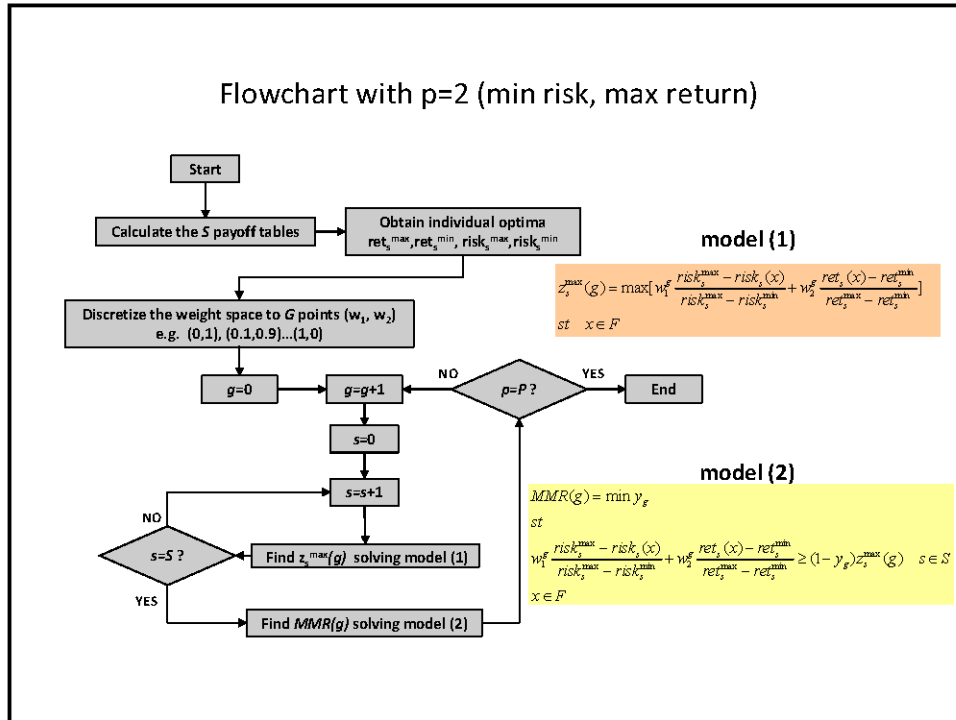
and objective function is:

$$\min \text{MMR}$$

Conceptual | Methodological routine III

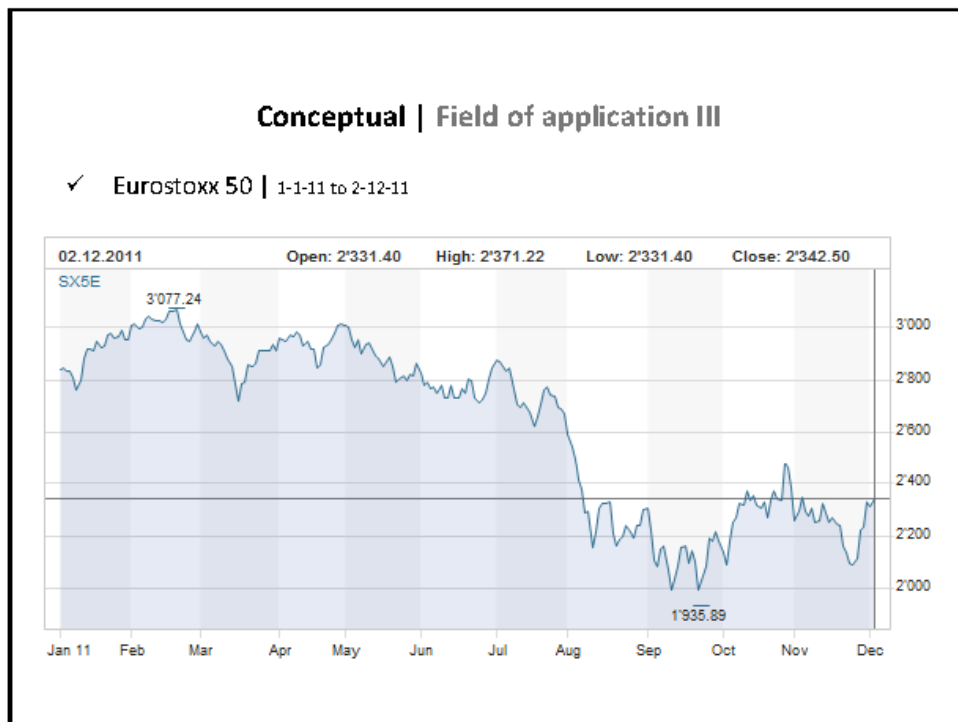
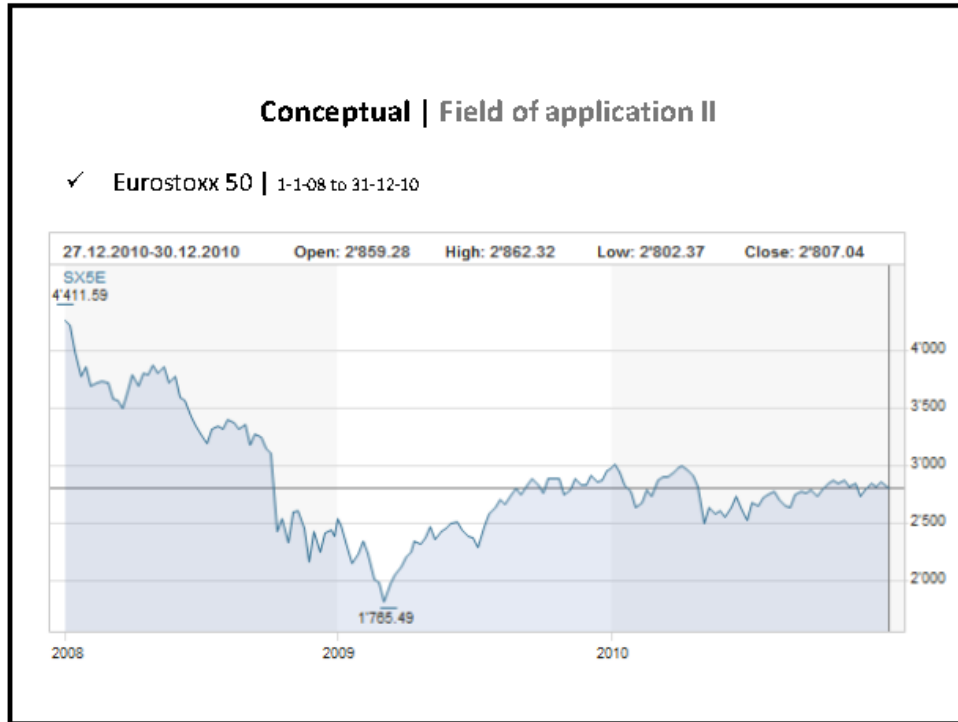
Step 6: Keep the solution for MMR and go to the next w_1, w_2 couple until you are done.

Step 7: Depict the $\text{MMR}(w_1)$ to a chart to detect the robust areas of the Pareto front.

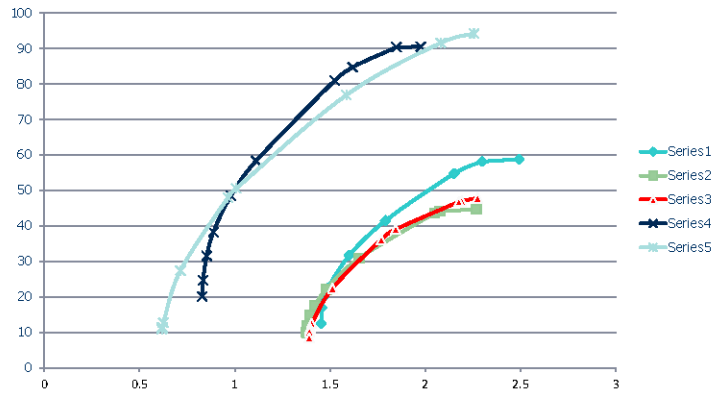


Conceptual | Field of application I

- ✓ Eurostoxx 50
 - Eurostoxx 50, Europe's leading blue-chip index for the Eurozone, provides a high capitalization representation of supersector leaders in the Eurozone.
 - The index covers 50 stocks from 12 Eurozone countries.
 - Eurostoxx 50 is licensed to financial institutions to serve as underlying for a wide range of investment products worldwide, such as Exchange Traded Funds (ETF), futures, options, and structured products.

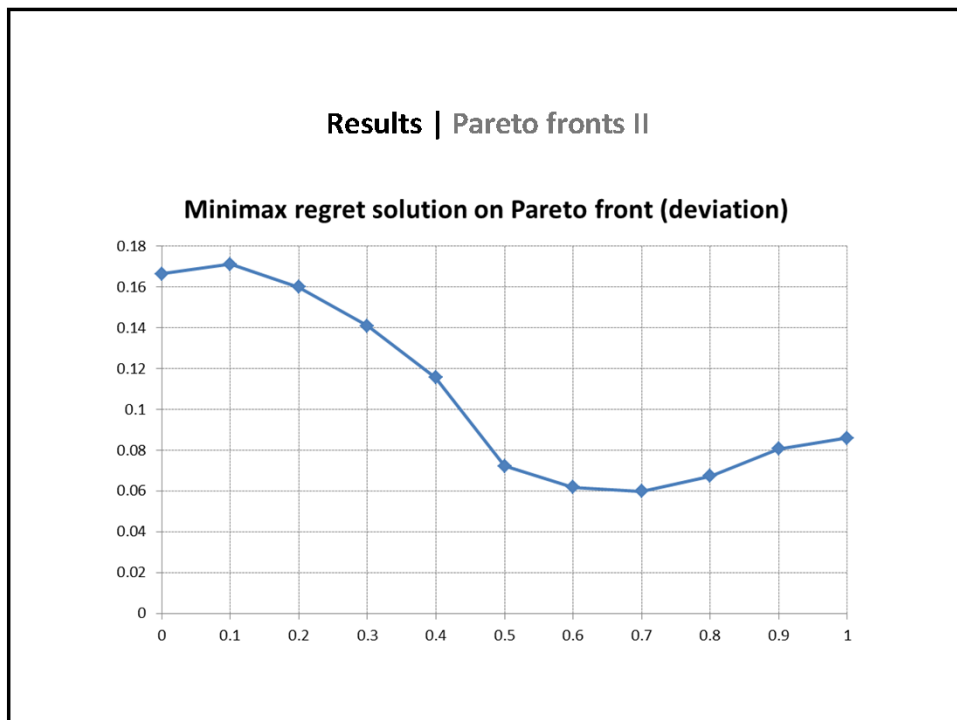
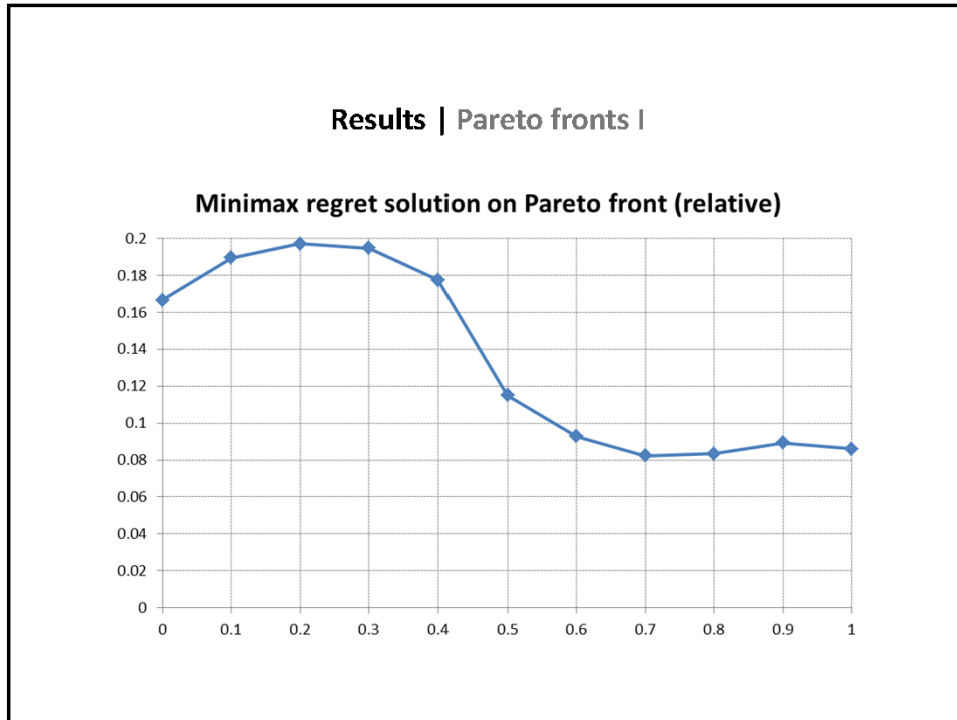


