

# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2016

ΘΕΜΑ 1

## Περιγραφή

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας καλείστε να υλοποιήσετε το βασικό κορμό μιας ευφυούς υπηρεσίας εξυπηρέτησης πελατών ταξί. Συγκεκριμένα, θεωρούμε ότι υπάρχει ένας πελάτης που βρίσκεται σε μια ορισμένη τοποθεσία, ο οποίος διαθέτει κινητό τηλέφωνο με GPS και επιθυμεί να καλέσει ένα ταξί. Η υπηρεσία διαθέτει μια βάση δεδομένων με όλα τα διαθέσιμα ταξί και τη γεωγραφική θέση στην οποία βρίσκονται κάθε χρονική στιγμή, η οποία θεωρητικά θα πρέπει να ανανεώνεται συνεχώς. Η υπηρεσία θα πρέπει να εντοπίζει και να ειδοποιεί το ταξί που μπορεί να μεταβεί πιο γρήγορα στη θέση του πελάτη ώστε να τον εξυπηρετήσει. Για να το επιτύχει αυτό διαθέτει έναν χάρτη με πληροφορίες για την περιοχή ενδιαφέροντος.

## Δεδομένα

Για να υλοποιήσετε την υπηρεσία θα θεωρήσετε ότι σας δίνονται τα παρακάτω.

1. Ένα αρχείο `client.csv` που περιέχει τις γεωγραφικές συντεταγμένες του σημείου όπου βρίσκεται ο πελάτης. Το αρχείο έχει την εξής μορφή:

$X, Y$   
23.783842, 37.980879

όπου  $X$  είναι το γεωγραφικό μήκος και  $Y$  το γεωγραφικό πλάτος.

2. Ένα αρχείο `taxis.csv` που περιέχει έναν κατάλογο με τις γεωγραφικές συντεταγμένες και τους κωδικούς των ελεύθερων ταξί. Το αρχείο έχει την εξής μορφή:

$X, Y, id$   
23.741587, 37.984125, 100  
...

όπου  $X$  είναι το γεωγραφικό μήκος,  $Y$  το γεωγραφικό πλάτος και  $id$  ο κωδικός του ταξί.

3. Ένα αρχείο `nodes.csv` που περιέχει έναν κατάλογο με γεωγραφικές συντεταγμένες διαφόρων σημείων των οδών. Κάθε οδός αναγνωρίζεται από έναν κωδικό, και συνεπώς όλα τα σημεία του καταλόγου με τον ίδιο κωδικό αντιστοιχούν σε σημεία της ίδιας οδού. Στο αρχείο, τα σημεία κάθε οδού δίνονται ακολουθιακά το ένα μετά το άλλο. Τα σημεία κάθε οδού ορίζουν ευθύγραμμα τμήματα που είτε προσεγγίζουν καμπύλες διαδρομές είτε αντιστοιχούν σε σημεία τομής με άλλες οδούς. Συνεπώς ένα σημείο μπορεί να ανήκει σε περισσότερες από μία οδούς. Το αρχείο έχει την εξής μορφή:

$X, Y, id, name$   
23.7140723, 37.950289, 23181765,  
23.714813, 37.9497098, 23181765,  
23.7188913, 37.9491957, 23181771, Εφέσσου  
23.7184186, 37.949578, 23181771, Εφέσσου  
...

όπου  $X$  είναι το γεωγραφικό μήκος,  $Y$  το γεωγραφικό πλάτος του σημείου,  $id$  ο κωδικός της οδού στην οποία ανήκει και  $name$  το όνομα της οδού (δεν δίνεται πάντα).

Τα δεδομένα των οδών που σας δίνονται έχουν ληφθεί από το <http://www.openstreetmap.org>. Στο τέλος της άσκησης περιγράφεται η διαδικασία με την οποία μπορείτε να δημιουργήσετε δικά σας δεδομένα για κάποια άλλη περιοχή.

