

ΠΡΙΣΜΑ

ΕΝΘΕΤΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ,
ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Η ΑΥΓΗ
ΚΥΡΙΑΚΗ 16 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2017

ΙΣΤΟΡΙΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

Θαύματα και Επιστήμη

Αν ο Θεός παραβιάζει διαρκώς και με διαφορετικούς τρόπους την πορεία της φύσης, τότε πώς μπορούμε να είμαστε βέβαιοι για όσα μελετάμε; Πώς μπορούμε να λέμε ότι υπάρχουν κανονικότητες στη φύση, αν αυτές μπορούν να παραβιαστούν ανά πάσα στιγμή;

►► 8

Ίνες άνθρακα από πράσινες πρώτες ύλες

ΦΘΗΝΟΤΕΡΕΣ
ΚΑΙ ΦΙΛΙΚΟΤΕΡΕΣ
ΠΡΟΣ ΤΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα FIBRALSPEC διερευνά την παραγωγή και την αξιοποίηση εναλλακτικών πρώτων υλών για την παραγωγή ινών άνθρακα.

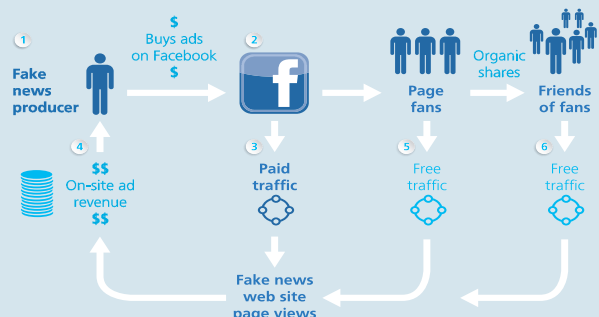
►► 2-3



Fak(th)e news

Τι κοινό έχει ο Κάμερον από το Οχάιο με τον Μπόρις από το Βέλγιο; Και οι δυο τους θέλησαν να βγάλουν λεφτά πουλώντας φύκια για μεταξωτές κορδέλες. Και για ένα διάστημα το κατάφεραν. Την εποχή της «μετά-αλήθειας», όλα είναι πιθανά αφού κάπου στο δρόμο παρατήσαμε τους θεματοφύλακες της ενημέρωσης; Γιατί θεωρήσαμε ότι οι ειδήσεις είναι δωρεάν. Και το πληρώσαμε ακριβά.

►► 4-5



►► 6

Ο Fourier και οι Beatles

ΜΕ ΜΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ μέθοδο που θεμελιώθηκε το 19ο αιώνα από τον Joseph Fourier, σε συνδυασμό με τις σύγχρονες υπολογιστικές δυνατότητες, οι τεχνικοί των Abbey Road Studios κατάφεραν να αναδείξουν τις ζωντανές ηχογραφήσεις των Beatles και να μας δείξουν πώς, μισό αιώνα αργότερα, παραμένουν πρωτοπόροι στη μουσική βιομηχανία.

ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Εκπαιδευτικά Προγράμματα για μαθητές στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος

Από το Σεπτέμβριο του 2015 το ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος έχει προσφέρει δωρεάν εκπαιδευτικά προγράμματα σε πάνω από 3.500 μαθητές της χώρας. Τα προγράμματα αναπτύχθηκαν από το Εργαστήριο Τεχνολογίας Γνώσεων & Λογισμικού, του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών και πραγματοποιούνται με τη βοήθεια του Τμήματος Οργάνωσης και Παραγωγικότητας της Δ/νσης Διοικητικού του Δημόκριτου.

►► 7



Το θεώρημα της μέσης τιμής

ΣΤΑ ΤΕΛΗ του Μεσαίωνα, όταν οι σχολαστικοί άρχισαν να κάνουν τα πρώτα δειλά βήματα εκτός του πλαισίου της αριστοτελικής φυσικής, άνοιξε μια ενδιαφέρουσα συζήτηση «περί της έντασης των ποιοτήτων». Στην αριστοτελική φιλοσοφία υπάρχουν οι ποιότητες και οι ποσότητες. Οι πρώτες περιγράφουν καταστάσεις στις οποίες μπορεί να περιέλθουν τα σώματα. Οι δεύτερες εκφράζουν μεγέθη. Οι μεν δεν μπορούν να αναχθούν στις δε. Με άλλα λόγια, οι ποιότητες δεν είναι μετρήσιμες. Η μήπως είναι; Αυτό ήταν το αντικείμενο της συζήτησης «περί της έντασης των ποιοτήτων».

Οι «λογαριαστές» (calculatori) του κολεγίου Merton της Οξφόρδης ενεπλάκησαν στη συζήτηση και διατύπωσαν το περίφημο Θεώρημα της Μέσης Τιμής, από το οποίο προέκυψαν δύο από τις θεμελιωδέστερες έννοιες της κινηματικής: Η μέση ταχύτητα και η ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Γι' αυτό τον λόγο, πολλοί τους θεωρούν προάγγελους της γαλιλαϊκής φυσικής. Ποιο ήταν όμως το πρόβλημα που προσπαθούσαν να λύσουν; Στην πραγματικότητα, ήταν ένα θεολογικό πρόβλημα: Είναι γνωστό ότι ο άνθρωπος που κάνει καλές πράξεις, με σταθερό ρυθμό από την αρχή της ζωής του, θα κερδίσει τον Παράδεισο. Πώς θα πετύχει, όμως, το ίδιο αποτέλεσμα κάποιος που πέρασε το πρώτο μισό της ζωής του χωρίς να μεριμνά ιδιαίτερα για τη σωτηρία του;

Η φιλανθρωπία είναι ποιότητα. Για να έχει λύση το πρόβλημα, η ποιότητα πρέπει να έχει «ένταση». Αν δεχτούμε ότι η φιλανθρωπία είναι ποσοτικοποιήσιμη, τότε η απάντηση είναι μαθηματικά απλή: Ο ρυθμός με τον οποίο πρέπει να κάνει αγαθοεργίες ο δεύτερος άνθρωπος πρέπει να αυξάνεται ομοιόμορφα κατά τρόπο ώστε στη μέση του χρόνου να είναι ίσος με τον σταθερό ρυθμό με τον οποίο κάνει αγαθοεργίες ο πρώτος άνθρωπος. *Αν ζήσουν το ίδιο*, τότε και οι δύο θα έχουν κάνει τον ίδιο αριθμό καλών πράξεων και θα έχουν κερδίσει αμφότεροι τον Παράδεισο.

Ο Μεσαίωνας συχνά μας εκπλήσσει με την επικαιρότητά του, έλεγε ο Ουμπέρτο Έκο. Παρ' όλα αυτά, δεν μπορεί να μην απορήσει κανείς με την παρουσία του σε περιοχές της κοινωνικής ζωής που αποτελούν προπύργια της νεωτερικότητας. Πίσω από τη φανταχτερή βιτρίνα των μεταμοντέρνων οικονομικών θεωριών που εφαρμόζονται στην περίπτωση της ελληνικής κρίσης διακρίνει κανείς την απλοϊκή *θεολογική* λογική του Θεωρήματος της Μέσης Τιμής: Η αμαρτωλή χώρα που δαπάνησε μεγάλο μέρος του νεωτερικού της βίου «σε ποτά και σε γυναίκες» δεν δικαιούται μια ομαλή οικονομική ζωή. Προκειμένου να εξασφαλίσει τη σωτηρία της, θα πρέπει στο εξής να επιτελεί τα καθήκοντά της με σταθερά επιταχυνόμενο ρυθμό, στη μέση του δρόμου να φτάσει τις επιδόσεις των *φρονιμων* εταιρών της και, στη συνέχεια, να τις υπερβεί, ώστε στο τέλος του δρόμου να της επιτραπεί η είσοδος στον κοινό παράδεισο. Αν ζήσει αρκετά...

Μ.Π.

Ίνες άνθρακα από πράσιν φθηνότερες και φιλικό

ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ερευνητικό πρόγραμμα Fibralspec διερευνά την παραγωγή και την αξιοποίηση εναλλακτικών πρώτων υλών για την παραγωγή ινών άνθρακα (ΙΑ). Το πρόγραμμα συντονίζεται από την Ερευνητική Μονάδα Προηγμένων, Σύνθετων, Νανοϋλικών και Νανοτεχνολογίας (R-NANO) της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) και βρίσκεται στον τέταρτο χρόνο υλοποίησής του, με ένα μέρος των αποτελεσμάτων του να αξιοποιείται ήδη από τους βιομηχανικούς εταίρους που συμμετέχουν στο έργο.

Στο άρθρο αυτό περιγράφονται οι στόχοι και η μεθοδολογία του ευρωπαϊκού προγράμματος Fibral-

Η πολιτική της Ε.Ε.

Το Fibralspec εντάσσεται στην ευρωπαϊκή συστάδα (cluster) «Carbon Fibres & Advanced High Performance Composites Cluster (CFPC)» (<http://www.technologycluster.eu/>) για την προώθηση της έρευνας, την ανταλλαγή ιδεών, αποτελεσμάτων και μεθόδων που θα συμβάλλουν στην ενίσχυση της παρουσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην παραγωγή ΙΑ. Η βιομηχανική αξιοποίηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων αποτελεί στρατηγικό στόχο για την Ε.Ε., καθώς, παρ' ότι αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο καταναλωτή ΙΑ διεθνώς (και τον πρώτο έως το 2020), δεν αποτελεί παραγωγό, εισάγοντας ΙΑ από τις ΗΠΑ και την Ιαπωνία. Η σημασία των ΙΑ και του μεγέθους της αγοράς τους φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνας 1. Σύμφωνα με προβλέψεις της Toray Industries Inc of Japan (ο μεγαλύτερος παραγωγός ΙΑ στον κόσμο) αναμένεται αύξηση κατά 80% στον τομέα των βιομηχανικών εφαρμογών (π.χ. αυτοκινητοβιομηχανία, ασφαλή καταφύγια, ηλεκτρονική), 70% στον τομέα της αεροδιαστημικής και 30% στους υπόλοιπους τομείς (π.χ. εμφυτεύματα, αθλητικά είδη).

Στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού cluster CFPC, στο οποίο συμμετέχουν ειδικοί από όλη την Ε.Ε., πέντε μεγάλα ερευνητικά έργα συνεργάζονται γύρω από την αειφόρο παραγωγή και ανακύκλωση ΙΑ. Οι ερευνητικές κοινοπραξίες CARBOPREC, NEWSPEC, και FIBRALSPEC ερευνούν την ανάπτυξη εναλλακτικών πρόδρομων ΙΑ με στόχο τη μείωση του κόστους και την απεξάρτηση της Ε.Ε. από εισαγωγή ΙΑ. Η κοινοπραξία Reform ασχολήθηκε με την ανακύκλωση σύνθετων υλικών ενισχυμένων από ΙΑ.

