

# ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΥΤΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΖΩΡΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΚΑΤΣΙΝΟΥΛΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

# ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

**ΟΡΙΣΜΟΣ :** Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι ένας μαζικά παράλληλος διανεμημένος επεξεργαστής που έχει μια φυσική ροπή για την καταχώρηση της εμπειρικής γνώσης και να την κάνει διαθέσιμη για τη χρήση. Μοιάζει με τον εγκέφαλο από δύο απόψεις:

1. Η γνώση αποκτιέται από το δίκτυο μέσω μιας διαδικασίας εκμάθησης.
2. Οι δυνάμεις των διανευρωνικών συνδέσεων, γνωστές ως synaptic weights, χρησιμοποιούνται για να καταχωρήσουν τη γνώση.

## Πώς τα νευρωνικά δίκτυα διαφέρουν από τα παραδοσιακά υπολογιστικά και εμπειρικά συστήματα;

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα προσφέρουν μια απολύτως διαφορετική προσέγγιση στην επίλυση προβλήματος και καλούνται μερικές φορές 6η γενεά του υπολογισμού. Προσπαθούν να παρέχουν ένα εργαλείο που να αυτό-προγραμματίζεται και συγχρόνως να μαθαίνει από μόνο του. Τα νευρωνικά δίκτυα είναι δομημένα έτσι ώστε να παρέχουν την δυνατότητα λύσης προβλημάτων χωρίς την βοήθεια ενός εμπειρογνώμονα και την ανάγκη προγραμματισμού. Εντούτοις, δεν αποτελούν λύση για όλα τα προβλήματα υπολογισμού.

## Από τι αποτελούνται τα ΤΝΔ ;

Ένα ΤΝΔ αποτελείται από πολλά απλά τμήματα "επεξεργαστές" (νευρώνες), που λειτουργούν ομόφωνα για να λύσουν συγκεκριμένα προβλήματα εκτελώντας διάφορους υπολογισμούς πάνω στα δεδομένα εισόδου.

# Η δομή του νευρώνα

- ▶ Σώμα (Soma): Είναι ο κυρίως κορμός του νευρώνα μέσα στο οποίο βρίσκεται ο πυρήνας. Στον πυρήνα βρίσκεται όλο το γενετικό υλικό του οργανισμού, όπου γίνεται η πιο έντονη χημική δράση του κυττάρου για την σύνθεση των ενζύμων, πρωτεϊνών, και άλλων μορίων που είναι απαραίτητα για τη ζωή.
- ▶ Ο άξονας (Axon): Παράγει τη σύνδεση με άλλα νευρώνια του κεντρικού νευρικού συστήματος. Κάθε νευρώνας έχει μόνο έναν άξονα ο οποίος μεταδίδει τα σήματα σε άλλους νευρώνες.
- ▶ Δενδρίτης (Dendrite): Επεκτάσεις που χρησιμεύουν στη λήψη ερεθισμού. Ορισμένα νευρώνια διαθέτουν αρκετά πολύπλοκα τέτοια δέντρα ενώ άλλα είναι εξοπλισμένα μόνον με λίγες τέτοιες επεκτάσεις των νευρωνίων.
- ▶ Σύναψη (Synapse): Είναι το σημείο σύνδεσης ενός άκρου του άξονα με ένα άλλο κύτταρο.

# Τα Στρώματα (Layers) ενός ΝΔ

- ▶ Οι νευρώνες ομαδοποιούνται σε στρώματα (neuron layers). Συνήθως κάθε νευρώνας ενός στρώματος συνδέεται με όλους τους προηγούμενους νευρώνες και το επόμενο στρώμα, εκτός από το στρώμα εισόδου (input layer) και το στρώμα εξόδου (output layer).
- ▶ Single-Layer ΤΝΔ-Μονοστρωματικά
- ▶ Multilayer ΤΝΔ -Πολυστρωματικά

# Συνδέσεις ενδιάμεσων στρωμάτων ( Inter-layer connections)

- ▶ Fully connected

Κάθε νευρώνας στο πρώτο στρώμα συνδέεται με κάθε νευρώνα στο δεύτερο στρώμα.

