



## Τεχνητή Νοημοσύνη

Χειμερινό Εξάμηνο 2010-2011

### Προδιαγραφές 1<sup>ης</sup> Ασκήσης

**12 Δεκέμβρη, 2010**  
v1.0

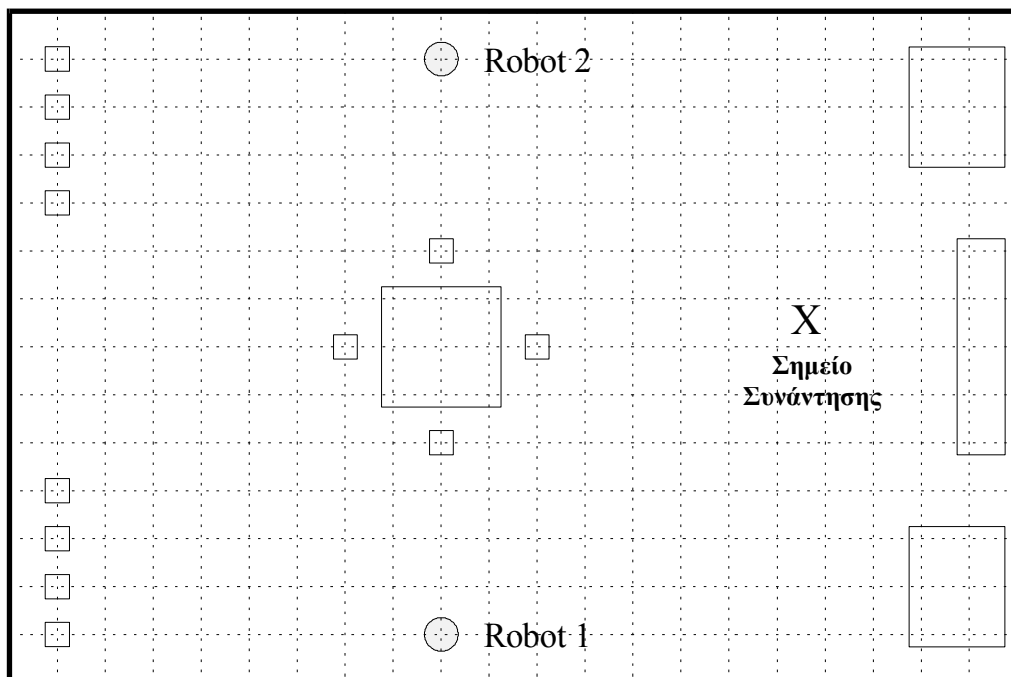
*Διδάσκοντες:*

Κώστας Κοντογιάννης, Αναπλ. Καθηγητής  
Γιώργος Στάμου, Λέκτορας

---

## 1. Γενική Περιγραφή Εργου

Σε αυτή την άσκηση θα σχεδιάσουμε και θα υλοποιήσουμε μια εφαρμογή που βασίζεται σε αλγόριθμους εύρεσης λύσης σε χώρο καταστάσεων. Το σενάριο είναι ότι έχουμε μια αίθουσα με δύο Robots (Robot-1) και Robot-2) όπου το καθένα θα πρέπει να συναντηθεί με ένα άλλο σε ένα προκαθορισμένο σημείο στόχο. Επίσης, τα Robots πρέπει να περάσουν από προκαθορισμένα σημεία πριν φτάσουν στο σημείο στόχο. Τα Robot κινούνται στο χώρο μιας αίθουσας που περιέχει εμπόδια (π.χ. καθίσματα για τους επισκέπτες, εκθέματα κλπ.) και με τον περιορισμό να μην συγκρουσθούν. Τα Robot έχουν αποθηκευμένη στη μνήμη τους τη κάτοψη της αίθουσας του μουσείου. Τα Robots κινούνται με την ίδια ταχύτητα, και υποθέτουμε ότι το κάθε Robot γνωρίζει τη θέση και το πλάνο του άλλου Robot και οργανώνει την αναζήτησή της πορείας του κάθε φορά με βάση την παρούσα θέση και πλάνο του άλλου Robot. Ουσιαστικά είναι ένα πρόβλημα όπου το πλάνο-μονοπάτι του κάθε Robot θα οδηγή στο σημείο συνάντησης χωρίς σύγκρουση με το άλλο Robot στα ενδιάμεσα βήματα. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ένα Robot (π.χ. το Robot-1) υπολογίζει το πορεία/πλάνο του αφού έχει πάρει τη πορεία πλάνο του άλλου (π.χ. του Robot-2), έτσι ώστε να αποφευχθούν οι μεταξύ τους συγκρούσεις. Η συνάντηση είναι επιτυχής όταν το ένα Robot βρεθεί στο σημείο συνάντησης και το άλλο Robot βρεθεί στην αμέσως γειτονική θέση του σημείου συνάντησης (δηλ. βόρεια, νότια, ανατολικά και δυτικά του σημείου συνάντησης). Τα Robot μπορούν να κινηθούν μπροστά, πίσω, αριστερά και δεξιά (όχι διαγώνια). Θεωρούμε ότι τα Robot κινούνται με ταχύτητα 1 μιας θέσης ανά κίνηση. Ένα παράδειγμα της κάτοψης μίας αίθουσας και του σημείου συνάντησης δίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Κάτοψη χώρου με το σημείο συνάντησης.

