προς μια [υπέρ]υλικότητα

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

Ερευνητική Διπλωματική Εργασία
Ιούνιος 2012

Επιμέλεια: Ιωάννης Κοτσάνης
Επιβλέπων: Νικόλαος Τσινίκας

Περιεχόμενα

Πρόλογος-Εισαγωγή....4

Θεωρητικό Πλαίσιο

- το αίνιγμα του κόσμου....7
- τα πράγματα ως εικόνες....9
- τα σύγχρονα εθνομαθηματικά....15
- κυβερνητική δευτέρας τάξης....19
- ανάγκη επανεφεύρεσης της ύλης....21

Πρόδρομοι....25

Σύγχρονες αλχημείες

- μηχανικές μονάδες....35
- μονάδες απόδοσης....43
- Protocells....53

Πολιτισμός τύπου 1....63

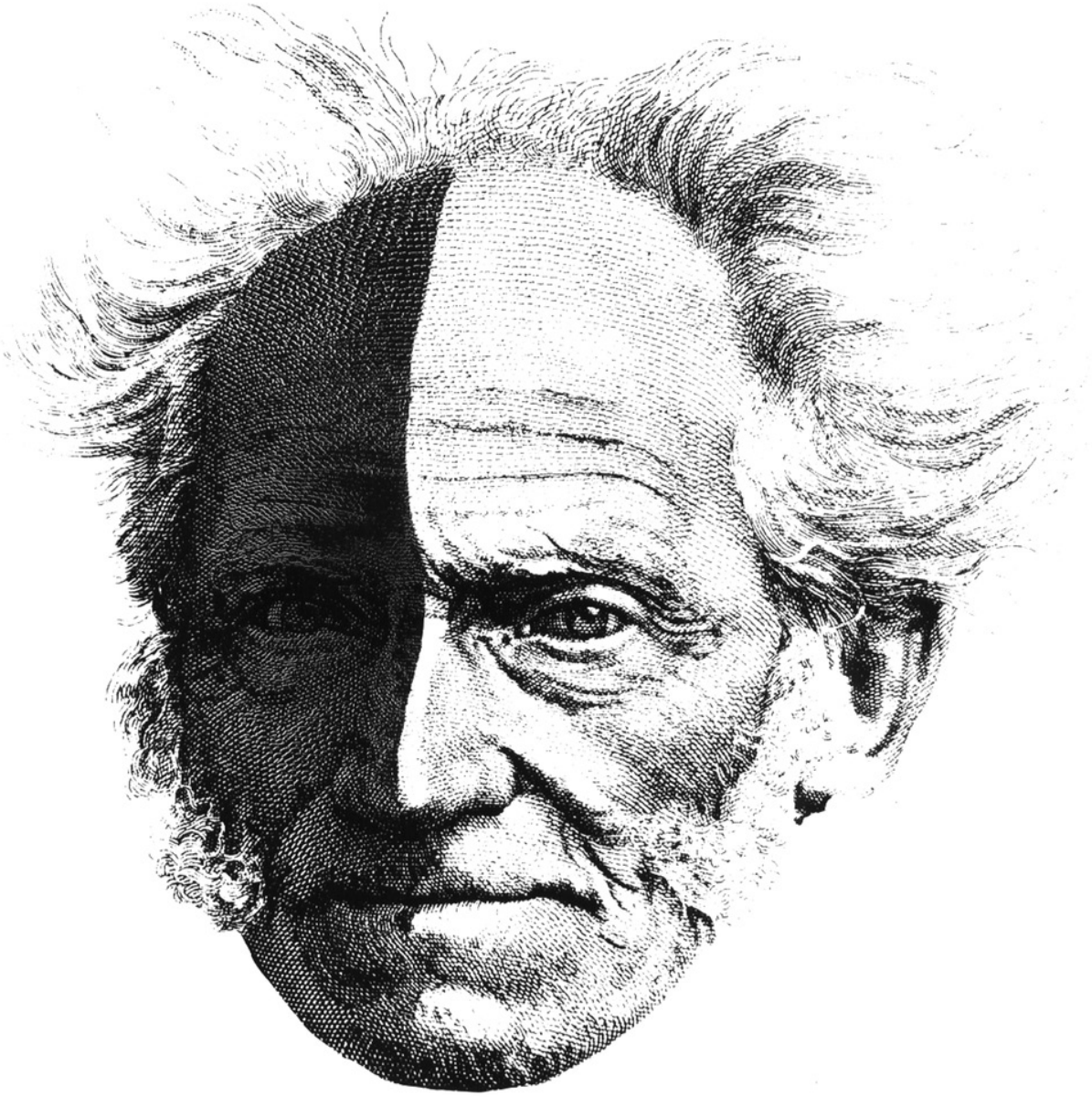
Βιβλιογραφία....70

Πρόλογος-Εισαγωγή

Το ερέθισμα για την έναρξη αυτής της ερευνητικής, προήλθε από μια επιθυμία μελέτης τον όρων, «διαδραστική», «μεταβαλλόμενη», «κινητική», «ανταποκρινόμενη», «βιολογική», όρων που χαρακτηρίζουν τις αντίστοιχες προσεγγίσεις τις αρχιτεκτονικής πρακτικής τα τελευταία χρόνια. Αυτή η μελέτη δε θα επιδίωκε την αποσπασματική παρουσίαση αρχών πλαισίων και κανόνων, αλλά τη διερεύνηση της υλικότητας των παραπάνω προσεγγίσεων, μέσα από την οποία, εκτός από τεχνολογικές και κατασκευαστικές λεπτομέρειες, θα προέκυπταν και οι αντίστοιχες αρχές. Όσο περισσότερο προχωρούσε η έρευνα και η αναζήτηση στη βιβλιογραφία, τόσο αυτή οδηγούσε προς τεχνολογίες αλχημικές , οι οποίες βρίσκονταν εκτός του πλαισίου των «έξυπνων υλικών» ή smart materials, και βασίζονταν σε διαδικασίες μετάλλαξης της ύλης από τη ρίζα της μέσα από τη διαχείριση δράσεων, διαδράσεων και φαινομένων που λαμβάνουν χώρα σε μικροσκοπικό επίπεδο και σε επίπεδο μονάδας ύλης. Επομένως η κατεύθυνση της μελέτης άλλαξε προς τη περιγραφή αυτών των εξελίξεων. Πολύτιμος σύμβουλος καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειας αυτής, υπήρξε ο καθηγητής μου Νίκος Τσινίκας τον οποίο και ευχαριστώ.

Στην ανάγνωση του τίτλου «προς μια [υπέρ]υλικότητα», η λέξη «υπέρ» είναι δάνειο από τον όρο «Hyperbodies» του Kas Oosterhuis, από το βιβλίο του «Hyperbodies: towards an e-motive architecture» (2003) και τον όρο «Hyperstructures». Το «Hyper» του Oosterhuis, αναφέρεται σε κατασκευές που κατευθύνονται από δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και συνδέονται με περιβάλλοντα που αλλάζουν σε πραγματικό χρόνο, ενώ στο «Hyperstructures» αναφέρεται σε συστήματα δομών που υπόκεινται σε αναδυόμενα κριτήρια. Επομένως τα αναδυόμενα κριτήρια και η ανταπόκριση σε πραγματικό χρόνο σε επίπεδο μονάδας ύλης, είναι τα στοιχεία που περιγράφουν τη λέξη «υπερυλικότητα».

Η δομή της μελέτης ξεκινάει με την αντιληπτική προσέγγισή μας για τα πράγματα και την ύλη, πως την αντιλαμβανόμαστε και πως η αντίληψη αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πρόβλημα τοποθέτησης της ολότητας του μυαλού. Συνεχίζει αναφερόμενη στις γνώσεις και τις πληροφορίες που περνάμε μέσα από τα πράγματα, πως τα πράγματα σήμερα λειτουργούν ως εικόνες και πως συνδέονται με τον σύγχρονο ψηφιακό σχεδιασμό, ο οποίος καταδεικνύει μια ανάγκη επανεφεύρεσης της ύλης. Ακολουθεί η παρουσίαση παραδειγμάτων προδρόμων αυτής της επανεφεύρεσης καθώς και οι σύγχρονες αλχημείες τους. Τέλος η μελέτη καταλήγει σε συμπεράσματα και υποθέσεις για το ποια είναι τ' αποτελέσματα και οι επιρροές της υλικότητας αυτής στην αρχιτεκτονική, στο ρόλο του σχεδιαστή, και στην εξέλιξη του πολιτισμού αλλά και στο πως οφείλουμε να τη χειριστούμε.



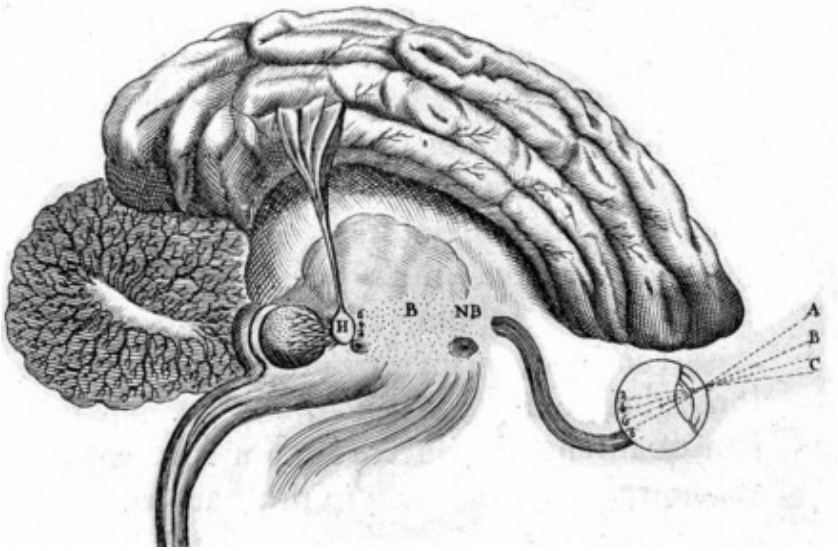
Πορτρέτο του Arthur Schopenhauer με τίτλο, ''Irrational man'': ο παράλογος άνθρωπος

Θεωρητικό πλαίσιο - το αίνιγμα του κόσμου

Η αντιληπτική προσέγγιση μας για τα πράγματα και την ύλη βρισκόταν πάντοτε μέσα σε ένα πλαίσιο εξάρτησης και ανάπλασης από την ευρύτερη αντιληπτική θεωρία και ειδικότερα το ζήτημα της συνείδησης. Αυτό το ζήτημα αφορά τη μελέτη ανάδυσης της υποκειμενικής εμπειρίας μέσω συμβάντων που περιγράφονται αντικειμενικά και τη σχέση μεταξύ τους. Η μελέτη αυτή έχει τις ρίζες της στο λεγόμενο κατά τον Arthur Schopenhauer κι ως *«αίνιγμα του κόσμου»*, τη σχέση ανάμεσα στο νου και στο σώμα που αποτελούσε στο παρελθόν αποκλειστικά πεδίο έκφρασης φιλοσοφικών στοχασμών.

Από το *«σκέφτομαι άρα υπάρχω»* και τον δυϊσμό σε ψυχή και σώμα του René Descartes, προσέγγιση η οποία έκλεινε προς έναν ακραίο υποκειμενισμό-σολιψισμό, περάσαμε σε απόψεις όπου νούς και σώμα διαφέρουν, αλλά μοναδικά πραγματικά αίτια των νοητικών εμπειριών είναι τα φυσικά γεγονότα και διεργασίες (επιφαινομεναλισμός). Η συνείδηση σχετίζεται με το μηχανισμό του σώματος απλά ώς παράπλευρο προϊόν της λειτουργίας του και δεν έχει καμία επίδραση στη λειτουργία του. Πιο πρόσφατες υλιστικές απόψεις υποστηρίζουν ότι ο νους και η συνείδηση ταυτίζονται με τις λειτουργίες του εγκεφάλου ή τουλάχιστον με ορισμένες από τις λειτουργίες του και μερικές φθάνουν στο σημείο να αρνούνται ότι η συνείδηση έχει οποιαδήποτε οντολογική ή γνωστική εγκυρότητα παρά ότι είναι λειτουργία εγκεφαλικών κυκλωμάτων. Ορισμένοι φιλόσοφοι υποστήριζαν ότι μόλις γίνει κατανοητή η λειτουργία του εγκεφάλου, η έννοια της συνείδησης θα εκλείψει όπως και η έννοια του *«φλόγιστρου»* για όλα τα καύσιμα υλικά όταν έγινε κατανοητή η διαδικασία της οξείδωσης. Στο πλαίσιο των υλιστικών προσεγγίσεων περιλαμβάνεται και η άποψη ότι, εάν η συνείδηση δημιουργείται από φυσικά συμβάντα στον εγκέφαλο, τότε προκύπτει μάλλον παρά περιορίζεται από αυτά, όπως οι ιδιότητες του νερού προκύπτουν από το χημικό συνδυασμό ατόμων υδρογόνου-οξυγόνου, άσχετα με τις ιδιότητες των δύο στοιχείων ξεχωριστά.

Κοινή πεποίθηση όλων αυτών των στοχασμών είναι ότι δεν υπάρχει ουσία συνείδησης διακριτή από την ουσία του εγκεφάλου, αντιθέτως θεμελιώνουν μια πίστη σε ένα ενσωματωμένο μυαλό, πίστη η οποία κλονίστηκε όταν η ηλεκτρονική αναπαράσταση του μυαλού έδειξε κάτι διαφορετικό

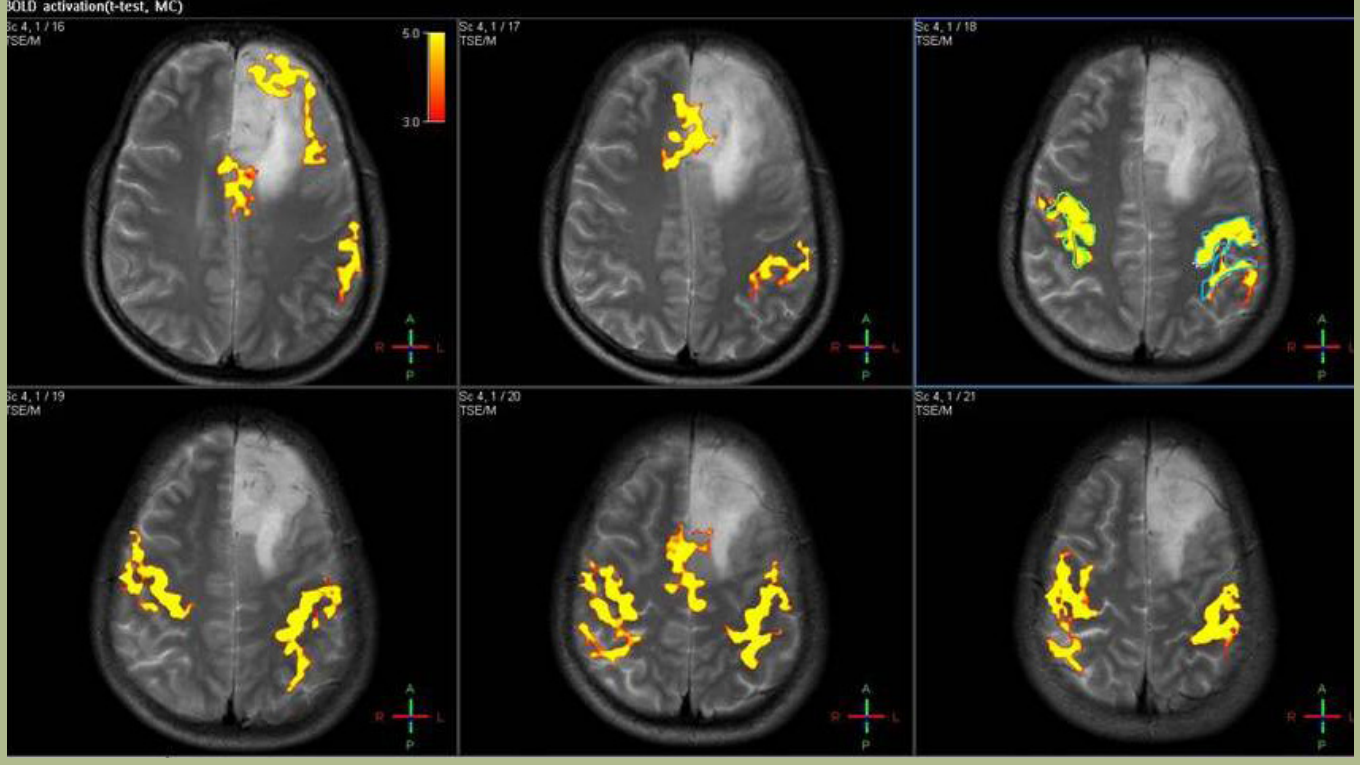


Σχεδιάγραμμα του Καρτέσιου
Ιδέες σχετικά με το πώς ο εγκέφαλος σχηματίζει νοητικές εικόνες ενός αντικειμένου. Η αλληλεπίδραση νοητικής ουσίας και σωματικής ουσίας υποτίθεται ότι γίνεται στην επίφυση (H).

από αυτό που φανταζόμασταν ή είχαμε μοντελοποιήσει.

Ο φιλόσοφος Colin Mcginn σημειώνει.*«Εδώ και πολύ καιρό προσπαθούμε να λύσουμε το πρόβλημα της σχέσης σώματος και νου. Αντιστέκεται πεισματικά κόντρα και στις καλύτερες προσπάθειές μας. Το μυστήριο παραμένει. Πιστεύω πως έφτασε η ώρα να παραδεχτούμε ευθαρσώς, ότι δεν είμαστε σε θέση να το λύσουμε. Δεν έχουμε ακόμα τη παραμικρή ιδέα για το πως το νερό του εγκεφάλου μετατρέπεται στο κρασί της συνείδησης»*[1]. Σήμερα υπάρχουν αυτοί που υποθέτουν ένα καθοδηγημένο από το σώμα μυαλό και αυτοί που υποστηρίζουν ένα μυαλό καθοδηγούμενο από την αποδεδειγμένη νευρολογικά ύπαρξή του. Τα απαραίτητα εργαλεία για την επιστημονική μελέτη της σκέψης, έγιναν διαθέσιμα και έτσι το ζήτημα της συνείδησης ξέφυγε από τα στενά φιλοσοφικά όρια τα οποία περιορίζονταν από τη διαδικασία του σκέπτεσθαι και μόνο. Ψυχολόγοι και νευροεπιστήμονες αντιμετωπίζουν πλέον τη συνείδηση ώς μια πειραματική παράμετρο.

Η ανασκόπηση των στοχαστικών εξελίξεων γύρω από το ζήτημα της συνείδησης μας επιτρέπει να κατανοήσουμε ότι η θεωρία της αντίληψης αποτελεί συνεχές θύμα της διάκρισης μεταξύ φαινομενικού και νοούμενου. Το πρόβλημα τοποθέτησης της ολότητας του μυαλού προέρχεται από την ανάγκη επεξήγησης της νόησης μέσα από μια θεωρία του πολιτισμού σχεδιασμένη κατά την εικόνα του ανθρώπου, μια θεωρία στην οποία όχι τα πράγματα αλλά ο άνθρωπος βρίσκεται στο τιμόνι.



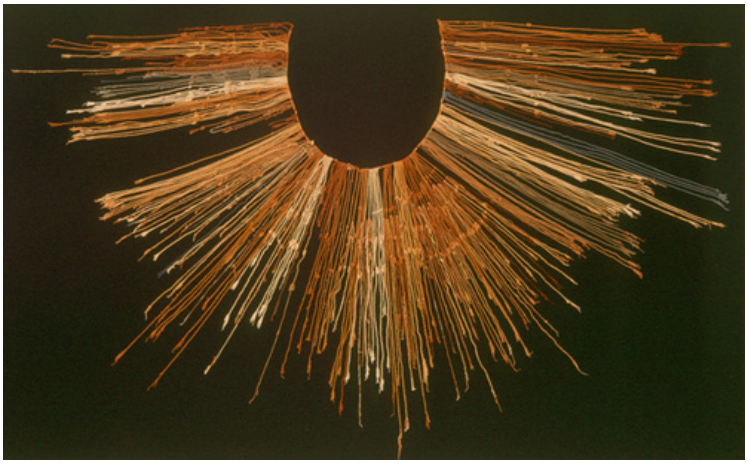
Η τεχνική της Λειτουργικής Μαγνητικής Τομογραφίας
Η Λειτουργική Μαγνητική Απεικόνιση (functional Magnetic Resonance Imaging – fMRI) αποτελεί τη μοναδική μη επεμβατική τεχνική που επιτρέπει στους επιστήμονες να παρατηρήσουν για πρώτη φορά τον ανθρώπινο εγκέφαλο «in-vivo», δηλαδή ζώντα, καθώς αυτός εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες

Η συσκευή **iBrain** της εταιρίας NEUROVIGIL σχεδιάστηκε αρχικά με σκοπό τη καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια του ύπνου όμως όπως αποδείχτηκε έχει τη δυνατότητα να διαβάζει μοτίβα σκέψης. Η συσκευή λειτουργεί λαμβάνοντας τα εγκεφαλικά κύματα σε πραγματικό χρόνο από μια επαναλαμβανόμενη σκέψη (πχ χέρι σε γροθιά) και τροφοδοτεί έναν αλγόριθμο ο οποίος τα μεταφράζει σε λέξη,γράμμα, ή εντολή για υπολογιστή.

τα πράγματα ως εικόνες

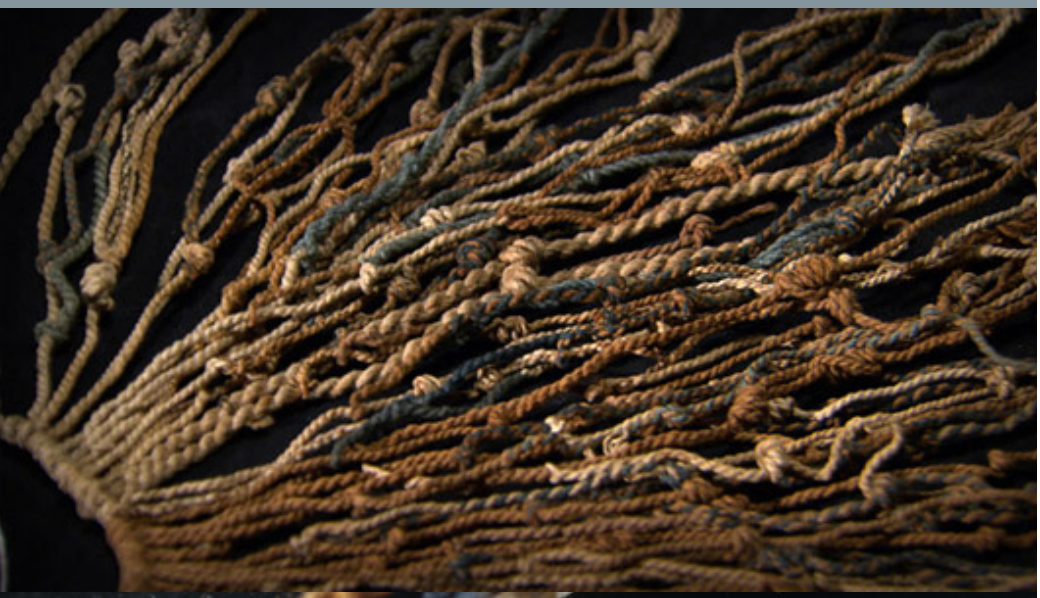
Ο Marvin Harris (1975) σε κείμενά του ορίζει τον πολιτισμό ως *«τα πρότυπα συμπεριφοράς και σκέψης μιας κοινωνικής ομάδας που μαθαίνονται και διαμοιράζονται»*. Αυτή η θεώρηση του πολιτισμού απομειώνει τα πράγματα σε ένα πλαίσιο μιας μαθητευόμενης συμπεριφοράς. Από την εποχή του Emile Durkheim οι λόγιοι έχουν κατασκευάσει την *«κοινωνική ζωή των πραγμάτων»* από μια αντιστοιχία και ίσως μια ψύχωση με τη κοινωνική ζωή του ανθρώπου. Για πολλούς αιώνες επικράτησε ένας συμβιβασμός με το νόημα ότι το υλικό είναι δεκτικό σε ιδέες που προβάλλονται σ' αυτό. Ο άνθρωπος δημιουργεί τ' αντικείμενα και τ' αντικείμενα υφαίνουν το πλέγμα των ιδιαιτεροτήτων της κοινωνικής του ζωής, μέσα από τις αξίες που τους έχει προσδώσει. Αυτή η προβολική πλάνη προδίδει μια αποστροφή για τα υλικά, θεωρώντας τα ως μη ζωντανά, ικανά να σωθούν μόνο μέσω μιας αντιληπτικής προσέγγισης που μπορεί να φέρει στο προσκήνιο το νοητικό μάτι. Τα υλικά πράγματα επιτρέπονται στην ανάλυση του πολιτισμού μα μόνο για όσο υπηρετούν τους στόχους του μυαλού να αυτοπροβληθεί, με τους εκάστοτε ντετερμινιστικούς ή όχι, αλλά σε κάθε περίπτωση υποκειμενικούς όρους. Αυτή η θέση καταδεικνύει τη θεωρία του πολιτισμού ως έναν απαρχαιωμένο επεξηγηματικό παράγοντα για τα υλικά καθώς δεν αναπτύσσει μια θεματική αναλύσεων για το πως η σκέψη μπορεί να διεξαχθεί μέσα στα πράγματα και να τα συνοδέψει.

Στο *«Πρωτόγονος Πολιτισμός»*[2] ένα από τα πλέον αναγνωσμένα εγχειρίδια για το πολιτισμό, ο Βρετανός εθνολόγος Edwart Tylor ορίζει τις τέχνες ως *«δυνατότητες»*. Ο ορισμός αυτός γίνεται κατανοητός καθώς κατά τον Tylor ο πολιτισμός δεν αναφέρεται στη συμπεριφορά ή στα παράγωγά του όπως εργαλεία και τέχνες ή άλλα τεχνήματα. Αντίθετα ο πολιτισμός λογίζεται ότι αποτελείται από μοιρασμένες περιορισμένες κατανοήσεις που ενυπάρχουν στα μυαλά των ανθρώπων, *«ποτέ στα τεχνήματα από μόνα τους»*. Μια τέτοια θεώρηση υποθέτει ότι υπάρχει κάτι μέσα στο μυαλό το οποίο είναι ήδη εκεί, μια οικουμενική αντίληψη για την οποία τα πράγματα λειτουργούν καταλυτικά, ώστε να αναδυθεί στην επιφάνεια, τόσο σε ατομικό όσο και σε συλλογικό επίπεδο. Το τέχνημα των Ίνκα και των ευρύτερων πολιτισμών των Άνδεων *«Quipu»* ή *«Khipu»* αποτελεί μια τέτοια περίπτωση, ενός αντικειμένου που μπορεί να φέρει μια ενυπάρχουσα αντίληψη στο προσκήνιο. Το αντικείμενο αυτό έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει και να δημιουργήσει στο μυαλό μέσω μιας αφηγηματικής διεπαφής, ιστορίες, μνήμες και τη συσσωρευμένη γνώση ανθρώπων του παρελθόντος.



Αναπτύγματα Khipu Η λέξη Khipu σημαίνει «κόμπος» στη γλώσσα των Ίνκα. Αποτελείται από χρωματιστά κορδόνια με κόμπους και χρησιμοποιόταν από τους πολιτισμούς των Άνδεων σε απογραφές και βιβλιοθετήσεις από το 3000 π.Χ.

Με την επινόηση της *«κοινωνικής ζωής των πραγμάτων»*, η ανθρωπολογία και οι γειτονικές επιστήμες, συνήθιζαν να διαλέγουν το τί μπορούν ν' αποκαλύψουν τα πράγματα για τη σκέψη. Σύμφωνα μ' αυτές η υλικότητα και η μορφή που παίρνει στο πολιτισμό, βασίζεται σε μη συνειδησιακές, ενσωματωμένες και συνηθισμένες δράσεις. Μια συνεκτική θεωρία της αντίληψης σχετική με τις ανθρωπολογικές και κοινωνικές επιστήμες δεν υπήρξε, όμως ένα κυρίαρχο θέμα επικράτησε στις μελέτες του πολιτισμού, αυτό της μνήμης. Μια φανατική ψύχωση με την δυνατότητα ανάδυσης μνήμης προερχόμενη από τ' αντικείμενα. Ενα μοντέλο που βασίστηκε σ' αυτή τη δυνατότητα και χρησιμοποιήθηκε στην οργανωτική εγκυρότητα αρχείων και



Το νόημα του Khipu βγαίνει από το μήκος και το χρώμα των κορδονιών του, τον τρόπο που είναι ενωμένα, τους τύπους των κόμπων σε κάθε «cluster» (υποσύνολο), και τη σχετική θέση του «cluster» στο ευρύτερο ανάπτυγμα. Υπάρχουν τρία βασικά χαρακτηριστικά που κάνουν το Khipu ένα ξεχωριστό τέχνημα για τις θεωρίες του πολιτισμού και της αντίληψης.

- Δεν αποτελεί μια απλή χρηστική μνημονική συσκευή.
- Η αφή του υλικού του, αποτελεί μια νέα παράμετρο διάδρασης
- Η διάδραση αυτή, το μετατρέπει από ένα απλό σύστημα μέτρησης,, σ 'ένα αφηγηματικής εξήγησης (σύνθεση λέξεων και αριθμών).

Πάνω στις μελέτες του Khipu και της Αμερικανικής φολκλόρ βασίζεται ο τομέας των εθνομαθηματικών και της εθνογραφίας. Τα εθνομαθηματικά αφορούν τον εντοπισμό μαθηματικών ιδεών που συνέβαλλαν διαισθητικά στη δημιουργία πραγμάτων και προσέλκυσαν αυτούς που ενδιαφέρονται να εδραιώσουν την οικουμενικότητα της ανθρώπινης αντίληψης σ' αντίθεση μ' αυτούς που πισωγυρίζουν σε μια εξελικτική θεωρία αντίληψης. Τα διαισθητικά μαθηματικά κρύβουν γνώσεις πλοήγησης, προσανατολισμού, χαρτογράφησης, πρόβλεψης και υπολογισμού. Η μέτρηση κατά το παρελθόν με τα δάχτυλα ή με άβακα, αρκούσε για να δείξουμε ότι η μαθηματική σκέψη αφθονεί ακόμα κι αν απουσιάζει μια γενικότερη μαθηματική αιτιολόγηση.

μουσείων, έχασε σταδιακά τη σημασία του μέσα από μια επερχόμενη πνευματική οικονομία κατά την οποία τα «αποκλειστικά δικαιώματα» μεταφοράς μνήμης, δεν ανήκουν πλέον στα πράγματα αλλά στις πηγές. Αυτή η πνευματική οικονομία είναι ευρύτερη και καθημερινή, η φόρτωση χιλιάδων μουσικών τίτλων σε μια playlist έχει απομειώσει τη προσδιδόμενη αξία στο κάθε κομμάτι και την έχει μεταφέρει στον ιστότοπο και στο server που τα φιλοξενεί.

Μια αντίστοιχη αλλαγή έχει συντελεστεί με τον ερχομό της ηλεκτρονικής εικόνας η οποία έρχεται στη θέση του λόγου ως το κύριο όχημα μεταφοράς γνώσης. Πλέον δε πιστεύουμε όσο παλαιότερα στη πληροφορία του γραπτού ή προφορικού λόγου ενώ παράλληλα οι εικόνες είναι πιο οικονομικές και γρήγορες για τη μεταφορά, επιτρέποντας στη Barbara Maria Stafford να δηλώσει ότι, *«η αντίληψη είναι μια σημαντική μορφή γνώσης, ίσως η σημαντικότερη»*. Αυτή η δήλωση γίνεται κατανοητή με τις πιο πρόσφατες μελέτες όπου τα πράγματα λειτουργούν ως εικόνες κάνοντας τη κοινή μάθηση δυνατή (Bourlieu 1977, Keane 1997)[3]. Τέτοιες μελέτες επανέφεραν στο προσκήνιο τη ξεχασμένη δουλειά του Aby Warburg ο οποίος με το έργο του «Μνημονικός Άτλας» (Mnemosyne Atlas) παρουσίασε ουσιαστικά μια κατάθεση στην ικανότητα των εικόνων να προωθούν συνδέσεις που αναδύονται ώς σκέψη. Η βίωση σε μια εποχή όπου η γνώση και τα πράγματα οργανώνονται με νέους τρόπους, καθοδηγεί σε μια αναθεώρηση των συμπερασμάτων μας για την υλικότητα που περιλαμβάνει μια νέα παράμετρο, τη τεχνολογία της νόησης όπου οι εικόνες βασιλεύουν.

Ένας εικονικός πληθωρισμός έχει εδραιωθεί στο κοινωνικό χώρο, καθημερινά η γνώση μας ανανεώνεται από εκατομμύρια εικόνες μέσα από μια οικολογία οθονών που αναδύθηκε με τη ψηφιακή επανάσταση των τελευταίων 50 ετών. Έχουμε εξελίξει μια κοινωνία εθισμένη στις εικόνες και στο θέαμα. Οι οθόνες «παραμονεύουν» ως gadjets στα προσωπικά αντικείμενα. Κάθε μέρα είναι εκεί, έτοιμες να μας παραλάβουν από τη προβολική σκηνή του μυαλού που μετουσιώνεται στα όνειρα και να μας εισάγουν σε μια νέα, εξωσωματική, πλασμένη και δομημένη με την αντίληψη και γνώση των δημιουργών του περιεχομένου της. Στο NYCity[2] μέρος του ευρύτερου σχεδιασμού MyCity[2] που περιλαμβάνει αρκετές πόλεις, οι δημιουργοί Φώτης Σαγώνας και Ιωάννης Οικονόμου μεγεθύνουν αυτή τη προβολική σκήνη στη κλίμακα όλης της πόλης με πρωταγωνιστές στη διαμόρφωση της, τους ίδιους τους κατοίκους αλλά και τους αρχιτέκτονες. Η ατομική νόηση, μέσω τεχνολογιών augmented reality[4] έχει τη δυνατότητα να έρθει σ' επαφή με τις αναρίθμητες αντιλήψεις και οράματα για τη πόλη, να εντοπίσει σημεία συλλογικής προσμονής αλλά και προσωπικής διαφωνίας.

Οι εξελίξεις που συντελέστηκαν στη νευροεπιστήμη για τη μοντελοποίηση της εικονοβασισμένης σκέψης, έφεραν στην επιφάνεια ένα πολύπλοκο δίκτυο μυαλού, εγκεφάλου, σώματος , εικόνας που θεμελίωσε νέους τρόπους σκέψης για τη φύση της συνείδησης. Σήμερα οι τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν τη μοντελοποίηση της νοημοσύνης στις εικόνες και στα πράγματα μέσω της ψηφιακής προσομοίωσης. Όπως σημειώνει η Stafford *«όσο η νοημοσύνη σχεδιάζεται στα καθημερινά προϊόντα, ξαναθυμόμαστε το προ μοντέρνο νόημα, ότι δεν υπάρχει μη ζωντανή ύλη»*, η ίδια διακηρύσσει την ανάγκη κατασκευής νέων μεθοδολογιών σκέψης που θα συνδυάζουν την «αναλογική δύναμη του εικονικού και του υλικού» ως μια βάση για την εξέλιξη μιας κοσμοθεωρίας όπου υποκείμενα και αντικείμενα δε βρίσκονται σε αντιπαράθεση μεταξύ τους.

