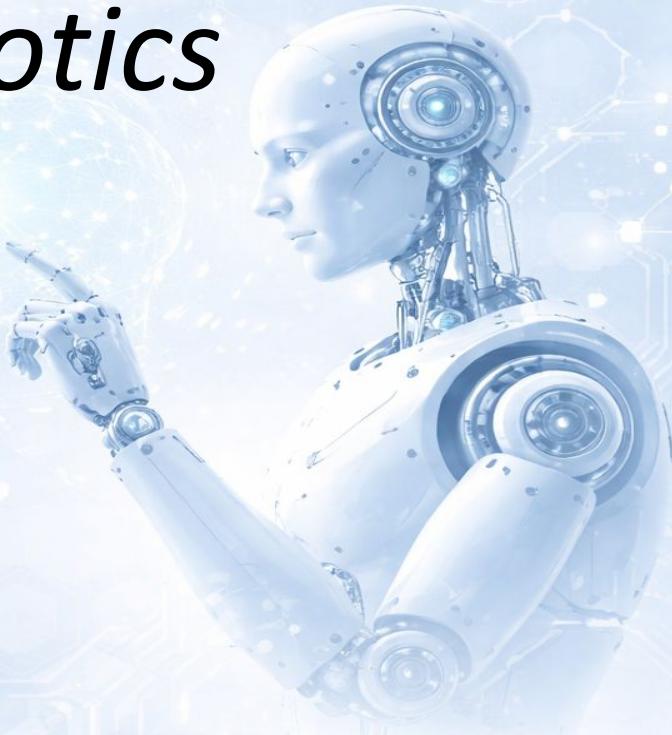


Deep Learning in Robotics

Κωνσταντίνα Μαρίνα Μπλέτσα ΑΕΜ: 243

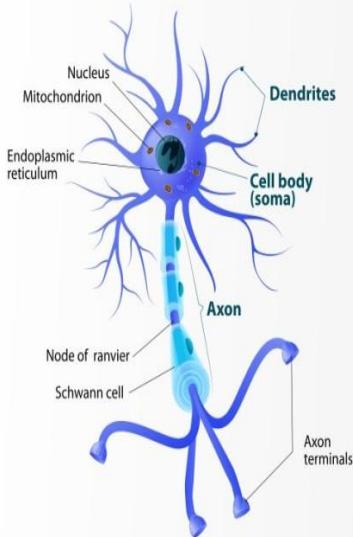


Περιεχόμενα

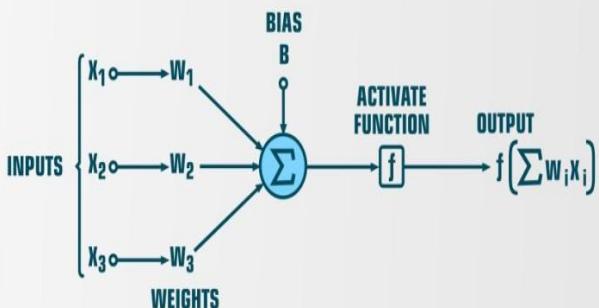
1. Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)
2. Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Networks - ANNs)
3. Διαφορές Μηχανικής Μάθησης και Βαθιάς Μάθησης
4. Βαθιά Μάθηση στη Ρομποτική
5. Παραδείγματα Τεχνικών Βαθιάς Μάθησης στη Ρομποτική
6. Παραδείγματα Εφαρμογών της Βαθιάς Μάθησης στην Ρομποτική
7. Βιβλιογραφία-Δικτυογραφία

Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)

