

Τεχνητή Νοημοσύνη: στο Σταυροδρόμι των Μαθηματικών και της Πληροφορικής

Δρ. Ιωάννης Πήτας

Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,

ΠΙΤΗΛ/ΕΚΕΤΑ

pitas@csd.auth.gr, pitas@iti.gr

Περίληψη

Η παρούσα δημοσίευση πραγματεύεται την εξήγηση των βασικών εννοιών της επιστήμης της Τεχνητής Νοημοσύνης, χρησιμοποιώντας μόνο τα Μαθηματικά του Λυκείου. Καλύπτει αναλυτικά τα ακόλουθα θέματα: ορισμός της επιστήμης της Τεχνητής Νοημοσύνης, Δεδομένα και Διανύσματα, Ομαδοποίηση, Ταξινόμηση, Νευρωνικά Δίκτυα, και Γενεσιακή Τεχνητή Νοημοσύνη. Ουσιαστικά αποδεικνύεται ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι στο σταυροδρόμι των Μαθηματικών και της Πληροφορικής. Μετά παρουσιάζεται η σχέση της επιστήμης της Τεχνητής Νοημοσύνης με την Κοινωνία της Γνώσης και την αλγοριθμική/μαθηματική σκέψη. Επίσης εξετάζονται πλευρές της εκπαίδευσης της Τεχνητής Νοημοσύνης, στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες, καθώς και στην επαγγελματική και συνεχιζόμενη εκπαίδευση.

Αποδεικνύεται ότι, αντίθετα, απ' ότι πολλοί νομίζουν, η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι πολύ ευρύτερη από τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα, των οποίων το ChatGPT είναι η πιο γνωστή μορφή. Αυτή η ευρέως διαδεδομένη παρανόηση έχει δραματικές επιπτώσεις στην σχεδίαση της εκπαιδευτικής πολιτικής για την Τεχνητή Νοημοσύνη. Υπό το πρίσμα αυτό, εξετάζονται πλευρές της χρήσης της Γενεσιακής Τεχνητής Νοημοσύνης, ιδιαίτερα των Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων στην εκπαίδευση.

Λέξεις κλειδιά: Τεχνητή Νοημοσύνη, Μηχανική Μάθηση, Αλγοριθμική σκέψη, Γενεσιακή Τεχνητή Νοημοσύνη, Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα.

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ, ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Τι είναι η Τεχνητή Νοημοσύνη;

Η *Επιστήμη και Μηχανική Τεχνητής Νοημοσύνης* είναι η διεπιστημονική μελέτη και κατασκευή τεχνητών συστημάτων (συνήθως υπολογιστικών) που μιμούνται ή/και ξεπερνούν την ανθρώπινη νοημοσύνη στην ανάλυση πληροφοριών και την ανθρώπινη αλληλεπίδραση με τον υπόλοιπο κόσμο.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι πολύ χρήσιμη για ανάλυση δεδομένων (με σκοπό την κατανόηση του κόσμου) και εφαρμογές (που αλλάζουν δραστικά τον κόσμο). Βασικοί κλάδοι της είναι η Μηχανική Μάθηση και η κλασική Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη.

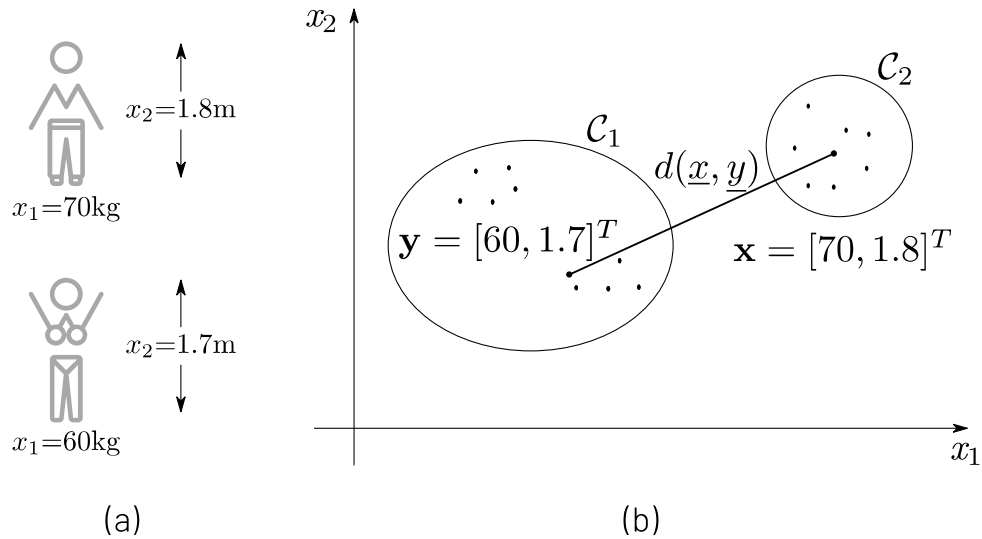
Στενά συνδεδεμένοι επιστημονικοί κλάδοι της Επιστήμης της Πληροφορικής είναι η Ρομποτική, τα Αυτόνομα Συστήματα, η Επεξεργασία και Ανάλυση Ψηφιακού Σήματος/Εικόνας, η Επιστήμη και Ανάλυση Δεδομένων και η Θεωρία Δικτύων. Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι έντονα διεπιστημονική. Σχετιζόμενοι επιστημονικοί κλάδοι είναι η Γνωσιακή Επιστήμη, οι Νευροεπιστήμες, η Ψυχολογία, αλλά και η Φιλοσοφία, η Ηθική, η Γλωσσολογία και η Κοινωνιολογία.

Η κλασική Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη προσπαθεί να περιγράψει τον κόσμο με έννοιες και να κάνει συλλογιστική πάνω τους, χρησιμοποιώντας λογικούς κανόνες του τύπου: 'Εάν συμβαίνει αυτό, τότε θα συμβεί το άλλο'. Δυστυχώς όμως, ο κόσμος είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος και δεν μπορεί να περιγραφεί καλά με τη Μαθηματική Λογική. Για τον λόγο αυτό, η Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη, αν και ξεκίνησε πρώτη την δεκαετία του 50, απέτυχε. Αντίθετα, η Μηχανική Μάθηση περιγράφει τον κόσμο πιθανοκρατικά, μέσω δεδομένων. Αν και ξεκίνησε λίγο αργότερα και βίωσε τον *χειμώνα της Τεχνητής Νοημοσύνης* τις δεκαετίες 60-80, νίκησε. Όταν σήμερα μιλούμε για Τεχνητή Νοημοσύνη, εννοούμε πάντα την Μηχανική Μάθηση.

Δεδομένα και Μηχανική Μάθηση

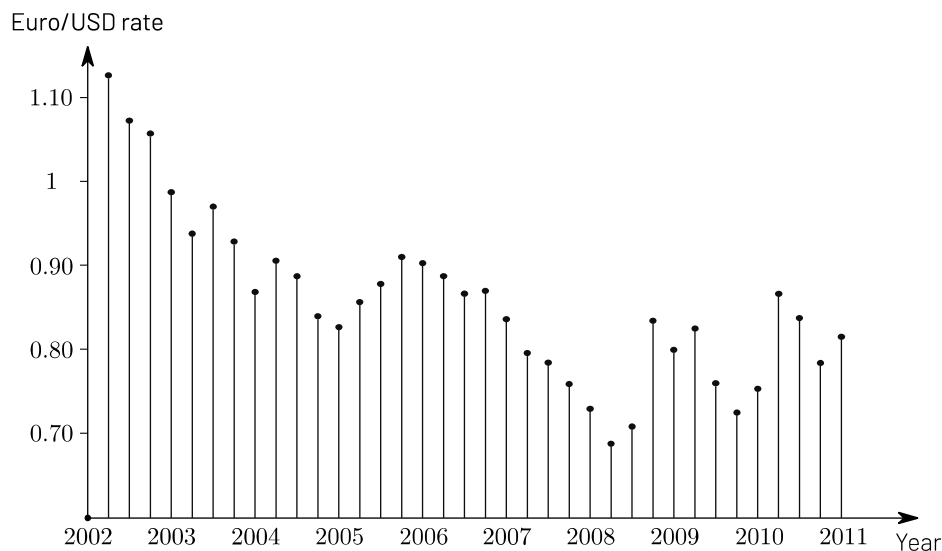
Τα *δεδομένα* είναι μετρούμενες ποσότητες σχετιζόμενες με τη φύση (π.χ., την ατμόσφαιρα) ή/και τις ανθρώπινες δραστηριότητες (π.χ., οικονομικά μεγέθη). Τα δεδομένα είναι κυρίως αριθμοί που αντιπροσωπεύουν χαρακτηριστικά γνωρίσματα κάποιου αντικειμένου, π.χ., το βάρος και το ύψος ενός ανθρώπου (2 χαρακτηριστικά). Μονάδα μέτρησης είναι τα bits. Τα δεδομένα (π.χ., n χαρακτηριστικά $x_1, x_2, \dots, x_n$), όντας αριθμοί, μπορούν να οργανωθούν σε διανύσματα $\mathbf{x}^T = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ (Pitas, 2023). Για παράδειγμα,

δισδιάστατα διανύσματα μετρήσεων ύψους, βάρους της μορφής $\mathbf{x}^T = [x_1, x_2]$ μπορούν εύκολα να οπτικοποιηθούν, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Κάθε άνδρας ή γυναίκα αναπαρίσταται στο επίπεδο με ένα σημείο (διάνυσμα). Η οπτικοποίηση αυτή βοηθά πολύ στην ανάλυση των δεδομένων, π.χ., στην ομαδοποίηση των μετρήσεων σε άνδρες/γυναίκες.



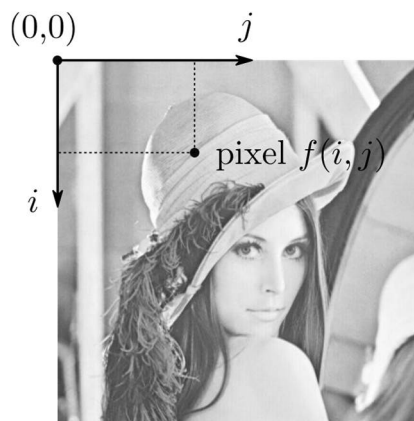
Σχήμα 1. Μετρώντας στους άνδρες και γυναίκες: διάνυσμα [ύψος, βάρος].

Χρονικά δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν από διανύσματα αριθμών, π.χ., η χρονοσειρά ισοτιμίας ευρώ/δολαρίου ΗΠΑ που φαίνεται στο Σχήμα 2. Κάθε ψηφιοποιημένο δευτερόλεπτο φωνής στο κινητό μας μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα διάνυσμα 44100 αριθμών (φωνητικής έντασης).



Σχήμα 2. Χρονοσειρά ισοτιμίας ευρώ/δολαρίου ΗΠΑ.

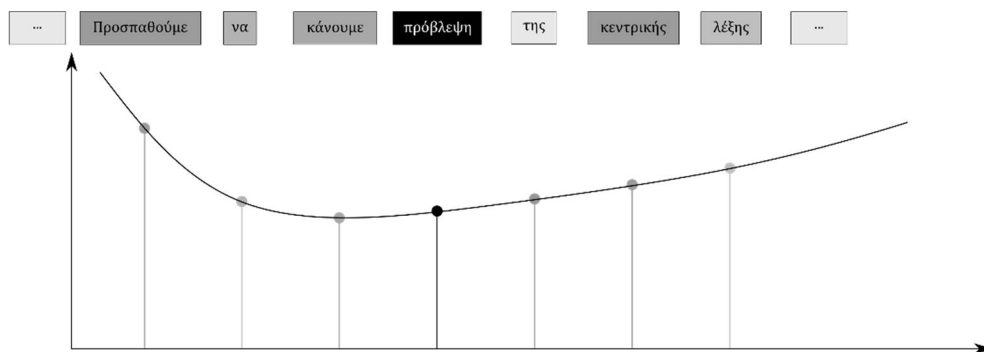
Επίσης χωρικά δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν με διανύσματα αριθμών. Για παράδειγμα, οι φωτεινότητες των pixel (εικονοστοιχείων) μιας εικόνας ορίζονται σαν σημεία σε έναν Ευκλείδειο χώρο 2 διαστάσεων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Μπορούν να αναπαρασταθούν από ένα πίνακα A με 6000×8000 στοιχεία A_{ij} (ένα για κάθε pixel). Ο πίνακας αυτός εύκολα μπορεί να μετατραπεί σε διάνυσμα 48 εκατομμυρίων διαστάσεων.



