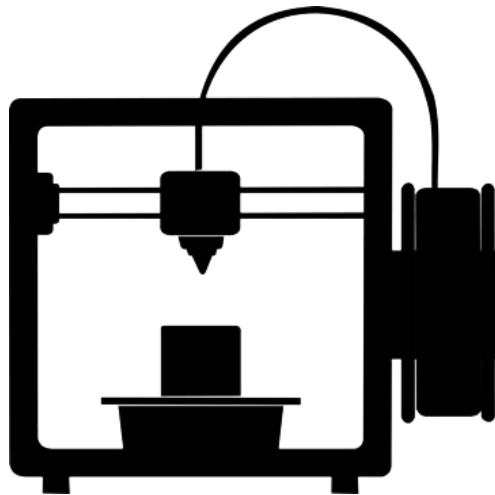


Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος

**Σχεδιασμός και Κατασκευή Μηχανής Εξώθησης
Πλαστικού Νήματος (Filament Extruder)
για 3D Εκτυπώσεις**



- Πτυχιακή Εργασία -

Παναγιώτης Λεκάκης Μπούτας

ΤΦ 2026

Επιβλέπων καθηγητής: Μανώλης Μαραβελάκης

Ιούλιος 2025

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	2
Περίληψη	4
Abstract.....	5
1. Εισαγωγή	6
1.1 Ιστορική Εξέλιξη της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης.....	6
1.2 Ιστορική Αναδρομή των Σχεδιαστικών Προγραμμάτων Τύπου CAD	8
1.3 Φάσμα δυνατοτήτων	9
1.4 Σκοπός της πτυχιακής εργασίας	10
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	11
2.1 Τεχνολογία 3D εκτύπωσης	11
2.2 Εφαρμογές 3D τεχνολογίας	11
2.3 Εφαρμογές των Σχεδιαστικών Προγραμμάτων Τύπου CAD.....	13
2.4 Βασικά υλικά και διαδικασία παραγωγής.....	15
2.5 Εξώθηση.....	15
3. Μεθοδολογία Σχεδίασης	17
3.1 Αρχή λειτουργίας και κατασκευή	17
3.2 Σχεδίαση	18
3.3 Τεχνικά Σχέδια και Τεκμηρίωση (Drawings, BOM).....	19
3.4 Έλεγχοι Ποιότητας και Βελτιστοποιήσεις	20
4. Κατασκευή και Συναρμολόγηση.....	22
4.1. Ανάλυση Συστήματος και Προδιαγραφών	22
4.2. Δημιουργία Μεμονωμένων Εξαρτημάτων (Part Modeling).....	22
4.3. Συναρμολόγηση (Assembly)	23
4.4. Ανάλυση και Έλεγχος Σχεδίασης	23
4.5. Δημιουργία Τεχνικών Σχεδίων (Drawings)	23
4.6. Προετοιμασία για Κατασκευή ή Εκτύπωση	24
5. Αποτελέσματα	27
5.1 Τελικό Ψηφιακό Μοντέλο	27
5.2 Τεχνικά Σχέδια και Συναρμολόγηση	27

5.3 Ανάλυση Λειτουργικότητας.....	28
5.4 Εκτιμώμενη Πρακτική Υλοποίηση	28
6. Συμπεράσματα και Γενική εκτίμηση	29
Βιβλιογραφία.....	30

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο τη μελέτη και τη σχεδίαση ενός επιτραπέζιου 3D εκτυπωτή χρησιμοποιώντας το λογισμικό SolidWorks. Ο κύριος στόχος της εργασίας είναι η δημιουργία ενός πλήρως λειτουργικού τρισδιάστατου μοντέλου εκτυπωτή, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα βασικά μηχανικά εξαρτήματα, καθώς και η αποτύπωση του τρόπου συναρμολόγησης και λειτουργίας του.

Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο σχετικά με την τεχνολογία της 3D εκτύπωσης, τις κύριες κατηγορίες εκτυπωτών και τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου συστήματος. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας σχεδιασμού, από την επιλογή των εξαρτημάτων έως την υλοποίηση των εξαρτημάτων και ανεξάρτητων μερών στο SolidWorks. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη σωστή διάταξη των εξαρτημάτων, στην ορθολογική σχεδίαση για εύκολη κατασκευή και στη λειτουργική ανάλυση του τελικού μοντέλου.

Το αποτέλεσμα της εργασίας είναι ένα ολοκληρωμένο τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο εκτυπωτή, συνοδευόμενο από τεχνικά σχέδια, συναρμολογήσεις και ενδεικτική λίστα υλικών. Η εργασία συμβάλλει στην κατανόηση του τρόπου σχεδιασμού μηχανολογικών συστημάτων μέσω λογισμικού τύπου CAD και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για μελλοντική υλοποίηση ή βελτιώσεις.

Abstract

This thesis focuses on the study and design of a desktop 3D printer using SolidWorks CAD software. The primary objective is the development of a fully functional three-dimensional digital model of a printer, incorporating all essential mechanical components, along with the documentation of its assembly and operation.

Initially, the theoretical background of 3D printing technology is presented, including the main categories of 3D printers and the fundamental elements of such systems. This is followed by a detailed description of the design methodology, from the selection of components to the modeling of individual parts and assemblies in SolidWorks. Special emphasis is placed on the optimal arrangement of components, design for ease of fabrication, and functional analysis of the final system.

The result of the project is a complete 3D digital model of a printer, accompanied by technical drawings, assemblies, and a representative bill of materials. This thesis contributes to the understanding of mechanical system design using CAD software and can serve as a basis for future implementation or further development.

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορική Εξέλιξη της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης

Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, γνωστή και ως προσθετική κατασκευή (additive manufacturing), αποτελεί μία από τις σημαντικότερες τεχνολογικές καινοτομίες των τελευταίων δεκαετιών. Βασίζεται στην αρχή της δημιουργίας αντικειμένων μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης υλικού, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές τεχνικές αφαίρεσης (π.χ. τórνευση, φρεζάρισμα). Η ιστορική πορεία της 3D εκτύπωσης χαρακτηρίζεται από σταδιακή ωρίμανση της τεχνολογίας, διεύρυνση του πεδίου εφαρμογών και μείωση του κόστους πρόσβασης.

i. Πρώτη εμφάνιση και Θεμελίωση (1980-1990)

Η ιδέα της τρισδιάστατης κατασκευής δεν είναι καινούργια, αλλά η πρώτη τεχνικά τεκμηριωμένη μέθοδος προτάθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Το 1981, ο Ιάπωνας ερευνητής Hideo Kodama κατέθεσε αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας σχετικά με ένα σύστημα φωτοπολυμερισμού για την κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων, χωρίς ωστόσο να ολοκληρωθεί η διαδικασία κατοχύρωσης.

Η πραγματική απαρχή της 3D εκτύπωσης τοποθετείται το 1984, όταν ο Chuck Hull, ιδρυτής της εταιρείας 3D Systems, ανέπτυξε και κατοχύρωσε τη μέθοδο της στερεολιθογραφίας (Stereolithography – SLA). Η τεχνική αυτή βασίζεται στη σκλήρυνση υγρής ρητίνης μέσω εστιασμένου υπεριώδους λέιζερ, στρώση προς στρώση, ώστε να προκύψει το επιθυμητό αντικείμενο. Το πρώτο εμπορικό SLA μηχάνημα, το SLA-1, παρουσιάστηκε το 1987.

ii. Εμφάνιση Εναλλακτικών Τεχνολογιών (1990-2000)

Κατά τη δεκαετία του 1990, αναπτύχθηκαν και άλλες μέθοδοι τρισδιάστατης εκτύπωσης, οι οποίες διεύρυναν τις δυνατότητες και τα πεδία εφαρμογής της τεχνολογίας:

- Fused Deposition Modeling (FDM): Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Stratasys (ιδρυτής: Scott Crump). Πρόκειται για τη γνωστότερη και πιο διαδεδομένη μέθοδο, όπου θερμοπλαστικό υλικό (π.χ. ABS, PLA) λιώνει και εναποτίθεται μέσω ακροφυσίου σε διαδοχικές στρώσεις.
- Selective Laser Sintering (SLS): Αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Τέξας από τον Carl Deckard. Χρησιμοποιεί λέιζερ για να λιώσει και να συντήξει σκόνες πλαστικών ή μεταλλικών υλικών σε τρισδιάστατες μορφές.