Τι είναι η ίνα άνθρακα;

Ως ΙΑ ορίζεται μία ίνα (ή ένα νήμα) η οποία περιέχει τουλάχιστον 90% άνθρακα και παράγεται από ελεγχόμενη πυρόλυση κατάλληλων πρόδρομων ινών. Οι πρόδρομες ΙΑ παράγονται από τις πρώτες ύλες και καταλήγουν έπειτα από οξειδωτική σταθεροποίηση και πυρόλυση σε ΙΑ. Οι ΙΑ από πολυακρυλονιτρίλιο (polyacrylonitrile – PAN) έχουν μακροσκοπικά ινώδη δομή, παρόμοια με αυτή της πρόδρομης ίνας, αλλά αποτελούμενη από στρώματα άνθρακα, ενώ από την κρυσταλλική δομή των ΙΑ απουσιάζει τρισδιάστατη περιοδικότητα. Οι πρώτες ΙΑ κατασκευάστηκαν από τον Τ. Edison το 1879, στην προσπάθεια που κατέβαλε να βρει υλικό κατάλληλο για αντιστάσεις στους ηλεκτρικούς λαμπτήρες.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις μοναδικές ιδιότητές τους, οι ΙΑ θεωρούνται ως οι κυρίαρχες ίνες ενίσχυσης για ελαφριά, υψηλής αντοχής

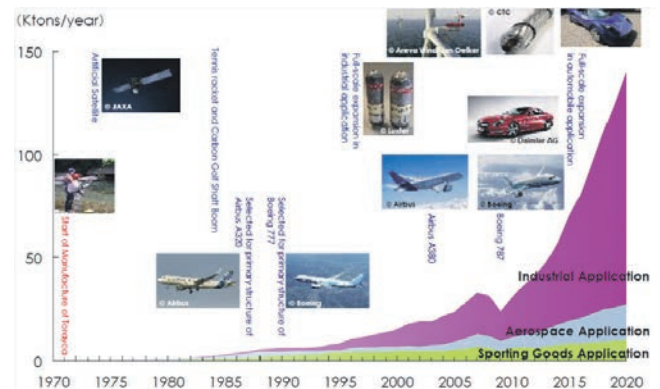
spec. Τα αποτελέσματα του Fibralspec και άλλων ευρωπαϊκών έργων έχουν την προοπτική να επηρεάσουν την παραγωγή, εφαρμογή και ανακύκλωση των ΙΑ σε μακροπρόθεσμο επίπεδο. Ένας από τους κύριους στόχους του Fibralspec είναι η παραγωγή ΙΑ από πράσινες πρώτες ύλες και η βελτιστοποίηση της απόδοσης των διεργασιών οξείδωσης με την εγκατάσταση στο ΕΜΠ αυτοματοποιημένης γραμμής παραγωγής. Η πρωτότυπη ημιβιομηχανική γραμμή σταθεροποίησης συνεχούς παραγωγής (για την οξειδωτική επεξεργασία των πρόδρομων ΙΑ) έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί από την ομάδα του ΕΜΠ.

και στιβαρότητας σύνθετα υλικά. Τα σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ΙΑ χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, καθώς έχουν υψηλή αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις, ακαμψία, χαμηλή πυκνότητα, εξαιρετικές ιδιότητες διαβροχής, υψηλές αντιστάσεις στη διάβρωση, καθώς και ελεγχόμενη θερμική διαστολή. Γενικά, έχουν πολύ υψηλό μέτρο ελαστικότητας και υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό, ίση περίπου με 7 GPa. Επιπλέον, τα σύνθετα υλικά πολυμερικής μήτρας (CFRPs) έχουν υψηλή χημική αδράνεια και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαβρωτικό περιβάλλον. Αν και μερικές φορές μπορεί να παρατηρηθεί αστοχία υπό επαναλαμβανόμενη καταπόνηση, τα CFRPs γενικά έχουν καλύτερη συμπεριφορά κόπωσης από τα μέταλλα.

Οι ίνες αποτελούν μέσο ενίσχυσης συνθέτων υλικών, προσδίδοντας εξαιρετικό συνδυασμό αντοχής, μείωσης βάρους και ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ωστόσο, το υψηλό κόστος αυτών των υλικών που οφείλεται κατά 50% στο κόστος της πρόδρομης ύλης, λειτουργεί απαγορευτικά για την εφαρμογή τους σε ευρύτερους τομείς εκτός της αεροδιαστημικής (π.χ. σε αεροσκάφη υψηλών προδιαγραφών, όπως το Airbus 320).

Πρόδρομες ίνες άνθρακα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Πρόδρομη ίνα (precursor fiber) είναι μια ίνα που αποτελείται από 1.000 μέχρι 50.000 μονοϊνίδια. Η ποιότητα των πρόδρομων υλών συνεισφέρει καθοριστικά στις ιδιότητες της τελικής ΙΑ. Οι περισσότερες ΙΑ που χρησιμοποιούνται για εμπορικές και βιομηχανικές εφαρ-



Εικ. 1: Carbon Fiber Market Revolution, www.toray.com

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Λήδα Αρνέλλου, Διδάκτωρ Επικοινωνίας της Επιστήμης
Βάλια Καϊμάκη, Διδάκτωρ Επικοινωνίας, Μέσων και Πολιτισμού
Γιάννης Κοντογιάννης, Διδάκτωρ Αστροφυσικής
Μανώλης Πατηνιώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ιστορίας των Επιστημών, Πανεπιστημίου Αθηνών
Δημήτρης Πετάκος, Διδάκτωρ Ιστορίας των Επιστημών

Ες πρώτες ύλες, τερεις προς το περιβάλλον



Εικ. 2: Γραμμή συνεχούς παραγωγής που έχει σχεδιαστεί από την ομάδα του ΕΜΠ

μογές προέρχονται από πρόδρομα υλικά βασισμένα στο πετρέλαιο, όπως πολυακρυλονιτρίλιο και μεσοφασική πίσσα. Η πιο σημαντική πρόδρομη ένωση που χρησιμοποιείται ευρέως στην αγορά είναι το πολυακρυλονιτρίλιο (polyacrylonitrile - PAN). Εμπορικές ΙΑ παράγονται και από πίσσα, αλλά η κατεργασία και ο καθαρισμός της ίνας αυξάνουν σημαντικά το κόστος σε σχέση με αυτές του PAN, με αποτέλεσμα να κατέχουν μικρό μερίδιο της αγοράς ΙΑ.

Η τεχνολογική πρόκληση: Τα πρόδρομα υλικά με βάση το πετρέλαιο είναι σχετικά ακριβά και συνεισφέρουν σε περισσότερο από το 50% του τελικού κόστους παραγωγής. Πολλά άλλα πολυμερή, όπως είναι η λιγνίνη και το μετάξι, έχουν στοχευθεί ως πιθανοί πρόδρομοι ΙΑ. Συγκεκριμένα για τη λιγνίνη, υπάρχει ένα ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον, το οποίο οφείλεται στην αφθονία του υλικού, την υψηλή περιεκτικότητα του σε άνθρακα, τη δυνατότητα ανακύκλωσής του και στο μικρό κόστος του σαν παραπροϊόν της βιομηχανίας χαρτιού και της εξόρυξης βιοκαυσίμων. Η λιγνίνη είναι εύκολα διατηρήσιμο υλικό ως πρώτη ύλη, το κόστος του οποίου είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητο από την τιμή των καυσίμων συγκριτικά με τις πρόδρομες ενώσεις τελευταίας τεχνολογίας (π.χ. PAN).

Οι αιτίες: Οι κύριες κινητήριες δυνάμεις για την έρευνα και ανάπτυξη νέων πρόδρομων ινών είναι:

- 1) Το αυξημένο κόστος των υπαρχόντων πρόδρομων υλών από παράγωγα του πετρελαίου (17\$/kg για το PAN)
- 2) Η εξάρτηση των τιμών από τις τιμές του πετρελαίου
- 3) Οι απαιτήσεις σε μηχανικές ιδιότητες για εφαρμογές των ΙΑ

στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι πολύ μικρότερες από ό,τι στην αεροδιαστημική

4) Η βελτιστοποίηση των διεργασιών ως προς την ενεργειακή κατανάλωση

5) Το άνοιγμα σε νέες αγορές (διεύρυνση της αγοράς ΙΑ, λόγω της μείωσης του κόστους διάθεσης).

Η προσέγγιση στο πλαίσιο του Fibralspec

Ο βασικός στόχος στο πλαίσιο του έργου είναι να παρουσιάσει διαφορετικές πορείες για βελτίωση της παραγωγής ΙΑ, χρησιμοποιώντας εναλλακτικές πρόδρομες ενώσεις και κατάλληλη ρύθμιση των διεργασιών. Στο πλαίσιο του έργου παρήχθησαν ίνες λιγνίνης-πολυμερών με διαμέτρους της τάξης των δεκάδων μη μέσω ξηρής ινοποίησης και ινοποίησης τήξης. Στη συνέχεια ακολούθησε η σταθεροποίηση (Εικόνα 2) και έλεγχος των ιδιοτήτων των παραχθέντων ινών με τα πρώτα αποτελέσματα να είναι ενθαρρυντικά. Σε επόμενο στάδιο θα ακολουθήσει η βελτιστοποίηση της παραγωγής, με απώτερο σκοπό την εισαγωγή στην αγορά των εναλλακτικών πρόδρομων ενώσεων, μειώνοντας το κόστος παραγωγής και αυξάνοντας τον όγκο της παραγωγής.

Οι καινοτομίες του Fibralspec

Νέας γενιάς υπερπυκνωτές (supercapacitors) με βάση ναοίνες άνθρακα για συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (energy storage systems). Ένας πρωτότυπος προηγμένος και εύκαμπτος υπερπυκνωτής έχει παραδοθεί στο πλαίσιο του έργου ως αποτέλεσμα της

συνεργασίας της ομάδας του ΕΜΠ με το Τμήμα Νανοτεχνολογίας (nanotechnology department) του Thales.

Ημιβιομηχανική γραμμή σταθεροποίησης συνεχούς παραγωγής (για την οξειδωτική επεξεργασία των πρόδρομων ΙΑ) έχει σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και παραδοθεί. Η γραμμή είναι ένα πλήρως αυτοματοποιημένο συνεχές σύστημα, με τον χειρισμό να επιτυγχάνεται μέσω ενός πίνακα ελέγχου αφής που προσφέρει τη δυνατότητα προσομοίωσης μιας παραγωγικής διαδικασίας, σε βιομηχανική κλίμακα με υψηλή ακρίβεια όσον αφορά τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της τάσης.

Έχει πραγματοποιηθεί η σύνθεση οικολογικών πρόδρομων ενώσεων με βάση τη λιγνίνη και έχουν μελετηθεί μείγματα με πολυμερή. Ακολούθως, έχουν ινοποιηθεί μέσω των τεχνικών της ξηρής ινοποίησης και ινοποίησης τήγματος.

