

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



Διπλωματική Εργασία

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΝΤΙΚΩΝ**

Άννα Στεφάνου

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ**

ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ 2022

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΝΤΙΚΩΝ**

Άννα Στεφάνου

Επιβλέπωντας Καθηγητής
Δρ. Δημήτριος Τζεράνης

Η Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Μηχανικών Μηχανολογίας και Κατασκευαστικής του Τμήματος Μηχανικών Μηχανολογίας και Κατασκευαστικής

Δεκέμβρης 2022

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Δημήτριο Τζεράνη, Λέκτορα τμήματος Μηχανολογίας και Κατασκευαστικής για την ανάθεση του θέματος αλλά και για όλη τη καθοδήγηση και στήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.

Στη συνέχεια, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στο κύριο Γιώργο Βεσσιάρη και κύριο Κύπρο Στυλιανού για την πολύτιμη συνεργασία και βοήθεια.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση και ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχαν όλο αυτό το διάστημα.

Περίληψη

Στη παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός, η κατασκευή και ο χαρακτηρισμός πειραματικής διάταξης για αξιολόγηση κινητικής ικανότητας ποντικών μετά από τραύμα στο νωτιαίο μυελό. Αρχικά, αναλύονται μερικοί μέθοδοι που βοηθούν στην επίλυση του προβλήματος και μετέπειτα προβάλλεται η σχεδίαση και κατασκευή μιας πειραματικής διάταξης. Πιο συγκεκριμένα, για τη συλλογή δεδομένων θεωρήθηκε αποδοτικότερο η ποσοτική μέθοδος, χρησιμοποιώντας τη διάταξη Catwalk. Ακολούθως, γίνεται αναφορά για λήψη σωστών παραμέτρων για την επιτυχής διεξαγωγή πειράματος. Με τη βοήθεια του οπτικού φαινομένου της ολικής ανάκλασης εξάγονται εικόνες βάδισης του μοντέλου του ποντικού, οι οποίες με τη χρήση του λογισμικού Matlab αναλύονται με σκοπό την εύρεση των εμβαδών της κάθε πατούσας του. Τέλος, προβάλλονται τα συμπεράσματα για την επιτυχής διεξαγωγή του πειράματος και της ικανότητας του για μετέπειτα έρευνες αφού αποδείχθηκε ότι τα αποτελέσματα προσδιορίζουν ομοιογένεια.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Η ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΝΑΓΚΗ	1
1.2	ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΡΩΚΤΙΚΩΝ	1
1.2.1	Κλίμακα <i>Basso Beattie Bresnahan</i>	2
1.2.2	Κλίμακα <i>Irvine Beatties και Bresnahan</i>	3
1.3	ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΒΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΡΩΚΤΙΚΩΝ	3
1.3.1	Διάταξη <i>Horizontal Ladder</i>	3
1.3.2	Διάταξη <i>Catwalk</i>	4
2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	6
2.1	ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ	6
2.2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	7
2.2.1	Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού	8
2.3	ΤΕΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	12
2.4	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΣΩΣΤΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΒΙΝΤΕΟ	18
3	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	20
3.1	ΣΥΝΟΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	20
3.2	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΟΝΤΙΚΟΥ	20
3.3	ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΟΓΩ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΘΟΡΥΒΟ	22
3.4	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΑΡΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΡΩΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	23
3.5	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ	25
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	29
4.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	29

Σχήματα

Εικόνα 1: Βαθμολογίες Κίνησης BBB μετά από τραύμα στο νωτιαίο μυελό [13].	2
Εικόνα 2: Πειραματική διάταξη Horizontal Ladder Assay Apparatus.	4
Εικόνα 3: Κάτοψη καταγραφής ποδιών ποντικού κατά τη βάδιση.	5
Εικόνα 4: Γωνία πρόσπτωσης μεγαλύτερη (θ_i) από τη κρίσιμη γωνία (θ_t).	6
Εικόνα 5: Παράδειγμα ολικής ανάκλασης από αποτύπωμα.	7
Εικόνα 6: Σχεδιασμός Πειραματικής διάταξης.	8
Εικόνα 7: Πράσινη Ταινία Led.	9
Εικόνα 8: Ρυθμιστής Τάσης 12/24V.	9
Εικόνα 9: Τροφοδοτικό τάσης.	9
Εικόνα 10: Συνδετικό καλώδιο.	10
Εικόνα 11: Αναλυτική συνδεσμολογία πειραματικής διάταξης.	11
Εικόνα 12: Τελικό Σχέδιο πειραματικής διάταξης στο Solidworks	12
Εικόνα 13: Τελική κατασκευή πειραματικής διάταξης.	12
Εικόνα 14: Χαρακτηρισμός μερών διάταξης.	13
Εικόνα 15: Οριζόντιος διάδρομος.	14
Εικόνα 16: Πλαϊνά plexiglass.	14
Εικόνα 17: Στήριγμα διάταξης.	15
Εικόνα 18: Νεύρο	16
Εικόνα 19: Αριστερά: Ένωση Γ, Μέσον: Ενωτικά για ντίζες, Δεξιά: ντίζες.	16
Εικόνα 20: Αριστερά: Ακαθαρσία λόγω αποτυπωμάτων, Δεξιά: Θόρυβος λόγω τριβής των δύο plexiglass.	17
Εικόνα 21: Κολλητικές ταινίες.	18
Εικόνα 22: Webcam.	19
Εικόνα 23: Πειραματική διαδικασία.	20
Εικόνα 24: Αρχικό Τρισδιάστατο μοντέλο ποντικού.	21
Εικόνα 25: Τρισδιάστατο μοντέλο ποντικού στο Meshmixer.	21

Εικόνα 26: Αριστερά: Κάτοψη τρισδιάστατου μοντέλου ποντικού Δεξιά: Πλάγια όψη τρισδιάστατου μοντέλου ποντικού.	22
Εικόνα 27: Μοντέλο ποντικού επικαλυμμένο με πλαστελίνη στα πόδια.	22
Εικόνα 28: Αριστερά: Αρχική εικόνα αποτυπώματος πατούσας τρισδιάστατου μοντέλου ποντικού. Δεξιά: Τελική εικόνα αποτυπώματος πατούσας τρισδιάστατου μοντέλου ποντικού.	23
Εικόνα 29: Εικόνες αποτυπωμάτων των πατουσών του μοντέλου ποντικού, όταν το μοντέλο βρίσκεται στα 20,30,40,50,60,70,80 cm.	24
Εικόνα 30: Επεξεργασμένη εικόνα των αποτυπωμάτων , όταν το μοντέλο βρίσκεται στα 20,30,40,50,60,70,80 cm από το αριστερό άκρο της διάταξης.	26
Εικόνα 31: Γραφική παράσταση , προσδιορισμού ομοιογένειας εμβαδού πατουσών. ...	28

Άννα Στεφάνου

Παραρτήματα

Παράρτημα I - Μηχανολογικά Σχέδια.....32

Παράρτημα II – Υπολογιστικός Κώδικας41

Άννα Στεφάνου

Κεφάλαιο 1

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η κλινική Ανάγκη

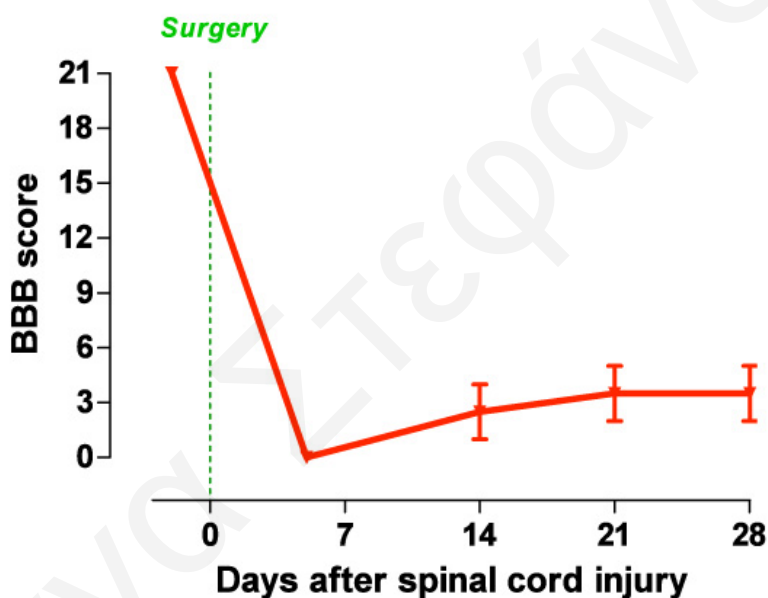
Η βλάβη του νωτιαίου μυελού που προκαλεί νευροφυσιολογικές συνέπειες που καταστρέφουν τη φυσιολογική ζωή ενός ατόμου και αλλάζουν την υγιεινή ποιότητα ζωής του (αισθητηριακές, κινητικές και αυτόνομες λειτουργίες ενός ατόμου) αποτέλεσε τη κλινική ανάγκη του πειράματος. [16] Το τραύμα στο νωτιαίο μυελό είναι καταστροφικό, δεν υπάρχουν θεραπείες γι' αυτό οι μελέτες έγιναν με τη βοήθεια πειραματόζωων που στη περίπτωση αυτή ήταν τα τρωκτικά. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται έρευνα και αξιολογούνται διάφορες θεραπείες για το τραύμα στο νωτιαίο μυελό, οι οποίες γίνονται σε τρωκτικά. Ένα από αυτά που αξιολογούνται σε τέτοιους είδους πειράματα είναι κατά πόσο το τρωκτικό μετά μπορεί να περπατήσει. Κύριος σκοπός της εργασίας ήταν η εύρεση ενός τρόπου αξιολόγησης βάρδιας ποντικών για να αξιολογηθεί το τραύμα και οι ενέργειες του. Αναλυτικότερα, η παρούσα διπλωματική εστιάζει στον σχεδιασμό μιας πειραματικής διάταξης για την ποσοτικοποίηση του βηματισμού τρωκτικών ως αποτέλεσμα την αξιολόγηση δυνητικών θεραπειών για τραύμα στο νωτιαίο μυελό. [14] Πιο κάτω παρουσιάζονται οι τέσσερις σημαντικότερες μέθοδοι αξιολόγησης βηματισμού τρωκτικών.

1.2 Ποιοτικές Μέθοδοι Αξιολόγησης της Τρωκτικών

Από τη μία, οι ποιοτικές αναλύσεις περιγράφουν την κινητική ικανότητα ποιοτικά και βαθμολογούν την παρουσία ή την απουσία ενός τμήματος σε σχέση με ένα άλλο σώμα, δηλαδή περιγράφουν τις κινητικές ικανότητες κινήσεως των ζώων. Πιο συγκεκριμένα περιγράφουν λεπτομερώς τις κινήσεις των εμπρόσθιων άκρων των τρωκτικών και γενικότερα κινήσεις όλων των ζώων. Τέλος, οι μέθοδοι αυτοί έχουν πιο λίγη ακρίβεια σε σχέση με τις ποσοτικές αναλύσεις. [17] Οι πιο γνωστές μέθοδοι ποιοτικής αξιολόγησης αναλύονται πιο κάτω.

1.2.1 Κλίμακα Basso Beattie Bresnahan

Η κλίμακα Basso Beattie Bresnahan (BBB), από τις πιο κοινές για κινητικά συστήματα βαθμολόγησης περιγράφουν την αποκατάσταση της λειτουργίας του οπίσθιου άκρου μετά από θωρακική SCI (τραυματισμό σπονδυλικής στήλης).[13] Για την απεικόνιση αποτελεσμάτων χρησιμοποιεί μια μη γραμμική κλίμακα 21 σημείων που ενσωματώνει παραμέτρους όπως υποστήριξη βάρους, συντονισμός άκρων, παραμέτρους κίνησης, συντονισμός ποδιών και σταθερότητα βάδισης. Σε αυτές τις αναλύσεις είναι δύσκολη η ερμηνεία της γραφικής λόγω μη γραμμικότητας γι' αυτό συνήθως χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση λειτουργίας στις 1,4,7,14 και 21 ημέρες. Στη πιο κάτω εικόνα αναπαρίσταται η σταδιακή ανάκτηση του ζώου από τη ημέρα 0 μέχρι την ημέρα 21 μετά από τραύμα στο νωτιαίο μυελό.[15]



Εικόνα 1: Βαθμολογίες Κίνησης BBB μετά από τραύμα στο νωτιαίο μυελό [13].

1.2.2 Κλίμακα Irvine Beatties και Bresnahan

Η Κλίμακα Irvine Beatties και Bresnahan (IBB), είναι μια κλίμακα που αξιολογεί τα πρόσθια άκρα και τα δάκτυλα μετά από κάκωση αυχενικού νωτιαίου μυελού. Είναι μια υποκειμενική μέθοδος, ευαίσθητη στη σοβαρότητα του SCI και στην ανάκαμψη με την πάροδο του χρόνου. Αναλυτικότερα, αποτελεί έγκυρο εργαλείο για την αξιολόγηση των νευρολογικών ελλειμμάτων στον έλεγχο της κινητικότητας του πρόσθιου άκρου, στοχεύοντας στην αποκατάσταση μετά από SCI σε ποντικούς. Η κλίμακα αυτή παρόλο που το ζώο αλλάζει συχνά θέση μπορεί να εξάγει σωστά αποτελέσματα από την εγγραφή του βίντεο σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Αντιθέτως, η οπτική του παρατηρητή επηρεάζει πολύ τις μετρήσεις και συνεπώς τα αποτελέσματα. [9]

1.3 Ποσοτικές Μέθοδοι Αξιολόγησης Βηματισμού Τρωκτικών

Από την άλλη, οι ποσοτικές μέθοδοι αποτελούν τα πιο ευαίσθητα εργαλεία αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται σε έρευνες SCI. Οι μέθοδοι αυτοί είναι σε θέση να διακρίνουν σημαντικές αλλαγές στην εκτέλεση κινήσεων όπως για παράδειγμα αλλαγές που δεν μπορούν να ανιχνευθούν μόνο με οπτική παρατήρηση. Η ποσοτική κινηματική ανάλυση ποσοτικοποιεί τον τρόπο με τον οποίο κινείται ένα σώμα στο χώρο και λαμβάνει υπόψη μεταβλητές όπως ο χρονισμός, η απόσταση, οι ταχύτητες και οι γωνιακές μεταβλητές μιας κίνησης. Σε αυτές τις μεθόδους γίνεται βιντεοσκόπηση της συμπεριφοράς του ζώου και καταγράφονται όλοι οι βηματισμοί. [18] Οι πιο γνωστές μέθοδοι ποσοτικής αξιολόγησης αναλύονται πιο κάτω.

1.3.1 Διάταξη Horizontal Ladder

Η πειραματική διάταξη Horizontal Ladder Assay ποσοτικοποιεί ελλείματα μετά από βλάβες αυχενικής ή θωρακικής ραχιαίας στήλης (DC).

