

# Εκπαίδευση, Δια Βίου Μάθηση, Έρευνα και Τεχνολογική Ανάπτυξη, Καινοτομία και Οικονομία

Τόμ. 2 (2019)

Πρακτικά του 2ου Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ελλάδα-Ευρώπη 2020: Εκπαίδευση, Δια Βίου Μάθηση, Έρευνα, Νέες Τεχνολογίες, Καινοτομία και Οικονομία», Λαμία 28, 29, 30 Σεπτεμβρίου 2018

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ  
ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ & ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ,  
ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

▶▶▶▶

**Πρακτικά**  
2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή  
“Ελλάδα - Ευρώπη 2020:  
Εκπαίδευση, Διά Βίου Μάθηση, Έρευνα,  
Νέες Τεχνολογίες, Καινοτομία και Οικονομία”  
Υπό την Αιγίδα της  
Α.Ε. του Προέδρου της Δημοκρατίας  
κυρίου Προκοπίου Παυλόπουλου  
28-30 Σεπτεμβρίου 2018, Λαμία

Οργάνωση: - Ελληνικό Ινστιτούτο Οικονομικών  
της Εκπαίδευσης & Δια Βίου Μάθησης  
της Έρευνας & Καινοτομίας - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Συνεργασία: - Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας  
- Δήμος Λαμιέων

Επιμέλεια/Πρακτικά: Ε. Καραϊσκού & Γ. Κουτρογιάννης

**Τα Ηλεκτρονικά Ισχύος ως μοχλός εξωστρέφειας  
των Ελληνικών Πανεπιστημίων – Η περίπτωση του  
Δ.Π.Θ.**

*Χρήστος Χριστοδούλου, Νικόλαος Παπανικολάου*

doi: [10.12681/elrie.1587](https://doi.org/10.12681/elrie.1587)

# Τα Ηλεκτρονικά Ισχύος ως μοχλός εξωστρέφειας των Ελληνικών Πανεπιστημίων – Η περίπτωση του Δ.Π.Θ.

Παπανικολάου Νικόλαος<sup>1</sup>, Χριστοδούλου Χρήστος<sup>2</sup>

[npapanik@ee.duth.gr](mailto:npapanik@ee.duth.gr), [Christ\\_fth@uth.gr](mailto:Christ_fth@uth.gr)

<sup>1</sup>Επίκ. Καθηγητής, ΔΠΘ, <sup>2</sup>PhD, Διδάσκων, Παν. Θεσσαλίας

## Περίληψη

Τα Ηλεκτρονικά Ισχύος αποτελούν σήμερα έναν επιστημονικό / τεχνολογικό κλάδο έντονου βιομηχανικού και ερευνητικού ενδιαφέροντος, διότι καλύπτει το σύνολο της βιομηχανικής-βιοτεχνικής-μεταποιητικής (αλλά και της ανθρώπινης) δραστηριότητας. Οι εφαρμογές των Ηλεκτρονικών Ισχύος απαντώνται από την αεροδιαστημική και τα μέσα μαζικής μεταφοράς, την παραγωγή-μεταφορά-διανομή και χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, τις Α.Π.Ε. και τις έξυπνες (αιεφόρες) πόλεις έως τη ρομποτική, τη μηχανική και τη βιοτεχνολογία. Σε αυτήν την κατεύθυνση, η ερευνητική ομάδα των Ηλεκτρονικών Ισχύος του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης (Δ.Π.Θ.) επιδεικνύει την τελευταία πενταετία μία σταθερή πορεία με απτά αποτελέσματα τόσο αμιγώς ακαδημαϊκά (εκπαίδευση σε προπτυχιακό, μεταπτυχιακό και μεταδιδακτορικό επίπεδο), όσο και με γνώμονα την εξωστρέφεια του Πανεπιστημίου, τη συνεργασία με τα συγγενή Ακαδημαϊκά Ιδρύματα και τη σύναψη στενών δεσμών με την Ελληνική Βιομηχανία. Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων της ερευνητικής ομάδας των Ηλεκτρονικών Ισχύος του Δ.Π.Θ. και τα οφέλη τόσο για την Ελληνική Βιομηχανία, όσο και για την Ελληνική Κοινωνία γενικότερα. Τέλος, θα προταθούν στοχευμένες πολιτικές και δράσεις που μπορούν να έχουν καταλυτικό ρόλο στην περαιτέρω ενίσχυση της εξωστρέφειας των Ελληνικών Πανεπιστημίων.

