



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πληροφορικής

Εργαστήριο Διαχείρισης & Βέλτιστου Σχεδιασμού Δικτύων - NETMODE

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου, 157 80 Αθήνα, Τηλ: 210-772.2503, Fax: 210-772.1452

e-mail: maglaris@netmode.ntua.gr, URL: <http://www.netmode.ntua.gr>

Γραπτή Εξέταση στο Μεταπτυχιακό Μάθημα  
"ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ & ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ  
ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ"  
Εαρινό Εξάμηνο

14.06.2022

Διδάσκων: Β. Μάγκλαρης

Παρακαλώ απαντήστε σε όλες τις ερωτήσεις. **Διάρκεια 2,5 ώρες**

Στον τελικό βαθμό προσμετρώνται οι εργαστηριακές ασκήσεις και η προφορική τους εξέταση κατά 40%

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ!

**Θέμα 1<sup>ο</sup> (5%)**

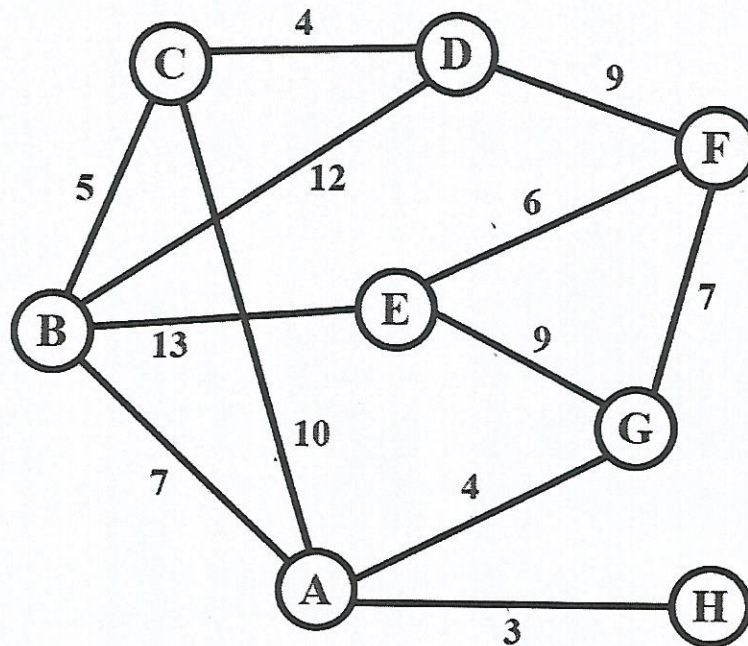
Να εξηγήσετε σε τι είδους μάθηση βασίζονται τα παρακάτω:

- (α) Αλγόριθμος Bellman-Ford
- (β) Autoencoders
- (γ) Radial Basis Function (RBF) Neural Network

**Θέμα 2<sup>ο</sup> (10%)**

- (α) Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στους αλγορίθμους Value και Policy Iteration;
- (β) Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στους αλγορίθμους Policy Iteration και του προσεγγιστικού αλγορίθμου Q-Learning;
- (γ) Να εκτελέσετε τον αλγόριθμο Bellman-Ford για να βρείτε τις συντομότερες διαδρομές από τον κόμβο Α προς τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου που φαίνεται στον ακόλουθο γράφο. Οι ζεύξεις του δικτύου είναι διπλής κατεύθυνσης (full duplex) και έχουν συμμετρικά κόστη. Κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου Bellman-Ford, οι κόμβοι του γράφου θα πρέπει να ανανεωθούν με την εξής σειρά: Α, Β, C, D, E, F, G, Η.





### Θέμα 3<sup>ο</sup> (5%)

Σε κάποιο βήμα του αλγορίθμου Simulated Annealing εξετάζετε τη μετάβαση του συστήματος από τη θέση  $x = 4$  στη θέση  $x = 5$ . Οι τιμές της ενέργειας του συστήματος δίνονται από τη συνάρτηση:  $E(x) = 6x^2 + 5x - 1$ . Η θερμοκρασία του συστήματος είναι  $T = 40$ . Για να αποφασίσετε αν θα πραγματοποιηθεί το βήμα αυτό, παράγετε έναν τυχαίο αριθμό  $a$  από την ομοιόμορφη κατανομή  $[0, 1]$ . Για ποιες τιμές του  $a$  θα εκτελεστεί το βήμα;

### Θέμα 4<sup>ο</sup> (14%)

(α) Με ποιον τρόπο μαθαίνουν οι autoencoders τα κύρια χαρακτηριστικά ενός dataset;

(β) Ποια είναι η ειδοποιός διαφορά ενός παραγωγικού (generative) και ενός διακριτικού (discriminative) μοντέλου στατιστικής ταξινόμησης; Να κατηγοριοποιήσετε τους παρακάτω αλγορίθμους με βάση την παραπάνω διάκριση και να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας: (i) Self-Organizing Maps (SOM), (ii) Restricted Boltzmann Machine (RBM), (iii) Long Short-Term Memory (LSTM).

