

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
Π.Σ. ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

ΜΑΘΗΜΑ 1^ο

ΣΤΑΥΡΟΣ ΑΔΑΜ

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2020-2021

Ένα πρόβλημα ταξινόμησης

Δύο κατηγορίες συγγενών ζώων : Άλογο – Γαϊδούρι

Εξέχοντα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν δύο ζώα

Μέγεθος ζώου (Ύψος) $\rightarrow x_1$

Μέγεθος αυτιών $\rightarrow x_2$

Δύο ομάδες ζώων μία από κάθε κατηγορία

- Άλογα
- Γαϊδούρια

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

- Άλογα

	Ύψος (140 - 180 cm)	Μέγεθος αυτιών (12 – 25 cm)	Κατηγορία
1	145	12	0
2	150	15	0
3	148	14	0
4	166	17	0
5	170	20	0
6	154	14	0
7	178	15	0

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

- Γαϊδούρια

	Ύψος (79 – 160 cm)	Μέγεθος αυτιών (20 – 30 cm)	Κατηγορία
1	82	20	1
2	87	22	1
3	122	25	1
4	98	28	1
5	130	21	1
6	110	30	1
7	105	26	1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

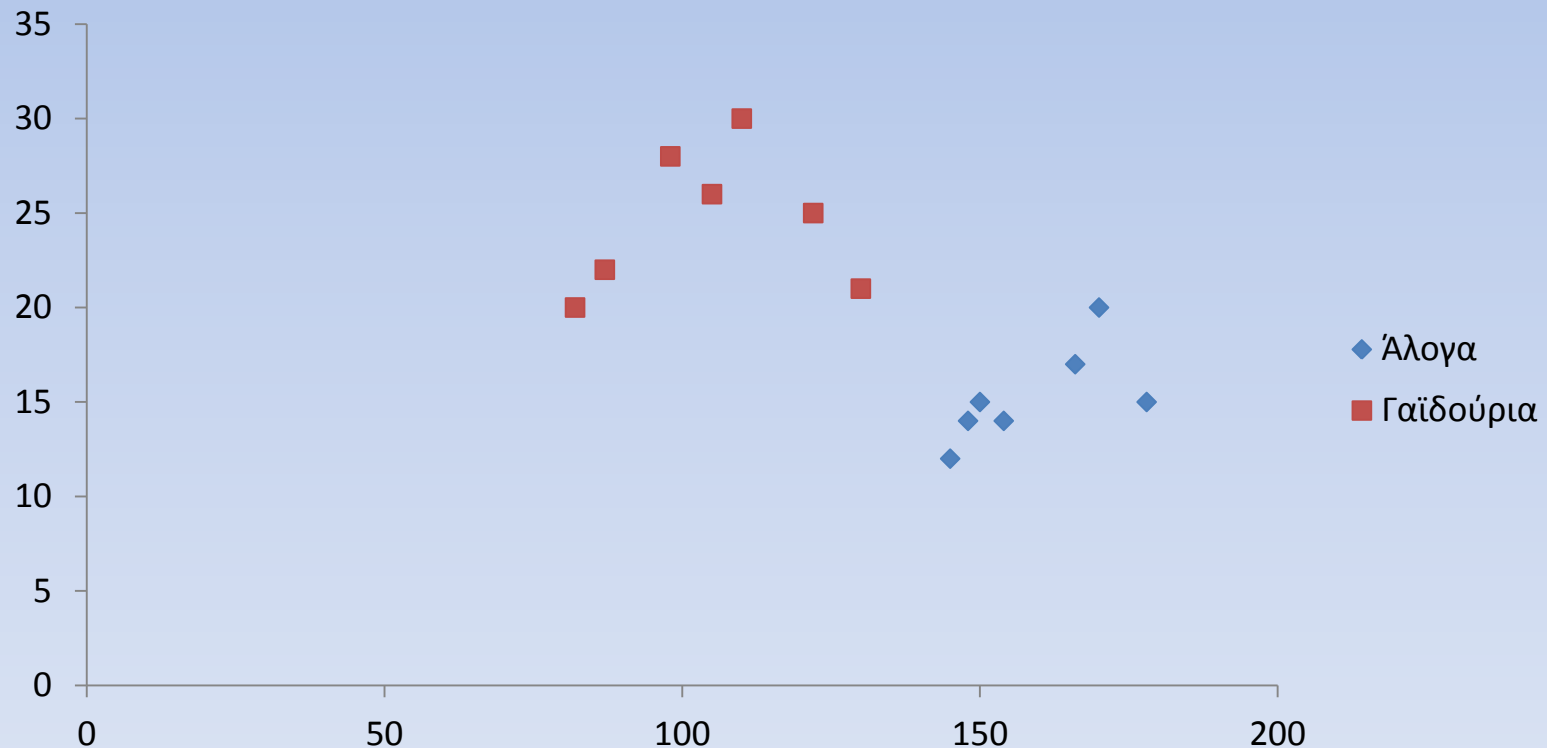
Ένα ζώο με Ύψος = 152cm και Μέγεθος αυτιών = 23cm

Ερώτημα: Σε ποιά κατηγορία ανήκει;

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Ένα ζώο με Ύψος = 152cm και Μέγεθος αυτιών = 23cm

