

# Μηχανική Μάθηση και Αναγνώριση Εικόνας στην Έρευνα της Σωματιδιακής Φυσικής

Πέτρος Στεφανέας

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

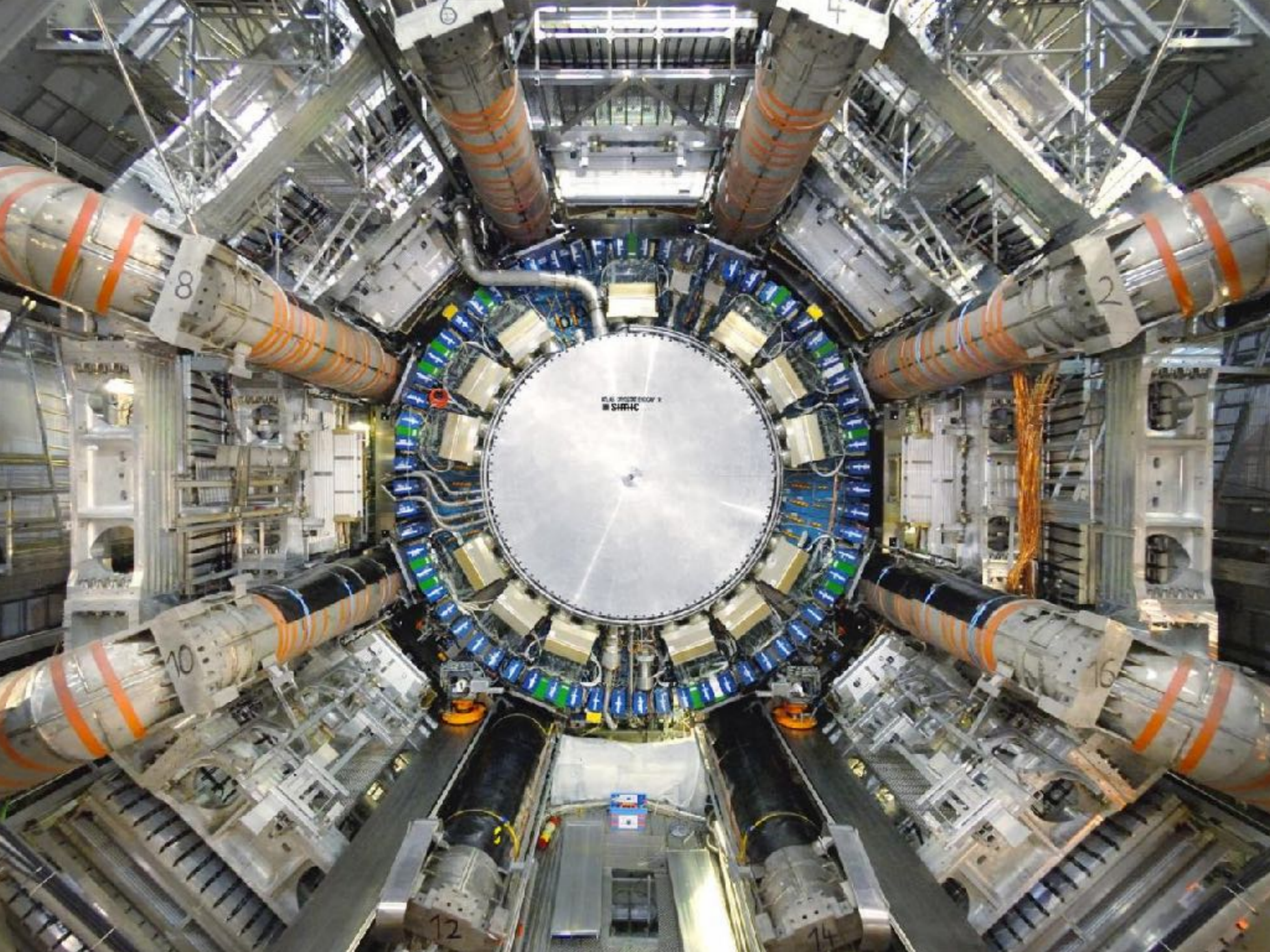
σε συνεργασία με το



του

Χαράλαμπου Τζοβανάκη

**Αντικείμενο**



**ATLAS**

**CERN**

**underground visit**

**experiment**

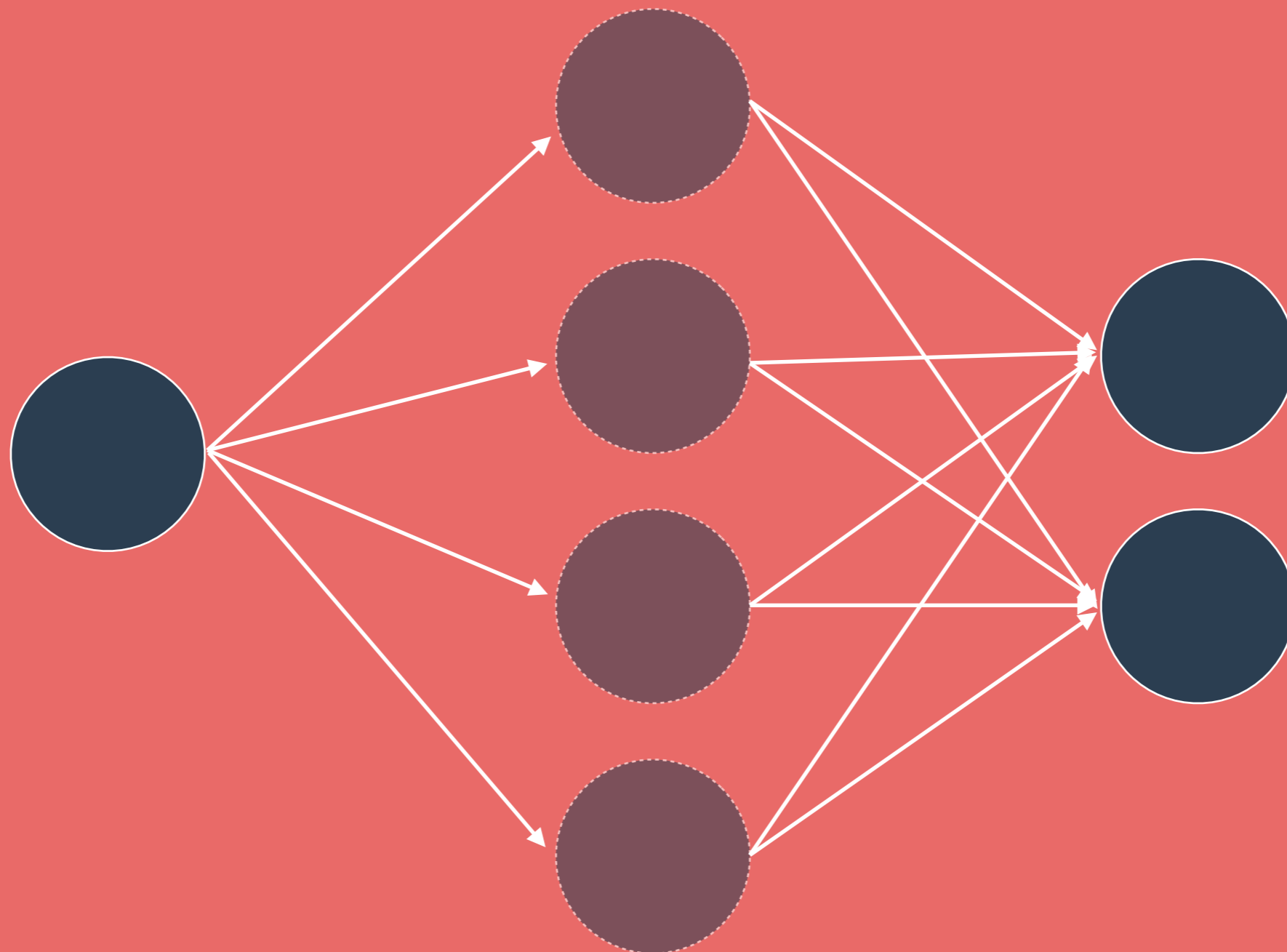
