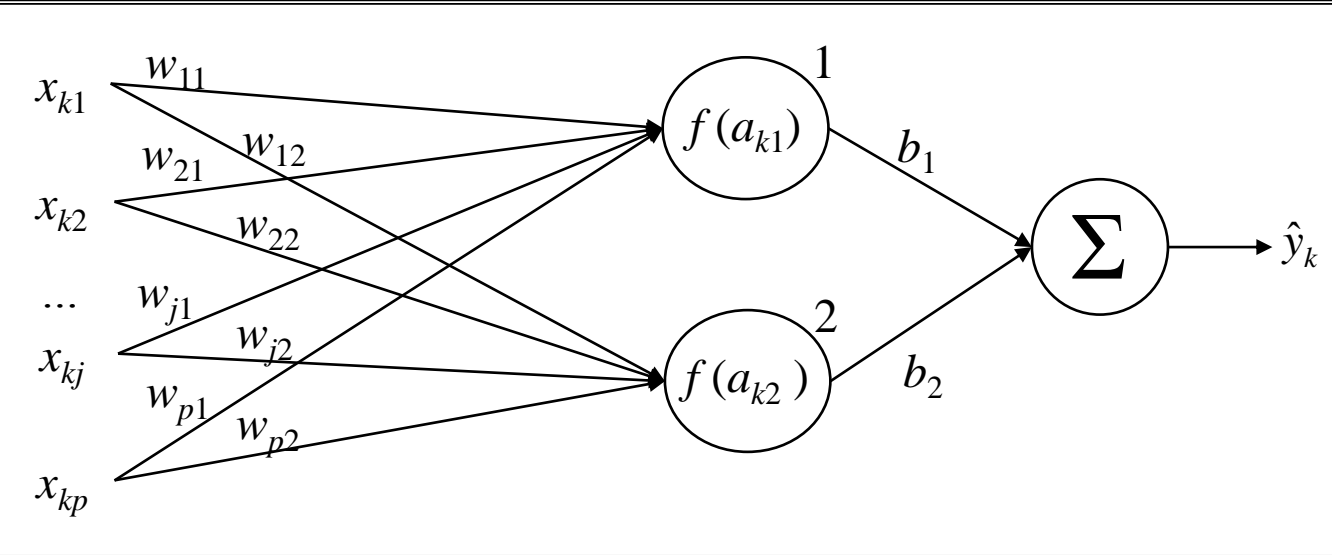


# **Μάθημα 8**

## **Εκπαίδευση Νευρωνικών Δικτύων Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (ΝΔΕΤ)**

**(ΣΥΝΕΧΕΙΑ)**

# Βασική Δομή Νευρωνικού Δικτύου Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (ΝΔΕΤ) με Δύο Τεχνητούς Νευρώνες



Συνεπώς, η έξοδος του ΝΔΕΤ με 2 νευρώνες είναι:

$$\hat{y}_k = f(a_{k1})b_1 + f(a_{k2})b_2 = \sum_{i=1}^2 f(a_{ki})b_i$$



$$a_{ki} = x_{k1}w_{1i} + x_{k2}w_{2i} + \dots + x_{kj}w_{ji} + \dots + x_{kp}w_{pi} = \sum_{j=1}^p x_{kj}w_{ji}$$



