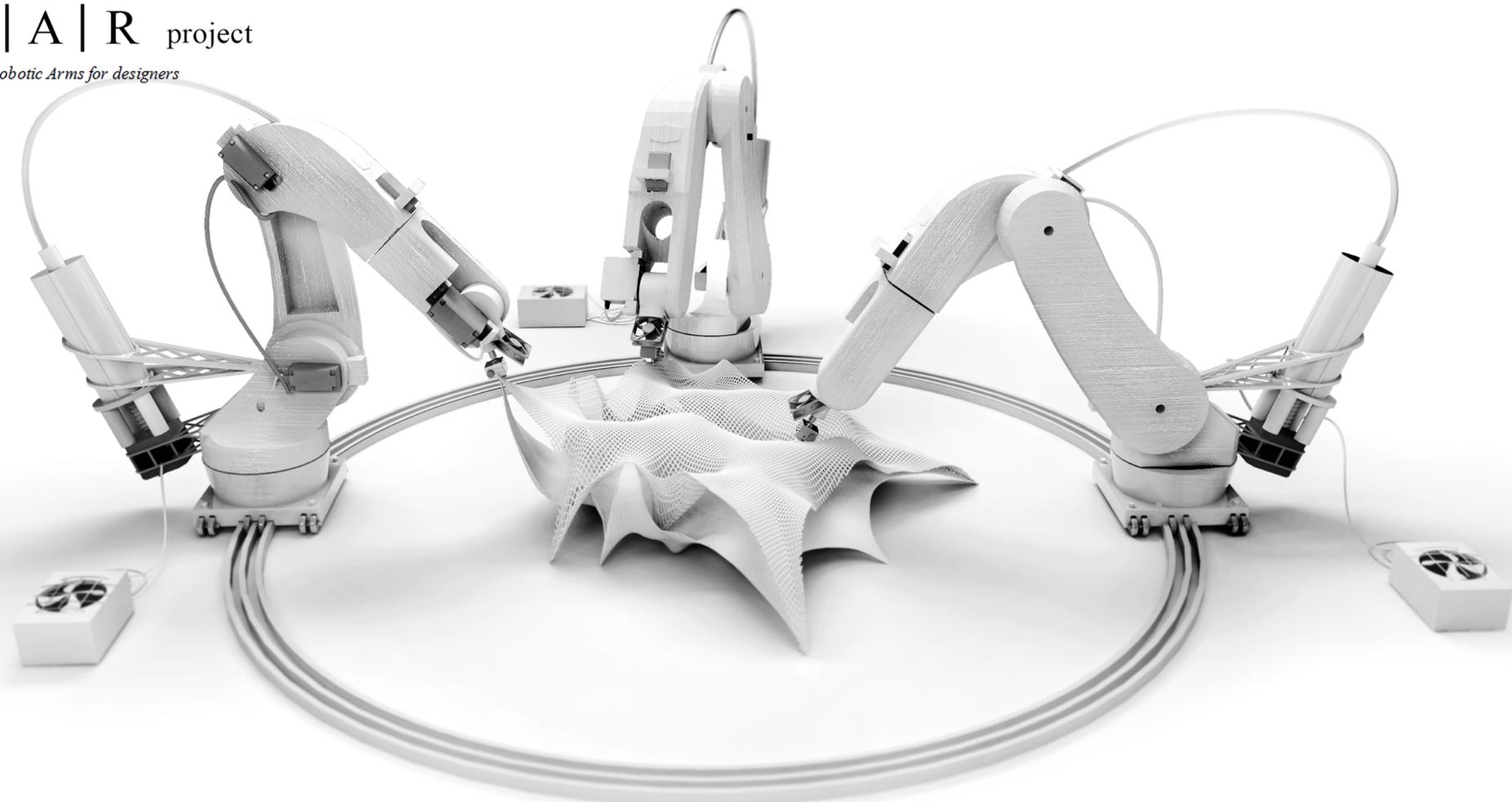


# M | A | R project

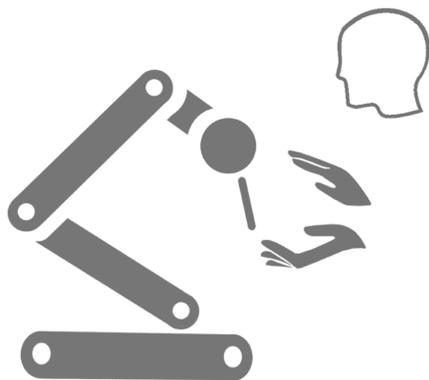
6-axis Robotic Arms for designers



## model 1

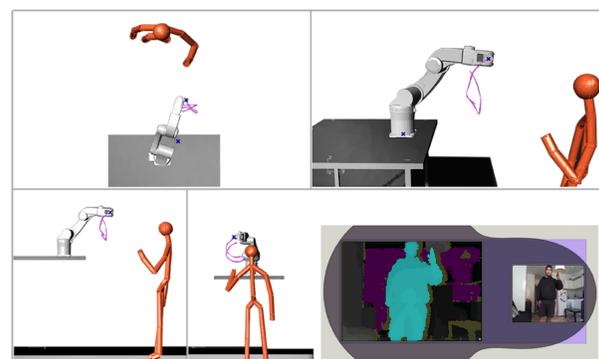


Αναζήτηση - επεξεργασία



## 'η διασύνδεση'

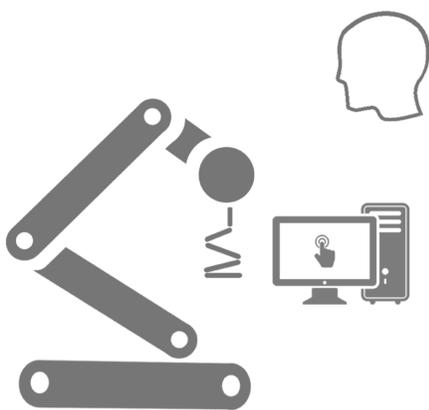
Ένα ιδανικό εργαλείο σχεδιασμού και κατασκευής. Το πλαίσιο της συνολικής προσέγγισης.