- Laminated Object Manufacturing (LOM) και άλλες τεχνικές προστέθηκαν στο οικοσύστημα, διευρύνοντας τις επιλογές.

Αν και το κόστος παρέμενε υψηλό, οι πρώτες εφαρμογές στη βιομηχανία για ταχεία προτυποποίηση (rapid prototyping) κατέστησαν την τεχνολογία ιδιαίτερα πολύτιμη για την ανάπτυξη προϊόντων.

iii. Δημοκρατικοποίηση της Τεχνολογίας (2000-2010)

Η δεκαετία του 2000 σηματοδότησε τη σταδιακή μετάβαση από τη βιομηχανική χρήση στην προσβασιμότητα για ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια και αργότερα για ιδιώτες. Σημαντικός σταθμός ήταν το RepRap Project (2005), που ξεκίνησε από το Πανεπιστήμιο του Bath στο Ηνωμένο Βασίλειο. Είχε ως στόχο τη δημιουργία ενός ανοιχτού κώδικα 3D εκτυπωτή ικανού να αναπαράγει τον εαυτό του.

Το κίνημα "maker" και η εξάπλωση των DIY (Do-It-Yourself) τεχνολογιών βοήθησαν στην αύξηση της ζήτησης. Εμφανίζονται οι πρώτοι επιτραπέζιοι 3D εκτυπωτές (π.χ. MakerBot, Ultimaker), ενώ το κόστος μειώνεται σταδιακά.

iv. Ωρίμανση και Βιομηχανική Υιοθέτηση (2010-σήμερα)

Από το 2010 και έπειτα, η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει εξελιχθεί από εργαλείο πρωτοτυποποίησης σε τελικό μέσο παραγωγής. Η τεχνολογία χρησιμοποιείται πλέον ευρέως σε τομείς όπως:

- Ιατρική (προσθετικά, εμφυτεύματα, βιοεκτύπωση ιστών)
- Αεροναυπηγική (ελαφριά εξαρτήματα, jet nozzles)
- Κατασκευές (3D printed κατοικίες)
- Αυτοκινητοβιομηχανία
- Μόδα και τέχνες

Ταυτόχρονα, εξελίσσονται νέες τεχνολογίες όπως:

- Binder Jetting (χρήση συγκολλητικής ουσίας)
- Metal 3D Printing (π.χ. Direct Metal Laser Sintering – DMLS)
- Bioprinting (εκτύπωση με ζωντανά κύτταρα)

Η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης, το cloud computing και η χρήση 3D scanning έχουν εμπλουτίσει σημαντικά το οικοσύστημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης, μετατρέποντάς την σε εργαλείο ψηφιακού μετασχηματισμού.

1.2 Ιστορική Αναδρομή των Σχεδιαστικών Προγραμμάτων Τύπου CAD

Η ιστορία των προγραμμάτων σχεδίασης μέσω υπολογιστή (Computer-Aided Design – CAD) αποτελεί έναν από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες της μετάβασης από την αναλογική στη ψηφιακή εποχή στον τομέα της μηχανολογίας, της αρχιτεκτονικής, του βιομηχανικού σχεδιασμού και άλλων τεχνικών επιστημών. Η εξέλιξη των CAD συστημάτων αντικατοπτρίζει τις τεχνολογικές προόδους στη μηχανογραφημένη σχεδίαση, αλλά και τις μεταβαλλόμενες ανάγκες της βιομηχανίας.

i. Η Προ-Υπολογιστική Περίοδος και οι Πρώτες Προσπάθειες Αυτοματισμού

Πριν την εισαγωγή των υπολογιστών στη σχεδίαση, οι μηχανικοί και αρχιτέκτονες βασίζονταν αποκλειστικά στη χειροκίνητη σχεδίαση με εργαλεία όπως το χάρακα, το διαβήτη και το τεχνικό σχέδιο σε χαρτί. Παρά τις δυνατότητες λεπτομέρειας, η διαδικασία ήταν χρονοβόρα και επιρρεπής σε λάθη, ενώ η τροποποίηση υφιστάμενων σχεδίων απαιτούσε επανασχεδίαση.

Η πρώτη σημαντική προσπάθεια για την αυτοματοποίηση της σχεδίασης σημειώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Ένα από τα πρώτα πρωτοποριακά έργα ήταν το "Sketchpad" του Ivan Sutherland (1963), το οποίο λειτουργούσε σε υπολογιστή TX-2 του MIT. Το Sketchpad ήταν το πρώτο διαδραστικό σύστημα γραφικών που επέτρεπε στον χρήστη να σχεδιάζει απευθείας στην οθόνη χρησιμοποιώντας "light pen", και εισήγαγε έννοιες όπως τα αντικείμενα (objects), οι περιορισμοί (constraints) και η ιεραρχική σχεδίαση – θεμελιώδεις αρχές των μετέπειτα CAD προγραμμάτων.

ii. Η Πρώιμη Περίοδος (1970-1980)

Κατά τη δεκαετία του 1970, η τεχνολογία CAD άρχισε να υλοποιείται εμπορικά, αν και περιοριζόταν κυρίως σε μεγάλες βιομηχανικές εταιρείες λόγω του υψηλού κόστους. Οι πρώτες εμπορικές εφαρμογές, όπως το CADAM (Computer-Augmented Drafting And Manufacturing) από την Lockheed (1965) και το CATIA της Dassault Systèmes (1977), χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς στην αεροδιαστημική βιομηχανία. Αυτά τα συστήματα έδιναν έμφαση στην 2D γεωμετρική σχεδίαση και την παραγωγή τεχνικών σχεδίων.

iii. Η Μετάβαση σε Προσωπικούς Υπολογιστές (1980-1990)

Με την εμφάνιση πιο οικονομικών προσωπικών υπολογιστών και την αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, τα CAD προγράμματα έγιναν προσβάσιμα σε ευρύτερο κοινό. Η κυκλοφορία του AutoCAD από την Autodesk το 1982 αποτέλεσε κομβικό σημείο. Το

AutoCAD αποτέλεσε το πρώτο λογισμικό CAD για προσωπικούς υπολογιστές με γραφικό περιβάλλον και υποστήριξη δισδιάστατης (2D) και αργότερα τρισδιάστατης (3D) σχεδίασης. Επέτρεψε την ευρεία υιοθέτηση του CAD σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις.

iv. Η Άνοδος της Τρισδιάστατης Σχεδίασης (1990-2000)

Η δεκαετία του 1990 χαρακτηρίστηκε από τη μετάβαση σε τρισδιάστατη παραμετρική σχεδίαση. Εμφανίζονται λογισμικά όπως το SolidWorks (1995), το Pro/ENGINEER (νυν Creo), και το Inventor της Autodesk. Τα προγράμματα αυτά εισήγαγαν τη δυνατότητα δημιουργίας «έξυπνων μοντέλων» με παραμετρικούς κανόνες και συναρτήσεις, επιτρέποντας την ταχύτερη προσαρμογή και επεξεργασία σύνθετων σχεδίων.

v. Η Σύγχρονη Εποχή και οι Cloud-Based Λύσεις (2000-σήμερα)

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται στροφή προς την ενσωμάτωση CAD εργαλείων με εργαλεία προσομοίωσης (CAE), ανάλυσης κατασκευής (CAM) και διαχείρισης προϊόντων (PLM). Ταυτόχρονα, εμφανίζονται cloud-based CAD εφαρμογές, όπως το Onshape και το Fusion 360, που επιτρέπουν συνεργατική σχεδίαση σε πραγματικό χρόνο. Τα σύγχρονα CAD προγράμματα υποστηρίζουν πλέον πλήρη ενοποίηση με τεχνολογίες όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, η εικονική/επαυξημένη πραγματικότητα και η τεχνητή νοημοσύνη

1.3 Φάσμα δυνατοτήτων

Τα σχεδιαστικά προγράμματα έχουν επίσης εξελιχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια ξεχωρίζοντας μάλιστα και μεταξύ τους ως προς το τί ακριβώς καλείται να σχεδιάσει το πρόγραμμα. Για μηχανικούς υπάρχουν διάφορα σχεδιαστικά προγράμματα που καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες, όπως CAD (Computer-Aided Design), BIM (Building Information Modeling) και άλλα εξειδικευμένα εργαλεία. Πιο αναλυτικά, τα σχεδιαστικά προγράμματα τύπου CAD (Computer-Aided Design) αποτελούν βασικά εργαλεία στον σύγχρονο σχεδιασμό και την παραγωγή σε πολλούς τομείς, όπως η αρχιτεκτονική, η μηχανολογία, η βιομηχανική σχεδίαση και η κατασκευή. Τα σχεδιαστικά προγράμματα αυτά, επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν ακριβή δισδιάστατα (2D) ή τρισδιάστατα (3D) με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, εξοικονομώντας χρόνο και βελτιώνοντας σημαντικά την ακρίβεια σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους χειροκίνητου σχεδίου.