Σχήμα 3. Κάθε εικόνα μπορεί να έχει πολλά εκατομμύρια pixel!

Το τελευταίο κάστρο που μαθηματοποιήθηκε ήταν η γλώσσα. Πολύ πρόσφατα έγινε αναπαράσταση (ενσωμάτωση) λέξεων με διανύσματα, έτσι ώστε να γίνεται καλή πρόβλεψη των λέξεων σε μια πρόταση, όπως φαίνεται

στο Σχήμα 4. Το διάνυσμα που αναπαριστά την λέξη «πρόβλεψη» διαλέγεται έτσι ώστε να παρεμβάλλεται καλά ανάμεσα στα διανύσματα που αντιπροσωπεύουν τις λέξεις «να», «κάνουμε» και «της», «κεντρικής». Η αναπαράσταση λέξεων με αριθμούς (διανύσματα) είναι η βάση των *Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων*, π.χ., των ChatGPT, GPT-4.

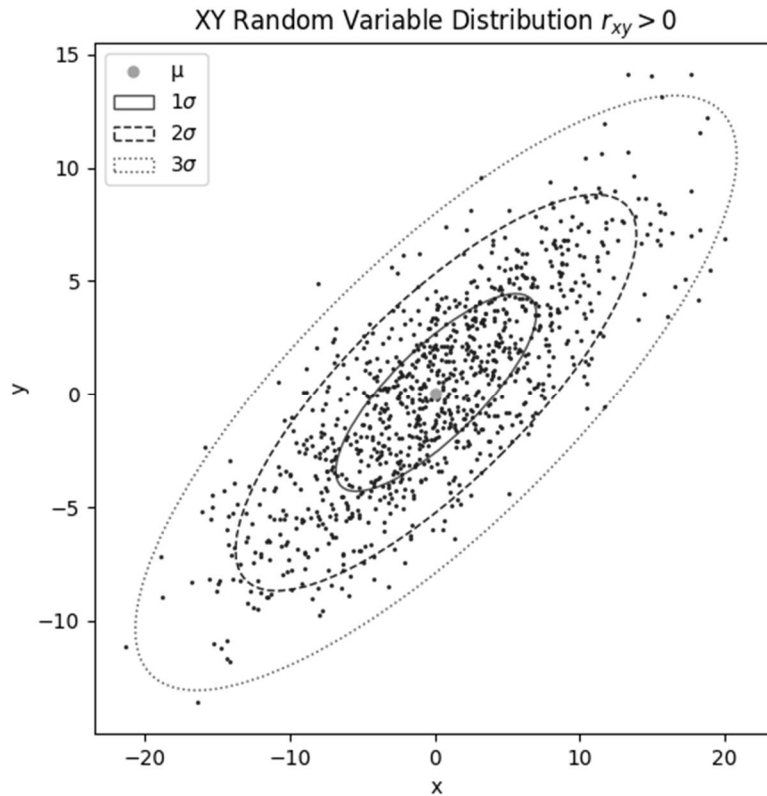


Σχήμα 4. Αναπαράσταση λέξεων με διανύσματα.

Επομένως, υποστηρίζεται ότι σχεδόν όλος ο κόσμος μπορεί να αναπαρασταθεί με χρήση της ίδιας μαθηματικής έννοιας: διανύσματα αριθμών. Η χρησιμότητά τους είναι προφανής. Από την στιγμή που ο πραγματικός κόσμος έχει περιγραφεί με κάποια ακρίβεια με διανύσματα, μπορούμε να τον ξεχάσουμε και να δουλεύουμε στον αντίστοιχο *διανυσματικό χώρο*. Για παράδειγμα, η Ευκλείδεια απόσταση $|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|$ δύο διανυσμάτων $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2$ στον χώρο αυτό είναι ένα μέτρο της (αν)ομοιότητας των δύο απεικονιζόμενων αντικειμένων, π.χ., ενός άνδρα και μίας γυναίκας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Έτσι, μπορούμε να ομαδοποιήσουμε π.χ., όμοιες εικόνες ή να αναζητήσουμε στο Διαδίκτυο όμοιες εικόνες με μια εικόνα-δείγμα που έχουμε. Κατά βάση, με αυτόν τον τρόπο γίνεται η αναζήτηση δεδομένων σε μηχανές αναζήτησης στο Διαδίκτυο.

Οι μετρήσεις και τα δεδομένα $\mathbf{x}^T$ μπορεί να εμπεριέχουν θόρυβο, ή/και να έχουν μεταβλητή φύση (π.χ., να εξελίσσονται στον χρόνο). Τα χαρακτηριστικά τους $x_1, x_2, \dots, x_n$ μπορεί να είναι συσχετισμένα. Η ανάλυσή τους χρησιμοποιεί τη Θεωρία Πιθανοτήτων ή/και την Στατιστική, διότι η πιθανοκρατική μορφή των δεδομένων μπορεί πολύ καλά να αποδοθεί από πολυδιάστατες κατανομές πιθανοτήτων της μορφής $p(\mathbf{x})$. Μια τέτοια δισδιάστατη κανονική κατανομή $p(x_1, x_2)$ και τα σχετικά N δείγματά της $\mathbf{x}_i, i=1, \dots, N$ φαίνονται στο Σχήμα 5. Επειδή συνήθως μπορούμε να

συλλέξουμε πολλά δείγματα (δεδομένα), αλλά δεν ξέρουμε τις κατανομές πιθανοτήτων τους, η Μηχανική Μάθηση στηρίζεται κυρίως στην στατιστική ανάλυση δεδομένων.

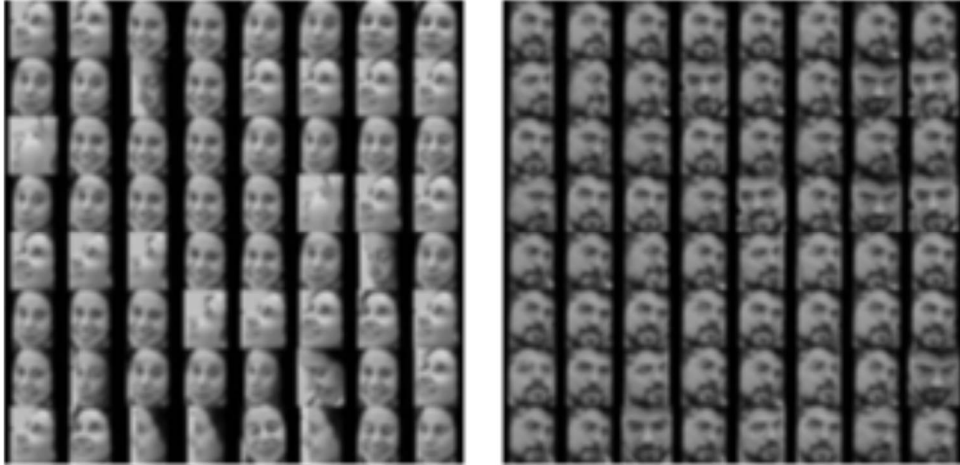


Σχήμα 5. Δισδιάστατη κανονική κατανομή και δειγματοληψία της.

Σήμερα παρατηρούμε μία εκθετική αύξηση δεδομένων, λόγω της πληθώρας των αισθητήρων και των αυτοματοποιημένων μετρήσεων τους με σκοπό την λεπτομερειακή καταγραφή του κόσμου, δηλαδή της φύσης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η ανάλυση τέτοιων *Μεγάλων Δεδομένων* είναι αδύνατη χωρίς την Μηχανική Μάθηση.

Η Μηχανική Μάθηση χρησιμοποιεί σχετικά απλά μαθηματικά εργαλεία. Για παράδειγμα, στη *μη-επιβλεπόμενη Μηχανική Μάθηση* διαθέτουμε μόνον δεδομένα, π.χ., N εικόνες προσώπου $\mathbf{x}_i, i=1, \dots, N$. Μπορούμε να κάνουμε *ομαδοποίηση* των δεδομένων αυτών με βάση την ομοιότητα τους, π.χ., χρησιμοποιώντας το εσωτερικό γινόμενο των σχετικών διανυσμάτων $\mathbf{x}_i \mathbf{x}_j^T$ ή

την ανομοιογένειά τους που περιγράφεται από την Ευκλείδεια απόσταση $|x_i - x_j|$ (Pitas, 2023).



Σχήμα 6. Ομαδοποίηση εικόνων προσώπου.

Η ομαδοποίηση εικόνων προσώπου φαίνεται στο Σχήμα 6. Η είσοδος του σχετικού αλγορίθμου είναι πολλές εικόνες προσώπων $x_i, i=1, \dots, N$ και η έξοδος του είναι ομάδες εικόνων προσώπου, χωρίς ονόματα των εικονιζόμενων προσώπων. Οι εφαρμογές της ομαδοποίησης είναι τεράστιες π.χ., στην Βιομετρία, ανάλυση ιατρικών δεδομένων και ανάλυση εικόνας και βίντεο.

Η χρησιμότητα της ομαδοποίησης δεδομένων είναι μεγάλη. Μας αναλύει τη γεωμετρία των δεδομένων και επιτρέπει την αφαιρετική περιγραφή και την συμπίεση τους. Έτσι, π.χ., ένας ή μια γιατρός μπορεί να ομαδοποιήσει ιατρικά δεδομένα, στο πρώτο στάδιο, όταν ούτε το όνομα ούτε τυχόν υποπεριπτώσεις μιας ασθένειας είναι γνωστές. Ένας διαφημιστής¹ μπορεί να ομαδοποιήσει ανθρώπους με βάση το ψηφιακό και συμπεριφορικό προφίλ τους, χωρίς να γνωρίζει ή να ενδιαφέρεται για τα ονόματά τους και να τους στείλει κατάλληλα διαφημιστικά ή πολιτικά μηνύματα.

Οι προκύπτουσες ομάδες δεδομένων μπορούν εύκολα να απεικονιστούν ‘χειροκίνητα’ σε έννοιες και ιδέες, όπως ‘τρίγωνο’, ‘χαμόγελο’, ‘αγάπη’ ή ‘κορονοϊός’. Οι έννοιες είναι συγκεκριμένες νοητικές κατασκευές που κατοικούν στο νου μας (εγκέφαλο) και αναπαριστούν ιδέες. Μέσω των

¹ Από το σημείο αυτό και εξής, για λόγους οικονομίας χώρου και μόνο, χρησιμοποιείται ένα μόνο γραμματικό γένος.

εννοιών, ο εγκέφαλος μπορεί να κάνει αφαιρετική σκέψη, γενίκευση (για απλοποίηση και συμπίεση δεδομένων) και συλλογισμούς. Αυτές είναι πολύ σημαντικές ανθρώπινες εκπαιδευτικές και νοητικές διεργασίες. Δυστυχώς, εδώ η Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη δεν τα κατάφερε καλά, ίσως διότι η πανταχού παρούσα συλλογιστική σκέψη είναι μια ελάχιστα κατανοητή νοητική διεργασία.

Βέβαια οι ιδέες έχουν σπουδαία θέση στην Φιλοσοφία. Στην σπηλιά του Πλάτωνα, η πραγματικότητα είναι μια σκιά στον τοίχο της σπηλιάς, δευτερογενής αντανάκλαση του κόσμου των ιδεών (ιδεαλισμός). Βέβαια το παράδειγμα της σπηλιάς εύκολα αντιστρέφεται: ο υλισμός ισχυρίζεται ότι οι ιδέες είναι δευτερογενείς απεικονίσεις (σκιές) της ύλης στον εαυτό της (εγκέφαλο).

