

# Αυτο-οργανούμενα δίκτυα

Κώστας Διαμαντάρας  
Τμήμα Πληροφορικής  
ΤΕΙ Θεσσαλονίκης

# Το δίκτυο SOM

Self Organizing Map (SOM)

Teuvo Kohonen, Self organization and associative memory, 3<sup>rd</sup> ed., Springer Verlag 1989

- Εκπαίδευση χωρίς επίβλεψη = χωρίς τιμές στόχους
- Ανταγωνισμός μεταξύ των νευρώνων
- Τοπογραφική ταξινόμηση
- Έννοια της γειτνίασης

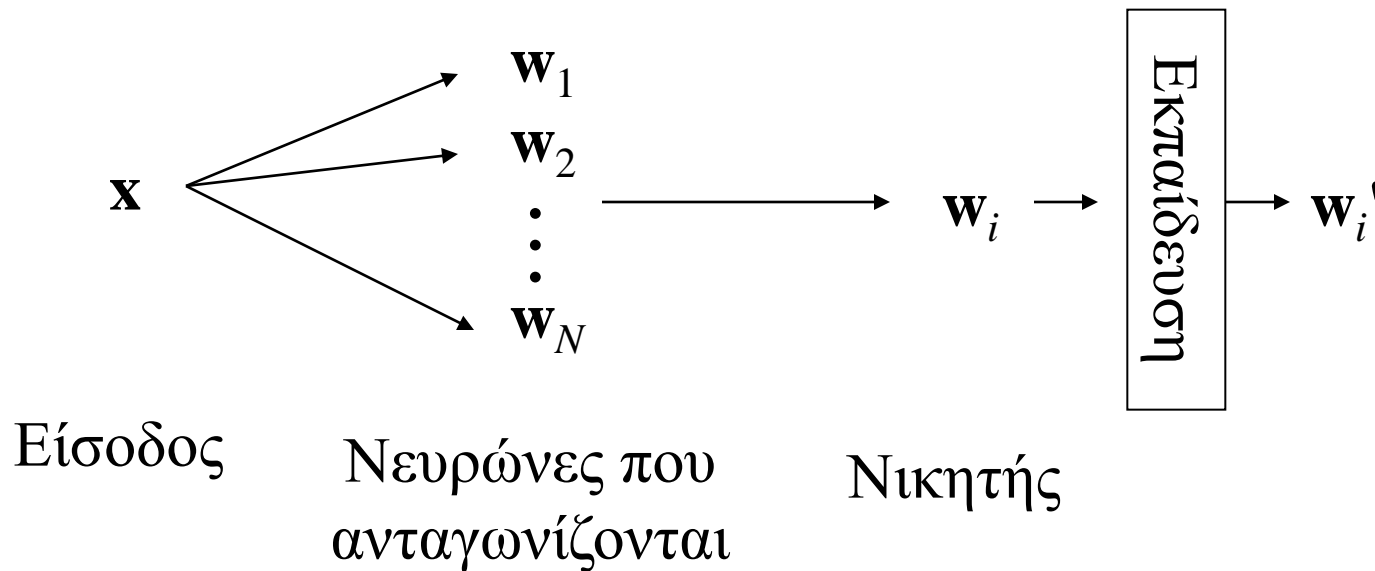
# Τοπογραφικοί χάρτες

Θέση της περιοχής που διεγείρεται στον εγκέφαλο σχετική με τη θέση, την ποιότητα ή τα χαρακτηριστικά της διέγερσης εισόδου. Πχ.

- Οπτικός φλοιός
  - Χάρτης κατεύθυνσης ακμών
  - Χάρτης χρωμάτων
- Ακουστικός φλοιός
  - Τονοτοπικός χάρτης
- Απτικός φλοιός
  - Σωματοτοπικός χάρτης
  - Κινητικός χάρτης
- κλπ

