

# *Sim*-βιωτικές δομές

Έρευνα για τις διαδραστικές, κινητικές δομές στην σύγχρονη αρχιτεκτονική και παραγωγή σχεδιασμένου παραδείγματος.

Αντώνης Ποριάς

Διπλωματική Εργασία για το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2012

## Σύνοψη

Οι διαδραστικές κινητικές δομές λειτουργώντας ως μέρος του παγκόσμιου αναδραστικού βρόχου επεκτείνουν την λειτουργία της ανατροφοδότησης, που μέχρι σήμερα συντελούσε στους ψηφιακούς τόπους του διαδικτύου, στους φυσικούς μας τόπους. Η επιστροφή του ανθρώπου από τους ψηφιακούς τόπους στον φυσικό, υπό την έννοια μιας αναβάθμισης και πάλι της αξίας του υλικού σε σχέση με το εικονικό, γίνεται με ψηφιακούς όρους και όχι ανεξάρτητα από αυτούς. Η αξία του νέου υλικού κόσμου που ξεπροβάλλει εξαρτάται κυρίως από της ψηφιακές ποιότητες του. Οι Sim-βιωτικές δομές διαδρούν με το περιβάλλον μιμούμενες φυσικές διαδικασίες μέσα από ψηφιακές ρουτίνες. Η απώλεια της πληροφορίας είναι αναπόφευκτη με την ψηφιοποίηση των δεδομένων που όμως μπορεί να αποτελεί και το ζητούμενο.

Η έρευνα αυτή ασχολείται με τις διαδραστικές, κινητικές δομές στην σύγχρονη αρχιτεκτονική και την κατασκευή ενός παραδείγματος - αρχέτυπου το οποίο θα μπορεί να πολλαπλασιαστεί, να προσομοιωθεί ή και να χρησιμοποιηθεί ως έχει σε αρχιτεκτονικές εφαρμογές. Η παραγωγή του παραδείγματος δεν περιορίζεται μόνο στην κατασκευή της δομής αλλά περιλαμβάνει και την εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού, που είναι απαραίτητος για να λειτουργήσει, όπως επίσης και τον προγραμματισμό ενός μικροεπεξεργαστή για την διαχείριση του όλου συστήματος. Στόχος είναι μέσα από αυτή την διαδικασία να αποκτηθεί σε πρώτο επίπεδο μια σφαιρική βασική γνώση για τις δυνατότητες και τις απαιτήσεις των κινητικών δομών ώστε να διευκολύνει στην συνέχεια την ανάπτυξη πιο περίπλοκων συστημάτων. Συγχρόνως, με την τριβή αυτή στα θεμελιώδη τεχνικά ζητήματα των Sim-βιωτικών δομών, αναπτύσσονται μια σειρά σκέψεων σε θεωρητικό επίπεδο γύρω από τις δομές αυτές.

## Abstract

Interactive kinetic structures operating as part of a universal feedback loop extend the function of the persistent data feedback, which was conducive to date to the digital topos of the Internet, to our physical world. Man's return from the digital topos to the physical world, in a sense of upgrading anew the material's value in terms of the virtual one, occurs in digital terms and not independently. The value of the new material world which comes into view, depends mostly on its digital qualities. The Sim\_biotic structures interact with the environment by simulating physical procedures through digital routines. Losing information is inevitable with the digitization of data which could also be the subject in question.

This research deals with the interactive, kinetic structures in contemporary architecture along with the construction of a paradigm-archetype which could be multiplied, simulated and applied in architectural practices. The paradigm's creation is not restricted solely in the construction of structure but also involves setting up mechanical equipment which is necessary for the paradigm to operate as well as programming a microprocessor for the whole system to be rendered. My main objective through the former procedure is to acquire an overall, basic knowledge regarding the abilities and demands of the kinetic structures in order to facilitate the development of more complex systems. Meanwhile, a series of thoughts unfold on a theoretical level towards those structures due to the deep involvement in the fundamental technical issues of the symbiotic structures.

## Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες οι εξελίξεις της τεχνολογίας επαναπροσδιορίζουν συνεχώς τις σκέψεις μας για την αρχιτεκτονική. Μικροεπεξεργαστές, αισθητήρες, δίκτυα, γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου και μηχανολογικές καινοτομίες είναι προσβάσιμα και εύχρηστα για τον καθένα όσο ποτέ. Η ελεύθερη πρόσβαση στην τεχνολογία αυτή αλλά και στην τεχνογνωσία την καθιστά ευκολότερα κατανοητή και μας κάνει να αναθεωρούμε καθημερινά την σχέση μας με τον κόσμο και το κτισμένο περιβάλλον ενώ ως αρχιτέκτονες μας ωθεί να ερευνούμε τις δυνατότητες αυτές μέσα από την αρχιτεκτονική όπως ο κάθε ένας μας χωριστά την εννοεί.

Η έρευνα αυτή ασχολείται με τις διαδραστικές, κινητικές δομές στην σύγχρονη αρχιτεκτονική και την κατασκευή ενός παραδείγματος - αρχέτυπου το οποίο θα μπορεί να πολλαπλασιαστεί, να προσομοιωθεί ή και να χρησιμοποιηθεί ως έχει σε αρχιτεκτονικές εφαρμογές. Η παραγωγή του παραδείγματος δεν περιορίζεται μόνο στην κατασκευή της δομής αλλά περιλαμβάνει και την εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για να λειτουργήσει όπως επίσης και τον προγραμματισμό ενός μικροεπεξεργαστή για την διαχείριση του όλου συστήματος. Στόχος είναι μέσα από την διαδικασία αυτή να αποκτηθεί σε πρώτο επίπεδο μια σφαιρική βασική γνώση για τις δυνατότητες και τις απαιτήσεις των κινητικών δομών ώστε να διευκολύνει στην συνέχεια την ανάπτυξη πιο περίπλοκων συστημάτων. Συγχρόνως οργανώνεται μια σκέψη σχετικά με την συστημική, ψηφιακή εξάρτηση, των διαδραστικών κινητικών δομών εκλαμβάνοντάς τες ως προέκταση των ψηφιακών τόπων στον φυσικό κόσμο.

