

Μεταξύ Παράδεισου και Κόλασης... ο άνθρωπος

Υπάρχει μαθηματικός τρόπος για να πάει κανείς στον Παράδεισο ή την Κόλαση; Αν υπάρχει το *Stairway to Heaven*, δεν έχουμε παρά να μετρήσουμε τον αριθμό των σκαλοπατιών που πρέπει να ανέβουμε. Αν υπάρχει το *Highway to Hell*, δεν έχουμε παρά να μετρήσουμε την ταχύτητα με την οποία κινούμαστε.

ΣΕΛΙΔΑ 8



Η σκιαμαχία μιας υπερδύναμης

Το τέλος του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου έβρισκε την οργάνωση της επιστημονικής έρευνας στις ΗΠΑ σε ραγδαία αλλαγή. Από την κατακερματισμένη και σχετικά ολιγάριθμη προπολεμική επιστημονική κοινότητα οι διοικούντες των ΗΠΑ έφτασαν, εκόντες άκοντες, στη δημιουργία του λεγόμενου γιγάντιου στρατιωτικο-βιομηχανικού συμπλέγματος στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Άλλοτε με την ανερυθρίαστη προσήλωσή τους σε στρατιωτικούς σκοπούς (κατασκευή πρώτης ατομικής βόμβας), άλλοτε με τη προσχηματική χρήση ειρηνικών στόχων (πρώτη επανδρωμένη αποστολή στη Σελήνη), οι ΗΠΑ κατάφεραν να ανταγωνιστούν τον μεγάλο τους αντίπαλο στον Ψυχρό Πόλεμο.

ΣΕΛΙΔΕΣ 4-5



Πλαστική ρύπανση: μπορούν οι μικροοργανισμοί να αποτελέσουν λύση;

Τα πλαστικά βρίσκονται, δυστυχώς, παντού και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων κοινωνιών. Ενώ καταναλώνονται ταχύτατα, η αποικοδόμησή τους απαιτεί πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ορισμένοι μικροοργανισμοί έρχονται να διαδραματίσουν έναν πολύτιμο ρόλο ώστε να αντιμετωπιστεί ένα τόσο σοβαρό πρόβλημα με εναλλακτικό τρόπο.

ΣΕΛΙΔΑ 6

Ερευνώντας τις Ευρωπαϊκές αξίες μέσα στον χώρο και τον χρόνο μέσω του Ευρωπαϊκού έργου VAST

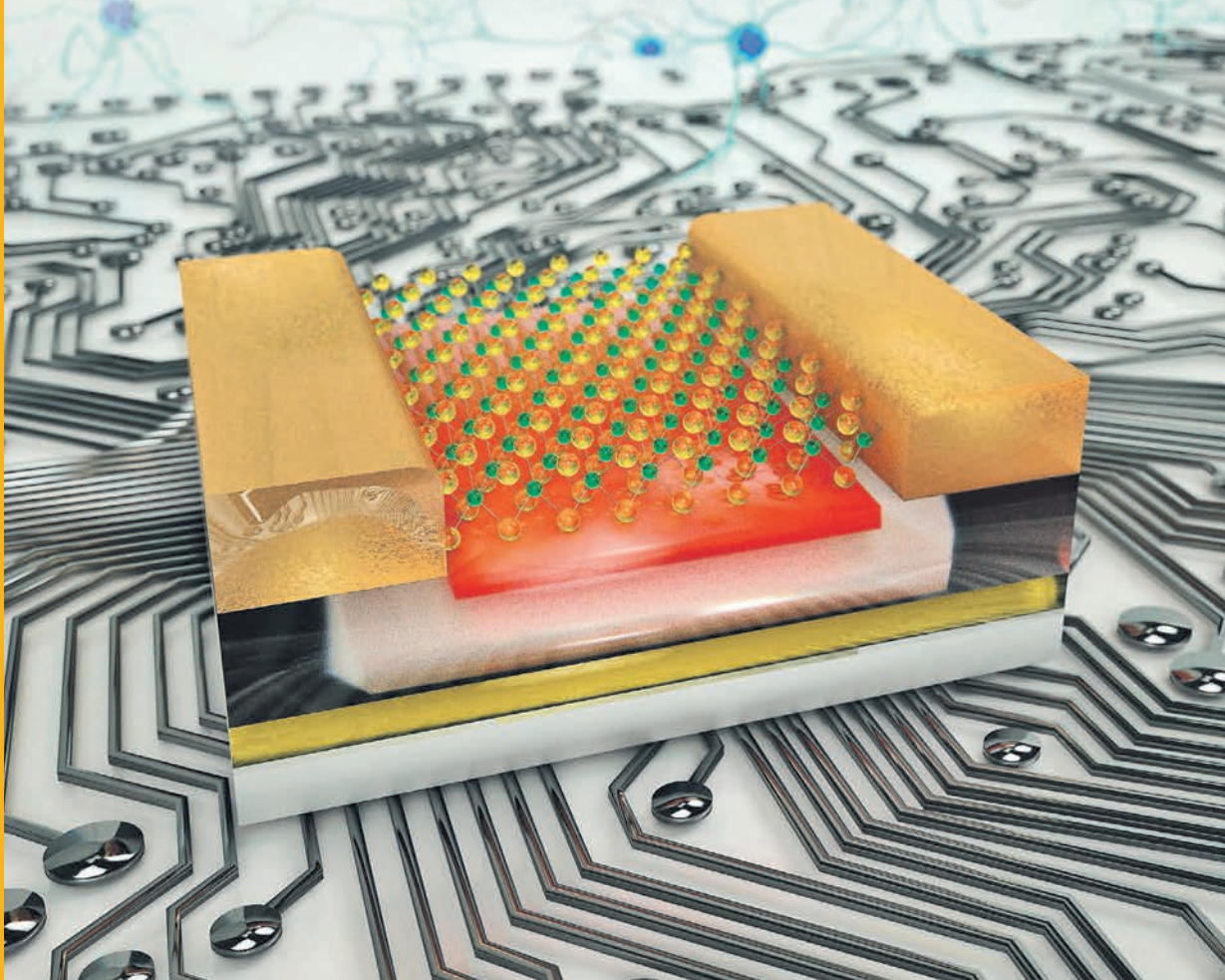
Από τον Δεκέμβριο του 2020, μία διεθνής ομάδα Ευρωπαίων ερευνητών καλείται μέσω του ερευνητικού έργου με το ακρωνύμιο **VAST** (Values Across Space & Time) να μελετήσει τις Ευρωπαϊκές αξίες και πώς αυτές αλλάζουν μέσα στο χώρο και τον χρόνο.

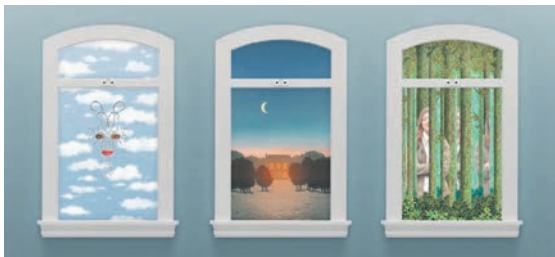
ΣΕΛΙΔΑ 7

Οι πολλές ζωές του νόμου του Μουρ και η παγκόσμια κρίση στην παραγωγή ημιαγωγών

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι ηλεκτρονικές συσκευές γίνονται μικρότερες, ταχύτερες και κατά κανόνα φτηνότερες. Ωστόσο, η τάση αυτή φαίνεται να απειλείται από την ίδια τη φύση και μια παγκόσμια κρίση.

ΣΕΛΙΔΕΣ 2-3





Παράθυρα

Στο προηγούμενο σημείωμα έγραφα ότι η μετάβαση από τη γραμμή εντολών στο γραφικό περιβάλλον χρήστη δεν διέπεται από κάποιου είδους ορθολογισμό ή αναγκαιότητα. Είναι επιλογή. Δεν κάνει τον χειρισμό των μηχανών ευκολότερο. Αντίθετα περιορίζει και αυτοματοποιεί τους τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με τις μηχανές. Στην ουσία, αποειδικεύει τους χρήστες, μεταφέροντας ένα πολύ περιορισμένο και τυποποιημένο τμήμα της γνώσης τους στο γραφικό περιβάλλον χρήστη. Πέραν των δυνατοτήτων που προσφέρει αυτό το περιβάλλον, η πλειονότητα των χρηστών δεν μπορούν να αξιοποιήσουν καμιά άλλη λειτουργία των υπολογιστών. Οι ψυχολογικοί όροι που στηρίζουν αυτή την ανορθολογική τεχνική επιλογή σχετίζονται με τον «ναρκισσισμό του ποντικίου». Ο χρήστης κολακεύεται από τη μεγεθυσμένη αντίληψη των ενεργειών του, που του επιστρέφει το γραφικό περιβάλλον, και έχει την εντύπωση ότι κάνει περισσότερα. Στην πραγματικότητα, κάνει λιγότερα. Και με μεγαλύτερο κόστος.

Στην ιστορία των υπολογιστών, οι οθόνες ήταν πάντα ένα ελάχιστο τμήμα της συνολικής εγκατάστασης. Παραδοσιακά, η επικοινωνία με τους υπολογιστές γινόταν είτε χωρίς καθόλου οθόνη είτε μέσω μιας μικροσκοπικής οθόνης που κατέγραφε τις εντολές και διαβίβαζε την απόκριση της μηχανής. Αυτή η μινιμαλιστική οπτική διεπαφή άρχισε να μεγαλώνει και να αποκτά κεντρική θέση όταν η κουλτούρα του υπολογιστή διασταυρώθηκε με την κουλτούρα της τηλεόρασης. Όταν, δηλαδή, ο υπολογιστής άρχισε να αντιμετωπίζεται και ως μηχανή παραγωγής εικόνων: είτε αυτές αφορούσαν την αναπαράσταση των υπολογισμών που εκτελούσε είτε την παραγωγή ψηφιακών γραφικών για εμπορική ή καλλιτεχνική χρήση. Ακόμα κι όταν άρχισαν να εμφανίζονται τα «παραθυρικά» περιβάλλοντα, όμως, στις αρχές της δεκαετίας του 1980, το μέγεθος της οθόνης έμεινε περιορισμένο – στους υπολογιστές της Apple επί μία δεκαετία διατηρήθηκε στις 9 ίντσες. Σα να μην πίστευαν κι οι ίδιοι οι κατασκευαστές ότι η συγκεκριμένη μορφή αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή επρόκειτο ποτέ να γενικευτεί.

