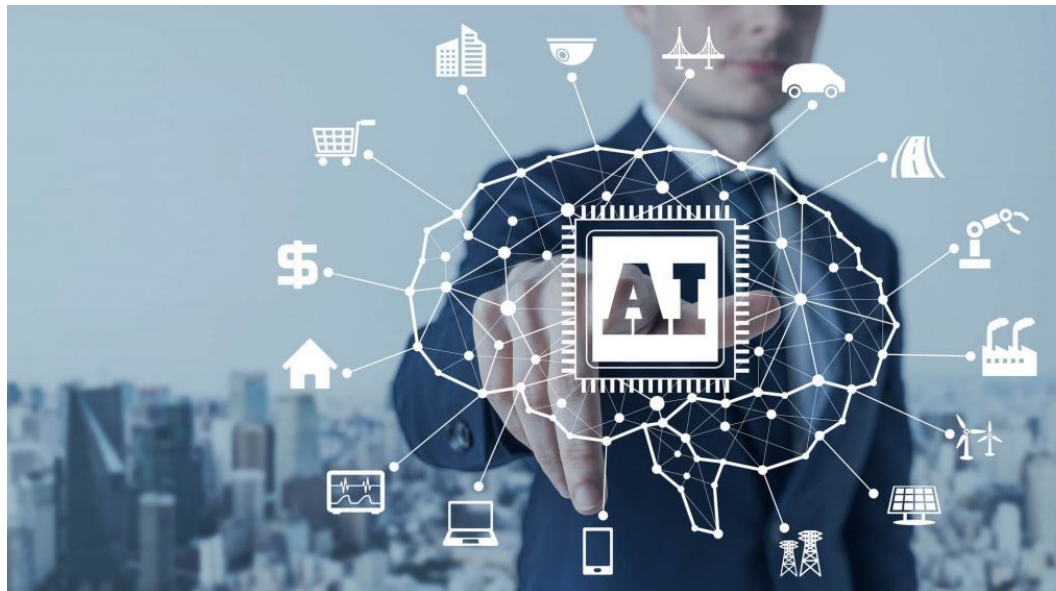


# Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

## Τμήμα Πληροφορικής

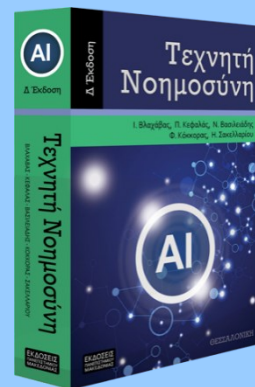
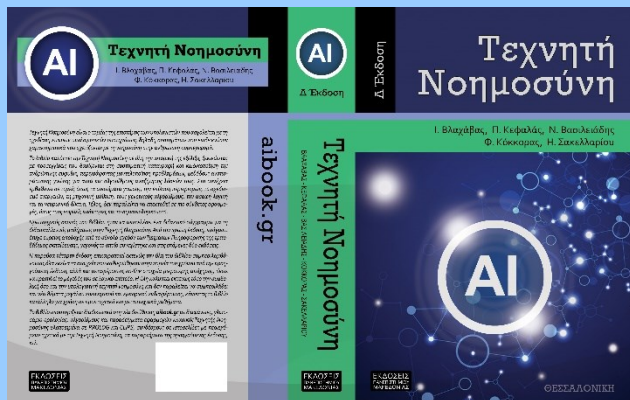
### Τεχνητή Νοημοσύνη



Θεσσαλονίκη 2022

*Διδάσκων:*  
*Ι. Βλαχάβας, Καθηγητής*  
*Τμήμα Πληροφορικής, ΑΠΘ*

# Κεφάλαιο 1



## Εισαγωγή

<https://aibook.gr/>

Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης, Φ. Κόκκορας, Η. Σακελλαρίου.

Τεχνητή Νοημοσύνη - Δ' Έκδοση, ISBN: 978-618-5196-44-8

Έκδοση/Διάθεση: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, 2020

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 94700120

# Εισαγωγή

- ❖ Η ΤΝ συμπλήρωσε σχεδόν 65 χρόνια ζωής.
  - ❑ Είναι ένα από τα πιο νέα ερευνητικά πεδία.
  - ❑ Τυπικά ξεκίνησε το 1956 στη συνάντηση μερικών επιφανών επιστημόνων, όπως ο John McCarthy, ο Marvin Minsky, ο Claude Shannon, κ.α.
- ❖ Η μελέτη της νοημοσύνης είναι ένα από τα πιο παλιά θέματα.
  - ❑ Για περισσότερο από 2.000 χρόνια οι φιλόσοφοι (Αριστοτέλης, Ηράκλειτος, Descartes, κλπ.) προσπάθησαν να ερμηνεύσουν το μηχανισμό της όρασης, της μάθησης, της απομνημόνευσης, της αντίληψης και του συλλογισμού.
- ❖ Το μάθημα προσεγγίζει το θέμα της Τ.Ν.:
  - ❑ Οριοθετώντας το πρόβλημα, παρουσιάζοντας αλγορίθμους αναζήτησης και περιγράφοντας τρόπους αναπαράστασης, προσπαθώντας δηλαδή να επιλύσει την εξίσωση: **Τ.Ν. = Αναπαράσταση Γνώσης + Αναζήτηση**
  - ❑ Συμπληρώνεται με τη μελέτη κλασικών εφαρμογών που ιστορικά ανήκουν στην περιοχή, όπως: το σχεδιασμό ενεργειών, τα έμπειρα συστήματα, τα νευρωνικά δίκτυα και φυσικά τη Μηχανική Μάθηση, κ.α.
  - ❑ Για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται συνοπτικά και άλλες δημοφιλείς εφαρμογές όπως: οι πράκτορες, η ρομποτική, η μηχανική όραση, κ.α.



John McCarthy

Claude Shannon  
(1916-2001)

# Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη

ΤΝ είναι ο τομέας της επιστήμης των υπολογιστών, που ασχολείται με τη σχεδίαση ευφυών (νοημόνων) υπολογιστικών συστημάτων, δηλαδή συστημάτων που επιδεικνύουν χαρακτηριστικά που σχετίζουμε με τη νοημοσύνη στην ανθρώπινη συμπεριφορά (Barr και Feigenbaum).

- ❖ Πριν ορίσουμε την Τεχνητή Νοημοσύνη πρέπει να ορισθεί πρώτα η νοημοσύνη.

## Τι είναι Νοημοσύνη

- ❖ Ο Howard Gardner στο βιβλίο του *Frames of Mind: The theory of multiple intelligences* (1983), διακρίνει σε κάθε άνθρωπο 8 τύπους νοημοσύνης (Γλωσσική, Λογική/Μαθηματική, Μουσική, Χωρική, Σωματική, Διαπροσωπική, Ενδοπροσωπική, Φυσιοκρατική) οι οποίοι είναι ευδιάκριτοι μέσα στον εγκέφαλο αλλά στην πράξη χρησιμοποιείται ένα μίγμα από αυτούς.
  - ❑ Δηλαδή μαθαίνουμε, επικοινωνούμε, λύνουμε προβλήματα, κλπ, με 8 τουλάχιστον τρόπους.
- ❖ Στο ερμηνευτικό λεξικό του Cambridge (<http://dictionary.cambridge.org/>) θα βρούμε ότι νοημοσύνη είναι η ικανότητα για μάθηση, κατανόηση και κρίση ή αιτιολογημένη έκφραση γνώμης.
- ❖ Στο λεξικό Merriam-Webster (<http://www.m-w.com/>) αναφέρεται ότι νοημοσύνη είναι η ικανότητα για μάθηση ή κατανόηση ή η αντιμετώπιση νέων ή δύσκολων καταστάσεων.
  - ❑ Αναφέρονται μάλιστα και ως συνώνυμα η ευφυΐα, η λογική και η διανόηση, έννοιες για τις οποίες αν ψάξουμε θα δούμε ότι αναφέρονται στην ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, στη μάθηση από την εμπειρία, την ικανότητα συλλογισμού, την κατανόηση, την ορθολογιστική και αναλυτική σκέψη, την εξαγωγή συμπερασμάτων.
  - ❑ Βέβαια, η νοημοσύνη υποβοηθείται από την ύπαρξη των αισθήσεων και της μνήμης, αλλά σε καμία περίπτωση αυτά μόνα τους δεν αρκούν.