Structure of Typical Neuron



Structure of Artificial Neuron



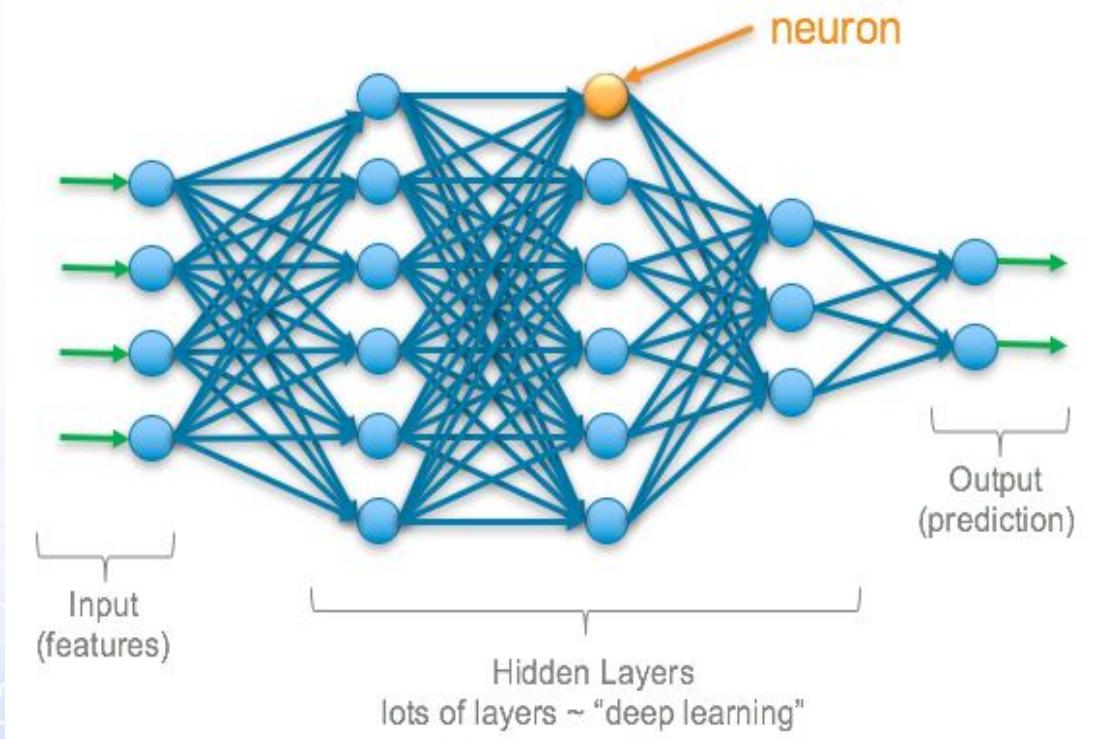
Τα μοντέλα βαθιάς μάθησης είναι νευρωνικά δίκτυα σχεδιασμένα έχοντας ως πρότυπο τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος περιέχει εκατομμύρια συνδεδεμένους βιολογικούς νευρώνες που συνεργάζονται για να μαθαίνουν και να επεξεργάζονται πληροφορίες.

Ομοίως, οι τεχνητοί νευρώνες είναι μονάδες λογισμικού που ονομάζονται κόμβοι και χρησιμοποιούν μαθηματικούς υπολογισμούς για την επεξεργασία δεδομένων. Τα νευρωνικά δίκτυα βαθιάς μάθησης ή τεχνητά νευρωνικά δίκτυα αποτελούνται από πολλά επίπεδα τεχνητών νευρώνων που συνεργάζονται για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων.

Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Networks - ANNs)

Επίπεδα (Layers)

- **Επίπεδο Εισόδου (Input Layer)**
Λαμβάνει τα αρχικά δεδομένα (π.χ. εικόνες, ήχο, αριθμούς)
- **Κρυφά Επίπεδα (Hidden Layers)**
Επεξεργάζονται τα δεδομένα και εντοπίζουν χαρακτηριστικά και μοτίβα.
Όσο περισσότερα τα κρυφά επίπεδα, τόσο πιο σύνθετη η ανάλυση
- **Επίπεδο Εξόδου (Output Layer)**
Παράγει το τελικό αποτέλεσμα (π.χ. κατηγορία, απόφαση «ναι/όχι», πρόβλεψη)