- ▶ Feed forward

Ένα νευρώνιο του πρώτου στρώματος δεν είναι απαραίτητο να συνδέεται με όλους τους νευρώνες στο δεύτερο στρώμα.

- ▶ Feed forward

Οι νευρώνες στο πρώτο στρώμα στέλνουν την έξοδό τους στους νευρώνες στο δεύτερο στρώμα, αλλά δεν λαμβάνουν πίσω κάποια μορφή εισόδου από τους νευρώνες του δεύτερου στρώματος.

- ▶ Bi-directional

Υπάρχει ένα άλλο σύνολο συνδέσεων που μεταφέρει την έξοδο των νευρώνων του δεύτερου στρώματος στους νευρώνες του πρώτου στρώματος.

# Συνδέσεις διαστρωμάτων (Intra-layer connections)

- ▶ Υπάρχουν δύο τύποι συνδέσεων διαστρώματος :
- ▶ Recurrent
- ▶ On-center/off surround

# Τα πλεονεκτήματα ενός νευρωνικού δικτύου

- ▶ Τη δυνατότητά τους να αντιπροσωπεύουν και τις γραμμικές και μη γραμμικές σχέσεις και τη δυνατότητά τους να μάθουν αυτές τις σχέσεις άμεσα από τα στοιχεία που διαμορφώνονται.
- ▶ Δυνατότητα προσαρμοστικής εκμάθησης. Το δίκτυο είναι σε θέση να μάθει να εκτελεί διαδικασίες βασισμένες στα δεδομένα που του δίνονται.
- ▶ Αυτό-οργάνωση. Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι σε θέση να οργανώνεται με την πάροδο του χρόνου και με βάση τα δεδομένα που δέχεται από τις διάφορες εισόδους του.
- ▶ Επεξεργασία σε συνθήκες πραγματικού χρόνου. Οι υπολογισμοί ενός νευρωνικού δικτύου γίνονται ιδιαίτερα γρήγορα, αφού η σχεδιάσή τους είναι βασισμένη σε παράλληλη αρχιτεκτονική των επεξεργαστών του συστήματος.
- ▶ Δυνατότητα διόρθωσης λαθών. Ανοχή σφάλματος μέσω της περιττής κωδικοποίησης πληροφοριών.

# Εφαρμογές των ANN's - Τι μπορούν να κάνουν

Τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

- ▶ ταξινόμηση προτύπων
- ▶ ανίχνευση προτύπων
- ▶ ικανότητα ανίχνευσης
- ▶ επεξεργασία εικόνας
- ▶ φωνητική ανάλυση
- ▶ προβλήματα βελτιστοποίησης
- ▶ οδήγηση ρομπότ
- ▶ επεξεργασία ανακριβών ή ελλιπών εισόδων
- ▶ εξασφάλιση ποιότητας
- ▶ πρόβλεψη χρηματιστηρίου
- ▶ προσομοίωση

# Η Εκπαίδευση των ΤΝΔ

- ▶ Το γεγονός ότι τα ΤΝΔ έχουν την δυνατότητα να μαθαίνουν, δηλ να εκπαιδεύονται, είναι ίσως το πιο σημαντικό τους χαρακτηριστικό. Όπως και τα βιολογικά έτσι και τα τεχνητά δίκτυα μεταβάλλονται από την εμπειρία που αποκτούν, στην προσπάθεια τους να δώσουν ως έξοδο το ζητούμενο σωστό αποτέλεσμα.

# Μέθοδοι εκμάθησης των ΤΝΔ

- ▶ Υπάρχουν δύο βασικές περιπτώσεις κατάρτισης, η εποπτευόμενη (supervised) και η μη εποπτευόμενη (unsupervised). Η εποπτευμένη κατάρτιση περιλαμβάνει έναν μηχανισμό που παρέχει στο δίκτυο την επιθυμητή έξοδο είτε "βαθμολογώντας" την απόδοση του δικτύου είτε παρέχοντας τις επιθυμητές εξόδους. Η μη εποπτευόμενη κατάρτιση είναι αυτή όπου το δίκτυο πρέπει να επεξεργαστεί τις εισόδους χωρίς κάποια εξωτερική βοήθεια.

