

Η ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΜΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΩΡΟΥ-ΦΩΤΙΣΜΟΥ-ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ



Μακρής Γαβριήλ
Επιβλέπων Καθηγητής: Κ.Α. Ουγγρίνης

Η ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.
ΜΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΩΡΟΥ-ΦΩΤΙΣΜΟΥ-ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ.

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΑΙΟΣ 2018
ΧΑΝΙΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μακρής Γαβριήλ

Επιβλέπων καθηγητής: Κωνσταντίνος Α. Ουγγρίνης

Περιεχόμενα

Εισαγωγή

E1 Στόχος της εργασίας.....	7
E2 Ερωτήματα προς διερεύνηση.....	7

Α΄ ΜΕΡΟΣ: ΦΩΣ-ΔΙΑΝΟΙΑ-ΑΙΣΘΗΣΕΙΣ

A1: Η οπτική αντίληψη, επιστημονικές προσεγγίσεις.

A1.1 Τι είναι το φως.....	8
A1.2 Μηχανισμοί πρόσληψης του φωτός.....	10
Ευαισθησία στο φως.....	11
Πώς αντιλαμβανόμαστε χρώματα.....	12
Μεταφορά πληροφορίας από τον αμφιβληστροειδή στον εγκέφαλο.....	13
A1.3 Μηχανισμοί επεξεργασίας του φωτός (εικόνας).....	14
Συνοπτική ανατομία του εγκεφάλου.....	14
Όραση και εγκέφαλος. Τέσσερις θεωρήσεις για τον μηχανισμό της όραση.....	16
A1.4 Μνήμη.....	26
A1.5 Συνείδηση (Consciousness) και Qualia.....	28

A2: Το φως, το σώμα και οι αισθήσεις στην αντίληψη του χώρου υπό το πρίσμα μιας φαινομενολογικής προσέγγισης.

A2.1 Εισαγωγή σε μια φαινομενολογική προσέγγιση της αντίληψης.....	32
A2.2 Όραση και αφή: Εξέλιξη και ιεράρχηση των δύο αισθήσεων ως προς την αντίληψη για τον κόσμο.....	33
A2.3 Το σώμα ως μέσω αντίληψης.....	34
A2.4 Εστιασμένη και περιφερειακή όραση.....	37

A3 Συμπεράσματα από την αντιπαραβολή των δύο προσεγγίσεων.....

38

Β΄ ΜΕΡΟΣ: ΕΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή.....40

B1: Νευρολογία και Αρχιτεκτονική.....41

B2: Παρουσίαση του πειράματος

B2.1 Διατύπωση υπόθεσης και βασικές
αρχές του πειράματος.....42

B2.2 Τεχνολογικά, μεθοδολογικά εργαλεία
και δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν.....43

B2.3 Χωρικά περιβάλλοντα..... ..45

B2.4 Προετοιμασία του πειράματος.....48

B2.5 Διαδικασία του πειράματος..... ..50

B2.6 Αποτελέσματα του πειράματος.....53

B3: Συμπεράσματα.....76

Παράρτημα.....82

Βιβλιογραφία.....86

Εισαγωγή

*“Στην αρχή το φως και η ώρα η πρώτη
που τα χείλη ακόμη στον πηλό
δοκιμάζουν τα πράγματα του κόσμου”*

Από Άξιον Εστί, Οδυσσέας Ελύτης

E1. Στόχος της εργασίας

Η διερεύνηση της αντίληψη, ως αποτέλεσμα οπτικών ερεθισμάτων και η πειραματική προσέγγιση του ρόλου του φωτισμού στην χωρική αντίληψη και την δημιουργία συναισθημάτων, είναι οι βασικοί στόχοι της εργασίας.

E2 Ερωτήματα προς διερεύνηση

- 1) Πόσο καθοριστικός είναι ο ρόλος του φωτισμού ενός χώρου για τη δημιουργία μιας επιθυμητής ατμόσφαιρας;
- 2) Ποιός ο ρόλος των αισθήσεων και αισθητήριων οργάνων στην αντίληψη ενός χώρου και της ατμόσφαιράς του;
- 3) Η αίσθηση που αποπνέει ένας χώρος είναι καθολική για όλους τους ανθρώπους που τον βιώνουν; Αν όχι ποιοί παράγοντες είναι καθοριστικοί;
- 4) Πώς μπορεί η νευρολογία να φανεί χρήσιμη στη διερεύνηση του στόχου και των ερωτημάτων που προκύπτουν; Πώς μπορεί μια διεπιστημονική προσέγγιση αρχιτεκτονικής-νευρολογίας να δώσει απαντήσεις σε αρχιτεκτονικά ζητήματα και με ποιον τρόπο;
- 5) Είναι δυνατή μια πειραματική έρευνα που μπορεί να μας δώσει μετρήσιμα αποτελέσματα πάνω στη βιωματική εμπειρία ενός χώρου με διαφορετικές συνθήκες φωτισμού; Και αν ναι με ποιά εργαλεία και ποιός ο ρόλος της τεχνολογίας;

Η μέθοδος διερεύνησης είναι βιβλιογραφική και πειραματική.

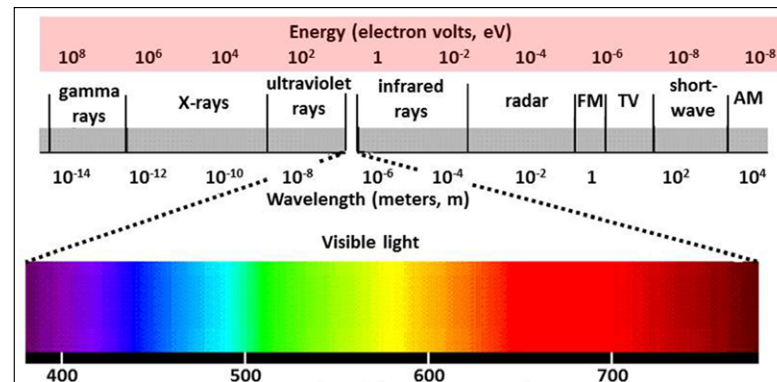
Α Μέρος Φως-Διάνοια-Αισθήσεις

Α1: Η οπτική αντίληψη. Επιστημονικές προσεγγίσεις.

Α1.1 Τι είναι το φως.

Το φως αποτελεί μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται από τα ραδιοκύματα μέχρι τις ακτίνες γάμμα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ακτινοβολίας είναι ταλαντώσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων, τα οποία μεταφέρουν ενέργεια από ένα σημείο σε ένα άλλο. Το ορατό φως έχει συχνότητα που κυμαίνεται από 430-770 THz. Συχνότητες μεγαλύτερες ή μικρότερες δεν γίνονται αντιληπτές από το μάτι.¹

Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια, όλο το φάσμα της ακτινοβολίας του απορροφάται, εκτός από ένα μέρος του το οποίο ανακλάται. Αυτό είναι το χρώμα το οποίο βλέπουμε. Οι άνθρωποι μπορούν να διακρίνουν περίπου 150 με 200 αποχρώσεις.²



Εικόνα 1: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

¹ *What is Light, An overview of the properties of Light*, <http://www.andor.com/learning-academy/what-is-light-an-overview-of-the-properties-of-light>
Cathal O'Connel, *What is Light*, COSMOS The science of everything, <https://cosmosmagazine.com/physics/what-is-light>

² *What is Light, An overview of the properties of Light*, op.cit.
Ackerman, Diane, *A Natural History of the Senses*, New York and Toronto: Random House, Inc., 1990, Vintage Books, 1995, σελ. 252-256

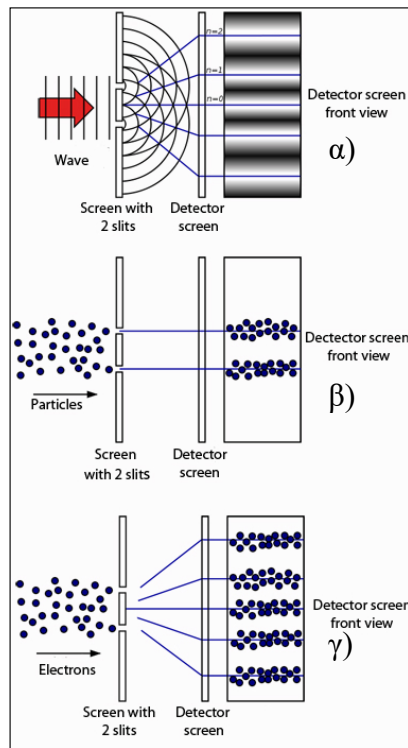
Η δυαδική φύση του Φωτός

Ο Ολλανδός φυσικός Christiaan Huygens (17^{ος} αιώνας), ήταν ο πρώτος που θεώρησε ότι το φως είναι ένα είδος κύματος, χωρίς τότε να ξέρει ακριβώς τι είναι ένα κύμα.

Σύγχρονος του Huygens, ο Newton, θεωρούσε ότι το φως αποτελείται από μικρά σωματίδια (τα οποία ονόμαζε corpuscles), τα οποία εκπέμπονται από καυτά σώματα. Ακόμα και σήμερα, το ερώτημα αν ένα φωτόνιο (δηλαδή ένα κβάντο φωτός, δηλαδή μια ελάχιστη ποσότητα φωτός) συμπεριφέρεται ως κύμα ή ως σωματίδιο δεν έχει απαντηθεί πλήρως. Το φως άλλοτε συμπεριφέρεται ως κύμα και άλλοτε ως σωματίδια.

Το πιο γνωστό πείραμα που διαπιστώνουμε το δυισμό του φωτός είναι αυτό με τις 2 σχισμές. Στο πείραμα αυτό έχουμε έναν τοίχο και μπροστά από αυτόν ένα εμπόδιο με δύο σχισμές. Αρχικά οι επιστήμονες με ένα πιστόλι φωτονίων εκτόξευσαν μια δέσμη φωτονίων προς το εμπόδιο, περιμένοντας ότι στον τοίχο πίσω από το εμπόδιο θα σχηματιστούν 2 σειρές φωτονίων εκατέρωθεν των σχισμών. Αυτό όμως που παρατήρησαν είναι ότι σχηματίζεται ένα μοτίβο, που θα σχηματιζόταν αν ένα κύμα περνούσε από τις σχισμές (μοτίβο συμβολής). Έτσι αποφάσισαν να εκτοξεύουν ένα ένα τα φωτόνια. Το μοτίβο που σχηματίζεται όμως είναι και πάλι το ίδιο, παρόλο που τα φωτόνια εκτοξεύονται ένα ένα και είναι σαν να αντιδρούν με τον εαυτό τους (είναι σαν το κάθε φωτόνιο να χωρίζεται στα δύο, να περνάει και από τις δύο σχισμές και να αλληλεπιδρά με τον εαυτό του). Επειδή το φωτόνιο είναι κβαντικό αντικείμενο δεν μπορούμε να γνωρίζουμε την πορεία του (αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg). Το φωτόνιο έχει μια πιθανότητα να πάει από τη μία σχισμή και μία από την άλλη και επειδή και τα δύο είναι πιθανά στην πραγματικότητα περνάει και από τις δύο σχισμές (superposition). Όταν μια συσκευή παρατήρησης τοπο-

θετηθεί πίσω από το εμπόδιο, ώστε να γίνει κατανοητό από ποια σχισμή περνάει το κάθε φωτόνιο, τότε τα φωτόνια λειτουργούν ως σωματίδια και σχηματίζουν δύο συγκεντρώσεις πάνω στους τοίχους. Δηλαδή η κυματική συμπεριφορά των φωτονίων παύει.³



Εικόνα 2:

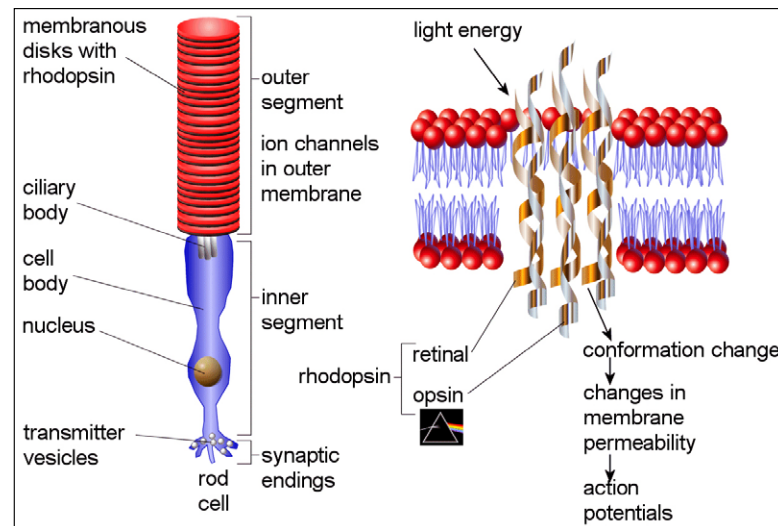
- α) Κύμα μέσα από διπλή σχισμή και μοτίβο συμβολής.
- β) Σωματίδια μέσα από διπλή σχισμή
- γ) Ηλεκτρόνια (ή φωτόνια) μέσα από διπλή σχισμή.

3 Cathal O'Connell, *Quantum physics for the terminally confused*, COSMOS The science of everything, <https://cosmosmagazine.com/physics/quantum-physics-terminally-confused>

Α1.2. Μηχανισμοί Πρόσληψης του Φωτός

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια σύντομη ανάλυση για το πώς λειτουργούν τα όργανα του σώματος μας τα οποία είναι ευαίσθητα στο ορατό φως, δηλαδή τα μάτια. Θα δούμε πώς τα διάφορα μέρη των ματιών συντελούν ώστε η πληροφορία που προσλαμβάνεται από την ανάκλαση ή την απευθείας έκθεση στο φως φτάνει στον εγκέφαλο.

«Το ανθρώπινο μάτι είναι το πιο εκλεπτυσμένο, το πιο γοητευτικό και ευτυχώς, το αισθητήριο όργανο που έχουμε κατανοήσει καλύτερα. Όπως μια φωτογραφική μηχανή, αποτελεί μια οπτική συσκευή η οποία αναπαράγει ένα μέρος του κόσμου γύρω μας πάνω σε μια φωτοευαίσθητη επιφάνεια. Σε μια αναλογική φωτογραφική μηχανή η επιφάνεια αυτή είναι το φιλμ ενώ στο μάτι, ο αμφιβληστροειδής χιτώνας.⁴» Και στις δύο περιπτώσεις, ένα μικροσκοπικό σημείο της φωτοευαίσθητης επιφάνειας, αντιστοιχεί σε ένα σημείο της πραγματικής εικόνας από όπου προσλαμβάνει φως. Η αλλαγή που υφίσταται η επιφάνεια είναι ανάλογη της έντασης του φωτός και της συχνότητας που εκπέμπει (χρώμα) το σημείου που αντιστοιχεί. Όπως στην κάμερα έτσι και στο μάτι, ο αμφιβληστροειδής είναι σαν να αποτελείται από μικροσκοπικά pixels με διαφορετικά χαρακτηριστικά, το σύνολο των οποίων αποτελούν μια εικόνα. Η διαφορά του αμφιβληστροειδούς με το φιλμ, βρίσκεται στο γεγονός ότι στο μάτι υπάρχει συνεχής ροή εικόνων. Και μάλιστα δεν πρέπει απλά να καταγράφεται η πληροφορία, αλλά και να μεταδίδεται στον εγκέφαλο. Η διαφορά που παρουσιάζει ο αμφιβληστροειδής σε σχέση με άλλα αισθητήρια όργανα έγκειται στο ότι διαθέτει μικροεπεξεργαστές οι οποίοι επεξεργάζονται κάποιες παραμέτρους πριν η εικόνα μεταφερθεί στον εγκέφαλο.



Εικόνα 3: Κύτταρο ραβδίο και ροδοψίνη μετά από απορρόφησης ενέργειας.

Από το 1876, ο Franze Boll, παρατήρησε ότι τα μάτια των βατράχων αλλάζουν χρώμα και γίνονται μωβ όταν βρεθεί στο σκοτάδι. Ένα χρόνο αργότερα, ερευνητές κατάφεραν να αφαιρέσουν αυτήν την ουσία και παρατήρησαν ότι πρώτα μετατρέπεται σε κίτρινη και στη συνέχεια σε λευκή όταν εκτεθεί στο φως. Η ουσία αυτή ονομάζεται ροδοψίνη και μελετήθηκε εκτενώς τα επόμενα χρόνια. Βρέθηκε ότι η συγκεκριμένη ή παρόμοια ουσία υπάρχει σε όλα τα σπονδυλωτά και ασπόνδυλα ζώα (και φυσικά στον άνθρωπο). Η ροδοψίνη και οι άλλες παρόμοιες ουσίες αποτελούνται από δύο μέρη, μια άχρωμη πρωτεΐνη της τάξης των opsins και ένα παράγωγο της βιταμίνης Α. Η βιταμίνη αυτή μπορεί να πάρει δύο σχήματα, τεθλασμένη, ή ίσια. Στο σκοτάδι είναι σε αναδίπλωση, αλλά στο φως, όταν απορροφά ηλιακή ακτινοβολία, ισιώνει. Όταν

4 Glynn, Ian, *An Anatomy of Thought*, Oxford and New York: Oxford University Press, 1999, σελ 147

γίνεται αυτό, η οψίνη στιγμιαία μετατρέπεται σε ενεργό ένζυμο.

Στη συνέχεια πυροδοτούνται αλυσιδωτές αντιδράσεις και στα ένζυμα τα οποία βρίσκονται στους φωτοϋποδοχείς (κύτταρα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, τα οποία έχουν συνάψεις με νευρικά κύτταρα που συνδέονται με τον εγκέφαλο), όπου ουσιαστικά καταστέλλεται η απελευθέρωση μεταδοτών στη σύναψη ενός φωτοϋποδοχέα και ενός νευρικού κυττάρου. Μπορεί να φαίνεται παράξενο που το φως αντί να διεγείρει καταστέλλει μια τέτοια μετάδοση, αλλά η ουσία βρίσκεται στην αλλαγή της κατάστασης των κυττάρων και όχι στην μετάδοση καθ'αυτήν. Χρειαζόμαστε κύτταρα που να αντιλαμβάνονται τόσο τη διαφορά από το σκοτάδι στο φως όσο και το ανάποδο. Και αυτό γίνεται με την ενεργοποίηση διαφορετικών κυττάρων κάθε φορά. Έτσι, όταν σταματήσει η μετάδοση σε μια σύναψη, ένα νευρικό κύτταρο μπορεί είτε να διεγερθεί είτε να κατασταλεί, ανάλογα με το είδος (διεγείρεται αν είναι κύτταρο που αντιλαμβάνεται φως, καταστέλλεται αν είναι κύτταρο που αντιλαμβάνεται σκοτάδι). Το αντίστροφο συμβαίνει όταν η μεταδότες σε μια σύναψη είναι ενεργό. Έτσι η αύξηση του φωτός ενεργοποιεί κάποια κύτταρα, ενώ η μείωση κάποια άλλα.⁵

Ευαισθησία στο φως

Ένας πολύ σημαντικός μηχανισμός που έχουν τα μάτια μας, είναι η ρύθμιση της ευαισθησίας τους στο φως, ανάλογα με τη φωτεινότητα. Τα μάτια μας δεν αποτυπώνουν την απόλυτη φωτεινότητα, αλλά μια σχετική φωτεινότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί πρέπει να μπορούμε να βλέπουμε τόσο στο φως του ήλιου, όσο και στο φως των αστεριών, το οποίο είναι δεκάδες εκατομμύρια φορές λιγότερο φωτεινό. Σε μια ομοιόμορφα φωτισμένη σκηνή, το λιγότερο φωτισμένο σημείο σε σχέση με το φωτεινότερο, έχει

περίπου 20 φορές διαφορά στη φωτεινότητά τους. Οπότε αυτό που χρειαζόμαστε είναι ένας μηχανισμός ο οποίος να αντιλαμβάνεται τέτοιου μεγέθους διαφορές, αλλά η απόλυτη ευαισθησία του να μπορεί να ρυθμίζεται σε ένα πολύ μεγαλύτερο φάσμα.⁶ Για να κατανοήσουμε τη σημασία ενός τέτοιου μηχανισμού, αρκεί να φωτογραφίσουμε μια σκηνή το μεσημέρι με μια κάμερα στην οποία έχουμε ρυθμίσει μικρή ταχύτητα κλείστρου και μεγάλο άνοιγμα διαφράγματος. Η φωτογραφία όπως είναι φυσικό θα «καεί». Το αντίστροφο θα συμβεί σε μια σκηνή με χαμηλό φωτισμό που θα φωτογραφίσουμε με μεγάλη ταχύτητα και μικρό άνοιγμα κλείστρου. Η φωτογραφία θα βγει μαύρη. Όπως λοιπόν στις φωτογραφικές, έτσι και τα μάτια μας δεν έχουν μία «ρύθμιση» η οποία προσλαμβάνει τη φωτεινότητα ως απόλυτο μέγεθος, αλλά προσαρμόζεται σε ένα τεράστιο φάσμα. *«Το ανθρώπινο οπτικό σύστημα χρειάζεται το φως το οποίο αντανάκλαται από τα διάφορα αντικείμενα για να μπορέσει να μας δώσει την ακριβή τους θέση στο περιβάλλον. Το σύστημα χρειάζεται να έχει τη δυνατότητα να παγώνει μια στιγμή (freeze frame) ώστε τα αντικείμενα να γίνονται αντιληπτά και όχι θολά. Το οπτικό σύστημα πρέπει να τα κάνει όλα αυτά κάτω από ένα μεγάλο εύρος φωτεινοτήτων.»*⁷

Αυτού του είδους την αλλαγή την αντιλαμβανόμαστε εύκολα όταν μετακινούμαστε από έναν καλά φωτισμένο χώρο και ένα αρκετά σκοτεινότερο δωμάτιο. Υπάρχει ένα μικρό χρονικό διάστημα που τα μάτια χρειάζονται για προσαρμοστούν στη χαμηλότερη φωτεινότητα και να μπορούμε να διακρίνουμε αντικείμενα.