Αυτό ανατράπηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Η επικράτηση του γραφικού περιβάλλοντος χρήστη δημιούργησε νέες τεχνολογικές απαιτήσεις. Η γραφική αναπαράσταση όλο και περισσότερων λειτουργιών, η αμεσότητα της απόκρισης, η «διδασθετικότητα» της χρήσης έκαναν αναγκαία την παραγωγή ισχυρών καρτών γραφικών, οι οποίες καταναλώνουν πιο πολλή ενέργεια κι από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του υπολογιστή. Και μολονότι αυτό μας ανταμείβει με μια φαντασμαγορία οπτικών αποτελεσμάτων, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας δαπανάται στα κλικ του ποντικιού και στα drag and drop των εικονιδίων – στον οπτικό αναδιπλασιασμό των λειτουργιών ο οποίος, όπως είπαμε, δεν επιτρέπει στον χρήστη να κάνει περισσότερα, αλλά λιγότερα. Η επιλογή του γραφικού περιβάλλοντος χρήστη είναι μια τεχνικά και οικονομικά ανορθολογική επιλογή. Αποτελεί, όμως, ένα εδραιωμένο πολιτισμικό δεδομένο που καθορίζει πλέον τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζουμε και αλληλεπιδρούμε με τις μηχανές. Όπως έχω ξαναγράψει, το ερώτημα δεν είναι *τι είναι αυτό που κάνει δυνατό η τεχνολογία*, αλλά *τι είναι αυτό που κάνει δυνατή την τεχνολογία*.

Μ.Π.

Οι πολλές ζωές του νόμου του Μουρ

Τις τελευταίες δεκαετίες ζούμε μια διαρκή επανάσταση στην τεχνολογία των επεξεργασιών, η οποία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στα ολοκληρωμένα κυκλώματα που είναι «τυπωμένα» πάνω σε τσιπ ημιαγωγών (πυριτίου). Η υπολογιστική ισχύς των επεξεργασιών αυξάνεται διαρκώς καθώς τα τσιπ γίνονται ολοένα μικρότερα και πυκνότερα, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνονται οι αλγόριθμοι και οι μέθοδοι επεξεργασίας δεδομένων. Κατά συνέπεια, οι συσκευές γίνονται μικρότερες, ταχύτερες και κατά κανόνα φτηνότερες. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι επεξεργαστές που περιέχουν τα κινητά μας τηλέφωνα είναι πολλές φορές ισχυρότεροι από τον επεξεργα-

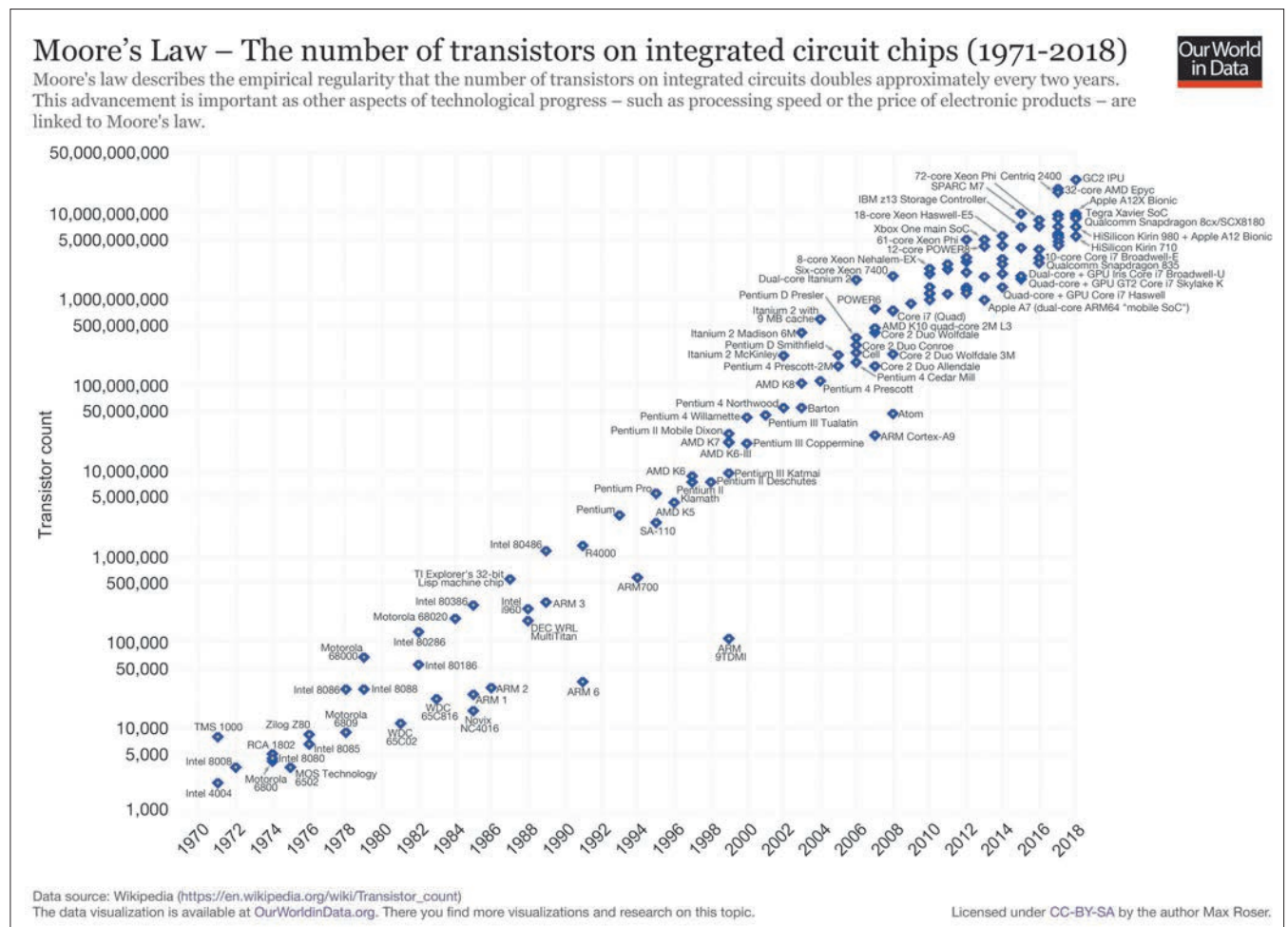
στή του (ογκώδη) ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε για να στείλει τον άνθρωπο στο φεγγάρι πριν από μισό αιώνα. Φυσικά, τσιπ δεν βρίσκονται μόνο σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα, αλλά σχεδόν σε οποιαδήποτε ηλεκτρονική συσκευή, συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων οικιακών συσκευών και των αυτοκινήτων μας.

Η πρόοδος αυτή έχει ξεκινήσει μετά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα και συνεχίζεται σχεδόν αμείωτη, ακολουθώντας τον νόμο του Moore.

Ένας νόμος που δεν είναι νόμος

Το 1965 ο Gordon Moore, διευθυντής έρευνας και τεχνολογίας στη Fairchild

Semiconductor και μετέπειτα συνιδρυτής της εταιρείας Intel, διατύπωσε την πρόβλεψη ότι, τουλάχιστον για την δεκαετία που θα ακολουθούσε, η πολυπλοκότητα και ο αριθμός των τρανζίστορ σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα θα διπλασιάζονταν ετησίως, διπλασιάζοντας, αντιστοίχως, τις δυνατότητες των τσιπ ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Το 1975 η εκτίμηση του Moore επιβεβαιώθηκε και προβλέφθηκε εκ νέου ότι ο ετήσιος διπλασιασμός των στοιχείων ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος θα συνεχιζόταν. Η αρχική πρόβλεψη του Moore «αναβαθμίστηκε» σε νόμο, παρόλο που δεν βασίστηκε σε ενδελεχή ανάλυση δεδομένων. Σήμερα κάνουμε λόγο για τον νόμο του Moore, παρόλο



Η εξέλιξη του αριθμού των τρανζίστορ στα ολοκληρωμένα κυκλώματα από τη δεκαετία του 1970 ως σήμερα. Πηγή: Wikimedia commons.

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

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Λήδα Αρνέλλου, Διδάκτωρ Επικοινωνίας της Επιστήμης
Γιάννης Κοντογιάννης, Διδάκτωρ Αστροφυσικής
Μανώλης Πατνιώτης, Καθηγητής Ιστορίας των Επιστημών ΕΚΠΑ
Δημήτρης Πετάκος, Διδάκτωρ Ιστορίας των Επιστημών
Μαρία Τσίπη, Διδάκτωρ Γενετικής

και η παγκόσμια κρίση στην παραγωγή ημιαγωγών

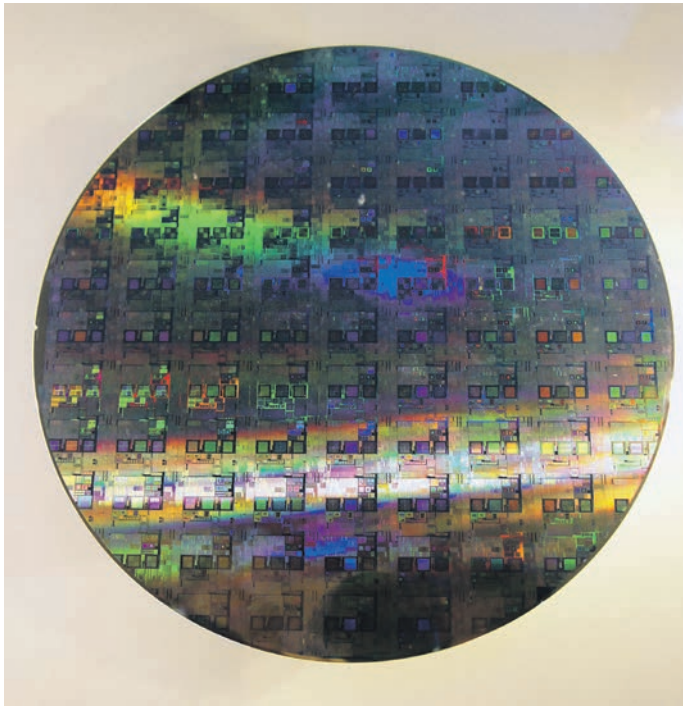
που πρόκειται για μια διαπίστωση βασισμένη στην εκτίμηση των τάσεων της εποχής.

