



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ 1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ Α. ΒΑΜΒΑΚΙΔΗΣ
Master's in Architecture II, UCLA
Διπλωματούχος αρχιτέκτονας μηχανικός ΕΜΠ
Πτυχιούχος πολιτικός μηχανικός τ.ε.

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ:
Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ
ΤΟ ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΑΘΗΝΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
ΝΕΛΛΗ ΜΑΡΔΑ – ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ (ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ)
ΓΙΩΡΓΟΣ ΠΑΡΜΕΝΙΔΗΣ – ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ
ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΛΙΑΚΑΤΑ-ΠΕΧΛΙΒΑΝΙΔΟΥ – ΟΜΟΤΙΜΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ

Η έγκριση της παρούσας διδακτορικής διατριβής από την επταμελή εξεταστική επιτροπή και τη σχολή αρχιτεκτόνων μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν προϋποθέτει και την αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν.5343/1932, άρθρο 202, παράγραφος 2. Copyright Γεράσιμος Βαμβακίδης 2017.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Νέλλη Μάρδα για την συνεχή, ουσιαστική και πολύτιμη της υποστήριξη, σε όλα τα επίπεδα, από το πρώτο εξάμηνο φοίτησής μου στο ΕΜΠ το 2000, μέχρι σήμερα. Επίσης, τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κα. Αναστασία Πεχλιβανίδου-Λιακατά για την καθοδήγηση, εμπιστοσύνη και αμείωτη υποστήριξη και συνεργασία για μία σειρά ετών στο ΕΜΠ, καθώς και τον κο. Γιώργο Παρμενίδη για την ιδιαίτερα σημαντική συμβολή του στην συνολική μορφοποίηση της διατριβής και των επιμέρους κεφαλαίων. Η παρούσα διατριβή δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς την αμέριστη βοήθειά τους, για την οποία τους είμαι ευγνώμων.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τους τεχνικούς στο εργαστήριο προπλάσμάτων του ΕΜΠ και ιδιαίτερα τον Θοδωρή Βαγενά για την βοήθειά του στην υλοποίηση μερικών από τα πειράματα της διατριβής.

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε με υποτροφία του Προγράμματος Αριστείας ΙΚΥ-Siemens.

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ
ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	9
<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	13
Μια ανοιχτή θεωρητική και συνθετική προσέγγιση	14
Τα βασικά ερωτήματα	17
Η δομή της διατριβής	19
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u> <u>ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ</u> (Literature Review)	27
1α. ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ / ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	28
Γενικός εννοιολογικός προσδιορισμός	28
Τα γενεσιουργά και παραμετρικά σχεδιαστικά μέσα και η σχέση τους με το design και τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό / procedural literacy	29
1β. ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΤΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΠΕΔΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	39
Οι υφιστάμενες τάσεις / πεδία αρχιτεκτονικής έρευνας	39
Γενεσιουργός και παραμετρικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός: θεωρητικές επιδράσεις	39
Ο πιθανός διάλογος της αρχιτεκτονικής με άλλα επιστημονικά πεδία	40
Αρχιτεκτονική, τεχνολογία, Βιολογία, Επιστήμη υλικών (material computation)	42
Η άμεση σχέση του ψηφιακού με τον υλικό κόσμο και οι σύγχρονοι μέθοδοι πρωτότυπης κατασκευής	44
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	45
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u> <u>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</u>	45
2α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ / Ο ΤΡΟΠΟΣ ΜΕ ΤΟΝ ΟΠΟΙΟ ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΕΤΑΙ Η ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ	46
2β. Η ΣΧΕΣΗ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	48
2γ. Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	49
2δ. ΟΙ «ΣΧΟΛΕΣ ΣΚΕΨΗΣ»	52
2ε. ΟΙ «ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ»	53
2ζ. ΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΩΣ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ- «ΤΑΚΤΙΚΕΣ»	53
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	56
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u> <u>ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ</u>	57
<u>ΜΕΡΟΣ Α</u> - ΟΙ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΕΣ / ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΩΣ ΑΡΩΓΟΙ ΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	58
<u>ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 1: ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ</u>	59
A1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ - Η ΠΗΓΗ ΕΜΠΝΕΥΣΗΣ (Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ)	60
ΙΔΕΟΛΟΓΙΚΟ / ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ - Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	61
ΑΠΟ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ (Vers une architecture) ΣΤΗ ΦΥΣΗ (Vers plus?)	65
Η σημασιολογική μεταβολή του σχεδιασμού από το προκαθορισμένο στο πεδίο δυνατοτήτων	65
ΑΠΟ ΤΟΝ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ	76
Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΙΑ / ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΤΟΥ G.LYNN	77
Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΠΕΔΙΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ	84
ΑΠΟ ΤΟΝ G.LYNN ΚΑΙ ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ) ΣΤΟΝ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΣΗΜΕΡΑ	91
Σχετικά με τον όρο “Παραμετρισμός” (Parametricism)	95
A2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 1	100
A3. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 1 - ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	101
Εισαγωγή	101
Μεθοδολογία	103

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ
ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

Αποτελέσματα	104
Συμπεράσματα πειράματος	108
A4. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 2 - ΑΠΟ ΤΟ ΑΜΟΡΦΟ ΣΤΟ ΔΟΜΙΚΟ-from blob to waffle	109
Εισαγωγή	109
Μεθοδολογία	110
Αποτελέσματα	111
Συμπεράσματα	113
Η εφαρμογή της μεθοδολογίας του πειράματος στην διδασκαλία στο ΕΜΠ	115
A5. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 1	118
ΜΕΡΟΣ Β - ΟΙ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΕΣ / ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ Η ΑΝΑΔΥΣΗ (ΜΗ) ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	121
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 2: «ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ» ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	122
B1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ -ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ (ΠΡΟΣ ΕΝΑ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ)	123
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	123
ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ	124
ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	126
Η ΟΛΙΣΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ-ΣΥΝΟΛΟΥ/ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΑ	132
Ο ρόλος του αρχιτέκτονα σε ένα σχεδιαστικό σύστημα	135
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΙΔΩΜΕΝΑ ΩΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	138
B2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 2	146
Σύνδεση με παραδείγματα ελάχιστων επιφανειών για τον σχεδιασμό κτηρίων	148
B3. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ - «ΣΠΟΓΓΩΔΗΣ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ»	151
Εισαγωγή- Προγραμματικές απαιτήσεις- διαπερατότητα	151
Μεθοδολογία- Η μονάδα- αρχές σχεδιασμού (μικρή κλίμακα)	151
Μεθοδολογία- Το σύστημα - αρχές σχεδιασμού και αλληλεπίδρασης (μεσαία κλίμακα)	154
Αποτελέσματα: Συμπεριφορά – αναφαινόμενες ιδιότητες (μεγάλη κλίμακα)	154
Αποτελέσματα / Ενσωμάτωση των περιορισμών κατασκευής	156
B4. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 2	157
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 3: ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	161
B5. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ- ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ/ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	162
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	162
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ/ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	163
ΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	164
ΕΝΤΑΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΑΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	165
Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΔΥΣΗΣ + Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ	167
Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ «ΠΕΔΙΟΥ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ»	172
ΑΥΤΟΟΡΓΑΝΩΣΗ (SELF-ORGANISATION) ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	173
Αυτοοργάνωση και νέα αρχιτεκτονικά υλικά (material computation)	175
Αυτοοργάνωση σε «μηχανικά» αρχιτεκτονήματα	178
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ: Συμπεριφορά και κανόνες / παράμετροι	181
B6. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 3	182
Τα δύο πρώτα πειράματα της ενότητας – συνοπτική συζήτηση	184
Εισαγωγή	184
Μεθοδολογία / Αποτελέσματα	185
Συμπεράσματα	186

Το τρίτο πείραμα της ενότητας	189
B7. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 3 - «ΧΡΩΣΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ» (Pigment Skin)	190
Εισαγωγή	190
Από τη βιολογία στον «προγραμματισμό» υλικών	190
Σύνδεση με παραδείγματα	190
Μεθοδολογία (α' μέρος πειράματος)- βιολογικοί κανόνες και παραμετρικό μοντέλο	191
Μεθοδολογία(β' μέρος πειράματος)- υλικότητα / διερεύνηση κατασκευής	195
Γενικά για το πλαστικό σε σχέση με το πείραμα	195
Μεθοδολογία και υλικά α'	196
Μεθοδολογία και υλικά β'	197
Αποτελέσματα	198
(α') Διαβαθμισμένη διαφάνεια μέσω της πυκνότητας των «κυττάρων»- μονάδων	198
(β') Διαβαθμισμένη διαφάνεια μέσω της πυκνότητας αλλά και της διαφάνειας	198
Συμπεράσματα πειράματος / μελλοντική εξέλιξη	201
Ψηφιακά εργαλεία	201
Σχετικά με τις μεθόδους υλοποίησης	202
Πιθανές εφαρμογές / μελλοντική εξέλιξη	203
B8. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 3	206
Γ. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ	207
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u> <u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	213
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	214
ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΤΙΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ	214
Ο γενεσιουργός και παραμετρικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός: από το αντικείμενο στο «πεδίο δυνατοτήτων»	215
ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ	215
<u>Μια κυβερνητική προσέγγιση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό</u>	215
<u>Χαρτογράφηση της διαδικασίας και των κανόνων σχεδιασμού, αναπληροφόρηση του συστήματος</u>	216
<u>Ανάδυση επιθυμητών ιδιοτήτων μέσα από την αυτοοργάνωση / μετασχηματισμό των επιμέρους μερών / μονάδων του συστήματος</u>	218
ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ	219
Η σχέση του ψηφιακού με τον υλικό κόσμο μέσω της κατασκευής CAM	219
<u>Άμεση σύνδεση μεταξύ σχεδιασμού και κατασκευής</u>	220
Αρχιτεκτονικός παραμετρικός σχεδιασμός και κατασκευή νέων σύνθετων υλικών	221
ΜΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	222
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	226
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	238

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή αποτελεί μια προσπάθεια συνεισφοράς σε ένα υφιστάμενο πεδίο της αρχιτεκτονικής έρευνας και παραγωγής η οποία διερευνά με κριτικό τρόπο τη χρήση υπολογιστικών τεχνολογιών στην αρχιτεκτονική σύνθεση. Οι αναζητήσεις και πειραματισμοί που παρουσιάζονται αποτελούν συνέχεια μιας μακροχρόνιας και προσωπικής διερεύνησης αυτού του πεδίου, για το οποίο το ενδιαφέρον μου παραμένει σταθερό επί μια σειρά ετών λόγω της ταχύτητας και συνεχούς εξέλιξης αυτής της αρχιτεκτονικής με ψηφιακά μέσα. Η εμφάνιση των ψηφιακών μέσων και της τεχνολογίας στην αρχιτεκτονική και στην κοινωνία γενικότερα συνεχίζει να εξελίσσεται και να ωριμάζει με έναν εξαιρετικά γρήγορο ρυθμό. Η πρώτη μου επαφή με αυτό το πεδίο ήταν πριν δεκατρία χρόνια, μέσα από σχεδιαστικά πειράματα και μορφολογικές / αισθητικές και κατασκευαστικές αναζητήσεις ως μεταπτυχιακός φοιτητής στο πανεπιστήμιο του Λος Άντζελες (UCLA). Στο UCLA, η εντατική μελέτη της θεωρίας με καθηγητές όπως ο Robert Somol ανταγωνιζόταν το «πάντρεμα» ψηφιακού σχεδιασμού και πρωτότυπης κατασκευής μέσα από την διδαχή καθηγητών όπως ο Greg Lynn και ο Thom Mayne του γραφείου Morphosis. Εξάλλου, ο λόγος που συνέχισα τις σπουδές μου στην αρχιτεκτονική μετά το πτυχίο του πολιτικού μηχανικού ήταν η ανάγκη (ή η φιλοδοξία) μου να σχεδιάζω ο ίδιος αυτά που καλούμαι να κατασκευάσω. Σήμερα πλέον, αυτή μου η αναζήτηση έχει εξελιχθεί σε μια πιο ουσιαστική και λεπτομερή έρευνα σχετικά με το σχεδιασμό, την τεχνολογία και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν τον τρόπο που βλέπουμε την αρχιτεκτονική. Μέσα από αυτήν τη διατριβή, οι αναζητήσεις αυτές μετασχηματίζονται πλέον σε πρόταση σχετικά με τη διαδικασία του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, από το προκαθορισμένο, σε ένα δυναμικό και μεταβαλλόμενο πεδίο δυνατοτήτων.

Όπως συχνά ανέφερε ο Δημήτρης Παπαλεξόπουλος, ένας από τους επιβλέποντες καθηγητές μου με πολυετή έρευνα και διδασκαλία της αρχιτεκτονικής με ψηφιακά μέσα στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, που δυστυχώς έφυγε από κοντά μας νωρίς, η διαδικασία έχει πολύ συχνά μεγαλύτερη σημασία από το τελικό αποτέλεσμα. Μια θεώρηση που ίσως νοηματοδοτεί ακόμη περισσότερο την αρχιτεκτονική έρευνα. Η

διατριβή αυτή εστιάζει στους πιθανούς τρόπους με τους οποίους η παραπάνω θεώρηση μπορεί να μετασχηματίσει τόσο τα πιθανά σχεδιαστικά αποτελέσματα, όσο και την ίδια τη φύση της αρχιτεκτονικής.

Θα ήθελα να αποσαφηνίσω πως ή παρούσα διατριβή δεν εστιάζει στην τεχνολογία ως μέσο βελτιστοποίησης του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού ¹ (optimization) και της κατασκευής μέσα από τεχνολογίες BIM (Building Information Modelling) ². Το παραπάνω πεδίο κατά την άποψή μου είναι αμιγώς τεχνοκρατικό και ενώ αποτελεί αντικείμενο μελέτης τα τελευταία χρόνια, δεν συμβάλλει στο σημασιολογικό / εννοιολογικό υπόβαθρο της αρχιτεκτονικής έρευνας. Αυτό μπορεί να διακρίνει κανείς και στο κεφάλαιο με τίτλο “First Build your tools” του Robert Aish (2013) στο τεύχος του AD ³ αφιερωμένο στα workshops του Smartgeometry:

Η τεχνολογία BIM βασίζεται στην ιδέα δημιουργίας ενός τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου, όπου τα σχέδια τα οποία μπορούν να εξαχθούν από το μοντέλο θεωρούνται παραγόμενα δεδομένα (derived data). [...] Στην τεχνολογία BIM τα κτήρια είναι συναθροίσεις από στοιχεία (components), αλλά αυτό δεν σημαίνει πως ο αρχιτέκτονας αντιλαμβάνεται το κτήριο ως συνάθροιση στοιχείων. Αυτή η υπόθεση των «στοιχείων» ωθεί τον αρχιτέκτονα να σκεφθεί μικρο-ιδέες (τα στοιχεία) πριν εξετάσει μακρο ιδέες (τη συνολική μορφή του κτηρίου).[...] Η τεχνολογία BIM είναι μια μέθοδος η οποία υποστηρίζει μια αποδοτική παράδοση έργου. Αλλά δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως φιλοσοφία σχεδιασμού. Δεν αποτελεί τον λόγο σχεδιασμού ενός κτηρίου με ένα συγκεκριμένο τρόπο.⁴

¹ Δυστυχώς η βελτιστοποίηση έγινε συνώνυμη της εμπορευματοποίησης και της φτηνής κατασκευής, ενώ πρωταρχικά αναφερόταν στην οικονομία της κατασκευής, μιας έννοιας που έχει ιδιαίτερη αρχιτεκτονική σημασία.

² Building Information Modelling: Διαδικασία για την παραγωγή και διαχείριση ψηφιακών αναπαραστάσεων υλικών και λειτουργικών ιδιοτήτων χώρων. Τα λογισμικά BIM χρησιμοποιούν αρχεία τα οποία μπορούν να εμπεριέχουν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες με πολλαπλούς χρήστες. Nationalbigstandard.org [τελευταία επίσκεψη 02/2015]

³ Aish, R., First build your tools, στο τεύχος του AD Inside Smartgeometry, Wiley, (2013).

⁴ Ο.Π., 42-43, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Από τα παραπάνω μπορεί να κατανοήσει κανείς πως ένα τρισδιάστατο BIM μοντέλο που έχει πληροφορίες για κάθε μέρος του (υποστυλώματα, πλάκες κτλ) αποτελεί τεχνική διεργασία βελτιστοποίησης για επαγγέλματα μηχανικού παρά μια έρευνα σχετική με θεωρητικές έννοιες και μεθοδολογίες σύνθεσης και σχεδιασμού που η σύγχρονη ψηφιακή θεωρία προτείνει.

Αντίθετα με τα παραπάνω, και σε συμφωνία με κάποιες από τις σύγχρονες πρακτικές, η προσωπική μου θεώρηση εστιάζει στο τι μπορεί να σημαίνει η προσαρμογή και εφαρμογή της τεχνολογίας ως μέρος του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Αυτή η θεώρηση έρχεται να αντιπαρατεθεί στην απλουστευμένη αντιμετώπιση της τεχνολογίας ως ενός απλού εργαλείου / μέσου οργάνωσης, αναπαράστασης και ελέγχου. Σε αντίθεση με αυτή την απλούστευση, η τεχνολογία μπορεί να αναλάβει τον ρόλο ενός διαδραστικού και προσαρμόσιμου μέσου επικοινωνίας και διαλόγου μεταξύ αρχιτέκτονα, υλικής πραγματικότητας και κοινωνίας. Αντί λοιπόν να προτείνω μηχανισμούς εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων μέσω ψηφιακών διαδικασιών, βλέπω την τεχνολογία ως ένα μέσο για να θέσω ερωτήματα τα οποία μπορούν να έχουν πολλαπλές, αναπροσαρμοζόμενες απαντήσεις για την δόμηση μιας ψηφιακής αρχιτεκτονικής μεθοδολογίας και σκέψης, αντιμετωπίζοντάς την ως πεδίο συνθετικών δυνατοτήτων και όχι ως τρόπο παραγωγής αναπαραστάσεων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια ανοιχτή θεωρητική και συνθετική προσέγγιση

Η βασική υπόθεση στην οποία εστιάζει η διδακτορική διατριβή είναι πως ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός (μικρότερης ή μεγαλύτερης κλίμακας) μπορεί να ιδωθεί ως τρόπος σύνθεσης κανόνων/ μηχανισμών αλληλεπίδρασης μονάδων / στοιχείων αντί μιας γραμμικής/ στατικής / μοναδικής σύνθεσης των στοιχείων αυτών.

Το αντικείμενο αρχιτεκτονικού σχεδιασμού μετατοπίζεται από τον σχεδιασμό μορφών ή τυπολογιών μορφών με τους κανόνες που φέρουν, στον σχεδιασμό των κανόνων παραγωγής αυτών των μορφών και τυπολογιών. Αυτή η μετατόπιση έχει ήδη ξεκινήσει από το Μοντέρνο κίνημα ως μετατόπιση από τον φαινότυπο στον γενότυπο.

Σε αυτή τη μετατόπιση, αρωγός είναι οι νέες τεχνολογίες, που επιτρέπουν τη διαχείριση μεγάλου ποσού πληροφορίας ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση των κανόνων και των αποτελεσμάτων τους σε εύλογα χρονικά διαστήματα και υλοποιήσεις.

Αλλά αποτελούν ταυτόχρονα και μέσο επέκτασης των σχεδιαστικών προθέσεων; Υποθέτουμε ότι ενώ έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίξουν τις νέες τάσεις, επιτρέπουν και την “ανάδυση” (μη αναμενόμενων αλμάτων στη σχεδιαστική διαδικασία που σχετίζονται με τις ιδιότητες / ικανότητες ενός αρχιτεκτονήματος.

Στόχος ακόμα της διατριβής είναι να εντοπίσει παραδειγματικά σημεία άλματος και να επιχειρήσει να προσδιορίσει μια «τυπολογία» των σημείων αυτών σε σχέση με τις φάσεις της διαδικασίας (άλματα σε επίπεδο διατύπωσης προγράμματος, εκτέλεσης και επιλογής εναλλακτικών λύσεων, διασταύρωσης ειδικοτήτων / πληροφοριών κατά την υλοποίηση κτλ).

Όπως υποστηρίζουν ο Delanda (2011) και ο Kelly (1994), ο μόνος τρόπος να εξετάσουμε την συμπεριφορά και τα πιθανά αποτελέσματα από μια σύνθεση / σύνολο / σύστημα μονάδων είναι να τα αφήσουμε να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους ⁵ :

⁵ Kelly, K. “Hive mind” στο “Out of control”, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1994

Αυτός είναι ο οικουμενικός νόμος των «βιοσυστημάτων» (vivisystems): πολυπλοκότητες ανώτερου επιπέδου δεν μπορούν να συναχθούν από οντότητες κατώτερου επιπέδου (lower-level existences). Τίποτα, κανένας υπολογιστής ή μυαλό, κανένα είδος μαθηματικών, φυσικής ή φιλοσοφίας δεν μπορεί να αποκαλύψει τους αναδυόμενους σχηματισμούς (emergent patterns) που είναι διασκορπισμένοι μέσα στα επιμέρους μέρη, χωρίς την πραγματική αλληλεπίδραση μεταξύ τους (without actually playing it out). Οι θεωρητικοί το θέτουν ως εξής: το να «τρέξει» κανείς ένα σύστημα (running a system) είναι η πλέον γρήγορη, σύντομη και σίγουρη μέθοδος να διακρίνει τις αναδυόμενες δομές που λανθάνουν μέσα του. Δεν υπάρχουν σύντομοι δρόμοι για να εκφράσει κανείς μια σύνθετη, μη γραμμική εξίσωση για να ανακαλύψει το «τι» μπορεί να κάνει. Το μεγαλύτερο μέρος της συμπεριφοράς είναι κρυμμένο.⁶

Πρόκειται ουσιαστικά για μια προσπάθεια να καταλάβει κανείς, πού μπορεί να οδηγήσει η προσέγγιση αυτή, και πως ενδεχομένως μετασχηματίζει τη φύση της ίδιας της αρχιτεκτονικής. Έχουμε μόλις αρχίσει να ανακαλύπτουμε τις δυνατότητες που υπάρχουν σε τέτοιου είδους προσεγγίσεις, ενώ ταυτόχρονα ο αιώνας τον οποίο διανύουμε, αναδεικνύει πολύ ανάμικτες θεωρήσεις για τη σχέση αρχιτεκτονικής, γνώσης και τεχνολογίας. Ενδιαφέρον έχει πλέον μια λεπτομερής εξέταση της «καινοτομίας».

Κατά την μελέτη της σημασιολογικής αυτής μεταβολής του σχεδιασμού από το αντικείμενο στο «πεδίο δυνατοτήτων» θα εστιάσουμε ακόμα στις δυνατότητες ελέγχου (η μή) αυτού του συνθετικού «πεδίου δυνατοτήτων» μέσω του γενεσιουργού⁷ και παραμετρικού σχεδιασμού.

Ένας γενικός ορισμός του γενεσιουργού σχεδιασμού (generative design) είναι ο σχεδιασμός μέσω της τεχνολογίας και της μίμησης των εξελικτικών διαδικασιών που

⁶ Ο.Π., 11, μετάφραση απο τον συγγραφέα.

⁷ Για την μετάφραση του όρου generative design υιοθέτησα την προσέγγιση του Δ. Παπαλεξόπουλου, ο οποίος τον απέδιδε ως “γενεσιουργό” στην διδασκαλία και συγγραφή του: Παπαλεξόπουλος, Δ., Σταυρίδου Α., Παπαδόπουλος Δ., Εννοιολογικός προσδιορισμός παραμετρικών ιδιοτήτων αρχιτεκτονικών κατασκευαστικών στοιχείων και δομικών υλικών, ΠΙΕΒΕ ΕΜΠ, 2007

συναντάμε στην φύση⁸. Η αφετηρία είναι συνήθως το να θέσει κανείς μια σειρά από σχεδιαστικούς στόχους, που προσπαθεί να ικανοποιήσει μέσα από μια σειρά από εναλλακτικές πιθανές λύσεις / αντιμετώπισεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο γενεσιουργός σχεδιασμός βασίζεται στην παραμετρική ψηφιακή μοντελοποίηση.

Όπως προαναφέρθηκε, αν παρατηρήσει κανείς την τρέχουσα έρευνα σε ερευνητικά εργαστήρια ψηφιακού σχεδιασμού διεθνών αρχιτεκτονικών σχολών σε πανεπιστήμια όπως το MIT στην Αμερική, το CITA στην Δανία και το ICD στην Γερμανία⁹, θα παρατηρήσει μια σειρά από εργαστήρια που δομούν ένα ερευνητικό πλαίσιο συνδυάζοντας θεωρία και πρακτικά πειράματα¹⁰. Τα θεωρητικά και πρακτικά αποτελέσματα, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα της αρχιτεκτονικής έρευνας, που εκτείνεται από τον τρόπο διδασκαλίας της αρχιτεκτονικής σύνθεσης μέχρι την κατασκευή λειτουργικών πρωτοτύπων. Όπως προαναφέρθηκε, ένα ακόμα σημείο στο οποίο θα εστιάσει η διατριβή είναι ο συσχετισμός του ψηφιακού με τον υλικό κόσμο, μέσω της πρωτότυπης κατασκευής με μηχανικά μέσα. Στο πλαίσιο της διατριβής εκπονήθηκαν στοχευμένα πειράματα για την διερεύνηση των δυνατοτήτων και των επιπλοκών μιας τέτοιας προσέγγισης παραγωγής πρωτότυπων μέσω μεθόδων πρωτότυπης κατασκευής με μηχανήματα (Computer Aided Manufacturing).

⁸Flake, G.W.: The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems and Adaptation, 1998, MIT Press

⁹ Εργαστήρια του πανεπιστημίου MIT στις ΗΠΑ όπως το Mediated Matter που διευθύνει η Neri Oxman και το Self Assembly Lab που διευθύνει ο Skylar Tibbits. Ακόμη σχολές όπως το ICD (Institute for Computational Design) στην Στουτγάρδη με διευθυντή τον Achim Menges και το κέντρο αρχιτεκτονικής και ψηφιακών τεχνολογιών CITA (Center for Information Technology and Architecture) στο πανεπιστήμιο KADK στην Κοπεγχάγη της Δανίας με διευθύντρια την Mette Ramsgaard Thomsen.

¹⁰ Τα παραπάνω εργαστήρια σχολών έχουν παράξει μια σειρά από πειράματα τα οποία έχουν παρουσιαστεί σε συνέδρια ή journals παγκοσμίως. Ενδεικτικά αναφέρονται μερικά:
Tibbits, S., 4D printing: Multi-material shape change στο High Definition: Zero Tolerance in design and production, AD 84, 1, 01/02 2014, 116-121
Oxman, N., Get Real: Towards Performance Driven Computational Geometry, International Journal of Architectural Computing (IJAC), 4(5): 663 -684, 2007
Oxman, N., Rosenberg, J. L., Material-based Design Computation: An Inquiry into Digital Simulation of Physical Material Properties, International Journal of Architectural Computing (IJAC), 5(1): 26-44, 2007
Oxman, N., Laucks, J., Kayser, M., Gonzalez Uribe, C.D., Duro-Royo, J., Biological Computation for Digital Design & Fabrication, Conference Proceedings eCAADe: Computation and Performance, (31:1-10), 2013

Αυτή η προσέγγιση αξίζει περαιτέρω διερεύνηση σε μια προσπάθεια κατανόησης του τρόπου με τον οποίο μπορεί να δει κανείς την αρχιτεκτονική, μέσα από την χρήση αυτών των γενεσιουργών και παραμετρικών σχεδιαστικών εργαλείων.

Έτσι, το πλαίσιο αυτής της έρευνας περιέχει στοιχεία σχετικά με τη θεωρία, τη μεθοδολογία, και την τεχνολογία χωρίς να περιορίζεται σε ένα μόνο από τα παραπάνω. Σε αυτήν την προσπάθεια, τα πειράματα που θα διεξαχθούν δείχνουν πως θα μπορούσε να αναπτυχθεί μια τέτοια ανοιχτή και προσαρμόσιμη πρακτική ως μέρος του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και όχι ως μεθοδολογία τεχνικών κανόνων, ως σημεία παραγωγικού προσανατολισμού και ως συμπλήρωμα των υφιστάμενων πρακτικών.

Τα βασικά ερωτήματα

Πως συμμετέχουν ο παραμετρικός και γενεσιουργός σχεδιασμός στην συνθετική διαδικασία και σε πιο βαθμό επηρεάζουν και καθορίζουν την αρχιτεκτονική παραγωγή; Ποια είναι τα δομικά χαρακτηριστικά αυτής της συμμετοχής και πως αλληλοεπιδρούν με αυτήν την διαδικασία;

Αν και σκοπός της διατριβής είναι η δημιουργία μιας ανοιχτής θεωρητικής και πρακτικής προσέγγισης, όπου η αρχιτεκτονική σύνθεση αντιμετωπίζεται ως διαδικασία, το πεδίο το οποίο διερευνάται απαιτεί τη θέσπιση συγκεκριμένων ερωτημάτων. Αυτά τα ερωτήματα θα ορίσουν τα επιμέρους εργαλεία/ενότητες του γενικού πλαισίου της διατριβής το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω. Τα πλέον σημαντικά ερωτήματα που παρατίθενται είναι:

1. Σε αναλογία με τις θεωρητικές προσεγγίσεις των Kevin Kelly (1994) , Stan Allen (2008), Manuel Delanda (2011) ¹¹ (μεταξύ άλλων) αν η τεχνολογία μιμείται τη λογική και οργάνωση των βιολογικών συστημάτων μέσα από την επιστήμη της κυβερνητικής, τότε

¹¹ Stan, A., "From object to field", AD 127: Architecture after geometry, John Wiley and Sons, London, 2008

Kelly, K., "Out of control", Addison-Wesley, Reading, Mass., 1994

πως αυτό μεταβάλλει μια ψηφιακά συλληφθείσα αρχιτεκτονική; Μπορούμε να έχουμε μια κυβερνητική προσέγγιση στην αρχιτεκτονική; Να σχεδιάζουμε δηλαδή ένα ψηφιακό αρχιτεκτονικό σύστημα αλληλεπίδρασης / αυτοοργάνωσης των επιμέρους μερών του;

2. Η ίδια η φύση της τεχνολογίας, της επιτρέπει να είναι πολύ περισσότερο από ένα εργαλείο αναπαράστασης. Ποιοι θα μπορούσαν να είναι οι τρόποι σχεδιασμού -οι κανόνες που μπορεί να θέσει κανείς-ενός αρχιτεκτονικού, ψηφιακού συστήματος; Υπάρχει κάποιος τρόπος «χαρτογράφησης» αυτών των κανόνων;

3. Πως μια πρακτική συνδυασμού / αλληλεπίδρασης ενός μηχανισμού παραμέτρων μπορεί να κατανοηθεί ως μια προσέγγιση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού μέσα από την νεωτεριστική έννοια της ανάδυσης ιδιοτήτων; Ποιές μπορεί να είναι αυτές οι ιδιότητες;

4. Ποια η σχέση μεταξύ ψηφιακού και υλικού κόσμου (σε επίπεδο υλικότητας και περιορισμών κατασκευής) μέσα από αυτή την προσέγγιση; Μπορούμε να εντάξουμε υλικότητα και περιορισμούς κατασκευής στη συνθετική διαδικασία; Μια τέτοια αντιμετώπιση χρειάζεται να εξεταστεί μέσα από ερωτήματα σχεδιαστικών μεθόδων / πρακτικών / πειραμάτων προκειμένου να εφαρμοστεί πλήρως ως κομμάτι ενός αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Τα παραπάνω σχηματοποιούνται στο παρακάτω διάγραμμα:

<p>ΟΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ</p> <p>από το γενικό (κυβερνητική-σύστημα)</p> <p>στο ειδικό (κανόνες ενός ψηφιακού αρχιτεκτονικού συστήματος) και τελικά οι αναδυόμενες ιδιότητες</p>	<p>1. ΜΙΑ ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΟΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ (Μπορεί να σχεδιαστεί ένα αρχιτεκτονικό σύστημα αλληλεπίδρασης / αυτοοργάνωσης ως νέα προσέγγιση?)</p> <p>2. ΤΡΟΠΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ «ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ» (Ποιοι μπορεί να είναι οι κανόνες αλληλεπίδρασης ενός αρχιτεκτονικού συστήματος /πως μπορούν να αναπαρασταθούν?)</p> <p>3. ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΕΣ (Η ΑΝΑΦΑΙΝΟΜΕΝΕΣ) ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ (Πως συνδέονται σύστημα, ιδιότητες, κανόνες και αποτελέσματα?)</p> <p>4. ΣΥΝΔΕΣΗ ΥΛΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ (Μπορούμε να εισάγουμε μέσα στο σύστημα παραμέτρους που σχετίζονται με την υλικότητα και την εφαρμογή;)</p>
---	---

Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Η διατριβή χωρίζεται σε πέντε τμήματα:

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Υφιστάμενο θεωρητικό πλαίσιο (*literature review*)
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- Μεθοδολογία
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- Πειράματα
 - Μέρος Α: Πειράματα που λειτουργούν ως αρωγοί της σχεδιαστικής διαδικασίας
 - Μέρος Β: Πειράματα με (μη) αναμενόμενα άλματα στην σχεδιαστική διαδικασία
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Συμπεράσματα

Αναλυτικότερα, το κάθε μέρος της δομής της διατριβής εστιάζει στα παρακάτω σημεία:

- **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στην εισαγωγή παρουσιάζονται το γενικό πλαίσιο ερωτημάτων / υποθέσεις έρευνας και η δομή της διατριβής. Η δομή της διατριβής εξηγεί συνοπτικά τα επιμέρους μέρη που την απαρτίζουν, από την θεωρία μέχρι τα πειράματα. Στην εισαγωγή ορίζονται ακόμα συνοπτικά οι έννοιες του παραμετρικού και γενεσιουργού σχεδιασμού, έννοιες που είναι βασικές και οι οποίες αναλύονται εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο . Τα βασικά ερωτήματα βρίσκονται σε συνδυασμό με τους βασικούς στόχους της διατριβής.

- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- Υφιστάμενο Θεωρητικό Πλαίσιο (literature review)**

Ο σκοπός κεφαλαίου είναι να εξετάσει το υφιστάμενο θεωρητικό πλαίσιο, το ευρύτερο πλαίσιο της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας (στην οποία αναφέρεται η διδακτορική αυτή διατριβή) και τελικά να τοποθετήσει την διατριβή σε σχέση με το πλαίσιο αυτό. Ταυτόχρονα να παρουσιάσει τον τρόπο με τον οποίο εξελίχθηκε ο ψηφιακός σχεδιασμός του '90 στον σημερινό γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό, τις τάσεις, θεωρητικές προσεγγίσεις και να ορίσει την κατεύθυνση προς την οποία κινείται η διατριβή, συμβάλλοντας έτσι στο συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο.

Στο κεφάλαιο αναπτύσσεται το γενικότερο υφιστάμενο θεωρητικό πλαίσιο σχετικά με τις γενεσιουργές / παραμετρικές μεθολογίες σχεδιασμού (Literature

review). Ανάπτυξη / Ανάλυση της προέλευσης του παραμετρικού και γενεσιουργού σχεδιασμού (parametric and generative design) μέσα από τον εννοιολογικό τους προσδιορισμό. Η ανάλυση αναπτύσσεται από το γενικότερο πεδίο του ψηφιακού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, στην σημερινή εξέλιξή του στον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό.

Σε αυτό το κεφάλαιο ακόμα ορίζεται ο τρόπος με το οποίο δημιουργούνται συνδέσεις / αναφορές με την υφιστάμενη έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς και αναφορές σε άλλα επιστημονικά πεδία (πχ βιολογία).

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ακόμα αναφορά σε παραδείγματα από σχολές και ερευνητικά εργαστήρια σε αρχιτεκτονικές σχολές (όπως εργαστήρια του πανεπιστημίου MIT που αναφέρθηκε παραπάνω), που σχετίζονται με τα ενδιαφέροντα της διατριβής όπως η σύνδεση της υλικότητας με τον ψηφιακό σχεδιασμό (material computation). Η σύνδεση με αυτή την έρευνα αναπτύσσεται περαιτέρω στο κεφάλαιο 3 με τα πειράματα της διατριβής.

- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- Μεθοδολογία**

Στο κεφάλαιο 2 αναπτύσσεται η γενική μεθοδολογία της διατριβής και η σημασία των πειραμάτων για την συγκεκριμένη έρευνα. Στην συνέχεια αναπτύσσεται η μεθοδολογία των πειραμάτων έτσι ώστε να επιβεβαιώνονται οι υποθέσεις της διατριβής. Το κεφάλαιο αυτό, εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται το γενικότερο πλαίσιο της διατριβής, με βάση την παράλληλη ανάπτυξη μιας θεωρητικής προσέγγισης και ενός σχεδιαστικού πειραματισμού αρχιτεκτονικών και σχεδιαστικών παραμέτρων μέσω του γενεσιουργού / παραμετρικού σχεδιασμού, όπου σχεδιάζονται συγκεκριμένα πειράματα. Καθορίζεται έτσι ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζεται η αρχιτεκτονική έρευνα στο συγκεκριμένο πεδίο, μέσω του διαλόγου θεωρίας και πρακτικής .

- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- Πειράματα**

Το κεφάλαιο όπου αναπτύσσονται τα πειράματα χωρίζεται σε δύο μέρη για να γίνει κατανοητός και διακριτός ο διαχωρισμός των διαδικασιών μεταξύ της χρήσης των γενεσιουργών / παραμετρικών ως αρωγών της σχεδιαστικής διαδικασίας (Μέρος Α) και της χρήσης τους ως «επιταχυντών» που προκαλούν την ανάδυση (μη) αναμενόμενων αλμάτων στον σχεδιασμό (Μέρος Β).

Το Μέρος Α περιλαμβάνει την οικογένεια πειραμάτων 1, ενός το Μέρος Β, τις οικογένειες πειραμάτων 2 και 3. Η συζήτηση για την κάθε οικογένεια πειραμάτων ξεκινά με μια θεωρητική τοποθέτηση, συνεχίζει με την περιγραφή της διαδικασίας σχεδιασμού της οικογένειας και καταλήγει στα συμπεράσματα της εκάστοτε οικογένειας πειραμάτων.

Η επιλογή των διαφορετικών πειραμάτων έγινε έτσι ώστε να έχουμε μια πολλαπλότητα κατανόησης / έκφρασης / εφαρμογής της παραπάνω συνθετικής προσέγγισης που αφορά στον σχεδιασμό κανόνων παραγωγής τυπολογιών και μορφών (αντί τον σχεδιασμό μορφών). Και συμπερασματικά να έχουμε μια σειρά τρόπων σύνθεσης κανόνων και μηχανισμών και αντίστοιχων αποτελεσμάτων.

Μέρος Α- Οι γενεσιουργές / παραμετρικές μεθοδολογίες σχεδιασμού ως αρωγοί της σχεδιαστικής διαδικασίας.

Οικογένεια πειραμάτων 1: Μετασχηματισμοί

Θεωρητική τοποθέτηση / Η πηγή έμπνευσης

Ο σκοπός αυτής της ενότητας είναι να παρουσιάσει το ιδεολογικό / θεωρητικό και εννοιολογικό περίγραμμα για την χρήση της τεχνολογίας, στο πλαίσιο μιας πειραματικής και ψηφιακής πρακτικής αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Μέσα από την εξέταση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας, αναπτύσσεται ένα από τα βασικά επιχειρήματα της διατριβής σχετικά με την μετάβαση από τη μηχανή

(βιομηχανική επανάσταση), στη φύση και τα οικοσυστήματα (τεχνολογική επανάσταση), ως πηγή έμπνευσης της αρχιτεκτονικής σκέψης και πρακτικής.

Τα πειράματα

Στα πειράματα εισάγεται η έννοια του μετασχηματισμού, (και εξηγείται σε ποιο επίπεδο γίνεται) και πως εισάγεται - είτε με μετασχηματισμούς μακέτας είτε με «χειροκίνητους» μετασχηματισμούς ψηφιακού μοντέλου. Μετά την γενική συζήτηση σχετικά με τους μετασχηματισμούς στην ψηφιακή αρχιτεκτονική προσέγγιση, ακολουθεί η διερεύνηση σχεδιασμού ενός αρχιτεκτονικού στοιχείου που βρίσκεται στα όρια μεταξύ «αναλογικού» και «ψηφιακού» παραμετρικού και γενεσιουργού σχεδιασμού. Αυτό συμβαίνει μέσω της προσέγγισης "top to bottom design"¹² που αφορά στη μονάδα, τη γεωμετρία της και τους κανόνες μετασχηματισμού της. Γίνεται ακόμα ενσωμάτωση των περιορισμών κατασκευής στο σχεδιασμό του συστήματος.

Συμπεράσματα οικογένειας πειραμάτων 1

Τι προσφέρουν οι μετασχηματισμοί σε μια συνθετική διαδικασία : την δυνατότητα ελέγχου και «χαρτογράφηση» των επιμέρους βημάτων, την επιστροφή σε οποιοδήποτε προηγούμενο βήμα, ακόμα και με «χειρονακτικό» μετασχηματισμό μακέτας. Τη δυνατότητα αλλαγής επιμέρους παραμέτρων σε κάποιο βήμα και δημιουργία έτσι πολλαπλών εναλλακτικών επιλύσεων. Έτσι ακόμα και με μακέτα, μπορεί να κατανοήσει κανείς την έννοια των πολλαπλών επιλύσεων μέσα από την αλλαγή επιμέρους παραμέτρων.

Μέρος Β. - Οι γενεσιουργές / παραμετρικές μεθοδολογίες σχεδιασμού και η «ανάδυση» (μη) αναμενόμενων αλμάτων στη διαδικασία σχεδιασμού.

Οικογένεια Πειραμάτων 2: «Αναλογική» σύνθεση συστήματος

Θεωρητική τοποθέτηση / Σχεδιάζοντας ένα σύστημα (προς ένα πεδίο δυνατοτήτων)

¹² Top to bottom design: Διεθνής όρος για τον «από πάνω προς τα κάτω» σχεδιασμό. Σχεδιασμός του συνόλου πρώτα (πχ του όγκου ενός κτηρίου) και μετά των επιμέρους στοιχείων του (πχ ανοίγματα).

"Top-Down Design (Introduction to Statistical Computing)". bactra.org. 24/09/ 2012. Τελευταία επίσκεψη 09/09/2015.

Το προηγούμενο μέρος εξετάζει το ευρύτερο φάσμα μιας ψηφιακής αρχιτεκτονικής προσέγγισης. Στο Β' μέρος και στην οικογένεια πειραμάτων 2 που το συνοδεύουν, θα εστιάσουμε σε πιο συγκεκριμένες πτυχές και παραδοχές που ορίζουν τη διατριβή σχετικά με το θέμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ συνθηκών και παραμέτρων, δηλαδή τους μηχανισμούς ελέγχου ενός συστήματος και τον ρόλο του αρχιτέκτονα για τη σύνθεση και έλεγχο αυτού του συστήματος μέσα από τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό, ενώ θα αναλυθούν υλοποιημένα παραδείγματα ιδωμένα ως συστήματα που ακολουθούν συνθετικούς κανόνες.

Το πείραμα

Η διερεύνηση σχεδιασμού ενός «αναλογικού» γενεσιουργού συστήματος πρόσοψης κτηρίου με διαφορετικές και ελεγχόμενες διαπερατότητες χρησιμοποιώντας μια σειρά από πέντε διαφορετικές μονάδες που προκύπτουν από ελεγχόμενους μετασχηματισμούς μιας πρωταρχικής μονάδας. Εξέταση της "bottom up design" σχεδιαστικής προσέγγισης- σχεδιασμός της βασικής μονάδας (bottom unit) και πολλαπλασιασμός της.

Το σύστημα: Αρχές σχεδιασμού, επιμέρους συνθήκες αλληλεπίδρασης μεταξύ μονάδων. Η μονάδα: Γεωμετρία, κανόνες μετασχηματισμού, κανόνες πολλαπλασιασμού και σύνδεσης μεταξύ των μονάδων. Ενσωμάτωση των περιορισμών κατασκευής στον σχεδιασμό του «συστήματος».

Συμπεράσματα οικογένειας πειραμάτων 2

Δυνατότητα σχεδιασμού ενός συστήματος από επιμέρους μέρη και σχεδιασμού του τρόπου σύνδεσης των επιμέρους (μετασχηματισμένων) μερών, ακόμα και αν αυτό γίνεται «χειροκίνητα» σε ένα ψηφιακό περιβάλλον. Υπάρχει πλήρης έλεγχος των παραλλαγών των μερών μια και αυτό γίνεται «χειροκίνητα» (με ψηφιακή μοντελοποίηση της κάθε παραλλαγής) και όχι αυτόματα από κάποιο παραμετρικό λογισμικό. Ωστόσο, η κάθε παραλλαγή πρέπει να μοντελοποιηθεί «χειροκίνητα», δεν δημιουργείται «αυτόματα» από το λογισμικό. Οι περιορισμοί της κατασκευής και η υλικότητα εισάγονται «χειροκίνητα» κατά την ψηφιακή

μοντελοποίηση όπου κάθε επιφάνεια και στοιχείο έχει διαστάσεις και γεωμετρία που αντιστοιχεί σε κάποιο πραγματικό υλικό.

Οικογένεια Πειραμάτων 3: Ψηφιακή σύνθεση παραμετρικού

αρχιτεκτονικού συστήματος

Θεωρητική τοποθέτηση: Δυνατότητες / Ιδιότητες / Παράμετροι και αρχιτεκτονική

Ο σκοπός αυτής της οικογένειας πειραμάτων είναι να περιγράψει την αρχιτεκτονική σύνθεση μέσα από το πρίσμα της πρακτικής σχεδιασμού όπου η σύνθεση γίνεται αποκλειστικά με παραμετρικά εργαλεία. Σε αυτή την οικογένεια πειραμάτων αναπτύσσεται μια θεωρητική προσέγγιση των διαφορετικών παραγόντων / παραμέτρων ενός μηχανισμού -συστήματος για την χρήση των ψηφιακών μέσων σχεδιασμού ως κάτι περισσότερο από ένα αναπαραστατικό μέσο. Ο μηχανισμός / σύστημα μπορεί μέσα από συγκεκριμένους παράγοντες-παραμέτρους να αλληλεπιδρά με τον σχεδιαστή, δημιουργώντας σε πραγματικό χρόνο διαφορετικές αναπαραστάσεις. Οι επιθυμητές ιδιότητες ενός συστήματος ορίζουν τελικά τις παραμέτρους του ψηφιακού μοντέλου.

Τα πειράματα

Διερεύνηση σχεδιασμού ενός έξ ολοκλήρου ψηφιακού παραμετρικού συστήματος. Αρχές σχεδιασμού, επιμέρους συνθήκες αλληλεπίδρασης μεταξύ μονάδων. Το σύστημα: Αρχές σχεδιασμού, επιμέρους συνθήκες αλληλεπίδρασης μεταξύ μονάδων. Η μονάδα: Γεωμετρία, κανόνες μετασχηματισμού, κανόνες πολλαπλασιασμού και συνδεσης μεταξύ των μονάδων. Ενσωμάτωση των περιορισμών κατασκευής στον σχεδιασμό του συστήματος.

Στόχοι: Τα τρία αυτά πειράματα είναι μια διερεύνηση του σχεδιαστικού περιβάλλοντος ως χώρου μέσα στον οποίο ο αρχιτέκτονας λειτουργεί στο όριο ελέγχου και περιγραφής ενός συστήματος, σε πραγματικό χρόνο. (Κάθε αλλαγή ενός από τις ψηφιακές παραμέτρους, αλλάζει άμεσα μέρος ή ολόκληρο το σύστημα). Αυτό που διερευνάται σε αυτό το περιβάλλον είναι η σύνθεση χωρίς την ύπαρξη ενός αυστηρού γραμμικού διαγράμματος το οποίο ορίζει τους πιθανούς σχηματισμούς ή συσσωματώματα των μονάδων. Έτσι η σύνθεση

γίνεται ένας είδος διερεύνησης των πιθανών αποτελεσμάτων βασιζόμενη στις ιδιότητες των μονάδων που ορίζει ο αρχιτέκτονας, ιδιότητες που ορίζουν τους τρόπους αλληλεπίδρασης μεταξύ τους (ή με εξωγενείς παράγοντες όπως ο ήλιος).

Συμπεράσματα «οικογένειας» πειραμάτων 3

Μια τέτοια πλήρως παραμετρική ψηφιακή διαδικασία βρίσκεται πέρα από το όριο του ελέγχου μια και αναδύονται αναμενόμενα (η μη) άλματα στην σχεδιαστική διαδικασία (με την «αυτόματη» αναπληροφόρηση του ψηφιακού μοντέλου από το παραμετρικό λογισμικό). Η «χαρτογράφηση» της συνθετικής διαδικασίας αποτυπώνεται στο γράφημα που απαρτίζεται από αριθμητικά στοιχεία, εντολές, γεωμετρίες και εξισώσεις που εμφανίζεται στο παραμετρικό λογισμικό. Οι περιορισμοί της κατασκευής και η υλικότητα εισάγονται ως αριθμητικά στοιχεία, γεωμετρίες ή εξισώσεις στο παραμετρικό μοντέλο.

- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Συμπεράσματα**

Μετά τα επιμέρους συμπεράσματα της κάθε οικογένειας πειραμάτων, θα παρουσιαστούν τα συνολικά συμπεράσματα της διατριβής στο τελευταίο κεφάλαιο. Στο πρώτο μέρος γίνει μια συζήτηση των επιπτώσεων της γενεσιουργής και παραμετρικής προσέγγισης και των παραμετρικών προγραμμάτων στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό (ως αρωγοί της διαδικασίας αλλά και ως καταλύτες που προκαλούν «άλματα» στην διαδικασία σχεδιασμού). Στο δεύτερο μέρος θα ακολουθήσει συζήτηση των επιπτώσεων αυτής της προσέγγισης και προγραμμάτων στην κατασκευή πρωτοτύπων.

Οι επιπτώσεις της γενεσιουργής/παραμετρικής προσέγγισης στο σχεδιασμό:
Ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός και οι αντίστοιχες τεχνολογίες (λογισμικά και CAM) ως αρωγοί της σχεδιαστικής διαδικασίας.

Μια κυβερνητική προσέγγιση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό

Ο αρχιτέκτονας μπορεί να κατευθύνει την διαδικασία ως καταλύτης προς διαφορετικές πιθανές επιλύσεις, το εκάστοτε αποτέλεσμα δεν προδιαγράφεται από την αρχή.

Τα κριτήρια επιλογής της πλέον κατάλληλης επίλυσης είναι αισθητικά (σε σχέση με τη μορφή), λειτουργικά, στατικά και σε σχέση με την υλικότητα και τους περιορισμούς κατασκευής.

Χαρτογράφηση της διαδικασίας και των κανόνων σχεδιασμού, αναπληροφόρηση του συστήματος (για τον μετασχηματισμό και αυτοοργάνωση των επιμέρους μερών) που ορίζει ο αρχιτέκτονας μέσω των λογισμικών / αλγορίθμων, με δυνατότητα επανεκκίνησης και επαναπληροφόρησης της διαδικασίας σε οποιοδήποτε σημείο / στιγμή / βήμα. Ο τρόπος με τον οποίο τελικά συνεισφέρει μια τέτοια διαδικασία στον σχεδιασμό όταν τα προγράμματα αυτά καθ'αυτά συχνά αυτοπεριορίζουν.

Ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός και οι αντίστοιχες τεχνολογίες (λογισμικά και CAM) και η «ανάδυση» μη αναμενόμενων αλμάτων στην σχεδιαστική διαδικασία:

Ανάδυση επιθυμητών ιδιοτήτων μέσα από την αυτοοργάνωση / μετασχηματισμό των επιμέρους μερών / μονάδων του συστήματος.

Οι ιδιότητες είναι εντατικές (όπως λ.χ. στα πειράματα: διαφάνεια, διαπερατότητα, σκιασμός κτλ) και εκτατικές (στατικότητα).

«Τυπολογία» αναδύσεων:

A. Μεγάλη κλίμακα (λ.χ. αυτοοργάνωση μονάδων σκιασμού ενός στεγάστρου ή πανέλων μιας πρόσοψης),

B. Μεσαία κλίμακα (λ.χ. αυτοοργάνωση επιφανειών προβολής κοσμημάτων)

Γ. μικρή κλίμακα (λ.χ. αυτοοργάνωση μερών ενός συνθετικού αρχιτεκτονικού υλικού).

Οι επιπτώσεις της γενεσιουργής / παραμετρικής προσέγγισης στη κατασκευή:

Άμεση σύνδεση μεταξύ σχεδιασμού και κατασκευής

Η μελέτη εφαρμογής και η υλοποίησή της ως τμήμα της διαδικασίας σχεδιασμού (για να ακολουθήσει έλεγχος και επαναπληροφόρηση της σχεδιαστικής διαδικασίας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ (*literature review*)

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: ΜΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

1α. ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ¹³ (GENERATIVE)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Γενικός εννοιολογικός προσδιορισμός

Σε αυτό το σημείο θα αποσαφηνίσουμε τις έννοιες παραμετρικός σχεδιασμός (parametric design) και γενεσιουργός σχεδιασμός (generative design). Ένας γενικός ορισμός του γενεσιουργού σχεδιασμού (generative design) είναι ο σχεδιασμός μέσω της τεχνολογίας και της μίμησης των εξελικτικών διαδικασιών που συναντάμε στην φύση¹⁴. Η αφετηρία είναι συνήθως το να θέσει κανείς μια σειρά από σχεδιαστικούς στόχους που προσπαθεί να ικανοποιήσει μέσα από μια σειρά από εναλλακτικές πιθανές λύσεις / αντιμετώπισεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο γενεσιουργός σχεδιασμός σήμερα βασίζεται στην παραμετρική ψηφιακή μοντελοποίηση. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας μπορεί να είναι εικόνες, ήχοι, αρχιτεκτονικά μοντέλα, προσομοιώσεις κ.α. Οι σχεδιαστικές δυνατότητες που προσφέρει ο γενεσιουργός σχεδιασμός εμφανίζονται σε διαφορετικά πεδία όπως η τέχνη, η αρχιτεκτονική και ο βιομηχανικός σχεδιασμός μεταξύ άλλων.

Ο παραμετρικός σχεδιασμός είναι μια διαδικασία που επιτρέπει την έκφραση παραμέτρων και κανόνων οι οποίοι όταν συνδυαστούν, ορίζουν, κωδικοποιούν και ξεκαθαρίζουν την σχέση μεταξύ σχεδιαστικής πρόθεσης και σχεδιαστικής απόκρισης.^{15 16} Ο όρος «παραμετρικός» προέρχεται από τον μαθηματικό όρο της «παραμετρικής εξίσωσης», όπου μέσα από την χρήση και αλλαγή των τιμών ορισμένων παραμέτρων ή μεταβλητών μπορούμε να αλλάξουμε ή να διαφοροποιήσουμε το τελικό αποτέλεσμα μιας εξίσωσης.

Θα πρέπει να υπογραμμίσουμε πως η έννοια της μίμησης της φύσης που αναφέρθηκε παραπάνω, αφορά στις αλληλοεπιδρώσεις συνθήκες και εξελικτικές διαδικασίες που

¹³ Σύμφωνα με τον Δ. Παπαλεξόπουλο, ο όρος Generative αποδίδεται ως «γενεσιουργός»: (Παπαλεξόπουλος, Δ., Σταυρίδου Α., Παπαδόπουλος Δ., Εννοιολογικός προσδιορισμός παραμετρικών ιδιοτήτων αρχιτεκτονικών κατασκευαστικών στοιχείων και δομικών υλικών, ΠΕΒΕ ΕΜΠ, 2007)

¹⁴ Flake, G.W.: The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems and Adaptation, 1998, MIT Press

¹⁵ Jabl, W.: Parametric Design for Architecture, 2013, Lawrence King

¹⁶ Woodbury, Robert, Elements of Parametric Design. 2010, Routledge

συναντάμε στο φυσικό περιβάλλον και όχι στην μορφολογική αντιγραφή βιολογικών οργανισμών, όπως συχνά έχει παρερμηνευτεί στο παρελθόν .

Ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός είναι ένα παράδειγμα εφαρμογής της τεχνολογίας στον σχεδιασμό, όπου οι σχέσεις μεταξύ επιμέρους στοιχείων ορίζονται από τον σχεδιαστή και χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν και να ενημερώσουν τον σχεδιασμό ενός ευρύτερου συνόλου, που μπορεί να απαρτίζεται από λιγότερο ή περισσότερο σύνθετες γεωμετρίες και δομές. Θα εξεταστούν στην συνέχεια οι παραπάνω έννοιες και η γενική τους σχέση συγκεκριμένα με την αρχιτεκτονική.

Τα γενεσιουργά και παραμετρικά σχεδιαστικά μέσα και η σχέση τους με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό / procedural literacy

Ο Michael Meredith (2007) δίνει τον ορισμό του παραμετρικού σχεδιασμού συγκεκριμένα για την αρχιτεκτονική μέσα από το βιβλίο του From Control to Design ¹⁷:

Ο παραμετρικός σχεδιασμός είναι μια διαδικασία που βασίζεται σε σταθερές σχέσεις μεταξύ αντικειμένων (και όχι σε αμετάβλητες μετρικές ποσότητες), που επιτρέπει την διάδοση αντίστοιχων αλλαγών σε ολόκληρο το σύστημα εξαιτίας της αλλαγής ενός συγκεκριμένου στοιχείου.¹⁸

Αν ο παραμετρικός σχεδιασμός είναι μια τεχνική για τον συνολικό έλεγχο και χειρισμό σχεδιαστικών αντικειμένων σε όλες τις κλίμακες απο το μέρος στο σύνολο, σύμφωνα με τον Meredith (2007), ο αλγοριθμικός σχεδιασμός είναι μια μέθοδος παραγωγής (ή δημιουργίας), η οποία παράγει σύνθετες μορφές και δομές βασισόμενη σε απλούς κανόνες των μερών. Ο Τερζίδης (2006) εξηγεί πως ο αλγοριθμικός σχεδιασμός περιλαμβάνει την χρήση λογισμικών για την δημιουργία χώρων και μορφών, μέσα από

¹⁷ Meredith, M.: From control to design, 2007, Actar, 3, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹⁸ Ο.Π., 3.

μια «λογική» κανόνων των ίδιων των προγραμμάτων, μέσω της χρήσης κάποιου κώδικα προγραμματισμού (scripting).¹⁹

Οι αλγόριθμοι σύμφωνα με τον Delanda (2006) -στα ψηφιακά λογισμικά σχεδιασμού- είναι «μηχανιστικές» συνταγές για τη διενέργεια υπολογιστικών διεργασιών όπως ο υπολογισμός, η αναζήτηση ή κατηγοριοποίηση μιας πληροφορίας²⁰. Η εξέλιξη των αλγορίθμων οφείλεται τόσο στα μαθηματικά (μια και πρόκειται τελικά για αλγοριθμικές εξισώσεις, όσο και στην πληροφορική τεχνολογία.

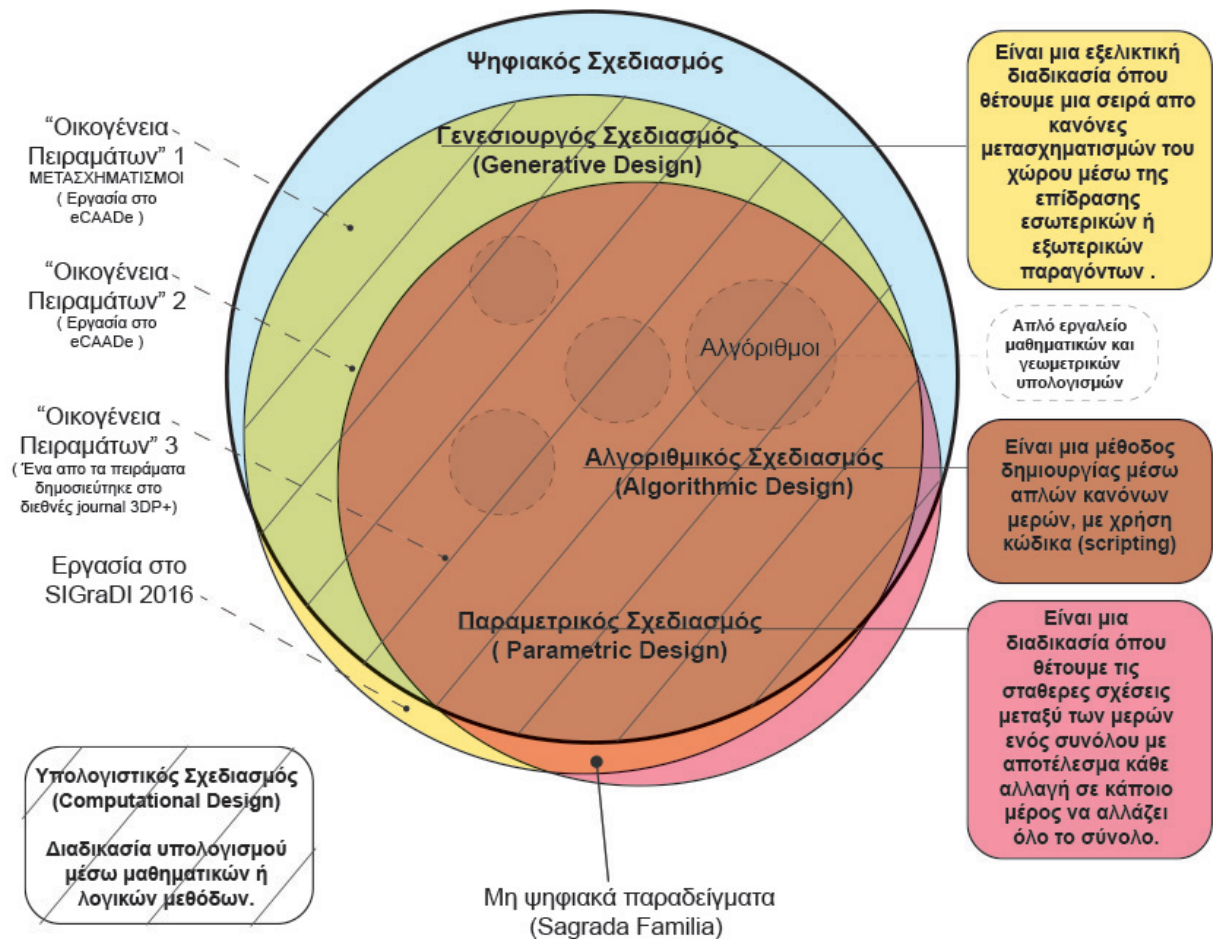
Και οι δύο ενότητες (γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός) ανήκουν στο ευρύτερο πεδίο του υπολογιστικού σχεδιασμού (computational design), όπου χρησιμοποιούμε μια διαδικασία υπολογισμού μέσω μαθηματικών ή λογικών μεθόδων²¹ σύμφωνα με τον Τερζίδη (2006). Όπου χρησιμοποιείται κάποιο λογισμικό με κώδικα (scripting) ως μέρος του γενεσιουργού ή παραμετρικού σχεδιασμού, τότε μιλάμε για αλγοριθμικό σχεδιασμό. Για να μπορέσει να κατανοήσει κανείς τα παραπάνω αξίζει να τα σχηματοποιήσουμε παρακάτω ένα διάγραμμα όπου εμφανίζεται ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός.

Στο διάγραμμα εμφανίζονται ακόμα οι οικογένειες πειραμάτων της διατριβής, οι οποίες θα αναπτυχθούν στα επόμενα κεφάλαια, ως μια προσπάθεια δημιουργίας συγκεκριμένων ψηφιακών προσομοιώσεων (και τελικά συνθετικών και υλικών διερευνήσεων) που μελετούν μεταξύ άλλων τη νέα αρχιτεκτονική έννοια των αναδυσόμενων (ή «αναφαινόμενων» - emergent) ιδιοτήτων σε ένα ευρύτερο σχεδιαστικό «πεδίο δυνατοτήτων».

¹⁹Terzidis, K., Algorithmic architecture, Architectural Press, Oxford, 2006, 12, μετάφραση από τον συγγραφέα.

²⁰Delanda, M.: Real Virtuality, John Wiley and sons, 2006, επαναδημοσίευση στο Computational Design Thinking, τεύχος AD, Wiley and Sons, εισαγωγή, 142, μετάφραση από τον συγγραφέα.

²¹Terzidis, K., Algorithmic architecture, Architectural Press, Oxford, 2006, 6, μετάφραση από τον συγγραφέα.



22

²² Διάγραμμα επεξήγησης της σχέσης μεταξύ γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού. Στο διάγραμμα εμφανίζονται και οι θέσεις των πειραμάτων και δημοσιεύσεων της διατριβής, τα οποία θα συζητηθούν στα επόμενα κεφάλαια.

Θα εστιάσουμε στο τι σημαίνει η ικανότητα χειρισμού μιας υπολογιστικής διαδικασίας (procedural literacy)²³ και τον ρόλο της στον υπολογιστικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό (computational design).

Σε οποιαδήποτε ίσως μελέτη ή έρευνα που σχετίζεται με τα ψηφιακά μέσα, θα συναντήσει κανείς τον θεμελιώδη όρο της ικανότητας χρήσης της υπολογιστικής διαδικασίας (procedural literacy). Ο όρος έχει αποδοθεί με πολλούς τρόπους (όπως computer literacy, από την δεκαετία του '60 ακόμα, στις αρχές της επιστήμης προγραμματισμού υπολογιστών) μέχρι που ο καθηγητής Michael Mateas (2005) εισήγαγε τον όρο «Procedural literacy» :

Η ικανότητα ανάγνωσης και γραφής υπολογιστικών διαδικασιών, η ικανότητα συμμετοχής στην διαδικαστική αναπαράσταση και αισθητική, η ικανότητα κατανόησης της αλληλεπίδρασης μεταξύ πολιτισμικά ενσωματωμένων πρακτικών της ανθρώπινης νοηματοδότησης-κατασκευής (practices of human meaning-making) και τεχνικών διαδικασιών.²⁴

Ο Mateas (2005) στο σχετικό κείμενο με τίτλο τον παραπάνω όρο, αναπτύσσει την θέση του σχετικά με την ανάγκη της ικανότητας χρήσης της υπολογιστικής διαδικασίας ως τμήμα της γενικότερης παιδείας / ικανοτήτων ενός ερευνητή ή επαγγελματία που ασχολείται με τα ψηφιακά μέσα. Μάλιστα στο ίδιο άρθρο, υποστηρίζει ότι οι τεχνικές δεξιότητες της διαδικασίας παραγωγής, τα προγράμματα και οι γλώσσες προγραμματισμού ψηφιακών έργων, έχουν ιδιαίτερη σημασία στην κατανόηση της πιθανής συνεισφοράς τους σε ένα ευρύτερο πολιτισμικό πλαίσιο. Θεωρεί πως ακαδημαϊκοί που ασχολούνται με τα νέα αυτά μέσα, χωρίς να κατανοούν την διαδικασία λειτουργίας μια γλώσσας ή κάποιου μέσου προγραμματισμού, χάνουν την ουσιαστική σχέση μεταξύ συγγραφέα, γλώσσας έκφρασης και κοινωνικής ανταπόκρισης.

²³ Mateas M., Procedural Literacy: Educating the New Media Practitioner. On the Horizon: Special Issue on Games in Education, vol 13, number 2, 2005, 101-111

²⁴ Ο.Π. 101-111, μετάφραση απο τον συγγραφέα.

Ο Κώστας Τερζίδης (2006), υπογραμμίζει επίσης την ανάγκη γνώσης των
παραμετρικών / αλγοριθμικών μέσων σε μια ψηφιακή αρχιτεκτονική διαδικασία ²⁵ :

Μπορεί το ανθρώπινο αισθητήριο και η ευφυΐα να είναι το σημείο αφετηρίας, όμως
οι υπολογιστικές και συνδυαστικές ικανότητες των υπολογιστών πρέπει να
ενσωματωθούν επίσης. ²⁶

Είναι σημαντικό να καλλιεργηθεί στη συγκεκριμένη διατριβή, μια βαθύτερη κατανόηση
των διαδικασιών γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού μέσα από τις οποίες
λειτουργούν τα ψηφιακά αυτά μέσα και εργαλεία με λογισμικά σχεδιασμού, όπως για
παράδειγμα το Rhinoceros και το Grasshopper, στην έρευνα πεδίου (field work) μέσω
της διεξαγωγής πειραμάτων. Αυτή η προσέγγιση θα συζητηθεί εκτενέστερα στο αμέσως
επόμενο κεφάλαιο της μεθοδολογίας της διατριβής. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή δεν
είναι μια άσκηση ανάπτυξης τεχνικών δεξιοτήτων, αλλά μια προσπάθεια απόκτησης μιας
σχεδιαστικής ικανότητας.

Όπως ίσως με το μολύβι και το σκίτσο, ο ικανός χειρισμός του εργαλείου έχει σημασία.
Τα ψηφιακά παραμετρικά μέσα μπορούν να λειτουργήσουν ως συνθετικό εργαλείο παρά
ως απλά αναπαραστατικά εργαλεία που μας διευκολύνουν, επιταχύνουν ή οργανώνουν
τη σχεδιαστική διαδικασία. Ενδιαφέρον έχουν αρχιτεκτονικά παραδείγματα όπως τα
έργα του Antoni Gaudí, τα οποία μπορούν να ακολουθούν ένα είδος «πρώιμης», μη
ψηφιακής γενεσιουργής/ παραμετρικής συνθετικής λογικής. Υπάρχει μια σειρά από έργα
στα οποία ο Gaudí χρησιμοποιούσε μακέτες μεγάλης κλίμακας με αλληλοσυνδεόμενα
βάρη και νήματα για την μελέτη της μεταφοράς των δυνάμεων στην δομή των θόλων της
Sagrada Familia, σε μια εποχή όπου τα ψηφιακά μέσα δεν είχαν ανακαλυφθεί. ²⁷ Θα
αναφερθούμε εκτενέστερα σε αυτόν τον «αναλογικό» (analog) (η μη ψηφιακό)
γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό στα επόμενα κεφάλαια.

²⁵Ένας από τους πλέον γνωστούς Έλληνες καθηγητές και θεωρητικούς στο πεδίο των ψηφιακών
μέσων στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, ο οποίος έχει διδάξει στο πανεπιστήμιο του Harvard ως
αναπληρωτής καθηγητής και στο πανεπιστήμιο του UCLA ως επίκουρος καθηγητής μεταξύ
άλλων.

²⁶ Τερζίδης, Κ.: Algorithmic Design, Architectural Press, 2006, 206, μετάφραση από τον
συγγραφέα.

²⁷ Frazer, J., "Parametric Computation: History and Future". 03/04 2016. Architectural Design,
μετάφραση από τον συγγραφέα.



28

²⁸Αναρτημένο μοντέλο της Sagrada Família με βάρη και νήματα (catenary model), Antoni Gaudí, 1889

Για να κατανοήσει κανείς περισσότερο την σημασιολογική μετάβαση στην αρχιτεκτονική σκέψη και σχεδιασμό, αξίζει να εστιάσει σε μερικές βασικές προσεγγίσεις από θεωρητικούς που έχουν συνεισφέρει στη σύγχρονη αρχιτεκτονική θεωρία όπως ο Manuel Delanda (2005), με το βιβλίο *Intensive science and virtual Philosophy* σχετικά με ένα «χώρο δυνατοτήτων» (space of possibilities), ο Stan Allen (2008) με το άρθρο *From object to field* και ο Kevin Kelly (1984) με το βιβλίο *Out of control*.

Σύμφωνα με τον Kevin Kelly (1984), η τεχνολογική επανάσταση την οποία διανύουμε χρησιμοποιεί ως πηγή έμπνευσης τη φύση και τα οικοσυστήματα ως τρόπο οργάνωσης οικονομικών, οργανωτικών, τεχνολογικών, υπολογιστικών και σχεδιαστικών συστημάτων μέσω αλληλένδετων συνθηκών και παραμέτρων. Ο Kelly (1984) συζητά τον τρόπο με τον οποίο οικοσυστήματα και βιολογικά συστήματα οργανώνονται και λειτουργούν μέσα από μη γραμμικές σχέσεις και αλληλοεπιδράσεις των επιμέρους μερών – μονάδων, όπου πλέον η συμπεριφορά του συστήματος ορίζεται από ένα συλλογικό «μυαλό-κυψέλη» (hive mind) και όχι από τη βούληση/ ιδιότητες μιας συγκεκριμένης μονάδας / οντότητας (..holistic patterns overlaying the individual behavior of smaller parts)²⁹. Η ίδια προσέγγιση εκφράζεται και από τον Delanda (2005) σχετικά με την συμπεριφορά ενός συστήματος η οποία μπορεί να οριστεί μέσα από αναδυόμενες (ή «αναφαινόμενες»-emergent) ιδιότητες³⁰.

Ο Delanda (2002, 2005, 2011), μέσα από μια σειρά βιβλίων και σε αναφορά με τον Deleuze (1984), συζητά τον τρόπο με τον οποίο ο γενεσιουργός / παραμετρικός σχεδιασμός μπορεί να ιδωθεί ως ένας εναλλακτικός τρόπος προσέγγισης του σχεδιασμού σε αντίθεση με ένα ντετερμινιστικό μοντέλο γραμμικής αιτιότητας. Αυτό που ενδιαφέρει μέσα από αυτή την έρευνα, είναι τελικά ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παραπάνω προσέγγιση για να εκπληρώσει / απαντήσει αρχιτεκτονικά ζητήματα / ερωτήματα.

²⁹ Kelly, K. "Hive mind" στο "Out of control", Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1994, 11, μετάφραση από τον συγγραφέα.

³⁰ Delanda, M., *Intensive Science and Virtual Philosophy*, Continuum, London, 2005, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Ο Delanda (2011) μεταξύ άλλων αναφέρεται στους πιθανούς μη γραμμικούς μηχανισμούς που υπάρχουν στα φυσικά και ανθρωπογενή συστήματα / σύνολα και στις αναδυόμενες (η «αναφαινόμενες») ιδιότητες τους οι οποίες μπορούν να εξηγηθούν ως ένα φαινόμενο αλληλεπίδρασης μεταξύ των μερών του συνόλου.³¹ (Η έννοια της ανάδυσης θα συζητηθεί εκτενέστερα στο κεφάλαιο 3 των πειραμάτων).

Ταυτόχρονα, συζητά πως μπορούμε να ορίσουμε τη δομή ενός «πεδίου δυνατοτήτων» μέσα από τις τάσεις (tendencies) και δεξιότητες (capacities) ενός συνόλου / μιας οντότητας (entity)³². (Οντότητα: κάτι (υλικό ή μη) που υπάρχει ανεξάρτητα από άλλα πράγματα, που έχει την δική του ξεχωριστή ύπαρξη). Νέες ιδιότητες και δεξιότητες μιας οντότητας – συστήματος αναφαίνονται μέσα από την αλληλεπίδραση των επιμέρους μερών. Οι έννοιες των δυνατοτήτων και ιδιοτήτων για την παραγωγή ενός σχεδιαστικού «πεδίου δυνατοτήτων» θα συζητηθούν εκτενέστερα στο Β' Μέρος του κεφαλαίου 3.

Ο Stan Allen (2008)³³ επίσης παρατηρεί την μετάθεση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό από τον σχεδιασμό ενός αντικειμένου, στον σχεδιασμό ενός πεδίου.³⁴

Στην ανάπτυξη αυτής της προσέγγισης εξηγεί πως η ιδέα μελέτης / σχεδιασμού των συνθηκών ενός πεδίου (field conditions) αντιτίθεται στους συμβατικούς τρόπους σύνθεσης του μοντέρνου κινήματος, όσο και στους κλασικούς τρόπους σύνθεσης. Συνεχίζει να εξηγεί πως οι οργανωτικές αυτές προτείνουν έναν νέο ορισμό μερών και διαφορετικούς τρόπους σύλληψης του ερωτήματος της σχέσης μεταξύ των μερών αυτών.

³¹ Delanda, M.: Philosophy and Simulation. The emergence of synthetic reason. (2011), Continuum international publishing, NY, 3, μετάφραση απο τον συγγραφέα.

³² Ο.Π., 4

³³ Αρχιτέκτονας και θεωρητικός (ο οποίος πριν την ίδρυση του δικού του γραφείου εργάστηκε για τους Richard Meier και Rafael Moneo, ενώ έχει υπάρξει διευθυντής του μεταπτυχιακού Advanced Architectural Design στο πανεπιστήμιο Columbia και διευθυντής σχολής του πανεπιστημίου Princeton).

³⁴ Stan, A., From object to field, AD 127: Architecture after geometry (2008), John Wiley and Sons, 24.

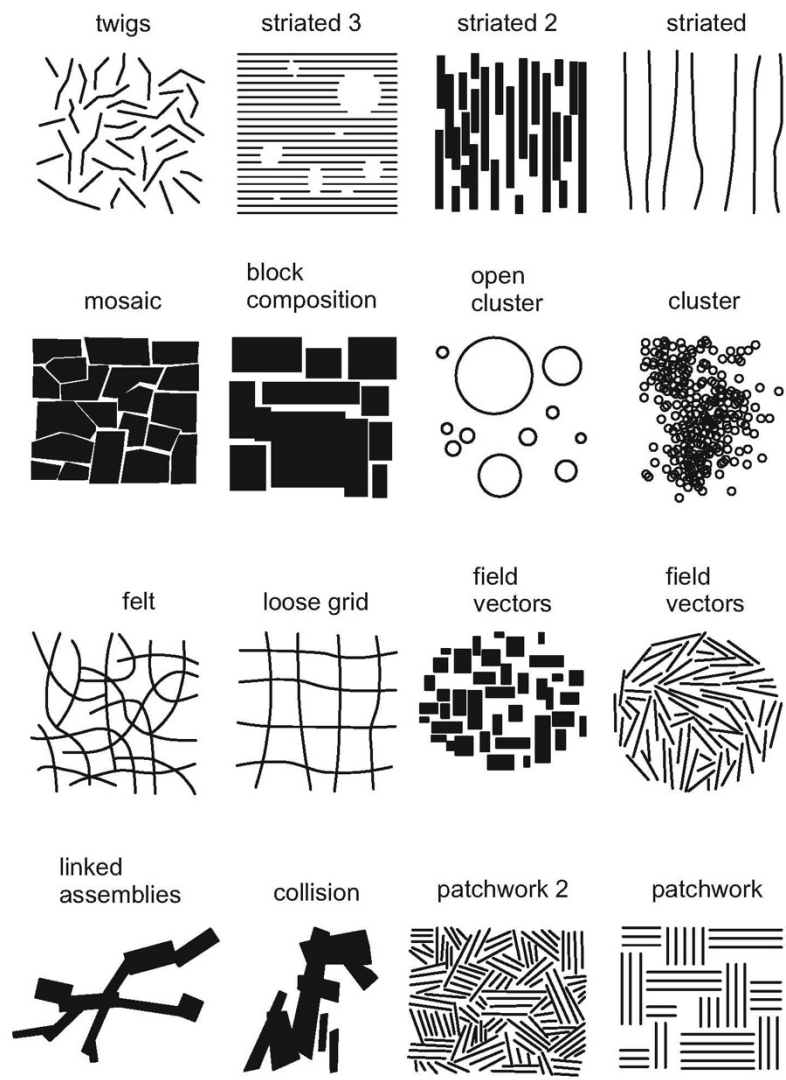
Αυτό απαιτεί να ξανασκεφτούμε τα πλέον οικεία στοιχεία της αρχιτεκτονικής σύνθεσης:

Οι συνθήκες πεδίου (field conditions), δεν είναι μια προσπάθεια νεωτερισμού,
αλλά μια προσπάθεια «ενδυνάμωσης» ενός υφιστάμενου πεδίου.³⁵

Μετά τα παραπάνω, ένας συνοπτικός ορισμός της διατριβής είναι η σημασιολογική μεταβολή και οι δυνατότητες αρχιτεκτονικής σύνθεσης και μεθοδολογίας που επιφέρει ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός. Σε αυτό το πλαίσιο, ερευνάται ο τρόπος εξέλιξης και οι διαφορετικές επιδράσεις που ακόμα διαμορφώνουν την σημερινή ψηφιακή υπολογιστική (γενεσοουργή και παραμετρική) αρχιτεκτονική προσέγγιση.

