

## ΕΞΕΛΙΚΤΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ES ME STOCHASTIC RANKING

---

*Μάθημα:* Επιχειρησιακή Έρευνα II

*Μέλη Ομάδας:* Φώτης Κολονέλος (02113096), Μαρία Μουσχουτζή (02113057),  
Χρήστος Στεφανάτος (02113035)

*Εξάμηνο* 7ο

## 1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήσαμε προσεγγίζει την βέλτιστη λύση με την μέθοδο Evolutionary Strategy (αλληλουχία διασταύρωσης ,δημιουργίας απογόνων και επιλογής (selection)). Ως μέθοδος διαχείρισης των περιορισμών επιλέχθηκε η μέθοδος stochastic ranking των καθηγητών Runarsson και Yao.

Η συνάρτηση που επιλέξαμε είναι η G08.

g08

Maximize [4]:

$$f(\vec{x}) = \frac{\sin^3(2\pi x_1) \sin(2\pi x_2)}{x_1^3(x_1 + x_2)} \quad (15)$$

subject to:

$$\begin{aligned} g_1(\vec{x}) &= x_1^2 - x_2 + 1 \leq 0 \\ g_2(\vec{x}) &= 1 - x_1 + (x_2 - 4)^2 \leq 0 \end{aligned} \quad (16)$$

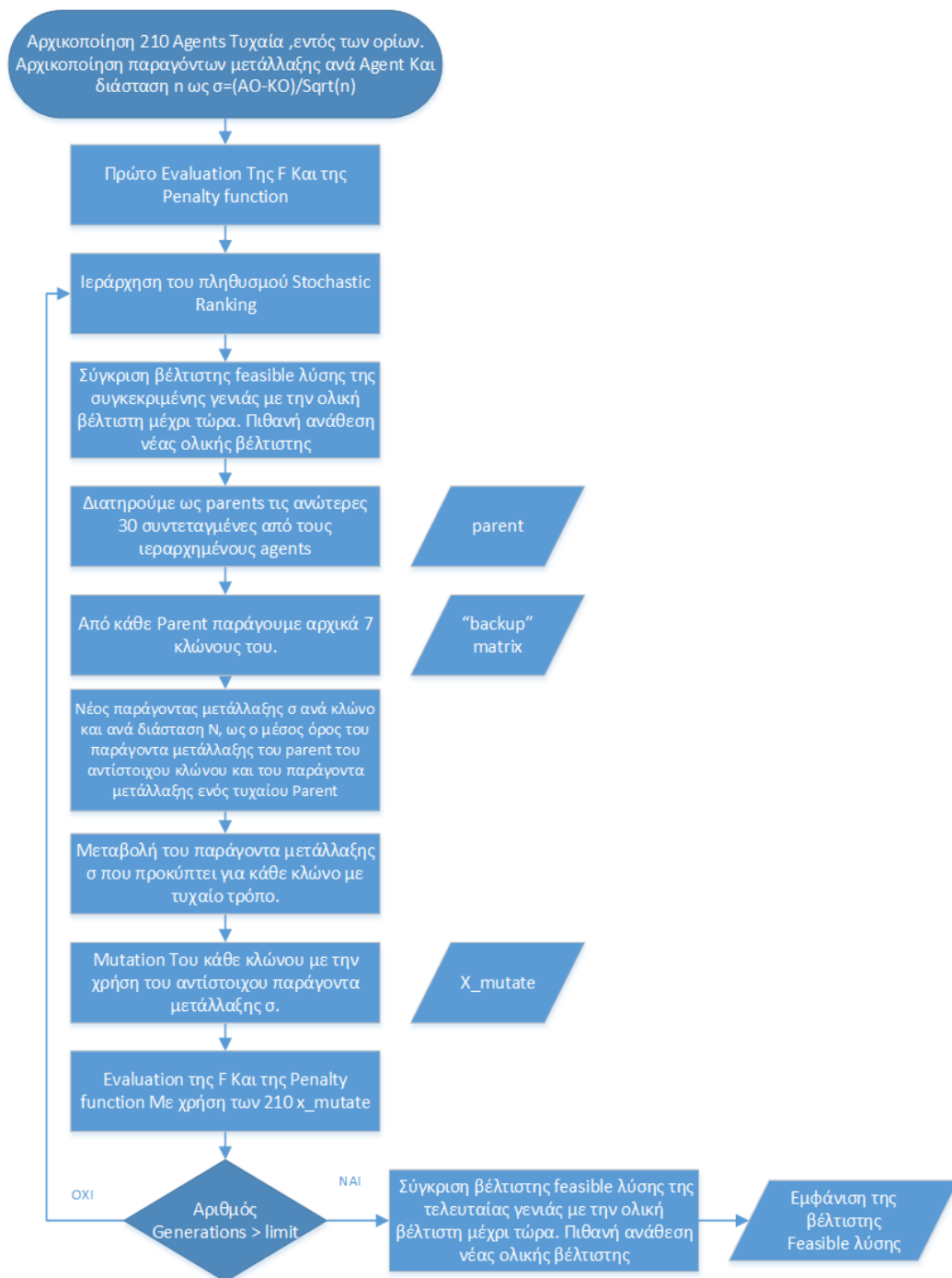
where  $0 \leq x_1 \leq 10$  and  $0 \leq x_2 \leq 10$ . The optimum is located at  $\vec{x}^* = (1.2279713, 4.2453733)$  where  $f(\vec{x}^*) = 0.095825$ . The solution lies within the feasible region.