## Ορισμός της Νοημοσύνης (2/2)

- ❖ Ο Douglas Hofstadter (βραβείο Pulitzer), προτείνει ότι νοημοσύνη είναι, να:
  - ☐ Ανταποκρίνεσαι σε καταστάσεις με ελαστικότητα (όχι μηχανική συμπεριφορά).
  - ☐ Κατανοείς τα ασαφή ή αντιφατικά μηνύματα από τα συμφραζόμενα.
  - ☐ Αναγνωρίζεις και να ιεραρχείς τα διάφορα δεδομένα με βάση τη σπουδαιότητα τους.
  - ☐ Βρίσκεις ομοιότητες μεταξύ καταστάσεων οι οποίες μοιάζουν διαφορετικές.
  - ☐ Βρίσκεις διαφορές μεταξύ καταστάσεων οι οποίες μοιάζουν παρόμοιες.
- ❖ Η συναισθηματική νοημοσύνη (emotional intelligence - EI) ή αλλιώς συναισθηματικό πηλίκο:
  - ☐ Η ικανότητα των ατόμων να αναγνωρίζουν τα δικά τους συναισθήματα αλλά και τα συναισθήματα των άλλων, να τα εκφράζουν, να κάνουν διάκριση μεταξύ τους καθώς και να χρησιμοποιούν τη συναισθηματική τους κατάσταση ως οδηγό σκέψης και συμπεριφοράς.
- ❖ Η κοινωνική νοημοσύνη (social/collective intelligence)
  - ☐ Η ικανότητα του ατόμου να καταλαβαίνει και να αλληλοεπιδρά με τους συνανθρώπους του εντός του κοινωνικού του περιβάλλοντος
- ❖ Οι ικανότητες αυτές έχουν τουλάχιστον ένα κοινό χαρακτηριστικό: αποκτώνται εύκολα από τους ανθρώπους και βασίζονται συνήθως σε ένα σύνολο σταθερών και στερεότυπων απόψεων/γνώσεων που κατέχει οποιοσδήποτε άνθρωπος και αποκαλείται **κοινή λογική** (*common sense*).

- ☐ Για παράδειγμα, έστω η πρόταση "Ο Γιάννης είδε μια φωτογραφία μιας μηχανής και ήθελε να την αποκτήσει".
    - ✓ Αν και η πρόταση είναι σημασιολογικά ασαφής, προφανώς ο Γιάννης θέλει να αποκτήσει τη μηχανή και όχι τη φωτογραφία.
    - ✓ Για να παραχθεί αυτή η γνώση από ένα υπολογιστικό σύστημα απαιτείται τεράστια γνώση για φωτογραφίες, μηχανές, επιθυμίες κλπ. ενώ για έναν άνθρωπο αποτελεί μέρος της κοινής λογικής του.
  - ☐ Η κοινή λογική, δεν μπορεί να αποτυπωθεί σαφώς και να τη διαχειριστεί κάποιος. Είναι το υπόβαθρο στο οποίο λειτουργεί μια ανθρώπινη ύπαρξη που δεν έχει σοβαρές συναισθηματικές ή άλλες νοητικές διαταραχές.
- ❖ Η επιστήμη που ερευνά τους μηχανισμούς της ανθρώπινης ευφυΐας αναφέρεται ως *γνωστική ή γνωσιολογική επιστήμη (cognitive science)*.
- ☐ Έχει αποδειχθεί ότι όσο πιο απλή και αυτονόητη για τους ανθρώπους είναι μια λειτουργία τόσο πιο δύσκολα μπορούμε να τη μεταφέρουμε σε έναν υπολογιστή.
  - ☐ Και αυτό γιατί συνήθως οι απλές λειτουργίες εκτελούνται μηχανικά χωρίς ιδιαίτερη σκέψη και συνεπώς είναι πολύ δύσκολο να περιγραφεί αναλυτικά το πώς πραγματοποιήθηκαν

<https://www.dropbox.com/s/ilvs1nsvbutjsve/Rubik%202-skladanie%20rubykovej%20kocky.wmv?dl=0>

<https://www.dropbox.com/s/hxd7z0wtt850mz1/Rubik.wmv?dl=0>

## Ορισμός της ΤΝ

- ❖ Άλλοι ορισμοί επικεντρώνονται στη διαδικασία σκέψης και συλλογισμού και άλλοι στη συμπεριφορά. Υπάρχουν ορισμοί σύμφωνα με τους οποίους στόχος της ΤΝ είναι να φτιάξει συστήματα που:
  - ☐ Σκέφτονται όπως οι άνθρωποι:
    - ✓ Η προσπάθεια να κατασκευάσουμε υπολογιστές με διανοητική ικανότητα με την πλήρη και κυριολεκτική έννοια του όρου (Haugeland, 1985)
  - ☐ Συμπεριφέρονται όπως οι άνθρωποι:
    - ✓ Η μελέτη του πως να κάνουμε τους υπολογιστές να κάνουν πράγματα που αυτήν τη στιγμή οι άνθρωποι είναι καλύτεροι (Rich and Knight, 1991)
  - ☐ Σκέφτονται λογικά:
    - ✓ Η μελέτη των υπολογισμών που καθιστούν εφικτή την αντίληψη, λογική σκέψη και αντίδραση (Winston, 1992)
  - ☐ Συμπεριφέρονται (Αντιδρούν) λογικά:
    - ✓ Ο τομέας της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με την αυτοματοποίηση της ευφυούς συμπεριφοράς (Luger and Stubblefield, 1993)



# Γενικός Ορισμός ΤΝ

ΤΝ είναι ο τομέας της Επιστήμης των Υπολογιστών που ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση προγραμμάτων τα οποία είναι ικανά να μιμηθούν τις ανθρώπινες γνωστικές ικανότητες, εμφανίζοντας έτσι χαρακτηριστικά που αποδίδουμε συνήθως σε ανθρώπινη συμπεριφορά, όπως η επίλυση προβλημάτων, η αντίληψη μέσω της όρασης, η μάθηση, η εξαγωγή συμπερασμάτων, η κατανόηση φυσικής γλώσσας, κλπ.

## Περιοχές της ΤΝ

- ☐ Επίλυση προβλημάτων (π.χ. σταυρόλεξο, sudocu, κλπ)
- ☐ Απόδειξη Θεωρημάτων,
- ☐ Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας,
- ☐ Τεχνητή Όραση,
- ☐ Μηχανική Μάθηση
- ☐ Σχεδιασμός Ενεργειών και Χρονοπρογραμματισμός,
- ☐ Αυτόνομα Robot,
- ☐ Έμπειρα Συστήματα και Συστήματα Γνώσης,
- ☐ Ευφυείς πράκτορες (agents)
- ☐ Ευφυείς υπηρεσίες διαδικτύου και σημασιολογικό διαδίκτυο (semantic web)
- ☐ Προσαρμοζόμενα και εξελισσόμενα ευφυή συστήματα
- ☐ και άλλες

## Προσεγγίσεις για την ΤΝ

- ❖ Κλασική ή συμβολική (symbolic AI): Βασίζεται στην κατανόηση των νοητικών διεργασιών και ασχολείται με τη **προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης** προσεγγίζοντάς την με αλγορίθμους και συστήματα που βασίζονται στη γνώση χρησιμοποιώντας ως δομικές μονάδες τα **σύμβολα** (π.χ. συστήματα κανόνων).
- ❖ Υπολογιστική νοημοσύνη (computational intelligence) ή Συνδετική (connectionist) ή μη-συμβολική: Βασίζεται στη **μίμηση της βιολογικής λειτουργίας** του εγκεφάλου όπως η διαδικασία της εξέλιξης των ειδών ή η λειτουργία του εγκεφάλου (π.χ. νευρωνικά δίκτυα, γενετικοί αλγόριθμοι).