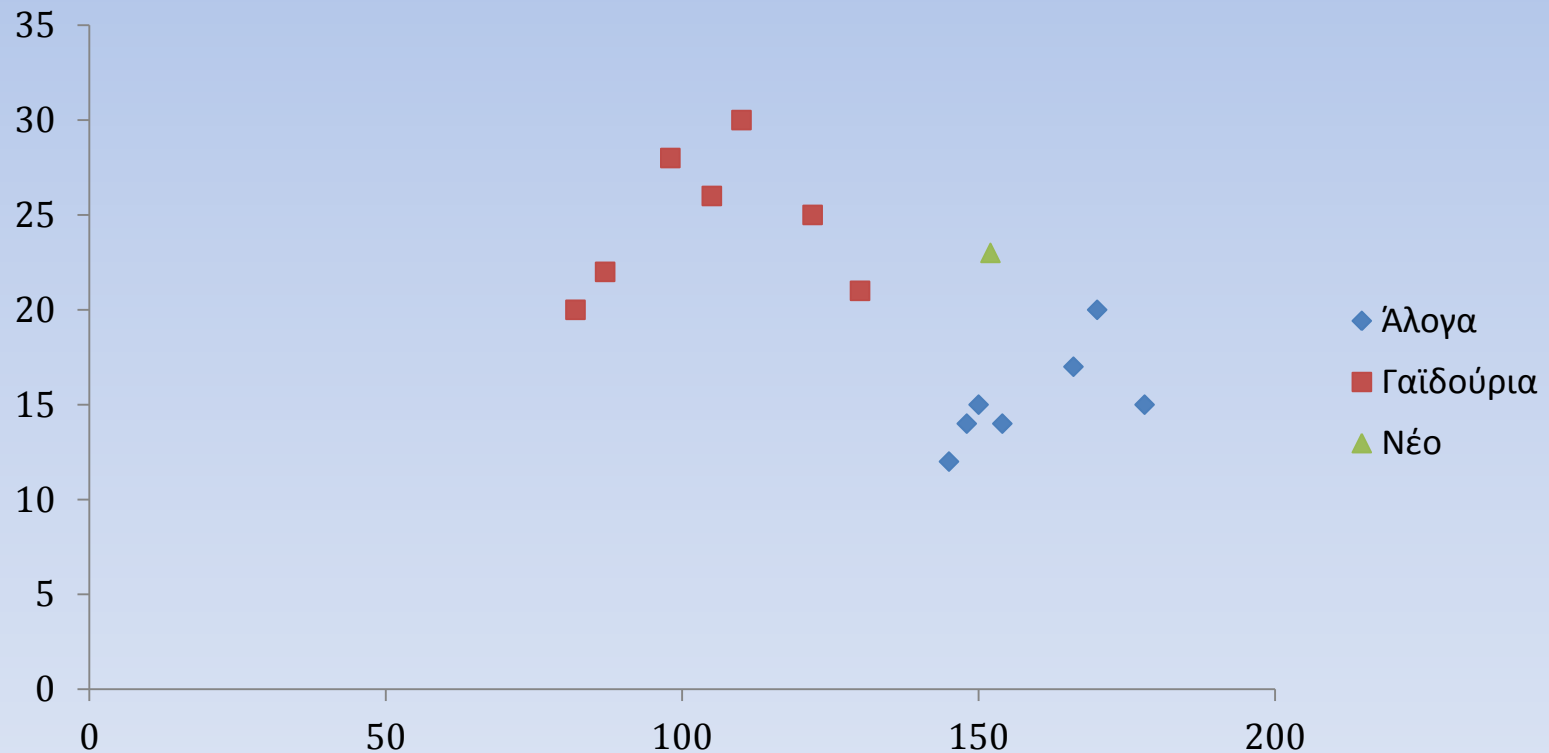
Ερώτημα: Σε ποιά κατηγορία ανήκει;



ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

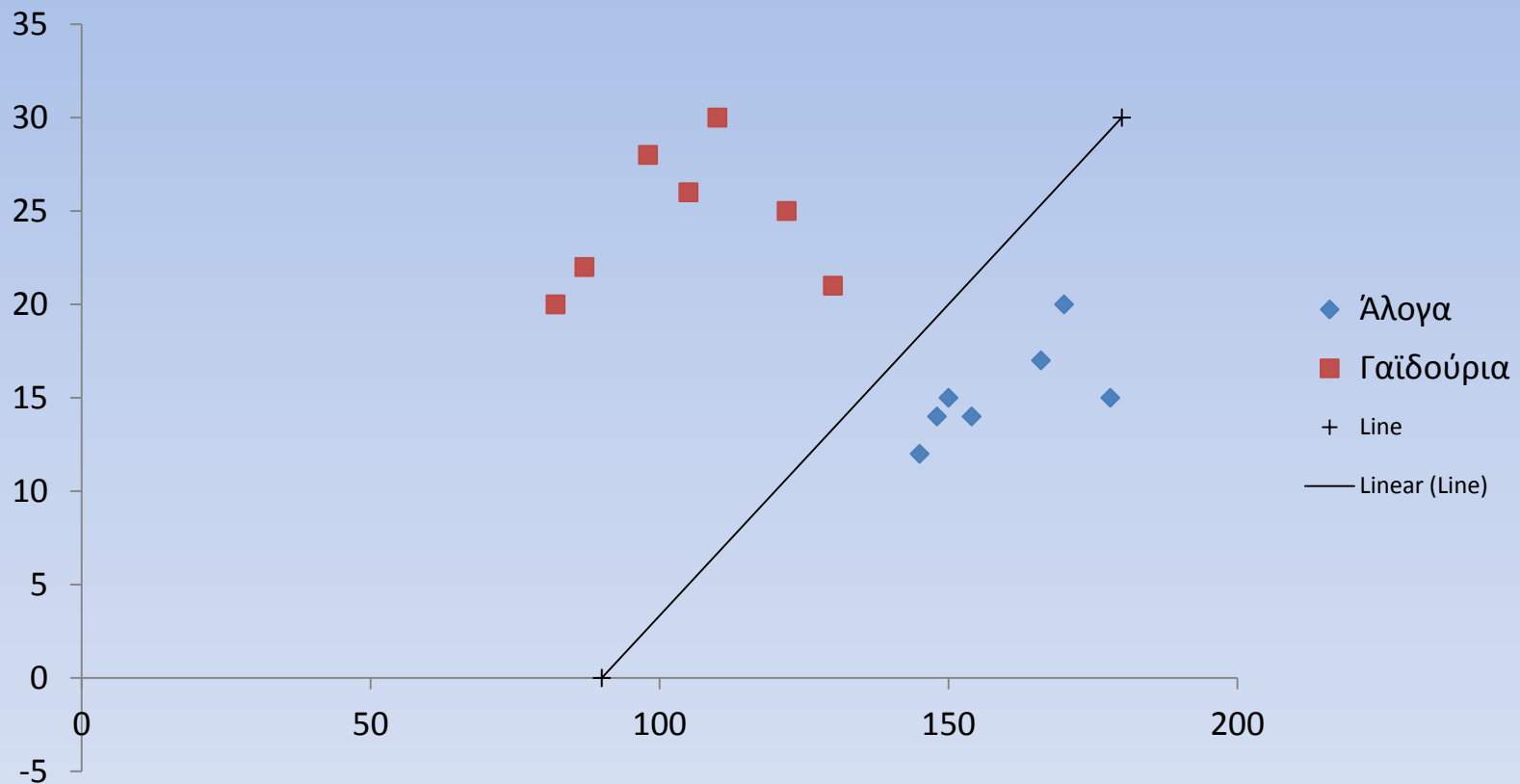
Ένα ζώο με Ύψος = 152cm και Μέγεθος αυτιών = 23cm