Εάν δημιουργείται ένα ερωτηματικό για τη σκοπιμότητα παρουσίασης όλων των παραπάνω θεωρήσεων , αυτό οφείλει ν' απαντηθεί μέσα σ΄ένα πλαίσιο εξέτασης της ψηφιακής προσομοίωσης και της σημασίας της στην αφήγηση του παραγόμενου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Σε κάθε περίπτωση η ανασκόπηση αυτή προκύπτει από μια προσωπική ανάγκη δημιουργίας μιας βάσης συμπερασμάτων που συνοψίζεται στο ότι οι σκέψεις δεν είναι λιγότερο φυσικές από τ' αντικείμενα, η σκέψη δεν είναι λιγότερο φυσική από τη πράξη. Επίσης η σκέψη είναι πλέον δεμένη σε τέτοιο βαθμό με τ' αντικείμενα ώστε η καθημερινότητά μας να παρουσιάζεται όχι με τη φαινομενολογική απομείωση του κόσμου στην αντίληψη, αλλά με την αντίληψη επαναπροσδιορισμένη ως κάτι διασκορπισμένο στον υλικό κόσμο. Όλο και περισσότερο φλερτάρουμε με τις σουρεαλιστικές αρχές που πρεσβεύουν το νόημα ότι μυαλό και ύλη είναι το ίδιο.

1. Φιλόσοφος με ακραίες θέσεις ως προς το ζήτημα αυτό. _ ''Το σύμπαν της συνείδησης: Πως η ύλη γίνεται φαντασία'', Απόδοση στα ελληνικά: Βασιλική Βακάκη, Επιστημονική επιμέλεια: Νεκτάριος Ταβερναράκης, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης (2006), σελ 31_ Τίτλος πρωτότυπου ''A universe of consciousness: How matter becomes imagination'' by Gerald M. Edelman & Giulio Tononi (2000)

2,3. Kuechler, S ''Materiality and Cognition: The Changing Face of Things'' (2005) σελ 206-231

4. Μεταφράζεται ως «επαυξημένη πραγματικότητα» και αφορά τη ζωντανή, άμεση ή έμμεση όψη ενός φυσικού, πραγματικού περιβάλλοντος τα στοιχεία του οποίου επαυξάνονται μέσω υπολογιστικά επεξεργασμένων αισθητηριακών δεδομένων όπως ήχος, βίντεο, γραφικά ή δεδομένα GPS.

79
Schmeling Mittwoch
wieder in Berlin
ab nach Lakehurst!
bei den Massenkämpfen in Palästina
ger Konferenz gescheitert
lassen des Sektauer Unglücksamtes

Aby M. Warburg,
«Mnemosyne-Atlas»
1924-1929

Φώτης Σαγώνας - Ιωάννης Οικονόμου **NYCity²** (2011). Το project καλεί τους πολίτες να συμμετέχουν ενεργά στο σχεδιασμό της γειτονιάς τους, σ' ένα αστικό και αρχιτεκτονικό πείραμα που λαμβάνει τις προτάσεις των κατοίκων και τις θέτει υπόψη των αρχιτεκτόνων. Η επιλογή της τοποθεσίας γίνεται μέσα από το διαχωρισμό μιας πανοραμικής εικόνας της πόλης σε κάνναβο με αριθμημένα τετράγωνα. Οι αρχιτέκτονες αναλαμβάνουν να οπτικοποιήσουν τις πλειοψηφικά επικρατέστερες προτάσεις για κάθε γειτονιά και τις θέτουν σε δημόσια διαβούλευση μέσω της augmented reality τεχνολογίας που είναι προσβάσιμη από τα σύγχρονα smart phones και tablets. Ο μετασχηματισμός της κάθε τοποθεσίας είναι συνεχής και ενημερώνεται με νέες εισηγήσεις.

τα σύγχρονα εθνομαθηματικά

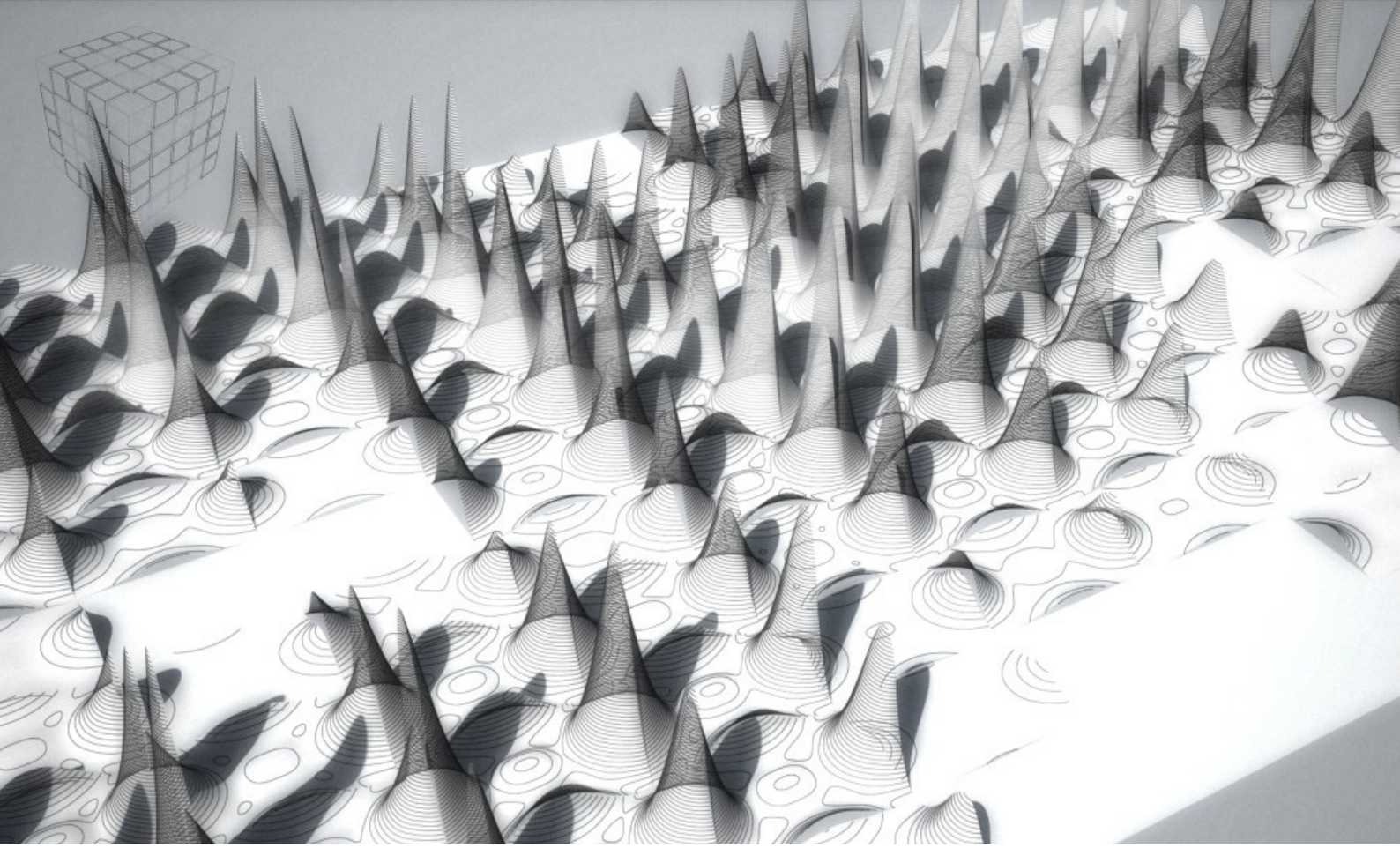
Για τον Leroi Ghouran στό βιβλίο του ''Le geste et la Parole'', *«η εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού σημαδεύεται από τη σταδιακή εξωτερίκευση λειτουργιών μέσω εργαλείων. Όλα άρχισαν με τα πρώτα λίθινα εργαλεία που εξωτερίκευσαν την ικανότητα του χεριού, ενώ το σημερινό στάδιο βρίσκεται στην εξωτερίκευση των πνευματικών λειτουργιών όπως η μνήμη, μέσω των υπολογιστών»*[1]. Μια εξέλιξη αυτής της θεώρησης είναι αυτή του μαθηματικού Alfred North Whitehead κατά τον οποίο ο πολιτισμός *«εξελίσσεται διευρύνοντας τον αριθμό των σημαντικών λειτουργιών που μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς να χρειάζεται να σκεφτούμε γι' αυτές»*.

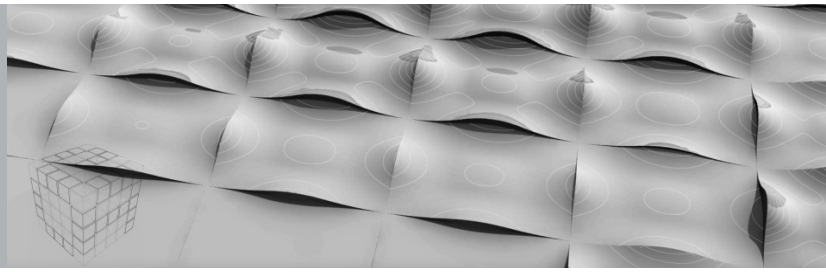
Μια τέτοια εξελικτική διαδικασία έχει συντελεστεί και στο τομέα του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού με την εισαγωγή της ψηφιακής προσομοίωσης. Ο Derrick de Kerckhove σημειώνει, *«πλέον δε λειτουργούμε μόνο σε δύο χώρους, τον φυσικό και τον πνευματικό, αλλά έχουμε εισάγει μια τρίτη ζώνη διερεύνησης, αυτό που ονομάζουμε ψηφιακό χώρο, κυβερνοχώρο, εικονικό χώρο, πέστε το όπως θέλετε»*[2]. Ο διαβήτης, ο παραλληλογράφος και τα τρίγωνα αντικαταστάθηκαν από μεταβαλλόμενα splines, nurbs και blobs, ενώ χειρισμοί οι οποίοι προϋποθέταν έναν υπολογισμό, μια διαδικασία σκέψης (π.χ διαίρεση ενός τμήματος σε ίσα μέρη) γίνονται πλέον αυτόματα. Επίσης τα ψηφιακά εργαλεία έχουν ενσωματωθεί σε τέτοιο βαθμό στη σχεδιαστική φιλοσοφία ώστε πλέον το πεδίο της δημιουργίας και εξέλιξης τους δεν εντοπίζεται αποκλειστικά στις εταιρίες που παράγουν τα σχεδιαστικά πακέτα, αλλά έχει συμπεριλάβει και τους ίδιους τους σχεδιαστές που ανταποκρίνονται στην ανάγκη να δημιουργήσουν εξειδικευμένα εργαλεία για τα projects τους. Με τη χρήση τεχνικών προγραμματισμού (scripting) σε λογισμικά ανοικτού κώδικα μπορούν να δημιουργηθούν νέα ψηφιακά εργαλεία τα οποία είναι προσβάσιμα και εξελίξιμα απ' όλους.

Όπως σημειώνει ο Drew Leder στην αναζήτηση του Maurice Merleau Ponty για την ανάλυση της αντίληψης, *«η ενσωμάτωση είναι αυτό που μας επιτρέπει ν' αποκτήσουμε νέες δυνατότητες οι οποίες μπορούν να εδραστούν σε κανονισμένες συνήθειες. Όσο περνάει ο καιρός, οι συνήθειες ενσωματώνονται και εξαφανίζονται»*[3]. Για παράδειγμα μεταξύ των εφήβων η ενασχόληση με τα videogames, έχει προωθήσει ορισμένα ειδικά ανακλαστικά, κάνοντας πολλούς νευρολόγους ν' αναρωτηθούν, για το κατά πόσο οι νοητικοί μας χάρτες έχουν εξελιχθεί ώστε να κάνουν δυνατή τη βιρτουόζικη χρήση των πληκτρολογίων και των joysticks. Η αναγωγή μιας τέτοιας θεώρησης στο επίπεδο του ψηφιακού σχεδιασμού υποθέτει μια όλο και εντονότερη εξοικείωση με τις ψηφιακές μεθόδους που έχει ως αποτέλεσμα την καλλιέργεια και εξέλιξη των αντίστοιχων σχεδιαστικών ανακλαστικών. Έτσι σήμερα οι νοητικοί χάρτες των σχεδιαστών εξελίσσονται στη χρήση των ψηφιακών μέσων ώστε να φέρουν τα projects σε μια κατάσταση ροής, θέτουν διαδικασίες για να παράγουν νέες γεωμετρίες και συμπεριφορές.

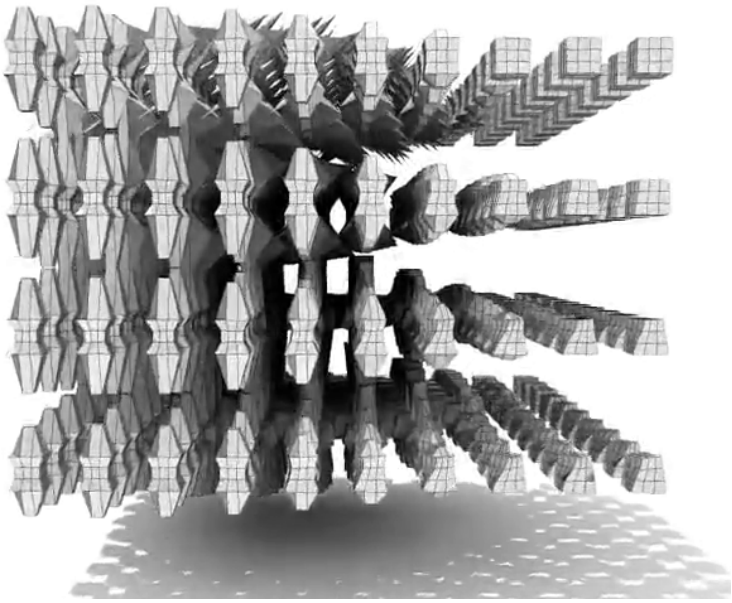
Όπως επισημάνθηκε πρωτύτερα τα τεχνήματα του παρελθόντος μέσω των υλικών ποιοτήτων αποτελούσαν ένα είδος αφηγηματικών αντικειμένων που μπορούσαν να μεταφέρουν στοιχεία μιας οικουμενικής αντίληψης, όπως γνώσεις πλοήγησης, προσανατολισμού, χαρτογράφησης πρόβλεψης υπολογισμού, και γενικότερων διαισθητικών μαθηματικών. Σήμερα με την οικολογία των οθονών τα πράγματα έχουν περιέλθει σ' ένα πλαίσιο όπου λειτουργούν ώς εικόνες, επομένως ποια είναι εκείνα τα στοιχεία γνώσης και εξέλιξης που μεταφέρουμε μέσω των εικόνων και της ψηφιακής προσομοίωσης; Ποιές είναι οι μαθηματικές ιδέες του σήμερα που έρχονται στη θέση των διαισθητικών μαθηματικών; Ο Max Bill (1995) αναφέρει ότι, *«όπως τα μαθηματικά μας παρέχουν με βασικές μεθόδους αντίληψης-γνώσης και μπορούν να μας ενεργοποιήσουν ώστε να συλλάβουμε τα φαινόμενα που μας περιβάλλουν, έτσι κάποια από τα στοιχεία τους θα μας εξοπλίσουν με νόμους ώστε να εκτιμήσουμε τις διαδράσεις ξεχωριστών αντικειμένων ή γκρουπ αντικειμένων, το ένα με το άλλο. Επιπλέον, αφού είναι τα μαθηματικά που δίνουν και τονίζουν τη σημασία σ' αυτές τις σχέσεις, είναι φυσικό από την ερμηνεία τους να θέλουμε να περάσουμε στη πορτρετοποίησή τους»*[4].

Η εμφάνιση της τοπολογίας κατά τον 19ο αιώνα υπήρξε η μεγαλύτερη επινόηση στην εξέλιξη των μαθηματικών, όσον αφορά τη συμβολή τους στη τεχνολογία και την επιστήμη. Η τοπολογία είναι κλάδος των μαθηματικών και μπορεί να οριστεί ως η μελέτη των ποιοτικών ιδιοτήτων ορισμένων αντικειμένων (τοπολογικοί χώροι) που είναι αμετάβλητες κάτω από ένα ορισμένο τύπο παραμόρφωσης (συνεχής χάρτης). Ειδικότερα αυτών των ιδιοτήτων που παραμένουν αμετάβλητες κάτω από ένα ορισμένο τύπο ισοδυναμίας (ομοιομορφία). Με πιο απλά λόγια είναι η μελέτη του πως τ' αντικείμενα διατηρούν το σχήμα τους ενώ υπόκεινται σε παραμόρφωση και αφορά την συνέχεια, την συνδεσιμότητα και την σύγκλιση. Η τοπολογία ανήκει στον Ευκλείδειο χώρο όμως *«φωτίζει»* μια μη μηχανική αντίληψη γι' αυτόν, παρουσιάζοντας τις γεωμετρίες όχι ως τελικές καταστάσεις αλλά ως μεταλλάξεις όπου τώρα εξηγούνται



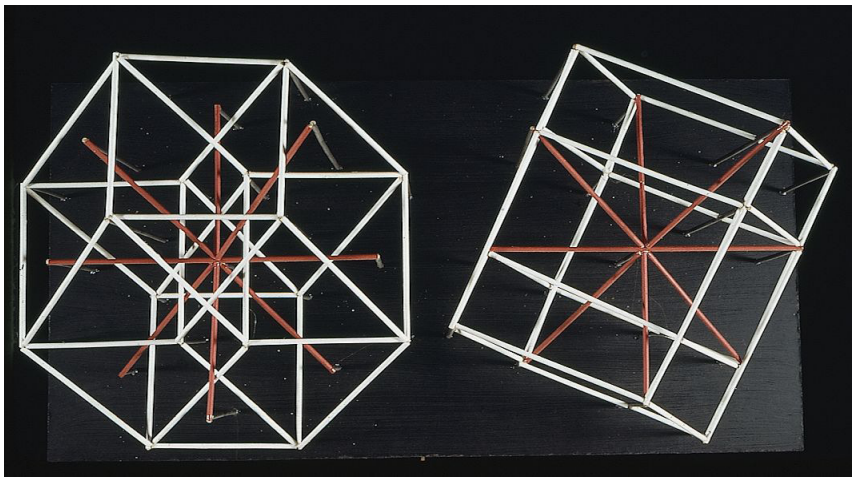


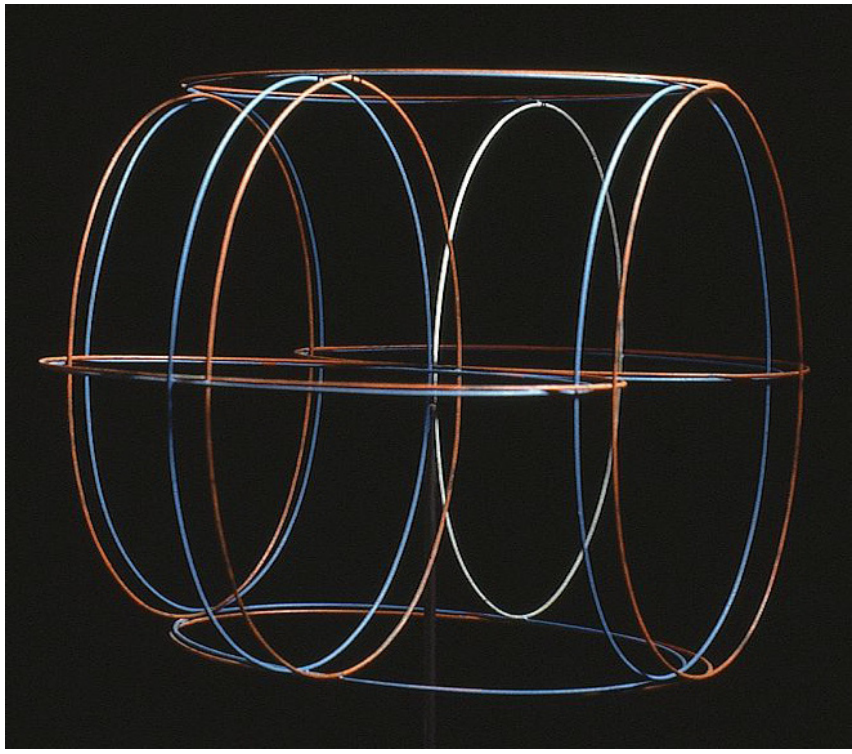
_ morpher field
object-e architecture/ δημήτρης γουρδούκης
2011
«Το μόνο πράγμα που μπορεί να είναι τοπολογικό είναι η μετάλλαξη. [...] Η τοπολογία ενός αντικειμένου διατηρείται, όταν το αντικείμενο περνάει μέσα από συνεχείς μεταλλάξεις. Από την άλλη, η τοπολογία ενός αντικειμένου αλλάζει εάν για παράδειγμα μια τρύπα εισαχθεί σ' αυτό. Ως εκ τούτου η μορφοποίηση αφορά αυτή την οπτική: τον τρόπο με τον οποίο ένα αντικείμενο μεταλλάσσεται συνεχώς, κινούμενο από ένα γεωμετρικό σχήμα σ' ένα άλλο, ενώ διατηρεί τη τοπολογία του σταθερή»[10].
Fields part II: Morpher/BlendShapes



με όρους συνδεσιμότητας μεταξύ περιοχών του χώρου. Με την ανάπτυξη του ψηφιακού λογισμού τέτοιες μεταλλάξεις μπορούν να εντοπιστούν. Πλήθος νέων κλάδων στους τομείς της γενετικής, της βιολογίας και της φυσικής, αναδύθηκαν μέσα από τη μελέτη της αυτοοργάνωσης που επικαλείται η τοπολογία (Barrow 1992). Αυτή η θεμελιωμένη αντίληψη της τοπολογίας πρός μία συνεχόμενη μετάλλαξη, υπαινίσσεται μια εμμονή, μια αναζήτηση για την απεικόνιση της τέταρτης διάστασης που αποτελεί κοινό τόπο αναζήτησης με τη μοντερνιστική τέχνη και ειδικότερα τα υπερ-στερεά (hypersolids) του David Brisson και τις τεχνικές των υπερ-αναγλύφων (hyperanaglyphs) και υπεργραφιμάτων (hypergraphics).

Τα μαθηματικά δεν αποτελούν το αποκλειστικό στοιχείο στη διαδικασία ζύμωσης ιδεών για τη διαμόρφωση του ψηφιακού σχεδιασμού. Η εξελίξεις στους τομείς της βιολογίας, της νευροεπιστήμης και της μελέτης των οικοσυστημάτων έχουν υποσκελίσει τις μηχανικές και δομικές προδιαγραφές που ήταν κάποτε στην αιχμή της τεχνολογίας και επιστήμης. Αυτή η εδραιωμένη σήμερα, νέα βιολογική προσέγγιση, περιέχει τρείς διαφορετικές κατηγορίες έμπνευσης και ειδικότερα, οπτική έμπνευση, υπολογιστική έμπνευση και εννοιολογική έμπνευση[5]. Στη πρώτη κατηγορία η μελέτη φυσικών μορφών και δομών έχει ώς αποτέλεσμα την μίμησή τους με σκοπό την υιοθέτηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων τους. Για παράδειγμα η κυτταρική μικροδομή των φύλλων λωτού, επιτρέπει στο φυτό να παρουσιάζει ιδιότητες υδροφοβισμού. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται σταγονίδια τα οποία πέφτοντας παρασέρνουν τη σκόνη και το καθαρίζουν. Τέτοιες μικροδομές αντιγράφονται στη βιομηχανία παραγωγής έξυπνων υλικών με σκοπό τη δημιουργία αδιάβροχων συσκευών. Η δεύτερη κατηγορία αφορά τη μελέτη των συστημάτων που βρίσκονται πίσω από τη δημιουργία των φυσικών μορφών και δομών όπως patterns ή διακλαδώσεις και έχει ως στόχο την ανάπτυξη αλγορίθμων που θ' αναπαράγουν τις γεωμετρίες αυτές, προσαρμοσμένες στα κριτήρια των σχεδιαστών. Η ψηφοθέτηση voronoi και η διακλάδωση με σύστημα Lindenmayer (L-system) αποτελούν παραδείγματα αυτής της κατηγορίας. Στη τελευταία κατηγορία ανήκουν περιπτώσεις όπου οι σχεδιαστές προσαρμόζουν





David Brisson (1930-1982) Δύο όψεις ενός υπερ-κύβου-Άποψη υπερ-σφαίρας

αυτούσιες ή επαναπροσδιορισμένες, στο σχεδιασμό τους, βασικές αρχές και ιδιότητες που παρατηρούνται στη φύση και ιδιαίτερα στη μοριακή βιολογία και γενετική. Τέτοιες μπορεί να είναι κυρίαρχες έννοιες όπως η αυτοοργάνωση , η αυτοαναπαραγωγή, η μορφογένεση, η κυτταρική ανάπτυξη, η κυτταρική διαφοροποίηση, η προσαρμοστικότητα, η ανάδυση (emergence)[6], καθώς και οργανωτικές συμπεριφορές οργανισμών, όπως για παράδειγμα η συμπεριφορά σμήνους.

Λεπτομέρεια φύλλου λωτού, Φτέρωμα μύγας-δράκου, Σχηματισμός σμήνους πουλιών

κυβερνητική δευτέρας τάξης

Αντιλαμβάνεται κανείς ότι σημερινός τεχνολογικός μας πολιτισμός έχει βρεί ως κύριο πεδίο έκφρασης το λεπτό υπερδομικό σύστημα οργάνωσης του οικοσυστήματος μας. Έχει αναπτυχθεί μια ετερογενής σχέση μεταξύ τεχνοφιλίας και βιοφιλίας η οποία επηρεάζει το περιεχόμενο των εικόνων που παράγουμε μέσα από τη ψηφιακή προσομοίωση. Η επικέντρωση μας αποκλειστικά και μόνο σε αυτή τη σχέση όσον αφορά την εξέλιξη του σχεδιασμού θα μπορούσε να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα καθώς θα αγνοούσε ένα βασικό παράγοντα που είναι πανταχού παρών, τον ίδιο τον σχεδιαστή. Η αντίληψή μας για το σχεδιασμό πρέπει να συμπεριλάβει την οντότητα του σχεδιαστή και την κατανόηση ότι ο κόσμος του καθενός είναι διαφορετικός και κατασκευάζεται μέσα από τις εμπειρίες και τα βιώματά του. *«Το να προσποιούμαστε ότι, ότι έχει γραφεί, έχει γραφεί χωρίς ένα συγγραφέα, μου φαίνεται να παραποιεί ξεκάθαρα και με πρόθεση αυτό που συμβαίνει, τουλάχιστον όπως το αντιλαμβάνομαι εγώ [...] Μάλλον είναι ότι το ''εγώ'', δε χρειάζεται να περιληφθεί, διότι η δικαιολόγησή του, προϋποθέτει τη δημιουργία μιας επιστημολογίας που δεν αντέχουμε. Χωρίς το ''εγώ'' δε θα υπήρχε τίποτα γι' αναφορά και κανένας για να το αναφέρει»*. (Glanville 1998)[7]

Κατά τον 20ο αιώνα η αρχιτεκτονική συμβιβάστηκε σε μεγάλο βαθμό με τον απρόσωπο τρόπο καταγραφής και περιγραφής της, αρνούμενη το εγώ. Αυτή η προσέγγιση του ουδέτερου, αγαθοεργή αρχιτέκτονα, του ήρωα, του οραματιστή, οδήγησε στη δημιουργία μιας αυτοεπιεικούς προσωπικότητας, η οποία με τη ''διάνοιά'' της πρέσβευε γενικευμένους σοφισμούς, τύπου στύλ και καλού γούστου. Αυτοί οι σοφισμοί θόλωναν το τοπίο γύρω από το πώς η αρχιτεκτονική προσλαμβάνεται, διαδρά και παρατηρείται.

Η κατάρρευση αυτού του συμβιβασμού συντελείται χάρη στα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα ψηφιακά μέσα και έχουν ως αποτέλεσμα, ο σχεδιασμός πλέον να περιλαμβάνει, οικολογικά μονοπάτια, μνήμες, ψυχογεωγραφία και αφηγηματική. Όπως σημειώνει ο Neil Spiller: *«όλες οι αποφάσεις και οι οραματισμοί του αρχιτέκτονα για ένα έργο, η σχέση και επικοινωνία του έργου με τον χρήστη καθώς και η ικανότητα ή ανικανότητα του χρήστη ν' αποκωδικοποιήσει τη δουλειά του, αποτελούν μια γλώσσα και μεταγλώσσα που ορίζει ένα πλούσιο ζωμό συμβιωτικών διαδράσεων μεταξύ αρχιτέκτονα, οραμάτων, αρχιτεκτονικού λεξικού και ιδιοσυγκρασιών αρχιτέκτονα-χρήστη. Η πρόθεση του αρχιτέκτονα και οι προκαταλήψεις του χρήστη, καθώς και οι μορφικές συνδέσεις αποτελούν σύμπαντα συνομιλίας χωρίς κλίμακα. Με όρους κυβερνητικής ένα σύμπαν συνομιλίας υποδηλώνει όλο το φάσμα ιδεών, νοημάτων, και εννοιών που είναι πιθανώς χρηστικές σ' ένα ειδικό πεδίο της συζήτησης. Η θεωρία συζήτησης του Gordon Pask αναζητά τη περιγραφή των παραμέτρων μιας συζήτησης. Μια συζήτηση είναι κυκλική αλλά όχι πάντα λεκτική, προφορική, φραστική. Αυτό συμβαίνει όταν κάποιος παρατηρεί και κάποιος σχολιάζει για συζητήσεις μέσα σε συζητήσεις. Οι συζητήσεις με ανθρώπους αλλά και με τις μηχανές και τις αντανακλάσεις μας σ' αυτές, ορίζουν το ποιοι είμαστε, αυτό είναι κυβερνητική δευτέρας τάξης. Ο σχεδιασμός είναι ένα σύστημα κυβερνητικής δευτέρας τάξης και ο Gordon Pask ο πρώτος που διατύπωσε τη σχέση της κυβερνητικής με το αρχιτεκτονικό σχέδιο»*. Στο ίδιο κείμενό του ο Neil Spiller αναφέρει συγκεκριμένα τα λόγια του Pask. *«Ένας τελευταίος ελιγμός θα καταδείξει την αίσθηση μιας κυβερνητικής θεωρίας. Ας στρέψουμε το παράδειγμα του σχεδιασμού ως προς τον εαυτό του. Ας το εφαρμόσουμε επάνω στη διάδραση του σχεδιαστή με το σύστημα το οποίο σχεδιάζει, παρά στη διάδραση μεταξύ του συστήματος και των χρηστών που το κατοικούν. Το γάντι ταιριάζει σχεδόν τέλεια στη περίπτωση που ο σχεδιαστής χρησιμοποιεί τον υπολογιστή ως βοηθό του. Με άλλα λόγια η σχέση ελεγκτή/ελεγχόμενης ενότητας, διατηρείται όταν αυτές οι λέξεις αντικαθίστανται από τις λέξεις σχεδιαστής/σύστημα που σχεδιάζεται, ή συστημικό περιβάλλον/κάτοικοι, ή αστικό σχέδιο/πόλη. Προσέξτε όμως το κόλπο, ο σχεδιαστής ελέγχει τη κατασκευή του συστήματος ελέγχου και κατά συνέπεια ο σχεδιασμός είναι ο έλεγχος του ελέγχου, εν κατακλείδι ο σχεδιαστής κάνει την ίδια δουλειά με το σύστημά του μόνο που λειτουργεί σ' ένα υψηλότερο επίπεδο στην οργανωτική ιεραρχία»*[8]

Ακριβώς αυτή η έντονη εισαγωγή της προσωπικότητας του αρχιτέκτονα χάρη στον ψηφιακό σχεδιασμό έχει οδηγήσει στη κοινή πεποίθηση ότι πλέον αυτό που σχεδιάζουμε είναι το ίδιο σημαντικό με το πως το σχεδιάζουμε γιατί πίσω από κάθε σχέδιο κρύβεται μια αντίληψη και μια πρόθεση. Ποτέ πριν δεν υπήρξε μια τέτοια ποικιλία μεθοδολογιών και τεχνικών σχεδιασμού στη διάθεσή μας, κάθε μια από τις οποίες να έχει την ικανότητα να ξεπεράσει μια άλλη. Ο σχεδιασμός πλέον λειτουργεί μέσα σ' ένα περιβάλλον διεπιστημονικότητας και συνεργασίας μεταξύ μαθηματικών, νευρολόγων, γενετιστών, και καλλιτεχνών ενώ το παραγόμενο έργο είναι πιο διαισθητικό, υποθετικό εικασιακό και πειραματικό.

Tobias Klein - Density fields in viscous bodies - 2007/08
Εικονικά όργανα επανασχεδιάζονται ως συγκριτικά μοσχεύματα ερευνώντας το σπλαχνικό στάδιο ρευστότητας ανάμεσα σε πραγματικά και εικονικά όργανα. Το έργο ανήκει στη κατηγορία του «Νεοπλασματικού σχεδιασμού», ο οποίος αντλεί την έμπνευσή του από την επιστημονική φαντασία επιστρατεύοντας ημι-ζωντανά υλικά ή ενότητες για να εξερευνήσει την επίδραση των αναδυόμενων και προοδευτικών βιολογικών εξελίξεων πάνω στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Σύμφωνα μ' αυτές η αρχιτεκτονική δεν περιορίζεται πλέον από τη νεκρή ύλη (ξύλο, ατσάλι, σκυρόδεμα κτλ). Ο Νεοπλασματικός σχεδιασμός διαχειρίζεται βιολογικά υλικά και απαιτεί διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ αρχιτεκτονικής, βιολογίας, μικροβιολογίας, βιοτεχνολογίας, ιατρικής και χειρουργικής

ανάγκη επανεφεύρεσης της ύλης

Μέσα σ' αυτή τη κοσμογωνία εξελίξεων, διακρίνεται μια αδυναμία της υλικότητας ν' αντεπεξέλθει. Η υλικότητα αποτελούσε κατά τη μοντερνιστική παράδοση μια παράμετρο δευτερεύουσα σε σχέση με τη μορφή και πάντα προσανατολισμένη στις αξίες της μαζικής παραγωγής. Σήμερα με τις νέες ψηφιακές τεχνικές κατασκευής (digital fabrication) η σχέση αυτή επαναπροσδιορίστηκε και ξαναθυμηθήκαμε τις αξίες των αρχαίων τεχνητών και μαστόρων, την ολοκλήρωση δηλαδή μεταξύ της υλικής υπόστασης και των κατασκευαστικών μεθόδων. Όμως τι γίνεται όταν τα project αναπτύσσονται μέσα σ' ένα πλαίσιο διαφορετικών κανόνων, όταν εντάσσονται κριτήρια όπως η τέταρτη διάσταση, η ποιητική του αρχιτέκτονα μπολιασμένη με σκέψεις αειφορίας και διαδικασίες αυτοοργάνωσης και αυτοαναπαραγωγής που εξάγονται από μια εδραιωμένη βιοφιλία; Τι γίνεται όταν σχεδιάζονται συστήματα στα οποία παρατηρείται μια αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων στοιχείων που τ' αποτελούν , αλλά και τα ίδια αλληλεπιδρούν με τα περιβάλλοντά τους, με λίγα λόγια διαθέτουν χαρακτηριστικά ζωντανών οργανισμών; Φαινόμενα τα οποία εμφανίζονται ως απολύτως ρεαλιστικά στις οθόνες μας με τη βοήθεια της ψηφιακής προσομοίωσης, αδυνατούν να λάβουν φυσική υπόσταση.

Η υλοποίησή τους προϋποθέτει την επανεφεύρεση της ύλης μέσα από συστήματα δομών που ανταποκρίνονται σε αναδυόμενα κριτήρια (υπερδομές hyperstructures). Οι υπερδομές αυτές αποτελούν τις βασικές μονάδες ύλης που εξωτερικεύουν τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των αντίστοιχων ψηφιακών μονάδων. Η σμίκρυνση των υπερδομών σε ένα μικροσκοπικό και γενικότερα ελάχιστο επίπεδο σε σχέση με το μέγεθος του υπερσώματος (hyperbody)[9], είναι σήμερα εφικτή χάρη στις εξελίξεις στη νανοτεχνολογία και τη μοριακή βιολογία. Αυτοί δύο κλάδοι υποθέτουν μια ξεχωριστή πορεία για τη κατασκευή των μονάδων ύλης, με κατασκευή νανορομπότ και με έλεγχο κυττάρων αντίστοιχα. Η ανάπτυξη υβριδικών τεχνολογιών που αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα των δύο κλάδων, προϊδεάζει για μια ακόμα, ίσως καταλληλότερη πορεία. Τα νανορομπότ θα αποτελούν μοριακούς μηχανισμούς,που θα συνδυάζουν οργανικό και ανόργανο υλικό, σ' ένα υβρίδιο που θα εκτελεί ειδικές αποστολές και λειτουργίες, κυρίως μέσω διαδικασιών οργάνωσης σμήνους.

