



Μάθημα: Ευφυή Συστήματα

Εισηγητής: Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος

Ακαδημαϊκό Έτος 2012-13

Εξάμηνο Χειμερινό

Α' Εξεταστική Περίοδος

Σημειώσεις : ανοιχτές

Διάρκεια εξέτασης: 2 ώρες

Ημ. εξέτασης: 8/2/2012

ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΤΑ ΤΕΣΣΕΡΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΕΝΤΕ ΘΕΜΑΤΑ

Θέμα 1. (2.5 Μονάδες) (Εκτιμώμενος χρόνος: 15 λεπτά)

Δίνεται ένα πρόβλημα αναγνώρισης προτύπων, όπου στόχος είναι ο διαχωρισμός σε δύο κλάσεις, την κλάση **A** και την κλάση **B**. Η κατηγοριοποίηση γίνεται με χρήση δύο μεταβλητών εισόδου x_1 και x_2 . Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται δεδομένα για τις δύο μεταβλητές εισόδου καθώς και ο

| x_1 | x_2 | Κλάση |
|-------|-------|-------|
| 2 | 3 | A |
| 6 | 6 | B |
| 4 | 8 | B |
| 4 | 2 | A |
| 1 | 2 | A |
| 1 | 6 | B |

χαρακτήρας στον οποίο αντιστοιχούν.

A) Απεικονίστε τα δεδομένα του πίνακα σε πρόχειρο γράφημα διασποράς με άξονες x_1 και x_2 . Με βάση το γράφημα, πιστεύετε ότι τα δεδομένα αυτά θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν με τη βοήθεια ενός νευρώνα Perceptron; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

B) Δίνονται δύο καινούργια δεδομένα με τις εξής

συντεταγμένες:

1^ο δεδομένο: $x_1=3, x_2=1$

2^ο δεδομένο: $x_1=3, x_2=6$

Σε ποια κλάση πιστεύετε ότι αντιστοιχεί το κάθε ένα από αυτά τα δεδομένα; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Γ) Περιγράψτε συνοπτικά τη διαδικασία εκμάθησης ενός νευρώνα Perceptron.

Θέμα 2. (2.5 Μονάδες) (Εκτιμώμενος χρόνος: 45 λεπτά)

Από έναν DC κινητήρα, συλλέγονται τα παρακάτω δεδομένα τάσης εισόδου (V_{in}) και γωνιακής ταχύτητας ρότορα (w_r) σε μόνιμη κατάσταση.

| Τάση Εισόδου V_{in} (V) | Γωνιακή ταχύτητα w_r (rad/s) |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |
| 5 | 5 |
| 8 | 7 |

Για περιοχή τάσεων εισόδου 1V – 10V, η σχέση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές μπορεί να δοθεί από μια εξίσωση της μορφής $\hat{y} = ax + b$, όπου με \hat{y} συμβολίζεται η πρόβλεψη του μοντέλου για την γωνιακή ταχύτητα και με x η τάση εισόδου.

A) Υπολογίστε τους συντελεστές a και b του γραμμικού μοντέλου. Δίνονται οι παρακάτω τύποι:

$$a = \frac{SS_{xy}}{SS_{xx}}, \text{ όπου } SS_{xy} = \sum_{j=1}^P x_j y_j - \frac{\sum_{j=1}^P x_j \sum_{j=1}^P y_j}{P} \text{ και } SS_{xx} = \sum_{j=1}^P (x_j)^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^P x_j\right)^2}{P}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}, \text{ όπου } \bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^P y_j}{P}, \bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^P x_j}{P}. \text{ Με } P \text{ συμβολίζεται το πλήθος των δεδομένων.}$$

B) Για το μοντέλο που κατασκευάσατε, υπολογίστε το μέσο απόλυτο σχετικό σφάλμα % (MARE%) και τον συντελεστή R^2 για τα διαθέσιμα δεδομένα. Δίνονται οι τύποι:

$$MARE\% = 100 \cdot \frac{\sum_{j=1}^P |y_j - \hat{y}_j|}{P}, R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}, SSE = \sum_{j=1}^P (y_j - \hat{y}_j)^2 \text{ και } SST = \sum_{j=1}^P (y_j - \bar{y})^2.$$

Με βάση τις τιμές των δεικτών που υπολογίσατε, θεωρείτε ότι ο συγκεκριμένος κινητήρας παρουσιάζει γραμμική συμπεριφορά;

Γ) Χρησιμοποιήστε το μοντέλο που κατασκευάσατε για να υπολογίσετε για ποια τάση εισόδου, η γωνιακή ταχύτητα ρότορα γίνεται ίση με 8 rad/s.