Οι επιδράσεις εκτείνονται σε μια σειρά από διαφορετικά επιστημονικά πεδία, από την εξελικτική βιολογία και την φιλοσοφία, μέχρι τα μαθηματικά, την τεχνολογία και την κυβερνητική. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο νοηματοδοτούνται τα βασικά ερωτήματα της διατριβής, που σχετίζονται με την αντιμετώπιση ενός αρχιτεκτονήματος ως ένα σύνολο από επιμέρους μέρη και εστιάζουν στις πιθανές σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των μερών, μέσα από κανόνες μετασχηματισμού που ορίζει ο αρχιτέκτονας. Σε αυτή την προσέγγιση, σημασία έχει ο μηχανισμός αλληλεπίδρασης μεταξύ των επιμέρους μερών - η διαδικασία σχεδιασμού - και όχι το τελικό αποτέλεσμα / μορφή. Πέρα από τον σχεδιασμό μιας διαδικασίας (το «πώς» σχεδιάζει κανείς την διαδικασία) στο Α' μέρος της διατριβής, σημασία έχει να εξετάσει κανείς και το τι τελικά μπορεί να «αναδυθεί» στο Β' μέρος της διατριβής που εστιάζει στα (μη) αναμενόμενα «άλλατα» στην διαδικασία σχεδιασμού.

³⁵ Ο.Π., 27



³⁶ Stan Allen (2008): Διάγραμμα με διαφορετικές «συνθήκες πεδίου» (field conditions).

1β. ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΤΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΠΕΔΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Υφιστάμενες τάσεις / πεδία αρχιτεκτονικής έρευνας

Ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός εκτείνονται πλέον σε ένα ευρύ φάσμα της αρχιτεκτονικής θεωρίας και πρακτικής. Πριν προχωρήσουμε σε μια λεπτομερή διατύπωση των ερωτημάτων της διατριβής, η παρούσα έρευνα θα συσχετιστεί με τα υφιστάμενα πεδία έρευνας στα οποία ελπίζει να συμβάλλει. Η γενική επισκόπηση των συγκεκριμένων πεδίων που εμπίπτουν στα πλαίσια μελέτης της διατριβής εκτείνεται από τις θεωρητικές προσεγγίσεις και επιδράσεις της ψηφιακής αρχιτεκτονικής έρευνας, τα πεδία με τα οποία η ψηφιακή αρχιτεκτονική έρευνα βρίσκεται σε διάλογο, την σχέση ψηφιακού με υλικό κόσμο μέσω των νέων μεθόδων κατασκευής και νέα πεδία αρχιτεκτονικής έρευνας όπως η υπολογιστική υλικότητα (material computation).

Γενεσιουργός και παραμετρικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός: θεωρητικές επιδράσεις

Ο Delanda (2007) παραθέτει, (ίσως την πλέον κατανοητή) σύνδεση μεταξύ γενεσιουργού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και φιλοσοφίας στο βιβλίο του με τίτλο *Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture*³⁷. Σε αυτό το κείμενο εξηγεί (μέσα από την ανάλυση της φιλοσοφίας του Deleuze) τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να αντιμετωπιστεί η γενεσιουργή / παραμετρική αρχιτεκτονική μέσα από τρεις μορφές φιλοσοφικής σκέψης: την πληθυσμιακή (populational), την intensive (εντατική) και την τοπολογική σκέψη (topological thinking)³⁸.

Η πληθυσμιακή σκέψη (populational thinking)³⁹ πρωτοεμφανίστηκε το 1940 από βιολόγους που συνέδεσαν τις θεωρίες εξέλιξης του Δαρβίνου και του Mendel και ουσιαστικά εξετάζει τις μεγαλύτερες αναπαραγωγικές κοινότητες, αντί τις μονάδες που αναπαράγονται ,για την επεξήγηση του τρόπου εμφάνισης και εξέλιξης νέων μορφών και

³⁷ Ο Delanda μέσα από την ανάλυση της φιλοσοφίας του Deleuze είναι ίσως ο «πατέρας» της θεωρίας που σχετίζεται με αυτό το πεδίο της αρχιτεκτονικής.

³⁸ Delanda, M., διάλεξη 09/2004, *Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture*, Columbia University, μετάφραση από τον συγγραφέα.

³⁹ Mayr, E., *Systematics and the origin of species*, Columbia University Press, 1942, μετάφραση από τον συγγραφέα.

ειδών στη φύση. Σύμφωνα με την πληθυσμιακή σκέψη, σημασία έχει ο τρόπος αναπαραγωγής της μονάδας μέσω της αλληλεπίδρασης με άλλες μονάδες και με το περιβάλλον. Ο D'Arcy Thomson (1917) είναι ίσως ο πλέον σημαντικός εκπρόσωπος της θεωρίας αυτής ⁴⁰, όπως θα συζητηθεί εκτενέστερα στο κεφάλαιο 3 των πειραμάτων.

Η εντατική σκέψη (intensive thinking) σχετίζεται με την θεωρία της θερμοδυναμικής και με ποσότητες όπως η θερμοκρασία και η πίεση, οι οποίες δεν μπορούν να μοιραστούν / καταμηθούν (σε αντίθεση με τις εκτατικές (extensive) ιδιότητες όπως το μήκος και το πάχος). Η σχέση με την αρχιτεκτονική βρίσκεται στην ανάγκη να συνυπολογίζουμε εκτατικές (extensive) ποσότητες όπως οι δυνάμεις που καταπονούν ένα κτήριο (θλίψη, διάτμηση, κτλ.) καθώς και εντατικές (intensive) ποσότητες όπως η διαπερατότητα, η διαφάνεια, η πυκνότητα κτλ ως τμήμα του σχεδιασμού με γενεσιουργά / παραμετρικά μέσα.

Η τοπολογική σκέψη (topological thinking) είναι απαραίτητη σύμφωνα με τον Delanda (2004) γιατί οι δύο πρώτες αρχές δεν περιλαμβάνουν το κομμάτι της αισθητικής / δημιουργικότητας που χαρακτηρίζει (όσο και η στατικότητα) την αρχιτεκτονική ⁴¹.

Σύμφωνα με αυτή, ο αρχιτέκτονας σχεδιάζει έναν «τόπο», ένα αφηρημένο διάγραμμα ή αφηρημένη μηχανή -“body plans” ή “abstract machine”- όπως τα ονομάζει ο Deleuze (1987) που μπορεί να πάρει πολλαπλές μορφές ⁴².

Ο πιθανός διάλογος της αρχιτεκτονικής με άλλα επιστημονικά πεδία

Ο ρόλος του αρχιτέκτονα θεωρείται ότι αλλάζει γιατί αναμειγνύεται, για πρώτη φορά τόσο ουσιαστικά, με άλλα επιστημονικά πεδία και τομείς παραγωγής. Μερικά από τα πεδία αυτά είναι τα μαθηματικά, η κυβερνητική, η τεχνολογία, η βιολογία και η επιστήμη υλικών.

⁴⁰Thompson, D., On Growth and Form, Cambridge University Press, Cambridge, 1917

⁴¹ Delanda, M., διάλεξη 09/2004, Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture, Columbia University, μετάφραση από τον συγγραφέα

⁴² Deleuze, G., Guattari, F., A Thousand Plateaus. University of Minnesota Press, Minneapolis, 1987

Σύμφωνα με τον Michael Weinstock (2004) τα μαθηματικά είχαν πάντα σημαντικό ρόλο στην αρχιτεκτονική, αλλά ο χαρακτήρας και η λειτουργία των μαθηματικών σε σχέση με τις θεωρίες και τις υλικές ανάγκες της αρχιτεκτονικής έχουν υπάρξει πολύ διαφορετικές, με αποτέλεσμα να παραμένει αδιευκρίνιστη μια πιο συγκεκριμένη σχέση⁴³. Ταυτόχρονα, υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην πολυπλοκότητα της ανταλλαγής ιδεών και τεχνικών μεταξύ των πεδίων της βιολογίας, της χημείας και των μαθηματικών⁴⁴. (Προφανώς η σχέση με τα μαθηματικά είναι οι μαθηματικές σχέσεις και αλγόριθμοι των ψηφιακών και παραμετρικών που ορίζουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης μεταξύ των μερών ενός ψηφιακού παραμετρικού μοντέλου).

Μεταξύ άλλων, υποστηρικτής της παραπάνω προσέγγισης είναι και ο Ben Van Berkel.⁴⁵ Η εκτεταμένη του βιβλιογραφία από το 1993, όπως το βιβλίο *Move* (1999), εξετάζει τον ρόλο του αρχιτέκτονα σε ένα σύγχρονο κόσμο τεχνολογικής, οικονομικής και κοινωνικής αλλαγής:

...το νέο αρχιτεκτονικό δικτυακό στούντιο είναι μια υβριδική μίξη κλαμπ, ατελιέ, εργαστηρίου και εργοστασίου κατασκευής αυτοκινήτων, ενθαρρύνοντας την σύνδεση των επαγγελματιών» (plug-in professionalism).⁴⁶

Η σχέση του ψηφιακού με τον υλικό κόσμο και οι σύγχρονες μέθοδοι κατασκευής

Ο ψηφιακός γενεσιουργός και παραμετρικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και τα βασικά τους εργαλεία – τα υπολογιστικά προγράμματα- έχουν αλλάξει την σχέση αρχιτεκτονικής και κατασκευής, ένα κομβικό ίσως γεγονός που αξίζει να μελετηθεί περισσότερο.

⁴³ Ο Weinstock διευθύνει το μεταπτυχιακό πρόγραμμα Emergent Technologies & Design στην αρχιτεκτονική σχολή AA.

⁴⁴ Weinstock, M., *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, στο AD, Wiley, 2004 που επανεκδόθηκε στο τεύχος *Computational Design Thinking*, AD, 2011, Wiley, 159, μετάφραση από τον συγγραφέα.

⁴⁵ Ίδρυτής του βραβευμένου αρχιτεκτονικού γραφείου UNStudio με μια πληθώρα υλοποιημένων έργων στον κόσμο (στο οποίο έχω εργαστεί ως αρχιτέκτονας) έχει ταυτόχρονα ασχοληθεί και με την θεωρία και διδασκαλία της αρχιτεκτονικής σε σχολές όπως η *Städelschule*, η *Berlage*, η *AA*, τα πανεπιστήμια του *Harvard* και του *Princeton*.

⁴⁶ Van Berkel, B.: *Move*, (1999), *Architectura & Natura Press*, 27-28, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Ο παραμετρικός και γενεσιουργός σχεδιασμός είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με τις μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής με μηχανικά μέσα (Computer Aided Manufacturing – CAM). Ο Branko Kolarevic (2005) είναι από τους πρώτους θεωρητικούς αρχιτέκτονες που επεσήμανε αυτή τη σύνδεση μεταξύ κατασκευής με μηχανικά μέσα και ψηφιακού γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού.⁴⁷

Οι πλέον διαδεδομένοι τρόποι κατασκευής περιλαμβάνουν προσθετικές μεθόδους (additive manufacturing) όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, αλλά και μεθόδους αφαίρεσης υλικού (subtractive manufacturing) όπως η κοπή με λέιζερ και η επεξεργασία με φρέζα (Computer Numeric Controlled- CNC milling) μεταξύ άλλων. Η συνθετική λογική σχεδιασμού ορίζεται συχνά από αυτές τις μεθόδους, ενώ μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα εναλλακτικών τρόπων υλοποίησης. Αξίζει μια λεπτομερής εξέταση των μεθόδων αυτών και των αλλαγών / δυνατοτήτων που προκαλούν στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

Αρχιτεκτονική, Τεχνολογία, Βιολογία και Επιστήμη υλικών: « material computation »

Η ιστορική τεκμηρίωση και ανάλυση βιολογικών διεργασιών (σε μια προσπάθεια διερεύνησης και κατανόησης των κανόνων οργάνωσης και λειτουργίας τους) υπάρχει ακόμα από την αρχαιότητα, όπου ο Αριστοτέλης έγραφε για βιολογικούς οργανισμούς και τους μηχανισμούς αλλαγής του χρώματος της επιδερμίδας τους.⁴⁸

Επιστημονικά πεδία που εκτείνονται από την χημεία και την φυσική, μέχρι τη γενετική και τις επιστήμες του ηλεκτρολόγου και μηχανολόγου μηχανικού, χρησιμοποιούν τους βιολογικούς οργανισμούς ως πηγή έμπνευσης. Πρόκειται για μια προσπάθεια σχεδιασμού νέων, ανθρωπογενών συστημάτων, βασιζόμενων στη δομή / οργάνωση και λειτουργία βιολογικών μοντέλων, που συχνά ορίζεται με τον όρο “biomimicry”^{49 50}.

⁴⁷ Kolarevic, B.: Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing, Taylor & Francis, 2005.

⁴⁸ Aristotle. Historia Animalium. IX, 622a: 2-10. About 400 BC. Cited in Borrelli L., Gherardi F., Fiorito G., A catalogue of body patterning in Cephalopoda. Firenze University Press, 2006.

⁴⁹Benyus, J. M., Biomimicry, HarperCollins e-books.

Αυτές οι καινοτόμες προσεγγίσεις χρησιμοποιούν συχνά τις ίδιες αρχές για να επιλύσουν τον τρόπο σχεδιασμού διεργασιών / λειτουργιών διαφορετικής κλίμακας. Αυτή η προσέγγιση ανήκει σε ένα καινούργιο πεδίο επιστημονικής έρευνας με θεωρητικές και τεχνολογικές προκλήσεις, με μια σειρά από διαφορετικά παραδείγματα ⁵¹.

Ήδη παραδείγματα από ερευνητικά εργαστήρια όπως το MIT Mediated Matter group και το "Imaginary Beings" ⁵² της Neri Oxman, αποτελούν ερευνητικές προσεγγίσεις όπου υλοποιημένα αντικείμενα ακολουθούν βιολογικούς κανόνες για τον σχεδιασμό τους.

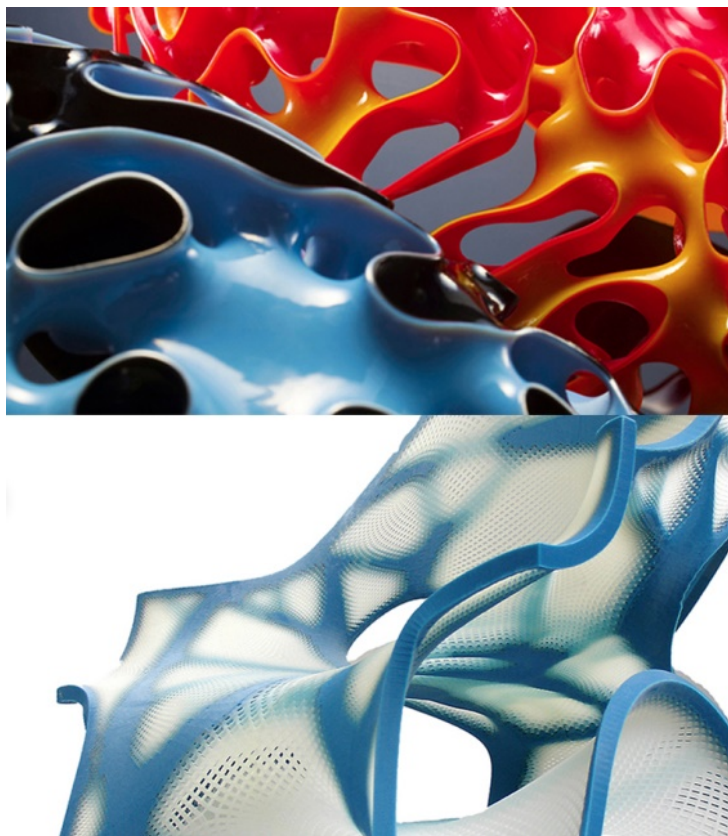
ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Εμβάθυνση στις παραπάνω έννοιες που επηρέασαν την ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία και πρακτική από τα πεδία όπως μαθηματικά, μέχρι την κυβερνητική ακολουθεί στο κεφάλαιο 3. Στο Α' Μέρος του κεφάλαιου 3 συζητείται εκτενέστερα η «πληθυσμιακή σκέψη» από την βιολογία στην αρχιτεκτονική και η «τοπολογική σκέψη» από την φιλοσοφία του Deleuze (1987) στην αρχιτεκτονική. Συζητείται η έννοια και η σημασία του διαγράμματος (που όπως αναφέρθηκε παραπάνω προέρχεται από την φιλοσοφία του Deleuze (1987) στον ψηφιακό τρόπο σκέψης καθώς και στα κεφάλαια που ακολουθούν. Αυτή η αναζήτηση είναι στην πραγματικότητα μια προσπάθεια σύνδεσης της τεχνολογίας (η οποία έχει μεταμορφώσει τα τελευταία είκοσι χρόνια- και συνεχίζει να αλλάζει με γοργούς ρυθμούς κάθε τομέα της κοινωνίας) με την αρχιτεκτονική σκέψη και πρακτική. Στο Β' Μέρος του κεφάλαιου 3 αναπτύσσεται εκτενέστερα η «εντατική σκέψη» από την φιλοσοφία του Deleuze (1987) στην αρχιτεκτονική. Οι έννοιες αυτές ακόμα διαμορφώνουν το θεωρητικό και πρακτικό πλαίσιο του γενεσιουργού / παραμετρικού σχεδιασμού. Για να μπορέσει να κατανοήσει κανείς την μεθοδολογία της διατριβής, το κεφάλαιο 2 που ακολουθεί, εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζεται η έρευνα στο πεδίο, από τις «σχολές σκέψης» που συζητήθηκαν όπως η φιλοσοφία και τα μαθηματικά, μέχρι τις «τακτικές» που ακολουθεί η διατριβή.

⁵⁰Brady, R., Optimization strategies gleaned from biological evolution, Nature 317(6040): 804-806, 1985, μετάφραση από τον συγγραφέα.

⁵¹Kemraiah R, Nie Z., From nature to synthetic systems: Shape transformation in soft materials. J Mater Chem B;2, pp.2357–2368, 2014, μετάφραση από τον συγγραφέα.

⁵²Oxman, N., Laucks, J., Kayser, M., Gonzalez Uribe, C.D., Duro-Royo, J., Biological Computation for Digital Design & Fabrication eCAADe: Computation and Performance, (31:1-10), 2013.



53

⁵³ Πάνω: 3D εκτύπωση από την σειρά “Imaginary Beings” από το MIT Mediated Matter group.
Κάτω: 3D εκτύπωση καθίσματος από την Zaha Hadid στο συνέδριο ACADIA 2014.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2α.ΕΙΣΑΓΩΓΗ- Ο ΤΡΟΠΟΣ ΜΕ ΤΟΝ ΟΠΟΙΟ ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΕΤΑΙ Η ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ

ΠΕΔΙΟ

Ο Menghes (2011) συζητά για τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό:

Για να κατανοήσει κανείς πλήρως τον ορισμό του υπολογιστικού σχεδιασμού (computation), καλείται να τον τοποθετήσει σε ένα πλαίσιο πρακτικής, θεωρίας και τεχνολογίας.⁵⁴

Η διατριβή έχει ως βάση την ανάπτυξη μιας προσέγγισης που διερευνά τις τάσεις που ακόμα διαμορφώνουν τη σύγχρονη ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία και προέρχονται από διαφορετικά πεδία - από τη φιλοσοφία και τη βιολογία, μέχρι την θεωρία συστημάτων και τον πιθανό διάλογο / συσχετισμό της θεωρίας με την πράξη μέσω υλοποιημένων παραδειγμάτων και σχεδιαστικών πειραμάτων.

Ταυτόχρονα, με βάση την προσέγγιση του Menges (2011) και τις προσεγγίσεις του Mateas (2005) σχετικά με την procedural literacy και του Τερζίδη (2004) σχετικά με την ενσωμάτωση των σχεδιαστικών μέσων που συζητήσαμε στην εισαγωγή, ο διάλογος μεταξύ της θεωρίας –της πρακτικής του αρχιτεκτονικού λόγου - και της πράξης είναι δόκιμος σε μια ερευνητική προσέγγιση, λόγω της ίδιας της φύσης του συγκεκριμένου αρχιτεκτονικού πεδίου. Μετά τα παραπάνω, είναι εμφανές ότι η πειραματική προσέγγιση ανήκει στο ακαδημαϊκό ερευνητικό περιβάλλον.

Το τρίπτυχο που προτείνει ο Menges (2011), φαίνεται να ακολουθούν σε διαφορετικό βαθμό και αρχιτέκτονες που σχετίζονται με την ψηφιακή έρευνα σε ερευνητικά εργαστήρια ανα τον κόσμο. Το συγκεκριμένο ερευνητικό ακαδημαϊκό πεδίο που σχετίζεται με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό παρουσιάζει μια σειρά από παραδείγματα από ερευνητικές εργασίες που έχουν δημοσιευτεί σε διεθνή αρχιτεκτονικά συνέδρια ή journals, καθώς και διδακτορικές διατριβές όπως της Neri Oxman⁵⁵ στην

⁵⁴ Menghes A., Computational Design Thinking, τεύχος AD, Wiley and Sons, 2011, 11, μετάφραση από τον συγγραφέα.

⁵⁵ Η Oxman είναι πλέον καθηγήτρια στο MIT.

αρχιτεκτονική σχολή του MIT ή του Brady Peters ⁵⁶ στην αρχιτεκτονική σχολή της Κοπεγχάγης- CITA, που ακολουθούν την συγκεκριμένη ερευνητική μεθοδολογία. Στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, η βασική έρευνα που ήδη αναφέρθηκε από τον καθηγητή Δημήτρη Παπαλεξόπουλο (2010), ακολουθεί επίσης το παραπάνω ερευνητικό τρίπτυχο.⁵⁷ Στην γενική αυτή έρευνα του Παπαλεξόπουλου γίνεται ταυτόχρονη ανάπτυξη της ψηφιακής θεωρίας που περιβάλλει τον παραμετρικό σχεδιασμό, της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται σε μια τέτοια προσέγγιση (από τα σχεδιαστικά προγράμματα μέχρι τις μεθόδους κατασκευής), ενώ ενδιάμεσα παρεμβάλλονται συνθετικά πειράματα / μικροεφαρμογές που συνδέουν τη θεωρία με την πρακτική και την τεχνολογία.

Εξάλλου, είναι ελάχιστες οι περιπτώσεις θεωρητικών προσεγγίσεων οι οποίες δεν (κατ'ελάχιστον) αναφέρονται στην πρακτική εφαρμογή της αρχιτεκτονικής (ή utilitas) (μέσα από σχεδιαστικά πειράματα), μια από τις βασικές θέσεις της αρχιτεκτονικής θεωρίας του Βιτρούβιου που ακολουθείται σε μεγάλο βαθμό μέχρι σήμερα.

Με βάση τα παραπάνω, ένα μέρος της διατριβής εστιάζει στον διάλογο των θεωρητικών συσχετισμών με σχεδιαστικούς πειραματισμούς αλληλεπίδρασης αρχιτεκτονικών και σχεδιαστικών παραμέτρων, μέσω του γενεσιουργού / παραμετρικού σχεδιασμού και της πρωτότυπης κατασκευής και τελικά της κριτικής αποτίμησης της διαδικασίας για ένα «πεδίο δυνατοτήτων» (αντί αποτίμησης των αποτελεσμάτων). Τα βασικά ερωτήματα που παρουσιάστηκαν στην εισαγωγή, αφορούν ή αλληλοκαλύπτουν και τα τρία σημεία της ψηφιακής αρχιτεκτονικής προσέγγισης (θεωρία, πρακτικές και τεχνολογία). Όπως πλέον μπορεί να διακρίνει κανείς, αν και η διατριβή αφορά στην δόμηση ενός αμιγούς θεωρητικού πλαισίου που επιχειρεί να συνεισφέρει στις συνεχώς εξελισσόμενες θεωρήσεις και πολλαπλά πεδία της σύγχρονης ψηφιακής θεωρίας, θα ήταν ίσως μια αποσπασματική έρευνα, αν δεν δημιουργούσε συσχετισμούς με όλα τα παραπάνω στοιχεία που συνδέονται με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό: από την

⁵⁶ Από τα ιδρυτικά μέλη των workshops Smartgeometry και πλέον καθηγητής στο πανεπιστήμιο του Τορόντο.

⁵⁷ Παπαλεξόπουλος, Δ., Σταυρίδου Α., Παπαδόπουλος Δ., Ενοιολογικός προσδιορισμός παραμετρικών ιδιοτήτων αρχιτεκτονικών κατασκευαστικών στοιχείων και δομικών υλικών, ΠΕΒΕ ΕΜΠ, 2007-2010.

πρακτική των λόγων, μέχρι τις ψηφιακές αρχιτεκτονικές πρακτικές, την τεχνολογία, τις μεθόδους και τα σχεδιαστικά εργαλεία.

2β. Η ΣΧΕΣΗ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ⁵⁸

Στην αρχιτεκτονική έρευνα, η σχέση μεταξύ θεωρίας και πρακτικής, είναι ένα σύνθετο ζήτημα που απασχολεί την ακαδημαϊκή κοινότητα, ήδη από την δεκαετία του '90 με απόψεις συχνά αντικρουόμενες, οι οποίες έχουν παρουσιαστεί στο διεθνές Journal of Architectural Education μεταξύ άλλων⁵⁹, όπως συζητούν οι Wang & Goat (2002). Για τους Wang και Goat η θεωρία και η πρακτική είναι δύο διαφορετικά είδη, τα οποία ωστόσο μοιράζονται αρκετές ομοιότητες και αλληλοσυμπληρούμενες ή αλληλοκαλυπτόμενες ποιότητες.⁶⁰

Με την παραπάνω άποψη φαίνεται να συμφωνεί και ο Allen (2000):

... δεν έχει κάποια χρησιμότητα να τις αντιμετωπίζουμε ως αντικρουόμενες μια και οι δύο ακολουθούν κανόνες: η θεωρία τους παράγει και η πρακτική τους εφαρμόζει. Ευφυείς, δημιουργικές πρακτικές – συμπεριλαμβανομένης της γραφής της θεωρίας- είναι πάντα κάτι πολύ παραπάνω από μια συνήθη άσκηση κανόνων που ορίζονται κάπου αλλού.⁶¹

Σύμφωνα με τον Allen, δεν μπορεί να γίνει διαχωρισμός μεταξύ της πρακτικής των λόγων και της πρακτικής της αρχιτεκτονικής: δεν υπάρχει θεωρία, δεν υπάρχει πρακτική, υπάρχουν μόνο πρακτικές οι οποίες υπάρχουν μέσω της δράσης .

⁵⁸ Ένα ίσως από τα ζητήματα που απασχολούν την ακαδημαϊκή κοινότητα για μια σειρά ετών είναι η σχέση της φιλοσοφίας με την επιστήμη (ή η σχέση θεωρίας με πρακτική). Ο Αριστοτέλης υπήρξε ίσως ο ιδρυτής τόσο των επιστημών όσο και της φιλοσοφίας, με εκτενή συγγραφή για θέματα τα οποία σήμερα αποκαλούμε φυσική, αστρονομία, ψυχολογία, βιολογία και χημεία, όπως και για τα μαθηματικά, την λογική και την επιστημολογία. Ο Καρτέσιος, μαθηματικός, επιστήμονας και φιλόσοφος συνδύασε φιλοσοφία και επιστήμη και επηρέασε έντονα την ακαδημαϊκή έρευνα και κοινότητα. Στο βιβλίο *Dialectical Materialism* (1983) ο Alexander Spirkin εκφράζει την άποψη της μαρξιστικής φιλοσοφίας σχετικά με την αδιαίρετη σύνδεση μεταξύ φιλοσοφίας και επιστήμης. Ο Spirkin συζητά πως η φιλοσοφία και η επιστήμη πάντα «μαθαίνουν» η μία από την άλλη. Η φιλοσοφία αντλεί από τις επιστημονικές ανακαλύψεις νέο υλικό για ευρύτερες γενικεύσεις, ενώ οι επιστήμες αντλούν τις συνολικές θεωρήσεις και μεθοδολογικές επιδράσεις μέσα από τις οικουμενικές φιλοσοφικές αρχές.

⁵⁹ Wang, D., Goat, L., *Architectural Research Methods*, Wiley, 2002, 21

⁶⁰ O.P. , 21-23

⁶¹ Allen, S., *Practice: Architecture, Technique and Representation*, Routledge, 2000, 15,18

Με βάση τα παραπάνω, ακριβώς λόγω της ίδιας της φύσης της θεωρίας του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού, είναι δόκιμο να εξετάσουμε τις πιθανές συνδέσεις μεταξύ θεωρίας και πρακτικής μέσα από συγκεκριμένα σχεδιαστικά πειράματα.

2γ. Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Σχετικά με την συνολική δομή της μεθοδολογίας, αξίζει να σημειωθεί πως και τα τρία μέρη (με κυρίαρχη την θεωρία και την πρακτική και σε δευτερεύοντα ρόλο την τεχνολογία), συσχετίζονται μεταξύ τους σε διαφορετικό βαθμό σε κάθε κεφάλαιο της διατριβής, ενώ γίνονται και επιπλέον συσχετισμοί μεταξύ των επιμέρους κεφαλαίων, με βάση προσεγγίσεις και έννοιες που έχουν αναπτυχθεί στα πρώτα κεφάλαια της διατριβής. Υπάρχει δηλαδή μια σταδιακή δόμηση ενός γενικού πλαισίου, με συνεχείς επιμέρους συσχετισμούς που ξεκινούν από το γενικό (όπως την πηγή έμπνευσης και τη φύση και τις επιδράσεις στην ιστορική εξέλιξη της ψηφιακής θεωρίας) στο ειδικό, όπως η έννοια του σχεδιασμού ενός ψηφιακού αρχιτεκτονικού συστήματος (και στο «πεδίο δυνατοτήτων» που μπορεί να προσφέρει) μέσω του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού, και στη συνέχεια στο ακόμα πιο ειδικό, όπως οι πιθανοί τρόποι σύνθεσης των ιδιοτήτων ενός ψηφιακού αρχιτεκτονικού συστήματος.

Η παραπάνω δομή της μεθοδολογίας διαμορφώθηκε με βάση το βιβλίο του Alan Kaplan (1998) με τίτλο *Conduct of inquiry* και την ανάλυση και εφαρμογή του στην αρχιτεκτονική έρευνα από τους Linda Goat και David Wang (2002), στο βιβλίο *Architectural Research Methods*, οι οποίοι εξηγούν πως ο Kaplan (1998) ορίζει τη μεθοδολογία της έρευνας ως τη μελέτη της διαδικασίας, αντί την μελέτη του τελικού αποτελέσματος.⁶²

⁶²Wang, D., Goat, L., *Architectural Research Methods*, Wiley, 2002, 10, μετάφραση από τον συγγραφέα.

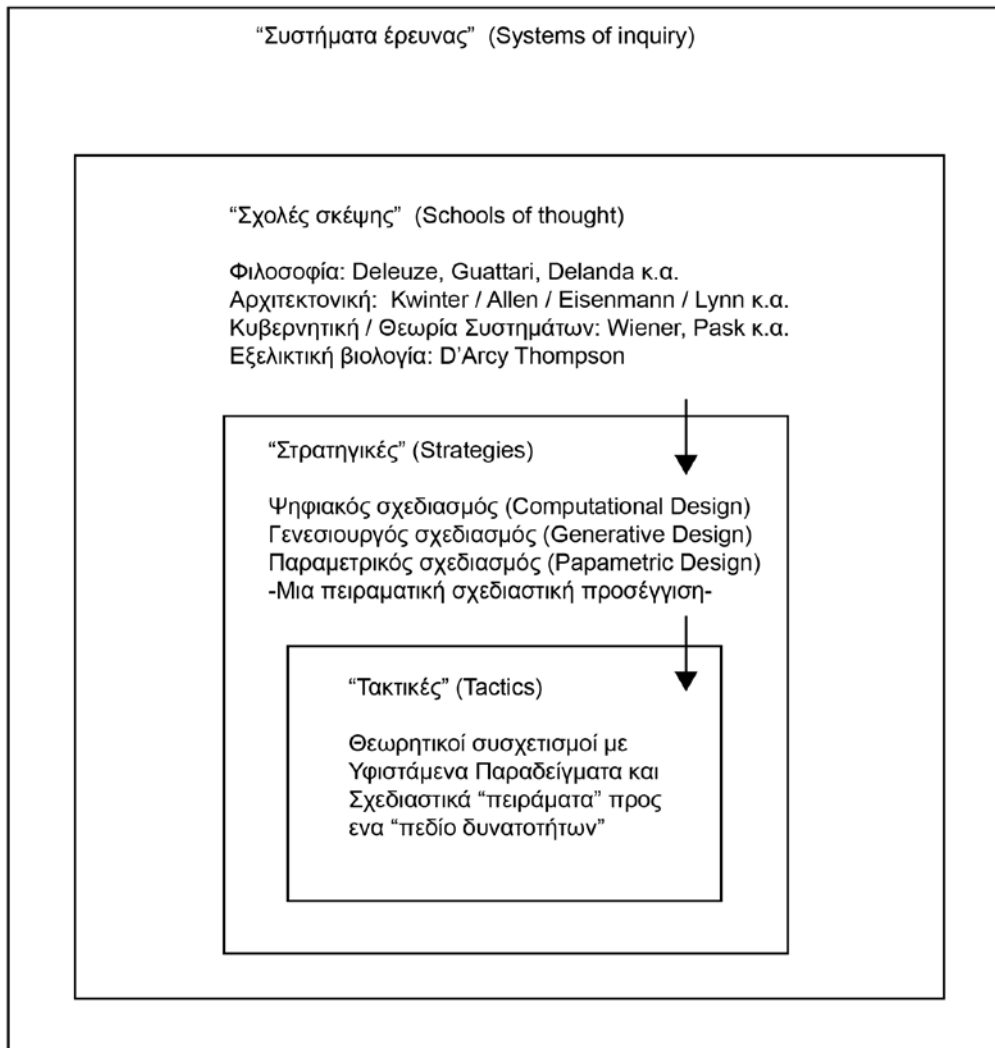
Η δομή της μεθοδολογίας σύμφωνα με τους Goat και Wang (2002), μπορεί να σχηματιστεί σε ένα διάγραμμα από αλληλοκαλυπτόμενα πλαίσια τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν σε όλο το εύρος της αρχιτεκτονικής έρευνας. Το γενικότερο πλαίσιο που ονομάζουν «σύστημα έρευνας» (systems of inquiry) εμπεριέχει τη βασική υπόθεση της έρευνας για τη φύση της πραγματικότητας, της γνώσης και της ύπαρξης. Η βασική υπόθεση της διατριβής για τη φύση της πραγματικότητας ευθυγραμμίζεται με τη ρεαλιστική οντολογική προσέγγιση του Deleuze (1987), όπως την περιγράφει ο Delanda (2002):

Η πραγματικότητα έχει πλήρη αυτονομία από το ανθρώπινο μυαλό, δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ από αυτό που παρατηρούμε και αυτό που υπάρχει πέρα από την παρατήρηση του (με βάση την υποκειμενική ανθρώπινη αντίληψη). Αυτό που δίνει στα αντικείμενα ταυτότητα και διατηρεί την ταυτότητα μέσα στον χρόνο είναι οι δυναμικές διαδικασίες.⁶³

Τα επιμέρους πλαίσια στο διάγραμμα αντιπροσωπεύουν τα διαφορετικά επίπεδα της μεθοδολογίας, από το γενικό και τις «σχολές σκέψης» (φιλοσοφικές ή άλλες σχολές που έχουν επηρεάσει διαφορετικά επιστημονικά πεδία) στο ειδικό και τις «τακτικές» που ακολουθούνται στην έρευνα. Η επιλογή να ακολουθήσει κανείς μια συγκεκριμένη «σχολή σκέψης», επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο τίθενται τα ερωτήματα της διατριβής και συχνά υπονοεί τον τρόπο ανάλυσης που ακολουθείται.

Στην συγκεκριμένη διατριβή, οι «σχολές σκέψης» εκτείνονται από τη φιλοσοφία και την κυβερνητική μέχρι την εξελικτική βιολογία:

⁶³ Delanda, M., *Intensive science and Virtual Philosophy*, Continuum publishers, 2002, 4-5, μεταφ. από τον συγγραφέα.



“Στρατηγικές” (Strategies)

historical
experimental
simulation (computer simulations to models)
logical argumentation

64

⁶⁴Η δομή της μεθοδολογίας της διατριβής, σχηματισμένη σε διάγραμμα σύμφωνα με τους David Wang και Linda Goat.

Παρουσιάζονται συγκεκριμένα σημεία προς τα οποία μπορεί να κινηθεί κανείς μέσα από μια ψηφιακή συνθετική προσέγγιση. Ο Branco Kolarevic (2008) συζητά σχετικά:

...ο πλουραλισμός των σημερινών ψηφιακών προσεγγίσεων δεν επιτρέπει την ύπαρξη μιας μονολιθικής αντιμετώπισης.⁶⁵ Αυτό που ενώνει αρχιτέκτονες, σχεδιαστές και διανοητές είναι [...] η χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας ως μια συσκευή που ενσωματώνει άμεσα την σύλληψη και την παραγωγή με τρόπους οι οποίοι είναι χωρίς προηγούμενο, από τα μεσαιωνικά χρόνια με τους πρωτομάστορες.⁶⁶

Στην συνέχεια θα συζητηθούν τα επιμέρους πλαίσια από το παραπάνω διάγραμμα, από τις «σχολές σκέψεις» μέχρι τις «στρατηγικές» και τις «τακτικές» που ακολουθούνται στην διατριβή.

2δ. ΟΙ «ΣΧΟΛΕΣ ΣΚΕΨΗΣ»

Ο τρόπος σύνδεσης και αναφοράς της διατριβής με την υφιστάμενη έρευνα, βασίζεται κυρίως στη δόμηση ενός κριτικού λόγου που συνδυάζει προσεγγίσεις από τις διαφορετικές «σχολές σκέψεις» που προαναφέρθηκαν, από την κυβερνητική και την εξελικτική βιολογία μέχρι την φιλοσοφία και τα μαθηματικά. Η κάθε μια από τις «σχολές σκέψεις» έχει συνεισφέρει σε διαφορετικό βαθμό και με ευδιάκριτο ίσως τρόπο στην θεωρία ή και την πρακτική του υπολογιστικού σχεδιασμού. Για παράδειγμα, η κυβερνητική «ματιά» βλέπει τα αρχιτεκτονήματα ως συστήματα από μονάδες και κανόνες αλληλεπίδρασης των μονάδων. Η εξελικτική βιολογία επηρέασε την ψηφιακή αρχιτεκτονική μέσω της εξελικτικής θεωρίας και των μορφολογικών μετασχηματισμών του D'Arcy Thomson (1917). Η μεταφυσική φιλοσοφία του Deleuze (1987) (υπερβατικός εμπειρισμός όπως την ονομάζει- transcendental empiricism)⁶⁷ και η ανάλυσή της από τον Delanda, είναι μια ακόμα από τις «σχολές σκέψεις» που διαμόρφωσαν την ψηφιακή

⁶⁵ Ακόμα και μετά τις προσπάθειες του Schumacher τις να συγκεντρώσει σε ένα κίνημα.

⁶⁶ Kolarevic, B., Architecture in the digital age – design and manufacturing, 2008, 4

⁶⁷ Για τον Deleuze η εμπειρία της πραγματικότητας γύρω μας ξεπερνά τις ιδέες (concepts) παρουσιάζοντας καινοτομία, και αυτή η ωμή εμπειρία της «διαφορετικότητας» μας ωθεί να εφεύρουμε νέους τρόπους σκέψης.

θεωρία. Σημασία έχει το γεγονός πως τελικά η ψηφιακή υπολογιστική θεωρία και πρακτική είναι ένα κράμα απο διαφορετικά στοιχεία των «σχολών σκέψης». Η παραπάνω προσέγγιση του Kolarenic(2008), ουσιαστικά διατυπώθηκε και στην εισαγωγή της διατριβής: οι τάσεις που σχετίζονται με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό εκτείνονται σε μεγάλο εύρος.

2ε. «ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ»

Ο McCullough (1998) συζητά πως η εκμάθηση ενός μέσου αποτελείται από την εξερεύνηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών του, και μέσα από την ανάπτυξη μιας βασικής γνώσης για το πώς λειτουργούν τα πράγματα- αυτό που οι ψυχολόγοι αποκαλούν ένα γνωστικό (cognitive) υπόβαθρο.

Μαθαίνουμε από τις υπερβολές και τα λάθη μας, δεχόμαστε ότι η αρχή της εργασίας με ένα νέο μέσο θα είναι γεμάτη αποτυχίες, αλλά ταυτόχρονα ψάχνουμε για ανακαλύψεις.⁶⁸

Σύμφωνα με τους Goat και Wang (2002) οι στρατηγικές μπορεί να είναι ιστορικές, πειραματικές, προσομοιώσεις ή λογικά επιχειρήματα μεταξύ άλλων. Η «στρατηγική» που επιλέχθηκε για την επιβεβαίωση των υποθέσεων της διατριβής βασίζεται σε μια σειρά πειραμάτων, ως μέσο ανακάλυψης των νέων σχεδιαστικών προσεγγίσεων και δυνατοτήτων της γενεσιουργής και παραμετρικής προσέγγισης στην αρχιτεκτονική.

2ζ. ΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΩΣ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ – «ΤΑΚΤΙΚΕΣ»

Σύμφωνα με τους Goat και Wang (2002) , η επιλογή να ακολουθήσει κανείς μια συγκεκριμένη «σχολή σκέψης», επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο τίθενται τα ερωτήματα της διατριβής και συχνά υπονοεί τον τρόπο ανάλυσης που ακολουθείται. Στην συγκεκριμένη διατριβή, οι «σχολές σκέψεις» εκτείνονται από τη φιλοσοφία και την κυβερνητική μέχρι την εξελικτική βιολογία. Στην διερεύνηση αυτή εξετάζονται

⁶⁸ McCullough, M., Abstracting Craft: The Practiced digital hand, MIT Press, 1998, 248, μετάφραση από τον συγγραφέα.

υλοποιημένα παραδείγματα (case studies) και διενεργούνται στοχευμένα σχεδιαστικά πειράματα ως έρευνα πεδίου (field work) του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού, τα οποία βασίζονται σε διαφορετικό βαθμό στις παραπάνω «σχολές σκέψεις» και εξετάζουν τα διαφορετικά «πεδία δυνατοτήτων» που μπορεί να δημιουργήσει κανείς, ακολουθώντας διαφορετικές συνθετικές προσεγγίσεις.

Σύμφωνα με τον Delanda (2011) οι προσομοιώσεις έχουν τον ρόλο ενός είδος εργαστηριακού πειράματος (όπως θα συναντούσαμε ίσως σε μια επιστημονική μελέτη). Σύμφωνα με τον Delanda (2011) για την «αποκωδικοποίηση» της δομής των πιθανών «πεδίων δυνατοτήτων» (αρχιτεκτονικών ή μη) χρειάζεται να ορίσουμε τις τάσεις και τις δυνατότητες μιας οντότητας.⁶⁹

Προς επιβεβαίωση αυτής της υπόθεσης συγκροτούνται στη συνέχεια ορισμένα στοχευμένα πειράματα, όπου εντοπίζονται τα σημεία (άλματος ή βαθμιδωτής εξέλιξης) στη σχεδιαστική διαδικασία.

Τα πειράματα ακολουθούν τέσσερα βασικά σημεία σε σχέση με την μεθοδολογία:

1. Τον σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού συστήματος μέσα απο μετασχηματισμούς (μακέτας ή ψηφιακών μοντέλων).
2. Την «χαρτογράφηση» των κανόνων των μετασχηματισμών και των πιθανών τρόπων(αυτο)οργάνωσης των μερών του αρχιτεκτονικού συστήματος σε βήματα.
3. Την εμφάνιση ιδιοτήτων στο σύνολο του αρχιτεκτονήματος μέσα απο την (αυτο)οργάνωση των μερών του.
4. Την προσθήκη παραμέτρων που σχετίζονται με την υλικότητα και την εφαρμογή στην συνθετική διαδικασία.

Τα πειράματα δημιουργούν την επιθυμητή διαλεκτική σχέση μεταξύ λόγου και πράξης και επιβεβαιώνουν τις βασικές υποθέσεις της διατριβής, όπου εντοπίζονται τα αναμενόμενα (ή μη) σημεία «άλματος» στην σχεδιαστική διαδικασία. Η μεθοδολογία

⁶⁹Delanda, M., *Philosophy and Simulation. The emergence of synthetic reason*, Continuum books, 2011, 5-6

είναι κοινή για όλα τα πειράματα και βασίζεται στα τέσσερα αυτά διαφορετικά σημεία, τα οποία βρίσκονται σε αναφορά με κάθε μία από τις τέσσερις υποθέσεις της διατριβής:

Το πρώτο κοινό σημείο της μεθοδολογίας όλων των πειραμάτων είναι η διερεύνηση των συνθετικών διαδικασιών μέσα από ελεγχόμενους μετασχηματισμούς, ως μια πρακτική που έχει παγιωθεί στον γενεσιουργό σχεδιασμό και που επιτρέπει την «χαρτογράφηση» των βημάτων της σχεδιαστικής διαδικασίας και επιστροφή στα προηγούμενα βήματα για την αναπληροφόρησή της. Το δεύτερο κοινό σημείο της μεθοδολογίας των πειραμάτων σχετίζεται με την κυβερνητική και εστιάζει στους πιθανούς τρόπους αλληλεπίδρασης / αυτοοργάνωσης των επιμέρους μερών ενός «αρχιτεκτονικού οικοσυστήματος», μια πρακτική που έχει παγιωθεί στον παραμετρικό σχεδιασμό. Το πλέον αυτό βασικό σημείο του παραμετρικού σχεδιασμού, οι «κανόνες» αλληλεπίδρασης που μπορεί να θέσει κανείς σε ένα «σύστημα» από επιμέρους μονάδες-μέρη, παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω των διαφορετικών αποτελεσμάτων που μπορούν να παραχθούν μέσω της αλλαγής των παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο και αναπληροφόρησης του αρχιτεκτονικού συστήματος. Το τρίτο κοινό σημείο που βρίσκεται σε αναφορά με τις υποθέσεις της διατριβής είναι η διερεύνηση αναδυόμενων ιδιοτήτων που μπορεί να εμφανιστούν όπως η διαπερατότητα, η διαφάνεια και η στατικότητα, καθώς και οι διαφορετικές μορφές που μπορούν να εκπληρώσουν τις ζητούμενες ιδιότητες. Το τέταρτο κοινό σημείο αποσκοπεί στην επιβεβαίωση της υπόθεσης εισαγωγής παραμέτρων στην σχεδιαστική διαδικασία που σχετίζονται με την υλικότητα και την μελέτη εφαρμογής / κατασκευή (ως μέρος της σχεδιαστικής διαδικασίας).

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα της ενότητας 1α του κεφαλαίου 1, σε μια προσπάθεια διερεύνησης των πιθανών «πεδίων δυνατοτήτων» που μπορεί να δημιουργήσει κανείς, τα σχεδιαστικά πειράματα έχουν διασπαρεί σε όλο το εύρος του γενεσιουργού και πειραματικού σχεδιασμού. Η πρώτη οικογένεια πειραμάτων εστιάζει στον γενεσιουργό σχεδιασμό, η δεύτερη βρίσκεται στο όριο μεταξύ γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού, και η τρίτη οικογένεια πειραμάτων συνδυάζει εξίσου γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό μέσω της χρήσης παραμετρικών προγραμμάτων όπως το

Grasshopper. Αυτή η προσέγγιση προσφέρει την δυνατότητα αξιολόγησης της κάθε διαφορετικής διαδικασίας και της κριτικής αποτίμησης της για μελλοντικά πειράματα και εφαρμογές.⁷⁰

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συμπερασματικά, η μεθοδολογία της διατριβής επιχειρεί να δομήσει ένα ανοιχτό θεωρητικό και συνθετικό πλαίσιο με βάση την θεωρία και τις «σχολές σκέψης» μέσα από τις οποίες τροφοδοτείται ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός όπως η κυβερνητική και η εξελικτική βιολογία. Σύμφωνα με τους Wang και Goat, ο τρόπος ανάλυσης που ακολουθείται συμβαδίζει με τις «σχολές σκέψεις» που έχουν επηρεάσει την ψηφιακή αρχιτεκτονική. Λόγω της ίδιας της φύσης αυτών των ψηφιακών σχεδιαστικών προσεγγίσεων, διερευνώνται πιθανές συνδέσεις της ψηφιακής θεωρίας με την τεχνολογία (σε επίπεδο ψηφιακών εργαλείων και πρωτότυπης κατασκευής με μηχανικά μέσα) και την πρακτική μέσω των στοχευμένων σχεδιαστικών πειραμάτων. Η αποτίμηση της διαδικασίας για το κάθε πείραμα όπως λ.χ. η δυνατότητα εμφάνισης «αναδυόμενων» ιδιοτήτων, ή η δυνατότητα εισαγωγής παραμέτρων που σχετίζονται με την υλικότητα και την μελέτη εφαρμογής, αποτελεί την τεκμηρίωση των βασικών υποθέσεων της έρευνας.

⁷⁰Και τα τρία διαφορετικά πειράματα έχουν παρουσιαστεί σε διεθνή journals ή διεθνή συνέδρια ψηφιακής αρχιτεκτονικής.

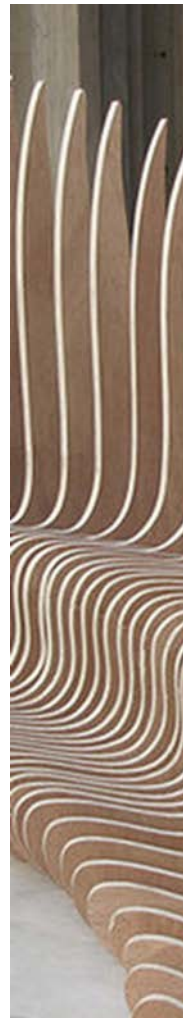
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

ΜΕΡΟΣ Α.

ΟΙ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΕΣ / ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΩΣ
ΑΡΧΟΙ ΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 1:

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ



A1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ - Η ΠΗΓΗ ΕΜΠΝΕΥΣΗΣ (Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΩΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος τεχνολογία είναι συχνά συνυφασμένος με το τεχνικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής παραγωγής. Ακόμα πιο συχνά, σε μια ίσως επιφανειακή αντιμετώπιση, η συνεισφορά της τεχνολογίας στην αρχιτεκτονική θεωρείται πως είναι τα ψηφιακά σχεδιαστικά προγράμματα και οι δυνατότητες τους να δημιουργούν αναπαρασταστάσεις.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αποσαφηνίσουμε το γενικό εννοιολογικό και ιδεολογικό πλαίσιο σχετικά με την τεχνολογία και τη σχέση της με την αρχιτεκτονική. Το πρώτο μέρος αυτής της ενότητας εστιάζει στην πηγή έμπνευσης της αρχιτεκτονικής από την μηχανή και την βιομηχανική επανάσταση του μοντέρνου κινήματος και του Le Corbusier (1923), μέχρι σήμερα και έννοιες όπως το διάγραμμα του Eisenmann (1984) και τη θεωρία του Greg Lynn (1998), όπου το διάγραμμα λειτουργεί ως ένας αφηρημένος φορέας πληροφορίας και χωρικών σχέσεων.

Ταυτόχρονα, η ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία αντλεί έμπνευση από πεδία όπως η βιολογία και τη θεωρία του D'Arcy Thompson (1917) με έννοιες όπως ο μετασχηματισμός για την επεξήγηση του τρόπου δημιουργίας της μορφής. Η θεωρία του Lynn (1998) αντλεί έμπνευση από την φιλοσοφία του Deleuze (1980, 1987) μεταξύ άλλων, ενώ θεωρητικοί όπως ο Delanda (2011) συνεχίζουν να δομούν την ψηφιακή θεωρία με βάση τον Deleuze (1980) μέχρι σήμερα.

Ένα ακόμα πεδίο με το οποίο η ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία δομεί διάλογο είναι η κυβερνητική, όπου η κυκλική διαδικασία σχεδιασμού και οι επιμέρους σχέσεις / συνδέσεις μεταξύ των μερών ενός συστήματος γίνονται η βάση για τον σχεδιασμό ενός ψηφιακού αρχιτεκτονικού συστήματος. Ο Kevin Kelly (1994) εξηγεί πως η κυβερνητική και η ψηφιακή τεχνολογία επηρεάζει κάθε τομέα της κοινωνίας. Εμφανίζονται ακόμα νέες αρχιτεκτονικές προσεγγίσεις με έννοιες όπως ο παραμετρισμός (Schumacher (2010)).

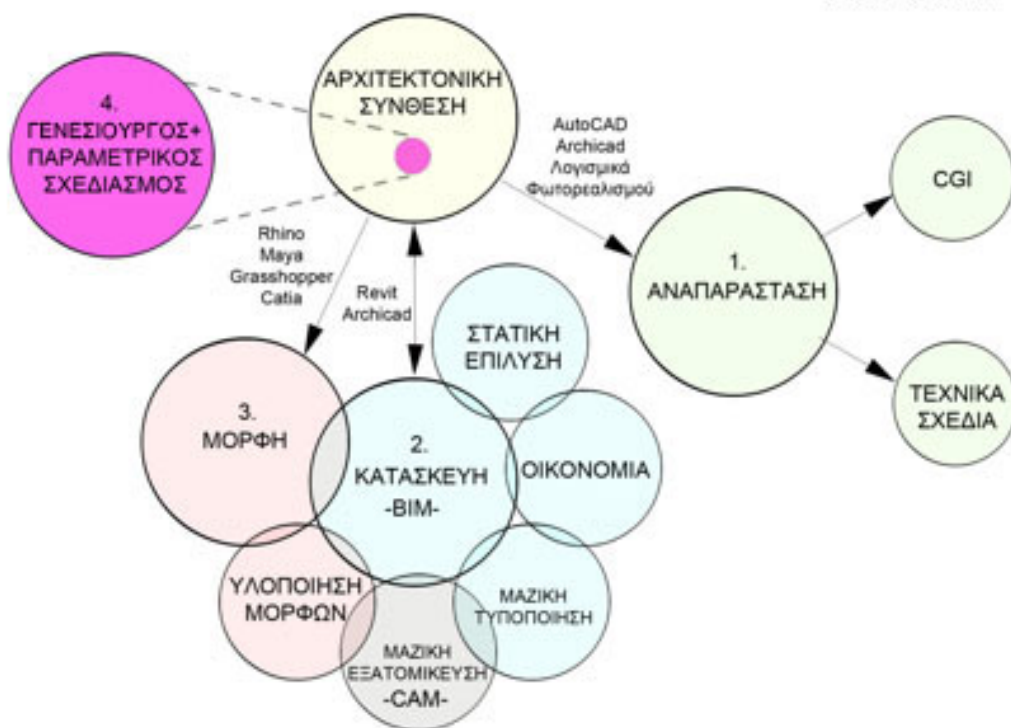
ΙΔΕΟΛΟΓΙΚΟ / ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Πως τελικά φτάσαμε στην φύση ως πηγή έμπνευσης για μια ψηφιακή αρχιτεκτονική σκέψη;

Για να κατανοήσει κανείς τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους συσχετίζεται η τεχνολογία και η αρχιτεκτονική σήμερα, είναι ίσως δόκιμο να τους σχηματοποιήσουμε με ένα διάγραμμα σχέσεων.

Στο διάγραμμα αυτό μπορεί να διακρίνει κανείς τέσσερα πεδία: Την αναπαράσταση, την κατασκευή, τη μορφή και την αρχιτεκτονική σύνθεση. Η διατριβή εστιάζει στην ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία και συνθετική πρακτική ταυτόχρονα, ενός πεδίου όπου η τεχνολογία έχει την μικρότερη ίσως εφαρμογή και ιδεολογικές προεκτάσεις (που ακόμα εξελίσσονται). Ταυτόχρονα εξετάζει τους πιθανούς συσχετισμούς μεταξύ αυτού του πεδίου και της πρωτότυπης κατασκευής (μέσω CAM) και λιγότερο στις υπόλοιπες υποομάδες (αναπαράσταση και μορφή). Είναι ίσως αρκετά εύκολο να κατανοήσει κανείς το πρώτο πεδίο όπου η τεχνολογία μόνο παράγει αναπαραστάσεις (τεχνικά σχέδια και εικόνες CGI -Computer Generated Images) με την χρήση σχεδιαστικών προγραμμάτων CAD (Computer Aided Design). Σε αυτό το πεδίο, τα σχεδιαστικά προγράμματα χρησιμοποιούνται είτε για να δημιουργήσουμε ψηφιακές αναπαραστάσεις από ένα έργο που ήδη έχουμε συνθέσει με τις παραδοσιακές μεθόδους σύνθεσης (μακέτα, σκίτσο κτλ), είτε για τον ψηφιακό σχεδιασμό ενός έργου, ο οποίος πάλι όμως μιμείται τους παραδοσιακούς τρόπους σύνθεσης. Στο δεύτερο πεδίο της κατασκευής, η τεχνολογία χρησιμοποιείται με μια σειρά από διαφορετικούς τρόπους, από τη στατική επίλυση του φέροντος οργανισμού (μέσω ψηφιακών προγραμμάτων), στην οικονομία της κατασκευής, στη μαζική τυποίηση και μαζική εξατομίκευση. Η κατασκευή, λόγω της σχέσης της με τα επαγγέλματα του μηχανικού, είναι συνδυασμένη με λογισμικά BIM (Building Information Modeling) τα οποία συμβάλλουν στην βελτιστοποίηση (σε κόστος και χρόνο) της κατασκευής μέσω της ανταλλαγής και προσθήκης πληροφοριών σε «κοινόχρηστα» ψηφιακά μοντέλα από όλους τους μελετητές ενός έργου. (Ένα από αυτά τα λογισμικά -και ίσως το πλέον διαδεδομένο- είναι και το Revit, το οποίο επιτρέπει την ενσωμάτωση πληροφοριών και αυτόματη ενημέρωση της κάθε γεωμετρίας στο ίδιο ψηφιακό μοντέλο από αρχιτέκτονες και μηχανικούς).

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΚΑΙ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ



Ο Christopher Alexander (2002), συζητά γιατί δημιουργούνται αρχιτεκτονικά έργα χωρίς «ζωή»:

Δεν κατηγορώ άμεσα όλους τους αρχιτέκτονες που έκαναν αυτά τα κτήρια... Αυτό που προκάλεσε την νέα «παράδοση» των καταστροφικών μορφών (structure-destroying forms) της εποχής μας, είναι κυρίως οι μηχανιστικές διαδικασίες διαχείρισης έργου, προϋπολογισμού, κτλ (planning, conceiving, budgeting, developing, construction contracting, construction labor).⁷¹

Ο Alexander (2002), αναφέρεται στην απώλεια της δυναμικής της αρχιτεκτονικής σύνθεσης εξαιτίας μιας εμπορικής αρχιτεκτονικής, που ορίζεται αποκλειστικά από οικονομικούς και πρακτικούς παράγοντες όπως η μεγιστοποίηση του κέρδους, η επίσπευση του χρόνου παράδοσης κτλ. Εδώ τα λογισμικά βελτιστοποίησης μπορεί να ικανοποιούν αλλά ταυτόχρονα περιορίζουν τον ρόλο του αρχιτέκτονα σε συντονιστή παρά δημιουργού ενός έργου. Προφανώς, ο ρόλος της αρχιτεκτονικής δεν μπορεί να περιοριστεί ως ένα μέσο βελτιστοποίησης του σχεδιασμού και της κατασκευής. Αντίστοιχα και η χρήση της τεχνολογίας αξίζει να εξεταστεί ως κάτι περισσότερο από ένα εργαλείο οργάνωσης και συντονισμού για την κατασκευή.

Το τρίτο πεδίο, το οποίο συχνά συγχέεται με την αρχιτεκτονική σύνθεση, είναι ο πειραματισμός με την μορφή. Τα αλγοριθμικά και παραμετρικά σχεδιαστικά προγράμματα επέτρεψαν τον σχεδιασμό σύνθετων μορφών σε διάφορα πανεπιστήμια σε παγκόσμιο επίπεδο, μέσα στην τεχνολογική «έκρηξη» της εποχής μας, χωρίς όμως να έχουμε επίγνωση το γιατί τελικά σχεδιάζουμε. Πλέον, συζητήσεις θεωρητικών όπως ο Sanford Kwinter⁷² με τον Jason Payne⁷³ εξηγούν την διαφορά μεταξύ μορφολογικών πειραματισμών και αρχιτεκτονικής σύνθεσης μέσω της χρήσης παραμετρικών λογισμικών σχεδιασμού:

⁷¹ Alexander, C., "A vision of a living world", Center for Environmental Structure publishers, 2002, 15, μετάφραση από τον συγγραφέα.

⁷² Καθηγητής θεωρίας στην αρχιτεκτονική σχολή του Harvard για μια σειρά ετών.

⁷³ Υπήρξε καθηγητής μου κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου στο πανεπιστήμιο UCLA.

...οι περισσότερες από αυτές τις εργασίες ξεκίνησαν από την σχολή AA στο Λονδίνο και την σχολή Columbia στην Νέα Υόρκη στην δεκαετία του '90 και μετά από τις σχολές SCIArc και UCLA στο Λος Άντζελες...συνθέσεις που πάνω απ'όλα προσπαθούν να είναι εμφανώς παραμετρικές ή με κώδικα (indexical or parametric or scripted) σαν να είναι κάποια αρετή...αυτοί οι σχεδιαστές κατευθύνονται κυρίως προς την εμφάνιση...πιστεύω ότι είναι επίτηδες επιφανειακοί και αντιπροσωπεύουν ένα αδιέξοδο.⁷⁴

Η παραπάνω αναφορά συνοψίζει την τάση μορφολογικών πειραματισμών που συνεχίζει να επεκτείνεται στις αρχιτεκτονικές σχολές ανα τον κόσμο, όπου μέσα από μια επιφανειακή αντιμετώπιση, η σύνθεση περιορίζεται σε μια μορφολογική προσέγγιση που μοιάζει να αποτελεί αυτοσκοπό. Αντ'αυτού, ο Payne (2007) προτείνει:

...την χρήση των παραμετρικών μέσων για την επίλυση επιμέρους προβλημάτων μιας συνθετικής διαδικασίας, ως ενός τρόπου που καλείται να «μπολιάσει» τις υφιστάμενες πρακτικές. Για να χρησιμοποιηθούν όταν είναι απαραίτητες για την εκτέλεση μιας εργασίας...Αυτό που κάνει αυτές τις πρακτικές (γραφεία) να ξεχωρίζουν είναι η κατανόηση των παραμέτρων όχι ως μορφών αλλά ως σχέσεων μεταξύ μορφών- σχέσεων που μπορεί να είναι προφανείς, αλλά σπάνιες στη σημερινή παραγωγή».⁷⁵

Ο Antoine Picon (2006) υποστηρίζει πως στο ίδιο «στρατόπεδο» με τον Payne(2007) βρίσκεται και ο Τερζίδης (2006), ο οποίος εστιάζει στην διαδικασία, παρά στην μορφή.⁷⁶

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η διατριβή εστιάζει σε ένα τέταρτο (και σήμερα περιορισμένο πεδίο της αρχιτεκτονικής) που αφορά στην διερεύνηση του γενεσιουργού /

⁷⁴Kwinter, S., Payne, J.: "From control to design" Actar, Barcelona, 2007, 222, μετάφραση από τον συγγραφέα.

⁷⁵Ο.Π., 223.

⁷⁶Terzidis, K., Algorithmic Architecture, Architectural Press, Oxford, 2006, 7-8.

παραμετρικού σχεδιασμού ως τμήμα της αρχιτεκτονικής σύνθεσης / σκέψης ως διαδικασία, από τα πρώτα συνθετικά βήματα του σχεδιασμού και όχι ενός εργαλείου που συντελεί στην κάλυψη μορφολογικών, κατασκευαστικών ή αναπαρασταστικών αναγκών. Σε μια προσπάθεια κατανόησης της τεχνολογίας ως συνθετικού εργαλείου, θα πρέπει να εξετάσουμε την πηγή έμπνευσης με βάση την οποία η ίδια η τεχνολογία συντίθεται, εφαρμόζεται και εξελίσσεται σήμερα. Δηλαδή τους πιθανούς συσχετισμούς με τη φύση.

ΑΠΟ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ (Vers une architecture) ⁷⁷ ΣΤΗ ΦΥΣΗ (Vers plus?) ⁷⁸.

Η σημασιολογική μεταβολή του σχεδιασμού από το προκαθορισμένο στο πεδίο δυνατοτήτων.

Ο Le Corbusier (1923) περιέγραφε την ανάγκη για μια καινούργια αρχιτεκτονική στο *Vers Une Architecture*. Η τεχνολογία της βιομηχανικής επανάστασης επέτρεψε την μαζική παραγωγή, αλλάζοντας για πάντα τον τρόπο ζωής και σκέψης σε κάθε τομέα της κοινωνίας και της αρχιτεκτονικής. Ο ενθουσιώδης και ρηξικέλευθος γραπτός λόγος του Le Corbusier (1923), είχε σχεδόν τα χαρακτηριστικά των βιομηχανικών επιτευγμάτων που περιέγραφε. Όπως τα αεροπλάνα, τα τρένα και τα κρουαζιερόπλοια - τα βιομηχανικά θαύματα της εποχής που θεωρούσε άξια μίμησης-, έτσι και ο λόγος του ήταν ηχηρός, εμβληματικός και με μια ξεκάθαρη και απέρριπτη αφήγηση. Κάθε ιστορικίζουσα αναφορά σε μορφολογία και τυπολογία του παρελθόντος, ήταν πλέον απορριπτέα. Η απέρριπτη και φονξιοναλιστική σχεδιαστική και κατασκευαστική λογική της μηχανής και η απέρριπτη «αρχιτεκτονική» ενός κρουαζιερόπλοιου, έγιναν σημείο αναφοράς για τον Le Corbusier (1923) για τον σχεδιασμό οποιουδήποτε αρχιτεκτονήματος σε οποιαδήποτε κλίμακα:

..μια κατοικία είναι μια μηχανή διαβίωσης...μια πολυθρόνα είναι μια μηχανή για να κάθεται κανείς κ.ο.κ..⁷⁹

⁷⁷ Le Corbusier, *Vers une architecture*, 1923

⁷⁸ Αν ο Le Corbusier χρησιμοποιούσε τον όρο *Vers une architecture* (προς μια αρχιτεκτονική), ίσως είναι δόκιμο να προτείνουμε τον όρο *vers plus* (προς περισσότερες / πολλαπλές αρχιτεκτονικές) για τον σύγχρονο ψηφιακό και παραμετρικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

⁷⁹ Le Corbusier: *Towards an architecture*, Dover publications, New York, 1986, 95.

Ας σημειωθεί εδώ, πως η τρέχουσα ενότητα δεν αποσκοπεί να αναλύσει το μανιφέστο του Le Corbusier (1923), μια και έχει εξαντληθεί στο παρελθόν από θεωρητικούς όπως ο Reyner Banham (1960) μεταξύ άλλων. Στην ενότητα αυτή αναπτύσσεται μια επιχειρηματολογία που δείχνει την μετάβαση από τη μηχανή στη φύση. Ενδιαφέρον έχει ωστόσο η κριτική του Banham (1960) στο *Vers une architecture*, ο οποίος εξηγεί :

Το *Vers une Architecture* δεν έχει κανένα επιχείρημα με την φυσιολογική έννοια της λέξης. Έχει αντ'αυτού μια σειρά από ρητορικά δοκίμια για έναν περιορισμένο αριθμό θεμάτων, τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο έτσι ώστε να δίνουν την εντύπωση πως έχουν κάποια απαραίτητη σύνδεση.⁸⁰

Στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου του με τίτλο *Conclusion: Functionalism and Technology*, ο Banham (1960) εξηγεί πως η αρχιτεκτονική του 1920 μπορεί να εμπνεύστηκε από την βιομηχανία και την τεχνολογία, αλλά τελικά οι αρχιτέκτονες δεν μελέτησαν την τεχνολογία διεξοδικά μια και ίσως τους ενδιέφερε να δημιουργήσουν ένα φορμαλιστικό συμβολισμό της τεχνολογίας, ο οποίος θα μπορούσε να ενσωματωθεί στην αρχιτεκτονική. Και συνεχίζει να συζητά:

... η νέα αυτή αρχιτεκτονική βασίστηκε και σε λογικά και οικονομικά επιχειρήματα στην επόμενη δεκαετία του '30 σε μια εποχή όπου η Ευρώπη και η Αμερική βρισκόταν σε αστάθεια πριν τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο (αντί αισθητικών συμβολισμών στην δεκαετία του '20).⁸¹

Ο λόγος για τον οποίο αναφέρθηκε το βιβλίο του Banham (1960), είναι γιατί στην πραγματικότητα θεωρείται πως είναι ένας από τους πολύ βασικούς συνδετικούς κρίκους μεταξύ της αρχιτεκτονικής θεωρίας του τότε και του σήμερα. Ο Banham (1960) πίστευε πραγματικά στον συσχετισμό της αρχιτεκτονικής με τη βιομηχανία και την τεχνολογία, γιαυτό και διατηρεί αυτή την κριτική στάση απέναντι στο μοντέρνο κίνημα, με

⁸⁰Banham, R., *Theory and Design in the First Machine Age*. Praeger. 1960. Σελ 222. (Το βιβλίο έχει μεταφραστεί για τις εκδόσεις ΕΜΠ από τον Γιάννη Λιακατά και επιμελήθηκε από την Αναστασία Λιακατά-Πεχλιβανίδου)

⁸¹Ο.Π., 321, μετάφραση από τον συγγραφέα.

επιχειρήματα, αναφορές και υποσημειώσεις, σχεδόν απογοητευμένος που το μοντέρνο κίνημα δεν κατόρθωσε να προχωρήσει βαθύτερα σε αυτή την προσέγγιση:

...συγκεκριμένα γεγονότα στις αρχές τις δεκαετίας του '30 έκαναν εμφανές το γεγονός πως η συμβολική σημασία αυτών των μορφών και μεθόδων ήταν καθαρά ένα επινόημα, αντι μιας οργανικής ανάπτυξης αρχών κοινών τόσο στην αρχιτεκτονική, όσο και στην τεχνολογία.⁸²

Θα μεταφερθούμε στο σήμερα και στην έννοια της μίμησης της φύσης, πριν εξετάσουμε τους πλέον ίσως σημαντικούς συνδετικούς κρίκους μεταξύ των σήμερα και του χτές. Αν η μηχανή ήταν η πηγή έμπνευσης για τον Le Corbusier (1923) στην εποχή της βιομηχανικής επανάστασης, θεωρητικοί από διαφορετικά επιστημονικά πεδία εξηγούν πως η φύση είναι η πηγή έμπνευσης για τη σημερινή τεχνολογική επανάσταση. Ο Kevin Kelly (1994)⁸³, εξηγεί ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '90, πως η τεχνολογική επανάσταση την οποία διανύουμε χρησιμοποιεί ως πηγή έμπνευσης τη φύση και τα οικοσυστήματα ως τρόπου οργάνωσης οικονομικών, οργανωτικών, τεχνολογικών, υπολογιστικών και σχεδιαστικών συστημάτων μέσω αλληλένδετων συνθηκών και παραμέτρων μέσα από το βιβλίο του με τίτλο Out of control. Αν συγκρίνει κανείς τον γραπτό λόγο του Kelly (1994) με τον τρόπο γραφής του Le Corbusier (1923), θα παρατηρήσει πως ο Kelly (1994) εκφράζεται και επεξηγεί με τον πιο απλό ίσως τρόπο, ιδέες, σύνθετες έννοιες και αναλογίες που θα ήταν ίσως δύσκολο να συλλάβει κανείς, χωρίς την ροηκή γραφή του. Ταυτόχρονα, ο λόγος του συνδυάζει λογικά παραδείγματα και αναφορές απο πολλαπλά επιστημονικά πεδία, δημιουργώντας ένα δίκτυο συσχετισμών, χωρίς ιδιαίτερη ιεραρχία, ακριβώς όπως και η θεωρία που περιγράφει. Ο λόγος που εξετάζεται ο τρόπος γραφής τους, σχετίζεται με τον τρόπο έρευνας και ακαδημαϊκής συγγραφής ενός μανιφέστο σύμφωνα με τον Ulmer (1994), όπου ακόμα και ο τρόπος γραφής, ο τρόπος που «αφηγείται» κανείς την ιστορία (t=Tale στο ακρωνύμιο

⁸²Ο.Π. 328

⁸³Αρχισυντάκτης του μεγαλύτερου περιοδικού τεχνολογίας Wired, και συγγραφέας μιας σειράς βιβλίων σχετικά με την τεχνολογία και την κοινωνία, δηλαδή πρόκειται για έναν από τους πρωτοπόρους της κυβερνητικής στην συγχρονη μορφή της.

CATTt)⁸⁴ για την νέα μέθοδο που περιγράφει κανείς οφείλει να αντικατοπτρίζει (ή μοιάζει) με το πεδίο στο οποίο αναφέρεται. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αναφορά στον Ulmer(1994), είναι η ιδέα πως το Out of Control είναι τελικά ένα βιβλίο – μανιφέστο την νέας ψηφιακής / τεχνολογικής επανάστασης (όπως το Vers Une architecture), ακόμα και αν δεν παρουσιάστηκε ποτέ ως τέτοιο. Όπως το Vers Une Architecture το 1923, ίσως και στο μανιφέστο του Kelly (1994) εβδομήντα χρόνια μετά, θα ήταν ίσως δύσκολο να μην γοητευθεί κανείς από την εισαγωγή του στο κεφάλαιο με τίτλο Hive Mind, σχετικά με τον άνθρωπο και την φύση:

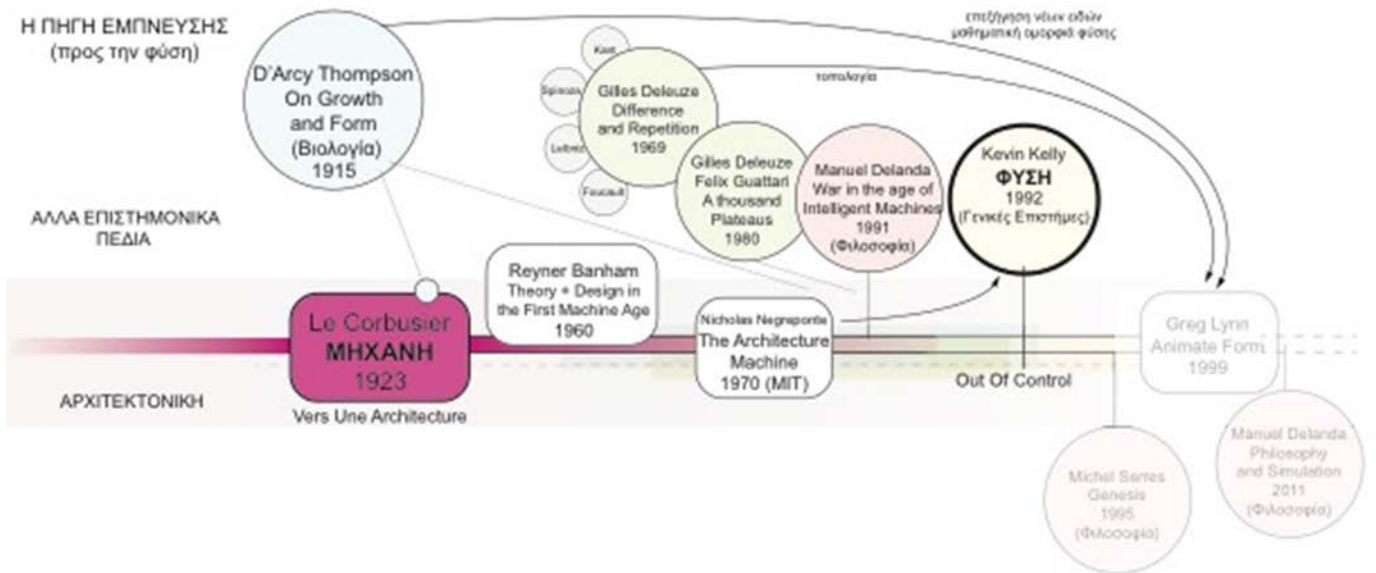
Ανέκαθεν η φύση παραχωρούσε την σάρκα της στον άνθρωπο. Πρώτα, πήραμε τα υλικά της φύσης, όπως τα τρόφιμα, ίνες και στέγη. Στη συνέχεια μάθαμε για την εξαγωγή πρώτων υλών από βίοςφαιρα της για να δημιουργήσουμε τα δικά μας νέα συνθετικά υλικά. Τώρα η βίοςφαιρα μας δίνει το μυαλό της - παίρνουμε τη λογική της. Η μηχανιστική λογική (clockwork logic) – η λογική των μηχανών-μπορεί να συνθέσει μόνο απλά κατασκευάσματα. Τα πραγματικά πολύπλοκα συστήματα, όπως ένα κύτταρο, ένα λιβάδι, μια οικονομία ή ένας εγκέφαλος (φυσικός ή τεχνητός) απαιτούν μια πλήρη και ακριβή (rigorous) μη τεχνολογική λογική. Μπορούμε πλέον να δούμε ότι δεν υπάρχει άλλη λογική, εκτός από βιολογική ικανεί να συνθέσει μια «συσκευή σκέψης», ή ακόμα και ένα λειτουργικό σύστημα οποιουδήποτε μεγέθους.⁸⁵

Τι έχει επακολουθήσει στην θεωρία της αρχιτεκτονικής σε σχέση με την τεχνολογία από τον Le Corbusier (1923), τον Bahnam (1960) μέχρι τον Kelly (1994); Πως συνδέθηκε τελικά η «λογική» της φύσης με την αρχιτεκτονική; Το διάγραμμα συσχετισμών που ακολουθεί μορφοποιεί την σύνδεση των παραπάνω με κάποιες από τις πολλαπλές θεωρητικές προσεγγίσεις και κάποια από τη βιβλιογραφία που εμφανίστηκε μετά τον Le Corbusier:

⁸⁴Ulmer, G: Heuristics: The Logic of Invention, John Hopkins University Press, 1994, 8.

⁸⁵ Kelly, K.: Hive mind, in: Out of control, The New Biology of Machines, Social Systems and the Economic World, Perseus Books, 1994, 2, μετάφραση από τον συγγραφέα.

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ



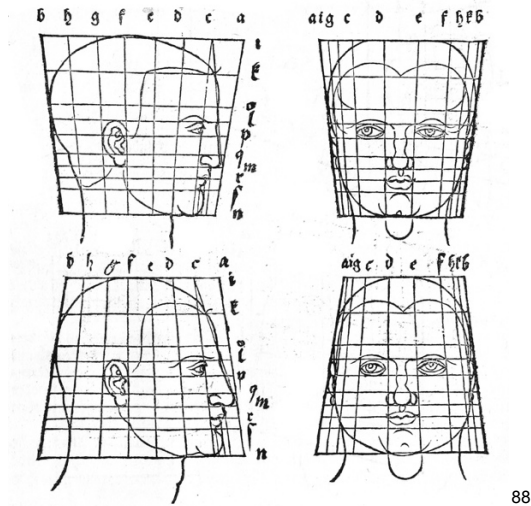
Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1- σύμφωνα με τον Delanda (2005), είναι σημαντικό να εξετάσουμε την «πληθυσμιακή σκέψη» που προέρχεται από την εξελικτική βιολογία για να κατανοήσουμε τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό. Η αφετηρία σε αυτή την διερεύνηση είναι η θεωρία του D'Arcy Thompson (1917) και το βιβλίο *On Growth and Form*, στο οποίο εξηγεί πως ο Δαρβινισμός δεν είναι ανεπαρκής για την εξήγηση εμφάνισης και εξέλιξης νέων βιολογικών ειδών. Ο Thompson (1917) αναπτύσσει διεξοδικά μέσα από την σύγκριση και ανάλυση πολλαπλών βιολογικών οργανισμών, την αντίθεσή του στην τάση των βιολόγων της εποχής, οι οποίοι υποστήριζαν πως η θεωρία εξέλιξης του Δαρβίνου (1859) είναι ο βασικός παράγοντας που ορίζει την μορφή και την δομή των ζωντανών οργανισμών. Μέσα από την μελέτη του απέδειξε πως οι νόμοι της φυσικής και της μηχανικής επηρεάζουν εξίσου την μορφογέννηση (morphogenesis), την διαδικασία με την οποία σχηματίζεται η μορφή των βιολογικών οργανισμών. Η μελέτη του έδωσε τελικά μια απάντηση στις θεωρήσεις βιολόγων και φιλοσόφων σχετικά με μια «μυστικιστική» βιταλιστική δύναμη που ορίζει τις δομές και μορφές των οργανισμών, με επίδραση σε παγκόσμιο επίπεδο σε όλες τις επιστήμες. Η μελέτη του βραβεύθηκε τελικά το 1942 από την Εθνική Ακαδημία Φυσικών Επιστημών της Αμερικής.⁸⁶ Είναι η πρώτη ίσως φορά στην σύγχρονη ιστορία όπου φυσικές επιστήμες όπως η βιολογία, τα μαθηματικά και η μηχανική συνδυάζονται μέσα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο το οποίο βασίζεται σε μια εμπειριστατωμένη επιστημονική ανάλυση και επεξήγηση.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει πως ο Thompson (1917) έχει μεταξύ άλλων επηρεαστεί από τον Durer (1528) και παρουσιάζει διαγράμματα μετασχηματισμών του σώματος ή μερών βιολογικών οργανισμών, μετασχηματίζοντας έναν ορθογωνικό κάναβο καρτεσιανών συντεταγμένων, μέσα από μια σειρά γεωμετρικών συσχετισμών, όπως ο Albrecht Durer μετασχημάτιζε ένα πρόσωπο στην σπουδή που προηγήθηκε του τελικού ζωγραφικού έργου.⁸⁷ (Για κάποιον εξοικειωμένο με ψηφιακά σχεδιαστικά προγράμματα, είναι ίσως συναρπαστικό να συνειδητοποιεί πως οι πιο απλές εντολές μετασχηματισμού μιας γεωμετρίας μέσω ενός πλέγματος (lattice deformer) πηγάζουν από μια βιολογική θεωρία του 1917 και την ζωγραφική του Durer (1528) στην όψιμη Αναγέννηση).