Αυτή η ανάμιξη μηχανικού και βιολογικού, οργανικού και ανόργανου, η έννοια του υβριδίου, κάνει το όριο μεταξύ φυσικού και τεχνητού πιο δυσδιάκριτο από ποτέ ενώ παράλληλα θέτει ζητήματα βιοηθικής περιβαλλοντικής ασφάλειας, υγείας καθώς και παραβίασης πολιτιστικών και ηθικών κανόνων που θ' αναλυθούν παρακάτω.

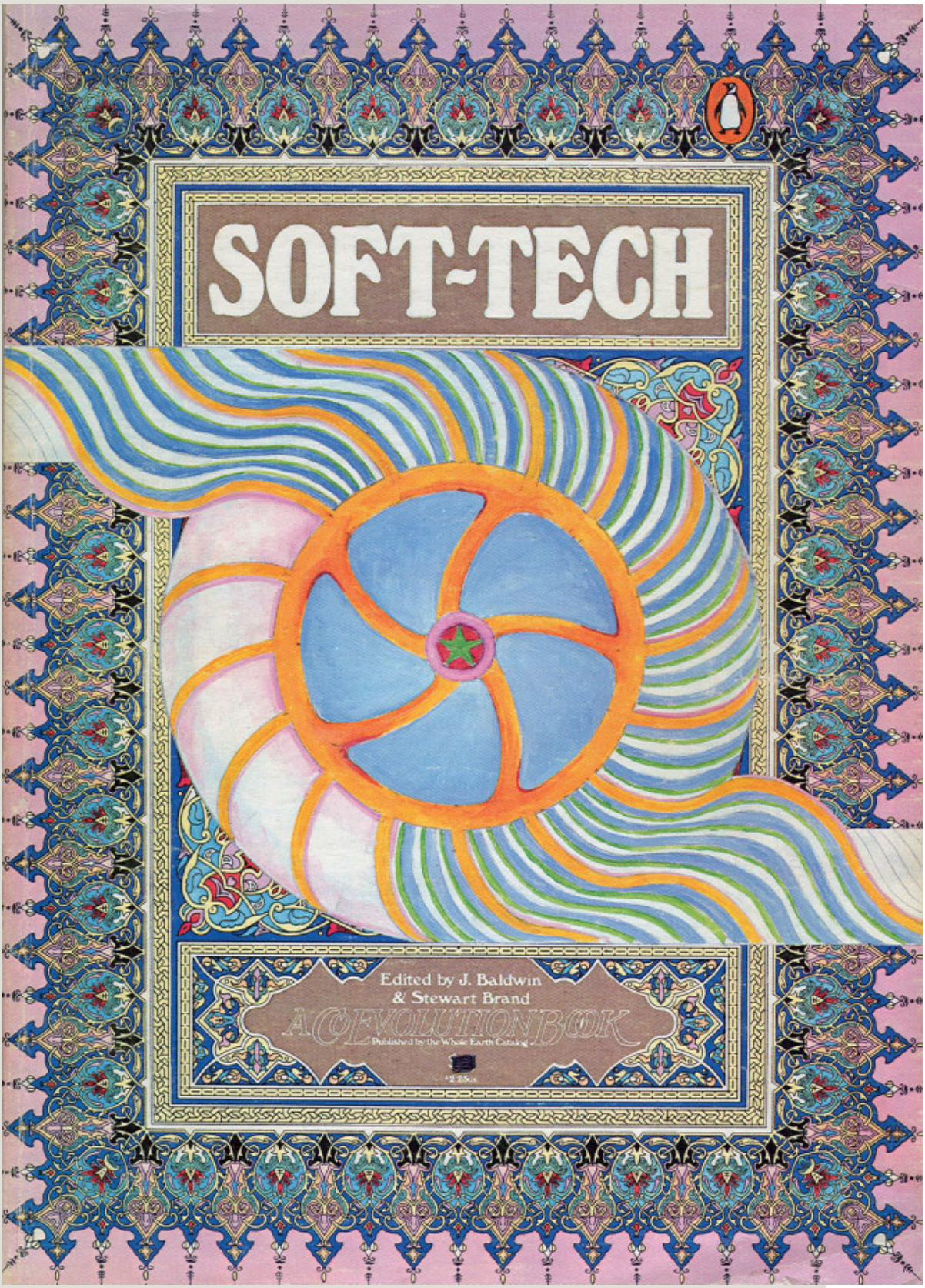
1,3. Picon A. ''Digital culture in architecture'' (2010) σελ.154
2. Barzon F., Eisenman P., Saggio A., de Kerckhove, ''The charter of Zyrich'', (2006) σελ.11
4. Kuechler, S ''Materiality and Cognition: The Changing Face of Things'' (2005) σελ 206-231
5. Arciszewski T., Kicinger R.,''Structural design inspired by nature'', Προτείνουν διαχωρισμό μεταξύ οπτικής, υπολογιστικής και εννοιολογικής έμπνευσης από τη φύση.
6. Η ιδιότητα ενός πολύπλοκου συστήματος, στο οποίο η συμπεριφορά ολόκληρου του συστήματος, δεν μπορεί να προβλεφθεί από τη συμπεριφορά αποσπασματικών τμημάτων. Ο μοναδικός τρόπος για να προβλέψουμε ένα τέτοιο σύστημα είναι να το ''τρέξουμε''.
7,8. Spiller N.,''Plectic architecture: towards a theory of the post-digital in architecture'', (2009) σελ.97-98
9. Ένα υπερσώμα είναι ένα υπερ-ομαδοποιημένο, χρονοβασισμένο όχημα κτιριακών στοιχείων νοημοσύνης σμήνους, που επαναθέτει τα πολλαπλά σχήματα και περιεχόμενά του σε πραγματικό χρόνο, προχωρόντας παράλληλα σ' ένα συνεχή διάλογο με το περιβάλλον του.
Oosterhuis K.,''Hyperbodies: towards an e-motive architecture''(2003)
10. www.object-e.blogspot.com, Fields part II: Morpher/BlendShapes

Οι τεχνολογίες αποτελούν καλύτερα συστήματα υποστήριξης ζωής, για τις εικόνες παρά για τα σώματα. Οι εικόνες είναι αθάνατες, τα σώματα εφήμερα.
«The body performs best as its image»

Stelarc

«Τα πλεονεκτήματα του εικονικού έναντι του υλικού, ίσως κρατήσουν λίγο. Μια μέρα τα άτομα θα μπορούν να ελεγχθούν και να προγραμματιστούν, κερδίζοντας τα πλεονεκτήματα της ''bittyness''. Θα συνδυάζουν τη δυνατότητα δημιουργίας πραγματικού με τη μεταλλαξιμότητα των πληροφοριακών bit».

Neil Spiller - Digital dreams



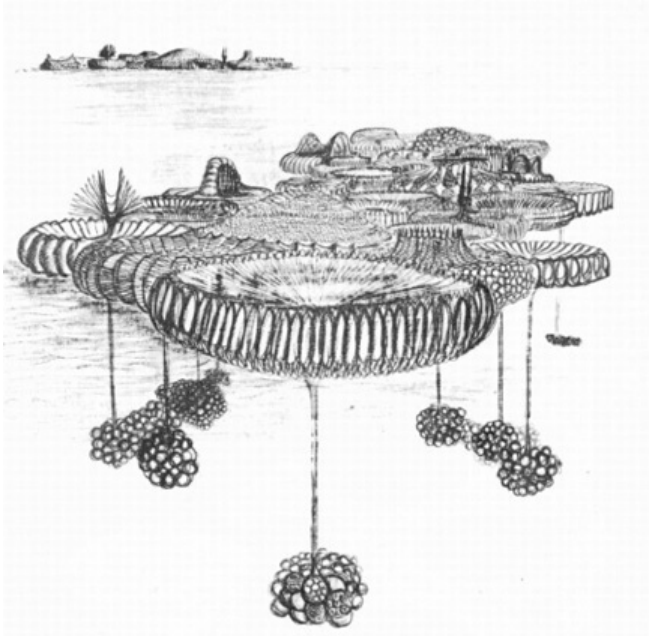
Το εξώφυλλο του θέματος **Soft Technology** με συντάκτες τους Stewart Brand και Jay Baldwin (1978).

πρόδρομοι

Η ανάπτυξη της αλχημείας κατά το παρελθόν φανέρωσε μια ενδόμυχη, αιώνια αναζήτηση του ανθρώπου, στη δυνατότητα να επέμβει και να μεταλλάξει την ύλη. Ήταν τέτοιος ο ζήλος, η σπουδή και η πίστη των αλχημιστών στο σκοπό αυτό, που στη προσπάθειά τους αυτή, εκτός από φαντασιακές επινοήσεις όπως η *«φιλοσοφική λίθος»*, η μυθική ουσία που υποτίθεται ότι ήταν ικανή να μετατρέψει όλα τα βασικά μέταλλα σε χρυσό ή ασήμι, ανέπτυξαν ένα πλαίσιο θεωρίας, ερμηνολογίας και πειραματικής διαδικασίας, καθώς και βασικών εργαστηριακών τεχνικών που αναγνωρίζονται μέχρι σήμερα. Οι πρώτοι περιοδικοί πίνακες χημικών στοιχείων όπως και η εξαγωγή μεταλλευμάτων από ορυκτά ήταν μερικές από τις συμβολές της αλχημείας που θεωρείται πλέον ως μια πρωτοεπιστήμη[1] και όχι ψευδοεπιστήμη. Μεταφερόμενοι στον 20ο αιώνα και στην αρχιτεκτονική πρακτική, ξανασυναντάμε την αναζήτηση αυτή στην παράδοση του Bauhaus, και συγκεκριμένα στη συνεχή προτροπή για εφεύρεση νέων υλικών με ποικίλες ιδιότητες που θα μπορούν να εκτελέσουν πολυάριθμες αποστολές, πυροδοτώντας τον θαυμασμό και το επιστημονικό δέος. Όπως καταγράφεται στο «G» (1924), την γερμανική εφημερίδα της αρχιτεκτονικής πρωτοπορίας, αυτή η φιλοδοξία σε μεγάλο βαθμό επιβεβαιωνόταν από μια πίστη στις καινοτομίες των επιστημονικών και χημικών ανακαλύψεων: *« Η τεχνολογία μας πρέπει και θα καταφέρει να εφεύρει ένα οικοδομικό υλικό που θα είναι τεχνικά παραγόμενο και βιομηχανικά κατεργαζόμενο ώστε να είναι δυνατό, καιρικά ανθεκτικό, ηχομονωτικό και θερμομονωτικό»*[2].

Τα επόμενα χρόνια ένας νέος όρος κάνει την εμφάνισή του στις σελίδες του περιοδικού AD μέσα από τη θεματική που ονομάζεται *«Cosmorama»* και προωθεί εναλλακτικές τεχνολογίες και οικολογικά πειράματα, κατά τις δεκαετίες του 60' και του 70'. Ο όρος που εισάγεται είναι το *«soft»* (απαλό) και γίνεται κατανοητός μέσα από τέσσερα διαφορετικά επεισόδια.

[Το 1960, μεταξύ των φουτουριστικών έργων που συμμετέχουν στην έκθεση του μουσείου μοντέρνας τέχνης της Νέας Υόρκης (MoMA), είναι και η *«χημική αρχιτεκτονική»* του William Katavolos. Ο Katavolos οραματίζεται το σχεδιασμό πόλεων μέσα από τη διαχείριση των υλικών σε μικροσκοπικό επίπεδο, με αποτέλεσμα η ανάπτυξή τους να γίνεται «απαλά», παρά να είναι αποτέλεσμα ενός σχεδιασμού που δίνει ένα τελικό προϊόν. Στο μανιφέστο του αναγνωρίζει την *«soft»*, βιολογική και χημική προοπτική του σχεδιασμού, ως μια δημοκρατική και αειφόρο εναλλακτική σε σχέση με τον ντετερμινιστικό σχεδιασμό. Συγκεκριμένα αναφέρει: «*Μια νέα αρχιτεκτονική είναι δυνατή μέσα από το πλέγμα της χημείας. Ο άνθρωπος πρέπει να σταματήσει να φτιάχνει και να χειρίζεται, και απλώς ν' αφήσει την αρχιτεκτονική να συμβεί.[...] Θα είναι δυνατό να πάρουμε ακριβείς ποσότητες σκόνης και να τις κάνουμε να εκταθούν σε προκαθορισμένα σχήματα, όπως σφαίρες, κυλίνδρους και δακτυλίους. Οραματιστείτε τη νέα πόλη να διαμορφώνεται στη θάλασσα, μεγάλοι κύκλοι ουσιών λαδιού θα παράγουν μοτίβα στα οποία το πλαστικό θα ρέει για να σχηματίσει διαδρομές και δίσκους που θα εκτείνονται σε σπογγώδεις δακτύλιους και σφαίρες για διαφορετικές λειτουργίες*».][3]



William Katavolos Επιπλέουσα πόλη (1959)

Το «χημικό» όραμα του Katavolos ίσως έχει τις ρίζες του στις υποθέσεις του πατέρα της σύγχρονης πληροφορικής Alan Turing, ο οποίος λίγα χρόνια πρωτύτερα (1952) είχε κάνει υποθέσεις για τη χημική βάση της μορφογένεσης. Ο Turing υπέθεσε ότι: *« Ένα σύστημα χημικών ουσιών που ονομάζονται μορφογενή, αντιδρώντας μεταξύ τους και διαχεόμενα σ' έναν ιστό, είναι ικανά να αιτιολογήσουν το κύριο φαινόμενο της μορφογένεσης»*. Εν συντομία η υπόθεσή του ήταν, ότι η μορφή ή ο σχηματισμός μπορούν να εξηγηθούν ως το αποτέλεσμα χημικών διαδράσεων μεταξύ ουσιών. Η υπόθεση αυτή επιβεβαιώθηκε αργότερα με την αντίδραση Belousov-Zhabotinsky (1960), όπου παρατη-

Roger Vadim - Barbarella (1968)

Stanley Kubrick - 2001: A Space Odyssey (1968)

ρήθηκαν κυματοειδή μοτίβα ν' αναδύονται από την καταλυτική οξείδωση μπλονικού οξέος από βρωμικό κάλιο.

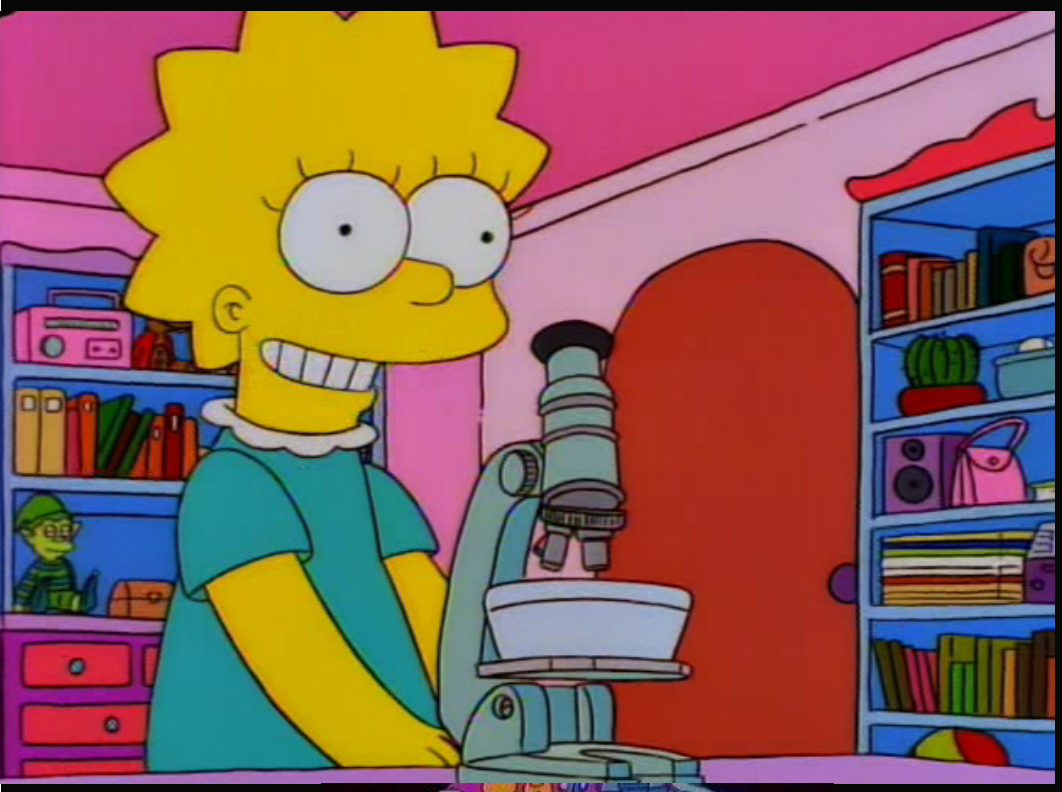
[Η διάκριση του Reyner Banham μεταξύ «hardware και «software» στο άρθρο του «Ο θρίαμβος του software» για το βρετανικό περιοδικό New Society του 1968, αποτελεί το δεύτερο επεισόδιο για τον ορισμό του «*soft*». Το άρθρο προχωράει σε μια σύγκριση των αρχιτεκτονικών χώρων δύο ταινιών που βγήκαν εκείνη τη χρονιά. Η πρώτη είναι η «*Οδύσσεια του διαστήματος*» του Kubrick, όπου ο χώρος περιγράφεται ως «hardware», ένα άκαμπτο σύμπλεγμα μελών, διακοπτών, κόμβων και τεχνολογικών gadjet, ενώ η δεύτερη είναι το «*Barbarella*» του Roger Vadim, όπου εδώ ο χώρος αναφέρεται ως «software», ένα περιβάλλον καμπυλωμένων, ευλύγιστων, συνεχόμενων, αναπνέοντων και προσαρμοζόμενων επιφανειών. Για τον Banham το «γούνινο» διαστημόπλοιο του Barbarella, αναφέρεται σε μια νέα εποχή, που χαρακτηρίζεται από μια απομηχανοποιημένη υλικότητα. Ο ίδιος αναφέρει: *« Από όλα τα φιλικά υλικά στον άνθρωπο, αυτό είναι το πλέον φιλικό, γιατί είναι στενός συγγενής με τη δική μας επιφάνεια (δέρμα;), ενώ αναπτύσσεται σε μερικά από τα πιο φιλικά μέρη. Επίσης διαθέτει σύμφωνα με τους πιο αντικειμενικούς και μετρήσιμους όρους, φυσικές ιδιότητες που θα το κάναν άξιο να εφευρεθεί εάν δεν υπήρχε: ελαστικό, απορροφητικό, θερμομονωτικό, ηχομονωτικό και επιλεκτικά ικανό ν' αντανακλάσει φώς*». Ο Banham αναγνωρίζει τα «*soft*» υλικά ως περιβαλλοντικά ανταποκρινόμενα, σύμφωνα με τον ίδιο, υλικά όπως η γούνα-τρίχωμα και τα βρύα μπορούν να αναπτυχθούν τεχνητά, να είναι αριθμητικά ελεγχόμενα και να σχεδιάζονται ώς μοριακές ουσίες που θ' ακολουθούν τις εναλλασσόμενες περιβαλλοντικές παραμέτρους.][4]

[Το 1971 ο Charles Harker ιδρυτής του Tao design group, ενός πειραματικού συνόλου αρχιτεκτόνων γλυπτών και καλλιτεχνών, που ερευνούν την εφαρμογή νέων πλαστικών υλικών στην αρχιτεκτονική, αντιπαραθέτει την *«machine for living»* του Le Corbusier, με μια νέα αντίληψη για κατοίκηση που αποκαλεί *«soft machine»*. Ο Harker προτείνει: *«βρισκόμαστε στο μέσο μιας επανάστασης σε τομείς όπως η κοινωνιοψυχολογία, η κυβερνητική, τα μαζικά μέσα, το διάστημα. Ο αρχιτέκτονας οφείλει ν' ανταποκριθεί σ' αυτές τις επιρροές, έχει ανάγκη και πρέπει να βρει το μονοπάτι για μια «soft machine». Θα πρέπει να δημιουργήσουμε πιο «soft», πιο ρευστά και πιο συναρπαστικά περιβάλλοντα»*. Στο μανιφέστο του ο Harker υπογραμμίζει έναν εναλλακτικό ορισμό για τη μορφή, ως την άρθρωση ενός συνόλου αλληλεπιδρώμενων δυνάμεων, και της ύλης, ως μοτίβων ενέργειας που στερεοποιούνται στο χρόνο. Μιλάει για ύλη η οποία μπορεί να επαναμοντελοποιηθεί μορφογενετικά παρά μορφολογικά.][5]

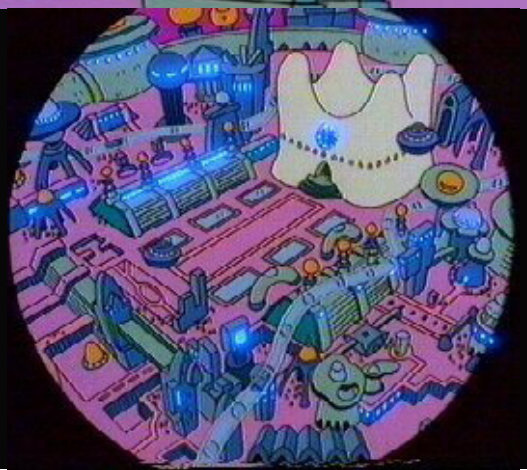
[Στα τέλη της δεκαετίας του 70' ο Stewart Brand δημιουργός του *«Whole Earth catalog»* δημοσιεύει μαζί με τον Jay Baldwin στο Cosmorama, ένα άρθρο υπό τον τίτλο *«Soft Tech»* (1978). Μ' αυτόν τον τίτλο δημιουργούν μια ομπρέλα που περιλαμβάνει όλες εκείνες τις οικολογικές αξίες σχεδιασμού, ενώ δεν αναφέρονται μόνο στη μηχανική απόδοση των συστημάτων αλλά και σε μια εναλλακτική *«soft»* αντίληψη για την υλικότητα και το σχεδιασμό. Το άρθρο περιλαμβάνει συνεργάτες και φίλους του Brand τους οποίους αναφέρει ως *«soft technologists»*. Παρουσιάζονται έργα των Steve Baer και του Pacific High School όπως επίσης και δουλειές των New Alchemy Institute και Day Charoudi's Suntek με έρευνες επάνω στην αναγέννηση, τα αυτόνομα συστήματα και τα νέα υλικά συστήματα. Πλέον τα υλικά που περνούν από αλλαγές φάσης, χαρακτηρίζονται με τον όρο «soft» γιατί αλλάζουν φυσικά καταστάσεις ανταποκρινόμενα σε περιβαλλοντικές μεταβολές. Ο ελαστικός ορισμός της οικολογίας από τον Brand και τον Brandwin, όχι μόνο ενσωματώνει μια οπτική γλώσσα που παρουσιάστηκε από της αρχές του 60', αλλά επίσης εντάσσει καθαρά τη βιολογική ουσία και τα εξελικτικά υλικά συστήματα στο σχεδιασμό των κτιρίων. Στον κόσμο του «Soft Tech», τα υλικά είναι αναπτυσσόμενοι οργανισμοί και η πρακτική του σχεδιασμού γίνεται κατανοητή ώς μια εφαρμοσμένη μηχανική μοριακών ουσιών , όπως ο σχεδιασμός ενός ζωντανού ανταποκρινόμενου ιστού. Στο πίσω εξώφυλλο ο Brand ταυτίζει το «soft» ως κάτι που υποδηλώνει το ζωντανό, το ελαστικό, το προσαρμοστικό, ίσως ακόμα και το αγαπητικό, ανταποκρινόμενο, εύκαμπτο, μεστό, ευέλικτο, ευαίσθητο, χαλαρό και δοτικό.][6]

Μέσα από την ανάγνωση των παραπάνω επεισοδίων γίνονται εμφανή ορισμένα συμπεράσματα για τον όρο του «soft». Και στις τέσσερις περιπτώσεις η λέξη προωθεί μια αντιμηχανιστική αντίληψη για την ύλη, όπου πλέον δεν υπάρχει η κλασική τεκτονική ανάπτυξη με φέροντα και φερόμενα στοιχεία, με σκελετό και επένδυση, αλλά ένα οργανικό συνεχές το οποίο σχηματίζει τις δικές του μορφικές ενότητες ανάλογα με τις περιβαλλοντικές και λειτουργικές παραμέτρους. Ένα συνεχές, αναπτυσσόμενο, εξελισσόμενο, αυτοοργανωμένο,

[Fantastic Voyage (1966) - Η μεταφορά της νουβέλας του Isaac Asimov ξεκινάει ως ένα ψυχροπολεμικό θρίλερ με επιστήμονες και από τις δύο πλευρές του «Σιδηρού παραπετάσματος», ν' αναπτύσσουν τεχνολογία ικανή να συρρικνώσει την ύλη. Η διαδικασία είναι προσωρινή και ανάλογη της κλίμακας σμίκρυνσης, μέχρι που ένας επιστήμονας ανακαλύπτει έναν τρόπο να γίνει μόνιμη. Στη προσπάθειά του να μεταφέρει τη τεχνολογία στη Δύση με τη βοήθεια ενός πράκτορα της CIA, πέφτει θύμα απόπειρας δολοφονίας που τον αφήνει σε κόμμα μ' ένα αιμάτωμα στον εγκέφαλο. Ο πράκτορας συγκεντρώνει μια ομάδα, επιβαίνοντας σ' ένα πυρηνικό υποβρύχιο, το Πρωτεύς, και περνούν τη διαδικασία σμίκρυνσης με σκοπό ν' αφαιρέσουν το αιμάτωμα από τον εγκέφαλο.
- Grant: Μισό λεπτό! Δεν μπορούν να συρρικνώσουν και μένα.
- Στρατηγός Carter: Ο συμπυκνωτής μας μπορεί να συρρικνώσει τα πάντα.
- Grant: Μα δεν θέλω να συρρικνωθώ!
- Στρατηγός Carter: Είναι μόνο για μια ώρα.
- Grant: Ούτε για ένα λεπτό!][8]



[The Genesis tub (1996) σε σενάριο του Dan Greaney από τη σειρά «The Simpsons» του Matt Groening. Βάση του σεναρίου αποτελούν οι έννοιες της συρρίκνωσης και της αβιογένεσης. Στο επεισόδιο το πείραμα της Lisa Simpson πάει στραβά, και αυτό που έμοιαζε με ένα απλό δοκιμαστικό δοχείο μελέτης των επιδράσεων ενός αναψυκτικού σ' ένα δόντι, μετατρέπεται σ' ένα ταχύτατα αναπτυσσόμενο μικροσκοπικό πολιτισμό, που περνάει από τη νεολιθική εποχή στην αναγέννηση μέσα σε μια μέρα, ξεπερνώντας την ανθρώπινη επιστήμη την επομένη. Η ιστορία αντλεί έμπνευση από τη βραβευμένη νουβέλα του Theodore Sturgeon με τίτλο «The Microcosmic God» (1941) Ο πρωταγωνιστής του Sturgeon, είναι ένας επιστήμονας που δημιουργεί μια μικροσκοπική φυλή υποβοηθώντας την να εξελιχθεί ταχύτατα. Αργότερα όταν το πείραμά του ξεπερνάει τον ανθρώπινο πολιτισμό, κλέβει επιστημονικές τους ανακαλύψεις, και τις παρουσιάζει ως δικές του.][9]



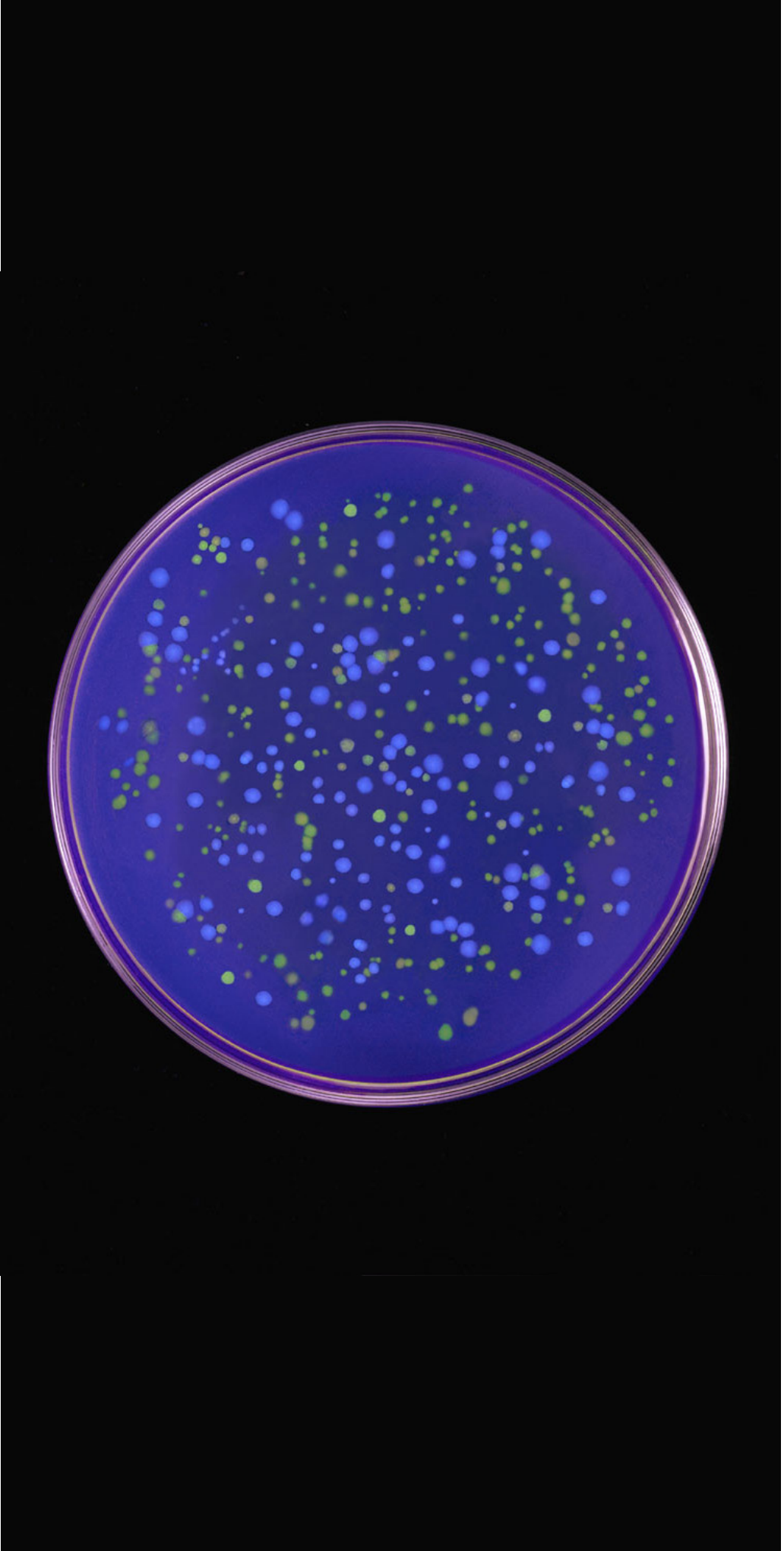
αποτελούμενο από βασικές μονάδες ύλης που υπακούν σε χημικές ή βιολογικές διεργασίες και αναπτύσσουν συμπεριφορές ζωντανών συστημάτων, παρουσιάζουν δηλαδή με τη σειρά τους, ποικιλότητα, ανάπτυξη και εξελικτικές αλλαγές. Φυσικά για να λάβουν χώρα τέτοιες διεργασίες ο όρος «soft» φλερτάρει και υπονοεί μια κλίμακα βασικών μονάδων, που πλησιάζει ή ταυτίζεται με το μοριακό επίπεδο. Παράλληλα αναφέρεται σε δύο διαφορετικές εκδοχές ανάπτυξης των μονάδων αυτών, η πρώτη είναι απρόβλεπτη ακολουθώντας αυστηρά και αποκλειστικά τα φυσικά μορφογενετικά κριτήρια, ενώ η δεύτερη είναι εν δυνάμει ελεγχόμενη μέσα από διαδικασίες λογισμού, χρησιμοποιώντας ως όχημα τα ίδια κριτήρια.

[Η διαχείρισή τέτοιων μονάδων, προϋποθέτει την ανάπτυξη ενός τρόπου σκέψης που ορίζεται από τη μικροσκοπικό κλίμακα, και τον οποίο περιγράφει ο Gaston Bachelard στο βιβλίο του «Οι ποιητικές του χώρου» (The poetics of Space) αναφέροντας: *«Τέτοιες έννοιες: όπως η ύπαρξη και ο βιωμένος κόσμος, είναι πολύ μεγαλειώδεις για μένα ώστε να καταφέρω να τις συλλάβω. Στη πραγματικότητα νιώθω πιο οικία στους μικροσκοπικούς κόσμους οι οποίοι για μένα είναι κυρίαρχοι κόσμοι, και όταν τους βιώνω νιώθω κύματα οικουμενικής αντίληψης να πηγάζουν από τον ονειροπόλο εαυτό μου. Για μένα η απεραντοσύνη του κόσμου έχει γίνει απλώς η παρεμβολή αυτών των κυμάτων»*. Σε άλλο σημείο δικαιολογεί τη κυριαρχία αυτών των χώρων δίνοντας ως παράδειγμα τη δυνατότητα κάποιου να «δει» μέσα σε μια μάζα βρύων ένα δάσος: *«Λίγα βρύα μπορούν να γίνουν ένα πεύκο, όμως ένα πεύκο ποτέ δε θα γίνει βρύα»*. Η φαντασία δε λειτουργεί με την ίδια πειστικότητα και στις δύο κατευθύνσεις. Προτείνει αυτές τις νοητικές προσεγγίσεις ως ένα νέο τρόπο οραματισμού αποδεσμευμένο από τη πραγματικότητα. *«Όσο πιο ικανός γίνομαι στο να σμικρύνω τον κόσμο, τόσο καλύτερα τον κατέχω. Για να γίνει αυτό πρέπει να γίνει κατανοητό ότι οι αξίες συμπυκνώνονται και εμπλουτίζονται στο μικροσκοπικό επίπεδο. Η πλατωνική διαλεκτική για το μεγάλο και το μικρό δεν αρκεί για ν' αντιληφθούμε τις δυναμικές αρετές του σκέπτεσθαι μικρά. Πρέπει κανείς να πάει πέρα από τη λογική για να βιώσει τι είναι μεγάλο και τι είναι μικρό»*.][7]

Αυτός ο τρόπος σκέψης, αποτελεί και το κεντρικό σημείο γύρω από την εξέλιξη του σεναρίου της ταινίας Fantastic Voyage (1966). Σύμφωνα μ' αυτό, στο μέλλον ο άνθρωπος καταφέρνει να σμικρύνει τα πράγματα σε μοριακό επίπεδο και να παράγει μια μονάδα ύλης που μπορεί να επιδράσει στο εσωτερικό του οργανισμού μας. Η διαφορά με τη χημική αρχιτεκτονική του Katavolos και με τον όρο του «soft» έγκειται στο ότι εδώ η βασική μονάδα δεν αποτελείται από οργανικά ή χημικά στοιχεία αλλά από καθαρά μηχανικά μέρη. Έτσι μπορεί το κριτήριο της κλίμακας να έχει επιτευχθεί όμως η δυνατότητα αλληλεπίδρασης είναι περιορισμένη, ή καλύτερα, υπάρχει μόνο επίδραση από τη πλευρά της μηχανής και όχι αλληλεπίδραση. Η βασική μονάδα μπορεί από τη μια, να κυκλοφορεί ελεύθερη μέσα στο κυκλοφοριακό σύστημα, όμως από την άλλη είναι σαν φτερό στον άνεμο στη παρουσία απότομων μεταβολών χωρίς τη δυνατότητα να προσαρμοστεί. Κριτήρια ζωντανών συστημάτων, όπως η αυτοαναπαραγωγή και η αυτοοργάνωση, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε συμπεριφορές σμήνους, δεν έχουν κάνει ακόμα την εμφάνισή τους.

