

Η σημασία της μαθηματικής επιστήμης για την ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή και ο ρόλος της βασικής έρευνας

Ιωάννης Π. Εμμανουήλ
Καθηγητής Τμήματος Μαθηματικών
Κοσμήτορας Σχολής Θετικών Επιστημών ΕΚΠΑ
emmanoui@math.uoa.gr

Περίληψη

Ο σκοπός αυτού του άρθρου είναι να καλύψει εν συντομία τρία θέματα: Το πρώτο αφορά στην ευρύτητα των εφαρμογών των Μαθηματικών στην επιστήμη και την τεχνολογία, το δεύτερο αφορά στον ρόλο των λεγόμενων Θεωρητικών Μαθηματικών για την ανάπτυξη της μαθηματικής επιστήμης, και το τρίτο αφορά στη σημασία της μαθηματικής εκπαίδευσης για το ευρύ κοινωνικό σύνολο.

Λέξεις κλειδιά: Μαθηματικά, Επιστήμη, Τεχνολογία, Θεωρητικά Μαθηματικά, Μαθηματική Εκπαίδευση

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ, ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Θα ξεκινήσω με λίγα λόγια γύρω από τη σημασία που έχουν τα Μαθηματικά, λόγω των εφαρμογών τους στην επιστήμη και την τεχνολογία. Στον σύγχρονο κόσμο στον οποίο όλοι¹ μας ζούμε, έχουμε τη δυνατότητα να απολαύσουμε με πάρα πολλούς τρόπους τις ευεργετικές επιδράσεις της τεχνολογίας. Θα μπορούσα να αναφέρω ως σημαντικά παραδείγματα την πρόοδο στην ιατρική που έχει ως αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου ζωής του ανθρώπου και τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής του, καθώς και την ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών με τη σχεδόν καθολική και άμεση πρόσβαση στην πληροφορία από οποιοδήποτε σημείο της γης. Η αλματώδης επιστημονική και τεχνολογική πρόοδος έχει βεβαίως και αρνητικές επιπτώσεις, τις οποίες πρέπει να εξετάσει προσεκτικά η κοινωνία μας και να τις αντιμετωπίσει συνολικά και συλλογικά. Ως τέτοια παραδείγματα θα μπορούσα να αναφέρω την κλιματική κρίση, την οποία ήδη βιώνουμε, την εξάντληση των φυσικών πόρων, η οποία βρίσκεται προ των πυλών, και τη διεύρυνση των αντιθέσεων σε παγκόσμιο επίπεδο, η οποία οδηγεί νομοτελειακά σε μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών.

Είναι πολύ σημαντικό να είναι ενήμερος ο πολίτης για τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζονται οι αρχές της επιστήμης και της τεχνολογίας στον σύγχρονο κόσμο, μιας και έτσι θα μπορεί να ασκεί ουσιαστικό έλεγχο στους τεχνοκράτες που αναπτύσσουν αυτές τις εφαρμογές και θα μπορεί ενδεχομένως να συνεισφέρει και ο ίδιος στην ανάπτυξή τους ή να προτείνει λύσεις στα προβλήματα που ανακύπτουν από τη χρήση τους. Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της ενημέρωσης είναι η προώθηση της εμπέδωσης ενός κλίματος εμπιστοσύνης μεταξύ του κάθε πολίτη, του κάθε μέλους της κοινωνίας από τη μία πλευρά, και της επιστημονικής κοινότητας από την άλλη. Η επιτακτική ανάγκη της εμπέδωσης αυτού του κλίματος εμπιστοσύνης έγινε εμφανής κατά τη διάρκεια της πρόσφατης πανδημίας του covid-19.

Μπορούμε μεταφορικά να πούμε ότι οι τεχνολογικές εφαρμογές που βλέπει στη ζωή του και χρησιμοποιεί ο κάθε άνθρωπος αποτελούν την κορυφή ενός παγόβουνου, το οποίο (όπως κάθε παγόβουνο) έχει το μεγαλύτερο μέρος του κρυφό από την κοινή θέα ή, πιο σωστά, έχει το μεγαλύτερο μέρος του προσβάσιμο μόνο σε όσους διαθέτουν ειδικές γνώσεις. Η ανάπτυξη της μηχανικής, της φυσικής και της χημείας, η πρόοδος στην επιστήμη των

¹ Για λόγους οικονομίας χώρου και μόνο, στην εργασία επιλέχθηκε η χρήση ενός γένους.