Στο κείμενο που ακολουθεί θα ξεκινήσω αναφέροντας συνοπτικά δυο τεχνολογίες που με εμπνέουν και αποτελούν την τεχνολογική βάση για τις δομές που προτείνω. Στο δεύτερο μέρος θα συνεχίσω με την περιγραφή της δομής που κατασκεύασα. Το κεφάλαιο με τίτλο hardware συμπεριλαμβάνει όλο τον μηχανολογικό εξοπλισμό που υποστηρίζει την κινητική δομή ο οποίος είναι αναπόσπαστο στοιχείο της κατασκευής και απαραίτητος για την λειτουργία της. Το τρίτο μέρος, σε συνέχεια του δεύτερου μέρους που είναι το hardware, ακολουθεί μια ανάλυση του προγράμματος (software)

που στην προκειμένη περίπτωση "τρέχει" στον μικροεπεξεργαστή μιας πλακέτας Arduino και προσδίδει ιδιότητες και λειτουργία στην δομή. Το τέταρτο μέρος κλείνει με μερικές ολιστικής αντίληψης σκέψεις ενός κόσμου που κινείται μεταξύ του "ψηφιακού" και του "υλικού".

## **1. Τεχνολογία**

### **1.1 Arduino**

Το Arduino είναι μια Open-source πλακέτα με μικροεπεξεργαστή που σχεδιάστηκε με σκοπό να κάνει εύκολη και προσιτή την χρήση ηλεκτρονικών σε σύνθετα διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα (Banzi, 2008). Το Arduino μπορεί να λαμβάνει πληροφορίες από το περιβάλλον μέσω αισθητήρων (sensors) που είναι συνδεδεμένοι σε εισόδους της πλακέτας και να ενεργοποιεί ενεργοποιητές (actuators) στέλνοντας πληροφορίες από τις εξόδους που διαθέτει. Η γλώσσα προγραμματισμού και το περιβάλλον προγραμματισμού είναι επίσης open-source που σημαίνει ότι όλες οι πληροφορίες για τον σχεδιασμό, την αναπαραγωγή ή και την μετατροπή του software και του hardware είναι ελεύθερες και επιτρέπονται. Αυτό συνεπάγεται μια τεράστια κοινότητα που εξελίσσει, εμπλουτίζει και παράγει γνώση, για το σύστημα, ελεύθερη και προσβάσιμη στον καθένα.

### **1.2 Pneumatic Artificial Muscles**

Οι Πνευματικοί Τεχνητοί Μύες (Π.Τ.Μ.) εμφανίστηκαν αρχικά υπό την ονομασία McKibben Artificial Muscles την δεκαετία του 1950 με σκοπό την χρησιμοποίησή τους σε τεχνητά άκρα. Η εταιρία Bridgestone rubber εμπορεύθηκε την ιδέα την δεκαετία του 1980 υπό την ονομασία Rubbertuators [Wikipedia]. Στην βιβλιογραφία τους συναντάμε με διάφορα ονόματα (Daerden & Lefebvre, 2002). Η γερμανική εταιρία FESTO τους κατασκευάζει σήμερα με την ονομασία "Fluidic Muscle".

Οι Π.Τ.Μ. είναι συστολικές, ευθείας κινήσεις, μηχανές οι οποίες λειτουργούν με την πίεση αέρος. Η βασική τους δομή είναι ένας εύκαμπτος ενισχυμένος σωλήνας που συνδέεται στις δυο άκρες με εξαρτήματα μέσω των οποίων η μηχανική δύναμη



μεταφέρεται στα άκρα (Daerden & Lefebvre, 2002). Καθώς ο σωλήνας διογκώνεται με αέρα ή απορροφάται αέρας έξω από αυτόν και συστέλλεται η διάμετρος του, η δικτυωτή ενίσχυση με ρομβοειδές μοτίβο (FESTO, 2010/12) συστέλλει ή διαστέλλει αξονικά τον τεχνητό μυ μεταφέροντας την κίνηση στα δυο άκρα του (εικ. 1).

## 2. Δομή

Η δομή που κατασκεύασα στα πλαίσια αυτής της έρευνας αντιπροσωπεύει την ιδέα μιας δυναμικής επιφάνειας - αρχέτυπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποσπασματικά σε αρχιτεκτονικές εφαρμογές ή ακόμα και να αποτελέσει από μόνη της, αν πολλαπλασιαστεί ή προσομοιωθεί σε άλλες κλίμακες και λειτουργίες, την ίδια την αρχιτεκτονική.

Η ιδέα βασίζεται στην λογική μιας εύκαμπτης "μυώδους" επιφάνειας που μπορεί να αλλάζει την φόρμα και τις ιδιότητές της διαστέλλοντας ή συστέλλοντας τους αεροθαλάμους - μύες της. Η επιλογή εύκαμπτων πνευματικών ενεργοποιητών όπως εμφανίζονται στην δομή υπερτερεί άλλων λύσεων λόγω της μεγάλης ευελιξίας που μπορεί να προσφέρουν σε θέματα πολυπλοκότητας μιας τέτοιας κατασκευής αλλά και σε θέματα βάρους. Παρά το γεγονός ότι ο συμπιεσμένος αέρας απαιτεί μηχανολογικό εξοπλισμό για την παραγωγή του αυτός δεν χρειάζεται να βρίσκεται στο σημείο των ενεργοποιητών. Από οικολογικής σκοπιάς σε ένα ενδεχόμενο ευρύτερης χρήσης τέτοιων δομών η αποθήκευση ενέργειας μέσω πεπιεσμένου αέρα απευθείας από ανεμογεννήτριες θεωρείται σήμερα μια εφικτή λύση. Παγκοσμίως τέτοιες εγκαταστάσεις υπάρχουν μόνο δύο για την παράγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ενώ αρκετά πανεπιστήμια ασχολούνται με το θέμα σε ερευνητικό επίπεδο. Η χρήση του πεπιεσμένου αέρα απευθείας χωρίς την μετατροπή του σε άλλη μορφή ενέργειας εδώ θα μπορούσε να αποτελέσει λύση.

