

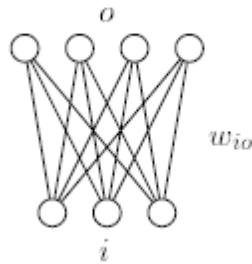
2η ΣΕΙΡΑ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ

ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΟΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΕΛΕΓΧΟ

Βουδριάς Δημήτριος

Ερώτηση 1

Στα αυτό-οργανούμενα δίκτυα (*self-organising networks*) είναι διαθέσιμο μόνο το πρότυπο εισόδου x^p . Μία διαδικασία μάθησης η οποία χρησιμοποιείται σε αυτό-οργανούμενα δίκτυα είναι η ανταγωνιστική μάθηση, η οποία χωρίζει τα πρότυπα εισόδου σε ομάδες (*clusters*) οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στα δεδομένα εισόδου. Σε ένα ανταγωνιστικό δίκτυο παρέχονται μόνο οι εισόδοι x , και η διαδικασία μάθησης γίνεται χωρίς δάσκαλο με ένα αλγόριθμο μάθησης βασισμένο σε μια μορφή ανταγωνισμού μεταξύ νευρώνων. Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται ένα δίκτυο ανταγωνιστικής μάθησης, όπου παρατηρείται ότι κάθε μία από τις εξόδους συνδέεται με όλες τις εισόδους.



Σχήμα 1: Ένα απλό δίκτυο ανταγωνιστικής μάθησης

Όταν εμφανίζεται ένα πρότυπο εισόδου ενεργοποιείται μόνο μια μονάδα εξόδου (νευρώνας) σύμφωνα με την αρχή «ο νικητής τα παίρνει όλα». Σε ένα σωστά εκπαιδευμένο δίκτυο όλα τα πρότυπα που ανήκουν σε μια συστοιχία θα αντιστοιχούν στον ίδιο νικητή νευρώνα.

Η επιλογή του νικητή:

Αν θεωρήσουμε ότι τα διανύσματα εισόδων x και τα διανύσματα βαρών είναι κανονικοποιημένα στην μοναδιαία σφαίρα τότε κάθε μονάδα εξόδου o υπολογίζει την τιμή ενεργοποίησης της y_o σύμφωνα με την σχέση του εσωτερικού γινομένου:

$$y_o = \sum_i w_{io} x_i = w_o^T x$$

Στο επόμενο στάδιο επιλέγεται ο νευρώνας εξόδου k με την μέγιστη τιμή ενεργοποίησης $y_k \geq y_o$ για κάθε $k \neq o$. Έπειτα μηδενίζονται όλες οι έξοδοι y έτσι ώστε $y_k = 1$ και $y_o = 0$. Αυτή είναι η ανταγωνιστική πλευρά του δικτύου και αναφερόμαστε στο επίπεδο εξόδου ως το «ο νικητής τα παίρνει όλα» επίπεδο.

Αν τα διανύσματα εισόδων **δεν είναι κανονικοποιημένα** τότε χρησιμοποιείται η ευκλείδεια απόσταση για την επιλογή του νικητή. Ο νικητής νευρώνας προκύπτει αυτός με την μικρότερη απόσταση από το πρότυπο εισόδου σύμφωνα με τον τύπο:

$$k: \|w_k - x\| \leq \|w_o - x\| \quad \forall o.$$

Τα είδη δικτύων στα οποία χρησιμοποιείται η ιδέα της ανταγωνιστικής μάθησης είναι αυτόοργανούμενα και απαντώνται σε προβλήματα όπως:

1. Ομαδοποίηση (*clustering*) όπως περιγράφηκε.
2. Κβαντικοποίηση διανυσμάτων (*vector quantization*). Σε αυτά τα προβλήματα ένας συνεχής χώρος διακριτοποιείται σε ασύνδετους υποχώρους, και το κάθε διάνυσμα του χώρου εισόδου συνοδεύεται από την ταμπέλα του χώρου στον οποίο ανήκει.
3. Μείωση της διάστασης (*dimensionality reduction*), όπου τα δεδομένα εισόδου ομαδοποιούνται σε υποχώρους με χαμηλότερη διάσταση από την διάσταση του χώρου εισόδου.
4. Εξαγωγή χαρακτηριστικών από σήματα εισόδου. Συνήθως σημαίνει μείωση διάστασης όπως στο 3.