Νευρωνικά Δίκτυα και Βαθεία Μάθηση

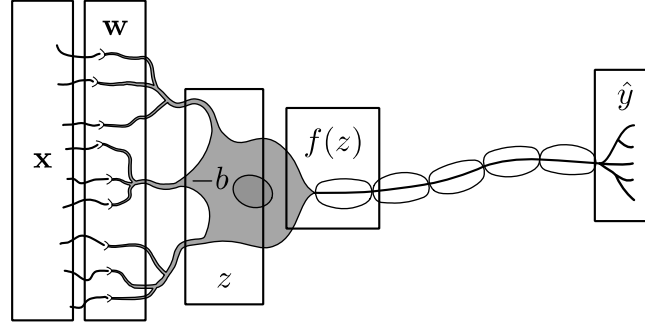
Πολλές φορές, εκτός των δεδομένων $\mathbf{x}_i, i=1, \dots, N$, διαθέτουμε και επιπλέον πληροφορίες, συνήθως τις ετικέτες των κλάσεων (κατηγοριών) τους $y_i, i=1, \dots, N$. Για παράδειγμα, σε μια εφαρμογή αυτόματης οδήγησης, το διάνυσμα μιας εικόνας σκιηνής δρόμου $\mathbf{x}$ ενός αντικειμένου, μπορεί να συνοδεύεται από την ετικέτα y της κλάσης του, π.χ., ‘αυτοκίνητο’ ή ‘πεζός’. Η δημιουργία τέτοιων ετικετών είναι συνήθως ‘χειροκίνητη’ και απαιτεί πολύ χρόνο και μεγάλο κόστος. Υπάρχουν ειδικές εταιρείες, π.χ., στην Ινδία, που παράγουν μετα-δεδομένα, π.χ., ετικέτες κλάσεων για φωτογραφίες, σε μαζική κλίμακα και σχετικά φθηνά. Έτσι δημιουργούνται μεγάλα επισημειωμένα σύνολα δεδομένων $D=\{(\mathbf{x}_i, y_i), i=1, \dots, N\}$.

Οι αλγόριθμοι *επιβλεπόμενης Μηχανικής Μάθησης* μπορούν να εκπαιδευτούν να ταξινομούν αντικείμενα απαντώντας σε ερωτήματα της μορφής:

‘Το αντικείμενο $\mathbf{x}$ ανήκει στην κλάση C_1 ή την C_2 (π.χ., ‘αυτοκίνητο’ ή ‘πεζός’);’

Τέτοιοι αλγόριθμοι, π.χ., τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, χρησιμοποιούν πάρα πολλά δεδομένα $D=\{(\mathbf{x}_i, y_i), i=1, \dots, N\}$ για την εκπαίδευσή τους. Όταν εκπαιδευτούν, μπορούν να έχουν σαν είσοδο ένα διάνυσμα δεδομένων $\mathbf{x}$ (π.χ., εικόνα προσώπου) και να παράγουν σαν έξοδο την (ελπίζουμε σωστή) ετικέτα y (π.χ., το όνομα ‘Ι. ΠΗΤΑΣ’). Συνήθως όμως κάνουν λάθη ταξινόμησης, τα οποία ελαχιστοποιούμε με κατάλληλη εκπαίδευση του αλγορίθμου ταξινόμησης. Ουσιαστικά η *ταξινόμηση* (ή αναγνώριση ή ταυτοποίηση) είναι εφαρμογή της *θεωρίας λήψης αποφάσεων*. Η ταξινόμηση

έχει άπειρες εφαρμογές, π.χ., στα αυτόνομα οχήματα ή στην ιατρική διάγνωση.

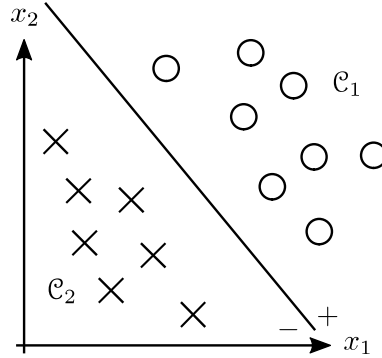


Σχήμα 7. Perceptron με είσοδο διάνυσμα $\mathbf{x}$, εκπαιδευόμενο διάνυσμα συναπτικών βαρών $\mathbf{w}$, b , μη γραμμική συνάρτηση f και έξοδο $\hat{y}$.

Η πιο απλή μορφή λήψης απόφασης μπορεί να γίνει από έναν τεχνητό νευρώνα *perceptron* που απεικονίζεται στο Σχήμα 7. Οι τεχνητοί νευρώνες είναι μαθηματικά μοντέλα εμπνευσμένα από τους βιολογικούς νευρώνες. Η είσοδος τους $\mathbf{x}^T = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ μπορεί να είναι, π.χ., μία εικόνα προσώπου του Ι. Πήτα μεγέθους 100×80 pixel και η έξοδος $\hat{y}$ να αντιστοιχεί στην ετικέτα ‘Ι. ΠΗΤΑΣ’ και όχι σε οποιαδήποτε άλλη ετικέτα, π.χ., ‘Κ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ’. Το perceptron παίρνει απόφαση, υπολογίζοντας την έξοδο $\hat{y}$ (Pitas, 2023):

$$\hat{y} = f(z) = f(\mathbf{w}^T \mathbf{x} + b) = f\left(\sum_{i=1}^L w_i x_i + b\right)$$

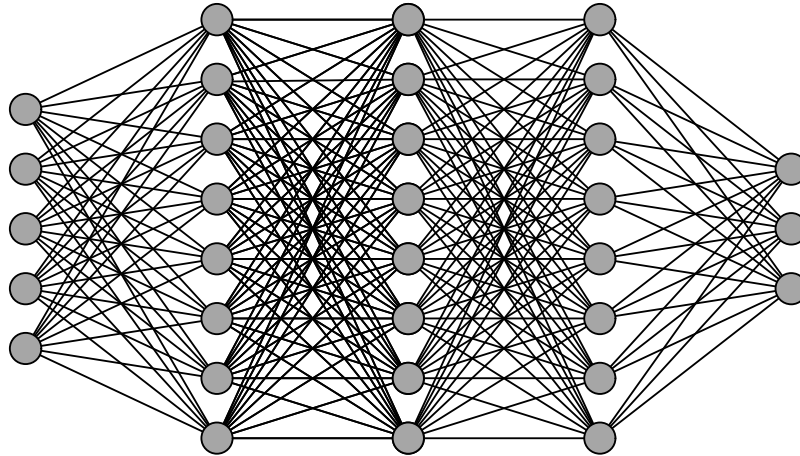
που θα πρέπει να είναι ίδια με την σωστή ετικέτα κλάσης y , (π.χ., ‘Ι. ΠΗΤΑΣ’). Το απλούστερο perceptron δημιουργεί γραμμικές *διαχωριστικές επιφάνειες* μεταξύ κλάσεων $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8. Οι επιφάνειες αυτές περιγράφονται από το διάνυσμα βαρών $\mathbf{w}^T = [\mathbf{w}^T, b]$.



Σχήμα 8. Διαχωριστική ευθεία στις 2 διαστάσεις $x^T = [x_1, x_2]$ μεταξύ κλάσεων C_1, C_2 .

Συνήθως η ταξινόμηση κάνει λάθη. Η βέλτιστη διαχωριστική επιφάνεια υπολογίζεται ελαχιστοποιώντας αριθμητικά μια συνάρτηση λάθους ταξινόμησης $J(\mathbf{w}, b)$ πάνω σε ένα σύνολο N δεδομένων εκπαίδευσης $D = \{(\mathbf{x}_i, y_i), i=1, \dots, N\}$. Αυτό είναι ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης, που λύνεται με χρήση παραγώγων της συνάρτησης $J(\mathbf{w}, b)$ για εύρεση του ελαχίστου.

Input layer ($l = 0$) 1st hidden layer ($l = 1$) 2nd hidden layer ($l = 2$) 3rd hidden layer ($l = 3$) Output layer ($l = L = 4$)



Σχήμα 9. Πολυστρωματικό νευρωνικό δίκτυο.

Δυστυχώς, συνήθως οι κλάσεις δεδομένων δεν διαχωρίζονται γραμμικά. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούμε πολυστρωματικά νευρωνικά δίκτυα, όπως αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 9. Αν τα στρώματα είναι πολλά, μιλάμε για

βαθεία μάθηση. Τα πολυστρωματικά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να υλοποιήσουν μη γραμμικές διαχωριστικές επιφάνειες. Η ταξινόμηση γίνεται με την χρήση μιας διανυσματικής συνάρτησης της μορφής $\hat{y} = f(\mathbf{x}, \mathbf{w})$. Η έξοδος $\hat{y}^T = [0, 1, 0, \dots, 0]$ πρέπει να έχει τιμή 1 μόνον για την σωστή κλάση προσώπου, π.χ., 'Ι. ΠΗΤΑΣ'. Συνήθως, ο αριθμός N των δειγμάτων εκπαίδευσης τους $D = \{(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i), i=1, \dots, N\}$ είναι τεράστιος (πολλές χιλιάδες ή εκατομμύρια). Ο αριθμός L των εκπαιδευόμενων παραμέτρων $\mathbf{w}^T = [w_1, w_2, \dots, w_L]$ ενός πολυστρωματικού νευρωνικού δικτύου μπορεί να είναι χιλιάδες ή εκατομμύρια. Βεβαίως, η εκπαίδευσή τους είναι πολύ ενεργοβόρα και κοστοβόρα (Pitas, 2023).

Γενεσιακή Τεχνητή Νοημοσύνη, Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα.

Όταν σήμερα λέμε Τεχνητή Νοημοσύνη, εννοούμε τα Βαθεία Νευρωνικά Δίκτυα και, ειδικότερα τις πιο σύγχρονες μορφές τους, όπως τα *Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα* ή τα *Δίκτυα Μετασχηματιστών* (Pitas, 2023). Τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα, όπως το GPT, είναι Δίκτυα Μετασχηματιστών, των οποίων η είσοδος είναι διανύσματα λέξεων/φράσεων. Όλα αυτά τα Βαθεία Νευρωνικά Δίκτυα είναι συναρτήσεις της μορφής $\hat{y} = f(\mathbf{x}, \mathbf{w})$, που εκπαιδεύονται χρησιμοποιώντας τεράστια σύνολα δεδομένων εκπαίδευσης $D = \{(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i), i=1, \dots, N\}$. Έχουν δισεκατομμύρια παραμέτρους στο εκπαιδευόμενο διάνυσμα $\mathbf{w}$. Ο τεράστιος όγκος δεδομένων κειμένου D τροφοδοτείται από το Διαδίκτυο και άλλες πηγές, π.χ., Wikipedia, όχι πάντα με σύννομο τρόπο. Η εκπαίδευση γίνεται μέσω βελτιστοποίησης, όπως προαναφέρθηκε, σε δισεκατομμύρια διαστάσεις $\mathbf{w}^T = [w_1, w_2, \dots, w_L]$. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται σχετικό λογισμικό, π.χ., το Keras, ή το TensorFlow, που διατίθεται ή δωρεάν ή ως εμπορικό προϊόν. Οποιοσ διαθέτει το λογισμικό αυτό, μεγάλη υπολογιστική ισχύ μέσω GPU καρτών (ειδικών επεξεργαστών γραφικών) και πάρα πολλά δεδομένα μπορεί να τρέξει πολύ εύκολα τέτοια νευρωνικά δίκτυα. Αυτό δημιουργεί την ψευδαίσθηση ότι κάποια/ος δεν χρειάζεται Μαθηματικά για να μάθει Τεχνητή Νοημοσύνη. Βέβαια αυτό είναι επιζήμια ψευδαίσθηση: για να μάθει κάποιος Τεχνητή Νοημοσύνη πρέπει να ξέρει:

- α) Πληροφορική για να οργανώσει τα δεδομένα και να στήσει την εκπαίδευση ενός νευρωνικού δικτύου.
- β) Μαθηματική Ανάλυση (πολλών μεταβλητών), Θεωρία Βελτιστοποίησης, Γραμμική Άλγεβρα, Διανυσματική Ανάλυση, Πιθανότητες και Στατιστική για να καταλαβαίνει τι κάνει.

Σήμερα, παραφράζοντας τον Μαρξ, η Τεχνητή Νοημοσύνη δεν μας επιτρέπει μόνον να κατανοήσουμε (αναλύσουμε) τον κόσμο, αλλά και να τον αλλάξουμε. Η Γενεσιακή Τεχνητή Νοημοσύνη, της οποίας ειδική περίπτωση είναι τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα, μπορεί να παράγει νέο κείμενο, εικόνες, φωνές, μουσική και άλλα νέα είδη δεδομένων. Ανάλογα με την κοινωνική τους χρήση, τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι ψευδή (π.χ., να χρησιμοποιούνται για παραπληροφόρηση) ή να είναι *Βαθεία Τέχνη*, π.χ., νέοι ζωγραφικοί πίνακες. Η Γενεσιακή Τεχνητή Νοημοσύνη έχει έντονη μαθηματικοποίηση, π.χ., χρησιμοποιώντας εξισώσεις διάχυσης, αλλά η περιγραφή της είναι εκτός της εμβέλειας του παρόντος άρθρου.

