

Πως ο Pacman Βρίσκει το Δρόμο του: Οι Αλγόριθμοι DFS και BFS για Μαθητές Λυκείου

Ο. Γοργογιάννης¹, Ε. Ρόμπολα²

¹Φοιτητής Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών ΕΚΠΑ,

²MSc Πληροφορικής, 5ο ΓΕΛ Βύρωνα

¹oregorgo@gmail.com, ²eleni.rompola@gmail.com

Περίληψη

Η συγκεκριμένη εργασία καταθέτει μια διδακτική πρόταση για την συγκριτική παρουσίαση των αλγορίθμων αναζήτησης BFS και DFS. Οι αλγόριθμοι αυτοί βρίσκουν εφαρμογή στην Τεχνητή Νοημοσύνη σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει επαρκής πληροφορία για την αξιολόγηση καταστάσεων (τυφλή αναζήτηση). Επιλέξαμε την μέθοδο της συγκριτικής παρουσίασης των δύο αλγορίθμων για να καταστεί εμφανής η ισχυρή αλληλεξάρτηση μεταξύ της αλγοριθμικής λογικής και των δομών δεδομένων. Οι μαθητές εμπλέκονται σε ομαδοσυνεργατικές διερευνητικές δραστηριότητες και επιχειρούν να επινοήσουν και να συστηματοποιήσουν δυνατούς τρόπους για να φθάσει ένας ταξιδιώτης στον προορισμό του. Η χρήση των δομών δεδομένων Στοίβας και Ουράς είναι εκείνη που τελικά διαφοροποιεί τους δύο αλγορίθμους.

Λέξεις κλειδιά: Τεχνητή Νοημοσύνη, Αλγόριθμοι Αναζήτησης, DFS, BFS, Στοίβα, Ουρά, Δέντρο Αναζήτησης.

1. Εισαγωγή

Σε διάφορους κλάδους της Πληροφορικής, με αντιπροσωπευτικότερο ίσως την Τεχνητή Νοημοσύνη, βρίσκουν εφαρμογή οι Αλγόριθμοι Τυφλής Αναζήτησης (Blind Search Algorithms), σε προβλήματα όπου δεν υπάρχει επαρκής πληροφορία για την αξιολόγηση καταστάσεων. Αν υποθεθεί ότι τα δεδομένα του προβλήματος αναπαρίστανται με τη βοήθεια γράφου, οι αλγόριθμοι αυτοί ξεκινούν από μια αρχική κατάσταση και ακολουθώντας κάποιον μηχανισμό επέκτασης διατρέχουν τον γράφο δημιουργώντας ένα δέντρο αναζήτησης (Russel & Norvig, 2010).

Η παρούσα εργασία καταθέτει μια διδακτική πρόταση για μαθητές Λυκείου, με στόχο την συγκριτική παρουσίαση των αλγορίθμων Depth-First Search (DFS) και Breadth-First Search (BFS). Αφορμή για την εκπόνηση της εργασίας στάθηκε η πρόσφατη εισαγωγή των Δομών Δεδομένων στην διδακτέα ύλη της Πληροφορικής. Οι αλγόριθμοι DFS και BFS διαφέρουν ως προς τον μηχανισμό επέκτασης, καθώς ο πρώτος χρησιμοποιεί δομή Στοίβας ενώ ο δεύτερος δομή Ουράς.

2. Οι αλγόριθμοι

2.1 Ο αλγόριθμος BFS

Ο αλγόριθμος Αναζήτησης Κατά Πλάτος ή Breadth First Search (BFS) για δένδρα αναζήτησης ή γενικότερα για γράφους, είναι μια στρατηγική η οποία βασίζεται στην επέκταση όλων των διαδόχων του κόμβου-ρίζας, έπειτα στην επέκταση των δικών τους διαδόχων και συνεχίζει παρόμοια μέχρι να βρεθεί μια κατάσταση στόχου. Σχηματικά, αυτό σημαίνει ότι όλοι οι κόμβοι ενός επιπέδου του δένδρου θα επεκταθούν πριν αρχίσει η επέκταση των κόμβων του επόμενου επιπέδου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας FIFO ουράς σαν σύνορο. Οι νέοι κόμβοι που εξερευνώνται εισέρχονται στο πίσω μέρος της ουράς και περιμένουν τους παλαιότερους να επεκταθούν. Ως σύνορο εννοείται το σύνολο των κόμβων που έχουν εξερευνηθεί αλλά δεν έχουν ακόμη επεκταθεί. Πρόκειται ουσιαστικά για το σύνολο των κόμβων που περιμένουν να επεκταθούν και ονομάζεται σύνορο διότι διαχωρίζει τους εξερευνημένους από τους ανεξερευνητους κόμβους. Επίσης, για την αποφυγή επανάληψης κόμβων, χρησιμοποιείται ένα σύνολο με ήδη εξερευνημένους κόμβους.

