

Εισαγωγή στα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα και στη Μάθηση

Διαφάνειες από ΕΑΠ-ΠΛΗ31

Α. Λύκας, Παν. Ιωαννίνων

Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ) (Artificial Neural Networks)

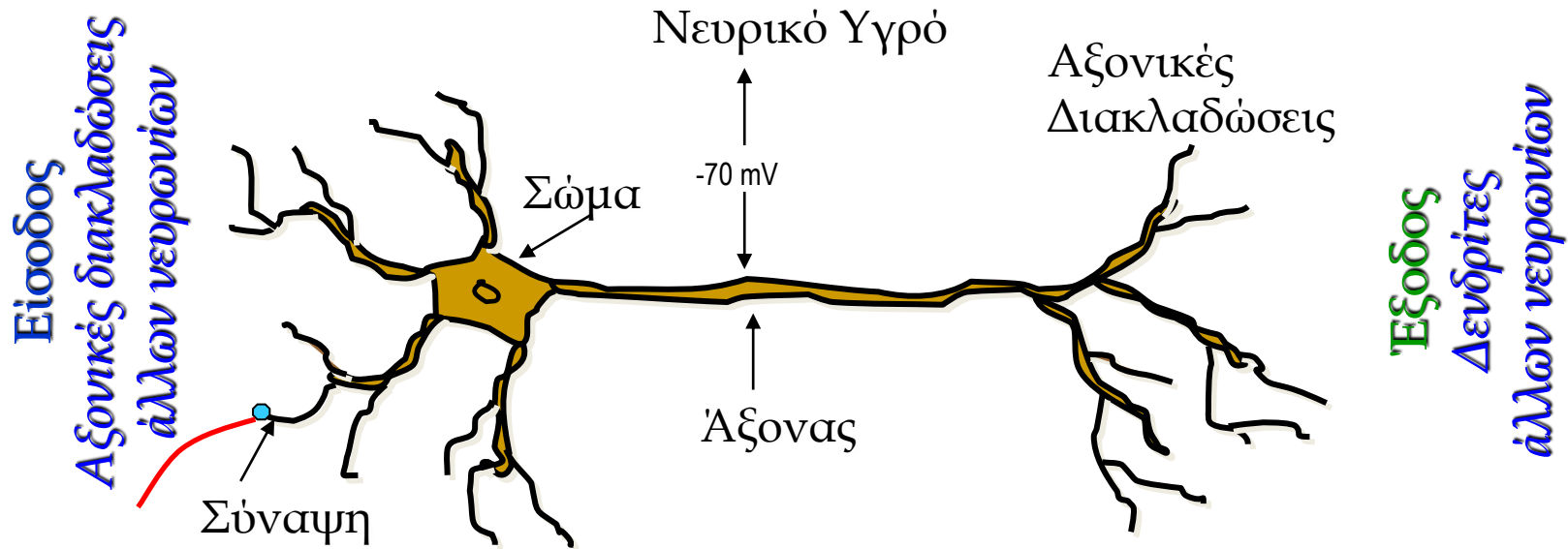
- ΤΝΔ: προέκυψαν από την ανάγκη να φτιάξουμε **τεχνητά συστήματα** (μηχανές, κυκλώματα) που να **μιμούνται τον τρόπο λειτουργίας του βιολογικού εγκεφάλου** (βιολογικά νευρωνικά δίκτυα)
- Πρόβλημα: δεν ξέρουμε ακόμα (με ακρίβεια) πώς λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος!
- 1950: απλουστευμένα μαθηματικά μοντέλα του εγκεφάλου.
- Τα πρώτα ΤΝΔ: προσομοίωση αυτών των μοντέλων σε υπολογιστή (επίλυση στοιχειωδών προβλημάτων)

Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ) (Artificial Neural Networks)

Βιολογικό ανάλογο:

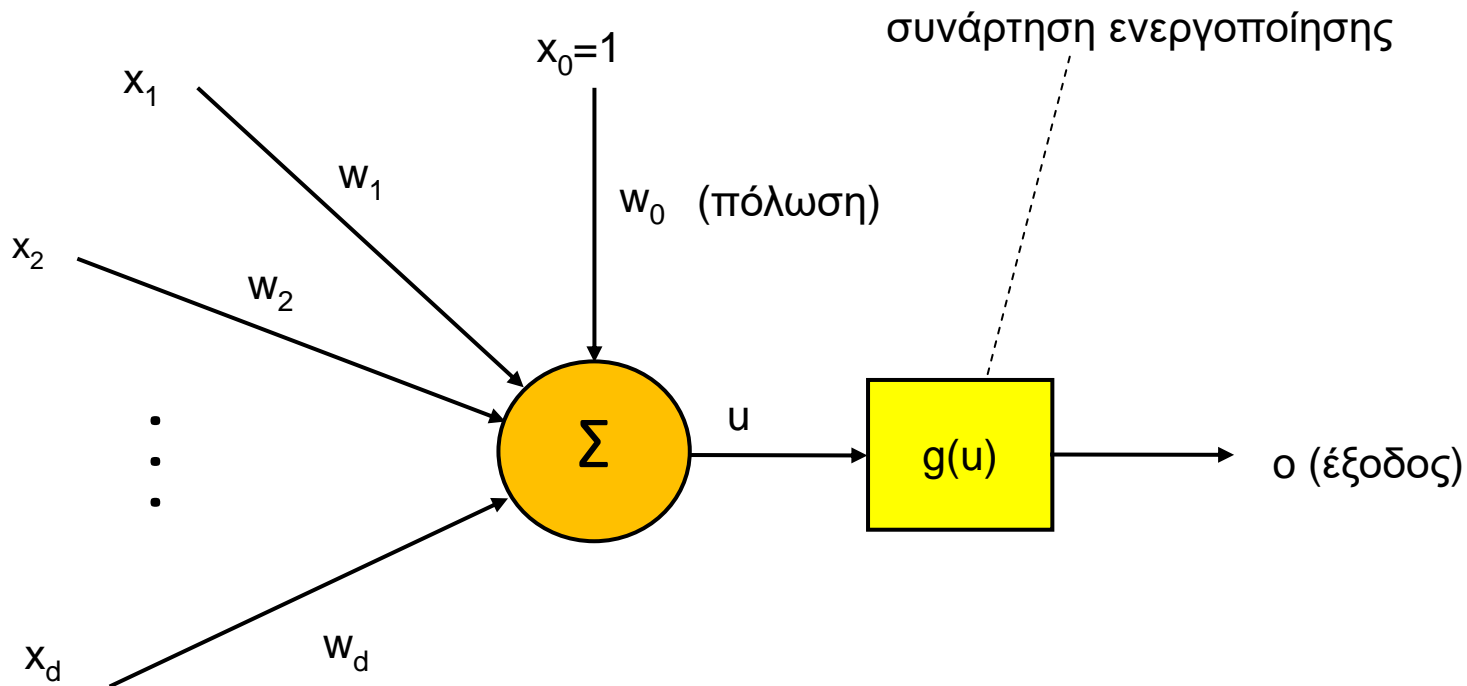
- Ο εγκέφαλος αποτελείται από ένα τεράστιο αριθμό διασυνδεδεμένων **νευρώνων (neurons)**, δηλαδή νευρικών κυττάρων.
- Κάθε νευρώνας
 - δέχεται ερεθίσματα (εισόδους) από άλλα κύτταρα μέσω συνδέσεων τα οποία επηρεάζουν την κατάστασή του και, ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται
 - στέλνει ερεθίσματα (εξόδους) για να επηρεάσει με τη σειρά του την κατάσταση άλλων νευρώνων.
- Κάθε σύνδεση μεταξύ δύο νευρώνων χαρακτηρίζεται από μια **τιμή ισχύος (συναπτικό δυναμικό)** η οποία υποδηλώνει πόσο ισχυρή είναι η μεταξύ τους αλληλεπίδραση.