**particle accelerator**

**CMS**

**Geneva**

**LHC**

# Νευρωνικό Δίκτυο





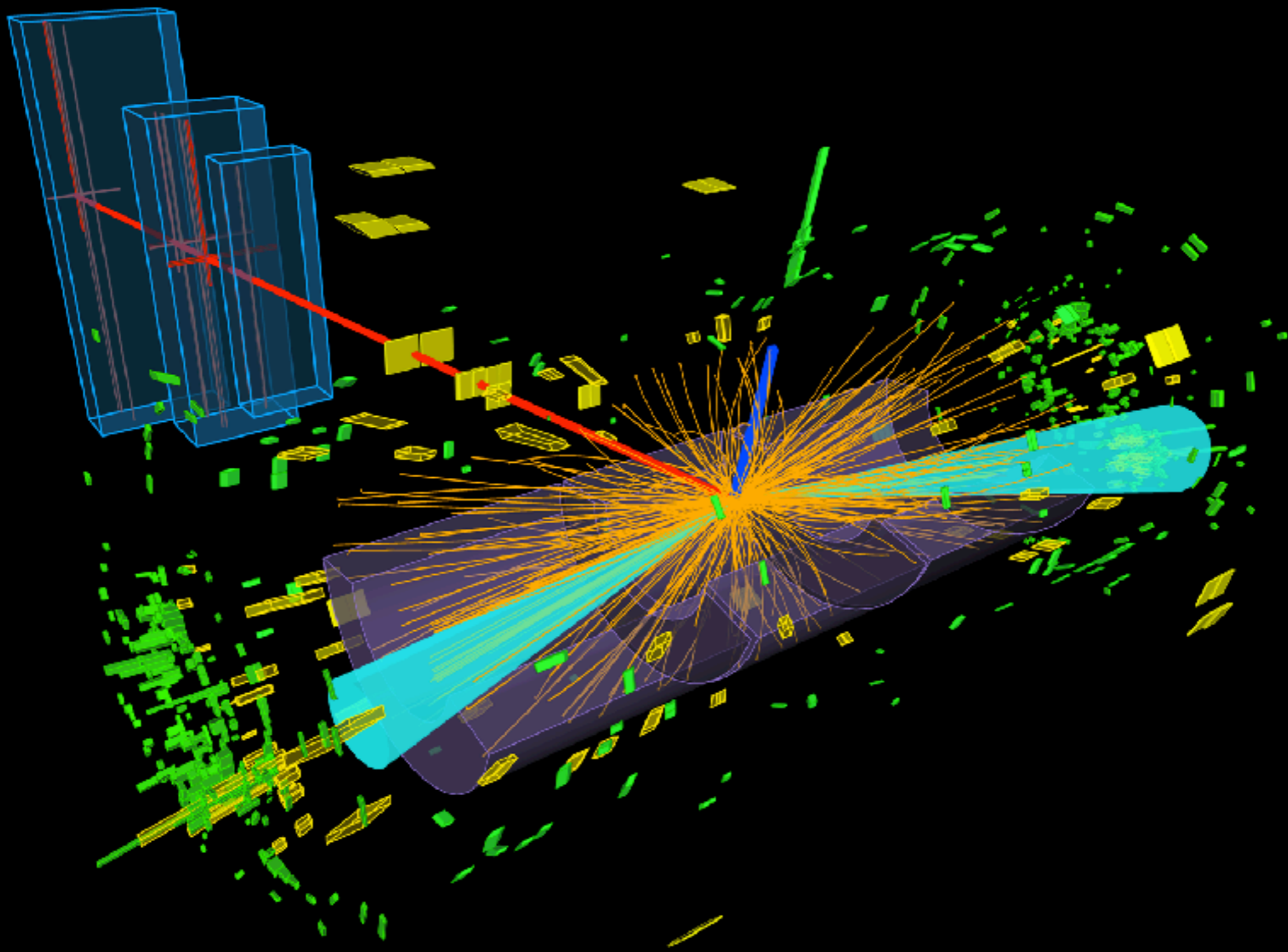
**1957**



**22**



**2500**



**ALICE**

**ATLAS**

**CMS**

**LHCb**

# CERN

Τα πειράματα που λαμβάνουν χώρα στο CERN, παράγουν καθημερινά νέα συμπεράσματα τα οποία τεκμηριώνονται εγγράφως από τους σχετικούς επιστήμονες.

