

Βιβλιογραφική επισκόπηση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, νευρωνικών δικτύων και νευρωνικών δικτύων γράφων

Απόστολος Α. Δοϊτσιδης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο τομέας της Τεχνητής Νοημοσύνης έχει σημειώσει αξιοσημείωτες εξελίξεις τα τελευταία χρόνια, ιδίως στον τομέα της μηχανικής μάθησης. Αυτές οι εξελίξεις άνοιξαν το δρόμο για μια επαναστατική εποχή, γνωστή ως εποχή της τεχνητής νοημοσύνης. Η εποχή αυτή χαρακτηρίζεται από καινοτόμες εξελίξεις σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους, οι οποίες καθοδηγούνται από τη δύναμη των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και των νευρωνικών δικτύων (Coccia, 2019). Η παρούσα εργασία διενεργεί μια βιβλιογραφική επισκόπηση των βασικότερων αλγορίθμων και μεθόδων που συνιστούν το επιστημονικό αυτό πεδίο, εξετάζοντας τον βασικό τρόπο λειτουργίας τους.

Η εργασία έχει χωριστεί σε τρία κεφάλαια. Στο πρώτο αναλύουμε αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, εξετάζοντας τις αρχές λειτουργίας τους και τις διαφορετικές τους κατηγορίες. Παρουσιάζουμε αλγορίθμους επιβλεπόμενης μάθησης όπως την γραμμική και λογιστική παλινδρόμηση, τον **K-NN**, τα **SVMs** αλλά και μη επιβλεπόμενης μάθησης όπως οι αλγόριθμοι συσταδοποίησης **K-Means** και **DBSCAN**.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματευόμαστε το αντικείμενο των νευρωνικών δικτύων και των βασικών αρχιτεκτονικών τους. Τα νευρωνικά δίκτυα αντιπροσωπεύουν μια ισχυρή κλάση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, εμπνευσμένη από τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου. Αυτοί οι αλγόριθμοι έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν από τα δεδομένα, εξάγοντας δομικά και αριθμητικά χαρακτηριστικά που ενσωματώνονται σε πολυεπίπεδες δομές, γνωστές και ως "νευρωνικά δίκτυα" (Aggarwal, 2023). Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει μια εισαγωγή στην βασική τους αρχιτεκτονική, αναλύοντας τα διάφορα επίπεδα που τους αποτελούν και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Ξεκινώντας με τον απλούστερο τύπο νευρωνικού δικτύου, το **Perceptron** (Rosenblatt, 1958), προχωράμε στα πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα που αποτελούν τη βάση των περισσότερων σύγχρονων αρχιτεκτονικών. Εστιάζουμε στην εκπαίδευση των δικτύων με τον αλγόριθμο back-propagation και τέλος αναφερόμαστε σε προβλήματα που μπορούν να προκύψουν κατά τη διάρκεια της

εκπαίδευσης των νευρωνικών δικτύων και πώς αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την ανάλυση της σημασίας των νευρωνικών δικτύων στη σύγχρονη μηχανική μάθηση και την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα.

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο αναφερόμαστε στα Νευρωνικά Δίκτυα Γράφων (Graph Neural Networks - GNNs), τα οποία επεκτείνουν τις δυνατότητες των παραδοσιακών νευρωνικών δικτύων για να αντιμετωπίσουν δεδομένα που δομούνται σε μορφή γράφων (Scarselli et al., 2009). Πολλά προβλήματα του πραγματικού κόσμου, όπως κοινωνικά δίκτυα, βιολογικά δίκτυα, συστήματα συστάσεων και γνωστικοί γράφοι, μπορούν να αναπαρασταθούν φυσικά ως γράφοι (Kipf & Welling, 2016). Μερικά από τα νευρωνικά δίκτυα γράφων που αναφέρουμε είναι τα Graph Convolutional Networks, το GraphSage (Hamilton, Ying & Leskovec, 2017) και τα Graph Attention Networks (Veličković et al., 2017). Με την βιβλιογραφική επισκόπηση των παραπάνω, επιτυγχάνουμε την καλύτερη κατανόηση και οργάνωση της γνώσης στο πολύπλοκο αυτό επιστημονικό πεδίο.

Λέξεις κλειδιά

Μηχανική Μάθηση - Νευρωνικά Δίκτυα - Νευρωνικά Δίκτυα Γράφων

ABSTRACT

The field of Artificial Intelligence has seen remarkable developments in recent years, in particular in the area of machine learning. These developments have paved the way for a revolutionary era known as the age of artificial intelligence. This era is characterized by innovative developments in various scientific disciplines, driven by the power of machine learning algorithms and neural networks (Coccia, 2019). This paper conducts a literature review of the main algorithms and methods that constitute this scientific field, examining their basic mode of operation.

The work has been divided into three chapters. In the first one we analyze machine learning algorithms, examining their operating principles and their different categories. We present supervised learning algorithms such as linear and logistic regression, K-NN, SVMs and unsupervised learning algorithms such as K-Means and DBSCAN clustering algorithms.

In the second chapter we discuss the subject of neural networks and their basic architectures. Neural networks represent a powerful class of machine learning algorithms inspired by the way the human brain works. These algorithms have the ability to learn from data, extracting structural and numerical features embedded in layered structures, also known as "neural networks" (Aggarwal, 2023). This chapter presents an introduction to their basic architecture, discussing the different layers that make them up and the interactions between them. Starting with the simplest type of neural network, the Perceptron (Rosenblatt, 1958), we move on to the multilevel neural networks that form the basis of most modern architectures. We focus on the training of networks with the back-propagation algorithm and finally we discuss problems that can arise during the training of neural networks and how they can be addressed. The chapter concludes with an analysis of the importance of neural networks in modern machine learning and the wider scientific community.

In the third and final chapter we discuss Graph Neural Networks (GNNs), which extend the capabilities of traditional neural networks to deal with data structured in graph form (Scarselli et al, 2009). Many real-world problems, such as social networks, biological networks, recommender systems and cognitive graphs, can be physically represented as graphs (Kipf & Welling, 2016). Some of the graph neural networks we report on are Graph Convolutional Networks, GraphSage (Hamilton, Ying & Leskovec, 2017) and Graph Attention Networks

(Veličković et al, 2017). By reviewing the literature of the above, we achieve a better understanding and organization of knowledge in this complex scientific field.

Λέξεις κλειδιά

Machine Learning - Neural Networks - Graph Neural Networks