

Αναλυτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Δρ. Παναγιώτη Βαρθολομαίου

Αθήνα, 23 Αυγούστου 2023

Πίνακας Περιεχομένων

Βιογραφικό Σημείωμα	3
1-1 Ατομικά Στοιχεία	3
1-2 Εκπαίδευση	3
1-3 Συναφή Επαγγελματική Εμπειρία.....	3
1-4 Διδακτική Εμπειρία.....	5
1-4 Επίβλεψη Εκπόνησης Πτυχιακών Εργασιών και Διδακτορικής Διατριβής	6
1-5 Τιμητικές Διακρίσεις και Υποτροφίες	7
1-6 Ξένες γλώσσες	8
1-7 Επαγγελματικές Οργανώσεις και Επιμελητήρια.....	8
Ερευνητικό Έργο	9
2-1 Επιστημονικές & Ερευνητικές Περιοχές	9
2-2 Επιστημονικές Εργασίες	9
2-3 Διεθνής Αναγνώριση Επιστημονικού Έργου.....	13
2-4 Συμμετοχή σε Ερευνητικά Προγράμματα	14
2-5 Ερευνητική Δραστηριότητα	15



Βιογραφικό Σημείωμα

1-1 Ατομικά Στοιχεία

Όνοματεπώνυμο:	Παναγιώτης Βαρθολομαίος
Θέση:	Επίκουρος Καθηγητής (επί θητεία), Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Ταχυδρομική Διεύθυνση Εργασίας:	Παπασιοπούλου 2-4, Γαλανείκα, Λαμία, ΤΚ: 35131
Τηλέφωνο Εργασίας/ Κινητό:	2231 066921/ 6939239842
Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο:	pvartholomeos@uth.gr

1-2 Εκπαίδευση

Χρονολογία	Ίδρυμα	Δίπλωμα
2002- 2007	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών	Διδακτορικό Δίπλωμα Μηχανικού <i>Τίτλος διδακτορικής διατριβής: Μοντελοποίηση και Έλεγχος Μικρορομποτικών Συστημάτων</i> <i>Επιβλέπων: Καθηγ. Ευάγγελος Παπαδόπουλος</i>
1997-2001	Imperial College London, UK, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών	Δίπλωμα Ηλεκτρολόγου Μηχανικού (MEng) <i>Τίτλος πτυχιακής: Έλεγχος και Βελτιστοποίηση Υβριδικών Συστημάτων</i>

1-3 Συναφή Επαγγελματική Εμπειρία

Χρονολογία	Φορέας	Θέση/ Εμπειρία
Σήμερα – 17/6/2021	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική	Επίκουρος Καθηγητής (επί θητεία), με γνωστικό αντικείμενο «Ρομποτικά Συστήματα» Έρευνα σε σχεδιασμό, ανάπτυξη και έλεγχο ρομποτικών συστημάτων για βιοϊατρικές εφαρμογές σε ελάχιστα επεμβατική χειρουργική, σε αποκατάσταση/υποβοήθηση ατόμων με κινητικά προβλήματα, και σε καθοδηγούμενη μεταφορά φαρμάκων
15/6/2021 – 1/2/2019	TWI-Hellas, Αστική μη Κερδοσκοπική Εταιρεία. <i>Θυγατρική της TWI Βρετανίας (www.twi- global.com)</i>	Επιστημονικός Υπεύθυνος Τεχνική διεύθυνση ερευνητικών έργων προηγμένης ρομποτικής Συγγραφή ερευνητικών προτάσεων Ανάπτυξη συστήματος υποστήριξης αποφάσεων με σκοπό τον βελτιωμένο σχεδιασμό προσθετικής διάταξης κάτω άκρων

Χρονολογία	Φορέας	Θέση/ Εμπειρία
31/12/2019 – 1/1/2014	SingularLogic S.A. , R&D and European Research Programs Dept.	Έμπειρος Ερευνητής/ Επικεφαλής ομάδας ρομποτικών εφαρμογών Διεύθυνση ομάδας ανάπτυξης έργου Αρχιτεκτονική ρομποτικών συστημάτων σε υγειονομικούς χώρους με εφαρμογές σε: (1) υποβοήθηση ηλικιωμένων και ατόμων με αναπηρία, (2) εφοδιαστική αλυσίδα νοσοκομείων Σχεδιασμός και ανάπτυξη διασύνδεσης ρομποτικών εφαρμογών με πληροφοριακά συστήματα (frontend, backend) Ανάπτυξη λογισμικού σε περιβάλλον Linux/ROS (C/C++) για τον έλεγχο πειραματικού ρομποτικού συστήματος υποβοήθησης ηλικιωμένων σε δραστηριότητες πλύσης, σε περιβάλλον γηριατρικού νοσοκομείου Ανάπτυξη αλγορίθμων (C/C++) σε περιβάλλον ROS για αναγνώριση χειρονομίας με χρήση αδρανειακών και γυροσκοπικών φορετών αισθητήρων Προσομοίωση, έλεγχος, ανάπτυξη λογισμικού για τον έλεγχο καινοτόμας ρομποτικής διάταξης για την αυτόνομη διάνοιξη υπόγειας σήραγγας μικρής διαμέτρου (κατασκευαστική ρομποτική) Συγγραφή ερευνητικών προτάσεων
15/6/2021– 1/1/2013	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο , Τμήμα Μηχ. Μηχανικών	Συνεργάτης Ερευνητής Μοντελοποίηση και έλεγχος ρομποτικών διατάξεων. Εφαρμογές σε συστήματα υποβοήθησης ηλικιωμένων.
15/9/2012 – 1/2/2010	Harvard Medical School Boston Children’s Hospital, Cardiac Surgical Bio- engineering Lab Brigham & Women’s Hospital, Surgical Planning Lab	Harvard Research Fellow - Post doctoral researcher Σχεδιασμός και έλεγχος καινοτόμου συστήματος επενέργειας για ελάχιστα επεμβατική χειρουργική σε περιβάλλον μαγνητικού τομογράφου - εφαρμογή σε ρομποτική πλοήγηση βελόνης για βιοψία Σχεδιασμός μαγνητικά καθοδηγούμενης ένα- πόθεσης φαρμάκων με χρήση μαγνητικού τομογράφου
30/1/2010 – 1/10/2008	ZENON Automation & Robotics S.A. , R&D Department.	Ερευνητής Ανάπτυξη λογισμικού προσομοίωσης (C/C++) μαγνητικά καθοδηγούμενης εναπόθεσης φαρμάκων σε μικροροϊκό περιβάλλον (microfluidics)

Χρονολογία	Φορέας	Θέση/ Εμπειρία
30/7/2007 – 1/10/2002	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχ. Μηχανικών	Ερευνητής Σχεδιασμός, έλεγχος και ανάπτυξη μικρορομποτικών συστημάτων για χειρισμούς ακριβείας σε περιβάλλον μικροσκοπίου για βιοϊατρικές εφαρμογές, όπως ο χειρισμός κυττάρων

1-4 Διδακτική Εμπειρία

Το παρακάτω **αυτοδύναμο διδακτικό** έργο έλαβε χώρα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στο Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική, στα πλαίσια των διδακτικών καθηκόντων μου ως Επίκουρου Καθηγητή. Όλα τα προπτυχιακά μαθήματα αποτελούνται από 13 τρίωρες εβδομαδιαίες διαλέξεις. Τα μεταπτυχιακά μαθήματα πραγματοποιούνται σε συνδιδασκαλία, όπου αναλαμβάνω 4 τρίωρες διαλέξεις.

Έτος	Τίτλος Μαθήματος
2023 – 2022	<ol style="list-style-type: none"> 1. Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου με Εφαρμογές στην Βιοϊατρική (8^ο εξάμηνο, Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών) 2. Μοντελοποίηση Δυναμικών Συστημάτων (6^ο εξάμηνο, Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών) 3. Ρομποτικά Συστήματα (7^ο εξάμηνο, Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών) 4. Μοντελοποίηση Βιοϊατρικών Συστημάτων και Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου (Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: Πληροφορική και Υπολογιστική Βιοϊατρική)
2022 – 2021	<ol style="list-style-type: none"> 1. Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου με Εφαρμογές στην Βιοϊατρική (8^ο εξάμηνο, Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών) 2. Μοντελοποίηση Δυναμικών Συστημάτων (6^ο εξάμηνο, Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών) 3. Ρομποτικά Συστήματα (7^ο εξάμηνο, Προπτ. Πρόγραμμα Σπουδών) 4. Μοντελοποίηση Βιοϊατρικών Συστημάτων και Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου (Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: Πληροφορική και Υπολογιστική Βιοϊατρική)

Το παρακάτω **αυτοδύναμο διδακτικό** έργο έλαβε χώρα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, στα πλαίσια πρόσληψης μου ως ΠΔ 407, με σύμβαση ιδιωτικού δικαίου ορισμένου χρόνου, για την εκτέλεση ερευνητικού και διδακτικού έργου που αντιστοιχεί στη μισθολογική βαθμίδα του Επίκουρου Καθηγητή.

	Τίτλος μαθήματος	Κύκλος σπουδών	Βαθμίδα
1	Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου με Εφαρμογές στην Βιοϊατρική	Τμήμα Πληροφορικής με Εφαρμογές στην Βιοϊατρική, Παν. Θεσσαλίας 02/2021 – 06/2021	ΠΔ/407: Επίκουρου Καθηγητή

2	Εισαγωγή στη θεωρία και τεχνολογία του αυτομάτου ελέγχου Έλεγχος με μικροϋπολογιστές Βιομηχανικά ηλεκτρονικά	Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 09/07/2017 - 10/04/2017	ΠΔ/407: Επίκουρου καθηγητή
3	Ηλεκτρομηχανικά Συστήματα Μετατροπής Ενέργειας	Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 09/07/2017 - 10/04/2017	ΠΔ/407: Επίκουρου καθηγητή

Το παρακάτω επικουρικό διδακτικό έργο έλαβε χώρα στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ - Βασική Έρευνα, από τον Οκτώβριο του 2003 μέχρι και τον Ιούνιο του 2007.

	Τίτλος μαθήματος	Κύκλος σπουδών	Διδάσκων
1	Εισαγωγή στα Ηλεκτρικά Κυκλώματα και Συστήματα	Σχολή Μηχ. Μηχ. Προπτυχιακός κύκλος μαθημάτων	Καθ. Ευ. Παπαδόπουλος
2	Συστήματα Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας	Σχολή Μηχ. Μηχ. Προπτυχιακός κύκλος μαθημάτων	Καθ. Ευ. Παπαδόπουλος
3	Μηχατρονικά Συστήματα: Αισθητήρες – επενεργητές	Διατμηματικό Μεταπτυχιακό: "Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου"	Καθ. Ευ. Παπαδόπουλος

1-4 Επίβλεψη Εκπόνησης Πτυχιακών Εργασιών και Διδακτορικής Διατριβής

Επίβλεψη Πτυχιακών Εργασιών

Το ακαδημαϊκό έτος 2022-2023 επιβλέπω τέσσερις πτυχιακές εργασίες στο αντικείμενο των ρομποτικών συστημάτων για βιοϊατρικές εφαρμογές, που εκπονούνται από φοιτήτριες του Τμήματος Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική.