# Τα είδη των δεδομένων που δέχονται τα ΤΝΔ

Τα δύο βασικά είδη δεδομένων είναι:

- ▶ categorical
- ▶ quantitative



# Κανόνες εκμάθησης των ΤΝΔ

- ▶ Hebb's Rule
- ▶ Hopfield Law
- ▶ Delta Rule
- ▶ Kohonen's Learning Law
- ▶ Gradient Descent Rule (Ο κανόνας καθόδου κλίσης)

# Αλγόριθμος μάθησης

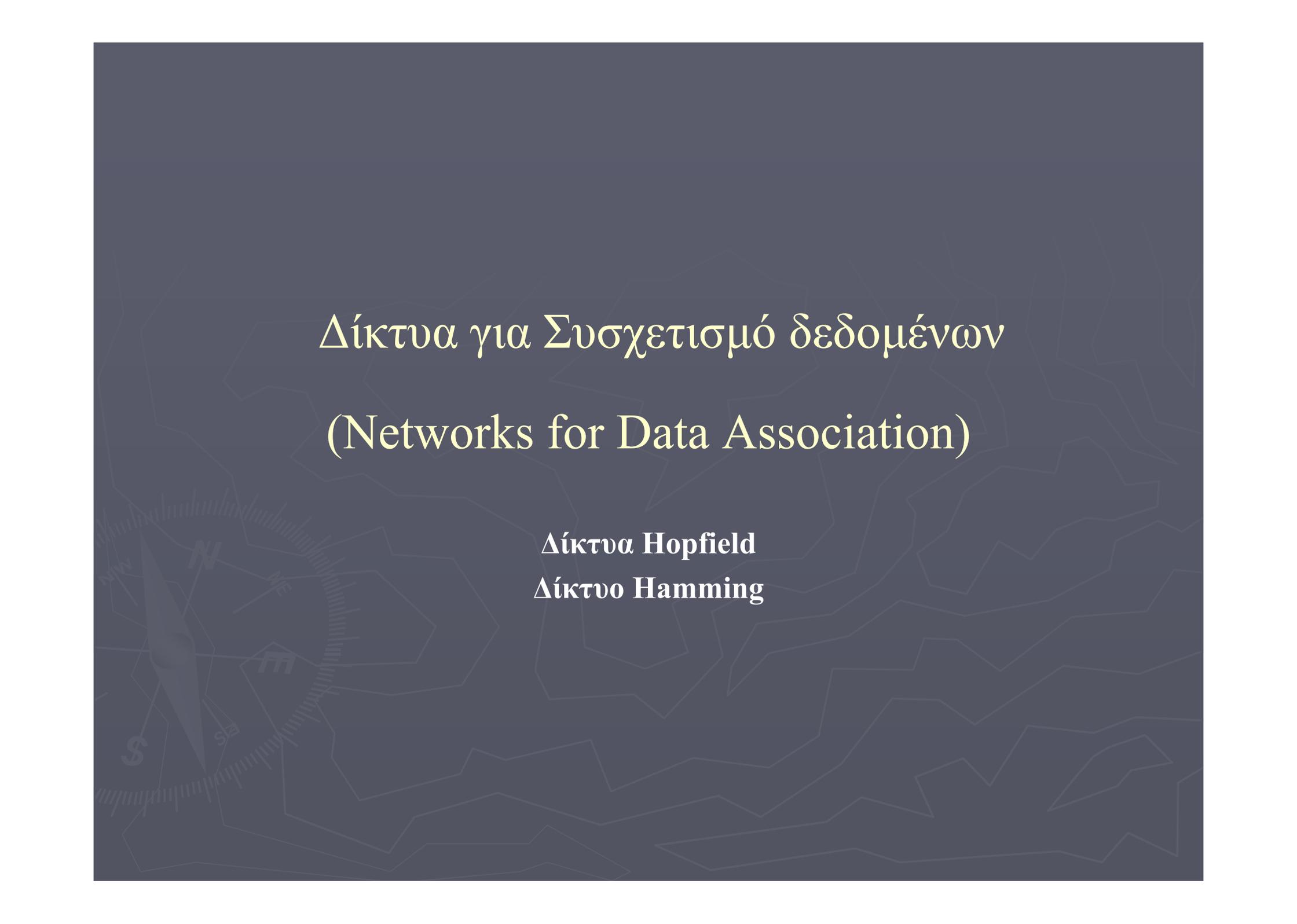
## ► Ο Backpropagation αλγόριθμος

Στον αλγόριθμο 'Backpropagation', το σφάλμα από το στρώμα εξόδου μεταφέρεται πίσω στα προηγούμενα στρώματα φθάνοντας μέχρι το στρώμα εισόδου. Από τη μεθοδολογία προέρχεται και η ονομασία «πρόβλεψη προς τα πίσω». Ταυτόχρονα τα βάρη προσαρμόζονται σε όλα τα στρώματα. Η μέθοδος αυτή διδασκαλίας ανήκει στην υπό επίβλεψη μάθηση "supervised learning", επειδή κατά τη διδασκαλία δείχνεται η επιθυμητή αντίδραση.

# Τα πιο Δημοφιλή Μοντέλα

**Perceptron (Νοήμονος Αισθητήρας)**

**Adaline (Adaptive Linear Neyrone)**



Δίκτυα για Συσχετισμό δεδομένων  
(Networks for Data Association)

Δίκτυα Hopfield  
Δίκτυο Hamming

# ΤΝΔ βασιζόμενα στη δουλειά του Kohonen

- ▶ **Learning Vector Quantization (Διανυσματική κβαντοποίηση εκμάθησης)**  
Η Learning Vector Quantization είναι ένα τεχνητό νευρωνικό πρότυπο δικτύων που χρησιμοποιείται και για τα προβλήματα ταξινόμησης και για τα προβλήματα κατάτμησης (segmentation) μιας εικόνας.