Η ιδέα της μικροσκοπικής μονάδας εξελίσσεται υπό ένα διαφορετικό πρίσμα στο επεισόδιο *«The Genesis tub»* (1996) της σειράς *«The Simpsons»*. Εδώ η βασική μονάδα μπορεί να εξελιχθεί, να πολλαπλασιαστεί, να δημιουργήσει περιεχόμενο και να αυτοοργανωθεί. Επιπλέον δεν αποτελείται από μηχανικά μέρη αλλά από οργανικά στοιχεία. Ενώ όμως θα έπρεπε να υπακούει σε χημικές ή βιολογικές διεργασίες αυτό δε γίνεται καθώς κάθε μονάδα αποτελεί μια ξεχωριστή νοούσα οντότητα. Έτσι δεν παρουσιάζονται συμπεριφορές σμήνους καθώς δεν υπάρχει ένας συλλογικός νους με αυτή την έννοια, αλλά παρουσιάζονται ποικίλες διάσπαρτες νοήσεις που μπορούν όμως να συνεργαστούν σε μια συλλογική συμπεριφορά με στόχο την επιβίωση και εξέλιξη.

Ο χειρισμός μικροσκοπικών βιολογικών μονάδων για τη παραγωγή εικαστικού έργου, είναι ένας από τους τομείς που αφορά σήμερα το καλλιτεχνικό ρεύμα της Bio Art. Ο όρος εισήχθη από τον Eduardo Kac με την ευκαιρία της παρουσίασης του έργου *«Time Capsule»* το (1997). Τα μέσα που χρησιμοποιεί αυτό το ρεύμα ως εργαλεία είναι οι ιστοί, τα βακτήρια, οι ζωντανοί οργανισμοί και οι βιοτικές διαδικασίες ενώ χρησιμοποιούνται τεχνολογίες όπως, γενετική μηχανική, καλλιέργεια ιστών και κλωνοποίηση. Η Bio Art αναπτύσσει και άλλες θεματικές, όπως το ανθρώπινο σώμα και η επαυξημένη λειτουργία του μέσα από βιοτεχνολογικά πρόσθετα (Stelarc), η αντιμετώπιση του σώματος ως καμβά, μέσα από επεμβάσεις πλαστικής χειρουργικής (Orlan) ή η πρόκληση της ηθικής μέσω της δημιουργίας ζωικών χιμαιρών (Eduardo Kac «Fluorescent rabbit»). Παρόλα αυτά η κλεφτή ματιά της τέχνης προς τη μικροσκοπική



Eduardo Kac - Genesis (1999). Η πρώτη διαγονιδιακή δουλειά του Kac περιλαμβάνει τη χρήση μιας φράσης από τη Βίβλο (Γένεση 1:26 - « Και είπε ο Θεός: Ας κάνουμε άνθρωπο σύμφωνα με τη δική μας εικόνα, σύμφωνα με τη δική μας ομοίωση, και ας εξουσιάζει επάνω στα ψάρια τής θάλασσας, κι επάνω στα πουλιά τού ουρανού, κι επάνω στα κτήνη, κι επάνω σε ολόκληρη τη γη, κι επάνω σε κάθε ερπετό, που σέρνεται επάνω στη γη».) την οποία μεταφέρει σε κώδικα Μόρς που μεταφράζεται τελικά (με μια αρχή μετατροπής ειδικά αναπτυγμένη από τον καλλιτέχνη για το έργο) στα βασικά ζευγάρια των γονιδίων. Αφού παίρνει τα γονίδια από ένα εργαστήριο που εφοδιάζει με γενετικές αλληλουχίες κατά παραγγελία, τα εισάγει σ' ένα μη κατονομαζόμενο βακτήριο το οποίο καλλιεργεί σ' ένα δοκιμαστικό δοχείο. Το δοχείο τοποθετείται σ' ένα κουτί κάτω από υπεριώδες φώς, που μπορεί να ενεργοποιηθεί από online θεατές που βλέπουν το έργο μέσω webcam. Ο Kac έχει ως πρόθεση να θέσει ένα φιλοσοφικό πρόβλημα στους θεατές, μια διχοτομία. Εάν ο θεατής διαφωνεί με τη κυριαρχία του ανθρώπου επί της φύσης, τότε για να καταστρέψει την ιδέα (ενεργοποίηση του φωτός που σταματάει τη μετάλλαξή) πρέπει να επιστρατεύσει τη δύναμή του επί της φύσης, καταρρίπτοντας τον εαυτό του. Ένας θεατής με αντίθετη άποψη θα είχε το αντίθετο αλλά εξίσου προβληματικό δίλημμα.

κλίμακα μέσω της χρησιμοποίησης βασικών βιολογικών μονάδων όπως τα κύτταρα ή τα βακτήρια, αποτελεί έναν από τους πιο ενδιαφέροντες χειρισμούς του ρεύματος αυτού. Στο έργο του «*Genesis*» ο Eduardo Kac προκαλεί μ' ένα φιλοσοφικό δίλημμα δημιουργώντας σ' ένα δοκιμαστικό δοχείο, ένα βιοτικό σύστημα που αναμοχλεύει στο μνημονικό εικόνες από το πείραμα της Lisa.

Στο remake της κλασικής ταινίας *«The day the Earth stood still»* (1951) από τον Scott Derrickson (2008), οι δημιουργοί έχουν μια διαφορετική ιδέα για τη δομή του εξωγήινου ρομπότ *Gort.* Τα μηχανικά μέρη της ταινίας του 51' αντικαθίστανται από μικροσκοπικά νανορομπότ, που έχουν τη δυνατότητα να πολλαπλασιάζονται κατατρώγοντας οργανική ή ανόργανη ύλη. Τα νανορομπότ αποτελούν μια μεμονωμένη οντότητα υπό τη μορφή του *Gort,* αλλά ταυτόχρονα είναι και διεσπαρμένες οντότητες οι οποίες ενυπάρχουν στο καθ' ένα απ' αυτά. Επομένως εμφανίζεται ένα πρόβλημα προσδιορισμού της νόησης η οποία βρίσκεται ταυτόχρονα και στις δύο υποστάσεις. Η ύπαρξη ενός λέιζερ στο κεφάλι του Gort, υποθέτει ότι τα νανορομπότ δε λειτουργούν αποκλειστικά ως δομικές μονάδες αλλά μεταλλάσσονται και δημιουργούν λειτουργικά σύνολα στο εσωτερικό του. Κάθε ένα από αυτά αποτελεί μια ρευστή οντότητα που μπορεί να πάρει οποιαδήποτε μορφή και δομή, για να εκπληρώσει τις λειτουργίες και τις αποστολές της. Ίσως η βασική κατάσταση του Gort δεν είναι η ανθρωπόμορφη εικόνα του, αλλά η εικόνα του σύννεφου, του σμήνους που δύναται να πάρει όλες τις πιθανές υποστάσεις.

Αυτή ακριβώς την αίσθηση του σύννεφου, του άυλου,του μεταβλητού, θέλησαν να πετύχουν οι Elizabeth Diller και Ricardo Scofidio στο ελβετικό περίπτερο της Expo2002. Ένα «έξυπνο» σύστημα καιρού λαμβάνει δεδομένα για τις εναλλασσόμενες κλιματικές συνθήκες, θερμοκρασίας, υγρασίας και ανέμου, και τα επεξεργάζεται σε μια κεντρική μονάδα που τροφοδοτεί με πίεση το νερό σε 31.500 ακροφύσια δημιουργώντας ένα νέφος σταγονιδίων γύρω από την υπερκατασκευή. Οι δημιουργοί χαρακτηρίζουν το Blur ως *«χαμηλής ευκρίνειας, μέσα στο Blur δεν υπάρχει τίποτα άλλο να δείς εκτός από την εξάρτησή μας στην ίδια την όραση. Το κτίριο είναι άμορφο, χωρίς στοιχεία, χωρίς κλίμακα, αβαθές και άυλο, ενώ η κίνηση στο εσωτερικό του είναι μη ελεγχόμενη.* Μπαίνοντας κανείς στο εσωτερικό αυτής της ομιχλώδους μάζας, οι οπτικές και ακουστικές αναφορές σβήνονται αφήνοντας μόνο ένα οπτικό ξεθώριασμα και το βουητό των ακροφυσίων. Όσον αφορά την υλικότητα, παρατηρείται και εδώ η παραγωγή μιας μικροσκοπικής μονάδας. Μιας μονάδας ύλης που δεν αποτελείται ούτε από μηχανικά, ούτε από βιολογικά μέρη, αλλά από καθαρά χημικά στοιχεία. Η συμπεριφορά των σταγονιδίων εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές μεταβλητές, ο χρόνος ζωής τους , η πορεία τους, οι σχηματισμοί τους, όλα συνδέονται με τα φυσικά στοιχεία. Πέρα από τον έλεγχο του προγράμματος που υπολογίζει τη κατανομή της πίεσης και κατά συνέπεια τη πυκνότητα παραγωγής τους, από τη στιγμή που γεννηθούν δεν ακολουθούν κάποια πορεία που βασίζεται σε μια νόηση αλλά υπακούν στις χημικές και φυσικές διαδράσεις τόσο με το περιβάλλον όσο και μεταξύ τους. Η απουσία κριτηρίων που εμφανίζονται στα ζωντανά συστήματα, μεταφέρει τις μονάδες αυτές σ' ένα διαφορετικό πλαίσιο όπου λειτουργούν ως μονάδες απόδοσης, όπως οι ίνες του ξύλου. Διανέμονται και ορίζονται αποκλειστικά από τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω τους χωρίς τη δυνατότητα να επηρεάσουν τον γύρο χώρο εκτός από τη δημιουργία ενός μικροκλίματος (για το συγκεκριμένο παράδειγμα).

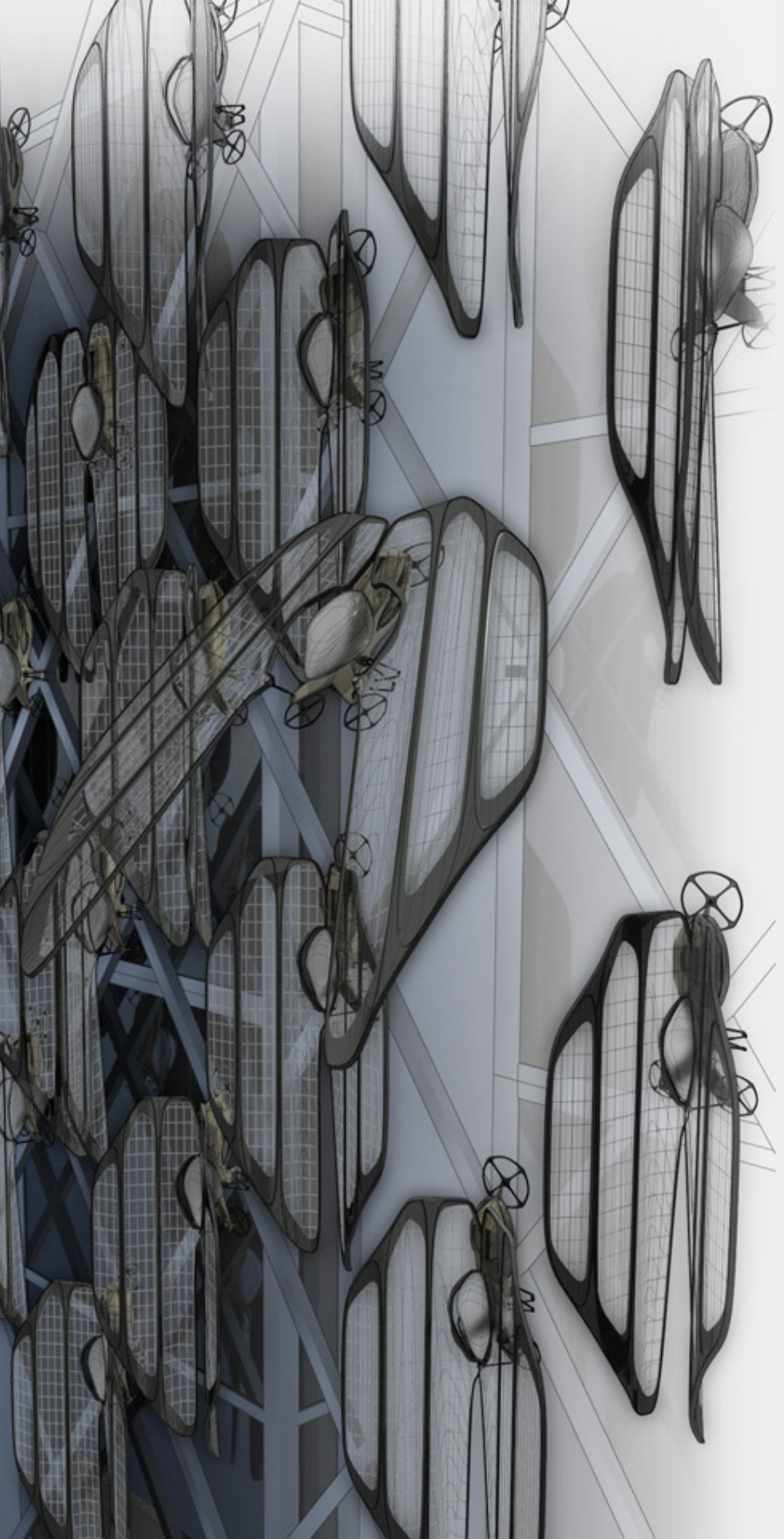
Από τη παρουσίαση των παραπάνω παραδειγμάτων, αναδύονται τρείς διαφορετικές κατευθύνσεις όσον αφορά τα οράματά μας για τη διαχείριση της ύλης. Κοινός παρονομαστής είναι η σμίκρυνση της κλίμακας σε βασικές μονάδες που μπορεί να είναι μηχανικές, οργανικές, ή μονάδες απόδοσης. Οι σύγχρονες εκδοχές τους παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

1. Νέα επιστήμη που επιδιώκει να εδραιώσει την ορθότητά της. Η πρωτοεπιστήμη διαχωρίζεται από τη ψευδοεπιστήμη καθώς διακατέχεται από την επιθυμία ν' ανανεωθεί από νέα δεδομένα ή ν' αντικατασταθεί από μια πιο έγκυρη θεωρία.
2. Kallipoliti L., AD: ''Ecoredux'', (2010) σελ 41
3. ό.π. σελ 38
4,5,6. ό.π. σελ 37
7. Spiller N., Armstrong R., AD: ''Protocell Architecture'', (2011) σελ 46
8. ό.π. σελ 46
9. ό.π. σελ 47

GIANTS
STADIUM
2007
WORLD CHAMPIONS
NEW YORK GIANTS

Gort
«The day the Earth stood still» (2008)
Scott Derrickson

Blur
Λίμνη Neuchatel για την Expo 2002
Diller Scofidio + Renfro

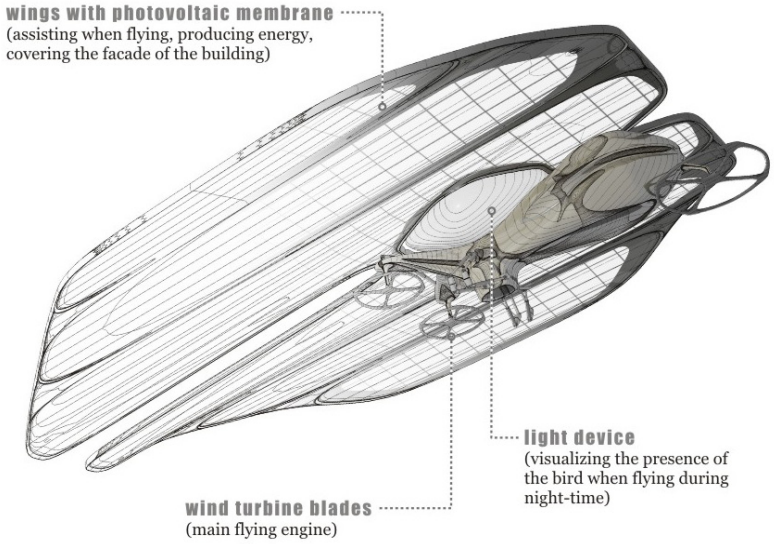


F.I.C (2010) Θεοδώρα Χριστοφορίδου, Δημήτρης Γουρδούκης, Βασίλης Ντόβρος, Κατερίνα Τρυφωνίδου, Φωτης Βασιλάκης: «F(lying).I(nfo).C(ollectors), το project ήταν μια πρόταση για το διαγωνισμό ανάπλασης προσόψεων του πύργου του Πειραιά. Πρόθεση του έργου είναι να διαμορφωθούν οι όψεις σ' ένα πίνακα ανακοινώσεων, όπου θα παρουσιάζονται δεδομένα που αφορούν, συγκέντρωση κόσμου στο λιμάνι, κυκλοφοριακή κίνηση, και επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα δεδομένα λαμβάνονται από μικρά εναέρια ρομπότ, εξοπλισμένα με αισθητήρες παρακολούθησης της συγκέντρωσης πλήθους, της κίνησης και της ρύπανσης. Τα ρομπότ πετούν στον ουρανό σε ομάδες και επιστρέφουν στο πύργο για να «φωλιάσουν» σε μια μεταλλική δομή που καλύπτει τις όψεις. Ο τρόπος με τον οποίο τοποθετούνται τα ιπτάμενα ρομποτ στην όψη ορίζεται ηλεκτρονικά, σύμφωνα με τις ανάγκες και τις δραστηριότητες του εσωτερικού. Όταν βρίσκονται στον αέρα λαμβάνουν και εκθέτουν τα δεδομένα ως εξής: ο σχηματισμός και το χρώμα του ιπτάμενου σμήνους αποτελούν ένα μέσο επικοινωνίας των δεδομένων με το κοινό. Μέ το καιρό οι άνθρωποι θα κατανοούν το μήνυμα που μεταδίδεται παρατηρόντας του σχηματισμούς των ιπτάμενων ρομπότ. Τη νύχτα το σμήνος δημιουργεί μια ροή φωτός γύρω από το πύργο»[1].

Σύγχρονες αλχημείες - μηχανικές μονάδες

Σ' ένα σενάριο που φέρνει στο νου εικόνες από τα ιπτάμενα νανορομπότ του Gort, ο πύργος του Πειραιά αποκτάει μια νέα οπτική μέσα από το project «*F.I.C*» των, Θεοδώρα Χριστοφορίδου, Δημήτρη Γουρδούκη, Βασίλη Ντόβρου, Κατερίνα Τρυφωνίδου και Φώτη Βασιλάκη. Η τεχνολογία των quadcopters[2] (εδώ έχουν τρείς ρότορες και όχι τέσσερις) συναντάει τον βιρτουόζικο έλεγχο του εργαστηρίου *GRASP*[3], σ' ένα αρχιτεκτονικό πείραμα όπου αντί για εναέριες «τούμπες» και ομαδικές εισβολές[4] από παράθυρα, τα ιπτάμενα μίνι-ρομπότ μετατρέπονται σε φορείς μηνυμάτων προς τους χρήστες του αστικού χώρου, αλλά και σε μια «έξυπνη» πρόσοψη για τους χρήστες του κτιρίου. Τα ρομπότ λαμβάνουν περιβαλλοντικά δεδομένα κυκλοφορίας, ρύπανσης, συνωστισμού, και με τους κατάλληλους σχηματισμούς περνούν τα αντίστοιχα μηνύματα στο μυημένο κοινό. Για έναν αυτοκινητιστή στη παραλιακή του λιμανιού, ο πύργος μεταλλάσσεται σε ένα είδος «*πανιού του Θησέα*», εάν είναι «μαύρο» έχει πολύ κίνηση, εάν είναι «λευκό» ο δρόμος είναι ελεύθερος, παρόμοια είναι τα μηνύματα για την ατμοσφαιρική ρύπανση και το πλήθος του κόσμου, ανάλογα με τη κίνηση των «πουλιών». Για άλλη μια φορά, το ρομποτικό-μηχανικό σμήνος υπακούει στις εντολές μιας κεντρικής μονάδας, της οποίας τις αποφάσεις ορίζει με τα δεδομένα που τροφοδοτεί. Η μόνη υπόνοια που μπορεί να γίνει για ένα είδος μεμονωμένης νόησης, κινείται στο χώρο των «έκτακτων εντολών», όπου το ιπτάμενο ρομπότ φέρνει στην επιφάνεια προαποθηκευμένες εντολές για καταστάσεις όπου ο έλεγχος από τη κεντρική μονάδα δεν είναι δυνατός. Μια αναπόφευκτη σύγκριση μεταξύ των μονάδων της ταινίας του Derrickson και του *F.I.C*, φανερώνει τη προφανή διαφορά κλίμακας των δύο εκδοχών. Οι τεχνολογικές μας κατακτήσεις δεν επιτρέπουν ακόμα τη σμίκρυνση τέτοιων μονάδων σε νανοεπίπεδο, ενώ και άλλες διαδικασίες όπως η μηχανική αυτοαναπαραγωγή δεν είναι εφικτές σήμερα. Μία ακόμα διαφορά, εντοπίζεται στη δυνατότητα μετάλλαξης και προσαρμογής της ίδιας της μονάδας για ανάληψη νέων λειτουργιών.

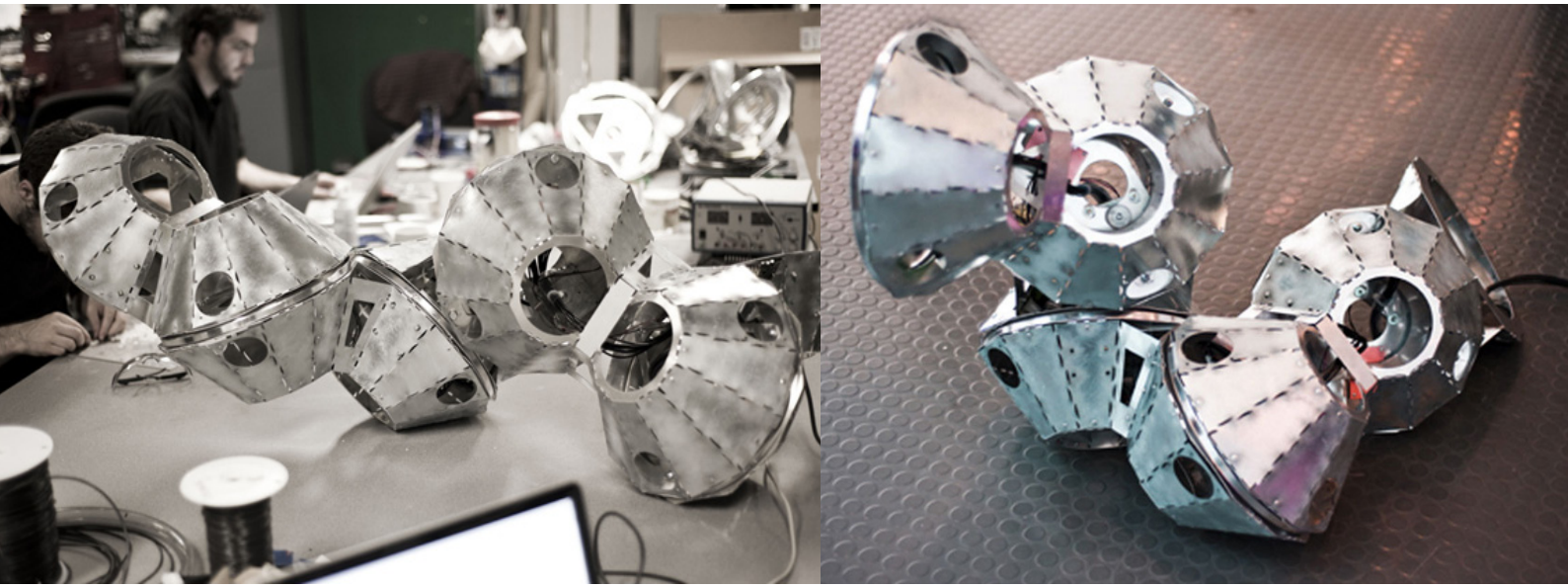
Η διαδραστική επικοινωνία που αναπτύσσεται μέσω κωδικοποιημένων μηνυμάτων, μεταξύ ανθρώπων - αρχιτεκτονικής - περιβάλλοντος, θυμίζει έντονα τον Lars Spuybroek και το έργο του *D-tower* στο *Doetinchem* της Ολλανδίας. Εκεί ένα αρχιτεκτονικό γλυπτό λειτουργεί ως εγκατάσταση προβολής των συναισθημάτων που επικρατούν στη πόλη. Οι κάτοικοι κάθε στιγμή μπορούν να δηλώσουν στο διαδίκτυο το συναίσθημα που τους συνοδεύει, κάνοντας τον χρωματισμό του γλυπτού ν' αλλάζει ανάλογα με το συναίσθημα που πλειοψηφεί. Βεβαίως στη περίπτωση του *D-tower* τα δεδομένα δε προέρχονται από το περιβάλλον, αλλά από τους κατοίκους, όμως ο συμβολισμός και η αλλαγή των μηνυμάτων μέσα από την ίδια την υλικότητα του έργου και όχι από κάποια οθόνη, είναι μια κοινή χειρονομία και στις δύο περιπτώσεις.



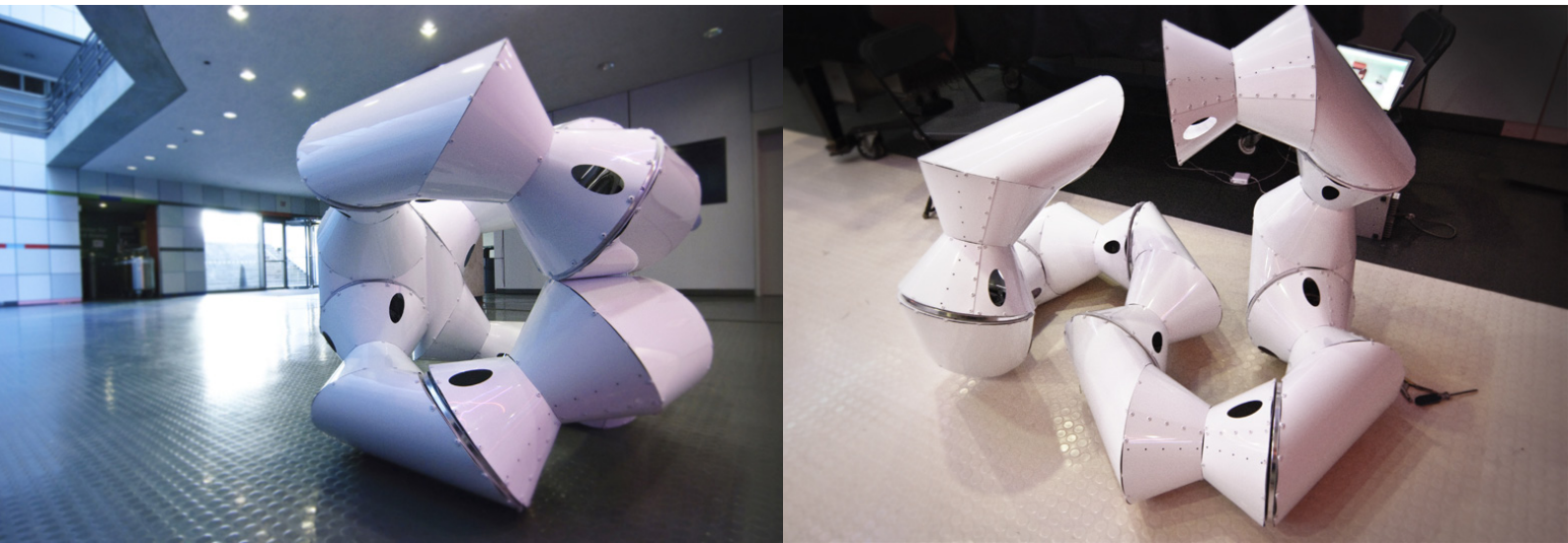
F.I.C (2010) - Βραδυνή άποψη του πύργου - Λεπτομέρεια ιπτάμενου ρομπότ, τα πτερύγια υποβοηθούν στη πτήση και καλύπτονται από φωτοβολταϊκή μεμβράνη.

Skylar Tibbits «Voltadom» MIT (2011)

Skylar Tibbits «Macrobot» MIT (2009)



Skylar Tibbits «Decibot» MIT (2009)

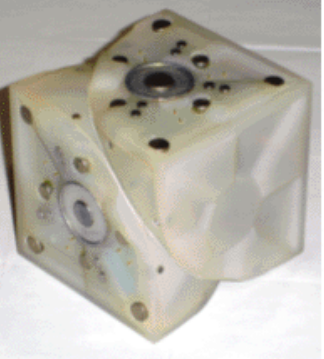


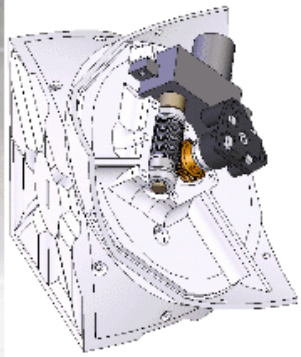
Όπως είδαμε στο παράδειγμα του FIC, τα ιπτάμενα ρομπότ έχουν τη δυνατότητα συλλογικής οργάνωσης, αλλά απουσιάζει η δυνατότητα μιας ιδιομετάλλαξης. Αυτή ακριβώς την αυτοοργάνωση της ίδιας της μονάδας αναζητά τα τελευταία χρόνια ο Skylar Tibbits. Η έλλειψή της έγινε φανερή, από την εγκατάσταση που έφτιαξε για τα 150 χρόνια του MIT με την ονομασία «Voltadom». Στο συγκεκριμένο έργο όλη διαδικασία παραγωγής μέχρι τη τελική δημιουργία ακολουθεί τη κλασική σειρά: ψηφιακός σχεδιασμός, κοπή μελών σε laser cutter , συναρμολόγηση. Η ακολουθία αυτή έχει ως συνέπεια τη κατανάλωση πολύτιμου χρόνου κατά τη φάση της κατασκευής, με τις χιλιάδες συνδέσεις και κομμάτια που πρέπει να τοποθετηθούν στη σωστή θέση. Επομένως έπρεπε να εφευρεθεί μια μονάδα που να έχει την ικανότητα αυτοσυναρμολόγησης και αυτός ακριβώς είναι ο στόχος που επιδιώκουν τα επόμενα project του.

Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι η αλλαγή του τρόπου με τον οποίο σχεδιάζονται και κατασκευάζονται τα πράγματα, μέσα από την εκμετάλλευση και αξιοποίηση μιας σειράς πλεονεκτημάτων που παρουσιάζονται στο φυσικό κόσμο και σε συστήματα όπως, οι πρωτείνες ή το DNA , στην τεχνολογία κατασκευής. Αντί της κοινότοπης διαχείρισης υλικών, που κατευθύνονται σε μια μηχανική επεξεργασία, με στόχο να ολοκληρωθούν μετά τον υπολογισμό δυνάμεων, αντοχών, απόδοσης και σφαλμάτων, σ' ένα τελικό προϊόν, μπορεί να εισαχθεί ένα είδος πληροφορίας στα υλικά, δίνοντάς τους την ικανότητα να συναρμολογηθούν από μόνα τους. Ο Tibbits ορίζει τέσσερις βασικές παραμέτρους για να πετύχει κάτι τέτοιο. Η πρώτη αφορά την ύπαρξη μίας απλής ακολουθίας συναρμολόγησης, κάτι σαν το DNA της κατασκευής που ορίζει τις λειτουργίες του κάθε στοιχείου. Ακολουθούν τα προγραμματιζόμενα μέλη, τα οποία θα εφαρμόσουν αυτή την ακολουθία και φυσικά η ενέργεια που θα τροφοδοτήσει την όλη διαδικασία. Τέλος, απαραίτητη είναι η ύπαρξη ενός μηχανισμού διόρθωσης σφάλματος, που θα εγγυάται το επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα.

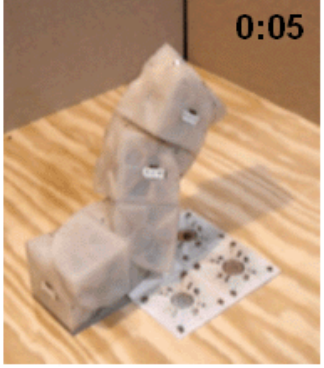
Οι πρώτες απόπειρες του Tibbits προς ένα αυτοσυναρμολογούμενο μέλλον, έγιναν με τα project *«Macrobot»* και *«Decibot»*. Αυτά αποτελούν ρομποτικά πρωτότυπα μεγάλης κλίμακας πάνω στα οποία δοκιμάζονται τεχνολογίες που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν αργότερα στο μικροσκοπικό επίπεδο. Αυτές οι ρομποτικές αλυσίδες αποτελούνται από ηλεκτρομηχανικά μέρη και μπορούν να αναδιπλωθούν σε δισδιάστατες και τρισδιάστατες δομές. Κάθε μονάδα της αλυσίδας έχει ένα εύρος γωνιών στο οποίο μπορεί να κινηθεί. Δυστυχώς και πάλι τα ρομπότ αυτά, παρουσιάζουν το ίδιο μειονέκτημα το οποίο σχεδιάστηκαν να εξαλείψουν. Η διαδικασία κατασκευής και υπολογισμού μιας αλυσίδας των 3 ή 4 μέτρων, έχει δυσανάλογο κόστος σε χρόνο και σε χρήμα. Παρόμοιες προσπάθειες δημιουργίας τέτοιων ρομποτικών αλυσίδων, έχουν γίνει και από άλλα πανεπιστήμια, όπως το Cornell, όπου μια ομάδα υπό τον καθηγητή Hod Lipson ανέπτυξε μια μονάδα κύβου που μπορεί όχι μόνο να αναδιαρθρωθεί, αλλά και να αντιγράψει τον εαυτό της, προσθέτοντας συνεχόμενα κομμάτια. Οι μονάδες πήραν την ονομασία *«Molecubes»* και κάθε κύβος έχει μια τομή στη διαγώνιο, πάνω στην οποία μπορεί να περιστραφεί το άλλο του μισό. Αυτή η δομή σχηματίζει μια αλυσίδα που μπορεί πρακτικά να λάβει κάθε πιθανή διάταξη ενώ, κάθε πλευρά των μονάδων κύβων, έχει υποδοχές για προσθήκη νέων κομματιών με απλή επαφή. Η γερμανική εταιρία βιομηχανικών αυτοματισμών FESTO, υιοθέτησε το σχεδιασμό των «Molecubes» σε μια δίκή της μονάδα ανεξάρτητων κύβων. Οι κύβοι μπορούν να προσαρτήσουν μια πλειάδα εξαρτημάτων στις άκρες τους, δημιουργώντας έτσι μια ποικιλία ρομπότ για διαφορετικές χρήσεις. Τα «Molecubes της Festo είναι στην ουσία ένα project ανοιχτού κώδικα, κατάλληλα για πειραματικούς και εκπαιδευτικούς σκοπούς. Αρκεί το επιθυμητό μίγμα κύβων από μια επιλογή μεταξύ κύβων ελέγχου, κύβων μπαταριών, κύβων ενεργοποιητών, καθώς και λίγος προγραμματισμός, και το ρομπότ είναι έτοιμο.

Η εξέλιξη του αρχιτεκτονικού χώρου κάτω από την επιρροή μιας νέας υλικότητας που βασίζεται σε αυτοσυναρμολογούμενα συστήματα, είναι το αντικείμενο μελέτης του Robert Miles Kemp στο «*Southern California Institute of Architecture»*. Η κεντρική ιδέα πίσω απ' την ονομασία «Metamorphic Space», είναι η ανάπτυξη μιας σειράς παρόμοιων σχηματικά, προγραμματιζόμενων μονάδων, που θα καλύπτουν εναλλασσόμενες απαιτήσεις. Οι μονάδες του Kemp παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τα «Molecubes» και μάλιστα ο ίδιος ανέπτυξε μια παλέτα διαφορετικών ρομπότ ιδίου σχήματος ακριβώς όπως η Festo με τους κύβους-μπαταρίες ή τους κύβους ελέγχου. Εδώ τα στοιχεία διαχωρίζονται σε υλικά, διαδραστικά και μηχανικά, σχηματίζοντας ομαδοποιημένες ενότητες, ανάλογες με τις ανάγκες, που δίνουν την επιθυμητή γεωμετρία. Το μέγεθος των ρομπότ, με τις σύγχρονες εξελίξεις στη νανοτεχνολογία, προβλέπεται ελάχιστο. Ο οραματισμός του project, αφορά μονάδες μεγέθους νυχιού, ικανές να δημιουργούν νέες φυσικές συνδέσεις κινούμενες γύρω από τις όμορές τους.