## Ζητούμενα

Χρησιμοποιώντας ως είσοδο τα δεδομένα που περιγράφηκαν παραπάνω καλείστε να κατασκευάσετε ένα πρόγραμμα σε Java, το οποίο να υπολογίζει το καταλληλότερο ταξί που θα πρέπει να κατευθυνθεί προς τον πελάτη. Συγκεκριμένα, θα επιλέγει το ταξί που πρέπει να διανύσει τη μικρότερη διαδρομή για να φτάσει στον πελάτη (επιπλέον κριτήρια καταλληλότητας θα μπορούσαν να εφαρμοστούν, για απλοποίηση όμως σε αυτή τη φάση τα αγνοούμε). Για τον υπολογισμό της διαδρομής θα υλοποιήσετε και θα χρησιμοποιήσετε τον αλγόριθμο  $A^*$  με ακτινωτή αναζήτηση. Το πρόγραμμα θα πρέπει να υπολογίζει για κάθε ταξί την συντομότερη

διαδρομή προς τον πελάτη και να επιλέγει το ταξί που βρίσκεται πιο κοντά. Ο αλγόριθμος A\* με ακτινωτή αναζήτηση είναι μια παραλλαγή του A\* που θέτει ένα μέγιστο όριο στο μέγεθος του μετώπου αναζήτησης που διατηρεί. Σε περίπτωση που το μέτωπο αναζήτησης υπερβεί αυτό το όριο, απορρίπτονται οι χειρότερες καταστάσεις που δεν χωρούν. Η υλοποίησή σας θα παίρνει το μέγιστο μέγεθος μετώπου αναζήτησης ως παράμετρο.

Για να μπορέσετε να χρησιμοποιήσετε τα δεδομένα των οδών θα κάνετε την απλουστευτική παραδοχή ότι όλες οι οδοί είναι διπλής κατεύθυνσης, επιτρέπουν την ίδια ταχύτητα κίνησης, και ότι όλα τα σημεία τομής είναι σημεία διασταύρωσης. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω του απλουστευμένου τρόπου λήψης των δεδομένων, σε αυτά μπορεί να περιέχονται και άλλες γεωγραφικές γραμμές που δεν αντιστοιχούν σε οδούς (πχ. μονοπάτια, υδάτινες οδοί, όρια περιοχών, κλπ). Στην εργασία αυτή, θα θεωρήσετε ότι όλα τα δεδομένα που σας δίνονται είναι οδοί όπου μπορούν να κινηθούν τα ταξί.