$$\hat{y}_k = \sum_{i=1}^2 f\left(\sum_{j=1}^p x_{kj}w_{ji}\right)b_i$$

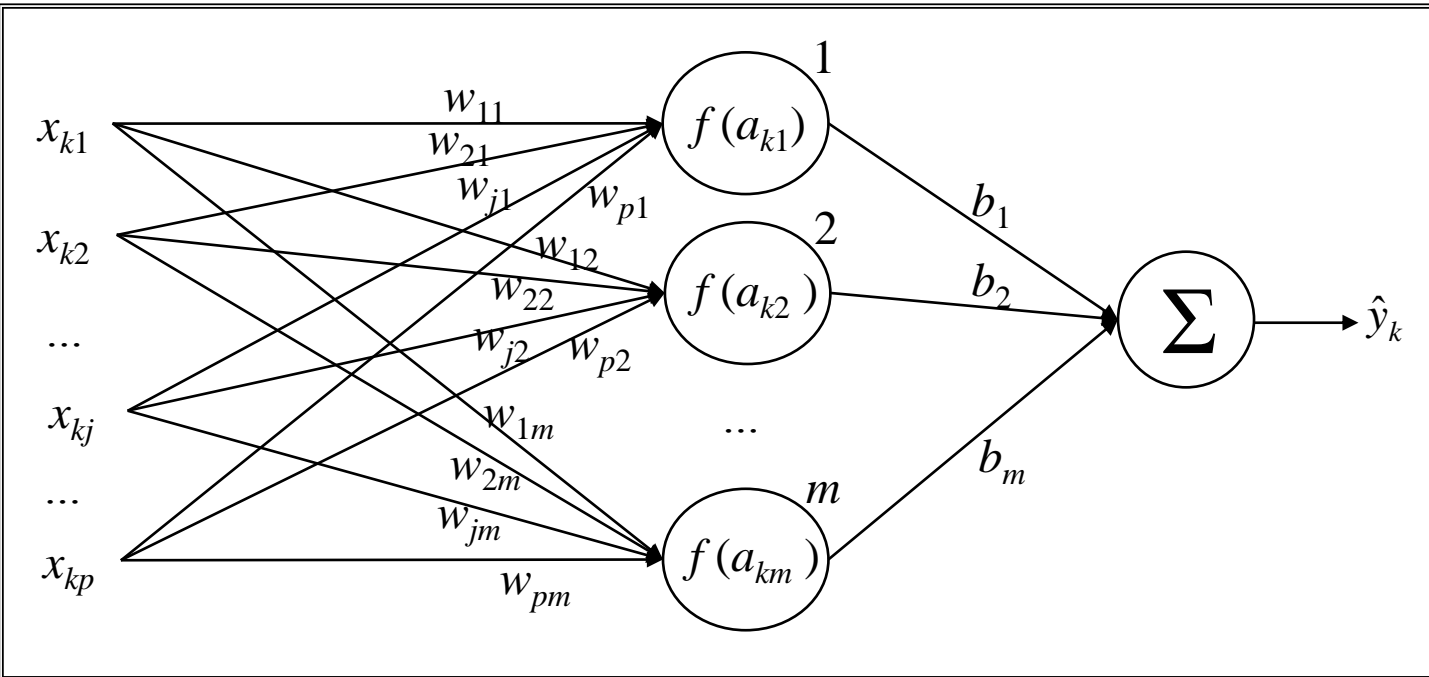


$$f(a_{ki}) = \frac{1}{1 + e^{-a_{ki}}} = \frac{1}{1 + \exp(-a_{ki})}$$



$$\hat{y}_k = \sum_{i=1}^2 \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_{j=1}^p x_{kj}w_{ji}\right)} b_i$$

# Βασική Δομή Νευρωνικού Δικτύου Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (ΝΔΕΤ) με $m$ Τεχνητούς Νευρώνες



Συνεπώς, η έξοδος του ΝΔΕΤ με  $m$  νευρώνες είναι:

$$\hat{y}_k = f(a_{k1})b_1 + f(a_{k2})b_2 + \dots + f(a_{km})b_m = \sum_{i=1}^m f(a_{ki})b_i$$

$$a_{ki} = x_{k1}w_{1i} + x_{k2}w_{2i} + \dots + x_{kj}w_{ji} + \dots + x_{kp}w_{pi} = \sum_{j=1}^p x_{kj}w_{ji}$$

$$\hat{y}_k = \sum_{i=1}^m f\left(\sum_{j=1}^p x_{kj}w_{ji}\right)b_i$$

$$f(a_{ki}) = \frac{1}{1 + e^{-a_{ki}}} = \frac{1}{1 + \exp(-a_{ki})}$$

$$\hat{y}_k = \sum_{i=1}^m \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_{j=1}^p x_{kj}w_{ji}\right)} b_i$$

## Συμπερασματικά

Έξοδος του ΝΔΕΤ με 2 νευρώνες:

$$\hat{y}_k = \sum_{i=1}^2 \frac{1}{1 + \exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})} b_i$$

Έξοδος του ΝΔΕΤ με  $m$  νευρώνες:

$$\hat{y}_k = \sum_{i=1}^m \frac{1}{1 + \exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})} b_i$$

Και στις δύο περιπτώσεις η συνάρτηση σφάλματος είναι:

$$E = \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k)^2$$

Για λόγους στατιστικής ευχέρειας στο πρόγραμμα εμφανίζουμε συνήθως την ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος  
Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k)^2}{N}}$$

# Εκπαίδευση Νευρωνικού Δικτύου Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (ΝΔΕΤ) με $m$ Τεχνητούς Νευρώνες Μέθοδος Καθοδικής Κλίσης (Gradient Descent Method)

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$E(w_{11}, w_{12}, \dots, w_{pm}, b_1, b_2, \dots, b_m) = \sum_{k=1}^N \left( y_k - \sum_{i=1}^m \frac{1}{1 + \exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})} b_i \right)^2$$

