



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΩΝ**

**Διπλωματική Εργασία:**

**‘Δομημένος Εξελικτικός Αλγόριθμος’**

**ΤΟΥ  
Ιωάννη Μ. Κλωνάρη**

**Επιβλέπων:  
Κυριάκος Χ. Γιαννάκογλου**

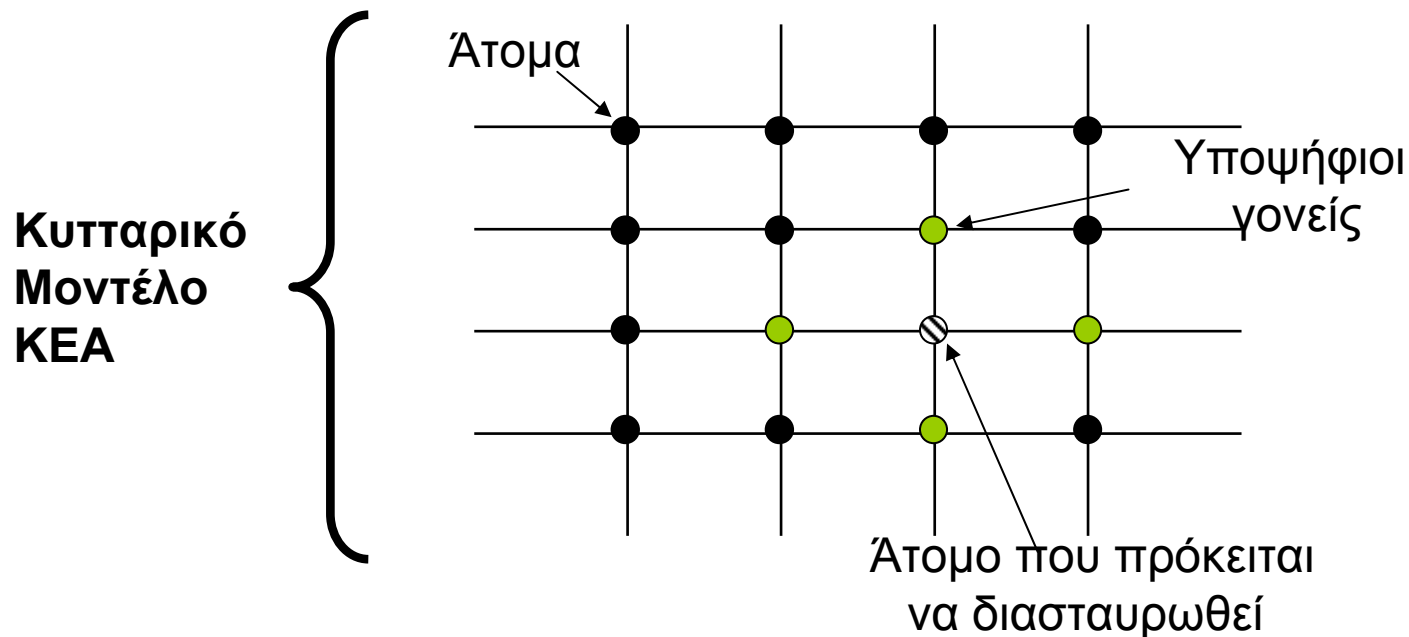
# Σύνοψη της Διπλωματικής Εργασίας

---

- Παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός νέου Εξελικτικού Αλγορίθμου (ΕΑ) βελτιστοποίησης, του Δομημένου Εξελικτικού Αλγορίθμου (ΔΕΑ).
- Λόγοι και αναμενόμενα πλεονεκτήματα : Ασύγχρονος ΕΑ
- Δοκιμή και μετέπειτα αξιολόγησή του σε προβλήματα ελαχιστοποίησης μαθηματικών συναρτήσεων και βέλτιστη σχεδίαση αεροτομής πτερυγίου συμπιεστή χρησιμοποιώντας ολοκληρωματική μέθοδο υπολογισμού οριακών στρωμάτων.
- Παραλληλοποίηση (μέσω PVM) του ΔΕΑ με προφανή στόχο την μείωση του χρόνου αναμονής του μηχανικού. Δημιουργία δύο παραλλαγών, του Σύγχρονου ΔΕΑ και του Ασύγχρονου ΔΕΑ και δοκιμή τους στη συστοιχία διασυνδεδεμένων επεξεργαστών του ΕΘΣ.

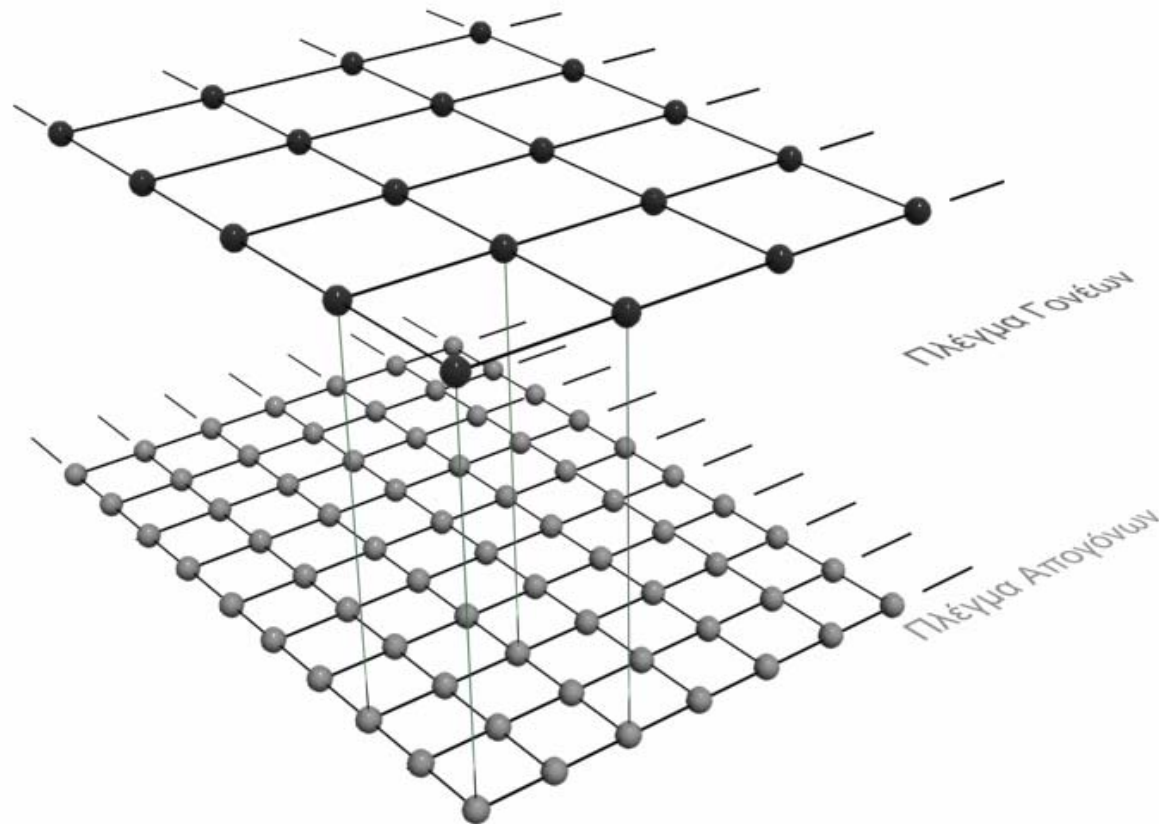
# Η λογική του ΔΕΑ

- Η λογική του πηγάζει από τους Κατανεμημένους ΕΑ (ΚΕΑ), στους οποίους επιβάλλεται ορισμένη τοπολογία στα άτομα του πληθυσμού κατά τη διαδικασία εξέλιξης.
- Συγκεκριμένα βασίζεται στο Κυτταρικό ή Κυψελωτό μοντέλο των ΚΕΑ όπου τα άτομα διατάσσονται σε ένα 2Δ πλέγμα και κάθε άτομο μπορεί να διασταυρωθεί μόνο με άτομα της περιοχής του:



# Διάταξη Πλεγμάτων του ΔΕΑ

- Το πλέγμα των γονέων υπέρκειται αυτού των απογόνων, όπως φαίνεται παρακάτω και υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των δύο πλεγμάτων κατά την εφαρμογή των τελεστών εξέλιξης.



