

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ
5^ο εξάμηνο

Διδάσκων: Γιάννης Ρεφανίδης

1^η Εργασία
26/10/2024

Ο κόσμος των κύβων
(Blocks World)

Το πρόβλημα (ή ο κόσμος) των κύβων πάνω σε τραπέζι συνίσταται στην αναδιάταξη της λογικής θέσης των κύβων, μετακινώντας έναν κύβο κάθε φορά. Η «λογική» (σε αντιδιαστολή με την «φυσική») θέση ενός κύβου A μπορεί να είναι:

- Ο κύβος A ακουμπά πάνω στο τραπέζι (`(ontable A)`)
- Ο κύβος A βρίσκεται πάνω σε έναν άλλο κύβο B (`(on A B)`)

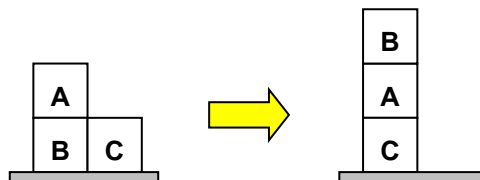
Οι κύβοι μπορούν δηλαδή να σχηματίζουν στοίβες, όπου κάθε στοίβα μπορεί να έχει από έναν έως N κύβους, όπου N το συνολικό πλήθος των κύβων στο πρόβλημα. Ένας κύβος που δεν έχει άλλο κύβο επάνω του λέμε ότι έχει καθαρή την επάνω έδρα του, π.χ. `(clear A)` για τον κύβο A.

Για να αναδιατάξουμε τη διάταξη των κύβων πάνω στο τραπέζι, έχουμε τη δυνατότητα να τους μετακινούμε έναν-έναν (όχι πολλούς ταυτόχρονα δηλαδή). Για να μετακινηθεί ένας κύβος πρέπει να ισχύουν οι εξής προϋποθέσεις:

- Ο κύβος που μετακινείται έχει καθαρή την επάνω έδρα του
- Ο προορισμός της μετακίνησης είναι είτε το τραπέζι, ή ένας άλλος κύβος που έχει επίσης καθαρή την επάνω έδρα του (και που μετά τη μετακίνηση δεν θα είναι καθαρή)

Όλες οι μετακινήσεις θεωρείται ότι έχουν το ίδιο κόστος. Αναζητούμε εκείνη την σειρά μετακινήσεων που πετυχαίνει τον στόχο με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

Ως παράδειγμα, δίνεται το παρακάτω πρόβλημα με 3 κύβους:



Η λύση του προβλήματος είναι οι ακόλουθες δύο μετακινήσεις:

1. `Move(A, B, C)`
2. `Move(B, table, A)`

Για την περιγραφή των μετακινήσεων χρησιμοποιούμε την «ενέργεια» `Move` με τρία ορίσματα: Το πρώτο όρισμα είναι ο κύβος που μετακινείται, το δεύτερο όρισμα είναι η αρχική του θέση, και το τρίτο όρισμα είναι η

νέα του θέση. Με τη λέξη `table` αναφερόμαστε στο τραπέζι, αν αυτό αποτελεί την αρχική ή την τελική θέση του μετακινούμενου κύβου. Δεν επιτρέπεται μετακίνηση του κύβου προς την θέση που ήδη βρίσκεται.

Στην εργασία αυτή καλείστε να γράψετε ένα πρόγραμμα (σε όποια γλώσσα προγραμματισμού επιθυμείτε) που να λύνει προβλήματα του κόσμου των κύβων, χρησιμοποιώντας τέσσερις αλγορίθμους αναζήτησης. Το πρόγραμμά σας θα διαβάσει το κάθε πρόβλημα από αρχείο και θα γράφει τη λύση σε αρχείο, όπως εξηγείται παρακάτω.

Για αρχεία προβλημάτων χρησιμοποιείτε αυτά που θα βρείτε στην παρακάτω ιστοσελίδα:

<http://www.cs.colostate.edu/meps/repository/aips2000.html#blocks>

με ονόματα από `probBLOCKS-4-0.pddl` έως `probBLOCKS-60-1.pddl`.

Ως παράδειγμα, το αρχείο `probBLOCKS-4-0.pddl` περιγράφει ένα πρόβλημα με 4 κύβους:

```
(define (problem BLOCKS-4-0)
(:domain BLOCKS)
(:objects D B A C )
(:INIT (CLEAR C) (CLEAR A) (CLEAR B) (CLEAR D) (ONTABLE C) (ONTABLE A) (ONTABLE
B) (ONTABLE D) (HANDEEMPTY))
(:goal (AND (ON D C) (ON C B) (ON B A))) )
```

Οι δύο πρώτες γραμμές είναι γενικές πληροφορίες που μπορείτε να αγνοήσετε. Η τρίτη γραμμή δίνει τα ονόματα των κύβων, D, B, A και C.

Η δήλωση που ξεκινά με `:INIT` περιγράφει την αρχική κατάσταση. Σε αυτήν φαίνεται ότι και οι τέσσερις κύβοι είναι καθαροί και όλοι βρίσκονται πάνω στο τραπέζι (ουσιαστικά στην αρχική κατάσταση έχουμε τέσσερις διαφορετικές στοίβες του ενός κύβου).