Τα έγγραφα αυτά, όπως και όλα τα υπόλοιπα έγγραφα που παράγονται, άμεσα και έμμεσα συσχετιζόμενα με τις ερευνητικές διαδικασίες και τη λειτουργία του **CERN**, πρέπει να αποθηκεύονται ψηφιακά στον **CERN Document Server (CDS)** και να είναι διαθέσιμα για αναζήτηση ανά πάσα στιγμή από τους ενδιαφερόμους χρήστες.



# Επιτεύγματα

ουδέτερα ρευμάτα στο  
θάλαμο φουσαλίδων  
Gargamelle

1973

1983

ανακάλυψη των  
W και Z  
μποζονίων

World Wide Web

1991

αντιυδρογόνο

1995

απομόνωση 38  
ατόμων  
αντιυδρογόνου

2010

διατήρηση  
αντιυδρογόνου  
πάνω από 15 λεπτά

2011

Higgs

2012

# Ψηφιακές Βιβλιοθήκες

Όλο το υλικό είναι σε ψηφιακή μορφή και προσβάσιμο  
μέσω του διαδικτύου

# Ψηφιακές Βιβλιοθήκες

## Πλεονεκτήματα

- Η φυσική υπόσταση της βιβλιοθήκης δεν είναι πλέον απαραίτητη και καθένας μπορεί να την επισκεφτεί ψηφιακά, ανεξαρτήτως ώρας και μέρους
- Οι πόροι της βιβλιοθήκης δεν είναι περιορισμένοι, είναι δηλαδή διαθέσιμοι για όλους ανά πάσα στιγμή
- Πολύπλοκες αναζητήσεις είναι δυνατές στα περιεχόμενα της βιβλιοθήκης για την εύρεση συγκεκριμένων πόρων
- Δεν υπάρχει το πρόβλημα της φθοράς από τη χρήση, και η διατήρηση είναι ευκολότερη

# Ψηφιακές Βιβλιοθήκες

## Μειονεκτήματα

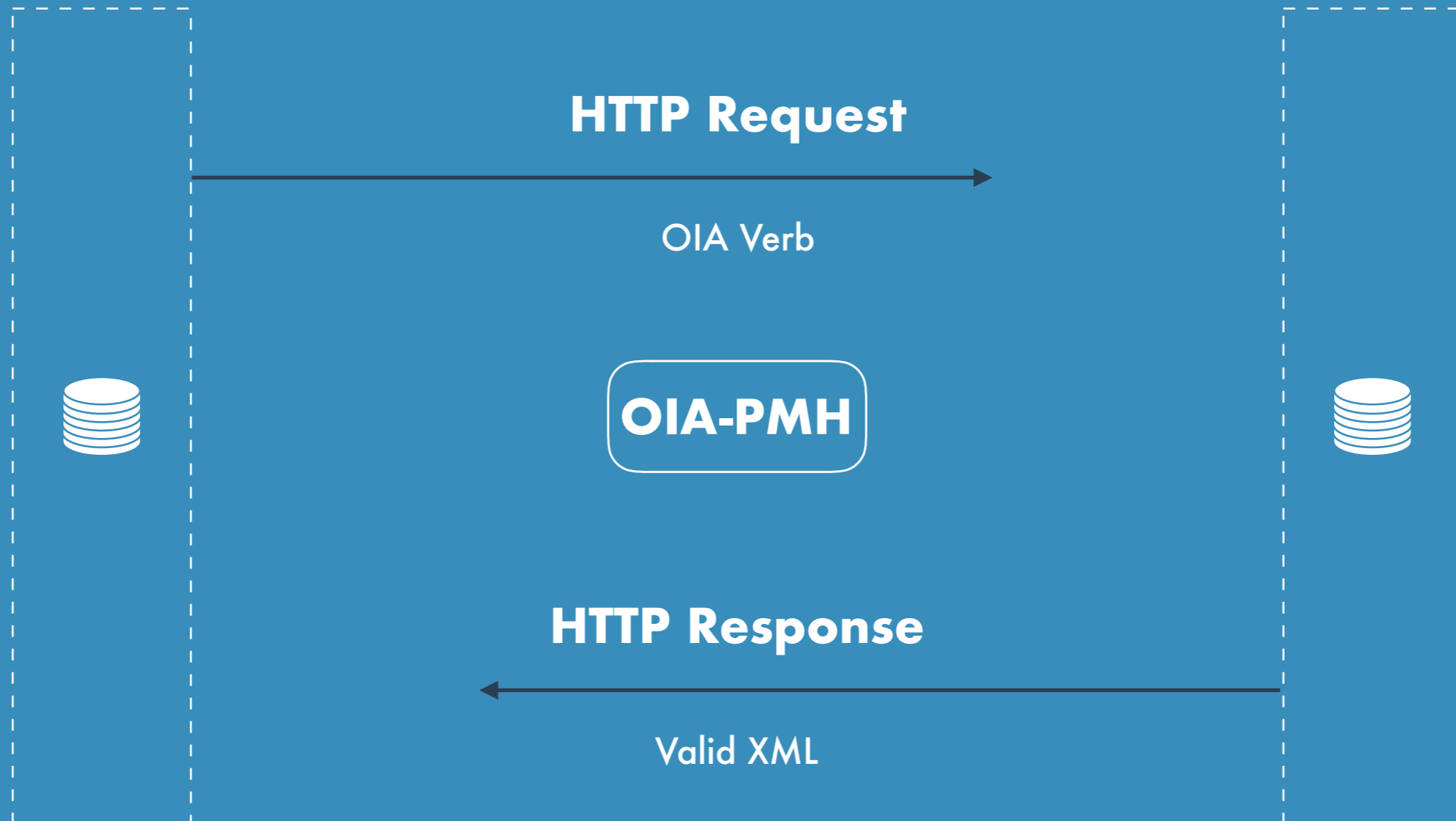
- Οι διαφορετικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται από διάφορες ψηφιακές βιβλιοθήκες, καθώς και η συνεχής ανάπτυξη και βελτίωσή τους δημιουργούν το πρόβλημα της συνεπούς διατήρησης των πόρων μιας ψηφιακής βιβλιοθήκης στην πάροδο του χρόνου
- Προβλήματα με την η κυριότητα και τα δικαιώματα κάποιου έργου που φιλοξενείται από μια ψηφιακή βιβλιοθήκη λόγω της φύσης της ψηφιακής πληροφορίας και της διάδοσής της
- Η πολυπλοκότητα της καταλογράφησης και της αποθήκευσης των μεταδεδομένων για κάποια έργα μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα στην καταγραφή και αναζήτησή τους

