

Μέρος Πρώτο:
Η καταγωγή τους

Οι νόμοι της φύσης δεν υπήρχαν πάντα και δεν τους ανακαλύψαμε ποτέ. Ενδεχομένως να είναι αρκετά προβοκα-



τόρική μια τέτοια εισαγωγική πρόταση στο πρώτο άρθρο ενός αφιερώματος για τους νόμους της φύσης. Αποτελεί, ωστόσο, μια ιστορική πραγματικότητα.

▶▶ 8

Μπορεί η Τεχνητή Νοημοσύνη να είναι δημιουργική;

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΕΣ και μελλοντολόγοι κάνουν συχνά λόγο για μια Τεχνητή Νοημοσύνη που θα ξεπεράσει την ανθρώπινη δημιουργικότητα και θα παρουσιάζει υπεράνθρωπες ικανότητες. Ωστόσο, πολλοί φιλόσοφοι εκφράζουν σοβαρές αντιρρήσεις βασιζόμενοι στο πώς ορίζεται η ανθρώπινη δημιουργικότητα, τι σημαίνει πραγματικά καινοτόμα σκέψη και τι προεκτάσεις μπορεί να έχει ένα μέλλον στο οποίο θα κυριαρχεί η Τεχνητή Νοημοσύνη.

▶▶ 4-5



ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ, ΤΕΧΝΕΣ, ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Ψηφιακή μετενσάρκωση: Dali και Mona Lisa ζωντανεύουν με τη βοήθεια της Τεχνητής Νοημοσύνης

ΤΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΣΑΛΒΑΔΟΡ ΝΤΑΛΙ, στη Φλόριντα των Ηνωμένων Πολιτειών, αξιοποιεί τις δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης για να φέρει τον φημισμένο καλλιτέχνη πίσω στη ζωή!

▶▶ 6

ΕΡΕΥΝΑ

Παραγωγή υδρογόνου με βιώσιμες λύσεις

ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΤΟΥ πάνω στην παραγωγή υδρογόνου με βιώσιμες μεθόδους μιλά στο «Πρίσμα» ο Γιώργος Δημητρακόπουλος, μεταδιδακτορικός ερευνητής στα εργαστήρια Reacting Gas Dynamics Laboratory και Laboratory for Electrochemical Interfaces του Τεχνολογικού Ινστιτούτου Μασαχουσέτης (MIT).

▶▶ 7

Δημιουργική
Τεχνητή
Νοημοσύνη

Η ιδέα της κατασκευής μηχανών που να σκέφτονται και να δρουν ως ανθρώπινα όντα διαπερνά την Ιστορία τόσο στη σύγχρονη εποχή όσο και στην αρχαιότητα. Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις είναι να φτιαχτούν αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης που να χαρακτηρίζονται από δημιουργικότητα.

▶▶ 2-3





ΤΟ ΣΟΥΡΙΝΑΜ είναι μια μικρή χώρα της Νότιας Αμερικής, στριμωγμένη ανάμεσα στη Βενεζουέλα και τη Βραζιλία, μαζί με τις δύο Γουιάνες (τη *Γαλλική* και την πρώην *Βρετανική*). Στις αρχές του 1773 έφτασε εκεί ένα στρατιωτικό σώμα από την Ολλανδία για να βοηθήσει τα τοπικά στρατεύματα να καταπνίξουν την εξέγερση των «νέγρων». Η ολλανδική παρουσία στο Σουρινάμ είχε ως αποτέλεσμα τη σχεδόν ολοκληρωτική εξαφάνιση των τοπικών πληθυσμών. Τη θέση τους πήραν σκλάβοι και σκλάβες από την Αφρική που χρησιμοποιούνταν στην εξαιρετικά αποδοτική και εξίσου απαιτητική βιομηχανία ζάχαρης. Ο John Gabriel Stedman συμμετείχε με τον βαθμό του λοχαγού στις επιχειρήσεις καταστολής, οι οποίες εξαπλώθηκαν σε όλη την επικράτεια, καθώς οι εξεγερμένοι σκλάβοι υιοθέτησαν την τακτική του ανταρτοπόλεμου.

Η φύση έκανε εντύπωση στον νεαρό Τζον. Η ομορφιά και ο εξωτισμός της άγνωστης χώρας τον παρακίνησαν να αρχίσει να κρατάει ημερολόγιο. Τον εντυπωσίασε, όμως, και η ανθρώπινη φύση. Τα μαρτύρια στα οποία υπέβαλαν οι συνάδελφοί του τους σκλάβους και η απόγνωση των ιδίων των σκλάβων ξεπερνούσαν οτιδήποτε είχε αντικρίσει μέχρι τότε. Οι σημειώσεις του αποτελούν μια από τις πιο εύγλωττες μαρτυρίες της βαναυσότητας της αποικιοκρατίας. Η αλήθεια είναι ότι οι εμπειρίες του δεν τον μετέτρεψαν σε υπέρμαχο της κατάργησης της δουλείας. Η στάση του στο συγκεκριμένο ζήτημα είναι περίπλοκη και αντιφατική. Δεν υπάρχει αμφιβολία, όμως, ότι τον ευαισθητοποίησαν. Αποτέλεσμα αυτής της ευαισθητοποίησης ήταν η έκδοση των σημειώσεών του υπό μορφή βιβλίου. Η «Αφήγηση της πενταετούς εξόρμησης για την καταστολή των εξεγερμένων νέγρων του Σουρινάμ» (1796) έγινε ένα από τα δημοφιλέστερα αναγνώσματα μεταξύ των abolitionists. Και η αφορμή για τη συνάντησή του με έναν από τους πιο θαρραλέους υποστηρικτές του κινήματος, τον William Blake.

Ο Blake, που με την εικονογράφηση του βιβλίου συνέβαλε στην ανάδειξη του αντιαποικιοκρατικού μήνυμάτος του, ήταν αντιδιαφωτιστής. Επίσης, ήταν και ο ίδιος μια αντιφατική προσωπικότητα, εμφορούμενος από μυστικιστικές πεποιθήσεις και οραματιζόμενος τοπία και σχέσεις που αργότερα αποτέλεσαν εμβλήματα του ρομαντισμού. Κυρίως, όμως, δεν έχανε ευκαιρία να υπερασπίζεται το αδιαπραγμάτευτο δικαίωμα όλων στην ελευθερία και να εκφράζει την επιφυλακτικότητά του ως προς τη δυνατότητα του Διαφωτισμού να εγγυηθεί αυτή την προοπτική. «Οι φυλακές είναι χτισμένες με τις πέτρες του νόμου» έγραφε. Σήμερα γνωρίζουμε ότι, πράγματι, οι εκπρόσωποι της Δημοκρατίας των Γραμμάτων ποτέ δεν πήραν ξεκάθαρη θέση ενάντια στον θεσμό της δουλείας. Η εργαλειοκότητα του λόγου πάντα τους μπέρδευε. Και η ιδέα να αντλήσουν επιχειρήματα απευθείας από τον κόσμο των αξιών έμοιαζε αφόρητα ιδεαλιστική. Ούτε, όμως, η θεμελίωση των αξιών στον λόγο αποτέλεσε ασφαλής βάση για την οικοδόμηση της ελεύθερης Πολιτείας. Η Ευρώπη του Διαφωτισμού δεν υπήρξε ποτέ. Αυτή που υπήρξε πραγματικά είναι η Ευρώπη της αποικιοκρατίας.

M.Π.



Συνδεθείτε με το «Πρίσμα» στο Facebook:
www.facebook.com/PRISMASCIENCEMAGAZINE/



ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Λήδα Αρνέλλου, Διδάκτωρ Επικοινωνίας της Επιστήμης
Γιάννης Κοντογιάννης, Διδάκτωρ Αστροφυσικής
Μανώλης Πατηνιώτης, Καθηγητής Ιστορίας των Επιστημών ΕΚΠΑ
Δημήτρης Πετάκος, Διδάκτωρ Ιστορίας των Επιστημών

Δημιουργική τεχνητή νοημοσύνη

Η ιδέα της κατασκευής μηχανών που να σκέφτονται και να δρουν ως ανθρώπινα όντα δεν είναι καινούργια, αλλά διαπερνά την Ιστορία τόσο στη σύγχρονη εποχή όσο και στην αρχαιότητα. Ωστόσο, η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας κατά τις τελευταίες δεκαετίες, και πιο συγκεκριμένα η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, έχει δώσει νέα ώθηση σ' αυτό το εγχείρημα.

Η αφετηρία ήταν η χρήση των υπολογιστών στην επαναληπτική εκτέλεση πράξεων με σκοπό την υποβοήθηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (όπως η επιστημονική και τεχνολογική έρευνα). Σήμερα κάνουμε λόγο για Τεχνητή Νοημοσύνη, δηλαδή για τη δυνατότητα κατασκευής μηχανών οι οποίες να μπορούν να εκτελούν πράξεις σαν να είναι ευφυείς, όπως ακριβώς ένας άνθρωπος. Μέρος της Τεχνητής Νοημοσύνης αποτελεί η μηχανική μάθηση, δηλαδή η κατασκευή αλγόριθμων οι οποίοι εκπαιδεύονται από μεγάλο όγκο δεδομένων, κατασκευάζοντας μοντέλα με βάση τα οποία ταξινομούν και τα επεξεργάζονται.

Η δημιουργία ευφυών μηχανών σημαίνει βασικά δύο πράγματα: ότι είμαστε σε

θέση να φτιάξουμε μηχανές που θα έχουν τα χαρακτηριστικά του ανθρώπινου νου και ότι γνωρίζουμε πώς λειτουργεί ο ανθρώπινος νους. Προφανώς το εγχείρημα αυτό διαπερνά μια μεγάλη γκάμα ερευνητικών πεδίων, όπως είναι οι Νευροεπιστήμες, η Επιστήμη των Υπολογιστών, η Ρομποτική, τα Μαθηματικά κ.ά. Ταυτόχρονα, λόγω της τεράστιας αύξησης του όγκου δεδομένων που έχουμε στη διάθεσή μας, η Τεχνητή Νοημοσύνη βρίσκει εφαρμογή σχεδόν σε όλες τις επιστήμες και πεδία γνώσης.

