

ΠΛΗ311 Τεχνητή Νοημοσύνη
Εαρινό Εξάμηνο 2022 - Διδάσκων: Γεώργιος Χαλκιαδάκης

1^η Προγραμματιστική Εργασία
(σε ομάδες το πολύ 2 ατόμων)

Βάρος: 30% βαθμού μαθήματος

Παράδοση Απαντήσεων: μέχρι 30 Απριλίου 2022, ώρα 23:55

Οδηγίες: Ηλεκτρονική παράδοση συμπιεσμένου αρχείου μέσω του ιστοχώρου του μαθήματος (συμπεριλαμβανομένου του κώδικα). Φροντίστε να είναι καλά οργανωμένο το παραδοτέο σας σε υποκαταλόγους με ευνόητα ονόματα. Τεκμηριώστε τον κώδικά σας επαρκώς. Συνοδέψτε την εργασία με μια το πολύ 10-σέλιδη αναφορά όπου εξηγείτε τις επιλογές σας και περιγράφετε τα αποτελέσματά σας. Θα βαθμολογηθείτε και για την ποιότητα της αναφοράς σας - φροντίστε λοιπόν να είναι κατανοητή, να απαντάει στα ερωτήματα της εκφώνησης, και να αντιστοιχεί σε/ περιγράφει ορθά τον κώδικά σας.

Μπορείτε ελεύθερα να χρησιμοποιήσετε «έτοιμο» κώδικα για επιμέρους κομμάτια των προγραμμάτων σας, αρκεί να αναφέρετε επακριβώς τις πηγές σας!

Κατά τα λοιπά, αντιγραφή συνεπάγεται άμεσο μηδενισμό στο μάθημα.

Σε αυτή την εργασία καλείστε να λύσετε το πρόβλημα εύρεσης βέλτιστης διαδρομής που αντιμετωπίζει ένα όχημα, το οποίο πρέπει να μεταβεί από μία αρχική θέση σε ένα τελικό στόχο. Το όχημα λύνει το πρόβλημα *offline* πριν την αναχώρησή του, και ακολουθεί το πλάνο διαδρομής που του προτείνει το πρόγραμμά σας. Το πρόγραμμά σας θα υπολογίζει πολλαπλά πλάνα διαδρομής, ένα πλάνο διαδρομής ανά συνδυασμό παραλλαγής αλγορίθμου και ευρετικής συνάρτησης (δείτε παρακάτω), χρησιμοποιώντας:

(α) Παραλλαγές του Weighted A*, με βάρη $w_1 = 0$, $w_2 = 1 \dots$ (όπου w_i ακέραιος)

(β) Τον αλγόριθμο IDA*

Το πρόγραμμά σας θα δέχεται ως είσοδο ένα αρχείο σχετικό με ένα scenario που περιλαμβάνει πληροφορίες για την αρχική θέση του οχήματος, των ορίων του δρόμου, τα εμπόδια και έναν τελικό στόχο. Σκοπός σας είναι να καθοδηγήσετε το όχημα στον τελικό προορισμό αποφεύγοντας να χτυπήσει κάποιο εμπόδιο ή να βρεθεί εκτός των ορίων του δρόμου.

- Σας δίνεται μία έτοιμη πλατφόρμα για περιβάλλον Linux, υλοποιημένη σε Python 3.7, που αυτοματοποιεί αρκετές λειτουργίες, όπως το άνοιγμα και το visualization για κάθε scenario, καθώς και ένα visualization της διακλάδωσης που θα πραγματοποιεί ο εκάστοτε αλγόριθμος, αλλά και της διαδρομής που εν τέλει εκτελείται. Η πλατφόρμα είναι διαθέσιμη στον αντίστοιχο φάκελο “Εγγραφα” του eclass. Επιπλέον, θα έχετε στη διάθεσή σας ένα set συναρτήσεων που σας παρέχει πληροφορίες με σκοπό την αξιοποίηση κάποιων από αυτές στην ευρετική συνάρτηση $h(n)$. Τέλος, για τον κάθε αλγόριθμο αναζήτησης που καλείστε να υλοποιήσετε, σας δίνονται έτοιμα αρχεία κώδικα με το template που θα πρέπει να ακολουθήσετε.