Ο αμφιβληστροειδής πετυχαίνει τις απαραίτητες αλλαγές στην φωτοευαισθησία με δύο τρόπους. Πρώτον, με την ύπαρξη δύο ειδών φωτοϋποδοχέων, οι μεν είναι μικροί και κυλινδρικοί, ονομάζονται ραβδία (rods) και οι άλλοι κωνικοί και ονομάζονται κωνί-

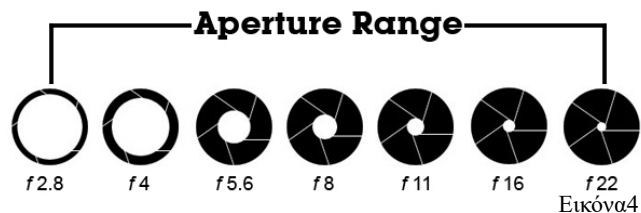
5 Ibid., σελ. 147-149

6 Ibid σελ., 149

7 Ibid., σελ., 77

α(cones). Τα ραβδία, λειτουργούν κυρίως σε χαμηλό φωτισμό και μεταφράζουν το φως σε μαύρο, άσπρο και σε αποχρώσεις του γκρι. Τα κωνία λειτουργούν καλύτερα σε περισσότερο φως και αντιλαμβάνονται τη συχνότητα του φωτός, δηλαδή ανιχνεύουν χρώματα (υπάρχουν τρεις τύποι, ο ένας αντιδρά σε μεγάλα μήκη κύματος, δηλαδή στο κόκκινο φάσμα, ο δεύτερος σε μεσαία, δηλαδή στο πράσινο φάσμα, και ο τρίτος σε μικρά, δηλαδή στο μπλε). Όμως ακόμα και έτσι, η ευαισθησία των κωνίων και ραβδίων θα πρέπει να αλλάζει ανάλογα με τη φωτεινότητα. Αυτό συμβαίνει εν μέρη αυτόματα με τη μεταβολή της συγκέντρωσης της ροδοψίνης και εν μέρη στην αλλαγή της συγκέντρωσης ασβεστίου στους φωτοϋποδοχείς που οδηγεί στην αλλαγή συγκέντρωσης στα αντιδρώντα ένζυμα, οπότε και μεταβάλλεται κατάλληλα η ευαισθησία του μηχανισμού μεταγωγής, σύμφωνα με τα παραπάνω.

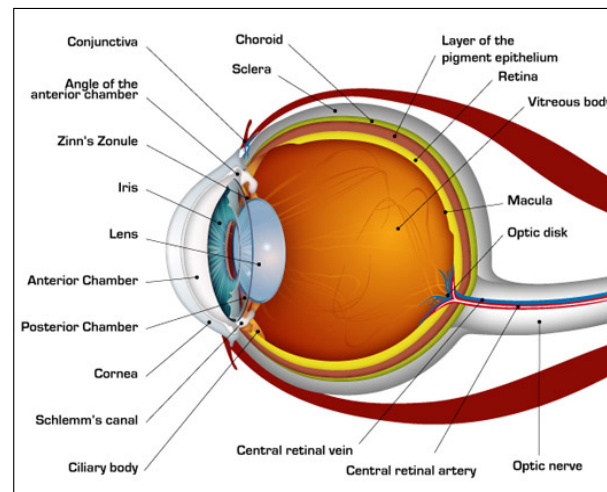
Σε πειράματα που έγιναν κατά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο (Selig Hetch και συνεργάτες του στη Νέα Υόρκη) προσπάθησαν να βρουν την ελάχιστη ποσότητα φωτός που γίνεται αντιληπτή από το μάτι. Παρατηρήθηκε ότι ακόμα και ένα φωτόνιο είναι δυνατόν να διεγείρει ένα ραβδί, όμως αυτή η διέγερση δεν γίνεται αντιληπτή. Για να γίνει αντιληπτή μία λάμψη θα πρέπει ένα σύνολο τουλάχιστον από ραβδία να ενεργοποιηθεί. Αυτό συμβαίνει έτσι ώστε να μην υπάρχει αντίληψη του φωτός όταν απλά διεγείρονται τα μόρια ροδοψίνης από τη θερμότητα.⁸



Εικόνα4

Πώς αντιλαμβανόμαστε χρώματα.

Όπως είδαμε παραπάνω, υπάρχουν τριών ειδών κωνία, οι οποίοι διεγείρονται σε διαφορετικά μήκη κύματος. Το γεγονός ότι τα κωνία λειτουργούν σε μεγαλύτερη φωτεινότητα, εξηγεί το λόγο που δεν μπορούμε να διακρίνουμε χρώματα στο σκοτάδι. Ένα χρώμα (δηλαδή φως σε συγκεκριμένη συχνότητα-μήκος κύματος) διεγείρει τουλάχιστον δύο είδη κωνίων. Το ποσοστό των διαφορετικών ειδών κωνίων που διεγείρονται κάθε στιγμή, καθορίζει το χρώμα που αντιλαμβανόμαστε. Τα διαφορετικά είδη των κωνίων έχουν μια ουσία που μοιάζει με τη ροδοψίνη, η οποία διαφέρει λίγο στο κάθε είδος έτσι ώστε να αντιδρά στα διαφορετικά μήκη κύματος.⁹



Εικόνα 5: Δομή ανθρώπινου ματιού

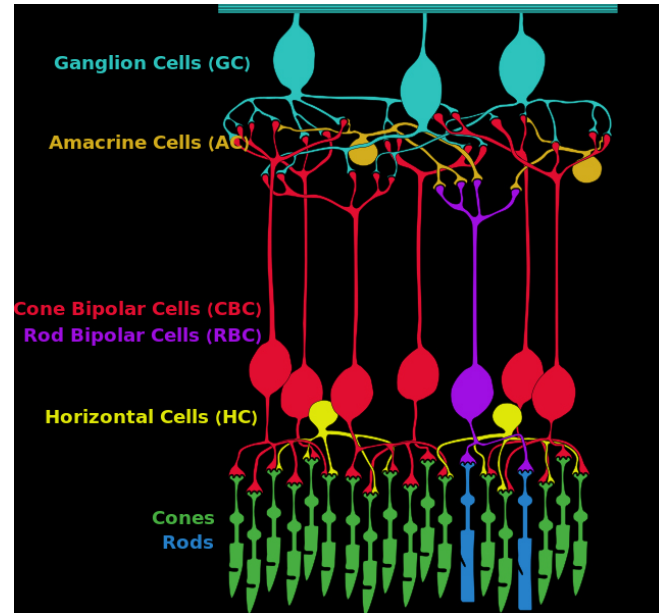
Μεταφορά πληροφορίας από τον αμφιβληστροειδή στον εγκέφαλο

Όπως αναφέρθηκε, στον αμφιβληστροειδή γίνεται κάποια επεξεργασία των πληροφοριών πριν αυτές φτάσουν στον εγκέφαλο. Αυτό ίσως να συμβαίνει για να μειώνεται ο όγκος της πληροφορίας που φτάνει. Όπως φαίνεται είναι το μόνο μέρος του σώματος που λειτουργεί ως προέκταση του εγκεφάλου και βρίσκεται μακριά από αυτόν και συνδέεται με οπτικά νεύρα.

Όπως βλέπουμε στην εικόνα 5, με τη μικροσκοπική δομή του αμφιβληστροειδούς, στο πάνω μέρος έχουμε τους φωτοϋποδοχείς, δηλαδή ραβδία και κωνία. Στο κάτω μέρος βλέπουμε ένα άλλο είδος κυττάρων, τα γαγγλιακά κύτταρα, στων οποίων τις απολήξεις βρίσκονται τα οπτικά νεύρα που μεταφέρουν τις πληροφορίες στον εγκέφαλο. Στο ενδιάμεσο βλέπουμε ένα τρίτο είδος κυττάρων, τα διπολικά κύτταρα, των οποίων η μία απόληξη συνδέεται με ένα ραβδί ή κωνίο και η άλλη με ένα ή περισσότερα γαγγλιακά. Κατανοούμε έτσι τη δομή μεταφοράς πληροφοριών από το μάτι στον εγκέφαλο.

Εδώ όμως υπάρχουν κάποιες ιδιαιτερότητες. Υπάρχουν 125 εκατομμύρια ραβδία και κωνία στο ανθρώπινο μάτι, αλλά μόνο 1 εκατομμύριο γαγγλιακά κύτταρα, με αποτέλεσμα να υπάρχουν συγκλίσεις, δηλαδή ένα γαγγλιακό κύτταρο να συνδέεται με παραπάνω από ένα ραβδί ή κωνίο. Αυτό έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Όσο περισσότεροι φωτοϋποδοχείς είναι συνδεδεμένοι με ένα γαγγλιακό κύτταρο, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα να διεγερθεί σε χαμηλό φωτισμό, δηλαδή να έχει μεγάλη ευαισθησία. Όμως η μεγάλη σύγκλιση μειώνει τη δυνατότητα γνώσης της ακριβής θέσης των φωτοϋποδοχέων, με αποτέλεσμα τη μείωση της δυνατότητας ανταπόκρισης στη λεπτομέρεια. Παρατηρούμε λοιπόν μεγάλες συγκλίσεις (μικρότερο αριθμό γαγγλιακών κυτ-

τάρων) στην περιφέρεια του ματιού, οπότε πετυχαίνουμε μεγάλη ευαισθησία, αλλά αδυναμία στο να διακρίνουμε λεπτομέρειες, κάτι το οποίο μας είναι χρήσιμο σε χαμηλό φωτισμό, ενώ μικρές συγκλίσεις στο κέντρο του ματιού, το οποίο μας βοηθάει να βλέπουμε με ακρίβεια και λεπτομέρειες σε κανονικό φωτισμό.¹⁰



Εικόνα 6: Δομή αμφιβληστροειδούς.

10 Ibid., σελ. 155-162

A1.3 Μηχανισμοί επεξεργασίας του φωτός (εικόνας)

Στο παραπάνω κεφάλαιο έγινε μια συνοπτική ανάλυση της λειτουργίας των αισθητήριων οργάνων πρόσληψης του φωτός (ματιών) και πώς η πληροφορία φτάνει στον εγκέφαλο. Τι γίνεται όμως αφού φτάσει στον εγκέφαλο; Ποια επεξεργασία υφίσταται ώστε αυτό που προσλαμβάνουμε ως μια απλή ροή εικόνων, δηλαδή φως με διαφορετική ένταση και συχνότητα, να μεταφράζεται σε γνωστά ή άγνωστά μας πρόσωπα, αντικείμενα, τόπους, τοπία, ή να αντιλαμβανόμαστε έννοιες όπως βάθος, σχήματα, συμμετρία-ασυμμετρία, αλλά και διαφορετικά συναισθήματα που συνδέονται με κάθε εικόνα ή μια ροή εικόνων.

Η ανάλυση σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μέσα από τη σκοπιά της νευρολογίας-νευροχημείας (neurology), μια επιστημονική δηλαδή θεώρηση. «Η νευρολογία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον εγκέφαλο και οι νευρολόγοι πιστεύουν ότι ο εγκέφαλος είναι το όργανο το οποίο ελέγχει τη συμπεριφορά.»¹¹ «Η αρμοδιότητα του νευρικού συστήματος είναι εξασφαλίζει ότι η όλη συμπεριφορά του υποκειμένου και κάθε μέρους αυτού, είναι συμβατή με τις παρούσες συνθήκες- οι οποίες αναγνωρίζονται από τις πληροφορίες οι οποίες καταφθάνουν από τα αισθητήρια όργανα.»¹²

Συνοπτική ανατομία του εγκεφάλου

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την επεξεργασία της εικόνας, θα γίνει πρώτα συνοπτική παρουσίαση των διαφόρων μερών του εγκεφάλου που έχουν σχέση με τα αισθητήρια όργανα αλλά και τη μνήμη.

Τα τρία βασικά μέρη στα οποία διακρίνεται ο εγκέφαλος, είναι ο πρόσθιος εγκέφαλος (forebrain), ο μεσεγκέφαλος (midbrain) και ο οπίσθιος εγκέφαλος. Ο πρόσθιος εγκέφαλος είναι καλυμμένος από ένα αναδιπλωμένο «σεντόνι» που αποτελείται από νευρικά κύτταρα, τον εγκεφαλικό φλοιό (cerebral cortex). Βαθιά μέσα στη «λευκή ύλη» του εγκεφαλικού φλοιού υπάρχουν τρία ακόμα σύνολα νευρών και υποστηρικτικών κυττάρων, τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία της εικόνας, το βασικό γάγγλιο, (basal ganglia) ο ιππόκαμπος (hippocampus) και η αμυγδαλή (amygdala). Το βασικό γάγγλιο παίζει σημαντικό ρόλο στην κίνηση και βλάβη σε αυτήν σχετίζεται με τη νόσο του Parkinson. Ο ιππόκαμπος και η αμυγδαλή, μαζί με άλλα όργανα, σχετίζονται με τη μνήμη και τα συναισθήματα.¹³

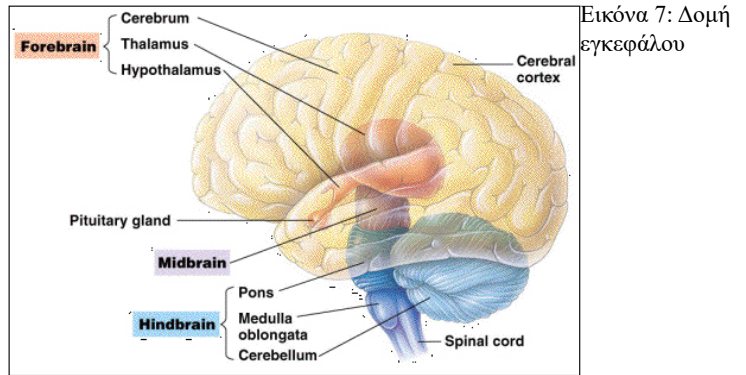
«Η συνολική επιφάνεια του εγκεφαλικού φλοιού είναι περίπου ένα τέταρτο του τετραγωνικού (...) και περιλαμβάνει περίπου 100 εκατομμύρια κύτταρα. Είναι σχεδόν βέβαιο ότι σε αυτό το εκπληκτικό κατασκεύασμα, περισσότερο από κάθε άλλο μέρος του εγκεφάλου, οφείλουμε ως είδος τις εξαιρετικές διανοητικές μας ικανότητες.

Υπάρχουν τρεις κύριες ομάδες στη σύνθετη τοπολογία του εγκεφάλου τις οποίες πρέπει να μελετήσουμε ώστε να εν συνεχεία να κατανοήσουμε συνολικά τις λειτουργίες του εγκεφάλου. Ο θάλαμος (thalamus) είναι το κύριο σύστημα της πρώτης κύριας ομάδας, του θαλαμοφλοιικού συστήματος (thalamocortical system) το οποίο βρίσκεται στο μεσεγκέφαλο. Ο εγκέφαλος έχει εκατοντάδες ξεχωριστές λειτουργικές περιοχές στον φλοιό του, η κάθε μία από τις

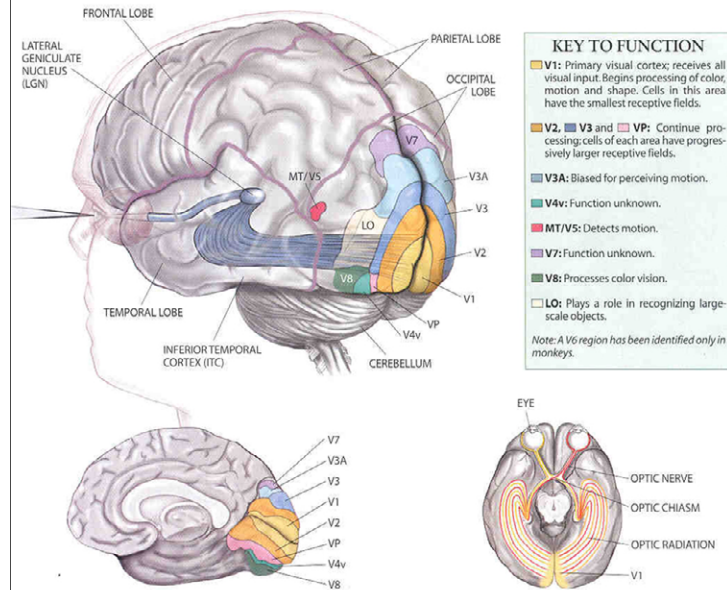
11 Eberhard, John P., *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture*. Oxford: Oxford University Press, 2008, Πρόλογος από Fred H. Gage

12 I.Glynn, op.cit., σελ. 123

13 Ibid, σελ., 164



Εικόνα 7: Δομή εγκεφάλου



Εικόνα 8: Σύστημα μετάδοσης και επεξεργασίας της εικόνας

οποίες περιλαμβάνει δεκάδες χιλιάδες νευρικά συστήματα τα οποία διεγείρονται στα διάφορα ερεθίσματα, δηλαδή από αυτά που κάνουν δυνατή την όραση μέχρι αυτά που κάνουν την καρδιά μας να χτυπάει γρηγορότερα όταν νιώθουμε φόβο. Αυτές οι ομάδες νευρών συνδέονται σε ένα τεράστιο πλέγμα νευρικών ινών που καταλήγει στον θάλαμο και αντίστροφα πίσω στο φλοιό». Οι περισσότερες πληροφορίες από τις αισθήσεις (συμπεριλαμβανομένης της όρασης) πριν φτάσουν στον φλοιό του εγκεφάλου, περνούμε μέσα από έναν θάλαμο (υπάρχουν δύο, ένας σε κάθε ημισφαίριο). Οι δύο θάλαμοι λειτουργούν ως σταθμοί αναμετάδοσης της πληροφορίας, αλλά σίγουρα δεν είναι η μοναδική τους χρησιμότητα, καθ'ότι υπάρχουν περισσότερες νευρικές ίνες που μεταδίδουν από τον φλοιό στο θάλαμο παρά το αντίστροφο. Ακριβώς η διεργασία που συντελούνται δεν είναι γνωστές, αλλά μια υπόθεση είναι ότι μεταδίδει μέρος των πληροφοριών οι οποίες είναι πιθανότερο να είναι χρήσιμες για επεξεργασία στο φλοιό.¹⁴

«Κατά την εμβρυική ανάπτυξη, στην κορυφή του μεσεγκεφάλου, σχηματίζεται μια έκφυση η οποία ονομάζεται επίφυση (pineal gland). Ο Καρτέσιος (Descartes), την ονομάζει «seat of the soul» (θρόνος της ψυχής). Η εξελικτική ρίζα της επίφυσης δείχνει να μην έχει σχέση με τον ορισμό του Descartes αλλά πιστεύεται ότι αποτελεί ίχνος ενός τρίτου ματιού το οποίο βρισκόταν στην κορυφή του εγκεφάλου. (...) Στους ανθρώπους δεν είναι ξεκάθαρο αν η επίφυση παίζει κάποιο ρόλο, αλλά σίγουρα παράγει μια ορμόνη, τη μελατονίνη, κατά τη διάρκεια της νύχτας μόνο, οπότε θεωρείται ότι παίζει ρόλο στη διατήρηση των ημερήσιων-νυκτερινών ρυθμών.»¹⁵

14 Eberhard, John P., op. cit., sel.,33

15 I.Glynn, op.cit., σελ., 167

Όραση και εγκέφαλος. Τέσσερις θεωρήσεις για τον μηχανισμό της όραση.

Αυτό που ουσιαστικά κάνει ο εγκέφαλος μέσω των εικόνων που του παρέχει η όραση, όπως υπονοήθηκε νωρίτερα, είναι να γνωρίζει **τι** είναι **πού**. Αυτό ίσως μας φαίνεται προφανές και δεδομένο επειδή το κάνουμε καθημερινά από όσο θυμόμαστε τον εαυτό μας, όμως δεν είναι τόσο απλό. Και η πολυπλοκότητα αυτή άρχισε να γίνεται κατανοητή όταν ξεκίνησαν να κατασκευάζονται οι πρώτες φωτογραφικές μηχανές, οι οποίες έχουν να κάνουν μάλιστα μόνο με το κομμάτι της όρασης καθ' αυτής και όχι της επεξεργασίας των εικόνων. Όπως θα δούμε σε αυτό το υποκεφάλαιο, το να γνωρίζουμε την απόσταση, το χρώμα και το σχήμα των αντικειμένων, αλλά και η αίσθηση του βάθους ή της συμμετρίας, ακόμα και η αναγνώριση προσώπων (που τέθηκε ως προβληματισμός στην εισαγωγή του κεφαλαίου), δεν είναι αποτέλεσμα του μηχανισμού πρόσληψης (ματιών), αλλά ευθύνη των μηχανισμών του εγκεφάλου.

Το γεγονός ότι η πληροφορία που ο αμφιβληστροειδής στέλνει στον εγκέφαλο, σχετίζεται με μια σκηνή, μπορούμε ασφαλώς να συμπεράνουμε ότι ο εγκέφαλος επεξεργάζεται μία αναπαράσταση της σκηνής. Η αναπαράσταση αυτή μπορεί κάλλιστα να προέρχεται από τη μνήμη. “In my mind’s eyes Horatio” είναι η απάντηση του Άμλετ όταν ρωτήθηκε πού είδε το άλογο του πατέρα του.¹⁶ Όπως είδαμε και στο παράδειγμα προηγουμένως, αλλά και όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, σκηνές από τη μνήμη μας αλληλοεπιδρούν με τις σκηνές του παρόντος σε κάθε περίπτωση, πράγμα απαραίτητο για την αντίληψή μας.

Στο σημείο αυτό θα γίνει συνοπτική ανάλυση τεσσάρων θεωρήσεων πάνω στο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών από τον

εγκέφαλο. Οι 2 πρώτες είναι γνωστές και χρησιμοποιούνται εδώ και ένα αιώνα, ενώ οι 2 τελευταίες αρκετά πιο σύγχρονες.