Ο Moore εκτίμησε ότι η υπολογιστική ισχύς ανά δολάριο θα αυξάνεται εκθετικά με το χρόνο, δηλαδή ότι το κόστος των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων θα μειώνεται αντιστοίχως. Η πρόβλεψη αυτή μπορεί να ενταχθεί σε μια ευρύτερη κατηγορία προβλέψεων του κόστους των προϊόντων τεχνολογίας, οι οποίες βασίζονται στο ότι όσο πιο μαζική γίνεται η παραγωγή, τόσο αποτελεσματικότερες και συμφέρουσες γίνονται οι τεχνικές παραγωγής. Ωστόσο, δεν είναι βέβαιο κατά πόσο μπορούμε να προβλέψουμε με ακρίβεια την εξέλιξη που θα έχει μια νέα τεχνολογική εφαρμογή, καθώς οι μελέτες έχουν επιβεβαιώσει τους παρατηρούμενους ρυθμούς μόνο εκ των υστέρων και σε τεχνολογίες οι οποίες έχουν εδραιωθεί. Η εδραίωσή τους δεν εξαρτάται μόνο από τους κανόνες της αγοράς αλλά και από πολιτικές κατευθύνσεις που θα καταστήσουν τις νέες εφαρμογές απαραίτητες και διαθέσιμες σε μεγάλο κοινό.

Σε αυτό το πλαίσιο, έχει πολύ μεγάλη σημασία να τονιστεί ότι η τεχνολογική πρόοδος που «προβλέπεται» από το νόμο του Moore δεν ήταν αναπόφευκτη. Αντιθέτως, ο νόμος του Moore λειτούργησε σαν μια αυτοεκπληρούμενη προφητεία, καθώς ο τεχνολογικός τομέας συνειδητά ανέλαβε την πρόκληση να τον επιβεβαιώνει. Όσο οι κατασκευαστές των τσιπ δημιουργούσαν ταχύτερα κυκλώματα, οι προγραμματιστές φρόντιζαν να τα αξιοποιούν στο έπακρο και οι εμπορικές εφαρμογές έδιναν τη δυνατότητα στους καταναλωτές να ζητάνε περισσότερα από τις συσκευές τους, δημιουργώντας περαιτέρω κίνητρα για την κατασκευή ταχύτερων επεξεργαστών. Για να παραμείνει σε αυτή την πορεία προόδου, η βιομηχανία ημιαγωγών κατέστρωνε κάθε δυο έτη έναν οδικό χάρτη, με βάση τον οποίο συντονίζονταν κατασκευαστές και προμηθευτές πρώτων υλών, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ισχύς του νόμου του Moore (μια πρακτική που ονομάζεται *More Moore*, δηλαδή περισσότερος Moore).

Τελικός προορισμός: κβαντομηχανική

Κάθε φορά που ερευνητές και κατασκευαστές πλησίαζαν τα όρια των υπάρχοντων τεχνολογιών κατασκευής τσιπ πυριτίου, εκφραζόταν ο κίνδυνος του επικείμενου τέλους του νόμου του Moore. Σε όλες τις περιπτώσεις, μέχρι στιγμής, η τεχνολογική και επιστημονική κοινότητα ανταποκρίνονταν στην



πρόκληση, βελτιώνοντας τις μεθόδους αυτές και προτείνοντας νέες πιο αποτελεσματικές τεχνικές. Σήμερα, τα εργοστάσια κατασκευής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων χρησιμοποιούν μερικές από τις πιο πολύπλοκες και ογκώδεις συσκευές που έχουν κατασκευαστεί, οι οποίες αξιοποιούν στο έπακρο τις αρχές της φυσικής ημιαγωγών και πλάσματος.

Ολοένα περισσότερα στοιχεία βρίσκονται στριμωγμένα σε ολοένα μικρότερες επιφάνειες. Τα κορυφαία τσιπ που κατασκευάζονται αποτελούνται από στοιχεία της τάξης των 10 περίπου δισεκατομμυριοστών του μέτρου (νανόμετρα), δηλαδή μικρότερα από έναν ιό. Σύμφωνα με τις προβλέψεις, σύντομα θα φτάσουμε στο οριακό μέγεθος των 2-3 νανομέτρων. Η πρόοδος που προβλέπουν οι οδικοί χάρτες δεν βασίζονται μόνο στην κατασκευή ολοένα μικρότερων τσιπ αλλά στην αντιμετώπιση πρακτικών προβλημάτων, που οφείλονται στην εφοδιαστική αλυσίδα και τον συντονισμό προμηθευτών κατασκευαστών αλλά και στις ίδιες τις φυσικές ιδιότητες των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

Για παράδειγμα, ένα από τα προβλήματα που είχε να αντιμετωπίσει η βιομηχανία ήταν η θερμότητα που παράγονταν στα τσιπ πυριτίου, όταν αυτά άρχισαν να γίνονται πραγματικά πολύ μικρά, δηλαδή όταν τα στοιχεία των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων έφτασαν τα περίπου 90 νανόμετρα. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα και να συνεχίσει να επιβεβαιώνεται ο νόμος του Moore χρειάστηκε επανασχεδιασμός των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (εκεί οφείλουμε τους τετραπύρηνους και οκταπύρηνους επεξεργαστές) και αντίστοιχη

προσαρμογή των λογισμικών.

Πάντως, το τελικό όριο για την ισχύ του νόμου του Moore φαίνεται να καθορίζεται από την κβαντομηχανική, η οποία θέτει τα όρια στις δυνατότητές μας να στριμώχνουμε ολοένα περισσότερα τρανζίστορ στα τσιπ πυριτίου. Μπορεί να φανταστεί κανείς ότι τη διέλευση ηλεκτρονίων μέσα από τα τρανζίστορ ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος «εμποδίζουν» μόλις μερικές δεκάδες άτομα πυριτίου. Μέσα στα επόμενα έτη τα εμπόδια αυτά θα είναι τόσο μικρά όσο μόλις μερικά (ή ακόμα και ένα) άτομα πυριτίου. Σε αυτό όμως το επίπεδο, σύμφωνα με το κβαντικό φαινόμενο σήραγγας, τα ηλεκτρόνια μπορούν να περάσουν από ένα τρανζίστορ ακόμα και χωρίς την εφαρμογή κατάλληλης τάσης και επομένως η λειτουργία του ως «διακόπτη» καθίσταται αναξιόπιστη. Πιθανά σενάρια για να ξεπεραστεί το όριο που θέτει η φύση στην αξιοποίηση των ημιαγωγίμων τσιπ υπάρχουν είτε με τη χρήση άλλων υλικών και μεθόδων διαμόρφωσης των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ή με την περαιτέρω ανάπτυξη των κβαντικών υπολογιστών. Τα περισσότερα από αυτά τα σενάρια, όμως, δεν έχουν εφαρμοστεί πέρα από τα εργαστήρια, ενώ οι κβαντικοί υπολογιστές φαίνεται πως δεν θα μπορούν να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς στην ευρεία γκάμα εφαρμογών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα.

Η παγκόσμια κρίση στην παραγωγή των τσιπ

Εκτός από την ίδια τη φύση, η αυξανόμενη υπολογιστική ισχύς και αφθονία ηλεκτρονικών συσκευών περιορίζεται επίσης από έναν πολύ πιο πεζό αλλά ουσιαστικό παράγοντα: τους περιορισμούς στην εφοδιαστική αλυσίδα. Σήμερα, το καταναλωτικό κοινό βρίσκεται μπροστά σε αυξανόμενες τιμές και μικρότερη αφθονία προϊόντων, λόγω μιας παγκόσμιας έλλειψης σε ημιαγωγούς. Τους τελευταίους μήνες, μια σειρά από παράγοντες συνδυάστηκαν οδηγώντας στην τέλεια καταιγίδα, όπως χαρακτηρίζουν την κρίση κάποια δημοσιεύματα. Λόγω της κρίσης, μεγάλες εταιρείες όπως η Samsung, η Sony, η Ford και άλλες αναμένουν μείωση στα κέρδη για το έτος που διανύουμε, κάνουν περικοπές στην παραγωγή και ανακοινώνουν την καθυστέρηση στην κυκλοφορία νέων μοντέλων.

Η πρώτη αιτία αυτής της έλλειψης ήταν η πανδημία του covid-19, η οποία αρχικά οδήγησε στο κλείσιμο εργοστασίων, προκαλώντας καθυστερήσεις στις εξυπηρετήσεις των παραγγελιών. Ταυ-

τόχρονα, και παρά το γεγονός ότι η παραγωγή αρχικά προσαρμόστηκε στις νέες συνθήκες, οι περιορισμοί στις μετακινήσεις και οι συνεπαγόμενες αλλαγές στην εργασία και την εκπαίδευση οδήγησαν σε μια ραγδαία αύξηση της ζήτησης σε προϊόντα τεχνολογίας, όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα κ.λπ.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας 5G και η συνεπαγόμενη κυκλοφορία νέων μοντέλων κινητών, σε συνδυασμό με τους περιορισμούς στο εμπόριο με την Κίνα που επιβλήθηκαν από τις ΗΠΑ, γεγονότα που έλαβαν χώρα πριν την έναρξη της πανδημίας, φαίνεται να εντείνουν το πρόβλημα που δημιουργήθηκε. Οι εταιρείες που γνώριζαν ότι δεν θα μπορούσαν να προμηθευτούν ημιαγωγούς μετά από κάποια συγκεκριμένη ημερομηνία λόγω των περιορισμών, φρόντισαν να κάνουν ογκώδεις παραγγελίες, μειώνοντας έτσι τα διαθέσιμα αποθέματα. Στην κρίση συνέβαλαν και μεμονωμένα γεγονότα, όπως σεισμοί, ακραία καιρικά φαινόμενα και πυρκαγιές που ανάγκασαν κάποια εργοστάσια παραγωγής τσιπ ημιαγωγών να κλείσουν.

Πάντως η κρίση δεν επηρεάζει όλες τις βιομηχανίες το ίδιο. Το μεγαλύτερο χτύπημα δέχονται η στρατιωτική βιομηχανία, η αεροδιαστημική και, κυρίως, οι αυτοκινητοβιομηχανίες. Ειδικά για τις τελευταίες, οι έκτακτες και μη αναμενόμενες συνθήκες που δημιούργησε η πανδημία, σε συνδυασμό με τον κακό σχεδιασμό του περιορισμού της παραγωγής έχουν δυσκολέψει την πρόσβαση σε ημιαγωγούς. Για παράδειγμα, πολλά από τα εργοστάσια αυτοκινήτων προχώρησαν σε ακυρώσεις παραγγελιών τσιπ, οι οποίες κατευθύνθηκαν στη συνέχεια από τα εργοστάσια παραγωγής ημιαγωγών σε αγορές που είτε δεν είχαν επηρεαστεί από την πανδημία ή, που, αντιθέτως, παρουσίασαν δριμεία άνθηση εξαιτίας αυτής (όπως η αγορά Η/Υ). Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, η κατάσταση για τις αυτοκινητοβιομηχανίες δεν θα βελτιωθεί πριν το πρώτο εξάμηνο του επόμενου έτους.