## Λογικό Διάγραμμα του ΔΕΑ (1/2)

---

### ➤ Αρχικοποίηση:

$$\left\{ \begin{array}{l} n = 0 \\ S_{\mu}^n = \otimes \\ S_e^n = \otimes \\ S_{\lambda}^n = S_{Random} \end{array} \right.$$

➤ Έλεγχος της Βάσης Δεδομένων αξιολογήσεων προηγούμενων γενεών (Data Base) σε περίπτωση που ήδη υπάρχει το άτομο που πρόκειται να αξιολογηθεί.

## Λογικό Διάγραμμα του ΔΕΑ (2/2)

➤ Εξέλιξη μιας γενιάς:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{y} = \vec{F}(\vec{x}) \forall \vec{x} \in S_{\lambda}^n \\ S_e^{n+1} = T_e(S_{\lambda}^n \cup S_{\mu}^n) \\ S_{\mu}^{n+1} = T_{\mu}(S_{\mu}^n \cup S_{\lambda}^n) \\ S_{\lambda}^{n+1} = T_m(T_r(S_{\mu}^{n+1} \cup S_e^{n+1})) \\ n \leftarrow n + 1 \end{array} \right.$$

➤ Έλεγχος Σύγκλισης



# Εφαρμογές του ΔΕΑ - Πιστοποίηση

---

## Μέθοδος Διερεύνησης:

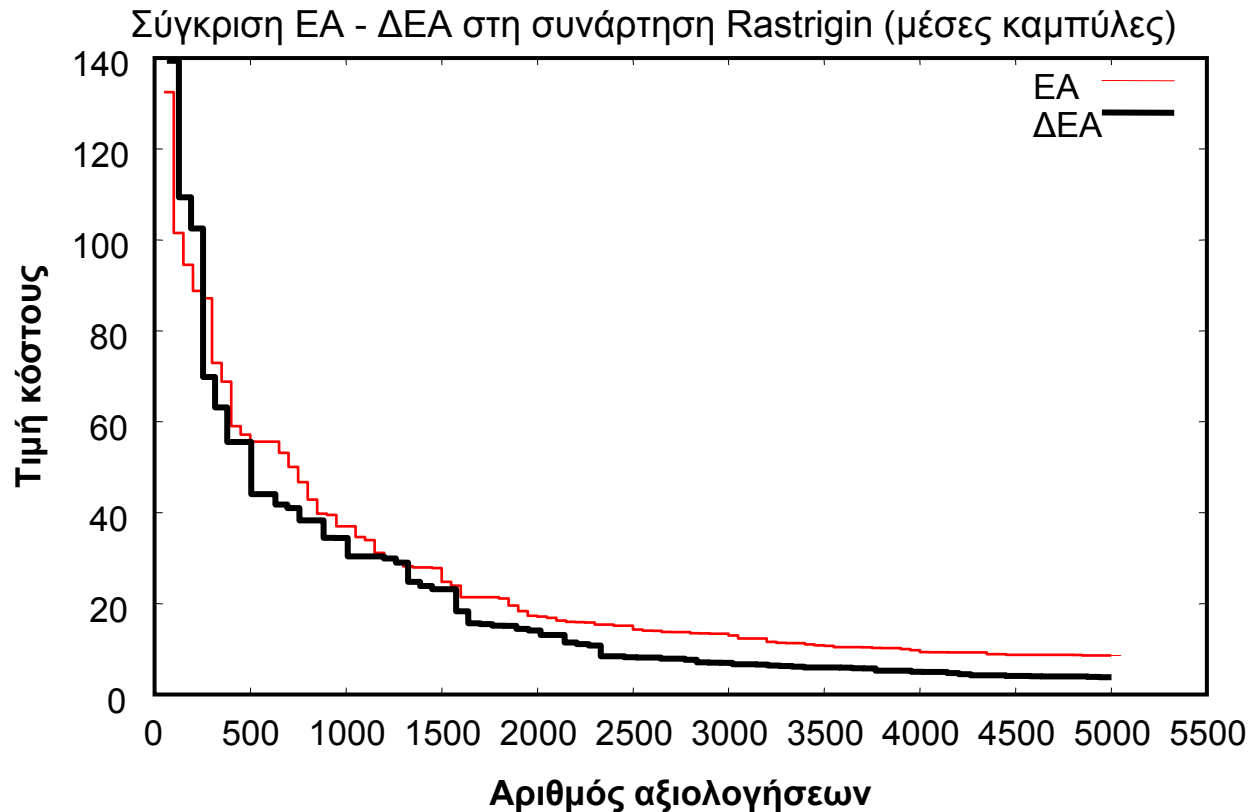
Για κάθε μια από τις 3 συναρτήσεις που εξετάσαμε έγιναν τα εξής:

- Δοκιμάζουμε τον **ΕΑ** για 3 συνδυασμούς πληθυσμών και 3 διαφορετικές αρχικοποιήσεις της γεννήτριας τυχαίων αριθμών και διαγράφουμε μια μέση καμπύλη. Εντοπίζουμε την καλύτερη μέση καμπύλη και την καλύτερη καμπύλη συνολικά.
- Δοκιμάζουμε τον **ΔΕΑ** με ποσοστό τυχαίας διασταύρωσης ίσο με 20% για 6 πληθυσμούς (6x6 ως 16x16).
- Επιλέγουμε τον καλύτερο πληθυσμό και δοκιμάζουμε διάφορα ποσοστά τυχαίας διασταύρωσης.
- Εντοπίζουμε τον καλύτερο συνδυασμό πληθυσμού και ποσοστού τυχαίας διασταύρωσης και εκτελούμε τον **ΔΕΑ** για 3 αρχικοποιήσεις της γεννήτριας τυχαίων αριθμών, σχεδιάζοντας παράλληλα την μέση καμπύλη.
- Συγκρίνουμε **ΕΑ - ΔΕΑ**

# 1. Ελαχιστοποίηση της συνάρτησης του Rastrigin (1/2)

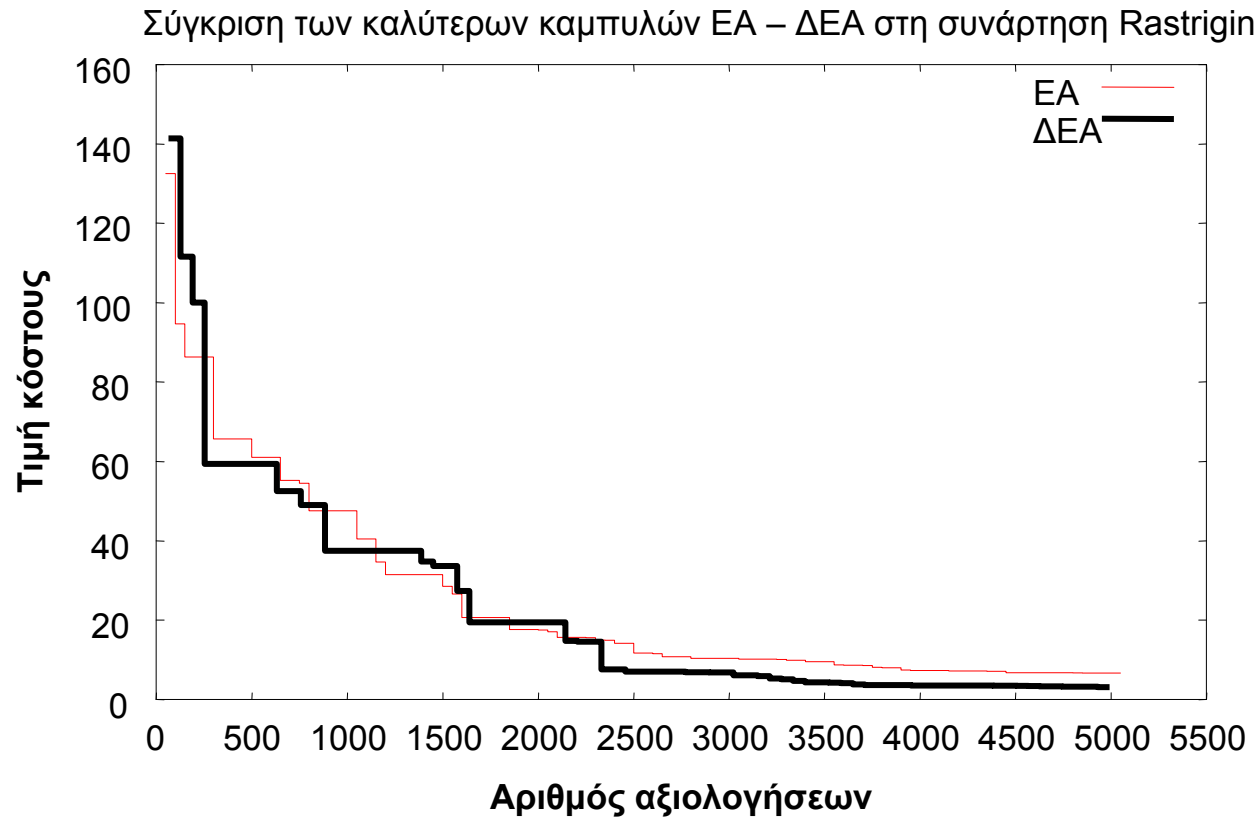
Γενικός τύπος: 
$$F_{Ras} = \alpha \cdot n + \sum_{i=1}^n (x_i^2 - \alpha \cdot \cos(\omega \cdot x_i))$$