Ακολουθεί ψευδοκώδικας για τον αλγόριθμο BFS (Vöcking et al., 2008)

Είσοδος: Γράφος G και ένα κόμβος του, $root$

Έξοδος: Ο τελικός κόμβος στόχου (ακολουθώντας το μέλος $parent$ της δομής του κόμβου, παράγεται το συντομότερο μονοπάτι)

Αλγόριθμος:

1. διαδικασία $BFS(G, root)$ είναι
2. Αρχικοποίηση ουράς Q
3. Αρχικοποίηση του συνόλου εξερευνημένων κόμβων $explored$
4. Εισαγωγή του $root$ στο $explored$
5. $Q.εισαγωγή(root)$
6. Όσο το Q δεν είναι άδειο επανάλαβε:
7. $v := Q.εξαγωγή()$
9. Αν το v είναι κατάσταση στόχου:
10. επέστρεψε v
11. Για κάθε ακμή από v στο w για όλα τα γειτονικά w επανάλαβε:
12. Αν w δεν ανήκει στο $explored$, τότε:
13. Εισαγωγή του w στο $explored$

14. $w.\gamma\omicron\upsilon\epsilon\alpha\varsigma := v$
 15. $Q.\epsilon\iota\varsigma\alpha\gamma\omega\gamma\acute{\eta}(w)$

Υπάρχουν διάφορες υλοποιήσεις του BFS αλγορίθμου. Ενδεικτικά, για ένα δέντρο αναζήτησης βάθους d και με παράγοντα διακλάδωσης (μέσο όρο παιδιών κάθε κόμβου) b , η πολυπλοκότητα χειρότερης περίπτωσης του BFS είναι $O(b^d)$.

2.2 Ο αλγόριθμος DFS

Ο αλγόριθμος Αναζήτησης Κατά Πλάτος ή Depth First Search (DFS) για δένδρα αναζήτησης ή γενικότερα για γράφους, βασίζεται στην επέκταση του βαθύτερου κόμβου στο σύνορο του δένδρου αναζήτησης σε κάθε βήμα. Ως σύνορο εννοείται το σύνολο των κόμβων που έχουν εξερευνηθεί αλλά δεν έχουν ακόμη επεκταθεί. Πρόκειται ουσιαστικά για το σύνολο των κόμβων που περιμένουν να επεκταθούν και ονομάζεται σύνορο διότι διαχωρίζει τους εξερευνημένους από τους ανεξερευνητους κόμβους. Όταν ένας κόμβος δεν οδηγεί σε πιο μεγάλο βάθος δένδρου, διαγράφεται από το σύνορο και ο αλγόριθμος οπισθοδρομεί στον νέο βαθύτερο κόμβο έως ότου βρεθεί μια κατάσταση στόχου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας LIFO στοίβας σαν σύνορο. Έτσι, οι νέοι κόμβοι που εξερευνώνται εισέρχονται πάνω από τους παλαιούς για να επεκταθούν πρώτοι. Οι νέοι κόμβοι έχουν σίγουρα μεγαλύτερο βάθος από τους παλιούς, αφού είναι διάδοχοι ενός από αυτούς. Άρα έχουν βάθος κατά ένα επίπεδο μεγαλύτερο από τον προηγούμενο βαθύτερο κόμβο, μια και αυτός είχε επιλεγεί στο προηγούμενο βήμα για επέκταση. Επίσης, για την αποφυγή επανάληψης κόμβων, χρησιμοποιείται ένα σύνολο με ήδη εξερευνημένους κόμβους.

Ακολουθεί ψευδοκώδικας για τον αλγόριθμο DFS (Vöcking et al., 2008).

Είσοδος: Γράφος G και ένας κόμβος του, $root$

Έξοδος: Ο τελικός κόμβος στόχου (ακολουθώντας το μέλος $parent$ της δομής του κόμβου, παράγεται το μονοπάτι που ανακαλύφθηκε)

Αλγόριθμος:

1. διαδικασία $DFS(G, root)$ είναι
2. Αρχικοποίηση στοίβας S
3. Αρχικοποίηση του συνόλου εξερευνημένων κόμβων $explored$
4. Εισαγωγή του $root$ στο $explored$
5. $S.\acute{\omega}\theta\eta\sigma\eta(root)$
6. Όσο το S δεν είναι άδειο επανάλαβε:
7. $v := S.\alpha\pi\acute{\omega}\theta\eta\sigma\eta()$
8. Αν το v είναι κατάσταση στόχου:

9. επέστρεψε v
10. Για κάθε ακμή από v στο w για όλα τα γειτονικά w επανάλαβε:
11. Αν w δεν ανήκει στο explored, τότε:
12. Εισαγωγή του w στο explored
13. w .γονέας := v
14. S.ώθηση(w)

Υπάρχουν διάφορες υλοποιήσεις του DFS αλγορίθμου. Ενδεικτικά, η πολυπλοκότητα χειρότερης περίπτωσης του DFS για ένα δέντρο αναζήτησης βάθους d και με παράγοντα διακλάδωσης (μέσο όρο παιδιών κάθε κόμβου) b , είναι $O(b^d)$.