Τα 5 efficient frontiers



Οι minimax regret λύσεις

w1*	0																			
SCEN#	WSUM	MAD	Return	ff	Stck/Por	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	---	50
1	0.999	2.4902	58.711	10	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0.11	0.11	0.11		0
2	0.999	2.265	44.812	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1		0
3	0.999	2.2734	47.821	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1		0
4	0.999	1.9784	90.459	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
5	0.999	2.2553	94.112	10	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
MMR*	0.1166*	*		11	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
w1*	0.1																			
SCEN#	WSUM	MAD	Return	ff	Stck/Por	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	---	13
1	0.9861	2.2974	58.089	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1		0.1
2	0.9073	2.0772	44.1	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1		0
3	0.9	2.2734	47.821	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1		0
4	0.9007	1.8486	90.348	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
5	0.9	2.2553	94.112	10	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
MMR*	0.1893*	*		12	0	0.1	0	0	0	0.086	0	0.086	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
w1*	0.2																			
SCEN#	WSUM	MAD	Return	ff	Stck/Por	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	---	13
1	0.8781	2.2074	58.089	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1		0.1
2	0.85	2.0772	44.1	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1		0
3	0.8012	2.1901	46.9507	11	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1		0
4	0.811	1.8486	90.348	10	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
5	0.8	2.2553	94.112	10	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
MMR*	0.1971*	*		13	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0.069	0	0	0	0.1	0.1	0.1		0
w1*	0.9																			
SCEN#	WSUM	MAD	Return	ff	Stck/Por	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	---	50
1	0.9078	1.4532	16.9617	14	0	0	0.052	0	0.015	0.1	0	0.082	0	0	0	0	0	0		0
2	0.9014	1.581	11.9187	12	0	0	0	0	0	0.072	0	0.1	0	0	0	0	0	0		0
3	0.903	1.592	10.1112	13	0	0	0.089	0	0	0.057	0	0.1	0	0	0	0	0	0.0084		0.018
4	0.9033	0.8331	26.8355	14	0	0.084	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
5	0.9005	0.6187	11.5284	11	0	0.1	0	0	0	0	0	0.096	0	0	0	0	0	0		0
MMR*	0.0894*	*		13	0	0.037	0	0	0	0.07	0	0.1	0	0	0	0	0	0		0
w1*	1																			
SCEN#	WSUM	MAD	Return	ff	Stck/Por	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	---	13
1	0.999	1.4528	12.402	12	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0.042	0	0	0	0	0	0		0
2	0.999	1.3768	9.962	12	0	0	0.047	0	0	0.099	0	0.1	0	0	0	0	0	0		0
3	0.999	1.5905	6.3581	13	0	0	0.06	0	0	0.07	0	0.1	0	0	0	0	0	0.002		0.067
4	0.999	0.8201	20.1653	13	0	0	0	0	0.01	0.057	0	0	0	0	0	0	0	0		0
5	0.999	0.6182	10.8648	11	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0		0
MMR*	0.088*	*		13	0	0.02	0	0	0	0.084	0	0.1	0	0	0	0	0	0		0



Conclusions | The crucial question

- ✓ People may ask:
 - ⇒ Did you make money guys?



- ✓ But the right question is:
 - ⇒ Are finally markets efficient?



Βελτιστοποίηση επενδυτικού χαρτοφυλακίου
συμπεριλαμβάνοντας
την ενεργειακή και περιβαλλοντική εταιρική ευθύνη

Χ. Δούκας, Γ. Μαυρωτάς, Π. Ξυδώνας, Ι. Ψαρράς

2^ο Workshop

Χανιά, 21/6/2013



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα

- Εισαγωγή
- Παρουσίαση του Προβλήματος
- Χρησιμοποιούμενες Μέθοδοι και Τεχνικές
- Προτεινόμενη Μεθοδολογία
- Εφαρμογή
- Συμπεράσματα και Προοπτικές

2

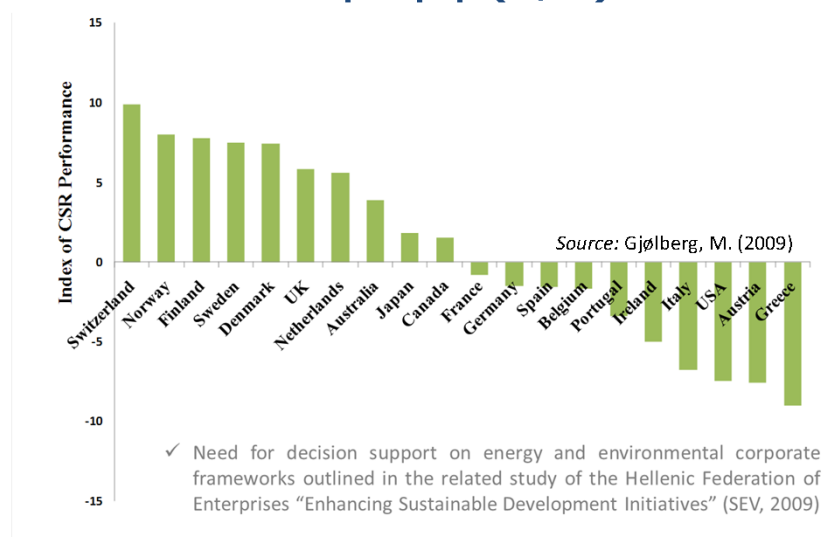
Εισαγωγή (1/3)

- *Παραδοσιακή αντίληψη:* Η επιχείρηση είναι μία μονάδα που ενδιαφέρεται μόνο για τους μετόχους της και την αύξηση των κερδών της.
- Σημερινή πολυδιάστατη αλληλεπίδραση επιχείρησης με την κοινωνία και το περιβάλλον → αναθεώρηση.
 - ✓ Επιχείρηση – οικονομική οντότητα, η οποία ασκεί τις δραστηριότητες έχοντας στόχο την ικανοποίηση των ενδιαφερόμενων μερών.
 - ✓ Ευθύνη των επιχειρήσεων για τον αντίκτυπό τους στην κοινωνία.

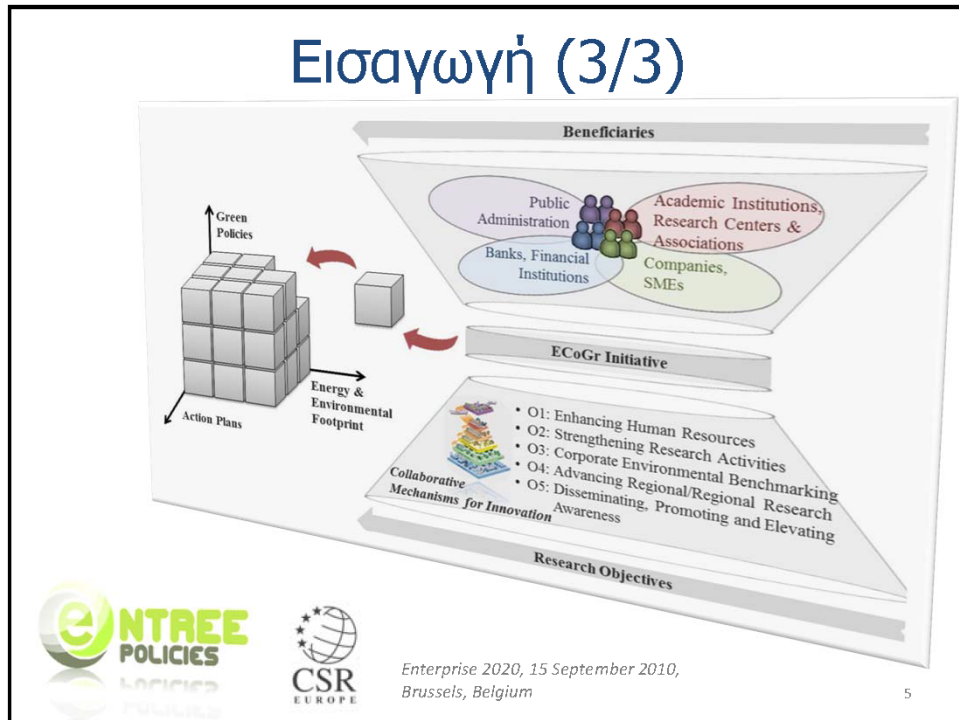
Πηγή: European commission (2011), A renewed EU strategy 2011-14 for Corporate Social Responsibility, COM(2011) 681 final, Brussels

3

Εισαγωγή (2/3)



4



Πρόβλημα (1/3)

- Πράσινη εταιρική κοινωνική ευθύνη.
- Νέες επενδύσεις.
- Ανάγκη για νέα μοντέλα αξιολόγησης χρηματοδότησης.
- Ενσωμάτωση Ενεργειακής και Περιβαλλοντικής Ευθύνης (*Energy and Environmental Corporate Responsibility – EECR*) στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

6

Πρόβλημα (2/3)

- *Επιστημονικό πεδίο:* Ακέραιος μαθηματικός προγραμματισμός.
- *Μεταβλητές απόφασης:* Δυαδικές – αναφέρονται στο αν επιλέγεται ή όχι η ν-οστή εταιρία για χορήγηση δανείου.
- *Στόχος:* Επιλογή βέλτιστου χαρτοφυλακίου εταιριών, ενσωματώνοντας το EECR και έλεγχος ευστάθειας αποτελεσμάτων.

7

Πρόβλημα (3/3)

Επισκόπηση σχετικών προσπαθειών

- H. Doukas, G. Mavrotas, P. Xidonas, J. Psarras (2013). "Incorporating energy and environmental corporate responsibility in capital budgeting: A multiobjective approach", EURO 2013, Rome, Italy.
- H. Doukas, P. Xidonas, J. Psarras (2013): "A hybrid MCDA-IP approach as a modeling tool for implementing green credit strategies", EPU - NTUA working paper.
- H. Doukas, V. Marinakis, J. Psarras. (2012). "'Greening" the Hellenic Corporate Energy Policy: An Integrated Decision Support Framework", *International Journal of Green Energy*, 9:6, 487-502, 2012.
- H. Doukas, J. Psarras (2010). "Integrated Framework for Enterprises Energy and Environmental Policies (ENTREE Policies)", Enterprise 2020, A Strategic Initiative by Corporate Social Responsibility (CSR) Europe, 15 September 2010, Brussels, Belgium.

8

Μοντελοποίηση Προβλήματος (1/2)

- **Μεταβλητές Απόφασης:** Ακέραιες μεταβλητές, 40 εταιρίες $b(i)$, που κατηγοριοποιούνται ως προς τομέα δραστηριοποίησης και γεωγραφική περιοχή.
- **Αντικειμενικές Συναρτήσεις:** Οικονομική αποδοτικότητα (NPV) και EECR.

Ακέραιο πρόβλημα μεγιστοποίησης, δύο αντικειμενικών συναρτήσεων

$$\max Z1 = \sum_{i=1}^n EECR(i) * b(i) \quad \max Z2 = \sum_{i=1}^n NPV(i) * b(i)$$

Όπου:

- ✓ n : Ο συνολικός αριθμός των επιχειρήσεων που αιτούνται για δάνειο
- ✓ $EECR$: Η τιμή της περιβαλλοντικής ΕΚΕ κάθε επιχείρησης
- ✓ NPV : Η τιμή της καθαρής παρούσας αξίας κάθε επένδυσης

9

Μοντελοποίηση Προβλήματος (2/2)

• Περιορισμοί

Προϋπολογισμού, τομεακοί και γεωγραφικοί

$$\sum_{i=1}^n \{budget(i) * b(i)\} \leq AVB$$


$$\sum_{i=1}^n Budget(i) * b(i) \geq AVB(s)$$

$$\sum_{i=1}^n b(i) \leq N_high(s)$$



10

Χρησιμοποιούμενες Μέθοδοι-Τεχνικές (1/3)

- **Πολυστοχικότητα**  **augmented ϵ -constraint**. [G. Mavrotas, 2009]
- Η μία αντικειμενική συνάρτηση μετατρέπεται σε περιορισμό και βελτιστοποιείται η άλλη.

Γενικά, ένα πρόβλημα της μορφής:

$\max\{f_i(x), i=1,2,\dots,p\}$ s. t. $x \in S$

με την ϵ -constraint, μετατρέπεται στο:

$\max\{f_1(x)\}$ s. t. $f_i(x) \geq \epsilon_i, i=2,3,\dots,p, x \in S$

όπου:

- x : μεταβλητές απόφασης
- $f_i(x)$: αντικειμενικές συναρτήσεις
- S : εφικτός χώρος λύσεων
- ϵ_i : το δεξιό μέλος των ανισώσεων που προέκυψαν.

Με παραμετρική μεταβολή του, προκύπτει η βέλτιστη λύση.

```
loop (kp,
  kk(kp)=yes;
  repeat
    solve mod_payoff using mip maximizing obj;
    payoff(kp, kk) = z.l(kk);
    z.fx(kk) = z.l(kk);
    kk(k+1) = kk(k);
  until kk(kp); kk(kp) = no;



  z.up(k) = inf; z.lo(k) = -inf;
);
if (mod_payoff.modelstat<>1 and mod_payoff.modelstat<>8, abort);

loop (k,
  loop (k, put fx payoff(kp,k):12:2);
  put /;
);
```

Υλοποίηση τμήματος της μεθόδου στη γλώσσα GAMS

11

Χρησιμοποιούμενες Μέθοδοι-Τεχνικές (2/3)

- **Αβεβαιότητα εισόδων**  **Monte Carlo**.
Λαμβάνοντας τυχαίες εισόδους από πιθανοτικές κατανομές, παράγουμε σύνολο τυχαίων εξόδων.
- **Ευστάθεια των Pareto Fronts**  μέθοδος **ITA** (Iterative Trichotomic Approach) [G. Mavrotas, O. Pechak 2013].
- Χωρίζουμε τα χαρτοφυλάκια ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισής τους στα Pareto Fronts, σε:

«**Πράσινα**», που εμφανίζονται συχνότερα } Χρησιμοποιούνται
«**Κόκκινα**», που εμφανίζονται σπανιότερα } κατάλληλα κατώφλια

«**Γκρι**», για τα οποία δεν μπορούμε να αποφανθούμε.