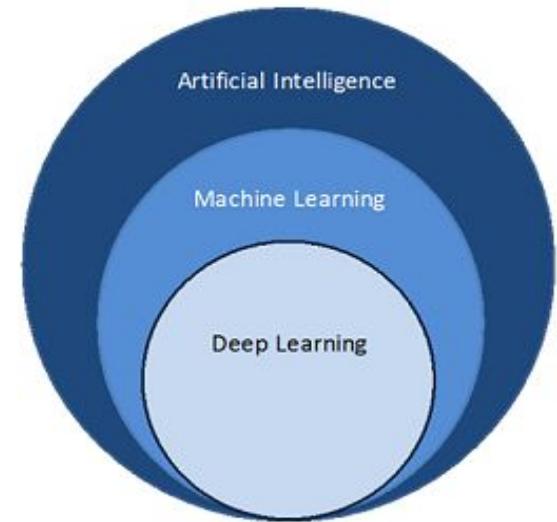
Βαθιά Μάθηση Vs Μηχανική Μάθηση (1/2)

Η βαθιά μάθηση είναι ένα υποσύνολο της μηχανικής μάθησης . Οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης αναδύθηκαν για να κάνουν τις παραδοσιακές τεχνικές μηχανικής μάθησης πιο αποτελεσματικές. Οι παραδοσιακές μέθοδοι μηχανικής μάθησης απαιτούν σημαντική ανθρώπινη προσπάθεια για την εκπαίδευση του λογισμικού.

Η βασική Διαφορά είναι ότι:

Στη **Μηχανική Μάθηση**, η εξαγωγή και επιλογή των χαρακτηριστικών των δεδομένων πραγματοποιείται κυρίως από τον άνθρωπο.

Στη **Βαθιά Μάθηση**, τα νευρωνικά δίκτυα μαθαίνουν αυτόμata τα κατάλληλα χαρακτηριστικά απευθείας από τα δεδομένα, μειώνοντας την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης.



Βαθιά Μάθηση στη Ρομποτική

Τα νευρωνικά δίκτυα είναι ικανά να επεξεργάζονται πολύπλοκα δεδομένα όπως εικόνες, βίντεο, ακολουθίες κίνησης και αισθητηριακά δεδομένα.

Αυτές οι δυνατότητες είναι πολύ χρήσιμες στην σύγχρονη ρομποτική και εφαρμόζονται στα robot (διαφόρων ειδών) με σκοπό να βελτιωθεί:

- η αντίληψη τους,
- η πλοιόγηση τους στον χώρο,
- ο έλεγχος της κίνησης τους,
- η αλληλεπίδραση τους με τον άνθρωπο,
- η αυτόνομη λήψη αποφάσεων

Παραδείγματα Τεχνικών Βαθιάς Μάθησης στη Ρομποτική

- **Βαθιά Ενισχυτική Μάθηση**

Συνδυασμός Βαθιάς και Ενισχυτικής Μάθησης όπου το νευρωνικό δίκτυο λειτουργεί ως ο εγκέφαλος που μπορεί να πάρει όλα τα περίπλοκα δεδομένα εισόδου και να αποφασίσει δεδομένου της κατάστασης (state) ποια είναι η καλύτερη επόμενη κίνηση (action) για να μεγιστοποιήσει την επιβράβευση (reward).

- **Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (CNNs)**

Είναι νευρωνικά δίκτυα που επεξεργάζονται εικόνες εφαρμόζοντας φίλτρα (συνελίξεις) πάνω στα δεδομένα ώστε να εξάγουν αυτόματα χαρακτηριστικά (π.χ. ακμές, σχήματα, αντικείμενα) και να τα χρησιμοποιήσουν για αναγνώριση ή ταξινόμηση.

- **Recurrent Neural Networks (RNNs)**

Είναι νευρωνικά δίκτυα σχεδιασμένα για δεδομένα με χρονική ακολουθία, καθώς διατηρούν «μνήμη» προηγούμενων εισόδων ώστε να μοντελοποιούν εξαρτήσεις στον χρόνο, όπως σε κίνηση, ομιλία και συμπεριφορά.