Για αυτή την εργασία θα υλοποιήσουμε το αλγόριθμο  $A^*$  για να υπολογίσουμε την πορεία που πρέπει να επιλέξει ένα Robot (π.χ. το Robot 1) από τη τρέχουσα θέση του, σε κάποια νέα θέση  $X$  του Robot (2). Για αυτή την εργασία θα υλοποιήσουμε τον  $A^*$  με τη χρήση υπο-εκτιμητή (admissible heuristic) και με τη χρήση υπερ-εκτιμητή (non-admissible heuristic). Επίσης θα θεωρήσουμε ότι η κάτοψη του χώρου και το σημείο συνάντησης διαβάζονται από το πρόγραμμά μας από κάποιο αρχείο. Η μορφή του αρχείου δίνεται παρακάτω, στο Σχήμα 2. Για διαφορετικά αρχεία κατόψεων

Θα υπολογίσουμε το χρόνο εκτέλεσης του αλγόριθμου σαν συνάρτηση του αριθμού των καταστάσεων που ανοίξαμε για πιθανή επέκταση.

## 2. Μορφή Αρχείου Κάτοψης Χώρου

Θεωρούμε ότι η κάτοψη της αίθουσας δίνεται με τη μορφή ενός αρχείου κειμένου. Αυτό το αρχείο ορίζει τις διαστάσεις της αίθουσας, την αρχική θέση του Robot, τη τελική θέση που πρέπει να βρεθεί το Robot, καθώς και τα σημεία με τα εμπόδια στο χώρο. Όλες οι συντεταγμένες δίνονται σε χώρο δύο διαστάσεων (x, y). Ενα παράδειγμα τέτοιου αρχείου για το χώρο που περιγράφεται στο Σχήμα 1, δίνεται παρακάτω στο Σχήμα 2. Σε αυτό το παράδειγμα, ο χώρος έχει διαστάσεις 20 X 13, η αρχική θέση των Robot είναι η (13 , 9) και (2 , 9) αντίστοιχα, και ότι το σημείο συνάντησης είναι (17, 8). Θεωρούμε ότι οι αρχικές θέσεις των Robots και τι σημείο συνάντησης δεν είναι κατειλημμένα από εμπόδια. Στο αρχείο της κάτοψης σημειώνουμε με O τα κενά σημεία που δεν καταλαμβάνονται από κάποιο εμπόδιο, και με X τα σημεία του χώρου που καταλαμβάνονται από κάποιο εμπόδιο.

```
20 13
13 9
2 9
17 8
XOooooooooXoooooooooXX
XooooooooooooooooooooXX
XooooooooooooooooooooXX
Xoooooooooooooooooooo
oooooooooXoooooooooooo
ooooooooXXoooooooooooo
ooooooooXXXXoooooooooX
ooooooooXXoooooooooooo
oooooooooXooooooooooooX
Xoooooooooooooooooooo
XooooooooooooooooooooXX
XooooooooooooooooooooXX
XooooooooooooooooooooXX
```

Σχήμα 2. Μορφή αρχείου

## 3. Σχόλια για την Υλοποίηση του Έργου

Η επίλυση του προβλήματος έχει τρία συστατικά μέρη:

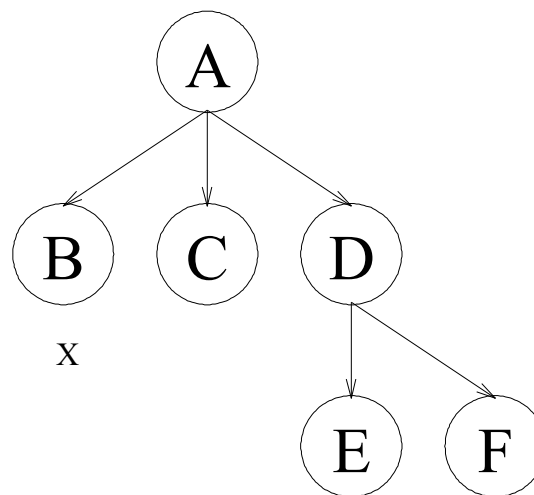
1. *Τη μοντελοποίηση του χώρου των καταστάσεων.* Η μοντελοποίηση του χώρου των καταστάσεων θα γίνει με τη μορφή μιας δομής δεδομένων όπως περιγράφεται παρακάτω.
2. *Τους τελεστές μετακίνησης από μια κατάσταση σε μια άλλη.* Οι τελεστές μετακίνησης θα υλοποιηθούν με συναρτήσεις που παράγουν συνεπείς ακόλουθες καταστάσεις από μια δεδομένη κατάσταση.
3. *Τη στρατηγική αναζήτησης λύσης στο χώρο καταστάσεων.* Αυτή η στρατηγική υλοποιείται από κάποιο αλγόριθμο αναζήτησης όπως ο A\*.
4. *Ενα γενικό αλγόριθμο ελέγχου που προσδιορίζει τη εφαρμογή των στρατηγικών αναζήτησης λύσης (π.χ την εφαρμογή του A\*) σε κάθε βήμα ώστε να αποφευχθούν πιθανές συγκρούσεις.*

Η βασική δομή δεδομένων που προτείνεται για τη μοντελοποίηση των καταστάσεων του χώρου και του δένδρου αναζήτησης ορίζεται παρακάτω στη γλώσσα προγραμματισμού C, αλλά είναι στη

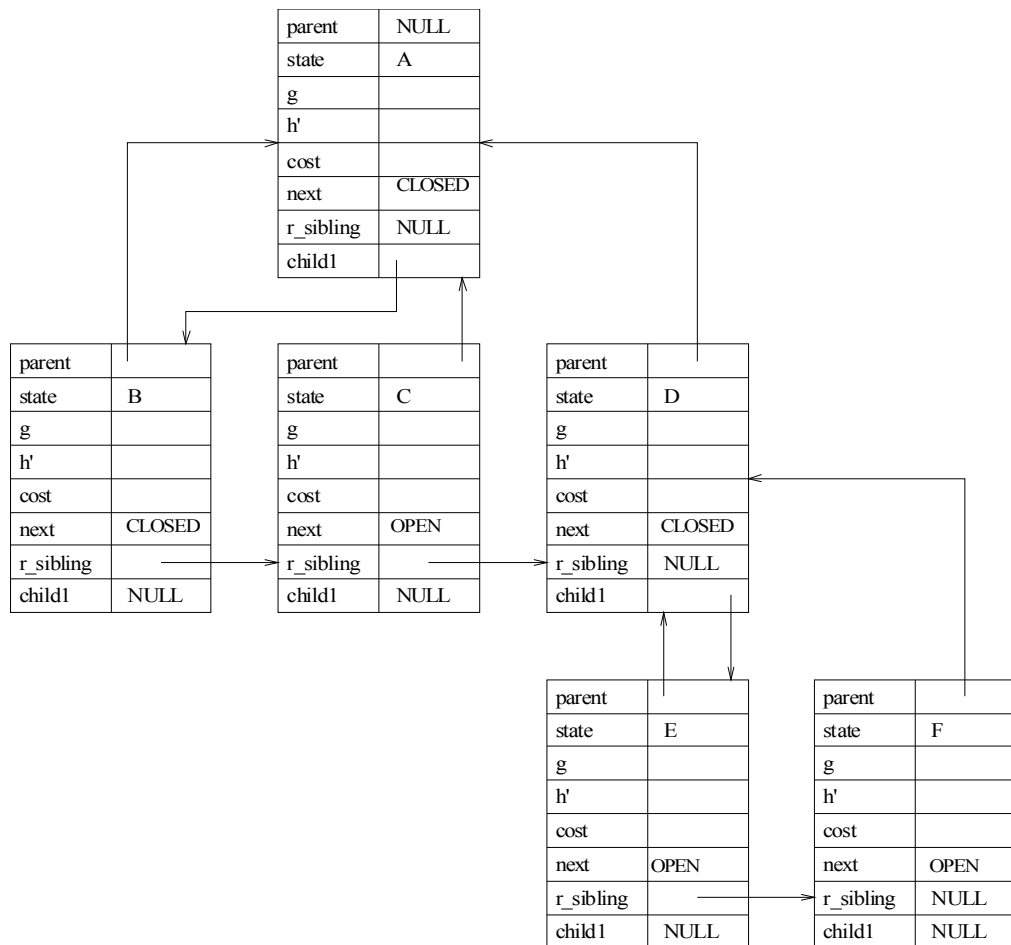
διακριτική σας ευχέρεια να υλοποιήσετε το χώρο με άλλη δομή δεδομένων ή και σε άλλη γλώσσα προγραμματισμού όπως Java ή C++. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις δικές σας δομές δεδομένων ή να επεκτείνεται τις δοθείσες.

```
typedef struct Node {  
    struct Node *parent; /* Parent of Current Node*/  
    state_type state; /* State of Problem*/  
    g_type g; /* g-value of current node - κόστος μετάβασης */  
    h_type h; /* h'-value of current node - υπολειπόμενη απόσταση*/  
    cost_type cost; /* cost of last operator*/  
    struct Node *next; /* OPEN/CLOSED -  
                        /* είναι CLOSED όταν ο κόμβος δεν επεκτείνεται άλλο*/  
    struct Node *r_sibling; /*Pointer to Right Sibling*/  
    struct Node *child1; /*Pointer to Leftmost Child*/  
} SearchGraphNode;  
  
SearchGraphNode *OPEN, *CLOSED; /* Χρησιμοποιείται σαν flag για την */  
/* επέκταση ή όχι του κόμβου */
```

