



**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



ΕΣΠΑ
2007-2013

Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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

Δ18 – Διοργάνωση workshops

Π18.3 – Έκθεση 3^{ου} Επιστημονικού Workshop



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Στοιχεία παραδοτέου

Δράση: Δ18 – Διοργάνωση workshops

Τίτλος παραδοτέου: Π18.3 – Έκθεση 3^{ου} Επιστημονικού Workshop

Τύπος παραδοτέου: I - PP

Έκδοση: 01

Ημερομηνία: 7 Οκτωβρίου 2013

Υπεύθυνος σύνταξης: Καθηγητής Ιωάννης Ψαρράς

Ομάδα σύνταξης: Αναπληρωτής Καθηγητής Δημήτριος Ασκούνης

Επίκουρος Καθηγητής Γεώργιος Μαυρωτάς

Δρ. Χάρης Δούκας

Δρ. Παναγιώτης Ξυδώνας

Ελευθέριος Σίσκος, 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.....	18

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 UNIPRI:** 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 3^ο Επιστημονικό Workshop του έργου που πραγματοποιήθηκε στην Αθήνα, το χρονικό διάστημα 26-27 Σεπτεμβρίου 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
3. Η πειραματική αξιολόγηση των μέτρων ευστάθειας:
 - Δ3: Πειραματική αξιολόγηση μέτρων ευστάθειας σε αναλυτικές-συνθετικές διαδικασίες
 - Δ7: Πειραματική αξιολόγηση προσεγγίσεων τεχνικής νοημοσύνης για την ανάλυση ευστάθειας πολυκριτήριων προβλημάτων
 - Δ11: Πειραματική αξιολόγηση μέτρων ευστάθειας σε προβλήματα πολυστοχικού προγραμματισμού

Επιπλέον, οι ερευνητικές ομάδες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα βρίσκονται στο στάδιο της εκπόνησης πραγματικών εφαρμογών (δράσεις Δ4, Δ8, Δ12) με βάση τα μέτρα ευστάθειας και τις μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν στα παραπάνω στάδια.

Στα πλαίσια του 3^{ου} 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 πραγματικές εφαρμογές σε διαφορετικά προβλήματα (χρηματοοικονομικής διοίκησης, περιβαλλοντικής ανάλυσης, διαχείρισης διαδικασιών, αξιολόγησης ποιότητας υπηρεσιών, κ.λπ.) 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 3^ο Επιστημονικό Workshop με διακριτικό τίτλο “Robust MCDA» (ακρωνύμιο του έργου) πραγματοποιήθηκε στις 26-27 Σεπτεμβρίου 2013 στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Αθήνα). Το workshop διοργανώθηκε από την ερευνητική ομάδα του ΕΜΠ (Μονάδα Αποφάσεων και Διοίκησης, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο).

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

Όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο, το workshop περιλαμβάνει 3 ενότητες:

1. Βασικές προσεγγίσεις πολυκριτήριας ανάλυσης σε προβλή-ματα ταξινόμησης, με έμφαση στις αναλυτικές-συνθετικές προσεγγίσεις και στις μεθόδους σχέσεων υπεροχής.
2. Ανάπτυξη πολυκριτήριων μοντέλων και εφαρμογές σε προ-βλήματα χρηματοοικονομικής διοίκησης (εκτίμηση πιστοληπτικής ικανότητας, διαβάθμιση τραπεζικών οργανι-σμών, αξιολόγηση τραπεζικών καταστημάτων)
3. Νέες ερευνητικές κατευθύνσεις στην πολυκριτήρια ανάλυση αποφάσεων

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 3^ο Επιστημονικό Workshop. Το Workshop παρακολούθησαν επίσης μεταπτυχιακοί φοιτητές, υποψήφιοι διδάκτορες και ερευνητές του Πανεπιστημίου Πειραιά, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Κρήτης και του ΤΕΙ Πειραιά. Συνολικά, ο αριθμός των συμμετεχόντων ανήρθε σε 35 άτομα (βλ. Παράρτημα Γ για φωτογραφίες του workshop).

Συνοπτικά, το πρόγραμμα του 3^{ου} Επιστημονικού Workshop έχει ως εξής:

Πέμπτη 26 Σεπτεμβρίου 2013

09:30 – 10:00: Καλωσόρισμα από το Διοργανωτή και Συντονιστή της ΚΕΟ του ΕΜΠ Καθ. Ι. Ψαρρά και τον Συντονιστή του έργου Καθ. Ι. Σίσκο

10:00 – 11:30: Multicriteria classification methodologies for decision support (Γ. Σίσκος, Μ. Δούμπος)

- 11:30 – 12:00: Διάλειμμα
- 12:00 – 13:30: A multi-group hierarchical discrimination method for managerial decision problems: The M.H.DIS method (Κ. Ζοπουνίδης, Μ. Δούμπος)
- 13:30 – 14:30: Διάλειμμα
- 14:30 – 16:00: An outranking relation approach for classification problems based on pairwise comparisons (Μ. Δούμπος, Δ. Γιαννακόπουλος, Α. Σπυριδάκος)
- 16:00 – 16:30: Διάλειμμα
- 16:30 – 18:00: Evolutionary approaches for the development of outranking relations models in classification problems (Π. Δελιάς, Ε. Σίσκος, Γ. Ψαρράς)

Παρασκευή 27 Σεπτεμβρίου 2013

- 09:00 – 10:00: Ένα πολυκριτήριο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση τραπεζικών ιδρυμάτων (Ν. Ματσατσίνης, Μ. Δούμπος)
- 10:00 – 11:00: Outranking multicriteria models for credit rating (Γ. Μαυρωτάς, Π. Ξυδώνας, Γ. Ψαρράς)
- 11:00 – 11:30: Διάλειμμα
- 11:30 – 13:00: A multicriteria approach to bank rating (Π. Ξυδώνας, Χ. Δούκας, Μ. Δούμπος)
- 13:00 – 14:00: Διάλειμμα
- 14:00 – 15:30: Learning non-monotone additive value functions for multicriteria decision making (Μ. Δούμπος, Γ. Σίσκος, Χ. Δούκας)
- 15:30 – 16:00: Διάλειμμα
- 16:00 – 17:30: An extension of the MUSA method in the context of the theory of attractive quality (Ε. Γρηγορούδης, Γ. Πολίτης, Ν. Τσότσολας)
- 17:30 – 18:00: Κλείσιμο του workshop

Πίνακας 2.1: Συμμετέχοντες στο 3^ο επιστημονικό workshop

Ομάδα	Ερευνητές
Ερευνητική ομάδα Πανεπιστημίου Πειραιά	Ιωάννης Σίσκος (Καθηγητής/ΠΑΠΕΙ) Διονύσης Γιαννακόπουλος (Καθηγητής/ΤΕΙ Πειραιά) Ευάγγελος Γρηγορούδης (Αν. Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Αθανάσιος Σπυριδάκος (Αν. Καθηγητής/ΤΕΙ Πειραιά) Νίκος Τσότσολας (Μεταδιδάκτορας/ΠΑΠΕΙ) Γεωργία Μουριάδου (Ερευνητής/ΠΑΠΕΙ)
Ερευνητική ομάδα Πολυτεχνείου Κρήτης	Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης (Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Νικόλαος Ματσατσίνης (Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Μιχάλης Δούμπος (Αν. Καθηγητής/Πολ. Κρήτης) Πάυλος Δελιάς (Επ. Καθηγητής/ΤΕΙ Καβάλας) Alexis Tsoukias (Διευθυντής Έρευνας/CNRS – LAMSADE/ Καθηγητής/Université Paris Dauphine)

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.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τις ημερομηνίες διοργάνωσης του 3^{ου} Επιστημονικού Workshop, τα μέλη των ερευνητικών ομάδων είχαν τη δυνατότητα παρουσίασης ερευνητικών αποτελεσμάτων του έργου στο συνέδριο 2nd International Symposium and 24th National Conference on Operational Research (<http://eeee2013.epu.ntua.gr>, Athens, September 26-28, 2013), το οποίο πραγματοποιήθηκε το ίδιο σχεδόν χρονικό διάστημα στην Αθήνα.

Παράρτημα Α: Αφίσα workshop



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**



**ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

3ο Επιστημονικό Workshop **Robust MCDA**



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΘΑΛΗΣ

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

**26-27 Σεπτεμβρίου 2013
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ

**Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**



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



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Παράρτημα Β: Φυλλάδιο workshop

Ερευνητικές Ομάδες

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Σίσκος, Ι.
Γιαννακόπουλος, Δ.
Γρηγορούδης, Ε.
Bouyssou, D.
Huron, C.
Σπιριδάκος, Α.
Τσούτσος, Ν.
Πολίτης, Ι.
Χριστοδουλάκης, Ν.
Μουριάδου, Γ.

Πολυτεχνείο Κρήτης

Ζοπουνίδης, Κ.
Ματσατσίνης, Ν.
Δούμπος, Μ.
Tsoukias, Α.
Δελιάς, Π.
Μαναφωής, Ε.
Νίκλης, Δ.

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ψαρράς, Ι.
Ασκούνης, Δ.
Καραγιαννάπουλος, Κ.
Figueira, J.
Δούκας, Χ.
Ξιδώνας, Π.
Σίσκος, Ε.

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

Καθηγητής, Ι. Ψαρράς
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Ηρώων Πολυτεχνείου 9
15780 Αθήνα
Τηλ. 2107723551
E-mail: john@epu.ntua.gr

Website Ερευνητικού Έργου

<http://rmcda.epu.ntua.gr/>

Συμμετέχοντα Ιδρύματα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

3ο Επιστημονικό Workshop

Robust MCDA



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΘΑΛΗΣ

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

26-27 Σεπτεμβρίου 2013

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ

Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

που εργάζονται ή σκοπεύουν να ασχοληθούν με το ευρύτερο αντικείμενο της πολυκριτηρίας ανάλυσης.

Πρόγραμμα Workshop

Πέμπτη 26 Σεπτεμβρίου 2013	
09:30 – 10:00:	Καλωσόρισμα από το Διοργανωτή και Συντονιστή της ΚΕΟ του ΕΜΠ Καθ. Ι. Ψαρά και τον Συντονιστή του έργου Καθ. Ι. Σίσκο
10:00 – 11:30:	Multicriteria classification methodologies for decision support (Γ. Σίσκος, Μ. Δούμπος)
11:30 – 12:00:	Διάλειμμα
12:00 – 13:30:	A multi-group hierarchical discrimination method for managerial decision problems: The M.H.DIS method (Κ. Ζαπουνίδης, Μ. Δούμπος)
13:30 – 14:30:	Διάλειμμα
14:30 – 16:00:	An outranking relation approach for classification problems based on pairwise comparisons (Μ. Δούμπος, Δ. Γιαννακόπουλος, Α. Στυριδάκος)
16:00 – 16:30:	Διάλειμμα
16:30 – 18:00:	Evolutionary approaches for the development of outranking relations models in classification problems (Π. Δηλίδης, Ε. Σίσκος, Γ. Ψαρράς)
Παρασκευή 27 Σεπτεμβρίου 2013	
09:00 – 10:00:	Ένα πολυκριτήριο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση τραπεζικών ιδρυμάτων (Ν. Μαρτσισίνης, Μ. Δούμπος)
10:00 – 11:00:	Outranking multicriteria models for credit rating (Γ. Μασουράς, Π. Ξυδώνας, Γ. Ψαρράς)
11:00 – 11:30:	Διάλειμμα
11:30 – 13:00:	A multicriteria approach to bank rating (Π. Ξυδώνας, Χ. Δούκας, Μ. Δούμπος)
13:00 – 14:00:	Διάλειμμα
14:00 – 15:30:	Learning non-monotone additive value functions for multicriteria decision making (Μ. Δούμπος, Γ. Σίσκος, Χ. Δούκας)
15:30 – 16:00:	Διάλειμμα
16:00 – 17:30:	An extension of the MUSA method in the context of the theory of attractive quality (Ε. Γρηγορούδης, Γ.

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, αλλά και του γενικότερου αντικείμενου της πολυκριτηρίας ανάλυσης αποφάσεων.

Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι του Workshops είναι:

- η παρουσίαση των τρέχουσας ερευνητικής προσπάθειας που αφορά τη μελέτη της ευστάθειας στην πολυκριτηρία ανάλυση αποφάσεων,
- η παρουσίαση της γενικότερης θεωρίας και των πρακτικών εφαρμογών της πολυκριτηρίας ανάλυσης αποφάσεων,
- η διάδοση του επιστημονικού αντικειμένου της πολυκριτηρίας 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.

Το Workshop περιλαμβάνει 3 ενότητες:

1. Βασικές προσεγγίσεις πολυκριτηρίας ανάλυσης σε προβλήματα ταξινόμησης, με έμφαση στις αναλυτικές-συνθετικές προσεγγίσεις και στις μεθόδους σχέσεων υπεροχής.
2. Ανάπτυξη πολυκριτηρίων μοντέλων και εφαρμογές σε προβλήματα χρηματοοικονομικής διοίκησης (έκτιμηση πιστοληπτικής ικανότητας, διαβάθμιση τραπεζικών οργανισμών, αξιολόγηση τραπεζικών καταστημάτων)
3. Νέες ερευνητικές κατευθύνσεις στην πολυκριτηρία ανάλυση αποφάσεων

Τόπος και Χρόνος Διεξαγωγής

Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών ΗΥ
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Αθήνα
26-27 Σεπτεμβρίου 2013

Συμμετοχή

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

Πιο συγκεκριμένα, το επιστημονικό workshop ε απευθύνονται σε ερευνητές, υποψήφιους διδάκτορες, μεταπτυχιακούς φοιτητές, κ.λπ.

Πρόγραμμα ΘΑΛΗΣ

Το 3^ο Επιστημονικό Workshop Robust MCDA

πραγματοποιείται στα πλαίσια του έργου ΘΑ/ΛΗΣ 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 υποστήριξης αποφάσεων, 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 πολυκριτηρίας ανάλυσης,
 - η μελέτη της ποιότητας των δεδομένων και της σχέσης τους με τα αποτελέσματα μιας πολυκριτηρίας αξιολόγησης, και
 - η ανάπτυξη μεθοδολογιών για τη διαμόρφωση λύσεων που παρουσιάζουν ευστάθεια σε μεταβολές των παραμέτρων ενός προβλήματος απόφασης και του περιβάλλοντός 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 πολυκριτηρίας ανάλυσης.