Τα λογισμικά αυτά προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων, όπως παραμετρικό σχεδιασμό, ανάλυση δομικής αντοχής, προσομοίωση κινήσεων και αυτοματοποιημένη παραγωγή τεχνικών σχεδίων. Η χρήση τέτοιων εργαλείων δεν προορίζεται μόνο στους επαγγελματίες. καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, τα σχεδιαστικά προγράμματα γίνονται όλο και πιο προσιτά και φιλικά προς τον χρήστη, ενθαρρύνοντας την είσοδο μαθητών, φοιτητών και ερασιτεχνών στον χώρο του ψηφιακού σχεδιασμού.

1.4 Σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Σκοπός λοιπόν της παρούσας πτυχιακής είναι η απεικόνιση του μηχανήματος αυτού σε ένα τρισδιάστατο σχέδιο, με την μεγαλύτερη δυνατή λεπτομέρεια, χρησιμοποιώντας ειδικά σχεδιαστικά προγράμματα, στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SolidWorks. Έτσι θα δίνεται στον οποιονδήποτε η δυνατότητα ενδελεχούς ανάλυσης του μηχανήματος, αλλά και των εξαρτημάτων που το απαρτίζουν ξεχωριστά, χωρίς να πρέπει να έχει το ίδιο το μηχάνημα μπροστά του ή να πρέπει να το αποσυναρμολογήσει. Τέλος, στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία θα αναφερθούμε και στην διαδικασία σχεδίασης του μηχανήματος εξώθησης νήματος, αλλά και στην κατασκευή και λειτουργία του μηχανήματος όντας δυο αναπόσπαστα κομμάτια.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Τεχνολογία 3D εκτύπωσης

Η τεχνολογία της πρόσθετης κατασκευής (Additive Manufacturing), και ειδικότερα η 3D εκτύπωση, έχει γνωρίσει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, με πληθώρα εφαρμογών στη βιομηχανία, στην εκπαίδευση και στην έρευνα. Ένας βασικός παράγοντας στη λειτουργία των 3D εκτυπωτών τύπου FDM (Fused Deposition Modeling) είναι η ποιότητα του νήματος (filament) που χρησιμοποιείται. Για αυτό το λόγο είναι και μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους 3D εκτύπωσης, κατά την οποία ένα θερμοπλαστικό υλικό λιώνει και αποτίθεται στρώση-στρώση για τη δημιουργία του τελικού αντικειμένου.

2.2 Εφαρμογές 3D τεχνολογίας

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικότεροι τομείς στους οποίους βρίσκει εφαρμογή η 3D εκτύπωση:

i. Βιομηχανία και Μηχανολογία (Industrial and Mechanical Engineering)

Η 3D εκτύπωση χρησιμοποιείται ευρέως για την κατασκευή εξαρτημάτων, εργαλείων, πρωτοτύπων και τελικών προϊόντων. Επιτρέπει τον γρήγορο σχεδιασμό και την παραγωγή λειτουργικών μηχανικών μερών με υψηλή ακρίβεια, μειώνοντας σημαντικά το κόστος και τον χρόνο παραγωγής.

ii. Ιατρική και Οδοντιατρική (Medicine and Dentistry)

Ο τομέας της υγείας έχει επωφεληθεί σημαντικά από την προσθετική κατασκευή. Εφαρμογές περιλαμβάνουν:

- Κατασκευή προσωποποιημένων προσθετικών μελών
- Τρισδιάστατα εκτυπωμένα εμφυτεύματα
- Μοντέλα για προεγχειρητικό σχεδιασμό
- Οδοντιατρικές θήκες, γέφυρες και νάρθηκες

iii. Αρχιτεκτονική και Πολιτική Μηχανική (Architecture and Civil Engineering)

Η δυνατότητα εκτύπωσης αρχιτεκτονικών μακετών και ακόμα και δομικών στοιχείων προσφέρει νέα εργαλεία σε αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Σε πειραματικό στάδιο

βρίσκονται και οι πρώτες κατοικίες που έχουν κατασκευαστεί εξ ολοκλήρου με 3D εκτύπωση σκυροδέματος.

iv. Αεροναυπηγική και Διαστημική Τεχνολογία (Aerospace and Space Engineering)

Η ανάγκη για ελαφριά, ανθεκτικά και ειδικά σχεδιασμένα εξαρτήματα καθιστά την 3D εκτύπωση πολύτιμο εργαλείο στην αεροδιαστημική. Εταιρείες όπως η NASA και η SpaceX αξιοποιούν την τεχνολογία για την παραγωγή εξαρτημάτων πυραύλων και διαστημικών σκαφών.

v. Αυτοκινητοβιομηχανία (Automotive Industry)

Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων αξιοποιούν την 3D εκτύπωση για την ταχεία δημιουργία πρωτοτύπων, την κατασκευή ειδικών εξαρτημάτων, και τον πειραματισμό με νέες σχεδιαστικές λύσεις χωρίς τις παραδοσιακές γραμμές παραγωγής.

vi. Μόδα και Σχεδιασμός (Fashion and Product Design)

Η δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων γεωμετριών επιτρέπει σε σχεδιαστές μόδας, κοσμημάτων και βιομηχανικού σχεδιασμού να υλοποιήσουν δημιουργίες που παλαιότερα ήταν ανέφικτες. Εκτυπώνονται ενδύματα, παπούτσια και αξεσουάρ με εντυπωσιακή λεπτομέρεια.

vii. Τέχνη και Πολιτιστική Κληρονομιά (Art and Cultural Heritage)

Η αναπαραγωγή και αποκατάσταση ιστορικών αντικειμένων γίνεται με ακρίβεια χάρη στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Παράλληλα, καλλιτέχνες αξιοποιούν την τεχνολογία για τη δημιουργία πρωτοποριακών έργων τέχνης.

viii. Εκπαίδευση και Έρευνα (Education and Research)

Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα χρησιμοποιούν την 3D εκτύπωση για τη δημιουργία διδακτικών μοντέλων, ενώ η έρευνα την αξιοποιεί για την παραγωγή επιστημονικών εργαλείων και τη μελέτη πολύπλοκων γεωμετρικών δομών.

ix. Γαστρονομία (Culinary Arts)

Σε αναδυόμενο στάδιο, η 3D εκτύπωση τροφίμων προσφέρει δυνατότητες δημιουργίας εικαστικών πιάτων, ειδικών διατροφικών σκευασμάτων (π.χ. για ασθενείς ή ηλικιωμένους), και βιομηχανικής παρασκευής φαγητού.

χ. Ναυτιλία και Υποθαλάσσιες Κατασκευές (Maritime and Subsea Engineering)

Η 3D εκτύπωση αρχίζει να βρίσκει εφαρμογές και στη ναυπηγική βιομηχανία για την παραγωγή εξαρτημάτων πλοίων και υποβρύχιων συστημάτων με αυξημένη αντοχή και εξειδικευμένο σχεδιασμό.