Έχει εγκατασταθεί στο ερευνητικό ινστιτούτο IPMS της Ουκρανίας γραμμή συνεχούς τροποποίησης ΙΑ για την παραγωγή υλικών με ενισχυμένες ιδιότητες χρησιμοποιώντας νανοσωματίδια που παράγονται από φυτικές πρώτες ύλες.

Έχουν αναπτυχθεί πρωτόκολλα ανάλυσης της μηχανικής συμπεριφοράς της διεπιφάνειας ίνας-μήτρας με μια γρήγορη και μη καταστρεπτική μέθοδο στο πλαίσιο της συνεργασίας της ομάδας του ΕΜΠ με την ερευνητική ομάδα Μηχανικής των Επιφανειών (Surface Engineering Research Group) του Πανεπιστημίου του Μπέρμινχαμ (University of Birmingham).

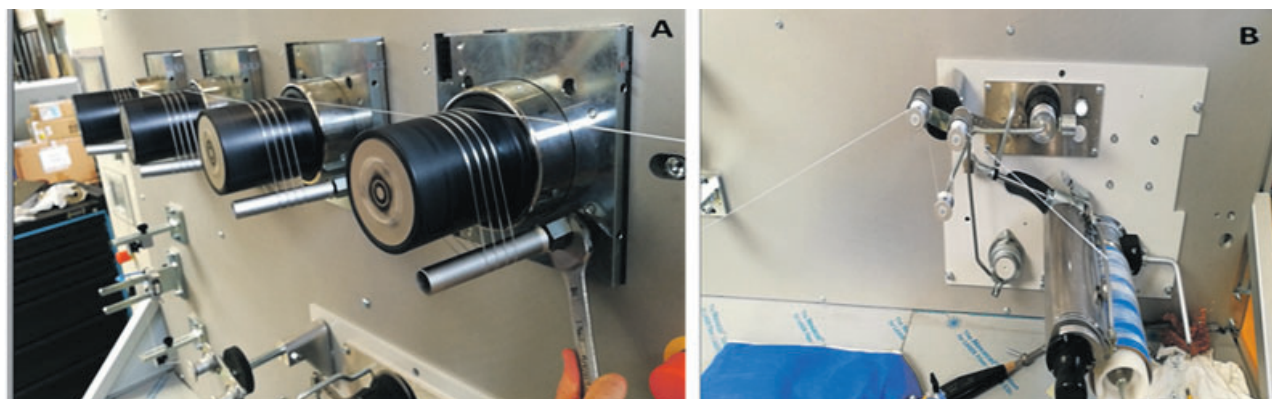
Επίλογος

Το ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα Fibralspec, που βρίσκεται στον τελευταίο χρόνο υλοποίησής του, διερευνά την παραγωγή ΙΑ από πράσινες πρόδρομες πρώτες ύλες με σκοπό τη μείωση του κόστους και τη βελτιστοποίηση των διεργασιών. Στο πλαίσιο του έργου σημαντικές καινοτομίες όπως υπερπυκνωτές με βάση ναοίνες άνθρακα, πρωτότυπες γραμμές παραγωγής και τροποποίησης, καθώς και νέα πρωτόκολλα βρίσκουν ήδη εφαρμογή. Τα αποτελέσματα του έργου και στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού cluster μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω. Αυτό θα έχει θετικά αποτελέσματα που ξεπερνούν την ερευνητική κοινοπραξία που υλοποιεί την έρευνα. Τα θετικά αποτελέσματα αφορούν τη μείωση της εξάρτησης της ευρωπαϊκής βιομηχανίας από τον ανεφοδιασμό της σε ΙΑ, συμβάλλοντας στην επίτευξη ενός στρατηγικού στόχου, την αύξηση της συνεισφοράς της ευρωπαϊκής βιομηχανίας στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Ε.Ε.

**ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΑΘ. ΔΡΑΓΑΤΟΓΙΑΝΝΗΣ,
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΧΑΡΙΤΙΔΗΣ**

Ο Δ. Δραγατογιάννης, Μαθηματικός Εφαρμογών, είναι ερευνητής στην Ερευνητική Μονάδα Προηγμένων, Σύνθετων, Ναυοϋλικών & Νανοτεχνολογίας (R-NANO) της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ.

Ο Κ.Α. Χαριτίδης, Καθηγητής στη Σχολή Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ, είναι επικεφαλής της Ερευνητικής Μονάδας Προηγμένων, Σύνθετων, Ναυοϋλικών & Νανοτεχνολογίας (R-NANO).



Εικ. 3: Κύλινδροι του συστήματος περιέλιξης κατά τη συλλογή ινών (εργαστήρια του ΕΜΠ)

Οι συνεργαζόμενοι φορείς

1. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Ελλάδα, συντονιστής)
2. Politecnico di Torino (Ιταλία)
3. University of Birmingham (Ηνωμένο Βασίλειο)
4. Euromobilita S.R.O. (Τσεχία)
5. Thales Research and Technology (Γαλλία)
6. Global Safe Guard Ltd (Ηνωμένο Βασίλειο)
7. Open Source Management Ltd (Ηνωμένο Βασίλειο)
8. Anthony, Patrick & Murta Exportação (Πορτογαλία)
9. Frantsevich Institute for Problems of Materials Science (Ουκρανία)
10. CTM Ltd (Ηνωμένο Βασίλειο)
11. CB Yuzhnoye (Ουκρανία)

{Fak(th)e News}

Η βιομηχανία της εποχής

30 Σεπτεμβρίου 2016. Ο Κάμερον Χάρις, ένας νεαρός που μόλις έχει τελειώσει τις σπουδές του και ψάχνει να βρει δουλειά, κάθεται στο τραπέζι της κουζίνας του και γράφει ένα άρθρο στο blog του, το ChristianTimesNewspaper.com. Η συγγραφή του παίρνει περίπου 15 λεπτά.

Στις αρχές του Σεπτεμβρίου, ο Ντόναλντ Τραμπ, δεύτερος πίσω από την Χίλαρι Κλίντον στις δημοσκοπήσεις, μιλώντας στο Οχάιο, για να δικαιολογήσει τα άσχημα ποσοστά του και την επικείμενη νίκη της Κλίντον, δήλωσε: «Σας λέω ειλικρινά ότι φοβάμαι πως οι εκλογές θα είναι νοθευμένες». Πρόσθεσε, μάλιστα, ότι είχε «όλο και περισσότερες» αποδείξεις γι' αυτό, χωρίς ποτέ να διευκρινίσει.

Ε, αφού ο Τραμπ δεν είπε τίποτα, τα έγραψε ο Χάρις. Το «ρεπορτάζ» του έλεγε ότι βρέθηκαν σταυρωμένα ψηφοδέλτια της Κλίντον (για να αντικαταστήσουν τα κανονικά) στο Οχάιο. Υπήρχε μάλιστα και ένας μάρτυρας, ένας ηλεκτρολόγος – του έδωσε και όνομα – που πήγε στην αποθήκη με τα ψηφοδέλτια για δουλειά και ανακάλυψε τις κούτες. Στόλισε το άρθρο και με μια φωτογραφία που βρέθηκε τυχαία στο Διαδίκτυο και η προέλευσή της ήταν από την Αγγλία.

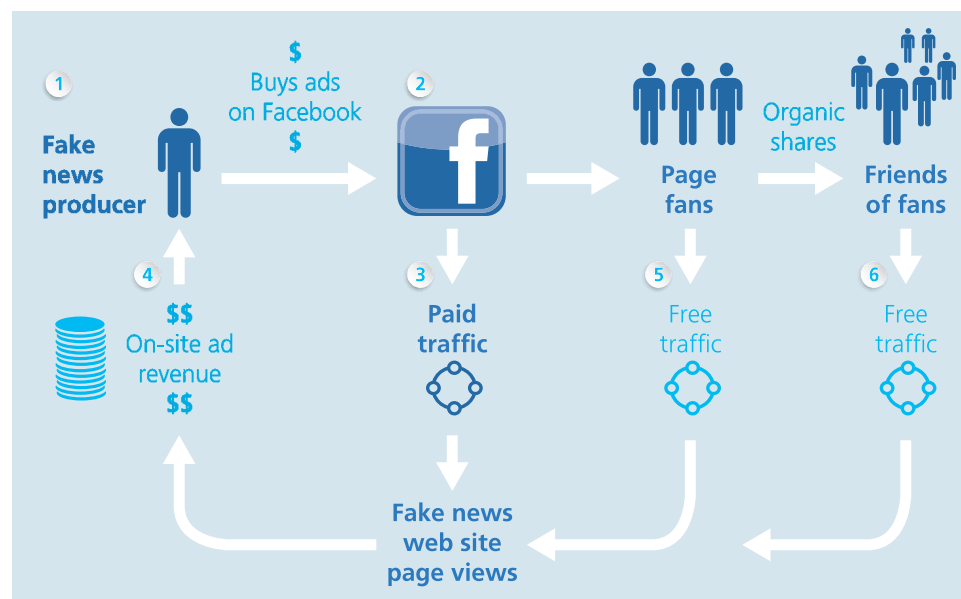
Ήταν η αρχή του «success story» α λα Χάρις. Ανέβασε το κείμενό του σε πέντε διαφορετικές σελίδες στο Facebook, τις οποίες είχε φτιάξει ειδικά για την «μπίζνα» του και το άρθρο απογειώθηκε. Σε λιγότερο από μία εβδομάδα τού έφερε 5.000 δολάρια έσοδα από κλικ σε διαφημίσεις της Google. Σημαντικό κομμάτι από τα συνολικά 22.000 δολάρια που κέρδισε μέχρι την ημέρα των εκλογών. Κι αυτό για περίπου 20 ώρες δουλειά. Η εργατοώρα του πληρώθηκε κάπου 1.000 δολάρια.

Τέλη Οκτωβρίου, με την προεκλογική εκστρατεία –και την καριέρα του– να πλησιάζει στο τέλος της, ο Χάρις ζήτησε εκτίμηση της εμπορικής αξίας του domain του, το οποίο είχε φτάσει να είναι στα 20.000 πιο επισκεπτόμενα όλου του Διαδικτύου. Η εκτίμηση ήταν για 115.000-125.000 δολάρια κι εκεί ο Χάρις έκανε το μεγάλο λάθος: Αποφάσισε να μην την πουλήσει και να περιμένει λίγο ακόμα. Τον πρόλαβε, ωστόσο, η Google, γιατί μόλις αποκαλύφθηκε ότι τα άρθρα του ήταν αποκυήματα μιας πλούσιας και κυρίως παραδόσιας φαντασίας, η εταιρεία τον απέκλεισε, όπως και άλλες αντίστοιχες σελίδες, από τη διαφήμισή της. Το domain του δεν άξιζε πια τίποτα και σήμερα έχει ήδη κατέβει από το Δίκτυο.

