

Η Ανάπτυξη Βιο-εμπνευσμένων Ιατροτεχνολογικών Προϊόντων Και Υπηρεσιών

Καθ. Γεώργιος Ματσόπουλος

Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

 **Biomedical Engineering Laboratory**
National Technical University of Athens

ATHENS
DIGITAL
HEALTH
WEEK

Athens Digital Health Week 2025

Η Ανάπτυξη Βιο-εμπνευσμένων
Ιατροτεχνολογικών Προϊόντων Και
Υπηρεσιών

Η Ανάπτυξη Βιο-εμπνευσμένων
Ιατροτεχνολογικών Προϊόντων Και
Υπηρεσιών

Η Ανάπτυξη Βιο-εμπνευσμένων
Ιατροτεχνολογικών Προϊόντων Και

Καθ. Γεώργιος Ματσόπουλος

Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

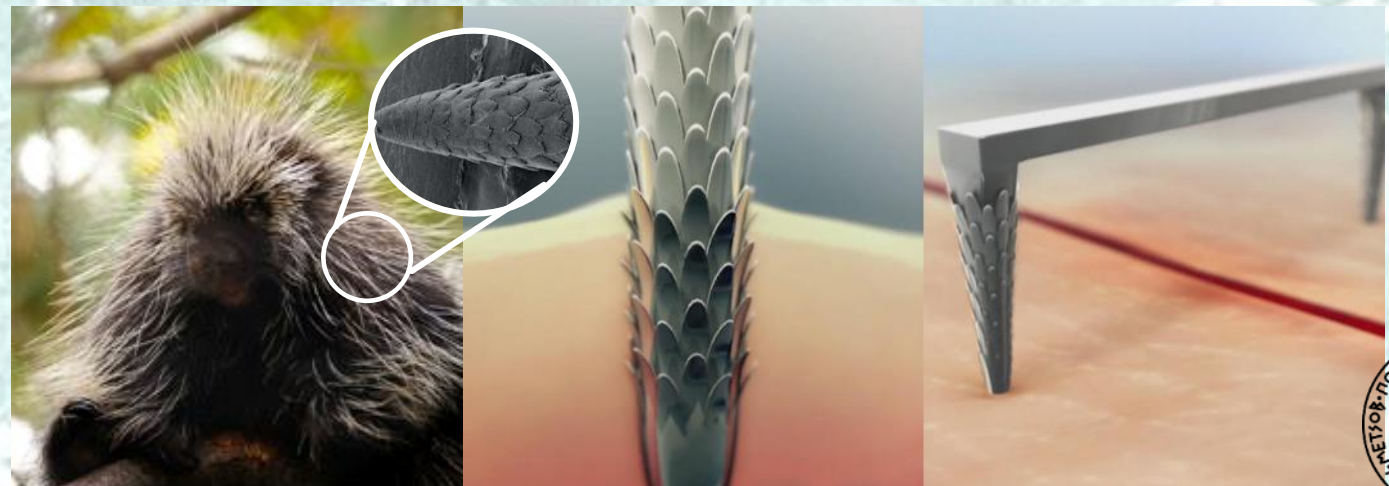
 **Biomedical Engineering Laboratory**
National Technical University of Athens

