



Στην εποχή της ταχύτητας, όπου οι εξελίξεις στην επιστήμη, την τεχνολογία και την κοινωνία είναι ιλιγγιώδεις, κοινός παρονομαστής παραμένει η ψηφιακή τεχνολογία. Ποιος μπορεί να αντικρούσει το επιχείρημα ότι αν δεν υπήρχαν ηλεκτρονικοί υπολογιστές η πρόοδος δε θα ήταν τόσο θεαματική σε πάρα πολλούς τομείς; Η υπολογιστική δύναμη είναι η ατμομηχανή του σύγχρονου κόσμου μας.

Συνέντευξη
με τον **Bernard Chazelle**

ΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΙΝΑΙ Η «ΚΒΑΝΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ» ΤΟΥ 21ου ΑΙΩΝΑ

Του ΜΑΤΘΑΙΟΥ ΤΣΙΜΙΤΑΚΗ
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ: ΚΑΝΑΡΗΣ ΤΣΙΓΚΑΝΟΣ

ΕΝΝΗΜΕΝΟΣ στο Παρίσι, όπου έζησε τα πρώτα 18 του χρόνια προτού περάσει τον Ατλαντικό για σπουδές και ακαδημαϊκή καριέρα, ο Bernard Chazelle, καθηγητής της επιστήμης υπολογιστών στο πανεπιστήμιο Princeton, πιστεύει ότι Βρισκόμαστε μόλις στην αρχή της εποχής των αλγορίθμων. Ανήκει σ' εκείνη την ακαδημαϊκή ελίτ η οποία μπορεί να ξεκλέψει έγκυρες ματιές προς το μέλλον σε πολλά επίπεδα, αν όχι να το καθορίζει και σε κάποιο βαθμό. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα αφορούν τη θεωρία αλγορίθμων και πολυπλοκότητας, τη μελέτη τυχαιότητας και ασυμφωνίας (discrepancy). Είναι συγγραφέας του Βιβλίου *The Discrepancy Method: Randomness and Complexity* και περισσότερων από 100 άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά. Τυχάνει διεθνούς αναγνώρισης για το σχεδιασμό αποδειγμένα Βέλτιστων αλγορίθμων σε κάρια γεωμετρικά και συνδυαστικά προβλήματα, για τις αποτελεσματικές μεθόδους απλοποίησης συνδυαστικής πληροφορίας, καθώς και για πρωτότυπες τεχνικές αποθήκευσης δεδομένων.

Στη συνέντευξη που θα διαβάσετε παρακάτω, διακρίνεται ότι ο νόμος του Moure έχει πεθάνει (η υπολογιστική ισχύς θα αυξάνεται κάθε 18 μήνες, ενώ θα μικραίνει το μέγεθος των κυκλωμάτων) και ότι στο εξής θα σπάσει το μονοπάλιο των Microsoft και Intel. Εξηγεί πώς το Google Βοηθάει τη σύγχρονη βιολογική έρευνα και γιατί η επιστήμη των υπολογιστών δεν αφορά μόνο τους υπολογιστές αλλά το σύνολο των επιστημών. Συγκρίνει τους αλγόριθμους με την κβαντομηχανική, πιστεύοντας πως η επίδρασή τους στην επιστήμη και την κοινωνία θα είναι ανάλογη με αυτήν της κβαντομηχανικής κατά τον 20ό αιώνα. «Αντιλήψεις, έννοιες και πεποιθήσεις θα αλλάξουν», υποστηρίζει. Εκτός από καλός μελλοντολόγος, όμως, ο Chazelle είναι και μια σπάνια περίπτωση ανθρώπου.