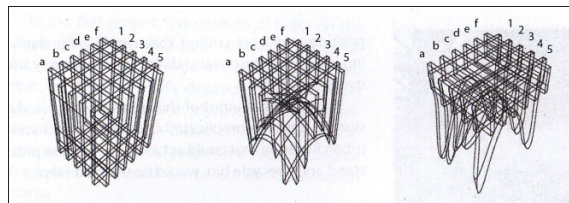
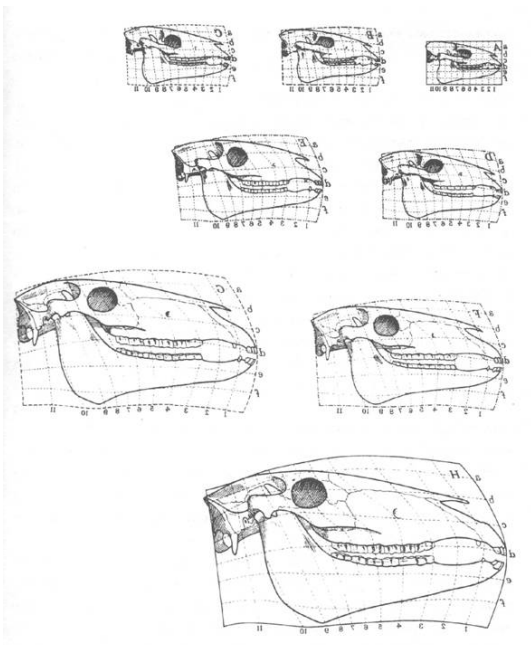
⁸⁶"Daniel Giraud Elliot Medal". National Academy of Sciences. Retrieved 16 February 2011.

⁸⁷Thompson, D., *On Growth and Form*, Cambridge University Press, 1917, σε πολλαπλές σελίδες

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ



88



⁸⁸ (Πάνω):Albrecht Durer:Σπουδή για πρόσωπο 1523, (Μέση): D'Arcy Thomson,διαφορετικά είδη και ο συσχετισμός τους με καρτεσιανό κάρναβο (από τον φαινότυπο στον γεννότυπο), 1912, (Κάτω): Μετασχηματισμοί κύβου με καρτεσιανό κάρναβο τριών διαστάσεων (From Blob to Waffle, Δημοσίευση του συγγραφέα στο συνέδριο eCAADe 27)

Ακόμα και ο Le Corbusier (1923) είχε επηρεαστεί από τον Thompson (1917), κάτι που φαίνεται μέσα από τις βιβαλιστικές αναφορές στον τρόπο έκφρασης του σχετικά με την αρχιτεκτονική και τον χώρο, όπως τα «δωμάτια – όργανα» μιας κατοικίας ή τον ρόλο του αρχιτέκτονα ως «δημιουργού οργανισμών» (creator of organisms).^{89 90}

Ένα ακόμη κομβικό σημείο στην εννοιολογική εξέλιξη της αρχιτεκτονικής, είναι ίσως όταν η έννοια της μηχανής επανήρθε στο προσκήνιο, με τον ελληνοαμερικανό Νικόλα Νεγρεπόντε (1970). Ως αναπληρωτής καθητής στο MIT χρησιμοποίησε στο άρθρο *Towards a Theory of Architecture Machines*⁹¹ και την επόμενη χρονιά στο βιβλίο του *The Architecture Machine*,⁹² την έννοια της «αρχιτεκτονικής μηχανής» για να αναπτύξει την θεωρία του σχετικά με την σχέση αρχιτέκτονα και ψηφιακών μέσων σχεδιασμού τα οποία ονομάζει «μηχανές αρχιτεκτονικής» (architecture machines):

Θα εξετάσω το φυσικό περιβάλλον ως ένα εξελισσόμενο οργανισμό, σε αντίθεση με ένα σχεδιασμένο τεχνούργημα. Ειδικότερα, θα εξετάσω πως η εξέλιξη υποβοηθείται από μια συγκεκριμένη κατηγορία μηχανών. Ο Warren McCulloch τα αποκαλεί ηθικά ρομπότ (ethical robots). Στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής θα τα αποκαλέσω μηχανές αρχιτεκτονικής.⁹³

Παρατηρούμε ίσως για πρώτη φορά την σημασιολογική εξέλιξη της αρχιτεκτονικής από το συγκεκριμένο / αντικείμενο (από την μηχανή του Le Corbusier), σε κάτι οργανικό, έναν εξελισσόμενο οργανισμό (evolving organism) που συνδέεται πλέον με την

⁸⁹ Le Corbusier, *Towards an Architecture*, 1923, 103

⁹⁰ Θα πρέπει να αναφέρουμε εδώ πως ακόμα και στις μέρες μας, το βιβλίο του Thomson συμπεριλαμβάνεται στην προτεινόμενη βιβλιογραφία αρχιτεκτονικών σχολών, ενώ βιβλία όπως το «Adaptive Ecologies: Correlated Systems of Living», Architectural Association Publications, 2013 του έλληνα καθηγητή Theo Spygroulos στην αρχιτεκτονική σχολή AA του Λονδίνου παρουσιάζουν την θεωρία και τρόπο σύνθεσης της αρχιτεκτονικής με ψηφιακά μέσα βασιζόμενη στις έννοιες εξέλιξης των βιολογικών οργανισμών του Thomson (μορφογέννηση ή morphogenesis) όπως η και η φυλλοταξία (phyllotaxis).

⁹¹ Negreponde, N., *Towards a Theory of Architecture Machines*, Journal "Association of Collegiate Schools of Architecture", 1968, MIT, 9-12

⁹² Negreponde, N., *"The Architecture Machine"*, Cambridge MIT Press, 1969, μετάφραση από τον συγγραφέα.

⁹³ Ο.Π., 7, μετάφραση από τον συγγραφέα.

τεχνολογία μέσω απο μηχανές αρχιτεκτονικής⁹⁴ (architecture machines ή ethical robots) σύμφωνα με τον McCulloch (1991).

Μετά την γενική εξέλιξη της αρχιτεκτονικής θεωρίας και πηγής έμπνευσης απο την μηχανή στην φύση στο τρέχον κεφάλαιο, θα αναφερθούμε εκτενέστερα στον νευροφυσιολόγο McCulloch (1991) και την κυβερνητική στην θεωρητική συζήτηση πριν την οικογένεια πειραμάτων 2, όπου θα εξεταστεί η περαιτέρω εξέλιξη του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού.

Η σύνδεση του Νεγρεπόντε (1969) με τον D'Arcy Thomson (1917), φαίνεται στον τρόπο εξέτασης της αρχιτεκτονικής μέσα απο την βιολογία, μια και μιλά πλέον για έναν εξελισσόμενο οργανισμό και τις πιθανές αλληλεπιδράσεις που οδηγούν στην παραπάνω εξέλιξη.⁹⁵

Στο σημείο αυτό θα εστιάσουμε στην φιλοσοφία της φύσης και της ζωής του Deleuze (1980,1987) και στον τρόπο με τον οποίο επηρέασε τόσο έντονα την σύγχρονη ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία. Αξίζει να σημειωθεί πως προσπάθησε να αναπτύξει καινούργιους τρόπους κατανόησης και θεώρησης του φυσικού κόσμου, καθώς και της σχέση μεταξύ φύσης και πολιτισμού / γνώσης.

Ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι πως ο Deleuze είχε θεωρηθεί «cult» ακόμα και στο Παρίσι το 1970, μια περίοδος κατά την οποία δεν τον ήξερε κανείς σύμφωνα με μια συνέντευξη του Sanford Kwinter⁹⁶. Ο Kwinter (2003) εξηγεί πως στην Αμερική στις αρχές τις δεκαετίας του '80 δεν ενδιαφερόταν κανείς για την φιλοσοφία του Deleuze (1980), σε μια εποχή που το postmodernism ήταν το κυρίαρχο «ρεύμα» υπό ανάπτυξη (από το '79-'80) για το οποίο ο Kwinter(2003) έχασε πλέον εντελώς το ενδιαφέρον του όταν διάβασε

⁹⁴ Mitchell W., McCulloch M., Digital Design Media, Van Nostrand Reinhold, 1991

⁹⁵ Ακόμα πιο άμεση είναι η σχέση του Νεγρεπόντε με τον Kevin Kelly ο οποίος χρηματοδότησε το περιοδικό Wired (και στο οποίο είχε μόνιμη στήλη για πέντε χρόνια) όπου ο Kelly ήταν αρχισυντάκτης.

⁹⁶ Brott, Simone & Kwinter, Sanford (2003) The Deleuze Spray, New York 1977 : an Interview with Sanford Kwinter, Professor of Architectural Theory and Criticism at the Harvard Graduate School of Design, on the Architectural Reception of Gilles Deleuze in America. Subjectivizations : Deleuze and Architecture (Masters Thesis).

τα βιβλία Rhizome του Deleuze (1976) και το A Thousand Plateaus (1980) και πρωτοσυνάντησε έτσι την έννοια του «ριζώματος» στο φιλοσοφικό έργο του Deleuze (1976).

Μια τυχαία συζήτηση του Kwinter (2003) με τον αρχιτέκτονα Christian Hubert που δίδασκε στο Yale σχετικά με το postmodernism, τον έκανε να συνδέσει τον Deleuze (1976) με την αρχιτεκτονική, ενώ το ενδιαφέρον του περιστρεφόταν γύρω από τη λογοτεχνία, τη γλωσσολογία και την τέχνη μέχρι εκείνη την στιγμή. Είναι ενδιαφέρον πως στον Kwinter (2003) οφείλεται η μαζική «διασπορά» της φιλοσοφίας του Deleuze (1976) στην αρχιτεκτονική, την οποία ξεκίνησε να διδάσκει στα τέλη της δεκαετίας του '70 στο πανεπιστήμιο Columbia⁹⁷, μετά την επιστροφή του από τις σπουδές του στο Παρίσι. Για τον Kwinter (2003), η έννοια του ριζώματος ήταν πλέον συνοπτική υπάρχουσα πρόταση με όραμα για την περιγραφή αυτού του «νέου χώρου»:

Τότε είναι που συνειδητοποίησα πως το «ρίζωμα» (Rhizome) είναι το πλέον σαφές και συνοπτικό όραμα σχετικά με το τι είναι σημαντικό σήμερα, επειδή αποτελεί την περιγραφή ενός νέου χώρου.⁹⁸

Παρ' όλα αυτά και σύμφωνα με τον Kwinter (2003), δεν ήταν το «ρίζωμα» που κέντρισε το ενδιαφέρον των αρχιτεκτόνων από την θεωρία του Deleuze (1987), αλλά η κοινωνική / ανθρωπολογική του φιλοσοφία σχετικά με τους «λείους και πτυχωτούς χώρους» (smooth and striated spaces) - η οποία τελικά θα μπορούσε να μεταφραστεί σε αρχιτεκτονικές αρχές:

Είναι σίγουρα οι «λείοι και πτυχωτοί» χώροι που κέρδισαν το ενδιαφέρον και δημοτικότητα στην αρχιτεκτονική. Όχι το ρίζωμα. Το ρίζωμα παραμένει ένα δυσνόητο κείμενο που απαιτεί φαντασία, ερμηνευτική φαντασία. Δεν είναι πολλοί

⁹⁷ Απο το οποίο τον απέλυσαν γιατί δεν ήθελαν να διδάσκει πλέον Deleuze.

⁹⁸ Brott, Simone & Kwinter, Sanford (2003) The Deleuze Spray, New York 1977 : an Interview with Sanford Kwinter, Professor of Architectural Theory and Criticism at the Harvard Graduate School of Design, on the Architectural Reception of Gilles Deleuze in America. Subjectivizations : Deleuze and Architecture (Masters Thesis) μετάφραση απο τον συγγραφέα.

αυτοί που μπορούν να το διδάξουν. Ο Massumi, ο οποίος δεν διδάσκει αρχιτέκτονες και ο Manuel Delanda ο οποίος τα τελευταία έξι χρόνια έχει υπάρξει ιδιαίτερα σημαντικός γιατί διδάσκει στο Columbia.⁹⁹

Για να κατανοήσει ίσως κανείς τη μετάβαση από τη μηχανή στη φύση (ή τον διάλογό τους) μέσα από το βιβλίο *A Thousand Plateaus*, αξίζει για μια ακόμη φορά να εστιάσουμε στην αφήγηση των Deleuze/Guattari (1980) για την περιγραφή του βιβλίου τους, όπως και στην περίπτωση του Le Corbusier (1923) και του Kevin Kelly (1994), (ακόμα και αν το κείμενό τους είναι αμιγώς φιλοσοφικό και συνεπώς πιο σύνθετο):

Όλα αυτά, γραμμές και μετρήσιμες ταχύτητες, αποτελούν μια συνάθροιση. Ένα βιβλίο είναι μια συνάθροιση αυτού του είδους, και ως εκ τούτου είναι μη αποδοτέο ... Η μια πλευρά της μηχανιστικής συνάθροισης (*machinic assemblage*) βλέπει την διαστρωμάτωση, που αναμφίβολα την καθιστά ένα είδος οργανισμού...έχει ακόμα μια πλευρά που βλέπει ένα σώμα χωρίς όργανα...Τι είναι το σώμα χωρίς τα όργανα ενός βιβλίου;...το ίδιο το βιβλίο είναι μια μικρή μηχανή.¹⁰⁰

Είναι ίσως λίγο πιο κατανοητό πλέον πως η φιλοσοφική προσέγγιση του Deleuze (1980) που στρέφεται προς τη φύση μέσα από βιβλία όπως το *A Thousand Plateaus*, ξεκίνησε να επηρεάζει την αρχιτεκτονική θεωρία και σκέψη στα τέλη της δεκαετίας του '80 και στις αρχές της δεκαετίας του '90, κυρίως λόγω του Kwinter (2007) ο οποίος «εισήγαγε» και δίδαξε την φιλοσοφία του σε σχολές της Αμερικής. Εξίσου μεγάλη επίδραση είχε η ενδελεχής και εκτενής μελέτη του βιολόγου D'Arcy Thompson (1917) σχετικά με την εξέλιξη των βιολογικών οργανισμών και την μορφή τους. Η μετάβαση από την μηχανή στην φύση αποτυπώνεται πλέον με ξεκάθαρο τρόπο στο βιβλίο του Kelly (1994), ο οποίος αποτυπώνει και αναλύει τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία έχει «μπολιάσει» κάθε τομέα της κοινωνίας μέσα από την μίμηση της «λογικής» της φύσης. Στην επόμενη

⁹⁹ Ο.Π., μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹⁰⁰ Deleuze, G., Guattari, F., *A Thousand Plateaus*, University of Minnesota Press, 1980, 4, μετάφραση από τον συγγραφέα.

ενότητα θα εξετάσουμε την γέννηση του ψηφιακού και εν συνεχεία γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού στις αρχές της δεκαετίας του '90 ως αποτέλεσμα των παραπάνω θεωρητικών ζυμώσεων, σε συνδυασμό με την τεχνολογική επανάσταση. Θα εξετάσουμε εκτενέστερα την έννοια της μορφογένεσηςβτου D'Arcy Thompson (1917) - μεταξύ άλλων- και την σχέση της με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό για την δημιουργία ενός σχεδιαστικού «πεδίου δυνατοτήτων».

ΑΠΟ ΤΟΝ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ (ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ) ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Ο υπολογιστικός (γενεσιουργός και παραμετρικός) σχεδιασμός του σήμερα είναι η εξέλιξη του ψηφιακού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού της δεκαετίας του '80 και των αρχών της δεκαετίας του '90. Θα συζητηθεί η εξέλιξη του ψηφιακού σχεδιασμού και της θεωρίας που τον περιβάλλει, σε μια προσπάθεια συσχέτισμού της διατριβής με το συγκεκριμένο πεδίο. Η τρέχουσα ενότητα της θεωρητικής προσέγγισης της οικογένειας πειραμάτων 1 εστιάζει ακόμα στις δύο διαφορετικές πραγματικότητες / προσεγγίσεις που σχετίζονται με τον ψηφιακό σχεδιασμό, (τις οποίες είναι συχνά δύσκολο να διακρίνει κανείς από μια και μόνο εικόνα ενός αρχιτεκτονικού έργου) και τις οποίες αναφέραμε ήδη στην συζήτηση μεταξύ Kwinter και Payne (2007).¹⁰¹

Αν θα έπρεπε να εξηγήσει κανείς τις δύο αυτές πραγματικότητες με μία φράση, η πρώτη πραγματικότητα θα ήταν η χρήση της τεχνολογίας και του γενεσιουργού / παραμετρικού σχεδιασμού μέσω μιας επιφανειακής προσέγγισης που σχετίζεται με τον μορφολογικό πειραματισμό (η ακόμα πιο απλουστευμένα με την παραγωγή αναπαραστάσεων).

Η δεύτερη πραγματικότητα (που συχνά αναφέρεται ως Computational Design Thinking ή υπολογιστική σχεδιαστική σκέψη), είναι η αντιμετώπιση του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού ως τρόπων αρχιτεκτονικής σκέψης και σύνθεσης, ως πεδίων δηλαδή συνθετικών δυνατοτήτων. Θα δώσουμε έναν πιο λεπτομερή ορισμό του παραπάνω όρου στην συνέχεια.

¹⁰¹ Kwinter, S., Payne, J.: A conversation between Sanford Kwinter and Jason Payne στο From Control to Design, Actar, Βαρκελώνη, 2007, 222-223, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Η διατριβή ευθυγραμμίζεται και εστιάζει στη δεύτερη προσέγγιση και μέσα από συσχετισμούς υφιστάμενων θεωρήσεων και υλοποιημένων παραδειγμάτων, θα προσπαθήσει να εξηγήσει την σημασία αυτής της προσέγγισης σε αυτή την ενότητα, ως ενός νέου τρόπου αρχιτεκτονικής σκέψης και έρευνας.

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΙΑ + ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΤΟΥ

G.LYNN

Ο πρώτος ίσως αρχιτέκτονας (και όχι θεωρητικός όπως ο Kwinter (1987) που θεωρείται πως εξέφρασε με αρχιτεκτονικό τρόπο τις ιδέες του Deleuze (1987,1988), μέσα από την αρχιτεκτονική του και την θεωρία του είναι ο Greg Lynn (1998, 1999), με βιβλία όπως το *The Folded, the Pliant and the Supple* και το *Animate Form*. Σε αντίθεση με αυτήν την πεποίθηση, ο Kwinter (2007) θεωρεί πως ο Lynn (1999) χρησιμοποιεί την θεωρία του Deleuze (1987) για να δικαιολογήσει τις μορφολογικές του αναζητήσεις, ενώ στην πραγματικότητα δεν έχει εντρυφήσει στη φιλοσοφία του Deleuze(1987) και περιορίζει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να αντιμετωπίσει / κατανοήσει κανείς τον Deleuze – ο Deleuze(1987) εστιάζει εξίσου στο κοινωνικό / ανθρωπολογικό κομμάτι :

Φυσικά και δεν χρειάζεται να αποδεχθεί κανείς λάθος μεταφράσεις ενός σημαντικού έργου, γιατί αυτό που κάνουν τελικά είναι να σε επικρίνουν και να σου πουν πως αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο διαβάζεις το βιβλίο. Κλείνουν την σφαίρα της ερμηνείας. Κάθε πρόταση (του Deleuze) στάζει μια συστηματική άποψη σχετικά με τον κόσμο και τις σχέσεις δυνάμεων και ύλης, κάτι που λείπει από αυτές τις μικρές αρχιτεκτονικές αναγνώσεις ή συγκεκριμένο φορμαλισμό (του Lynn). Θα αποδεχόταν ποτέ ο Deleuze αυτούς τους φορμαλισμούς; Ο Greg Lynn είναι ουσιαστικά ένας αρχιτέκτονας και χρησιμοποιεί στοιχεία που διαλέγει έτσι ώστε να βοηθήσει τις μορφές του με κάποια ιστορία, ωστόσο εμείς δεν μπορούμε...¹⁰²

¹⁰² Brott, S. & Kwinter, S. (2003) *The Deleuze Spray*, New York 1977 : an Interview with Sanford Kwinter, Professor of Architectural Theory and Criticism at the Harvard Graduate School of

(Ίσως είναι πιο ευδιάκριτο πλέον πως τα όρια μεταξύ των μορφολογικών αναζητήσεων και της υπολογιστικής σχεδιαστικής σκέψης μπορεί να είναι υπο αμφισβήτηση ακόμα και για τους πλέον καταξιωμένους αρχιτέκτονες στο συγκεκριμένο πεδίο)¹⁰³.

Ο Greg Lynn (1998)¹⁰⁴ είναι απο τους βασικούς εκφραστές ενός συνόλου αρχιτεκτόνων και θεωρητικών όπως ο William Mitchell (1990)¹⁰⁵ και ο George Stiny (1971)¹⁰⁶ μεταξύ άλλων, οι οποίοι έθεσαν τις βάσεις για την νέα αρχιτεκτονική θεωρία και πρακτική που σχετίζεται με τα ψηφιακά μέσα στην δεκαετία του '90, ως μέσων ψηφιακής αρχιτεκτονικής σκέψης, η αλλιώς Computational Design Thinking.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε την επεξήγηση του όρου Computational Design Thinking, την οποία έδωσε ο Κώστας Τερζίδης (2006) στο βιβλίο του με τίτλο Algorithmic Architecture και πολύ συχνά θα συναντήσει κανείς ως αναφορά σε άλλα εξίσου σημαντικά βιβλία, όπως το τεύχος του AD με θέμα Computational Design Thinking¹⁰⁷ :

Ο κυρίαρχος λόγος της χρήσης των υπολογιστών στην αρχιτεκτονική σήμερα είναι αυτός της μηχανοργάνωσης (computerization). Οντότητες και διαδικασίες οι οποίες είναι ήδη επινοημένες στο μυαλό του σχεδιαστή εισάγονται, χειρίζονται ή αποθηκεύονται σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Αντίθετα, η υπολογιστική διαδικασία (computation or computing), ως ένα σχεδιαστικό εργαλείο είναι γενικά

Design, on the Architectural Reception of Gilles Deleuze in America. Subjectivizations : Deleuze and Architecture (Masters Thesis), μετάφραση απο τον συγγραφέα.

¹⁰³ Πέρα από την κριτική, Lynn και Kwinter συνδιαλέγονται για μια σειρά ετών: Ο Kwinter είναι καλεσμένος στις τελικές κρίσεις των σπουδαστικών εργασιών για μια σειρά ετών στο μάθημα του Lynn στην σχολή IoA Institute of Architecture στην Βιέννη.

¹⁰⁴ Ο Lynn ήταν καθηγητής μου κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου στην αρχιτεκτονική σχολή του UCLA.

¹⁰⁵ Ο Mitchell ήταν καθηγητής για είκοσι χρόνια στο MIT με μια σειρά απο βιβλία όπως το Computer-Aided Architectural Design το 1970 και το The Logic of Architecture: Design, Computation and Cognition το 1990.

¹⁰⁶ Ο Stiny, θεωρητικός του υπολογιστικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού είναι γνωστός για την συνεισφορά στο πεδίο μέσω της θεωρίας απο το 1971 που ονομάστηκε τα Shape Grammars. Στον υπολογιστικό σχεδιασμό τα Shape Grammars είναι διαδικασίες από κανόνες μετασχηματισμού και μια «γενεσιουργή» μηχανή που επιλέγει και επεξεργάζεται τους κανόνες. Είναι καθηγητής στο MIT από το 1996 ενώ έχει διδάξει για 15 χρόνια στο UCLA.

¹⁰⁷ Menges, M., Ahliquist, S.: AD Computational design thinking, Wiley and Sons, 2011

περιορισμένη. Το πρόβλημα με αυτό το γεγονός είναι πως οι σχεδιαστές δεν χρησιμοποιούν την υπολογιστική ισχύ του υπολογιστή.¹⁰⁸

Ο Τερζίδης (2006) μιλάει για την διαφορά μεταξύ της χρήσης των υπολογιστών ως αναπαραστικού μέσου (με το οποίο μπορεί να σχεδιάσει κανείς ένα συγκεκριμένο αρχιτεκτονικό έργο που ήδη έχει συλληφθεί στο μυαλό του αρχιτέκτονα) και χρησιμοποιεί τον όρο *computerisation*, δηλαδή την πρώτη προσέγγιση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό που ανέφερθηκε παραπάνω, και της δεύτερης προσέγγισης όπου τα υπολογιστικά σχεδιαστικά μέσα χρησιμοποιούνται ως μέρος της αρχιτεκτονικής σκέψης / σύνθεσης ενός έργου (*computation*). Θα μπορούσε να πει κάποιος πως όπως ένα εργαλείο όπως το μολύβι ορίζει τον τρόπο που σχεδιάζουμε, έτσι και οι υπολογιστές αλλάζουν τον τρόπο που σχεδιάζουμε στην πρώτη προσέγγιση της αναπαράστασης αλλά ακόμη περισσότερο τον τρόπο που σκεφτόμαστε στην δεύτερη προσέγγιση της υπολογιστικής σύνθεσης.

Αξίζει να δούμε την συνοπτική επεξήγηση του Kwinter (2003) σχετικά με τον Deleuze (1987) και την αρχιτεκτονική και να την αντιπαραβάλλουμε με την θεωρία του Lynn(1998,1999) σχετικά με τα *blobs* και τα *folds* (πτυχώσεις) στην σύγχρονη αρχιτεκτονική θεωρία, (ειδικά ο όρος *folded space* προέρχεται από την φιλοσοφία του Deleuze(1987) που ο Lynn(1998) εισήγαγε και στην αρχιτεκτονική), σε μια προσπάθεια να κατανοήσουμε περαιτέρω τη σύγχρονη αρχιτεκτονική θεωρία σχετικά με την υπολογιστική αρχιτεκτονική σκέψη:

Ο Deleuze προσπαθεί να περιγράψει τις αναδυόμενες (*emerging*) πραγματικότητες, να μορφοποιήσει ένα διάγραμμα για το τι πρόκειται να εμφανιστεί μέσα από την εξέταση της φύσης και της ιστορίας. Για τον Deleuze το απρόοπτο είναι μια πραγματοποίηση του ήδη υφιστάμενου δυναμικού (*virtual*). Ένα βασικό ερώτημα για τον Deleuze είναι οι συνθήκες μέσα από τις οποίες το καινούργιο εμφανίζεται ή αναφαίνεται. Ο Deleuze πιστεύει πως η πολιτική είναι να

¹⁰⁸Terzidis, K., *Algorithmic Architecture*, Routledge,2006, 11, μετάφραση από τον συγγραφέα.

κρατάς τον εαυτό σου σε εγρήγορση σχετικά με το τι αναδύεται, σχετικά με οτιδήποτε νέο, γιατί το νέο είναι μια δυνατότητα μετασχηματισμού. Είναι ένα άνοιγμα σε οπτική του κόσμου που είναι τόσο σημαντική στην φιλοσοφία του Deleuze, που όταν μιλάει κανείς για ένα κτήριο είναι συχνά το πνεύμα του Deleuze που πρέπει να κατανοήσει κανείς.¹⁰⁹

Ο Lynn (1998) ουσιαστικά μέσα από την συλλογή δοκιμίων στο βιβλίο του *Folds, Blobs and Bodies*, συνδυάζει για πρώτη φορά μέσα από ένα αρχιτεκτονικό πρίσμα διαφορετικές θεωρήσεις, όπως του Deleuze (1987) σχετικά με τους «λείους (στρωτούς) ή γραμμωτούς χώρους» (smooth or striated spaces) και σε συνέχεια εισάγει έννοιες όπως το άμορφο (blob) το οποίο μπορεί να ενσωματώνει ετερογενή στοιχεία σε μία ομοιογενή μορφή (σε αντίθεση με την αποδόμηση (deconstructivism) όπου τα ετερογενή στοιχεία εμφανίζονται ως ξεχωριστά, εμφανή, «συγκρουόμενα» μέλη. Ο Greg Lynn (1998) αναφέρεται σε πολλαπλά σημεία στον D'Arcy Thompson (1917) και τους μετασχηματισμούς του καρτεσιανού κανάβου στο κεφάλαιο με τίτλο *The Folded, the Pliant and the Supple*¹¹⁰. (Τα δοκίμια αυτά είχαν εκδοθεί σε διάφορα journals θεωρίας της αρχιτεκτονικής όπως το *Assemblage* του MIT μεταξύ 1992-5).

Η κριτική του Kwinter (2007) σχετικά με τον Lynn (1998) μπορεί να είναι σωστή, ωστόσο η προσέγγιση του Lynn (1998) είναι η πρώτη ανάγνωση / σύνδεση εννοιών που ήταν ακόμη νέες για την αρχιτεκτονική διάνοηση. (Ο ίδιος ο Kwinter (2007) παραδέχεται πως θα χρειαζόταν τρία χρόνια την δεκαετία του '80 για να κατανοήσει κανείς το *A Thousand Plateaus*, δύο χρόνια στην δεκαετία του '90 και έναν χρόνο στις μέρες μας, πράγμα που καταδεικνύει πως ακόμα η (αρχιτεκτονική) διάνοηση «μαθαίνει» να κατανοεί αυτές τις έννοιες, ακόμα και αν έχει εξοικειωθεί σε ένα βαθμό με αυτές).

¹⁰⁹ Brott, S. & Kwinter, S. (2003) *The Deleuze Spray*, New York 1977 : an Interview with Sanford Kwinter, Professor of Architectural Theory and Criticism at the Harvard Graduate School of Design, on the Architectural Reception of Gilles Deleuze in America. *Subjectivizations : Deleuze and Architecture* (Masters Thesis), μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹¹⁰ Lynn, G., *Fold, Blobs and Bodies*, *La Lettre Vollee*, 1998, 111,120, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Ο Ole Bouman (1998) στην εισαγωγή του βιβλίου του Greg Lynn (1998), συζητά πως ο Lynn προσπαθεί να εξηγήσει τις πιθανές «δυνάμεις» που δημιουργούν μια νέα αρχιτεκτονική προσέγγιση πέρα από το παράδειγμα της μηχανής, ενώ δανείζεται παραδείγματα από την βιολογία και την πληροφορική μεταξύ άλλων:

Δεδομένου ότι ο στόχος είναι να καταλήξουμε σε μια δυναμική αρχιτεκτονική, ποιές ακριβώς είναι οι δυνάμεις που ορίζουν αυτό το δυναμισμό; Πρόκειται μόνο για ποσοτικές δυνάμεις, ή και για κάποιες άλλες; - Όταν ο Lynn δίνει παραδείγματα νέων γνώσεων στον τομέα της βιολογίας, της πληροφορικής, της θεωρίας του χάους κτλ, καταλήγει να απομακρύνει την αρχιτεκτονική έξω από το μηχανιστικό παράδειγμα, γεγονός που τελικά του δίνει την δυνατότητα να εκφέρει αυτό τον λόγο.¹¹¹

Στο *Folds, Blobs and Bodies*, ο Lynn (1998) αναφέρεται σε πολλαπλά σημεία στον Deleuze (1987) και στον Thompson (1917) για να δομήσει την δική του θεωρία (η οποία εμπνέεται / αναφέρεται και στη χρήση λογισμικών που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία του θεάματος για την δημιουργία ψηφιακών ταινιών (animation)). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός, πως χαρακτηριστικά του ίδιου του «εργαλείου» που χρησιμοποιεί (τα ψηφιακά προγράμματα animation) γίνονται χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής του σύνθεσης. Ο Robert Somol¹¹², σε μια από τις διαλέξεις του στο UCLA το 2004, εξηγούσε πως ιστορικά η αρχιτεκτονική αναφέρεται / επηρεάζεται συχνά από την τέχνη (αν υποθέσουμε πως τα animations είναι μια μορφή τέχνης της εποχής μας). Όπως προαναφέρθηκε, ο Lynn (1998) εισάγει έτσι για πρώτη φορά όρους και έννοιες οι οποίοι ήταν άγνωστες στην αρχιτεκτονική θεωρία και σύνθεση, όπως η τοπολογία (απο τα μαθηματικά, αντί της τυπολογίας), το άμορφο (blob) και η πτύχωση (fold) ως μια διαφορετική απάντηση στη θεωρία της αποδόμησης σχετικά με την δυνατότητα σύνδεσης / σύνθεσης ετερογενών στοιχείων σε ένα ομοιογενές, άμορφο σώμα (blob).

¹¹¹Ο.Π., 13, μετάφραση από τον συγγραφέα.

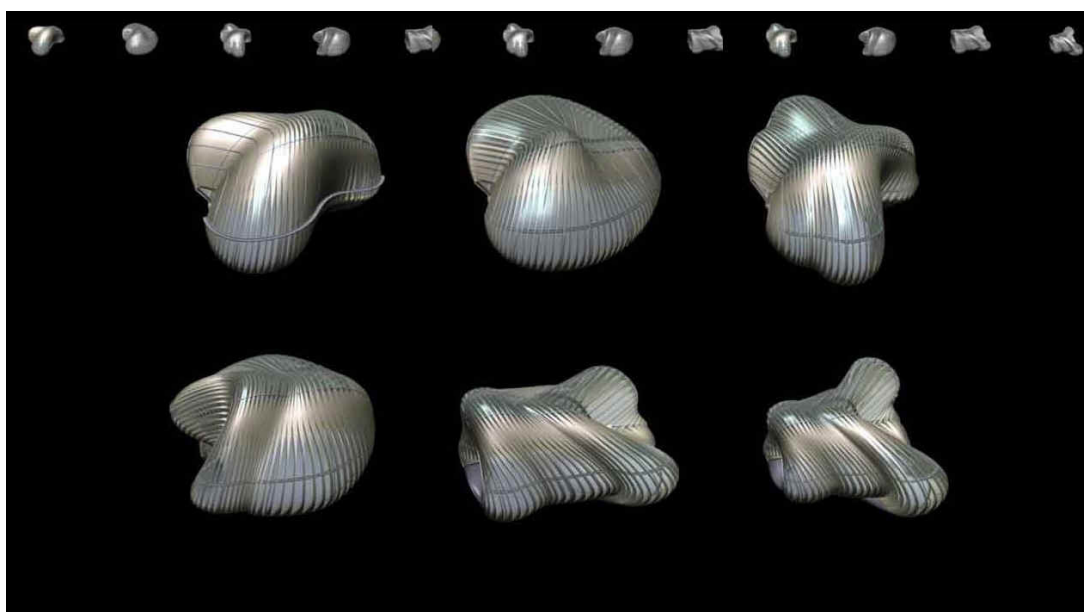
¹¹²Ένας από τους πλέον γνωστούς θεωρητικούς των δεκαετιών του '90-'00, (ο οποίος ήταν καθηγητής μου κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου στην αρχιτεκτονική σχολή του UCLA το 2004-5) και πλέον διευθυντής της αρχιτεκτονικής σχολής UIC στο Σικάγο.

Μπορεί κάποιες από τις παραπάνω έννοιες να ήταν όντως μια προσπάθεια εξήγησης των μορφολογικών αναζητήσεων που προσάπτει ο Kwinter (2007) στον Lynn (1998), όμως έννοιες όπως οι μετασχηματισμοί ενός μορφώματος (και το διάγραμμα που απεικονίζει τους μετασχηματισμούς αυτούς, όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα) παραμένουν ακόμα η βάση της ψηφιακής σχεδιαστικής σκέψης. Ακόμα, εισάγει την βασική έννοια του χρόνου και μιλάει για στιγμιότυπα / ορατά αποτελέσματα (manifestations) ενός άμορφου σώματος (blob) που αλλάζει / μετασχηματίζεται με τον χρόνο, ίσως το πιο αναγνωρίσιμο χαρακτηριστικό μιας ψηφιακής ταινίας κινουμένων εικόνων (animation) μια και ο ίδιος χρησιμοποιεί τα ψηφιακά λογισμικά παραγωγής animation όπως το Maya:

Έτσι ένα πιο δυναμικό και ρευστό σύστημα μέτρησης μπορεί να εφαρμοστεί για να περιγράψει συνεχώς μεταβαλλόμενα χωρικά σώματα μέσα από τις εκδηλώσεις τους σε μοναδικές στιγμές.¹¹³

Σχεδόν είκοσι χρόνια μετά, όπου οι ψηφιακές προσομοιώσεις (simulations) είναι κομμάτι της αρχιτεκτονικής παραγωγής και τα παραμετρικά σχεδιαστικά προγράμματα δημιουργούν ψηφιακά μεταβαλλόμενα αρχιτεκτονήματα, μπορεί ίσως να καταλάβει κανείς τον τρόπο με τον οποίο επηρέασε η θεωρία, διδασκαλία και αρχιτεκτονική του Lynn (1998) τον ψηφιακό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Θα ασχοληθούμε με την έννοια του άμορφου σώματος και την εξέλιξή του σήμερα στην οικογένεια πειραμάτων 1 της διατριβής με τίτλο «Μετασχηματισμοί». Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός, πως οι προσομοιώσεις είναι πλέον αντικείμενο ανάλυσης της φιλοσοφίας (και κατ' επέκταση της αρχιτεκτονικής θεωρίας) με βιβλία όπως το *Philosophy and Simulation* του Manuel Delanda (2011), ο οποίος με βάση τον Deleuze (1987) συνεχίζει να συζητά τον τρόπο με τον οποίο τα (φυσικά ή ανθρωπογενή) συστήματα παρουσιάζουν αναφαινόμενες ή αναδυόμενες (emergent) ιδιότητες και στο οποίο θα αναφερθούμε στις επόμενες ενότητες.

¹¹³ Ο.Π.,38, μετάφραση από τον συγγραφέα.



114

¹¹⁴ Greg Lynn: Μελέτη ψηφιακών μετασχηματισμών για το έργο "Embryological House" 1997-2002

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΠΕΔΙΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

Ίσως η πλέον ενδιαφέρουσα πρόταση που πρότεινε ο Lynn (1998,1999) - και η οποία είναι ακόμα επίκαιρη- είναι πως για να κατανοήσουμε / περιγράψουμε μια ψηφιακά συλληφθείσα αρχιτεκτονική, χρειαζόμαστε ένα μέσο που δεν εστιάζει στη μορφή: ένα αρχιτεκτονικό διάγραμμα συσχετισμών μεταξύ αρχιτεκτονικών μερών ή συνθηκών ¹¹⁵, μια ακόμα έννοια που δανείστηκε από τον Deleuze (1987). Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, ο Delanda (2004,2005,2006) υποστηρίζει με βάση την φιλοσοφία του Deleuze(1987) πως η «τοπολογική σκέψη» είναι εξίσου σημαντική για την κατανόηση του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού. Ο Delanda (2004) χρησιμοποιεί τον όρο «τοπολογική σκέψη» για να περιγράψει όλες τις δυνατότητες που μπορεί να παρουσιάζει ένα σύστημα.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ ο μαθηματικός ορισμός της τοπολογίας (Kolarevic (2013):

Η τοπολογία είναι η μελέτη των εγγενών, εσωτερικών ιδιοτήτων γεωμετρικών μορφών οι οποίες δεν επηρεάζονται από αλλαγές στο σχήμα ή το μέγεθος (της γεωμετρίας), που μένουν δηλαδή αμετάβλητες μέσα από συνεχόμενους μεταχηματισμούς, ή ελαστικές παραμορφώσεις όπως η κάμψη ή η περιστροφή. [...] Αυτό που κάνει την τοπολογία ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα στην αρχιτεκτονική είναι η υπεροχή των εσωτερικών και εξωτερικών σχέσεων και αλληλεπιδράσεων αντί της μορφής. ¹¹⁶

Την παραπάνω προσέγγιση σχετικά με το διάγραμμα εξηγεί ο Lynn (1998) στο βιβλίο *Blobs, Folds and Bodies*, όπου ο σχεδιασμός διαγραμμάτων είναι στην πραγματικότητα μια τεχνική ανάπτυξης μιας ιδέας, η οποία προηγείται οποιασδήποτε τεχνολογικής

¹¹⁵ «Το διάγραμμα έχει μόνο «γνωρίσματα» περιεχομένου και έκφρασης, μεταξύ των οποίων δημιουργεί μια σύνδεση... Το διάγραμμα εμπεριέχει το πλέον μη τοπικοποιημένο περιεχόμενο και έκφραση προκειμένου να δημιουργήσει μια σύζευξη ανάμεσά τους. Η διαγραμματική ή αφηρημένη μηχανή (abstract machine) δεν λειτουργεί ως αναπαράσταση, έστω και κάτι πραγματικό, αλλά μάλλον κατασκευάζει κάτι «πραγματικό» που είναι ακόμα αναμένεται να έρθει, ένα νέο τύπο πραγματικότητας». Deleuze, G., Guattari, F., *A thousand plateaus*, 1987, 141-142, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹¹⁶ Kolarevic, B, *Parametric Evolution στο Inside Smartgeometry*, AD (Architectural design), March/April 2013, Wiley, 56, μετάφραση από τον συγγραφέα.

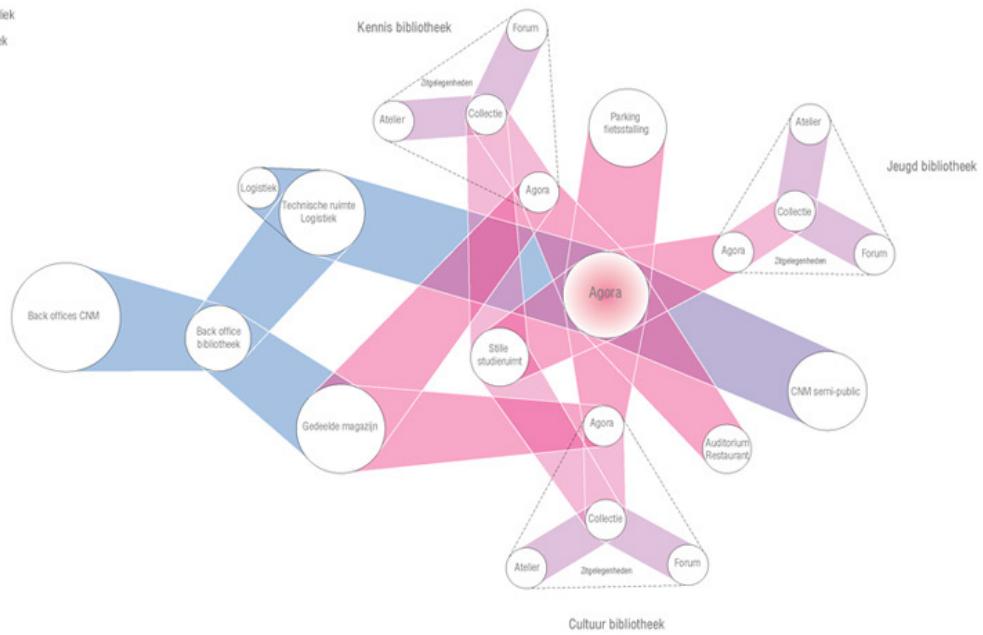
εφαρμογής ή ψηφιακού σχεδιαστικού εργαλείου. Εξηγεί ακόμα πως ο Ben Van Berkel (1990) και το γραφείο του UNstudio, ήδη απο το 1990 μέχρι σήμερα, συλλαμβάνει την συνθετική ιδέα μέσω διαγραμμάτων τα οποία αποτελούν δυνητικούς / πιθανούς τρόπους οργάνωσης των προγραμματικών ενοτήτων ενός έργου, πριν ακόμα αυτό γίνει ένα τελικό / σταθερό / συμπαγές «συνάθροισμα» (concrete assemblage). Για τον αρχιτέκτονα, αυτές οι διαγραμματικές τεχνικές λειτουργούν κυρίως ως συνθετικά παρά ως μορφολογικά εργαλεία, χωρίς να έχουν υλικότητα, επιστημονική υπόσταση ή ακρίβεια. Για τον Lynn (1998), η πρωτοπορία σε αυτήν τη συνθετική προσέγγιση οφείλεται στο γεγονός, πως ενώ συχνά οι αρχιτέκτονες εστιάζουν στο κενό μεταξύ ιδέας και μορφής και στους πιθανούς τρόπους συσχετισμού τους, ο Van Berkel (2006) επιλύει το ζήτημα με ένα εφευρετικό συνθετικό και τεχνικό τρόπο. Η σχέση μεταξύ διαγραμμάτων και τελικού έργου είναι πλέον μη γραμμική και μη ντετερμινιστική.¹¹⁷ Είναι ίσως πλέον πιο κατανοητή η σημασία του διαγράμματος για τον σχεδιασμό ενός πεδίου δυνατοτήτων. (Όπως θα δούμε στην συνέχεια, το διάγραμμα μπορεί να είναι ένα γράφημα ή μια μακέτα ή ακόμα ένα σκίτσο αρκεί να εμπεριέχει συγκεκριμένες πληροφορίες). Ο Lynn (1998) δανείζεται για μια ακόμα φορά έννοιες από τον Deleuze (1987) και τον Foucault (1966), για να περιγράψει τα στοιχεία που ορίζουν την ψηφιακή αρχιτεκτονική σκέψη, και το διάγραμμα:

Το διάγραμμα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από οποιαδήποτε συγκεκριμένη χρήση. Δεν είναι ένα οπτικό ή ακουστικό αρχείο, αλλά ένας χάρτης, μια «χαρτογράφηση» που έχει την ίδια έκταση με το σύνολο της κοινωνίας. Μια «αφηρημένη μηχανή».¹¹⁸

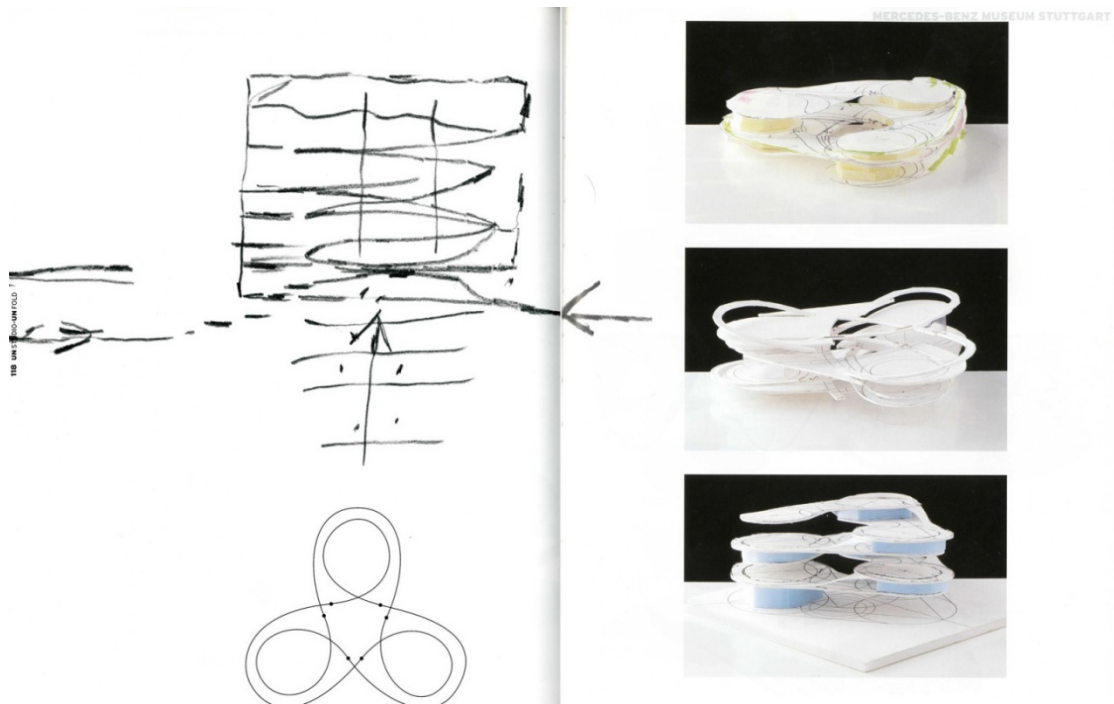
Για κάποιον που είναι εξοικειωμένος με τα οπτικά παραμετρικά προγράμματα (visual parametric software) όπως το Grasshopper, είναι ίσως εύκολο να κατανοήσει πως το σχεδιαστικό περιβάλλον τους (interface) είναι ένας από τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους εξελίχθηκε το διάγραμμα, μια και πλέον ο αρχιτέκτονας καλείται να συνθέσει συσχετισμούς μεταξύ συνθηκών και αρχιτεκτονικών μερών, τα οποία συνδέονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

¹¹⁷ Lynn, G., *Fold, Blobs and Bodies, La Lettre Vollee*, 1998, 224, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹¹⁸ Deleuze, G., *Foucault*, trans. Sean Hand, Minneapolis, 1988, 34, μετάφραση απο τον συγγραφέα.



119



¹¹⁹(Πάνω): Διάγραμμα οργάνωσης προγραμματικών λειτουργιών και σχέσεων δημόσιου-ιδιωτικού χώρου από τους αρχιτέκτονες UNstudio. Η διαβάθμιση από το δημόσιο στο ιδιωτικό ορίζεται με την διαβάθμιση από το κόκκινο στο μπλε χρώμα. (Κάτω): Μακέτα, σκίτσο και γράφημα οργάνωσης της κυκλοφορίας και των βασικών χώρων του μουσείου Mercedes-Benz από τους αρχιτέκτονες UNstudio (2001-2006).

Τι είναι τελικά ένα διάγραμμα στην αρχιτεκτονική; Ο Ben Van Berkel (2008) παρέχει την πιο απλή ίσως εξήγηση:

Το διάγραμμα είναι ένα οπτικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται ως φορέας συμπιεσμένης πληροφορίας. Στην αρχιτεκτονική, η ουσία της διαγραμματικής προσέγγισης είναι πως εισάγει σε ένα έργο ποιότητες οι οποίες δεν ήταν ορατές, μακριά από ιδεολογίες και ιδανικά, οι οποίες μπορεί να είναι υποκειμενικές, ποιότητες οι οποίες μπορεί να είναι υλικές, δομικές, χωρικές ή τεχνικές.¹²⁰

Ο Van Berkel (2008) εξηγεί την χρήση του διαγράμματος ως τρόπου οργάνωσης αρχιτεκτονικών μερών, λειτουργιών και συνθηκών πριν ακόμα εμφανιστούν τα παραμετρικά σχεδιαστικά εργαλεία, ως ένα αφηρημένο αλλά σταθερό «καλούπι» κατά την συνθετική διαδικασία ως μέσο ανακάλυψης συνθετικών δυνατοτήτων. Το διάγραμμα εκφράζει έναν τρόπο οργάνωσης και όχι μια εννοιολογική μεταφορά ή εικονογραφία. Αν και συχνά δεν είναι μια ιδέα που μπορεί άμεσα να μεταφραστεί σε κτήριο, αποτελεί μια ισχυρή συνθετική χειρονομία με πολλαπλές δυνατότητες, ακριβώς λόγω της αφηρημένης έκφρασής της και της κυκλικής / επαναλαμβανόμενης συνθετικής διαδικασίας στην οποία ανήκει.¹²¹

Αξίζει να εστιάσει κανείς στο γεγονός πως το ενδιαφέρον αρχιτεκτόνων όπως ο Greg Lynn (1998), ο Sanfrond Kwinter (2007), ο Robert Somol(1999), ο Peter Eisenman (1999) και ο Van Berkel(2008) μετακινείται προς το διάγραμμα ως ενός εύπλαστου μέσου που εμπεριέχει πληροφορία αντί μορφή. Αυτή η αντιμετώπιση συνδέεται άμεσα με τις βάσεις της ψηφιακής αρχιτεκτονικής σκέψης. Ο Van Berkel (2006) εξηγεί δε σχετικά με το διάγραμμα :

‘Ένα διάγραμμα πρέπει να εμπεριέχει / ενσωματώνει τις βασικές αρχές και

¹²⁰Berkel, B., & Bos, C., Move, Architectura & Natura publishers, 2008, 323, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹²¹Berkel, B., & Bos, C., UN Studio: Design models, architecture, urbanism, infrastructure. London: Thames & Hudson.,2006, 15, μετάφραση από τον συγγραφέα.

ζητήματα (να είναι δηλαδή φορέας πληροφορίας και όχι μορφής) που θέτει ο αρχιτέκτονας, αλλιώς δεν υπάρχει τρόπος εκτίμησης / αποτίμησης των διαφορετικών παραλλαγών που θα παράξει κανείς σε μια συνθετική διαδικασία.¹²²

Ο Eisenman (1999) προσπάθησε να συνεισφέρει σε αυτό το πεδίο που έθεσε τις βάσεις του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού μέσα από το βιβλίο *Diagram Diaries* (αλλα χωρίς συνέχεια πέρα από αυτή την έκδοση), σύμφωνα με τον Kwinter (2007). Στο κεφάλαιο *Diagram, an original scene of writing*, ο Eisenman (1999) εξηγεί τη σχέση μεταξύ διαγράμματος και αρχιτεκτονικής, με βάση την θεωρία του Deleuze (1987) ως ένα εργαλείο το οποίο αναπαριστά, αλλά δεν αντιμετωπίζεται ως αντικείμενο αυτό καθαυτό. Συζητά ακόμα:

Για τον Deleuze το διάγραμμα διαφέρει από την ιδέα πως η δομή είναι κατι ιεραρχικό, στατικό και με σημείο καταγωγής. Ο Deleuze ισχυρίζεται πως το διάγραμμα είναι εύκαμπτο σύνολο από σχέσεις μεταξύ δυνάμεων. Δημιουργεί ασταθή υλικά συστήματα τα οποία βρίσκονται συνεχώς σε ανισορροπία.¹²³

Ο Robert Somol (1999), εξηγεί πως τα πολλαπλά διαγράμματα μετασχηματισμών ενός έργου του Eisenman (1999), αποτελούν τον προπομπό για τα ψηφιακά και εργαλεία animation (που πρωταρχικά χρησιμοποιήθηκαν στον κινηματογράφο και στην συνέχεια στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό).¹²⁴ Και συνεχίζει να εξηγεί τη σημασία του διαγράμματος λέγοντας πως:

Απο κάποιες σύγχρονες επιφανειακές προεκτάσεις, μέχρι την κληρονομιά του Eisenman και του Koolhaas, είναι σημαντικό να αποφεύγουμε να περιορίζουμε μια διαγραμματική αρχιτεκτονική προσέγγιση σε μια βιο-μαθηματική ή

¹²² Ο.Π., 17.

¹²³Eisenman, P., *Diagrams Diaries*, Thames & Hudson, 1999, 29, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹²⁴Somol, R. *Dummy text or the Diagrammatic basis of contemporary architecture* στο *Diagrams Diaries*, Thames & Hudson, 1999, 15, μετάφραση από τον συγγραφέα.

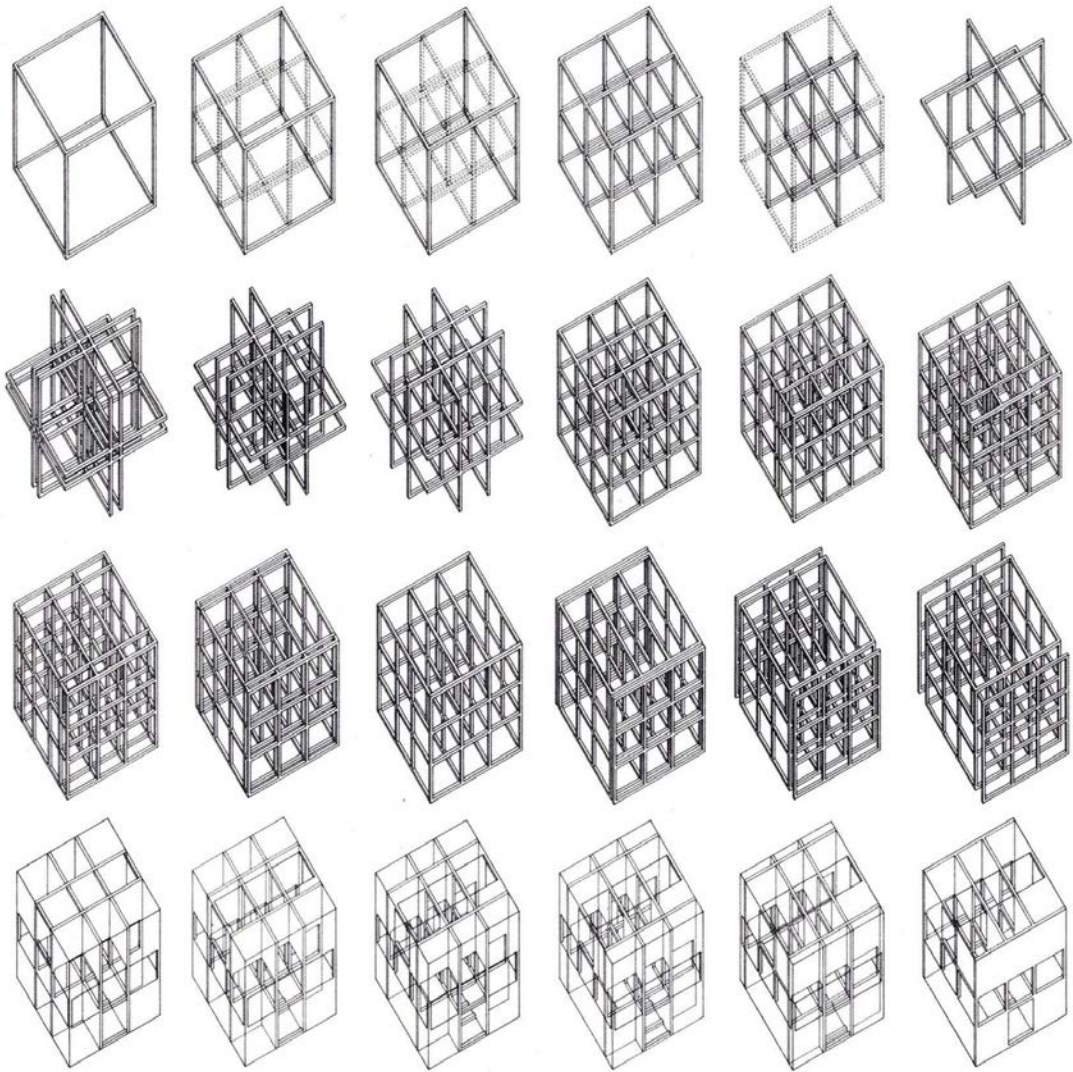
κοινωνικοοικονομική ανάγκη και να κατανοήσουμε την αρχιτεκτονική ως ένα
συλλογιστικό-υλικό πεδίο κοινωνικής-πολιτικής πλαστικότητας»^{125 126}

Είναι ίσως εύκολο πλέον να παρατηρήσει κανείς τη σημασία του διαγράμματος στη
βάση της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας, ως ενός εύπλαστου μέσου που εμπεριέχει
συμπιεσμένη πληροφορία σχετικά με τις σχέσεις και τις συνθήκες ή σχεδιαστικές αρχές
που θέτει ο αρχιτέκτονας.

Το διάγραμμα είναι το προοίμιο μιας γενεσιουργής και παραμετρικής σχεδιαστικής
προσέγγισης όπου οι σχέσεις και οι παράμετροι μεταξύ των μερών ενός συνόλου είναι
εμφανείς καθ'όλην τη διάρκεια της συνθετικής διαδικασίας, ενώ προσφέρουν στον
αρχιτέκτονα την δυνατότητα να επεμβαίνει / αλλάζει την κάθε μια από αυτές. Το
διάγραμμα είναι πάντα αφηρημένο και μπορεί να εστιάζει σε διαφορετικές παραμέτρους:
από τη λειτουργική οργάνωση / συσχέτιση των προγραμματικών ενότητων ενός
αρχιτεκτονήματος, στη σχέση δημόσιου-ιδιωτικού χώρου, στην κυκλοφορία, στη δομική
επίλυση ή στην επίδραση παραγόντων που σχετίζονται με «εξωγενείς» παράγοντες
όπως ο ηλιασμός. Υπάρχουν δηλαδή διαφορετικές «οικογένειες» διαγραμμάτων.
Δεν υπάρχει ιεράρχηση και τελικά (όταν) αυτές οι επιμέρους «χαρτογραφήσεις» -
διαγράμματα αρχίζουν να αλληλεπιδρούν και να συσχετίζονται μεταξύ τους σε νέα
διαγράμματα. Το διάγραμμα αναφέρεται συχνά (αλλά όχι μόνο) σε συνθήκες και όχι
ιδεολογίες ή μορφές. Τα διαγράμματα μπορούν να παράξουν μια σειρά από διαφορετικά
αποτελέσματα αντί μιας μοναδικής επίλυσης. Η επιλογή της πλέον κατάλληλης επίλυσης
γίνεται με βάση τα πρωταρχικά αρχιτεκτονικά κριτήρια που θέτει κανείς στην αρχή της
συνθετικής διαδικασίας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός πως το διάγραμμα μπορεί
να εμπεριέχει ετερόκλητα ή ετερογενή στοιχεία, τα οποία ωστόσο συσχετίζονται μεταξύ
τους και δημιουργούν νέες συνθήκες (χωρικές, υλικές, κοινωνικές κτλ). Στην επόμενη
ενότητα θα γίνει μια πλέον λεπτομερή εξέταση του τρόπου με τον οποίο οι παραπάνω
προσεγγίσεις μετασχηματίστηκαν στη σημερινή γενεσιουργή / παραμετρική θεωρητική
και συνθετική προσέγγιση.

¹²⁵ Ο.Π. 24.

¹²⁶ Την κοινωνική σημασία προσπαθεί να ικανοποιήσει και ο Patrick Schumacher μεταξύ άλλων
παραμέτρων στο βιβλίο του *Parametricism and the Autopoiesis of Architecture*.



127

¹²⁷ Eisenman: House IV, μετασχηματισμοί κατοικίας (inversion) (από το βιβλίο *Diagram Diaries*(1999)).

ΑΠΟ ΤΟΝ G.LYNN ΚΑΙ ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ) ΣΤΟΝ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΣΗΜΕΡΑ

Μετά τα παραπάνω, είναι εύκολο ίσως να κατανοήσει κανείς τις ρίζες του γενεσιουργού σχεδιασμού στην εξελικτική βιολογία του D' Arcy Thomson (1917) και στον τρόπο που αυτή «μπολιάστηκε» από την φιλοσοφία του Deleuze (1987) μεταξύ άλλων.

Με βάση τα προηγούμενα, θα μπορούσαμε επίσης να πούμε πως ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός έχει τις ρίζες του στις αναζητήσεις του Mitchell (1994), Stiny (1980), Lynn (1998) και Eisenman (1999) μεταξύ άλλων -όπου όπως είδαμε, οι Lynn(1998) και Eisenman (1999) επηρεάστηκαν από τον Deleuze (1987) και τον Νεγρεπόντε (1970) αλλά και την κυβερνητική την θεωρία των ψηφιακών συστημάτων (που ήδη παρουσιάζονται από την δεκατία του '60) από θεωρητικούς όπως ο McCullough (1994),¹²⁸ από όπως θα δούμε στην συνέχεια αυτής της ενότητας.

Από το 2000 και μετά η ψηφιακή θεωρητική προσέγγιση γίνεται πλέον πιο συχνά και πρακτική προσέγγιση, όπως φαίνεται και στις αντίστοιχες αναφορές στην βιβλιογραφία. Όπως συζητά ο Branco Kolarevic (2013) ήταν στα τέλη της δεκατίας του '80 και στις αρχές της δεκατίας του '90 που μια βαθειά αλλαγή συνέβη στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό:

Για πρώτη φορά στην ιστορία, οι αρχιτέκτονες δεν σχεδιάζουν ένα συγκεκριμένο σχήμα για ένα κτήριο, αλλά μια σειρά απο ψηφιακά κωδικοποιημένες αρχές ως μια αλληλουχία παραμετρικών συναρτήσεων, μέσω των οποίων συγκεκριμένες παραλλαγές μπορούν να παραχθούν απλά αλλάζοντας την τιμή μιάς απο τις παραμέτρους.¹²⁹

¹²⁸ Ο McCullough δίδασκε με τον Mitchell στο MIT επι μια σειρά ετών και επιμελήθηκε εξίσου την συγγραφή του βιβλίου Digital Design Media που έκδοσαν το 1994.

¹²⁹ Kolarevic, B., Parametric Evolution in "AD Inside Smartgeometry" (2013), 50-59, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Γεγονός είναι πως το πεδίο της ψηφιακής θεωρίας και πρακτικής σήμερα είναι ακόμα υπό εξέλιξη. Είναι εμφανές ωστόσο πως η ψηφιακή θεωρία και πρακτική είναι πλέον συνδεδεμένη με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό. Θα χρειαστούν ίσως ακόμα κάποια χρόνια για να μπορέσει να αποτιμήσει κανείς τις προσεγγίσεις και κατευθύνσεις που εμφανίζονται. Και θα χρειαστεί ίσως ακόμη περισσότερος χρόνος για να κατανοήσει κανείς που μπορεί να οδηγήσουν ή το μέλλον το οποίο προδιαγράφουν, όπως συνέβη με την θεωρία και την πρακτική του Greg Lynn (1998) στην προηγούμενη δεκαετία. Γεγονός είναι ακόμα, πως όπως αυτή η τεχνολογική προσέγγιση (όπως ίσως οποιοδήποτε μέσο που σχετίζεται με την τεχνολογία, λ.χ. το διαδίκτυο), είναι προσβάσιμη από μια πληθώρα ανθρώπων, αλλάζοντας ταχύτητα το τρόπο που βιώνουμε και κατανοούμε την πραγματικότητα. Το ίδιο συμβαίνει και με τα ψηφιακά γενεσιουργά και παραμετρικά μέσα στην αρχιτεκτονική, ειδικά στις πανεπιστημιακές σχολές ανά τον κόσμο. Χιλιάδες πλέον φοιτητές και απόφοιτοι έχουν πλέον στα χέρια τους την τεχνολογία (αλλά ίσως όχι την σκέψη του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού), και παράγουν αρχιτεκτονήματα χωρίς συχνά να έχουν επίγνωση ή έλεγχο του τι κάνουν. Αποκτά ιδιαίτερη σημασία (μετά την κατανόηση των βασικών εννοιών και επιδράσεων που συζητήθηκαν παραπάνω) να εξετάσει κανείς την ψηφιακή αρχιτεκτονική «καινοτομία» στην εποχή μας.

Έννοιες όπως το σύστημα, οι παράμετροι και οι σχέσεις μεταξύ τους, γίνονται πλέον μέρος του αρχιτεκτονικού λεξιλογίου σε μια ψηφιακή ερευνητική προσέγγιση. Θα εξετάσουμε τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό ως μέρη του υπολογιστικού σχεδιασμού συγκεκριμένα για την αρχιτεκτονική. Θα εξετάσουμε τον τρόπο που συνδέονται με θεωρητικές προσεγγίσεις που σχετίζονται με την κυβερνητική και την επιστήμη της πληροφορικής και τις νέες έννοιες που εμφανίζονται στο αρχιτεκτονικό λεξιλόγιο. Θα εξετάσουμε ακόμα την προσπάθεια συνεισφοράς του Patrick Schumacher (2010) στην δόμηση ενός θεωρητικού πλαισίου ο οποίος αναφέρεται στην έννοια parametrisism¹³⁰ μέσα από τα βιβλία του.

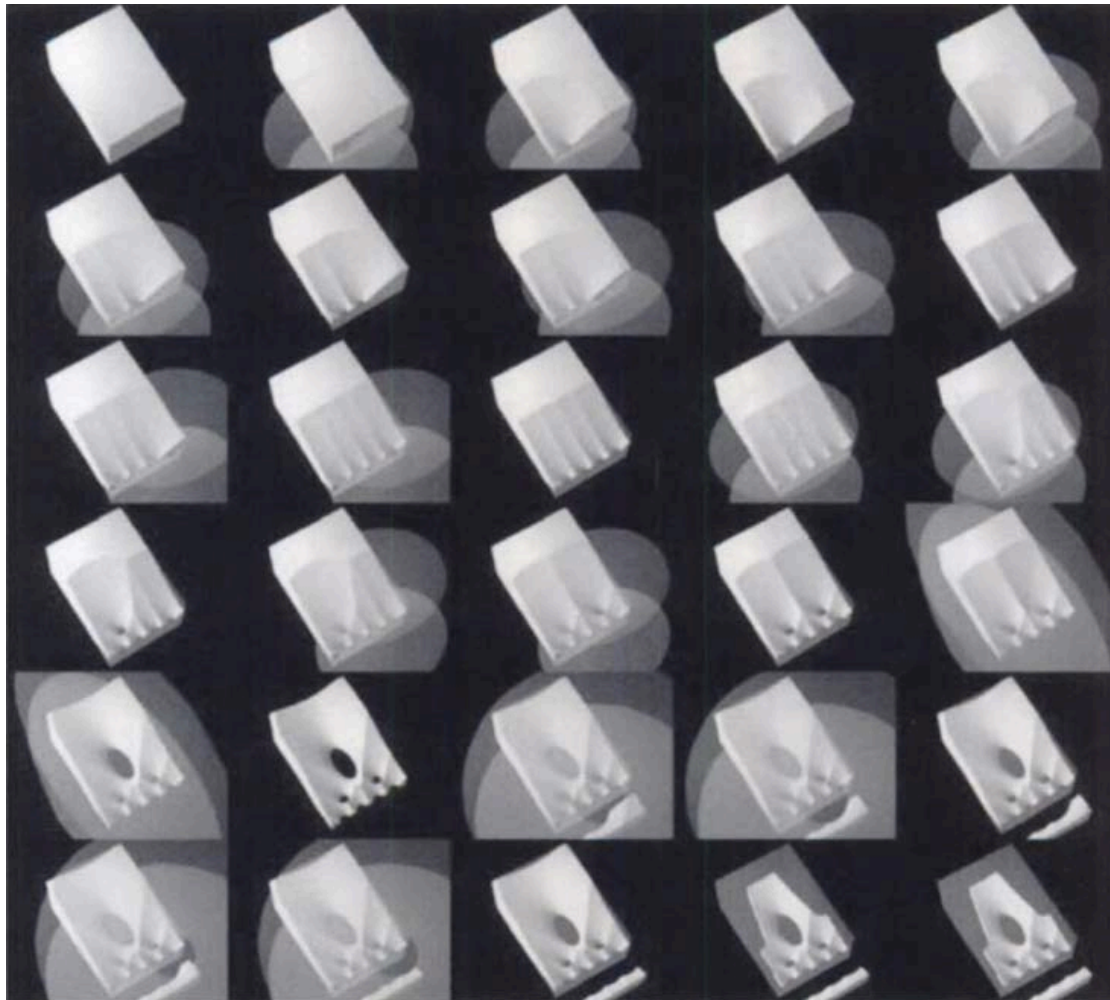
¹³⁰Schumacher, P., Parametricism and the Autopoiesis of Architecture, Lecture, SCI-Arc, Los Angeles, September 2010, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Όπως συζητήθηκε συγκεκριμένα για την αρχιτεκτονική, ο γενεσιουργός σχεδιασμός αντλεί αρχές από την εξελικτική βιολογία του Thomson (1917) και την έννοια της μορφογένεσης. Ο Achim Menges (2011) εξηγεί πως:

Η έννοια της μορφογένεσης μέσα από την θεωρία της εξελικτικής βιολογίας παρέχει μιά λεπτομερή και συνολική αντιμετώπιση του τρόπου σχηματισμού και λειτουργίας των φυσικών συστημάτων. Η προβολή αυτών των εννοιών στην αρχιτεκτονική σημαίνει πως ο ψηφιακός σχεδιασμός (computational design) μπορεί να αναπτυχθεί ως ένα σύνολο από κανόνες (instructions) σχετικά με την διαδικασία δημιουργίας της μορφής, η οποία δημιουργείται μέσω της αλληλεπίδρασης με τις εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις.¹³¹

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει εδώ, να κατανοήσει κανείς πως ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και χωρίς την χρήση ψηφιακών μέσων, όπως ακριβώς αναφέραμε στην εισαγωγή με το παράδειγμα του Gaudi, γεγονός που θα εξεταστεί μέσα από τα πρώτα πειράματα της διατριβής ως μια βασική προσέγγιση, πριν την συζήτηση των πιο σύνθετων, αμιγώς ψηφιακών πειραματισμών. Τα αναρτημένα μοντέλα του Gaudi (catenary models) όπου όλα τα μέρη συνδέονται μεταξύ τους με αλυσίδες και κάθε δύναμη σε ένα τμήμα της μακέτας παραμορφώνει και τα μέρη γύρω του, είναι ένα μη ψηφιακό παράδειγμα παραμετρικού σχεδιασμού όπου όλα τα μέρη της μακέτας συνδέονται με σταθερές σχέσεις δυνάμεων μέσω των αλυσίδων. Ένα είδος μη ψηφιακού γενεσιουργού σχεδιασμού με μακέτες ακολούθησε ο Gaudi για τον σχεδιασμό διαφορετικών αρχιτεκτονικών στοιχείων όπως θόλους, υποστηλώματα και παράθυρα μεταξύ άλλων, της Sagrada Familia σε μια σειρά μετασχηματισμών μέσα από αλληλοτομίες γεωμετρικών στερεών. Θα εστιάσουμε περισσότερο σε αυτή την προσέγγιση μέσα από την οικογένεια πειραμάτων 2 της διατριβής, που θα παρουσιαστεί αμέσως μετά την διενέργεια της τρέχουσας οικογένειας πειραμάτων 1.

¹³¹Menghes A., Ahlquist, S., Computational Design Thinking, τεύχος AD, Wiley and Sons, 2011, 19-20, μετάφραση από τον συγγραφέα.



132

¹³²Σειρά από αλληλοτομίες στερεών με την χρήση ψηφιακών προγραμμάτων που φανερώνουν την διαδικασία και επιμέρους βήματα που ακολούθησε ο Gaudi για την κατασκευή μακέτας. Burry, M., Digitally sponsored Convergence of Design Education, Research and Practice, στο Computer Aided Design Futures 2005: Proceedings of the 11th CAAD Futures conference, 9.

Σχετικά με τον όρο «Παραμετρισμός» (Parametricism)

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή και στο τρέχον κεφάλαιο σύμφωνα με τον Kwinter (2007), ο μοναδικός ίσως αμιγώς θεωρητικός που συνεχίζει να αναλύει το έργο του Deleuze (1987) και να συσχετίζει τη σύγχρονη αρχιτεκτονική με την θεωρία είναι ο Delanda (2007).

Πέρα από θεωρητικούς όπως ο Delanda (2007), αρχιτέκτονες όπως ο Patrick Schumacher¹³³, επιχειρούν να συνεισφέρουν στη θεωρία της ψηφιακής αρχιτεκτονικής μέσα από το βιβλίο *The auto-poiesis of Architecture – A new framework for Architecture*. Ο Schumacher (2010) εισάγει τον όρο «Παραμετρισμός» (parametricism) και επιχειρεί να δομήσει μια προσέγγιση που θα αποτελέσει μια συνολική θεώρηση σχετικά με τα ψηφιακά μέσα και τη σχέση τους με την αρχιτεκτονική, σε μια προσπάθεια να επανασυνδέσει τη θεωρία με την ψηφιακή αρχιτεκτονική παραγωγή. Τα επιμέρους κεφάλαια του βιβλίου του συζητούν έννοιες που αποτελούν μέρος της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας όπως το διάγραμμα, ώστε τελικά να συνοψίσει κάποιες από τις τρέχουσες τάσεις στον όρο parametricism, ως ένα νέο αρχιτεκτονικό κίνημα.

Θα εστιάσουμε στα σημεία του Schumacher (2010) που συμβαδίζουν με τις προθέσεις της διατριβής, όπως την παρατήρηση / ανάγκη επανασύνδεσης της αρχιτεκτονικής με τη θεωρία, (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η διατριβή συμβαδίζει με την ιδέα ενός νέου αρχιτεκτονικού κινήματος που ονομάζεται «παραμετρισμός» (parametricism) ή με την συνολική προσέγγιση του Schumacher(2010):

Κανείς δεν αποπειράθηκε να δομήσει μια ενοποιημένη θεωρία μετά τον Le Corbusier και ίσως μετά το βιβλίο *The International Style*, ή ίσως μετά το *Intentions in Architecture* του Christian Norberg-Schultz. Για αρκετό καιρό έχει αποτελέσει σχεδόν ταμπού και μόνο η σκέψη της ιδέας.¹³⁴

¹³³ Ο Schumacher ηγείται πλέον του γραφείου Zaha Hadid Architects και διδάσκει στην αρχιτεκτονική σχολή AA στο Λονδίνο για μια σειρά ετών.

¹³⁴ Schumacher, P., *Parametricism and the Auto-poiesis of Architecture*, Lecture, SCI-Arc, Los Angeles, September 2010, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Ενδιαφέρον έχει πως ο Schumacher (2010) ονομάζει «σύστημα επικοινωνιών» όλες τις δραστηριότητες με τις οποίες σχετίζεται η αρχιτεκτονική, τα κτήρια, το ίδιο το επάγγελμα του αρχιτέκτονα και την ακαδημαϊκή δραστηριότητα και τα αντιμετωπίζει ως ενιαίο σύνολο.¹³⁵

Ο ορισμός που δίνει για τον «παραμετρισμό» βασίζεται στην ιδέα πως όλα τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής έχουν γίνει «παραμετρικά εύπλαστα». Υποστηρίζει δε πως το προτέρημα αυτής της πραγματικότητας είναι η εντατικοποίηση τόσο των εσωτερικών σχέσεων σε ένα αρχιτεκτονικό έργο, όσο και των εξωτερικών (με το δομημένο, φυσικό, κοινωνικό) περιβάλλον. Για τον Schumacher (2010) υπάρχει μια βασική οντολογική μετατόπιση σε σχέση με τα βασικά στοιχεία που συνιστούν μια αρχιτεκτονική:

Για τα προηγούμενα 2000 χρόνια, η αρχιτεκτονική χρησιμοποιούσε Πλατωνικά στερεά, απλά συνθέτοντάς τα. Σε σχέση με τον Κλασικισμό, το Μοντέρνο κίνημα μπόρεσε να αλλάξει τις αναλογίες της σύνθεσης, αποφεύγοντας τη συμμετρία και με περισσότερη συνθετική ελευθερία, να έχει ένα είδος δυναμικής ισορροπίας. Ωστόσο, τα θεμελιώδη συνθετικά στοιχεία έμειναν τα ίδια. Σήμερα, αν κοιτάξει κανείς τα θεμελιώδη συνθετικά στοιχεία, θα παρατηρήσει έναν εντελώς διαφορετικό κόσμο: splines, blobs, nurbs, particles που οργανώνονται από κώδικες προγραμματισμού. Πρόκειται για μια νέα οντολογία η οποία αφήνει ένα ισχυρό αποτύπωμα σε ο,τι κάνουμε.¹³⁶

Η προσέγγιση του Schumacher (2010) θυμίζει ίσως το μανιφέστο του Le Corbusier (1923), ειδικά στα σημεία όπου γίνεται πομπώδης. Ο Schumacher (2010) ωστόσο δείχνει να αναγνωρίζει την εξέλιξη του ψηφιακού σχεδιασμού και την επίδραση του Lynn (1998) και γενικά να προσπαθεί να δομήσει τον λόγο του σε σχέση με την υφιστάμενη θεωρία και θεωρητικούς όπως ο Somol (1999) ή ο Kwinter (2007).

¹³⁵ Ο.Π. μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹³⁶ Ο.Π. μετάφραση από τον συγγραφέα.

Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα όπου αναπτύξαμε την έννοια του διαγράμματος, προτροπή του Somol(1999) είναι να αποφεύγουμε να περιορίζουμε μια διαγραμματική αρχιτεκτονική προσέγγιση σε μια βιο-μαθηματική ή κοινωνικοοικονομική ανάγκη και να κατανοήσουμε την αρχιτεκτονική ως ένα συλλογιστικό-υλικό πεδίο κοινωνικής-πολιτικής πλαστικότητας. Ο Schumacher (2010) φαίνεται να προσπαθεί να ικανοποιήσει ή να απαντήσει στην προτροπή του Somol μέσα από το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου του με τίτλο *The autozoiesis of Architecture* στο οποίο μιλά για τον «κοινωνικό ρόλο της αρχιτεκτονικής» (*Societal Function of Architecture*) και πιο συγκεκριμένα για την καινοτομία (*innovation*) ως την βασική πτυχή του κοινωνικού ρόλου της αρχιτεκτονικής, σε μια προσπάθεια «προσαρμογής» ή «συμμετοχής» με τις τρέχουσες οικονομικές, πολιτικές, επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις .¹³⁷

Σε αυτό το σημείο αξίζει να προσθέσουμε πως θέση του Schumacher (2010) σχετικά με τον κοινωνικό ρόλο της αρχιτεκτονικής μέσω της καινοτομίας, συνδέεται με την άποψη του Roy Ascott (1967), όπως παρουσιάζεται στο μανιφέστο του με τίτλο *Behaviourables and Futuribles*. Την άποψη αυτή συζητά και ο καθηγητής αρχιτεκτονικής στην σχολή AA, Θεωδωρής Σπυρόπουλος (2008) στο βιβλίο του *Correlated systems of living*. Ο Σπυρόπουλος εξηγεί πως ο Ascott(1967) δίνει έμφαση στην κοινωνική και πολιτισμική σημασία της κυβερνητικής, υποστηρίζοντας πως για να επιβιώσει μια κοινωνία χρειάζεται εσωτερική διέγερση (*irritation*), αναπληροφόρηση (*feedback*) και πλουραλισμό / ποικιλία (*variety*).¹³⁸

Ο Σπυρόπουλος (2008) εξηγεί πως με αυτόν τον τρόπο, ο συνδυασμός σχεδιασμού και τεχνολογίας θα μπορούσε να δημιουργήσει μια προσέγγιση η οποία θα ήταν κοινωνική και αισιόδοξη, ενισχυμένη από την κοινή πεποίθηση πως μπορούν να εμφανιστούν νέοι δίοδοι επικοινωνίας μέσα από την καινοτομία, οι οποίες θα μπορούσαν να συνδέσουν απομονωμένα επιστημονικά πεδία. Η επιστήμη και ο σχεδιασμός θα μπορούσαν να

¹³⁷ Ο.Π. 391-394, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹³⁸ Spyropoulos, T., *Adaptive Ecologies: Correlated systems of living*, AA, 2008, 18, μετάφραση από τον συγγραφέα.

ειδωθούν ως ένα εργαλείο που επιτρέπει την ενεργή συνεργασία μεταξύ ανθρωπιστικών και επιστημονικών πεδίων ¹³⁹.

Μέσα από τις ενότητες αυτού του κεφαλαίου αναπτύχθηκε η εξέλιξη της ψηφιακής θεωρίας, από την φιλοσοφία του Deleuze (1987) και την εξελικτική βιολογία του Thomson (1917), στον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό του σήμερα. Στην εποχή της τεχνολογικής επανάστασης, το τελευταίο (και πλέον σύγχρονο) επιστημονικό πεδίο που έχει επηρεάσει σε κάποιο βαθμό αυτή την εξέλιξη, είναι η πληροφορική και η θεωρία που την περιβάλλει, όπως η θεωρία συστημάτων που θα συζητηθεί στην θεωρητική προσέγγιση πριν την οικογένεια πειραμάτων 2.

Στην επόμενη ενότητα, θα εξεταστούν μέσα από την οικογένεια πειραμάτων 1, κάποιοι από τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους οι μετασχηματισμοί του Lynn (1998) και μια κυκλική συνθετική διαδικασία ανατροφοδότησης και ενημέρωσης αποτελούν την βάση σε μια ψηφιακή αρχιτεκτονική σκέψη και πρακτική.

A2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 1

Η ενότητα αυτή εστιάζει σε σχεδιαστικά πειράματα που εξετάζουν το πλέον βασικό / πρωτόλειο χαρακτηριστικό σε μια ψηφιακή συνθετική προσέγγιση: τους μετασχηματισμούς. Όπως συζητήθηκε, η θεωρία της εξελικτικής βιολογίας του Thomson (1917) και η φιλοσοφία του Deleuze (1987) αποτέλεσαν το θεωρητικό υπόβαθρο στις αρχιτεκτονικές αναζητήσεις του Greg Lynn (1998) σχετικά με το άμορφο (blob), με αποτέλεσμα την μετακίνηση του ενδιαφέροντος από το αντικείμενο, στην διαδικασία σχεδιασμού του αντικειμένου. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί την βάση του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού μέχρι και σήμερα.

Για τον λόγο αυτό, ίσως έχει ιδιαίτερη σημασία να εστιάσει κανείς στους πιθανούς τρόπους που μπορεί να διερευνήσει κανείς το συνθετικό πεδίο δυνατοτήτων που μπορεί

¹³⁹Ο.Π., 18.

να δημιουργηθεί μέσα από μια προσέγγιση ελεγχόμενων μετασχηματισμών σε ένα πρώτο επίπεδο, πριν ακόμα χρησιμοποιήσει παραμετρικά σχεδιαστικά λογισμικά.

Μετά την συζήτηση στην προηγούμενη ενότητα A1 με την θεωρητική προσέγγιση, ίσως είναι κατανοητό πως ο γενεσιουργός σχεδιασμός είναι τελικά μια διαδικασία που μπορεί να ακολουθήσει κανείς χωρίς τη χρήση ψηφιακών λογισμικών, μια και το βασικό χαρακτηριστικό του είναι να θέσει κανείς μια σειρά από κανόνες μετασχηματισμών του χώρου και να ανατροφοδοτεί κάθε βήμα σε μια κυκλική συνθετική διαδικασία. Όπως θα συζητηθεί στην συνέχεια, όταν οι κανόνες είναι συγκεκριμένα συνθετικά βήματα, ο αρχιτέκτονας μπορεί να επιστρέψει σε κάποιο προηγούμενο βήμα της συνθετικής διαδικασίας και να αλλάξει κάποια παράμετρο, αλλάζοντας έτσι και το τελικό συνθετικό αποτέλεσμα, δημιουργώντας έτσι ένα συνθετικό πεδίο δυνατοτήτων.

Στην ενότητα των μετασχηματισμών θα παρουσιαστεί μια μεθοδολογία που διερευνά τον τρόπο με τον οποίο η «αυτοματοποιημένη» διεργασία των παραμετρικών λογισμικών, μπορεί σε ένα πρώτο, βασικό και απλό επίπεδο, να γίνει ακόμα και με την χρήση των παραδοσιακών μεθόδων με την χρήση μακέτας. Το πρώτο πείραμα αυτής της οικογένειας πειραμάτων βασίστηκε σε μια σειρά από αρχιτεκτονικά workshops στα πλαίσια μαθήματος αρχιτεκτονικής σύνθεσης πρώτου εξαμήνου το 2016 στο πανεπιστήμιο Huddersfield στην Αγγλία και παρουσιάστηκε στο συνέδριο αρχιτεκτονικής με υπολογιστές SIGraDi XX μέσα από την εργασία «Ελεγχόμενοι Μετασχηματισμοί: Μια μέθοδος εισαγωγής πρωτοετών φοιτητών αρχιτεκτονικής στην ψηφιακή και παραμετρική σκέψη»¹⁴⁰. Αυτή η συνθετική προσέγγιση θα μπορούσε ίσως να διδαχθεί ως μεθοδολογία μέσω μετασχηματισμών διαφορετικών γεωμετριών (κύβος, επιφάνεια, καμπύλη) από το πρώτο εξάμηνο μιας αρχιτεκτονικής σχολής, αποκλειστικά με την χρήση μακέτας, χωρίς τη χρήση ψηφιακών εργαλείων. Ένα ακόμα σημαντικό γεγονός αυτής της μεθοδολογίας, είναι πως δεν απαιτεί από τους σπουδαστές να ακολουθήσουν κάποια διαδικασία που απαιτεί τεχνικές δεξιότητες χρήσης ψηφιακών εργαλείων, με

¹⁴⁰Vamvakidis, S., Controlled Transformations: A method to introduce first year architecture students to digital and parametric design thinking, στα πρακτικά του συνεδρίου SIGraDi 2016, XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, 170-174.

αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε σχολή. Ταυτόχρονα, αποτελεί μια γενικευμένη συνθετική προσέγγιση που μπορεί να εφαρμοστεί ως βάση στην αρχή των σπουδών τους, ακόμα και αν οι σπουδαστές δεν ασχοληθούν με τα ψηφιακά σχεδιαστικά στα επόμενα εξάμηνα.

Στο δεύτερο μέρος του πρώτου πειράματος, οι ίδιοι σπουδαστές διδάχθηκαν το ψηφιακό λογισμικό Rhino στο δεύτερο εξάμηνο της σχολής και κλήθηκαν να συνθέσουν τη βασική εργασία του εξαμήνου (μέσα από ψηφιακούς μετασχηματισμούς πλέον) μιας άμορφης γεωμετρίας (blob ή επιφάνειας)για τον σχεδιασμό ενός πολυλειτουργικού εσωτερικού χώρου καταστήματος.¹⁴¹

Το δεύτερο πείραμα της ενότητας των μετασχηματισμών βρίσκεται ένα επίπεδο παραπάνω από το προηγούμενο (σε επίπεδο σκέψης / συνθετικής λογικής και τεχνικής δεξιότητας ψηφιακών εργαλείων), γιαυτό και χρησιμοποιήθηκε ως βάση για την διδασκαλία των «Ειδικών Θεμάτων Σύνθεσης 8^{ου} εξαμήνου» στο 4^ο έτος της αρχιτεκτονικής σχολής του ΕΜΠ το 2011. Το δεύτερο πείραμα παρουσιάστηκε στο συνέδριο eCAADe 27 και εστιάζει τόσο στο πεδίο των δυνατοτήτων σε επίπεδο σύνθεσης του άμορφου όσο και σε επίπεδο υλοποίησης και κατασκευαστικής λογικής με την χρήση μεθόδων πρωτότυπης κατασκευής¹⁴². Όπως ήδη έχει συζητηθεί από την εισαγωγή, η σύνδεση του ψηφιακού με τον υλικό κόσμο αποτελεί ένα από τα πεδία έρευνας της ψηφιακής αρχιτεκτονικής έρευνας στο οποίο ευελπιστεί να συνεισφέρει η διατριβή αυτή. Μετά την ανάπτυξη των δύο πειραμάτων της ενότητας των μετασχηματισμών, θα ακολουθήσει η κριτική αποτίμηση των συνθετικών διαδικασιών και συζήτηση των πιθανών συνθετικών και κατασκευαστικών πεδίων που δημιουργήθηκαν μέσα από αυτή την προσέγγιση.

¹⁴¹ Η αποτίμηση της συνολικής διαδικασίας και των δύο εξαμήνων σχετικά με την μεθοδολογία και μετάβαση από τη μακέτα στην ψηφιακή σύνθεση σε μια γενεσιουργή και παραμετρική προσέγγιση αποτελεί ένα άρθρο που έχει προταθεί για δημοσίευση (και αναμένεται απάντηση) από το διεθνές αρχιτεκτονικό journal IJAC- International Journal of Architectural Computing.

¹⁴² Vamvakidis, S., *Légumes Urbaines: Digital Modeling Transformations + Prototype Fabrication Based on the Egg Crate Construction Method*, στα πρακτικά του συνεδρίου eCAADe 27: *Computation: The New Realm of Architectural Design*, 313-322

Προς επιβεβαίωση αυτής της υπόθεσης, συγκροτούνται στη συνέχεια ορισμένα στοχευμένα πειράματα όπου εντοπίζονται τα σημεία άλματος στη σχεδιαστική διαδικασία. Η μεθοδολογία της πρώτης οικογένειας πειραμάτων εστιάζει σε ελεγχόμενους γεωμετρικούς μετασχηματισμούς σε τέσσερα βήματα, μέσα από απλούς γεωμετρικούς κανόνες που θέτει ο αρχιτέκτονας. Οι μετασχηματισμοί γίνονται τόσο μέσω μακέτας, όσο και μέσω ψηφιακών μοντέλων. Τα αναμενόμενα αποτελέσματα είναι η δυνατότητα «χαρτογράφησης» της συνθετικής διαδικασίας και επιστροφή στα προηγούμενα βήματα για την αναπληροφόρησή τη, καθώς και η εισαγωγή παραμέτρων στην σχεδιαστική διαδικασία που σχετίζονται με την κατασκευή και την υλικότητα. Στόχος της διατριβής είναι να εντοπίσει παραδειγματικά σημεία άλματος και να επιχειρήσει να προσδιορίσει μια «τυπολογία» των σημείων αυτών σε σχέση με τις φάσεις της διαδικασίας (άλματα σε επίπεδο διατύπωσης προγράμματος, εκτέλεσης και επιλογής εναλλακτικών λύσεων, διασταύρωσης ειδικοτήτων / πληροφοριών κατά την υλοποίηση κτλ)

A3. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 1: ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Εισαγωγή

Οι βασικές πτυχές του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού έχουν επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό από τις ψηφιακές τεχνολογίες κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Με βάση το γεγονός πως ένας αυξανόμενος αριθμός των μεταπτυχιακών προγραμμάτων είναι πλέον σε θέση να αρθρώσει ένα συνεκτικό παιδαγωγικό πλαίσιο που ενσωματώνει τις ιδιαιτερότητες και τις δυνατότητες της ψηφιακής αρχιτεκτονικής σκέψης και πρακτικής, το έργο αυτό φαίνεται να είναι πολύ πιο δύσκολο στην περίπτωση των προπτυχιακών σπουδών. Ο βασικός σκοπός του πειράματος ήταν να ερευνήσει την δυνατότητα δημιουργίας πολλαπλών επιλύσεων μέσω μιας κυκλικής συνθετικής διαδικασίας μετασχηματισμών (τη διαδικασία που αποτελεί τη βάση του γενεσιουργού σχεδιασμού) και να εισάγει τους σπουδαστές στην ψηφιακή συνθετική σκέψη.

Οι προπτυχιακοί σπουδαστές είναι συνήθως άπειροι στον χειρισμό ψηφιακών εργαλείων, τα οποία συχνά αντιμετωπίζονται ως ένα απλά αναπαραστατικά εργαλεία και

όχι ως εργαλεία σύνθεσης. Συχνά δυσκολεύονται να κατανοήσουν τον τρόπο σύνθεσης του χώρου με ένα συστηματικό και ελεγχόμενο τρόπο, χρησιμοποιώντας αρχιτεκτονικά στοιχεία όπως επιφάνειες, γραμμές και όγκους. Το πείραμα αυτό διερεύνησε μια μέθοδο ψηφιακής σκέψης και σχεδιασμού, πριν τη χρήση ψηφιακών εργαλείων, μέσα από τη χρήση μετασχηματισμών όπως λ.χ. στην περίπτωση του Eisenman (1999) .¹⁴³ Μια παρεμφερή και ίσως λιγότερο σύνθετη διαδικασία μετασχηματισμών προτείνουν και οι Anthony Di Mari και Nora Yoo (2013) στο βιβλίο Operative Design.¹⁴⁴ Αυτή η προσέγγιση εισήγαγε τους σπουδαστές στην ψηφιακή αρχιτεκτονική σύνθεση, χωρίς όμως να τους περιορίζει σχεδιαστικά ή τεχνικά.

Υπάρχουν παραδείγματα μεθοδολογιών που χρησιμοποιούν τους μετασχηματισμούς μακέτας ή ψηφιακών μοντέλων σε συνθετικά μαθήματα στα τελευταία έτη προπτυχιακών σπουδών, όπως αυτές που περιγράφονται από τον Αγκαθίδη (2015)¹⁴⁵ και τον Maldonado (2014)¹⁴⁶. Ωστόσο, το θέμα της εισαγωγής των πρωτοετών φοιτητών αρχιτεκτονικής στην ψηφιακή σκέψη και σύνθεση μέσω μιας σαφούς μεθόδου παραμένει ανεξερεύνητο.

Όπως αναφέρθηκε, το πρώτο μέρος του πειράματος διερευνά και αξιολογεί την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας σχεδιασμού που εφαρμόστηκε στα πλαίσια μαθήματος αρχιτεκτονικής σύνθεσης πρώτου εξαμήνου το 2016. Η έρευνα αυτή συζητά επίσης τις πρακτικές συνέπειες και την καταλληλότητα της εφαρμογής της στο πλαίσιο του πρώτου έτους μιας αρχιτεκτονικής σχολής. Το δεύτερο μέρος του πειράματος περιλάμβανε τη σύνθεση του βασικού συνθετικού μαθήματος με ψηφιακά πλέον μέσα στο δεύτερο εξάμηνο της σχολής, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία μετασχηματισμών και βημάτων.

¹⁴³ Eisenman, P. (1999), Diagram Diaries, New York: Universe Architecture Series

¹⁴⁴ Di Mari, A., You, N., (2013) Operative Design, Amsterdam: BIS Publishers.

¹⁴⁵ Agkathidis, A. H. (2015). Generative Design Methods. Proceedings of eCAADe 2015, Vienna, 47-55.

¹⁴⁶ Paredes Maldonado, M 2014 'Digital Recipes: A diagrammatic approach to digital design methodologies in undergraduate architecture studios', Proceedings of eCAADe 2014, Newcastle, 333-342.

Μεθοδολογία

Στο πρώτο εξάμηνο, η συνθετική διαδικασία βασίστηκε σε 3 εργαστήρια -workshops μετασχηματισμών μακέτας προκειμένου να αναπτυχθεί από κάθε σπουδαστή μια σειρά χωρικών επιλύσεων. Η αφετηρία για κάθε workshop ήταν μια συγκεκριμένη γεωμετρία (ένας κύβος, μια επιφάνεια και μια καμπύλη αντίστοιχα). Οι σπουδαστές κλήθηκαν να ορίσουν τέσσερα διαδοχικά στάδια μετασχηματισμού, προκειμένου να συνθέσουν αρχιτεκτονικό χώρο τροποποιώντας την αρχική τους γεωμετρία (για παράδειγμα, τον κύβο) χρησιμοποιώντας εντολές όπως «κόψε, χώρισε, μετακίνησε, περίστρεψε, τέντωσε, αντίγραψε» κτλ (cut, split, trim, move, rotate, scale, stretch, offset, copy, paste).¹⁴⁷ Παραδείγματα μετασχηματισμών σε υλοποιημένα παραδείγματα (όπως πχ. για τον κύβο, τα “follies” στο πάρκο La Villette) και η θεωρία της αποδόμησης, παρουσιάστηκαν στην αρχή του κάθε workshop. Στην πρώτη φάση του πειράματος επιλέχθηκαν οι μετασχηματισμοί μακέτας, μια και η μακέτα είναι ένα εργαλείο που αδιαμφισβήτητα αποτελεί την βάση της διδασκαλίας της αρχιτεκτονικής σύνθεσης, ιδιαίτερα κατά τα πρώτα χρόνια των σπουδών αρχιτεκτονικής. Αξίζει να σημειωθεί πως χωρίς να το γνωρίζουν οι σπουδαστές, τα απλά ρήματα που κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν για τους μετασχηματισμούς μακέτας στο πρώτο εξάμηνο, είναι οι βασικές εντολές-ρήματα που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό με ψηφιακά λογισμικά όπως το Rhinoceros. Αυτό τους έδωσε την δυνατότητα να εξοικειωθούν με την βασική ορολογία (και τελικά την συνθετική μέθοδο) των ψηφιακών εργαλείων, πριν ακόμα έρθουν σε επαφή με υπολογιστές.

Έτσι στο δεύτερο εξάμηνο, οι σπουδαστές κλήθηκαν να ξεκινήσουν τους μετασχηματισμούς της πλέον απλής γεωμετρίας που συναντά κανείς στα ψηφιακά εργαλεία, την καμπύλη ή μια άμορφη γεωμετρία blob. (Στο πρώτο εξάμηνο με τους μετασχηματισμούς μακέτας η πλέον απλή γεωμετρία ήταν ο κύβος). (Ταυτόχρονα, ειδικά στα πρώτα εξάμηνα της σχολής, οι σπουδαστές έχουν έντονα την ανάγκη να συνδέσουν οποιαδήποτε συνθετική άσκηση με το επάγγελμα και την

¹⁴⁷ Ενδιαφέρον έχει το γεγονός πως δεν γνώριζαν πως αυτές οι εντολές είναι οι πλέον βασικές εντολές που χαρακτηρίζουν τα ψηφιακά σχεδιαστικά εργαλεία, εντολές που θα χρησιμοποιούσαν σε ένα ψηφιακό περιβάλλον στο δεύτερο εξάμηνο για τον σχεδιασμό του επόμενου συνθετικού μαθήματος.

εφαρμογή). Γιαυτό κλήθηκαν να συνθέσουν ένα πολυλειτουργικό αρχιτεκτονικό στοιχείο που θα οργάνωνε τον συνολικό χώρο σε ένα κατάστημα της επιλογής τους, μέσα από 4 ψηφιακούς μετασχηματισμούς μιας άμορφης γεωμετρίας (blob) ή μιας καμπύλης που είχαν σχεδιάσει ψηφιακά. Σε αυτό το πλαίσιο, διδάχθηκαν τις βασικές εντολές του λογισμικού Rhinoceros. Οι σπουδαστές έπρεπε να αντιγράψουν και να επικολλήσουν (copy / paste) και να αποθηκεύσουν την ψηφιακή γεωμετρία που σχεδίαζαν μετά από κάθε ένα από τα 4 βήματα μετασχηματισμού, έτσι ώστε να «χαρτογραφήσουν» την διαδικασία και να επιστρέψουν σε κάποιο προηγούμενο βήμα αν ήθελαν.

Για να κατανοήσουν την σύνδεση ψηφιακού σχεδιασμού και πιθανών μεθόδων υλοποίησης με μηχανικά μέσα, οι σπουδαστές είχαν την δυνατότητα να εκτυπώσουν τρισδιάστατα ή με κοπή με λέιζερ τις τελικές επιλύσεις των ψηφιακών τους μοντέλων.

Αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε, στο πρώτο εξάμηνο παρήχθησαν μια σειρά από μακέτες, σχέδια και διαγράμματα των τελικών χώρων. Κάθε ένα από τα 4 βήματα του μετασχηματισμού τεκμηριώθηκαν με μακέτες. Ειδικά για το workshop του κύβου, οι σπουδαστές κλήθηκαν να πειραματιστούν με χαρτόνι και φελιζόλ Dow, προκειμένου να κατανοήσουν τη διαφορά σύνθεσης με επιφάνειες από αυτήν με όγκους. Η ίδια λογική ελεγχόμενων μετασχηματισμών εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια του δεύτερου workshop, όπου οι σπουδαστές μετασχημάτησαν μια ενιαία επιφάνεια- χαρτόνι, γεγονός που αποτέλεσε μια ευκαιρία να εξερευνηθούν με αυτό τον τρόπο και μια σύγχρονη σχεδιαστική πρακτική, που βασίζεται στην αναδίπλωση (folding)¹⁴⁸. Το τρίτο workshop εστίασε στη σύνθεση αρχιτεκτονικού χώρου μέσα από τον μετασχηματισμό και αντιγραφή / επικόλληση μιας αρχικής καμπύλης, η οποία κόπηκε από χαρτόνι. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιεί την ίδια σχεδιαστική λογική θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει για να σχεδιάσει μια παραμετρικά ελεγχόμενη καμπύλη, σε λογισμικά όπως το Rhinoceros ή το παραμετρικό λογισμικό Grasshopper.

¹⁴⁸ Jackson, P., (2011) *Folding techniques for designers*, London: Lawrence King Publishers.

Στο δεύτερο εξάμηνο των σπουδών τους, τα αποτελέσματα ήταν μία σειρά από ψηφιακά μοντέλα και η «χαρτογράφηση» / τεκμηρίωση του κάθε ενός από τα 4 βήματα ψηφιακών μετασχηματισμών και τα αντίστοιχα αρχιτεκτονικά σχέδια ή προοπτικά του προτεινόμενου χώρου. Εκτυπώθηκαν ακόμα τρισδιάστατα μοντέλα των γεωμετριών που είχαν σχεδιάσει ψηφιακά σε κλίμακα 1:50, τα οποία οι σπουδαστές τοποθέτησαν μέσα σε μακέτες από χαρτόνι των χώρων των καταστημάτων τους.

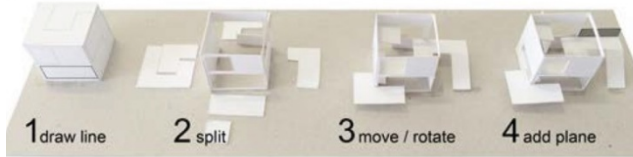
Η κατανόηση των συνθετικών βημάτων στο πρώτο εξάμηνο τους επέτρεψε να συνθέσουν με επιτυχία τους αρχιτεκτονικούς χώρους που ζητήθηκαν στο δεύτερο εξάμηνο. Το ανώνυμο ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν σχετικά με το μάθημα δείχνουν μια θετική έκβαση για τη συγκεκριμένη προσέγγιση του σχεδιασμού¹⁴⁹.

¹⁴⁹ Η έρευνα με το ανώνυμο ερωτηματολόγιο έδειξε πως το 100% των μαθητών βρήκε πως τα workshops βελτίωσαν τις γνώσεις και την κατανόηση του αντικειμένου. Ταυτόχρονα το 86,7% συμφώνησε ότι αυτή η ενότητα έχει σχέση με τα ενδιαφέροντά τους και τις σπουδές τους. Επίσης 80% των σπουδαστών βρήκε πως αυτός ο τρόπος διδασκαλίας ενίσχυσε την συνθετική τους ικανότητα.

ΚΥΚΛΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΩΝ ΜΕ ΒΗΜΑΤΑ

	ΑΡΧΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ	ΒΗΜΑ 1	ΒΗΜΑ 2	ΒΗΜΑ 3	ΒΗΜΑ 4
A. ΚΥΒΟΣ					
B. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ					
Γ. ΚΑΜΠΥΛΗ					

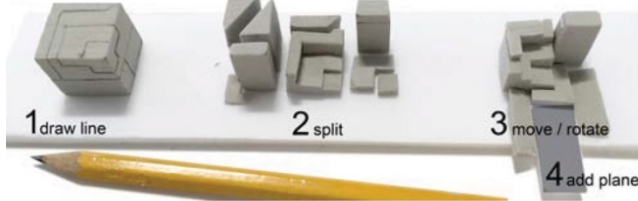
A. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΥΒΟΥ (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ)



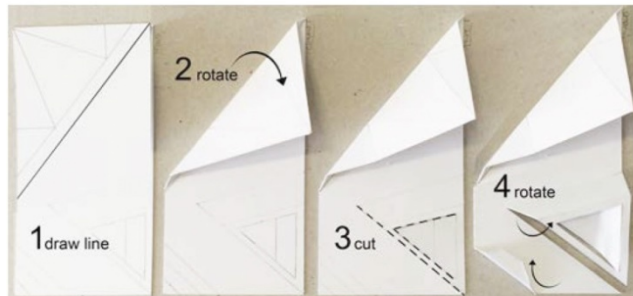
ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



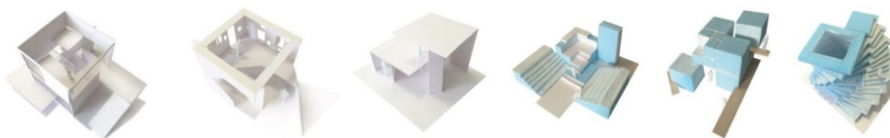
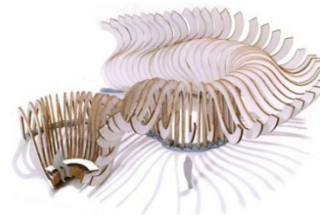
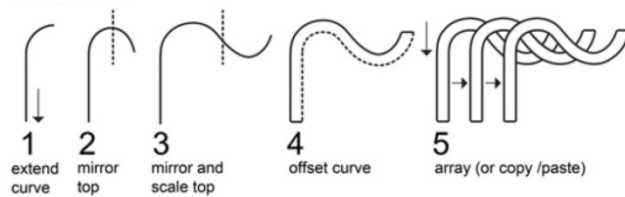
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΥΒΟΥ (ΟΓΚΟΣ)



B. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ



Γ. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΜΠΥΛΗΣ



¹⁵⁰ Ελεγχόμενοι μετασχηματισμοί (μέρος α'): Η συνθετική διαδικασία μακέτας με βήματα και μερικά αποτελέσματα (πρώτο εξάμηνο σχολής).

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ
ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

ΚΥΚΛΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΜΕ ΒΗΜΑΤΑ

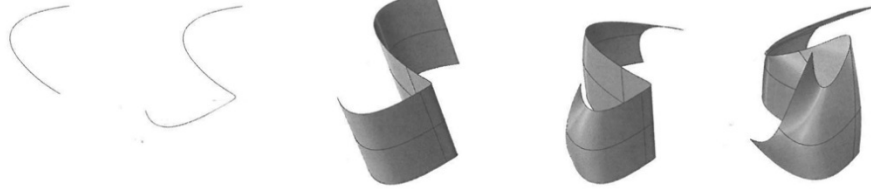
ΑΡΧΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

ΒΗΜΑ 1

ΒΗΜΑ 2

ΒΗΜΑ 3

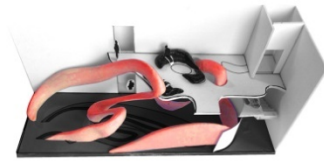
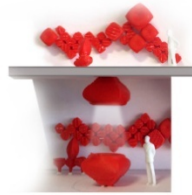
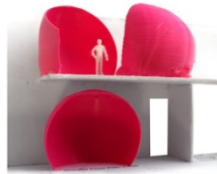
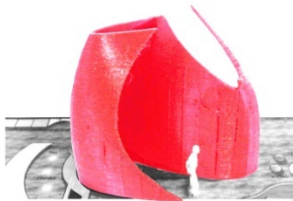
ΒΗΜΑ 4



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΛΙΚΟΤΗΤΑΣ
(ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ)



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΟΜΗΣ
(WAFFLE SYSTEM)



151

¹⁵¹ Ελεγχόμενοι μετασχηματισμοί (μέρος β'): Η ψηφιακή συνθετική διαδικασία με βήματα και μερικά αποτελέσματα (δεύτερο εξάμηνο σχολής)

Συμπεράσματα πειράματος

Οι σπουδαστές είχαν την ευκαιρία να μάθουν πώς να συνθέτουν αρχιτεκτονικό χώρο θέτοντας τους δικούς τους κανόνες μετασχηματισμού μακέτας της γεωμετρίας ενός κύβου, μιας επιφάνειας και μιας καμπύλης στο πρώτο εξάμηνο και μιας ψηφιακής άμορφης γεωμετρίας blob ή μιας καμπύλης στο δεύτερο εξάμηνο της σχολής. Το πείραμα είχε σημασία για την έρευνα της διατριβής ως μια μετάφραση των μετασχηματισμών του Eiseman (1999) και του Lynn (1998) και την σημασία του διαγράμματος ως ενός αφηρημένου σχεδιαστικού εργαλείου όπως προτείνει ο Lynn (1998) και οι UNstudio (1999)¹⁵². Η μεθοδολογία που πρότεινε η διατριβή εφαρμόστηκε για την εισαγωγή πρωτοετών σπουδαστών στην ψηφιακή αρχιτεκτονική λογική. Επιπλέον, η διαδικασία που ακολούθησαν μιμείται τον τρόπο που θα όριζαν τους κανόνες και τις παραμέτρους σχεδιασμού σε ένα ψηφιακό ή / και παραμετρικό μοντέλο, μέσα από απλά ρήματα-εντολές. Αυτό τους έδωσε την ευκαιρία να ελέγξουν και να κατανοήσουν κάθε βήμα του σχεδιασμού μέσα από αυτή την «χαρτογράφηση» των βημάτων. Τα βήματα αυτά μπορούσαν να επανεξεταστούν και να αλλάξουν καθ' όλη την διάρκεια της σχεδιαστικής διαδικασίας, με το ίδιο τον τρόπο που ακολούθησαν στο ψηφιακό μοντέλο της άμορφης γεωμετρίας το δεύτερο εξάμηνο. Για παράδειγμα, μπορούσαν να επιστρέψουν στο βήμα 1 και ορίσουν διαφορετικούς βασικούς άξονες κοπής του κύβου και να ξαναφτιάξουν μια τελική μακέτα ακολουθώντας τα ίδια επόμενα βήματα. Αυτή η κυκλική διαδικασία τους έδωσε την δυνατότητα να παρατηρήσουν τελικά πως μια συγκεκριμένη αλλαγή σε κάποιο βήμα έχει αντίστοιχες επιπτώσεις στο τελικό αποτέλεσμα. Αυτή η μεθοδολογική προσέγγιση έδωσε έμφαση στη διαδικασία αντί στα τελικά αποτελέσματα και επέτρεψε στους σπουδαστές να κατανοήσουν τον τρόπο σύνθεσης μέσα από μετασχηματισμούς μακέτας στο πρώτο εξάμηνο και στη συνέχεια μετασχηματισμών ψηφιακών μοντέλων στο δεύτερο εξάμηνο. Ταυτόχρονα, η προσέγγιση αυτή δεν αντιτίθεται στις παραδοσιακές συνθετικές μεθόδους, αλλά τις ενισχύει μια και οι σπουδαστές είχαν την ευκαιρία να πειραματιστούν με πολλαπλές χωρικές διαμορφώσεις χρησιμοποιώντας βασικά αρχιτεκτονικά στοιχεία, όπως όγκους και επιφάνειες.

¹⁵² Van Berkel, B., Bos, C. UNstudio design models, 2006, New York, Rizzoli.

A4. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 2: ΑΠΟ ΤΟ ΑΜΟΡΦΟ ΣΤΟ ΔΟΜΙΚΟ (Blob to Waffle)

Εισαγωγή

Το πείραμα ήταν μια από τις πρωταρχικές διερευνήσεις της διατριβής σχετικά με το πεδίο των συνθετικών δυνατοτήτων που δημιουργείται μέσα από ψηφιακούς μετασχηματισμούς¹⁵³.

Πέρα από το πεδίο των συνθετικών δυνατοτήτων, το πείραμα εστίασε στο πεδίο δυνατοτήτων υλοποίησης μέσα από τον ψηφιακό σχεδιασμό και την πρωτότυπη κατασκευή με μηχανικά μέσα (Computer Aided Manufacturing). Αυτή η διερεύνηση του διαλόγου μεταξύ ψηφιακού σχεδιασμού και υλικότητας, όπως έχει ήδη συζητηθεί, αποτελεί ένα από τα βασικά πεδία ενδιαφέροντος της διατριβής, στο οποίο επιχειρεί να συνεισφέρει. Όπως θα συζητηθεί στη συνέχεια, η γνώση που αποκτήθηκε μέσα από αυτή την έρευνα χρησιμοποιήθηκε τόσο για την διδασκαλία του προηγούμενου πειράματος, όσο και για την διδασκαλία των Ειδικών Συνθετικών Θεμάτων 9ου εξαμήνου στο 4^ο έτος της αρχιτεκτονικής σχολής του ΕΜΠ το 2009.

Όπως σε κάθε πείραμα της διατριβής, ένα αρχιτεκτονικό ζήτημα που σχετίζεται με προγραμματικές απαιτήσεις αποτελεί την αφορμή / ρεαλιστικό ζητούμενο του πειράματος. Το συγκεκριμένο πείραμα εστίασε στον σχεδιασμό αστικού εξοπλισμού μικρής κλίμακας που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως καθιστικό. Η βασική ιδέα σχετικά με τις πιθανές κατασκευαστικές δυνατότητες επίλυσης συνδύασε τις άμορφες ψηφιακές γεωμετρίες (blobs), με μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής, όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση και η κοπή με λέιζερ.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η κατασκευαστική μέθοδος της «βάφλας» (egg crate ή waffle system) ως τρόπος κατασκευαστικής επίλυσης σύνθετων ψηφιακών γεωμετριών. Κατά τη μέθοδο αυτή, οποιαδήποτε ψηφιακή γεωμετρία μπορεί να σχηματιστεί από πολλαπλά επίπεδα στοιχεία (που συνήθως ακολουθούν καρτεσιανούς άξονες X και Y) τα οποία μπορούν να κοπούν με λέιζερ για να κατασκευαστεί το τελικό αντικείμενο. Αυτή

¹⁵³Το παρουσίασα στο συνέδριο eCAADe: Vamvakidis, S., Légumes Urbaines: Digital Modeling Transformations + Prototype Fabrication Based on the Egg Crate Construction Method, στα πρακτικά του συνεδρίου eCAADe 27: Computation: The New Realm of Architectural Design, 313-322

η «ψηφιακή» επίλυση βασίζεται στο συμβατικό τρόπο ξύλινων και ναυπηγικών κατασκευών όπως π.χ. μιας ξύλινης βάρκας όπου οι νομείς («στραβόξυλα») δημιουργούν τον σκελετό του σκάφους.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός πως αυτή η τεχνική ήταν σχετικά άγνωστη μέχρι πριν μερικά χρόνια, με ελάχιστα υλοποιημένα παραδείγματα μικρής κυρίως κλίμακας όπως το εσωτερικό του βιβλιοπωλείου Loewey στο Παρίσι από τους αρχιτέκτονες Jakob & MacFarlane (2001) που κατασκευάστηκε από αλληλοτεμνόμενα φύλλα ξυλείας. Πλέον σύνθετα έργα μικρής κλίμακας όπως το υπαίθριο περίπτερο DRL10 του εργαστηρίου DRL της αρχιτεκτονικής σχολής AA στο Λονδίνο (2008) σε συνεργασία με τους γραφείο στατικών μελετών Adams Kara Taylor (ADT), ακολουθούν μη καρτεσιανούς άξονες για την παράταξη των επιπέδων στοιχείων / σκελετού στο χώρο. Το έργο που ίσως έκανε γνωστή αυτή την τεχνική στους αρχιτέκτονες και σπουδαστές αρχιτεκτονικής ανά τον κόσμο (και ήταν ακόμα υπο κατασκευή κατά την διενέργεια του πειράματος) είναι το στέγαστρο Metropol Parasol στην Σεβίλλη από τον αρχιτέκτονα Jurgen H.Mayer (2012). Το κοινό χαρακτηριστικό σε όλα τα έργα που χρησιμοποιούν αυτή την τεχνική, είναι η δυνατότητα του σκελετού του συστήματος «βάφλας» (waffle system) να φέρει το ίδιο το βάρος της κατασκευής, χωρίς ανάγκη για επιπλέον φέροντα οργανισμό. Ταυτόχρονα, ο σκελετός αυτός μπορεί να καλυφθεί με πανέλα για την δημιουργία μιας τελικής «επιδερμίδας» που ακολουθεί την οποιαδήποτε «λεία» ψηφιακή γεωμετρία.

Μεθοδολογία

Το πρώτο σκέλος του πειράματος εστίασε στον ψηφιακό μετασχηματισμό γεωμετρικών στερεών όπως η σφαίρα και ο κύβος, μέσα από συγκεκριμένα βήματα. Η αποτύπωση του κάθε βήματος μέσω της αντιγραφής της κάθε μετασχηματισμένης ψηφιακής γεωμετρίας επέτρεψε την επιστροφή σε προηγούμενα βήματα κατά την διάρκεια της σύνθεσης, με αποτέλεσμα να μπορούν να παραχθούν πολλαπλές παρεμφερείς επιλύσεις. Όπως θα συζητηθεί και στα επόμενα κεφάλαια της διατριβής, η υλικότητα είναι μια από τις πλέον βασικές παραμέτρους που οφείλει να συνυπολογίσει κανείς ίσως ακόμα από τα πρώτα βήματα του ψηφιακού σχεδιασμού. Αν παρατηρήσει κανείς τα υλοποιημένα παραδείγματα, θα κατανοήσει ότι το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για ένα

από αυτά τα έργα ήταν σε κάποιο βαθμό «ενσωματωμένο» μέσα στο ψηφιακό μοντέλο, λόγω του πάχους και γενικά των διαστάσεων και κατασκευαστικών λεπτομερειών που απαιτούνται για τη σύνδεση των επιμέρους στοιχείων. Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή και θα αναπτυχθεί επιπλέον στην οικογένεια πειραμάτων 3, οι διαστάσεις των επιμέρους μερών συνδέονται με τις «εντατικές» ιδιότητες ενός ψηφιακού συστήματος μεταξύ άλλων όπως η στατική αντοχή. Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα επιμέρους στοιχεία στο ψηφιακό μοντέλο σχεδιάστηκαν με διαφορετικά πάχη από 50 μέχρι 200 χιλιοστά, που θα σήμαινε κατασκευή από φύλλα χάλυβα ή κόντραπλακέ θαλάσσης και κοπή με λέιζερ. Το τεχνικό κομμάτι της ψηφιακής σχεδίασης περιελάμβανε τον σχεδιασμό του κανάβου από τα επιμέρους στοιχεία και την προβολή του πάνω στην γεωμετρία της μετασχηματισμένης σφαίρας. Απλές εντολές "loft" και "offset surface" έδωσαν τα απαιτούμενα πάχη στα επιμέρους στοιχεία, μετασχηματίζοντας την άμορφη γεωμετρία (blob) σε κάτι δομικό (waffle). Για μια ακόμη φορά, ακολούθησαν αρκετές κυκλικές αναπληροφορήσεις του ψηφιακού μοντέλου, εξετάζοντας διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων ή και διαφορετικά πάχη. Οι αναπληροφορήσεις έγιναν με βάση αισθητικά, λειτουργικά, στατικά, υλικά και κατασκευαστικά κριτήρια. Τα αισθητικά κριτήρια είχαν σχέση με την συνολική μορφή, που θα έπρεπε να μοιάζει ως ένα ενιαίο σύνολο / αντικείμενο, ενώ το λειτουργικό κριτήριο ήταν η δυνατότητα να λειτουργεί ως κάθισμα. Το στατικό κριτήριο ήταν η ικανότητα να φέρει το βάρος του και το βάρος ενός ανθρώπου και τα υλικά και κατασκευαστικά κριτήρια σχετίζονταν με τις μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής όπως η κοπή με λέιζερ.

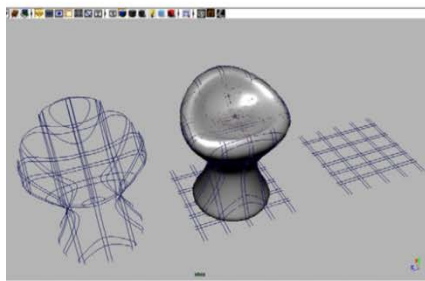
Αποτελέσματα

Παράχθησαν τρισδιάστατες εκτυπώσεις των ψηφιακών μοντέλων από θερμοπλαστικό σε κλίμακα 1:10 καθώς και μακέτες από φύλλα κόντραπλακέ πάχους ενός χιλιοστού που κόπηκε με λέιζερ. Οι μακέτες επέτρεψαν τον έλεγχο της στατικής ικανότητας των επιλεγμένων επιλύσεων αλλά και την επίλυση των κατασκευαστικών λεπτομερειών / διαδικασιών συναρμολόγησης. Ειδικά για την συναρμολόγηση, μερικά από τα στοιχεία έπρεπε να περιστραφούν και να μετακινηθούν στον χώρο για να ενωθούν με τα γειτονικά τους, γεγονός που απαιτούσε τον έλεγχο με μακέτα.

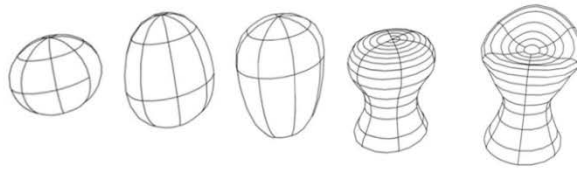
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



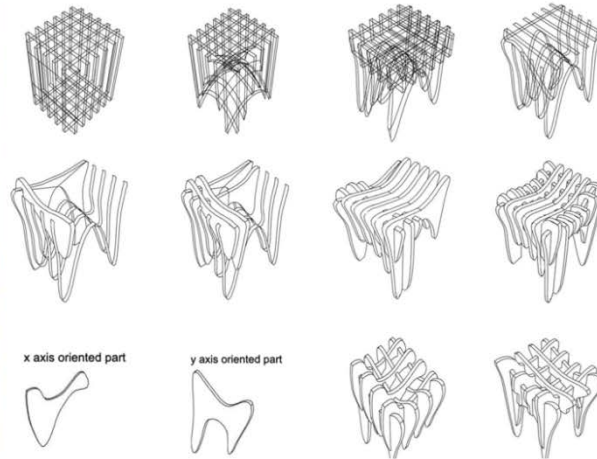
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΑΜΟΡΦΟ (BLOB) ΣΕ ΔΟΜΙΚΟ



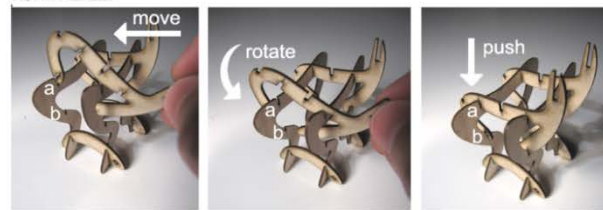
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΔΥΟ ΓΕΩΜΕΤΡΙΩΝ
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΦΑΙΡΑΣ



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΥΒΟΥ



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕ ΚΟΠΗ ΛΕΙΖΕΡ



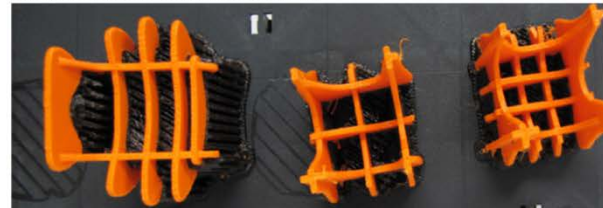
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΚΥΒΟΥ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΣΦΑΙΡΑΣ



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ



¹⁵⁴ «Από το άμορφο στο δομικό»: (Πάνω αριστερά): Υλοποιημένα παραδείγματα / αναφορές. (Δεξιά και κάτω): Η ψηφιακή διαδικασία του πειράματος και τα αποτελέσματα.

Συμπεράσματα

Η διαδικασία των εξελισσόμενων μετασχηματισμών μέσα από μια σειρά ελεγχόμενων βημάτων μιας ψηφιακής γεωμετρίας όπως πχ μιάς άμορφης γεωμετρίας (blob), μια προσέγγιση που βασίζεται στη θεωρία της εξελικτικής βιολογίας του Thomson (1917) και τη φιλοσοφία του Deleuze (1988) όπως μετουσιώθηκε στην θεωρία και πρακτική του Lynn (1998) αποτελεί την βάση της ψηφιακής (γενεσιουργής και παραμετρικής) σκέψης και πρακτικής. Το τρέχον πείραμα επέτρεψε τη διερεύνηση του συνθετικού πεδίου δυνατοτήτων που δημιουργείται μέσα από τις πολλαπλές επιλύσεις που εμφανίζονται μέσα από την κυκλική συνθετική διαδικασία με βήματα και την «χαρτογράφηση» αυτών των βημάτων. Κάθε επιστροφή σε ένα ένα προηγούμενο βήμα και αλλαγή της γεωμετρίας, οδηγούσε σε διαφορετικό αποτέλεσμα.

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε, προσφέρει ακόμα ένα πεδίο δυνατοτήτων σε επίπεδο κατασκευής και υλικότητας, ειδικά μέσα από την εφαρμογή του δομικού συστήματος «βάφλας» (waffle system) κατά την διάρκεια της συνθετικής διαδικασίας. Το πεδίο των υλικών και κατασκευαστικών επιλύσεων εκτείνεται από την τρισδιάστατη εκτύπωση μέχρι την κοπή με λέιζερ ή τη μορφοποίηση με τριαξονική φρέζα (CNC milling), μια διαδικασία που ακολουθήθηκε στην διδασκαλία των Ειδικών Θεμάτων Συνθέσεων 9^{ου} εξαμήνου όπως θα συζητηθεί στην αμέσως επόμενη ενότητα με τα συνολικά συμπεράσματα και των δύο πειραμάτων.

Το πλέον ενδιαφέρον σε επίπεδο ψηφιακής σύνθεσης με την εφαρμογή του δομικού συστήματος «βάφλας» ίσως είναι, πως για μια διαδικασία που έπρεπε να επαναληφθεί αρκετές φορές μέσω αντιγραφής και επικόλλησης των γεωμετριών, (σε μια εποχή που το σύστημα «βάφλας» ήταν σχεδόν άγνωστο και δεν υπήρχε κάποιο λογισμικό που θα επιτάχυνε την ψηφιακή διαδικασία), υπάρχει πλέον το δωρεάν λογισμικό 123DMake της Autodesk, ένα αρκετά απλό παραμετρικό λογισμικό, που μπορεί να υπολογίσει αυτόματα όλα τα επιμέρους επίπεδα στοιχεία που μπορούν να ορίσουν μια σύνθετη γεωμετρία και να τα εξάγει ως αρχεία έτοιμα για κοπή με λέιζερ. Το γεγονός αυτό, παράλληλα με τον αριθμό των έργων που μπορεί να παρατηρήσει κανείς σε

αρχιτεκτονικές σχολές στις μέρες μας, καταδεικνύει το βαθμό στον οποίο η τεχνική της «βάφλας» υιοθετήθηκε στην αρχιτεκτονική πρακτική και διδασκαλία τα τελευταία χρόνια.

Αυτή η εξέλιξη επιβεβαιώνει τη σημασία αυτού του πειράματος / διερεύνησης που παρουσιάστηκε στο συνέδριο eCAADe 27 πολύ πριν η λογική της «βάφλας» διαδωθεί στο ευρύ κοινό και γίνει αμιγώς παραμετρικό. Εξάλλου, μια από τις προτάσεις της συγκεκριμένης εργασίας σχετικά με τους τρόπους εξέλιξης του πειράματος, ήταν η χρήση παραμετρικών σχεδιαστικών προγραμμάτων / scripting όπως το Grasshopper για τη δημιουργία ακόμη περισσότερων επιλύσεων, με διαφορετικές προγραμματικές απαιτήσεις, διαφορετικές υλικότητες (και άρα πάχη στοιχείων) κτλ.

Σε επίπεδο κατασκευαστικής λογικής, αυτό που φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον σχετικά με τη μέθοδο κατασκευής «βάφλας» είναι η δυνατότητα εξεύρεσης κάποιας τεχνικής συναρμολόγησης που θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε έργα διαφορετικής κλίμακας. Στο συγκεκριμένο πείραμα η «βάφλα» (waffle) δημιουργήθηκε από κατακόρυφα και οριζόντια μέλη που ενώθηκαν με μισοκοψιές. Διαφορετικά πάχη και αποστάσεις μεταξύ των επιμέρους στοιχείων θα σήμαινε την ικανότητα παραλαβής μεγαλύτερων δυνάμεων και στατικών φορτίσεων, όπως το Metropol Parasol στη Σεβίλλη (2011), ή το Serpentine Pavilion (2005) από τους Alvaro Siza και Souto de Moura, στο Λονδίνο. Δομές μικρής κλίμακας, όπως ένα σκαμνί επιτρέπουν τη χρήση στοιχείων που είναι κομμένα με λέιζερ από ένα ενιαίο κομμάτι ξυλείας, ενώ μεγαλύτερες δομές χρειάζονται περαιτέρω κατάτμηση σε μικρότερα κομμάτια, σύμφωνα με τα τυποποιημένα μεγέθη των υλικών που υπάρχουν στη βιομηχανία.

Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου κατασκευής, είναι η δυνατότητα υλοποίησης με χαμηλό κόστος σύνθετων γεωμετριών σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, μέσω των μεθόδων πρωτότυπης κατασκευής, όπως η κοπή με λέιζερ ή η μορφοποίηση με τριαξονική φρέζα (CNC milling). Ανάλογα με την κλίμακα του έργου, μια τέτοια τεχνική επιτρέπει τη συναρμολόγηση της δομής από επίπεδα στοιχεία (που καθιστούν εύκολη τη

μεταφορά τους) ακολουθώντας μια σειρά από συγκεκριμένα βήματα όπως σε ένα τρισδιάστατο πάζλ.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας του πειράματος στην διδασκαλία στο ΕΜΠ

Η έρευνα που διεξάχθηκε μέσα από το δεύτερο πείραμα εξελίχθηκε περαιτέρω και αποτέλεσε την βάση για την διδασκαλία των Ειδικών Θεμάτων Συνθέσεων 9^{ου} εξαμήνου στο ΕΜΠ, με την επίβλεψη της καθηγήτριας κας. Αναστασίας Λιακατά-Πεχλιβανίδου στο οποίο δίδασκα ως Λέκτορας 407/80 (2008-11). Οι σπουδαστές κλήθηκαν να σχεδιάσουν ψηφιακά ένα πολυλειτουργικό αρχιτεκτονικό στοιχείο για σπουδαστές αρχιτεκτονικής και όχι μόνο. Η διαδικασία σχεδιασμού μέσω των ψηφιακών μετασχηματισμών μιας βασικής γεωμετρίας μέσω συγκεκριμένων βημάτων (και αναπληροφόρηση του ψηφιακού μοντέλου μετά από κάθε αλλαγή σε κάποιο βήμα) ακολουθήθηκε καθ'ολη τη διάρκεια του 9^{ου} εξαμήνου.

Το 9^ο εξάμηνο της σχολής και το συγκεκριμένο κατ'επιλογή μάθημα κρίθηκε κατάλληλο για τη σύνθεση αποκλειστικά με ψηφιακά μέσα, μια και οι σπουδαστές είχαν ήδη αναπτύξει συνθετικές δεξιότητες με τις παραδοσιακές μεθόδους, δίνοντάς τους την δυνατότητα να προχωρήσουν σε ένα επόμενο, πειραματικό συνθετικό επίπεδο.

Ταυτόχρονα, η διδασκαλία μιας τέτοιας προσέγγισης σε κατ' επιλογήν μάθημα, απευθυνόταν σε σπουδαστές οι οποίοι ενδιαφέρονταν συγκεκριμένα για τη χρήση των ψηφιακών σχεδιαστικών μέσων ως συνθετικών, και όχι αναπαραστατικών εργαλείων. Το αρχιτεκτονικό αυτό στοιχείο ικανοποιεί μια σειρά απο απαιτήσεις:

1. Λειτουργικά δεδομένα (όπως εσοχές και ράφια για την τοποθέτηση κάποιων αντικειμένων και στοιχείων φωτισμού, επιφάνειες παρουσίασης και εργασίας καθώς, ποδηλατοστάσιο, ανοίγματα θέασης ή οπές εξαερισμού καθώς και ένα κάθιστικό.
2. Ευστάθεια και αντοχή που θα προέκυπταν απο το υλικό κατασκευής.
3. Αισθητικές και αντιληπτικές παράμετρους που θα όριζαν οι σπουδαστές.

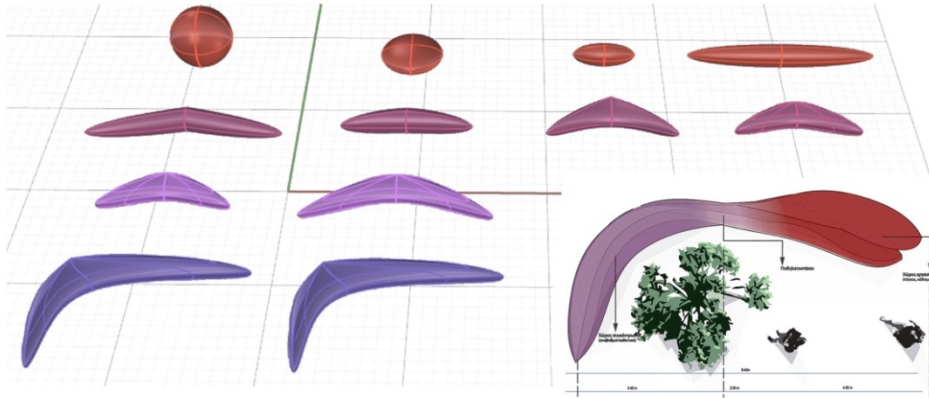
Το πολυλειτουργικό αυτό στοιχείο θα μπορούσε τελικά να εξυπηρετεί και να ενδυναμώνει δραστηριότητες της καθημερινής ζωής σε σχολές αρχιτεκτόνων και καλών τεχνών, όπως η συνάντηση, η εργασία και η παρουσίαση στη σχολή. Ειδικά για την δεύτερη αρχιτεκτονική απαίτηση που σχετίζεται με την στατικότητα, την υλικότητα και

την πρωτότυπη κατασκευή με μηχανικά μέσα (CAM -Computer Aided Manufacturing) οι σπουδαστές κλήθηκαν να κατανοήσουν τους περιορισμούς που υπάρχουν από τα ίδια τα μηχανήματα πρωτότυπης κατασκευής, αλλά και τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Όπως θα συζητηθεί στα επόμενα πειράματα της διατριβής, οι περιορισμοί και δυνατότητες των υλικών και των μεθόδων πρωτότυπης κατασκευής είναι μια από τις παραμέτρους που συχνά ενσωματώνονται στο ψηφιακό μοντέλο κατά την διάρκεια της συνθετικής διαδικασίας. Όπως και στο δεύτερο πείραμα της οικογένειας πειραμάτων 1, η μέθοδος των ψηφιακών μετασχηματισμών έδωσε τη δυνατότητα δημιουργίας πολλαπλών ψηφιακών επιλύσεων, μέσα από την επιστροφή σε προηγούμενα βήματα και την αλλαγή της της γεωμετρίας με ελεγχόμενο τρόπο. Πέρα από το πεδίο των συνθετικών επιλύσεων, η συγκεκριμένη μεθοδολογία δημιούργησε και ένα ευρύ πεδίο υλικών και κατασκευαστικών επιλύσεων. Η κατασκευαστική διερεύνηση των σπουδαστών περιελάμβανε την κοπή με λέιζερ υλικών όπως το κοντραπλακέ θαλάσσης για τη δημιουργία διαφορετικών κατασκευαστικών συστημάτων «βάφλας» (waffle system) και την μορφοποίηση με τριαξονική φρέζα (CNC milling) για την μορφοποίηση μια ενιαίας φόρμας, με αποτέλεσμα να προκύψουν πολλαπλές εκφάνσεις / επιλογές για την υλοποίηση του ψηφιακού μοντέλου. Αυτή η διερεύνηση σε συνδυασμό με τις μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής, επέτρεψε την παραγωγή σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα πολλαπλών ψηφιακών μοντέλων και μακετών σε κλίμακα 1:10. Η διαδικασία διερεύνησης των πιθανών συνθετικών και κατασκευαστικών επιλύσεων θα ήταν πιθανότατα ιδιαίτερα χρονοβόρα και ίσως ανέφικτη, αν είχαν χρησιμοποιηθεί παραδοσιακές συνθετικές μέθοδοι. Ο πειραματισμός αυτός υποδεικνύει πως η υλοποίηση μπορούσε να γίνει με διαφορετικά υλικά όπως λ.χ. με χυτά υλικά όπως το σκυρόδεμα μέσω χύτευσης σε καλούπι που έχει μορφοποιηθεί με τριαξονική φρέζα, ή την κατασκευή από φύλλα χάλυβα (ή κοντραπλακέ θαλάσσης) και την κοπή με λέιζερ.¹⁵⁵

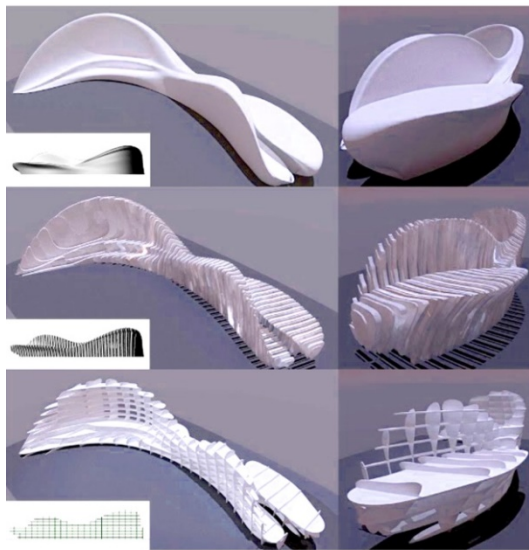
¹⁵⁵ Αξίζει να σημειωθεί πως το εύρος του πεδίου δυνατοτήτων υλοποίησης που εμφανίζεται μέσα από αυτήν τη διαδικασία, και οι διαφορετικές πιθανές υλικές εκφάνσεις ήταν ο λόγος για τον οποίο η σπουδαστική εργασία απέσπασε το πρώτο βραβείο σε διεθνή διαγωνισμό σχεδιασμού αστικού καθιστικού από τον Δήμο Αθηναίων (Σπουδαστές: Α.Βερτεούρη, Π. Βασιλάκη, Κ.Γαλακτίου, Ν.Μάρτσετις, Ε.Υφαντή, Α. Χαζάπη, Π.Βαρδουλάκη). Η εργασία κατασκευάστηκε σε κλίμακα 1:1 από κόντραπλακέ και ήταν σε έκθεση για μια σειρά ετών στο αίθριο της αρχιτεκτονικής σχολής του ΕΜΠ.www.cityofathens.gr/en/node/10938 [τελευταία επίσκεψη 3/3/2017]

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

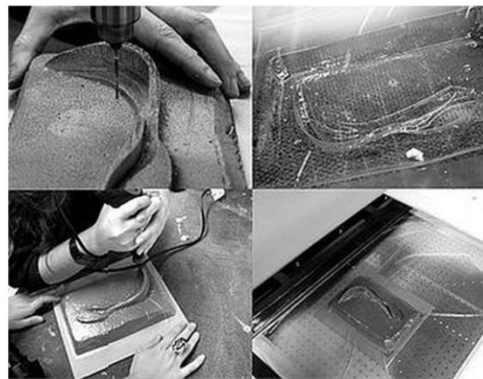
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ (ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ)



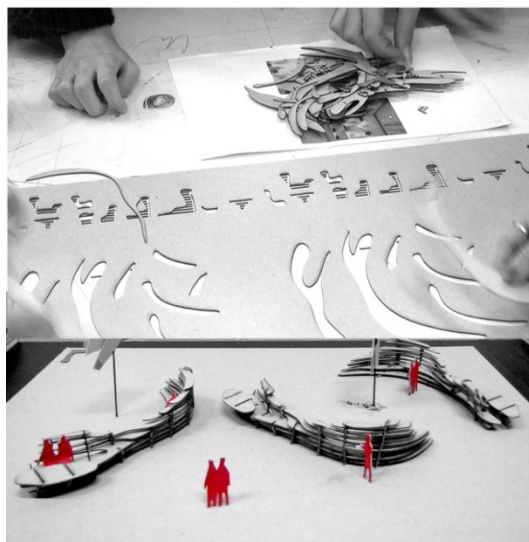
ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΕΚΦΑΝΣΕΙΣ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



ΔΙΕΡΕΥΝΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΟΤΗΤΑΣ



ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΦΡΕΖΑ (CNC MILLING) ΚΑΙ ΜΕ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕ ΚΕΝΟ ΑΕΡΑ (VACUUM FORMING)



156

¹⁵⁶ Η εφαρμογή του 2ου πειράματος στην διδασκαλία στο ΕΜΠ. Ψηφιακός σχεδιασμός πολυλειτουργικού αρχιτεκτονικού στοιχείου στα Ειδικά Θέματα Συνθέσεων 9ου εξαμήνου.

A5. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Η συνθετική διαδικασία μετασχηματισμών που περιγράφηκε σε αυτή την ενότητα αντλεί έμπνευση από τις προσεγγίσεις του Eisenman (1999) και Lynn (1998) και τις επιδράσεις που δέχτηκαν από την εξελικτική βιολογία του Thomson (1917) και τη θεωρία του Deleuze (1987), όπως συζητήθηκαν στην ενότητα A1 - θεωρητικής προσέγγισης της οικογένειας πειραμάτων 1.

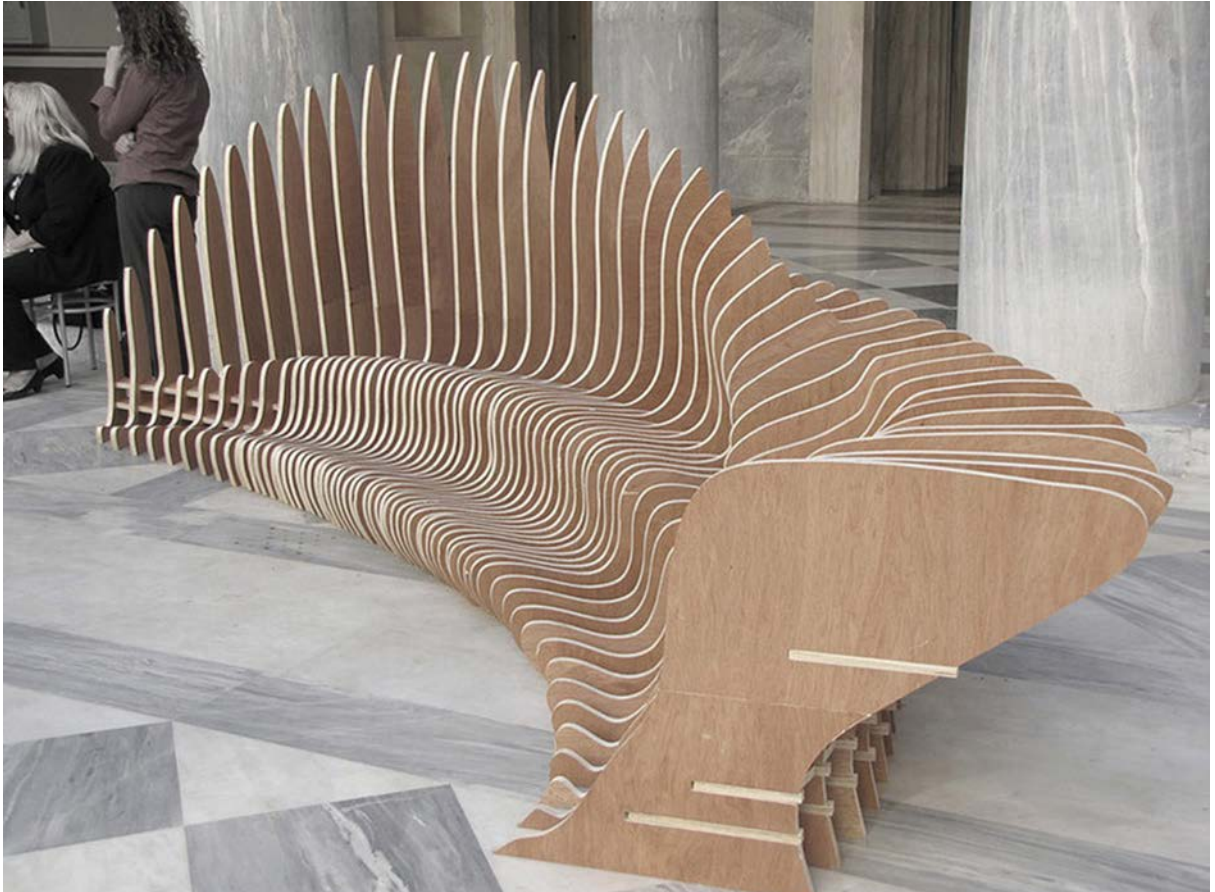
Πιο συγκεκριμένα, το βασικό / πρωτότυπο εργαλείο της ψηφιακής συνθετικής λογικής, το διάγραμμα, ως ένα αφηρημένο εργαλείο- φορέας πληροφορίας που δεν εστιάζει στην μορφή, αλλά στους συσχετισμούς μεταξύ μερών και συνθηκών σύμφωνα με τον Lynn (1998), αλλά και οι μετασχηματισμοί, αποτέλεσαν την βάση της συνθετικής λογικής για την οικογένεια πειραμάτων 1. Υπάρχει ακόμα συνειδητά μια βαθμιδωτή μετάβαση αυτής της λογικής από το υλικό διάγραμμα (την μακέτα) στα πρώτα πειράματα, στο ψηφιακό διάγραμμα (το ψηφιακό μοντέλο) στα τελευταία. Σε αυτή την οικογένεια πειραμάτων, τα ψηφιακά μοντέλα μετασχηματίστηκαν σχεδόν όπως ίσως μια μακέτα, κόβοντας ή τραβώντας μέρη τους με λογισμικά όπως το Rhinoceros έτσι ώστε οι σπουδαστές να χρησιμοποιήσουν μια γνωστή / οικεία λογική μετασχηματισμού (της μακέτας), σε ένα άγνωστο, ψηφιακό περιβάλλον. Αυτή η μετάβαση από το υλικό στο ψηφιακό, είναι μια μέθοδος που επιτρέπει / προτείνει την διδασκαλία της σύνθεσης μέσω διαγραμμάτων, ως μια συνολικής και βαθμιδωτής προσέγγισης διδασκαλίας, από το πρώτο μέχρι το τελευταίο έτος μιας αρχιτεκτονικής σχολής.

Για την δημιουργία ενός γενικού πλαισίου που αναφέρεται σε πολλαπλά σημεία στην υφιστάμενη θεωρία, επιμέρους στοιχεία από την θεωρητική και πρακτική προσέγγιση του Lynn (1998), όπως το άμορφο (blob), ως ένα στοιχείο το οποίο μπορεί να ενσωματώνει ετερογενή στοιχεία σε μία ομοιογενή μορφή, αποτέλεσε το αρχικό συνθετικό αντικείμενο για το δεύτερο πείραμα («Από το άμορφο στο δομικό»), το οποίο στην συνέχεια εφαρμόστηκε στην διδασκαλία των Ειδικών Θεμάτων Συνθέσεων 9 στο ΕΜΠ.

Οι μετασχηματισμοί επέτρεψαν τη δημιουργία πολλαπλών συνθετικών επιλύσεων σε κάθε ένα από τα πειράματα, δημιουργώντας ένα πεδίο συνθετικών δυνατοτήτων. Δημιουργήθηκε η δυνατότητα «χαρτογράφησης» του κάθε βήματος καθώς και των κανόνων μετασχηματισμού με εικόνες και διαγράμματα. Ίσως είναι εύκολο να κατανοήσει κανείς πως οι χωρικές και οργανωτικές επιλύσεις σε μια τέτοια προσέγγιση μοιάζουν να πληθαίνουν ακόμα περισσότερο, ειδικά αν προστεθούν επιπλέον συνθετικά βήματα. Ίσως είναι πλέον ξεκάθαρο πως η παραπάνω προσέγγιση εστιάζει στη διαδικασία (ή στον σχεδιασμό της διαδικασίας), αντί στον σχεδιασμό ενός τελικού αντικειμένου / αποτελέσματος.

Εξίσου ενδιαφέρον για αυτό το «πεδίο δυνατοτήτων» που δημιουργείται, ήταν η διερεύνηση της θεμελιώδους σχέσης μεταξύ του ψηφιακού σχεδιασμού και υλικότητας / κατασκευής και η ένταξή της στην σχεδιαστική διαδικασία μέσα από τις πιθανές μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής και τις πολλαπλές υλικές εκφάνσεις / επιλογές που μπορούν να παραχθούν. Οι διαφορετικές επιλύσεις που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της συνθετικής διαδικασίας, σήμαιναν τελικά και διαφορετικές πιθανές κατασκευαστικές προσεγγίσεις με την χρήση των κατάλληλων υλικών.

Μέσα από μια τέτοια προσέγγιση, η συνθετική διαδικασία μπορεί να ενημερωθεί άμεσα από τα υλικά χαρακτηριστικά / ιδιότητες των υλικών κατασκευής, πριν την επιλογή της πλέον κατάλληλης επίλυσης. Οι αναπληροφορήσεις της διαδικασίας έγιναν με βάση αισθητικά, λειτουργικά, στατικά, υλικά και κατασκευαστικά κριτήρια. Ταυτόχρονα, σε επίπεδο διδασκαλίας, αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί μια ξεκάθαρη και ευνόητη διαδικασία από τα πρώτα κιόλας χρόνια της αρχιτεκτονικής εκπαίδευσης και εισάγει διακριτικά και βαθμιδωτά τους σπουδαστές στην ψηφιακή αρχιτεκτονική σκέψη, ενώ ενισχύει τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Οι σπουδαστές μπορούν έτσι να απελευθερωθούν από τις παρεξηγήσεις και τις ανησυχίες που συνήθως συνδέονται με τη χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών στον τομέα της αρχιτεκτονικής, μέσω της χρήσης μακετών στα πρώτα εξάμηνα και ψηφιακών μοντέλων στα μεγαλύτερα εξάμηνα για τις ελεγχόμενες διαδικασίες μετασχηματισμών που περιγράφησαν στην τρέχουσα ενότητα.



157

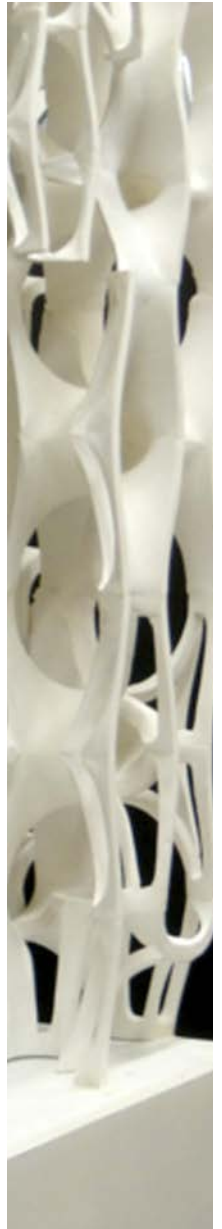
¹⁵⁷ Η σπουδαστική εργασία των Ειδικών Θεμάτων Συνθέσεων 9^{ου} εξαμήνου ΕΜΠ κατασκευάστηκε σε κλίμακα 1:1 και ήταν για μια σειρά ετών στο αίθριο της σχολής.

ΜΕΡΟΣ Β-

ΟΙ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΕΣ / ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ Η
«ΑΝΑΔΥΣΗ» (ΜΗ) ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 2:

«ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ» ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



B1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ - ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ

(ΠΡΟΣ ΕΝΑ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πρώτη οικογένεια πειραμάτων και οι πιθανές εφαρμογές στην διδασκαλία που συζητήθηκαν, είναι μερικές από τις προσεγγίσεις που μπορούν να ακολουθηθούν σε μια συνθετική διαδικασία μετασχηματισμών. Η οικογένεια πειραμάτων 2 εστιάζει σε επιπλέον πτυχές σχετικά με το θέμα της αλληλεπίδρασης μέσω συνθηκών και παραμέτρων και της κυκλικής ανατροφοδότησης / ανασχεδιασμού ενός συστήματος – (όρος που δανείστηκε η ψηφιακή αρχιτεκτονική από την κυβερνητική). Θα συζητηθεί η σχέση μονάδας-συνόλου, δηλαδή οι μηχανισμοί ελέγχου του συστήματος, καθώς και ο ρόλος του αρχιτέκτονα στη σύνθεση και έλεγχό του. Θα εστιάσουμε στον τρόπο επίδρασης για μια σειρά ετών αυτού του επιστημονικού πεδίου – της κυβερνητικής- στην διαμόρφωση της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας και πρακτικής.

Αξίζει πλέον να εξετάσει κανείς τον διάλογο μεταξύ της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας μέσω θεωρητικών ερευνητών όπως ο Pask (1969) και της πρωτοπόρων της κυβερνητικής όπως ο Wiener (1948), καθώς και τα σημεία στα οποία ο διάλογος αυτός συνδέεται με τη φύση ως πηγή έμπνευσης και τον Kelly (1994) (όπως συζητήθηκε στην θεωρητική προσέγγιση A1 της οικογένειας πειραμάτων 1).

Αυτή η ανάλυση είναι απαραίτητη στην προσπάθεια κατανόησης και τελικά διατύπωσης ενός γενικού πλαισίου προσεγγίσεων συνθετικής μεθοδολογίας, βασισμένης σε αυτή την πολύπλευρη ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία, η οποία εφαρμόζεται και εξετάζεται στα επιμέρους πειράματα της διατριβής. Θα συζητηθούν ακόμα έννοιες που προέρχονται από την κυβερνητική όπως η κυκλική διεργασία (αντί μιας γραμμικής συνθετικής διαδικασίας με αρχή και τέλος), καθώς και η έννοια της αναπληροφόρησης ως διεργασίες σχεδιασμού. Αυτό που έχει ενδιαφέρον είναι πως τα παραπάνω γίνονται τελικά μέρος ενός αρχιτεκτονικού συνθετικού περιβάλλοντος, το οποίο θα συζητήσουμε εκτενέστερα στις επόμενες ενότητες.

ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ

Η κυβερνητική (cybernetics) είναι ένας διεπιστημονικός τομέας, ο οποίος εξερευνά τη θεωρία και πρακτική για τον σχεδιασμό ρυθμιστικών συστημάτων (της πιθανής «δομής» και των περιορισμών και δυνατοτήτων τους).¹⁵⁸ Αν και η κυβερνητική μπορεί να συσχετίζεται με διαφορετικά συστήματα, από κοινωνικά και τεχνολογικά μέχρι βιολογικά και οικονομικά, έχει στις μέρες μας υπερισχύσει η έννοια του σχεδιασμού ενός συστήματος με τη βοήθεια της ψηφιακής τεχνολογίας.

Είναι εύκολο ίσως να κατανοήσει κανείς τη συνάφεια μιας ψηφιακής θεωρίας και πρακτικής με τη τεχνολογία, όχι μόνο λόγω της χρήσης υπολογιστών και σχεδιαστικών προγραμμάτων αλλά και λόγω της χρήσης (πλέον) γλωσσών προγραμματισμού (scripting) για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Αναφορές και συνδέσεις μεταξύ της κυβερνητικής και της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας ξεκινούν με τον Gordon Pask (1969), ο οποίος συνδέει την κυβερνητική με την αρχιτεκτονική θεωρία στο τεύχος του διεθνούς αρχιτεκτονικού journal AD. Θα συζητήσουμε το κείμενο του Pask (1969) αμέσως μετά την ετυμολογική ανάλυση της κυβερνητικής και της σύνδεσής της με τον Kevin Kelly (1994) και τον Norbert Wiener (1948)¹⁵⁹.

Ο όρος cybernetics προέρχεται από την ελληνική λέξη κυβερνητική, οπότε ίσως είναι εύκολο να κατανοήσει κανείς, πως αναφέρεται στο ρόλο του σχεδιαστή ενός συστήματος ως κυβερνήτη, ως ενός χειριστή-πλοηγού ο οποίος θέτει μια συγκεκριμένη πορεία / στόχο. Αξίζει να αποσαφηνίσουμε πλέον πως το βιβλίο Out of Control του Kelly(1994), είναι ένα βιβλίο για την κυβερνητική που εξετάζει όλα τα διαφορετικά συστήματα (κοινωνικά, τεχνολογικά, βιολογικά, οικονομικά)που προαναφέρθηκαν και επαναφέρει τη σημασία της κυβερνητικής ως διεπιστημονικό πεδίο στο προσκήνιο, όπως ο ίδιος αναφέρει:¹⁶⁰

¹⁵⁸Muller, A., A brief history of the BCL, Osterreichische Zeitschrift fur Geschichtswissenschaften 11, ,2000, 9, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹⁵⁹Ο Wiener είναι ο σύγχρονος «πατέρας» της κυβερνητικής,(απέκτησε το διδακτορικό του στα 18 από το Harvard και στα 19 μελετούσε μεταμαθηματικά με τον Bertrand Russell). Ένα από τα πλέον σημαντικά βιβλία του είναι το «The Human use of Human beings».