υλικών και οι σύγχρονες διαδικασίες βιομηχανικής παραγωγής είναι ασφαλώς απαραίτητες και αποτελούν το υπόβαθρο για κάθε τι που βλέπουμε γύρω μας. Πρέπει να τονιστεί ότι η ανάπτυξη αυτών των επιστημών βασίζεται στα Μαθηματικά, τη μοντελοποίηση και τις ποσοτικές τεχνικές ανάλυσης των φαινομένων. Η βάση του παρόβουνου στο οποίο μεταφορικά αναφέρθηκα προηγουμένως είναι τα Μαθηματικά, πάνω στα οποία χτίζονται όλα τα άλλα.

Τα Μαθηματικά είναι πάνω από όλα ένα στοιχείο του ανθρώπινου πολιτισμού και μας κάνει ασφαλώς υπερήφανους το γεγονός ότι κλάδοι όπως η γεωμετρία θεμελιώθηκαν στην Αρχαία Ελλάδα. Η μέθοδος της ανάλυσης, της σύνθεσης και της διερεύνησης για την επίλυση ενός γεωμετρικού προβλήματος έχει μια ανυπέρβλητη ομορφιά και μια γοητευτική απλότητα που συναρπάζει διαχρονικά τον άνθρωπο. Πέρα από την πολιτισμική και φιλοσοφική τους διάσταση, τα Μαθηματικά αποτελούν το απαραίτητο εργαλείο για να κατανοήσουμε τον φυσικό κόσμο γύρω μας και θεμελιώνουν το απαραίτητο υπόβαθρο σχεδόν για κάθε επιστημονική, τεχνολογική και οικονομική δραστηριότητα. Η μαθηματική σκέψη μπορεί να βοηθήσει στην αναζήτηση και επεξεργασία μοντέλων για την ερμηνεία και επίλυση πρακτικών αλλά και θεωρητικών προβλημάτων. Σήμερα, είναι καθολικά αποδεκτή η σημασία των ποσοτικών αναλύσεων για τη λήψη αποφάσεων που αφορούν σε ένα ευρύτατο φάσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Κατά συνέπεια, όλα τα Τμήματα Θετικών, Πολυτεχνικών και Οικονομικών Επιστημών στα Πανεπιστήμια όλου του κόσμου έχουν εντάξει μαθήματα Μαθηματικών στα πρώτα έτη των σπουδών τους. Επιπλέον, είναι σαφές στους ειδικούς ότι η θεμελίωση μοντέρνων επιστημονικών κλάδων (όπως, για παράδειγμα, η μηχανική μάθηση και η χρηματοοικονομική μηχανική) εμπλέκει αναπόφευκτα σχετικά προχωρημένες μαθηματικές έννοιες και τεχνικές, οι οποίες συνήθως καλύπτονται σε ειδικά προπτυχιακά ή μεταπτυχιακά μαθήματα. Η κατανόηση των περιορισμών που είναι σύμφυτοι με τα Μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι απαραίτητη για την ασφαλή χρήση τους και την αποφυγή καταστροφικών συμπερασμάτων².

Τα Μαθηματικά έχουν μια θαυμαστή γενικότητα και ευελιξία, προσφέροντας ταυτόχρονα μια μεθοδολογία για τη μελέτη του πολύ μεγάλου και του πολύ μικρού. Δεν είναι ασύνηθες στη φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων (τη φυσική του πολύ μικρού) αλλά και την κοσμολογία (τη φυσική του πολύ

² Ένα τέτοιο παράδειγμα άκριτης εφαρμογής Μαθηματικών μοντέλων οδήγησε στην κρίση της στεγαστικής πίστης και την παγκόσμια οικονομική κρίση που ακολούθησε το 2008.

