



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

Δράση «Εμβληματικές δράσεις σε διαθεματικές επιστημονικές περιοχές με ειδικό ενδιαφέρον για την σύνδεση με τον παραγωγικό ιστό»

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

Πρώτη Ενδιάμεση Έκθεση

ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ: 4. ICT & Health

4.2 Ψηφιακοί βιοδείκτες πρόληψης, έγκαιρης διάγνωσης και πρόγνωσης χρόνιων νοσημάτων

Κωδικός Έργου: *TAEDR-0535983*

Τίτλος Έργου: **«SAFE-AORTA: Σύστημα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων για τη Νόσο των Ανευρυσμάτων Κοιλιακής Αορτής Βασισμένο σε Μοντέλα Τεχνητής Νοημοσύνης»**

1. Φυσικό Αντικείμενο

1.1 Αντικείμενο του έργου

Το έργο SAFE-AORTA έχει ως βασικό στόχο την ανάπτυξη ενός Συστήματος Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων (ΣΥΠΟΚΑ) για την ακριβή πρόβλεψη της μορφολογικής εξέλιξης και της πιθανότητας ρήξης ενός Ανευρύσματος Κοιλιακής Αορτής (ΑΚΑ). Το ΑΚΑ ορίζεται ως η μόνιμη εντοπισμένη διάταση που υπερβαίνει το 50% της φυσιολογικής διαμέτρου (>3 εκ). Η κύρια επιπλοκή των ΑΚΑ είναι η ρήξη, η οποία αποτελεί την 13η πιο συχνή αιτία θανάτου και την 3η πιο συχνή αιτία αιφνίδιου θανάτου στον δυτικό κόσμο, μετά το οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου και το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Παρά την πρόοδο στην Ιατρική, τα ποσοστά θνησιμότητας από ρήξη ΑΚΑ τα τελευταία 50 χρόνια παραμένουν σε πολύ υψηλά επίπεδα που αγγίζουν το 80-90%.

Οι υπάρχουσες οδηγίες για την επεμβατική αντιμετώπιση ενός ΑΚΑ βασίζονται σε δύο κριτήρια: 1) στη μέγιστη διάμετρο με κρίσιμη τιμή τα 5.5 εκ. για άντρες και τα 5.0 εκ. για γυναίκες, και 2) στον ετήσιο ρυθμός αύξησης της διαμέτρου. Η μέγιστη διάμετρος είναι ένα χαρακτηριστικό μέγεθος, αλλά μία μόνο γεωμετρική παράμετρος είναι ανεπαρκής για να αποτυπώσει τη σύνθετη μορφολογία ενός ΑΚΑ. Αρκετές μελέτες έχουν αναδείξει άλλες γεωμετρικές παραμέτρους με ισοδύναμη ή ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια στην πρόβλεψη του κινδύνου ρήξης από τη μέγιστη διάμετρο. Κίνητρο για το προτεινόμενο έργο αποτελεί το κενό που υπάρχει στην εκτίμηση του κινδύνου ταχείας επέκτασης και ρήξης ενός ΑΚΑ. Ομολογουμένως, τα κριτήρια παρέμβασης σε ΑΚΑ είναι ελλιπή, ωθώντας πιθανώς σε αχρείαστες και δαπανηρές χειρουργικές παρεμβάσεις, που θα μπορούσαν να αποφευχθούν. Αντίστοιχα, σε άλλες περιπτώσεις, ο κίνδυνος ρήξης υποεκτιμάται, με πιθανώς καταστροφικές συνέπειες για τον ασθενή. Είναι σαφές ότι η ανανέωση και εξατομίκευση των κριτηρίων παρέμβασης δεν μπορεί να βασιστεί σε μεμονωμένες μελέτες. Απαιτείται ριζική αναβάθμιση της διαχείρισης ασθενών με ΑΚΑ.

Η πρόοδος που έχει σημειωθεί ως προς τους στόχους του έργου μέχρι τη στιγμή της υποβολής του αιτήματος ενδιάμεσης επαλήθευσης είναι η εξής:

ΣΤΟΧΟΣ 1: Υλοποίηση ατομικού ηλεκτρονικού φακέλου υγείας ανευρυσματικών ασθενών και ενοποίηση βάσεων ιατρικών δεδομένων των συνεργαζόμενων αγγειοχειρουργικών κλινικών.

Πρόοδος: Τέθηκαν οι βάσεις από άποψη υλικού (hardware) και λογισμικού (software) για τη δομημένη συλλογή των ιατρικών δεδομένων ασθενών με ΑΚΑ από τις συνεργαζόμενες αγγειοχειρουργικές κλινικές (ΠΓΝ Αττικής, ΠΓΝ Λάρισας). Στα υπό συλλογή δεδομένα περιλαμβάνονται τα διαθέσιμα δημογραφικά (ηλικία, φύλο, επίπεδα καπνίσματος), κλινικά (οικογενειακό ιστορικό ανευρυσματικής ασθένειας, βάρος, ύψος, βραχιόνιος συστολική-διαστολική πίεση, αιματοκρίτης), συνοσσηρότητες (υπέρταση, διαβήτης, δυσλιπιδαιμία, στεφανιαία νόσος, χρόνια αποφρακτική πνευμονική νόσος, περιφερική νόσος, νεφρική ανεπάρκεια, εγκεφαλοαγγειακή ασθένεια, νόσος του συνδετικού ιστού), φαρμακευτική αγωγή (στατίνες, αντιυπερτασικά, αντιδιαβητικά, αντιαιμοπεταλιακά, αντιπηκτικά φάρμακα) και απεικονιστικά δεδομένα υπερηχογραφίας (υπερηχογράφημα κοιλίας με απεικόνιση αορτής) και αξονικής τομογραφίας ή/και αγγειογραφίας. Στην προοπτική μελέτη συμπεριλαμβάνονται επιπλέον, για ένα μικρότερο σύνολο ασθενών, εξειδικευμένες απεικονιστικές εξετάσεις μαγνητικής τομογραφίας ροής (4D Flow MRI), καθώς και βιομετρικά δεδομένα (πίεση, καρδιακοί παλμοί, επίπεδα άσκησης, ποιότητα ύπνου) από κατάλληλες φορητές συσκευές (wearables). Τα είδη και ο αριθμός των δεδομένων που συλλέγονται από ασθενείς με ΑΚΑ, εξειδικεύονται περαιτέρω στις τεχνικές προδιαγραφές του Τμήματος 1 με τίτλο «Αναδρομική Κλινική Μελέτη - Συλλογή Ιατρικών Δεδομένων» και του Τμήματος 2 με τίτλο «Προοπτική Κλινική Μελέτη - Συλλογή Ιατρικών Δεδομένων» της διακήρυξης του ηλεκτρονικού διαγωνισμού

παροχής υπηρεσιών (υπ' αριθ. 1/2024) που διενεργήθηκε από τον ΕΛΚΕ ΕΜΠ (ημερομηνία δημοσίευσης: 24/10/2024). Για την ασφαλή αποθήκευση και επεξεργασία των ιατρικών δεδομένων, η κοινοπραξία έχει στη διάθεσή της υπερυπολογιστική δομή νέφους παράλληλα με εργαλεία ανωνυμοποίησης-ψευδωνυμοποίησης, προτυποποίησης και εναρμόνισης ιατρικών δεδομένων, καθώς και εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε ομοσπονδιακές βάσεις δεδομένων, τα οποία παρέχονται από τον ανάδοχο του Τμήματος 3 (Μονάδας Ιατρικής Τεχνολογίας και Ευφύων Πληροφοριακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων) του διαγωνισμού παροχής υπηρεσιών, συμβάλλοντας στο στόχο της ενοποίησης των ιατρικών δεδομένων των συνεργαζόμενων κλινικών με σεβασμό στους νόμους περί προστασίας προσωπικών και ιατρικών δεδομένων. Όσον αφορά την εφαρμογή safe-aorta, καταγράφηκαν σε πρώτη φάση οι κλινικές και τεχνικές απαιτήσεις που οδήγησαν στο σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής του συστήματος. Προβλέπεται βάσει των προδιαγραφών του συστήματος (Π2.1) η δυνατότητα εισαγωγής των ανωτέρω δεδομένων σε ατομικό φάκελο υγείας ανευρυσματικών ασθενών. Πέρα των ιατρικών και λοιπών δεδομένων, ο ατομικός ηλεκτρονικός φάκελος υγείας έχει σχεδιαστεί ώστε να περιλαμβάνει και τα παραγόμενα γεωμετρικά, εμβιομηχανικά και αιμοδυναμικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν από το ψηφιακό δίδυμο αορτής του κάθε ασθενούς.

ΣΤΟΧΟΣ 2: Συλλογή μεγάλου όγκου αναδρομικών και προοπτικών δεδομένων για τη νόσο των ΑΚΑ

Πρόοδος: Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του διεθνούς διαγωνισμού παροχής υπηρεσιών και με τους όρους των συμβάσεων που έχουν υπογραφεί με τις συνεργαζόμενες αγγειοχειρουργικές κλινικές, θα παραδοθούν τα ανωνυμοποιημένα-ψευδωνυμοποιημένα αναδρομικά δεδομένα από >1500 ασθενείς με άθικτο ΑΚΑ και από >250 ασθενείς με διερρηγμένο ΑΚΑ, στους οποίους να συμπεριλαμβάνονται >150 ασθενείς που διαθέτουν τουλάχιστον δύο (2) διαδοχικές απεικονιστικές εξετάσεις αξονικής τομογραφίας ή αγγειογραφίας που να απέχουν τουλάχιστον 1 μήνα μεταξύ τους. Προοπτικά, προβλέπεται η συλλογή πλήρους συνόλου δεδομένων από 100-150 ασθενείς με ΑΚΑ, και επιπλέον εξετάσεις μαγνητικής τομογραφίας ροής τεσσάρων διαστάσεων από 10-20 ασθενείς, και βιομετρικά δεδομένα από φορετές συσκευές από 20-60 ασθενείς. Τη δεδομένη στιγμή της υποβολής του αιτήματος ενδιάμεσης επαλήθευσης, έχει ολοκληρωθεί η 2^η φάση του χρονοδιαγράμματος των συμβάσεων, και έχουν παραχωρηθεί από τις συνεργαζόμενες κλινικές στην κοινοπραξία μέσω του ΕΜΠ, τα δεδομένα από το 30% (~565) του συνόλου των ασθενών. Τελικά, το έργο προβλέπεται να πετύχει το στόχο της συλλογής μεγάλου όγκου δεδομένων από ασθενείς με ΑΚΑ συνθέτοντας τη μεγαλύτερη στην Ελλάδα βάση δημογραφικών, ιστορικών, κλινικών, ιατρικών δεδομένων, αλλά κυρίως και απεικονιστικών δεδομένων που καταδεικνύουν την φυσική εξέλιξη των ΑΚΑ.

ΣΤΟΧΟΣ 3: Ανάπτυξη του ψηφιακού δίδυμο αορτής ασθενών με ΑΚΑ

Πρόοδος: Η κοινοπραξία έχει πετύχει σε μεγάλο βαθμό το στόχο, έχοντας αναπτύξει μέχρι τώρα τις βασικές μονάδες που συνθέτουν το ψηφιακό δίδυμο αορτής (ΨηφιΔΑ), δηλαδή 1) τη μονάδα επεξεργασίας εικόνας, 2) τη μονάδα μορφολογικής ανάλυσης, 3) τη μονάδα αιμοδυναμικής και 3) τη μονάδα μηχανικής τοιχώματος. Οι ανωτέρω μονάδες περιλαμβάνουν αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης (και μη) για, 1) την διάκριση, τμηματοποίηση και αναδόμηση των ΑΚΑ από ιατρικές εικόνες αξονικής αγγειογραφίας, 2) την αυτόματη μορφολογική ανάλυση των ΑΚΑ και εξαγωγή ενός συνόλου γεωμετρικών χαρακτηριστικών πέρα από την μέγιστη διάμετρο, 3) τον μη-επεμβατικό υπολογισμό κρίσιμων βιοδεικτών της αιμοδυναμικής ροής όπως η διατημητική τάση του ενδοθηλίου, και 4) τον μη-επεμβατικό υπολογισμό μηχανικών παραγόντων του ανευρυσματικού τοιχώματος όπως η κατανομή των αναπτυσσόμενων

τάσεων. Τη δεδομένη στιγμή, η κοινοπραξία βρίσκεται στη φάση της ολοκλήρωσης, τελικής αξιολόγησης και ενοποίησης των μονάδων του ΨηφιδΑ σε ένα ολοκληρωμένο λογισμικό.