Ωστόσο, και γερό μεροκάματο έβγαλε και σήμερα ετοιμάζεται να ανοίξει τη δική του εταιρεία συμβούλων επικοινωνίας.

Τι συμβαίνει, λοιπόν, σήμερα; Τι είναι όλη αυτή η βιομηχανία των fake news;

Είναι σίγουρο ότι για όλα φταίει ο Ντεριντά. Ο θεμελιωτής της αποδόμησης. Από και άρχισαν όλα: Το τέλος του ενός, η αρχή του άλλου, η έννοια, η τρέλα, τα αντιφατικά νοήματα, η αποδόμηση του εαυτού σου... Τα αποδομήσαμε κι εμείς όλα και φτάσαμε το 2016 η λέξη της χρονιάς να είναι «post-truth», η «μετα-αλήθεια», δηλαδή οι συνθήκες εκείνες στις οποίες για τη διαμόρφωση της κοινής γνώμης τα πραγματικά γεγονότα είναι



λιγότερο σημαντικά από το συναίσθημα και τις προσωπικές πεποιθήσεις.

Κι αυτό στην πολιτική είχε ως αποτέλεσμα έναν Τραμπ, έναν Πούτιν, μια Λεπέν, έναν Βίλντερς και πολλούς άλλους.

Και στην ενημέρωση είχε ως αποτέλεσμα έναν άλλο νεολογισμό: Τις ψευδείς ειδήσεις, τα «fake news».

Θα πάμε πίσω στον χρόνο, περίπου τριάντα χρόνια πριν, στο 1988. Τότε οι Έντουαρντ Χέρμαν και Νόαμ Τσόμσκι δημοσιεύουν ένα βιβλίο με τίτλο «Κατασκευάζοντας τη συναίνεση» (με υπότιτλο «Πολιτική Οικονομία των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης»). Στο βιβλίο αυτό υποστηρίζουν ότι τα

αμερικανικά μίντια βάζουν ζουρλομανδύα στον εθνικό διάλογο. Ισχυρίζονται πως η είδηση καθορίζεται από μια χούφτα εταιρειών Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης που έχουν πρόσβαση στο ευρύ κοινό και υψώνουν ένα τεράστιο εμπόδιο που κρατά μικρότερες, ανεξάρτητες φωνές εκτός δημόσιου διαλόγου. Το επιχειρηματικό μοντέλο τους στηρίζεται σε μεγάλες διαφημιστικές καμπάνιες, οι οποίες δεν βλέπουν με καλό μάτι τη δημοσίευση άρθρων που οι ίδιες θεωρούν αμφιλεγόμενα ή δυσάρεστα. Από την πλευρά τους, οι δημοσιογράφοι στηρίζονται στη συνεργασία τους με «υψηλόβαθμες» πηγές, μια συμβιωτική σχέση που αποτρέπει τον Τύπο από το να δημοσιεύει σιδη-

ποτε μπορεί να είναι αντίθετο στις απόψεις των πηγών αυτών. Το αποτέλεσμα είναι μια ψεύτικη εθνική συναίνεση, η οποία αγνοεί γεγονότα, απόψεις και ιδέες.

Ποια είναι τα στοιχεία που μας ενδιαφέρουν στα παραπάνω;

- * Ολιγάριθμα μέσα
- * Μεγάλες διαφημιστικές καμπάνιες
- * Συνέργεια πολιτικών – δημοσιογράφων
- * Εθνική συναίνεση

Ποια είναι η κατάσταση σήμερα; Πρώτον τα μέσα δεν είναι απλώς πολλά είναι άπειρα. Δεύτερον, η διαφήμιση δεν προτιμά τις μεγάλες καμπάνιες, αλλά μικρές, στοχευμένες διαφημίσεις, μέσω κυρίως δύο κολοσσών, της Google και του Facebook. Και τέλος, οι πολιτικοί δεν έχουν ανάγκη τους δημοσιογράφους για να φτάσουν στους πολίτες, μπορούν να το κάνουν μέσα από το Twitter.

Αυτές οι κεφαλαιώδεις διαφορές θα έφταναν για να ακυρώσουν τη θεωρία των Χέρμαν και Τσόμσκι και ο μεταμοντέρνος κόσμος μας να ήταν ένας κόσμος δημοκρατικός, όπου η κυκλοφορία των ειδήσεων θα χαρακτηριζόταν από τον πλουραλισμό και την πολυφωνία. Όπως θα ήθελε ο Ντεριντά. Και ως έναν βαθμό αυτό είναι αλήθεια.

Στην πραγματικότητα, όμως, όλοι έχουν πια την ικανότητα και τη δυνατότητα να φτάσουν σε όλους και να τους πουν το σιδηρότε. Έπεσε κάθε φράγμα. Και μαζί με τις νέες, αντισυστημικές ιδέες περνάνε και ιδέες περιθωριακές, με την κακή έννοια του όρου, περνάει η ρητορική μίσους και φυσικά και οι ψεύτικες ειδήσεις. Και δεν υπάρχει απολύτως τίποτα για να τα σταματήσει.

Πολλές πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι το κοινό παρακολουθεί κυρίως τις ειδήσεις που «μιλάνε» στα ενδιαφέροντά του, στις πεποιθήσεις του και πάνω απ' όλα στα συναισθήματά του. Και τα κυρίαρχα συναισθήματα είναι σήμερα δύο, ο φόβος και ο θυμός. Όπως ακριβώς ορίζει η εποχή της «μετα-αλήθειας».

Με άλλα λόγια, περάσαμε από τη συναίνεση, δηλαδή τη συμφωνία, στη διαφωνία, δηλαδή στην αντιγνωμία, ακόμα και τη διένεξη.

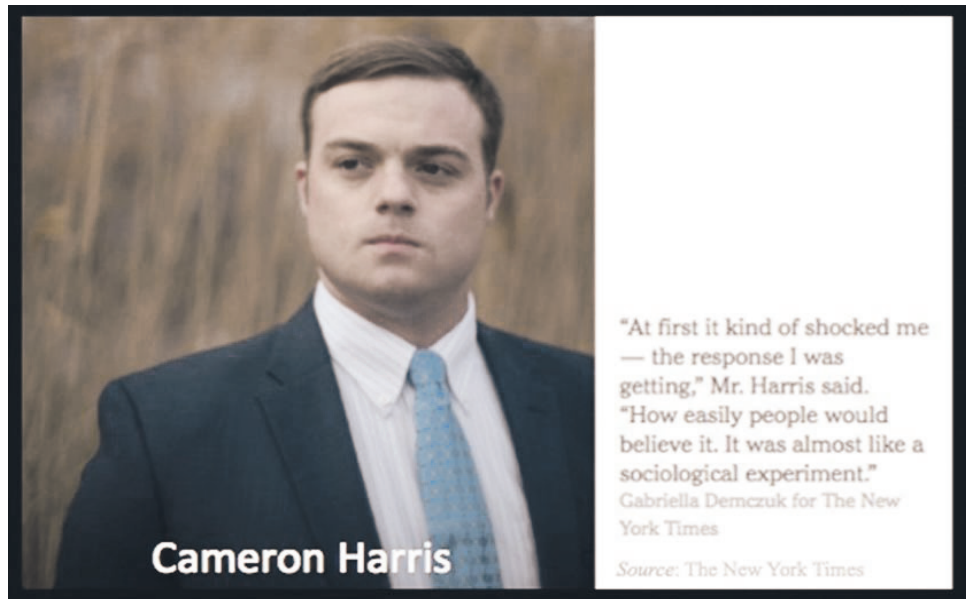
Έχουμε λοιπόν το νέο προϊόν προς πώληση από το νέο οικονομικό μοντέλο των μίντια, τη διένεξη.

Το δεύτερο ερώτημα είναι πού το πουλάμε.

Στο παλιό μοντέλο, η εφημερίδα ή το κανάλι ή το ραδιόφωνο ήταν διάσπαρτα από διαφημίσεις. Δεν πάει πολύς καιρός που το διαφημιστικό τμήμα έστειλε τις σελίδες στη σύνταξη με τη σήμανση Χ σε όσες από αυτές είχαν «πουληθεί». Οι δημοσιογράφοι έπρεπε να γεμίσουμε τις υπόλοιπες σελίδες. Αν κάποια είδηση έμενε απέξω, τόσο το χειρότερο για την είδηση. Παρ' όλα αυτά, το προϊόν ήταν η είδηση, χωρίς αυτή δεν υπήρχε διαφήμιση. Και όσο πιο καλό το προϊόν, τόσο πιο πολύ το αγαπούσαν και το εμπιστευόνταν οι αναγνώστες, τόσο το αγόραζαν και τόσο οι διαφημιστές αγόραζαν σελίδες. Όλοι αγόραζαν, λέξη-κλειδί.

Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης αντέστρεψαν αυτό το μοντέλο. Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης δεν είναι παρά διαφημιστικές πλατφόρμες που έψαχναν και κάποιο περιεχόμενο για να «τσιμπή-

Μηχανία των ειδήσεων Εποχή της μετανεωτερικότητας



έπεσε στην παγίδα; Όχι, ήταν η συγκυρία τέτοια. Η ανάδυση του δωρεάν (δεν θα λέμε πια μέσα κοινωνικής δικτύωσης) συνέπεσε με μια κατακόρυφη πτώση της αξιοπιστίας της δημοσιογραφίας. Η «συναίνεση», όπως την όρισαν οι Χέρμαν και Τσόμσκι, ήταν –μαζί με την οικονομική κρίση που χτύπησε και τα μίντια– ένας από τους βασικούς παράγοντες που ο κόσμος αποστράφηκε τα μέσα ενημέρωσης και δεν πίστευε πια σ' αυτά. Προτιμούσε τις θεωρίες της συνωμοσίας και τα ψέματα που έθρεφαν και εξέφραζαν τον φόβο και τον θυμό του. Ακριβώς ο ίδιος μηχανισμός όπως και στην πολιτική.

Και δεν είναι καθόλου τυχαίο που η εποχή των fake news είναι η εποχή των ισχυρών ανδρών στον πλανήτη, ανδρών χωρίς ιδεολογία, αλλά με μπόλικη δόση λαϊκισμού.

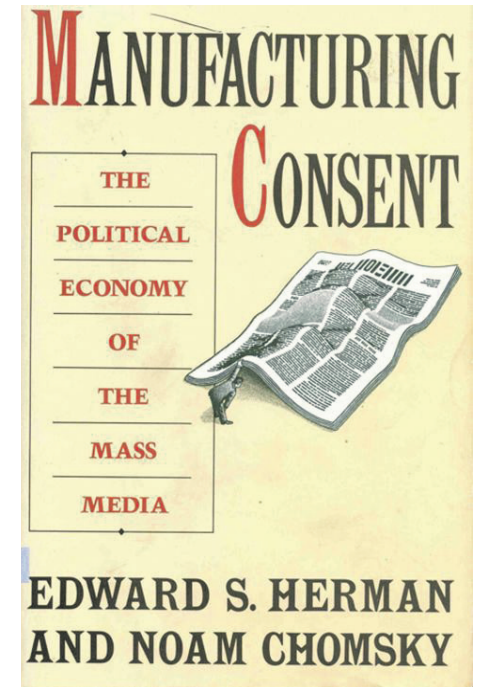
Τη διένεξη δεν την πουλάμε, τη χαρίζουμε.