Τίτλος Πτυχιακής	Φοιτητής/φοιτήτρια	Εκτιμώμενη ημερομηνία ολοκλήρωσης πτυχιακής
1 Μοντελοποίηση και Έλεγχος Εύκαμπτου Ρομποτικού Καθετήρα Οδηγούμενου από Σύστημα Τενόντων για την Ελάχιστη Επεμβατική Πρόσβαση στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα	Άννα Λένου	29/02/2024

2	Μοντελοποίηση και Έλεγχος Εύκαμπτης Πτυσσόμενης Ρομποτικής Διάταξης για την Έγκαιρη Διάγνωση στο Καρκίνου του Μαστού	Χριστίνα Κουμπογιάννη	29/02/2024
3	Πλατφόρμα Αριθμητικής Προσομοίωσης Μαγνητικού Χειρισμού Μικρο-σωματιδίων Σε Μικροροϊκή (microfluidic) Διάταξη για Βιοϊατρικές Εφαρμογές	Σοφία Ασλανίδου	29/02/2024
4	Μοντελοποίηση και Σχεδιασμός Τροχιάς Ρομποτικού Βραχίονα για Εκτέλεση Εργασιών σε Υγειονομικούς Χώρους	Δήμητρα Σοφιανού	30/06/2024

Επίβλεψη Διδακτορικής Διατριβής

Από τον Ιούνιο του 2023 επιβλέπω την εκπόνηση Διδακτορικής Διατριβής με ερευνητικό αντικείμενο τον έλεγχο ρομποτικού συστήματος υποβοήθησης κίνησης κάτω άκρων, αποτελούμενο από εύκαμπτο εξωσκελετικό ρομπότ σε συνεργασία με σύστημα λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης των μυών (FES).

Τίτλος Διατριβής	Υποψήφιος Διδάκτορας	Συμβουλευτική Επιτροπή
1 Hybrid system functional electrical stimulation (FES) & Robot exoskeleton for people with mobility issues of lower extremities (drop foot)	Δημήτρης Καβαλιέρος	Βαρθολομαίος Παναγιώτης (επιβλέπων) Κακαρούντας Αθανάσιος Σανδαλίδης Χαρίλαος

1-5 Τιμητικές Διακρίσεις και Υποτροφίες

- Υποψήφιος για βράβευση καλύτερης δημοσίευσης (**Nominated Finalist for Best Medical Paper Award**) στο συνέδριο IEEE International Conference on Automation and Robotics 2013 (ICRA 13)
- Βράβευση **ISMRR MERIT AWARD SUMMA CUM LAUDE** από την International Society for Magnetic Resonance in Medicine, στο συνέδριο ISMRM, 2012.
- Υποψήφιος για βράβευση καλύτερης δημοσίευσης (**Nominated Finalist for Best Paper Award**) στο συνέδριο IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems 2011 (IROS 11)
- Υποψήφιος για βράβευση καλύτερης δημοσίευσης (**Nominated Finalist for Best Student Paper Award**) στο συνέδριο IEEE Advanced Intelligent Mechatronics Conference, 2007, (AIM07), Zurich, Switzerland.
- Θωμάϊδειο Βραβείο δημοσιευμένης εργασίας, 2008, Ε.Μ.Π.
- Θωμάϊδειο Βραβείο δημοσιευμένης εργασίας, 2007, Ε.Μ.Π.
- Θωμάϊδειο Βραβείο δημοσιευμένης εργασίας, 2006, Ε.Μ.Π.

1-6 Ξένες γλώσσες

Αγγλικά: Άπταιστα (Cambridge Proficiency: grade A)

Γαλλικά: Επαρκή

1-7 Επαγγελματικές Οργανώσεις και Επιμελητήρια

- Μέλος του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ)
- Μέλος του Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

2

Ερευνητικό Έργο

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα ερευνητικά ενδιαφέροντα και οι δημοσιεύσεις, και περιγράφεται αναλυτικά το ερευνητικό έργο.

2-1 Επιστημονικές & Ερευνητικές Περιοχές

Τα ερευνητικά ενδιαφέροντα του Παναγιώτη Βαρθολομαίου επικεντρώνονται στις παρακάτω θεματικές περιοχές:

- Μοντελοποίηση, προσομοίωση και ανάλυση δυναμικών συστημάτων με έμφαση στη μελέτη
 - προχωρημένης δυναμικής πολλαπλών στερεών σωμάτων (rigid multi-body dynamics),
 - δυναμικής εύκαμπτων ρομποτικών συστημάτων,
 - δυναμικής μηχανικών συστημάτων πολλαπλών ενεργειακών περιοχών (ηλεκτρομαγνητικά, μηχανικά, υδραυλικά, πνευματικά στοιχεία)
- Σχεδιασμός ελέγχου δυναμικών συστημάτων με έμφαση στον έλεγχο της κίνησης και της φυσική αλληλεπίδρασης ρομποτικών συστημάτων
- Σχεδιασμός, κατασκευή και προγραμματισμός καινοτόμων ρομποτικών/μηχανικών συστημάτων

Τα ερευνητικά ενδιαφέροντα στοχεύουν στα εξής πεδία εφαρμογών της ρομποτικής:

Ρομποτική στην βιοϊατρική: χειρουργικά ρομποτικά συστήματα ελάχιστης επεμβατικότητας, ρομποτικά συστήματα σε περιβάλλον μαγνητικού τομογράφου, ρομποτικά συστήματα υποβοήθησης ηλικιωμένων και ατόμων με κινητικά προβλήματα, στοχευμένη εναπόθεση φαρμάκων

Μικρορομποτική: Μικρορομποτικά συστήματα για τον χειρισμό και τη συναρμολόγηση μικρο-αντικειμένων σε περιβάλλον μικροσκοπίου

Κατασκευαστική ρομποτική: ρομποτικά συστήματα για την επίτευξη αυτόνομης υπόγειας εκσκαφής με σκοπό την υπογειοποίηση καλωδιώσεων για τηλεπικοινωνίες και διανομή ενέργεια, χωρίς να απαιτείται ανοικτή εκσκαφή

2-2 Επιστημονικές Εργασίες

Θα μπορούσε να σημειωθεί εδώ ότι οι εργασίες Περιοδικών και Συνεδρίων με κρίση έχουν υποβληθεί σε Διεθνή Συνέδρια και Περιοδικά με πολύ υψηλά ποσοτικά κριτήρια. Για παράδειγμα, τα περιοδικά της IEEE και της ASME έχουν ποσοστό επιτυχίας 25-30%, ενώ τα συνέδρια της IEEE ποσοστό επιτυχίας 40-50%.

Μονογραφίες	2
Κεφάλαια Βιβλίου	2
Επιστημονικές Εργασίες σε Διεθνή Περιοδικά με Κρίση	13
Επιστημονικές Εργασίες σε Διεθνή Συνέδρια με Κρίση	25
Επιστημονικές Εργασίες σε Διεθνή Συνέδρια με Κρίση Περίληψης.....	1
Επιστημονικές Εργασίες σε Πανελλήνια Συνέδρια με Κρίση	1
Τεχνικές Εκθέσεις.....	1
Παρουσιάσεις-Συνεντεύξεις-Άρθρα σε Ημερήσιο & Τεχνικό Τύπο	3

Στη συνέχεια αναφέρονται αναλυτικά οι δημοσιεύσεις ανά κατηγορία:

Κεφάλαια βιβλίου:

- [B1] Santiago Martinez, Marcos Marín, Elisabeth Menendez, **Panagiotis Vartholomeos**, Dimitrios Giakoumis, Alessandro Simi, and Carlos Balaguer, "BADGER: Intelligent robotic system for underground construction", in the book *INFRASTRUCTURE ROBOTICS: METHODOLOGIES, ROBOTIC SYSTEMS AND APPLICATIONS*, *IEEE Press Series on Systems Science and Engineering*, *WILEY*. In press, to be published on 01 April 2024.
- [B2] **Vartholomeos P.**, Fruchard M., Ferreira A., and Mavroidis C., "MRI-Guided Nanorobotic Systems for Drug Delivery", *Nanomedicine and Nanorobotics*, Taylor & Francis, Vol. 7, 2009.

Επιστημονικές Εργασίες σε Διεθνή Περιοδικά με Κρίση:

- [J1] Plagianakos TS, Margelis N, Leventakis N, Bolanakis G, **Vartholomeos P**, Papadopoulos EG. Finite element-based assessment of energy harvesting in composite beams with piezoelectric transducers. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*. 2022; 236(3):473-488. doi:[10.1177/14644207211046585](https://doi.org/10.1177/14644207211046585)
- [J2] Chen, Dejiu, Peng Su, Suranjan Ottikkutti, **Panagiotis Vartholomeos**, Kaveh Nazem Tahmasebi, and Michalis Karamousadakis. 2022. "Analyzing Dynamic Operational Conditions of Limb Prosthetic Sockets with a Mechatronics-Twin Framework" *Applied Sciences* 12,no.3: 986. <https://doi.org/10.3390/app12030986>
- [J3] Karamousadakis, Michalis; Porichis, Antonis; Ottikkutti, Suranjan; Chen, DeJiu; **Vartholomeos, Panagiotis**. 2021. "A Sensor-Based Decision Support System for Transfemoral Socket Rectification" *Sensors* 21, no. 11: 3743. <https://doi.org/10.3390/s21113743>
- [J4] **P. Vartholomeos et al.**, "Modeling, Gait Sequence Design, and Control Architecture of BADGER Underground Robot," in *IEEE Robotics and Automation Letters (RAL)*, vol. 6, no. 2, pp. 1160-1167, April 2021, doi: 10.1109/LRA.2021.3056068.
- [J5] A. Zlatintsi, A.C. Dometios, N. Kardaris, I. Rodomagoulakis, P. Koutras, X. Papageorgiou, P. Maragos, C.S. Tzafestas, **P. Vartholomeos**, K. Hauer, C. Werner, R. Annicchiarico, M.G. Lombardi, F. Adriano, T. Asfour, A.M. Sabatini, C. Laschi, M. Cianchetti, A. Güler, I. Kokkinos, B. Klein, R. López, "I-Support: A robotic platform of an assistive bathing robot for the elderly population," *Robotics and Autonomous Systems*, Volume 126, 2020,103451, ISSN 0921-8890, <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103451>.
- [J6] **P. Vartholomeos**, N. Ramdani, C. Christophorou, D. Georgiadis, T Guilcher, M. Blouin, M. Rebiai, A. S. Panayides, C. Pattichis, M. Sarafidis, "ENDORSE Concept: An Integrated Indoor Mobile Robotic System for Medical Diagnostic Support", *International Journal of Reliable and Quality E-Healthcare*, V(8:3), July- September 2019.
- [J7] F. Taylor, A. Hamed, **P. Vartholomeos**, K. Masamune, G. Tang, H. Ren, and Z. T. H. Tse, "Intra-operative MRI-conditional mechatronics for therapy and diagnosis", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 2014.
- [J8] **P. Vartholomeos**, C. Bergeles, L. Qin, P. E. and Dupont, "An MRI-powered and Controlled Actuator Technology for Tetherless Robotic Interventions", *Int. J. Robotics Research*, vol. 32, no. 13, pp. 1536-1552, 2013.
- [J9] **P. Vartholomeos**, K. Vlachos and E. Papadopoulos, "Analysis and Motion Control of a Centrifugal-Force Microrobotic Platform," in *IEEE Transactions on Automation*

Science and Engineering, vol. 10, no. 3, pp. 545-553, July 2013, doi: 10.1109/TASE.2013.2248083.