12

Χρησιμοποιούμενες Μέθοδοι-Τεχνικές (3/3)

- *Υλοποίηση ITA: Monte Carlo με δειγματοληψία από «στενότερες» πιθανοτικές κατανομές* → *μείωση αβεβαιότητας, σταδιακή απαλοιφή του συνόλου των «γκρι» χαρτοφυλακίων.*

- *Μοντελοποίηση και λύση προβλήματος: Αλγόριθμος στη γλώσσα GAMS.*

13

Προτεινόμενη Μεθοδολογία (1/6)

ΒΗΜΑ 1^ο: Σχεδίαση ακριβούς Pareto front

ΒΗΜΑ 2^ο: Εισαγωγή αβεβαιότητας και μεθοδολογία Monte Carlo

ΒΗΜΑ 3^ο: Εφαρμογή μεθόδου ITA για κανονική κατανομή

ΒΗΜΑ 4^ο: Εφαρμογή μεθόδου ITA για ομοιόμορφη κατανομή

ΒΗΜΑ 5^ο: Διερεύνηση εταιριών στα βέλτιστα χαρτοφυλάκια

Pareto front

Εταιρίες

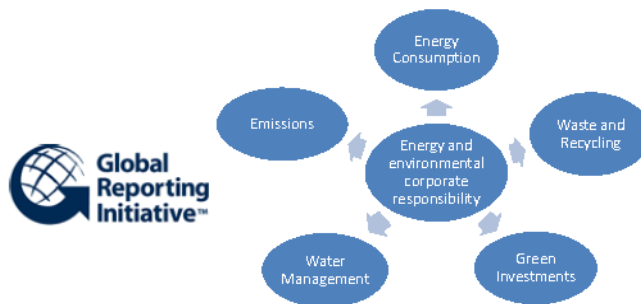
14

Προτεινόμενη Μεθοδολογία (2/6)

- **ΒΗΜΑ 1^ο:** Υπολογισμός και σχεδίαση Pareto Front.



Ποσοτικοποίηση δείκτη Energy and Environmental Corporate Responsibility (EECR):



Database: GRI's CSR and Sustainability Reports
www.globalreporting.org

1st Pilot appraisal presented in the 9th Meeting of the Greek Working Group on MCDM Kavala, October 11-13, 2012

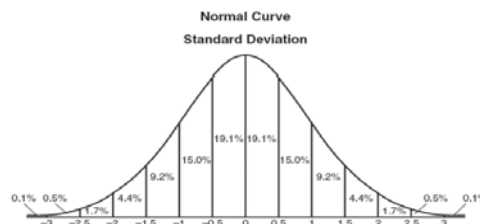
15

Προτεινόμενη Μεθοδολογία (3/6)

- **ΒΗΜΑ 2^ο:** Υποθέτουμε κανονική κατανομή για EECR, NPV.

Μέση τιμή: Τιμές EECR και NPV που διαθέτουμε.

Τυπική απόκλιση: Το 5% των τιμών αυτών.



16

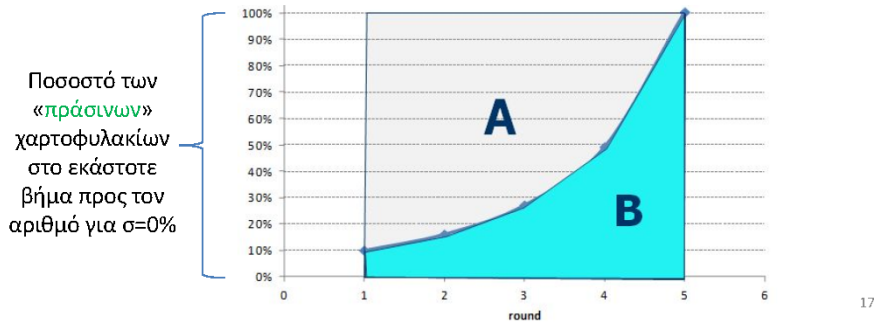
Προτεινόμενη Μεθοδολογία (4/6)

- **ΒΗΜΑ 3^ο:** ΙΤΑ για 100 επαναλήψεις Monte Carlo. Υποθέτουμε κανονική κατανομή για τις εισόδους.

Δύο κατώφλια για χαρτοφυλάκια: (98%-2%) και (99%-1%).

Βήμα μεταβολής διακύμανσης 1%, από $\sigma=5\%$ μέχρι $\sigma=0\%$.

Μέτρο ευστάθειας Pareto Front: Robustness Index, $R.I. = \frac{B}{A}$

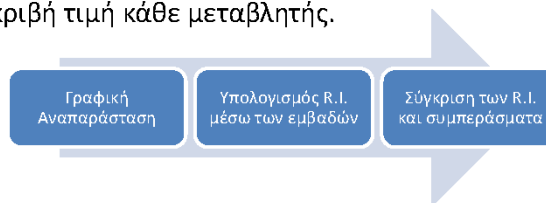


Προτεινόμενη Μεθοδολογία (5/6)

- **ΒΗΜΑ 4^ο:** Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται, υποθέτοντας ομοιόμορφη κατανομή για τις εισόδους.



Τα όρια a και b σε κάθε βήμα μεταβολής είναι
 $[0.85-1.15]$, $[0.88-1.12]$, $[0.91-1.09]$, $[0.94-1.06]$,
 $[0.97-1.03]$, $[1-1]$,
 επί την ακριβή τιμή κάθε μεταβλητής.



18

Προτεινόμενη Μεθοδολογία (6/6)

- **ΒΗΜΑ 5^ο:** Διερεύνηση σχετικής συχνότητας εμφάνισης των 40 εταιριών στα βέλτιστα χαρτοφυλάκια.

Περίπτωση κανονικής κατανομής με $\sigma=5\%$, για 100 Monte Carlo.

Καταγράφουμε τα διαφορετικά βέλτιστα χαρτοφυλάκια στο σύνολο των Pareto Fronts.

Κατασκευάζεται το ιστόγραμμα της σχετικής συχνότητας.

19

Εφαρμογή (1/11)

- Τα δεδομένα των 40 εταιριών

Γεωγραφική Περιοχή

- 11 νοτιοευρωπαϊκές επιχειρήσεις (South Europe)
 - 10 βορειοευρωπαϊκές επιχειρήσεις (North Europe)
 - 13 κεντροευρωπαϊκές επιχειρήσεις (Central Europe)
 - 6 ελληνικές επιχειρήσεις (Ελλάδα)
- } 4 γεωγραφικές περιοχές

Τομέας Δραστηριοποίησης

- 11 Ενεργειακές επιχειρήσεις.
 - 9 Βιομηχανικές επιχειρήσεις
 - 7 επιχειρήσεις Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού
 - 13 επιχειρήσεις Λιανικών Πωλήσεων/Άλλης Κατηγορίας
- } 4 τομείς

20

Εφαρμογή (2/11)

- Τα δεδομένα των 40 εταιριών (1-20)

Αριθμός Εταιρίας	EECR (%)	NPV (€)	Budget (€)	Γεωγραφική Ζώνη	Τομέας δραστηριοποίησης
1	12,97	2549	5926	South Europe	Ενέργεια
2	14,66	49811	50832	South Europe	Ενέργεια
3	9,76	8348	5000	North Europe	Ενέργεια
4	6,23	63608	33857	South Europe	Ενέργεια
5	6,99	244606	191867	Central Europe	Βιομηχανία
6	14,64	36658	37500	Central Europe	Βιομηχανία
7	7,1	14062	6067	Central Europe	Βιομηχανία
8	11,922	22521	23033	Ελλάδα	Βιομηχανία
9	11,81	261305	190000	Central Europe	Βιομηχανία
10	21,59	455047	422667	North Europe	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός
11	13,64	696842	415000	Central Europe	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός
12	13,59	53894	39333	Central Europe	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός
13	3,86	238908	95333	Ελλάδα	Ενέργεια
14	9,62	3372	5633	Central Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
15	40	579	7367	Central Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
16	2,95	74630	37667	North Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
17	25,872	4860	30100	Ελλάδα	Ενέργεια
18	5,25	12527	5695	North Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
19	11,388	389914	909314	South Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
20	11,669	378084	160304	Ελλάδα	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο

21

Εφαρμογή (3/11)

- Τα δεδομένα των 40 εταιριών (21-40)

21	15,387	53099	26190	North Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
22	17,135	51415	161009	South Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
23	5,759	460075	353422	Central Europe	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός
24	8,931	422757	184410	South Europe	Ενέργεια
25	16,120	146937	87913	North Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
26	12,384	477066	614619	North Europe	Ενέργεια
27	7,193	431582	277042	South Europe	Ενέργεια
28	21,953	208461	158792	South Europe	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός
29	4,703	324354	1410180	Central Europe	Βιομηχανία
30	18,066	324069	533645	Central Europe	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός
31	7,752	603210	529130	North Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
32	4,542	648759	396671	Ελλάδα	Βιομηχανία
33	19,183	179554	123640	South Europe	Ενέργεια
34	15,854	220027	149773	Central Europe	Ενέργεια
35	22,006	204350	93049	North Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
36	4,037	352078	311779	South Europe	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
37	19,394	222963	772965	North Europe	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός
38	17,808	228828	117585	South Europe	Βιομηχανία
39	12,858	428456	190872	Ελλάδα	Λιανικές Πωλήσεις - Άλλο
40	5,849	516117	262033	Central Europe	Βιομηχανία

22

Εφαρμογή (4/11)

- Περιορισμοί**

Προϋπολογισμού, τομεακοί και γεωγραφικοί

i. $\sum_{i=1}^n \{budget(i) * b(i)\} \leq 3.000.000 \text{ €}$

ii. $\sum_{i=1(i \in S)} \{budget(i) * b(i)\} \geq 0.1 * TOTBUDG,$
 S= Sector 1,2,3,4

i. $\sum_{i=1(i \in G)} \{budget(i) * b(i)\} \geq 0.1 * TOTBUDG,$
 G= Region 1,2,3,4

i. $\sum_{i=1(i \in S)} \{b(i)\} \leq 0.5 * TOTPROJ$

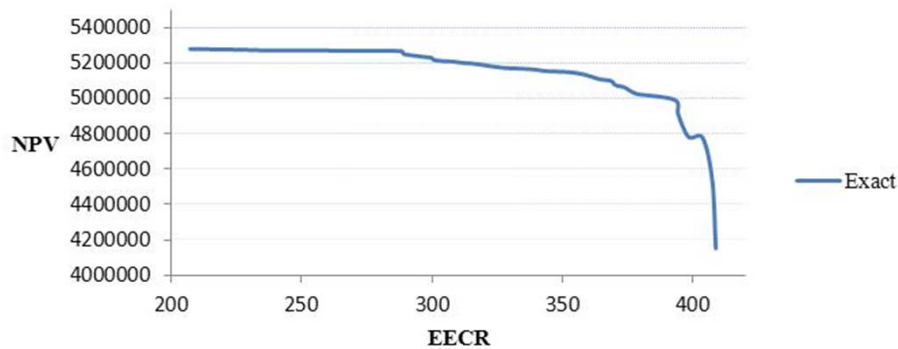
ii. $\sum_{i=1(i \in G)} \{b(i)\} \leq 0.5 * TOTPROJ$



