



Πολυτεχνείο
Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

*Εισαγωγή στην Τεχνητή
Νοημοσύνη*

Στέλιος Τσαφάρκης

tsafarakis@dpem.tuc.gr - Δ5.009

Ώρες γραφείου:

Καθημερινά 09:00-15:00

Σχετικά με το μάθημα

- Θεωρία (70% του βαθμού): Γραπτή εξέταση με ασκήσεις πάνω στις διάφορες μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης.
- Εργαστήριο (30% του βαθμού): εφαρμογή των μεθόδων σε περιβάλλον MatLab.
Παράδοση συγκεκριμένου αριθμού ασκήσεων.
Τα εργαστήρια γίνονται στο ΕΡΓΑΣΥΑ.

Βιβλία:

- «Τεχνητή Νοημοσύνη», Βλαχάβας Ι., Κεφαλας Π.
- «Τεχνητή Νοημοσύνη: μια σύγχρονη προσέγγιση», Russell, Stuart J. Norvig, Peter

(δανεισμός από βιβλιοθήκη - εύδοξος)

Εγγραφή στο ECLASS!

Αντικείμενο του μαθήματος

- Οριοθέτηση των προβλημάτων
- Περιγραφή τρόπων αναπαράστασης
- Παρουσίαση αλγορίθμων αναζήτησης
- Προσπάθεια επίλυσης της εξίσωσης:
Τεχνητή Νοημοσύνη = Αναπαράσταση
Γνώσης + Αναζήτηση
- Μελέτη κλασσικών εφαρμογών που ιστορικά ανήκουν στην περιοχή, όπως: σχεδιασμός ενεργειών, έμπειρα συστήματα, νευρωνικά δίκτυα, αλγόριθμοι συσταδοποίησης γενετικοί αλγόριθμοι, ασαφής λογική κ.α.

Τι είναι η Τεχνητή Νοημοσύνη

- 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**
- «Νοημοσύνη είναι η ικανότητα για μάθηση, κατανόηση και κρίση ή αιτιολογημένη έκφραση γνώμης ή η αντιμετώπιση νέων ή δύσκολων καταστάσεων»
- Συνώνυμα: ευφυία, λογική, διανόηση.

Τι είναι Νοημοσύνη

- 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 σπουδαιότητά τους.
 - Βρίσκεις ομοιότητες μεταξύ καταστάσεων οι οποίες μοιάζουν διαφορετικές, και διαφορές μεταξύ καταστάσεων οι οποίες μοιάζουν παρόμοιες.
- Οι ικανότητες αυτές έχουν τουλάχιστον ένα κοινό χαρακτηριστικό:
 - αποκτώνται εύκολα από τους ανθρώπους & βασίζονται συνήθως σε ένα συνδυασμό απόψεων/γνώσεων που κατέχει οποιοσδήποτε άνθρωπος & αποκαλείται **κοινή λογική**

Περιοχές της Τεχνητής Νοημοσύνης

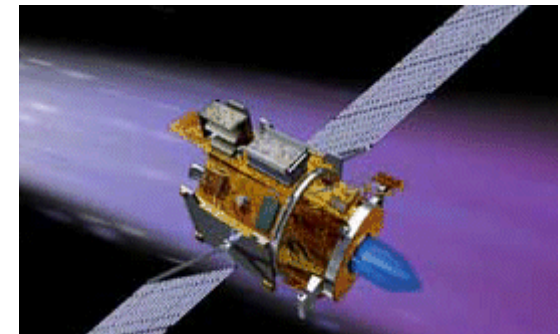
- Επίλυση προβλημάτων
- Απόδειξη Θεωρημάτων
- Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας
- Τεχνητή Όραση
- Μηχανική Μάθηση
- Σχεδιασμός Ενεργειών και Χρονοπρογραμματισμός
- Αυτόνομα Robot
- Έμπειρα Συστήματα και Συστήματα Γνώσης
- Ευφυείς πράκτορες (agents)
- Ευφυείς υπηρεσίες διαδικτύου και σημασιολογικό διαδίκτυο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