Επίσης ο ανταγωνιστικός τρόπος μάθησης χρησιμοποιείται σε δίκτυα Kohonen, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν επέκταση των δικτύων ανταγωνιστικής μάθησης.

Τέλος χρησιμοποιείται σε ART δίκτυα τα οποία είναι αυτό-οργανούμενα αναδρομικά δίκτυα, δηλαδή τα δεδομένα δεν τροφοδοτούνται μόνο μπροστά, αλλά και από τις μονάδες εξόδου στις μονάδες εισόδου

Ερώτηση 2

Τρεις ομάδες δισδιάστατων διανυσμάτων σε ξεχωριστά αρχεία txt με τα ονόματα om1, om2 και om3 προκύπτουν από γκαουσιανές κατανομές με διαφορετικές μέσες τιμές και διασπορές. Δημιουργούμε επίσης ένα τέταρτο αρχείο om το οποίο περιέχει το σύνολο των 1000 στοιχείων για την υλοποίηση της ανταγωνιστικής μάθησης.

Αναπαράσταση των διανυσμάτων στον δισδιάστατο χώρο .

-- Εισαγωγή αρχείων στο Matlab --

```
a= load('om1.txt');  
b= load('om2.txt');  
c= load('om3.txt');
```

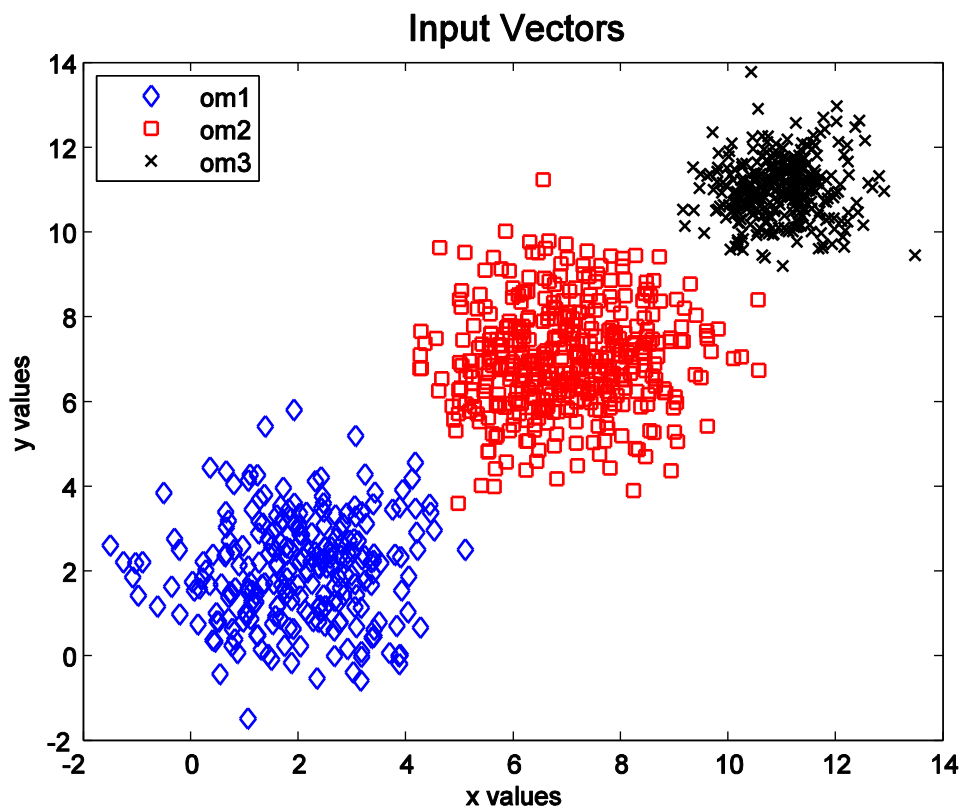
```
a_x=a(:,1);  
a_y=a(:,2);  
b_x=b(:,1);  
b_y=b(:,2);
```

```
c_x=c(:,1);  
c_y=c(:,2);
```