Γ.Κ.

Πηγές

<https://www.nature.com/news/the-chips-are-down-for-moore-s-law-1.19338>

<https://www.nature.com/articles/nature.2013.12548>

<https://www.techrepublic.com/article/the-global-chip-shortage-what-caused-it-how-long-will-it-last/>

Η σκιαμαχία μιας υπερδύναμης

«Πόλεμος πάντων μεν πατήρ ἐστί,
πάντων δε βασιλεύς»
Ηράκλειτος

Ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος μετέβαλλε βαθιά τον τρόπο με τον οποίο οργανωνόταν και υλοποιούνταν η επιστημονική έρευνα στο δυτικό κόσμο. Πρωτίστως οι ΗΠΑ χρειάστηκε να εφαρμόσουν τις μεγαλύτερες αλλαγές, σε σχέση με τις άλλες μεγάλες δυνάμεις του δυτικού κόσμου, αυξάνοντας εντυπωσιακά τη χρηματοδότηση προς την έρευνα, δημιουργώντας νέες δομές διοίκησης της έρευνας και αλληλεπίδρασής τους με εξω-επιστημονικούς θεσμούς. Επίσης, περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη φορά, οι επιστημονικές πρόοδοι μετατρέπονταν σε όργανα πολιτικής. Καταλύτης για αυτές τις αλλαγές ήταν η ιδεολογική και γεωπολιτική αντιπαλότητα με τη Σοβιετική Ένωση που, άλλοτε ως πρόσχημα και άλλοτε ως ειλικρινής υπαρξιακή ανησυχία, κίνησε τη χρηματοδότηση της έρευνας για στρατιωτικούς σκοπούς. Παρακάτω θα παρακολουθήσουμε μερικά παραδείγματα της άρρηκτης διασύνδεσης της εξέλιξης της επιστημονικής έρευνας στις ΗΠΑ με τα νάματα του Ψυχρού Πολέμου.

Η ατομική βόμβα και η «δεξίωση» των επιστημόνων στην πολιτική

Το Manhattan Project, που στόχος του ήταν η κατασκευή της πρώτης ατομικής βόμβας, αποτέλεσε το μεγαλύτερο ερευνητικό πρόγραμμα που είχε γνωρίσει ως τότε ο δυτικός κόσμος. Κινητοποίησε 150.000 άτομα από την επιστημονική κοινότητα, τη βιομηχανία και το στρατό που προέρχονταν από τις ΗΠΑ, τη Μεγάλη Βρετανία και τον Καναδά. Ήταν, επίσης, μακράν το πιο πολυδάπανο ερευνητικό πρόγραμμα στην ιστορία, με χρηματοδότηση που έφτασε τα δύο δισεκατομμύρια δολάρια. Ήταν, τέλος, και το πιο διεπιστημονικό ερευνητικό πρόγραμμα, φέρνοντας σε στενή επαφή ερευνητές από διάφορους τομείς της Φυσικής, της Χημείας και της Μηχανικής, οι οποίοι μετέτρεψαν μία σχετικά καινούρια θεωρητική σύλληψη σε ένα απτό, πλην τρομακτικά θανατηφόρο, τεχνούργημα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι έως τότε η επιστημονική έρευνα στο δυτικό κόσμο δεν βασιζόταν σε ευρείες συνεργασίες. Οι μεγάλες επιστημονικές πρόοδοι γίνονταν από μικρές επιστημονικές ομάδες που εργάζονταν απομονωμένες μεταξύ τους, ενώ οι μεταφορά αυτών των προόδων στον τεχνολογικό χώρο γινόταν με μάλλον ασυντόνιστο τρόπο, ακολουθώντας όχι τις ανάγκες της αμερικανικής κοινωνίας μα τις προοπτικές κερδοφορίας. Παρότι, μέσω του Manhattan Project, οι μεγάλες και συντονισμένες ερευνητικές συνεργασίες απέδειξαν με τρόπο εντυπωσιακό την αποτελεσματικότητά τους, ήταν «εκ γενετής μολυσμένες» από τον ιό της μυστικοπάθειας. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής της πρώτης ατομικής βόμβας ο γενικός επικεφαλής του προ-



Στρατηγός Leslie Groves (αριστερά) και θεωρητικός φυσικός Robert Oppenheimer (δεξιά). Η διαρχία του Manhattan Project σε ανήσυχη συνεργασία.



Ο πρώην στρατηγός και νυν πρόεδρος των ΗΠΑ Dwight Eisenhower ενημερώνεται για την εξέλιξη των δοκιμών της αμερικανικής υδρογονοβόμβας από τον Lewis Strauss, πρόεδρο της Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας των ΗΠΑ.

γράμματος, στρατηγός Leslie Groves, βρισκόταν σε συνεχή τριβή με τον επιστημονικό επικεφαλής Robert Oppenheimer. Αιτία ήταν η επιμονή του δεύτερου στη διοργάνωση εβδομαδιαίων συναντήσεων εργασίας μεταξύ των διαφορετικών εργαστηρίων του Manhattan Project, η οποία συναντούσε την εξίσου επίμονη άρνηση του πρώτου. Ο Groves απαιτούσε οι διαφορετικές ομάδες να εργάζονται απομονωμένες η μία από την άλλη, έτσι ώστε μόνο ελάχιστοι να έχουν δυνατότητα υψηλής εποπτείας της συνολικής προόδου κατασκευής της ατομικής βόμβας. Οι φόβοι του Groves δεν ήταν αδικαιολόγητοι, το αντίθετο μάλιστα. Από την άλλη όμως ο Oppenheimer επιχειρηματολογούσε πως η έλλειψη ανεμπόδιστης επικοινωνίας, εντός τουλάχιστον του πολυσχιδούς συμπλέγματος εργαστηρίων του Los Alamos, θα επιτάχυνε την επίλυση των μυριάδων επιστημονικών και τεχνικών προβλημάτων που εμφανίζονταν.

Το Manhattan Project κυοφόρησε την πρώτη ατομική βόμβα, αναπτύσσοντας μάλιστα δύο διαφορετικές τεχνολογίες με στόχο τη ελαχιστοποίηση της πιθανότητας αποτυχίας. Η βόμβα ουρανίου ισοπέδωσε τη Χιροσίμα και η βόμβα πλουτωνίου ισοπέδωσε, τρεις μέρες αργότερα, το Ναγκασάκι. Το όπλο που απέτρεψε μία απόβαση των συμμαχικών δυνάμεων στα νησιά της Ιαπωνίας και μία πιο βαθιά εμπλοκή της Σοβιετικής Ένωσης στον πόλεμο στην Άπω Ανατολή, στεφάνωνε τις ΗΠΑ όχι απλώς με τις δάφνες της νίκης του πολέμου στον Ειρηνικό, αλλά και με τις δάφνες της μοναδικής χώρας με πυρηνικό οπλοστάσιο. Σε μία τέτοια «εορταστική» συγκυρία ιδρύθηκε η Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΑΕ) των ΗΠΑ, η οποία θα είχε την ευθύνη της διοίκησης της επιστημονικής έρευνας για στρατιωτικούς σκοπούς. Στη σύνθεσή της θα συμπεριλαμβάνονταν και επιστήμονες, κάτι που θεωρήθηκε νίκη των αμερικανών επιστημόνων επάνω στους κρατικούς αξιωματούχους και τους στρατηγούς.

Η υδρογονοβόμβα και η «απέλαση» των επιστημόνων από την πολιτική

Μετά τη λήξη του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου η κυβέρνηση των ΗΠΑ ταλαντεύτηκε για το εάν θα έπρεπε να ξεκινήσει την έρευνα για τη δημιουργία ενός ακόμα πιο ισχυρού όπλου. Η υδρογονοβόμβα ή η θερμοπυρηνική συσκευή όπως ονομαζόταν, ήταν στα μέσα της δεκαετίας του 1940 μια αβέβαιης αποτελεσματικότητας θεωρητική σύλληψη. Η κυβέρνηση των ΗΠΑ, έχοντας το μονοπώλιο στα πυρηνικά όπλα, ήταν αρνητική στην ανάπτυξη της υδρογονοβόμβας για καθαρά οικονομικούς λόγους. Σημαντική μερίδα αμερικανών επιστημόνων, συμπεριλαμβανομένου του Oppenheimer, ήταν επίσης αρνητική στην κατασκευή της υδρογονοβόμβας για λόγους όμως κυρίως ανθρωπιστικούς.

Όλα άλλαξαν το φθινόπωρο του 1949, όταν η Σοβιετική Ένωση έκανε την πρώτη επιτυχημέ-

νη δοκιμή της δικής της ατομικής βόμβας. Η εγκαθίδρυση μιας ισορροπίας στα πυρηνικά όπλα ήταν εξαιρετικά απεχθής στην κυβέρνηση των ΗΠΑ. Ενώ το ζητούμενο στην περίπτωση της υδρογονοβόμβας ήταν, όπως και στο Manhattan Project, η προστασία της χώρας, αυτή τη φορά το περιβάλλον ήταν διαφορετικό: οι ΗΠΑ δεν βρίσκονταν σε πόλεμο, ενώ και τα σχέδια για την κατασκευή της υδρογονοβόμβας έβρισκαν αντίσταση από τους αμερικανούς επιστήμονες.

Συνεπώς, ένα πρόγραμμα για την κατασκευή της πρώτης αμερικανικής υδρογονοβόμβας θα έπρεπε να ακολουθηθεί από σημαντικές αλλαγές στη διοίκηση της επιστημονικής έρευνας για στρατιωτικούς σκοπούς. Ο ρόλος των επιστημόνων στην ΕΑΕ παγιώθηκε ως καθαρά συμβουλευτικός, ενώ οι «αρνητές» της υδρογονοβόμβας αντιμετώπισαν ένα εξαιρετικά αβέβαιο επαγγελματικό μέλλον. Η «νίκη» των επιστημόνων, συνεπώς, ήταν απαιτηλή, διότι το διοικητικό συμβούλιο επανδρωνόταν από πολιτικούς και στρατιωτικούς. Τελικά, πρωτοστατούντος του ουγγρικής καταγωγής θεωρητικού φυσικού και ακραιφνούς αντικομμουνιστή Edward Teller, οι ΗΠΑ χρηματοδότησαν ένα ακόμα τεράστιο ερευνητικό πρόγραμμα που είχε το χαρακτήρα του κατεπείγοντος.

