

**Υλοποίηση Αλγορίθμου για τον Υπολογισμό του Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλου και του Διαγράμματος Voronoi**

**Ιωάννης Πρίφτη**

**Διπλωματική Εργασία**

Επιβλέπων: Λεωνίδας Παληός

Ιωάννινα, Φεβρουάριος, 2023

**Τμήμα Μηχ. Η/Υ & Πληροφορικής**

**Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων**

**Department of Computer Science & Engineering**

**University of Ioannina**

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που συνέβαλαν και βοήθησαν στο να γίνω ο άνθρωπος που είμαι σήμερα.

20/02/2023

Ιωάννης Πρίφτη

Περίληψη

Η εργασία αυτή αφορά την υλοποίηση και οπτικοποίηση του αλγορίθμου για τον υπολογισμό του Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλου [**[3]**](#_Βιβλιογραφία) καθώς επίσης και των αντίστοιχων Διαγραμμάτων Voronoi για τους Πλησιέστερους και πιο Απομακρυσμένους Γείτονες [**[3]**](#_Βιβλιογραφία) διατηρώντας πάντα τις πολυπλοκότητες των αλγορίθμων σε χρονικό πλαίσιο O(nlogn). Για την ανάπτυξη χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Java [**[7]**](#_Βιβλιογραφία) καθώς επίσης και javaFX [**[8]**](#_Βιβλιογραφία)για το γραφικό περιβάλλον. Τέλος, αποτελεί μια πλήρη εφαρμογή η οποία μπορεί να γίνει εγκατάσταση και να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε χρήστη χωρίς να απαιτούνται γνώσεις προγραμματισμού.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ελάχιστος Περικλείοντας Κύκλος, Διάγραμμα Voronoi, Πολυπλοκότητα, Εφαρμογή

**Πίνακας Περιεχομένων**

[Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή 6](#_Toc128445009)

[1.1 Βασικοί Ορισμοί 6](#_Toc128445010)

[1.2 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας 7](#_Toc128445011)

[1.3 Σχετικά Ερευνητικά Αποτελέσματα 7](#_Toc128445012)

[1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας 8](#_Toc128445013)

[Κεφάλαιο 2. Υπολογισμός Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλου και των Διαγραμμάτων Voronoi 9](#_Toc128445014)

[2.1 Υπολογισμός Κυρτού Περιβλήματος 9](#_Toc128445015)

[2.1.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο 9](#_Toc128445016)

[2.1.2 Περιγραφή του Αλγορίθμου 10](#_Toc128445017)

[2.1.3 Παράδειγμα Εφαρμογής του Αλγορίθμου 11](#_Toc128445018)

[2.2 Υπολογισμός Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλου 14](#_Toc128445019)

[2.2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο 14](#_Toc128445020)

[2.2.2 Περιγραφή του Αλγορίθμου 17](#_Toc128445021)

[2.2.3 Παράδειγμα Εφαρμογής του Αλγορίθμου 18](#_Toc128445022)

[2.3 Υπολογισμός Διαγράμματος Voronoi 1ης τάξης 21](#_Toc128445023)

[2.3.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο 21](#_Toc128445024)

[2.3.2 Περιγραφή του Αλγορίθμου 21](#_Toc128445025)

[2.3.3 Παράδειγμα Εφαρμογής του Αλγορίθμου 22](#_Toc128445026)

[2.4 Υπολογισμός Διαγράμματος Voronoi n-1 τάξης 25](#_Toc128445027)

[2.4.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο 25](#_Toc128445028)

[2.4.2 Περιγραφή του Αλγορίθμου 25](#_Toc128445029)

[2.4.3 Παράδειγμα Εφαρμογής του Αλγορίθμου 26](#_Toc128445030)

[Κεφάλαιο 3. Η Υλοποίηση 27](#_Toc128445031)

[3.1 Είσοδος-Έξοδος 27](#_Toc128445032)

[3.2 Δομές Δεδομένων 27](#_Toc128445033)

[3.3 Κλάσεις/Πακέτα 28](#_Toc128445034)

[3.3.1 MainGUI/View 29](#_Toc128445035)

[3.3.2 SmallestEnclosingCircleGUI/View 35](#_Toc128445036)

[3.3.3 VoronoiGraphGUI/View 41](#_Toc128445037)

[3.3.4 AlgorithmsHandler/Control 47](#_Toc128445038)

[3.3.5 ChangeLanguageButtonHandler/Control 49](#_Toc128445039)

[3.3.6 CustomMouseListener/Control 51](#_Toc128445040)

[3.3.7 ExitButtonHandler/Control 52](#_Toc128445041)

[3.3.8 GraphGUIHandler/Control 53](#_Toc128445042)

[3.3.9 InfoButtonHandler/Control 55](#_Toc128445043)

[3.3.10 InfoContentHandler/Control 59](#_Toc128445044)

[3.3.11 LoadFileButtonHandler/Control 60](#_Toc128445045)

[3.3.12 PaperTitleHandler/Control 63](#_Toc128445046)

[3.3.13 PutPointsButtonHandler/Control 64](#_Toc128445047)

[3.3.14 DataBase/Model 66](#_Toc128445048)

[3.3.15 GrahamScan/Model 82](#_Toc128445049)

[3.3.16 NeighborVoronoiDiagram/Model 85](#_Toc128445050)

[3.3.17 SmallestEnclosingCircle/Model 88](#_Toc128445051)

[3.3.18 TextHandler/Model 90](#_Toc128445052)

[3.3.19 CSVLoader/Model\_Loaders 97](#_Toc128445053)

[3.3.20 ExcelLoader/Model\_Loader 99](#_Toc128445054)

[3.3.21 FileLoader/Model\_Loader 101](#_Toc128445055)

[3.3.22 FileLoaderFactory/Model\_Loaders 102](#_Toc128445056)

[3.3.23 TXTLoader/Model\_Loader 104](#_Toc128445057)

[3.4 Παραδείγματα Εκτέλεσης του Προγράμματος 106](#_Toc128445058)

[Κεφάλαιο 4. Επίλογος 116](#_Toc128445059)

[4.1 Συμπεράσματα 116](#_Toc128445060)

[4.2 Μελλοντικές Ενημερώσεις 116](#_Toc128445061)

[Κεφάλαιο 5. Βιβλιογραφία 117](#_Toc128445062)

# Εισαγωγή

## Βασικοί Ορισμοί

Σε αυτήν την ενότητα θα αναλύσουμε τους βασικούς ορισμούς που αφορούν το Κυρτό Περίβλημα, τον Ελάχιστο Περικλείοντα Κύκλο καθώς και των Διαγραμμάτων Voronoi για τον Πλησιέστερο και πιο Απομακρυσμένο Γείτονα.

Το Κυρτό Περίβλημα [**[1]**](#_Βιβλιογραφία) είναι το μικρότερο κυρτό σύνολο που περιέχει όλα τα σημεία στον ευκλείδειο χώρο, πιο συγκεκριμένα είναι εκείνο το πολύγωνο που έχει ως κορυφές του τα πιο εξωτερικά σημεία του ευκλείδειου χώρου με την ιδιότητα να καλύπτει όλα τα υπόλοιπα και ταυτόχρονα να είναι το μικρότερο δυνατό.

Ο Ελάχιστος Περικλείοντας Κύκλος είναι ο Κύκλος με την μικρότερη ακτίνα που περιέχει όλα τα σημεία στον ευκλείδειο χώρο και κάποια εξ ’αυτών (2-3 συνήθως) βρίσκονται πάνω στον κύκλο.

Το Διάγραμμα Voronoi του Πλησιέστερου Γείτονα (ή 1ης τάξης) [**[3]**](#_Βιβλιογραφία) είναι ένα διάγραμμα το οποίο χωρίζει τον χώρο σε περιοχές (πολύγωνα ή κελιά Voronoi). Σε κάθε σημείο του ευκλείδειου επιπέδου αντιστοιχεί και μια περιοχή του διαγράμματος με την ιδιότητα ότι οποιοδήποτε σημείο βρεθεί εντός της περιοχής αυτής είναι πιο κοντά στο σημείο αυτό απ’ ότι σε όλα τα υπόλοιπα.

Το Διάγραμμα Voronoi του πιο Απομακρυσμένου Γείτονα (ή n-1τάξης) [**[3]**](#_Βιβλιογραφία) είναι ένα διάγραμμα που μας δείχνει το ακριβώς αντίθετο σε σχέση με του πλησιέστερου γείτονα. Πιο συγκεκριμένα, χωρίζει τον ευκλείδειο χώρο σε περιοχές με τέτοιον τρόπο ώστε για οποιοδήποτε σημείο να μπορούμε να δούμε τον πιο απομακρυσμένο γείτονά του.

## Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία είχαμε ως στόχο να μελετήσουμε και να υλοποιήσουμε τον Αλγόριθμο για τον Υπολογισμό του Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλου [**[3]**](#_Βιβλιογραφία) καθώς επίσης και των Διαγραμμάτων Voronoi του Πλησιέστερου και πιο Απομακρυσμένου γείτονα [**[3]**](#_Βιβλιογραφία). Καταφέραμε να διατηρήσουμε την πολυπλοκότητα των Αλγορίθμων σε O(nlogn) χρησιμοποιώντας αποδοτικές δομές (όπως λεξικά, κοκκινόμαυρα δυαδικά δέντρα αναζήτησης κτλ.) και δημιουργήσαμε μια εφαρμογή στην γλώσσα προγραμματισμού Java [**[7]**](#_Βιβλιογραφία) με εύχρηστο γραφικό περιβάλλον ικανή να μπορεί να την χρησιμοποιεί ο χρήστης χωρίς να απαιτούνται γνώσεις προγραμματισμού.

## Σχετικά Ερευνητικά Αποτελέσματα

Ο Megiddo έχει δώσει αλγορίθμους γραμμικού χρόνου για γραμμικό προγραμματισμό στον R^3 που εφαρμόζεται στο πρόβλημα του περιβάλλοντος κύκλου [**[21]**](#_Βιβλιογραφία)**.**

Οι Aggraval, Guibas, Saxe και Shor έδωσαν γραμμικούς αλγορίθμους για τον υπολογισμό των διαγραμμάτων Voronoi των σημείων όταν αυτά αποτελούν τις κορυφές ενός κυρτού πολυγώνου [**[22]**](#_Βιβλιογραφία)**.**

ΟιPiotr Berman και Andrzej Lingas έχουν δώσει επίσης σχεδόν βέλτιστο παράλληλο αλγόριθμο για τον υπολογισμό των διαγραμμάτων Voronoi των σημείων ενός κυρτού πολυγώνου σε O(logn) χρόνο [**[23]**](#_Βιβλιογραφία) .

Οι Alon Efrat, Micha Shahir και Alon Ziv πρότειναν έναν αλγόριθμο για τον υπολογισμό του Ελάχιστου k-Περικλείοντος Κύκλου για δεδομένο σύνολο σημείων S όπου k είναι ένα υποσύνολο του S [**[24]**](#_Βιβλιογραφία)**.**

Οι Pooya Shivanasab και Rahim Ali Abbaspour πρότειναν ένα νέο αλγόριθμο για τον υπολογισμό του διαγράμματος Voronoi 1ης τάξης όσο και του τριγωνισμού Delaunay σε O(nlogn) χρόνο [**[25]**](#_Βιβλιογραφία)**.**

## Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Σε αυτήν την ενότητα θα αναφέρουμε περιληπτικά τα περιεχόμενα των κεφαλαίων που ακολουθούν.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα περιγράψουμε τους αλγορίθμους που χρησιμοποιήσαμε για να υπολογίσουμε το Κυρτό Περίβλημα [**[1]**](#_Βιβλιογραφία) , τον Ελάχιστο Περικλείοντα Κύκλο [**[3]**](#_Βιβλιογραφία) και τα Διαγράμματα Voronoi [**[3]**](#_Βιβλιογραφία), κάποια απαραίτητα μαθηματικά στα οποία αυτοί βασίζονται για την ορθή λειτουργία τους καθώς επίσης και κάποια απλά παραδείγματα ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας τους.

Επιπλέον, στο μεθεπόμενο κεφάλαιο θα αναλύσουμε εκτενώς την υλοποίηση του συνολικού προγράμματος σε Java [**[7]**](#_Βιβλιογραφία), την είσοδο και την έξοδο του, τις δομές που χρησιμοποιήσαμε καθώς επίσης και θα εκτελέσουμε βήμα-βήμα το πρόγραμμα ώστε να δούμε τον τρόπο λειτουργίας του.

Τέλος, ακολουθεί μια σύνοψη του τι κάναμε συνολικά σε αυτήν την διπλωματική εργασία καθώς επίσης και κάποια μελλοντικά σχέδια όσον αφορά μελλοντικές λειτουργίες του προγράμματος.

# Υπολογισμός Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλου και των Διαγραμμάτων Voronoi

## Υπολογισμός Κυρτού Περιβλήματος

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ορίσουμε το Κυρτό Περίβλημα καθώς επίσης θα περιγράψουμε τον αλγόριθμο σάρωσης του Graham [**[1]**](#_Βιβλιογραφία) για τον υπολογισμό των σημείων που ορίζουν το κυρτό περίβλημα από ένα πεπερασμένο σύνολο σημείων σε O(n+nlogn) χρόνο. Επίσης θα εξηγήσουμε μέσω ενός απλού παραδείγματος τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί.

### Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ένα υποσύνολο S του επιπέδου λέγεται κυρτό εάν και μόνο εάν για κάθε ζεύγος σημείων p,q του S το ευθύγραμμο τμήμα p-q περιέχεται πλήρως στο S. Το κυρτό περίβλημα ΚΠ(S) ενός συνόλου S είναι το μικρότερο κυρτό σύνολο που περιέχει το S. Ακριβέστερα είναι η τομή όλων των κυρτών συνόλων που περιέχουν το S [**[19]**](#_Βιβλιογραφία)**.**

Το κυρτό περίβλημα έχει την ιδιότητα ότι όλες οι εσωτερικές γωνίες του είναι το πολύ 180ο η κάθε μία και αυτό μπορεί να αποδειχθεί πολύ εύκολα χρησιμοποιώντας την ιδιότητα ότι το άθροισμα των εσωτερικών γωνιών οποιουδήποτε πολυγώνου n πλευρών ισούται με (n-2)\*180ο. Αυτή η ιδιότητα είναι χρήσιμη διότι ο αλγόριθμος του Graham [**[1]**](#_Βιβλιογραφία) ταξινομεί τα σημεία με βάση την γωνία που σχηματίζουν με τον άξονα x.

### Περιγραφή του Αλγορίθμου

**Αλγόριθμος**

1. *Βρες το σημείο με την μικρότερη y συντεταγμένη (στην περίπτωση ισοπαλίας επίλεξε εκείνο με την μικρότερη x συντεταγμένη).*
2. *Ταξινόμησε τα υπόλοιπα σημεία με βάση την πολική τους γωνία ως προς το σημείο με την μικρότερη y συντεταγμένη του βήματος (1).*
3. *Αρχικοποίησε μια κενή στοίβα και εισήγαγε το σημείο με την μικρότερη y συντεταγμένη του βήματος (1) στην στοίβα.*
4. *Για κάθε εναπομείναν σημείο της ταξινομημένης λίστας:*
5. *Όσο τα δύο τελευταία σημεία της στοίβας και το τρέχον σημείο κάνουν μη-αριστερή στροφή:*
6. *Εξήγαγε το τελευταίο σημείο από τη στοίβα.*
7. *Εισήγαγε το τρέχον σημείο στη στοίβα.*
8. *Η στοίβα περιέχει τα σημεία του κυρτού περιβλήματος.*

Το πρώτο βήμα (1) του αλγορίθμου είναι η εύρεση του σημείου με την μικρότερη συντεταγμένη y και στην περίπτωση ισοπαλίας επιλέγεται εκείνο με την μικρότερη συντεταγμένη x σε O(n) χρόνο, έστω min. Αυτό γίνεται πολύ εύκολα με έναν βρόχο ο οποίος σε κάθε επανάληψη κρατάει εκείνο το σημείο με την μικρότερη y συντεταγμένη και το συγκρίνει με το επόμενο μέχρι να εξαντλήσει όλα τα στοιχεία σε γραμμικό O(n) χρόνο.

Στη συνέχεια (βήμα (2)), ο αλγόριθμος ταξινομεί το σύνολο των σημείων σε αύξουσα σειρά με βάση την πολική γωνία (Math.atan2) που σχηματίζει το κάθε σημείο του συνόλου με το min ως προς τον άξονα x. Ο συγκριτής συγκρίνει πρώτα τις πολικές γωνίες των δύο σημείων και επιστρέφει -1, 0 ή 1 ανάλογα με το αν η γωνία του πρώτου σημείου είναι μικρότερη, ίση ή μεγαλύτερη από την γωνία του δεύτερου σημείου. Εάν οι πολικές γωνίες είναι ίσες, ο συγκριτής συγκρίνει τις αποστάσεις των δύο σημείων από το σημείο min και επιστρέφει το αποτέλεσμα τις σύγκρισης. Η ταξινόμηση γίνεται με τον Αλγόριθμο Merge Sort (Collections.short) [**[14]**](#_Βιβλιογραφία) σε O(nlogn) χρόνο.