Ερώτημα: Σε ποιά κατηγορία ανήκει;



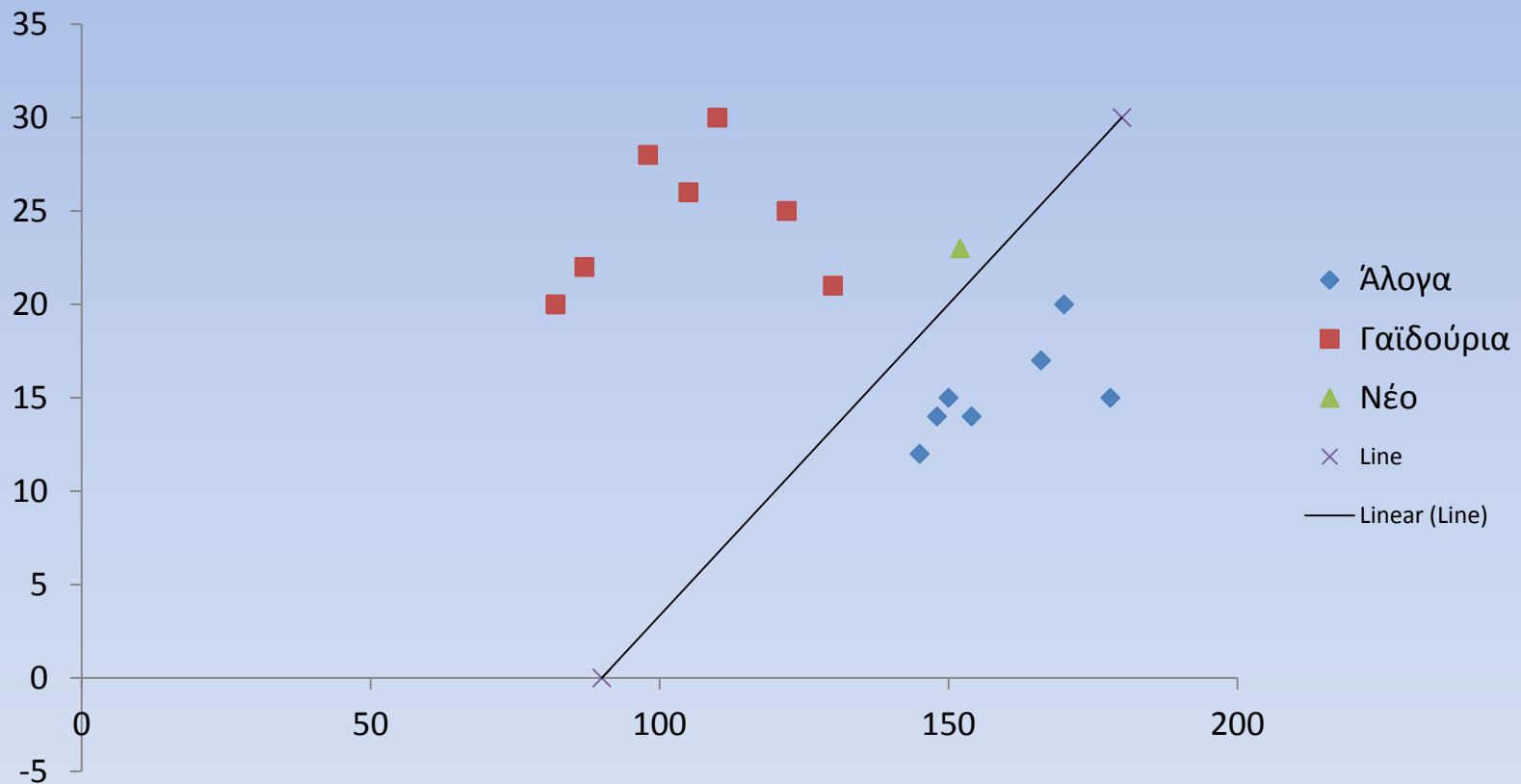
ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Οι δύο κατηγορίες μπορούν να χωριστούν από μια ευθεία