- [J10] **P. Vartholomeos**, Mavroidis C. "In Silico Studies of Magnetic Microparticle Aggregations in Fluid Environments for MRI-Guided Drug Delivery", *IEEE Trans Biomed Eng.* 2012 Nov; 59(11):3028-38. View in: PubMed
- [J11] **P. Vartholomeos**, Matthieu Fruchard, Antoine Ferreira and Constantinos Mavroidis, "MRI-guided robotic nanocapsules: a review study", *Annual Reviews of Biomedical Engineering*, Vol. 13: 157-184, August 2011.
- [J12] **P. Vartholomeos** and E. Papadopoulos, "Analysis and Experiments on the Force Capabilities of Centripetal-force Actuated Microrobotic Platforms," *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 24, No. 3, June 2008, pp. 588-599.
- [J13] **P. Vartholomeos** and E. Papadopoulos, "Dynamics, Design and Simulation of a Novel Microrobotic Platform Employing Vibration Micro-actuators," *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*, Vol. 128, No. 1, March 2006, pp.122-133.

Επιστημονικές Εργασίες σε Διεθνή Συνέδρια με Κρίση:

- [C1] Plagianakos T, Margelis N, Leventakis N, Bolanakis G, **Vartholomeos P**, and Papadopoulos E, 2020. Piezoelectric energy harvesting from a composite cantilever beam under sinusoidal excitation: Modeling and experimental verification. *IEEE Sensors 2020 Conference, Rotterdam, NL*.
- [C2] N. Chairopoulos, **P. Vartholomeos**, E. Papadopoulos, "Modeling, Simulation and Experimental Validation of a Tendon-driven Soft-arm Robot Configuration - A Continuum Mechanics Method", *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2019), Macau, China, NOVEMBER 4 - 8, 2019*.
- [C3] **P. Vartholomeos**, C. Papadopoulos, P. Marantos, G. Karras, I. Kostavelis, D. Giakoumis, B. Lanterchi, and D. Tzovaras, "A Web-based HRI Interface for Teleoperation of Overground and Underground Robots", [5th IEEE Smart World Congress](#), Leicester, UK, Aug 2019
- [C4] A.C. Dometios, X. S. Papageorgiou, C. S. Tzafestas, and **P. Vartholomeos**, "Towards ICT-Supported Bath Robots: Control Architecture Description and Localized Perception of User for Robot Motion Planning", *Proc. of the 24th Mediterranean Conference on Control and Automation, MED 2016*, June 2016, Athens, Greece.
- [C5] **P. Vartholomeos**, N. Katevas, A. Papadakis and L. Sarakis, "Design of Motion-tracking Device for Intuitive and Safe Human-robot Physical Interaction", *IEEE International Conference on Telecommunications & Multimedia (TEMU 2016)*, Heraklion, Crete, Greece, 25-27 July, 2016
- [C6] I. Kouris; C. Tsirbas; T. Tagaris; E. Vellidou; **P. Vartholomeos**; S. Rizou; D. Koutsouris, "KINOPTIM: The medical business intelligence module for fall prevention of the elderly," *2015 IEEE 15th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)*, Belgrade, Serbia, 2015, pp. 1-4, doi: 10.1109/BIBE.2015.7367637.
- [C7] **P. Vartholomeos**, S. Rizou, T. Tagaris, C. Barelle, J. Montesa, H. Tsirbas, S., Pantelopoulou, E. Vellidou, "KINOPTIM System Architecture: Modules and service for fall prevention through tele-rehabilitation" *IEEE- CAMAD, 2014; Athens, Greece*.
- [C8] C. Bergeles, **P. Vartholomeos**, L. Qin, and P. E. Dupont, "Closed-loop commutation control of a MRI-powered robot actuator," in *IEEE International Conference in Robotics and Automation (ICRA 13)*, 2013. **NOMINATED FOR**

BEST MEDICAL PAPER AWARD

- [C9] **P. Vartholomeos**, C. Bergeles, L. Qin, and P. E. Dupont, "Closed-loop position control of an MRI-powered biopsy robot," in *Hamlyn Symposium in Medical Robotics, 2012*, pp. July 1-3, 2012.
- [C10] **P. Vartholomeos**, R. Akhavan-Sharif, P. E. Dupont, "Motion planning for multiple millimeter-scale magnetic capsules in a fluid environment", *IEEE Int. Conf. Robotics and Automation (ICRA 12)*, pp. 1927-1932, 2012.
- [C11] Lei Qin, **Panagiotis Vartholomeos**, and P. E. Dupont, "A Closed-loop MRI-powered Actuator for Robotic Interventions", *Annual Conference of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM12), 2012, Melbourne, Australia*. **ISMRM MERIT AWARD SUMMA CUM LAUDE**
- [C12] **P. Vartholomeos**, Lei Qin, P. E. Dupont, "MRI-powered actuators for Robotic Interventions," *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2011)*, September 2011, San Francisco, CA, USA. **NOMINATED FOR BEST PAPER AWARD**
- [C13] C. Bergeles, L. Qin, **P. Vartholomeos**, P. E. Dupont, "Tracking and position control of an MRI-powered needle-insertion robot", *IEEE Engineering in Medicine and Biology Conf.*, pp. 928-931, 2012.
- [C14] **P. Vartholomeos**, C. Mavroidis, "Simulation Platform for Self-assembly Structures in MRI-based Nanorobotic Drug Delivery System", *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 10)*, 3-8 May 2010, Anchorage, Alaska, USA.
- [C15] **P. Vartholomeos**, C. Mavroidis, Nobuhiko Hata, "Magnetic Targeting of Aggregated Nanoparticles for Advanced Lung Therapies: A Robotics Approach", *IEEE BioROB 2010 conference*, September 2010, Tokyo, Japan.
- [C16] **P. Vartholomeos**, C. Mavroidis, Nobuhiko Hata, "MRI-Guided Drug Delivery for Lung Diseases", 8th International MRI Symposium, September 2010, Leipzig, Germany.
- [C17] **P. Vartholomeos**, K. Mouggiakos, E. Papadopoulos, "Driving Principles and Hardware Integration of Microrobots Employing Vibration Micromotors," *Proc. IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Systems (AIM'07)*, Sep. 4-7, 2007, ETH Zurich, Switzerland. **NOMINATED FOR BEST STUDENT PAPER AWARD**
- [C18] K. Vlachos, **P. Vartholomeos**, and E. Papadopoulos, "A Haptic Tele-Manipulation Environment for a Vibration-Driven Micromechatronic Device," *Proc. IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Systems (AIM'07)*, Sep. 4-7, 2007, ETH Zurich, Switzerland.
- [C19] **P. Vartholomeos**, K. Vlachos, and E. Papadopoulos, "On the Force Capabilities of Centripetal Force-actuated Microrobotic Platforms," *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'07)*, April 10-14, 2007, Roma, Italy.
- [C20] **P. Vartholomeos**, S. Loizou, E. Papadopoulos and K. Kyriakopoulos, "Control of the Multi Agent Micro-Robotic Platform MiCRoN," *IEEE Conference on Control Applications (CCA 06)*, Munich, Germany, October 4-6, 2006.
- [C21] **P. Vartholomeos** and E. Papadopoulos, "Analysis, Design and Control of a Planar Micro-robot Driven by Two Centripetal-Force Actuators," *IEEE International Conference of Robotics & Automation (ICRA 06)*, Florida, USA, May 15-19, 2006.
- [C22] **P. Vartholomeos** and E. Papadopoulos, "Dynamic Analysis and Speed Control of a Novel Micro-platform Driven by Vibrating Motors," *Proc. IASTED International*

Conference on Robotics and Applications (RA'05), Oct. 31-Nov. 2, 2005, Cambridge, USA.

- [C23] **P. Vartholomeos** and E. Papadopoulos, "Analysis and Design of a Novel Mini-platform Employing Vibration Micro-motors," *IEEE International Conference of Robotics & Automation (ICRA 05)*, Barcelona, Spain, April 18-22, 2005.
- [C24] **Π. Βαρθολομαίος** και Ε. Παπαδόπουλος, "Μοντελοποίηση και Έλεγχος Μικρορομποτικής Πλατφόρμας με Φυγοκεντρικούς Επενεργητές", Πανελλήνιο Συνέδριο Ρομποτικής, 23-24 Φεβρουαρίου, 2009, Αθήνα, Ελλάδα.
- [C25] K. Vlachos, **P. Vartholomeos**, and E. Papadopoulos, "Evaluation of a Haptic Macro-Micro Tele-Manipulation System," *Proc. 4th INTUITION International Conference and Workshop*, October 4-5, 2007, Athens, Greece

Επιστημονικές Εργασίες σε Workshops σε Διεθνή Συνέδρια με Κρίση:

- [WS1] Christos Bergeles, Dimitrios Tzeranis, **Panagiotis Vartholomeos**, Felix Gremse and Ioannis Charalampopoulos, "A Minimally Invasive Soft-Robot-Assisted Deep-Brain Therapeutics Delivery System for Neurological Disorders: Concept & Architecture," Poster Session at ICRA 2023 workshop on "Soft Growing Robots: From Search-and-Rescue to Intraluminal Interventions", London, UK, Monday 29th May 2023.
- [WS2] X.S. Papageorgiou, C. S. Tzafestas, **P. Vartholomeos**, C. Laschi, and R. Lopez, "ICT-Supported Bath Robots: Design Concepts", Workshop of the 2015 7th International Conference on Social Robotics, "Improving the quality of life in the elderly using robotic assistive technology: benefits, limitations, and challenges", Oct. 2015, Paris, France.
- [WS3] **Panagiotis Vartholomeos** "I-SUPPORT: ICT Supported Bath Robot", Workshop on Cognitive Mobility Assistance Robots, *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, (IROS 2015)*, October, 2015, Hamburg, Germany.

Τεχνικές Εκθέσεις:

- [T1] E. Papadopoulos, **P. Vartholomeos**, et. al, "Executive summary: Identification and Assessment of Existing Terrestrial Micro-systems and Micro-technologies for Space Robotics", for European Space Agency (ESA) project (22110/08/NL/RA), Public document.

Παρουσιάσεις-Συνεντεύξεις-Άρθρα σε Ημερήσιο & Τεχνικό Τύπο:

- [1] Νταβλιάκος, Π. Χατζάκος, **Π. Βαρθολομαίος**, Ε. Παπαδόπουλος, "Τεχνολογίες επενεργητών για αυτοματισμούς", *Plant Management*, Τεύχος 195, Ιούλιος-Σεπτέμβριος 2006, σ. 64-69.
- [2] Γ. Ρεκλείτης, **Π. Βαρθολομαίος**, Ι. Νταβλιάκος, Π. Χατζάκος, Ε. Παπαδόπουλος, "Ρομποτικά συστήματα στην παραγωγή", *Plant Management*, Τεύχος 195, Ιούλιος-Σεπτέμβριος 2006, σ. 70-75.
- [3] **Π. Βαρθολομαίος**, Ε. Παπαδόπουλος, "Κινούμενη μικρορομποτική πλατφόρμα" *Ελληνικές Ημέρες Έρευνας και Τεχνολογίας-Ευρωπαϊκής Συνεργασίας*, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Ιούνιος 22-23, 2006, Αθήνα.