3. Η Διδακτική Πρόταση

Βασική θέση των γνωστικών ψυχολόγων είναι πως ο ανθρώπινος νους τείνει να συσχετίζει τις γνώσεις και τις εμπειρίες του και να τις οργανώνει σε δίκτυα ιδεών και εννοιών. Είναι σημαντικό να κατορθώνει ο μαθητής να συνδέει κάθετί καινούργιο με προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες, διότι, όπως αυτοί υποστηρίζουν, γνώσεις οι οποίες τελικά δεν συσχετίζονται παραμένουν ανενεργές, μηχανικές γνώσεις και με την πάροδο του χρόνου θα χαθούν.

Τόσο οι νέες γνώσεις όσο και οι αναγκαίες συσχετίσεις μπορούν να προσφερθούν έτοιμες στους μαθητές, σε δασκαλοκεντρικά οργανωμένες διδασκαλίες. Το προφανές μειονέκτημα στην περίπτωση αυτή είναι ο μικρός βαθμός ενεργοποίησης των μαθητών. Σε διερευνητικές διδασκαλίες, αντίθετα, όπου η μαθητική ενεργοποίηση είναι πολύ μεγαλύτερη, οι μαθητές όχι μόνο ανακαλύπτουν οι ίδιοι τη νέα γνώση αλλά κάνουν μόνοι τους και τις συσχετίσεις με προϋπάρχουσες γνώσεις, ώστε τελικά να επέρχεται πραγματικό μαθησιακό κέρδος.

Η διδακτική πρόταση που παρουσιάζουμε ακολουθεί την στρατηγική της Προοργανωτικής Διδασκαλίας (Ματσαγγούρας, 2007), η οποία προσφέρεται για την παράλληλη συνεξέταση των δύο αλγορίθμων. Στηριζόμενοι σε έναν πολύ απλό προοργανωτή αναλογίας (το παράδειγμα του ταξιδιώτη), οι μαθητές έχουν ένα γνωστό σχήμα ως έναυσμα των διερευνητικών τους διεργασιών, μέχρις ότου επιτύχουν την προοδευτική διαφοροποίηση των δύο αλγορίθμων.

Από πλευράς υλικής υποδομής, καλό είναι να υπάρχει στην τάξη προβολέας, ώστε να διευκολυνθεί η σχηματική παρουσίαση του αρχικού προβλήματος, να παρουσιάζονται οι διαδοχικές αλλαγές του περιεχομένου των βοηθητικών δομών στοίβας και ουράς, καθώς και η σταδιακή δημιουργία των δέντρων αναζήτησης κατά την επεξεργασία των αλγορίθμων. Δεν απαιτείται χρήση Η/Υ διότι δεν θα γίνει προγραμματιστική υλοποίηση.

Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των φάσεων της διδασκαλίας.

3.1 Ψυχολογική και Γνωσιολογική Προετοιμασία

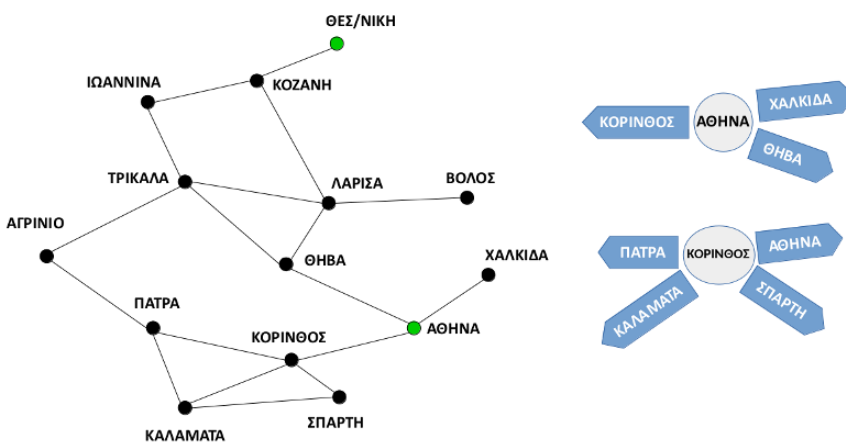
Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι από τα θέματα που εξάπτουν την περιέργεια και το ενδιαφέρον των μαθητών γενικότερα. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να προκαλέσει μια σύντομη σχετική συζήτηση και να την καθοδηγήσει προς εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης όπου κεντρικής σημασίας είναι η εύρεση διαδρομών. Τέτοιες απαιτήσεις υπάρχουν και σε παιχνίδια που γνωρίζουν οι μαθητές, όπως για παράδειγμα ο rascal και γενικότερα σε παιχνίδια όπου ψηφιακά πλάσματα αποφασίζουν αυτόνομα προς τα που θα κινηθούν σε έναν λαβύρινθο, κλπ.

