



ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Διδάσκοντες: Σ. Λυκοθανάσης, Δ. Κουτσομητρόπουλος
Ακαδημαϊκό Έτος 2022-2023

Εργαστηριακή Άσκηση Μέρος Β'

Β. Υλοποίηση στάσεων σώματος από ανθρωποειδές ρομπότ με χρήση ΓΑ.

Στην εργασία αυτή θα χρησιμοποιήσετε **Γενετικό Αλγόριθμο** για τον προσδιορισμό της βέλτιστης τιμής αισθητήρων προκειμένου ένα ανθρωποειδές ρομπότ να πραγματοποιεί μια συγκεκριμένη στάση σώματος. Για το σκοπό αυτό θα αξιοποιήσετε τις μετρήσεις από το σύνολο δεδομένων PUC-Rio που χρησιμοποιήσατε και στο μέρος Α.

Στόχος του αλγορίθμου είναι να προσδιορίσει τη βέλτιστη τιμή των αισθητήρων που πρέπει να έχουν τα επιταχυνσιόμετρα του ρομπότ, ώστε να πραγματοποιεί την κατάσταση *sitting*.



Εικόνα 1: Το ρομπότ NAO και υλοποίηση στάσης σώματος *sitting*.¹

Θεωρούμε ότι το ρομπότ διαθέτει αισθητήρες στις ίδιες θέσεις με τους ανθρώπινους χρήστες (μέση, μηρός, αστράγαλος, χέρι). Θεωρούμε επίσης ότι οι βέλτιστες τιμές προέρχονται από το Μ.Ο. των ανθρώπινων μετρήσεων για την κατάσταση αυτή. Ταυτόχρονα, οι βέλτιστες αυτές τιμές θα πρέπει να βρίσκονται μακριά από τον Μ.Ο. των υπολοίπων καταστάσεων για να μπορεί το ρομπότ να υλοποιεί την κίνηση/στάση κατά το δυνατόν διακριτά και ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες στάσεις σώματος.

Β1. Σχεδιασμός ΓΑ [30 μονάδες]

α) Κωδικοποίηση: Να προτείνετε μια κωδικοποίηση για τα άτομα του πληθυσμού. Λάβετε υπόψη τα παρακάτω:

- Ένα άτομο αναπαριστά ένα διάνυσμα που αντιστοιχεί στις τιμές των 4 αισθητήρων που φέρει το ρομπότ (συνολικά 12 τιμές).

¹ Lakaemper, R. (2014). Sitting pose generation using genetic algorithm for nao humanoid robots. In 2014 IEEE International Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (pp. 137-142). IEEE.

- ii. Το εύρος των τιμών αυτών ενδέχεται να επηρεάσει τις μετρικές ομοιότητας και τη συνάρτηση καταλληλότητας που θα χρησιμοποιήσετε παρακάτω. Προτείνεται η χρήση προεπεξεργασίας/κανονικοποίησης όπως κάνατε στο Α.

β) Πλεονάζουσες τιμές: Ανάλογα με την κωδικοποίηση που εφαρμόσατε στο (α) είναι πιθανό να προκύψουν πλεονάζουσες τιμές, για παράδειγμα, τιμές εκτός του εύρους των τιμών των αισθητήρων ή του εύρους κανονικοποίησης. Περιγράψτε πώς θα αντιμετωπίσετε το πρόβλημα αυτό. Εξετάστε αν μπορείτε να αποφύγετε τις πλεονάζουσες τιμές, με βάση την κωδικοποίηση που προτείνετε στο (α).

γ) Αρχικός πληθυσμός: Περιγράψτε μια διαδικασία για τη δημιουργία αρχικού πληθυσμού ατόμων. Τα άτομα του πληθυσμού είναι πιθανά διανύσματα τιμών αισθητήρων του ρομπότ ώστε να πραγματοποιεί τη στάση sitting.