Πρόσθετοι στόχοι του έργου αποτελούν

- η ανάπτυξη της συνεργασίας σε εθνικό και διεθνές επίπεδο σε θέματα πολυκριτηρίας ανάλυσης αποφάσεων,
- η διάδοση της παραγόμενης 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 ανάλυσης οικονομικών και τεχνολογικών κινδύνων (διαχείριση επιπτώσεων, 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



Multicriteria Classification Methodologies for Decision Support

Y. Siskos⁽¹⁾, M. Doumpos⁽²⁾

(1) *Technical University of Crete*
(2) *University of Piraeus*

Co-financed by Greece and the European Union

INTRODUCTION

- ✓ The classification problem
 - Data
 - A finite set of alternatives $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$
 - A set of attributes $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$
 - A set of classes $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$
 - Objective
 - Find an appropriate mapping $f(a) \rightarrow C$
- ✓ Numerous practical applications
- ✓ Plethora of existing methodological approaches

THE MULTICRITERIA APPROACH

✓ Ordinal classes: $c_1 \succ c_2 \succ \dots \succ c_q$

✓ Consider criteria instead of attributes:

$$g_{ij} > g_{kj} \Leftrightarrow \mathbf{a}_i \succ \mathbf{a}_k, \quad g_{ij} = g_{kj} \Leftrightarrow \mathbf{a}_i \sim \mathbf{a}_k$$

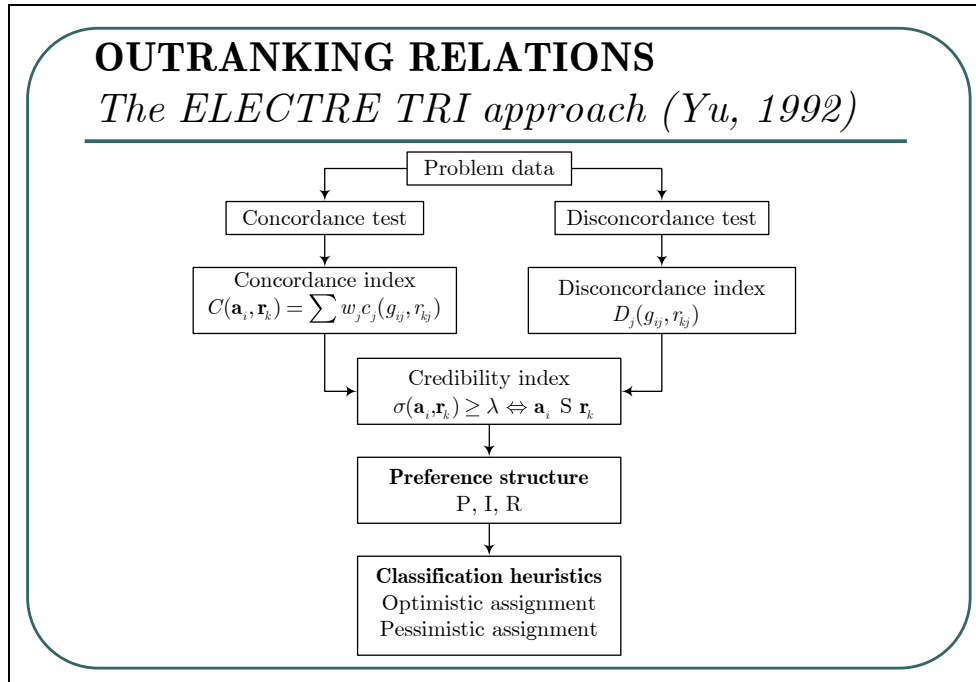
✓ Examples:

- Bond rating
- Business failure and credit risk assessment
- Country risk analysis
- Customer satisfaction measurement

MODEL FORMULATIONS

Outranking relations

- ✓ Binary relation developed on the basis of the arguments supporting that \mathbf{a}_i is at least as good as \mathbf{a}_j and the arguments against this statement
- ✓ Introduction of reference profiles to distinguish the classes: $\mathbf{r}_k = (r_{k1}, r_{k2}, \dots, r_{km})$, $k=1, 2, \dots, q-1$
- ✓ Construction of an outranking relation to compare the alternatives with the profiles
- ✓ Non-compensatory approach
- ✓ Classification heuristics (rules)



MODEL FORMULATIONS
Value functions

✓ Additive value function: $V(\mathbf{a}_i) = \sum_{j=1}^m p_j v_j(g_{ij})$

✓ Classification rules

UTADIS method

Jacquet–Lagrèze (1995), Doumpos and Zopounidis (2002)	$V(\mathbf{a}_i) \geq t_1 \Rightarrow \mathbf{a}_i \in c_1$
	$t_2 \leq V(\mathbf{a}_i) < t_1 \Rightarrow \mathbf{a}_i \in c_2$

$V(\mathbf{a}_i) < t_{q-1} \Rightarrow \mathbf{a}_i \in c_q$	

MHDIS method

Zopounidis and Doumpos (2000)	$V_k(\mathbf{a}_i) > V_{-k}(\mathbf{a}_i) \Rightarrow \mathbf{a}_i \in c_k$
	$V_k(\mathbf{a}_i) < V_{-k}(\mathbf{a}_i) \Rightarrow \mathbf{a}_i \in C_{-k} = \{c_{k+1}, c_{k+2}, \dots, c_q\}$

MODEL DEVELOPMENT PROCEDURES

- ✓ Direct procedures
- ✓ Indirect procedures
 - Reference set (training sample)
 - Optimization process
 - Model validation
 - Model extrapolation

INDIRECT PROCEDURES

Linear Programming

- ✓ UTADIS method

$$\text{Min } f = \sum_{k=1}^q \left[m_k^{-1} \sum_{\forall \mathbf{a}_i \in c_k} \sigma_i^+ + \sigma_i^- \right]$$

subject to:

$$V(\mathbf{a}_i) - u_1 + \sigma_i^+ \geq \delta, \quad \forall \mathbf{a}_i \in c_1$$

$$\left. \begin{array}{l} V(\mathbf{a}_i) - u_k + \sigma_i^+ \geq \delta \\ V(\mathbf{a}_i) - u_{k-1} - \sigma_i^- \leq -\delta \end{array} \right\}, \quad \forall \mathbf{a}_i \in c_k \ (k=2, 3, \dots, q-1)$$

$$V(\mathbf{a}_i) - u_{q-1} - \sigma_i^- \leq -\delta, \quad \forall \mathbf{a}_i \in c_q$$

$$V(\mathbf{a}^{\max}) = 1, \quad V(\mathbf{a}^{\min}) = 0$$

$$u_k - u_{k+1} \geq s, \quad \forall k=1, 2, \dots, q-2$$

V increasing function

$$\sigma_i^+ \geq 0, \quad \sigma_i^- \geq 0$$

$s > \delta > 0$ user-defined constants

INDIRECT PROCEDURES

Alternative optimization approaches

- ✓ Mixed integer programming:
 - L_0 norm: Minimize the number of misclassifications
 - Specific branch & bound algorithms (Abad and Banks, 1993)
 - Genetic algorithms (Conway et al., 1998)
 - Tabu search (Fraughnaugh et al., 1998)
 - Minimum cardinality IIS set-covering (Chinneck, 2001)
- ✓ Multi-objective programming (Stam, 1990)
- ✓ Non-linear programming (Cavalier et al., 1990)

CONNECTIONS TO OTHER DISCIPLINES

- ✓ Rule induction models and rough sets (Greco et al., 2001)
 - Dominance relation
 - IF ... THEN ... preference models
 - Functional free models
 - Compensatory/non-compensatory models
 - Handling inconsistencies and missing data
 - Data reduction
- ✓ Neural networks (Malakooti, B. and Zhou, 1994)
 - Functional free models
 - Modeling of highly non-linear preference structures
 - Interpretation difficulties

DECISION SUPPORT SYSTEMS

Systems	Methodology
RANGU (Stam and Ungar, 1995)	Linear value functions
PREFDIS (Zopounidis and Doumpos, 2000)	Value functions
ELECTRE TRI-Assistant (Mousseau et al., 2000)	Outranking relations
ROSE (Predki et al., 1998)	Rough sets
4eMka (Greco et al., 1999)	Rough sets

CONCLUSIONS & FUTURE PERSPECTIVES

- ✓ Model validation and post-optimality analysis
- ✓ Model development parameters
- ✓ Similarities between methods
- ✓ Model combination



•
•
•
•
•
•
•
•

A multi-group hierarchical discrimination method for managerial decision problems: The M.H.DIS method

C. Zopounidis, M. Doumpos

Technical University of Crete

Dept. of Production Engineering and Management, Greece



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY
Co-financed by Greece and the European Union



EUROPEAN SOCIAL FUND

•
•
•

Introduction

- ☞ Importance of discrimination methods in managerial decision problems.
- ☞ Multivariate statistical discrimination methods:
 - ↑ Linear discriminant analysis
 - ↑ Quadratic discriminant analysis
 - ↑ Logit and probit analysis

Multicriteria discrimination methods

Goal programming:

- ↑ Indirect analysis of the actual decisions.
- ↑ Mathematical programming techniques to optimize a measure of consistency between the classification defined by the DM and the classification obtained through the model.
- ↑ Linear discriminant functions.

Outranking relations:

- ↑ Direct interrogation procedure (the DM specifies some necessary preferential information such as criteria's weights, preference and indifference thresholds, as well as some reference profiles for each class of objects).
- ↑ Construction of an outranking relation between the alternatives and the profiles.

Preference disaggregation:

- ↑ Similar methodology to goal programming.
- ↑ Estimation of utility function as the discriminant model.

The M.H.DIS method

Problem formulation

☞ $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$: A set of n alternatives.

☞ C_1, C_2, \dots, C_q : q ordered classes.

☞ $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$: A set of m evaluation criteria.

- ↑ G_1 a subset consisting of m_1 criteria for which higher values indicate higher preference.
- ↑ G_2 a second subset consisting of m_2 criteria for which higher values indicate lower preference.

The M.H.DIS method

The hierarchical discrimination process

General description:

The method proceeds progressively in the classification of the alternatives into the predefined classes, starting from class C_1 .

- ↑ Initially, the aim is to identify which alternatives belong in class C_1 . The alternatives which are found to belong in class C_1 are excluded from further consideration.
- ↑ In a second stage the objective is to identify which alternatives belong in class C_2 . The alternatives which are found to belong in this class are excluded from further consideration.
- ↑ The same procedure continues until all alternatives have been classified in the predefined classes.

The M.H.DIS method

The hierarchical discrimination process

Basic assumption:

The decision maker's preferences are monotone functions (increasing or decreasing) on the criteria's scale.

- ☞ This assumption implies that in the case of a criterion $g_i \in G_1$, as the evaluation of an alternative on this criterion increases, the decision regarding the classification of this alternative into a higher (better) class is more favorable to a decision regarding the classification of the alternative into a lower (worst) class. A similar implication is also made for each criterion $g_i \in G_2$.

The M.H.DIS method

Classification rule

The decision concerning the classification of an alternative a into one of the predefined classes should be made in such a way that the utility (value) of such a decision for the decision maker is maximized.

$$U^{C_j}(a) = \sum_{i=1}^m u_i^{C_j} [g_i(a)]$$

If $U^{C_k}(a) > U^{\sim C_k}(a)$ then $a \in C_k$

If $U^{C_k}(a) < U^{\sim C_k}(a)$ then $a \notin C_k$

The M.H.DIS method

Estimation of utility functions

Minimizing the overall classification error

$$\text{Min } F = \sum_{\forall a \in A} e(a)$$

s.t.

$$U^{C_k}(a) - U^{\sim C_k}(a) + e(a) \geq s \quad \forall a \in C_k$$

$$U^{\sim C_k}(b) - U^{C_k}(b) + e(b) \geq s \quad \forall b \notin C_k$$

$$w_{ij,j+1}^{C_k} \geq t, \quad w_{ij,j+1}^{\sim C_k} \geq t$$

$$\sum_i \sum_j w_{ij,j+1}^{C_k} = 1, \quad \sum_i \sum_j w_{ij,j+1}^{\sim C_k} = 1$$

$$e(a), s, t \geq 0$$

The M.H.DIS method

Estimation of utility functions

Minimizing the number of misclassifications

Min $F = \sum_{\forall a \in MIS} I(a)$

s.t.

$$\left. \begin{aligned} U^{C_k}(a) - U^{-C_k}(a) &\geq s \quad \forall a \in C_k \\ U^{-C_k}(b) - U^{C_k}(b) &\geq s \quad \forall b \notin C_k \end{aligned} \right\} \quad \forall a, b \in COR$$

$$\left. \begin{aligned} U^{C_k}(a) - U^{-C_k}(a) + I(a) &\geq s \quad \forall a \in C_k \\ U^{-C_k}(b) - U^{C_k}(b) + I(b) &\geq s \quad \forall b \notin C_k \end{aligned} \right\} \quad \forall a, b \in MIS$$

$$w_{ij,j+1}^{C_k} \geq t, w_{ij,j+1}^{-C_k} \geq t$$

$$\sum_i \sum_j w_{ij,j+1}^{C_k} = 1, \sum_i \sum_j w_{ij,j+1}^{-C_k} = 1$$

$s \geq 0, t \geq 0, I(a)$ integer

The M.H.DIS method

Estimation of utility functions

Maximizing the minimum distance

Max d

s.t.

$$\left. \begin{aligned} U^{C_k}(a) - U^{-C_k}(a) - d &\geq s \quad \forall a \in C_k \\ U^{-C_k}(b) - U^{C_k}(b) - d &\geq s \quad \forall b \notin C_k \end{aligned} \right\} \quad \forall a, b \in COR'$$

$$\left. \begin{aligned} U^{C_k}(a) - U^{-C_k}(a) &\leq 0 \quad \forall a \in C_k \\ U^{-C_k}(b) - U^{C_k}(b) &\leq 0 \quad \forall b \notin C_k \end{aligned} \right\} \quad \forall a, b \in MIS'$$

$$w_{ij,j+1}^{C_k} \geq t, w_{ij,j+1}^{-C_k} \geq t$$

$$\sum_i \sum_j w_{ij,j+1}^{C_k} = 1, \sum_i \sum_j w_{ij,j+1}^{-C_k} = 1$$

$d, s, t \geq 0$

Applications

CASE STUDY	BASIC SAMPLE	HOLDOUT SAMPLE	CRITERIA	CLASSES
Portfolio selection	98 stocks		15	3
Credit card evaluation	150 credit card applications		7	3
Bank branches efficiency	27 bank branches (2 years)		14	3
Country risk evaluation	66 countries		12	4
Retail outlets evaluation	50 retail outlets		12	3
Company acquisition	60 firms (3 years)		10	2
Credit risk assessment	60 firms (3 years)		12	2
Business failure prediction	80 firms (5 years)	38 firms (3 years)	12	2

Classification results

	Portfolio selection	Credit card evaluation	Bank branches efficiency	Country risk assessment	Retail outlet evaluation
Number of misclassifications					
UTADIS	8	3	4/3*	0	16
UTADIS I	8	4	4/1*	0	10
UTADIS II	10	2	3/1*	0	7
UTADIS III	-	2	3/1*	0	7
M.H.DIS	0	2	0/0*	0	6
DA	-	-	-	9	-
Classification error					
UTADIS	8.16%	2%	14.81%/11.11%*	0%	32%
UTADIS I	8.16%	2.67%	14.81%/3.7%*	0%	20%
UTADIS II	10.2%	1.33%	11.11%/3.7%*	0%	14%
UTADIS III	-	1.33%	11.11%/3.7%*	0%	14%
M.H.DIS	0%	1.33%	0%/0%*	0%	12%
DA	-	-	-	13.64%	-

*Year 2/Year 1

Classification results

	Company acquisitions			Credit risk assessment		
	Year -1	Year -2	Year -3	Year -1	Year -2	Year -3
	Number of misclassifications					
UTADIS	9	25	27	0	5	13
UTADIS I	7	20	22	0	9	10
UTADIS II	3	29	27	0	6	13
UTADIS III	3	27	29	0	9	10
M.H.DIS	0	25	23	0	7	10
DA	22	28	28	3	9	14
	Classification error					
UTADIS	15.00%	41.67%	45.00%	0%	8.33%	21.67%
UTADIS I	11.67%	33.33%	36.67%	0%	15%	16.67%
UTADIS II	5.00%	48.33%	45.00%	0%	10%	21.67%
UTADIS III	5.00%	45.00%	48.33%	0%	15%	16.67%
M.H.DIS	0.00%	41.67%	38.33%	0%	11.67%	16.67%
DA	36.67%	46.67%	46.67%	5%	15%	23.33%

Classification results

	Basic sample					Holdout sample		
	Year -1	Year -2	Year -3	Year -4	Year -5	Year -1	Year -2	Year -3
	Number of misclassifications							
UTADIS	0	13	13	20	23	14	16	14
UTADIS I	4	8	16	21	20	12	15	14
UTADIS II	0	18	15	22	23	14	12	15
UTADIS III	0	17	14	19	22	14	12	14
M.H.DIS	2	9	13	23	20	12	13	12
DA	8	15	18	24	26	13	16	22
LA	8	14	17	20	20	15	13	17
PA	10	15	22	26	22	14	15	19
	Classification error							
UTADIS	0%	16.25%	16.25%	25%	28.75%	36.84%	42.11%	36.84%
UTADIS I	5%	10%	20%	26.25%	25%	31.58%	39.47%	36.84%
UTADIS II	0%	22.50%	18.75%	27.50%	28.75%	36.84%	31.58%	39.47%
UTADIS III	0%	21.25%	17.50%	23.75%	27.50%	36.84%	31.58%	36.84%
M.H.DIS	2.50%	11.25%	16.25%	28.75%	25%	31.58%	34.21%	31.58%
DA	10%	18.75%	22.50%	30%	32.50%	34.21%	42.11%	44.74%
LA	10%	17.50%	21.25%	25%	25%	39.47%	34.22%	44.74%
PA	12.50%	18.75%	27.50%	32.50%	27.50%	36.84%	39.47%	50%

Concluding remarks

- ☞ The hierarchical discrimination procedure employed and the sequential consideration of different discrimination techniques enable the method to achieve high discrimination accuracy, without being computationally intensive.
- ☞ The eight real world applications which were presented showed that the M.H.DIS method outperforms well known multivariate statistical techniques while its results are at least comparable with other MCDA methods.