¹⁶⁰Η αρχιτεκτονική θεωρία γύρω από την σύγχρονη κυβερνητική είναι ακόμα υπό εξέλιξη, αν και το ενδιαφέρον των αρχιτεκτόνων και θεωρητικών είναι εμφανές σε μια σειρά από άρθρα και κεφάλαια

Δεκαετίες αργότερα, οι επιστήμονες που μελετούν το χάος, την πολυπλοκότητα, την τεχνητή ζωή, την ρομποτική συμπεριφορά (subsumption architecture), την τεχνητή εξέλιξη, τις προσομοιώσεις, τα οικοσυστήματα, και τις βιονικές μηχανές θα βρουν ένα πλαίσιο για τις ερωτήσεις τους στην κυβερνητική. Ένας συνοπτικός ορισμός του Out of Control θα ήταν πως είναι μια εξέταση της τρέχουσας κατάστασης της κυβερνητικής έρευνας.¹⁶¹

Ο Kelly(1994) εξηγεί πως ο Norbert Wiener (1948), επανεισήγαγε στην σύγχρονη εποχή τον όρο κυβερνητική -και ουσιαστικά τον όρισε- με τον τίτλο του βιβλίου του:

Κυβερνητική: έλεγχος και επικοινωνία στο ζωικό και το μηχανικό. (Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine (1948). Και συνεχίζει να εξηγεί τον τεράστιο αντίκτυπο που είχε το βιβλίο του Wiener (1948) στην βιομηχανική παραγωγή της εποχής:

Το αποτέλεσμα του βιβλίου του Wiener ήταν ότι η έννοια της αναπληροφόρησης (feedback) διείσδυσε σχεδόν σε κάθε πτυχή του τεχνικού πολιτισμού. [...] Ο Wiener εξέλιξε μια ιδέα μέσω της γενίκευσης σε μια καθολική αρχή: ο αυτοέλεγχος (ενός συστήματος) είναι μια απλή «μηχανική διεργασία» (lifelike self-control was a simple engineering job). Όταν η έννοια του ελέγχου της αναπληροφόρησης συνδέθηκε με την ευελιξία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, δημιουργήθηκε ένα εργαλείο που ο καθένας θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει. Μέσα σε ένα ή δύο χρόνια από την δημοσίευση της Κυβερνητικής του, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου δημιούργησαν μια επανάσταση στη βιομηχανία.¹⁶²

σε βιβλία τα οποία πληθαίνουν μετά το 2000, όπως το κεφάλαιο "A cybernetic approach" στο βιβλίο "Adaptive Ecologies: Correlated systems of living" (2008) του Σπυρόπουλου

¹⁶¹ Kelly, K., Out of control: The new biology of machines, social systems and the economic world. Boston: Addison-Wesley, 1994, 379, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹⁶² Ο.Π., σελ.105

Ο Kelly(1994) ορίζει την έννοια της αναπληροφόρησης (feedback) ως την διαδικασία κατά την οποία ένα σύστημα το οποίο αναλύεται, εμπεριέχει μια κλειστή επαναλαμβανόμενη διεργασία (closed loop) – η οποία συχνά ονομάζεται ως «κυκλική αιτιατή σχέση» (circular causal relationship). Σε αυτήν τη διεργασία, μια ενέργεια του συστήματος δημιουργεί κάποια αλλαγή στο περιβάλλον και στην συνέχεια αυτή η αλλαγή αντανακλώνεται στο σύστημα με κάποιο τρόπο (αναπληροφόρηση ή feedback), η οποία εν συνεχεία προκαλεί μια ακόμα αλλαγή στο σύστημα. Ο βασικός στόχος της κυβερνητικής είναι να κατανοήσει και να ορίσει τις λειτουργίες και τις διαδικασίες συστημάτων τα οποία έχουν συγκεκριμένους στόχους και συμμετέχουν σε κυκλικές αλυσίδες αιτιότητας (casual chains) που ενεργούν, δέχονται την αντίδραση, συγκρίνουν σε σχέση με τον ζητούμενο στόχο και ξαναενεργούν. Συνεχίζει να εξηγεί πως ένα τέτοιο σύστημα κυκλικής αλληλεπίδρασης μπορεί να αλλάξει συνολικά αλλάζοντας μια μόνο από τις μεταβλητές που το ορίζουν, αρκεί όλες οι μεταβλητές να είναι άμεσα συνδεδεμένες.¹⁶³

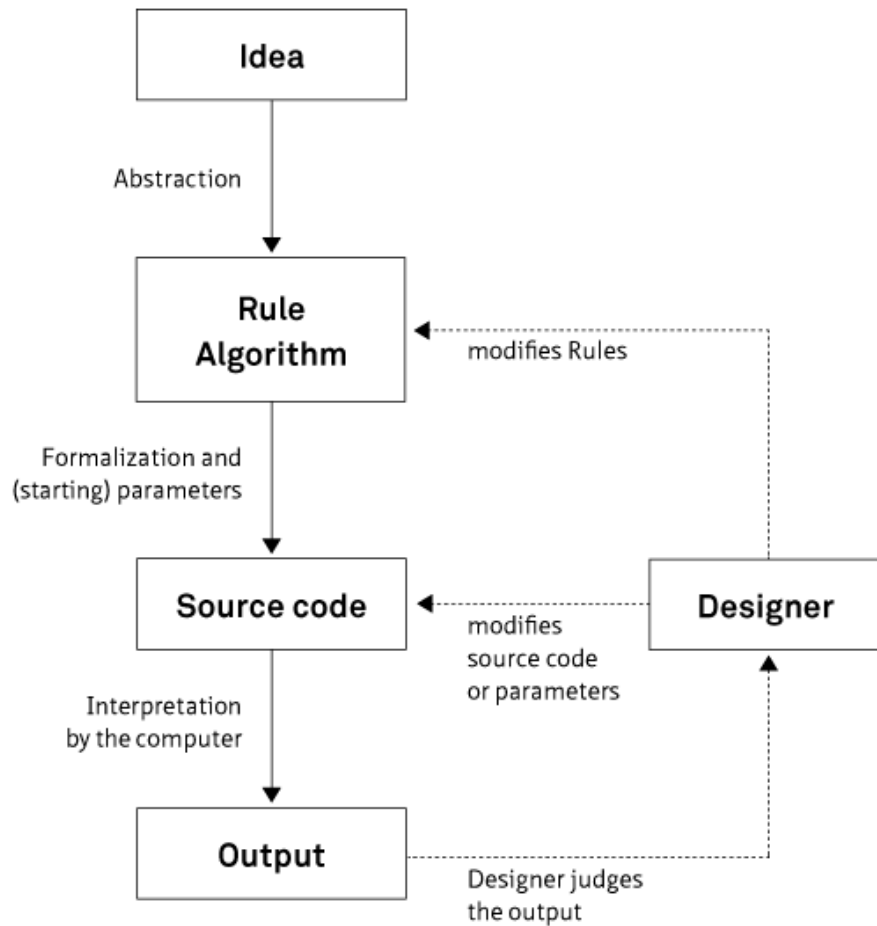
ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Είναι ίσως εύκολο να κατανοήσει κανείς την σύνδεση της κυβερνητικής με τον παραμετρικό σχεδιασμό μετά τον ορισμό και την ανάλυσή του στην προηγούμενη ενότητα. Με τον ίδιο τρόπο αναφέρεται στον παραμετρικό σχεδιασμό και ο Δημήτρης Παπαλεξόπουλος στην βασική έρευνα που εκπόνησε στο ΕΜΠ το 2007 :

Η παραμετρική λογική αφορά στον σχεδιασμό με βάση την περιγραφή των σχέσεων μεταξύ των ιδιοτήτων τους. Με την έννοια αυτή επιτρέπει τον επαναπροσδιορισμό του τελικού αποτελέσματος, με την αλλαγή ενός ή περισσότερων συστατικών στοιχείων.[...] Ο παραμετρικός σχεδιασμός φαίνεται να εφαρμόζει μια πρακτική ολιστικού ελέγχου και χειρισμού σε όλες τις κλίμακες, από το επιμέρους μέχρι το συνολικό.¹⁶⁴

¹⁶³Ο.Π.,106

¹⁶⁴Παπαλεξόπουλος, Δ., Σταυρίδου Α., Παπαδόπουλος Δ., Εννοιολογικός προσδιορισμός παραμετρικών ιδιοτήτων αρχιτεκτονικών κατασκευαστικών στοιχείων και δομικών υλικών, ΠΕΒΕ ΕΜΠ, 2007, 7



Copyright Hartmut Bohnacker, Julia Laub, Benedikt Groß, Claudius Lazzaroni (2009)
Book „Generative Gestaltung“, www.generative-gestaltung.de

¹⁶⁵ Διάγραμμα που δείχνει την κυκλική συνθετική διαδικασία αναπληροφόρησης μεταξύ αρχιτέκτονα και παραμετρικού / αλγοριθμικού μοντέλου. Η διαδικασία ξεκινά από μια αφηρημένη ιδέα η οποία εφαρμόζεται σε έναν κανόνα (αλγόριθμο) το οποίο παράγει τον source code (κώδικα / παραμετρικό / αλγοριθμικό ψηφιακό μοντέλο), το οποίο παράγει τα διαφορετικά πιθανά αποτελέσματα (output). Ο αρχιτέκτονας κρίνει τα αποτελέσματα και στην συνέχεια μπορεί να αλλάξει τους κανόνες ή το παραμετρικό ψηφιακό μοντέλο και να αναπληροφορήσει την διαδικασία. Hartmut Bohnacker, Julia Laub, Benedikt Groß, Claudius Lazzaroni, Generative Gestaltung, 2009

Ο Σπυρόπουλος (2008) συζητά:

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός δεν θα πρέπει να περιορίζεται σε περιγραφικές μορφές, αλλά να χρησιμοποιεί αιτιατές και κυκλικές σχέσεις έτσι ώστε να ορίσει γενεσιουργές (generative) ποιότητες, οι οποίες θα επαναπροσδιορίζουν και θα εξελίσουν το ίδιο το σχεδιαστικό σύστημα. Πρόκειται για μια διαδικασία συνεχούς μορφοποίησης αντί μιας κατάστασης μιας συγκεκριμένης / παγιωμένης μορφής.¹⁶⁶

Ο Σπυρόπουλος (2008) συνεχίζει να συζητά στην υποενότητα με τίτλο A Cybernetic Approach πως John Frazer (1980)¹⁶⁷ συνδέει την κυβερνητική με την αρχιτεκτονική στο βιβλίο με τίτλο An Evolutionary Architecture. Αξίζει να σημειωθεί πως την εισαγωγή του βιβλίου του Frazer (1980) επιμελήθηκε ο κυβερνητιστής Gordon Pask, ο οποίος εξηγεί πως η βασική πρόταση του βιβλίου είναι πως η αρχιτεκτονική είναι μια ζωντανή και εξελισσόμενη επιστήμη. Εξηγεί πως η μίμηση της φύσης δεν αναφέρεται στη μίμηση μορφών, αλλά φυσικών διεργασιών και μοντέλων:

Η βασική θέση μας είναι πως η αρχιτεκτονική είναι ζωντανή και εξελισσόμενη [...] Αυτό δεν σημαίνει πως ο Frazer απλά καταγράφει την συχνά ξέφρενη πρακτική της αντιγραφής των έργων της φύσης με αρχιτεκτονικές μορφές. Στην πραγματικότητα, χρησιμοποιεί μοντέλα τα οποία είναι απτά και ορθολογικά, αλλά ταυτόχρονα και σαφώς ζωντανά και εξελικτικά.¹⁶⁸

Ο Frazer (1995) συνδέει ταυτόχρονα την αρχιτεκτονική με τη φύση ως πηγή έμπνευσης, μια γενική προσέγγιση που ήδη συζητήσαμε. Αναφέρεται ακόμα και σε επιμέρους έννοιες από τη βιολογία όπως η αυτοοργάνωση (μία από τις έννοιες που θα συζητηθούν στην θεωρητική προσέγγιση της οικογένειας πειραμάτων 3). Συγκεκριμένα συζητά :

Η τελειότητα και η ποικιλία των φυσικών μορφών είναι το αποτέλεσμα ενός αμείλικτου πειραματισμού μέσω της εξέλιξης. [...] Η αναλογία της εξελικτικής

¹⁶⁶ Spyropoulos, T. Adaptive Ecologies: Correlated systems of living, AA, 2008,13, μετ. απο το συγγραφέα

¹⁶⁷ Καθηγητής στην αρχιτεκτονική σχολή AA και αργότερα και διευθυντής της σχολής.

¹⁶⁸ Frazer, J., An Evolutionary Architecture, AA Publications, 1995, 6, μετάφραση από τον συγγραφέα.

αρχιτεκτονικής δεν πρέπει να λαμβάνεται ως ένας τρόπος ανάπτυξης μέσω της φυσικής επιλογής. Άλλες πτυχές της εξέλιξης, όπως η τάση της αυτοοργάνωσης, είναι εξίσου ή ακόμα πιο σημαντικές.¹⁶⁹

Αναφερθήκαμε ακόμα στον Roy Ascott (1964), ο οποίος μαζί με τον Gordon Pask (1969) εργάστηκαν στην επιτροπή για την Κυβερνητική (Cybernetics Sub-Committee), μια συμβουλευτική επιτροπή με διεπιστημονικούς συνεργάτες. Ο Pask (1969), μέσα από το άρθρο με τίτλο Architectural relevance of cybernetics στο τεύχος του AD¹⁷⁰ συζητά πως η ψηφιακή αρχιτεκτονική και η κυβερνητική μοιράζονται την ίδια φιλοσοφία, βασισμένος στην ιδέα πως οι αρχιτέκτονες είναι σχεδιαστές συστημάτων αντί αντικειμένων, και μιλά για την ανάγκη υπάρξης μιας σχετικής θεωρίας που συνδυάζει την κυβερνητική με την αρχιτεκτονική. Συζητά δε (από το 1969) πως οι ψηφιακές σχεδιαστικές διεργασίες θα γίνουν χρήσιμα εργαλεία:

Οι αρχιτέκτονες είναι οι πρώτοι σχεδιαστές συστημάτων που έχουν αναγκαστεί, κατά τα τελευταία 100 χρόνια περίπου, να αποκτήσουν ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις οργανωτικές (δηλαδή μη-απτές) συστημικές ιδιότητες της ανάπτυξης, επικοινωνίας και ελέγχου. [...] Η Κυβερνητική είναι ένα πεδίο που μπορεί να μεταφράσει αφηρημένες έννοιες που σχετίζονται με αυτή σε αρχιτεκτονικούς όρους για την ανάπτυξη μιας θεωρίας [...] διάφορες διαδικασίες σχεδιασμού με υπολογιστές (Computer-Assisted ή ακόμα Computer-Directed) θα εξελιχθούν σε χρήσιμα εργαλεία.¹⁷¹

Ενδιαφέρον έχει πως η σύγχρονη κυβερνητική προσέγγιση απο θεωρητικούς όπως ο Kenneth Bailey (1994)¹⁷², ο οποίος μιλά πλέον για συστήματα που κυβερνούν τον εαυτό τους αντί να έχουν τον άνθρωπο ως κυβερνήτη, καθώς και για την επικοινωνία μεταξύ συστημάτων τα οποία προσπαθούν να κυβερνήσουν το ένα το άλλο.¹⁷³

¹⁶⁹ Ο.Π., 12.

¹⁷⁰ Pask, G., Architectural relevance of cybernetics, AD, Wiley, τεύχος 7/6, 1969, 494-496.

¹⁷¹ Ο.Π., 494-496.

¹⁷² Καθηγητής κοινωνιολογίας στο πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο Λος Άντζελες (UCLA).

¹⁷³ Bailey, K., Sociology and the New Systems Theory: Toward a Theoretical Synthesis, 1994, 106.

Αυτή η προσέγγιση επαναφέρει ακόμα στο προσκήνιο (ή προσθέτει επιπλέον πληροφορία) την προσέγγιση του αρχιτέκτονα Christopher Alexander (1968),¹⁷⁴ ο οποίος μιλά για συστήματα που παράγουν συστήματα στο άρθρο με τίτλο *Systems Generating Systems* στο τεύχος του AD¹⁷⁵. Ο Alexander (1968) συζητά τρία χαρακτηριστικά ενός συστήματος: την συνολική συμπεριφορά ενός συστήματος (global behaviour), τα επιμέρους μέλη που δημιουργούν αυτή την συμπεριφορά (components that form such behavior) και τις διαφορετικές τοπικές σχέσεις μεταξύ των επιμέρους μερών (local relationships among these components).¹⁷⁶

Οι αρχιτέκτονες Reiser & Umemoto (2006), δείχνουν να συμφωνούν με αυτή την προσέγγιση¹⁷⁷ μια και συζητάνε για το διάγραμμα το οποίο παρέχει ένα αφηρημένο μοντέλο υλικότητας σε διαφορετικές κλίμακες (global, regional, local):

Οι υλικές οργανώσεις πρέπει μοντελοποιηθούν στην μάκρο κλίμακα έτσι ώστε να προβλέψουν ή να παρακολουθήσουν τις αλλαγές στη συμπεριφορά τους. [...] Οι μακροσκοπικές οργανώσεις υλικής συμπεριφοράς μπορούν να προσεγγιστούν και σε μικρότερες κλίμακες, αλλά είναι απαραίτητες προσαρμογές καθώς το σύστημα αρχίζει να γίνεται ένα πιο εντατικό ή εκτατικό μοντέλο. [...] Οι επιπτώσεις αυτής της κλιμάκωσης των υλικών συμπεριφορών έχουν εκτεταμένες συνέπειες στην αρχιτεκτονική. Το μέσο για αυτές τις επιπτώσεις είναι το διάγραμμα, το οποίο παρέχει ένα αφηρημένο μοντέλο σχετικά με την υλικότητα. Το διάγραμμα είναι ένα πεδίο σχέσεων που «αναμένει» την κλίμακα και την υλικότητα.¹⁷⁸

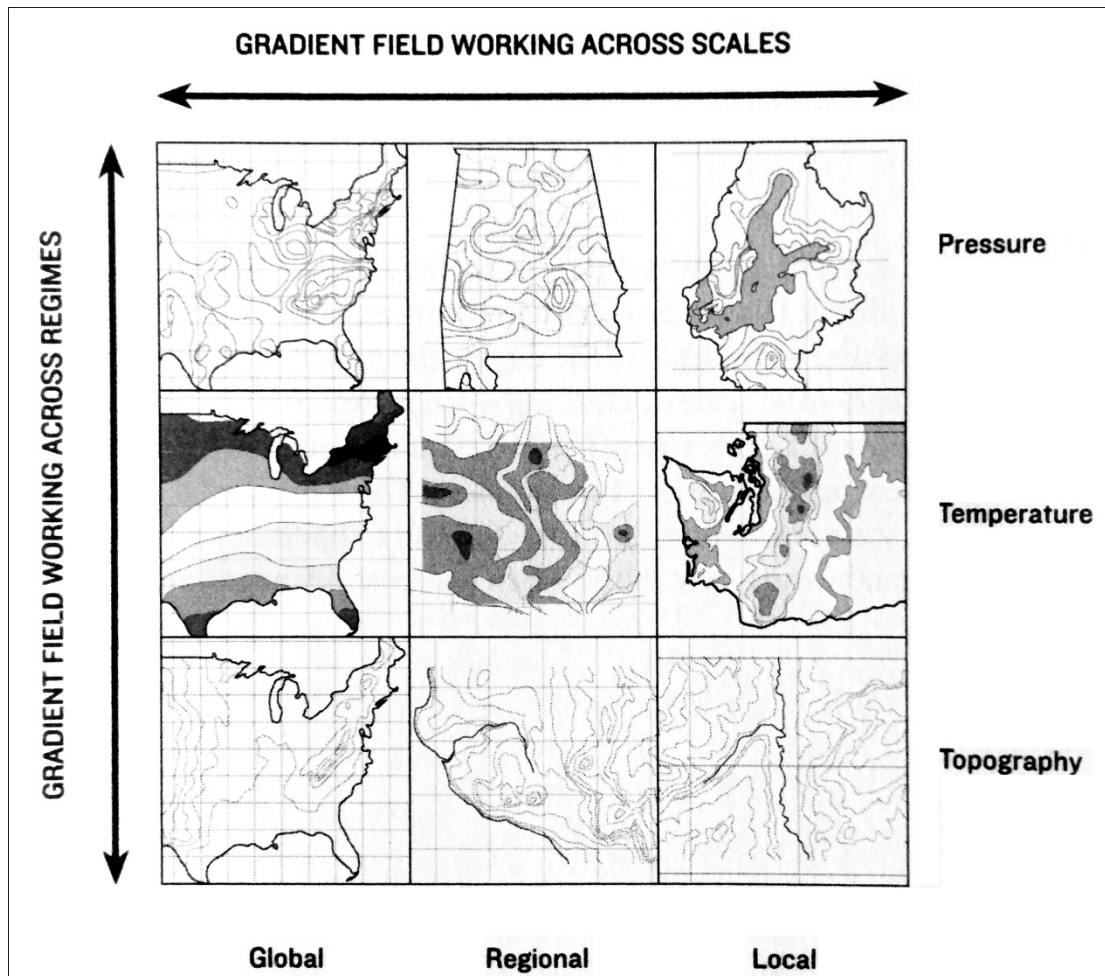
¹⁷⁴Ισως το πλέον σημαντικό συγγραφικό έργο του είναι το “Notes on the synthesis of form” (1964).

¹⁷⁵ *Architectural Design*, volume 38 (12/1968), John Wiley & Sons Ltd (London), 605-610

¹⁷⁶ Αξίζει να σημειώσουμε πως αυτή η προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί σε σύγχρονα ερευνητικά πειράματα σε αρχιτεκτονικές σχολές όπως το MIT και συγκεκριμένα στο εργαστήριο Mediated Matter Lab, τα οποία θα συζητήσουμε στην ανάλυση της 3ης “οικογένειας πειραμάτων” της διατριβής.

¹⁷⁷ Ο Reiser είναι αναπληρωτής καθηγητής στην αρχιτεκτονική σχολή του Princeton και διευθυντής του μεταπτυχιακού προγράμματος της σχολής ενώ η Umemoto είναι καθηγήτρια στις αρχιτεκτονικές σχολές Columbia και Pratt, με εκτενές υλοποιημένο έργο όπως το Yokohama port terminal και εκτενή βιβλιογραφία όπως το *Atlas of Novel Tectonics* (2006, Princeton Architectural Press).

¹⁷⁸ Reiser, J., Umemoto, N., *Atlas of Novel Tectonics*, Princeton Architectural Press, 2006, 114-116, μετάφραση από τον συγγραφέα.



¹⁷⁹ Διάγραμμα που δείχνει τα πεδία στα οποία επεκτείνονται διαφορετικές ιδιότητες (θερμοκρασία, πίεση, τοπογραφία) σε σχέση με διαφορετικές κλίμακες (global, regional, local). (Fields working across regimes and scales). Δεν είναι τυχαίο πως οι Reiser & Umemoto χρησιμοποιούν ένα διάγραμμα με εντατικές (intensive) ιδιότητες όπως η πίεση και η θερμοκρασία, έννοιες τις οποίες θα συζητηθούν στο κεφάλαιο 6 (Αναπαράσταση και ιδιότητες).
Reiser, J., Umemoto, N., Atlas of Novel Tectonics, Princeton Architectural Press, 2006, 117, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Για να κατανοήσουμε τις βασικές αρχές που περιβάλλουν την έννοια ενός συστήματος, θα εστιάσουμε στη σχέση μονάδας-συνόλου καθώς και τον ρόλο του αρχιτέκτονα στο σχεδιασμό και έλεγχό του.

Η ΟΛΙΣΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ - ΣΥΝΟΛΟΥ / Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΑ

Στο σημείο αυτό θα εστιάσουμε στη διαδικασία μέσα από την οποία μπορεί να δημιουργήσει κανείς ένα αρχιτεκτονικό σύστημα μέσα από τέσσερις βασικές αρχές, όπως τις όρισε ο Alexander (1968):

1. Υπάρχουν δύο ιδέες κρυμμένες στην έννοια σύστημα: η ιδέα του συστήματος ως σύνολο (system as a whole) και η ιδέα παραγωγής ενός συστήματος (generating a system).
2. Ένα σύστημα ως σύνολο (a system as a whole) δεν είναι αντικείμενο, αλλά ένας τρόπος να «κοιταχθεί» ένα αντικείμενο. Η ιδέα του συστήματος είναι μια αφηρημένη έννοια (abstraction) η οποία μπορεί να κατανοηθεί μόνο ως προϊόν αλληλεπίδρασης των μερών του (interaction among parts).
3. Ένα γενεσιουργό σύστημα είναι ένα σύνολο / «κιτ» μερών (kit of parts) και κανόνων σχετικά με την αλληλεπίδραση των μερών αυτών.
4. Σχεδόν κάθε σύστημα «ως σύνολο» (system ‘as a whole”) παράγεται από ένα σύστημα παραγωγής (“generating system”)¹⁸⁰. Για να λειτουργήσει κάτι ως «σύνολο» (whole) πρέπει να εφεύρουμε συστήματα παραγωγής (generating systems) για να τα παράξουμε.¹⁸¹

¹⁸⁰ Σχολιασμός μετάφρασης: Generating: αυτό που παράγει, generative: γενεσιουργό

¹⁸¹ Alexander, C., Systems generating systems, AD, τεύχος Δεκεμβρίου Νο7/6, Wiley and sons, 1968, 90-91, μετάφραση από τον συγγραφέα.

1. Η παραπάνω ολιστική (holistic) προσέγγιση συνδέεται και με την ρητορική του Γάλλου φιλόσοφου Michel Serres (1995), ο οποίος βασιζόμενος στον Leibniz (1714) (όπως και ο Deleuze) μιλά για την έννοια της ολότητας (unity). (Η πολλαπλότητα δεν είναι μια οντότητα- ένα σύνολο απο τούβλα δεν είναι ένα σπίτι). Η ολότητα απαιτεί μονάδες οι οποίες δημιουργούν «συσσωματώματα» ή «διαιρέσεις». Χρειάζονται τελικά, κάποιες αρχές, ένα σύστημα, ένας τρόπος ενσωμάτωσης και επιμέρους μονάδες: στοιχεία, άτομα, αριθμούς.¹⁸²

2. Πρόκειται για μια ξεκάθαρη διατύπωση της μετάβασης από τον σχεδιασμό ενός αντικειμένου, στον σχεδιασμό των σχέσεων μεταξύ των μερών ενός αντικειμένου.

3. Συνεχίζει να εξηγεί πως σε ένα σύστημα που αποτελείται από επιμέρους μέλη, ιδιαίτερη σημασία έχουν οι κανόνες που θέτει κανείς για την αλληλεπίδραση των επιμέρους μερών, ακόμα και αν αυτοί οι κανόνες είναι αρκετά απλοί. Για παράδειγμα, ένα σύστημα από τρίγωνα που μπορεί να συνδυαστεί για να δημιουργήσει έναν κύβο, είναι ένα γενεσιουργό σύστημα (generating system).¹⁸³

Είναι εμφανής η σύνδεση της προσέγγισης του Alexander (1968) με αυτή των William Mitchell (1991) και Malcolm McCullough (1991)¹⁸⁴ οι οποίοι, στο βιβλίο τους Digital Design Media συζητούν:

Σε μια ψηφιακή αρχιτεκτονική προσέγγιση, τίποτα δεν είναι πιο ουσιαστικό από την διαμόρφωση και ανακάλυψη των σχέσεων μεταξύ των μερών μιας σύνθεσης.¹⁸⁵

4. Ο Alexander εξηγεί την ιδέα των συστημάτων που δημιουργούν συστήματα, ήδη από το 1968, μέσα από το παράδειγμα των γραμμάτων στον γραπτό λόγο. Τα γράμματα είναι ένα «κιτ» από επιμέρους μέρη που όταν συνδυαστούν με συγκεκριμένους κανόνες δημιουργούν φθόγκους και λέξεις. Οι λέξεις, ανήκουν σε ένα νέο «κιτ» από διαφορετικά

¹⁸²Michel Serres, Genesis, The University of Michigan Press, 1995, 2, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹⁸³Ο.Π. 64-65, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹⁸⁴Το 1991 ήταν καθηγητής στην αρχιτεκτονική σχολή του MIT, (ο Mitchell έχει υπάρξει διευθυντής των αρχιτεκτονικών σχολών UCLA, Harvard και MIT) και ο McCullough είναι διευθυντής του Taubman college of design και πρώην καθηγητής στο Harvard.

¹⁸⁵Mitchell W., McCullough M., Digital Design Media, Van Nostrand Reinhold, 1991, 160, μετάφραση από τον συγγραφέα.

μέρη, τα οποία όταν συνδυαστούν με νέους κανόνες, δημιουργούν προτάσεις.

Οποιαδήποτε αλλαγή σε ένα από τα γράμματα του αρχικού «κιτ», (ο τρόπος γραφής και η προφορά) αλλάζει και τις τελικές προτάσεις.

Με την παραπάνω προσέγγιση φαίνεται να συμφωνεί και ο Delanda (2011):

Τα φυσικά φαινόμενα παρουσιάζουν μια επαναλαμβανόμενη σχέση μέρους προς το όλο, κατά την οποία σύνολα σε μία συγκεκριμένη κλίμακα γίνονται μέρη ενός άλλου συνόλου στην αμέσως μεγαλύτερη κλίμακα.¹⁸⁶

Ένα ακόμα από τα πλέον ίσως ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά της κυβερνητικής προσέγγισης είναι πως η αλλαγή ή κατάρνηση τμήματος (μιας ή πολλαπλών μονάδων ή συνθήκης) ενός ολιστικού συστήματος (είτε πρόκειται για οικοσύστημα, λογισμικό, βιολογικό όργανο ή αρχιτεκτόνημα) δεν σημαίνει απαραίτητα την κατάρρευση ή ακύρωση ολόκληρου του συνόλου. Πιο συγκεκριμένα, ο Kelly (1994) συζητά μέσω παραδειγμάτων όπως ασθενών με οργανικές βλάβες σε περιοχές του εγκεφάλου ή ενός προβλήματος σε ένα λειτουργικό δικτύων την ικανότητα οποιουδήποτε συστήματος να συνεχίζει να λειτουργεί μετά από απώλεια μέρους των μελών του.

Την ίδια κυβερνητική ολιστική προσέγγιση πλέον στον σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού συστήματος συζητά και ο Παπαλεξόπουλος στη βασική έρευνα που εκπόνησε στο εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο σχετικά με τον παραμετρικό σχεδιασμό:

Χρειάζεται ένας τρόπος θεώρησης και αναπαράστασης του συνόλου ως ενιαίας οντότητας, ικανής να στερηθεί επιμέρους τμήματα χωρίς να σταματήσει να υφίσταται ως «είναι» και δυνητικά ικανής να αποδώσει και να αποδεχθεί αποτελέσματα διαφορετικού είδους από αυτά της αρχικής σύλληψης, δηλαδή

¹⁸⁶Delanda, M., *Philosophy and Simulation*, Continuum, 2011, 16, μετάφραση από τον συγγραφέα.

«αλλαγές ή εξέλιξη της ίδιας της δομής ανάλογα με τις νέες ανάγκες πρέπει να προβλεφθούν».¹⁸⁷

Οι παραπάνω αρχές που αφορούν στη σχέση του μέρους / μονάδας με το σύνολο είναι ίσως τα πλέον βασικά και γενικά σημεία τα οποία έχουν παγιωθεί στον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό στις μέρες μας, σημεία με τα οποία ευθυγραμμίζεται η διατριβή και μέσα από τα οποία θα εξετάσουμε τα υλοποιημένα παραδείγματα στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου καθώς και τα πειράματα της διατριβής.

Ο ρόλος του αρχιτέκτονα σε ένα σχεδιαστικό σύστημα

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, η έννοια / δυνατότητα ελέγχου ενός «συστήματος», δηλαδή ο ρόλος του αρχιτέκτονα, αποκτούν ιδιαίτερη σημασία σε μια συνθετική διαδικασία που σχετίζεται με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό σύμφωνα με τον Pask (1969):

Ας στρέψουμε το κυβερνητικό σχεδιαστικό παράδειγμα προς τον εαυτό του. Ας εφαρμόσουμε την αλληλεπίδραση μεταξύ του σχεδιαστή και του συστήματος που σχεδιάζει. Το «γάντι» ταιριάζει σχεδόν απόλυτα στην περίπτωση που ο σχεδιαστής χρησιμοποιεί έναν υπολογιστή ως βοηθό του. [...] Επιπλέον, ο στόχος του σχεδιασμού είναι σχεδόν πάντα μη πλήρως ορισμένος και ο «ελεγκτής» δεν είναι πλέον μια αυταρχική συσκευή (που αυτό το καθαρά τεχνικό όνομα φέρνει συνήθως στο μυαλό). Σε αντίθεση, ο «ελεγκτής» (ο αρχιτέκτονας) είναι ένα περίεργο μείγμα καταλύτη, δεκανικιού, μνήμης και διαιτησίας.¹⁸⁸

Από τα παραπάνω μπορεί να κατανοήσει ίσως κανείς πως ο Gordon Pask (1969), ήδη από την δεκαετία του '60, συζητά πως στα πλαίσια μιας κυβερνητικής θεωρίας, θα πρέπει να εστιάσουμε στην αλληλεπίδραση μεταξύ αρχιτέκτονα και του συστήματος που

¹⁸⁷ Παπαλεξόπουλος, Δ., Σταυρίδου Α., Παπαδόπουλος Δ., Εννοιολογικός προσδιορισμός παραμετρικών ιδιοτήτων αρχιτεκτονικών κατασκευαστικών στοιχείων και δομικών υλικών, ΠΕΒΕ ΕΜΠ, 2007-2010. 109

¹⁸⁸ Pask, G., Architectural relevance of cybernetics, AD, Wiley, τεύχος 7/6, 1969, 496, μετάφραση από τον συγγραφέα.

συνθέτει (ειδικότερα όταν γίνεται με τη βοήθεια των υπολογιστών). Ο «ελεγκτής» (αρχιτέκτονας) είναι κάτι μεταξύ καταλύτη, υποστηρικτή και μεσάζοντα.

Οι αρχιτέκτονες Reiser & Umemoto (2006) συνεισφέρουν επι μια σειρά ετών στην ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία και συζητούν στο βιβλίο *Atlas of Novel Tectonics*¹⁸⁹ :

Μια «συστημική οικολογία» που «καθιερώνεται στις σχέσεις ανταλλαγής μεταξύ δομής, ατμόσφαιρας, κόσμησης και λειτουργικού προγράμματος (structure, effects, ornament and program). [...] Κατά συνέπεια, ο αρχιτέκτονας δεν είναι ούτε ένας παθητικός παρατηρητής προαποφασισμένων συστημάτων, ούτε ένας αποφασιστικός χειριστής παθητικού υλικού, αλλά μάλλον, ο διαχειριστής μιας διαδικασίας που εκτυλίσσεται».¹⁹⁰

Η παραπάνω προσέγγιση συμφωνεί με την προσέγγιση του Lynn (1998) που συζητήθηκε στην θεωρητική προσέγγιση της οικογένειας πειραμάτων 1 :

Ο μη στατικός «οργανισμός» επηρεάζεται και απο εξωγενείς δυνάμεις (τον αρχιτέκτονα ή δυνάμεις που περιβάλλουν το σύστημα) , με τη δυνατότητα να μετασχηματίζεται εσωτερικεύοντας αυτές τις εξωγενείς επιδράσεις”.¹⁹¹

Η κυβερνητική προσέγγιση του «εν μέρη μόνο ελέγχου» ενός συστήματος φαίνεται και στο κεφάλαιο *Hive Mind* στο βιβλίο του Kelly (1994) ο οποίος αναφέρεται σε οποιοδήποτε ολιστικό σύστημα ως «*nivisystem*» (οικονομικό, κοινωνικό, βιολογικό ή τεχνολογικό).

Εξηγεί δε σχετικά με αυτά τα συστήματα:

... δεν υπάρχει κάποια «εξουσία» που διοικεί το σύστημα. Ο μόνος τρόπος για να κατευθύνει κανείς ένα τέτοιο σύστημα είναι όπως ένας βοσκός κατευθύνει ένα

¹⁸⁹ Reiser, J., Umemoto, N., *Atlas of Novel Tectonics*, Princeton Architectural Press, 2006

¹⁹⁰ Ο.Π., 104, μετάφραση απο τον συγγραφέα.

¹⁹¹ Lynn, G., *Fold, Blobs and Bodies*, La Lettre Vollee, Βέλγιο, 1998, 38, μετάφραση απο τον συγγραφέα.

κοπάδι: ασκώντας πίεση σε συγκεκριμένα σημεία, να αναπροσαρμόσει τις φυσικές τάσεις το συστήματος σε νέες κατευθύνσεις. ...ακόμα και το ανθρώπινο μυαλό είναι ένα βιοσύστημα (vivisystem) το οποίο δεν μπορεί να αποτρέψει κανείς από το να ονειρεύεται (δεν μπορεί να το «κυβερνήσει»): Όπου η λέξη ανάδυση (emergence) εμφανίζεται, ο ανθρώπινος έλεγχος εξαφανίζεται.¹⁹²

Σε συμφωνία με την κυβερνητική προσέγγιση της κυκλικής σύνθεσης που ήδη συζητήθηκε, ο Delanda (2011) αναφέρεται στους πιθανούς μη γραμμικούς μηχανισμούς που υπάρχουν στα φυσικά και ανθρωπογενή συστήματα / σύνολα και στις αναδυόμενες¹⁹³ (emergent) ιδιότητες τους οι οποίες μπορούν να εξηγηθούν ως ένα φαινόμενο αλληλεπίδρασης μεταξύ των μερών του συνόλου.¹⁹⁴

Μετά τα παραπάνω, διακρίνεται η σύνδεση της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας με την κυβερνητική και την θεωρία συστημάτων, καθώς και τον έμμεσο ή άμεσο διάλογο μεταξύ αρχιτεκτόνων (από το 1969 μέχρι σήμερα) όπως ο Pask (1969) και κυβερνητιστών όπως ο Kelly (1994) και ο Wiener (1948). Ταυτόχρονα φαίνεται και η σύνδεση ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας και κυβερνητικής με την φύση ως πηγή έμπνευσης, και τελικά και την απομάκρυνση από τον σχεδιασμό ενός αντικειμένου, προς τον σχεδιασμό σχέσεων αλληλεπίδρασης μεταξύ μερών ενός συνόλου. Πριν εξετάσουμε τις έννοιες των εντατικών και εκτατικών ιδιοτήτων ενός συστήματος, ως έννοιες που σχετίζονται με ένα σύστημα και ορίζουν τελικά το εύρος του «πεδίου δυνατοτήτων» (που όπως προαναφέρθηκε σύμφωνα με τον Delanda (2011), προκύπτει από ένα σύστημα), θα εξεταστούν υλοποιημένα παραδείγματα, ιδωμένα ως συστήματα. Αυτά τα παραδείγματα επιλέχθηκαν επειδή, αν και ανήκουν στο ευρύτερο πεδίο μιας ψηφιακής γενεσιουργής προσέγγισης, αφορούν σε έργα διαφορετικών αρχιτεκτόνων. Με βάση την παραπάνω συζήτηση σχετικά με τον ρόλο του αρχιτέκτονα, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να εξετάσει κανείς το βαθμό στον οποίον τα υλοποιημένα παραδείγματα μοιάζουν να ελέγχονται (η

¹⁹² Kelly, K., Out of control: The new biology of machines, social systems and the economic world. Boston: Addison-Wesley, 1994, 21-22, μετάφραση από τον συγγραφέα.

¹⁹³ Στα ελληνικά μπορεί και αποδοθεί ως «αναφαινόμενες»

¹⁹⁴ Delanda, M. "Philosophy and Simulation. The emergence of synthetic reason." (2011), Continuum international publishing, 3, μετάφραση από τον συγγραφέα.

μή) από τον αρχιτέκτονα κατά τη συνθετική διαδικασία με ψηφιακά μέσα (και τι ίσως συνεπάγεται περισσότερος ή λιγότερος έλεγχος) αφού συζητήσουμε τις σχέσεις / κανόνες μεταξύ μερών και συνόλου αυτών των αρχιτεκτονικών συνθέσεων.

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΙΔΩΜΕΝΑ ΩΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ο Kevin Kelly (1994) εξηγεί σχετικά με τον σχεδιασμό ενός συστήματος:

Στις περιπτώσεις όπου απαιτείται απόλυτος έλεγχος ενός συνόλου, η γραμμική σχέση / σύνδεση μεταξύ των επιμέρους μερών είναι ο καλύτερος τρόπος σύνθεσης, όπως σε έναν μηχανισμό ρολογιού. Αντίθετα, σε συνθέσεις όπου απαιτείται η μέγιστη δυνατή προσαρμοστικότητα, η λογική του σμήνους (swarm) είναι η καλύτερη λύση, ακόμα και αν είναι «εκτός ελέγχου». Πέρα από αυτά τα δύο άκρα, στις περισσότερες περιπτώσεις, θα υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ κάποιου ποσοστού ελέγχου και κάποιου ποσοστού προσαρμοστικότητας.¹⁹⁵

Τα υφιστάμενα παραδείγματα κτηρίων που θα συζητηθούν βρίσκονται κάπου ανάμεσα σε αυτά τα δύο άκρα. Όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή της διατριβής, υπάρχουν διαφορετικές τάσεις που σχετίζονται με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό και εκτείνονται σε διαφορετικές κλίμακες και περιοχές της αρχιτεκτονικής, όπως ο γενεσιουργός (ψηφιακός ή μή) σχεδιασμός για την επίλυση ενός τμήματος ενός κτηρίου ή ενός αρχιτεκτονήματος. Αξίζει να τονιστεί πως η ανάλυση των υπο υλοποίηση παραδειγμάτων ψηφιακού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού θα ερευνήσει τις βασικές σχεδιαστικές αρχές που ακολουθούν την παραπάνω προσέγγιση: τον σχεδιασμό και διαχείριση ενός συνθετικού «συστήματος» από μονάδες και των κανόνων αλληλεπίδρασης μεταξύ τους (ή και με το περιβάλλον τους), καθώς και των πιθανών

¹⁹⁵ Kelly, K., Out of control: The new biology of machines, social systems and the economic world. Boston: Addison-Wesley, 1994, 24, μετάφραση από τον συγγραφέα.

«υποσυστημάτων» ή «υποσυνόλων» (και τον βαθμό στον οποίο μπορεί να τα ελέγξει κανείς) μέσα στο «σύστημα».

Θα εξεταστεί μια οικογένεια έργων που περιλαμβάνει τον σιδηροδρομικό σταθμό της Βιέννης από τους Theo Hotz Partner (2009-2014), ο οποίος θα συσχετιστεί με το «σύστημα σχεδιασμού» για τους 100 σιδηροδρομικούς σταθμούς και σταθμούς μετρό στο Κατάρ από τους αρχιτέκτονες UNstudio (2009-2019) και τον σταθμό της Στουτγάρδης από τον Frei Otto (1997-σήμερα). Το έργο των UNstudio ¹⁹⁶ παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της ανάγκης «εφεύρεσης» ενός συνθετικού «συστήματος» το οποίο μπορεί να προσφέρει πολλαπλές συνθετικές επιλύσεις για έναν μεγάλο αριθμό σιδηροδρομικών σταθμών σε διαφορετικές τοποθεσίες. ¹⁹⁷

Σιδηροδρομικός Σταθμός Βιέννης – Theo Hotz Partner Architekten 2008-2014 ¹⁹⁸

Ο σιδηροδρομικός σταθμός της Βιέννης ανήκει σε μια «οικογένεια» έργων τα οποία χρησιμοποιούν τον ψηφιακό και παραμετρικό σχεδιασμό ως συμπλήρωμα των υφιστάμενων πρακτικών αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Ένας ακόμα λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε το έργο αυτό είναι το γεγονός πως έχουμε συνηθίσει να μην βλέπουμε τις δυνατότητες της αρχιτεκτονικής μέσα από έργα υποδομών στην Ελλάδα. Λόγω του μεγέθους και της πολυπλοκότητας του έργου, η ανάλυση που ακολουθεί για τον σιδηροδρομικό σταθμό της Βιέννης, εστιάζει στο στέγαστρο του σταθμού - το τμήμα του έργου για την σύνθεση του οποίου χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά/ παραμετρικά σχεδιαστικά μέσα. Σε επίπεδο σύνθεσης, όπως και στο σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού «συστήματος» που συζητήθηκε στην προηγούμενη ενότητα, θα εξετάσουμε τις αρχές σχεδιασμού στην μεγάλη κλίμακα (global), στη μεσαία κλίμακα (regional) και τη μικρή κλίμακα (local). Όπως ήδη αναφέρθηκε, η ανάλυση των αρχών σχεδιασμού με βάση τις

¹⁹⁶ Έργο για το οποίο έχω εργαστεί σε ένα μεγάλο τμήμα της στρατηγικής και μεθόδου σχεδιασμού.

¹⁹⁷ Οι UNstudio δεν επιτρέπουν την αναδημοσίευση των συνθετικών διαγραμμάτων του έργου, γιατί και η ανάλυσή του θα γίνει με προσωπικά διαγράμματα τα οποία δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες της διατριβής. Όλα τα διαγράμματα για τον σιδηροδρομικό σταθμό της Βιέννης είναι επίσης μια προσωπική σχεδιαστική αντιμετώπιση, σε μια προσπάθεια ανάλυσης και συσχετισμού των τριών έργων.

¹⁹⁸ Η ανάλυση του σιδηροδρομικού σταθμού της Βιέννης έχει συμπεριληφθεί στο βιβλίο «Αφετηρίες» από τις εκδόσεις δομές ΔΟΜΕΣ (10/2016)

τρεις αυτές διαφορετικές κλίμακες ενός αρχιτεκτονικού έργου συναντάται και σε άλλα έργα με διαφορετική τυπολογία και κλίμακα, όπως η ανάλυση του κτηρίου REN στην Σαγκάη, σχεδιασμένο από τους αρχιτέκτονες BIG.¹⁹⁹

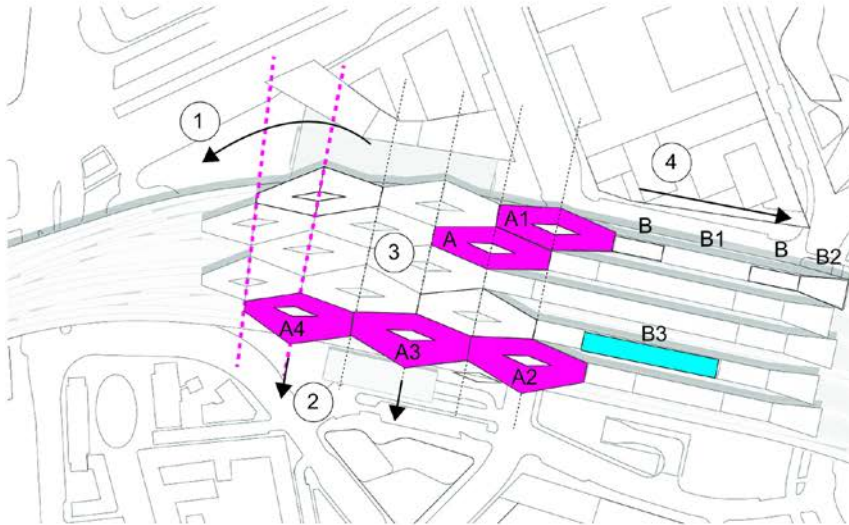
Στην μεγάλη κλίμακα και στο τοπογραφικό διάγραμμα, θα μπορούσε να πει κανείς πως η σύνθεση είναι ένα γεωμετρικό μοτίβο, το οποίο μπορεί να μοιάζει τυχαίο και απλουστευμένα μορφολογικό. Ωστόσο, αν παρατηρήσει κανείς με προσοχή την διάταξη των επιμέρους ρομβοειδών σχημάτων, θα κατανοήσει πως ακολουθήθηκαν επιμέρους συνθετικοί κανόνες για την οργάνωση και διαρρύθμιση ενός «συστήματος μονάδων» που καλύπτουν τους επιμήκεις χώρους των εξεδρών και των κυρίων χώρων συγκέντρωσης (concourse) του σταθμού. Η σχεδιαστική λογική βασίζεται στην επανάληψη μιας μονάδας (με διαστάσεις που επιτρέπουν τη μεταφορά και συναρμολόγηση) για τη στέγαση ενός εκτεταμένου χώρου όπως ένας σιδηροδρομικός σταθμός. Η γεωμετρία της κάθε μονάδας θα μπορούσε να είναι διαφορετική (στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ένα ρομβοειδές), όπως θα δούμε στα παραδείγματα με τα οποία θα συγκρίνουμε τον σταθμό της Βιέννης. Οι μονάδες διατάσσονται σε κánaβο όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Ο κánaβος στρέφεται στο ένα άκρο για να ακολουθήσει την καμπύλη των γραμμών του τρένου (σημείο 1). Η πρωταρχική μονάδα A, αντιγράφεται και μετασχηματίζεται κατά τον εγκάρσιο άξονα έτσι ώστε να ορίσει την είσοδο του σταθμού (σημείο 2). Η συγκεκριμένη ρομβοειδής γεωμετρία επιτρέπει την διαγώνια σύνδεση των μονάδων μεταξύ τους (σημείο 3). Οι μονάδες μεταμορφώνονται ακόμα μια φορά (γίνονται επιμήκεις) για να στεγάσουν τις εξέδρες του σταθμού (σημείο 4). Παρατηρεί κανείς, πως τελικά δημιουργούνται οικογένειες από γεωμετρικά παρεμφερείς και ταυτόχρονα διαφοροποιούμενες μονάδες, οι οποίες οργανώνουν ένα ενιαίο αλλά όχι επαναλαμβανόμενο ή μονότονο αρχιτεκτονικό σύνολο, ένα υπερυψωμένο ανθρωπογενές τοπίο.

¹⁹⁹Bruckermann O., Local and Global Analysis, στο From control to design, Actar, 2007, 144-149.

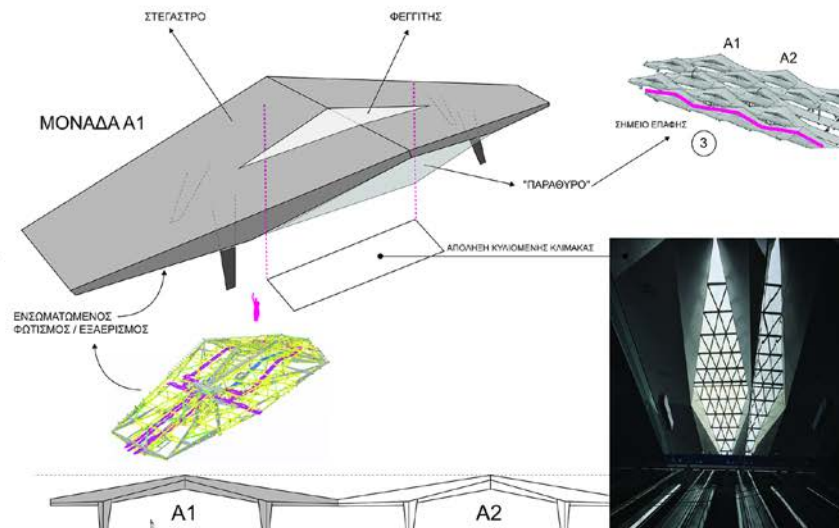
ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ, ΒΙΕΝΝΗ, ΑΥΣΤΡΙΑ
Wien Hauptbahnhof - Theo Hottz Partner Architekten 2008-2014

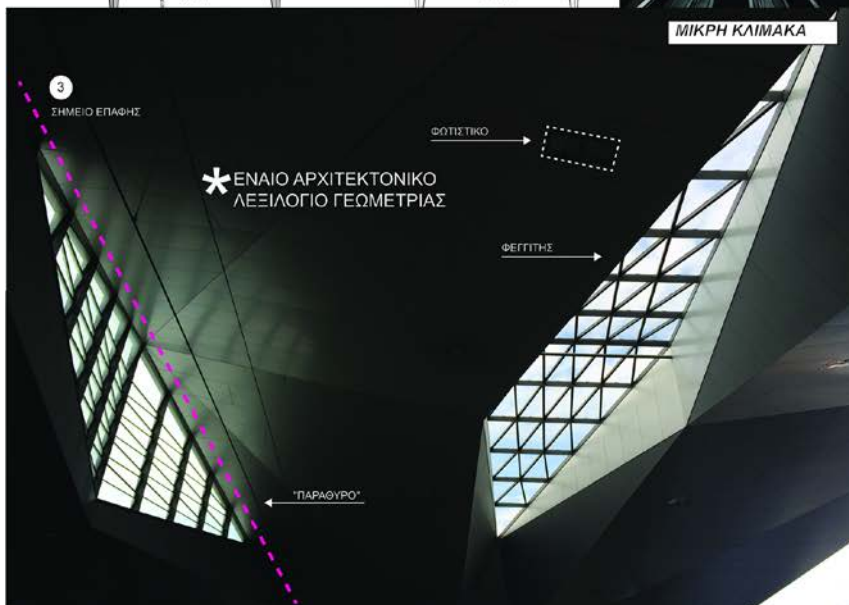
ΜΕΓΑΛΗ ΚΛΙΜΑΚΑ



ΜΕΣΑΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ



ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ



200

²⁰⁰ Οι τρεις διαφορετικές κλίμακες στην σύνθεση του σιδηροδρομικού σταθμού της Βιέννης.

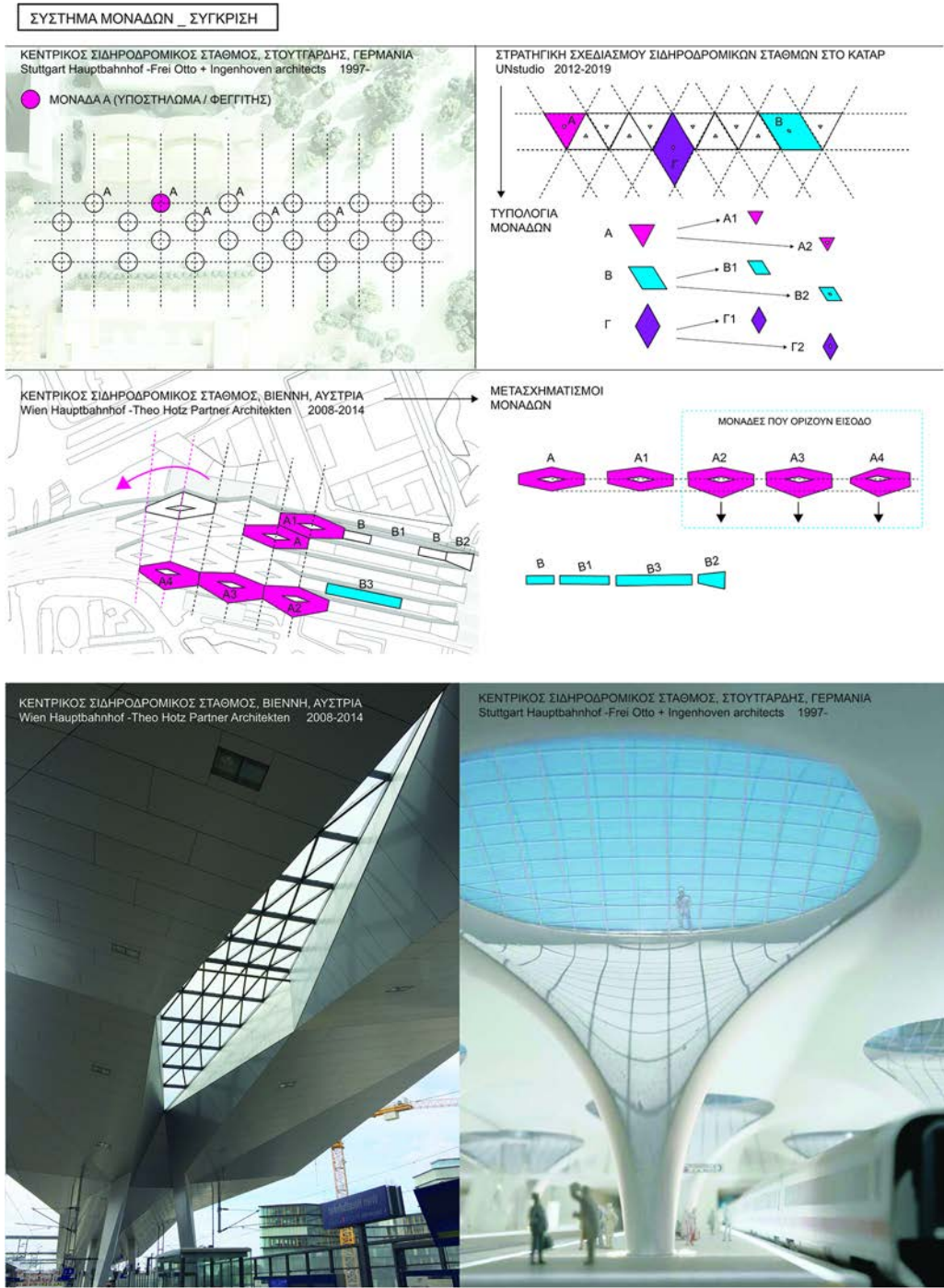
Είναι εμφανές πως η συνθετική λογική ακολουθεί την ψηφιακή σχεδιαστική προσέγγιση που συζητήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια: η βασική μονάδα μετασχηματίζεται και δημιουργεί συσσωματώματα από μονάδες με παρεμφερή γεωμετρία. Τα συσσωματώματα αυτά μπορούν και γεφυρώνουν τα μεγάλα ανοίγματα μεταξύ των χώρων του σταθμού.

Η μεσαία κλίμακα (regional) αφορά στις αρχές σχεδιασμού και σύνδεσης της κάθε επιμέρους μονάδας με τις γειτονικές. Η μονάδα εμφανίζεται να έχει μια ρομβοειδή κάτοψη με ένα κεντρικό φεγγίτη επίσης σε σχήμα ρόμβου, επιτρέποντας τον φυσικό φωτισμό των χώρων κάτω από το στέγαστρο. Για να επιτευχθεί περαιτέρω φυσικός φωτισμός, η κάθε μονάδα σχηματίζει μια κορυφή σε πλάγια όψη. Το αποτέλεσμα αυτής της «γεωμετρικής αλληλεπίδρασης» μεταξύ των μονάδων, δημιουργεί κατακόρυφα ρομβοειδή ανοίγματα / φεγγίτες στο σημείο επαφής μεταξύ τους και τελικά ένα ρυθμό που «διασκεδάζει» την οριζοντιότητα της επιμήκους όψης του σταθμού. Όλοι οι οριζόντιοι φεγγίτες είναι τοποθετημένοι πάνω από τις απολήξεις των κυλιόμενων κλιμάκων, όπως ίσως θα συναντούσε κανείς σε οποιοδήποτε κτήριο. Ακόμα, όλος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (φωτισμός, αεραγωγοί κτλ) είναι ενσωματωμένος μέσα στον όγκο της μονάδας, σε αντίθεση με μια συμβατική κατασκευή.

Στην μικρή κλίμακα (local), τα κατακόρυφα και οριζόντια ανοίγματα – φεγγίτες ακολουθούν την τριγωνική και ρομβοειδή γεωμετρία του στεγάστρου, δημιουργώντας ένα ενιαίο αρχιτεκτονικό / γεωμετρικό λεξιλόγιο.

Για να μπορέσει να κατανοήσει κανείς περαιτέρω τις συνθετικές αρχές και δυνατότητες πίσω από μια τέτοια αντιμετώπιση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, αρκεί να συγκρίνει παρεμφερή έργα όπως η πρόταση του Frei Otto για τον σιδηροδρομικό σταθμό της Στουτγάρδης στην Γερμανία (1997-σήμερα) και το σύστημα σύνθεσης για τους εκατό σιδηροδρομικούς σταθμούς της Ντόχα στο Κατάρ (2012-2019) από τους UNstudio architects στο διάγραμμα που ακολουθεί. Και στα τρία έργα, το στέγαστρο αποτελείται από επαναλαμβανόμενες και διαφοροποιούμενες μονάδες που λειτουργούν ως υποστυλώματα και ταυτόχρονα ως φεγγίτες. Το κάθε ένα από τα παραπάνω έργα χαράσσεται πάνω σε ένα διαφορετικό κανάβο:

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ



201

²⁰¹ Σύγκριση των διαφορετικών «συστημάτων» μονάδων και για τα τρία έργα.

Ο κάναβος στον σταθμό της Στουτγάρδης είναι ορθοκανονικός και οι μονάδες είναι πανομοιότυπες και ορθογωνικές με κυκλικό φεγγίτη σε κάτοψη (σε αντίθεση με τον σταθμό της Βιέννης, όπου ο κάναβος έχει παραμορφωθεί για να ακολουθήσει την καμπύλη των υφιστάμενων γραμμών του τρένου όπως ήδη αναφέρθηκε).

Στους σταθμούς στο Κατάρ, οι οποίοι αποτελούν το πλέον σύγχρονο έργο, ο κάναβος είναι τριγωνικός με τρεις διαφορετικές «οικογένειες» από μονάδες οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με την κάτοψη του σταθμού και τις λειτουργικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιήσουν, με αποτέλεσμα την δυνατότητα δημιουργίας ακόμα περισσότερων πιθανών συνδυασμών μεταξύ των μονάδων που μπορούν να

ικανοποιήσουν διαφορετικές συνθήκες. Μπορούμε πλέον να παρατηρήσουμε πως οι συνθετικές παράμετροι και αρχές που ορίζουν ένα τέτοιο αρχιτεκτονικό σύστημα είναι:

1. Η γεωμετρία της βασικής μονάδας (η οποία μπορεί να έχει οποιοδήποτε μορφή).

2. Οι κανόνες μετασχηματισμού της βασικής μονάδας – για την επίτευξη ενός στόχου (performance) που οφείλεται σε εσωγενείς παράγοντες (όπως η κάλυψη ενός μεγάλου χώρου μέσα στον σταθμό ή σε εξωγενείς παράγοντες όπως η δημιουργία μιας εισόδου απέναντι από έναν κεντρικό δρόμο της πόλης). Μπορεί να παρατηρήσει κανείς, πως τα παραπάνω αρχιτεκτονικά έργα γίνονται πιο σύνθετα όταν χρησιμοποιούνται διαφορετικές μονάδες που έχουν προκύψει από τον μετασχηματισμό της βασικής μονάδας, όπως ο σταθμός της Βιέννης.

3. Οι κανόνες δημιουργίας «συστάδων» από μονάδες (οι κανόνες που ορίζουν τον τρόπο πολλαπλασιασμού και σύνδεσης (η αλληλεπίδρασης) των μονάδων στον χώρο). Ειδικά στην πλέον σύνθετη περίπτωση των σταθμών στο Κατάρ, η δημιουργία διαφορετικών συνδυασμών μεταξύ των μονάδων μπορεί να ικανοποιήσει διαφορετικές απαιτήσεις, όπως η κάλυψη περιοχών του σταθμού με μικρότερα ή μεγαλύτερα εμβαδά, ο ορισμός μιας εισόδου, ή η δημιουργία απολήξεων εξαερισμού ή φεγγιτών σε συγκεκριμένα σημεία της σύνθεσης.

Η σύγκριση των τριών έργων αποκαλύπτει τελικά ένα «πεδίο δυνατοτήτων» μια και τελικά τα αρχιτεκτονικά έργα που θα μπορούσαν να προκύψουν μοιάζουν ανεξάντλητα, επεμβαίνοντας σε μια ή περισσότερες από τις βασικές συνθετικές παραμέτρους. Η

παραπάνω ανάλυση δεν αποτελεί μια πρόταση για μια σχεδιαστική μεθοδολογία, αλλά μια παρατήρηση που εστιάζει στα κοινά σημεία της συνθετικής διαδικασίας. Κατά τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά και παραμετρικά σχεδιαστικά μέσα για τον σχεδιασμό της κάθε μονάδας ακολουθώντας τις αρχές του γενεσιουργού σχεδιασμού, αλλά ταυτόχρονα διατηρήθηκε ο έλεγχος της τελικής σύνθεσης μέσα από τις «συστάδες» μονάδων που έχουν συντεθεί σε ένα ψηφιακό περιβάλλον, αλλά χωρίς την χρήση παραμετρικών σχεδιαστικών μέσων. Πρόκειται δηλαδή για μια προσέγγιση που συμφωνεί με την προσέγγιση του Kelly(1994), κατά την οποία υπάρχει κάποιος έλεγχος της συνθετικής διαδικασίας μέσα από τις τρεις βασικές αρχές (γεωμετρία μονάδας/κανόνες μετασχηματισμού μονάδας/ κανόνες δημιουργίας «συστάδων» από μονάδες).

Στην τρέχουσα ενότητα της θεωρητικής προσέγγισης της οικογένειας πειραμάτων 2 εστίασαμε στην κυβερνητική και στον τρόπο με τον οποίο επηρέασε την ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία και τις πιθανές «αλληλοκαλύψεις» με την προσέγγιση της φύσης ως πηγή έμπνευσης και τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό. Ακολουθεί η εισαγωγή στη διενέργεια της οικογένειας πειραμάτων.

Πριν την διεξαγωγή της οικογένειας πειραμάτων 3, η διατριβή θα εστιάσει σε επιμέρους σημεία της σύγχρονης θεωρίας, που ήδη αναφέραμε εν μέρη, όπως οι ιδιότητες ενός συστήματος και τον τρόπο που μπορούν να δημιουργήσουν ένα «πεδίο» σχεδιαστικών δυνατοτήτων. Μέσα από αυτό το πρίσμα, θα εξεταστούν υφιστάμενα ερευνητικά έργα. Όπως συζητήθηκε στην εισαγωγή, τα έργα αυτά ανήκουν σε επιμέρους τάσεις και πεδία του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού με τα οποία τείνει να συσχετιστεί η διατριβή, έργα που συνδυάζουν άλλα επιστημονικά πεδία όπως η βιολογία με την αρχιτεκτονική και αποτελούν το πεδίο της «υπολογιστικής υλικότητας» (material computation).

B2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 2

Τα αναρτημένα μοντέλα της Sagrada Familia του Gaudí αποτελούν ένα είδος αναλογικού / χειρονακτικού παραμετρικού σχεδιασμού χωρίς την χρήση ψηφιακών

υπολογιστικών μέσων. Τα μοντέλα αυτά μεταφέρουν τις δυνάμεις από το ένα μέρος στο άλλο και κάθε αλλαγή στην δύναμη που ασκείται σε ένα μέρος της μακέτας, μεταφέρεται στα γειτονικά μέρη. Στο τρίτο κεφάλαιο συζητήθηκε μεταξύ άλλων πως η αναλογική / χειρονακτική προσέγγιση του Gaudí επεκτείνεται και σε ένα είδος αναλογικού γενεσιουργού σχεδιασμού, όπου τα επιμέρους στοιχεία της Sagrada Família όπως οι οροφές και τα ανοίγματα σχεδιάστηκαν αποκλειστικά με την χρήση μακετών από γύψο και γεωμετρικούς μετασχηματισμούς, σύμφωνα με τις σχετικές μελέτες από τον καθηγητή αρχιτεκτονικής Mark Burry²⁰². Ο όρος αναλογική ψηφιακή προσέγγιση (analog design computation) έχει κυριαρχήσει στην βιβλιογραφία ως ένας τρόπος περιγραφής του σχεδιασμού μέσω παραδοσιακών μεθόδων όπως η μακέτα, που ωστόσο ακολουθούν μια ψηφιακή συνθετική διαδικασία όπως οι συγκεκριμένους κανόνες μετασχηματισμών, πολύ πριν την εμφάνιση της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας και σχεδιαστικών εργαλείων.

Μέσα από την ενδελεχή μελέτη του, ο Burry (2011) εξηγεί την συνθετική διαδικασία του Gaudí για τα επιμέρους αρχιτεκτονικά στοιχεία της Sagrada Família η οποία βασίστηκε σε πολλαπλούς μετασχηματισμούς στερεών μέσα από μια σειρά γεωμετρικών αλληλοτομιών. Ο Burry(2011) συζητά πως αυτές οι μέθοδοι είναι ένα είδος πρώιμου γενεσιουργού σχεδιασμού, όπου οι μακέτες χρησιμοποιήθηκαν για τις γεωμετρικές αλληλοτομίες των σχεδιαστικών μετασχηματισμών, σε μια εποχή που δεν υπήρχαν τα ψηφιακά σχεδιαστικά εργαλεία. Όπως παρουσιάστηκε στο τρίτο κεφάλαιο, ο Burry αναδημιούργησε σε ψηφιακό περιβάλλον τα επιμέρους βήματα που ακολούθησε ο Gaudí, αποκαλύπτοντας τελικά μια λεπτομερή γεωμετρική σχεδιαστική διαδικασία. Αυτή η διαδικασία αλληπάλληλων μετασχηματισμών βήμα-βήμα (μέσα από την οποία μπορεί να επιστρέψει κανείς σε έναν προηγούμενο βήμα) είναι ίσως και το πλέον βασικό χαρακτηριστικό της συνθετικής λογικής του γενεσιουργού σχεδιασμού σε πρακτικό επίπεδο που μπορεί να παράξει πολλαπλές επιλύσεις, δηλαδή ένα «πεδίο δυνατοτήτων».

²⁰² Ειδικότερα στο κεφάλαιο "Architecture and paractical design computation" του βιβλίου Computational design thinking, (Wiley, 2011) ο Burry συζητά την εξέλιξη των γεωμετρικών μεθόδων και συνθετικών διαδικασιών του Gaudí και την σχέση τους με τον ψηφιακό σχεδιασμό.

Με βάση την παρατήρηση αυτή, η αναλογική / χειρονακτική ψηφιακή προσέγγιση είναι το δεύτερο βήμα διερεύνησης, πειραματισμού και κατανόησης μιας ψηφιακής συνθετικής λογικής στο πλαίσιο πειραματισμών της διατριβής²⁰³. Το πείραμα που ακολουθεί βασίστηκε σε πρωτόλειους συνθετικούς και μορφολογικούς πειραματισμούς στα πλαίσια των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο UCLA, σε συνεργασία με τους M.Mirkar και M.Leaveck και απέκτησε μια πλήρη / ανεπτυγμένη συνθετική λογική και λεπτομερή αφήγηση κατά την διάρκεια της διατριβής.

Ένα ακόμα γεγονός που ενισχύει το ενδιαφέρον για την περαιτέρω εξέλιξη αυτής της μελέτης, είναι το γεγονός πως πέρα από υλοποιημένα παραδείγματα όπως η γέφυρα του Sergio Musmeci²⁰⁴ στον ποταμό Basento (1967-74), σύγχρονα διεθνή έργα όπως το Ghent Forum for Music, Dance and Visual Culture και η Taichung Opera από τον Toyoo Ito (2007-2016) χρησιμοποιούν την ίδια σύνθετη γεωμετρία των επιφανειών ελάχιστης έκτασης (minimal surfaces), αυτή την φορά με βάση τα σύγχρονα ψηφιακά μέσα. Παρουσιάζει ίσως ιδιαίτερο ενδιαφέρον τελικά η εξέταση του σχεδιασμού ενός συστήματος από επιφάνειες ελάχιστης έκτασης, όπως θα συζητηθεί στην συνέχεια.

Ενδιαφέρον ακόμα παρουσιάζει το γεγονός πως ο ταχύς ρυθμός εξέλιξης της τεχνολογίας και ο αντίκτυπος που έχει στην αρχιτεκτονική σκέψη και παραγωγή, δημιουργεί διαφορετικές ταχύτητες μεταξύ έρευνας, πρακτικής και διδασκαλίας, με αποτέλεσμα το συγκεκριμένο πείραμα να παραμένει επίκαιρο τόσο σε επίπεδο της διερεύνησης της συνθετικής διαδικασίας όσο και της υλικής επίλυσης.

Όπως συζητήθηκε στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, μια συγκεκριμένη «σχολή σκέψης», επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο τίθενται τα ερωτήματα της διατριβής και συχνά υπονοεί τον τρόπο ανάλυσης που ακολουθείται. Με βάση αυτή την προσέγγιση, όλα τα πειράματα (οι διαδικασίες σύνθεσής τους) εξετάζονται μέσα από μια κυβερνητική

²⁰³Το πείραμα παρουσιάστηκε στο συνέδριο eCAADe 25 στην Φρανκφούρτη: Vamvakidis, S.: The Sponge Epidermis: A study on minimal surfaces and porosity, στο Kieferle, J., Ehlers, K., eCAADe 25 proceedings: Predicting the Future, 927-934

²⁰⁴Ο Musmeci είχε ως μέντορα τον Luigi Nervi, και υλοποίησε την γέφυρα την ίδια εποχή που ο Frei Otto υλοποίησε το περίπτερο της Δ.Γερμανίας στην Expo 67 στο Montreal και τις οροφές του ολυμπιακού σταδίου στο Μόναχο (1972).

«ματιά» ως αρχιτεκτονικά συστήματα, όπως συζητήθηκε παραπάνω. Κατ' επέκταση, η σχέση μεταξύ των μονάδων και ο τρόπος (ή οι κανόνες) αλληλεπίδρασης μεταξύ τους, γίνεται αντικείμενο εξέτασης, καθώς και ο πιθανός τρόπος και βαθμός ελέγχου από τον αρχιτέκτονα. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που συμβαδίζει με τις υφιστάμενες «σχολές σκέψης» και πιο συγκεκριμένα με την εξελικτική βιολογία, είναι ο τρόπος / κανόνες μετασχηματισμού της μονάδας. Όπως ακόμα συζητήθηκε στην εισαγωγή, ένα ακόμα πεδίο στο οποίο εστιάζει η διατριβή είναι η σύνδεση του ψηφιακού με τον υλικό κόσμο, δηλαδή οι πιθανές υλικές επιλύσεις ενός ψηφιακού μοντέλου, που τελικά συνεισφέρουν στο συνθετικό και υλικό «πεδίο δυνατοτήτων».

Σύνδεση με παραδείγματα ελάχιστων επιφανειών για τον σχεδιασμό κτηρίων

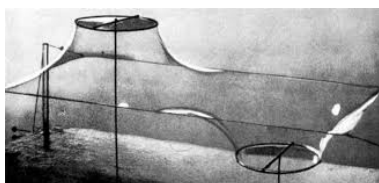
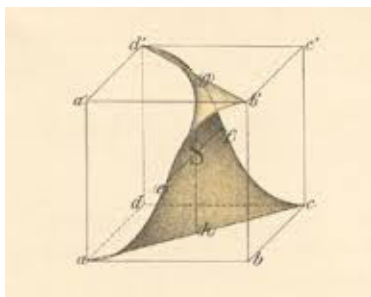
Η υλοποίηση των μαθηματικών συσχετισμών που ορίζουν ένα χώρο είναι, εκούσια ή ακούσια, μια θεμελιώδης διαδικασία για την σύνθεση και παραγωγή της αρχιτεκτονικής. Παιδαγωγικά μοντέλα όπως οι χαλκογραφίες του H.A.Schwarz²⁰⁵ από το 1890 που τεκμηριώνουν επιφάνειες ελάχιστης έκτασης (minimal surfaces), καθώς και μια μεγάλη συλλογή από γύψινα μοντέλα που κατασκευάστηκαν από τον Schwarz και τον Felix Klein²⁰⁶ στο Gottingen στις αρχές της δεκαετίας του 1900 αποτελούν τα πλέον σημαίνοντα παραδείγματα στον πεδίο των μαθηματικών. Στην αρχιτεκτονική, παραδείγματα όπως το Philips Pavilion του Le Corbusier και Γιάννη Ξενάκη (1958) ή τα αρχιτεκτονικά στοιχεία της Sagrada Familia που συζητήθηκαν παραπάνω, είναι εμφανή παραδείγματα καινοτόμων υλοποιήσεων μαθηματικών και γεωμετρικών μοντέλων με την χρήση επιφανειών ελάχιστης έκτασης.

Στα μαθηματικά, οι επιφάνειες ελάχιστης έκτασης είναι ταυτόχρονα και τοπολογικοί χώροι, δηλαδή ένα σύνολο από σημεία, μαζί με ένα σύνολο από γειτνιάσεις για κάθε σημείο, που ικανοποιούν ένα σύνολο από αξιώματα που αφορούν τα σημεία και τις γειτνιάσεις. Ο ορισμός μιας τέτοιας επιφάνειας είναι μια επιφάνεια που εκτείνεται μέχρι τα εξώτατα όρια ενός αντικειμένου και καταλαμβάνει την μικρότερη δυνατή έκταση μεταξύ των ορίων αυτών. Οι επιφάνειες που σχηματίζονται από ένα λεπτό φιλμ (μόνο

²⁰⁵ Karl Herman Amandus Schwartz, Γερμανός μαθηματικός (1843-1921) , γνωστός για το έργο του στην μιγαδική ανάλυση (complex analysis).

²⁰⁶ Felix Klein, Γερμανός μαθηματικός (1849-1925) , γνωστός για το έργο του στην μιγαδική ανάλυση (complex analysis) και στην μη Ευκλείδεια γεωμετρία.

σαπουνιού γιατί το σαπούνι δημιουργεί συνεχόμενες επιφάνειες με διπλή καμπυλότητα χωρίς να σπάει) είναι επιφάνειες ελάχιστης έκτασης. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ακόμα το γεγονός πως ο σχεδιασμός του σταθμού της Στουτγάρδης από τον Frei Otto που συζητήθηκε, βασίστηκε σε μακέτες από σύρμα και φίλμ σαπουνιού που σχηματίζουν επιφάνειες ελάχιστης έκτασης. Σε αυτές τις μακέτες, το όριο της επιφάνειας ορίζεται από το συρμάτινο πλαίσιο. Είναι γεγονός πως θα μπορούσε να είχε επιλεγεί οποιαδήποτε γεωμετρία ως η βασική μονάδα για τον σχεδιασμό της διαπερατής πρόσοψης του κτηρίου. Πέρα από το ιδεολογικό ενδιαφέρον που παρουσιάζει η εξερεύνηση μιας τοπολογικής επιφάνειας σε μια διατριβή που σε θεωρητικό επίπεδο έχει επηρεαστεί από τα μαθηματικά και την τοπολογική φιλοσοφία, ιδιαίτερη σημασία έχει και το χωρικό ενδιαφέρον. Όλα τα παραπάνω έργα βασίζονται στην πρόκληση διερεύνησης των συνθετικών δυνατοτήτων μέσω των πιθανών τρόπων αλληλεπίδρασης και συσχετισμού μιας μονάδας με μη ορθογωνική γεωμετρία με μονάδες που είναι εξίσου σύνθετες. Όπως συζητήθηκε, οι κανόνες αλληλεπίδρασης σε ένα σύστημα έχουν ιδιαίτερη σημασία σε μια κυβερνητική προσέγγιση. Με βάση τα παραπάνω, η διερεύνηση χωρίστηκε σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο εστίασε στην γενεσιουργή συνθετική διαδικασία για τον ψηφιακό σχεδιασμό μιας τέτοιας επιφάνειας μέσα από μετασχηματισμούς (αλληλοτομίες) γεωμετρικών στερεών, μια ψηφιακή ίσως εκδοχή της υλικής διαδικασίας που ακολούθησε ο Gaudi στην Sagrada Família. Αν μια τέτοια επιφάνεια αποτελεί την μονάδα σε ένα αρχιτεκτονικό σύστημα, ο τρόπος αλληλεπίδρασης μεταξύ των μονάδων, οι γεωμετρικές σχέσεις πολλαπλασιασμού και χωρικής σύνδεσής τους αποτέλεσε το δεύτερο επίπεδο στο οποίο εστίασε η μελέτη. Τέλος, όπως προαναφέρθηκε για όλα τα πειράματα, διερευνήθηκε η θεμελιώδης σχέση μεταξύ του ψηφιακού σχεδιασμού και υλικότητας μέσα από τις πιθανές μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής και τις πολλαπλές υλικές εκφάνσεις / επιλογές που μπορούν να παραχθούν σε αυτό το «πεδίο δυνατοτήτων».



207

²⁰⁷ Απο πάνω προς τα κάτω: Χαλκογραφία του μαθηματικού H.A.Schwarz για την μελέτη επιφανειών ελάχιστης έκτασης (1890). Το Phillips Pavillion (1958) -Le Corbusier και Γιάννης Ξενάκης. Μακέτες από σύρμα και φίλμ σαπουνιού για τον σταθμό της Στουτγάρδης (1997)- Frei Otto. Γέφυρα στον ποταμό Basento (1972)- Sergio Musmeci. Μακέτα της Taichung Opera (2007)- Toyo Ito.