$$\alpha = 10, \omega = 2 \cdot \pi, -5.12 \leq x_i \leq 5.12, n = 10$$





# 1. Ελαχιστοποίηση της συνάρτησης του *Rastrigin* (2/2)

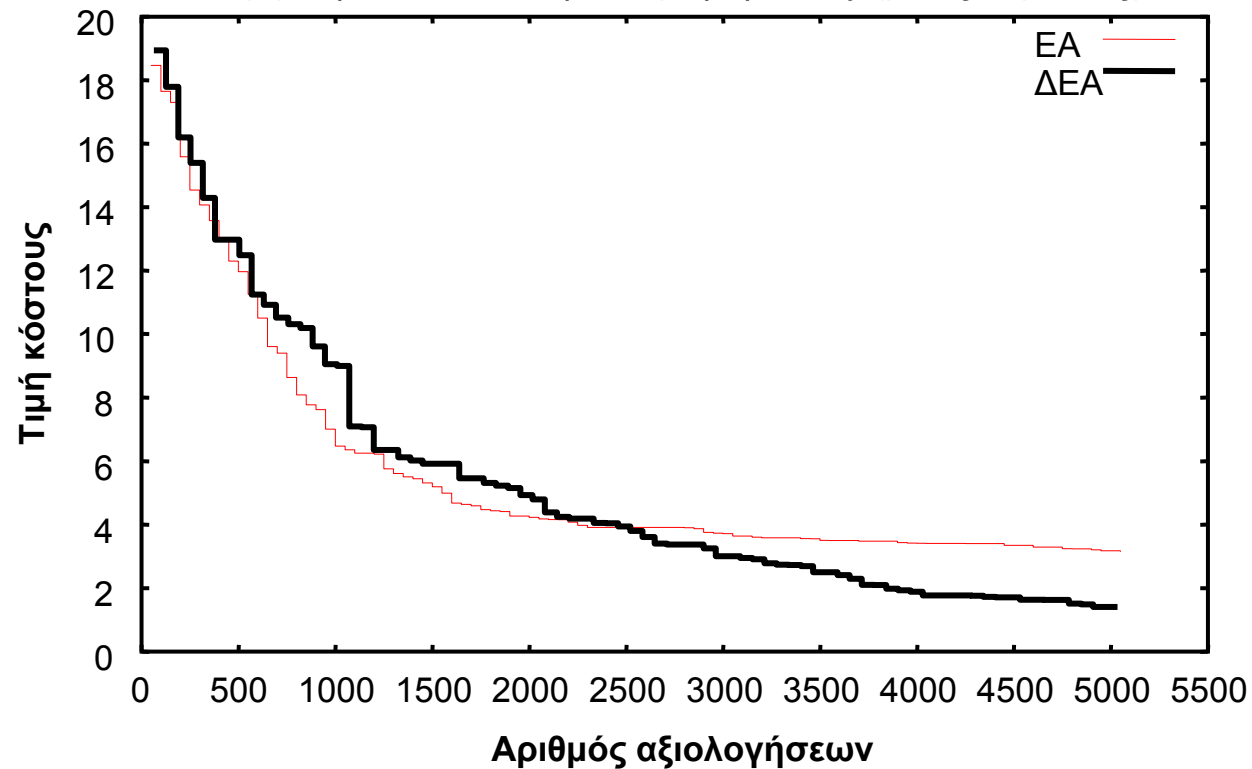


# 1. Ελαχιστοποίηση της συνάρτησης του Ackley (1/2)

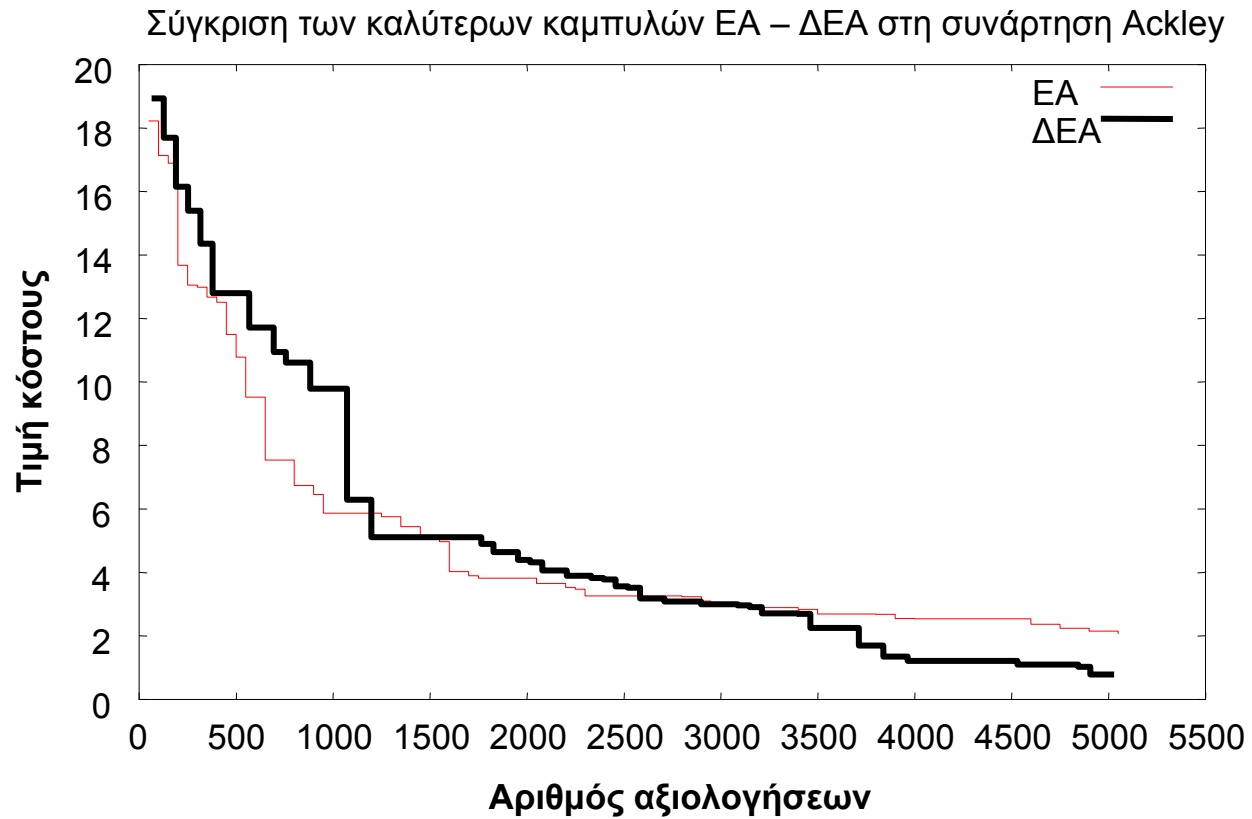
Γενικός Τύπος:

$$F_{Ack} = 20 + e - 20 \cdot \exp\left(-0.2 \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}\right) - \exp\left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \cos(2\pi \cdot x_i)\right)$$
$$-15 \leq x_i \leq 30, n = 10$$