AN OUTRANKING RELATION APPROACH FOR CLASSIFICATION PROBLEMS BASED ON PAIRWISE COMPARISONS

Michael Doumpos¹, Denis Yannacopoulos²,
Athanasios Spyridakos²

¹ Technical University of Crete

² TEI of Piraeus



3rd Workshop – Robust MCDA, Athens, September 26-27, 2013

PROBLEM STATEMENT

- ✓ Classification/sorting:
 - Set of alternatives: $X = \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_m\}$, $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^n$
 - Set of criteria: $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$
 - Classes: $C = \{C_1 \succ C_2 \succ \dots \succ C_q\}$
- ✓ Objective:
 - Construct a criteria aggregation model $f(\mathbf{x}) \rightarrow C$
- ✓ Means:
 - Preference disaggregation analysis

PROBLEM MODELING

- ✓ Reference set:
 - $X^r = (\mathbf{x}_1^r, c_1), (\mathbf{x}_2^r, c_2), \dots, (\mathbf{x}_m^r, c_m)$

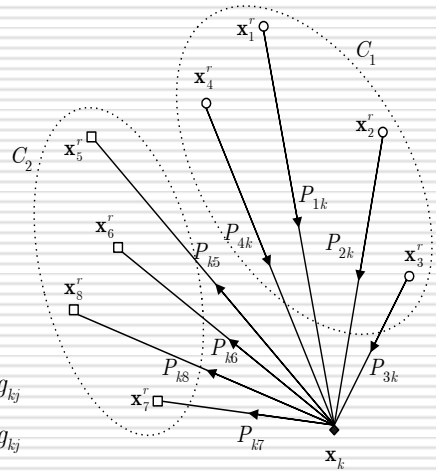
- ✓ Valued outranking graph:

- Preference index

$$P_{ik} = \sum_{j=1}^n w_j p_j(\mathbf{x}_i^r, \mathbf{x}_k)$$

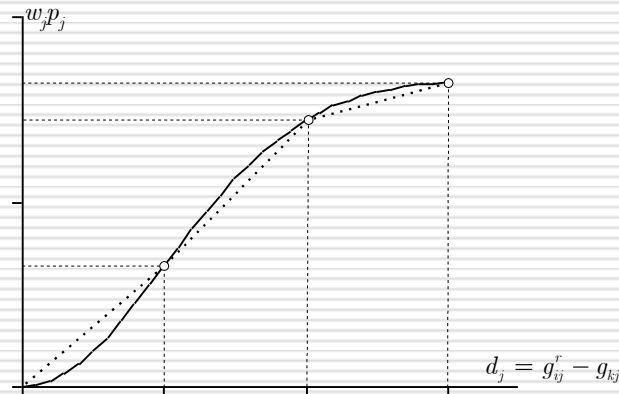
$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

$$p_j(\mathbf{x}_i^r, \mathbf{x}_k) = \begin{cases} 0 & \text{if } g_{ij}^r < g_{kj} \\ h(g_{ij}^r - g_{kj}) & \text{if } g_{ij}^r \geq g_{kj} \end{cases}$$



PREFERENCE FUNCTIONS

- ✓ Generalized criteria of the PROMETHEE method
- ✓ Piecewise linear modeling similarly to the UTA method



FLOWS

- ✓ **Leaving flow:** outranking character of \mathbf{x}_k over all reference alternatives $\mathbf{x}_i^r \in C_2$

$$f_k^+ = \sum_{\mathbf{x}_i^r \in C_2} P_{ki}$$

- ✓ **Entering flow:** overall outranking character of all reference alternatives $\mathbf{x}_i^r \in C_1$ over \mathbf{x}_k

$$f_k^- = \sum_{\mathbf{x}_i^r \in C_1} P_{ik}$$

- ✓ **Net flow:** $f_k = \frac{1}{m_2} f_k^+ - \frac{1}{m_1} f_k^-$

CLASSIFICATION RULES

- ✓ Classification rules:

$$f_k > b \Rightarrow \mathbf{x}_k \in C_1 \quad f_k < b \Rightarrow \mathbf{x}_k \in C_2$$

- ✓ Parameter estimation:

$$\text{Minimize } E = \sum_{k=1}^2 \frac{1}{m_k} \left(\sum_{\forall \mathbf{x}_i^r \in C_k} e_i \right)$$

Subject to :

$$f_i + e_i \geq b + a, \quad \forall \mathbf{x}_i^r \in C_1$$

$$f_i - e_i \leq b - a, \quad \forall \mathbf{x}_i^r \in C_2$$

$$0 \leq f_i \leq 1, \quad \forall \mathbf{x}_i^r$$

$$e_i \geq 0, \quad b \text{ unrestricted in sign}$$

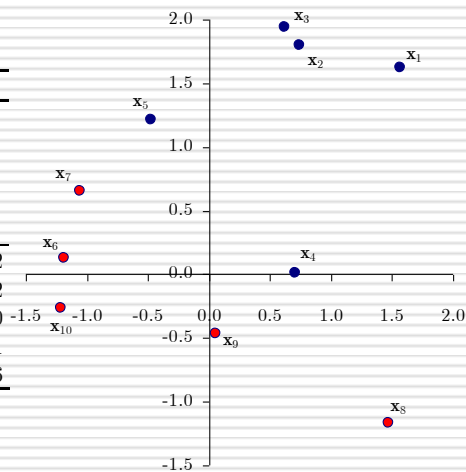
a user-defined constant

MULTI-CLASS PROBLEMS

- ✓ Leaving flow f_{kt}^+ : outranking character of \mathbf{x}_k over reference alternatives
 $\mathbf{x}_i^r \in K_1 = \{C_{i+1}, C_{i+2}, \dots, C_q\}$
- ✓ Entering flow f_{kt}^- : outranked character of \mathbf{x}_k by reference alternatives
 $\mathbf{x}_i^r \in K_2 = \{C_1, C_2, \dots, C_i\}$
- ✓ Net flow: $f_{kt} = f_{kt}^+ / m_2 - f_{kt}^- / m_1$
- ✓ Classification rules:
 - If $f_{k1} > b_1 \Rightarrow \mathbf{x}_k \in C_1$
 - else if $f_{k2} > b_2 \Rightarrow \mathbf{x}_k \in C_2$
 - ...
 - else if $f_{k,q-1} > b_{q-1} \Rightarrow \mathbf{x}_k \in C_{q-1}$
 - else $\mathbf{x}_k \in C_q$

AN EXAMPLE

	g_1	g_2	Class	f^+	f^-	f
\mathbf{x}_1	1.57	1.62	C_1	0.83	0.05	0.78
\mathbf{x}_2	0.74	1.80	C_1	0.83	0.11	0.72
\mathbf{x}_3	0.62	1.94	C_1	0.82	0.12	0.70
\mathbf{x}_4	0.70	0.01	C_1	0.52	0.42	0.10
\mathbf{x}_5	-0.48	1.21	C_1	0.65	0.54	0.10
\mathbf{x}_6	-1.19	0.13	C_2	0.17	0.79	-0.62
\mathbf{x}_7	-1.06	0.66	C_2	0.32	0.74	-0.42
\mathbf{x}_8	1.47	-1.17	C_2	0.39	0.49	-0.10
\mathbf{x}_9	0.06	-0.46	C_2	0.35	0.77	-0.41
\mathbf{x}_{10}	-1.22	-0.26	C_2	0.09	0.86	-0.76



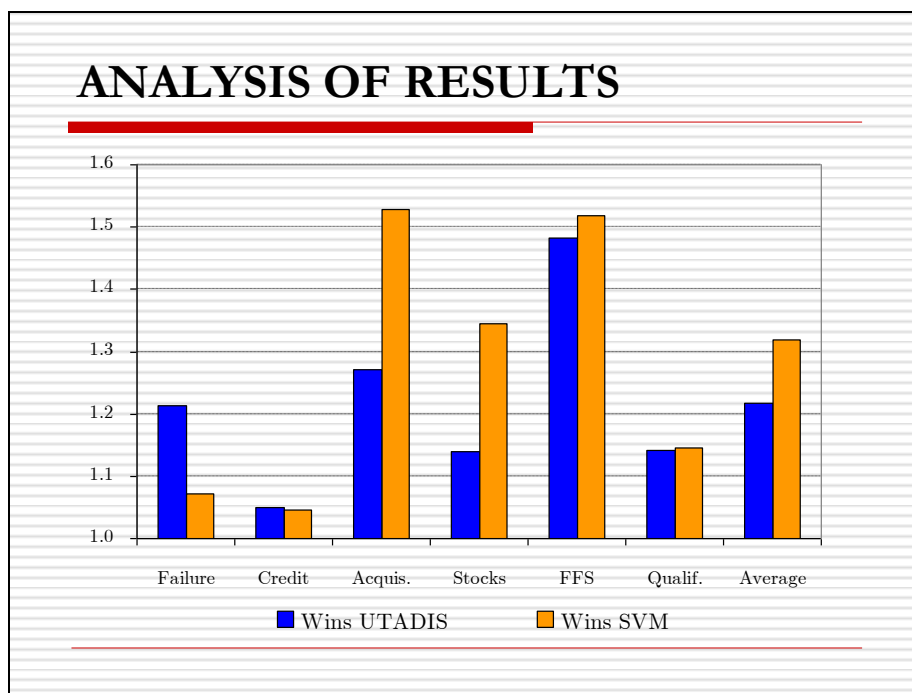
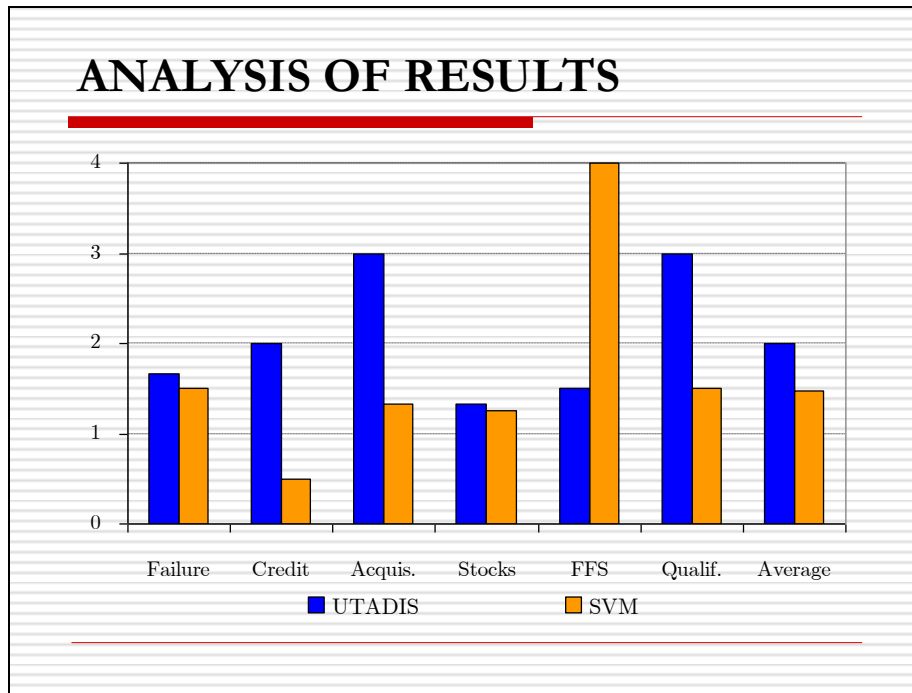
APPLICATIONS

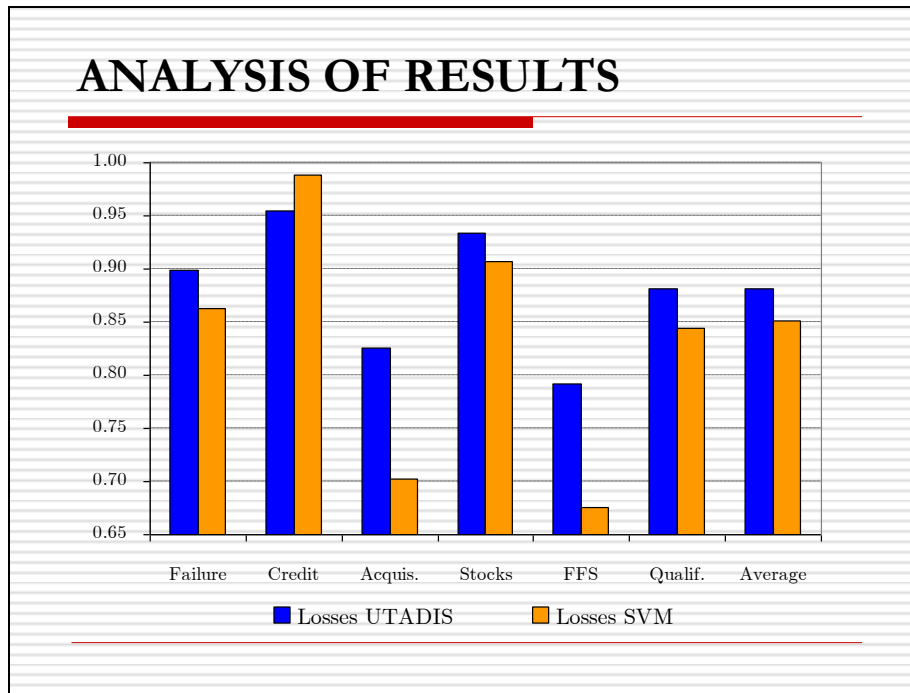
Case	Alternatives	Criteria	Classes
Business failure	144	9	Failed / Non-failed firms
Credit risk	200	11	High-risk / Low-risk firms
Corporate acquisitions	96	9	Acquired / Non-acquired firms
Stock evaluation	243	5	Low-return / High-return stocks
Falsified financial statements	76	10	FPS / Non-FPS firms
Qualified audit reports	100	10	Qualified / Clean firms

- ✓ Cross validation
- ✓ Comparisons:
 - The UTADIS method
 - k -Nearest neighbors (k -NN)
 - Probabilistic Neural Networks (PNN)
 - Support Vector Machines (SVM)

SUMMARY OF RESULTS

Case	PAIRCLAS	UTADIS	k -NN	PNN	SVM
Business failure	81.9	77.8	81.3	81.9	83.3
Credit risk	97.1	96.7	92.6**	91.4*	96.8
Corporate acquisitions	57.1	49.9	52.2	49.9	52.3
Stock evaluation	68.9	66.5	56.1*	54.7**	62.0
Falsified financial statements	89.9	87.7	86.0	82.9	82.5
Qualified audit reports	80.0	76.0	79.0	82.0	80.0
Average	79.2	75.8**	74.5**	73.8*	76.1***





CONCLUSIONS

- ✓ Development of a multicriteria classification framework based on pairwise comparisons
- ✓ Linear programming techniques for the estimation of a preference model for classification
- ✓ Encouraging preliminary comparative results
- ✓ Future research
 - Consideration of other preference modeling paradigms to consider the incomparability relation
 - Performance analysis in multi-class problems

Evolutionary approaches for the development of outranking relations models in classification problems

P. Delias¹, E. Siskos², J. Psarras²

¹ TEI Piraeus

² National Technical University of Athens



3^ο Workshop – Robust MCDA

Athens, September 26-27, 2013

Multicriteria Classification Problems

- Data and objective
 - A set of n alternatives x_1, x_2, \dots, x_n
 - A set of m criteria x_1, x_2, \dots, x_m
 - A set of b predefined groups $C_1 \succ C_2 \succ \dots \succ C_b$
 - Develop a decision model to assign the alternatives into the groups
- Models and methods
 - Value function models (UTADIS)
 - Outranking models (ELECTRE TRI, PROAFTN)
 - Rule-based models (dominance-based rough sets approach)

Outranking Methods

- Main characteristics
 - Very popular among MCDA researchers
 - Non-compensatory models that enable the consideration of veto conditions
 - Modeling of incomparability relation
- Main limitation
 - Too many preferential data are required from the decision-maker

Preference Disaggregation in Outranking Methods

- Estimation of preferential information from assignment examples
- The optimal parameters of the model are identified so that the model is as consistent as possible with the assignment examples
- The non-linearities of outranking models complicate the optimization process

Previous Research

Authors	Method	Methodology
Mousseau and Slowinski (1998)	ELECTRE TRI	NLP no veto pess. assign.
Doumpos and Zopounidis (2002)	ELECTRE TRI	LP pess. assign.
Dias et al. (2002)	ELECTRE TRI	LP weight estimation pess. assign.
Ngo The and Mousseau (2002)	ELECTRE TRI	LP category limits pess. assign.
Dias and Mousseau (2006)	ELECTRE TRI	LP veto thresholds pess. assign.
Goletsis et al. (2004)	Outranking model similar to ELECTRE TRI	Genetic algorithm
Belacel et al. (2007)	PROAFTN	Reduced variable neighborhood search

Evolutionary Methods

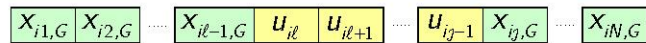
- Enable the simultaneous estimation of all the parameters under both the optimistic and pessimistic procedures
- Can be used to handle large data sets of assignment examples
- Do not restrict the optimization criterion
- Methods tested
 - Differential Evolution (DE, Storn & Price, 1997)
 - Particle swarm optimization (PSO, Kennedy & Eberhart, 1995)

Differential Evolution

- Mutation (DE/rand-to-best/1 scheme)
 - For each solution vector $\mathbf{x}_{i,G} \in \mathbb{R}^N$ of a generation G , a mutant solution is generated:

$$\mathbf{u}_i = \mathbf{x}_{i,G} + F(\mathbf{x}_{\text{best},G} - \mathbf{x}_{i,G}) + F(\mathbf{x}_{h,G} - \mathbf{x}_{s,G})$$

- Crossover (exponential)
 - Select a random index $\ell \in \{1, \dots, N\}$ of the solution vector
 - Define random numbers $\beta_{\ell+1}, \dots, \beta_N \sim U[0, 1]$ and let j be the first index such that $\beta_j > CR$
 - Crossover solution \mathbf{c}_i :