Ως γνωσιολογική προετοιμασία, οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν, με χρήση ορισμού ή παραδειγμάτων, την δομή ενός Δέντρου Αναζήτησης και την λειτουργία των δομών Στοίβας και Ουράς.

3.2 Παρουσίαση Δεδομένων

Ως βασικό παράδειγμα χρησιμοποιείται η ιστορία ενός ταξιδιώτη, ο οποίος ξεκινώντας από μια πόλη επιθυμεί να φτάσει σε συγκεκριμένο προορισμό. Ο ταξιδιώτης δεν έχει άλλη βοήθεια, παρά μόνο τις πινακίδες των δρόμων: όταν φτάνει στην άκρη της πόλης όπου βρίσκεται, μπορεί να δει τις πινακίδες που τον οδηγούν στις γειτονικές πόλεις. Ο ταξιδιώτης δεν έχει δηλαδή επαρκή πληροφορία για να κρίνει ποιον δρόμο τον συμφέρει να ακολουθήσει και οι μαθητές καλούνται να μπου στη θέση του και να σκεφτούν τρόπους δράσης.

Ακολουθεί διαλογική επεξεργασία του παραδείγματος, διότι για να μπορέσει να λειτουργήσει διδακτικά, θα πρέπει να είναι απόλυτα κατανοητό από τους μαθητές.



Εικόνα 1. Ο χάρτης έναντι της πληροφορίας του ταξιδιώτη

Οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν ότι ο ταξιδιώτης δεν έχει την συνολική πληροφόρηση του χάρτη. Άρα ξεκινώντας από την Αθήνα με στόχο να φθάσει στη Θεσσαλονίκη, πρέπει να επιλέξει τυφλά μία από τις γειτονικές πόλεις προς τις οποίες βλέπει πινακίδες. Αν επιλέξει π.χ. την Κόρινθο και φθάσει εκεί, τότε για να συνεχίσει έχει δύο επιλογές: (α) να επιλέξει τυχαία μία από τις επόμενες πόλεις, (β) να επιστρέψει στην Αθήνα και να δοκιμάσει μια από τις άλλες κατευθύνσεις που δεν επέλεξε στο πρώτο βήμα.

Η στρατηγική διαφορά μεταξύ των δύο επιλογών είναι πως η πρώτη επιλογή οδηγεί συνεχώς σε νέες πόλεις, ενώ η δεύτερη επιλογή επισκέπτεται πρώτα όλες τις γειτονικές πόλεις ενός σημείου πριν προχωρήσει στο επόμενο. Μέσα από συζήτηση, οι μαθητές καταλήγουν διαισθητικά στο συμπέρασμα ότι (α) όποια επιλογή κι αν κάνει ο ταξιδιώτης κάποια στιγμή θα φτάσει στον προορισμό του, και (β) στην παρούσα φάση δεν είμαστε ακόμη σε θέση να κρίνουμε ποιος τρόπος είναι πιο αποδοτικός.

3.3 Επεξεργασία Μαθήματος

Το επόμενο σημαντικό ερώτημα, στο οποίο και θα βασιστεί η προοδευτική διαφοροποίηση των δύο αλγορίθμων, είναι “Τι μπορεί να κάνει ο ταξιδιώτης για να θυμάται από που έχει περάσει” ώστε να αποφύγει περιττούς κύκλους. Αν υποθεθεί ότι ο ταξιδιώτης καταγράφει στο μπλοκάκι του τις αναγκαίες πληροφορίες, τότε για το παραπάνω παράδειγμα, οι πληροφορίες που θα κατέγραφε θα είχαν την εξής μορφή:

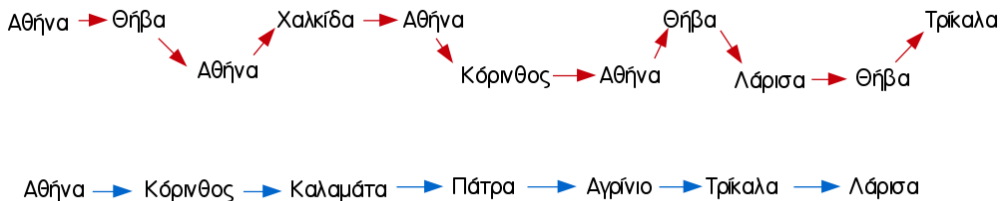
Πρώτα όλες οι γειτονικές πόλεις	Κάθε φορά επόμενη πόλη
Αθήνα ✓	Αθήνα ✓
Θήβα ✓	Θήβα
Χαλκίδα ✓	Χαλκίδα
Κόρινθος	Κόρινθος ✓
Λάρισα	Σπάρτη
Τρίκαλα	Πάτρα
	Καλαμάτα ✓

Εικόνα 2. Το μπλοκάκι του ταξιδιώτη

Κάθε φορά που ταξιδιώτης φτάνει σε νέα πόλη, σημειώνει στο μπλοκάκι του τις πινακίδες που βλέπει. Στην πρώτη περίπτωση επισκέπτεται τις πόλεις με τη σειρά που τις καταγράφει, άρα επιστρέφει κάθε φορά ένα βήμα πίσω, ώστε να εξαντλήσει όλους τους προορισμούς κάθε πόλης. Στην δεύτερη περίπτωση επισκέπτεται πάντα την τελευταία πόλη που έχει γράψει στο μπλοκάκι του.