2-3 Διεθνής Αναγνώριση Επιστημονικού Έργου

Αναδρομές στο ISI Science Citation Index, στο SCOPUS και στο Google Scholar καθώς και στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί κατά την ανάγνωση δημοσιεύσεων καταδεικνύουν περισσότερες από **650 ετεροαναφορές στο επιστημονικό έργο (861 έτερο και αυτό-**

αναφορές). Το Google Scholar υπολογίζει το δείκτη αξιολόγησης επιστημονικού έργου **h-index** ίσο με **14**.

2-4 Συμμετοχή σε Ερευνητικά Προγράμματα^{1,2}

1	31/01/2026 – 01/02/2023	SoftReach (Minimally-Invasive Soft-Robot-Assisted Deep-Brain Localized Therapeutics Delivery for Neurological Disorders) Φορέας χρηματοδότησης: Ευρωπαϊκή Ένωση, European Innovation Council (EIC) Pathfinder, Κωδικός Έργου: 101099145. Διάρκεια τρία έτη, προϋπολογισμός Πανεπιστημίου Θεσσαλίας: 482000 ευρώ. Θέση: Επιστημονικός Υπεύθυνος , Παν. Θεσσαλίας
2	31/08/2024 – 13/09/2022	ΩΘΗΣΗ (Εύκαμπτα Εξωσκελετικά Ρομποτικά Συστήματα Αποκατάστασης και Υποβοήθησης Ατόμων με Κινητικά Προβλήματα) Φορέας Χρηματοδότησης: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (κατόπιν διαγωνισμού). Προϋπολογισμός 18000 ευρώ. Θέση: Επιστημονικός Υπεύθυνος , Παν. Θεσσαλίας
3	30/09/2022 – 15/09/2021	ENDORSE (Safe, Efficient and Integrated Indoor Robotic Fleet for Logistic Applications in Healthcare and Commercial Spaces). Φορέας χρηματοδότησης: Ευρωπαϊκή Ένωση, Horizon2020 - Marie Skłodowska-Curie Actions. Προϋπολογισμός Πανεπιστημίου Θεσσαλίας 70000 ευρώ. Θέση: Επιστημονικός Υπεύθυνος , Παν. Θεσσαλίας
4	05/03/23 – 05/09/18	ENAYSY (Ενεργειακά Αυτόνομο Σύστημα Καταγραφής & Ασύρματης Μετάδοσης Δεδομένων με Πιεζοηλεκτρικούς Αισθητήρες) Φορέας χρηματοδότησης: Πρόγραμμα ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ (Κωδικός έργου: T1ΕΔΚ-01533) Θέση: Έμπειρος Ερευνητής , Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
5	15/06/2021 – 01/03/2019	SocketSense (Advanced sensor-based design and development of wearable prosthetic socket for amputees), Φορέας χρηματοδότησης Ευρωπαϊκή Ένωση H2020-ICT-2018-2. Θέση: Τεχνικός Υπεύθυνος Κοινοπραξίας (Επιστημονικός Υπεύθυνος TWI-Hellas)
6	30/06/2020 – 01/01/2017	BADGER (Robot for Autonomous Underground trenchless operations, mapping and navigation) ICT-25, Horizon2020, Grant Agreement No: 731968. Ερευνητικό έργο ρομποτικής τεχνολογίας στον τομέα των κατασκευών. Θέση: Επιστημονικός Υπεύθυνος , SingularLogic S.A.

¹ Η συμμετοχή τεκμηριώνεται με αντίστοιχες συμβάσεις έργου και επιστημονικές δημοσιεύσεις στις οποίες αναφέρεται η αναγνώριση της πηγής χρηματοδότησης. Η θέση στο έργο μπορεί να επιβεβαιωθεί από τον εκάστοτε εργοδότη ή Ειδικό Λογαριασμό Έρευνας.

² Η διάρκεια των έργων δεν ταυτίζεται με τη διάρκεια συμμετοχής του ερευνητή σε αυτά. Η διάρκεια συμμετοχής δύναται να προσδιοριστεί με ακρίβεια από τις συμβάσεις έργων.

7	28/02/2018 – 01/03/2015	I-SUPPORT , PHC-19, Horizon2020, Grant Agreement No: 643666. Ερευνητικό έργο ρομποτικής τεχνολογίας για υποβοήθηση ατόμων με κινητικά προβλήματα. Θέση: Επιστημονικός Υπεύθυνος , OMEGA Technologies S.A.
8	2014 – 2015	KINOPTIM Marie Curie FP7-PEOPLE-2012-IAPP Grant Agreement No: 324491. Ερευνητικό έργο για τη χρήση ψηφιακής τεχνολογίας για την υποβοήθηση ηλικιωμένων ατόμων να εκτελέσουν φυσική άσκηση. Θέση: Marie Curie Research Fellow , SingularLogic S.A.
9	2013 – 2011	Bio-Inspired robotics for medical applications Φορέας Χρηματοδότησης: Wyss Institute for bio-inspired engineering at Harvard, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Θέση: Έμπειρος Ερευνητής , Πανεπιστήμιο Harvard. Επιβλέπων: Prof. Pierre Dupont.
10	2013 – 2011	MRI Powered Robots for Image Guided Interventional Applications Φορέας χρηματοδότησης: National Institute of Health (NIH), R01-HL073647, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Θέση: Έμπειρος Ερευνητής , Πανεπιστήμιο Harvard. Επιβλέπων: Prof. Pierre Dupont.
11	2010 – 2008	NANOMA (Nano-Actuators and Nano-Sensors for Medical Applications) Φορέας χρηματοδότησης: Ευρωπαϊκή Ένωση, FP7 ICT -2007-2, project, Grant Agreement: 224594, " Θέση: Έμπειρος Ερευνητής (Senior Researcher), ZENON S.A.
12	2009 – 2008	Identification and Assessment of Existing Terrestrial Micro-systems and Micro-technologies for Space-Robotics Φορέας Χρηματοδότησης: European Space Agency (ESA) project, contract number: 22110/08/NL/RA, Θέση: Έμπειρος Ερευνητής (Senior researcher). Επιβλέπων: Καθηγητής Ε. Παπαδόπουλος.
13	2007 – 2003	Μοντελοποίηση και Έλεγχος Μικρορομποτικών Συστημάτων Φορέας χρηματοδότησης: ΕΠΕΑΕΚ II, ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ Θέση: Ερευνητής . Επιβλέπων: Καθηγητής Ε. Παπαδόπουλος
14	2005 – 2003	MiCRoN (Miniaturized Co-operated Robots advancing towards the Nano-range) Φορέας χρηματοδότησης: Ευρωπαϊκή Ένωση, IST-2001-33567, FET project Θέση: Ερευνητής . Επιβλέπων: Καθηγητής Κ. Κυριακόπουλος.

2-5 Ερευνητική Δραστηριότητα

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει την ερευνητική δραστηριότητα του Παναγιώτη Βαρθολομαίου ομαδοποιημένη ως προς τις ερευνητικές εφαρμογές. Η ανάλυση της κάθε ερευνητικής εργασίας συνοδεύεται από παραπομπές σε αντίστοιχες δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά [J] και διεθνή συνέδρια [C] με κρίση, σε κεφάλαια βιβλίων [B] και Workshops συνεδρίων [WS] τα οποία απαριθμούνται στην ενότητα 2-2.

2-5-1 Ρομποτικά συστήματα για εκτέλεση μικροχειρισμών σε περιβάλλον μικροσκοπίου [2003 - 2007]

Στα πλαίσια της εργασίας ο Παναγιώτης Βαρθολομαίος πραγματοποίησε το σχεδιασμό, την ανάλυση και τον έλεγχο κινούμενης, αυτόνομης μίνι-ρομποτικής πλατφόρμας, χαμηλού κόστους, η οποία εκμεταλλεύεται καινοτόμο μηχανισμό κίνησης. Η εν λόγω ρομποτική πλατφόρμα έχει δυνατότητα για ανάλυση κίνησης καλύτερη του ενός μικρού και επιτελεί εργασίες μικρορομποτικής σε περιβάλλον μικροσκοπίου, συνθέτοντας έτσι ένα μικρορομποτικό σύστημα που στοχεύει σε: (α) βιομηχανικές εφαρμογές όπως συναρμολόγηση τριδιάστατων μικροκατασκευών από ετερογενή υλικά και εξαρτήματα, (β) βιοϊατρικές εφαρμογές όπως χειρισμό και έγχυση κυττάρων, επεξεργασία ιστών, κ.α. (γ) μέτρηση φυσικών μεγεθών όπως θερμοκρασία, δυσκαμψία, αγωγιμότητα ιστών, κυττάρων και υλικών. Τα κύρια μέρη της εργασίας είναι:

Ανάλυση καινοτόμου μηχανισμού κίνησης όπου μελετήθηκε και σχεδιάστηκε διεθνώς καινοτόμος μηχανισμός κίνησης ο οποίος εκμεταλλεύεται φυγόκεντρες δυνάμεις επενέργειας που δημιουργούν εκκεντροφόροι κινητήρες. Οι φυγόκεντρες δυνάμεις ωθούν σε κίνηση το σώμα μέσα στο οποίο είναι εγκατεστημένος ο επενεργητής. Η ιδέα του φυγόκεντρικού μηχανισμού επενέργειας γεννήθηκε μέσα από την παρατήρηση σωμάτων τα οποία παρουσίαζαν μετατόπιση (ως επί το πλείστον τυχαία) λόγω κάποιας εσωτερικής δόνησης, λ.χ. πλυντήριο και κινητό τηλέφωνο.

Σχεδιασμός μίνι-ρομποτικής πλατφόρμας με φυγόκεντρικούς επενεργητές όπου μελετήθηκε μηχανοτρονικός σχεδιασμός πλατφόρμας 2 βαθμών ελευθερίας (β.ε.) και τριών β.ε. με δύο και τρεις επενεργητές αντίστοιχα. Κρίσιμες γεωμετρικές και σχεδιαστικές παράμετροι προσδιορίστηκαν με στόχο τη μεγιστοποίηση απόδοσης, ανάλυσης κίνησης και ταχύτητας πλατφόρμας και την ελαχιστοποίηση διαστάσεων και καταναλισκόμενης ενέργειας. Στα πλαίσια του σχεδιασμού καταστρώθηκε δυναμικό μοντέλο τριών διαστάσεων της πλατφόρμας και αναπτύχθηκε πρόγραμμα αριθμητικής προσομοίωσης σε MATLAB. Μελετήθηκε η κίνηση της πλατφόρμας για σύγχρονη και ασύγχρονη επενέργεια και προσδιορίστηκε το ωφέλιμο εύρος λειτουργίας των επενεργητών για το οποίο η πλατφόρμα ολισθαίνει ελεγχόμενα.