%--Γραφική παράσταση--

```
plot(a_x,a_y,'d','Color','blue','Linewidth',1)  
hold on  
plot(b_x,b_y,'s','Color','red','Linewidth',1)  
hold on  
plot(c_x,c_y,'x','Color','black','Linewidth',1)  
hold off  
h = legend('om1','om2','om3',2);  
title('Input Vectors','FontSize',14);  
xlabel('x values');  
ylabel('y values');
```

Οι γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν φαίνονται με διαφορετικό χρώμα στο σχήμα που ακολουθεί:



Στην συνέχεια δημιουργούμε το νευρωνικό δίκτυο και με την χρήση ανταγωνιστικής μάθησης μη κανονικοποιημένων εισόδων, εκπαιδεύουμε το δίκτυο με σκοπό την ομαδοποίηση των δεδομένων εισόδου σε τρεις ομάδες και καθορίζουμε τα κέντρα των ομάδων. Αυτό γίνεται με την βοήθεια της **του προγράμματος Matlab που ακολουθεί:**

```
clear all
clc
%--Δημιουργία δικτύου--

load om.txt;
p=load('om.txt');

%--Αρχικοποίηση βαρών ---
n1=round(1000*rand);
n2=round(1000*rand);
n3=round(1000*rand);
w1=p(n1,:);
w2=p(n2,:);
w3=p(n3,:);
w=[w1; w2 ;w3];

%--Γραφική παράσταση πριν την εκπαίδευση--
om_x=om(:,1);
om_y=om(:,2);
plot(om_x,om_y,'s','Color','blue','Linewidth',1);
hold on;
circles = plot(w(:,1),w(:,2),'x','Color','red','Linewidth',2);

% --Εκπαίδευση δικτύου

k=1000;
reps=400;
g=0.1;

for j=1:reps
    for i=1:k
        n1=norm(p(i,:)-w(1,:));
        n2=norm(p(i,:)-w(2,:));
        n3=norm(p(i,:)-w(3,:));
        x_k=p(i,:);

        if ((n1<n2)&&(n1<n3))
            w_k=w(1,:);
            w_k=w_k+g*(x_k-w_k);
            w(1,:)=w_k;
        else if((n2<n1)&&(n2<n3))
            w_k=w(2,:);
            w_k=w_k+g*(x_k-w_k);
            w(2,:)=w_k;
        else if((n3<n2)&&(n3<n1))
```