Πάντως, οι προκλήσεις παραμένουν: επιδίχερι στιγμής δεν γνωρίζουμε πλήρως πώς λειτουργεί ο ανθρώπινος νους ούτε έχουμε καταφέρει να μετατρέψουμε πλήρως τις γνώσεις που έχουμε για την ανθρώπινη νόηση. Επομένως, αν εξαίρεσει κανείς τις απόψεις μερικών υπεραισιόδοξων μελλοντολόγων, το μεγαλύτερο μέρος της επιστημονικής και τεχνολογικής κοινότητας αναγνωρίζει ότι έχουμε ακόμα αρκετό δρόμο μπροστά μας. Παρ' όλα αυτά, τα επιτεύγματα είναι εντυπωσιακά.

Εκτός από τα οφέλη των εφαρμογών της, προσπαθώντας να ανταποκριθούμε στις προκλήσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης μαθαίνουμε ταυτόχρονα περισσότερα για τον ίδιο τον άνθρωπο νου και για

τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η τέχνη και η επιστήμη.

Τεχνητή Νοημοσύνη και παιχνίδια

Στην προσπάθεια να κατασκευαστούν αλγόριθμοι που θα προσεγγίζουν τις ανθρώπινες νοητικές λειτουργίες, ομάδες επιστημόνων έχουν εργαστεί εντατικά στην κατασκευή μηχανών που να μπορούν να ανταγωνιστούν ανθρώπους σε παιχνίδια στρατηγικής. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι αυτή του υπολογιστή Deer Blue, ο οποίος κατάφερε να νικήσει στο σκάκι τον πρωταθλητή Gary Kasparov το 1996 και το 1997.

Πιο πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί αυτό του Alpha Go της εταιρείας Τεχνητής Νοημοσύνης DeepMind. Το παιχνίδι Go είναι ένα παιχνίδι στρατηγικής που εφευρέθηκε πριν από περίπου 2.500 χρόνια στην Κίνα, κάνοντάς το ένα από τα αρχαιότερα παιχνίδια που παίζονται ακόμα. Το Go, που παίζεται από δύο παίκτες, αποτελείται από ένα πλέγμα δεκαεννέα κάθετων και δεκαεννέα οριζοντίων γραμμών, στα σημεία τομής των οποίων τοποθετούνται μικρές πέτρες, λευκές και μαύρες. Σκοπός του κάθε παίκτη είναι να περικυκλώσει με τις πέτρες του τη μεγαλύτερη δυνατή περιοχή και να αιχμα-

λωτίσει όσο γίνεται περισσότερες πέτρες του αντιπάλου. Το Go έχει τραβήξει την προσοχή της κοινότητας της Τεχνητής Νοημοσύνης διότι ο συνδυασμός των κινήσεων που απαιτούνται για να κερδίσει κανείς είναι πολύ μεγάλος και επομένως αποτελεί μια πρόκληση πολύ μεγαλύτερη από ό,τι το σκάκι.

Το πρόγραμμα AlphaGo εκπαιδεύτηκε μελετώντας τις κινήσεις και τις στρατηγικές αγώνων Go μεταξύ ανθρώπων με τη χρήση τεχνικών βαθιάς μάθησης (deep learning). Τον Μάρτιο του 2016 το AlphaGo κατάφερε να κερδίσει έναν από τους καλύτερους παίκτες Go παγκοσμίως. Σύμφωνα με τον David Silver, επικεφαλής της ερευνητικής ομάδας που βρίσκεται πίσω από την κατασκευή του προγράμματος, ο αλγόριθμος του Alpha Go επέδειξε σημάδια δημιουργικότητας όταν σε έναν από τους αγώνες επέλεξε να κάνει μια κίνηση η οποία ήταν εντελώς απροσδόκητη (η λεγόμενη «κίνηση 37»). Το να κάνει μια κίνηση έξω από τα αναμενόμενα είναι μια ένδειξη ότι ο αλγόριθμος έχει στην ουσία συσσωρεύσει μια εμπειρία για την οποία οι άνθρωποι χρειάστηκαν χιλιάδες χρόνια παζιέματος.

Η επόμενη έκδοση του AlphaGo, το AlphaZero, εκπαιδεύεται πλέον χωρίς τη χρήση παιχνιδιών μεταξύ ανθρώπων, αλλά μαθαίνει απλώς επαναλαμβάνοντας παιχνίδια ενάντια στον «εαυτό» του. Πιστεύεται ότι το AlphaZero είναι πολύ ικανότερο από τον προκάτοχό του και έχει ήδη δείξει πολύ καλά δείγματα, καθώς μπορεί να εκπαιδευτεί και σε άλλα παιχνίδια στρατηγικής και έχει νικήσει άλλα προγράμματα στο σκάκι.

Καλλιτέχνες με Τεχνητή Νοημοσύνη

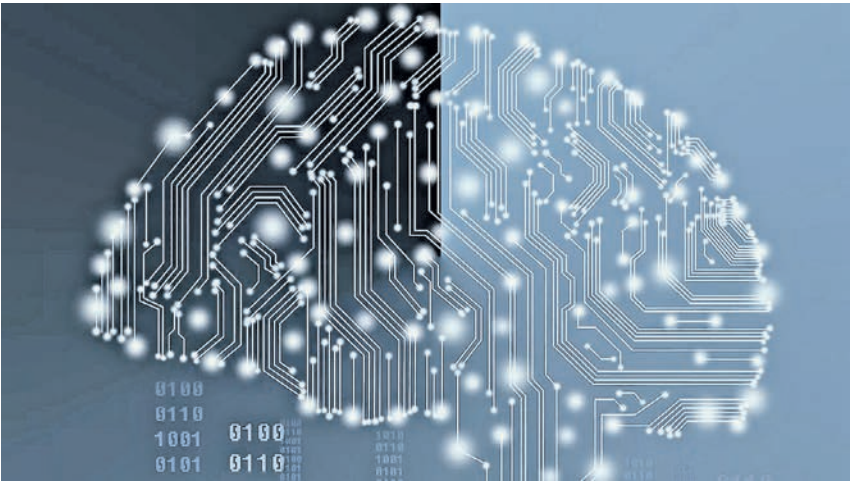
Η χρήση των αλγόριθμων στη μουσική σύνθεση και την τέχνη έχει ξεκινήσει εδώ και δεκαετίες, καθώς οι εξελίξεις στο πεδίο των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν εξάψει την περιέργεια καλλιτεχνών από πολύ νωρίς. Ωστόσο, σήμερα η εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στην τέχνη έχει επίσης μεγάλη σημασία, καθώς σ' αυτό το πεδίο, περισσότερο από όλα τα άλλα, εξετάζεται το κατά πόσο η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να είναι δημιουργική.

Στη μουσική, πολύ μεγάλο ρόλο παίζουν τα μοτίβα των ήχων που επαναλαμβάνονται ή παραλλάσσονται μέσα σε ένα μουσικό κομμάτι. Τέτοια μοτίβα καθώς και άλλα στοιχεία που καθορίζουν το ύφος ενός καλλιτέχνη μπορούν να εντοπιστούν από αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και να αναπαραχθούν. Μια τέτοια περίπτωση είναι αυτή του BachBot (<https://bachbot.com>), το οποίο εκπαιδεύεται

με έργα του Μπαχ και στη συνέχεια καλείται να χρησιμοποιήσει αυτή τη γνώση για να δημιουργήσει νέα έργα. Πολλά από αυτά είναι τόσο ρεαλιστικά, ώστε έχουν ξεγελάσει ακόμα και πολύ «διαβασμένους» μελετητές του είδους.

Το Continuator (<https://www.francoisr pachet.fr/continuator/>) είναι ένα αντίστοιχο πρόγραμμα που εκπαιδεύεται όχι απαραίτητα από τα έργα κάποιου μεγάλου μουσικού, αλλά από οποιονδήποτε θέλει να το χρησιμοποιήσει. Το πρόγραμμα αυτό μπορεί να έχει μεγάλη εκπαιδευτική αξία. Ένας μουσικός που ακούει το πρόγραμμα να αναπαράγει σε πραγματικό χρόνο το στίλ της μουσικής που παίζει ο ίδιος έχει τη δυνατότητα να ακούσει ως ακροατής και να κατανοήσει σε μεγαλύτερο βάθος τις ικανότητές του.

Το The Painting Fool (www.thepaintingfool.com/) είναι ένα πρόγραμμα που ισχυρίζεται ότι είναι ένας εμπνευσμένος ζωγράφος. Ο δημιουργός του είναι ο Simon Colton, καθηγητής Υπολογιστικής Δημιουργικότητας και Τεχνολογιών Ψηφιακών Παιχνιδιών στα Πανεπιστήμια του Falmouth και του Λονδίνου και εμπνεύστηκε το πρόγραμμα αυτό από ένα παλιότερο πρόγραμμα ζωγραφικής με το όνομα AARON. Με το The Painting Fool ο Colton δεν ήθελε απλώς να αναπαράγει ένα πρόγραμμα ζωγραφικής, αλλά να φτιάξει έναν κώδικα ο οποίος θα μπορούσε να θεωρηθεί κάποια μέρα ένας ανεξάρτητος ζωγράφος. Για αυτόν τον λόγο, εκτός από τη δυνατότητα να ζωγραφίζει πορτρέτα, θέλησε να προσδώσει στον αλγόριθμο τη δυνατότητα να εκφράζει μέσω αυτών και τον εσωτερικό του κόσμο. Προκειμένου να «δημιουργήσει» έναν εσωτερικό κόσμο και μια συγκεκριμένη διάθεση, έδωσε στο The Painting



Fool να «διαβάξει» καθημερινά άρθρα από την επικαιρότητα. Με αυτό τον τρόπο η «διάθεση» του τεχνητού ζωγράφου θα καθορίζεται τυχαία από τα άρθρα αυτά και αυτή θα καθορίζει με τη σειρά της το ύφος του πορτρέτου. Σε ακραίες, μάλιστα, περιπτώσεις, όπου το The Painting Fool έχει διαβάσει κάποιο πολύ στενάχωρο νέο, έχει τύχει να αρνηθεί να ζωγραφίσει το πορτρέτο επισκεπτών εξηγώντας τους ευγενικά τους λόγους. Με τη μέθοδό του ο Colton κατάφερε να εισαγάγει στον «τεχνητό του ζωγράφο» μια τυχαιότητα η οποία ξεπερνάει απλώς την αναπαραγωγή μοτίβων ώστε το τελικό αποτέλεσμα να πλησιάζει περισσότερο στην ανθρωπινώς οριζόμενη δημιουργικότητα. Όπως λέει ο ίδιος, όταν το The Painting Fool αρχίζει να παράγει έργα που δεν θα αρέσουν σε εμάς που το προγραμματίσαμε, ίσως τότε να μπορούμε να κάνουμε λόγο για μια πραγματικά τεχνητή δημιουργικότητα.