Ο εκπαιδευτικός ζητάει από τους μαθητές να παρακολουθήσουν πως ο ταξιδιώτης θα φθάσει στον προορισμό του, γράφοντας και “σβήνοντας” με ακρίβεια στο

σημειωματάριο τις πόλεις που επισκέπτεται. Παράλληλα οι μαθητές μπορούν να ζωγραφίζουν τη συνολική διαδρομή που θα ακολουθήσει ο ταξιδιώτης σε κάθε περίπτωση, ώστε στο τέλος να είναι εμφανής η διαφορά στα μονοπάτια και στον αριθμό βημάτων.



Εικόνα 3. Τα μονοπάτια που παράγονται

Κατά την συγκριτική επεξεργασία των δύο στρατηγικών, οι μαθητές παρατηρούν ότι η πρώτη στρατηγική παράγει το συντομότερο μονοπάτι, όμως θα χρειαστούν πολλά βήματα του ταξιδιώτη για να βρεθεί το μονοπάτι αυτό. Κάθε φορά, ο ταξιδιώτης θα γυρίζει πίσω στην προηγούμενη πόλη μέχρι να μην έχει άλλους ανεξερεύνητους προορισμούς από εκεί. Αντίθετα, η δεύτερη στρατηγική παράγει ένα πιο αργό μονοπάτι, με περισσότερους σταθμούς, όμως ο ταξιδιώτης θα το ανακαλύψει πολύ πιο σύντομα.

Μέχρι εδώ, οι μαθητές επεξεργάζονται το παράδειγμα του ταξιδιώτη μεθοδικά μεν, αλλά χωρίς καμία αναφορά σε αλγορίθμους. Με στόχο την ανάδειξη της βασικής διαφοράς των δύο μεθόδων, ο εκπαιδευτικός καλεί τους μαθητές να κατηγοριοποιήσουν τους δύο τρόπους με τους οποίους ο ταξιδιώτης διαχειρίζεται τις σημειώσεις του: η πρώτη στρατηγική ταιριάζει στην πολιτική First-In-First-Out ενώ η δεύτερη στην πολιτική Last-In-First-Out.

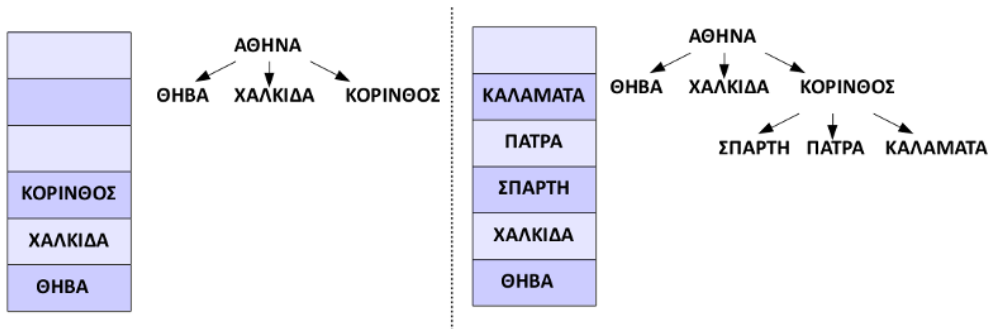
Ακολουθεί η συστηματοποίηση των μέχρι τώρα ιδεών, όπου και γίνεται πλέον σαφής χρήση Δομών Δεδομένων, καθώς ο ταξιδιώτης αντικαθίσταται από ένα μη-νοήμον πλάσμα, πχ ένα ρομπότ, το οποίο χρειάζεται ακριβείς οδηγίες για να προχωρήσει. Και βέβαια οι ακριβείς οδηγίες υπονοούν έναν αυστηρά δομημένο τρόπο αποθήκευσης και διαχείρισης των πληροφοριών που χρειάζεται (πόλεις που πρέπει ακόμη να επισκεφθεί) και που παράγει (πόλεις που ήδη επισκέφθηκε) το ρομπότ κατά την κίνησή του. Εδώ υπεισέρχονται οι Δομές Δεδομένων και γίνεται φανερή η άρρηκτη σχέση τους με τους αλγορίθμους.