B3. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – «ΣΠΟΓΓΩΔΗΣ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ»

Εισαγωγή - Προγραμματικές απαιτήσεις: διαπερατότητα (porosity)

Το πείραμα επικεντρώθηκε σε ένα βασικό σχεδιαστικό πρόβλημα: τη διαδικασία σύνθεσης ενός αρχιτεκτονικού συστήματος που χρησιμοποιεί κοιλότητες και κόγχες για τη δημιουργία ενός ημιδιαπερατού κτηριακού περιβλήματος. Σε αντίθεση με μια συμβατική προσέγγιση, το περίβλημα του κτηρίου αντιμετωπίστηκε ως μια πορώδης επιδερμίδα που χρησιμοποιείται ως μέσο για τον επαναπροσδιορισμό του ορίου μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου. Ωστόσο, βασικά χαρακτηριστικά των συμβατικών μεθόδων κατασκευής και τοιχοποιίας, όπως η επανάληψη και η χρήση πολλαπλών μονάδων με κοιλότητες, ενσωματώθηκαν στη σχεδιαστική διαδικασία για τη δημιουργία μιας κτηριακής «επιδερμίδας» με ελεγχόμενη διαπερατότητα. Σε αντιδιαστολή με την συμβατική περίπτωση του κατωφλιού, όπου τα υαλοστάσια και τα ανοίγματα ορίζουν ένα σαφές όριο / προστασία από τις περιβαλλοντικές συνθήκες στην όψη ενός κτηρίου, το πείραμα εστιάζει σε μια πειραματική αντιμετώπιση της όψης ως ένα στοιχείο που μπορεί να έχει βάθος, μέσα από τη διαστρωμάτωση μιας σύνθετης «σπογγώδους επιδερμίδας».

Μεθοδολογία - Η μονάδα: Αρχές Σχεδιασμού (μικρή κλίμακα)

Οι επιφάνειες ελάχιστης έκτασης έχουν μια κρυσταλλική δομή, με την έννοια της επανάληψης του εαυτού τους σε τρεις διαστάσεις, ένα χωρικό χαρακτηριστικό επιφανειών που στα μαθηματικά ονομάζονται τριπλά περιοδικές. Αυτή η εγγενής ικανότητα του τρισδιάστατου πολλαπλασιασμού των επιφανειών ελάχιστης έκτασης αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο επίπεδο διερεύνησης του τρόπου αλληλεπίδρασης των μονάδων μεταξύ τους. Επιλέχθηκε μια από τις υβριδικές (hybrid) μαθηματικές επιφάνειες του Schoen²⁰⁸, που ονομάζεται S^1-S^2 . Η επιφάνεια επιλέχθηκε λόγω της σχετικά απλής γεωμετρίας της, των πιθανών τρόπων πολλαπλασιασμού της στο χώρο σε κানাβο και τελικά της πιθανής κατασκευής υλικών μοντέλων / συσσωματωμάτων στο χώρο, τα οποία θα μπορούσαν να είναι δομικά αυτοφερόμενα χωρίς την ανάγκη επιπλέον δομής.

Οι επιφάνειες ελάχιστης έκτασης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε οικογένειες

²⁰⁸ Alan H. Schoen, μαθηματικός και επιστήμονας στη NASA, ανακάλυψε το 1970 μια σειρά μαθηματικών επιφανειών. Schoen, A.H.: Infinite periodic minimal surfaces without selfintersections. NASA Technical Note No. TN D-5541 (1970)

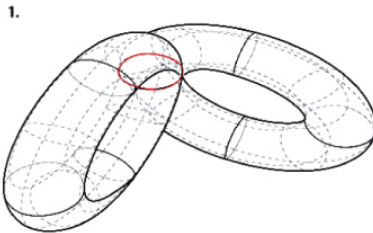
ανάλογα με χαρακτηριστικά τους. Δεδομένου ότι η επιφάνεια $S'-S'$ είναι ένας συνδυασμός οικογενειών από άλλες επιφάνειες, η επιλογή αυτή προσφέρει τη δυνατότητα διερεύνησης των ποικίλων χωρικών ποιοτήτων που μπορούν να παραχθούν. Γεγονός είναι πως η επιφάνεια $S'-S'$ μπορεί να εγγραφεί σε ένα κύβο, επιτρέποντας έτσι τον κάθετο και οριζόντιο πολλαπλασιασμό της στον χώρο. Οι επιφάνειες ελάχιστης έκτασης μπορούν να συντεθούν / σχεδιαστούν μέσω του πολλαπλασιασμού μιας «θεμελιώδους γεωμετρίας» (geometric primitive), μιας μικρής περιοχής της συνολικής επιφάνειας, η οποία είναι συνήθως πολύ απλή λόγω της υψηλής συμμετρίας των επιφανειών ελάχιστης έκτασης. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, η «θεμελιώδης γεωμετρία» για την hybrid $S'-S'$ είναι μια επιφάνεια που ορίζεται από πέντε καμπύλες. Οι καμπύλες μοντελοποιήθηκαν ψηφιακά μετά από μια σειρά μετασχηματισμών μεταξύ γεωμετρικών στερεών όπως δύο γεωμετρίες torus και ένας κύβος (βασικός τρόπος γεωμετρικού σχεδιασμού καμπύλων). Λόγω της κρυσταλλικής και συμμετρικής δομής της επιφάνειας hybrid $S'-S'$, η «θεμελιώδης γεωμετρία» είναι το 1/16 της συνολικής επιφάνειας. Απλές εντολές αντιγραφής και επικόλλησης (copy / paste / mirror) παρέχουν την συνολική επιφάνεια hybrid $S'-S'$. Σε σχέση με την τεχνολογία, και στο επίπεδο της ψηφιακής μοντελοποίησης, το πρώτο ζήτημα ήταν το λογισμικό που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει κανείς προκειμένου να διαμορφώσει ψηφιακά την επιφάνεια. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Maya και οι εντολές "birail" και "loft" για τη δημιουργία της επιφάνειας μέσα από τις πέντε καμπύλες που προαναφέρθηκαν. Θα μπορούσαν πλέον να χρησιμοποιούνται άλλα λογισμικά ψηφιακής μοντελοποίησης όπως το Rhino ή ίσως και το plug-in Grasshopper. Αξίζει να σημειωθεί πως ο μετασχηματισμός μέσω της αλληλοτομίας στερεών ήταν τότε ο μόνος τρόπος γεωμετρικής μοντελοποίησης λόγω των παραβολοειδών, οι οποίες είναι απαραίτητες για την σύνθεση της «θεμελιώδους γεωμετρίας». Πλέον, με την χρήση του παραμετρικού λογισμικού Grasshopper, θα μπορούσε να ορίσει κανείς την μαθηματική εξίσωση για την δημιουργία της επιφάνειας, αποφεύγοντας την ψηφιακή γεωμετρική σύνθεση, επισπεύδοντας την ψηφιακή μοντελοποίηση (όμως έτσι δεν θα μπορούσε να κατανοήσει την επιφάνεια).

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

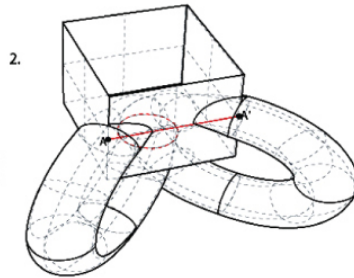


Hybrid S'-S' επιφάνεια Schoen

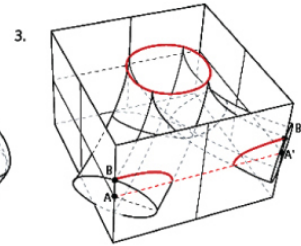
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ: ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΟΤΟΜΙΕΣ



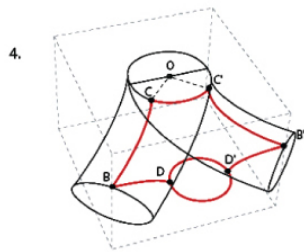
1. Αλληλοτομία γεωμετριών "torus"



2. Αλληλοτομία με κύβο υπο 45 μοίρες



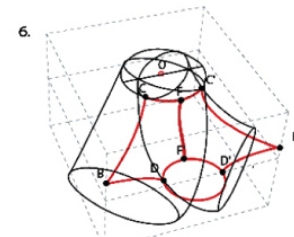
3. Η αλληλοτομία δημιουργεί παραβολοειδείς καμπύλες



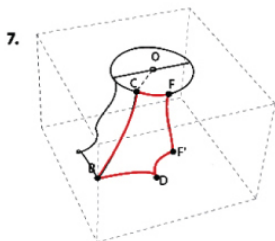
4. Οι καμπύλες και τα ημικύκλια που προκύπτουν από τα στερεά



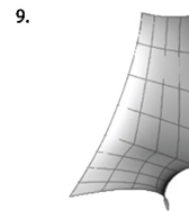
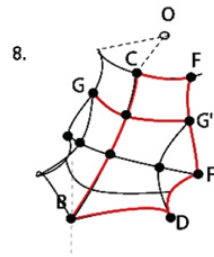
5. Δεύτερη αλληλοτομία στερεών "torus"



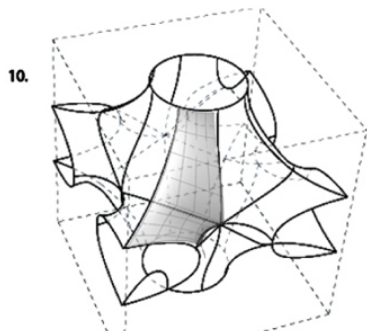
6. Δημιουργία καμπύλης F-F'



7. Δημιουργία επιφάνειας μεταξύ βασικών καμπύλων



9. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ (GEOMETRIC PRIMITIVE)



10. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ HYBRID S'-S' SCHOEN

209

²⁰⁹ Η επιφάνεια hybrid S'-S' (Πάνω) και η διαδικασία μετασχηματισμών / ψηφιακού σχεδιασμού.

Μεθοδολογία- Το σύστημα: αρχές σχεδιασμού /αλληλεπίδρασης (μεσαία κλίμακα)

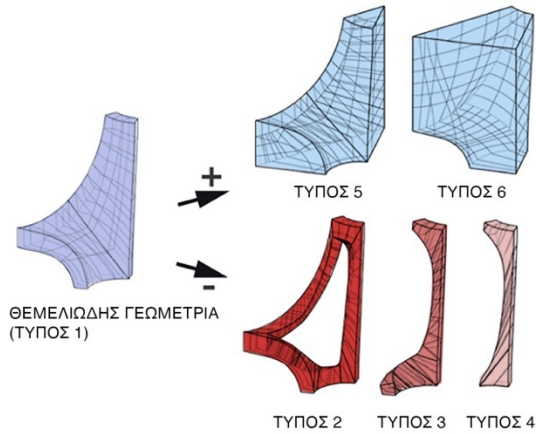
Για την ψηφιακή σύνθεση ολόκληρης της πρόσοψης του κτηρίου, χρησιμοποιήθηκε ξανά μια διαδικασία μετασχηματισμών. Η «θεμελιώδης γεωμετρία» ήταν η βασική μονάδα, και ονομάστηκε «τύπος 1». Ο μετασχηματισμός της έγινε ψηφιακά με την επιπλέον αφαίρεση ή προσθήκη επιφάνειας, με αποτέλεσμα να προκύψουν επιπλέον τύποι με περισσότερη (τύποι 1, 2 και 3) ή λιγότερη (τύποι 5 και 6) διαπερατότητα. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, φαίνονται οι διαφορετικοί τύποι και ο τρόπος συναρμογής μεταξύ τους. Η γεωμετρία των διαφορετικών τύπων επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, και τη δημιουργία συσσωματωμάτων, μέσα από τον γεωμετρικό συνδυασμό τους με διαφορετικούς τρόπους. Μπορούν τελικά να δημιουργηθούν διαφορετικοί συνδυασμοί - συσσωματώματα από τους πέντε διαφορετικούς τύπους μονάδων, δημιουργώντας έτσι μια πληθώρα από διαφορετικούς χωρικούς συνδυασμούς. Αν και οι διαφορετικοί τύποι σχεδιάστηκαν ψηφιακά, οι πιθανοί συνδυασμοί τους δεν έγιναν «αυτόματα» μέσω κάποιου παραμετρικού λογισμικού, μια και δεν υπήρχαν τέτοια λογισμικά πριν μερικά χρόνια. Αν και σε ψηφιακό περιβάλλον, οι πέντε διαφορετικοί τύποι αντιγράφησαν αρκετές φορές, και οι διαφορετικοί συνδυασμοί τους έγιναν με μετακίνηση και περιστροφή του κάθε τύπου (όπως ίσως θα συνέθετε κανείς χρησιμοποιώντας ένα υλικό μοντέλο), προσφέροντας πλήρη έλεγχο των πιθανών συνδυασμών. Οι συνδυασμοί έγιναν με βάση αισθητικά, λειτουργικά (δημιουργία ανοιγμάτων) και στατικά κριτήρια (δυνατότητα να φέρουν το βάρος της ανοδομής).

Αποτελέσματα: Συμπεριφορά – αναφαινόμενες ιδιότητες (μεγάλη κλίμακα)

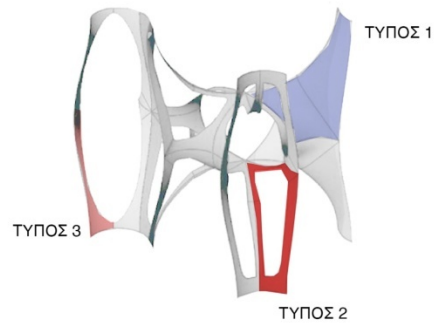
Με βάση την συζήτηση που προηγήθηκε σχετικά με την κυβερνητική και την αρχιτεκτονική (Weinstock (2004), αυτό που αναδύεται (emergence) σε μια τέτοια προσέγγιση γενεσιουργού σχεδιασμού είναι η μορφή και οι ιδιότητες του συνόλου. Στο συγκεκριμένο πείραμα, αυτό που αναδύεται είναι η διαβαθμισμένη διαπερατότητα και η τελική μορφή της πρόσοψης του κτηρίου. Είναι ίσως πλέον εμφανές πως η τελική μορφή της πρόσοψης θα μπορούσε να είναι εντελώς διαφορετική, αν οι μετασχηματισμοί της βασικής μονάδας (τύπος 1) ήταν διαφορετικοί ή αν είχαν επιλεγεί διαφορετικοί συνδυασμοί των πέντε τύπων. Αυτό το «πεδίο» συνθετικών δυνατοτήτων επηρεάζεται ακόμα από τις δυνατότητες και περιορισμούς της κατασκευής.

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

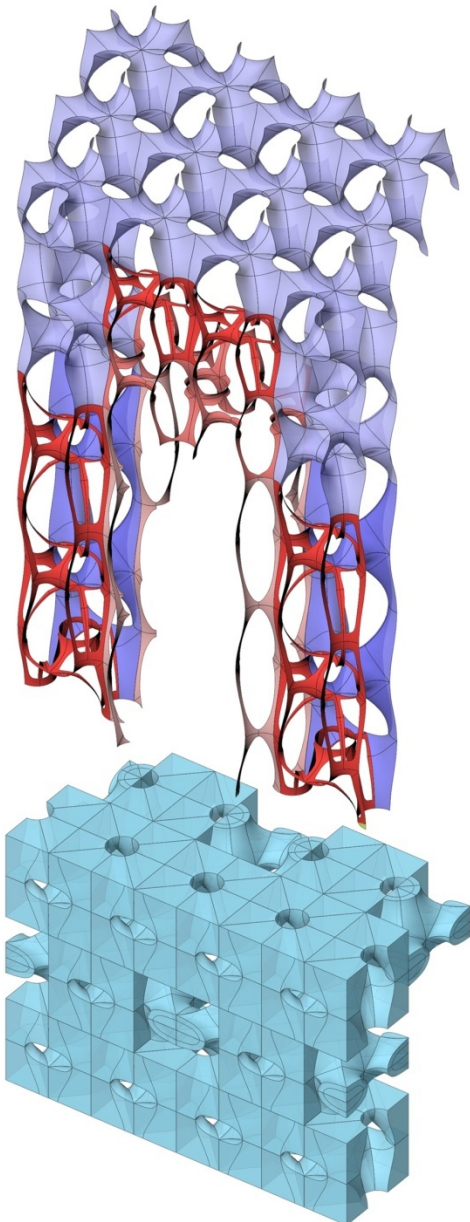
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ (ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ)



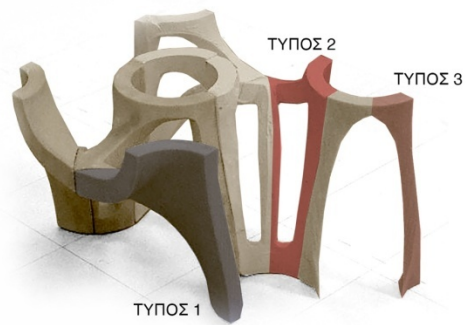
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΩΝ (ΜΕΣΑΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ)



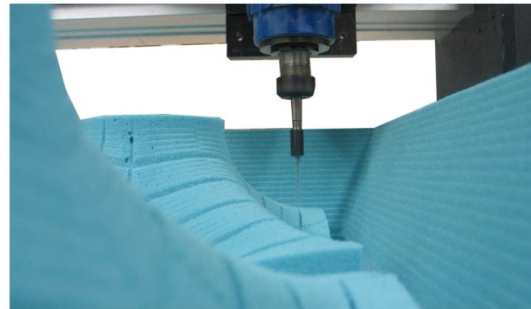
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΨΗ (ΜΕΓΑΛΗ ΚΛΙΜΑΚΑ)



ΔΙΕΡΕΥΝΙΣΗ ΥΛΙΚΟΤΗΤΑΣ



ΤΡΙΑΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΕΚΤΥΠΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ 1,2 ΚΑΙ 3 ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:5



ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΦΡΕΖΑ (CNC MILLING) ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ 5 ΚΑΙ 6



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕΣΩ ΤΡΙΑΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΚΑΙ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΝΤΙΓΡΑΦΩΝ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ 1,2 ΚΑΙ 3

Αποτελέσματα / Ενσωμάτωση των περιορισμών κατασκευής

Οι πιθανοί τρόποι υλικής έκφρασης του ψηφιακού μοντέλου συνεισφέρει ακόμα περισσότερο στο «πεδίο» των δυνατοτήτων. Η επιθυμητή κλίμακα για την τελική μακέτα ήταν 1:5, γεγονός που απαιτούσε την κατασκευαστική επίλυση σε κάποιο βαθμό, έτσι ώστε να υπονοείται η διάρθρωση / σύνδεση μεταξύ των επιμέρους μερών. Η ψηφιακή μοντελοποίηση έγινε χρησιμοποιώντας επιφάνειες, με αποτέλεσμα το υλικό κατασκευής (για την επιθυμητή κλίμακα 1:5) να μπορούσε να είναι εξαιρετικά λεπτό όπως φύλλα πλαστικού. Ένα τέτοιο υλικό στη μακέτα θα υπονοούσε ίσως γυαλί ή μεμβράνες ETFE (αιθυλοτετραφθοροαιθυλένιο) στην πραγματική κλίμακα, όπως στο γήπεδο Allianz Arena στο Μόναχο από τους αρχιτέκτονες Herzog & De Meuron²¹⁰. Θα μπορούσε ακόμα να υπονοεί πως θα μπορούσε να κατασκευαστεί από μορφοποιημένα φύλλα πολυμερισμένου πλαστικού. Αυτές οι κατασκευαστικές προσεγγίσεις θα απαιτούσαν ένα δευτερεύον σκελετό για στατικούς λόγους που θα συγκρατούσε την κτηριακή αυτή «επιδερμίδα».

Στην προσπάθεια δημιουργίας μιας αυτοφερόμενης κτηριακής «επιδερμίδας» που δεν θα είχε ανάγκη από ένα δευτερεύον σύστημα στήριξης, επιλέχθηκε η συνέχεια της ψηφιακής μοντελοποίησης με την «πάχυνση» της «θεμελιώδους γεωμετρίας». Με αυτό τον τρόπο, η πρόσοψη θα μπορούσε να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από φύλλα χάλυβα στην πραγματική κλίμακα. Αυτή η επιλογή σήμαινε την κατασκευή της μακέτας σε κλίμακα 1:5 από μέρη που θα μπορούσαν να εκτυπωθούν τρισδιάστατα. Παράχθηκε έτσι ένας αριθμός από τρισδιάστατες εκτυπώσεις, οι οποίες αντιγράφησαν με λαστιχένια καλούπια και γύψο για λόγους οικονομίας. Οι πλέον συμπαγείς τύποι 5 και 6 κατασκευάστηκαν από πολυουρεθάνη υψηλής πυκνότητας με μορφοποίηση με τριαξονική φρέζα (CNC milling). Με την ίδια λογική, τα πρωτότυπα της πολυουρεθάνης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία καλουπιών και την χύτευση των πολλαπλών αντιγράφων. Αυτή η λογική της χύτευσης για την παραγωγή των πανομοιότυπων μερών, θα ήταν και ο τρόπος κατασκευής τους σε πραγματική κλίμακα

²¹⁰ Έργο που με εκτενείς αναφορές, ολοκληρώθηκε το 2005.

αν κατασκευαζόταν από σκυρόδεμα ή άλλα χυτά υλικά, όπως η τεχνητή πέτρα ή το Corian. Η τελική μακέτα είχε διαστάσεις 1,2 μέτρα ύψος x 0,80 πλάτος.

B4. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 2

Αν και η ενότητα παρουσιάζει ένα μόνο πείραμα, θεωρούμε ότι ανήκει σε μια ευρύτερη οικογένεια πειραμάτων που θα μπορούσε να συμπεριλάβει επιμέρους παραδείγματα (όπως και οι υπόλοιπες οικογένειες πειραμάτων της διατριβής). Η συγκεκριμένη οικογένεια βασίζεται στον μετασχηματισμό και χειρονακτικό / αναλογικό πολλαπλασιασμό μιας μονάδας για την σύνθεση ενός συνόλου (ακόμα και αν χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά σχεδιαστικά μέσα). Το πείραμα αποτελεί τη συνέχεια των πιθανών τρόπων μετάφρασης και συσχετισμού των θεωρητικών προσεγγίσεων που συζητήθηκαν σχετικά με την κυβερνητική και τον σχεδιασμό ενός συστήματος, με την αρχιτεκτονική πρακτική μέσα από την έρευνα πεδίου (field work).

Σε εκπαιδευτικό επίπεδο, η διενέργεια αυτού του πειράματος ήταν καθοριστική για την δημιουργία ενός ενδιάμεσου στάδιου / βήματος στην έρευνα που σχετίζεται με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, που ακολουθεί η διατριβή. Η διατριβή ακολουθεί την βαθμιδωτή μετάβαση για μια ψηφιακή προσέγγιση στην αρχιτεκτονική σύνθεση από υλικό, στο αμιγώς ψηφιακό και παραμετρικό. Από τον απόλυτο έλεγχο της σύνθεσης, στα (μη) αναμενόμενα αποτελέσματα.

Ίσως είναι εύκολο πλέον να κατανοήσει κανείς, το «πεδίο» δυνατοτήτων που εμφανίζεται σε μια τέτοια συνθετική διαδικασία όπου ο αρχιτέκτονας μπορεί να επέμβει είτε στο μετασχηματισμό της μονάδας, είτε στον τρόπο αλληλεπίδρασης μεταξύ των μονάδων, αλλάζοντας το τελικό συνθετικό αποτέλεσμα.

Πέρα από ένα είδος χειρονακτικού/ αναλογικού γενεσιουργού σχεδιασμού, η παραπάνω μέθοδος θα μπορούσε να ιδωθεί και ως ένα είδος πρώιμου παραμετρικού σχεδιασμού μια και σύμφωνα με τον Kolarenic (2003) ο παραμετρικός σχεδιασμός εστιάζει στην αλλαγή των παραμέτρων ενός αντικειμένου (στην συγκεκριμένη περίπτωση της

γεωμετρίας μιας μονάδας), μέσα από την οποία μπορούν ενδεχομένως να παραχθούν συγκεκριμένες υποπεριπτώσεις / επιλύσεις, από ένα μεγάλο εύρος πιθανοτήτων.

Με αφορμή τον σχεδιασμό μιας «σπογγώδους επιδερμίδας» με διαβαθμισμένη διαπερατότητα για την πρόσοψη ενός κτηρίου, το πείραμα εστίασε (όπως και στα προηγούμενα πειράματα) στην συνθετική διαδικασία αντί στο τελικό αποτέλεσμα. Αν και ακολουθήθηκε μια γενεσιουργός συνθετική λογική –οι μετασχηματισμοί της μονάδας που συνδέεται με την εξελικτική βιολογία και τη θεωρία του Thomson (1917) - τα ψηφιακά σχεδιαστικά μέσα χρησιμοποιήθηκαν με τον τρόπο που ο Gaudi χρησιμοποιούσε τις μακέτες από γύψο για να κατασκευάσει τα επιθυμητά γεωμετρικά στερεά. Αυτή η αναλογική ψηφιακή προσέγγιση (analog computation) παρέιχε πλήρη έλεγχο των πιθανών μετασχηματισμών και συνδυασμών καθ'όλην τη διάρκεια της διαδικασίας. Πρόκειται για μια προσπάθεια συσχετισμού με την κυβερνητική προσέγγιση που πρότεινε ο Kelly (1994).

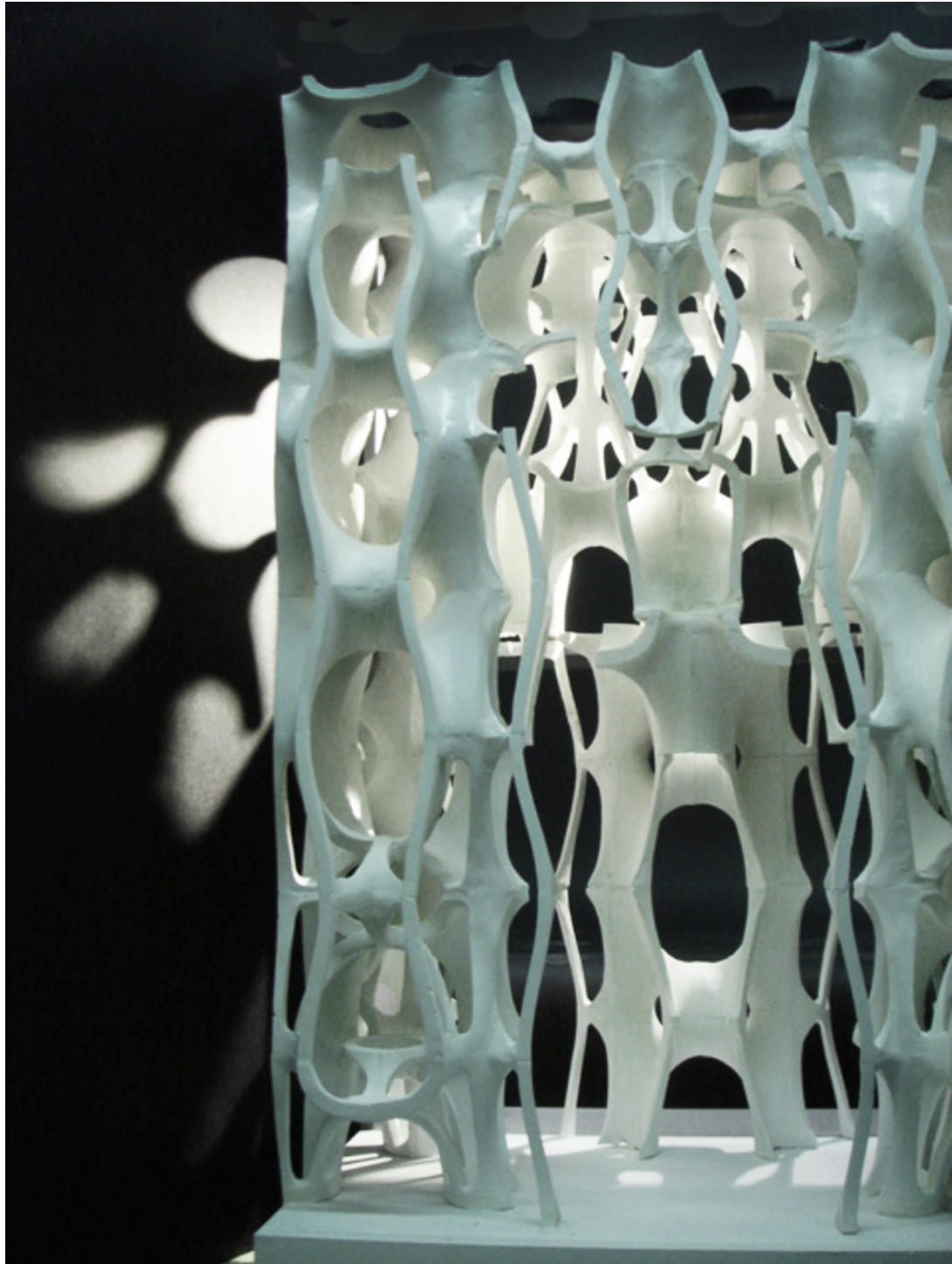
Ταυτόχρονα ακολουθήθηκε μια κυκλική συνθετική διαδικασία, όπως συζητήθηκε στην θεωρητική προσέγγιση της οικογένειας πειραμάτων, όπου το ψηφιακό μοντέλο αναπληροφόρηθηκε με βάση τις αλλαγές που επιλέχθηκαν (πχ. αλλάζοντας μια από τις μονάδες) με αποτέλεσμα να αλλάζει και το τελικό ψηφιακό μοντέλο ολόκληρης της πρόσοψης. (Αν είχε χρησιμοποιηθεί ένα παραμετρικό λογισμικό, αυτή η αλλαγή θα γινόταν ίσως αυτόματα, ενώ στο συγκεκριμένο πείραμα, έπρεπε να διαγραφεί η υπο εξέταση μονάδα και να αντικατασταθεί με την εναλλακτική της περίπτωση). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής, η εξέταση και σύνθεση του αρχιτεκτονικού «συστήματος» στην μικρή (local), μεσαία (regional) και μεγάλη (global) κλίμακα, λειτούργησε ως τρόπος ελέγχου της συνθετικής διαδικασίας.

Σύμφωνα με τον ορισμό της ανάδυσης (emergence) από τον Weinstock (2004), αυτό που αναδύεται τελικά, είναι η ιδιότητα της διαπερατότητας (και ο έλεγχος της) και της τελικής μορφής της πρόσοψης, χωρίς να είναι προκαθορισμένες από την αρχή της συνθετικής διαδικασίας. Και προφανώς υπάρχουν ακόμα περισσότερες τελικές

εκφάνσεις με διαφορετικές διαπερατότητες που θα μπορούσαν να προκύψουν σε αυτό το «πεδίο δυνατοτήτων».

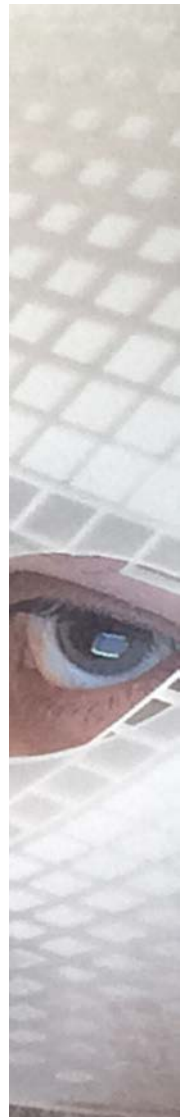
Εξίσου ενδιαφέρουσα για αυτό το «πεδίο δυνατοτήτων» που δημιουργείται, ήταν η διερεύνηση της θεμελιώδους σχέσης μεταξύ του ψηφιακού σχεδιασμού και υλικότητας μέσα από τις πιθανές μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής και τις πολλαπλές υλικές εκφάνσεις / επιλογές που μπορούν να παραχθούν. Προέκυψαν διαφορετικές επιλογές κατά τη διάρκεια της συνθετικής διαδικασίας, οι οποίες τελικά σήμαιναν και διαφορετικές πιθανές κατασκευαστικές προσεγγίσεις με την χρήση διαφορετικών υλικών. Η «πάχυνση» των ψηφιακών επιφανειών ήταν μία από αυτές, που τελικά υπονόησε την πιθανή κατασκευή των επιμέρους μονάδων από κάποιο υλικό που επιδέχεται χύτευση όπως το σκυρόδεμα ή η τεχνητή πέτρα.

Το επόμενο ίσως βήμα σε μια τέτοια προσέγγιση, θα ήταν ίσως η επανάληψη του πειράματος σε για επιφάνειες ελάχιστης έκτασης με διαφορετική γεωμετρία (που θα επιβάλλει και διαφορετικούς τρόπους σύνθεσης / διασποράς στον χώρο), συγκρίνοντας μια σχεδόν αναλογική διαδικασία όπως η παρούσα, με μια εξ' ολοκλήρου παραμετρική προσέγγιση μέσω της χρήσης προγραμματισμού κώδικα (script) σε λογισμικά σχεδιασμού όπως το Grasshopper. Στο συγκεκριμένο πείραμα, η «ματιά» του αρχιτέκτονα έχει τον απόλυτο έλεγχο κατά τη διάρκεια της συνθετικής διαδικασίας. Στην επόμενη ενότητα του τρέχοντος κεφαλαίου θα γίνει εμβάθυνση σε επιμέρους θεωρητικές έννοιες πέρα από την ανάδυση, όπως οι «εντατικές» και «εκτατικές» ιδιότητες ενός συστήματος, καθώς σε έννοιες όπως η «μορφογένεση» και η αυτοοργάνωση, έννοιες που προέρχονται από την φιλοσοφία του Deleuze και την εξελικτική βιολογία του Thomson (1917). Αυτές οι έννοιες θα συνεχίσουν να διαμορφώνουν το ευρύτερο θεωρητικό πλαίσιο το οποίο ερευνά η διατριβή. Αυτή η κυκλική συγγραφή και συνδιαλλαγή μεταξύ θεωρίας και πρακτικής, αντικατοπτρίζει και την βασική προσέγγιση της μεθοδολογίας της διατριβής που συζητήθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο.



ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 3:

ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



B5. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ : ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ / ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τρέχουσα μετάβαση στην αρχιτεκτονική από τον σχεδιασμό με την χρήση υπολογιστών (Computer Aided Design- CAD), στον ψηφιακό υπολογιστικό σχεδιασμό (computational design) και τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό αντιπροσωπεύει μια βαθιά αλλαγή στον τρόπο σκέψης του σχεδιασμού και μεθόδων. Η χρήση των ψηφιακών σχεδιαστικών μέσων ως μέσων αναπαράστασης τείνει να αντικατασταθεί από την προσομοίωση. Ταυτόχρονα, η κατασκευή τεχνημάτων (crafting) και αντικειμένων κινείται προς την κατεύθυνση της δημιουργίας αρχιτεκτονικών συστημάτων που εμπεριέχουν πολλαπλές πληροφορίες μέσω υπολογιστικών διαδικασιών όπου ο αρχιτέκτονας καλείται να συνθέσει.

Το ευρύτερο θεωρητικό και πρακτικό πλαίσιο που αρχίζει να διαφαίνεται σε αυτή την μετάβαση, όπου η τεχνολογία χρησιμοποιείται όχι πλέον ως ένα αναπαραστατικό, αλλά ως συνθετικό εργαλείο, συζητήθηκε παραπάνω. Πλέον θα ακολουθήσει μια εμβάθυνση στις επιμέρους έννοιες και διαδικασίες που διαμορφώνουν την θεωρία και πρακτική, γύρω από τον ψηφιακό γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό.

Θα συζητηθούν περαιτέρω πιο συγκεκριμένες έννοιες όπως οι «εντατικές» και «εκτατικές» ιδιότητες ενός συστήματος, καθώς και έννοιες όπως η μορφογένεση και η αυτοοργάνωση, έννοιες που προέρχονται από την φιλοσοφία του Deleuze (1984) και την εξελικτική βιολογία του Thomson (1917) και τον τρόπο που επηρεάζουν την ψηφιακή αρχιτεκτονική σκέψη και παραγωγή σήμερα με προσεγγίσεις από αρχιτέκτονες / ερευνητές όπως ο Weinstock (2004, 2011) και ο Menges (2009). Θα συζητήσουμε ακόμα περαιτέρω την έννοια της ανάδυσης (emergence) ιδιοτήτων στην αρχιτεκτονική και την σχέση της μορφογένεσης με τις αναδυόμενες ιδιότητες και τον έλεγχο (η μη) ενός συστήματος.

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ / ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ / ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Το βασικό ενδιαφέρον της ενότητας συμβαδίζει με την αντιμετώπιση του Δημήτρη Παπαλεξόπουλου (2010) σχετικά με τον σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού συστήματος:

Σαφής αλλά πλέον υποκειμενική είναι η διερεύνηση του προσδιορισμού των ιδιοτήτων στη βάση των αρχιτεκτονικών στόχων που θέτει ο σχεδιασμός κάθε έργου.²¹¹

Και στον τρόπο με τον οποίο οι ιδιότητες αυτές είναι δυνατόν να περιγραφούν με σχετική ακρίβεια ώστε να συμμετέχουν σε προσδιορισμό παραμέτρων.²¹²

Δηλαδή στην διερεύνηση των πιθανών κανόνων / παραμέτρων που μπορεί να θέσει ο αρχιτέκτονας σε ένα σύστημα, με βάση τις προτεινόμενες / ζητούμενες ιδιότητες του συστήματος.

Ο Παπαλεξόπουλος (2010) αναφέρεται στις ιδιότητες σε ιδεολογικό επίπεδο με τον ίδιο τρόπο που αναφέρεται ο Delanda (2004) με βάση την φιλοσοφία του Deleuze (1995), ή ο Weinstock (2004) (συγκεκριμένα σε σχέση με την αρχιτεκτονική), ως κάτι παραπάνω από έναν τεχνικό προσδιορισμό ιδιοτήτων που αναφέρονται σε προδιαγραφές αποδόσεων που θεωρούνται «αντικειμενικές» και συνήθως ορίζονται από κανονισμούς της κατασκευής.²¹³

Σε συνέχεια με τα παραπάνω σχετικά με την σημασία των ιδιοτήτων στην σύγχρονη ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία, ο Delanda (2004, 2005) συζητά σχετικά με την ρεαλιστική οντολογική φιλοσοφία του Deleuze (1984) :

Αυτό που δίνει στα αντικείμενα ταυτότητα και διατηρεί την ταυτότητα μέσα στον χρόνο είναι οι δυναμικές διαδικασίες.[...] Ένα είδος, δεν ορίζεται από τα

²¹¹ Παπαλεξόπουλος, Δ., Σταυρίδου Α., Παπαδόπουλος Δ., Ενωσιολογικός προσδιορισμός παραμετρικών ιδιοτήτων αρχιτεκτονικών κατασκευαστικών στοιχείων και δομικών υλικών, ΠΕΒΕ ΕΜΠ, 2007-2010. 69

²¹² Ο.Π. 69

²¹³ Ο.Π. 69

γνωρίσματα της «ουσίας» του (essential traits), αλλά από τις μορφογενετικές διαδικασίες (morphogenetic process) που τις προκάλεσαν.²¹⁴

Ίσως είναι πλέον σαφές πως σε σημασιολογικό επίπεδο, και με βάση την παραπάνω φιλοσοφική προσέγγιση του Deleuze (1987), η ψηφιακή αρχιτεκτονική προσέγγιση συνδέει τις ιδιότητες ενός συστήματος με την διαδικασία που τις προκάλεσε. Όπως συζητήθηκε, η σύγχρονη ψηφιακή θεωρία δανείστηκε στοιχεία και από την θεωρία της εξελικτικής βιολογίας και πιο συγκεκριμένα την μορφογένεση του Thomson (1917) για να αναπτύξει επιπλέον την θεωρία σχετικά με την διαδικασία παραγωγής ενός αντικειμένου. Αξίζει πλέον να εστιάσουμε περισσότερο στην έννοια της “μορφογένεσης” και του τρόπου με τον οποίο συνδέθηκε με την αρχιτεκτονική και την σχέση της με τις αναδυόμενες ιδιότητες ενός συστήματος.

ΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ο Thompson (1917) αναπτύσσει διεξοδικά μέσα από την σύγκριση και ανάλυση πολλαπλών βιολογικών οργανισμών την αντίθεσή του στην τάση των βιολόγων της εποχής οι οποίοι υποστήριζαν πως η θεωρία εξέλιξης του Δαρβίνου (1859) είναι ο βασικός παράγοντας που ορίζει την μορφή και την δομή των ζωντανών οργανισμών. Μέσα από την μελέτη του απέδειξε πως οι νόμοι της φυσικής και της μηχανικής επηρεάζουν εξίσου την μορφογένεση (morphogenesis), την διαδικασία με την οποία σχηματίζεται η μορφή των βιολογικών οργανισμών. Ο Menges (2011) εξηγεί:

Η προβολή αυτών των εννοιών στην αρχιτεκτονική σημαίνει πως ο ψηφιακός σχεδιασμός (computational design) μπορεί να αναπτυχθεί ως ένα σύνολο από κανόνες (instructions) σχετικά με την διαδικασία δημιουργίας της μορφής, η οποία δημιουργείται μέσω της αλληλεπίδρασης με τις εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις.²¹⁵

²¹⁴ Delanda, M., *Intensive science and Virtual Philosophy*, Continuum publishers, 2002, 5, 10, μετάφραση από τον συγγραφέα.

²¹⁵ Menges A., Ahlquist, S., *Computational Design Thinking*, τόμος AD, Wiley and Sons, 2011, 19-20, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Ο αρχιτέκτονας καλείται να ορίσει τις εσωτερικές και εξωτερικές «δυνάμεις» που επηρεάζουν ένα σύστημα μέσα από μια ψηφιακή διαδικασία. Ιδιαίτερη σημασία σε ένα τέτοιο σύστημα φαίνεται να έχει και η γεωμετρία, όχι ως μια προκαθορισμένη μορφή μιας μονάδας, αλλά ως γεωμετρικοί κανόνες πολλαπλασιασμού και σύνδεσης / αλληλεπίδρασης των επιμέρους μερών. Ο Weinstock (2011) συζητά:

Δεν είναι η μορφή του οργανισμού η οποία είναι γενετικά κωδικοποιημένη (encoded) αλλά η διαδικασία της αυτοδημιουργίας (self-generation) της μορφής σε ένα περιβάλλον. Η γεωμετρία έχει έναν ακριβή / λεπτό (subtle) ρόλο στην μορφογένεση. Είναι απαραίτητο να σκεφθεί κανείς την γεωμετρία μιας βιολογικής ή υπολογιστικής (computational) μορφής, όχι μόνο ως την περιγραφή της πλήρους ανεπτυγμένης μορφής, αλλά ως το σύνολο των περιορισμών των (γεωμετρικών) ορίων (set of boundary constraints) οι οποίοι λειτουργούν ως μια αρχή οργάνωσης σε τοπικό επίπεδο (local organising principle) για την αυτοοργάνωση κατά την μορφογένεση.²¹⁶

Σύμφωνα με τα παραπάνω, μια από τις εσωτερικές «δυνάμεις» δημιουργίας ενός αρχιτεκτονικού συστήματος είναι οι γεωμετρικοί κανόνες / συσχετισμοί / συνέχειες των επιμέρους μερών, γεγονός που έγινε εμφανές και στο πείραμα της «Σπογγώδους επιδερμίδας». Στο πείραμα αυτό, η τρόπος σύνδεσης των επιμέρους μονάδων και η δημιουργία συσσωματωμάτων δεν έγινε «αυτόματα» από κάποιο παραμετρικό λογισμικό, δίνοντας στον σχεδιαστή τον απόλυτο έλεγχο του τρόπου οργάνωσης των συσσωματωμάτων.²¹⁷

ΕΝΤΑΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΚΤΑΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η προσέγγιση των Reiser και Umemoto (2006) σχετικά με την αρχιτεκτονική, την γεωμετρία και της ιδιότητες ως χαρακτηριστικά της ύλης:

²¹⁶ Weinstock, M., Morphogenesis and mathematics of emergence στο Morphogenetic design strategies, τεύχος AD, vol 74, no3, Wiley and Sons, 2004, 12, μετάφραση από τον συγγραφέα.

²¹⁷ Όπως συζητήθηκε, το επόμενο βήμα σε ένα τέτοιο πείραμα θα ήταν η διερεύνηση της διαδικασίας αυτοοργάνωσης των μονάδων (και ο «έλεγχος» ή μη του «συστήματος») με την πλήρη χρήση παραμετρικών λογισμικών.

Η πλέον σημαντική διάκριση / αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, είναι η μετάβαση από την χρήση της γεωμετρίας ως ενός αφηρημένου ρυθμιστή των υλικών της κατασκευής, στην προσέγγιση πως η ύλη και η υλική συμπεριφορά πρέπει να εμπεριέχονται στην ίδια την γεωμετρία.[...] Το νέο μοντέλο (σκέψης) πρέπει να αντιμετωπίζεται στην βάση της αλληλεπίδρασης μεταξύ εντατικών και εκτατικών διαφορών.²¹⁸

Σύμφωνα με τους Reiser και Umemoto (2006), η διαχείριση των εντατικών και εκτατικών διαφορών ορίζει τα κίνητρα και τα όρια μιας υλιστικής (materialist) προσέγγισης στην αρχιτεκτονική.²¹⁹ Αυτή η μεταβολή του ενδιαφέροντος από την γεωμετρία στην ύλη, θα συζητηθεί περαιτέρω στην υποενότητα της διατριβής με τίτλο «Αυτοοργάνωση και νέα υλικά (material computation)», όπου κυριολεκτικά υλικές ιδιότητες νέων αρχιτεκτονικών υλικών (όπως πχ. η διαφάνεια ή η ελαστικότητα) μπορούν να συντεθούν ψηφιακά μέσω του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού.

Αξίζει πλέον να ακολουθήσει μια εμβάθυνση στις γενικές έννοιες των ιδιοτήτων (properties) και των ικανοτήτων (capacities) σύμφωνα με τον Delanda (2004), σε μια προσπάθεια κατανόησης του τρόπου δημιουργίας και της δομής ενός «πεδίου δυνατοτήτων»(space of possibilities) και στην συνέχεια να εξετάσουμε πως αυτή η προσέγγιση μπορεί να συνδεθεί με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό μέσα απο τις ιδιότητες ενός αρχιτεκτονικού συστήματος.

Ο Delanda (2004) συζητά πως οι ιδιότητες (properties) και οι ικανότητες(capacities) έχουν διαφορετική οντολογική υπόσταση. Οι ιδιότητες εμφανίζονται λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των επιμέρους στοιχείων / μερών και είναι πραγματικά χαρακτηριστικά μιας οντότητας. Μόνο όταν τα μέρη ενός συνόλου εξασκούν τις δεξιότητές τους, μπορούν να εμφανίσουν ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές είναι οι

²¹⁸ Reiser, J., Umemoto, N., Atlas of novel tectonics, 2006, Princeton Architectural Press, 79, μετάφραση από τον συγγραφέα.

²¹⁹ Ο.Π., 79.

αναδυόμενες ιδιότητες. Ένα από τα παραδείγματα που παραθέτει ο Delanda (2004) για να εξηγήσει αυτή την διαφορά είναι η ιδιότητα ενός μαχαιριού να είναι κοφτερό σε σχέση με την ικανότητα να κόβει. Δηλαδή μια ικανότητα (το να κόβει) μπορεί να μείνει για πάντα δυνητική (να μην αναδυθεί ως ιδιότητα) αν δεν εξασκηθεί. Το μαχαίρι έχει ακόμα τάσεις, όπως οι διαφορετικές υλικές του εκφάνσεις σε σχέση με την θερμοκρασία (στερεό, υγρό, κτλ). Η έννοια της ανάδυσης στην σύγχρονη αρχιτεκτονική θεωρία θα συζητηθεί στην αμέσως επόμενη υποενότητα.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΔΥΣΗΣ + Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ

Όπως αναφέρθηκε, αρχιτέκτονες όπως ο Michael Weinstock²²⁰ (2004) συνεισφέρουν στις νέες αναζητήσεις και θεωρήσεις που σχετίζονται με τον γενεσιουργό σχεδιασμό²²¹ και πληθαίνουν σημαντικά μετά το 2000, και μιλούν πλέον με αρχιτεκτονικό τρόπο για τις έννοιες που συναντούσαμε στα κείμενα του Deleuze(1984) και Delanda (2004) όπως οι αναδυόμενες (emergent) ιδιότητες και σε κείμενα του Thomsson (1917) όπως η μορφογένεση (morphogenesis):

Η ανάδυση είναι μια έννοια που εμφανίζεται στη βιβλιογραφία πολλών επιστημονικών κλάδων, και συνδέεται στενά με την εξελικτική βιολογία, την τεχνητή νοημοσύνη, τη θεωρία της πολυπλοκότητας, της κυβερνητικής και τη θεωρία γενικών συστημάτων. Είναι μια λέξη που διαδίδεται όλο και περισσότερο στην αρχιτεκτονική διάνοηση, όπου (δυστυχώς) πολύ συχνά χρησιμοποιείται για να πλάσουμε πολυπλοκότητα (μορφών) αλλά χωρίς τις έννοιες που συνοδεύουν τις μαθηματικές πράξεις της επιστήμης. [...] Το έργο της αρχιτεκτονικής είναι να σκιαγραφήσει ένα λειτουργικό εννοιολογικό και συνθετικό πλαίσιο σχετικά με την ανάδυση και να περιγράψει τον μαθηματικό τρόπο σκέψης και τις διαδικασίες που μπορούν να κάνουν την έννοια λειτουργική και χρήσιμη στους αρχιτέκτονες. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αναζητήσει κανείς τις (συνθετικές) αρχές και τη δυναμική (τους κανόνες) της οργάνωσης και της αλληλεπίδρασης, καθώς

²²⁰ Ο Weinstock διευθύνει το μεταπτυχιακό πρόγραμμα Emergent Technologies & Design στην αρχιτεκτονική σχολή AA.

²²¹ Weinstock, M., Morphogenetic Design Strategies—AD (Architectural Design), Wiley, 2004

επίσης και τους μαθηματικούς ή γεωμετρικούς νόμους που τα φυσικά συστήματα υπακούουν, με σκοπό να τους χρησιμοποιήσουμε σε τεχνητά (ανθρωπογενή) συστήματα.²²²

Ο Weinstock (2004) αναφέρει την ιδέα της ανάδυσης και σε άλλα επιστημονικά πεδία όπως η κυβερνητική. Θα εξεταστεί πλέον η έννοια των αναδιδόμενων (ή αναφαινόμενων) ιδιοτήτων συγκεκριμένα στην αρχιτεκτονική σύμφωνα με τον Weinstock (2011), (ο οποίος βασίζει την προσέγγισή του στην θεωρία της εξελικτικής βιολογίας και την φιλοσοφία του Deleuze (1984) όπως προαναφέραμε και απαντά τρία βασικά ερωτήματα: Τι αναδύεται, απο που αναδύεται και πως παράγεται η ανάδυση:

Τι αναδύεται:

Η μορφή και συμπεριφορά αναδύονται μέσα από τις διαδικασίες σύνθετων συστημάτων. Οι διαδικασίες δημιουργούν, κάνουν πιο σύνθετη και διατηρούν την μορφή φυσικών συστημάτων, και αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν δυναμικές ανταλλαγές με ο,τι περιβάλλει τα συστήματα αυτά. Υπάρχουν γενετικά μοτίβα (genetic patterns) στην διαδικασία αυτοοργάνωσης της μορφής, και στις ίδιες τις μορφές. Η γεωμετρία έχει τόσο ένα τοπικό (local), όσο και οικουμενικό (global) ρόλο στις αλληλένδετες δυναμικές των μοτίβων και της μορφής στην αυτοοργάνωση και μορφογένεση.²²³

Προφανώς αυτή η προσέγγιση είναι η συνέχεια της μη ντετερμινιστικής προσέγγισης της ψηφιακής θεωρίας όπου η τελική μορφή (ή η προέλευση της μορφής) δεν είναι προκαθορισμένη, αλλά αποτέλεσμα σύνθετων εξελικτικών διαδικασιών. Πλέον η αρχιτεκτονική σύνθεση δεν αφορά στον σχεδιασμό ενός αντικειμένου, αλλά ενός συστήματος για το οποίο ο αρχιτέκτονας ορίζει τους κανόνες αλληλεπίδρασης μεταξύ των μερών του και του περιβάλλοντος. Οι κανόνες αυτοί, μέσω των αλγορίθμων των

²²²Weinstock, M., *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, στο AD, Wiley, 2004 που επανεκδόθηκε στο τεύχος *Computational Design Thinking*, AD, 2011, Wiley, 158, μετάφραση από τον συγγραφέα.

²²³Weinstock, M., *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, στο AD, Wiley, 2004 που επανεκδόθηκε στο τεύχος *Computational Design Thinking*, AD, 2011, Wiley, σελ 165

σχεδιαστικών προγραμμάτων, μετασχηματίζουν το σύστημα σε επίπεδο μορφής και «συμπεριφοράς».

Πριν συζητήσουμε το δεύτερο ερώτημα σχετικά με το από που αναδύεται η μορφή και η «συμπεριφορά» ενός συστήματος, θα πρέπει να εξηγήσουμε την έννοια της «συμπεριφοράς» που δίνει ο Delanda (2011) σε σχέση με την έννοια της ανάδυσης. Η ανάδυση απασχόλησε τους ρεαλιστές φιλόσοφους στα μέσα του 19ου αιώνα όπου παρατήρησαν ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ δύο χημικών μορίων μπορεί να οδηγήσει σε μια ένωση ή στοιχείο με καινούργιες ιδιότητες (τις αναδυόμενες ιδιότητες), ένα γεγονός που τελικά οφείλεται στους μηχανισμούς αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο μορίων:

Το κλασικό παράδειγμα της αιτιότητας στη φυσική είναι μια σύγκρουση μεταξύ δύο μορίων ή άλλων αντικειμένων ... Αλλά όταν δύο μόρια αλληλεπιδρούν χημικά, μια εντελώς νέα οντότητα μπορεί να προκύψει, όπως όταν το υδρογόνο και το οξυγόνο παράγουν νερό. Το γεγονός ότι νέες ιδιότητες και ικανότητες προκύπτουν από μια αλληλεπίδραση πιστεύεται ότι έχει σημαντικές φιλοσοφικές συνέπειες για τη φύση της επιστημονικής εξήγησης ... Σήμερα μια επιστημονική εξήγηση ταυτίζεται με τη δημιουργική προσπάθεια αποσαφήνισης των μηχανισμών που παράγουν ένα δεδομένο αποτέλεσμα ... Οπλισμένοι με μια πλουσιότερη έννοια ενός (μη γραμμικού) μηχανισμού, οι αναδυόμενες ιδιότητες ενός συνόλου μπορούν τώρα να εξηγηθούν ως αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επιμέρους μερών.²²⁴

Από τα παραπάνω μπορεί να κατανοήσει κανείς πως η έννοια της «συμπεριφοράς» αφορά στις αναδυόμενες ιδιότητες και ικανότητες ενός συστήματος που δεν προϋπήρχαν πριν την (τυχαία ή αιτιατή) αλληλεπίδραση μεταξύ των μερών του. Όπως αναφέρθηκε, θα εξετάσουμε εκτενέστερα την έννοια των ιδιοτήτων που μπορεί να

²²⁴ Delanda, M., *Philosophy and Simulation*, Continuum books, 2011, σελ 2-3, μετάφραση από τον συγγραφέα.

εμφανίσει ένα σύστημα, και πλέον σύνθετες έννοιες όπως η αυτοοργάνωση στην αμέσως επόμενη υποενότητα μετά την έννοια του «πεδίου δυνατοτήτων».

Η παραπάνω εξήγηση αποτελεί και την απάντηση στο δεύτερο ερώτημα σχετικά με το από που αναδύεται η μορφή και η «συμπεριφορά» ενός συστήματος: μέσα από την αλληλεπίδραση των επιμέρους μερών του. Η απάντηση στο τρίτο ερώτημα σχετικά με τον τρόπο που αναδύεται, είναι μέσω των μηχανισμών αλληλεπίδρασης, οι οποίοι στην περίπτωση της ψηφιακής αρχιτεκτονικής είναι οι κανόνες αλληλεπίδρασης που θέτουμε μέσω των αλγορίθμων των παραμετρικών λογισμικών. Η έννοια της ανάδυσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με έννοιες όπως η μορφογένεση και η αυτοοργάνωση ενός συστήματος, έννοιες που θα συζητηθούν περαιτέρω στην συνέχεια, αφού αναπτυχθεί η σχέση της σύγχρονης αρχιτεκτονικής θεωρίας και πρακτικής με την κυβερνητική και τον σχεδιασμό συστημάτων .

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ «ΠΕΔΙΟΥ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ»

Για τον Delanda (2011), αυτό που χρειάζεται είναι να ορίσουμε την «δομή» (τα όρια και τις αλληλοσυνδέσεις μεταξύ των μερών) ενός «πεδίου δυνατοτήτων»:

Κάποια «πεδία δυνατοτήτων» είναι συνεχή, με μια καθορισμένη χωρική δομή η οποία μπορεί να μελετηθεί μαθηματικά, ενώ κάποια άλλα είναι ασυνεχή, χωρίς εσωτερική χωρική οργάνωση, τα οποία ωστόσο μπορούν να μελετηθούν μέσα από την επιβολή μιας συγκεκριμένης οργάνωσης.²²⁵

Σύμφωνα με τον Delanda (2011) «δομή» ενός πεδίου μπορεί να ειπωθεί ως ένα διάγραμμα συσχετισμών:

Τα διαγράμματα που ορίζουν ένα «πεδίο δυνατοτήτων» έχουν πάντα έμφυτα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ύλη, την ενέργεια και την πληροφορία: αν και η αντικειμενική ύπαρξη των διαγραμμάτων δεν εξαρτάται από κάποιο

²²⁵Ο.Π.,5,17.

συγκεκριμένο υλικό, ενεργειακό ή πληροφοριακό μηχανισμό, εξαρτάται από την ύπαρξη κάποιου είδους «μηχανισμού».²²⁶

Είναι ίσως ευδιάκριτη η εξέλιξη της έννοιας του διαγράμματος που συζητήσαμε στην οικογένεια πειραμάτων 1 και η σχέση με το «πεδίο δυνατοτήτων» ενός συστήματος.

Η σύνδεση με την ψηφιακή αρχιτεκτονική σκέψη και πρακτική βρίσκεται στο γεγονός πως τα ψηφιακά παραμετρικά αρχιτεκτονικά συστήματα μπορούν να έχουν τάσεις και ικανότητες λόγω των μονάδων / μερών που τα αποτελούν, αλλά μόνο όταν οι μονάδες αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους μέσα απο την ψηφιακή προσομοίωση, θα μπορέσει να εξετάσει κανείς τις ιδιότητες που πιθανόν θα αναδυθούν ως πραγματικά (εμφανή) χαρακτηριστικά του αρχιτεκτονήματος. Ο Delanda (2011) συζητά πως οι προσομοιώσεις με υπολογιστή (simulations) μπορούν να έχουν τον ρόλο των εργαστηριακών πειραμάτων στην μελέτη της ανάδυσης (emergence), συμπληρώνοντας τον ρόλο των μαθηματικών στην αποκρυπτογράφηση της δομής των «πεδίων δυνατοτήτων».²²⁷

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, ένας ακόμα λόγος χρήσης των πειραμάτων είναι για να προκαλέσουμε και διερευνήσουμε την διαδικασία εμφάνισης (ή ανάδυσης) των ιδιοτήτων από ένα σύστημα το οποίο εμπεριέχει δυνατότητες.

ΑΥΤΟΟΡΓΑΝΩΣΗ (SELF-ORGANISATION) ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Σύμφωνα με τον Fraser (1995), η θεωρία της εξέλιξης παραμένει σημαντική:

Η αναλογία μιας εξελικτικής αρχιτεκτονικής (evolutionary architecture) (με την εξελικτική βιολογία) δεν είναι μόνο μια μορφή ανάπτυξης / εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής» (όπως στην εξελικτική βιολογία). Άλλες πτυχές της θεωρίας της εξέλιξης, όπως η τάση για αυτοοργάνωση, είναι εξίσου σημαντικές, αν όχι περισσότερο.²²⁸

²²⁶ Ο.Π., 203

²²⁷ Ο.Π., 6.

²²⁸ Fraser, J., A natural model for architecture στο An evolutionary architecture, Architectural Association Publications, 1995, 11, μετάφραση απο τον συγγραφέα.

Όπως αναφέρθηκε, η έννοια των αναδυόμενων ιδιοτήτων (emergent properties) είναι άμεσα συνδεδεμένη με την έννοια της αυτοοργάνωσης. Θα εξεταστεί πλέον συγκεκριμένα η προέλευση της έννοιας της αυτοοργάνωσης και η υπο εξέλιξη συνεισφορά της στην ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία και πρακτική.

Η αυτοοργάνωση εμφανίζεται στην φύση, τόσο σε μακροσκοπικές όσο και σε μικροσκοπικές κλίμακες. Για παράδειγμα, η αυτοοργάνωση εμφανίζεται στην σύνθεση κοπαδιών ψαριών και ζώων ή σμήνη πτηνών, η ακόμα στην συγκέντρωση σταγόνων λαδιού στο νερό. Ο Kelly (1994) συζητά σε εκτενή βαθμό την συμπεριφορά από σμήνη πτηνών ή μιας κυψέλης με μέλισσες.²²⁹ Η αυτοοργάνωση περιγράφει την «αυθόρμητη / πηγαία» ένωση / συσχετισμό πολλαπλών μοναδιαίων οντοτήτων σε μια συνεκτική / αλληλένδετη οργάνωση με συγκεκριμένη δομή έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί το όφελος της κάθε μονάδας χωρίς «εξωτερική καθοδήγηση».

Αξίζει να σημειωθεί εδώ πως στην μικροσκοπική κλίμακα, ο ορισμός της μοριακής αυτοοργάνωσης είναι η «πηγαία» οργάνωση μορίων κάτω από συνθήκες θερμοδυναμικής ισορροπίας σε δομικά καλοσχηματισμένους και σχετικά σταθερούς σχηματισμούς μέσα από μια σειρά από μη ομοιοπολικών αλληλεπιδράσεων.²³⁰

Ο Weinstock (2004) εξηγεί:

Η αυτοοργάνωση είναι μια διαδικασία στην οποία η εσωτερική οργάνωση ενός συστήματος προσαρμόζεται στο περιβάλλον να προωθήσει μια συγκεκριμένη λειτουργία χωρίς να καθοδηγείται ή να διαχειρίζεται «εκτός» του συστήματος.²³¹

Σχετικά με την «εξωτερική παρέμβαση» (η καθοδήγηση εκτός του συστήματος) στην οποία αναφέρεται και ο Delanda (2004) ο Menges (2011) συζητά:

²²⁹ Kelly, K., Out of control (κεφάλαιο Hive Mind), Basic Books, 1994

²³⁰ (Lehn, Whitesides et al. 1991, Ball 1994).

²³¹ Weinstock, M., Emergence: Morphogenetic Design Strategies, στο AD, Wiley, 2004 που επανεκδόθηκε στο τεύχος Computational Design Thinking, AD, 2011, Wiley, σελ 165

Η «εξωτερική παρέμβαση» υπονοεί μια «κατευθυνόμενη» ή από πάνω προς τα κάτω (top-down), ανάπτυξη και όχι έναν ανταποκρινόμενο σχηματισμό από κάτω προς τα πάνω (bottom-up formation).²³²

Σε συμφωνία με τα παραπάνω, ο Hensel (2006) εξηγεί:

Πολύπλοκα συστήματα προσαρμογής (complex adaptive systems) εμπεριέχουν διαδικασίες αυτοοργάνωσης και «ανάδυσης» (emergence). Ωστόσο, και οι δύο έννοιες εκφράζουν πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του συστήματος. Η αυτοοργάνωση μπορεί να περιγραφεί ως μια δυναμική και προσαρμοστική διαδικασία μέσω της οποίας τα συστήματα δημιουργούν και διατηρούν την δομή τους χωρίς εξωτερικό έλεγχο. Το τελευταίο δεν αποκλείει εξωγενείς δυνάμεις, δεδομένου ότι όλα τα φυσικά συστήματα ακολουθούν τους νόμους της φυσικής, αρκεί οι εξωγενείς δυνάμεις να μην διεκδικούν τον έλεγχο στις εγγενείς, εσωτερικές διαδικασίες. Για παράδειγμα, κοινές μέθοδοι εύρεσης μορφής (form finding methods), χρησιμοποιούν την αυτοοργάνωση υλικών συστημάτων για να επιτύχουν βελτιστοποίηση των επιδόσεων του υλικού.²³³

Είναι ίσως εμφανές, πως μια ακόμα βιολογική διαδικασία, αυτή της αυτοοργάνωσης, καλείται να τροφοδοτήσει έννοιες που έχουν παγιωθεί στον ψηφιακό σχεδιασμό όπως αυτή του συστήματος και της αλληλεπίδρασης (δηλαδή των κανονών αλληλεπίδρασης) μεταξύ των μονάδων. Ο Hensel (2006) συνεχίζει να εξηγεί:

Τα αυτοοργανωτικά συστήματα εμφανίζουν συχνά αναδυόμενες (emergent) ιδιότητες ή συμπεριφορές που δημιουργούνται μέσα από την σταθερή αλληλεπίδραση μεταξύ οντοτήτων κατώτερου επιπέδου (lower-level entities),

²³² Menghes A., Ahlquist, S., Computational Design Thinking, Architectural Design (AD Reader), Wiley and Sons, 2011, 20, μετάφραση από τον συγγραφέα.

²³³ Hensel, M., Towards self-organisational and multiple performance capacity in architecture, Architectural Design (AD), Techniques and Technologies in Morphogenetic design, Vol 76 No 2, March/April 2006, 6, μετάφραση από τον συγγραφέα.

ενώ τελικά ο σκοπός είναι να χρησιμοποιήσουμε αυτό χαρακτηριστικό για (έναν αρχιτεκτονικό) σχεδιασμό με βάση τις απαιτούμενες επιδόσεις (performance-oriented design).²³⁴

Για μια ακόμα φορά, το βασικό χαρακτηριστικό του παραμετρικού σχεδιασμού, η σταθερή σχέση μεταξύ των μερών ενός συνόλου, γίνεται η βάση για την περαιτέρω εξέλιξη της ψηφιακής θεωρίας και πρακτικής.

Ο αρχιτέκτονας καλείται πλέον να ορίσει τους κανόνες οργάνωσης ενός συστήματος με την χρήση ψηφιακών μέσων, έτσι ώστε το ίδιο το σύστημα να αναπροσαρμόζει / οργανώνει/ αναπληροφορεί τα μέρη του μετά από οποιαδήποτε αλλαγή.

Τελικά, και σύμφωνα με τον Hensel (2006), τα συστήματα αυτοοργάνωσης στην αρχιτεκτονική εμφανίζουν την ικανότητα προσαρμογής σε αλλαγές, την ικανότητα να ανταποκριθούν σε ερεθίσματα από το περιβάλλον:

Η προσαρμογή της γεωμετρίας στις μεταβαλλόμενες συνθήκες καθ' όλη τη διαδικασία σχεδιασμού μπορεί να είναι μια χρονοβόρα και δαπανηρή δοκιμασία ή, από την άλλη πλευρά, μπορούν να προβλεφθούν συγκεκριμένα εργαλεία σχεδιασμένα ώστε να διευκολύνουν τη δυνατότητα των σημαντικών αλλαγών μέχρι το στάδιο της κατασκευής. Είναι σημαντικό να μπορεί τελικά ο σχεδιασμός να απορροφήσει όποιες αλλαγές, κάθε φορά που οι απαιτήσεις σχεδιασμού και περιορισμοί αλλάζουν, μέσα από ένα τροποποιησιμο γεωμετρικό μοντέλο, το οποίο έχει την ικανότητα να διατηρεί τις γεωμετρικές σχέσεις (μεταξύ των μερών του) ακόμα και όταν τροποποιείται ριζικά.²³⁵

²³⁴ Ο.Π., 6.

²³⁵ Hensel, M., Towards self-organisational and multiple performance capacity in architecture, Architectural Design (AD), Techniques and Technologies in Morphogenetic design, Vol 76 No 2, March/April 2006, 10, μεταφ. απο τον συγγραφέα.

Πέρα από τον ψηφιακό σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού συστήματος, η έννοια της αυτοοργάνωσης σχετίζεται και με τον ψηφιακό σχεδιασμό αρχιτεκτονικών υλικών (material computation).

Αυτοοργάνωση και νέα αρχιτεκτονικά υλικά (material computation)

Όπως συζητήθηκε, ο Weinstock (2006) είναι ένας από τους βασικούς εκπροσώπους αυτής της ερευνητικής αρχιτεκτονικής της ανάδυσης και της αυτοοργάνωσης (ο οποίος, όπως ο Menges(2011), συζητά:

Οι αρχές της μηχανικής που εμφανίζονται σε βιολογικά συστήματα μπορεί να αντιληθούν και να εφαρμοστούν για το σχεδιασμό των αντικειμένων και των κτηρίων, μια διαδικασία γνωστή ως βιομιμητική (biomimicry). Για να γίνει αυτό, απαιτείται μια βαθύτερη σύνδεση με την εξελικτική ανάπτυξη και βιολογία (evolutionary development) και μια πιο συστηματική ανάλυση της υλικής οργάνωσης και συμπεριφοράς μεμονωμένων ειδών. Τα βιολογικά συστήματα είναι αυτο-συναρμολογούμενα, χρησιμοποιώντας κυρίως αρκετά «αδύναμα» υλικά για να κάνουν ισχυρές δομές. Οι δυναμικές τους αντιδράσεις και ιδιότητες είναι πολύ πιο διαφορετικές από την κλασική μηχανική τις ανθρωπογενείς δομές.» [...] Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της αυτοοργάνωσης στα βιολογικά συστήματα και φυσικές δομές είναι «ο υψηλός βαθμός πλεονασμού (high degree of redundancy) και η πολυπλοκότητα των υλικών ιεραρχιών, μέσα από τα οποία, (τα βιολογικά συστήματα) μπορούν να ανταποκριθούν και να προσαρμοστούν στις περιβαλλοντικές πιέσεις και δυναμικές φορτίσεις.²³⁶

Ο Weinstock (2006) συνεχίζει να εξηγεί πως συγκεκριμένα σε σχέση με την αρχιτεκτονική, οι πρόσφατες εξελίξεις στην επιστήμη των υλικών και των σχετικών καινοτόμων μεθόδων παραγωγής συνθετικών υλικών είχαν ριζοσπαστική επίδραση στις προηγμένες βιομηχανίες, με αποτέλεσμα την κατασκευή νέων σύνθετων υλικών που

²³⁶Weinstock, M., Self-organisation and the structural dynamics of plants, Architectural Design (AD), Techniques and Technologies in Morphogenetic design, Vol 76 No 2, March/April 2006, 29, μεταφ. απο τον συγγραφέα.

έχουν όλο και πιο πολύπλοκες εσωτερικές δομές που βασίζεται σε βιολογικά μοντέλα.²³⁷

Ο Hensel (2006) συζητά πως νέα «κυτταρικά» υλικά, όπως αφρώδη μέταλλα, κεραμικά, πολυμερή και γυαλί, είναι ενδείξεις μιας σημαντικής αλλαγής στον «σχεδιασμό» των νέων υλικών, όπου τα όρια μεταξύ του «φυσικού» και «κατασκευασμένου» αρχίζουν να εξαλείφονται».²³⁸

Στο CITA (Centre for Information Technology), στην αρχιτεκτονική σχολή του πανεπιστημίου KADK στην Κοπεγχάγη με διευθύντρια την Mette Ramsgaard και καθηγητές όπως ο Martin Tamke το πεδίο της «υπολογιστικής υλικότητας» (material computation), αποτελεί ένα από τα νέα πεδία έρευνας:

Αυτός ο νέος τρόπος εργασίας μπορεί να οδηγήσει σε πραγματικές διαφορές στον τρόπο με τον οποίο σε εννοιολογικό, σχεδιαστικό και κατασκευαστικό επίπεδο. [...] Χρησιμοποιούμε τον όρο «ψηφιακή κατασκευή τεχνημάτων» (digital crafting) για να προτείνουμε μια νέα εμπλοκή στις μικρές κλίμακες του ορισμού νέων υλικών, που οδηγεί σε μια νέα πρακτική κατά την οποία οι αρχιτέκτονες γίνονται οι σχεδιαστές των ίδιων των υλικών.²³⁹

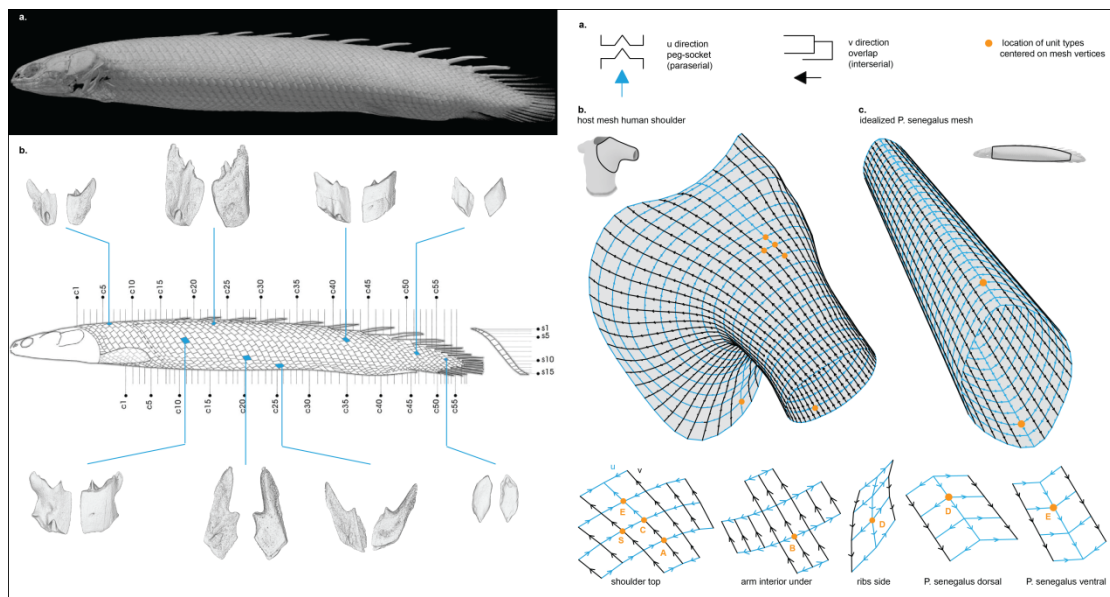
Παραδείγματα όπως η βιομιμητική επιφάνεια Metamesh (Duro-Royo, Zolotovksy, Oxman, κ.α.)²⁴⁰ στο MIT, αποτέλεσαν την έμπνευση για το τελευταίο πείραμα της διατριβής που ανήκει σε μια ευρύτερη οικογένεια αντίστοιχων πειραμάτων.

²³⁷ Ο.Π. 29, μεταφ. από τον συγγραφέα.

²³⁸ Hensel, M., Towards self-organisational and multiple performance capacity in architecture, *Architectural Design (AD), Techniques and Technologies in Morphogenetic design*, Vol 76 No 2, March/April 2006, 10, μεταφ. από τον συγγραφέα

²³⁹ Ramsgaard, M., Tamke, M., Digital crafting: Performative thinking for material design στο *Inside Smartgeometry, AD (Architectural design)*, March/April 2013, Wiley, 245

²⁴⁰ Duro-Royo, J., Zolotovksy, K., Mogas-Soldevila, L., Varshney, S., Oxman, N., Boyce, MC, Ortiz, C., MetaMesh: A hierarchical computational model for design and fabrication of biomimetic armored surfaces. *Computer-Aided Design* 60, 14-27, 2015.



241

Αυτοοργάνωση σε «μηχανικά» αρχιτεκτονήματα

²⁴¹ Η βιομιμητική επιφάνεια Metamesh που μιμείται τα λέπια ενός ψαριού σε ένα ψηφιακό παραμετρικό μοντέλο για την εφαρμογή σε οποιαδήποτε επιφάνεια-πανοπλία (armoured surfaces).

Duro-Royo, J., Zolotovskiy, K., Mogas-Soldevila, L., Varshney, S., Oxman, N., Boyce, MC, Ortiz, C., MetaMesh: A hierarchical computational model for design and fabrication of biomimetic armored surfaces. Computer-Aided Design 60, 14-27, 2015.

Πέρα από τον ψηφιακό σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού συστήματος και τον ψηφιακό σχεδιασμό αρχιτεκτονικών υλικών (material computation), η έννοια της αυτοοργάνωσης έχει εφαρμοστεί και σε «μηχανικά» αρχιτεκτονήματα τα οποία κυριολεκτικά έχουν την δυνατότητα να οργανώνουν / αναπροσαρμόζουν τα επιμέρους μέλη τους μέσω μηχανικών ή χημικών διαδικασιών. Ένα παράδειγμα είναι το τρισδιάστα εκτυπωμένο συνθετικό «ξύλο» που προέκυψε μέσα από την συνεργασία ερευνητών στην αρχιτεκτονική σχολή του MIT (Correa, Papadopoulou, Tibbits κ.α.- 2015) και της αρχιτεκτονικής σχολής ICD (Menges, Reinhart, κ.α -2015) στην Στουτγάρδη και το οποίο καμπυλώνει όπως το φυσικό ξύλο όταν αλλάξει η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος του.

Ο Skylar Tibbits ²⁴² συζητά για τα τέσσερα βασικά «συστατικά» για την παραγωγή αυτοοργάνωσης: 1. Απλές ακολουθίες συναρμολόγησης (simple assembly sequences) ²⁴³ 2. Μέρη που μπορούν να προγραμματιστούν (programmable parts) 3. Δύναμη ή ενέργεια ενεργοποίησης 4. Διόρθωση λαθών και πλεονασμός (στατικότητας). Η έρευνα του Tibbits(2012) εστιάζει πέρα από στον ψηφιακό σχεδιασμό και κατασκευή «υλικών συστημάτων» και αρχιτεκτονημάτων τα οποία εμφανίζουν αυτοοργάνωση όχι πλέον σε ψηφιακό επίπεδο, αλλά σε επίπεδο μερών τα οποία μπορούν να αλλάξουν την

²⁴²Καθηγητής στην αρχιτεκτονική σχολή του MIT, διευθυντής του ερευνητικού εργαστηρίου Self-assembly Lab και αρχισυντάκτης του διεθνούς journal "3D printing and additive manufacturing"

²⁴³Μπορεί να παρατηρήσει κανείς, πως ενώ η σύγχρονη αρχιτεκτονική θεωρία και πρακτική συνεχίζει να εξελίσσεται, κάποια βασικά γνωρίσματα όπως τα «βήματα» σύνθεσης / μετασχηματισμών (εδώ οι ακολουθίες συναρμολόγησης) παραμένουν ως κομμάτι της συνθετικής λογικής και διαδικασίας. Αυτή η αντιμετώπιση, που συζητήθηκε ήδη και που παγιώθηκε στην σύγχρονη αρχιτεκτονική θεωρία και πρακτική μέσω του Lynn και των μετασχηματισμών των άμορφου (blob), δείχνει να αποτελεί ακόμα την βάση για ακόμα πιο σύνθετες αναζητήσεις σε διαφορετικές κατευθύνσεις της σύγχρονης θεωρίας και πρακτικής. Ίσως έτσι, σε επίπεδο μεθοδολογίας και διδασκαλίας, η συνθετική λογική των μετασχηματισμών και των επιμέρους συγκεκριμένων συνθετικών βημάτων (με δυνατότητα επιστροφής σε προηγούμενο βήμα) γίνεται καίρια, σε μια προσπάθεια εισαγωγής στην ψηφιακή συνθετική λογική. Όπως συζητήθηκε στην ερευνητική εργασία που παρουσιάστηκε στο συνέδριο SIGRaDI XX στα πλαίσια της διατριβής, αυτή η συνθετική προσέγγιση μπορεί να διδαχθεί ως μεθοδολογία μέσω μετασχηματισμών διαφορετικών γεωμετριών (κύβος, επιφάνεια, καμπύλη) από το πρώτο εξάμηνο μιας αρχιτεκτονικής σχολής με την χρήση μακέτας, χωρίς την χρήση ψηφιακών εργαλείων. Ένα ακόμα σημαντικό γεγονός αυτής της μεθοδολογίας, είναι πως δεν απαιτεί απο τους σπουδαστές να ακολουθήσουν κάποια διαδικασία που απαιτεί τεχνικές δεξιότητες χρήσης ψηφιακών εργαλείων, με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε σχολή. Ταυτόχρονα, αποτελεί μια γενικευμένη συνθετική προσέγγιση που μπορεί να εφαρμοστεί ως βάση στην αρχή των σπουδών τους, ακόμα και αν οι σπουδαστές δεν ασχοληθούν με τα ψηφιακά σχεδιαστικά μέσα στα επόμενα εξάμηνα.