Εφαρμογές της ΤΝ σήμερα

- Συστήματα τα οποία βοηθούν τον χρήστη στο να χρησιμοποιήσει ορισμένα προγράμματα, να αναζητήσει πληροφορία στο διαδίκτυο, να συγκρίνει τιμές προϊόντων κ.α.
- Συστήματα αναγνώρισης φωνής (π.χ. Pegasus), τα οποία κλείνουν αεροπορικές θέσεις τηλεφωνικά, βρίσκοντας τις βέλτιστες πτήσεις ή δίνουν διάφορες πληροφορίες γενικού ενδιαφέροντος (π.χ. η φωνητική πύλες τραπεζών).
- Έμπειρα συστήματα πραγματικού χρόνου που επεξεργάζονται τα δεδομένα που μεταδίδονται από διαστημόπλοια (π.χ. MARVEL).
- Ρομποτικά συστήματα που οδηγούν αυτοκίνητα σε αυτοκινητόδρομο χρησιμοποιώντας video κάμερες και sonar (σύστημα ALVIN)
- Συστήματα που διεξάγουν ιατρικές διαγνώσεις.
- Συστήματα που ελέγχουν και ρυθμίζουν την κυκλοφορία αυτοκινήτων.

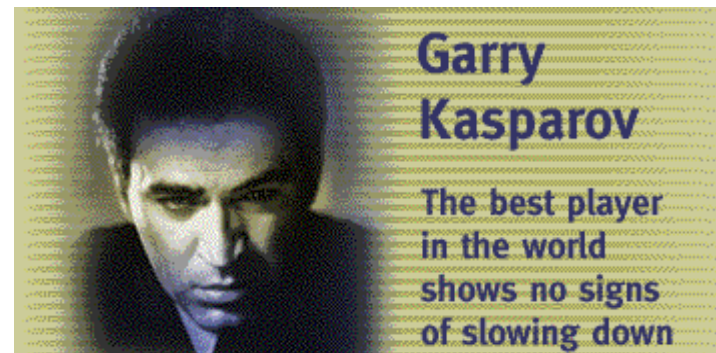
Αυτόνομος σχεδιασμός & χρονοπρογραμματισμός ενεργειών

- Το πείραμα Remote Agent της NASA υλοποίησε το πρώτο αυτόνομο πρόγραμμα σχεδιασμού ενεργειών για τον έλεγχο των λειτουργιών ενός διαστημοπλοίου (1998-2001) <http://ti.arc.nasa.gov/tech/asr/planning-and-scheduling/remote-agent/>
- Το πρόγραμμα:
 - παρήγαγε πλάνα ενεργειών για την επίτευξη στόχων που του καθορίζονταν από τη γη (π.χ. φωτογράφιση κομητών),
 - παρακολουθούσε την εκτέλεσή τους,
 - προέβαινε στις απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες, όταν διαπίστωνε αποκλίσεις.



Παιχνίδια (Game Playing)

- Το 1997 ο υπερυπολογιστής Deep Blue της IBM νίκησε τον παγκόσμιο πρωταθλητή του σκάκι Kasparov με σκορ 3,5-2,5.
- Ο υπολογιστής έκανε αναζήτηση σε 126 εκατομμύρια κόμβους το δευτερόλεπτο κατά μέσο όρο (μέχρι 330 εκατ).
- Δημιουργούσε μέχρι 30 δισεκατομμύρια θέσεις ανά κίνηση.
- Αξιολογούσε εύκολα 14 κινήσεις μπροστά (μέχρι 40)
- Η συνάρτηση αξιολόγησης είχε πάνω από 8000 χαρακτηριστικά
- Χρησιμοποιήθηκαν βιβλίο ανοιγμάτων με περίπου 4000 θέσεις και βάση δεδομένων με 700.000 παρτίδες & φινάλε με λυμένες θέσεις (όλες οι θέσεις για 5 κομμάτια)



<http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/>

Αυτόνομος έλεγχος (Autonomous control)

- ALVINN: σύστημα μηχανικής όρασης το οποίο μαθαίνει να οδηγεί ένα όχημα παρακολουθώντας έναν άνθρωπο-οδηγό.
- Αποτελείται από ένα νευρωνικό δίκτυο ενός κρυμμένου στρώματος
- Το σύστημα δέχεται είσοδο από τις κάμερες πάνω στο όχημα.
- Η έξοδος είναι η κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να κινηθεί το όχημα για να παραμείνει μέσα στο δρόμο.
- Ταξίδευσε 2850 χλμ στις ΗΠΑ διατηρώντας αυτονομία στο 98% του ταξιδιού! <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/alv/www/index.html>