- Η συνάρτηση εκτίμησης που θα χρησιμοποιήσετε για τον weighted A* ορίζεται ως $f(n) = g(n) + w * h(n)$. Για κάθε παραλλαγή A* καλείστε να χρησιμοποιήσετε το ίδιο βάρος w για την διάρκεια όλης της προσομοίωσης.

- Η συνάρτηση κόστους $g(n)$ που χρησιμοποιούν οι αλγόριθμοι αναζήτησης της υλοποίησής σας, δίνεται έτοιμη σε συνάρτηση μέσα στα αρχεία που καλείστε να συμπληρώσετε! Αυτή η συνάρτηση δίνει το κόστος του μονοπατιού σε μονάδα μέτρησης απόστασης.

- Σχετικά με την ευρετική συνάρτηση $h(n)$ που θα χρησιμοποιήσετε κατά την εκτέλεση των απαιτούμενων αλγορίθμων ζητούνται **δύο** υλοποιήσεις ευρετικών. Η πρώτη θα πρέπει να στηρίζεται στην Ευκλείδεια απόσταση, ενώ η δεύτερη θα πρέπει να προσφέρει καλύτερη απόδοση σε τουλάχιστον έναν αλγόριθμο για κάποιο/α από τα σενάρια. Η επιλογή του ποια είναι αυτή είναι δική σας! Φροντίστε όμως να έχει λογική βάση και να είναι τεκμηριωμένη: να αναλύεται με σαφή τρόπο στην αναφορά σας.

- Όσον αφορά τις παραλλαγές με $w > 1$: σας ζητείται να πειραματιστείτε σε κάθε σενάριο με διάφορες τιμές του $w > 1$, και να καταλήξετε στην επιλογή ενός τέτοιου w (ανά σενάριο), το οποίο να έχει, με βάση τις παρατηρήσεις σας, τέτοιες ιδιότητες ώστε να μην έχει νόημα η περαιτέρω αύξηση της τιμής του. Συνοψίστε κατάλληλα, με παράθεση σχετικών πινάκων, ή/και γραφημάτων ή/και screenshots (ή με οποιονδήποτε άλλο τρόπο κρίνετε εσείς πρόσφορο) τα αποτελέσματά σας ανά σενάριο, σχολιάζοντας την συμπεριφορά του αλγορίθμου σας για τις διάφορες τιμές του w που δοκιμάσατε. Επίσης, σχολιάστε τις ιδιότητες του “τελικού” w ανά σενάριο στο οποίο καταλήξατε: για ποιους λόγους προτείνετε την χρήση αυτού του w για αυτό το σενάριο; Φυσικά οι λόγοι πρέπει να προκύπτουν/στηρίζονται από τα πειραματικά σας αποτελέσματα τα οποία όπως προαναφέρθηκε πρέπει να έχετε κατάλληλα συνοψίσει.

- Τα αρχεία που καλείστε να τροποποιήσετε περιλαμβάνουν το *main.py* (root folder της άσκησης) και τα αρχεία μέσα στον φάκελο *Algorithms*. Κατά το πρώτο θα μπορούσατε να επιλέξετε το *scenario* που θα τρέξετε (δίνονται στον φάκελο *Scenarios*) καθώς επίσης και να ενεργοποιήσετε/απενεργοποιήσετε τους αλγορίθμους που έχετε αναπτύξει μέσα στον φάκελο *Algorithms*. Δώστε βάση στις έτοιμες συναρτήσεις που δίνονται, καθώς είναι υπεύθυνες για την ομαλή λειτουργία και σύνδεση με τις υπάρχουσες βιβλιοθήκες. Για εξοικείωση και καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών, όσον αφορά την σωστή σειρά κλήσης τους, παρέχεται υλοποιημένος ένας απληροφόρητος αλγόριθμος DFS (Depth First Search) μέσα στον ίδιο φάκελο κάτω από το όνομα *DFS_example.py*. Πρόκειται για μία αναδρομική υλοποίηση του αλγορίθμου.