Ένας επιστήμονας με Τεχνητή Νοημοσύνη

Με τη βοήθεια, λοιπόν, της Τεχνητής Νοημοσύνης μπορούμε να αποκαλύψουμε μοτίβα και να κατασκευάσουμε μοντέλα με βάση τα οποία να κατηγοριοποιούμε τα δεδομένα. Μια τέτοια παρατήρηση προκαλεί το εξής ελκυστι-

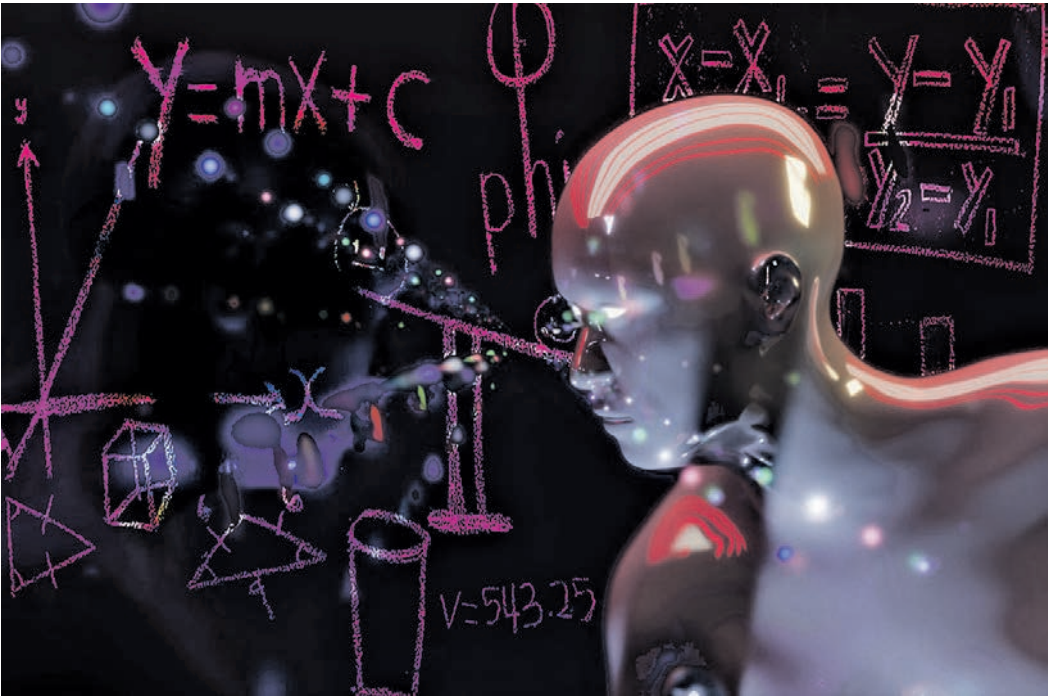
κό ερώτημα: μπορεί η Τεχνητή Νοημοσύνη να προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα και να ανακαλύψει τους νόμους της φύσης παρατηρώντας την;

Σε αυτή την κατεύθυνση εργάστηκαν δυο ερευνητές του MIT, οι Tegmark και Wu, οι οποίοι προσπάθησαν να κατασκευάσουν έναν «φυσικό Τεχνητής Νοημοσύνης» χρησιμοποιώντας αλγόριθμους βαθιάς μάθησης (<https://arxiv.org/pdf/1810.10525.pdf>).

Ο σκοπός του αλγόριθμου ήταν να περιγράψει την κίνηση ενός σώματος σε δύο διαστάσεις, αφού πρώτα έχει «μελετήσει» αμέτρητες εικόνες. Οι εικόνες αυτές, οι οποίες έχουν παραχθεί από προσομοιώσεις, απεικονίζουν τις κινήσεις σωμάτων λόγω βαρύτητας ή ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων και ποικίλουν σε πολυπλοκότητα. Προκειμένου να προσομοιωθεί η επιστημονική μεθόδολογία, οι Tegmark και Wu ενσωμάτωσαν στον αλγόριθμο τέσσερα βασικά στοιχεία της, δηλαδή την ανάλυση σε επιμέρους προβλήματα, το ξυράφι του Όκαμ, τον συνδυασμό θεωριών και την εφαρμογή τους σε μελλοντικά προβλήματα. Στη συνέχεια, αντί να απαιτήσουν από τον αλγόριθμο να παρέχει ένα τελικό μοντέλο που να εξηγήσει τις παρατηρήσεις, αυτός είχε προγραμματιστεί να παρέχει τις απλούστερες θεωρίες για τα επιμέρους υποσύνολα παρατηρήσεων. Αυτές οι θεωρίες αποθηκεύονταν και μπορούσαν στη συνέχεια να ανακληθούν και να συνδυαστούν για να παρέχουν πιο ολοκληρωμένα μοντέλα. Ταυτόχρονα, ο αλγόριθμος μπορούσε να ανακαλέσει τους συνδυασμούς αυτούς, δηλαδή να τους «θυμηθεί» για να μελετήσει μελλοντικά προβλήματα.

Παρ' όλο που οι πιο πολύπλοκες εικόνες δυσκόλεψαν τον αλγόριθμο, αυτός ήταν πολλές φορές πιο ακριβής από συμβατικούς αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, αφού κατάφερε να δημιουργήσει σωστές θεωρίες για το 90% των περιπτώσεων. Οι δύο επιστήμονες της μελέτης θεωρούν ότι αυτή αποτελεί ένα πολύ σημαντικό βήμα για τον τρόπο που μπορεί κανείς να εξάγει συμπεράσματα από δεδομένα χρησιμοποιώντας μη επιτηρούμενη μάθηση, ανοίγοντας τον δρόμο για την ανακάλυψη νέων θεωριών.

Γ.Κ.



Μπορεί η Τεχνητή Νοημοσύνη να είναι δημιουργική;

Μεγάλο μέρος της έρευνας στην Τεχνητή Νοημοσύνη εστιάζει στη δημιουργία αλγορίθμων, οι οποίοι, εκτός από τη δυνατότητα να αναπαράγουν προβλέψιμα αποτελέσματα βάσει κάποιων δεδομένων, επιδεικνύουν και δημιουργικότητα. Ενδείξεις γι' αυτή τη δυνατότητα έχουν υπάρξει σε εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης σε παιχνίδια στρατηγικής (όπως το AlphaGo) ή στην τέχνη. Οι πιο αισιόδοξοι από τους επιστήμονες και μερικοί μελλοντολόγοι κάνουν συχνά λόγο για μια Τεχνητή Νοημοσύνη που θα ξεπεράσει την ανθρώπινη δημιουργικότητα και θα παρουσιάζει υπεράνθρωπες ικανότητες. Ωστόσο, πολλοί φιλόσοφοι εκφράζουν σοβαρές αντιρρήσεις σε τέτοιου είδους τοποθετήσεις. Οι αντιρρήσεις αυτές βασίζονται στο πώς ορίζεται η ανθρώπινη δημιουργικότητα, τι σημαίνει πραγματικά καινοτόμα σκέψη και τι προεκτάσεις μπορεί να έχει ένα μέλλον στο οποίο θα έχει αποθεωθεί η Τεχνητή Νοημοσύνη.

Δημιουργικότητα: Τάξη, μοτίβα και τυχαιότητα

Είναι ίσως εύκολο διασθητικά να καταλάβουμε τι είναι δημιουργικότητα, αλλά λιγότερο εύκολο να δώσουμε έναν πλήρη ορισμό. Μια δημιουργική διαδικασία, όπως είναι η ενασχόληση με την τέχνη ή την επιστήμη, συμπεριλαμβάνει τη μελέτη μιας πράξης, τη μίμησή της, την αλλοίωση ή την πλήρη απόρριψή της και μπορεί να υπόκειται σε τυχαίους περιβαλλοντικούς ή εσωτερικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, ένας μουσικός μαθαίνει τους κανόνες της μουσικής, τα αισθητικά όρια που τίθενται από τα διάφορα ιδιώματα, αναπαράγει ακούσματα ή μουσικά έργα ή τα χρησιμοποιεί ως επιρροές και προσπαθεί να εκφραστεί σύμφωνα με τη διάθεση ή τα ερεθίσματά του.

Μέσα από αυτό το παράδειγμα φαίνεται ότι η δημιουργικότητα χαρακτηρίζεται από παράγοντες όπως η αναπαραγωγή μοτίβων, η τυχαιότητα, η καινοτομία και το ευρύτερο πλαίσιο στο οποίο ένα δημιουργικό ον δρα.