**Λέξεις κλειδιά:** Ηλεκτρονικά Ισχύος, Έρευνα, Εξωστρέφεια.

## Abstract

Power Electronics is today a scientific / technological sector of intense research interest because it covers all industrial-craft-manufacturing (but also human) activity. Applications of Power Electronics are found in aerospace and public transport, generation-transmission-distribution and use of electricity, renewable energy sources and smart (sustainable) cities to robotics, mechatronics and biotechnology. In this direction, the Research Team of Power Electronics at Democritus University of Thrace (DUTH) has demonstrated a steady course with tangible results both purely academical (undergraduate, postgraduate and post-doctoral education) over the last five years, as well as on the basis of research collaboration with other Academic Institutions and the establishment of close links with the Greek Industry. In this paper we will analyze the results of the activities of the Research Team of Power Electronics at DUTH and the benefits for the Greek industry and for the Greek society in general. Finally, targeted policies and actions will be proposed that can catalyze the further enhancement of the extroversion of Greek Universities.

**Keywords:** Power Electronics, Research & Development, Extroversion.

## 1. Εισαγωγή

Τα Ηλεκτρονικά Ισχύος αποτελούν σήμερα έναν επιστημονικό / τεχνολογικό κλάδο έντονου βιομηχανικού και ερευνητικού ενδιαφέροντος, διότι καλύπτει το σύνολο της βιομηχανικής-βιοτεχνικής-μεταποιητικής (αλλά και της ανθρώπινης) δραστηριότητας. Οι εφαρμογές των Ηλεκτρονικών Ισχύος απαντώνται από την αεροδιαστημική και τα μέσα μαζικής μεταφοράς, την παραγωγή-μεταφορά-διανομή και χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, τις Α.Π.Ε. και τις έξυπνες (αιεφόρες) πόλεις έως τη ρομποτική, τη μηχανική και τη βιοτεχνολογία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ενασχόληση υψηλού αριθμού Μηχανικών και Επιστημόνων παγκοσμίως με το αντικείμενο των Ηλεκτρονικών Ισχύος και τη ραγδαία ανάπτυξη του υπό συνθήκες έντονου ανταγωνισμού. Σε αυτό το πλαίσιο, τα Ελληνικά Πολυτεχνικά Ιδρύματα και Σχολές ξεκίνησαν ήδη

από τη δεκαετία του 1980 να εντάσσουν τα Ηλεκτρονικά Ισχύος στα Προγράμματα Σπουδών και στην ερευνητική τους δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα δε αυτής της προσπάθειας είναι σημαντικά, καθώς – παρά το πάγιο πρόβλημα των περιορισμένων οικονομικών πόρων – πολλοί Έλληνες Μηχανικοί και Επιστήμονες καταξιώθηκαν στον κλάδο των Ηλεκτρονικών Ισχύος.

Στις σημερινές λοιπόν οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες, όπου το ζητούμενο για τα Ελληνικά Πανεπιστήμια είναι η εξωστρέφεια, η επιβίωση σε συνθήκες έντονου παγκόσμιου ανταγωνισμού και η εξυπηρέτηση της αναμενόμενης οικονομικής ανάπτυξης της Εθνικής Οικονομίας με τρόπο βιώσιμο, τα Ηλεκτρονικά Ισχύος μπορούν πράγματι να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο σχεδιασμού.