Συνδυάζει την ευρωπαϊκή «κουλτούρα» με την αμερικανική «πρακτικότητα». Προσεγγίζει θεωρητικά τα ερωτήματα, εμβαθύνοντας όμως προκειμένου να δώσει εφαρμόσιμες απαντήσεις. Το νεανικό πάθος του ήταν οι κοινωνικές επιστήμες, αφού μεγάλωσε σε έντονα πολιτικοποιημένο περιβάλλον τις δεκαετίες του '60 και του '70 στη Γαλλία. «Τότε μιλούσαμε για Αριστερά και Δεξιά στην Ευρώπη», λέει. «Σήμερα μιλάμε για την ελίτ και τους υπόλοιπους». Τον κέρδισαν τα μαθηματικά λόγω της ομορφιάς τους και αρκετά αργότερα οι αλγόριθμοι. Βαθιά πολιτικοποιημένος, ακόμα αρθρογραφεί συστηματικά σε μικρές πολιτικές επιθεωρήσεις και στο Διαδίκτυο για θέματα όπως το Ιράκ, οι ταραχές στη Γαλλία, τι σημαίνει αντιαμερικανισμός κ.α. Ο Bernard Chazelle Βρέθηκε στην Ελλάδα για λίγες μέρες, καλεσμένος του ελληνικού συλλόγου αποφοίτων του Princeton, προκειμένου να δώσει μια ομιλία στο Διεθνές Κέντρο Ελληνικών και Μεσογειακών Σπουδών.

Έχετε πει ότι ο νόμος του Moure δε θα ισχύει πια σε λίγα χρόνια. Τι εννοούσατε;

Πιθανότατα έκανα λάθος. Ήμουν με τον Bill Gates πριν λίγους μήνες και μου έλεγε ότι γι' αυτούς είναι ήδη νεκρός ο νόμος. Του είπα πώς για την Intel δεν είναι. Μου αντέτεινε πώς έφτασαν πια στο σημείο όπου δεν μπορούν να προχωρήσουν. Η θερμότητα είναι τόσο μεγάλη, που θα έλιωνε τα κυκλώματα. Έτσι, τα αυξάνουν μεν αλλά μειώνουν το χρονιομό. Το αποτέλεσμα είναι επεξεργαστές που δεν πάνε πιο γρήγορα. Το μεθεπόμενο χρόνο θα κυκλοφορήσουν τα windows vista και ήδη προγραμματίζουν με ορίζοντα δεκαετίας. Σχεδιάζουν υπολογίζοντας πού θα είναι η επεξεργαστική ισχύς τότε βάσει του νόμου του Moure. Τα επόμενα δέκα χρόνια, λοιπόν, οι υπολογιστές θα έχουν περίπου την ίδια επεξεργαστική ισχύ με αυτήν που διαθέτουν σήμερα. Οι εταιρείες θα μεταποδήσουν σε συστήματα παράλληλης αρχιτεκτονικής με διπλούς επεξεργαστές, για να διατηρήσουν την πρόοδο. Για την Intel θα είναι καταστροφή,

αφού θα εμφανιστούν χιλιάδες εταιρείες που θα κατασκευάζουν μικροεπεξεργαστές. Και θα άρχισει πραγματικά η εποχή των αλγορίθμων. Έως σήμερα ό,τι δεν μπορούσε να πετύχεις με έξυπνους αλγόριθμους το πετύχαινες με πιο γρήγορους υπολογιστές. Τότε όμως δε θα υπάρχει άλλη λύση.

– Από αυτή την άποψη η αγορά πληροφορικής δε βοήθησε ιδιαίτερα την πρόοδο, έτσι;

– Ναι, ο νόμος του Moure ήταν ανασταλτικός παράγοντας για την πρόοδο τους υπολογιστές.

– Τι εννοείτε όταν λέτε ότι το irod ίσως κρατάει το μυστικό της σύγχρονης επιστήμης;

– Ξέρω ότι είναι προκλητικός τίτλος, αλλά έχει το σκοπό του. Επισημάνει ακριβώς ότι πρόκειται να έρθει μια πολύ μεγάλη επανάσταση

ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΟΧΗΣ

– Πολλοί φιλοβούνται ότι το Google είναι το επόμενο μονοπωλιακό «τέρας» μετά τη Microsoft. Ιδιαίτερα φοβίζουν εργαλεία όπως το Google desktop search και το GMail. Πώς εξασφαλίζουμε ότι δεν πουλάνε αρχεία;