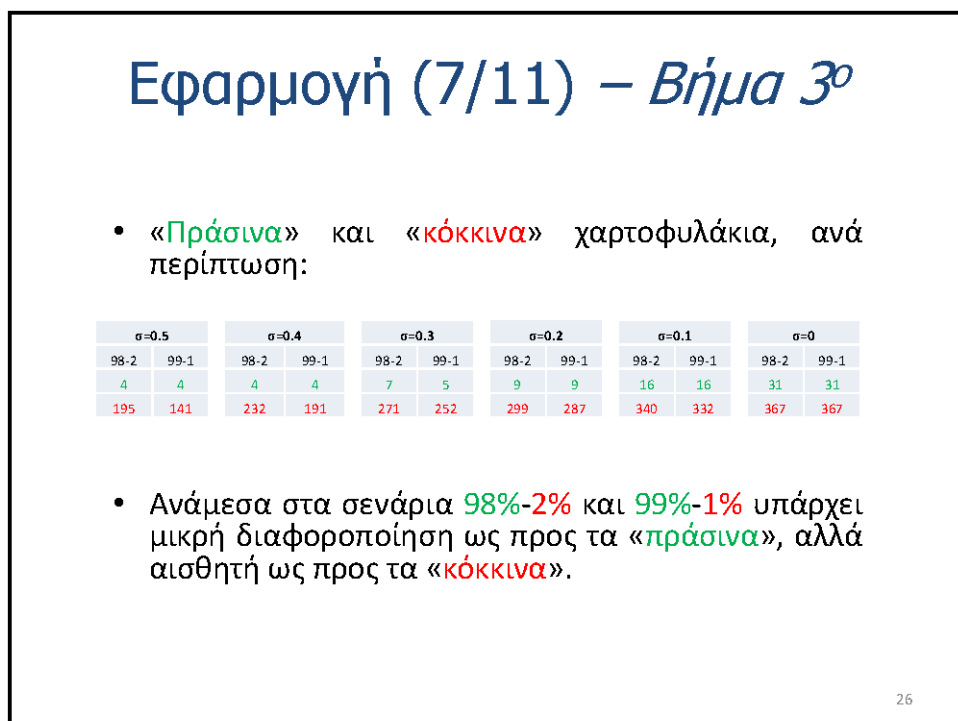
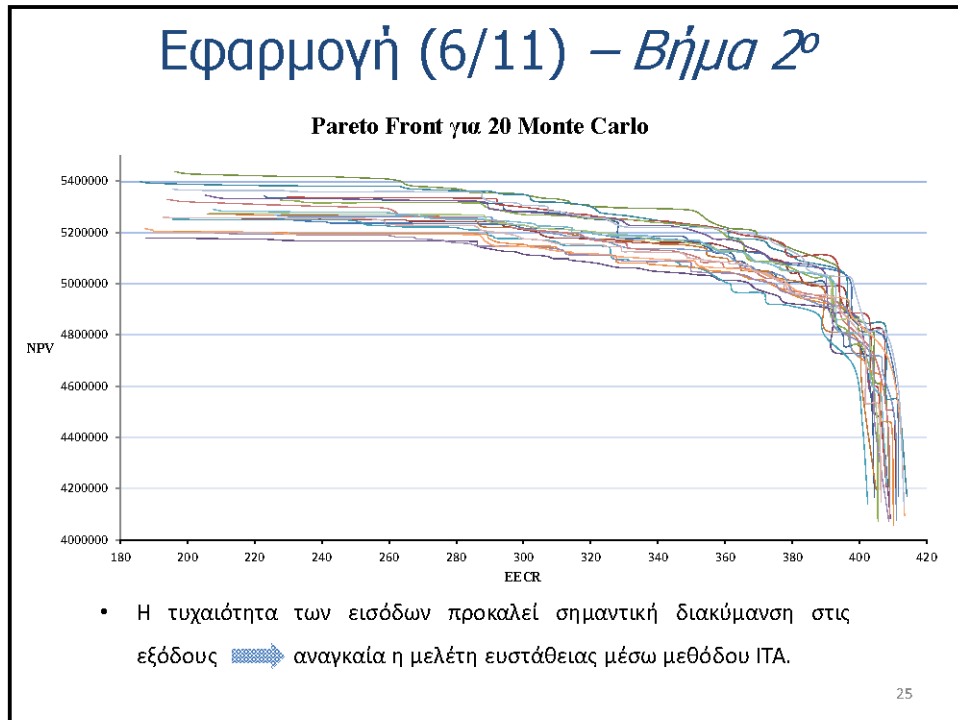
23

Εφαρμογή (5/11) – Βήμα 1^ο

Pareto Front

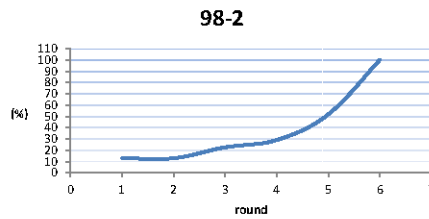


24

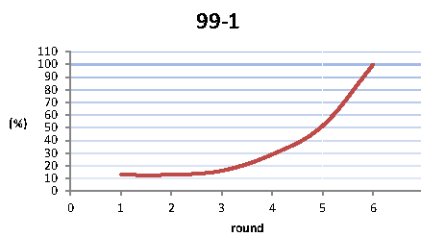


Εφαρμογή (8/11) – Βήμα 3^ο

- **Σενάριο 98%-2%**. Προκύπτει R.I.=0.345.



- **Σενάριο 99%-1%**. Προκύπτει R.I.=0.332.



27

Εφαρμογή (9/11) – Βήμα 4^ο

- «**Πράσινα**» και «**κόκκινα**» χαρτοφυλάκια, ανά περίπτωση:

(0.85-1.15)		(0.88-1.12)		(0.91-1.09)		(0.94-1.06)		(0.97-1.03)		(1-1)	
98-2	99-1	98-2	99-1	98-2	99-1	98-2	99-1	98-2	99-1	98-2	99-1
1	0	1	1	3	3	5	3	12	12	31	31
536	409	567	479	619	563	684	667	733	726	783	783

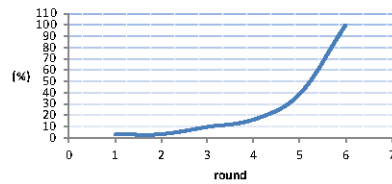
- Όπως και στην κανονική κατανομή, ανάμεσα στα σενάρια **98%-2%** και **99%-1%** υπάρχει μικρή διαφοροποίηση ως προς τα «**πράσινα**», αλλά αισθητή ως προς τα «**κόκκινα**».

28

Εφαρμογή (10/11) – Βήμα 4^ο

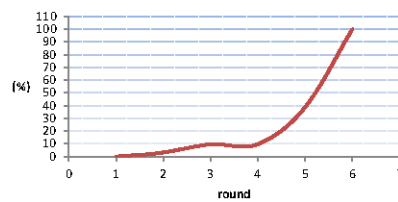
- **Σενάριο 98%-2%:** Προκύπτει R.I=0.239.

98-2



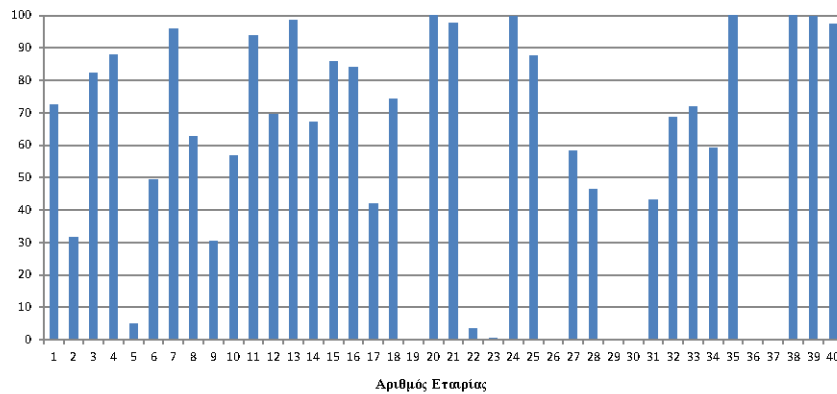
- **Σενάριο 99%-1%:** Προκύπτει R.I=0.223.

99-1



29

Εφαρμογή (11/11) – Βήμα 5^ο



- Εταιρίες που ζητούν μεγάλο ποσό δανείου, σε συνδυασμό με χαμηλό δείκτη EECR, τείνουν να μην επιλέγονται.
- Αντίθετα, εταιρίες που ζητούν μικρότερα δάνεια και χαρακτηρίζονται από υψηλό NPV, τείνουν να επιλέγονται συχνά.

30

Συμπεράσματα

- Σημασία υποστήριξης ενεργειακής και περιβαλλοντικής εταιρικής ευθύνης.
- Αποδοτική μοντελοποίηση και λύση του προβλήματος στη γλώσσα GAMS.
- Αναγκαιότητα αντιμετώπισης αβεβαιότητας παραμέτρων εισόδων.
- Ικανοποιητική αντιμετώπιση αβεβαιότητας με Monte Carlo και ΙΤΑ.
- Σαφώς καλύτερο R.I. για κανονική κατανομή, γιατί η ομοιόμορφη κατανομή αναπαριστά μεγαλύτερη αβεβαιότητα.

31

Προοπτικές

- Χρησιμοποίηση μοντέλου ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής.
- Αναζήτηση μεγαλύτερου αριθμού εταιριών για δοκιμή της μεθόδου.
- Δειγματοληψία και από άλλες πιθανοτικές κατανομές, όπως η τριγωνική.

32



2^ο Επιστημονικό Workshop
Ερευνητικού Προγράμματος
ΘΑΛΗΣ
21-22 Ιουνίου, Χανιά



Ευσταθής συναινετικός προγραμματισμός στο
χρονοπρογραμματισμό εργασιών βιομηχανικού
σχεδιασμού με μεταβλητά βάρη κριτηρίων

Ε. Σίσκος, Ι. Μακαρούνη, Ι. Ψαρράς
Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών



Συνοπτική Περιγραφή Παρουσίασης

- ▶ Εισαγωγή στα προβλήματα βιομηχανικού χρονοπρογραμματισμού
- ▶ Περιγραφή του πραγματικού πολυστοχικού προβλήματος χρονοπρογραμματισμού
- ▶ Επίλυση του προβλήματος με την πολυκριτηριακή μέθοδο του συναινετικού προγραμματισμού
- ▶ Ανάλυση της ευστάθειας του μοντέλου με εξαγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων
- ▶ Μελλοντικές προοπτικές

Εισαγωγή στον βιομηχανικό χρονοπρογραμματισμό (scheduling problems)

- ▶ Συνίστανται στην εύρεση της αλληλουχίας εργασιών που διενεργούνται σε διαφορετικά μηχανήματα, έτσι ώστε διάφορα είδη περιορισμών να ικανοποιούνται και παράλληλα να βελτιστοποιούνται πολλαπλά κριτήρια επιδόσεων (T'kindt and Billaut, 2002).
- ▶ Πρόκειται για προβλήματα υψηλής υπολογιστικής πολυπλοκότητας (NP-Hard).
- ▶ Εισάγονται πολλαπλές αντικειμενικές συναρτήσεις για την όσο πιο σφαιρική και αποτελεσματική αντιμετώπιση τους - multiobjective scheduling problems - (Monden, 1993).
- ▶ Επιλύονται είτε με τεχνικές του μαθηματικού προγραμματισμού, είτε προσεγγίζονται με ευριστικές τεχνικές και αλγόριθμους (εξελικτικοί αλγόριθμοι, αλγόριθμοι αναζήτησης), (Boysen, et al., 2009).

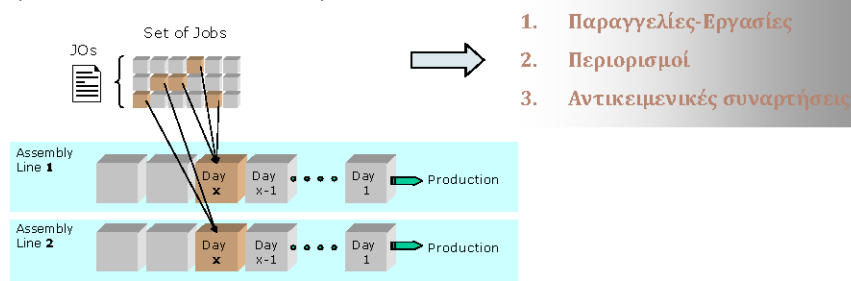


Ορισμός του προβλήματος και επιχειρηματικό περιβάλλον

Δύο είδη αποφάσεων πρέπει να παρθούν:

- 1) Πώς και πού να παραχθεί η κάθε εργασία-παραγγελία (job orders-JOs)
- 2) Πόσοι πόροι να εισαχθούν σε κάθε γραμμή παραγωγής

Ορισμός τριάδων (πόροι – γραμμή παραγωγής – ημέρα παραγωγής)
(Makarouni, Psarras, Siskos, 2013)



Αντικειμενικές Συναρτήσεις Μοντέλου

C1 Αριθμός εκτελεσθεισών εργασιών

- **Μεγιστοποίηση** των εκτελεσθεισών παραγγελιών και των παραγόμενων αντικειμένων.

C2 Καθυστέρηση

- **Ελαχιστοποίηση** της απόλυτης διαφοράς μεταξύ της υπολογιζόμενης ημερομηνίας παραγωγής και της αναμενόμενης ημερομηνίας παραγωγής που δόθηκε κατά τη στιγμή της παραγγελίας.

C3 Just-in-Time

- **Μεγιστοποίηση** της just-in-time χρήσης των πόρων. Συνεπάγεται έτσι, ελαχιστοποίηση του κόστους αποθήκευσης από αδράνεια του μέσου όγκου των προμηθειών που δεν καταναλώνεται.

C4 Παραβιάσεις στη χρήση των πόρων

- **Ελαχιστοποίηση** των παραβιάσεων της οριακής χρήσης κάθε πόρου κατά την παραγωγή.