Η δομή αποτελείται από δώδεκα πνευματικούς τεχνητούς μύες οι οποίοι λειτουργούν σε δυο ανεξάρτητες ομάδες. Κάθε ομάδα αποτελείται από δυο υποομάδες ανταγωνιστικών μυών. Οι τεχνητοί μύες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή αυτή δεν είναι κατασκευασμένοι κατά το πρότυπο του McKibben αλλά λειτουργούν με έναν διαφορετικό τρόπο όπου οι άκρες μιας παραλληλόγραμμης, ενισχυμένης

εξωτερικά πλαστικής κύστης, πλησιάζουν καθώς αυτή φουσκώνει με αέρα και τείνει να πάρει την μορφή κυλίνδρου. Αυτό έχει και ως αποτέλεσμα οι αναλογίες αυτών των τεχνητών μυών να διευκολύνουν στην δημιουργία κινούμενων επιφανειών (εικ. 2).

Η ενίσχυση της πλαστικής κύστης εξωτερικά, για την περίπτωση και την ευκολία της κατασκευής, έχει γίνει με αδιάβροχο караβόπανο το οποίο έχει ραφτεί σε απλή οικιακή ραπτομηχανή. Παρόλα αυτά σε πραγματικές συνθήκες η χρήση carbon fiber ή Kevlar θα ήταν η ενδεδειγμένη.

Τον ρόλο της σπονδυλικής στήλης που κρατάει σε συνοχή το μυϊκό σύστημα αναλαμβάνει μία εύκαμπτη επιφάνεια ισχυρού πλαστικού πάχους 2mm. Επάνω στην επιφάνεια αυτή είναι βιδωμένοι οι τεχνητοί μύες ενώ κυλινδρικοί ράβδοι αλουμινίου κατανέμουν τις ελκτικές δυνάμεις σε όλο το πλάτος της δομής (εικ. 2).

Η κίνηση της δομής επιτυγχάνεται κατά μια αφαιρετική προσέγγιση όπως και στο ανθρώπινο σώμα. Όταν μια ομάδα μυών συστέλλεται η ανταγωνιστική της ομάδα διαστέλλεται επιτρέποντας την κίνηση. Η φόρμα της δομής διατηρείται ή μεταβάλλεται με την μεταβολή της πίεσης του αέρα στους θαλάμους των τεχνητών μυών.

### **3. Hardware**

Η πηγή ενέργειας των πνευματικών τεχνητών μυών είναι ο αέρας ο οποίος είτε εισέρχεται είτε εξάγεται από αυτούς. Με τον τρόπο αυτό ο μηχανισμός κίνησης ενεργοποιείται από την διαφορά πίεσης του εσωτερικού αέρα, που προκύπτει στους θαλάμους, σε σχέση με το περιβάλλον. Συνεπώς η χρήση πεπιεσμένου αέρα και η χρήση συμπιεστή είναι απαραίτητη για την λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος.

Την ροή του αέρα ρυθμίζουν δύο, τριών δρόμων, πνευματικές ηλεκτροβαλβίδες που λειτουργούν με πηνία των 24v ενώ οι εντολές στέλνονται από τον επεξεργαστή του Arduino. Ένα ξεχωριστό ηλεκτρονικό κύκλωμα με mosfet modules παρεμβάλλεται μεταξύ της πλακέτας του Arduino και των ηλεκτροβαλβίδων καθώς το ηλεκτρονικό κύκλωμα του Arduino αδυνατεί να διαχειριστεί τάσεις από μόνο του άνω των 5v

(εικ.5). Τα mosfet modules χρησιμοποιούν κρυσταλλολυχνίες οι οποίες μπορούν να ρυθμίσουν την ροή του ρεύματος όπως ένα μηχανικό ρελέ με την διαφορά ότι είναι πολύ πιο ευαίσθητα (Platt, 2009). Έτσι αναλαμβάνουν τον ρόλο ενός ηλεκτρονικού διακόπτη που διαχειρίζεται μια υψηλότερη τάση λαμβάνοντας εντολές από ένα κύκλωμα χαμηλότερης τάσης.

Όπως ανέφερα στο προηγούμενο κεφάλαιο, για την ευκολία της κατασκευής του πειράματος και την μεταφορά της μηχανικής δύναμης από τους τεχνητούς μύες χρησιμοποιήσα αδιάβροχο караβόπανο καθώς υπήρχαν τεχνικές δυσκολίες στο να κατασκευαστούν οι εξωτερικές θήκες των μυών από carbon ή kevlar. Η δε ηλεκτροβαλβίδες που χρησιμοποιώ έχουν ελάχιστη πίεση λειτουργίας τα 1.5 bar το οποίο είναι οριακό για της μηχανικές αντοχές του караβόπανου στην κατασκευή. Από τις παραπάνω συνθήκες προέκυψε η ανάγκη εύρεσης ενός τρόπου προστασίας των τεχνητών μυών από την υπερβολική πίεση.

Μεταξύ της εξόδου του αέρα της κάθε ηλεκτροβαλβίδας και του τελικού θαλάμου - μυ παρεμβάλλεται ένα πνευματικό κύκλωμα με έναν ρυθμιστή πίεσης και μια παράλληλη βαλβίδα αντεπιστροφής (εικ. 3). Κατά την ροή του αέρα προς του τεχνητούς μύες, η πίεσή του μειώνεται στα 0.7 bar περνώντας μέσα από τον ρυθμιστή πίεσης. Κατά την συστολή των τεχνητών μυών ο αέρας εκτονώνεται ένας μικρός όγκος του από τον ρυθμιστή πίεσης και παράλληλα ο μεγαλύτερος όγκος από την βαλβίδα αντεπιστροφής, μέσω της ηλεκτροβαλβίδας. Το παραπάνω σύστημα, καθώς η βαλβίδα αντεπιστροφής έχει ελάχιστο όριο ενεργοποίησης τα 0.5 bar, συντελεί στην διατήρηση ενός "μυϊκού τόνου" στους ανταγωνιστές "μύες". Πρέπει όμως να αναφέρω εδώ ότι η λύση αυτή δεν αποτελεί την βέλτιστη σε πραγματικές συνθήκες αλλά ίσως την πιο οικονομική στα πλαίσια της εξέλιξης αυτού του πειράματος.