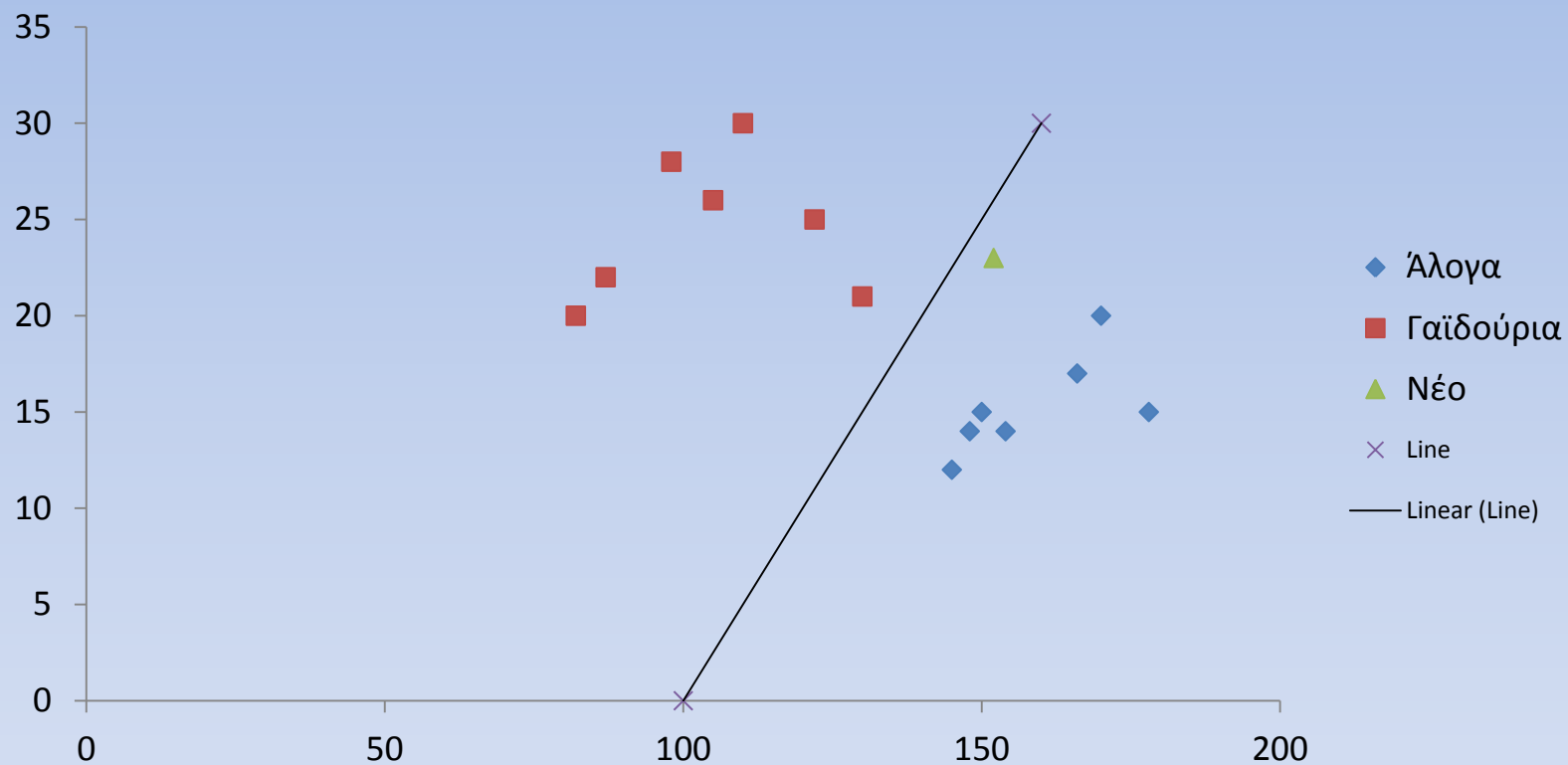
ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Η θέση του νέου στοιχείου σε σχέση με την ευθεία καθορίζει και την κατηγορία στην οποία ανήκει το νέο ζώο.



- Ερώτημα 1: Υπάρχει άλλη επιλογή ευθείας;
- Ερώτημα 2: Ποιά είναι η θέση του σημείου που αντιστοιχεί στο νέο ζώο για τη νέα αυτή ευθεία;

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ



- Η θέση του σημείου που αναπαριστά το νέο ζώο στο γράφημα σε σχέση με την ευθεία δίνει την απάντηση.
- Δηλαδή, η ευθεία ορίζει ένα σύνορο ανάμεσα στα στοιχεία των δύο κατηγοριών.
- Μοναδικό σύνορο για τα συγκεκριμένα παραδείγματα;
- Μοναδικό σύνορο για όλα τα ζώα και των δύο κατηγοριών;

- Έχοντας την ευθεία μπορούμε τοποθετώντας κάθε νέο σημείο σε σχέση με την ευθεία να αποφασίσουμε σε ποιά από τις δύο κατηγορίες ανήκει το οποιοδήποτε νέο σημείο.
- Η εν λόγω ευθεία αποτελεί ένα ΣΥΝΟΡΟ ΑΠΟΦΑΣΗΣ για το συγκεκριμένο πρόβλημα ταξινόμησης όπως περιγράφεται από τα συγκεκριμένα παραδείγματα.