## model 2

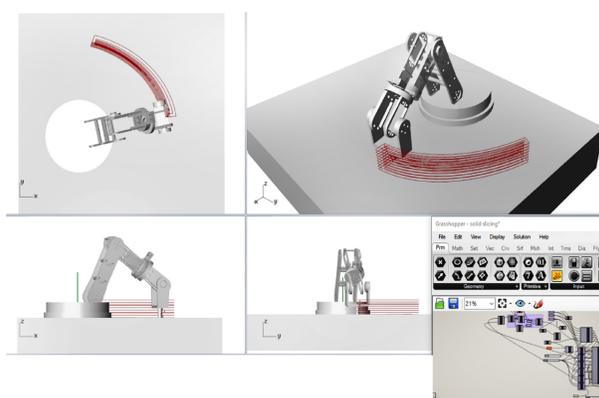


Εστίαση - εφαρμογή

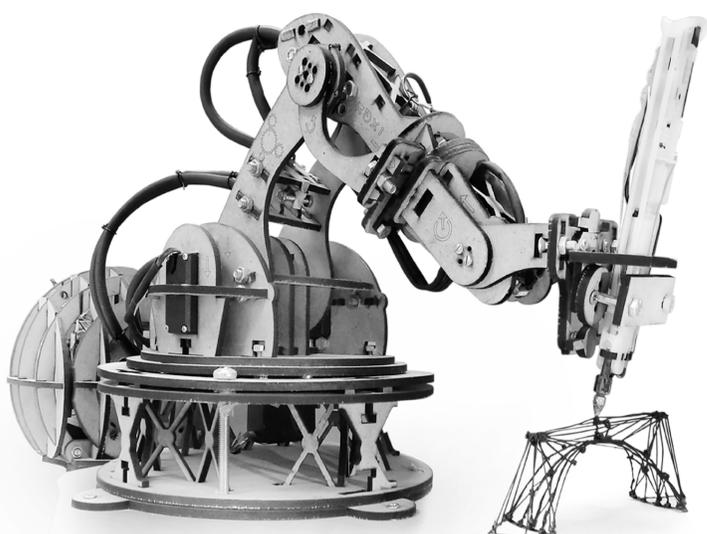


## 'η κατασκευή'

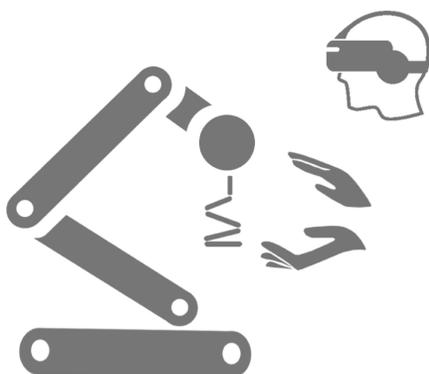
Η κατασκευαστική διαδικασία και η συμμετοχή του σχεδιαστή. Τα βήματα κατασκευής του βραχίονα, τα ψηφιακά μέσα τρισδιάστατης εκτύπωσης με συμμετοχή του χρήστη και η επιλογή υλικών για την δημιουργία μικρής κλίμακας κατασκευής.



## model 3

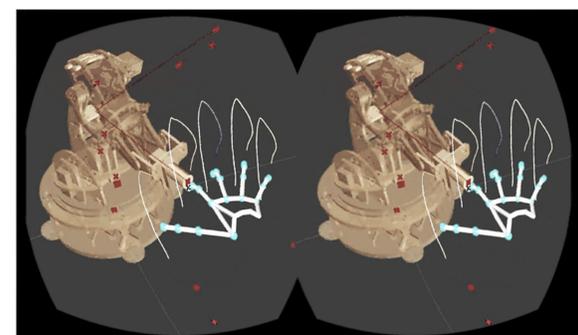


Δημιουργικότητα



## 'ένα κοινό περιβάλλον'

Ένα νέο περιβάλλον διασύνδεσης πραγματικού - ψηφιακού μέσω της χρήσης εικονικής πραγματικότητας



# MODEL I

## Mica R.A.



Ο ρομποτικός βραχίονας Model 2 – Awesomo R.A. εντάσσεται στα πλαίσια της έρευνας " M.A.R Project | 6 axis robotic arm for designers – ρομποτικός βραχίονας 6 αξόνων για τους σχεδιαστές" και αποτελεί το δεύτερο στάδιο εξέλιξης αυτού του εργαλείου. Η δομή και ο τρόπος λειτουργίας του δεν βασίζονται σε έναν υφιστάμενο βιομηχανικό βραχίονα, αλλά αποτελεί προϊόν προσωπικής έρευνας.

Η συσκευή υποστηρίχθηκε από το εργαστήριο Μεταβαλλόμενων Ευφυών Περιβαλλόντων (TIE Lab) της Αρχιτεκτονικής σχολής Πολυτεχνείου Κρήτης σε συνεργασία με τον υπεύθυνο εργαστηρίου Κωνσταντίνο – Αλέκτα Ουγρίνη.

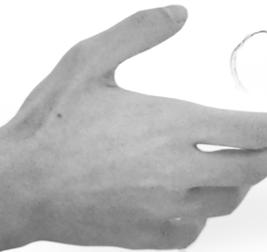
Η έρευνα εμφανίζεται σε κεφάλαιο δημοσίευσης το οποίο παρουσιάστηκε στο συνέδριο : 6 th International Astronautical Congress (IAC2015). Jerusalem, Israel. Fabrication and Assembly Processes on the Mars Surface. Ougrinis, K.-A., Liop, M., Christoulakis, M., Mzoufias, S., Paterakis, I., Bannina, O. (2015).

### Model 1

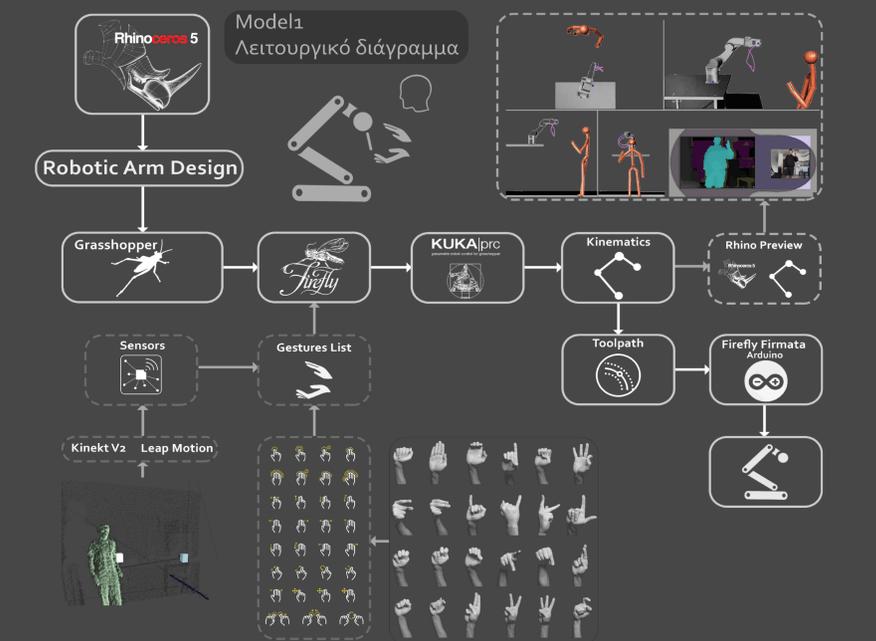
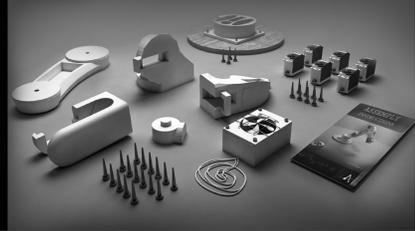
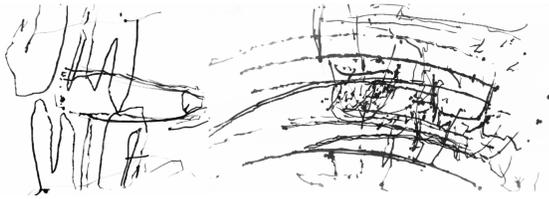
Ενώ στο πρώτο μοντέλο έγινε μια προσπάθεια κατανόησης των δυνατοτήτων ενός ρομποτικού βραχίονα μέσα από διαφορετικά σενάρια χρήσης, το δεύτερο μοντέλο εστιάζει στην επίλυση τεχνικών ζητημάτων για την καλύτερη λειτουργία της συσκευής, καθώς και στη δημιουργία ενός μηχανισμού για την παραγωγή τρισδιάστατων αντικειμένων.