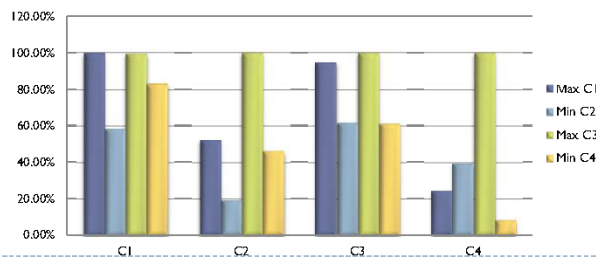
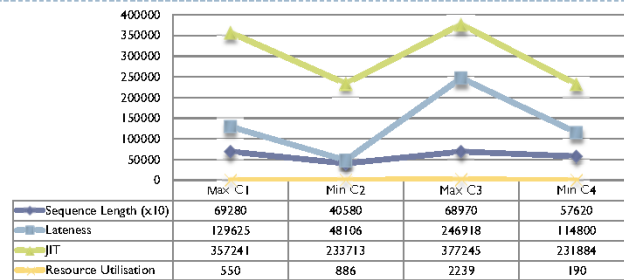
Εξαγωγή της μήτρας κερδών

1. Επίλυση του μοντέλου ακέραιου προγραμματισμού για κάθε αντικειμενική συνάρτηση ξεχωριστά.
2. Διάλογος με τον αποφασίζοντα για την εύρεση της σειράς σημαντικότητας των τεσσάρων κριτηρίων ($C1 > C2 > C3 > C4$).
3. Λεξικογραφική βελτιστοποίηση των υπολοίπων αντικειμενικών συναρτήσεων με σειρά βελτιστοποίησης ανάλογη της σημαντικότητας των κριτηρίων από βήμα 2.
4. Εξαγωγή **αποτελεσματικών λύσεων** οι οποίες και συνθέτουν τη μήτρα κερδών.

Η μοντελοποίηση του προβλήματος και η επίλυση του ακέραιου γραμμικού μοντέλου πραγματοποιήθηκαν στην πλατφόρμα GAMS.



Οπτικοποίηση μήτρας κερδών



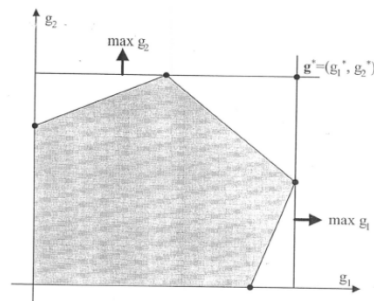
Συναινετικός προγραμματισμός (Zeleny, 1982)

- ▶ Μια λύση λέγεται συναινετική (compromise solution) όταν βρίσκεται σε ελάχιστη απόσταση από το ιδεώδες σημείο (ideal point) g^*
- ▶ Ιδεώδες σημείο g^* λέγεται εκείνο το διάνυσμα των τιμών των μεταβλητών απόφασης που βελτιστοποιεί ταυτόχρονα όλες τις αντικειμενικές συναρτήσεις.
- ▶ Φυσικά δεν πρόκειται για δυνατή λύση, αφού βρίσκεται έξω από το επιτρεπτό σύνολο των τιμών των g_i .
- ▶ Η απόσταση που χρησιμοποιείται συνήθως στο συναινετικό προγραμματισμό είναι:

$$F_p(x) = \left[\sum_{i=1}^n p_i \left(\frac{g_i^* - g_i(x)}{g_i^*} \right)^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

Όπου p ένας φυσικός αριθμός που επιλέγεται από τον αναλυτή.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση τέθηκε:
 $p = 1$



Εφαρμογή του συναινετικού προγραμματισμού για εύρεση ικανοποιητικής λύσης

- ▶ Διενέργεια διαλόγου με τον αποφασίζοντα για την εξαγωγή διμερών σχέσεων για τα βάρη των τεσσάρων κριτηρίων (p_1, p_2, p_3, p_4).
- ▶ Τα βάρη αντικατοπτρίζουν την ποσοστιαία σημαντικότητα των κριτηρίων σε μια κανονικοποιημένη κλίμακα τιμών.
- ▶ Εξαγωγή των παρακάτω ανισοτικών σχέσεων για τα βάρη των κριτηρίων:

1. Η σημαντικότητα του 1^{ου} κριτηρίου είναι μεγαλύτερη από εκείνη του 2^{ου} που είναι μεγαλύτερη από του 3^{ου} που είναι μεγαλύτερη από του 4^{ου}. ($p_1 > p_2 > p_3 > p_4$)
2. Η βαρύτητα του 1^{ου} κριτηρίου είναι τουλάχιστον ίση από το άθροισμα των βαρών του 2^{ου} και του 4^{ου} κριτηρίου.
3. Η σημαντικότητα του 1^{ου} κριτηρίου είναι τουλάχιστον 43%
4. Η σημαντικότητα του 3^{ου} κριτηρίου είναι το πολύ 22%.
5. Η σημαντικότητα του 4^{ου} κριτηρίου είναι τουλάχιστον 8%.
6. Το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων είναι εξ' ορισμού ίσο με τη μονάδα.

1. $p_1 - p_2 \geq 0.05$
2. $p_2 - p_3 \geq 0.05$
3. $p_3 - p_4 \geq 0.05$
4. $p_1 - p_2 - p_4 \geq 0$
5. $p_1 \geq 0.43$
6. $p_3 \leq 0.22$
7. $p_4 \geq 0.08$
8. $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$



Ανάγκη ανάλυσης της ευστάθειας του μοντέλου

- ▶ Το σύστημα ανισοτήτων που συντέθηκε από τις προτιμήσεις του αποφασίζοντος όσον αφορά στη σημαντικότητα των κριτηρίων δεν λύνεται μονοσήμαντα.
- ▶ Οι ανισοτικοί περιορισμοί συνθέτουν ένα πολύεδρο στο χώρο των τεσσάρων διαστάσεων στον οποίο κυμαίνονται οι λύσεις του συστήματος.
- ▶ Στόχος της εργασίας είναι η οριοθέτηση του πολύεδρου και η εύρεση των κορυφών του με τη χρήση του αλγορίθμου των Manas-Nedoma (αλγόριθμος λαβυρίνθου).
- ▶ Στη συνέχεια λύνεται το πρόβλημα με τη μέθοδο του συναινετικού προγραμματισμού για κάθε σύνολο βαρών που αντιστοιχεί σε καθεμία κορυφή του πολύεδρου.
- ▶ Από τις λύσεις που θα προκύψουν θα κριθεί η ευστάθεια του μοντέλου.



Εφαρμογή του αλγορίθμου Manas-Nedoma

- ▶ Η εφαρμογή του αλγορίθμου έδωσε 6 διαφορετικές ακραίες λύσεις στο γραμμικό πρόβλημα και μια μέση λύση που αντιστοιχεί στο βαρύκεντρο του πολυέδρου.

	p1	p2	p3	p4
Sol#1	0.430	0.240	0.190	0.140
Sol#2	0.430	0.270	0.220	0.080
Sol#3	0.610	0.180	0.130	0.080
Sol#4	0.430	0.340	0.140	0.090
Sol#5	0.435	0.355	0.130	0.080
Sol#6	0.430	0.350	0.140	0.080
Average	0.461	0.289	0.158	0.092

- ▶ Ακολουθεί επίλυση του μοντέλου για κάθε set βαρών που προέκυψε.



Επίλυση του μοντέλου (α)

- ▶ Εισαγωγή της αντικειμενικής συνάρτησης του συναινετικού προγραμματισμού (προς ελαχιστοποίηση) στο μοντέλο μας.
- ▶ Η αντικειμενική αυτή συνάρτηση αντιπροσωπεύει την απόσταση της βέλτιστης λύσης από το ιδεώδες σημείο και μορφοποιείται ως εξής:

$$z = p1 \frac{6928 - C1}{(6928 - 4058)} - p2 \frac{48106 - C2}{-48106 + 246918} + p3 \frac{377245 - C3}{377245 - 231884} - p4 \frac{190 - C4}{-190 + 2239}$$

- ▶ Η επίλυση του μοντέλου 7 φορές (6 ακραίες λύσεις βαρών + βαρύκεντρική λύση) έδωσε τα εξής αποτελέσματα:



Επίλυση του μοντέλου (β)

	C1	C2	C3	C4
Set 1	6.897	105.570	358.320	261
Set 2	6.897	106.020	359.010	276
Set 3	6.897	102.640	355.800	265
Set 4	6.897	95.551	347.510	306
Set 5	6.897	92.425	343.370	323
Set 6	6.897	92.591	343.640	322
Average	6.897	98.856	351.300	265

	C1	C2	C3	C4
Απόκλιση βαρών %	30%	49%	41%	43%
Απόκλιση λύσεων %	0%	13%	4%	19%



Μελλοντικά Βήματα

1. Μέτρηση της ευστάθειας του μοντέλου και των λύσεων με τυχαίες δειγματοληψίες εντός του υπερπολυέδρου των βαρών.

Στόχος είναι η εξαγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων και η εύρεση των σημείων που προκαλούν αστάθεια στο μοντέλο.
 2. Στατιστική ανάλυση όχι μόνο των τιμών των τεσσάρων αντικειμενικών συναρτήσεων αλλά και των μεταβλητών απόφασης $X_{i,j,l}$ (JOs).
 3. Οπτικοποίηση του υπερπολυέδρου των βαρών και των Pareto λύσεων που προκύπτουν
 4. Υπολογισμός του δείκτη εντροπίας του μοντέλου
 5. Εύρεση κατάλληλης αλληλεπιδραστικής μεθοδολογίας με τον αποφασίζοντα για τη μείωση της εντροπίας του μοντέλου μέχρι κάποιο αποδεικτό σημείο
- Εφαρμογή της ίδιας μεθοδολογίας ανάλυσης ευστάθειας του μοντέλου σε διαφορετική πολυκριτηριακή μέθοδο επίλυσης του (μέθοδος σταθμισμένων βαρών, προγραμματισμός στόχων, ...)



On the robustness of representative value functions in multicriteria classification problems

Michael Doumpos¹, Constantin Zopounidis^{1,2}, Emiliios Galariotis²

¹ Technical University of Crete, Greece

² Audencia Group, School of Management, France



2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Introduction

- Formulating recommendations in MCDA is based on subjective judgments
- Often the available data and preferential information are imprecise and vague
- Obtaining robust results is important for providing high-quality decision support
 - Modeling hypotheses
 - Model parameters compatible with the judgments of the decision maker (DM)
 - Data variations

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Preference disaggregation analysis (PDA)

- Objective
 - To construct a decision model $f(\alpha)$, defined by some parameters α , which is as consistent as possible with the decision making policy of the DM
- Reference set
 - Examples of past decisions
 - Representative alternatives that can be easily evaluated by the DM
 - A subset of the alternatives under consideration
- Given the reference set, a optimization process is used to find a set of parameters α compatible with the DM's judgments on the reference alternatives

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Robust approaches in PDA

- Analytic procedures
 - Formulating preference relations and recommendations based on characterizations of the range of decision models compatible with the DM's judgments on the reference set
 - Building robust decision models that best represent the information embodied in the reference data
- Simulation-based approaches
 - Sampling different decision models compatible with the DM's preferences to form robust recommendations
 - Detailed/explicit view of the outputs that can be obtained from the universe of compatible models

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Motivation and objectives

- Having a robust decision model that best represents the set of all models compatible with the DM's judgments is very convenient in decision aiding
- Different formulations have been proposed in the context of PDA to construct representative robust decision models
- Research questions
 - What do these representative models really represent?
 - How are they related to the set of models compatible with the DM's judgments?
 - How do they perform on alternatives outside the reference set and how is this related to robustness?

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Study context

- Multicriteria classification problems
 - Classification of the alternatives into N categories $C_1 \succ C_2 \succ \dots \succ C_N$
- Analysis of different PDA formulations
- Additive value function (AVF) models (linear and piece-wise linear)

$$V(\mathbf{x}) = w_1 v_1(x_1) + w_2 v_2(x_2) + \dots + w_K v_n(x_K)$$

- Monte Carlo simulation based on artificially generated data with different characteristics
 - Alternatives in the reference set
 - Number of criteria and categories

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Basic model (UTADIS method)

- The DM classifies m alternatives (reference set) into N classes
- An AVF is compatible with the DM's classifications if

$$t_\ell < V(\mathbf{x}_i) < t_{\ell-1} \text{ for every alternative } i \text{ from class } C_\ell$$

- A compatible model can be obtained from a solution of:

$$\begin{aligned} V(\mathbf{x}_i) &\geq t_\ell + \delta & \forall i \in C_\ell, 1 \leq \ell \leq N-1 \\ V(\mathbf{x}_i) &\leq t_{\ell-1} - \delta & \forall i \in C_\ell, 2 \leq \ell \leq N \\ V(\mathbf{x}_*) &= 0, \quad V(\mathbf{x}^*) = 1 \end{aligned}$$

- Heuristic post-optimality analysis to explore alternative compatible models maximizing/minimizing the trade-off constants of the criteria

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

A max/min robust formulation

- The most representative compatible model is the solution of:

$$\begin{aligned} \max \quad & \delta \\ \text{subject to: } & V(\mathbf{x}_i) \geq t_\ell + \delta & \forall i \in C_\ell, 1 \leq \ell \leq N-1 \\ & V(\mathbf{x}_i) \leq t_{\ell-1} - \delta & \forall i \in C_\ell, 2 \leq \ell \leq N \\ & V(\mathbf{x}_*) = 0, \quad V(\mathbf{x}^*) = 1 \\ & \delta, t_1, \dots, t_{N-1} \geq 0 \end{aligned}$$

- Greco, Kadziński, & Słowiński (2011), *Comp. & Oper. Res.*, 38(11), 1620–1637
- Doumpos & Zopounidis (2007), *Computational Optimization and Applications*, 38(1), 61–80

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

An analytic center formulation

- The most representative robust model corresponds to the analytic center of the feasible polyhedron