Έλεγχος κίνησης μίνι-ρομποτικής πλατφόρμας όπου σχεδιάστηκε ελεγκτής ο οποίος περιλαμβάνει: (α) Εσωτερικό βρόχο τύπου model-based για αντιστάθμιση μη-γραμμικών φαινομένων και έλεγχο ταχύτητας επενεργητών. Ο έλεγχος αυτός εξασφαλίζει τη σύγχρονη λειτουργία των επενεργητών και αυξάνει την ταχύτητα απόκρισης τους. (β) Εξωτερικό βρόχο για έλεγχο θέσης της πλατφόρμας, ο οποίος σε συνδυασμό με τον εσωτερικό βρόχο εξασφαλίζει ότι η πλατφόρμα μπορεί να εκτελεί απλή γραμμική κίνηση με την επιθυμητή ανάλυση. Μελετήθηκε η δυνατότητα της πλατφόρμας να παράγει και να εφαρμόζει δυνάμεις σε υπό-χειρισμό αντικείμενα. Ανάλυση και προσομοίωση έδειξαν ότι με κατάλληλο σχεδιασμό, η πλατφόρμα μπορεί να εφαρμόζει σε σταθερό αντικείμενο ελεγχόμενες δυνάμεις απαλλαγμένες από κρουστικές συμπεριφορές.

Υλοποίηση μηχανοτρονικής κατασκευής. Ακολουθήθηκε μηχανοτρονική προσέγγιση υλοποίησης όπου πραγματοποιήθηκε σύνθεση μηχανικών και ηλεκτρονικών υποσυστημάτων καθώς και ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού για έλεγχο πραγματικού χρόνου. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην επίτευξη υπολογιστικής και ενεργειακής αυτονομίας της πλατφόρμας. Για το λόγο αυτό, η επεξεργαστική ισχύς, τα κυκλώματα οδήγησης και ελέγχου των επενεργητών, τα κυκλώματα ασύρματης επικοινωνίας (Zigbee), η τροφοδοσία και τα κυκλώματα ενίσχυσης και φιλτραρίσματος σημάτων των αισθητήρων, τοποθετήθηκαν πάνω στο ρομπότ. Η ισχύς παρέχεται από επαναφορτιζόμενες κυψέλες NiMH. Το κόστος υλοποίησης διατηρήθηκε χαμηλό. Η μηχανουργική διαδικασία κατασκευής του σώματος του ρομπότ και η συναρμολόγηση του σχεδιάστηκαν ώστε να είναι ιδιαίτερα απλές και να απαιτούν λίγο χρόνο

συναρμολόγησης. Τα πειράματα κίνησης επαλήθευσαν όλα τα θεωρητικά μοντέλα που καταστρώθηκαν κατά τη φάση της ανάλυσης και του σχεδιασμού. Διεξήχθησαν πειράματα δύναμης τα οποία επίσης επιβεβαίωσαν τα θεωρητικά αποτελέσματα. Πειράματα οδήγησης της πλατφόρμας έδειξαν ότι ο μηχανισμός κίνησης έχει περιορισμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο ενεργειακή αυτονομία της πλατφόρμας έως και τριάντα λεπτά της ώρας.

Αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής εργασίας δημοσιεύθηκαν στα [J8],[J12],[J13] και [C17],[C18],[C19],[C20],[C21],[C22],[C23],[C24],[C25].

2-5-2 Συστήματα ρομποτικής πλοήγησης φερρομαγνητικών μικρο σωματιδίων σε αρτηριακό κύκλωμα επενεργούμενα από μαγνητικό τομογράφο [2008 – 2011]

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος NANOMA (Nanoactuators and Nanosensors for Medical Applications, FP7-ICT) και στη συνέχεια στα πλαίσια έρευνας που διεξήχθη στο Surgical Planning Laboratory, στο Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School. Σκοπός είναι η ανάπτυξη ρομποτικού συστήματος μεταφοράς φαρμακευτικών φερρομαγνητικών μικρο/νάνο-σωματιδίων τα οποία συνδυάζουν διαγνωστικές και θεραπευτικές ιδιότητες με σκοπό την πρόληψη και θεραπεία του καρκίνου. Η επενέργεια και η ανάδραση θέσης πραγματοποιείται από κλινικό μαγνητικό τομογράφο. Στα πλαίσια της ερευνητικής εργασίας ο κρινόμενος πραγματοποιήσε τις ακόλουθες ερευνητικές δραστηριότητες.

Παραμετρική (διαστατική) ανάλυση με στόχο το βέλτιστο σχεδιασμό του συστήματος. Η ανάλυση αυτή στοχεύει στο σαφή προσδιορισμό των δυνατοτήτων του συστήματος ενδοαρτηριακής πλοήγησης νανοσωματιδίων από μαγνητικό τομογράφο και στον καθορισμό των σχεδιαστικών και λειτουργικών προδιαγραφών του συνολικού συστήματος.

Μοντελοποίηση και αριθμητική προσομοίωση συστήματος μαγνητικών σωματιδίων σε αρτηριακό κύκλωμα. Στα πλαίσια αυτής της ερευνητικής δραστηριότητας αναπτύχθηκε πλατφόρμα υπολογιστικής προσομοίωσης του συστήματος μαγνητικών σωματιδίων σε αρτηριακό κύκλωμα καθοδηγούμενα από μαγνητικές βαθμίδες πεδίου (magnetic field gradients) με σκοπό: (α) Την πρόβλεψη της κίνησης των νανοσωματιδίων σε δίκτυο αγωγών ρευστού με χαμηλό αριθμό Reynolds ($Re < 1$) και στρωτή ροή (laminar flow). (β) Την μελέτη αλληλεπίδρασης των μαγνητισμένων νανοσωματιδίων. (γ) Την αποτίμηση μεθόδων ελέγχου και πλοήγησης του συστήματος των νανοσωματιδίων. Σημειώνεται ότι ο μαγνητικός τομογράφος έχει τη δυνατότητα να παράγει μαγνητικές δυνάμεις σε τρεις γραμμικά ανεξάρτητες διευθύνσεις και κατά συνέπεια έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει μαγνητισμένα σωματίδια στο χώρο. Η ανάπτυξη του κώδικα αριθμητικής προσομοίωσης υλοποιήθηκε αρχικά σε γλώσσα προγραμματισμού Matlab χρησιμοποιώντας σχετικά μικρό αριθμό σωματιδίων (20) και στη συνέχεια η υπολογιστική πλατφόρμα αναπτύχθηκε σε C/C++ όπου επιτεύχθηκε επιτάχυνση της προσομοίωσης x10 δίνοντας τη δυνατότητα προσομοίωσης απόκρισης χιλιάδων σωματιδίων για προσομοιωμένο χρόνο έως 3.5s.

Για την μοντελοποίηση έγινε χρήση δικτύου διακριτών στοιχείων και συμπεριελήφθησαν δυνάμεις μαγνητικές, αντίδρασης ρευστού (δύναμη αντίδρασης Stokes), επαφής σωμάτων, ηλεκτροστατικές και van der Waals. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην πρόβλεψη και τον έλεγχο συμπεριφορών αυτό-συνάθροισης νανοσωματιδίων (nanoparticle self-assembly) υπό την επίδραση εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Από το μέγεθος και τη γεωμετρία τους εξαρτάται το πηλίκo δύναμης πρόωσης (επενέργησης) προς δύναμη αντίδρασης και κατ' επέκταση η απόδοση του ελεγκτή πλοήγησης.

Αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής δραστηριότητας δημοσιεύθηκαν στα [J10],[J11],[C10],[C14],[C15],[C16], B[2].

2-5-3 Σχεδιασμός, μοντελοποίηση, έλεγχος κλειστού βρόχου, και κατασκευή ρομποτικού επενεργητή οδηγούμενου από προγραμματιζόμενα στρεφόμενα μαγνητικά πεδία κλίσης μαγνητικού τομογράφου [2011 – 2013]

Στα πλαίσια της έρευνας αυτής, η οποία έλαβε χώρα στο Harvard Medical School, Children's Hospital Boston, ο Παναγιώτης Βαρθολομαίος πραγματοποίησε το σχεδιασμό, τη μοντελοποίηση, την ανάλυση, τον έλεγχο και την πειραματική υλοποίηση διεθνώς καινοτόμου επενεργητή για ρομποτικά υποβοηθούμενες επεμβατικές διαδικασίες σε περιβάλλον μαγνητικού τομογράφου. Η καινοτομία της εργασίας αυτής έγκειται στη χρήση του πεδίου B_0 , των μαγνητικών κλίσεων (gradients) και των απεικονιστικών δυνατοτήτων του μαγνητικού συντονισμού, σε συνδυασμό με μηχανισμό κίνησης σχεδιασμένο και κατασκευασμένο από τον Π. Βαρθολομαίο, για τη σύνθεση και υλοποίηση ηλεκτρομαγνητικού επενεργητή τριών βαθμών ελευθερίας, με έλεγχο θέσης κλειστού βρόχου, μέσα στο MRI με σκοπό την αυτοματοποίηση επεμβατικών διαδικασιών, όπως οι βιοψίες.

Ο ηλεκτρομαγνητικός επενεργητής αποτελείται από: (1) το σάτιη, ο οποίος περιλαμβάνει τα πηνία κλίσης πεδίου, μέσα στα τοιχώματα του MRI, (2) το δρομέα (τα στρεφόμενα μέρη) που φέρει την κατασκευή του τυμπάνου με ενσωματωμένα σφαιρίδια οξειδίου του σιδήρου, τα οποία μαγνητίζονται από το πεδίο B_0 και στα οποία εφαρμόζονται δυνάμεις από τις μαγνητικές κλίσεις (το πεδίο B_0 και οι κλίσεις προσφέρουν την απαιτούμενη ισχύ στο σύστημα επενέργειας), (3) από το απεικονιστικό σύστημα του MRI και (4) από το σύστημα ελέγχου. Οι μαγνητικές κλίσεις προγραμματίζονται ώστε να δημιουργούν ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο το οποίο ασκεί δυνάμεις στα ενσωματωμένα μαγνητικά σφαιρίδια, οι οποίες με τη σειρά τους δημιουργούν ροπές που κινούν το δρομέα μέσα στον μαγνητικό τομογράφο. Η περιστροφή του δρομέα μετατρέπεται σε επιθυμητή γραμμική κίνηση του μηχανισμού μέσω κατάλληλα σχεδιασμένου συστήματος μετάδοσης κίνησης. Το σύστημα μετάδοσης κίνησης επιτυγχάνει μικρές αυξητικές μετατοπίσεις ενός επεμβατικού εργαλείου το οποίο είναι συνδεδεμένο στο τελικό σημείο δράσης του μηχανισμού, όπως μία βελόνη βιοψίας ή ένας καθετήρας. Οι μαγνητικές κλίσεις (x, z, z) μπορούν να προγραμματίζονται έτσι ώστε να ασκούν τρεις γραμμικά ανεξάρτητες δυνάμεις σε τρεις δρομείς επιτυγχάνοντας τρεις βαθμούς ελευθερίας. Τοποθετώντας κάψουλες με σκιαγραφικό υγρό (contrast agents) σε κατάλληλα σημεία του μηχανισμού επιτεύχθηκε η απεικόνιση της θέσης της κάψουλας και κατ' επέκταση η εκτίμηση της μετατόπισης του μηχανισμού. Η εναλλασσόμενη ενεργοποίηση της επενέργειας και της απεικόνισης με τεχνικές πολυπλεξίας επιτρέπει την οδήγηση με έλεγχο θέσης σε πραγματικό χρόνο του επεμβατικού εργαλείου. Πραγματοποιήθηκε πειραματική δοκιμή βιοψίας σε τμήμα ιστού από μυοκάρδιο χοίρου, η οποία επιβεβαίωσε την ευστάθεια του συστήματος και τα θεωρητικά χαρακτηριστικά του επενεργητή όπως, ανάλυση κίνησης, ακρίβεια μέτρησης, ταχύτητα τελικού σημείου δράσης και απόδοση του συστήματος. Παράδειγμα ελέγχου ενός β.ε. του ηλεκτρομαγνητικού επενεργητή παρουσιάζεται στο βίντεο: <https://www.youtube.com/watch?v=iBlSjrvyPpQ> [J8].

Αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής εργασίας δημοσιεύθηκαν στα [J7],[J8],[C8],[C9],[C11],[C12],[C13].

2-5-4 Μοντελοποίηση και έλεγχος εύκαμπτου ρομποτικού βραχίονα με σκοπό την υποβοήθηση ηλικιωμένων σε διαδικασίες πλήσης σώματος [2015 – 2019]

Γενική περιγραφή του ρομποτικού συστήματος: Μέρος της έρευνας πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου I-Support, Horizon2020. Στα πλαίσια του έργου αναπτύχθηκε ρομποτικός μηχανισμός (όχι από τον Παναγιώτη Βαρθολομαίο, αλλά από συνεργάτη διαφορετικού φορέα) με στόχο να ενισχύσει τη δυνατότητα του ηλικιωμένου για την πλήση σώματος, να εξασφαλίσει την αυτοεξυπηρέτησή του και να μεγιστοποιήσει την διάρκεια της ανεξαρτησίας του από συγγενείς και φροντιστές. Το

σύστημα αποτελείται από εύκαμπτο ρομποτικό βραχίονα επενεργούμενο από πνευματικά συστήματα και τένοντες. Το τελικό σημείο δράσης φέρει σπόγγο για τρίψιμο της επιφάνειας του σώματος. Όταν ο σπόγγος δεν είναι προσδεμένος στο τελικό σημείο δράσης, τότε ο εύκαμπτος βραχίονας καμπτόμενος και κινούμενος γύρω από το σώμα του χρήστη παρέχει νερό για την πλύση του σώματος.

Η συνεισφορά του κρινόμενου αποτελείται από τρία μέρη: (1) μοντελοποίηση εύκαμπτου βραχίονα με σκοπό τον έλεγχο θέσης και έλεγχο δύναμης με χρήση μηχανικού μοντέλου συνεχούς μέσου, (2) ανάπτυξη διεπαφής χρήστη για τον τηλεχειρισμό του εύκαμπτου βραχίονα και (3) ανάπτυξη λογισμικού για την ομαλή εκτέλεση και επίβλεψη των καθηκόντων του ρομποτικού συστήματος.

Μοντελοποίηση εύκαμπτου βραχίονα επενεργούμενου από ανταγωνιστικούς τένοντες, με εφαρμογή μηχανικής συνεχούς μέσου και πειραματική επαλήθευση.

Η ερευνητική εργασία προτείνει καινοτόμα μέθοδο μοντελοποίησης εύκαμπτου βραχίονα που υπόκειται σε μεγάλες παραμορφώσεις και μεγάλες εκτροπές (μεγάλες γωνίες κάμψης). Το μοντέλο προσφέρει τα παρακάτω υπολογιστικά χαρακτηριστικά. Δεν περιλαμβάνει καμία παραδοχή για τη γεωμετρία της παραμόρφωσης του βραχίονα (π.χ. σταθερή ακτίνα καμπυλότητας) και γι' αυτό μπορεί να προσφέρει ορθές λύσεις για τη μορφή του βραχίονα ακόμα και στην περίπτωση που ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις όπως η δύναμη της βαρύτητας. Το μοντέλο είναι αντιστρέψιμο και γι αυτό μπορεί να υπολογίσει την απαιτούμενη τάνυση του τένοντα για κάθε θέση του βραχίονα που ανήκει στο χώρο εργασίας. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα κατάλληλη για χρήση του μοντέλου σε αλγορίθμους ελέγχου θέσης του βραχίονα σε πραγματικό χρόνο. Οι επιθυμητές ιδιότητες του μοντέλου επιτεύχθηκαν χρησιμοποιώντας θεωρία μεγάλων παραμορφώσεων Green-Lagrange, η οποία περιγράφει μεγάλες εκτροπές ενός συνεχούς μέσου όπως ο εύκαμπτος βραχίονας. Καταστρώθηκαν οι διαφορικές εξισώσεις, έγινε ο προσδιορισμός των αρχικών συνθηκών και πραγματοποιήθηκε η αριθμητική επίλυση του προβλήματος ολοκληρώνοντας κατά μήκος του βραχίονα, η οποία οδηγεί στην εύρεση του σχήματος του βραχίονα όταν σε αυτόν επενεργούν οι δύο τένοντες και επιδρούν εξωτερικές δυνάμεις (π.χ. όπως η βαρύτητα). Τα αποτελέσματα επαληθεύτηκαν πειραματικά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ακριβή πρόβλεψη για μεγάλες εκτροπές επιτυγχάνουν τα μοντέλα πεπερασμένων στοιχείων, τα οποία όμως δεν είναι αντιστρέψιμα και η πολυπλοκότητά τους δεν επιτρέπει τη χρήση τους σε έλεγχο πραγματικού χρόνου. Η καινοτομία της προτεινόμενης μεθόδου, σε σχέση με άλλα συναφή ερευνητικά αποτελέσματα, είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο θέσης και έλεγχο δύναμης σε πραγματικό χρόνο εύκαμπτου βραχίονα του οποίου το βάρος επηρεάζει την παραμόρφωσή του, προσφέροντας πολύτιμο εργαλείο για τον σχεδιασμό και τον έλεγχο εύκαμπτων ρομποτικών συστημάτων που αλληλοεπιδρούν με τον άνθρωπο.

Ανάπτυξη διεπαφών χρήστη για τον τηλεχειρισμό εύκαμπτου ρομποτικού βραχίονα υποβοήθησης πλύσης ηλικιωμένων. Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η σχεδίαση διεπαφής χρήστη, η οποία δίνει τη δυνατότητα στον ηλικιωμένο να χρησιμοποιεί και να ελέγχει τον εύκαμπτο βραχίονα για την πλύση του σώματος του, με τρόπους συμβατούς με τις νοητικές ικανότητές και τις δεξιότητές του. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη διεπαφών χρήστη και η μελέτη τους ως προς την αποδεκτότητα (acceptability) και χρηστικότητα (usability) τους, καθώς και την αποδεκτότητα και χρηστικότητα διαφορετικών βαθμών αυτοματοποίησης του χειρισμού του ρομπότ: αυτόνομος έλεγχος (autonomous control), διαμοιρασμένος έλεγχος (shared control) και τηλεχειρισμός (teleoperation). Οι μελέτες αποδεκτότητας και χρηστικότητας πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία με γηριατρικές κλινικές στη Γερμανία και την Ιταλία.

Για την περίπτωση του αυτόνομου ελέγχου αναπτύχθηκε γραφική διεπαφή χρήστη (GUI) με την οποία ο χρήστης αλληλοεπιδρά χρησιμοποιώντας την οθόνη αφής ενός αδιαβροχοποιημένου tablet. Ο χρήστης επιλέγει αλληλουχία διαδικασιών πλύσης και

ενεργοποιεί τη διαδικασία. Στη συνέχεια το ρομπότ εκτελεί την πλύση αυτόνομα μέχρι την ολοκλήρωσή της διαδικασίας ή την ακύρωσή της από το χρήστη μέσω της διεπαφής.

Για την περίπτωση του διαμοιρασμένου ελέγχου και τον απλό τηλεχειρισμό πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός και ανάπτυξη ασύρματου φορετού (wearable) συστήματος τηλεχειρισμού, το οποίο περιλαμβάνει αδρανειακή μονάδα μέτρησης (Inertial Measurement Unit) με ενσωματωμένα το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο και τη μαγνητική πυξίδα, ενσωματωμένο επεξεργαστή, σύστημα ασύρματης επικοινωνίας Bluetooth και κύκλωμα τροφοδοσίας ισχύος από μπαταρία. Το ηλεκτρονικό σύστημα περικλείεται σε αδιάβροχη θήκη η οποία φοριέται στο εξωτερικό μέρος της παλάμης και όταν ενεργοποιείται καταγράφει την κίνηση του χεριού. Κομβίο ηλεκτρονικού διακόπτη προσαρμοσμένο στο δάχτυλο του χρήστη δίνει τη δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του τηλεχειριστήριου από το χρήστη. Ορίστηκαν έξι απλές χειρονομίες-εντολές (gestures) τις οποίες όταν ο ηλικιωμένος εκτελεί (και άρα κινεί το φορετό τηλεχειριστήριο), παράγονται δεδομένα από τους αισθητήρες τα οποία χρησιμοποιούνται για τη αναγνώριση της χειρονομίας-εντολής (gesture recognition). Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ενσωματωμένος κώδικας για τη συγχώνευση των δεδομένων από το επιταχυνσιόμετρο και το γυροσκόπιο και την αποστολή τους σε κεντρικό υπολογιστή. Αναπτύχθηκε αλγόριθμος μη-γραμμικών ελαχίστων τετραγώνων (ο οποίος εκτελείται στον κεντρικό υπολογιστή (ROS, C/C++)) για την προσαρμογή της καταγεγραμμένης κίνησης σε καμπύλη η οποία στη συνέχεια ταξινομείται σε μία από τις έξι χειρονομίες ελέγχου. Η χειρονομία του χρήστη είναι μικρής έντασης (μικρή κίνηση του χεριού πάνω-κάτω, αριστερά-δεξιά, εμπρός-πίσω), κατά συνέπεια μία σημαντική τεχνική πρόκληση για την επίτευξη του αλγορίθμου αναγνώρισης της χειρονομίας ήταν η μεγάλη διακριτική ικανότητα. Επιπλέον, αναπτύχθηκε εναλλακτική διεπαφή χρήστη αποτελούμενη από αδιαβροχοποιημένο πληκτρολόγιο χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα: πάνω-κάτω, αριστερά-δεξιά.

Πραγματοποιήθηκε μελέτη σύγκρισης των διεπαφών και των βαθμών αυτοματοποίησης σε δοκιμές με εικοσιπέντε ηλικιωμένους οι οποίοι επιλέχθηκαν με κριτήριο την ήπια γνωστική εξασθένηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι χρήστες επιτυγχάνουν ταχύτερη πλύση με διαμοιρασμένο έλεγχο και ότι η διεπαφή με την μεγαλύτερη αποδεκτότητα και χρηστικότητα είναι το αδιαβροχοποιημένο πληκτρολόγιο.

Ανάπτυξη συστήματος σχεδιασμού αλληλουχίας καθηκόντων και επιτήρησης της εκτέλεσής τους. Σκοπός της εργασίας ήταν η ανάπτυξη λογισμικού που σχεδιάζει και ελέγχει την εκτέλεση των ρομποτικών καθηκόντων κατά τη διαδικασία της πλύσης και επιτυγχάνει διαχείριση σφαλμάτων που τυχόν προκύπτουν κατά τη διαδικασία, μέσω ελεγχόμενου τερματισμού της ρομποτικής δραστηριότητας.