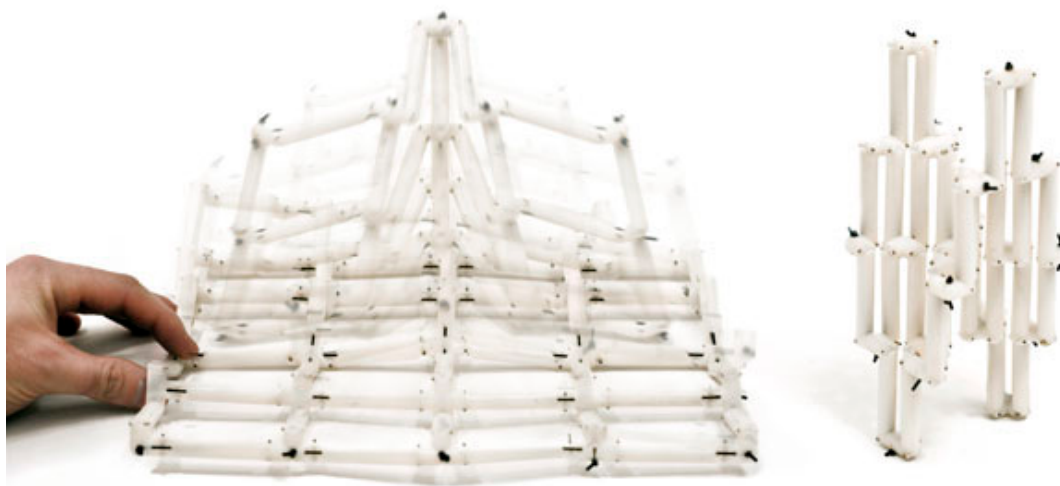
μορφή τους «αυτόματα» ύστερα από κάποια εξωτερική επίδραση, όπως η αλλαγή θερμοκρασίας, υγρασίας ή η επίδραση κάποιας δύναμης. Ο Tibbits (2012) εξηγεί:

Το πρώτο συστατικό που απαιτείται για το σχεδιασμό μηχανικών συστημάτων αυτοοργάνωσης είναι μια απλή ακολουθία από οδηγίες. Αυτή είναι (αντίστοιχη μιας) αλληλουχίας DNA για το τι θέλουμε να οικοδομήσουμε.[...] Μπορεί να χρησιμοποιηθούν απλές οδηγίες όπως on / off, αριστερά / δεξιά / πάνω / κάτω κτλ. Αυτό το σύνολο οδηγιών θα πρέπει να παραμείνει όσο το δυνατόν απλό, διότι, όπως μπορεί να φανταστεί κανείς, μια απλή αλληλουχία οδηγιών βήμα-προς-βήμα για την κατασκευή ενός π.χ. τείχους είναι πιο εύκολη από μια πχ αλληλουχία fractal²⁴⁴, αν και η τελευταία μπορεί να παρέχει δυνατότητες για τη συμπίεση πιο πολύπλοκων δομών σε λιγότερα βήματα. [...] το δεύτερο συστατικό είναι προγραμματιζόμενα μέρη, ή «έξυπνες» (smart) αρθρώσεις. [...] το τρίτο συστατικό για την αυτοοργάνωση είναι η δύναμη ή η ενέργεια που απαιτείται για να δημιουργηθεί μια δομή από μια κατάσταση A σε μια κατάσταση B. Αυτό είναι οι μύες του συστήματος, ή η «ενέργεια» που απαιτούν οι έξυπνες αρθρώσεις για να «ενεργοποιηθούν» για καθεμία από τις οδηγίες που αποστέλλονται.²⁴⁵ Το μέλλον του υλικού μας κόσμου είναι εξαρτημένο από τα επιτεύγματά μας στην κατασκευή (fabrication), αναζητώντας αναπόφευκτα έξυπνα υλικά και πιο έξυπνες λύσεις συναρμολόγησης [...] Η αυτοοργάνωση ωθεί τις πρακτικές σχεδιασμού και κατασκευής να ξανασκεφτούν τις διαδικασίες μέσα από τις οποίες φτιάχνουμε (processes of making) να ξανακοιτάξουμε ο,τι έχουμε μάθει απο την πληροφορική, την βιολογία και τους υπολογιστές, και να κυβερνήσουμε τις δυνάμεις που βρίσκονται (ίσως και κυριολεκτικά) στα χέρια μας.²⁴⁶

²⁴⁴Με τον διεθνή όρο φράκταλ (fractal, ελλ. μορφόκλασμα ή μορφοκλασματικό σύνολο) στα μαθηματικά, τη φυσική αλλά και σε πολλές επιστήμες ονομάζεται ένα γεωμετρικό σχήμα που επαναλαμβάνεται αυτούσιο σε άπειρο βαθμό μεγέθυνσης, κι έτσι συχνά αναφέρεται σαν "απείρως περίπλοκο".

²⁴⁵Tibbits, S., Design to self-assembly στο Material Computation, Architectural Design (AD) no2, 03/04 2012, 69-72.

²⁴⁶Ο.Π. 72-73.



²⁴⁷ Πάνω: Αυτοσυναρμολογούμενη επιφάνεια (Self-folding surface) στο εργαστήριο Self Assembly Lab, MIT (2013). Κάτω: Τρισδιάστατη εκτύπωση συνθετικού «ξύλου» που καμπυλώνει με την αλλαγή της υγρασίας και της θερμότητας, MIT (Correa, Papadopoulou, Tibbits κ.α.-2015) και ICD (Menges, Reinhart, κ.α- 2015).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ:

Συμπεριφορά και κανόνες / παράμετροι

Από τα παραπάνω μπορεί να κατανοήσει πλέον κανείς πως η έννοια της «συμπεριφοράς» αφορά στις αναδυόμενες ιδιότητες ενός συστήματος (που δεν προϋπήρχαν πριν την αλληλεπίδραση μεταξύ των μερών του) και που τελικά ορίζουν το «πεδίο δυνατοτήτων» που μπορεί να προσφέρει ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός.

Για μια ακόμη φορά, η ψηφιακή αρχιτεκτονική θεωρία και πρακτική δανείζεται έννοιες από την εξελικτική βιολογία για να περιγράψει τις διαδικασίες σύνθεσης (ή μορφογένεσης) ενός συστήματος. Ο αρχιτέκτονας καλείται να ορίσει τις ιδιότητες του συστήματος μέσα από τις παραμέτρους που θέτει στο ψηφιακό / παραμετρικό (ή μη) μοντέλο. Η χρήση ενός παραμετρικού μοντέλου επιτρέπει την αυτοοργάνωση (την «αυτόματη» αναπροσαρμογή) των μερών του κάθε φορά που ο αρχιτέκτονας αλλάζει μια παράμετρο από αυτές που έχει αρχικά ορίσει. Η διαδικασία αυτή θα μπορούσε να είναι και μη ψηφιακή σε κάποιο βαθμό όπως φαίνεται και στο πείραμα της «Σπογγώδους επιδερμίδας» από την οικογένεια πειραμάτων 2, όπου αν και οι μονάδες σχεδιάστηκαν ψηφιακά, η οργάνωσή τους στον χώρο έγινε κατευθείαν από τον αρχιτέκτονα (χειρονακτικά/ αναλογικά) και όχι μέσω κάποιου παραμετρικού λογισμικού.

Η «συμπεριφορά» (behaviour) που εμφανίζει ένα αρχιτεκτονικό σύστημα μπορεί να είναι σε ψηφιακό επίπεδο (ένα ψηφιακό σύστημα), σε επίπεδο υλικότητας (ένα νέο συνθετικό υλικό) ή σε επίπεδο μηχανικής (ένα μοντέλο με κινούμενα μέρη) μέσα από τον τρόπο οργάνωσης (ή αυτοοργάνωσης) των μερών του. Σύμφωνα και με τον Kolarevic (2005), αυτό που παρατηρείται τελικά, είναι μια μετάβαση στην αρχιτεκτονική θεωρία και πρακτική από το «τι είναι» ένα αρχιτεκτόνημα, στο «τι κάνει».²⁴⁸

Για τον Kolarevic (2005), η «συμπεριφορά» αποτελεί συχνά πλέον την βασική σχεδιαστική αρχή ή το βασικό σχεδιαστικό ερώτημα. Το «τι κάνει» ένα αρχιτεκτονικό

²⁴⁸Kolarevic, B., *Performative architecture. Beyond Instrumentality*. Spon Press, 2005, 7.

σύστημα περιλαμβάνεται στις πολλαπλές επιλύσεις που εμφανίζονται στο «πεδίου δυνατοτήτων» που μπορεί να δημιουργήσει όταν αρχίσει να εμφανίζει τις αναδυόμενες ιδιότητες.

Η έννοια των ιδιοτήτων τελικά, που σύμφωνα με τον Delanda (2008) αντιπροσωπεύει την «εντατική σκέψη» (intensive thinking) καθώς και οι έννοιες της μορφογένεσης, της ανάδυσης και της αυτοοργάνωσης που αντιπροσωπεύουν την «πληθυσμιακή σκέψη» (populational thinking), είναι που ορίζουν και τους κανόνες σχεδιασμού ενός συστήματος.

Οι αλλαγές που επιφέρει μια τέτοια αντιμετώπιση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, θα εξεταστούν στο τελευταίο κεφάλαιο με τα συνολικά συμπεράσματα της διατριβής, αμέσως μετά την ανάπτυξη των επόμενων σχεδιαστικών πειραμάτων.

B6. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 3

Η «συμπεριφορά» (behaviour) που εμφανίζει ένα αρχιτεκτονικό σύστημα μπορεί να είναι σε διαφορετικά επίπεδα, όπως συζητήθηκε παραπάνω. Η τρέχουσα ενότητα συζητά τρία πειράματα με διαφορετικές αρχιτεκτονικές ιδιότητες ως ζητούμενο, τα οποία συνεπώς ακολουθούν διαφορετικούς κανόνες οργάνωσης των επιμέρους μερών τους. Τα πειράματα αυτά ανήκουν σε μια ευρύτερη οικογένεια πειραμάτων για τα οποία ακολουθήθηκαν αποκλειστικά ψηφιακά παραμετρικά εργαλεία κατά την διάρκεια της συνθετικής διαδικασίας. Τα παραμετρικά εργαλεία επέτρεψαν τον ορισμό των σχεδιαστικών κανόνων με την μορφή παραμέτρων που μπορούν να ελεγχθούν / αλλάξουν σε πραγματικό χρόνο στο ψηφιακό μοντέλο. Τα τελευταία αυτά πειράματα της διατριβής αποτελούν την συνέχεια των δύο προηγούμενων οικογενειών πειραμάτων, όπου πλέον οι παραλλαγές και η αναπληροφόρηση της διαδικασίας υπολογίζεται «αυτόματα» από το ψηφιακό λογισμικό, κάθε φορά που επεμβαίνει κανείς στις παραμέτρους του ψηφιακού μοντέλου.

Οι βασικές αρχές του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού που συναντήσαμε στα προηγούμενα πειράματα, όπως η διαδικασία των μετασχηματισμών, η αλληλεπίδραση / αυτοοργάνωση μεταξύ των μονάδων για την δημιουργία των

ζητούμενων ιδιοτήτων, η κυκλική αναπληροφόρηση του αρχιτεκτονικού συστήματος που παράγει παραλλαγές επιλύσεων, η ενσωμάτωση των περιορισμών κατασκευής και υλικότητας στην σχεδιαστική διαδικασία (μεταξύ άλλων) παραμένουν υπό τον έλεγχο του αρχιτέκτονα, ο οποίος γίνεται πλέον γίνεται αποκλειστικά μέσω ενός ψηφιακού περιβάλλοντος και παραμετρικού λογισμικού. Μετά τη προηγούμενη θεωρητική ενότητα και την σύνδεση ιδιοτήτων / παραμέτρων με την αλληλεπίδραση και την αυτοοργάνωση, ίσως έχει νόημα να εξετάσει κανείς τους πιθανούς τρόπους ψηφιακής σύνθεσης, με όλες τις παραπάνω αρχές.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ, πως η οικογένεια πειραμάτων 3 που θα αναπτυχθεί, διερευνά την μεθοδολογικές διαδικασίες αυτοοργάνωσης, σε επίπεδο σύνθεσης ενός συστήματος με ψηφιακά παραμετρικά μέσα, όπου οι επιμέρους μονάδες οργανώνονται «αυτόματα» από το παραμετρικό λογισμικό σύμφωνα με τους συνθετικούς κανόνες που τίθενται. Τα δύο πρώτα πειράματα αυτής της οικογένειας διερευνούν την παραπάνω προσέγγιση σε επίπεδο σύνθεσης ενός συστήματος. Το τρίτο πείραμα αυτής της οικογένειας πειραμάτων εστιάζει στο επίπεδο σύνθεσης αρχιτεκτονικών υλικών με ψηφιακά μέσα (material computation) .

Η οικογένεια πειραμάτων 3 περιλαμβάνει τρία πειράματα με διαφορετικές απαιτούμενες ιδιότητες. Ακολουθούν ωστόσο, παρεμφερείς παραμετρικές διαδικασίες σχεδιασμού μέσω του λογισμικών Grasshopper και Rhinoceros και της παραμετρικής πληθυσμιακής ανάπτυξης μερών, μιας διαδομένης αυτοματοποιημένης ψηφιακής διαδικασίας γνωστής ως PCP (Parametric Component Population). Η χρήση παρεμφερών ψηφιακών διαδικασιών κρίθηκε σκόπιμη για την εξέταση και σύγκριση τους, και για τα τρία διαφορετικά πειράματα.

Σε μια προσπάθεια διερεύνησης αρκετά διαφορετικών αρχιτεκτονικών ζητούμενων, οι απαιτούμενες ιδιότητες για κάθε πείραμα της οικογένειας πειραμάτων 3 ήταν διαφορετικές, από το λειτουργικό ανάγλυφο (στο πρώτο πείραμα), στον σκιασμό (στο δεύτερο) και τη διαφάνεια (στο τρίτο).

Το πρώτο πείραμα ονομάστηκε «Φολιδωτή επιδερμίδα» και εστίασε στην διαδικασία σχεδιασμού ενός αρχιτεκτονικού συστήματος για την προβολή κοσμημάτων σε οποιαδήποτε σύνθετη επιφάνεια. Το δεύτερο πείραμα ονομάστηκε «Παραμετρικό στέγαστρο» και εστίασε στην διαδικασία σχεδιασμού ενός στεγάστρου μέσω του συνυπολογισμού της πορείας του ήλιου. Το τελευταίο πείραμα ονομάστηκε «Χρωστική επιδερμίδα» και αφορά στην διαδικασία σχεδιασμού ενός αρχιτεκτονικού συστήματος ελέγχου της διαφάνειας οποιαδήποτε σύνθετης επιφάνεια μέσω της χρήσης χρωματοφόρων «κυττάρων», μιας βιολογικής διεργασίας που συναντάται σε θαλάσσιους οργανισμούς και δημοσιεύτηκε σε διεθνές journal του MIT.²⁴⁹

Τα δύο πρώτα πειράματα της ενότητας

Εισαγωγή

Μετά την συζήτηση σχετικά με τις ιδιότητες ενός αρχιτεκτονικού συστήματος και την αυτοοργάνωση, ακολουθεί μια διερεύνηση σχετικά με διαφορετικές ιδιότητες – αρχιτεκτονικά ζητούμενα στα πειράματα αυτής της ενότητας. Τα δύο πρώτα πειράματα θα παρουσιαστούν συνοπτικά μια και ακολουθούν την ίδια γενεσιουργή / παραμετρική διαδικασία με το τρίτο πείραμα και αποτελούν τους πρωτόλειους πειραματισμούς αυτής της ενότητας.

Αυτό που έχει ενδιαφέρον είναι το γεγονός πως η βασική ιδέα είναι ίδια και για τα τρία πειράματα, τα οποία ωστόσο εμφανίζουν διαφορετικές αναδυόμενες ιδιότητες. Οι ιδιότητες αποτελούν τα ρεαλιστικά αρχιτεκτονικά ζητούμενα, όπως ίσως σε οποιαδήποτε αρχιτεκτονική σύνθεση. Με βάση όσα συζητήθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, η βασική ιδέα ήταν η σύνθεση ενός συνόλου που αποτελείται από επιμέρους μονάδες, μέσα από τον παραμετρικό ορισμό των σχέσεων μεταξύ των μονάδων. Η γεωμετρία της κάθε μονάδας θα μπορούσε να είναι οποιαδήποτε σε όλα τα πειράματα της ενότητας.

²⁴⁹Το τελευταίο πείραμα εκδόθηκε στο διεθνές journal 3D Printing and Additive Manufacturing (3DP+) που διευθύνει ο καθηγητής Skylar Tibbitts στο MIT με τον τίτλο «Κατασκευάζοντας διαβαθμισμένη διαφάνεια, μια διαδικασία βιολογικής έμπνευσης και πρωτότυπης κατασκευής»: Vamvakidis, S., Fabricating gradient transparency: A bio-inspired digital design model and prototyping methods, στο διεθνές journal 3D Printing and Additive Manufacturing. March 2017, 4(1): 120-128, μετάφραση από τον συγγραφέα.

Στην συνέχεια, οι μονάδες εφαρμόζονται μέσω του παραμετρικού λογισμικού Grasshopper πάνω σε μία ψηφιακή επιφάνεια για να δημιουργήσουν το ζητούμενο αρχιτεκτόνημα / αντικείμενο. Αυτή η «επιφάνεια υποδοχής» (host surface), η γεωμετρία πάνω στην οποία εφαρμόζονται οι μονάδες, θα μπορούσε να είναι οποιαδήποτε, από την πλέον απλή επίπεδη επιφάνεια, μέχρι την πλέον σύνθετη επιφάνεια διπλής καμπυλότητας. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στα προηγούμενα πειράματα με χειροκίνητη οργάνωση / τοποθέτηση των μονάδων από τον αρχιτέκτονα, γίνεται πλέον «αυτόματα» από το παραμετρικό λογισμικό, μια υπολογιστική διαδικασία που όπως συζητηθήκε εμπνέεται από την βιολογική διαδικασία της αυτοοργάνωσης. Και τα τρία πειράματα εστιάζουν στην ψηφιακή αυτοοργάνωση των επιμέρους μονάδων.

Μεθοδολογία / Αποτελέσματα

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο πείραμα σχεδιασμού ενός αρχιτεκτονικού συστήματος για την προβολή κοσμημάτων σε οποιαδήποτε σύνθετη επιφάνεια, δοκιμάστηκαν τέσσερις μονάδες με διαφορετική γεωμετρία που εφαρμόστηκαν σε σύνθετες επιφάνειες, για τις οποίες έχει επικρατήσει ο όρος «επιφάνειες υποδοχής» - (host surfaces), δημιουργώντας διαφορετικές παραλλαγές. Η κάθε μονάδα ήταν εγγεγραμμένη σε τετράγωνο ως μια απλή επιλογή για την γεωμετρική συναρμογή με την επόμενη. Για την παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιήθηκε το παραμετρικό λογισμικό Grasshopper και ένας απλός αλγοριθμικός κώδικας (definition). Κάθε παραμετρική αλλαγή της μονάδας και επαναπληροφόρηση του παραμετρικού μοντέλου μέσω του κώδικα, δημιουργούσε ένα διαφορετικό τελικό αποτέλεσμα. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, επιλέχθηκε η τέταρτη μονάδα για την τελική εκδοχή. Η αναδυόμενη ιδιότητα του λειτουργικού ανάγλυφου επιτεύχθηκε μέσα από την αυτοοργάνωση των επιμέρους μονάδων. Είναι ίσως κατανοητό πως το πεδίο συνθετικών δυνατοτήτων που δημιουργείται εξαρτάται από την γεωμετρία της κάθε μονάδας, την επιφάνεια πάνω στην οποία εφαρμόζονται και από το υλικό κατασκευής. Το συγκεκριμένο πείραμα υλοποιήθηκε από πλαστικό (πολυστυρένιο) που μορφοποιήθηκε σε κενό αέρα (vacuum forming).

Το δεύτερο πείραμα βασίστηκε σε μια σειρά σπουδαστικών εργασιών που παράχθηκαν κατά την διάρκεια ενός διήμερου workshop στα πλαίσια του εργαστηρίου Ecoweek σε συνεργασία με την συνάδελφο και Υ/Δ Ειρήνη Ανδρουτσοπούλου, όπου μια ομάδα δώδεκα τελειόφοιτων και τεταρτοετών σπουδαστών αρχιτεκτονικής από την Ελλάδα και την Ιταλία κλήθηκε να πειραματιστεί με τα γενεσιουργά και παραμετρικά ψηφιακά μέσα για τον σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού συστήματος – στεγάστρου. Λόγω της απειρίας των σπουδαστών με τα ψηφιακά και παραμετρικά λογισμικά όπως το Rhinoceros και το Grasshopper, τους δώθηκε εξαρχής ο αλγοριθμικός κώδικας (definition) για τον σχεδιασμό του συστήματος. Όπως και στο παραπάνω πείραμα, μπορούσαν να σχεδιάσουν μόνοι τους μονάδες με διαφορετική γεωμετρία, οι οποίες στην συνέχεια μπορούσαν να εφαρμοστούν σε οποιαδήποτε σύνθετη επιφάνεια – στέγαστρο (επιφάνεια «υποδοχής»). Η διαφορά με το προηγούμενο πείραμα είναι πως ο αλγοριθμικός κώδικας περιελάμβανε την θέση του ήλιου μέσα στο μοντέλο, με βάση τον οποίο το παραμετρικό λογισμικό υπολόγιζε αυτόματα την γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων του πάνω στο στέγαστρο. Οι σπουδαστές μπορούσαν να μετακινήσουν τον ήλιο σε πραγματικό χρόνο μέσα στο παραμετρικό μοντέλο και να παρατηρήσουν τον τρόπο με τον οποίο αλλάζει η γωνία πρόσπτωσης. Σχεδιάσαν τελικά πέντε παραλλαγές της ίδιας μονάδας με διαφορετική διαπερατότητα και με βάση την γωνία πρόσπτωσης, ο αλγόριθμος επέλεγε αυτόματα την μονάδα η οποία επέτρεπε των σκιασμό του χώρου και την τοποθετούσε πάνω στην σύνθετη επιφάνεια του στεγάστρου. Οι μονάδες είχαν οπές που επέτρεπαν μόνο τον έμμεσο φυσικό φωτισμό του χώρου κάτω από το στέγαστρο.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, και τα δύο πειράματα χρησιμοποιούν τα ψηφιακά εργαλεία για την επίλυση μέρους ενός αρχιτεκτονήματος, και μόνο όπου κρίνονται απαραίτητα, ως συμπλήρωμα των υφιστάμενων πρακτικών, σύμφωνα και με την άποψη των Kwinter και Payne (2007)²⁵⁰. Η «συμπεριφορά» που παρουσιάζουν βρίσκεται στην αυτοοργάνωση

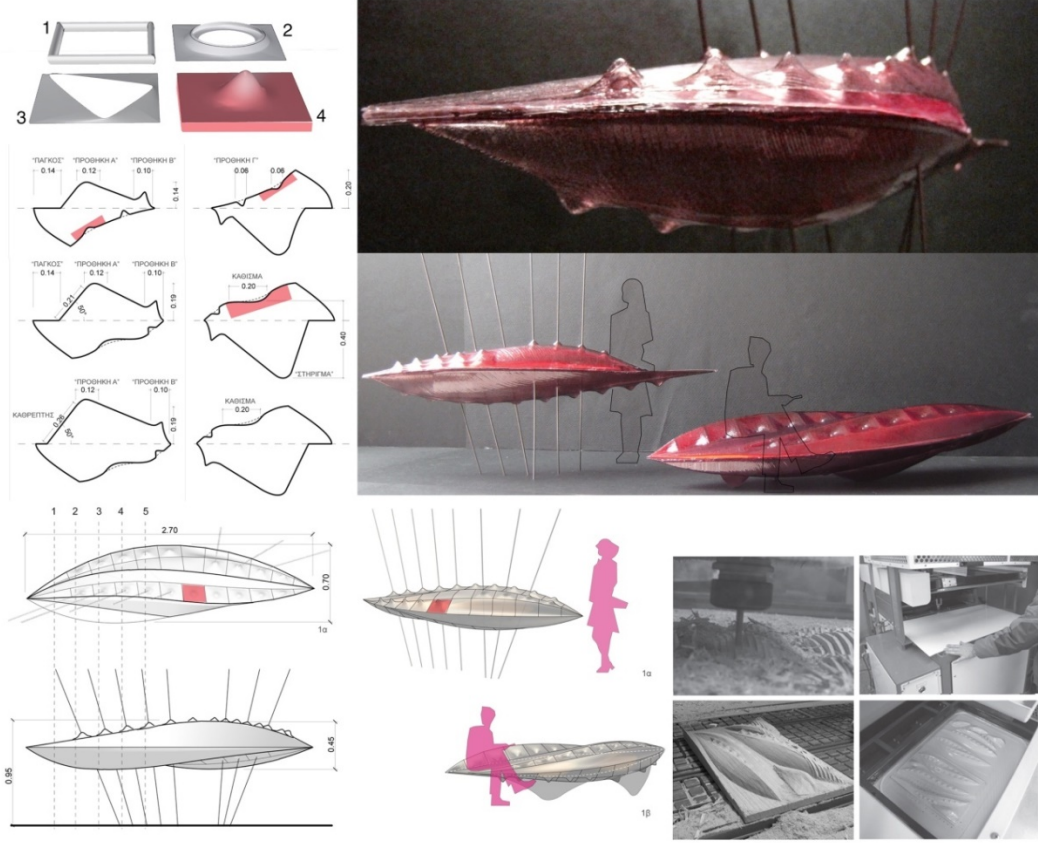
²⁵⁰Kwinter, S., Payne, J.: A conversation between Sanford Kwinter and Jason Payne στο From Control to Design, Actar, Βαρκελώνη, 222-223, 2007, μετάφραση από τον συγγραφέα.

των επιμέρους μονάδων μέσω του παραμετρικού λογισμικού και του κώδικα (script) που ορίστηκαν από τον αρχιτέκτονα. Αυτό που αναδύεται είναι οι μετασχηματισμοί της μονάδας (ως προς τη μεταβολή μιας εξωτερικής συνθήκης, όπως λχ τον ήλιο) και η εκάστοτε ζητούμενη ιδιότητα (λχ της σκίασης) και η μορφή.

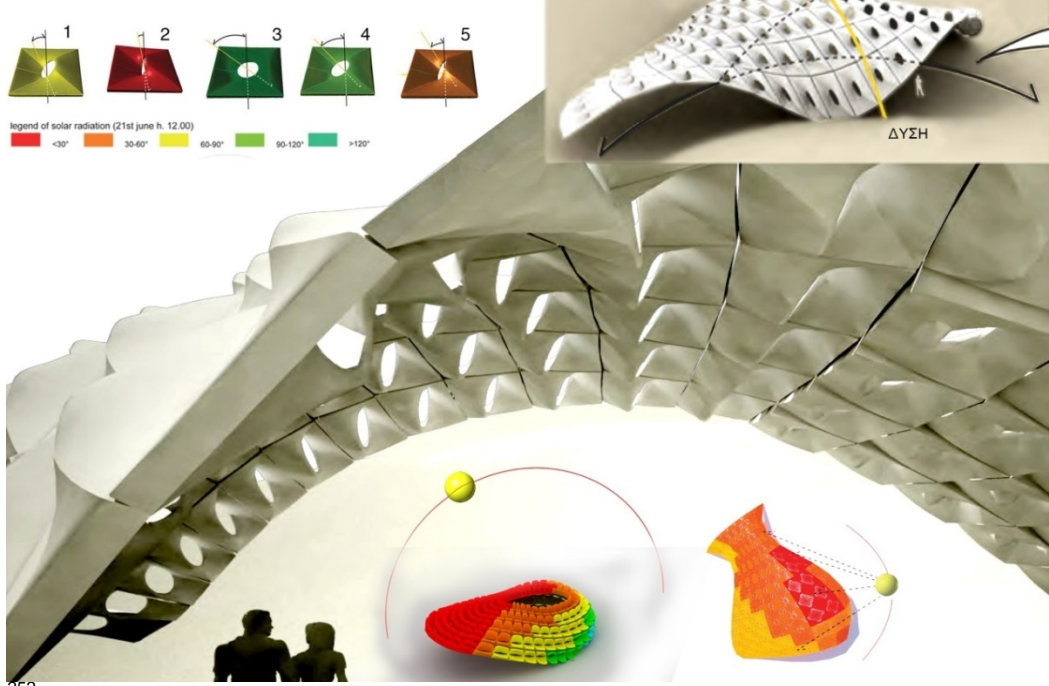
Στο πρώτο πείραμα οι μονάδες οργανώνονται / τοποθετούνται από το λογισμικό για την δημιουργία της ιδιότητας του ανάγλυφου, σύμφωνα με τις προγραμματικές απαιτήσεις που τέθηκαν για τις προθήκες προβολής κοσμημάτων. Στο δεύτερο πείραμα η απαιτούμενη ιδιότητα που προέκυψε μέσα από την αυτοοργάνωση των μονάδων ήταν ο σκιασμός και ο έμμεσος φωτισμός. Οι απαιτούμενες ιδιότητες μεταφράστηκαν σε γεωμετρικούς κανόνες αυτοοργάνωσης και συναρμογής, που όρισαν τον κώδικα στο παραμετρικό λογισμικό. Ενδιαφέρον έχει πως στο δεύτερο πείραμα, η πορεία του ήλιου αποτέλεσε τον εξωγενή παράγοντα που επηρέασε την αυτοοργάνωση των μονάδων, δίνοντας έτσι ένα απλό παράδειγμα ενός συστήματος που έχει την ικανότητα να ανταποκριθεί σε ερεθίσματα από το περιβάλλον, όπως συζητήθηκε σύμφωνα με τον Hensel (2006)²⁵¹ μεταξύ άλλων.

²⁵¹ Hensel, M., Towards self-organisational and multiple performance capacity in architecture, Architectural Design (AD), Techniques and Technologies in Morphogenetic design, Vol 76 No 2, March/April 2006, 6, μετάφραση από τον συγγραφέα.

1. ΦΟΛΙΔΩΤΗ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ:
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ / ΠΡΟΘΗΚΗΣ



2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΣΤΕΓΑΣΤΡΟ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΚΙΑΣΜΟΥ



252

252 Φωτογραφίες και διαγράμματα του πειράματος «Φολιδωτή Επιδερμίδα» (πάνω) και του πειράματος «Παραμετρικό Στέγαστρο» (κάτω).

Το τρίτο πείραμα της οικογένειας πειραμάτων

Αξίζει να σημειωθεί εδώ πως το τελευταίο πείραμα της οικογένειας πειραμάτων 3, που παρουσιάζεται εκτενέστερα παρακάτω, εστιάζει επιπλέον στην αυτοργάνωση των μονάδων για την ψηφιακή σύνθεση ενός αρχιτεκτονικού υλικού (programmable material) όπως συζητήθηκε, με βασική ιδιότητα την διαβαθμισμένη και ελεγχόμενη διαφάνεια. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή της διατριβής, πέρα από μια προσπάθεια σύνδεσης σε εννοιολογικό επίπεδο με την βιολογία και την κυβερνητική, την φιλοσοφία και τα μαθηματικά, αποτελεί και μια πρακτική προσπάθεια συνεισφοράς σε ένα ερευνητικό πεδίο που εμπνέεται από την βιολογία και συνδυάζει αρχιτεκτονική και τεχνολογία υλικών. Έτσι, ένα ακόμα από τα πεδία ενδιαφέροντος της διατριβής που εξετάζει τις πιθανές σύνδεσεις του ψηφιακού γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού με την υλικότητα και την κατασκευή, προχωρά ένα επίπεδο παραπέρα με τον ψηφιακό σχεδιασμό και υλοποίηση ενός καινοτόμου αρχιτεκτονικού υλικού.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει ήδη σε αρχιτέκτονες, σχεδιαστές και μηχανικούς τον πειραματισμό με νέες διαδικασίες σχεδιασμού και νέους τρόπους παραγωγής. Ένα νέο πεδίο αυτής της έρευνας επικεντρώνεται σε βιο-εμπνευσμένο υλικά εύρηματα και διαδικασίες κατασκευής με την χρήση γενεσιουργών και παραμετρικών υπολογιστικών διαδικασιών. Το πείραμα αυτό διερευνά την διαδικασία γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού μέσα από την μελέτη των θαλάσσιων οργανισμών και συγκεκριμένα των Κεφαλόποδων και στη συνέχεια προτείνει ένα νέο υπολογιστικό και την κατασκευαστικό μοντέλο. Αυτό το υπολογιστικό μοντέλο το οποίο ονομάστηκε «Χρωστική επιδερμίδα» μιμείται το σύστημα διανομής των χρωστικών κυττάρων σε Κεφαλόποδα και το εφαρμόζει σε ψηφιακά σχεδιασμένες «επιφάνειες υποδοχής». Η μελέτη χωρίστηκε σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος επικεντρώθηκε στην ανάλυση των βιολογικών αρχών τις επιδερμίδας ενός Κεφαλόποδου και στην συνέχεια στον παραμετρικό σχεδιασμό ενός υπολογιστικού μοντέλου. Το πρώτο μέρος παρουσιάστηκε στο συνέδριο eCAADe

33²⁵³. Το δεύτερο μέρος, με κύριο ερευνητικό ερώτημα τους πιθανούς τρόπους

253 Vamvakidis, S., Gradient Transparency: Marine Animals As a Source of Inspiration. - Exploring Material Bio-Mimicry through the Latest 3D Printing Technology in Architectural surfaces στο Martens, B, Wurzer, G, Grasl T, Lorenz, WE and Schaffranek, R (eds.), Real Time –Πρακτικά συνεδρίου eCAADe 33 Volume 2, Vienna University of Technology, Vienna, Austria, 325-330, μετάφραση απο τον συγγραφέα.

εφαρμογής των μεθόδων πρωτότυπης κατασκευής μέσω της τρισδιάστασης εκτύπωσης για την υλοποίηση σύνθετων επιφανειών με «διαβαθμισμένη διαφάνεια» με βάση το βιο-εμπνευσμένο υπολογιστικό μοντέλο της πρώτης φάσης. Οι μέθοδοι, διαδικασίες και τεχνικές που παρουσιάζονται, καταδεικνύουν τα πρώτα επιτυχημένα υλικά αποτελέσματα με «διαβαθμισμένη διαφάνεια» χρησιμοποιώντας τρισδιάστατες εκτυπώσεις από ένα ή πολλαπλά υλικά.

B7. ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 3– «ΧΡΩΣΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ» (Pigment Skin)

Εισαγωγή

Από τη βιολογία στον «προγραμματισμό υλικών» (programmable materials)

Ο όρος «διαβαθμισμένη διαφάνεια» εισάγεται για να περιγράψει μια βιολογική διαδικασία εμφανή σε μια σειρά από βιολογικούς οργανισμούς, όπως αμφίβια, ερπετά, ψάρια και Κεφαλόποδα όπως τα καλαμάρια. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μετατόπισης των χρωστικών ουσιών των χρωματοφόρων και μελανοφόρων κυττάρων τους, τα οποία είναι υπεύθυνα για την παραγωγή του χρώματος του δέρματός τους σε πολλά ψυχρόαιμα ζώα²⁵⁴. Ο «προσαρμοστικός χρωματισμός» (adaptive coloration) και η «επιλεκτική απόκρυψη» είναι τώρα μέρος ενός αναδυόμενου πεδίου της έρευνας στον τομέα της επιστήμης, τόσο με θεωρητικές και τεχνολογικές προκλήσεις, με μια σειρά από διαφορετικά παραδείγματα^{255 256}.

Σύνδεση με παραδείγματα

Ταυτόχρονα, η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ένας νέο πεδίο έρευνας και πειραματισμού όπου οι σχεδιαστές, αρχιτέκτονες και μηχανικοί διερευνούν νέες διαδικασίες σχεδιασμού. Ένα επιμέρους πεδίο εστιάζει στους τρόπους παραγωγής που βασίζονται σε βιο-εμπνευσμένα σύνθετα υλικά^{257 258}. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή και

²⁵⁴Bagnara, JT; Taylor, JD; Hadley, ME. The dermal chromatophore unit . J Cell Biol. 38 (1): 67–79, 1968.

²⁵⁵Wang, O., Gossweiler, G., Craig, S., Zhao, X., Cephalopod-inspired design of electro-mechano-chemically responsive elastomers for on-demand fluorescent patterning. Nature communications 5, 4899, 2014.

²⁵⁶Kempaiah R, Nie Z., From nature to synthetic systems: Shape transformation in soft materials. J Mater Chem B;2, 2357–2368, 2014

²⁵⁷Studart A., Towards high-performance bioinspired composites. Advanced Materials ;24(37):5024–44, 2012

στην προηγούμενη ενότητα της διατριβής, παραδείγματα από την ομάδα του MIT Mediated Matter Group ²⁵⁹ ²⁶⁰, καθώς και τα τρισδιάστατα εκτυπωμένα πειράματα από τους Zaha Hadid Architects στο συνέδριο ACADIA 2014 ²⁶¹, μεταξύ άλλων, έχουν παράξει έργα με πολλαπλές στρώσεις υλικών, τα οποία έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί αποκλειστικά με την χρήση γενεσιουργών και παραμετρικών διαδικασιών.

Αυτό που είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι πως η υλική διερεύνηση σε αυτά τα ερευνητικά εργαστήρια επικεντρώνεται στην υπολογιστική μοντελοποίηση και τριδιάστατη εκτύπωση, αντλώντας έμπνευση από βιολογικούς οργανισμούς, όπως το υπολογιστικό μοντέλο Metamesh που αναφέρθηκε. Το πείραμα αυτό προτείνει μια προσέγγιση της έρευνας σε σχέση με προγραμματιζόμενα «υλικά συστήματα» (programmable materials), σε αναφορά με την τρέχουσα έρευνα που σχετίζεται με τα βιο-εμπνευσμένα υλικά. Πιο συγκεκριμένα, εστιάζει σε ένα (performative) χαρακτηριστικό των βιολογικών οργανισμών που δεν έχει εξερευνηθεί στην αρχιτεκτονική, αυτό της «διαβαθμισμένης διαφάνειας» με τη χρήση πολλαπλών, έγχρωμων (ή μη) μονάδων. Αυτό που είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι ο τρόπος που «διαβαθμισμένη διαφάνεια» μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία σχεδιασμού μέσω της υπολογιστικής τεχνολογίας, ένα πεδίο που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Μεθοδολογία – α' μέρος- βιολογικοί κανόνες και παραμετρικό μοντέλο

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το έργο χωρίστηκε σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος χρησιμοποιήθηκαν υπολογιστικά μέσα για την «μεταφορά» των κανόνων σχεδιασμού που ορίζουν το λειτουργικό πλαίσιο των μελανοφόρων κυττάρων ²⁶², από τις τοπικές κλίμακες (αυτή κυττάρου / μονάδας) στην οικουμενική κλίμακα (τις αναδυόμενες ιδιότητες και μοτίβα σε ολόκληρο το σώμα ενός θαλάσσιου οργανισμού). Ήδη συζητήθηκαν οι τρεις αυτές διαφορετικές κλίμακες που καλείται να εξετάσει κανείς στον

²⁵⁸ Pawlyn, M., *Biomimicry in Architecture*, London: RIBA Publishing, 2011.

²⁵⁹ Keating, S., *Templating Biology for Design* MIT mediated matter group, <http://cba.mit.edu/events/14.05.BB/Keating.pdf> [29-9-2016]

²⁶⁰ Oxman, N., *Material-based design computation*, Massachusetts Institute of Technology, 2010

²⁶¹ <http://blog.stratasys.com/2014/12/26/acadia-conference-3d-printing/> [29-9-2016]

²⁶² Fenichel, S., *Plastic: The Making of a Synthetic Century*, HarperBusiness, 1996.

γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό μέσα από τις θεωρήσεις των Reiser και Umemoto (2006).

Στην συνέχεια, οι κανόνες αυτοί ενσωματώθηκαν σε ένα υπολογιστικό μοντέλο όπου τα «χρωστικά κύτταρα» - μονάδες εφαρμόστηκαν σε επιφάνειες με σύνθετη γεωμετρία έτσι ώστε να εμφανιστεί η ιδιότητα της «διαβαθμισμένης διαφάνειας» μέσω πολλαπλών γεωμετριών από «χρωστικά κύτταρα» - μονάδες.

Το υπολογιστικό μοντέλο που ονομάστηκε «Χρωστική επιδερμίδα» επέτρεπε τον έλεγχο και την διασπορά των ψηφιακών «κυττάρων» πάνω στην σύνθετη επιφάνεια, μέσω του άμεσου ελέγχου του μεγέθους τους, της απόστασης μεταξύ τους, καθώς και των διαφορετικών σχηματισμών τους. Το υπολογιστικό μοντέλο δημιουργήθηκε μετά τη μικροσκοπική εξέταση των μελανοφόρων κυττάρων των Κεφαλόποδων ²⁶³. Η μικροσκοπική εξέταση και ανάλυση των μορφολογικών και των αναδυόμενων σχηματισμών οδήγησε τους βιολογικούς κανόνες σχεδιασμού της επιδερμίδας για τρία επίπεδα ανάλυσης: τοπικό (local), περιφερειακό (regional) και οικουμενικό (global) επίπεδο.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι όπως και στα υπόλοιπα πειράματα, τα «κύτταρα» - μονάδες του υπολογιστικού μοντέλου μπορούσαν να έχουν οποιαδήποτε γεωμετρία (όπως ρόμβοι, τετράγωνα, κύκλοι, κλπ). Οι κανόνες σχεδιασμού της βιολογικής επιδερμίδα εφαρμόστηκαν στο υπολογιστικό μοντέλο μέσω των λογισμικών Grasshopper και Rhino. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αυτό επιτεύχθηκε με τη διαδικασία παραμετρικής πληθυσμιακής ανάπτυξης μερών, μιας διαδεδομένης αυτοματοποιημένης ψηφιακής διαδικασίας γνωστής ως PCP (Parametric Component Population).

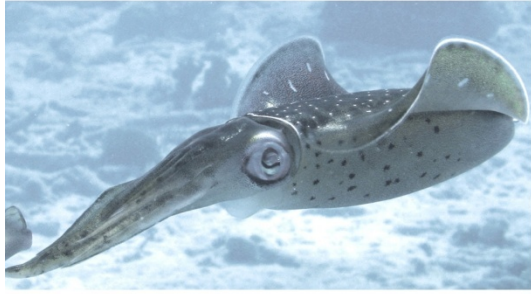
Αυτή η διαδεδομένη ψηφιακή μέθοδος προσαρμόζει «αυτόματα» οποιαδήποτε επιθυμητή γεωμετρία σε πολύπλοκες επιφάνειες και σχήματα που αποκαλούνται

²⁶³Parker, G., Methods of Estimating the Effects of Melanophore Changes on Animal Coloration. *Biological Bulletin*, 84(3), 273-284, 1943.

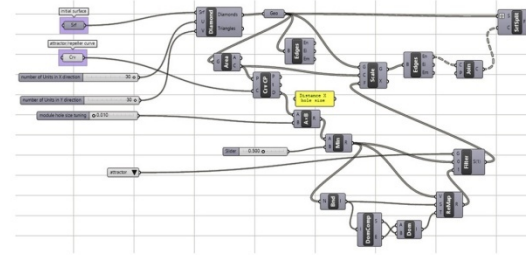
«επιφάνειες αποδοχής» (host surfaces). Η «επιφάνεια υποδοχής» διαμορφώνεται ως επιφάνεια NURBS που υποδιαιρείται σε δύο κατευθύνσεις (U και V), στις οποίες εφαρμόζονται οι μονάδες. Επιπλέον, το υπολογιστικό μοντέλο μπορεί να δημιουργήσει μεγάλες πυκνότητες μονάδων σε συγκεκριμένες περιοχές, γύρω από καμπύλες που ορίζει ο σχεδιαστής. Στο τρέχον πείραμα η «επιφάνεια υποδοχής» είναι ένα κράνος - μάσκα και η περιοχή πύκνωσης των μονάδων ορίστηκε με καμπύλες γύρω από τα μάτια και τα αυτιά.

ΧΡΩΣΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ

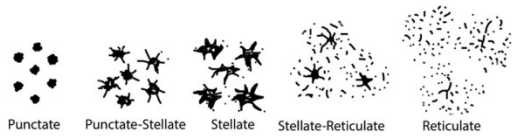
Α' ΜΕΡΟΣ- ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΜΠΝΕΥΣΗ ΣΤΟ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



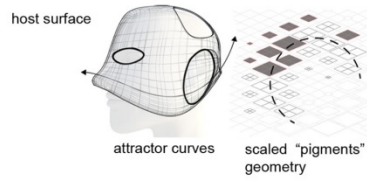
ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ SCRIPT ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ GRASSHOPPER



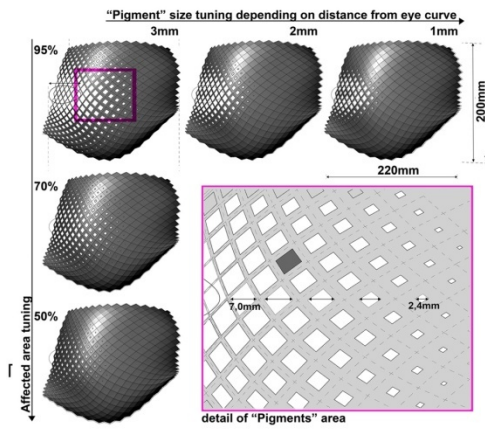
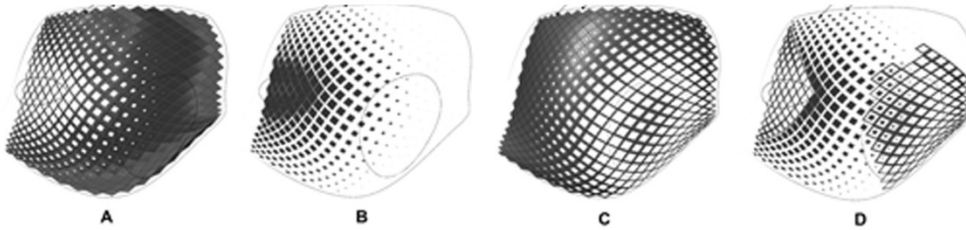
ΤΥΠΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΧΡΩΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ



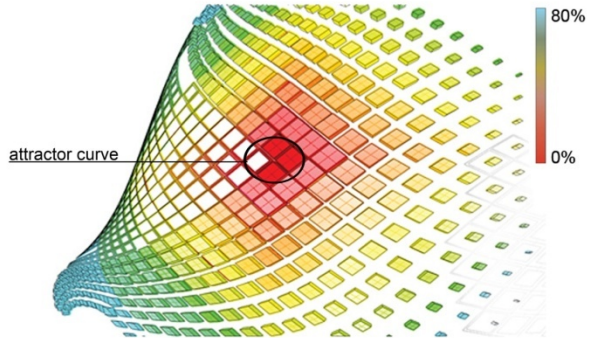
ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΚΑΜΠΥΛΕΣ (ΜΑΤΙΑ)



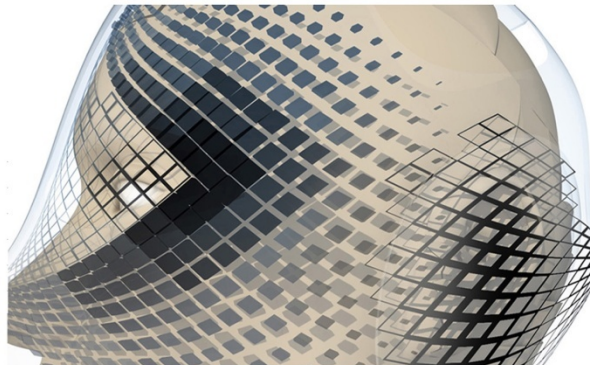
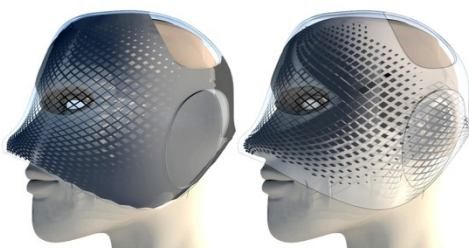
ΤΥΠΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΣΤΟ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΩΝ (PIGMENTS) ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ



ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥ ΤΕΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ



Μεθοδολογία – β' μέρος- υλικότητα / διερεύνηση κατασκευής

Το δεύτερο μέρος επικεντρώθηκε στον συσχετισμό του ψηφιακού με τον υλικό κόσμο μέσω της πρωτότυπης κατασκευής και παραγωγής. Το βασικό ερώτημα ήταν αν οι μέθοδοι πρωτότυπης κατασκευής με μηχανικά μέσα και υπολογιστές (CAM- Computer Aided Manufacturing)-και πιο συγκεκριμένα η τρισδιάστατη εκτύπωση - μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός αντικειμένου σε κλίμακα 1:1 με «διαβαθμισμένη διαφάνεια» με βάση το υπολογιστικό μοντέλο. Ακολούθησε πειραματισμός με τρισδιάστατες εκτυπώσεις ενός ή πολλαπλών υλικών, προκειμένου να δοκιμαστούν (και τελικά να συγκριθούν) οι πιθανοί τρόποι παραγωγής. Ο όρος «αποδεικτικά μοντέλα επινοήματος» (proof-of-concept-models) έχει επικρατήσει για να περιγράψει τα πρωτότυπα αντικείμενα που κατασκευάζονται για την επαλήθευση μιας συνθετικής ιδέας.

Γενικά για το πλαστικό σε σχέση με το πείραμα

Το πλαστικό είναι ίσως το πιο κοινό υλικό που χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα προϊόντων, από μαγειρικά σκεύη μέχρι έπιπλα και αρχιτεκτονικές επιφάνειες²⁶⁴. Γεγονός είναι πως δεν υπήρχε η τεχνολογία ελέγχου σε μικροσκοπικό επίπεδο της σύνθεσης και της διαφάνειας πλαστικών αντικειμένων πριν από την τρισδιάστατη εκτύπωση. Ακόμα πιο ενδιαφέρον είναι ίσως το γεγονός πως δεν υπάρχει αρχιτεκτονική έρευνα που να εστιάζει στον έλεγχο της διαφάνειας στα πλαστικά μέσω υπολογιστικών μεθόδων και μεθόδων τρισδιάστατης εκτύπωσης. Σε αντίθεση με τις υφιστάμενες μεθόδους κατασκευής πλαστικών αντικειμένων όπως η χύτευση, η τρισδιάστατη εκτύπωση με PLA ή ABS πλαστικά²⁶⁵, γίνεται με την αλληπάλληλη προσθήκη μικροεπιστρώσεων πλαστικού. Οι τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης επιτρέπουν τον σχεδιασμό συγκεκριμένων μοτίβων και σύνθετων υλικών με διαφορετικά ποσοστά υλικών σε μίγματα. Αυτή η τεχνική επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της διαφάνειας ή ακόμα της ευκαμψίας ενός τρισδιάστατα εκτυπωμένου υλικού. Το αποτέλεσμα είναι πολυστρωματικά αντικείμενα αποπολυμερή ακρυλικά πλαστικά, τα οποία

²⁶⁴Fenichell, S., Plastic: The Making of a Synthetic Century, HarperBusiness, 1996

²⁶⁵Lipson H, Kurman M. , Fabricated: The New World of 3D Printing. New York: John Wiley & Sons, 2013.

πολυμερίζονται με υπεριώδες φως²⁶⁶, μια διαδικασία που εξηγείται περαιτέρω στην συνέχεια. Η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια νέα μέθοδος για την παραγωγή πολύπλοκων αρχιτεκτονικών επιφανειών κατά παραγγελία με τον ίδιο τρόπο που τα Κεφαλόποδα χρησιμοποιούν πολλαπλά μελανοφόρα κύτταρα για να αλλάξουν την διαφάνειά τους. Οι μέθοδοι που παρουσιάζονται προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις για να ξεπεραστούν οι υπάρχοντες περιορισμοί στην αξιοποίηση του πλαστικού στον σχεδιασμό και την κατασκευή. Εκμεταλλευόμενοι τις τελευταίες τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης, το υλικό μπορεί να εναποτεθεί σε σαφώς καθορισμένες μορφές. Έτσι για πρώτη φορά μπορεί να επιτευχθεί διαφάνεια σε συγκεκριμένες περιοχές ενός πλαστικού αντικειμένου, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιείται η απαιτούμενη ανθρώπινη εργασία κατά την παραγωγή.

Μεθοδολογία + υλικά α':

Διαφάνεια, μέσω της πυκνότητας των “κυττάρων”- μονάδων (ένα υλικό).

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί την πυκνότητα των “κυττάρων” – μονάδων για τον έλεγχο της διαφάνειας. Όπως αναφέρθηκε, οι περιοχές γύρω από τα μάτια και τα αυτιά της «επιφάνειας υποδοχής» (της μάσκας) αντιμετωπίζονται κατ'αναλογία με τις βιολογικές περιοχές με υψηλή πυκνότητα χρωστικών κυττάρων (Punctate clusters) και με χαμηλή πυκνότητα κυττάρων (Reticulate clusters)²⁶⁷ που έχουν ήδη αναφερθούν στην πρώτη φάση του πειράματος. Το παραμετρικό μοντέλο επιτρέπει την δημιουργία τέτοιων περιοχών μέσω καμπύλων που ορίζει ο αρχιτέκτονας που έλκουν ή απωθούν τις μονάδες. Αυτή η μέθοδος μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλά αποτελέσματα, όταν πολλαπλές καμπύλες χρησιμοποιούνται για να «αποθήσουν» ή να «ελξουν» «κύτταρα»-μονάδες. Η εφαρμογή των μονάδων (που στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουν την γεωμετρία ενός ρόμβου) στην επιφάνεια υποδοχής και κλιμάκωση τους ανάλογα με την απόστασή τους με τις καμπύλες δημιουργεί το επιθυμητό αποτέλεσμα της «διαβαθμισμένης διαφάνειας». Για τη μέθοδο αυτή, ένα ακρυλικό πολυμερές πλαστικό

²⁶⁶Pappas, S. P., UV Curing: Science and Technology, Volume 2 Hardcover – January 1, 1985.

²⁶⁷Parker, G., Methods of Estimating the Effects of Melanophore Changes on Animal Coloration. Biological Bulletin, 84(3), 273-284, 1943.

από την Shapeways²⁶⁸ με την ονομασία "Frosted Ultra Detail" χρησιμοποιήθηκε τόσο για τις μονάδες όσο και για την επιφάνεια υποδοχής²⁶⁹. Επιλέχθηκε επειδή χρησιμοποιείται ήδη στο εμπόριο από εταιρείες που εκτυπώνουν αντικείμενα κατά παραγγελία, με αποτέλεσμα να είναι προσιτό στους ερευνητές.

Μεθοδολογία + υλικά β':

Διαφάνεια, μέσω της πυκνότητας αλλά και της διαφάνειας των «κυττάρων»-μονάδων (πολλαπλά υλικά).

Σε σύγκριση με την προηγούμενη μέθοδο, η προσέγγιση αυτή γίνεται ακόμα πιο περίτεχνα, μια και μπορεί κανείς να ελέγξει και την διαφάνεια των «κυττάρων»-μονάδων. Το παραμετρικό μοντέλο που σχεδιάστηκε με το λογισμικό Grasshopper επιτρέπει τον έλεγχο της διαφάνειας των μονάδων ανάλογα με την απόστασή τους από τις καμπύλες (attractor curves) που ορίζει ο αρχιτέκτονας. Σε αυτή την μέθοδο επιλέχθηκε ο τρισδιάστατος εκτυπωτής Projet 5000 από την 3DSystems λόγω της ικανότητάς του να αναμιγνύει πολλαπλά υλικά και να δημιουργεί αντικείμενα με διαβαθμισμένη διαφάνεια ενώ εκτυπώνει ("on the fly"). Το διαυγές ακρυλικό πλαστικό με την ονομασία VisiJet M5 MX χρησιμοποιήθηκε για την επιφάνεια υποδοχής και διαφορετικά μείγματα του υλικού VisiJet M5-X και του λευκού αδιαφανούς ακρυλικού πλαστικού VisiJet MX²⁷⁰ χρησιμοποιήθηκαν για την εκτύπωση των επιμέρους μονάδων. Το υλικό VisiJet M5-X είναι ένα ισχυρό, άκαμπτο υλικό, ένα υβριδικό υλικό μεταξύ ενός είδους στυρένιου (ABS-Acrylonitrile butadiene styrene) και πολυπροπυλενίου. Αυτό το υλικό είναι ιδιαίτερα λευκό και μοιάζει σαν να έχει διαμορφωθεί με έγχυση. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για συσκευασία προϊόντων και αντικειμένων καθημερινής χρήσης που απαιτούν ακαμψία. Αυτά τα υλικά πολυμερίστηκαν όπως στην πρώτη μέθοδο με υπεριώδες φως σε όλη τη διαδικασία εκτύπωσης.²⁷¹

²⁶⁸ www.shapeways.com/materials/frosted-detail-plastic [29-09-2016].

²⁶⁹ Οι διαστρωματώσεις έχουν πάχους 29 micron και είναι εκτυπωμένες με ακρίβεια $\pm 0,1 - 0,2$ χιλ. για κάθε 100 χιλ.. Το υλικό είναι ανθεκτικό στη θερμότητα έως 80 βαθμούς Κελσίου.

²⁷⁰ www.3dsystems.com/resources/information-guides/multi-jet-mjrp [29-09-2016]

²⁷¹ Η ακρίβεια εκτύπωσης είναι 0,025-0,05 mm ανά ίντσα. Η θερμοκρασία θερμικής παραμόρφωσης είναι 65 βαθμοί Κελσίου για το VisiJet M5-X και 39 βαθμοί Κελσίου για το VisiJet M5 MX.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι εκτύπωσης οι οποίες χρησιμοποιούν τη διαδικασία Multijet Modeling (MJM). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, λιωμένο πλαστικό εναποτίθεται σε μια βάση σε πολλαπλές στρώσεις χρησιμοποιώντας αρκετά ακροφύσια και στερεοποιείται αμέσως. Ένα ακροφύσιο χρησιμοποιεί κερί για να δημιουργήσει στηρίγματα που συγκρατούν το αντικείμενο κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης. Μετά από κάθε στρώση, το πλαστικό πολυμερίζεται με υπεριώδες φως (εικόνα 1). Η βάση κατασκευής χαμηλώνει για την επόμενη στρώση και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι την ολοκλήρωση του αντικειμένου.

Αποτελέσματα

Και στις δύο μεθόδους, η επιφάνεια υποδοχής (η μάσκα) είναι εγγεγραμμένη σε ένα ορθογώνιο διαστάσεων 200χιλ. X 220χιλ. (πλάτος), ενώ έχει ελάχιστο πάχος 2 χιλιοστά, το οποίο καθορίστηκε από τους περιορισμούς του εκτυπωτή καθώς και για λόγους στατικής αντοχής. Οι μονάδες (μερικές από τις οποίες είναι μαύρες για να είναι σαφώς ορατές στην πρώτη μέθοδο), ποικίλουν από ελάχιστες διαστάσεις 0,8χιλ X 0,8χιλ X 2χιλ (ύψος) σε μέγιστες διαστάσεις 7χιλ. X 7χιλ. X 2 χιλ. (ύψος) κοντά στην περιοχή των ματιών (εικόνα 2).

Αποτέλεσμα (α') : Διαβαθμισμένη διαφάνεια, μέσω της πυκνότητας των «κυττάρων»- μονάδων (ένα υλικό).

Όπως μπορεί να φανεί, οι πυκνότερες είναι οι μονάδες, τόσο λιγότερη διαφάνεια επιτυγχάνεται στην επιφάνεια υποδοχής. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των μονάδων είναι 0,6 χιλιοστά, κοντά στην περιοχή γύρω από τα μάτια, όπου ήταν επιθυμητή η ελάχιστη δυνατή διαφάνεια.

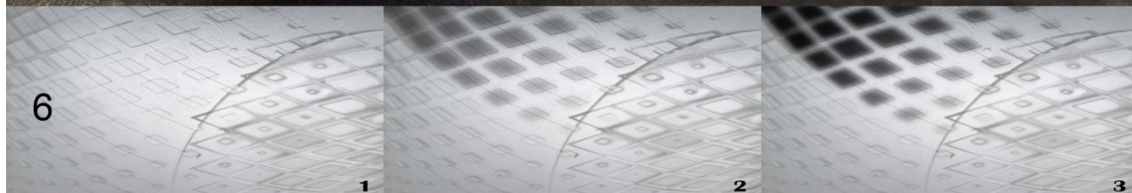
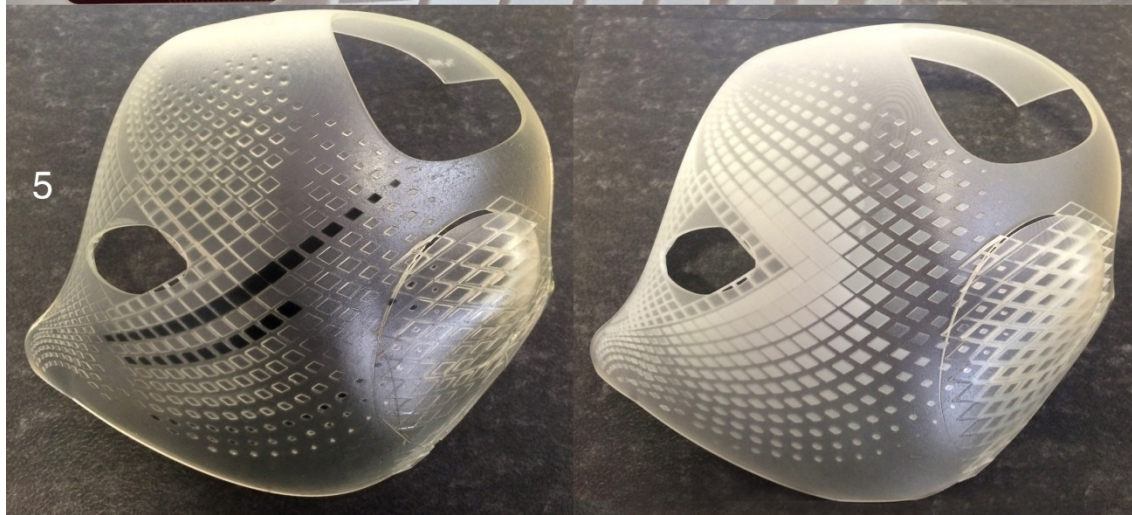
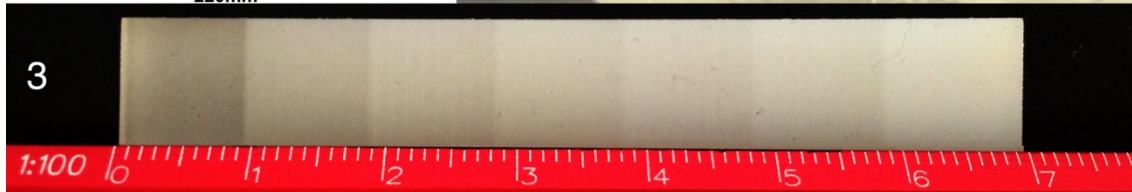
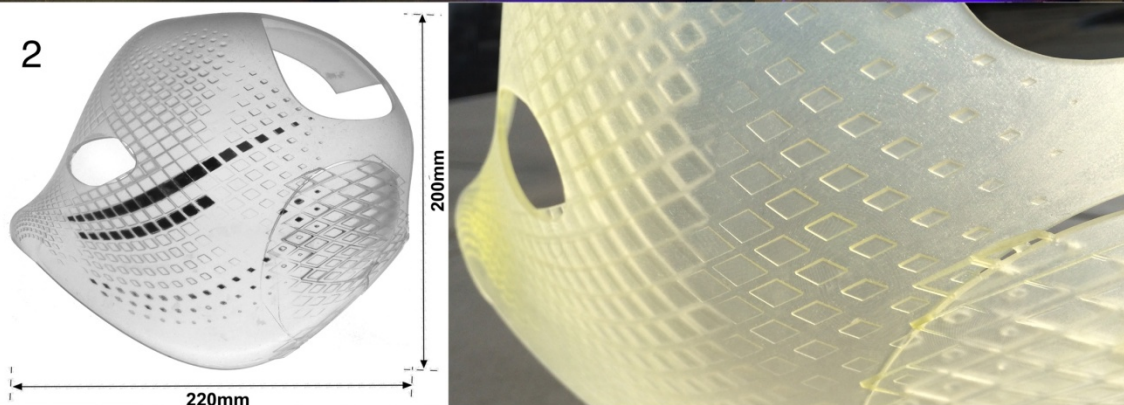
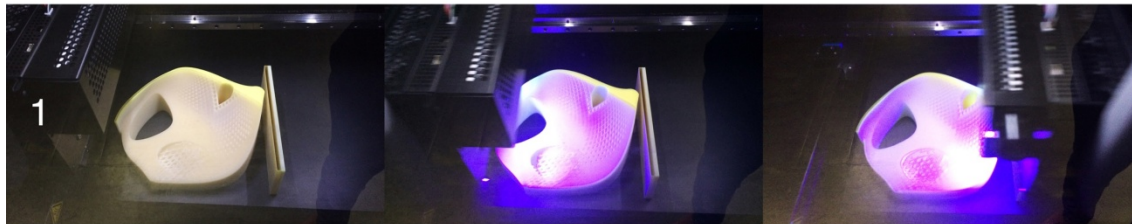
Αποτέλεσμα (β') : Διαβαθμισμένη διαφάνεια, μέσω της πυκνότητας αλλά και της διαφάνειας των «κυττάρων»- μονάδων (πολλαπλά υλικά).

Οι μονάδες ομαδοποιήθηκαν σε επτά ομάδες στο υπολογιστικό μοντέλο, με διακύμανση διαφάνειας από 0% έως 20%. Εκτυπώθηκε ακόμα ένα δείγμα υλικού με όλες τις επτά διαφορετικές διαφάνειες, προκειμένου να υπάρχει ένα ευανάγνωστο δείγμα της

διαβάθμισης (εικόνα 3). Σε αυτή την μέθοδο, οι μονάδες γίνονται όλο και πιο αδιαφανείς, όσο πλησιάζουν την περιοχή των ματιών (εικόνα 4). Αυτό επέτρεψε την πλήρη αδιαφάνεια σε επιλεγμένες περιοχές της μάσκας (τα μάτια), με μια διαβαθμισμένη μετάβαση σε πιο διαφανείς ζώνες (τα μάγουλα). Η ίδια λογική εφαρμόστηκε στην περιοχή των αυτιών που επίσης βαθμιδωτά γίνεται πιο διαφανής πλησιάζοντας την περιοχή των ματιών (εικόνα 5).

ΧΡΩΣΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ

Β' ΜΕΡΟΣ- ΣΥΝΔΕΣΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΕ ΥΛΙΚΟ ΚΟΣΜΟ / ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



Συμπεράσματα πειράματος / Μελλοντική εξέλιξη

Το τελευταίο πείραμα συμβάλλει σε ένα από τα πεδία ενδιαφέροντος της διατριβής, αυτό των προγραμματιζόμενων υλικών (programmable materials) προτείνοντας μια διαδικασία γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού για τον σχεδιασμό υλικών με διαβαθμισμένη διαφάνεια, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε αντικείμενο ή πολύπλοκη επιφάνεια και μπορεί να παραχθεί με τρισδιάστατη εκτύπωση, μια μέθοδος που δεν έχει αντιμετωπιστεί μέχρι σήμερα. Αυτό που αναδύεται είναι οι μετασχηματισμοί της μονάδας (σε επίπεδο προγραμματιζόμενου υλικού) και η επιθυμητή ιδιότητα της διαβαθμισμένης διαφάνειας.

Βιολογικοί οργανισμοί χρησιμοποιήθηκαν ως πηγή έμπνευσης, σε μια προσπάθεια σύνδεσης βιολογίας, μαθηματικών (μέσω των παραμετρικών κωδικών –scripts) και αρχιτεκτονικής, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή της διατριβής. Τελικά προτάθηκε ένα ελεγχόμενο υπολογιστικό μοντέλο σχεδιασμού μέσα από μικροσκοπική εξέταση των βιολογικών κανόνων σχεδιασμού οργανισμών όπως τα Κεφαλόποδα και δύο μέθοδοι υλοποίησης, μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Ψηφιακά εργαλεία

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αυτό επιτεύχθηκε με τη διαδικασία παραμετρικής πληθυσμιακής ανάπτυξης μερών, μιας διαδεδομένης αυτοματοποιημένης ψηφιακής διαδικασίας γνωστής ως PCP (Parametric Component Population) με την χρήση του παραμετρικού λογισμικού Grasshopper. Αυτή η διαδεδομένη ψηφιακή μέθοδος προσαρμόζει «αυτόματα» οποιαδήποτε επιθυμητή γεωμετρία σε πολύπλοκες επιφάνειες και σχήματα που αποκαλούνται «επιφάνειες υποδοχής». Αξίζει να σημειωθεί πως συνήθως με την διαδικασία PCP ελέγχεται και παραμετροποιείται η γεωμετρία της μονάδας. Ένας από τους νεωτερισμούς του υπολογιστικού μοντέλου της «Χρωστικής Επιδερμίδας» είναι η δυνατότητα χειρισμού και παραμετροποίησης της διαφάνειας των επιμέρους μονάδων, μια προσέγγιση που συνδέει άμεσα τον σχεδιασμό με την υλικότητα. Η διαδικασία που παρουσιάστηκε τονίζει τη σημασία της πληθυσμιακής (populational) δημιουργίας και διαχείρισης / ελέγχου γεωμετρικών μονάδων και ομάδων, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή ιδιότητα της διαβαθμισμένης

διαφάνειας στο σύνολο της σύνθεσης. Ωστόσο, τα διαθέσιμα σημερινά εργαλεία που θα επέτρεπαν την εύκολη πρόσβαση και διαχείριση αυτών των μεταβλητών μέσα σε ένα περιβάλλον σχεδιασμού από αρχιτέκτονες και ερευνητές είναι περιορισμένα. Η άμεση και σε πραγματικό χρόνο πρόσβαση σε παραμέτρους της εκτύπωσης (μέσω του ποσοστού διαφάνειας των μονάδων) καθώς και η δυνατότητα ελέγχου σε πραγματικό χρόνο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μονάδων (μέσω των καμπύλων έλξης / απώθησης) είναι ουσιαστικής σημασίας για τον ουσιαστικό χειρισμό των των ψηφιακών και υλικών πρωτοτύπων.

Όπως αναφέρθηκε, αντίστοιχες υπολογιστικές διαδικασίες / μοντέλα και μέθοδοι κατασκευής όπως αυτή που προτάθηκε μέσα από αυτό το πείραμα, είναι κρίσιμης σημασίας προκειμένου τελικά να ενσωματωθούν σε μια μεγαλύτερη ερευνητική κοινότητα καθώς και σε εφαρμογές της βιομηχανίας. Η περαιτέρω ανάπτυξη / εξέλιξη αντίστοιχων μεθόδων / μοντέλων μπορεί να προσφέρει επιπλέον σχεδιαστικές δυνατότητες και ελέγχου σύνθετων αρχιτεκτονημάτων με διαβαθμισμένη διαφάνεια και ακόμα καλύτερης / εύχρηστης επικοινωνίας μεταξύ σχεδιασμού και παραγωγής μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Για να κατανοήσει κανείς την παραπάνω πρόταση, αρκεί να αναλογιστεί την μέθοδο egg crate (ή «βάφλας») που συζητήθηκε στην οικογένεια πειραμάτων 1, η οποία πλέον έχει γίνει προσιτή στο ευρύτερο κοινό πέρα από τους αρχιτέκτονες, μέσω του ιδιαίτερα απλού και εύχρηστου λογισμικού 123D Make.

Σχετικά με τις μεθόδους υλοποίησης

Με την αξιοποίηση των σημερινών τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης, υλοποιήθηκαν δύο πρωτότυπα αντικείμενα. Εντοπίστηκαν δύο βασικές μέθοδοι σχετικά με την υλοποίηση της διαβαθμισμένης διαφάνειας. Η πρώτη μέθοδος δημιουργεί διαβαθμισμένη διαφάνεια, μέσω της πυκνότητας των «κυττάρων»-μονάδων με την χρήση ενός μόνο υλικού. Προκειμένου να δημιουργηθεί ή απόλυτη αδιαφάνεια, το πρωτότυπο δείχνει ότι ένα δεύτερο υλικό πάλι από PLA υλικό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί, όπως λ.χ. μαύρο πλαστικό PLA για τις μονάδες και διαφανές PLA πλαστικό για την επιφάνεια υποδοχής. Η δεύτερη μέθοδος δημιουργεί διαβαθμισμένη διαφάνεια, μέσω της πυκνότητας αλλά και της διαφάνειας των «κυττάρων»- μονάδων.

Αυτή φαίνεται να είναι η βέλτιστη μέθοδος για να έχουμε περαιτέρω έλεγχο της διαβάθμισης της διαφάνειας στην τοπική κλίμακα.

Πιθανές εφαρμογές / μελλοντική εξέλιξη

Είναι γεγονός πως επί του παρόντος οι παραπάνω διαδικασίες δεν χρησιμοποιούνται εμπορικά από εταιρείες τρισδιάστατων εκτύπωσης κατά παραγγελία. Πιθανώς, αυτό είναι το επόμενο βήμα που θα παρουσιαστεί στο εμπόριο, τόσο για αρχιτέκτονες και ερευνητές, όσο και στο ευρύ κοινό μέσα στα επόμενα χρόνια. Το πείραμα αποτελεί ίσως έναν προπομπό του «τι μέλλει γενέσθαι», σε επίπεδο ψηφιακού σχεδιασμού και υλοποίησης διαδικασιών και μεθόδων που θα θεωρούνται ίσως δεδομένες και προσιτές σε μερικά χρόνια.

Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούν την ίδια γεωμετρία απο μονάδες, αλλά έχουν διαφορετικά αποτελέσματα υλικότητας. Η πρώτη μέθοδος θα μπορούσε δυνητικά να χρησιμοποιηθεί ως βάση για πιο περίπλοκα πρωτότυπα που ενσωματώνουν επιπλέον στρώματα υλικού και ελέγχουν σε πραγματικό χρόνο έλεγχο την διαφάνεια των μονάδων. Για παράδειγμα, περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να εστιάσει σε διαφορετικούς τρόπους μηχανικού ή ηλεκτρονικού πλέον ελέγχου της διαφάνειας των μονάδων σε πραγματικό χρόνο. Μία από τις επιλογές θα ήταν να σχεδιαστούν παραμετρικά μικροσωληνίσκοι που συνδέουν τις μονάδες (όπως ακριβώς στην επιδερμίδα των Κεφαλόποδων που επιτρέπουν την κυκλοφορία μελανοφόρων κυττάρων)²⁷². Σε ένα τέτοιο σενάριο, ακολουθώντας την πρώτη μέθοδο (με ένα μόνο υλικό), θα επέτρεπε να έχουμε αρχιτεκτονικές επιφάνειες που έχουν την δυνατότητα να αλλάζουν απο διαφανείς σε επιφάνειες με κάποιο μοτίβο χρησιμοποιώντας υγρά όπως το Ferrofluid²⁷³ και ηλεκτρομαγνήτες. Μια άλλη προσέγγιση που θα μπορούσε να δοκιμαστεί στο μέλλον θα ήταν μέσω της προσθήκης ενός τρίτου στρώματος μικρο-

²⁷² Parker, G., *Animal Colour changes and their neurohumours*. Cambridge University Press, 1948.

²⁷³ Voit, K., Zapka, W. et al., *Magnetic behavior of coated superparamagnetic iron oxide nanoparticles in ferrofluids*, *MRS Proceedings*, 676,2001

κυκλωμάτων, όπου οι μονάδες είναι ταινίες e-foil²⁷⁴, προκειμένου να ελεγχθεί η διαφάνεια σε πραγματικό χρόνο. Η επιφάνεια υποδοχής θα ήταν και πάλι ένα ενιαίο διαφανές υλικό όπως το πλαστικό PLA (εικόνα 6). Ένα παράδειγμα εφαρμογής αυτής της προσέγγισης θα ήταν αρχιτεκτονικές επιφάνειες ή επιφάνειες προβολής με εναλλασσόμενα μοτίβα ή κείμενα, τόσο σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, σε διαφορετικές κλίμακες, από διαχωριστικά πετάσματα, μέχρι επιφάνειες ανακοινώσεων. Τα πρωτότυπα που κατασκευάστηκαν δείχνουν πως αυτή η προσέγγιση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή αντικειμένων καθημερινής χρήσης μικρής κλίμακας, όπως κοσμήματα. Τα e-foils είναι μικροταινίες που επιτρέπουν την ενσωμάτωση μικροκυκλωμάτων για την αλλαγή της διαφάνειάς τους. Το γραφείο Studio Roosegaarde έχει πειραματιστεί με «ενδύματα» που ενσωματώνουν e-foils²⁷⁵.

Η δεύτερη μέθοδος θα μπορούσε να θεωρηθεί κατάλληλη για το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός τελικού προϊόντος με μια συγκεκριμένη (αναλλοίωτη σε πραγματικό χρόνο) διαβαθμισμένη διαφάνεια επιφανειών με οποιαδήποτε γεωμετρία. Η διαδικασία και μέθοδοι που παρουσιάστηκαν προτείνουν μια νέα προσέγγιση ένα «προγραμματιζόμενο» υλικό με ελεγχόμενη διαβαθμισμένη διαφάνεια μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να οδηγήσουν σε ακριβή και ελεγχόμενα αποτελέσματα χωρίς ανθρώπινη εργασία, μια διαδικασία η οποία δεν μπορεί να επιτευχθεί με τις υπάρχουσες διαδικασίες χύτευσης και μορφοποίησης. Επιπλέον, το προτεινόμενο μοντέλο και μέθοδοι παρέχουν τη δυνατότητα ενίσχυσης του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, έχοντας τον πλήρη έλεγχο της διαφάνειας και της σύνθεσης των υλικών, μέσα από την πλήρη παραμετροποίηση των διαδικασιών σχεδιασμού και υλοποίησης.

²⁷⁴t, E. R.; Orth, M.; Russo, P. R.; Gershenfeld, N., E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing". IBM Systems Journal. 39 (3.4): 840–860, 2000

²⁷⁵www.studio Roosegaarde.net/uploads/files/2012/04/12/107/Factsheet%20INTIMACY%202.0-%20Studio%20Roosegaarde.pdf [29-9-2016].



B8. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 3

Μετά την θεωρητική προσέγγιση και την συζήτηση σχετικά με την “συμπεριφορά”, τις αναδυόμενες ιδιότητες και την αυτοοργάνωση σε ένα αρχιτεκτονικό σύστημα, ακολούθησε μια διερεύνηση μέσα από τα παραπάνω σχεδιαστικά πειράματα της οικογένειας πειραμάτων 3. Αυτή η οικογένεια πειραμάτων που παρουσιάστηκε είναι μια έρευνα πεδίου (field work) σχετικά με τις διαφορετικές ιδιότητες (και συγκεκριμένα τις «εντατικές» (intensive) ιδιότητες όπως η διαφάνεια) που μπορεί να εμφανίσει ένα αρχιτεκτονικό σύστημα, καθώς και τους πιθανούς τρόπους «μετάφρασης» αυτών των απαιτούμενων ιδιοτήτων σε κανόνες σύνθεσης ενός παραμετρικού μοντέλου. Η «συμπεριφορά» που εμφάνισαν και τα τρία αρχιτεκτονικά συστήματα ήταν σε ψηφιακό επίπεδο (ένα ψηφιακό σύστημα), ενώ το τελευταίο πείραμα ασχολήθηκε με την δημιουργία ενός νέου συνθετικού υλικού. Η συμπεριφορά είναι συνδεδεμένη με την αυτοοργάνωση των επιμέρους μονάδων, μια και αυτές οργανώνονται «αυτόματα» στον χώρο με βάση τους κανόνες / παραμέτρους που ορίστηκαν στο παραμετρικό μοντέλο.

Όπως και στις προηγούμενες οικογένειες πειραμάτων, ακολουθήθηκε μια κυκλική συνθετική διαδικασία, όπως συζητήθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, όπου το ψηφιακό μοντέλο αναπληροφόρηθηκε πλέον αυτόματα από το παραμετρικό λογισμικό με βάση τις αλλαγές που επιλέχθηκαν (με αποτέλεσμα να αλλάζει και το τελικό ψηφιακό μοντέλο). Όπως και στις άλλες οικογένειες πειραμάτων, οι αλλαγές αφορούσαν στην γεωμετρία των μονάδων ή τον τρόπο αλληλεπίδρασης μεταξύ τους αλλά και με το περιβάλλον, όπως στο δεύτερο πείραμα όπου το αρχιτεκτονικό σύστημα-στέγαστρο άλλαζε την γεωμετρία των μονάδων του παραμετρικού μοντέλου με βάση την θέση του ήλιου. Το πεδίο των συνθετικών δυνατοτήτων εμφανίζεται μέσα από τις πολλαπλές παραλλαγές που υπολογίζει πλέον «αυτόματα» το παραμετρικό λογισμικό και τα άλματα που επιτρέπει στην σχεδιαστική / συνθετική διαδικασία.