## 2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Πριν το τρέξιμο του αλγορίθμου ο χρήστης πρέπει να ορίσει τις παραμέτρους του προβλήματος, οι οποίες είναι οι εξής:

- Πλήθος γονέων σε κάθε γενιά: q\_par
- Πλήθος απογόνων σε κάθε γενιά: q\_child (γενικά  $7 * q_{par}$ )
- Πλήθος διαστάσεων του προβλήματος: n
- Αντικειμενική συνάρτηση:  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  στην συνάρτηση main\_fun
- Άνω όριο μεταβλητών ανά διάσταση : ub(i),  $i= 1, \dots, n$  (πίνακας limits)
- Κάτω όριο μεταβλητών ανά διάσταση: lb(i),  $i= 1, \dots, n$  (πίνακας limits)
- Περιορισμοί – συνάρτηση ποινής: pen1, pen2 στις αντίστοιχες συναρτήσεις
- Άνω όριο παράγοντα μετάλλαξης (upper\_sigma) για κάθε μια διάσταση.
- Αριθμός γενιών gen

### 3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Αρχικά δημιουργεί μια γενιά απογόνων με τυχαία κατανομή τους μεταξύ των ορίων των μεταβλητών ως εξής:

$$x(i) = lb(i) + (ub(i) - lb(i)) * rand, \text{ όπου } rand \text{ τυχαίος αριθμός μεταξύ } 0 \text{ και } 1$$

Αρχικοποιείται επίσης και η παράμετρος μετάλλαξης  $\sigma$  για κάθε άτομο και μεταβλητή:  $\sigma(h,j) = (ub(j) - lb(j)) / \sqrt{n}$ ,  $h = 1, \dots, q\_child$  &  $j = 1, \dots, n$

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η εφαρμογή των  $x(i,j)$  στην αντικειμενική συνάρτηση και στις συναρτήσεις ποινής και η ταξινόμησή τους, σύμφωνα με τη μέθοδο της stochastic ranking.