δ) Υπολογισμός ομοιότητας: Χρειάζεται να υπολογίσετε την απόσταση ενός ατόμου από το M.O. των διανυσμάτων του dataset που αντιστοιχούν στην κατάσταση sitting. Επίσης, χρειάζεται να υπολογίσετε την απόσταση του ατόμου από κάθε M.O. που αντιστοιχεί σε κάθε μία από τις υπόλοιπες καταστάσεις. Για τον υπολογισμό της απόστασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μετρικές, όπως *ευκλείδεια απόσταση*, *απόσταση Manhattan*, *συνημίτονο* και *συσχέτιση Pearson*. Να χρησιμοποιήσετε την ομοιότητα συνημιτόνου και να σχολιάσετε την καταλληλότητά της, σε σχέση και με τις υπόλοιπες, για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

ε) Συνάρτηση καταλληλότητας: Ένα άτομο είναι πιο κατάλληλο από άλλα, εφόσον:

1. Είναι πιο κοντά στις μετρήσεις των αισθητήρων για τη συγκεκριμένη κατάσταση/στάση.
2. Απέχει περισσότερο από τις μετρήσεις των αισθητήρων που αντιστοιχούν στις υπόλοιπες καταστάσεις.

Επομένως η συνάρτηση καταλληλότητας θα πρέπει να συνδυάζει αυτά τα δύο κριτήρια με έμφαση στο 1^ο από αυτά. Για τον υπολογισμό της απόστασης/ομοιότητας μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μέσους όρους και την ομοιότητα συνημιτόνου, όπως αναφέρθηκε στο (δ). Μια συνάρτηση καταλληλότητας F θα μπορούσε να είναι:

$$F(v) = \frac{\cos(v, t_s) + c (1 - \frac{1}{4} \sum_{i \neq s} \cos(v, t_i))}{1 + c}$$

Όπου v το διάνυσμα του ατόμου του πληθυσμού, t_i το διάνυσμα που αναπαριστά τον M.O. της κατάστασης i , s η κατάσταση sitting και c κατάλληλη σταθερά. Η συνάρτηση \cos κινείται στο διάστημα $[-1, 1]$ ή μόνο στο $[0, 1]$ αν δεν υπάρχουν αρνητικά διανύσματα.

- i. Ποια είναι η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της F ; Υπάρχει περίπτωση να προκύψουν αρνητικές τιμές καταλληλότητας; Αν ναι, περιγράψτε πώς θα τις αποφύγετε.
- ii. Να εξηγήσετε αν ο παραπάνω τύπος είναι μια κατάλληλη επιλογή για τη συνάρτηση καταλληλότητας.
- iii. Να προσδιορίσετε μια τιμή για τη σταθερά c , ώστε η ελαχιστοποίηση της ομοιότητας με τις άλλες καταστάσεις να μην κυριαρχεί κατά την αξιολόγηση ενός ατόμου, αφετέρου η επίδρασή της να μην είναι αμελητέα.

στ) Γενετικοί Τελεστές: Με βάση την κωδικοποίηση που επιλέξατε, να προτείνετε τους τελεστές επιλογής, διασταύρωσης και μετάλλαξης που θα χρησιμοποιήσετε.

- i. Ειδικά για την επιλογή, να αξιολογήσετε τη χρήση *ρουλέτας με βάση το κόστος*, με βάση την *κατάταξη* και *τουρνουά*.
- ii. Ειδικά για τη διασταύρωση, να αξιολογήσετε την καταλληλότητα των ακόλουθων τελεστών: *Διασταύρωση μονού σημείου*, *διασταύρωση πολλαπλού σημείου*, *ομοιόμορφη διασταύρωση*.
- iii. Ειδικά για τη μετάλλαξη, να αξιολογήσετε τη χρήση *ελιτισμού*.

B2. Υλοποίηση ΓΑ [30 μονάδες]

Να γράψετε ένα πρόγραμμα, σε οποιοδήποτε περιβάλλον ή γλώσσα προγραμματισμού, που να υλοποιεί τον γενετικό αλγόριθμο που σχεδιάσατε.

