



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
TECHNICAL UNIVERSITY  
OF CRETE

## Αναφορά 2ου Πρότζεκτ

Μάθημα: Δομές Δεδομένων και Αλγορίθμων

Όνομα φοιτητή: Μπίτσης Γεώργιος

Αριθμός μητρώου: 2021030043

Χανιά 2023

### Τεκμηρίωση αποτελεσμάτων

Με βάση τα αποτελέσματα του κώδικα, καταγράφηκαν τα νούμερα που ζητούνται και έγινε κατασκευή των αντίστοιχων διαγραμμάτων στο αρχείο Results.ods.

Για τα **KD-trees**, παρατηρείται πως για δεδομένα που υπάρχουν, η τυχαία αναζήτηση κλειδιών βάσει τον αριθμό δεδομένων ακολουθεί λογαριθμική κατανομή ( $O(\log n)$  η πολυπλοκότητα της αναζήτησης) όπως και για αναζητήσεις κλειδιών που δεν υπάρχουν. Η διαφορά έγκειται στο ότι το μέσο βάθος σε αναζητήσεις κλειδιών που υπάρχουν είναι μικρότερο από όταν τα κλειδιά δεν υπάρχουν. Αυτό συμβαίνει διότι όταν κάποιο κλειδί δεν υπάρχει η αναζήτηση σε αυτό το δέντρο φτάνει μέχρι τα φύλλα του επομένως σε μεγαλύτερο βάθος, τούτο όμως μπορεί να συμβεί και για κλειδιά που υπάρχουν αν το δέντρο τείνει να γίνει εκφυλισμένο. Όμως σε γενικές περιπτώσεις δε χρειάζεται πάντα να φτάσει στα φύλλα. Τα παραπάνω φαίνονται τόσο στα αριθμητικά αποτελέσματα, αλλά και στα γραφήματα. Επομένως καλύτερη απόδοση έχουμε για αναζήτηση κλειδιών που υπάρχουν (Ανάμεσα σε ίδιο τύπου δέντρο).

Όσον αφορά τα **PR-Quadrees**, πάλι έχουμε λογαριθμικές κατανομές ( $O(\log n)$  η πολυπλοκότητα της αναζήτησης) και στις δύο περιπτώσεις αναζήτησης. Όταν αναζητούμε κλειδιά που υπάρχουν το μέσο βάθος που φτάνει η αναζήτηση είναι μεγαλύτερο, από όταν κάποιο κλειδί που αναζητείται δεν υπάρχει. Αυτό συμβαίνει διότι για υπάρχοντα κλειδιά η αναζήτηση πάντοτε φτάνει στα φύλλα του δέντρου καθώς μόνο εκεί είναι αποθηκευμένα τα δεδομένα. Ενώ για αναζητήσεις κλειδιών που δεν υπάρχουν δε χρειάζεται πάντοτε να φτάσει η αναζήτηση στα φύλλα διότι μπορούν να αποκλειστούν περιοχές αναζήτησης νωρίτερα. Επομένως καλύτερη απόδοση έχουμε για αναζήτηση κλειδιών που δεν υπάρχουν (Ανάμεσα σε ίδιο τύπου δέντρο).

Εάν όμως γίνει σύγκριση των δύο δομών μεταξύ τους παρατηρείται πως ακόμα και αν οι αναζητήσεις για κάθε δέντρο έχουν την ίδια πολυπλοκότητα, το **PR-Quadtree** έχει πιο μικρό αριθμός στο βάθος των αναζητήσεων που κάνει έναντι του **KD-tree**. Αυτό γίνεται διότι το KD-tree είναι δυαδικό δέντρο, ενώ το PR-Quadtree είναι τετραδικό. Δηλαδή στο ίδιο επίπεδο μπορούν να υπάρχουν παραπάνω κόμβοι έτσι το βάθος όταν αυξάνεται ο αριθμός δεδομένων καταλήγει να είναι σημαντικά μικρότερο.