# Συνεργαζόμενες Ψηφιακές Βιβλιοθήκες

# Συνεργαζόμενες Ψηφιακές Βιβλιοθήκες

Βιβλιοθήκη 1

Βιβλιοθήκη 2



CDS

CERN Document Server



1993

πρωτοεμφανίστηκε με τη μορφή του  
CERN Preprint Server

συλλογές από άρθρα από:

CERN

από όλο τον κόσμο



1996

μετανομάστηκε σε  
CERN Library Server

CERN

βιβλία

περιοδικά

2000

νέα έκδοση με το όνομα  
CERN Document Server Software: CDSWare

CERN

photos

βιβλία

ΟΑΙ

videos

posters

περιοδικά

2006

μετανομάστηκε σε  
CERN Document Server: CDS

CERN

photos

βιβλία

ΟΑΙ

videos

posters

περιοδικά

Σήμερα

CERN

photos

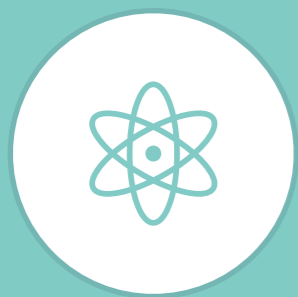
βιβλία

ΟΑΙ

videos

posters

περιοδικά



1.297.038



250.000



10.000



500

# Μηχανική Μάθηση

# Μηχανική Μάθηση

- Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα σύστημα βελτιώνει την απόδοσή του κατά την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας, χωρίς να υπάρχει ανάγκη να προγραμματιστεί εκ νέου.
- Έχει ως σκοπό τη δημιουργία μηχανών ικανών να μαθαίνουν και να βελτιώνουν την απόδοσή τους σε κάποιους τομείς μέσω της αξιοποίησης προηγούμενης γνώσης και εμπειρίας.

# Μηχανική Μάθηση

Ένα πρόγραμμα υπολογιστή λέμε ότι μαθαίνει από την εμπειρία  $E$  ως προς κάποια κλάση εργασιών  $T$  και μέτρο απόδοσης  $P$ , αν η απόδοσή του σε εργασίες από το  $T$ , όπως μετριέται από το  $P$ , βελτιώνεται μέσω της εμπειρίας  $E$ .

Mitchell (1997)

# Μηχανική Μάθηση

Η μηχανική μάθηση χωρίζεται στα παρακάτω είδη:

Επιβλεπόμενη μάθηση (Supervised Learning): είναι η διαδικασία όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει μια συνάρτηση που απεικονίζει δεδομένες εισόδους (σύνολο εκπαίδευσης) σε γνωστές επιθυμητές εξόδους, με απώτερο στόχο τη γενίκευση της συνάρτησης αυτής και για εισόδους με άγνωστη έξοδο.

Χρησιμοποιείται σε προβλήματα:

- Ταξινόμησης (Classification)
- Πρόγνωσης (Prediction)
- Διερμηνείας (Interpretation)



# Μηχανική Μάθηση

Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning): όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει ένα μοντέλο για κάποιο σύνολο εισόδων υπό μορφή παρατηρήσεων χωρίς να γνωρίζει τις επιθυμητές εξόδους.

Χρησιμοποιείται σε προβλήματα:

- Ανάλυσης Συσχετισμών (Association Analysis)
- Ομαδοποίησης (Clustering)

# Μηχανική Μάθηση

Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning): όπου ο αλγόριθμος μαθαίνει μια στρατηγική ενεργειών μέσα από άμεση αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα Σχεδιασμού (Planning), όπως για παράδειγμα ο έλεγχος κίνησης ρομπότ και η βελτιστοποίηση εργασιών σε εργοστασιακούς χώρους.