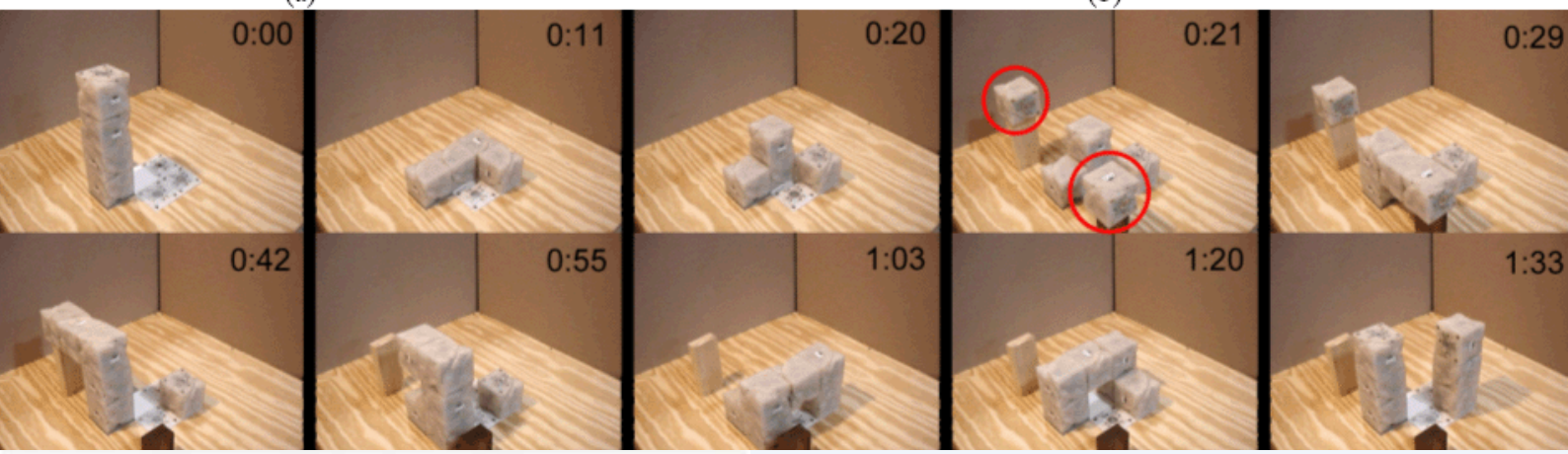




(a)



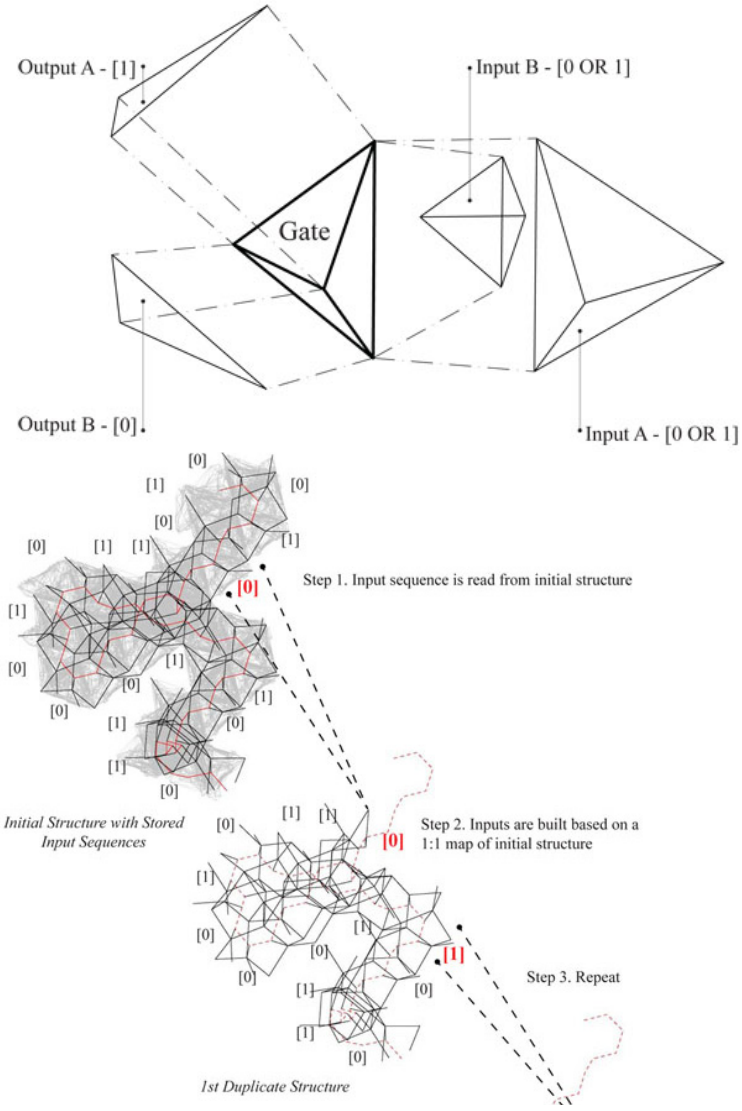
(b)



Επάνω: Hod Lipson - Cornell University, «Molecubes» (2005)
Αριστερά και κάτω αριστερά: «Metamorphic space» Robert Miles Kemp (2007), στην αριστερή εικόνα, κάθε χρώμα κύβου αντιστοιχεί και σε διαφορετικό τύπο μονάδας-ρομπότ.
Κάτω: Festo «Molecubes» (2009)

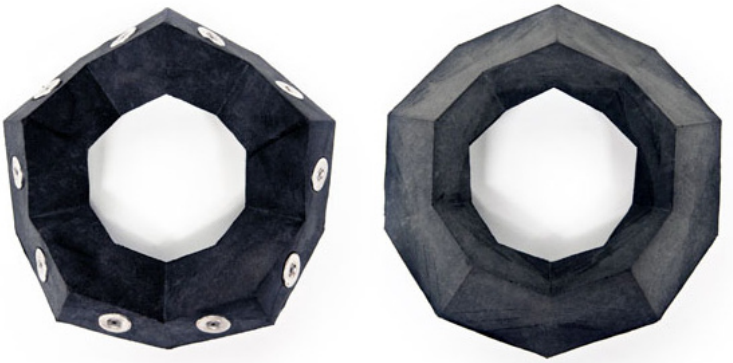
Επιστρέφοντας στον Skylar Tibbits, μετά τα *«Macrobot»* και *«Desibot»*, επόμενό του βήμα ήταν η δημιουργία μιας πιο παθητικής αλλά το ίδιο λειτουργικής δομής, χωρίς τους ηλεκτρομηχανισμούς και με απλούστερα στοιχεία. Στο έργο του *«Logic Matter»*, τα περίπλοκα ηλεκτρονικά απουσιάζουν, ενώ ο ψηφιακός λογισμός, ενσωματώνεται στις ίδιες τις βασικές μονάδες, οι οποίες γίνονται κομμάτια που μεταφέρουν ψηφιακή πληροφορία. Αυτό γίνεται περνώντας το βασικό στοιχείο ενός υπολογιστή, τη ψηφιακή λογική πύλη και μετουσιώνοντας την σε υλικό στοιχείο, αυτή είναι ή μονάδα-πύλη (NAND Gate ή Not-And), ακολουθεί η προσθήκη δύο στοιχείων που έχουν πλευρές εισαγωγής- εξαγωγής και αποτελούν τις μονάδες δεδομένων. Η σύνδεση πραγματοποιείται «διαβάζοντας» της πληροφορίες του κάθε κομματιού και είναι χωρική, πράγμα που σημαίνει ότι το αποτέλεσμα είναι, είτε πάνω-κάτω, είτε δεξιά αριστερά, ανάλογα με τη θέση στο χώρο. Έτσι κάθε βασική μονάδα αποτελείται από τρείς μικρότερες, μια πύλη και δύο πληροφοριακές και ορίζει τη διεύθυνση που θ' ακολουθήσει η επόμενη τριάδα, όσο συνεχίζεται ο υπολογισμός τόσο οι δομή αναπτύσσεται στο χώρο.

Η δημιουργία μιας τέτοιας δομής παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, καθώς όλη η πληροφορία της κατασκευής, είναι ενσωματωμένη στα κομμάτια τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως καταγραφέας της, παρέχοντας πληροφορίες θέσης και απόστασης. Επιπλέον σε συνολικό επίπεδο, τα σχέδια κατασκευής είναι αποθηκευμένα στην ίδια τη δομή, αυτό σημαίνει ότι ένα ρομπότ, μπορεί να τα «διαβάσει» και να προχωρήσει στην αντιγραφή της. Κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό στο κλάδο της νανοτεχνολογίας, καθώς σε τέτοια επίπεδα κλίμακας η δυνατότητα δημιουργίας περίπλοκων τεχνητών μηχανισμών, είναι περιορισμένη. Επομένως είναι απαραίτητη η επινόηση μικροσκοπικών έξυπνων κομματιών που θα παρέχουν την απαιτούμενη πληροφορία, λειτουργώντας συλλογικά ως ένας σκληρός δίσκος, διαβάζοντας το ένα το άλλο, και συναρμολογώντας τις απαιτούμενες δομές και γεωμετρίες στο νανοεπίπεδο. Βασικό μειονέκτημα του project *«Logic Matter»*, είναι ότι πέρα από τη ενδελεχή μελέτη γύρω από το σύστημα συναρμολόγησης, δε προβλέπει την απαραίτητη ενέργεια κίνησης για την όλη διαδικασία.



Από πάνω προς τα κάτω: Logic Matter, Skylar Tibbits, MIT (2010) - Εικόνα δομής, τα μάυρα κομμάτια λειτουργούν ως πύλες NAND ενώ τα λευκά ως εισαγώμενα δεδομένα.
- Σχηματική άποψη πρωταρχικής τριάδας
- Για κάθε παραγόμενη δομή, τα σχέδια και η πληροφορία είναι ενσωματωμένα και μπορούν να διαβαστούν.

Skylar Tibbits - Biased Chains, MiT (2010)
In collaboration with: Neil Gershenfeld, Kenny Cheung, Max Lobovsky, Erik Demaine, Jonathan Bachrach, Jonathan Ward

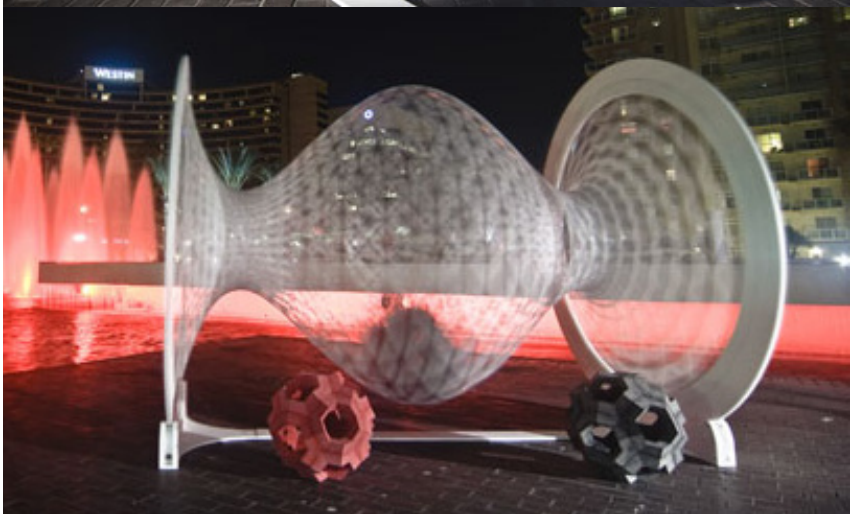


Skylar Tibbits - Self Assembly Line, Ted (2012)
In collaboration with Arthur Olson, The Molecular Graphics Laboratory, The Scripps Institute, CA

Το μειονέκτημα αυτό επιδιώκει να επιλύσει ο Tibbits με τα δύο ακόλουθα project του, *«Biased Chains»* και *«Self Assembly Line»* εκμεταλλευόμενος παράλληλα τα πλεονεκτήματα των αναδιατασσόμενων ρομπότ, με έναν τελείως παθητικό τρόπο. Στη πρώτη περίπτωση η μελέτη αφορά μια αλυσίδα που μπορεί να προσανατολιστεί σε διαφορετικές κατευθύνσεις, ακολουθώντας μια ακολουθία αναδίπλωσης. Αυτό το σενάριο μπορεί να θυμίζει τα *«Macrobot»* και *«Decibot»*, όμως υπάρχει μια βασική διαφορά, η ενέργεια κίνησης. Σ' αντίθεση με τα δύο ρομπότ που χρησιμοποιούν τεχνητές πηγές ενέργειας περιορίζοντας έτσι την αυτονομία τους, οι «Baised Chains» εκμεταλλεύονται φυσικές πηγές, όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση δονήσεις. Οι δονήσεις ωθούν τις αλυσίδες ν' αναδιπλωθούν σε προκαθορισμένους-προγραμματισμένους σχηματισμούς, όπως έλικες, σπείρες ή κύβους. Αυτό σημαίνει ότι τα κομμάτια της αλυσίδας εκτός από την ενεργειακή αυτονομία που έχουν, διαθέτουν και τη προγραμματικότητα των μονάδων που συναντάμε στο *«Logic Matter»*.

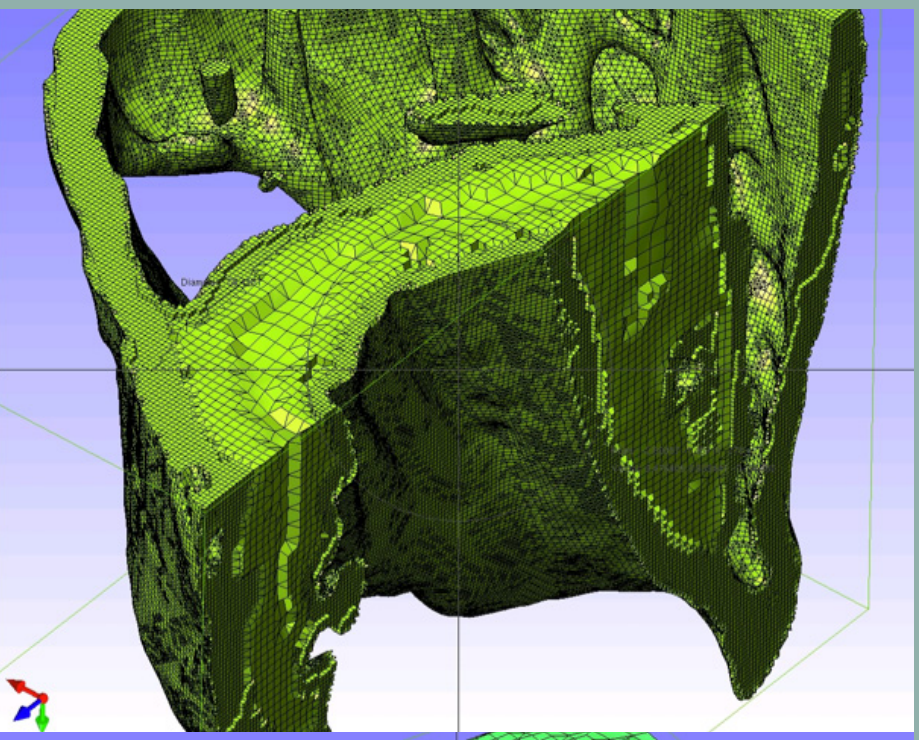
Το δεύτερο project αφορά μια αυτοσυναρμολογούμενη μονάδα, που μιμείται τις διαδικασίες συναρμολόγησης σε οργανικό επίπεδο, και συγκεκριμένα αποτελεί ένα μεγεθυμένο αντίγραφο συναρμολόγησης ενός ιικού καψιδίου. Ένα σύνολο μόντουλων ενεργοποιείται από ένα σύστημα περιστροφής που φιλοξενείται σε μια δευτερεύουσα εξωτερική δομή, ωθώντας τη διάδραση μεταξύ τους. Η γεωμετρία και οι μηχανισμοί έλξης των μόντουλων (μαγνήτες), διασφαλίζουν ότι θα έρθουν σ' επαφή μεταξύ τους και θα ευθυγραμμιστούν τοπικά, σε ορθή διαμόρφωση. Με την ώρα, όσο περισσότερα μόντουλα έρχονται σ' επαφή, διαχωρίζονται, επανασυνδέονται, όλο και μεγαλύτερα σύνολα αναδύονται. Σε εναλλακτικές περιπτώσεις, δίνοντας διαφορετικά σύνολα γεωμετρικών μονάδων και πόλων έλξης, μπορεί να επιτευχθεί μια ποικιλία δομών, σλλάζοντας τις εξωτερικές συνθήκες, τη γεωμετρία του μόντουλου, τα σημεία έλξης, και των αριθμό των μονάδων που παρέχονται, μπορεί να προγραμματιστεί η συνολική διάταξη.

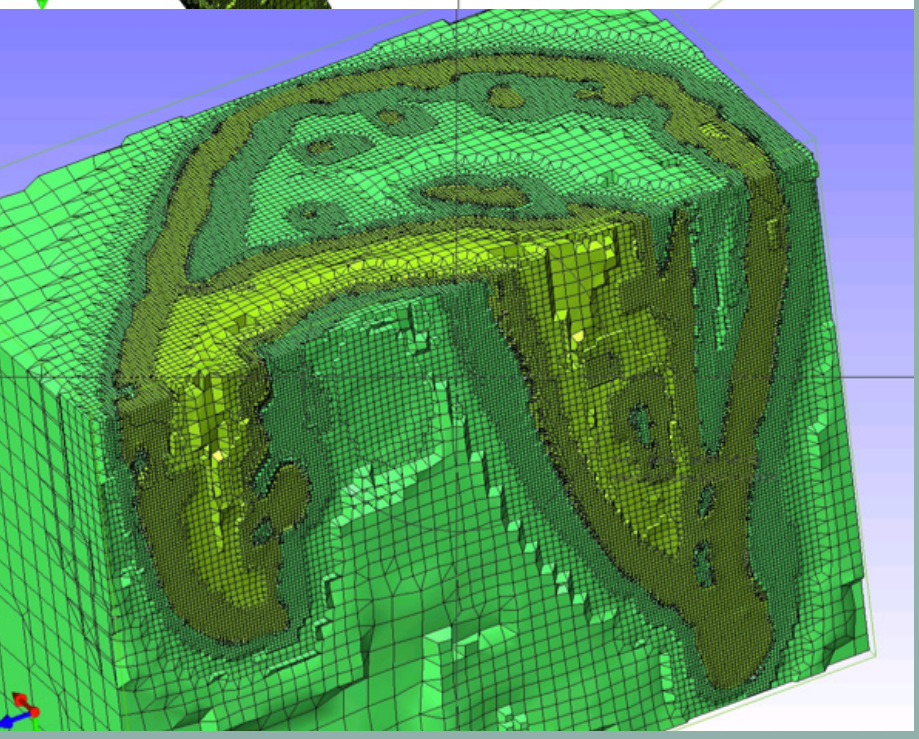
Η αλλαγή του τρόπου κατασκευής που πρεσβεύει ο Tibbits, υπονοεί τη δυνατότητα δημιουργίας δομών που μέχρι σήμερα δεν ήταν δυνατές, δομές για τη κατασκευή των οποίων δεν χρειάζονται «εξυπνότερες» μηχανές κατασκευής, αλλά



εξυπνότερα μέλη συναρμολόγησης. Απλές μονάδες που μπορούν να συναρμολογηθούν από μόνες τους, τοποθετούμενες η μια δίπλα στην άλλη, ελέγχοντας από μόνες τις συνδέσεις τους, ενημερώνοντας σε περίπτωση σφάλματος, και γενικότερα δίνοντας πληροφορίες για τη κατασκευή, παρά έχοντας τον ανθρώπινο παράγοντα ως αποκλειστικό οδηγό για το τι θα κάνουν. Για παράδειγμα σε μια σεισμογενή περιοχή, δομές με λειτουργίες όπως οι «Biased Chains» μπορούν να ενεργοποιηθούν από τη κίνηση του εδάφους και να διαμορφώσουν έναν προγραμματισμένο αντισεισμικό σχηματισμό στα θεμέλια των κτιρίων, ακόμα σε τεχνολογίες φωτοβολταϊκών, παρόμοιες δομές μπορούν να ενεργοποιηθούν από τη πρόσπτωση φωτός και να διαμορφώσουν τη μέγιστη επιφάνεια εκμετάλλευσης του. Σε κάθε περίπτωση, όλα τα παραπάνω παραδείγματα έχουν ένα κοινό παρονομαστή. Παρόλο που διακατέχονται από μια αναζήτηση για την επίτευξη κριτηρίων ζωντανών συστημάτων όπως η αυτοσυναρμολόγηση, βασίζονται σε μια καθαρά μηχανιστική αντίληψη για την εκπλήρωσή τους.

1. http://object-e.net/uncategorized/fic
2. Ένα multicopter που ανυψώνεται από τέσσερις ρότορες
3. General Robotics, Automation, Sensing & Perseption Lab
4. http://www.youtube.com/watch?v=YQIMGV5vtd4





Παράδειγμα μοντελοποίησης στερεού σε περιβάλλον VPM (Voxel Mesh in a Voxel Spase), οι εικόνες απεικονίζουν τη καρδιά ενός λαγού. Σ' ένα τέτοιο περιβάλλον υπάρχουν τρείς διαφορετικές περιπτώσεις οργάνωσης Voxel και απεικόνισης μιας ψηφιακής ανισοτροπίας:

1) Ψηφιακή ανισοτροπία που ορίζεται από τη διανομή των μονάδων. Στη περίπτωση αυτή τα Voxel θεωρούνται ομοιογενείς μονάδες ύλης, με ίδιο μέγεθος,σχήμα και ιδιότητες, παρόλα αυτά η ετερογενής οργάνωση τους με δημιουργία υποομάδων σε συνολικό επίπεδο, χαρακτηρίζει τη τελική απόδοση του στερεού.

2) Ψηφιακή ανισοτροπία που ορίζεται από τη κατανομή ιδιοτήτων. Εδώ συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο. Τα Voxel κατανέμονται ομοιογενώς στο χώρο, όμως το καθ' ένα από αυτά έχει διαφορετικές ιδιότητες που απεικονίζονται με διαφορετικά χρώματα. Για παράδειγμα τα σκούρα χρώματα αντιπροσωπεύουν δύσκαμπτες αδιαφανείς μονάδες, ενώ τα ανοιχτά εύκαμπτες διαφανείς μονάδες.

3) Ψηφιακή ανισοτροπία που ορίζεται από ιδιότητες και κατανομή. Αποτελεί ένα συνδυασμό των δύο παραπάνω περιπτώσεων που χαρακτηρίζεται από τις διαφορετικές ιδιότητες σε κάθε μονάδα, αλλά και από την ετερογενή κατανομή τους στο χώρο.

Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των Voxel, τόσο μεγαλύτερη και η ακρίβεια ανάλυσης. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα το στερεό μοντελοποίησης αποτελείται από 7.000.000 στοιχεία, ενώ υπάρχουν και στερεά με πολύ περισσότερα.

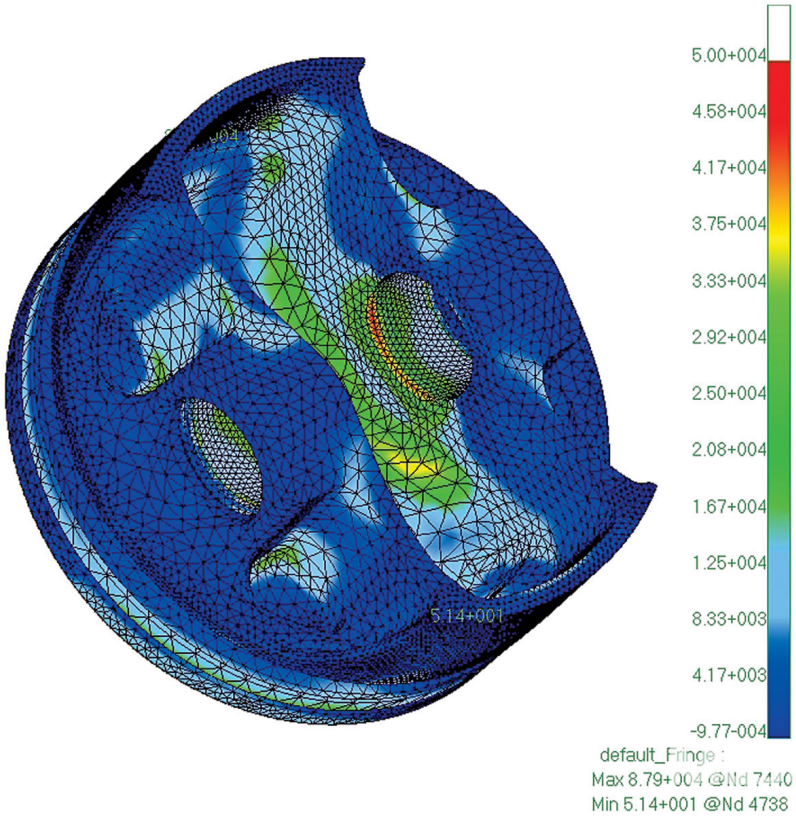
μονάδες απόδοσης

Η ανάπτυξη μίας διαφορετικής σχεδιαστικής προσέγγισης, εμπνευσμένης από τις φυσικές διαδικασίες μορφογένεσης, είναι το αντικείμενο μελέτης της αρχιτέκτονα και designer Neri Oxman. Το *Mediated Matter Research Group* το οποίο διευθύνει και αποτελεί τμήμα του *MIT Media Lab,* διερευνά το πώς ο ψηφιακός σχεδιασμός, η ψηφιακή υλοποίηση και οι τεχνολογίες τους, μεσολαβούν μεταξύ ύλης και περιβάλλοντος για ν' αλλάξουν ριζικά το σχέδιο και τη κατασκευή αντικειμένων, κτιρίων και συστημάτων.

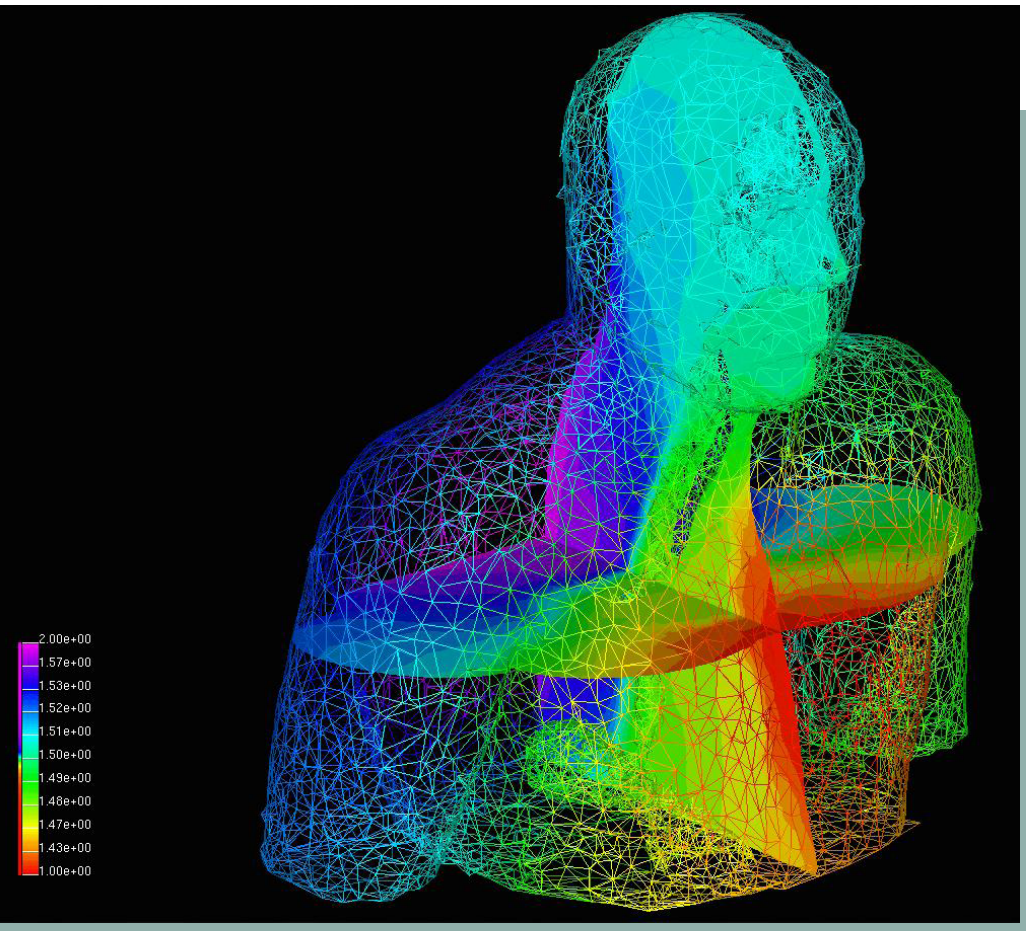
Στη σημερινή πρακτική, κυριαρχεί ένας διαχωρισμός μεταξύ των διαδικασιών σχεδιαστικής σύνθεσης και σχεδιαστικής ανάλυσης, καθοδηγούμενη από τους σχεδιαστές και τους μηχανικούς αντίστοιχα. Επικρατεί μια ιεραρχία στον ορισμό του χρονικού σημείου εφαρμογής της κάθε μια διαδικασίας (πως αλλιώς μπορεί ν' αναλυθεί κάτι που δεν έχει ακόμα σχεδιαστεί;), ο πολιτικός μηχανικός θα «τρέξει» προγράμματα αξιολόγησης της αντοχής ενός δομικού στοιχείου, μόνο αφού αυτό έχει σχεδιαστεί από τον αρχιτέκτονα. Ακολούθως, ο μηχανικός περιβάλλοντος θα «τρέξει» τα δικά του αναλυτικά προγράμματα, για να επιβεβαιώσει την επιθυμητή απόδοση της κατασκευής, σε περιβαλλοντικά κριτήρια και τέλος το σχέδιο παραδίδεται στον κατασκευαστή, όπου υπόκειται σε μια διαδικασία εξορθολογισμού σύμφωνα με τον τύπο και τη μέθοδο του τρόπου κατασκευής του. Υπάρχει μια απώλεια πληροφορίας κατά τη μετάφραση από το σχέδιο, στην ανάλυση και έπειτα στη κατασκευή. Η συμβατική σχεδιαστική ακολουθία δεν προβλέπει ποια τεχνολογία υλοποίησης θα εφαρμοστεί κατά τη κατασκευή, μ' αποτέλεσμα ένα στοιχείο να σχεδιάζεται, ν' αναλύεται και να κατασκευάζεται υποκείμενο σ' έναν γεωμετρικό εξορθολογισμό που είναι αντίθετος με την αντίστοιχη φυσική διαδικασία. Στη φύση δεν υπάρχει αυτή η διάκριση μεταξύ των διαδικασιών μοντελοποίησης, ανάλυσης και κατασκευής. Η μορφή συνδέεται άμεσα με τις δυνάμεις που επιδρούν πάνω της και είναι δομημένη έτσι ώστε να υιοθετεί πολλαπλές λειτουργίες και ν' ανταποκρίνεται, σε ποικίλα κριτήρια απόδοσης.

Στόχος της Oxman είναι η ανάπτυξη μιας σχεδιαστικής ακολουθίας που να ενσωματώνει πολλαπλά δομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια απόδοσης, ενοποιώντας τη μοντελοποίηση, ανάλυση, προσομοίωση και κατασκευή σε μία διαδικασία. Οραματίζεται τη παραγωγή προϊόντων και κτιρίων με πολλαπλές ιδιότητες οι οποίες πηγάζουν από τον υπολογισμό και την ενσωμάτωση των ιδιοτήτων των υλικών τους, στη συνολική σχεδιαστική διαδικασία. Εάν τα προϊόντα και τα κτίρια σχεδιάζονται ως συστήματα που ενσωματώνουν πολλαπλά χαρακτηριστικά, ελέγχοντας και μεταλλάσσοντας συνεχόμενα τις ενσωματωμένες ιδιότητες των υλικών τους, τότε η μηχανική απόδοση όπως και η περιβαλλοντική ανταπόκριση αυξάνονται, κάνοντας το παραγόμενο προϊόν περισσότερο αειφόρο. Η δυνατότητα αυτή στα υλικά ονομάζεται «διαπραγμάτευση πολλαπλής απόδοσης» (Multiple Performance Negotiation) και ορίζεται ως η δυνατότητα τοπικής κλιμακωτής μετάλλαξης των χαρακτηριστικών ενός υλικού, έτσι ώστε ν' ανταποκρίνεται με ακρίβεια στους ποικίλους δομικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς που είναι μέρος της σχεδιαστικής διαδικασίας.

Η σχεδιαστική προσέγγιση της Oxman ονομάζεται «Σχεδιασμός πολλαπλών ιδιοτήτων» (Variable Properties Design ή VPD) και χωρίζεται σε τρείς υποκατηγορίες: Μοντελοποίηση πολλαπλών ιδιοτήτων (VPM), Ανάλυση πολλαπλών ιδιοτήτων (VPA), και Κατασκευή πολλαπλών ιδιοτήτων (VPF). Η Μοντελοποίηση πολλαπλών ιδιοτήτων (VPM) έχει ως βάση της το διαχωρισμό του ψηφιακού χώρου σε βασικές μονάδες τρισδιάστατης απεικόνισης που ονομάζονται Voxel. Τα Voxel αποτελούν κάτι αντίστοιχο των pixels, όπως τα pixels αντιπροσωπεύουν ένα τμήμα μιας εικόνας, έχοντας διαφορετική ένταση και χρώμα, έτσι και τα Voxel ορίζουν ένα σημείο στο χώρο, με την ακριβή θέση τους να καθορίζεται από την εγγύτητά τους με άλλα Voxel. Ως μονάδες, είναι κατάλληλες για την απεικόνιση χώρων που είναι μη ομοιογενώς γεμισμένοι και χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σε απεικονίσεις ιατρικών και επιστημονικών δεδομένων (MRI). Στη διαδικασία του VPF, οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι τα Maxel (από το συνδυασμό των λέξεων material και Voxel), αυτές μπορούν να κατανοηθούν ως ένα ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ της ψηφιακής μορφής και φυσικής υπόστασης σε διαδικασίες ταχείας κατασκευής (τρισδιάστατη εκτύπωση). Ο σχεδιαστής μοντελοποιεί τρισδιάστατες μορφές , διαχειριζόμενος μονάδες που ανταποκρίνονται σε κάθε κόκκο σκόνης που εκτυπώνεται. Κάτι τέτοιο δίνει απεριόριστες δυνατότητες δημιουργίας δομών με τη μέγιστη δομική απόδοση. Όμως εκτός της ταύτιση με μια μονάδα ύλης, τα Maxel μπορούν να περιέχουν και μια ποικιλία φυσικών δεδομένων που σχετίζονται με διάφορες καταστάσεις (πυκνότητα, διαφάνεια), επιτρέποντας έτσι τον υπολογισμό και παραγωγή ενός σχεδίου που να ταιριάζει απόλυτα στους συγκεκριμένους περιορισμούς, για κάθε μονάδα απεικόνισης. Εάν αυτή η ψηφιακή μονάδα συσχετίζεται σε μέγεθος και σε θέση με την ύλη που εφαρμόζεται για να περιγραφούν τα όποια δεδομένα απόδοσης, τότε οι



Εικόνα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων σε κεφαλή πιστονιού. Η ανάλυση γίνεται σύμφωνα με τη πίεση που ασκείται σε κάθε σημείο, το μπλέ χρώμα υποδηλώνει περιοχές χαμηλής πίεσης ενώ το κόκκινο-κίτρινο, περιοχές υψηλής πίεσης.



Ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων με βάση την ανάπτυξη ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο ανθρώπινο σώμα και τις προοπτικές σ' αυτό.

διαφορές που απαιτούνται στη συμπεριφορά του υλικού, ταιριάζουν απόλυτα με τη διαφορά που απεικονίζεται στις ιδιότητες του υλικού. Με άλλα λόγια, δεδομένου ότι μπορούμε υπολογιστικά να απεικονίσουμε συνεχείς και δυναμικές καταστάσεις ενέργειας (φορτίο, θερμότητα), μέσα σε συγκεκριμένα χωρικά όρια, και δεδομένου ότι μπορούμε να ορίσουμε πολλαπλές φυσικές ιδιότητες στα υλικά και στις μικροδομές που ορίζουν το σχέδιο, τότε η διανομή των ιδιοτήτων μπορεί να ταιριάζει ακριβώς με τη διανομή των ορίων απόδοσης που ορίζονται από το περιβάλλον κατά τη μορφογενετική διαδικασία. Μ' αυτή την έννοια, η μορφή γίνεται ένα παράγωγο μιας διαδικασίας ζύμωσης της υλικής απόδοσης, της περιβαλλοντικής απόδοσης και των κατασκευαστικών δεδομένων.

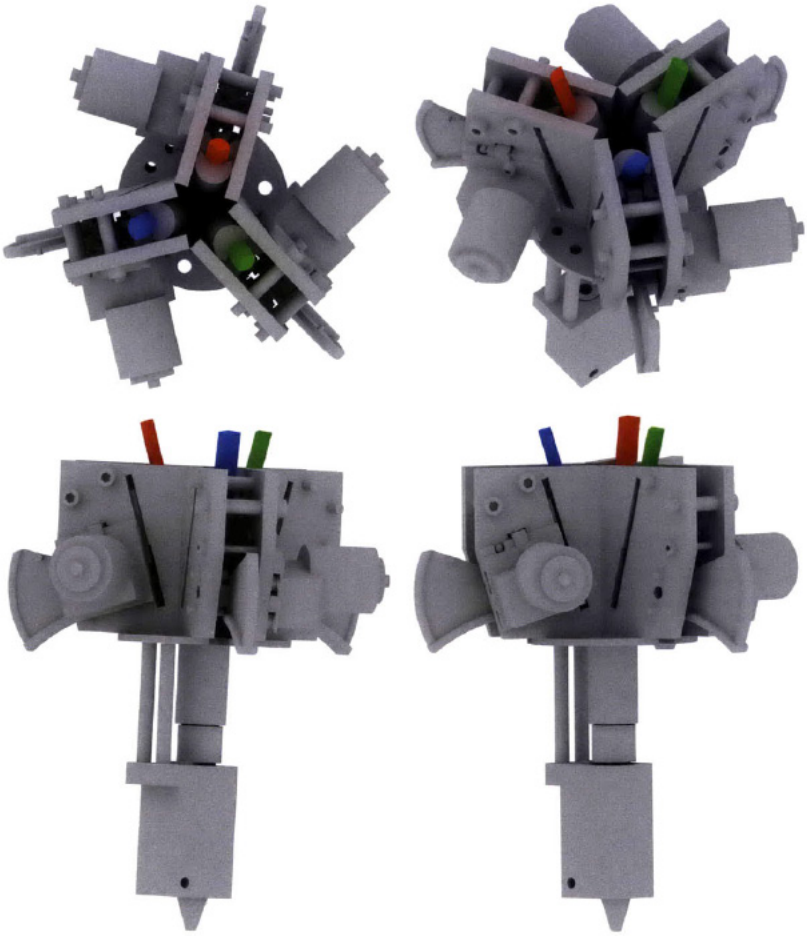
Μέσα στο περιβάλλον μοντελοποίησης VPM, το πρόγραμμα μεταφράζει τις επιθυμητές ιδιότητες του μοντέλου, σε ιδιότητες υλικού (υψηλή η χαμηλή αγωγιμότητα, σκληρό ή απαλό), ώστε να δομηθεί η σωστή σύνθεση υλικού. Τα φυσικά δεδομένα και η σύνθεση του υλικού παρουσιάζονται μέσα από μια διαχείριση των Voxel ως τανιστών (γεωμετρικών ενοτήτων που περιέχουν πολλαπλές φυσικές παραμέτρους), οι οποίοι σε σχέση με τα διανύσματα σχετίζονται εκτός από τις τρείς διαστάσεις και με την έκφραση χαρακτηριστικών όπως η θλίψη ή η ένταση. Τα υπάρχοντα περιβάλλοντα μοντελοποίησης απαντούν στη πρόκληση της γεωμετρικής περιγραφής της μορφής, θεωρώντας την όμως ως ένα ουδέτερο χαρακτηριστικό χωρίς ιδιότητες, στο οποίο το υλικό ορίζεται ομοιογενώς κατά τη φάση της κατασκευής. Σε σχέση μ΄ αυτή τη προσέγγιση, το περιβάλλον VPM υποστηρίζει την απεικόνιση στερεών, ως γεωμετρικών στοιχείων που περιγράφονται από την υλική τους σύνθεση.

Ταυτόχρονη με τη μοντελοποίηση του στερεού, είναι και η διαδικασία της «Ανάλυσης Πολλαπλών Ιδιοτήτων» (VPA). Το εργαλείο πάνω στο οποίο βασίζεται η ανάλυση αυτή είναι η «Μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων» (Finite element method-FEM ή Finite element analysis- FEA). Η μέθοδος αυτή, είναι δανεισμένη από το τομέα της μηχανικής και δομικής βελτιστοποίησης και αποτελεί ουσιαστικά μια αριθμητική τεχνική εύρεσης σταθερών προσεγγιστικών λύσεων, απαλείφοντας αυτές που δεν ταιριάζουν στο εύρος της αντικειμενικής λειτουργίας. Ως αντικειμενική λειτουργία σύμφωνα με τη θεωρία βελτιστοποίησης, ορίζεται η λειτουργία μιας δεδομένης διαδικασίας βελτιστοποίησης που θεωρείται ότι πρέπει να μεγιστοποιηθεί ή να ελαχιστοποιηθεί. Ο βασικός επαναληπτικός αλγόριθμος της βελτιστοποίησης πεπερασμένων στοιχείων, βασίζεται στην ελαχιστοποίηση της συγκέντρωσης υλικού, στα σημεία που δεν χρειάζεται, σύμφωνα με τους σκοπούς που τίθενται από την αντικειμενική λειτουργία. Για παράδειγμα εάν ξεκινήσουμε τη σχεδιαστική διαδικασία μ' ένα στερεό κομμάτι υλικού με συγκεκριμένες κατανομές φορτίου, ακολουθεί ο υπολογισμός της θλιπτικής κατανομής και τα στοιχεία με μηδενικές θλιπτικές τιμές αφαιρούνται. Αυτή η διαδικασία αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη αντικειμενική λειτουργία (δομική βελτιστοποίηση), ενώ υποθέτει ομογενείς μονάδες υλικού. Ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης ορίζει τις δυαδικές λειτουργίες του (διατήρηση ή απομάκρυνση υλικού) στο επίπεδο της μονάδας Maxel που όπως αναφέρθηκε, συνδέει τις ψηφιακές μονάδες μοντελοποίησης, με τις μονάδες υλοποίησης. Σε μια απλοποιημένη εκδοχή του, ο αλγόριθμος μιας δομικής βελτιστοποίησης πεπερασμένων στοιχείων θα ήταν ο εξής:

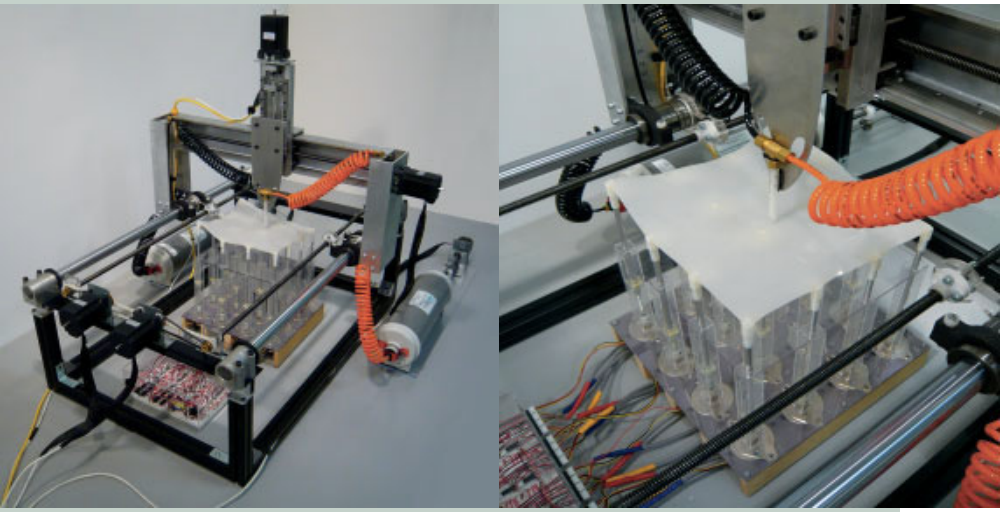
1. Ξεκίνα εισάγοντας το στερεό κομμάτι υλικού με τις δοσμένες κατανομές φορτίου;
2. Τρέξε την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων για τον υπολογισμό της θλιπτικής κατανομής;
3. Έλεγξε για τυχόν στοιχεία με λιγότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη θλίψη;
4. Εάν όχι, τότε τερμάτισε διαδικασία, αλλιώς;
5[1]. Αφαίρεσε μερικά από τα ελάχιστα φορτισμένα στοιχεία.;
6. Πήγαινε στο 2.

Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας ακολουθίας, είναι να «φαγωθεί» το περιττό υλικό, μέχρι να παραμείνει η ποσότητα που είναι απαραίτητη για τη δομική επάρκεια του μοντέλου (στο σημείο αυτό, το εναπομείναν υλικό είναι πλήρως φορτισμένο)[2]. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ο αλγόριθμος υποθέτει ένα ομοιογενές υλικό, όμως ο σχεδιαστής μπορεί να επιλέξει μια πολλαπλότητα υλικών ιδιοτήτων, χρησιμοποιώντας ετερογενείς μονάδες.

Το σύνολο των δεδομένων που φιλτράρονται από τις διαδικασίες VPM και VPA, τροφοδοτούν τη διαδικασία «Variable Property Fabrication» (VPF). Σήμερα δεν υπάρχει τεχνολογία ταχείας προτυποποίησης που να επιτρέπει τη συνεχή τροποποίηση υλικών ιδιοτήτων όπως αντοχή, ακαμψία, πυκνότητα και ελαστικότητα, ως συνεχείς κλιμακώσεις κατά μήκος μιας επιφάνειας ή μιας περιοχής ενός λειτουργικού στοιχείου. Τέτοιες πολυπλοκότητες επιτυγχάνονται συνήθως εκτυπώνοντας πολλαπλά κομμάτια με διαφορετικές ιδιότητες και σαφή



Αριστερά: Ο μηχανισμός κατασκευής της διαδικασίας VPF της Neri Oxman. Τα χρωματισμένα στοιχεία είναι τα τρία διαφορετικά υλικά που πιέζονται από τα τροποποιημένα πιστόλια σιλικόνης. Διακρίνονται ο θερμικός θάλαμος και ακριβώς από κάτω το μονό ακροφύσιο εκτύπωσης.
Κάτω: Ο μηχανισμός Cast_it του Αλέξανδρου Τσάμη και του Kaustuv De Biswas, MIT (2008)

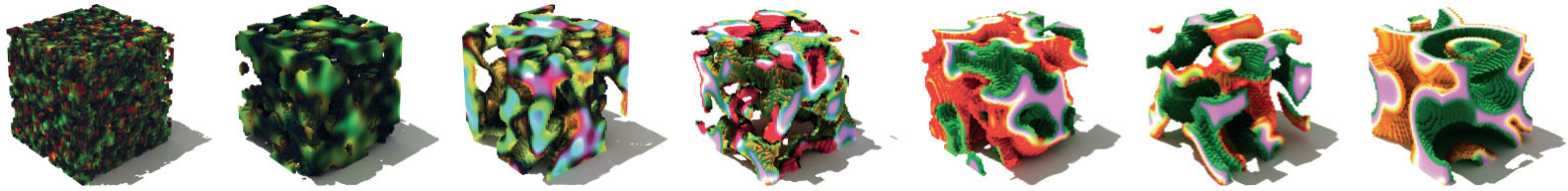


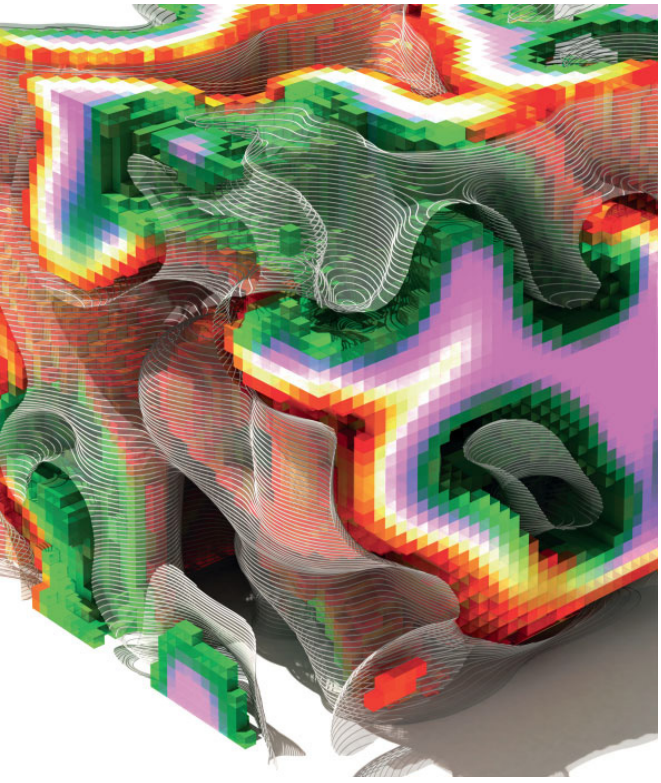
περιγραφή μεταξύ των υλικών, η συναρμολόγησή των οποίων γίνεται μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής τους. Τέτοιες διαδικασίες έχουν ως αποτέλεσμα την σπατάλη υλικού και την έλλειψη λειτουργικής ακρίβειας. Η τεχνική της κατασκευής πολλαπλών ιδιοτήτων (VPF), προτείνει έναν νέο τρόπο εναπόθεσης υλικού κατά τη διάρκεια τρισδιάστατων εκτυπώσεων, που προσφέρει κλιμακωτό έλεγχο για πολλαπλά υλικά, σε μια εκτύπωση. Το αποτέλεσμα είναι μια συνεχής δομή με κλιμακωτά διανεμημένο υλικό, βελτιστοποιημένη δομική συμπεριφορά, αποδοτική χρήση υλικών, μειωμένο βάρος, και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Δύο είναι τα βασικά πλαίσια στα οποία κινείται η τεχνική VPF. Πρώτον, η κατασκευή με πολλαπλές ιδιότητες πυκνότητας και ελαστικότητας σε αντίθεση με τη κατασκευή διακριτών τμημάτων με ομογενείς ιδιότητες και υλικό. Και δεύτερον η ενσωμάτωση δεδομένων απόδοσης, ως μέρος της διαδικασίας κατασκευής. Για παράδειγμα η προσομοίωση των δομικών φορτίων στο περιβάλλον μοντελοποίησης, χαρτογραφείται πάνω στο πρόγραμμα κατασκευής, ενημερώνοντας τη διανομή ιδιοτήτων κατά τη διαδικασία εκτύπωσης.

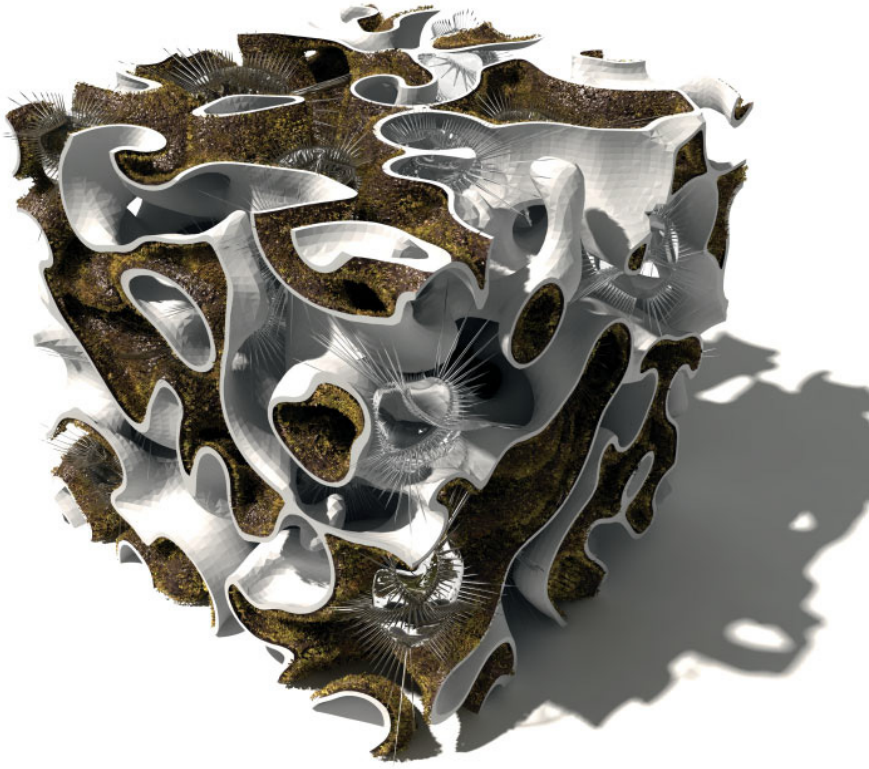
Η διαδικασία εκτύπωσης υλικού πολλαπλών ιδιοτήτων, προϋπέθετε την ανάπτυξη ενός νέου «hardware», με δυνατότητα εκτύπωσης μίγματος πολλαπλών υλικών, με συνεχή εναλλασσόμενη σύνθεση. Το σύστημα που εξελίχθηκε, αποτελείται από τρία τροποποιημένα πιστόλια σιλικόνης τα οποία είναι τοποθετημένα ακτινωτά σε μια υπερθέση, τροφοδοτώντας ταυτόχρονα έναν θερμικό θάλαμο που λειτουργεί ως διαμορφωτής του μίγματος. Το κάθε πιστόλι πιέζει ένα σωληνάριο κολλώδους ρητίνης διαφορετικού χρώματος, που υποδηλώνει και διαφορετικό υλικό. Η τροφοδοσία του κάθε υλικού προς τον θερμικό θάλαμο, ελέγχεται μέσα από ένα πρόγραμμα ανοικτού κώδικα (Processing.org) που διευκολύνει την οπτικοποίηση των δεδομένων με τη δημιουργία «sliders» ελέγχου. Η αναλογίες του κάθε υλικού μεταβάλλονται όμως η συνολική ποσότητα του μίγματος κάθε στιγμή, παραμένει σταθερή. Ο θερμικός θάλαμος καταλήγει σ' ένα μονό ακροφύσιο που πραγματοποιεί την εκτύπωση. Εκτός από κολλώδη ρητίνη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα υλικά όπως θερμοπλαστικά πολυμερή, λάστιχα σιλικόνης και άλλοι τύποι ρητινών. Ένας μηχανισμός με παρόμοια λειτουργία, αναπτύχθηκε στο MIT από τους Αλέξανδρο Τσάμη και Kaustuv De Biswas. Το project *«Cast_it»* αναμιγνύει δυναμικά δύο ή παραπάνω υλικά σε υγρή μορφή (πλαστικά), για να παράγει κλιμακωτές μεταλλάξεις σε κομμάτια υλικού, η μίξη γίνεται σε μια κεφαλή εκτύπωσης. Τόσο στο μηχανισμό της διαδικασίας VPF όσο και στο *Cast_it*, για τμήματα μέτριας πολυπλοκότητας, δεν απαιτείται εναπόθεση βοηθητικού υλικού υποστήριξης κατά τη φάση της εκτύπωσης. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα καθώς τα περισσότερα συστήματα εκτυπώνουν ταυτόχρονα, μαζί με το πρωτότυπο υλικό, και βοηθητικό υλικό στήριξης που απομακρύνεται μετά το πέρας της διαδικασίας.

Ο Αλέξανδρος Τσάμης στο έργο του «Εναλλακτικό σπίτι» (Surrogate House) υιοθετεί μια διαδικασία σχεδιασμού που ταυτίζεται με τις αρχές τις Oxman για ταυτόχρονη εφαρμογή μοντελοποίησης, ανάλυσης και κατασκευής. Τα Voxel στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ενσωματώνουν δεδομένα ανάλυσης που αφορούν τη μόλυνση του χώρου που περιβάλει το στερεό. Η υγιεινή του χώρου γίνεται η κινητήριος δύναμη ανάπτυξης του μοντέλου. Ορίζεται ένα όριο μόλυνσης κάτω από το οποίο τα Voxel που δε ξεπερνούν τη τιμή, σχηματίζουν τον περίκλειστο χώρο με τη δημιουργία κελύφους. Αντίθετα τα Voxel που ξεπερνούν το όριο, έχουν άμεσο ρόλο στην διαμόρφωση του πάχους του κελύφους. Όσο μεγαλύτερα είναι τα ποσοστά μόλυνσης σε μια περιοχή, τόσο μεγαλύτερο είναι και το πάχος του κελύφους. Το έργο υπονοεί μια διαφορετική οπτική όσον αφορά τη σχέση της κοινωνίας με τα «περιττώματά» της. Το νόημα της πράσινης αρχιτεκτονικής με την έμφασή του στο αγνό της φύσης, απέφευγε μέχρι τώρα δεχτεί τα απόβλητα, ως έναν μορφογενετικό παράγοντα. Πέρα από το σενάριο όμως η διαδικασία σχεδιασμού είναι αυτή που μας ενδιαφέρει. Το κέλυφος ως ένα ενιαίο κομμάτι, περιγράφεται μέσα από μια ψηφιακή ανισοτροπία που ορίζεται από τη διανομή ομοιογενών μονάδων.

Μια ιδίου τύπου ανισοτροπία εισάγει η Oxman μέσα από το project της *«Penumbra»*. Η ανάλυση εδώ, περιγράφει τη δημιουργία ενός στερεού που καθορίζεται από τη διαφάνεια και αδιαφάνειά του, ενώ βασίζεται στην ακτινομέτρηση σ' ένα δοσμένο περιβάλλον. Ο αλγόριθμος εκτός από τη θέση των πηγών, υπολογίζει την ένταση και τη διεύθυνσή φωτός, θέτοντας τοπικές τιμές καμπυλότητας σε κάθε σημείο που ανταποκρίνεται στην επιφάνεια αναφοράς και τη διάσταση του φωτός. Το στερεό που μοντελοποιείται, εκτός από της τρισδιάστατες επιφάνειες διπλής καμπυλότητας που σχηματίζει, παρουσιάζει και διαφορές στο πάχος του κελύφους ανάλογες με τις τιμές ακτινοβολίας για κάθε σημείο. Συμπερασματικά τα δύο έργα *«Surrogate House»* και *«Penumbra»*, παρουσιάζουν τον ίδιο τύπο ανισοτροπίας με διαφορετική αντικειμενική λειτουργία







Αλέξανδρος Τσάμης- Surrogate House, MIT, (2010)

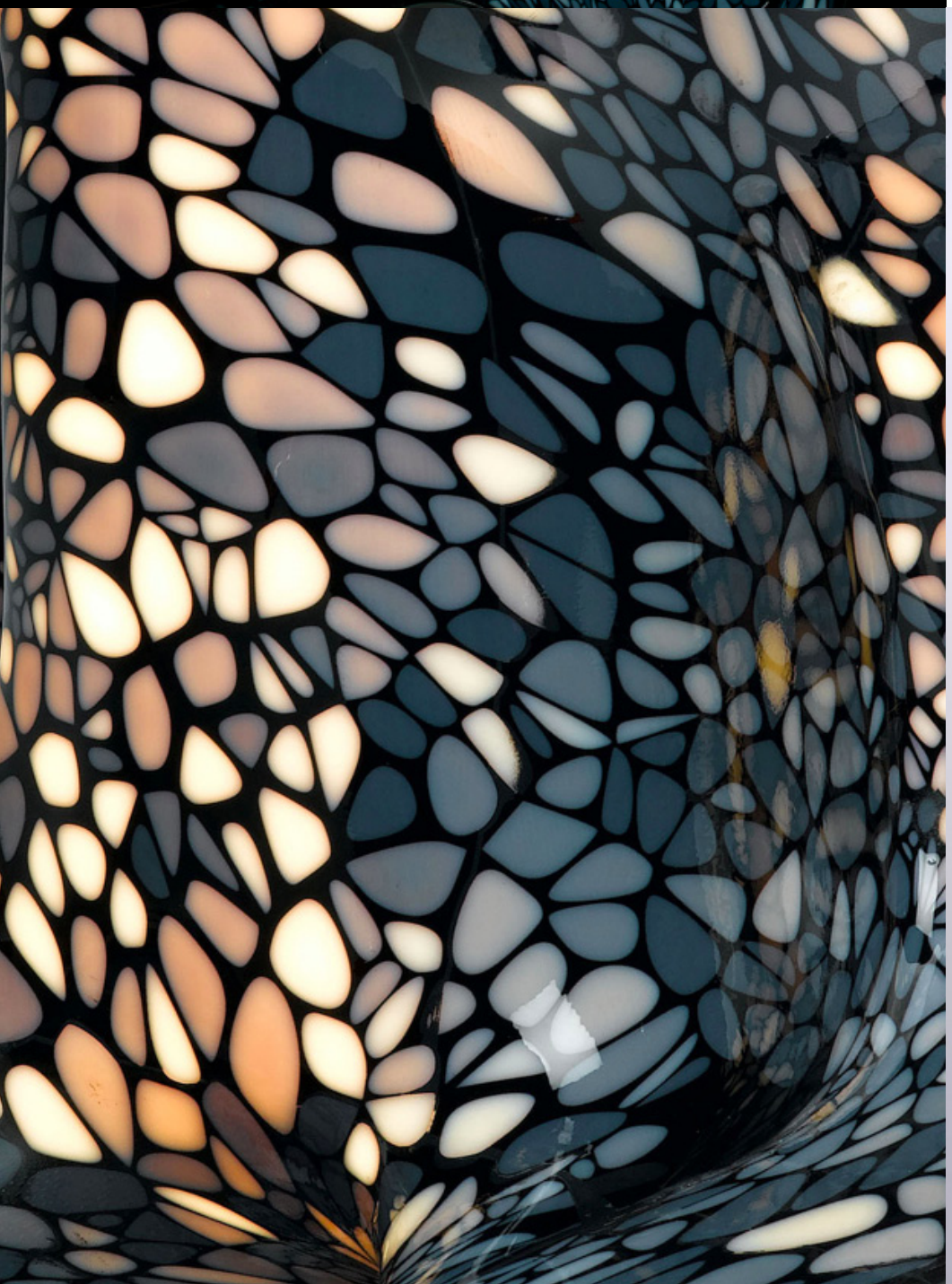
σε επίπεδο ανάλυσης.

Στο έργο «Beast» η Oxman δημιουργεί ακόμα ένα κέλυφος που ενεργεί ταυτόχρονα ως δομή και επιδερμίδα, ενώ διαμορφώνεται τοπικά για δομική και σωματική υποστήριξη. Το «Beast» συνδυάζει τη δομική, περιβαλλοντική, και σωματική απόδοση, μεταλλάσσοντας κλιμακωτά τα χαρακτηριστικά του όπως το πάχος του κελύφους, τη πυκνότητα της ψηφιδοποίησης (Voronoi pattern), την ακαμψία, τη διαφάνεια, και τη καμπυλότητα. Συγκεκριμένα σε περιοχές όπου εμφανίζονται σύμφωνα με την ανάλυση μεγάλα φορτία, η καμπυλότητα και το πάχος αυξάνονται, η διαφάνεια μειώνεται και οι ψηφίδες μικραίνουν. Επίσης στις περιοχές που προβλέπεται να προσφέρουν σωματική στήριξη, η ελαστικότητα αυξάνεται, εισάγοντας τη παράμετρο της άνεσης στο σχεδιασμό. Η ανισοτροπία που παρουσιάζεται σ' αυτό το παράδειγμα έχει δύο εκδοχές, μια σε επίπεδο ψηφίδας και μια σε επίπεδο συνολικής δομής. Σε επίπεδο ψηφίδας οι μονάδες του υλικού που την αποτελούν, είναι ομοιογενής, επομένως η ανισοτροπία βασίζεται στη διανομή τους στο χώρο (μεταβλητό πάχος). Σε επίπεδο συνολικής δομής, οι ψηφίδες μετουσιώνονται στις βασικές μονάδες, αναπτύσσοντας μια ανισοτροπία που βασίζεται στις ιδιότητές τους αλλά και στη κατανομή τους η οποία είναι ετερογενής εξαιτίας της εισαγωγής κριτηρίων δομικής απόδοσης στη δημιουργία του pattern.

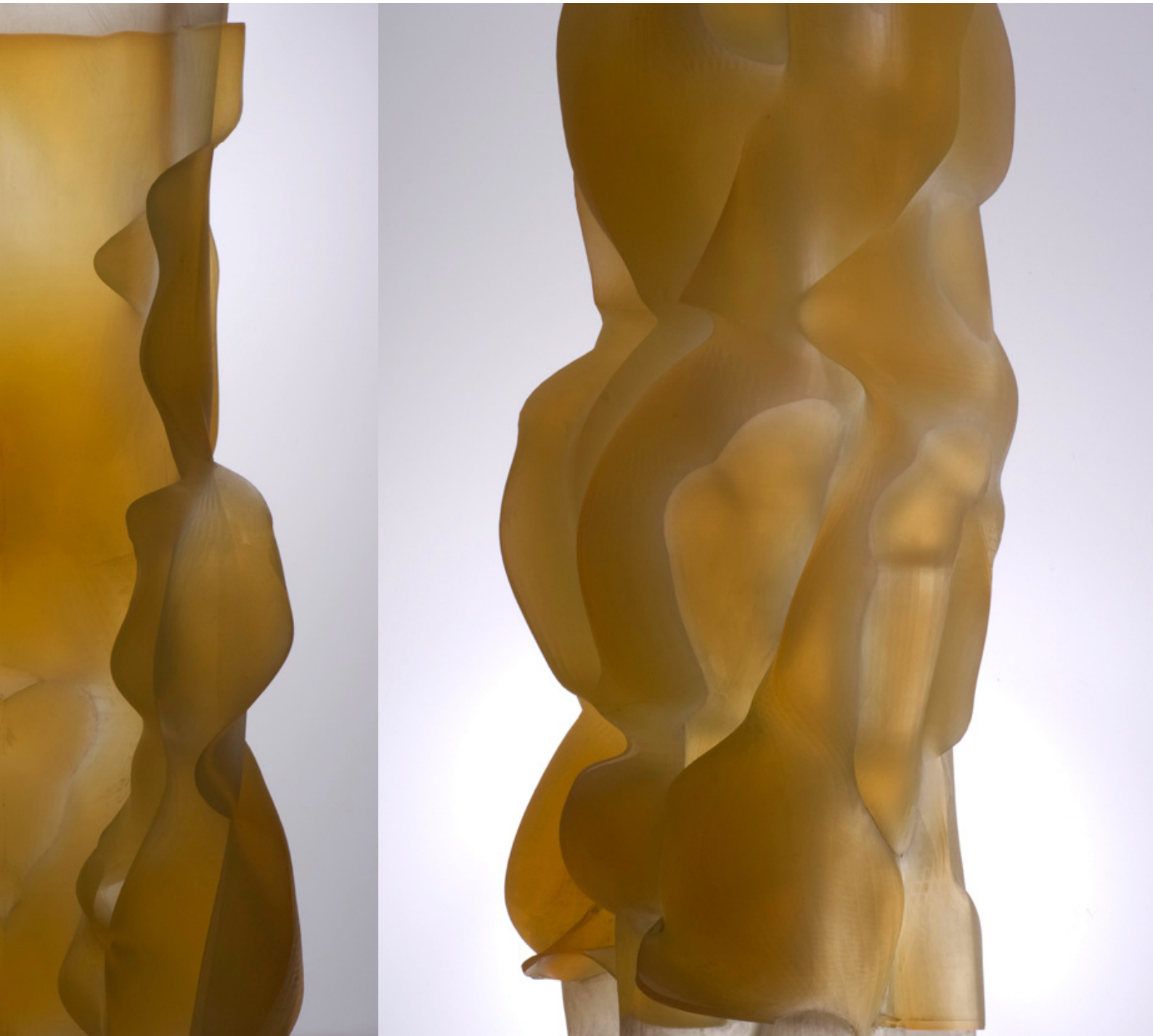
Ο σχεδιασμός πολλαπλών ιδιοτήτων, μαζί με τις στρατηγικές VPM, VPA και VPF, προσφέρει τη δυνατότητα κατασκευής ετερογενών υλικών με αυξημένη δομική και περιβαλλοντική απόδοση, που μπορούν να αξιοποιηθούν σ' ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Υλοποιεί την ψηφιακή ανισοτροπία ενώ παράλληλα προωθεί την οικονομία υλικών μέσω της βελτιστοποιημένης διανομής τους κατά τη φάση της κατασκευής. Εκτός από τα πλεονεκτήματα όμως, παρουσιάζει και δύο σημαντικά μειονεκτήματα. Οι τρείς στρατηγικές πάνω στις οποίες βασίζεται και ειδικά η VPM, προϋποθέτουν τη κατανάλωση σημαντικής υπολογιστικής δύναμης. Φυσικά όσο η τεχνολογία εξελίσσεται, τόσο το μειονέκτημα αυτό θα γίνεται όλο και πιο αμελητέο. Το δεύτερο μειονέκτημα που είναι και το κυριότερο, είναι ότι η έρευνα γύρω από το σχεδιασμό πολλαπλών ιδιοτήτων, αφορά **στατικά** αντικείμενα και δε μπορεί να περιγράψει δυναμικά συστήματα. Η αλλαγή ιδιοτήτων σε πραγματικό χρόνο, ένα στοιχείο που χαρακτήρισε τις βιολογικές και μηχανικές μονάδες ύλης που αναφέρθηκαν προηγουμένως, δεν περιλαμβάνεται στα παραπάνω παραδείγματα. Παρόλα αυτά, οι σχεδιαστικές αρχές που πρεσβεύει ο σχεδιασμός πολλαπλών ιδιοτήτων, είναι μια κατάκτηση που ίσως στο μέλλον με μια διαφορετική μονάδα ύλης που έχει τη δυνατότητα αυτοοργάνωσης, μας επιτρέψει να δημιουργήσουμε υλικά και δομές, που μοντελοποιούνται και αναλύονται στη βάση μιας γενικότερης ψηφιακής ανισοτροπίας, που σε πραγματικό χρόνο και στο υλοποιημένο μοντέλο θα μεταλλάσσεται σε μια φυσική ανισοτροπία. Τα μοντέλα θα κατασκευάζονται γρήγορα μέσω διαδικασιών ταχείας προτυποποίησης (τρισδιάστατη εκτύπωση), υπακούοντας σε συγκεκριμένα περιβαλλοντικά και δομικά κριτήρια. Σε περίπτωση αλλαγής των κριτηρίων, οι μονάδες ύλης που συνθέτουν το μοντέλο θα έχουν τη δυνατότητα να ενημερώσουν την συμπεριφορά του συνόλου, αλλάζοντας τα μεγέθη των ιδιοτήτων τους. Για παράδειγμα σ' ένα μοντέλο που αποτελείται από μικροδομές ινών, αυτές θα μπορούν τοπικά ν' αλλάξουν διεύθυνση για να παραλάβουν διαχρονικά φορτία ανεμοπίεσης (κορμός ξύλου).