Ειδικά τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα, π.χ., ChatGPT, GPT-4, κάνουν μαθηματική μοντελοποίηση γλώσσας. Η στατιστική συσχέτιση ακόμα και σχετικά μακρινών λέξεων μέσα σε ένα κείμενο, επιτρέπει τη μοντελοποίηση των συμφοραζόμενων κάθε λέξης. Τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα εκπαιδεύονται σε τεράστιους όγκους κειμένων. Μπορούν να παράγουν στρωτό κείμενο. Δεν σχεδιάστηκαν να κάνουν συλλογισμούς (τουλάχιστον όχι αρχικά). Έχουν καλές προγραμματιστικές δεξιότητες, διότι ο προγραμματισμός υπολογιστών χρησιμοποιεί τις δικές του γλώσσες. Έχουν ορισμένες μαθηματικές δεξιότητες, αν και δεν εκπαιδεύτηκαν ρητά να κάνουν μαθηματικούς συλλογισμούς (τουλάχιστον όχι αρχικά). Πολλές φορές κάνουν προφανή λάθη ή φαντασιώνονται καταστάσεις και γεγονότα. Όμως και τα παιδιά δεν κάνουν κάτι τέτοιο; Και η τέχνη δεν είναι τελικά μια φαντασίωση που παράγει νέα πραγματικότητα;

Η Τεχνητή Νοημοσύνη έχει πολλά πλεονεκτήματα:

- Πολύ καλή ακρίβεια απόφασης, που αρκετές φορές είναι πάνω από τις ανθρώπινες επιδόσεις σε ειδικές εφαρμογές, π.χ., βιομετρία.
- Μεγάλη γκάμα εφαρμογών.
- Νέες παραγωγικές (δημιουργικές) τέχνες.

Έχει όμως και αρκετά μειονεκτήματα:

- Απαιτεί τεράστια δεδομένα/ενέργεια για την εκπαίδευσή της.
- Έχει ελλιπή εξηγησιμότητα.
- Έχει πιθανή μεροληψία στη λήψη αποφάσεων, συνήθως λόγω κακής εκπαίδευσης.
- Δημιουργεί τεχνοφοβία σε πολύ κόσμο.

- Μπορεί να δημιουργήσει πλαστά δεδομένα/ειδήσεις και να υπονομεύσει και το δικαίωμα στην πληροφόρηση και, τελικά, την Δημοκρατία.

ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

Η *πολυπλοκότητα της ζωής και της κοινωνίας* αυξάνει εκθετικά και νομοτελειακά (*Νόμος της πολυπλοκότητας*: Pitas, 2022c). Η πολυπλοκότητα της ύλης είναι η βάση της ζωής, της νοημοσύνης και της κοινωνίας. Αυτό είναι ορατό, για παράδειγμα, στις ανθρωπογενείς κατασκευές: έχουμε πολύπλοκες πόλεις, έξυπνα κτίρια, και περίπλοκες κοινωνικές διαδικασίες. Η αύξηση της πολυπλοκότητας του κόσμου οδηγεί σε αύξηση των δεδομένων για την περιγραφή του.

Σήμερα ζούμε σε μια *κοινωνία δεδομένων και πληροφοριών*: έχουμε αυτοματοποίηση της απόκτησης δεδομένων και εκθετική αύξησή τους. Δεν μπορούμε να αναλύσουμε τον τεράστιο όγκο δεδομένων ‘χειροκίνητα’. Επομένως, η αυτοματοποίηση της εξαγωγής πληροφοριών από τα δεδομένα μέσω Μηχανικής Μάθησης είναι μονόδρομος. Από αυτή την οπτική γωνία, η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ευλογία (αν και εύκολα μπορεί να γίνει κατάρρα). Όμως δεν είμαστε καν σίγουροι ότι μια τέτοια κοινωνία είναι βιώσιμη. Χρειαζόμαστε όλο και περισσότερους αισθητήρες, περισσότερους και ισχυρότερους επεξεργαστές. Ευτυχώς, προς το παρόν, ο νόμος του Moore προβλέπει ότι η ανάπτυξη του υλικού υπολογιστών είναι και αυτή εκθετική. Επομένως μπορεί να καλύψει την ζήτηση και να μας επιτρέψει μια αισιοδοξία. Όμως η ανάλυση δεδομένων και πληροφοριών μέσω Τεχνητή Νοημοσύνη είναι πολύ ενεργοβόρα και η βιωσιμότητά της είναι σε κίνδυνο.

Παρότι μιλούμε για *Κοινωνία της Γνώσης*, δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός μετρήσιμος ορισμός της γνώσης και εύκολα συγχέεται με τα δεδομένα και τις πληροφορίες (Pitas, 2023). Και οι τρεις έννοιες μετριοούνται σε bits, αν και έχουν διαφορετική φύση! Η γνώση είναι πρωτίστως προϊόν σκέψης (συλλογιστικής). Σήμερα, η αύξηση της γνώσης, όπως φαίνεται από τον αριθμό ερευνητικών άρθρων και άρθρων στην Wikipedia, είναι γραμμική. Η παραγωγή και μετάδοση γνώσης εξακολουθούν να γίνονται ‘χειροκίνητα’.

Για να περιγράψουμε και να χειριστούμε την ολοένα αυξανόμενη πολυπλοκότητα του κόσμου, πολύ πιθανόν να χρειαστεί μια εκθετική ανάπτυξη της γνώσης. Μια τέτοια κοινωνική κατάσταση μπορεί να ονομαστεί *Κοινωνία της Γνώσης*. Ο κίνδυνος μη ανταπόκρισης της ανθρωπότητας στις ανάγκες ανάπτυξης και μετάδοσης γνώσης είναι

υπαρκτός και μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση της ανθρωπότητας, όπως την ξέρουμε σήμερα. Έχουμε ήδη ένα τέτοιο ιστορικό προηγούμενο. Η καταστροφική αποτυχία στην μετάδοση της Ελληνορωμαϊκής γνώσης στην αρχή του Μεσαίωνα (6^{ος}–8^{ος} αιώνας μ.Χ.) οδήγησε την ανθρωπότητα σε μια σκοτεινή χιλιετία.

Ίσως αποδειχθεί ότι η Γενεσιακή Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί εν μέρει να λύσει το πρόβλημα της αυτοματοποίησης της παραγωγής γνώσης. Βέβαια, μπορεί να ισχυριστεί κανείς ότι τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα παράγουν νέα κείμενα αναλύοντας παλιά, άρα δεν παράγουν νέα γνώση. Όμως μάλλον μπορούν να συσχετίσουν παλιά γνώση με νέο τρόπο ή να μεταφέρουν παλιά γνώση από ένα επιστημονικό αντικείμενο σε ένα άλλο. Κάτι τέτοιο κάνουν, πολλές φορές, και οι καλύτεροι επιστήμονες. Φυσικά, η Γενεσιακή Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να έχει τεράστια επίδραση στην εκπαίδευση, όπως θα αναλύσουμε σε επόμενη ενότητα.

Όσον αφορά την εκπαίδευση, η βιωσιμότητα της Κοινωνίας της Γνώσης υπόκειται στους περιορισμούς της διανοητικής ικανότητας του ανθρώπινου εγκεφάλου. Επομένως πρέπει να γίνουν άμεσα μεγάλες βελτιώσεις στην μετάδοση της γνώσης μέσω ενός νέου τρόπου εκπαίδευσης, με έμφαση στην *κριτική, αφαιρετική, και δημιουργική σκέψη* (Pitas, 2022b). Στόχος μας πρέπει να είναι η *μόρφωση ενημερωμένων πολιτών και επιστημόνων*, όχι η κατάρτιση χρηστών. Στην προσπάθεια αυτή δεν περισσεύει κανείς. Πρέπει να μορφώσουμε όλους τους ανθρώπους, ανεξαρτήτως φυλής, φύλου ή κοινωνικής τάξης. Επομένως πρέπει να γίνει παγκόσμια μείωση των κοινωνικών και γεωγραφικών κωλυμάτων στην εκπαίδευση. Ίσως μια λύση να είναι η ανάπτυξη της *κοινωνικής νοημοσύνης*. Τέτοιες όμως προσπάθειες είναι ακόμα στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας.

Η Πληροφορική, τα Κοινωνικά Μέσα και Τεχνητή Νοημοσύνη παρεμβαίνουν με δραστικό τρόπο στον ανθρώπινο εγκέφαλο, αλλάζοντας τον τρόπο λειτουργίας του, π.χ., με υποβάθμιση των απαιτήσεων απομνημόνευσης γνώσης. Επίσης μας δίνει την δυνατότητα να σχεδιάσουμε τεχνητούς βιολογικούς ιστούς και όργανα, π.χ., για χρήση στην Ιατρική. Σταδιακά μεταβαίνουμε από τη βιολογική (Δαρβινική) εξέλιξη της ζωής στη *εξέλιξη της ζωής μέσω σχεδίασης* (Pitas, 2022a). Τα όρια στις προόδους της Τεχνητής Νοημοσύνης στην κατεύθυνση αυτή δεν είναι προφανή. Εγείρονται μείζονα ηθικά θέματα. Σίγουρα όμως θα δώσουν μελλοντικά νέες δυνατότητες ανταπόκρισης του ανθρώπου στην πολυπλοκότητα του κόσμου και στην εκρηκτική αύξηση της παραγωγής και μετάδοσης της γνώσης.

Μέχρι τότε, πρέπει να αναπτύξουμε και πιο πεζές, αλλά νέες εκπαιδευτικές μεθόδους και τεχνολογίες που να βελτιστοποιούν την εκπαίδευση, δηλαδή την μετάδοση της γνώσης. Προς την κατεύθυνση ίσως προκύψει ώσμωση μεταξύ της μηχανικής και ανθρώπινης μάθησης και να αποδειχθεί ότι τελικά ότι υπάρχει ενοποιημένη θεωρία μάθησης. Έχουμε τέτοιες ενδείξεις: κάθε τρέχουσα μορφή μάθησης χρειάζεται κατανάλωση ενέργειας και επανάληψη της προσπάθειας.

ΑΛΓΟΡΙΘΜΙΚΗ-ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ

Οι αλγόριθμοι είναι μια σειρά λογικών εντολών προς εκτέλεση από τον άνθρωπο ή από μηχανές. Σίγουρα έχουμε διδαχθεί πολλούς από αυτούς ήδη από το Δημοτικό, π.χ., το πώς κάνουμε μια πρόσθεση δύο αριθμών. Οι αλγόριθμοι γνώρισαν τεράστια ανάπτυξη με την Πληροφορική, διότι μετατρέπονται σε προγράμματα που εκτελούνται πολύ γρήγορα στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Ζούμε σε μια Κοινωνία Δεδομένων, που αυξάνονται με εκθετικό ρυθμό (Pitas, 2023). Όλες οι οικονομικές δραστηριότητες στηρίζονται στην ανάλυση δεδομένων, με σκοπό την παραγωγή πληροφορίες και γνώσης και την σχετική δράση. Αυτή η ανάλυση είναι κύριο αντικείμενο της Πληροφορικής. Σήμερα, μπορεί να γίνει πολύ αποτελεσματικά με μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης. Επιπλέον, η μελέτη του κόσμου και της κοινωνίας, π.χ., του κλιματικού περιβάλλοντος, των νευρώνων του εγκεφάλου, των ρομπότ και αυτόνομων αυτοκινήτων, σήμερα γίνεται, εν πολλοίς, με έναν συνδυασμό Μαθηματικών, Φυσικής (και Βιολογίας, Χημείας, όπου χρειάζεται) που οδηγεί σε μαθηματικά μοντέλα που περιγράφονται με μεθόδους Τεχνητής Νοημοσύνης. Για τους παραπάνω λόγους, έχει προχωρήσει πολύ η *μαθηματοποίηση όλων των επιστημών*. Υπάρχει τεράστια ανάγκη όχι μόνον για ειδικούς Πληροφορικής, αλλά και για απόκτηση σχετικής μόρφωσης σχεδόν κάθε επιστήμονα στα Μαθηματικά και την Πληροφορική.