Γ. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Με την ολοκλήρωση των σύνθετων πειραμάτων της οικογένειας 3 (αμιγώς ψηφιακά παραμετρικά) είναι ίσως πλέον κατανοητή η προσπάθεια δόμησης ενός γενικού και ανοιχτού θεωρητικού και συνθετικού πλαισίου, μέσα από την μετάβαση από τις πιο γενικές έννοιες (και πιο απλές διαδικασίες που παρουσιάστηκαν στις οικογένειες πειραμάτων 1 και 2) στις πλέον ειδικές και σύνθετες (της οικογένειας πειραμάτων 3), τόσο σε επίπεδο επινοημάτων και ιδεών σε σχέση με τη θεωρία, όσο και σε επίπεδο ικανοτήτων χειρισμού υπολογιστικών διαδικασιών (procedural literacy). Τα συμπεράσματα από τα πειράματα αφορούν στην αρχιτεκτονική συνθετική διαδικασία (με αναφορά και στην διδασκαλία) και την σχέση της με την κατασκευή (μέσω της πρωτότυπης κατασκευής), σε αναφορά με τις έννοιες και επινοήματα που αναπτύχθηκαν στην θεωρητική προσέγγιση κάθε οικογένειας πειραμάτων.

Ο γενεσιουργός / παραμετρικός σχεδιασμός και η συνθετική διαδικασία

Θα πρέπει να αναγνωρίσουμε ότι ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός έχουν αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο συνθέτουμε, όχι μόνο σε επίπεδο αναπαράστασης αλλά και με την εισαγωγή νέων εννοιών και διαδικασιών, όπου νέα σχεδιαστικά εργαλεία και προγράμματα κυριαρχούν.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί, πως τα κοινά στοιχεία του τρόπου σύνθεσης όλων των οικογενειών πειραμάτων με την χρήση μετασχηματισμών αντλούν έμπνευση από την θεωρία αρχιτεκτόνων όπως ο Lynn (1998), αλλά και από τα πεδία που επηρέασαν και επηρεάζουν την ψηφιακή αρχιτεκτονική σκέψη και παραγωγή, όπως αυτά της φιλοσοφίας του Deleuze (1984), της βιολογικής θεωρίας του Thompson (1917) της κυβερνητικής θεωρίας του Pask (1961) και του Kelly (1994) μεταξύ άλλων. Σύμφωνα με τον Kelly (1994), η κυβερνητική θεωρία δανείζεται έννοιες από τη βιολογία όπως η έννοια του οικοσυστήματος για να αναπτύξει την θεωρία και λογική σχεδιασμού ενός ψηφιακού συστήματος. Οι τρόποι με τους οποίους αυτές οι προσεγγίσεις επηρέασαν τα πειράματα και τα συμπεράσματα της διατριβής εξηγούνται παρακάτω.

Το πρώτο πλέον γενικό συμπέρασμα, συνολικά για όλες τις οικογένειες πειραμάτων, σχετίζεται με μια κυβερνητική προσέγγιση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Δηλαδή, το ενδιαφέρον μετατίθεται από τον σχεδιασμό ενός αντικειμένου, στον σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού συστήματος. Το αρχιτεκτονικό σύστημα σε κάθε πείραμα αποτελείται από επιμέρους μέρη. Ιδιαίτερη σημασία αποκτούν τα μέρη ενός αρχιτεκτονικού συστήματος και ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον. Ο αρχιτέκτονας έρχεται να ορίσει τους κανόνες / τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν. Για παράδειγμα, στην οικογένεια 1 και στο πείραμα με τίτλο «Από το άμορφο στο δομικό», κάθε άμορφη γεωμετρία μπορεί να μετασχηματιστεί και να μεταμορφωθεί / αναλυθεί σε πολλαπλές επίπεδες επιφάνειες. Η συνθετική διαδικασία του πειράματος εστιάζει στη σχέση της άμορφης γεωμετρίας με διαφορετικές δομικές εκφάνσεις της. Το σύστημα άμορφο-δομικό επηρεάζεται και από το περιβάλλον, μια και έπρεπε να μπορεί λειτουργήσει ως κάθισμα στο αίθριο της σχολής αρχιτεκτόνων ΕΜΠ. Στην οικογένεια πειραμάτων 2 και στο πείραμα με τίτλο «Σπογγώδης επιδερμίδα», η σχεδιαστική διαδικασία εστίασε στην σύνθεση ενός συστήματος από πέντε διαφορετικές μονάδες για την δημιουργία μίας ημιδιαπερατής πρόσοψης κτηρίου. Στην οικογένεια πειραμάτων 3 και στο πείραμα της «Παραμετρικό στέγαστρο» το σύστημα αποτελείται από πολλαπλά μέρη-πανέλα του στεγάστρου, τα οποία προσαρμόζονται / μετασχηματίζονται και σε σχέση με το περιβάλλον και συγκεκριμένα τον ήλιο.

Το δεύτερο συμπέρασμα όλων των οικογενειών πειραμάτων επιβεβαιώνει την διαδικασία των μετασχηματισμών (ψηφιακών μοντέλων) ως τη βάση του γενεσιουργού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, καθώς και την σημασία χαρτογράφησης της διαδικασίας των μετασχηματισμών. Η εξελικτική βιολογική θεωρία του Thompson (1917) και η αρχιτεκτονική θεωρία και πρακτική του Lynn (1998) που συζητήθηκαν μεταξύ άλλων, είναι η βάση του γενεσιουργού σχεδιασμού και των μετασχηματισμών. Ακόμα, η βασική αρχή της κυβερνητικής και θεωρίας συστημάτων σύμφωνα με τον Alexander (1968) (μεταξύ άλλων), η κυκλική διαδικασία σύνθεσης και αναπληροφόρησης μέσα από την χαρτογράφησης της, εφαρμόστηκε σε όλα τα πειράματα. Αυτό επιτεύχθηκε, είτε με σκίτσα και διαγράμματα στην οικογένεια πειραμάτων 1 (για τον αναλογικό / χειρονακτικό

μετασχηματισμό μακέτας ή ψηφιακού μοντέλου), είτε με το οπτικό παραμετρικό λογισμικό (visual parametric) Grasshopper στα πειράματα της οικογένειας πειραμάτων 3, (για τον «αυτόματο» μετασχηματισμό ψηφιακού μοντέλου). Η οικογένεια πειραμάτων 2 βρίσκεται ανάμεσα στον πρωταρχικό (αναλογικό/χειρονακτικό) μετασχηματισμό της οικογένειας 1 και τον πλέον σύνθετο ψηφιακό παραμετρικό μετασχηματισμό της οικογένειας 3. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί την χειρονακτική / αναλογική λογική για τον μετασχηματισμό ενός ψηφιακού μη παραμετρικού μοντέλου, με αποτύπωση του κάθε βήματος μετασχηματισμού των μονάδων και των πιθανών τρόπων συνδυασμού τους. Ο όρος αναλογική/χειρονακτική λογική περιγράφει την τεχνική όπου ο σχεδιαστής κάνει τους μετασχηματισμούς ο ίδιος, ξανασχεδιάζοντας τις γεωμετρίες που μετασχηματίζει, σε ένα ψηφιακό πρόγραμμα το οποίο δεν είναι παραμετρικό. (Αντίθετα, ένα παραμετρικό πρόγραμμα κάνει «αυτόματα» τους μετασχηματισμούς κάθε φορά που ο σχεδιαστής αλλάζει μια από τις παραμέτρους που έχει θέσει). Αυτή η χαρτογράφηση έδωσε την δυνατότητα επιστροφής σε προηγούμενα βήματα της διαδικασίας σχεδιασμού και της αναλογικής / χειροκίνητης αλλαγής / αναπληροφόρησης του ψηφιακού μοντέλου.

Το τρίτο συμπέρασμα όλων των πειραμάτων σχετίζεται με την ανάδυση νέων ιδιοτήτων. Η βασική συνθετική αρχή του παραμετρικού σχεδιασμού, κατά την οποία τα μέρη ενός αρχιτεκτονικού συνόλου αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και κάθε επιμέρους αλλαγή επηρεάζει το σύνολο, έχει τελικά ένα σημαντικό αποτέλεσμα: την ανάδυση νέων ιδιοτήτων του αρχιτεκτονικού συστήματος. Πέρα από τα αμιγώς ψηφιακά παραμετρικά πειράματα της οικογένειας πειραμάτων 3, όπου η ανάδυση είναι αρκετά ευδιάκριτη (μια και κάθε αλλαγή σε μια από τις παραμέτρους του ψηφιακού μοντέλου, δημιουργεί «αυτόματα» αλλαγές- ως «άλματα»- στο συνολικό αποτέλεσμα), η έννοια της ανάδυσης παρατηρείται και στις οικογένειες 1 και 2. Για παράδειγμα στην οικογένεια 2, κάθε αλλαγή στην γεωμετρία και διάταξη των επιμέρους μονάδων αλλάζει αντίστοιχα και το συνολικό αποτέλεσμα, δημιουργώντας διαφορετικές διαπερατότητες στην πρόσοψη του κτηρίου. Το τελικό αποτέλεσμα εμφανίζει (η μη) διαφορετικές εκτατικές ιδιότητες όπως η στατικότητα, ή εντατικές όπως η διαπερατότητα.

Όπως αναφέρθηκε, η αντίληψή μας για τον τρόπο που συνθέτουμε αλλάζει, με αποτέλεσμα να αλλάζει και ο τρόπος διδασκαλίας της αρχιτεκτονικής σύνθεσης. Ο τρόπος που μπορεί να προσεγγίσει κανείς την συνθετική διαδικασία είναι σημαντικά διαφορετικός από τον αναλογικό/ χειρονακτικό τρόπο σύνθεσης. Γιαυτό εφαρμόστηκε μια διδακτική μέθοδος, η οποία εισάγει σπουδαστές του πρώτου έτους αρχιτεκτονικής σχολής²⁷⁶ στην σκέψη και λογική των εργαλείων αυτών, πρώτα χειρονακτικά με χρήση μακέτας και μετά με την χρήση απλών ψηφιακών προγραμμάτων μέσω διαγραμμάτων. Μια περισσότερο σύνθετη εκδοχή που βασίστηκε στην χρήση ενός απλού, μη παραμετρικού λογισμικού όπως το Rhinoceros, εφαρμόστηκε και στην διδασκαλία τελειόφοιτων σπουδαστών το 2009 στην Ελλάδα όπου το πείραμα 2 : «Από το άμορφο στο δομικό» εφαρμόστηκε στα ειδικά θέματα συνθέσεων 9 στην αρχιτεκτονική σχολή του ΕΜΠ.

Η οικογένεια 3 ξεκινά με ένα πείραμα που διεξάχθηκε στα πλαίσια ενός εκπαιδευτικού workshop, το οποίο απευθυνόταν σε οποιονδήποτε, αρχιτέκτονα ή σπουδαστή και έγινε εκτός κάποιου εκπαιδευτικού ιδρύματος. Οι δώδεκα σπουδαστές που συμμετείχαν στην ομάδα του πειράματος ήταν τελειόφοιτοι ή σπουδαστές τρίτου και τέταρτου έτους διαφορετικών αρχιτεκτονικών σχολών, από την Ελλάδα και την Ιταλία, οι οποίοι δεν είχαν γνώση παραμετρικών προγραμμάτων. (πείραμα 1: «Παραμετρικό Στέγαστρο»- Workshop στα πλαίσια του ECOWEEK 2012, Αθήνα²⁷⁷). Τα υπόλοιπα πειράματα της διατριβής έγιναν στα πλαίσια έρευνας δεν ήταν μέρος κάποιας εκπαιδευτικής διαδικασίας²⁷⁸.

²⁷⁶ Σπουδαστές του πρώτου έτους της αρχιτεκτονικής σχολής του πανεπιστημίου Huddersfield στην Αγγλία, 2016.

²⁷⁷ Το workshop ECOWEEK, μια ιδιωτική πρωτοβουλία του αρχιτέκτονα Ηλία Μεσσίνα και διεξάγεται κάθε χρόνο σε διαφορετικές χώρες.

²⁷⁸ Η οικογένεια 2 έγινε στα πλαίσια ακαδημαϊκής έρευνας, ξεκίνησε κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών στο UCLA το 2004 και εξελίχθηκε μέσω αυτής της διατριβής. Τα υπόλοιπα πειράματα της οικογένειας 3, αυτό της φολιδωτής επιδερμίδας και της βαθμιδωτής διαφάνειας σε νέα υλικά, έγιναν στα πλαίσια έρευνας της διδακτορικής διατριβής.

Πρέπει να τονίσουμε πως υπάρχουν διαφορές μεταξύ των πειραμάτων, που αφορούν την διδακτική της αρχιτεκτονικής σύνθεσης, οι οποίες κυρίως σχετίζονται με την απαιτούμενη ικανότητα χειρισμού (procedural literacy) των ψηφιακών μέσων και το έτος των σπουδών. Το επίπεδο συνθετότητας όλων των πειραμάτων αυξάνει σε πιο προχωρημένα έτη, όπου οι σπουδαστές έχουν συνήθως μεγαλύτερη ικανότητα χειρισμού των ψηφιακών εργαλείων. Όση περισσότερη ικανότητα αποκτούν, τόσο πιο σύνθετη μπορεί να γίνεται η διαδικασί αρχιτεκτονικού σχεδιασμού μέσω της χρήσης ψηφιακών μέσων, περνώντας από τον αναλογικό τρόπο χειρισμού/σχεδιασμού, στον παραμετρικό.

Το κεφάλαιο των πειραμάτων της διατριβής αναφέρεται (μεταξύ άλλων) και στο πώς μπορούσε πιθανά να διδαχθεί ο γενεσιουργός / παραμετρικός τρόπος σκέψης και σύνθεσης, μια προσέγγιση που αλλάζει τις υφιστάμενες πρακτικές εκπαίδευσης και έρευνας.

Ο γενεσιουργός / παραμετρικός σχεδιασμός και η κατασκευή πρωτοτύπων

Είναι καθολικά αναγνωρίσιμη η επανάσταση που έφεραν οι νέες τεχνολογίες στην κατασκευή. Το τέταρτο συμπέρασμα όλων των πειραμάτων εστιάζει σε μερικές από τις δυνατότητες πρωτότυπης κατασκευής ως μέρος της συνθετικής διαδικασίας, σε συνδυασμό με τον συνυπολογισμό των περιορισμών της. Αυτή η προσέγγιση σε σχέση με την κατασκευή ακολουθεί την βαθμιδωτή εμβάθυνση που επιχειρήθηκε σε κάθε οικογένεια πειραμάτων, από την αναλογική/ χειρονακτική ψηφιακή, στην παραμετρική.

Για παράδειγμα, στην οικογένεια πειραμάτων 1, ο συσχετισμός συνθετικής διαδικασίας και κατασκευής είναι σχετικά απλός, χωρίς την χρήση παραμετρικών λογισμικών. Πιο συγκεκριμένα, το δεύτερο πείραμα της οικογένειας 2 με τίτλο «Από το άμορφο στο δομικό» (From blob to waffle) που παρουσιάστηκε στο συνέδριο eCAADe το 2012 και εστιάζει στην κατασκευαστική μέθοδο της «βάφλας» (η οποία είναι πλέον μια απλή μέθοδος που έχει παγιωθεί). Αυτό το πείραμα έδειξε πως ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός μπορούν να συνεισφέρουν στην τυποποίηση της κατασκευής ακόμα και σε λιγότερο σύνθετα έργα, όπως ένα έπιπλο. Η διαδικασία που προτάθηκε

επιτρέπει την κατάμιση του ψηφιακού μοντέλου σε επιμέρους επίπεδα στοιχεία, τα οποία στην συνέχεια μπορούν να κοπούν χειροκίνητα ή με κοπή με λέιζερ ή τριαξονική φρέζα (CNC milling). Το γεγονός πως αρκετά απλά ψηφιακά λογισμικά όπως το 123DMake (που ενώ ο χρήστης αλλάζει παραμέτρους σε ένα ψηφιακό μοντέλο, δεν απαιτούν γνώσεις παραμετρικού σχεδιασμού) εμφανίστηκαν μερικά χρόνια μετά την δημοσίευση του δεύτερου αυτού πειράματος στο συνέδριο eCAADe, επιβεβαιώνει αυτό το συμπέρασμα.

Στην οικογένεια 2 και στο πείραμα της «Σπογγώδους επιδερμίδας», η υλικότητα και ο τρόπος κατασκευής του τελικού αντικειμένου όρισε τα πάχη και τις διαστάσεις των επιμέρους μερών στο ψηφιακό μοντέλο στη μέση της συνθετικής διαδικασίας. Αντίθετα, στο τελευταίο πείραμα της οικογένειας 3, με τίτλο «Βαθμιδωτή διαφάνεια», η κατασκευαστική δυνατότητα υλοποίησης (από τρισδιάστατη εκτύπωση με πλαστικό) αποτέλεσε πλήρες μέρος της συνθετικής σκέψης από την αρχή του πειράματος. Η επιτυχία στην υλοποίηση του τελευταίου πειράματος δείχνει πως η υλικότητα μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα ψηφιακό / παραμετρικό μοντέλο, ειδικά για μικρής κλίμακας έργα, ως μέρος της συνθετικής διαδικασίας ενός αρχιτεκτονικού συστήματος.

Τα πειράματα της οικογένειας 3 συνηγορούν στο τελικό συμπέρασμα της σχέσης γενεσιουργού / παραμετρικού σχεδιασμού και πρωτότυπης κατασκευής: Έννοιες όπως η «συμπεριφορά» ενός αρχιτεκτονικού συστήματος, μέσα από τις αναδυόμενες ιδιότητες και την αυτοοργάνωση που συζητήθηκαν σύμφωνα με τον Weinstock (2004) και τον Menghes (2004) μεταξύ άλλων, μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ψηφιακό παραμετρικό μοντέλο. Στα πειράματα της οικογένειας 3, ιδιότητες όπως λ.χ. η διαφάνεια (και η τελική μορφή), όπως στο πείραμα της «Βαθμιδωτής διαφάνειας»²⁷⁹ μπορούν να αναδυθούν μέσα από την αυτοοργάνωση των επιμέρους μερών. Ο αρχιτέκτονας ορίζει ψηφιακά την ανάδυση των ιδιοτήτων με την βοήθεια παραμετρικών λογισμικών, όπως το Grasshopper. Το ίδιο το λογισμικό επιτρέπει την άμεση εξαγωγή ψηφιακών αρχείων των επιμέρους μερών σε μηχανήματα όπως ο τρισδιάστατος εκτυπωτής για την πρωτότυπη κατασκευή τους.

²⁷⁹Όπως συζητήθηκε, το πείραμα συμπερηλήφθηκε στο διεθνές journal του MIT 3D Printing and Additive Manufacturing το Μάιο του 2015.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βασική προσέγγιση στην οποία εστιάζει η διδακτορική διατριβή είναι πως ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός (μικρότερης ή μεγαλύτερης κλίμακας) μπορεί να ιδωθεί ως τρόπος σύνθεσης κανόνων / μηχανισμών αλληλεπίδρασης μονάδων / στοιχείων αντί μιας γραμμικής / στατικής / μοναδικής σύνθεσης των στοιχείων αυτών. Προτείνεται ένα ανοιχτό θεωρητικό και συνθετικό πλαίσιο μέσα από την κριτική εξέταση και συζήτηση των υφιστάμενων θεωρήσεων και πρακτικών της ψηφιακής αρχιτεκτονικής, σε μια προσπάθεια συνεισφοράς στο συγκεκριμένο πεδίο. Το πλαίσιο αυτό είναι ταυτόχρονα και σημείο έναρξης / κατεύθυνσης για επιπλέον αναζητήσεις και ερωτήματα, σε επίπεδο θεωρίας και πρακτικής στο πεδίο, μέσα από τον πειραματισμό με τον υπολογιστικό (computational) τρόπο σκέψης και πρακτικής. Τα συμπεράσματα της διατριβής μεταβαίνουν από το γενικό (την κυβερνητική και τον σχεδιασμό ενός συστήματος) στο ειδικό (τους κανόνες σχεδιασμού ενός συστήματος και τις αναδυόμενες ιδιότητές του). Ταυτόχρονα χωρίζονται σε δύο μέρη, όπου (α) εξετάζονται οι επιπτώσεις της υπολογιστικής (γενεσιουργής και παραμετρικής) προσέγγισης και ψηφιακών εργαλείων στην σχεδιαστική διαδικασία και (β) εξετάζονται οι επιπτώσεις στην κατασκευή πρωτοτύπων. Στα συμπεράσματα της διατριβής συζητούνται οι πιθανοί τρόποι με τους οποίους η γενεσιουργή και παραμετρική θεωρία και πρακτική δημιουργούν ένα ανοιχτό πλαίσιο αλλαγής των υφιστάμενων πρακτικών που αφορούν στην σχεδιαστική διαδικασία στην αρχιτεκτονική.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΤΙΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

Ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός εκτείνονται πλέον σε ένα ευρύ φάσμα της αρχιτεκτονικής θεωρίας και πρακτικής. Πριν προχωρήσουμε σε μια λεπτομερή διατύπωση των συμπερασμάτων της διατριβής, η παρούσα έρευνα θα συνοψίσει τις βάσεις της ψηφιακής αρχιτεκτονικής θεωρίας, τις οποίες μελετά.

**Ο γενεσιουργός και παραμετρικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός: από το
αντικείμενο στο «πεδίο δυνατοτήτων»²⁸⁰**

Στο ευρύτερο πεδίο ενδιαφέροντος της διατριβής, τόσο σε θεωρία, όσο και σε πρακτική, ο γενεσιουργός και ο παραμετρικός σχεδιασμός δεν μπορούν να ιδωθούν χωρίς να συσχετιστούν με την εξέλιξη της αρχιτεκτονικής θεωρίας γενικότερα.

Η σημασιολογική μεταβολή στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό εμπνέεται από τη φύση και την οργάνωση οικοσυστημάτων και βιολογικών οργανισμών μεταξύ άλλων.

Παρατηρείται μια μετάβαση σε σχέση με την πηγή έμπνευσης της αρχιτεκτονικής θεωρίας, από το αντικείμενο (τη μηχανή του Le Corbusier (1923), στη φύση του Kelly (1994). Η φύση ωστόσο δεν αποτελεί έμπνευση σε επίπεδο μορφολογίας, αλλά σε επίπεδο οργάνωσης και αλληλεπίδρασης παραμέτρων που μιμούνται τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται, αλληλοεπιδρούν και εξελίσσονται οικοσυστήματα και βιολογικοί οργανισμοί που αποτελούνται από πολλαπλές μονάδες.

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να εστιάσουμε στον τρόπο που εξετάστηκε στα πλαίσια της διατριβής, αυτό το «πεδίο δυνατοτήτων» που δημιουργείται μέσα από βιολογικά (ή στην περίπτωση της αρχιτεκτονικής, ψηφιακά συστήματα) , με βάση την θεωρία του Delanda (2007) σχετικά με τον γενεσιουργό / παραμετρικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

Με βάση την ανάλυση της φιλοσοφίας του Deleuze(1987,1988) από τον Delanda (2007), η γενεσιουργή / παραμετρική αρχιτεκτονική προσέγγιση εκφράζει τρεις μορφές φιλοσοφικής σκέψης: την πληθυσμιακή (populational), την intensive (εντατική) και την τοπολογική σκέψη (topological thinking). Η πληθυσμιακή σκέψη σχετίζεται με την βιολογική θεωρία του D'Arcy Thompson(1917). Ο Thompson (1917) εστίασε την θεωρία του στην εμφάνιση και εξέλιξη νέων μορφών, μέσα από την αλληλεπίδραση μονάδων. Η εντατική σκέψη σχετίζεται με τις εντατικές ιδιότητες, έννοια που δανείστηκε από την θερμοδυναμική. Οι εντατικές ιδιότητες δεν μπορούν να διαχωριστούν (λχ, η θερμοκρασία

²⁸⁰Όπως παρουσιάζεται στο Delanda, M.: Philosophy and Simulation. The emergence of synthetic reason." (2011), Continuum international publishing, NY

και η πίεση). Στην αρχιτεκτονική, αντίστοιχες ιδιότητες που δεν μπορούν να χωριστούν είναι λχ. η διαφάνεια και η διαπερατότητα. Σύμφωνα με τον Delanda (2007), η τοπολογική σκέψη σχετίζεται με το διάγραμμα ως ένα αφηρημένο φορέα πληροφορίας. Η αρχή αυτή περιλαμβάνει την δημιουργικότητα και την αισθητική, έννοιες που οι άλλες δύο αρχές δεν περιλαμβάνουν. Το διάγραμμα είναι μια έννοια που εξέλιξαν και αρχιτέκτονες όπως ο Lynch (1998) και ο Eisenman (1999) μεταξύ άλλων.

Μέσα από την κριτική εξέταση της υφιστάμενης αυτής θεωρίας, η διατριβή βοηθά να κατανοήσει κανείς την πορεία του ψηφιακού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού από την δεκαετία του '90, στον ακόμα εξελισσόμενο γενεσιουργό και παραμετρικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του σήμερα.

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Με βάση τα παραπάνω, αξίζει να εστιάσουμε συγκεκριμένα σε κάποιους τρόπους με τους οποίους η γενεσιουργή και παραμετρική θεωρία και πρακτική έχουν επηρεάσει (και συνεχίζουν να επηρεάζουν) την αρχιτεκτονική σχεδιαστική διαδικασία, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή του τρέχοντος κεφαλαίου.

Ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός και οι αντίστοιχες τεχνολογίες (λογισμικά και CAM) ως αρωγοί της σχεδιαστικής διαδικασίας:

Μια κυβερνητική προσέγγιση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό

Η κυβερνητική είναι ένα από τα βασικά πεδία εκτός αρχιτεκτονικής, που επηρέασαν την θεωρία και πρακτική του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού, με την παράλληλη δημιουργία νέων ψηφιακών εργαλείων και λογισμικών. Αποτέλεσμα είναι πως έννοιες όπως το οικοσύστημα που δανείστηκε η κυβερνητική και ο Pask (1962) από άλλα πεδία (όπως η βιολογία- Thompon (1917), γίνονται η πηγή έμπνευσης για τον σχεδιασμό ψηφιακών συστημάτων όπου τα μέρη συνδέονται, μετασχηματίζονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η διατριβή ευθυγραμμίζεται με αυτή την προσέγγιση,

δηλαδή σχεδιάζουμε πλέον αρχιτεκτονικά συστήματα και όχι αντικείμενα. Ιδιαίτερη σημασία στον σχεδιασμό ενός αρχιτεκτονικού συστήματος έχουν τόσο τα επιμέρους μέρη του, όσο και ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον. Κάθε αλλαγή / μετασχηματισμός ενός ή περισσότερων μερών του συστήματος, επηρεάζει ολόκληρο το σύστημα.

Σύμφωνα με τον Kelly (1994), ο αρχιτέκτονας έχει τον ρόλο κυβερνήτη / καταλύτη που σχεδιάζει τα μέρη του συστήματος, αλλά και τους κανόνες αλληλεπίδρασης μεταξύ τους. Ο αρχιτέκτονας μπορεί να κατευθύνει την διαδικασία ως καταλύτης προς διαφορετικές πιθανές επιλύσεις, το εκάστοτε αποτέλεσμα δεν προδιαγράφεται από την αρχή. Τα κριτήρια επιλογής της πλέον κατάλληλης επίλυσης είναι αισθητικά (σε σχέση με τη μορφή), λειτουργικά, στατικά και σε σχέση με την υλικότητα και τους περιορισμούς κατασκευής. Σε ένα κυβερνητικό αρχιτεκτονικό σύστημα ο αρχιτέκτονας καλείται να θέσει τους κανόνες μετασχηματισμού και αλληλεπίδρασης των μερών του, να τους χαρτογραφήσει και τελικά να επιτρέψει την αναπληροφόρηση του συστήματος κάθε φορά που συμβαίνει κάποια αλλαγή στα μέρη του.

Χαρτογράφηση του ιστορικού της διαδικασίας και των κανόνων σχεδιασμού και αναπληροφόρηση του συστήματος

Η χαρτογράφηση των κανόνων μετασχηματισμού και αυτοοργάνωσης των επιμέρους μερών, γίνεται μέσω παραμετρικών λογισμικών και αλγορίθμων, με δυνατότητα επανεκκίνησης και επαναπληροφόρησης της διαδικασίας σε οποιοδήποτε σημείο / στιγμή / βήμα.

Η χαρτογράφηση είναι απαραίτητη, έτσι ώστε να μπορέσει να έχει κανείς εποπτεία της κυκλικής διαδικασίας σχεδιασμού ενός συστήματος. Η χαρτογράφηση επιτρέπει ακόμα να εστιάσει κανείς σε κομβικά σημεία / βήματα του σχεδιασμού, οποία μπορεί να επέμβει ή να επιστρέψει οποιαδήποτε στιγμή, έτσι ώστε να αναπληροφορηθεί το τελικό συνθετικό αποτέλεσμα..

Η υφιστάμενη προσέγγιση του διαγράμματος και του μετασχηματισμού που αναπτύχθηκε στην διατριβή, μετουσιώνεται πλέον σε ένα πιο σύνθετο «χάρτη» που δείχνει την συνθετική διαδικασία. Δηλαδή, οι κανόνες σχεδιασμού που ορίζει ο αρχιτέκτονας μπορούν να «αποτυπωθούν» με την μορφή παραμέτρων στον κώδικα προγραμματισμού (που λογισμικά όπως το Grasshopper εμφανίζουν με εικονίδια και επιμέρους συνδέσεις τους, σαν ένας σύνθετος χάρτης). Αυτό το οποίο διερευνά η διατριβή στο πεδίο μέσω της πρωτόλειας άσκησης (πείραμα 1: «Ελεγχόμενοι μετασχηματισμοί») με την χρήση μακέτας και διαγραμμάτων, (χωρίς την χρήση κάποιου ψηφιακού λογισμικού), είναι πως μπορεί να παρουσιαστεί σε ένα πρωταρχικό βαθμό η διαδικασία «χαρτογράφησης» των μετασχηματισμών ενός συστήματος, ακόμα και αν τα διαγράμματα σχεδιάζονται στο χέρι και όχι με την βοήθεια κάποιου προγράμματος ²⁸¹. Στην πραγματικότητα, οι μετασχηματισμοί που συμβαίνουν μέσα από τα υπολογιστικά προγράμματα είναι πολύ πιο σύνθετοι και πολυεπίπεδοι.

Η ικανότητα χειρισμού μιας υπολογιστικής διαδικασίας (procedural literacy) και ψηφιακών / παραμετρικών λογισμικών που συζητήθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, έχει αξία στον ψηφιακό υπολογιστικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό (computational design), αφού πρώτα κατανοήσει κανείς την συνθετική λογική του προγράμματος. Δηλαδή τις δυνατότητες του προγράμματος μέσω των εντολών που χρησιμοποιούμε, για την οποιαδήποτε αλλαγή στις γεωμετρικές του ψηφιακού μοντέλου.

Για παράδειγμα, στο πείραμα 1 με τίτλο «Ελεγχόμενοι μετασχηματισμοί», τα απλά ρήματα που κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν οι σπουδαστές για τους μετασχηματισμούς μακέτας στο πρώτο εξάμηνο των σπουδών τους (και παρουσιάζονται σε διαγράμματα – «χάρτες» της συνθετικής διαδικασίας) είναι οι βασικές εντολές-ρήματα που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό με ψηφιακά λογισμικά όπως το Rhinoceros. Αυτό τους έδωσε την δυνατότητα να εξοικειωθούν με την βασική ορολογία (και τελικά την

²⁸¹ Όπως συζητήθηκε, προτείνεται μέσα από αυτό το πείραμα, μια μεθοδολογία για να προηγηθεί μια εξοικείωση με την αρχιτεκτονική συνθετική σκέψη του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού, πριν την χρήση των ψηφιακών εργαλείων.

συνθετική μέθοδο) των ψηφιακών εργαλείων, πριν ακόμα έρθουν σε επαφή με υπολογιστές.

Ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός και οι αντίστοιχες τεχνολογίες (λογισμικά και CAM) και τα (μη) αναμενόμενα άλματα της σχεδιαστικής διαδικασίας

Ανάδυση επιθυμητών ιδιοτήτων μέσα από την αυτοοργάνωση / μετασχηματισμό των επιμέρους μερών / μονάδων του συστήματος.

Στην παρούσα ενότητα ακολουθείται η βαθμιδωτή προσέγγιση του προτεινόμενου ανοιχτού πλαισίου: από το γενικό (το αρχιτεκτονικό σύστημα) στο ειδικό (το τι μπορεί να παράγει το σύστημα). Ταυτόχρονα φανερώνεται η μετάβαση από τον χειρονακτικό / αναλογικό σχεδιασμό (μέσω των υφιστάμενων πρακτικών και την μακέτα) στον «εν μέρει» έλεγχο του σχεδιασμού (μέσω παραμετρικών λογισμικών). Κατά την διαδικασία αυτή που εμφανίζονται άλματα στον σχεδιασμό, ο αρχιτέκτονας μπορεί να λειτουργήσει ως «κυβερνήτης» - καταλύτης ενός παραμετρικού ψηφιακού συστήματος και να ορίζει κατευθύνσεις προς τις οποίες μπορούν να παραχθούν (και να αλλάξουν σε πραγματικό χρόνο) τα ψηφιακά μοντέλα. Σε ένα ψηφιακό παραμετρικό αρχιτεκτονικό σύστημα γίνεται ανάδυση (μη) αναμενόμενων αλμάτων στην σχεδιαστική διαδικασία για την επίτευξη συγκεκριμένων ιδιοτήτων μέσα από την αυτοοργάνωση των επιμέρους μερών του συστήματος. Τα άλματα συμβαίνουν κάθε φορά που το παραμετρικό λογισμικό υπολογίζει «αυτόματα» οποιαδήποτε αλλαγή στο αρχιτεκτονικό σύστημα και αναπληροφορεί το ψηφιακό μοντέλο, μια διαδικασία η οποία θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη και χρονοβόρα αν γινόταν αναλογική/ χειρονακτική κατασκευή μακέτας εκ νέου.

Οι ιδιότητες είναι «εντατικές» (intensive) (λ.χ. στην οικογένεια πειραμάτων 3, η διαφάνεια, η διαπερατότητα, ο σκιασμός κτλ) και εκτατικές (extensive) όπως η στατικότητα.

Διακρίνεται μια τυπολογία αναδύσεων σε διαφορετικές κλίμακες, όπως λ.χ. μέσα από την οικογένεια πειραμάτων 3 (με τη χρήση του παραμετρικού λογισμικού Grasshopper), όπου η διαδικασία γίνεται διεγέρτης αναδύσεων, με αντίστοιχα διαφορετικές εκφάνσεις στην μορφή του αρχιτεκτονικού συνόλου – συστήματος :

A. Μεγάλη κλίμακα- Ο μετασχηματισμός μονάδας και η αυτοοργάνωση μονάδων για την ανάδυση της ιδιότητας του σκιασμού , σε σχέση με την μεταβολή μιας «εξωτερικής» συνθήκης (τον ήλιο). (Συγκεκριμένα για τον σχεδιασμό πανέλων ενός στεγάστρου στο πρώτο πείραμα της οικογένειας 3).

B. Μεσαία κλίμακα – Ο μετασχηματισμός μονάδας και η αυτοοργάνωση μονάδων για την ανάδυση της ιδιότητας της προβολής (Για τον σχεδιασμό επιφανειών έκθεσης κοσμημάτων στο δεύτερο πείραμα της οικογένειας 3).

Γ. Μικρή κλίμακα - Ο μετασχηματισμός μονάδας και η αυτοοργάνωση μονάδων / μερών για την ανάδυση της ιδιότητας της διαφάνειας. (Για τον σχεδιασμό ενός νέου συνθετικού αρχιτεκτονικού υλικού στο τελευταίο πείραμα της οικογένειας 3).

Συμπερασματικά καταλήγουμε πως αυτό που αναδύεται, ανεξάρτητα από την κλίμακα επεξεργασίας του πειράματος, είναι οι μετασχηματισμοί της μονάδας και η τελική μορφή, μέσα από την αυτοοργάνωση των επιμέρους μερών, μέσω του παραμετρικού προγράμματος.

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ

Η σχέση του ψηφιακού με τον υλικό κόσμο μέσω της κατασκευής CAM

Η περίπτωση του γενεσιουργού/ παραμετρικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί ποτέ άλλοτε δεν υπήρξε τόσο ισχυρή σύνδεση μεταξύ

σχεδιασμού και κατασκευαστικής λογικής σε πολλαπλά στάδια της αρχιτεκτονικής σύνθεσης ενός έργου.

Όπως συζητήθηκε σύμφωνα με τον Kolarevic (2005), ο γενεσιουργός και παραμετρικός σχεδιασμός είναι άμεσα συνδεδεμένοι με τις μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής, όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, η κοπή με λέιζερ και η επεξεργασία με φρέζα (Computer Numeric Controlled- CNCmilling) μεταξύ άλλων.

Χωρίς ίσως αυτές τις μεθόδους θα ήταν πρακτικά αδύνατο, ή ιδιαίτερα χρονοβόρο και πολυέξοδο, να πραγματοποιήσουμε τις υλικές εκφάνσεις των ψηφιακών μοντέλων με τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής. Αυτές οι μέθοδοι είναι συχνά κομμάτι των σχεδιαστικών παραμέτρων που εμπεριέχονται στο ψηφιακό παραμετρικό μοντέλο. Ένα απλό παράδειγμα είναι ένα παραμετρικό ψηφιακό μοντέλο που περιλαμβάνει τιμές όπως το πάχος του υλικού, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του τελικού αντικειμένου, μέσω της κοπής με λέιζερ.

Άμεση σύνδεση μεταξύ σχεδιασμού και κατασκευής

Όπως συζητήθηκε παραπάνω, η χρήση των τεχνολογιών πρωτότυπης κατασκευής επιτρέπει την άμεση κατασκευή πρωτοτύπων. Η οργάνωση των αρχιτεκτονικών μερών και η αποθήκευση απεριόριστης πληροφορίας στο παραμετρικό μοντέλο που σχετίζεται με την κατασκευή – και την πρωτότυπη κατασκευή-, συνδέει τον σχεδιασμό και την κατασκευή με αντίστοιχα «άλλατα» σε χρόνο και δυνατότητες στον σχεδιασμό. Η αμεσότητα σχεδιασμού/ κατασκευής, καθιστά τη μελέτη εφαρμογής και την υλοποίησή της μια φάση στη διαδικασία σχεδιασμού (για να ακολουθήσει έλεγχος και στην συνέχεια «αυτόματος» επανασχεδιασμός του ψηφιακού μοντέλου από το παραμετρικό πρόγραμμα).

Ένα αρχιτεκτονικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει και να ορίζεται από διαφορετικές παραμέτρους. Ένα από τα πεδία έρευνας του γενεσιουργού και παραμετρικού σχεδιασμού συνδέει πλέον τον σχεδιασμό με την κατασκευή με άμεσο τρόπο, μέσα από

τις παραμέτρους που μπορεί να θέσει κανείς κατά την διάρκεια της σύνθεσης ενός αρχιτεκτονικού συστήματος. Η διατριβή προτείνει τρόπους εφαρμογής αυτής της διερεύνησης από τα πρώτα πειράματα, όπως το πείραμα «Από το άμορφο στο δομικό» (from blob to waffle) της οικογένειας 1, όπου το κατασκευαστικό σύστημα της «βάφλας» έγινε μέρος του σχεδιασμού.

Ειδικά μέσα από την οικογένεια πειραμάτων 3, φαίνεται πως αλλάζει η βιομηχανία της κατασκευής, όπου η λογική υλοποίησης εισάγεται ως μια σειρά παραμέτρων και αλληλοσυνδεόμενων στοιχείων, σε ένα αρχιτεκτονικό σύστημα. Ειδικότερα, στο πρώτο πείραμα της οικογένειας 3 με τίτλο «Παραμετρικό Στέγαστρο», ο παραμετρικός σχεδιασμός επέτρεψε το ψηφιακό σχεδιασμό του μεγάλου αριθμού από τα μέρη/πανέλα ενός στεγάστρου, τα οποία μπορούν στην συνέχεια να κατασκευαστούν μαζικά, με μεθόδους πρωτότυπης κατασκευής (CAM). Το τελευταίο πείραμα της οικογένειας 3, με τίτλο «Βαθμιδωτή Διαφάνεια» είναι ένας παράδειγμα/ προπομπός του «τι μέλλει γεννέσθαι» στον παραμετρικό σχεδιασμό αρχιτεκτονικών υλικών. Το πείραμα πέτυχε τον «προγραμματισμό» ενός νέου αρχιτεκτονικού υλικού με ελεγχόμενη διαφάνεια μέσω του παραμετρικού λογισμικού και την πρωτότυπη κατασκευή του, μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Όπως και στην περίπτωση του συστήματος της «βάφλας», ίσως στο άμεσο μέλλον υπάρξουν σε εμπορική κλίμακα εύχρηστα, απλά προγράμματα που επιτρέπουν τον σχεδιασμό και τρισδιάστατη εκτύπωση μοντέλων που αποτελούνται από υλικά με ελεγχόμενη διαφάνεια.

Αρχιτεκτονικός παραμετρικός σχεδιασμός και κατασκευή νέων συνθετικών υλικών

Το νέο αυτό πεδίο αρχιτεκτονικής έρευνας αντλεί έμπνευση από πεδία όπως η βιολογία μεταξύ άλλων, για τον σχεδιασμό υλικών μέσω του υπολογιστικού σχεδιασμού (material computation).

Αυτό που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σχετικά με την έρευνα για αυτά τα νέα «προγραμματιζόμενα υλικά» (programmable materials) όπως αποκαλούνται, είναι ότι

βρίσκεται στην τομή υπολογιστικού σχεδιασμού, ψηφιακής κατασκευής, επιστήμης υλικών και συνθετικής βιολογίας. Ένα μέρος της διατριβής επιχειρεί να είναι σε αναφορά με την έρευνα που διεξάγεται σε αυτό το νέο πεδίο, όπως αυτή του Menghes (2012)²⁸² και της Oxman (2010)²⁸³ από ερευνητικά εργαστήρια όπως το Mediated Matter Lab του MIT.

Ο Achim Menghes (2012), εξηγεί πως αυτό το πεδίο έρευνας είναι ένα από τα παραδείγματα όπου ο ψηφιακός γενεσιουργός και παραμετρικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός δεν χρησιμοποιούνται ως αναπαραστατικά μέσα, αλλά ως τρόποι απόδοσης ιδιοτήτων (performance) σε νέα αρχιτεκτονικά υλικά ή χώρους.²⁸⁴

Οι νέες τεχνολογίες κατασκευής με μηχανικά μέσα όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, επιτρέπουν πλέον σε σχεδιαστές, αρχιτέκτονες και μηχανικούς τον πειραματισμό με νέες σχεδιαστικές διαδικασίες παραγωγής, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την υλοποίηση νέων πρωτότυπων συνθετικών υλικών τα οποία ήταν τεχνικά αδύνατο να κατασκευαστούν στο παρελθόν.

ΜΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Τα παραπάνω συμπεράσματα αποτελούν στιγμιότυπα από ένα ανοιχτό θεωρητικό και πρακτικό πλαίσιο σχετικά με τον γενεσιουργό και παραμετρικό σχεδιασμό που εκτείνεται από την συνθετική διαδικασία και τη διδασκαλία της, μέχρι την άμεση σχέση της συνθετικής διαδικασίας με την πρωτότυπη κατασκευή. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην υπολογιστική συνθετική διαδικασία / λογική και τις επιδράσεις της.

Η διατριβή δεν εστιάζει στα μέσα και στο τεχνικό μέρος αυτής της προσέγγισης, αλλά στο πεδίο δυνατοτήτων που δημιουργείται μέσα από αυτήν, τόσο σε επίπεδο θεωρίας και επινοημάτων, όσο και σε επίπεδο πρακτικής. Εξάλλου, τα ίδια τα μέσα και ψηφιακά

²⁸² Menges, A., Fleischmann, M., et al. "Material behavior" in "Material Computation" AD,03/04 2012

²⁸³ Oxman, N., Material-based design computation, Massachusetts Institute of Technology, 2010

²⁸⁴ Menges, A., Fleischmann, M., et al. "Material behavior" in "Material Computation" AD,03/04 2012

προγράμματα συχνά αυτοπεριορίζουν και δεν αποτελούν υπομόχλιο για νέες ιδέες και επιλύσεις, αν δεν έχει κατανοηθεί πρώτα το συνολικό πλαίσιο σκέψης και πρακτικής στο οποίο ανήκουν. Σκοπός των συμπερασμάτων δεν είναι να ορίσουν συγκεκριμένα επόμενα βήματα, αν και αυτό θα ήταν ίσως αρκετά εύκολο, αλλά να προκαλέσουν ερωτήματα σχετικά με τις πιθανές μελλοντικές κατευθύνσεις στο πεδίο.

Οι μελλοντικές κατευθύνσεις οι οποίες προέκυψαν από την παρούσα έρευνα, εκτείνονται σχεδόν στο συνολικό εύρος του πεδίου στο οποίο αναφέρονται. Ακολουθεί η παρουσίαση πιθανών κατευθύνσεων που προκύπτουν από την έρευνα της διατριβής, αν και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η διατριβή δεν αποσκοπεί να προδιαγράψει συγκεκριμένα μονοπάτια, αλλά να προτείνει ένα ανοιχτό πλαίσιο θεωρίας και πρακτικής.

Μια ερευνητική κατεύθυνση θα μπορούσε να είναι (σε ένα πλέον τεχνικό πλαίσιο), ο παραμετρικός σχεδιασμός νέων αρχιτεκτονικών υλικών βιολογικής έμπνευσης και η πρωτότυπη κατασκευή τους. Μια τέτοια κατεύθυνση έκανε απόπειρα να ακολουθήσει το τελευταίο πείραμα της διατριβής, το οποίο θα μπορούσε να εξελιχθεί ως έρευνα μεταξύ αρχιτεκτόνων και προγραμματιστών / ηλεκτρολόγων μηχανικών για τον σχεδιασμό και πρωτότυπη κατασκευή διάφανων αρχιτεκτονικών επιφανειών των οποίων η διαφθμισμένη διαφάνεια εμφανίζεται μόνο σε ορισμένες περιοχές της επιφάνειάς τους (η μοτίβα) σε πραγματικό χρόνο.

Στο άλλο άκρο των πιθανών μελλοντικών κατευθύνσεων σε σχέση με την αρχιτεκτονική έρευνα, θα μπορούσε να είναι η περαιτέρω θεωρητική διερεύνηση της σχέσης κυβερνητικής και αρχιτεκτονικής μέσα από την σχέση τους στον υλικό ή ψηφιακό κόσμο.

Ήδη, όλοι μας έχουμε ένα ψηφιακό αποτύπωμα, μια «χαρτογράφηση» / ιστορικό των ιστοδελίδων που έχουμε επισκεφθεί, ή ένα αρχείο των διαδικτυακών μας διαλόγων στο οποίο μπορούμε να ανατρέξουμε ανα πάσα στιγμή. Το γεγονός ότι ο ψηφιακός κόσμος και η κοινωνική διασύνδεση / αλληλεπίδραση μεταξύ συχνά απομακρυσμένων ατόμων – μονάδων είναι καθημερινή, πιο σύνθετη και τελικά χρονοβόρα από την αλληλεπίδραση

στον πραγματικό κόσμο, ειδικά στις δυτικές μεγαλουπόλεις, θέτει ακόμα περισσότερα ερωτήματα σχετικά με την «αρχιτεκτονική» και το «περιβάλλον» μέσα στο οποίο βιώνουμε και επικοινωνούμε. Η κυβερνητική θεωρία και η θεωρία συστημάτων εστιάζει μεταξύ άλλων σε αυτές τις νέες δυναμικές της κοινωνίας μέσω της τεχνολογίας, ίσως αξίζει να εξελιχθεί και η αρχιτεκτονική έρευνα σε σχέση με αυτό τον χώρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adorno, T.W., The Essay as Form. Translated from German by Hullot-Kentor, B. & Willin, F., 1984, in *New German Critique*, No. 32, 151-171, 1958

Anderson C., *Makers: The New Industrial Revolution*. New York: Crown Business, 2012

Agkathidis, A., *Generative Design Methods*. Proceedings of eCAADe 2015, Vienna, 47-55

Agkathidis, A., *Biomorphic Structures: Architecture inspired by nature*, Lawrence King, London, 2017

Agkathidis, A., *Generative design*, Lawrence King, London, 2016

Agkathidis, A., *Digital Manufacturing in design and architecture*, BIS, London, 2011

Agkathidis, A., *Tree-structure canopy. A case study in design and fabrication of complex steel structures using digital tools*. *International Journal of Architectural Computing* 11(1):87-104 March 2013

Aish, R., *First build your tools in: Peters, B., Peters, T., AD: Inside Smartgeometry*, Wiley, 2013, 42-43

Allen, S., *From Object to Field*. In: Lynn, G. ed., *AD Architecture after Geometry*, Profile No. 127, John Wiley & Sons Limited, London, 1997

Allen, S., *Practice: Architecture, Technique and Representation*, Routledge, 2000

Alexander, C., *A vision of a living world*, Center for Environmental Structure publishers, 2002

Alexander, C., *Systems generating systems*, AD, December issue No7/6, Wiley and sons, 1968

Alexander, Christopher, *Notes on the Synthesis of Form*, Harvard University Press, Cambridge, 1964

Aristotle. *Historia Animalium*. IX, 622a: 2-10. About 400 BC. Cited in Borrelli L., Gherardi F., Fiorito G., *A catalogue of body patterning in Cephalopoda*. Firenze University Press

Ashby, W.R., *Introduction to Cybernetics*, Chapman and Hall, London, 1956

Bachelard, G., *The Poetics of Space*, Penguin Books, New York, (1964) 2014

Bagnara, JT; Taylor, JD; Hadley, ME. *The dermal chromatophore unit*. *J Cell Biol.* 38 (1): 67–79, 1968.

Bailey, K., *Sociology and the New Systems Theory: Toward a Theoretical Synthesis*, 1994

Ball, P., *The Self-Made Tapestry: Pattern Formation in Nature*; Oxford University Press: Oxford, 1999

Banham, R., *Theory and Design in the First Machine Age*. Praeger, 1960.

(Το βιβλίο έχει μεταφραστεί για τις εκδόσεις ΕΜΠ από τον Γιάννη Λιακατά και επιμελήθηκε από την Αναστασία Λιακατά-Πεχλιβανίδου)

Beim, A. & Thomsen, M.R., *The Role of Material Evidence in Architectural Research: Drawings, Models, Experiments*. Copenhagen: The Royal Danish Academy of Fine Arts, Schools of Architecture, Design and Conservation, 2011

Benyus, J. M., *Biomimicry*, HarperCollins e-books

Bergson, H., *Creative Evolution*, Dover Publications, 1998

Berkel, B., & Bos, C., *Move*, Architectura & Natura publishers, 2008

Berkel, B., & Bos, C., *UN Studio: Design models, architecture, urbanism, infrastructure*. Thames & Hudson, London, 2006

Bonabeau, E., Dorigo, M. & Theraulaz, G., *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*, Oxford University Press, New York, 1999

Boncheva, M., Whitesides, G. M., *Biomimetic Approaches to the design of functional, self-assembling systems*, Marcel Dekker Inc, New York, 2004

Brott, S. & Kwinter, S. (2003) *The Deleuze Spray*, New York 1977 : an Interview with Sanford Kwinter, Professor of Architectural Theory and Criticism at the Harvard Graduate School of Design, on the Architectural Reception of Gilles Deleuze in America. *Subjectivizations : Deleuze and Architecture (Masters Thesis)*,

Burry, M., *Digitally sponsored Convergence of Design Education, Research and Practice*, στο *Computer Aided Design Futures 2005: Proceedings of the 11th CAAD Futures conference*, 2005

Brady, R., *Optimization strategies gleaned from biological evolution*, *Nature* 317(6040): 804-806, 1985

Brott, Simone & Kwinter, S. (2003) *The Deleuze Spray*, New York 1977 : an Interview with Sanford Kwinter, Professor of Architectural Theory and Criticism at the Harvard Graduate School of Design, on the Architectural Reception of Gilles Deleuze in America. *Subjectivizations: Deleuze and Architecture (Masters Thesis)*

Corner, J., *The Agency of Mapping: Speculation, Critique and Invention*. In: Cosgrove, D., (ed.) *Mappings*, Reaktion Books, London, 1999

Correa D., Papadopoulou A., Guberan C., Jhaveri N., Reichert S., Menges A., Tibbits S., *3D-Printed Wood: Programming Hygroscopic Material Transformations*, *3D Printing and Additive Manufacturing*, September 2015, 2(3): 106-116, 2015

Cros, S., *The Metapolis Dictionary of Advanced Architecture. City, Technology and Society in the Information Age*, ACTAR, Barcelona, 2003.

Del Campo, M., (ed) *Evoking Through Design*, AD, Volume 86, 6, Wiley, 11/12 2016

Delanda, M., *Intensive Science and Virtual Philosophy*, Continuum, London, 2005

Delanda, M., *Philosophy and Simulation. The emergence of synthetic reason*, Continuum international publishing, 2011

Delanda, M., διάλεξη 09/2004, Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture, Columbia University

Delanda, M.: Real Virtuality, John Wiley and sons, London, 2006

DeLanda, M., A New Philosophy of Society: Assemblage Theory and Social Complexity, ed. Continuum, 2006

Deleuze, G., Guattari, F., A Thousand Plateaus. University of Minnesota Press, Minneapolis, 1987

Deleuze, G., Foucault, trans. Sean Hand, Minneapolis, 1988

Deleuze, G., The fold: Leibniz and the Baroque, Continuum, London (1993) 2003

Dierkes,U. , Hildebrandt, S., Sauvingy, F., Minimal Surfaces, Springer, Berlin, 2010

Di Mari, A., You, N., Operative Design, BIS Publishers, Amsterdam, 2013

Di Mari, A., Conditional Design, BIS Publishers, Amsterdam, 2014

Dritsas, S., Becker, M., Research and Design in Shifting from Analog to Digital. in Expanding Bodies: Art "Cities" Environment: Proceedings of the 27th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA), 56-65, Halifax

El Croquis, El Croquis 123: Toyo Ito 2001-2005 beyond modernism, El Croquis, Barcelona, 2005

Evans, R., Translations from drawing to building, The MIT Press, 1997

Duro-Royo, J., Zolotovskiy, K., Mogas-Soldevila, L., Varshhey, Oxman, N., Boyce, M. Ortiz, C., MetaMesh: A hierarchical computational model for design and fabrication of biomimetic armored surfaces. Computer-Aided Design, Volume 60, 03 2015

Economou A., Riether, G., "Design Machine Revisited" in Digital Narratives, ed. Javier Isado, Universidad de Puerto Rico Press; (in)forma Vol. 05, pp. 32-43, 2011

Eisenman, P., Diagrams Diaries, Thames & Hudson, London, 1999

Evans, R., Translations from Drawing to Building. In: Johnston, P. ed. Translations from Drawing to Building and Other Essays, MIT Press, Cambridge, 1997

Fenichel, S., Plastic: The Making of a Synthetic Century, HarperBusiness, 1996

Feyerabend, P., Against Method, Rev. Ed., Verso, New York, 1988

Flake, G.W.: The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems and Adaptation, MIT Press, 1998

Frazer, J., Parametric Computation: History and Future, AD 03/04, Wiley, London, 2016

- Frazer, J., *An Evolutionary Architecture*, AA Publications, London, 1995
- Garcia, M., (ed) *Future details of architecture*, AD, 84, 4,07-08/2014, Wiley
- Gibson I, Rosen DW, Stucker B. Chapter 2: Development of additive manufacturing technologies. In: *Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*. New York: Springer Science + Business Media, LLC, 17–40, 2010
- Furján, H., *Far From Equilibrium: Essays on Technology and Design Culture: Requiem: For the City at the End of the Millennium*, *The Journal of Architecture*, 16:2, 291-297, 2011
- Galofaro, L., *Digital Eisenman / An Office of the Electronic Era*, Birkhauser, 1999
- Glanville, R., *Try again. Fail Again. Fail better: the cybernetics in design and the design in cybernetics*. In Glanville, R. ed. *Kybernetes – The international journal of cybernetics, systems, and management sciences*, Vol.36, Number 9/10, Emerald Group Publishing, 1173-1206, 2007
- Glaeser, L., *The work of Frei Otto*, The Museum of Modern Art, New York, NY, 1972
- Goulthorpe, M., *Decoi Architects: From Autoplastic to Alloplastic*, Editions HYX, 2008
- Gramazio, F., Kohler, M., Langenberg, S., (eds.), *FABRICATE 2014: Negotiating Design & Making*, gta Verlag, Zurich, 2014
- Greenaway, P., *The Belly of an architect*, Dis Voir editions, 1998
- Hensel, M., Hight, C., Menges, A. (eds.): *Space Reader: Heterogeneous Space in Architecture*, John Wiley and Sons, 2009
- Hensel, M., Menges A. (eds.): *AD Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design*, ed., Wiley, 2008
- Hensel, M., Menges A., Weinsack, M. (eds.): *AD Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Wiley, 03/04 2006
- Hesselgren, L., Charitou, R., Dritsas, S., *The Bishopsgate Tower Case Study*, *International Journal of Architectural Computing*, 5(1): 62-81, 2007
- Igoe, T., O'Sullivan, D., *Physical Computing*, Thomson, Boston, 2004
- Jabi, W., *Parametric Design for Architecture*, Lawrence King, London, 2013
- Jackson, P., (2011) *Folding techniques for designers*, London: Lawrence King Publishers
- Jencks, C. (ed.), *New Science = New Architecture*, *Architectural Design Profile No 129*, 1997
- Jones, J.C., *Design Methods: Seeds of human future*, John Wiley and Sons, London, 1992
- Kay, A., *User interface, a personal view*, in Brenda Laurel (ed), *The Art of Human-Computer Interface design* Addison-Wesley, 1990

Keating, S., Templating Biology for Design MIT mediated matter group,
<http://cba.mit.edu/events/14.05.BB/Keating.pdf> [τελευταία επίσκεψη 29-9-2016]

Kelly, K.: Hive mind, in: Out of control, The New Biology of Machines, Social Systems and the Economic World, Perseus Books, 1994

Kempaiah R, Nie Z., From nature to synthetic systems: Shape transformation in soft materials. J Mater Chem B;2, pp.2357–2368, 2014

Klein, J., Stern, M., Kayser, M., Inamura, C., Franchin G., Dave, S., Weaver, J., Houk, P., Colombo, P., Oxman, N., Additive Manufacturing of Optically Transparent Glass, 3D Printing and Additive Manufacturing, 2 3, 92-105, 2015

Kolarevic, B., Performative architecture. Beyond Instrumentality. Spon Press, 2005

Koolhaas, R., Mau, B., S, M, L, XL, The Monacelli Press, New York, 1997

Koolhaas, R., McGetrick, B., Content, Taschen, Cologne, 2004

Koolhaas, R., Delirious New York, The Monacelli Press, New York, 1997

Kwinter, S., Far from equilibrium: Essays on technology and design culture, Actar, Barcelona, 2008

Kwinter, S., Payne, J. Συζήτηση στο From control to design, Actar, Barcelona, 2007

Lavin, S., Kissing architecture, Princeton University Press, Princeton, 2011

Le Corbusier: Towards an architecture, Dover publications, New York, 1986 (επανάδοση του Vers Une Architecture, 1923 στα αγγλικά)

Li, S.H., Zang, R.H., A biomimetic model of fibre reinforced composite materials. J. Miner. Met. Mater. Soc. 1993, March, 24–27

Libeskind, D., et al, Unfolding, Rotterdam, Nai, 1998

Lipson H, Kurman M. , Fabricated: The New World of 3D Printing. New York: John Wiley & Sons, 2013.

Lynn, G. (ed.), AD: Folding in Architecture, John Wiley & Sons, London, 1993

Lynn, G., Fold, Blobs and Bodies, La Lettre Vollee, Paris 1998

Lynn, G., Animate Form, Princeton Architectural Press, Princeton, 1999

Lynn, G. & Gage, M.F., Composites, Surfaces, and Software: High Performance Architecture. Yale School of Architecture, New Haven, 2011

Mateas M., Procedural Literacy: Educating the New Media Practitioner. On the Horizon: Special Issue on Games in Education, vol 13, number 2, 2005

Marda, N., Architectural Concept Formation. Transmission of knowledge in the design studio in relation to teaching methods, PhD thesis, Bartlett school of architecture, London, 11/1996

Martens, B., Mark, E., Cheng, N., Thresholds between analog and digital representations, Communicating Space(s), 24th eCAADe Conference Proceedings, Bourdakos, V. Charitos, D., (eds.) Volos, 372-383, 2006

McCullough, Malcolm, Digital Ground, Architecture Pervasive Computing and Environmental Knowing, MIT Press, 2004.

Meissner, I., Moller, E., Frei Otto, A life of research, construction and inspiration, DETAIL edition, Munich, 2015

Menges A., (ed), Computational Design Thinking, AD, Wiley and Sons, 2011

Menges, A., Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design. Architectural Design, 82, Issue 2, Wiley-Academy, 2012

Menges, A., (ed), Material Synthesis: Fusing the physical and the computational, AD, 85, 5, 09-10/2015

Meredith, M., From control to design, Actar, 2007

Mitchell, William J. e-topia, MIT Press, 1999.

Mitchell, W., The Logic of Architecture. MIT Press, Cambridge, 1989

Mitchell W., McCullough M., Digital Design Media, Van Nostrand Reinhold, 1991

McCullough, M., Abstracting Craft. Cambridge: MIT Press, 1998

Muller, A., A brief history of the BCL, Osterreichische Zeitschrift fur Geschichtswissenschaften 11, 2000

Negreponce, N., The Architecture Machine, Cambridge MIT Press, 1969

Negreponce, N., Being Digital, Hodder & Stoughton, London, 1995

Nixon, M., The brains and lifes of Cephalopods, OUP, Oxford, 2003

Orth, R., Russo, M., Gershenfeld, P.R., E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing". IBM Systems Journal. 39 (3.4): 840–860, 2000

Omer S. PolyJet Matrix Technology A New Direction in 3D Printing. Stratasys, Ltd., Rehovot, Israel, 2009

Oosterhuis, K., Towards a new building, NAI publishers, Rotterdam, 2011

Oxman, N., Laucks, J., Kayser, M., Gonzalez Uribe, C.D., Duro-Royo, J. , Biological Computation for Digital Design & Fabrication, Conference Proceedings eCAADe: Computation and Performance, (31:1-10), 2013

Oxman, N., Material-based design computation, PhD dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 2010

Oxman, N., Variable property rapid prototyping, Da Silva, P.J., Chua, C.K. (eds), Virtual and Physical Prototyping, Taylor & Francis, London, 3-31, 2011

Oxman, N., Rosenberg, J. L., Material-based Design Computation: An Inquiry into Digital Simulation of Physical Material Properties, International Journal of Architectural Computing (IJAC), 5(1): 26-44, 2007

Oxman, N., Get Real: Towards Performance Driven Computational Geometry, International Journal of Architectural Computing (IJAC), 4(5): 663 -684, 2007

Pallasmaa, Juhani, The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses, Wiley, New York (1996), 2005

Paredes, M. 'Digital Recipes: A diagrammatic approach to digital design, methodologies in undergraduate architecture studios', Proceedings of eCAADe 2014, Newcastle, 333-342.

Pappas, S. P., UV Curing: Science and Technology, Volume 2 Hardcover – January 1, 1985.

Parker, G., Animal Colour changes and their neurohumours. Cambridge University Press, 1948.

Parker, G., Methods of Estimating the Effects of Melanophore Changes on Animal Coloration. Biological Bulletin, 84(3), 273-284, 1943.

Pask, G., The architectural relevance of cybernetics, AD, Wiley, 7/6, 1969

Payne, A., Architecture Lacan Deleuze, in Mostafavi, M., (ed.) Harvard Design Magazine 35, 2012

Payne, A., Firefly, AD, Computation Works: The Building of Algorithmic Thought, 42-46, 2013

Pawlyn, M., Biomimicry in Architecture, London: RIBA Publishing, 2011

Peters, B., Peters, T., AD Inside Smartgeometry, John Wiley and Sons, 2013

Pickering, A., The Cybernetic Brain, The University of Chicago Press, Chicago/London, 2010

Pickering, A., New Ontologies. In Pickering, A. & Guzik, K. eds. The Mangle in Practice. Science, Society and Becoming. Durham and London: Duke University Press, 1-14, 2008

Picon, A., Digital Culture in Architecture, Birkhäuser, Basel, 2010

Qiming, W., Gossweiler, G., Craig, S. and Zhao, X., Cephalopod-inspired design of electro-mechano-chemically responsive elastomers for on-demand fluorescent patterning , Nature communications 5, 4899, 2014

Rajaa, I., Paneling Tools for Grasshopper. Rhinoceros Development team, Robert McNeel & Associates, 2013

Ramsgaard, M., Tamke, M., Digital crafting: Performative thinking for material design στο Inside Smartgeometry, AD (Architectural design), March/April 2013, Wiley, 245

Raviv, D., Zhao, W., McKnelly, C., Papadopoulou, A., Kadambi, A., Shi, B., Hirsch, S., Dikovsky, D., Zyracki, M., Olguin, C., Raskar R., Tibbits, S., Active Printed Materials for Complex Self-Evolving Deformations, Nature: Scientific Reports, 4, 7422, 2014

Reiser, J., Umemoto, N., Atlas of Novel Tectonics, Princeton Architectural Press, 2006

Riiber, J., Generative Processes in architectural design, PhD thesis, Royal Danish Academy of Fine Arts, Schools of architecture, design and conservation, 2011

Schumacher, P., Parametricism and the Autopoiesis of Architecture, διάλεξη, SCI-Arc, Los Angeles, 09/ 2010

Schumacher, P., The Autopoiesis of Architecture: Vol.2, A New Agenda for Architecture, John Wiley & Sons, Chichester, 2012

Schumacher, P., The autopoiesis of architecture Vol1, A New Framework for Architecture. Wiley and Sons, 2011

Serres, M., Schehr, L. The Parasite, University of Minnesota Press, 2007

Serres, M., Genesis, The University of Michigan Press, Ann Arbor, 1995

Sheil, B., Design Through Making, AD 75, Issue 4, Wiley-Academy, London, 2005

Somol, R., Dummy text or the Diagrammatic basis of contemporary architecture, Diagrams Diaries, Thames & Hudson, London, 1999

Spiller, N., Digital Architecture Now, Thames and Hudson, London, 2008

Spyropoulos, T., Adaptive Ecologies: Correlated systems of living, AA, London, 2008

Stan, A., From object to field, AD 127 Architecture after geometry, John Wiley and Sons, London, 2008

Stiny, G., Shape: Talking about Seeing and Doing, MIT Press, Cambridge, 2006

Stiny G, What Rule(s) Should I Use? In Nexus Network Journal 13 (2011) 15–47 Nexus Network Journal – Vol.13, No. 1, 2011, pp.15-47

Studart, A., Towards high-performance bioinspired composites. Advanced Materials 2013; volume 24(issue 37):5024–44. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co

Terzidis, K., Algorithmic Architecture, Routledge, New York, 2006

Tibbits, S., Design to self-assembly, Material Computation, (AD) 2, 03/04 2012

Tibbits, S., From Digital Materials to Self-Assembly, Proceedings of the 100th Annual ACSA Conference, Boston, 232-237, 2012

Tibbits, S., 4D printing: Multi-material shape change στο High Definition: Zero Tolerance in design and production, AD 84, 1, 01/02 2014, 116-121

Thomas, K.L., Material Matters, Architecture and material practice, Routledge, New York, 2007

Thompson, D., On Growth and Form, Cambridge University Press ,(1917), 1992

Tolles, W.M., Self-assembled materials, MRS Bull 2000, 25, 36–38

Ulmer, G., Heuristics: The Logic of Invention, John Hopkins University Press, 1994

Van Berkel, B., Bos, C., UNstudio design models, Rizzoli, New York, 2006

Van Berkel, B., Bos, C., Move, UN Studio & Goose Press, 1999

Vamvakidis, S., Innovative Architecture Strategies, BIS Publishers, Amsterdam, 2017

Vamvakidis, S., Gradient Transparency: Marine Animals As a Source of Inspiration. - Exploring Material Bio-Mimicry through the Latest 3D Printing Technology in Architectural surfaces στο Martens, B, Wurzer, G, Grasl T, Lorenz, W. and Schaffranek, R. (eds.), Real Time – Proceedings of eCAADe 33 Volume 2, Vienna University of Technology, Vienna, Austria, 325-330, 2015

Vamvakidis, S., Fabricating gradient transparency: A bio-inspired digital design model and prototyping methods, Skylar, T., (ed.), Journal of 3D Printing and Additive Manufacturing, 03 2017, 4(1): 120-128, 2017

Vamvakidis, S., The Sponge Epidermis: A study on minimal surfaces and porosity, στο Kieferle, J., Ehlres, K.,(eds.) Proceedings of eCAADe 25 proceedings: Predicting the Future, 927-934, Frankfurt

Vamvakidis, S., Légumes Urbaines: Digital Modeling Transformations + Prototype Fabrication Based on the Egg Crate Construction Method, Proceedings of eCAADe 27: Computation: The New Realm of Architectural Design, 313-322, Istanbul

Vamvakidis, S., Controlled Transformations: A method to introduce first year architecture students to digital and parametric design thinking, Proceedings of SIGraDi 2016, XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, 170-174, Buenos Aires, 2016

Vermillion, J., Physical Computing without the Computing: Small Responsive Prototypes, In: Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Design in Freedom [=Blucher Design Proceedings, v.1, n.8]. São Paulo: Blucher, 643-646, 2014

Vitruvius, The ten books on architecture, (μεταφ. Morris Hicky Morgan), Harvard University Press, 1914

- Voit, K., Zapka, W. at al. , Magnetic behavior of coated superparamagnetic iron oxide nanoparticles in ferrofluids, *MRS Proceedings*, 676, 2001
- Wang, D., Goat, L., *Architectural Research Methods*, Wiley, London, 2002
- Wang, O., Gossweiler, G., Craig, S., Zhao, X., Cephalopod-inspired design of electro-mechano-chemically responsive elastomers for on-demand fluorescent patterning. *Nature communications* 5, 4899, 2014
- Weinstock, M. (ed.), *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, AD, Wiley, 06/2004
- Whitesides, G.M., Grzybowski, B., Self-assembly at all scales. *Science* 2002, 295, 2418–2421
- Wiener, N., *Cybernetics: or the Control and Communication in the Animal and the Machine: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. 2nd ed. MIT Press, Cambridge, 1961
- Woodbury, R., *Elements of Parametric Design*, Routledge, 2010
- Zavoleas, Y., Computational thinking with analogue and digital means, N. Gu, S. Watanabe, H. Erhan, M. Hank Haeusler, W. Huang, R. Sosa (eds.), *Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture*, Proceedings of the 19th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2014, 853–862
- Zhang, S., Emerging biological materials through molecular self-assembly, *Biotechnology Advances*, Volume 20, Issues 5–6, 321–339, 12/2002
- Zolotovskiy, K., *Bio constructs; methods for bio-inspired and bio-fabricated design* [SM thesis]. Department of Architecture, MIT, 2013
- Παπαλεξόπουλος, Δ., Σταυρίδου Α., Παπαδόπουλος Δ., *Εννοιολογικός προσδιορισμός παραμετρικών ιδιοτήτων αρχιτεκτονικών κατασκευαστικών στοιχείων και δομικών υλικών*, ΠΕΒΕ ΕΜΠ, 2007
- Παπαλεξόπουλος, Δ., *Ψηφιακός Τοπικισμός*, LIBRO, 2008
- Ρουμπάνη Γ., Ταρουδάκη Κ. (επιβλέπων: Δ. Παπαλεξόπουλος): *Computational Design / Έξυπνα Υλικά, Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου στο τμήμα αρχιτεκτόνων ΕΜΠ*, 2013
- Πανέτσος, Γ. (ed.), *Αφετηρίες, εκδόσεις ΔΟΜΕΣ*, Αθήνα, 2016
- Βουλιουρή Ε., (επιβλέπων: Δ. Παπαλεξόπουλος): *Αλγοριθμικός σχεδιασμός-επαναπροσδιορίζοντας την έννοια του ελέγχου*, Διπλωματική στο διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών Αρχιτεκτονική- Σχεδιασμός Χώρου- κατεύθυνση Α: Σχεδιασμός-Χώρος-Πολιτισμός, ΕΜΠ, 10/2010
- Βαρδούλη Θ., (επιβλέπων: Δ. Παπαλεξόπουλος): *Σχεδιάζοντας [για] το Απρόβλεπτο: Απο τη Μεγαδομή στη Βιοδομή*, Διπλωματική στο διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών Αρχιτεκτονική- Σχεδιασμός Χώρου- κατεύθυνση Α: Σχεδιασμός-Χώρος-Πολιτισμός, ΕΜΠ, 07/2010

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ** (Literature Review)

- Σ29: Διάγραμμα της σχέσης γενεσιουργού / παραμετρικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Από τον συγγραφέα.
- Σ32: Φωτογραφία αναρτημένου μοντέλου / www.crispythoughts.files.wordpress.com / τελ.επίσκεψη 12/03/16
- Σ36: Διάγραμμα «Συνθηκών Πεδίου» / Stan, A., From object to field, AD 127 Architecture after geometry, John Wiley and Sons, London, 2008
- Σ43: (Πάνω): Φωτογραφία "Breathable Lung Corset" από τον Yoram Yeshef, (Κάτω): Φωτογραφία καθίσματος από Zaha Hadid Architects.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

- Σ50: Διάγραμμα της δομής της μεθοδολογίας. Από τον συγγραφέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 **ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ**

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 1: ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

- Σ58: Φωτογραφία της υλοποιημένης σπουδαστικής εργασίας των Ειδικών Θεμάτων Συνθέσων 9^{ου} εξαμήνου της αρχιτεκτονικής σχολής ΕΜΠ. Από τον συγγραφέα.
- Σ61: Διάγραμμα της χρήσης της τεχνολογίας στην αρχιτεκτονική. Από τον συγγραφέα.
- Σ68: Διάγραμμα συσχετισμών εννοιών και βιβλιογραφίας σχετικά με την πηγή έμπνευσης στην αρχιτεκτονική θεωρία. Από τον συγγραφέα.
- Σ70: (Πάνω): Διάγραμμα / σπουδή για πρόσωπο. Από τον Albrecht Durer (1523), (Μέση): Διάγραμμα για διαφορετικά είδη. Από τον D'Arcy Thompson (1912), (Κάτω): Διάγραμμα μετασχηματισμών κύβου. Από τον συγγραφέα.
- Σ82: Διάγραμμα / μελέτη ψηφιακών μετασχηματισμών για το έργο Embryological House. Από τον Greg Lynn (1997-2002).
- Σ85: Διαγράμματα οργάνωσης λειτουργιών. Από τους αρχιτέκτονες UNstudio (2001-2006).
- Σ89: Διάγραμμα μετασχηματισμών κατοικίας. Από τον Peter Eisenman (1999).
- Σ93: Διάγραμμα αλληλοτομίας στερεών στην αρχιτεκτονική του Gaudi. Από τον Michael Burry (2005).
- Σ105-6: Διαγράμματα και φωτογραφίες φοιτητικών εργασιών 1^{ου} εξαμήνου στην αρχιτεκτονική σχολή του Huddersfield. Από τον συγγραφέα.
- Σ111: (Αριστερά, από πάνω προς τα κάτω): Φωτογραφία βιλιοπωλείου Loewey. Από τους Jakob & MacFarlane architects (2001). Φωτογραφία του AADR Pavilion. Από τους Alan Dempsey & Alvin Huang (2008). Φωτογραφία μακέτας του έργου Metropol Parasol. Από Jurgen Mayer architects (2012). (Δεξιά και κάτω): Φωτογραφίες και διαγράμματα του πειράματος με τίτλο «Από το άμορφο στο δομικό». Από τον συγγραφέα.
- Σ116-9: Φωτογραφίες και διαγράμματα από την εφαρμογή του πειράματος «Από το άμορφο στο δομικό» στην διδασκαλία των Ειδικών Θεμάτων 9^{ου} εξαμήνου της αρχιτεκτονικής σχολής ΕΜΠ. Από τον συγγραφέα.

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 2: «ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ» ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

- Σ121: Φωτογραφία της μακέτας του πειράματος σε κλίμακα 1:5. Από τον συγγραφέα.
- Σ126: Διάγραμμα που δείχνει την κυκλική συνθετική διαδικασία αναπληροφόρησης μεταξύ αρχιτέκτονα και παραμετρικού / αλγοριθμικού μοντέλου. Από τους Hartmut Bohmacker, Julia Laub, Benedikt GroB, Claudius Lazzeroni, Generative Gestaltung (2009).
- Σ130: Διάγραμμα που δείχνει τα πεδία στα οποία επεκτείνονται διαφορετικές ιδιότητες (θερμοκρασία, πίεση, τοπογραφία) σε σχέση με διαφορετικές κλίμακες (global, regional, local). Reiser, J., Umemoto, N., Atlas of Novel Tectonics, Princeton Architectural Press (2006).
- Σ140: Διάγραμμα και φωτογραφίες σύνθεσης του στεγάστρου του σιδηροδρομικού σταθμού της Βιέννης. Από τον συγγραφέα.

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Η ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

Σ140: Διαγράμματα και φωτογραφίες σύγκρισης της σύνθεσης του στεγάστρου του σιδηροδρομικού σταθμού της Βιέννης και των προτάσεων των σιδηροδρομικού σταθμού της Στουτγάρδης και των σταθμών μετρό στο Κατάρ. Από τον συγγραφέα.

Σ149: (Από πάνω προς τα κάτω): Χαλκογραφία του μαθηματικού H.A.Schwarz για την μελέτη επιφανειών ελάχιστης έκτασης (1890). Το Phillips Pavillion (1958) -Le Corbusier και Γιάννης Ξενάκης. Μακέτες από σύρμα και φίλμ σαπουνιού για τον σταθμό της Στουτγάρδης (1997)- Frei Otto. Γέφυρα στον ποτιμό Basento (1972)- Sergio Musmeci. Μακέτα της Taichung Opera (2007)- Toyo Ito architects.

Σ152: Διαγράμματα ψηφιακών μετασχηματισμών για το πείραμα της οικογένειας 2. Από τον συγγραφέα.

Σ154-9: Διαγράμματα ψηφιακών μετασχηματισμών για το πείραμα της οικογένειας 2. Φωτογραφίες της πρωτότυπης κατασκευής των μερών της σύνθεσης σε κλίμακα 1:5. Από τον συγγραφέα.

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ 3: ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Σ160: Φωτογραφία της μακέτας του πειράματος με τίτλο «Βαθμιδωτή Διαφάνεια» σε κλίμακα 1:1. Από τον συγγραφέα.

Σ176: Διαγράμματα της παραμετρικής σύνθεσης της βιομιμικής επιφάνειας Metamesh που μιμείται τα λέπια ενός ψαριού. Duro-Royo, J., Zolotovskiy, K., Mogas-Soldevila, L., Varshney, S., Oxman, N., Boyce, MC, Ortiz, C., MetaMesh: A hierarchical computational model for design and fabrication of biomimetic armored surfaces. Computer-Aided Design 60, 14-27, (2015).

Σ179: (Πάνω): Φωτογραφίες της αυτοσυναρμολογούμενης επιφάνειας (Self-folding surface) στο εργαστήριο Self Assembly Lab, MIT. Από τον Skylar Tibbitts (2012) (Κάτω): Τρισδιάστατη εκτύπωση συνθετικού «ξύλου» που καμπυλώνει με την αλλαγή της υγρασίας και της θερμότητας. Από τον Achim Menghes, ICD(2015).

Σ187: Φωτογραφίες και διαγράμματα του πειράματος «Φολιδωτή Επιδερμίδα» και του πειράματος «Παραμετρικό Στέγαστρο». Από τον συγγραφέα.

Σ199-204: Φωτογραφίες αποτελεσμάτων του πειράματος με τίτλο «Βαθμιδωτή Διαφάνεια». Από τον συγγραφέα.