ΣΤΟΧΟΣ 4: Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης της γεωμετρικής εξέλιξης και του κινδύνου ρήξης ΑΚΑ

Πρόοδος: Το ΣΥΠΟΚΑ του SAFE-AORTA βρίσκεται στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης, λόγω της έλλειψης του μεγάλου όγκου δεδομένων που απαιτούνται. Τα ιατρικά και απεικονιστικά δεδομένα ασθενών με ΑΚΑ άρχισαν να διατίθενται στην κοινοπραξία μετά την κατακύρωση του διαγωνισμού παροχής υπηρεσιών και την υπογραφή συμβάσεων με τις ανάδοχες αγγειοχειρουργικές κλινικές που έλαβε χώρα την 26/2/2025. Έως τη δεδομένη στιγμή, έχουν αναπτυχθεί οι ομοσπονδιακές βάσεις δεδομένων και τα εργαλεία ομοσπονδιακής μάθησης, καθώς επίσης έχει πραγματοποιηθεί εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα για τους καταλληλότερους αλγορίθμους πρόβλεψης της μορφολογικής εξέλιξης ενός ΑΚΑ, καθώς και της δυναμικής πιθανότητας ρήξης. Εκκρεμεί η ανάπτυξη, εκπαίδευση, δοκιμή, αξιολόγηση και ενσωμάτωση των αλγορίθμων πρόβλεψης της γεωμετρικής εξέλιξης και κινδύνου ρήξης ΑΚΑ στο ΣΥΠΟΚΑ και στην εφαρμογή safe-aorta κατ' επέκταση.

1.2 Φορείς του έργου

No	Πανεπιστήμια	Σχολές / Τμήματα
1	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) – ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΦΟΡΕΑΣ	Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ), Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας
		Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών (ΜΜ), Εργαστήριο Βιορευστομηχανικής & Βιοϊατρικής Τεχνολογίας
2	Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (ΠΔΜ)	Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας και Ψηφιακής Υγείας
3	Πολυτεχνείο Κρήτης (ΠΚ)	Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εργαστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Σήματος και Εικόνας (DISPLAY)
		Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης (ΜΠΔ), Εργαστήριο Υπολογιστικής Μηχανικής και Βελτιστοποίησης (Comeco)
		Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος (ΧΜΜΠ), Εργαστήριο Βελτιστοποίησης και Ρύθμισης Διεργασιών (PDOG)
		Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών (ΑΜ), Εργαστήριο Μεταβαλλόμενων Ευφύων Περιβαλλόντων (ΤΙΕ)

4	Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο (ΕΛΜΕΠΑ)	Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης και Διαδραστικής Πληροφορικής
		Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εργαστήριο Ευφύων Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών
		Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Μηχανολογίας Ακριβείας, Αντίστροφης Μηχανικής και Εμβιομηχανικής
5	Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (ΠΑΔΑ)	Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής (ΜΒ), Εργαστήριο Τεχνητής-Υπολογιστικής Νοημοσύνης και Διεπιστημονικών Εφαρμογών
		Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής, Εργαστήριο Επεξεργασίας Ιατρικού Σήματος και Εικόνας
		Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών (ΜΠΥ), Εργαστήριο Παράλληλων και Κατανεμημένων Συστημάτων και Δικτύων,
6	Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών Ακαδημίας Αθηνών (ΙΙΒΕΑΑ)	Κέντρο Κλινικής, Πειραματικής Χειρουργικής & Μεταφραστικής Έρευνας
		Κέντρο Βιολογίας Συστημάτων
7	Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου (ΠΑΠΕΛ)	Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Ρευστομηχανικής & Ρευστοδυναμικών Μηχανών
		Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
		Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Εργαστήριο Εφαρμογών Ψηφιακής Υγείας και Οικονομικών Υγείας (ΟΕ)

Στο έργο συμμετέχουν ως τρίτα μέρη, κατόπιν διεθνούς διαγωνισμού παροχής υπηρεσιών που πραγματοποιήθηκε από τον ΕΛΚΕ-ΕΜΠ, οι εξής φορείς:

No.	Ανάδοχος	Συντομογραφία
1	Αγγειοχειρουργική Κλινική , Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο «Αττικών»	ΠΓΝΑ
2	Αγγειοχειρουργική Κλινική, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Λάρισας	ΠΓΝΛ
3	Μονάδας Ιατρικής Τεχνολογίας και Ευφύων Πληροφοριακών Συστημάτων, Τμήμα Μηχανικών Επιστήμης Υλικών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων	MEDLAB

1.3 Αναλυτική Περιγραφή των Ενοτήτων Εργασιών (Ε.Ε.) που υλοποιήθηκαν

α/α ΕΕ	1	Μήνας Έναρξης	1	Μήνας Λήξης	28
Τίτλος Ενότητας Εργασίας	Διαχείριση Έργου				
Κατηγορία Δραστηριότητας	ΠΕΑ: Πειραματική Ανάπτυξη (Άρθρο 25)				
Υπεύθυνος Ε.Ε. (Φορέας)	ΕΜΠ				
Φορείς Εκτέλεσης	ΕΜΠ, ΠΔΜ, ΠΚ, ΕΛΜΕΠΑ, ΠΑΔΑ, ΙΙΒΕΑΑ, ΠΑΠΕΛ				
Περιγραφή Ενότητας Εργασίας	Ο στόχος της ΕΕ1 είναι η ομαλή διεξαγωγή του έργου και η διασφάλιση της επίτευξης των στόχων, με την θεσμοθέτηση σχετικών διαδικασιών και με την πραγματοποίηση αποτελεσματικής εποπτείας, συνυπολογίζοντας τα ενδιαφέροντα και την τεχνογνωσία όλων των συμμετεχόντων ώστε να διασφαλιστεί η αποτελεσματική και έγκαιρη εκτέλεση του σχεδίου εργασιών.				
Ποσοστό υλοποίησης ΕΕ (%)	70%				
Παραδοτέα	Π1.1 Ενδιάμεση αναφορά (M14 -> M19) - Ολοκληρώθηκε Π1.2 Τελική Αναφορά (M28) – Σε εξέλιξη				
Ανάλυση της Πορείας Υλοποίησης της ΕΕ Αναμενόμενα Αποτελέσματα – Οφέλη Κάθε Φορέα	<p>Στο πλαίσιο της ΕΕ1 πραγματοποιήθηκαν και είναι σε εξέλιξη οι εξής εργασίες:</p> <ul style="list-style-type: none"> Έχουν πραγματοποιηθεί και εγκριθεί 4 τροποποιήσεις του τεχνικού παραρτήματος έργου: 1) Ήσσονος τροποποίηση που αφορούσε το διαγωνισμό προμήθειας εξοπλισμού του ΕΛΚΕ-ΕΜΠ, 2) Τροποποίηση άλλης κατηγορίας (1/3) που αφορούσε το διεθνή διαγωνισμό παροχής υπηρεσιών του ΕΛΚΕ-ΕΜΠ, 3) Ήσσονος τροποποίηση για την τακτοποίηση οικονομικών στοιχείων στην πλατφόρμα ΠΣΚΕ, 4) Μείζονος & Ήσσονος τροποποιήσεις ενόψει της ενδιάμεσης επαλήθευσης. Οι τροποποιήσεις μείζονος σημασίας αφορούσαν α) Μεταφορές κονδυλίων μεταξύ κατηγοριών δαπανών που επηρεάζουν είτε την κατηγορία προέλευσης είτε την κατηγορία προορισμού σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25% (αφορούσε τους φορείς ΕΛΚΕ-ΠΑΠΕΛ, ΕΛΚΕ-ΠΔΜ και ΙΙΒΕΑΑ) και β) Μεταφορά κονδυλίων σε μη εγκεκριμένη -με μηδενικό προϋπολογισμό κατά την έγκριση χρηματοδότησης, αλλά επιλέξιμη κατηγορία δαπάνης, ποσού μεγαλύτερου του 5% επί του συνολικού προϋπολογισμού του δικαιούχου (αφορούσε το φορέα ΕΛΚΕ-ΠΑΔΑ). Συντονισμός και η εναρμόνιση όλων των διοικητικών και οικονομικών πτυχών του έργου τόσο για την υποβολή του αιτήματος μείζονος – ήσσονος σημασίας, όσο και για την υποβολή του αιτήματος ενδιάμεσης επαλήθευσης. Η ομάδα του Συντονιστή Φορέα ΕΜΠ, υποστήριξε και συντόνισε όλες τις διαδικασίες. Έχουν πραγματοποιηθεί και πραγματοποιούνται συνεχείς διαδικτυακές συναντήσεις για την επιστημονική διαχείριση του έργου και την εναρμόνιση όλων των επιστημονικών και τεχνικών εργασιών. Επίσης, για τον ίδιο σκοπό, πραγματοποιήθηκε δια ζώσης συνάντηση όλων των φορέων στο Ηράκλειο της Κρήτης. Καταγράφηκαν και επισυνάπτονται εν είδει αναφοράς τα νομικά και ηθικά ζητήματα που αφορούν το έργο. Η διακήρυξη του διεθνούς διαγωνισμού 				

	<p>παροχής υπηρεσιών για την διεξαγωγή της αναδρομικής και προοπτικής κλινικής μελέτης με συλλογή ιατρικών δεδομένων, καθώς και για την ασφαλή αποθήκευση και διαχείρισή τους, ήταν σε πλήρη συμμόρφωση με τις εθνικές και ευρωπαϊκές πολιτικές προστασίας των προσωπικών δεδομένων. Οι συνεργαζόμενες κλινικές έχουν λάβει έγκριση για το κλινικό πρωτόκολλο από τις αρμόδιες επιτροπές Ηθικής και Δεοντολογίας και επίσης έχουν υπογραφεί μεταξύ της αναθέτουσας αρχής (ΕΛΚΕ-ΕΜΠ) και των αναδόχων (Αγγειοχειρουργική Κλινική ΠΓΝ Αττικών και ΠΓΝ Λάρισας, και Μονάδας Ιατρικής Τεχνολογίας και Ευφυών Πληροφοριακών Συστημάτων Πανεπιστημίου Ιωαννίνων) τα απαραίτητα συμφωνητικά επεξεργασίας δεδομένων, ενώ διατηρείται έγγραφο που αφορά στην εκτίμηση αντίκτυπου στην προστασία δεδομένων.</p>
Παρεκκλίσεις	Δεν σημειώθηκαν παρεκκλίσεις

α/α ΕΕ	2	Μήνας Έναρξης	1	Μήνας Λήξης	26
Τίτλος Ενότητας Εργασίας	Απαιτήσεις, Προδιαγραφές και Αρχιτεκτονική του Συστήματος				
Κατηγορία Δραστηριότητας	ΠΕΑ: Πειραματική Ανάπτυξη (Άρθρο 25)				
Υπεύθυνος Ε.Ε. (Φορέας)	ΠΔΜ				
Φορείς Εκτέλεσης	ΕΜΠ, ΠΔΜ, ΠΚ, ΕΛΜΕΠΑ, ΠΑΔΑ, ΙΙΒΕΑΑ, ΠΑΠΕΛ				
Περιγραφή Ενότητας Εργασίας	Στα πλαίσια της ΕΕ2 θα καθοριστούν οι κλινικές/τεχνικές απαιτήσεις, οι προδιαγραφές και η αρχιτεκτονική του ολοκληρωμένου συστήματος SAFE-AORTA. Περιλαμβάνεται επίσης η οριζόντια εργασία σχεδιασμού και ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής.				
Ποσοστό υλοποίησης ΕΕ (%)	75%				
Παραδοτέα	Π2.1 Απαιτήσεις και προδιαγραφές συστήματος (Μ6) - Ολοκληρώθηκε Π2.2 Σχέδιο Διαχείρισης Δεδομένων (Μ14 -> Μ28) – Σε εξέλιξη. Υποβλήθηκε προσχέδιο Π2.3 Λογισμικό SAFE-AORTA (Μ28) – Σε εξέλιξη				
Ανάλυση της Πορείας Υλοποίησης της ΕΕ Αναμενόμενα Αποτελέσματα – Οφέλη Κάθε Φορέα	Στο πλαίσιο της ΕΕ2 πραγματοποιήθηκαν και είναι σε εξέλιξη οι εξής εργασίες: <ul style="list-style-type: none"> • Καταγράφηκαν οι ανάγκες των χρηστών, με στόχο την εξειδίκευση των κλινικών και τεχνικών απαιτήσεων του συστήματος SAFE-AORTA. • Καθορίστηκαν οι τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος • Καταρτίστηκε προσχέδιο του σχεδίου διαχείρισης δεδομένων. Το τελικό σχέδιο προβλέπεται να υποβληθεί στο τέλος του έργου (Μ28). • Ανάπτυξη πλατφόρμας: 1) αναβάθμιση της πλατφόρμας στην έκδοση PHP 8.0, διασφαλίζοντας βελτιωμένη απόδοση και ασφάλεια. 2) περαιτέρω βελτίωση της λειτουργικότητας της πλατφόρμας και της ευχρηστίας του UI, ακολουθώντας τις καθορισμένες προδιαγραφές, 3) επεξεργασία και προετοιμασία για την ενσωμάτωση του OHIF, ενισχύοντας τις δυνατότητες της πλατφόρμας στην απεικόνιση και διαχείριση δεδομένων. • Προετοιμασία για τη μεταφορά της πλατφόρμας στην υπερυπολογιστική υποδομή νέφους του αναδόχου ιατρικής πληροφορικής (MEDLAB) 				