Η αλγοριθμική σκέψη, που διατρέχει πια σχεδόν κάθε δραστηριότητα και επιστήμη σε κάποιο βαθμό (και σίγουρα εξ ολοκλήρου την Πληροφορική) ουσιαστικά είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη μαθηματική σκέψη. Και οι δύο τους είναι μέρος της κριτικής και δημιουργικής σκέψης, που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Η κριτική σκέψη πρέπει να προάγεται σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης με σκοπό τη μόρφωση επιστημόνων και ενεργών δημοκρατικών πολιτών. Μας χρειάζονται σκεπτόμενοι επιστήμονες, με ικανότητα αφαίρεσης, δημιουργική σκέψη, φαντασία, συναισθηματική

νοημοσύνη και σωστή έκφραση, όχι επαγγελματίες-ρομπότ με στυλιζαρισμένο τρόπο σκέψης.

Παρ' ότι πολλοί επιστήμονες, αλλά και εταιρίες Πληροφορικής έθεσαν αυτούς τους εκπαιδευτικούς στόχους εδώ και χρόνια (Pitas, 2022a· Pitas, 2022b), η κατανόηση και εφαρμογή τους παντού, και ειδικότερα στη χώρα μας, κάθε άλλο παρά προφανής ήταν. Πολλές κυβερνήσεις προέκριναν την κατάρτιση επαγγελματιών, αντί της μόρφωσης επιστημόνων και πολιτών, σαν φθηνότερη και γρηγορότερη λύση (π.χ., τριετή προπτυχιακά προγράμματα). Ειδικά στην χώρα μας, είναι βαθιά ριζωμένη η παρανόηση, ακόμα και στους περισσότερους καθηγητές Πληροφορικής στη Μέση εκπαίδευση (καμιά φορά και στα ΑΕΙ), ότι Πληροφορική είναι εφαρμογές και προγραμματισμός. Αυτή η παρανόηση είναι πολύ προβληματική και οδηγεί σε τεχνίτες αντί επιστήμονες, διότι παραγνωρίζει τη διασύνδεση της Πληροφορικής με τα Μαθηματικά, που είναι απαραίτητη, ειδικά στην Τεχνητή Νοημοσύνη. Τέλος, χρειαζόμαστε επιστήμονες με αλγοριθμική-μαθηματική σκέψη που να είναι και σκεπτόμενοι μορφωμένοι πολίτες, με άποψη για τα ηθικά και κοινωνικά προβλήματα στην εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης. Διαφορετικά, μπορεί να καταρτίζουμε επαγγελματίες με υπερβολικά στυλιζαρισμένο τρόπο σκέψης, που οι Γερμανοί ονομάζουν ειδικο-βλάκες (fach-idiot).

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία της Τεχνητής Νοημοσύνης

Ευτυχώς, από άποψη διδακτικής μεθοδολογίας της Τεχνητής Νοημοσύνης, κατά την γνώμη μου, τα πράγματα είναι απλά. Οι βασικές έννοιες της είναι απλές, όπως ήδη προαναφέρθηκε: π.χ., ομοιότητα δεδομένων, ομαδοποίηση ομοειδών δεδομένων, γενίκευση, αφαίρεση, ταξινόμηση δεδομένων. Αυτή η παρατήρηση δεν είναι αυτονόητη πάντα, ούτε καν σε πανεπιστημιακούς καθηγητές Πληροφορικής, διότι πολλοί από αυτούς ή ποτέ δεν διδάχτηκαν Μηχανική Μάθηση ή προέρχονται από τη Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη και δυσκολεύονται να παραδεχθούν τις τρέχουσες εξελίξεις.

Χωρίς να είμαι ειδικός στη διδακτική της Πληροφορικής, νομίζω ότι η διδασκαλία της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Πρωτοβάθμια και Μέση Εκπαίδευση μπορεί να γίνει σε επάλληλους κύκλους αυξανόμενου επιπέδου δυσκολίας και απευθύνονται σε διαφορετικά ακροατήρια, αλλά συντείνουν στους παρακάτω μαθησιακούς στόχους:

1. Κατανόηση των βασικών εννοιών Τεχνητής Νοημοσύνης και Ανάλυσης Δεδομένων:

- Δεδομένα (συμπεριλαμβανομένων των χωρο-χρονικών σημάτων) και μαθηματική απεικόνισή τους με διανύσματα. Απόσταση και ομοιότητα δεδομένων.
- Βασικές μέθοδοι Μηχανικής Μάθησης
 - Ομαδοποίηση δεδομένων, γενίκευση, αφαίρεση.
 - Αναγνώριση προτύπων.
 - Βαθιά Μάθηση και Νευρωνικά Δίκτυα.
 - Παλινδρόμηση συναρτήσεων και εφαρμογές της.
 - Ελάττωση διαστάσεων δεδομένων
- Ανάλυση φυσικής γλώσσας, γλωσσικά μοντέλα
- Υπολογιστική όραση
- Γενεσιακή Τεχνητή Νοημοσύνη
- Η έννοιες της πληροφορίας και της γνώσης.
- Ιδέες, Σύμβολα, σχέση με Φιλοσοφία.
- Μαθηματική Λογική και Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη.

2. Διασύνδεση με άλλα επιστημονικά αντικείμενα:

- Φιλολογία/Γλώσσα, Βιολογία, Ψυχολογία.
- Κατανόηση των επιπτώσεων της Τεχνητής Νοημοσύνης, ειδικότερα της Γενεσιακής Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαιδευτική διαδικασία.
- Κατανόηση των κοινωνικών επιπτώσεων της Τεχνητής Νοημοσύνης και Τεχνολογιών Πληροφορικής (ιδίως Κοινωνικών Δικτύων) και των ηθικών και φιλοσοφικών παραμέτρων.
- Κατανόηση των επιπτώσεων περιβάλλον.

Πλευρές της εκπαίδευσης στην Πληροφορική και Τεχνητή Νοημοσύνη

Υπάρχει βαθιά ριζωμένη αντίληψη στους περισσότερους καθηγητές Πληροφορικής στη Μέση εκπαίδευση ότι Πληροφορική είναι εφαρμογές και προγραμματισμός. Αυτή η αντίληψη ενισχύεται από τα φροντιστήρια και έχει ριζώσει σε ένα μεγάλο κομμάτι της οικονομίας και της κοινωνίας και περνά και στους μαθητές. Για την κατάσταση αυτή κυρίως ευθύνονται: α) αντίστοιχες αντιλήψεις που υπήρχαν σε τμήματα Πληροφορικής με χαμηλή διεθνή αναγνωρισιμότητα και β) στο ότι αρκετοί Πανεπιστημιακοί καθηγητές ασπάζονταν και προωθούσαν τέτοιες αντιλήψεις στους

μελλοντικούς επιστήμονες Πληροφορικής. Για τα θέματα αυτά έγιναν ομηρικές αντιπαραθέσεις σε πολλά τμήματα ΑΕΙ. Η άκριτη ανωτατοποίηση των τμημάτων Πληροφορικής ΤΕΙ, λόγω του χαμηλότερου μαθηματικού υποβάθρου των σπουδών τους (εξαιτίας και της διαφορετικής στόχευσης των προγραμμάτων τους), χειροτέρεψε την κατάσταση.

Ευτυχώς, χάρις και στις ανάγκες διδασκαλίας/έρευνας στην Τεχνητή Νοημοσύνη, οι αντιλήψεις αυτές είναι σε αποδρομή διεθνώς. Η ζημιά όμως έχει γίνει: έχουμε εν μέρει ‘ευνουχίσει’ γνωσιακά και αξιακά μια ολόκληρη γενιά επιστημόνων Πληροφορικής. Χρειάζεται προσπάθεια να αλλάξουν νοοτροπία και οι καθηγητές Πληροφορικής και οι μαθητές στη Μέση εκπαίδευση, και να μπουν η διδασκαλία Πληροφορικής και Μαθηματικών στη σωστή συνεργατική τους βάση. Τα κέρδη θα είναι τεράστια.

Η διασύνδεση της διδασκαλίας των Μαθηματικών και της Πληροφορικής είναι απαραίτητη και για πρακτικούς λόγους (εξοικονόμηση ωρών διδασκαλίας), αλλά κυρίως για επιστημολογικούς/μεθοδολογικούς λόγους: οι καλοί αλγόριθμοι συνήθως υλοποιούν μια καλή μαθηματική ιδέα, χρήσιμη σε ένα ή, συνήθως, σε πολλά πεδία εφαρμογών. Η ύπαρξη μη συγκοινωνούντων σιλό διδασκαλίας Πληροφορικής/Μαθηματικών/Φυσικής στη Μέση εκπαίδευση είναι βασικός λόγος κακών μαθητικών επιδόσεων σε διάφορους τομείς.

Επίσης, είναι απαραίτητη η εκπαιδευτική διασύνδεση με τη Βιολογία αλλά και όλα τα υπόλοιπα μαθήματα, ειδικά τα γλωσσικά και ανθρωπιστικά, σε κάποιο βαθμό, διότι σχεδόν κανένα δεν μένει αλώβητο από την επέλαση της Πληροφορικής και της Τεχνητής Νοημοσύνης. Η διεπιστημονικότητα είναι βασικό συμπλήρωμα της αλγοριθμικής-μαθηματικής σκέψης, ειδικότερα οι φιλοσοφικές, κοινωνικές, γλωσσικές και ψυχολογικές πλευρές της, αρκεί να μην οδηγεί σε ρηχή θεώρηση της επιστήμης. Η έλλειψη ή κακή χρήση της διεπιστημονικότητας δημιούργησε τεράστια προβλήματα, π.χ., οδήγησε τα Κοινωνικά Μέσα σε κακές και ψυχοφθόρες ατραπούς.

Τελικά, όμως, μήπως ζητούμε τη δημιουργία υπερανθρώπων-υπερπολιτών που θα είναι παντογνώστες; Όχι, δεν σημαίνει ότι όλοι οι μαθητές θα γίνουν άριστοι επιστήμονες π.χ., Πληροφορικής, Μαθηματικών, ή Βιολογίας. Ελπίζω ότι θα γίνουν άριστοι πολίτες, εργάτες, επαγγελματίες ή επιστήμονες, ‘έκαστη/ος εφ’ ώ ετάχθη’. Η διδασκαλία/επιμόρφωση Πληροφορικής ή Τεχνητής Νοημοσύνης μπορεί να απευθύνεται σε διαφορετικά ακροατήρια με κατάλληλα εργαλεία και στοχεύσεις.

Δεν είναι σίγουρο ότι όλοι οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν την εντεινόμενη μαθηματοποίηση των επιστημών. Οι ειδικοί στην Εκπαιδευτική Ψυχολογία δεν συμφωνούν καν αν η προτίμηση που δείχνουν οι μαθητές στις θετικές ή ανθρωπιστικές επιστήμες είναι επίκτητη ή έχει βιολογικό υπόβαθρο. Αν ισχύει το πρώτο, έχουμε ελπίδα ότι, σε μερικά χρόνια, θα αναδιαρθρώσουμε την εκπαίδευση και να λύσουμε το πρόβλημα αυτό. Αν ισχύει το δεύτερο, αυτό σημαίνει ότι ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών δεν θα μπορεί να ανταποκριθεί στις μοντέρνες προκλήσεις που βάζει η μαθηματοποίηση των ανθρωπιστικών επιστημών.