Το πρόγραμμά σας θα πρέπει να εμφανίζει στην οθόνη αλλά και να παράγει ένα αρχείο εξόδου (βλέπε Παράρτημα 2) όπου θα αναφέρονται για κάθε αλγόριθμο και για κάθε διαφορετικό *scenario* που σας δίνεται:

- ο αριθμός κόμβων που επεκτείνονται (Visited nodes number),
- το ακριβές δρομολόγιο (ακολουθία οδών) που προτείνει ο αλγόριθμος να ακολουθήσει το όχημα (Path),

- η τιμή της ευρετικής που επιλέξατε από τον αρχικό κόμβο,
- το εκτιμώμενο από τον αλγόριθμο συνολικό κόστος $g(n)$ της τελικής διαδρομής.

Τέλος,

- Στην αναφορά σας θα πρέπει να συμπεριλάβετε και (i) περιγραφή των ενδεχόμενων πειραματισμών που σας οδήγησαν σε συγκεκριμένες επιλογές, και (ii) περιγραφή πειραμάτων/προσομοιώσεων που «τρέξατε» για τους αλγορίθμους σας, παρουσίαση σε πίνακα των συνολικών αριθμών βημάτων για κάθε παραλλαγή, και εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτά: ποιός αλγόριθμος δίνει καλύτερα αποτελέσματα; Σε ποιούς τομείς; Ποιά η εξήγησή σας για την παρατηρούμενη συμπεριφορά; Μην ξεχάσετε να σχολιάσετε την απόδοση των 2 ευρετικών στα διαφορετικά σενάρια, καθώς και να συγκρίνετε τους αλγορίθμους μεταξύ τους. Μετά από κάθε επιτυχές τρέξιμο ενός αλγορίθμου, αποθηκεύεται τελικό στιγμιότυπο στον φάκελο *Figures*, συμπεριλάβετε **μόνο** αξιοσημείωτα παραδείγματα στην αναφορά.

Βαθμολογία:

- έως 14 % του βαθμού μαθήματος: Υλοποίηση των αλγορίθμων IDA* και Weighted A* (προσέξτε αυτός να μπορεί να λαμβάνει οποιονδήποτε ακέραιο $w > 1$ ως είσοδο), και ορθή εκτέλεση αλγορίθμων και στα 3 διαθέσιμα σενάρια.
- έως 16 % του βαθμού μαθήματος: Υλοποίηση δική σας ευρετικής συνάρτησης $h(n)$, σχολιασμός συμπεριφοράς ευρετικών και παραλλαγών αλγορίθμων, συγκρίσεις αποτελεσμάτων, και ποιότητα αναφοράς.

Παράρτημα 1

Οδηγίες εγκατάστασης

Ο κώδικας υλοποίησης των αλγορίθμων θα πρέπει να είναι σε γλώσσα Python 3, σύμφωνα με το template που σας δίνεται. Για να αξιοποιήσετε την πλατφόρμα που σας παρέχεται, θα πρέπει να δουλέψετε σε περιβάλλον Linux* και να εγκαταστήσετε συγκεκριμένες βιβλιοθήκες, με βάση το αρχείο *requirements.txt* που θα βρείτε.