Παρεκκλίσεις	Δεν σημειώθηκαν παρεκκλίσεις
--------------	------------------------------

α/α ΕΕ	3	Μήνας Έναρξης	1	Μήνας Λήξης	28
Τίτλος Ενότητας Εργασίας	Συλλογή και Ενοποίηση Κλινικών Δεδομένων				
Κατηγορία Δραστηριότητας	ΠΕΑ: Πειραματική Ανάπτυξη (Άρθρο 25)				
Υπεύθυνος Ε.Ε. (Φορέας)	ΕΜΠ				
Φορείς Εκτέλεσης	ΕΜΠ, ΠΔΜ, ΕΛΜΕΠΑ, ΙΙΒΕΑΑ				
Περιγραφή Ενότητας Εργασίας	<p>Η ΕΕ3 περιλαμβάνει την εγκατάσταση της υποδομής δεδομένων νέφους (cloud data infrastructure) καθώς και όλες τις κλινικές μελέτες που θα διεξαχθούν κατά τη διάρκεια του έργου για την απόκτηση των απαραίτητων ιατρικών δεδομένων με σκοπό την ανάπτυξη και την επικύρωση των αλγορίθμων/μοντέλων μηχανικής και βαθιάς μάθησης για την πρόγνωση της εξέλιξης της νόσου σε εξατομικευμένο επίπεδο. Επιπλέον, διεξάγονται παράλληλες-πilotικές μελέτες που περιλαμβάνουν φορητές συσκευές χειρός (wearables), εξετάσεις ποζιτρονικής-αξονικής τομογραφίας (PET-CT) και εξετάσεις μαγνητικής τομογραφίας ροής (4D Flow MRI) σε ξεχωριστά υποσύνολα ασθενών. Ο στόχος των παράλληλων-πilotικών μελετών είναι η συλλογή δεδομένων για την περαιτέρω εξατομίκευση και επικύρωση των υπολογιστικών προσομοιώσεων καθώς και η ανεύρεση καινοτόμων ψηφιακών βιοδεικτών. Στο τέλος του έργου, θα συνταχθούν ξεχωριστές εκθέσεις για την αναδρομική και την προοπτική κλινική μελέτη όπου θα διευκρινίζεται το πρωτόκολλο, το είδος και ο αριθμός των δεδομένων που συλλέχθηκαν</p>				
Ποσοστό υλοποίησης ΕΕ (%)	70%				
Παραδοτέα	<p>Π3.1 Έκθεση αναδρομικής κλινικής μελέτης (M14 -> M28) - Σε εξέλιξη. Τμήμα του παραδοτέου έχει παραδοθεί από ΠΓΝΛ στο ΕΜΠ κατά τη 2^η φάση του χρονοδιαγράμματος της σύμβασης.</p> <p>Π3.2 Έκθεση προοπτικής κλινικής μελέτης (M28) – Σε εξέλιξη. Τμήμα του παραδοτέου έχει παραδοθεί από το ΠΓΝ Αττικών στο ΕΜΠ κατά τη 2^η φάση του χρονοδιαγράμματος της σύμβασης.</p> <p>Π3.3 Υποδομή Νέφους και Ομοσπονδιακές Βάσεις Δεδομένων (M28) - Σε εξέλιξη. Το παραδοτέο προστέθηκε κατόπιν τροποποίησης του τεχνικού παραρτήματος έργου. Τμήμα του παραδοτέου έχει παραδοθεί από το MEDLAB στο ΕΜΠ κατά τη 2^η φάση του χρονοδιαγράμματος της σύμβασης.</p> <p>Π3.4 Pilotική Μελέτη Μηχανισμού Ασβεστοποίησης Αορτής με Διενέργεια Εξετάσεων PET-CT (M28) – Σε εξέλιξη</p>				
Ανάλυση της Πορείας Υλοποίησης της ΕΕ Αναμενόμενα Αποτελέσματα – Οφέλη Κάθε Φορέα	<p>Στο πλαίσιο της ΕΕ3 πραγματοποιήθηκαν και είναι σε εξέλιξη οι εξής εργασίες:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Παρελήφθησαν από την Αγγειοχειρουργική Κλινική του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας τα ανωνυμοποιημένα δημογραφικά, κλινικά, ιατρικά και απεικονιστικά δεδομένα από 450 ασθενείς με άθικτο ΑΚΑ με μέγιστη διάμετρο ≥ 3 cm, εκ των οποίων 				

	<p>45 ασθενείς διέθεταν τουλάχιστον δύο διαδοχικές αξονικές αγγειογραφίες με ελάχιστη χρονική απόσταση ενός μηνός μεταξύ των εξετάσεων. Επιπλέον, παρελήφθησαν δεδομένα από 75 ασθενείς με διερρηγμένο ΑΚΑ με μέγιστη διάμετρο ≥ 3 cm.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Παρελήφθησαν από την Α΄ Αγγειοχειρουργική Κλινική του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου «Αττικόν» τα ανωνυμοποιημένα (anonymized) δεδομένα από 40 ασθενείς με ΑΚΑ με μέγιστη διάμετρο ≥ 4 εκ. Επιπλέον, παρελήφθησαν δεδομένα μαγνητικής τομογραφίας ροής τεσσάρων διαστάσεων (4D Flow MRI) από 3 ασθενείς. • Αναπτύχθηκε σύστημα ομοσπονδιακής βάσης δεδομένων για την ασφαλή, διαλειτουργική και αποκεντρωμένη διαχείριση ευαίσθητων ιατρικών δεδομένων από ασθενείς με ΑΚΑ • Επιμέλεια και προετοιμασία των ιατρικών δεδομένων που λαμβάνονται από τις συνεργαζόμενες κλινικές για την ανάπτυξη των αλγορίθμων του συστήματος υποστήριξης κλινικών αποφάσεων. • Σχεδιασμός ερευνητικού πρωτοκόλλου για τη μελέτη πρόβλεψης προόδου ανευρυσμάτων κοιλιακής αορτής μέσω ραδιομικών χαρακτηριστικών, εμβιομηχανικών και τρανσκριπτομικών χαρακτηριστικών και PET/CT απεικόνιση. Το πρωτόκολλο μαζί με το έντυπο συναίνεσης των ασθενών εγκρίθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του ΙΙΒΕΑΑ και του Ιπποκράτειου νοσοκομείου. Έγινε έναρξη έναξης ασθενών στο πρωτόκολλο από όλες τις ομάδες στόχευσης (control, ασθενείς με ΑΚΑ που δεν πληρούν κριτήρια για χειρουργική επέμβαση, ασθενείς με ΑΚΑ με ένδειξη για χειρουργική παρέμβαση). Μέχρι στιγμής, έχουν ενταχθεί τέσσερα (4) περιστατικά στη μελέτη, αντιπροσωπευτικά και των τριών ομάδων στόχευσης. Στους συμμετέχοντες πραγματοποιήθηκαν: υπερηχοκαρδιογράφημα (Triplex), συλλογή δειγμάτων αίματος, απεικόνιση PET/CT. • Αναπτύσσονται τρισδιάστατα μοντέλα ΑΚΑ βασισμένα σε CT εικόνες, με σκοπό την εκτίμηση των αιμοδυναμικών και εμβιομηχανικών δεικτών in-vivo και συσχέτιση με τις μετρήσεις από το PET, τις ραδιομικές και τρανσκριπτομικές αναλύσεις . • Καταγραφή οδηγιών και σεναρίων χρήσης των φορετών συσκευών και ανάπτυξη σχεδίου για τη διαχείριση των δεδομένων από αυτές. • Εκτεταμένη ανάλυση και συγκριτική μελέτη των διαθέσιμων λύσεων σε φορετούς αισθητήρες (wearable sensors) που να ικανοποιούν τις ανάγκες της κλινικής μελέτης του έργου
<p>Παρεκκλίσεις</p>	<p>Οι συνεργαζόμενες αγγειοχειρουργικές κλινικές εντάχθηκαν ως τρίτα μέρη στο έργο από 26/2/2025 (ημερομηνία υπογραφής συμβάσεων), και ως εκ τούτου η συλλογή και η προμήθεια των απολύτως απαραίτητων ιατρικών δεδομένων εκκίνησε με σημαντική καθυστέρηση.</p>

α/α ΕΕ	4	Μήνας Έναρξης	1	Μήνας Λήξης	28
Τίτλος Ενότητας Εργασίας	Ψηφιακό Δίδυμο Αορτής				
Κατηγορία Δραστηριότητας	ΠΕΑ: Πειραματική Ανάπτυξη (Άρθρο 25)				
Υπεύθυνος Ε.Ε. (Φορέας)	ΠΚ				
Φορείς Εκτέλεσης	ΕΜΠ, ΠΔΜ, ΠΚ, ΕΛΜΕΠΑ, ΠΑΔΑ, ΙΙΒΕΑΑ, ΠΑΠΕΛ				
Περιγραφή Ενότητας Εργασίας	Ο στόχος της ΕΕ4 είναι η ανάπτυξη του ΨηφιΔΑ που αποτελεί τον πυρήνα του ΣΥΠΟΚΑ και θα παρέχει τους μη επεμβατικούς βιοδείκτες (μορφολογικά, αιμοδυναμικά και εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά). Στο πλαίσιο της ΕΕ4, θα επικυρωθεί και θα αξιολογηθεί η απόδοση όλων των μονάδων του ΨηφιΔΑ.				
Ποσοστό υλοποίησης ΕΕ (%)	80%				
Παραδοτέα	<p>Π4.1 Εργαλείο τμηματοποίησης εικόνας. Υπό ανάπτυξη (80%)</p> <p>Π4.2 Εργαλείο μορφολογικής ανάλυσης ΑΚΑ. Υπό ανάπτυξη (80%)</p> <p>Π4.3 Εργαλείο αιμοδυναμικής/εμβιομηχανικής ανάλυσης ΑΚΑ. Υπό ανάπτυξη (80%)</p> <p>Π4.4 Λογισμικό ΨηφιΔΑ Υπό ανάπτυξη (70%)</p>				
Ανάλυση της Πορείας Υλοποίησης της ΕΕ Αναμενόμενα Αποτελέσματα – Οφέλη Κάθε Φορέα	<p>Στο πλαίσιο της ΕΕ3 πραγματοποιήθηκαν και είναι σε εξέλιξη οι εξής εργασίες:</p> <p><u>Μονάδα επεξεργασίας εικόνας (E4.1):</u></p> <p>Στο πλαίσιο της Ε4.1, αναπτύσσονται από ομάδες του ΠΑΔΑ, ΕΜΠ και ΕΛΜΕΠΑ μοντέλα για την αυτόματη τμηματοποίηση ανευρυσμάτων, συμπεριλαμβάνοντας τον αυλό του αίματος, τον ενδοαυλικό θρόμβο και τις ασβεστώσεις. Στις ομάδες αυτές έχουν παρασχεθεί από το ΕΜΠ χειροκίνητα επισημειωμένες εικόνες αξονικής αγγειογραφίας από κλινικούς ερευνητές των συνεργαζόμενων κλινικών και από βιοϊατρικούς μηχανικούς του ΕΜΠ.</p> <p>ΠΑΔΑ. Αξιολογήθηκαν τέσσερις προσεγγίσεις: το MONAI με διάφορες αρχιτεκτονικές (UNet, DynUNet, UNETR, SwinUNETR), το TotalSegmentator, διάφορα in-house μοντέλα βαθιάς μάθησης και μια in-house μη εποπτευόμενη μορφολογική μέθοδος τμηματοποίησης που αναπτύχθηκε αποκλειστικά για τις ανάγκες του παρόντος έργου. Τα πρώτα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μοντέλα βαθιάς μάθησης αποδίδουν ικανοποιητικά αλλά χρήζουν προσαρμογής εφόσον υπάρχουν περισσότερα δεδομένα εκπαίδευσης. Η λύση του MONAI φαίνεται ότι προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία για την ενσωμάτωση στο τελικό εργαλείο ΣΥΠΟΚΑ του SAFE-AORTA.</p> <p>ΕΜΠ. Συμμετοχή στην ανάπτυξη αλγορίθμων κατάτμησης για τη μονάδα επεξεργασίας εικόνας του προτεινόμενου συστήματος. Αρχικά, υλοποιήθηκαν και δοκιμάστηκαν, σε περιορισμένο αριθμό δεδομένων του έργου, συμβατικοί αλγόριθμοι κατάτμησης, βασισμένοι στις τεχνικές K-Means και Markov Random Fields, για τον εντοπισμό του αυλού της αορτής. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν μοντέλα μηχανικής μάθησης, βασισμένα στην αρχιτεκτονική UNet. Τα συγκεκριμένα μοντέλα εκπαιδεύτηκαν</p>				

χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο του έργου. Οι αρχικοί αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης επεκτάθηκαν κάνοντας χρήση επιπλέον δεδομένων από βάσεις δεδομένων ελεύθερης πρόσβασης (pre-training). Τα επικαιροποιημένα μοντέλα εκπαιδεύτηκαν χρησιμοποιώντας 44 σετ δεδομένων από βάση ελεύθερης πρόσβασης και επιπλέον 19 σετ δεδομένων από αυτά που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο του έργου. Μετά από κατάλληλη προεπεξεργασία των δεδομένων, δοκιμάστηκαν 4 αρχιτεκτονικές μηχανικής μάθησης: (α) Unet, (β) SegResNet, (γ) UNETR, (δ) SwinUNETR. Μετά από ποιοτική (μέσω τρισδιάστατων μοντέλων) και ποσοτική (μέσω πλήθους μετρικών) ανάλυση των αποτελεσμάτων της κατάτμησης, διαπιστώθηκε πως η αρχιτεκτονική UNet ενδείκνυται για τον εντοπισμό του αυλού της αορτής (με μέσο Dice Coefficient = 0.887 για τα δεδομένα του Safe-Aorta). Στην τρέχουσα περίοδο πραγματοποιούνται επίσης δοκιμές για την κατάτμηση των θρόμβων και των ασβεστώσεων.

ΕΛΜΕΠΑ. Αναπτύχθηκε υπολογιστική πλατφόρμα για την κατάλληλη προετοιμασία (προ-επεξεργασία) των ιατρικών εικόνων καθώς και την εκπαίδευση μοντέλων βαθιάς μάθησης για την κατάτμηση των περιοχών σε δύο φάσεις (θρόμβος, αυλός και ασβεστώσεις). Η προ-επεξεργασία των δεδομένων συμπεριέλαβε τεχνικές επεξεργασίας της εικόνας (π.χ. αποκοπή φωτεινότητας, αποθορύβωση, κανονικοποίηση). Το μοντέλο βαθιάς μάθησης (Context-Infused Swin-UNet - CIS-UNet) εκπαιδεύτηκε στην κατάτμηση ολόκληρης της αορτής και των λαγόνιων αρτηριών και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε επανεκπαίδευση/προσαρμογή στα δεδομένα του Safe-Aorta για την κατάτμηση των επιμέρους περιοχών. Η τεχνική αξιολόγηση της εκπαίδευσης πραγματοποιήθηκε σε πραγματικό χρόνο με την χρήση του ανοιχτού-κώδικα πλατφόρμα MLFlow. Η αξιολόγηση της απόδοσης κατάτμησης του μοντέλου πραγματοποιήθηκε με πλήθος μετρικών αξιολόγησης όπως Dice-Similarity Coefficient (DSC) και Mean Surface Distance (MSD).

Μονάδα μορφολογικής ανάλυσης (E4.2):

ΠΚ/DISPLAY: Η Εργασία 4.2, που αφορά στη μονάδα της μορφολογικής ανάλυσης, δηλαδή του 2ου δομικού στοιχείου του ΨηφιδΑ, βρίσκεται σε εξέλιξη.

- Στο πλαίσιο της Εργασίας 4.2 καταγράφηκαν αναλυτικά οι εξειδικευμένες απαιτήσεις της μορφολογικής ανάλυσης και διενεργήθηκαν εργασίες για το μορφολογικό χαρακτηρισμό πραγματικών μοντέλων Ανευρύσματος Κοιλιακής Αορτής (ΑΚΑ). Μεταξύ άλλων, έγινε χρήση της εργαλειοθήκης VMTK (Vascular Modeling Toolkit), μιας συλλογής βιβλιοθηκών ανοιχτού κώδικα για αγγειακή μοντελοποίηση και γλώσσας python για τον υπολογισμό κι εξαγωγή των αποτελεσμάτων.
- Τα STL αρχεία που δημιουργήθηκαν στο πλαίσιο της Εργασίας 4.1 (μονάδα επεξεργασίας εικόνας) από εικόνες αξονικής τομογραφίας ασθενών με ΑΚΑ αποτέλεσαν την είσοδο της μορφολογικής ανάλυσης.
- Στα πρώτα στάδια της μορφολογικής ανάλυσης καθορίστηκαν ο τρόπος υπολογισμού της κεντρικής γραμμής και η εύρεση του

σημείου διχασμού της αορτής, απ' όπου εκφύονται οι κοινές λαγόνιες αρτηρίες. Στη συνέχεια, έγινε κατάλληλος σχεδιασμός μεθοδολογίας για την εύρεση των τιμών διαμέτρου και τιμών μήκους όλων των επιμέρους τμημάτων της αορτής, όπως αυχένα, ανεύρυσμα – αυλός, λαγόνιες.

- Για την ανάπτυξη μιας προσέγγισης που θα επιτρέψει την αυτοματοποιημένη εξαγωγή ενός συνόλου μορφολογικών παραγόντων ΑΚΑ σχεδιάστηκαν και δοκιμάστηκαν διάφορα σενάρια, λαμβάνοντας υπόψη σχετικά βιβλιογραφικά στοιχεία και προχωρημένες τεχνικές ανάλυσης χρονοσειρών και δεδομένων εν γένει.
- Ως δείγμα της μορφολογικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν διαθέσιμα 3D μοντέλα αυλού, ΑΚΑ και ενδοαυλικού θρόμβου που δημιουργήθηκαν στο πλαίσιο της 4.1 (STL αρχεία), τα οποία προήλθαν από CT εικόνες 17 ασθενών με ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής (3D models, batch1).
- Μέσα από τη σταδιακή ανάπτυξη της αυτοματοποιημένης προσέγγισης υπολογίστηκαν οι ακόλουθοι μορφολογικοί παράγοντες: 1. μέγιστη διάμετρος του αυλού 2. μέγιστη διάμετρος του ΑΚΑ, 3. μέγιστη διάμετρος του λαιμού (αυχένα), 4. μέγιστη διάμετρος της αριστερής λαγόνιας αρτηρίας, 5. μέγιστη διάμετρος της δεξιάς λαγόνιας αρτηρίας, 6. μήκος του λαιμού και 7. μήκος του ΑΚΑ, καθώς και η στρεβλότητα.
- Η αυτοματοποιημένη προσέγγιση εκτελέστηκε με επιτυχία σε σύνολο 13 STL αρχείων ασθενών.
- Οι εξατομικευμένες γεωμετρίες ΑΚΑ που λήφθηκαν μέσω της αυτοματοποιημένης προσέγγισης συγκρίθηκαν με τις κλινικές μετρήσεις των ιατρών που γίνονται βάσει ειδικών προτύπων αναφοράς.
- Παράλληλα, έγιναν δοκιμές για τον υπολογισμό της επιφάνειας των στρωμάτων του ενδοαυλικού θρόμβου (εσωτερικό και μεσαίο/κοιλιακό) με τη χρήση του εργαλείου Paraview, ενός εργαλείου ανοιχτού κώδικα για ανάλυση δεδομένων και οπτικοποίηση.
- Παράδειγμα αυτοματοποιημένων μετρήσεων μορφολογικής ανάλυσης.

T1-P2 (case B) – AAA with ILT



Case A: CenterPoints AAA (old code)

```

Medical Measurements: T1-P2
Maximum Diameter For the Neck: 21 mm
Maximum Diameter For the Lumen: 33 mm
Maximum Diameter For the AAA: 48 mm
Maximum Diameter For Left Iliac: 11 mm
Maximum Diameter For Right Iliac: 10 mm

Length of the Neck: 38 mm
Length of the AAA: 69 mm
Final Results:
Diameters
Median Length Diameter for the Neck: 21.46 mm
Maximum Diameter for the Lumen: 32.87 mm
Maximum Diameter for the AAA: 47.1 mm
Maximum Diameter for First Iliac: 11.77 mm
Maximum Diameter for Second Iliac: 10.19 mm
Median Diameter for First Iliac: 9.04 mm
Median Diameter for Second Iliac: 9.34 mm

Lengths
Length of the Neck: 39.55 mm
Length of the AAA: 67.46 mm
Total Length: 107.01 mm

Extra Metrics
The Tortuosity of AAA: 6.11 %
    
```

Case B: CenterPoints Lumen

```

Medical Measurements: T1-P2
Maximum Diameter For the Neck: 21 mm
Maximum Diameter For the Lumen: 33 mm
Maximum Diameter For the AAA: 48 mm
Maximum Diameter For Left Iliac: 11 mm
Maximum Diameter For Right Iliac: 10 mm

Length of the Neck: 38 mm
Length of the AAA: 69 mm
Final Results:
Diameters
Median Length Diameter for the Neck: 21.69 mm
Maximum Diameter for the Lumen: 32.87 mm
Maximum Diameter for the AAA: 46.01 mm
Median Diameter for First Iliac: 9.04 mm
Median Diameter for Second Iliac: 9.34 mm

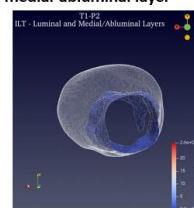
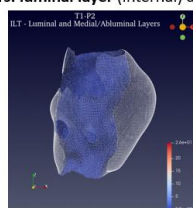
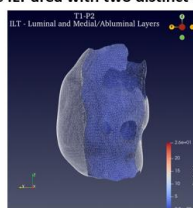
Lengths
Length of the Neck: 48.4 mm
Length of the AAA: 61.8 mm
Total Length: 110.2 mm

Extra Metrics
The Tortuosity of AAA: 8.56 %
    
```

- Παράδειγμα μέτρησης της επιφάνειας των στρωμάτων (εσωτερικό και μεσαίο/κοιλιακό) του ενδοαυλικού θρόμβου. Η μέτρηση δεν γίνεται αυτοματοποιημένα.