Η αναγνώριση των μοτίβων που εντοπίζονται στην επιστήμη, την τέχνη ή στα παιχνίδια είναι οι κατεξοχήν τομείς στον οποίο η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι αποτελεσματική. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης που αναπαράγουν διάφορα είδη μουσικής, οι μηχανές που παίζουν σκάκι κ.λπ. Ωστόσο, η αναπαραγωγή των μοτίβων που ένας αλγόριθμος έχει εκπαιδευτεί να εντοπίζει δεν αποτελεί από μόνη της δημιουργικότητα, αλλά μίμηση.

Θα μπορούσε βέβαια κανείς με ευκολία να ενσωματώσει σε έναν αλγόριθμο και έναν παράγοντα τυχαιότητας, είτε μέσω γεννητριών τυχαίων αριθμών ή χρησιμοποιώντας πιο εκλεπτυσμένους τρόπους, όπως γίνεται στην περίπτωση του The Painting Fool. Άλλωστε, χρησιμοποιώντας και πάλι το παράδειγμα της τέχνης, η τυχαιότητα είναι κάτι που συναντάμε συχνά, σε καλλιτέχνες όπως, π.χ., ο Pollock. Βέβαια, η τυχαιότητα αν και



μπορεί να οδηγήσει σε νέες κατευθύνσεις, από μόνη της δεν συνιστά δημιουργικότητα ή καινοτομία, καθώς ο καλλιτέχνης (ή ο επιστήμονας κ.λπ.) χρησιμοποιεί ένα κριτήριο επιλογής για να αξιολογήσει το αποτέλεσμα. Αυτό καθιστά μέχρι στιγμής την Τεχνητή Νοημοσύνη εργαλείο και όχι αυθεντικό δημιουργό.

Καινοτομία και ευρύτερο πλαίσιο

Υπάρχουν χαρακτηριστικά παραδείγματα που μας δείχνουν ότι η δημιουργικότητα, τόσο στην τέχνη όσο και στην επιστήμη, είναι κάτι που εκτιμάται και αποτιμάται σε συγκεκριμένες εποχές. Ο Μπαχ έγινε τον 17ο αιώνα ο κύριος εκφραστής του μπαρόκ σε μια εποχή που το ακροατήριο, θρησκευτικό και κοσμικό, ήταν σε θέση να εκτιμήσει το έργο του. Η μουσική του Μπαχ χαρακτηρίζεται από μια σχεδόν ευλαβική τήρηση των κανόνων και των μοτίβων που αυτοί συνεπάγονται και ο ίδιος τους χρησιμοποιήσε στο έπακρο, αναζητώντας τα όρια τους προκειμένου να εκφραστεί. Μια τέτοια πράξη από μηχανές που απλώς αναπαράγουν αυτά τα μοτίβα, ειδικότερα στη σημερινή εποχή, δεν φαίνεται να διακρίνεται από την ίδια δημιουργικότητα.

Το ίδιο επιχείρημα είναι ακόμη ισχυρότερο αν



Το κινέζικο δωμάτιο

ΕΝΑ ΩΡΑΙΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ κατά της υπολογιστικής προσέγγισης της νοημοσύνης, δηλαδή της προσέγγισης που θέλει τον ανθρώπινο νου να μπορεί να αναπαραχθεί μέσω ενός συνόλου από αλγόριθμους, είναι το επιχείρημα του κινέζικου δωματίου. Το επιχείρημα διατυπώθηκε το 1980 από τον John Searle, καθηγητή Φιλοσοφίας του Νου και της Γλώσσας του Πανεπιστημίου του Μπέρκλεϊ.

Ας υποθέσουμε ότι ένα πρόσωπο που δεν μιλάει κινέζικα βρίσκεται κλεισμένο μέσα σε ένα δωμάτιο. Μέσα στο δωμάτιο βρίσκονται επίσης τυπωμένοι διάφοροι κινέζικοι χαρακτήρες και ένα εγχειρίδιο με οδηγίες, οι οποίες περιγράφουν τους συνδυασμούς των χαρακτήρων αυτών που μπορούν να δοθούν ως απαντήσεις σε συνδυασμούς χαρακτήρων που τίθενται ως ερωτήματα. Το πρόσωπο στο δωμάτιο επικοινωνεί μέσω γραπτών μηνυμάτων στα κινέζικα με ένα πρόσωπο το οποίο βρίσκεται έξω από το δωμάτιο και γνωρίζει την κινεζική γλώσσα. Κάθε φορά που το πρόσωπο στο δωμάτιο δέχεται ένα μήνυμα, ανατρέχει στο εγχειρίδιο και αναζητά την κατάλληλη απάντηση στο μήνυμα που δέχτηκε. Αυτό ενδεχομένως να χρειαστεί χρόνο, αλλά, εν τέλει, χρησιμοποιώντας τους τυπωμένους χαρακτήρες συντάσσει την απάντησή του, την οποία στέλνει στο πρόσωπο που βρίσκεται έξω από το δωμάτιο.

Μετά από αρκετό χρόνο και έχοντας ανταλλάξει αρκετά μηνύματα, το πρόσωπο που βρίσκεται εκτός δωματίου μπορεί να σχηματίσει την εντύπωση ότι το πρόσωπο μέσα στο δωμάτιο μιλάει κινέζικα, ωστόσο κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Παρ' όλο που το πρόσωπο μέσα στο δωμάτιο έχει καταφέρει να συντάξει τις σωστές απαντήσεις βάσει των οδηγιών, σε καμία περίπτωση δεν έχει γνώση της γλώσσας. Το επιχείρημα αυτό μπορεί να επικαλεστεί κανείς για να ισχυριστεί ότι η αναγνώριση προτύπων, όσο ακριβής κι αν είναι, δεν συνεπάγεται γνώση του περιεχομένου των μοτίβων που αναγνωρίζονται και ταξινομούνται. Ένας αλγόριθμος μπορεί να έχει απόλυτη επιτυχία στη σωστή αναγνώριση και ταξινόμηση αυτών των προτύπων, ωστόσο αυτό δεν συνεπάγεται ότι ο αλγόριθμος έχει συνείδηση του περιεχομένου των μοτίβων.

Επομένως, οι ισχυρισμοί που θέλουν τη συνείδηση να είναι απλώς μια αλγοριθμική πράξη που μας περιμένει να την αποκωδικοποιήσουμε δεν είναι απαραίτητα ορθοί, διότι ο νους μας, μέσω της συνείδησης, έχει επίγνωση και του περιεχομένου αυτών των πράξεων.

Το κινέζικο δωμάτιο παρουσιάζεται πολύ γλαφυρά σε ένα απόσπασμα από το ντοκιμαντέρ του BBC με τίτλο «The Hunt for AI» με τον Βρετανό μαθηματικό Marcus de Sautoy (<https://www.youtube.com/watch?v=DOMD4sRHjIM>).

Ο De Sautoy εξετάζει στο τελευταίο του βιβλίο, το «The creativity Code», το ζήτημα της δημιουργικότητας στην Τεχνητή Νοημοσύνη και τις προεκτάσεις που έχει. Συνολικά, η προσέγγιση του De Sautoy είναι πιο αισιόδοξη και λιγότερο κατηγορηματική από αυτή του Kelly.



επικαλεστούμε μια περίπτωση από το άλλο άκρο του μουσικού φάσματος, αυτή του Σούνμπεργκ (Shoenberg). Στις αρχές του 20ού αιώνα, μετά από αιώνες τονικής μουσική, ο Σούνμπεργκ πρότεινε έναν άλλο τρόπο σύνθεσης, που καταργούσε αυτούς τους κανόνες. Ο ρόλος της κάθε νότας μέσα σε ένα μουσικό έργο άλλαζε πλέον για πάντα στο έργο του Σούνμπεργκ, αλλά, το κυριότερο, δεν επρόκειτο απλώς για έ-

ναν διαφορετικό τρόπο οργάνωσης των ήχων. Ήταν στην ουσία ένας νέος τρόπος κατανόησης της μουσικής, η οποία απευθυνόταν επίσης σε ένα κοινό που ήταν πρόθυμο να δεχτεί το σπάσιμο της έως τότε μουσικής παράδοσης. Αυτού του είδους η σύνδεση με το ευρύτερο πλαίσιο, σύμφωνα με το φιλόσοφο Sean Dorrance Kelly, καθηγητή Φιλοσοφίας του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ, δεν φαίνεται να υπάρχει στην Τεχνη-

τή Νοημοσύνη που παράγει έργα τέχνης.

Ομοίως ισχύει και σε ό,τι αφορά την επιστήμη. Πριν τη διατύπωση της Θεωρίας της Ειδικής Σχετικότητας από τον Αϊνστάιν, και άλλοι επιστήμονες είχαν διατυπώσει κάποιες από τις εξισώσεις (Lorentz, Poincare κ.λπ.). Ήταν όμως ο ριζικά διαφορετικός τρόπος που είδαμε τον κόσμο υπό το πρίσμα της θεωρίας του Αϊνστάιν και οι επιστημονικές και τεχνολογικές συγκυρίες που μας έκαναν να συνειδητοποιήσουμε τον βαθμό της δημιουργικότητας του επιστήμονα και τη σημασία της καινοτομίας του.

Σε ό,τι, τέλος, αφορά την αποτίμηση της δημιουργικότητας, μπορεί κανείς σ' αυτό το σημείο να κάνει τη σύγκριση με τα παιχνίδια και την α-προσδόκητη δημιουργικότητα που επιδεικνύουν οι αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης μέσω φαινομενικά λανθασμένων κινήσεων (βλ. AlphaGo). Στην περίπτωση των παιχνιδιών υπάρχει ένα ξεκάθαρο μετρήσιμο αποτέλεσμα με βάση το οποίο μπορεί ο αλγόριθμος να αξιολογήσει ένα αποτέλεσμα. Στην περίπτωση της τέχνης, της επιστήμης, αλλά και της ζωής οι δημιουργικές πράξεις δεν έχουν απαραίτητα ένα μετρήσιμο αποτέλεσμα ή έναν μετρήσιμο στόχο. Η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να λειτουργήσει πολύ αποτελεσματικά στο πλαίσιο ορισμένων κανόνων και μετρήσιμων αποτελεσμάτων, αλλά η ανθρώπινη Ιστορία είναι πολύ πιο πολύπλοκη από αυτό. Παρ' όλο που και η τελευταία διακρίνεται από κανόνες, είναι η δυνατότητά μας να σπάμε αυτούς τους κανόνες που μας χαρακτηρίζει ως δημιουργικούς.

