

ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
7^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ
ΔΙΔΑΣΚΩΝ: Κ.Χ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΓΛΟΥ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟ ΕΤΟΣ 2024-2025

1^η ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΠΙΤΙ (2024-25)
ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

Η εργασία αυτή αφορά στη βελτιστοποίηση ενός δισκόφρενου αυτοκινήτου, χρησιμοποιώντας ένα απλουστευμένο μοντέλο ανάλυσης. Στόχος είναι ο σχεδιασμός του δισκόφρενου με την ελάχιστη μάζα και τον ελάχιστο χρόνο φρεναρίσματος (είναι ο χρόνος για την ακινητοποίηση του οχήματος). Πρόκειται για πρόβλημα βελτιστοποίησης με 4 μεταβλητές σχεδιασμού και 5 περιορισμούς ανισο-ισότητας. Η περιγραφή του προβλήματος επισυνάπτεται στο ακόλουθο κείμενο. Δεν θα σταθούμε στη φυσική σημασία κάθε ποσότητας μιας και στόχος δεν είναι το δισκόφρενο αυτό καθαυτό αλλά η βελτιστοποίηση με ΕΑ.

Για να λύσετε το πρόβλημα βελτιστοποίησης, πρέπει να γράψετε (σε όποια γλώσσα προγραμματισμού σας βολεύει) τον κώδικα αξιολόγησης (σε τρόπο συμβατό με το λογισμικό EASY – δηλαδή, να επικοινωνεί με τα γνωστά αρχεία task.dat, task.res, κλπ) και να τρέξετε το λογισμικό EASY, ώστε να βρείτε τη βέλτιστη λύση.

Η τελική έκθεση παραδίνεται σε ηλεκτρονική μορφή (αρχείο pdf), μαζί με τον κώδικα που θα φτιάξετε. Αφήνεται στην κρίση σας το τι θα περιλαμβάνει η έκθεση, από πλευράς διερευνήσεων ως προς τη συμπεριφορά του εξελικτικού αλγορίθμου. Λχ. κωδικοποίηση, σχήματα διασταύρωσης και μετάλλαξης, διαστάσεις πληθυσμών κλπ κλπ). Κάποια από αυτά πρέπει να τα κάνετε (μόνοι/ες σας, δεν αναφέρονται ξανά σε αυτό κείμενο) και να τα σχολιάσετε. Διαλέξτε μόνοι/ες σας ποιά. Και, προφανώς, δεν χρειάζεται να τα κάνετε με όλους τους συνδυασμούς (ΕΑ, ΜΑΕΑ). Είναι όμως σημαντικό να κάνετε αυτές τις δοκιμές με κάποια λογική και λχ αν από την πρώτη δοκιμή σας μάθατε ότι αυτό το σχήμα είναι καλύτερο, να το υιοθετείτε και στα υπόλοιπα, κ.ο.κ.. Σε κάποιες δοκιμές, ζητούνται 3 τρεξίματα με διαφορετικά RNG seeds, για να φανεί η στοχαστικότητα ενός τέτοιου αλγορίθμου βελ/σης.

Λόγω της ελευθερίας που δίνεται, δεν «πρέπει» να υπάρξουν δύο εργασίες με τις ίδιες ακριβώς δοκιμές! Επιπλέον, θα είναι απίθανο δύο εργασίες να καταλήγουν ακριβώς στα ίδια συμπεράσματα ως προς τη συμπεριφορά του ΕΑ, των μεταπροτύπων, των εξελικτικών τελεστών κλπ!

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΣΚΟΦΡΕΝΟΥ

Περιγραφή προβλήματος

Η προς βελτιστοποίηση διάταξη του δισκόφρενου χαρακτηρίζεται από τις παρακάτω μεταβλητές σχεδιασμού:

- Εσωτερική ακτίνα (x_1)
- Εξωτερική ακτίνα (x_2)
- Ασκούμενη δύναμη (x_3)
- (Ακέραιος) αριθμός επιφανειών τριβής (x_4)

Προσοχή: Η μεταβλητή x_4 λαμβάνει ΜΟΝΟ ΑΚΕΡΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ. Το ενδιαφέρον είναι στο πως θα χειριστείτε τη μεταβλητή αυτή. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να το κάνετε. Σκεφτείτε όποιον κρίνετε ως καλύτερο και λύστε την άσκηση. Δεν θα είναι καλό όλοι/όλες να κάνουν τον ίδιο τρόπο.