μεγάλου) να γίνονται προβλέψεις που βασίζονται πάνω σε Μαθηματικά μοντέλα, οι οποίες στη συνέχεια αναζητούν μια πειραματική επαλήθευση. Ως παραδείγματα, μπορούμε να αναφέρουμε την ύπαρξη των quarks, καθώς και την ανακάλυψη των μελανών οπών στο σύμπαν. Τα Μαθηματικά μπορούν να περιγράψουν με ένα σχετικά ενιαίο τρόπο το διακριτό και το συνεχές, το πεπερασμένο και το άπειρο, προσφέροντας τα κατάλληλα αναλυτικά εργαλεία για την περιγραφή και τη μελέτη των δεδομένων μεγάλου όγκου, όπως είναι αυτά που εμφανίζονται στη μοντέρνα διοικητική επιστήμη, τη μετεωρολογία και τη σεισμολογία. Τα Μαθηματικά έχουν τη δυνατότητα να περιγράψουν τα ντετερμινιστικά (δηλαδή τα αιτιοκρατικά) και τα στοχαστικά (δηλαδή τα τυχαιοκρατικά) φαινόμενα, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα μιας ενοποιημένης μελέτης των φαινομένων της εξελικτικής βιολογίας και της εξάπλωσης των καρκινικών κυττάρων σε έναν οργανισμό. Λαμβάνοντας υπόψη αστάθμητους παράγοντες, οι οποίοι αν και επηρεάζουν την εξέλιξη ενός πολύπλοκου φαινομένου, δεν μπορούν πάντα να περιγραφούν επακριβώς από φυσικούς νόμους, κατασκευάζονται φαινομενολογικά μοντέλα, τα οποία, χωρίς να είναι πάντα ακριβή, οδηγούν σε χρήσιμα συμπεράσματα. Η σχέση των Μαθηματικών με τις άλλες επιστήμες είναι αμοιβαία επωφελής. Τα Μαθηματικά προσφέρουν τη γλώσσα και τη μέθοδο ανάλυσης και μελέτης προβλημάτων που εμφανίζονται σε άλλες επιστήμες, αλλά ταυτόχρονα δέχονται την αναζωογονητική επίδραση των επιστημών αυτών, οι οποίες τροφοδοτούν τα Μαθηματικά με μια ενόραση που συχνά οδηγεί στην ανάπτυξη νέων κλάδων ή προσφέρει μια καινούργια οπτική σε παλαιότερες και πιο κλασικές θεωρίες. Η ανάπτυξη της μαθηματικής επιστήμης διευρύνει το φάσμα των πολύπλοκων φυσικών προβλημάτων που μπορούμε να μοντελοποιήσουμε, να αναλύσουμε και τελικά να κατανοήσουμε.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Ακόμα και αν η κοινωνία μας ενδιαφέρεται για την ανάπτυξη των Μαθηματικών, προσβλέποντας μόνο στις εφαρμογές τους, δεν θα πρέπει να παραγνωρίσει τη σημασία των θεωρητικών Μαθηματικών. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η διάκριση μεταξύ θεωρητικών και εφαρμοσμένων Μαθηματικών γίνεται όλο και περισσότερο θολή. Περιοχές των Μαθηματικών που αναπτύσσονταν αρχικά ως σχετικά απομονωμένοι κλάδοι της θεωρίας, έχουν βρει σημαντικές εφαρμογές σε άλλες περιοχές της επιστήμης, όπως είναι η θεωρία των στοιχειωδών σωματιδίων στη φυσική και η ανάπτυξη της αγοράς των συμβολαίων προαίρεσης στην ασφαλιστική

