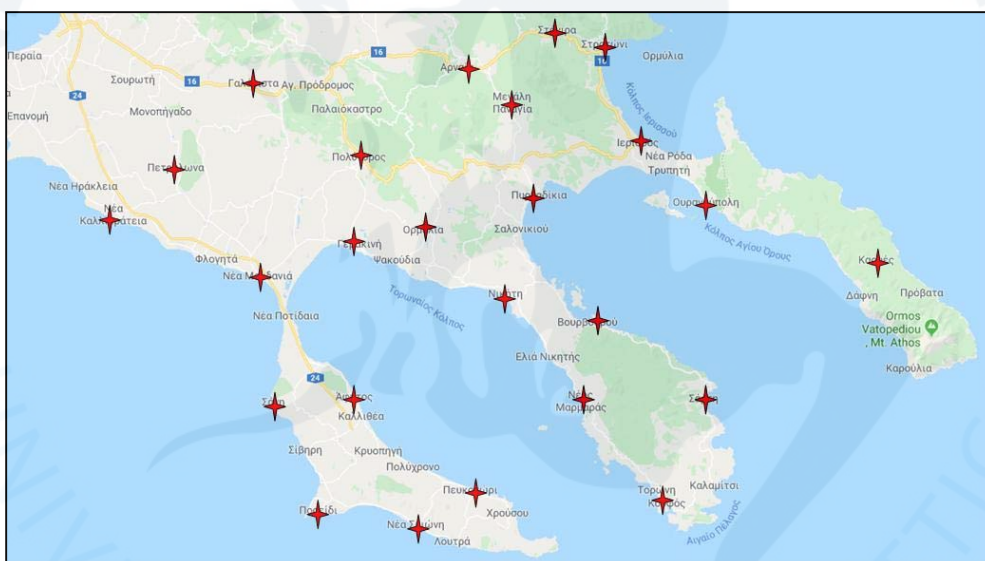


2^η εργασία για το εργαστήριο Τεχνητής Νοημοσύνης

Πραγματική εφαρμογή γενετικού αλγορίθμου

Στο κατωτέρω σχήμα φαίνονται 25 πόλεις, κωμοπόλεις και χωριά του νομού Χαλκιδικής. Έστω μία εταιρεία κινητής τηλεφωνίας, η οποία θέλει να εγκαταστήσει έναν (μοναδικό) σταθμό αναμετάδοσης σε κάποιο σημείο της Χαλκιδικής, έτσι ώστε αυτό να απέχει αθροιστικά τη μικρότερη δυνατή απόσταση από όλους τους οικισμούς (σε ευθεία γραμμή, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το ανάγλυφο της περιοχής).



Μαθηματική διατύπωση του προβλήματος:

Υπάρχουν m σταθερά σημεία A_1, \dots, A_m στο επίπεδο (δισδιάστατα δεδομένα). Να βρεθεί ένα σημείο X του επιπέδου, τέτοιο ώστε το άθροισμα της Ευκλείδειας απόστασης του σημείου X από τα σταθερά σημεία A_i να είναι ελάχιστο. Αυτό το άθροισμα δίνεται από τη σχέση: $D = |X - A_1| + \dots + |X - A_m|$.

Στον Πίνακα 1 αποτυπώνονται τα ονόματα των 25 οικισμών, καθώς και οι συντεταγμένες τους σε

μοίρες ([αρχείο Halkidiki_25.txt](#)). Οι συντεταγμένες δίνονται σε δεκαδική παράσταση με 6 δεκαδικά ψηφία (συντεταγμένες GPS). Για ευκολία στους υπολογισμούς των αποστάσεων, ας υποθέσουμε ότι για τον Ελλαδικό χώρο η Γη είναι σφαιρική και οι συντεταγμένες του πίνακα είναι σημεία του Καρτεσιανού επιπέδου (δηλ. μία μοίρα διαφορά στο γεωγραφικό μήκος αντιστοιχεί σε απόσταση ίση με μία μοίρα διαφορά γεωγραφικού πλάτους).

Πίνακας 1

A/A	Πόλη/κωμόπολη/χωριό	Γεωγρ. πλάτος	Γεωγρ. μήκος
1	Αρναία	40.487386	23.596722
2	Άφυτος	40.097854	23.437297
3	Βουρβουρού	40.187549	23.794397
4	Γαλάτιστα	40.467818	23.276774
5	Γερακινή	40.277924	23.444131
6	Ιερισσός	40.398178	23.878921
7	Καρυές	40.257182	24.245642
8	Κουφός	39.970574	23.919930
9	Μεγάλη Παναγία	40.444233	23.679360
10	Νέα Καλλικράτεια	40.312016	23.063361
11	Νέα Μουδανιά	40.239382	23.283929
12	Νέα Σκιώνη	39.946193	23.531817
13	Νέος Μαρμαράς	40.095044	23.782260
14	Νικήτη	40.217262	23.669855
15	Ορμύλια	40.293163	23.545274
16	Ουρανούπολη	40.325774	23.982267
17	Πετράλωνα	40.369312	23.159980
18	Πευκοχώρι	39.988786	23.614820
19	Πολύγυρος	40.377528	23.441502
20	Ποσειδί	39.963767	23.380025
21	Πυργαδίκια	40.334955	23.724034
22	Σάνη	40.091066	23.312003
23	Σάρτη	40.093456	23.978882
24	Στάγειρα	40.529959	23.751533
25	Στρατώνι	40.513395	23.826336

