

Τεχνητή Νοημοσύνη και επιστημονική έρευνα:
επιδράσεις, διαστάσεις και προοπτικές αξιοποίησης

Αντώνης Αγγελάκης, Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικής Επιστήμης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

2025

Καινοτομία

- Καινοτομία (innovation) είναι ένα νέο ή βελτιωμένο προϊόν ή διαδικασία (ή συνδυασμός των δύο) που διαφέρει σημαντικά από προηγούμενα προϊόντα ή διαδικασίες της ίδιας μονάδας και έγινε διαθέσιμο σε πιθανούς χρήστες (προϊόν) ή τέθηκε σε λειτουργία από τη μονάδα (διαδικασία) (OECD/Eurostat, 2018 / μετ. ΕΚΤ, 2022).
- Η καινοτομία ως βασική πτυχή της αύξησης της παραγωγικότητας, του μετασχηματισμού των επιχειρήσεων και της κοινωνικοοικονομικής προόδου.
- Καινοτομία υπό ευρύτερη οπτική: κλιματική κρίση, θέματα υγείας και γεωπολιτική διάσταση - συνδέονται με την αύξηση της εγχώριας ικανότητας καινοτομίας.
- Η καινοτομία ως μηχανισμός αντιμετώπισης των μεγάλων κοινωνικών προκλήσεων - σύνθετα, πολυεπίπεδα προβλήματα που απαιτούν συντονισμένες προσπάθειες από διάφορους φορείς για να αντιμετωπιστούν επιτυχώς υπό το πρίσμα της υπεύθυνης καινοτομίας και της διακυβέρνησης/αξιολόγησης των καινοτομιών με βάση τις πιθανές επιβλαβείς συνέπειες και τη θετική συμβολή τους σε κοινωνικά ζητήματα (Voegtlin, Scherer, Stahl and Hawn, 2022).

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) ως νέα τεχνολογία γενικής εφαρμογής.

- Ως Τεχνητή νοημοσύνη - Artificial Intelligence (AI) προσδιορίζεται η προσομοίωση των διαδικασιών ανθρώπινης νοημοσύνης από μηχανές.
- Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν τη μάθηση (την απόκτηση πληροφοριών και τους κανόνες για τη χρήση των πληροφοριών), τη συλλογιστική (χρησιμοποιώντας τους κανόνες για την επίτευξη προσεγγιστικών ή οριστικών συμπερασμάτων) και την αυτοδιόρθωση (López-Gómez, Leal-Ayala, Palladino & O'Sullivan, 2017).
- Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται εκτεταμένα πλέον για το σχεδιασμό και τον έλεγχο των ευέλικτων και αυτοματοποιημένων συστημάτων παραγωγής καθώς και σε ένα σύνολο δραστηριοτήτων σε διαφορετικούς παραγωγικούς και οικονομικούς τομείς.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) ως νέα τεχνολογία γενικής εφαρμογής.

Τεχνητή Νοημοσύνη: η ικανότητα των μηχανών να επιτελούν γνωστικές λειτουργίες στα πρότυπα της ανθρώπινης νοημοσύνης όπως συνθετική κατανόηση, επεξεργασία, μάθηση και επίλυση προβλημάτων (Γιαννακόπουλος, 2020).

- Παραδείγματα: ρομποτική, αυτόνομη οδήγηση, μηχανική μάθηση, μηχανική όραση, ψηφιακοί βοηθοί, επικοινωνίες, διαφήμιση, εμπόριο, μάρκετινγκ, εφοδιαστική αλυσίδα, τεχνητή ομιλία.

Μηχανική μάθηση

Μηχανική μάθηση: αναφέρεται στην ικανότητα των μηχανών να βελτιώνουν τη λειτουργία και την επίδοσή τους χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση και ακριβείς οδηγίες ως προς την επιτέλεση εργασιών.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη ουσιαστικά συνδέεται, οργανικά, με την έννοια της «μηχανικής μάθησης» [machine learning]. Η μηχανική μάθηση αποτελεί μια μορφή Τεχνητής Νοημοσύνης που παρέχει στις υπολογιστικές μηχανές τη δυνατότητα να μαθαίνουν χωρίς να έχουν προγραμματιστεί ρητά (McAfee & Brynjolfsson, 2017).