Σύγκριση EA – ΔEA στη συνάρτηση Ackley (μέσες καμπύλες)



# 1. Ελαχιστοποίηση της συνάρτησης του Ackley (2/2)

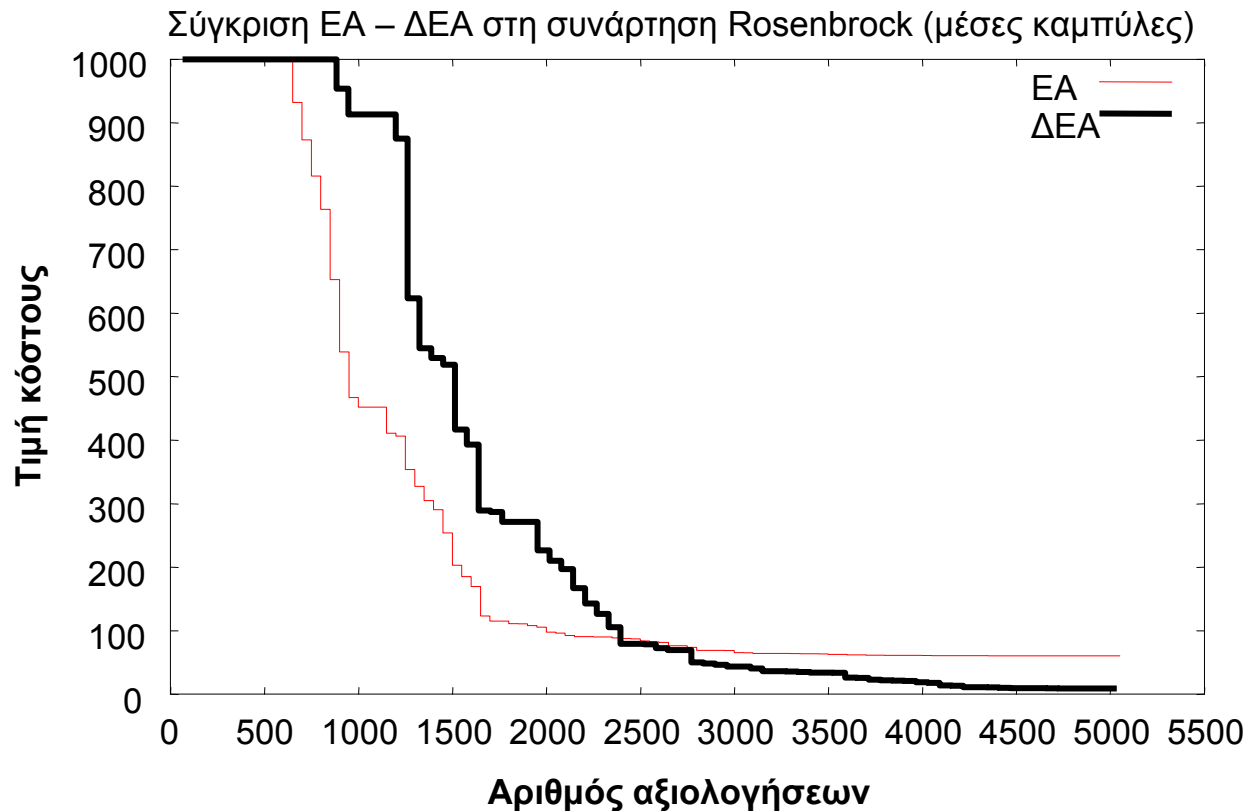


# 1. Ελαχιστοποίηση της συνάρτησης του Rosenbrock (1/2)

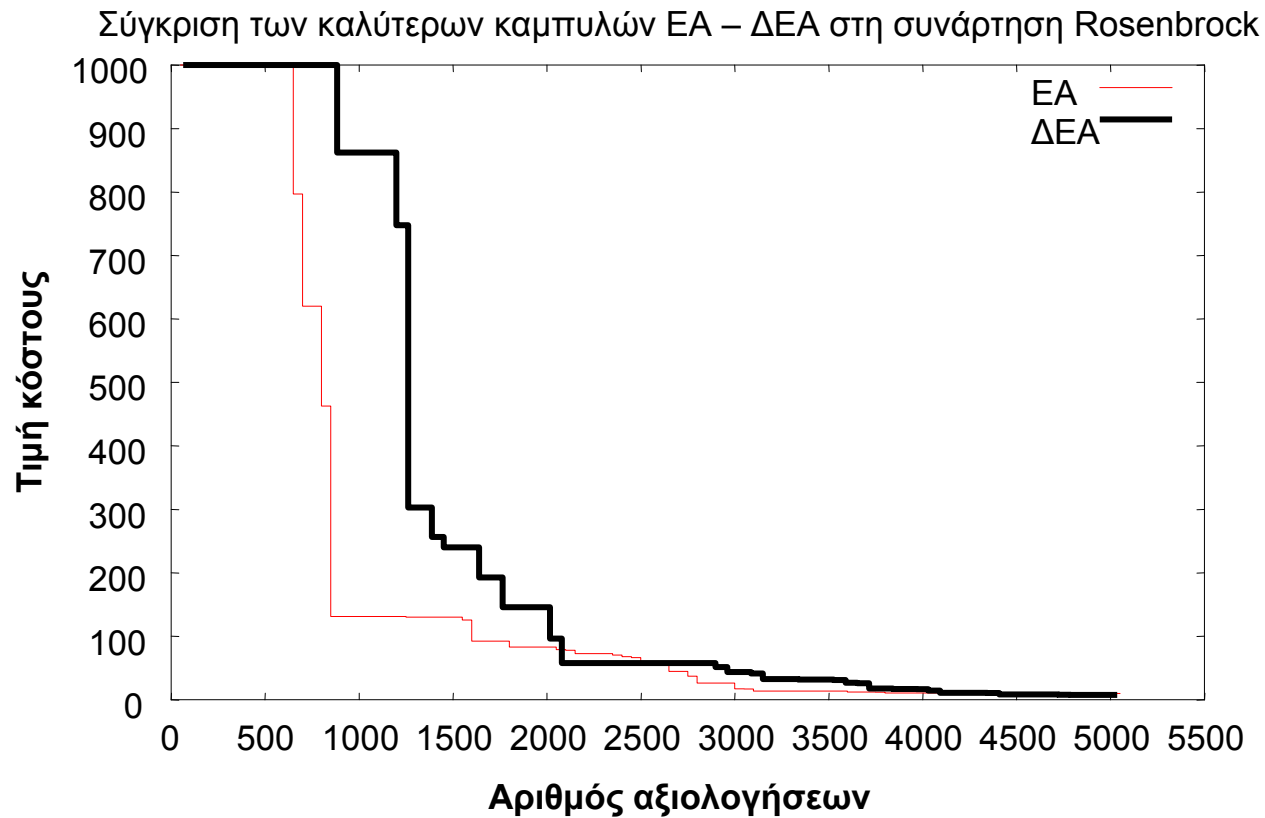
Γενικός Τύπος:

$$F_{Ros} = \sum_{i=1}^{n-1} \left( 100 \cdot (x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2 \right)$$