Δεν μπορεί η τεχνητή νοημοσύνη να είναι δημιουργική;

Προφανώς σε όλα αυτά υπάρχει και ο αντίλογος. Ήδη αναφερθήκαμε σε προσπάθειες να ενσωματωθούν η επίδραση, π.χ., του περιβάλλοντος και της διάθεσης του «τεχνητού καλλιτέχνη» (βλ. σελ. 2-3 του παρόντος τεύχους). Μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι όσο πολύπλοκο κι αν είναι το πρόβλημα της δημιουργικότητας, μπορεί κανείς τελικά να εντοπίσει τους επιμέρους παράγοντες και να κατασκευάσει τους αντίστοιχους αλγόριθμους.

Οι εκφραστές αυτής της άποψης συχνά ασπάζονται απερίφραστα και την προσέγγιση που θέλει τον ανθρώπινο νου να λειτουργεί όπως ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Για την πλήρη προσομίωση των λειτουργιών του αρκεί μονάχα να βρούμε τον κατάλληλο συνδυασμό αλγορίθμων. Η υπολογιστική αυτή προσέγγιση έχει τους υποστηρικτές και τους πολέμιούς της. Ακόμα κι αν δεχτούμε, όμως, αυτή την προσέγγιση, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι είμαστε ακόμα πολύ μακριά από μια Τεχνητή Νοημοσύνη εφάμιλλη του ανθρώπινου νου, πόσο μάλλον μηχανών οι οποίες να ξεπερνούν κατά πολύ την ανθρώπινη ευφυΐα.

Ο ίδιος ο Kelly δεν απορρίπτει το ενδεχόμενο μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις να οδηγήσουν σε ένα είδος Τεχνητής Νοημοσύνης με διαφορετικά χαρακτηριστικά, αλλά βασίζει τα επι-

Κοινές παρανοήσεις της συνείδησης

ΓΝΩΡΙΖΟΥΜΕ τι είναι συνείδηση; Μπορούμε να φτιάξουμε ρομπότ με συνείδηση βασισμένο στους κατάλληλους αλγόριθμους; Γιατί η συνείδηση αντιμετωπίζεται με προβληματισμό από τους επιστήμονες;

Ο John Searle εξηγεί σε μια ομιλία του στο TEDx στο CERN πώς βλέπουν τη συνείδηση οι επιστήμονες και ποιες είναι οι πιο κοινές και σοβαρές παρανοήσεις σχετικά με αυτή. Μέρος της παρανόησης αποτελεί το λεγόμενο πρόβλημα νου - σώματος, του οποίου η σύγχρονη εκδοχή έχει τις ρίζες της στον Καρτέσιο.

Η σημαντική διάκριση που κάνει ο Searle είναι ότι ένας αλγόριθμος είναι κατά βάση μια αντιμετώπιση ενός προβλήματος ή η εκτέλεση μιας πράξης με βάση μια σύνταξη που στηρίζεται σε μια συμβολική απεικόνιση των δεδομένων εισόδου και των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων. Αντιθέτως, η συνείδηση χαρακτηρίζεται από περιεχόμενο, δεν αποτελείται απλώς από πράξεις αλλά και από επίγνωση του περιεχομένου των πράξεων αυτών.

Σχετικά με τους ακραίους τρόπους που αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες τη συνείδηση, σύμφωνα με τον Searle, υπάρχει μια σύγκυση ανάμεσα στην υποκειμενικότητα και την αντικειμενικότητα ως χαρακτηριστικά της πραγματικότητας και την υποκειμενικότητα και την αντικειμενικότητα ως χαρακτηριστικά των ισχυρισμών που αφορούν την πραγματικότητα. Κατά βάση ισχυρίζεται ότι μπορεί να υπάρχει μια καθόλα αντικειμενική επιστήμη σχετικά με ένα πεδίο το οποίο είναι υποκειμενικό. Παράδειγμα αποτελούν οι Νευροεπιστήμες, οι οποίες διακρίνονται από την αντικειμενικότητα των επιστημών και μελετούν την υποκειμενική ανθρώπινη συνείδηση, αφού αυτό που ο καθένας αντιλαμβάνεται ως συνείδηση είναι μια εκ των πραγμάτων υποκειμενική (δηλαδή του υποκειμένου) εμπειρία.

https://www.youtube.com/watch?v=j_OPQgPldKg



χειρήματά του στον τρόπο με τον οποίο έχουν εξελιχθεί τα πράγματα μέχρι στιγμής. Με τα έως τώρα δεδομένα, και δεδομένου ότι ο τρόπος που αντιλαμβανόμαστε τη δημιουργικότητα εξαρτάται από τις αξίες και τις προσδοκίες μας, θα απαιτούνταν μια ριζική αλλαγή αυτών των αξιών και του τρόπου που αντιλαμβανόμαστε τη δημιουργικότητα.

Σε αυτό το σημείο, ο ίδιος επισημαίνει τον κίνδυνο που επιφέρει στην πολύπλευρη ανθρώπινη δημιουργικότητα η καθημερινή μας προθυμία να συμβιβάζομαστε με έναν μηχανικό τρόπο ζωής, ανάγοντας λιγότερο ή περισσότερο σημαντικά, απλούστερα ή πιο πολύπλοκα ζητήματα σε ερωτήματα τύπου ναι ή όχι. Αυτό θα σήμαινε ενδεχομένως ότι είμαστε έτοιμοι να αποδώσουμε στην Τεχνητή Νοημοσύνη, ως έχει, το κύρος μιας αυθεντίας και να αντικαταστήσουμε την αυθεντική δημιουργικότητα του ανθρώπου με αυτή των μηχανών.

Γ.Κ.

Πηγές για περαιτέρω μελέτη

- Μία από τις πιο πρόσφατες κριτικές δημοσιεύτηκε στο περιοδικό «MIT Technology Review» από τον καθηγητή Φιλοσοφίας του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ Sean Dorrance Kelly. (<https://www.technologyreview.com/s/612913/a-philosopher-argues-that-an-ai-can-never-be-an-artist/>). Μέρος της κριτικής αυτής σκιαγραφήθηκε στο παρόν άρθρο.
- https://lithub.com/what-are-we-saying-when-we-call-an-algorithm-creative/?fbclid=IwAR217yqGn8bkNfNrCJgMYuUWuAt5pqGVRNOhfn_xSoJyB7sDJU4F-mC1s
- <https://www.theverge.com/2019/4/10/18303438/artificial-intelligence-ai-art-book-interview-marcus-du-sautoy-the-creativity-code?fbclid=IwAR2bUICzobTvwPfc18czk1Gen4qRiZoLAlhq7KYyKb7sUleQfhaTQKws>

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΕΝΣΑΡΚΩΣΗ

Dali και Mona Lisa ζωντανεύουν με τη βοήθεια της Τεχνητής Νοημοσύνης

«Πιστεύω γενικά στον θάνατο, αλλά στον θάνατο του Νταλί σίγουρα όχι»
Σαλβαδόρ Νταλί

Το Μουσείο Σαλβαδόρ Νταλί, στη Φλόριντα των Ηνωμένων Πολιτειών, αξιοποιεί τις δυνατότητες της Τεχνητής Νοημοσύνης για να φέρει τον φημισμένο καλλιτέχνη πίσω στη ζωή! Ο Νταλί αποτελούσε αναμφίβολα μία εκκεντρική προσωπικότητα, πειραματιζόταν συχνά μεταξύ άλλων και με την τεχνολογία και δοκίμαζε νέους τρόπους για να δημιουργήσει. Ήταν ο πρώτος καλλιτέχνης που δημιούργησε βίντεο του εαυτού του στο οποίο μιλούσε ενώ ζωγράφιζε και ένας από τους πρώτους που χρησιμοποίησε ολογράμματα στη δουλειά του. Στην επέτειο των 115 χρόνων από τη γέννησή του το Μουσείο εγκαινιάσει το project «Ο Νταλί ζει!» επιβεβαιώνοντας την πεποίθηση που είχε ο ίδιος ο Νταλί για τον θάνατό του.

Το Μουσείο Σαλβαδόρ Νταλί φιλοξενεί περισσότερα από 2.000 έργα του καλλιτέχνη -πίνακες, σκίτσα, γλυπτά, και φωτογραφίες-, ενώ εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες της τεχνολογίας για να ενισχύσει την παραδοσιακή μουσειακή πρακτική. Οι επισκέπτες έχουν τη δυνατότητα να βρεθούν, με τη βοήθεια της τεχνολογίας, μέσα σε δύο πίνακες αλλά και να ζήσουν μια εμπειρία εικονικής πραγματικότητας στην οποία μπορούν να κάνουν έναν περίπατο στον πίνακα «Archeological Reminiscence of Millet's Angelus». Το project «Ο Νταλί ζει!» (thedali.org/dali-lives/) περιλαμβάνει τρία video panels ύψους σχεδόν δύο μέτρων, στα οποία ο ίδιος ο Νταλί μιλά με τους επισκέπτες. Το μόνο που χρειάζεται να κάνουν είναι να τυπήσουν το κουδούνι που υπάρχει στην άκρη του εκθέματος για να του τραβήξουν την προσοχή. Τα panels είναι τοποθετημένα σε διαφορετικούς χώρους του μουσείου και το καθένα προσφέρει μια διαφορετική εμπειρία. Στόχος η συναισθηματική εμπλοκή των επισκέπτη με τον καλλιτέχνη, καθώς έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν τον Νταλί ως προσωπικότητα και να αλληλεπιδράσουν μαζί του!