Η διάταξη της μεθόδου αποτελείται από δύο πλακέτες plexiglass μήκος 1,2m x 21cm, αποτελούμενες από 120 οπές σε κάθε πλακέτα διαμέτρου 2mm, σε απόσταση μεταξύ τους 10mm. (Εικόνα 2) Στις οπές αυτές τοποθετούνται μεταλλικοί ράβδοι διαμέτρου 2mm. Το πλάτος της οριζόντιας σκάλας είναι 3 cm, δηλαδή 1cm φαρδύτερο του ποντικού έτσι ώστε να μην επιτρέπει στο ποντικό να παρεκκλίνει από την διαδρομή του και να επιστρέψει πίσω. [3]

Στη μέθοδο αυτή τα ποντίκια εκπαιδεύονται στη διάσχιση της σκάλας για ανταμοιβή τροφής. Η εκπαίδευση περιλαμβάνει μια βδομάδα χειρισμού ζώων και μια βδομάδα διελύσεις στην οριζόντια σκάλα. Στη συνέχεια, όταν τα ποντίκια εξοικειωθούν και είναι έτοιμα, διασχίζουν την σκάλα και κατά τη διέλευση τους, μέχρι να καταλήξουν στο κλουβί τους μετριέται ο αριθμός ποδοπατήσεων που έκαναν. Η συλλογή δεδομένων γίνεται πριν και μετά την επέμβαση τους για περίπου 9 βδομάδες. Τέλος η μέθοδος βασίζεται σε βίντεο και η διαδικασία είναι αρκετά χρονοβόρα και υποκειμενική. [4]



Εικόνα 2: Πειραματική διάταξη Horizontal Ladder Assay Apparatus.

1.3.2 Διάταξη Catwalk

Η πειραματική διάταξη CatWalk είναι ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ανάλυσης βάδισης, το οποίο παρέχει αντικειμενική αξιολόγηση βάδισης ποντικών υπολογίζοντας πολλές παραμέτρους που διαφέρουν από άλλες αξιολογήσεις συμπεριφοράς. [7] Η βαθμολογία αυτή, αποτελεί εναλλακτική της ποιοτικής βαθμολογίας BBB αφού συνδυάζει διάφορες παραμέτρους βάδισης. [8] Το σύστημα CatWalk μπορεί να καταγράφει τις θέσεις των ποδιών των ποντικών κατά το περπάτημα μέσω μιας κάμερας υψηλής ταχύτητας που τοποθετείται κάτω από το διάδρομο βάδισης. (Εικόνα 3)



Εικόνα 3: Κάτοψη καταγραφής ποδιών ποντικού κατά τη βάδιση.

Οι θέσεις αυτές καταγράφονται σε βίντεο και στη συνέχεια, υπολογίζεται ένα πλήθος στατικών και δυναμικών παραμέτρων βάδισης, όπως το μήκος διασκελισμού, η βάση στήριξης (BOS), η ταχύτητα σώματος, η ταχύτητα αιώρησης και ο δείκτης κανονικότητας (RI).

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από ένα διάδρομό 70 cm x 8 cm και στα 75 cm από κάτω τοποθετείται μια κάμερα για λήψη όλης της βάδισης του ποντικού. Το πείραμα εκτελείται σε χώρο με σκοτάδι ενώ στην οροφή τοποθετείται κόκκινο φως ώστε να μπορεί ο παρατηρητής να βλέπει το ποντικό καθώς κινείται και να καταγράφει τις κινήσεις του. Επιπρόσθετα, στο διάδρομο αντανακλάται πράσινο φως από πάνω προς τη κάμερα, έτσι εξάγονται εικόνες προς ανάλυση του βηματισμού. [12] Τέλος, τα αποτελέσματα εξάγονταν σε βαθμονομημένο φύλλο αξιολόγησης 20cm x 10 cm.

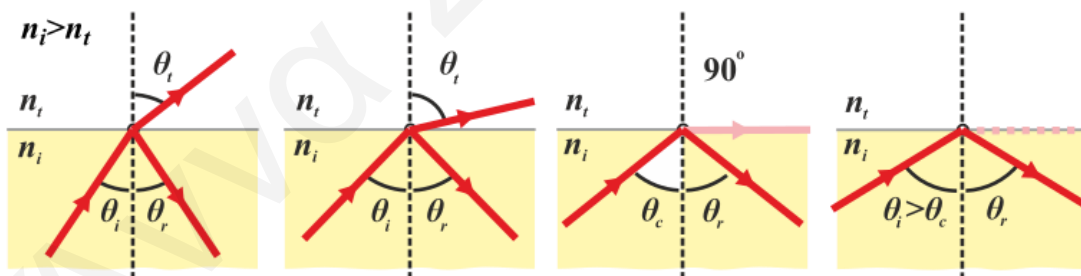
Η παρούσα εργασία βασίστηκε στο σχεδιασμό και κατασκευή της πειραματικής διάταξης Catwalk. Από βιβλιογραφία έγινε χρήση των δημοσιεύσεων [1], [7], [8], [10], [11], [12] οι οποίες χρησιμοποιούσαν αυτό το σύστημα διάταξης.

Κεφάλαιο 2

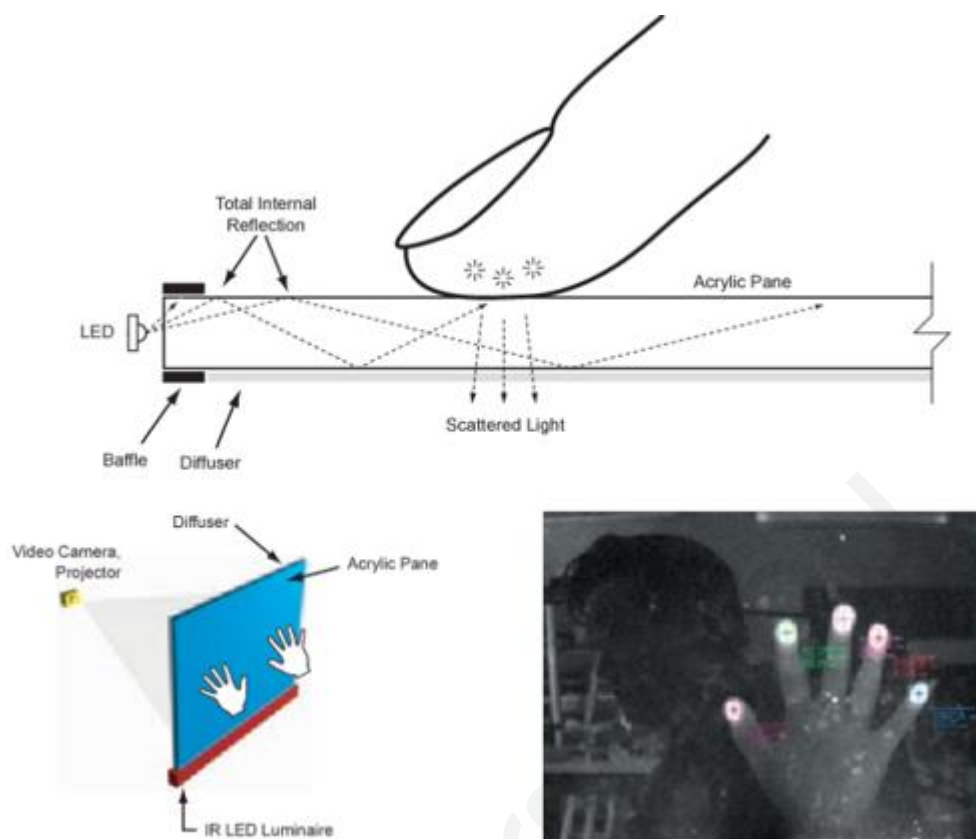
2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

2.1 Το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης

Η πειραματική διάταξη που θα αναλυθεί παρακάτω βασίζεται στο φαινόμενο της ολικής ανάκλασης (total internal refraction TIR). Με τον όρο εσωτερική ανάκλαση ορίζεται ένα φαινόμενο οπτικής. Η συνολική εσωτερική ανάκλαση (TIR), είναι η πλήρης ανάκλαση μιας ακτίνας φωτός μέσα σε κάποιο μέσο όπως είναι το νερό ή το γυαλί. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει εάν η γωνία πρόσπτωσης (θ_i) είναι μεγαλύτερη από μια ορισμένη οριακή γωνία (κρίσιμη γωνία, θ_c). (Εικόνα 4) Γενικά, η συνολική εσωτερική ανάκλαση λαμβάνει χώρα στο όριο μεταξύ δύο διάφανων μέσων, όταν μια ακτίνα φωτός σε μέσο υψηλότερου δείκτη διάθλασης πλησιάζει το άλλο μέσο σε γωνία πρόσπτωσης μεγαλύτερη από την κρίσιμη γωνία. Μια εφαρμογή του φαινομένου είναι το αποτύπωμα ποδιού του ζώου. Αναλυτικότερα, στο σημείο όπου πατά το πόδι του το ζώο, το φως θα πάει στο πόδι και μετά θα διαχυθεί γύρω γύρω ενώ στα σημεία που δεν πατά το ζώο υπάρχει ανάκλαση. (Εικόνα 5)



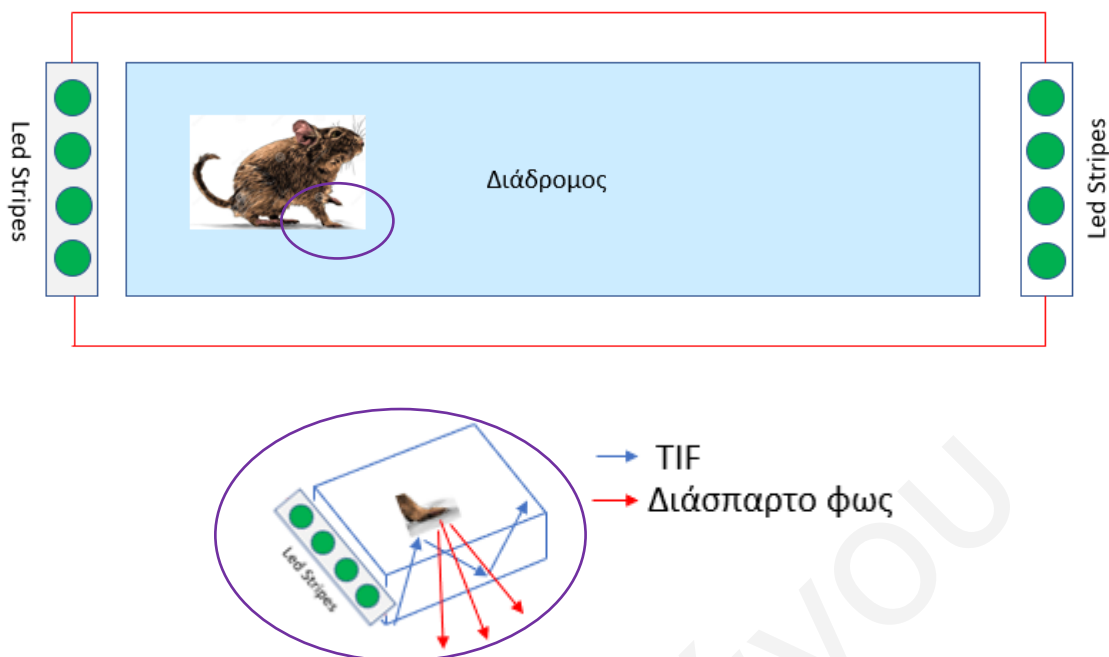
Εικόνα 4: Γωνία πρόσπτωσης μεγαλύτερη (θ_i) από τη κρίσιμη γωνία (θ_c).



Εικόνα 5: Παράδειγμα ολικής ανάκλασης από αποτύπωμα.

2.2 Σχεδιασμός Πειραματικής διάταξης

Η πειραματική διάταξη της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 6. Στον οριζόντιο διάδρομο χρησιμοποιήθηκε χυτό plexiglass για να μην καταστρέφεται το υλικό μετά από πλύση. Δεξιά και αριστερά τοποθετήθηκε plexiglass με σκοπό την εμπόδιση του ποντικού να ξεφύγει από τη διάταξη. Στο κάτω μέρος της διάταξης τοποθετήθηκε μια κάμερα υψηλής ταχύτητας η οποία καταγράφει την ταχύτητα σώματος, το μήκος διασκελισμού, στατικές και δυναμικές παραμέτρους βάρδισης.



Εικόνα 6: Σχεδιασμός Πειραματικής διάταξης.

Η προσθήκη των λωρίδων Led έγινε με σκοπό τη δημιουργία της ολικής ανάκλασης. Πιο συγκεκριμένα, τοποθετήθηκαν στην αρχή και στο τέλος του οριζόντιου διαδρόμου ταινίες από φωτάκια Led έτσι ώστε να δημιουργηθεί το φαινόμενο της εσωτερικής ανάκλασης. (Εικόνα 6)

Ο φωτισμός των led επιλέχθηκε πράσινος λόγω ευαισθησίας κάμερας στο πράσινο. [10] Οι ταινίες εφαρμόστηκαν στη αρχή και στο τέλος του διαδρόμου στο μέσο του πάχους του plexiglass. Με το τρόπο αυτό προσθήκης της ταινίας δημιουργήθηκε το φαινόμενο ολικής ανάκλασης και έτσι καταγράφηκαν από τη κάμερα ο βηματισμός των ποντικών. [6]

2.2.1 Σχεδιασμός συστήματος φωτισμού

Αρχικά, όπως προαναφέρθηκε έγινε επιλογή ταινίας LED σε χρώμα φωτός πράσινο. Από προηγούμενες έρευνες η τάση στα φωτάκια ήταν 14V. Σε αυτή την έρευνα επιλέχθηκε ταινία τάσης 12V λόγω δυσκολίας στην εύρεση ταινίας πράσινου φωτός μεγαλύτερης τάσης. Η επιλογή της 12V τάσης δεν επηρέασε αφού ήταν αρκετή για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του πειράματος.



Εικόνα 7: Πράσινη Ταινία Led.

Για τη ρύθμιση τάσης της ταινία χρησιμοποιήθηκε ρυθμιστής τάσης 12-24V με σκοπό ο χειριστής να ελέγχει την ένταση του φωτός που ανακλάται. Αναλυτικότερα, ο ρυθμιστής τάσης είναι μια συσκευή που λειτουργεί με βάση ένα ροοστάτη, δηλαδή συνδέεται με ένα σύστημα φωτισμού με σκοπό τη αυξομείωση της φωτεινότητας του φωτός. Έτσι με την αλλαγή κυματομορφής τάσης που εφαρμόζεται στο σύστημα φωτισμού, είναι δυνατό να μειωθεί η ένταση του φωτός εξόδου. [2] Στην παρούσα εργασία συνδέεται με τις ταινίες Led με σκοπό τον έλεγχο της έντασης φωτός που εκπέμπουν.



Εικόνα 8: Ρυθμιστής Τάσης 12/24V.

Η ταινία LED έχει ονομαστική τροφοδοσία τάσης 12V. Για μέγιστο συνολικό μήκος 2m (δύο ταινίες μήκους 1m συνδεδεμένες παράλληλα), το τροφοδοτικό πρέπει να μπορεί να παρέχει ρεύμα συνολικής έντασης $2 \cdot 0.5 = 1$ A, η οποία αντιστοιχεί σε μέγιστη ισχύ $P = V \cdot I = 12 \cdot 0.5 = 6$ W. Έγινε έρευνα αγοράς για τροφοδοτικά τάσης έως 20W. Επιλέχθηκε τροφοδοτικό ισχύς 18W .



Εικόνα 9: Τροφοδοτικό τάσης.

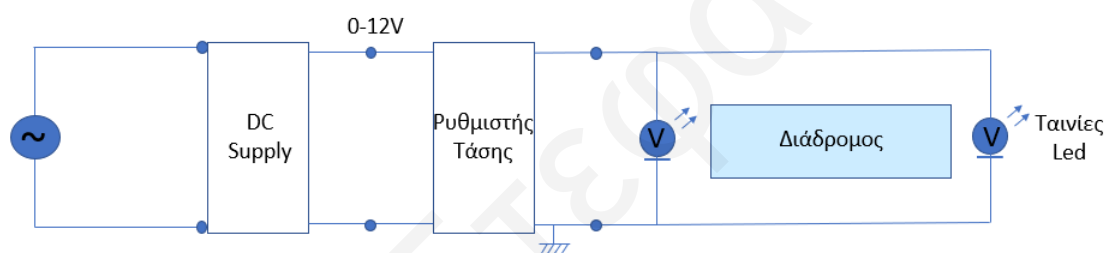


Εικόνα 10: Συνδετικό καλώδιο.