Έπειτα (βήμα (3)), εκτελείται η σάρωση του Graham [**[1]**](#_Βιβλιογραφία) (4) επί της λίστας (List<Point2D>) με τα ταξινομημένα στοιχεί που προέκυψαν στο προηγούμενο βήμα (βήμα (2)). Δημιουργεί μια νέα λίστα (List<Point2D>) που θα διατηρεί τα σημεία που ορίζουν το κυρτό περίβλημα στην οποία αρχικά προσθέτει το σημείο min. Για κάθε σημείο της ταξινομημένης λίστας ελέγχει αν το σημείο κάνει αριστερή στροφή με τα δύο προηγούμενα σημεία του κυρτού περιβλήματος από την αντίστοιχη λίστα τότε το προσθέτει στην αντίστοιχη λίστα με τα σημεία του κυρτού περιβλήματος. Διαφορετικά, αφαιρεί το προηγούμενο σημείο από το κυρτό περίβλημα μέχρι το τρέχον σημείο να κάνει αριστερή στροφή. Τέλος, ο αλγόριθμος προσθέτει ξανά το αρχικό σημείο στη λίστα με τα σημεία του κυρτού περιβλήματος για να ολοκληρώσει τον βρόχο και επιστρέφει την λίστα. Ο έλεγχος της στροφής γίνεται μέσω της μεθόδου crossProduct (βλέπε μέθοδο **Model/GrahamScan/crossProduct**).

### Παράδειγμα Εφαρμογής του Αλγορίθμου

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε 5 σημεία στον ευκλείδειο χώρο. Τα A, B, C και D. Εκ των οποίων επιλέγεται εκείνο με την μικρότερη συντεταγμένη y, δηλαδή το P (βλέπε **Σχήμα 1.1**).

Chart

Description automatically generated

**Σχήμα 1.1:** Επιλογή σημείου P

Αφού λοιπόν προστεθούν τα P και A στην λίστα με τα σημεία του κυρτού περιβλήματος, ο αλγόριθμος ελέγχει αν η ευθεία B-A σχηματίζει αριστερή στροφή με την ευθεία A-P (βλέπε **Σχήμα 1.2**).

Chart

Description automatically generated

**Σχήμα 1.2:** Έλεγχος στροφής B-A και A-P

Εφόσον σχηματίζουν αριστερή στροφή τότε προστίθεται το B στην λίστα με τα σημεία του κυρτού περιβλήματος και ο αλγόριθμος συνεχίζει στο επόμενο σημείο, το C. Ελέγχει αν η ευθεία C-B σχηματίζει αριστερή στροφή με την ευθεία B-A (βλέπε **Σχήμα 1.3**).

Chart, line chart
δσαψσδψσδ

Description automatically generated

**Σχήμα 1.3:** Έλεγχος στροφής C-B και B-A

Εφόσον σχηματίζουν αριστερή στροφή τότε προστίθενται το C στην λίστα με τα σημεία του κυρτού περιβλήματος και ο αλγόριθμος συνεχίζει στο επόμενο σημείο, το D. Ελέγχει αν η ευθεία D-C σχηματίζει αριστερή στροφή με την ευθεία C-B (βλέπε **Σχήμα 1.4**).



**Σχήμα 1.4:** Έλεγχος στροφής D-C και C-B

Εφόσον σχηματίζουν δεξιά στροφή τότε αφαιρείται το C από την λίστα με τα σημεία του κυρτού περιβλήματος και ο αλγόριθμος ελέγχει αν η ευθεία D-B σχηματίζει αριστερή στροφή με την ευθεία B-A (βλέπε **Σχήμα 1.5**).

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 1.5:** Έλεγχος στροφής D-B και B-A

Εφόσον σχηματίζουν αριστερή στροφή τότε προστίθενται το D στην λίστα με τα σημεία του κυρτού περιβλήματος και ο αλγόριθμος συνεχίζει στο επόμενο σημείο, το P. Ελέγχει αν η ευθεία P-D σχηματίζει αριστερή στροφή με την ευθεία D-B (βλέπε **Σχήμα 1.6**).

Chart, line chart, polygon

Description automatically generated

**Σχήμα 1.6:** Έλεγχος στροφής P-D και D-B

Εφόσον σχηματίζουν αριστερή στροφή τότε προστίθενται το P στην λίστα με τα σημεία του κυρτού περιβλήματος και ο αλγόριθμος τερματίζει (βλέπε **Σχήμα 1.7**).

Chart, line chart, polygon

Description automatically generated

**Σχήμα 1.7:** Τα σημεία του Κυρτού περιβλήματος

## Υπολογισμός Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλου

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε το θεωρητικό υπόβαθρο, κάποια απαραίτητα μαθηματικά καθώς επίσης και ένα παράδειγμα εφαρμογής του αλγορίθμου. Θα εξηγήσουμε αναλυτικά πως ο αλγόριθμος παίρνει ως είσοδο ένα σύνολο τυχαίων σημείων, πως από αυτά επιλέγει μόνο εκείνα που ορίζουν το κυρτό περίβλημα και έπειτα τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζει τον Ελάχιστο Περικλείοντα Κύκλο [**[3]**](#_Βιβλιογραφία) καθώς και τα Αντίστοιχα Διαγράμματα Voronoi.

### Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η ορθότητα του αλγορίθμου βασίζεται σε κάποια Λήμματα και Παρατηρήσεις που παραθέτουμε παρακάτω.

Αρχικά, θα παραθέσουμε τους απαραίτητους συμβολισμούς.

* **S={p1, p2, …, pn}:** Σύνολο n σημείων στο ευκλείδειο επίπεδο
* **SEC(S):** Είναι ο κύκλος με την μικρότερη ακτίνα που περικλείει όλα τα σημεία του S.
* **before(p):** Αριστερόστροφος γείτονα του p.
* **next(p):** Δεξιόστροφος γείτονας του p.
* **radius(p, q, r):** Ακτίνα του κύκλου που διέρχεται από τα σημεία p, q και r αν αυτά είναι διαφορετικά.
* **angle(p, q, r):** Γωνία μεταξύ των ευθύγραμμων τμημάτων από το p στο q και από το q στο r. Θα ισχύει πάντα p!=q και q!=r αλλά όχι απαραίτητα ότι p!=r.
* **centre(a, b, c):** Κέντρο του κύκλου που διέρχεται από τρία μη γραμμικά σημεία a, b και c στον R^3.
* **V-1(S)(K, E):** Γράφημα Voronoi του πιο απομακρυσμένου γείτονα με K κορυφές και E ακμές.

**Παρατήρηση 1:** Αν τα a και b είναι σημεία στο R^2, β ένας κύκλος που διέρχεται από τα a και b, με ακτίνα r και κέντρο c στα δεξιά της ευθείας a-b, τότε r<radius(a, b, p) για κάθε σημείο p μέσα στο β στα αριστερά της ευθείας a-b(περιοχή 1 του Σχ. 2.1) ή έξω από το β στα δεξιά της ευθείας a-b (βλέπε **Σχήμα 2.1** περιοχή 2).

Diagram, engineering drawing

Description automatically generated

**Σχήμα 2.1:** Παρατήρηση 1 [**[3]**](#_Βιβλιογραφία)

**Λήμμα 2:** Έστω S οι κορυφές ενός κυρτού πολυγώνου στο R^2. Αν (a, b, c) μεγιστοποιεί(radius(a, b, c), angle(a, b, c)) στη λεξικογραφική σειρά, τότε:

1. Τα a, b και c είναι διαδοχικές κορυφές του πολυγώνου.
2. Ο circle(a, b, c) περικλείει όλα τα σημεία του S.

**Απόδειξη:**

1. **Περίπτωση 1:** angle(a, b, c)<=π/2.

Όλες οι γωνίες στο τρίγωνο με κορυφές a, b και c είναι μικρότερες ή ίσες με π/2, αφού η angle(a, b, c) είναι η μεγαλύτερη από τις τρείς. Εφόσον η radius(a, b, c) είναι μέγιστη, η **Παρατήρηση 1** εφαρμοσμένη στα {a, b} συνεπάγεται ότι κανένα σημείο του S δεν μπορεί να βρίσκεται στις περιοχές με τους αριθμούς 3, 4 ή 6 τους **Σχήματος 2.2**. Εφαρμοσμένη στις {b, c} και {a, b} προκύπτει ότι κανένα σημείο στο S δεν μπορεί να βρίσκεται στις περιοχές με αριθμούς 2, 4, 5 ή 1, 5, 6. Εφόσον το S είναι ένα κυρτό σύνολο σημείων, όλα τα σημεία του S πρέπει να βρίσκονται στον κύκλο που διέρχεται από τα a, b και c, οπότε ο circle(a, b, c) περικλείει το S. Το ότι τα a, b και c είναι διαδοχικά είναι τότε επακόλουθο του ότι η angle(a, b, c) είναι μέγιστη μεταξύ όλων των εμφανιζόμενων γωνιών. Σημειώστε ότι το S μπορεί να περιέχει μόνο ένα σημείο περισσότερο από τα a, b και c και ότι τα σημεία σχηματίζουν τότε τις κορυφές ενός κυρτού τετραγώνου.

1. **Περίπτωση 2:** angle(a, b, c)>π/2.

Η εφαρμογή της **Παρατήρησης 1** και πάλι στα {a, b}, {b, c} και {a, c} εξασφαλίζει ότι κανένα σημείο στοS δεν μπορεί να βρίσκεται στην περιοχή 1 του **Σχήματος 2.3**. Ένα σημείο p από το S δεν μπορεί να βρίσκεται στην περιοχή 2 διότι τότε το b θα ήταν ένας κυρτός συνδυασμός των a, p και c παραβιάζοντας το S που είναι ένα συρτό σύνολο σημείων. Η μεγιστοποίηση της angle(a, b, c) εξασφαλίζει και πάλι ότι τα a, b και c είναι διαδοχικά. Αν το p βρίσκεται στο S-{a, b, c}, τότε το p πρέπει να βρίσκεται στην περιοχή χωρίς καπέλο και προκύπτει η **Δήλωση (ii)** του λήμματος.



**Σχήμα 2.2:** Λήμμα 2, Περίπτωση 1 [**[3]**](#_Βιβλιογραφία)

**Παρατήρηση 3:** Αν η angle(a, b, c) είναι η μεγαλύτερη από τις τρις γωνίες του τριγώνου με κορυφές a, b και c, και αν β είναι κύκλος με ακτίνα μικρότερη από την radius(a, b, c) που περικλείει τα a και c, τότε ο β περικλείει το β αν και μόνο αν angle(a, b, c)>=π/2

Diagram

Description automatically generated

**Σχήμα 2.3:** Λήμμα 2, Περίπτωση 2 [**[3]**](#_Βιβλιογραφία)

**Παρατηρήσεις:**

1. Αν γνωρίζουμε εκ των προτέρων ότι η ακτίνα του SEC(S) περιορίζεται παραπάνω από το R, μπορούμε να αφαιρούμε διαδοχικά σημεία από το S όπου η radius(before(p), p, next(p))>R χωρίς να ελέγξουμε τη μεγιστοποίηση.
2. Εάν το S δεν σχηματίζει τις κορυφές ενός κυρτού πολυγώνου για να ξεκινήσει, η σάρωση του Graham [**[1]**](#_Βιβλιογραφία) μπορεί να ενσωματωθεί φυσικά στον Αλγόριθμο αφήνοντας την radius(a, b, c) να είναι άπειρη εάν το c είναι στα αριστερά της ευθείας a-b.
3. Οι **Παρατηρήσεις 1** και **2** υποδηλώνουν ότι με την τροποποίηση του Αλγορίθμου όπως αναφέρεται στο **(1)** η ύπαρξη (και μια πιθανή κατασκευή) ενός περιβαλλόμενου κύκλου με δεδομένη ακτίνα R ελέγχεται(κατασκευάζεται) σε γραμμικό χρόνο για ένα πολύγωνο σε σχήμα αστέρα.

**Λήμμα 4:** Έστω S οι κορυφές ενός κυρτού πολυγώνου στο R^2. Αν το (a, b, c) μεγιστοποιεί το (radius(a, b, c), angle(a, b, c)) σε λεξικογραφική σειρά, τότε

1. Τα a, b και c είναι διαδοχικές κορυφές του πολυγώνου
2. Κανένα σημείο από το S δεν βρίσκεται μέσα στον circle(a, b, c)
3. Αν το b είναι μέσα στον circle(a’, b’, c’) για τρία σημεία a’, b’ και c’ από το s, τότε είτε το a είτε το c είναι επίσης μέσα.

### Περιγραφή του Αλγορίθμου

**Αλγόριθμος**

1. *Αν μέγεθος S δεν είναι 1 τότε*

*Τέλος = Ψευδής.*

1. *Επανέλαβε*
2. *Βρες το σημείο p του S που μεγιστοποιεί (radius(before(p), p, next(p)), angle(before(p), p, next(p))) σε λεξικογραφική σειρά.*
3. *Αν angle(before(p), p, next(p)) ισούται το πολύ με π/2 τότε* 
   1. *Τέλος = Αληθής.*
   2. *Αλλιώς αφαίρεσε το p από το S.*
4. *Μέχρις ότου Τέλος*
5. *Αλλιώς τερματισμός*

Έστω ότι μας δίνεται ένα σύνολο S με n κορυφές στο R^2. Αρχικά θα τρέξει ο αλγόριθμος του Graham [**[1]**](#_Βιβλιογραφία) στο σύνολο S και θα υπολογίσει ποιες από τις κορυφές του S συνθέτουν το κυρτό περίβλημα. Οπότε, από το S θα αφαιρεθούν όλες εκείνες που δεν το αποτελούν. Έπειτα το νέο σύνολο S θα το πάρει ως είσοδο ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό του ελάχιστου περικλείοντος κύκλου. Στη συνέχεια, θα ελέγξει αν το S έχει μέγεθος 1 και αν ισχύει θα τερματίσει, αλλιώς επαναληπτικά θα υπολογίζει το εκείνο το p για το οποίο μεγιστοποιείται το (radius(before(p), p, next(p)), angle(before(p), p, next(p))) (ουσιαστικά το lastkey από το δέντρο) σε λεξικογραφική σειρά και αν για εκείνο το p ισχύει angle(before(p), p, next(p))<=π/2 τότε ο αλγόριθμος τερματίζει αλλιώς αφαιρεί εκείνο το p από το S και επαναλαμβάνει την διαδικασία μέχρις ότου να ισχύει angle(before(p), p, next(p))<=π/2.

Η ορθότητα του αλγορίθμου βασίζεται στα παραπάνω λήμματα και παρατηρήσεις που αναφέραμε προηγουμένως.

Για να διατηρήσουμε την πολυπλοκότητα χρόνου σε O(nlogn) χρησιμοποιήσαμε ένα κοκκινόμαυρο ισοζυγισμένο δυαδικό δέντρο αναζήτησης (TreeMap) [**[6]**](#_Βιβλιογραφία) στο οποίο αποθηκεύουμε ως κλειδί όλα τα radius για κάθε p και ως τιμή το αντίστοιχο p. Οπότε κάθε φορά που θέλουμε το μέγιστο radius μπορούμε εύκολα σε O(1) να το βρούμε καθώς επίσης και 2\*O(logn) για να βρούμε και να σβήσουμε τα άλλα 2 radius στα οποία συμμετέχει το p.

Έπειτα χρησιμοποιήσαμε και ένα λεξικό (HashMap) [**[6]**](#_Βιβλιογραφία) το οποίο χρησιμοποιήσαμε ως πίνακα γειτνίασης με κλειδί τον κόμβο p και τιμή τους before(p) και next(p). Κάθε φορά που ρωτάμε το λεξικό για τους γείτονές του p μας κοστίζει O(1) καθώς επίσης και η ενημέρωση των γειτόνων σε περίπτωση διαγραφής του p.

Τέλος χρησιμοποιήσαμε και ένα δεύτερο λεξικό το οποίο και χρησιμοποιήσαμε ακριβώς όπως το δέντρο. Ο λόγος είναι διότι κάθε φορά που κάνουμε τις 2 νέες εισαγωγές στο δέντρο πρέπει να ελέγξουμε αν υπάρχει ήδη αντίστοιχο radius με ίδιο p ώστε να κρατήσουμε εκείνο με το μεγαλύτερο angle και η ερώτηση στο λεξικό μας κοστίζει O(1) ενώ στο δέντρο O(logn).

### Παράδειγμα Εφαρμογής του Αλγορίθμου

Έστω ότι έχουμε 6 σημεία τα οποία έχουν προκύψει από τον αλγόριθμο του Graham [**[1]**](#_Βιβλιογραφία) οπότε αποτελούν τα σημεία ενός κυρτού πολυγώνου (βλέπε **Σχήμα 3.1**).

Chart, scatter chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.1:** Σημεία κυρτού πολυγώνου

Έπειτα βρίσκουμε την τριάδα εκείνη που μεγιστοποιεί το radius και παρατηρούμε ότι το angle για εκείνη την τριάδα είναι μεγαλύτερο από π/2 οπότε και ο μεσαίος κόμβος αφαιρείται (βλέπε **Σχήμα 3.2**).

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.2:** Επιλογή και διαγραφή του p

Έπειτα, επιλέγεται η επόμενη μέγιστη τριάδα και πάλι αφαιρείται ο αντίστοιχος διότι το angle είναι μεγαλύτερο από π/2 (βλέπε **Σχήμα 3.3**).

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.3:** Επιλογή και διαγραφή του p

Έπειτα, επιλέγεται η επόμενη μέγιστη τριάδα και πάλι αφαιρείται ο αντίστοιχος διότι το angle είναι μεγαλύτερο από π/2 (βλέπε **Σχήμα 3.4**).

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.4:** Επιλογή και διαγραφή του p

Τέλος, ο αλγόριθμος τερματίζει διότι όλα τα angle είναι μικρότερα από π/2 και έτσι σχεδιάζεται ο κύκλος (βλέπε **Σχήμα 3.5**).

A picture containing outdoor

Description automatically generated

**Σχήμα 3.5:** Ο ελάχιστος περικλείοντας κύκλος

## Υπολογισμός Διαγράμματος Voronoi 1ης τάξης

### Θεωρητικό Υπόβαθρο

Αρχικά, ορίζουμε ως **απ**(p, q) = sqrt((px-qx)^2+(py-qy)^2) την ευκλείδεια απόσταση μεταξύ δύο σημείων p και q.