$$-5.12 \leq x_i \leq 5.12 \quad , \quad n = 10$$



# 1. Ελαχιστοποίηση της συνάρτησης του Rosenbrock (2/2)

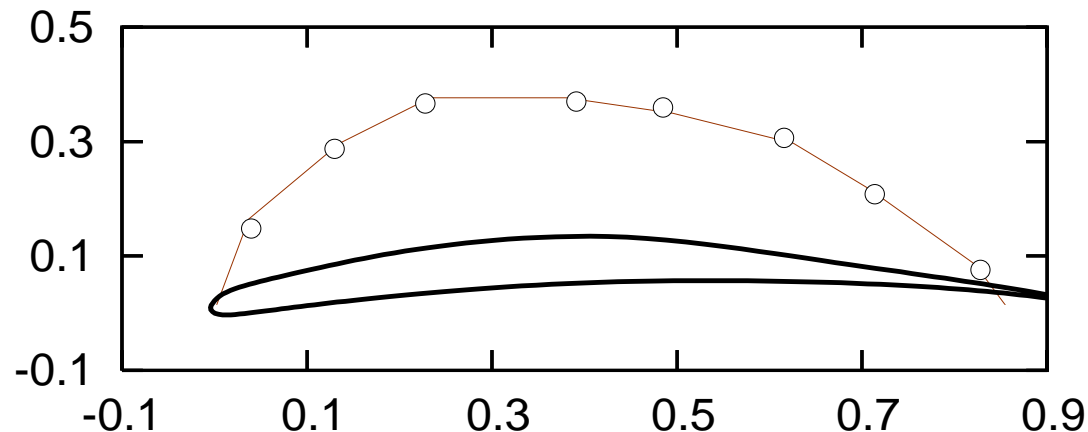


## Βέλτιστη σχεδίαση αεροτομής πτερυγίου συμπιεστή (1/4)

Στόχος: ελάχιστες απώλειες ολικής πίεσης

Συνθήκες ροής: Γωνία εισόδου ροής:  $\alpha_1 = 50^\circ$   
Γωνία κλίσης πτερυγίου:  $\gamma = 28^\circ$   
Αριθμός Mach στην είσοδο:  $M_1 = 0.27$   
Αριθμός Reynolds:  $Re_c = 4 \times 10^5$

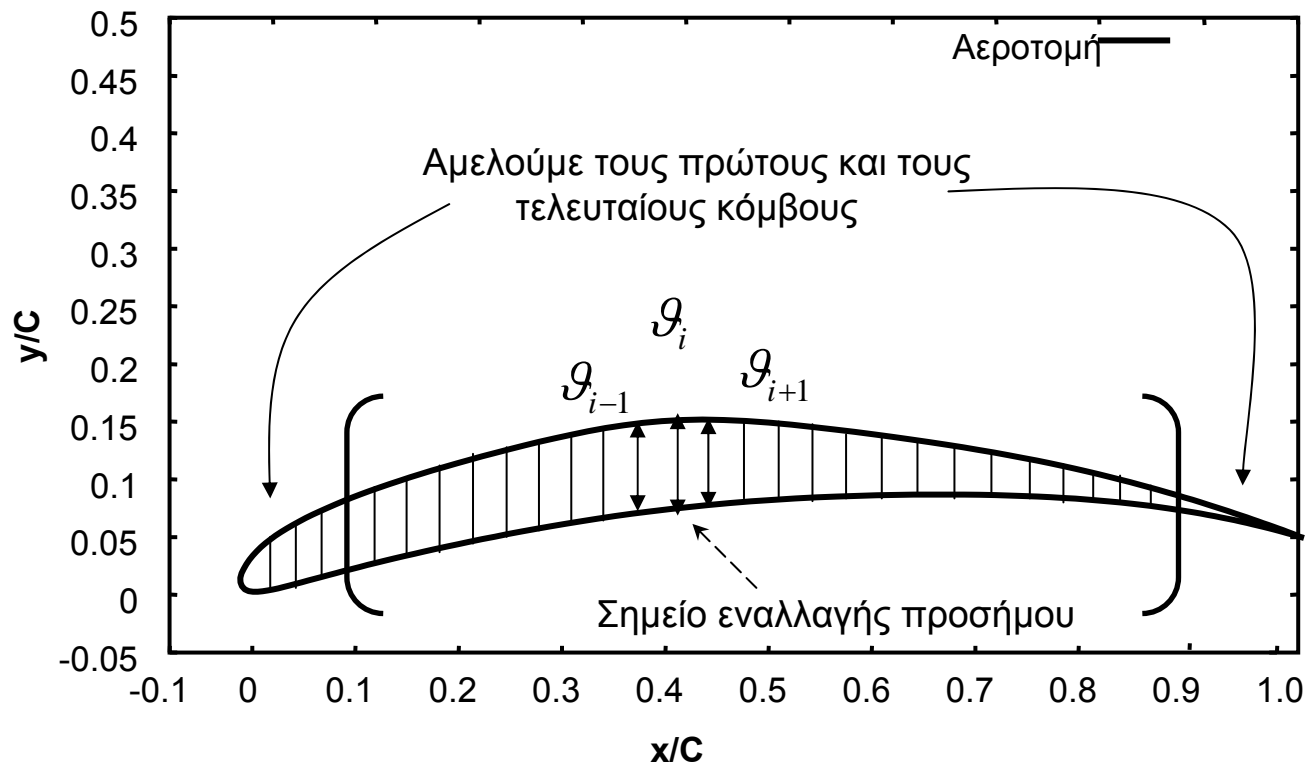
N=8 μεταβλητές σχεδίασης



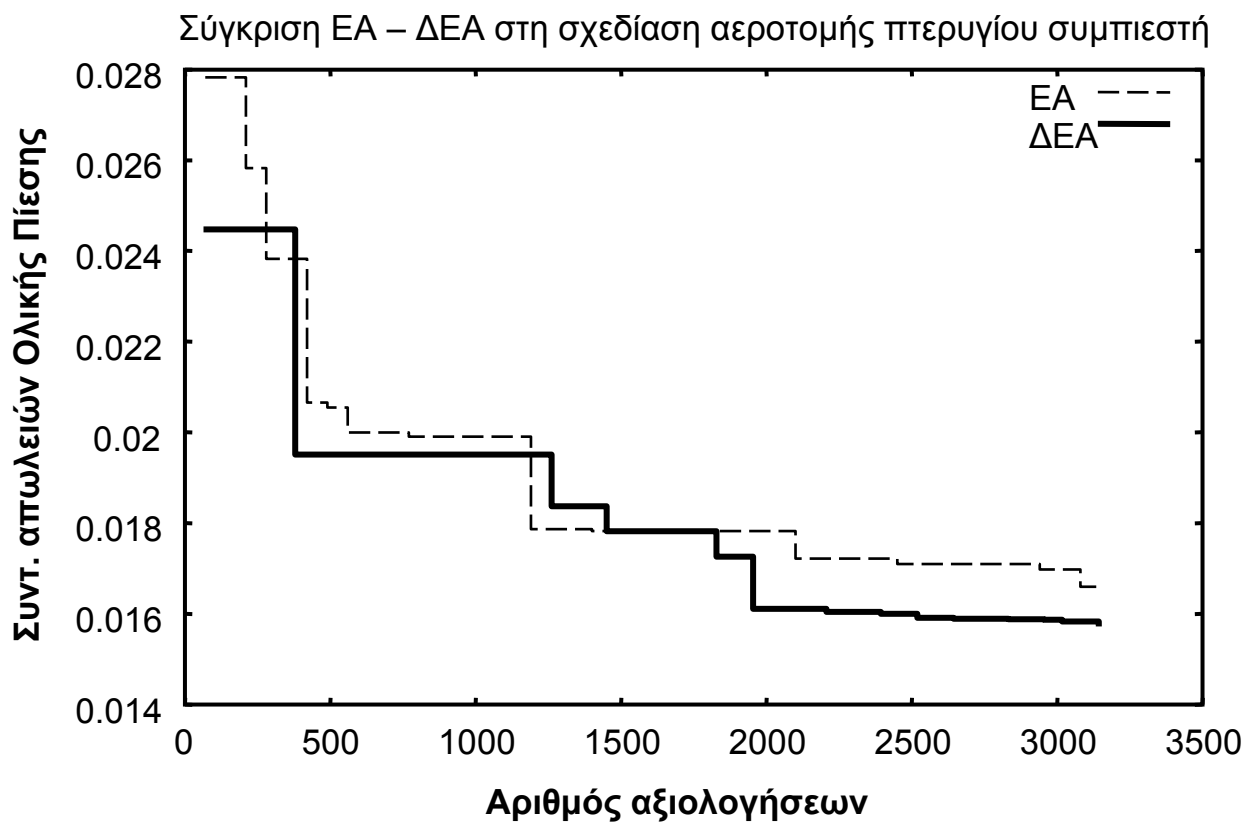
## Βέλτιστη σχεδίαση αεροτομής πτερυγίου συμπιεστή (1/4)