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \sum_{i=1}^m (\ln s_i^+ + \ln s_i^-) \\
 \text{subject to:} \quad & V(\mathbf{x}_i) - t_\ell - s_i^+ = \delta \quad \forall i \in C_\ell, 1 \leq \ell \leq N-1 \\
 & V(\mathbf{x}_i) - t_{\ell-1} + s_i^- = -\delta \quad \forall i \in C_\ell, 2 \leq \ell \leq N \\
 & V(\mathbf{x}_*) = 0, \quad V(\mathbf{x}^*) = 1 \\
 & s_i^+, s_i^-, t_\ell \geq 0 \quad \forall i, \ell
 \end{aligned}$$

- Bous, Fortemps, Glineur, & Pirlot (2010), EJOR, 206(2), 435–444

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

A new formulation

- The most representative robust model corresponds to the Chebychev center of the feasible polyhedron
 - A feasible point from which the largest possible ball of radius r can be inscribed within the polyhedron (Boyd & Vandenberghe, Convex Optimization, 2004)
- Optimization formulation:

$$\begin{aligned}
 \max \quad & r \\
 \text{subject to:} \quad & V(\mathbf{x}_i) - t_\ell - a_i r \geq 0 \quad \forall i \in C_\ell, 1 \leq \ell \leq N-1 \\
 & V(\mathbf{x}_i) - t_{\ell-1} + b_i r \leq 0 \quad \forall i \in C_\ell, 2 \leq \ell \leq N \\
 & V(\mathbf{x}_*) = 0, \quad V(\mathbf{x}^*) = 1 \\
 & r, t_1, \dots, t_{N-1} \geq 0
 \end{aligned}$$

- a_i, b_i are the Euclidean norms of the decision variables' coefficients in the constraints

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Experimental setting

- Artificially generated data from the multivariate normal distribution with zero mean, unit variance and correlations uniformly distributed in $[0, 0.2]$
- $K = 5, 10$ criteria, and $N = 2, 3, 4$ categories
- Reference set with $M/N = 3, 5, 7$ alternatives per category
- Test sample with 50 alternatives from each category
- 100 simulations for each combination of settings
- Classification of the alternatives with a randomly generated linear AVF

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Analyzing robustness

- Random sampling 500 AVFs compatible with the classifications in the reference set
 - Assumption 1: The correct modeling form is employed (linear AVF)
 - Assumption 2: Model misspecification (piece-wise non-linear AVF)
- An approximation of the polyhedron's centroid solution
- Entropy: an estimate of the "randomness" in the classifications of all sampled compatible models

$$E = -\frac{1}{m_T} \sum_{i=1}^{m_T} \frac{1}{\ln m_T} \sum_{k=1}^N \pi_{ik} \ln \pi_{ik}$$

- Assignments confidence index (*ACI*): the average probability that an alternative (from the test sample) is classified into its most likely group
- Classification results and accuracies for the test sample when the category assignments are performed with the centroid solution and the most likely category for each alternative

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Entropy of classifications from sampled models

		Linear AVF					
		K		N			
		5	10	2	3	4	Overall
M/N	3	0.39	0.45	0.48	0.42	0.37	0.42
	5	0.32	0.39	0.42	0.34	0.29	0.35
	7	0.28	0.35	0.39	0.30	0.25	0.31
Overall		0.33	0.40	0.43	0.35	0.30	0.36
7/3 impr.		27.9%	22.9%	16.9%	28.4%	32.3%	25.2%

		Piece-wise linear AVF					
		K		N			
		5	10	2	3	4	Overall
M/N	3	0.46	0.52	0.53	0.49	0.45	0.49
	5	0.39	0.46	0.48	0.42	0.38	0.43
	7	0.35	0.42	0.45	0.38	0.33	0.39
Overall		0.40	0.47	0.49	0.43	0.39	0.45
7/3 impr.		23.9%	19.3%	15.3%	23.3%	26.6%	21.4%

2nd Workshop of THALIS Project Chania, June 21-22, 2013

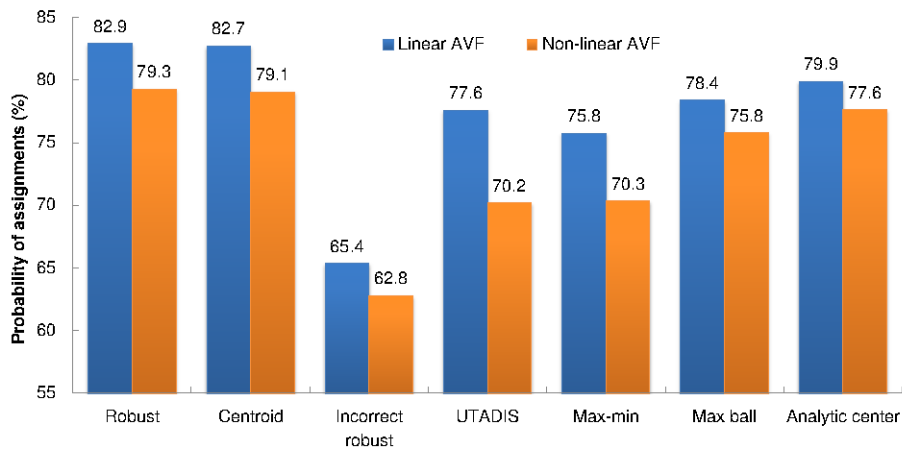
Assignments confidence index (robust assignments)

		Linear AVF					
		K		N			
		5	10	2	3	4	Overall
M/N	3	81.3	78.3	84.4	78.6	76.5	79.8
	5	85.1	81.9	86.2	82.6	81.6	83.5
	7	87.0	83.9	87.2	84.8	84.2	85.4
Overall		84.5	81.4	86.0	82.0	80.8	82.9
7/3 impr.		6.9%	7.1%	3.3%	8.0%	10.0%	7.0%

		Piece-wise linear AVF					
		K		N			
		5	10	2	3	4	Overall
M/N	3	77.7	74.8	82.5	75.0	71.2	76.2
	5	81.3	78.2	84.4	78.6	76.2	79.7
	7	83.5	80.2	85.4	81.1	79.0	81.8
Overall		80.8	77.7	84.1	78.2	75.5	79.3
7/3 impr.		7.4%	7.3%	3.5%	8.2%	10.9%	7.4%

2nd Workshop of THALIS Project Chania, June 21-22, 2013

Assignments confidence index



2nd Workshop of THALIS Project Chanla, June 21-22, 2013

Frequency of differences from robust assignments

		<i>K</i>		<i>M/N</i>			Overall
		5	10	3	5	7	
Linear	Centroid	2.6	2.7	2.8	2.5	2.6	2.6
	UTADIS	11.2	18.9	20.1	14.0	11.1	15.1
	Max-min	14.1	21.8	23.8	16.7	13.3	17.9
	Chebyshev cntr.	11.7	16.2	18.0	13.2	10.7	13.9
	Analytic cntr.	9.8	12.4	12.8	10.7	9.8	11.1
Non-linear	Centroid	3.1	3.1	3.2	2.9	3.2	3.1
	UTADIS	21.4	25.2	29.4	22.5	17.9	23.3
	Max-min	19.0	26.5	29.2	21.5	17.5	22.7
	Chebyshev cntr.	12.3	14.6	16.5	12.7	11.0	13.4
	Analytic cntr.	9.1	8.7	8.9	8.7	9.0	8.9

2nd Workshop of THALIS Project Chanla, June 21-22, 2013

Models' closeness to the centroid solution

Mean absolute difference (in %) from the trade-offs in the centroid model

		<i>K</i>		<i>M/N</i>			Overall
		5	10	3	5	7	
Linear	UTADIS	4.9	5.0	6.1	4.8	4.0	4.9
	Max-min	8.1	7.0	10.1	7.0	5.6	7.6
	Chebychev cntr.	6.0	4.4	6.5	5.0	4.1	5.2
	Analytic cntr.	5.0	3.0	4.3	3.9	3.8	4.0
Non-linear	UTADIS	5.8	3.2	5.3	4.5	3.9	4.5
	Max-min	6.7	4.3	6.6	5.4	4.6	5.5
	Chebychev cntr.	3.2	1.5	2.4	2.4	2.2	2.3
	Analytic cntr.	2.5	0.9	1.4	1.8	2.0	1.7

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Differences from the "true" model

Mean absolute difference (in %)

		<i>K</i>		<i>M/N</i>			Overall
		5	10	3	5	7	
Linear	Centroid	5.9	4.5	6.4	5.0	4.2	5.2
	UTADIS	6.6	5.6	7.7	5.8	4.8	6.1
	Max-min	7.1	6.1	9.0	6.1	4.7	6.6
	Chebychev cntr.	5.7	4.4	6.5	4.8	3.9	5.1
	Analytic cntr.	5.8	4.1	6.1	4.7	4.1	5.0
Non-linear	Centroid	6.2	4.7	6.6	5.3	4.5	5.5
	UTADIS	10.6	7.8	11.1	8.9	7.6	9.2
	Max-min	8.9	7.1	10.6	7.4	5.9	8.0
	Chebychev cntr.	6.6	4.7	6.7	5.5	4.7	5.6
	Analytic cntr.	6.3	4.7	6.6	5.3	4.5	5.5

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Classification accuracies

		<i>K</i>		<i>M/N</i>			Overall
		5	10	3	5	7	
Linear	Robust	87.2	82.6	80.5	85.9	88.3	84.9
	Centroid	87.3	82.5	80.4	85.9	88.3	84.9
	UTADIS	84.2	77.2	74.2	82.1	85.7	80.7
	Max-min	86.3	79.7	77.0	84.2	87.8	83.0
	Chebyshev cntr.	87.3	82.8	80.2	86.0	89.0	85.1
	Analytic cntr.	86.9	82.8	80.7	86.0	87.9	84.9
Non-linear	Robust	86.3	81.6	79.8	85.0	87.1	84.0
	Centroid	86.3	81.5	79.7	84.9	87.1	83.9
	UTADIS	75.1	70.5	66.5	73.8	78.3	72.8
	Max-min	78.6	71.4	68.7	76.3	80.0	75.0
	Chebyshev cntr.	82.5	78.4	76.2	81.5	83.6	80.5
	Analytic cntr.	83.0	79.6	78.3	82.3	83.4	81.3

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013

Conclusions

- Experimental examination of PDA formulations in the context of robust MCDA
- Main results
 - The centroid solutions almost coincide with the most likely (robust) assignments
 - Robust assignments also correspond to “accurate” recommendations, particularly when the model is misspecified
 - Model fitting formulations that seek to find a “center” of the feasible solutions outperform other approaches
 - The similarities between Chebyshev and the analytic center approaches may indicate that the feasible polyhedra are (generally) regular
- Future directions
 - Applications in real-world data
 - Examination of other types of decision models
 - Meaningful robustness indicators

2nd Workshop of THALIS Project

Chania, June 21-22, 2013



Examining Robustness in the MUSA method

ΘΑΛΗΣ – Πανεπιστήμιο Πειραιά
Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της
ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με
πολλαπλά κριτήρια

2^η Συντονιστική Συνάντηση – Χανιά 21-22 Ιουνίου 2013
Ε. Γρηγορούδης, Ι. Πολίτης
Ερευνητική Ομάδα Πανεπιστημίου Πειραιώς



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

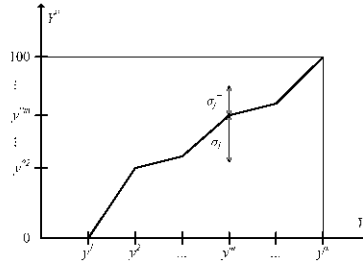
Basics of the MUSA method (1)

- The MUSA method is a preference disaggregation model for measuring and analysing customer satisfaction
- It follows the principles of ordinal regression analysis
- The main objective of the MUSA method is the aggregation of individual judgements into a collective value function assuming that client's global satisfaction depends on a set of n criteria or variables representing service characteristic dimensions
- The MUSA method assesses global and partial satisfaction functions Y^* and X_i^* , respectively, given customers' judgments Y and X_i .

Basics of the MUSA method (2)

- Following the principles of ordinal regression analysis under constraints using linear programming techniques, the ordinal regression analysis equation has the following form:

$$\begin{cases} Y^* = \sum_{i=1}^n b_i X_i^* - \sigma^+ + \sigma^- \\ \sum_{i=1}^n b_i = 1 \end{cases}$$



- The following transformations which represent the successive steps of the value functions Y^* and X_i^* can be introduced in the model

$$\begin{cases} z_m = y^{*m+1} - y^{*m} & \text{for } m = 1, 2, \dots, \alpha - 1 \\ w_{ik} = b_i x_i^{*k+1} - b_i x_i^{*k} & \text{for } k = 1, 2, \dots, \alpha_i - 1 \text{ and } i = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

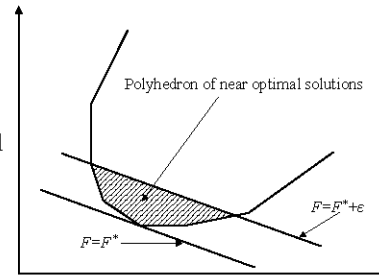
The LP of the basic MUSA model

$$\begin{cases} [\min] F = \sum_{j=1}^M \sigma_j^+ + \sigma_j^- \\ \text{subject to} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} w_{ik} - \sum_{m=1}^{\alpha-1} z_m - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = 0 & \text{for } j=1, 2, \dots, M \\ \sum_{m=1}^{\alpha-1} z_m = 100 \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} w_{ik} = 100 \\ z_m \geq 0, w_{ik} \geq 0 & \forall m, i, k \\ \sigma_j^+ \geq 0, \sigma_j^- \geq 0 & \text{for } j=1, 2, \dots, M \end{cases}$$

Stability analysis (1)

- The stability analysis is considered as a post-optimality analysis problem, considering that the MUSA method is based on a linear programming modelling.
- The post-optimal solutions space is defined by the polyhedron:

$$\begin{cases} F \leq F^* + \varepsilon \\ \text{all the constraints of the basic LP model} \end{cases}$$



where F^* is the optimal value of the objective function of the basic LP model, and ε is a small percentage of F^* .