Έστω S = {p1, p2, …, pn} ένα σύνολο n διαφορετικών σημείων στο επίπεδο, τα σημεία αυτά είναι οι εστίες. Ορίζουμε ως διάγραμμα Voronoi του S την υποδιαίρεση του επιπέδου σε n κυψελίδες (ή αλλιώς «κελιά»), μία για κάθε εστία στο S, η οποία έχει την ιδιότητα ότι ένα σημείο q κείται στην κυψελίδα που αντιστοιχεί σε μια εστία pi αν και μόνο αν **απ**(q, pi) < **απ**(q, pj) για κάθε pj που ανήκει στο S με j διάφορο του i [**[19]**](#_Βιβλιογραφία) .

### Περιγραφή του Αλγορίθμου

**Αλγόριθμος**

1. *Για κάθε σημείο p από το S πρόσθεσε το u(p) στο K.*
2. *Αν το n είναι μεγαλύτερο από 2 τότε*
3. *Επανέλαβε*
4. *Βρες το p που μεγιστοποιεί το (radius(before(p), p, next(p)), angle(before(p), p, next(p))) σε λεξικογραφική σειρά.*
5. *q = before(p).*
6. *c = centre(q, p, next(p)).*
7. *Πρόσθεσε το c στο K.*
8. *Πρόσθεσε τα (c, u(p)) και (c, u(q)) στο E.*
9. *u(q) = c.*
10. *Αφαίρεσε το p από το S.*
11. *Μέχρις ότου το n να γίνει ίσο με 2.*
12. *Αλλιώς Αν το n είναι ίσο με 2 τότε πρόσθεσε το (u(p1), u(p2)) στο Ε.*
13. *Τερματισμός*

Ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό του διαγράμματος Voronoi 1ης τάξης είναι ακριβώς ίδιος με τον αλγόριθμο για τον υπολογισμό του ελάχιστου περικλείοντα κύκλου με την διαφορά ότι διατηρούμε δύο επιπλέον δομές για τα (Κ, Ε) που είναι απλές λίστες (ArrayList<Point2D>, ArrayList< ArrayList<Point2D>>) [**[6]**](#_Βιβλιογραφία) . Όλες οι υπόλοιπες δομές δεδομένων καθώς και ο αλγόριθμος έχουν συνολικά ακριβώς την ίδια πολυπλοκότητα χρόνου όπως προαναφέραμε (O(nlogn)).

Αρχικά, ο αλγόριθμος υπολογίζει με βάση την μέθοδο u(p) (βλέπε μέθοδο **Model/DataBase/Up2**) το u(p) για όλα τα p του συνόλου S και τα προσθέτει στην λίστα κορυφών K και στο λεξικό u(HashMap<Point2D, Point2D>) όπου κλειδί του λεξικού είναι το p και τιμή το u(p) σε O(n) χρόνο. Το u(p) είναι ένα σημείο πάνω στην μεσοκάθετο p-next(p) με την ιδιότητα να αποτελεί κέντρο κύκλου το οποίο περιέχει τα p και next(p) και κανένα άλλο σημείο.

Έπειτα, όπως και στον αλγόριθμο για τον υπολογισμό του ελάχιστου περικλείοντα κύκλου υπολογίζει επαναληπτικά με το p για το οποίο μεγιστοποιείται το(-radius(before(p), o, next(p)), angle(before(p), p , next(p))), ουσιαστικά το firstkey από το δέντρο.

Στην συνέχεια, υπολογίζει το centre(before(p), p, next(p))(έστω c) και το προσθέτει την λίστα κορυφών K.

Έπειτα, προσθέτει στην λίστα των ακμών E τα ζεύγη (c, u(p)) και (c, u(before(p))) τα οποία u(p) και u(q) δεν τα υπολογίζει ξανά, αλλά τα παίρνει από το λεξικό u.

Στη συνέχεια, ενημερώνει το αντίστοιχο u(before(p)) στο λεξικό u με το c.

Τέλος, σβήνει το p από την λίστα και επαναλαμβάνονται όλα τα προηγούμενα βήματα έως ότου μείνουν 2 σημεία.

### Παράδειγμα Εφαρμογής του Αλγορίθμου

Έστω ότι έχουμε 3 σημεία τα οποία έχουν προκύψει από τον αλγόριθμο του Graham[**[1]**](#_Βιβλιογραφία) οπότε αποτελούν τα σημεία ενός κυρτού πολυγώνου (βλέπει **Σχήμα 3.6**).

Chart, scatter chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.6:** Σημεία κυρτού πολυγώνου

Αρχικά, ο αλγόριθμος θα υπολογίσει (εκτιμήσει) το u(p) για κάθε σημείο p του συνόλου με τα σημεία του κυρτού πολυγώνου (βλέπε **Σχήμα 3.7**).

Chart, scatter chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.7:** u(p) (κόκκινα) για κάθε σημείο (μπλε)

Έπειτα βρίσκουμε την τριάδα εκείνη που μεγιστοποιεί το radius. Έπειτα υπολογίζεται το κέντρο του κύκλου που περνάει από τα before(p), p και next(p) (centre(before(p), p, next(p))) (έστω c) το οποίο θα προστεθεί την λίστα των κορυφών K. Στην συνέχεια, προστίθενται στην λίστα ακμών E τα (c, u(p)) και (c, before(p)). Τέλος, ενημερώνεται το αντίστοιχο u(p) από την λίστα (λεξικό) u με το νέο c και αφαιρείται το p (βλέπε **Σχήμα 3.8**).

Chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.8:** Επιλογή και διαγραφή του p

Η διαδικασία αυτή θα επαναληφθεί έως ότου το μέγεθος του συνόλου S γίνει 2.

Τέλος, προστίθενται στην λίστα ακμών E τα (c, u(next(p))).

Οπότε, το τελικό διάγραμμα φαίνεται στην **Σχήμα 3.9**.

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.9:** Διάγραμμα Voronoi Πλησιέστερου Γείτονα (1ης τάξης)

## Υπολογισμός Διαγράμματος Voronoi n-1 τάξης

### Θεωρητικό Υπόβαθρο

Αρχικά, ορίζουμε ως **απ**(p, q) = sqrt((px-qx)^2+(py-qy)^2) την ευκλείδεια απόσταση μεταξύ δύο σημείων p και q.

Έστω S = {p1, p2, …, pn} ένα σύνολο n διαφορετικών σημείων στο επίπεδο. Ορίζουμε ως διάγραμμα Voronoi του πιο Απομακρυσμένου Γείτονα του S την διαίρεση του επιπέδου σε n κυψελίδες (ή αλλιώς «κελιά»), στα οποία το ίδιο σημείο του S είναι το πιο απομακρυσμένο σημειο. Ένα σημείο του S έχει μια κυψελίδα στο διάγραμμα Voronoi του πιο Απομακρυσμένου Γείτονα αν και μόνο αν είναι κορυφή του Κυρτού Περιβλήματος το S [**[1]**](#_Βιβλιογραφία). Έστω H = {h1, h2, …, hk} είναι το Κυρτό Περίβλημα του S, τότε το διάγραμμα Voronoi του πιο Αμπομακρυσμένου Γείτονα είναι μια υποδιαίρεση του επιπέδου σε k κυψελίδες, ένα για κάθε σημείο του H, με την ιδιότητα ότι ένα σημείο q βρίσκεται στην κυψελίδα που αντιστοιχεί σε μια θλέση hi αν και μόνο αν **απ**(q, hi) > **απ**(q, pj) για κάθε pj του S με hi διάφορο του pj. Τα όρια των κελιών του διαγράμματος Voronoi του πιο Απομακρυσμένου Γείτονα έχουν τη δομή ενός τοπολογικού δέντρου, με άπειρες ακτίνες ως φύλλα του [**[20]**](#_Βιβλιογραφία) .

### Περιγραφή του Αλγορίθμου

**Αλγόριθμος**

1. *Για κάθε σημείο p από το S πρόσθεσε το u(p) στο K.*
2. *Αν το n είναι μεγαλύτερο από 2 τότε*
3. *Επανέλαβε*
4. *Βρες το p που μεγιστοποιεί το (radius(before(p), p, next(p)), angle(before(p), p, next(p))) σε λεξικογραφική σειρά.*
5. *q = before(p).*
6. *c = centre(q, p, next(p)).*
7. *Πρόσθεσε το c στο K.*
8. *Πρόσθεσε τα (c, u(p)) και (c, u(q)) στο E.*
9. *u(q) = c.*
10. *Αφαίρεσε το p από το S.*
11. *Μέχρις ότου το n να γίνει ίσο με 2.*
12. *Αλλιώς Αν το n είναι ίσο με 2 τότε πρόσθεσε το (u(p1), u(p2)) στο Ε.*
13. *Τερματισμός*

Ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό του Διαγράμματος Voronoi n-1 τάξης [**[3]**](#_Βιβλιογραφία)είναι ακριβώς ο ίδιος με εκείνον για τον υπολογισμό του Διαγράμματος Voronoi 1ης [**[3]**](#_Βιβλιογραφία) τάξης με δύο βασικές διαφορές.

Η πρώτη διαφορά μεταξύ έγκειται στο γεγονός ότι η μέθοδος u(p) υπολογίζεται με παρόμοιο τρόπο (βλέπε μέθοδο **Model/DataBase/Up2**). Σε αυτήν την περίπτωση το u(p) είναι ένα σημείο πάνω στην μεσοκάθετο p-next(p) με την ιδιότητα να αποτελεί κέντρο κύκλου το οποίο περιέχει τα p και next(p) και όλα τα υπόλοιπα σημεία.

Η δεύτερη διαφορά είναι στην εύρεση του p που μεγιστοποιεί αυτήν την φορά το (radius(before(p), p, next(p)), angle(before(p), p, next(p))) όπως και στον αλγόριθμο για τον υπολογισμό του ελάχιστου περικλείοντα κύκλου [**[3]**](#_Βιβλιογραφία), ουσιαστικά το lastkey από το δέντρο.

### Παράδειγμα Εφαρμογής του Αλγορίθμου

Εφόσον λοιπόν ο τρόπος λειτουργίας είναι ίδιος με εκείνον του προηγούμενου αλγορίθμου παραθέτουμε το τελικό διαγράμματα για το ίδιο σύνολο S (βλέπε **Σχήμα 3.10**).

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 3.10:** Διάγραμμα Voronoi του πιο Απομακρυσμένου Γείτονα (n-1 τάξης)

# Η Υλοποίηση

## Είσοδος-Έξοδος

Η εφαρμογή έχει την δυνατότητα να διαβάσει ένα σύνολο σημείων το ευκλείδειου επιπέδου από ένα σύνολο αρχείων και να εξάγει τα αντίστοιχα γραφήματα.

Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης μπορεί να φορτώσει τα σημεία του από το παρακάτω σύνολο αρχείων:

* .csv: Csv αρχείο με δύο στήλες αριθμών
* .txt: Txt αρχείο με δύο στήλες αριθμών χωρισμένους με κόμμα μεταξύ του
* .xls: Excel 1997-2003 αρχείο με δύο στήλες αριθμών
* .xlsx: Excel 2007-2022 αρχείο με δύο στήλες αριθμών

Έπειτα, η εφαρμογή να υπολογίσει και θα εμφανίσει σε 3 ξεχωριστά παράθυρα τα αντίστοιχα γραφήματα για το κάθε διάγραμμα.

## Δομές Δεδομένων

Στην εφαρμογή χρησιμοποιούμε κατά βάση 3 Δομές Δεδομένων [**[7]**](#_Βιβλιογραφία).

Η πρώτη Δομή είναι ένα σύνολο από πίνακες (ArrayList) που χρησιμοποιήσαμε για να αποθηκεύσουμε το αρχικό σύνολο σημείων, των σημείων του κυρτού πολυγώνου, των σημείων του κύκλου καθώς. Κύριος σκοπός αυτής της δομής είναι η αποθήκευση και μόνο των αντίστοιχων σημείων και δεν συμμετέχουν σε υπολογισμούς παρά μόνο για ανάγνωση των περιεχομένων τους διότι έχουν πολύ υψηλή πολυπλοκότητα για βασικές λειτουργίες που χρειαστήκαμε κατά την υλοποίηση των αλγορίθμων (όπως O(n) για διαγραφή ενός στοιχείου).

Η δεύτερη Δομή είναι ένα Κοκκινόμαυρο Ισοζυγισμένο Δυαδικό Δένδρο Αναζήτησης (Tree Map) [**[4]**](#_Βιβλιογραφία) το οποίο χρησιμοποιήσαμε για να αποθηκεύσουμε τα radius για κάθε 3-άδα καθώς επίσης και τον κεντρικό κόμβο-σημείο της 3-άδας. Αυτό μας βοήθησε πολύ διότι για σχεδόν όλες τις υποστηριζόμενες λειτουργίες που χρειαστήκαμε η πολυπλοκότητα είναι O(logn) και επιπλέον έχει την ιδιότητα ότι διατηρεί τα στοιχεία του ταξινομημένα. Αυτό επίσης μας βοήθησε στο γεγονός ότι ο κάθε αλγόριθμος χρειαζόταν σε κάθε επανάληψη να αφαιρεί και έναν κόμβο το οποίο σημαίνει ότι θα έπρεπε να υπολογιστούν ξανά 3 radius (μιας και ένας κόμβος συμμετέχει σε 3 3-άδες) τα οποία και θα έπρεπε να αφαιρεθούν από το δέντρο(πολυπλοκότητα 3\*O(logn)) και να γίνουν 2 νέες εισαγωγές radius στο δέντρο(πολυπλοκότητα 2\*O(logn)) στην σωστή θέση ώστε το δένδρο να παραμείνει ισοζυγισμένο.

Η τρίτη και τελευταία Δομή είναι ένα σύνολο από λεξικά (HashMap) [**[5]**](#_Βιβλιογραφία) που τα χρησιμοποιήσαμε για να αποθηκεύσουμε στο πρώτο τον πίνακα γειτνίασης και στο δεύτερο αντίστοιχα radius και τους κεντρικούς κόμβων. Ο λόγος που χρησιμοποιήσαμε λεξικά είναι διότι η πολυπλοκότητα για τις βασικές λειτουργίες που χρειαστήκαμε είναι Ο(1). Αυτό μας βοήθησε αρκετά διότι κάναμε πολλές αναζητήσεις με συγκεκριμένο κλειδί όπως επίσης και διαγραφές.

## Κλάσεις/Πακέτα

Σε αυτήν την ενότητα θα περιγράψουμε περιληπτικά και θα παραθέσουμε κομμάτια (κλάσεις και μεθόδους) του κώδικα. Αξίζει να σημειώσουμε ότι χρησιμοποιήσαμε το πρότυπο αρχιτεκτονικής MVC (Model View Control) [**[13]**](#_Βιβλιογραφία) για την γενική μορφή του κώδικά καθώς και άλλες μεθόδους δημιουργίας κλάσεων (όπως Factory Pattern) [**[12]**](#_Βιβλιογραφία) ώστε ο κώδικάς να είναι αναγνώσιμος και επεκτάσιμος από κάποιον άλλον.

Η δομή των παρακάτω κεφαλαίων είναι η εξής: Κλάση/Πακέτο

### MainGUI/View

Η κλάση ‘MainGUI’ είναι υπεύθυνη για την δημιουργία του κύριου παραθύρου καθώς και την αρχικοποίηση των Handlers (Κλάσεις που διαχειρίζονται τις λειτουργίες). Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της. Επιπλέον βρίσκεται και με μέθοδος ‘main’ η οποία είναι υπεύθυνη για την έναρξη του προγράμματος.