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) ως νέα τεχνολογία γενικής εφαρμογής.

- Τεχνητή Νοημοσύνη συνιστά μια κομβική τεχνολογική κατηγορία και συχνά προσεγγίζεται ως μια «τεχνολογία γενικής εφαρμογής» [general-purpose technology] με κρίσιμο εγκάρσιο χαρακτήρα και καταλυτική συστημική σπουδαιότητα.
- Η Τεχνητή Νοημοσύνη συνιστά ένα βασικό τεχνολογικό συντελεστή που διατρέχει τις αναδυόμενες τεχνολογίες σε πολλές διαφορετικές μορφές και διεργασίες.
 - Επηρεάζει την πλειονότητα των κλάδων της οικονομίας και των τεχνολογικών πεδίων (σε κάθετες και διαγώνιες αγορές)
 - Δεν χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφο βαθμό διάχυσης και αξιοποίησης
 - Αφορά σε ένα συνδυασμό τεχνολογικών ακολουθιών (π.χ. υπολογιστικές μηχανές, δεδομένα)
 - Αποτελεί αποτέλεσμα τεχνολογικής ανάπτυξης δεκαετιών (σταδιακά και πολιτικών υποστήριξης)
 - Ιστορικά δεν αναπτύσσεται πάντα με σταθερό ρυθμό (π.χ. AI Winters) και διακρίνεται από δυναμική ανάπτυξη (π.χ. Γενική TN)
 - Συμπληρώνει, λειτουργικά, ευρύ πλήθος τεχνολογικών πεδίων, π.χ. υγεία, πράσινες τεχνολογίες
 - Διακρίνεται από ένα ευρύ σύνολο τεχνολογικών υπο-κατηγοριών (π.χ. patent families)
 - Είναι πλέον διακριτό πεδίο πολιτικής σε επίπεδο εξειδικευμένων μέτρων υποστήριξης και ανάπτυξης καθώς και κανόνων ρύθμισης (νέο νέο πεδίο ρύθμισης).