– Ναι, υπάρχουν θέματα προστασίας του απορρήτου. Χρησιμοποιούν τα στοιχεία σου για τις databases τους. Λένε πως δε διαβάζουν το περιεχόμενο, παρά μόνο τα βασικά στοιχεία, ποιος προς ποιον. Άλλα έστω κι έτσι, θες να διαβάζει κάποια εταιρεία τα στοιχεία σου;

– Βέβαια, αυτό είναι πολύ μεγάλο θέμα στην ψηφιακή εποχή γενικά. Δεν υπάρχει ιδιωτικότητα πια. Όλα καταγράφονται ανά πάσα ώρα και στιγμή. Ακούσατε ίσως ότι δημιουργήθηκε μεγάλο θέμα εδώ με τις υποκλοπές.

– Ναι, το διάβασα. Μεγάλο σκάνδαλο, ε; Όλα αυτά είναι πολύ σοβαρά θέματα. Κάποιοι λένε ότι, εφόσον κρατούνται τα στοιχεία όλων, δημιουργείται ασφάλεια μέσα στο ακανέ των αριθμών. Κοιτάξτε όμως και τη θετική πλευρά: Έχω φίλους κοινωνιολόγους που δεν πάνε πια στο πεδίο ή πάνε λιγότερο, γιατί βρίσκουν πολύ περισσότερη πληροφορία στο web.

στην επιστήμη υπολογιστών και τη ζωή μας. Επισημάνει ακόμα ότι οπό όλες τις επιστημονικές προκλήσεις σήμερα, αυτή των υπολογιστών είναι η πιο «καθολική». Περίπου το 90% όσων βλέπετε γύρω σας στο φυσικό κόσμο περιγράφονται από μαθηματικές διατυπώσεις, καὶ μάλιστα πολύ λίγες. Τόσο λίγες, που θα μπορούσα να τις γράψω όλες σε ένα φύλλο A4. Έχετε διαφορικές εξισώσεις, τις εξισώσεις του Schrödinger και της κβαντομηχανικής, σχετικότητα... Εξηγούν σχέδον τα πάντα. Κατά τον 20ό αιώνα η κβαντομηχανική άλλαξε τα πάντα στην επιστήμη. Η υπόθεσή μου είναι πως οι αλγόριθμοι θα παίξουν τον ίδιο ρόλο κατά τον 21ο αιώνα. Γιατί αυτό: Καταλαβαίνουμε πλέον πως τα κλασικά μαθηματικά φτάνουν σε αδιέξοδο. Χρησιμοποιούμε νέες εξισώσεις για να εξηγήσουμε φαινόμενα, και δεν τα καταφέρνουμε. Προσπαθούμε, για παράδειγμα, να εξηγήσουμε πώς λειτουργεί ένα κύπαρο, και αποτυγχάνουμε. Προσπαθούμε να θρούμε εξισώσεις για το χρηματιστήριο, και αποτυγχάνουμε. Για άλλη μια φορά προσπαθούμε με αρχαία εργαλεία να λύσουμε προβλήματα που απαιτούν σύγχρονη αντιμετώπιση. Πιστεύω λοιπόν πως οι αλγόριθμοι –και όχι νέες εξισώσεις (formulas)– θα μας δώσουν λύσεις.

– Οι αλγόριθμοι μοιάζουν λίγο με συνταγές, έτσι; Γιατί όχι κάποιος άλλος κλάδος των μαθηματικών;

– Αυτό που κάνει τους αλγόριθμους θεμελιωδώς διαφορετικούς από τις εξισώσεις είναι ότι μπορούν να αυτο-αντιγραφούν. Η πρώτη εργασία που δίνουμε στους φοιτητές μας είναι ακριβώς να γράψουν, σε όποια γλώσσα προγραμματισμού επιθυμούν, ένα πρόγραμμα το οποίο αντιγράφει τον εαυτό του, και τους ζητάμε να είναι όσο πιο μικρό γίνεται. Τους δίνουμε να καταλάβουν πώς αυτό δεν είναι απλώς hacking ή ένα απύχημα αλλά είναι θεμελιώδες. Γιατί μόνο στον κόρμο των αλγορίθμων μπορεί να συμβεί.