Για τον συνεχή έλεγχο της φόρμας της κατασκευής και για την δημιουργία αναδραστικού βρόχου χρησιμοποιούνται δυο αισθητήρες επιτάχυνσης (accelerometers), αναρτημένοι στα δυο άκρα της δομής οι οποίοι στέλνουν στον επεξεργαστή του Arduino πληροφορίες για την βαρυτική φόρτιση στους X και Z άξονές τους έτσι ώστε στην συνέχεια να μπορεί να υπολογιστεί η γωνία κλίσης της θέσης τους σε σχέση με την γη.

Ο χειρισμός της δομής γίνεται από τρία γραμμικά ποτενσιόμετρα. Δύο εκ των οποίων δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να ελέγχει ανεξάρτητα την θέση των δύο τμημάτων της κατασκευής και ένα ποτενσιόμετρο που ρυθμίζει την ευαισθησία των αισθητήρων των δυο τμημάτων της δομής.

#### 4. Software

Το πρόγραμμα έχει γραφτεί στην γλώσσα του Arduino που βασίζεται στην πλατφόρμα του Wiring μέσα από το περιβάλλον του Arduino που βασίζεται στην πλατφόρμα του Processing και τα δύο επίσης open-source. Κατά την διαδικασία φορτώματος του προγράμματος στον μικροεπεξεργαστή ο κώδικας μετατρέπεται σε γλώσσα C και τελικά μέσω του avr-gcc compiler μετατρέπεται στην γλώσσα που προγραμματίζεται ο μικροεπεξεργαστής (Banzi, 2008). Η γλώσσα του Arduino είναι υψηλού επιπέδου που σημαίνει ότι είναι σχετικά εύκολη για τον καθένα σε σημείο που ακόμα και για πρώτη φορά να διαβάσει κάποιος πρόγραμμα είναι κατανοητό τι κάνει. Παρακάτω επεξηγώ τα βασικότερα σημεία του προγράμματος.

```
#include <math.h>
```

Να συμπεριληφθεί η βιβλιοθήκη "math.h"

```
#define MUSCLE1 2
```

```
#define MUSCLE2 4
```

```
#define MUSCLE3 7
```

```
#define MUSCLE4 8
```

Η "ακίδα" 2 της πλακέτας ονομάζεται MUSCLE1 η ακίδα 4 ονομάζεται MUSCLE2 κλπ. Εδώ καθορίζονται τα pin της πλακέτας (2,4,7 και 8) που θα ενεργοποιούν το επιμέρους κύκλωμα των mosfet modules όπου με την σειρά του θα ανοίγει ή θα κλείνει την ροή του αέρα προς τους θαλάμους με τις ηλεκτροβαλβίδες.

```
int Fader2 = 0;
```

```
int TOL = 0;
```

Ορίζονται θέσεις μνήμης με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για την αυξομείωση της ανοχής του λάθους του αισθητήρα επιτάχυνσης από το ένα ποτενσιόμετρο.

**int Fader = 0;**

**int POS = 0;**

Ορίζονται θέσεις μνήμης για τον χειρισμό του πρώτου τμήματος της δομής από ένα ποτενσιόμετρο.

**float degree;**

**int FaderB = 0;**

**int POSB = 0;**

**float degreeB;**

Ορίζεται ο τύπος της πληροφορίας που θα αποθηκεύεται για κάθε λειτουργία, π.χ. τα δεδομένα που θα αποθηκεύονται στην θέση μνήμης με την ονομασία degree θα είναι float δηλαδή αριθμοί κινητής υποδιαστολής.

**void setup()**

{

**Serial.begin(9600);**

Να ανοίξει η συριακή θήρα επικοινωνίας με τον υπολογιστή και να αποστέλλεται η πληροφορία με ταχύτητα 9600 bit το δευτερόλεπτο.

**pinMode(MUSCLE1, OUTPUT);**

**pinMode(MUSCLE2, OUTPUT);**

**pinMode(MUSCLE3, OUTPUT);**

**pinMode(MUSCLE4, OUTPUT);**

Εδώ ορίζονται ως έξοδοι οι ακίδες που αντιστοιχούν στα "ονόματα" MUSCLE1, 2, 3, 4 που η αντιστοιχία ορίστηκε νωρίτερα με τις ακίδες 2, 4, 7, 8.

}

**void loop(){**

**FaderA = analogRead(A4);**

FaderA είναι η πληροφορία που διαβάζεις στην αναλογική είσοδο A4.

**POS = map(FaderA, 8, 898, 445, -445); //FaderA has 890 steps**

Εδώ ζητείται να χαρτογραφηθούν τα δεδομένα που λαμβάνονται από το FaderA (αναλογική είσοδο A4) από 8 μέχρι 898 που διαβάζει ο επεξεργαστής στο εύρος του -445 μέχρι το +445 με αποτέλεσμα το σημείο 0 του ποτενσιόμετρου να βρεθεί στην μέση και όχι στην αρχή του. Στην συνέχεια όπου τα δεδομένα του ποτενσιόμετρου μετατρέπονται σε μοίρες για τον χειρισμό της φόρμας της δομής θα μπορεί να υπάρχει θετική και αρνητική κατεύθυνση από το σημείο που θα οριστεί ως 0. Αυτό γενικότερα βοηθάει καθώς είναι ευκολότερο να κατανοεί κάποιος τις λειτουργίες με σημείο αναφοράς το 0 και όχι κάποιο άλλο τυχαίο σημείο.

**const int x = analogRead(A0)-495;**

**const int y = analogRead(A1)-490;**

Το X αντιστοιχεί στην αναλογική είσοδο A0 και το Y στην αναλογική είσοδο A1. Επίσης σημείο αναφοράς ορίζεται το 0 αφαιρώντας από το X και το Y 495 και 490. Αυτοί οι αριθμοί έχουν σχέση μόνο με τον συγκεκριμένο αισθητήρα που χρησιμοποιείται στην κατασκευή που πραγματοποίησα και το πιθανότερο είναι να είναι διαφορετικοί για κάποιον άλλο αισθητήρα επιτάχυνσης.

