

Από ηθοποιός σε σκηνοθέτης: Πώς η Τεχνητή Νοημοσύνη μετασχηματίζει τον ρόλο του επιστήμονα

Δρ Σπύρος Κιτσινέλης

Για δεκαετίες, η εικόνα του επιστήμονα ήταν άρρηκτα συνδεδεμένη με την εκτέλεση όπως πειράματα στον πάγκο, ατελείωτοι υπολογισμοί, χειρωνακτική ανάλυση δεδομένων και σταδιακή πρόοδος μέσα από επίπονη επανάληψη. Η έλευση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) δεν επιτάχυνε απλώς αυτές τις διαδικασίες· άλλαξε ριζικά τη φύση τους. Σήμερα, ο επιστήμονας δεν βρίσκεται πια αποκλειστικά «πάνω στη σκηνή» της έρευνας. Σταδιακά μετακινείται στη θέση του σκηνοθέτη.

Η μεταφορά δεν είναι ρητορική υπερβολή. Αντί να εκτελεί κάθε βήμα, ο σύγχρονος επιστήμονας καλείται να σχεδιάζει το ερώτημα, να ορίζει τους περιορισμούς, να επιλέγει τα κατάλληλα υπολογιστικά εργαλεία και κυρίως να ερμηνεύει και να κρίνει τα αποτελέσματα που παράγονται από συστήματα TN. Η αλλαγή αυτή έχει βαθιές συνέπειες για την επιστημονική πρακτική, την εκπαίδευση και την ίδια την έννοια της επιστημονικής γνώσης.

Η επιστήμη πριν την TN

Στο παραδοσιακό επιστημονικό πρότυπο, η αξία του ερευνητή μετριόταν σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητά του να εκτελεί, δηλαδή να πραγματοποιεί πειράματα με ακρίβεια, να τρέχει πολύπλοκους υπολογισμούς, να αναλύει δεδομένα και να παράγει αποτελέσματα με προσωπική εργασία. Η επιστημονική πρόοδος ήταν συχνά γραμμική και περιοριζόταν από ανθρώπινους παράγοντες όπως χρόνο, κόπωση και υπολογιστική ισχύ.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο επιστήμονας ήταν «ηθοποιός» της γνώσης. Βρισκόταν στο προσκήνιο, εκτελώντας κάθε ρόλο: πειραματιστής, αναλυτής, συγγραφέας, υπολογιστής. Η καινοτομία υπήρχε, αλλά το εύρος της ήταν συχνά δεσμευμένο από το πόσα σενάρια μπορούσε να εξετάσει ένας άνθρωπος ή μια μικρή ομάδα.

Η τομή της TN: αλλαγή κλίμακας και ρόλου

Η TN εισάγει κάτι ποιοτικά διαφορετικό, δηλαδή την αλλαγή κλίμακας. Στην υπολογιστική χημεία, τη βιολογία, την ιατρική και την επιστήμη υλικών, αλγόριθμοι μπορούν πλέον να εξετάζουν εκατομμύρια πιθανούς συνδυασμούς, να ανιχνεύουν μοτίβα σε τεράστιους όγκους δεδομένων και να παράγουν υποθέσεις που ο άνθρωπος δεν θα μπορούσε να συλλάβει άμεσα.

Εδώ ακριβώς ο ρόλος του επιστήμονα μετασχηματίζεται. Η TN αναλαμβάνει την «εκτέλεση» σε κλίμακα και ταχύτητα απαγορευτική για τον άνθρωπο. Ο επιστήμονας, αντί να αντικατασταθεί, μετακινείται σε ανώτερο επίπεδο και γίνεται ο σχεδιαστής

της διαδικασίας, ο σκηνοθέτης που αποφασίζει ποιο ερώτημα αξίζει να τεθεί, ποιο μοντέλο είναι κατάλληλο και ποια αποτελέσματα έχουν επιστημονικό νόημα.