Τα μέσα διασύνδεσης μεταξύ πραγματικού – ψηφιακού παραμένουν ίδια με το Model 1 με την διαφορά ότι η συγκεκριμένη έρευνα εστιάζει σε μία λειτουργία του βραχίονα (3d printing), επομένως η σύνθεση του συστήματος απλοποιείται για την βελτιστοποίηση των διαδικασιών.

Οι βασικές αναλογίες του βραχίονα παραμένουν ίδιες με το Model 1, το οποίο ακολουθεί σαν πρότυπο τον βραχίονα KUKA KR5/RS50. Ομως, η συνολικότερη κατασκευή αποτελεί προϊόν προσωπικής έρευνας. Μέσα από τον νέο σχεδιασμό της συσκευής δίνετε ιδιαίτερη έμφαση στην καλύτερη διαχείριση του κέντρου βάρους το οποίο υπολογίζεται από plugins στο Grasshopper.



Πειραματισμοί με καταγραφή κινήσεων και σχεδιασμό στο πραγματικό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο.



**Χειρισμός**  
 Η συνολική διαχείριση και εποπτεία της διαδικασίας γίνεται μέσα από το περιβάλλον του Grasshopper. Η κινηματική ανάλυση, ο χειρισμός του ρομπότ αλλά και η εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων από τους αισθητήρες ελέγχονται στο περιβάλλον του Grasshopper με τη χρήση plugins. Ο χειρισμός του βραχίονα γίνεται μέσω του Firefly (add on σε Grasshopper). Το Firefly προσφέρει ένα σύνολο εργαλείων λογισμικού με στόχο την γρήγορη Grasshopper και μικροελεγκτών όπως το Arduino. Ουσιαστικά, επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο.

**Το πείραμα**  
 Ο βασικός στόχος των πειραμάτων είναι η κατανόηση των δυνατοτήτων του εργαλείου μέσα από μια σειρά σεναρίων, τα οποία χαρακτηρίζονται από συνεχείς μεταβάσεις πραγματικού – ψηφιακού. Τα πειράματα αρχικά υλοποιήθηκαν σε χώρο εργαστηρίου και στη συνέχεια έγινε δοκιμή της διαδικασίας σε μη ελεγχόμενο περιβάλλον, διότι ένα από τα βασικά κριτήρια της συσκευής είναι η λειτουργία της από μη ειδικευμένους χρήστες.

**Τα σενάρια:**  
 1. Καταγραφή κινήσεων και σχεδιασμός στο ψηφιακό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο.  
 2. Καταγραφή κινήσεων και σχεδιασμός στο πραγματικό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο.



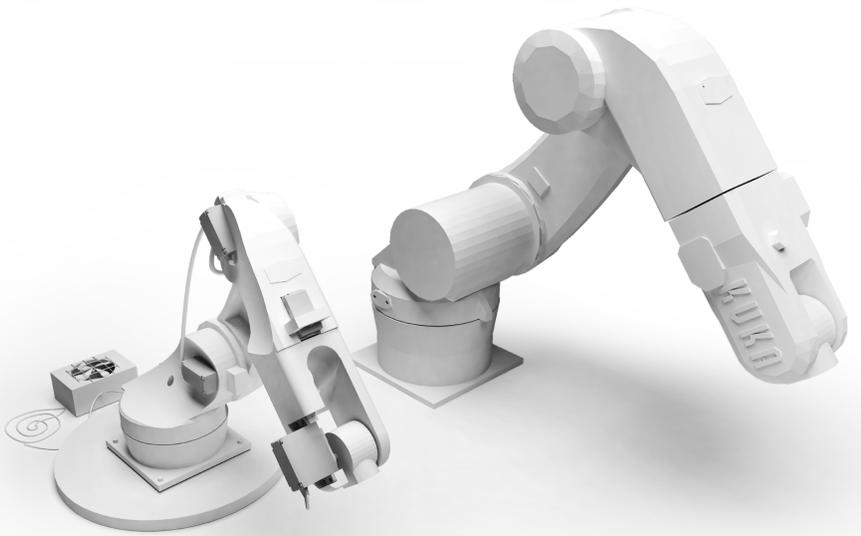
## Structure

### Model I



## Details

Model I - KUKA replicate



## Parts

Model I



# MODEL 2

## Awesomo R.A.



Ο ρομποτικός βραχίονας Model 2 – Awesomo R.A. εντάσσεται στα πλαίσια της έρευνας “ M.A.R Project | 6 axis robotic arm for designers – ρομποτικός βραχίονας 6 αξόνων για τους σχεδιαστές,” και αποτελεί το δεύτερο στάδιο εξέλιξης αυτού του εργαλείου. Η δομή και ο τρόπος λειτουργίας του δεν βασίζονται σε έναν υφιστάμενο βιομηχανικό βραχίονα, αλλά αποτελεί προϊόν προσωπικής έρευνας.

Η συσκευή υποστηρίχθηκε από το εργαστήριο Μεταβαλλόμενων Ευφώνων Περιβαλλόντων (TE Lab) της Αρχιτεκτονικής σχολής Πολυτεχνείου Κρήτης σε συνεργασία με τον υπεύθυνο εργαστηρίου Κωνσταντίνο – Αλκίτα Ουγγρίνη.