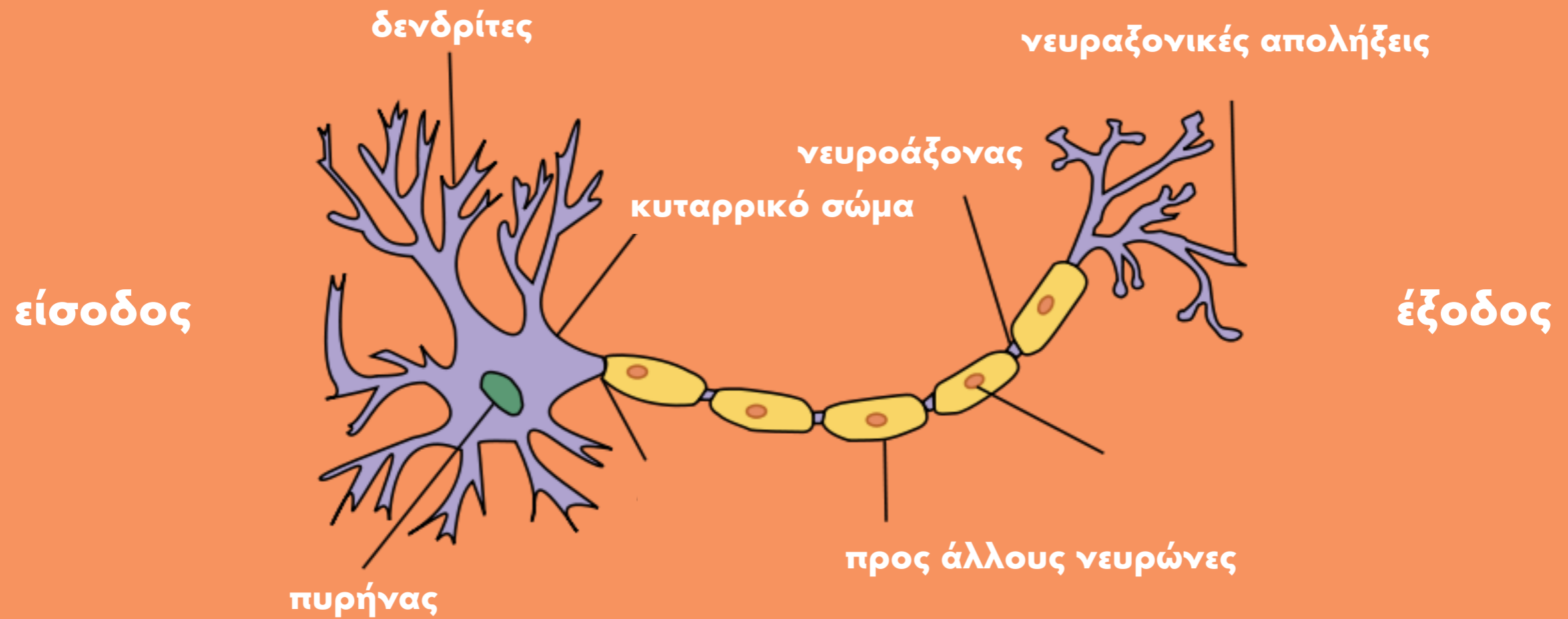
# Νευρωνικά Δίκτυα

# Νευρωνικά Δίκτυα

Ο όρος Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks, Connectionist Networks, Parallel Distributed Processing Models) περιγράφει έναν αριθμό από διαφορετικά μαθηματικά μοντέλα, εμπνευσμένα από αντίστοιχα βιολογικά μοντέλα, δηλαδή μοντέλα που προσπαθούν να μιμηθούν τη συμπεριφορά των νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου.

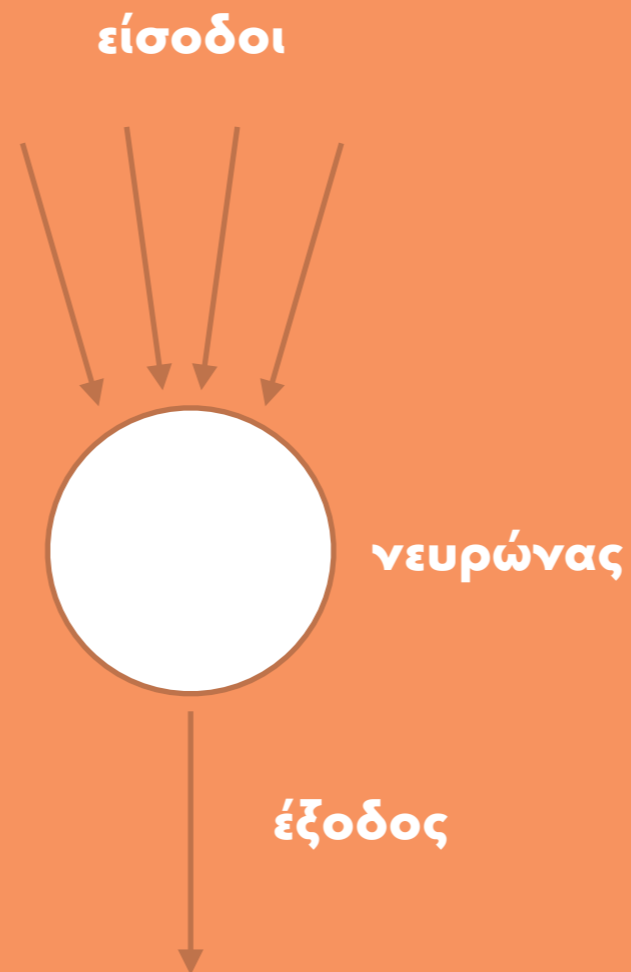
# Νευρωνικά Δίκτυα

## Νευρώνας



# Νευρωνικά Δίκτυα

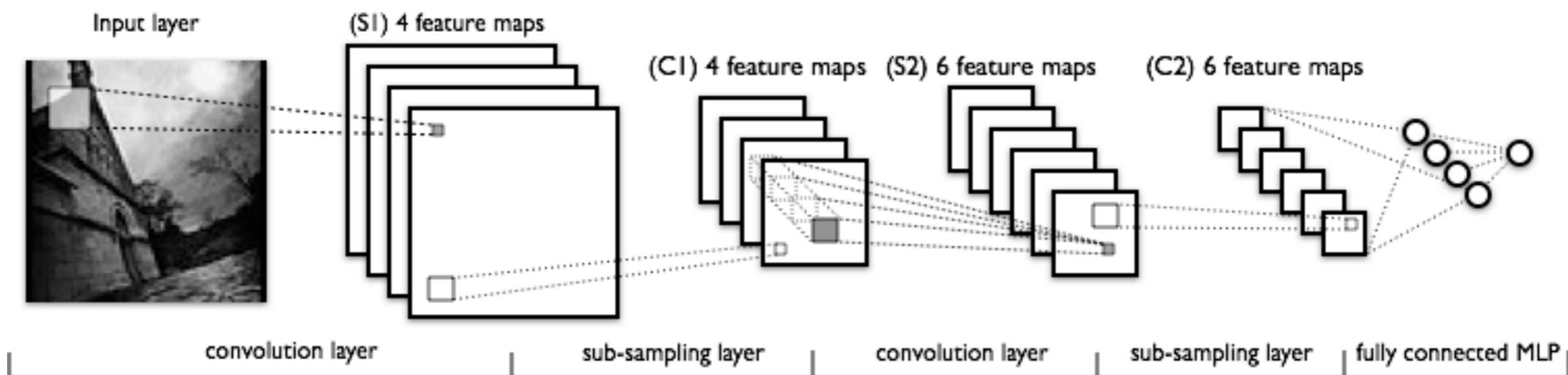
## Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα - ΤΝΔ