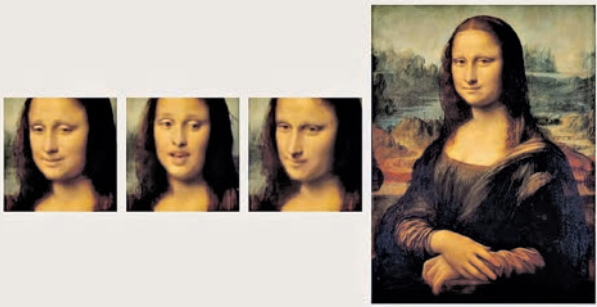
Για να δημιουργηθεί η ψηφιακή προσομοίωση του Νταλί, χρησιμοποιήθηκε ένας αλγόριθμος Τεχνητής Νοημοσύνης που ανέλυσε εκατοντάδες συνεντεύξεις του μαθαίνοντας τις κινήσεις του προσώπου του. Παράλληλα, ένας ηθοποιός που του έμοιαζε μαγνητοσκοπήθηκε σε μια σειρά από σενάρια. Εφαρμόζοντας μια τεχνική παρόμοια με την τεχνολογία deerfake, η ψηφιακή προσομοίωση του προσώπου του Νταλί που μιλάει προσαρμόστηκε στο σώμα του ηθοποιού. Τέλος, με τη βοήθεια ενός άλλου ηθοποιού, με την κατάλληλη προφορά, ηχογραφήθηκαν ατάκες από τα κείμενα και τις συνεντεύξεις του Νταλί δημιουργώντας περισσότερα από εκατό μοναδικά κλιπ. Οι κινήσεις του ηθοποιού και το voice over βιντεοσκοπήθηκαν και ηχογραφήθηκαν πολλές φορές μέχρι να ταιριάξουν απόλυτα με το πρόσωπο που είχε δημιουργηθεί ψηφιακά με τη βοήθεια της Τεχνητής

Το πορτρέτο της Μόνα Λίζα animated

ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ του του Ινστιτούτου Επιστήμης και Τεχνολογίας Σκόκονο και του Κέντρου Τεχνητής Νοημοσύνης της Samsung στη Μόσχα δημιούργησαν ένα animated πορτρέτο της Μόνα Λίζα. Για τη δημιουργία των ζωντανών πορτρέτων χρησιμοποιούνται μέθοδοι Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης και συγκεκριμένα νευρωνικά δίκτυα που μαθαίνουν αναλύοντας εικόνες αναφοράς. Οι κινήσεις του προσώπου που προκύπτουν εφαρμόζονται μετά σε μια στατική εικόνα, όπως για παράδειγμα η Μόνα Λίζα. Όσο περισσότερα καρέ και γωνίες υπάρχουν διαθέσιμα τόσο πιο ρεαλιστικό είναι το αποτέλεσμα. Σύμφωνα με τους ερευνητές, 32 εικόνες αναφοράς αρκούν για να παραχθεί ένα πλήρως ρεαλιστικό αποτέλεσμα, με όσους κινδύνους μπορεί να συνεπάγεται η δυνατότητα αυτή. Χρησιμοποιώντας μόνο μερικά καρέ, οι ερευνητές δημιούργησαν κινούμενα πορτρέτα, τα λεγόμενα deerfakes, της Όπρα, της Μέρilin Μονρόε και του Άλμπερτ Αϊνστάιν. Το αποτέλεσμα μπορείτε να δείτε στο YouTube (Video: Few-Shot Adversarial Learning of Realistic

Neural Talking Head Models). Τα ζωντανά πορτρέτα της Μόνα Λίζα, του αριστουργήματος του Λεονάρντο Ντα Βίντσι, προκύπτουν από μόνο μία εικόνα, οπότε το αποτέλεσμα μπορεί να αφήσει μια περίεργη αίσθηση στον θεατή.

Living portraits



Ο Νταλί έτοιμος να καλωσορίσει τους επισκέπτες. Credit: Dali Lives, Salvador Dali Museum

Νοημοσύνης. Χρειάστηκε συνολικά ένας ολόκληρος χρόνος από τη σύλληψη της ιδέας μέχρι την υλοποίησή της. Το αποτέλεσμα, ένα ψηφιακό έκθεμα στο οποίο ο Νταλί μπορεί να συζητήσει με τους επισκέπτες για πληθώρα θεμάτων, από τη ζωή και το έργο του μέχρι τον καιρό, ενώ δεν διστάζει να βγάλει και selfie μαζί τους!

Το project «Ο Νταλί ζει!» δείχνει την πρόθεση του μουσείου να παραμείνει στην αιχμή της τεχνο-



λογίας αγκαλιάζοντας νέες μεθόδους και μουσειακές τεχνικές ώστε να εμπλέκει τους επισκέπτες με τρόπους αντισυμβατικούς. Η τεχνολογία deerfake είναι συχνά αμφιλεγόμενη, όπως άλλωστε και ο ίδιος ο Νταλί. Υπάρχουν ασφαλώς αρκετά ηθικά διλήμματα που σχετίζονται με το να φέρνεις πίσω στη ζωή τους νεκρούς μέσω τεχνολογίας. Το 2015 έγινε γνωστό ότι ο ηθοποιός Ρόμπιν Γουίλιαμς εξασφάλισε νομικά τη μη χρήση της εικόνας του σε οποιοδήποτε φιλμ ή διαφήμιση για 25 χρόνια μετά τον θάνατό του. Ήταν μία από τις πρώτες φορές που ηθοποιός έλαβε παρόμοια μέτρα, αλλά ίσως σηματοδοτεί την αυγή μιας νέας εποχής. Η ψηφιακή μετά θάνατον ζωή φαίνεται να είναι της μόδας. Το 2014 η Όντρεϊ Χέιμπορν αναστήθηκε ψηφιακά για τις ανάγκες της διαφήμισης της σοκολάτας Galaxy, ενώ ο Μάικλ Τζάκσον, ως ολόγραμμα, εκτέλεσε το κομμάτι του «Slave to the Rhythm» στα 2014 Billboard Music Awards, πέντε χρόνια μετά τον θάνατό του. Οι ηθικές προεκτάσεις της ψηφιακής «ανάστασης» χαμένων ειδώλων αποτελούν αντικείμενο συζήτησης τα τελευταία χρόνια. Οι τεχνολογικές εξελίξεις σύντομα θα επιτρέπουν τη φωτορεαλιστική απεικόνιση σε βίντεο οποιουδήποτε να λείει και να κάνει στιδίοις και αυτό σίγουρα εγείρει μια σειρά από ζητήματα που σχετίζονται μεταξύ άλλων και με την έγερση των fake news.

Προς το παρόν, η ψηφιακή «ανάσταση» απαιτεί την άδεια της οικογένειας ή όποιου κατέχει τα αντίστοιχα δικαιώματα. Ο Νταλί δεν διαθέτει εν ζωή συγγενείς, έχρισε μοναδικό κληρονόμο το Βασίλειο της Ισπανίας στη διαθήκη του, οπότε η εν λόγω εμπειρία δημιουργήθηκε με την άδεια του Ιδρυμάτος Νταλί στην Ισπανία. Η εκκεντρική προσωπικότητα του Νταλί, που αγαπούσε τον πειραματισμό με την τεχνολογία, εξερευνούσε τα όρια της τέχνης και δεν πίστευε στον θάνατό του, φαίνεται ιδανική για την πρώτη περίπτωση ψηφιακής μετενσάρκωσης.

Λ.Α.

Παραγωγή υδρογόνου με βιώσιμες λύσεις

Το υδρογόνο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα χημικά στοιχεία. Αξιοποιείται τόσο ως πρώτη ύλη όσο και σε ενδιάμεσες χημικές διεργασίες για την παραγωγή υλικών, ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και σε συστήματα όπως οι κυψέλες καυσίμου για τη μετατροπή της χημικής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρική. Για την έρευνά του πάνω στην παραγωγή υδρογόνου με βιώσιμες μεθόδους μιλά στο «Πρίσμα» ο Γιώργος Δημητρακόπουλος, μεταδιδακτορικός ερευνητής στα εργαστήρια Reacting Gas Dynamics Laboratory και Laboratory for Electrochemical Interfaces του Τεχνολογικού Ινστιτούτου Μασαχουσέτης (MIT).

Πώς παράγεται το υδρογόνο σήμερα και γιατί αναζητούμε εναλλακτικές τεχνολογίες;

Λόγω της ευρείας χρήσης του, η βιομηχανία απαιτεί τεράστιες ποσότητες υδρογόνου στο χαμηλότερο δυνατό κόστος. Το 75% της παγκόσμιας παραγωγής υδρογόνου βασίζεται σε μια τεχνολογία που μετατρέπει το φυσικό αέριο σε υδρογόνο με τη χρήση ατμού. Στην Αμερική, αυτή η μέθοδος κοστίζει μόνο 2 δολάρια ανά κιλό παραγόμενου υδρογόνου. Εντούτοις, η τεχνολογία αυτή έχει αρκετά μειονεκτήματα. Κατ' αρχάς, απαιτεί σημαντικά ποσά ενέργειας για τη μετατροπή και τον διαχωρισμό του υδρογόνου από τα υπόλοιπα συστατικά που προκύπτουν από την αντίδραση του φυσικού αερίου με ατμό. Επιπλέον, οδηγεί σε αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ενισχύοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Τα παραπάνω μειονεκτήματα της τεχνολογίας είναι γνωστά στη βιομηχανική και επιστημονική κοινότητα. Ωστόσο, η τεχνολογία εξακολουθεί να έχει το χαμηλότερο κόστος και συνεπώς χρησιμοποιείται παγκοσμίως. Σε αυτό το σημείο έρχεται η δική μας δουλειά στο MIT και σε πολλά ακόμα εργαστήρια στον κόσμο. Η έρευνά μας βασίζεται στην ανάπτυξη διαφορετικών τεχνολογιών παραγωγής υδρογόνου οι οποίες θα επιτρέπουν την παραγωγή του στο ίδιο ή χαμηλότερο κόστος σε σύγκριση με την τωρινή μέθοδο, αλλά με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και μικρότερες εκ-