- Selection (maximization of a fitness function f)

$$\mathbf{x}_{i,G+1} = \begin{cases} \mathbf{c}_i & \text{if } f(\mathbf{c}_i) > f(\mathbf{x}_{i,G}) \\ \mathbf{x}_{i,G} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Particle Swarm Optimization

- Solutions are represented as particles, whose position \mathbf{x} and velocity \mathbf{v} define the search
- Memory updating

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{i,\text{best}} &\leftarrow \mathbf{x}_i, & \text{if } f(\mathbf{x}_i) > f(\mathbf{x}_{i,\text{best}}) \\ \mathbf{x}^* &\leftarrow \mathbf{x}_i, & \text{if } f(\mathbf{x}_i) > f(\mathbf{x}^*) \end{aligned}$$

- Velocity updating

$$\mathbf{v}_i \leftarrow \beta \mathbf{v}_i + \gamma \mathbf{s}_1 \circ (\mathbf{x}_{i,\text{best}} - \mathbf{x}_i) + \delta \mathbf{s}_2 \circ (\mathbf{x}^* - \mathbf{x}_i)$$

$$\text{where } \beta = \beta_{\text{max}} - \frac{\beta_{\text{max}} - \beta_{\text{min}}}{G_{\text{max}}} G$$

- Solution updating

$$\mathbf{x}_i \leftarrow \mathbf{x}_i + \mathbf{v}_i$$

The ELECTRE TRI Method

- Preferential data
 - Criteria weights $w_1, \dots, w_m \geq 0, w_1 + \dots + w_m = 1$
 - Criteria preference, indifference, veto thresholds
 $v_j \geq p_j \geq q_j \geq 0$
 - $b - 1$ category limits $\mathbf{r}_k = (r_{k1}, r_{k2}, \dots, r_{kn})$
- Credibility indices $\sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}_k), \sigma(\mathbf{r}_k, \mathbf{x}_i) \in [0, 1]$ to assess the outranking relations $\mathbf{x}_i S \mathbf{r}_k$ and $\mathbf{r}_k S \mathbf{x}_i$, i.e.,

$$\mathbf{x}_i S \mathbf{r}_k \Leftrightarrow \sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}_k) \geq \lambda, \quad \lambda \in (0.5, 1)$$

- **Concordance/Discordance test:** Assess the strength of the arguments in support of (against) $\mathbf{x}_i S \mathbf{r}_k$ (and $\mathbf{r}_k S \mathbf{x}_i$)
- Pessimistic and optimistic assignments
 - Pessimistic: $\mathbf{x}_i \rightarrow C_k, k=\text{lowest index such that } \mathbf{x}_i S \mathbf{r}_k$
 - Optimistic: $\mathbf{x}_i \rightarrow C_{k+1}, k=\text{largest index such that } \mathbf{r}_k \succ \mathbf{x}_i$

Solution Representation

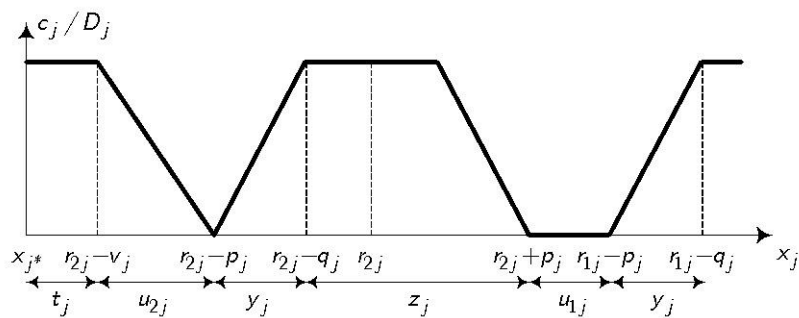
- Indirect representation of the thresholds in terms of decision variables $t_j, y_j, z_j, u_{kj} \geq 0$:

$$r_{kj} = x_{j*} + t_j + (u_{kj} + \dots + u_{b-1,j}) + \frac{2(b-k)-1}{2}(y_j + z_j)$$

$$v_j = r_{b-1,j} - x_{j*} - t_j$$

$$p_j = r_{b-1,j} - x_{j*} - t_j - u_{b-1,j}$$

$$q_j = r_{b-1,j} - x_{j*} - t_j - u_{b-1,j} - y_j$$



Solution Representation (*continued*)

- The non-negativity of t_j, y_j, z_j, u_{kj} ensures that:
 - ① $v_j \geq p_j \geq q_j$
 - ② $r_{kj} - p_j \geq r_{k+1,j} + p_j$
 - ③ $r_{b-1,j} - v_j \geq x_{j^*}$
- Additional constraints:
 - ① $z_j \geq y_j \implies q_j \geq 0$
 - ② $t_j + \sum_{k=1}^{b-1} u_{kj} + (b-1)(y_j + z_j) \leq x_j^* - x_{j^*} \implies r_{1j} + p_j \leq x_j^*$
- Overall, the solution vector has $(m+4)b+1$ variables:
 - ① m variables for the criteria weights w_j
 - ② $3m$ variables t_j, y_j, z_j
 - ③ $(b-1)m$ variables u_{kj}
 - ④ 1 variable for the cutoff point λ
 - ⑤ m binary variables e_j indicating whether a criterion j can pose veto ($e_j = 1$) or not ($e_j = 0$)

Initialization

Generation of a random population of feasible solutions

- $\lambda \sim U[0.6, 0.95]$
- Random weights uniformly distributed over the unit simplex
- Random generation of t_j, y_j, z_j, u_{kj}
 - ① $b+1$ random numbers are generated from $U(0, 1)$ and ranked such that $d_j^0 = 0 < d_j^1 < d_j^2 < \dots < d_j^{b+1} < 1 = d_j^{b+2}$
 - ② t_j, y_j, z_j, u_{kj} are then defined as follows:

$$u_{kj} = (d_j^k - d_j^{k-1})(x_j^* - x_{j^*})\alpha$$

$$t_j = (d_j^b - d_j^{b-1})(x_j^* - x_{j^*})\alpha$$

$$y_j = \frac{1}{b-1}(d_j^{b+1} - d_j^b)(x_j^* - x_{j^*})\alpha$$

$$z_j = \frac{1}{b-1}(d_j^{b+2} - d_j^{b+1})(x_j^* - x_{j^*})\alpha$$

With $\alpha \sim U[0, 1]$, these imply that:

$$t_j + \sum_{k=1}^{b-1} u_{kj} + (b-1)(y_j + z_j) = (x_j^* - x_{j^*})\alpha \leq x_j^* - x_{j^*}$$

Repairing Infeasible Solutions

- Negative weights and e_j, λ out of bounds are repaired with the average of the parent solution and the violated bound
- Normalization of the weights to ensure that $w_1 + \dots + w_m = 1$
- For t, y, z, u :
 - ① Negative values are replaced with the parent solution
 - ② The values of z_j, y_j are interchanged whenever $z_j < y_j$
 - ③ If

$$t_j + \sum_{k=1}^{b-1} u_{kj} + (b-1)(y_j + z_j) \leq x_j^* - x_{j*}$$

is violated for some j by $L_j > 0$, then t_j, y_j, z_j, u_{kj} are all reduced proportionally

Fitness Function

- The use of EAs and metaheuristics enable the consideration any possible fitness function
- To measure whether the proposed algorithms are capable of finding optimal solutions, we use the classification accuracy:

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{Number of alternatives classified correctly}}{\text{Number of alternatives evaluated}}$$

- We also use the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) with the scores
 - Pessimistic: $\sigma(\mathbf{x}, \mathbf{r}_k)$
 - Optimistic: $\max\{\sigma(\mathbf{x}, \mathbf{r}_k) - \lambda, 0\} + \max\{\lambda - \sigma(\mathbf{r}_k, \mathbf{x}), 0\}$
- Fitness function:

$$\frac{\text{Accuracy} + \text{AUC}}{2} \in [0, 1]$$

- Alternate fitness functions: MSE, MAE, etc.

Experimental Analysis

- Uniformly distributed data in $[0, 100]$
- Number criteria: 5
- Number of groups: 2, 3, 4
- Profiles and thresholds

Groups	r	q	p	v
2	50			
3	30, 70	5	10	20
4	25, 50, 75			

- Random weights and λ , both from the uniform distribution
- 500 assignment examples are used for training and 500 examples for testing (with equal group sizes)

Algorithms' Settings

- Differential evolution
 - 1 Number of generations: 200
 - 2 Population size: 200
 - 3 Mutation constant: $F = 0.6$
 - 4 Crossover probability: $CR = 0.6$
- Particle swarm optimization
 - 1 Number of generations: 1000
 - 2 Population size: 20
 - 3 Velocity parameters: $\beta_{\max} = 0.9, \beta_{\min} = 0.01, \gamma = \delta = 2$

Results

			Accuracy (%)		AUC (%)		Parameters MAE						
			Training	Testing	Training	Testing	w	r	p	q	v	Veto hit rate	λ
DE	Groups	2	99.93	98.82	99.99	99.66	8.42%	7.049	8.689	5.392	10.481	0.730	0.086
		3	99.78	97.92	99.97	99.69	8.44%	6.113	3.876	2.734	5.853	0.780	0.073
		4	99.55	97.07	99.98	99.82	7.00%	5.934	4.261	2.424	4.875	0.800	0.065
	Assign.	Optim.	99.60	97.74	99.97	99.69	7.44%	5.787	4.638	2.922	6.588	0.753	0.075
		Pessim.	99.90	98.13	99.99	99.75	8.47%	6.943	6.580	4.112	7.552	0.787	0.074
Overall			99.75	97.94	99.98	99.72	7.95%	6.365	5.609	3.517	7.070	0.770	0.075
PSO	Groups	2	99.78	98.47	99.95	99.55	8.55%	7.268	7.164	4.610	10.274	0.690	0.068
		3	99.29	97.32	99.94	99.66	8.57%	7.322	4.020	2.962	4.103	0.730	0.068
		4	97.99	95.48	99.84	99.61	8.30%	8.769	3.997	2.688	4.646	0.780	0.062
	Assign.	Optim.	98.87	96.80	99.89	99.53	7.89%	7.152	5.043	3.445	6.489	0.717	0.067
		Pessim.	99.16	97.38	99.93	99.68	9.05%	8.421	5.077	3.395	6.193	0.750	0.064
Overall			99.02	97.09	99.91	99.61	8.47%	7.786	5.060	3.420	6.341	0.733	0.066

Results

			Accuracy (%)		AUC (%)		Parameters MAE							
			Training	Testing	Training	Testing	w	r	p	q	v	Veto hit rate	λ	
Opt.	DE	Groups 2	99.87	98.77	99.97	99.62	8.52%	6.004	6.940	4.144	9.683	0.720	0.096	
		3	99.64	97.66	99.96	99.65	7.60%	6.042	3.379	2.515	6.875	0.770	0.070	
		4	99.29	96.78	99.97	99.81	6.20%	5.316	3.596	2.107	3.207	0.770	0.060	
	Overall			99.60	97.74	99.97	99.69	7.44%	5.787	4.638	2.922	6.588	0.753	0.075
	SPO	Groups 2	99.79	98.26	99.95	99.40	7.79%	6.799	7.586	5.112	11.372	0.640	0.074	
3		99.26	97.25	99.93	99.65	8.02%	6.469	4.000	2.781	4.289	0.720	0.066		
4		97.56	94.89	99.78	99.55	7.86%	8.189	3.544	2.442	3.806	0.790	0.061		
Overall			98.87	96.80	99.89	99.53	7.89%	7.152	5.043	3.445	6.489	0.717	0.067	
Pess.	DE	Groups 2	99.98	98.86	100.00	99.70	8.32%	8.095	10.439	6.640	11.280	0.740	0.077	
		3	99.91	98.18	99.98	99.74	9.28%	6.183	4.373	2.954	4.832	0.790	0.076	
		4	99.81	97.36	99.98	99.82	7.80%	6.551	4.926	2.740	6.543	0.830	0.069	
	Overall			99.90	98.13	99.99	99.75	8.47%	6.943	6.580	4.112	7.552	0.787	0.074
	SPO	Groups 2	99.76	98.68	99.95	99.70	9.30%	7.737	6.742	4.108	9.177	0.740	0.061	
3		99.31	97.38	99.94	99.67	9.12%	8.175	4.040	3.143	3.916	0.740	0.069		
4		98.42	96.07	99.89	99.67	8.73%	9.349	4.450	2.934	5.486	0.770	0.063		
Overall			99.16	97.38	99.93	99.68	9.05%	8.421	5.077	3.395	6.193	0.750	0.064	

Conclusions

- Evolutionary algorithms seem promising for the elicitation of preferential information from assignment examples in outranking methods such as ELECTRE TRI
 - High consistency with the assignments of the reference alternatives
 - Good consistency with the true parameters of the models
 - Applicable to large data sets
- Future directions
 - Further tests using real-world data
 - Introduction of preferential constraints
 - Combination with existing LP-based approaches

Ένα Πολυκριτήριο Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων για την Αξιολόγηση Τραπεζικών Ιδρυμάτων

Μ. Δούμπος, Ν. Ματσατσίνης

Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Χανιά



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



3^ο Workshop – Robust MCDA

Αθήνα, 26-27 Σεπτεμβρίου 2013

Αξιολόγηση Τραπεζικών Ιδρυμάτων

- Έλλειψη επαρκών ιστορικών δεδομένων
- Εμπειρικά συστήματα βαθμονόμησης βάσει ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων
 - Χρηματοοικονομική ανάλυση
 - **CAMELS** (**C**apital, **A**ssets, **M**anagement, **E**arnings, **L**iquidity, **S**ensitivity to market risk)
- Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης
 - Πρόβλεψη πτώχευσης
 - Πρόβλεψη κεφαλαιακής επάρκειας
 - Εκτίμηση κινδύνου υποβάθμισης

Στόχοι

- Ανάπτυξη μεθοδολογίας αξιολόγησης για:
 - Τη βαθμονόμηση και ταξινόμηση (rating) των τραπεζών σε ομοιογενείς κατηγορίες
 - Τον προσδιορισμό ισχυρών σημείων και προβλημάτων
 - Την παροχή κατάλληλων πληροφοριών για την άσκηση εποπτικού ελέγχου
- Υλοποίηση σε ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων

Μορφές Αξιολόγησης & Αποτελέσματα

- Βαθμονόμηση και ταξινόμηση (rating) των τραπεζών σε ομοιογενείς κατηγορίες
 - Πέντε κατηγορίες κινδύνου (1=χαμηλός, 5=υψηλός κίνδυνος)
- Συγκριτική αξιολόγηση
 - Εντοπισμός των συγκριτικών πλεονεκτημάτων και κινδύνων που αντιμετωπίζει μια τράπεζα σε σχέση με άλλες
- Απόλυτη αξιολόγηση
 - Αξιολόγηση του κινδύνου κάθε τράπεζας σε απόλυτη βάση σε σχέση με ένα προκαθορισμένο σημείο αναφοράς
- Αποσύνθεση της αξιολόγησης στα επιμέρους κριτήρια
- Μελέτη της επίδρασης στα αποτελέσματα των δεδομένων και των παραμέτρων της αξιολόγησης

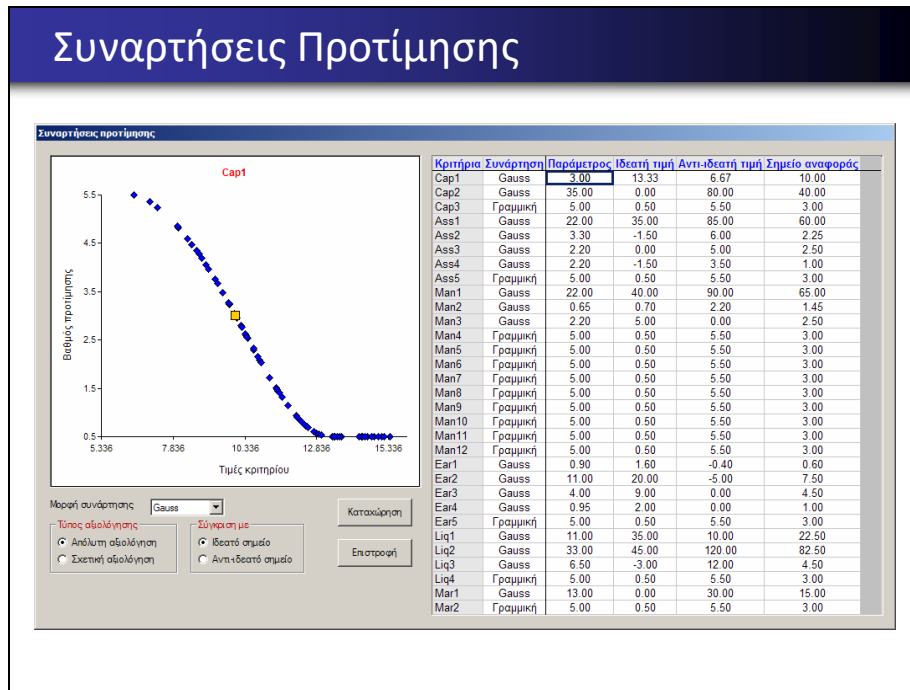
Κριτήρια Αξιολόγησης

- 31 συνολικά κριτήρια σε 6 κατηγορίες
- Χρηματοοικονομικές καταστάσεις
 - Δείκτης κεφαλαιακής επάρκειας
 - Κεφάλαιο TIER I & II
 - Κέρδη/Ενεργητικό
 - Έσοδα τόκων/Ενεργητικό
 - Χορηγήσεις/Καταθέσεις
 - Επισφαλείς χορηγήσεις/Σύνολο χορηγήσεων
- Στοιχεία ποιοτικής ανάλυσης
 - Διοίκηση (λειτουργικά έξοδα, εμπειρία managers, πληροφοριακά συστήματα διοίκησης)
 - Χρήση συστημάτων διαχείρισης κινδύνων
 - Ελεγκτικοί μηχανισμοί