Τεχνητή Νοημοσύνη

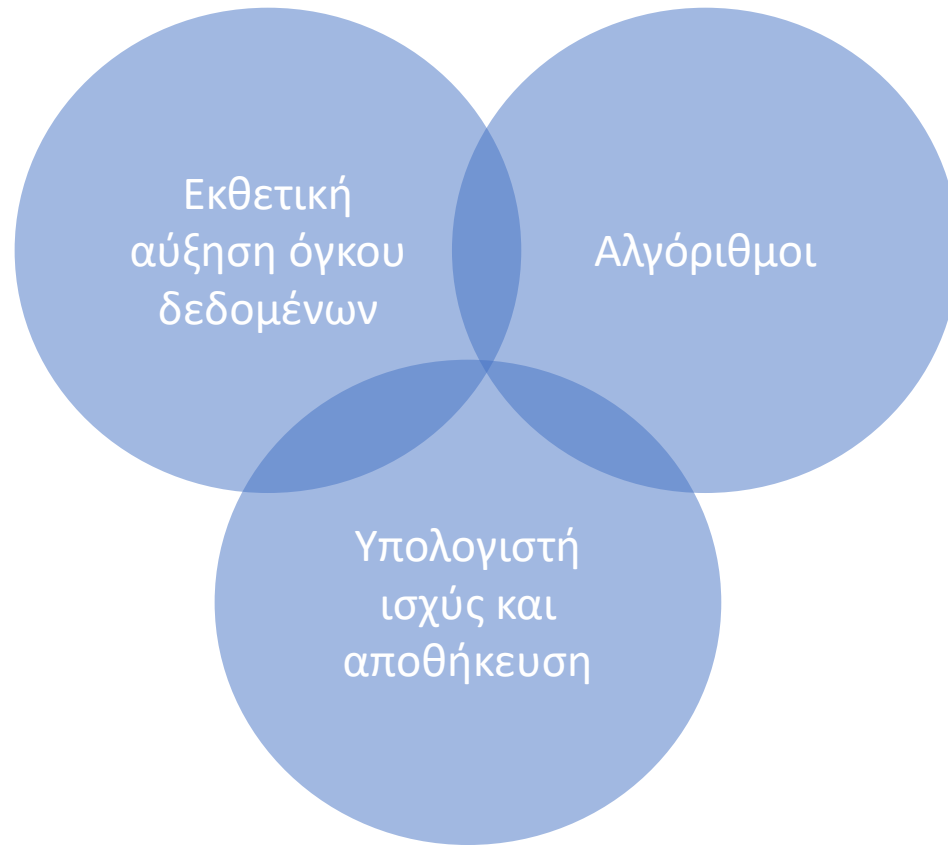
- Συνιστά μια από τις βασικές οριζόντιες συνιστώσες του κύματος των «υπερ-προηγμένων τεχνολογιών» (deep tech).
- Χαρακτηρίστηκε για πολλά χρόνια από τη διαφορετική προσέγγιση ανάμεσα σε δυο βασικές σχολές.
- Η δημιουργία συστημάτων που βασίζονται στη στατιστική και την αναγνώριση μοτίβων, δομών, λογικών και συνεχειών μέσα στο πλήθος δεδομένων (statistical pattern recognition system) παρά στα σύμβολα και τους επακριβώς προσδιορισμένους κανόνες (rule-based – symbolic artificial intelligence), μπορεί να επιφέρει πολύ καλύτερα αποτελέσματα (McAfee & Brynjolfsson, 2017) .
- Εκμάθηση μέσω εμπειρίας, εξάσκησης και διόρθωσης vs εκμάθηση μόνο μέσα από την εφαρμογή συγκεκριμένων κανόνων.

Τεχνολογικά δομικά στοιχεία

- Θεωρία της πληροφορίας (0-1 και μαθηματικά, Claude Shannon)
- Ενσωματωμένα συστήματα/ημι-αγωγοί (integrated circuits)
- Λέιζερ και οπτικές ίνες
- Standard 'protocol' (ARPANET, TCP/IP)
- World Wide Web (Tim Berners-Lee, CERN)
- The opening up of 'the Web' (September 1993, Clinton-Gore US administration report, global internet traffic = 1Mb/second in 1992 – 26.000 Gb/second, 26-million-fold increase based on Cisco report)

Nigel Toon, 2024

Τεχνητή Νοημοσύνη



TN και επιστήμη

- Η εποχή της κλιμάκωσης της TN και της ευρύτερης ανάπτυξης (π.χ. ML, νευρωνικά δίκτυα, NLP, Generative AI, LLMs).
- Οι εφαρμογές της TN για την επιστημονική έρευνα έχουν άμεση επίδραση στην επιτέλεση του επιστημονικού έργου (π.χ. αστρονομία και αστροφυσική, επιστήμη των υπολογιστών, μαθηματικά, επιστήμες υγείας και ζωής, κλιματική κρίση, φυσική, υλικά, χημεία, βιολογία και γενετική, νευροεπιστήμες, κοινωνικές επιστήμες, ανθρωπιστικές επιστήμες, εκπαίδευση).
- Η ανάπτυξη της TN στην επιστήμη παρέχει λύσεις για την αντιμετώπιση παγκόσμιων προκλήσεων στο πεδίο της κλιματικής αλλαγής και των επιστημών υγείας, της βιοτεχνολογίας και της βιοιατρικής έρευνας (π.χ. βιοεπιστήμες).
- Οι πολιτικές για την TN έχουν κρίσιμο ρόλο: αφορούν τομείς που σχετίζονται με τις ψηφιακές υποδομές (π.χ. AI data hubs), τις πολιτικές για τα δεδομένα, τον ψηφιακό μετασχηματισμό των επιχειρήσεων, τα χρηματοδοτικά εργαλεία σε αρχικό στάδιο καθώς και σε επίπεδο στάδιο κλιμάκωσης, την εκπαίδευση και τις δεξιότητες.
- Ωστόσο, οι πολιτικές για την TN θα πρέπει επίσης να αντιμετωπίζουν τις πιθανές προκλήσεις που συνεπάγεται η ευρύτερη χρήση της TN στον επιστημονικό τομέα (π.χ. επεξηγήσιμη TN, ανάπτυξη φαρμάκων, υγειονομική περίθαλψη, ενέργεια, ηθική και προστασία της ιδιωτικότητας).