Τέλος η δήλωση που ξεκινά με `:goal` περιγράφει τον στόχο. Ο στόχος είναι σύζευξη (`(AND)`) διάφορων επιμέρους δηλώσεων `ON`. Δηλαδή, στον στόχο πρέπει ο κύβος D να είναι πάνω στον C (`(ON D C)`), ο κύβος C να είναι πάνω στον B (`(ON C B)`) και ο κύβος B να είναι πάνω στον A (`(ON B A)`). Η προφανής βέλτιστη λύση αυτού του προβλήματος έχει τρία βήματα και είναι η:

`Move(B, table, A)`

`Move(C, table, B)`

`Move(D, table, C)`

Το πρόγραμμά σας θα πρέπει να μπορεί να διαβάσει αρχεία της παραπάνω μορφής. Η έξοδος του προγράμματός σας θα πρέπει να είναι στην παραπάνω μορφή (μία εντολή ανά σειρά).

Θέμα 1° : Αλγόριθμοι τυφλής αναζήτησης

Κατασκευάστε ένα πρόγραμμα που να λύνει προβλήματα του κόσμου των κύβων με τους αλγορίθμους πρώτα σε βάθος (`depth-first search`) και πρώτα σε πλάτος (`breadth-first search`). Το πρόγραμμα θα δέχεται ως παραμέτρους τη μέθοδο επίλυσης (`depth` ή `breadth`), το όνομα του αρχείου περιγραφής του προβλήματος και το όνομα του αρχείου στο οποίο θα γραφεί η λύση. Για παράδειγμα, εάν το όνομα του προγράμματός σας είναι `bw.exe` (μπορείτε φυσικά να το ονομάσετε όπως αλλιώς θέλετε), θέλετε να χρησιμοποιήσετε αναζήτηση πρώτα σε βάθος, το αρχείο εισόδου είναι το `probBLOCKS-4-0.pddl` και θέλετε η λύση να γραφεί στο αρχείο `solution.txt`, θα πρέπει να καλέσετε το πρόγραμμά σας με την εντολή:

```
bw.exe depth probBLOCKS-4-0.pddl solution.txt
```

Το πρόγραμμά σας μπορεί να τυπώνει περιορισμένης έκτασης μηνύματα στην οθόνη, όπως π.χ. το χρόνο που χρειάστηκε για να λύσει το πρόβλημα, ενδεχόμενα μηνύματα λάθους (π.χ. αδυναμία επίλυσης του προβλήματος μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά όρια, π.χ. 60 secs κλπ).

Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο κλήσης του προγράμματός σας, καθώς και στη μορφή των αρχείων εξόδου, σύμφωνα με όσα περιγράφηκαν παραπάνω, ώστε το πρόγραμμά να μπορεί να **ελεγχθεί αυτόματα**.

Θέμα 2° : Αλγόριθμοι πληροφορημένης (ευρετικής) αναζήτησης

Επεκτείνετε το πρόγραμμά σας ώστε να υποστηρίζει και τους αλγορίθμους ευρετικής αναζήτησης πρώτα στο καλύτερο (best-first search) και A*. Σκεφτείτε και υλοποιήστε μια ευρετική συνάρτηση για το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Καλείτε το πρόγραμμά σας επιλέγοντας αλγόριθμο `best` ή `astar` αντίστοιχα.

Θέμα 3° : Πειραματική αξιολόγηση των αλγορίθμων

Δοκιμάστε τους αλγορίθμους αναζήτησης που υλοποιήσατε σε διάφορα προβλήματα που θα βρείτε στην παραπάνω ιστοσελίδα. Συγκρίνετε τους χρόνους επίλυσης των αλγορίθμων και τα κόστη των λύσεων που βρήκαν και παρουσιάσετε τα αποτελέσματά σας σε μορφή εγγράφου εργασίας.

Οδηγίες υποβολής: Η εργασία θα πρέπει να υποβληθεί μέσω του Google Classroom. Θα υποβάλλετε ένα έγγραφο κειμένου (αναφορά) με περιγραφή των πειραμάτων σας και των αποτελεσμάτων σας, καθώς και τον κώδικα που γράψατε. Ο κώδικας θα πρέπει να είναι ευανάγνωστος και σχολιασμένος.

Προσοχή: Η υποβολή της αναφοράς που θα συνοδεύει την εργασία είναι υποχρεωτική. Εργασίες που δεν θα συνοδεύονται από αναφορά θα μηδενίζονται, όσο καλός και να είναι ο κώδικας. Στην αναφορά θα πρέπει να έχετε εξώφυλλο, περιεχόμενα, αριθμούς σελίδων, σύντομη περιγραφή της δομής του κώδικά σας, σχολιασμένα αποτελέσματα και screenshots (εικόνες) από την εκτέλεση του κώδικά σας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ως βοήθεια σας δίνεται ενδεικτικά λυμένη παρεμφερής εργασία που αφορά το πρόβλημα N-puzzle.