Από τον πάγκο στον σχεδιασμό: παραδείγματα από τη χημεία

Στη χημεία, η αλλαγή αυτή είναι ήδη μετρήσιμη με όρους ταχύτητας και κλίμακας. Η πρόβλεψη δομών πρωτεϊνών, που παλαιότερα απαιτούσε χρόνια πειραματικής εργασίας (κρυσταλλογραφία ακτίνων-Χ, NMR), πραγματοποιείται πλέον σε δευτερόλεπτα μέσω μοντέλων TN. Αντίστοιχα, στην ανακάλυψη φαρμάκων, αλγόριθμοι μπορούν να «σαρώσουν» εκατομμύρια υποψήφια μόρια σε λίγες ώρες, διαδικασία που παραδοσιακά θα απαιτούσε δεκαετίες ανθρώπινης προσπάθειας.

Ο χημικός δεν «δοκιμάζει» πια μεμονωμένα μόρια. Σχεδιάζει τον χημικό χώρο που αξίζει να εξερευνηθεί, ορίζει ποια δεδομένα θεωρούνται αξιόπιστα και αποφασίζει ποια αποτελέσματα αξίζουν πειραματική επιβεβαίωση. Η TN παράγει όγκο και ταχύτητα ενώ ο άνθρωπος παράγει νόημα. Στη χημεία, η αλλαγή αυτή είναι ήδη εμφανής. Η ανακάλυψη νέων υλικών ή φαρμακευτικών μορίων δεν βασίζεται πλέον αποκλειστικά σε διαδοχικά πειράματα δοκιμής και σφάλματος. Αντίθετα, μοντέλα TN εξερευνούν τεράστιους «χώρους χημικών δυνατοτήτων» και προτείνουν υποψήφιες δομές με προκαθορισμένες ιδιότητες.

Ο χημικός δεν «δοκιμάζει» απλώς μόρια αλλά ορίζει το πρόβλημα όπως ποιες ιδιότητες είναι κρίσιμες, ποιοι περιορισμοί ισχύουν και ποια δεδομένα είναι αξιόπιστα. Η επιτυχία της έρευνας εξαρτάται λιγότερο από την ποσότητα των πειραμάτων και περισσότερο από την ποιότητα του σχεδιασμού και της ερμηνείας.

Η εντυπωσιακή αύξηση των αποτελεσμάτων που παράγει η TN παρατηρείται σε πολλούς επιστημονικούς τομείς. Στην ιατρική απεικόνιση, συστήματα TN αναλύουν τεράστιους όγκους εξετάσεων σε κλάσμα του χρόνου που απαιτείται από ανθρώπους ειδικούς, με συγκρίσιμη ή και ανώτερη ακρίβεια. Στην αστροφυσική, αλγόριθμοι επεξεργάζονται το σύνολο των δεδομένων τηλεσκοπίων και εντοπίζουν φαινόμενα που είχαν παραμείνει αόρατα για δεκαετίες.

Ωστόσο, η ποσοτική υπεροχή δεν ισοδυναμεί αυτόματα με επιστημονική πρόοδο. Τα συστήματα TN δεν κατανοούν φυσικούς νόμους, χημικές αιτιότητες ή βιολογική σκοπιμότητα αλλά ανιχνεύουν συσχετίσεις. Η ευθύνη της ερμηνείας, της επαλήθευσης και της αξιολόγησης παραμένει αποκλειστικά ανθρώπινη. Όπως και στον κινηματογράφο, τα εντυπωσιακά τεχνικά μέσα δεν εγγυώνται ουσιαστικό περιεχόμενο χωρίς σωστή σκηνοθεσία. Η μεταφορά του επιστήμονα σε «σκηνοθέτη» συνοδεύεται από αυξημένη ευθύνη. Τα συστήματα TN δεν κατανοούν το επιστημονικό νόημα αλλά παράγουν αποτελέσματα βάσει στατιστικών συσχετίσεων και δεδομένων εκπαίδευσης. Η κρίση για το τι είναι φυσικά, χημικά ή βιολογικά εύλογο παραμένει ανθρώπινη.

Επιπλέον, ανακύπτουν ζητήματα αξιοπιστίας, αναπαραγωγιμότητας και προκατάληψης. Ο επιστήμονας-σκηνοθέτης οφείλει να ελέγχει, να αμφισβητεί και να επαληθεύει. Όπως και στον κινηματογράφο, τα πιο εντυπωσιακά «εφέ» δεν

εγγυώνται καλή ταινία και χωρίς σωστή σκηνοθεσία, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι επιστημονικά κενό ή παραπλανητικό.