Για τις πόλεις που πρέπει ακόμη να επισκεφθεί το ρομπότ, και οι οποίες καταγράφονταν στο πολύτιμο σημειωματάριο του ταξιδιώτη, υπάρχουν δύο επιλογές: η χρήση Στοιβάς ή η χρήση Ουράς. Για τις πόλεις που ήδη επισκέφθηκε, θα ήταν χρήσιμη μια αναπαράσταση “χάρτη” που θα δείχνει και τις μεταξύ τους συνδέσεις. Ο εκπαιδευτικός προτείνει το Δέντρο Αναζήτησης και στη συνέχεια δίνει τους ορισμούς

των αλγορίθμων DFS και BFS χρησιμοποιώντας τις παραπάνω τρεις δομές για να τους διατυπώσει.

Η συστηματοποίηση της νέας γνώσης συνεχίζεται με πιστή εφαρμογή των αλγοριθμικών βημάτων και παράλληλη ενημέρωση του περιεχομένου των δομών. Η πόλη από την οποία ξεκινάει το ρομπότ γίνεται η ρίζα του δέντρου. Στη συνέχεια προσθέτει ως παιδιά του πρώτου κόμβου τις πόλεις τις οποίες μπορεί να επισκεφθεί σε ένα βήμα, δηλ. τις πόλεις στις ταμπέλες. Κάθε φορά που το ρομπότ φθάνει σε μια νέα πόλη, ενεργεί όπως περιγράφηκε: επεκτείνει το δέντρο αναζήτησης προσθέτοντας ως παιδιά του τρέχοντος κόμβου τις πόλεις στις οποίες μπορεί να προχωρήσει με ένα βήμα. Οι πόλεις αυτές ταυτόχρονα εισάγονται και σε μια στοίβα ή σε μια ουρά: στην κορυφή της στοίβας, στο τέλος της ουράς. Εάν χρησιμοποιείται στοίβα, τότε ο επόμενος κόμβος που θα επισκεφθεί το ρομπότ είναι η πόλη που βρίσκεται στην κορυφή της στοίβας. Εάν χρησιμοποιείται ουρά, τότε ο επόμενος κόμβος που θα επισκεφθεί το ρομπότ είναι η πόλη που βρίσκεται στην αρχή της ουράς. Όταν το ρομπότ φθάσει στην πόλη αυτή, και στην περίπτωση της στοίβας και στην περίπτωση της ουράς, ο αντίστοιχος κόμβος διαγράφεται από τη δομή. Κατά τον τρόπο αυτό αυτοματοποιείται η συμπεριφορά του ρομπότ και δεν υπάρχουν αμφιβολίες για το πως θα κινείται μέχρι να φτάσει στον προορισμό του.

Η εφαρμογή των αλγορίθμων προτείνουμε να γίνει ομαδοσυνεργατικά από τους μαθητές, ζωγραφίζοντας με χαρτί και μολύβι τις διαδοχικές καταστάσεις (περιεχόμενο) των δομών.



Εικόνα 4. Στοίβα και Δέντρο Αναζήτησης στον DFS αλγόριθμο

Αν υπάρχει χρονικός περιορισμός ή αν ο εκπαιδευτικός το κρίνει πρόσφορο, μπορεί η εκτέλεση των αλγορίθμων να γίνει διαλογικά από όλους και η πρόοδος του ρομπότ (δηλ. το περιεχόμενο των δομών) να παρουσιάζεται με χρήση προβολέα.

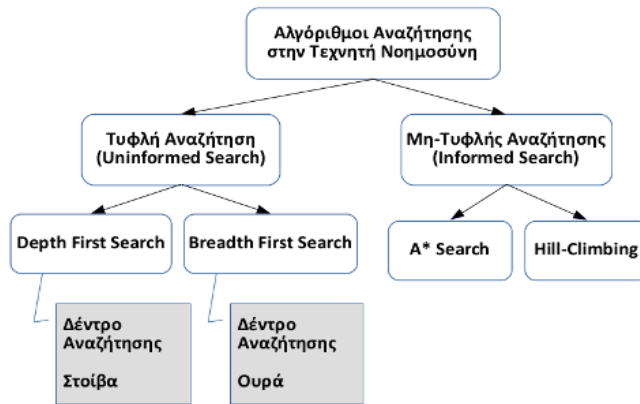


Εικόνα 5. Ουρά και Δέντρο Αναζήτησης στον BFS αλγόριθμο

Ο εκπαιδευτικός παροτρύνει τους μαθητές να εντοπίσουν πού έγκειται η βασική διαφοροποίηση των δύο αλγορίθμων. Το δέντρο αναζήτησης δημιουργείται με τον ίδιο τρόπο και στους δύο αλγορίθμους. Η ειδοποιός διαφορά, επομένως, που αποφέρει τα διαφορετικά αποτελέσματα ως προς την επιλογή μονοπατιού και το χρόνο εκτέλεσης του αλγόριθμου βρίσκεται στην επιλογή στοίβας ή ουράς για την αποθήκευση των προορισμών και την επέκταση του δέντρου.