Στην μετάβαση από τη Μέση στην Πανεπιστημιακή εκπαίδευση, το 'τσουβάλισμα' της Πληροφορικής με τα Οικονομικά στο ίδιο (4^ο) Επιστημονικό Πεδίο των Πανελλαδικών εξετάσεων (που δυστυχώς στην χώρα μας φαίνεται να απαιτεί χαμηλότερο μαθηματικό υπόβαθρο) ήταν μια καταστροφική πολιτική απόφαση που ενίσχυσε την αποσύνδεση της διδασκαλίας της Πληροφορικής από τα Μαθηματικά και τις σχετικές παρανοήσεις. Το αποτέλεσμα ήταν μια δραστική πτώση του επιπέδου των εισαγόμενων φοιτητών στα Τμήματα Πληροφορικής, ιδιαίτερα σε μαθηματικές/κριτικές ικανότητες, αλλά και στην προφορική/γραφτή έκφραση, παρ' ότι οι αριθμοί των βάσεων εισαγωγής ευημερούν, χάρις στην αποστήθιση. Κατά συνέπεια, πολλοί φοιτητές (ιδιαίτερα τμημάτων πρώην ΑΤΕΙ) να μην μπορούν και να μην θέλουν να κατανοήσουν το τι ακριβώς είναι Πληροφορική. Έτσι διαιωνίζουν το πρόβλημα, όταν αποφοιτούν. Κάτι τέτοιο δεν συνέβη στις σχολές Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ), που παίρνουν υποψηφίους του 2^{ου} πεδίου και έχουν παράδοση στην μαθηματική παιδεία.

Αν θέλουμε βελτιστοποίηση των πανεπιστημιακών σπουδών Πληροφορικής, νομίζω ότι η λύση είναι η δημιουργία χωριστού Επιστημονικού Πεδίου Πληροφορικής στις Πανελλαδικές Εξετάσεις που θα τροφοδοτεί τα Τμήματα Πληροφορικής, θα έλεγα και τα Τμήματα Μαθηματικών, ΗΜΜΥ και χωριστών νέων Τμημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης στα πλαίσια Σχολών 'Επιστήμης και Μηχανικής Πληροφοριών', που περιγράφονται στην επόμενη ενότητα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η απάντηση της ανθρωπότητας στην ολοένα αυξανόμενη πολυπλοκότητα του κόσμου, δηλαδή της παγκόσμιας κοινωνίας και του περιβάλλοντός μας. Η φυσική και κοινωνική πολυπλοκότητα αυξάνονται με διεργασίες που είναι πολύ βαθιές και φαίνονται ασταμάτητες.

Επομένως η *μόρφωση επιστημόνων και πολιτών* που κατανοούν καλά την Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η μόνη μας ελπίδα για μια ομαλή μετάβαση από την τρέχουσα Κοινωνία της Πληροφορίας σε μια Κοινωνία Γνώσης. Η ανάγκη τέτοιας μόρφωσης διαπερνά όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης και όλα τα κοινωνικά στρώματα, ώστε η ανάπτυξη και μετάδοση της γνώσης να είναι επαρκείς. Ειδικά στα Πανεπιστήμια οι εκπαιδευτικές αλλαγές παγκοσμίως θα είναι κατατρεγμένες και θα έρθουν άμεσα (οι πιο πολλές). Συζητήθηκαν στο πρόσφατο συνέδριο της Διεθνούς Ακαδημίας AIDA στο ΕΚΕΤΑ στις 27/6/2024 (AIDA Symposium: AI Education Beyond Borders, 2024).

Σήμερα, η Επιστήμη και Τεχνολογία της Τεχνητής Νοημοσύνης τείνει να γίνει ανεξάρτητη επιστήμη. Η γενεσιουργός αιτία είναι η ανάδειξη της πληροφορίας σαν αυτοδύναμης επιστημονικής οντότητας, στο ίδιο επίπεδο με την ύλη (Φυσική, Χημεία), περιβάλλον (Επιστήμες Μηχανικού) και ζωή (επιστήμες Υγείας, Βιολογία). Φαίνεται ότι η Πληροφορική ήδη γίνεται επιστήμη-μαμά άλλων επιστημών, π.χ., της Τεχνητής Νοημοσύνης, της Επιστήμης Δεδομένων και της Επιστήμης Δικτύων (Pitas, 2022a). Το ίδιο έγινε και στον 19^ο αιώνα, όταν ωρίμασε η 1^η τεχνολογική επανάσταση: η Φυσική και η Χημεία γέννησαν πολλές Επιστήμες Μηχανικού, π.χ., την Ηλεκτρολογία και Μηχανολογία. Επίσης, στα μέσα του 20^{ου} αιώνα, τα Μαθηματικά γέννησαν (ή καλύτερα έχασαν, χωρίς να το καλοκαταλάβουν) την Πληροφορική.

Με βάση την τάση αυτή και για να ικανοποιηθούν οι έντονες ανάγκες Πανεπιστημιακής εκπαίδευσης στην Τεχνητή Νοημοσύνη δημιουργούνται αυτοτελή Τμήματα Τεχνητής Νοημοσύνης, σε όσα Πανεπιστήμια υπάρχει κρίσιμη μάζα επιστημόνων. Αυτό είναι μια έντονη διεθνής τάση (Pitas κ.ά., 2024). Δυστυχώς, ο σχετικός προβληματισμός είναι στα σπάργανα στη χώρα μας.

Όλες οι συναφείς επιστήμες μπορούν και πρέπει να οργανωθούν σε Σχολές ‘Επιστήμης και Μηχανικής Πληροφοριών’ με Τμήματα, για παράδειγμα:

- Πληροφορικής
- Μαθηματικών
- Μηχανικών Υπολογιστών
- Τεχνητής Νοημοσύνης
- Επιστήμης Δικτύων

Φεύγοντας από τις θετικές επιστήμες, βλέπουμε ότι, αυτή στην στιγμή, οι Ανθρωπιστικές Επιστήμες δέχονται τη μεγαλύτερη πίεση. Αυτό δεν είναι

άμεσα κατανοητό από πολλούς ανθρώπους, ακόμα και επιστήμονες. Η μαθηματοποίηση κλασικών αντικειμένων (π.χ., Γλωσσολογία, Κοινωνιολογία) έχει προχωρήσει πάρα πολύ. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται η δημιουργία ειδικών τμημάτων για την ικανοποίηση των αναγκών μαθηματοποίησης άλλων επιστημών (εκτός των Θετικών/Πολυτεχνικών):

- Τμήμα ‘Ψηφιακών Ανθρωπιστικών Σπουδών’ ή ‘Νοητικής και Κοινωνικής Επιστήμης και Μηχανικής’ στις Σχολές Ανθρωπιστικών Σπουδών.
- Τμήμα ‘Βιο-επιστήμης και Μηχανικής’ στις Σχολές Επιστημών Υγείας.

Τέτοια τμήματα θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην παροχή καλού επιπέδου Μαθηματικών και Πληροφορικής στις αντίστοιχες Σχολές. Βέβαια τέτοιες ρηξικέλευθες προτάσεις δεν αναμένεται να υιοθετηθούν άμεσα. Δυστυχώς, στη χώρα μας υπάρχει μεγάλη αδράνεια, αλλά και αντιστάσεις, στην αλλαγή στρατηγικής στην εκπαίδευση.

Τουλάχιστον πρέπει να προστεθούν μερικά υποχρεωτικά μαθήματα Μαθηματικών, Πληροφορικής και Τεχνητής Νοημοσύνης σε όλες τις Επιστήμες ανεξαιρέτως, φυσικά οπωσδήποτε στις Θετικές Επιστήμες. Επίσης μπορούν να δημιουργηθούν μικτά προγράμματα σπουδών διαφόρων επιστημών με μείζον (major) αντικείμενο την κάθε επιστήμη (π.χ., Νομική) και ελάσσον (minor) αντικείμενο την Τεχνητή Νοημοσύνη (ή την Πληροφορική, γενικότερα).

Στη χώρα μας πρέπει να έχουμε στόχο την Πανεπιστημιακή εκπαίδευση ποιότητας, ώστε και οι πολίτες να μορφώνονται και η παροχή εκπαιδευτικών υπηρεσιών ποιότητας να παράγει κοινωνικό πλούτο και να βάλει την χώρα μας στον διεθνή εκπαιδευτικό χάρτη. Ευτυχώς, έχουμε το επιστημονικό δυναμικό, και εγχώριο και στην διασπορά, για να πετύχουμε ένα τέτοιο φιλόδοξο στόχο. Ειδικότερα η επιστροφή επιστημόνων της διασποράς θα ήταν πολύτιμη, αρκεί να μπορούν και να θέλουν να προτείνουν λύσεις που ταιριάζουν στη χώρα μας. Είναι άλλο πράγμα να παράγεις εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης για να επιμορφώσεις πυροσβέστες στη Βοστώνη και άλλο πράγμα να θες να χρησιμοποιήσεις τα ίδια εργαλεία για να μορφώσεις μαθητές και φοιτητές στην Ελλάδα. Χρειαζόμαστε μορφωμένους πολίτες και επιστήμονες, όχι χρήστες τεχνολογίας που παράγεται αλλού, π.χ., στις ΗΠΑ.

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΙΖΟΜΕΝΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Τεχνητή Νοημοσύνη και Επαγγελματική Εκπαίδευση

Στη χώρα μας, η επαγγελματική εκπαίδευση ήταν ανέκαθεν σε δεύτερη μοίρα. Τα πράγματα όμως αλλάζουν. Σήμερα, η Τεχνητή Νοημοσύνη έχει πολύ περισσότερες επιπτώσεις στην πνευματική εργασία (ιδίως αυτή του χαμηλού επιπέδου), απ' ό,τι στη χειρωνακτική εργασία. Το αποτέλεσμα είναι, σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος Πανεπιστημιακών σπουδών σε πολλές χώρες, οι νέοι να στρέφονται σε τεχνολογικά επαγγέλματα μέσω της επαγγελματικής εκπαίδευσης. Δηλαδή, βλέπουμε ότι, κατά κάποιον τρόπο, σαν νέος Κρόνος, τρώει τα παιδιά της (τους επιστήμονες). Μια τέτοια τάση θα ήταν καταστροφική, αν γενικευθεί. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού χρειάζονται κατάλληλα κοινωνικά μέτρα, π.χ., αντικατάσταση των φοιτητικών δανείων από υποτροφίες σε πολλούς καλούς φοιτητές.

Όμως, η Τεχνητή Νοημοσύνη δημιουργεί και νέες ευκαιρίες (επαγγέλματα) και νέες μεθοδολογίες στην επαγγελματική εκπαίδευση. Αυτό προσφέρει ένα πλεονέκτημα δράσης. Όπως προαναφέρθηκε, οι ίδιες επιστημονικές έννοιες Τεχνητής Νοημοσύνης μπορούν να διδαχθούν σε διάφορα επίπεδα σε ευρύτατο κοινό: στο Δημοτικό/Γυμνάσιο/Λύκειο, στο Πανεπιστήμιο, στην Επαγγελματική ή Συνεχιζόμενη Εκπαίδευση. Με κατάλληλη μεθοδολογία μπορούμε να μορφώσουμε καταρτισμένους επαγγελματίες που καταλαβαίνουν τις βασικές έννοιες της Τεχνητής Νοημοσύνης, χρησιμοποιούν σωστά τα εργαλεία της, εκπαιδεύονται σε νέα επαγγέλματα και δεν είναι τεχνοφοβικοί.

Τεχνητή Νοημοσύνη και Συνεχιζόμενη/Διαδικτυακή Εκπαίδευση

Παρόμοιες εκπαιδευτικές παραμέτρους θα συναντήσουμε και στην συνεχιζόμενη εκπαίδευση. Ήδη η Τεχνητή Νοημοσύνη έχει πολύ σοβαρές επιπτώσεις στην πνευματική εργασία. Σε πάρα πολλά επαγγέλματα υπάρχει άμεση ανάγκη βελτίωσης των γνώσεων στην Τεχνητή Νοημοσύνη. Σε άλλα εξαφανιζόμενα επαγγέλματα υπάρχει η ανάγκη επανεκπαίδευσης. Και στις δύο περιπτώσεις, η τηλεεκπαίδευση φαίνεται να είναι ο προτιμητέος δρόμος.

Οντως οι δυνατότητες που παρέχει η Τεχνητή Νοημοσύνη, σε συνδυασμό με το Διαδίκτυο, για τηλεεκπαίδευση είναι τεράστιες:

- το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να παράγεται πολύ πιο εύκολα και φθηνά,

- εικονικοί καθηγητές (avatar) μπορούν να διδάσκουν ταυτόχρονα σε εκατομμύρια φοιτητών σε όλον τον κόσμο,
- ένας στρατός εικονικών βοηθών μαθημάτων μπορούν να διορθώνουν εργασίες και γραπτά,
- η παροχή και ροή γνώσης μπορεί να προσωποποιηθεί, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε μαθητή/φοιτητή.