*Η έρευνα εμφανίζεται σε κεφάλαιο δημοσίευσης το οποίο παρουσιάζεται στο συνέδριο : 6 th International Astronautical Congress (IAC2025), Jerusalem, Israel. Fabrication and Assembly Processes on the Mars Surface. Ougrinis, K.-A., Liapi, M., Christoulaki, M., Mtsoufas, S., Patavakis, H., Baniwaia, O. (2025).*

### Modelz

Ενίο στο πρώτο μοντέλο έγινε μια προσπάθεια κατανοήσης των δυνατοτήτων ενός ρομποτικού βραχίονα μέσα από διαφορετικά σενάρια χρήσης, το δεύτερο μοντέλο εστιάζει στην επίλυση τεχνικών ζητημάτων για την καλύτερη λειτουργία της συσκευής, καθώς και στη δημιουργία ενός μηχανισμού για την παραγωγή τρισδιάστατων αντικειμένων.

Τα μέσα διασύνδεσης μεταξύ πραγματικού – ψηφιακού παραμένουν ίδια με το Model 1 με την διαφορά ότι η συγκεκριμένη έρευνα εστιάζει σε μία λειτουργία του βραχίονα (3d printing), επομένως η σύνθεση του συστήματος απλοποιείται για την βελτιστοποίηση των διαδικασιών.

Οι βασικές αναλογίες του βραχίονα παραμένουν ίδιες με το Model 1, το οποίο ακολουθεί σαν πρότυπο τον βραχίονα KUKA KR5/RS50. Όμως, η συνολικότερη κατασκευή αποτελεί προϊόν προσωπικής έρευνας. Μέσα από τον νέο σχεδιασμό της συσκευής δίνετε ιδιαίτερη έμφαση στην καλύτερη διαχείριση του κέντρου βάρους το οποίο υπολογίζεται από plugins στο Grasshopper.

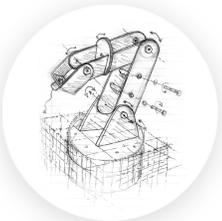
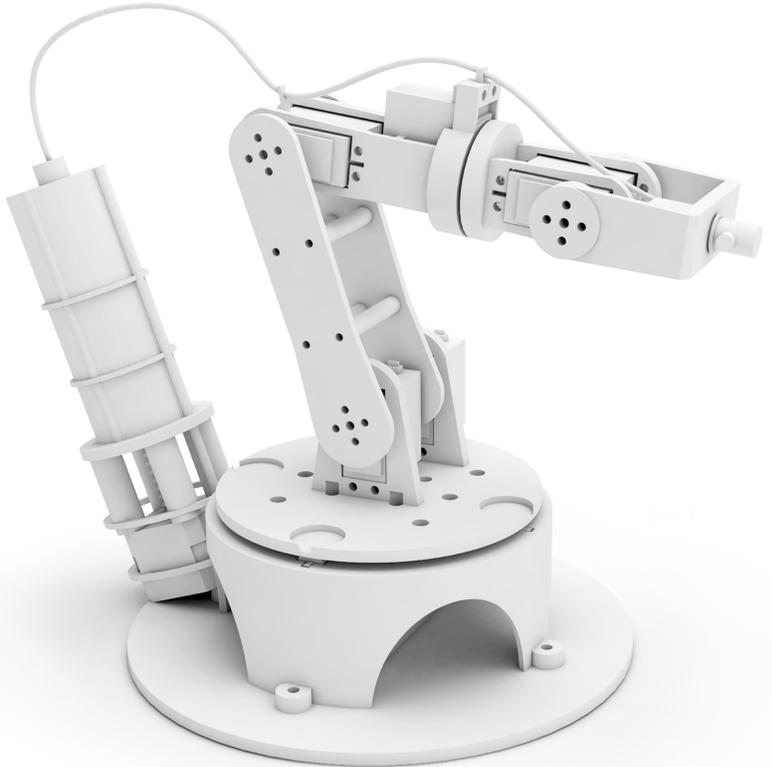
Η μηχανολογική κατασκευή του βραχίονα με έξη βαθμούς ελευθερίας που αντιστοιχούν σε περιστροφικές αρθρώσεις, αποτελείται από συνδεδεμένους κατασκευασμένους από πλαστικά μέρη τυπωμένα σε τρισδιάστατο εκτυπωτή. Η μετάδοση κίνησης δεν γίνεται μέσω ρουλεμάν, μόνον η αλυσίδα διότι οι κινητήρες είναι αρκετά δυνατοί να αντέξουν το βάρος μόνον τους χωρίς καμία επιπλέον βοήθεια.

Η πρώτη άρθρωση της βάσης του βραχίονα αποτελείται από ένα πλαστικό ρουλεμάν το οποίο έχει σχεδιαστεί με βασική αρχή την μείωση του βάρους και την ελαχιστοποίηση των εσωτερικών τριβών της άρθρωσης. Ακόμη, μόνο σε αυτό το σημείο τοποθετούνται μεταλλικοί στρογγυλοί κινητήρες, για την καλύτερη διαχείριση βάρους.