Σε επιστήμες όπως η ψυχολογία, η κοινωνιολογία, η οικολογία αυτά είναι πολύ χρήσιμα εργαλεία. Έχεις, για παράδειγμα, ένα δίκτυο ανθρώπων και θες να δεις πώς συμπεριφέρεται. Του δίνεις τις συνισταμένες και βλέπεις τι συμβαίνει. Θες να δεις πώς εξαπλώνεται ένας ίδιος στο Διαδίκτυο (που παρεμπιπόντως μοιάζει με τον τρόπο με τον οποίο εξαπλώνεται ένας ίδιος στο σώμα) και θες να του επιτεθείς. Πώς θα σχεδιάσεις την επίθεση;

– Μπίκατε στα χωράφια των πολύπλοκων μη γραμμικών συστημάτων.

– Από εκεί ξεκινάνε όλα. Δείτε, ας πούμε, τι γίνεται με τον καιρό. Για να τον προβλέψεις χρειάζεται να έχεις επιτόπια στοιχεία για τις παρούσες συνθήκες. Για να το κάνεις αυτό όμως με αποδεκτή ακρίβεια, απαιτούνται τόσο πολλά στοιχεία, που πρακτικά είναι αδύνατο. Δεν μπορείς να έχεις μετρήσει παντού. Τα κλασικά μαθηματικά αποτυχάνουν. Εκεί μπαίνει το χάος, εξισώσεις με μια επαναλαμβανόμενη παράμετρο (feedback loop). Είκοσι πέντε χρόνια χρειάστηκαν για να το καταλάβουν αυτό. Τώρα πια στο εργαστήριό μου σχεδιάζουμε εντυπωσιακά πιο πολύπλοκους αλγόριθμους, από αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν για τη θεωρία του χάος. Η θεωρία της πολυπλοκότητας απαιτεί να απαντήσουμε στις πιο βασικές ερωτήσεις των αλγορίθμων. Πόσος χρόνος χρειάζεται, πόσος χώρος, πόσο τυχαιότητα. Δεν ξέρουμε πώς να απαντήσουμε σε αυτά. Κι όσο επηρέμενος ακούγομενος όταν λέω ότι το irod ίσως κρατάει το μυστικό της σύγχρονης επιστήμης, τόσο σεμνός θα είμαι τώρα. Πιστεύω ότι η επιστήμη μας είναι στα σπάργανα. Είμαστε στο ίδιο επίπεδο όπου ή-

ταν η φυσική το 18ο αιώνα. Έχουμε μόλις ξύσει την επιφάνεια του παγόβουνου.

– Ποια είναι η μεγαλύτερη πρόκληση στην επιστήμη σας;

– Η λύση του ρ=ηρ. Στα μαθηματικά υπάρχουν δύο βασικές ενέργειες. Η απόδειξη και ο έλεγχος της απόδειξης. Όλοι πιστεύουν ότι αν έχεις την απόδειξη, ο έλεγχος πρέπει να είναι κάτι εύκολο. Μόνο που... δεν μπορούμε να το αποδείξουμε αυτό. Αυτό είναι το πιο θεμελιώδες ερώτημα στην επιστήμη μας.

– Είναι ένα από τα οκτώ αποκαλούμενα «προβλήματα της χιλιετίας».

– Ο λόγος για τον οποίο δεν μπορούμε να απαντήσουμε σε αυτή την ερώτηση είναι γιατί υπάρχει μια τεράστια περιοχή την οποία δεν καταλαβαίνουμε. Δεν είναι όπως η θερμοπυρηνική σύντηξη, όπου ακόμα υπάρχει «κάτι» που δεν καταλαβαίνουμε. Καμιά σχέση. Εδώ δεν καταλαβαίνουμε τίποτα, και όποιος πει το αντίθετο ή είναι ψεύτης ή δεν ξέρει για τι μιλάει. Οι συνέπειες της απάντησης θα ήταν απίστευτες.