# Δοκιμασία Turing

- ❖ Ο Alan Turing (1913-1954) ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της ΤΝ, εμπνεύστηκε το 1950 ένα τεστ (Turing test), για την αναγνώριση ευφυών μηχανών.
  - ❑ Το Turing test βασίζεται σε μία σειρά από ερωτήσεις που υποβάλει κάποιος σε έναν άνθρωπο και μία μηχανή (π.χ. chatbot), χωρίς να ξέρει εκ των προτέρων ποιος είναι ποιος.
  - ❑ Αν στο τέλος δεν καταφέρει να ξεχωρίσει τον άνθρωπο από τη μηχανή, τότε η μηχανή περνάει το τεστ και θεωρείται ευφυής.
- ❖ Ο προγραμματισμός ενός υπολογιστή για να περάσει το τεστ, απαιτεί τη συμμετοχή αρκετών επιστημονικών πεδίων, όπως:
  - ❑ Επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing, NLP).
  - ❑ Αναπαράσταση γνώσης.
  - ❑ Αυτοματοποιημένη συλλογιστική.
  - ❑ Μηχανική μάθηση.
- ❖ Μια επέκταση του τεστ (**πλήρες Turing τεστ**) περιλαμβάνει και την αναγνώριση εικόνων και αντικειμένων.
  - ❑ Απαιτείται η συμμετοχή και άλλων δύο επιστημονικών πεδίων, της μηχανικής όρασης (machine vision) και της ρομποτικής (robotics).
- ❖ [the Loebner prize](#)
- ❖ **Chatbot**



Alan Turing

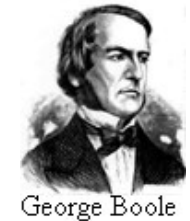
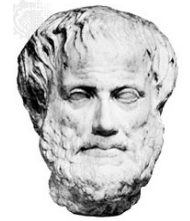
# Σχέση της Τεχνητής Νοημοσύνης με τη Νοημοσύνη

- ❖ Μπορούν οι μηχανές να σκέφτονται πραγματικά;
  - ❑ Ο Dijkstra (1930-2002), Βραβείο Turing το 1972, είχε πει ότι η ερώτηση για το αν ένας υπολογιστής μπορεί να σκέπτεται είναι ανάλογη με την ερώτηση, αν ένα υποβρύχιο μπορεί να κολυμπήσει.
- ❖ Υπάρχουν δυο προσεγγίσεις όσον αφορά τον στόχο της ΤΝ:
  - ❑ η αδύναμη ή περιορισμένη ΤΝ (*weak AI*) όπου ο στόχος είναι η κατασκευή μηχανών που να λειτουργούν σαν να ήταν έξυπνες (σαν να είχαν νοημοσύνη), και
  - ❑ η ισχυρή ή γενική ΤΝ (*strong AI*) όπου ο στόχος είναι η κατασκευή μηχανών που σκέφτονται πραγματικά (δεν προσομοιώνουν απλά την σκέψη).
- ❖ Πόσο εφικτός είναι ο δεύτερος στόχος;
  - ❑ Δηλαδή, αν έχουμε ένα σύστημα (πρόγραμμα) που περνά το Turing test, μπορούμε να πούμε ότι διαθέτει νοημοσύνη;
  - ❑ [The Chinese room argument](#)
- ❖ Από τους διάφορους ορισμούς, άλλοι θεωρούν τη νοημοσύνη ως χαρακτηριστικό ενός μηχανισμού ενώ άλλοι ως χαρακτηριστικό μιας συμπεριφοράς.
  - ❑ Εύλογα μπαίνει το ερώτημα, αν δύο διαφορετικοί μηχανισμοί παράγουν την ίδια συμπεριφορά, μπορούμε να κρίνουμε τη συμπεριφορά ως ευφυή ή έχει σημασία και ο μηχανισμός;
- ❖ Επίσης πότε χαρακτηρίζεται μια μηχανική συμπεριφορά ως ευφυής;
  - ❑ Όταν τη συγκρίνουμε με την συμπεριφορά ενός ανθρώπου, ενός ευφυούς ανθρώπου ή με βάση έναν κανονιστικό (*normative*) ορισμό μιας ορθής συμπεριφοράς;

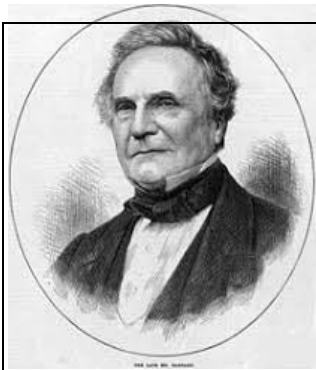
- ☐ Η επικρατούσα άποψη είναι η δεύτερη.
- ☐ Είναι προφανές όμως ότι η ορθή συμπεριφορά εξαρτάται από τους διαθέσιμους μηχανισμούς και σαν αποτέλεσμα διαφορετικά συστήματα αντιμετωπίζουν διαφορετικά προβλήματα και παράγουν διαφορετικές λύσεις.
- ❖ Συνεπώς και η τεχνητή νοημοσύνη είναι διαφορετική από την ανθρώπινη γιατί έχουμε διαφορετικούς μηχανισμούς.
  - ☐ Ως εκ τούτου ο μηχανισμός έχει σημασία ακόμη και κάτω από μια συμπεριφορική (behaviourist) θεώρηση της νοημοσύνης.
- ❖ Turing: Για να είναι μια μηχανή ευφυής πρέπει να έχει συνείδηση (consciousness), δηλαδή να γνωρίζει τη δική της διανοητική κατάσταση (mental states) και λειτουργία.
  - ☐ Η διανοητική κατάσταση όμως δεν είναι ανεξάρτητη της αρχιτεκτονικής στην οποία εκτελείται.
  - ☐ Δηλαδή οι διανοητικές καταστάσεις δεν μπορούν να αναπαραχθούν απλά από ένα πρόγραμμα που έχει την ίδια συμπεριφορά εισόδου-εξόδου με τους νευρώνες του ανθρώπινου εγκεφάλου.
  - ☐ Θα απαιτούνταν το πρόγραμμα να εκτελείται σε μια ίδια αρχιτεκτονική.
  - ☐ Ως εκ τούτου και η ΤΝ είναι διαφορετική από την ανθρώπινη γιατί βασίζεται σε διαφορετικούς μηχανισμούς.
- ❖ Οτιδήποτε μπορείς να περιγράψεις με μια σειρά απλών υπολογισμών με αριθμούς και λογικές συνθήκες μπορεί να επιλυθεί από έναν υπολογιστή.
  - ☐ Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι μακράν πολύ πιο σύνθετη ώστε να αναπαρασταθεί από ένα οποιοδήποτε σύστημα κανόνων
  - ☐ Αυτό απαντά στο ερώτημα αν οι μηχανές είναι ή θα γίνουν πιο έξυπνες από τους ανθρώπους

## Η Εξέλιξη της ΤΝ

- ❖ Οι "συλλογισμοί" του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.) παρείχαν πρότυπα εκφράσεων που έδιναν πάντα σωστά συμπεράσματα από σωστές υποθέσεις.
- ❖ 1854: Ο George Boole έθεσε τις βάσεις της προτασιακής λογικής.
- ❖ 1879: Ο Gottlieb Frege πρότεινε ένα σύστημα αυτοματοποιημένης συλλογιστικής και έθεσε τις βάσεις του κατηγορηματικού λογισμού (predicate calculus).
- ❖ 1943: Ο McCulloch και ο Pitts πρότειναν ένα μοντέλο τεχνητών νευρώνων που είχε τη δυνατότητα να μαθαίνει και να υπολογίζει κάθε υπολογίσιμη συνάρτηση.
- ❖ 1951: Ο Minsky και ο Edmonds υλοποίησαν το πρώτο νευρωνικό δίκτυο, το SNARC, με 40 νευρώνες, το οποίο χρησιμοποιούσε 3.000 λυχνίες.
- ❖ 1956: Διοργάνωση συνεδρίου (workshop) καθοριστικού στη γέννηση της Τ.Ν.
  - ❑ Διοργανώθηκε στο Dartmouth από τους McCarthy, Minsky, Shannon και Rochester και αφορούσε τη θεωρία αυτομάτων, νευρωνικά δίκτυα και μελέτη της ευφυΐας.
  - ❑ Παρουσιάστηκε το Logic Theorist (LT) που ήταν σε θέση να αποδεικνύει τα περισσότερα από τα θεωρήματα των Russell και Whitehead (Principia Mathematica).
  - ❑ Το κυριότερο ίσως αποτέλεσμα του συνεδρίου ήταν η αποδοχή του ονόματος που πρότεινε ο McCarthy για τη νέα ερευνητική περιοχή: **Τεχνητή Νοημοσύνη**.