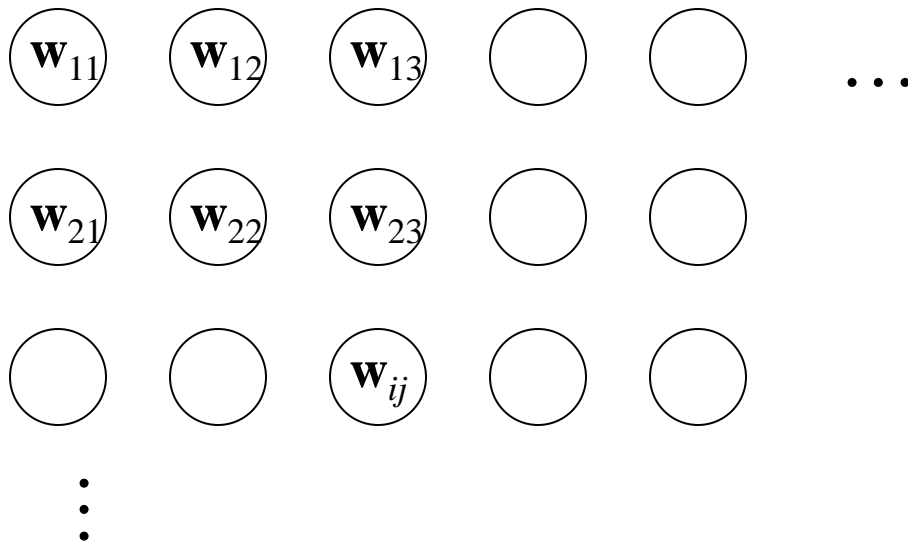
# Ανταγωνιστική μάθηση

- Competitive learning



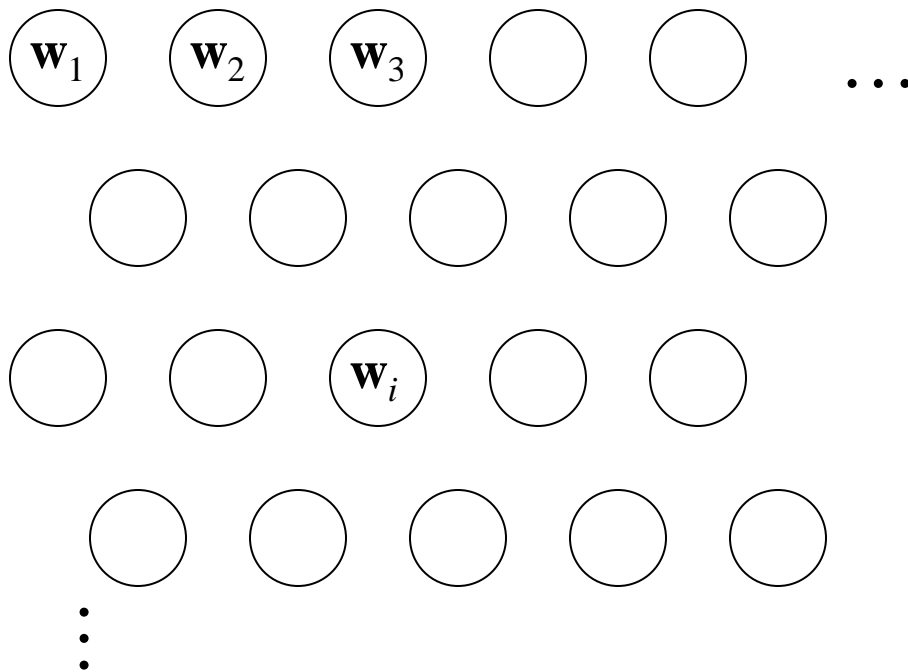
# Τοπογραφική δομή SOM

- Τετραγωνική



# Τοπογραφική δομή SOM

- Εξαγωνική



# SOM: Κριτήριο ανταγωνισμού

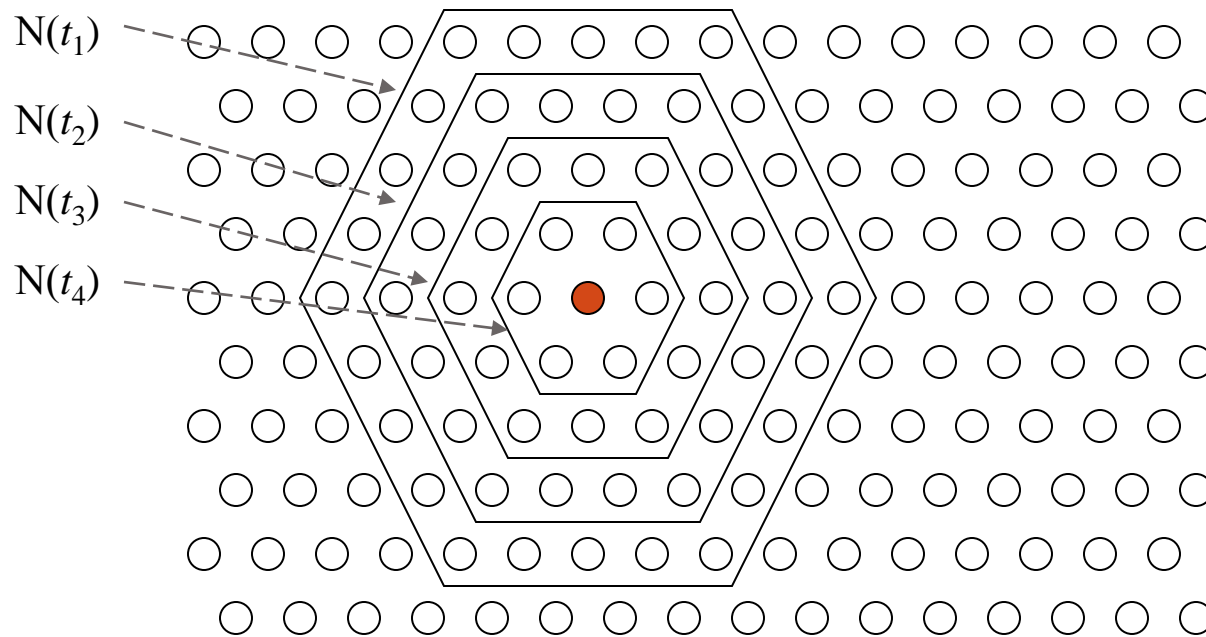
- Όλα τα κύτταρα δέχονται την ίδια είσοδο  $\mathbf{x}$
- Νικητής = το κύτταρο εκείνο του οποίου το διάνυσμα συναπτικών βαρών  $\mathbf{w}_i$  είναι πιο όμοιο με την είσοδο  $\mathbf{x}$
- Κριτήριο ομοιότητας: τετραγωνικό σφάλμα