επιστήμη. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της φυσικής και της (διαφορικής) γεωμετρίας είναι τις τελευταίες δεκαετίες στενότερη από ποτέ. Μια βασική προϋπόθεση για την ασφάλεια των επικοινωνιών και των συναλλαγών που διενεργούνται καθημερινά είναι η ανάπτυξη κρυπτογραφικών πρωτοκόλλων. Για την ανάπτυξη τέτοιων πρωτοκόλλων χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα υπολογιστικές πτυχές της θεωρίας αριθμών, καθώς και περισσότερο θεωρητικές πτυχές της αριθμητικής αλγεβρικής γεωμετρίας. Αν ήταν οπωσδήποτε απαραίτητο να περιγράψω μια διαφορά μεταξύ των θεωρητικών και των εφαρμοσμένων Μαθηματικών, θα μπορούσα να πω το εξής: Ένας μαθηματικός που ασχολείται με τις εφαρμογές προσπαθεί να ερμηνεύσει και να αιτιολογήσει όσα παρατηρεί στον κόσμο γύρω του και να προβλέψει τη συμπεριφορά της φύσης, με βάση τις γνώσεις, τις αισθήσεις και την αναλυτική του ικανότητα. Από την άλλη μεριά, ένας μαθηματικός που ασχολείται με τη θεωρία προσπαθεί να περιγράψει αυτό που έχει μέσα του, το κάλλος και τη συμμετρία που είναι κρυμμένες στην ψυχή του, με όρους κατανοητούς και εύληπτους από όλους όσους είναι έξω από αυτόν, από τον κόσμο που τον περιβάλλει.

Αξίζει να τονιστεί με τον πιο emphaticό τρόπο ότι τα Μαθηματικά δεν είναι μόνο μια επιστήμη που εξυπηρετεί άλλες επιστήμες, οι οποίες αναζητούν τον formalισμό, την ακρίβεια και την αναλυτική ικανότητα που αυτά μπορεί να προσφέρουν. Τα Μαθηματικά είναι παράλληλα μια ζωντανή επιστήμη, μια επιστήμη που έχει παραμείνει ζωντανή εδώ και χιλιετίες και αναπτύσσεται θέτοντας και τα δικά της εσωτερικά ερωτήματα, τα οποία απαντούν (εν μέρει ή οριστικά) ιδιοφυείς ερευνητές μαθηματικοί, με τρόπο που προωθείται η ανάπτυξη και η πρόοδος των διαφόρων κλάδων τους. Στέκομαι με σεβασμό απέναντι σε όσους ερευνητές ασχολούνται με εφαρμογές των Μαθηματικών, όπως τα κυματίδια στην ανάλυση εικόνας, η αριθμητική επίλυση της εξίσωσης Black-Scholes στη χρηματοοικονομική, τα επιδημιολογικά μοντέλα στην ιατρική, το αντίστροφο πρόβλημα στην εγκεφαλογραφία και η ανάλυση των δεδομένων μεγάλου όγκου στη διοικητική επιστήμη. Παράλληλα όμως, τρέφω τον ίδιο σεβασμό προς εκείνους τους μαθηματικούς που ασχολούνται ερευνητικά με ζητήματα που είναι περισσότερο θεωρητικά και γράφουν εργασίες με θέμα τη βελτίωση των σταθερών σε μια αναλυτική εκτίμηση, που ασχολούνται με την τοπολογία των πολλαπλοτήτων σε χαμηλές διαστάσεις, που εξετάζουν τις γεωμετρικές ιδιότητες των λύσεων Διοφαντικών εξισώσεων, που μελετούν αναπαραστάσεις ομάδων στη θετική χαρακτηριστική και όσους προσπαθούν να κατανοήσουν αφηρημένες έννοιες

της θεωρίας συνόλων, όπως είναι οι ισχυρώς απρόσιτοι και οι ιδιάζοντες πληθάριθμοι.

Τα Μαθηματικά πρέπει να θεωρούνται και να αντιμετωπίζονται ως μια ενιαία επιστήμη. Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό να προωθείται με κάθε πρόσφορο μέσο η ισόρροπη ανάπτυξη όλων των κλάδων τους και να εξασφαλίζεται η ισότιμη πρόσβαση στη χρηματοδότηση όλων των ερευνητικών περιοχών τους. Πρέπει να εξασφαλιστούν κατάλληλες προϋποθέσεις και να δοθούν δελεαστικές προοπτικές απασχόλησης σε δομές με έδρα στη χώρα μας στους ερευνητές που θα μπορούν όχι μόνο να παρακολουθούν από κοντά τις τρέχουσες εξελίξεις στον χώρο της μαθηματικής επιστήμης, αλλά ταυτόχρονα θα παράγουν νέα γνώση την οποία θα μεταδίδουν στην επόμενη γενιά, την ερευνητική κοινότητα και το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο, συνεισφέροντας έτσι στην επιστημονική πρόοδο και ενισχύοντας τη θέση της Ελλάδας στον παγκόσμιο ακαδημαϊκό χάρτη.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ, ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Θα ήθελα, τέλος, να αναφερθώ στη σημασία της ποιοτικής αναβάθμισης της μαθηματικής εκπαίδευσης για το ευρύ κοινωνικό σύνολο, για όλους τους πολίτες, με σκοπό την ενδυνάμωση της κριτικής τους σκέψης.