George Boole

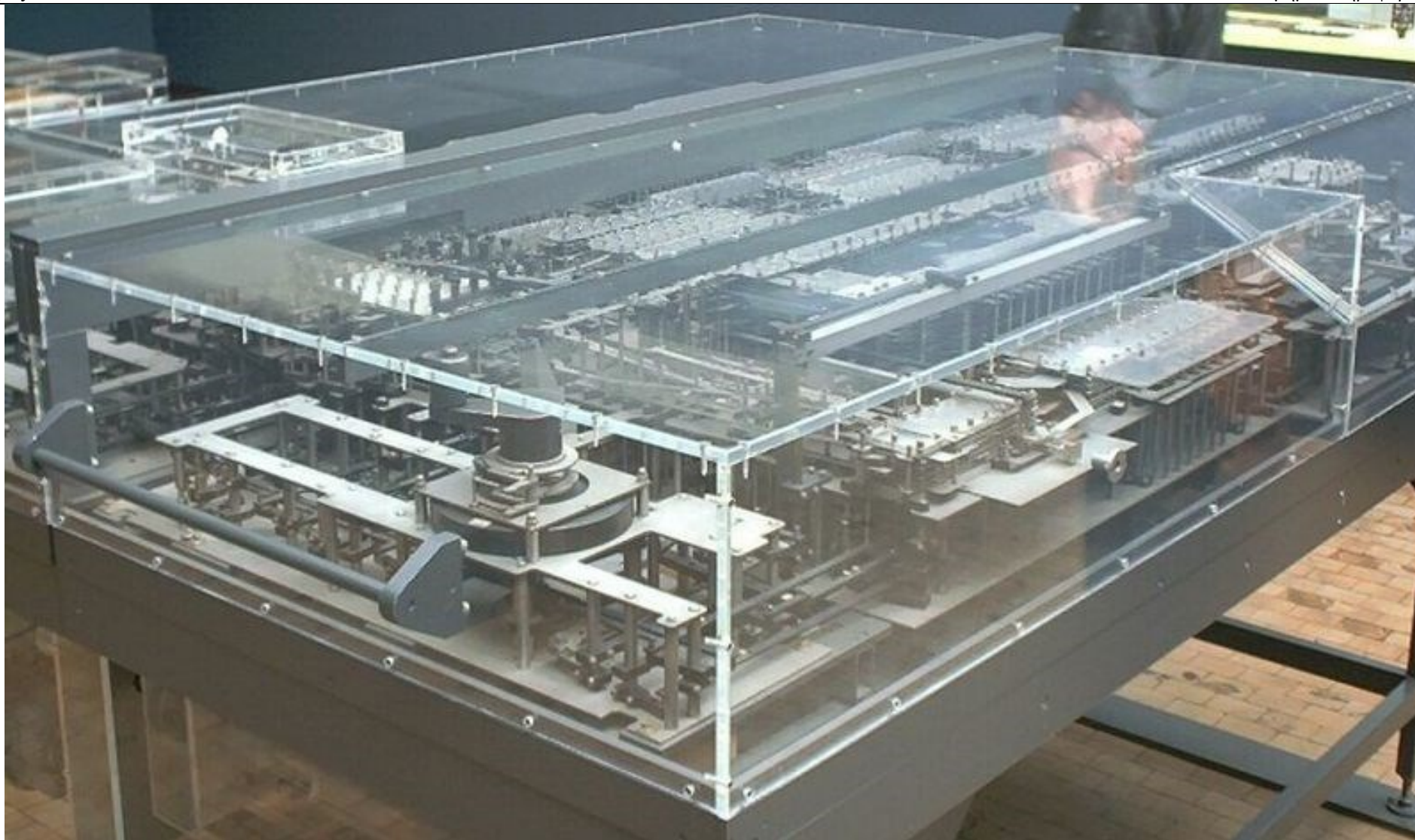


# Ορόσημα στην εξέλιξη των υπολογιστών

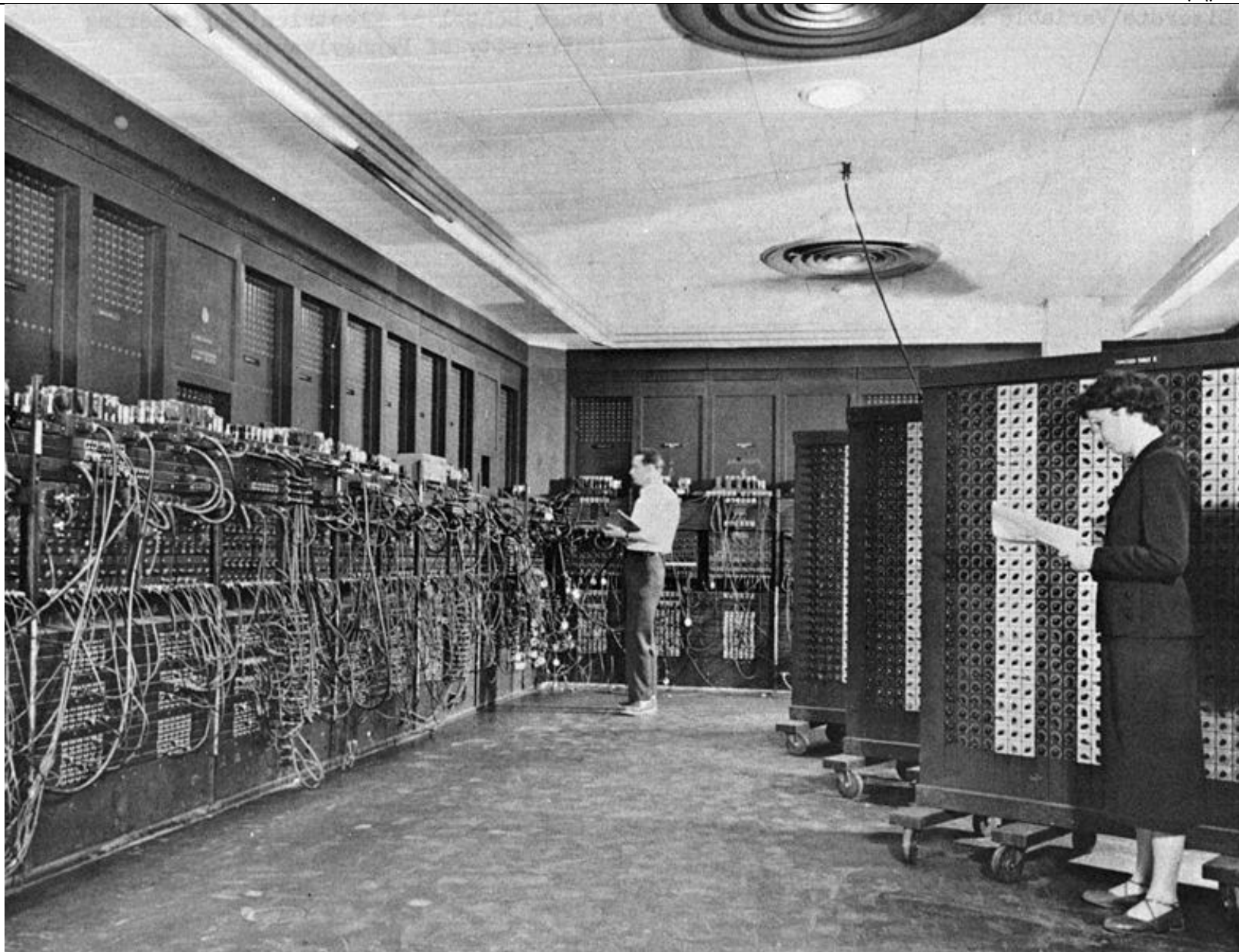


Έτος	Ορόσημο
1833	Ο Charles Babbage που Θεωρείται από πολλούς και ο πατέρας των υπολογιστών, πρότεινε την <i>Αναλυτική Μηχανή</i> , μια υπολογιστική μηχανή που εκτελούσε εντολές.
1842	Η Ada Byron, κόρη του ποιητή λόρδου Βύρωνα, έγραψε τα πρώτα προγράμματα για τη μηχανή του Babbage.
1854	Ο George Boole, δημιούργησε την άλγεβρα <i>Boole</i> .
1889	Ο Herman Hollerith, πατέρας της στατιστικής, εφηύρε τις διάτρητες κάρτες που χρησιμοποιήθηκαν στην απογραφή πληθυσμού. Ίδρυσε μια εταιρεία που αργότερα ονομάστηκε IBM.
1936	Ο Alan Turing, πρότεινε μια μηχανή ( <i>Turing machine</i> ), που είχε τη δυνατότητα να εκτελεί οποιαδήποτε λειτουργία η οποία μπορούσε να περιγραφεί με μια πεπερασμένη ακολουθία οδηγιών ( <i>εντολών</i> ). Ουσιαστικά έθεσε τις βάσεις για τους σύγχρονους υπολογιστές.
1938	Ο Konrad Zuse, κατασκεύασε στην Γερμανία τον Z1 τον πρώτο ηλεκτρομηχανικό προγραμματιζόμενο υπολογιστή.
1945	Ο John Von Newman, σχεδίασε τον πρώτο υπολογιστή EDVAC (γνωστός και ως μηχανή Von Newman) με μνήμη, επεξεργαστή και μονάδες εισόδου/εξόδου. Αποτέλεσε τη βάση του ENIAC.
1946	Κατασκευάστηκε στην Πενσυλβάνια, ο ENIAC, ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής (η κατασκευή ξεκίνησε το 1943).