Ενα παράδειγμα για το πώς μοντελοποιείται το δένδρο αναζήτησης του Σχήματος 3, με τη χρήση της προτεινόμενης δομής, παρουσιάζεται παρακάτω στο Σχήμα 4.



**Σχήμα 3.** Παράδειγμα δένδρου αναζήτησης



**Σχήμα 4.** Παράδειγμα μοντελοποίησης δένδρου αναζήτησης

## 5. Παραδοτέα

Για αυτό το έργο θα παραδώσετε σε μορφή pdf, μέσω της ιστοσελίδας του μαθήματος, μια σύντομη έκθεση (περίπου 6 σελίδες) που περιγράφει:

1. Συνοπτικά το πρόβλημα που επιλύετε και σκιαγράφιση του τρόπου επίλυσης.
2. Τις δομές δεδομένων που επιλέξατε.
3. Τις βασικές συναρτήσεις-τελεστές που σχεδιάσατε για την υλοποίηση του  $A^*$ .
4. Τις ευριστικές μεθόδους που θεωρήσατε (ένα υπο-εκτιμητή – admissible heuristic και ένα υπερ-εκτιμητή non-admissible heuristic).
5. Τον ψευδοκώδικα του γενικού αλγόριθμου που ελέγχει εάν υπάρχουν πιθανά σημεία σύγκρουσης των Robots και εφαρμόζει κατάλληλα τον αλγόριθμο αναζήτησης πλάνου-μονοπατιού  $A^*$  για κάθε Robot ώστε να επιλυθούν πιθανά σημεία σύγκρουσης και να υπολογισθούν τα τελικά μονοπάτια που κάθε Robot θα ακολουθήσει.
6. Στατιστικά αποτελέσματα από έξι διαφορετικά αρχεία εισόδου με τη μορφή γραφήματος όπου στον άξονα X θα έχετε τον συνολικό αριθμό των κόμβων του δένδρου (δένδρων) που παράχθηκαν κατά την αναζήτηση, και στον άξονα Y τον συνολικό χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος. Τα στατιστικά αποτελέσματα θα παραχθούν μια φορά (έξι αρχεία) με τη χρήση υπο-εκτιμητή (admissible heuristic) και μια φορά (έξι αρχεία) με τη χρήση υπερ-εκτιμητή (non-admissible heuristic).
7. Εκτύπωση των θέσεων που ελέγχει κάθε Robot κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του αλγορίθμου αναζήτησης με σαφή αναφορά στα πιθανά σημεία σύγκρουσης. Για παράδειγμα μια τέτοια εκτύπωση θα περιλαμβάνει την καταχώρηση.  
<Robot 1 considering new position <x,y> at step k  
<Robot 2 considering new position <x, y> at step j \*\* Conflict \*\*  
Resolving -- <Robot 2> considering alternative new position <x', y'> at step j
8. Εκτύπωση των βημάτων και του μονοπατιού που τελικά θα ακολουθήσει το κάθε Robot.
9. Τον πηγαίο κώδικα του προγράμματός σας. Ο πηγαίος κώδικας και η εργασία θα παραδοθούν και σε συμπιεσμένη ηλεκτρονική μορφή (αρχείο pdf+κώδικας) με χρήση της ιστοσελίδας του μαθήματος (όχι e-mail, όχι έντυπη μορφή).