Στο πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι προδιαγραφές όλων των εξαρτημάτων φωτισμού που επιλέχθηκαν.

Πίνακας 1:					
Προδιαγραφές Ταινίας					
Προμηθευτής	Μήκος	Τάση	Ισχύς	Ρεύμα	Κόστος
ΚΑΥΚΑΣ	5m	12V	4,8 W	2,5 A 0.5 A/m	€20,89
Προδιαγραφές ρυθμιστή τάσης					
Προμηθευτής	Μήκος – Πλάτος- Ύψος	Τάση	Ισχύς	Ρεύμα	Κόστος
ΚΑΥΚΑΣ 124050843	89mm x 59mm x 53mm	12-24V	96W στα 12V	8A	€9.04
Προδιαγραφές τροφοδοτικού τάσης					
Προμηθευτής		Input Τάση	Ισχύς	Output Τάση	Κόστος
KJR		100-240V	18W	12V	€6,75
Προδιαγραφές συνδετικού καλωδίου					
Προμηθευτής			Κόστος		
KJR			€1.50		

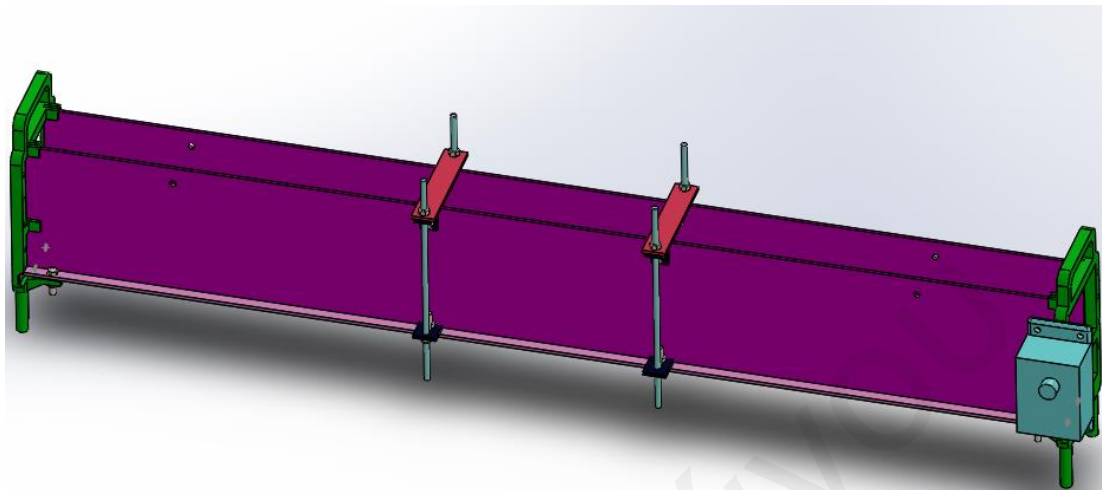
Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει την προτεινόμενη συνδεσμολογία. Το τροφοδοτικό τάσης δίνει είσοδο στο ρυθμιστή τάσης και ο ρυθμιστής τάσης δίνει στη συνέχεια είσοδο σε δύο led stripes που είναι παράλληλα συνδεδεμένα. Τα δύο Led stripes λόγω της παράλληλης σύνδεσης έχουν και την ίδια τάση. Στη πιο κάτω γραφική για να επιτευχθεί η παράλληλη σύνδεση πρέπει με ένα συνδετικό καλώδιο (Εικόνα 11) να ενωθεί ο ένας ακροδέκτης της ταινίας με τον άλλο ακροδέκτη της απέναντι ταινίας. Στη συνέχεια, συνδέονται οι ακροδέκτες της ταινίας με το ρυθμιστή τάσης ξεχωριστά έτσι ώστε να ρυθμίζεται η τάση που εκπέμπει το φως. Τέλος, με ένα άλλο συνδετικό καλώδιο θα ενώνεται ο ρυθμιστής τάσης με την πηγή για να παρέχεται ρεύμα και να λειτουργούν τα stripes.



Εικόνα 11: Αναλυτική συνδεσμολογία πειραματικής διάταξης.

2.3 Τελικό σχέδιο πειραματικής διάταξης

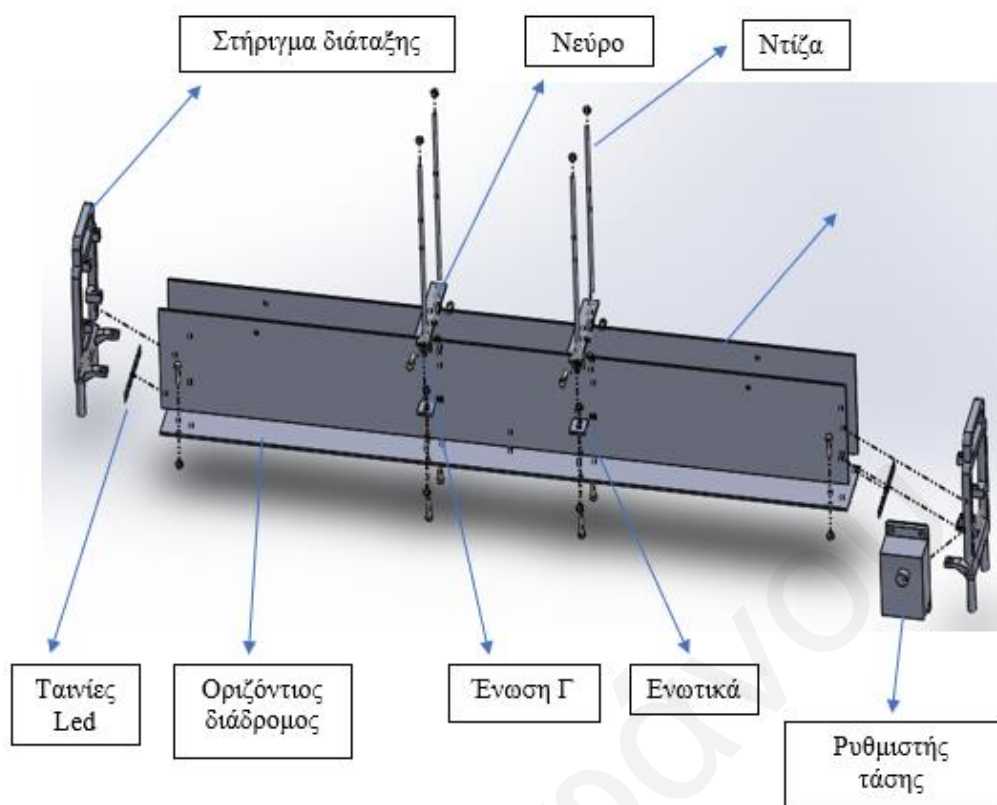
Το τελικό σχέδιο της πειραματικής διάταξης παρουσιάζεται στην εικόνα 12.



Εικόνα 12: Τελικό Σχέδιο πειραματικής διάταξης στο Solidworks



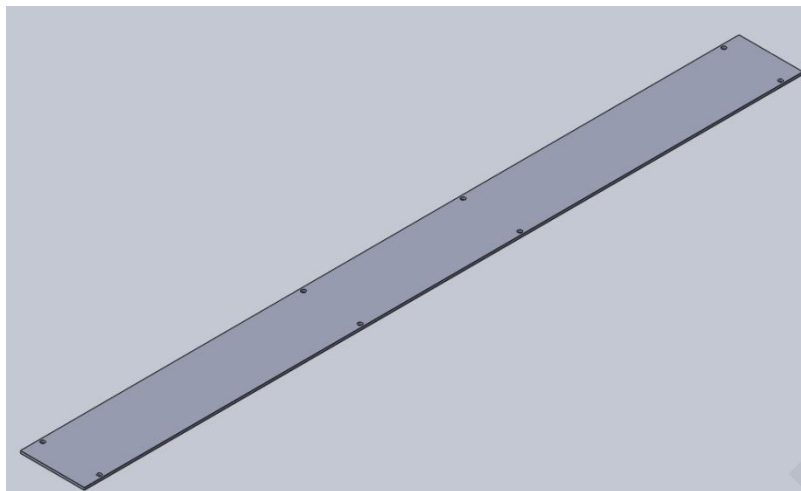
Εικόνα 13: Τελική κατασκευή πειραματικής διάταξης.



Εικόνα 14: Χαρακτηρισμός μερών διάταξης

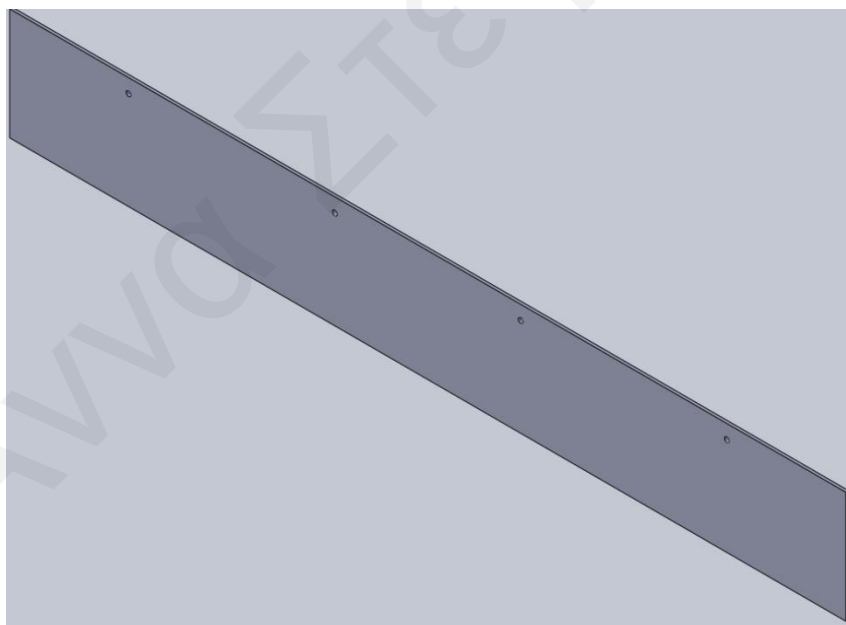
Όλα τα κομμάτια plexiglass κατασκευάστηκαν στο Laser “Trotec SP500” (Εργαστήριο Fablab Ucy, Τμήμα Αρχιτεκτονικής, Πανεπιστημίου Κύπρου), με τη χρήση αδιάφανου Plexiglas πάχους 3 mm. Τα δύο στηρίγματα της διάταξης εκτυπώθηκαν σε ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή Craft Bot 2 (Εργαστήριο Fablab Ucy, Τμήμα Αρχιτεκτονικής, Πανεπιστημίου Κύπρου) από PLA χρώματος άσπρου.

Το οριζόντιο μήκος του plexiglass είναι 90cm ένα τυπικό μήκος βαδίσματος που χρησιμοποιείται σε παρόμοιες διατάξεις. Το πλάτος επιλέχθηκε 8 cm και το πάχος 3 mm από βιβλιογραφία. [10] Στα δύο άκρα περιέχει 4 οπές διαμέτρου 5.30 mm για την μετέπειτα συναρμολόγηση των κομματιών της διάταξης μέσω κοχλιών M5.



Εικόνα 15: Οριζόντιος διάδρομος.

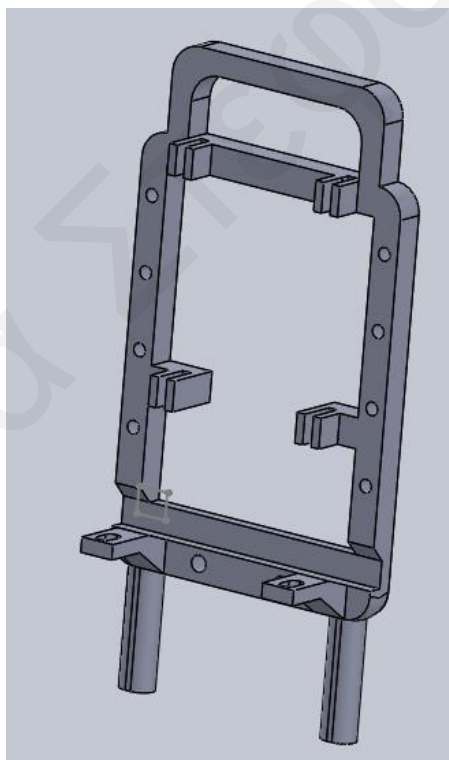
Δεξιά και αριστερά του διαδρόμου τοποθετήθηκαν δύο πλάκες plexiglass μήκους 90, πλάτους 12 cm και πάχους 3mm. Οι πλάκες αυτές εμποδίζουν το ποντικό να ξεφύγει από τη καθορισμένη του πορεία. Με σκοπό τη δημιουργία του ανάποδου Π (Εικόνα 12) κόπηκαν 4 οπές διαμέτρου 5.3 mm για να ενωθούν τα πλαϊνά plexiglass με τα νεύρα από πάνω με τη βοήθεια 4 υποστηριγμάτων ένα σε κάθε γωνία.



Εικόνα 16: Πλαϊνά plexiglass.

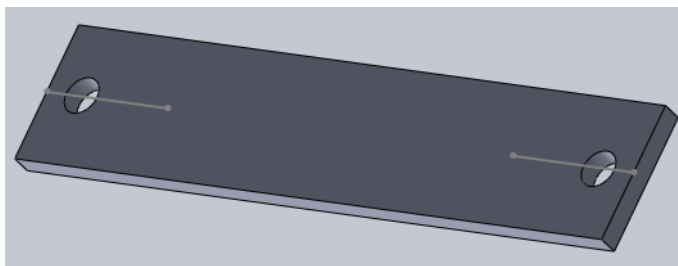
Τα δύο κάθετα plexiglass του διαδρόμου απέχουν απόσταση 5 cm , ικανοποιητικό πλάτος για να μην μπορεί να μετακινηθεί προς τα πίσω ο ποντικός και να παρεκκλίνει από τη πορεία του. Σύμφωνα με αυτή την παρατήρηση δημιουργήθηκε ένα στήριγμα που τοποθετήθηκε στην αρχή και στο τέλος. Το στήριγμα έχει διαστάσεις 10 cm μήκος και ύψος 20 cm με σκοπό να ενώνει το ανάποδο Π και την ταινία led. Στο πάνω

μέρος του στηρίγματος αλλά και ελάχιστα κάτω από το μέσο σχηματίστηκαν δύο εξογκώματα αντίστοιχα κενού 3.3 mm αφού το πάχος του plexiglass είναι 3 mm. Η απόσταση του καθορίστηκε στα 5 cm και η χρήση των εξογκωμάτων ήταν να κρατάνε σταθερά τα πλαϊνά plexiglass . Στο κάτω μέρος δημιουργήθηκε χώρος 9.5 cm μήκος, 1 cm πλάτος, 1 cm βάθος σύμφωνα με τις διαστάσεις της ταινίας Led που τοποθετήθηκε στο σημείο αυτό. Επιπρόσθετα, στο κάτω μέρος προεξέχουν δύο βάσεις με οβάλ οπές με σκοπό την ένωση του στηρίγματος και του οριζόντιου διαδρόμου της διάταξης. Το ύψος των δύο βάσεων υπολογίστηκε σύμφωνα με την τοποθέτηση της ταινίας Led στο μέσο του πάχους του οριζόντιου plexiglass έτσι ώστε να δημιουργηθεί η μέγιστη ανάκλαση που χρειάζεται. (total internal reflection). Το εσωτερικό κενό του στηρίγματος έγινε με σκοπό την ένωση του κλουβιού με τη διάταξη που θα καταλήξουν οι ποντικοί σε μελλοντικό στάδιο.[1] Τέλος, γύρω από το στηρίγμα κόπηκαν μερικές τρύπες έτσι ώστε να ήταν εφικτό η τοποθέτηση του ρυθμιστή τάσης επάνω.