Κανόνες Εκμάθησης

Μερικές Παράγωγοι

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}} = (-2) \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k) \frac{\exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})}{\left(1 + \exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})\right)^2} x_{kj} b_i$$

$$w_{ji}^{new} = w_{ji}^{old} - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ji}^{old}} \Rightarrow w_{ji} = w_{ji} - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ji}}$$

$$\frac{\partial E}{\partial b_i} = (-2) \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k) \frac{1}{1 + \exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})}$$

$$b_i^{new} = b_i^{old} - \eta \frac{\partial E}{\partial b_i^{old}} \Rightarrow b_i = b_i - \eta \frac{\partial E}{\partial b_i}$$

# Εκπαίδευση Νευρωνικού Δικτύου Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (NΔΕΤ) με $m$ Τεχνητούς Νευρώνες Μέθοδος Καθοδικής Κλίσης (Gradient Descent Method)

## Προγραμματισμός στο software OCTAVE

Για την υλοποίηση και εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου θα γίνουν τρεις συναρτήσεις και ένα κυρίως πρόγραμμα

- Feedforward\_Neural\_Network.m : Κυρίως πρόγραμμα
- Estimated\_Output.m : Συνάρτηση που υπολογίζει την εκτιμώμενη έξοδο
- Error\_Function.m: Συνάρτηση που υπολογίζει την αντικειμενική συνάρτηση σφάλματος
- Derivatives.m: Συνάρτηση που υπολογίζει τις μερικές παραγώγους των συναπτικών βαρών

### Οδηγίες για το OCTAVE

Εντολές στο Command Window

- ✓ pkg list: δείχνει όλα τα πακέτα (packages) που έχετε κάνει Install στο Octave
- ✓ pkg load package\_name: φορτώνει στην RAM το πακέτο package\_name

# Εκπαίδευση Νευρωνικού Δικτύου Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (ΝΔΕΤ) με $m$ Τεχνητούς Νευρώνες Μέθοδος Καθοδικής Κλίσης (Gradient Descent Method)

## Συνάρτηση Derivatives.m

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}} = (-2) \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k) \frac{\exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})}{\left(1 + \exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})\right)^2} x_{kj} b_i$$

$$\frac{\partial E}{\partial b_i} = (-2) \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k) \frac{1}{1 + \exp(-\sum_{j=1}^p x_{kj} w_{ji})}$$

```
function [der_w,der_b] = Derivatives (N,p,m,x,y,y_est,w,b)
```

```
for k=1:N
    for i=1:m
        s(k,i)=0;
        for j=1:p
            s(k,i)=s(k,i)+x(k,j)*w(j,i);
        end
    end
end
end
```

```
for i=1:m
    for j=1:p
        sum1=0;
        for k=1:N
            r1=y(k)-y_est(k);
            r2=exp(-s(k,i))/(1+exp(-s(k,i)))^2;
            sum1=sum1+r1*r2*x(k,j)*b(i);
        end
        der_w(j,i)=(-2)*sum1;
    end
    sum2=0;
    for k=1:N
        sum2=sum2+(y(k)-y_est(k))/(1+exp(-s(k,i)));
    end
    der_b(i)=(-2)*sum2;
end
endfunction
```

# Εκπαίδευση Νευρωνικού Δικτύου Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (ΝΔΕΤ) με $m$ Τεχνητούς Νευρώνες Μέθοδος Καθοδικής Κλίσης (Gradient Descent Method)

## Κυρίως Πρόγραμμα FeedForward\_Neural\_Network.m

```
N=768; p=8; m=50; ni=0.00001;

x=xlsread('x_Data.xlsx');
y=xlsread('y_Data.xlsx');

for j=1:p
    for i=1:m
        w(j,i)=-0.01+rand*0.02;
    end
end

for i=1:m
    b(i)=-0.01+rand*0.02;
end

y_est = Estimated_Output (N,p,m,x,w,b);
Error = Error_Function (N,y,y_est);
RMSE=sqrt(E/N)

it=0;
while Error>1
    it=it+1
    [der_w,der_b] = Derivatives (N,p,m,x,y,y_est,w,b);
    for j=1:p
        for i=1:m
            w(j,i)=w(j,i)-ni*der_w(j,i);
        end
    end
    for i=1:m
        b(i)=b(i)-ni*der_b(i);
    end

    y_est = Estimated_Output (N,p,m,x,w,b);
    Error = Error_Function (N,y,y_est);
    RMSE=sqrt(E/N)
end
```



# Εκπαίδευση Νευρωνικού Δικτύου Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (ΝΔΕΤ) με $m$ Τεχνητούς Νευρώνες Μέθοδος Καθοδικής Κλίσης (Gradient Descent Method)