# Νευρωνικά Δίκτυα

Συνοπτική περιγραφή ενός ΤΝΔ:

- Τα ΤΝΔ συνήθως οργανώνονται σε επίπεδα (layers) τα οποία καλούνται και στρώματα. Τα ενδιάμεσα επίπεδα καλούνται κρυμμένα επίπεδα (hidden layers) και δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν
- Τα επίπεδα αποτελούνται από έναν αριθμό μονάδων (units) ή κόμβων (nodes) που είναι έτσι συνδεδεμένες μεταξύ τους, ώστε μία μονάδα να έχει συνδέσμους με πολλές άλλες μονάδες του ίδιου ή άλλου επιπέδου
- Οι μονάδες επιδρούν σε άλλες μονάδες με το να τις διεγείρουν ή να αναστέλλουν την ενεργοποίησή τους. Για να επιτευχθεί αυτό η μονάδα λαμβάνει το σταθμισμένο άθροισμα όλων των εισόδων μέσω των συνδέσμων που καταλήγουν σε αυτήν και παράγει μέσω της συνάρτησης μετάβασης μία μοναδική έξοδο, εάν το άθροισμα υπερβαίνει μία τιμή κατωφλίου
- Οι είσοδοι παρουσιάζονται στο δίκτυο μέσω του επιπέδου εισόδου (input layer) το οποίο επικοινωνεί με έναν ή περισσότερα κρυμμένα επίπεδα. Τα κρυμμένα επίπεδα συνδέονται με το επίπεδο εξόδου (output layer) από το οποίο εξάγεται η απάντηση





# Νευρωνικά Δίκτυα

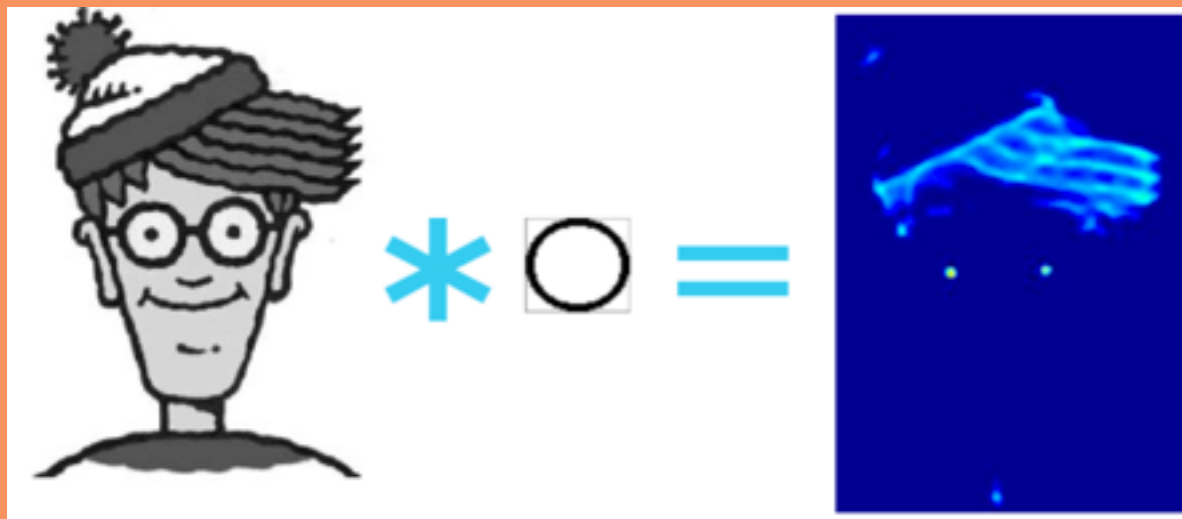
Τα 5 στάδια των ΤΝΔ

# Νευρωνικά Δίκτυα

## Στάδιο 1: Συνέλιξη

Τα πρώτα στρώματα που λαμβάνουν ένα σήμα εισόδου ονομάζονται φίλτρα συνέλιξης. Η συνέλιξη είναι μια διαδικασία όπου το δίκτυο προσπαθεί να ονομάσει το σήμα εισόδου με βάση αυτό που έχει μάθει στο παρελθόν.

Ουσιαστικά σημώνει ότι το κάθε φίλτρο αντιπροσωπεύει ένα χαρακτηριστικό που το αφορά και το ΤΔΝ μαθαίνει ποια χαρακτηριστικά βρίσκονται στο σήμα εισόδου.



Το φίλτρο με τον κύκλο θα φέρει αποτελέσματα στα μάτια

# Νευρωνικά Δίκτυα

## Στάδιο 2: Υπό-δειγματοληψία

Οι είσοδοι από το προηγούμενο στάδιο μπορούν να εξομαλυνθούν για να μειωθεί η ευαισθησία των φίλτρων σε θορύβους και παραλλαγές. Αυτή η διαδικασία εξομάλυνσης ονομάζεται υπό-δειγματοληψία και μπορεί να επιτευχθεί με τη λήψη μέσου ή τη λήψη της μέγιστης τιμής πάνω από ένα δείγμα του σήματος.



Αν η φωτογραφία υπο-δειγματοληφθεί 10 φορές τότε θα δημιουργηθεί μια εκδοχή χαμηλής ανάλυσης

# Νευρωνικά Δίκτυα

## Στάδιο 3: Ενεργοποίηση

Η στιβάδα ενεργοποίησης ελέγχει τον τρόπο με τον οποίο το σήμα ρέει από το ένα στρώμα στο επόμενο, μιμείται τον τρόπο που οι νευρώνες τροφοδοτούνται στον εγκέφαλο μας. Σήματα εξόδου που συνδέονται στενά με το παρελθόν θα μπορούσαν να ενεργοποιήσουν περισσότερους νευρώνες, επιτρέποντας σε σήματα να πολλαπλασιάζονται πιο αποτελεσματικά για την ταυτοποίηση.