ATHENS
DIGITAL
HEALTH
WEEK

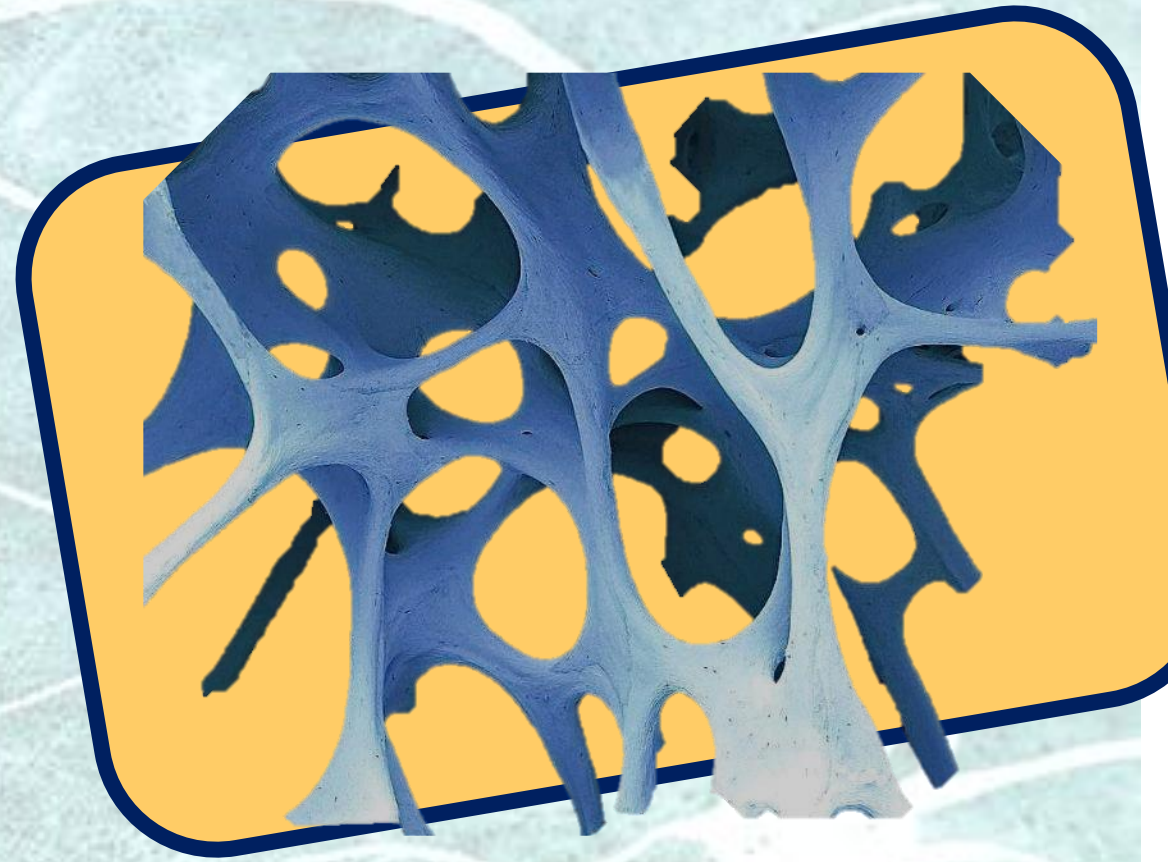
Athens Digital Health Week 2025

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ “ΒΙΟ-ΕΜΠΝΕΥΣΜΕΝΑ” ΙΑΤΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Αξιοποιούν και μιμούνται φυσικές δομές και μηχανισμούς από τη φύση με στόχο να προσφέρουν λύσεις σε ιατρικές εφαρμογές (π.χ. εμφυτεύματα, ιατρικές συσκευές, λογισμικά ή υπηρεσίες υγείας)



ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ “ΒΙΟ-ΕΜΠΝΕΥΣΜΕΝΑ” ΙΑΤΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ



**Υψηλή Απόδοση, Βιοσυμβατότητα και
Αποτελεσματικότητα**

Φέρνοντας στο προσκήνιο φυσικά πρότυπα (π.χ. δομή οστών, λειτουργία ιστών) επιτυγχάνονται καλύτερα προσαρμόσιμα προϊόντα.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ “ΒΙΟ-ΕΜΠΝΕΥΣΜΕΝΑ” ΙΑΤΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ



Η Βιομιμητική ως Βάση Καινοτομίας

Η εξέλιξη στη φύση αποτελεί προϊόν διαρκούς προσαρμογής σε μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα.

Προσφέρει τη δυνατότητα για εκμετάλλευση “έξυπνων” λύσεων που η φύση ήδη εφαρμόζει, επιταχύνοντας την τεχνολογική πρόοδο και την ανάπτυξη αποτελεσματικών ιατροτεχνολογικών προϊόντων.



ΕΜΦΥΤΕΥΣΙΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ & BIG DATA

- Συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (π.χ. καρδιολογικές συσκευές)
- Βελτιστοποίηση μέσω ανατροφοδότησης (feedback loop)
- Μεγιστοποίηση βιοσυμβατότητας και λειτουργικότητα



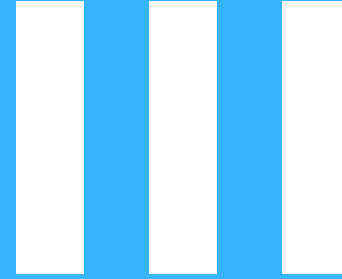
ΕΜΦΥΤΕΥΣΙΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ & BIG DATA

- Συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (π.χ. καρδιολογικές συσκευές)
- Βελτιστοποίηση μέσω ανατροφοδότησης (feedback loop)
- Μεγιστοποίηση βιοσυμβατότητας και λειτουργικότητα



ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ & AI

- Χειρουργικά ρομπότ εμπνευσμένα από τη φύση (καλύτερη κίνηση, ευκαμψία)
- Ανάλυση δεδομένων κίνησης για βελτίωση ακρίβειας
- Προγνωστικά μοντέλα για μείωση επιπλοκών



ΒΙΟ-ΕΜΠΝΕΥΣΜΕΝΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΓΙΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων για ανάλυση ιατρικών εικόνων (MRI, CT)
- Εξόρυξη δεδομένων (data mining) από κλινικές βάσεις δεδομένων
- Αυτόματη ανίχνευση παθολογιών με υψηλή ακρίβεια



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΟΝΙΔΙΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Μεγάλα δεδομένα σε γονιδιωματική και μεταγονιδιωματική
- Εφαρμογή AI για εύρεση βιοδεικτών (biomarkers)
- Εξατομικευμένη ιατρική (personalized medicine)



Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ BIG DATA ΣΤΗ ΒΙΟ-ΕΜΠΝΕΥΣΜΕΝΗ ΕΡΕΥΝΑ

Με την ανάλυση μεγάλης κλίμακας δεδομένων, εντοπίζονται κρυφά μοτίβα, αλληλεπιδράσεις και λειτουργικές περιοχές που εμπνέουν νέες ιατροτεχνολογικές λύσεις.

Οι βιολογικές βάσεις δεδομένων, σε συνδυασμό με τεχνολογίες επεξεργασίας και οπτικοποίησης δεδομένων, βοηθούν στον σχεδιασμό βιο-εμπνευσμένων υλικών, εμφυτευμάτων και ψηφιακών εργαλείων που μιμούνται τη φύση και υποστηρίζουν την ανθρώπινη υγεία.



ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΛΥΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Με τη βοήθεια προηγμένων αλγορίθμων (machine learning, deep learning), μπορούν να ενοποιηθούν δεδομένα διαφορετικών τύπων, αποκαλύπτοντας μοτίβα που δεν είναι εμφανή με συμβατικές προσεγγίσεις.