Σε αυτήν την κατεύθυνση, η ερευνητική ομάδα των Ηλεκτρονικών Ισχύος του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης (Δ.Π.Θ.) επιδεικνύει την τελευταία πενταετία μία σταθερή πορεία με απτά αποτελέσματα τόσο αμιγώς ακαδημαϊκά (εκπαίδευση σε προπτυχιακό, μεταπτυχιακό και μεταδιδακτορικό επίπεδο), όσο και με γνώμονα την εξωστρέφεια του Πανεπιστημίου, τη συνεργασία με τα συγγενή Ακαδημαϊκά Ιδρύματα και τη σύναψη στενών δεσμών με την Ελληνική Βιομηχανία. Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων της ερευνητικής ομάδας των Ηλεκτρονικών Ισχύος του Δ.Π.Θ. και τα οφέλη τόσο για την Ελληνική Βιομηχανία, όσο και για την Ελληνική Κοινωνία γενικότερα. Τέλος, θα προταθούν στοχευμένες πολιτικές και δράσεις που μπορούν να έχουν καταλυτικό ρόλο στην περαιτέρω ενίσχυση της εξωστρέφειας των Ελληνικών Πανεπιστημίων.

## **2. Εργαστηριακές υποδομές**

Οι εργαστηριακές εγκαταστάσεις των Ηλεκτρονικών Ισχύος του Δ.Π.Θ. διαθέτουν σύγχρονο εξοπλισμό, ο οποίος καλύπτει τόσο τις εκπαιδευτικές ανάγκες όσο και τις ερευνητικές δραστηριότητες. Ο διατιθέμενος εξοπλισμός, ο οποίος χρηματοδοτείται από πόρους ερευνητικών προγραμμάτων, του Ε.Τ.Α.Α. και του τακτικού Π/Υ, περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:

- Πλατφόρμες DSPACE για τον σε πραγματικό χρόνο έλεγχο σύνθετων ηλεκτρονικών διατάξεων ισχύος
- Σύγχρονα εργαστηριακά παλμοτροφοδοτικά (ελεγχόμενα από H/Y)
- Ηλεκτρονικό φορτίο (ελεγχόμενο από H/Y), 0-750V<sub>DC</sub> / 0-25A<sub>DC</sub>
- Σύγχρονους ψηφιακούς παλμογράφους (single/multi channel)
- DSP programmers, Evaluation Boards, FPGA programmers
- Πλήρη υποδομή σχεδιασμού και κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων (PCBs)
- Σύγχρονους σταθμούς κόλλησης - αποκόλλησης
- Πλήρη εξοπλισμό σε παθητικά φορτία, ψηφιακά πολύμετρα, ηλεκτρονικά αναλώσιμα (αναλογικά, ψηφιακά, ισχύος), καθώς και σε ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό

## **3. Η ερευνητική δραστηριότητα του Δ.Π.Θ. στον τομέα των Ηλεκτρονικών Ισχύος**

### **3.1. Ριζική ανανέωση των μαθημάτων Ηλεκτρονικών Ισχύος**

Το Εργαστήριο υποστηρίζει τέσσερα προπτυχιακά μαθήματα και ένα μεταπτυχιακό μάθημα στο γνωστικό αντικείμενο των Ηλεκτρονικών Ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψιν τις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις, έχει επαναπροσδιοριστεί το περιεχόμενο των μαθημάτων ως ακολούθως:

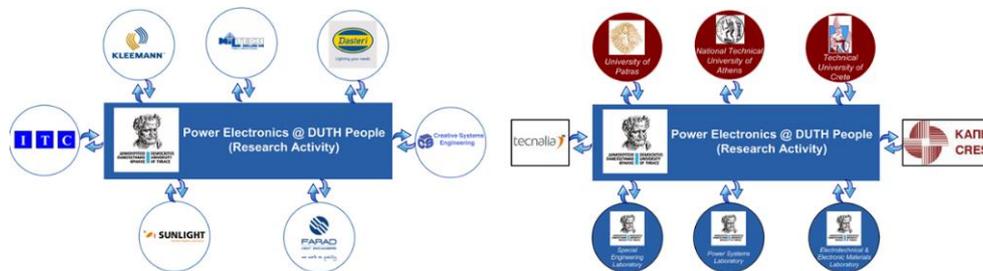
- Εμπλουτισμός του μαθήματος «Βασικές Αρχές Ηλεκτρονικών Ισχύος» – εργαστηριακή υποστήριξη.