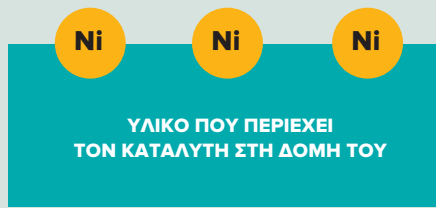
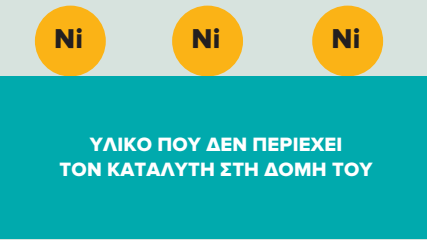
Ταυτότητα της έρευνας

Το Reacting Gas Dynamics Laboratory του MIT διευθύνεται από τον καθηγητή Ahmed F. Ghoniem και ασχολείται με την ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας και χημικών ουσιών με τη χρήση κεραμικών υλικών. Το Laboratory for Electrochemical Interfaces του MIT διευθύνεται από την καθηγήτρια Bilge Yildiz και ασχολείται με την ανάπτυξη ηλεκτροχημικών τεχνολογιών και την εύρεση νέων υλικών και καταλυτών για μπαταρίες και άλλες ηλεκτροχημικές τεχνολογίες. Η συγκεκριμένη έρευνα χρηματοδοτείται από την Exelon Corporation, τον μεγαλύτερο πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας στην Αμερική, και τη Shell, μία από τις μεγαλύτερες πετρελαιοικές εταιρείες παγκοσμίως.

Εικόνα 2

Παραδοσιακή μέθοδος εφαρμογής καταλύτη

Νέα μέθοδος εφαρμογής καταλύτη μέσω καλλιέργειάς του από το εσωτερικό του υλικού



πομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να παραχθεί υδρογόνο;

Υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές μέθοδοι, με τατρέπει σε υδρογόνο (Εικόνα 1). Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της τεχνολογίας είναι πως δεν απαιτείται η χρήση υδρογονανθράκων, αφού η βιομηχανία που μετατρέπει το φυσικό αέριο σε υδρογόνο με τη χρήση ατμού. Επίσης, η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλότερη γιατί το νερό μετατρέπεται απευθείας σε υδρογόνο, χωρίς τη μεσολάβηση ενδιάμεσων διεργασιών. Η θερμότητα και ο ηλεκτρισμός που απαιτούνται μπορούν να προέλθουν από ανανεώσιμες πηγές. Έτσι, έχουμε μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η ίδια τεχνολογία οδηγεί και στην παραγωγή οξυγόνου, το οποίο είναι ακόμα ένα αέριο χρήσιμο για τη βιομηχανία.

Γιατί η ηλεκτρόλυση δεν χρησιμοποιείται σήμερα σε ευρεία κλίμακα;

Παρότι η ηλεκτρόλυση είναι αρκετά υποσχόμενη τεχνολογία, στη μορφή που έχει σήμερα δεν μπορεί να ανταγωνιστεί οικονομικά την υπάρχουσα τεχνολογία. Αυτό οφείλεται σε αρκετά ζητήματα, για τα οποία δεν υπάρχουν ακόμα ικανοποιητικές λύσεις. Κατ' αρχάς, τα υλικά που αξιοποιούνται μέχρι τώρα στην ηλεκτρόλυση έχουν απόδοση και διάρκεια χαμηλότερη από το όριο που απαιτείται. Επίσης, η διαθεσιμότητα της θερμότητας και του ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές είναι διακοπτόμενη, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ποσότητα του παραγόμενου υδρογόνου. Τέλος, η αποθήκευση του υδρογόνου που παράγεται αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα, καθώς η ογκομετρική πυκνότητά του είναι μικρή. Για να αυξήσουμε την ποσότητα του υδρογόνου που μπορεί να αποθηκευτεί, πρέπει να το συμπέσουμε σε πιέσεις που φτάνουν τα 200-500 bar, το οποίο απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας. Ταυτόχρονα, πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι το υδρογόνο είναι εύφλεκτο, επομένως η αποθήκευση και η μεταφορά του απαιτούν κατάλληλο εξοπλισμό ασφαλείας.

Πώς μπορεί η ηλεκτρόλυση να γίνει οικονομικά βιώσιμη και πώς συνδέεται το αντικείμενο της έρευνάς σας με αυτό;

Απαιτείται έρευνα στην ανάπτυξη καλύτερων υλικών, στην εφεύρεση νέων μεθόδων δημιουργίας καταλυτών και στην εύρεση μεθόδων που επιτρέπουν την αποθήκευση και μεταφορά υδρογόνου με πιο οικονομικό τρόπο. Η δική μου έρευνα στοχεύει στη δημιουργία υλικών και καταλυτών με σκοπό την αύξηση της απόδοσης και της διάρκειας ζωής του συστήματος. Μελετώ μια νέα μέθοδο παραγωγής καταλυτών στην οποία, αντί ο καταλύτης να τοποθετείται πάνω στο υλικό ώστε να αυξήσει την απόδοσή του (η παραδοσιακή μέθοδος), προστίθεται μέσα στο υλικό κατά τη σύνθεσή του και μεγαλώνει από το εσωτερικό του υλικού στην επιφάνειά του κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος (Εικόνα 2). Οι καταλύτες που παράγονται με αυτόν τον τρόπο έχουν καλύτερη απόδοση και διάρκεια ζωής σε σχέση με την παραδοσιακή μέθοδο. Επίσης, μπορούν να ανανεωνθούν αν η απόδοσή τους μειωθεί, χωρίς να απαιτείται αλλαγή του συστήματος και είναι ανθεκτικοί σε τυχόν ακαθαρσίες που μπορεί να περιέχονται στο νερό. Δεδομένων αυτών των πλεονεκτημάτων, το κόστος παραγωγής υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης μπορεί να περιοριστεί σε σημαντικό βαθμό.

Ποια μεθοδολογία χρησιμοποιείτε και πώς βλέπετε να εξελίσσεται μελλοντικά η έρευνά σας;

Η μεθοδολογία που ακολουθείται απαρτίζεται από διάφορα στάδια. Το πρώτο και πιο σημαντικό είναι η σύνθεση, δημιουργιών υλικών και η εκτενής μελέτη της κρυσταλλικής δομής και των ιδιοτήτων της επιφάνειάς τους. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μεθόδων όπως η Περίθλαση Ακτίνων Χ (X-Ray Diffraction) και η Φασματοσκοπία Φωτοηλεκτρονίων Ακτίνων Χ (X-Ray Photoelectron Spectroscopy). Στη συνέχεια, πραγματοποιώ μετρήσεις γέννησης του καταλύτη και απόδοσης του συστήματος και μελετώ ξανά τα υλικά μετά το τέλος του πειράματος ώστε να εξακριβώσω αν άλλαξαν ή όχι. Τέλος, σημαντικό κομμάτι αποτελεί και η συγγραφή επιστημονικών δημοσιεύσεων αλλά και προτάσεων για την εύρεση νέας χρηματοδότησης. Το επόμενο στάδιο της έρευνάς μου περιλαμβάνει τη χρήση μεθόδων Τεχνητής Νοημοσύνης για να την ανακάλυψη νέων υλικών και καταλυτών. Παράλληλα, πραγματοποιώ έρευνα για την ανάπτυξη μιας νέας τεχνολογίας παραγωγής αιθανίου και αιθυλενίου από φυσικό αέριο και οξυγόνο.

ΔΑΦΝΗ ΑΡΝΕΛΛΟΥ

ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

Μέρος Πρώτο: Η καταγωγή τους

Οι νόμοι της φύσης δεν υπήρχαν πάντα και δεν τους ανακαλύψαμε ποτέ. Ενδεχομένως να είναι αρκετά προβοκατόρικη μια τέτοια εισαγωγική πρόταση στο πρώτο άρθρο ενός αφιερώματος για τους νόμους της φύσης. Αποτελεί, ωστόσο, μια ιστορική πραγματικότητα. Οι νόμοι της φύσης επινοήθηκαν μέσα σε ένα εξαιρετικά σύνθετο πολιτισμικό πλαίσιο. Πρόκειται για το πλαίσιο συγκρότησης της πρώιμης νεότερης Ευρώπης. Σκοπός αυτού του αφιερώματος είναι να αναδείξει πώς προέκυψε αυτή η τόσο κομβική έννοια για τις Φυσικές Επιστήμες και πώς αποτύπωνε όχι μόνο τις διανοητικές αλλά και τις ιδεολογικές και κοινωνικές συνθήκες της εποχής. Όπως έχουμε σημειώσει και σε άλλα άρθρα, η επιστήμη δεν υπήρξε ποτέ ουδέτερη ούτε αναπόφευκτη.