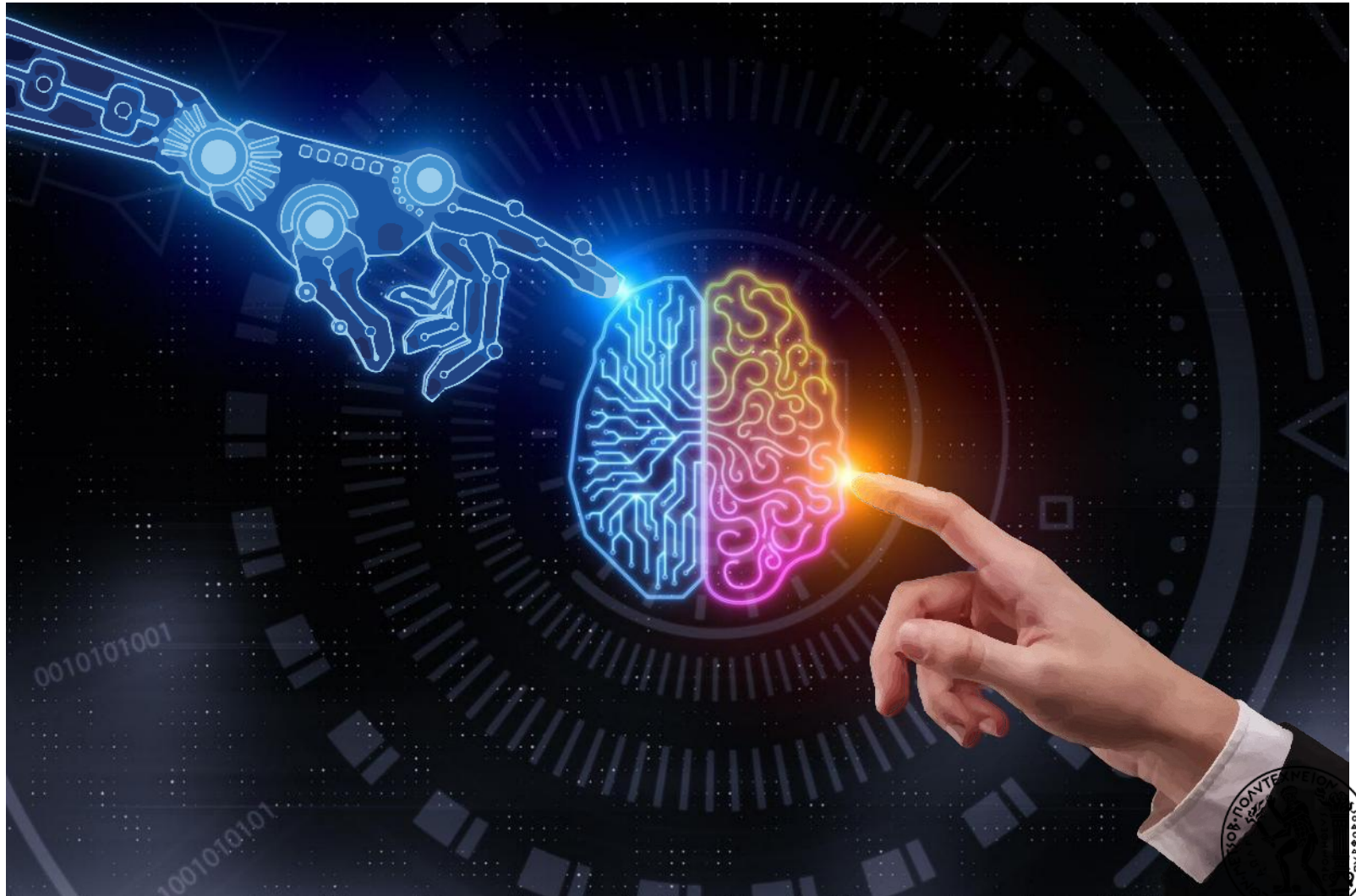
Αυτή η ενοποίηση επιταχύνει την ανακάλυψη σχέσεων μεταξύ βιολογικών διεργασιών, επιτρέποντας πιο στοχευμένη έρευνα.



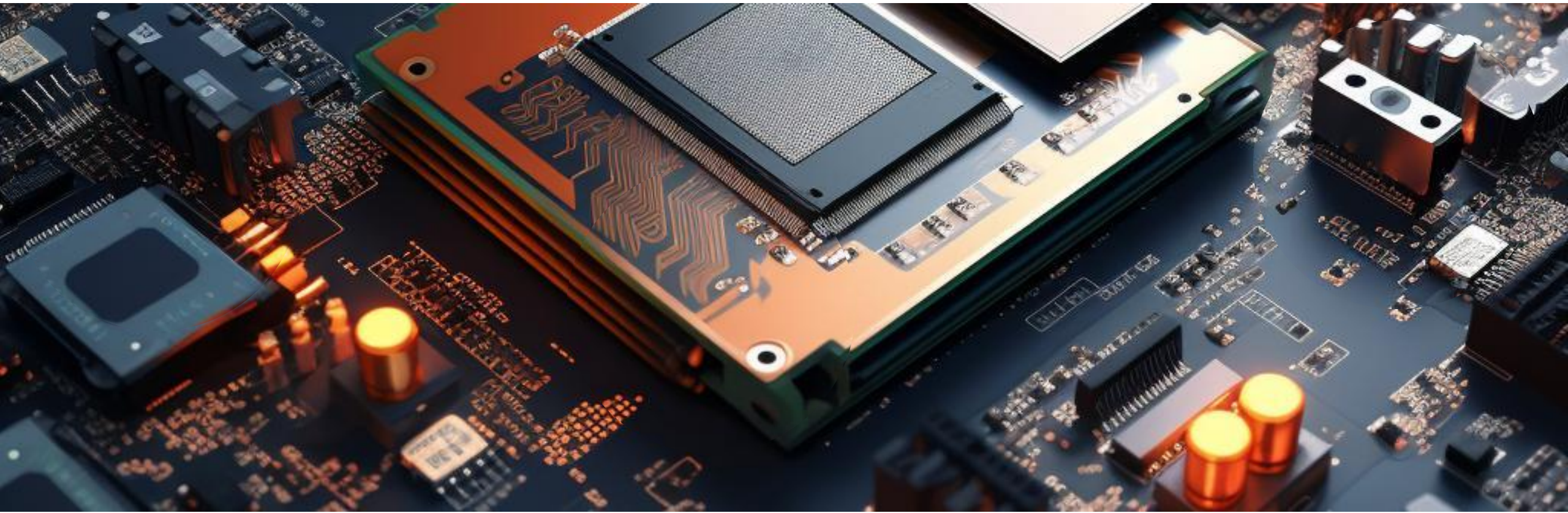
ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ & ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΜΠΝΕΥΣΗΣ

Αλγόριθμοι Εμπνευσμένοι από τη Φύση

- Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα.
- Swarm Intelligence
- Γενετικοί Αλγόριθμοι



ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ & ΜΟΝΤΕΛΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΜΠΝΕΥΣΗΣ

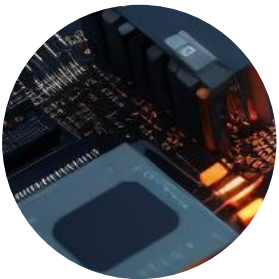


ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Εμπνευσμένα από τη δομή και τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου

Τα Νευρωνικά Δίκτυα βασίζονται σε τεχνητούς «νευρώνες» που ομαδοποιούνται σε επίπεδα (layers). Κάθε νευρώνας δέχεται σήματα από άλλους νευρώνες, τα επεξεργάζεται και στέλνει το αποτέλεσμα σε επόμενους, δημιουργώντας ένα δυναμικό σύστημα επεξεργασίας δεδομένων.