Ο **χώρος κατάστασης** είναι το σύνολο των διαφορετικών θέσεων (Καρτεσιανών συντεταγμένων) όπου μπορεί να βρεθεί το σημείο X στον δισδιάστατο χώρο. Επειδή οι δυνατές θέσεις είναι άπειρες, ο χώρος κατάστασης είναι άπειρος (**δεν** τίθενται φυσικοί περιορισμοί, π.χ. συντεταγμένες σε θαλάσσιο σημείο να μη γίνονται αποδεκτές). Η αρχική κατάσταση μπορεί να είναι οποιοδήποτε σημείο του επιπέδου. Η τελική κατάσταση είναι εκείνο το σημείο για το οποίο το άθροισμα της Ευκλείδειας απόστασής του από τα σταθερά σημεία A_i είναι ελάχιστο.

Προκειμένου να κωδικοποιηθούν οι λύσεις, κάθε σημείο X μπορούμε να το κωδικοποιήσουμε ως ζεύγος συντεταγμένων (x, y) στον δισδιάστατο χώρο, π.χ. (39.365100, 23.068000). Έτσι κάθε χρωμόσωμα του πληθυσμού θα αποτελείται από δύο γονίδια με πραγματικές τιμές (κάθε γονίδιο θα αντιστοιχεί και σε μια συντεταγμένη).

Ο αρχικός πληθυσμός θα δημιουργηθεί παράγοντας τυχαία έναν αριθμό (ίσο με το μέγεθος του πληθυσμού) από χρωμοσώματα, με γονίδια δύο πραγματικές τιμές που αντιστοιχούν στις συντεταγμένες.

Η αντικειμενική συνάρτηση αξιολόγησης των μελών του πληθυσμού θα είναι το άθροισμα της Ευκλείδειας απόστασης του σημείου X που αντιστοιχεί σε κάθε χρωμόσωμα (μέλος του πληθυσμού) από τα σταθερά σημεία A_i . Έτσι η απόδοση του χρωμοσώματος C_k του πληθυσμού (το οποίο μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αντιστοιχεί στο σημείο C_k) θα δίνεται από τη σχέση:

$$Fitness(C_k) = |C_k - A_1| + \dots + |C_k - A_m|.$$

Στα αρχεία [simpleGA_new.c](#) και [simpleGA_new.h](#) βρίσκεται ο κώδικας που υλοποιεί έναν απλό γενετικό αλγόριθμο για την επίλυση του προβλήματος.

Ζητούμενα εργασίας (σε βήματα) και οδηγίες για την τεκμηρίωση

Να εκτελέσετε τον αλγόριθμο για τις τιμές των παραμέτρων που φαίνονται στον Πίνακα 2 και να τον συμπληρώσετε. Στο σημείο με την ελάχιστη απόσταση θα αναφέρετε τις συντεταγμένες αυτού του σημείου. Θεωρήστε ως μέγιστο αριθμό γενεών τις 1000 γενιές.

Να υπολογίσετε τον μέσο όρο όλων των λύσεων του προηγούμενου ερωτήματος και να εντοπίσετε το σημείο που θα πρέπει να τοποθετηθεί ο σταθμός. Σχολιάστε τις λύσεις που δίνει ο Γενετικός Αλγόριθμος.

Να σχολιάστε κατά πόσον εμφανίστηκαν παράδοξες λύσεις (π.χ. θαλάσσιο σημείο ή σημείο εκτός του νομού). Σε αυτήν την περίπτωση να αιτιολογήσετε κατά πόσον αυτές οφείλονται σε ελλιπή κατάστρωση του προβλήματος και να προτείνετε περιορισμούς που θα έπρεπε να τεθούν στον

γενετικό αλγόριθμο (να το προσεγγίσετε αποκλειστικά θεωρητικά, καθώς δε ζητείται να υλοποιήσετε τις προτάσεις σας).