$$s_i = || \mathbf{w}_i - \mathbf{x} ||^2 = \sum_j (w_{i,j} - x_j)^2$$

$$\mathbf{w}_i = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}]^T$$

# SOM: Εκπαίδευση

- Εκπαιδεύεται ο νικητής και η γειτονιά του





## SOM: Εκπαίδευση (2)

- Κανόνας εκπαίδευσης

$$\mathbf{w}_i(t+1) = \mathbf{w}_i(t), \quad \text{αν } i \notin N \text{ (δεν εκπαιδεύεται)}$$

$$\mathbf{w}_i(t+1) = \mathbf{w}_i(t) + \beta(t)[\mathbf{x}(t) - \mathbf{w}_i(t)], \quad \text{αν } i \in N$$

*Αποτέλεσμα: Την επόμενη φορά που είσοδος θα είναι το  $\mathbf{x}$  τα διανύσματα  $\mathbf{w}_i(t)$  της γειτονιάς  $N$  θα είναι ακόμη πιο όμοια με το  $\mathbf{x}$  και άρα ακόμη πιο πιθανά να νικήσουν στον ανταγωνισμό*

$$|| \mathbf{w}_i(t+1) - \mathbf{x}(t) || < || \mathbf{w}_i(t) - \mathbf{x}(t) ||$$

# SOM: Εκπαίδευση (3)

- $\beta(t)$  : βήμα εκπαίδευσης, μειώνεται με το χρόνο σταδιακά στο μηδέν

$$0 < \beta(t) < 1$$

- Η γειτονιά συρρικνώνεται με το χρόνο. Στο τέλος εκπαιδεύεται μόνο ο νικητής, ή μόνο ο νικητής και οι άμεσοι γείτονές του
- Φιλοσοφία: Όμοιες είσοδοι αντιστοιχούν σε γειτονικούς νευρώνες  $\rightarrow$  ομαδοποίηση προτύπων (clustering)

# SOM: Οδηγίες υλοποίησης

1. Για καλή στατιστική σύγκλιση απαιτούνται αρκετά βήματα. Καλός κανόνας:

$$[\text{Πλήθος βημάτων}] > 500 \times [\text{Πλήθος νευρώνων}]$$

2. Για τα πρώτα 1000 βήματα το  $\beta(t)$  πρέπει να είναι κοντά στο 1. Κατόπιν να μειώνεται σταδιακά. Πχ.

$$\beta(t) = 0.9 (1 - t/1000)$$

3. Γειτονιά  $N$  αρκετά μεγάλη στην αρχή (πχ. όλος ο χάρτης!). Στα πρώτα 1000 βήματα η ακτίνα του  $N$  μειώνεται σταδιακά (πχ. γραμμικά) στο 1 ή 2. Τελικά

$$N = \text{ο νικητής} + \text{οι άμεσοι γείτονες}$$

# Εφαρμογές

- Χάρτης φωνημάτων
- Φωνητική γραφομηχανή
- Σημασιολογικός χάρτης
- Ρομποτικός έλεγχος
- Βιομηχανικός έλεγχος
- Κατανόηση προτάσεων
- Βελτιστοποίηση
- Επεξεργασία ραντάρ
- Επεξεργασία σημάτων τηλεπικοινωνίας
- κλπ

# Ταξινόμηση φωνημάτων

a a a ah h æ œ ø ø e e e  
o a a h r æ l ø y y j i  
o o a h r r r η η y j i  
o o m a r m n m n j i i  
l o u h v vm n n h hj j j  
l u v v p d d t r h hi j  
. . u v tk k p p p r k s  
. . v k pt t p t p h s s

# Σημασιολογικός χάρτης

Bob/Jim/Mary 1		ΠΙΠΟΤΑΣΕΙΣ
Horse/dog/cat 2	1-9-4	Mary likes meat
Beer/water 3	1-6-15	Jim speaks well
Meat/bread 4	1-9-1	Mary likes Jim
Runs/walks 5	1-11-14	Jim eats often
Works/speaks 6	1-8-4	Mary buys meat
Visits/phones 7	2-10-13	Dog drinks fast
Buys/sells 8	2-9-4	Horse hates meat
Likes/hates 9	1-11-14	Jim eats seldom
Drinks/eats 10/11	1-8-4	Bob buys meat
Much/little 12	2-5-13	Cat walks slowly
Fast/slowly 13	1-11-4	Jim eats bread
Often/seldom 14	2-9-1	Cat hates Jim
Well/poorly 15	1-8-3	Bob sells beer, κλπ

# Σημασιολογικός χάρτης (2)