Το μοντέλο αντιστράφηκε εντελώς από τη στιγμή που ο πολίτης πίστεψε ότι η ενημέρωση μπορεί να είναι δωρεάν, ότι μπορεί να την έχει χωρίς να πληρώσει. Θεώρησε πως δεν χρειάζεται πια τους δημοσιογράφους ως διαμεσολαβητές, γιατί μπορούσε να έχει πρόσβαση απευθείας στην πηγή. Καταργώντας, όμως, τους δημοσιογράφους, κατήργησε και την αξιολόγηση, την ιεράρχηση, την εξακρίβωση, τη διασταύρωση της είδησης.

Το τρίτο και τελευταίο μας ερώτημα είναι το πώς. Ο μηχανισμός δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολος. Γράφουμε ένα άρθρο, ότι να 'ναι και κάνουμε ένα tweet, το οποίο, με τη σειρά του, γίνεται retweet από άλλους. Αυτοί οι άλλοι μπορεί να είναι και δικοί μας ψεύτικοι λογαριασμοί. Το ίδιο γίνεται και με το Facebook. Κατόπιν, κάποιος major account στο Twitter ή το Facebook με χιλιάδες followers κάνει retweet ή share. Έτσι, η «είδηση» φτάνει στα μεγαλύτερα blogs και τέλος στα mainstream media. Πλέον, ακόμα κι αν έμπειροι δημοσιογράφοι θελήσουν να ψάξουν, είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί η αρχική πηγή της «είδησης». Εν τω μεταξύ, ο αρχικός συντάκτης κερδίζει από τα κλικ που γίνονται στις διαφημίσεις στην ιστοσελίδα του.

Το εργοστάσιο ψεύτικων ειδήσεων στο Βέλγες

Το πρώτο άρθρο για τον Ντόναλντ Τραμπ που δημοσίευσε ο Μπόρις περιέγραφε ότι, κατά τη διάρκεια μιας περιοδείας στη Βόρεια Καρολίνα, ο υποψήφιος πρόεδρος χαστούκισε κάποιον στο ακροατήριο επειδή διαφώνησε μαζί του. Όλα ψέματα φυσικά. Ο Μπόρις το είχε βρει κάπου στο Δίκτυο και το αντέγραψε στη σελίδα του, την Daily Interesting Things. Κατόπιν, έκανε αναρτήσεις σε διάφορες ομάδες στο Facebook που ασχολούνταν με τις αμερικανικές εκλογές. Το άρθρο μοιράστηκε 800 φορές, ο Μπόρις έβγαλε 150 δολάρια από διαφημίσεις και παράτησε αμέσως την τελευταία τάξη του Λυκείου. Από τον Αύγουστο ως τον Νοέμβριο του 2016, ο Μπόρις εισέπραξε συνολικά 16.000 δολάρια από τις δύο φιλοτράμπ



ιστοσελίδες του, σε μια χώρα που ο μέσος μηνιαίος μισθός είναι 371 δολάρια, την Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας. Εκεί, η πόλη Βέλγες των 55.000 κατοίκων έφτασε να έχει περίπου 100 τέτοιες σελίδες, γεμάτες με «ζουμπερές», εντελώς ψεύτικες ειδήσεις υπέρ του Τραμπ.

Οι κάτοικοι του Βέλγες, μιας μολυσμένης πρώην βιομηχανικής πόλης, που τα τελευταία χρόνια έχει μαραζώσει, δημιουργήσαν μια βιομηχανία ψυχρού αμοραλισμού, έξω από κάθε ιδεολογία αλλά και ευαισθησία για το αποτέλεσμα των εκλογών. Όποιος και να κέρδιζε το ίδιο τους έκανε, αρκεί να έβγαζαν αρκετά χρήματα χωρίς να νοιάζονται για τις συνέπειες των πράξεών τους.

Η περίπτωση του Μπόρις είναι χαρακτηριστική. Δημοσίευσε και με το δικό του όνομα αλλά και μέσα από 200 ψεύτικα προφίλ του Facebook. Τα έκανε share από το ένα άλλο και ο κόσμος «τσίμπαγε» βλέποντας τόσα likes και shares. Μία από τις αναρτήσεις του έφτασε να έχει 1.200 shares. Έμαθε και κόλπα: Διαφημίσεις ανάμεσα στο κείμενο, ώστε τελικά ένας στους πέντε επισκέπτες της σελίδας να κάνει κλικ πάνω σε μία απ' όλες.

Οι φίλοι του ζήλησαν και έκαναν το ίδιο. Και ζήλησαν και οι φίλοι τους και ήθελαν κι αυτοί. Κι έτσι φτάσαμε στις 100 αντίστοιχες ιστοσελίδες. Μία-μία έκλεισαν όταν η Google κατέβασε τις διαφημίσεις της. Έτσι κι αλλιώς, κανείς δεν ενδιαφέρεται για τις αμερικανικές εκλογές πια. Κάτι άλλο θα βρουν, δεν μπορεί. Δύσκολο, όμως, να γυρίσουν στις παλιές τους περιβαλλοντικές ανησυχίες...

ΒΑΛΙΑ ΚΑΪΜΑΚΗ



○ Fourier και οι Beatles

ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ,
ΤΕΧΝΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Τον Αύγουστο του 2016 κυκλοφόρησε το ντοκιμαντέρ του Ron Howard “Eight Days A Week”, το οποίο αναφέρεται στην εποχή των περιοδειών των Beatles κατά τη διάρκεια του 1964 και του 1965. Ήταν η κορύφωση της “Beatlemania” και της “British invasion”, δηλαδή της εισβολής των βρετανικών συγκροτημάτων στη μουσική των Ηνωμένων Πολιτειών. Οι εμφανίσεις τους στο Hollywood Bowl στο Los Angeles ηχογραφήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την έκδοση του πρώτου ζωντανού δίσκου των Beatles.

Το μεγάλο πρόβλημα στις συγκεκριμένες ηχογραφήσεις είναι οι έντονες κραυγές των θεατών, οι οποίες υπερκαλύπτουν τη μουσική. Ο παραγωγός τους, sir George Martin (1926 - 2016), χρειάστηκε να περιμένει μέχρι το 1977 ώστε οι τεχνικές μείξης να του επιτρέψουν να «καθαρίσει» στοιχειωδώς το σήμα. Ωστόσο, κατά γενική ομολογία, το αποτέλεσμα δεν ήταν ιδανικό. Τέσσερις δεκαετίες αργότερα, με αφορμή το ντοκιμαντέρ του Ron Howard, το άλμπουμ επανεκδίδεται σε πρωτοφανή ποιότητα, έχοντας «καθαριστεί» με τη χρήση νέων τεχνικών διαχωρισμού των ήχων των οργάνων από τις κραυγές των θεατών.

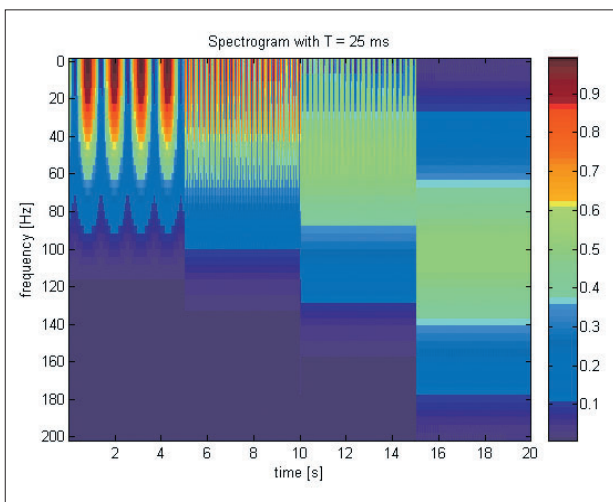
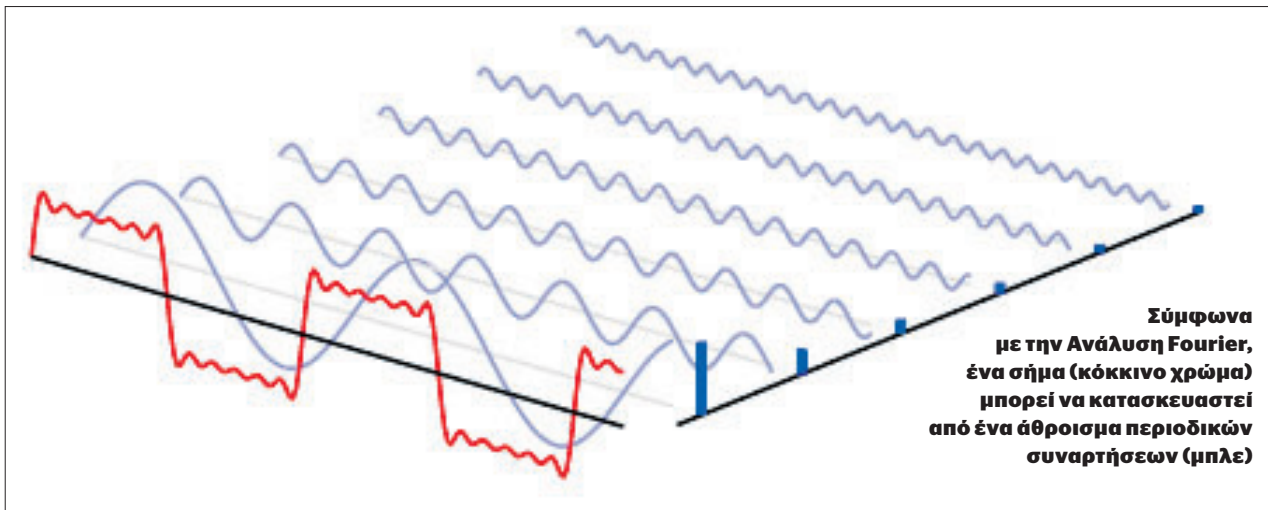
Τα θεμέλια της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε τέθηκαν κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα από τον Joseph Fourier. Ο Γάλλος μαθηματικός, μελετώντας τη διάδοση της θερμότητας στα σώματα, υπέθεσε τότε ότι όλες οι μεταβολές μπορούν να προσεγγιστούν από ένα άθροισμα τριγωνομετρικών συναρτήσεων. Αυτό, φυσικά, προϋποθέτει κάποια αυστηρά μαθηματικά κριτήρια, αλλά με τη βοήθεια των μεγάλων μαθηματικών του 19^{ου} αιώνα, όπως οι Lagrange, Bernoulli, Euler και Gauss, δημιουργήθηκε αυτό που σήμερα ονομάζουμε Φασματική Ανάλυση Fourier.