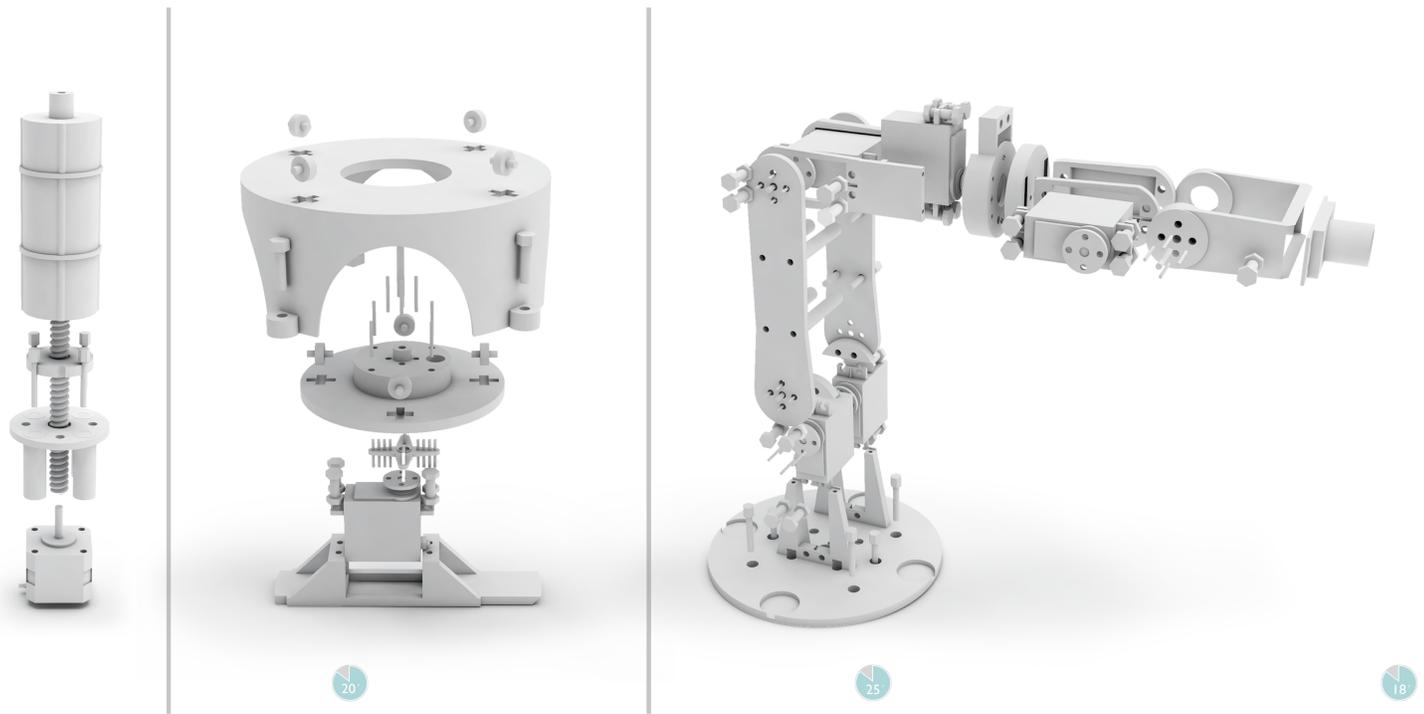
## Structure

### Model 2



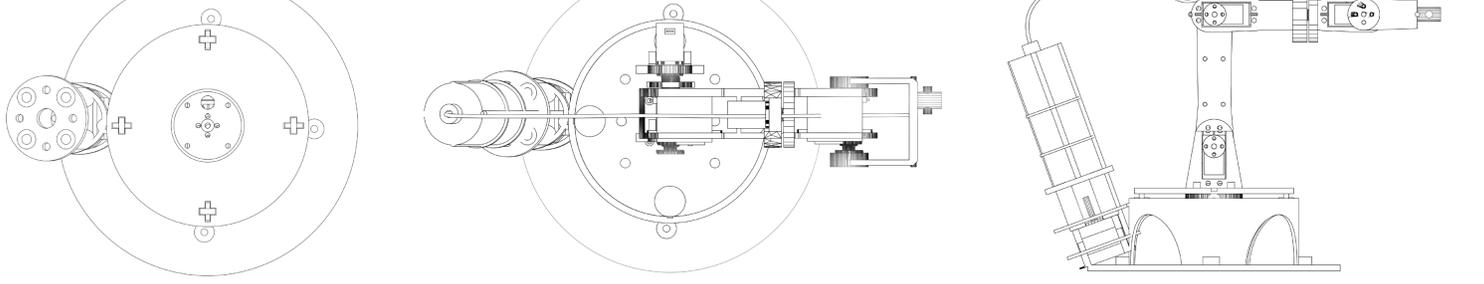
## Details

Model 2



## Plans

Model 2



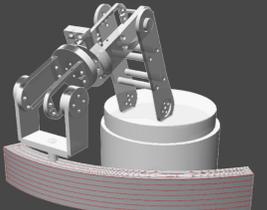
# MODEL 2

## Awesomo R.A.

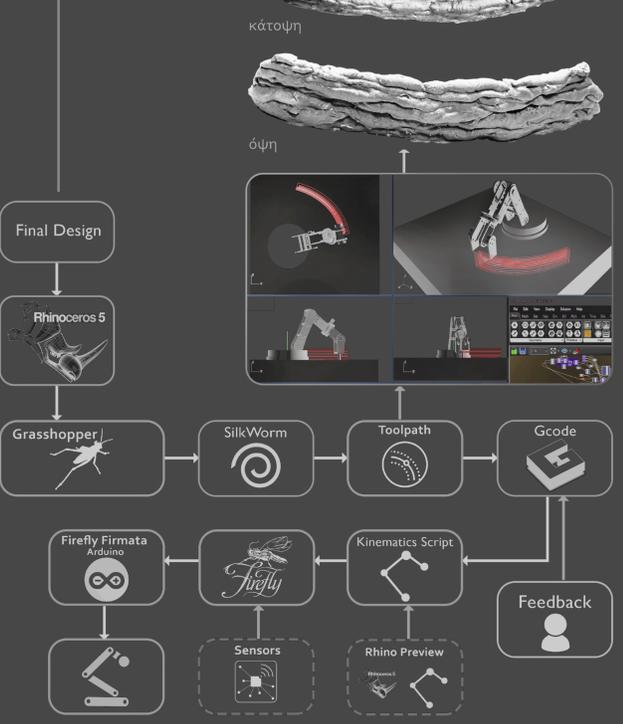
### ανάλυση

**Χειρισμός**  
Ο χειρισμός του βραχίονα γίνεται μέσα από το περιβάλλον του Grasshopper στο οποίο έχει σχεδιαστεί script ειδικά προσαρμοσμένο στις ανάγκες του πειράματος. Για την ανάλυση και δημιουργία του gcode για 3d εκτύπωση χρησιμοποιείται το πρόγραμμα SilkWorm, το οποίο ενσωματώνεται στη συνολική διαδικασία και αποτελεί βασικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της εφαρμογής.

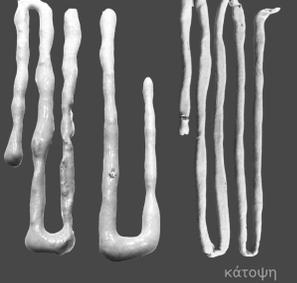
Το πρόγραμμα SilkWorm είναι ένα plugin του Grasshopper και στόχο έχει την μετάφραση ενός τρισδιάστατου αντικειμένου, σχεδιασμένο στο Rhinoceros 3d, σε κώδικα gcode για 3d εκτύπωση. Προσφέρει την δυνατότητα μετατροπής του εκτελέσιμου κώδικα σε πραγματικό χρόνο και επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του υλικού και τη μέθοδο εκτύπωσης. Μετά την ανάλυση του αντικείμενου σε κώδικα για εκτύπωση, στέλνει εντολές στο script διαχείρισης του βραχίονα σχετικά με τη θέση του εργαλείου τελικής δράσης. Στη συνέχεια, γίνεται μία αναπαράσταση της διαδικασίας στο περιβάλλον του Rhinoceros για τον έλεγχο και την διαρθωση αποκλίσεων του εργαλείου τελικής δράσης. Μόλις η διαδικασία περάσει τον έλεγχο και ενημερωθεί για το υλικό εφαρμογής στέλνει, μέσω του Firefly, στο Arduino τις θέσεις του βραχίονα καθώς και τις τιμές του μηχανισμού εκτύπωσης. Τέλος, μέσα από την χρήση αισθητήρων, οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι στον κορμό του βραχίονα, ελέγχετε η πορεία της διαδικασίας και σε περίπτωση λάθους ενημερώνουν το Grasshopper και ο χρήστης ανάλογα με την απόκλιση του συστήματος ενεργεί μέσα από τον πίνακα ελέγχου του SilkWorm για οποιαδήποτε αλλαγή στη διαδικασία.