Θεώρηση πρώτη-Το «μαύρο κουτί»

Η πρώτη και πιο προφανής θεώρηση, είναι αυτή του «λεγόμενου μαύρου κουτιού». Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα της όρασης εκλαμβάνεται ως ένα σύνολο μηχανισμών οι οποίοι είναι αόρατοι και απροσπλάστοι, οπότε ο μόνος τρόπος να κατανοήσουμε τη λειτουργία τους, είναι μέσα από τη γενική του συμπεριφορά. Δηλαδή τι αίσθηση προκαλεί και πώς αντιδρά στα διάφορα ερεθίσματα. Η προσέγγιση αυτή οδήγησε τον Thomas Young στη σύλληψη της τριχρωματικής θεωρίας, ενάμιση αιώνα πριν βρεθούν οι τρεις τύποι cones με το διαφορετικό ένζυμο που διεγείρονται στα τρία διαφορετικά χρώματα, όπως αναλύθηκε παραπάνω. Η θεώρηση αυτή ονομάζεται ψυχοφυσική από τον Fechner το 1860 και περιλαμβάνει μελέτες σε οπτικές απάτες και ψευδαισθήσεις που προκύπτουν από αυτές, φαινόμενα τα οποία ενδιέφεραν τους ψυχολόγους της Gestalt πριν τον Α παγκόσμιο και κατά τη διάρκεια του μεσοπολέμου.

Knowing ‘what is where by looking’ is so effortless, immediate and effective, that it is only recently that the enormous complexity of the job done by the visual system has been appreciated. Ο David Marr επίσης αναφέρει: «*The reason for this misperception is that we humans are ourselves so good at vision*», σε μια φράση που σχολίαζε ότι μέχρι τη δεκαετία του ’60 οι άνθρωποι δεν είχαν αντιληφθεί την πολυπλοκότητα της όρασης.¹⁷

Πριν όμως ακόμα επιχειρηθεί η κατασκευή μηχανών που προσομοιάζει τον ανθρώπινο μηχανισμό της όρασης, υπήρχαν ενδείξεις

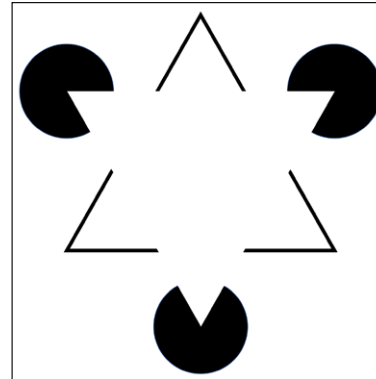
16 I.Glynn, op.cit., σελ., 192

17 Ibid., σελ. 193

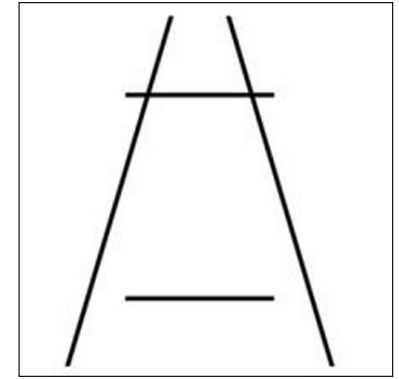
για την πολυπλοκότητα αυτής της διαδικασίας. Η πολυπλοκότητα αυτή άρχισε να γίνεται αντιληπτή από παρατηρήσεις σε ασθενείς οι οποίοι δεν καταλάβαιναν απλές εικόνες που έβλεπαν, ενώ δεν είχαν κανένα πρόβλημα όρασης. Επίσης έγινε αντιληπτό και με διάφορα τεστ σε υγιείς ανθρώπους τα οποία περιέχουν οπτικές απάτες.

Ο Hermann von Helmholtz (1821-1894), Γερμανός φυσιολόγος, ψυχίατρος και μαθηματικός, στο έργο του *Physiological Optics*, και σε άλλα έργα αργότερα, έκανε μελέτες προς αυτής την κατεύθυνση. «Ο τρόπος με τον οποίον αντιλαμβανόμαστε, περιλαμβάνει σε μεγάλο βαθμό, υποσυνείδητα συμπεράσματα-συμπεράσματα τα οποία προέρχονται από ένα είδος συνεπαγωγής που βασίζεται κυρίως σε βιώματα που ξεκινούν από την παιδική ηλικία. Αυτού του είδους οι συνεπαγωγές δεν είναι πάντα αξιόπιστες και πολλές φορές μας οδηγούν σε λανθασμένες οπτικές αντιλήψεις στον πραγματικό κόσμο. Είμαστε ιδιαίτερα επιρρεπείς σε τέτοιες, όταν για κάποιο λόγο, μια συγκεκριμένη διέγερση του αμφιβληστροειδούς, προέρχεται από κάτι ασυνήθιστο και αυτό που νομίζουμε ότι βλέπουμε, είναι αυτό που συνήθως προκαλεί τη συγκεκριμένη διέγερση.»¹⁸ Στα παρακάτω παραδείγματα διακρίνουμε οπτικές απάτες στις οποίες υποπίπτουμε για τους παραπάνω λόγους. Στην εικόνα 9 διακρίνουμε ένα λευκό τρίγωνο το οποίο στην πραγματικότητα δεν υπάρχει, για την ακρίβεια δεν υπάρχει κανένα τρίγωνο στην εικόνα. Στην εικόνα 10 όπου δύο ακριβώς ίσες γραμμές (οι οριζόντιες) μας φαίνονται άνισες λόγω των άλλων δύο οριζόντιων γραμμών που δημιουργούν την αίσθηση της προοπτικής. Βλέπουμε τα εξογκώματα και τρύπες του Ramachandrat, (εικόνα 13) στην ουσία όμως είναι η ίδια φωτογραφία *inverted*. Σε αυτή την απάτη υποπίπτουμε διότι ο εγκέφαλός μας θεωρεί δεδομένο ότι το φως προέρχεται από «πάνω» παρ'όλο που πρόκειται για μια δυσδιάστατη εικόνα πάνω

σε χαρτί, σε τυχαίο προσανατολισμό. Με το τελευταίο παράδειγμα σιγά σιγά κατανοούμε πόσο συνδεδεμένος είναι ο εγκέφαλός μας και οι λειτουργίες του με το φυσικό φως και πώς αυτό μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία του και κατ'επέκτασιν τη συμπεριφορά μας (παρ'όλο που απέχουμε πολύ στο κατανοήσουμε πώς ο εγκέφαλος βγάζει τέτοιου είδους συμπεράσματα).



Εικόνα 9: Η απάτη Kaniza. Ένα ανύπαρκτο λευκό τρίγωνο



Εικόνα 10: Η απάτη Ponzo. Οι δύο παράλληλες γραμμές είναι ίσες.

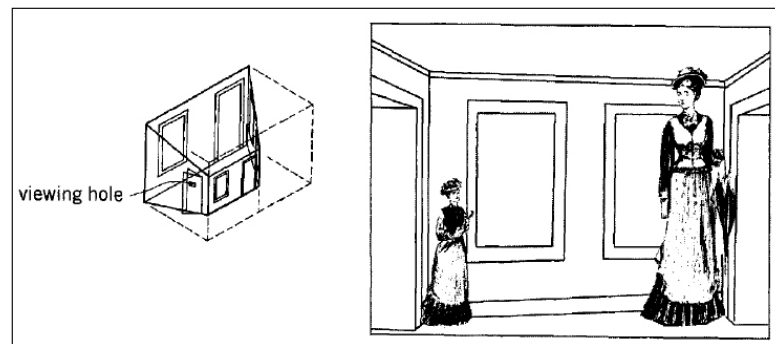
Στην εικόνα 11 που απεικονίζει ένα δωμάτιο με δύο ανθρώπινες φιγούρες, η θέασή του από συγκεκριμένη γωνία μας δίνει την αίσθηση ότι η μία φιγούρα είναι νάνου, ενώ στην πραγματικότητα είναι η θέση στις φιγούρες και η δομή του δωματίου που δημιουργεί αυτό το αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στις επεξηγηματικές εικόνες. Στην ίδια λογική και το απεικονιζόμενο παραμορφωμένο σχήμα, (εικόνα 12) το οποίο μας μοιάζει με κύβο αν το κοιτάξουμε από συγκεκριμένη οπτική γωνία. Έχει παραμορφωθεί επεκτείνοντας τις ακμές ενός κύβου πάνω στις νοητές οπτικές ευθείες από τη συγκεκριμένη θέση του παρατηρητή.

«Η υπόθεση του Helmholtz, ότι δηλαδή τα συμπεράσματα του εγκεφάλου μας βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε εμπειρίες που έχουμε στη νεότερη παιδική μας ηλικία, μια υπόθεση η οποία έχει τις βάσεις της στην εμπειρική θεωρία του John Locke ότι δηλαδή ο εγκέφαλός μας είναι άσπρο χαρτί, κενό για όλους τους χαρακτήρες, όμως ο Helmholtz δεν βασίστηκε στην εμπειρία¹⁹». Οι παραπάνω οπτικές απάτες και κυρίως οι δύο τελευταίες, αποτελούν τις πρώτες αποδείξεις για το ρόλο των βιωμάτων και των εμπειριών στην αντίληψη του κόσμου και την επεξεργασία των εικόνων. Ο εγκέφαλός κάθε φορά έχει να επιλέξει ανάμεσα σε πολλές εναλλακτικές για να αντιληφθεί κάτι και χρησιμοποιεί την αναπαραστατική μνήμη ώστε να απορρίψει τις πιο απίθανες. Αυτό εκμεταλλεύονται οι παραπάνω απάτες.

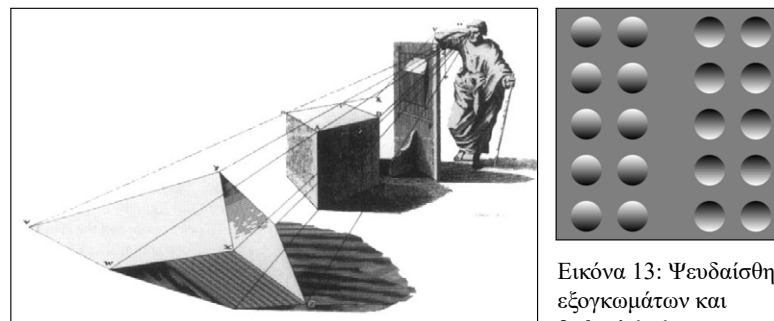
Ο Donald D. Hoffman (καθηγητής της νοητικής επιστήμης, ψυχολογίας και επιστήμης των υπολογιστών στο πανεπιστήμιο της California) εισάγει τον όρο “grammar vision” (γραμματική της όρασης), ένας όρος που μας βοηθάει να κατανοήσουμε το ρόλο της μνήμης και εμπειρίας στη διαδικασία της αντίληψης. «Ο Hoffman πιστεύει ότι κατασκευάζουμε μια ειδική γραμματική για την όραση. Όπως με τη γραμματική της γλώσσας, η οπτική γραμματική είναι ένα σύνολο κανόνων οι οποίοι διέπουν την αντίληψη που έχουμε για τις γραμμές, τα χρώματα, τις μορφές, το βάθος και την κίνηση.

Χρησιμοποιούμε την οπτική νοημοσύνη για να εξερευνήσουμε αρχιτεκτονικές συνθέσεις, ή να κάνουμε το ίδιο πράγμα με το να παράγουμε εικόνες με του υπολογιστές (vr). Η εικόνα 9 είναι μια χαρακτηριστική επίδειξη για το πώς το οπτικό μας σύστημα υποδεικνύει στον εγκέφαλο πράγματα τα οποία δεν είναι αληθινά (με ένα φωτόμετρο για παράδειγμα δεν μπορούμε να εντοπίσουμε κανένα τρίγωνο). Η οπτική γραμματική μας οδηγεί στο να φανταζόμαστε αυτά τα τρίγωνα, παρ’όλο που η λογική μας κατανοεί ότι είναι ψεύ-

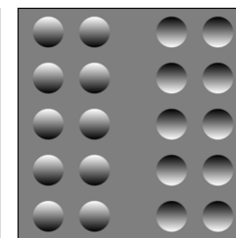
τικα. Γι’αυτό υποκειμενικές φιγούρες όπως αυτά τα τρίγωνα, δεν είναι κάποιο τρικ του οπτικού μας συστήματος, αλλά ο τρόπος με τον οποίο βλέπουμε όλες τις εικόνες στον κόσμο γύρο μας.»²⁰



Εικόνα 11: Το παραμορφωμένο δωμάτιο του Adelbert Ames.



Εικόνα 12: Ψευδαίσθηση κύβου σε παραμορφωμένο σχήμα.



Εικόνα 13: Ψευδαίσθηση εξογκωμάτων και βαθουλωμάτων.

Δεύτερη Θεώρηση-Μια νευρολογική σκοπιά

Η δεύτερη επίσης «παλιά» θεώρηση είναι η λεγόμενη νευρολογική (neurological), η οποία μελετά τις επιπτώσεις στην όραση από τραυματισμούς ή ασθένειες. Η θεώρηση αυτή διαφέρει από την προηγούμενη καθώς υπάρχει κάποια πρόσβαση στο «μαύρο κουτί» δηλαδή στους επιμέρους μηχανισμούς πρόσληψης και επεξεργασίας.

« *'What does it mean, to see? 'The plain man's answer (and Aristotle's too), would be, to know what is where by looking. 'In other words, vision is the process of discovering from images what is present in the world, and where it is.'*»²¹

Ίσως η ανατομία του εγκεφάλου να είναι δυσνόητη ή και ανιαρή για τους αρχιτέκτονες, αναμφίβολα όμως ο τρόπος με τον οποίο το κάθε μέρος του διεγείρεται από ερεθίσματα και συντελεί στην αντίληψη μας για τον έξω κόσμο, είναι γνώσεις-εφόδια για τον τρόπο που σχεδιάζουμε. Η επιστημονική κοινότητα από τον 19^ο αιώνα άρχισε να αντιλαμβάνεται την πολυπλοκότητα ορισμένων αισθήσεων, συμπεριλαμβανομένης της όρασης και να συνδέει σιγά σιγά μέρη του εγκεφάλου με συγκεκριμένες λειτουργίες. Αυτό έγινε μέσα από παρατηρήσεις σε ασθενείς οι οποίοι είχαν τραύματα σε συγκεκριμένα σημεία του εγκεφάλου ή των ματιών και ως αποτέλεσμα δυσλειτουργίες στην αντίληψη.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα από ασθενή του νευροχειρουργού Wilder Penfield από το Montreal (αναλυτικότερα η περίπτωση στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ1). Ο Penfield, με κατάλληλη διέγερση του κροταφικού φλοιού της ασθενούς, κατάφερε να την κάνει να βιώνει ένα κομμάτι μιας τραυματικής εμπειρίας της που είχε στο

παρελθόν (διαφορετικό κομμάτι για διαφορετική διέγερση). Όχι σαν ανάμνηση, αλλά σαν να συνέβαινε στο παρόν.

Αυτό που συμπεραίνουμε αφενός ο κροταφικός φλοιός παίζει σημαντικό ρόλο στο να βιώνουμε καταστάσεις από το παρελθόν. Δεν αποτελεί αποθήκη για αναμνήσεις όπως θα δούμε παρακάτω. Το πιο σημαντικό όμως, είναι το γεγονός ότι η όραση, η ακοή και υπόλοιπες αισθήσεις είναι απαραίτητες για τη βίωση καταστάσεων, δεν είναι όμως τα αισθητήρια όργανα (μάτια, αυτιά) πάντα απαραίτητα για κάτι τέτοιο. Είτε στα όνειρα (ακόμα και οι τυφλοί βλέπουν όνειρα) ή σε κρίσεις όπως αυτήν παραπάνω, φαίνεται ότι βιώνουμε πράγματα και οι αισθήσεις μας λειτουργούν κανονικά χωρίς απαραίτητη να είναι η ροή πληροφοριών από τα αισθητήρια όργανα. Και τέλος, όπως θα αποδειχθεί και πιο καθαρά παρακάτω, ο εγκέφαλος είναι αυτός που ευθύνεται για το πώς βιώνουμε και αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο και τα βιώματα είναι διαφορετικά για κάθε άνθρωπο ακόμα κι αν βλέπει, ακούει, μυρίζει και αισθάνεται ακριβώς το ίδιο με εμάς. Η μνήμη μας δεν είναι απλώς πληροφορίες από το παρελθόν, είναι ζωντανός οργανισμός που αλληλοεπιδρά με τις προσλαμβάνουσες του παρόντος και κατασκευάζει καινούρια βιώματα.²²

Ο Henrick Lissaur 27χρονος νευρολόγος στην κλινική Breslau του Wernicke, διατύπωσε τη θεωρία ότι η λεγόμενη εγκεφαλική τύφλωση (mind blindness) μπορούσε να είναι δύο ειδών. Είτε αδυναμία συσχετισμού συγχρόνων αντιλήψεων με τη μνήμη, ή αδυναμία δημιουργίας νέων αντιλήψεων. Το 1891 ο όρος αυτός αντικαταστάθηκε από τον όρο αγνωσία (agnosia) που εισήγαγε ο Freud και σημαίνει αδυναμία αναγνώρισης αντικειμένων παρά το γεγονός ότι τα αισθητήρια όργανα λειτουργούν κανονικά..²³ Εδώ εξετάζεται η οπτική αγνωσία (visual agnosia)

22 I.Glynn, op.cit., σελ., 179

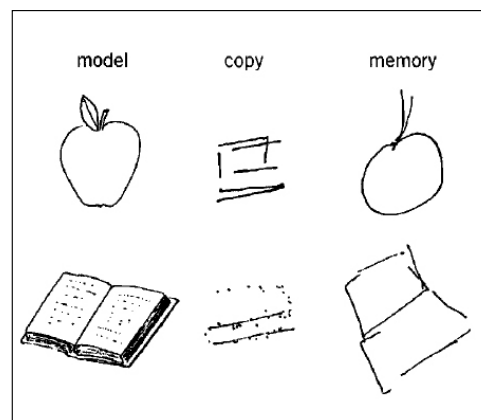
23 Ibid, σελ., 201-202

21 I.Glynn, op.cit., σελ., 191 (words by David Mar in his book of vision)

Μέσα από παραδείγματα ασθενών ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ2, είναι δυνατό να καταλάβουμε το ρόλο του εγκεφάλου στην αντίληψη. Σε κάποιες περιπτώσεις είναι δυνατή η από μνήμης νοερή απεικόνιση και αναγνώριση αντικειμένων, αλλά αδυναμία αναγνώρισης ακόμα και των ίδιων αντικειμένων όταν αυτά είναι ορατά (εικόνα13). Σε άλλες, υπάρχει αδυναμία κατανόησης σχημάτων και προσανατολισμού με βάση την όραση, αλλά πλήρης ικανότητα νοερά και από μνήμης.

Ένα είδος αγνωσίας είναι και η προσωποαγνωσία, δηλαδή η αδυναμία αναγνώρισης γνωστών προσώπων. Οι υγιείς άνθρωποι με μία μόνο ματιά συνήθως μπορούν να καταλάβουν την ηλικία, το φύλο και τη φυλή, παρ'όλο που τα πρόσωπα αν και όλα διαφορετικά, μοιάζουν πολύ μεταξύ τους. Η αναγνώριση φυσικά είναι μια πολύπλοκη διαδικασία του εγκεφάλου. Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας δεν κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω ανάλυση αυτής της πάθησης. Αυτό όμως το οποίο είναι εντυπωσιακό και χρήσιμο για τους στόχους της εργασίας, αφορά μια σειρά από έρευνες που έγιναν τη δεκαετία του 1980 από διάφορους ερευνητές σε ασθενείς με προσωποαγνωσία. Παρατήρησαν διαφορές τάσης στο δέρμα των ασθενών όταν τους έδειχναν γνωστά τους πρόσωπα τα οποία φυσικά δεν αναγνώριζαν συνειδητά. Ήταν ξεκάθαρο όμως ότι υπήρχε ασυνείδητη αναγνώριση. Η μέθοδος αυτή είναι παρόμοια με αυτές που χρησιμοποιούνται στους ανιχνευτές ψεύδους, χωρίς φυσικά να υπάρχει υποψία εξαπάτησης στις συγκεκριμένες περιπτώσεις²⁴ παράδειγμα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ3.

Από τις έρευνες αυτές τα αποτελέσματα ήταν ανάλογα και το συμπέρασμα αδιαμφισβήτητο. Ο ασθενής δεν είχε πρόβλημα να αναγνωρίσει πρόσωπα, απλά δεν καταλάβαινε συνειδητά ότι το έκανε. Δεν αποτελεί κάτι καινούριο το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται πληροφορίες από αισθητήρια όργανα χωρίς να υπάρχει



Εικόνα 13: Δημιουργικό τεστ σε ασθενή με οπτική αγνωσία. Στη δεύτερη στήλη έχουμε απόπειρα αντιγραφής των απλών μοντέλων της πρώτης στήλης, ενώ στην τρίτη η διαδικασία είναι από μνήμης.

συνειδητή επιλογή για αυτό, συμβαίνει και όταν αναπνέουμε, καθώς ο οργανισμός ρυθμίζει την αναπνοή ανάλογα με την ανάγκη που έχει σε οξυγόνο και το ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα που έχει στο εσωτερικό του, αυτό που εντυπωσιάζει είναι ότι το ίδιο συμβαίνει και με πληροφορίες στις οποίες οι υγιείς άνθρωποι έχουν πρόσβαση πάντα συνειδητά. Σε δεύτερη ανάγνωση μπορούμε να συμπεράνουμε ότι μηχανισμοί ελέγχου της όρασης και ενεργοποίησης της κίνησης,²⁵ αυτό που θα λέγαμε απλουστευμένα ενστικτώδεις αντιδράσεις φαίνεται να λειτουργούν γρηγορότερα από τους μηχανισμούς του εγκεφάλου που απαιτούν συνειδητή σκέψη και αποφάσεις.