- ▶ **Δίκτυο αντίθετης διάδοσης (Counter Propagation Network)**
- ▶ **Πιθανολογικό νευρωνικό δίκτυο (Probabilistic Neural Network)**  
Αυτό το δίκτυο παρέχει μια γενική λύση στα προβλήματα ταξινόμησης σχεδίων ακολουθώντας μια προσέγγιση που αναπτύσσεται με στατιστικές, αποκαλούμενες Bayesian ταξινομητές (classifiers).
- ▶ **Self-Organizing Map**
- ▶ **Επανακυκλοφορία (Recirculation)**  
Σε ένα δίκτυο επανακυκλοφορίας, τα δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία σε μια κατεύθυνση μόνο και η εκμάθηση γίνεται χρησιμοποιώντας μόνο την τοπική γνώση.

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

- ▶ Αναγνώριση Προτύπου (Pattern recognition)
- ▶ Αναγνώριση Προσώπου (Face recognition)
- ▶ Αναγνώριση 2D – Πολυγώνων
- ▶ Πρόβλεψη Χρηματιστηρίου (Stockmarket Prediction)
- ▶ Αναγνώριση Ομιλίας (Speech recognition)
- ▶ Αναγνώριση Δακτυλικών Αποτυπωμάτων (Fingerprint Identification)
- ▶ Πρόβλεψη Καιρού (Weather Prediction)

# Αναγνώριση προτύπου (Pattern recognition)

- ▶ Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή των νευρωνικών δικτύων είναι η αναγνώριση προτύπου. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε βιομηχανικές εφαρμογές όπως αυτόματος έλεγχος βιομηχανικών προϊόντων, αυτοματισμός της παραγωγής, ποιότητα του τελικού προϊόντος καθώς και αναγνώριση ταχυδρομικών διευθύνσεων.