Ζητούνται προγραμματιστές

Το πρόγραμμα για την πρώτη αμερικανική υδρογονοβόμβα ολοκληρώθηκε, με την πρώτη επιτυχημένη δοκιμή να γίνεται το Νοέμβριο του 1952. Αυτή τη φορά το μονοπώλιο από πλευράς ΗΠΑ στα θερμοπυρηνικά όπλα κράτησε λιγότερο από το αντίστοιχο στα πυρηνικά όπλα, με τη Σοβιετική Ένωση να δοκιμάζει με επιτυχία την πρώτη της υδρογονοβόμβα τρία χρόνια μετά και μάλιστα με θερμοπυρηνική συσκευή πολύ μικρότερη σε μέ-

γεθος από την αντίστοιχη αμερικανική. Παράλληλα, δεν υπήρχε κάποια νέα θεωρητική σύλληψη για ακόμα ισχυρότερα όπλα. Χάνοντας λοιπόν το μονοπώλιο στις τεχνολογίες επιθετικών όπλων οι ΗΠΑ άρχισαν να αφιερώνουν χρόνο στην αμυντική θωράκιση της χώρας. Ειδικά μετά τη δημιουργία των διπλωματικών πυραύλων, η ανάγκη για συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης επερχόμενης πυρηνικής επίθεσης φάνταζε αδήριτη. Το τεχνολογικό πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση όμως εντοπιζόταν στο ότι τα συστήματα υπολογιστών, που θα έπρεπε να υποστηρίξουν ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, δεν είχε την απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ.

Το 1954 η πολεμική αεροπορία των ΗΠΑ χρηματοδότησε την ανάπτυξη ενός συστήματος ελέγχου του εναέριου χώρου των ΗΠΑ, το οποίο θα αποτελούσε και αυτοματοποιημένο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης. Το πρόγραμμα ονομάστηκε Semi-Automatic Ground Environment (SAGE) και θα αποτελούσε το μεγαλύτερο ερευνητικό πρόγραμμα στην ιστορία των ΗΠΑ, έχοντας τετραπλάσιο προϋπολογισμό από το Manhattan Project με οκτώ δισεκατομμύρια δολάρια. Η IBM είχε συμβόλαιο για την κατασκευή των υπολογιστών, που καθένας ζύγιζε 250 τόνους. Δεν είχε όμως το ανθρώπινο δυναμικό για να κατασκευάσει και το λογισμικό. Μόνο στο SAGE θα απασχολούνταν το 25% των ανθρώπων των πόρων της IBM, η οποία είχε γιγαντωθεί υπογράφοντας τεράστια συμβόλαια με τη Ναζιστική Γερμανία για υπολογιστικά συστήματα που χρησιμοποιούσαν διάτρητες κάρτες και ήταν, μεταξύ άλλων, εξειδικευμένα στον εντοπισμό πολιτών εβραϊκής καταγωγής, μέσω διασταύρωσης στοιχείων επίσημων απογραφών, επιταχύνοντας έτσι το Ολοκαύτωμα.

Ως αποτέλεσμα της παραπάνω αδυναμίας της IBM, η πολεμική αεροπορία των ΗΠΑ,

στα μέσα της δεκαετίας του 1950, επιδόθηκε σε ένα άνευ προηγουμένου κυνήγι προγραμματιστών, για να στελεχωθεί το μη κερδοσκοπική κρατική εταιρία Rand. Το 1955 η Rand απασχολούσε το 10% των προγραμματιστών των ΗΠΑ, μόλις 25 στον αριθμό. Οι άνθρωποι της Rand όργωσαν στην κυριολεξία τις ΗΠΑ, προσλαμβάνοντας περίπου 50 απόφοιτους πανεπιστημίων το μήνα. Αυτοί δεν είχαν, συνήθως, καμία γνώση ή εμπειρία από προγραμματισμό, αλλά επιλέγονταν με βάση την απόδοσή τους σε μια σειρά δοκιμών νοητικής και ψυχολογικής κατάστασης. Μάλιστα, οι νεαροί δάσκαλοι μουσικής θεωρούνταν ιδιαιτέρως κατάλληλοι. Έως το 1958 η Rand είχε ξεχωριστό τμήμα προγραμματισμού, απασχολώντας 700 εξειδικευμένους προγραμματιστές – τους μισούς που εργάζονταν στις ΗΠΑ.

Το λογισμικό που δημιουργήθηκε είχε πάνω από ένα εκατομμύριο γραμμές κώδικα – ένα πραγματικά φαραωνικό, για την εποχή, επίτευγμα. Η έρευνα που σχετιζόταν με το πρόγραμμα SAGE ανέπτυξε και βοηθητικές τεχνολογίες, όπως η οθόνη προβολής κινούμενων εικόνων, τεχνικές μετατροπής αναλογικού σε ψηφιακό σήμα και αντίστροφα, τεχνικές παράλληλης επεξεργασίας σήματος και δικτύωσης σε πραγματικό χρόνο. Τελικά, οι υπολογιστές που κατασκευάστηκαν από το SAGE δεν εγκαταστάθηκαν μόνο στο έδαφος των ΗΠΑ, αλλά και σε ευρωπαϊκές χώρες που ανήκαν στο ΝΑΤΟ και στην Ιαπωνία αρθρώνοντας ένα σχεδόν παγκόσμιο σύστημα ελέγχου και έγκαιρης προειδοποίησης εντός της δεκαετίας του 1960.

Το «πυραυλικό χάσμα» και η λύτρωση από τη Σελήνη

Στις 4 Οκτωβρίου 1957 η Σοβιετική Ένωση κατάφερε να θέσει σε τροχιά τον πρώτο τεχνητό δορυφόρο της Γης, τον Σπούτνικ-1. Αυτή η τεράστια, από πλευράς γοήτρου, επιτυχία προκάλεσε πραγματικό σοκ στις ΗΠΑ. Η ανάγνωση του συμβάντος, από πλευράς αμερικανών αναλυτών, ήταν ότι η Σοβιετική Ένωση δείχνει ότι έχει όχι απλώς ισοδύναμη, αλλά ανώτερη πυραυλική τεχνολογία από τις ΗΠΑ. Συνεπώς, σε έναν επερχόμενο θερμοπυρηνικό πόλεμο οι ΗΠΑ θα αντιμετώπιζαν τον κίνδυνο ενός συντριπτικού χτυπήματος και μιας συνεπακόλουθης απόλυτης ήττας. Η ατυχής συγκυρία περιγράφηκε με τον όρο «πυραυλικό χάσμα». Οι αιτίες μιας τέτοιας εξέλιξης αναζητήθηκαν καταρχάς στην κατάτμηση των επιστημονικών και τεχνολογικών προσπάθειών στις ΗΠΑ. Για παράδειγμα, στρατός, πολεμικό ναυτικό και πολεμική αεροπορία ανταγωνίζονταν για την κατασκευή του καλύτερου πυραύλου. Επίσης, η σχεδόν πλήρης στρατιωτικοποίηση της επιστημονικής έρευνας και η εφαρμογή πρακτικών της μυστικότητας, παρεμπόδιζε την επικοινωνία διαφορετικών ερευνητικών ομάδων που εργάζονταν σε παρόμοια προβλήματα. Ακόμα, αναγνωριζόταν μία χρόνια δυσκολία εξεύρεσης κατάλληλα καταρτισμένου ερευνητικού δυναμικού.

Η απάντηση δόθηκε καταρχάς με την ίδρυση της NASA. Ενός οργανισμού προορισμένου για έρευνα για μη στρατιωτικούς σκοπούς, που θα συγκέντρωνε τις διάσπαρτες ως τότε προσπάθειες στον τομέα της πυραυλικής τεχνολογίας, αλλά και σε εκατοντάδες άλλους απαραίτητους τεχνολογικούς τομείς, από την πλοήγηση ως την επιστήμη των υλικών και από την φυσικοχημεία ως τις τηλεπικοινωνίες. Παράλληλα, ξεκίνησε η μεγαλύτερη στην ιστορία των ΗΠΑ αύξηση του αριθμού των πανεπιστημίων, του πλήθους των ερευνητών και διδασκόντων σε αυτά, των φοιτητών, των διδακτορικών διατριβών που απονέμονταν ετησίως, ακόμα και της έκτασης των πανεπιστημιούπολεων.

Έμενε όμως ανοικτό το ζήτημα του τρόπου με τον οποίο η κυβέρνηση των ΗΠΑ θα ζητούσε από τους αμερικανούς φορολογούμενους τις οικονομικές θυσίες που απαιτούνταν ώστε οι ΗΠΑ να ανακτούσαν όχι μόνο την τεχνολογική υπεροχή, αλλά και το χαμένο γόητρο – κάτι που αναμενόταν να έχει μεγάλες πολιτικές επιπτώσεις σε διεθνές επίπεδο. Η λύση βρέθηκε με το πρόγραμμα Apollo: η υπόσχεση των ΗΠΑ, εκ στόματος του προέδρου John F. Kennedy, να στείλουν ως το τέλος της δεκαετίας του 1960 έναν άνθρωπο στη σελήνη και να τον γυρίσουν πίσω στη Γη με ασφάλεια. Η αποστολή αυτή είχε φαινομενικά ειρηνικό χαρακτήρα, ανάλογο με το προφίλ της NASA. Το γιγάντιο πρόγραμμα Apollo διήρκεσε λίγο πάνω από δέκα χρόνια, δηλαδή από τη διάσημη εξαγγελία του Kennedy το 1961, έως την τελευταία επανδρωμένη αποστολή στη σελήνη το 1972. Στην κορύφωσή του το πρόγραμμα Apollo απασχολούσε 420.000 προσωπικό και απορροφούσε το 4% του αμερικανικού προϋπολογισμού.

Το «στρατιωτικο-βιομηχανικό» σύμπλεγμα

Οι ΗΠΑ κατάφεραν να κερδίσουν τη Σοβιετική Ένωση στην κούρσα για τη Σελήνη και το χαμένο γόητρο που τους είχαν αφαιρέσει οι αλληπάλληλες Σοβιετικές πρωτιές της δεκαετίας του 1950. Ποιο ήταν όμως τελικά το τίμημα; Θα ήταν ίσως διδακτικό να αφήσουμε την απάντηση στο πιο κατάλληλο άτομο: στον πρόεδρο των ΗΠΑ Dwight Eisenhower. Εκείνος ήταν που εξέφραζε κατά τη διάρκεια της αποχαιρετιστήριας ομιλίας του το 1961 ότι η σύμπλεξη επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας αιχμής, βιομηχανικών συμφερόντων, στρατιωτικών μεθόδων οργάνωσης και πολιτικής στοχοθεσίας είχε δημιουργήσει ένα μórφωμα με νοσηρή επίδραση στην αμερικανική κοινωνία. Του έδωσε, μάλιστα και όνομα: το αποκάλεσε «στρατιωτικο-βιομηχανικό σύμπλεγμα».