- Επανασχεδιασμός του μαθήματος «Ηλεκτρονικά Ισχύος και Εφαρμογές Ι» με έμφαση στον σχεδιασμό και στην ανάλυση της λειτουργίας των υψίσυχνων μετατροπέων Σ.Τ./Σ.Τ. – εργαστηριακή υποστήριξη
- Επανασχεδιασμός του μαθήματος «Ηλεκτρονικά Ισχύος και Εφαρμογές ΙΙ» με έμφαση στον σχεδιασμό και στην ανάλυση της λειτουργίας των μετατροπέων Σ.Τ./Ε.Τ. (αντιστροφείς τάσης)
- Ενεργοποίηση του μαθήματος «Ειδικές Εφαρμογές Ηλεκτρονικών Ισχύος», με έμφαση στις βιομηχανικές εφαρμογές των ηλεκτρονικών ισχύος.
- Δημιουργία του Μεταπτυχιακού μαθήματος «Ειδικά Κεφάλαια Ηλεκτρονικών Ισχύος», με έμφαση στις προηγμένες εφαρμογές των Ηλεκτρονικών Ισχύος στις Α.Π.Ε.

Σε αυτό το πλαίσιο, εκπονείται σημαντικός αριθμός Διπλωματικών Εργασιών (μέσος όρος 5/ακαδημαϊκό έτος). Επιπρόσθετα, σημαντικός αριθμός νέων Διπλωματούχων Μηχανικών δραστηριοποιείται σε Μεταπτυχιακό Επίπεδο, ακολουθώντας είτε το πρόγραμμα Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, είτε το πρόγραμμα Διδακτορικών Σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Δ.Π.Θ. Τέλος, η ερευνητική ομάδα πλαισιώνεται και από έμπειρους Μεταδιδακτορικούς συνεργάτες οι οποίοι σταδιοδρομούν σε σημαντικούς ερευνητικούς οργανισμούς και στην εθνική βιομηχανία/αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

### 3.2. Ερευνητική δραστηριότητα – Ακαδημαϊκές και Βιομηχανικές Συνεργασίες

Η ερευνητική ομάδα Ηλεκτρονικών Ισχύος έχει αναπτύξει συνεργασίες με άλλα ακαδημαϊκά ιδρύματα της Ελλάδας και του εξωτερικού (Σχήμα 1), από τις οποίες έχουν προκύψει πλήθος επιστημονικών δημοσιεύσεων σε διεθνή περιοδικά και συνέδρια. Παράλληλα, στο πλαίσιο εθνικών και διεθνών ερευνητικών προγραμμάτων έχουν αναπτυχθεί συνεργασίες με βιομηχανίες (Σχήμα 1), δίνοντας λύσεις σε πραγματικά προβλήματα.



Σχήμα 1: Εξωστρέφεια – Ακαδημαϊκές και Βιομηχανικές Συνεργασίες

Ενδεικτικά, στα αποτελέσματα της αναπτυχθείσας ερευνητικής δραστηριότητας μπορούν να καταγραφούν τα εξής:

- Βελτιστοποίηση του σχεδιασμού μετατροπέων για τη διασύνδεση διεσπαρμένων μονάδων Α.Π.Ε. (ΔΜΑΠΕ) στα δίκτυα διανομής.
- Ιδιαίτερη έμφαση στις επιπτώσεις της μαζικής διείσδυσης των ΔΜΑΠΕ (υποστήριξη τάσης, ποιότητα ισχύος, ανίχνευση του φαινομένου της νησιδοποίησης, συμπεριφορά σε σφάλματα).
- Ανάπτυξη πειραματικού πάγκου δοκιμών πολλαπλών ΔΜΑΠΕ.
- Ανάπτυξη πρωτότυπης μεθόδου ανίχνευσης του φαινομένου της νησιδοποίησης υπό το πρίσμα της υψηλής διείσδυσης μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής (κατοχυρώθηκε με εθνικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας).