### Λειτουργικό διάγραμμα



### MODEL 2 3d print samples



Το πείραμα

Ο βασικός στόχος του πειράματος είναι η βελτιστοποίηση στη συσκευή και των διαδικασιών μέσα από την εφαρμογή ενός σεναρίου. Το πείραμα υλοποιήθηκε σε ελεγχόμενο περιβάλλον εργαστηρίου για την μελέτη και καταγραφή αποκλίσεων και αστοχίας της κατασκευής.

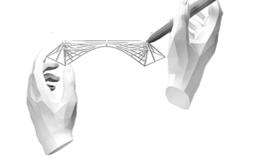
Το σενάριο κατασκευής τοίχου μικρής κλίμακας από πηλο:

Αρχικά, ο χρήστης τοποθετεί την κεφαλή εκτύπωσης και τον μηχανισμό ώθησης υλικού. Στη συνέχεια, οριοθετεί, με τα άκρα του χεριού του, την περιοχή δράσης σε ένα σταθερό επίπεδο x,y και οι ενομαματωμένοι αισθητήρες του βραχίονα καταγράφουν το πεδίο δράσης και το μεταφέρουν στο περιβάλλον του Rhinoceros. Μέσα από το Grasshopper ενεργοποιεί το SilkWorm το οποίο αναμένει την εισαγωγή αρχείου από το Rhino.

Ο σχεδιαστής σχεδιάζει το 3d μοντέλο και στη συνέχεια το εισάγει στην εφαρμογή. Όταν η ανάλυση της εφαρμογής τελειώσει τότε στέλνεται το αρχείο προς κατασκευή. Κ άβολη τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής, ο χρήστης εποπτεύει την πρόοδο της κατασκευής και προσαρμόζει τον κώδικα σε περίπτωση λάθους. Το σύστημα συνεχώς ζητάει από τον χρήστη τη συμμετοχή στην διαδικασία μέχρι το τελικό αποτέλεσμα να πληροί τα σχεδιαστικά κριτήρια.

# MODEL 3

## Roxi A.R.



Ο ρομποτικός βραχίονας Model 3 – Roxi R.A. εστάσεται στα πλαίσια της έρευνας " M.A.R Project | 6 axis robotic arm for designers – ρομποτικός βραχίονας 6 αξόνων για τους σχεδιαστές" και αποτελεί το τρίτο στάδιο εξέλιξης αυτού του εργαλείου. Η δομή και ο τρόπος λειτουργίας του δεν βασίζονται σε έναν υφιστάμενο βιομηχανικό βραχίονα, αλλά αποτελεί προϊόν πρωτοτυπικής έρευνας.

Η φυσική υποστήριξη από το εργαστήριο Μεταβαλλόμενων Ευφών Περιβάλλοντων (TIE Lab) της Αρχιτεκτονικής σχολής Πολυτεχνείου Κρήτης σε συνεργασία με τον υπεύθυνο εργαστηρίου Κωνσταντίνο – Αλέκτα Ουγγρίνη.

**Model 3**  
Το τρίτο μοντέλο ρομποτικού βραχίονα model 3 – Roxi R.A. εστιάζει στην επίλυση των τεχνικών προβλημάτων του model 2 και παράλληλα εξετάζεται ένα νέο περιβάλλον διασύνδεσης πραγματικού – ψηφιακού μέσω της χρήσης εικονικής πραγματικότητας, στο οποίο ο βραχίονας αποτελεί το συνδεδετικό εργαλείο αυτής της σχέσης.

**Εικονική πραγματικότητα και το ρομποτικό σύστημα:**  
Τα ρομποτικά συστήματα συχνά παρουσιάζουν μια πολυπλοκότητα και μια δυσκολία στο χειρισμό, ιδιαίτερα στην επίλυση μιας δύσκολης εργασίας. Επιπλέον, οι χρήστες χρειάζονται αρκετό χρόνο εκπαίδευσης για τον χειρισμό και την κατανόηση της λειτουργίας ενός ρομποτικού βραχίονα. Στην παρούσα έρευνα παρουσιάζεται ένα ρομποτικό σύστημα ελέγχου που βασίζεται στην εικονική πραγματικότητα. Το σύστημα εικονικής πραγματικότητας αποτελεί ένα μέσο στο οποίο οι χρήστες εκπαιδεύονται με στόχο την διαχείριση σύνθετων ρομποτικών εφαρμογών με αποδοτικό τρόπο. Η συνεχής επίβλεψη του ρομπότ αποτρέπει πιθανά λάθη στη διαδικασία και παράλληλα παρέχει μια διαδραστική ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο.

Η εικονική πραγματικότητα αποτελεί ένα μέσο διασύνδεσης ανθρώπου – υπολογιστή. Ο χρήστης εμβυθίζεται σε ένα εικονικό περιβάλλον με το οποίο μπορεί να αλληλοπεριβάσει [α]. Καθώς τα περιβαλλοντικά μοντέλα που παράγονται από τους υπολογιστές γίνονται ολοένα και πιο ρεαλιστικά και η αλληλεπίδραση του χρήστη πιο διαδραστική, ο εικονικός κόσμος γίνεται πιο πραγματικός. Το σύστημα VR [α] που αναπτύχθηκε για τον έλεγχο και τον χειρισμό του model 3 επιτρέπει στους χρήστες την διάδραση με ρεαλιστικές συνθήκες ρομποτικών συστημάτων με ένα φυσικό τρόπο, χρησιμοποιώντας φυσικές εντολές και χειρονομίες για τον χειρισμό. Λόγω αυτής της φυσικής αλληλεπίδρασης και καθοδήγησης, οι σχεδιαστές μπορούν να εκπαιδευτούν και να διαχειριστούν ρομποτικές εφαρμογές στην διαδικασία της κατασκευής, ιδιαίτερα στο περιβάλλον του εργατοζεύγους.