Στόχοι του προβλήματος είναι:

(Σ1) η ελαχιστοποίηση της μάζας του δισκόφρενου που δίνεται από τη σχέση:

$$f_1(\vec{x}) = 4.9 \times 10^{-5}(x_2^2 - x_1^2)(x_4 - 1) \quad (1)$$

(Σ2) η ελαχιστοποίηση του χρόνου φρεναρίσματος που δίνεται από τη σχέση:

$$f_2(\vec{x}) = \frac{9.82 \times 10^6 (x_2^2 - x_1^2)}{(x_2^3 - x_1^3)x_3x_4} \quad (2)$$

Το πρόβλημα διέπεται από συνολικά 5 περιορισμούς, τους οποίους πρέπει να ικανοποιεί η βέλτιστη λύση. Οι μαθηματικές διατυπώσεις των περιορισμών είναι:

$$c_1(\vec{x}) = x_1 - x_2 + 20 \leq 0$$

$$c_2(\vec{x}) = 2.5(x_4 + 1) - 30 \leq 0$$

$$c_3(\vec{x}) = \frac{x_3}{\pi(x_2^2 - x_1^2)} - 0.4 \leq 0$$

$$c_4(\vec{x}) = \frac{2.22 \times 10^{-3}(x_2^3 - x_1^3)x_3}{(x_2^2 - x_1^2)^2} - 1.0 \leq 0$$

$$c_5(\vec{x}) = 900 - \frac{2.66 \times 10^{-2}(x_2^3 - x_1^3)x_3x_4}{(x_2^2 - x_1^2)} \leq 0$$

(βοηθητική παρατήρηση: αν δείτε ότι με μηδέν στο δεξί μέλος αυτών των περιορισμών έχετε δυσκολία σύγκλισης, χαλαρώστε τον περιορισμό – ΑΛΛΑ ΓΡΑΨΤΕ ΤΟ ΝΑ ΦΑΙΝΕΤΑΙ! – αλλάζοντας το μηδέν λ.χ. με 10^{-3} ή κάτι τέτοιο.

Τα όρια των μεταβλητών σχεδιασμού δίνονται στον ακόλουθο πίνακα (ας μην ασχοληθούμε με τις μονάδες τους):

Μεταβλητή	Κατώτερο όριο	Ανώτερο όριο
x_1	55.0	80.0
x_2	75.0	110.0
x_3	1000.0	3000.0
x_4	2	20

Λύστε τα παρακάτω προβλήματα, μαρκάροντάς τα με τις συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται παρακάτω:

(SOO) Συνενώστε με βάρη τους δύο στόχους (οι περιορισμοί ισχύουν πάντα!) και λύστε το πρόβλημα ως πρόβλημα ενός στόχου. Δοκιμάστε 3 συνδυασμούς βαρών, τον καθένα με τρία RNG seeds. Δείξτε τη σύγκλιση για ένα συνδυασμό βαρών και για τα 3 RNG seeds. Φροντίστε, με τρεξίματα που δεν χρειάζεται να φανούν στην τεχνική έκθεση, να μειώσετε το κόστος. Εδώ είναι που αξίζει να δοκιμάσετε διαφορετικούς εξελικτικούς τελεστές, όπως ειπώθηκε στην αρχή.

(MOO) Λύστε το πρόβλημα ως πρόβλημα 2 στόχων (MOO), όπως ορίστηκε αρχικά. Υπολογίστε το μέτωπο Pareto για τρία RNG seeds. Δοκιμάστε SPEA και NSGA και σχολιάστε. Μεταφέρετε στο γράφημα αυτό και λύσεις από τα τρεξίματα στο SOO.