Θέμα 3. (2.5 Μονάδες) (Εκτιμώμενος χρόνος: 20 λεπτά)

Ένα ηλεκτρονικό σύστημα αναγνώρισης δαχτυλικών αποτυπωμάτων ανιχνεύει εάν ένα δαχτυλικό αποτύπωμα ανήκει σε κάποιο συγκεκριμένο άτομο ή όχι. Το σύστημα βασίζεται σε νευρωνικό δίκτυο Multilayer Perceptron (MLP) το οποίο λαμβάνει σαν εισόδους χαρακτηριστικά του δαχτυλικού αποτυπώματος, και αναλόγως το κατηγοριοποιεί. Συγκεκριμένα το δίκτυο MLP δέχεται σαν εισόδους 3 χαρακτηριστικά και προβλέπει εάν το δαχτυλικό αποτύπωμα ανήκει στο συγκεκριμένο άτομο ή όχι. Το νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από 2 κρυφές στοιβάδες που περιέχουν 3 και 2 νευρώνες αντίστοιχα.

| Αριθμός δεδομένου | Πραγματικότητα | Πρόβλεψη Νευρωνικού δικτύου* |
|-------------------|----------------|------------------------------|
| 1 | Match | Match |
| 2 | Match | Match |
| 3 | Match failed | Match |
| 4 | Match | Match |
| 5 | Match | Match |
| 6 | Match failed | Match failed |
| 7 | Match | Match failed |
| 8 | Match failed | Match failed |
| 9 | Match | Match |
| 10 | Match | Match failed |

* Match=ταυτοποίηση – Match failed=αποτυχία ταυτοποίησης

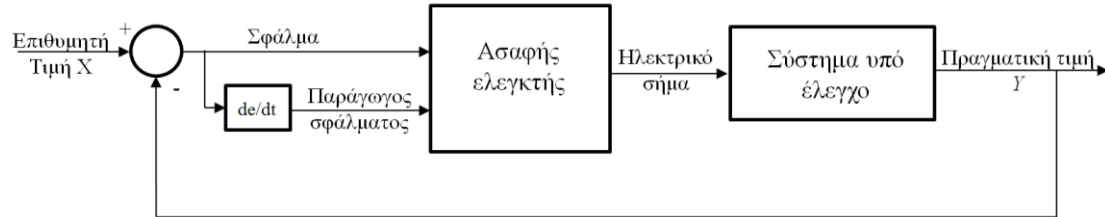
A) Σχεδιάστε σχηματικά το νευρωνικό δίκτυο (απεικονίζοντας τις κρυφές στοιβάδες, τις στοιβάδες εισόδου και εξόδου, καθώς και τις συνδέσεις μεταξύ τους).

B) Από τη λειτουργία του νευρωνικού δικτύου, συλλέχθηκαν τα δεδομένα του πίνακα. Με βάση αυτά, κατασκευάστε τον πίνακα σύγχυσης (confusion matrix) του συστήματος.

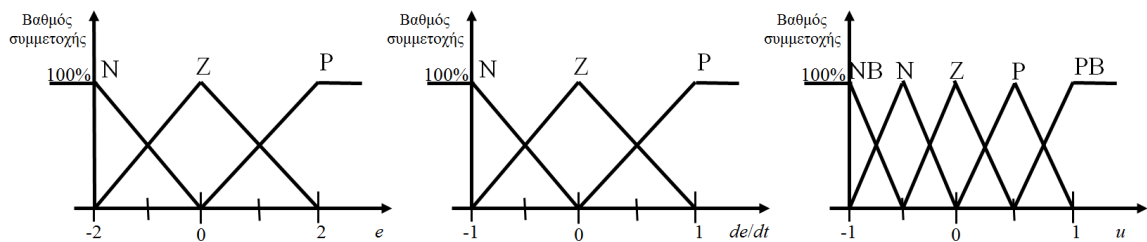
Γ) Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, εάν είχατε να επιλέξετε μεταξύ περισσότερων του ενός μοντέλων νευρωνικών δικτύων, βάσει ποιās κατηγορίας του Confusion Matrix θα κάνατε την επιλογή σας; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Θέμα 4. (2.5 Μονάδες) (Εκτιμώμενος χρόνος: 15 λεπτά)

Για τον έλεγχο ενός συστήματος, χρησιμοποιείται ασαφής ελεγκτής με εισόδους το σφάλμα (e) και την παράγωγο του σφάλματος (de/dt), σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.