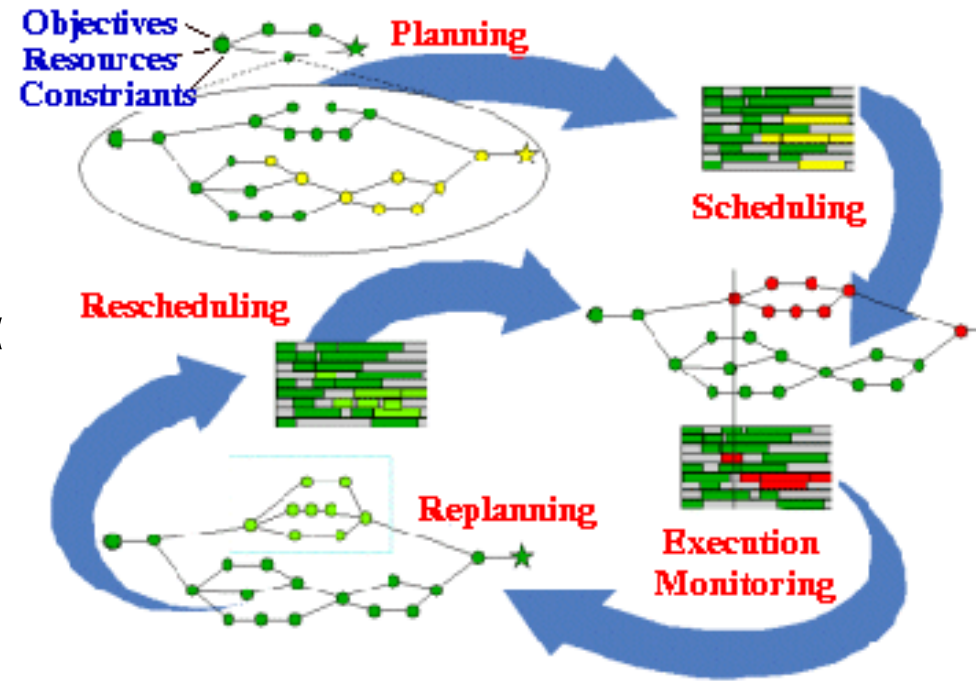


Διάγνωση (Diagnosis)

- Ιατρικά προγράμματα διάγνωσης ασθενειών που βασίζονται σε πιθανοτική ανάλυση έχουν αποκτήσει τις ικανότητες έμπειρων θεραπευτών σε πολλές ειδικότητες.
- Κάποια από αυτά διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο, π.χ. <http://easydiagnosis.com/> (ελεύθερη/δοκιμαστική χρήση για κάποιες περιπτώσεις).

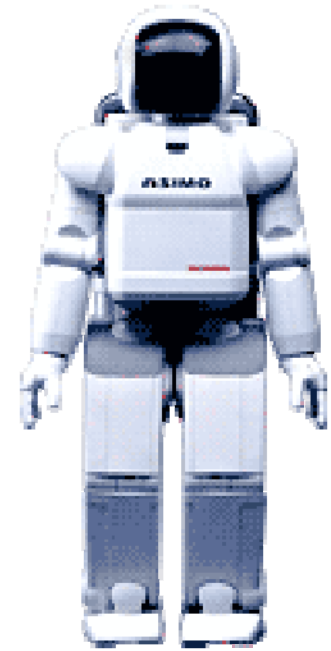
Σχεδιασμός ενεργειών για προβλήματα Logistics

- Κατά τη διάρκεια του πολέμου του Περσικού Κόλπου (1991), οι Η.Π.Α. χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα D.A.R.T. (Dynamic Analysis & Replanning Tool) για αυτοματοποιημένο σχεδιασμό & χρονοπρογραμματισμό ενεργειών για τις μεταφορές τους.
- Το πρόγραμμα διαχειρίστηκε 50000 οχήματα, φορτία, ανθρώπους
- Παρήγαγε πλάνα σε μερικές ώρες, αντί για εβδομάδες που χρειάζονταν οι προηγούμενες μέθοδοι.
- Η υπηρεσία D.A.R.P.A. (Defense Advanced Research Project Agency) δήλωσε ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή απέφερε τα περισσότερα από όλες τις επενδύσεις των Η.Π.Α. στην Τ.Ν. τα τελευταία 30 χρόνια.