T1-P2 Intraluminal Thrombus (ILT)

whole ILT area with two distinct layers: luminal layer (internal) and medial-abluminal layer

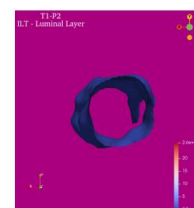
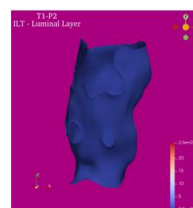
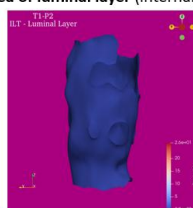


T1-P2
Intraluminal
Thrombus (ILT)

whole ILT area*:
10642.7

medial/abluminal
layer area* of ILT
6552.68

ILT area of luminal layer (internal)



medial/abluminal
to luminal layer of
ILT
1.6021

luminal layer area*
of ILT:
4090.02

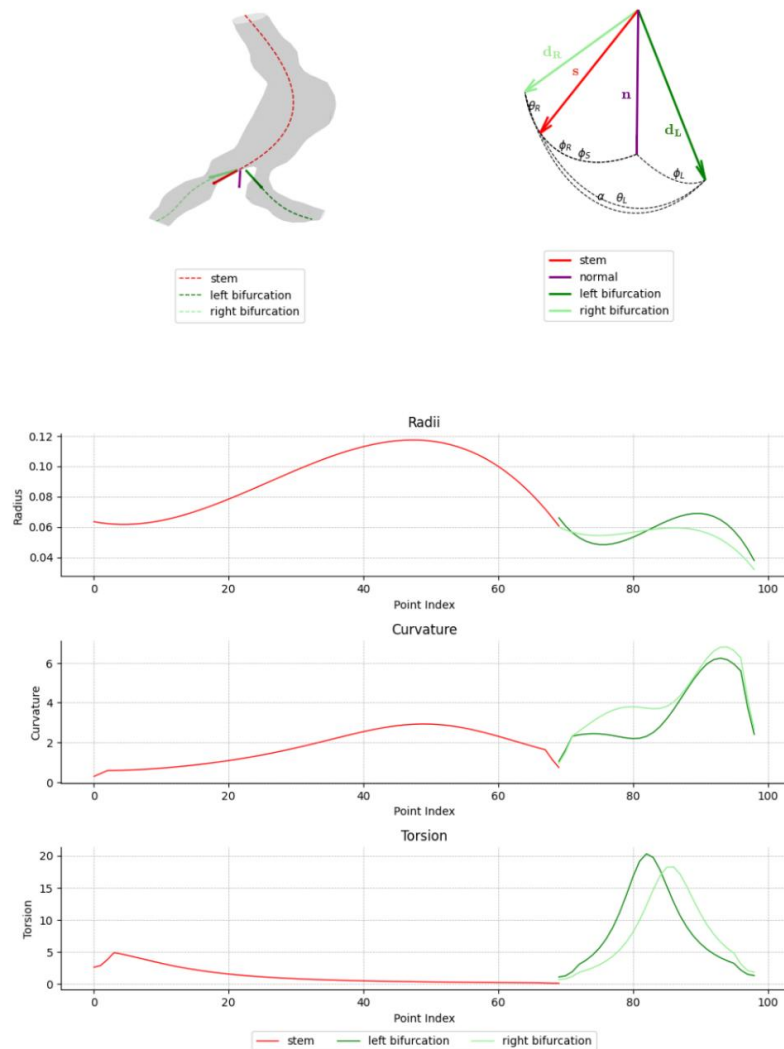
*Το εργαλείο Paraview δε δίνει μονάδες μέτρησης

ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ

- Βελτιστοποίηση του εργαλείου μορφολογικής ανάλυσης ΑΚΑ, έτσι ώστε να μην υπάρχουν αποκλίσεις από τις κλινικές μετρήσεις των ιατρών.
- Συγκριτική αξιολόγηση των αυτοματοποιημένων μετρήσεων του ανευρύσματος με μετρήσεις από Nurea και πιθανά από Horos.

ΠΚ/PDOC. Αναπτύχθηκε ολοκληρωμένο σύστημα εξαγωγής γεωμετρικών χαρακτηριστικών από τα πλέγματα της αορτής, με έμφαση σε παραμέτρους που επηρεάζουν την αιμοδυναμική κατάσταση σύμφωνα με σχετικά δημοσιεύματα [7]. Τα συστήματα αυτά

υλοποιήθηκαν με στόχο την αυτοματοποιημένη ανάλυση κρίσιμων μορφολογικών παραγόντων. Στην Εικόνα 1, παρουσιάζονται ορισμένα από τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά που εξήχθησαν από τις αορτές που αφορούν τις γωνίες μεταξύ της κοιλιακής αορτής και των λαγονίων, καθώς και την καμπυλότητα (curvature) και την στρέψη (torsion) τους.



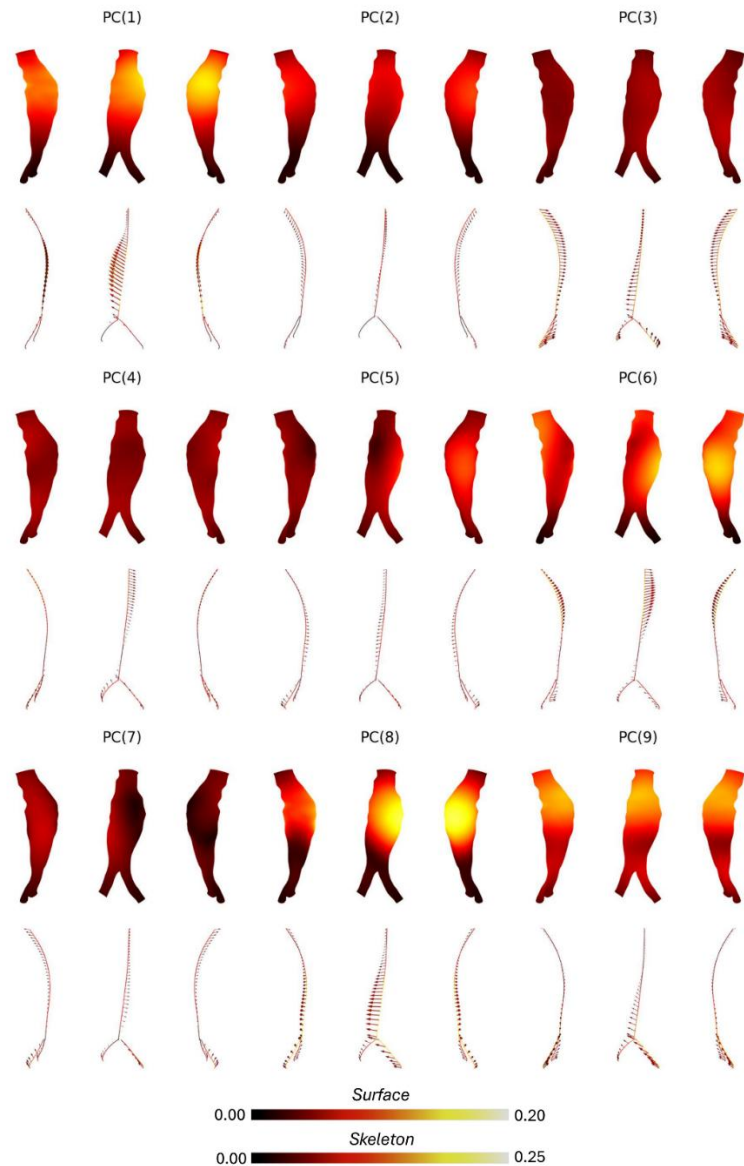
Εικόνα 1. Εξαγωγή κρίσιμων γεωμετρικών χαρακτηριστικών (π.χ. γωνίες διακλαδώσεων, μήκη, καμπυλότητα, στρεβλότητα) από τα πλέγματα της αορτής.

Μονάδα αιμοδυναμικής (E4.3) – ΦΟΡΕΑΣ ΠΚ:

- Αναπτύχθηκε και βελτιστοποιήθηκε το πρωτότυπο πολλαπλό Στατιστικό Μοντέλο Σχήματος (SSM) σκελετού/επιφάνειας για την ακριβέστερη παραμετρική περιγραφή φυσιολογικών και παθολογικών διακυμάνσεων της γεωμετρίας της αορτής [1-5] με χρήση του εργαλείου ανοιχτού κώδικα Deformetrica [6]. Το SSM επιτρέπει τη δημιουργία συνθετικών δεδομένων εκπαίδευσης, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον εμπλουτισμό της βάσης δεδομένων

εισόδου-εξόδου. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται μια οπτική αναπαράσταση των κύριων συνιστωσών (PCA) που προκύπτουν από το SSM και απεικονίζουν την μορφολογική διακύμανση των ΑΚΑ

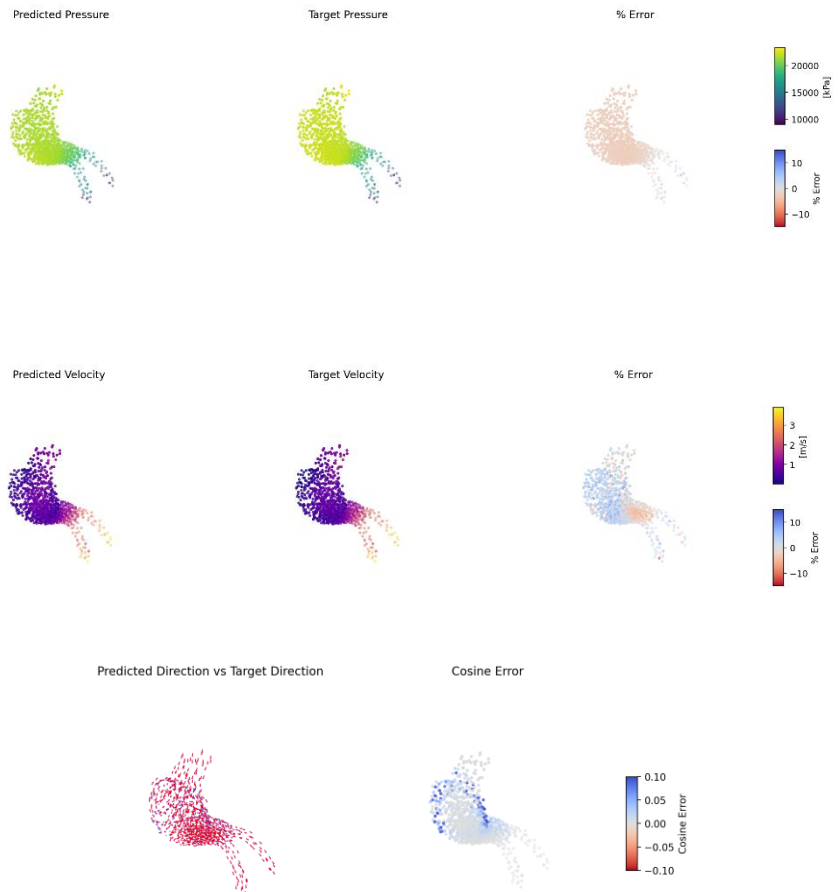
- Πραγματοποιήθηκε υπολογισμός πεδίων ταχύτητας και πίεσης στο περιβάλλον COMSOL, αξιοποιώντας τα συνθετικά δεδομένα πλεγμάτων αρτηίας που έχουν παραχθεί. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την αυτοματοποιημένη παραγωγή δεδομένων εκπαίδευσης για τα μοντέλα μηχανικής μάθησης που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση



Εικόνα 2. Στατιστική διακύμανση γεωμετριών αρτηίας μέσω των κύριων συνιστωσών του Στατιστικού Μοντέλου Σχήματος (SSM).

- Έχουν αναπτυχθεί μοντέλα μηχανικής μάθησης για την εκτίμηση τρισδιάστατων διανυσματικών πεδίων που περιγράφουν την αιμοδυναμική κατάσταση της αρτηίας (πίεση και ταχύτητα ροής αίματος), βασισμένα σε μεθοδολογίες Cross Decomposition (Partial

Least Squares, CCA, κ.α) [8] τα οποία έχουν αξιολογηθεί με ακρίβεια προσέγγισης έως και 97% για βαθμωτά πεδία (πίεση, μέτρο ταχύτητας) και 95% για διανυσματικά (κατεύθυνση ταχύτητας), Εικόνα 3.



Εικόνα 3. Παράδειγμα πεδίων πίεσης, μέτρου ταχύτητας και κατεύθυνσης ταχύτητας που εκτιμήθηκαν από εκπαιδευμένο μοντέλο.