Με τη βοήθεια της Φασματικής Ανάλυσης Fourier μπορούμε να αναπαραστήσουμε οποιοδήποτε σήμα, π.χ. χρονοσειρές (δηλαδή ακολουθίες μετρήσεων που έχουν ληφθεί σε τακτά χρονικά διαστήματα), εικόνες, ηχητικά σήματα κ.λπ. σαν ένα άθροισμα περιοδικών συναρτήσεων διαφορετικών συχνοτήτων. Για κάθε περιοδικό σήμα μπορεί να κατασκευαστεί ένα φασματογράφημα, δηλαδή μια απεικόνιση που να μας δείχνει τα είδη των περιοδικών σημάτων (συχνότητες) που το αποτελούν και το ποσοστό (την ισχύ, όπως λέμε) στο οποίο συνεισφέρει το καθένα από αυτά στο αρχικό σήμα. Μάλιστα, μόλις μερικές δεκαετίες πριν, ένα ακόμη πιο προχωρημένο εργαλείο, η Ανάλυση Κυματιδίων (wavelet) έδωσε τη δυνατότητα να αναπαρίστανται σήματα σαν ένα σύνολο «μικρών» κυμάτων συγκεκριμένης διάρκειας, τα οποία μπορεί να εμφανίζονται μόνο σε κάποιο μέρος της χρονοσειράς. Για την τεχνική αυτή βραβεύτηκε ο Γάλλος μαθηματικός Yves Meyer με το βραβείο Abel 2016.

Η Φασματική Ανάλυση που βασίζεται στον μετασχηματισμό Fourier και στα wavelets βρίσκει εφαρμογή σε ένα τεράστιο εύρος πεδίων, από την Αστροφυσική και τη Σεισμολογία ως την επεξεργασία ήχου και εικόνας.

Μια ζωντανή ηχογράφιση αποτελείται από ένα πλήθος ήχων, οι οποίοι με τη σειρά τους αποτελούνται από περιοδικά σήματα διαφορετικών συχνότητας. Ο ήχος του κάθε οργάνου είναι και αυτός σύνθετος, δηλαδή ένα μείγμα ήχων συγκεκριμένων συχνοτήτων. Για να φιλτράρει κανείς μια ζωντανή ηχογράφιση, μια πρώτη προσέγγιση θα ήταν να απομονώσει τις συχνότητες από το κάθε σήμα που αντιστοιχούν στο κάθε όργανο. Ωστόσο, τόσο η κιθάρα όσο και οι φωνές καθώς και οι κραυγές βρίσκονται περίπου στο ίδιο εύρος συχνοτήτων. Επομένως, απομονώνοντας κανείς, για παράδειγμα, μόνο τις μεσαίες συχνότητες, θα κατέληγε με σήματα που θα προέρχονταν τόσο από τις φωνές όσο και από τις κιθάρες. Θα κατέληγε, δηλαδή, με ένα μη καθαρό σήμα.

Ο James Clarke, τεχνικός στα Abbey Road Studios, σκέφτηκε να χρησιμοποιήσει τις αρχές της φασματικής ανάλυσης για να «καθαρίσει» τις ζωντανές ηχογραφήσεις των Beatles. Χρησιμοποιώ-



Ένα φασματογράφημα το οποίο μας δείχνει, κωδικοποιημένο με χρώματα, πώς εμφανίζονται σήματα διαφορετικών συχνοτήτων μέσα στο αρχικό σήμα. Ένα τέτοιο φασματογράφημα είναι η «υπογραφή» του σήματος

ντας τη γλώσσα προγραμματισμού Matlab, έφτιαξε τους αλγόριθμους που θα υλοποιούσαν την προσέγγισή του. Η διαδικασία στη-



Το εξώφυλλο του δίσκου “The Beatles at the Hollywood Bowl” που κυκλοφόρησε το 1977

ρίζεται σε μια απλή, αλλά πολύπλοκη, ως προς την υλοποίηση, μέθοδο. Με τη βοήθεια της Ανάλυσης Fourier μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα φασματογράφημα της ηχογράφησης, στο οποίο θα φαίνονται οι συχνότητες που εμφανίζονται σε κάθε χρονική στιγμή. Το ενδιαφέρον είναι ότι η κάθε ηχητική πηγή που συνεισφέρει στην ηχογράφιση έχει το δικό της χαρακτηριστικό φασματογράφημα. Ο James Clarke κατασκεύασε μοντέλα των φασματογραφήματων των οργάνων των Beatles χρησιμοποιώντας τις ηχογραφήσεις τους στο στούντιο. Αυτά τα φασματογραφήματα είναι, κατά κάποιον τρόπο, οι υπογραφές των οργάνων τους. Στη συνέχεια, εντόπιζε το καθένα από αυτά μέσα στο φασματογράφημα της ζωντανής ηχογράφησης, απορρίπτοντας τα μέρη του φασματογραφήματος που δεν οφείλονταν στο συγκεκριμένο όργανο. Χρησιμοποιώντας τον Αντίστροφο Μετασχηματισμό Fourier, μπορούσε να ανακατασκευάσει το αρχικό σήμα του κάθε οργάνου.

Για να δοκιμάσει τη διαδικασία, ο Giles Martin, γιος του George Martin και επικεφαλής της ομάδας στα Abbey Road Studios, έθεσε ένα τεστ στον James Clarke: Να διαχωρίσει από μια ζωντανή ηχογράφιση μιας ακουστικής εκτέλεσης, το σήμα της κιθάρας από το σήμα της φωνής. Το τεστ αυτό είναι ιδιαίτερα δύσκολο, διότι τόσο η ακουστική κιθάρα όσο και η φωνή «μοιράζονται» περίπου το ίδιο εύρος συχνοτήτων. Τα αποτελέσματα ήταν εξαιρετικά και ο James Clarke ξεκίνησε να δοκιμάζει τη μέθοδό του στις ζωντανές ηχογραφήσεις των «σκαθαριών».

Εφαρμόζοντας, λοιπόν, στις ηχογραφήσεις του Hollywood Bowl την παραπάνω διαδικασία για όλα τα όργανα (κιθάρες, μπάσο και τύμπανα) και τις φωνές, οι τεχνικοί των Abbey Road Studios μπορούσαν να απομονώσουν τα σήματα αυτά και να τα μειξάρουν ξανά, όπως θα έκαναν με τις ηχογραφήσεις σε ένα στούντιο. Είναι σαν να ξεχωρίζει κανείς ένα φαγητό στα αρχικά του υλικά, ώστε να μπορεί να τα χρησιμοποιήσει ξανά για να το ξαναφτιάξει!

Για να μην αφαιρέσουν εξολοκλήρου τη ζωντανότητα από το άλμπουμ, προστέθηκε επίσης ένα μέρος των κραυγών από την αρχική ηχογράφιση. Το αποτέλεσμα είναι εκπληκτικό και ο ακροατής μπορεί πλέον να ακούσει καθαρά τις εκτελέσεις των Beatles και μάλιστα καλύτερα από ό,τι θα τις άκουγε αν ήταν στη συναυλία. Με την επανέκδοση του δίσκου αναδεικνύεται η αρτιότητα των ζωντανών εκτελέσεων και η μουσική ικανότητα των τεσσάρων μουσικών, καθώς είχαν τη δυνατότητα να παίζουν μουσική μέσα σε ένα πανδαιμόνιο κραυγών και με στοιχειώδη τεχνολογικά μέσα.

Το 1965, η βασίλισσα Ελισάβετ τίμησε τους Beatles με το παράσημο MBE (Member of the Order of the British Empire) για τις υπηρεσίες τους στη βρετανική αυτοκρατορία, ως μουσικοί πρεσβευτές ανά τον κόσμο. Σήμερα, περισσότερο από μισό αιώνα αργότερα και πατώντας στους ώμους Γάλλων (μεταξύ άλλων) μαθηματικών, οι Beatles συνεχίζουν να κατακτούν τον κόσμο.

ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ:

Εκπαιδευτικά προγράμματα για μαθητές στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος

Τα ερευνητικά κέντρα στο εξωτερικό, όπως το CERN, το CNRS, το Max Planck, το National Institute for Nuclear Physics (INFN), αναζητούν συνεχώς τρόπους να έρθουν σε επαφή με το κοινό, να ενημερώσουν για την έρευνά τους και να προσφέρουν ευκαιρίες μάθησης. Στη σύγχρονη ερευνητική κουλτούρα, η επικοινωνία αυτή θεωρείται αναπόσπαστο μέρος της επιστημονικής έρευνας. Για τον λόγο αυτό, τα περισσότερα ερευνητικά προγράμματα έχουν πλέον ως εγγενές κομμάτι τη διάχυση των αποτελεσμάτων της έρευνας στο κοινό. Η επικοινωνία της ερευνητικής κοινότητας με την κοινωνία μπορεί να πάρει πολλές μορφές, όπως είναι οι επισκέψεις σχολικών ομάδων στα ερευνητικά κέντρα, οι ομιλίες, τα φεστιβάλ επιστήμης και εκπαιδευτικά προγράμματα που απευθύνονται σε φοιτητές, μαθητές και εκπαιδευτικούς. Μάλιστα, στην προσπάθεια αυτή το CERN, ακολουθώντας τις επιταγές της επιστήμης των πολιτών, έφτιαξε το πρόγραμμα S'Cool LAB, στο οποίο μαθητές και εκπαιδευτικοί μπορούν όχι μόνο να ενημερωθούν για την έρευνα αλλά και να βοηθήσουν σε αυτή, συμμετέχοντας οι ίδιοι σε πειράματα.

Στην Ελλάδα, το Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών (ΕΚΕΦΕ) Δημόκριτος αποτελεί το παλιότερο και γνωστότερο δημόσιο ερευνητικό κέντρο της χώρας. Διενεργεί έρευνα αιχμής σε πάρα πολλούς τομείς μέσα από τα πέντε Ινστιτούτα του: Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Βιοεπιστημών και Εφαρμογών, Πυρηνικών και Ραδιολογικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ενέργειας και Ασφάλειας, Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, Πυρηνικής και Σωματιδιακής Φυσικής. Παράλληλα, διεξάγει δράσεις ενημέρωσης των πολιτών, ανοίγοντας τις πόρτες του στο κοινό.

Από τον Σεπτέμβριο του 2015 που ξεκίνησε το πρόγραμμα, το ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος έχει προσφέρει δωρεάν εκπαιδευτικά προγράμματα σε πάνω από 3.500 μαθητές της χώρας. Τα προγράμματα αναπτύχθηκαν από το Εργαστήριο Τεχνολογίας Γνώσεων και Λογισμικού (<https://www.iit.demokritos.gr/el/skel>), του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών και πραγματοποιούνται με τη βοήθεια του Τμήματος Οργάνωσης και Παραγωγικότητας της Διεύθυνσης Διοικητικού του Δημόκριτου.