**degree = ((-180) \* atan2(y,x))/ 3,14159265;**

Η πληροφορία που δίνουν οι αισθητήρες επιτάχυνσης δεν είναι γραμμικά αναλογική με την γωνία κλίσης που έχουν αλλά παρουσιάζουν ημιτονοειδή συμπεριφορά. Επίσης δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί η γωνία κλίσης λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις φορτίσεις του ενός άξονα αλλά απαιτείται συνυπολογισμός και των δύο καθώς π.χ. ο Y άξονας στις γωνίες κλίσης 45 μοιρών και 315 μοιρών παρουσιάζει την ίδια ακριβώς φόρτιση στην έξοδό του. Η ασάφεια αυτή μπορεί να λυθεί καθώς για την γωνία κλίσης 45 μοιρών του Y άξονα ο X άξονας παρουσιάζει θετικές μετρήσεις στην έξοδό του ενώ για την γωνία κλίσης 315 μοιρών του Y άξονα ο X άξονας παρουσιάζει αρνητικές μετρήσεις στην έξοδο. Το πρόβλημα θα μπορούσε να λυθεί με τον τύπο

$\theta = \text{atan}(y / x)$  (στην γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιούμε εδώ  $\theta = \text{atan}(y,x)$ ) αλλά και με μια σειρά ειδικών περιπτώσεων καθώς ο τύπος λειτουργεί μόνο για θετικό X και δεν θα μπορούσαμε να ορίσουμε το τεταρτοκύκλιο που βρισκόμαστε. Οπότε θα είχαμε και τον εξής κώδικα:

( όπου  $\text{degree} = ((-180) * \text{atan}(y/x))/ 3,14159265;$  )

```

if (x > 0 && y > 0)
{
degree = abs(degree); // 1. Quadrant
}
if (x < 0 && y > 0)
{
degree = abs(degree - 180); // 2. Quadrant
}
if (x < 0 && y < 0)
{
degree = 180 + abs(degree) ; // 3. Quadrant
}
if (x > 0 && y < 0)
{
degree = 360 - degree; // 4. Quadrant
}
if (x > 0 && y == 0)
{
degree = 0;
}
if (x == 0 && y > 0)
{
degree = 90;
}
if (x < 0 && y == 0)
{
degree = 180;
}
if (x == 0 && y < 0)
{
degree = 270;
}

```

Η λειτουργία **atan2** (που είναι μέρος της βιβλιοθήκης που καλέσαμε αρχικά

"math.h") στην γλώσσα του Arduino περιλαμβάνει και όλες τις παραπάνω περιπτώσεις με αποτέλεσμα να απλοποιείται κατά πολύ ο κώδικας και να έχουμε μόνο την σειρά **degree = ((-180) \* atan2(y,x))/ 3,14159265;** για τον υπολογισμό της γωνιάς κλίσης του αισθητήρα σε σχέση με το έδαφος. Η πράξη \*180/Π μετατρέπει το αποτέλεσμα από ακτίνια (rad) σε μοίρες το δε αρνητικό πρόσημο (-180) έχει σχέση μόνο με την θέση του αισθητήρα επάνω στην κατασκευή.

```
FaderB = analogRead(A5);
```

```
POSB = map(FaderB, 8, 898, 445, -445); //FaderB has 890 steps
```

```
const int xB = analogRead(A2)-495;
```

```
const int yB = analogRead(A3)-490;
```

```
degreeB = ((-180) * atan2(yB,xB))/ 3,14159265;
```

```
FaderT = analogRead(A6);
```

```
TOL = map(FaderT, 8, 898, 10, 0);
```

```
Serial.print(" x ");
```

```
Serial.print(x, DEC);
```

```
Serial.print(" y ");
```

```
Serial.print(y, DEC);
```

```
Serial.print(" degree ");
```

```
Serial.print(degree, DEC);
```

```
Serial.print(" Fader ");
```

```
Serial.print(FaderA , DEC);
```

```
Serial.print(" POS ");
```

```
Serial.print(POS*0.404);
```

```
Serial.print(" TOLERANCE ");
```

```
Serial.println(TOL);
```

Να σταλούν όλα τα παραπάνω δεδομένα μέσω της σειριακής εξόδου για να μπορούνε να διαβαστούν στην οθόνη του υπολογιστή μέσα από το περιβάλλον του Arduino.



**if (degree > TOL+(POS\*0.404)) // 180/445steps = 0.404**

Εάν η γωνία κλίσης (degree) είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα της ανοχής λάθους θέσης που έχει οριστεί για τον αισθητήρα και της ζητούμενης θέσης του τότε: (η μεταβλητή POS πολλαπλασιάζεται με το 0.404 για να μετατρέψουμε τα 445 βήματα του γραμμικού ποτενσιόμετρου σε 180 μοίρες).

{

**digitalWrite(MUSCLE2, LOW);**

να απενεργοποιηθεί ο MUSCLE2

**digitalWrite(MUSCLE1, HIGH);**

και να ενεργοποιηθεί ο MUSCLE1.

}

**else if (degree < -TOL+(POS\*0.404))**

Αλλιώς εάν η γωνία κλίσης (degree) είναι μικρότερη από το άθροισμα της ανοχής λάθους θέσης που έχει οριστεί για τον αισθητήρα και της ζητούμενης θέσης του τότε:

{

**digitalWrite(MUSCLE1, LOW);**

Να απενεργοποιηθεί ο MUSCLE1

**digitalWrite(MUSCLE2, HIGH);**

και να ενεργοποιηθεί ο MUSCLE2.

}

**else**

{

**digitalWrite(MUSCLE2, LOW);**

**digitalWrite(MUSCLE1, LOW);**

Αλλιώς αν τίποτα από τα δυο παραπάνω δεν ισχύει απενεργοποίησε και τον MUSCLE1 και τον MUSCLE2.