Περιορισμοί για :

- Ελάχιστο πάχος αεροτομής σε 3 σημεία(0.072C)  
Κυματοειδείς ανωμαλίες στο περίγραμμα της αεροτομής
- Ελάχιστη στροφή της ροής ( $34^\circ \rightarrow$  γωνία εξόδου  $16^\circ$ )



## Βέλτιστη σχεδίαση αεροτομής πτερυγίου συμπιεστή (1/4)



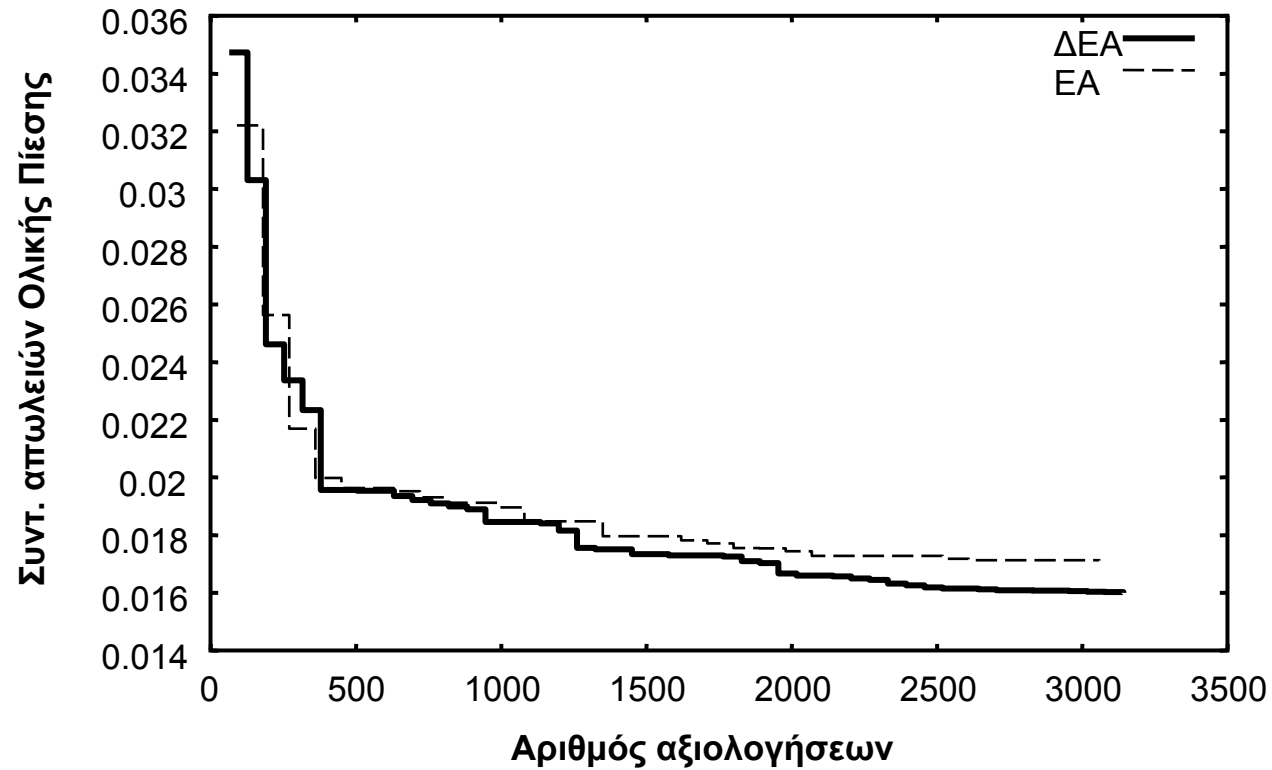
{ Τιμή κόστους **ΔEA**: 0,01572  
Τιμή κόστους **EA**: 0,01660 }

Συμπεριλαμβάνονται οι ποινές αν έχουν επιβληθεί.



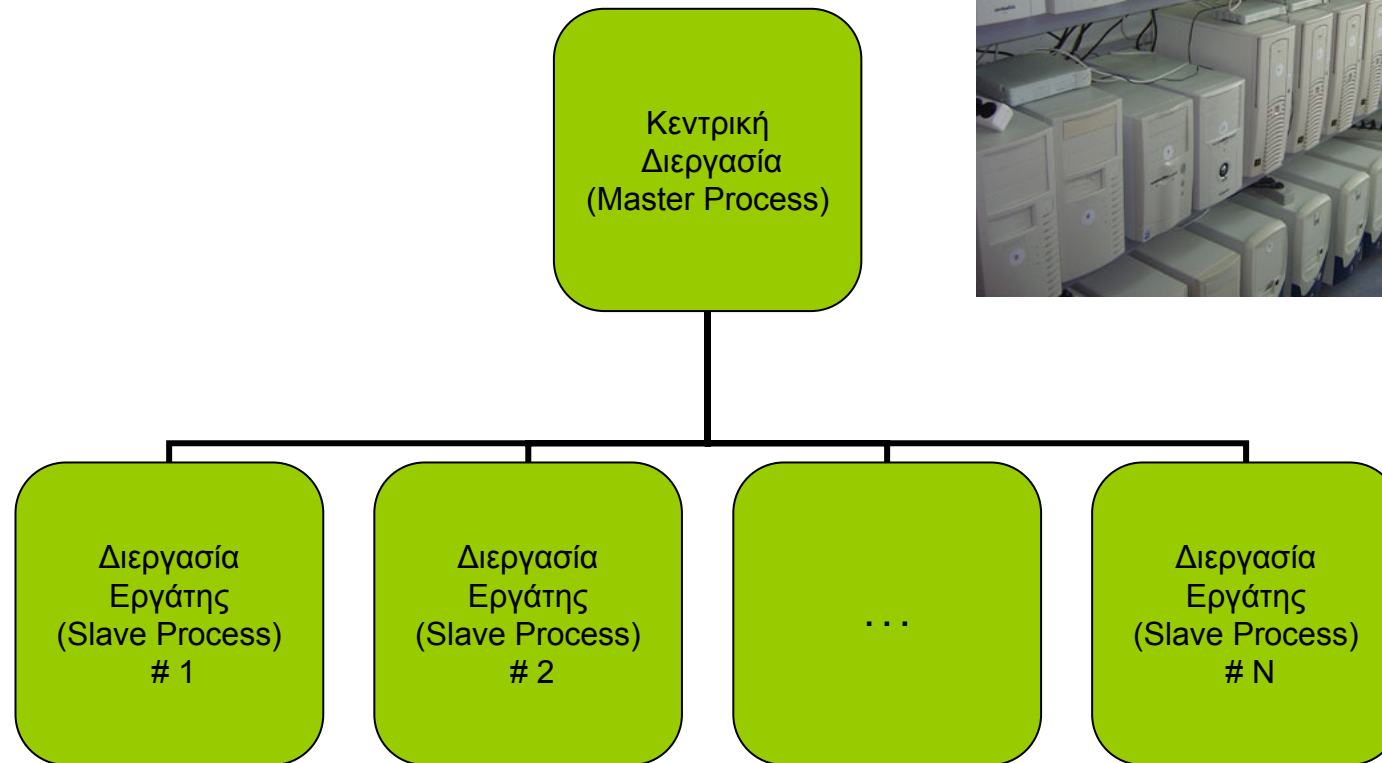
# Βέλτιστη σχεδίαση αεροτομής πτερυγίου συμπιεστή (1/4)

Σύγκριση των καλύτερων μέσων καμπυλών EA – ΔEA στη σχεδίαση αεροτομής πτερυγίου συμπιεστή



# Παραλληλοποίηση του ΔΕΑ (1/6)

Γενική Δομή:



## Παραλληλοποίηση του ΔΕΑ (2/6)

---

Δύο παραλλαγές :

➤ Σύγχρονος ΔΕΑ: Ίδια δομή με τον ΔΕΑ αλλά οι αξιολογήσεις των υποψήφιων λύσεων διαμοιράζονται στις Διεργασίες Εργάτες.