# Αναγνώριση Προσώπου (Face recognition)

- ▶ Ανίχνευση προσώπου
- ▶ Face model resize
- ▶ Edge Removal
- ▶ Ομαλοποίηση φωτισμού
- ▶ Eigenspace Representation.

# Κατηγορίες Συστημάτων για την Αναγνώριση Προσώπου

**Μπορούμε να προσδιορίσουμε τουλάχιστον δύο ευρείες κατηγορίες συστημάτων αναγνώρισης προσώπου:**

- ▶ Θέλουμε να βρούμε ένα πρόσωπο μέσα σε μια μεγάλη βάση δεδομένων προσώπων. Αυτά τα συστήματα επιστρέφουν μια λίστα των πλέον πιθανότερων ανθρώπων από τη βάση δεδομένων. Συχνά μόνο μια εικόνα είναι διαθέσιμη ανά άτομο. Για την αναγνώριση δεν είναι συνήθως απαραίτητο να γίνει σε πραγματικό χρόνο
- ▶ Θέλουμε να προσδιορίσουμε συγκεκριμένους ανθρώπους σε πραγματικό χρόνο, ή θέλουμε να επιτρέψουμε την πρόσβαση σε μια ομάδα ανθρώπων και να αρνηθούμε την πρόσβαση σε κάποιους άλλους. Οι πολλαπλάσιες εικόνες ανά άτομο είναι συχνά διαθέσιμες για την κατάρτιση και απαιτείται αναγνώριση σε πραγματικό χρόνο

# Συστατικά του συστήματος

## ► Self-organizing Map

Ο SOM ξεχωρίζει των άλλων τεχνικών, δεδομένου ότι παρέχει μια τοπολογική σειρά των κατηγοριών. Η ομοιότητα στα σχέδια εισόδου συντηρείται στην διαδικασία εξόδου. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμος στην ταξινόμηση δεδομένων που περιλαμβάνουν έναν μεγάλο αριθμό κατηγοριών .

## ► Μετασχηματισμός Karhunen-Loeve

Η KL μετατροπή είναι μια καλά γνωστή στατιστική μέθοδος για την εξαγωγή χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και την προβολή ποικίλων (σε μεταβλητές) στοιχείων και έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην αναγνώριση σχεδίων, την επεξεργασία σήματος, την επεξεργασία εικόνας, και την ανάλυση στοιχείων.

## ► Convolutional Networks

Το πρόβλημα της αναγνώρισης προσώπου από 2D εικόνες είναι τυπικά πολύ "άρρωστο", δηλ. υπάρχουν πολλά πρότυπα που ταιριάζουν καλά με τα σημεία κατάρτισης αλλά δεν γενικεύουν καλά τις παρατηρήσιμες εικόνες . Τα convolutional networks έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς στην αναγνώριση χαρακτήρα.

# Συστήματα για την Αναγνώριση Προσώπου

- ▶ **Αναγνώριση Προσώπου με τη χρήση των Morphological Shared-Weight Neural Networks (MSNN)**

Πολλά συστήματα μπορούν να είναι "FOOLED" από τις απλές παραλλαγές στο επίπεδο φωτισμού περιβάλλοντος, τις εκφράσεις του προσώπου και διάφορες παραλλαγές μορφής προσώπου. Το MSNN είναι ανεπηρέαστο από τις μετατοπίσεις στα ελαφρά επίπεδα, και παρουσιάζει πολύ υψηλή αξιοπιστία κατά τη διάρκεια της κλίσης της περιστροφής και του κλεισίματος αντικειμένου στόχου.

- ▶ **Η τεχνολογία αναγνώρισης προσώπου της εταιρίας Visage**

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί έναν εκλεπτυσμένο αλγόριθμο που βασίζεται στη μέθοδο ανάλυσης PCA (principle Component Analysis) που έχει αναπτυχθεί στο Media Lab του MIT.