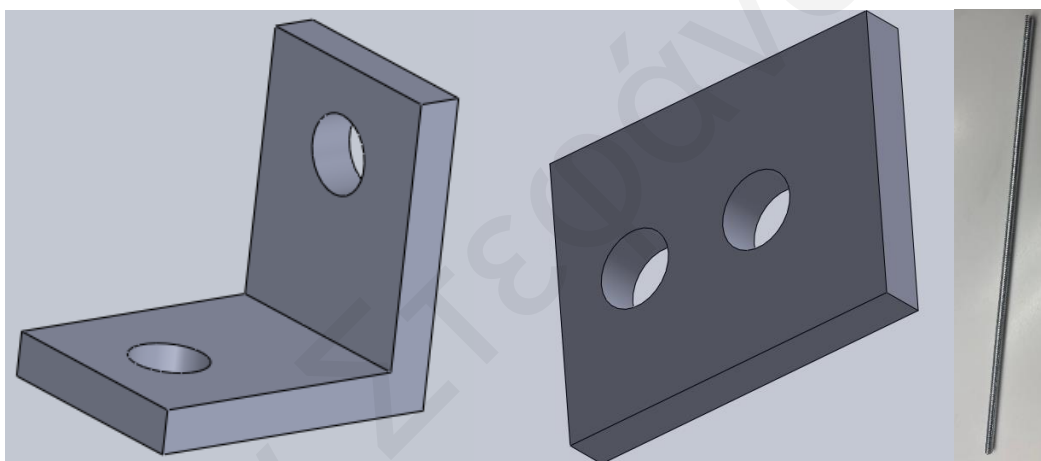
Εικόνα 17: Στηρίγμα διάταξης.

Το νεύρο έχει μήκος 10,2 cm και πλάτος 2 cm, σύμφωνα με τις αποστάσεις των δύο πλαϊνών plexiglass. Οι οπές τοποθετήθηκαν σε απόσταση 0,6 cm από την άκρη σύμφωνα με τις διαστάσεις της ένωσης Γ και στο κέντρο του νεύρου.



Εικόνα 18: Νεύρο

Στην επιλογή της ένωσης Γ, έγινε έρευνα για τη μικρότερη ένωση αφού η κατασκευή δεν είχε χώρο για μεγαλύτερη ένωση. Αναλυτικότερα, οι διαστάσεις της ένωσης είναι 1,8 cm x 18 cm με οπές 5,3 mm.



Εικόνα 19: Αριστερά: Ένωση Γ, Μέσον: Ενωτικά για ντίζες, Δεξιά: ντίζες.

Λόγω του ότι ο οριζόντιος διάδρομος έχει μεγάλο μήκος, δημιουργείται βέλος κάμψης και λυγίζει προς τα κάτω. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όλο το μήκος διαδρόμου να μην έχει την ίδια ένταση φωτός άρα να μην δημιουργείται το φαινόμενο (TIF). Για να μειωθεί το βέλος κάμψης προστέθηκαν τέσσερα στηρίγματα στο κέντρο με σκοπό την ένωση των νεύρων και του οριζόντιου διαδρόμου. Για τα στηρίγματα επιλέχθηκαν ντίζες και κοχλίες, λόγω του ότι το κάτω μέρος του διαδρόμου πρέπει να είναι καθαρό για να μπορεί η κάμερα να καταγράφει το βηματισμό ποντικών. Οι διαστάσεις επιλέχθηκαν βάση τις διαστάσεις των άλλων κομματιών της διάταξης. Αναλυτικότερα, με μήκος 20 cm και διάμετρο 0,5 cm.

Κατά τη χρήση της διάταξης αναμένεται ότι ο διάδρομος θα γεμίζει βρώμα είτε από τα αποτυπώματα πατουσών των ποντικών είτε από τα ούρα τους. Η βρώμα αυτή αποτελεί πηγή θορύβου και μη ωφέλιμο σήμα κατά τη χρήση της διάταξης. (Εικόνα 20) Επομένως η διάταξη κατασκευάστηκε με τρόπο ώστε να είναι ευέλικτη στην αποσυναρμολόγηση και συναρμολόγηση ώστε να καθαρίζεται εύκολα. Επιπρόσθετα, το κάτω μέρος των πλαϊνών plexiglass κατά τη διάρκεια επαφής τους με τον οριζόντιο διάδρομο δημιούργησε φθορά λόγω τριβής αυτών των αντικειμένων. Η φθορά αυτή προκάλεσε τρίψιμο στο διάδρομο και συνεπώς πηγή θορύβου η οποία θα επηρέαζε στη λήψη ωφέλιμου σήματος. Για το λόγο αυτό προστέθηκαν κολλητικές ταινίες με μαλακή υφή οι οποίες θα αποφεύγαν την επαφή των πλαϊνών plexiglass με τον οριζόντιο διάδρομο.



Εικόνα 20: Αριστερά: Ακαθαρσία λόγω αποτυπωμάτων, Δεξιά: Θόρυβος λόγω τριβής των δύο plexiglass.



Εικόνα 21: Κολλητικές ταινίες.

2.4 Συνθήκες για σωστή καταγραφή βίντεο

Η καταγραφή πειραματικών βίντεο είναι σημαντικό να γίνεται με σωστό τρόπο και να δημιουργείται μια ουσιαστική σύνδεση μεταξύ του παρατηρητή και του αναλυτή ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί το πείραμα. Αναλυτικότερα, ο αναλυτής πρέπει να είναι παρόν κατά τη διάρκεια του πειράματος έτσι ώστε να αποτρέπει τυχόν πειραματικά σφάλματα. Επιπλέον, η απόσταση που θα τοποθετεί η κάμερα αλλά και η σταθερότητα του παρατηρητή κατά τη μετακίνηση της κάμερας είναι εξίσου σημαντική για την ακρίβεια και την ορθότητα των μετρήσεων. Η παρούσα διπλωματική στοχεύει στην επιλογή μιας προσιτής, απλής και φθηνής επιλογής λήψης βίντεο χρησιμοποιώντας τη κάμερα διαδικτύου (web camera). Η κάμερα τοποθετήθηκε κάτω από την πειραματική διάταξη σε απόσταση 4 cm από τον οριζόντιο διάδρομο. Η απόσταση αυτή μετρήθηκε με ένα χάρακα και με τη βοήθεια του παρατηρητή κρατιόταν σταθερή για όλες τις λήψεις. Το μοντέλο ποντικού τοποθετήθηκε σε 7 διαφορετικά μήκη και η κάμερα κάθε φορά μετακινόταν και αυτή κατά μήκος μαζί με το μοντέλο, διατηρώντας την απόσταση 4cm από τον διάδρομο. Με τη χρήση της συσκευής αυτής εξάχθηκαν οι εικόνες βηματισμού του ποντικού στα διάφορα μέρη της διάταξης που τοποθετήθηκε. Στη συνέχεια, εφαρμόζοντας τεχνικές επεξεργασίας στις εικόνες εξάγονται τα αποτελέσματα. [5]



Εικόνα 22: Webcamera.

Πίνακας 2:					
Προδιαγραφές Κάμερας					
Μάρκα	Part Number	Μέγιστη Ανάλυση	Mega pixel	Μήκος	Πλάτος
Logitech	850-000259	720p/30fps	1.2	3.13cm	2.59cm

Κεφάλαιο 3

3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

3.1 Σύνοψη πειράματος

Στη παρούσα έρευνα λόγω του ότι η πειραματική διάταξη έπρεπε να περάσει από κάποιους πειραματικούς ελέγχους και μετά να προωθηθεί σε χρήση, τα πειράματα εκτελέστηκαν σε τεχνητό μοντέλο 3D ποντικού. Στη παρούσα φάση σκοπός ήταν να ελεγχθεί μέσω πειράματος κατά πόσο είναι εφικτό να μετρηθεί η πατούσα του μοντέλου του ποντικού. Αναλυτικότερα, όταν τοποθετείται πάνω στο διάδρομο της διάταξης το μοντέλο ποντικού να μπορεί να φαίνεται το περίγραμμα της πατούσας του.



Εικόνα 23: Πειραματική διαδικασία.

3.2 Κατασκευή Μοντέλου Ποντικού

Με τη χρήση της ιστοσελίδας Cult 3D βρέθηκε ένα έτοιμο μοντέλο τρισδιάστατου ποντικού το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τα πειράματα. Μέσω του λογισμικού Solidworks και ακολούθως του meshmixer επεξεργάστηκε το μοντέλο αυτό με σκοπό να διαμορφωθεί όπως έπρεπε. Οι διαστάσεις του μοντέλου ορίστηκαν σύμφωνα με άρθρα, για μήκος σώματος 7,5cm και μήκος πατούσας 1cm . [19] Αρχικά, το μοντέλο ποντικού ήταν ολόκληρο αλλά για σκοπούς πειράματος το πάνω μέρος του έγινε επίπεδο για να προστεθούν στη συνέχεια κάποια βαρίδια. Τα βαρίδια ήταν βάρους 285gr περίπου όσο ζυγίζει ένας κανονικός ποντικός έτσι ώστε κατά την τοποθέτησή τους πάνω στο μοντέλο

να ασκείται βάρος προς τα κάτω και να είναι ορατό το περίγραμμα της πατούσας του. Επιπλέον, στο πάνω μέρος του, λόγω του ότι κατασκευάστηκε από υγρή ρητίνη που πολυμερίζεται βγήκαν τρύπες έτσι ώστε να μη παγιδεύεται η ρητίνη μέσα στο κούφιο μέρος. Στο κάτω μέρος του, δηλαδή στις πατούσες τοποθετήθηκε ένα είδος ελαστικού (πλαστελίνη) λόγω του ότι το μοντέλο ήταν από υγρή ρητίνη δε μπορούσε από μόνο του να εκτυπώσει το αποτύπωμα του πάνω στη διάταξη. Έτσι με τη βοήθεια της πλαστελίνης καθώς τη συμπιέζει με το βάρος του, φαινόταν το περίγραμμα της πατούσας του. Τέλος, το μοντέλο εκτυπώθηκε σε ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή Formlabs Form 3 (Εργαστήριο βιολογικών και βιοιατρικών συσκευών, Τμήμα Μηχανικών Μηχανολογίας και Κατασκευαστικής, Πανεπιστημίου Κύπρου) χρησιμοποιώντας βήμα εκτύπωσης 50μm για ελαχιστοποίηση χρόνου εκτύπωσης.



Εικόνα 24: Αρχικό Τρισδιάστατο μοντέλο ποντικού.



Εικόνα 25: Τρισδιάστατο μοντέλο ποντικού στο Meshmixer.



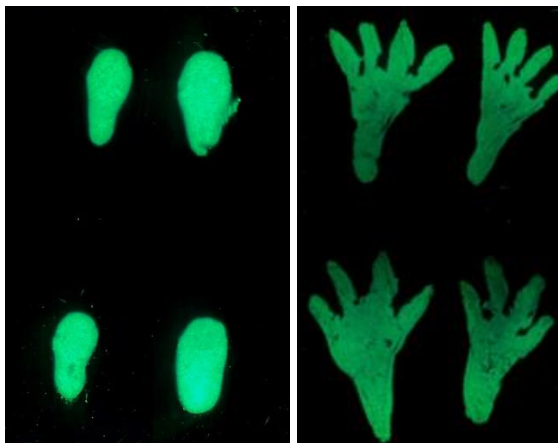
Εικόνα 26: Αριστερά: Κάτοψη τρισδιάστατου μοντέλου ποντικού Δεξιά: Πλάγια όψη τρισδιάστατου μοντέλου ποντικού.

3.3 Βελτιστοποίηση και Αξιολόγηση λόγω του Σήματος προς θόρυβο

Αρχικά, τοποθετήθηκε ένα μικρό κομμάτι πλαστελίνης στο διάδρομο κάτω από κάθε πατούσα του μοντέλου του ποντικού. Με το τρόπο αυτό δεν ήταν εμφανές το περίγραμμα της πατούσας του. (Εικόνα 26, Αριστερό μέρος) Έτσι μετά από διάφορες δοκιμές έγινε μια προσομοίωση πατούσας ποντικού από πλαστελίνη και όταν τοποθετήθηκε το μοντέλο πάνω στο διάδρομο ήταν εφικτό να εμφανίζεται το περίγραμμα της πατούσας του και να διεξαχθεί σωστά το πείραμα.



Εικόνα 27: Μοντέλο ποντικού επικαλυμμένο με πλαστελίνη στα πόδια.

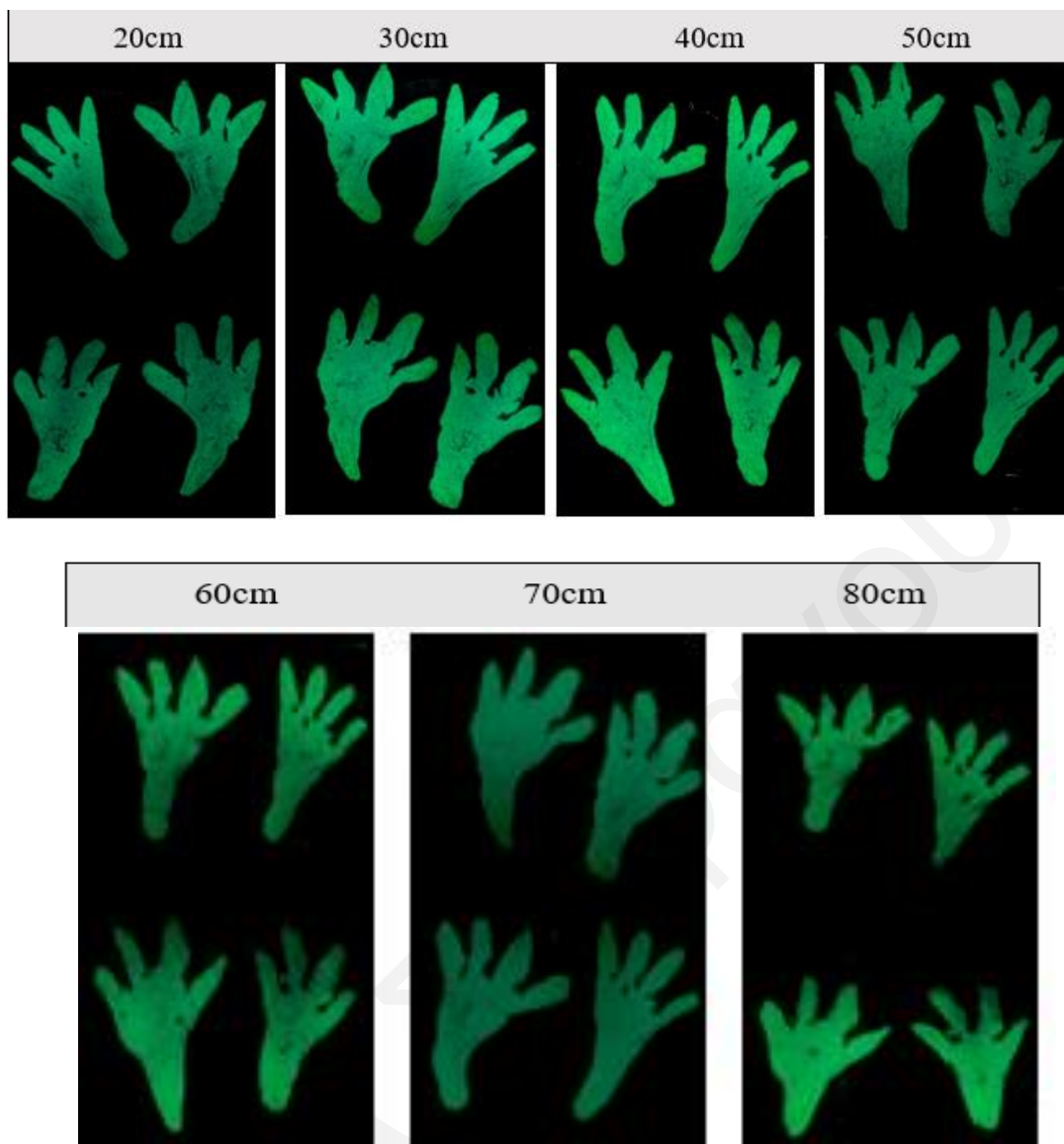


Εικόνα 28: Αριστερά: Αρχική εικόνα αποτυπώματος πατούσας τρισδιάστατου μοντέλου ποντικού. Δεξιά: Τελική εικόνα αποτυπώματος πατούσας τρισδιάστατου μοντέλου ποντικού.