- Αυτή τη στιγμή βρίσκονται σε εξέλιξη δύο επιστημονικές δημοσιεύσεις που σχετίζονται με τα αποτελέσματα της Ε4.3: 1) Επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και βελτιστοποίηση του πρωτότυπου Στατιστικού Μοντέλου Σχήματος (SSM) καθώς και στη χρήση του για τη δημιουργία συνθετικών δεδομένων εκπαίδευσης. Στο άρθρο αυτό αναλύονται εκτενώς οι τεχνικές παραμετρικής περιγραφής των μορφολογιών της αορτής και παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το SSM στην ποικιλία και ακρίβεια των παραγόμενων δεδομένων. 2) Εστιάζει στην ανάπτυξη και αξιολόγηση των μοντέλων μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούν τα παραγόμενα συνθετικά δεδομένα για την εκτίμηση της αιμοδυναμικής κατάστασης της αορτής. Το άρθρο αυτό περιλαμβάνει μεθόδους πρόβλεψης

τρισεπίστας διανυσματικών πεδίων ταχυτήτων και πίεσης, καθώς και συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Επόμενα βήματα:

- Περαιτέρω βελτιστοποίηση και αποσφαλμάτωση των εργαλείων, καθώς και αναλυτική τεκμηρίωση του κώδικα για διευκόλυνση της συντήρησης και μελλοντικής χρήσης.
- Containerization των τελικών εκτελέσιμων εφαρμογών (π.χ. μέσω Docker) ώστε να διασφαλιστεί η ευκολότερη εγκατάσταση και αξιοποίηση τους σε διαφορετικά υπολογιστικά περιβάλλοντα.
- Ολοκλήρωση της συγγραφής και υποβολή των σχετικών επιστημονικών δημοσιεύσεων που βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] L. Liang, M. Liu, C. Martin, J. A. Elefteriades, and W. Sun, "A machine learning approach to investigate the relationship between shape features and numerically predicted risk of ascending aortic aneurysm," *Biomech. Model. Mechanobiol.*, vol. 16, no. 5, pp. 1519–1533, Oct. 2017. J. L. Bruse, K. McLeod, G. Biglino, H. N. Ntsinjana, C. Capelli, T.-Y. Hsia, M. Sermesant, X. Pennec, A. M. Taylor, and S. Schievano, "A statistical shape modelling framework to extract 3d shape biomarkers from medical imaging data: assessing arch morphology of repaired coarctation of the aorta," *BMC Medical Imaging*, vol. 16, no. 1, May 2016. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1186/s12880-016-0142-z>
- [2] C. Catalano, V. Agnese, G. Gentile, G. M. Raffa, M. Pilato, and S. Pasta, "Atlas-based evaluation of hemodynamic in ascending thoracic aortic aneurysms," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 1, 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/1/394>
- [3] M. A. Scarpolini, M. Mazzoli, and S. Celi, "Enabling supra-aortic vessels inclusion in statistical shape models of the aorta: a novel non-rigid registration method," *Frontiers in Physiology*, vol. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2023.1211461>
- [4] H. Wiputra, S. Matsumoto, J. E. Wagenseil, A. C. Braverman, R. K. Voeller, and V. H. Barocas, "Statistical shape representation of the thoracic aorta: accounting for major branches of the aortic arch," *Comput. Methods Biomech. Biomed. Engin.*, vol. 26, no. 13, pp. 1557–1571, Oct. 2023.
- [5] Y. Aljassam, F. Sophocleous, J. L. Bruse, V. Schot, M. Caputo, and G. Biglino, "Machine learning and statistical shape modelling methodologies to assess vascular morphology before and after aortic valve replacement," *Journal of Clinical Medicine*, vol. 13, no. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2077-0383/13/15/4577>
- [6] A. Bone, M. Louis, B. Martin, and S. Durrleman, "Deformetrica 4: An open-source software for statistical shape analysis," in *Shape in Medical Imaging*, M. Reuter, C. Wachinger, H. Lombaert, B. Paniagua, M. Luthi, and B. Egger, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 3–13
- [7] P. M. O'Flynn, G. O'Sullivan, and A. S. Pandit, "Geometric variability of the abdominal aorta and its major peripheral branches," *Annals of Biomedical Engineering*, vol. 38, no. 3, pp. 824–840, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10439-010-9925-5>

[8] Wegelin, Jacob. (2000). A Survey of Partial Least Squares (PLS) Methods, with Emphasis on the Two-Block Case. Technical report.

Μονάδα αιμοδυναμικής (E4.3) – ΠΑΠΕΛ:

1. Μοντελοποίηση

- Από αξονικές τομογραφίες (CT scans) ΑΚΑ, εξήχθησαν οι σχετικές δομές και πραγματοποιήθηκαν οι εξής ενέργειες:
 - Καθαρισμός των γεωμετριών.
 - Τομές στην υπονεφρική και λαγόνια περιοχή.
 - Μετατροπή σε αρχεία .stl για χρήση σε αιμοδυναμικές προσομοιώσεις.
 - Διαχωρισμός καλυμμάτων εισόδων/εξόδων.
 - Κανονικοποίηση και ευθυγράμμιση προσανατολισμού με χρήση του Mimics.

2. Αιμοδυναμική Προσομοίωση

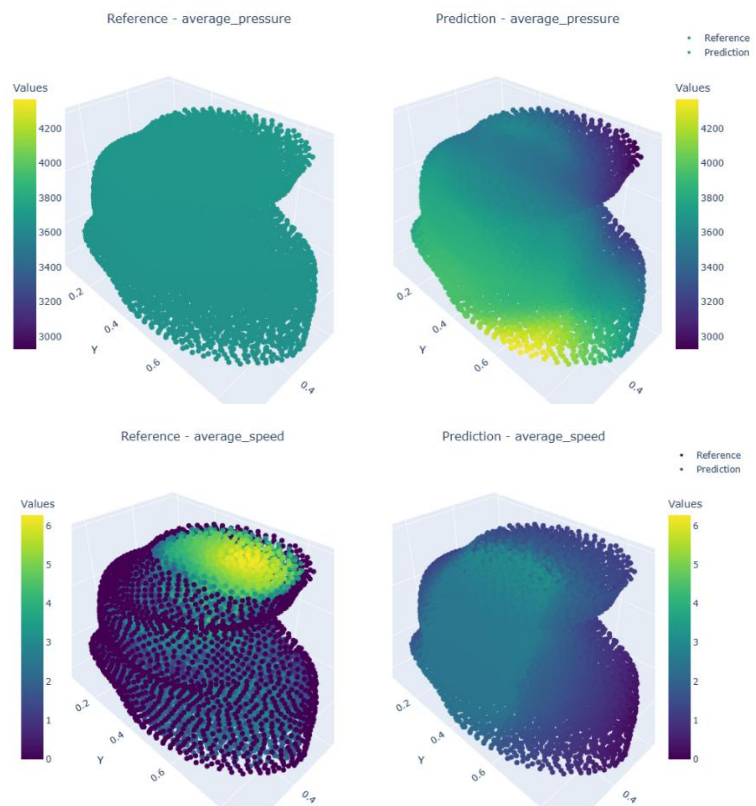
- Χρησιμοποιήθηκε το SimVascular για τις προσομοιώσεις:
 - Δημιουργία αρχικού και τελικού πλέγματος για κάθε γεωμετρία.
 - Ορισμός συνοριακών συνθηκών πίεσης και αντίστασης.
 - Εξαγωγή μεταβλητών: ταχύτητα ροής, πίεση, διατμητικές τάσεις τοιχώματος (WSS).
 - Τα αποτελέσματα αποθηκεύτηκαν σε αρχεία Excel.
- **Υπολογιστικά Συστήματα:**
 - Εκτελέστηκαν σε πληθώρα υπολογιστών και server υψηλών επιδόσεων (Intel i9, AMD Ryzen, Xeon, RAM έως 256 GB).

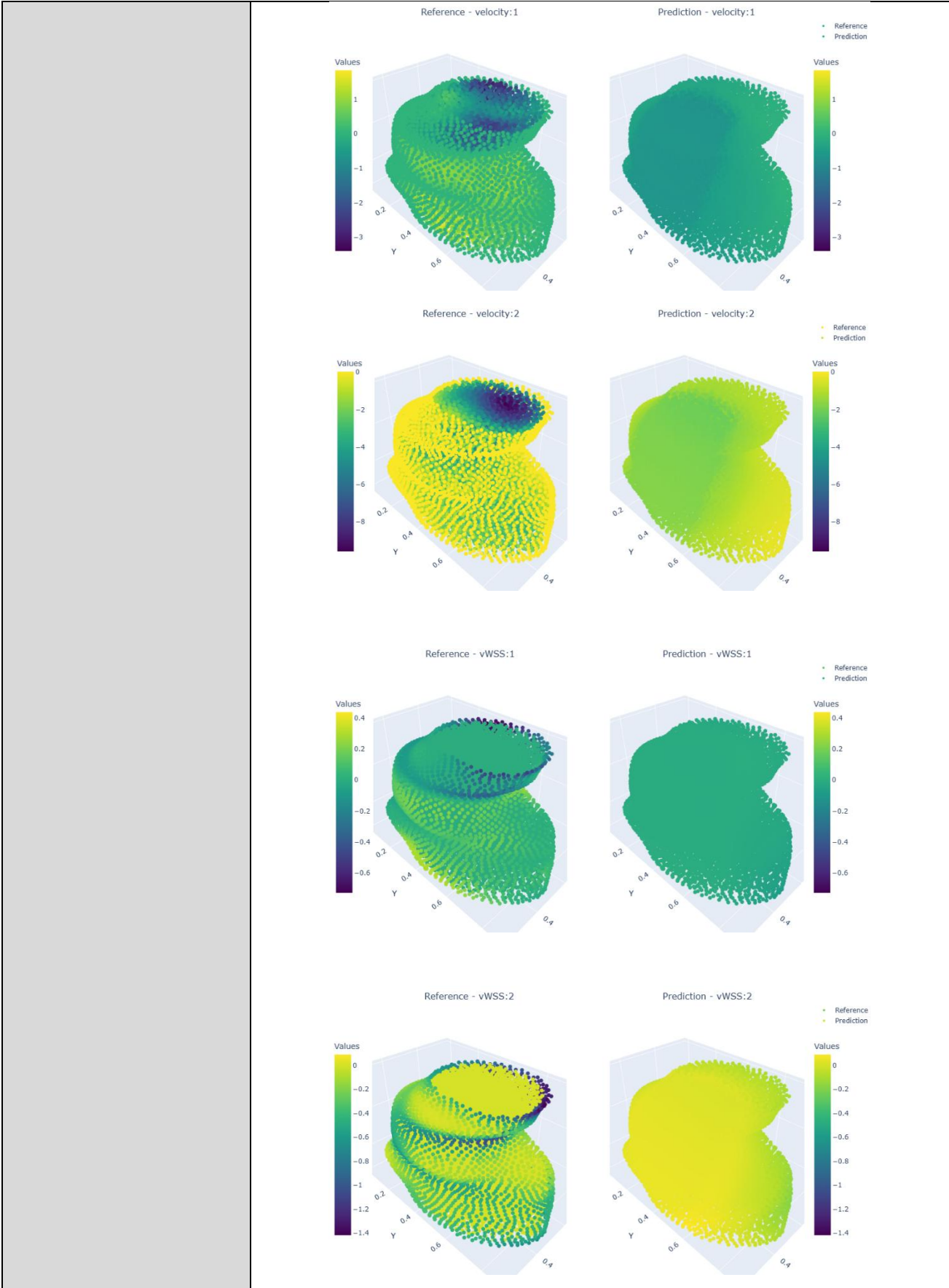
3. Γενίκευση μέσω Νέφους Σημείων

- Υλοποιήθηκε αλγόριθμος σε MATLAB, ο οποίος δημιουργεί νέφος σημείων εντός της γεωμετρίας της αορτής.
- Μετατράπηκε σε .exe αρχείο (MATLAB Compiler), για χρήση σε οποιοδήποτε υπολογιστικό σύστημα.
- Τα σημεία εγγράφονται σε αρχείο Excel και αποτελούν είσοδο του Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου (ΤΝΔ).

4. Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο

- Ανάπτυξη MLP (Multilayer Perceptron) 4 επιπέδων:
 - 4 νευρώνες εισόδου (x, y, z, συνοριακή συνθήκη πίεσης).
 - 2 κρυφά επίπεδα με 220 ReLU νευρώνες.
 - 9 έξοδοι: u, v, w, Average Speed, Pressure, Average Pressure, WSS_X/Y/Z.
- Εκπαίδευση με SimVascular-based δεδομένα (σε μορφή Excel), κανονικοποιημένα στο [0,1].
- Αλγόριθμος εκπαίδευσης: Adam.
- Κριτήρια: MSE, MAE, NMAE.
- Τελικές επιδόσεις:
 - **MSE:** 5.33×10^{-4}
 - **MAE:** 0.0129





Εικόνα 4: Τρισδιάστατη απεικόνιση των προβλέψεων του ΤΝΔ για ενδεικτικές μεταβλητές πρόβλεψης (δεξιά), και των τιμών αναφοράς, όπως εξήχθησαν από την αριθμητική προσομοίωση (αριστερά),

5. Ενσωμάτωση στο ΨηφιΔΑ

- Ενοποιήθηκαν τα εξής:
 - CFD δεδομένα
 - ΤΝΔ προβλέψεις
- Τελική λειτουργία:
 - Είσοδοι: αρχείο STL, αριθμός σημείων εντός αορτής, συνοριακή συνθήκη πίεσης.
 - Έξοδοι: εκτίμηση αιμοδυναμικών δεικτών.

Μονάδα μηχανικής τοιχώματος (E4.4):

Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις με γραμμικά και μη γραμμικά μοντέλα τοιχώματος αορτής, και εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με την αξιοπιστία τους. Πραγματοποιήθηκαν επίσης δοκιμές με μοντέλα ενδοαυλικού θρόμβου και αθηρωματικών εναποθέσεων και μελετήθηκε η επίδρασή τους στην μηχανική συμπεριφορά του τοιχώματος. Τελικά επιλέχθηκε γραμμικό μοντέλο για την ταχεία παραμετρική διερεύνηση της μηχανικής του τοιχώματος σε διάφορες αορτές με ανευρύσματα κάτω από τις ίδιες υποθέσεις φόρτισης και ιδιοτήτων υλικών.