Παραδείγματα Εφαρμογών της Βαθιάς Μάθησης στην Ρομποτική

Εφαρμογές Βαθιάς Μάθησης στην Ρομποτική

Ρομπότ στην Υγεία & Ιατρική

- Υποβοηθούμενη χειρουργική
- Παρακολούθηση ασθενών
- Αποκατάσταση & ρομποτικά προσθετικά



Ρομπότ στην Βιομηχανία

- Αυτόματη συναρμολόγηση
- Ποιοτικός έλεγχος με όραση
- Προληπτική συντήρηση



Στρατιωτικά Ρομπότ & Drones

ROBOTICS

- Αναγνώριση στόχων
- Αυτόνομη πλοήγηση
- Επιτήρηση & αναγνώριση περιοχών



Robot που παίζει Ποδόσφαιρο

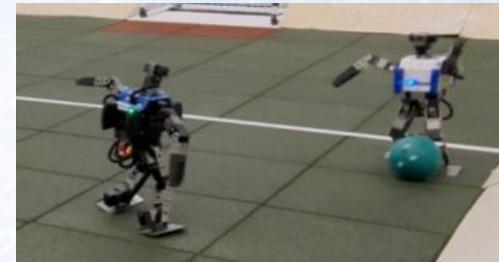
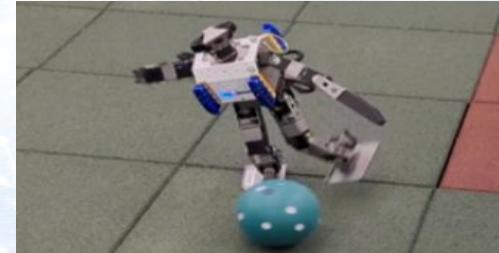
Το ρομπότ (τύπου Robotis OP3) δεν προγραμματίστηκε με αυστηρούς κανόνες κίνησης, αλλά έμαθε μέσω Βαθιάς Ενισχυτικής Μάθησης

Διαδικασία Εκπαίδευσης:

- Εκπαίδευση σε Προσομοίωση: σε ψηφιακό περιβάλλον προσομοίωσης παίζοντας εκατομμύρια αγώνες.
- Πραγματικές Παράμετροι: Προσθήκη θορύβου και τυχαίες μεταβλητές στην εκπαίδευση (π.χ. αλλαγές στην τριβή ή στο βάρος)
- Self-Play (1v1): Τα ρομπότ έπαιξαν αγώνες μεταξύ τους, βελτιώνοντας τις στρατηγικές τους

Αποτελέσματα:

Περπατάει 181% γρηγορότερα και στρίβει 302% γρηγορότερα από τα ρομπότ με κλασικό προγραμματισμό, μπορεί να σηκωθεί πολύ γρήγορα αν πέσει και να ανακάμψει από σπρωξίματα και ανέπτυξε μόνο του συμπεριφορές όπως η πρόβλεψη της κίνησης της μπάλας και η άμυνα.



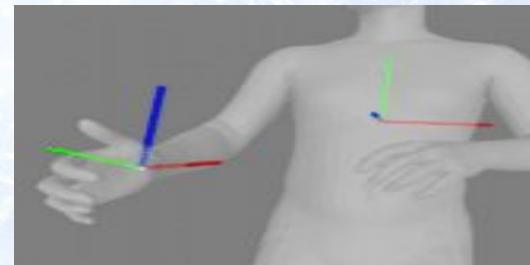
Ρομποτικός Βραχίονας

Ο Ρομποτικός βραχίονας μαθαίνει μιμούμενος ανθρώπινες κινήσεις από βίντεο χρησιμοποιώντας τεχνικές Βαθιάς Μάθησης

- Imitation Learning
- Deep Learning
- Computer Vision

Διαδικασία Εκπαίδευσης:

1. Χρησιμοποιούνται απλά RGB βίντεο ανθρώπων
2. Ένα βαθύ νευρωνικό δίκτυο εκτιμά τη 3D στάση του ανθρώπινου χεριού από 2D εικόνες.
3. Ένα δεύτερο δίκτυο (MLP) μετατρέπει τη 3D ανθρώπινη στάση σε γωνίες αρθρώσεων ρομποτικού χεριού.
4. Η εκπαίδευση γίνεται χωρίς άμεση επίβλεψη (unpaired data), με στόχο τη γεωμετρική ομοιότητα ανθρώπινου–ρομποτικού χεριού.
5. Το σύστημα μαθαίνει από μεγάλο όγκο παθητικών δεδομένων, χωρίς ειδικούς αισθητήρες.



Τετράποδο Robot Solo 12

Το ρομπότ εκπαιδεύεται με την τεχνική της Βαθιάς Ενισχυτικής Μάθησης με σκοπό να μάθει να:

Περπατάει ή να τρέχει ακολουθώντας επιθυμητές ταχύτητες και κατευθύνσεις ενώ προσαρμόζεται σε διαφορετικά εδάφη με στόχο επίσης να καταναλώνει λιγότερη ενέργεια

Διαδικασία Εκπαίδευσης:

- Η εκπαίδευση γίνεται αρχικά σε προσομοίωση (simulation) και όχι στο πραγματικό ρομπότ.
- Ένα νευρωνικό δίκτυο ελέγχου (policy) λαμβάνει πληροφορίες από τις αρθρώσεις, τις ταχύτητες και το σύστημα αδρανειακών αισθητήρων (IMU).
- Το ρομπότ αξιολογείται μέσω ενός reward, που ενισχύει την σωστή ταχύτητα, την σταθερότητα σώματος, την αποφυγή ολίσθησης και την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
- Με randomization και curriculum learning, η πολιτική των προσομοιώσεων μεταφέρεται απευθείας στο πραγματικό ρομπότ (sim-to-real transfer).

Simulation with random rough terrain



Flat Terrain



Rough terrain and slopes



Συμπεράσματα

Η Βαθιά Μηχανική Μάθηση κάνει τα ρομπότ πιο «έξυπνα», και τους επιτρέπει να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους μέσω εικόνων, ήχων και αισθητήρων. Επίσης, βοηθά τα ρομπότ να λαμβάνουν αποφάσεις, να προσαρμόζονται σε άγνωστες καταστάσεις και να λειτουργούν πιο αυτόνομα. Έτσι, αυξάνεται η αποτελεσματικότητα, η ασφάλεια και η ακρίβεια των ρομποτικών συστημάτων σε πολλούς κρίσιμους τομείς.

Βιβλιογραφία-Δικτυογραφία

<https://aws.amazon.com/what-is/deep-learning/>

<https://www.ibm.com/think/topics/deep-learning>

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE

Aractingi, M., Léziart, P.-A., Flayols, T., Perez, J., Silander, T., & Souères, P. (2023). *Controlling the Solo12 quadruped robot with deep reinforcement learning*. *Scientific Reports*, 13, Article 11945. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38259-7>

Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). *Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced robotics: A review*. *Cognitive Robotics*, 3, 54–70. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.04.001>

Sivakumar, A., Shaw, K., & Pathak, D. (2022). *Robotic Telekinesis: Learning a Robotic Hand Imitator by Watching Humans on YouTube*. Retrieved December 24, 2025, from <https://robotic-telekinesis.github.io/>

Haarnoja, T., Moran, B., Lever, G., Huang, S. H., Tirumala, D., Humplik, J., Wulfmeier, M., Tunyasuvunakool, S., Siegel, N. Y., Hafner, R., Bloesch, M., Hartikainen, K., Byravan, A., Hasenclever, L., Tassa, Y., Sadeghi, F., Batchelor, N., Casarini, F., Saliceti, S., Game, C., ... Heess, N. (2024). *Learning agile soccer skills for a bipedal robot with deep reinforcement learning*. *Science Robotics*, 9(89), eadi8022. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.adl8022>

Σας Ευχαριστώ!



Learning
ROBOTICS