Πολυκριτήριες Μεθοδολογίες

- Πολυκριτήριες μεθοδολογίες
 - Συνάρτηση αξιών (προσθετικός μέσος όρος)
 - Μέθοδος PROMETHEE II
- Βάρη κριτηρίων
 - Άμεσος προσδιορισμός από τον αναλυτή
 - Εκτίμηση βάσει κατάταξης των κριτηρίων ως προς τη σημαντικότητά τους
 - Βάρη ROC (rank-order centroid) και RS (rank-sum)
 - Παραγοντική ανάλυση (Jenkins & Anderson, 2003, 2004)

Συναρτήσεις Προτίμησης



Ανάλυση Ευαισθησίας/Ευστάθειας

- **Ευστάθεια**
 - Διαστήματα στα οποία η διαβάθμιση των τραπεζών παραμένει αμετάβλητη
 - Προσδιορισμός ελάχιστων μεταβολών που οδηγούν σε μεταβολή της διαβάθμισης
- **Ευαισθησία**
 - Μεταβολές στη βαθμολογία των τραπεζών σε σχέση με τις παραμέτρους και τα δεδομένα της αξιολόγησης

Ευστάθεια Βαρών

Αξιολόγηση Promethee: Αποτελέσματα

Κατηγορίες	Κριτήρια	Βάρος	Κάτω όριο	Άνω όριο	Ευστάθεια
Capital risk	Cap1	54.26	61.64		2.73
	Cap2	18.41	25.91		
	Cap3	17.07	23.20		
	Σύνολο	28.86	31.02		
Asset risk	Ass1	7.49	12.97		
	Ass2	16.95	23.88		
	Ass3	17.00	23.52		
	Ass4	9.47	21.91		
	Ass5	21.86	37.39		
	Σύνολο	16.86	21.82		
Management risk	Man1	15.51	26.82		
	Man2	9.29	21.93		
	Man3	0.00	13.46		
	Man4	0.00	11.36		
	Man5	0.00	22.09		
	Man6	0.00	13.90		
	Man7	0.62	16.03		
	Man8	0.00	18.43		
	Man9	0.00	11.36		
	Man10	0.00	13.90		
	Man11	0.00	11.36		

Ευστάθεια βαρών

Αναλυτικό report Συγκριτική παρουσίαση Cap1

Βάρος: 40.0% Παράμ.: 6.45

Report Σύγκριση Εκτύπωση Επιστροφή

Ευαισθησία Βαρών

Αξιολόγηση Promethee: Αποτελέσματα

Τράπεζες	2001	2002	2003	2004	2005
	2.59	3.29	2.77	2.83	2.44
	2.06	2.27	1.97	1.87	2.16
	2.81	3.08	3.16	3.09	3.06
	2.89	2.75	2.52	2.72	3.15
	2.27	2.33	2.42	2.45	2.66
	2.12	2.68	2.80	3.13	2.91
	1.70	1.99	1.68	1.70	1.74
	1.41	1.62	1.76	1.70	2.04
	N/A	2.11	2.33	2.38	2.47
	3.06	3.58	3.42	3.68	3.48
	2.45	2.76	2.44	2.15	2.41
	2.41	2.60	2.40	2.38	2.18
	2.17	2.23	2.28	2.55	2.12
	N/A	2.36	2.24	2.45	3.58
	N/A	2.62	2.47	2.38	2.61
	2.32	2.32	2.14	2.31	2.19
	N/A	2.20	2.21	1.97	1.96
	N/A	2.55	2.30	2.34	1.95
Μέσος όρος	2.32	2.52	2.41	2.45	2.51
Σημείο αναφοράς			2.92		

Αποτελέσματα αξιολόγησης

Αναλυτικό report Συγκριτική παρουσίαση Cap1

Βάρος: 40.0% Παράμ.: 6.45

Report Σύγκριση Εκτύπωση Επιστροφή

Ευαισθησία & Ευστάθεια Παραμέτρων

Αξιολόγηση Promethee: Αποτελέσματα

Κατηγορίες	Κριτήρια	Τύπος	Παράμ.	Κ. όριο	Α. όριο	Ευστάθεια	Ευαισθησία
Capital risk	Cap1	Gauss	3.00	2.77	3.11	3.70	12.89
	Cap2	Gauss	35.00	29.45	38.62	10.35	5.05
	Cap3	Γραμμική	5.00	4.40	*	12.05	7.95
Asset risk	Ass1	Gauss	22.00	15.77	39.11	28.30	0.95
	Ass2	Gauss	3.30	1.97	3.83	15.95	3.85
	Ass3	Gauss	2.20	1.50	2.74	24.68	5.37
	Ass4	Gauss	2.20	1.56	*	29.05	1.65
	Ass5	Γραμμική	5.00	4.31	*	13.80	7.57
Management risk	Man1	Gauss	22.00	16.15	32.14	26.58	2.81
	Man2	Gauss	0.65	0.46	0.89	29.01	1.75
	Man3	Gauss	2.20	0.27	*	87.95	0.28
	Man4	Γραμμική	5.00	*	*	*	0.90
	Man5	Γραμμική	5.00	1.59	*	68.10	1.01
	Man6	Γραμμική	5.00	*	*	*	0.88
	Man7	Γραμμική	5.00	3.23	*	35.39	1.83
	Man8	Γραμμική	5.00	3.23	*	35.39	1.91
	Man9	Γραμμική	5.00	1.77	*	64.61	0.93
	Man10	Γραμμική	5.00	*	*	*	0.95
	Man11	Γραμμική	5.00	1.77	*	64.61	0.92
	Man12	Γραμμική	5.00	2.78	*	44.47	1.59
Financial risk	Fin1	Gauss	0.90	0.75	1.05	16.67	2.82

Ευαίσθητα παράμετρων: Cap1

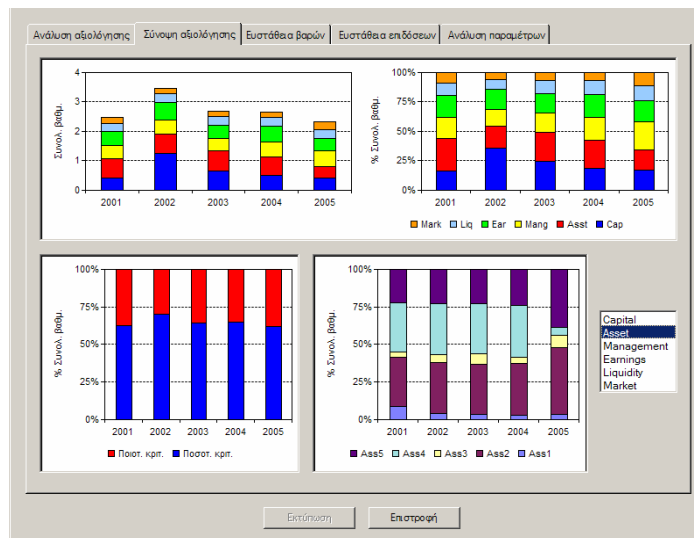
Αναλυτικό report: Συγκριτική παρουσίαση

Report Σύγκριση

Εκτύπωση Επιστροφή

Βάρος: 30.0% Παράμ.: 6.45

Ανάλυση της Αξιολόγησης ανά Τράπεζα



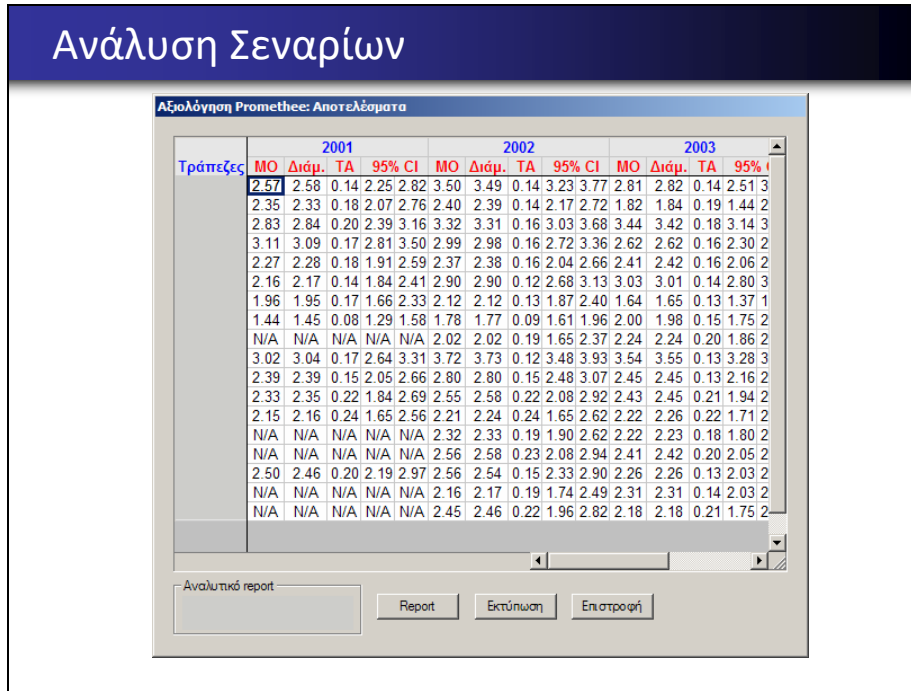
Ευστάθεια Επιδόσεων ανά Τράπεζα (ΣΜΟ)

Κατηγορίες	Κριτήρια	Επίδοση	Βαθμολογία	Κάτω όριο	Άνω όριο
Capital Risk	Cap1		0.91	11.99	*
	Cap2		1.04	*	20.96
	Cap3		3.00	*	3.34
Asset Risk	Ass1		3.04	*	67.27
	Ass2		5.50	*	*
	Ass3		0.65	*	1.12
	Ass4		5.50	*	*
	Ass5		2.50	*	2.84
Management Risk	Man1		1.29	*	57.52
	Man2		3.97	*	1.90
	Man3		4.51	*	*
	Man4		3.50	*	*
	Man5		3.00	*	*
	Man6		4.00	*	*
	Man7		3.00	*	4.37
	Man8		3.00	*	4.37
	Man9		2.00	*	4.74
	Man10		3.00	*	*
	Man11		2.00	*	4.74
	Man12		4.20	*	*
Earnings Risk	Ear1		2.33	0.66	*
	Ear2		2.83	6.77	*
	Ear3		4.29	*	*
	Ear4		3.39	0.40	*
	Ear5		4.00	*	4.68
Liquidity Risk	Liq1		4.13	16.24	*

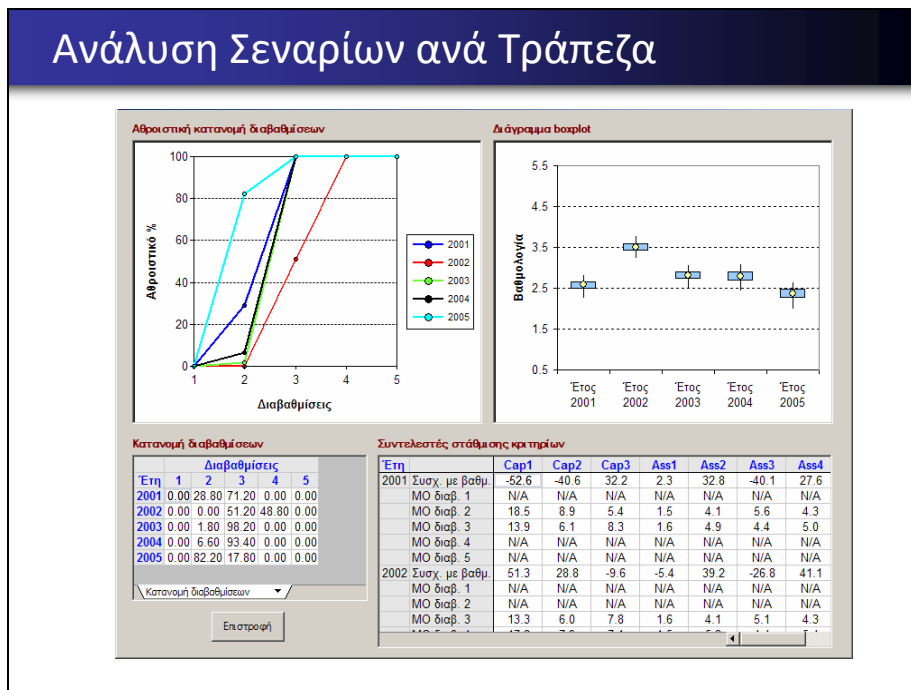
Ανάλυση Σεναρίων

- Διαμόρφωση σεναρίων για τα βάρη των κριτηρίων
 - Τυχαία σενάρια ή σενάρια με προκαθορισμένα χαρακτηριστικά
 - Μελέτη της ευαισθησίας και ευστάθειας των αποτελεσμάτων, συνολικά και ανά τράπεζα
 - Στατιστικά στοιχεία για τη βαθμολόγηση (μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις, διαστήματα εμπιστοσύνης)

Ανάλυση Σεναρίων



Ανάλυση Σεναρίων ανά Τράπεζα



Συμπεράσματα - Προοπτικές

- Έλλειψη ιστορικών δεδομένων για την ανάπτυξη μοντέλων πιστωτικού κινδύνου για χρηματοπιστωτικά ιδρύματα
- Πολυκριτήριες διαδικασίες
 - Συγκριτική και απόλυτη αξιολόγηση
 - Μελέτη των παραμέτρων (ευαισθησία, ευστάθεια, ανάλυση σεναρίων)
 - Ανάλυση αποτελεσμάτων ανά τράπεζα
- Ανάπτυξη πολυκριτηρίου συστήματος
 - Φιλικό περιβάλλον εργασίας
 - Παραμετροποίηση από τον χρήστη
 - Δυνατότητες διαχείρισης βάσεων δεδομένων
 - Διαχρονική παρακολούθηση αποτελεσμάτων
- Μελλοντικές προοπτικές
 - Ανάπτυξη συστήματος «έγκαιρης προειδοποίησης»
 - Ενσωμάτωση μακροοικονομικών πληροφοριών
 - Προσαρμογή σε συνεταιριστικές τράπεζες

Outranking multicriteria models for credit rating

G. Mavrotas, P. Xidonas, J. Psarras
National Technical University of Athens



3^ο Workshop – Robust MCDA

Athens, September 26-27, 2013

Credit Rating

- Credit risk
 - The risk that a client (firm or individual) will not be able to meet his/her debt obligations towards the creditors
- Objective
 - Estimate the expected loss $E(L)$ for a given period from granting credit to a customer:

$$E(L) = PD \times EAD \times LGD$$

PD = Probability of default

EAD = Exposure at default

LGD = Loss given default (% of EAD)

- Credit rating models
 - Models that evaluate the creditworthiness of a client, estimate the probabilities of default and classify the clients into risk groups

Development of Credit Rating Models

- Statistical/data mining perspective
 - Dependent variable specified based on an *objective* definition of default
 - Fit a model to some data on defaults, so that the model's predictive ability is maximized
- Preference modeling aspects (multicriteria perspective)
 - Ordinal risk grades
 - The risk attributes are usually assumed to be monotonically related to the probability of default (*criteria*)
 - Credit analysts often expect (or would like) the model to have specific characteristics
 - ▶ Credit analysts also act as decision-makers trying to calibrate the rating model, to ensure that it makes sense from a business perspective

Multicriteria Approaches in Credit Rating

- Value-function methods

$$V(\mathbf{x}_i) = v_1(x_{i1}) + v_2(x_{i2}) + \dots + v_n(x_{in})$$

- Very popular form of rating systems
- Easy to use and interpret
- Compensatory models
- Outranking methods
 - Non-compensatory models
 - Introduction of veto and incomparability
 - Difficult model fitting
- Decision rules
 - Most general form of model
 - Easy to use and interpret
 - Difficulty in defining a "credit score" and the associated probability of default