Εδώ έχουμε ένα πεδίο το οποίο σαφώς χρήζει περαιτέρω έρευνας. Κατά πόσον δηλαδή οι ασυνείδητες και ενστικτώδεις αποφάσεις που προηγούνται των συνειδητών επηρεάζουν τις τελευταίες. Αυτό όμως που πρέπει να κρατήσουμε και να ερευνήσουμε ως

²⁵ Η ενστικτώδης ενεργοποίηση μηχανισμών κίνησης προκύπτει από το παράδειγμα με την ασθενή που είχε χάσει τη δυνατότητα ελέγχου του προσανατολισμού και κατανόησης των σχημάτων, αλλά μπορούσε με κλειστά μάτια να μιμηθεί τις σωστές κινήσεις για να τοποθετήσει ένα γράμμα σε θυρίδα.

αρχιτέκτονες, είναι ότι κατ'αναλογία με τα πρόσωπα, -και εδώ τίθεται μια σημαντική υπόθεση για τη λογική πορεία της έρευνας- ακριβώς το ίδιο μπορεί να συμβαίνει και με την πρόσληψη και αίσθηση του χώρου. Για παράδειγμα η αίσθηση της οικειοποίησης, της θαλπωρής ή δέους που αισθανόμαστε σε έναν χώρο χωρίς πάντα να μπορούμε να τα αιτιολογήσουμε, μπορεί να προέρχονται σε μεγάλο βαθμό από πληροφορίες στις οποίες υποσυνείδητα έχουμε πρόσβαση και σχετίζονται είτε με βιώματα από πρότερες εμπειρίες καταγεγραμμένα στη μνήμη μας ή ακόμα και με πληροφορίες με τις οποίες είμαστε πιο βαθιά συνδεδεμένοι και προέρχονται από την εξέλιξη του ανθρώπινου είδους μέσα στους αιώνες ήτοι πανανθρώπινες και κοινές. Το φως ειδικότερα, το οποίο εξετάζεται σε αυτήν την έρευνα, αναμφισβήτητα έχει «χαράξει» πληροφορίες και στις δύο κατευθύνσεις και είναι βασικός στόχος της εργασίας να ανακαλύψει εργαλεία που ίσως αποκρυπτογραφήσουν σε πιο βαθμό ο συναισθηματικός αντίκτυπος που δημιουργεί ο φωτισμός ενός χώρου είναι καθολικός και σε ποιο βαθμό υποκειμενικός, προσωπικός και συνδεδεμένος με τα βιώματα.

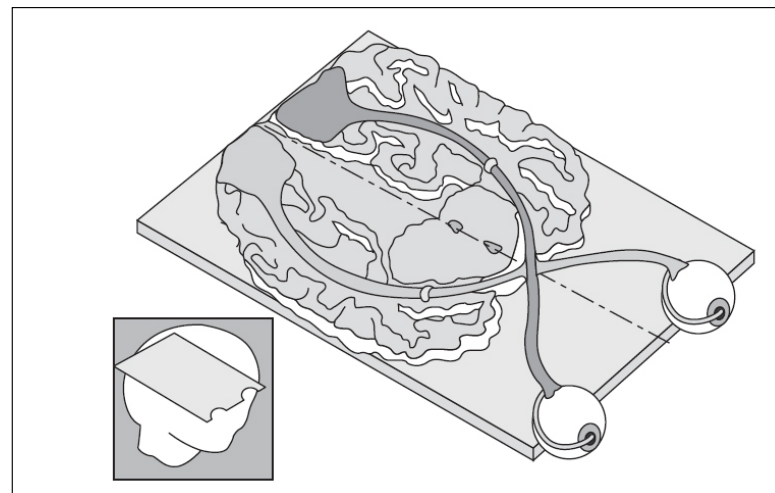
Τρίτη θεώρηση-Μια νευροφυσιολογική σκοπιά

Η τρίτη θεώρηση ονομάζεται νευροφυσιολογική (neurophysiological) και περιλαμβάνει την μελέτη των αντιδράσεων των νευρικών κυττάρων του εγκεφάλου μετά από διέγερση των φωτοευαίσθητων κυττάρων. Ειδικά με τις σύγχρονες μεθόδους σάρωσης, μπορεί να παρατηρείται και να καταγράφεται η δραστηριότητα σε διαφορετικά τμήματα του ανθρώπινου εγκεφάλου.

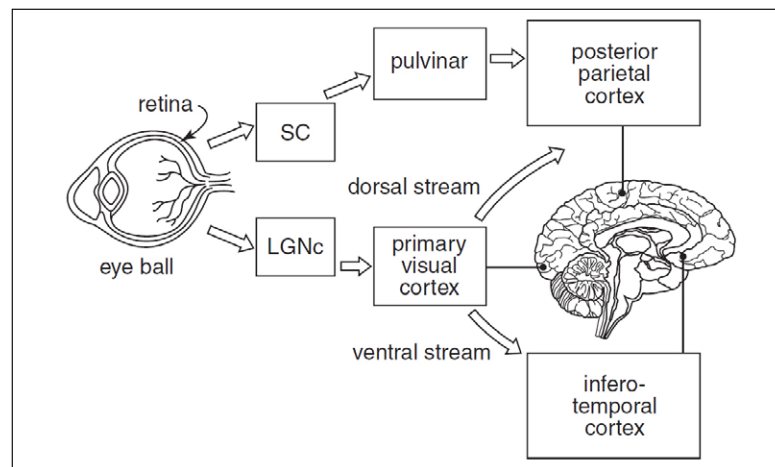
Αν στην προηγούμενη θεώρηση ανοίξαμε μια χαραμάδα στο «μαύρο κουτί», σε αυτήν είναι που ανοίγουμε το μεγαλύτερο μέρος του. Όπως είδαμε και σε παραδείγματα σε προηγούμενα κεφάλαια, η διέγερση ενός μικρού μέρους του εγκεφάλου με ένα ηλεκτρόδιο για παράδειγμα, αφού έχει προηγηθεί η κατάλληλη χαρτογράφηση και εν συνεχεία η σχολαστική διερεύνηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων, έχουν οδηγήσει στην αποκάλυψη των περισσότερων επιμέρους μηχανισμών του εγκεφάλου, τι είδους πληροφορίες επεξεργάζονται και τον τρόπο σύνδεσής τους για το τελικό αποτέλεσμα. Κάποιοι από αυτούς τους μηχανισμούς αναφέρθηκαν συνοπτικά σε προηγούμενα υποκεφάλαια τόσο στην ανατομία του εγκεφάλου όσο και στα παραδείγματα που ακολουθήσαν. Εδώ θα δούμε κάποιες επιπλέον πληροφορίες, όλες σχετικές με τους μηχανισμούς του οπτικού συστήματος, που θα βοηθήσουν στην απάντηση των ερωτημάτων που τέθηκαν.

Με τη διεξαγωγή των κατάλληλων πειραμάτων, βρέθηκε ότι η εικόνα του αμφιβληστροειδούς αναπαρίσταται σημείο προς σημείο και στο θάλαμο και οι αντιδράσεις των θαλαμικών κυττάρων είναι παρόμοιες με αυτές στο γαγγλιακών κυττάρων. Παρ'όλο που όπως είδαμε οι πληροφορίες και απ' τα δύο μάτια πηγαινούν στο ίδιο μέρος του θαλάμου, κρατούνται ξεχωριστά και ο συγκεκρι-

ρασμός τους χρησιμεύει στη στερεοσκοπική όραση. Είχαν προηγηθεί ανάλογα πειράματα στα οποία βρέθηκε ότι παρ'όλο που συνειδητά δεν ξεχωρίζουμε την εικόνα του ενός ματιού από την άλλη, εντούτοις έχουμε πρόσβαση σε αυτές με υποσυνείδητο τρόπο. Το πιο σημαντικό όμως βρίσκεται στο διαχωρισμό της χρωματικής από την κινητική πληροφορία, οι οποίες μεταφέρονται ξεχωριστά. Οι πληροφορίες που αφορούν το σχήμα μεταφέρονται και από τους δυο «δρόμους», όπου στις χρωματικές πληροφορίες περιλαμβάνονται και αυτές που αφορούν τη λεπτομέρεια.²⁶ Η σημαντική διαφορά που έχουν τα θαλαμικά κύτταρα σε σχέση με τα γαγγλιακά, βρίσκεται στο γεγονός ότι δεν διεγείρονται ανάλογα με το φως, αλλά με τις γραμμές, τα όρια ανάμεσα σε κάτι φωτεινό ή λιγότερο φωτεινό ή διαφορετικού χρώματος. Διαφορετικά θαλαμικά κύτταρα αντιδρούν ανάλογα με τον προσανατολισμό του εκάστοτε ορίου-γραμμής ή ακόμα και με άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά της γραμμής όπως αν είναι ευθεία τεθλασμένη ή καμπύλη, ή αν είναι κάθετη, οριζόντια ή διαγώνια. *«Υπάρχουν δύο κύριες ροές προβολών για τις οπτικές πληροφορίες που προέρχονται απ' το μάτι, η κοιλιακή ροή και η νωτιαία. Η κοιλιακή ροή εστιάζει στα ειδικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων και τη σχέση τους μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα, τη φωτεινότητα κ.λ.π. Αυτό επιτρέπει μια μακροσκοπική αναπαράσταση, μια βασική γνώση για τον κόσμο. Οι μετασχηματισμοί της νωτιαίας ροής παρέχουν πληροφορίες στιγμή προς στιγμή για τη θέση και τη μετατόπιση αντικειμένων, επιτρέποντας τον οπτικό έλεγχο επιδέξιων πράξεων (όπως να μπορεί κανείς να σχεδιάζει).»²⁷*



Εικόνα 14: Τομή οπτικού συστήματος. Από τα μάτια στον εγκέφαλο.



Εικόνα 15: Κοιλιακή (ventral) και νωτιαία (dorsal) ροή.

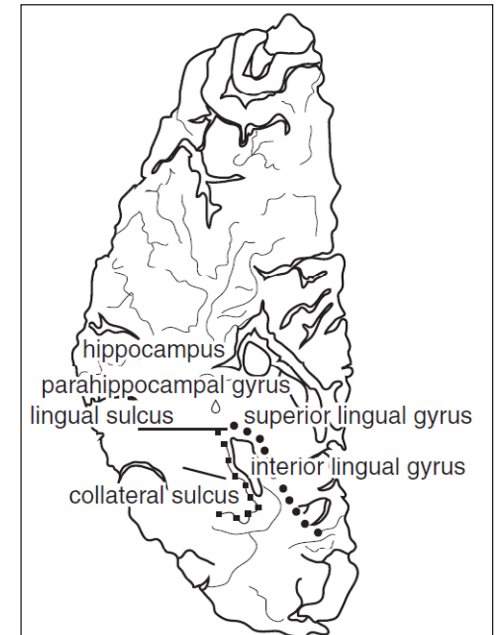
26 I.Glynn, op.cit., σελ., 223-224

27 Eberhard, John P., op. cit., σελ., 76

Πριν κλείσουμε αυτό το κεφάλαιο θα ήταν χρήσιμο να αναφερθεί μια συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου η λειτουργία της οποίας έχει ιδιαίτερη σημασία για το πώς αντιλαμβανόμαστε το δομημένο χώρο. «Η περιοχή αυτή ονομάζεται PPA (*parahippocampal place area*)(εικόνα 14). Η περιοχή PPA αντιδρά έντονα σε χώρους, παρά σε άλλα οπτικά ερεθίσματα, είναι πολύ πιο ενεργή όταν βρίσκεται μπροστά σε πολύπλοκες σκηνές όπως δωμάτια, τοπία και δρόμους μέσα στην πόλη, παρά όταν βλέπουμε φωτογραφίες, αντικείμενα, πρόσωπα κ.α... Η δραστηριότητα στο PPA είναι μεγαλύτερη όταν κάποιος βλέπει έναν πολύπλοκο χώρο, παρά κάτι επαναλαμβανόμενο. Όπως φαίνεται η δραστηριότητα στο PPA δεν επηρεάζεται από το κατά πόσον ο χώρος είναι οικείος, ούτε δείχνει να αυξάνεται από τυχόν κίνηση που εντοπίζεται. Σύμφωνα λοιπόν με έρευνες, η PPA δεν δείχνει να προσλαμβάνει οπτικές πληροφορίες από τη μνήμη. Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι ο σχηματισμός των δομών τα οποία χρησιμοποιούνται για χωρική αναγνώριση, σχηματίζονται σταδιακά σε μια μεγάλη χρονική περίοδο κατά την ανάπτυξη του εγκεφάλου. Φαίνεται ότι πολλά νεύρα σταδιακά κωδικοποιούνται ως αποτελεσματικά συσσωρευμένης εμπειρίας.»²⁸

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η επεξεργασία της εικόνας του αμφιβληστροειδούς είναι παράλληλη και αφορά τις χρωματικές διαφοροποιήσεις, τον προσανατολισμό, τη διεύθυνση των γραμμών και την κίνηση. Έτσι μπορούμε να κατανοήσουμε τη σημασία που έχει η αντίληψη των ορίων σε αυτά που βλέπουμε, κάτι που φαίνεται και στον τρόπο που χρησιμοποιούμε τα εργαλεία απεικόνισης, δηλαδή τα σχέδια, σκίτσα ή ακόμα και τις ζωγραφιές κατά την παιδική ηλικία, όπου τα όρια συμβολίζονται με σαφείς γραμμές που δημιουργούν περιγράμματα. Παρ'όλο που τα περιγράμματα δημιουργούν ανακριβείς αναπαραστάσεις, εντούτοις τα κατανοούμε

ευκολότερα λόγω του καθορισμού των ορίων. Επίσης είναι πολύ σημαντική η διαπίστωση ως προς τη χωρική εμπειρία όπως αυτή διαμορφώνεται από την PPA. Θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι η αίσθηση που έχουμε για ένα χώρο δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τα γενικότερα βιώματα που μπορεί να έχουμε συνδέσει με ένα χώρο, αλλά και από την ίδια τη δομή των χώρων, με τρόπο αντικειμενικό. Κάτι τέτοιο ίσως να το θεωρούμε προφανές, αλλά πλέον μπορούμε να μελετήσουμε ακριβώς το μέρος του εγκεφάλου από το οποίο εξαρτάται.



Εικόνα 16: Lingual sulcus είναι η περιοχή PPA.

Τέταρτη υπολογιστική θεώρηση

Η τέταρτη και πιο πρόσφατη θεώρηση είναι γνωστή ως υπολογιστική (computational) και μελετάει κυρίως το είδος των πληροφοριών και της επεξεργασίας που λαμβάνει χώρα στο οπτικό σύστημα, παρά τους μηχανισμούς καθ'αυτούς.

Η τέταρτη και πιο σύγχρονη θεώρηση μελετά τον τρόπο επεξεργασίας των πληροφοριών από τα νευρικά κύτταρα. Ο τρόπος που χρησιμοποιείται για να προσδιοριστούν οι παραπάνω τρόποι είναι μέσα από τη σύγκριση των νευρικών κυττάρων με τους επεξεργαστές των ηλεκτρονικών υπολογιστών, αλλά και πειραματικά, με υπολογιστικά προσομοιωτικά μοντέλα εφαρμογών για H/Y. Έτσι, η χρησιμότητα αυτού του τρόπου μελέτης είναι αμφίδρομη. Αφενός κατανοούμε τον τρόπο λειτουργίας του εγκεφάλου και αφετέρου εξελίσσουμε τις εφαρμογές των υπολογιστών που αφορούν την τεχνητή νοημοσύνη.

Αρχικά χρήσιμο θα ήταν να δούμε τις διαφορές μεταξύ εγκεφάλου και τρόπου επεξεργασίας των H/Y. Ένας επεξεργαστής δουλεύει σειριακά. Αυτό σημαίνει ότι εκτελεί υπολογισμούς οι οποίοι υπαγορεύονται από το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή βήμα βήμα, έναν κάθε φορά. Αυτό μπορεί βέβαια να γίνεται εκατομμύρια φορές πιο γρήγορα σε σχέση με τον εγκέφαλό μας. Η ειδοποιός διαφορά όμως είναι ότι ο εγκέφαλος λειτουργεί με παράλληλη επεξεργασία, παρ'όλο που σκεφτόμαστε με χρονική ακολουθία. Κάθε στιγμή, ο αμφιβληστροειδής στέλνει μια ροή σημάτων (ηλεκτρικές κενώσεις μέσω των νευρών) μέσα από εκατομμύρια διαφορετικούς δρόμους. Και όπου και αν εξετάσεις των εγκέφαλο υπάρχουν εκατομμύρια παρόμοιες διαδρομές. Τα νευρικά κύτταρα στέλνουν τα σήματα συγκριτικά αργά (εκατό σήματα το δευτερόλεπτο περίπου) και έτσι ο εγκέφαλος μπορεί να ανταπεξέλθει στη

ροή πληροφοριών.²⁹

Μια πιο κοντινή σύγκριση του εγκεφάλου με κομμάτι του H/Y θα ήταν με την κάρτα γραφικών (GPU), η οποία δουλεύει και αυτή παράλληλα. Οι χιλιάδες μικροεπεξεργαστές (πυρήνες) οι οποίοι βρίσκονται πάνω στην κάρτα γραφικών επιτρέπουν αυτήν τη διαδικασία, δουλεύοντας βέβαια πολύ πιο αργά σε σχέση με αυτούς της CPU. Όμως και πάλι, οι διαφορές με τη λειτουργία του εγκεφάλου είναι τεράστιες. Μια πιο επιτυχημένη ίσως σύγκριση θα ήταν της GPU με τον αμφιβληστροειδή, καθώς αυτό που κάνει είναι να εκτελεί υπολογισμούς οι οποίοι αφορούν την απεικόνιση pixel προς pixel της εικόνας που εμφανίζεται στην οθόνη μας.

Η δυσκολία σύγκρισης των μηχανημάτων με μέρη του εγκεφάλου βρίσκεται στο γεγονός ότι οι υπολογιστές χωρίζονται σε hardware (τα μηχανήματα που εκτελούν τις εντολές) και software (οι εφαρμογές που υπαγορεύουν εντολές στο hardware) ενώ αντίθετα ο εγκέφαλος περιλαμβάνει και τις δύο αυτές λειτουργίες (αντίθετα με μια λανθασμένη υπεραπλουστευτική σύγκριση που θέλει τον εγκέφαλο ως software και το υπόλοιπο σώμα ως εντολοδόχο και εκτελεστή). Μια σημαντική επισήμανση που υποστηρίζει τον παραπάνω διαχωρισμό βρίσκεται και στο γεγονός ότι ο εγκέφαλος δεν φαίνεται να έχει συγκεκριμένο αποθηκευτικό μέρος για τη μνήμη (όπως έχει το σκληρό δίσκο ο υπολογιστής), αλλά η μνήμη υπάρχει ως διαφοροποίηση των συνάψεων των νευρικών κυττάρων. Τα κύτταρα αυτά δεν αποτελούν κάποιο ειδικό τύπο κυττάρων μνήμης, αλλά οι συνάψεις τους δημιουργούνται και σταθεροποιούνται όσο οι πληροφορίες που μεταδίδουν είναι ίδιες ή παρόμοιες.

Για την κατανόηση των συνάψεων και του τρόπου αποθήκευσης πληροφοριών, αλλά και το πώς αποθηκεύεται η μνήμη διεξήχθησαν πειράματα στα οποία τα νευρικά κύτταρα προσομοιάζονταν

29 I.Glynn, op.cit., σελ., 242-246

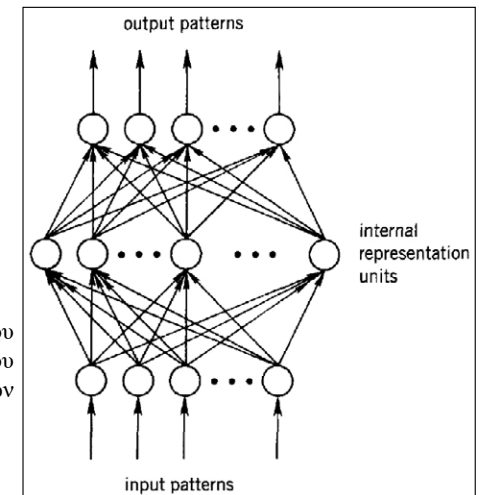
με υπολογιστικές μονάδες σε τρία επίπεδα που δημιουργούσαν ένα δίκτυο. (ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ3) Τα ποσοστά επιτυχίας του δικτύου τόσο στην αναγνώριση προσώπων και φύλου των προσώπων μετά από «εκπαίδευση» (machine learning), ήταν εντυπωσιακά.

Στα πλαίσια της έρευνας φυσικά δεν μας ενδιαφέρουν τόσο οι λεπτομέρειες της διαδικασίας δημιουργίας και εκπαίδευσης του αλγορίθμου, που αποτελούν αντικείμενα έρευνα της θεωρίας των υπολογιστών. Άλλωστε οι εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα (machine learning) τρέχουν ταχύτητα στις μέρες μας, στοχεύοντας στην ανάπτυξη συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης. Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η συνάφεια που παρουσιάζει ο τρόπος λειτουργίας του αλγορίθμου με το ανθρώπινο νευρικό σύστημα και η δυνατότητα της περαιτέρω κατανόησής του. Η τέταρτη αυτή υπολογιστική θεώρηση μας δίνει τη δυνατότητα να κατανοήσουμε καλύτερα τη διαδικασία της επεξεργασίας πληροφοριών, αλλά και τη σημασία των συνάψεων. Αποδεικνύει εκ νέου ότι τα βιώματα και οι εμπειρίες δεν αποτελούν απλά αναμνήσεις που ανασύρονται από κάποιο μέρος του εγκεφάλου, αλλά αποτελούν το δρόμο μέσα από τον οποίο περνάει κάθε καινούριο ερέθισμα, το οποίο με τη σειρά του μεταβάλλει τη δύναμη των συνδέσεων. «Οι συνάψεις, μπορούν να αυξηθούν ή να μειωθούν, αναλόγως με τα βιώματα, και ακόμα και ο συνολικός αριθμός των νευρών μπορεί να αλλάξει σε συγκεκριμένες περιοχές, ανάλογα με τις αλλαγές στα ερεθίσματα και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Αυτές οι αλλαγές στη δομή του εγκεφάλου, αναλόγως των αλλαγών του περιβάλλοντος, συμβαίνουν εντονότερα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του, αλλά και καθ'όλη τη διάρκεια ζωής των θηλαστικών.»³⁰

Εν κατακλείδι, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο εγκέφαλος ελέγ-

χει τη συμπεριφορά μας , ενώ τα γονίδια είναι αυτά που καθορίζουν τη σύσταση του εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος όμως είναι ένα δυναμικό σύστημα διαρκώς μεταβαλλόμενο από τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος, συνεπώς το ίδιο και η συμπεριφορά μας.