1948	Ο Claud Shannon, δημοσίευσε το <i>Mathematical Theory of Communication</i> , θεμελιώνοντας τη θεωρία πληροφοριών στην οποία στηρίχθηκαν οι ψηφιακές επικοινωνίες.

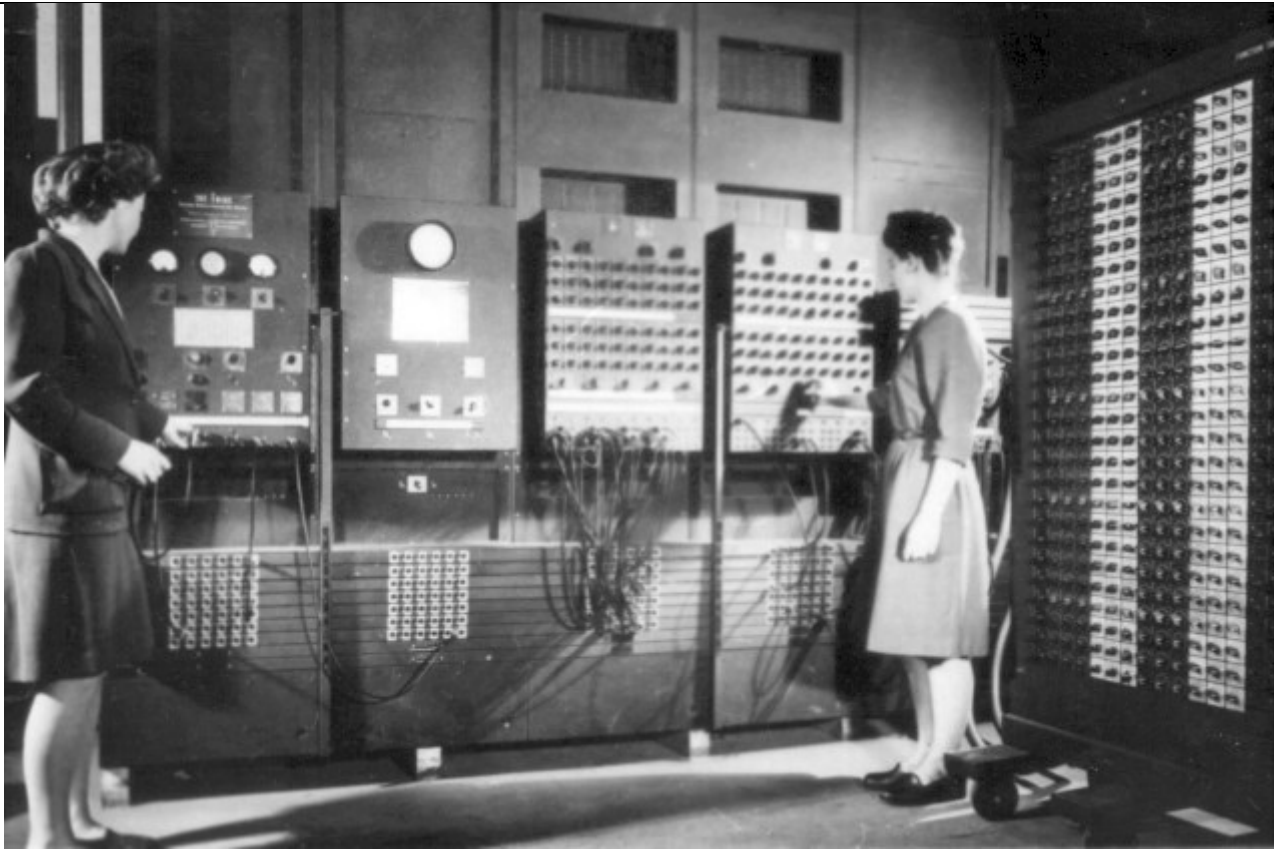




Z1 ο πρώτος ηλεκτρομηχανικός προγραμματιζόμενος υπολογιστής.(1938)



**ΕΝΙΑC, ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής (1943)**



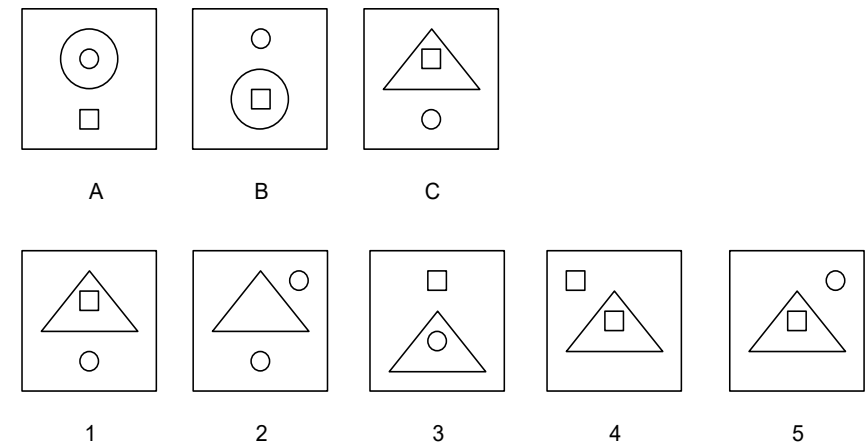
Two women operating ENIAC

# Η Εξέλιξη της ΤΝ (Δεκαετία '60)

- ❖ 1958: Ο McCarthy:
  - ❑ Όρισε τη συναρτησιακή γλώσσα LISP.
  - ❑ Πρότεινε ένα υποθετικό σύστημα (τον advice taker), που χρησιμοποιούσε γνώση (όπως το LT) αλλά αφορούσε γενικά, καθημερινά, προβλήματα.
- ❖ 1958: Ο Friedberg πρότεινε μια τεχνική, τη μηχανική εξέλιξη (machine evolution) ή όπως ονομάζεται τώρα, γενετικοί αλγόριθμοι (genetic algorithms).
- ❖ Δεκαετία του '60:
  - ❑ Στο Stanford υλοποιήθηκε το πρώτο robot, το Shakey robot.
  - ❑ 1968: Το πρόγραμμα ANALOGY του Tom Evans έλυνε προβλήματα γεωμετρικής αναλογίας που χρησιμοποιούνταν σε τεστ ευφυΐας.
  - ❑ 1962: Βελτιώσεις της μεθόδου μάθησης των νευρωνικών δικτύων του Hebb από τον Rosenblatt με τα perceptrons.
  - ❑ 1965: Το πρόγραμμα ELIZA του Weizenbaum μπορούσε να κάνει συζήτηση για οποιοδήποτε θέμα, χρησιμοποιώντας και παραφράζοντας τις προτάσεις που έδινε σαν ερώτηση ο χρήστης.