Συγκρίνοντας το αριστερό και το δεξί μέρος της εικόνα 26 είναι εμφανές το συμπέρασμα ότι η εικόνα στα αριστερά δεν αποτελεί μια καλή εικόνα για επεξεργασία βαδίσματος. Βαθύτερα, η εστίαση δεν είναι σωστή, αφού οι πατούσες είναι θολές και το περίγραμμα των δακτύλων της πατούσας δεν είναι διακριτό. Επίσης γύρω από την κάτω αριστερά πατούσα και την πάνω δεξιά της αριστερής εικόνας υπάρχει θόρυβος δηλαδή μικρές τελείες πράσινες. Αντιθέτως, η εικόνα στα δεξιά είναι ωραία στην οπτική κάποιου παρατηρητή. Ο κύριος λόγος είναι λόγω της ευκολίας στη διακριτοποίηση της πατούσας από το γύρω περίγραμμα. Η πατούσα αποτελεί ωφέλιμο σήμα και συγκριτικά με το περίγραμμα είναι πολύ μεγάλη και εστιασμένη σωστά. Ακόμη και στη περίπτωση που ο ποντικός αποβάλει τα ούρα του τα δεδομένα θα είναι και πάλι καλά.

3.4 Αξιολόγηση της εξάρτησης του Μετρώμενου Σήματος από την Θέση της Μέτρησης

Το μοντέλο του ποντικού τοποθετήθηκε σε διάφορα σημεία κατά μήκος της πειραματικής διάταξης. Πιο συγκεκριμένα, λόγω του ότι το μήκος του διαδρόμου είναι 90 cm και το μήκος του ποντικού 10 cm πάρθηκαν 7 φωτογραφίες στα σημεία των 20cm, 30 cm, 40 cm, 50cm, 60cm, 70cm και 80cm αντίστοιχα. Οι φωτογραφίες είχαν όλες τις ίδιες συνθήκες, για παράδειγμα την κάμερα την κρατούσε ο παρατηρητής σταθερή στα 4 cm κάτω από τον οριζόντιο διάδρομο, στο δωμάτιο επικρατούσε σκότος και ο ρυθμιστής τάσης ήταν στο μέγιστο έτσι ώστε να εκπέμπει ένταση φωτός 12V.



Εικόνα 29: Εικόνες αποτυπωμάτων των πατουσών του μοντέλου ποντικού, όταν το μοντέλο βρίσκεται στα 20,30,40,50,60,70,80 cm.

Ορίστηκαν ως:

Πατούσα 1: Η πάνω αριστερά

Πατούσα 2: Η πάνω δεξιά

Πατούσα 3: Η κάτω αριστερά

Πατούσα 4: Η κάτω δεξιά

3.5 Επεξεργασία Εικόνας

Γράφτηκε ένας κώδικας σε .m αρχείο στο λογισμικό MATLAB, το οποίο κρατάει μόνο τις περιοχές των πατουσών από τις πιο πάνω εικόνες και υπολογίζει το εμβαδόν. Πιο συγκεκριμένα, στο πρόγραμμα γίνεται επεξεργασία μόνο του πράσινου καναλιού με εύρος τιμών μεγαλύτερων του 50 (κατώτερο threshold), αφού παρατηρήθηκε ότι οι τιμές μεταξύ του 50 και του 100 αλλάζουν το σχήμα των πατουσών. Με την συνάρτηση `bwconncomp` (Documentation > Image Processing Toolbox > Image Segmentation and Analysis > Region and Image Properties) δημιουργείται λίστα συνδεσιμότητας 8 γειτονικών pixels (για κύριες διευθύνσεις και διαγωνίως) από την οποία στο τέλος μένουν μόνο τα 4 μεγάλα νησιά που υποδηλώνουν τις πατούσες, που υποδηλώνουν τις πατούσες του ποντικού. Τέλος, υπολογίστηκε το εμβαδόν της κάθε πατούσας, μεταφράζοντας τα pixels της κάθε εικόνας στα εκατοστά που αντιστοιχούν. Μετρήθηκε πόσα εκατοστά είναι στην πραγματικότητα το εύρος της φωτογραφίας που παίρνει η κάμερα, το οποίο αντίστοιχά στα pixel του μήκους της κάθε εικόνας. Οπότε, έγινε διαίρεση των τετράγωνων του λόγου με τα pixels της κάθε πατούσας cm/pixel, με σκοπό την εύρεση του εμβαδού της σε cm². Η διαδικασία αυτή εκτελέστηκε για κάθε πειραματική εικόνα. Πιο κάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των καθαρισμένων εικόνων και το εμβαδόν της κάθε πατούσας.

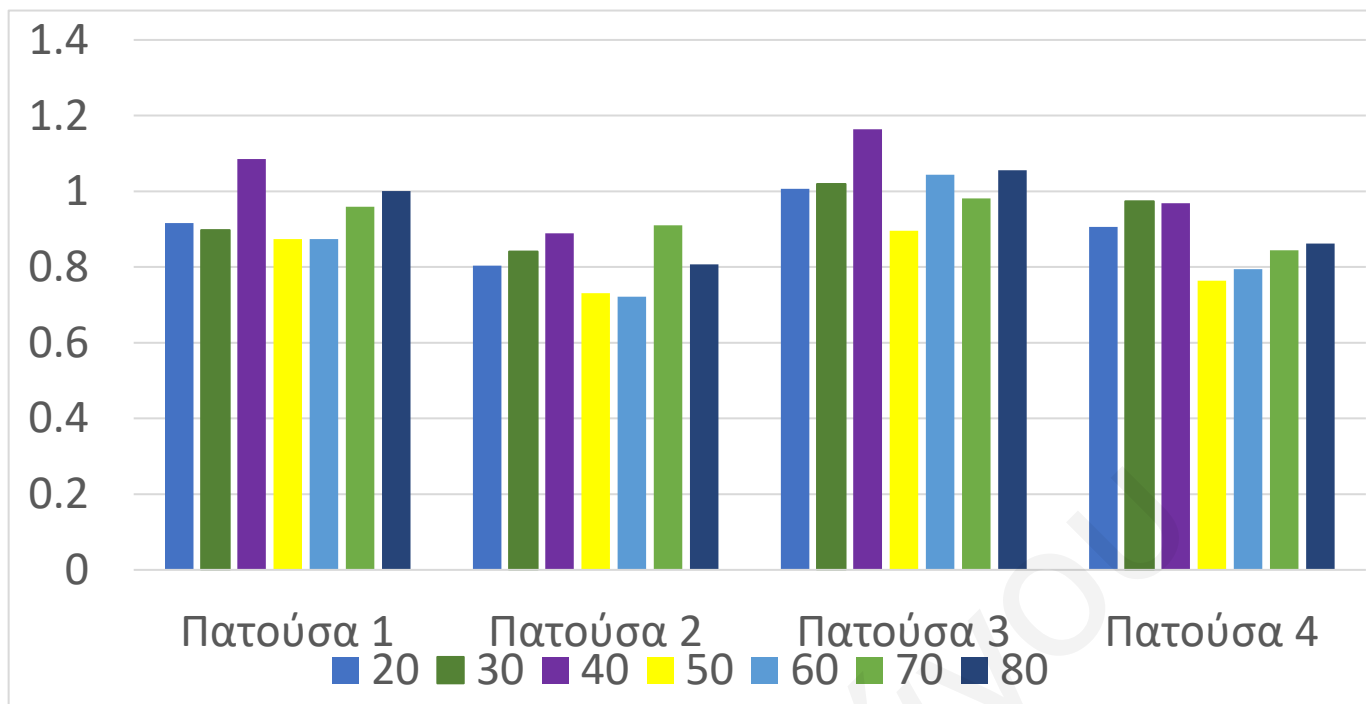


Εικόνα 30: Επεξεργασμένη εικόνα των αποτυπωμάτων , όταν το μοντέλο βρίσκεται στα 20,30,40,50,60,70,80 cm από το αριστερό άκρο της διάταξης.

Πίνακας 3:				
Θέση λήψης φωτογραφίας (cm)	Εμβαδόν Πατούσας 1 (cm²)	Εμβαδόν Πατούσας 2 (cm²)	Εμβαδόν Πατούσας 3 (cm²)	Εμβαδόν Πατούσας 4 (cm²)
20	0.916	0.804	1.007	0.906
30	0.898	0.841	1.019	0.974
40	1.085	0.889	1.164	0.969
50	0.874	0.731	0.896	0.764
60	0.874	0.722	1.044	0.794
70	0.959	0.910	0.981	0.844
80	1.001	0.807	1.056	0.862

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια της excel υπολογίστηκε η μέση τιμή μ , η τυπική απόκλιση σ και τέλος ο συντελεστής μεταβλητότητας σ/μ (S).

Πίνακας 4:				
	Εμβαδόν Πατούσας 1 (cm²)	Εμβαδόν Πατούσας 2 (cm²)	Εμβαδόν Πατούσας 3 (cm²)	Εμβαδόν Πατούσας 4 (cm²)
Μέση τιμή (μ)	0.944	0.815	1.024	0.873
Τυπική απόκλιση (σ)	0.078	0.072	0.081	0.081
Συντελεστής μεταβλητότητας (S)	0.082	0.088	0.079	0.093



Εικόνα 31: Γραφική παράσταση , προσδιορισμού ομοιογένειας εμβαδού πατουσών.

Ο συντελεστής μεταβλητότητας (S) για τιμές κάτω του 0.1 προσδιορίζει την ομοιογένεια αποτελεσμάτων ενώ για τιμές μεγαλύτερες του 0.1 προσδιορίζει την ανομοιογένεια αποτελεσμάτων. Σύμφωνα με τη παρατήρηση αυτή και το πίνακα 4, οι τιμές του εμβαδού των πατουσών 1, 2, 3, 4 προσδιορίζουν ομοιογένεια.

Κεφάλαιο 4

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Συμπεράσματα

Από το πείραμα που έγινε έχει δειχθεί ότι η προτεινόμενη πειραματική κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχημένα για την διεξαγωγή πειραμάτων για αξιολόγηση της κινητικής ικανότητας ποντικών μετά από τραύμα στο νωτιαίο μυελό. Η συσκευή δουλεύει ανεξάρτητα της θέσης λήψης της φωτογραφίας. Με βάση το πείραμα, σε όλα τα σημεία της πειραματικής διάταξης μπορούν να εξαχθούν εικόνες βάρδισης ανεξαρτήτως θέσης λήψης της φωτογραφίας. Αυτές οι εικόνες, μπορούν να παραστήσουν τον βηματισμό, αφού πρώτα υποστούν επεξεργασία για απομάκρυνση πιθανών θορύβων. Εν κατακλείδι, λόγω της αξιοπιστίας του πειραματικού σχεδιασμού, η διάταξη μπορεί να υιοθετηθεί και σε πλήθος άλλων ερευνών (π.χ. για εύρεση μελλοντικών θεραπειών για τραύμα νωτιαίου μυελού), που να σχετίζονται με την βάρδιση των ποντικών.