Η συγκεκριμένη θεώρηση όμως εγείρει και πολύ σοβαρά ερωτήματα, τα οποία φυσικά δεν είναι δυνατόν να απαντηθούν στα πλαίσια μιας ερευνητικής, αλλά αποτελούν έναυσμα για στοχασμό και περεταίρω έρευνα. Για παράδειγμα ο μαθηματικός-υπολογιστικός τρόπος προσομοίωσης των νευρικών κυττάρων μήπως θα μπορούσε μελλοντικά να φτάσει την πολυπλοκότητα του εγκεφάλου και να μπορεί προβλέπει το αντίκτυπο που θα έχουν σε αυτόν τα ερεθίσματα, ή ακόμα πάρα πέρα τις αποφάσεις που θα πάρει ο εγκέφαλος με τα συγκεκριμένα ερεθίσματα. Αυτό φυσικά αποτελεί μια άκρως ντετερμινιστική θεώρηση για την οποία βρισκόμαστε ακόμα μακριά στην επιβεβαίωση ή απόρριψή της.



Εικόνα 17: Δομή αλγορίθμου machine learning, που λειτουργεί καθ'ομοίωση των νευρικών κυττάρων

A1.4 Μνήμη

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε πόσο άρρηκτα συνδεδεμένη είναι η μνήμη με την αντίληψη που έχουμε για ότι βλέπουμε και φυσικά συμπεριλαμβανομένης της χωρικής αντίληψης. Δεν είναι δυνατόν να εξηγήσουμε τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε το χώρο χωρίς να λάβουμε υπ'όψιν την επεξεργασία που εκτελεί ο εγκέφαλος διαμέσου της μνήμης. Ακόμα είδαμε τη φυσική της μορφή στον εγκέφαλο (συνάψεις) και πώς λειτουργεί μέσα από μια νευρολογική και υπολογιστική σκοπιά. Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε πιο αναλυτικά κάποιες κατηγορίες που κατατάσσουν τη μνήμη ως προς το είδος της νοητικής συνεισφοράς.

Τα δύο βασικά είδη μνήμης είναι η κοντινή και μακρινή. Ως κοντινή μνήμη ορίζουμε τη δυνατότητά μας να θυμόμαστε φωτογραφικά τα γεγονότα που συνέβησαν από λίγα δευτερόλεπτα μέχρι λεπτά πίσω. Ότι γεγονός συνέβη ακόμα νωρίτερα το κατατάσσουμε στην μακρινή μνήμη. Για να μπορέσουμε να καταλάβουμε το ρόλο και τις διαφορές μεταξύ των δύο βασικών ειδών μνήμης με επιστημονικό τρόπο, θα μελετήσουμε ένα παράδειγμα μέσα από το βιβλίο του I.Glynn.

Το 1953, ο νευροχειρουργός William Scoville στο Hartford του Connecticut εγχείρησε έναν 27χρονο ο οποίος υπέφερε από επιληπτικές κρίσεις, μετά από ένα ατύχημα που είχε στα 9 του χρόνια. Με το πέρασμα των χρόνων οι κρίσεις γίνονταν όλο και πιο συχνές και έντονες. Κατά την εγχείρηση αφαιρέθηκαν από τον ασθενή τα δύο τρίτα του ιπόκαμπου, η αμυγδαλή και κάποια μέρη του εγκεφαλικού φλοιού και στα δύο ημισφαίρια. Το αποτέλεσμα της επέμβασης ήταν όντως να μειωθούν σημαντικά τόσο σε ένταση όσο και σε συχνότητα οι επιληπτικές κρίσεις του ασθενούς, αλλά

με μία πολύ σοβαρή παρενέργεια: Έχασε την ικανότητά του να σχηματίζει νέες αναμνήσεις. Αυτό ονομάζεται προδρομική αμνησία. Επίσης είχε χάσει και μέρος των αναμνήσεων που είχε πριν από την εγχείρηση (οπισθοδρομική αμνησία). Το συμπέρασμα που εξήχθη λαμβάνοντας υπ'όψιν και άλλες παρόμοιες επεμβάσεις, είναι ότι ο βαθμός απώλειας μνήμης, αλλά και η ικανότητα σχηματισμού αναμνήσεων εξαρτάται ευθέως με το ποσοστό του ιπόκαμπου που αφαιρείται. Αυτό βεβαίως, όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, δε σημαίνει ότι οι πληροφορίες αυτές είναι αποθηκευμένες στον ιπόκαμπο ή ότι άλλα μέρη του εγκεφάλου δεν συντελούν στο σχηματισμό αναμνήσεων.

Παρ'ότι λοιπόν ο ασθενής είχε χάσει τη δυνατότητα σχηματισμού νέων εμπειριών, εντούτοις, η κοντινή μνήμη του ήταν απολύτως φυσιολογική. Μπορούσε να θυμηθεί αλληλουχίες αριθμών ή χρωμάτων που του έδειξαν μερικά δευτερόλεπτα πριν όπως επίσης να δυναμώσει τη μνήμη του σε πιο πολύπλοκες αλληλουχίες μέσω της επανάληψης. Μετά από μερικά λεπτά όμως είχε ξεχάσει εντελώς την όποια συζήτηση-άσκηση έκανε.

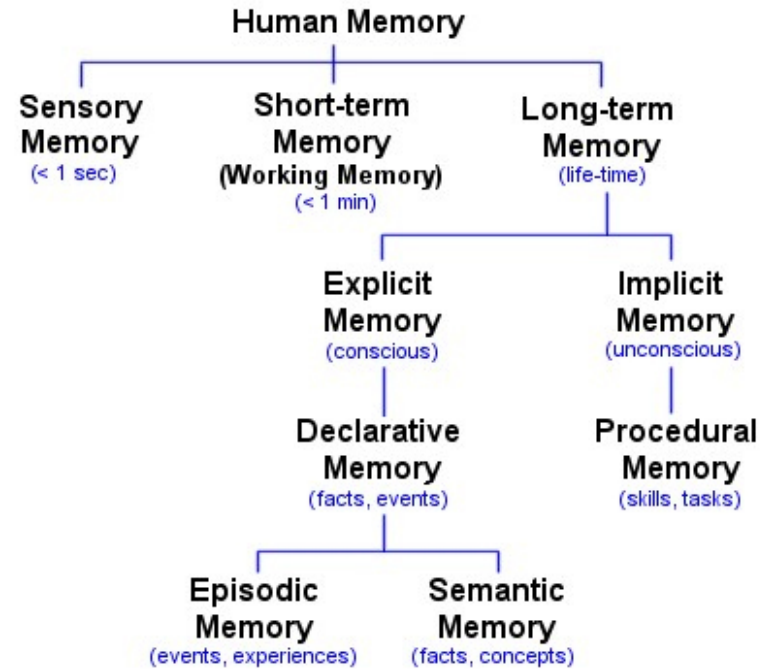
Με τη σειρά της η μακρινή μνήμη χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες, τη σιωπηλή (implicit) και ρητή (explicit). Η σιωπηλή μνήμη αναφέρεται στις δεξιότητες τις οποίες αναπτύσσει κανείς μέσα από διάφορες επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες. Για παράδειγμα η ικανότητα οδήγησης ποδηλάτου ή αυτοκινήτου. Και στην περίπτωση του παραπάνω ασθενούς, κατάφερε να αναπτύξει κάποιες κινητικές-προσανατολιστικές δεξιότητες όπως να εντοπίζει και ακολουθεί μια κινούμενη κουκίδα με ένα στυλό, παρ'όλο που του ήταν αδύνατο κάθε φορά να θυμηθεί ότι είχε επαναλάβει αυτή τη διαδικασία. Μιλάμε δηλαδή για δεξιότητες που ασθενείς μπορούν να αναπτύξουν, όμως όταν τις εκτελούν δεν έχουν συνει-

δητή επίγνωση της διαδικασίας, όπως θα είχαν υγιείς άνθρωποι.

Με τη σειρά της η ρητή μνήμη χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Την επεισοδιακή και την σημασιολογική. Επεισοδιακή ονομάζουμε τη μνήμη που έχουμε για συμβάντα που έχουμε βιώσει προσωπικά (η ανάμνηση όταν είδα τον Παρθενώνα για πρώτη φορά) ενώ η σημασιολογική αναφέρεται σε μνήμες για έννοιες, γεγονότα και εν γένει γνώση που έχει να κάνει με τον κόσμο (γνωρίζω ότι ο Παρθενώνας είναι κατασκευασμένος βάσει της χρυσής τομής).

Ο διαχωρισμός αυτών των κατηγοριών μνήμης δεν θα μπορούσε να χαρακτηριστεί τυχαίος ή ότι γίνεται απλώς για διευκόλυνση στην κατανόησή της. Όπως το παραπάνω παράδειγμα έτσι υπάρχουν και άλλα που αποδεικνύουν με λιγότερη ή περισσότερη σαφήνεια την ύπαρξη των παραπάνω κατηγοριών (τραύμα σε μέρος του εγκεφάλου προκαλεί απώλεια ή δυσκολία σχηματισμού συγκεκριμένου είδους μνήμης). Δεν είναι χρήσιμο για τους στόχους που τέθηκαν να αναφερθούν όλα τα παραδείγματα ή να γίνει ακόμα διεξοδικότερη ανάλυση και άλλων υποκατηγοριών μνήμης.³¹

Ήδη έχουμε αρκετά στοιχεία τόσο από αυτό το κεφάλαιο όσο και από τη νευρολογική σκοπιά στο προηγούμενο για να καταλάβουμε τη σημασία της μνήμης. Τόσο ως προς την έννοια της η οποία είναι τελείως διαφορετική από αυτό που εννοούμε όταν αναφερόμαστε σε αυτήν στην καθημερινή (συνήθως την ταυτίζουμε μόνο με τη σημασιολογική μνήμη), αλλά κυρίως ως προς τη σημασία της στην αντίληψη του κόσμου και εν γένει την ίδια τη συνείδηση. Αποδεικνύεται εκ νέου ότι η αντίληψη και η αίσθηση που θα έχουμε για έναν χώρο, καθώς και τα συναισθήματα που μπορεί να μας δημιουργήσει, έχουν άμεση σχέση με τη μνήμη (με την ευρεία έννοιά της) και κυρίως θα λέγαμε με την επεισοδιακή.



Εικόνα 18: Τα είδη της μνήμης

A1.5 Συνείδηση (Consciousness) και Qualia

Συνείδηση σημαίνει να έχεις αντίληψη, σκέψεις συναισθήματα και επίγνωση. Ικανή και αναγκαία συνθήκη για να έχει κάποιος συνείδηση, είναι να έχει επίγνωση του εξωτερικού κόσμου.³² Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγιναν αρκετές αναφορές σε μερικές από τις παραπάνω έννοιες, το ίδιο θα συμβεί και στη συνέχεια. Απαραίτητο θα ήταν λοιπόν, να δούμε κάποιες διαφορετικές προσεγγίσεις, σε θεωρητικό επίπεδο, πάνω σε αυτήν την έννοια, ώστε τελικώς να καταλήξουμε στα εργαλεία εξαγωγής συμπερασμάτων ως προς την αίσθηση που προκαλεί ένας χώρος και ειδικότερα στην αίσθηση του δέους. “*Consciousness is the blinding context for understanding how we experience architecture*”³³. Και συνεχίζοντας ο Eberhard θεωρεί προφανές ότι για να έχουμε βιώματα πρέπει να έχουμε συνείδηση, ακόμα κι αν αυτά τα βιώματα είναι μέσα από τη μνήμη μας ή τα όνειρα μας.

Όταν αντιλαμβανόμαστε σκεφτόμαστε και δρούμε, όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, «*διεξάγεται μια επεξεργασία πληροφορίας στον εγκέφαλο, μια αιτιοκρατία, η οποία φυσικά δεν είναι τυχαία. Υπάρχει μια εσωτερική σκοπιά, κάτι που αισθανόμαστε σαν νοητικό πράκτορα. Αυτή η εσωτερική σκοπιά ονομάζεται συνειδητή εμπειρία. Η συνειδητή εμπειρία καθιστά δυνατή την αναγνώριση έντονων χρωμάτων μέχρι ανεπαίσθητων οσμών.*»³⁴

Για τον Rene Descartes (Καρτέσιος) και τον Williams James δύο αιώνες αργότερα, το να έχεις συνείδηση ισοδυναμεί με το να σκέφτεσαι, ή όπως θα έλεγε ο Descartes «*σκέφτομαι άρα υπάρχω*».

Αυτό αποτελεί μια ευθεία αναγνώριση στον κεντρικό ρόλο της συνείδησης τόσο οντολογικά (τι είναι) όσο και επιστημολογικά (τι και πώς ξέρουμε). Κάποιοι φιλόσοφοι όμως αρνούνται εντελώς τόσο την οντολογική όσο και την επιστημολογική ταυτότητα της συνείδησης και προτείνουν ότι δεν υπάρχει τίποτα παραπάνω από τη λειτουργία εγκεφαλικών κυκλωμάτων, ή έστω τίποτα που να χρήζει περαιτέρω έρευνας.³⁵ Αυτή είναι η άκρως ντετερμινιστική θεώρηση στην οποία έγινε αναφορά στο προηγούμενο κεφάλαιο στην τέταρτη υπολογιστική θεώρηση. Αν δηλαδή κατανοήσουμε πλήρως τη λειτουργία και δομή του εγκεφάλου, τότε ο ρόλος της συνείδησης είναι πλέον άχρηστος.

Άλλη θεώρηση προτείνει ότι ναι μεν η συνείδηση προκύπτει από νευροχημικές λειτουργίες στον εγκέφαλο δεν περιορίζεται όμως σε αυτές, αλλά πηγάζει. Όπως το νερό αποτελείται από 2 άτομα υδρογόνου και ένα οξυγόνου, αλλά δεν διατηρεί τις φυσικές ιδιότητες των δύο στοιχείων.

Edelman και Tononi

Στη συνέχεια θα γίνει συνοπτική αναφορά σε δύο σύγχρονες προσεγγίσεις πάνω στην έννοια της συνείδησης. Η πρώτη είναι αυτή των Edelman και Tononi (2000), (απόσπασμα της οποίας χρησιμοποιήθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο που αφορούσε την ανατομία του εγκεφάλου) η οποία δίνει κάποιες ολοκληρωμένες απαντήσεις στο πώς η υποκειμενική εμπειρία πηγάζει από την εμπειρία που έχουμε μέσα από γεγονότα.

Βασική τους θέση είναι ότι οι διεργασίες του εγκεφάλου εμπεριέχουν τη συνείδηση και δεν είναι απλά συμβάντα μέσα στον εγκέφαλο, αλλά βασίζονται στις αλληλεπιδράσεις μας με άλλους ανθρώπους, γεγονότα και τοποθεσίες στον κόσμο. Θεωρούν δηλαδή ότι η συνείδηση είναι μια μορφή επεξεργασίας και γι' αυτό το

³⁵ Ibid., sel 24

³² Chalmers David J. *The Conscious Mind*, New and Oxford: Oxford University Press, 1996, σελ.4

³³ Eberhard, John P., op. cit., σελ.28

³⁴ Chalmers David J. op.cit., σελ 5

λόγω μπορεί να μελετηθεί με επιστημονικά εργαλεία.

Οι Edelman και Tononi παρουσιάζουν τρεις βασικές έννοιες. Την πρωταρχική συνείδηση (primary consciousness), το αναμνηστικό παρόν (remembered present) και την υψηλής τάξης συνείδηση (high ordered consciousness). Όταν για παράδειγμα μπαίνουμε σε ένα ναό, στον εγκέφαλό μας γίνονται αλληλεπιδράσεις που συνδέουν τις αναμνήσεις από άλλες επισκέψεις στον ίδιο ή παρόμοιους χώρους, με κατηγοριοποιημένες πληροφορίες που προκύπτουν από εικόνες οι οποίες αποστέλλονται στον εγκεφαλικό φλοιό. Αυτή η σύνδεση είναι αυτό που οι Edelman και Tononi αποκαλούν πρωταρχική συνείδηση. Έτσι, τα νευρικά κύτταρα που ενεργοποιούνται από το παρόν βίωμα, δημιουργούν μια σκηνή με τα αντικείμενα τα οποία ακούμε, βλέπουμε, αγγίζουμε και μυρίζουμε και διανέμονται στο δίκτυο σύνδεσης του θαλάμου με τον φλοιό (thalamocortical system). Σε ποια αντικείμενα ή σε ποια αισθητηριακά συστήματα δίδεται περισσότερη σημασία, καθορίζεται από ένα προσωπικό «σύστημα αξιών» το οποίο έχει καθοριστεί με βάση παλιότερα γεγονότα που θεωρήθηκαν σημαντικά από τον εγκέφαλο (δυνατό φως, κραυγή, πόνος ή μεγάλη συναισθηματική φόρτιση). Όταν συμβαίνει ένα τέτοιο γεγονός, παρατηρείται στον εγκέφαλο μια ευρεία απελευθέρωση νευρομετροπέων, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν τη λειτουργία αλλά και τη δομή των νευρικών κυττάρων και δομών, δηλαδή να αλλάζουν τις τιμές στις συνάψεις που αφορούν παρόμοια γεγονότα ή να δημιουργούν νέες. Η βραχύχρονη μνήμη, η οποία συντελεί στη δημιουργία της πρωταρχικής συνείδησης, ενσωματώνει τις μνήμες από παλαιότερα παρόμοια περιστατικά στην παρούσα εικόνα, διαδικασία που ορίζεται ως “remembered present”.³⁶ Μέσω αυτής

της διαδικασίας δημιουργούνται οι σύνθετες αναμνήσεις και το προσωπικό σύστημα αξιών που είναι μοναδικό στον καθένα.

Ο μηχανισμός μέσω του οποίου ο εγκέφαλός μας παρέχει τη λογική συνέχεια στη ζωή μας, αξιοποιώντας τις μνήμες του παρελθόντος και το υποκειμενικό σύστημα αξιών, ώστε να θέσει προτεραιότητες και ιεράρχηση, είναι αυτό που αποκαλείται υψηλής τάξης συνείδηση.

Πολύ σημαντικές είναι οι παρατηρήσεις των Edelman και Tononi στο ζήτημα της qualia (λατινικά). Ως qualia ορίζεται η υποκειμενική εμπειρία που έχει ο κάθε άνθρωπος όταν αντιλαμβάνεται ένα χρώμα, ζέστη, πόνο, δυνατό ήχο κ.λ.π.. Οι Edelman και Tononi υποστηρίζουν ότι αρχικά, για να έχουμε υποκειμενική εμπειρία, θα πρέπει να διαθέτουμε τα αισθητήρια όργανα και τα νευρικά κύτταρα που είναι ικανά να αντιληφθούν και επεξεργαστούν την κάθε αίσθηση. Δεύτερον, κάθε συνειδητή εμπειρία αποτελεί μοναδική υποκειμενική εμπειρία είτε αυτή είναι μια εικόνα, μια σκέψη ακόμα και διάθεση. Τρίτον, κάθε υποκειμενική εμπειρία, (quale) αντιστοιχεί σε μια διαφορετική κατάσταση του δυναμικού πυρήνα, ανάμεσα στα εκατομμύρια των εναλλακτικών καταστάσεων. Η διαφοροποίηση αυτή αποτελεί για την υποκειμενική εμπειρία τη μοναδικότητά της.³⁷

Συμπερασματικά πάνω σε αυτή τη θεώρηση, η συνείδηση είναι κάτι παραπάνω από την απλή ενεργοποίηση ενός μεγάλου αριθμού νευρικών κυττάρων. Χρειάζεται κάτι παραπάνω ώστε οι διεργασίες των κυττάρων να μετατραπούν σε συνειδητή εμπειρία. Θεωρούν ότι σε μελλοντική επιστημονική έρευνα, η θεωρία τους μπορεί να επιβεβαιωθεί ή να καταρριφθεί, αλλά και ότι κάποιες συγκεκριμένες συνειδητές εμπειρίες δεν θα μπορέσουν να μελετηθούν επιστημονικά, καθώς η συνειδητή εμπειρία, βασίζεται σε

36 Edelman, Gerald M. and Tononi, Giulio., *A Universe of Consciousness*., New York: Basic Books, 2000., σελ. 107-110

37 Eberhard, John P., op. cit., σελ. 30-34

διάφορα ιστορικά μοτίβα, ασαφείς αναφορές και μη συγκρίσιμα δείγματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διαφορά στον τρόπο που εκλαμβάνει κανείς την τέχνη και φυσικά την αρχιτεκτονική η οποία και μελετάται στην έρευνα. Σύμφωνα με τους Edelman και Tononi, θα ήταν αδύνατον να προβλέψουμε πώς εκλαμβάνει ο καθένας το χώρο. Το ερώτημα που θα έθετα όμως είναι σε ποιο βαθμό μπορούμε να το προβλέψουμε.