# Πρόβλεψη Χρηματιστηρίου (StockMarket Prediction)

## ▶ Κίνητρο

Υπάρχουν διάφορα κίνητρα στην προσπάθεια να προβλεπούν οι τιμές αγοράς αποθεμάτων. Το πιο βασικό από αυτά είναι το οικονομικό κέρδος. Τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν τις τιμές αγοράς αποθεμάτων διότι είναι σε θέση να μάθουν τις μη γραμμικές χαρτογραφήσεις μεταξύ των εισόδων και των εξόδων.

## ▶ Traditional Time Series Forecasting

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι πρόβλεψης Traditional Time Series : μεταβλητός (univariate) και πολλών μεταβλητών (multivariate). Τα μεταβλητά μοντέλα περιέχουν μόνο μια μεταβλητή στην εξίσωση επανάληψης

## ▶ Efficient Market Hypothesis

Η Efficient Market Hypothesis (EMH) δηλώνει ότι σε οποιαδήποτε στιγμή, η τιμή ενός μεριδίου συλλαμβάνει πλήρως όλες τις γνωστές πληροφορίες για το μερίδιο.

## ▶ Chaos theory

Η θεωρία του χάους αναλύει μια διαδικασία κάτω από την υπόθεση ότι μέρος της διαδικασίας είναι αιτιοκρατικό (deterministic) και μέρος της διαδικασίας είναι τυχαίο

# Αναγνώριση Ομιλίας (Speech recognition)

- ▶ Η αναγνώριση ομιλίας είναι μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές κατά την οποία η ομιλία μετατρέπεται σε κείμενο. Η συνεχής αναγνώριση ομιλίας είναι πρόβλημα μεγάλης πολυπλοκότητας και μπορεί να απλοποιηθεί σε επιμέρους προβλήματα.
- ▶ Αναγνώριση φωνημάτων
- ▶ Αναγνώριση απλών λέξεων
- ▶ Αναγνώριση περιορισμένου αριθμού λέξεων
- ▶ Αναγνώριση ενός ομιλητή
- ▶ Η σύγκριση μεταξύ αποτελεσμάτων με τεχνικές βέλτιστης γραμμικής εκτίμησης και ΤΝΔ έδειξε ότι το δεύτερο παρουσιάζει σημαντικά καλύτερη απόδοση

# Αναγνώριση Δακτυλικών Αποτυπωμάτων (Fingerprint Identification)

- ▶ Μεταξύ όλων των βιομετρικών τεχνικών η αναγνώριση με βάση τα δακτυλικά αποτυπώματα είναι η παλαιότερη μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στις πολυάριθμες εφαρμογές. Ο καθένας έχει μοναδικά, αμετάβλητα δακτυλικά αποτυπώματα
- ▶ **Οι τεχνικές για την αντιστοίχιση των δακτυλικών αποτυπωμάτων μπορούν να τοποθετηθούν σε δύο κατηγορίες:**
- ▶ οι βασισμένες σε μικρολεπτομέρειες
- ▶ οι βασισμένες σε συσχετισμούς

# Πρόβλεψη Καιρού (Weather Prediction)

- ▶ Η καιρική πρόβλεψη είναι ένα δυσνόητο θέμα, και αν και οι μετεωρολόγοι χρησιμοποιούν σύνθετα μαθηματικά πρότυπα, τα πράγματα στη φύση σπάνια εμφανίζονται απολύτως αιτιοκρατικά. Η δυνατότητα των νευρωνικών δικτύων να μην επηρεάζονται από μια θορυβώδη είσοδο και οι δυνατότητες εκμάθησής τους όπως και η ελλοχεύουσα δυσκολία στην εύρεση επακριβών συσχετισμών μεταξύ των καιρικών φαινομένων και του προκύπτοντος καιρού, φαίνονται να τα καθιστούν ένα καλό εργαλείο για την πρόβλεψη του καιρού.

# Τα νευρωνικά δίκτυα στην Ιατρική

- ▶ Τα νευρωνικά δίκτυα είναι ιδανικά στην αναγνώριση ασθενειών με τη χρησιμοποίηση ανιχνεύσεων δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία ανάγκη να παρασχεθεί ένας συγκεκριμένος αλγόριθμος στο πώς να προσδιοριστεί η ασθένεια.