– Ας πάρουμε για παράδειγμα την κρυπτογραφία. Τι θα γινόταν;

– Εξαιρετικό παράδειγμα. Η κρυπτογραφία και μαζί της το πλεκτρονικό έμποριο θα πέθαιναν. Όλα τα συστήματα κρυπτογραφίας βασίζονται στους πρώτους αριθμούς – δεν υπάρχει εναλλακτική προσέγγιση. Χάρη σε αυτό το πρόβλημα ξέρουμε ότι αν κάποιος βρει κωδικοποιημένο τον αριθμό της πιστωτικής σας κάρτας, θα χρειαστεί χιλιάδες η εκατομμύρια χρόνια για να τον αποκωδικοποίησει. Αν όμως κάποιος μπορούσε να αντιστρέψει τη διαδικασία (ρ=ηρ) ή αν έχαμε κατασκευάσει κβαντικούς υπολογιστές, τότε μάλλον θα μπορούσε να σπάσει την κωδικοποίηση.

– Πιστεύετε ότι δε θα καταφέρουμε να φτιάξουμε κβαντικούς υπολογιστές;

– Έχουν κατασκευαστεί κάποιες συσκευές που μεταφέρουν κωδικοποιημένο σόμα κβαντικών υπολογιστών και το κάνουν σε απόσταση λίγων χιλιομέτρων, υπάρχουν όμως σημαντικά προβλήματα φυσικής ακόμα. Αυτό για το οποίο δεν είμαι καθόλου σύγουρος παρ' όλα αυτά είναι αν θα προκαλούσαν κάποιου είδους επανάσταση στη

ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΑΜΕΡΙΚΗ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΗ

– Είστε Γαλλοαμερικανός. Γιατί ζείτε στις ΗΠΑ;

– Πέρασα τα πρώτα 18 μου χρόνια στη Γαλλία και ακόμα διατηρώ δεσμούς με την επιστημονική κοινότητα εκεί. Ζω στην Αμερική όμως, γιατί οι συνθήκες εργασίας είναι ιδανικές, ενώ στη Γαλλία δεν είναι. Στις ΗΠΑ υπάρχουν κάποια πράγματα που λειτουργούν άριστα και η ανώτατη εκπαίδευση είναι ένα από αυτά. Ήσως είναι καλύτερα να ζεις στη Γαλλία, αλλά εκεί δε θα είχα τη δυνατότητα να κάνω όσα κάνω αυτή τη στιγμή.

– Ως Γαλλοαμερικανός πώς αισθάνεστε με το κλίμα των τελευταίων ετών;

– Υπάρχει τεράστια γαλλοφοβία στις ΗΠΑ, αν και δεν την έχω υποστεί προσωπικά εκεί όπου ζω. Νομίζω πως μετά την 9/11 έχασαν την ψυχραιμία τους, πανικοβλήθηκαν, και ο κυβέρνηση έκανε τα πάντα για να τους πανικοβάλει ακόμα περισσότερο. Έκτοτε στο ραδιόφωνο μιλούν ασταμάτητα για την τρομοκρατία. Η Γαλλία θεωρήθηκε ότι τους πρόδωσε, ότι τους μαχαίρωσε πισώπλατα.

– Και να σκεφτεί κανείς πώς είναι ποικιλοτρόπως ο πιο φιλοαμερικανικό χώρα στην Ευρώπη.

– Επικρατεί υποκρισία. Όλοι μιλάνε σαν σοσιαλιστές, αλλά η

Γαλλία είναι πολύ πιο καπιταλιστική χώρα από τις ΗΠΑ. Το γαλλικό χρηματιστήριο, για παράδειγμα, είναι πολύ πιο ανοιχτό σε ξένες επιχειρήσεις απ' ότι το αμερικανικό. Νομίζω ότι η γαλλική πολιτική τάξη δεν έχει υπάρξει χειρότερα, ποτέ από όσο θυμάμαι. Είναι τόσο αποκομμένη από τον κόσμο. Όταν μεγάλωσα εγώ στη Γαλλία υπήρχαν αριστεροί και δεξιοί, ενώ τώρα είναι η ελίτ και οι υπόλοιποι.