Παναγιώτης Κάβουρας

Ο Π. Κάβουρας, Δρ. Φυσικός, είναι ερευνητής στη Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.



Η αποστολή του Apollo 11, όντας σε καραντίνα, δέχεται το καλωσόρισμα πίσω στη Γη από τον πρόεδρο των ΗΠΑ Richard Nixon.

Πλαστική ρύπανση: μπορούν οι μικροοργανισμοί να αποτελέσουν λύση;

Η συσσώρευση πλαστικών στα χερσαία περιβάλλοντα και τα υδάτινα οικοσυστήματα, σε κάθε γωνιά του πλανήτη, επιδρά με δραματικό τρόπο σε αυτά, οδηγώντας τα προς μία, όπως φαίνεται, μη αντιστρεπτή κατάσταση. Κι όμως ορισμένοι μικροοργανισμοί έρχονται να διαδραματίσουν έναν πολύτιμο ρόλο ώστε να αντιμετωπιστεί ένα τόσο σοβαρό πρόβλημα, με εναλλακτικό και οικολογικό τρόπο.

Τις τελευταίες δεκαετίες, τα πλαστικά βρίσκονται, δυστυχώς, παντού και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων κοινωνιών. Ενώ καταναλώνονται ταχύτατα και σε καθημερινή βάση, η αποικοδόμησή τους απαιτεί πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα, καθώς συσσωρεύονται με ταχύτατους ρυθμούς και διασπώνται πάρα πολύ αργά. Σύμφωνα με πολλά επιστημονικά δεδομένα, είναι τέτοια η συσσώρευση των πλαστικών στον πλανήτη μας, ώστε όπως φαίνεται οδηγούμαστε σε καταστάσεις περιβαλλοντικής επιβάρυνσης μη αντιστρεπτές.

Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι από το 2016 και μετά, κάθε χρόνο εναποτίθενται 9 με 23 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών στις λίμνες, τα ποτάμια και τους ωκεανούς. Όσον αφορά τα χερσαία οικοσυστήματα, τα πλαστικά συσσωρεύονται κι εκεί με αντίστοιχους αμείωτους ρυθμούς και σε ανάλογες ποσότητες. Το βέβαιο είναι πως χωρίς ριζικές αλλαγές στο ισχύον οικονομικό και κοινωνικό σύστημα, που έχει ως βασικό κινητήριο μοχλό την αλόγιστη κατανάλωση και το κέρδος, αδιαφορώντας για τις συνέπειες στον πλανήτη, οι ποσότητες των πλαστικών αναμένεται να διπλασιαστούν μέχρι το 2025.

Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια λαμβάνονται σε ορισμένες χώρες— του δυτικού κυρίως κόσμου— μέτρα διαχείρισης και μείωσης των πλαστικών, οι προβλέψεις για το τι μέλλει γενέσθαι με το τρομακτικό ζήτημα της αύξησής τους, παραμένουν δυσοίωνες.

Το πλαστικό ως γεύμα των μικροοργανισμών

Καθοριστικό ρόλο στον περιορισμό των πλαστικών, εκτός από την επιβεβλημένη μείωση της παραγωγής και κατανάλωσής τους και τη συμβολή των τεχνολογιών ανακύκλωσης, θεωρείται ότι μπορούν να διαδραματίσουν ορισμένοι μικροοργανισμοί. Το 2016 επιστημονική ομάδα από την Ιαπωνία ανακάλυψε βακτήρια σε λάσπη που είχε συσσωρευτεί έξω από εργοστάσιο ανακύκλωσης μπουκαλιών στην Οσάκα. Τα βακτήρια του είδους *Ideonella sakaiensis*, εξοπλισμένα με ειδικές πρωτεΐνες-ένζυμα προκειμένου να επιβιώνουν σε περιβάλλοντα γεμάτα πλαστικά, εξελίχθηκαν έτσι ώστε να μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ως τροφή. Έτσι



Έργο της Bonnie Monteleone με τίτλο "What goes around, comes around".

μπορούν να διασπάσουν ένα πολύ διαδεδομένο πλαστικό, το τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (polyethylene terephthalate, γνωστό ως PET), που αποτελεί συστατικό των πλαστικών μπουκαλιών νερού ή αναψυκτικών.

Μετά την εντυπωσιακή και πολλά υποσχόμενη ανακάλυψή τους, ερευνητές και ερευνήτριες άρχισαν να ψάχνουν μικροοργανισμούς που τρέφονται με πλαστικά σε διάφορα σημεία του πλανήτη μας, από τα εργοστάσια ανακύκλωσης μέχρι τις παραλίες του Ειρηνικού Ωκεανού, γεγονός που οδήγησε στην ανακάλυψη κι άλλων ειδών. Σύμφωνα με αυτούς, μικροοργανισμοί που ζουν σε περιβάλλοντα επιβαρυνμένα από την πλαστική ρύπανση ανταποκρινόμενοι στις αυξημένες εξελικτικές πιέσεις που απειλούν την επιβίωσή τους, έχουν προσαρμοστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επωφελούνται από τη διάσπαση των πλαστικών, εξοικονομώντας από αυτή τη διαδικασία τροφή και ενέργεια. Επομένως θα μπορούσαν να μειώσουν τα πλαστικά που θάβονται κάτω από τη γη, που καίγονται ή που ξεβράζονται στη θάλασσα, απλώς διασπώντας τα.

Πλέον είναι εφικτή η τροποποίηση και η χρησιμοποίηση ενζύμων που μοιάζουν με αυτά του *Ideonella sakaiensis*, τα οποία μπορούν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες να στοχεύσουν συγκεκριμένους χημικούς δεσμούς σε ένα μίγμα πλαστικών και να τους διασπάσουν. Έτσι προκύπτουν πιο απλά μόρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξανά. Εργοστασιακή μονάδα διάσπασης μπουκαλιών από PET χρησιμοποιώντας ένζυμα έχει ήδη δημιουργηθεί στη Γαλλία. Εκεί διασπάται το PET σε απλά οργανικά μόρια που μπορούν εκ νέου να αποτελέσουν πρώτη ύλη για την παρασκευή άλλων αντικειμένων.

Δυσεπίλυτα προβλήματα

Η ανακάλυψη των μικροοργανισμών που τρέφονται με πλαστικά είναι αδιαμφισβήτητη μια αισιόδοξη είδηση. Παρόλα αυτά το πρόβλημα είναι σύνθετο και τα εμπόδια φαντάζουν ανυπέρβλητα. Η σύνθεση των πλαστικών είναι τέτοια ώστε να διασφαλίζεται η αντοχή τους στον χρόνο. Συνήθως μια πλαστική συσκευασία περιλαμβάνει δεκάδες διαφορετικά μόρια που αποτελούνται από πολύ μακριές αλυσίδες άνθρακα, σφικτά πακεταρισμένες και συνδεδεμένες μεταξύ τους ώστε να μην διαχωρίζονται εύκολα και να προσδίδουν αντοχή στο παραγόμενο προϊόν. Από την άλλη πλευρά, το κάθε μόριο που απαρτίζει το πλαστικό έχει μοναδικές χημικές ιδιότητες. Έτσι για τη διάσπαση των σύνθετων και διαφορετικών υλικών από τα οποία αποτελείται το κάθε πλαστικό αντικείμενο, απαιτείται ξεχωριστή προσέγγιση ανάλογα με τις φυσικοχημικές ιδιότητες των επιμέρους ατόμων και μορίων και των χαρακτηριστικών των χημικών δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Με τις διαθέσιμες τεχνολογίες ανακύκλωσης και χημικής επεξεργασίας, ένα πολύ μικρό μέρος των πλαστικών, που δεν ξεπερνά το 10% του συνόλου τους, κατορθώνεται να διασπαστεί και να επαναχρησιμοποιηθεί.

Επιστήμονες σε διάφορα εργαστήρια σε όλο τον κόσμο προσπαθούν να εντοπίσουν και να καλλιεργήσουν μικροοργανισμούς στο εργαστήριο προκειμένου να αποσαφηνίσουν τον τρόπο με τον οποίο κατορθώνουν να διασπάσουν τις δύσκολες χημικές ενώσεις των πλαστικών προϊόντων. Η μελέτη των γονιδίων και των πρωτεϊνών που προκύπτουν από αυτά, που μπορούν να διασπάσουν χημικούς δεσμούς ανάμεσα σε άτομα άνθρακα και οξυγόνου είναι το πρώτο καθοριστικό βήμα για την παραγωγή και τη χρησιμοποίησή τους σε μαζική κλίμακα.

Παρά τις καινούριες μεθόδους ανακύκλωσης που προκύπτουν από τη χρήση των μικροοργανισμών, η καθοριστική αντιμετώπιση της πλαστικής ρύπανσης και της περιβαλλοντικής κρίσης που απορρέει από αυτήν, εξακολουθεί να αποτελεί ένα πολύ δύσκολο εγχείρημα. Κι αυτό γιατί το πρόβλημα δεν μπορεί να λυθεί χωρίς να αμφισβητηθούν και εν τέλει να εξαλειφθούν τα αίτια που το προκαλούν. Αίτια που απορρέουν από το ισχύον πολιτικό, οικονομικό, κοινωνικό αλλά και αξιακό μας σύστημα που βασίζεται στη συνεχή κατασπατάληση των φυσικών πόρων, την υπέρμετρη κατανάλωση και την αδιαφορία για το περιβάλλον.

M.T.

VAST: Ερευνώντας τις Ευρωπαϊκές αξίες μέσα στον χώρο και τον χρόνο

Σκεπτόμενοι τις ηθικές αξίες και τι σημαίνουν για τον καθένα ξεχωριστά αλλά και για το σύνολο του Ευρωπαϊκού πολιτισμού, προσπαθούμε να αποκρυσταλλώσουμε πώς αυτές γίνονται αντιληπτές. Πώς έχουμε οδηγηθεί σε αυτές, πόσο μπορεί να έχουν αλλάξει στο χρόνο και ανά γεωγραφική τοποθεσία, και πώς τις αντιλαμβανόμαστε σήμερα;

Από τον Δεκέμβριο του 2020, μία διεθνής ομάδα Ευρωπαίων ερευνητών καλείται μέσω του ερευνητικού έργου με το ακρωνύμιο **VAST (Values Across Space & Time)** να κάνει ακριβώς αυτό: να μελετήσει τις Ευρωπαϊκές αξίες, πώς αυτές αλλάζουν μέσα στον χώρο και τον χρόνο, πώς επικοινωνούνται και πώς γίνονται αντιληπτές σήμερα. Το έργο, που εντάσσεται στα προγράμματα πολιτιστικής κληρονομιάς του Ορίζοντα 2020, βρίσκεται υπό την ηγεσία του **Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος**, το οποίο συντονίζει οκτώ οργανισμούς από πέντε χώρες ώστε να μελετήσουν τα παραπάνω για τα επόμενα 2,5 χρόνια.