# Νευρωνικά Δίκτυα

## Στάδιο 4: Πλήρη συνεκτικότητα

Οι τελευταίες στρώσεις στο δίκτυο είναι πλήρως συνδεδεμένες, πράγμα που σημαίνει ότι οι νευρώνες των προηγούμενων στρωμάτων συνδέονται με κάθε νευρώνα στις επόμενες στρώσεις. Αυτό μιμείται υψηλές συλλογιστικές μεθόδους όπου όλες οι πιθανές οδοί από την είσοδο στην έξοδο λαμβάνονται υπόψη.

# Νευρωνικά Δίκτυα

## Στάδιο 5: Απώλεια

Κατά την εκπαίδευση του νευρικού δικτύου, υπάρχει ένα επιπλέον στρώμα που ονομάζεται στρώμα απώλειας. Αυτό το στρώμα παρέχει ανάδραση στο νευρωνικό δίκτυο με το αν εντοπίζονται σωστά οι είσοδοι, και αν όχι, πόσο μακριά έπεσαν οι εικασίες. Αυτό βοηθά το νευρωνικό δίκτυο να γνωρίζει τις σωστές έννοιες κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης. Αυτό είναι πάντα το τελευταίο στρώμα της εκπαίδευσης.

# Αναγνώριση Εικόνων στο CDS

# Αναγνώριση Εικόνων

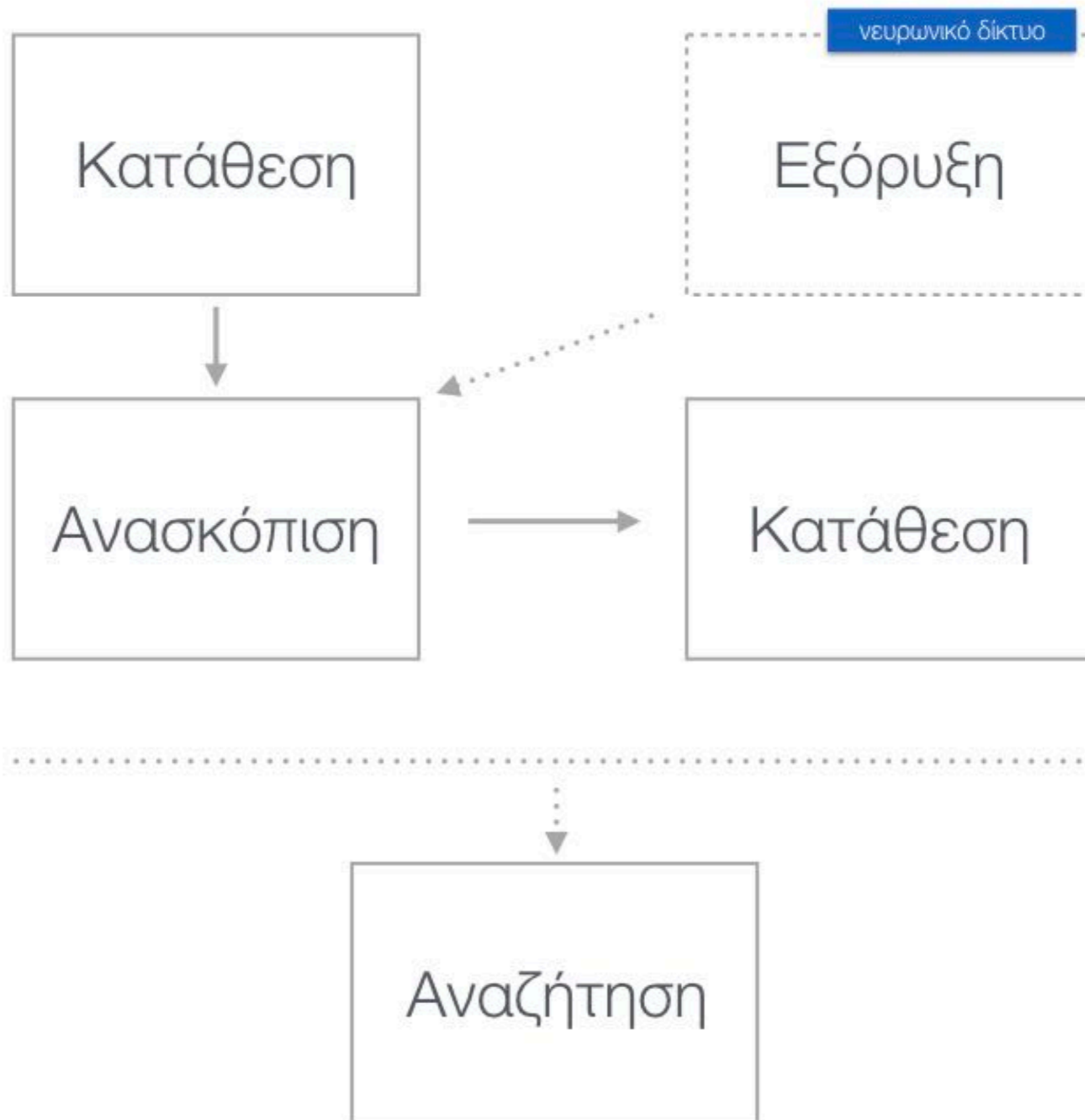


**250.000**

Μέχρι σήμερα το CDS έχει πάνω από 250.000 φωτογραφίες τις οποίες οι χρήστες μπορούν να αναζητήσουν μόνο εφόσον γνωρίζουν τον τίτλο της συλλογής.

Αυτό πολλές φορές καθιστά πολύ δύσκολη έως αδύνατη την αναζήτηση φωτογραφιών με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα φωτογραφίες που έχουν φορητούς υπολογιστές ή αυτοκίνητα.