2.3 Εφαρμογές των Σχεδιαστικών Προγραμμάτων Τύπου CAD

Τα συστήματα σχεδίασης με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer-Aided Design – CAD) έχουν καθιερωθεί ως απαραίτητο εργαλείο στον σύγχρονο σχεδιασμό και την παραγωγή. Η ευελιξία, η ακρίβεια και η δυνατότητα τροποποίησης σχεδίων σε πραγματικό χρόνο καθιστούν τα CAD προγράμματα αναντικατάστατα σε πλήθος επιστημονικών και τεχνολογικών πεδίων. Οι κυριότερες εφαρμογές τους περιγράφονται παρακάτω:

i. Μηχανολογικός Σχεδιασμός (Mechanical Engineering Design)

Τα προγράμματα CAD χρησιμοποιούνται εκτενώς στον σχεδιασμό μηχανικών εξαρτημάτων, συστημάτων και συναρμολογήσεων. Παρέχουν δυνατότητες:

- Δισδιάστατης (2D) και τρισδιάστατης (3D) σχεδίασης
- Προσομοίωσης κινήσεων (kinematic simulation)
- Ανάλυσης τάσεων (stress analysis) και ροής (fluid dynamics)
- Παραγωγής τεχνικών σχεδίων για κατασκευή

Παραδείγματα: SolidWorks, Autodesk Inventor, PTC Creo

ii. Αρχιτεκτονική και Πολιτικός Σχεδιασμός (Architecture and Civil Engineering)

Οι αρχιτέκτονες και οι πολιτικοί μηχανικοί χρησιμοποιούν CAD για:

- Σχεδίαση κατόψεων, όψεων και τομών
- Τρισδιάστατη απεικόνιση κτιρίων (architectural visualization)
- Στατική και ενεργειακή ανάλυση δομών
- Συνεργασία με BIM (Building Information Modeling)

Παραδείγματα: AutoCAD Architecture, Revit, ArchiCAD

iii. Ηλεκτρολογικός και Ηλεκτρονικός Σχεδιασμός (Electrical and Electronics Design)

Τα CAD προγράμματα ειδικής κατηγορίας, γνωστά ως ECAD (Electronic CAD), χρησιμοποιούνται για:

- Σχεδίαση κυκλωμάτων (schematics)
- Κατασκευή πλακετών PCB (Printed Circuit Boards)
- Προσομοίωση ηλεκτρικών ρευμάτων και σημάτων

Παραδείγματα: AutoCAD Electrical, Altium Designer, Eagle, OrCAD

iv. Βιομηχανικός Σχεδιασμός και Προϊόντα (Industrial and Product Design)

Η αισθητική, η εργονομία και η λειτουργικότητα ενός προϊόντος καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό μέσω CAD σχεδίασης. Οι σχεδιαστές προϊόντων χρησιμοποιούν τα προγράμματα για:

- Μοντελοποίηση επιφανειών (surface modeling)
- Ανάλυση εργονομίας και αλληλεπίδρασης
- Δημιουργία φωτορεαλιστικών αποδόσεων (rendering)
- Εκτυπώσιμα αρχεία για 3D prototyping

Παραδείγματα: Rhino, Fusion 360, Alias, SolidWorks

v. Αυτοματισμός και Ρομποτική (Automation and Robotics)

Οι σχεδιαστικές πλατφόρμες χρησιμοποιούνται για τη μελέτη και τον σχεδιασμό:

- Ρομποτικών βραχιόνων και γραμμών παραγωγής
- Ηλεκτρομηχανικών συστημάτων
- Μηχανισμών αυτοματισμού με προσομοίωση κίνησης

Παραδείγματα: Siemens NX, CATIA, Solid Edge

vi. Αεροναυπηγική και Ναυπηγική (Aerospace and Marine Engineering)

Η αεροδιαστημική και η ναυτιλιακή βιομηχανία χρησιμοποιούν εξειδικευμένα CAD συστήματα για τον σχεδιασμό:

- Αεροσκαφών και διαστημικών οχημάτων
- Υποβρυχίων και σκαφών
- Αεροδυναμικών αναλύσεων και μηχανικών προσομοιώσεων

Παραδείγματα: CATIA, Siemens NX, ANSYS (σε συνδυασμό με CAD)

vii. Οδοντιατρική και Ιατρική Σχεδίαση (Medical and Dental Design)

Σε συνδυασμό με 3D scanning και εκτύπωση, τα CAD προγράμματα χρησιμοποιούνται για:

- Σχεδίαση προσθετικών μελών και εμφυτευμάτων
- Οδοντιατρικά εξαρτήματα (γέφυρες, νάρθηκες, στεφάνες)
- Ανατομικά μοντέλα για προεγχειρητική ανάλυση

Παραδείγματα: 3Shape Dental System, Exocad, Materialise Mimics

viii. Εκπαίδευση και Έρευνα (Education and Academic Research)

Τα CAD εργαλεία χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία τεχνικής σχεδίασης και τη διεξαγωγή ερευνητικών έργων σε τομείς όπως:

- Ρομποτική
- Προτυποποίηση νέων υλικών
- Ανάπτυξη νέων μηχανισμών και πειραματικών συστημάτων

2.4 Βασικά υλικά και διαδικασία παραγωγής

Τα πιο συνηθισμένα υλικά είναι το PLA, το ABS και το PETG. Η εξώθηση (extrusion) αποτελεί τη βασική διαδικασία παραγωγής του νήματος, κατά την οποία το πλαστικό θερμαίνεται και ωθείται μέσα από ένα ακροφύσιο για να πάρει τη μορφή λεπτού καλωδίου. Ο σωστός έλεγχος θερμοκρασίας, πίεσης και ταχύτητας είναι κρίσιμος για την ποιότητα του νήματος.

Η ανάγκη για χαμηλότερο κόστος, ανακύκλωση υλικών και προσαρμογή χαρακτηριστικών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη filament extruders: συσκευών που παράγουν νήμα για 3D εκτύπωση από πρώτες ύλες (π.χ. πλαστικά pellets ή ανακυκλωμένα υλικά). Στην παρούσα εργασία, επιχειρείται ο σχεδιασμός ενός τέτοιου extruder στο SolidWorks.

2.5 Εξώθηση

Η εξώθηση είναι μία από τις πιο συνηθισμένες διεργασίες στην κατεργασία θερμοπλαστικών υλικών. Περιλαμβάνει τη θέρμανση και πλαστικοποίηση του υλικού και την αναγκαστική προώθησή του μέσα από μία μήτρα για να πάρει το επιθυμητό σχήμα.

Τα βασικά στάδια είναι:

1. τροφοδοσία πρώτης ύλης (pellets ή θρυμματισμένα πλαστικά)
2. μεταφορά μέσω περιστρεφόμενου κοχλίου
3. θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις ή θερμαντικά στοιχεία
4. πίεση και διέλευση από το ακροφύσιο
5. ψύξη και σταθεροποίηση του νήματος

Η ομοιομορφία διαμέτρου, η ταχύτητα εξώθησης και η θερμική σταθερότητα του υλικού είναι κρίσιμοι παράγοντες για την επιτυχία της διεργασίας.

Η διαδικασία της εξώθησης είναι μια θερμομηχανική διεργασία που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία για την κατεργασία πολυμερών υλικών. Κατά τη διαδικασία, το θερμοπλαστικό υλικό υπόκειται σε:

1. Θέρμανση: Μέχρι το σημείο μαλάκυνσης (softening point), χωρίς να υποστεί αποικοδόμηση.
2. Πλαστικοποίηση: Μετατροπή σε ιξώδη ρευστή φάση κατάλληλη για ροή.
3. Προώθηση: Με χρήση κοχλίου ή εμβόλου μέσα σε σωλήνα (βαρέλι-barrel), το υλικό ωθείται προς το ακροφύσιο.
4. Μορφοποίηση: Το υλικό εξέρχεται από μήτρα/καλούπι και αποκτά το επιθυμητό σχήμα (νήμα σταθερής διαμέτρου).
5. Στερεοποίηση: Μέσω ψύξης, το υλικό στερεοποιείται διατηρώντας τη μορφή του.