Ψηφιακός μετασχηματισμός και δεδομένα

- Τα δεδομένα αποτελούν σημαντικό μέρος του ψηφιακού μετασχηματισμού (μαζί με το ευρύτερο σύνολο των ψηφιακών τεχνολογιών, των ημιαγωγών/μικρο-επεξεργαστών, των αλγορίθμων, των υπολογιστών υψηλών επιδόσεων και της τεχνητής νοημοσύνης).
- Τα μεγάλα δεδομένα μας επιτρέπουν να συνδυάζουμε πληροφορίες και να αναλύουμε μεγάλο αριθμό πληροφορίας, τάσεων και γεγονότων με νέους τρόπους, προκειμένου να προωθήσουμε την ανακάλυψη και την πρόοδο στις επιστήμες και στους επιχειρηματικούς τομείς, καθώς και την αντιμετώπιση σημαντικών κοινωνικών προκλήσεων (π.χ. υγεία, κλίμα).
- Η εμφάνιση των μεγάλων γλωσσικών μοντέλων (LLM) μετασχηματίζουν την ανάλυση δεδομένων και επιτρέπουν νέους τρόπους διατύπωσης υποθέσεων, συνδυασμού δομημένων και μη δομημένων δεδομένων, προώθησης νέων ανακαλύψεων και αντιμετώπισης μεγάλων προκλήσεων (π.χ. μολυσματικές ασθένειες και νέες θεραπείες).
- Οι νέοι τρόποι ανάλυσης δεδομένων (π.χ. διασυνδεδεμένη μάθηση) μας παρέχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουμε προηγμένους αλγορίθμους, ενώ παράλληλα αξιοποιούμε δεδομένα από πολλαπλές πηγές (π.χ. αποκεντρωμένα κέντρα δεδομένων) με τη χρήση εφαρμογών που ενισχύουν την προστασία της ιδιωτικής ζωής (Galtier & Meadon, 2023).
- Εντούτοις, υπάρχουν αρκετές κρίσιμες προκλήσεις όσον αφορά τη χρήση των δεδομένων: ανάγκη για δεδομένα υψηλής ποιότητας, χαρακτηριστικά δεδομένων και μεροληψία δεδομένων, δεδομένα χαμηλής ποιότητας (data hallucinations and noisy data), ασφάλεια δεδομένων και κυριαρχία δεδομένων, προστασία της ιδιωτικότητας και βιο-δεδομένα.

Επίπεδα επιδράσεων

- Συνδυασμός δεδομένων και πληροφορίας από διαφορετικές πηγές και επιστημονικά πεδία
- Αναγνώριση μοτίβων, ελλείψεων στην επιστημονική έρευνα και προβλέψεις για τις επικείμενες ανακαλύψεις
- Αναγνώριση και επεξεργασία νέων υποθέσεων εργασίας σε αναδυόμενα πεδία και ανεξερεύνητες θεματικές περιοχές (π.χ. βέλτιστος σχεδιασμός έρευνας, μεγαλύτερο εύρος ελέγχου και ταχύτερη διαδικασία αποκλεισμού και προόδου) (OECD, 2023).
- Ανάλυση, μοντελοποίηση και προσομοίωση (π.χ. φυσική, νέα υλικά, χημεία, βιοφαρμακευτικός κλάδος)
- Υλοποίηση πειραμάτων σε μεγαλύτερη κλίμακα και σε μικρότερους χρόνους (π.χ. προ-κλινική έρευνα, κλινικές δοκιμές, αναγνώριση υποψήφιων μορίων στη βιο-φαρμακευτική έρευνα)
- Ανάδυση των “αυτοματοποιημένων εργαστηρίων” (“self-driving labs”) που συνδυάζουν ρομποτικές εφαρμογές με αξιοποίηση ΤΝ [automated robotic platforms combined with artificial intelligence] (OECD, 2023, The Economist 2024).
- Μη δομημένα δεδομένα, προηγμένοι αλγόριθμοι και βαθιά μάθηση (Ghosh, 2023)