Με την αλματώδη πρόοδο της υπολογιστικής ισχύος και τη διαθεσιμότητα τεράστιων όγκων δεδομένων (Big Data), τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αποτελούν πλέον τη βάση σε πολλούς τομείς της Τεχνητής Νοημοσύνης (Όραση Υπολογιστών, Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, Πρόβλεψη και Ανάλυση Δεδομένων, Αυτόνομα Συστήματα).

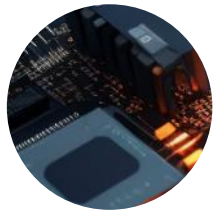
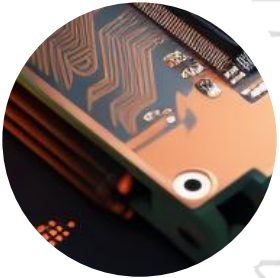


SWARM INTELLIGENCE

Εμπνέεται από τις συλλογικές συμπεριφορές ομάδων οργανισμών στη φύση, όπως σμήνη πουλιών, αποικίες μυρμηγκιών ή κυψέλες μελισσών.

Εξετάζει πώς σχετικά απλοί “πράκτορες” (agents) αλληλεπιδρούν τοπικά, ανταλλάσσοντας πληροφορίες με το περιβάλλον ή μεταξύ τους, και παράγουν μια παγκόσμια “ευφυή” συμπεριφορά χωρίς να υπάρχει κεντρικός έλεγχος.

Χάρη στη φυσική προσαρμοστικότητα και αντοχή της, η Swarm Intelligence γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής σε κλάδους όπως η ρομποτική, η εφοδιαστική αλυσίδα, η βιοπληροφορική και τα “έξυπνα” δίκτυα.



ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

Εμπνευσμένοι από την εξελικτική θεωρία, τη φυσική επιλογή και τις γενετικές διεργασίες των έμβιων οργανισμών

Βασικό στοιχείο των γενετικών αλγορίθμων είναι ότι διατηρούν έναν πληθυσμό «λύσεων» (candidate solutions), οι οποίες συνδυάζονται και τροποποιούνται (αναπαραγωγή, μετάλλαξη) με στόχο την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων σε κάθε «γενιά».

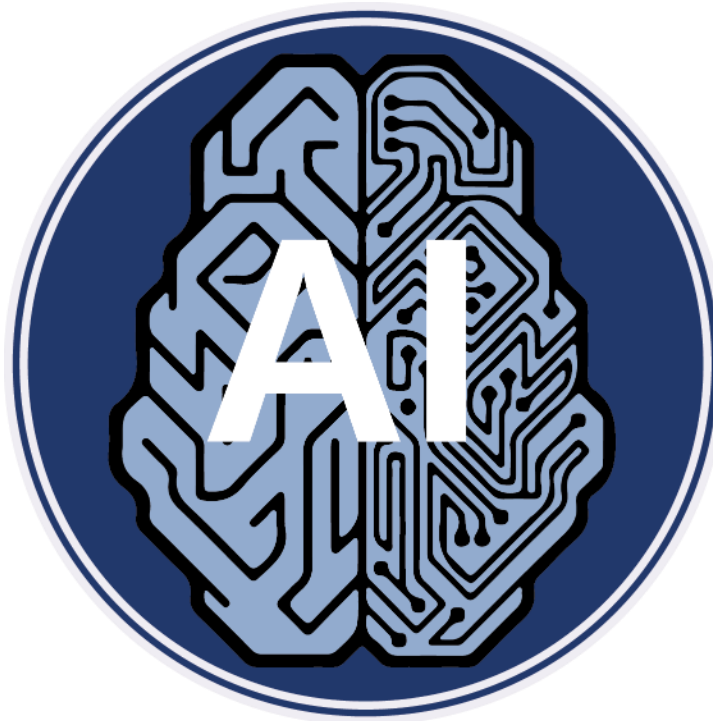
Προσφέρει αποτελεσματικότητα και ευελιξία στη διερεύνηση πολυδιάστατων ή αγνώστων χώρων λύσεων (Βελτιστοποίηση Δικτύων και Ροών, Συνδυασμός με άλλα μοντέλα AI για την αυτόματη ρύθμιση παραμέτρων (hyperparameter tuning), Εύρεση αποδοτικότερων κατασκευαστικών λύσεων ή μορφολογιών).

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΙ ΣΕ ΒΙΟ-ΕΜΠΝΕΥΣΜΕΝΕΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

- Διάγνωση και Πρόγνωση: Με την χρήση ΑΙ μπορούν να αναλύουν ιατρικές απεικονίσεις, ανιχνεύοντας ασθένειες με μεγάλη ακρίβεια.
- Ανακάλυψη Φαρμάκων: Γενετικοί αλγόριθμοι και τεχνικές βαθιάς μάθησης (deep learning) επισπεύδουν τον εντοπισμό υποψήφιων δραστικών ουσιών.
- Βελτιστοποίηση Εμφυτευμάτων και Υλικών: Με τη χρήση βιολογικών «σχεδίων» και τεχνικών προσομοίωσης, αναπτύσσονται βιοσυμβατά προϊόντα που μιμούνται χαρακτηριστικά της φύσης.
- Δυνατότητα Προσομοίωσης και Πρόβλεψης Συμπεριφορών: Με προηγμένους αλγορίθμους ΑΙ, μπορούμε να δημιουργήσουμε ρεαλιστικές προσομοιώσεις βιολογικών συστημάτων και νοσημάτων.