Ο Βιολογικός Νευρώνας



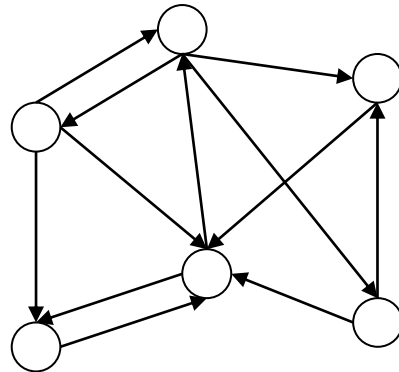
Έχει παρατηρηθεί ότι το σήμα που εξέρχεται από το νευροάξονα ενός νευρώνα και εισέρχεται στο δενδρίτη του άλλου νευρώνα **διαμορφώνεται** κατά ένα ποσοστό που σχετίζεται με την **ισχύ της σύναψης** που ονομάζεται **συναπτικό δυναμικό**.

Ο Τεχνητός Νευρώνας (Υπολογιστικό Μοντέλο)



Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ)

- Μία αρχιτεκτονική δομή (**δίκτυο**) αποτελούμενη από ένα πλήθος διασυνδεδεμένων **μονάδων επεξεργασίας** (τεχνητοί νευρώνες).
- Κάθε **σύνδεση** μεταξύ δύο μονάδων χαρακτηρίζεται από μια **τιμή βάρους**.



- Κάθε μονάδα επεξεργασίας χαρακτηρίζεται από **εισόδους** και **εξόδους**. Υλοποιεί τοπικά έναν **απλό υπολογισμό** με βάση τις εισόδους που δέχεται και μεταδίδει το αποτέλεσμα (έξοδος) σε άλλες μονάδες επεξεργασίας με τις οποίες συνδέεται.

Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ) (Artificial Neural Networks)

- Οι **τιμές των βαρών** των συνδέσεων αποτελούν τη **γνώση** που είναι αποθηκευμένη στο ΤΝΔ και καθορίζουν τη **λειτουργικότητά του**.
- Συνήθως ένα ΤΝΔ αναπτύσσει μία συνολική λειτουργικότητα μέσω μιας μορφής **εκπαίδευσης** (μάθησης).

Δυνατότητες των ΤΝΔ

- Βασικές ικανότητες του **ανθρώπινου εγκεφάλου**
 - Μάθηση με παραδείγματα (π.χ. προβλήματα αναγνώρισης)
 - Ικανότητα Γενίκευσης
 - Αποθηκεύει εμπειρίες (κατανεμημένη αποθήκευση)
 - Αυτοοργάνωση
 - Ανοχή σε θόρυβο και ελλειπίες πληροφορίες
 - Ανοχή σε βλάβες
- Οι ικανότητες του εγκεφάλου συμπληρωματικές ως προς τους συμβατικούς υπολογιστές
- Τις παραπάνω δυνατότητες έχουν (σε κάποιο βαθμό) και τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

Μάθηση με Παραδείγματα (Machine Learning)

- **Εκπαίδευση ενός ΤΝΔ:**
 - **καθορισμός των βαρών** των συνδέσεών του έτσι ώστε να επιτελείται μια **επιθυμητή λειτουργία** η οποία περιγράφεται με τη **χρήση παραδειγμάτων**
- **Ικανότητα Γενίκευσης:**
 - Ο αντικειμενικός στόχος της διαδικασίας εκπαίδευσης: να αποκτήσει δηλαδή το ΤΝΔ κατάλληλες τιμές βαρών ώστε να **‘δίνει σωστές απαντήσεις’** για παραδείγματα που **‘μοιάζουν’** σε αυτά με τα οποία εκπαιδεύτηκε
- Τα ΤΝΔ έχουν αποδειχθεί μια επιτυχημένη **τεχνολογία για την ανάπτυξη συστημάτων με καλή γενικευτική ικανότητα** χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από αντιπροσωπευτικά παραδείγματα εκπαίδευσης.