Προς την κατεύθυνση της δημιουργίας ψηφιακού διδύμου για την ανευρυσματική αορτή και την συσχέτιση τη μορφολογία της με τις μέγιστες εμφανιζόμενες τάσεις (και συνεπώς την επικινδυνότητα του ανευρύσματος), πραγματοποιήθηκαν τα εξής βήματα: 1) Ρύθμιση της αυτόματης σύνδεσης προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων για την ανάλυση του τοιχώματος της αορτής, ώστε με καθοδήγηση από πρόγραμμα και κοινές υποθέσεις (πίεση, πάχος και ιδιότητες τοιχώματος) να υπολογιστούν αυτόματα τάσεις, παραμορφώσεις, συνάρτηση πυκνότητας ενέργειας ελαστικής παραμόρφωσης και άλλα χαρακτηριστικά ελαστικότητας για την αορτή. 2) Δυνατότητα εισαγωγής είτε εξατομικευμένων είτε τεχνητών αορτών (αρχεία stl). 3) Υπολογισμός τάσης και παραμόρφωσης και άλλων χαρακτηριστικών ελαστικότητας. 4) Δημιουργία βάσης δεδομένων εισόδου-εξόδου. για εκπαίδευση, επικύρωση και πρόβλεψη νευρωνικού δικτύου.

Λογισμικό ΨηφιΔΑ (E4.5):

Σχετικά με τη σύνδεση της μορφολογικής μονάδας με τις υπόλοιπες δομικές μονάδες του ΨηφιΔΑ ισχύουν τα ακόλουθα:

- Περιγραφή: Η μονάδα μορφολογικής ανάλυσης 4.2 παρέχει τα γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του ανευρύσματος.
- Είσοδος: 1 .stl file ανευρύσματος ανά ασθενή.
- Έξοδος: 1 αρχείο ανά ασθενή (όποιας μορφής μας ζητηθεί ή ταιριάζει) με 1 τιμή για κάθε 1 από τα ακόλουθα: διάμετρος (mm) αυχένα, διάμετρος ανευρύσματος, διάμετρος λαγονίων αρτηριών (αριστερής, δεξιάς), μήκος αυχένα, μήκος ανευρύσματος, στρεβλότητα (tortuosity).

	<p>Σχετικά με τη σύνδεση της μονάδας αιμοδυναμικής με τις υπόλοιπες δομικές μονάδες του Ψηφίδα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Περιγραφή: Η μονάδα παρέχει ολοκληρωμένα δεδομένα αιμοδυναμικής, μορφολογικής και εμβιομηχανικής ανάλυσης. • Είσοδος: Δεδομένα STL από τις μονάδες μορφολογικής ανάλυσης (4.2) και επεξεργασίας εικόνας (4.1) αυστηρά σε κλίμακα εκατοστών. • Έξοδος: Στατιστικά μοντέλα σχήματος (SSM), συνθετικά δεδομένα εκπαίδευσης, πεδία ταχύτητας/πίεσης, καθώς και κρίσιμα γεωμετρικά και εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά ανά ασθενή.
Παρεκκλίσεις	<p>Μονάδα επεξεργασίας εικόνας (E4.1): Έχουν διατεθεί προς το παρόν 55 χειροκίνητα επισημειωμένα σετ εικόνων από αξονικές αγγειογραφίες ασθενών με ΑΚΑ. Ο περιορισμένος αριθμός επισημειωμένων (golden truth) δεδομένων οφείλεται στην καθυστερημένη ένταξη των κλινικών στο έργο.</p> <p>Μονάδα μηχανικής τοιχώματος (E4.4): Στην Εργασία 4.4 παρατηρήθηκαν μικρές αποκλίσεις στα αποτελέσματα της μηχανικής τοιχώματος από το γραμμικό ομογενές, το ανισότροπο και το μη γραμμικό μοντέλο. Οι αποκλίσεις συζητήθηκαν σε δημοσιεύσεις και εργασίες της ομάδας. Τελικά με βάση τα υπάρχοντα αξιόπιστα στοιχεία, αποφασίστηκε σε πρώτη φάση η δημιουργία των παραμετρικών βάσεων δεδομένων με ευρεία χρήση γραμμικού μοντέλου. Αυτές οι αποκλίσεις είχαν ως αποτέλεσμα τη χρονική καθυστέρηση στην υλοποίηση της Εργασίας 4.4., αφού χρειάστηκε να δοκιμαστούν διάφορα μοντέλα μηχανικής τοιχώματος και πακέτα πεπερασμένων στοιχείων και να υλοποιηθεί η εκτέλεση της αυτοματοποιημένης προσέγγισης.</p>

α/α ΕΕ	5	Μήνας Έναρξης	7	Μήνας Λήξης	28
Τίτλος Ενότητας Εργασίας	Διαχείριση Έργου				
Κατηγορία Δραστηριότητας	ΠΕΑ: Πειραματική Ανάπτυξη (Άρθρο 25)				
Υπεύθυνος Ε.Ε. (Φορέας)	ΕΛΜΕΠΑ				
Φορείς Εκτέλεσης	ΕΜΠ, ΠΔΜ, ΠΚ, ΕΛΜΕΠΑ, ΠΑΔΑ, ΙΙΒΕΑΑ, ΠΑΠΕΛ				
Περιγραφή Ενότητας Εργασίας	Ο στόχος της ΕΕ5 είναι η ανάπτυξη αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης και βαθιών γεννητικών μοντέλων για την πρόβλεψη του κινδύνου ρήξης και της (μορφολογικής) εξέλιξης του ΑΚΑ βάσει των Ψηφίδα των ασθενών. Τα επιμέρους μοντέλα που θα αναπτυχθούν κατά τη διάρκεια του έργου θα ενσωματωθούν σε ένα τελικό σύστημα, δηλαδή στο SAFE-AORTA ΣΥΠΟΚΑ.				
Ποσοστό υλοποίησης ΕΕ (%)	70%				
Παραδοτέα	Π5.1 Λογισμικό ΣΥΠΟΚΑ. Σε εξέλιξη Π5.2 Έκθεση Αξιολόγησης SAFE-AORTA. Σε εξέλιξη				
	Στο πλαίσιο της ΕΕ5 πραγματοποιήθηκαν και είναι σε εξέλιξη οι εξής εργασίες:				

Ανάλυση της Πορείας Υλοποίησης της ΕΕ Αναμενόμενα Αποτελέσματα – Οφέλη Κάθε Φορέα	<ul style="list-style-type: none"> Καθορισμός πλαισίου ομοσπονδιακής μάθησης για σχεδιασμό και ανάπτυξη μοντέλων TN Εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα για τους βέλτιστους αλγορίθμους για την πρόβλεψη ρήξης και μορφολογικής εξέλιξης ΑΚΑ. Προετοιμασία για τη λειτουργική και τεχνική αξιολόγηση από κλινικούς και τεχνικούς εταίρους.
Παρεκκλίσεις	Παρέκκλιση στο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης της ΕΕ5 λόγω έλλειψης μεγάλου όγκου δεδομένων.

α/α ΕΕ	6	Μήνας Έναρξης	1	Μήνας Λήξης	28
Τίτλος Ενότητας Εργασίας	Διάχυση και Εκμετάλλευση Αποτελεσμάτων				
Κατηγορία Δραστηριότητας	ΠΕΑ: Πειραματική Ανάπτυξη (Άρθρο 25)				
Υπεύθυνος Ε.Ε. (Φορέας)	ΠΑΠΕΛ				
Φορείς Εκτέλεσης	ΕΜΠ, ΠΔΜ, ΠΚ, ΕΛΜΕΠΑ, ΠΑΔΑ, ΙΙΒΕΑΑ, ΠΑΠΕΛ				
Περιγραφή Ενότητας Εργασίας	Οι στόχοι της ΕΕ6 είναι: (i) να προετοιμάσει ένα σχέδιο για την εκμετάλλευση και εμπορευματοποίηση των επιστημονικών και τεχνολογικών αποτελεσμάτων, (ii) να επιταχύνει τη μετάβαση των αποτελεσμάτων της βιοϊατρικής και κλινικής έρευνας στην κλινική χρήση μέσω σαφώς καθορισμένων δραστηριοτήτων διάδοσης και επικοινωνίας, (iii) να εισάγει και ενισχύσει τη διείσδυση των εργαλείων, μοντέλων, αλγορίθμων του SAFE AORTA στον βιομηχανικό τομέα, (iv) η αμοιβαία μεταφορά γνώσης και τεχνογνωσίας με βασικά ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders), συμπεριλαμβανομένων των ενώσεων εμπειρογνομόνων, επιστημόνων, αρχών δημόσιας υγείας, ΜΜΕ στο τομέα της TN, ρυθμιστικών αρχών και άλλους				
Ποσοστό υλοποίησης ΕΕ (%)	70%				
Παραδοτέα	Π6.1 Σχέδιο διάχυσης αποτελεσμάτων (M4). Ολοκληρώθηκε Π6.2 Σχέδιο εκμετάλλευσης και εμπορευματοποίησης (M28). Σε εξέλιξη Π6.3 Ιστότοπος (M6). Ολοκληρώθηκε Π6.4 Δημοσιεύσεις & Ανακοινώσεις αποτελεσμάτων (M28). Σε εξέλιξη				
Ανάλυση της Πορείας Υλοποίησης της ΕΕ Αναμενόμενα Αποτελέσματα – Οφέλη Κάθε Φορέα	Στο πλαίσιο της ΕΕ6 πραγματοποιήθηκαν και είναι σε εξέλιξη οι εξής εργασίες: <ul style="list-style-type: none"> Καταρτίστηκε και εφαρμόζεται ένα αναλυτικό σχέδιο διάχυσης αποτελεσμάτων που καλύπτει όλα τα κανάλια επικοινωνίας του έργου. Το σχέδιο περιλαμβάνει δράσεις επιστημονικής δημοσίευσης, συμμετοχής σε συνέδρια και ημερίδες, σύνδεσης με άλλες ερευνητικές πρωτοβουλίες, διοργάνωσης εργαστηρίων και εκδηλώσεων, καθώς και δράσεις ενημέρωσης για το ευρύτερο κοινό. Η στρατηγική διάχυσης περιλαμβάνει μηχανισμούς 				

παρακολούθησης (KPIs, ανατροφοδότηση από συμμετέχοντες) και επικαιροποιείται περιοδικά.

- Δημιουργήθηκε και λειτουργεί ο επίσημος ιστότοπος του SAFE-AORTA, ο οποίος αποτελεί το κεντρικό σημείο πληροφόρησης για το έργο. Περιλαμβάνει πληροφορίες για τους στόχους, τα παραδοτέα, τις δράσεις και τα νέα του έργου, καθώς και προσβασιμότητα σε υλικό επικοινωνίας, ανακοινώσεις, συμμετοχές σε εκδηλώσεις και συνδέσεις με σχετικά έργα. Ο ιστότοπος ενημερώνεται και περιλαμβάνει tracking μηχανισμούς για την αξιολόγηση της επισκεψιμότητας.
- Εκπαίδευση κλινικών ερευνητών στη χρήση προγραμμάτων επεξεργασίας ιατρικών εικόνων για την χειροκίνητη τμηματοποίηση ανευρυσμάτων κοιλιακής αορτή σε εξετάσεις αζονικής αγγειογραφίας.
- Πραγματοποιήθηκαν στοχευμένες δράσεις προβολής των αποτελεσμάτων του έργου. Συγκεκριμένα:
 - Δημιουργήθηκαν αφίσες, ενημερωτικά δελτία και δελτία τύπου
 - Υλοποιήθηκε συστηματική παρουσία στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, με στόχο την προσέγγιση ευρύτερων κοινοτήτων και τη συνεχή ενημέρωση για την πρόοδο του έργου.
 - Όλες οι ενέργειες προβολής περιλαμβάνουν ευδιάκριτη αναφορά στο χρηματοδοτικό σχήμα του έργου.

Δημοσιεύσεις σε Επιστημονικά Περιοδικά με Κριτές

- Sarantides P, Raptis A, Mathioulakis D, Moulakakis K, Kakisis J, Manopoulos C. Computational study of abdominal aortic aneurysm walls accounting for patient-specific non-uniform intraluminal thrombus thickness and distinct material models: a pre-and post-rupture case. *Bioengineering*. 2024 Jan 31;11(2):144.
- Aravanis T, Chrimatopoulos G, Xenos M, Tzirtzilakis EE. Forecasting two-dimensional channel flow using machine learning. *Physics of Fluids*. 2024 Oct 1;36(10).
- Kyparissis K, Kladovasilakis N, Daraki MS, Raptis A, Tsantrizos P, Moulakakis K, Kakisis J, Manopoulos C, Stavroulakis GE. Numerical Evaluation of Abdominal Aortic Aneurysms Utilizing Finite Element Method. *Diagnostics*. 2025 Mar 12;15(6):697.
- Mouratidou AD, Stavroulakis GE. A Neural Network Constitutive Model and Automatic Stiffness Evaluation for Multiscale Finite Elements. *Applied Sciences (2076-3417)*. 2025 Apr 1;15(7).