Ένας υπολογιστικός μηχανισμός που για το συγκεκριμένο πρόβλημα ταξινόμησης με κάποιο τρόπο υπολογίζει ένα σύνορο απόφασης και για κάθε νέο παράδειγμα δεδομένων αποφασίζει για την κατηγορία που θα ταξινομηθεί το παράδειγμα αυτό, είναι ένας μηχανισμός της υπολογιστικής νοημοσύνης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Τι χρειάζεται ο υπολογιστικός αυτός μηχανισμός για να λειτουργήσει:

- Τα παραδείγματα ή αλλιώς τα πρότυπα του προβλήματος
- Τον υπολογισμό μιας ευθείας με βάση τα παραδείγματα μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται εκπαίδευση
- Για κάθε νέο παράδειγμα τα δεδομένα του παραδείγματος για να δώσει μια απάντηση

Ορολογία

- Παράδειγμα = πρότυπο (pattern) κάθε γραμμή του πίνακα δεδομένων
- Χαρακτηριστικό (feature) κάθε στήλη του πίνακα δεδομένων
- Κατηγορία ή κλάση (class) στην οποία ανήκει κάθε πρότυπο ο κωδικός της τελευταίας στήλης
- Όταν δύο κατηγορίες, που περιγράφονται από συγκεκριμένα παραδείγματα, χωρίζονται από μια ευθεία ονομάζονται γραμμικά διαχωρίσιμες.
- Το πλήθος των χαρακτηριστικών καθορίζει τη διάσταση του προβλήματος ταξινόμησης.

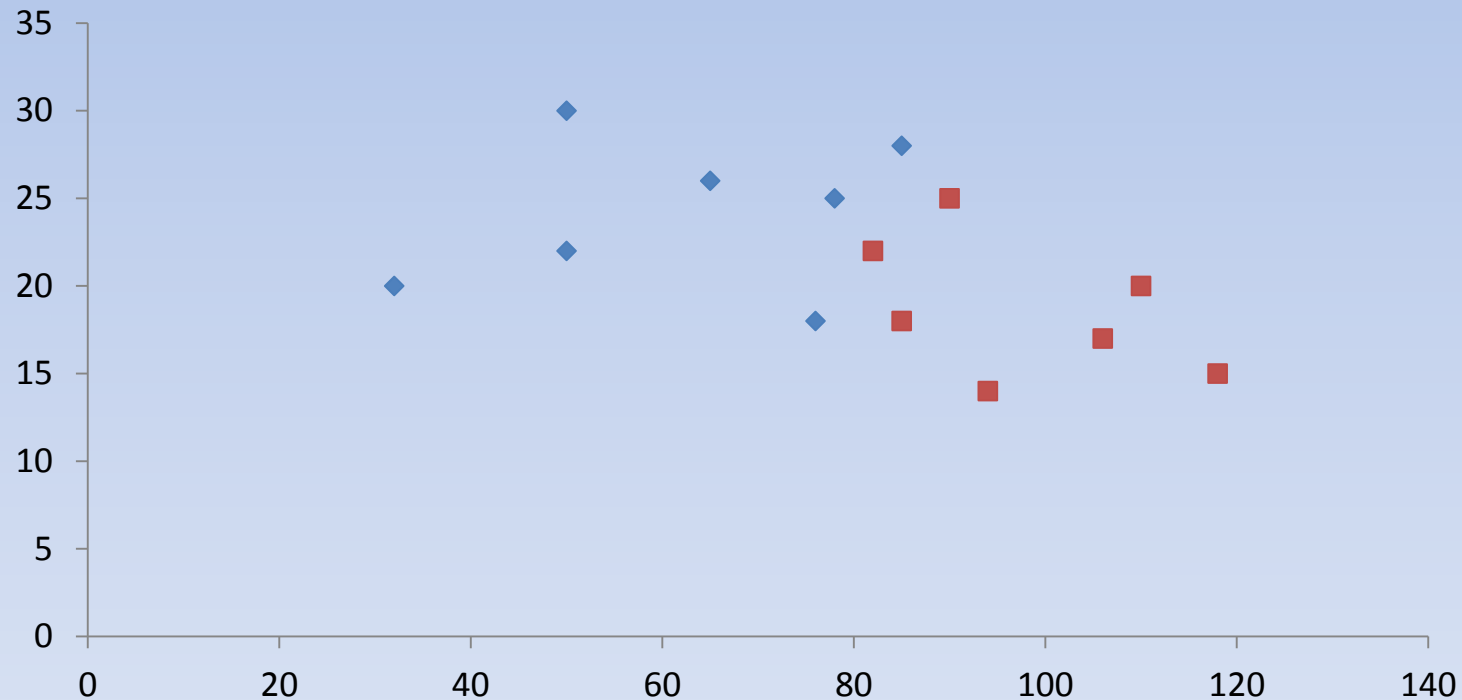
ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Το διαχωριστικό σύνορο για δύο κατηγορίες εξαρτάται από τη διαχωρισιμότητα των κατηγοριών και από τη διάσταση του προβλήματος. Στον επόμενο πίνακα δίνεται η μορφή του συνόρου ανάλογα με τον τύπο της διαχωρισιμότητας και τη διάσταση του προβλήματος.