Κάθε δημοκρατική κοινωνία πρέπει να αγκαλιάσει τα Μαθηματικά: η μαθηματική απόδειξη συμβαδίζει και είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη δημοκρατία. Οι Έλληνες μαθηματικοί της αρχαιότητας ήταν οι πρώτοι που εισήγαγαν την έννοια της απόδειξης. Η γνώση μέχρι τότε είχε εγκυρότητα, μόνο εφόσον αυτός που την κατείχε διέθετε κάποια ιδιαίτερη κοινωνική θέση που εξασφάλιζε την αυθεντία της γνώμης του. Στους προελληνικούς πολιτισμούς και στις δεσποτικές κοινωνίες τους, η γνώση ήταν αποκλειστικά προνόμιο ενός κλειστού ιερατείου και επομένως η διάχυσή της και η μετάδοσή της από γενιά σε γενιά ήταν ένα θέμα που κινούνταν στη σφαίρα μιας αποκάλυψης θεολογικού χαρακτήρα. Ο αρχαίος ελληνισμός του 6^{ου} αιώνα π.Χ., εκφράζοντας τις ιστορικές ανατροπές και ανακατατάξεις της εποχής, ανέδειξε τη σημασία της απόδειξης σε όλες σχεδόν τις μορφές του καθημερινού βίου, ανάγοντας τον αποδεικτικό συλλογισμό σε μια αφετηρία επιστημονικής σκέψης. Από τότε και για τη συνέχεια της ιστορικής διαδρομής του ανθρώπου, η γνώση έπρεπε να τεκμηριώνεται και να στηρίζεται σε γερά θεμέλια. Το γεγονός αυτό έδωσε ώθηση στην ανάπτυξη των επιστημών και στον εκδημοκρατισμό της γνώσης. Ως κεντρικό συστατικό της δημοκρατίας αναδείχθηκε η δημόσια κριτική συζήτηση, η

οποία αξιώνει επιχειρήματα για την τεκμηρίωση των όποιων θέσεων, ή για την αμφισβήτησή τους, έτσι ώστε να αντλείται από εκεί (δηλαδή, από την ακλόνητη και λογικά στέρεη υπεράσπισή τους) η ισχύς τους. Η μαθηματική απόδειξη είναι αταξική και δεν αποτελεί ένα ειδικό προνόμιο κανενός. Είναι ανοιχτή και προσβάσιμη σε όλους και το μόνο που απαιτεί από τον άνθρωπο είναι η διάθεση εμπλοκής του σε κάποιους λογικούς συλλογισμούς.³ Η έννοια της απόδειξης απορρέει από την ανάγκη του ανθρώπου για την επιβεβαίωση της αλήθειας με τρόπο πειστικό, αδιαφιλονίκητο, καθολικά ελέγξιμο και επαληθεύσιμο. Θεωρώ ότι η προσπάθεια υποβάθμισης της αυστηρής μαθηματικής σκέψης και της έννοιας της απόδειξης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση της χώρας μας δεν είναι θετική εξέλιξη.

