

**ΠΛΗ311 Τεχνητή Νοημοσύνη**  
**Εαρινό Εξάμηνο 2021 - Διδάσκων: Γιώργος Χαλκιαδάκης**

**1<sup>η</sup> Προγραμματιστική Εργασία**  
**(σε ομάδες το πολύ 2 ατόμων)**

**Βάρος: 20% βαθμού μαθήματος + πιθανό bonus**

**Παράδοση Απαντήσεων: μέχρι 28 Μαρτίου 2021, 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 9-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.

### **Μέρος Α (85% βαθμού εργασίας)**

Σε αυτή την εργασία καλείστε να λύσετε το πρόβλημα εύρεσης βέλτιστης διαδρομής που αντιμετωπίζει ένας εργαζόμενος σε μια μεγαλούπολη, ο οποίος πρέπει να μεταβεί από τον τόπο εργασίας του στον τόπο δουλειάς του, κατά το διάστημα 3 μηνών (80 εργάσιμες ημέρες). Ο εργαζόμενος λύνει το πρόβλημα *offline* το κάθε βράδυ πριν την αναχώρησή του, και την ημέρα ακολουθεί το πλάνο διαδρομής που του προτείνει το πρόγραμμά σας. Το πρόγραμμά σας θα υπολογίζει *δύο* πλάνα διαδρομής ανά ημέρα: (α) ένα χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο **απληροφόρητης αναζήτησης της επιλογής** σας, και (β) ένα χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο **IDA\***. Θα πρέπει δε να παρέχει μια προσομοίωση του προβλήματος κατά την οποία, κάθε μέρα, θα καταγράφει το πραγματικό κόστος της **κάθε μιας** προτεινόμενης διαδρομής (δηλαδή, θα θεωρείτε πως και οι δυο προτεινόμενες διαδρομές – μία από κάθε αλγόριθμο – λαμβάνουν χώρα κάθε μέρα).

Το πρόγραμμά σας θα δέχεται *κάθε «βράδυ»* ως είσοδο ένα αρχείο με έναν γράφο (*multigraph*) με κόμβους σημεία από τα οποία περνάει ο εργαζόμενος, και με ακμές που αντιστοιχούν σε οδούς που μπορεί να πάρει ο εργαζόμενος, και που ενώνουν κόμβους μεταξύ τους. Για κάθε οδό, το αρχείο αναφέρει το «φυσιολογικό» χρονικό κόστος διάνυσης κάθε οδού, καθώς επίσης και μια εκτίμηση για το αν η οδός θα έχει *επιβαρυνμένη* (*heavy*), *φυσιολογική* (*normal*), ή *χαμηλή* (*low*) ροή κυκλοφορίας (*traffic*) κατά την επόμενη μέρα. Η ακριβής περιγραφή του αρχείου-είσοδου σας δίδεται στο Παράρτημα 1. Σε περίπτωση που μια οδός έχει όντως *heavy traffic* κατά τη διάρκεια μιας μέρας, το πραγματικό κόστος διάνυσής της είναι 25% αυξημένο σε σχέση με αυτό του *normal*, ενώ αν υπάρχει *low traffic*, το κόστος διάνυσης της οδού είναι 10% μικρότερο του φυσιολογικού κόστους της.

- Κατά τη διάρκεια της κάθε μέρας, το πρόγραμμά σας πρέπει να μπορεί να προσομοιώνει το τί συμβαίνει κατά την εκτέλεση από τον εργαζόμενο της διαδρομής

που του προτείνει ο κάθε αλγόριθμος. Για να το κάνει αυτό, στην αρχή της κάθε μέρας διαβάξει από το αρχικό αρχείο εισόδου, τις αντίστοιχες “πραγματικές” επιγραφές-περιγραφές της κίνησης για κάθε οδό. (Εννοείται ότι οι παρατηρήσεις του τί συνέβη μετά το πέρας μιας ημέρας *δεν είναι διαθέσιμες* κατά τον προγραμματισμό δράσης το προηγούμενο βράδυ). Οι “πραγματικές” περιγραφές κίνησης προέρχονται από μια πιθανοτική κατανομή η οποία: με πιθανότητα  $p_1$  αποδίδει σε κάθε οδό τον χαρακτηρισμό “πραγματικής” κίνησης που αντιστοιχεί στην πρόβλεψη κίνησης της οδού (δηλαδή, η πρόβλεψη ήταν *ακριβής* με αυτή την πιθανότητα), και με πιθανότητες  $p_2, p_3$  της αναθέτει έναν από τους άλλους δύο χαρακτηρισμούς. Μπορείτε *κατ’αρχήν* να θεωρήσετε πως, για κάθε οδό,  $p_1=0.6$ , ενώ  $p_2=p_3=0.2$ , αλλά είστε ελεύθεροι να αναθεωρήσετε αυτές τις εκτιμήσεις σας κατά περίπτωση και με βάση τις “παρατηρήσεις” σας μετά το πέρας της κάθε μέρας.