- Συγκριτική μελέτη ενεργών μεθόδων ανίχνευσης του φαινομένου της νησιδοποίησης, οι οποίες εφαρμόζονται στους μικροαντιστροφείς (MICs).
- Αξιολόγηση της επίδρασης των τεχνικών ανίχνευσης του φαινομένου της νησιδοποίησης στην ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος των δικτύων Χ.Τ., υπό το πρίσμα της μαζικής διείσδυσης ΔΜΑΠΕ.
- Ανάπτυξη πειραματικού πάγκου δοκιμών, για τη μελέτη των μεθόδων ανίχνευσης του φαινομένου της νησιδοποίησης κατά την παράλληλη λειτουργία πολλαπλών αντιστροφών.
- Μελέτη της έγχυσης υπο/ενδο-αρμονικών συνιστωσών ρεύματος, για την εφαρμογή σε τεχνικές ανίχνευσης του φαινομένου της νησιδοποίησης.
- Σημαντική παρουσία στην έννοια (concept) του πλήρως εξηλεκτρισμένου αεροσκάφους (All-Electric Aircraft, AEA), το οποίο αποτελεί προτεραιότητα στον τομέα των αερομεταφορών παγκοσμίως.
- Ανάλυση της ευστάθειας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας του AEA.
- Ανάπτυξη πάγκου δοκιμών για την προσομοίωση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας του AEA (DC Microgrid).
- Συμβολή δια της εκμετάλλευσης της ενέργειας των καυσαερίων με στατικά και με δυναμικά συστήματα ανάκτησης ενέργειας, μέσω της αξιοποίησης των δυνατοτήτων διανεμημένης παραγωγής, καθώς και μέσω της αύξησης της αξιοπιστίας των ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος.
- Μελέτη της δυναμικής ανάκτησης ενέργειας καυσαερίων (μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών αντιστροφών 2 ή περισσότερων επιπέδων).
- Ανάπτυξη πρωτότυπου συστήματος δυναμικής ανάκτησης ενέργειας βασισμένο σε ασύγχρονες γεννήτριες.
- Ασύρματη μεταφορά ισχύος για την αξιοποίηση διεσπαρμένης παραγωγής σε μικροδίκτυα Σ.Τ. (συμπεριλαμβανομένων των εξηλεκτρισμένων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς).
- Ανάπτυξη πρωτότυπης μεθόδου σχεδιασμού και οδήγησης του ασύρματου συστήματος για τη μεταφορά σταθερής ισχύος (Constant Power Generation - CPG).
- Ανάπτυξη πειραματικής διάταξης μικροδικτύου Σ.Τ. με την ενσωμάτωση συστήματος ασύρματης μεταφοράς ισχύος, για τη διασύνδεση ΔΜΑΠΕ.
- Μελέτη της επίδρασης του συστήματος ασύρματης μεταφοράς ισχύος στη δυναμική συμπεριφορά του μικροδικτύου Σ.Τ.
- Εφαρμογή της θερμοηλεκτρικής ψύξης στην έννοια (concept) του πλήρως εξηλεκτρισμένου αεροσκάφους (AEA).
- Ανάπτυξη πάγκου Θ/Η δοκιμών - Σχεδιασμός και κατασκευή θερμοθάλαμου ελεγχόμενης θερμοκρασίας.
- Ανάπτυξη πρωτότυπων τεχνικών οδήγησης των Θ/Η στοιχείων για μεγιστοποίηση της απόδοσης.
- Κατευθυντήριοι μετατροπείς ισχύος για υποστήριξη τάσης σε Μικροδίκτυα Σ.Τ., σε πλήρως εξηλεκτρισμένα αεροσκάφη (AEA).
- Ψηφιακή υλοποίηση της μεθόδου ελέγχου μέγιστου ρεύματος (Peak Current Control) με αντιστάθμιση Τύπου II (Type II compensator, 1 zero – 2 poles) στο βρόχο ανάδρασης, με τον μικροελεγκτή TMS320F28027F (C2000 Piccolo LaunchPad Ev. Board). Εφαρμογή σε δικατευθυντήριους μετατροπείς ισχύος.
- Ανάπτυξη μίας μεθόδου βέλτιστου σχεδιασμού αυτόνομων 3Φ εγκαταστάσεων υψηλής ποιότητας ισχύος (αρμονική παραμόρφωση, ασυμμετρία τάσης), με τη χρήση γενετικού αλγόριθμου. Ανάλυση της ευαισθησίας του βέλτιστου σχεδιασμού σε μεταβολές των παραμέτρων του συστήματος (γήρανση).