	Γραμμικά διαχωρίσιμες κατηγορίες	Μη γραμμικά διαχωρίσιμες κατηγορίες
2 -διαστάσεις	Ευθεία	Καμπύλη ή τεθλασμένη γραμμή
3-διαστάσεις	Επίπεδο	Επιφάνεια
N-διαστάσεις	Υπερεπίπεδο	Υπερεπιφάνεια

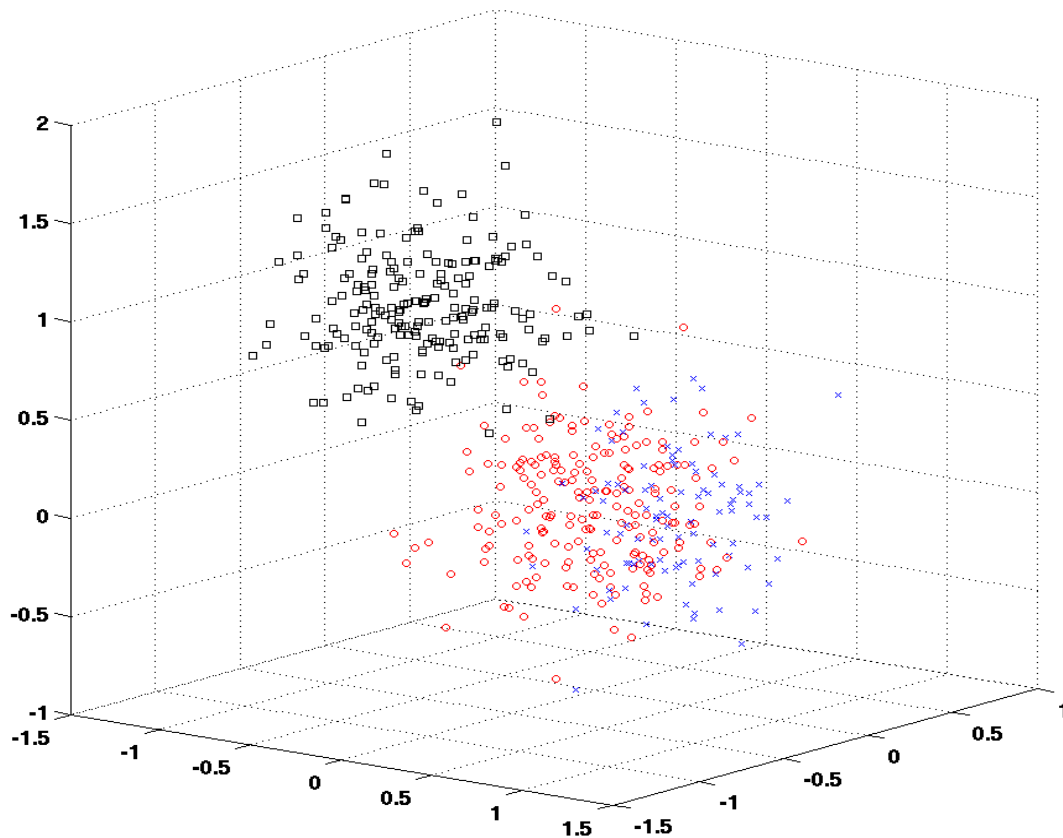
ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Δύο μη γραμμικά διαχωρίσιμες κατηγορίες , 2-διαστάσεις



ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Τρείς μη γραμμικά διαχωρίσιμες κατηγορίες, 3-διαστάσεις



Άλλα παραδείγματα ταξινόμησης

Παραδείγματα γραμμικά και μη γραμμικά
διαχωρίσιμων κατηγοριών

<https://www.commonlounge.com/discussion/6caf49570d9c4d0789afbc544b32cdbf>

- Η επίλυση προβλημάτων όπως αυτά που αναφέρθηκαν στα πλαίσια της Υπολογιστικής Νοημοσύνης είναι αντικείμενο των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (ΤΝΔ)
- Τα ΤΝΔ είναι υπολογιστικά υποδείγματα που έχουν προταθεί, με βάση τη δομή και τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου, ως διέξοδος στην αναζήτηση ενός νέου υπολογιστικού παραδείγματος το οποίο είναι εναλλακτικό προς την κλασική μηχανή Von Neumann.

ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

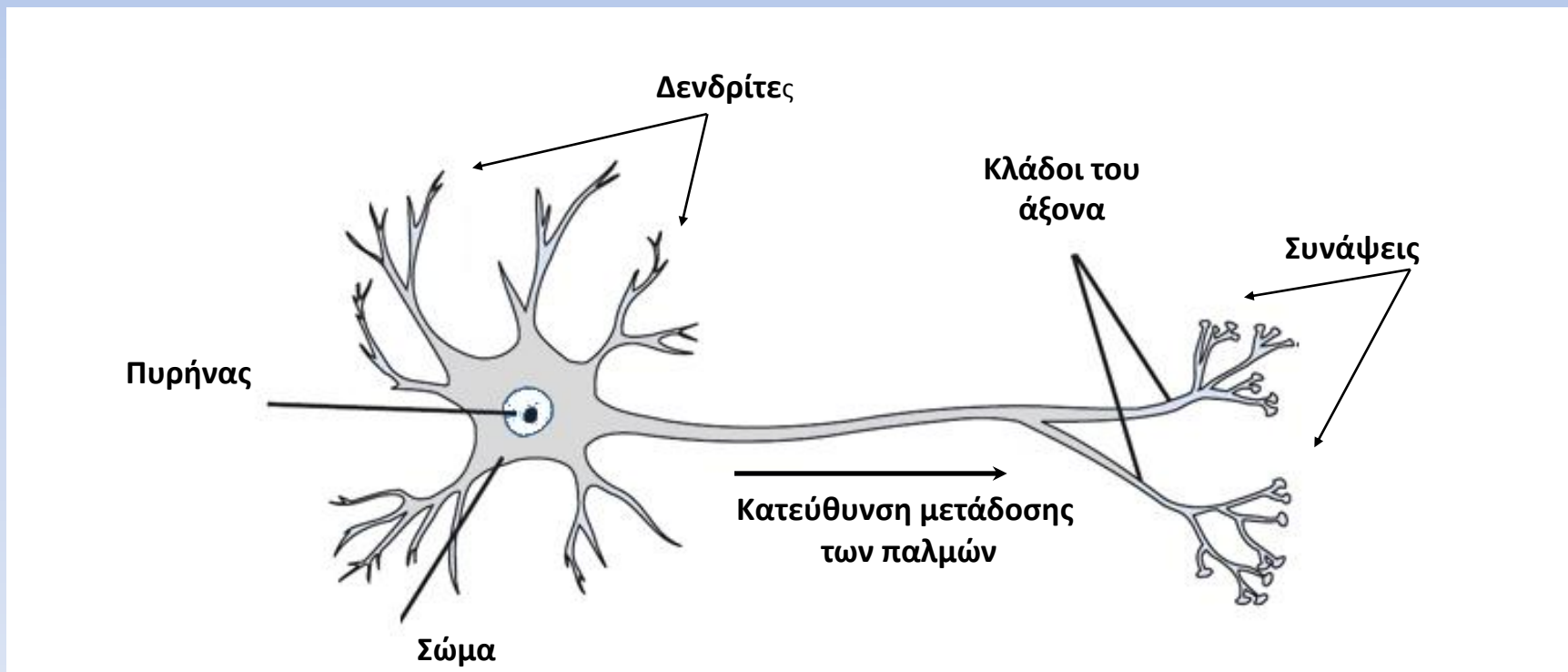
Τα χαρακτηριστικά του ανθρώπινου εγκεφάλου τα οποία είναι επιθυμητά σε τεχνητά υπολογιστικά συστήματα είναι:

1. Η ευρωστία (robustness) δεδομένου ότι οι νευρώνες ανανεώνονται χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία του νευρωνικού συστήματος
2. Η πλαστικότητα (plasticity) που επιτρέπει τη μέγιστη προσαρμοστικότητα (adaptability) σε νέα δεδομένα και σε νέες συνθήκες που προέρχονται από το περιβάλλον χωρίς επανα-προγραμματισμό του νευρωνικού συστήματος
3. Η ταχύτητα απόκρισης σε εξωτερικά ερεθίσματα λόγω της μαζικά παράλληλης και κατανεμημένης επεξεργασίας
4. Η ικανότητα επεξεργασίας δεδομένων που είναι ασαφή ή ακόμη και μη συμβατά μεταξύ τους

ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Τα δομικά στοιχεία του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες τα οποία οργανώνονται σε ένα δίκτυο που ονομάζεται νευρωνικό δίκτυο.

Τυπική δομή βιολογικού νευρώνα



Χαρακτηριστικά του νευρώνα:

- Δενδρίτες: αποτελούν τις εισόδους του νευρώνα από όπου εισέρχονται ηλεκτρικά σήματα από άλλους νευρώνες
- Άξονας: αγωγός μεταφοράς σήματος εξόδου του νευρώνα προς άλλους νευρώνες (μήκος 1 mm έως και > 1 m). Μεταφέρει παλμούς σταθερού πλάτους αλλά μεταβλητής συχνότητας
- Συνάψεις: αποτελούν τα σημεία στα οποία οι διακλαδώσεις του άξονα ενός νευρώνα ενώνονται με τους δενδρίτες άλλων νευρώνων σχηματίζοντας ένα δίκτυο
- Οι νευρώνες αλληλεπιδρούν μέσω των συνάψεων με την ανταλλαγή σημάτων η οποία είναι μια πολύπλοκη ηλεκτροχημική διαδικασία.

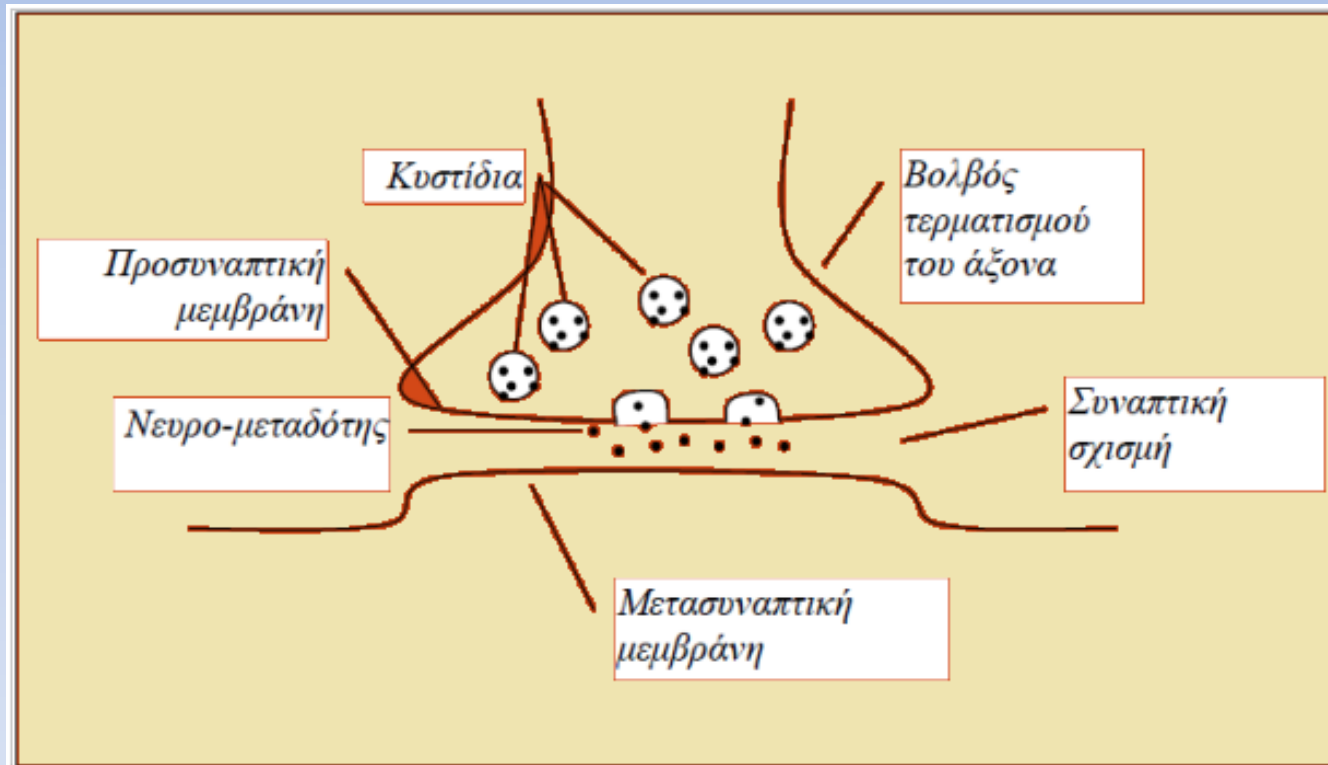
ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Χαρακτηριστικά του νευρώνα:

- Τα σήματα αυτά είναι ηλεκτρικοί παλμοί οι οποίοι μεταδίδονται μέσω του άξονα κάθε νευρώνα εκπομπής και δια μέσου των συνάψεων στους δενδρίτες των νευρώνων λήψης των σημάτων.
- Η χημική συγκέντρωση από την πλευρά εκπομπής της σύναψης προκαλεί αύξηση του ηλεκτρικού φορτίου από την πλευρά του δενδρίτη.
- Ο νευρώνας δέκτης συλλέγει το ηλεκτρικό φορτίο που δέχεται στους δενδρίτες του από τις συνάψεις σταθμίζοντας το εισερχόμενο φορτίο με βάση ένα συντελεστή που εξαρτάται από τη βαρύτητα της συναπτικής ζεύξης.

ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Στο επόμενο σχήμα φαίνονται τα στοιχεία που υπεισέρχονται στη διαδικασία ενεργοποίησης του νευρώνα και μετάδοσης του σήματος μέσω των συνάψεων.



(από το βιβλίο «Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα», Κ. Διαμαντάρη)

Κατά συνέπεια:

- Στις συνάψεις δημιουργούνται μέσω μιας ακόμη λεπτομερέστερης διαδικασίας συγκεντρώσεις ιόντων (Na^+ , K^+)
- Χαρακτηριστικά όπως, το μέγεθος της σύναψης, η απόσταση από τον δενδρίτη καθώς και η πυκνότητα των συγκεντρώσεων ιόντων επηρεάζουν την «αγωγιμότητα» του άξονα-συνάψεων και άρα την ευκολία μετάδοσης ηλεκτρικού φορτίου στους δενδρίτες.
- Τα ανωτέρω χαρακτηριστικά συνιστούν ένα στοιχείο που συνολικά ονομάζεται συναπτικό βάρος (συντελεστής μετάδοσης της ηλεκτρικής δραστηριότητας)
- Δύο είδη συνάψεων:
 - Ενισχυτικές (excitatory)
 - Ανασταλτικές (inhibitory)

ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Συμπεράσματα:

- Κατά τη λειτουργία του βιολογικού νευρώνα η συνολική διέγερση είναι το άθροισμα των διεγέρσεων σε όλους τους δενδρίτες
- Η συχνότητα των παλμών που δημιουργούνται στην έξοδο του νευρώνα και άρα μεταφέρονται μέσω του άξονα είναι ανάλογη της συνολικής διέγερσης
- Στον ανθρώπινο εγκέφαλο υπάρχουν περίπου 100 δισεκατομμύρια νευρώνες
- Κάθε νευρώνας επεξεργάζεται τα σήματα εισόδου και τα μεταφέρει σε άλλους νευρώνες μέσω περίπου 1000 (περίπου) συνάψεων
- Οι νευρώνες είναι διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους σχηματίζοντας τον εγκεφαλικό ιστό που αποτελεί ένα δίκτυο νευρώνων

ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ)

Βιολογικός νευρώνας $\Leftrightarrow$ τεχνητός νευρώνας

Εγκεφαλικός ιστός $\Leftrightarrow$ δομή δικτύου

Άρα,

- Ένα ΤΝΔ είναι μια αρχιτεκτονική δομή (δίκτυο) αποτελούμενη από ένα πλήθος διασυνδεδεμένων μονάδων επεξεργασίας (τεχνητοί νευρώνες)
- Κάθε μονάδα επεξεργασίας εκτελεί έναν απλό υπολογισμό και με βάση το αποτέλεσμα μεταδίδει πληροφορία στις υπολογιστικές μονάδες με τις οποίες είναι συνδεδεμένη
- Οι συνδέσεις μεταξύ των μονάδων επεξεργασίας αντιστοιχούν στις συνάψεις και κάθε σύναψη χαρακτηρίζεται από ένα συντελεστή δηλ. το συναπτικό βάρος

Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

Παραδοχή:

Οι νοήμονες λειτουργίες δεν είναι αποκλειστικότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου

Δυνατότητες των ΤΝΔ:

- Μάθηση με παραδείγματα (αναγνώριση, ταξινόμηση, κλπ.)
- Ικανότητα γενίκευσης
- Ανοχή σε θόρυβο και βλάβες
- Διαχείριση ελλιπούς πληροφορίας και αβεβαιότητας
- Ικανότητα αποθήκευσης γνώσης
- Αυτοοργάνωση
- Απομνημόνευση «γνώσης»