Πίνακας 2

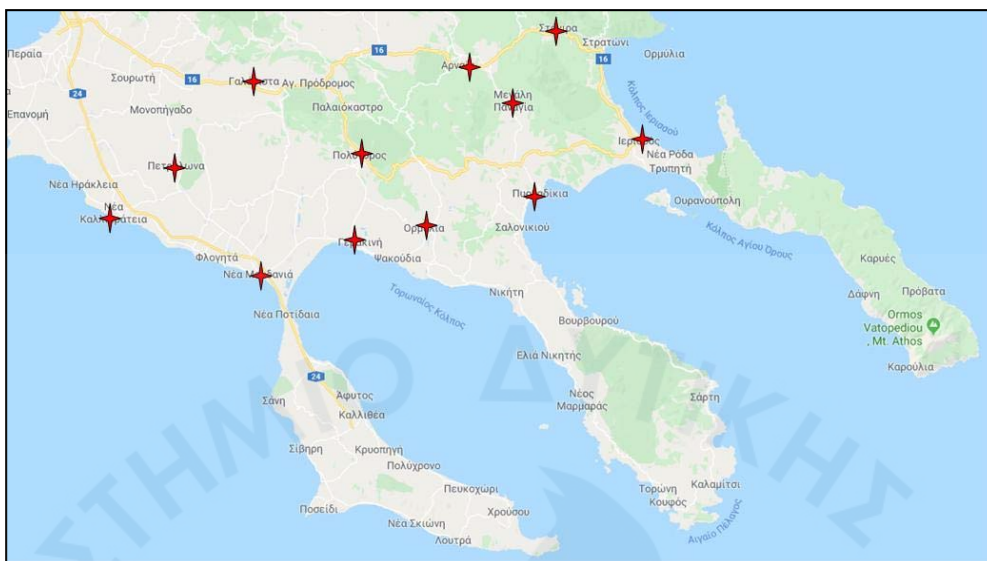
A/A	Μέγεθος πληθυσμού	Πιθανότητα διασταύρωσης	Πιθανότητα μετάλλαξης	Σημείο με ελάχιστη απόσταση	Ελάχιστη απόσταση
1	10	0.1	0.05		
2	10	0.5	0.1		
3	20	0.1	0.05		
4	20	0.5	0.1		
5	50	0.1	0.05		
6	50	0.5	0.1		
7	100	0.1	0.05		
8	100	0.5	0.1		
9	1000	0.4	0.1		

ΠΡΟΣΟΧΗ: Επειδή οι Γενετικοί είναι στοχαστικοί αλγόριθμοι και δεν διασφαλίζουν την ίδια απόδοση σε κάθε εκτέλεση, για κάθε σετ παραμέτρων τους θα πρέπει να εκτελεστεί ο αλγόριθμος τουλάχιστον δέκα φορές και στον πίνακα να σημειώσετε τον μέσο όρο των λύσεων και των αποστάσεων.

Πίνακας 3

A/A	Πόλη/κωμόπολη/χωριό	Γεωγρ. Πλάτος	Γεωγρ. μήκος
1	Αρναία	40.487386	23.596722
2	Γαλάτιστα	40.467818	23.276774
3	Γερακινή	40.277924	23.444131
4	Ιερισσός	40.398178	23.878921
5	Μεγάλη Παναγία	40.444233	23.679360
6	Νέα Καλλικράτεια	40.312016	23.063361
7	Νέα Μουδανιά	40.239382	23.283929
8	Ορμύλια	40.293163	23.545274
9	Πετράλωνα	40.369312	23.159980
10	Πολύγυρος	40.377528	23.441502
11	Πυργαδίκια	40.334955	23.724034
12	Στάγειρα	40.529959	23.751533

Να συμπληρώσετε εκ νέου τον Πίνακα 2, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 3 (αρχείο [Halkidiki_12.txt](#)). Υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις λύσεις σε σχέση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τα δεδομένα του Πίνακα 1; Εάν υπάρχουν, πού αποδίδετε αυτές τις διαφοροποιήσεις;



Και στις δύο περιπτώσεις πληθυσμών, οι διάφορες λύσεις προτείνεται να ελεγχθούν μέσω του Google Maps και, προαιρετικά, να αποτυπωθούν σε μία εικόνα, ώστε να καταστεί περισσότερο κατανοητή η λειτουργία του Γενετικού Αλγορίθμου.

Η εργασία είναι υποχρεωτική και ατομική. Θα παραδοθεί έως τις **23/1/2023, 23:59** μέσω της πλατφόρμας ηλεκτρονικής μάθησης [eclass.uniwa.gr](#). Παραδοτέα θα είναι συμπιεσμένο αρχείο (zip ή rar) με όνομα αρχείου **Surname-AM.zip** (πχ. Tselenti-2434233.zip) που θα περιλαμβάνει την τεκμηρίωση της εργασίας σε μορφότυπο pdf.

Ο βαθμός της παρούσας εργασίας θα συνεισφέρει κατά **20%** στον τελικό βαθμό του μαθήματος, για τους ακολουθούντες πρόγραμμα ΠΑΔΑ.

Για όσους ακολουθούν πρόγραμμα ΤΕΙ, ο βαθμός της παρούσας εργασίας θα συνεισφέρει κατά **50%** στον τελικό βαθμό του εργαστηριακού μέρους του μαθήματος.

Επεξήγηση-Ανάλυση των ζητούμενων της εργασίας: κατά τη διάρκεια του θεωρητικού μαθήματος

Υποστήριξη για την υλοποίηση της εργασίας: κάθε Δευτέρα 16:00-18:00, αίθουσα K10.022