Ορισμένοι κρίσιμοι παράγοντες της διεργασίας εξώθησης είναι οι παρακάτω:

- Θερμοκρασία: πρέπει να είναι κατάλληλη για το υλικό ώστε να διατηρείται σε ρευστή μορφή χωρίς υποβάθμιση.
- Ταχύτητα κοχλίου: καθορίζει την παροχή υλικού και επηρεάζει τη σταθερότητα ροής.
- Πίεση στο θάλαμο εξώθησης: πρέπει να παραμένει σταθερή για ομοιόμορφη ροή.
- Διάμετρος ακροφυσίου και γεωμετρία: επηρεάζουν την τελική διάμετρο του νήματος.
- Ψύξη: ρυθμισμένη για την αποφυγή συστολής ή παραμόρφωσης του νήματος.

3. Μεθοδολογία Σχεδίασης

3.1 Αρχή λειτουργίας και κατασκευή

Η σχεδίαση της μηχανής εξώθησης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης (CAD), και συγκεκριμένα με το SolidWorks. Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην αρχή της βίδας εξώθησης, όπου το πλαστικό υλικό θερμαίνεται και ωθείται μέσα από ένα ακροφύσιο.

Τα βασικά εξαρτήματα της κατασκευής περιλαμβάνουν:

- Ηλεκτρικός κινητήρας: Ο κινητήρας συνεχούς ρεύματος είναι υπεύθυνος για την περιστροφή της βίδας εξώθησης.
- Βίδα (κοχλίας) εξώθησης: Ο κοχλίας ωθεί το τήγμα του πλαστικού προς το ακροφύσιο.
- Θάλαμος θέρμανσης: Περιλαμβάνει θερμαντικές αντιστάσεις για τη σωστή τήξη του πλαστικού.
- Ακροφύσιο (nozzle): Καθορίζει τη διάμετρο του νήματος που παράγεται.
- Σύστημα τροφοδοσίας: Συνήθως χοάνη, για την εισαγωγή πρώτης ύλης (π.χ. pellets).
- Σύστημα ψύξης: Ανεμιστήρες ή παθητική ψύξη για τη σταθεροποίηση της διαμέτρου του νήματος.
- Σύστημα τύλιξης: Μηχανισμός περιτύλιξης του έτοιμου νήματος σε καρούλια.

Όλα τα παραπάνω εξαρτήματα σχεδιάστηκαν στο SolidWorks με βάση τα πραγματικά εξαρτήματα που δημιουργήθηκαν και με σκοπό να μοιάζουν όσο το δυνατόν περισσότερο με αυτά.



Εικόνα 1: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

3.2 Σχεδίαση

Για τη σχεδίαση ακολούθησα την προσέγγιση bottom-up, η οποία σημαίνει ότι σχεδιάζονται μεμονωμένα εξαρτήματα και στη συνέχεια τα συναρμολογούνται σε ένα σύστημα. Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι η ευελιξία, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης μοντέλων αλλά και η εξατομικευμένη σχεδίαση κάθε κομματιού.

Για καλύτερη οργάνωση, η σχεδίαση χωρίστηκε σε ξεχωριστά μέρη με κάποια από τα πιο βασικά να είναι τα εξής:

- Χοάνη τροφοδοσίας: όπου γίνεται η αποθήκευση και καθοδήγηση του υλικού στο θάλαμο εξώθησης. Σχεδιάστηκε με την εντολή loft από κυκλική βάση σε επέκταση της διαμέτρου ώστε να μοιάζει με μπουκάλι όπως χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή του extruder.
- Κοχλίας εξώθησης: είναι ένα κρίσιμο εξάρτημα που καθορίζει την πίεση, την ταχύτητα και την ποιότητα του νήματος. Σχεδιάστηκε με helix και sweep σε κυλινδρικό σώμα.
- Θάλαμος θέρμανσης: ένα κυλινδρικό εξάρτημα με θερμαντικά στοιχεία (αντιστάσεις) για τη σωστή θερμοκρασία και διατήρηση μαλακής μορφής του υλικού, με μια εσωτερική οπή για τη διέλευση του κοχλία, τέλος προστέθηκε και θερμομονωτικό υλικό ως ξεχωριστό σώμα.

3.3 Τεχνικά Σχέδια και Τεκμηρίωση (Drawings, BOM)

Σε αυτό το στάδιο ολοκληρώνεται η τεχνική τεκμηρίωση του μοντέλου, ώστε να καταστεί έτοιμο για πρακτική υλοποίηση:

i. Δημιουργία 2D τεχνικών σχεδίων

Για κάθε βασικό εξάρτημα (π.χ. οδηγοί, βάσεις, πλάκες) εξάγεται από το SolidWorks προδιαγραφόμενο σχέδιο με:

- Ονομασία και αριθμό εξαρτήματος
- Πλήρεις διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος), λεπτομέρειες όπως ακτίνες, γωνίες κ.ά.
- Ανοχές που κρίνονται κρίσιμες για την ακρίβεια συναρμολόγησης
- Είδος και ποιότητα επιφάνειας, υλικό κατασκευής
- Ειδικές ενότητες (όπως οπές αρχής/τέλους, ρουλεμάν, περσίδες, σπειρώματα) αναλύονται με ξεχωριστά διαγράμματα (popup-details).

ii. Exploded views και οδηγίες συναρμολόγησης

- Δημιουργία exploded views για τα παρακάτω: subassemblies κινητήρων, άξονες, εξωθητή
- Προσθήκη βημάτων συναρμολόγησης με annotations: τι μέρος πάει που, με ποια σειρά και ποια βίδα/βίδες χρησιμοποιούνται
- Επισημάνση κρίσιμων σημείων: αξιολόγηση πρόσβασης σε αισθητήρες, θερμοκρασιακές ζώνες, αντικατάσταση εξαρτημάτων

iii. Λίστα Υλικών – Bill of Materials (BOM)

Ο πίνακας περιλαμβάνει:

- Κωδικός / Ref.
- Περιγραφή (π.χ. "V-slot 2020 × 220 mm")
- Μοναδική μονάδα μέτρησης
- Υλικό (αλουμίνιο, PLA, ανοξείδωτο ατσάλι κ.ά.)
- Ποσότητα για κάθε στοιχείο
- Εκτίμηση τιμής ανά μονάδα (προτεινόμενη αγορά από σχετικές αναφορές/καταλόγους)
- Προμηθευτή ή τύπο (π.χ. NEMA 17 motor, GT2 pulley 20 tooth)

iv. Τεκμηρίωση CAD αρχείων

- Ονομασία με σαφή ιεραρχία, π.χ.:
Parts: "X-axis-rod.SLDPRT"
Subassemblies: "ExtruderGroup.SLDASM"
Main Assembly: "Desktop3DPrinter.SLDASM"
- Επιπλέον metadata (notes) μέσα στο CAD: ύψος, εκτιμώμενο βάρος, υλικοτεχνικές αναφορές, σύντομες πληροφορίες για tight tolerance areas

3.4 Έλεγχοι Ποιότητας και Βελτιστοποιήσεις

Στο τελευταίο στάδιο, το μοντέλο αξιολογείται και βελτιστοποιείται βάσει τεχνικών κριτηρίων:

i. Ενσωματωμένος έλεγχος "Interference Detection" στο SolidWorks

- Εντοπισμός τοπικών συγκρούσεων μεταξύ εξαρτημάτων (π.χ. ιμάντες που πέφτουν πάνω σε καλώδια, head collisions με hotend και καλύμματα)
- Διόρθωση γεωμετρίας, repositioning ή μικρές παρεμβάσεις στις αποστάσεις για εξασφάλιση ομαλής λειτουργίας

ii. Έλεγχος εργονομίας και accessibility

- Προσβασιμότητα για καθαρισμό, αντικατάσταση nozzle, ρύθμιση bed, συντήρηση κινητήρων
- Εξασφάλιση ότι εργαλεία και βίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς εμπόδια
- Επιθεώρηση "κατασκευάσιμων" λεπτομερειών όπως anchor points για καλώδια και αισθητήρες

iii. Ανάλυση σταθερότητας και center of gravity

- Εξομοίωση βάρους subassemblies για εκτίμηση ισορροπίας και απόδοση σε δυναμικές κινήσεις
- Αντισταθμίσεις (π.χ. περισσότερο υλικό στο πίσω μέρος, πλάτη πλαισίου) για ελαχιστοποίηση δομικών ταλαντώσεων

iv. Βελτιστοποίηση υλικού και κοστολόγησης

- Διερεύνηση εναλλακτικών μεθόδων κατασκευής (π.χ. διαφορετικό υλικό για κάλυμμα, λιγότερο "solid" προφίλ)