Το VAST έχει σαν στόχο τη διερεύνηση του μετασχηματισμού των θεμελιωδών Ευρωπαϊκών ηθικών αξιών μέσα στον χώρο και τον χρόνο, οι οποίες θεωρούνται βασικές για τη διαμόρφωση βιώσιμων κοινωνιών και οι οποίες επιτρέπουν στους πολίτες να συνυπάρχουν αρμονικά: αξίες όπως η **ελευθερία, η δημοκρατία, η ισότητα, η ανοχή, ο διάλογος, η ανθρώπινη αξιοπρέπεια και το κράτος δικαίου**.

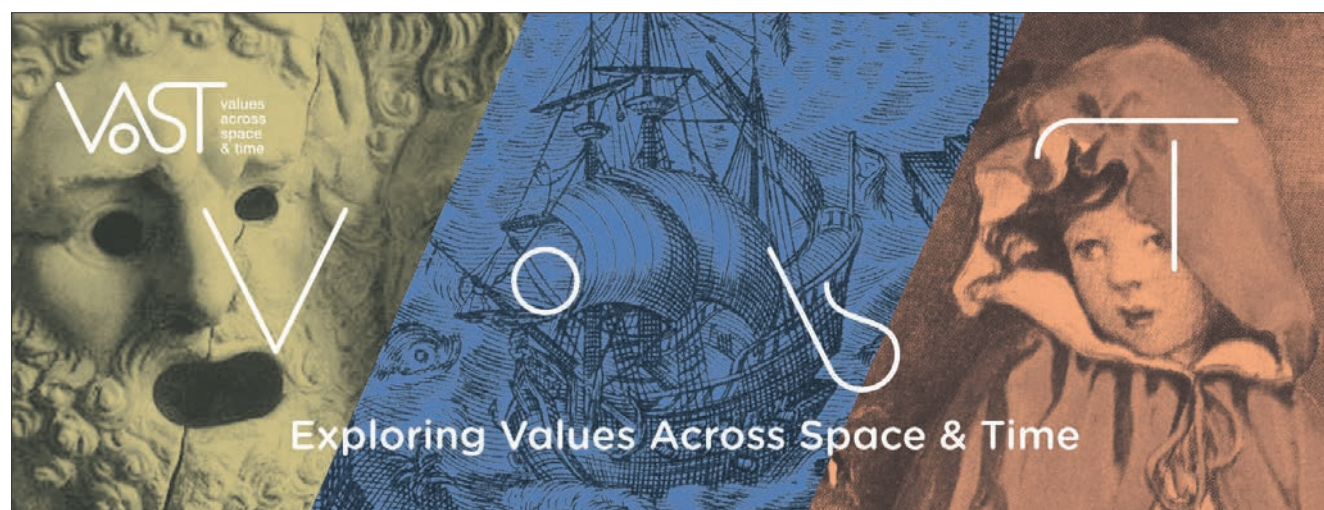
Το όραμα

Το όραμα του έργου είναι να φέρει τις ηθικές αξίες στο προσκήνιο χρησιμοποιώντας προηγμένη τεχνολογία, για να δημιουργήσει μία ψηφιακή πλατφόρμα και μία βάση γνώσης, όπου θα περιλαμβάνεται υλικό από τρεις τομείς: το Θέατρο (εστιάζοντας στο αρχαίο ελληνικό Δράμα), την Επιστήμη (εστιάζοντας στην Επιστημονική Επανάσταση και σε κείμενα φυσικής φιλοσοφίας του 17^{ου} αιώνα) και τη λαογραφία (εστιάζοντας σε λαϊκούς μύθους και παραμύθια).

Οι ερευνητές θα εφαρμόσουν μεθοδολογίες και ηλεκτρονικά εργαλεία, όπως ανάλυση περιεχομένου, συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, θεατρικά έργα, ιστορίες και αφηγήσεις σε βίντεο, σε προφορική ή γραπτή μορφή, για να παρακολουθήσουν τις αξίες μέσα στον χώρο και τον χρόνο, να διευκολύνουν την ενιαία κατανόηση της εξέλιξης αυτών και να μελετήσουν πώς εκλαμβάνονται από το κοινό. Η κοινότητα από την οποία θα προκύψει το συγκεκριμένο περιεχόμενο απαρτίζεται από ερευνητές και επαγγελματίες του χώρου, καθώς και καλλιτέχνες, επιμελητές, αφηγητές, θεατές, επισκέπτες μουσείων και φοιτητές.

Οι αξίες σήμερα

Πέρα από την ανάλυση του μετασχηματισμού των ηθικών αξιών του παρελθόντος, το VAST θα μελετήσει τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούμε και εκλαμβάνουμε τις ηθικές αξίες σήμερα, συλλέγοντας, ψηφιοποιώντας και αναλύοντας αφη-



γήσεις και εμπειρίες, τόσο από ένα δίκτυο επικοινωνίας των ηθικών αξιών (π.χ. καλλιτέχνες, σκηνοθέτες, φορείς από την πολιτιστική και δημιουργική βιομηχανία, επιμελητές, αφηγητές, εκπαιδευτικοί κ.ά.) όσο και από αντίστοιχα κοινά, όπως θεατές, επισκέπτες μουσείων, φοιτητές, μαθητές κ.ά.

Με την ψηφιοποίηση του υλικού καθίσταται δυνατή η διαφύλαξη άυλων στοιχείων όπως οι ιστορίες, ευρήματα και εμπειρίες, τα οποία είναι συνδεδεμένα με εμβληματικές θεατρικές παραγωγές και μουσειοπαιδαγωγικά προγράμματα, βοηθώντας έτσι στην ενοποίηση υλικού και παρέχοντας συμπληρωματικό πλαίσιο για ανάλυση και σημασιολογική αξιολόγηση των ψηφιακών στοιχείων και πηγών. Αυτή η ψηφιοποίηση και προφύλαξη της Ευρωπαϊκής πολιτιστικής μας κληρονομιάς βελτιώνει την κατανόηση της πολιτιστικής μας ιστορίας και κουλτούρας, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί βασικό οδηγό προς την οικονομική, κοινωνική, περιβαλλοντική και βιώσιμη ανάπτυξη.

Όπως σημειώνει ο συντονιστής του VAST, ερευνητής στο Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Δρ Γεώργιος Πετάσης: «Οι ηθικές αξίες είναι σημαντικές, επειδή ορίζουν ποιοι είμαστε. Οι αξίες είναι τα ίχνη της κοινής μας κληρονομιάς, της συλλογικής μας μνήμης, του τρόπου που σκεφτόμαστε τον εαυτό μας και τους άλλους. Το να προσπαθήσουμε να καταγράψουμε το τι σημαίνουν αυτές οι αξίες για τον καθένα και καθεμία από εμάς, θα μας βοηθήσει να εξάγουμε πολύτιμα συμπεράσματα για τον τρόπο που αυτές επικοινωνούνται, γίνονται αντιληπτές αλλά και επηρεάζουν σε ατομικό επίπεδο, με στόχο την καλύτερη κατανόηση και προώθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς της Ευρώπης».

Ερευνώντας τις αξίες του παρελθόντος

Η έρευνα εξελίσσεται με την ανάλυση των αξιών να έχει ξεκινήσει και για τους τρεις πλότους του έργου, οι οποίοι είναι: το αρχαίο ελληνικό δράμα, τα κείμενα της Επιστημονικής Επανάστασης και τα παραμύθια. Στην Ελλάδα, ερευνητές από το ΕΚΠΑ αναλύουν κείμενα αρχαίων τραγωδιών και κωμωδιών, στην Πορτογαλία στο Πανεπιστήμιο NOVA εντοπίζο-

νται οι Ευρωπαϊκές αξίες στα παραμύθια των αδερφών Grimm και στο μουσείο Galileo στη Φλωρεντία της Ιταλίας στα κείμενα της πλούσιας βιβλιοθήκης του μουσείου.

Η πρώτη έρευνα κοινού διεξήχθη πρόσφατα στον άξονα του αρχαίου ελληνικού δράματος με τη χρήση ερωτηματολογίου, απευθυνόμενη τόσο σε εξειδικευμένο όσο και στο ευρύ κοινό που κλήθηκε να παρακολουθήσει την παράσταση *Επτά επί Θήβας του Αισχύλου*, σε σκηνοθεσία του Τσέζαρις Γκραουζίνις, από το Κρατικό Θέατρο Βορείου Ελλάδος (ΚΘΒΕ). Η έρευνα θα προσδιορίσει, αποτυπώσει και μελετήσει τις αξίες του Ευρωπαϊκού πολιτισμού, όπως διαμορφώθηκαν μέσα στον χρόνο από την Αρχαία Ελλάδα μέχρι και σήμερα. Θα αναδείξει τον τρόπο με τον οποίο οι αξίες αυτές διαμόρφωσαν τον σύγχρονο Ευρωπαϊκό πολιτισμό και το αξιακό σύστημα που τον διέπει, θα ανιχνεύσει, προσδιορίσει και μελετήσει πώς οι αξίες αυτές γίνονται αντιληπτές και θα δημιουργήσει ένα σχετικό αποθετήριο δεδομένων που θα διαθέσει ανοιχτό στην ερευνητική κοινότητα προς το σκοπό περαιτέρω έρευνας.

Οι Ευρωπαϊκοί εταίροι του VAST που συμπράττουν στο έργο είναι το Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών Δημόκριτος (Ελλάδα), το Πανεπιστήμιο του Μιλάνο (Ιταλία), το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών - ΕΚΠΑ (Ελλάδα), το Πανεπιστήμιο NOVA της Λισαβόνας (Πορτογαλία), το Μουσείο Παραμυθίου (Κύπρος), η εταιρεία Semantika (Σλοβενία), το Μουσείο Galileo (Ιταλία) και το Φεστιβάλ Αθηνών - Επιδαύρου (Ελλάδα).