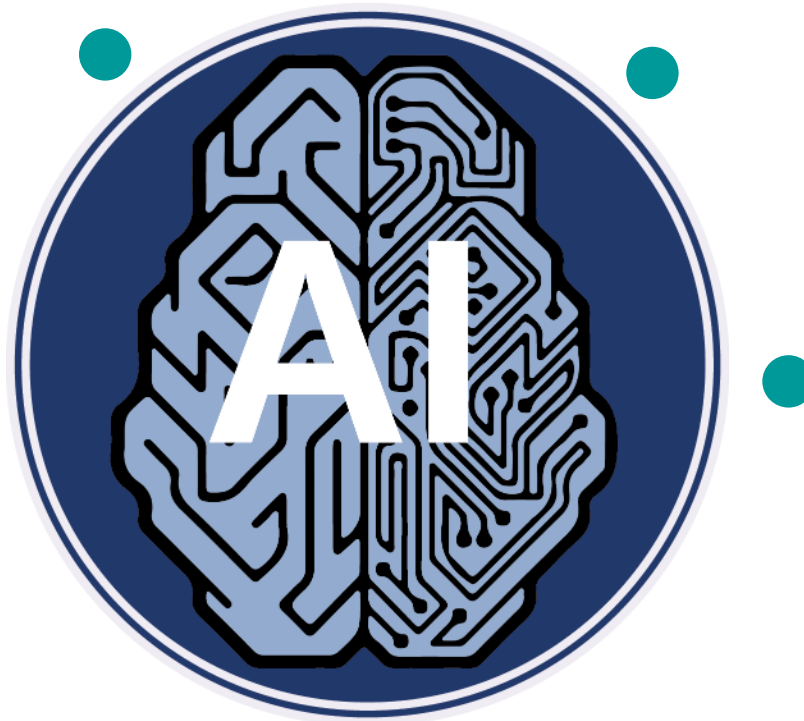
ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ



ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ

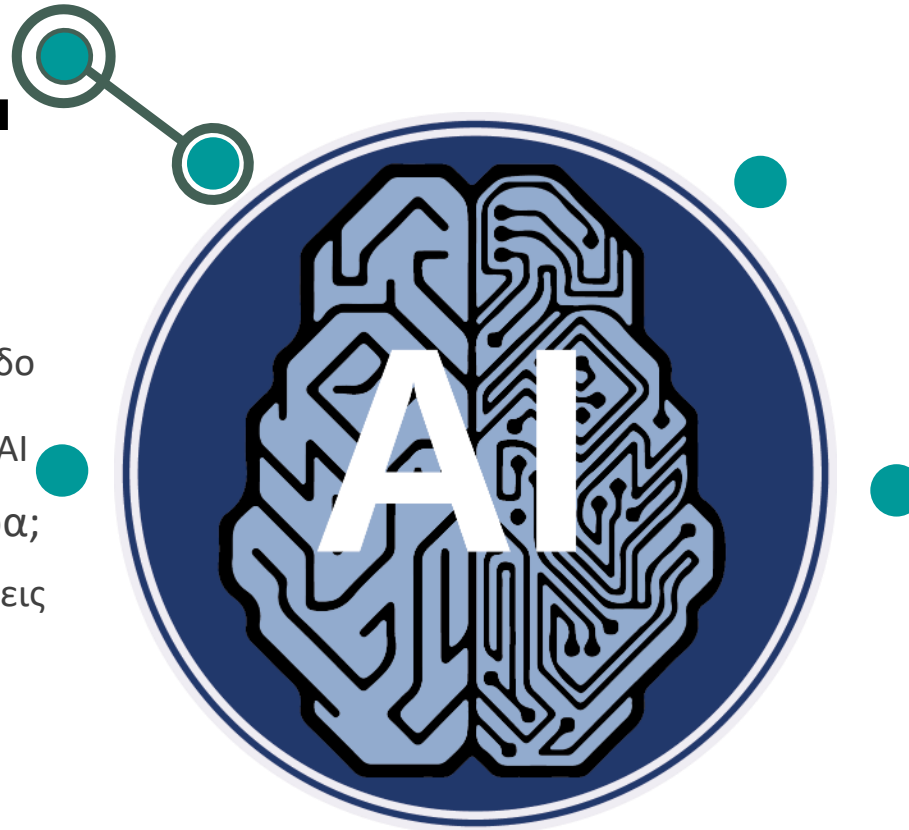
- Κατανόηση των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών της τεχνολογίας
- Καθορισμός των αναγκών
- Προσδιορισμός πιθανών αποτελεσμάτων
- Αναγνώριση εμποδίων
- Ορισμός του τρόπου μέτρησης αποτελεσμάτων (επιτυχία)



ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

- Προτεραιότητα στους ιατρικούς στόχους (εντοπισμός προβλήματος προς επίλυση)
 - Για να υπάρξει εμπιστοσύνη στην έξοδο του συστήματος πρέπει να είναι **ξεκάθαρο** το αποτέλεσμα της χρήσης AI
- Ποια προσέγγιση λειτουργεί καλύτερα;
 - Τα **καλύτερα** αποτελέσματα/ Αποφάσεις του συστήματος AI θα προκύψουν με βάση τα διαφορετικά δεδομένα και σενάρια
- Είδος και επάρκεια δεδομένων
 - Ακόμη και οι πιο προηγμένοι αλγόριθμοι δεν μπορούν να δώσουν αποτελέσματα αν δεν έχουν **αρκετά και ποιοτικά** δεδομένα για να λειτουργήσουν