Πώς ξεκίνησε η ιδέα

Η ιδέα ξεκίνησε από αντίστοιχες επισκέψεις σε επιστημονικά μουσεία και εκθέσεις όπως μας εξηγεί ο Δρ Βαγγέλης Καρκαλέτσος, διευθυντής Έρευνας στο Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, και υπεύθυνος του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Γνώσεων και Λογισμικού: "Υπάρχουν πολλές δράσεις στον Δημόκριτο οι οποίες μπορούν να παρουσιαστούν στο κοινό και ιδιαίτερα στα παιδιά, όχι μόνο από το δικό μας Εργαστήριο και Ινστιτούτο, αλλά και από τα άλλα Ινστιτούτα του Κέντρου. Σκεφτήκαμε λοιπόν ότι άξιζε να γίνει μια τέτοια προσπάθεια και έτσι το επιχειρήσαμε".

Με αφορμή ένα ερευνητικό πρόγραμμα, κατά τη διάρκεια του οποίου ερευνητές του εργαστηρίου ανέπτυξαν εκπαιδευτικό λογισμικό, γεννήθηκε η ιδέα να δημιουργήσουν εκπαιδευτικά παιχνίδια για μαθητές. Τα παιχνίδια αυτά θα αφορούσαν ένα πεδίο που ήδη ερευνούσε το εργαστήριο και σχετίζεται με την αλληλεπίδραση ανθρώπου - υπολογιστή (human computer interaction) καθώς και με τις διεπαφές υπολογιστή - εγκεφάλου (brain computer interfaces). Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο θα προσέφεραν στα σχολεία ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα, αλλά οι ερευνητές θα μελετούσαν και πώς ανταποκρίνονται τα παιδιά στις τεχνολογίες αυτές, με αποτέλεσμα να ενισχύεται παράλληλα και η έρευνα.

Τα εκπαιδευτικά προγράμματα

Οι ερευνητές του Ινστιτούτου, σε συνεργασία με εξειδικευμένο μουσειοπαιδαγωγό ανέπτυξαν τα δύο πρώτα εκπαιδευτικά προγράμματα τα οποία σχετίζονται άμεσα με το ερευνητικό έργο του



εργαστηρίου. Η διεξαγωγή τους σε σχολικές ομάδες ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο του 2015, έπειτα από προετοιμασία αρκετών μηνών. Τα προγράμματα αυτά αφορούν τη ρομποτική και τη διεπαφή υπολογιστή - εγκεφάλου (brain computer interface). Για τη σχολική χρονιά 2016-2017 προστέθηκε ακόμα ένα πρόγραμμα που αφορά τις βάσεις δεδομένων και την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων (big data).

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα ρομποτικής

Στο πρόγραμμα της ρομποτικής, μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου εξοικειώνονται με βασικές αρχές της ρομποτικής και έχουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν με ρομπότ (human-robot interaction) που έχουν αναπτυχθεί στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Γνώσεων και Λογισμικού. Τα ρομπότ αυτά είναι δύο ειδών όπως μας εξηγεί ο Δρ Καρκαλέτσος: "Μία πλατφόρμα με ρόδες και αισθητήρες (κάμερα, kinect, laser, scanner) την οποία μαθαίνουν να χειρίζονται τα παιδιά και προσπαθούν να κινήσουν μέσα σε έναν λαβύρινθο, στον συντομότερο δυνατό χρόνο. Το δεύτερο ρομπότ είναι ένα μεγάλο ανθρωπόμορφο ρομπότ-ξεναγός, ύψους 1,5 μέτρου. Μπορεί να κινείται και να αλληλεπιδρά με τον χρήστη με τη φωνή (κάνει αναγνώριση και παραγωγή φωνής). Τα παιδιά αλληλεπιδρούν με αυτό και καλούνται να ανακαλύψουν κάποια πράγματα... σαν ένα μικρό κυνήγι θησαυρού".

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τις βάσεις δεδομένων

Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί μια εισαγωγή στις βάσεις δεδομένων και στην ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων (big data) για μαθητές Γυμνασίου. Όπως αναφέρει ο Δρ Βαγγέλης Καρκαλέτσος, "Το ζήτημα των βάσεων δεδομένων δεν περιλαμβάνεται στο αναλυτικό πρόγραμμα των Γυμνασίων, ωστόσο είναι ένα πολύ καυτό θέμα στην εποχή μας. Θεωρήσαμε σημαντικό να έρθουν τα παιδιά σε επαφή με

το θέμα. Για τον λόγο αυτό δημιουργήσαμε, σε συνεργασία με εκπαιδευτικούς, το συγκεκριμένο πρόγραμμα". Οι μαθητές ενημερώνονται για τα δεδομένα που δημιουργούμε όλοι στην καθημερινότητά μας και μαθαίνουν για τα πρακτικά προβλήματα που έχει δημιουργήσει ο μεγάλος όγκος των δεδομένων που παράγονται. Στο δεύτερο μέρος του προγράμματος, τα παιδιά αξιοποιούν τις γνώσεις τους συμμετέχοντας σε έναν διαγωνισμό. "Τα παιδιά χωρίζονται σε ομάδες και καλούνται να βρουν τον ένοχο ενός εγκλήματος. Προσομοιώνοντας μια αστυνομική έρευνα, χρησιμοποιούν κάποια στοιχεία και ψάχνουν σε μια βάση δεδομένων. Η ομάδα που θα βρει πρώτη τον ένοχο κερδίζει. Τους αρέσει πολύ το στοιχείο του διαγωνισμού!" επισημαίνει ο Δρ Β. Καρκαλέτσος.

Παράλληλη δράση brain-computer interfaces (διεπαφές εγκεφάλου-υπολογιστή)

Στη δράση αυτή, οι μαθητές ενημερώνονται για τους τρόπους επικοινωνίας του χρήστη με τον υπολογιστή και ειδικά για τη διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή. Χρησιμοποιώντας μια συσκευή που προσαρμόζεται στο κεφάλι κάθε χρήστη, μαθαίνουν να ελέγχουν με τη σκέψη τον υπολογιστή και να παίζουν συγκεκριμένα παιχνίδια, όπως πινγκ-πονγκ. "Αυτό που ήταν μια ευχάριστη έκπληξη για εμάς ήταν η ευκολία με την οποία μαθάναν τα παιδιά να χρησιμοποιούν όλες τις τεχνολογίες που τους δείξαμε" αναφέρει ο Δρ Β. Καρκαλέτσος.

Η ανταπόκριση μαθητών και εκπαιδευτικών

Μέχρι σήμερα τα προγράμματα φιλοξένησαν πάνω από 3.500 παιδιά από διάφορα μέρη της Ελλάδας και η ανταπόκριση μαθητών και εκπαιδευτικών ήταν ενθουσιώδης. "Οι εκπαιδευτικοί σημείωναν στις φόρμες αξιολόγησης ότι η επίσκεψη τους έδινε το έναυσμα για να κάνουν περισσότερα πράγματα στο σχολείο" τονίζει ο Δρ Β. Καρκαλέτσος. Μέσα από τα προγράμματα αυτά οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τους ερευνητές και το αντικείμενο της έρευνάς τους και αποκτούν μια πιο ρεαλιστική εικόνα για την τεχνολογία και τις δυνατότητές της. Πολλές φορές οι συζητήσεις αναδεικνύουν μια σειρά από υπερβολικές προσδοκίες ή παρανοήσεις σχετικά με τις δυνατότητες της τεχνολογίας. Τα προγράμματα αυτά καταφέρνουν να καταρρίψουν κάποια στερεότυπα σχετικά με την τεχνολογία, ενώ ταυτόχρονα ενθουσιάζουν τους μαθητές μέσα από το παιχνίδι και τη διάδραση. "Τα παιδιά χαίρονται που έχουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν με μια συσκευή που ήδη εντάσσεται (ή θα ενταχθεί τα επόμενα χρόνια) στην καθημερινότητά μας. Το ότι μπορούν να μάθουν τα ίδια τη συσκευή να κάνει πράγματα τα συναρπάξει ακόμα περισσότερο!" εξηγεί ο Δρ Βαγγέλης Καρκαλέτσος.

Λ.Α.

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Τα προγράμματα απευθύνονται σε μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου και διεξάγονται στον χώρο της βιβλιοθήκης του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος.
Ημέρες διεξαγωγής: Τρίτη και Πέμπτη.
<http://schoolvisits.iit.demokritos.gr/>

Κρατήσεις για τη νέα σχολική χρονιά 2017-2018: 2106503002, 2106503055 και robovisit.booking@iit.demokritos.gr

Στο επόμενο «Πρίσμα» θα γίνει αφιέρωμα στον καινοτόμο ερευνητικό χώρο Roboskel Lab που αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Τεχνολογίας Γνώσεων και Λογισμικού του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος.

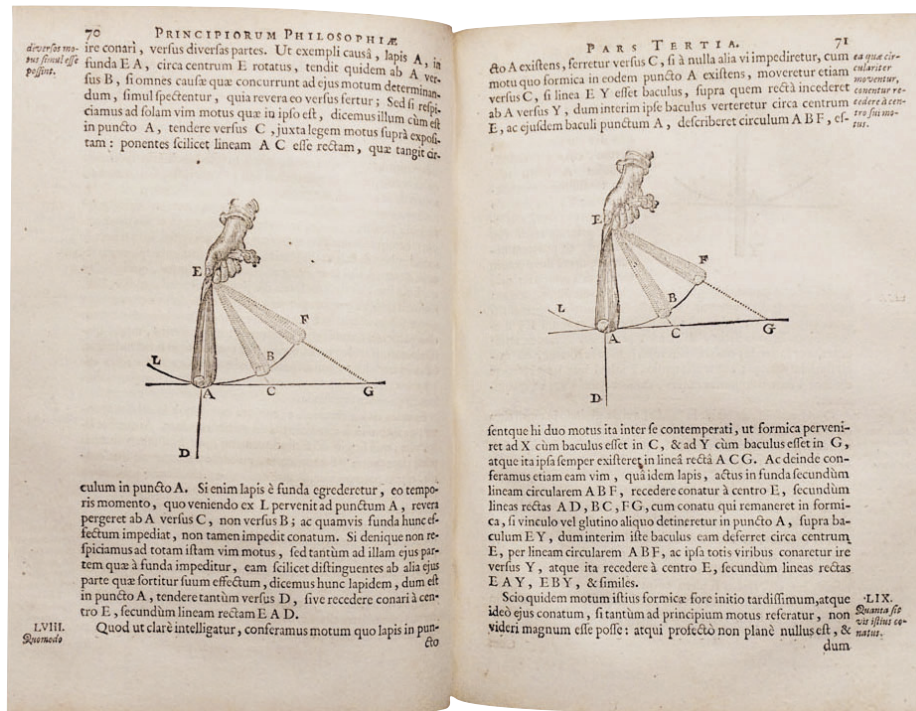
Θαύματα και Επιστήμη

«Και ο Κύριος είπε στον Μωυσή: Τι βοάς σε μένα; Πες στους γιους Ισραήλ να ξεκινήσουν· κι εσύ ύψωσε τη ράβδο σου, και έκτεινε το χέρι σου προς τη θάλασσα, και σίχισε τη θάλασσα στα δύο, κι ας περάσουν οι γιοι Ισραήλ διαμέσου ξηράς στο μέσον της θάλασσας».