- Παρακολούθηση βάρους, αριθμού μερών και εκτίμηση τελικού κόστους, με στόχο οικονομική βιωσιμότητα

ν. Προσομοιώσεις λειτουργίας (προαιρετικές και αν υποστηρίζονται από την εκπαιδευτική μονάδα)

- Simulations stepper motors και φορτίων
- Ανάλυση διαδρομής nozzle και χρονισμού
- Thermal analysis για temperature gradient στη heated bed (αν έχει ενσωματωθεί)

4. Κατασκευή και Συναρμολόγηση

Η σχεδίαση ενός filament extruder πραγματοποιείται μέσω ενός συνδυασμού μηχανολογικής κατανόησης, εργονομικού σχεδιασμού και χρήσης εργαλείων παραμετρικής μοντελοποίησης στο SolidWorks. Ακολουθεί η ενδεικτική διαδικασία που εφαρμόστηκε για τη μοντελοποίηση και συναρμολόγηση του εξωθητήρα:

4.1. Ανάλυση Συστήματος και Προδιαγραφών

Πριν την έναρξη της σχεδίασης, γίνεται καταγραφή των τεχνικών απαιτήσεων:

- Διάμετρος εξόδου νήματος (συνήθως 1.75 mm ή 2.85 mm)
- Θερμοκρασία λειτουργίας (150-250°C)
- Χρήση κινητήρα (π.χ. stepper motor με γρανάζι)
- Τύπος θερμαντικού στοιχείου (heater cartridge)
- Σύστημα ψύξης (ανεμιστήρας-heat sink)
- Μηχανισμός προώθησης (drive gear & idler)

4.2. Δημιουργία Μεμονωμένων Εξαρτημάτων (Part Modeling)

Κάθε επιμέρους εξάρτημα μοντελοποιείται ως ξεχωριστό Part File στο SolidWorks. Τα βασικά εξαρτήματα περιλαμβάνουν:

i. Σώμα εξωθητήρα (Extruder Body)

- Χρησιμοποιούνται τα εργαλεία Extruded Boss/Base και Cut για την αρχική γεωμετρία
- Σχεδιάζονται οδηγοί και οπές για θερμαντικό στοιχείο, αισθητήρα θερμοκρασίας και βίδες

ii. Θερμική ζώνη (Heater Block)

- Μικρό κυβικό σώμα με οπές για το nozzle, το cartridge heater και τον θερμίστορ
- Υλικά: αλουμίνιο ή ορείχαλκος

iii. Ακροφύσιο (Nozzle)

- Κωνική γεωμετρία με εσωτερική οπή 0.4 mm έως 1.0 mm
- Δίνεται έμφαση στο threading με χρήση του εργαλείου Thread Tool

iv. Drive Gear & Idler Gear

- Μοντελοποίηση οδοντωτών τροχών με το εργαλείο Toolbox-Gears
- Δημιουργείται το σημείο επαφής με το filament

v. Mounting Bracket

- Μηχανική βάση για σύνδεση με τον εκτυπωτή ή άλλες μονάδες

vi. Ανεμιστήρας & Ψύκτρα (Cooling System)

- Χρησιμοποιούνται απλοποιημένα μοντέλα ανεμιστήρων και πτερυγίων από το SolidWorks Library ή import από STL/STEP αρχείο

4.3. Συναρμολόγηση (Assembly)

Στο περιβάλλον Assembly (.SLDASM), τα μεμονωμένα μέρη ενώνονται με χρήση mates:

- Coincident, Concentric, Distance για ευθυγράμμιση και τοποθέτηση
- Εφαρμογή Mechanical Mates (π.χ. gear mate για τα γρανάζια)
- Εξομοίωση κίνησης μέσω του Motion Study (π.χ. περιστροφή του stepper)

4.4. Ανάλυση και Έλεγχος Σχεδίασης

Μετά την ολοκλήρωση της συναρμολόγησης, εκτελούνται έλεγχοι:

- Interference Detection: Έλεγχος για πιθανές συγκρούσεις/επικαλύψεις
- Thermal Simulation (optional): Προσδιορισμός θερμικής ροής στο heat block
- Static Analysis: Εφαρμογή φορτίων για μελέτη τάσεων, αν είναι απαραίτητο

4.5. Δημιουργία Τεχνικών Σχεδίων (Drawings)

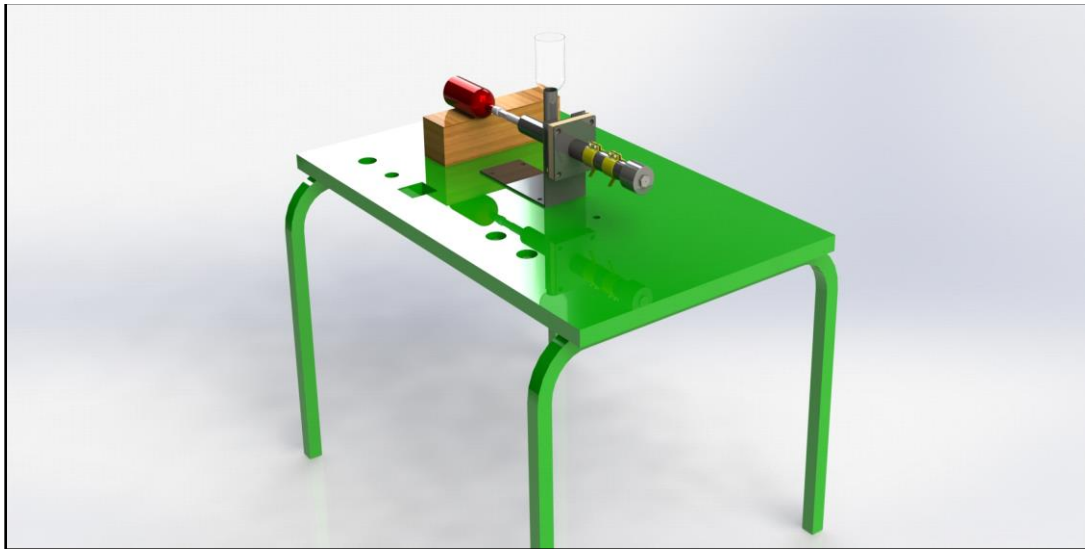
Για κάθε εξάρτημα και για τη συναρμολόγηση, δημιουργούνται 2D τεχνικά σχέδια:

- Όψεις: πρόσοψη, κάτοψη, πλάγια όψη
- Διαστάσεις, ανοχές, υλικό κατασκευής
- Εκρήξεις συναρμολόγησης (exploded views) για παρουσίαση