Προκλήσεις

- Σταδιακή ή ριζοσπαστική πρόοδος;
- Ανάπτυξη φαρμάκων: έλεγχος χημικών μορίων, αλληλούχηση και αναγνώριση στόχων, ταχύτερη ανάπτυξη (π.χ. in-silico) βέλτιστος σχεδιασμός κλινικών δοκιμών, παρακολούθηση δράσης φαρμάκων (surveillance of drugs) και αναδόμηση κύκλου ζωής ανάπτυξης φαρμάκων (New, 2023)
- TN, χημεία και βιοφαρμακευτική έρευνα: σημασία προστασίας ΔΙ αλλά και σημασία βιο-δεδομένων υψηλής ποιότητας/αξιοπιστίας και κατάλληλων μοντέλων ασθενειών [screening and disease models] (Scannell, 2023)
- Εξατομίκευση, χρόνοι ανταπόκρισης και κόστος νέων θεραπειών

Προϋποθέσεις και προοπτικές αξιοποίησης

- Σημασία στοχευμένων πολιτικών ΕΤΑΚ και δομημένων πολιτικών ΤΝ ως διασυνδεδεμένου αλλά και διακριτού πεδίου (AI-focused policies)
- Διαμόρφωση υπολογιστικών υποδομών HPC, δικτύων και συστημάτων
- Διασφάλιση διαδικασιών και υποδομών διαχείρισης ανοικτών και διασυνδεδεμένων δεδομένων (findable, accessible, interoperable and reusable - FAIR data)
- Στοχευμένες και εμβληματικές δράσεις με ισχυρό αντίκτυπο και διαμόρφωση προτύπων διαλειτουργικότητας (π.χ. AI data hubs)
- Εκπόνηση δι-επιστημονικών προγραμμάτων – ΤΝ ως τεχνολογία γενικής εφαρμογής
- Ελεγχόμενοι ρυθμιστικοί και θεσμικοί χώροι (π.χ. AI sandboxes, federated learning)
- Ρύθμιση και ΤΝ: θεσμικές παράμετροι περιορισμούς αθέμιτων συνεπειών και χρήσεων

Η πολιτική οικονομία της ΤΝ

- Οικονομικός μετασχηματισμός και τεχνολογικός ανταγωνισμός
- Η επιστροφή των βιομηχανικών και εμπορικών πολιτικών και η αναδιάταξη αλυσίδων αξίας σε κρίσιμα πεδία (π.χ. ημιαγωγοί/chips, κρίσιμες πρώτες ύλες, τεχνολογίες διττής χρήσης, διαστημικές τεχνολογίες).
- Πρόσβαση σε προηγμένες τεχνολογίες παραγωγής κρίσιμων τεχνολογικών συντελεστών (EUV lithographic machines, semiconductors/chips, algorithms)
- Ρύθμιση και κανόνες ΤΝ
- Πρόσβαση, χρήση και κυριότητα των δεδομένων
- Συμπληρωματικότητα ή/και υποκατάσταση ανθρώπινου παράγοντα
- Κοινωνικο-οικονομικές επιδράσεις (π.χ. παραγωγικότητα, ανισότητες)
- Κοινές προκλήσεις: ανάγκη για συνεργασία σε κλιμακούμενες και διασυνδεδεμένες προκλήσεις (π.χ. κλιματική κρίση, θέματα υγείας).

Antonios Angelakis
angelakis@uoc.gr