Όταν ο Θεός κάνει θαύματα, παραβιάζει την εύτακτη πορεία της φύσης; Γνωρίζει από πριν ο Θεός πότε να παρέμβει μέσω θαυμάτων; Αυτά τα δύο ερωτήματα απασχολούσαν θεολόγους και φυσικούς φιλοσόφους από την εποχή ανάδυσης του Χριστιανισμού. Τους απασχολούσαν επειδή, πέρα από το ζήτημα των ιδιοτήτων του Θεού, αφορούσαν και ζητήματα γνώσης. Αν ο Θεός παραβιάζει διαρκώς και με διαφορετικούς τρόπους την πορεία της φύσης, τότε πώς μπορούμε να είμαστε βέβαιοι για όσα μελετάμε; Πώς μπορούμε να λέμε ότι υπάρχουν κανονικότητες στη φύση αν αυτές μπορούν να παραβιαστούν ανά πάσα στιγμή; Επίσης, αν ο Θεός κάνει θαύματα για να επιδιορθώσει τον κόσμο, τότε αυτό δεν αποτελεί ένδειξη έλλειψης της παντοδυναμίας Του; Είναι δυνατό να είναι ο Θεός ένας κακός ωρολογοποιός, που διαρκώς επιδιορθώνει τον κόσμο για να τον επαναφέρει στην κανονική του πορεία; Επίσης, αν ο Θεός γνωρίζει τα πάντα πριν συμβούν, τότε τα θαύματα που κάνει είναι προσχεδιασμένα. Τι σημαίνει αυτό για την ελευθερία βούλησης; Είναι πραγματικά ελεύθερος ο άνθρωπος να επιλέξει;

Ο Duns Scotus και ο Θωμάς ο Ακινάτης, δύο από τους πιο σημαντικούς φιλοσόφους και θεολόγους του ύστερου Μεσαίωνα, ασχολήθηκαν συστηματικά με την περίφημη διάκριση Γενικής και Ειδικής Πρόνοιας. Η Γενική Πρόνοια του Θεού ήταν ο «κανονικός» τρόπος με τον οποίο είχε ρυθμίσει τη φύση. Για παράδειγμα, οι κινήσεις των ουράνιων σωμάτων, η πέτρα που κατευθύνεται πάντα προς τα κάτω, η γέννηση των όντων αποτελούσαν εκφράσεις της Γενικής Πρόνοιας του Θεού. Η Ειδική Πρόνοια αποτελούσε τον τρόπο παρέμβασης του Θεού σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και είχε πάντα συγκεκριμένο στόχο. Για παράδειγμα, το πέρασμα του Μωυσή μέσα από την Ερυθρά Θάλασσα και η Ανάσταση του Χριστού αποτελούσαν σημάδια εκδήλωσης της Ειδικής Πρόνοιας του Θεού. Αποτελούσαν, δηλαδή, ιστορικά γεγονότα που δεν μπορούσαν να εξηγηθούν μέσω της κανονικής πορείας της φύσης. Ήταν θαύματα.

Κατά τη διάρκεια του 16^{ου} και του 17^{ου} αιώνα, οι φυσικοί φιλόσοφοι μελέτησαν τη φύση με έναν εντελώς διαφορετικό τρόπο από τους προκατόχους τους. Στη μελέτη της φύσης μπόρεσαν να αποδείξουν με έναν πρωτοφανή τρόπο. Τα Μαθηματικά, ως γνωστόν, έχουν αξιώματα. Τα αξιώματα αυτά συνιστούν τους μαθηματικούς νόμους. Αυτοί οι νόμοι, ωστόσο, αφορούν μόνο την εσωτερική συνέπεια των μαθηματικών. Δεν είναι απαραίτητο να αντιστοιχούν σε κάτι ανεξάρτητο από αυτά. Για παράδειγμα, το γεγονός ότι δύο παράλληλες ευθείες δεν τέμνονται ποτέ είναι ένα αξίωμα, το οποίο είναι αληθές χωρίς να χρειάζεται να ψάξουμε να βρούμε στη φύση δύο τέλειες και παράλληλες ευθείες. Άλλωστε, στη φύση δεν υπάρχουν τέ-



τοιου είδους αντικείμενα. Φυσικοί φιλόσοφοι του 17^{ου} αιώνα και μαθηματικοί, όπως ο Κοπέρνικος, ο Κέπλερ, ο Γαλιλαίος, ο Ντεκάρτ και ο Νεύτων, άρχισαν να δείχνουν ότι τα Μαθηματικά μπορούσαν να αποτελέσουν μια γλώσσα που θα περιέγραφε και θα εξηγούσε τη φύση με έναν διαφορετικό τρόπο. Αυτή η γλώσσα, όμως, περιέγραφε τα πάντα μέσω αξιωμα-

των/νόμων. Και αυτοί οι νόμοι αναγκαστικά είναι αμετάβλητοι και δεν υπόκεινται σε εξαιρέσεις.

Από τη στιγμή που μπόρεσαν τα Μαθηματικά στη μελέτη και την ερμηνεία της φύσης, επινοήθηκε και μια νέα εικόνα για τη φύση. Η φύση για τους διανοητές του 17^{ου} αιώνα ήταν αμετάβλητη. Οι μεταβολές που παρατηρού-

στη φύση αφορούν τα μέρη από τα οποία αποτελείται η φύση. Σύμφωνα με ποιους κανόνες, όμως, γίνονται αυτές οι αλλαγές; Ο Ντεκάρτ θα απαντούσε ότι οι κανόνες σύμφωνα με τους οποίους λάμβαναν χώρα αυτές οι αλλαγές ήταν οι φυσικοί νόμοι. Η πεποίθηση που έχουμε σήμερα για τους φυσικούς νόμους, ότι δηλαδή τα πάντα στη φύση υπακούουν σε αυτούς, γεννήθηκε με το έργο του Ντεκάρτ. Το εύλογο ερώτημα είναι: Ποιος είναι ο νομοθέτης;

Η απάντηση για όλους τους διανοητές, έως τον 18^ο αιώνα, έμοιαζε σαφής. Ο νομοθέτης ήταν ο Θεός. Αυτός τοποθέτησε τους φυσικούς νόμους σύμφωνα με τους οποίους κινούνται και αλλάζουν τα πάντα εντός της φύσης. Οι φυσικοί νόμοι, όμως, επειδή προέρχονταν από μια μαθηματική γλώσσα και αντιστοιχούσαν στο μεγαλείο του Θεού, έπρεπε αναγκαστικά να είναι अपαράλλαχτοι. Και τότε άρχισαν να δημιουργούνται κάποια σοβαρά θεολογικά ζητήματα. Πώς γίνεται να κάνει ο Θεός θαύματα σε έναν κόσμο με συγκεκριμένους κανόνες; Μπορούσε, δηλαδή, ο Θεός να αλλάξει τους φυσικούς νόμους; Είχε την ικανότητα να τους παραβιάσει; Αν δεν μπορούσε, τότε δεν ήταν παντοδύναμος. Αν, από την άλλη, μπορούσε να τους παραβιάσει, τότε η φύση δεν υπάκουε σε αιώνιους φυσικούς νόμους. Η λύση που επινοήθηκε ήταν απλή αλλά και λογική. Τα θαύματα δεν αποτελούσαν, πλέον, παραβιάσεις των φυσικών νόμων, αλλά ο θαυματουργός τους χαρακτήρας είχε να κάνει με το «πότε» συνέβαιναν. Για παράδειγμα, ο Κατακλυσμός του Νώε δεν ήταν θαύμα που παραβίαζε τους φυσικούς νόμους, αλλά ο Θεός αξιοποίησε τους φυσικούς νόμους, ώστε να προκαλέσει τον Κατακλυσμό τη στιγμή που έπρεπε. Το θαύμα, δηλαδή, ήταν θαύμα επειδή συνέβαινε τη στιγμή που συνέβαινε. Σύντομα, τα θαύματα θα έχαναν την αξία που είχαν παλιότερα επειδή, ως τραγική ειρωνεία, υπήρχαν λογικές εξηγήσεις για το πώς συνέβαιναν.

Υπάρχει και ένα τελευταίο ζήτημα. Αν ο Θεός γνωρίζει από πριν πότε θα γίνει ένα θαύμα, τότε σημαίνει ότι έχει προδιαγράψει την πορεία της φύσης. Γνωρίζει, δηλαδή, όλες τις πράξεις μας πριν τις κάνουμε και κρίνει πότε πρέπει να τοποθετηθεί ένα θαύμα. Υπό αυτή την έννοια, ο άνθρωπος δεν είναι ελεύθερος. Υπάρχει πάντα κάποιος που ξέρει την έκβαση των πράξεών μας. Αυτό σημαίνει πως οτιδήποτε κάνουμε είναι αναπόφευκτο. Αυτή, ομολογουμένως, δεν είναι μια ευχάριστη σκέψη! Σημαίνει και κάτι άλλο όμως. Ότι, από τη στιγμή που όλα είναι προδιαγεγραμμένα, ο Θεός δεν έχει και κάποιον ιδιαίτερο ρόλο στον κόσμο. Αν ο κόσμος λειτουργεί σαν καλοκουρδισμένο ρολόι, τότε ο Θεός θα μπορούσε να «αποσυρθεί». Έπρεπε, επομένως, οι διανοητές να επιλέξουν μεταξύ δύο εναλλακτικών, ενός Θεού που δεν έχει φτιάξει έναν εύτακτο κόσμο και παρεμβαίνει διαρκώς σε αυτόν μέσω θαυμάτων και ενός Θεού που έχει φτιάξει έναν τέλειο και εύτακτο κόσμο και δεν είναι απαραίτητος σε αυτόν. Αυτές οι δύο εναλλακτικές ήταν και ο βασικός λόγος της διαμάχης μεταξύ Νεύτωνα και Leibniz στη δεύτερη δεκαετία του 18^{ου} αιώνα. Ήταν μια διαμάχη που δεν αφορούσε απλώς διαφορετικές επινοήσεις της φύσης, αλλά και διαφορετικούς Θεούς.