The ELECTRE TRI Method

- Default and non-default cases are separated by reference profiles (group boundaries) on each credit rating criterion (independent variable)

$$\mathbf{r} = (r_1, r_2, \dots, r_n)$$

- Group assignments are based on the outranking relations

$\mathbf{x}_i \mathbf{S} \mathbf{r} \iff$ "firm \mathbf{x}_i is at least as good as profile \mathbf{r} "

$\mathbf{r} \mathbf{S} \mathbf{x}_i \iff$ "profile \mathbf{r} is at least as good as firm \mathbf{x}_i "

- Two-stage process
 - Construction of the outranking relation
 - Exploitation procedure for decision-making

Construction of the Outranking Relation

- Concordance test ($\mathbf{x}_i \mathbf{S} \mathbf{r}$)
 - Partial concordance index

$$c_j(x_{ij}, r_j) = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{ij} \leq r_j - p_j \\ (0, 1) & \text{if } r_j - p_j < x_{ij} < r_j - q_j \\ 1 & \text{if } x_{ij} \geq r_j - q_j \end{cases}$$

- Overall concordance index C : Weighted average of partial indices
- Discordance test ($\mathbf{x}_i \mathbf{S} \mathbf{r}$)
 - Discordance index $D_j(x_{ij}, r_j) \in [0, 1]$

$$D_j(x_{ij}, r_j) = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{ij} \geq r_j - p_j \\ (0, 1) & \text{if } r_j - v_j < x_{ij} < r_j - p_j \\ 1 & \text{if } x_{ij} \leq r_j - v_j \end{cases}$$

- Credibility index $\sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}) \in [0, 1]$
 - Multiplicative function of C and D_1, \dots, D_n
 - $\mathbf{x}_i \mathbf{S} \mathbf{r} \iff \sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}) \geq \lambda$

Assignment Rules

- Optimistic assignment

$$\mathbf{x}_i \in \text{Default} \iff (\mathbf{r} S \mathbf{x}_i) \wedge (\mathbf{x}_i \neg S \mathbf{r})$$

Otherwise $\mathbf{x}_i \in \text{Non-default}$

- Pessimistic assignment

$$\mathbf{x}_i \in \text{Non-default} \iff \mathbf{x}_i S \mathbf{r}$$

Otherwise $\mathbf{x}_i \in \text{Default}$

- Differences due to incomparability: $(\mathbf{x}_i \neg S \mathbf{r}) \wedge (\mathbf{r} \neg S \mathbf{x}_i)$
 - Optimistic assignment: $\mathbf{x}_i \in \text{Non-default}$
 - Pessimistic assignment: $\mathbf{x}_i \in \text{Default}$

Evolutionary Optimization

- ELECTRE TRI parameters
 - Reference profiles
 - Criteria weights
 - Preference, indifference, and veto thresholds
 - Cut-off limit λ
- Evolutionary optimization
 - Differential evolution algorithm
 - Powerful method for real-valued optimization problems
 - Simultaneous optimization of all the parameters of an ELECTRE TRI model
 - Flexibility in the definition of the objective function

Doumpos, M., Marinakis, Y., Marinaki, M., and Zopounidis, C. (2009), *European Journal of Operational Research*, 199(2), 496–505.

Solution Vector

- Criteria weights

$$w_1, w_2, \dots, w_n \geq 0, \quad w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$$

- Indirect representation of preference, indifference, and veto thresholds, as well as the profiles

$$v_j \geq p_j \geq q_j \geq 0$$

$$r_j - v_j \geq \min\{x_j\}, \quad r_j + p_j \leq \max\{x_j\}$$

- Cut-off limit: $0.5 < \lambda < 1$
- Binary vector (e_1, \dots, e_n) indicating the veto status of the criteria

$$e_j = 1 \iff \text{criterion } j \text{ has veto power}$$

Fitness Function

$$f = (\text{ACA} + \text{AUC}) / 2$$

- Average classification accuracy (ACA): The average of the accuracy rates for the two groups of firms
- Area under the receiver operating characteristic curve (AUC)

- A "credit score" is associated to each firm, such that

$$s(\mathbf{x}_i) \geq s(\mathbf{x}_j) \implies PD(\mathbf{x}_i) \leq PD(\mathbf{x}_j)$$

- AUC is the probability that a non-defaulted firm receives a "score" higher than a defaulted firm

- Pessimistic score: $s(\mathbf{x}_i) = \sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}) - \lambda$

$$\triangleright s(\mathbf{x}_i) > 0 \implies \mathbf{x}_i \in \text{Non-default}$$

- Optimistic:

$$s(\mathbf{x}_i) = \begin{cases} \sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}) - \lambda & \text{if } \sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}) > \lambda \wedge \sigma(\mathbf{r}, \mathbf{x}_i) \geq \lambda \\ \lambda - \sigma(\mathbf{r}, \mathbf{x}_i) & \text{if } \sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}) \leq \lambda \wedge \sigma(\mathbf{r}, \mathbf{x}_i) < \lambda \\ \sigma(\mathbf{x}_i, \mathbf{r}) - \sigma(\mathbf{r}, \mathbf{x}_i) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\triangleright s(\mathbf{x}_i) < 0 \implies \mathbf{x}_i \in \text{Default}$$

Evolutionary Operators

- **Inputs:** A solution vector \mathbf{g}_j^G of a generation G , and the best solution of the generation ($\mathbf{g}_{\text{best}}^G$)
- **Mutation** (mutation constant $0 < m_c < 1$): Select random solutions $\mathbf{g}_{h_1}^G, \mathbf{g}_{h_2}^G$ ($h_1 \neq h_2$) to form the mutant solution:

$$\mathbf{g}_j^{\text{mut}} = \mathbf{g}_j^G + m_c(\mathbf{g}_{\text{best}}^G - \mathbf{g}_j^G) + m_c(\mathbf{g}_{h_1}^G - \mathbf{g}_{h_2}^G)$$

- **Crossover** (crossover probability CR): Combine the parent (\mathbf{g}_j^G) with the mutant ($\mathbf{g}_j^{\text{mut}}$)



- **Selection:** Keep \mathbf{g}_j^G in the next generation, unless \mathbf{g}_j^{cr} is better:

$$f(\mathbf{g}_j^{\text{cr}}) > f(\mathbf{g}_j^G) \rightarrow \mathbf{g}_j^{G+1} \leftarrow \mathbf{g}_j^{\text{cr}}$$

Application Data

	Year	Non-default	Default	Total
Reference set	1998	6 211	165	6 376
	1999	6 805	216	7 021
	2000	7 440	193	7 633
Subtotal		20 456	574	21 030
Holdout sample	2001	7 776	166	7 942
	2002	7 920	142	8 062
	2003	7 651	128	7 779
Subtotal		23 347	436	23 783
Total		43 803	1 010	44 813

Sales & assets \geq €10 000; financial data available within a time-frame of three years prior to the observation year

Evaluation Criteria

ROA	Return on assets
L/A	Total liabilities / Total assets
IE/S	Interest expenses / Sales
RT	Receivables turnover
STLT	Short term liabilities turnover
IT	Inventory turnover
S/STL	Sales / Short term liabilities
CR	Current ratio
ln(S)	ln(Sales)
D/S	Value of default events over the last 3 years / Most recent sales

Classification Results

	ND	D	ACA	AUC	Pes. ≠ Opt.
Optimistic	83.78	70.87	77.32	84.56	18 511
Pessimistic	83.67	70.18	76.93	84.47	2 933
Pes. & Opt.	83.28	69.95	76.62	84.35	1
Log. regression	85.50	63.30	74.40	82.63	—
SVM	83.24	65.60	74.42	81.91	—
UTADIS	81.23	69.72	75.48	83.03	—

$m_c = 0.6$, $CR = 0.6$, Generations: 200, Population size: 200

Analysis of the Condorcet Effect

		Opt.	Pes.	P & O
Original grouping	ND \succ D	56.3	58.2	45.3
	D \succ ND	9.9	4.2	1.7
	ND \sim D	22.9	36.3	52.7
	ND \succ D	10.9	1.3	0.2
Estimated assignments	ND \succ D	55.6	50.3	25.6
	D \succ ND	6.4	0.6	0.0
	ND \sim D	31.3	48.6	74.3
	ND \succ D	6.6	0.5	0.0
Correct assignments	ND \succ D	72.0	80.3	66.1
	D \succ ND	3.1	0.3	0.0
	ND \sim D	14.8	18.6	33.9
	ND \succ D	10.1	0.8	0.0

The Condorcet effect is stronger for the misclassified cases

Criteria Weights

	Optimistic	Pessimistic	Pes. & Opt.
ROA	16.16	16.82	27.94
L/A	6.82	12.46	15.18
IE/S	10.69	8.99	6.23
RT	7.05	12.38	7.75
STLT	2.05	1.60	0.04
IT	0.46	3.08	0.33
S/STL	6.18	1.94	1.37
CR	6.78	1.36	3.48
In(S)	12.73	7.68	9.10
D/S	31.08	33.68	28.58

Profiles

	Profiles			Information gain (%)		
	Opt.	Pes.	P & O	Opt.	Pes.	P & O
ROA	-0.05	0.12	0.26	1.91	2.56	0.66
L/A	0.91	0.47	0.61	1.90	0.70	1.54
IE/S	0.14	0.12	0.07	1.63	1.98	2.59
RT	396.23	275.38	267.63	1.04	1.49	1.42
STLT	163.84	454.08	205.53	1.43	0.44	1.20
IT	304.12	636.36	185.48	0.23	0.13	0.41
S/STL	5.56	5.62	5.44	0.49	0.47	0.55
CR	2.69	2.24	2.96	0.31	0.56	0.26
ln(S)	16.49	16.99	16.71	0.34	0.32	0.35
D/S	0.02	< 0.01	< 0.01	20.96	19.97	20.13

Veto Conditions

	Optimistic		Pessimistic		Pes. & Opt.	
	$D_j > C$	$D_j = 1$	$D_j > C$	$D_j = 1$	$D_j > C$	$D_j = 1$
STLT	11.7	10.3	-	-	-	-
S/STL	53.0	34.5	-	-	-	-
CR	87.8	86.8	-	-	-	-
ln(S)	50.7	29.8	-	-	-	-
D/S	1.8	1.8	1.7	1.0	2.1	1.2

About 35–50% of the cases where veto applies for the D/S ratio involve default observations

Conclusions and Future Research

- Outranking models seem to be a promising approach for credit rating
 - Good results
 - Rich information
 - ▶ Group limits
 - ▶ Veto conditions
 - ▶ Incomparability
 - ▶ Condorcet effect
 - Disaggregation approach with large data using evolutionary optimization
 - Future research
 - Alternative outranking models
 - Other evolutionary techniques and metaheuristics
 - Comparison with machine learning techniques
-

A multicriteria approach to bank rating

P. Xidonas¹, H. Doukas¹, M. Doumpos²

¹ National Technical University of Athens

² Technical University of Crete



3^ο Workshop – Robust MCDA

Athens, September 26-27, 2013

Bank Rating

- Bank rating systems are used by central banks
 - Formal, structured, and quantified assessments
 - Classification of the banks in risk groups
 - Identification of strengths and weaknesses
 - Design of policy measures
- Lack of adequate historical bank default data
- Early warning systems
 - Bankruptcy prediction
 - Prediction of capital adequacy
 - Estimation of downgrade probability
- Empirical systems based on quantitative & qualitative criteria
 - Financial analysis
 - CAMELS (**C**apital, **A**ssets, **M**anagement, **E**arnings, **L**iquidity, **S**ensitivity to market risk)

Sahajwala, R. and Van den Bergh, P. (2000), "Supervisory risk assessment and early warning systems", Bank of International Settlements, Working papers, no 4.

Requirements of the Case Study

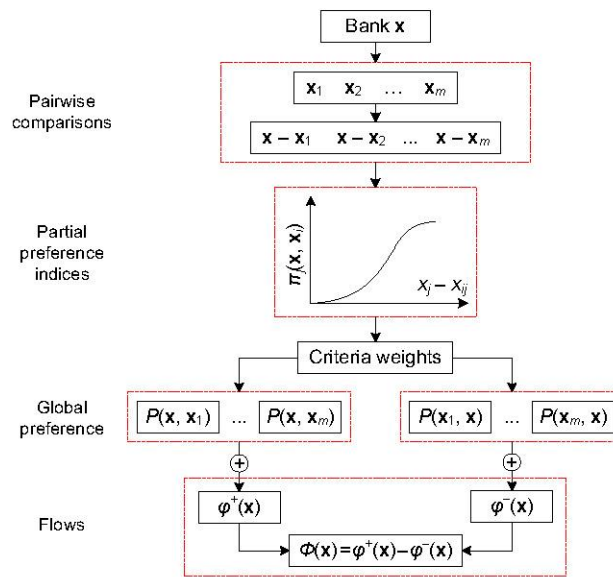
Development of a *supportive* decision making tool

- Bank evaluation and rating
 - Quantitative score corresponding to predefined risk grades
- Identification of strengths and weaknesses
 - Decomposition of the overall evaluation to partial results
- Detailed reporting
 - At the sector and individual level
- User-friendly implementation for senior and junior analysts
 - Simultaneous use by multiple users with different access rights

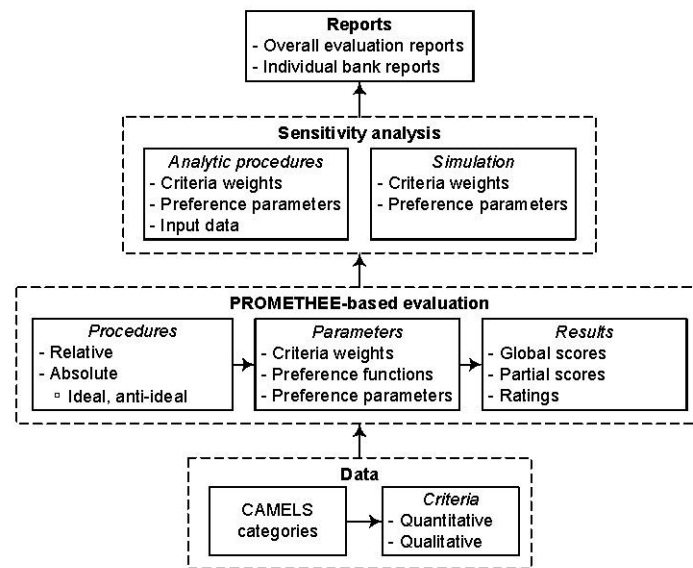
Bank Evaluation

- Relative evaluation
 - Identification of the strengths and weaknesses of a bank relative to the others
- Absolute evaluation
 - Comparison to a predefined reference point (ideal or anti-ideal)
- Rating in 5 risk groups (1=low risk, ..., 5=high risk)
- Overall and partial evaluation
- Impact of model's parameters
 - Sensitivity and scenario analysis

Multicriteria Methodology: PROMETHEE Method



Work-flow of the Methodology



Evaluation Criteria

- 31 criteria grouped in 6 categories
- Financial statements
 - Capital adequacy ratio
 - TIER I & II capital
 - Profits/Assets
 - Interest income/Assets
 - Loans/Deposits
 - Insecure loans/Total loans
- Qualitative criteria
 - Management (operating expenses, managers' experience, management information systems)
 - Risk management systems
 - Control procedures

Criteria Weights

Categories	Weight	ROC weights	RS weights
Capital	30	47.92	30.77
Assets	20	22.92	23.08
Management	15	10.42	15.38
Earnings	15	10.42	15.38
Liquidity	10	4.17	7.69
Market	10	4.17	7.69

- Rank-order centroid (ROC) weights: Centroid of the simplex defined by the ranking of the criteria
- Rank-sum (RS) weights: Order statistics of the uniform distribution