**delay(100);**

Περίμενε 100 χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν συνεχίσεις στο δεύτερο τμήμα της δομής.

```
}
```

```
if (degreeB > TOL+(POS*0.404)) // arm is bent to + // 180/445steps = 0.404
```

```
{
```

```
digitalWrite(MUSCLE2, LOW);
```

```
digitalWrite(MUSCLE1, HIGH); // move towards -
```

```
}
```

```
else if (degree < -TOL+(POS*0.404)) // arm is bent to - //
```

```
{
```

```
digitalWrite(MUSCLE1, LOW);
```

```
digitalWrite(MUSCLE2, HIGH); // tove towards +
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
digitalWrite(MUSCLE2, LOW);
```

```
digitalWrite(MUSCLE1, LOW);
```

```
delay(100);
```

```
}
```

```
}
```

## **5. Αντί Επιλόγου**

Η πληροφορία μεταφέρεται από τόπο σε τόπο μέσα από καλώδια, με ραδιοκύματα, οπτικές ίνες. Τα τηλεματικά δίκτυα συνθέτουν ένα παγκόσμιο αναδραστικό βρόχο όπου η έξοδος ανατροφοδοτεί την είσοδο. Η πληροφορία διαμορφώνει τον κόσμο και ο κόσμος την πληροφορία. Η μετάδοση της ψηφιακής πληροφορίας σημαίνει την μετατροπή ενός συνεχούς αναλογικού σήματος ή ενός ήδη ψηφιακού ξανά σε ψηφιακό (από ένα φορμάτ σε άλλο φορμάτ και από πλατφόρμα σε άλλη πλατφόρμα) μέσα από μια διαδικασία συμψηφισμού. Το ψηφιακό σήμα είναι το κατά προσέγγιση

αναλογικό σήμα ή και γενικότερα η κατά προσέγγιση αρχική πληροφορία.

Ψηφιοποίηση σημαίνει: παραλείπεται πληροφορία που πλέον εννοείται. Η διαδικασία αυτή της ανατροφοδότησης σε συνδυασμό με την διαδικασία της ψηφιοποίησης, την δημιουργία μέσου όρου σε κάθε bit, τείνει προς μια κατεύθυνση λήθης των αρχικών δεδομένων.

Οι διαδραστικές κινητικές δομές λειτουργώντας ως μέρος του παγκόσμιου αναδραστικού βρόχου επεκτείνουν σιγά σιγά μια λειτουργία, που μέχρι σήμερα συντελούσε κυρίως στον ψηφιακό τόπο του διαδικτύου, στους φυσικούς μας τόπους. Η επιστροφή του ανθρώπου από τους ψηφιακούς τόπους στον φυσικό, υπό την έννοια μιας αναβάθμισης και πάλι της αξίας του υλικού σε σχέση με το εικονικό, γίνεται με ψηφιακούς όρους και όχι ανεξάρτητα από αυτούς. Η αξία του νέου υλικού κόσμου που ξεπροβάλλει εξαρτάται κυρίως από τις ψηφιακές ιδιότητες του.

Οι διαδραστικές κινητικές δομές απαιτούνε την ροή και την αποθήκευση ψηφιακής πληροφορίας για να καθορίζουν και να εκτελούν τις δράσεις τους. Το "ψηφιακό" ενώ νοείται ως κάτι άυλο στην πραγματικότητα καταλαμβάνει τον φυσικό χώρο ανάμεσά μας με την μορφή μηχανολογικών υποδομών, μέσω αποθήκευσης, και κατ' επέκταση ολόκληρων περιοχών (memory farming) όπου εταιρείες στρατηγικά καταλαμβάνουν τον πλανήτη. Εάν συγκεντρώναμε όλους τους σκληρούς δίσκους, τον έναν δίπλα στον άλλο σε κτίρια ύψους των 20 μέτρων, που χρειαζόμαστε για την ψηφιακή πληροφορία προς αποθήκευση που θα παραχθεί παγκοσμίως μέχρι το 2020 χρειάζεται μια έκταση μεγαλύτερη της Αθήνας (εικ. 4).

Οι μη τόποι αποθήκευσης της πληροφορίας, οι μηχανολογικές υποδομές, δεν ενέχουν κανένα νόημα από μονοί τους τουλάχιστον σχετικό με αυτό που αποθηκεύουν, όπως μια στοίβα βιβλία όπου μόνο όταν τραβήξω ένα και το διαβάσω αποκαλύπτεται η ιστορία ενός τόπου. Από την άλλη λαμβάνοντας υπόψιν την ανακύκλωση της ψηφιακής πληροφορίας ίσως αλλάζει τον ισχυρισμό μου καθώς η ανατροφοδότηση αυτή που είναι ένα βραχυκύκλωμα και απειλεί με την εξάντληση της ιστορίας στο σύνολό της (Flusser, 2008), η ομοιογενείς "σούπα" ψηφιακής πληροφορίας που οδηγούμαστε μέσα από την διαδικασία του συμψηφισμού και της ανατροφοδότησης, μοιάζει να εκφράζεται και μέσα από την ομοιότητα των χώρων αποθήκευσής της.

Το διαδραστικό κινητικό περιβάλλον αποτελεί την υλοποίηση ενός φανταστικού προερχόμενο από τους ψηφιακούς τόπους και την τηλεματική υπόσταση του σύγχρονου ανθρώπου, όπου όλα είναι σε μόνιμη εξέλιξη "εν κινήσει" και που όλα μπορούν να συμβούν, ενώ συγχρόνως οι τεχνολογικές εξελίξεις διαφαίνεται να προσφέρουν τις ανάλογες τεχνικές λύσεις για την πραγματοποίησή του.