Είναι πλέον εμφανές ότι η χρήση Στοίβας θα κάνει το ρομπότ να επιλέγει κάθε φορά μία από τις καινούργιες πόλεις που ανακαλύπτει, εφαρμόζοντας έτσι τον αλγόριθμο DFS. Αντίστοιχα, η Ουρά θα ωθεί προς την εξερεύνηση όλων των πόλεων σε κάθε επίπεδο του δέντρου πριν συνεχίσει στο επόμενο, υλοποιώντας έτσι τον αλγόριθμο BFS.

Κλείνοντας την επεξεργασία του μαθήματος ο εκπαιδευτικός προσπαθεί να διακρίνει αν οι μαθητές κατόρθωσαν να εντάξουν τους δύο αλγορίθμους στο εννοιολογικό σχήμα των αλγορίθμων τυφλής αναζήτησης, ως παράλληλες έννοιες οι οποίες διαφοροποιούνται σε συγκεκριμένα σημεία. Ένα τέτοιο, ενδεικτικό, σχήμα θα μπορούσε να είναι το ακόλουθο, το οποίο βέβαια ο εκπαιδευτικός προσαρμόζει αναλόγως των γνώσεων των μαθητών, ιδίως αν σε παλαιότερα μαθήματα έχει κάνει αναφορά σε συγκεκριμένους αλγορίθμους. Γενικότερα, η αναφορά σε πολλούς αλγορίθμους, έστω και ονομαστικά ή με μια σύντομη περιγραφή της λογικής τους, βοηθά τους μαθητές να διακρίνουν τη συνεχή επιδίωξη της Πληροφορικής για την επίτευξη βέλτιστων αλγορίθμων καθώς και το πόσο εκπληκτική είναι η νοητική αυτή διεργασία στο σύνολό της.



Εικόνα 6. Ένταξη σε παράλληλες έννοιες.

3.7 Ανακεφαλαίωση

Μια όμορφη εφαρμογή των αλγορίθμων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανακεφαλαιωτικά από τον εκπαιδευτικό, υπάρχει στο παιχνίδι του pacman. Συγκεκριμένα, ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει διάφορες εκδοχές ενός προγράμματος (Project 1: Search, 2014) το οποίο τοποθετεί τον pacman στην μία άκρη του λαβυρίνθου και τον αφήνει ελεύθερο να βρει το δρόμο προς την έξοδο.

Για να δουν οι μαθητές την αναλογία με το παράδειγμα του ταξιδιώτη, μπορούν να θεωρήσουν ότι κάθε σημείο του λαβυρίνθου είναι μια “πόλη” της οποίας η ονομασία δεν είναι κάποιο λεκτικό αλλά οι συντεταγμένες της (x,y). Άρα στις δομές της Στοιβάς και της Ουράς στη θέση των ονομάτων των πόλεων θα εισάγονται ζεύγη τιμών (x,y).

Η υλοποίηση της εφαρμογής είναι ελαφρώς πιο σύνθετη, ωστόσο οι μαθητές δεν θα μελετήσουν τον τρόπο υλοποίησης που επιλέχθηκε από τον δημιουργό της εφαρμογής, αλλά θα επικεντρωθούν στα ορατά αποτελέσματα των δύο αλγορίθμων στην κίνηση του pacman.



Εικόνα 7. Διαδρομές του pacman στον ίδιο λαβύρινθο

Είναι εμφανές πόσο διαφορετικά συμπεριφέρεται ο `racman` όταν αναζητά το δρόμο του μέσω DFS και μέσω BFS αλγορίθμου. Στο παράδειγμα της παραπάνω εικόνας, ο BFS αλγόριθμος επέκτεινε 269 κόμβους στο δέντρο αναζήτησης, ενώ ο DFS 146. Αν ο εκπαιδευτικός το κρίνει πρόσφορο, μπορεί να δώσει χρόνο στους μαθητές να πειραματιστούν με το συγκεκριμένο πρόγραμμα αλλάζοντας παραμέτρους όπως το μέγεθος του λαβυρίνθου, κλπ.

Οι μαθητές παρατηρούν την συμπεριφορά του `racman` και καλούνται (α) να την ερμηνεύσουν, περιγράφοντας ουσιαστικά τις δύο αλγοριθμικές λογικές και (β) να την αξιολογήσουν, αξιολογώντας ουσιαστικά την απόδοση των δύο αλγορίθμων (ποιος βρίσκει τον συντομότερο δρόμο, ποιος βρίσκει σε συντομότερο χρόνο έναν δρόμο).