Ρομποτική (Robotics) (1/2)

- Σημαντική πρόοδος έχει γίνει στην κατασκευή ανθρωποειδών ρομπότ <http://world.honda.com/robot/>
- Η SONY ανέπτυξε το Entertainment Robot SDR-4X το σκυλάκι AIBO με δυνατότητες αυτονομίας, αναγνώριση ομιλίας, έκφρασης συναισθημάτων με ήχο ή κινήσεις, και το ρομπότ νέας γενιάς QRIO το οποίο μπορεί να χορεύει & να επικοινωνεί, αναγνωρίζοντας 10.000 Ιαπωνικές λέξεις, Αγγλικές ακόμη & Ελληνικές
- Η εταιρεία FUJITSU ανέπτυξε το ανθρωποειδές ρομπότ HOAP που μπορεί να κουνά το κεφάλι, τη μέση & τα χέρια του & μπορεί να συνδεθεί σε Η/Υ για μεταφορά δεδομένων.



Τα ρομπότ της SONY SDR-4X (αριστερά) και QRIO (δεξιά).

Ρομποτική (2/2)

- Ρομποτικοί βοηθοί χρησιμοποιούνται σε μικρο-εγχειρήσεις.
 - Το σύστημα HipNav (1996) αναπτύχθηκε στο Carnegie Mellon με σκοπό τη μείωση του κινδύνου λάθος τοποθέτησης σε εγχειρίσεις πλήρους αντικατάστασης γοφού.
- Η NASA σε συνεργασία με την DARPA ανέπτυξαν τον ROBONAUT για τη συντήρηση του διαστημικού τηλεσκοπίου HUBBLE, προσαρμοσμένο πάνω στον ρομποτικό βραχίονα του διαστημικού λεωφορείου.
- Διοργανώνονται σε ετήσια βάση διεθνείς αγώνες ποδοσφαίρου (ROBOCUP) όπου 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.



Κατανόηση Λόγου

- Verbmobil: Σύστημα αυτόματης μετάφρασης, εξαρτημένης από τα συμφαζόμενα, σε πραγματικό χρόνο.
 - Γλώσσες: Γερμανικά-Αγγλικά-Ιαπωνικά
 - <http://verbmobil.dfki.de/>

Προσεγγίσεις Τεχνητής Νοημοσύνης (1/2)

- Κάποιες επικεντρώνονται στη διαδικασία σκέψης & συλλογισμού - άλλες στη συμπεριφορά.
- Στόχος της ΤΝ είναι να φτιάξει συστήματα που:
 - Σκέπτονται σαν τον άνθρωπο
 - Σκέπτονται ορθολογικά
 - Ενεργούν σαν τον άνθρωπο
 - Ενεργούν ορθολογικά

Προσεγγίσεις Τεχνητής Νοημοσύνης (2/2)

- Κλασική ή συμβολική (symbolic AI): Βασίζεται στην κατανόηση των νοητικών διεργασιών & ασχολείται με τη προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης προσεγγίζοντάς την με αλγορίθμους & συστήματα που βασίζονται στη γνώση χρησιμοποιώντας ως δομικές μονάδες τα σύμβολα (π.χ. συστήματα κανόνων).
- Υπολογιστική νοημοσύνη (computational intelligence): 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).

Ανθρώπινη Σκέψη

- Ένα πρόγραμμα σκέφτεται σαν άνθρωπος? (πρέπει να προσδιορίσουμε το πως σκέπτονται οι άνθρωποι)
- Αν έχουμε μια ακριβή θεωρία της νόησης μπορούμε να την εκφράσουμε ως πρόγραμμα υπολογιστή.
- Αν οι συμπεριφορές εισόδου-εξόδου & χρονισμού του προγράμματος συμφωνούν με τις αντίστοιχες ανθρώπινες -> μπορούμε να ισχυριστούμε ότι μερικοί μηχανισμοί του προγράμματος λειτουργούν όμοια με τους ανθρώπινους.