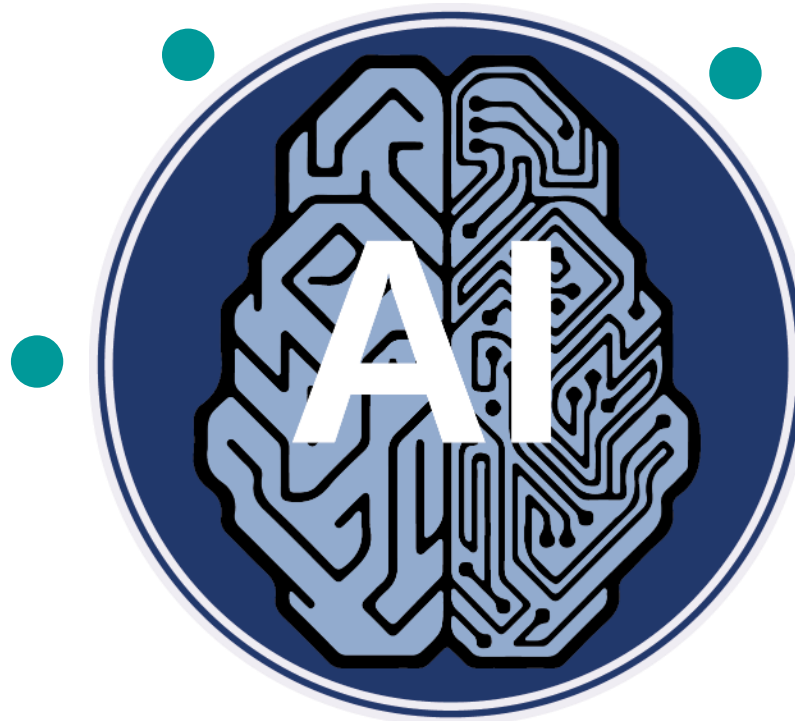
ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ



Η ΑΙ **δεν** απαιτεί:

- ❖ Συνείδηση (αυτογνωσία)
- ❖ Κατανόηση (γνώση του κόσμου)
- ❖ Ευαισθησία (ικανότητα συναίσθησης)
- ❖ Κρίση (ηθική διάκριση)
- ❖ Υπευθυνότητα, ελευθερία
- ❖ Ανθρώπινα πρότυπα σκέψης

ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ



Τα συστήματα AI μπορούν να μοντελοποιήσουν ένα χώρο “δράσης δυνατοτήτων” που ξεπερνά τους ανθρώπινους περιορισμούς παρόλα αυτά η έξοδος τους πρέπει:



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Να μπορεί να καθορίσει τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα αναλύονται (αξιοπιστία)
- Να χρησιμοποιεί αντικειμενικούς τύπους αξιολόγησης (ακρίβεια, ευαισθησία, ειδικότητα)
- Να παρέχει ιατρική πληροφορία / νόημα (επεξηγηματικότητα)

ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ



ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ



Προστασία Προσωπικών Δεδομένων

- ✓ Ηθικές και νομικές πτυχές (GDPR, HIPAA).
- ✓ Μέθοδοι ανωνυμοποίησης / ψευδωνωνυμοποίησης (de-identification).
- ✓ Ισορροπία μεταξύ καινοτομίας και προστασίας ευαίσθητων πληροφοριών.



Αξιοπιστία Και Ερμηνευσιμότητα Αλγορίθμων

- ✓ “Μαύρα κουτιά” (*black box models*) και ανάγκη για *explainable AI*.
- ✓ Ζήτημα ευθύνης σε περίπτωση ιατρικών λαθών.
- ✓ Στρατηγικές για βελτίωση της διαφάνειας και λογοδοσίας.



Ρυθμιστικό Πλαίσιο Και Κανονισμοί

- ✓ *FDA/CE απαιτήσεις για AI-based ιατροτεχνολογικά προϊόντα (AI-ACT).*
- ✓ *Πιστοποίηση ασφάλειας & αποτελεσματικότητας (ISO, IEC).*
- ✓ *Διάρκεια διαδικασιών έγκρισης και η επίδραση στο time-to-market.*



ΚΟΣΤΟΣ & ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Κόστος Διεπιστημονικής Συνεργασίας

Δημιουργία Κοιτών Ερευνητικών Έργων: Χρειάζονται ομάδες με γνώση σε βιολογία, ιατρική, επιστήμη υπολογιστών.

Συνεκπαίδευση και Ανταλλαγή Τεχνολογίας: Αφορούν υλικά, εκπαίδευση και επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών ειδικοτήτων.

Ανάγκη για Ψηφιακές Υποδομές: Η δημιουργία ψηφιακών εργαστηρίων ή τεχνολογικών "hub" μειώνει την ανάγκη κάθε φορέας να διατηρεί πλήρως εξοπλισμένα εργαστήρια.

Ελληνικές & Διεθνείς Πρωτοβουλίες

- ✓ Ερευνητικά κέντρα (π.χ. ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, ΙΤΕ κ.ά.).
- ✓ Πανεπιστημιακά προγράμματα σπουδών σε bioinformatics & AI.
- ✓ Startups που αξιοποιούν AI και βιομηχανική.
- ✓ Μεγάλες φαρμακευτικές/τεχνολογικές εταιρείες (π.χ. Siemens Healthineers, Johnson & Johnson).
- ✓ Πλατφόρμες ανοιχτής καινοτομίας (Horizon Europe, NIH, κ.λπ.).

Έρευνα & ανάπτυξη

Η έρευνα & ανάπτυξη σε AI και βιομηχανική απαιτούν μεγάλα κεφάλαια (χρόνος, εξοπλισμός και εξειδικευμένο προσωπικό).

Πηγές χρηματοδότησης: κυρίως venture capital, ερευνητικά προγράμματα, εταιρικές συνεργασίες.

Δημόσιες-Ιδιωτικές Συμπράξεις: Ανάγκη για business cases και προσαρμογή σε βιώσιμα μοντέλα.

Κοινωνική & Οικονομική Διάσταση

Η έρευνα & ανάπτυξη σε AI και βιομηχανική μπορούν να επηρεαστούν από:

Πιθανές αλλαγές στα ασφαλιστικά και υγειονομικά συστήματα.