Πριν μιλήσουμε, ωστόσο, για το πώς αναδείχθηκαν οι φυσικοί νόμοι, θα ήταν χρήσιμο να δούμε πότε. Το παρόν άρθρο είναι αφιερωμένο στις διαφορετικές ιστοριογραφικές προσεγγίσεις. Όπως καθετί που αποτελεί ιστορικό γεγονός, έτσι και στην περίπτωση των νόμων της φύσης οι ερμηνείες των ιστορικών της επιστήμης δεν είναι ευθυγραμμισμένες, αλλά ετερόκλητες. Ο μαρξιστής ιστορικός και φιλόσοφος των επιστημών Edgar Zilsel στη δεκαετία του 1930 ισχυρίστηκε ότι οι νόμοι της φύσης προέκυψαν από τη μετάλλαξη των θρησκευτικών νόμων της Βίβλου στους γεωμετρικούς κανόνες του αστρονόμου Γιοχάνες Κέπλερ (17ος αιώνας). Πρακτικά, ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε τον νόμο ως μεταφορά. Ωστόσο, την έννοια του φυσικού νόμου, όπως αυτή πρωταγωνιστεί και στη σύγχρονη επιστήμη, ο Zilsel την αποδίδει στον Γάλλο φιλόσοφο και μαθηματικό Ρενέ Ντεκάρτ. Από και πέρα, η έννοια του φυσικού νόμου οφείλεται, σύμφωνα με τον Zilsel, στην παρουσία συγκεκριμένων πολιτικών και κοινωνικών συνθηκών, όπως την ανάπτυξη του καπιταλισμού, όταν οι τεχνίτες αναμείχθηκαν με τους διανοητές και επινόησαν νέες μεθόδους στη μελέτη της φύσης. Μόνο μετά την ανάπτυξη του καπιταλισμού θα μπορούσε να υπάρξει μια τέτοια έννοια. Σε αυτή περίπτωση τη γραμμή σκέψης τοποθετήθηκε και ο Joseph Needham, ο οποίος είναι γνωστός για τις μελέτες του στην ιστορία της κινέζικης επιστήμης και τη σύγκρισή της με τη δυτική. Ο Needham συμφωνεί με τον Zilsel ότι η έννοια του φυσικού νόμου έπρεπε να νομιμοποιηθεί πολιτικά και κοινωνικά πριν αποτελέσει μέρος της επιστημονικής ορολογίας.

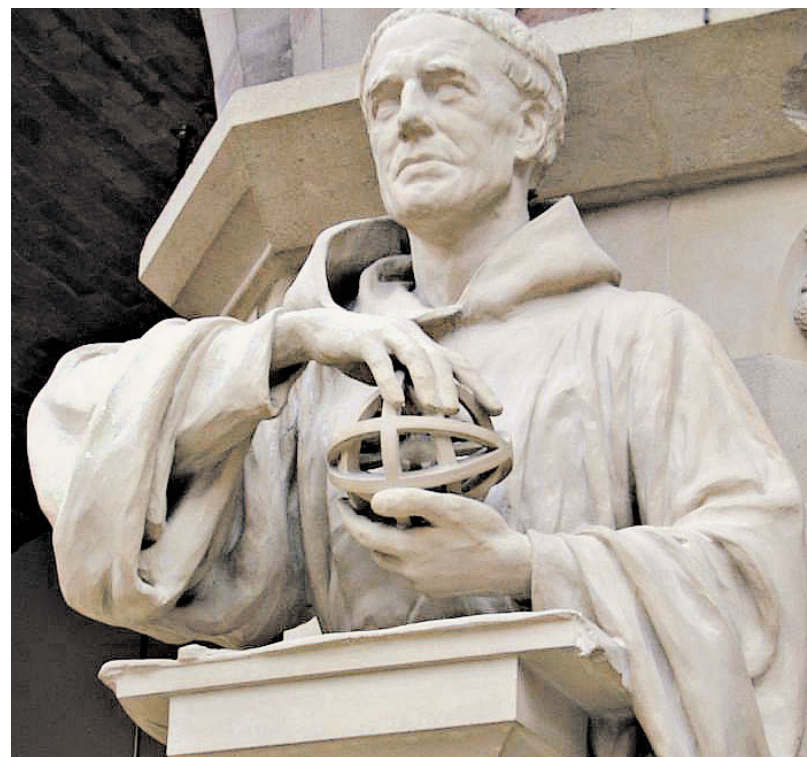
Ο ιστορικός των επιστημών Alistair Crombie ισχυρίστηκε ότι ο νόμος της φύσης εμφανίστηκε για πρώτη φορά στο έργο του Ρότζερ Μπέικον κατά τον 13ο αιώνα. Ο Ρότζερ Μπέικον ήταν μαθηματικός και φιλόσοφος και ήταν εκείνος που πρόσθεσε στα προγράμματα σπουδών των πανεπιστημίων τη Γεωμετρική Οπτική, τη μελέτη δηλαδή της συμπεριφοράς του φωτός. Παρόμοια άποψη συμμεριζόταν και η ιστορικός Jane Ruby, η οποία θεωρούσε ότι στην ευκλείδεια αξιωματική μέθοδο, στα Μαθηματικά και στην Αστρονομία του Regiomontanus, καθώς και στη Γεωμετρική Οπτική του Ρότζερ Μπέικον βρίσκονται οι απαρχές συγκρότησης του νόμου της φύ-

σης, από τον 13ο έως τον 15ο αιώνα. Ο Needham θα ενσωμάτωνε αργότερα αυτή την ερμηνεία και στο δικό του έργο.

Ο ιστορικός Francis Oakley υποστήριξε ότι η καταγωγή των νόμων της φύσης βρισκόταν στις μεσαιωνικές συζητήσεις των νομιναλιστών φιλοσόφων και θεολόγων για την πρόνοια και τη βούληση του Θεού. Με τον Oakley συμπορεύτηκε ο John R. Milton. Αν και δεν συμφωνούσε απόλυτα με τις μεσαιωνικές καταβολές της έννοιας του νόμου της φύσης, θεωρούσε ότι η Φιλοσοφία, που βασιζόταν σε μια εμπειρική μελέτη του κόσμου, και η Θεολογία, που αποτύπωνε την εικόνα ενός πανίσχυρου Θεού που διαρκώς παρεμβαίνει στον κόσμο με συγκεκριμένες πράξεις, αποτελούσαν το απαραίτητο υπόστρωμα για την ανάπτυξη του νόμου της φύσης στον 17ο αιώνα. Χωρίς την ανάγκη να υπάρχει ένας «νομοθέτης» Θεός διαρκώς παρών, ο οποίος θα εφάρμοζε τους νόμους της φύσης μέσω απόλυτης δύναμης, δεν θα μπορούσε να έχει γεννηθεί ο νόμος της φύσης.

Με τους Oakley και Milton, δηλαδή τις θεολογικές καταβολές του νόμου της φύσης, συμπαρατάχθηκε και ο εξαιρετικός μελετητής της μεσαιωνικής και πρώιμης νεότερης Φιλοσοφίας Amos Funkenstein. Ο Funkenstein, στο εμβληματικό του έργο «Theology and the Scientific Imagination» (1986) μελέτησε, μεταξύ άλλων, τη διαδρομή της έννοιας του νόμου και προσπάθησε να αναδείξει τη σημασία της συσχέτισης Θεολογίας, Φιλοσοφίας και Μαθηματικών.

Ιστορικοί των επιστημών, όπως ο Peter Harrison, ο John Henry και πολλοί άλλοι, αναγνωρίζουν τη σημασία και τη διεισδυτικότητα όλων των προηγούμενων προσεγγίσεων, αλλά θεωρούν ότι όλες έχουν στοιχεία που δεν μπορούν να αγνοηθούν. Σχεδόν όλοι οι ιστορικοί και φιλόσοφοι των επιστημών συναινούν ότι οι συζητήσεις στον 17ο αιώνα για τους νόμους της φύσης γίνονταν, κατά βάση, σε θεολογικό και φιλοσοφι-



κό πλαίσιο. Σε αυτό που υπάρχει, σχεδόν, καθολική συναίνεση είναι ότι οι νόμοι της φύσης επινοούνται, για πρώτη φορά, από τον Ρενέ Ντεκάρτ. Ο Ντεκάρτ, στο έργο του «Le Monde» (1629-1633), έχει τρεις νόμους της κίνησης, με τους οποίους φιλοδοξεί να περιγράψει τις κινήσεις όλων των σωμάτων, επίγειων και ουρανίων. Ο Γάλλος φιλόσοφος θεωρούσε ότι ο κόσμος ήταν μια τεράστια μηχανή, που λειτουργούσε επειδή ο Θεός έθεσε συγκεκριμένους φυσικούς κανόνες. Σε αυτούς τους κανόνες, δηλαδή τους νόμους της φύσης, υπακούουν οι κινήσεις όλων των υλικών σωμάτων. Αυτοί οι κανόνες μπορούν να περιγραφούν, σύμφωνα με τον Ντεκάρτ, μέσω των Μαθηματικών. Το ερώτημα είναι: ποιος είναι ο νομοθέτης; Η απάντηση του Ντεκάρτ ήταν «ο Θεός». Ο Θεός ήταν εκείνος που διασφάλιζε τη διατήρηση της ποσότητας της κίνησης και «εξανάγκαζε» τον κόσμο να υπακούει στους νόμους του. Οι νόμοι του Ντεκάρτ, επομένως, αποτελούσαν τα αίτια των συγκεκριμένων κινήσεων των σωμάτων, η ύπαρξή τους διασφαλιζόταν από τον Θεό και η γεωμετρία του Ντεκάρτ ταυτιζόταν με τη γεωμετρία της ύλης, δηλαδή όλων των σωμάτων που συγκροτούν τη φύση.

Στον 17ο αιώνα, επομένως, γεννιέται μια εξαιρετικά ενδιαφέρουσα έννοια και από τότε οι επιστήμονες αναζητούν νόμους της φύσης. Η γέννηση αυτής της έννοιας, όμως, θα έφερνε νέα σημαντικά ερωτήματα. Τι είναι οι νόμοι της φύσης; Αν υπάρχουν και τους έθεσε ο Θεός, αυτό δεν σημαίνει αυτομάτως ότι είναι τέλει και αδιαμφισβήτητοι; Ο Θεός δεσμεύεται από αυτούς τους νόμους ή μπορεί να τους παραβιάσει; Μήπως θα έπρεπε η κοινωνία, η πολιτική και η ηθική να επινοήσουν νόμους εξίσου απαραβίαστους και αυστηρούς; Στα επόμενα άρθρα θα δούμε μερικές από τις απαντήσεις που δόθηκαν σε αυτά τα ερωτήματα.

Δ.Π.