Ανθρώπινη Σκέψη: προσέγγιση με γνωστικά μοντέλα

- Οι Newell & Simon όταν ανέπτυξαν το General Problem Solver:
 - δεν αρκέστηκαν στο να λύνει το πρόγραμμα σωστά τα προβλήματα,
 - τους ενδιέφερε περισσότερο η σύγκριση της ακολουθίας των συλλογιστικών βημάτων του με την αντίστοιχη των ανθρώπων που έλυναν το ίδιο πρόβλημα
- Γνωστική επιστήμη: συνδυασμός υπολογιστικών μοντέλων της ΤΝ με πειραματικές τεχνικές της ψυχολογίας, με σκοπό τη δημιουργία ακριβών και πειραματικά επαληθεύσιμων θεωριών για τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου νου.

Ορθολογική Σκέψη

- Αριστοτέλης: απ'τους πρώτους που επιχείρησαν να κωδικοποιήσουν τη «ορθή σκέψη» – αδιάψευστη διαδικασία συλλογισμού
- Αριστοτέλαιοι συλλογισμοί: παρείχαν πρότυπα δομής επιχειρημάτων που έδιναν πάντα σωστά συμπεράσματα ξεκινώντας από σωστές υποθέσεις.
- «Ο Σωκράτης είναι άνθρωπος – όλοι οι άνθρωποι είναι θνητοί – άρα ο Σωκράτης είναι θνητός.»

Ορθολογική Σκέψη: προσέγγιση με τους «νόμους της σκέψης»

- Αυτοί οι κανόνες θεωρήθηκαν ότι περιέγραφαν τη διαδικασία της *σκέψης* & αποτέλεσαν τη βάση του ερευνητικού πεδίου της *λογικής*.
- Η προσέγγιση αυτή δίνει έμφαση στην εξαγωγή συμπερασμάτων.
- Ο σωστός συμπερασμός δεν είναι το παν στην ορθολογικότητα:
 - υπάρχουν συχνά καταστάσεις όπου καμία ενέργεια δεν μπορεί να αποδειχθεί σωστή, όμως κάτι πρέπει να γίνει.
 - υπάρχουν τρόποι ορθολογικής δράσης που δεν περιλαμβάνουν συμπερασμό: αντανακλαστικές ενέργειες

Ανθρώπινη Δράση: η Δοκιμασία Turing

- Ο Alan Turing (θεωρείται ο πατέρας της ΤΝ) εμπνεύστηκε το 1950 Turing test, για την αναγνώριση ευφυών μηχανών:
 - Σειρά ερωτήσεων υποβάλλονται σε έναν άνθρωπο και μία μηχανή, χωρίς να γνωρίζουμε ποιος είναι ποιος.
 - Αν δεν καταφέρουμε να ξεχωρίσουμε 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:
 - Επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing).
 - Αναπαράσταση γνώσης.
 - Αυτοματοποιημένη συλλογιστική.
 - Μηχανική μάθηση.
- Μια επέκταση του τεστ (**πλήρες Turing τεστ**) περιλαμβάνει και την αναγνώριση εικόνων & αντικειμένων:
 - Απαιτείται η συμμετοχή και άλλων 2 επιστημονικών πεδίων, της μηχανικής όρασης (machine vision) & της ρομποτικής (robotics).

Ορθολογική Δράση: προσέγγιση με ορθολογικούς πράκτορες

- Πράκτορας: κάτι που πράττει.
- Ο Πράκτορας υπολογιστή διαφέρει από ένα απλό πρόγραμμα:
 - Λειτουργεί κάτω από αυτόνομο έλεγχο
 - Αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του
 - Προσαρμόζεται στις αλλαγές
 - Έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται τους στόχους των άλλων.
- Ορθολογικός πράκτορας: ενεργεί έτσι ώστε να επιτυγχάνει το καλύτερο (αναμενόμενο) αποτέλεσμα (με αβεβαιότητα).
- Πλεονεκτήματα προσέγγισης ΤΝ με ορθολογικούς πράκτορες:
 - Το πρότυπο της ορθολογικότητας είναι σαφώς ορισμένο (σε σχέση με ανθρώπινη σκέψη ή δράση).
 - Είναι πιο γενική από την ορθολογική σκέψη – ο συμπερασμός είναι μόνο ένα από τους πολλούς τρόπους επίτευξης ορθολογικότητας

Ιστορία-Εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η κυοφορία...