Για το σκοπό αυτό, η διαδικασία της πλύσης του σώματος αποδομήθηκε σε ακολουθίες πρωταρχικών καθηκόντων πλύσης (π.χ. *wash-back*, *scrub-back*, *rinse-right-lower-leg*, *start*, *halt*, *stop*, *repeat*, κτλ.) οι οποίες αντιστοιχήθηκαν σε ρομποτικά καθήκοντα. Από αυτά τα πεπερασμένα ρομποτικά καθήκοντα δύναται να ανασυντεθεί οποιαδήποτε αλληλουχία πράξεων σύμφωνα με τις προτιμήσεις και τις ιδιαιτερότητες του χρήστη (για παράδειγμα αν ένας χρήστης έχει ευαισθησία ή τραύμα σε περιοχή του σώματος και δεν επιθυμεί ο σπόγγος να έρθει σ' επαφή με αυτήν). Η διαδικασία της πλύσης μοντελοποιήθηκε από κατευθυνόμενους γράφους οι οποίοι υλοποιήθηκαν υπολογιστικά (ROS, Python, C/C++) από μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων, όπου η μετάβαση από τη μία κατάσταση στην επόμενη εξαρτάται από τις εντολές του χρήστη (μέσω διεπαφών χρήστη), τις καταστάσεις του ρομπότ και την κατάσταση των σφαλμάτων.

Αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής εργασίας δημοσιεύθηκαν στα [J5], [C2].

2-5-5 Μοντελοποίηση, έλεγχος, σχεδιασμός, και πειραματική δοκιμή, υπόγειου εκσκαφικού ρομπότ για τη αυτοματοποιημένη διάνοιξη σήραγγας [2017 – 2020]

Γενική περιγραφή του ρομποτικού συστήματος: Η ερευνητική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου BADGER του Horizon2020. Στόχος του έργου BADGER είναι η ανάπτυξη καινοτόμου ρομποτικού συστήματος για την αυτόνομη διάνοιξη υπόγειας σήραγγας με σκοπό την υπογειοποίηση καλωδιώσεων τηλεπικοινωνιών και δεδομένων, και την αυτοματοποιημένη κατασκευή υπόγειων δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης, χωρίς να απαιτείται η διεξαγωγή ανοικτής εκσκαφής. Το μηχανικό μέρος του ρομπότ θα μπορούσε να παρομοιαστεί με έναν μετροπόντικα σε σμίκρυνση. Είναι σπονδυλωτό, αποτελείται από τρία κυλινδρικά τμήματα, αξονικά συνδεδεμένα μεταξύ τους, με αρθρώσεις τριών βαθμών ελευθερίας (yaw-pitch και μία πρισματική άρθρωση). Στο άκρο του τελικού τμήματος είναι συνδεδεμένος περιστρεφόμενος δίσκος κοπής, ο οποίος σε συνδυασμό με τις δυνάμεις που μεταφέρονται από της αρθρώσεις επιτυγχάνει περιστροφική διάτρηση του εδάφους. Το λογισμικό του ρομπότ BADGER περιλαμβάνει δύο μέρη: αυτό που εκτελείται στον κεντρικό υπολογιστή ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο σταθμό εδάφους και το ενσωματωμένο λογισμικό εγκατεστημένο στον μικρο-υπολογιστή εγκατεστημένο επί του υπόγειου ρομπότ.

Ο κρινόμενος υλοποίησε την δυναμική μοντελοποίηση της υπόγειας ρομποτικής κατασκευής, το σχεδιασμό και τον έλεγχο κίνησης του σπονδυλωτού αυτού ρομπότ, την ανάπτυξη της γραφικής διεπαφής χρήστη για τον έλεγχο του ρομπότ από υπολογιστή, τη διασύνδεση της διεπαφής με το περιβάλλον ROS και τη συλλογή και διαχείριση των δεδομένων από τους αισθητήρες του υπόγειου ρομπότ σε κατάλληλα σχεδιασμένη βάση δεδομένων. Οι εργασίες αυτές περιγράφονται συνοπτικά στις παρακάτω παραγράφους.

Ανάπτυξη της γραφικής διεπαφής χρήστη για τον έλεγχο του ρομπότ από υπολογιστή. Αναπτύχθηκε γραφική διεπαφή χρήστη (χρησιμοποιώντας τεχνολογίες HTML5, PHP, Javascript-Angular), η οποία δίνει τη δυνατότητα για χάραξη υπόγειας πορείας, για την αυτόνομη λειτουργία του ρομπότ και για τον τηλεχειρισμό του ρομπότ σε (α) επίπεδο ταχυτήτων του τελικού σημείου δράσης στο χώρο εργασίας του ρομπότ και (β) σε χαμηλότερο επίπεδο ελέγχου στο χώρο των αρθρώσεων. Πραγματοποιήθηκε διασύνδεση του γραφικού περιβάλλοντος μέσω web-socket πρωτοκόλλου επικοινωνίας, με τους κόμβους του μεταλογισμικού ROS (Robot Operating System).

Δυναμική μοντελοποίηση και σχεδιασμός κίνησης του σπονδυλωτού ρομπότ. Στην εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός κίνησης και έλεγχος κίνησης με χρήση αντιστροφής δυναμικού μοντέλου (model-based dynamic control). Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε η μηχανική του ρομποτικού συστήματος και υλοποιήθηκε η κατάστρωση των δυναμικών εξισώσεων που διέτουν την κίνηση. Υλοποιήθηκε κώδικας για την αριθμητική επίλυση του δυναμικού μοντέλου (σε Matlab και στη συνέχεια σε C/C++) με σκοπό την προσομοίωση και τον έλεγχο του δυναμικού συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Δεδομένης της σπονδυλωτής αρχιτεκτονικής του ρομπότ BADGER, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο σχεδιασμό ακολουθίας κίνησης, δηλαδή στο βηματισμό του ρομπότ (gait sequence) για την επίτευξη της διάτρησης του εδάφους και την υλοποίηση της σήραγγας.

Αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής εργασίας δημοσιεύθηκαν στο [B1], [J4] και [C3].

2-5-6 Ανάπτυξη συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τον βελτιωμένο σχεδιασμό πρόθεσης κάτω άκρων [2019 – 2022]

Οι ασθενείς συχνά απορρίπτουν την πρόθεση (πρόθεση καλείται επισήμως το προσθετικό μέλος) ή δηλώνουν μικρό βαθμό ικανοποίησης διότι οι δυσκολίες χρήσης και η υφιστάμενη καταπόνηση δεν αντισταθμίζονται από τα λειτουργικά οφέλη. Ως αποτέλεσμα το ποσοστό απόρριψης της πρόθεσης κάτω άκρων κυμαίνεται από 25% έως 57%. Η προθετική θήκη θεωρείται το κυριότερο εξάρτημα της πρόθεσης διότι αποτελεί την διεπαφή ανάμεσα στον άνθρωπο (στον ιστό του κολοβώματος) και στην πρόθεση. Η θήκη είναι υπεύθυνη για την σωστή μεταφορά των δυνάμεων, για την ελαχιστοποίηση των τριβών, τη μεγιστοποίηση της σταθερότητας της πρόθεσης κατά τη βάρδιση (εξάλειψη σχετικών μετατοπίσεων), και κατά συνέπεια για τον βελτιωμένο έλεγχο της κίνησης του προσθετικού μέλους.

Η ερευνητικές εργασίες [J2] και [J3] επικεντρώνονται στο βελτιωμένο σχεδιασμό της θήκης χρησιμοποιώντας ποσοτική πληροφορία παραγόμενη από αισθητήρες ενσωματωμένους στην θήκη σε συνδυασμό με τη γνώση του ειδήμονα. Μέσα από το βελτιωμένο σχεδιασμό θα επιτευχθεί μεγαλύτερη άνεση κατά τη βάρδιση, αυξημένη λειτουργικότητα και φυσικότερη βάρδιση.

Η δημοσίευση [J3] παρουσιάζει καινοτόμα μεθοδολογία σχεδιασμού η οποία αφενός κωδικοποιεί τη γνώση του ειδήμονα με χρήση προτασιακής λογικής (η γνώση αυτή αντλείται από ένα σύνολο συνεντεύξεων με αδειούχους προθετικούς/ορθωτικούς), αφετέρου ποσοτικοποιεί την αίσθηση της καταπόνησης χρησιμοποιώντας μετρήσεις από διάταξη αισθητήρων πίεσης ενσωματωμένων στη θήκη. Με εφαρμογή αλγορίθμου ασαφούς λογικής παράγει σχεδιαστικές κατευθύνσεις για τη βελτίωση της θήκης. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι η ελαχιστοποίηση καταπόνησης (μηχανικών τάσεων δηλαδή) σε περιοχές του κολοβώματος ευαίσθητες στην πίεση και παράλληλα η αύξηση κατανομής τάσεων σε περιοχές του κολοβώματος ανθεκτικές στην καταπόνηση. Η μεθοδολογία σχεδιάστηκε για να βελτιώσει το σχεδιασμό τόσο για στατικές συνθήκες (μειώνεται η καταπόνηση όταν ο ασθενής στέκεται όρθιος) όσο και για δυναμικές συνθήκες (βάρδιση). Η [J3] εστιάζει σε συνθήκες στατικές. Οι σχεδιαστικές κατευθύνσεις εφαρμόζονται σε τριδιάστατο (3D) ψηφιακό αντίγραφο της θήκης (STL αρχείο) μετασχηματίζοντας την αρχική 3D γεωμετρία της θήκης, ώστε να παρουσιαστούν με ένα εύληπτο τρόπο στον προθετικό σχεδιαστή.

Η δημοσίευση [J2] επεκτείνει τη μεθοδολογία για την περίπτωση των δυναμικών καταπονήσεων. Για το σκοπό αυτό ο αλγόριθμος εφαρμόστηκε χρησιμοποιώντας όγκο δεδομένων που παράχθηκε από ρομποτική πειραματική διάταξη (πλατφόρμα Stewart) η οποία σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από ερευνητικούς συνεργάτες στο KTH Royal Institute of Technology της Σουηδίας. Η πειραματική διάταξη παράγει προφίλ κίνησης σε ομοίωμα κολοβώματος το οποίο δημιουργεί δυναμική καταπόνηση στη θήκη με τους αισθητήρες. Η χρήση της πειραματικής διάταξης μας απαλλάσσει προσωρινά από τη διεξαγωγή πειραμάτων με ασθενείς.

Ο κρινόμενος συνεισέφερε στη διεξαγωγή των συνεντεύξεων και την κωδικοποίηση των κανόνων των προθετικών/ορθωτικών μηχανικών σε προτασιακή λογική, στο σχεδιασμό και την υλοποίηση του αλγορίθμου της μηχανής ασαφούς συμπερασμού για το βελτιωμένο σχεδιασμό της θήκης, και στην οπτικοποίηση των παραμορφώσεων της θήκης. Η ερευνητικές εργασίες χρηματοδοτήθηκαν από το Ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο SocketSense (<https://www.socketssense.eu/>).

Αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής εργασίας δημοσιεύθηκαν στο [J2] και [J3].