- Είστε ελεύθεροι πριν τρέξετε τον κάθε αλγόριθμό σας κάθε “βράδυ”, να διαμορφώσετε / κλαδέψετε τον γράφο εισόδου σας με οποιονδήποτε τρόπο εσείς επιλέξετε, δεδομένων των εκτιμήσεων ροής κυκλοφορίας των διαφόρων δρόμων. Προσέξτε όμως να αναφέρετε επακριβώς στην αναφορά σας τις σχετικές σας επιλογές.

- Η επιλογή των τιμών για τα κόστη μονοπατιού που ενδεχομένως χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος απληροφόρητης αναζήτησης που θα υλοποιήσετε, *αν αυτός χρησιμοποιεί τέτοια*, είναι δική σας! Φροντίστε όμως να έχει λογική βάση και να τεκμηριώνεται/περιγράφεται με σαφή τρόπο στην αναφορά σας.

- Σχετικά με τις συναρτήσεις κόστους  $g(n)$  και  $h(n)$  που θα χρησιμοποιήσετε κατά την εκτέλεση του IDA\* αλγορίθμου, οι επιλογές του ποιές είναι αυτές είναι δικές σας! Φροντίστε όμως να έχουν λογική βάση και να είναι τεκμηριωμένες: να αναλύονται με σαφή τρόπο στην αναφορά σας. Οι συναρτήσεις αυτές επίσης είναι δυνατόν να αναθεωρούνται από μέρα σε μέρα! Το αν και πώς θα γίνεται αυτό είναι επίσης δική σας επιλογή, και πρέπει να τεκμηριωθεί/αναλυθεί στην αναφορά σας.

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 μέρα* εκτέλεσης:

- ο αριθμός κόμβων που επεκτείνονται (Visited nodes number),
- ο πραγματικός χρόνος εκτέλεσης του κάθε αλγορίθμου (Execution Time),
- το ακριβές δρομολόγιο (ακολουθία οδών) που προτείνει ο αλγόριθμος να ακολουθήσει ο εργαζόμενος (Path) μαζί με το εκτιμώμενο από τον αλγόριθμό σας χρονικό κόστος διάνυσης της κάθε οδού που έχει περιληφθεί στο προτεινόμενο δρομολόγιο,
- το εκτιμώμενο από τον αλγόριθμο συνολικό κόστος της προτεινόμενης διαδρομής (Predicted Cost),
- το πραγματικό κόστος της προτεινόμενης διαδρομής εκείνη την ημέρα (Real Cost)

Επίσης, θα πρέπει να εμφανίζεται το μέσο ημερήσιο πραγματικό κόστος των προτεινόμενων διαδρομών του κάθε αλγορίθμου μετά από ένα μήνα ( = συγκεντρωτικό πραγματικό κόστος / 80).

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 αλγόριθμους σας, και εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτά: ποιός αλγόριθμος δίνει καλύτερα αποτελέσματα; Σε ποιούς τομείς; Ποιά η εξήγησή σας για την παρατηρούμενη συμπεριφορά;
- Το πρόγραμμα που θα περιέχει αλγόριθμο που είτε θα έχει σε διάστημα τριών μηνών την καλύτερη απόδοση κάθε μέρα σε πραγματικό χρονικό κόστος, είτε --- σε περίπτωση απουσίας τέτοιου αλγόριθμου --- σε «μέσο» πραγματικό κόστος προτεινόμενης διαδρομής (= μικρότερος «μέσος» ημερήσιος πραγματικός χρόνος διαδρομής σε διάστημα τριών μηνών) σε εκτέλεση με είσοδο κατά την εξέταση της άσκησης, θα λάβει bonus 3% επί των μονάδων της εργασίας (η εργασία θα μετράει 20+3%, με το 3% να είναι επιπλέον του 100% ποσοστό). Αν υπάρχουν πολλοί «νικητές», τότε το bonus θα «μοιραστεί» μεταξύ τους.

## Μέρος Β (15% βαθμού εργασίας)

Υλοποιήστε και εκτελέστε τον αλγόριθμο *online search* LRTA\* για να λύσετε το πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο εργαζόμενος κάθε πρωί, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες για την «πραγματική» κατάσταση των δρόμων εκείνη την ημέρα, αλλά θεωρώντας ότι οι υπολογισμοί γίνονται online: τα «κόστη διάσχισης» γίνονται γνωστά μόνο μετά τη διάσχιση ενός δρόμου, και μπορούμε να κάνουμε μόνο τοπικές κινήσεις.

## Παράρτημα 1

Ακολουθεί η ακριβής περιγραφή του αρχείου εισόδου, και ένα παράδειγμα τέτοιου. Σημειώνεται ότι μαζί με την εκφώνηση δίνονται 3 έτοιμα αρχεία εισόδου. Οι αλγόριθμοι σας θα δοκιμαστούν σε διάφορα αρχεία εισόδου, επομένως μην αρκεστείτε μόνο στα αρχεία που σας δίνονται.