Antonio Damasio

Σαν δεύτερη θεώρηση θα παρουσιαστεί αυτή του Antonio Damasio (1999). Ο Damasio προτείνει 2 συστατικά στη θεωρία του για τη συνείδηση. Την θεμελιώδη συνείδηση (core consciousness) η οποία σημαίνει την στιγμή προς στιγμή προσοχή μας στην επίγνωση του γύρω κόσμου και την εκτεταμένη συνείδηση (extended consciousness) η οποία με αρχή την θεμελιώδη και σε συνδυασμό με τη μνήμη και άλλες λειτουργίες του εγκεφάλου, «γεννά» την αυτοβιογραφική γνώση.

Στην πρωταρχική βάση της θεώρησης δε βλέπουμε να διαφέρει σημαντικά από αυτήν των Edelman και Tononi, αν θεωρήσουμε όμοιες τις έννοιες αυτοβιογραφική γνώση και την υψηλής τάξης συνείδηση. Μια πολύ σημαντική συνεισφορά του Damasio είναι η εισαγωγή του όρου Protoself,³⁸ δηλαδή ενός συνόλου νευρικών δομών, οι οποίες χαρτογραφούν στιγμή προς στιγμή την κατάσταση της φυσικής δομής ενός ανθρώπου. Δεν έχει δυνατότητες αντίληψης, ούτε κατέχει γνώση, αλλά είναι ένα σημείο αναφοράς σε κάθε μέρος του εγκεφάλου όπου και βρίσκεται. Ο Damasio θεωρεί ότι δύο είναι οι ενεργοί μηχανισμοί κάθε στιγμή: η αίσθηση γνώσης του τι βιώνεις μια δε-

δομένη στιγμή η οποία προκύπτει από το συνδυασμό 1) της δημιουργία της μη λεκτικής αλλά απεικονιζόμενης αναφοράς του εαυτού και ενός αντικειμένου, σε μια σχέση- με έναν τρόπο που ο «εαυτός» γνωρίζει της εμπειρίας που βιώνεται και 2) την ενίσχυση των εικόνων του αντικειμένου με σκοπό να τραβήξει την προσοχή.

Η συνείδηση εξαρτάται από την εσωτερική κατασκευή νέας γνώσης λαμβάνοντας υπ'όψιν μία αλληλεπίδραση μεταξύ του υποκειμένου και ενός αντικειμένου. Το υποκείμενο, ως φυσική οντότητα στον κόσμο, είναι χαρτογραφημένο στον εγκέφαλο, το ίδιο και οι δομές οι οποίες ρυθμίζουν τη ζωή και σηματοδοτούν συνεχώς την εσωτερική κατάσταση. Το αντικείμενο με το οποίο αλληλοεπιδρούμε και αυτό με τη σειρά του χαρτογραφείται βάση των αισθητηριακών οργάνων που ενεργοποιεί. Οι δύο αυτές χαρτογραφήσεις (του υποκειμένου και αντικειμένου), καταγράφονται ως νευρικές δομές στον εγκέφαλο, έτοιμες να γίνουν «εικόνες». Συμπερασματικά, αυτές οι χαρτογραφήσεις, επειδή σχετίζουν το σώμα μας με νοητικές εικόνες οι οποίες σχετίζουν τον εαυτό μας με άλλα αντικείμενα, είναι αυτό που ο Damasio ονομάζει συναισθήματα.³⁹ Οι χαρτογραφήσεις αυτές στο ζήτημα του δομημένου χώρου, είναι αυτές που καθορίζουν τη σχέση μας με το χώρο και άρα τον τρόπο που τον αντιλαμβανόμαστε. Ειδικά θα γίνει προσπάθεια να αποδειχτεί ότι για τον ίδιο ακριβώς χώρο, διαφορετικός φωτισμός σημαίνει και διαφορετική χαρτογράφηση του αντικειμένου και διαφορετικά συναισθήματα.

38 Damasio, Antonio R. *The Feeling of What Happens*. New York and London: Harcourt Brace and Company, 1999., σελ.177

39 Eberhard, John P., op. cit., 36-38

A2: Το φως, το σώμα και οι αισθήσεις στην αντίληψη του χώρου υπό το πρίσμα μιας φαινομενολογικής προσέγγισης.

A2.1 Εισαγωγή σε μια φαινομενολογική προσέγγιση της αντίληψης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε προσπάθεια να κατανοήσουμε την αντίληψη που έχουμε για τον κόσμο γύρω μας και το δομημένο χώρο, αρχικά μελετώντας τα αισθητήρια όργανα (μάτια) και στη συνέχεια τον τρόπο επεξεργασίας της πληροφορίας από τον εγκέφαλο μέσα από κάποιες θεωρήσεις υπό το επιστημονικό πρίσμα. Όμως η λέξη «θεωρήσεις» και η χρήση του πληθυντικού καταδεικνύουν ότι υπάρχει δρόμος και χρειάζεται περισσότερη έρευνα, τόσο θεωρητική όσο και πειραματική ώστε να γνωρίζουμε απόλυτα τις διεργασίες του εγκεφάλου. Έννοιες όπως η συνείδηση και παράγωγα αυτής (συνειδητή εμπειρία, υποσυνείδητο-ασυνείδητο), η *qualia*, η νόηση, η μνήμη, τα συναισθήματα, δεν μπορούν εύκολα μετρηθούν ή να προσδιοριστούν επιστημονικά όπως μπορούν για παράδειγμα έννοιες όπως η επιτάχυνση, ή η στροφορμή κ.λ.π.. Εκτός από τη διαφορετική σκοπιά στις παραπάνω έννοιες, θα έχουμε τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε με μεγαλύτερη σαφήνεια, σε θεωρητικό επίπεδο, και άλλες έννοιες όπως το «θυμικό», αλλά και τη σημασία του φωτός στη χωρική αντίληψη.

Παράλληλα με τη νευροεπιστήμη και την ψυχολογία, υπάρχει και η φαινομενολογική προσέγγιση πάνω στην αντίληψη, τα συναισθήματα και ειδικότερα την αίσθηση του χώρου. Σε αυτήν την προσέγγιση το σημείο ενδιαφέροντος μετατοπίζεται όπως θα δούμε από τον εγκέφαλο στο σώμα και από την όραση στην αφή. Οι αισθήσεις αποκτούν ένα πρωτογενές νόημα, εντελώς διαφορετικό από την επεξεργασία πληροφοριών των αισθητήριων οργάνων από τον εγκέφαλο που μελετήθηκε παραπάνω. «Οι αισθήσεις μας

μας συνδέουν στενά με το παρελθόν, με τρόπους που οι πιο αγαπημένες ιδέες μας δεν θα μπορούσαν.»⁴⁰

Ομοίως και η συνείδηση, δε συνδέεται με την εγκεφαλική δραστηριότητα, αλλά οι αισθήσεις είναι αυτές που καθορίζουν τα όρια της. «*Our senses define the edge of consciousness, and because we are born explorers and questors after the unknown, we spend a lot of our lives pacing that windswept perimeter.... για να κατανοήσουμε τη συνείδηση πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τις αισθήσεις μας.*»⁴¹ Και η πιο σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με τις επιστημονικές θεωρήσεις, είναι η πεποίθηση ότι η διάνοια δεν κατοικεί στον εγκέφαλο αλλά ταξιδεύει σε ολόκληρο το σώμα μέσα από τις ορμόνες και τα ένζυμα, απομνημονεύοντας την αίσθηση καθώς αγγίζουμε, μυρίζουμε, ακούμε.

Η προσέγγιση αυτή σίγουρα θα αποδώσει εξαιρετικά χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία θα έρθουν σε αντιπαράβολή με αυτά του προηγούμενου κεφαλαίου. Η ειδοποιός διαφορά όμως έγκειται στο γεγονός ότι η λογική πορεία στη συγκεκριμένη προσέγγιση δεν θα γίνει με τα επιστημονικά εργαλεία μέσα από παραδείγματα-πειράματα και συμπεράσματα, αλλά με τρόπο βιωματικό, όπως ακριβώς ταιριάζει σε αυτήν.

40 Ackerman, Diane. *A Natural History of the Senses*, New York and Toronto: Random House, Inc., 1990, Vintage Books, 1995, Introduction

41 Ibid., introduction

A2.2 Όραση και αφή: Εξέλιξη και ιεράρχηση των δύο αισθήσεων ως προς την αντίληψη για τον κόσμο

Στο σύγχρονο δυτικό πολιτισμό, η όραση είναι αδιαμφισβήτητη η κυρίαρχη αίσθηση. Αυτήν με την οποία νιώθουμε ασφάλεια να αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο. Στην καθημερινότητά μας ερχόμαστε σε επαφή με αναρίθμητες αλληλουχίες εικόνων, τόσο κατά την εργασία μας (ειδικά όταν πρόκειται για εργασία γραφείου), όσο και στην ενημέρωση ή ψυχαγωγία (βίντεο σε τηλεόραση και ίντερνετ, ή άρθρα). Όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, κάτι τέτοιο έχει άμεσο αντίκτυπο και στον τρόπο που σχεδιάζουμε (αρχιτεκτονικά), αλλά και αντιλαμβανόμαστε το χώρο, ως μια σειρά εικόνων, ως «μακρινοί» παρατηρητές. Όπως όμως υποστηρίζει ο Robert Mandrou: *«Η ιεράρχηση των αισθήσεων δεν ήταν πάντα η ίδια, διότι το μάτι που κυριαρχεί σήμερα (μέσα 20^{ου} αιώνα), ήταν τρίτο στην ιεραρχία πίσω από την ακοή και την αφή»*

Μια τέτοια αντίληψη για το χώρο έχει τις ρίζες της στην αρχαία ελληνική φιλοσοφία. Ο Ηράκλειτος αναφέρει ότι *«τα μάτια είναι ακριβέστεροι μάρτυρες σε σχέση με τα αυτιά»*, ενώ ο Πλάτωνας θεωρεί την όραση ως το μεγαλύτερο δώρο προς την ανθρωπότητα. Ο Αριστοτέλης με τη σειρά του θεωρεί την όραση ως την πιο εξεργετισμένη αίσθηση, διότι *«προσεγγίζει τη νόηση με μεγαλύτερη ακρίβεια δυνάμει της σχετικής αϋλότητας της γνώσης»*.⁴²

Στη συνέχεια πολλοί φιλόσοφοι χρησιμοποίησαν την όραση ως μεταφορά για τη γνώση και το φως για την αλήθεια. Τη σημασία της όρασης για τη φιλοσοφία, συνοψίζει εύστοχα ο Peter Sloterdijk. *“The eyes are the organic prototype of philosophy. Their enig-*

ma is that they not only can see, but are also able to see themselves seeing”.⁴³

Όπως είναι φυσικό, η οκουλοκεντρική⁴⁴ θεώρηση του κόσμου που αποτελεί πραγματικότητα στις μέρες μας, έχει αμφισβητηθεί και κριθεί από αρκετούς φιλοσόφους και στοχαστές ήδη από τον 16^ο αιώνα και κυρίως από τον 20^ο. Ο Καρτέσιος μπορεί να θεωρούσε την όραση ως την πιο «ευγενή» και ανώτερη αίσθηση, αλλά και η φιλοσοφία του ήταν βασισμένη στο προνόμιο αυτής. Όμως, εξίσωσε την όραση με την αφή, αίσθηση την οποία θεωρούσε πιο ακριβή και λιγότερο επιρρεπή σε λάθη σε σχέση με την όραση.⁴⁵

Ο Jean Paul Sartre είχε σχεδόν φοβία με τον οκουλοκεντρισμό και την ηγεμονία της όρασης. Τον ανησυχούσαν ιδιαίτερα οι επικριτικές «ματιές» τρίτων και το «βλέμμα της Μέδουσας το οποίο μαρμαρώνει οποιονδήποτε έρθει σε επαφή μαζί του. Θεωρούσε ότι ο χώρος, έχει σταδιακά περάσει στην ανθρώπινη συνείδηση ως συνέπεια του οκουλοκεντρισμού.⁴⁶

Ο Maurice Merleau-Ponty, είναι ιδιαίτερα επικριτικός στην θεώρηση του Καρτέσιου και του ενός εξωτερικού απομακρυσμένου παρατηρητή. Αντίθετα, θεωρεί την όραση ως μια σωματική αίσθηση η οποία αποτελεί μέρος «της σάρκας του κόσμου». *«Το σώμα μας είναι ταυτόχρονα ένα αντικείμενο μεταξύ αντικειμένων, το οποίο βλέπει και αγγίζει»*.⁴⁷ Ο Merleau-Ponty παρατήρησε την ώσμωση μεταξύ του υποκειμένου και του κόσμου –αλληλεπιδρούν και καθορίζουν το ένα το άλλο. *«Η αντίληψή μου δεν είναι το άθροισμα οπτικών, ακτικών και ακουστικών αισθήσεων. Αντιλαμβάνομαι με έναν συνολικό τρόπο με όλο μου το είναι. Προσλαμβάνω τον κό-*

43 Ibid., σελ. 15

44 (ocularcentrism = η υπεροχή της όρασης σε σχέση με τις άλλες αισθήσεις)

45 Ibid., σελ. 19

46 Ibid., σελ. 20

47 Ibid., σελ. 20

42 Pallasmaa Juhani, *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*, New York: Wiley, 1996/2005, σελ. 15

σμο ως ένα μοναδικό οικοδόμημα, ένα μοναδικό τρόπο ύπαρξης, ο οποίος επικοινωνεί με όλες μου τις αισθήσεις ταυτόχρονα». ⁴⁸

«Η ηγεμονία της όρασης έχει ενισχυθεί στην εποχή μας από ένα σύνολο τεχνολογικών εφευρέσεων και την ατέρμονη παραγωγή και επεξεργασία εικόνων-έναν ατέλειωτο καταιγισμό εικόνων»⁴⁹ αναφέρει ο Ιταλός πεζογράφος και στοχαστής Italo Calvino ενώ ο Heidegger γράφει «το θεμελιώδες γεγονός του της μοντέρνας εποχής είναι αντίληψη του κόσμου ως εικόνα.»⁵⁰ Αν αναλογιστούμε την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογία και την εξάπλωση του διαδικτύου η οποία συνέβη από τότε που γράφτηκαν τα παραπάνω, μπορούμε με βεβαιότητα να συμπεράνουμε ότι η ηγεμονία της όρασης διαρκώς οξύνεται.

Τις συνέπειες της αντίληψης του κόσμου ως εικόνα, της αντιλαμβανόμαστε πλέον σε όλες τις εκφάνσεις της καθημερινότητας χωρίς να χρειάζεται απαραίτητα να ανατρέξουμε σε κείμενα του Heidegger ή του Merlau-Ponty. Τα έπιπλα του σπιτιού μας είναι φτιαγμένα με μελαμίνες στο χρώμα και σχέδιο του ξύλου, καθώς η πλαστική υφή τους καθόλου δεν μας επηρεάζει στην αντίληψή μας για αυτά. Παρομοίως, όταν επισκεπτόμαστε ως τουρίστες κάποια αξιοθέατα, σπεύδουμε να τα φωτογραφίσουμε, συνήθως όχι λόγω καλλιτεχνικής αναζήτησης, αλλά επειδή αισθανόμαστε ασφαλής ότι με τη φωτογραφία αιχμαλωτίζουμε ανεξίτηλα το σύνολο του τι νιώθουμε την ώρα που το επισκεπτόμαστε. Ακόμα και ως αρχιτέκτονες, μέσα από εικόνες και σχέδια, είμαστε έτοιμοι να κρίνουμε με απόλυτη σιγουριά την επιτυχία ή όχι ενός έργου.

A2.3 Το σώμα ως μέσω αντίληψης

Η υπεροχή της αίσθησης της όρασης σε σύγκριση με τις άλλες αισθήσεις είναι αναμφίβολα σημείο αναφοράς τόσο για τη δυτική σκέψη γενικότερα όσο και για τη σύγχρονη αρχιτεκτονική ειδικότερα. Η υπεροχή της όρασης είναι τεκμηριωμένη μέσα από γεγονότα που εξετάζονται από τη φυσιολογία και την ψυχολογία. Τα προβλήματα που τέθηκαν παραπάνω δεν πηγάζουν από αυτά τα γεγονότα, αλλά από την απομόνωση της όρασης σε σχέση με τα υπόλοιπα αισθητηριακά ερεθίσματα και την καταπίεση των υπολοίπων αισθήσεων, με αποτέλεσμα την αντίληψη του κόσμου ως εικόνα.

Όπως έγινε ήδη εν μέρει κατανοητό, σε αυτήν τον προσέγγιση, το σώμα παίζει καταλυτικό ρόλο στην αντίληψη του κόσμου. Δεν πρόκειται για μια προσωποκεντρική θεώρηση, το σώμα δεν παίζει τέτοιο ρόλο, αλλά πρόκειται για αντικείμενο ανάμεσα σε αντικείμενα. Όσο σημαντικά είναι τα κτήρια και οι δρόμοι σε μια πόλη, άλλο τόσο είναι και τα ανθρώπινα σώματα που μετακινούνται, ζουν και αναπνέουν πλάι σε αυτά. «*I experience myself in the city and the city exists through my embodied experience. The city and my body supplement and define each other. I dwell in the city and the city dwells in me*»,⁵¹ όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Pallasmaa συμπυκνώνοντας με τρόπο βιωματικό την έννοια της αντίληψης.

Ομοίως και ο Merlau Ponty φέρνει το ανθρώπινου σώμα στο κέντρο του βιωματικού κόσμου. «*Το ίδιο μας το σώμα είναι για τον κόσμο ότι είναι για το σώμα μας η καρδιά: Διατηρεί το οπτικό θέαμα συνεχώς ζωντανό, εμφυσεί ζωή σε αυτό και το διατηρεί ενδομύχως και μαζί με αυτό σχηματίζει ένα σύνολο. Τα αισθητηριακά*

48 Maurice Merleau-Ponty, *“The Film and the New Psychology”*, σελ.48, από το βιβλίο *Sense and on-sense*, Northwestern University Press, 1964

49 Pallasmaa Juhani, op.cit. σελ. 21

50 Ibid., σελ. 21

51 ibid., σελ. 40

*βιώματα είναι ασταθή και ξένα στην φυσική αντίληψη, την οποία επιτυγχάνουμε με ολόκληρο το σώμα μας ταυτόχρονα.»*⁵²

Όσον αφορά τη μνήμη, η προσέγγιση είναι και πάλι σωματοκεντρική και όχι εγκεφαλική. Στο βιβλίο του Kent C Bloomer και Charles W Moore *Bod, Memory and Architecture* αναφέρουν χαρακτηριστικά: «Αυτό που λείπει σήμερα από το κατοικείν είναι οι πιθανές συναλλαγές μεταξύ σώματος, φαντασίας και περιβάλλοντος... Τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό κάθε μέρος μπορεί να αναβιώσει στη μνήμη, εν μέρει επειδή είναι μοναδικό και εν μέρει διότι έχει επηρεάσει τα σώματά μας και δημιουργήσει αρκετούς συνδέσμους ώστε να κρατηθεί στον προσωπικό μας κόσμο».⁵³

Είναι όμως η ιεράρχηση των αισθήσεων ο τρόπος για να κατανοήσουμε πώς λειτουργεί η αντίληψη; Σύμφωνα με τον Pallasmaa και άλλους θεωρητικούς η απάντηση είναι όχι. Αντίθετα, η μη διάκριση μεταξύ των αισθήσεων είναι η προϋπόθεση της αντίληψης. Ένας περίπατος στη φύση είναι συνήθως ανακουφιστικός και ψυχικά θεραπευτικός, διότι σύμφωνα με τον Pallasmaa, όλες οι αισθήσεις λειτουργούν ταυτόχρονα. Τα μάτια «συνεργάζονται» με το σώμα και τις υπόλοιπες αισθήσεις. Λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αισθήσεων, το βίωμα που προκύπτει μοιάζει απόλυτα αληθινό. Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και με το δομημένο χώρο, την αρχιτεκτονική, η οποία ουσιαστικά θα πρέπει να είναι η προέκταση της φύσης και θα πρέπει αντίστοιχα να παρέχει τις δυνατότητες για αντίληψη και κατανόηση του κόσμου. Να αποτυπώνεται το πέρασμα του χρόνου, η αλλαγές στις εποχές και την ώρα, είναι κάποια από τα συστατικά που ο Pallasmaa θεωρεί απαραίτητα για το σκοπό αυτό. Κάθε βίωμα μέσα στο χώρο θα πρέπει να είναι μια

πολυαισθητική διαδικασία, εξίσου μετρήσιμη με το μάτι, τη μύτη, τα αυτιά, το δέρμα, τη γλώσσα, το σκελετό και τους μύες.