Ασύγχρονος ΔΕΑ: **Καταργείται η έννοια της γενιάς**. Κάθε άτομο του συνόλου των απογόνων αξιολογείται μόνο του με χρήση κάποιας Διεργασίας Εργάτη και έπειτα συμμετέχει στην επιλογή του γονέα της γειτονιάς του, καθώς και στον σχηματισμό των γύρω απογόνων του, σύμφωνα με τους γνωστούς τελεστές εξέλιξης του ΔΕΑ.

## Παραλληλοποίηση του ΔΕΑ (3/6)

---

### Λογικό διάγραμμα του ΑΔΕΑ:

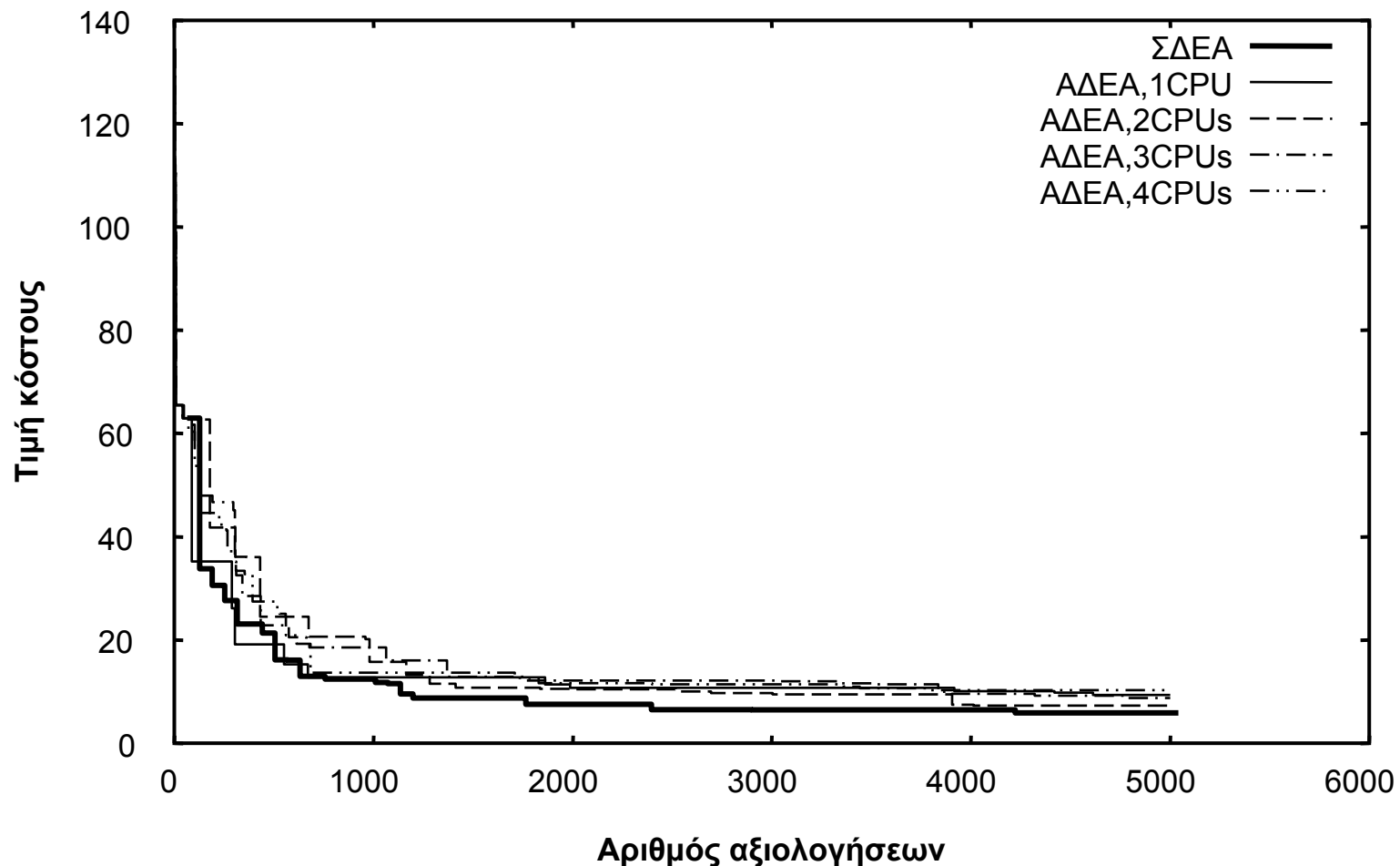
- Αρχικοποίηση
- Έλεγχος της Βάσης Δεδομένων αξιολογήσεων προηγούμενων γενεών.
- Αποστολή στις Διεργασίες Εργάτες τόσων ατόμων προς αξιολόγηση, όσο και ο αριθμός των πρώτων, ώστε να απασχοληθούν όλοι οι διαθέσιμοι Επεξεργαστές.
- Ολοκλήρωση της αξιολόγησης κάποιου ατόμου και επιστροφή του στον έλεγχο της Κεντρικής Διεργασίας. Πρόσδοση αριθμού προτεραιότητας ίσο με τον αριθμό των απογόνων προσαυξημένο με τον αριθμό των εκτελεσμένων αξιολογήσεων.
- Έλεγχος κριτηρίου τερματισμού.
- Αποστολή επόμενου ατόμου στη λίστα προτεραιότητας προς αξιολόγηση στην Διεργασία που μόλις έγινε διαθέσιμη, αφού ελεγχθεί ότι δεν υπάρχει στη Βάση Δεδομένων.
- Εφαρμογή των τελεστών εξέλιξης για το άτομο που αξιολογήθηκε και τη γειτονιά του.
- Παραλαβή του επόμενου ατόμου του οποίου η αξιολόγηση ολοκληρώθηκε κοκ.