Για την ασαφοποίηση των δύο εισόδων στον ελεγκτή χρησιμοποιούνται τρία ασαφή σύνολα (N: Αρνητικό, Z: Μηδέν, P: Θετικό) και την αποασαφοποίηση της εξόδου του ελεγκτή, πέντε ασαφή σύνολα (NB: Πολύ Αρνητικό, N: Αρνητικό, Z: Μηδέν, P: Θετικό, PB: Θετικό) τα οποία και δίνονται στα ακόλουθα διαγράμματα:



Α) Σχηματίστε πίνακα με τη βάση κανόνων του ασαφή ελεγκτή που χρειάζονται για τον έλεγχο του συστήματος. Βοηθητικά δίνονται οι τύποι υπολογισμού του σφάλματος και της παραγώγου του σφάλματος:

$$e(k) = X(k) - Y(k), \quad \frac{de}{dt}(k) = \frac{Y(k-1) - Y(k)}{\Delta t}$$

Εξηγήστε την επιλογή των κανόνων που κάνατε.

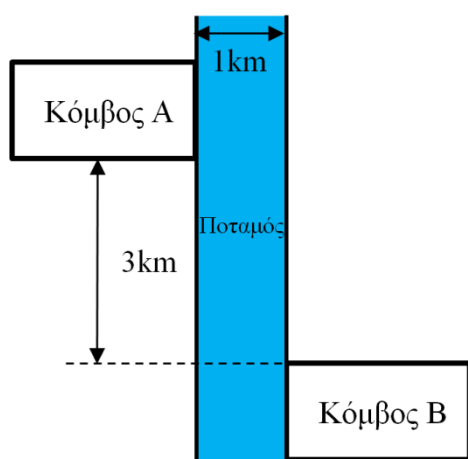
Β) Θεωρήστε ότι σε μια δεδομένη χρονική στιγμή το σφάλμα λαμβάνει την τιμή 1 και η παράγωγος του σφάλματος την τιμή -0.5. Δείξτε επάνω στα διαγράμματα ασαφοποίησης πως ασαφοποιούνται οι συγκεκριμένες εισοδοι και υπολογίστε το βαθμό συμμετοχής τους στα αντίστοιχα ασαφή σύνολα.

Γ) Για τις συγκεκριμένες τιμές των εισοδων του προηγούμενου ερωτήματος, διατυπώστε τους κανόνες που ενεργοποιούνται και βρείτε σε τι βαθμό ενεργοποιείται ο καθένας. Με βάση αυτή την

πληροφορία, γραμμοσκιάστε επάνω στο διάγραμμα αποασαφοποίησης της εξόδου, το αποτέλεσμα της ενεργοποίησης του κάθε κανόνα. Στη συνέχεια, με βάση τη γραμμοσκίαση που κάνατε, υπολογίστε την τιμή της εξόδου που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη είσοδο, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο κέντρου βάρους.

Θέμα 5. (2.5 Μονάδες) (Εκτιμώμενος χρόνος: 20 λεπτά)

Δύο τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι A και B θα πρέπει να συνδεθούν ενσύρματα. Ανάμεσα στους δύο κόμβους βρίσκεται ένας ποταμός με επίπεδη κοίτη και πλάτος 3km, ενώ οι δύο κόμβοι απέχουν 1km



κατά μήκος του ποταμού, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το κόστος για την αγορά και εγκατάσταση του τηλεπικοινωνιακού καλωδίου είναι 2000 €/km κατά μήκος της ξηράς και 4000 €/km κατά μήκος του νερού.

A) Ορίστε το ανωτέρω πρόβλημα ως πρόβλημα μαθηματικής βελτιστοποίησης, διατυπώνοντας τις μεταβλητές σχεδιασμού, την αντικειμενική συνάρτηση και τους περιορισμούς.

B) Επιλύστε το μαθηματικό πρόβλημα βελτιστοποίησης και υπολογίστε τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών σχεδιασμού, καθώς και το ελάχιστο κόστος για την αγορά του καλωδίου.

Βοηθητικά δίνεται η παράγωγος σύνθετης συνάρτησης: $(f(g(x)))' = f'(g(x))g'(x)$

Καλή επιτυχία

Ο Εισηγητής

**Αλεξανδρίδης Αλέξανδρος
Επίκουρος Καθηγητής**