Αν το Α αντιστοιχεί στο Β τότε το C σε ποιο από τα ακόλουθα γεωμετρικά σχήματα αντιστοιχεί;





## Η Εξέλιξη της ΤΝ (Δεκαετία '70)

- ❖ Τον ενθουσιασμό της πρώτης δεκαετίας της Τ.Ν. διαδέχθηκε η εποχή της κριτικής ότι τα συστήματα ήταν κατάλληλα μόνο για παιχνίδια (toy problems).
  - ❑ Το χαρακτηριστικό των συστημάτων της εποχής, ήταν ότι περιείχαν ελάχιστη ή καθόλου γνώση για το πεδίο του προβλήματος (weak methods).
  - ❑ Πρόβλημα συνδυαστικής έκρηξης.
  - ❑ Μικρό εύρος εφαρμογών των νευρωνικών δικτύων.
- ❖ Τη δεκαετία του '70 αναπτύχθηκαν συστήματα που περιείχαν την απαιτούμενη γνώση ώστε να συμπεριφέρονται όπως οι άνθρωποι ειδικοί σε διάφορα θέματα.
  - ❑ Ονομάστηκαν Έμπειρα Συστήματα (*Expert Systems*) ή Συστήματα Γνώσης (*Knowledge Systems*):
    - ✓ DENDRAL (Stanford 1969). Εύρεση της μοριακής δομής οργανικών ενώσεων με δεδομένα από φασματογράφο μάζας.
    - ✓ MYCIN (Stanford). Διάγνωση μολύνσεων του αίματος.
    - ✓ PROSPECTOR (1979). Συμβουλές για τοποθεσίες γεώτρησης για το στοιχείο μολυβδένιο.
    - ✓ R1 (McDermott, 1982 για την εταιρεία Digital Equipments). Διαμόρφωση (σύνταξη) των παραγγελιών με βάση τις ανάγκες των πελατών.
    - ✓ SHRDLU (Winograd) και LUNAR (William Woods, 1973). Κατανόηση φυσικής γλώσσας
  - ❑ Αρχές δεκαετίας του '70: Προτάθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Prolog.
  - ❑ 1975: Προτάθηκαν από τον Minsky τα πλαίσια (frames).

## Η Εξέλιξη της ΤΝ (Δεκαετία '80)

- ❖ Το 1981 οι Ιάπωνες ανακοίνωσαν το πρόγραμμα της 5<sup>ης</sup> γενιάς, ένα δεκαετές πρόγραμμα για την κατασκευή υπολογιστών με γλώσσα μηχανής την Prolog.
  - ❑ Στόχος ήταν να κατασκευαστούν ευφυή συστήματα, τα οποία εκτός των άλλων, θα ήταν σε θέση να επικοινωνούν πλήρως με τον άνθρωπο σε φυσική γλώσσα.
- ❖ Στα μέσα της δεκαετίας του '80 επανεμφανίστηκαν τα νευρωνικά δίκτυα.
- ❖ Εμφανίστηκε πάλι ο αλγόριθμος μάθησης με οπισθοδρόμηση (Back-propagation) και εφαρμόστηκε σε πολλά προβλήματα με μεγάλη επιτυχία.

## Η Εξέλιξη της ΤΝ (Περίοδοι)

- ❖ Πολλοί συγγραφείς διακρίνουν στην ιστορία της ΤΝ τέσσερις περιόδους.
  - ❑ Προϊστορική: η ΤΝ ουσιαστικά προαναγγέλλεται σε διηγήματα επιστημονικής φαντασίας.
  - ❑ Κλασική (μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1960): αναπτύχθηκαν συστήματα που έπαιζαν παιχνίδια και έλυναν γρίφους.
  - ❑ Ρομαντική (μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970): οι προσπάθειες επικεντρώνονται στην ανάπτυξη συστημάτων που κατανοούν ιστορίες και διάλογους σε φυσική γλώσσα.
  - ❑ Μοντέρνα (μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980): χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη συστημάτων που βασίζονται στη γνώση και την εμπορική εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων της έρευνας γύρω από την ΤΝ.

# Μηχανική Μάθηση

- ❖ Πολλές εφαρμογές ΤΝ αναπτύχθηκαν γράφοντας κώδικα για την αναπαράσταση της γνώσης του προβλήματος σε μια τυπική γλώσσα (*rule/knowledge-based approach*).
  - ❑ Καμία δε γνώρισε μεγάλη ή διαχρονική επιτυχία, κυρίως γιατί η γνώση που κωδικοποιούνταν σε αυτές τις εφαρμογές ήταν κλειστή και στατική, και μπορούσε να αναβαθμιστεί μόνο με ενημερώσεις από την αρχική ομάδα των προγραμματιστών
  - ❑ Επίσης, η επίλυση των προβλημάτων βασιζόταν σε δεδομένα/χαρακτηριστικά του προβλήματος (features) που εμείς οι ίδιοι προ-εντοπίζαμε (feature engineering).
  - ❑ Συνεπώς σε μεγάλο βαθμό εμείς (οι άνθρωποι) κατευθύναμε την επίλυση του προβλήματος
- ❖ Όμως τα πολύπλοκα προβλήματα με πολλά δεδομένα και πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ των δεδομένων, δεν μπορούν να επιλυθούν μέσω προκαθορισμένης γνώσης, γιατί αυτή είναι πολύ δύσκολο να εξαχθεί εμπειρικά.
  - ❑ Αυτές οι δυσκολίες οδήγησαν στην ανάπτυξη συστημάτων ΤΝ τα οποία έχουν την ικανότητα ανακάλυψης γνώσης, εξάγοντας μοντέλα ή πρότυπα από τα πρωτογενή δεδομένα.
- ❖ Αυτή η ικανότητα είναι η μηχανική μάθηση (machine learning),
  - ❑ η ικανότητα δηλαδή των υπολογιστών να εκτελούν μια συγκεκριμένη λειτουργία για την οποία δεν έχουν ρητά προγραμματιστεί αλλά αυτή προέκυψε ως αποτέλεσμα εκπαίδευσης τους με δεδομένα.
  - ❑ δεν χρειάζεται να προγραμματίσουμε πολύπλοκες στρατηγικές και έξυπνους αλγορίθμους για να παίζουν για παράδειγμα το παιχνίδι στρατηγικής Go, γιατί φτιάξαμε ένα πρόγραμμα που μπορεί να εκπαιδευτεί μόνο του, παίζοντας με τον εαυτό του και μαθαίνοντας από τα λάθη του και τις επιτυχίες του.



# Η Τεχνητή Νοημοσύνη Σήμερα

- ❖ Βιώνουμε τη μετα-μοντέρνα περίοδο στην οποία η ΤΝ καλείται να παίξει σημαντικό ρόλο σε ένα νέο πληροφοριακό περιβάλλον με κύρια χαρακτηριστικά:
  - ☐ την εξάπλωση του διαδικτύου και
  - ☐ τη διείσδυση των υπολογιστικών συστημάτων σε κάθε είδους συσκευές ευρείας και καθημερινής χρήσης (pervasive computing).
- ❖ Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται:
  - ☐ στην ανάπτυξη προγραμμάτων και τεχνικών (όπως οι πράκτορες) που διευκολύνουν τη χρήση του διαδικτύου (αναζήτηση) και στην ανάπτυξη εφαρμογών που σχετίζονται με αυτό, όπως το ηλ. εμπόριο (e-commerce), η ηλ. εκπαίδευση (e-learning), κτλ.
  - ☐ στη διευκόλυνση της χρήσης διαδεδομένων συσκευών υψηλής τεχνολογίας, όπως έξυπνες κάρτες και κινητά τηλέφωνα,
  - ☐ σε εφαρμογές του κοντινού μέλλοντος όπως έξυπνα αυτοκίνητα, σπίτια, κτλ.
- ❖ Η έρευνα σε αυτούς τους τομείς επικεντρώνεται
  - ☐ στην ανάπτυξη ευφυών και προσαρμοστικών διεπαφών (interfaces) μεταξύ ανθρώπου και τέτοιων συσκευών,
  - ☐ στην ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων που προκύπτουν από τη χρήση τέτοιων συσκευών,
  - ☐ στην ευφυή ανάλυση δεδομένων για βελτίωση της λειτουργίας τους, και τέλος,
  - ☐ στην απρόσκοπτη διαλειτουργικότητα και αυτονομία τους.