Όλες οι αισθήσεις, συμπεριλαμβανομένης της όρασης, μπορούν να θεωρηθούν ως επέκταση της αφής, ως ειδικές δυνατότητες του δέρματος. Όπως θεωρεί ο Rene Spitz: «Όλη η αντίληψη ξεκινά στην οπτική κοιλότητα, η οποία λειτουργεί ως πρωταρχική γέφυρα ανάμεσα στην εσωτερική πρόσληψη με την εξωτερική αντίληψη. Ακόμα και τα μάτια αγγίζουν, το βλέμμα κρύβει μια ασυνείδητη ματιά, σωματική μίμηση και αναγνώριση».⁵⁴ Ο Martin Jay αναλύοντας τον Merlaut-Ponty αναφέρει: «Με την όραση μπορούμε να αγγίζουμε τον ήλιο και τα αστέρια.» Η όπως πολύ εύστοχα Ιρλανδός φιλόσοφος του 18^{ου} αιώνα, George Berkeley, συνδέει την όραση και την αφή, θεωρώντας ότι η οπτική κατανόηση της υλικότητας, απόστασης και οπτικού βάθους, δεν θα ήταν δυνατές χωρίς την ύπαρξη της απτικής μνήμης. Όραση αποκομμένη από την αφή, δεν θα μπορούσε να έχει καμία αίσθηση της απόστασης και του νοήματος, ούτε στον χώρο ή το σώμα. Η μόνη αίσθηση που μπορεί να κατανοήσει το οπτικό βάθος είναι η αφή, διότι αυτή είναι που αισθάνεται το βάθος, την απόσταση και το τρισδιάστατο σχήμα των αντικειμένων και έτσι μας αφήνει ενήμερους για πράγματα απομακρυσμένα από εμάς στον τρισδιάστατο χώρο.⁵⁵

Η όραση είναι αυτή που αποκαλύπτει αυτό που η αφή ήδη γνωρίζει. Είναι σαν το υποσυνείδητο της όρασης. Όπως αναφέρει ο Merlaut-Ponty για τα έργα του ζωγράφου Cezanne: «Βλέπουμε το βάθος, την ομαλότητα, την απαλότητα, τη σκληρότητα στα αντικείμενα. Ο Cezanne υποστηρίζει ότι βλέπουμε ακόμα και την οσμή τους. Αν ο καλλιτέχνης σκοπεύει να απεικονίσει τον κόσμο, η παλέτα των χρωμάτων του θα πρέπει να κουβαλάει μαζί της αυτήν την

52 ibid., σελ. 40

53 Bloomer K.C., Moore C.W., *Body Memory and Architecture*. New Haven and London, Yale University Press, 1977, σελ.44

54 Pallasmaa Juhani, op.cit. σελ. 42

55 ibid., σελ. 42-44

αδιαίρετη ολότητα, αλλιώς η εικόνα του θα υπονοεί μόνο τα πράγματα και δεν θα προσδίδει την αγέρωχη ενότητα, την παρουσία, την αξεπέραστη πληρότητα, τον ορισμό δηλαδή του αληθινού.»⁵⁶

Σε παρόμοιο κλίμα και οι απόψεις του Bernard Berenson μιλώντας για την τέχνη: Όταν βιώνουμε ένα έργο τέχνης, φανταζόμαστε μια γνήσια, φυσική συνάντηση δια μέσω ιδεατών αισθήσεων. Τις πιο σημαντικές από αυτές τις ονομάζουμε απτές αξίες. Ένα αυθεντικό έργο τέχνης, διεγείρει τις ιδεατές αισθήσεις της αφής και αυτή η διεγερση είναι ζωογονοτική.⁵⁷

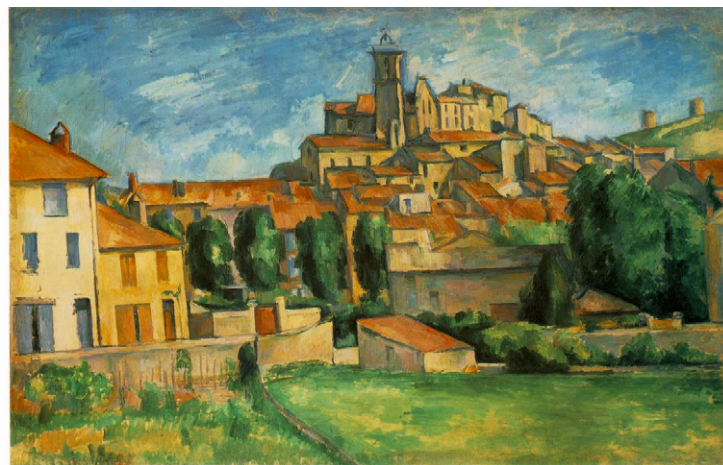
Το ίδιο συμβαίνει και με ένα αρχιτεκτονικό έργο, το οποίο εκπορεύει ένα αδιόρατο πλέγμα εντυπώσεων. Για παράδειγμα στο *Falling Water* του Wright, συναντάμε τη ζωντανή συνάντηση του δάσους, τον όγκων, των επιφανειών, των υφών, των χρωμάτων του σπιτιού, ακόμα και τις οσμές του δάσους και το άκουσμα του ποταμού, σε μια ολοκληρωμένη, πλήρη εμπειρία. Ένα αρχιτεκτονικό έργο δεν μπορεί να βιωθεί ως μεμονωμένες εικόνες, αλλά με ενσωματωμένη την πλήρη υλική και πνευματική του υπόσταση. Ακόμα και ο Le Corbusier, ένας μοντέρνος με οकुλοκεντρική κατά τα άλλα προσέγγιση (τουλάχιστον πριν τον 'Β παγκόσμιο) αναφέρει χαρακτηριστικά: «Περίγραμμα και προφίλ, αποτελούν τη *λυδία λίθο του αρχιτέκτονα*». Για τον Pallasmaa η φράση που συνοψίζει την άποψή του για την αρχιτεκτονική, αλλά σε δεύτερη ανάλυση και τη θεώρησή του για την αντίληψη είναι αυτή του Merlaut-Ponty για τους πίνακες του Cezanne: Ο στόχος της αρχιτεκτονικής είναι «να κάνει εμφανές στο μάτι, πώς μας αγγίζει ο κόσμος.»

56 Maurice Merleau-Ponty. *Cezanne's Doubt*, 1945, από το βιβλίο *Sense and on-sense*, Northwestern University Press, 1964

57 Pallasmaa, Juhani, op. cit., σελ. 44



Εικόνα 19: Les Joueurs de Cartes - Paul Cezanne



Εικόνα 20: Gardanne - Paul Cezanne

A2.4 Εστιασμένη και περιφερειακή όραση

Σε προηγούμενο κεφάλαιο που εξετάστηκε ανατομικά η δομή του ματιού και επεξηγήθηκαν πώς προκύπτουν οι διαφορές της περιφερειακής και εστιασμένης όρασης. Όπως είναι φυσικό, τα δύο αυτά είδη όρασης παίζουν έναν τελείως διαφορετικό ρόλο στην αντίληψη, ο οποίος όμως δεν έγινε σαφής στην επιστημονική προσέγγιση. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια προσπάθεια να προσεγγιστούν οι διαφορές, μέσα πάντα από μια φαινομενολογική προσέγγιση. Επίσης είναι χρήσιμο να τονιστεί ότι με τον όρο περιφερειακή όραση δεν εννοούμε τον αυστηρά επιστημονικό ορισμό, αλλά το ανεστίαστο βλέμμα, και όχι αποκλειστικά το περιφερειακό μέρος του οπτικού πεδίου.

Στη σύγχρονη εποχή και με την προαναφερθείσα κυριαρχία των εικόνων μέσω της τεχνολογίας, το εκτόπισμα της εστιασμένης σε βάρος της περιφερειακής όρασης αυξήθηκε δραματικά. Όμως η υπερβολικά μεγάλη ροή των εικόνων, καθώς και κάποιες νέες τεχνολογίες (όπως για παράδειγμα το VR), έχουν αρχίσει να έχουν αντίστροφα αποτελέσματα, καθώς πλέον το μάτι δεν προλαβαίνει να εστιάσει σε μια εικόνα λόγω της ταχύτητας στην αλλαγή αυτών. Όπως αναφέρει ο Pallasmaa: *«Ίσως, η απελευθερωμένη από την επιθυμία του ματιού για κυριαρχία και δύναμη, αφηρημένη (ανεστίαστη) όραση της εποχής μας να είναι και πάλι ικανή να ανοίξει νέους ορίζοντες στην οπτική και τη σκέψη. Η απώλεια της εστιασμένης όρασης που ήταν απόρροια των αναρίθμητων εικόνων, μπορεί να απελευθερώσει το μάτι από την πατριαρχική κυριαρχία του και να προκρίνει μια συναισθηματική και συμμετοχική όραση (gaze).»*⁵⁸

Ο David Michel Levin, διακρίνει τους δύο τύπους όρασης σε

Assertoric gaze και Aesthetic gaze (δογματική και αισθητική ματιά). *«Η πρώτη είναι στενή, δογματική, μη ανεχτική, άκαμπτη, περιοριστική και ακίνητη, ενώ η δεύτερη σχετίζεται με την ερμηνευτική θεώρηση της αλήθειας, έχει την τάση να βλέπει μέσα από μια πολυπλοκότητα οπτικών σταθερών και προοπτικών και είναι πλουραλιστική, δημοκρατική, contextual, ενταγμένη, οριζόντια.»*⁵⁹

Αν κάνουμε μια προσπάθεια να ερμηνεύσουμε την παραπάνω διάκριση σε περιφερειακή και εστιασμένη όραση και με βάση τις πηγές, καταλαβαίνουμε ότι η εστιασμένη όραση αναφέρεται στη λογική, την αντίληψη του κόσμου ως μακρινοί παρατηρητές (καρτεσιανή αντίληψη). Αντίθετα, με τη μη εστιασμένη όραση, εννοείται το πώς αισθανόμαστε τον κόσμο, πώς αυτός μας αγγίζει. Μια τέτοια παραδοχή, μπορούμε εύκολα να τη μεταφέρουμε στη χωρική αντίληψη, που μας ενδιαφέρει και στην παρούσα έρευνα. Ένας μοντέρνος αρχιτέκτονας ίσως να ενδιαφερόταν παραπάνω για την όψη ενός κτιρίου, καθώς και για λεπτομέρειες οι οποίες γίνονται αντιληπτές αν εστιάσεις με προσοχή. Σίγουρα θα ενδιαφερόταν *«η μορφή να ακολουθεί τη λειτουργία»* πράγμα το οποίο επίσης χρειάζεται λογική για να αντιληφθείς. Αντίθετα, ένας φαινομενολόγος αρχιτέκτονας, θα προσπαθούσε να δώσει σε ένα κτίριο ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία κάποιος να αισθάνεται μέσα στο χώρο, χωρίς όμως να τα αντιλαμβάνεται νοητικά. Οι υφές, ο κατάλληλος φωτισμός, η αρμονία με τη φύση, θα ήταν κατάλληλα εργαλεία για τη διέγερση της περιφερειακής όρασης και όχι οι αποσπασματικές οπτικές. Χρήσιμο θα ήταν να ερευνηθούν περεταίρω τα ερωτήματα που προκύπτουν από μια τέτοια σύγκριση. Πώς δηλαδή ένας άνθρωπος βιώνει χώρους, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί με βάση διαφορετικές προσεγγίσεις.

58 ibid., σελ. 35-36

59 ibid., σελ. 36

A3 Συμπεράσματα από την αντιπαράβολή των δύο προσεγγίσεων.

Η επιλογή για την αντιπαράβολή στην ίδια εργασία των δύο αυτών προσεγγίσεων πάνω στο ζήτημα της αντίληψης δεν είναι καθόλου τυχαία. Η πρώτη, νευρολογική-επιστημονική προσέγγιση, είναι σαφώς η πλέον αξιόπιστη, καθώς είναι εξ'ορισμού επιστημονική. Φυσικά για ένα τόσο πολύπλοκο θέμα, δεν υπάρχει μία απόλυτη προσέγγιση, αλλά όπως είδαμε αρκετές διαφορετικές που εξετάζουν από άλλες σκοπιές την αντίληψη, όλες όμως ακολουθούν την επιστημονική μεθοδολογία της εκπόνησης υπόθεσης και στη συνέχεια του πειραματισμού για την ασφαλή καταγραφή συμπερασμάτων.

Η δεύτερη, η φαινομενολογική προσέγγιση, επιλέχθηκε ακριβώς γιατί βασίζεται στην αντίληψη που έχουν οι άνθρωποι για τον κόσμο μέσα από τρόπο βιωματικό και σε αντίθεση με την επιστημονική, φέρνοντας στο επίκεντρο το σώμα και τις αισθήσεις και όχι τον εγκέφαλο. Μία προσέγγιση που ασχολείται δηλαδή με το ίδιο ακριβές θέμα, αλλά με τελείως διαφορετική αφετηρία και εργαλεία ανάπτυξης. Η σημασία της όμως για αυτήν την έρευνα δεν σταματάει εδώ. Η φαινομενολογία είναι θα λέγαμε ένα φιλοσοφικό ρεύμα, το οποίο φυσικά έχει εκφάνσεις στην αρχιτεκτονική και την τέχνη. Αρχιτέκτονες όπως ο P. Zumthor και ο Pallasmaa ή και οι RCR εν μέρει, είναι πασίγνωστοι στον κόσμο της αρχιτεκτονικής και στο έργο τους (ειδικά για τον Pallasmaa τόσο θεωρητικό όσο και σχεδιαστικό) μένουν πιστοί στις αρχές της φαινομενολογίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι περισσότεροι αρχιτέκτονες να γνωρίζουμε για αυτήν την προσέγγιση και να την αναγνωρίζουμε ως σημαντικό κρίκο του αρχιτεκτονικού οικοδομήματος. Αντίθετα, η νευρολογική προσέγγιση είναι σχεδόν άγνωστη στους περισ-

σότερους από εμάς, παρ'όλο που πραγματεύεται τα ίδια σημαντικά ζητήματα και παρέχει αξιόπιστα εργαλεία έρευνας από άλλη σκοπιά. Στόχος λοιπόν αυτής της έρευνας, είναι να καταδείξει τη σημασία της μελέτης της νευρολογίας από αρχιτέκτονες, με όχημα τη φαινομενολογία. Όπως η φαινομενολογία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι για την αρχιτεκτονική σκέψη, με θετική ή αρνητική σημασία για διαφορετικούς αρχιτέκτονες και θεωρητικούς, ομοίως και η νευρολογία, θα πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο περεταίρω διεπιστημονικής έρευνας.

Ως προς τις εγγενείς διαφορές μεταξύ των δύο προσεγγίσεων, πέραν των προφανών για τις οποίες έγινε ήδη αναφορά, θα μπορούσαμε να τολμήσουμε μια συνειρμική-μεταφορική σύγκριση. Στο πρώτο κεφάλαιο το οποίο αφορούσε γενικές έννοιες για το φως, έγινε μια συνοπτική αναφορά στη δυαδική φύση του φωτός, τη συμπεριφορά του δηλαδή άλλοτε ως κύμα και άλλοτε ως σωματίδια. Στην νευρολογική-επιστημονική προσέγγιση, θα μπορούσαμε να πούμε ότι εξετάζεται το φως σαν κύμα και το μάτι σαν μακρινός παρατηρητή που έχει την ικανότητα να επεξεργάζεται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κύματος (τη συχνότητα του κύματος που καθορίζει τα χρώματα, ή το πλάτος που καθορίζει την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρει, άρα και την ένταση το φωτός) και να προβάλλει τις εικόνες στον εγκέφαλο. Αντίθετα στη φαινομενολογική προσέγγιση, το φως εκλαμβάνεται ως σωματίδια τα οποία αγγίζουν τόσο το μάτι όσο και το σώμα. Το φως θεωρείται δομικό στοιχείο και η όραση προέκταση της απτικής αίσθησης. Όπως το δέρμα μπορεί να ακουμπήσει σε έναν τοίχο και να αισθανθεί την υλικότητά του, ομοίως το μάτι «ακουμπάει» στα γύρω αντικείμενα.

Εν κατακλείδι, και οι δύο προσεγγίσεις παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στις σκοπιές τους και οι δύο κοινότητες συνήθως απορ-

ρίπτουν η μία την άλλη, θα μπορούσαμε να πούμε ότι εν τέλει τα συμπεράσματά τους για την αντίληψη είναι αρκετά κοντά. Τα βιώματα είναι αυτά που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την αντίληψη μας και ειδικά την αντίληψη για το χώρο θεωρείται δεδομένο από την νευρολογική σκοπιά και εξηγείται με τις συνάψεις των νευρικών κυττάρων. Ομοίως και στη φαινομενολογική προσέγγιση, τα βιώματα θεωρείται ότι παίζουν καθοριστικό ρόλο, μόνο που εδώ η εξήγηση αφορά την απτική μνήμη. Όπως το φως μπορεί είτε να «προσλαμβάνεται», είτε να «αγγίζει», έτσι θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι εξίσου σωστό να μελετάμε την αντίληψη είτε ως αποτέλεσμα πεπερασμένων επεξεργασιών των νευρικών κυττάρων, είτε ως αλληλεπίδραση περιβάλλοντος και σώματος (*«η διάνοια στην πραγματικότητα δεν κατοικεί στον εγκέφαλο, αλλά ταξιδεύει σε όλο το σώμα, μέσα από τις ορμόνες και τα ένζυμα καταγράφοντας την αίσθηση καθώς αγγίζουμε, μυρίζουμε, ακούμε ή βλέπουμε»*⁶⁰), με ανοιχτό προς διερεύνηση τον «τόπο κατοικίας» της διάνοιας.

60 Ackerman D., op.cit., intro., σελ. xix

B. Μέρος: Ένα πείραμα για την αντίληψη

Εισαγωγή

Στο πρώτο μέρος το φως εξετάστηκε γενικά και πρωταρχικά, ως το απαραίτητο μέσο για την αντίληψη μέσα από τα ερεθίσματα που προκαλεί στους μηχανισμούς του σώματος. Στο δεύτερο μέρος όμως, μέσα από μια πειραματική διαδικασία, το φως θα μελετηθεί όχι ως γενική έννοια, αλλά κατά πόσον αποτελεί δομικό στοιχείο που δίνει μορφή στο χώρο. Για να αποδειχθεί ότι το φως επηρεάζει την αντίληψη, αρκεί να αποδείξουμε ότι διαφορετικός φωτισμός σημαίνει και διαφορετική χωρική δομή και ατμόσφαιρα και άρα διαφορετικά συναισθήματα. Και αν η πρώτη υπόθεση φαντάζει προφανής, θα γίνει και ένα βήμα παραπέρα, μελετώντας αν και πώς ο φωτισμός συντελεί στη δημιουργία συγκεκριμένων συναισθημάτων.

B1: Νευρολογία και Αρχιτεκτονική

Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε γιατί είναι τόσο σημαντική η νευρολογία για την αρχιτεκτονική και αντίστροφα. Στα προηγούμενα κεφάλαια, στα οποία έγινε μια περιγραφή στη διαδικασία της αντίληψης, ήδη άρχισε να γίνεται κατανοητή η σημασία της, εδώ όμως θα το δούμε πολύ πιο στοχευμένα και με συγκεκριμένα παραδείγματα.

Η σύμπραξη αρχιτεκτονικής με την ευρύτερη έννοια και επιστήμης δεν είναι κάτι καινούριο, καθώς η διαδικασία του κτισίματος από μόνη της απαιτεί εργαλεία της μηχανικής, της μηχανολογίας, της τεχνολογίας υλικών κ.α.. Το ίδιο συμβαίνει και για τις προδιαγραφές ενός κτιρίου, οι οποίες καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις συνθετικές επιλογές οι οποίες πρέπει να λαμβάνουν υπ' όψιν τον επαρκή ηλιασμό, φωτισμό και αερισμό των χώρων, ελάχιστες διαστάσεις για διάφορους χώρους έπιπλα κ.λ.π.. Οι προδιαγραφές αυτές άρχισαν να μελετώνται συστηματικά στο μοντέρνο κίνημα και τα κριτήριά του είναι καθαρά ανθρωπομετρικά, όχι με την έννοια των αναλογιών που βρίσκουμε παλιότερα, αλλά των αναγκών του ανθρώπινου σώματος για υγιεινή και άνετη κατοίκηση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, το βιβλίο του Neufert.

Αναμφίβολα η συνεισφορά αυτή του μοντέρνου κινήματος ήταν επαναστατική και συνέβαλε τα μέγιστα στην εξέλιξη του σύγχρονου πολιτισμού, όπως τον γνωρίζουμε σήμερα. Όμως οι καθολικοί-αντικειμενικοί τρόποι σχεδιασμού και το κτίριο μηχανή, δεν θεωρούνται πλέον από μόνοι τους επαρκείς συνθήκες σχεδιασμού για τους περισσότερους αρχιτέκτονες και τις σύγχρονες πρακτικές. Τι γίνεται λοιπόν όταν θέλουμε να μελετήσουμε τη χωρική αντίληψη των ανθρώπων και τα συναισθήματα που τους προκαλούνται, συναρτήσει διαφόρων σχεδιαστικών μεταβλητών. Εδώ έρχεται η επιστήμη της νευρολογίας να δώσει τα δικά της εργαλεία που θα βοηθήσουν τόσο στην αξιολόγηση του δομημένου ή

όχι περιβάλλοντος, όσο και στην ίδια τη διαδικασία σχεδιασμού.

Η συνεισφορά της νευρολογίας στην αρχιτεκτονική δεν έχει μεγάλη παράδοση, όμως τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να μελετάται συστηματικά, τόσο με έρευνες, δημοσιεύσεις και βιβλία όσο και με διεπιστημονικά συνέδρια. Το βιβλίο του John Paul Eberhard: Brain Landscape-The Coexistence of Neuroscience and Architecture, καταδεικνύει ακριβώς τη δυναμική και τις δυνατότητες αυτής της σχέσης. *«Γνωρίζοντας ότι το συντριπτικό ποσοστό του χρόνου μας τον περνάμε σε δομημένο-σχεδιασμένο περιβάλλον, η ανάγκη για καλύτερη κατανόηση της ανθρώπινης αντίδρασης στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος, κάνει αναγκαία την επιστημονική έρευνα επί αυτού. Και συνεχίζει: Μπορούμε να προβλέψουμε την ανθρώπινη αντίδραση; Μπορούμε να εμπιστευτούμε τη νευροεπιστήμη να θέσει ένα πλαίσιο που να βοηθάει στις σχεδιαστικές αποφάσεις; Σε αντάλλαγμα μπορούν οι χώροι που σχεδιάζουμε να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής μας, μέσω της συνεισφοράς των επιστημονικών ευρημάτων, όπως για παράδειγμα τη μείωση του στρες και των παθήσεων που σχετίζονται με αυτό, να βελτιώσουν την πνευματική οξύτητα, να αυξήσουν την εργασιακή παραγωγικότητα»¹.*

1 Eberhard, John P., op. cit., πρόλογος από Gordon Chong σελ. xi

B2: Παρουσίαση του πειράματος.

B2.1 Διατύπωση Υπόθεσης και βασικές αρχές του πειράματος.