Ήταν ανέκαθεν γνωστό ότι η πρόσβαση στην πληροφορία που αφορά σε ένα συγκεκριμένο θέμα είναι ιδιαίτερα σημαντική και μπορεί να δώσει ένα κρίσιμο συγκριτικό πλεονέκτημα σε διάφορες καταστάσεις, οι οποίες μπορεί είτε να ενέχουν το στοιχείο του ανταγωνισμού (όπως είναι οι πολεμικές διενέξεις ή οι εμπορικοί ανταγωνισμοί) είτε όχι (όπως είναι η ορθή διάγνωση μιας ασθένειας, με βάση την κλινική εικόνα και τις μικροβιολογικές εξετάσεις του ασθενούς). Η πρόσβαση στην πληροφορία ήταν πάντα, και σε κάποιο βαθμό, ελεγχόμενη από διάφορες κρατικές ή ιδιωτικές δομές. Η εμφάνιση των νέων τεχνολογιών έχει οδηγήσει στην ύπαρξη ενός γιγαντιαίου όγκου δεδομένων και πληροφοριών. Η κατανόηση και επεξεργασία αυτών των πληροφοριών είναι από μόνες τους ένα ζητούμενο. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει να γίνονται σε ένα μεγάλο βαθμό κατανοητές από τους πολίτες, για να μπορούν αυτοί να είναι σωστά ενημερωμένοι όταν ασχολούνται με τα διάφορα πολιτικά ζητήματα, δηλαδή με τα ζητήματα που τους απασχολούν ως πολίτες. Αυτό είναι αναμφισβήτητο ένα χαρακτηριστικό μιας υγιούς δημοκρατίας. Η δυνατότητα ελέγχου της αξιοπιστίας των παρεχόμενων στον πολίτη πληροφοριών προϋποθέτει τη δυνατότητα της αξιολόγησής τους εκ μέρους του. Καθώς ένα μεγάλο μέρος αυτών των πληροφοριών έχει μια ποσοτική διάσταση, η πλήρης κατανόηση των διαθέσιμων πληροφοριών προϋποθέτει τον ποσοτικό εγγραμματισμό του πολίτη και τη δυνατότητα μιας βασικής και στοιχειώδους επεξεργασίας αριθμητικών δεδομένων από αυτόν. Είναι ένας στόχος ύψιστης σημασίας για το εκπαιδευτικό μας σύστημα να

³ Αναλογικά, η μαθηματική έρευνα σήμερα δεν απαιτεί κάποιον ειδικό εξοπλισμό ή πανάκριβες εργαστηριακές διατάξεις, παρά μόνο την πρόσβαση στη διαθέσιμη γνώση, η οποία εξασφαλίζεται από τη συνδρομή σε βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων. Ένα βασικό χαρακτηριστικό των ερευνητών Μαθηματικών είναι η άμεση ενημέρωση της κοινότητας για την παραγόμενη νέα γνώση, κάτι που λειτουργεί πολλαπλασιαστικά για τη διάχυσή της.

δώσει σε όλους τους μαθητές του σχολείου (που είναι οι μελλοντικοί πολίτες) τη δυνατότητα συμμετοχής με ίσους όρους στον κοινωνικό διάλογο, εξασφαλίζοντας τους, εκτός των άλλων, και τη δυνατότητα κατανόησης της ποσοτικοποιημένης πληροφορίας που διατίθεται και επικοινωνείται ευρέως, μέσω πολλών διαύλων επικοινωνίας (τηλεόραση, εφημερίδες, διαδίκτυο, μέσα κοινωνικής δικτύωσης). Η κριτική αξιολόγηση επιτρέπει στον πολίτη να εξορύξει τη σημαντική πληροφορία από τον τεράστιο όγκο που διατίθεται και να διακρίνει τα ψεύδη, έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα χειραγώγησης του κοινωνικού συνόλου. Ο ποσοτικός εγγραμματισμός προβάλλει ως μια απαραίτητη προϋπόθεση για την καλλιέργεια της κρίσης του πολίτη. Καθώς διανύουμε το δεύτερο πέμπτο του 21^{ου} αιώνα, ο ποσοτικός εγγραμματισμός δεν αποτελεί μια μικρή διαφοροποίηση σε σχέση με τον 20^ο αιώνα, αλλά συνιστά ένα συγκριτικό πλεονέκτημα, το οποίο πρέπει να παρέχεται από το εκπαιδευτικό σύστημα σε όλους τους μαθητές, καθώς επηρεάζει τις μελλοντικές εργασιακές επιλογές τους. Θεωρώ ότι αυτό είναι ένα βαθιά πολιτικό θέμα.