Κατηγορίες Προβλημάτων Μάθησης με Παραδείγματα

- **Μάθηση με επίβλεψη** ή εποπτευόμενη μάθηση (supervised learning)
- **Μάθηση χωρίς επίβλεψη** ή μη εποπτευόμενη μάθηση (unsupervised learning)
- **Μάθηση με ενίσχυση** ή ενισχυτική μάθηση (reinforcement learning)
- Υπάρχουν και ενδιάμεσες κατηγορίες
 - π.χ. μάθηση με ημι-επίβλεψη (semi-supervised learning)

Μάθηση με Επίβλεψη (supervised learning)

- Τα στοιχεία του συνόλου των παραδειγμάτων είναι ζεύγη της μορφής: **(είσοδος, επιθυμητή έξοδος)** ($X=\{x^i, t^i\}$), $i=1,\dots,N$).
- Ποιοτικά μπορούμε να το σκεφτόμαστε και ως ζεύγη της μορφής: (ερώτηση, σωστή απάντηση).
- Το σύστημα μάθησης **υλοποιεί συσχετίσεις εισόδου – εξόδου**
- Όταν κάποιο δεδομένο x εμφανίζεται ως είσοδος θέλουμε το ΤΝΔ να παρέχει στην έξοδο την αντίστοιχη επιθυμητή τιμή t .

Μάθηση με Επίβλεψη (supervised learning)

- Ο όρος μάθηση με επίβλεψη προκύπτει από το ανθρωπομορφικό ανάλογο του 'επιβλέποντος':
 - εποπτεύει το σύστημα μάθησης, θέτοντας ερωτήσεις και παρέχοντας ταυτόχρονα και τις αντίστοιχες σωστές απαντήσεις.
- Δύο μεγάλες κατηγορίες προβλημάτων:
 - ταξινόμησης ή κατηγοριοποίησης (classification)
 - **t**: ετικέτα κατηγορίας (class label)
 - συναρτησιακής προσέγγισης (regression ή function approximation)
 - **t**: αριθμός

Μάθηση χωρίς Επίβλεψη

(unsupervised learning)

- Τα παραδείγματα εκπαίδευσης **δεν** περιλαμβάνουν την επιθυμητή έξοδο αλλά μόνο τα δεδομένα εισόδου ($X=\{x^i\}$, $i=1,\dots,N$).
- Στόχος είναι η εξαγωγή κάποιων **βασικών δομικών ιδιοτήτων** των δεδομένων εκπαίδευσης (π.χ. εύρεση ομάδων).
- Κατηγορίες Προβλημάτων:
 - **Ομαδοποίηση (clustering): χωρισμός των δεδομένων εκπαίδευσης σε ομάδες** έτσι ώστε δεδομένα στην ίδια ομάδα να 'μοιάζουν' αρκετά μεταξύ τους και να είναι αρκετά 'διαφορετικά' από τα δεδομένα των άλλων ομάδων.
 - **Μείωση της διάστασης των δεδομένων (dimensionality reduction):** προβολή των δεδομένων σε ένα χώρο μικρότερης διάστασης στον οποίο να διατηρούνται κατά το δυνατόν οι σχετικές αποστάσεις μεταξύ των δεδομένων στον αρχικό πολυδιάστατο χώρο
 - Αν η διάσταση του χώρου προβολής είναι **δύο** τότε είναι δυνατή η **οπτικοποίηση (visualisation)** των αρχικών πολυδιάστατων δεδομένων.
 - **Τοπογραφικός Χάρτης Δεδομένων (topographic data map)**

Μάθηση με Ενίσχυση (reinforcement learning)

- Στο σύστημα μάθησης δεν παρέχεται η επιθυμητή έξοδος για κάθε είσοδο, αλλά μόνο η τιμή μιας ποσότητας που ονομάζεται **σήμα ενίσχυσης (reinforcement signal)** ($X=\{x^i, r^i\}$, $i=1,\dots,N$),
- Το σήμα ενίσχυσης r δηλώνει εάν το σύστημα παρείχε σωστή ή λάθος απόκριση χωρίς όμως να παρέχει λεπτομέρειες για το **ποια είναι** η σωστή απόκριση
- Στην περίπτωση που το σύστημα μάθησης παρέχει λάθος έξοδο, ενημερώνεται ότι απάντησε λανθασμένα, αλλά δεν πληροφορείται σχετικά με το ποια είναι η σωστή έξοδος.
- Εφαρμογές σε ρομποτική, games