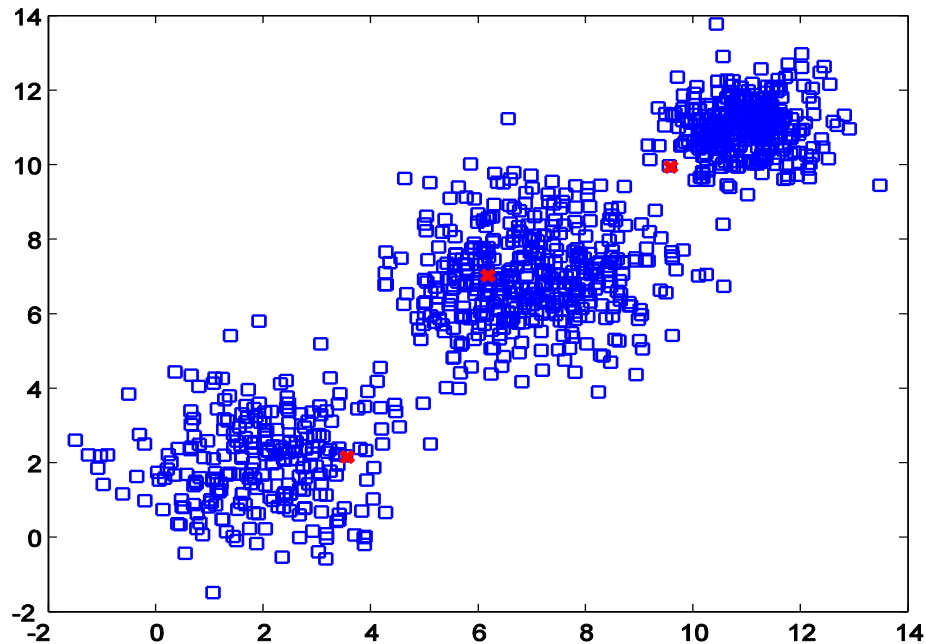
```

w_k=w(3,:);
w_k=w_k+g*(x_k-w_k);
w(3,:)=w_k;
end
end
end
end
end
w

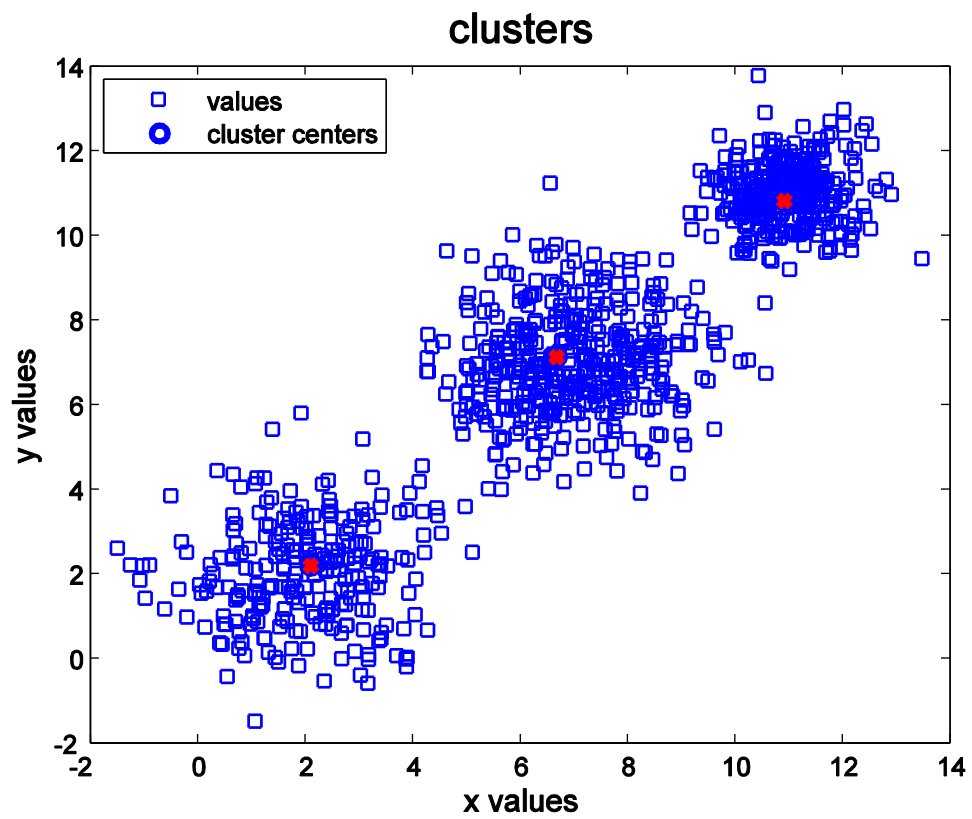
%- Γραφική παράσταση με τα νέα κέντρα ----
delete(circles);
plot(w(:,1),w(:,2),'o','Color','blue','Linewidth',2);
hold on
circles = plot(w(:,1),w(:,2),'x','Color','red','Linewidth',2.5);
h = legend('values','cluster centers',2);
title('clusters','FontSize',16);
xlabel('x values','FontSize',12);
ylabel('y values','FontSize',12);

```

Οι γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν πριν και μετά την εφαρμογή της ανταγωνιστικής μάθησης.



