

Ανίχνευση ινών σε εικόνες υπολογιστική μικροτομογραφία σύνθετων υλικών προσθετικής κατασκευής με χρήση νευρωνικών δικτύων

Χρήστος Νικολάου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξώθηση υλικού (ME) είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία προσθετικής κατασκευής (τρισδιάστατη εκτύπωση) που έφερε επανάσταση στον τομέα της κατασκευής λόγω της ικανότητάς της να δημιουργεί εύκολα και γρήγορα προσαρμοσμένα και σύνθετα ανθεκτικά εξαρτήματα. Ιδιαίτερη προσοχή στην ανοικτή βιβλιογραφία δίνεται στις δυνατότητες των σύνθετων υλικών ενισχυμένων με συνεχείς ίνες, καθώς παρουσιάζουν μηχανικές ιδιότητες κοντά σε αυτές των μετάλλων. Παρά τα πλεονεκτήματά της ME, ένα σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου σχετίζεται με την τοποθέτηση και το ποσοστό των ινών, τα οποία επηρεάζουν δραστικά τη μηχανική απόδοση του τελικού εξαρτήματος. Η αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση σαρώσεων υπολογιστική μικροτομογραφία (micro-CT), επιτρέποντας την απεικόνιση των ινών στο υλικό της μήτρας. Ωστόσο, η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της σάρωσης με micro-CT (δηλ. ο διαχωρισμός των φάσεων της μήτρας και των ινών) δεν είναι τετριμμένη λόγω του μεγέθους των ινών και των αναλογιών πυκνότητας της μήτρας και της ίνας, τα οποία καθιστούν δύσκολη την ορθή απεικόνιση των ινών στη μήτρα.

Ο πρωταρχικός στόχος της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της χρήσης συμβατικών αλγορίθμων micro-CT και αλγορίθμων νευρωνικού δικτύου (NN) για την επεξεργασία εικόνας αποσκοπώντας στην ακριβή απεικόνιση και ανίχνευση των ινών σε τρισδιάστατα εκτυπωμένα σύνθετα υλικά. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε μια

τροποποιημένη έκδοση του μοντέλου YOLO (You Only Look Once) v7 Tiny. Έπειτα εκπαιδεύτηκε στις χειροκίνητα επισημασμένες εικόνες της micro-CT για ένα τρισδιάστατα εκτυπωμένο σύνθετο υλικό ενισχυμένο με συνεχείς ίνες Kevlar και για ένα με συνεχείς ίνες άνθρακα. Οι σαρώσεις micro-CT πραγματοποιήθηκαν στο Vrije Universiteit Brussel (VUB), στις Βρυξέλλες του Βελγίου και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η τροποποιημένη έκδοση του YOLOv7 ήταν σε θέση να αποτυπώσει τα όρια των ινών με μεγάλη ακρίβεια, οδηγώντας σε σαφώς καθορισμένες ίνες στο υλικό της μήτρας. Επιπλέον ήταν σε θέση να παράξει αποτελέσματα για χιλιάδες εικόνες σε λίγα λεπτά, γεγονός που δείχνει τη χρονική αποδοτικότητα και την πρακτικότητά του. Λόγω των προαναφερθέντων παραγόντων, η τροποποιημένη έκδοση του YOLOv7 αποτελεί πολύτιμη προσθήκη στην επιστημονική βιβλιογραφία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από επαγγελματίες της βιομηχανίας όσο και από ακαδημαϊκούς για την απόκτηση γρήγορων και ακριβών αποτελεσμάτων ινών από εικόνες micro-CT.

Ανίχνευση ινών σε εικόνες υπολογιστική μικροτομογραφία σύνθετων υλικών προσθετικής κατασκευής με χρήση νευρωνικών δικτύων

Χρήστος Νικολάου

Λέξεις κλειδιά

Προσθετική Κατασκευή, Εξώθηση Υλικού, Υπολογιστική Μικροτομογραφία, Ανίχνευση Ινών, YOLO

**Fiber detection in micro Computer Tomography images of additively
manufactured composites using neural networks**

Christos Nikolaou

ABSTRACT

Material extrusion (ME) is a relatively new additive manufacturing (3D printing) technology that revolutionized the manufacturing domain due to its ability to create easily and fast custom and composite durable parts. Special attention in the open literature is given to the potential of composites reinforced with continuous fibers since they exhibit mechanical properties close to the ones of metals. Despite the plethora of benefits associated with ME, a significant disadvantage of the method is related to the fibers' positioning and percentage, both of which influence drastically the mechanical performance of the final part. Tackling this issue can be achieved using micro Computer Tomography (micro- CT) scans which allow to visualize the fibers in the matrix material. However, utilizing the results of the micro-CT scan (i.e. separating the phases of the matrix and the fibers) is non-trivial due to the size of the fibers and the density ratios of the matrix and the fiber, both of which deem it challenging to properly visualize the fibers in the matrix.

The primary objective of this study is to investigate the use of conventional micro-CT and neural network (NN) algorithms for image processing to accurately visualize and detect the fibers in 3D printed composites. A custom version of YOLO (You Only Look Once) v7 Tiny model was used. The model was trained on manually labeled images of micro-CT results for a 3D printed composite reinforced with continuous Kevlar fibers and another one reinforced with

continuous carbon fibers. The micro-CT scans were performed in the Vrije Universiteit Brussel (VUB), in Brussels Belgium and were utilized in this study.

The results demonstrate that the YOLOv7 algorithm was able to capture the boundaries of the fibers accurately leading to clearly defined fibers in the matrix material. Furthermore, the ability to provide results for thousands of images in a few minutes indicates its time efficiency and practicability. Due to the aforementioned factors, the custom version of YOLO v7 is a valuable addition to the scientific literature and can be used by both industry and academic professionals to obtain rapid and accurate results of fibers from micro-CT images.

Λέξεις κλειδιά

Additive Manufacturing, Material Extrusion, micro-CT, Fiber Detection, YOLO