Stability analysis (2)

- During the post optimality analysis stage of the MUSA method, n linear programs (equal to the number of criteria) are formulated and solved. Each linear program maximises the weight of a criterion and has the following form:

$$\begin{cases} [\max] F' = \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} w_{ik} & \text{for } i = 1, 2, \dots, n \\ \text{subject to} \\ F \leq F^* + \varepsilon \\ \text{all the constraints of the basic LP model} \end{cases}$$

- The average of the optimal solutions given by the n LPs may be considered as the final solution of the problem.

Strictly increasing value functions

- In several cases with unstable results, it appears that $y^{*m} = y^{*(m+1)}$ or $x_i^{*k} = x_i^{*(k+1)}$
- Cases where $b_i = 0$ for some criteria X_i should be avoided
- Assuming that Y^* and X_i^* are monotonic and strictly increasing functions and introducing preference thresholds may overcome these problems

$$\begin{cases} y^{*(m+1)} - y^{*m} \geq \gamma & \text{for } m = 1, 2, \dots, \alpha - 1 \\ b_i x_i^{*(k+1)} - b_i x_i^{*k} \geq \gamma_i & \text{for } k = 1, 2, \dots, \alpha_i - 1 \text{ and } i = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

where γ and γ_i are the preference thresholds for the value functions Y^* and X_i^* , respectively (with $\gamma, \gamma_i > 0$).

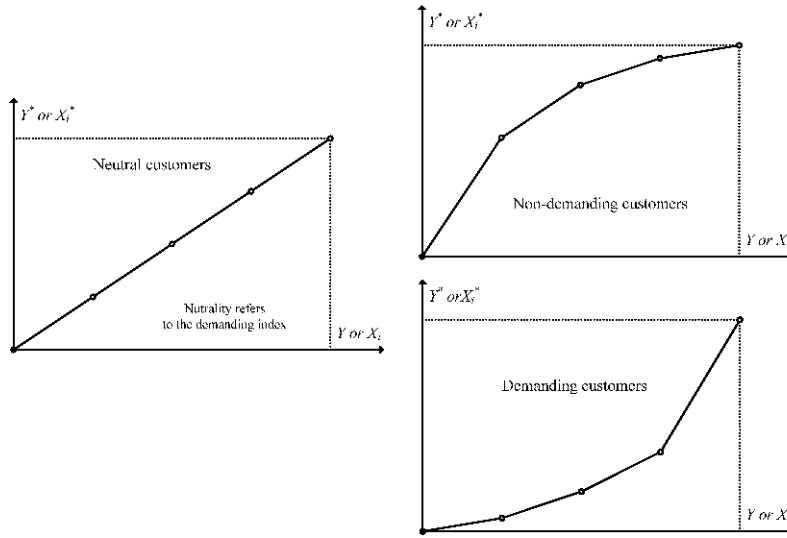
The generalized MUSA model

$$\begin{cases} [\min] F = \sum_{j=1}^M \sigma_j^+ + \sigma_j^- \\ \text{subject to} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{t_j-1} w'_{ik} - \sum_{m=1}^{t_j-1} z'_m - \sigma_j^+ + \sigma_j^- = \gamma(t_j - 1) - \sum_{i=1}^n \gamma_i(t_{ij} - 1) \quad \forall j \\ \sum_{m=1}^{\alpha-1} z'_m = 100 - \gamma(\alpha - 1) \\ \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} w'_{ik} = 100 - \sum_{i=1}^n \gamma_i(\alpha_i - 1) \\ z'_m \geq 0, w'_{ik} \geq 0, \sigma_j^+ \geq 0, \sigma_j^- \geq 0 \quad \forall i, j, k, m \end{cases}$$

- This is the generalized form of the MUSA method, since the basic form is a special case where $\gamma = \gamma_i = 0, \forall i$

Basic results (1)

- Value functions



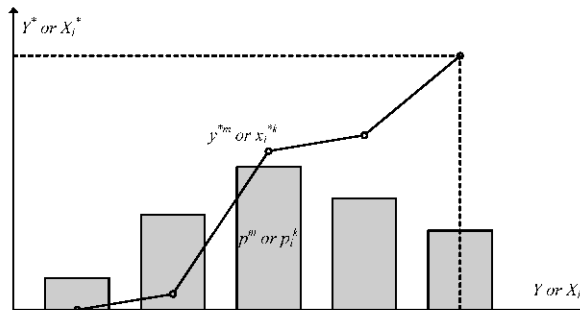
Basic results (2)

- Average global and partial satisfaction indices, S and S_i

$$S = \frac{1}{100} \sum_{m=1}^a p^m y^{*m}$$

$$S_i = \frac{1}{100} \sum_{k=1}^{a_i} p_i^k x_i^{*k} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n$$

where p^m and p_i^k are the frequencies of customers belonging to the y^m and x_i^k satisfaction levels, respectively.



Basic results (3)

- Average global and partial demanding indices D and D_i

$$D = \frac{\sum_{m=1}^{\alpha-1} \left(\frac{100(m-1)}{\alpha-1} - y^{*m} \right)}{100 \sum_{m=1}^{\alpha-1} \frac{m-1}{\alpha-1}} \text{ for } \alpha > 2$$

$$D_i = \frac{\sum_{k=1}^{\alpha_i-1} \left(\frac{100(k-1)}{\alpha_i-1} - x_i^{*k} \right)}{100 \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} \frac{k-1}{\alpha_i-1}} \text{ for } \alpha_i > 2 \text{ and } i = 1, 2, \dots, n$$

$D = 1$ or $D_i = 1$: customers have the maximum demanding level.

$D = 0$ or $D_i = 0$: this case refers to the neutral customers.

$D = -1$ or $D_i = -1$: customers have the minimum demanding level.

A robustness indicator

- Average Stability Index (ASI)

$$ASI = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{n \sum_{j=1}^n (b_i^j)^2 - \left(\sum_{j=1}^n b_i^j \right)^2}}{100 \sqrt{n-1}}$$

where b_i^j is the estimated weight of the i -th criterion in the j -th post-optimality analysis LP.

- ASI is normalized in the interval $[0, 1]$

Robustness analysis of the MUSA method

- Alternative approaches for the post-optimality criteria may result in different values of ASI
- The introduction of additional constraints and information in the MUSA model may decrease instability
- The selection of different values for parameters and thresholds may impact stability level

Alternative approaches of post-optimality analysis for the basic MUSA model (1)

- MUSA I
(maximisation-minimisation of weights)

$$\left\{ \begin{array}{l} [\max] F' = \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik} \text{ for } i=1,2,\dots,n \\ \text{subject to} \\ F \leq F^* + \varepsilon \\ \text{all the constraints of the basic LP model} \end{array} \right. \quad \text{and} \quad \left\{ \begin{array}{l} [\min] F' = \sum_{k=1}^{a_i-1} w_{ik} \text{ for } i=1,2,\dots,n \\ \text{subject to} \\ F \leq F^* + \varepsilon \\ \text{all the constraints of the basic LP model} \end{array} \right.$$

- MUSA II
(maximisation of preference thresholds)

$$\left\{ \begin{array}{l} [\max] F' = \gamma \text{ and } [\max] F' = \gamma_i \text{ for } i=1,2,\dots,n \\ \text{subject to} \\ F \leq F^* + \varepsilon \\ \text{all the constraints of the generalized LP model} \end{array} \right.$$

Alternative approaches of post-optimality analysis for the basic MUSA model (2)

- MUSA III
(maximisation of value functions' successive steps)

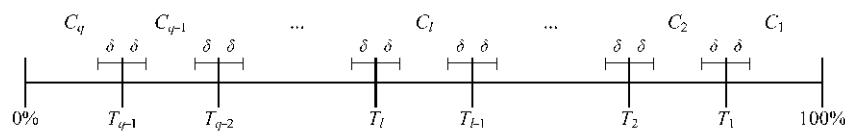
$$\left\{ \begin{array}{l} [\max] F' = z_m \text{ for } m=1,2,\dots,\alpha-1 \\ \text{subject to} \\ F \leq F^* + \varepsilon \\ \text{all the constraints of the basic LP model} \end{array} \right. \quad \text{and} \quad \left\{ \begin{array}{l} [\max] F' = w_{ik} \text{ for } i=1,2,\dots,n, k=1,2,\dots,\alpha_i-1 \\ \text{subject to} \\ F \leq F^* + \varepsilon \\ \text{all the constraints of the basic LP model} \end{array} \right.$$

- MUSA IV
(minimisation of the norm of errors, that is the difference between the maximum and the minimum value of the error variables σ_j^+ and σ_j^- in the case where $F^* > 0$)

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F' = m_e \\ \text{subject to} \\ F \leq F^* + \varepsilon \\ m_e - \sigma_j^+ \geq 0 \quad \forall j \\ m_e - \sigma_j^- \geq 0 \quad \forall j \\ \text{all the constraints of the basic LP model} \end{array} \right.$$

Introducing information about the importance of the criteria

- A customer satisfaction survey may include, besides the usual performance questions, preferences about the importance of the criteria.
- Using such questions, customers are asked either to judge the importance of a satisfaction criterion using a predefined ordinal scale, or rank the set of satisfaction criteria according to their importance.
- Based on such importance questions, each one of the satisfaction criteria can be placed in one of the following categories C_1, C_2, \dots, C_q , where C_1 is the most important criterion class and C_q is the less important criterion class. Considering that C_l , with l the class index, are ordered in a 0-100% scale, there are T_{q-l} thresholds, which define the rank and, therefore, label each one of the classes.
- Thus, the evaluation of preference importance classes C_l is similar to the estimation of thresholds T_l .



Formulating information about the criteria importance (the WORT-Weights evaluation using Ordinal Regression Techniques model)

$$[\min] F_2 = \sum_j \sum_i S_{ij}^+ + S_{ij}^-$$

$$\left. \begin{aligned} & \sum_{i=1}^{q-1} w_{it} - 100 T_1 - \delta + S_{ij}^- > 0, \hat{b}_{ij} \in C_1 \\ & \sum_{i=1}^{q-1} w_{it} - 100 T_{l-1} + \delta - S_{ij}^+ < 0 \\ & \sum_{i=1}^{q-1} w_{it} - 100 T_l - \delta + S_{ij}^- \geq 0 \\ & \sum_{i=1}^{q-1} w_{it} - 100 T_{q-1} + \delta - S_{ij}^+ < 0, \hat{b}_{ij} \in C_q \end{aligned} \right\} \hat{b}_{ij} \in C_l, l=2, \dots, q-1 \quad \forall i=1,2, \dots, n \text{ και } j=1,2, \dots, M$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{q-1} w_{ik} = 100$$

$$T_{q-1} \geq \lambda$$

$$T_{q-2} - T_{q-1} \geq \lambda$$

⋮

$$T_1 - T_2 \geq \lambda$$

$$w_{ik}, S_{ij}^+, S_{ij}^- \geq 0, \forall i, j, k$$

Were, δ is a small positive number, which is used in order to avoid cases where $b_{ij} = \hat{T}_l \forall l$ and λ a minimum value introduced to increase the discrimination of the importance classes

Post-optimality analysis and alternative approaches

- Maximization of the criteria weights

$$\left\{ \begin{aligned} & [\max] \Phi' = \sum_{k=1}^{q-1} w_{ik} \text{ for } i=1,2, \dots, n \\ & \text{subject to} \\ & \Phi \leq \Phi^* + \varepsilon \\ & \text{all the constraints of the WORT model} \end{aligned} \right.$$

- Maximization of the thresholds T_l

$$\left\{ \begin{aligned} & [\max] T_l \text{ for } l=1,2, \dots, q-1 \\ & \text{subject to} \\ & \Phi \leq \Phi^* + \varepsilon \\ & \text{all the constraints of the WORT model} \end{aligned} \right.$$

- Maximization of δ or the sum $T_l + \delta$

$$\left\{ \begin{aligned} & [\max] \delta \text{ or } [\max] T_l + \delta \text{ for } l=1,2, \dots, q-1 \\ & \text{subject to} \\ & \Phi \leq \Phi^* + \varepsilon \\ & \text{all the constraints of the WORT model} \\ & \lambda \geq \delta \end{aligned} \right.$$

Combining Performance and Importance Judgments

- Using together customers' performance and importance judgments, an extension of the MUSA method may be modeled as a Multiobjective Linear Programming (MOLP) problem

$$\left\{ \begin{array}{l} [\min] F = \sum_{j=1}^M \sigma_j^+ + \sigma_j^- \\ [\min] \Phi = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M S_{ij}^+ + S_{ij}^- \\ \text{subject to} \\ \text{all the constraints of the basic MUSA and the WORT models} \end{array} \right.$$

- The above problem may be solved using any MOLP technique (e.g. compromise programming, global criterion approach, etc.).