B3. Αξιολόγηση και Επίδραση Παραμέτρων [40 μονάδες]

α) Να τρέξετε τον αλγόριθμο για τις τιμές των παραμέτρων που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και να τον συμπληρώσετε. Ο αλγόριθμος θα τερματίζει όταν πληρούνται ένα ή περισσότερα από τα κριτήρια τερματισμού, δηλαδή όταν:

- i. το καλύτερο άτομο της κάθε γενιάς πάψει να βελτιώνεται για ορισμένο αριθμό γενεών ή
- ii. βελτιώνεται κάτω από ένα ποσοστό (<1%) ή
- iii. έχει ξεπεραστεί ένας προκαθορισμένος αριθμός γενεών (π.χ. 1000)

A/A	ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗΣ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑΞΗΣ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΝΕΩΝ
1	20	0.6	0.00		
2	20	0.6	0.01		
3	20	0.6	0.10		
4	20	0.9	0.01		
5	20	0.1	0.01		
6	200	0.6	0.00		
7	200	0.6	0.01		
8	200	0.6	0.10		
9	200	0.9	0.01		
10	200	0.1	0.01		

Προσοχή: Επειδή οι ΓΑ είναι στοχαστικοί αλγόριθμοι και συνεπώς δεν εξασφαλίζουν την ίδια απόδοση σε κάθε εκτέλεσή τους, θα πρέπει να εκτελέσετε τον αλγόριθμο τουλάχιστον δέκα φορές για κάθε περίπτωση. Στον πίνακα να σημειώσετε το μέσο όρο της απόδοσης της καλύτερης λύσης σε κάθε τρέξιμο.

β) Για κάθε περίπτωση του παραπάνω πίνακα να σχεδιάσετε την καμπύλη εξέλιξης (απόδοση/αριθμό γενιών) της καλύτερης λύσης (της μέσης τιμής αυτής, σε κάθε γενιά, σε κάθε τρέξιμο).

γ) Με βάση αυτές τις καμπύλες, αλλά και τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα, να διατυπώσετε αναλυτικά τα συμπεράσματά σας σχετικά με την επίδραση της κάθε παραμέτρου (μέγεθος πληθυσμού, πιθανότητα διασταύρωσης, πιθανότητα μετάλλαξης) στη σύγκλιση του αλγορίθμου.

δ) Για κάθε περίπτωση του παραπάνω πίνακα, εισάγετε το βέλτιστο άτομο που προέκυψε ως είσοδο στο βέλτιστο ΤΝΔ από το μέρος Α και καταγράψτε την κατάσταση με τη μεγαλύτερη πιθανότητα που προκύπτει, καθώς και την πιθανότητα της κατάστασης sitting. Διατυπώστε τα συμπεράσματά σας σε συνέχεια του (γ).

Παραδοτέα

Η αναφορά που θα παραδώσετε θα πρέπει να περιέχει εκτενή σχολιασμό των πειραμάτων σας καθώς και πλήρη καταγραφή των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων σας, ανά υπό-ερώτημα. Επίσης, πρέπει να συμπεριλάβετε στην αρχή της αναφοράς σας ένα σύνδεσμο προς τον κώδικα που έχετε χρησιμοποιήσει (σε κάποια file sharing υπηρεσία ή code repo), ώστε να ληφθεί υπόψη.

Μην ξεχάσετε να συμπληρώσετε τα στοιχεία σας, στην αρχή της 1^{ης} σελίδας.

Αξιολόγηση

Η απάντηση των ερωτημάτων Α και Β, έχει βαρύτητα 20% στον τελικό βαθμό του μαθήματος (το σύνολο και των δύο μερών της εργασίας έχει βαρύτητα 40%). Ο βαθμός του Bonus (10%) προστίθεται στο παραπάνω ποσοστό 40%.

Παρατηρήσεις

1. Η αναφορά, σε ηλεκτρονική μορφή, πρέπει να αναρτηθεί στο e-class μέχρι τη Δευτέρα, 12/6/2023, στις 23:59.
2. Για οποιαδήποτε διευκρίνιση / ερώτηση μπορείτε να χρησιμοποιείτε το σχετικό forum στο eclass του μαθήματος.