# MODEL 3

## Roxi R.A.

### ανάλυση

Το πείραμα  
Για τις ανάγκες του πειράματος, σχεδιάστηκε ένα 3d μοντέλο στο Rhinoceros. Ο σχεδιασμός του αντικειμένου υλοποιήθηκε μέσω της εικονικής πραγματικότητας χωρίς τη χρήση του βραχίονα. Όταν ο σχεδιασμός κατέληξε στο σημείο της υλοποίησης τότε ενεργοποιήθηκε από τον χρήστη η διαδικασία κατασκευής με τον ρομποτικό βραχίονα. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του πειράματος έπαιξε η διαδικασία σύνθεσης από VR, μέσα από την οποία χινότουσαν συνεχής έλεγχο κατασκευαστικής επόφκειας αλλά και αξιολόγησης ποιοτικών χαρακτηριστικών της σύνθεσης.

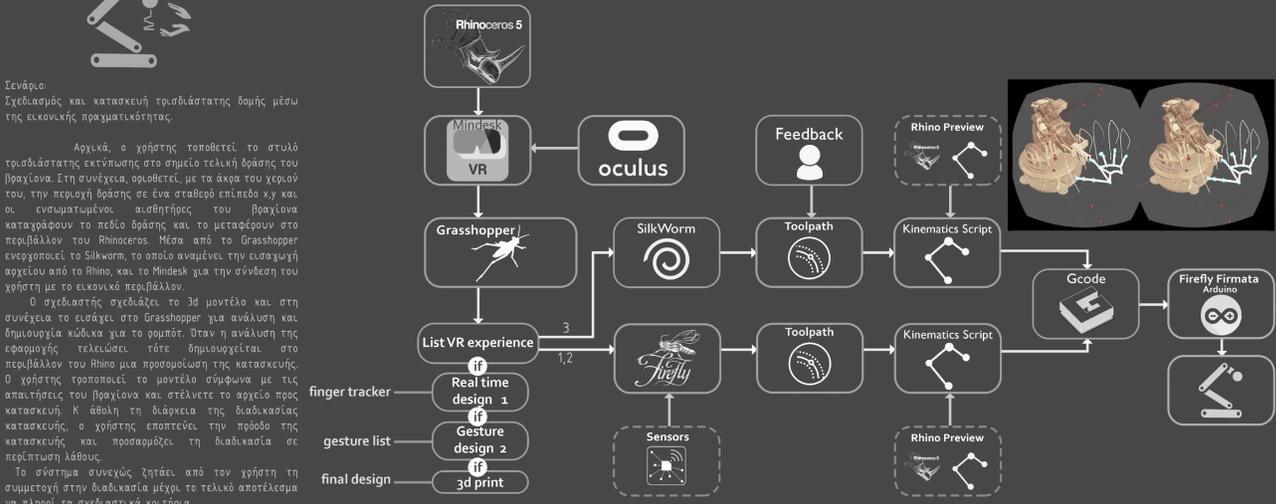


Σενάριο:  
Σχεδιασμός και κατασκευή τρισδιάστατης δομής μέσω της εικονικής πραγματικότητας.

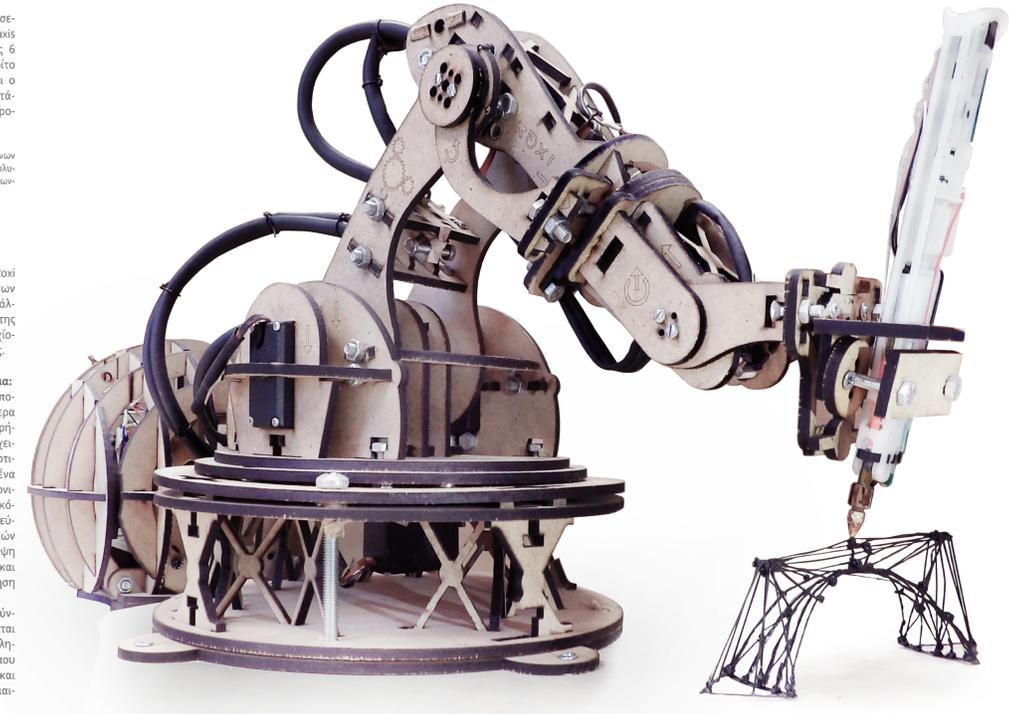
Αρχικά, ο χρήστης τοποθετεί το στυλό τρισδιάστατης εκτύπωσης στο σημείο τελικής όρασης του βραχίονα. Στη συνέχεια, οριοθετεί, με τα άκρα του χεριού του, την περιοχή όρασης σε ένα σταθερό επίπεδο x,y και οι ενσωματωμένοι αισθητήρες του βραχίονα καταγράφουν το πεδίο όρασης και το μεταφέρουν στο περιβάλλον του Rhinoceros. Μέσα από το Grasshopper ενεργοποιεί το SilkWorm, το οποίο αναμένει την εισαγωγή αρχείου από το Rhino, και το Mindesk για την σύνδεση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον.

Ο σχεδιαστής σχεδιάζει το 3d μοντέλο και στη συνέχεια το εισάγει στο Grasshopper για ανάλυση και δημιουργία κώδικα για το ρομπότ. Όταν η ανάλυση της εφαρμογής τελειώσει, τότε δημιουργείται στο περιβάλλον του Rhino μια προσομοίωση της κατασκευής. Ο χρήστης τροποποιεί το μοντέλο σύμφωνα με τις απαιτήσεις του βραχίονα και στέλνεται το αρχείο προς κατασκευή. Κ άβολη τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής, ο χρήστης εσπεύτει την πρόοδο της κατασκευής και προσαρμόζει τη διαδικασία σε περίπτωση λάθους. Το σύστημα συνεχώς ζητάει από τον χρήστη τη συμμετογή στην διαδικασία μέχρι το τελικό αποτέλεσμα να πληροί τα σχεδιαστικά κριτήρια.