Η ιδέα ενός υπερσώματος (hyperbody), όπως εκφράζεται από τον Kas Oosterhuis (2003), είναι η ιδέα όπου κάθε δομικό μέρος του κτιρίου επικοινωνεί με τα άλλα ενώ όλα έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν, να επεξεργάζονται και να μεταφέρουν πληροφορία. Η αρχιτεκτονική γίνεται η τέχνη της κατασκευής δυναμικών δομών που μεταβάλλονται σε πραγματικό χρόνο (Oosterhuis, 2003). Το πρόγραμμα του κτιρίου παύει να έχει την σημασία που ξέραμε μέχρι σήμερα και γίνεται το πρόγραμμα-κώδικας το οποίο επαναπροσδιορίζει το κτίριο σε κάθε χρονική στιγμή ανάλογα με τις πληροφορίες που προσλαμβάνει. Η διαδικασία της επανάληψης του αρχιτέκτονα που σχεδιάζει βάζοντας το ένα ρυζόχαρτο πάνω στο άλλο (Κοτιώνης, 2004) μεταφέρεται πλέον σε πραγματικό χρόνο στην δομή. Η πορεία του σχεδιασμού προς το εξιδανικευμένο γράφεται στον κώδικα ως μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία που η ταχύτητά της μετριέται σε μεγακύκλους. Αν η επανάληψη, για να είναι παραγωγική, χρειάζεται ένα ελαφρύ πέπλο λήθης που θα επιτρέψει στην επόμενη κίνηση του μορφοποιητή να ξεχάσει τα κοπιώδη δεδομένα της προηγούμενης (Κοτιώνης, 2004), τότε όλα τα συστατικά είναι εδώ στην σούπα της ψηφιακής πληροφορίας όπου κάθε προηγούμενο δεδομένο σιγά σιγά χάνεται και επιτρέπει την επερχόμενη κίνηση να είναι πιο κοντά στην αρχική πρόθεση (Κοτιώνης, 2004) πλησιάζοντας κάθε φορά πιο κοντά στο ιδανικό.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ**

Banzi, M. (2008). *Getting started with Arduino*. Sebastopol, CA: O'Reilly.

Daerden, F. & Lefebe, D. (2002). Pneumatic Artificial Muscles: Actuators for robotics and automation. *European Journal of Mechanical and Environmental Engineering*, **47**, (1), 11-21.

FESTO, (2010/12). Fluidic Muscle DMSP/MAS {Website}. Available from: <www.festo.com> {Accessed: 10 November 2010}.

Margolis, M. (2011). *Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects: Arduino Cookbook*. Sebastopol, CA: O'Reilly.

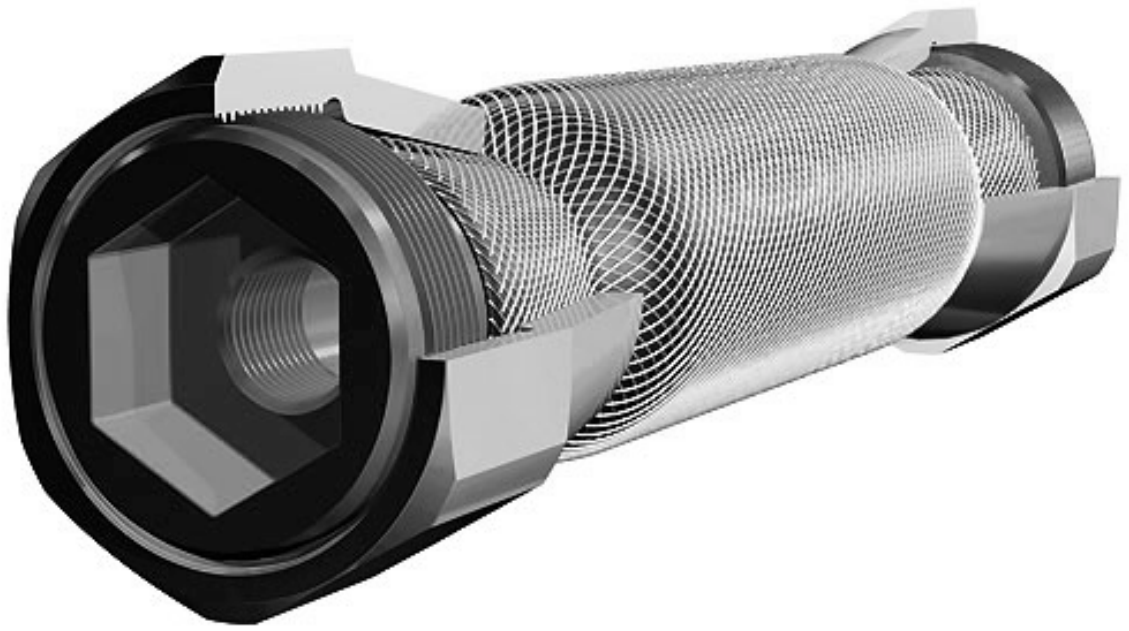
Oosterhuis, K. (2003). *Hyperbodies, Towards an E-motive architecture*. Switzerland: Birkhauser.

Platt, C. (2009). *Make: Electronics: Learning by Discovery*. Sebastopol, CA: O'Reilly.

### **ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ**

Κοτιώνης, Ζ. (2004). *Η τρέλα του τόπου*. Αθήνα: Εκκρεμές.

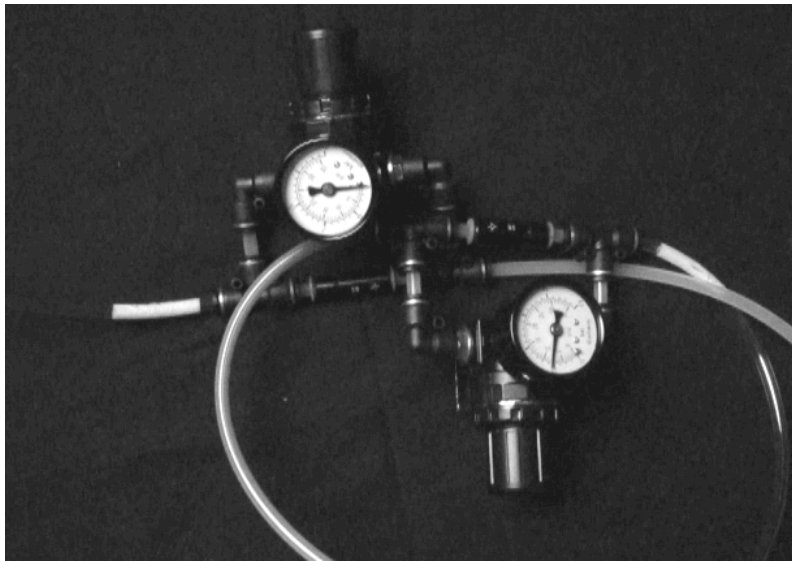
Flusser, V. (2008). *Προς το σύμπαν των τεχνικών εικόνων*. Αθήνα: Σμίλη.