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα διδακτική πρόταση παρουσιάστηκε πειραματικά σε μικτή ομάδα 20 περίπου μαθητών Α και Β τάξης του 5ου ΓΕΛ Βύρωνα. Η θετική αποδοχή εκ μέρους των μαθητών αποτελεί κίνητρο για την επανάληψη της διδασκαλίας σε κανονικές τάξεις τα επόμενα σχολικά έτη. Έστω κι αν δεν συνδέεται άμεσα με το πρόγραμμα σπουδών της Πληροφορικής του Γενικού Λυκείου, δεν υπερβαίνει τις δυνατότητες των μαθητών αυτής της ηλικίας. Αντίθετα, όπως έχουμε παρατηρήσει και σε προηγούμενες εργασίες μας (Αλεξόπουλος & Ρόμπολα, 2012), (Ρόμπολα 2013), (Ρόμπολα 2018), η μελέτη πραγματικών αλγορίθμων (αλγόριθμος Dijkstra, κωδικοποίηση Huffmann, αλγόριθμος πλειοψηφίας, κύκλοι Euler, χρωματισμοί γράφων, κ.α.) διευρύνει τον τρόπο σκέψης των μαθητών και τους προφυλάσσει από την θεώρηση ότι αλγοριθμική είναι η επίλυση ασκήσεων βάσει μεθοδολογίας. Η διενέργεια, βέβαια, τέτοιων διδασκαλιών προϋποθέτει ότι ο εκπαιδευτικός θα ολοκληρώσει απρόσκοπτα την διδακτέα ύλη του μαθήματος ώστε να μπορέσει να αφιερώσει τον εναπομείναντα χρόνο σε αυτές.

Προσπαθήσαμε να δώσουμε έντονα συμμετοχικό και διερευνητικό χαρακτήρα στις επιμέρους δραστηριότητες της διδασκαλίας, ξεκινώντας από τον εντοπισμό του καθεαυτού προβλήματος (“ο ταξιδιώτης βλέπει μόνο τις πινακίδες, δεν έχει άλλη πληροφόρηση”) και συνεχίζοντας με κατάλληλες ερωτήσεις και επισημάνσεις έτσι ώστε οι μαθητές να φτάσουν σταδιακά στη διατύπωση και συγκριτική αξιολόγηση των δύο αλγορίθμων.

Η παράλληλη παρουσίαση των αλγορίθμων BFS και DFS μέσω ενός κοινού παραδείγματος, πιστεύουμε ότι έπεισε τους μαθητές για την ισχυρή και άμεση εξάρτηση της λογικής, δηλ. των αλγορίθμων, από τα μοντέλα και τις δομές δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν. Το παράδειγμα του `racman`, στο τέλος της διδασκαλίας λειτούργησε, εκτός από ευχάριστη ανακεφαλαίωση του μαθήματος, και ως απόδειξη της θετικής ή αρνητικής επίδρασης που έχει στην πράξη, η επιλογή μιας περισσότερο ή λιγότερο κατάλληλης δομής δεδομένων κατά την υλοποίηση ενός αλγορίθμου.

Αναφορές

- Project 1: Search*. (2014). Ανάκτηση 7 31, 2020, από Berkeley AI Materials: <http://ai.berkeley.edu/search.html>
- Russel, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence. A modern approach. 3rd edition*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Vöcking, B., Alt, H. Dietzfelbinger, M., Reischuk, R., Scheideler, C., Vollmer, H., & Wagner, D. (2008). *Taschenbuch der Algorithmen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Αλεξόπουλος, Κ., & Ρόμπολα, Ε. (2012). Μια πρόταση για τη διδασκαλία του αλγορίθμου βέλτιστης διαδρομής του Dijkstra στο Γενικό Λύκειο. *4ο Συνέδριο Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση*, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας, Η. Γ. (2007). *Στρατηγικές Διδασκαλίας*. Αθήνα: Gutenberg.
- Ρόμπολα, Ε. (2013). Μια πρόταση για τη διδασκαλία του αλγορίθμου κωδικοποίησης του Huffmann στο Γενικό Λύκειο. *5ο Συνέδριο Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση*, Αθήνα.
- Ρόμπολα, Ε. (2018). Υλοποιώντας Αλγορίθμους και Δομές Δεδομένων στο μάθημα ΑΕΠΠ της Θετικής Κατεύθυνσης. *10ο Συνέδριο Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη.

Abstract

This paper presents an educational proposal regarding the comparative presentation of search algorithms BFS and DFS. These algorithms can be used in the field of Artificial Intelligence whenever there is not enough information available in order to assess a situation (blind search). We have selected to comparatively present the two algorithms, so that the interdependence of the algorithmic thought process and the data structures used is highlighted. The students take part in cooperative exploratory activities and attempt to come up with and systemize possible ways for a traveler to reach their destination. The use of either the Queue or the Stack data structures is the deciding differentiating factor between the two algorithms.

Keywords: Artificial Intelligence, Search Algorithms, DFS, BFS, Stack, Queue, Search Tree.