**package** View;

**import** java.net.URL;

**import** java.util.ArrayList;

**import** Control.ChangeLanguageButtonHandler;

**import** Control.ExitButtonHandler;

**import** Control.InfoButtonHandler;

**import** Control.LoadFileButtonHandler;

**import** Control.PaperTitleHandler;

**import** Control.PutPointsButtonHandler;

**import** javafx.application.Application;

**import** javafx.event.EventHandler;

**import** javafx.geometry.Pos;

**import** javafx.scene.Cursor;

**import** javafx.scene.Scene;

**import** javafx.scene.control.Button;

**import** javafx.scene.control.Label;

**import** javafx.scene.image.Image;

**import** javafx.scene.image.ImageView;

**import** javafx.scene.layout.BorderPane;

**import** javafx.scene.layout.VBox;

**import** javafx.stage.Stage;

**import** javafx.stage.WindowEvent;

**public** **class** MainGUI **extends** Application

{

**private** String javaVersion = System.*getProperty*("java.version");

**private** String javafxVersion = System.*getProperty*("javafx.version");

**private** String version = "v0.9.9";

**private** Stage stage;

**private** Scene scene;

**private** Button changeLanguageButton;

**private** Button loadFileButton;

**private** Button putPointsButton;

**private** Button exitButton;

**private** Button infoButton;

**private** BorderPane borderPane;

**private** VBox vbox;

**private** Label paperTitle;

**private** ImageView imageViewMain;

**private** ImageView imageViewMain2;

**private** ArrayList<Button> buttons;

@Override

**public** **void** start(Stage stage)

{

buttons = **new** ArrayList<Button>();

**this**.stage = stage;

createButtons();

createPaperTitle();

createSecondPane();

createMainPane();

scene = **new** Scene(borderPane);

scene.getStylesheets().add("styles.css");

createAndSetHandlers();

createMainLogo2();

createStage();

}

**public** **static** **void** main(String[] args)

{

*launch*();

}

**private** **void** createAndSetHandlers()

{

changeLanguageButton.setOnAction(**new** ChangeLanguageButtonHandler(buttons, paperTitle));

loadFileButton.setOnAction(**new** LoadFileButtonHandler());

putPointsButton.setOnAction(**new** PutPointsButtonHandler());

exitButton.setOnAction(**new** ExitButtonHandler(stage));

infoButton.setOnAction(**new** InfoButtonHandler());

}

**private** **void** createButtons()

{

changeLanguageButton = **new** Button();

loadFileButton = **new** Button();

putPointsButton = **new** Button();

exitButton = **new** Button();

infoButton = **new** Button(" ? ");

changeLanguageButton.setId("changeLanguageButton");

loadFileButton.setId("loadFileButton");

putPointsButton.setId("putPointsButton");

exitButton.setId("exitButton");

infoButton.setId("infoButton");

changeLanguageButton.setCursor(Cursor.***HAND***);

loadFileButton.setCursor(Cursor.***HAND***);

putPointsButton.setCursor(Cursor.***HAND***);

exitButton.setCursor(Cursor.***HAND***);

infoButton.setCursor(Cursor.***HAND***);

loadFileButton.setMaxWidth(Double.***MAX\_VALUE***);

putPointsButton.setMaxWidth(Double.***MAX\_VALUE***);

exitButton.setMaxWidth(Double.***MAX\_VALUE***);

buttons.add(changeLanguageButton);

buttons.add(loadFileButton);

buttons.add(putPointsButton);

buttons.add(exitButton);

buttons.add(infoButton);

}

**private** **void** createMainPane()

{

borderPane = **new** BorderPane();

borderPane.setId("borderPane");

createMainLogo();

borderPane.setTop(**null**);

borderPane.setLeft(imageViewMain);

borderPane.*setAlignment*(imageViewMain, Pos.***CENTER***);

//------------------------------------------------------------------

borderPane.setCenter(vbox);

borderPane.*setAlignment*(vbox, Pos.***CENTER***);

//------------------------------------------------------------------

borderPane.setTop(changeLanguageButton);

borderPane.*setAlignment*(changeLanguageButton, Pos.***CENTER\_RIGHT***);

borderPane.setBottom(infoButton);

borderPane.*setAlignment*(infoButton, Pos.***CENTER\_RIGHT***);

}

**private** **void** createPaperTitle()

{

paperTitle = **new** Label();

paperTitle.setCursor(Cursor.***HAND***);

paperTitle.setOnMouseClicked(**new** PaperTitleHandler());

}

**private** **void** createSecondPane()

{

vbox = **new** VBox(10);

vbox.setId("vbox");

vbox.getChildren().addAll(paperTitle, loadFileButton, putPointsButton, exitButton);

}

**private** **void** createMainLogo()

{

URL url = getClass().getResource("/Icons/MainLogo\_W.png");

Image imageMain = **new** Image(url.toString());

imageViewMain = **new** ImageView(imageMain);

imageViewMain.setFitHeight(573);

imageViewMain.setFitWidth(300);

}

**private** **void** createMainLogo2()

{

URL url = getClass().getResource("/Icons/MainLogo\_W.png");

Image imageMain2 = **new** Image(url.toString());

imageViewMain2 = **new** ImageView(imageMain2);

imageViewMain2.setFitHeight(38);

imageViewMain2.setFitWidth(17);

}

**private** **void** createStage()

{

URL url = getClass().getResource("/Icons/circle.png");

Image stageImage = **new** Image(url.toString());

stage.getIcons().add(stageImage);

stage.setTitle("Sven Skyum 1991, JavaFX " + javafxVersion + ", running on Java " + javaVersion +", "+version);

stage.setHeight(700);

stage.setWidth(600);

stage.setResizable(**false**);

stage.setScene(scene);

stage.setOnCloseRequest(**new** EventHandler<WindowEvent>() {

**public** **void** handle(WindowEvent we)

{

stage.close();

System.*exit*(0);

}

});

stage.show();

}

}

### SmallestEnclosingCircleGUI/View

Η κλάση ΄SmallestEnclosingCircleGUI΄ είναι υπεύθυνη για την δημιουργία και την εμφάνιση του διαγράμματος του Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλους στον χρήστη. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** View;

**import** java.awt.BasicStroke;

**import** java.awt.Color;

**import** java.awt.Font;

**import** java.awt.geom.Ellipse2D;

**import** java.net.URL;

**import** java.util.ArrayList;

**import** org.jfree.chart.ChartFactory;

**import** org.jfree.chart.JFreeChart;

**import** org.jfree.chart.annotations.XYShapeAnnotation;

**import** org.jfree.chart.fx.ChartViewer;

**import** org.jfree.chart.plot.XYPlot;

**import** org.jfree.chart.renderer.xy.XYLineAndShapeRenderer;

**import** org.jfree.chart.title.TextTitle;

**import** org.jfree.data.xy.XYSeries;

**import** org.jfree.data.xy.XYSeriesCollection;

**import** Control.CustomMouseListener;

**import** javafx.scene.Scene;

**import** javafx.scene.image.Image;

**import** javafx.stage.Stage;

**import** javafx.geometry.Point2D;

**public** **class** SmallestEnclosingCircleGraphGUI

{

**private** ArrayList<Point2D> allPoints;

**private** ArrayList<Point2D> convexPoints;

**private** ArrayList<Point2D> circlePoints;

**private** Stage circleStage;

**private** String path;

**private** String title;

**private** XYSeriesCollection dataset;

**private** XYPlot plot;

**private** TextTitle textSubTitle;

**private** Ellipse2D circle;

**public** SmallestEnclosingCircleGraphGUI(String path)

{

**this**.path = path;

}

**public** **void** setTitle(String title)

{

**this**.title = title;

}

**public** **void** setAllPoints(ArrayList<Point2D> allPoints)

{

**this**.allPoints = allPoints;

}

**public** **void** setConvexPoints(ArrayList<Point2D> convexPoints)

{

**this**.convexPoints = convexPoints;

}

**public** **void** setCirclePoints(ArrayList<Point2D> circlePoints)

{

**this**.circlePoints = circlePoints;

}

**public** **void** setCircleObject(Ellipse2D circle)

{

**this**.circle = circle;

}

**public** **void** initialize(**int** x, **int** y)

{

createStage(x, y);

displaySmallestEnclosingCircle();

circleStage.show();

}

**private** **void** createStage(**int** x, **int** y)

{

circleStage = **new** Stage();

circleStage.setTitle(title+" -> "+path+" -> "+(allPoints.size())+" points");

circleStage.setHeight(700);

circleStage.setWidth(700);

circleStage.setX(x);

circleStage.setY(y);

circleStage.setResizable(**true**);

URL url = getClass().getResource("/Icons/circle.png");

Image stageImage = **new** Image(url.toString());

circleStage.getIcons().add(stageImage);

}

**private** **void** displaySmallestEnclosingCircle()

{

textSubTitle = **new** TextTitle("Current Point: None");

textSubTitle.setFont(**new** Font("SansSerif", Font.***PLAIN***, 12));

makePlot();

ChartViewer viewer = **new** ChartViewer(makeChart());

viewer.addChartMouseListener(**new** CustomMouseListener(textSubTitle));

circleStage.setScene(**new** Scene(viewer));

}

**private** XYSeriesCollection makeSeriesAndDataset()

{

**int** circlePointsSize = circlePoints.size();

**int** convexPointsSize = convexPoints.size();

**int** allPointsSize = allPoints.size();

XYSeries series1 = **new** XYSeries("allPoints -> "+(allPointsSize-convexPointsSize)+"+convexPoints+circlePoints");

XYSeries series2 = **new** XYSeries("convexPoints -> "+(convexPointsSize - circlePointsSize)+"+circlePoints"+" ||");

XYSeries series3 = **new** XYSeries("circlePoints -> "+circlePointsSize+" ||");

dataset = **new** XYSeriesCollection();

**for**(**int** i=0; i<allPointsSize; i++)

{

series1.add(allPoints.get(i).getX(),allPoints.get(i).getY());

}

**for**(**int** i=0; i<convexPointsSize; i++)

{

series2.add(convexPoints.get(i).getX(), convexPoints.get(i).getY());

}

**for**(**int** i=0; i<circlePointsSize; i++)

{

series3.add(circlePoints.get(i).getX(), circlePoints.get(i).getY());

}

dataset.addSeries(series3);

dataset.addSeries(series2);

dataset.addSeries(series1);

dataset.setAutoWidth(**true**);

**return** dataset;

}

**private** **void** makePlot()

{

JFreeChart scatterPlot = ChartFactory.*createScatterPlot*(

"Current Point: None", // Chart title

"X", // X-Axis Label

"Y", // Y-Axis Label

makeSeriesAndDataset() // Dataset for the Chart

);

plot = (XYPlot)scatterPlot.getPlot();

plot.addAnnotation(makeCircle());

plot.setDomainPannable(**true**);

plot.setRangePannable(**true**);

plot.setDomainCrosshairLockedOnData(**true**);

plot.setRangeMinorGridlinesVisible(**true**);

plot.setDomainCrosshairVisible(**true**);

plot.setDomainZeroBaselineVisible(**true**);

plot.setOutlineVisible(**true**);

plot.setBackgroundPaint(Color.***WHITE***);

plot.setDomainGridlinePaint(Color.***GRAY***);

plot.setRangeGridlinePaint(Color.***GRAY***);

plot.setRenderer(makeRenderer());

}

**private** XYShapeAnnotation makeCircle(){

XYShapeAnnotation annotation = **new** XYShapeAnnotation(circle, **new** BasicStroke(1.0f), Color.***RED***, **null**);

annotation.setToolTipText("center=("+circle.getCenterX()+", "+circle.getCenterY()+")\nradius="+circle.getWidth()/2);

**return** annotation;

}

**private** XYLineAndShapeRenderer makeRenderer(){

XYLineAndShapeRenderer renderer2 = **new** XYLineAndShapeRenderer();

renderer2.setSeriesPaint(0, Color.***RED***); //circle points

renderer2.setSeriesLinesVisible(0, **false**);

renderer2.setSeriesShapesVisible(0, **true**);

renderer2.setSeriesPaint(1, Color.***BLUE***); //convex points

renderer2.setSeriesLinesVisible(1, **false**);

renderer2.setSeriesShapesVisible(1, **true**);

renderer2.setSeriesPaint(2, Color.***ORANGE***); // all points

renderer2.setSeriesLinesVisible(2, **false**);

renderer2.setSeriesShapesVisible(2, **true**);

**return** renderer2;

}

**private** JFreeChart makeChart(){

JFreeChart chart = **new** JFreeChart(plot);

chart.setTitle(title);

chart.getTitle().setPaint(Color.*decode*("#006699"));

chart.getTitle().setFont(**new** Font("Arial", Font.***TRUETYPE\_FONT***, 24));

chart.setBackgroundPaint(Color.*decode*("#f0f9f6"));

chart.addSubtitle(textSubTitle);

chart.setElementHinting(**true**);

chart.setTextAntiAlias(**true**);

chart.setNotify(**true**);

chart.setAntiAlias(**true**);

chart.setBorderVisible(**false**);

**return** chart;

}

}

### VoronoiGraphGUI/View

Η κλάση ΄VoronoiGraphGUI΄ είναι υπεύθυνη για την δημιουργία και την εμφάνιση των διαγραμμάτων Voronoi (πλησιέστερου και πιο απομακρυσμένου γείτονα) στον χρήστη. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** View;

**import** java.awt.BasicStroke;

**import** java.awt.Color;

**import** java.awt.Font;

**import** java.net.URL;

**import** java.util.ArrayList;

**import** org.jfree.chart.ChartFactory;

**import** org.jfree.chart.JFreeChart;

**import** org.jfree.chart.fx.ChartViewer;

**import** org.jfree.chart.plot.XYPlot;

**import** org.jfree.chart.renderer.xy.XYLineAndShapeRenderer;

**import** org.jfree.chart.title.TextTitle;

**import** org.jfree.data.xy.XYSeries;

**import** org.jfree.data.xy.XYSeriesCollection;

**import** Control.CustomMouseListener;

**import** javafx.geometry.Point2D;

**import** javafx.scene.Scene;

**import** javafx.scene.image.Image;

**import** javafx.stage.Stage;

**public** **class** VoronoiGraphGUI

{

**private** **int** allPointsSize;

**private** ArrayList<Point2D> convexPoints;

**private** ArrayList<Point2D> K;

**private** ArrayList<ArrayList<Point2D>> E;

**private** Stage voronoiStage;

**private** String path;

**private** String title;

**private** XYPlot plot;

**private** TextTitle textSubTitle;

**public** VoronoiGraphGUI(String path)

{

**this**.path = path;

}

**public** **void** setTitle(String title)

{

**this**.title = title;

}

**public** **void** setAllPointsSize(**int** allPointsSize)

{

**this**.allPointsSize = allPointsSize;

}

**public** **void** setConvexPoints(ArrayList<Point2D> convexPoints)

{

**this**.convexPoints = convexPoints;

}

**public** **void** setK(ArrayList<Point2D> K)

{

**this**.K = K;

}

**public** **void** setE(ArrayList<ArrayList<Point2D>> E)

{

**this**.E = E;

}

**public** **void** initialize(**int** x, **int** y)

{

createStage(x, y);

displaySmallestEnclosingCircle();

voronoiStage.show();

}

**private** **void** createStage(**int** x, **int** y)

{

voronoiStage = **new** Stage();

voronoiStage.setTitle(title+" -> "+path+" -> "+(allPointsSize)+" points");

voronoiStage.setHeight(700);

voronoiStage.setWidth(700);

voronoiStage.setX(x);

voronoiStage.setY(y);

voronoiStage.setResizable(**true**);

URL url = getClass().getResource("/Icons/circle.png");

Image stageImage = **new** Image(url.toString());

voronoiStage.getIcons().add(stageImage);

}

**private** **void** displaySmallestEnclosingCircle()

{

textSubTitle = **new** TextTitle("Current Point: None");

textSubTitle.setFont(**new** Font("SansSerif", Font.***PLAIN***, 12));

makePlot();

ChartViewer viewer = **new** ChartViewer(makeChart());

viewer.addChartMouseListener(**new** CustomMouseListener(textSubTitle));

voronoiStage.setScene(**new** Scene(viewer));

}

**private** XYSeriesCollection makeSeriesAndDataset()

{

XYSeries series0 = **new** XYSeries("convexPoints -> "+(convexPoints.size()));

XYSeries series1 = **new** XYSeries("Voronoi Edges -> "+(K.size())+" ||");

XYSeries series2 = **new** XYSeries("Voronoi Lines -> "+(E.size()+" ||"));

XYSeriesCollection dataset = **new** XYSeriesCollection();

**for**(**int** i=0; i<convexPoints.size(); i++)

{

series0.add(convexPoints.get(i).getX(), convexPoints.get(i).getY());

}

**for**(**int** i=0; i<K.size(); i++)

{

series1.add(K.get(i).getX(), K.get(i).getY());

}

dataset.addSeries(series2); // Voronoi Cell

dataset.addSeries(series1); // Voronoi Edges

dataset.addSeries(series0); // convexPoints

**for**(**int** i=0; i<E.size(); i++) // Voronoi Cells

{

XYSeries series = **new** XYSeries(i+"");

series.add(E.get(i).get(0).getX(), E.get(i).get(0).getY());

series.add(E.get(i).get(1).getX(), E.get(i).get(1).getY());

dataset.addSeries(series);

}

dataset.setAutoWidth(**true**);

**return** dataset;

}

**private** **void** makePlot()

{

JFreeChart scatterPlot = ChartFactory.*createScatterPlot*(

"Current Point: None", // Chart title

"X", // X-Axis Label

"Y", // Y-Axis Label

makeSeriesAndDataset() // Dataset for the Chart

);

plot = (XYPlot)scatterPlot.getPlot();

plot.setDomainPannable(**true**);

plot.setRangePannable(**true**);

plot.setDomainCrosshairLockedOnData(**true**);

plot.setRangeMinorGridlinesVisible(**true**);

plot.setDomainCrosshairVisible(**true**);

plot.setDomainZeroBaselineVisible(**true**);

plot.setOutlineVisible(**true**);

plot.setBackgroundPaint(Color.***WHITE***);

plot.setDomainGridlinePaint(Color.***GRAY***);

plot.setRangeGridlinePaint(Color.***GRAY***);

plot.setRenderer(makeRenderer());

}

**private** XYLineAndShapeRenderer makeRenderer()

{

XYLineAndShapeRenderer renderer2 = **new** XYLineAndShapeRenderer();

renderer2.setSeriesPaint(2, Color.***BLUE***); //convex points

renderer2.setSeriesLinesVisible(2, **false**);

renderer2.setSeriesShapesVisible(2, **true**);

renderer2.setSeriesPaint(1, Color.***RED***); //voronoi edges

renderer2.setSeriesLinesVisible(1, **false**);

renderer2.setSeriesShapesVisible(1, **true**);

renderer2.setSeriesPaint(0, Color.***PINK***); //voronoi cells

renderer2.setSeriesLinesVisible(0, **false**);

renderer2.setSeriesShapesVisible(0, **false**);

**for**(**int** i=0; i<E.size(); i++)

{

**int** offset = 3;

renderer2.setSeriesPaint(offset+i, Color.*decode*("#8fbc8f")); //voronoi cells

renderer2.setSeriesLinesVisible(offset+i, **true**);

renderer2.setSeriesShapesVisible(offset+i, **false**);

renderer2.setSeriesStroke(offset+i, **new** BasicStroke(2.0f)); //light green

renderer2.setSeriesItemLabelsVisible(offset+i, **false**);

renderer2.setDefaultItemLabelsVisible(**false**);

renderer2.setSeriesVisibleInLegend(offset+i, **false**);

}

**return** renderer2;

}

**private** JFreeChart makeChart(){

JFreeChart chart = **new** JFreeChart(plot);

chart.setTitle(title);

chart.getTitle().setPaint(Color.*decode*("#006699"));

chart.getTitle().setFont(**new** Font("Arial", Font.***TRUETYPE\_FONT***, 24));

chart.setBackgroundPaint(Color.*decode*("#f0f9f6"));

chart.addSubtitle(textSubTitle);

chart.setElementHinting(**true**);

chart.setTextAntiAlias(**true**);

chart.setNotify(**true**);

chart.setAntiAlias(**true**);

chart.setBorderVisible(**false**);