Στις ΗΠΑ θα γινόταν πολύ διαφορετικά. Τα θέματα θα συζητούνταν στο κοινοβούλιο επί μίνες. Και αντί να Βγουν στους δρόμους, θα έπαιρναν πρωτοβουλίες τα πανίσχυρα λόμπι που επίσης λειτουργούν αντιδημοκρατικά και επιβάλλουν νόμους οι οποίοι πολλές φορές δεν έχουν σχέση με τα συμφέροντα των πολιτών.

– Οπισθοδρομούμε έτσι;

– Ναι. Στην Αμερική, για παράδειγμα, παίζουν τεράστιο ρόλο οι χριστιανικές ομάδες. Είναι μια θρησκευτική χώρα – αυτό δεν το γνωρίζουμε στην Ευρώπη. Θέματα όπως οι εκτρώσεις και η προσευχή στο σχολείο δεν είναι τόσο σημαντικά εδώ όσο είναι εκεί. Πολλοί υποστήριζαν τον πόλεμο στο Ιράκ, γιατί νομίζουν ότι θα έρθει πιο γρήγορα ο Μεσσίας.



ζωή μας. Οι αλγόριθμοι είναι τα νέα μαθηματικά. Να σας δώσω μερικά παραδείγματα ακόμα: Υπάρχει ένας τομέας που λέγεται νευρο-οικονομία. Η κλασική οικονομική θεωρία βασίζεται στην πεποίθηση πως οι άνθρωποι είναι παράγοντες που επιθυμούν να μεγιστοποίησουν την ευχαρίστησή τους με λογικό τρόπο. Σε πολλά πειράματα, όμως, αποδεικνύεται απερίφραστα ότι λογικοί άνθρωποι κάνουν ενέργειες εναντίον του συμφέροντός τους. Οι εκλογές είναι ένα καλό παράδειγμα. Οι άνθρωποι δεν είναι παράλογοι, όμως κάτι συμβαίνει. Προσπαθούν τώρα να εξηγήσουν τέτοια φαινόμενα σχεδιάζοντας αλγόριθμους για την οικονομία. Στη βιολογία οι επιστήμονες ερευνούν τις πρωτεΐνες, αλλά δεν ξέρουν τι πραγματικά κάνουν αυτές. Μια πρωτεΐνη παρατηρούμε ότι έχει τρεις λειτουργίες, για παράδειγμα, και άλλες τις οποίες δε γνωρίζουμε. Υπολογίζουμε ότι ξέρουμε περίπου το 1/3 από όσα συμβαίνουν σε αυτό το επίπεδο. Μια θεωρία που κερδίζει έδαφος υποστηρίζει πως υπάρχει κοινωνικός καθορισμός πρωτεΐνων. Δηλαδή, αν μια πρωτεΐνη θρίσκεται ανάμεσα σε δέκα από τις οποίες οι έξι φέρουν σξυγόνο, είναι πολύ πιθανό να το κάνει και αυτή ακριβώς επειδή το κάνουν οι υπόλοιπες.

– Η βιοπληροφορική θεωρείται μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες επιστήμες, ιδιαιτέρως στην εποχή της μεταγονιδιωματικής, όπου το ενδιαφέρον μετατοπίζεται από το γονίδιο στα βιολογικά συστήματα. Πώς φτιάχνετε βιοπληροφορικούς αλγόριθμους;

– Αξιοποιώντας την εμπειρία του... Google! Οι βιολόγοι χρησιμοποιούσαν απλούς αλγόριθμους, εμείς σκεφτήκαμε ότι μπορούμε να κάνουμε πολύ πιο εξελιγμένα πράγματα. Πήραμε στοιχεία λοιπόν από τη γραφική ροή δεδομένων, κλασική υπολογιστική και άλλα, για να φτιάξουμε έναν πολύ πιο εκλεπτυσμένο αλγόριθμο, ο οποίος μοιάζει κάπως με το Google. Το καινοτομικό στοιχείο στο Google είναι ότι ξέρει τι είναι ομαντικό και τι όχι. Πώς το κάνει αυτό, όμως, όταν υπάρχουν χιλιάδες ή εκατομμύρια σελίδες με τα κλειδιά που zπτάς; Το κάνει κοιτώντας το γράφημα. Ποιος είναι συνδεδεμένος με