# Η Τεχνητή Νοημοσύνη Σήμερα

- ❖ Τα τελευταία χρόνια είχαμε σημαντικές εξελίξεις σε εφαρμογές της Τ.Ν όπως η ρομποτική, η μηχανική όραση, η αυτόματη μετάφραση και γενικότερα η επεξεργασία φυσικής γλώσσας
- ❖ Τα εντυπωσιακά επιτεύγματα της ΤΝ σχετίζονται κυρίως με το γνωστικό πεδίο της μηχανικής μάθησης και τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα και οφείλονται κατά κύριο λόγο:
  - ❑ στο μεγάλο όγκο διαθέσιμων δεδομένων
  - ❑ στη διαθεσιμότητα τεράστιας υπολογιστικής ισχύος (GPUs)
  - ❑ σε νέους και αποδοτικούς αλγόριθμους, μηχανικής μάθησης
- ❖ Καθημερινά απολαμβάνουμε εφαρμογές που χρησιμοποιούν ευφυείς μηχανισμούς όπως:
  - ❑ μηχανές αναζήτησης στον παγκόσμιο ιστό, φίλτρα περιορισμού της ανεπιθύμητης ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, εξατομικευμένες προτάσεις μουσικής, video και ταινιών σε σχετικές on-line υπηρεσίες, συστήματα προτάσεων για προγραμματισμό διακοπών, κτλ.
  - ❑ Επίσης, ο σχεδιασμός ενεργειών έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε τομείς όπως ο προγραμματισμός βιομηχανικής παραγωγής, οι αποστολές στο διάστημα, η αντιμετώπιση κρίσεων, κτλ.
  - ❑ Υπάρχουν επίσης συστήματα με ικανότητα αναγνώρισης φωνής τα οποία δέχονται τις προφορικές εντολές του χρήστη και πραγματοποιούν ενέργειες, όπως παροχή πληροφοριών, κλείσιμο ραντεβού με επαγγελματίες, κράτηση θέσης σε εστιατόριο ή αγορά εισιτηρίου σε κινηματογράφο.
  - ❑ Υπάρχουν ευφυή συστήματα που πλοηγούν οχήματα σε πραγματικές συνθήκες κίνησης χρησιμοποιώντας βιντεοκάμερες και αποστασιόμετρα, όπως για παράδειγμα τα συστήματα της GOOGLE, της MERCEDES, της AUDI και φυσικά της TESLA,

- ☐ συστήματα που κάνουν ιατρικές διαγνώσεις με βάση ακτινογραφίες ή άλλες ιατρικές απεικονίσεις και εξετάσεις
- ☐ Υπάρχουν φυσικά και πιο απλές και καθημερινές εφαρμογές όπως η αναγνώριση προσώπου στα κινητά, το GOOGLE MAPS που δείχνει την κυκλοφορία στους δρόμους και προτείνει εναλλακτικές διαδρομές, το NETFLIX που προτείνει ταινίες με βάση το προφίλ του χρήστη, και πολλές άλλες



## Η ΤΝ στις μεγάλες εταιρείες λογισμικού

- ❖ Τα τελευταία χρόνια σχεδόν όλες οι μεγάλες εταιρείες έχουν μπει στον χώρο της ΤΝ.
  - ❑ Η MICROSOFT ανέπτυξε και προσφέρει την πλατφόρμα AZURE που μέσω υπολογιστικού νέφους (cloud) παρέχει λογισμικά και υποδομές με τη μορφή υπηρεσίας (δηλ. SaaS, PaaS και IaaS), και υποστηρίζει αλγορίθμους μηχανικής μάθησης (**AZURE ML**) και λογισμικά για αναγνώριση ομιλίας, φυσικής γλώσσας και εικόνας
  - ❑ Η ORACLE προσφέρει επίσης υπηρεσίες νέφους εφαρμογών ΤΝ για επιχειρήσεις και για την ακρίβεια εφαρμογές μηχανικής μάθησης, όπως κατηγοριοποίηση πελατών, προμηθευτών, προσωποποιημένες συστάσεις αγορών προς τους πελάτες, κλπ.
  - ❑ Η IBM με την πλατφόρμα WATSON, χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, δημιούργησε ένα σύστημα με επικοινωνία σε φυσική γλώσσα, μετατροπή λόγου σε κείμενο (speech to text), ανάλυση και εξαγωγή γνώσης από κείμενα (text analysis, text mining), εξαγωγή περίληψης, εξαγωγή κύριων εκφράσεων (keyphrase extraction), εξαγωγή συναισθήματος από κείμενα, ανίχνευση ρητορικής μίσους, κ.α.
  - ❑ Η AMAZON προσφέρει προεκπαιδευμένες υπηρεσίες διαδικτύου (**AMAZON WEB SERVICES - AWS**) για επεξεργασία εικόνας, γλώσσας και πρόβλεψη
    - ✓ συσκευή ALEXA για τη διαχείριση (οικιακών) έξυπνων συσκευών και την παροχή διαφόρων πληροφοριών με επικοινωνία σε φυσική γλώσσα.
  - ❑ Η GOOGLE, ανέπτυξε τη βιβλιοθήκη TENSORFLOW, που σε συνδυασμό με τη βιβλιοθήκη KERAS, απλοποιεί τον πειραματισμό με αλγορίθμους μηχανικής μάθησης και βαθιών νευρωνικών δικτύων
    - ✓ Η TENSORFLOW αποτελεί κυρίαρχη λύση και υποστηρίζεται υπολογιστικά, εκτός από απλές CPUs και από GPUs της NVIDIA, και από εξειδικευμένες CPUs της GOOGLE (TPUs - Tensor Processing Units).



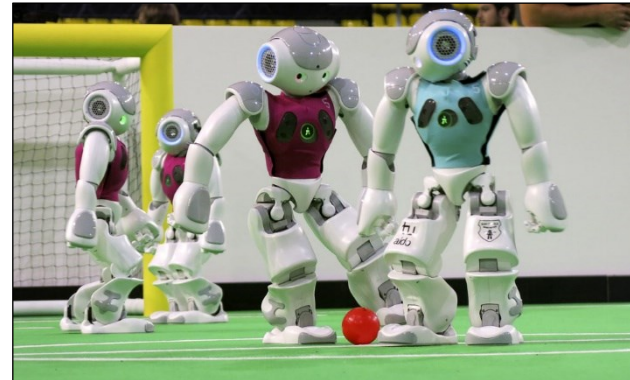
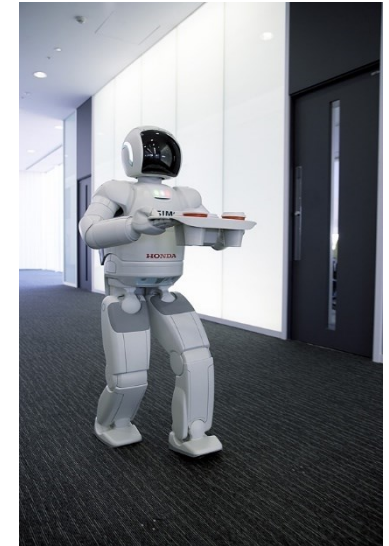
# AI and Games

- ❖ Η GOOGLE (για την ακρίβεια ο όμιλος ALPHABET στον οποίο ανήκει και η GOOGLE) έχει επενδύσει στο χώρο των ευφυών παιγνίων απορροφώντας την εταιρία DEEPMIND, η οποία αρχικά ανέπτυξε το πρόγραμμα ALPHAGO που έπαιζε το παίγνιο Go.
- ❑ Το ALPHAGO χρησιμοποιούσε ένα νευρωνικό δίκτυο το οποίο εκπαιδεύτηκε παίζοντας με εκατοντάδες επαγγελματίες αλλά και ερασιτέχνες του συγκεκριμένου παιγνίου και τελικά κατάφερε το 2017 να νικήσει τον Ke Jie, νούμερο 1 στο συγκεκριμένο παίγνιο.
- ❑ Στη συνέχεια ανέπτυξε το ALPHAGO ZERO το οποίο εκπαιδεύτηκε παίζοντας με τον εαυτό του για 8 ώρες και αργότερα το ALPHAZERO το οποίο εκπαιδεύτηκε για να παίζει εκτός του παιχνιδιού Go, και σκάκι και Shōgi υπερνικώντας τα μέχρι τώρα αντίστοιχα λογισμικά (STOCKFISH και ELMO).