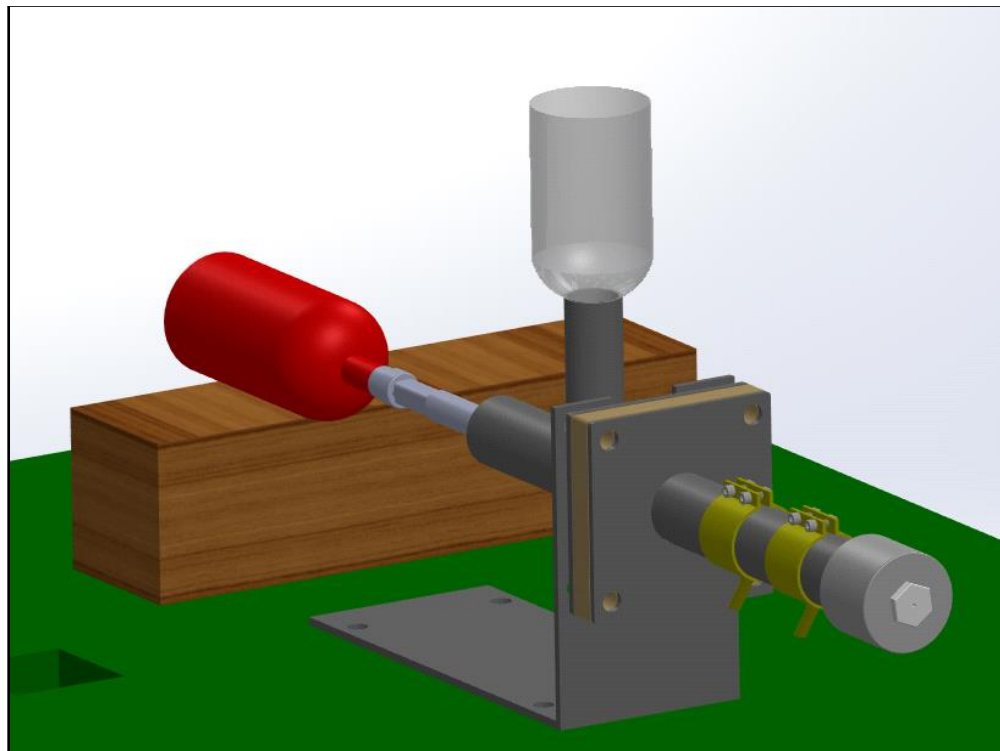
4.6. Προετοιμασία για Κατασκευή ή Εκτύπωση

Εξαγωγή σε κατάλληλη μορφή για CAM ή 3D εκτύπωση:

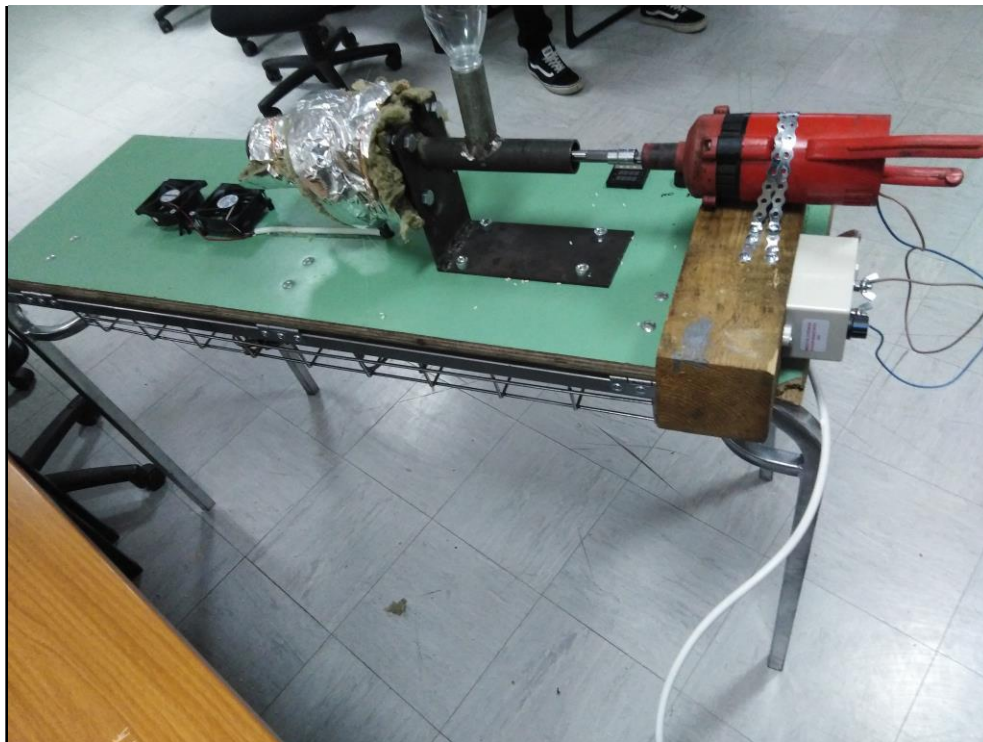
- STL για εκτύπωση σε FDM printer (π.χ. housing, bracket)
- STEP/IGES για CNC ή βιομηχανική κατασκευή μεταλλικών μερών



Εικόνα 2: Ολοκληρωμένο σχέδιο του extruder



Εικόνα 3: Κύριο μέρος του μηχανήματος

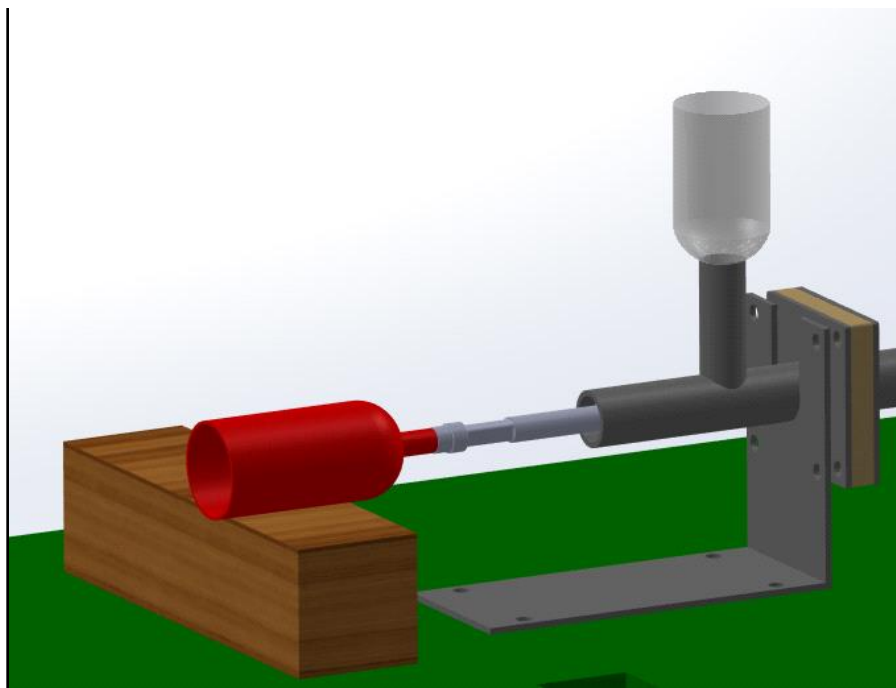


Εικόνα 4: Πραγματικό μηχανήμα

Η σειρά κατασκευής ήταν η εξής:

1. Τοποθέτηση κινητήρα και ευθυγράμμιση με τον κοχλία.
2. Τοποθέτηση του θαλάμου θέρμανσης και των θερμαντικών στοιχείων.
3. Συναρμολόγηση του συστήματος εισαγωγής πρώτης ύλης.
4. Εγκατάσταση συστήματος ψύξης (ανεμιστήρας ή μεταλλικές ψύκτρες).
5. Τοποθέτηση εξόδου με nozzle και μέτρηση διαμέτρου νήματος.
6. Ρύθμιση συστήματος περιτύλιξης σε καρούλι.

Κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην ευθυγράμμιση του άξονα περιστροφής και στη σωστή θερμομόνωση του θαλάμου θέρμανσης.



Εικόνα 5: Γωνιακή όψη μηχανήματος



Εικόνα 6: Κάτοψη μοτέρ

5. Αποτελέσματα

Η ολοκλήρωση της διαδικασίας σχεδιασμού στο περιβάλλον του SolidWorks οδήγησε στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου επιτραπέζιου 3D εκτυπωτή. Το τελικό αποτέλεσμα πληροί τις προκαθορισμένες απαιτήσεις σχεδίασης, καθώς περιλαμβάνει όλα τα κρίσιμα μηχανικά και δομικά στοιχεία που απαιτούνται για τη λειτουργία ενός σύγχρονου εκτυπωτή τεχνολογίας FDM (Fused Deposition Modeling).