Περιορισμένες θέσεις εργασίας και δεξιότητες σε AI & βιομηχανική.

Πιθανή αύξηση ανισοτήτων εάν δεν υπάρχει ισοτίμη πρόσβαση.

Έρευνα & ανάπτυξη

Η έρευνα & ανάπτυξη σε AI και βιομιμητική απαιτούν μεγάλα κεφάλαια (χρόνος, εξοπλισμός και εξειδικευμένο προσωπικό).

Πηγές χρηματοδότησης: κυρίως venture capital, ερευνητικά προγράμματα, εταιρικές συνεργασίες.

Δημόσιες-Ιδιωτικές Συμπράξεις: Ανάγκη για business cases και προσαρμογή σε βιώσιμα μοντέλα.

Κόστος Διεπιστημονικής Συνεργασίας

Δημιουργία Κοινών Ερευνητικών Έργων: Χρειάζονται ομάδες με γνώση σε βιολογία, ιατρική, επιστήμη υπολογιστών.

Συνεκπαίδευση και Ανταλλαγή Τεχνογνωσίας: Αφορούν υλικά, εκπαίδευση και επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών ειδικοτήτων.

Ανάγκη για Ψηφιακές Υποδομές: Η δημιουργία ψηφικών εργαστηρίων ή τεχνολογικών “hub” μειώνει την ανάγκη κάθε φορέας να διατηρεί πλήρως εξοπλισμένα εργαστήρια.

Κοινωνική & Οικονομική Διάσταση

Η έρευνα & ανάπτυξη σε AI και βιομημητική μπορούν να επηρεαστούν από:

Πιθανές αλλαγές στα ασφαλιστικά και υγειονομικά συστήματα.

Περιορισμένες θέσεις εργασίας και δεξιότητες σε AI & βιομημητική.

Πιθανή αύξηση ανισοτήτων εάν δεν υπάρχει ισότιμη πρόσβαση.

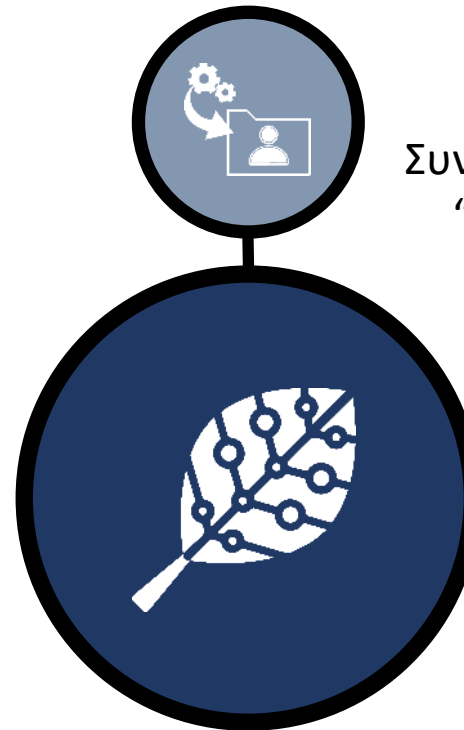
Ελληνικές & Διεθνείς Πρωτοβουλίες

- ✓ Ερευνητικά κέντρα (π.χ. ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, ΙΤΕ κ.ά.).
- ✓ Πανεπιστημιακά προγράμματα σπουδών σε bioinformatics & AI.
- ✓ Startups που αξιοποιούν AI και βιομηχανική.
- ✓ Μεγάλες φαρμακευτικές/τεχνολογικές εταιρείες (π.χ. Siemens Healthineers, Johnson & Johnson) .
- ✓ Πλατφόρμες ανοιχτής καινοτομίας (Horizon Europe, NIH, κ.λπ.).