Η ποιοτική αναβάθμιση της μαθηματικής εκπαίδευσης θα αποτρέψει επίσης την αποξένωση και την απομάκρυνση των μαθητών/πολιτών από πολλές εξελίξεις που λαμβάνουν χώρα ταχύτατα στον σύγχρονο κόσμο. Αν οι πολίτες δεν μπορούν να παρακολουθήσουν τις τεχνολογικές εξελίξεις και τη θεμελίωσή τους, τότε περιορίζουν συλλογικά τον εαυτό τους στον ρόλο του χρήστη παρεχόμενων υπηρεσιών και συλλογικά εκχωρούν σημαντικά δικαιώματά σε άλλους, σε ολίγους, με αποτέλεσμα την εκούσια παραίτηση μεγάλου μέρους της κοινωνίας μας από τη δυνατότητα ελέγχου της όποιας εξουσίας, απεμπολώντας έτσι τον ρόλο του συν-διαμορφωτή του μέλλοντος της κοινωνίας. Γνωρίζοντας και έχοντας την απαιτούμενη κριτική σκέψη, ο πολίτης μπορεί να επιλέξει την ασφαλή χρήση των τεχνολογικών εργαλείων προς όφελός του.

ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ

Συνοψίζω όσα ανέφερα παραπάνω: Τα Μαθηματικά αποτελούν μια βασική επιστήμη, η οποία, εκτός από την εσωτερική της ομορφιά, έχει εφαρμογές που αγγίζουν πάρα πολλές πτυχές του επιστητού. Η περαιτέρω ανάπτυξη της μαθηματικής επιστήμης μπορεί να αποβεί προς όφελος όλων των επιστημών, καθώς και του κοινωνικού συνόλου. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή από όσους διαμορφώνουν τις προτεραιότητες της εκπαιδευτικής πολιτικής στην αναβάθμιση της μαθηματικής εκπαίδευσης. Ο ποσοτικός εγγραμματισμός είναι πολύ στενά συνδεδεμένος με την ικανότητα του πολίτη να αξιολογεί

προσλαμβάνουσες πληροφορίες και παραστάσεις, ασκώντας έτσι γόνιμα και εποικοδομητικά τον απαραίτητο έλεγχο που κρατά ζωντανή μια δημοκρατική κοινωνία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους που διάβασαν μια αρχική εκδοχή αυτού του άρθρου, το οποίο βασίζεται σε ομιλίες μου στο πλαίσιο εκδηλώσεων της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρίας και του Ιδρύματος Ευγενίδου, και συνεισέφεραν στη βελτίωσή του με παρατηρήσεις και επισημάνσεις. Ευχαριστώ επίσης τους εκδότες του *Ευκλείδη γ'* για την πρόσκληση που μου απηύθυναν να συμβάλω στον επετειακό 100^ο τόμο του περιοδικού.

Ο Ιωάννης Εμμανουήλ είναι Καθηγητής στο Τμήμα Μαθηματικών του ΕΚΠΑ. Σπούδασε Μαθηματικά στο Πανεπιστήμιο Αθηνών και το Πανεπιστήμιο της California στο Berkeley. Πριν επιστρέψει στην Ελλάδα, εργάστηκε στο Πανεπιστήμιο του Michigan στο Ann Arbor και στο IHES στο Παρίσι. Έχει διατελέσει Πρόεδρος του Τμήματος Μαθηματικών, Κοσμήτορας της Σχολής Θετικών Επιστημών του ΕΚΠΑ και Πρόεδρος της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας.

The importance of mathematics for development and social cohesion, and the role of basic research

Ioannis P. Emmanouil

Department of Mathematics, National and Kapodistrian University of
Athens
emmanoui@math.uoa.gr

Abstract

The purpose of this article is to briefly cover three topics: The first concerns the breadth of applications of Mathematics in science and technology, the second concerns the role of Pure Mathematics for the development of mathematical science, and the third concerns the importance of mathematics education for the wider society.

Keywords: mathematics, science, technology, pure mathematics, mathematics education

Ioannis Emmanouil is a Professor of Mathematics at NKUA. He studied mathematics at the University of Athens and the University of California, Berkeley. Before returning to Greece, he worked at the University of Michigan, Ann Arbor and at the IHES, Paris. He served as Chairman of the Department of Mathematics, Dean of the School of Science at NKUA and President of the Hellenic Mathematical Society.