**Παράδειγμα: Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων (Energy Efficiency Data Set)**

UCI Repository: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Energy+efficiency>

## Μεταβλητές Εισόδου

- x1 Σχετικό Συμπαγές (Relative Compactness)
- x2 Συνολική Επιφάνεια (Surface Area)
- x3 Επιφάνεια Τοίχων (Wall Area)
- x4 Επιφάνεια Σκεπής (Roof Area)
- x5 Συνολικό Ύψος (Overall Height)
- x6 Προσανατολισμός Κτιρίου (Orientation)
- x7 Επιφάνεια Τζαμιών (Glazing Area)
- x8 Κατανομή Επιφάνειας Τζαμιών (Glazing Area Distribution)

## Μεταβλητές Εξόδου

- y1 Θερμικό Φορτίο (Heating Load)
- y2 Ψυκτικό Φορτίο (Cooling Load)
- ✓ Μόνο μία μεταβλητή εξόδου
- ✓ Επιλέγουμε την  $y=y_1$

# Εκπαίδευση Νευρωνικού Δικτύου Εμπρόσθιας Τροφοδότησης (ΝΔΕΤ) με $m$ Τεχνητούς Νευρώνες Μέθοδος Καθοδικής Κλίσης (Gradient Descent Method)

## Παράδειγμα: Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων (Energy Efficiency Data Set)

UCI Repository: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Energy+efficiency>

### Μεταβλητές Εισόδου

- x1 Σχετικό Συμπαγές (Relative Compactness)
- x2 Συνολική Επιφάνεια (Surface Area)
- x3 Επιφάνεια Τοίχων (Wall Area)
- x4 Επιφάνεια Σκεπής (Roof Area)
- x5 Συνολικό Ύψος (Overall Height)
- x6 Προσανατολισμός Κτιρίου (Orientation)
- x7 Επιφάνεια Τζαμιών (Glazing Area)
- x8 Κατανομή Επιφάνειας Τζαμιών (Glazing Area Distribution)

### Μεταβλητές Εξόδου

- y1 Θερμικό Φορτίο (Heating Load)
- y2 Ψυκτικό Φορτίο (Cooling Load)

- ✓ Μόνο μία μεταβλητή εξόδου
- ✓ Επιλέγουμε την  $y=y_1$

Το αρχείο που κατεβάζουμε από το παραπάνω link είναι το: ENB2012\_data.xlsx

Στην συνέχεια επιλέγουμε τα δεδομένα εισόδου και τα αποθηκεύουμε στο: x\_Data.xlsx

Και την μεταβλητή  $y=y_1$  την αποθηκεύουμε στο: y\_Data.xlsx

Πριν τρέξουμε το πρόγραμμα, στο Command Window του OCTAVE πληκτρολογούμε: pkg load io

Η παραπάνω εντολή επιτρέπει το διάβασμα και την εκτύπωση δεδομένων.

Τέλος, το διάβασμα των αρχείων είναι: `x=xlsread('x_Data.xlsx');` `y=xlsread('y_Data.xlsx');`

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή Βοήθεια Κοινή χρήση Σχόλια

Επικόλληση Πρόχειρο Γραμματοσειρά Στοιχισμός Αριθμός Στυλ Κελιά Επεξεργασία Ευαισθησία

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Y1	Y2			
56	0.90	563.50	318.50	122.50	7.00	4	0.10	1	29.14	29.58			
57	0.90	563.50	318.50	122.50	7.00	5	0.10	1	28.09	34.33			
58	0.86	588.00	294.00	147.00	7.00	2	0.10	1	26.28	30.89			
59	0.86	588.00	294.00	147.00	7.00	3	0.10	1	26.91	25.60			
60	0.86	588.00	294.00	147.00	7.00	4	0.10	1	26.37	27.03			
61	0.86	588.00	294.00	147.00	7.00	5	0.10	1	25.27	31.73			
62	0.82	612.50	318.50	147.00	7.00	2	0.10	1	23.53	27.31			
63	0.82	612.50	318.50	147.00	7.00	3	0.10	1	24.03	24.91			
64	0.82	612.50	318.50	147.00	7.00	4	0.10	1	23.54	24.61			
65	0.82	612.50	318.50	147.00	7.00	5	0.10	1	22.58	28.51			
66	0.79	637.00	343.00	147.00	7.00	2	0.10	1	35.56	41.68			
67	0.79	637.00	343.00	147.00	7.00	3	0.10	1	37.12	35.28			
68	0.79	637.00	343.00	147.00	7.00	4	0.10	1	36.90	34.43			
69	0.79	637.00	343.00	147.00	7.00	5	0.10	1	35.94	43.33			
70	0.76	661.50	416.50	122.50	7.00	2	0.10	1	32.96	33.87			
71	0.76	661.50	416.50	122.50	7.00	3	0.10	1	32.12	34.07			
72	0.76	661.50	416.50	122.50	7.00	4	0.10	1	32.94	34.14			
73	0.76	661.50	416.50	122.50	7.00	5	0.10	1	32.21	33.67			
74	0.74	686.00	245.00	220.50	3.50	2	0.10	1	10.36	13.43			
75	0.74	686.00	245.00	220.50	3.50	3	0.10	1	10.43	13.71			
76	0.74	686.00	245.00	220.50	3.50	4	0.10	1	10.36	13.48			
77	0.74	686.00	245.00	220.50	3.50	5	0.10	1	10.39	13.70			
78	0.71	710.50	269.50	220.50	3.50	2	0.10	1	10.71	13.80			
79	0.71	710.50	269.50	220.50	3.50	3	0.10	1	10.80	14.28			