Συστήνεται η χρήση της Python 3.7, καθώς και η χρήση virtual environment (πχ, μέσω του venv ή της πλατφόρμας του Anaconda)

Συγκεκριμένα, για το Anaconda, εφόσον το εγκαταστήσετε, μπορείτε να δημιουργήσετε ένα virtual environment για Python 3.7 με δική σας ονομασία, πχ "virtual_env_name", με την εκτέλεση της παρακάτω εντολής:

```
conda create -n virtual_env_name python=3.7 -y
```

Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας, για να ενεργοποιήσετε το virtual environment που έχετε φτιάξει, με ονομασία *virtual_env_name*, εκτελείτε:

```
conda activate virtual_env_name
```

Για να έχετε πρόσβαση στα σωστά αρχεία θα πρέπει να οδηγήσετε το terminal στο σωστό φάκελο με την εντολή `cd`. Για παράδειγμα, αν ο φάκελος της εργασίας με τα αρχεία που δίνονται βρίσκεται στο φάκελο Documents τότε θα πρέπει να εκτελέσετε:

```
cd ~/Documents/AI_assignment1
```

Τέλος, εγκαθιστάτε στο τρέχον virtual environment τις απαιτούμενες βιβλιοθήκες μέσω:

```
pip install -r requirements.txt
```

Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εργασίας δεν χρειάζεται να εγκαταστήσετε κάποια επιπλέον βιβλιοθήκη εκτός από αυτές που υπάρχουν στο *requirements.txt*.

Τώρα θα είστε έτοιμοι να τρέξετε τον κώδικα χρησιμοποιώντας:

```
python main.py
```

Να σημειωθεί ότι, εφόσον χρησιμοποιείτε virtual environments, θα πρέπει κάθε φορά που ανοίγετε το terminal, να ενεργοποιείτε πρώτα το virtual environment που έχετε φτιάξει για το project:

```
conda activate virtual_env_name
```

ώστε να μπορείτε να εκτελέσετε τον κώδικα:

```
python main.py
```

*Σημείωση: Στην περίπτωση που δεν διαθέτετε λογισμικό linux μπορείτε να χρησιμοποιήσετε δωρεάν virtual machine στον υπολογιστή σας και να εγκαταστήσετε εκεί την έκδοση linux της αρεσκείας σας (π.χ. <https://www.virtualbox.org/> και <https://ubuntu.com/>)

Παράρτημα 2

Η έξοδος του προγράμματος σας πρέπει να έχει την ακόλουθη μορφή.

```
=====
```

```
<Scenario Name 1> // name of the scenario chosen
```

```
A* (w=0):
```

```
Visited Nodes number: x
```

```
Path: (x1,y1)->(x2,y2)->...->(xn,yn)
```

```
Heuristic Cost (initial node): x
```

```
Estimated Cost: x
```

```
A* (w=1):
```

```
Visited Nodes number: x
```

Path: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, y_n)$

Heuristic Cost (initial node): x

Estimated Cost: x

A* ($w = w_3$):

Visited Nodes number: x

Path: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, y_n)$

Heuristic Cost (initial node): x

Estimated Cost: x

.

.

.

IDA*:

Visited Nodes number: x

Path: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, y_n)$

Heuristic Cost (initial node): x

Estimated Cost: x

<Scenario Name 2>

A* ($w = 0$):

Visited Nodes number: x

Path: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, y_n)$

Heuristic Cost (initial node): x

Estimated Cost: x

A* ($w = 1$):

Visited Nodes number: x

Path: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, y_n)$

Heuristic Cost (initial node): x

Estimated Cost: x

A* ($w = w_3$):

Visited Nodes number: x

Path: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, y_n)$

Heuristic Cost (initial node): x

Estimated Cost: x

.

.

.

IDA*:

Visited Nodes number: x

Path: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, y_n)$

Heuristic Cost (initial node): x

Estimated Cost: x

.

.

.

...κ.ο.κ., ... συνολικά για όσα είναι τα σενάρια που σας παρέχονται

Σας επισημαίνεται πως η εργασία πιθανότατα θα εξεταστεί και προφορικά σε
ημερομηνία που θα προσδιοριστεί αργότερα.

Καλή δουλειά και καλή επιτυχία!