# Ρομποτική

- ❖ Μεγάλη υπήρξε και η πρόοδος στη ρομποτική.
- ❖ Το Robot ASIMO της Honda
  - <http://world.honda.com/HDTV/>
- ❖ Διοργανώνονται σε ετήσια βάση διεθνείς αγώνες ποδοσφαίρου, το ROBOCUP, στο οποίο πρωταγωνιστές είναι ρομπότ κάθε είδους (ανθρωποειδή, τετράποδα, κτλ.) με τελικό στόχο να αναπτυχθεί μια ομάδα αυτόνομων ανθρωποειδών ρομπότ μέχρι το 2050, ικανή να νικήσει στο ποδόσφαιρο την πρωταθλήτρια κόσμου.



Στιγμιότυπα από διοργανώσεις Robocup

# Ρομποτική

## ❖ Nadine, the chatty robot that can remember past conversations



<https://www.youtube.com/watch?v=cvbJGZf-raY>

<https://youtu.be/CHlptttMCbk>



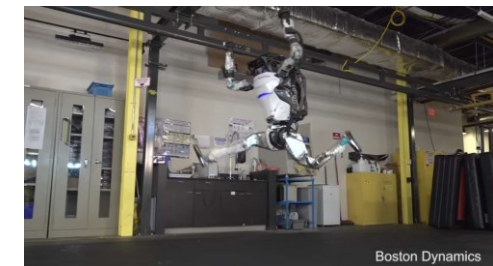
**Interview of humanoid Sophia**  
In October 2017, Sophia became the first robot to receive citizenship



<http://uk.youtube.com/watch?v=WbFFs4DHWys>



Robot replaces barista in Japan cafe



<https://youtu.be/LikxFZZO2sk>



# Avatars



<http://www.oddcast.com/home/demos/tts/frameset.php?frame1=talk>

SitePal: <http://www.sitepal.com/?affId=48792&bannerId=0&promotionId=5727>

## Η ΤΝ στη λογοτεχνία και τον κινηματογράφο

- ❖ Η ΤΝ υπήρχε ανέκαθεν στο μυαλό των ανθρώπων.
  - ❑ Τα πρώτα δείγματά της εμφανίζονται στην ελληνική μυθολογία (Ο Ήφαιστος κατασκεύαζε ανθρωποειδή-υπηρέτες και ο Πυγμαλίωνας την ίδια του τη γυναίκα).
- ❖ Στη σύγχρονη εποχή, η ΤΝ απασχολεί τη λογοτεχνία και τον κινηματογράφο.
  - ❑ Ο Isaac Asimov, (διάσημος συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας), ασχολήθηκε και με την ηθική της ΤΝ, καταγράφοντας τους νόμους της αρμονικής συμβίωσης έξυπνων μηχανών με τον άνθρωπο.
  - ❑ Ο κινηματογράφος αντιμετώπισε τα τεχνητά ευφυή όντα σε πολλές κλασσικές ταινίες επιστημονικής φαντασίας (Metropolis, Star Trek, Star Wars, Alien), άλλοτε με φόβο (Terminator, I Robot, Matrix), άλλοτε με ελπίδα (Robocop, Bicentennial Man) και άλλοτε με συμπάθεια (Blade Runner, AI, Her).
  - ❑ Δεν παρέλειψε βέβαια να εκφράσει και τις επιφυλάξεις του ως προς τη ηθική των ανθρώπων που κατασκευάζουν τέτοια όντα (Space Odyssey 2001, 2010, War Games, Ex Machina, Wall-E).

Board of Imagination: Mind Controlled Skateboard <https://vimeo.com/54554532>

# Μύθοι

- ☐ Οι άνθρωποι θα χάσουν τις δουλειές τους
- ☐ Οι άνθρωποι θα έχουν πολύ ελεύθερο χρόνο
- ☐ Οι άνθρωποι θα χάσουν την αίσθηση της μοναδικότητας
- ☐ Η ΤΝ θα οδηγήσει σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα
- ☐ Η ΤΝ θα οδηγήσει στην απώλεια της υπευθυνότητας
- ☐ Η επικράτηση της ΤΝ θα οδηγήσει στον αφανισμό του ανθρώπινου είδους

## Επίλογος

- ❖ Η πραγματικότητα απέχει πολύ από την επιστημονική φαντασία.
  - ❑ Η κατασκευή υπολογιστών σαν τον HAL της ταινίας Space Odyssey 2001, ή ανδροειδών σαν τον David της ταινίας AI, αποτελεί, με τα σημερινά δεδομένα, ένα μακρινό όνειρο.
  - ❑ Πρέπει να ξεφύγουμε από τις έμμονες ιδέες που μας επέβαλε ο κινηματογράφος για κατ' εικόνα και καθ' ομοίωση αναπαραγωγή μας και να φανταστούμε υπολογιστές με διάφορες ικανότητες και μορφές, που θα είναι διάσπαρτοι στους χώρους της καθημερινής μας ζωής όπως για παράδειγμα τα, Alexa, Siri, Cortana, Google now, καθώς και το MAIC από την ελληνική εταιρεία MLS.
- ❖ Η αλματώδης εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων δημιουργεί συνεχώς νέες απαιτήσεις για τον τρόπο που αυτά πρέπει να επιλύουν προβλήματα.
- ❖ Πρωταρχικός στόχος ήταν η κατασκευή ενός συστήματος που θα μπορούσε να κερδίσει τον παγκόσμιο πρωταθλητή στο σκάκι.
  - ❑ Επιτεύχθηκε το καλοκαίρι του 1997 με τη νίκη του DEEP BLUE επί του Kasparov.
- ❖ Η ΤΝ θέτει συνεχώς υψηλότερους στόχους και πλέον προσπαθεί να δημιουργήσει συστήματα που εξαρτώνται λιγότερο από τον προγραμματιστή και περισσότερο από την ικανότητά τους να μαθαίνουν πώς να συμπεριφέρονται, αλληλεπιδρώντας με το περιβάλλον.
- ❖ Πέρα από το σκάκι, η έρευνα στην ΤΝ έχει στραφεί σε πολύπλοκα καθημερινά προβλήματα και περισσότερο χρήσιμες κατευθύνσεις, όπως για παράδειγμα την ασφαλή και απρόσκοπτη χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας από τον άνθρωπο.

# Ερωτήσεις

- ❖ Χαρακτηριστικά (μερικά) της Νοημοσύνης
- ❖ Ορισμός Τεχνητής Νοημοσύνης (TN)
- ❖ Τι είναι η Γνωστική επιστήμη
- ❖ Περιοχές (ενδεικτικές) της TN
- ❖ Προσεγγίσεις της TN
- ❖ Δοκιμασία Turing
  - ☐ Τι είναι
  - ☐ Ποια επιστημονικά πεδία απαιτούνται για να περάσει ένας υπολογιστής τη δοκιμασία
  - ☐ Ποια επιπλέον επιστημονικά πεδία απαιτούνται για να περάσει ένας υπολογιστής το πλήρες τεστ
- ❖ Ποιο ήταν το πρόβλημα των πρώτων συστημάτων TN
- ❖ Ποιος είναι ο στόχος της TN