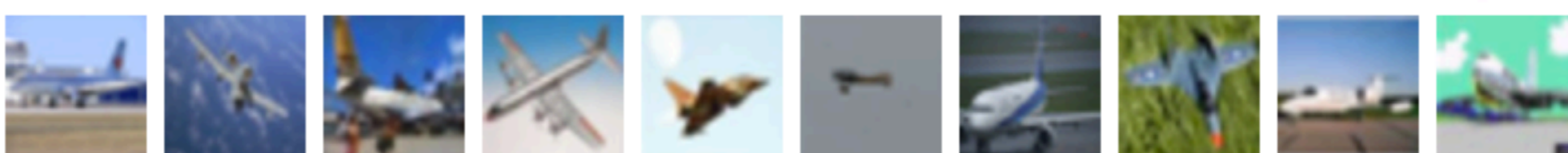




# Αναγνώριση Εικόνων

Για την εκπαίδευση του ΤΝΔ θα χρησιμοποιηθεί η βάση ImageNet, η οποία περιέχει 12 εκατομμύρια αντικείμενα και 1000 κλάσεις που βασίζονται στην ιεραρχία WordNet, όπου περιέχει σετ από συνώνυμες λέξεις.

**airplane**



**automobile**



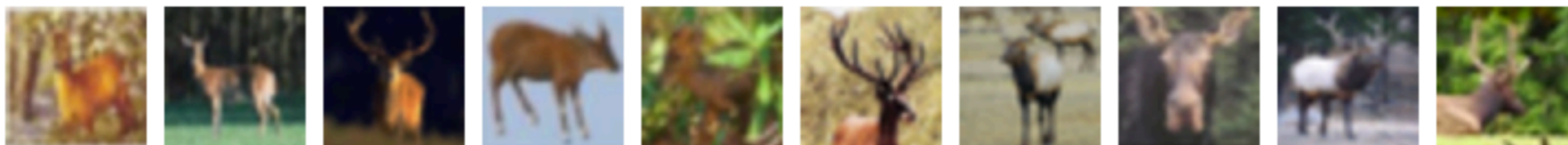
**bird**



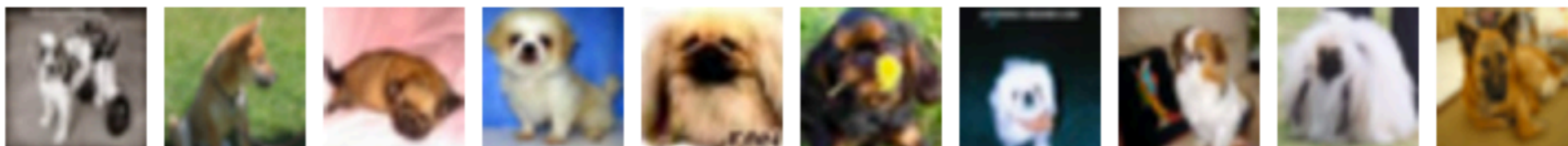
**cat**



**deer**



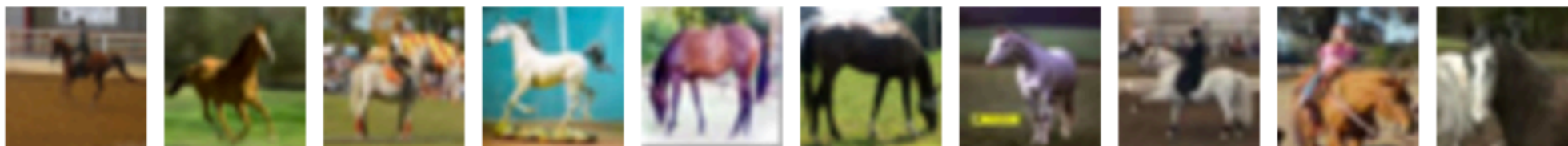
**dog**



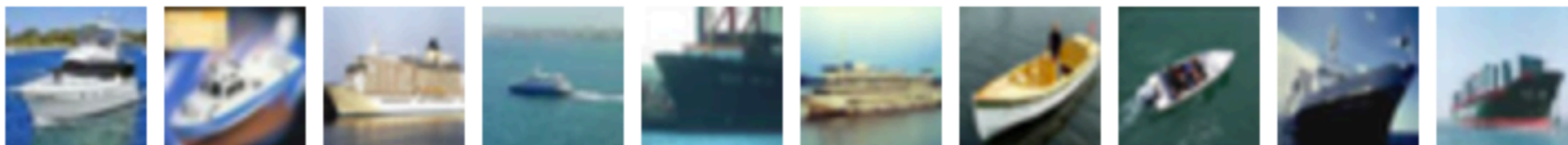
**frog**



**horse**



**ship**



**truck**





```
{  
  "filename": "panda.jpg",  
  "tags": [  
    "giant panda, panda, panda bear, coon bear",  
    "lesser panda, red panda, panda, bear cat",  
    "brown bear, bruin, Ursus arctos",  
    "earthstar",  
    "ice bear, polar bear, Ursus Maritimus"  
  ]  
}
```

# Αναγνώριση Εικόνων

Διεπαφή Αναζήτησης

**Tags**

- blue jean 2
- bow tie 2
- ambulance 2
- tiger 2
- denim 2
- jean 2
- mortarboard 2
- suit 2
- suit of clothes 2
- Felis onca 1



contrsuction.jpg



all.jpg



ambulance.j



tiger-mom-cub.jpg



parking.jpg



cms.jpg



interior.jpg



horse.jpg



newcomers.j

# Αναγνώριση Εικόνων

Διεπαφή Κατάθεσης



# Object recognition



bullet train

bullet

missile

bobsled

bobsleigh

bob

projectile

missile

bannister

banister

balustrade

balusters

handrail

Save

DEMO

**Συμπεράσματα**

# Συμπεράσματα

## Πλεονεκτήματα

- Πολύ καλή ακρίβεια σε αντικείμενα γενικού χαρακτήρα
- Πολύ γρήγορα αποτελέσματα  $\sim 2$  sec
- Έυκολο στη χρήση
- Δυνατότητα επέκτασης και από άλλες υπηρεσίες του CERN

# Συμπεράσματα

## Βελτιώσεις

- Εκπαίδευση με ποιά πολλά αντικείμενα σχετικά με τα πειράματα, όπως εξαρτήματα
- Υποστήριξη εξόριξης και σε videos
- Δημιουργία HUB ώστε να μπορούν εύκολα άλλες υπηρεσίες να παρέχουν σύνολα για εκπαίδευση

**Ευχαριστώ**

**Ερωτήσεις;**