(γ) Ο αλγόριθμος Metropolis-Hastings δημιουργεί δείγμα τυχαίων μεταβλητών από μία κατανομή πιθανοτήτων για την οποία υπάρχει αδυναμία υπολογισμού της σταθεράς κανονικοποίησης. Με ποιον τρόπο καταφέρνει ο αλγόριθμος Metropolis-Hastings να δώσει αποτελέσματα παρά το γεγονός ότι αγνοεί τη σταθερά κανονικοποίησης; Τι περιορισμό έχει το δείγμα τυχαίων μεταβλητών που δημιουργείται από τον αλγόριθμο;

(δ) Πώς διαφοροποιούνται τα δίκτυα LSTM από τα RNN; Να αναφέρετε ενδεικτικές εφαρμογές των LSTM.



### Θέμα 5° (20%)

α) Ποια είναι η παραδοχή που κάνει ο αλγόριθμος Naive Bayes Classifier και ποια πλεονεκτήματα προσφέρει;

β) Να εξηγήσετε ποιοι από τους παρακάτω αλγορίθμους είναι parametric και ποιοι non-parametric: (i) Bayes Classifiers, (ii) Decision Trees.

γ) Βασισμένοι στον παρακάτω πίνακα, να εκπαιδεύσετε έναν Naive Bayes Classifier που θα αποφασίζει αν ένα email είναι Spam ή όχι (Ham). Το training set περιλαμβάνει 3500 emails. Τα features είναι (i) το μέγεθος του email (μικρότερο/μεγαλύτερο από 200 χαρακτήρες, δηλαδή ΜΙΚΡΟ ή ΜΕΓΑΛΟ), (ii) η ύπαρξη ορθογραφικών λαθών (TYPO, NO-TYPO), (iii) το αν περιέχει τουλάχιστον ένα σύνδεσμο το email (LINK, NO-LINK). Ένα email είναι μεγάλου μεγέθους, περιέχει τρία ορθογραφικά λάθη και δύο συνδέσμους. Ποια είναι η εκτίμηση του μοντέλου για αυτό το email; (Για την εκπαίδευση του αλγορίθμου να εκτιμήσετε μόνο τις πιθανότητες που είναι απαραίτητες για την ταξινόμηση του email)

Μέγεθος	Ορθογραφικά	Σύνδεσμοι	Spam	Ham
ΜΙΚΡΟ	TYPO	LINK	180	370
ΜΕΓΑΛΟ	TYPO	LINK	330	90
ΜΙΚΡΟ	NO-TYPO	LINK	220	380
ΜΕΓΑΛΟ	NO-TYPO	LINK	270	220
ΜΙΚΡΟ	TYPO	NO-LINK	100	190
ΜΕΓΑΛΟ	TYPO	NO-LINK	170	50
ΜΙΚΡΟ	NO-TYPO	NO-LINK	220	260
ΜΕΓΑΛΟ	NO-TYPO	NO-LINK	380	70

δ) Σε περίπτωση εκπαίδευσης ενός Decision Tree για την επίλυση της παραπάνω ταξινόμησης, εξηγήστε ποιο feature (Μέγεθος, Ορθογραφικά, Σύνδεσμοι) θα επιλέγατε ως ρίζα του Decision Tree. Να χρησιμοποιήσετε το Gini Index.

### Θέμα 6° (6%)

Δίνεται ο πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης για μία αλυσίδα Markov. Να συμπληρώσετε τα κενά του πίνακα, να χωρίσετε την αλυσίδα σε μεταβατικές και επαναληπτικές κλάσεις και να βρείτε την αναλλοίωτη κατανομή των επαναληπτικών καταστάσεων.

$$\begin{pmatrix} ? & 0 & 0.3 & 0.2 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 & ? \\ 0 & 0.3 & 0 & 0 & ? \\ 0.6 & 0 & 0 & ? & 0.2 \\ ? & 0.2 & 0.8 & 0 & ? \end{pmatrix}$$