- Mouratidou AD, Drosopoulos GA, Stavroulakis GE. Ensemble of physics-informed neural networks for solving plane elasticity problems with examples. Acta Mechanica. 2024 Nov;235(11):6703-22.
- Mavridis C, Vagenas TP, Economopoulos TL, Vezakis I, Petropoulou O, Kakkos I, Matsopoulos GK. Automatic segmentation in 3D CT images: a comparative study of deep learning architectures for the automatic segmentation of the abdominal aorta. Electronics. 2024 Dec 13;13(24):4919.
- Katsoudas S, Malatos S, Raptis A, Matsagkas M, Giannoukas A, Xenos M. Blood Flow Simulation in Bifurcating Arteries: A Multiscale Approach After Fenestrated and Branched Endovascular Aneurysm Repair. Mathematics. 2025 Apr 22;13(9):1362.

Κεφάλαιο σε Βιβλίο

- Stavroulakis, G.E., Mouratidou, A.D., Drosopoulos, G.A. (2025). Multiscale Finite Elements Using Neural Network Material Metamodels. In: Trovalusci, P., Sadowski, T., Ibrahimbegovic, A. (eds) Multiscale and Multiphysics Modelling for Advanced and Sustainable Materials. Advanced Structured Materials, vol 231. Springer, Cham.

Συμμετοχή με ανακοινώσεις-δημοσιεύσεις στα εξής Διεθνή/Εθνικά Συνέδρια:

- 15th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA 2024)
- 28th Pan-Hellenic Conference on Progress in Computing Informatics with International Participation (PCI 2024)
- 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας (ΕΛΕΒΙΤ)
- 2024 IEEE 24th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)
- Conference 1st Hellenic-Italian Conference on Computational Mechanics, Biomechanics and Mechanics of Materials/ Rhodes Island, Greece, 19-21 June 2025
- 16th World Congress on Computational Mechanics and 4th Pan American Congress on Computational Mechanics
- IEEE Medical Measurements & Applications MeMeA conference, Chania, 2025
- 47th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)
- 9th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)

	<ul style="list-style-type: none"> • 11th International Conference “from Scientific Computing to Computational Engineering” – IC-SCCE • European Symposium on Biomedical Engineering – ESBME • 13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοϋλικών 28-29 Μαρτίου 2025 • 1st HICOMP Conference, Rhodes, 19-21 June 2025. • Genomics, Neuroscience, Therapeutics and Data Innovation Summit (GENEDIS) • 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Τεχνολόγων Ακτινολόγων ΠΑΔΑ «Σύγχρονες Εφαρμογές στην Ιατρική Απεικόνιση και την Ακτινοθεραπεία», 16-18 Μαΐου 2025, Αθήνα • The International Conference on Applied Physics, Simulation and Computing (APSAC25), Amalfi Coast - Salerno, Italy, 21-23 June, 2025.
Παρεκκλίσεις	-

2. Σχόλια - Προβλήματα - Παρατηρήσεις

2.1 Αιτιολόγηση αποκλίσεων

Οι αποκλίσεις στην υλοποίηση των εργασιών κυρίως της EE4 και EE5 οφείλονται στη μικρή διαθεσιμότητα ιατρικών και απεικονιστικών δεδομένων από ασθενείς με ΑΚΑ λόγω της καθυστερημένης ένταξης των αγγειοχειρουργικών κλινικών στο έργο (ως τρίτα μέρη). Η μεγαλύτερη απόκλιση παρατηρείται στην Ενότητα Εργασίας 5 (Σύστημα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων) καθώς απαιτείται για την υλοποίηση των εργασιών E5.2 (μοντέλα πρόβλεψης ρήξης) και E5.3 (μοντέλα πρόβλεψης γεωμετρικής εξέλιξης) μεγάλος όγκος δεδομένων από περιπτώσεις με άθικτα και διερρηγμένα ΑΚΑ, με τουλάχιστον δύο διαθέσιμες εξετάσεις αξονικής αγγειογραφίας ανά περίπτωση ιδανικά, ώστε να αποτυπώνεται η φυσική εξέλιξη των ΑΚΑ. Η υπογραφή συμβάσεων με τα τρίτα μέρη έλαβε χώρα στις 26/2/2008 με πρόβλεψη για την υλοποίησή τους (και επομένως για τη ολοκληρωμένη συλλογή και προμήθεια των δεδομένων), σε 3 φάσεις σε διάστημα 8 μηνών. Η 2^η φάση ολοκληρώθηκε στις 26/7/2025 και εκκρεμεί η 3^η και τελευταία φάση, με διάρκεια μέχρι τις 26/10/2025, κατά την οποία θα παραδοθεί το μεγαλύτερο ποσοστό των ιατρικών και απεικονιστικών δεδομένων (70% σε ένα προβλεπόμενο σύνολο ~1900 ασθενών) από τις συνεργαζόμενες αγγειοχειρουργικές κλινικές. Είναι επομένως πολύ σημαντικό και προτείνεται να δοθεί παράταση στο έργο κατά 6 μήνες ώστε να υπάρχει ο διαθέσιμος χρόνος να ολοκληρωθούν επιτυχώς όλες οι ενότητες εργασίες και να δημιουργηθεί ένα λειτουργικό και αξιόπιστο σύστημα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων για τη νόσο των ΑΚΑ.

2.2 Λοιπές παρατηρήσεις

Λογότυπο έργου: Το λογότυπο του έργου αποτελεί την επίσημη γραφική απεικόνιση του έργου SAFE-AORTA και χρησιμοποιείται σε όλες τις δραστηριότητες σχετικές με την διάχυση και την



ενημέρωση σχετικά με το έργο αλλά και στην γενικότερη ψηφιακή και έντυπη αποτύπωση πληροφοριών σχετικών με το έργο. Επιπρόσθετα, κατά την όποια χρήση του λογοτύπου του έργου και γενικότερα σε κάθε περίπτωση αναφοράς στο έργο, υπάρχει και η αντίστοιχη αναφορά στους χρηματοδότες αυτού, και μέσω της χρήσης των λογοτύπων τους αλλά και μέσω της χρήσης σχετικού κειμένου το οποίο συνοδεύει τις όποιες δραστηριότητες του έργου.

Ιστοσελίδα (website) έργου: Στο πλαίσιο του έργου σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε το κύριο διαδικτυακό κανάλι ενημέρωσης, η ιστοσελίδα του έργου, με πληροφορίες και νέα για το έργο, περιγραφή των ενοτήτων εργασίας, των στόχων και των αναμενόμενων αποτελεσμάτων καθώς και αναρτήσεις άρθρων για το έργο και τις δραστηριότητες αυτού, πληροφορίες και υλικό για τους συνεργαζόμενους φορείς καθώς και τρόποι επικοινωνίας με τους διαχειριστές. Απευθύνεται σε ένα γενικό κοινό που θέλει να ενημερωθεί για τις επιστημονικές εξελίξεις για τη νόσο των ΑΚΑ. Η ιστοσελίδα είναι διαθέσιμη στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <https://safe-aorta.gr/> με το περιεχόμενο της να είναι διαθέσιμο στα ελληνικά. Η ιστοσελίδα αναπτύχθηκε με τη χρήση του συστήματος διαχείρισης περιεχομένου (CMS content management system) wordpress, είναι φιλική και εύκολα προσβάσιμη, ενώ πληροί όλες τις προϋποθέσεις ασφάλειας και προστασίας των δεδομένων περιήγησης του χρήστη. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα επιμέρους τμήματα της ιστοσελίδας:

i. Το Menu της ιστοσελίδας: Οι αρχές από τις οποίες διέπεται το κεντρικό Μενού της ιστοσελίδας του έργου είναι η ευχρηστία και η σαφήνεια. Το κεντρικό Μενού και οι υποκατηγορίες του έχουν δομηθεί με τρόπο τέτοιο ώστε να παρέχουν στον χρήστη-επισκέπτη πρόσβαση στην πληροφορία που μπορεί αυτός/αυτή να χρειάζεται αλλά και ενημέρωση ως προς την γενικότερα προσφερόμενη πληροφορία, την οποία ο χρήστης μπορεί να μην γνώριζε πως επιθυμεί να επισκεφθεί. Δεν υποστηρίζεται λοιπόν απλώς το «δικαίωμα του πολιτών να γνωρίζουν» αλλά και η «ανάγκη των πολιτών να γνωρίζουν», η οποία καλύπτεται μέσα από την διάρθρωση και παρουσίαση της πληροφορίας. Το κεντρικό μενού παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα «Αρχική Σελίδα – Επικεφαλίδα και Μενού», ενώ οι υποκατηγορίες του είναι διαθέσιμες στο παρακάτω σημείο.

iii. Δενδρόγραμμα Μενού και υποκατηγοριών:

α) Αρχική: <https://safe-aorta.gr/>

β) Συμμετέχοντες: <https://safe-aorta.gr/symmetechontes/>

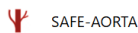
γ) Στόχοι: <https://safe-aorta.gr/stochoi/>

δ) Ενότητες Εργασίας: <https://safe-aorta.gr/enotites/>

ε) Παραδοτέα: <https://safe-aorta.gr/paradotea/>

ζ) Νέα – Ανακοινώσεις: <https://safe-aorta.gr/arthra/>

η) Επικοινωνία: <https://safe-aorta.gr/epikoinonia/>



[Αρχική](#) [Συμμετέχοντες](#) [Στόχοι](#) [Ενότητες Εργασίας](#) [Παραδοτέα](#) [Νέα – Ανακοινώσεις](#) [Επικοινωνία](#)



Σύστημα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων
για τη Νόσο των Ανευρυσμάτων Κοιλιακής Αορτής
Βασισμένο σε Μοντέλα Τεχνητής Νοημοσύνης

Ανάρτηση αφισών του έργου σε χώρους των φορέων



ΕΜΠ

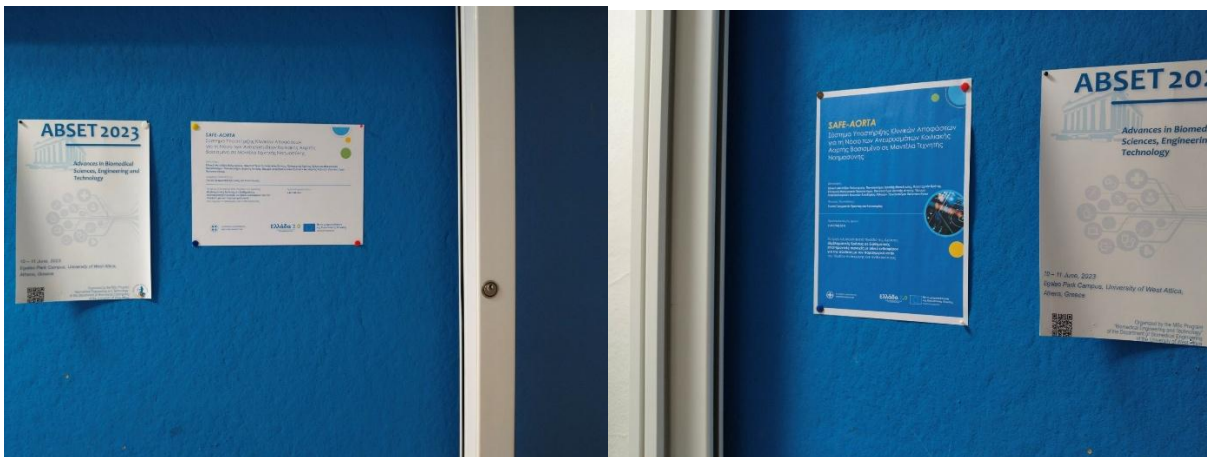
ΠΑΡΕΛ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΠΑΔΑ



ΕΛΜΕΠΑ



	Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου	Συντονιστής Έργου
Υπογραφή:		
Όνοματεπώνυμο :	Γεώργιος Ματσόπουλος, Καθηγητής ΕΜΠ	Χρήστος Μανόπουλος, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ
Ημ/νία :	8/8/2025	8/8/2025