## Παραλληλοποίηση του ΔΕΑ (4/6)

### Σύγκριση ΣΔΕΑ – ΑΔΕΑ:

#### 1. Συνάρτηση του Rastrigin

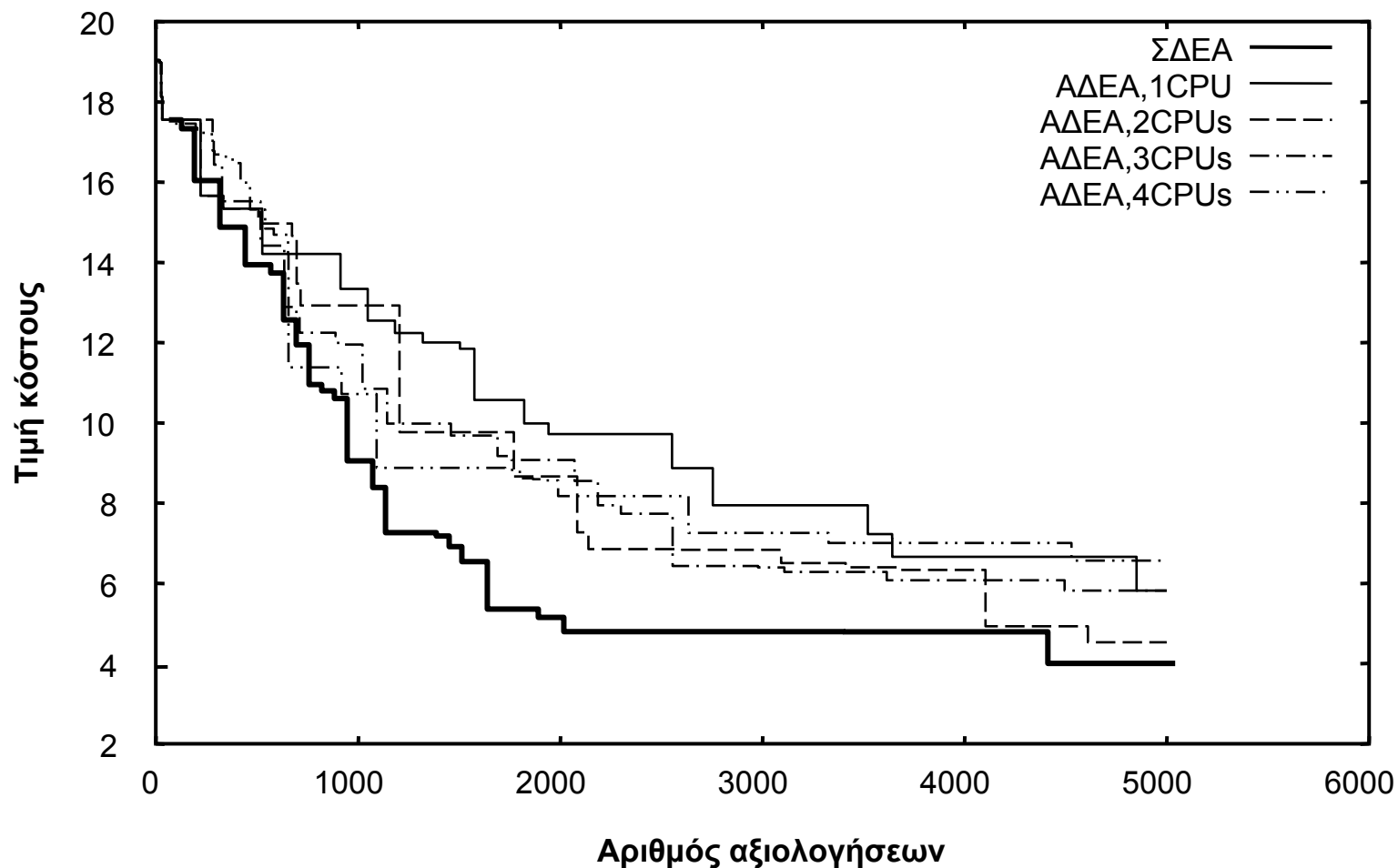
Σύγκλιση του ΣΔΕΑ και του ΑΔΕΑ στη συνάρτηση Rastrigin, για διάφορους αριθμούς επεξεργαστών



# Παραλληλοποίηση του ΔΕΑ (5/6)

## 2. Συνάρτηση του Ackley

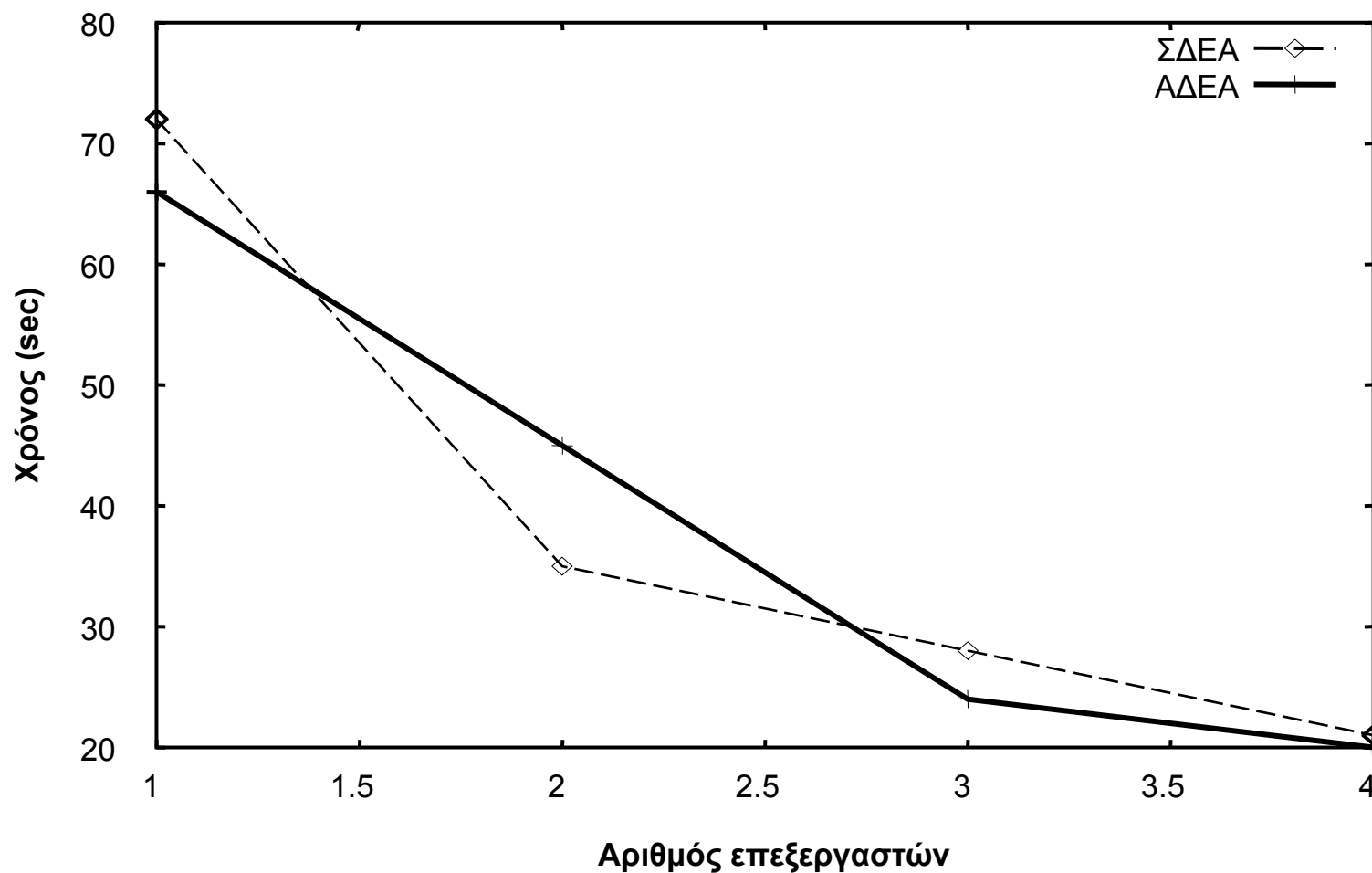
Σύγκλιση του ΣΔΕΑ και του ΑΔΕΑ στη συνάρτηση Ackley, για διάφορους αριθμούς επεξεργαστών



## Παραλληλοποίηση του ΔΕΑ (6/6)

### Σύγκριση ΣΔΕΑ – ΑΔΕΑ ως προς το χρόνο σύγκλισης για διάφορους αριθμούς επεξεργαστών:

Σύγκριση του χρόνου σύγκλισης του ΣΔΕΑ και του ΑΔΕΑ, συναρτήσει του αριθμού των Επεξεργαστών



## Συμπεράσματα

---

- Αναπτύχθηκε ο ΔΕΑ ο οποίος αποτελεί παραλλαγή του ΕΑ και βασίζεται στην λογική των ΚΕΑ. Οι βασικότερες αλλαγές έγιναν στους τελεστές διασταύρωσης και επιλογής γονέων.
- Πιστοποίηση του ΔΕΑ: Δοκιμάσαμε τον ΔΕΑ σε μαθηματικά και αεροδυναμικά προβλήματα βελτιστοποίησης -> ενθαρρυντικά αποτελέσματα
- Παραλληλοποιήθηκε ο ΔΕΑ με σκοπό τη μείωση του χρόνου αναμονής του μηχανικού. Δημιουργήθηκαν 2 παραλλαγές ο Σύγχρονος και ο Ασύγχρονος ΔΕΑ και αποδείχτηκε ότι με χρήση 4 επεξεργαστών επέρχεται μείωση του χρόνου κατά 70%.