Μελλοντικές Προοπτικές

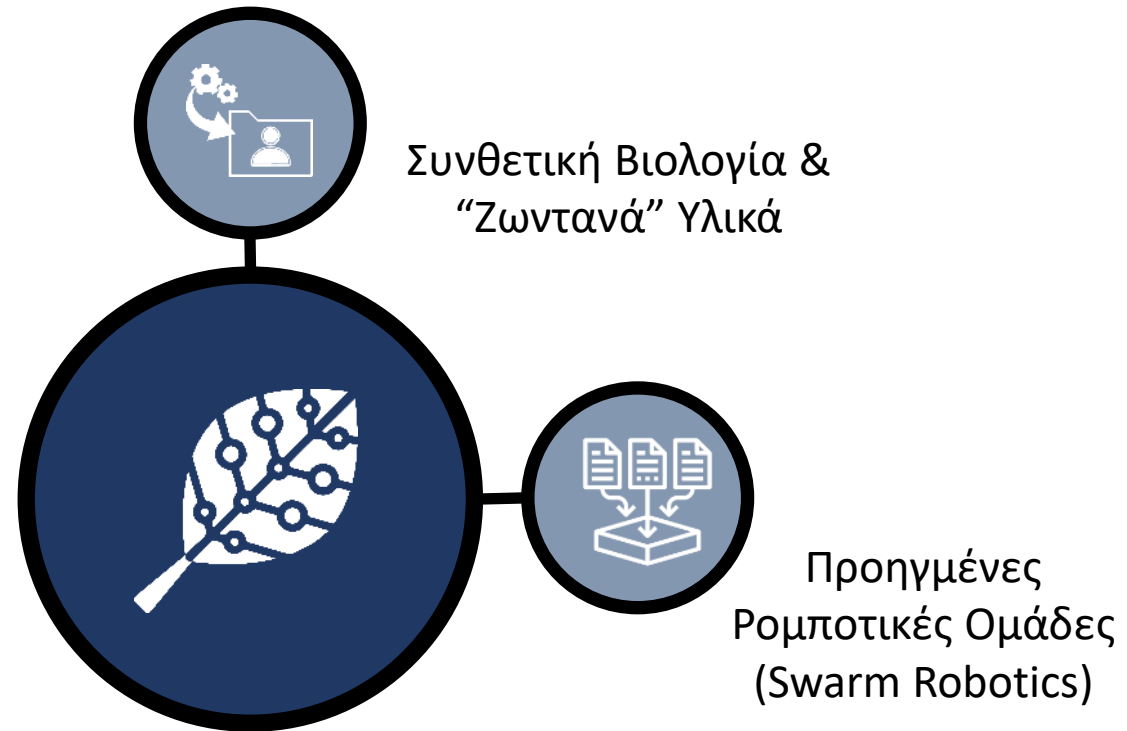


Μελλοντικές Προοπτικές



Συνθετική Βιολογία &
“Ζωντανά” Υλικά

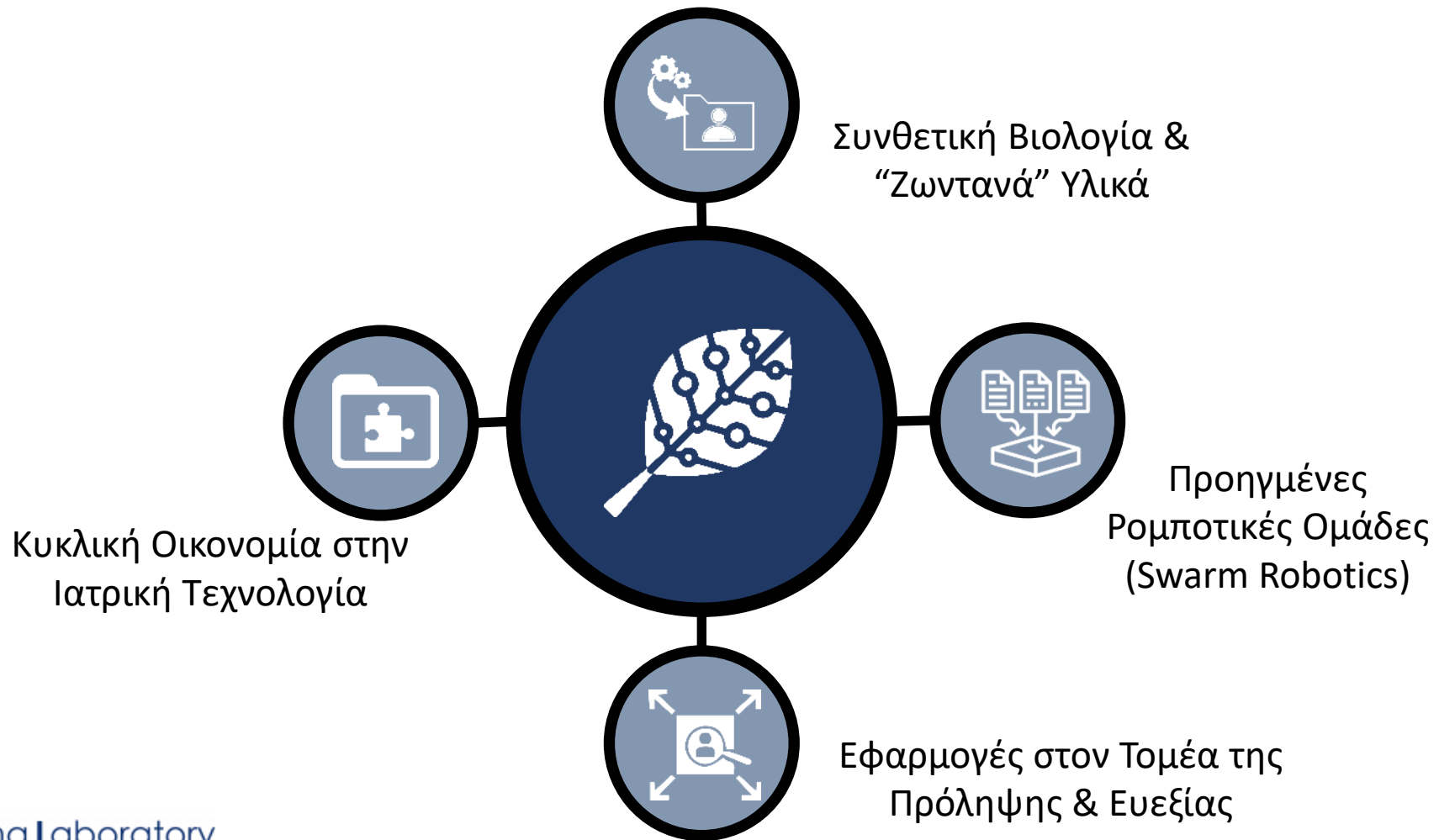
Μελλοντικές Προοπτικές



Μελλοντικές Προοπτικές



Μελλοντικές Προοπτικές



Μελλοντικές Προοπτικές



Συνθετική Βιολογία &
“Ζωντανά” Υλικά

“Εξυπνες” Μικροοργανικές Κοινότητες: Συνδυασμός τεχνολογίας και βιολογικών οργανισμών για αποδοτικότερη ανταπόκριση σε ασθένειες και περιβαλλοντικές αλλαγές.



Προηγμένες Ρομποτικές
Ομάδες (Swarm Robotics)

Ελάχιστα επεμβατικά ρομπότ που εμπνέονται από ομαδικές συμπεριφορές εντόμων (swarm intelligence), προσφέροντας ακριβή και συντονισμένη δράση μέσα στο σώμα.



Εφαρμογές στον Τομέα της
Πρόληψης

Wearables βιο-εμπνευσμένου Σχεδιασμού: Νέας γενιάς φορετές συσκευές με βελτιωμένη εργονομία, αντοχή και “ευφυΐα” που προσαρμόζονται στις ανάγκες του χρήστη.



Κυκλική Οικονομία στην
Ιατρική Τεχνολογία

Μελέτη βιολογικών κύκλων και εφαρμογή τους στην παραγωγή ιατρικών συσκευών με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ
ΠΟΛΥ!**