5.1 Τελικό Ψηφιακό Μοντέλο

Το ψηφιακό μοντέλο περιλαμβάνει:

- Πλαίσιο (Frame): Κατασκευασμένο από προφίλ αλουμινίου τύπου V-Slot 2020, με ενισχυμένη γεωμετρία για σταθερότητα και αντοχή.
- Κινητοί άξονες (X, Y, Z): Σχεδιασμένοι με χρήση γραμμικών οδηγών και ρουλεμάν για ομαλή και ακριβή μετακίνηση.
- Μηχανισμός εξώθησης (extruder): Τοποθετημένος στον άξονα X, με δυνατότητα εναλλαγής ακροφυσίου (nozzle) και προσαρμογής θερμοκρασίας.
- Θερμαινόμενη βάση (heated bed): Τοποθετημένη στον άξονα Y, με μονωτικό υλικό και δυνατότητα ρύθμισης θερμοκρασίας έως 100°C.
- Κινητήρες και μετάδοση κίνησης: Χρήση stepper motors (τύπου NEMA 17) με χρονισμένες τροχαλίες GT2 και ιμάντες για τους άξονες X και Y, ενώ ο άξονας Z λειτουργεί μέσω κοχλιών (lead screws).
- Υποδοχές καλωδίωσης, στηρίγματα και προστατευτικά καλύμματα, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η εργονομία του συστήματος.

5.2 Τεχνικά Σχέδια και Συναρμολόγηση

Πέραν του τρισδιάστατου μοντέλου, δημιουργήθηκαν:

- Πλήρη τεχνικά σχέδια (2D drawings) όλων των βασικών εξαρτημάτων, με ακριβείς διαστάσεις, ανοχές και υλικά κατασκευής.
- Συναρμολογήσεις (assemblies) των υποσυγκροτημάτων και της τελικής διάταξης, που απεικονίζουν τη μεταξύ τους σχέση και λειτουργικότητα.
- Αναλυτική λίστα υλικών (Bill of Materials-BOM), η οποία περιλαμβάνει όλα τα εξαρτήματα με περιγραφή, διαστάσεις, υλικό και ποσότητα.

5.3 Ανάλυση Λειτουργικότητας

Η προσομοίωση των κινήσεων στο SolidWorks έδειξε ότι το σύστημα μετακίνησης και οι οδηγοί των αξόνων επιτρέπουν ακρίβεια στην τοποθέτηση του εξωθητή. Η βασική λειτουργία του εκτυπωτή μπορεί να αναπαρασταθεί με ικανοποιητική πιστότητα, ενώ η γεωμετρία του μοντέλου προσφέρει τη δυνατότητα επέκτασης ή ενσωμάτωσης πρόσθετων λειτουργιών, όπως:

- Αισθητήρες αυτόματης ευθυγράμμισης (auto bed leveling)
- Θερμικός έλεγχος για ασφάλεια λειτουργίας
- Οθόνη αφής ή LCD για χειρισμό εκτός υπολογιστή

5.4 Εκτιμώμενη Πρακτική Υλοποίηση

Με βάση τη λίστα υλικών και τις τεχνικές προδιαγραφές του μοντέλου, η εκτίμηση κόστους για την κατασκευή ενός πρωτοτύπου παραμένει σε λογικά πλαίσια για μια ερασιτεχνική ή εκπαιδευτική εφαρμογή. Ο σχεδιασμός έχει γίνει με γνώμονα:

- Ευκολία στην κατασκευή και συναρμολόγηση
- Συμβατότητα με διαθέσιμα εμπορικά εξαρτήματα
- Δυνατότητα μελλοντικής αναβάθμισης

Συνοψίζοντας, η σχεδίαση και η υλοποίηση του τρισδιάστατου μοντέλου 3D εκτυπωτή στο SolidWorks επιτεύχθηκε με επιτυχία, παρέχοντας ένα τεχνικά τεκμηριωμένο και λειτουργικά αξιόπιστο αποτέλεσμα. Το μοντέλο αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο για εκπαιδευτικούς σκοπούς όσο και ως βάση για μελλοντική πρακτική κατασκευή ή περαιτέρω τεχνολογική ανάπτυξη.

6. Συμπεράσματα και Γενική εκτίμηση

Ο βασικός στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν ο σχεδιασμός μιας επιτραπέζιας μηχανής εξώθησης νήματος (filament extruder) για 3D εκτύπωση, με έμφαση στη μηχανολογική ακρίβεια, την εργονομία, την αξιοπιστία λειτουργίας και να είναι το σχέδιο όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πραγματική κατασκευή. Ολόκληρη η κατασκευή μοντελοποιήθηκε σε περιβάλλον SolidWorks, επιτρέποντας την ανάλυση συναρμογών και τη δυναμική κίνησης των μερών. Αντιμετωπίστηκαν σχεδιαστικές προκλήσεις κατά κύριο λόγο στη σχεδίαση του κοχλίου.

Ο σχεδιασμός της μηχανής εξώθησης πραγματοποιήθηκε με επιτυχία, παρέχοντας ένα πλήρως τεκμηριωμένο μοντέλο ικανό να καθοδηγήσει την κατασκευή και λειτουργία της συσκευής αλλά και να αναπαραστήσει το ίδιο το μηχάνημα, σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό, στο ψηφιακό περιβάλλον. Η χρήση του SolidWorks ως εργαλείο επέτρεψε την τρισδιάστατη απεικόνιση. Το έργο αποτελεί μια ολοκληρωμένη μελέτη εφαρμοσμένου μηχανολογικού σχεδιασμού σε πραγματική, λειτουργική εφαρμογή.

Η εμπειρία της παρούσας πτυχιακής ενίσχυσε σημαντικά τις δεξιότητές μου στον τεχνικό σχεδιασμό, στην επίλυση πρακτικών προβλημάτων και στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ θεωρίας και πράξης σε ένα ρεαλιστικό μηχανολογικό έργο.

Βιβλιογραφία

1. Javed, F. & Javed, S. (2016)
Design Methodology and Development of an Economical 3D Printer, SAE Technical Paper 2016-01-0325. Αναλύεται η σχεδίαση χαμηλού κόστους FDM εκτυπωτή με ενσωμάτωση CAD και αξιολόγηση εξαρτημάτων (sae.org).
2. Livesu, M., Ellero, S., Martínez, J., Lefebvre, S. & Attene, M. (2017)
From 3D Models to 3D Prints: an Overview of the Processing Pipeline, arXiv. Παρουσιάζει όλο το pipeline από CAD μοντέλο μέχρι εκτύπωση (arxiv.org).
3. Anekar, N. (2020)
Design and Analysis of FDM based 3D Printer, Int. J. Res. Eng. Sci. Mgmt. Περιγράφει σχεδιασμό και ανάλυση FDM εκτυπωτή μέσω SolidWorks (researchgate.net).
4. Salentijn, G. I. J., Oomen, P. E., Grajewski, M. & Verpoorte, E. (2017)
FDM 3D Printing for (Bio)analytical Device Fabrication, Analytical Chemistry, 89(13), 7053–7061. Αφορά τεχνικές δυνατότητες και περιορισμούς FDM (pubs.acs.org).
5. Kerbrat, O., Mognol, P. & Hascoët, J.-Y. (2011)
A new DFM approach to combine machining and additive manufacturing, arXiv. Περιγράφει σχεδιαστική προσέγγιση για υβριδικές διαδικασίες (arxiv.org).
6. MDPI (2021)
Design for Additive Manufacturing: Tool Review and a Case Study, Applied Sciences, 11(4), 1571. Παρουσίαση τεχνικών όπως το topology optimization μέσω SolidWorks (mdpi.com).
7. Wikipedia (2025)
SolidWorks, περιγραφή CAD/CAE εργαλείου με ιστορικό και λειτουργίες (en.wikipedia.org).
8. Wikipedia (2025)
Fused Filament Fabrication, ανάλυση των αξόνων, κινητήρων και δομικών στοιχείων FDM .
9. Wikipedia (2025)
Material extrusion-based additive manufacturing, εισαγωγική περιγραφή της κατηγορίας τεχνολογιών όπως FDM/FFF (en.wikipedia.org).

10. Wikipedia (2025)

RepRap, ιστορική αναφορά σε low-cost open-source εκτυπωτές, έμπνευση για DIY design .

11. MDPI (2021)

A Systematic Approach for Evaluating the Adoption of Additive Manufacturing in the Product Design Process, Applied Sciences, 11(3), 1210. Συστηματική προσέγγιση και SolidWorks modelling ([mdpi.com](https://www.mdpi.com)).