Με τέτοια τεχνολογία, λίγοι εκπαιδευτικοί οργανισμοί μπορούν να καλύψουν τις παγκόσμιες ανάγκες και της κύριας και της συνεχιζόμενης εκπαίδευσης. Φαίνεται ότι μπήκαμε στην εποχή της παγκοσμιοποίησης και μονοπώλησης της παιδείας από λίγα μεγάλα Πανεπιστήμια και παγκόσμιους εκπαιδευτικούς οργανισμούς, όπως ακριβώς έγινε με την διαδικτυακή διαφήμιση πριν μερικά χρόνια, όταν λίγες αμερικανικές εταιρείες (π.χ., Google) μονοπώλησαν την αγορά διαφημιστικών υπηρεσιών.

Είναι όμως μια τέτοια εξέλιξη επιθυμητή και βιώσιμη; Κατ' αρχάς, η τηλεεκπαίδευση υπάρχει εδώ και τουλάχιστον έναν αιώνα, μέσω αλληλογραφίας, και αργότερα μέσω δίσκων/κασετών (βλέπε Linguaphone). Παρ' ότι ήταν χρήσιμη σε αραιοκατοικημένες χώρες με μεγάλες αποστάσεις ή σε ειδικά ακροατήρια (π.χ., επιμόρφωση ενηλίκων), ποτέ πραγματικά δεν έγινε κύριος τρόπος εκπαίδευσης, ούτε καν την εποχή της πανδημίας COVID19. Η περιορισμένη επιτυχία της, κυρίως στην συνεχιζόμενη εκπαίδευση, δεν είναι τυχαία. Η εκπαίδευση σε περιβάλλον τάξης είναι μια κοινωνική διεργασία. Προάγει τη διάδραση μαθητών-δασκάλων και μαθητών μεταξύ τους, πολύ πέρα από τη μεταφορά γνώσης. Όλοι ξέρουμε ότι οι σχολικές φιλίες κρατούν μια ζωή. Ο ρόλος του δασκάλου στη μεταφορά γνώσης (και κοινωνικών εμπειριών) είναι καθοριστικός, ιδιαίτερα σήμερα που οι νέοι ζουν μέσα σε μια πλημμύρα ερεθισμάτων και πληροφοριών που είναι δύσκολο να ιεραρχήσουν και να επεξεργαστούν, χωρίς καθοδήγηση. Μικρές τάξεις που έχουν ταλαντούχους δασκάλους μπορούν να παρέχουν εκπαίδευση ποιότητας. Είναι όμως πολύ ακριβές.

Επομένως, είναι ορατό το να οδηγηθούμε σε ένα μικτό παγκόσμιο σύστημα εκπαίδευσης. Οι πολλοί θα τηλεεκπαιδούνται μαζικά με μικρό κόστος. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να είναι βιώσιμο ή αναγκαίο σε φτωχές αραιοκατοικημένες χώρες. Μπορεί όμως να γίνει αποδεκτό και σε πλουσιότερες χώρες που θέλουν να ξοδέψουν λιγότερα για την παιδεία (βλέπε ψηφιακό φροντιστήριο στη χώρα μας). Το τι επίπτωση θα έχει η μαζική τηλεεκπαίδευση στην κατάκτηση γνώσης και στην κοινωνικοποίησή των μαθητών/φοιτητών είναι άγνωστο. Μπορεί όμως οι επιπτώσεις να είναι

καταστροφικές. Ήδη βλέπουμε τέτοιες κακές επιδράσεις του Διαδικτύου στην νεολαία. Τις επισήμανα εδώ και χρόνια στο βιβλίο μου ‘AI Science and Society’ (Amazon 2022), όταν ελάχιστοι επιστήμονες είχαν τέτοιες ανησυχίες (Pitas, 2022a· Pitas, 2022b).

Οι λίγοι, που μπορούν να πληρώσουν, θα εκπαιδεύονται με ποιοτικό τρόπο σε περιβάλλον μικρής τάξης, λίγο πολύ με διαλογικό-διαδραστικό τρόπο, όπως γίνονταν στις σχολές της αρχαίας Ελλάδας. Αυτοί οι λίγοι θα αποτελούν και τη μελλοντική κοινωνικο-οικονομική και επιστημονική ελίτ. Όμως, στην μεγάλη εικόνα μιας μορφωμένης ‘Κοινωνίας της Γνώσης’, χωράνε και χρειάζονται όλοι, αρκεί να υπάρχει σωστός σχεδιασμός: και η εκπαίδευση τάξης και η τηλεκπαίδευση και η δημόσια και η ιδιωτική εκπαίδευση.

Επιμόρφωση Επιμορφωτών

Τον τελευταίο χρόνο, περίπου το 1/3 των άρθρων, ιδιαίτερα στα ηλεκτρονικά μέσα ενημέρωσης, αφορά την Τεχνητή Νοημοσύνη. Το ενδιαφέρον του κοινού είναι τεράστιο. Οι περισσότεροι συγγραφείς απλά έχουν χρησιμοποιήσει στην δουλειά τους Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (κυρίως το ChatGPT) ή/και εργαλεία Γενεσιακής Τεχνητής Νοημοσύνης και περιγράφουν τις εμπειρίες τους, χωρίς να είναι γνώστες του αντικειμένου.

Το αποτέλεσμα είναι ότι μεταδίδονται στο ευρύ κοινό λειψές, ανακριβείς ή ακόμα και στρεβλές απόψεις για το τι είναι τελικά η Τεχνητή Νοημοσύνη. Οι επιπτώσεις της στρέβλωσης αυτής είναι ήδη εμφανείς. Για παράδειγμα, πολλοί ταυτίζουν την Τεχνητή Νοημοσύνη με τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα. Αυτό το γεγονός μπορεί να οδηγήσει σε περιορισμό των επιλογών ή ακόμα και η λανθασμένη προτεραιοποίησή τους σχετικά με την ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης στον ιδιωτικό ή/και στον δημόσιο τομέα στη χώρα μας.

Επομένως, είναι εμφανής η ανάγκη επιμόρφωσης στην Τεχνητή Νοημοσύνη όχι μόνον του ευρέως κοινού, αλλά κυρίως των επιμορφωτών, συμπεριλαμβανομένων των καθηγητών διαφόρων βαθμίδων, των διαμορφωτών της κοινής γνώμης και αυτών που παίρνουν αποφάσεις επενδύσεων ή/και ανάπτυξης της Τεχνητής Νοημοσύνης. Για να πετύχουμε τους στόχους επιμόρφωσης στη Μέση εκπαίδευση, πρέπει άμεσα να επιμορφθούν οι Καθηγητές, ειδικότερα της Πληροφορικής (και εν μέρει των Μαθηματικών), διότι οι παλιές γνώσεις τους έχουν πια και γνωσιακά και αξιακά απαξιωθεί. Βραχυπρόθεσμα, αυτό μπορεί να γίνει με επιμορφωτικά σεμινάρια. Καλύτερα όμως είναι να γίνει με σπουδές ή προγράμματα

ειδίκευσης σε Τμήματα Πληροφορικής ή ΗΜΜΥ, ιδιαίτερα για επιμόρφωση των Καθηγητών Μέσης Εκπαίδευσης. Η τρέχουσα προσφορά τέτοιων σπουδών σε πανελλαδικό επίπεδο δεν είναι ικανοποιητική, ούτε σε ποσότητα, και, αρκετές φορές, ούτε σε ποιότητα. Δυστυχώς υπάρχουν επιμορφωτικά σεμινάρια που είναι καθαρά διαδικτυακά, μονόπλευρα και επικεντρώνονται μόνον στην τεχνολογία της Γενεσιακής Τεχνητής Νοημοσύνης, ειδικότερα των Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων. Έτσι, βλέπουμε να δημιουργούνται ευρύτατες επιμορφωτικές στρεβλώσεις στην Πρωτοβάθμια και Μέση Εκπαίδευση, όπως έγινε και στο παρελθόν στην επιμόρφωση στην Πληροφορική.

Η Διεθνής Ακαδημία Διδακτορικών Σπουδών στην Τεχνητή Νοημοσύνη (AIDA, <https://www.i-aida.org/>), της οποίας συντονιστής είναι το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, έχει προσφέρει πληθώρα επιμορφωτικών μαθημάτων κύρους τα τελευταία 4 χρόνια (99 μαθήματα, 14 Θερινά Σχολεία, 70 διαλέξεις με 10000 εγγεγραμμένους), στοχεύοντας στη μόρφωση επιστημόνων Τεχνητής Νοημοσύνης υψηλού επιπέδου, καθώς και επιμόρφωση επιστημόνων και φοιτητών όλων των επιστημονικών κλάδων, από τις Ανθρωπιστικές Επιστήμες μέχρι τις Επιστήμες Υγείας και τις Θετικές/Τεχνολογικές Επιστήμες. Πρέπει να γίνουν πολύ περισσότερα στην κατεύθυνση αυτή, με συμμετοχή όλων των επιστημόνων Τεχνητής Νοημοσύνης.

ΓΕΝΕΣΙΑΚΗ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η παραβολή ‘Τα παλαβά κομπιουτεράκια και η Τεχνητή Νοημοσύνη’

Ας σκεφτούμε μια ‘παραβολή’ που αναφέρεται στην προ-πληροφορική εποχή:

Κάποτε, πολύ παλιά, μια εταιρία έφτιαξε το πρώτο κομπιουτεράκι. Όταν το κομπιουτεράκι αυτό υπολόγιζε το $1+1=$, στο 99% των περιπτώσεων απαντούσε σωστά $=2$, αλλά κάπου-κάπου απαντούσε $=3$, ή $=1000$ ή ό,τι παλαβό αποτέλεσμα θέλετε. Όλοι χαίρονταν να χρησιμοποιούν το κομπιουτεράκι αυτό και έκαναν μεγάλη συζήτηση για το πώς να το αναγκάσουν να βγάλει το σωστό αποτέλεσμα (οι πιο επαίοντες) ή πώς να καταλάβουν πότε το αποτέλεσμα ήταν λάθος (οι υπόλοιποι, που δεν ήξεραν Αριθμητική). Επειδή όλοι χρησιμοποιούσαν κομπιουτεράκια, παραμελήθηκε η διδασκαλία των Μαθηματικών, ακόμη και της βασικής αριθμητικής του Δημοτικού (π.χ., οι έννοιες των αριθμών και των αριθμητικών πράξεων). Ακόμα

και οι επαΐοντες νόμιζαν ότι τα Μαθηματικά περιορίζονται μόνον στην βασική Αριθμητική, διότι δεν είχαν έρθει ποτέ σε επαφή ούτε καν με τα Γυμνασιακά/Λυκειακά, πόσο μάλλον με τα Πανεπιστημιακά Μαθηματικά. Και όμως πολλοί αρθρογραφούσαν, δίδασκαν, επένδυναν ή σχεδίαζαν πολιτικές για τα παλαβά κομπιουτεράκια, που έγιναν πολύ της μόδας εκείνη την εποχή. Έτσι έγιναν καλοί χρήστες των παλαβών κομπιουτερακίων. Μην ξέροντας Μαθηματικά, ούτε καν μπορούσαν να φανταστούν ότι θα μπορούσαν να κάνουν καλύτερα κομπιουτεράκια, πόσο μάλλον καλύτερους υπολογιστές. Εν τω μεταξύ, λίγοι έβγαλαν τρελά λεφτά με τα παλαβά κομπιουτεράκια τους, συν τω χρόνω τα βελτίωσαν, και έζησαν αυτοί καλά και εμείς καλύτερα.

Παρά την υπεραπλούστευση, η παραβολή αυτή αποδίδει αρκετά καλά την σημερινή κατάσταση της εκπαίδευσης στην Τεχνητή Νοημοσύνη. Το ‘παλαβό κομπιουτεράκι’ είναι τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (ΜΓΜ, π.χ., ChatGPT), που πάρα πολλοί το συγχέουν με την Τεχνητή Νοημοσύνη, η οποία όμως έχει πολύ περισσότερες εκφάνσεις και πτυχές.

Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα στην εκπαίδευση

Παρ’ όλες τις προαναφερόμενες αδυναμίες, είναι πολύ σημαντικό να μάθουν οι μαθητές να χρησιμοποιούν σωστά τα εργαλεία της Γενεσιακής Τεχνητής Νοημοσύνης, ειδικότερα τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα, στην εκπαιδευτική διαδικασία. Στον τομέα αυτόν γίνεται μεγάλη ερευνητική προσπάθεια, αλλά δεν υπάρχουν χρηστικές οδηγίες, τουλάχιστον όχι ακόμα. Τα εργαλεία αυτά προσφέρουν πολλές δυνατότητες π.χ., συγγραφής κειμένου, ή περίληψης κειμένων. Μπορούν επομένως να έχουν διπλή (καλή/κακή) χρήση: μπορούν να επιταχύνουν τη μορφοποίηση και πρόσληψη εκπαιδευτικού υλικού, αλλά μπορούν και να διευκολύνουν την αντιγραφή.

Τα εργαλεία αυτά δεν είναι ακόμα ώριμα. Ένας έμπειρος χρήστης μπορεί να καταλάβει πότε φαντασιώνονται σε θέματα του αντικειμένου του. Ένας μαθητής ή ακόμα και ένας φοιτητής, δεν μπορεί να το καταλάβει αυτό εύκολα. Επίσης, τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα μπορούν να επιδράσουν στο θυμικό τους, π.χ., να οδηγήσουν ένα μαθητή σε φαντασιώσεις σε σχέση με τις πραγματικές εκπαιδευτικές επιδόσεις του. Επομένως, πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί όσον αφορά τη χρήση τους στην εκπαίδευση και να μην τα θεωρούμε μονόδρομο ή/και πανάκεια. Δεν είναι κατ’ ανάγκη άριστα για υιοθέτηση και μίμηση, παρ’ ότι τέτοια εργαλεία εκπαίδευσης Γενεσιακής Τεχνητής Νοημοσύνης αναπτύσσονται στο εξωτερικό από μεγάλους

εκπαιδευτικούς οργανισμούς ή εταιρίες. Επ' αυτού έχουμε ήδη ένα πολύ κακό προηγούμενο. Η τρέχουσα κατάσταση στα κοινωνικά μέσα και η τεχνοφοβία για την Τεχνητή Νοημοσύνη έδειξαν ότι πολλά αναπτυγμένα κράτη έχουν σχεδόν τα ίδια προβλήματα με μας, λόγω και της άκριτης αποδοχής των Κοινωνικών Μέσων και της αδυναμίας των εκπαιδευτικών συστημάτων τους να χειριστούν σωστά την κατάσταση που δημιουργήθηκε, παρ' όλες τις σχετικές προειδοποιήσεις (Pitas, 2022a).

Ο συνδυασμός Γενεσιακής Τεχνητής Νοημοσύνης και Κοινωνικών Μέσων μπορεί να οδηγήσει σε εξατομίκευση της εκπαίδευσης, π.χ., μέσω ψηφιακού φροντιστή. Στις χαμηλότερες εκπαιδευτικές βαθμίδες, η εξατομίκευση πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και μετά από μελέτη, διότι μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές σε πολλά κακά, ακόμα και σε μείωση των γνωστικών και επικοινωνιακών ικανοτήτων ή σε αντικοινωνικές συμπεριφορές. Κατά τη γνώμη μου, το βάρος πρέπει να πέσει στη διδασκαλία στην τάξη, στην διάδραση μαθητών-δασκάλων και μαθητών μεταξύ τους, και όχι τόσο στα τεχνολογικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται. Πρόσφατες σχετικές μελέτες καταδεικνύουν το πρόβλημα αυτό και αναφέρονται κριτικά, π.χ., στην ευρεία χρήση κινητών και οθονών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι και επιστήμη και τεχνολογία. Ήδη σε προηγούμενες ενότητες αναλύθηκε και η επιστημονική/μαθηματική βάση της Τεχνητής Νοημοσύνης και η τεχνολογία της, π.χ., τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα. Η τεχνολογία Τεχνητής Νοημοσύνης ανανεώνεται σε ετήσια βάση, η επιστήμη σε ορίζοντα δεκαετίας (στα βασικά, ίσως και πολύ πιο αργά). Αν στη Μέση Εκπαίδευση κυνηγούμε την τεχνολογία, τις εφαρμογές και τις δεξιότητες (αντί για την γνώση και την μόρφωση) και πάντα θα είμαστε ουραγοί και θα δημιουργήσουμε χρήστες ή τεχνίτες μικρής διάρκειας ζωής. Ούτε το χρειάζονται οι μαθητές: μαθαίνουν τα εργαλεία από μόνοι τους. Αν επικεντρωθούμε στην επιστήμη της Τεχνητής Νοημοσύνης, και θα κάνουμε κάτι εφικτό και θα διαμορφώνουμε πολίτες ή/και επιστήμονες που ξέρουν πως να μαθαίνουν και να επιβιώνουν σε κάθε νέα κατάσταση.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AIDA Symposium: AI Education Beyond Borders. (2024, June 27). Thessaloniki, Greece: Centre for Research and Technology Hellas (CERTH). <https://www.vision4ai.eu/community-workshop-2024/#day2>
- Pitas, I. (2023). *Artificial intelligence science and society Part A: Introduction to AI science and information technology*. Amazon/Kindle

- Direct Publishing.
https://www.amazon.com/dp/9609156460?ref_=pe_3052080_397514860
- Pitas, I. (2022a). *Artificial intelligence science and society Part B: AI science, mind and humans*. Amazon/Kindle Direct Publishing.
https://www.amazon.com/dp/9609156479?ref_=pe_3052080_397514860
- Pitas, I. (2022b). *Artificial intelligence science and society Part C: AI science and society*. Amazon/Kindle Direct Publishing.
https://www.amazon.com/dp/9609156487?ref_=pe_3052080_397514860
- Pitas, I. (2022c). *Artificial intelligence science and society Part D: AI science and the environment*. Amazon/Kindle Direct Publishing.
https://www.amazon.com/dp/9609156495?ref_=pe_3052080_397514860
- Pitas, I., Sotireli, Z., Papaioannidis, C., & Zamioudis, A. (2024). Undergraduate university AI education: A survey. In T. Schlippe, E.C.K. Cheng, & T. Wang (Eds), *Proceedings of the 5th International Conference on Artificial Intelligence in Education Technology* (pp. 503-522). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-9255-9_35

Πήτας Ιωάννης, Κωνσταντίνου. Διακρίσεις: IEEE fellow, IEEE Distinguished Lecturer, EURASIP fellow. Σπουδές: Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΑΠΘ 1980, Διδάκτωρ Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΑΠΘ 1985. Την περίοδο 1994–2025, διετέλεσε Καθηγητής στο Τμήμα Πληροφορικής του ΑΠΘ. Υπήρξε Διευθυντής του Εργαστηρίου Τεχνητής Νοημοσύνης και Ανάλυσης Πληροφορίας (AIIA lab) από το 1999 έως το 2025. Έχει υπηρετήσει ως Επισκέπτης Καθηγητής σε διάφορα Πανεπιστήμια. Είναι Κύριος Ερευνητής του Τμήματος Πληροφορικής ΑΠΘ και του ΕΚΕΤΑ/ΙΠΤΗΛ. Ασχολείται ερευνητικά με την τεχνητή νοημοσύνη, τα αυτόνομα συστήματα, τεχνητή όραση, μηχανική μάθηση, ευφυή ψηφιακά μέσα, ανθρωποκεντρικούς υπολογιστές και επεξεργασία βιοιατρικής εικόνας. Διετέλεσε επισκέπτης καθηγητής σε 12 Πανεπιστήμια του εξωτερικού. Έχουν δημοσιευθεί περισσότερες από 970 εργασίες του σε διεθνή περιοδικά ή συνέδρια και 48 κεφάλαια σε ξενόγλωσσα βιβλία. Συνέγραψε, εξέδωσε και συν-εξέδωσε 16 βιβλία. Έχει δώσει 151 προσκεκλημένες ομιλίες σε διεθνή συνέδρια και Πανεπιστήμια. Υπήρξε μέλος επιστημονικών επιτροπών περισσότερων των 291 συνεδρίων και συνδιοργανωτής 38 συνεδρίων. Συμμετείχε σε 75+ προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης και ήταν επιστημονικός υπεύθυνος σε 47 από αυτά. Ήταν γενικός ή τεχνικός πρόεδρος 5 διεθνών συνεδρίων. Έχει 39160+ ετεροαναφορές στο έργο του και h-index 93.

Διετέλεσε διευθυντής του Εργαστηρίου Τεχνητής Νοημοσύνης και Ανάλυσης Πληροφοριών ΑΠΘ από το 1999 έως το 2025. Ήταν ιδρυτής και Πρόεδρος της IEEE Autonomous Systems Initiative <https://ieeasi.signalprocessingsociety.org/>. Είναι Πρόεδρος της Διεθνούς Ακαδημίας Διδακτορικών Σπουδών στην Τεχνητή Νοημοσύνη (International Artificial Intelligence Doctoral Academy, AIDA) <https://www.i-aida.org/> <https://www.i-aida.org/>. Είναι συντονιστής του ερευνητικού έργου Horizon Europe TEMA (<https://tema-project.eu/>)

Έλαβε το βραβείο ΑΠΘ ερευνητή με μεγαλύτερο αριθμό ετεροαναφορών (2009). Με βάση το <https://research.com/> είναι πρώτος στην Ελλάδα και 319 διεθνώς επιστήμων Πληροφορικής (2022).

Artificial Intelligence: at the Crossroads of Mathematics and Computer Science

Dr. Ioannis Pitas

School of Informatics, Aristotel University of Thessaloniki and ITI/CERTH
pitas@csd.auth.gr, pitas@iti.gr

Abstract

This paper addresses the explanation of the fundamental concepts of Artificial Intelligence, using only high-school-level Mathematics. It covers in detail the following topics: definition of Artificial Intelligence science, Data and Vectors, Clustering, Classification, Neural Networks, and Generative Artificial Intelligence. It is essentially demonstrated that Artificial Intelligence lies at the crossroads of Mathematics and Computer Science. The relationship of AI science with the Knowledge Society and algorithmic/mathematical thinking is then presented. Aspects of AI education are also examined across different educational levels, as well as in the professional and continuing education.

It is shown that, contrary to what many believe, Artificial Intelligence is a much broader discipline than Large Language Models, of which ChatGPT is the most well-known example. This widespread misconception has dramatic consequences on the design of educational policies regarding AI. In this light, aspects of the use of Generative Artificial Intelligence –particularly Large Language Models– in education are examined.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Algorithmic Thinking, Generative Artificial Intelligence, Large Language Models.

Pitas, Ioannis Konstantinou. *Distinctions: IEEE Fellow, IEEE Distinguished Lecturer, EURASIP Fellow. Studies: Diploma of Electrical Engineer, Aristotle University of Thessaloniki (AUTH) 1980; PhD in Electrical Engineering, AUTH 1985. From 1994–2025, he served as Professor in the Department of Informatics at AUTH. He was Director of the Artificial Intelligence and Information Analysis Laboratory (AIIA lab) from 1999 to 2025. He has served as Visiting Professor at various universities. He is Senior Researcher in the Department of Informatics at AUTH and at CErTH/ITI. His research interests include artificial intelligence, autonomous systems, computer vision, machine learning, smart digital media, human-centered computing, and biomedical image processing. He has been a Visiting Professor at 12 foreign universities. More than 970 of his papers have been published in international journals or conferences, and 48 chapters in foreign-language books. He has authored, edited, and co-edited 16 books. He has given 151 invited lectures at international conferences and universities. He has served on the scientific committees of more than 291 conferences and co-organized 38 conferences. He has participated in more than 75 research and development projects and was the scientific director of 47 of them. He was general or technical chair at 5 international conferences. His work has received 39,160+ citations (h-index 93).*

He served as director of the Artificial Intelligence and Information Analysis Laboratory of AUTH from 1999 to 2025. He was founder and President of the IEEE Autonomous Systems Initiative (<https://ieeeseasignalprocessingsociety.org/>). He is President of the International Artificial Intelligence Doctoral Academy (AIDA) (<https://www.i-aida.org/>). He is coordinator of the Horizon Europe TEMA project (<https://tema-project.eu/>).

He was awarded the AUTH researcher with the highest number of citations (2009). According to <https://research.com/>, he is ranked first in Greece and 319th internationally among computer scientists (2022).