- Μελέτη των ηλεκτροκίνητων λεωφορείων της περιοχής Αθηνών-Πειραιώς, με σκοπό τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης του οχήματος και τον σχεδιασμό ενός βιώσιμου σχήματος ενάκτησης της ενέργειας πέδησης.

### **3.3. Διεκδίκηση και εκπόνηση ανταγωνιστικών ερευνητικών προγραμμάτων**

Τα ερευνητικά προγράμματα αποτελούν βασικό μοχλό ανάπτυξης των Πανεπιστημίων τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς. Πέρα από τη χρηματοδότηση των νέων ερευνητών και των επενδύσεων σε εξοπλισμό, τα ερευνητικά προγράμματα είναι το βασικό εργαλείο εξωστρέφειας, ανάπτυξης ευρύτατων συνεργασιών μεταξύ των ερευνητικών φορέων και των επιχειρήσεων, καθώς και πηγή έμπνευσης και ανάπτυξης της έρευνας.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ερευνητική ομάδα έχει αναπτύξει ευρείες ερευνητικές συνεργασίες με συγγενή ακαδημαϊκές μονάδες και με τη βιομηχανία (Σχήμα 1), επιτυγχάνοντας έτσι τη συμμετοχή της σε σημαντικά ευρωπαϊκά (Clean Sky, EriGrid) και συγχρηματοδοτούμενα εθνικά (Δράσεις Εθνικής και Περιφερειακής εμβέλειας) προγράμματα.

### **4. Προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη**

Η εμπειρία από αυτήν την 5-ετή προσπάθεια ανέδειξε (για άλλη μια φορά) ότι το αξιόλογο εθνικό επιστημονικό δυναμικό μπορεί κάλλιστα να συνεισφέρει στην επιθυμητή πορεία ανάπτυξης της χώρας, όντας πλήρως ανταγωνιστικό σε διεθνές επίπεδο, ακόμη και σε τεχνολογικούς τομείς αιχμής (όπως η Ηλεκτρονική και τα Ηλεκτρονικά Ισχύος). Καταλυτικής δε σημασίας σε αυτήν την προσπάθεια θα ήταν η απαγκίστρωση από ατέρμονες γραφειοκρατικές διαδικασίες που εμποδίζουν την ερευνητική δραστηριότητα, η καθιέρωση πρακτικών τακτικών προσκλήσεων χρηματοδότησης της έρευνας και ιδιαίτερα η περαιτέρω εξειδίκευσή τους ανά θεματικό τομέα ειδίκευσης (RIS) και ανά Περιφερειακή Ενότητα.

### **5. Συμπεράσματα**

Η ερευνητική ομάδα των Ηλεκτρονικών Ισχύος του Δ.Π.Θ. έχει να επιδείξει πλούσια ερευνητική δραστηριότητα σε επιστημονικά πεδία στην αιχμή της τεχνολογίας, ενώ συμβάλλει στην αντιμετώπιση τρεχουσών τεχνικών αναγκών της αγοράς. Η συμμετοχή σε πλήθος ερευνητικών προγραμμάτων, η αναγνώριση του ακαδημαϊκού και ερευνητικού έργου από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα, καθώς και η εμπιστοσύνη κρατικών και ιδιωτικών φορέων στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών καθιστά σημαντική τη συνεισφορά της, εντός και εκτός συνόρων, στις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις και την καινοτομία.