Για την επόμενη γενιά, οι απόγονοι προκύπτουν ως 7 κλώνοι από κάθε γονιό. Για την μετάλλαξη των απογόνων πρέπει να προσδιοριστεί ο νέος παράγοντας μετάλλαξης  $\sigma$  ανά άτομο και μεταβλητή. Οι παράγοντες που τον διαμορφώνουν είναι οι παράγοντες μετάλλαξης δύο γονιών και η τύχη ως εξής:

$$\sigma^{g+1}(h,j) = \sigma^g(h,j) * \exp(\tau' * N(0,1) + \tau * N_j(0,1))$$

Όπου

$$\sigma^g(h,j) = (\sigma(i,j) + \sigma(k,j)) / 2$$

➤  $N, N_j$  τυχαίοι αριθμοί που προκύπτουν από κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση 1, ο  $N$  ίδιος για κάθε άτομο ενώ ο  $N_j$  διαφοροποιείται για κάθε μεταβλητή του

➤  $\tau$  και  $\tau'$  οι ρυθμοί εκμάθησης.

Για τον προσδιορισμό του  $\sigma^g(h,j)$  γίνεται διασταύρωση μεταξύ του γονιού από τον οποίο κλωνοποιήθηκε ο απόγονος, με έναν άλλο τυχαία επιλεγμένο γονέα.

Εφόσον προσδιοριστεί ο παράγοντας μετάλλαξης, μπορεί να εφαρμοστεί πάνω στους απογόνους ως εξής:

$$x^{g+1}(h,j) = x^g(h,j) + N(0,1) * \sigma^{g+1}(h,j)$$

Οι απόγονοι μετά την μετάλλαξή τους ταξινομούνται όπως περιεγράφηκε παραπάνω. Οι πρώτοι 30 αποθηκεύονται ως οι γονείς της επόμενης γενιάς.

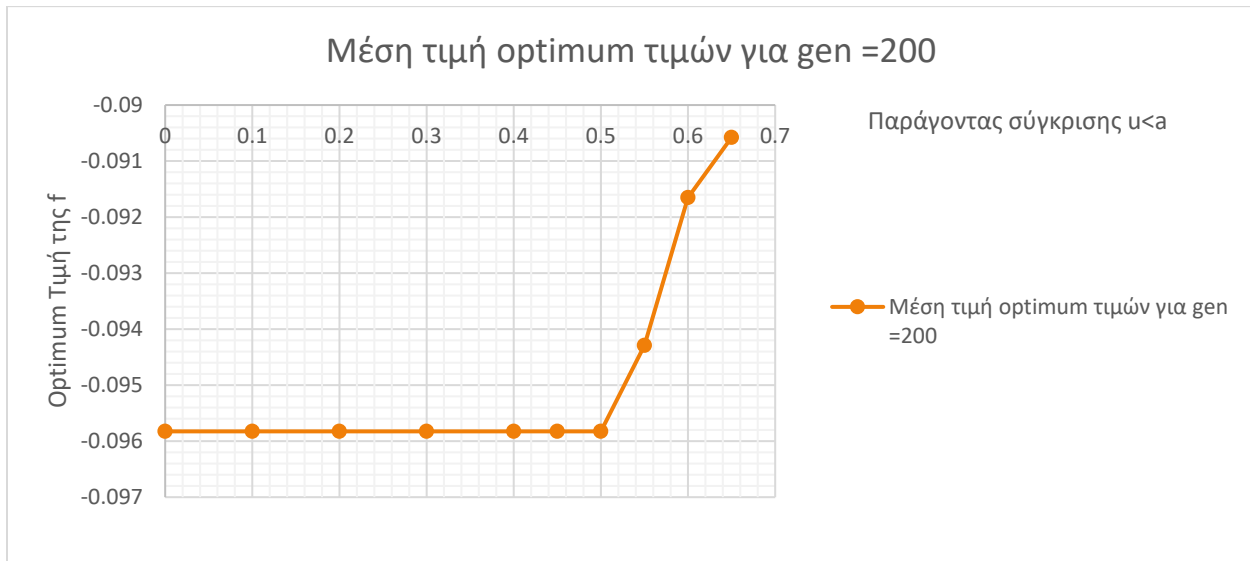
Μερικές διευκρινίσεις για τις λειτουργίες του αλγορίθμου