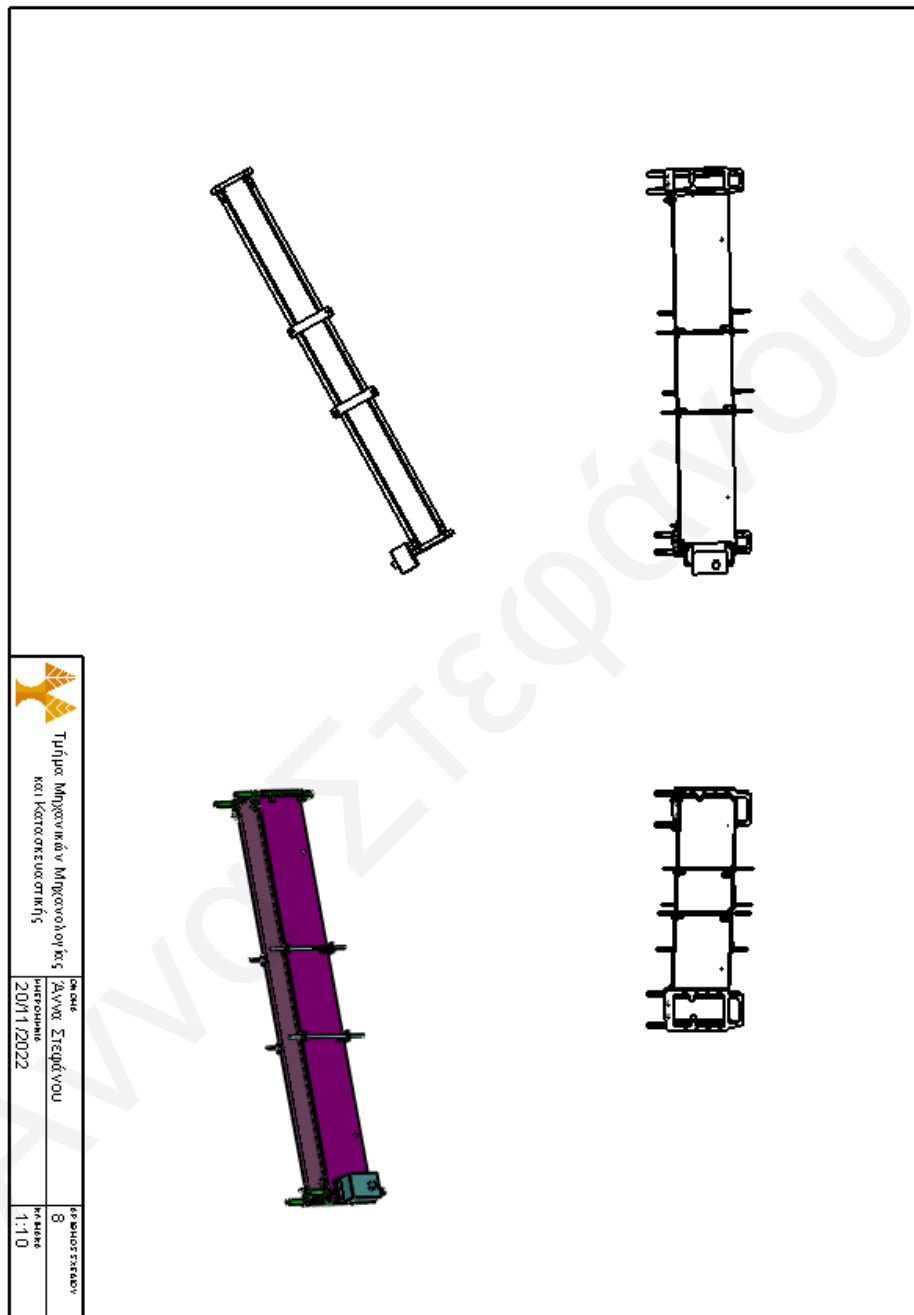
Βιβλιογραφία

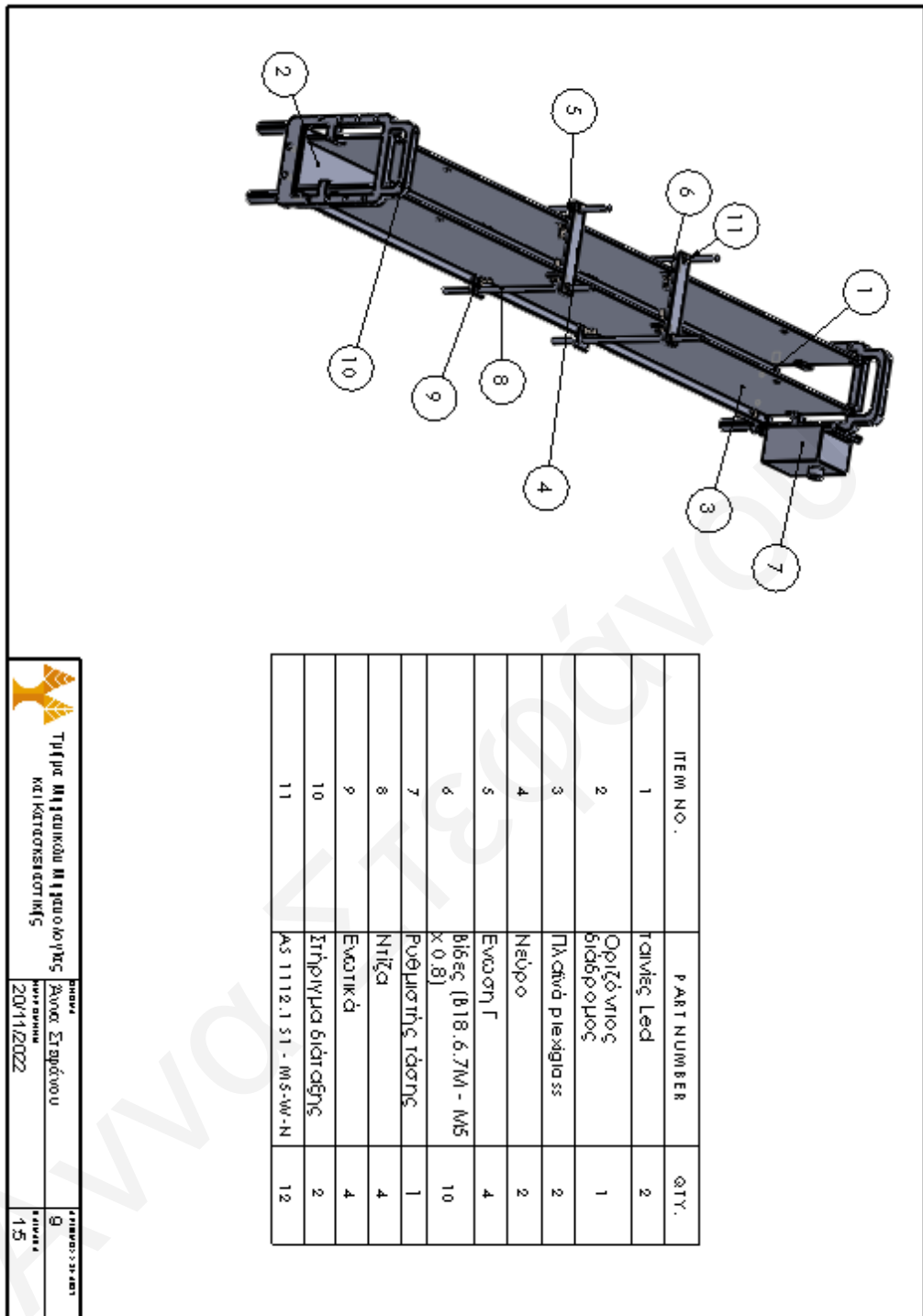
- [1] Aceves , M , et al. “An Analysis of Variability in ‘Catwalk’ Locomotor Measurements to Aid Experimental Design and Interpretation.” *ENeuro* 7(4):1–9, 2022 doi: 10.1523/ENEURO.0092-20.2020.
- [2] Rees, Holly A., and Nicole M. Gaudelli. “A Dimmer-Switch for SpCas9 Activity.” *The CRISPR Journal*, vol. 2, 1 June 2019, pp. 146–148, pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31225755/, 10.1089/crispr.2019.29060.hre
- [3] Dimoula K, Tzeranis D, Behavioral Evaluation of Dorsal Column Lesion in Mice Spinal Cord Tracts in the Dorsal Column. Technical Report. (2019).
- [4] “PELVIPHARM - SPECIALIZED PRECLINICAL EXPERTISE in Male and Female Sexual Functions and Diseases of the Lower Urinary Tract.” www.pelvipharm.com, www.pelvipharm.com/services.
- [5] Κατσουλάκος, Πέτρος. “Απομακρυσμένη και πολύ-παραμετρική μέτρηση χαρακτηριστικών φυσιολογίας ανθρώπου μέσω Webcam.” *Polynoe.lib.uniwa.gr*, 10 July 2022, polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/handle/11400/2657, 10.26265/polynoe-2497.
- [6] Vuputuri, Akhil. “2011 S2-06 Science Blog: Application of Total Internal Reflection.” *2011 S2-06 Science Blog*, 1 Aug. 2011, sst2011-s206sci.blogspot.com/2011/08/application-of-total-internal.html.
- [7] Chen, Ying-Ju, et al. “Detection of Subtle Neurological Alterations by the Catwalk XT Gait Analysis System.” *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 11, no. 1, 2014, p. 62, 10.1186/1743-0003-11-62.
- [8] Mendes, César S., et al. “Quantification of Gait Parameters in Freely Walking Rodents.” *BMC Biology*, vol. 13, no. 1, 22 July 2015, 10.1186/s12915-015-0154-0.
- [9] Ahmed, Rakib Uddin, et al. “Experimental Spinal Cord Injury and Behavioral Tests in Laboratory Rats.” *Heliyon*, vol. 5, no. 3, Mar. 2019, p. e01324, 10.1016/j.heliyon.2019.e01324.
- [10] Huberman, Andrew D., and Cristopher M. Niell. “What Can Mice Tell Us about How Vision Works?” *Trends in Neurosciences*, vol. 34, no. 9, Sept. 2011, pp. 464–473, 10.1016/j.tins.2011.07.002.
- [11] Aceves, M, et al. “An Analysis of Variability in “CatWalk” Locomotor Measurements to Aid Experimental Design and Interpretation.” *Eneuro*, 7, (-4). ENEURO.0092-20.2020, 2020. doi: 10.1523/eneuro.0092-20.2020.

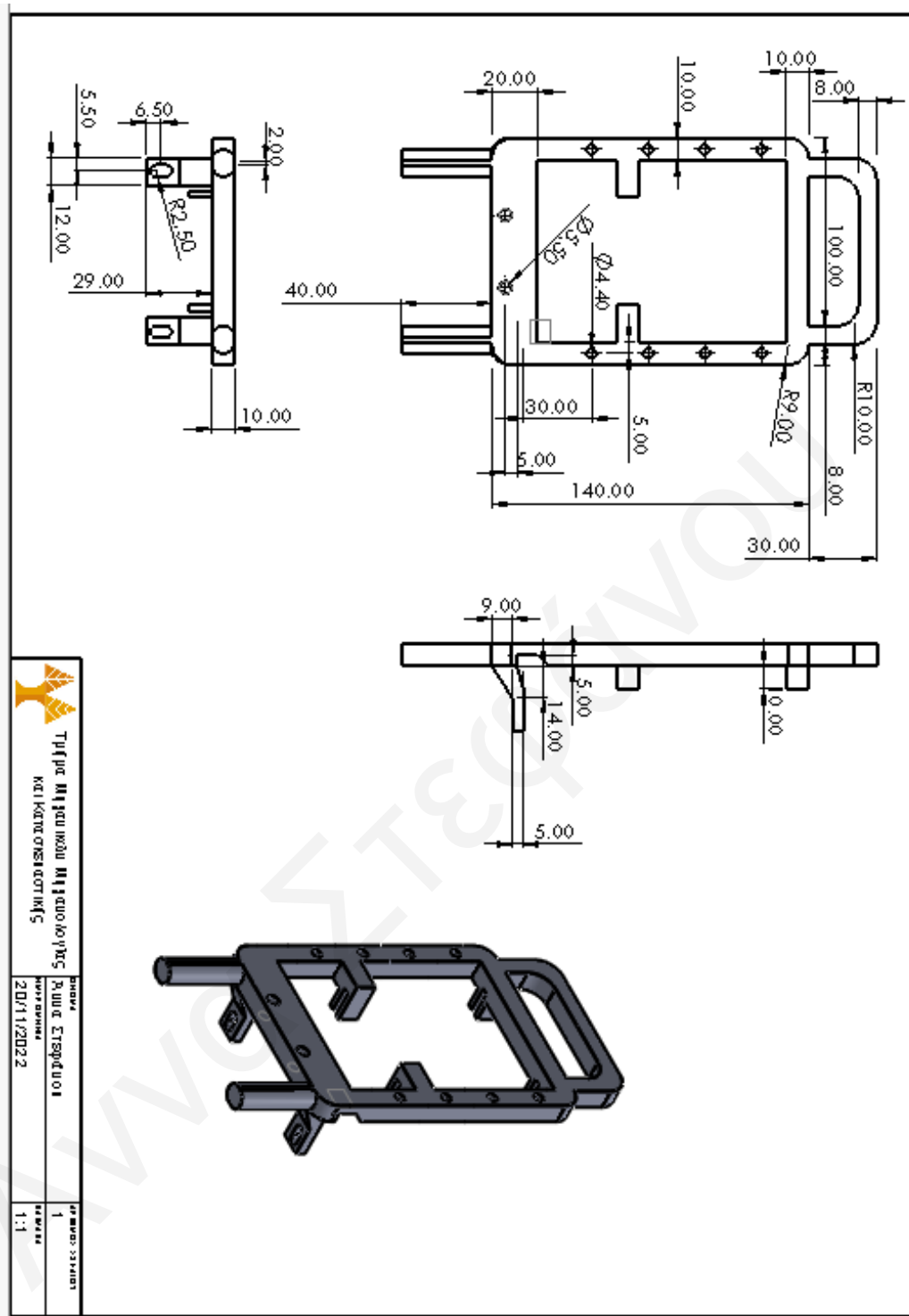
- [12] Gabriel, A. F., et al. “The CatWalk Method: A Detailed Analysis of Behavioral Changes after Acute Inflammatory Pain in the Rat.” *Journal of Neuroscience Methods*, 163, (-1), 9–16, 2007
- [13] Crowley, Samuel T., et al. “Combined CatWalk Index: An Improved Method to Measure Mouse Motor Function Using the Automated Gait Analysis System.” *BMC Research Notes*, 11, 27 Apr. 2018, p. 263, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5924449/, doi: 10.1186/s13104-018-3374-x.
- [14] Barros Filho, Tarcisio Eloy Pessoa de, and Alessandra Eira Iague Sleiman Molina. “Analysis of the Sensitivity and Reproducibility of the Basso, Beattie, Bresnahan (BBB) Scale in Wistar Rats.” *Clinics*, 63, (-1), 2008, pp. 103–108, 10.1590/s1807-59322008000100018.
- [15] Zhang, Y., et al. “Observation of Locomotor Functional Recovery in Adult Complete Spinal Rats with BWSTT Using Semiquantitative and Qualitative Methods.” *Spinal Cord*, 45, (-7), 496–501, 2007, 10.1038/sj.sc.3102013.
- [16] Sharif-Alhoseini, M., Animal models of spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*, 55, 714-721, 2017.
- [17] Whishaw, I. Q. Loss of the innate cortical engram for action patterns used in skilled reaching and the development of behavioral compensation following motor cortex lesions in the rat. *Neuropharmacology*, 39, 788-805, 2000.
- [18] Lukes, Steven. *Power*. Google Books, NYU Press, 1 Nov. 1986
- [19] Rodrigueez, Emily, and Aakanksha Gaur. “Mouse - Geographic Distribution and Classification | Britannica.” *Www.britannica.com*, 20 July 1998