Θεωρήστε ότι όλοι οι «οδοί» στην «πόλη» είναι διπλής κατεύθυνσης.

```
<Source> origin-vertex-name </Source>
<Destination> goal-vertex-name </Destination>
<Roads>
road-name; vertex-name ; vertex-name ; normal-weight-value
road-name; vertex-name ; vertex-name ; normal-weight-value
...κ.ο.κ. ... (τόσες φορές όσες οι «οδοί» στο γράφο)
road-name; vertex-name ; vertex-name ; normal-weight-value
</Roads>
<Predictions>
<Day>
road-name; traffic-weight-prediction-label
road-name; traffic-weight-prediction-label
...κ.ο.κ. ... (τόσες φορές όσες οι «οδοί» στο γράφο)
road-name; traffic-weight-prediction-label
</Day>
<Day>
road-name; traffic-weight-prediction-label
road-name; traffic-weight-prediction-label
...κ.ο.κ. ... (τόσες φορές όσες οι «οδοί» στο γράφο)
```

```

road-name; traffic-weight-prediction-label
</Day>
...κ.ο.κ., συνολικά 80 φορές...
</Predictions>
<ActualTrafficPerDay>
<Day>
road-name; traffic-weight-label-actual
road-name; traffic-weight-label-actual
...κ.ο.κ. ... (τόσες φορές όσες οι «οδοί» στο γράφο)
</Day>
<Day>
road-name; traffic-weight-label-actual
road-name; traffic-weight-label-actual
...κ.ο.κ. ... (τόσες φορές όσες οι «οδοί» στο γράφο)
</Day>
...κ.ο.κ., ... συνολικά 80 φορές ...
</ActualTrafficPerDay>

```

Θεωρείστε ότι τα vertex και road names είναι «αλφαριθμητικά» και «μοναδικά»).

### --- Παράδειγμα αρχείου εισόδου:

```

<Source> Square1821 </Source>
<Destination> LibertyStatue </Destination>
<Roads>
AOAN_Avenue; A ; B ; 18
a2; A ; B ; 31
road3; A ; B ; 18
avenue111; Square1821; A; 12
lalakisStreet; A ; B ; 19
A2; Square1821; B; 15
E19; A ; B ; 23
ErgotelisAve; C ; LibertyStatue; 12
NikosStr ; B ; C ; 12
MariaStr ; B ; D ; 11
EuterpiStreet ; B ; D ; 12
SpartaRoad ; C ; D ; 12
PlataniasRd; A ; LibertyStatue ; 32
OFH_Avenue; B ; LibertyStatue ; 25
CyprusRoad; LibertyStatue; B; 5
</Roads>

<Predictions>
<Day>
AOAN_Avenue; low
a2; low
road3; heavy
avenue111; low
lalakisStreet; low
A2; normal

```

E19; heavy  
ErgotelisAve; normal  
NikosStr ; low  
MariaStr ; heavy  
EuterpiStreet ; low  
SpartaRoad ; normal  
PlataniasRd; heavy  
OFH\_Avenue; low  
CyprusRoad; normal  
</Day>  
<Day>  
AOAN\_Avenue; heavy  
a2; normal  
road3; heavy  
avenue111; low  
lalakisStreet; low  
A2; normal  
E19; low  
ErgotelisAve; normal  
NikosStr ; low  
MariaStr ; heavy  
EuterpiStreet ; normal  
SpartaRoad ; normal  
PlataniasRd; heavy  
OFH\_Avenue; low  
CyprusRoad; low  
</Day>  
...κ.ο.κ., ... συνολικά 80 φορές ...  
</Predictions>

<ActualTrafficPerDay>  
<Day>  
AOAN\_Avenue; low  
a2; normal  
road3; heavy  
avenue111; low  
lalakisStreet; heavy  
A2; low  
E19; low  
ErgotelisAve; normal  
NikosStr ; low  
MariaStr ; heavy  
EuterpiStreet ; normal  
SpartaRoad ; normal  
PlataniasRd; heavy  
OFH\_Avenue; low  
CyprusRoad; low  
</Day>  
...κ.ο.κ., ... συνολικά 80 φορές ...  
</ActualTrafficPerDay>

## Παράρτημα 2

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

```
=====
Day 1
<Uninformed Search Algorithm>: // name of the algorithm chosen
    Visited Nodes number: x
    Execution Time: x
    Path: A → B → C → D
    Predicted Cost: x
    Real Cost: x
IDA*:
    Visited Nodes number: x
    Execution Time: x
    Path: A → B → E → D
    Predicted Cost: x
    Real Cost: x
Day 2
<Uninformed Search Algorithm>:
    Visited Nodes number: x
    Execution Time: x
    Path: A → B → C → D
    Predicted Cost: x
    Real Cost: x
IDA*:
    Visited Nodes number: x
    Execution Time: x
    Path: A → B → C → D
    Predicted Cost: x
    Real Cost: x
.
.
...κ.ο.κ., ... συνολικά 80 φορές ...
```

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

**Καλή δουλειά και καλή επιτυχία!**