- Κατά την ταξινόμηση: Αναφέρθηκε παραπάνω ότι στην ταξινόμηση μεγαλύτερη βαρύτητα έχει η συνάρτηση ποινής και λιγότερο η αντικειμενική. Δηλαδή, δίνεται προτεραιότητα στα άτομα με μηδενική ποινή ή σε αυτά με την μικρότερη. Ωστόσο, για να αποφευχθεί η απόρριψη unfeasible λύσης που όμως θα είναι κοντά στην ολική βέλτιστη, εισάγεται ένας παράγοντας τυχαιότητας  $u$  ο οποίος ανανεώνεται για κάθε άτομο που συγκρίνεται με το κατώτερο. Αν δεν ξεπερνά μια τιμή (0.35 συγκεκριμένα) επιτρέπει στο άτομο αυτό να παραβλέπεται η ποινή του και να αξιολογείται μόνο με βάση την τιμή της αντικειμενικής του συνάρτησης. Αυτή μέθοδος διαχείρισης περιορισμών έχει εισαχθεί από τους καθηγητές Runarsson και Yao και ονομάζεται Stochastic Ranking
- Κατά την αξιολόγηση των feasible λύσεων: Μετά την ταξινόμηση, όλοι οι δείκτες  $i$  που αντιστοιχούν feasible λύσεις τοποθετούνται στον πίνακα zeropen. Στη συνέχεια ελέγχεται η αντικειμενική συνάρτηση για τις λύσεις που αντιστοιχούν στους δείκτες zeropen και η μικρότερη τιμή αυτών αποθηκεύεται ως (unchecked\_min). Έπειτα η unchecked\_min συγκρίνεται με την υπάρχουσα ολική βέλτιστη λύση. Αν η τιμή αυτή είναι μικρότερη της τιμής της υπάρχουσας βέλτιστης, τότε την αντικαθιστά ως βέλτιστη. Τα στοιχεία της βέλτιστης λύσης που αποθηκεύονται είναι η τιμή της αντικειμενικής, οι συντεταγμένες της, και η γενιά στην οποία εμφανίστηκε.

Ο αλγόριθμος τερματίζει μετά από προκαθορισμένο αριθμό γενεών και εμφανίζει τα στοιχεία της ολικής βέλτιστης λύσης

## 4 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ $\alpha$ ΓΙΑ SR

Για να προσδιορίσουμε το εύρος των αποδεκτών τιμών σύγκρισης του τυχαίου παράγοντα  $\alpha$  τρέξαμε τον αλγόριθμο 5 φορές για κάθε μια διαφορετική τιμή σύγκρισης  $\alpha$  και σημειώσαμε την μέση τιμή των optimal τιμών. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Παρατηρούμε ότι η συνάρτηση  $g08$  μας επιτρέπει να κάνουμε overpenalize και να μην εισάγουμε καθόλου τον παράγοντα τυχαιότητας. Ο κώδικας συγκλίνει στην ολική βέλτιστη λύση ακόμα και για σύγκριση  $\alpha < 0$  (no permutation based on  $f$  values in infeasible solutions). Αυτό, ίσως συμβαίνει διότι η περιοχή των feasible λύσεων είναι περιορισμένη ή δεν υπάρχουν πολλαπλά τοπικά βέλτιστα ή η optimal τιμή δεν βρίσκεται στα όρια των περιορισμών. Σε κάθε περίπτωση το γεγονός ότι δουλεύει για την συγκεκριμένη συνάρτηση, δεν σημαίνει ότι τέτοια πρακτική είναι λειτουργική. Για γενικότερη αποτελεσματικότητα θα πρέπει να επιλεγεί μια τιμή μεταξύ 0.3 και 0.5 για τις σύγκρισης με το  $\alpha$ , κατά την ταξινόμηση.

## 5 ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Για ευρύτερη εφαρμογή του αλγορίθμου θα ήταν σωστή πρακτική η εισαγωγή της παραμέτρου  $n$  των διαστάσεων μέσω της συνάρτησης `Main_fun` ώστε ο κώδικας να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαφορετικές συναρτήσεις και αριθμούς διαστάσεων.