### Επεξήγηση κώδικα

Στον παραδοτέο κώδικα υπάρχουν 6 κλάσεις.

1. Κλάση MainClass: η κλάση αυτή περιέχει τη main μέθοδο και δύο συναρτήσεις όπου εισάγουμε και αναζητούμε στοιχεία για τα δύο είδη δέντρων.
2. Κλάση MultiCounter: η κλάση είναι βοηθητική και απλά χρησιμοποιείται για να μετρούνται τα βάθη των αναζητήσεων στο εκάστοτε δέντρο.
3. Κλάση Point: κλάση η οποία αναπαριστά τα δεδομένα που χρησιμοποιούμε, δηλαδή ένα σημείο στον δισδιάστατο χώρο.
4. Κλάση Rectangle: σε αυτή τη κλάση υλοποιείται ο χώρος που αναζητούμε τα στοιχεία κάποιες βοηθητικές λειτουργίες για προσδιορισμό χωρίων κλπ. Χρησιμοποιείται στην PrTree.
5. Κλάση PrTree: η κλάση που αναπαριστά την αντίστοιχη δομή δέντρου με λειτουργίες όπως εισαγωγή, αναζήτηση και υποδιαίρεσεων κόμβων.
6. Κλάση KdTree: αναπαριστά το KD-tree, έχει σαν πεδίο μια εσωτερική κλάση Node που είναι ο κόμβος του δέντρου και έχει μεθόδους για αναζήτηση και εισαγωγή στοιχείων.

Πιο συγκεκριμένα, στη κλάση Rectangle γίνεται η υποδιαίρεση ενός τετραγώνου με βάση τον προσανατολισμό (north west, north east κ.λπ.) που δίνεται αυτό γίνεται για να μπορεί ο κάθε κόμβος να αναπαριστά τη δική του περιοχή όπου μπορεί εν δυνάμει η διαδρομή που τον διασχίζει να περιέχει κάποιο φύλο με το κλειδί που ζητείται. Επίσης χρήσιμη μέθοδος της κλάσης είναι η containsPoint που τσεκάρει αν είναι δυνατόν το κλειδί να βρίσκεται μία περιοχή. Η κλάση PrTree σε αντίθεση με την KdTree δεν έχει εσωτερική κλάση που να προσδιορίζει το κόμβο ενός δέντρου, αντ' αυτού έχει τέσσερα πεδία όπου το καθένα είναι ένα νέο PrTree (4 παιδιά) έτσι εάν έχουμε το δείκτη της ρίζας του δέντρου μπορούμε να διασχίσουμε ξεχωριστά το κάθε υποδέντρο, από εκεί ένα άλλο υποδέντρο κ.ο.κ. Το KdTree αντίστοιχα έχει ως πεδίο την ρίζα του δέντρου και μέσω της εσωτερικής κλάσης όπου υπάρχουν τα παιδιά του κόμβου μπορούμε να επιτελέσουμε εισαγωγή και αναζήτηση στοιχείων.

Στο PrTree ένα κλειδί δε μπορεί να εισαχθεί σε δύο περιπτώσεις, η μία είναι αν το κλειδί ήδη υπάρχει ενώ η δεύτερη αν δε μπορούμε να υποδιαιρέσουμε άλλο τις περιοχές των φύλλων (ελάχιστο πλάτος 2, ελάχιστο ύψος 2) και οι δύο περιπτώσεις καλύπτονται.

Στο KdTree ένα κλειδί δεν μπορεί να εισαχθεί εάν υπάρχει ήδη, και αυτή η περίπτωση καλύπτεται.

Πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη κώδικα:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Quadtree>

<https://www.geeksforgeeks.org/binary-search-tree-set-1-search-and-insertion/>

<https://www.geeksforgeeks.org/search-and-insertion-in-k-dimensional-tree/>

<https://www.youtube.com/watch?v=OELWhbqaUWQ>