

Εξαμηνιαία Εργασία - Βελτιστοποίηση (70% του τελικού βαθμού)

ΑΣΚΗΣΗ 3 - Η μέθοδος CMA-ES

Τμήμα Πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών

1 Σκοπός και αντικείμενο

Θα προσθέσετε μία νέα καθολική μέθοδο βελτιστοποίησης (CMA-ES) και ένα νέο πρόβλημα (Michalewicz) στο project Optimus. Η μέθοδος θα υλοποιηθεί στα αρχεία METHODS/usermethod.h και METHODS/usermethod.cpp, και το πρόβλημα στα PROBLEMS/userproblem.*. Όλες οι υπερπαραμέτροι θα δίνονται εξωτερικά (UI/params) - να ΜΗΝ είναι hard-coded.

2 Αναμενόμενες δεξιότητες

1. Υλοποίηση πληθυσμιακής μεθόδου με σαφή διαχωρισμό συναρτήσεων: constructor, init, step, terminated, done.
2. Χρήση υπερπαραμέτρων εξωτερικά (getParameterList/params).
3. Υποστήριξη τουλάχιστον δύο κατανομών (ομοιόμορφη + μία από Gaussian/K-means/Repulsion).
4. Υβριδισμός με τοπική μέθοδο (π.χ. Gradient Descent ή Nelder–Mead).
5. Κανόνες τερματισμού: budget (iters/evals), tolerance (βελτίωση), stagnation (στασιμότητα).
6. Προσθήκη νέας αντικειμενικής (Michalewicz) με αναλυτική ή αριθμητική κλίση.

3 Μέθοδος προς υλοποίηση - CMA-ES

3.1 Περιγραφή

1. Μπορείτε να δείτε περιγραφή του αλγορίθμου στον σύνδεσμο <https://en.wikipedia.org/wiki/CMA-ES> καθώς και στον σύνδεσμο <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221065022300069X> (τροποποιημένη εκδοχή).

2. Η CMA-ES είναι εξελικτικός αλγόριθμος με προσαρμογή συνδιακύμανσης.
3. Διατηρεί μέση τιμή και μητρώο συνδιακύμανσης από το δείγμα N δειγμάτων της συνάρτησης (m, σ^2, C) .

3.2 Παραδοτέα

1. Υλοποίηση της συνάρτησης δημιουργίας και καθορισμός προκαθορισμένων τιμών για τις παραμέτρους (πχ. popsize, max_iters, seed, sampling_mode, p_local, local_every_R, tol, max_stall, top_k).
2. Υλοποίηση μεθόδου init(): Ενδεικτικά μπορεί να περιλαμβάνει ανάγνωση παραμέτρων, δέσμευση πληθυσμού, αρχική δειγματοληψία, αξιολόγηση, αποθήκευση best.
3. Υλοποίηση μεθόδου step(): ενημέρωση σύμφωνα με τον κανόνα της μεθόδου, επιβολή ορίων, αξιολόγηση, ενημέρωση best. Προαιρετικά μπορεί να εκτελείται και local optimization στους top-k ανά R επαναλήψεις.
4. Υλοποίηση μεθόδου terminated(): Χρησιμοποιήστε διάφορες τεχνικές τερματισμού που να ορίζονται από σχετική παράμετρο, όπως
 - (α') $iter \geq itermax$
 - (β') $|f_{best} - f_{best(old)}| \leq \epsilon$ για G διαδοχικές επαναλήψεις.
5. Υλοποίηση μεθόδου done(): Εύρεση του καλύτερου σημείου στον πληθυσμό και εφαρμογή σε αυτό μιας τεχνικής τοπικής βελτιστοποίησης (πχ Adam, Gradient Descent κτλ.)

4 Υλοποίηση νέου προβλήματος Michalewicz

4.1 Περιγραφή

Να υλοποιήσετε μέσα στο UserProblem το πρόβλημα Michalewicz που ορίζεται ως ακολούθως:

$$f(x) = - \sum_{i=1}^d \sin(x_i) \sin^{2m} \left(\frac{ix_i^2}{\pi} \right)$$

με διάσταση d . Τα όρια κάθε διάστασης είναι στο διάστημα $[0, \pi]$. Συνήθως $m = 10$.

4.2 Παραδοτέα

1. Η μέθοδος δημιουργίας του προβλήματος
2. Η συνάρτηση funmin().
3. Η συνάρτηση gradient().