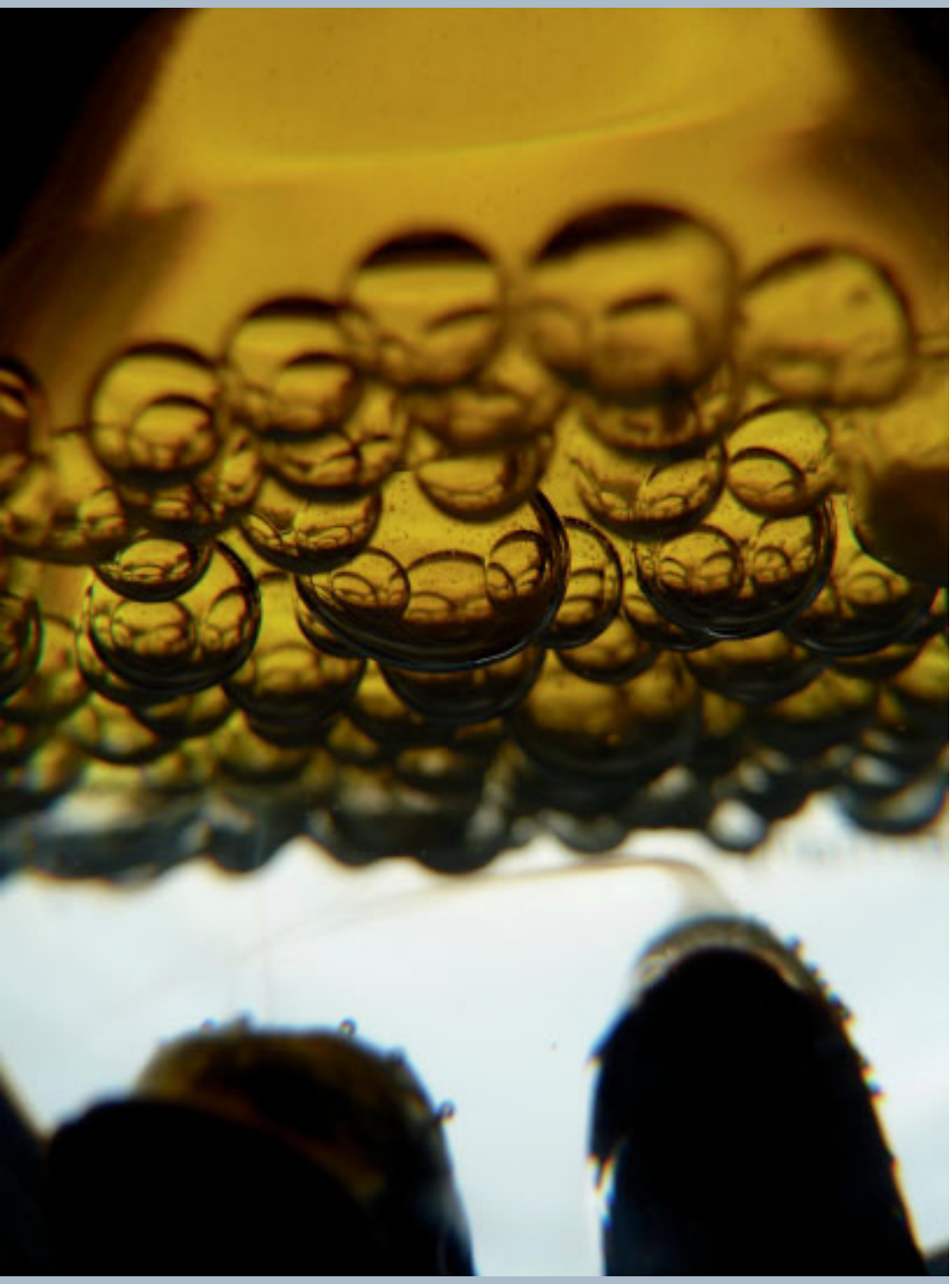
Σε κάθε βήμα αυτής σχεδιαστικής προσέγγισης, διακρίνεται η συνεχής αναζήτηση μιας βασικής μονάδας ύλης που να μπορεί να περιγράψει φαινόμενα και δεδομένα που απεικονίζονται στον ψηφιακό χώρο. Μια τέτοια μονάδα πρέπει να είναι αρκετά μικρή ώστε να υποστηρίζει τη κλιμάκωση των ιδιοτήτων του υλικού ως απόρροια της δομικής και περιβαλλοντικής απόδοσης του, λειτουργώντας με λίγα λόγια η ίδια ως μονάδα απόδοσης, και ταυτόχρονα αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί.

1. Το βήμα 5, αποτελεί μια ξεχωριστή διαδικασία που ονομάζεται «Soft-Kill Optimization» (SKO) και ακολουθείται από την εφαρμογή της μεθόδου «Computer Aided Internal Optimization» (CAIO) με σκοπό την απομάκρυνση και των τελευταίων στοιχείων που δεν πληρούν τα κριτήρια της αντικειμενικής λειτουργίας.
2. Μέσα στο φάσμα των βέλτιστων πιθανών λύσεων, υπάρχει το ελαφρύτερο σχέδιο, το πιο άκαμπτο σχέδιο, και μια δεξαμενή λύσεων με έναν ενδιάμεσο συμβιβασμό. Το φάσμα αυτών των λύσεων ονομάζεται «σύνολο Pareto» και η γραφική καμπύλη που σχηματίζει ονομάζεται «όριο Pareto». Κατά συνέπεια ένα βέλτιστο σχέδιο δεν μπορεί να βρίσκεται κάτω από αυτή τη καμπύλη.



Αριστερά: Neri Oxman - Beast, MIT,
Πρωτότυπο ανάκλιντρου, 2008-2010
Κάτω: Neri Oxman - Penumbra
Γλυπτό, 2007-2010





Rachel Armstrong, Protocell Preparation, Center for Fundamental Living Technology, University of Southern Denmark, Odense, (2010). Τα Πρωτοκύτταρα δημιουργήθηκαν με τη μέθοδο «Bütschli», ένα σύστημα σταγόνων σε διάλυμα νερού-λαδιού που παρουσιάζει ιδιότητες άμεσα συνδεδεμένες με τα ζωντανά συστήματα, όπως κίνηση, ευαισθητοποίηση και περίπλοκη συμπεριφορά, για παράδειγμα η παραγωγή και εναπόθεση στερεού υλικού με τη πάροδο του χρόνου οφείλεται σ' αυτή τη συμπεριφορά. Τα Πρωτοκύτταρα αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον αλλά και μεταξύ τους μέσω μιας εσωτερικής χημείας ή μεταβολισμού. Στη φωτογραφία τα Πρωτοκύτταρα κατά τη διαδικασία εναπόθεσης μαύρου/καφέ μαγνητίτη, ενός μαγνητικού οξειδίου σιδήρου. Η δομή παράγεται από τη διάχυση και στερεοποίηση ανόργανων αλάτων που αλληλεπιδρούν με το μεταβολισμό των Πρωτοκυττάρων. Τα στερεά έχουν διάμετρο αρκετών χιλιοστών και παρήχθησαν μέσα σε διάστημα μερικών λεπτών.

Protocells

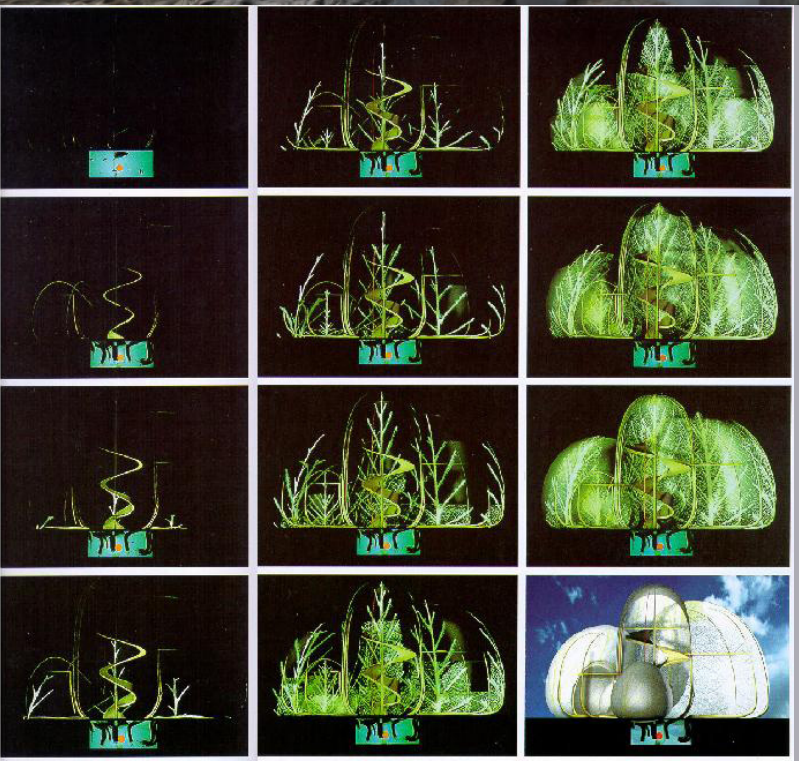
Μια ποιοτική αλλαγή έχει συντελεστεί τα τελευταία χρόνια όσον αφορά τη κατανόηση και τη δυνατότητα διαχείρισης ζωντανών συστημάτων σε μοριακό επίπεδο. Αυτή η νέα γνώση, χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς, όπως η βιονανοτεχνολογία, η συνθετική βιολογία και η τεχνητή ζωή, με στόχο το ριζικό επανασχεδιασμό και επανεφεύρεση υπαρχόντων συστημάτων για ένα ευρύ φάσμα χρήσεων όπως τη σύνθεση νέων υλικών αλλά και ποικιλία ιατρικών εφαρμογών. Σε κάθε έναν από αυτούς τους τομείς, μια νέα επιστήμη αναδύεται ως υβρίδιο, στη θέση μιας υπάρχουσας συμβατικής επιστήμης και μηχανικής. Τα θεμελιώδη ερωτήματα μπορεί να παραμένουν, όμως η νοοτροπία και μέθοδοι εξελίσσονται, περιλαμβάνοντας ως απαντήσεις προσομοιώσεις και τεχνολογικά παράγωγα, παρά θεμελιωμένες θεωρίες και τεσταρισμένες υποθέσεις.

Ένα από τα υπάρχοντα συστήματα που εξελίσσονται σήμερα στο πλαίσιο μιας νέας οπτικής, είναι τα κύτταρα, μέσα από τη προσπάθεια δημιουργίας τεχνητών κυττάρων με την ονομασία «Πρωτοκύτταρα» (Protocells). Τα Πρωτοκύτταρα είναι μικροσκοπικές αυτοοργανομένες και εξελισσόμενες ενότητες που αποτελούνται τόσο από οργανικά όσο και από ανόργανα μέρη. Σε σχέση με τα φυσικά κύτταρα που αποτελούνται από εκατομμύρια διαφορετικά είδη μορίων, τα Πρωτοκύτταρα αποτελούν τα απλοποιημένα χημικά μοντέλα τους, παρουσιάζοντας ορισμένες από τις ιδιότητές τους, όπως μεταβολισμό, κίνηση, αντιγραφή, πληροφορία και εξέλιξη, χωρίς να είναι απαραιτήτως «ζωντανά». Τα Πρωτοκύτταρα είναι τεχνητές ενότητες που συλλαμβάνονται και δημιουργούνται σε εργαστηριακό περιβάλλον. Σχηματίζονται από μερικές δεκάδες τύπους μόριων που βρίσκονται σε αφθονία παντού, είναι ανθεκτικά, χαμηλής πολυπλοκότητας και ευκολοεύρετα. Η κατασκευή ενός Πρωτοκυττάρου ξεκινάει με διαφορετικούς τύπους φυσικών και συνθετικών μορίων. Οι χημικές και φυσικές ιδιότητες του κάθε μορίου, ορίζουν τη συμμετοχή του σε σχηματισμούς δομών υψηλότερης τάξης, όπως οι κυτταρικές συνθετικές μεμβράνες. Αυτές είναι δομές που αποτελούνται από συλλογές εκατομμυρίων μορίων, κατέχοντας ιδιότητες που δεν είναι παρούσες σε μεμονωμένα μόρια.

Το συμπέρασμα είναι ότι η τεχνολογία των πρωτοκυττάρων, σε αντίθεση με την από πάνω προς τα κάτω λειτουργία του DNA στην ανταλλαγή πληροφορίας και στη δημιουργία συμπεριφορών στα βιολογικά συστήματα, βασίζεται στη χημική ανταλλαγή πληροφορίας και στη δημιουργία αναδυόμενων κριτηρίων που ξεκινούν από τα μόρια και καταλήγουν στην ανάπτυξη ιδιοτήτων που εμφανίζονται στα ζωντανά συστήματα. Τα νέα αυτοσυναρμολογούμενα υλικά συστήματα που αναδύονται από αυτή τη πρακτική, δεν προσπαθούν να μιμηθούν την βιο-λογική, και κατά κάποιο τρόπο είναι εξωγήινα ως προς τον φυσικό κόσμο, παρόλα αυτά μιλούν την ίδια βασική γλώσσα της χημείας και της φυσικής. Υπάρχει μια καθαρή αναλογία μεταξύ της συνθετικής βιολογίας και της αρχιτεκτονικής. Ένα σύστημα συλλαμβάνεται και συντίθεται από κάτω προς τα πάνω χρησιμοποιώντας αυτοσυναρμολογούμενα κομμάτια σε μεγαλύτερες δομές που κατέχουν μια λειτουργικότητα και μια μορφή που προέρχεται από τη δομή ως σύνολο και όχι από το κάθε κομμάτι ξεχωριστά. Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, με τις υποθέσεις του Turing για τα μορφογενή και την μετέπειτα παρατήρηση της αντίδρασης στο πείραμα Belouzov - Zhabotinsky, εδώ και αρκετό καιρό θεωρείται ότι η διαδικασία της αυτοσυναρμολόγησης αρκεί για να εξηγήσει τον βασικό σχηματισμό των ζωντανών συστημάτων.

Η τεχνολογία των Πρωτοκυττάρων αποτελεί για την Rachel Armstrong το βασικό όχημα για την ανάπτυξη μιας νέας αρχιτεκτονικής προσέγγισης, που φέρνει την πόλη σε άμεση συνύπαρξη με το φυσικό περιβάλλον, καθώς το κτισμένο τοπίο μεταλλάσσεται σ' έναν ζωντανό οργανισμό που μετασχηματίζεται και μεταβάλλεται μαζί του. Η αρχιτεκτονική ακόμα και σήμερα επιβάλλεται στη γή, στο όραμα της η Armstrong προτείνει μια αρχιτεκτονική που ενώνεται με το έδαφος μέσα από μια σειρά σύνθετων διαδικασιών που ενώνουν φυσικό και τεχνητό. Το όραμά της έρχεται σε συμφωνία με την avant-garde κολεκτίβα των Ιαπώνων μεταβολιστών, οι οποίοι στο μανιφέστο τους ορίζουν τη πόλη σε μια κατάσταση συνεχούς μεταβαλλόμενης δυναμικής ισορροπίας, μόνο που αντί για κινούμενες μεγακατασκευές και αιωρούμενες μητροπόλεις, η πρόταση της Armstrong είναι συνδεδεμένη με το φυσικό περιβάλλον σε μοριακό επίπεδο μέσω βιοχημικών και γεωλογικών μεταβολών.

Σε ένα project που παρουσιάστηκε ως μια *«επανορθωτική περιβαλλοντική παρέμβαση»*, οι Rachel Armstrong και Neil Spiller, επιχειρούν να δώσουν λύση στο πρόβλημα της Βενετίας και συγκεκριμένα στη διάβρωση των θεμελίων της πόλης εξαιτίας των συνεχόμενων πλημμυρών της λιμνοθάλασσας. Η λύση που προτείνουν, είναι η χρήση της τεχνολογίας των Πρωτοκυττάρων για τη δημιουργία μιας αλυσίδας τεχνητών κοραλλιογενών υφάλων. Η ιδέα βασίζεται στη δυνατότητα ενός τύπου φωτοευαίσθητων Πρωτοκυττάρων που διαθέτουν έναν εσωτερικό μηχανισμό φωτοαποστροφής, να απομακρύνο



Επάνω: Rachel armstrong, Neil Spiller, Venice Protocell-project (2009)
Αριστερά: John M Johansen, Mohamad Alkayer, The Molecular House, (2000)

νται προς τα σκοτεινότερα σημεία των καναλιών- και της λιμνοθάλασσας εκκρίνοντας ανθρακικό ασβέστιο που μετατρέπεται σε έναν ασβεστολιθικό εξωσκελετό. Οι υποθαλλάσιες δομές που σχηματίζονται θα προστατεύουν τα θεμέλια από την εναπόθεση μεταλλικών στοιχείων που καταστρέφουν τη λιθοδομή καθώς και τα ξύλινα στοιχεία από τη συνεχή διάβρωση. Η εξέλιξη του project, διαρθρώνεται μέσα σ' ένα περιβαλλοντικό χρονικό πλαίσιο, αλλά ταυτόχρονα εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα καθώς η διαδικασία έχει πολλά κοινά με την αγροτική καλλιέργεια. Τα Πρωτοκύτταρα που εισάγονται δεν αφήνονται στη τύχη τους να εξελιχθούν, άλλα διαχειρίζονται έτσι ώστε η τελική διαμόρφωση του τοπίου να επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Με τις σημερινές εξελίξεις στο πεδίο του κβαντικού υπολογισμού, προκύπτουν υπόνοιες για τη δυνατότητα πλήρους προβλεψιμότητας της εξελικτικής διαδικασίας και κατ' επέκταση τη δυνατότητα σχεδιασμού από τον αρχικό σπόρο μέχρι τη τελική διαμόρφωση. Φυσικά σ' ένα ζωντανό σύστημα η διαμόρφωση δεν είναι ποτέ τελική, όμως οι βασικές διαμορφωτικές αρχές, οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά θα είναι δυνατόν να προβλεφθούν με ακρίβεια. Μια τέτοια προσέγγιση φέρνει στο μυαλό τα εξελικτικά στάδια του *«Molecular House»* των Johansen και Alkayer όπου σ' ένα χρονικό πλαίσιο που τοποθετείται στο έτος 2200, η κατασκευή ενός σπιτιού ακολουθεί φυτικές αναπτυξιακές διαδικασίες, ξεκινώντας από υπόγειες δεξαμενές που περιέχουν τα απαραίτητα χημικά υλικά, καθώς και τον εξελικτικό κώδικα. Μέσα σε διάστημα 10 ημερών οι αρχικές δεξαμενές έχουν εξελιχθεί σε πλήρως διαμορφωμένους χώρους, που συνεχώς μεταλλάσσονται ακολουθώντας τις περιβαλλοντικές και λειτουργικές ανάγκες.

Πέρα από τη δυνατότητα να μετατρέψουν ανόργανα στοιχεία μιας λίμνης σ' έναν ασβεστολιθικό προστατευτικό εξωσκελετό, πέρα από τη δυνατότητα να μειώσουν τα επίπεδα μόλυνσης προς ιδίων αναπτυξιακό όφελος ή γενικότερο ενεργειακό όφελος, πέρα από τα προφανή οφέλη που προσφέρει η τεχνολογία των Πρωτοκυττάρων και των μεταβολικών υλικών που πρεσβεύει, υπάρχουν βασικά σχεδιαστικά και χωρικά ζητήματα που τίθενται ενώπιον της αρχιτεκτονικής πρακτικής.

Αυτά τα ζητήματα επιχειρεί να διερευνήσει ο Dan Tassell, μέσα από project που εισάγουν μια ιδιαίτερα προσωπική ποιητική αφήγηση. Όπως ο ίδιος αναφέρει, το έργο *«Battersea Experiment»* είναι ένα *«αστικό παραμύθι που διερευνά ένα σουρεαλιστικό ταξίδι διαμέσου ενός μυστήριου και εφήμερου μελλοντικού τοπίου, που καλλιεργείται μέσα στο άδειο κέλυφος ενός πρώην ενεργειακού σταθμού στο Λονδίνο»*. Σ' ένα μελλοντικό αστικό τοπίο που κυριαρχείται από μια ανεξέλεγκτη ομοιογένεια, με κτίρια κουτιά και ορθοκανονική οργάνωση, ο Dan Tassell διερευνά το πώς οι αρχιτεκτονικοί χώροι μπορούν να ζωογονηθούν, καλλιεργηθούν και αναπτυχθούν, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ζωντανών συστημάτων. Το πείραμα υποθέτει την ανάπτυξη ενός είδους Πρωτοκυττάρων, που δύναται να μεταφράσει σε οργανικό επίπεδο, τη διαδικασία δημιουργίας σταλαγμιτών και σταλακτιτών, σε συνδυασμό με έναν τύπο φυτικής ανάπτυξης που μεταλλάσσει το εσωτερικό του βιομηχανικού κελύφους, σ' ένα βιο-γοτθικό τοπίο, κατακλυζόμενο από οργανικές αντηρίδες και διάκοσμο. Έναν οργανικό διάκοσμο που εξελίσσεται κατευθύνοντας το project στα πλαίσια μιας «Bio-narrative architecture». Όπως σημειώνει ο Tassell, για την εξέλιξη του σεναρίου, λήφθηκαν υπόψη μια σειρά πειραμάτων, που έγιναν με σκοπό να διερευνηθεί η δυνατότητα του σχεδιαστή να διαχειριστεί ορισμένες παραμέτρους ελέγχου των ζωντανών συστημάτων, χρησιμοποιώντας τεχνικές προσομοίωσης.

Όμως τι γίνεται στη περίπτωση που είναι επιθυμητή η αλλαγή ή ο τερματισμός αυτού του αστικού παραμυθιού; Η ανάπτυξη ενός ζωντανού ιστού που αποτελείται από μεταβολικά υλικά, υποθέτει ότι αυτή η δομή, ίσως είναι κάτι το εφήμερο που δε θ' αντέξει στις αλλαγές των καιρών, αλλά ίσως είναι και κάτι που μπορεί να πάρει μια ανεξέλεγκτη πορεία ανάπτυξης, διαταράσσοντας την ισορροπία της σχέσης πειράματος-ξενιστή. Τι γίνεται όταν οι ανάγκες επιβάλουν τον τερματισμό αυτής της ζωντανής διαδικασίας; Τα ερωτήματα αυτά θέτουν προβληματισμούς που θ' αναλυθούν παρακάτω. Μια απάντηση επιχειρούν να δώσουν οι Johansen και Alkayer στο *«Molecular House»* αναφέροντας χαρακτηριστικά: «σε μελλοντικό χρόνο, εάν δε καταφέρουμε να βρούμε αγοραστή για το σπίτι, θα το κατεδαφίσουμε ή πιο σωστά, το σπίτι θα κατεδαφιστεί από μόνο του, οι διαδικασίες ανάπτυξης του κτιρίου θ' ανακυκλωθούν για μελλοντικά κτίρια». Αυτή η δήλωση υποθέτει ότι ο άνθρωπος ανεξαρτήτως του τύπου των Πρωτοκυττάρων ή της εξελικτικής διαδικασίας, διαθέτει ή οφείλει να διαθέτει το κλειδί για τον τερματισμό της διαδικασίας, επίσης υπονοεί ότι η δομή μπορεί να πεθαίνει, όμως η πληροφορία και τα ίχνη παραμένουν. Μετά τον θάνατο του Molecular House, οι δεξαμενές που μεταφράζονται στις πρώτες ύλες, και ο κώδικας που μεταφράζεται στη πληροφορία, μπορούν ν' ανακυκλωθούν.

Dan Tassell, Battersea Experiment, (2011)

Έαν στο «Battersea Experiment» τα Πρωτοκύτταρα εκμεταλλεύονται τη μόλυνση του κελύφους για την ανάπτυξή τους, στο project «Luminescent City», η πηγή ανάπτυξής τους είναι το φώς. Το σενάριο βασίζεται σ' ένα εργαστηριακό ατύχημα που εξαπλώνεται στη πόλη. Συγκεκριμένα όπως αναφέρει ο ίδιος ο Tassell: «ένα σύννεφο φωτοεκπεμπόμενων σπόρων, διαφεύγει από ένα υπόγειο εργαστήριο κάτω από τη περιοχή κατοικιών Barbican στο Λονδίνο, υφαίνοντας ένα νέο αρχιτεκτονικό τοπίο». Τα πρωτοκύτταρα σ' αυτό το παράδειγμα συνδυάζουν την εναέρια ευελιξία των σπόρων της Λεύκης (Populus Alba), με τη διαγονιδιακή μετάλλαξη του συνονόματου[1] φωσφορίζοντα λαγού του Eduard Kac. Ταξιδεύουν και έλκονται από τις βραδυνές πηγές φωτός στις οποίες συσσωρεύονται δημιουργώντας ένα πυκνό φωτεινό ιστό. Επομένως η έννοια του ατυχήματος δεν σημαίνει ότι η εξέλιξη είναι τυχαία και χαοτική, το ατύχημα είναι απλώς η πρόθεση για να ακολουθήσουν οι διαδράσεις των Πρωτοκυττάτων μεταξύ τους και με το περιβάλλον.

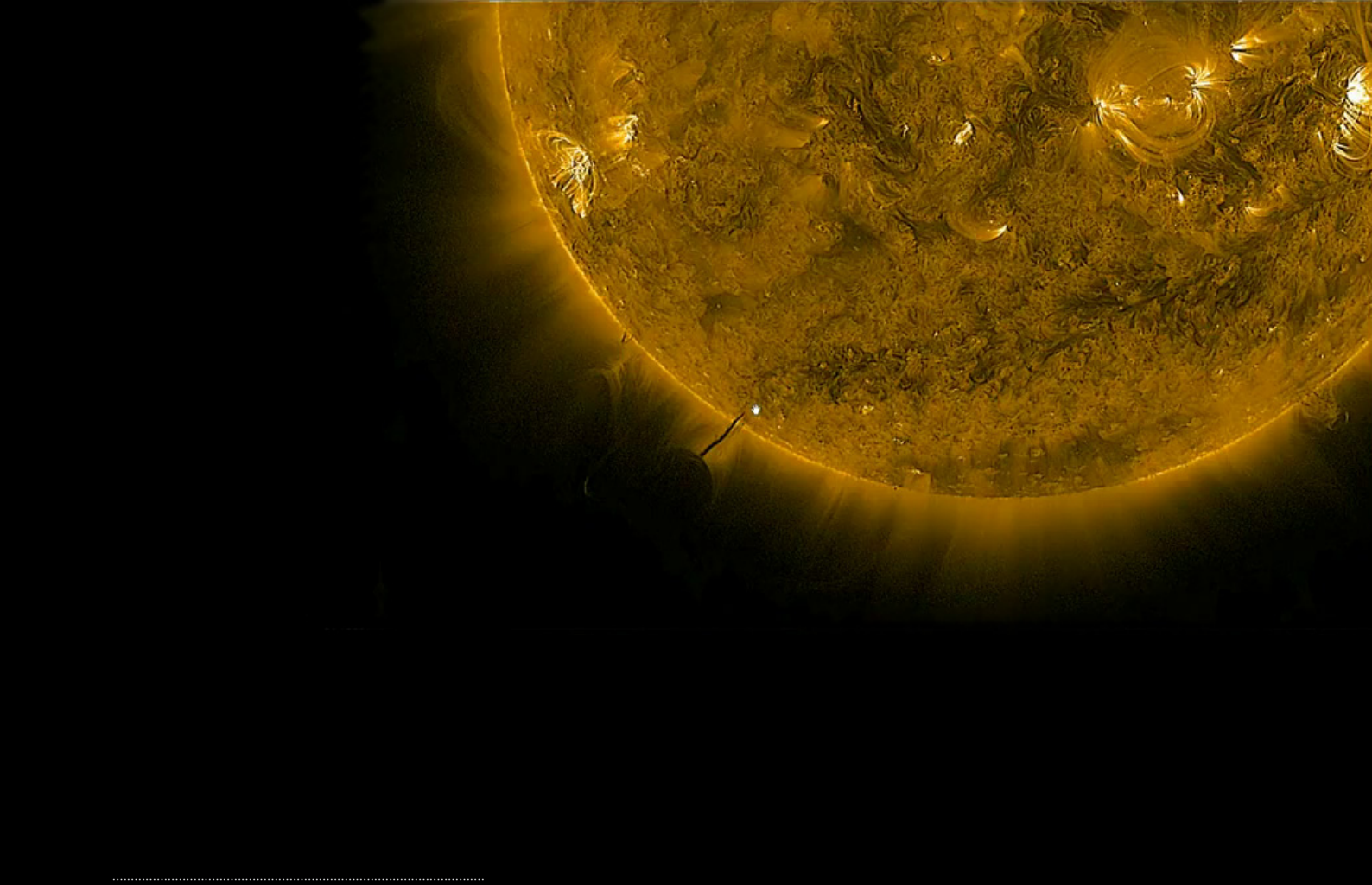
Από την άλλη η έννοια αυτή υπενθυμίζει τις σημερινές ανησυχίες και προβληματισμούς για τη τεχνολογία των Πρωτοκυττάρων και τη γενικότερη προσπάθεια δημιουργίας ζωντανών συστημάτων. Ο Bill Joy σε άρθρο του στο περιοδικό Wired (2000) αναφερόμενος στις προειδοποιήσεις του Eric Drexler (1986) σημειώνει: «από τους μεγαλύτερους φόβους σήμερα, είναι ο ανεξέλεγκτος πολλαπλασιασμός μοριακών μονάδων ή νανομηχανών που θα μπορούσαν να κάνουν βλάβη στην υγεία του ανθρώπου»[2]. Μια ακόμη ανησυχία είναι ότι, επειδή τέτοιες μονάδες εξελίσσονται, οι ιδιότητες τους μπορεί ν' αλλάξουν σε κατευθύνσεις που δεν υπολογίσαμε. Οι λύσεις που προτείνονται σήμερα αφορούν ένα συνδυασμό ενεργειών, ξεκινώντας από τον περιορισμό των Πρωτοκυττάρων σε ειδικά ελεγχόμενο περιβάλλον, συνεχίζοντας στη δημιουργία εσωτερικών μηχανισμών ελέγχου, που βασίζονται στην εξάρτησή τους από την ενέργεια ή κάποιο σπάνιο υλικό και καταλήγοντας στη κατασκευή τους με περιορισμένο χρόνο ζωής.

Σε κάθε περίπτωση η εξέλιξη των διαγονιδιακών τεχνολογιών, πυροδότησε μια διαμάχη βιοηθικής γύρω από τη μεταφορά γονιδίων και τη παραβίαση των φυσικών ορίων. Είναι τα ανθρώπινα δημιουργήματα φυσικά ή όχι; Η ηθικότητα ενός τέτοιου προβληματισμού απαντιέται κατά πολλούς με ένα άλλο ερώτημα. Πόσο ανήθικο είναι το επιλεκτικό ζευγάρωμα ζώων για τη παραγωγή ανθεκτικότερων γενεών και καλύτερων προϊόντων; Σήμερα κυριαρχεί η αντίληψη ότι οι επιστήμονες που ασχολούνται με αυτούς τους κλάδους «παίζουν το θεό», η κριτική εντοπίζεται κυρίως στο ότι μπορεί να δημιουργηθούν κίνδυνοι που δε μπορούμε ν' αντιμετωπίσουμε, αλλά και ότι η δημιουργία ζωής που ξεφεύγει από τα συμβατικά πλαίσια, παραβιάζει ένα όριο που δε πρέπει να περάσουμε. Για τους υποστηρικτές αυτής της τεχνολογίας, μπορεί τα τεχνητά κύτταρα ν' αποδειχθούν σε ορισμένες περιπτώσεις ανεξέλεγκτα για την ανθρωπότητα, αλλά από την άλλη η εγκατάλειψη της τεχνολογίας τους, είναι μια ληστεία προς τους εαυτούς μας, από δυνατότητες ν' αντιμετωπίσουμε μεγάλες καταστροφές, όπως οι χαμένες σοδειές εξαιτίας της υπερθέρμανσης, ή η καταστολή μιας ανθεκτικής στα αντιβιοτικά νόσου. Κάποιοι υποστηρίζουν ότι πρέπει να εφαρμοστεί μια προστατευτική αρχή, σαν αυτή που ισχύει στους κανόνες τις φαρμακευτικής βιομηχανίας όπου διενεργούνται μακροχρόνιοι έλεγχοι απόδοσης, επιπτώσεων κ.τ.λ, ο αντίλογος υποστηρίζει ότι μια τέτοια αρχή προϊδεάζει μια ποικιλία ερμηνειών και οι μακροχρόνιες διαδικασίες της, αποτελούν εμπόδιο στην εξέλιξη της τεχνολογίας.

Για πολλούς, το ηθικό πρόβλημα που θέτουν τα τεχνητά κύτταρα βασίζεται κυρίως σε υποθετικά σενάρια και δε λύνεται ζυγίζοντας τα καλά, τα κακά και διαλέγοντας την επιλογή που προκύπτει γιατί δεν υπάρχει ποτέ μόνο μια επιλογή. Μπορούμε στη καλύτερη περίπτωση να συγκρίνουμε υποθετικά οφέλη και ζημίες και να διαλέξουμε τη πλέον συνετή διαδρομή. Χωρίς να συγκεντρώσουμε περισσότερες βασικές γνώσεις, δε μπορούμε να μιλήσουμε με ακρίβεια για τα οφέλη και η οποιαδήποτε θεωρητική μέθοδος αποφάσεων θα περιορίζεται από τις υποθέσεις μας. Οι θεωρίες χρησιμότητας[3] και οι θεωρίες αποφάσεων, προσφέρουν πραγματιστικές και αντικειμενικές επιστημονικές μεθόδους για ν΄αποφασίσουμε ποια πορεία θ' ακολουθήσουμε. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να είμαστε έτοιμοι να πάρουμε ρίσκα, εάν τα πιθανά οφέλη είναι σημαντικά και εάν οι εναλλακτικές είτε δεν υπάρχουν, είτε είναι μη ελκυστικές.

1. «Alba».ήταν το όνομα του γενετικά τροποποιημένου φωσφορίζοντα λαγού που δημιουργήθηκε από τον Edwart kac, βασιζόμενος στα πειράματα του Γάλλου γενετιστή Louis- Marie Houdebine.
2. Bedau M., Parke E., ''The Ethics of Protocells: Moral and Social Implications of creating Life in the Laboratory'' (2009) σελ 8.
3. Η θεωρία της χρησιμότητας είναι μια ηθική θεωρία που υποστηρίζει ότι ο κατάλληλος τρόπος δράσης, είναι αυτός που μεγιστοποιεί τη συνολική «ευτυχία». Χαρακτηρίζεται ως μια συνεπειοκρατική θεωρία.