Επιπτώσεις στην εκπαίδευση και την επιστημονική ταυτότητα

Ο μετασχηματισμός αυτός επηρεάζει άμεσα και τα επιστημονικά επαγγέλματα. Ρόλοι που βασίζονται κυρίως σε επαναλαμβανόμενη ανάλυση δεδομένων, ρουτίνα υπολογισμών ή μηχανική εκτέλεση πειραμάτων συρρικνώνονται ραγδαία. Παραδείγματα περιλαμβάνουν τον αναλυτή πρωτογενών δεδομένων, τον υπολογιστικό ερευνητή περιορισμένο σε προκαθορισμένες προσομοιώσεις και τον εργαστηριακό τεχνικό χωρίς θεωρητική συμμετοχή.

Παράλληλα, αναδύονται νέες επιστημονικές ταυτότητες. Δημιουργούνται ρόλοι όπως ο επιστήμονας-σχεδιαστής ερευνητικών ερωτημάτων με TN, ο επιμελητής επιστημονικών μοντέλων, ο ελεγκτής αξιοπιστίας και αναπαραγωγιμότητας αποτελεσμάτων και ο ειδικός στη δεοντολογία της υπολογιστικής επιστήμης. Η αξία μετατοπίζεται από την εκτέλεση στην κρίση, από την ποσότητα στην ποιότητα.

Η εκπαίδευση καλείται να ανταποκριθεί με λιγότερη έμφαση στην αποστήθιση και περισσότερη στη φιλοσοφία της επιστήμης, στη διεπιστημονική σκέψη και στην κατανόηση των ορίων της TN. Η αλλαγή αυτή επιβάλλει επαναπροσδιορισμό της επιστημονικής εκπαίδευσης. Η έμφαση μετατοπίζεται από την αποστήθιση και την τεχνική εκτέλεση προς τη διατύπωση ερωτημάτων, τη διεπιστημονική σκέψη και τη φιλοσοφία της επιστήμης. Η κατανόηση των ορίων των μοντέλων TN γίνεται εξίσου σημαντική με τη χρήση τους.

Ο επιστήμονας του μέλλοντος δεν θα ξεχωρίζει επειδή «ξέρει περισσότερους υπολογισμούς», αλλά επειδή ξέρει ποιοι υπολογισμοί έχουν νόημα. Η δημιουργικότητα, η κριτική σκέψη και η δεοντολογική ευθύνη επανέρχονται στο επίκεντρο.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη δεν καταργεί τον επιστήμονα. Καταργεί τον ρόλο του ως απλού εκτελεστή. Στο νέο επιστημονικό τοπίο, ο ερευνητής γίνεται σκηνοθέτης της γνώσης και σχεδιάζει, καθοδηγεί και αξιολογεί διαδικασίες που υπερβαίνουν τις ανθρώπινες δυνατότητες εκτέλεσης.

Η επιστήμη μετατοπίζεται από το ερώτημα «μπορούμε να το κάνουμε;» στο βαθύτερο «αξίζει να το κάνουμε και τι σημαίνει αυτό;». Και σε αυτό το ερώτημα, η ανθρώπινη κρίση παραμένει αναντικατάστατη.

Η εποχή της TN δεν μειώνει την επιστήμη αλλά την εξαναγκάζει να ωριμάσει και να επιταχυνθεί.

Ενδεικτικές πηγές

1. Jumper, J. et al. *Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold*. **Nature**, 596, 583–589 (2021).
2. Mak, K. K. & Pichika, M. R. *Artificial intelligence in drug development: present status and future prospects*. **Drug Discovery Today**, 24(3), 773–780 (2019).
3. Esteva, A. et al. *A guide to deep learning in healthcare*. **Nature Medicine**, 25, 24–29 (2019).
4. Butler, K. T., Davies, D. W., Cartwright, H., Isayev, O., & Walsh, A. *Machine learning for molecular and materials science*. **Nature**, 559, 547–555 (2018).
5. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Reproducibility and Replicability in Science*. The National Academies Press (2019).
6. Kuhn, T. S. *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press (1962).