- Οι "συλλογισμοί" του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.).
- 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
- 1943: Οι McCulloch & Pitts πρότειναν ένα μοντέλο τεχνητών νευρώνων με δυνατότητα μάθησης & υπολογισμού συναρτήσεων.
- 1949: Ο Donald Hebb πρότεινε μία μέθοδο εκπαίδευσης Νευρωνικών Δικτύων (ΝΔ), τη μάθηση Hebb.
- 1950: Ο Alan Turing, με το άρθρο του "Computing Machinery and Intelligence", εισήγαγε:
 - Το γνωστό τεστ Turing.
 - Τη μηχανική μάθηση.
 - Την ενισχυτική μάθηση.
- 1951: Οι Minsky & Edmonds υλοποίησαν το πρώτο ΝΔ (SNARC) με 40 νευρώνες, το οποίο χρησιμοποιούσε 3000 λυχνίες.

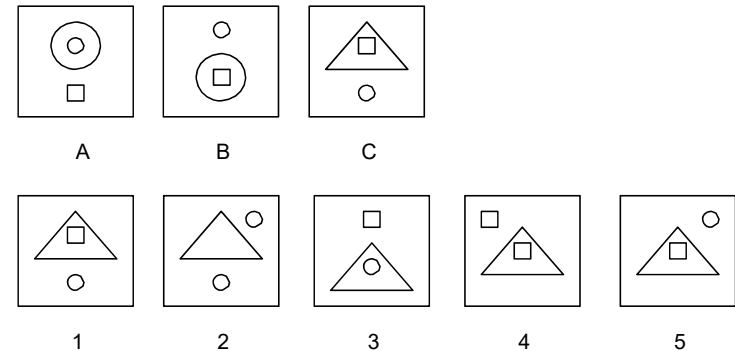
...και η γέννηση (1956)

- 1956: Διοργάνωση από τους John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon και Nathaniel Rochester μιας δίμηνης συνάντησης (workshop) στο Dartmouth (Hanover, New Hampshire) καθοριστικής στη γέννηση της Τ.Ν.
- Η συνάντηση αφορούσε τη θεωρία αυτομάτων, τα νευρωνικά δίκτυα και τη μελέτη της ευφυΐας.
- Είχε μόνο 10 συμμετέχοντες!
- Οι Allen Newell και Herner Simon παρουσίασαν το πρόγραμμα *Logic Theorist* (LT) που ήταν σε θέση να αποδεικνύει απλά μαθηματικά θεωρήματα.
- Το κυριότερο ίσως αποτέλεσμα της συνάντησης ήταν η αποδοχή του ονόματος που πρότεινε ο John McCarthy για τη νέα ερευνητική περιοχή: Τεχνητή Νοημοσύνη.

Πρώιμος ενθουσιασμός (1952-1969)

- 1958: Ο McCarthy όρισε τη συναρτησιακή γλώσσα υψηλού επιπέδου LISP.
 - Πρότεινε ένα υποθετικό σύστημα (το *Advice Taker*), που χρησιμοποιούσε γνώση (όπως το LT) αλλά αφορούσε γενικά, καθημερινά προβλήματα.
- 1958: Ο Friedberg πρότεινε μια τεχνική, τη μηχανική εξέλιξη (*machine evolution*) πρόγονο των γενετικών αλγορίθμων.
- 1959: Ο Herbert Galernter παρουσίασε το Geometry Theorem Prover.
- 1961: Οι Newell & Simon παρουσίασαν το General Problem Solver.
- 1962: Βελτιώσεις της μεθόδου μάθησης των νευρωνικών δικτύων του Hebb από τον Rosenblatt με τα perceptrons.
- 1968: Το πρόγραμμα ANALOGY του Tom Evans έλυνε προβλήματα γεωμετρικής αναλογίας που χρησιμοποιούνταν σε τεστ ευφυΐας.
- 1969: Στο πανεπιστήμιο Stanford υλοποιήθηκε το πρώτο robot, το Shakey robot.