(Nash) Λύστε το πρόβλημα ως πρόβλημα Nash. Κάθε ένας από τους 2 παίκτες αναλαμβάνει δύο μεταβλητές και όποιους περιορισμούς κρίνετε (δείτε τους περιορισμούς και θα καταλάβετε). Εδώ η επίλυση μπορεί να γίνει ημι-αυτόματα (εσείς να χειρίζεστε την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των παικτών και ο EASY να λύνει το πρόβλημα βελ/σης κάθε παίκτη – δεν χρειάζεται να συγκλίνει ο EASY κάθε φορά). 5-6 ανταλλαγές μεταξύ των παικτών είναι αρκετές. Όλα αυτά για ένα RNG seed, προφανώς! Παρουσιάστε τη λύση ισορροπίας κατά Nash (και) γραφικά, μαζί με 1-2 «καλά» μέτωπα Pareto από το ερώτημα [MOO].

(MAEA) Ένα από τα προβλήματα SOO (δηλαδή για ένα συνδυασμό βαρών) να το ξανακάνετε με χρήση μεταπροτύπων (MAEA) και να συγκρίνετε οικονομία σε αριθμό κλήσεων του λογισμικού αξιολόγησης για την ίδια ποιότητα λύσης. Να γίνει για 3 RNG seeds.

Σημείωση 1: Καμιά βελτιστοποίηση δεν θα ξεπερνά σε κόστος τις 3000 αξιολογήσεις (κλήσεις του λογισμικού αξιολόγησης – μια κλήση θεωρείται ότι υπολογίζει τις δύο συναρτήσεις κόστους και τις 5 συναρτήσεις περιορισμών).

Σημείωση 2: Στο τέλος της SOO, δώστε σε πίνακα τις τιμές των συναρτήσεων κόστους και των περιορισμών που βρήκατε με το καλύτερο τρέξιμο που κάνατε (για 3000 αξιολογήσεις ώστε να γίνει σύγκριση με συναδέλφους σας).

Σημείωση 3: Έκταση έκθεσης ως το πολύ 20 σελίδες για όλα! Με λογικά fonts και μικρά σχήματα (όπως θα ήταν σε ένα βιβλίο λχ, δεν χρειάζονται ολοσέλιδα). Γράψτε σχόλια (τι μάθατε, τι παρατηρήσατε), παρουσιάστε τις συγκλίσεις.

Σημείωση 4: Για κάθε τρέξιμο να γράφετε τα ΠΙΟ ΒΑΣΙΚΑ settings του EA. Μην βάζετε στην έκθεσή σας αντίγραφα των tabs του EASY. **OXI SCREEN-SHOTS από τον EASY.** Επίσης, τα σχήματα σύγκλισης να τα κάνετε εσείς, μην μεταφέρετε

αυτούσια τα διαγράμματα του EASY. Σε κάθε διάγραμμα βάλτε όσες καμπύλες πρέπει, όχι κάθε τρέξιμο σε ξεχωριστό γράφημα, γιατί σημασία έχουν οι συγκρίσεις.

Σημείωση 5: Η συνιστώσα Στοχαστικές Μέθοδοι – Εξελικτικοί αλγόριθμοι συμμετέχει στον τελικό βαθμό του μαθήματος με ποσοστό 40%. Κάθε αποδεκτή εργασία συμμετέχει στο βαθμό της συνιστώσας αυτής σε ποσοστό από 20% (μια απολύτως τυπική εργασία) ως 50% (πλούσια εργασία με ουσιαστικές συγκρίσεις και σχόλια).

Σημείωση 6: Οι εργασίες είναι **ατομικές** (αν συνεργαστείτε για να κάνετε το στοιχειώδες λογισμικό αξιολόγησης, απλώς να το αναφέρετε και κυρίως να ξέρετε τι έχει μέσα του! – έτσι κι αλλιώς δεν είναι εκεί η ουσία) και η παράδοσή τους συνοδεύεται με προφορική παρουσίαση.

**ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΜΕΣΩ Helios, μέχρι και την 18η
Νοεμβρίου 2024 το βράδυ.**