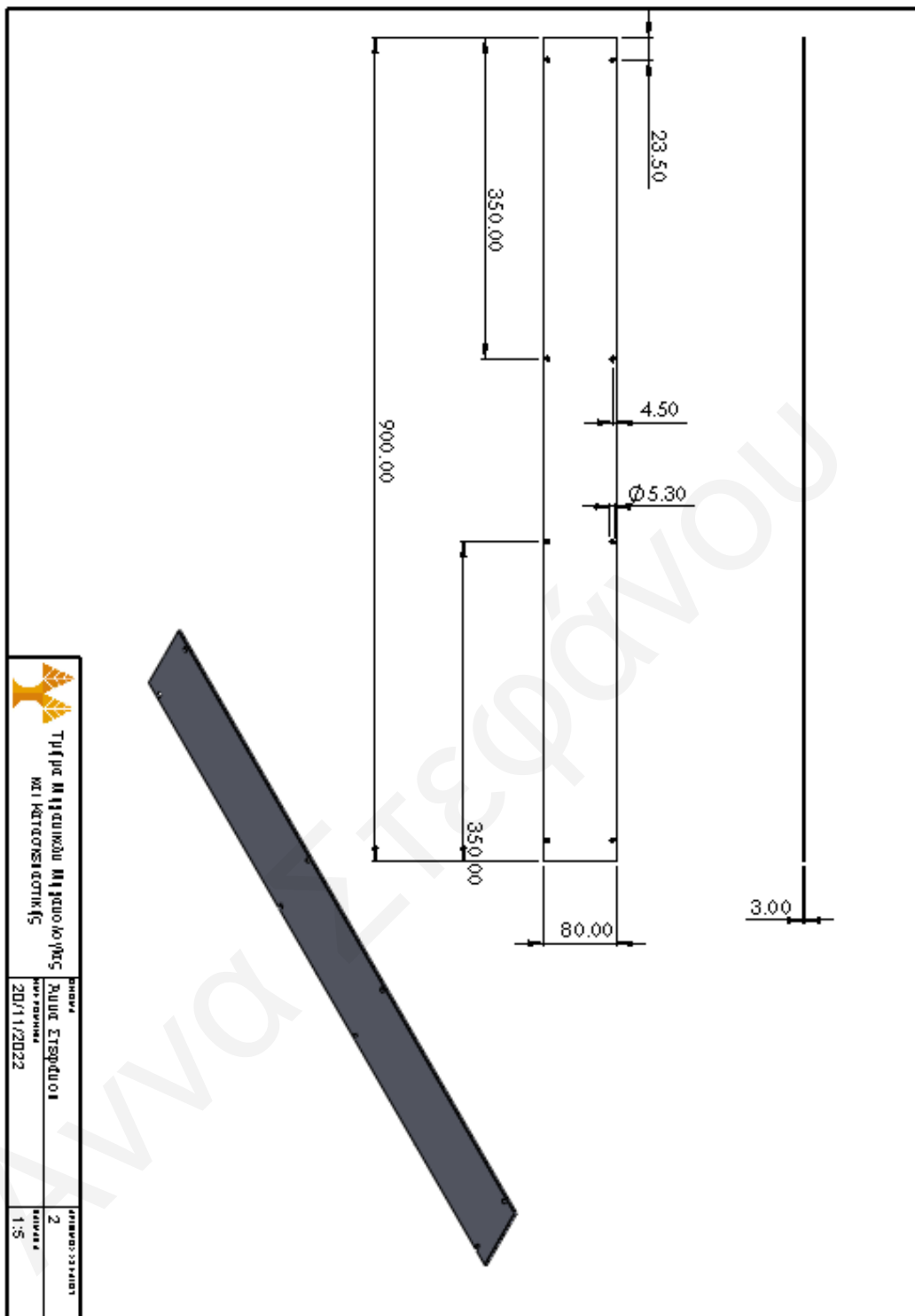
Παράρτημα

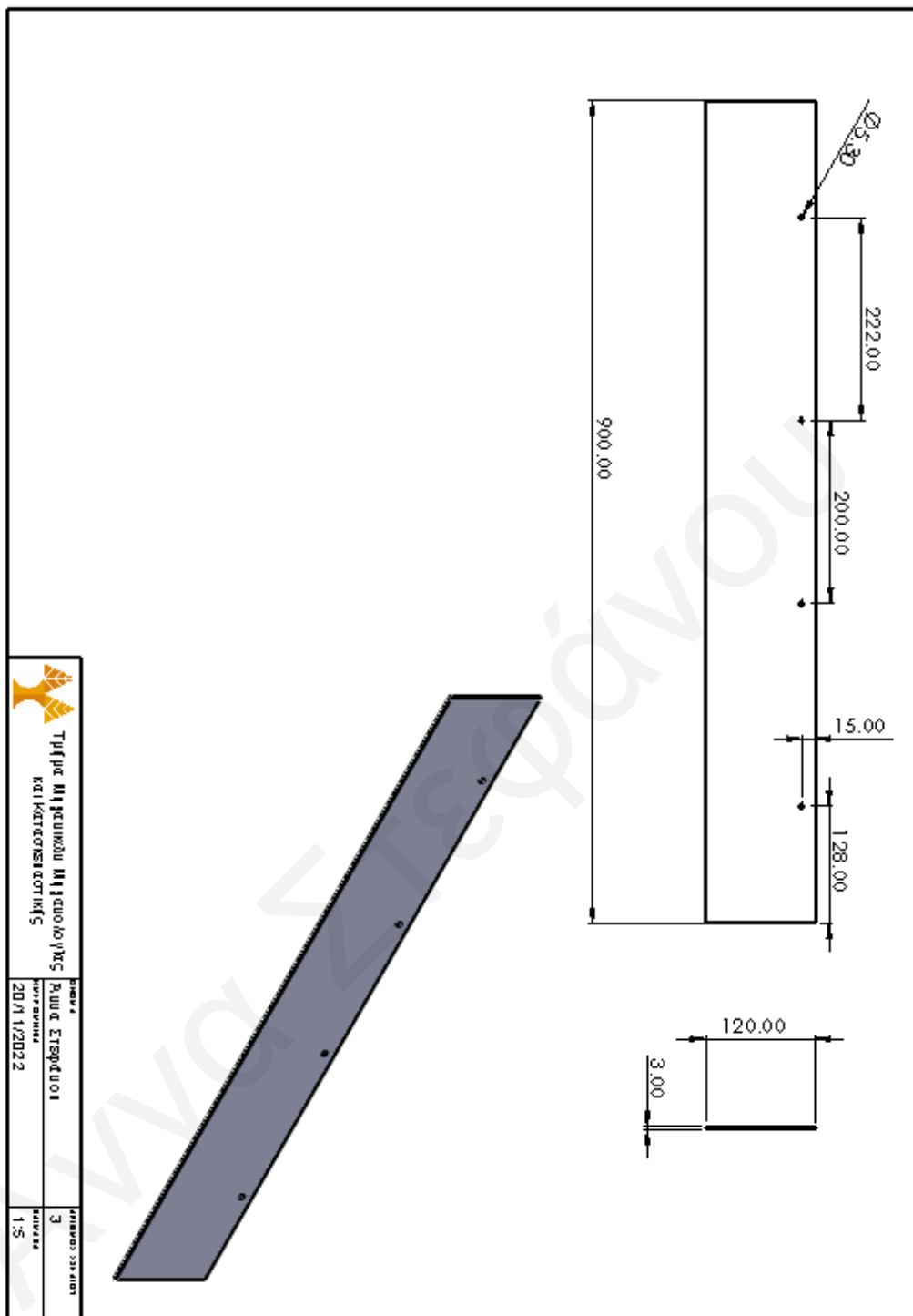
Παράρτημα I -Drawings



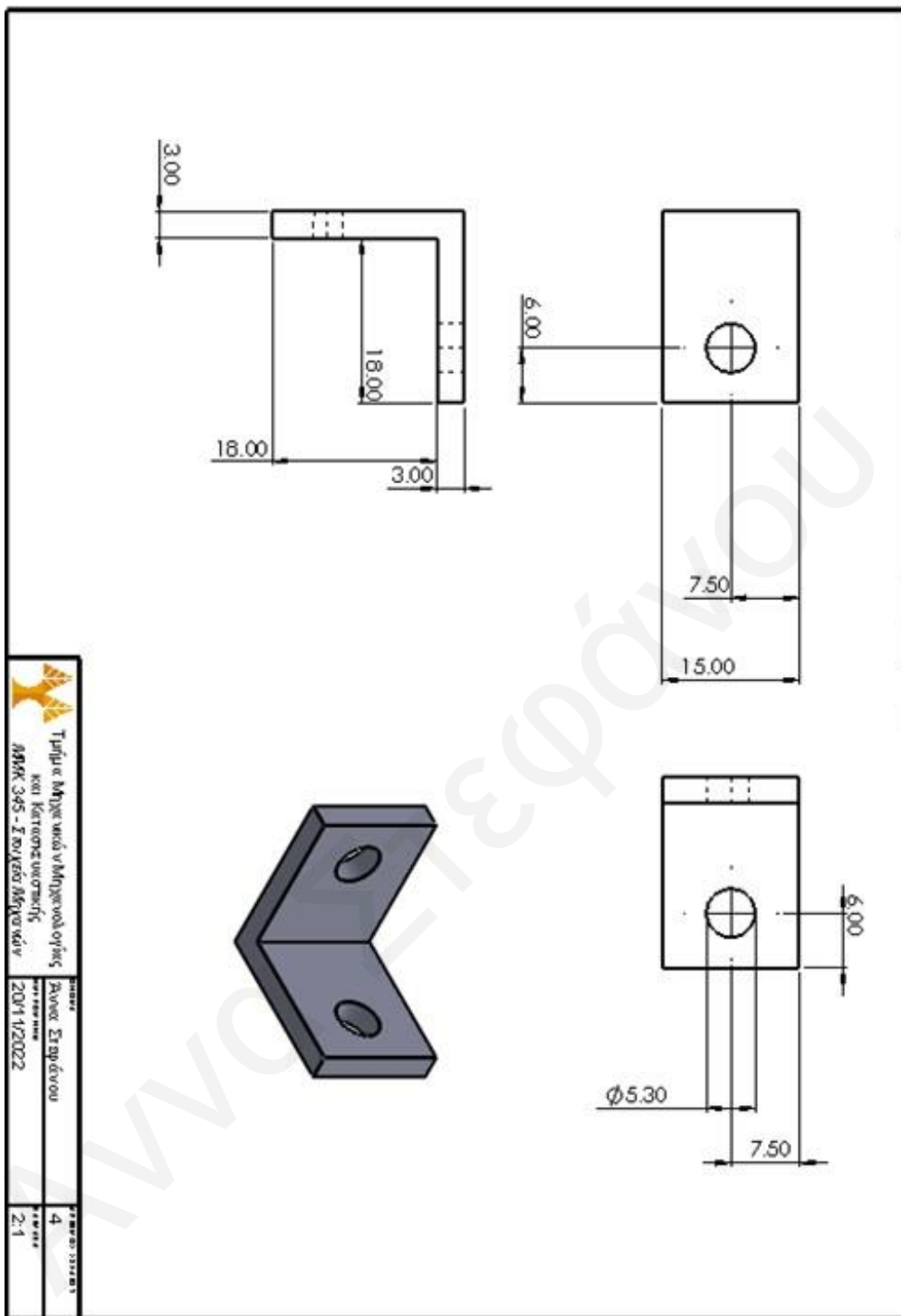


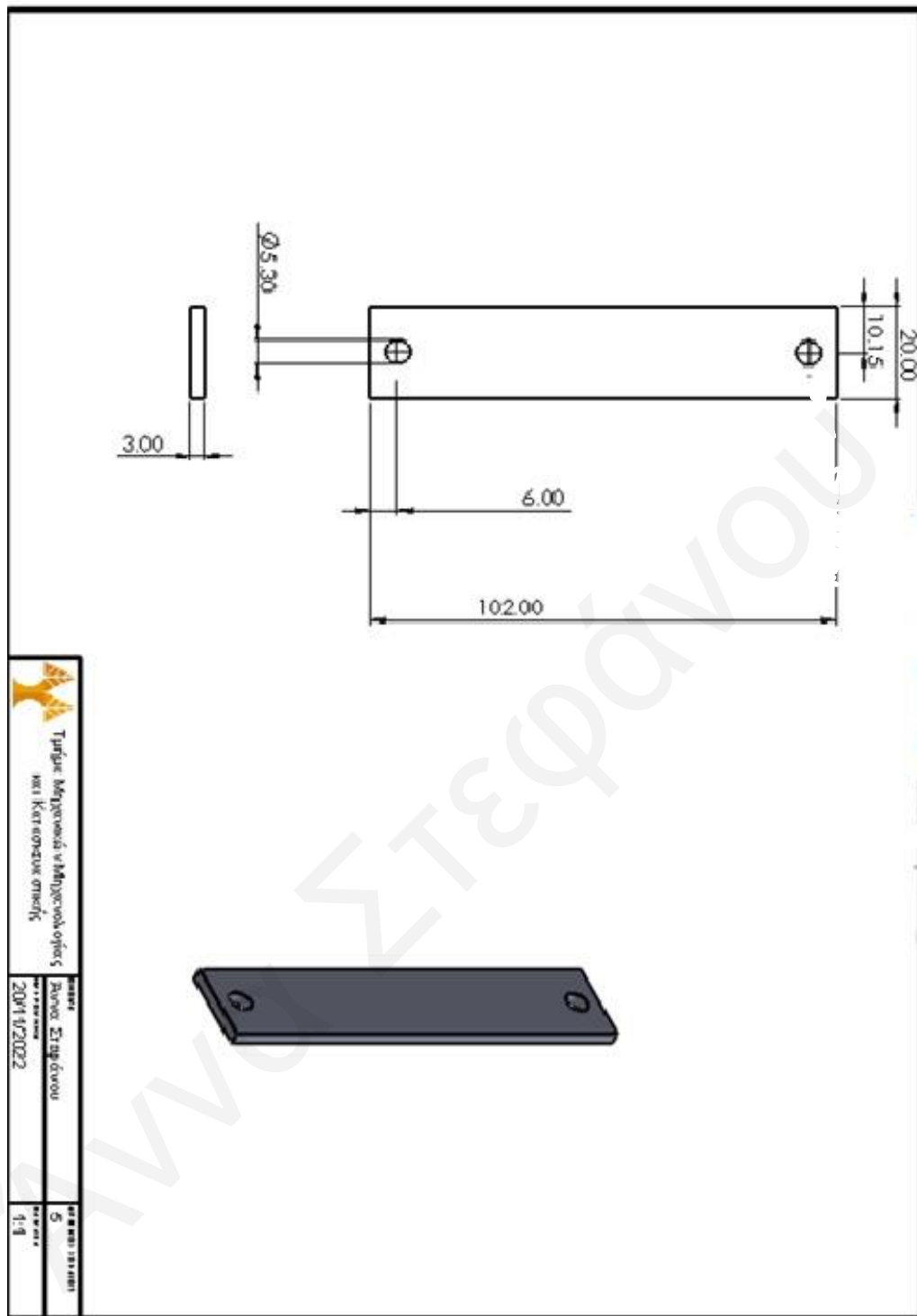


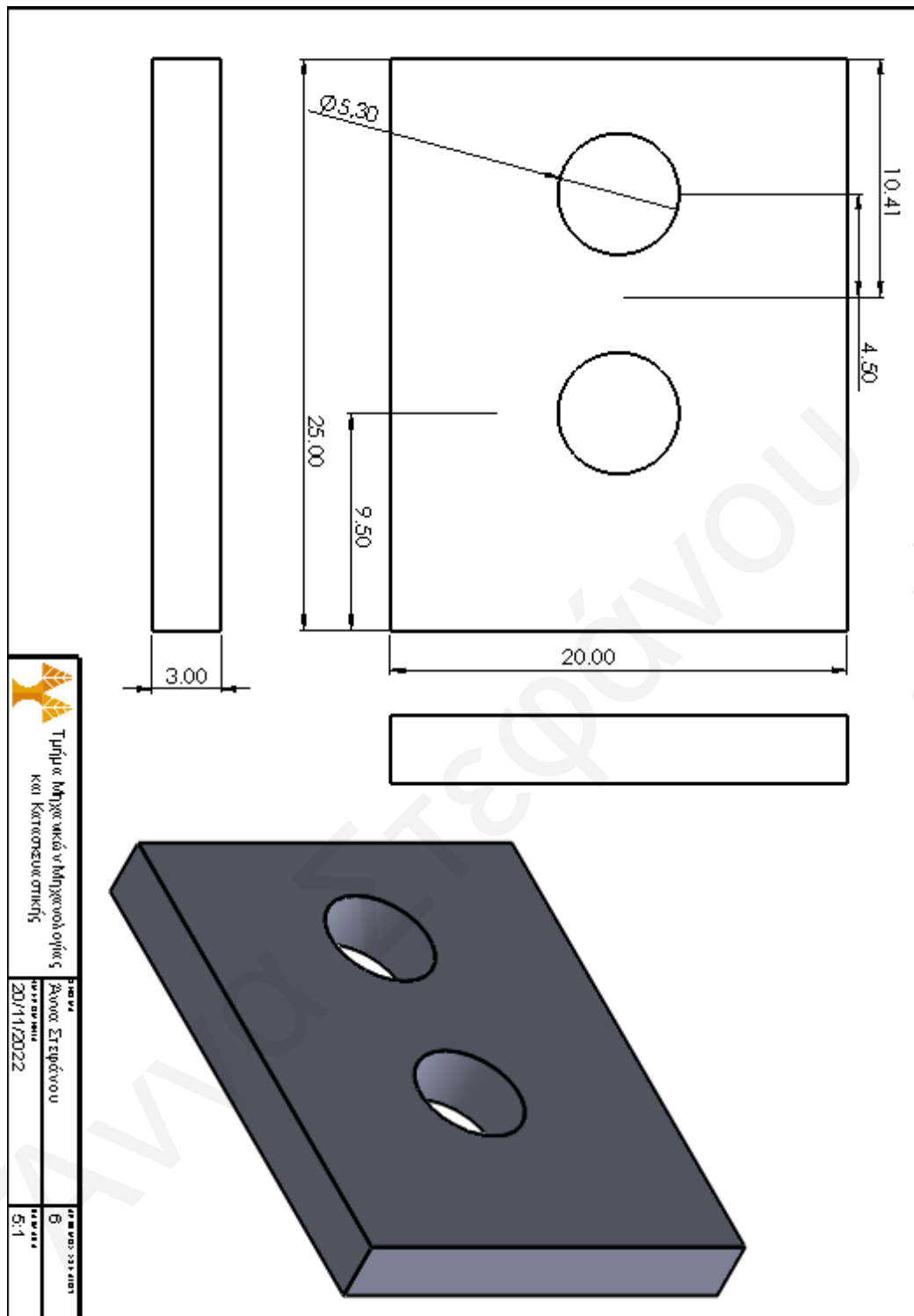




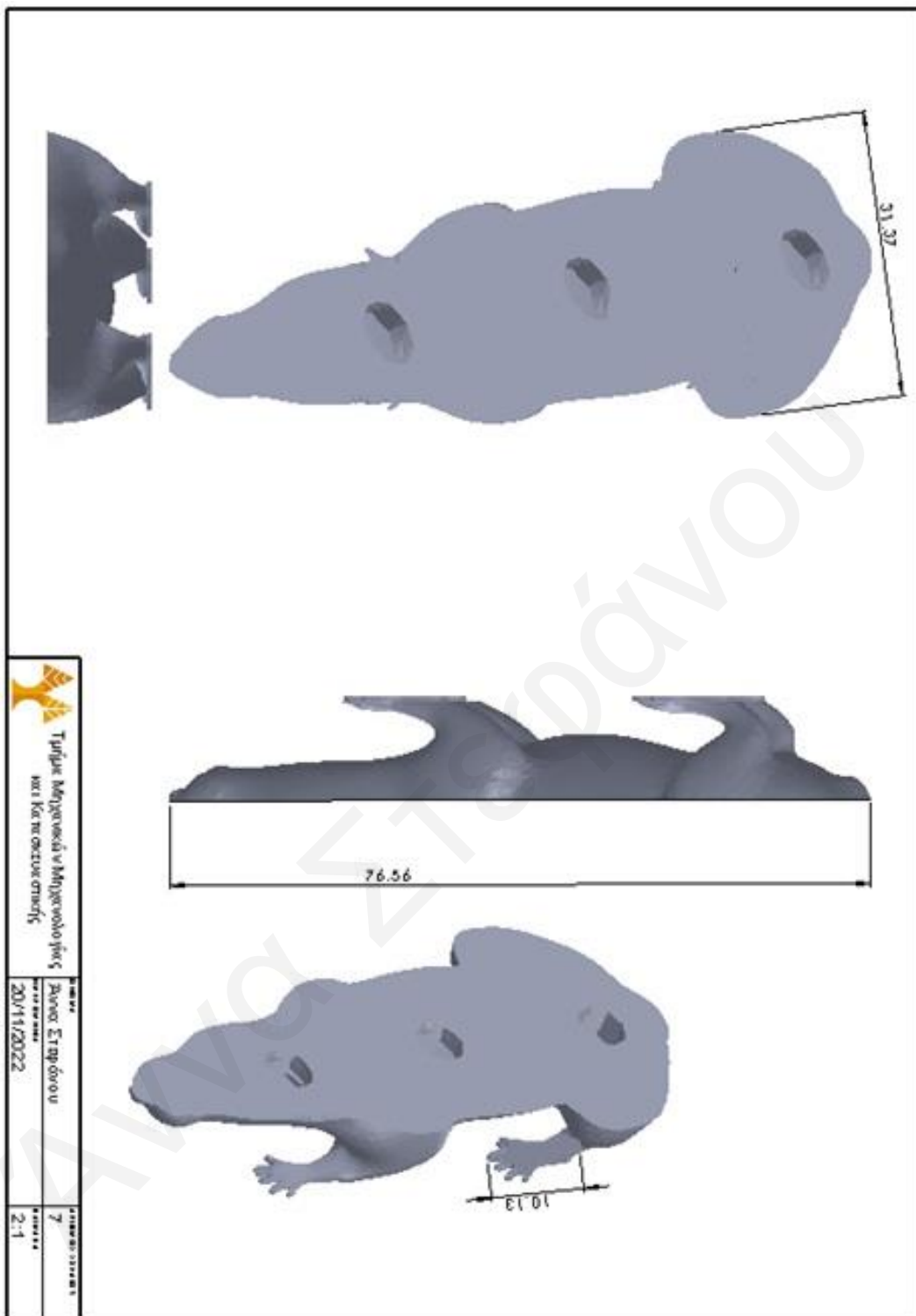
 <p>Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων</p>	<p>Τμήμα Μηχανικών Μεταλλοτεχνικών και Κατασκευαστικής</p>	<p>ΕΠΙΣΤ. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΡΑΥΤΩΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΕΥΣΕΩΝ</p>	<p>3 ΒΑΝΕΛΑ</p>
	<p>20/11/2022</p>	<p>20/11/2022</p>	<p>1:5</p>







 <p>Τμήμα Μηχανικών και Τεχνολογίας Κατασκευαστικής</p>	<p>ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ</p>	<p>ΑΝΔΡΑΣ ΣΤΕΦΑΝΟΥ</p>	<p>ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ</p>
	<p>20/11/2022</p>	<p>6</p>	<p>5-1</p>



 <p>Τμήμα Πρεϊστορικά και Επιστημονικά Σπουδών</p>	<p>Επίκουρος Καθηγητής</p>	<p>Δάσκαλος</p>
	<p>20/11/2022</p>	<p>2:1</p>

Παράρτημα III – Υπολογιστικός Κώδικας

```

clear
clc

a = imread('20.jpg');
b = imread('30.jpg');
c = imread('40.jpg');
d = imread('50.jpg');
e = imread('60.jpg');
f = imread('70.jpg');
g = imread('80.jpg');
A = a(:,:,2)>50;
B = b(:,:,2)>50;
C = c(:,:,2)>50;
D = d(:,:,2)>50;
E = e(:,:,2)>50;
F = f(:,:,2)>50;
G = g(:,:,2)>50;

%A
% nisakia
[n,~,~] = size(A);
A_BW_old = bwconncomp(A); %dimiourgi t nisia
% Erase small cells
A_number = 0; i = 1;
A_BW{1,4}= 0; % svistoun ta sfalmata
for k=1:A_BW_old.NumObjects %length
    if length(A_BW_old.PixelIdxList{1,k})>1000 % an ena nisi apotelitai apo
polla 1000pixel tote
        A_BW{1,i}= A_BW_old.PixelIdxList{1,k}; %ftixume kenurgio cell me ta
megalitera nisia ( podia)
        i = i + 1;
    else
        A_y = mod(A_BW_old.PixelIdxList{1,k},n); % ta mikra pixel vriskume to
x,y kai t midenizume gia na figun oi thorivoi
        A_y(A_y==0) = n;
        A_x = ceil(A_BW_old.PixelIdxList{1,k}/n);
        A(A_y,A_x) = 0;
    end
end

% Plot
figure(1)
imshow(A)
title('20cm');
for k=1:length(A_BW)
    A_y = mod(A_BW{1,k},n);
    A_x = ceil(A_BW{1,k}/n);
    % cm1 = length(A)/4.8; % pixel/cm
    % text(A_x(k),A_y(k),num2str(length(A_BW{1,k}))/cm1^2),'Color','red');
end

%B
% nisakia
[n,~,~] = size(B);
B_BW_old = bwconncomp(B); %dimiourgi t nisia
% Erase small cells
B_number = 0; i = 1;
B_BW{1,4}= 0; % svistoun ta sfalmata
for k=1:B_BW_old.NumObjects %length

```

```

    if length(B_BW_old.PixelIdxList{1,k})>1000 % an ena nisi apotelitai apo
polla 1000pixel tote
        B_BW{1,i}= B_BW_old.PixelIdxList{1,k}; %ftixume kenurgio cell me ta
megalitera nisia ( podia)
        i = i + 1;
    else
        B_y = mod(B_BW_old.PixelIdxList{1,k},n); % ta mikra pixel vriskume to
x,y kai t midenizume gia na figun oi thorivoi
        B_y(B_y==0) = n;
        B_x = ceil(B_BW_old.PixelIdxList{1,k}/n);
        B(B_y,B_x) = 0;
    end
end

% Plot

figure(2)
imshow(B)
title('30cm');
for k=1:length(B_BW)
    B_y = mod(B_BW{1,k},n);
    B_x = ceil(B_BW{1,k}/n);
%    cm2 = length(B)/4.8; % pixel/cm
%    text(B_x(k),B_y(k),num2str(length(B_BW{1,k})/cm2^2),'Color','red');
end

%C
% nisakia
[n,~,~] = size(C);
C_BW_old = bwconncomp(C); %dimiourgi t nisia
% Erase small cells
C_number = 0; i = 1;
C_BW{1,4}= 0; % svistoun ta sfalmata
for k=1:C_BW_old.NumObjects %length
    if length(C_BW_old.PixelIdxList{1,k})>1000 % an ena nisi apotelitai apo
polla 1000pixel tote
        C_BW{1,i}= C_BW_old.PixelIdxList{1,k}; %ftixume kenurgio cell me ta
megalitera nisia ( podia)
        i = i + 1;
    else
        C_y = mod(C_BW_old.PixelIdxList{1,k},n); % ta mikra pixel vriskume to
x,y kai t midenizume gia na figun oi thorivoi
        C_y(C_y==0) = n;
        C_x = ceil(C_BW_old.PixelIdxList{1,k}/n);
        C(C_y,C_x) = 0;
    end
end

% Plot

figure(3)
imshow(C)
title('40cm');
for k=1:length(C_BW)
    C_y = mod(C_BW{1,k},n);
    C_x = ceil(C_BW{1,k}/n);
%    cm3 = length(C)/4.8; % pixel/cm
%    text(C_x(k),C_y(k),num2str(length(C_BW{1,k})/cm3^2),'Color','red');
end

%D

```

```

% nisakia
[n,~,~] = size(D);
D_BW_old = bwconncomp(D); %dimiourgi t nisia
% Erase small cells