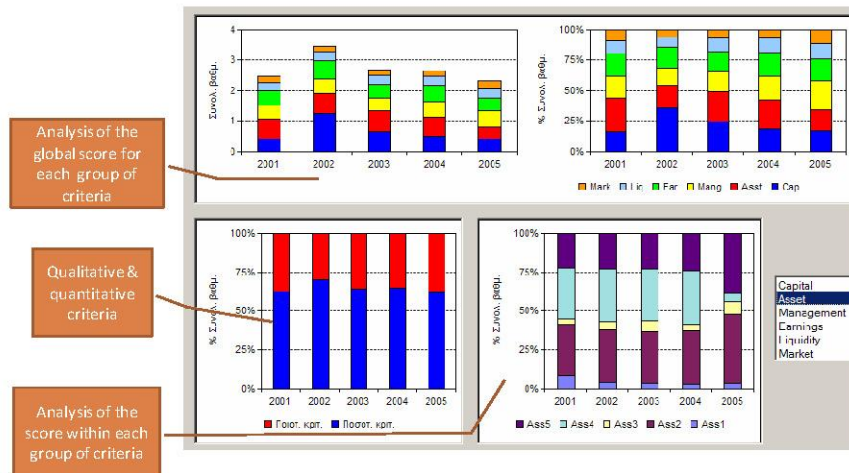
Preference Functions

Κριτήρια	Συνάρτηση	Παράμετρος	Ιδεατή τιμή	Αντι-ιδεατή τιμή	Σημείο αναφοράς
Cap1	Gauss	3.00	13.33	6.67	10.00
Cap2	Gauss	35.00	0.00	80.00	40.00
Cap3	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Ass1	Gauss	22.00	35.00	85.00	50.00
Ass2	Gauss	3.30	-1.50	6.00	2.25
Ass3	Gauss	2.20	0.00	5.00	2.50
Ass4	Gauss	2.20	-1.50	3.50	1.00
Ass5	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man1	Gauss	22.00	40.00	90.00	65.00
Man2	Gauss	0.65	0.70	2.20	1.45
Man3	Gauss	2.20	5.00	0.00	2.50
Man4	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man5	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man6	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man7	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man8	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man9	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man10	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man11	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Man12	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Eir1	Gauss	0.90	1.50	-0.40	0.00
Eir2	Gauss	-11.00	20.00	-5.00	7.50
Eir3	Gauss	4.00	9.00	0.00	4.50
Eir4	Gauss	0.95	2.00	0.00	1.00
Eir5	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Liq1	Gauss	-11.00	35.00	10.00	22.50
Liq2	Gauss	33.00	45.00	120.00	82.50
Liq3	Gauss	6.50	-3.00	12.00	4.50
Liq4	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00
Mar1	Gauss	-13.00	0.00	30.00	15.00
Mar2	Γραμμική	5.00	0.50	5.50	3.00

Evaluation Results

Τράπεζες	2001	2002	2003	2004	2005
2.87	3.29	2.77	2.83	2.44	
2.06	2.27	1.97	1.87	2.16	
2.81	3.08	3.16	3.09	3.06	
2.89	2.75	2.52	2.72	3.15	
2.27	2.33	2.42	2.45	2.66	
2.12	2.68	2.80	3.13	2.91	
1.70	1.99	1.68	1.70	1.74	
1.41	1.82	1.76	1.70	2.04	
N/A	2.11	2.33	2.38	2.47	
3.06	3.58	3.42	3.68	3.48	
2.45	2.76	2.44	2.15	2.41	
2.41	2.60	2.40	2.38	2.18	
2.17	2.23	2.28	2.55	2.12	
N/A	2.36	2.24	2.45	3.58	
N/A	2.62	2.47	2.38	2.61	
2.32	2.32	2.14	2.31	2.19	
N/A	2.20	2.21	1.97	1.96	
N/A	2.20	2.30	2.34	1.95	
2.32	2.52	2.41	2.45	2.51	
					2.92

Analysis of a Bank's Global Score



Analytic Procedures for Sensitivity Analysis

- Intervals of the parameters' values within which the ratings remain unchanged
 - Minimum changes that alter the ratings
 - Weights of the criteria
 - Parameters of the preference functions
 - Input data
- Analysis of the impact that the parameters have on the global scores of the banks
- Analysis for each bank and the complete set of banks

Sensitivity Analysis Results

Categories	Weight	2002	2003	2004	2005
Capital	30	[29.4, 31.8]	[25.3, 33.9]	[25.4, 34.8]	[29.9, 32]
Asset	20	[17.8, 23]	[4.2, 24.5]	[13.4, 34.2]	[0, 20.5]
Management	15	[12.2, 16]	[0.0, 23.1]	[0.9, 22.7]	[12.3, 15.4]
Earnings	15	[11.3, 15.7]	[13.4, 20.1]	[5.9, 21.2]	[13.7, 15.2]
Liquidity	10	[4.3, 11.6]	[8.9, 14.1]	[6.4, 14.4]	[8.4, 10.1]
Market risk	10	[8.3, 10.9]	[5.3, 11.9]	[4.2, 13.1]	[9.8, 11.4]

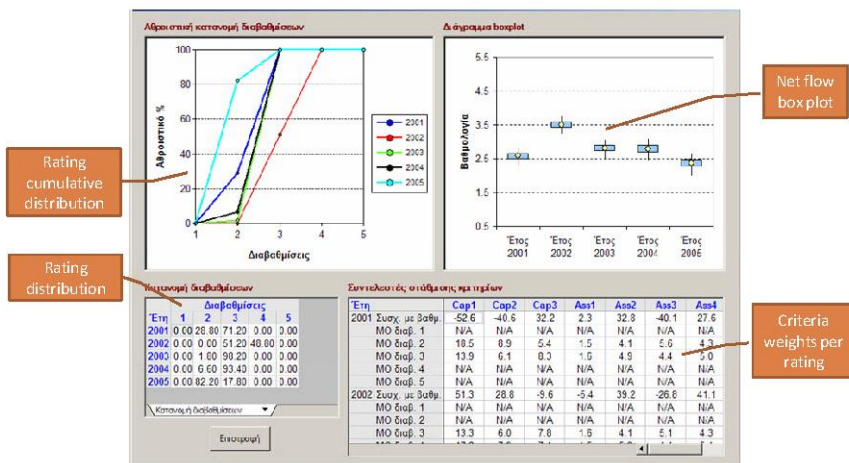
Scenario Analysis

- Scenarios for the criteria weights
 - Monte Carlo simulation
 - Random scenarios
 - Scenarios with pre-specified characteristics
- Statistics
 - Net flows (global scores)
 - ▶ Means, medians, standard deviations, confidence intervals
 - Distribution of ratings
- Analysis of ratings' stability and characteristics
 - Strengths and weaknesses

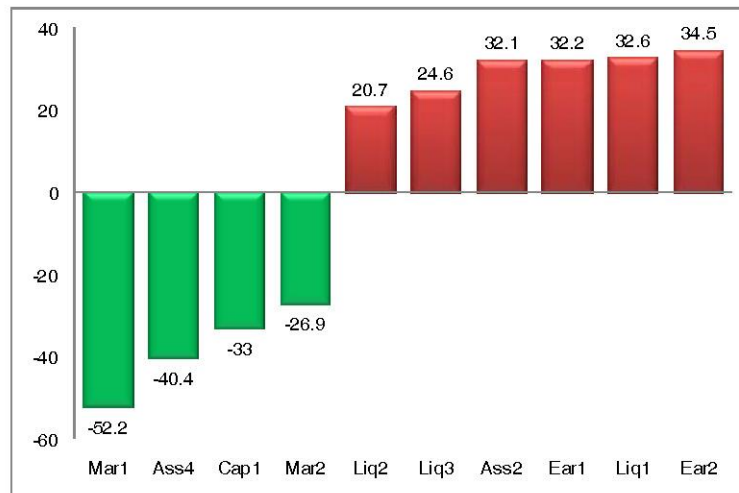
Scenario Analysis Results

Τράπεζες	2001				2002				2003						
	ΜΟ	Διάμ.	ΤΑ	95% CI	ΜΟ	Διάμ.	ΤΑ	95% CI	ΜΟ	Διάμ.	ΤΑ	95% CI			
Banks	2.57	2.58	0.14	2.25	2.82	3.50	3.49	0.14	3.23	3.77	2.81	2.82	0.14	2.51	3
Net flows statistics (Mean, median, std. dev., 95% cont. interval)	2.35	2.33	0.18	2.07	2.76	2.40	2.39	0.14	2.17	2.72	1.82	1.84	0.19	1.44	2
	2.83	2.84	0.20	2.39	3.16	3.32	3.31	0.16	3.03	3.68	3.44	3.42	0.18	3.14	3
	3.11	3.09	0.17	2.81	3.50	2.99	2.98	0.16	2.72	3.36	2.62	2.62	0.16	2.30	2
	2.27	2.28	0.18	1.91	2.59	2.37	2.38	0.16	2.04	2.66	2.41	2.42	0.16	2.06	2
	2.16	2.17	0.14	1.84	2.41	2.90	2.90	0.12	2.68	3.13	3.03	3.01	0.14	2.80	3
	1.96	1.95	0.17	1.66	2.33	2.12	2.12	0.13	1.87	2.40	1.64	1.65	0.13	1.37	1
	1.44	1.45	0.08	1.29	1.58	1.78	1.77	0.09	1.61	1.96	2.00	1.98	0.15	1.75	2
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.02	2.02	0.19	1.65	2.37	2.24	2.24	0.20	1.86	2
	3.02	3.04	0.17	2.64	3.31	3.72	3.73	0.12	3.48	3.93	3.54	3.55	0.13	3.28	3
	2.39	2.39	0.15	2.05	2.66	2.80	2.80	0.15	2.48	3.07	2.45	2.45	0.13	2.16	2
	2.33	2.35	0.22	1.84	2.69	2.55	2.58	0.22	2.08	2.92	2.43	2.45	0.21	1.94	2
	2.15	2.16	0.24	1.65	2.56	2.21	2.24	0.24	1.65	2.62	2.22	2.26	0.22	1.71	2
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.32	2.33	0.19	1.90	2.62	2.22	2.23	0.18	1.80	2
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.56	2.58	0.23	2.08	2.94	2.41	2.42	0.20	2.05	2
	2.50	2.46	0.20	2.19	2.97	2.56	2.54	0.15	2.33	2.90	2.26	2.26	0.13	2.03	2
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.16	2.17	0.19	1.74	2.49	2.31	2.31	0.14	2.03	2
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.45	2.46	0.22	1.96	2.82	2.18	2.18	0.21	1.75	2

Scenario Analysis Report



Criteria Weights' Correlations with Bank Performance



Conclusions & Future Research

- Supportive methodology for bank rating and monitoring
 - Relative and absolute evaluation
 - Decomposition into partial results
 - Sensitivity analysis and scenario simulation
- Implementation in a decision support system
 - User-friendly interface
 - Full parametrization by senior analysts
 - Reporting capabilities
- Future research
 - Implementation of stress testing scenarios
 - Introduction of exogenous economic variables
 - Development of early warning models
 - Efficiency analysis
 - Extension to cooperative banks

Learning non-monotone additive value functions for multicriteria decision making

M. Doumpos¹, Y. Siskos², H. Doukas³

¹ Technical University of Crete

² University of Piraeus

³ National Technical University of Athens



3^ο Workshop – Robust MCDA

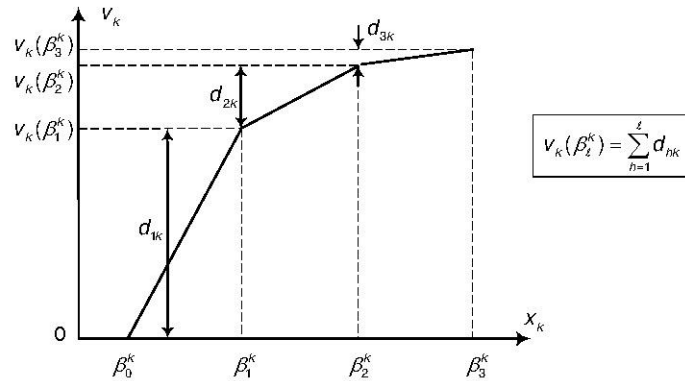
Athens, September 26-27, 2013

Value functions in MCDM

- Very popular framework in MCDM
- Well-grounded on axiomatic bases
- Different forms depending on criteria independence assumptions
 - *Additive*, multiplicative, multi-linear
- Many techniques to construct value function models
 - Direct techniques
 - *Indirect estimation (disaggregation analysis)*
- Applicable to different problematics
 - Choice, ranking, *classification*

Additive value functions in a disaggregation context

- Disaggregation analysis
 - Infer a decision model from a set of decision instances
- UTA methods (Jacquet-Lagrèze and Siskos, 1982)
 - General form, piece-wise linear additive value functions



Model construction in a classification setting

- Reference alternatives classified in ordered groups

$$C_1 \succ C_2 \succ \dots \succ C_N$$
- Classification rule

$$t_n < V(\mathbf{x}_j) < t_{n-1} \Rightarrow \mathbf{x}_j \in C_n, \quad n = 1, \dots, N$$

- Linear programming formulation (UTADIS method)

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{n=1}^N \frac{1}{M_n} \sum_{\mathbf{x}_j \in C_n} (\varepsilon_j^+ + \varepsilon_j^-) \\ \text{s.t.} \quad & V(\mathbf{x}_j) - t_n + \varepsilon_j^+ \geq \delta, & \forall \mathbf{x}_j \in C_n, n = 1, \dots, N-1 \\ & V(\mathbf{x}_j) - t_{n-1} - \varepsilon_j^- \leq -\delta, & \forall \mathbf{x}_j \in C_n, n = 2, \dots, N \\ & t_{n-1} - t_n \geq s, & \forall n = 2, \dots, N-1 \\ & \mathbf{e}^\top \mathbf{d} = 1 \\ & \mathbf{d}, \mathbf{t}, \varepsilon^+, \varepsilon^- \geq \mathbf{0} \end{aligned}$$

Non-monotone modeling

- Often decision attributes do not satisfy the monotonicity condition
 - Temperature of a work environment, cash position of a firm, ...
- Modeling non-monotone attributes
 - Introduction of monotone sub-criteria
 - The decision-maker should provide information on how these sub-criteria should be defined
- Disaggregation analysis techniques can be used to support the decision-maker towards this direction
 - Despotis & Zopounidis (1995): linear programming formulation for the UTA method
 - Limited non-monotone forms, additional information needed by the decision-maker

Non-monotone modeling

$$v_k(\beta_\ell^k) = \sum_{h=1}^{\ell} y_{hk} d_{hk} + \alpha_k$$

- Parameters
 - $y_{\ell k} \in \{-1, 1\}$ defines the monotonicity of $v_k(\cdot)$ in $[\beta_{\ell-1}^k, \beta_\ell^k]$
 - α_k is a constant used to ensure that $v_k(\cdot) \geq 0$
- Additional conditions to avoid “irregularities”
 - 1 Keep a monotone trend

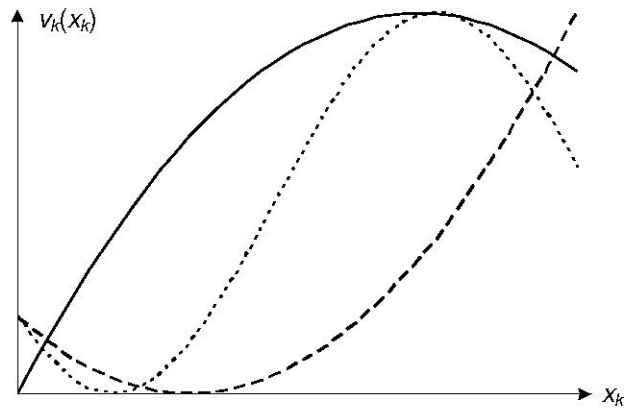
$$\arg \max_{\ell} v_k(\beta_\ell^k) > \arg \min_{\ell} v_k(\beta_\ell^k)$$

- 2 Restrict to convex, concave, and S-type functions

$$\sum_{h=2}^{\ell} |\operatorname{sgn}(y_{hk} - y_{h-1,k})| \leq 1, \quad \forall y_{\ell k} = 1$$

$$\sum_{h=2}^{\ell} |\operatorname{sgn}(y_{hk} - y_{h-1,k})| \leq 2, \quad \forall y_{\ell k} = -1$$

Non-monotone forms

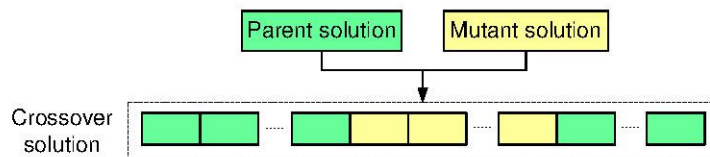


Model optimization

- Differential evolution algorithm (Price, Storn, and Lampinen, 2005)
 - Solution representation
 - ① A real-valued part for d_{hk} and the group limits
 - ② A binary part for the monotonicity parameters y_{hk}
 - Mutation (rand-to-best/1 scheme)

$$\mathbf{g}_i^{\text{mut}} = \mathbf{g}_i^G + m_c (\mathbf{g}_{\text{best}}^G - \mathbf{g}_i^G) + m_c (\mathbf{g}_h^G - \mathbf{g}_s^G)$$