Το σύστημα συνεχώς ζητάει από τον χρήστη τη συμμετογή στην διαδικασία μέχρι το τελικό αποτέλεσμα να πληροί τα σχεδιαστικά κριτήρια.

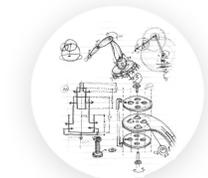
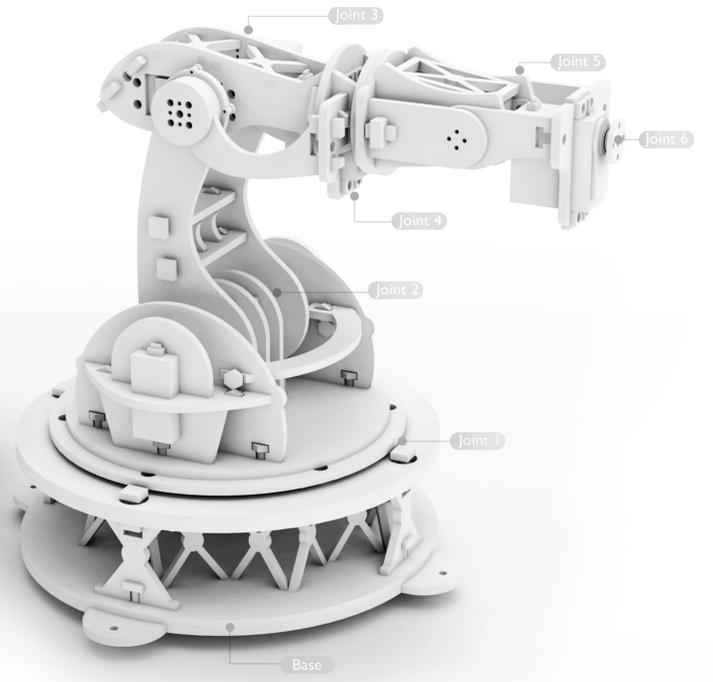
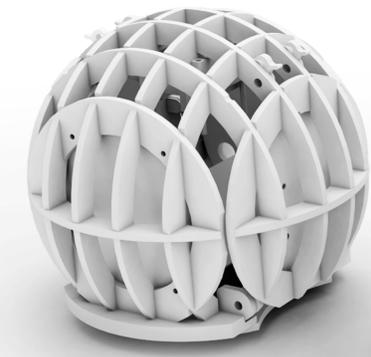
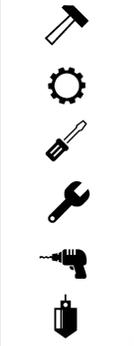


finger tracker  
gesture list  
final design



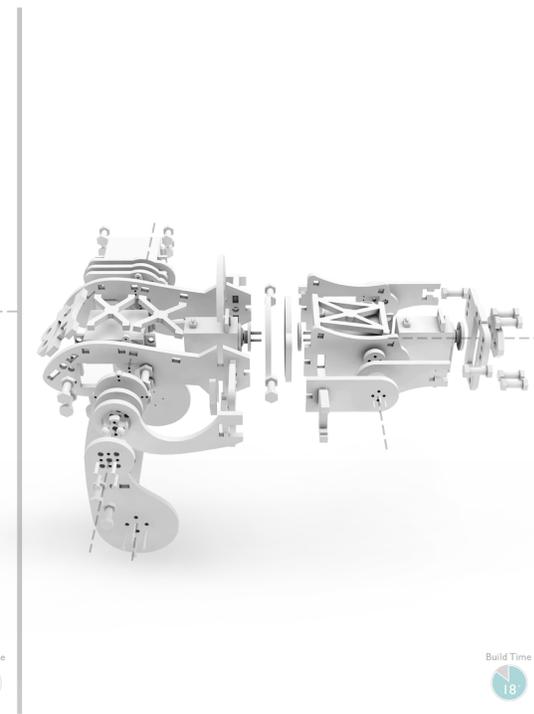
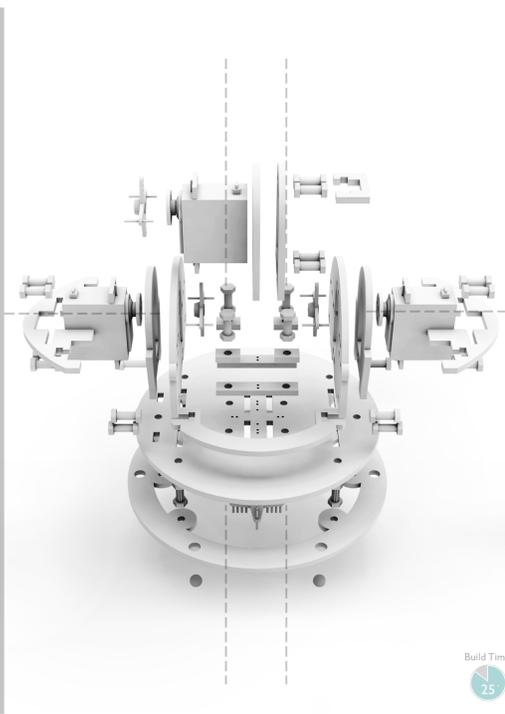
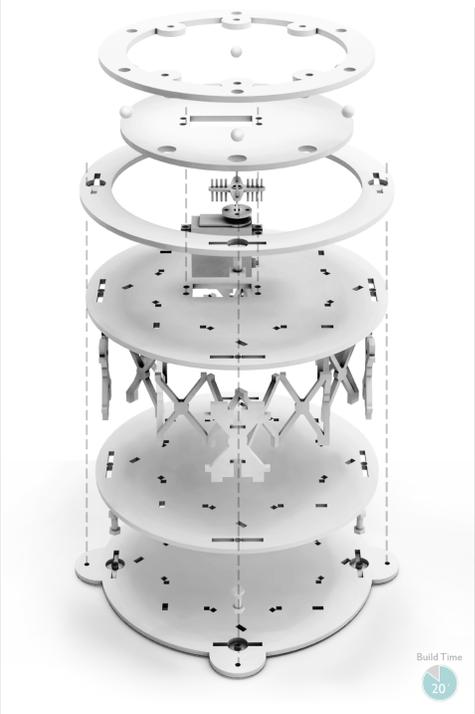
# Structure

## Model 3



# Details

## Model 3



# Plan-Storage

## Model 3

