

ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
7^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ
ΔΙΔΑΣΚΩΝ: Κ.Χ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΓΛΟΥ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟ ΕΤΟΣ 2023-2024

1^η ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΠΙΤΙ (2023-24)
ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

Η εργασία αυτή αφορά στη βελτιστοποίηση ενός μειωτήρα στροφών, χρησιμοποιώντας ένα απλουστευμένο μοντέλο ανάλυσης. Στόχος την βελτιστοποίησης είναι ο σχεδιασμός του μειωτήρα με την ελάχιστη μάζα που θα σέβεται παράλληλα τους κατασκευαστικούς περιορισμούς. Πρόκειται για πρόβλημα βελτιστοποίησης με 7 μεταβλητές σχεδιασμού και 11 περιορισμούς. Η περιγραφή του προβλήματος επισυνάπτεται στο ακόλουθο κείμενο. Δεν θα σταθούμε στη φυσική σημασία κάθε ποσότητας μιας και κεντρικό αντικείμενο δεν είναι ο ίδιος ο μειωτήρας 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. Επιπλέον του "απλού" ΕΑ, θα δοκιμάσετε τη χρήση μεταπροτύπων (ΜΑΕΑ) και την πραγματοποίηση κατανεμημένης (distributed, DEA και DMAEA) ανίχνευσης

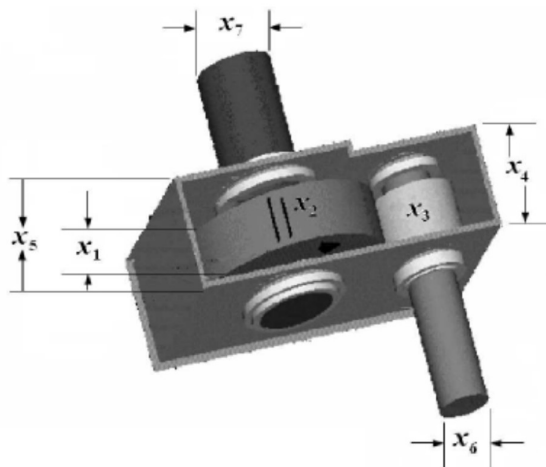
Η τελική έκθεση παραδίνεται σε ηλεκτρονική μορφή (αρχείο pdf), μαζί με τον κώδικα που θα φτιάξετε. Αφήνεται στην κρίση σας το τι θα περιλαμβάνει η έκθεση, από πλευράς διερευνήσεων ως προς τη συμπεριφορά του εξελικτικού αλγορίθμου. Λχ. κωδικοποίηση, σχήματα διασταύρωσης και μετάλλαξης, διαστάσεις πληθυσμών κλπ κλπ). Κάποια από αυτά πρέπει να τα κάνετε και να τα σχολιάσετε. Διαλέξτε μόνοι/ες σας ποιά. Και, προφανώς, δεν χρειάζεται να τα κάνετε με όλους τους συνδυασμούς (ΕΑ, ΜΑΕΑ, DEA, DMAEA). 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, να γίνουν 3-4 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!

ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΑΖΑΣ ΜΕΙΩΤΗΡΑ ΣΤΡΟΦΩΝ

Περιγραφή προβλήματος

Η προς βελτιστοποίηση διάταξη του μειωτήρα στροφών παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα και επηρεάζεται από τις ακόλουθες μεταβλητές σχεδιασμού:



- Πλάτος μετωπικής επιφάνειας τροχών (x_1)
- Module οδόντωσης (x_2).
- Αριθμός οδόντων στο πινιόν (x_3)
- Μήκος 1^{ης} ατράκτου μεταξύ εδράνων (x_4)
- Μήκος 2^{ης} ατράκτου μεταξύ εδράνων (x_5)
- Διάμετρος 1^{ης} ατράκτου (x_6)
- Διάμετρος 2^{ης} ατράκτου (x_7)

Προσοχή: Η μεταβλητή x_3 που ισούται με τον αριθμό των οδόντων στο πινιόν 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. Πρέπει να ξέρετε ότι, ακόμη και να υπάρχει «καλύτερος/εξυπνότερος» τρόπος από τον δικό σας, ο ΕΑ πρέπει να λύσει το πρόβλημα και με το δικό σας τρόπο, έστω με κόστος περισσότερων αξιολογήσεων. Δεν θα είναι καλό όλου/όλες να κάνετε τον ίδιο τρόπο.

Στόχος του προβλήματος είναι η ελαχιστοποίηση της μάζας του μειωτήρα στροφών. Επομένως, η συνάρτηση στόχος είναι η μάζα του μειωτήρα η οποία δίνεται από την εξίσωση:

$$f(\vec{x}) = 0.7854x_1x_2^2(3.3333x_3^2 + 14.9334x_3 - 43.0934) - 1.508x_1(x_6^2 + x_7^2) + 7.4777(x_6^3 + x_7^3) + 0.7854(x_4x_6^2 + x_5x_7^2) \quad (1)$$