**return** chart;

}

}

### AlgorithmsHandler/Control

Η κλάση ΄AlgorithmsHandler΄ είναι υπεύθυνη για την δημιουργία και την έναρξη όλων των αλγορίθμων(GrahamScan**[[1]](#_Βιβλιογραφία)**, SmallestEnclosingCircle**[[3]](#_Βιβλιογραφία)**, Voronoi[**[3]**](#_Βιβλιογραφία)). Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** Model.SmallestEnclosingCirlce;

**import** Model.NeighborVoronoiDiagram;

**import** Model.DataBase;

**import** Model.GrahamScan;

**public** **class** AlgorithmsHandler

{

**private** GrahamScan grahamScan;

**private** SmallestEnclosingCirlce algorithm1;

**private** NeighborVoronoiDiagram nearestNeighbor;

**private** NeighborVoronoiDiagram farthestNeighbor;

**private** DataBase dataBase;

**public** AlgorithmsHandler()

{

dataBase = DataBase.*getInstance*();

dataBase.initializeKandE();

callAlgorithms();

}

**private** **void** callAlgorithms()

{

callGrahamScan();

callSmallestEnclosingCircle();

callNearestNeighborVoronoi();

callFarthestNeighborVoronoi();

}

**private** **void** callGrahamScan()

{

grahamScan = **new** GrahamScan();

grahamScan.initialize();

}

**private** **void** callSmallestEnclosingCircle()

{

algorithm1 = **new** SmallestEnclosingCirlce();

dataBase.prepareForAlgorithm(0);

algorithm1.computeSmallestEnclosingCircle();

}

**private** **void** callNearestNeighborVoronoi()

{

nearestNeighbor = **new** NeighborVoronoiDiagram();

dataBase.prepareForAlgorithm(1);

nearestNeighbor.computeVoronoiDiagram();

}

**private** **void** callFarthestNeighborVoronoi()

{

farthestNeighbor = **new** NeighborVoronoiDiagram();

dataBase.prepareForAlgorithm(2);

farthestNeighbor.computeVoronoiDiagram();

}

}

### ChangeLanguageButtonHandler/Control

Η κλάση ΄ChangeLanguageButtonHandler΄ είναι υπεύθυνη για την εναλλαγή της γλώσσας του προγράμματος μεταξύ Ελληνικών-Αγγλικών. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** java.util.ArrayList;

**import** Model.TextHandler;

**import** javafx.event.ActionEvent;

**import** javafx.event.EventHandler;

**import** javafx.scene.control.Button;

**import** javafx.scene.control.Label;

**public** **class** ChangeLanguageButtonHandler **implements** EventHandler<ActionEvent>

{

**private** TextHandler textHandler;

**private** Boolean flag=**true**;

**private** Button changeLanguageButton;

**private** Label paperTitle;

**private** Button loadFileButton;

**private** Button putPointsButton;

**private** Button exitButton;

**public** ChangeLanguageButtonHandler(ArrayList<Button> buttons, Label paperTitle)

{

textHandler = TextHandler.*getInstance*();

**this**.paperTitle = paperTitle;

changeLanguageButton = buttons.get(0);

loadFileButton = buttons.get(1);

putPointsButton = buttons.get(2);

exitButton = buttons.get(3);

//first time

setTexts();

}

@Override

**public** **void** handle(ActionEvent arg0)

{

//flag=true -> EN

//flag=false -> GR

flag=!flag;

textHandler = TextHandler.*getInstance*();

textHandler.setLanguage(flag? "EN" : "GR");

setTexts();

}

**private** **void** setTexts()

{

changeLanguageButton.setText(textHandler.getChangeLanguageButtonText());

paperTitle.setText(textHandler.getPaperTitleText());

loadFileButton.setText(textHandler.getLoadFileButtonText());

putPointsButton.setText(textHandler.getPutPointsButtonText());

exitButton.setText(textHandler.getExitButtonText());

}

}

### CustomMouseListener/Control

Η κλάση ΄CustomMouseListener΄ είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση των συντεταγμένων ενός σημείου καθώς και επιπλέον πληροφοριών πάνω στα διαγράμματα όταν ο χρήστη αλληλεπιδρά με αυτά μέσω του ποντικιού. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** org.jfree.chart.fx.interaction.ChartMouseEventFX;

**import** org.jfree.chart.fx.interaction.ChartMouseListenerFX;

**import** org.jfree.chart.title.TextTitle;

**public** **class** CustomMouseListener **implements** ChartMouseListenerFX

{

**private** TextTitle textTitle;

**private** **double** x;

**private** **double** y;

**public** CustomMouseListener(TextTitle textTitle)

{

**this**.textTitle = textTitle;

}

@Override

**public** **void** chartMouseClicked(ChartMouseEventFX arg0)

{

x = arg0.getChart().getXYPlot().getDomainCrosshairValue();

y = arg0.getChart().getXYPlot().getRangeCrosshairValue();

textTitle.setText("Current Point: ("+x+"1, "+y+")");

}

### ExitButtonHandler/Control

Η κλάση ΄ExitButtonHandler΄ είναι υπεύθυνη για τον τερματισμό του προγράμματος καθώς και όλων των διεργασιών του όταν εκείνος κάνει κλικ στο κουμπί ‘Exit’-‘Έξοδος’. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** javafx.event.ActionEvent;

**import** javafx.event.EventHandler;

**import** javafx.stage.Stage;

**public** **class** ExitButtonHandler **implements** EventHandler<ActionEvent>

{

**private** Stage stage;

**public** ExitButtonHandler(Stage stage)

{

**this**.stage = stage;

}

@Override

**public** **void** handle(ActionEvent arg0)

{

stage.close();

System.*exit*(0);

}

}

### GraphGUIHandler/Control

Η κλάση ΄GraphGUIHandlerHandler΄ είναι υπεύθυνη για την δημιουργία και την έναρξη όλων των διαγραμμάτων καθώς και να περάσει τις απαραίτητες πληροφορίες σε αυτά(π.χ. σημεία κυρτού πολυγώνου κτλ.). Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** Model.DataBase;

**import** View.SmallestEnclosingCircleGraphGUI;

**import** View.VoronoiGraphGUI;

**public** **class** GraphGUIHandler

{

**private** String path;

**private** DataBase dataBase;

**private** SmallestEnclosingCircleGraphGUI circleGraphGUI;

**private** VoronoiGraphGUI farthestNeighborVoronoiGraphGUI;

**public** GraphGUIHandler(String path)

{

**this**.path = path;

dataBase = DataBase.*getInstance*();

makeCircleGraph("Smallest Enclosing Circle", 0, 0);

makeVoronoiGraph("Nearest Neighbor Voronoi Diagram", 700, 0, 0);

makeVoronoiGraph("Farthest Neighbor Voronoi Diagram", 1400, 0, 1);

}

**private** **void** makeCircleGraph(String title, **int** x, **int** y)

{

circleGraphGUI = **new** SmallestEnclosingCircleGraphGUI(path);

circleGraphGUI.setTitle(title);

circleGraphGUI.setAllPoints(dataBase.getAllPoints());

circleGraphGUI.setConvexPoints(dataBase.getConvexPoints());

circleGraphGUI.setCirclePoints(dataBase.getCirclePoints());

circleGraphGUI.setCircleObject(dataBase.getCircleShape());

circleGraphGUI.initialize(x, y);

}

**private** **void** makeVoronoiGraph(String title, **int** x, **int** y, **int** mode)

{

farthestNeighborVoronoiGraphGUI = **new** VoronoiGraphGUI(path);

farthestNeighborVoronoiGraphGUI.setTitle(title);

farthestNeighborVoronoiGraphGUI.setAllPointsSize(dataBase.getAllPointsSize());

farthestNeighborVoronoiGraphGUI.setConvexPoints(dataBase.getConvexPoints());

farthestNeighborVoronoiGraphGUI.setK(dataBase.getK(mode));

farthestNeighborVoronoiGraphGUI.setE(dataBase.getE(mode));

farthestNeighborVoronoiGraphGUI.initialize(x, y);

}

}

### InfoButtonHandler/Control

Η κλάση ‘InfoButtonHandler’ είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση του παραθύρου με απαραίτητες πληροφορίες για το πρόγραμμα όταν ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί ‘?’. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** java.net.URL;

**import** Model.TextHandler;

**import** javafx.event.ActionEvent;

**import** javafx.event.EventHandler;

**import** javafx.geometry.Insets;

**import** javafx.scene.Cursor;

**import** javafx.scene.Scene;

**import** javafx.scene.control.Label;

**import** javafx.scene.image.Image;

**import** javafx.scene.image.ImageView;

**import** javafx.scene.layout.HBox;

**import** javafx.scene.layout.VBox;

**import** javafx.stage.Modality;

**import** javafx.stage.Stage;

**public** **class** InfoButtonHandler **implements** EventHandler<ActionEvent>

{

**private** Stage stage;

**private** VBox layout;

**private** Scene scene;

**private** Label label;

**private** ImageView circle;

**private** ImageView nearestVoronoi;

**private** ImageView farthestVoronoi;

**private** TextHandler textHandler;

@Override

**public** **void** handle(ActionEvent arg0)

{

textHandler = TextHandler.*getInstance*();

createAndShowInfoWindow();

}

**private** **void** createAndShowInfoWindow()

{

stage = **new** Stage();

stage.setTitle(textHandler.getInfoWindowTitle());

URL url = getClass().getResource("/Icons/circle.png");

Image stageImage = **new** Image(url.toString());

stage.getIcons().add(stageImage);

createLabelContent();

createGrahpImages(200);

createBox();

scene = **new** Scene(layout, 640, 700);

scene.getStylesheets().add("styles.css");

stage.setScene(scene);

stage.initModality(Modality.***APPLICATION\_MODAL***);

stage.setResizable(**false**);

stage.show();

}

**private** **void** createLabelContent()

{

label = **new** Label(textHandler.getInfoContent());

label.setId("infoLabel");

label.setCursor(Cursor.***HAND***);

label.setOnMouseClicked(**new** InfoContentHandler());

}

**private** **void** createBox()

{

layout = **new** VBox(10);

HBox hbox = **new** HBox(10);

hbox.setPadding(**new** Insets(10, 10, 10, 10));

hbox.getChildren().addAll(circle, nearestVoronoi, farthestVoronoi);

layout.getChildren().addAll(label, hbox);

}

**private** **void** createGrahpImages(**int** size)

{

createCircleImage(size);

createNearestVoronoiImage(size);

createFarthestVoronoiImage(size) ;

}

**private** **void** createCircleImage(**int** size)

{

URL url0 = getClass().getResource("/Icons/circle (2).png");

Image circleImage = **new** Image(url0.toString());

circle = **new** ImageView(circleImage);

circle.setFitHeight(size);

circle.setFitWidth(size);

}

**private** **void** createNearestVoronoiImage(**int** size)

{

URL url1 = getClass().getResource("/Icons/nearestVoronoi.png");

Image nearestVoronoiImage = **new** Image(url1.toString());

nearestVoronoi = **new** ImageView(nearestVoronoiImage);

nearestVoronoi.setFitHeight(size);

nearestVoronoi.setFitWidth(size);

}

**private** **void** createFarthestVoronoiImage(**int** size)

{

URL url2 = getClass().getResource("/Icons/farthestVoronoi.png");

Image farthestVoronoiImage = **new** Image(url2.toString());

farthestVoronoi = **new** ImageView(farthestVoronoiImage);

farthestVoronoi.setFitHeight(size);

farthestVoronoi.setFitWidth(size);

}

}

### InfoContentHandler/Control

Η κλάση ‘InfoContentHandler’ είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση του αποθετηρίου στο οποίο βρίσκεται ο κώδικας του προγράμματος όταν ο χρήστης κάνει κλικ πάνω σε οποιοδήποτε σημείο του κειμένου πληροφοριών. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** java.awt.Desktop;

**import** java.io.IOException;

**import** java.net.URI;

**import** java.net.URISyntaxException;

**import** javafx.event.EventHandler;

**import** javafx.scene.input.MouseEvent;

**public** **class** InfoContentHandler **implements** EventHandler<MouseEvent>

{

**private** String paperURL = "https://github.com/johnprif/Thesis";

@Override

**public** **void** handle(MouseEvent arg0)

{

**try** {

Desktop.*getDesktop*().browse(**new** URI(paperURL));

} **catch** (IOException | URISyntaxException e) {

e.printStackTrace();

}

}

}

### LoadFileButtonHandler/Control

Η κλάση ‘LoadFileButtonHandler’ είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση του παραθύρου εξερεύνησης του λειτουργικού συστήματος δίνοντας έτσι την δυνατότητα στον χρήστη να μπορεί να φορτώσει το αρχείο με τα σημεία που επιθυμεί και δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες στις υπόλοιπες κλάσεις. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** java.io.File;

**import** Model.TextHandler;

**import** Model\_Loaders.FileLoaderFactory;

**import** javafx.event.ActionEvent;

**import** javafx.event.EventHandler;

**import** javafx.stage.FileChooser;

**import** javafx.stage.Stage;

**public** **class** LoadFileButtonHandler **implements** EventHandler<ActionEvent>

{

**private** Stage fileChooserStage;

**private** String path;

**private** TextHandler textHandler;

**private** FileChooser fileChooser;

**private** FileLoaderFactory fileFactoryLoader;

**private** AlgorithmsHandler algorithmsHandler;

**private** GraphGUIHandler graphGUIHandler;

**public** LoadFileButtonHandler()

{

textHandler = TextHandler.*getInstance*();

}

@Override

**public** **void** handle(ActionEvent arg0)

{

fileChooserStage = **new** Stage();

fileChooser();

}

**private** **void** fileChooser()

{

fileChooser = **new** FileChooser();

fileChooser.setTitle(textHandler.getFileChooserTitleText());

fileChooser.getExtensionFilters().addAll(

**new** FileChooser.ExtensionFilter("CSV", "\*.csv")

,**new** FileChooser.ExtensionFilter("txt", "\*.txt")

,**new** FileChooser.ExtensionFilter("Excel 2007-2022", "\*.xlsx")

,**new** FileChooser.ExtensionFilter("Excel 1997-2003", "\*.xls")

);

File selectedFile = fileChooser.showOpenDialog(fileChooserStage);

**if**(selectedFile != **null**)//pressed OK

{

path = selectedFile.getAbsolutePath();

nextSteps();

}**else**//pressed Cancel

{

}

}

**private** **void** nextSteps()

{

fileFactoryLoader = **new** FileLoaderFactory(path);

fileFactoryLoader.getAllPoints();

algorithmsHandler = **new** AlgorithmsHandler();

graphGUIHandler = **new** GraphGUIHandler(path);

}

}

### PaperTitleHandler/Control

Η κλάση ‘PaperTitleHandler’ είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση του αποθετηρίου στο οποίο βρίσκεται η δημοσίευση του Paper(Sven Skyum 1991) όταν ο χρήστης κάνει κλικ πάνω σε οποιοδήποτε σημείο του τίτλου. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** java.awt.Desktop;

**import** java.io.IOException;

**import** java.net.URI;

**import** java.net.URISyntaxException;

**import** javafx.event.EventHandler;

**import** javafx.scene.input.MouseEvent;

**public** **class** PaperTitleHandler **implements** EventHandler<MouseEvent>

{

**private** String paperURL = "https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/002001909190030L?token=792B047EFD2FBA85B976C2FCB728380392A08F2C78D489ECFB26B2F3CE023E7512BEC247BC14F3EBE21A61E69DDFFC54&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230129211433";

@Override

**public** **void** handle(MouseEvent arg0)

{

**try** {

Desktop.*getDesktop*().browse(**new** URI(paperURL));

} **catch** (IOException | URISyntaxException e) {

e.printStackTrace();

}

}

}

### PutPointsButtonHandler/Control

ΥΠΟ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ!