2-5-7 Μοντελοποίηση και Σχεδιασμός Πιεζοηλεκτρικής Απομάστευσης Ενέργειας για Ενεργειακά Αυτόνομο Σύστημα Καταγραφής και Ασύρματης Μετάδοσης Σημάτων Αισθητήρων από Ανεμογεννήτριες [05/09/18 – 05/03/23]

Η τροφοδοσία αισθητήρων σε δυσπρόσιτες ή στρεφόμενες κατασκευές (πτερύγια) ανεμογεννήτριας γίνεται κατά κανόνα από μπαταρίες. Όταν εξαντλούνται οι μπαταρίες πρέπει να αντικατασταθούν με νέες, κάτι που μπορεί να είναι δύσκολο και δαπανηρό. Για παράδειγμα, σε μία ανεμογεννήτρια θα έπρεπε να ανέβει εναερίτης τεχνικός για να κάνει την αλλαγή. Οι περισσότερες κατασκευές ταλαντώνονται από εξωτερικές διεγέρσεις, όπως ο άνεμος, τα κύματα, ανωμαλίες στο οδόστρωμα κ.λπ. Η μηχανική ενέργεια της ταλάντωσης γίνεται θερμότητα από τριβές και πρακτικά χάνεται. Αν ήταν δυνατόν να αξιοποιηθεί, θα μπορούσε να τροφοδοτεί αισθητήρες, ώστε να μη χρειάζεται αλλαγή μπαταριών. Στα πλαίσια του έργου ΕνΑυΣυ σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε πρωτότυπο που τοποθετείται μέσα στο πτερύγιο ανεμογεννήτριας, μαστεύει ενέργεια ταλάντωσης μέσω πιεζοηλεκτρικών στοιχείων και ηλεκτρικού κυκλώματος. Η ενέργεια αυτή, τροφοδοτεί μπαταρία για λήψη/μετάδοση σημάτων αισθητήρων και ενημερώνει το χρήστη σχετικά με την καταπόνηση του πτερυγίου. Το ηλεκτρομηχανικό σύστημα μαστεύσης ενέργειας (μεταλλάκτης) αποτελείται από πιεζοηλεκτρική δοκό η οποία εκτελεί διευσταθή (bistable) ταλάντωση σε κατάσταση μεταλυγισμού (μη-γραμμικό δυναμικό σύστημα).

Ο κρινόμενος συνεισέφερε στη μοντελοποίηση του μεταλλάκτη με χρήση μοντέλων συγκεντρωμένων παραμέτρων για την προσομοίωση και ανάλυση της διευσταθίας συναρτήσε κατασκευαστικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον συνεισέφερε στο σχεδιασμό πειραματικής διαδικασίας για την εκτίμηση των παραμέτρων του συστήματος. Ο στόχος της μοντελοποίησης είναι ο εντοπισμός των κρίσιμων φυσικών παραμέτρων και κατάλληλη επιλογή τιμών σχεδιασμού αυτών ώστε να μεγιστοποιηθεί η ταλάντωση και ακολούθως η ενέργεια που ανακτάται από το πιεζοηλεκτρικό στοιχείο. Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου ΕνΑυΣυ (ΕΠΑνΕΚ 2014-2020).

Αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής εργασίας δημοσιεύθηκαν στο [J1] και [C1].

2-5-8 Σχεδιασμός και Έλεγχος Εύκαμπτου Ρομποτικού Ενδοσκοπίου για Ελάχιστα Επεμβατικές Εγχειρήσεις στον Εγκέφαλο [01/02/2023 - σήμερα]

Η έρευνα πραγματοποιείται στα πλαίσια του ευρωπαϊκού έργου SoftReach (<https://softreach.eu/>), κατηγορίας EIC-Pathfinder. Σκοπός της έρευνας είναι η ανάπτυξη καινοτόμου ρομποτικού συστήματος ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής το οποίο προσφέρει δυνατότητα πλοήγησης και εκτέλεσης εργασιών σε δυσπρόσιτα και εξαιρετικά ευαίσθητα σημεία του κεντρικού νευρικού συστήματος, όπως οι εγκεφαλικές κοιλίες και ο νωτιαίος μυελός. Η πρωτοπόρα προσέγγιση αξιοποιεί την υποααραχοειδή περιοχή του κεντρικού νευρικού συστήματος ως χώρο πλοήγησης εύκαμπτου ρομποτικού ενδοσκοπίου, το οποίο οδηγείται με ασφάλεια και ακρίβεια κατά μήκος του νωτιαίου μυελού μέχρι να εισέλθει στις εγκεφαλικές κοιλίες και να προσεγγίσει ένα δοσμένο στόχο. Εκεί, το τελικό στοιχείο δράσης του ρομποτικού καθετήρα θα επισυνάπτει στα τοιχώματα της εγκεφαλικής κοιλίας μία μικροσκοπική πορώδη ιστική κατασκευή, η οποία στο εσωτερικό της θα φέρει είτε φαρμακευτικά μόρια με σκοπό τη στοχευμένη μεταφορά φαρμάκων είτε νευρικά βλαστικά κύτταρα με σκοπό την αντιμετώπιση νευροεκφυλιστικών ασθενειών.

Η τεχνολογική καινοτομία έγκειται στο σχεδιασμό και τον έλεγχο αναδιπλούμενου εύκαμπτου ρομποτικού ενδοσκοπίου (everting robot ή growing robot ή vine robot ο όρος στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία), το οποίο ξεδιπλώνεται με πνευματική ή υδραυλική επενέργεια εντός της κοιλότητας του σώματος. Αυτή η πρωτοπόρα τεχνική επιτυγχάνει την ανάπτυξη και προώθηση του ενδοσκοπίου μέσα στο ανθρώπινο σώμα ασκώντας

σχεδόν μηδενικές τριβές στα τοιχώματα της κοιλότητας μέσα στην οποία κινείται το εύκαμπτο μέλος. Σε αντίθεση με την κλασική προώθηση καθετήρα ή ενδοσκοπίου (όπου ο καθετήρας σπρώχνεται και καθώς κινείται προς τα μπρος ασκεί τριβές στους ιστούς που τον περιβάλλουν) η τεχνολογία που ερευνάται στο Softreach θα επιτύχει ατραυματική προώθηση, λόγω αμελητέων τριβών μεταξύ του ρομποτικού ενδοσκοπίου και του ιστού μέσα στο οποίο κινείται. Η ατραυματική προώθηση είναι εξαιρετικά σημαντική για την πλοήγηση του καθετήρα διαμέσου μίας τόσο ευαίσθητης ανατομίας όπως είναι τα νωτιαία νεύρα και οι νωτιαίες αρτηρίες που περιβάλλουν τον νωτιαίο μυελό. Επιπλέον, η προτεινόμενη τεχνολογία για πρώτη φορά προσφέρει τη δυνατότητα να προσεγγιστούν από χειρουργικό εργαλείο οι εγκεφαλικές κοιλίες χωρίς να θυσιαστεί υγιής εγκεφαλικός ιστός, δηλαδή χωρίς να έχει προηγηθεί κρανιοτομή.

Η συνεισφορά του κρινόμενου είναι στη δυναμική μοντελοποίηση του εύκαμπτου ρομποτικού ενδοσκοπίου με σκοπό: (1) τον βέλτιστο μηχανικό σχεδιασμό του συστήματος (διαστασιολόγηση επενέργησης, επιλογή μηχανικών διαστάσεων των τμημάτων του ρομπότ, κ.α.) και (2) τον αυτόματο έλεγχο κίνησης του συστήματος ώστε να επιτυγχάνεται τηλεχειρισμός του ρομποτικού ενδοσκοπίου με την επιθυμητή ακρίβεια παρακολούθησης τροχιάς, ελέγχου θέσης και ελέγχου δύναμης του τελικού στοιχείου δράσης.

Η ερευνητική εργασία βρίσκεται στα πρώτα στάδια μελέτης και δεν έχουν δημοσιευθεί ακόμα ολοκληρωμένα αποτελέσματα. Η βασική αρχιτεκτονική του συστήματος έχει παρουσιαστεί στο [WS1] στο IEEE ICRA 2023. Μέρος της δυναμικής μοντελοποίησης και του σχεδιασμού του συστήματος μαζί με πειραματικά δεδομένα επαλήθευσης του μοντέλου θα υποβληθούν στο συνέδριο IEEE ICRA2024, με ημερομηνία υποβολής 15 Σεπτεμβρίου 2023. Η συνολική δυναμική μοντελοποίηση και η αξιοποίησή της για το μηχανικό σχεδιασμό και για τον έλεγχο του συστήματος θα υποβληθούν μέσα στο φθινόπωρο σε περιοδικό υψηλού κύρους όπως το IEEE Transactions in Robotics ή International Journal of Robotics Research.

Αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής εργασίας δημοσιεύθηκαν στο [WS1].

2-5-9 Εύκαμπτα Εξωσκελετικά Ρομποτικά Συστήματα Αποκατάστασης και Υποβοήθησης Ατόμων με Κινητικά Προβλήματα [01/01/2023 - σήμερα]

Σκοπός αυτής της έρευνας είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη **εξατομικευμένου** φορετού εξωσκελετικού ρομποτικού συστήματος κάτω άκρων, του οποίου ο **καινοτόμος προσαρμοστικός αλγόριθμος ελέγχου** θα παράγει εντολές υποβοήθησης και ενδυνάμωσης που επιτυγχάνουν σημαντική **μετρήσιμη βελτίωση** της λειτουργικής βάρδισης σε σχέση με υπάρχουσες τεχνολογίες αιχμής. Ο έλεγχος θα λειτουργεί για περιπτώσεις (α) φυσιολογικού πρότυπου βάρδισης, (β) ανωφέρειας/κατωφέρειας και (γ) ανάβασης/κατάβασης σκαλοπατιών. Η **ομάδα-στόχος** του σχεδιασμού περιλαμβάνει το σύνολο των ασθενών που παρουσιάζει προβλήματα λειτουργικής κίνησης, αλλά διαθέτει μυοσκελετική δομή ικανή να στηρίξει το βάρος του σώματος και του εξωσκελετού. Η **άρθρωση** ενδιαφέροντος είναι του **γόνατος**. Η έρευνα πραγματοποιείται στα πλαίσια του έργου ΩΘΗΣΗ, του οποίου ο κρινόμενος είναι ο Επιστημονικός Υπεύθυνος και χρηματοδοτείται από το Παν. Θεσσαλίας (κατόπιν διαγωνισμού).

Ο κρινόμενος και η ομάδα του στο Παν. Θεσσαλίας ανέπτυξαν πειραματική διάταξη για την διεξαγωγή μετρήσεων για την εύρεση των ροπών και δυνάμεων που απαιτούνται για την σωστή υποβοήθηση του γόνατος και για την εύρεση της καταλληλότερης τοπολογίας της εξωσκελετικής εξάρτησης πάνω στο σώμα ώστε η διαδρομή των δυνάμεων να επιτυγχάνει (1) μέγιστη απόδοση και (2) να διέρχεται όσο το δυνατόν περισσότερο μέσα από άκαμπτες διαδρομές (όπως η λεκάνη και άλλες οστικές δομές). Το επόμενο βήμα της έρευνας είναι κατάστρωση των στατικών και δυναμικών εξισώσεων που προκύπτουν από τη προτεινόμενη εξωσκελετική διάταξη και η αξιοποίηση του μοντέλου για βέλτιστο

σχεδιασμό και έλεγχο του χρονισμού και της έντασης της επενέργειας. Κριτήριο θα αποτελέσει η ενεργειακή δαπάνη, η άνεση και η διαφάνεια του μηχανισμού ως προς τον χρήστη (transparency).

Η παραπάνω ερευνητική εργασία βρίσκεται στα πρώτα στάδια μελέτης και δεν έχει οδηγήσει ακόμα σε δημοσίευση.