Τα κέντρα των τριών ομάδων αντίστοιχα είναι (10.8968 , 10.8402) για την om3, (6.6570 7.1447) για την om2, (2.0821 2.2160) για την om1.



Ερώτηση 3

Στην αρχιτεκτονική άμεσου αντιστρόφου νευρωνικού ελέγχου, η βασική ιδέα είναι να εκπαιδευτεί το ΤΝΔ ως το αντίστροφο δυναμικό μοντέλο του συστήματος που θέλουμε να μελετήσουμε. Το ΤΝΔ εκπαιδεύεται off-line με δεδομένα εισόδου-εξόδου. Μετά την εκπαίδευση του ΤΝΔ, αυτό χρησιμοποιείται ως ελεγκτής διαδιδόμενος προς τα μπροστά (*feedforward controller*) έτσι ώστε η σύνθεση του ΤΝΔ και του συστήματος συμπεριφέρονται ως ταυτοτική απεικόνιση. Το εκπαιδευμένο ΤΝΔ παράγει το επιθυμητό σήμα εισόδου για το σύστημα. (Σχήμα 2)

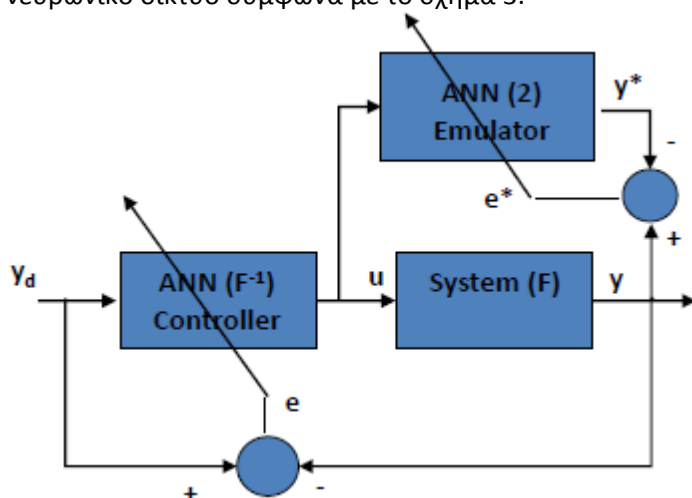


Σχήμα 2: Άμεσος αντιστροφος έλεγχος

Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική παρουσιάζει χαμηλή ευρωστία διότι το αντίστροφο μοντέλο δεν μπορεί να είναι ακριβές. Επίσης απαιτείται συχνή off-line εκπαίδευση με δεδομένα που δεν έχουν εισαχθεί προηγουμένως. Στην πραγματικότητα δεν έχει εφαρμογή σε ρεαλιστικές εφαρμογές.

Έμμεσος προσαρμοστικός αντιστροφος έλεγχος

Ο έμμεσος έλεγχος είναι πιο πολύπλοκος από τον άμεσο χρησιμοποιώντας ένα επιπρόσθετο νευρωνικό δίκτυο σύμφωνα με το σχήμα 3.



Σχήμα 2: Έμμεσος αντιστροφος έλεγχος

Εδώ το ΤΝΔ (ANN 2) προσεγγίζει δυναμικά το σύστημα F. Τα δύο ΤΝΔ εκπαιδεύονται αρχικά off-line και στη συνέχεια on-line χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του συστήματος.

Κατά την εκπαίδευση το ΤΝΔ 2 (εξομοιωτής του συστήματος) μαθαίνει τη δυναμική σχέση του με το σύστημα βασιζόμενο στο σφάλμα $e^* = y - y^*$ μεταξύ αυτού και του συστήματος F. Η εκπαίδευση εφαρμόζεται off-line ή on-line με τυχαία σήματα διέγερσης. Τελικά εφαρμόζεται οπισθόδρομη διάδοση σφάλματος με τον κανόνα back-propagation έτσι ώστε να χρησιμοποιείται το σφάλμα του ΤΝΔ 2 για την διόρθωση σφάλματος του ΤΝΔ 1.