Αν το A αντιστοιχεί στο B τότε το C σε ποιο από τα ακόλουθα γεωμετρικά σχήματα αντιστοιχεί;



Μια δόση ρεαλισμού (1966-1973)

- Μεγάλες προσδοκίες:
 - Το 1957 ο Herbert Simon είχε προβλέψει ότι σε 10 χρόνια ο παγκόσμιος πρωταθλητής στο σκάκι θα είναι υπολογιστής!
- Φτωχά αποτελέσματα - Δυσεπίλυτα προβλήματα:
 - Το γεγονός ότι ένα πρόγραμμα μπορεί θεωρητικά να βρει μια λύση δε σημαίνει ότι το πρόγραμμα περιέχει κάποιον από τους μηχανισμούς που απαιτούνται για να βρει τη λύση πραγματικά.
- 1969: Ο Marvin Minsky "απέδειξε" ότι τα νευρωνικά δίκτυα είναι ανεπαρκή για αντιμετώπιση μη-απλών προβλημάτων.
- 1973: Η κυβέρνηση της Μ. Βρετανίας διέκοψε τη χρηματοδότηση για Τεχνητή Νοημοσύνη στα περισσότερα Αγγλικά πανεπιστήμια.
- Τον ενθουσιασμό της πρώτης δεκαετίας της Τ.Ν. διαδέχθηκε η εποχή της κριτικής ότι τα συστήματα ήταν κατάλληλα μόνο για παιχνίδια (toy problems).

Συστήματα βασισμένα στη γνώση (1969-1979)

- Τη δεκαετία του '70 αναπτύχθηκαν συστήματα που περιείχαν την απαιτούμενη γνώση ώστε να συμπεριφέρονται όπως οι 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.
- Ασθενείς μέθοδοι: Γνώση γενικής χρήσης
- Ισχυρές μέθοδοι: Εξειδικευμένη γνώση
 - Για να λυθεί ένα δύσκολο πρόβλημα θα πρέπει σχεδόν να γνωρίζουμε ήδη την απάντηση!
- Αρχές '70: Προτάθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Prolog.
- 1975: Προτάθηκαν από τον Minsky τα πλαίσια (frames) για δομημένη & ιεραρχημένη αναπαράσταση της γνώσης

Βιομηχανία (δεκαετία 1980)

- R1/XCON (Digital Equipment Corporation): Έμπειρο σύστημα για διαμόρφωση παραγγελιών βάσει πελατειακών αναγκών, περιορισμούς εξαρτημάτων, διαθέσιμων αποθεμάτων:
 - Το 1986 εξοικονόμησε για την εταιρεία 40 εκατομμύρια δολάρια.
 - Το 1988 η Du Pont είχε 100 σε χρήση εξοικονομώντας \$10 εκατ.
- 1981: Η Ιαπωνία ανακοίνωσε το πρόγραμμα "5η γενιά", ένα 10ετές πρόγραμμα για την κατασκευή ευφυών 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.
- Ακολούθησαν αντίστοιχα προγράμματα στις ΗΠΑ και στη Μεγάλη Βρετανία.
- Τέλη δεκαετίας '80: Δεύτερη διάψευση (Winter of AI)
 - Εταιρείες δεν κατάφεραν να ανταποκριθούν στις υποσχέσεις τους

Η μετα-μοντέρνα περίοδος (1986 -)

- 1986: Αναζοπύρωση του ενδιαφέροντος στα ΝΔ.
- Η Τ.Ν. μετεξελίχθηκε σε επιστήμη:
 - Τα επιτεύγματα στηρίζονται πλέον σε αυστηρές θεωρίες.
 - Νέα "επιτεύγματα" γίνονται αποδεκτά μόνο κατόπιν αυστηρής απόδειξης ή εξαντλητικής πειραματικής επιβεβαίωσης.
- Ευφυείς πράκτορες και διαδίκτυο (1995-)
 - Έχοντας λύσει αρκετά επιμέρους προβλήματα η έρευνα στράφηκε ξανά στο «συνολικό πρόβλημα»: κατασκευή ευφυών πρακτόρων.
 - Το διαδίκτυο αποτελεί ιδανικό χώρο πραγματικής δοκιμής των νέων τεχνολογιών.
- *Μετα-μοντέρνα* περίοδος: η ΤΝ καλείται να παίξει ένα σημαντικό ρόλο σε ένα νέο πληροφοριακό περιβάλλον του οποίου κύρια χαρακτηριστικά είναι:
 - η εξάπλωση του διαδικτύου &
 - η διείσδυση των υπολογιστικών συστημάτων σε κάθε είδους συσκευές ευρείας χρήσης (pervasive computing).