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Η κλάση ‘PutPointsButtonHandler’ είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση ενός παραθύρου στο οποίο μπορεί ο χρήστης να τοποθετήσει τα δικά του σημεία, κάνοντας κλικ πάνω στο κουμπί ‘Create Points’-‘Δημιουργία Σημείων’. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

ΤΩΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η κλάση ‘PutPointsButtonHandler’ είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση ενός παραθύρου με το οποίο ενημερώνει τον χρήστη ότι η λειτουργία αυτή δεν είναι ακόμα διαθέσιμη και βρίσκεται υπό ανάπτυξη, κάνοντας κλικ πάνω στο κουμπί ‘Create Points’-‘Δημιουργία Σημείων’. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Control;

**import** Model.TextHandler;

**import** javafx.event.ActionEvent;

**import** javafx.event.EventHandler;

**import** javafx.scene.control.Alert;

**import** javafx.scene.control.Alert.AlertType;

**public** **class** PutPointsButtonHandler **implements** EventHandler<ActionEvent>

{

**private** TextHandler textHandler;

**public** PutPointsButtonHandler()

{

textHandler = TextHandler.*getInstance*();

}

@Override

**public** **void** handle(ActionEvent arg0)

{

notImpementPopup();

}

**public** **void** notImpementPopup()

{

Alert a = **new** Alert(AlertType.***INFORMATION***);

a.setTitle(textHandler.getNotImpementPopupTitle());

a.setHeaderText(textHandler.getNotImpementPopupHeaderText());

a.setContentText(textHandler.getNotImpementContentText());

a.show();

}

}

### DataBase/Model

Η κλάση ‘DataBase’ είναι υπεύθυνη για όλους τους υπολογισμούς που χρειαζόμαστε για τα διαγράμματα καθώς και για την αποδοτική τους αποθήκευση ώστε να μπορούν να γίνονται γρήγορα όλοι οι υπολογισμοί χωρίς να ξεπερνάει κανένας το χρονικό όριο O(logn). Βρίσκονται όλες οι συναρτήσεις που αφορούν τους μαθηματικούς υπολογισμούς(πχ εύρεση της ακτίνας που περνάει από τρία σημεία) καθώς και τις δομές που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα. Οπότε, αποτελεί επιπλέον και την βάση δεδομένων όπου οι αλγόριθμοι διαβάζουν-γράφουν δεδομένα καθώς επίσης αντλούν τα δεδομένα τους και τα γραφήματα. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Model;

**import** java.awt.geom.Ellipse2D;

**import** java.util.ArrayList;

**import** java.util.HashMap;

**import** java.util.TreeMap;

**import** javafx.geometry.Point2D;

**public** **class** DataBase

{

**private** ArrayList<Point2D> allPoints;

**private** ArrayList<Point2D> convexPoints;

**private** ArrayList<Point2D> circlePoints;

**private** **static** **final** DataBase ***instance*** = **new** DataBase();

**private** **int** mode;

**private** Ellipse2D circle;

**private** ArrayList<Point2D> K;

**private** ArrayList<ArrayList<Point2D>> E;

**private** HashMap<Point2D, Point2D> u\_p;

**private** HashMap<Point2D, ArrayList<Point2D>> neighbours;

**private** TreeMap<Double, Point2D> radiusForEachNode;

**private** HashMap<Double, Point2D> existingRadius;

**private** Point2D currCustom;

**private** Point2D prevCustom;

**private** Point2D nextCustom;

**private** **double** maxAngleCustom;

**private** **double** maxRadiusCustom;

**private** ArrayList<ArrayList<Point2D>> allK;

**private** ArrayList<ArrayList<ArrayList<Point2D>>> allE;

**private** DataBase()

{

}

**public** **static** DataBase getInstance()

{

**return** ***instance***;

}

**public** ArrayList<Point2D> getAllPoints()

{

**return** allPoints;

}

**public** ArrayList<Point2D> getConvexPoints()

{

**return** convexPoints;

}

**public** ArrayList<Point2D> getCirclePoints()

{

**return** circlePoints;

}

**public** ArrayList<Point2D> getK(**int** mode)

{

**return** allK.get(mode);

}

**public** ArrayList<ArrayList<Point2D>> getE(**int** mode)

{

**return** allE.get(mode);

}

**public** **void** setAllPoints(ArrayList<Point2D> allPoints)

{

**this**.allPoints = **new** ArrayList<Point2D>(allPoints);

}

**public** **void** setConvexPoints(ArrayList<Point2D> convexPoints)

{

**this**.convexPoints = **new** ArrayList<Point2D>(convexPoints);

}

**public** **void** setCirclePoints(ArrayList<Point2D> circlePoints)

{

**this**.circlePoints = **new** ArrayList<Point2D>(circlePoints);

}

**public** **void** prepareForAlgorithm(**int** mode)

{

**this**.mode = mode;

loadMaps();

**if**(mode == 1 || mode == 2)

{

circle = getCircleShape();

}

}

// ----------O(nlog(n))---------------

**private** **void** loadMaps()

{

**int** size = getConvexPointsSize();

**double** radius;

neighbours = **new** HashMap<Point2D, ArrayList<Point2D>>();

radiusForEachNode = **new** TreeMap<>();

existingRadius = **new** HashMap<Double, Point2D>();

**for** (**int** i = 0; i < size; i++)

{

Point2D prev = convexPoints.get((i + size - 1) % size); //O(1)

Point2D curr = convexPoints.get(i); //O(1)

Point2D next = convexPoints.get((i + 1) % size); //O(1)

radius = getRadius(prev, curr, next); //O(1)

ArrayList<Point2D> kati = **new** ArrayList<Point2D>();

kati.add(prev);

kati.add(next);

neighbours.put(curr, kati); //O(1)

radiusForEachNode.put(radius, curr); //O(log(n))

existingRadius.put(radius, curr);

}

}

//----------O(log(n)) for each calling---------------

**public** Point2D findMaxP()

{

**int** size = neighbours.size(); //O(1)

**if** (size <= 2)

{

**return** **new** Point2D(-1, -1);

}

**if**(mode == 0 || mode == 2) //circle or nearest

{

maxRadiusCustom = radiusForEachNode.lastKey(); //O(1)

}**else** //mode == 1 farthest

{

maxRadiusCustom = radiusForEachNode.firstKey(); //O(1)

}

currCustom = radiusForEachNode.get(maxRadiusCustom); //O(log(n))

prevCustom = neighbours.get(currCustom).get(0); //O(1)

nextCustom = neighbours.get(currCustom).get(1); //O(1)

maxAngleCustom = getAngle(prevCustom, currCustom, nextCustom); //O(1)

**if**(mode == 0)

{

**return** **new** Point2D(maxAngleCustom, maxAngleCustom);

}

**return** currCustom;

}

//----------5\*O(log(n)) for each calling---------------

**public** **void** deleteMaxP()

{

ArrayList<Point2D> left = **new** ArrayList<Point2D>();

ArrayList<Point2D> right = **new** ArrayList<Point2D>();

//---I found that has changed

Point2D leftCurr = neighbours.get(currCustom).get(0);

Point2D leftPrev = neighbours.get(leftCurr).get(0);

Point2D leftNext = neighbours.get(leftCurr).get(1);

Point2D rightCurr = neighbours.get(currCustom).get(1); //O(1)

Point2D rightPrev = neighbours.get(rightCurr).get(0); //O(1)

Point2D rightNext = neighbours.get(rightCurr).get(1); //O(1)

radiusForEachNode.remove(maxRadiusCustom); //O(log(n))

radiusForEachNode.remove(getRadius(leftPrev, leftCurr, leftNext)); //O(log(n))

radiusForEachNode.remove(getRadius(rightPrev, rightCurr, rightNext)); //O(log(n))

existingRadius.remove(maxRadiusCustom);//O(1)

existingRadius.remove(getRadius(leftPrev, leftCurr, leftNext)); //O(1)

existingRadius.remove(getRadius(rightPrev, rightCurr, rightNext)); //O(1))

neighbours.remove(leftCurr); //O(1)

neighbours.remove(currCustom); //O(1)

neighbours.remove(rightCurr); //O(1)

left.add(leftPrev); //O(1)

left.add(rightCurr); //O(1)

right.add(leftCurr); //O(1)

right.add(rightNext); //O(1)

neighbours.put(leftCurr, left); //O(1)

neighbours.put(rightCurr, right); //O(1)

**double** beforeRadius = getRadius(leftPrev, leftCurr, rightCurr);

**double** nextRadius = getRadius(leftCurr, rightCurr, rightNext);

Point2D currPoint;

**if**(!existingRadius.containsKey(beforeRadius)) //O(1)

{

radiusForEachNode.put(beforeRadius, leftCurr); //O(log(n))

existingRadius.put(beforeRadius, leftCurr);//O(1)

}**else**

{

currPoint = existingRadius.get(beforeRadius);//O(1)

**if**(getAngle(neighbours.get(leftCurr).get(0), leftCurr, neighbours.get(leftCurr).get(1)) >= getAngle(neighbours.get(currPoint).get(0), currPoint, neighbours.get(currPoint).get(1)))

{

radiusForEachNode.put(getRadius(neighbours.get(currPoint).get(0), currPoint, neighbours.get(currPoint).get(1)), leftCurr); //O(log(n))

existingRadius.put(getRadius(neighbours.get(currPoint).get(0), currPoint, neighbours.get(currPoint).get(1)), leftCurr); //O(1)

}

}

**if**(!existingRadius.containsKey(nextRadius)) //O(1)

{

radiusForEachNode.put(nextRadius, rightCurr); //O(log(n))

existingRadius.put(nextRadius, rightCurr);//O(1)

}**else**

{

currPoint = existingRadius.get(nextRadius);//O(1)

**if**(getAngle(neighbours.get(rightCurr).get(0), rightCurr, neighbours.get(rightCurr).get(1)) >= getAngle(neighbours.get(currPoint).get(0), currPoint, neighbours.get(currPoint).get(1)))

{

radiusForEachNode.put(getRadius(neighbours.get(currPoint).get(0), currPoint, neighbours.get(currPoint).get(1)), rightCurr); //O(log(n))

existingRadius.put(getRadius(neighbours.get(currPoint).get(0), currPoint, neighbours.get(currPoint).get(1)), rightCurr); //O(1)

}

}

}

**public** **int** getHashCirclePointsSize()

{

**return** neighbours.size();

}

**public** **void** moveToCircleArray()

{

HashMap<Point2D, Point2D> neighboursTemp = **new** HashMap<Point2D, Point2D>();

**for** (Point2D key : neighbours.keySet())

{

neighboursTemp.put(key, key);

}

circlePoints = **new** ArrayList<Point2D>(neighboursTemp.values());

}

**public** Point2D getPrev()

{

**return** prevCustom;

}

**public** Point2D getNext()

{

**return** nextCustom;

}

**public** **int** getAllPointsSize()

{

**return** allPoints.size();

}

**public** **int** getConvexPointsSize()

{

**return** convexPoints.size();

}

**public** **int** getCirclePointsSize()

{

**return** circlePoints.size();

}

**public** Ellipse2D getCircleShape()

{

**int** n = getCirclePointsSize();

Point2D point1 = circlePoints.get(0);

Point2D point2 = circlePoints.get(1);

Point2D point3 = **null**;

**if** (n == 3)

{

point3 = circlePoints.get(2);

}

circle = **new** Ellipse2D.Double(getCenter(point1, point2, point3).getX() - getRadius(point1, point2, point3), getCenter(point1, point2, point3).getY() - getRadius(point1, point2, point3), getRadius(point1, point2, point3) \* 2, getRadius(point1, point2, point3) \* 2);

**return** circle;

}

**public** **double** getRadius(Point2D p, Point2D q, Point2D r)

{

**double** x1 = p.getX();

**double** y1 = p.getY();

**double** x2 = q.getX();

**double** y2 = q.getY();

**double** x3;

**double** y3;

**double** R = 0;

**if**(r == **null**)

{

R = p.distance(q) / 2;

**return** R;

}

**if** ((!p.equals(q)) && (!q.equals(r)) && (!p.equals(r)))

{

//----------------------

x3 = r.getX();

y3 = r.getY();

//----------------------

**double** x12 = x1 - x2;

**double** x13 = x1 - x3;

**double** y12 = y1 - y2;

**double** y13 = y1 - y3;

**double** y31 = y3 - y1;

**double** y21 = y2 - y1;

**double** x31 = x3 - x1;

**double** x21 = x2 - x1;

// x1^2 - x3^2

**double** sx13 = x1 \* x1 - x3 \* x3;

// y1^2 - y3^2

**double** sy13 = y1 \* y1 - y3 \* y3;

**double** sx21 = x2 \* x2 - x1 \* x1;

**double** sy21 = y2 \* y2 - y1 \* y1;

**double** f = ((sx13) \* (x12)

+ (sy13) \* (x12)

+ (sx21) \* (x13)

+ (sy21) \* (x13))

/ (2 \* ((y31) \* (x12) - (y21) \* (x13)));

**double** g = ((sx13) \* (y12)

+ (sy13) \* (y12)

+ (sx21) \* (y13)

+ (sy21) \* (y13))

/ (2 \* ((x31) \* (y12) - (x21) \* (y13)));

**double** c = -x1 \* x1 - y1 \* y1 - 2 \* g \* x1 - 2 \* f \* y1;

// eqn of circle be x^2 + y^2 + 2\*g\*x + 2\*f\*y + c = 0

// where centre is (h = -g, k = -f) and radius r

// as r^2 = h^2 + k^2 - c

**double** h = -g;

**double** k = -f;

**double** sqr\_of\_r = h \* h + k \* k - c;

// r is the radius

R = Math.*sqrt*(sqr\_of\_r);

}

**return** R;

}

**public** Point2D getCenter(Point2D p, Point2D q, Point2D r)

{

**double** x1 = p.getX();

**double** y1 = p.getY();

**double** x2 = q.getX();

**double** y2 = q.getY();

**double** x3;

**double** y3;

**double** R = 0;

**if**(r == **null**)

{

**double** centerX = (x1 + x2) / 2;

**double** centerY = (y1 + y2) / 2;

**return** **new** Point2D(centerX, centerY);

}

**if** ((!p.equals(q)) && (!q.equals(r)) && (!p.equals(r)))

{

//----------------------

x3 = r.getX();

y3 = r.getY();

//----------------------

**double** x12 = x1 - x2;

**double** x13 = x1 - x3;

**double** y12 = y1 - y2;

**double** y13 = y1 - y3;

**double** y31 = y3 - y1;

**double** y21 = y2 - y1;

**double** x31 = x3 - x1;

**double** x21 = x2 - x1;

// x1^2 - x3^2

**double** sx13 = x1 \* x1 - x3 \* x3;

// y1^2 - y3^2

**double** sy13 = y1 \* y1 - y3 \* y3;

**double** sx21 = x2 \* x2 - x1 \* x1;

**double** sy21 = y2 \* y2 - y1 \* y1;

**double** f = ((sx13) \* (x12)

+ (sy13) \* (x12)

+ (sx21) \* (x13)

+ (sy21) \* (x13))

/ (2 \* ((y31) \* (x12) - (y21) \* (x13)));

**double** g = ((sx13) \* (y12)

+ (sy13) \* (y12)

+ (sx21) \* (y13)

+ (sy21) \* (y13))

/ (2 \* ((x31) \* (y12) - (x21) \* (y13)));

**double** c = -x1 \* x1 - y1 \* y1 - 2 \* g \* x1 - 2 \* f \* y1;

// eqn of circle be x^2 + y^2 + 2\*g\*x + 2\*f\*y + c = 0

// where centre is (h = -g, k = -f) and radius r

// as r^2 = h^2 + k^2 - c

**double** h = -g;

**double** k = -f;

**double** sqr\_of\_r = h \* h + k \* k - c;

// r is the radius

R = Math.*sqrt*(sqr\_of\_r);

**return** **new** Point2D(h,k);

}

**return** **null**;

}

**private** **double** getAngle(Point2D p, Point2D q, Point2D r)

{

**double** a = (q.getX() - p.getX()) \* (q.getX() - p.getX()) + (q.getY() - p.getY()) \* (q.getY() - p.getY());

**double** b = (q.getX() - r.getX()) \* (q.getX() - r.getX()) + (q.getY() - r.getY()) \* (q.getY() - r.getY());

**double** c = (r.getX() - p.getX()) \* (r.getX() - p.getX()) + (r.getY() - p.getY()) \* (r.getY() - p.getY());

**return** Math.*acos*((a + b - c) / Math.*sqrt*(4 \* a \* b));

}

//for nearest voronoi

**private** Point2D Up1(Point2D p)

{

Point2D nextP = neighbours.get(p).get(1); //O(1)

**double** mx = (p.getX() + nextP.getX()) / 2.0;

**double** my = (p.getY() + nextP.getY()) / 2.0;

**double** dx = nextP.getY() - p.getY();

**double** dy = p.getX() - nextP.getX();

**double** ux = mx + dx;

**double** uy = my + dy;

**return** **new** Point2D(ux, uy);

}

//for farthest voronoi

**private** Point2D Up2(Point2D p)

{

Point2D nextP = neighbours.get(p).get(1); //O(1)

Point2D nextNextP = neighbours.get(nextP).get(1); //O(1)

**double** mx = (p.getX() + nextP.getX()) / 2.0;

**double** my = (p.getY() + nextP.getY()) / 2.0;

**double** dx = nextP.getY() - p.getY();

**double** dy = p.getX() - nextP.getX();

**double** radius = getRadius(p, nextP, nextNextP);

**double** ux = mx - radius\*dx;

**double** uy = my - radius\*dy;

**return** **new** Point2D(ux, uy);

}

**public** **boolean** isPointInCircle(Point2D point, Point2D center, **double** radius)

{

**double** distance = point.distance(center);

**return** distance < radius;

}

**public** **void** updateUp(Point2D p, Point2D c)

{

u\_p.replace(p, c);

}

//-----------O(n)----------------

**public** **void** addAllUpToK()

{

**int** size = getConvexPointsSize();

u\_p = **new** HashMap<Point2D, Point2D>();

**if**(mode == 1) //nearest voronoi

{

**for** (**int** i = 0; i < size; i++)

{

Point2D curr = convexPoints.get(i); //O(1)

Point2D Ucurr = Up1(curr);

u\_p.put(curr, Ucurr);

K.add(Ucurr);

}

}**else** //mode==2 farthest voronoi

{

**for** (**int** i = 0; i < size; i++)

{

Point2D curr = convexPoints.get(i); //O(1)

Point2D Ucurr = Up2(curr);

u\_p.put(curr, Ucurr);

K.add(Ucurr);

}

}

}

**public** **void** addCtoK(Point2D c)

{

K.add(c);

}

**public** **void** addCandUtoE(Point2D c, Point2D up)

{

ArrayList<Point2D> inner = **new** ArrayList<Point2D>();

inner.add(c);

inner.add(up);

E.add(inner);

}

**public** Point2D getUp(Point2D p)

{

**return** u\_p.get(p);

}

**public** **void** makeKandE()

{

K = **new** ArrayList<Point2D>();

E = **new** ArrayList<ArrayList<Point2D>>();

}

**public** **void** moveKandE()

{

allK.add(K);

allE.add(E);

}

**public** **void** initializeKandE()

{

allK = **new** ArrayList<ArrayList<Point2D>>();

allE = **new** ArrayList<ArrayList<ArrayList<Point2D>>>();

}

}

### GrahamScan/Model

Η κλάση ‘GrahamScan’ είναι υπεύθυνη για τον υπολογισμό των σημείων που ορίζουν το Κυρτό Περίβλημα σε O(nlogn) χρόνο. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

package Model;

import java.util.ArrayList;

import java.util.Collections;

import java.util.List;

import javafx.geometry.Point2D;

public class GrahamScan

{

private static Point2D start;

private ArrayList<Point2D> allPoints;

private ArrayList<Point2D> convexHullPoints;

private DataBase dataBase;

public GrahamScan()