- Exponential crossover



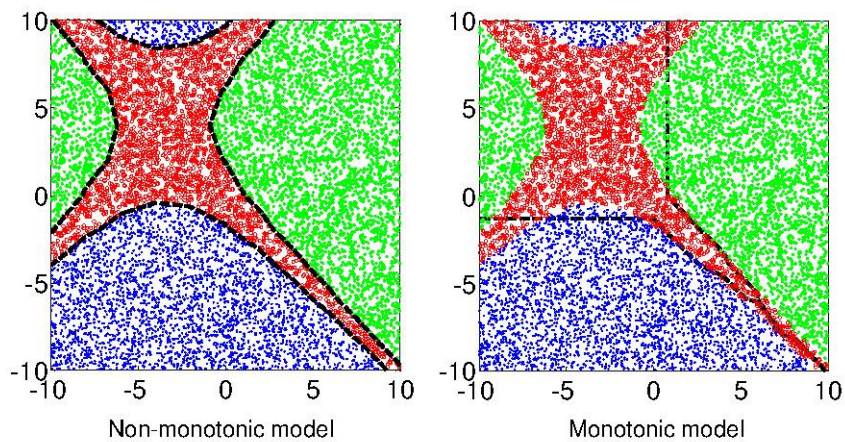
An illustrative example

- 10,000 two-dimensional alternatives from the uniform distribution in $[-10, 10]$
- Evaluation model

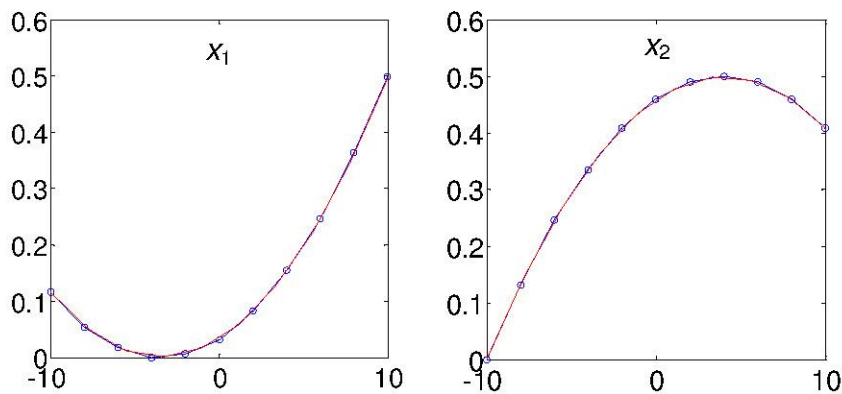
$$V(\mathbf{x}) = [0.002743(x_1 + 3.5)^2] + [-0.002551(x_2 - 4)^2 + 0.5]$$

- Classification rule
 - $\mathbf{x}_i \in C_1$ iff $V(\mathbf{x}_i) > 0.52$
 - $\mathbf{x}_i \in C_2$ iff $0.45 < V(\mathbf{x}_i) < 0.52$
 - $\mathbf{x}_i \in C_3$ iff $V(\mathbf{x}_i) < 0.45$

An illustrative example (*continued*)



An illustrative example (*continued*)



Application to credit rating

- 32,280 firm-year observations over the period 1998–2003 (Greek industrial firms)
- Two groups involving default and non-default cases
- Financial evaluation criteria

S	Sales
EQ/TA	Equity/Total assets
PBIT/TA	Profits before income & taxes/Total assets
S/STD	Sales/Short term debt
IE/S	Interest expenses/Sales
S/TA	Sales/Total assets
DEP/NFA	Depreciation/Net fixed assets
AR/S	Accounts receivable \times 360/Sales

- Data partitioning
 - Reference set (training data): The period 1998–2001 (19,934 non-defaulted cases and 1,012 cases in default)
 - Holdout data: The period 2002–2003 (11,013 non-defaulted cases and 321 cases in default).

Classification results (holdout sample)

	Accuracy	AUC
Non-monotone	70.05 (0.22)	79.97 (0.04)
Monotone	67.57	79.17

5 runs of the DE algorithm with 0.7 mutation constant, 0.6 crossover probability, population size=3 times the number of model's parameters (decision variables), 1 000 generations

Tradeoff constants

	Non-monotone	Monotone
S	20.13	34.39
EQ/TA	19.73	17.31
PBIT/TA	21.75	19.12
S/STD	12.11	7.71
IE/S	8.25	4.39
S/TA	8.48	9.41
DEP/NFA	4.71	3.65
AR/S	4.85	4.02

Analysis of non-monotone behavior

Measures

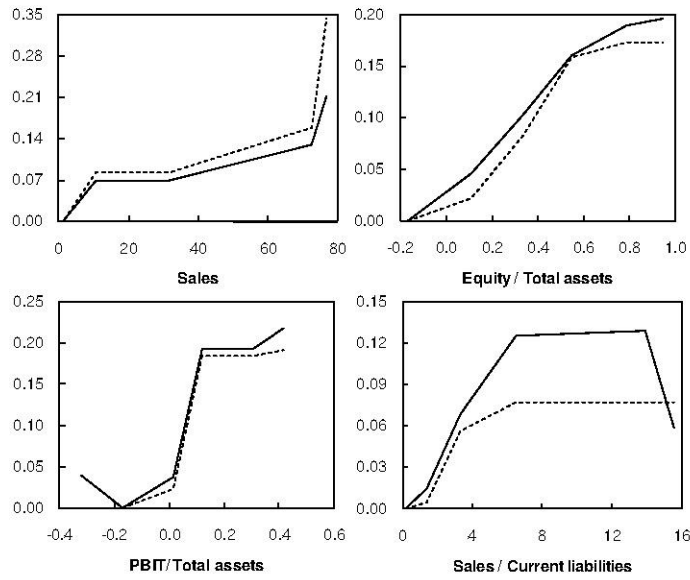
$$PR = B/C \quad RC = B/A$$

- A is the set of pairs $(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j)$, such that:
 - ① \mathbf{x}_i is from the default group, \mathbf{x}_j is from the non-default group
 - ② \mathbf{x}_i dominates \mathbf{x}_j in η criteria
- B is the set of pairs $(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j)$, such that:
 - ① \mathbf{x}_i dominates \mathbf{x}_j in η criteria
 - ② $V(\mathbf{x}_i) < V(\mathbf{x}_j)$
- $C \subset B$, such that:
 - ① \mathbf{x}_i is from the default group, \mathbf{x}_j is from the non-default group

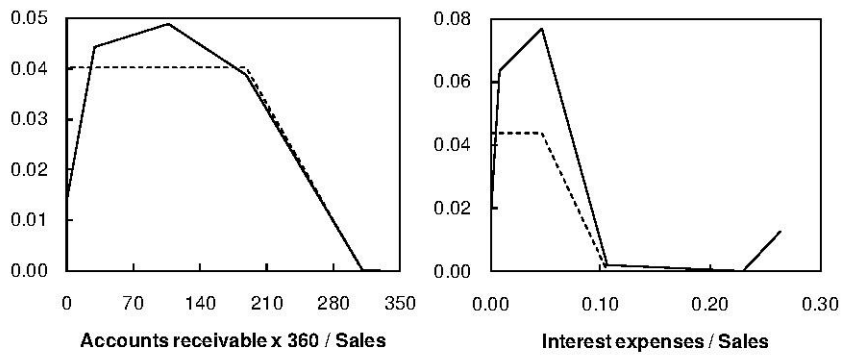
Analysis of non-monotone behavior

η	Non-monotone		Monotone	
	PR	RC	PR	RC
8	1.99%	0.69%	–	–
7	1.75%	7.30%	1.47%	4.15%
6	2.06%	19.83%	1.89%	14.76%
5	2.47%	35.66%	2.37%	30.73%

Marginal value functions



Marginal value functions



Conclusions & future research

- Extended disaggregation modeling approach, which enables the handling of non-monotone attributes
 - Evolutionary optimization for large reference sets
 - Applicable to choice, ranking, and classification settings
 - Future research
 - Further computational testing on artificial and real-world data
 - Extension to other decision modeling forms
 - Integration with recent advances in disaggregation analysis (e.g., robustness issues, handling of inconsistencies, interactive processes, etc.)
-



An extension of the MUSA method in the context of the theory of attractive quality

Evangelos Grigoroudis¹, Y. Politis², and Nikos Tsotsolas³

¹ *Technical University of Crete*

² *Hellenic Open University*

³ *TEI of Piraeus*



Co-financed by Greece and the European Union

Plan

- Introduction
- Background
 - Kano model
 - MUSA method
- Proposed approach
- Application
 - Survey details
 - Dual importance diagram
- Concluding remarks



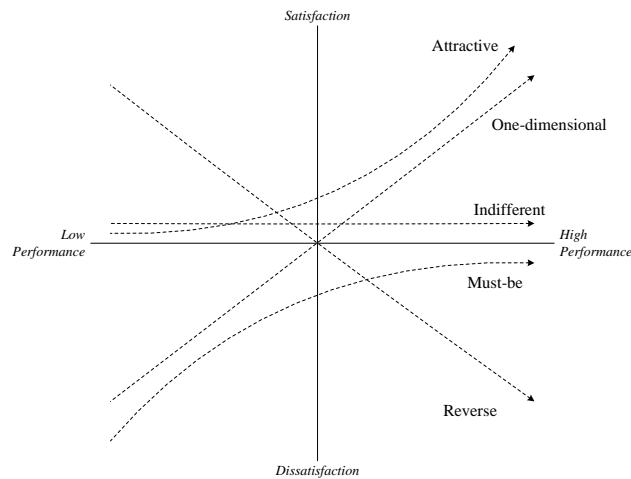
Introduction

- Different quality attributes:
 - Fulfilling product/service requirements does not necessarily imply a high level of customer satisfaction (or the opposite)
 - Customer satisfaction (or dissatisfaction) is not proportional to their performance
 - Customers communicate different levels of importance in their explicit judgments of importance
- Theory of attractive quality: the importance of a quality attribute is not constant, but it is affected by the category in which this attribute is assigned, as well as its performance level
- Main aim of the study: methodological approach in order to define different quality levels and classify customer requirements based on the Kano's model

Kano model

- Origin: Herzberg's Dual Factor Theory
- Different quality dimensions:
 - Must-be quality
 - One-dimensional quality
 - Attractive quality
 - (Indifferent quality)
 - (Reverse quality)
- Different approaches for classifying quality attributes

The Kano diagram



MUSA method (1)

- Customer's global satisfaction is based on a set of criteria representing service characteristic dimensions
- The main object of the MUSA method is the aggregation of individual judgments into a collective value function
- The method is an ordinal regression-based approach used for the assessment of a set of collective value (satisfaction) functions in such a way that the global value (satisfaction) criterion becomes as consistent as possible with customers' judgments

MUSA method (2)

- MUSA is a preference disaggregation method used for the assessment of global and partial satisfaction functions Y^* and X_i^* respectively, given customers' judgments Y and X_i

$$Y^* = \sum_{i=1}^n b_i X_i^* - \sigma^+ + \sigma^- \quad \text{with} \quad \sum_{i=1}^n b_i = 1$$

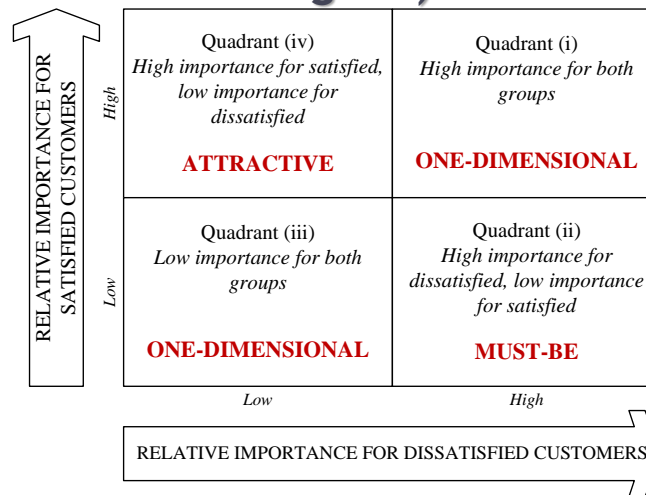
Proposed approach (1)

- Kano model assumes that criteria importance depends on performance
- Conflict between with the major assumption of the MUSA method, or any other additive approach (preferential independence property)
- Alternative approaches:
 - Classical Kano questionnaire (functional and dysfunctional questions)
 - MUSA method with additional information (see Grigoroudis and Siskos, 2010)

Proposed approach (2)

- **Objective:** Evaluate two separate sets of criteria weights for satisfied and dissatisfied customers
- **Algorithm:**
 - Create $2n$ separate sets of customers (satisfied and dissatisfied customers for each criterion)
 - Apply MUSA in the previous customer sets
 - Evaluate criteria weights for these $2n$ sets
 - Develop the dual importance diagram and categorize criteria in the Kano's quality levels

Dual importance diagram (better-worse diagram)



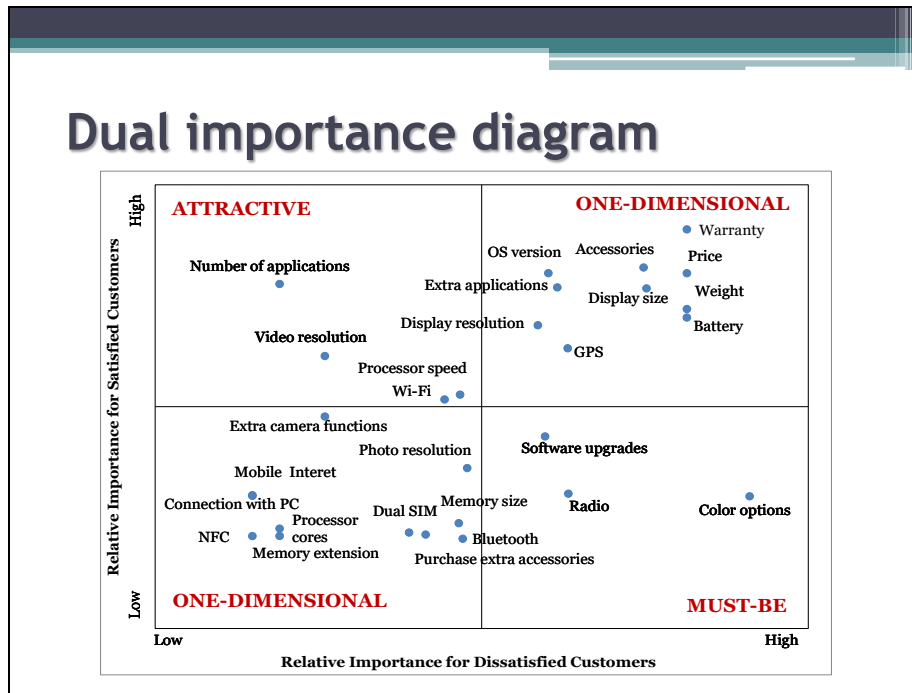
Application

- Survey on smartphones
- Questionnaire:
 - Demographics
 - Satisfaction judgments on 28 criteria
 - Additional questions (familiarity with technology, preferences on brands, etc.)
- Total 174 questionnaires
- Questionnaires collected during spring 2013



Satisfaction criteria

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Display <ul style="list-style-type: none"> ▫ Display size ▫ Display resolution • Memory-Processor <ul style="list-style-type: none"> ▫ Memory size ▫ Memory extension ▫ Processor speed ▫ Processor cores • Connectivity <ul style="list-style-type: none"> ▫ Wi/Fi ▫ Mobile Internet ▫ Bluetooth ▫ NFC ▫ Connection with PC • Accessories <ul style="list-style-type: none"> ▫ Quantity, quality accessories ▫ Purchase extra accessories • Camera <ul style="list-style-type: none"> ▫ Photo resolution ▫ Video resolution ▫ Extra camera functions | <ul style="list-style-type: none"> • Battery <ul style="list-style-type: none"> ▫ Battery duration and weight • Extras <ul style="list-style-type: none"> ▫ Dual SIM ▫ Radio ▫ GPS ▫ Color options • Software <ul style="list-style-type: none"> ▫ Operating system version ▫ Number of applications ▫ Upgrade ▫ Extra applications • Price <ul style="list-style-type: none"> ▫ Purchase price • Dimensions <ul style="list-style-type: none"> ▫ Weight • Warranty <ul style="list-style-type: none"> ▫ Years of warranty |
|--|--|



Improvement priorities

Criterion	Kano	Satisfaction	Criterion	Kano	Satisfaction
Display size	O	High	Video resolution	A	High
Display resolution	O	High	Extra camera functions	O	High
Memory size	O	Low	Battery	O	High
Memory extension	O	Low	Dual SIM	O	Low
Processor speed	A	High	Radio	M	Low
Processor cores	O	Low	GPS	O	High
Wi-Fi	A	High	Color options	M	High
Mobile Internet	O	High	OS version	O	High
Bluetooth	O	Low	Number of applications	A	Low
NFC	O	Low	Upgrade	M	Low
Connection with PC	O	High	Extra applications	O	Low
Quantity, quality accessories	O	High	Price	O	High
Purchase extra accessories	O	High	Weight	O	High
Photo resolution	O	High	Warranty	O	High

Concluding remarks

- Customer satisfaction is more than a one-level issue as traditionally examined
- Theory of attractive quality:
 - Explain relationship between the degree of sufficiency of a quality attribute and the customer satisfaction with that attribute
 - It may not be enough to merely satisfy customers by meeting their basic and spoken requirements, particularly in a highly competitive environment
- The proposed approach can give a clearer view for the classification of quality attributes