Το πρόβλημα διέπεται από συνολικά 11 περιορισμούς, τους οποίους πρέπει να ικανοποιεί η βέλτιστη λύση. Οι μαθηματικές διατυπώσεις των 11 περιορισμών δίνονται αμέσως παρακάτω:

$$c_1(\vec{x}) = \frac{27}{x_1 x_2^2 x_3} - 1 \leq 0 \quad (\text{Π1})$$

$$c_2(\vec{x}) = \frac{397.5}{x_1 x_2^2 x_3^2} - 1 \leq 0 \quad (\text{Π2})$$

$$c_3(\vec{x}) = \frac{1.93 x_4^3}{x_2 x_3 x_6^4} - 1 \leq 0 \quad (\text{Π3})$$

$$c_4(\vec{x}) = \frac{1.93 x_5^3}{x_2 x_3 x_7^4} - 1 \leq 0 \quad (\text{Π4})$$

$$c_5(\vec{x}) = x_2 x_3 - 40 \leq 0 \quad (\text{Π5})$$

$$c_6(\vec{x}) = \frac{x_1}{x_2} - 12 \leq 0 \quad (\text{Π6})$$

$$c_7(\vec{x}) = 5 - \frac{x_1}{x_2} \leq 0 \quad (\text{Π7})$$

$$c_8(\vec{x}) = 1.9 - x_4 + 1.5x_6 \leq 0 \quad (\text{Π8})$$

$$c_9(\vec{x}) = 1.9 - x_5 + 1.1x_7 \leq 0 \quad (\text{Π9})$$

$$c_{10}(\vec{x}) = \frac{1.0}{x_6^3} \sqrt{\left(\frac{745.0x_4}{x_2 x_3}\right)^2 + 16.9 \times 10^6} - 110 \leq 0 \quad (\text{Π10})$$

$$c_{11}(\vec{x}) = \frac{1.0}{x_7^3} \sqrt{\left(\frac{745.0x_5}{x_2 x_3}\right)^2 + 157.5 \times 10^6} - 85 \leq 0 \quad (\text{Π11})$$

(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:

Μεταβλητή	Κατώτερο όριο	Ανώτερο όριο
x_1	2.6	3.6
x_2	0.7	0.8
x_3	17	28
x_4	7.3	8.3
x_5	7.8	8.3
x_6	2.9	3.9
x_7	5.0	5.5

Μετά που λύσετε το πρόβλημα ως SOO (πρόβλημα ενός στόχου), θα το λύσετε και ως πρόβλημα δύο και τριών στόχων και θα απεικονίσετε μέτωπα Pareto. Προς τούτο, στη ΜΟΟ, θα τρέξετε δύο προβλήματα:

(MOO2) Δύο στόχοι όπου ο πρώτος είναι ο γνωστός της εξίσωσης (1) και ο δεύτερος θα είναι ένας περιορισμός που επιθυμείτε τώρα να ισχύει ως ισότητα (ελαχιστοποίηση του απόλυτου της... συνεχίστε). Ο περιορισμός που θα διαλέξετε είναι εκείνου του c_k όπου k το τελευταίο ψηφίο του αριθμού μητρώου σας στη Σχολή (αν $k=0$ για κάποιους/ες, πάρτε το C_{10}). Στη δικριτηριακή βελτιστοποίηση ισχύουν οι ίδιοι περιορισμοί με την SOO, εξαιρουμένου βέβαια του c_k το οποίο «αναβαθμίστηκε» σε δεύτερο στόχο.

(MOO3) Τρεις στόχοι όπου πέραν των δύο προηγούμενων. ο τρίτος θα είναι ένας ακόμη περιορισμός που θα ισχύει ως ισότητα (όπως κάνατε και πριν). Ο τελευταίος είναι εκείνος του c_m όπου m το προτελευταίο ψηφίο του αριθμού μητρώου σας στη Σχολή. Αν τύχει $m=k$, τότε πάρτε $m=k+1$. Στην τρικριτηριακή βελτιστοποίηση ισχύουν οι ίδιοι περιορισμοί με την SOO, εξαιρουμένου του c_k το οποίο «αναβαθμίστηκε» σε τρίτο στόχο. Δώστε σημασία στο πως θα απεικονίσετε το μέτωπο Pareto στον 3Δ χώρο.

Σημείωση 1: Καμιά βελτιστοποίηση δεν θα ξεπερνά σε κόστος τις 3000 αξιολογήσεις (κλήσεις του λογισμικού αξιολόγησης).

Σημείωση 2: Στο τέλος της SOO, δώστε σε πίνακα τις τιμές της συνάρτησης στόχου και των περιορισμών που βρήκατε με το καλύτερο τρέξιμο που κάνατε. Σημειώστε με χρώμα τους περιορισμούς που δεν καταφέρατε να ικανοποιήσετε.

Σημείωση 3: Έκταση έκθεσης ως 10 σελίδες για το SOO και ως 5 σελίδες για το MOO, με λογικά fonts και μικρά σχήματα (όπως θα ήταν σε ένα βιβλίο λχ, δεν χρειάζονται ολοσέλιδα). Γράφετε σχόλια (τι μάθατε, τι παρατηρήσατε), παρουσιάστε τις συγκρίσεις.

Σημείωση 4: Για κάθε τρέξιμο να γράφετε τα ΠΙΟ ΒΑΣΙΚΑ settings. 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 μια-μια, 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 2023.**