{

dataBase = DataBase.getInstance();

}

public void initialize()

{

allPoints = new ArrayList<Point2D>(dataBase.getAllPoints());

convexHullPoints = new ArrayList<Point2D>(computeGrahamScan(allPoints));

convexHullPoints.remove(convexHullPoints.size()-1);

dataBase.setConvexPoints(convexHullPoints);

}

//----------------------------------O(nlogn)--------------------------------------

private static List<Point2D> computeGrahamScan(List<Point2D> points) {

// Find the point with the lowest y-coordinate (or the leftmost point in case of a tie)

start = points.get(0);

for (Point2D point : points) {

if (point.getY() < start.getY() || (point.getY() == start.getY() && point.getX() < start.getX())) {

start = point;

}

}

// Sort the points by polar angle with respect to the start point

List<Point2D> sortedPoints = new ArrayList<>(points);

sortedPoints.remove(start);

Collections.sort(sortedPoints, (a, b) -> {

double angleA = Math.atan2(a.getY() - start.getY(), a.getX() - start.getX());

double angleB = Math.atan2(b.getY() - start.getY(), b.getX() - start.getX());

if (angleA < angleB) {

return -1;

} else if (angleA > angleB) {

return 1;

} else {

return Double.compare(a.distance(start), b.distance(start));

}

});

// Perform the Graham's scan

List<Point2D> hull = new ArrayList<>();

hull.add(start);

for (Point2D point : sortedPoints) {

while (hull.size() >= 2) {

Point2D p2 = hull.get(hull.size() - 1);

Point2D p1 = hull.get(hull.size() - 2);

if (crossProduct(p1, p2, point) < 0)

{

hull.remove(hull.size() - 1);

} else

{

break;

}

}

hull.add(point);

}

hull.add(start);

return hull;

}

private static double crossProduct(Point2D p, Point2D q, Point2D r) {

double y1 = q.getY() - p.getY();

double y2 = r.getY() - p.getY();

double x1 = q.getX() - p.getX();

double x2 = r.getX() - p.getX();

return x1 \* y2 - x2 \* y1;

}

}

### NeighborVoronoiDiagram/Model

Η κλάση ‘NeighborVoronoiDiagram’ είναι υπεύθυνη για τον υπολογισμό των σημείων που ορίζουν τα διαγράμματα Voronoi (πλησιέστερου και πιο απομακρυσμένου) γείτονα σε O(nlogn) χρόνο. Ουσιαστικά, η ίδια κλάση χρησιμοποιείται δύο φορές ξεχωριστά ώστε την πρώτη φορά να υπολογίσει το Διάγραμμα Voronoi του πλησιέστερου γείτονα και την δεύτερη φορά για να υπολογίσει το Διάγραμμα Voronoi του πιο απομακρυσμένου γείτονα. Ο κάθε αλγόριθμος χρειάζεται O(nlogn) χρόνο. Οπότε και δύο μαζί χρειάζονται O(nlogn). Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Model;

**import** javafx.geometry.Point2D;

**public** **class** NeighborVoronoiDiagram

{

**private** DataBase dataBase;

**public** NeighborVoronoiDiagram()

{

dataBase = DataBase.*getInstance*();

}

**public** **void** computeVoronoiDiagram()

{

System.***out***.println("I am the second algorithm!");

**int** n = dataBase.getConvexPointsSize();

//I have to make (K,E) ArrayLits for each K, E

dataBase.makeKandE();

//for all p in S add u(p) to K;

dataBase.addAllUpToK();

Point2D before\_p;

Point2D p;

Point2D next\_p;

Point2D c;

**if**(n > 2)

{

System.***out***.println("Algorithm 2 started with = " + n);

**do**

{

//find p maximizing radius and angle

p = dataBase.findMaxP();

before\_p = dataBase.getPrev();

next\_p = dataBase.getNext();

c = dataBase.getCenter(before\_p, p, next\_p);

dataBase.addCtoK(c);

dataBase.addCandUtoE(c, dataBase.getUp(p));

dataBase.addCandUtoE(c, dataBase.getUp(before\_p));

dataBase.updateUp(before\_p, c);

dataBase.deleteMaxP();

n = n-1;

}**while**(n != 2);

dataBase.addCandUtoE(c, dataBase.getUp(next\_p));

}**else**

{

System.***out***.println("Algorithm 2 started with = " + n);

**if**(n == 2) //S={p1, p2}

{

Point2D p1 = dataBase.getConvexPoints().get(0);

Point2D p2 = dataBase.getConvexPoints().get(1);

Point2D u\_p1 = dataBase.getUp(p1);

Point2D u\_p2 = dataBase.getUp(p2);

//add (u(p1), u(p2)) to E;

dataBase.addCandUtoE(u\_p1, u\_p2);

}

}

dataBase.moveKandE();

System.***out***.println("Algorithm 2 finished!");

}

}

### SmallestEnclosingCircle/Model

Η κλάση ‘SmallestEnclosingCircle’ είναι υπεύθυνη για τον υπολογισμό των σημείων που ορίζουν τα σημεία του Ελάχιστου Περικλείοντος Κύκλου σε O(nlogn) χρόνο. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Model;

**import** java.lang.Math;

**public** **class** SmallestEnclosingCirlce

{

**private** DataBase dataBase;

**public** SmallestEnclosingCirlce()

{

dataBase = DataBase.*getInstance*();

}

**public** **void** computeSmallestEnclosingCircle()

{

**boolean** finish;

**double** maxAngle;

**double** myPi2 = Math.***PI***/2;

**if**(dataBase.getHashCirclePointsSize() != 1)

{

finish = **false**;

**do**

{

maxAngle = dataBase.findMaxP().getX();

**if**(maxAngle>myPi2)

{

dataBase.deleteMaxP();

}**else**

{

dataBase.moveToCircleArray();

System.***out***.println("The algorithm 1 finished = "+dataBase.getHashCirclePointsSize());

finish = **true**;

}

}**while**(!finish);

}**else**

{

System.***out***.println("Only 1 point");

}

}

}

### TextHandler/Model

Η κλάση ‘TextHandler’ είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση των κειμένων για όλα τα κουμπιά και κείμενα του προγράμματος καθώς επίσης και την εναλλαγή τους μεταξύ Ελληνικών-Αγγλικών. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

**package** Model;

**public** **class** TextHandler

{

**private** **static** TextHandler *instance*;

//-----------parallel---------------

**private** String changeLanguageButtonText = "EN";

**private** String paperTitleText = "A SIMPLE ALGORITHM FOR COMPUTING THE SMALLEST ENCLOSING CIRCLE\n\t";

**private** String loadFileButtonText = "Load Points From File";

**private** String putPointsButtonText = "Create Points";

**private** String exitButtonText = "Exit";

//----------notParallel----------------

**private** String fileChooserTitleText = "Choose the file who contains the points";

**private** String notImpementPopupTitle = "Put points";

**private** String notImpementPopupHeaderText = "Under construction!";

**private** String notImpementContentText = "The manual addition of points has not been implemented yet!\\nIn the future the user will be able to add points manually and modify them without having to load them from an external file.";

**private** String infoWindowTitle = "Information + Instructions for use";

**private** String infoContent = "ABOUT\n"

+ "This thesis was developed in the context of the paper by Sven Skyum 1991 entitled \"A SIMPLE ALGORITHM FOR COMPUTING THE SMALLEST ENCLOSING CIRCLE\" and concerns the implementation and visualization of an efficient complexity algorithm O(nlogn) and computes the least pericycle and with small changes and maintaining the same complexity is able to compute both the Voronoi diagrams of the nearest and the farthest neighbor\r\n\n"

+ "IMPLEMENTATION INSTRUCTIONS:\r\n"

+ "1) You can change the language from Greek to English and vice versa in real time by pressing the button on the top right with the corresponding mark\r\n"

+ "2) By pressing the 'Exit' button the application terminates\r\n"

+ "3) Pressing the 'Load Points' button will display a window asking you to load a file with points x,y from the supported application types (csv, txt, excel)\r\n"

+ "4) Finally, the three charts with their corresponding graphs will be displayed.\r\n"

+ "5) You can do the following actions on the graphs:\r\n"

+ " - alt+leftclick: drag and drop\r\n"

+ " - rightclick: export to file\r\n"

+ " - leftclick: choose a point \r\n"

+ " - scroll: zoom in or zoom out\r\n"

+ "\*\* The 'Create Points' button has not been implemented yet and will be implemented at some point in the future\r\n"

+ "\*\*\* Leftclicking on the title will open the browser in the thesis paper\r\n\n"

+ "IMAGES FROM THE APP\n";

**private** TextHandler()

{

//TextClass();

}

//Get the only object available

**public** **static** TextHandler getInstance()

{

**if** (*instance* == **null**)

{

*instance* = **new** TextHandler();

}

**return** *instance*;

}

**public** **void** setLanguage(String language)

{

changeLanguageButtonText = language;

**if**(language.equals("EN"))

{

//-----MainWidnow--------------

paperTitleText = "A SIMPLE ALGORITHM FOR COMPUTING THE SMALLEST ENCLOSING CIRCLE\n\t";

loadFileButtonText = "Load Points From File";

putPointsButtonText = "Create Points";

exitButtonText = "Exit";

//-----FileChooserWindow--------------

fileChooserTitleText = "Choose the file who contains the points";

//PutPointsButtonHandler popup

notImpementPopupTitle = "Put points";

notImpementPopupHeaderText = "Under construction!";

notImpementContentText = "The manual addition of points has not been implemented yet!\nIn the future the user will be able to add points manually and modify them without having to load them from an external file.";

//Info button

infoWindowTitle = "Information + Instructions for use";

infoContent = "ABOUT\n"

+ "This thesis was developed in the context of the paper by Sven Skyum 1991 entitled \"A SIMPLE ALGORITHM FOR COMPUTING THE SMALLEST ENCLOSING CIRCLE\" and concerns the implementation and visualization of an efficient complexity algorithm O(nlogn) and computes the least pericycle and with small changes and maintaining the same complexity is able to compute both the Voronoi diagrams of the nearest and the farthest neighbor\r\n\n"

+ "IMPLEMENTATION INSTRUCTIONS:\r\n"

+ "1) You can change the language from Greek to English and vice versa in real time by pressing the button on the top right with the corresponding mark\r\n"

+ "2) By pressing the 'Exit' button the application terminates\r\n"

+ "3) Pressing the 'Load Points' button will display a window asking you to load a file with points x,y from the supported application types (csv, txt, excel)\r\n"

+ "4) Finally, the three charts with their corresponding graphs will be displayed.\r\n"

+ "5) You can do the following actions on the graphs:\r\n"

+ " - alt+leftclick: drag and drop\r\n"

+ " - rightclick: export to file\r\n"

+ " - leftclick: choose a point \r\n"

+ " - scroll: zoom in or zoom out\r\n"

+ "\*\* The 'Create Points' button has not been implemented yet and will be implemented at some point in the future\r\n"

+ "\*\*\* Leftclicking on the title will open the browser in the thesis paper\r\n\n"

+ "IMAGES FROM THE APP\n";

}**else** //GR

{

//-----MainWidnow--------------

paperTitleText = "ΕΝΑΣ ΑΠΛΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΠΕΡΙΚΛΕΙΟΝΤΑ ΚΥΚΛΟΥ";

loadFileButtonText = "Φόρτωση Σημείων από Αρχείο";

putPointsButtonText = "Δημιουργία σημείων";

exitButtonText = "Έξοδος";

//-----FileChooserWindow--------------

fileChooserTitleText = "Επιλέξτε το αρχείο που περιέχει τα σημεία";

//PutPointsButtonHandler popup

notImpementPopupTitle = "Προσθήκη Σημείων";

notImpementPopupHeaderText = "Υπό κατασκευή!";

notImpementContentText = "Η χειροκίνητη προσθήκη σημείων δεν έχει υλοποιηθεί ακόμα!\nΜελλοντικά ο χρήστης θα μπορεί να προσθέσει σημεία με το χέρι του και να τα τροποποιεί χωρίς να χρειάζεται η φόρτωση τους από εξωτερικό αρχείο.";

//Info button

infoWindowTitle = "Πληροφορίες + Οδηγίες χρήσης";

infoContent = "ΣΧΕΤΙΚΑ\n"

+ "Αυτή η διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε στα πλαίσια του Paper από τον Sven Skyum 1991 με τίτλο \"A SIMPLE ALGORITHM FOR COMPUTING THE SMALLEST ENCLOSING CIRCLE\" και αφορά την υλοποίηση και οπτικοποίηση ενός αποδοτικού αλγορίθμου πολυπλοκότητας O(nlogn) και υπολογίζει τον ελάχιστο περικλείοντα κύκλο και με μικρές αλλαγές και διατηρώντας την ίδια πολυπλοκότητα είναι ικανός να υπολογίσει και τα διαγράμματα Voronoi του πλησιέστερου και του πιο απομακρυσμένου γείτονα\r\n\n"

+ "ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ:\r\n"

+ "1) Μπορείτε να αλλάξετε την γλώσσα από ελληνικά σε αγγλικά και αντίστροφα σε πραγματικό χρόνο πατώντας το κουμπί πάνω δεξιά με την αντίστοιχη σήμανση\r\n"

+ "2) Πατώντας το κουμπί 'Έξοδος' η εφαρμογή τερματίζει\r\n"

+ "3) Πατώντας το κουμπί 'Φόρτωση Σημείων' θα σας εμφανιστεί ένα παράθυρο στο οποίο θα σας ζητηθεί να φορτώσετε ένα αρχείο με σημεία x,y από τους υποστηριζόμενους τύπους της εφαρμογής(csv, txt, excel)\r\n"

+ "4) Τέλος, εμφανίζονται τα τρία διαγράμματα με τα αντίστοιχα γραφήματα.\r\n"

+ "5) Μπορείτε να κάνετε τις εξής ενέργειες στα γραφήματα:\r\n"

+ " - alt+αριστερό-κλικ: μετακίνηση\r\n"

+ " - δεξί-κλικ: export to file\r\n"

+ " - leftclick: choose a point \r\n"

+ " - scroll: zoom in or zoom out\r\n"

+ "\*\* Το κουμπί 'Δημιουργία Σημείων' δεν έχει υλοποιηθεί ακόμα και θα υλοποιηθεί κάποια στιγμή στο μέλλον\r\n"

+ "\*\*\* Κάνοντας αριστερό-κλικ στον τίτλο θα ανοίξει ο browser στο paper της δηπλωματικής εργασίας\n\n"

+ "ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ\n";

}

}

**public** String getChangeLanguageButtonText()

{

**return** changeLanguageButtonText;

}

**public** String getPaperTitleText()

{

**return** paperTitleText;

}

**public** String getLoadFileButtonText()

{

**return** loadFileButtonText;

}

**public** String getPutPointsButtonText()

{

**return** putPointsButtonText;

}

**public** String getExitButtonText()

{

**return** exitButtonText;

}

**public** String getFileChooserTitleText()

{

**return** fileChooserTitleText;

}

**public** String getNotImpementPopupTitle()

{

**return** notImpementPopupTitle;

}

**public** String getNotImpementPopupHeaderText()

{

**return** notImpementPopupHeaderText;

}

**public** String getNotImpementContentText()

{

**return** notImpementContentText;

}

**public** String getInfoWindowTitle()

{

**return** infoWindowTitle;

}

**public** String getInfoContent()

{

**return** infoContent;

}

}

### CSVLoader/Model\_Loaders

Η κλάση ‘CSVLoader’ είναι υπεύθυνη για την ανάγνωση και αποθήκευση των σημείων από .csv αρχεία. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

package Model\_Loaders;

import java.io.FileReader;

import java.io.IOException;

import java.util.ArrayList;

import java.util.List;

import com.opencsv.\*;

import com.opencsv.exceptions.CsvException;

import javafx.geometry.Point2D;

public class CSVLoader implements FileLoader

{

private String csvPath;

private List<String[]> stringCSVData;

private ArrayList<Point2D> points2DCSVData;

public CSVLoader(String csvPath) throws IOException, CsvException

{

this.csvPath=csvPath;

stringCSVData = new ArrayList<String[]>();

points2DCSVData = new ArrayList<Point2D>();

System.out.println("I am CSV LOADER");

readValues();

convertStringToPoint2D();

}

private void readValues() throws IOException, CsvException

{

CSVParser csvParser = new CSVParserBuilder().withSeparator(',').build();

CSVReader csvReader = new CSVReaderBuilder(new FileReader(csvPath))

// .withCSVParser(csvParser)

.withSkipLines(0).build();

stringCSVData.addAll(csvReader.readAll());

}

public void convertStringToPoint2D()

{

//Convert data from String to double

double a;

double b;

String temp1;

String temp2;

for(int i=0; i<stringCSVData.size(); i++)

{

temp1 = stringCSVData.get(i)[0].replace(',', '.');

temp2 = stringCSVData.get(i)[1].replace(',', '.');

a=Double.parseDouble(temp1);

b=Double.parseDouble(temp2);

points2DCSVData.add(new Point2D(a, b));

}

}

public ArrayList<Point2D> get2Dvalues()

{

return points2DCSVData;

}

}

### ExcelLoader/Model\_Loader

Η κλάση ‘ExcelLoader’ είναι υπεύθυνη για την ανάγνωση και αποθήκευση των σημείων από .xlsx ή .xls αρχεία. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

package Model\_Loaders;

import org.apache.poi.ss.usermodel.\*;

import java.io.File;

import java.io.FileInputStream;

import java.util.ArrayList;

import org.apache.poi.ss.usermodel.Cell;

import org.apache.poi.ss.usermodel.Row;

import javafx.geometry.Point2D;

public class ExcelLoader implements FileLoader

{

private String path;

private ArrayList<Point2D> points2DXLSXData;

public ExcelLoader(String path)

{

this.path = path;

points2DXLSXData = new ArrayList<Point2D>();

System.out.println("I am EXCEL LOADER");

readValues();

}

private void readValues()

{

try {

// Create a FileInputStream object to read the Excel file

FileInputStream fis = new FileInputStream(new File(path));

// Create a Workbook object to read the Excel file

Workbook workbook = WorkbookFactory.create(fis);

// Get the first sheet from the workbook

Sheet sheet = workbook.getSheetAt(0);

// Iterate through the rows of the sheet

for (Row row : sheet)

{

convertDoubleToPoint2D(row.getCell(0), row.getCell(1));

}

// Close the FileInputStream object

fis.close();

} catch (Exception e) {

e.printStackTrace();

}

}

public void convertDoubleToPoint2D(Cell column1, Cell column2)

{

double a = column1.getNumericCellValue();

double b = column2.getNumericCellValue();

points2DXLSXData.add(new Point2D(a, b));

}

@Override

public ArrayList<Point2D> get2Dvalues()

{

return points2DXLSXData;

}

}

### FileLoader/Model\_Loader

Το Interface ‘FileLoader’ ορίζει ότι όλες οι κλάσεις που διαβάζουν διάφορους τύπους αρχείων θα πρέπει να υλοποιούν την μέθοδο ‘get2DValues()’ η οποία αποθηκεύει όλα τα σημεία σε μια ArrayList<Point2D> και τα επιστρέφει.