Για την οπτική απεικόνιση των διαδρομών στους χάρτες, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την ελεύθερη υπηρεσία My Maps της Google (<https://www.google.com/maps/d/>) όπου μπορείτε να κατασκευάσετε έναν νέο χάρτη και να προσθέσετε σε αυτόν διάφορα στρώματα (layers), καθένα από τα οποία μπορεί να είναι κάποιο KML αρχείο που μπορείτε να ανεβάσετε απευθείας από τον υπολογιστή σας. Ακολουθεί ένα παράδειγμα αρχείου KML κατάλληλου για τη συγκεκριμένη άσκηση. Στο αρχείο μπορούν να ορίζονται περισσότερες από μία διαδρομές, κάθε μία από τις οποίες να εμφανίζεται με διαφορετικό χρώμα. Αρχικά, στο τμήμα Style ορίζεται τα διαθέσιμα χρώματα και στη συνέχεια στα τμήματα Placemark δίνονται το όνομα, το χρώμα και οι συντεταγμένες κάθε διαδρομής. Στο αρχείο KML που θα κατασκευάσετε θα χρησιμοποιήσετε το πράσινο χρώμα για τη διαδρομή που αντιστοιχεί στο πλησιέστερο ταξί, και άλλα χρώματα για τις υπόλοιπες διαδρομές.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://earth.google.com/kml/2.1">
<Document>
  <name>Taxi Routes</name>
  <Style id="green">
    <LineStyle>
      <color>ff009900</color>
      <width>4</width>
    </LineStyle>
  </Style>
  <Style id="red">
    <LineStyle>
      <color>ff0000ff</color>
      <width>4</width>
    </LineStyle>
  </Style>
  <Placemark>
    <name>Taxi 1</name>
    <styleUrl>#green</styleUrl>
    <LineString>
      <altitudeMode>relative</altitudeMode>
      <coordinates>
        22.735289,38.006913,0
        ....
        22.783516,37.931722,0
      </coordinates>
    </LineString>
  </Placemark>
  <Placemark>
    <name>Taxi 2</name>
    <styleUrl>#red</styleUrl>
    <LineString>
      <altitudeMode>relative</altitudeMode>
      <coordinates>
        22.783516,37.931745,0
        ...
      </coordinates>
    </LineString>
  </Placemark>
  ...
</Document>
</kml>
```

Αφού κατασκευάσετε το σύστημα, καλείστε να το εκτελέσετε για τον συγκεκριμένο χάρτη, τοποθεσία πελάτη και τοποθεσίες ταξί που σας δίνονται, αλλά και για μια ακόμη διαφορετική τοποθεσία πελάτη και τοποθεσίες ταξί τις οποίες θα επιλέξετε εσείς. (Για

να βρείτε τις γεωγραφικές συντεταγμένες ενός σημείου μπορείτε να επισκεφθείτε τη διεύθυνση <https://www.google.gr/maps/>, να μεγεθύνετε στην περιοχή ενδιαφέροντος, να μετακινήσετε τον δείκτη του ποντικιού στο επιθυμητό σημείο, να πατήσετε δεξί κλικ και να επιλέξετε «Τι υπάρχει εδώ». Θα εμφανιστεί ένα μικρό παράθυρο που θα περιέχει τις συντεταγμένες του σημείου.) Αν επιθυμείτε, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και διαφορετικούς χάρτες. Για κάθε συνδυασμό χάρτη, τοποθεσίας πελάτη και τοποθεσιών ταξί, θα πρέπει να τρέξετε μερικά πειράματα με διαφορετικές τιμές για την παράμετρο μέγιστου μεγέθους μετώπου αναζήτησης. Για την εργασία αυτή θα πρέπει να παραδώσετε:

1. Μια συνοπτική αναφορά, όπου θα περιγράφετε τον γενικό σχεδιασμό του συστήματος και της υλοποίησης του αλγορίθμου και τον τρόπο μοντελοποίησης των δεδομένων. Θα πρέπει να αναφερθείτε στις δομές δεδομένων που χρησιμοποιήσατε, την υλοποίηση των συναρτήσεων εκτίμησης απόστασης, τον τρόπο με τον οποίο χειριστήκατε τις γεωγραφικές συντεταγμένες και τυχόν προεπεξεργασία που χρειάστηκε να κάνετε στα δεδομένα. Στην αναφορά, για κάθε διαφορετικό συνδυασμό χάρτη, τοποθεσιών ταξί και τοποθεσίας πελάτη, θα πρέπει να περιλάβετε πίνακες όπου να φαίνεται, για τα διάφορα μέγιστα μεγέθη μετώπου αναζήτησης, το πλήθος των βημάτων που εκτελεί ο αλγόριθμος, το πραγματικό μέγιστο μέγεθος του μετώπου αναζήτησης κατά την εκτέλεση, το μήκος της επιλεγόμενης διαδρομής, και η οπτική απεικόνιση των διαδρομών από το My Maps. Θα πρέπει επίσης να σχολιάσετε την επίδραση της τιμής του μέγιστου μεγέθους μετώπου αναζήτησης στα αποτελέσματα. Επηρεάζει και γιατί η τιμή αυτή την ικανότητα του αλγορίθμου να βρει λύση ή τη βέλτιστη λύση;
2. Τον πηγαίο κώδικα του προγράμματος Java.
3. Τα αρχεία KML που υπολογίστηκαν για τα δεδομένα που σας δόθηκαν (ένα για κάθε μέγεθος μετώπου αναζήτησης).
4. Τα αρχεία .csv για τα υπόλοιπα πειράματά σας και τα αντίστοιχα αρχεία KML που προέκυψαν.

## Κατασκευή επιπλέον χαρτών

Αν θέλετε, μπορείτε να κατασκευάσετε και να πειραματιστείτε και με χάρτες για άλλες περιοχές πέραν αυτού που σας δίνεται. Για αυτό θα χρειαστεί να κατεβάσετε δεδομένα για μια περιοχή της επιλογής σας και στη συνέχεια να τα μετατρέψετε στη μορφή που περιγράφεται στην αρχή της εργασίας.

Για την καταφόρτωση των δεδομένων η διαδικασία είναι η εξής.

1. Επισκεπτεστε την ιστοσελίδα <http://www.openstreetmap.org>
2. Πατάτε το πράσινο κουμπί Export που υπάρχει πάνω αριστερά.
3. Πατάτε τον σύνδεσμο Manually select a different area ώστε να μπορέσετε να επιλέξετε ένα ορθογώνιο που να αντιστοιχεί στην περιοχή που θέλετε.
4. Αφού επιλέξετε την περιοχή πατάτε το μπλε κουμπί Export ώστε να καταφορτώσετε στον υπολογιστή σας τα δεδομένα. Αυτά θα καταφορτωθούν σε ένα αρχείο τύπου .osm

Για την μετατροπή των δεδομένων θα πρέπει να καταφορτώσετε το σύστημα QGIS από το <http://www.qgis.org/en/site/>. Αφού το εγκαταστήσετε ακολουθείτε την εξής διαδικασία:

1. Εκτελείτε το πρόγραμμα QGIS Desktop.
2. Από το μενού Vector επιλέγετε OpenStreetMap > Import Topology from XML.
3. Επιλέγετε ως Input XML file (.osm) το αρχείο που καταφορτώσατε από το <http://www.openstreetmap.org>, π.χ. map.osm.
4. Πατάτε OK και κατόπιν Close. Αυτό θα δημιουργήσει στο δίσκο ένα αρχείο map.osm.db.
5. Από το μενού Vector επιλέγετε OpenStreetMap > Export Topology to Spatialite.
6. Επιλέγετε ως Input DB file το αρχείο που δημιουργήθηκε προηγουμένως.
7. Στο πλαίσιο Export type επιλέγετε Polylines (open ways), ενώ στο πλαίσιο Exported tags πατάτε το Load from DB και επιλέγετε κάποια πεδία, π.χ. το name,
8. Πατάτε OK και κατόπιν Close. Αυτό θα εισαγάγει τα δεδομένα σε ένα νέο Layer ονόματι map\_polylines και θα εμφανίσει έναν χάρτη της επιλεγμένης περιοχής όπου οι οδοί θα εμφανίζονται ως γραμμές.
9. Από το μενού Vector επιλέγετε Geometry Tools > Extract nodes.
10. Ως Input line or polygon vector layer επιλέγετε το map\_polylines
11. Καθορίζεται ένα όνομα για το αρχείο εξόδου στο Output shape file.
12. Πατάτε OK και κατόπιν Close. Αυτό θα δημιουργήσει κάποια αρχεία εξόδου και ένα νέο Layer με το όνομα που καθορίσατε για την έξοδο.

13. Επιλέγετε το νέο Layer
14. Από το μενού Layer επιλέγετε Save As...
15. Επιλέγετε ως Format το CSV, δίνετε ένα όνομα για το αρχείο εξόδου και πατάτε OK.
16. Το αρχείο που δημιουργήθηκε είναι το ζητούμενο αρχείο.