Introducing additional constraints

- A linkage between global and partial average satisfaction indices may be assumed. In particular, the global average satisfaction index S is assessed as a weighted sum of the partial satisfaction indices S_i :

$$S = \sum_{i=1}^n b_i S_i \Leftrightarrow \sum_{m=1}^{\alpha} p^m y^{*m} = \sum_{i=1}^n b_i \sum_{k=1}^{\alpha_i} p_i^k x_i^{*k} \quad \text{or} \quad \sum_{m=2}^{\alpha} p^m \sum_{t=1}^{m-1} z_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^{\alpha_i} p_i^k \sum_{t=1}^{k-1} w_{it}$$

- In the case of the generalized MUSA method, the preference thresholds γ and γ_i should be introduced, and the previous equation is written:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^{\alpha_i} p_i^k \sum_{t=1}^{k-1} w_{it} - \sum_{m=2}^{\alpha} p^m \sum_{t=1}^{m-1} z_t = \sum_{m=2}^{\alpha} p^m \gamma (m-1) - \sum_{i=1}^n \sum_{k=2}^{\alpha_i} p_i^k \gamma_i (k-1)$$

- Similarly, a weighted sum formula may be assumed for the average demanding indices:

$$D = \sum_{i=1}^n b_i D_i$$

- The previous equation can be written in terms of the MUSA variables:

$$\frac{\sum_{m=1}^{\alpha-1} 100(m-1) - (\alpha-1) \sum_{t=1}^{m-1} z_t}{\alpha(\alpha-1)} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{\alpha_i-1} (k-1) \sum_{t=1}^{\alpha_i-1} w_{it} - (\alpha_i-1) \sum_{t=1}^{k-1} w_{it}}{\alpha_i(\alpha_i-1)}$$

- The above equations about satisfaction and demanding indices may be introduced as additional constraints in the basic MUSA LP

Selection of Parameters and Thresholds (1)

- The problem of selecting appropriate model parameters is focused on the preference values γ , γ_i , and the tradeoff threshold ε during the post-optimality analysis
- The selection of preference thresholds γ and γ_i depends mainly on the stability of the results
- In case of stable results it is better to have $\gamma = \gamma_i = 0$, as increasing γ_i , the MUSA method is forced to assign a minimum weight of $\gamma_i (\alpha_i - 1)$ to each criterion. Thereby, the initially achieved stability level of the results is decreased
- In case of unstable results the increase of preference thresholds γ and γ_i may improve the stability of the results as it will decrease the variability observed in the post-optimality table

Selection of Parameters and Thresholds (2)

- The increase of ε causes a decrease of the average stability index ASI , regardless of the stability level of results
- This is rather expected, since an increase of ε implies an increase of the near optimal solutions space
- The decrease of ASI is larger in case of unstable results because F^* is larger
- A very large value of ε will falsify the information provided by the post-optimality analysis, and decrease the stability ability of the model
- A very low value of ε will not give the ability to explore the near optimal solutions space during post-optimality analysis
- Other parameters including the size of the data set (number of customers), the number of criteria, the number of satisfaction levels, the distribution of criteria weights, etc, may also have an impact on the stability of the results

Concluding remarks

- Using different criteria for the post-optimality analysis of the basic or the WORT MUSA models may result in different values of ASI
- The introduction of additional constraints and information about the importance of the criteria or the linkage between satisfaction and demanding indices may decrease instability of the MUSA model
- The introduction of other constraints or information must be examined
- The problem of selecting appropriate values for the parameters of the method and its impact to the stability of the provided results should be studied
- Stability improvement with the combination of the proposed approaches should be investigated

The ϵ -neighborhood Concept for Robust Clustering

N.F. Matsatsinis

Technical University of Crete, Greece

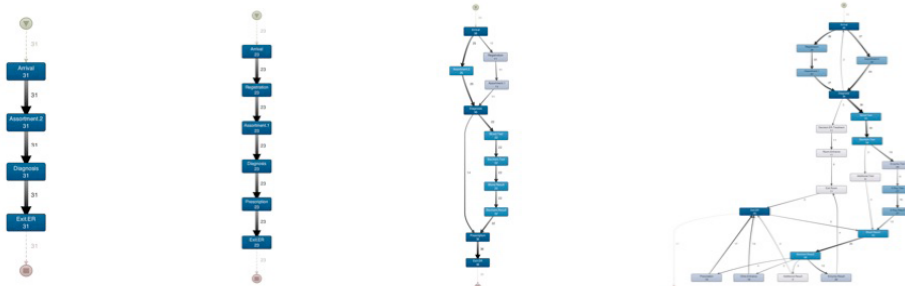
P. Delias

Kavala Institute of Technology, Greece

ΘΑΛΗΣ – Πανεπιστήμιο Πειραιά Μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της ευστάθειας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια



Items to be Clustered



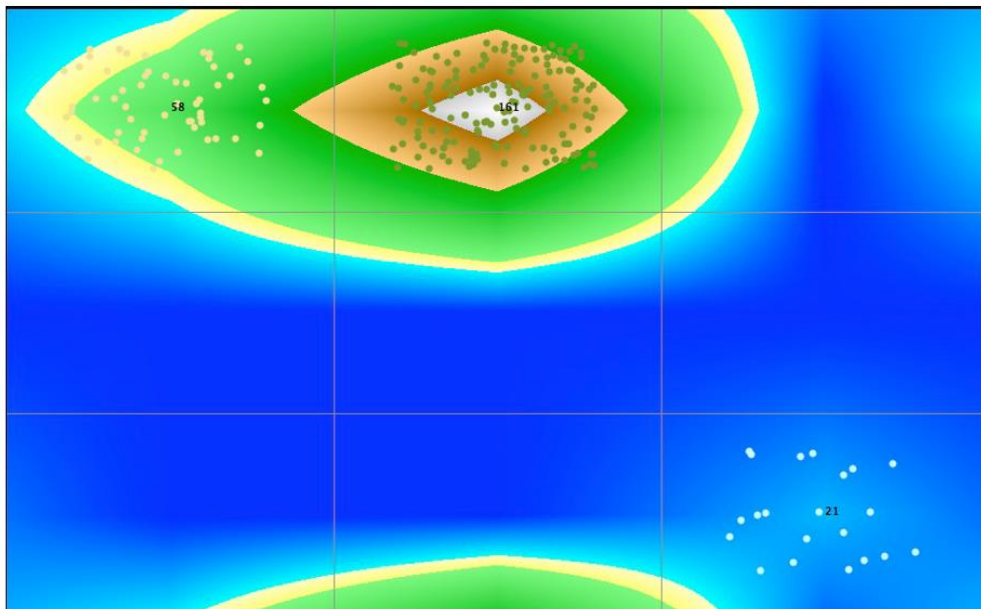
Calculating Similarities

A weighted
Sum of
activities and
transitions
similarities

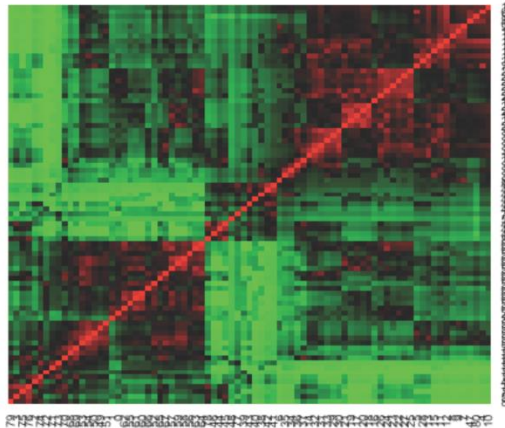
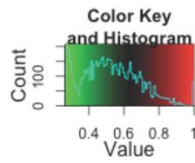
$$sim_{activities}(T_i, T_j) = \frac{a(i) \cdot a(j)}{|a(i)| |a(j)|} = \frac{\sum_k a_k(i) \times a_k(j)}{\sqrt{\sum_k a_k(i)^2 \times \sum_k a_k(j)^2}}$$

$$sim_{transitions}(T_i, T_j) = \frac{t(i) \cdot t(j)}{|t(i)| |t(j)|} = \frac{\sum_k t_k(i) \times t_k(j)}{\sqrt{\sum_k t_k(i)^2 \times \sum_k t_k(j)^2}}$$

A matter or point of view...



Not so Robust...



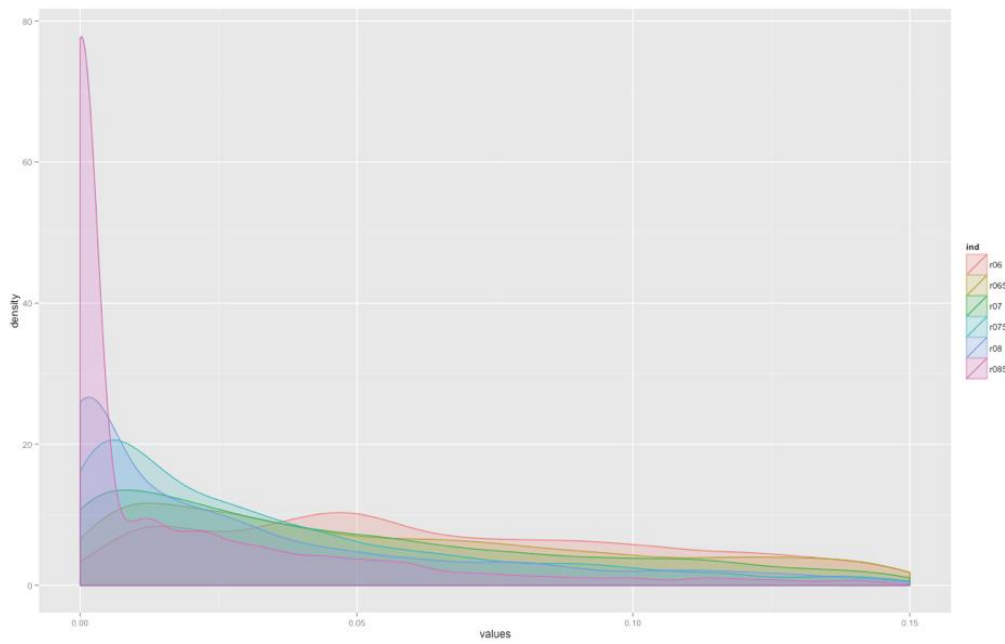
The ε -neighborhood concept

- Noise and outliers in data (isolated traces)
- the ε -neighborhood concept (a locality technique to promote crowded areas)

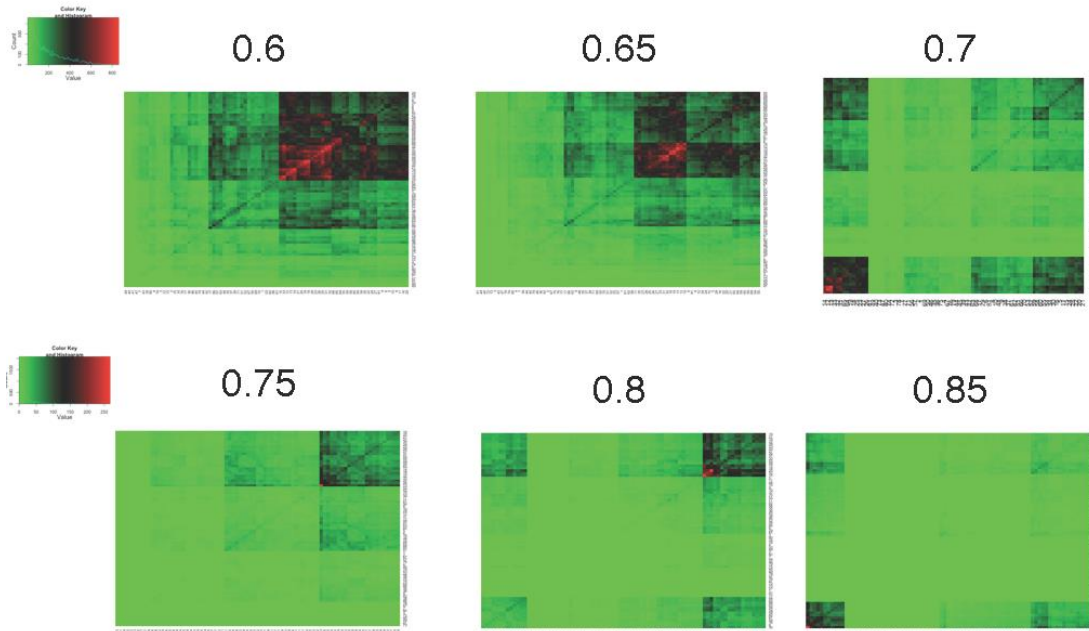
$$l_i = \sum_{j \in \mathcal{N}_i} s_{ij}$$

$$s'_{ij} = s_{ij} l_i l_j$$

Decide ϵ



Decide ϵ (2)



Spectral Clustering

- Degree Matrix D
- Laplacian matrix L (unnormalized)
- Largest eigenvectors matrix U
- Kmeans on U

$$d_i = \sum_j s_{ij}$$

$$D = \text{diag}\{d_1, \dots, d_n\}$$

$$L = D - S$$

$$Lu = \lambda Du$$

$$U \in \mathcal{R}^{n \times k}$$

Now, it Makes More Sense