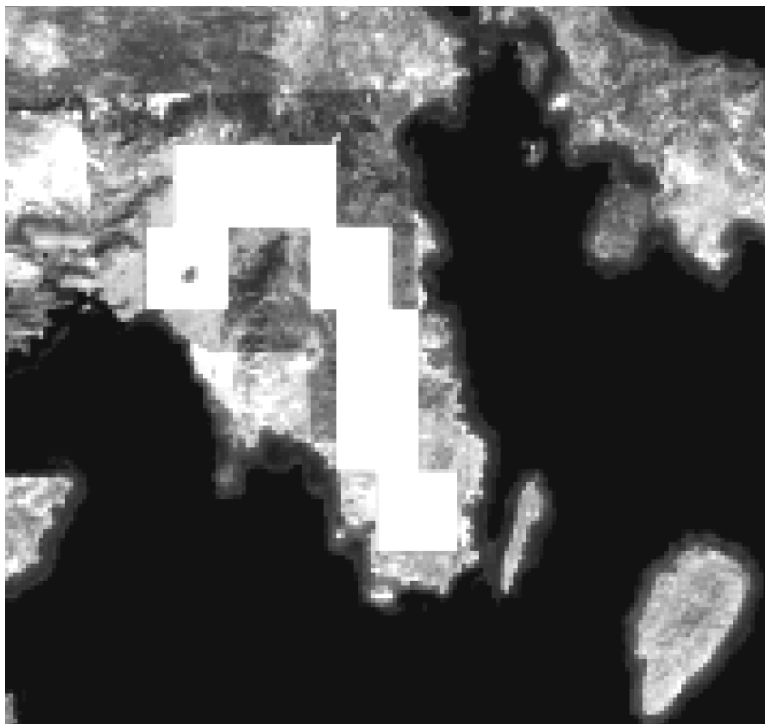
1. Festo Fluidic Muscle



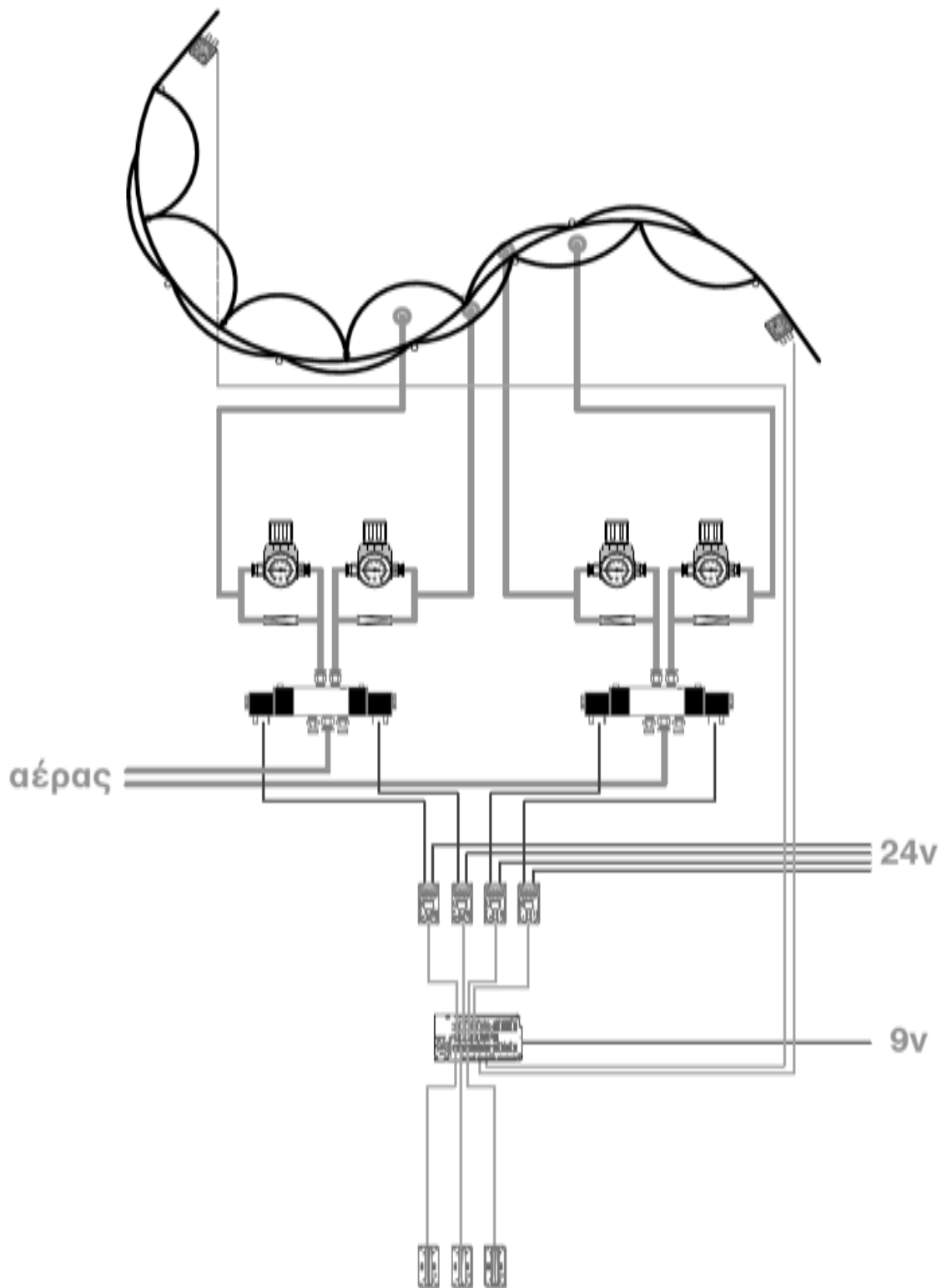
2. Τεχνητός μυς της δομής.



3. Πνευματικό κύκλωμα για την προστασία των τεχνητών μυών.



4. Η Αττική χερσόνησος με κτίρια αποθήκευσης δεδομένων για μέχρι το 2020.



5. Διάγραμμα ηλεκτρομηχανολογικών συνδέσεων.