ποιον και με πόσους; Έδω είναι η αναλογία. Θέλουμε να δούμε το δίκτυο των πρωτεΐνών και την επιρροή τους. Θέλουμε να ξέρουμε αν η επιρροή μιας πρωτεΐνης και η λειτουργία της είναι ίδια με μιας άλλης ή αν είναι πιο σημαντική σε περίπτωση που κάνει περισσότερες δουλειές και γιατί.

– Οι υπολογιστές, λοιπόν, ως κοινή συνισταμένη ανάμεσα στις επιστήμες και καταλύτης για την πρόοδό τους. Θεωρείτε ότι η επαναπροσδιορίζει και το περιεχόμενό τους;

– Στο Princeton προσπαθούμε να το κάνουμε συνεχώς. Ξεκινήσαμε μια τάξη τώρα στην οποία οι φοιτήτες διδάσκονται επιστήμη υπολογιστών, φυσική, χημεία και βιολογία για δυο χρόνια. Είναι πολύ δύσκολη τάξη· σαν να πηγαίνεις σε δυο σχολές μαζί. Οι ιδρυτές της σχολής θεωρούσαν ότι εκπαιδεύουμε βιολόγους του 19ου αιώνα και όχι του 21ου. Έτσι, επανασχεδιάζοντας τα μαθήματα προσέθεσαν τους υπολογιστές από την αρχή.

Η μεγαλύτερη επανάσταση στη βιολογία τα τελευταία πενήντα χρόνια ήταν η αποκωδικοποίηση του ανθρώπινου γονιδιώματος. Και αυτό είναι ένας αλγόριθμος.

– Στα πανεπιστήμια μάλλον είναι φυσική η διαδικασία που περιγράφετε. Πιστεύετε πως θα αλλάξουν και ευρύτερες αντιλήψεις;

– Όπως η σχετικότητα και η κβαντομηχανική έκαναν τους ανθρώπους να φιλοσοφούν διαφορετικά, το ίδιο πιστεύω ότι θα κάνει και ο υπολογιστική. Έννοιες όπως η γνώση, η Βεβαιότητα, η εμπιστοσύνη και η πειθώ θα αλλάξουν. Να σας το αποδείξω: Ας πούμε ότι υποστηρίζω πως έλυσα την υπόθεση του Ρήμαν, που είναι η μεγαλύτερη μαθηματική πρόβλημα σήμερα. Ξυπνάω μια μέρα και γράφω τις 500 σελίδες της απόδειξης. Θα ήταν δύσκολο να διαβάσει κανείς και τις 500 σελίδες μου, και ακόμα πιο δύσκολο να τις επαληθεύσει. Τι κάνει όμως; Φτιάχνει έναν αλγόριθμο που λειτουργεί ως αποδειτική. Ξαναγράφει την απόδειξη μου σε μια άλλη, πολύ επισημη γλώσσα, την οποία καταλαβαίνει ο υπολογιστής (όχι την καλύτερη για ανθρώπους, την καταλαβαίνουν όμως κι αυτοί αφού έχει κανόνες) και του βγαίνει λίγο μεγαλύτερο – ας πούμε 10.000 σελίδες. Ένας άλλος μαθηματικός θα διαλέξει 5 γραμμές τυχαία από την απόδειξη και θα δει αν είναι σωστές. Ο αλγόριθμος σε ποσοστό 99,99999999% θα επαληθεύσει αν είναι σωστή. Μπορώ να σε πείσω για κάτι πολύπλοκο, λοιπόν, χωρίς να σου δειξω τίποτα και να έχω και δίκιο. Παράδοξο, ε;

Πιστεύω ότι η επιστήμη μας είναι στα σπάργανα. Είμαστε στο ίδιο επίπεδο όπου ήταν η φυσική το 18ο αιώνα. Έχουμε μόλις ξύσει την επιφάνεια του παγόβουνου.