Το έργο VAST εντάσσεται στο Ευρωπαϊκό πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Ορίζοντας 2020 για την έρευνα και την καινοτομία και έλαβε συνολική χρηματοδότηση ύψους 2.995.625 ευρώ. Μπορείτε να επισκεφθείτε την ιστοσελίδα του έργου στον σύνδεσμο <https://www.vast-project.eu/> για περισσότερες πληροφορίες και να ακολουθήσετε την πορεία του έργου στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης.

Facebook: www.facebook.com/VASTprojectH2020/

Twitter: twitter.com/projectVAST

Μεταξύ Παράδεισου και Κόλασης... ο άνθρωπος

Πιστεύετε ότι υπάρχει μαθηματικός τρόπος για να πάει κανείς στον Παράδεισο ή την Κόλαση; Αν υπάρχει κάποια σκάλα προς τον Παράδεισο, *Stairway to Heaven* όπως θα έλεγαν και οι Led Zeppelin, δεν έχουμε παρά να μετρήσουμε τον αριθμό των σκαλοπατιών που πρέπει να ανέβουμε. Αν για την Κόλαση υπάρχει λεωφόρος, *Highway to Hell* που θα έλεγαν οι AC/DC, δεν έχουμε παρά να μετρήσουμε την ταχύτητα με την οποία κινούμαστε. Βέβαια, και οι δύο παραπάνω τρόποι έχουν νόημα μόνο μετά θάνατον. Το βασικό πρόβλημα είναι πώς μπορούμε να υπολογίσουμε εν ζωή, αν θα πάμε στον Παράδεισο ή την Κόλαση. Ίσως να σκέφτεστε ότι είναι ανόητα ερωτήματα τα παραπάνω και πως δεν έχουν καμία θέση σε ένα έντυπο δημόσιας εικόνας των επιστημών. Μπορεί και να έχετε δίκιο αλλά, αν έχετε δίκιο, αυτό σημαίνει ότι έχετε κατά νου μια πολύ συγκεκριμένη εικόνα για τις επιστήμες. Και αυτή η εικόνα κάθε άλλο παρά διαχρονική και ακίνητη είναι.

Ας κάνουμε ένα ταξίδι στον χρόνο. Που; Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης, Κολέγιο Μέρτον. Πότε; 14^{ος} αιώνας. Ποιοι; Κάποιοι μαθηματικοί, οι περίφημοι *calculatori* (ας τους πούμε *λογαριαστήδες*). Τα Πανεπιστήμια άρχισαν να ιδρύονται τον 12^ο αιώνα στη Δυτική Ευρώπη και επρόκειτο πραγματικά για μία θεσμική επανάσταση. Άνθρωποι άρχισαν να μοιράζονται ένα κοινό σώμα γνώσης, να το μελετούν συστηματικά και να παράγουν νέα γνώση. Τίποτα δεν θα μπορούσε να έχει συμβεί, ωστόσο, αν δεν είχε διοχετευτεί στην Ευρώπη ένας τεράστιος όγκος μεταφράσεων αρχαίων ελληνικών συγγραμμάτων από τους Άραβες. Εκτός από τις μεταφράσεις, οι Άραβες παρήγαγαν και νέα γνώση που επιχειρήσαν να την κάνουν συμβατή με τα αρχαία μαθηματικά και τις φιλοσοφικές παραδόσεις της αρχαιότητας. Όταν, λοιπόν, οι Ευρωπαίοι διανοητές ήρθαν αντιμέτωποι με τις φιλοσοφικές παραδόσεις, τα μαθηματικά και τη φυσική φιλοσοφία, άρχισαν να σκέφτονται πώς/αν μπορούσαν να απαντήσουν σε κάποια θεολογικά ερωτήματα εντός της Χριστιανικής κοσμοθεωρίας. Οι *λογαριαστήδες* του Κολεγίου Μέρτον μελέτησαν εμβριθώς την αριστοτελική φιλοσοφία, ήταν εξαιρετικοί μαθηματικοί και ακόμη πιο ικανοί θεολόγοι. Ένα από τα ερωτήματα, επομένως, που τους απασχόλησαν αρκετά ήταν: Πόσες καλές πράξεις πρέπει να κάνει ένας άνθρωπος για να πάει στον Παράδεισο;

Αυτό το ερώτημα, βέβαια, ήταν απλώς ένα υποερώτημα ενός μεγαλύτερου και πιο σημαντικού ερωτήματος: Μπορούμε να ποσοτικοποιήσουμε τις αριστοτελικές ποιότητες; Ας τα πάρουμε με τη σειρά. Στη φιλοσοφία του Αριστοτέλη υπάρχουν οι ποσότητες και οι ποιότητες. Οι ποσότητες αφορούν πράγματα που μπορούμε να μετρήσουμε, όπως η επιφάνεια ενός τραπεζιού ή ο όγκος μιας πυραμίδας. Τα μαθηματικά της αρχαιότητας επέτρεπαν τέτοιου είδους υπολογισμούς με απόλυτη ακρίβεια. Οι ποιότητες περιγράφουν καταστάσεις όπως η θερμότητα ενός πυρωμένου σιδήρου, η



λευκότητα του χιονιού ή η καλοσύνη ενός ανθρώπου και δεν είναι μετρήσιμες αλλά έχουν διαβαθμίσεις στην έντασή τους (η έννοια της *έντασης* ήταν εξαιρετικά σημαντική στην αριστοτελική φιλοσοφία). Όπως καταλαβαίνετε, δεν ήταν καθόλου εύκολο να μετρήσουν τις ποιότητες.

Στο Κολέγιο Μέρτον οι *λογαριαστήδες* σκέφτηκαν ότι ποιότητες, όπως η καλοσύνη, μπορούσαν να μετρηθούν. Παρατήρησαν ότι εμφάνιζαν αλλαγές στην έντασή τους, δηλαδή στον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλονταν. Για παράδειγμα το πώς σταδιακά ένα σώμα γίνεται θερμότερο ή ψυχρότερο. Έτσι, προέκυψε ένα αντίστοιχο ερώτημα για την ποιότητα της καλοσύνης: Πόσο καλός πρέπει να είσαι για να πας στον Παράδεισο; Πόση «ένταση» δηλαδή, πρέπει να έχει η καλοσύνη σου; Ας υποθέσουμε ότι ένας άνθρωπος κάνει καλές πράξεις, με σταθερό ρυθμό από την αρχή της ζωής του, και θα κερδίσει τον Παράδεισο. Κάποιος άλλος, όμως, που πέρασε το πρώτο μισό της ζωής του χωρίς να κάνει καλές πράξεις, πώς θα γλιτώσει την

Κόλαση; Η απάντηση για τους φίλους μας τους μαθηματικούς ήταν απλή: «Πρέπει να επιταχύνει». Στο μέσο της διαδρομής του ο λιγότερο ενάρετος φίλος μας πρέπει να έχει πιάσει την ταχύτητα που έχει ο ενάρετος φίλος μας σε όλη τη διαδρομή της ζωής του και να συνεχίσει να αυξάνει σταθερά τον ρυθμό με τον οποίο κάνει καλές πράξεις, έως το τέλος και της δικής του διαδρομής. Αν ζήσουν το ίδιο, αν δηλαδή έχουν κάνει την ίδια απόσταση, τότε και οι δύο θα έχουν κάνει τον ίδιο αριθμό καλών πράξεων και θα έχουν κερδίσει τον παράδεισο.

Οι *λογαριαστήδες* του Κολεγίου Μέρτον ήθελαν να λύσουν ένα θεολογικό πρόβλημα. Μελέτησαν τη μεταβολή στην ένταση της καλοσύνης, όμως συνειδητοποίησαν ότι κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τη μεταβολή της ταχύτητας. Χάρη σε αυτήν την αναλογία, επινόησαν το θεώρημα της μέσης τιμής και την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, αρκετά χρόνια πριν τον Γαλιλαίο. Ένα ερώτημα, που μοιάζει να μην έχει καμία σχέση με την επιστήμη της νεωτερικότητας, κατέληξε σε ένα μαθηματικό θεώρημα που θεωρείται από τα πιο κομβικά στη συγκρότηση της σύγχρονης φυσικής. Μπορεί οι *λογαριαστήδες* να μην πήραν καμία χρησιμη απάντηση για τον Παράδεισο ή την Κόλαση αλλά η επινόσή τους συνέβαλε στη μελέτη της φύσης.

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, η μελέτη της φύσης δεν αποτελούσε παρά μέρος της καλλιέργειας των αρετών. Οι αρετές, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, ήταν διανοητικές και ηθικές. Αυτή η διάκριση ενσωματώθηκε και στον θεολογικό λόγο από τους διανοητές εκείνους που επιχειρήσαν να φέρουν σε σύγκλιση την αριστοτελική φιλοσοφία και τον Χριστιανικό λόγο. Να γνωρίζεις κάτι για τη φύση και τα αίτια των φαινομένων δεν είχε αυταπόδεικτη αξία. Είχε αξία επειδή συνιστούσε καλλιέργεια αρετών και η καλλιέργεια των αρετών ήταν ο μόνος τρόπος για να γίνει κάποιος καλύτερος άνθρωπος, να γίνει ενάρετος και αγαθός. Υπήρχε σαφής στόχος. Η «επιστήμη» δεν είχε αυταπόδεικτη αξία ούτε ήταν αξιακά ουδέτερη. Το θετικό της πρόσημο κρινόταν αποκλειστικά και μόνο από το πόσο ενάρετος γινόταν ένας άνθρωπος. Στο πλαίσιο της νεωτερικότητας, αρκετά συχνά λέμε ότι η επιστήμη είναι ουδέτερη και δεν έχει ηθική. Δύσκολα θα έλεγε κανείς σήμερα ότι η επιστήμη οδηγεί στο αγαθό. Πρόκειται, άλλωστε, για την επιστήμη των ποσοτήτων, την επιστήμη που απλώς μετράει. Παράδεισος και Κόλαση, επομένως, μπορεί να μην υπάρχουν αλλά το χάσμα ανάμεσα στις ποσότητες και τις ποιότητες παραμένει. Και αυτό το χάσμα ίσως να μην γεφυρωθεί ποτέ. Μπορούμε, όμως, να συνεχίσουμε να αναρωτιόμαστε τι είδους γνώση μπορεί να παράγει ένας ενάρετος και αγαθός άνθρωπος. Ακόμη και αν δεν πάρουμε απάντηση, θα μπορούμε να πούμε ότι δοκιμάσαμε να διαβούμε μια λεωφόρο ή μια σκάλα που δεν τελειώνει. Και δεν πειράζει που δεν τελειώνει... αρκεί να συνεχίσουμε να κινούμαστε με στόχο το αγαθό.