Dan Tassell, Luminescent City, (2011)



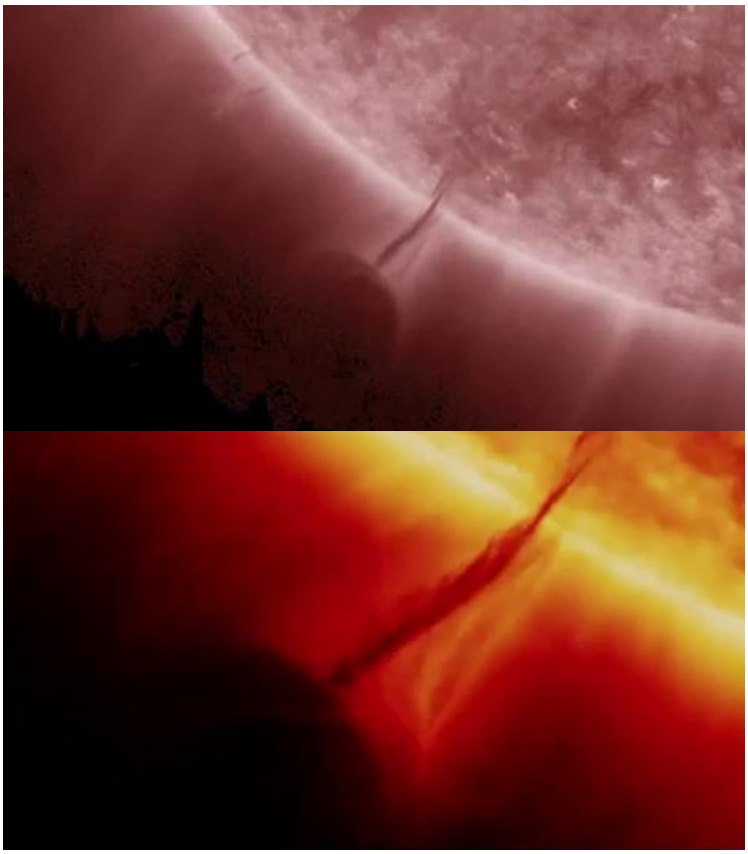
Στις 11/3/2012 έφτασαν μέσω του SDO (Solar Dynamics Observatory) της NASA, του SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) της ESA και άλλων εξειδικευμένων παρατηρητήριων της ηλιακής δραστηριότητας, εικόνες που εμφανίζουν ένα άγνωστο σφαιρικό αντικείμενο στο μέγεθος του Δία, να σύνδεεται με τη κορώνα του ήλιου, μέσω μιας δέσμης πλάσματος. Τη σύγχυση που επικράτησε για λίγες μέρες, ήρθε να ξεδιαλύνει η απάντηση της NASA για το είδος και τη προέλευση του εικονιζόμενου αντικειμένου ή σχηματισμού. Σύμφωνα με τους ειδικούς, είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο στον ήλιο και αποτελεί μέρος μιας ηλιακής κοιλότητας. Πρόκειται για τα ίδια σκουρόχρωμα νηματοειδή κανάλια τα οποία βρίσκονται στην επιφάνεια του ήλιου έχοντας ψυχρότερο υλικό σε σχέση με το υπόστρωμά τους, ειδωμένα από μια πλάγια όψη. Ανεξάρτητα από την επεξήγηση, η αμηχανία των λίγων αυτών ημερών έδωσε τροφή στις πιο ευφάνταστες υποθέσεις μας καθώς οι εικόνες από μόνες τους, προσφέραν ένα δυστοπικό σενάριο ανεφοδιασμού ενός πολιτισμού τύπου 2 ή 3, από ένα άστρο.

Πολιτισμός Τύπου 1

Μέσα στη σύγχρονη ποπ κουλτούρα, η λέξη «εξωγήινος» φέρνει αυτομάτως στο μυαλό εικόνες από μικρά πράσινα ανθρωποειδή ή άλλα τερατόμορφα όντα, που έχουν κάνει κατά καιρούς την εμφάνισή τους σε διάφορες ταινίες. Αυτές οι εικόνες δεν έχουν καμία σχέση με τη σημερινή προσπάθεια εύρεσης νοήμονος ζωής εκτός του πλανητικού μας συστήματος, μέσα από προγράμματα SETI[1]. Σύμφωνα με τον Michio Kaku, στη σύγχρονη αστροφυσική πρακτική, η αναζήτηση μας για εξωγήινη νόηση, αφορά τα ίχνη των πολιτισμών αυτών, οι οποίοι χωρίζονται σε τρείς κατηγορίες[2] ανάλογα με την ενεργειακή τους κατανάλωση. Ο διαχωρισμός βασίζεται σε συγκεκριμένα κριτήρια όπως:

- Οι νόμοι της Θερμοδυναμικής. Ακόμα και ένας ανεπτυγμένος πολιτισμός, είναι δέσμιος των νόμων της θερμοδυναμικής και ειδικότερα του δεύτερου νόμου και ως εκ τούτου μπορεί να κατηγοριοποιηθεί με βάση τις ενεργειακές απορροές του.
- Οι νόμοι της σταθερής ύλης. Η βαρυονική ύλη (που βασίζεται σε πρωτόνια και νετρόνια), τείνει να σχηματίζει τρία μεγάλα υποσύνολα, πλανήτες, άστρα και γαλαξίες. Επομένως η εξέλιξη οποιουδήποτε πολιτισμού περιορίζεται στα ενεργειακά όρια αυτών των ενοτήτων.
- Οι νόμοι της πλανητικής εξέλιξης. Κάθε ανεπτυγμένος πολιτισμός πρέπει να αναπτύσσεται σε όρους ενεργειακής απόδοσης, γρηγορότερα από τη συχνότητα πιθανών ολικών καταστροφών (εποχές παγετόνων, πρόσκρουση αστεροειδή, σούπερνόβα) ειδάλλως δε μπορεί να τις αντιμετωπίσει και είναι καταδικασμένος να εξαφανιστεί.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, οι επιστήμονες σήμερα ψάχνουν για πολιτισμούς τύπου 1, τύπου 2 και τύπου 3. Ένας πολιτισμός τύπου 1 έχει τιθασεύσει την ενέργεια σε πλανητικό επίπεδο, μπορεί να ελέγξει τους σεισμούς, τον καιρό, και τα ηφαίστεια, ενώ έχει εποικίσει τους ωκεανούς. Οτιδήποτε σε πλανητικό επίπεδο, μπορεί να το ελέγξει. Ένας πολιτισμός τύπου 2 είναι αστρικός, έχει εξαντλήσει την ενεργειακή απόδοση του πλανήτη του και καλύπτει τις αυξημένες ανάγκες του απευθείας από το μητρικό του άστρο. Χρησιμοποιεί τις αστρικές φλόγες για να τροφοδοτήσει τα τεράστια μηχανήματά του, έως ότου εξαντλήσει και αυτή τη πηγή και αναγκαστεί να εκμεταλλευθεί τα γειτονικά άστρα. Ένας πολιτισμός τύπου 3 εφαρμόζει αυτή τη διαδικασία σε γαλαξιακό επίπεδο. Το επίπεδο



του ανθρώπινου πολιτισμού σήμερα, σε σχέση μ' αυτή τη κλίμακα, είναι τύπου 0. Δεν βρισκόμαστε καν στη κλίμακα καθώς για τις ενεργειακές μας ανάγκες καταναλώνουμε ως επί το πλείστων νεκρή ύλη (νεκρή οργανική ύλη, κάρβουνο, πετρέλαιο). Παρόλα αυτά σήμερα βρισκόμαστε σε μια μεταβατική περίοδο, όπου καθημερινά γινόμαστε μάρτυρες αποδείξεων για τη μετάβαση σ' ένα πολιτισμό τύπου 1. Η δημιουργία πολιτικών ενώσεων κρατών όπως η Ε.Ε, ή η πρόσφατη Ευρασιατική Ένωση, καθώς επίσης και ο σχηματισμών διευρυμένων οικονομικών ενώσεων με ενιαία νομίσματα, ανεξάρτητα από τη κριτική γύρω από τα θετικά ή αρνητικά τους , καταδεικνύουν μια όλο και εντονότερη οργάνωση και συγκεντρωτική διακυβέρνηση σε πλανητικό επίπεδο. Επιπλέον η ανάδειξη μιας πλανητικής γλώσσας που ομιλείται από τη διεθνή ελίτ και όχι μόνο, είναι σήμερα γεγονός, με την όλο και μεγαλύτερη επικράτηση των Αγγλικών. Μπορεί να μην είναι τα αγγλικά αλλά τα κινέζικα, όμως σίγουρα στο όχι πολύ μακρινό μέλλον θα υπάρχει μια πλανητική γλώσσα σε συνδυασμό με τις εθνικές γλώσσες. Η χρήση του διαδικτύου ως παγκόσμιου μέσου επικοινωνίας, προωθεί μια επίσης παγκόσμια κουλτούρα, που εντοπίζεται σε στοιχεία όπως η μουσική, η ένδυση, αλλά και σε στοιχεία συμπεριφοράς όπως το χιούμορ.

Το ίχνος μιας έκρηξης σουπερνόβα, το πλανητικό νεφέλωμα που δημιουργείται αποτελείται από ιονισμένα αέρια που λάμπουν με διαφορετικό χρώμα ανάλογα με το στοιχείο που τα συνθέτει. Οι κόκκινες αποχρώσεις, αφορούν συγκεντρώσεις υδρογόνου ενώ οι μπλέ ηλίου. Τα ίδια νεφελώματα συνδέονται σε μεγαλύτερους σχηματισμούς δημιουργώντας μια δεξαμενή παραγωγής νέων άστρων. Ένας πολιτισμός τύπου 2 ή 3, μπορεί ν' αποφύγει την εξαφάνισή του , απορροφώντας το υλικό του άστρου, πριν αυτό εκραγεί.

Ενώ τα μαθηματικά υπονοούν την ύπαρξη χιλιάδων πολιτισμών τύπου 1,2 και 3, μόνο για το δικό μας γαλαξία, μέχρι σήμερα δεν έχουμε καταφέρει να έρθουμε σε επαφή με κάποιον από αυτούς. Όπως σημειώνει ο Kaku κάτι τέτοιο μπορεί να εξηγηθεί διότι το πέρασμα από το τύπο 0 στον τύπο 1 είναι το πιο κρίσιμο και επικίνδυνο απ' όλα. Από τη μια υπάρχουν όλες εκείνες οι συνιστώσες που ωθούν σε μια πλανητική ενοποίηση και από την άλλη ελλοχεύουν κίνδυνοι όπως όπλα μαζικής καταστροφής, περιβαλλοντική υποβάθμιση κ.α, που απειλούν τον πολιτισμό με αφανισμό. Επομένως ίσως μεγάλο μέρος των συμπαντικών πολιτισμών να μην κατάφερε να επιβιώσει από αυτό το μεταβατικό στάδιο. Έάν κάποια στιγμή στο μέλλον είμαστε ικανοί για διαστρικά ταξίδια, μπορεί ν' ανακαλύψουμε πλανήτες των οποίων η ατμόσφαιρα θα είναι ραδιενεργή ή πολύ θερμή, μαρτυρώντας την αποτυχία εξέλιξης αυτών των πολιτισμών. Από τη στιγμή που ένας πολιτισμός καταφέρει να περάσει στο δεύτερο επίπεδο, είναι πρακτικά αθάνατος καθώς δεν υπάρχει καμία γνωστή δύναμη στο σύμπαν που να μπορεί να τον αφανίσει. Ακόμα και στη περίπτωση μιας «σουπερνόβα» ο πολιτισμός αυτός θα μπορεί να επιβιώσει μεταφέροντας τον πλανήτη του ή πολύ απλά απορροφώντας το πυρηνικό υλικό του άστρου που είναι έτοιμο να εκραγεί.

Είναι φυσιολογικό να προκύπτουν απορίες για το τι σχέση μπορεί να έχουν όλα αυτά με τις εξελίξεις γύρω από την ανάπτυξη πρωτοκυττάρων, νανορομπότ και μεταβολικών υλικών. Η απάντηση είναι ότι η αναζήτησή μας γύρω από τη διαχείριση της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο, όπως φανερώνουν τα σενάρια που αναφέρθηκαν παραπάνω, συμβάλει στην ανάδυση μιας νέας υλικότητας που αποτελεί ακόμα ένα στοιχείο μετάβασής μας, προς ένα πολιτισμό τύπου 1. Μιας «υπέρ-υλικότητας» που συμβάλει στον ολοκληρωτικό έλεγχο και εκμετάλλευση των δυνάμεων και ενεργειών σε πλανητικό επίπεδο. Από τη λιμνοθάλασσα της Βενετίας μέχρι την απολύμανση κατεστραμμένων περιοχών και από το «αραχνοΰφαντο» όραμα της *Luminescent City* μέχρι τη δημιουργία ζωντανών ιστών, αυτή η νέα υπέρ-υλικότητα μας προϊδεάζει για το εύρος και τη καινοτομία των πιθανών μελλοντικών εφαρμογών της. Η φράση του Gaston Bachelard : «Όσο πιο ικανός γίνομαι στο να σμικρύνω τον κόσμο, τόσο καλύτερα τον κατέχω», είναι πιο επίκαιρη από ποτέ.

Η αναζήτηση αυτή έχει πολλαπλές αφετηρίες, οι περισσότερες επιστημονικές πρακτικές σήμερα, με οδηγούς τη συνθετική βιολογία, τη ρομποτική και την υπολογιστική, φλερτάρουν ή καταπιάνονται με τη φράση του Bachelard, παράγοντας αποτελέσματα που αντικατοπτρίζουν το πεδίο ενασχόλησης του κάθε κλάδου. Αυτή η προσέγγιση οδηγεί σε λύσεις που εμφανίζουν μεν τα στοιχεία προόδου της κάθε πρακτικής, όμως ταυτόχρονα μεταφέρουν τους αντίστοιχους περιορισμούς και μειονεκτήματα της. Για την εξάλειψη των περιορισμών αυτών, είναι αναγκαία η λειτουργία της επιστήμης μέσα σ' ένα διαφορετικό πλαίσιο, που θα χαρακτηρίζεται από αυξημένη διεπιστημονικότητα, ένα τέτοιο πλαίσιο έχει ήδη αρχίσει να παρατηρείται. Η διεπιστημονικότητα οδηγεί σε τεχνολογίες υβριδικές, έτσι είναι πολύ πιθανό να δούμε στο μέλλον μικροσκοπικές μονάδες που συνδυάζουν την οργανική ευελιξία και μεταβολικότητα των Πρωτοκυττάρων με την ανθεκτικότητα των νανορομπότ και τη προγραμματικότητα των μονάδων απόδοσης. Η έννοια του υβριδίου περνάει σταδιακά και στη μικροσκοπική κλίμακα όχι μέσω μονοδιάστατων διαδικασιών που προκύπτουν από μια επιστημονική προσέγγιση, αλλά μέσω υποψιασμένων τεχνολογικών εφαρμογών μιας διεπιστημονικής πληρότητας .

Όμως δεν είναι μόνο ο φυσικός κόσμος, αυτός που κατέχουμε καλύτερα μέσα από την ανάπτυξη μιας υπέρ-υλικότητας, κατέχουμε καλύτερα και το νοητικό κόσμο, τον αντιληπτικό κόσμο. Η δυνατότητα δημιουργίας μονάδων ύλης που θα έχουν τα πλεονεκτήματα του pixel, της βασικής μονάδας απεικόνισης, παρουσιάζει την ευκαιρία όχι μόνο να υλοποιήσουμε με ακρίβεια μορίου τις εικόνες που οραματιζόμαστε και σχεδιάζουμε, αλλά να περάσουμε με ακρίβεια και όλη την αντίληψη, γνώση, δράσεις, διαδράσεις, φαινόμενα και αφηγήσεις που κρύβονται πίσω από αυτές. Ο σουρεαλιστικός εικονικός πληθωρισμός μετατρέπεται σ' έναν εν δυνάμει βιωμένο εικονικό πραγματισμό. Όσον αφορά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, η ανάδυση αυτής της νέας υλικότητας, θέτει από μόνη της τα δικά τις υπαρξιακά ζητήματα για το ρόλο της μέσα στη πρακτική. Μπορούμε άραγε να βασιστούμε αποκλειστικά πάνω της, αφήνοντας στο παρελθόν τεκτονικούς κανόνες και κατακτήσεις χιλιετιών; Εάν οι εικόνες και κατ' επέκταση τα πράγματα αποτελούν οχήματα μεταφοράς οικουμενικής αντίληψης και δημιουργίας μνημονικών συνδέσεων, τότε μήπως ρισκάρουμε με την αφηγηματική τους χρεοκοπία, βασιζόμενοι αποκλειστικά σ' έναν υπερ-υλικό πολτό; Ποιά είναι η απτική και γενικότερη αισθητηριακή σχέση που μπορεί να συνοδεύει τέτοιους χώρους; Η πέτρα, το ξύλο, το μέταλλο, έχουν ριζωθεί στην αισθητηριακή μας αντίληψη, μπορούμε άραγε να προγραμματίσουμε τις υβριδικές μονάδες έτσι ώστε να παρουσιάζουν μια αισθητηριακή ανισοτροπία;

Επάνω: «David», Ridley Scott, Prometheus, (2012)
Κάτω: «Rachel», Ridley Scott, Blade Runner, (1982)

Ίσως και να μπορούμε, όπως μας δείχνει και το παράδειγμα της Neri oxman, η κατασκευή υλικών με πολλαπλές ιδιότητες είναι εφικτή, επομένως γιατί να μη μπορούμε να ορίσουμε αισθητηριακές ιδιότητες στη κάθε μονάδα απόδοσης. Παρόλα αυτά, από την δυνατότητα δημιουργίας μεταβολικών και αισθητηριακά μεταβολικών υλικών, μέχρι την ολοκληρωτική εξάρτηση του αρχιτεκτονικού τοπίου από αυτά, υπάρχει ένα τεράστιο κενό αναμνήσεων που δε μπορεί να καλυφθεί. Βεβαίως κάποιος μπορεί να ισχυριστεί ότι θα μπορούσαμε να αντιγράψουμε μορφές και αναμνήσεις, προσαρμοσμένες στην νέα υλικότητα, όμως από τη στιγμή που κάθε νέο υλικό στην ιστορία της αρχιτεκτονικής έφερε νέα πρότυπα, διαδικασίες και δομές, πως θα μπορούσαμε να υποκριθούμε τόσο απροκάλυπτα. Κάτι τέτοιο, δε θ' αποτελούσε ένα είδος «ψηφιακού» υπέρ-υλικού μεταμοντερνισμού; Η λέξη «ψηφιακού» μπαίνει σε εισαγωγικά διότι η ανάδυση της υπέρ-υλικότητας, υπονοεί και μια αλλαγή στα μέσα με τα οποία σχεδιάζουμε και υλοποιούμε. Μέχρι σήμερα η έκφραση «ψηφιακός σχεδιασμός», πρεσβεύει τα εργαλεία, τις διαδικασίες και το γενικότερο *interface* που παρεμβάλλεται μεταξύ του μυαλού και των πραγμάτων που μοντελοποιούμε. Οι εξελίξεις γύρω από τη κατανόηση, εξωτερίκευση και διαχείριση της νόησης, υποθέτουν μια απαλοιφή του ψηφιακού *interface* και μια απευθείας σύνδεση της ύλης με το μυαλό. Μια τέτοια εξέλιξη θα ήταν δυνατή, από τη στιγμή που η υπέρ-υλικότητα έχει κερδίσει και ενσωματώσει τα πλεονεκτήματα και τη προγραμματικότητα του ψηφιακού, στις βασικές της μονάδες. Ίσως στο μέλλον γίνει εφικτός ο έλεγχος ενός σμήνους μονάδων ύλης, μέσω της σκέψης (Gort).

Αυτή η νέα υλικότητα όπως διαφαίνεται και στις προτάσεις των project που έχουν γίνει μέχρι τώρα, δεν έρχεται ν' αντικαταστήσει την υπάρχουσα υλική πρακτική, αλλά να συνδεθεί μαζί της, φιλτράροντας και μεταφέροντας έννοιες, διαδικασίες, φαινόμενα, διαδράσεις και αφηγήσεις που δανείζεται από τον βιολογικό κόσμο. Ο ρόλος του σχεδιαστή, είναι βασικός και αφορά το σχεδιασμό του συστήματος και των διαδικασιών ανάπτυξης της, μέσα από ένα εξελικτικό πλαίσιο προσομοίωσης, με απώτερο σκοπό να δικαιώσει τα οράματα και την αφήγηση του. Υπάρχει ένα ζήτημα που όπως και στη περίπτωση των διαγονιδιακών τεχνολογιών, έχει συγκεντρώσει τα πυρά της κριτικής. Κατά πόσο παραβιάζουμε τα όρια της φύσης χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ζωντανών συστημάτων στη μικροσκοπική κλίμακα; Τα όρια μεταξύ φυσικού και τεχνητού έχουν θολώσει σε τέτοιο βαθμό, ώστε κάθε χρόνο να χύνονται τόνοι μελανιού στη διεθνή βιβλιογραφία με απώτερο σκοπό τον επαναπροσδιορισμό τους. Πως πρέπει ν' αντιμετωπιστούν δημιουργήματα μιας τέτοιας υλικότητας και ως τί; Αποτελούν άραγε ακόμα ένα σύνολο αναλώσιμων υλικών των οποίων η λειτουργία τερματίζεται χωρίς να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, ή αποτελούν μια οντότητα. Ίσως τελικά δεν έχει σημασία το που βρίσκεται ή εάν υπάρχει πλέον το όριο μεταξύ φυσικού και τεχνητού, αλλά το είδος της σχέσης που θ' αναπτύξουμε με τα δημιουργήματά μας.

Με αυτό το είδος της σχέσης καταπιάνεται και ο Ridley Scott στις ταινίες, «Blade Runner» (1982) και «Prometheus» (2012), βασιζόμενος στο σενάριο της υπέρτατης δημιουργίας ανθρωποειδών, κατ' εικόνα και καθ΄ομοίωση μας, με δυνατότητες σκέψης και αισθημάτων. Οι ταινίες πραγματεύονται ένα μέλλον όπου ο άνθρωπος δεν αναλαμβάνει τις ευθύνες απέναντι στα δημιουργήματά του, με αποτέλεσμα αυτά να στραφούν εναντίον του. Έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον δύο διάλογοι από τον «Προμηθέα», στο σενάριο του οποίου ένα διαστημικό σκάφος προσγειώνεται σ' έναν πλανήτη με σκοπό ν' ανακαλύψει τα ίχνη του εξωγήινου πολιτισμού που κρύβεται πίσω από τη δημιουργία του ανθρώπινου DNA και κατ' επέκταση του ίδιου του ανθρώπου. Ανάμεσα στο πλήρωμα είναι και ένα ανθρωποειδές, ο David, υπεύθυνος για τις λειτουργίες του σκάφους κατά τη διάρκεια του διαστημικού ύπνου του πληρώματος. Σε μια από τις σκηνές ο David ρωτάει τον ημιμεθυσμένο γιατρό του πληρώματος Charlie Holloway:

- David: Γιατί μας δημιουργήσατε;
- Holloway: Γιατί μπορούσαμε.

Σ' έναν από του τελευταίους διαλόγους της ταινίας ο David επιχειρεί ακόμα μια ερώτηση προς την επιστήμονα Elizabeth Shaw:

- David: Γιατί είναι τόσο σημαντικό για σένα να τους ανακαλύψεις; (τους δημιουργούς σου)
- Shaw: Είσαι ρομπότ...δε θα καταλάβεις...λυπάμαι (και κλείνει το φερμουάρ του σάκου στον οποίο μεταφέρει το κεφάλι του)
- David: Κανένα πρόβλημα. (καθώς κλείνει το φερμουάρ, με συγκαταβατικό χαμόγελο)

1. Search for extraterrestrial intelligence
2. Σε άρθρο, που δημοσιεύθηκε το 1964 στην εφημερίδα της Σοβιετικής αστρονομίας, ο αστροφυσικός Nicolai Kardashev διατύπωσε τη θεωρία σύμφωνα με την οποία, οι προηγμένοι πολιτισμοί κατηγοριοποιούνται σε τρείς τύπους, 1, 2 και 3, ανάλογα με τη φύση της ενέργειας που ελέγχουν.

Βιβλιογραφία

- Picon A. ''Digital culture in architecture'', Birkhauser, (2010)

- Barzon F., Eisenman P., Saggio A., de Kerckhove, ''The charter of Zyrich'', Birkhauser, (2006)

- Kuechler S., ''Materiality and Cognition: The Changing Face of Things'', In: Miller D., ''Materiality'', Duke University Press, (2005)

- Thrift N.,''Beyond Mediation: Three new material registers and their consequences'', In: Miller D., ''Materiality'', Duke University Press, (2005)

- Weinstock M., ''The Architecture of Emergence: The evolution of form in nature and civilization'', Wiley, London (2010)

- Oosterhuis K.,''Hyperbodies: towards an e-motive architecture''(2003)

- Βακάκη Β., Ταβερναράκης Ν.''Το σύμπαν της συνείδησης: Πως η ύλη γίνεται φαντασία'', (2006), Τίτλος πρωτότυπου ''A universe of consciousness: How matter becomes imagination'' by Gerald M. Edelman & Giulio Tononi (2000)

- Barberausse A., Morange M., Pradeu T. ''Mapping the future of biology'', Springer (2009)

- Cruz M. and Pike S., AD: ''Neoplasmatic Design'', Wiley,London, (2008)

- Hensel M., Menges A. and Weinstock M., AD: ''Techniques and Technologies in Morphogenetic Design'', Wiley, London, (2006)

- Sheil B., AD: ''Protoarchitecture: Analogue and Digital Hybrids'', Wiley, London, (2008)

- Colletti M., AD: ''Exuberance: new virtuosity in contemporary architecture'', Wiley, London, (2010)

- Sheil B., AD: ''Design Through Making'', Wiley, London, (2005)

- Hight C., Perry C., AD: ''Collective Intelligence in Design'', Wiley, London, (2006)

- Spiller N., Armstrong R., AD: ''Protocell Architecture'', Wiley, London, (2011)

- Kallipoliti L., AD: ''Ecoredux'', Wiley, London, (2010)

- Lally S., AD: ''Energies'', Wiley, London, (2009)

- Gissen D., AD: ''Territory: Architecture Beyond Environment'', Wiley, London, (2010)

- Oxman Rivka, Onman Robert, AD: ''The New Structuralism'', Wiley, London, (2010)

- Hensel M., Menges A., Weinstock M., AD:''Techniques and Technologies in Morphogenetic Design'' Wiley, London, (2006)

- Legendre G., AD: ''Mathematics of Space'', Wiley, London, (2011)

- Bedau M., Parke E., ''The Ethics of Protocells: Moral and Social Implications of creating Life in the Laboratory'', MIT Press, (2009)

- Oxman N., ''Material-based Design Computation'', MIT Press, (2010)

- Spiller N., ''Plectic architecture: towards a theory of the post-digital in architecture'', In: ''Technoetic Arts: A Journal of speculative Research'', Volume 7, No 2, Intellect, (2009)

- Blum C., Merkle D., ''Swarm Intelligence: Inroduction and Applications'', Springer, (2008)

- Spiller N., ''Digital Dreams: Architecture and the New Alchemical Technologies'', Ellipsis, London, (1998)

- Flachbart G., Weibel P., ''Disappearing Architecture: From real to virtual to Quantum'', Birkhauser, (2005)

- Palumbo M. Luisa, ''New Wobs: Electronic Bodies and Architectural Disorders'', Testo & Immagine, Turin, (2000)

- Bar-Cohen Y.,''Biomimetics:Biologically Inspired Technologies'', Taylor & Francis, (2006)

- Gausa M., Guallart V., Muller W., Soriano F., Porras F., Morales J., ''the metapolis of advanced architecture: city, technology and society in the informational age'', Actar, (2003)

- Diller E., Scofidio R., ''Flesh: Architectural Probes'', Princeton Architectural Press, (1994)

- Diller E., Scofidio R., ''Blur: the making of nothing'', Harry N. Abrams, (2002)

- De Kerckhove D., ''The architecture of intelligence'', Birkhauser, (2001)

- Στυλιανός Ψάλτης, ''βιολογικές επιρροές στην υλικότητα της ψηφιακής αρχιτεκτονικής: οι αναδυόμενες χωρικές ποιοτικές'', Ερευνητική Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, (2010)

Ηλεκτρονικές πηγές

http://object-e.blogspot.gr/

http://www.ctcms.nist.gov/oof/oof2/

http://www.youtube.com/watch?v=0nFyuxGEhzY&feature=related

http://blogs.msdn.com/b/zen/archive/2010/08/10/the-new-world-of-emergent-architecture-and-complex-adaptive-systems.aspx

http://www.military.com/video/aircraft/pilotless-aircraft/a-swarm-of-nano-quadrotors/1427824403001/

http://www.spatialrobots.com/2007/04/robert-miles-kemp-metamorphic-space/

http://www.greekarchitects.gr/gr/αρχιτεκτονικες-ματιες/η-μετα-φυσική-του-τεχνητού-στη-σύλληψη-της-υλικότητας-id43

http://stratos-theodosiou.gr/index.php?id=42

http://www.seiselt.com/smutheory/Diana%20Fridberg/SocialThings.html

http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2119262/Inception-reality-Scientists-implant-false-memories-mice.html

http://www.ted.com/talks/martin_hanczyc_the_line_between_life_and_not_life.html

http://www.ilhs.tuc.gr/gr/spinoza_psyhologia.htm

http://centurycamerareturn.blogspot.gr/2012/03/blog-post_31.html

http://www.ona.vg/vision/growthhouse.html

http://mkaku.org/home/?page_id=246

http://www.neurovigil.com/ibrain/

http://marcoscruzarchitect.blogspot.gr/

http://marjan-colletti.blogspot.gr/

http://www.mycity2.com/mycity2/mycity2.html

http://www.youtube.com/watch?v=zfTf9DImjT0

http://www.youtube.com/watch?v=nAMrtHC2Ev0

http://www.oksiuta.de/index.html

http://networkedblogs.com/th3s4

http://www.dantassell.com/#332/custom_plain

http://www.youtube.com/watch?v=JBIoXdWoUI0

http://www.youtube.com/watch?v=OHnvmspg5U4

http://www.youtube.com/watch?v=AmyunJTpCiI

http://www.youtube.com/watch?v=QI6vANpHhOA

http://www.youtube.com/watch?v=kjDqFO_molA

Πηγές εικόνων

Σελίδα 6
http://neuroportraits.eu/sites/neuroportraits.eu/files/styles/colorbox_large/public/portraits/SchopenhauerArthur1788-1860.png

Σελίδα 7
http://images.wellcome.ac.uk/indexplus/image/L0001371.html

Σελίδα 8
http://1.bp.blogspot.com/-ahIj1-Pl1Cw/TlEREc3HdCI/AAAAAAAAC-Q/gCqXRlYrNFs/s1600/fmri.jpg
http://img.wpdigital.net/rf/image_606w/2010-2019/WashingtonPost/2011/07/28/National-Economy/Images/neurovigil.jpg

Σελίδα 9
http://internationaldateline.tumblr.com/post/15890666024/writing-in-rope-quipu-khipu-incan-empire
http://en.wikipedia.org/wiki/Quipu

Σελίδα 10
http://faculty.polytechnic.org/gfeldmeth/110706_GW_Inca-era-khipu_EX.jpg
http://museumsecrets.tv/cmsImages/AMNH_incan_khipu.jpg

Σελίδα 12, 13
http://www.manystuff.org/wp-content/uploads/2010/11/full-2.jpg
http://www.manystuff.org/?p=9631

Σελίδα 14
http://1.bp.blogspot.com/-XVefxmYzvPo/TuZ8WHDc9aI/AAAAAAAADlw/6WTneyweiq8/s1600/virtual+grid.jpg

Σελίδα 16
http://2.bp.blogspot.com/-VihOq8Jp35A/TyQWLkiJS5I/AAAAAAAABzc/pdpDBWet16w/s1600/grasshopper_02_blog.jpg
http://1.bp.blogspot.com/-cFw842XhgUg/TyQWL5NLahI/AAAAAAAABzo/OFBJaLy1ycw/s1600/grasshopper_01_blog.jpg

Σελίδα 17
http://www.people.vcu.edu/~rhammack/Brisson/Brisson27.jpg
http://www.people.vcu.edu/~rhammack/Brisson/Brisson34.jpg

Σελίδα 18
http://dominiquecameron.files.wordpress.com/2010/11/starling-swarm.jpg
http://imgs.mi9.com/uploads/landscape/2101/dewdrop-on-lotus-leaf-wallpapers_1280x960_28069.jpg

Σελίδα 20
http://dc205.4shared.com/doc/Ct4tH770/preview009.png
http://www.bupla.com/imagesblog/tk.jpg

Σελίδα 24
Kallipoliti L., AD: ''Ecoredux'', Wiley, London, (2010), σελ 36

Σελίδα 25
http://www.core.form-ula.com/wp-content/uploads/2010/03/Katavolos_coreformula003.jpg

Σελίδα 26
Kallipoliti L., AD: ''Ecoredux'', Wiley, London, (2010), σελ 34
http://theinvisibleagent.files.wordpress.com/2009/06/stewardess1938982585_76df1c0422.jpg?w=460

Σελίδα 28
http://www.scifi-movies.com/images/data/0002576/affiche.jpg
http://3.bp.blogspot.com/_9udfncYtHlw/TCJKZyg7LAI/AAAAAAAACjA/g_CngEk0uag/s1600/2.+The+Genesis+Tub.png
http://www.fanpop.com/images/polls/15544_2_full.jpg

Σελίδα 30
http://www.virtualart.at/uploads/tx_vart/i408_kac_Genesisdish.jpg

Σελίδα 32
http://ideonexus.com/wp-content/uploads/2008/12/gort2008.jpg

Σελίδα 33
http://www.dillerscofidio.com/works/blur/1.jpg
http://spatialinteractions.files.wordpress.com/2011/09/2.jpg
http://www.dillerscofidio.com/works/blur/4.jpg
http://1.bp.blogspot.com/-7a9geYiXWbY/Tej6dh5MVjI/AAAAAAAAAH4/g1HbPL1XAlM/s1600/5.jpg

Σελίδα 34
http://object-e.net/wp-content/uploads/2010/09/09_closeup.jpg

Σελίδα 35
http://object-e.net/wp-content/uploads/2010/09/08_night_view.jpg
http://object-e.net/wp-content/uploads/2010/09/02_bird_perspective.jpg

Σελίδα 36
http://fellows.ted.com/system/data/369/display/dsc3709_small2.jpg?1336515142
http://sjet.files.wordpress.com/2009/10/dsc_5414_pshop_small.jpg
http://designplaygrounds.com/wp-content/uploads/2011/03/VoltaDom-by-Skylar-Tibbits-01.jpg
http://sjet.us/PROJECTS/MIT_VOLTADOM/DSC_0280_Final_small.jpg

Σελίδα 38
http://www.cityofsound.com/.a/6a00d83452a98069e2011571b4a11b970b-800wi
http://www.spatialrobots.com/wp-content/uploads/2008/08/miles.jpg
http://www.botjunkie.com/wp-content/uploads/2009/04/festo.jpg
http://goo.no-surprises.de/wp-content/uploads/2008/04/molecubes.gif

Σελίδα 39
http://www.sjet.us/MIT_LOGICMATTER.html

Σελίδα 40
http://www.3dfuture.com.au/wp-content/uploads/2011/09/ShakeNFold_small-1.jpg
http://www.3dfuture.com.au/wp-content/uploads/2011/09/DSC_0051_small.jpg
http://www.sjet.us/TED_SELF_ASSEMBLY_LINE.html

Σελίδα 41
http://www.sjet.us/TED_SELF_ASSEMBLY_LINE.html

Σελίδα 42
http://www.meshing.org/MeshingHome/RabbitHeart.html

Σελίδα 44
http://image.mustangandfords.com/f/29911399/mdmp_1009_03_o+piston_and_ring_technology+finite_element_analysis.jpg

Σελίδα 46
Kallipoliti L., AD: ''Ecoredux'', Wiley, London, (2010), σελ 85
Oxman N., ''Material-based Design Computation'', MIT Press, (2010), σελ 288

Σελίδα 48
Kallipoliti L., AD: ''Ecoredux'', Wiley, London, (2010), σελ 80

Σελίδα 50, 51
http://web.media.mit.edu/~neri/site/projects/beast/beast.html
http://web.media.mit.edu/~neri/site/projects/penumbra/penumbra.html

Σελίδα 52
Spiller N., Armstrong R., AD: ''Protocell Architecture'', Wiley, London, (2011), σελ 23

Σελίδα 54
http://dprbcn.files.wordpress.com/2011/12/protocells_02.jpg
http://www.ona.vg/vision/growthhouse.html

Σελίδα 56, 57, 58, 60, 61
http://www.dantassell.com/#332/custom_plain

Σελίδα 62
http://lamarzulli.files.wordpress.com/2012/03/signs-in-the-heavens.jpg

Σελίδα 63
http://www.2012honduras.com/wp-content/uploads/2012/03/0768.jpg
http://media.photobucket.com/image/sphere%20in%20sun%20corona/instantmartians/ScreenHunter_03Mar140849.jpg

Σελίδα 64
http://www.snoron.com/view-exlplosion_of_the_supernova_in_space-wide.html

Σελίδα 66
http://resources3.news.com.au/images/2012/04/18/1226331/701835-meet-david.jpg
http://www.robotmutant.com/wp-content/uploads/2012/01/blade_runner___rachel_by_maxhitman-d39c7r5.jpg