D_number = 0; i = 1;
D_BW{1,4}= 0; % svistoun ta sfalmata
for k=1:D_BW_old.NumObjects %length
    if length(D_BW_old.PixelIdxList{1,k})>1000 % an ena nisi apotelitai apo
polla 1000pixel tote
        D_BW{1,i}= D_BW_old.PixelIdxList{1,k}; %ftixume kenurgio cell me ta
megalitera nisia ( podia)
        i = i + 1;
    else
        D_y = mod(D_BW_old.PixelIdxList{1,k},n); % ta mikra pixel vriskume to
x,y kai t midenizume gia na figun oi thorivoi
        D_y(D_y==0) = n;
        D_x = ceil(D_BW_old.PixelIdxList{1,k}/n);
        D(D_y,D_x) = 0;
    end
end

% Plot

figure(4)
imshow(D)
title('50cm');
for k=1:length(D_BW)
    D_y = mod(D_BW{1,k},n);
    D_x = ceil(D_BW{1,k}/n);
    % cm4 = length(D)/4.8; % pixel/cm
    % text(D_x(k),D_y(k),num2str(length(D_BW{1,k}))/cm4^2,'Color','red');
end
%E
% nisakia
[n,~,~] = size(E);
E_BW_old = bwconncomp(E); %dimiourgi t nisia
% Erase small cells
E_number = 0; i = 1;
E_BW{1,4}= 0; % svistoun ta sfalmata
for k=1:E_BW_old.NumObjects %length
    if length(E_BW_old.PixelIdxList{1,k})>1000 % an ena nisi apotelitai apo
polla 1000pixel tote
        E_BW{1,i}= E_BW_old.PixelIdxList{1,k}; %ftixume kenurgio cell me ta
megalitera nisia ( podia)
        i = i + 1;
    else
        E_y = mod(E_BW_old.PixelIdxList{1,k},n); % ta mikra pixel vriskume to
x,y kai t midenizume gia na figun oi thorivoi
        E_y(E_y==0) = n;
        E_x = ceil(E_BW_old.PixelIdxList{1,k}/n);
        E(E_y,E_x) = 0;
    end
end

% Plot

figure(5)
imshow(E)
title('60cm');
for k=1:length(E_BW)
    E_y = mod(E_BW{1,k},n);

```

```

    E_x = ceil(E_BW{1,k}/n);
%   cm5 = length(E)/4.8; % pixel/cm
%   text(E_x(k),E_y(k),num2str(length(E_BW{1,k})/cm5^2),'Color','red');
end

%F
% nisakia
[n,~,~] = size(F);
F_BW_old = bwconncomp(F); %dimiourgi t nisia
% Erase small cells
F_number = 0; i = 1;
F_BW{1,4}= 0; % svistoun ta sfalmata
for k=1:F_BW_old.NumObjects %length
    if length(F_BW_old.PixelIdxList{1,k})>1000 % an ena nisi apotelitai apo
polla 1000pixel tote
        F_BW{1,i}= F_BW_old.PixelIdxList{1,k}; %ftixume kenurgio cell me ta
megalitera nisia ( podia)
        i = i + 1;
    else
        F_y = mod(F_BW_old.PixelIdxList{1,k},n); % ta mikra pixel vriskume to
x,y kai t midenizume gia na figun oi thorivoi
        F_y(F_y==0) = n;
        F_x = ceil(F_BW_old.PixelIdxList{1,k}/n);
        F(F_y,F_x) = 0;
    end
end

% Plot

figure(6)
imshow(F)
title('70cm');
for k=1:length(F_BW)
    F_y = mod(F_BW{1,k},n);
    F_x = ceil(F_BW{1,k}/n);
%   cm6 = length(F)/4.8; % pixel/cm
%   text(F_x(k),F_y(k),num2str(length(F_BW{1,k})/cm6^2),'Color','red');
end

%G
% nisakia
[n,~,~] = size(G);
G_BW_old = bwconncomp(G); %dimiourgi t nisia
% Erase small cells
G_number = 0; i = 1;
G_BW{1,4}= 0; % svistoun ta sfalmata
for k=1:G_BW_old.NumObjects %length
    if length(G_BW_old.PixelIdxList{1,k})>1000 % an ena nisi apotelitai apo
polla 1000pixel tote
        G_BW{1,i}= G_BW_old.PixelIdxList{1,k}; %ftixume kenurgio cell me ta
megalitera nisia ( podia)
        i = i + 1;
    else
        F_y = mod(G_BW_old.PixelIdxList{1,k},n); % ta mikra pixel vriskume to
x,y kai t midenizume gia na figun oi thorivoi
        F_y(F_y==0) = n;
        F_x = ceil(G_BW_old.PixelIdxList{1,k}/n);
        F(F_y,F_x) = 0;
    end
end
end

```

```

% Plot

figure(7)
imshow(G)
title('80cm');
for k=1:length(G_BW)
    F_y = mod(G_BW{1,k},n);
    F_x = ceil(G_BW{1,k}/n);
%     cm7 = length(G)/4.8; % pixel/cm
%     text(F_x(k),F_y(k),num2str(length(G_BW{1,k}))/cm7^2,'Color','red');
end

%Area
cm1 = 4.8/length(A); % cm/pixel
Area1 = (length(A_BW{1,k})*cm1^2);
fprintf("For yhe A: %f",Area1);
cm2 = 4.8/length(B);
Area2 = (length(B_BW{1,k})*cm2^2);
fprintf("For yhe B: %f",Area2);
cm3 = 4.8/length(C);
Area3 = (length(C_BW{1,k})*cm3^2);
fprintf("For yhe C: %f",Area3);
cm4 = 4.8/length(D);
Area4 = (length(D_BW{1,k})*cm4^2);
fprintf("For yhe D: %f",Area4);
cm5 = 4.8/length(E);
Area5 = (length(E_BW{1,k})*cm5^2);
fprintf("For yhe E: %f",Area5);
cm6 = 4.8/length(F);
Area6 = (length(F_BW{1,k})*cm6^2);
fprintf("For yhe F: %f",Area6);
cm7 = 4.8/length(G);
Area7 = (length(G_BW{1,k})*cm7^2);
fprintf("For yhe G: %f",Area7);

```