//--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**package** Model\_Loaders;

**import** java.util.ArrayList;

**import** javafx.geometry.Point2D;

**public** **interface** FileLoader

{

**public** ArrayList<Point2D> get2Dvalues();

}

### FileLoaderFactory/Model\_Loaders

Η Factory κλάση ‘ExcelLoaderFactory’ είναι υπεύθυνη για την δημιουργία του αντίστοιχου αντικειμένου με βάση την κατάληξη του αρχείου. Πιο συγκεκριμένα, αν το αρχείο έχει κατάληξη .csv τότε θα δημιουργήσει ένα αντικείμενο CSVLoader και θα εκκινήσει την διαδικασία ανάγνωσης η κλάση αυτή. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της

**package** Model\_Loaders;

**import** java.io.IOException;

**import** java.util.ArrayList;

**import** com.opencsv.exceptions.CsvException;

**import** Model.DataBase;

**import** javafx.geometry.Point2D;

**public** **class** FileLoaderFactory

{

**private** String path;

**private** CSVLoader csvLoader;

**private** TXTLoader txtLoader;

**private** ExcelLoader xlsxLoader;

**private** ArrayList<Point2D> allPoints;

**private** DataBase dataBase;

**public** FileLoaderFactory(String path)

{

**this**.path = path;

dataBase = DataBase.*getInstance*();

}

**public** ArrayList<Point2D> getAllPoints()

{

**try** {

**if**(path.contains(".csv"))

{

csvLoader = **new** CSVLoader(path);

allPoints = **new** ArrayList<Point2D>(csvLoader.get2Dvalues());

}**else** **if**(path.contains(".txt"))

{

txtLoader = **new** TXTLoader(path);

allPoints = **new** ArrayList<Point2D>(txtLoader.get2Dvalues());

}**else** **if**(path.contains(".xlsx") || path.contains(".xls"))

{

xlsxLoader = **new** ExcelLoader(path);

allPoints = **new** ArrayList<Point2D>(xlsxLoader.get2Dvalues());

}**else**

{

}

} **catch** (IOException | CsvException e)

{

e.printStackTrace();

}

dataBase.setAllPoints(allPoints);

**return** allPoints;

}

}

### TXTLoader/Model\_Loader

Η κλάση ‘TXTLoader’ είναι υπεύθυνη για την ανάγνωση και αποθήκευση των σημείων από .txt αρχεία. Το όνομα της κάθε μεθόδου είναι συνώνυμο με την λειτουργία της.

package Model\_Loaders;

import java.io.File;

import java.io.IOException;

import java.util.ArrayList;

import java.util.Scanner;

import com.opencsv.exceptions.CsvException;

import javafx.geometry.Point2D;

public class TXTLoader implements FileLoader

{

private String path;

private ArrayList<Point2D> points2DTXTData;

public TXTLoader(String path) throws IOException, CsvException

{

this.path = path;

points2DTXTData = new ArrayList<Point2D>();

System.out.println("I am TXT LOADER");

readValues();

}

private void readValues() throws IOException, CsvException

{

File file = new File(path);

Scanner scanner = new Scanner(file);

String line;

String[] values ;

while (scanner.hasNextLine())

{

line = scanner.nextLine();

values = line.split("\\s+"); // assuming the values are separated by whitespace

convertStringToPoint2D(values[0], values[1]);

}

scanner.close();

}

public void convertStringToPoint2D(String x, String y)

{

String temp1 = x.replace(',', '.');

String temp2 = y.replace(',', '.');

double a = Double.parseDouble(temp1);

double b = Double.parseDouble(temp2);

points2DTXTData.add(new Point2D(a, b));

}

@Override

public ArrayList<Point2D> get2Dvalues()

{

return points2DTXTData;

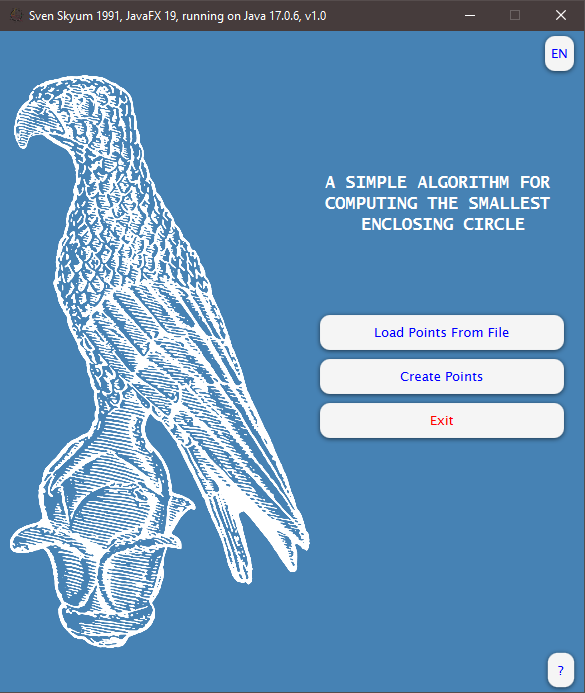
}

}

## Παραδείγματα Εκτέλεσης του Προγράμματος

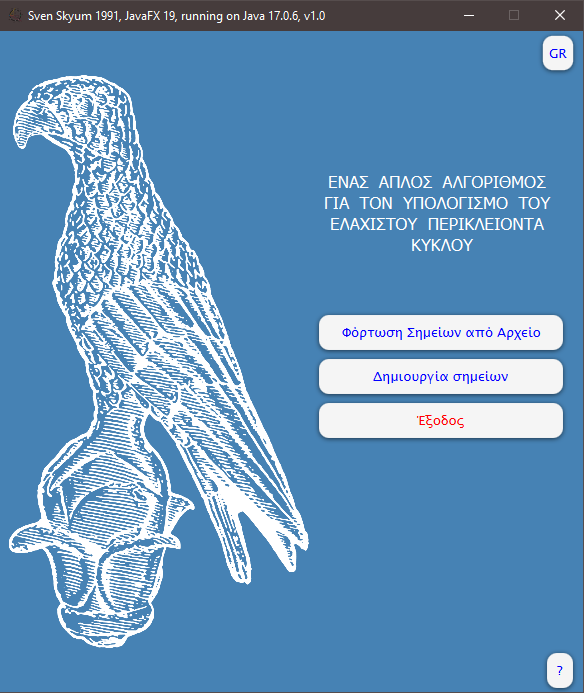
Εδώ θα δείξουμε πως δουλεύει το πρόγραμμά μας

Αρχικά, τρέχοντας το πρόγραμμα θα εμφανιστεί στον χρήστη το κύριο παράθυρο (βλέπε **Σχήμα 4.1**)



**Σχήμα 4.1:** Εισαγωγή του προγράμματος

Το πρόγραμμα μας δίνει την δυνατότητα να αλλάξουμε την γλώσσα από Αγγλικά σε Ελληνικά και αντίστροφα (βλέπε **Σχήμα 4.2**).



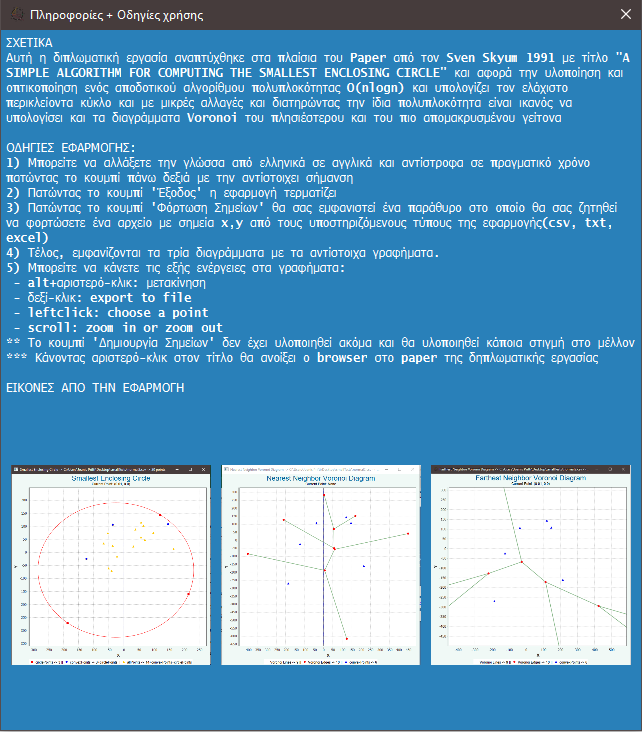
**Σχήμα 4.2:** Αλλαγή γλώσσας σε Ελληνικά

Επιπλέον, πατώντας το κουμπί ‘?’ ο χρήστης μπορεί να διαβάσει κάποιες απαραίτητες πληροφορίες για το πρόγραμμα καθώς και να ανακατευθυνθεί στον κώδικα κάνοντας κλικ πάνω στο κείμενο (βλέπε **Σχήμα 4.3-4.4**).

Graphical user interface

Description automatically generated

**Σχήμα 4.3:** Πληροφορίες + Οδηγίες χρήσης στα Αγγλικά



**Σχήμα 4.4:** Πληροφορίες + Οδηγίες χρήσης στα Ελληνικά

Δίνεται επίσης η δυνατότητα στον χρήστη κάνοντας κλικ πάνω στον τίτλο να ανακατευθυνθεί στην πηγή του Αλγορίθμου για τον υπολογισμό του Ελάχιστου Περικλείοντα Κύκλου καθώς και των Διαγραμμάτων Voronoi [**[3]**](#_Βιβλιογραφία).

Ο χρήστης μπορεί να φορτώσει ένα αρχείο με σημεία και να δει τα αντίστοιχα διαγράμματα(βλέπε **Σχήμα 4.5-4.10**).

Ας δούμε ένα απλό παράδειγμα με ένα μικρό σύνολο 3 σημείων

Chart

Description automatically generated

**Σχήμα 4.5:** Ελάχιστος Περικλείοντας Κύκλος

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 4.6:** Διάγραμμα Voronoi του Πλησιέστερου Γείτονα (1ης τάξης)

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 4.7:** Διάγραμμα Voronoi του πιο Απομακρυσμένου Γείτονα (n-1 τάξης)

Ας δούμε τώρα ένα πιο σύνθετο παράδειγμα με ένα μεγαλύτερο σύνολο σημείων μεγέθους 20.

Chart, scatter chart

Description automatically generated

**Σχήμα 4.8:** Ελάχιστος Περικλείοντας Κύκλος

Chart, line chart, scatter chart

Description automatically generated

**Σχήμα 4.9:** Διάγραμμα Voronoi του Πλησιέστερου Γείτονα (1ης τάξης)

Chart, line chart

Description automatically generated

**Σχήμα 4.10:** Διάγραμμα Voronoi του πιο Απομακρυσμένου Γείτονα (n-1 τάξης)

# Επίλογος

## Συμπεράσματα

Το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξαμε είναι ότι οι παραπάνω αλγόριθμοι μπορούσαν να υλοποιηθούν πολύ εύκολα αν δεν μας ενδιέφερε η πολυπλοκότητα σε χρόνο. Το γεγονός ότι έπρεπε να φτιάξουμε τους αλγορίθμους με τέτοιον τρόπο ώστε να μην ξεπερνούν το χρονικό όριο O(n+nlogn) μας έκανε να ψάξουμε, να πειραματιστούμε και εν τέλη να ψάξουμε εις βάθος όλες τις υπάρχουσες δομές όπως επίσης και να πειραματιστούμε με κάποιες δικές μας ή με συνδυασμό πολλών ώστε να μπορούμε να πετύχουμε εκείνο το χρονικό όριο. Τέλος, χρειάστηκε να μελετήσουμε εις βάθος πολλά διαφορετικά κεφάλαια των μαθηματικών και πιο συγκεκριμένα της γεωμετρίας ώστε να πετύχουμε τον στόχο μας που δεν ήταν άλλος από την αποδοτική υλοποίηση αυτού του προγράμματος.

## Μελλοντικές Ενημερώσεις

Το πρόγραμμα έχει γραφτεί με τέτοιον τρόπο ώστε να είναι επεκτάσιμο και έτσι να μπορούμε να προσθέσουμε ή να τροποποιήσουμε κάποια λειτουργία.

Μελλοντικά λοιπόν, θα θέλαμε να προσθέσουμε την λειτουργία φόρτωσης σημείων χειροκίνητα με την έννοια να μπορεί ο χρήστης να «ζωγραφίσει» σε έναν καμβά του προγράμματος τα σημεία που εκείνος επιθυμεί και μετά να πάει κάποια κουμπί ώστε να εκτελεστούν οι υπολογισμοί και να εμφανιστούν τα αντίστοιχα διαγράμματα.

Μια άλλη λειτουργία που θα θέλαμε να προσθέσουμε είναι να δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να μετακινεί κάποιο σημείο από κάποιο διάγραμμα και αυτό να υπολογίζεται εκ νέου σε πραγματικό χρόνο.

# Βιβλιογραφία

1. R.L. Graham, An efficient algorithm for determining the convex hull of a finite planar, Inform. Process. Lett. 1 (1972) 132-133: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0020019072900452?via%3Dihub>
2. Graham Scan Images: <https://en.wikipedia.org/wiki/Graham_scan#cite_note-g72-1>
3. Sven Skyum, A simple algorithm for computing the smallest enclosing circle, Inform. Process. Lett. 37 (1991) 121-125: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002001909190030L>
4. Κοκκινόμαυρο δυαδικό δέντρο αναζήτησης: https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/TreeMap.html
5. Λεξικό: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/HashMap.html>
6. Δομές Δεδομένων και Πολυπλοκότητες: <https://algs4.cs.princeton.edu/cheatsheet/>
7. Java 17: <https://www.oracle.com/java/technologies/javase/jdk17-archive-downloads.html>
8. JavaFX 19: <https://openjfx.io/>
9. CSS for JavaFX: <https://openjfx.io/javadoc/19/javafx.graphics/javafx/scene/doc-files/cssref.html>
10. Eclipse IDE for Java: <https://www.eclipse.org/downloads/>
11. Δημιουργία εκτελέσιμου αρχείου .exe: <https://launch4j.sourceforge.net/>
12. Factory Pattern: <https://www.tutorialspoint.com/design_pattern/factory_pattern.htm>
13. MVC Pattern: <https://en.wikipedia.org/wiki/Model%E2%80%93view%E2%80%93controller>
14. Merge Sort from Collections.sort: <https://www.geeksforgeeks.org/collections-sort-java-examples/>
15. JFreeChartFX library for plotting graphs in JavaFX: <https://www.jfree.org/jfreechart/>
16. Eclipse IDE: <https://www.eclipse.org/>
17. CSV Parsing: <https://opencsv.sourceforge.net/>
18. Excel Parsing: <https://poi.apache.org/>
19. Mark De Berg, Otfried Cheong, Mark Van Kreveld, Mark Overmars, Υπολογιστική Γεωμετρία Αλγόριθμοι και Εφαρμογές Πανεπιστημιακών Εκδόσεων Κρήτης, Ηράκλειο 2021: <https://www.cup.gr/book/ipologistiki-geometria/>
20. Farthest Neighbor Voronoi Diagram Definition: <https://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi_diagram>
21. N. Megiddo, Linear time algorithms for linear programming in R^3 and related problems, SIAM J., Comput. 12 (1983) 759-776: <https://theory.stanford.edu/~megiddo/pdf/lp3.pdf>
22. A. Aggraval L. J. Guibas, J. Saxe and P.W. Shor, A linear time algorithm for computing the Voronoi diagram of a convex polygon, Discrete Comput. Geom. 4 (1989) 491-604: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-linear-time-algorithm-for-computing-the-voronoi-a-Aggarwal-Guibas/760e737914d015d537442626294b8b6872905e55>
23. Piotr Berman, Andrzej Lingas, A nearly optimal parallel algorithm for the Voronoi diagram of a convex polygon, Theoretical Computer Science 174 (1997) 193-202: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304397596000242>
24. Alon Efrat, Micha Shahir, Alon Ziv, Computing the smallest l-enclosing circle and related problems, 4 (1994) 119-136: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0925772194900035>
25. Pooya Shivanasab, Rhim Ali Abbaaspour, An incremental algorithm for simultaneous construction of 2D Voronoi diagram and Delaunay triangulation based on a face-based data structure, 169 (2022) 103129: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997822000400>