**Ευαισθησία**

Εφαρμόστε μια ετικέτα ευαισθησίας στο περιεχόμενό σας, έτσι ώστε να συμμορφώνεται με τις πολιτικές προστασίας πληροφοριών του οργανισμού σας.

[Περισσότερες πληροφορίες](#)

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή Βοήθεια Κοινή χρήση Σχόλια

Επικόλληση Πρόχειρο Γραμματοσειρά Στοιχισμός Αριθμός Στυλ Κελιά Επεξεργασία Ευαισθησία

Calibri 11 Γενική

Μορφοποίηση υπό όρους Μορφοποίηση ως πίνακα Στυλ κελιών

Εισαγωγή Διαγραφή Μορφοποίηση

Ταξινόμηση και φίλτράρισμα Εύρεση & επιλογή

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	0.98	514.5	294	110.25	7	2	0	0															
2	0.98	514.5	294	110.25	7	3	0	0															
3	0.98	514.5	294	110.25	7	4	0	0															
4	0.98	514.5	294	110.25	7	5	0	0															
5	0.9	563.5	318.5	122.5	7	2	0	0															
6	0.9	563.5	318.5	122.5	7	3	0	0															
7	0.9	563.5	318.5	122.5	7	4	0	0															
8	0.9	563.5	318.5	122.5	7	5	0	0															
9	0.86	588	294	147	7	2	0	0															
10	0.86	588	294	147	7	3	0	0															
11	0.86	588	294	147	7	4	0	0															
12	0.86	588	294	147	7	5	0	0															
13	0.82	612.5	318.5	147	7	2	0	0															
14	0.82	612.5	318.5	147	7	3	0	0															
15	0.82	612.5	318.5	147	7	4	0	0															
16	0.82	612.5	318.5	147	7	5	0	0															
17	0.79	637	343	147	7	2	0	0															
18	0.79	637	343	147	7	3	0	0															
19	0.79	637	343	147	7	4	0	0															
20	0.79	637	343	147	7	5	0	0															
21	0.76	661.5	416.5	122.5	7	2	0	0															
22	0.76	661.5	416.5	122.5	7	3	0	0															
23	0.76	661.5	416.5	122.5	7	4	0	0															
24	0.76	661.5	416.5	122.5	7	5	0	0															
25	0.74	686	245	220.5	3.5	2	0	0															
26	0.74	686	245	220.5	3.5	3	0	0															
27	0.74	686	245	220.5	3.5	4	0	0															
28	0.74	686	245	220.5	3.5	5	0	0															
29	0.71	710.5	269.5	220.5	3.5	2	0	0															

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή Βοήθεια

Κοινή χρήση Σχόλια

Microsoft Excel ribbon with various tool groups: Font (Calibri, 11), Paragraph (B, I, U), Styles (General), Numbers (%, 000), Tables (Grid, Table), Cells (Insert, Delete, Format), References (Sum, Sort, Find), and Sensitivity (Sensitivity).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	15.55																						
2	15.55																						
3	15.55																						
4	15.55																						
5	20.84																						
6	21.46																						
7	20.71																						
8	19.68																						
9	19.5																						
10	19.95																						
11	19.34																						
12	18.31																						
13	17.05																						
14	17.41																						
15	16.95																						
16	15.98																						
17	28.52																						
18	29.9																						
19	29.63																						
20	28.75																						
21	24.77																						
22	23.93																						
23	24.77																						
24	23.93																						
25	6.07																						
26	6.05																						
27	6.01																						
28	6.04																						
29	6.37																						