Οι παραπάνω βάσιμες υποθέσεις θα πρέπει να ερευνηθούν με μια σειρά από πειράματα, τα οποία δύνανται να τις επιβεβαιώσουν, αλλά και να αποτελέσουν μεθοδολογικά εργαλεία τόσο για το σχεδιασμό όσο και για την αξιολόγηση της χωρικής εμπειρίας. Στην παρούσα εργασία, θα παρουσιαστεί ένα τέτοιο πείραμα.

Στο πείραμα αυτό, θα γίνει μια προσπάθεια συσχέτισης του δέους που νιώθει ένας επισκέπτης σε ένα χώρο λατρείας, συναρτήσει του φωτισμού. Οι δύο υποθέσεις του πειράματος υπονοήθηκαν και στην εισαγωγή είναι οι εξής:

1) Ο φωτισμός, ως δομικό στοιχείο του χώρου, επηρεάζει την αντίληψη, άρα και τα συναισθήματα που νιώθουμε.

2) Ο φωτισμός συντελεί καταλυτικά στην πρόκληση του αισθήματος δέους σε έναν χώρο λατρείας.

Ο λόγος που επιλέχθηκαν χώροι λατρείας για αυτό το πείραμα, έγκειται στο γεγονός ότι ο σχεδιασμός τους λαμβάνει πολύ σοβαρά υπ' όψιν το φωτισμό και κυρίως τον φυσικό, καθώς έχει συμβολικό χαρακτήρα στις περισσότερες θρησκείες και λατρευτικές τελετές ακόμα και από τα προϊστορικά χρόνια. Το αίσθημα του δέους (σς: *συναίσθημα φόβου ή σεβασμού και αναγνώρισης της δύναμης και του μεγαλείου μιας υπέρτερης δύναμης*)² θεωρείται επιθυμητό σε τόπους λατρείας γι' αυτό και θα μελετηθεί.

«Οι αντιδράσεις μας για την αρχιτεκτονική-το δομημένο χώρο-είναι σε μεγάλο βαθμό υποσυνείδητες. Για παράδειγμα, η ποιότητα του φωτισμού σε ένα χώρο δεν μπορεί να μετρηθεί ποσοτικά

2 <https://el.wiktionary.org/wiki/%CE%B4%CE%AD%CE%BF%CF%82>

με lumens τα οποία στέλνουν σήματα στον οπτικό φλοιό μέσω του αμφιβληστροειδούς, αλλά και από τις αντιδράσεις του ομοιοστατικού συστήματος του σώματός μας. Οι αντίληψή μας για το πόσο λαμπερό είναι το φως, δεν μπορεί να ελεγχθεί από ίδια βούληση. Το πώς αντιδρά το σώμα μας σε πολύ λαμπερό ή ασθενές φως, εξαρτάται από την ηλικία και την κατάσταση που βρισκόμαστε κάθε στιγμή. Το πώς αντιδράμε ψυχολογικά στο φως είναι ένα περίπλοκο φαινόμενο που μόνο εν μέρη είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε.»³

Η παραπάνω διατύπωση από τον John Paul Eberhard, συνοψίζει τη χρησιμότητα ενός τέτοιου πειράματος, αλλά και υποδεικνύει τη γενική μορφή και τους στόχους που θα πρέπει να έχει. Ως αρχιτέκτονες θεωρούμε δεδομένο τον σωστό χειρισμό του φωτισμού που καθορίζεται τόσο από τη λειτουργία του χώρου, όσο και από την αίσθηση που θέλουμε να αποπνέει. Όσον αφορά τη λειτουργία, υπάρχουν σαφείς προδιαγραφές, πολλές φορές ενταγμένες σε οικοδομικούς κανονισμούς, που αφορούν ποσοτικές και μετρήσιμες μεταβλητές του φωτός (π.χ. η ένταση της φωτεινότητας σε μια αίθουσα διδασκαλίας συναρτήσει της απόστασης από τα θρανία). Όσον αφορά όμως την αίσθηση και τα συναισθήματα που δημιουργεί το φως, η προσέγγιση είναι καθαρά εμπειρική-διαισθητική. Χωρίς αυτό βέβαια να θεωρείται αρνητικό, τι γίνεται όταν θέλουμε μετρήσιμα δεδομένα και για τα συναισθήματα;

Η λύση δίνεται από τη σύγχρονη τεχνολογία και τη νευροεπιστήμη. Με τις σύγχρονες πρακτικές τρισδιάστατης αποτύπωσης και μοντελοποίησης, έχουμε τη δυνατότητα ρεαλιστικής αναπαράστασης χώρων, ενώ με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality) η εμπειρία της αναπαράστασης πλησιάζει σε μεγάλο βαθμό την πραγματική εμπειρία όταν επισκεπτόμαστε φυ-
3 Eberhard, John P., op. cit., σελ. 82

σικά το χώρο. Παράλληλα, EEG συσκευές οι οποίες μετράνε μικροτάσεις του εγκεφάλου και έχουν τη δυνατότητα «μετάφρασης» των ηλεκτρικών σημάτων, σε συναισθήματα που νιώθει το άτομο σε πραγματικό χρόνο.

B2.2 Τεχνολογικά, μεθοδολογικά εργαλεία και δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν

Χρήσιμη είναι η ιδιαίτερη αναφορά στα τεχνολογικά εργαλεία και προγράμματα (software) που χρησιμοποιήθηκαν. Λεπτομερέστερη περιγραφή της λειτουργίας τους στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ5.

Τεχνολογικά εργαλεία: **360° camera** (Samsung Gear 360), **Virtual Reality System** (Oculus Rift), **EEG** (Electroencephalography) device (Emotiv Insight)

Software: Rhinoceros 5, Unreal Engine 4, Samsung Gear 360, Emotiv Xavier Control Panel, Adobe Premiere.

Για να γίνει η συσχέτιση των δεδομένων από το Emotiv Insight (βλέπε παράρτημα) (engagement, excitement, interest, relaxation, stress, focus) με πραγματικά συναισθήματα, είναι απαραίτητη η χρήση και ενός δεύτερου αλγορίθμου. Η πρωτότυπη ονομασία αυτού του αλγορίθμου είναι Valence-Arousal Circumplex (διάγραμμα ευχαρίστησης-εγρήγορσης) και είναι μια δισδιάστατη χωρική απεικόνιση συναισθημάτων με δύο άξονες. Ο οριζόντιος άξονας παίρνει τιμές για το Valence, ενώ ο κατακόρυφος για το Arousal. Η πρώτη δημοσίευση που εισάγει αυτόν τον αλγόριθμο και τα πρώτα διαγράμματα ήταν του James A. Russell στο περιοδικό *Journal of Personality and social Psychology* 1980, Vol. 39, No6, 1161-1178.

με τίτλο *A Circumplex Model of Affect*.

Στη δημοσίευση υπάρχουν διαγράμματα με τους δύο άξονες που προαναφέρθηκαν και με τα συναισθήματα διεσπαρμένα στο δισδιάστατο χώρο. Οι τιμές που παίρνουν οι δύο άξονες καθορίζουν τη γωνία και τελικώς τη θέση στο διάγραμμα που αντιστοιχεί σε ένα συναίσθημα. Προκειμένου να καθορίσει τη θέση των συναισθημάτων στο διάγραμμα, ο James Russell διεξήγαγε σειρά

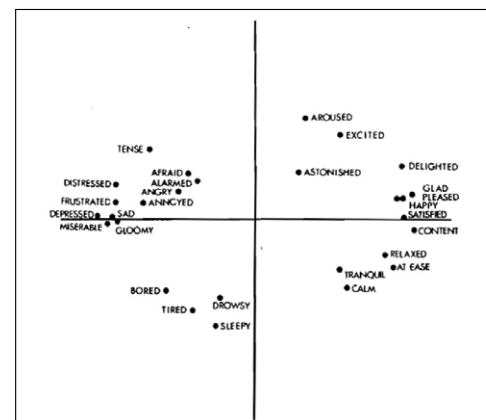


Εικόνα 21: Emotiv Insight



Εικόνα 22: Oculus Rift

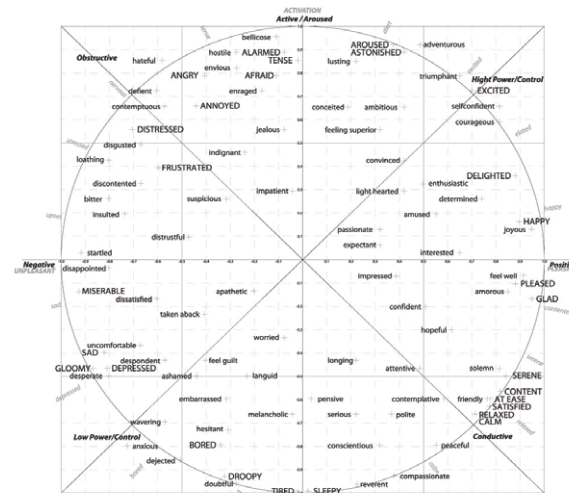
πειραμάτων με εθελοντές συμμετέχοντες, οι οποίοι καλούνταν να κατηγοριοποιήσουν 28 λέξεις-συναισθήματα με καθορισμένους κανόνες. Η ακριβής διαδικασία του πειράματος καθώς και τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα στη δημοσίευση. Φυσικά η έρευνα βασίζεται και σε παλαιότερα μοντέλα, τα οποία όμως δεν είχαν προχωρήσει σε χωρική απεικόνιση. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται στην έρευνα είναι πιο σύγχρονο⁴ και περιλαμβάνει μεγαλύτερο εύρος συναισθημάτων, είναι όμως βασισμένο σε αυτό του Russell.



Εικόνα 24: Russels Circumplex model



Εικόνα 23 : Gear 360



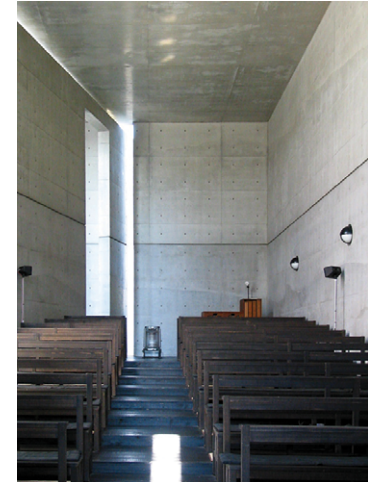
Εικόνα 25: Μοντέλο από Paltoglou και Thelwall, βασισμένο σε αυτό του Russell

⁴ Georgios Paltoglou, Michael Thelwall, “Seeing Stars of Valence and Arousal in Blog Posts” IEEE Transactions on Affective Computing, 29 Nov 2012

B2.3 Χωρικά περιβάλλοντα

Όπως προαναφέρθηκε, τα μοντέλα των χώρων που θα χρησιμοποιηθούν, θα είναι από χώρους λατρείας και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα και φωτογραφικές απεικονίσεις 360°, με δύο παραδείγματα ανά κατηγορία. Και στις δύο κατηγορίες, στους χώρους θα πρέπει ο φυσικός φωτισμός να είναι δομικό στοιχείο της σύνθεσης. Ειδικά στην πρώτη κατηγορία, θα πρέπει επιπροσθέτως να υπάρχει εύκολα προσβάσιμη επαρκής τεκμηρίωση με σχέδια και φωτογραφίες, ενώ στη δεύτερη, απαιτείται φυσική παρουσία ώστε να γίνει επιτόπου τεκμηρίωση με την 360° φωτογραφική μηχανή. Οι χώροι που επιλέχθηκαν με βάση τα παραπάνω κριτήρια, είναι: Church of the Light Tadao Ando, Bruder Klaus Field Chapel Peter Zumthor για την πρώτη κατηγορία και το καθολικό της Ι.Μ. Χρυσοπηγής Χανίων, αφιερωμένος στη Ζωοδόχο Πηγή, το σπήλαιο της Αγίας (του Θεού) Σοφίας κοντά στο χωριό Τοπόλεια στο νομό Χανίων, για τη δεύτερη κατηγορία.

Church of the Light: Ο ναός βρίσκεται στην Ιαπωνία, στη μικρή πόλη Ibaraki, 25χλμ. Έξω από την Osaka. Ολοκληρώθηκε το 1989 και αποτελεί προσθήκη στο ήδη υπάρχον συγκρότημα της χριστιανικής προτεσταντικής εκκλησίας της Ιαπωνίας. Στο ναό αυτό διακρίνουμε τη σχέση φύσης-αρχιτεκτονικής, σύμφωνα με τις φιλοσοφικές αναζητήσεις του αρχιτέκτονα και τον τρόπο με τον οποίο το φως δημιουργεί χώρο ισότιμο, αν όχι σε μεγαλύτερο βαθμό από τους τιμεντένιους τοίχους. Όπως αναφέρει ο ίδιος ο Ando «Σε όλα μου τα έργα το φως είναι καθοριστικός παράγοντας. Δημιουργώ κλειστούς χώρους κυρίως με παχύς τοίχους από σκυρόδεμα. Ο πρωταρχικός λόγος είναι να δημιουργηθεί μια θέση για το άτομο, μια ζώνη για τον εαυτό του μέσα στην κοινωνία.» Είναι



Εικόνες 26,27 : Εσωτερικό του ναού Church of the Light, Tadao Ando



Εικόνες 28,29 : Εσωτερικό ναού Bruder Klaus Chapel, Peter Zumthor

ένα αρχιτεκτονικό έργο που αναζητά δίπολα, συνύπαρξη μεταξύ πλήρους-κενού, φωτός-σκότους. Η κατασκευή του είναι από ενισχυμένο εμφανές σκυρόδεμα. Οι αρμογές και οι κόμβοι στο σκυρόδεμα είναι με προσοχή σχεδιασμένοι και κατασκευασμένοι και επίσης εμφανείς. Η εκκλησία είναι 113τ.μ. και ουσιαστικά είναι ένα ορθογωνικό πρίσμα στο οποίο εισχωρεί ένας τοίχος με γωνία 15° . Ο σταυρός ο οποίος βρίσκεται ως σχισμή στον τοίχο της ανατολικής όψης, επιτρέπει στο φυσικό φως να διαχυθεί στο εσωτερικό του ναού τις πρωινές ώρες και το εμφανές σκυρόδεμα φωτίζεται με τρόπο μοναδικό, μετατρέποντας το υλικό σε άυλο, το σκοτάδι σε φως και το φως σε χώρο.⁵

Bruder Klaus Field Chapel: Το παρεκκλήσι βρίσκεται στο Mechernich της Γερμανίας, ολοκληρώθηκε το 2007. Είναι αφιερωμένο σε έναν τοπικό άγιο (Bruder Klaus). Εξωτερικά μοιάζει με έναν απλό τσιμεντένιο πύργο, ο οποίος υψώνεται στους αγρούς της περιοχής, ένα απλό αλλά εξαιρετικά κομψό τοπόσημο. Το εσωτερικό του ναού είναι αυτό που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Με ιδιαίτερο μη ορθοκανονικό σχήμα, τόσο στην κάτοψη όσο και στην τομή, οδηγεί τον επισκέπτη από ένα στενό χαμηλό διάδρομο στο υψηλό και πιο φωτεινό κύριο μέρος. Στην κορυφή του ναού υπάρχει άνοιγμα, που σε πρώτη ανάγνωση συμβολίζει το φως ενός αστεριού που συνδέεται με τη ζωή του αγίου που τιμά, με πολύ μεγαλύτερες όμως συμβολικές προεκτάσεις. «*In order to design buildings with a sensuous connection to life, one must think in a way that goes far beyond form and construction.*» Για να κατανοήσουμε την ιδιαίτερη αίσθηση στο εσωτερικό πρέπει να αναφερθεί ο τρόπος κατασκευής του. Χρησιμοποιήθηκαν 112 κορμοί ξύλου οι οποίοι λειτούργησαν ως καλούπι για το ιδιαίτερο σχήμα στο



Εικόνα 30: Φωτογραφία Καθολικού Ι.Μ.
Χρυσοπηγής από Gear 360



Εικόνα 31: Φωτογραφία Σπηλαίου Α. Σοφίας από
Gear 360

5 Πηγές: <http://architectuul.com/architecture/church-of-the-light>, <https://www.archdaily.com/101260/ad-classics-church-of-the-light-tadao-ando>

εσωτερικό. Μετά τη σκυροδέτηση, οι κορμοί δεν αφαιρέθηκαν, αλλά κήκαν με αργή καύση. Αυτό έδωσε μια ιδιαίτερη υφή και ένα σκούρο χρώμα στο υλικό. Υπάρχει πλήρης απουσία επίπλων, με εξαίρεση ένα παγκάκι και ένα μανουάλι, ενώ η τρύπα στην οροφή αφήνει το παρεκκλήσι έκθετο στα καιρικά φαινόμενα.⁶

Μονή Χρυσοπηγής: Βρίσκεται 3 χλμ νοτιοανατολικά της πόλης των Χανίων. Το καθολικό της μονής είναι αφιερωμένο στη Ζωοδόχο Πηγή, ενώ δύο ακόμα παρεκκλήσια είναι ενωμένα με το καθολικό. Ο τύπος της μονής είναι τρίκογχη σταυροειδής με τρούλο, το σταυροειδές όμως σχήμα δεν είναι εμφανές εξωτερικά λόγω των 2 ενσωματωμένων παρεκκλησίων. Η μονή ιδρύθηκε τον 16^ο αιώνα επί ενετοκρατίας. Υπέστη σοβαρές καταστροφές από Τούρκους και Γερμανούς και η αποκατάσταση ξεκίνησε από το 1976, οπότε και εγκαταστάθηκε γυναικεία αδελφότητα. Στην αποκατάσταση χρησιμοποιήθηκε η πέτρα από τα ερειπωμένα κτίρια καθώς και πρόσθετα τοπικά υλικά.⁷ Ο φυσικός φωτισμός από τον τρούλο και τα μικρά παράθυρα στον βόρειο-νότιο άξονα εκατέρωθεν, προσδίδουν το γνώριμο αίσθημα του υψηλού που συναντάμε σε βυζαντινούς ναούς τέτοιου τύπου. Ο φυσικός φωτισμός από τις κόγχες του Ιερού σίγουρα θα υπερτόνιζαν το αίσθημα, δεν ήταν όμως προσβάσιμο για φωτογραφική τεκμηρίωση, ενώ το τέμπλο εμπόδιζε κάθε οπτική επαφή.

Σπήλαιο Αγίας Σοφίας: Το σπήλαιο αυτό βρίσκεται στο νομό Χανίων, κοντά στο χωριό Τοπόλια, στο δρόμο Κίσσαμου -Ελαφονησίου. Μέσα στο σπήλαιο βρίσκεται ένα εκκλησάκι αφιερωμένο

στην Α. του Θεού Σοφία. Περιλαμβάνει θόλο ύψους 20μ. και διαμέτρου 70μ. με ποικιλόμορφους σταλακτίτες και σταλαγμίτες. Η επιλογή του συγκεκριμένου σπηλαίου έγινε όχι τόσο επειδή είναι χώρος λατρείας, αλλά λόγω της μορφής του και του τρόπου με τον οποίο φωτίζεται φυσικά.⁸ Θα γίνει προσπάθεια σύγκρισης της αρχέγονης τυπολογίας του σπηλαίου, με το φυσικό φως να έρχεται από ψηλά, με τους σύγχρονους λατρευτικούς χώρους οι οποίοι παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες ως προς τη δομική σημασία του φωτός και ίσως και τα συναισθήματα που προκαλούν.

6 <https://www.archdaily.com/106352/bruder-klaus-field-chapel-peter-zumthor>
<https://architizer.com/projects/bruder-klaus-field-chapel/>
<http://de.phaidon.com/agenda/architecture/articles/2015/february/04/sacred-stories-bruder-klaus-field-chapel/>

7 <http://www.monastiria.gr/kriti/nomos-xanion/iera-moni-xrysopigis-xaniwn/>

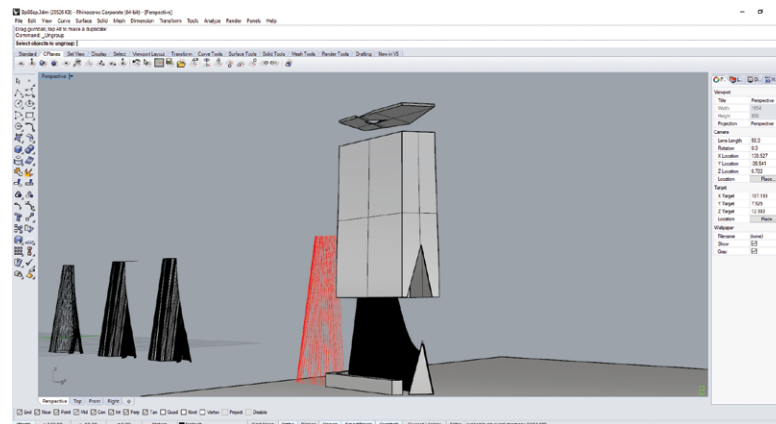
8 <http://www.explorecrete.com/greek/agiasofia-gr.html>

B2.4 Προετοιμασία του πειράματος

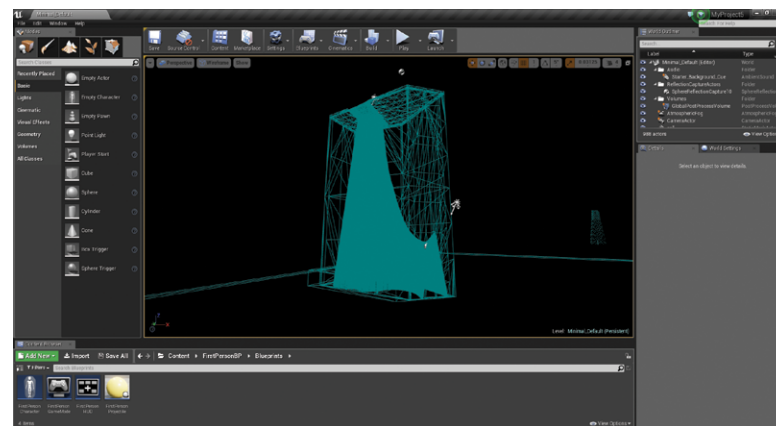
Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναλυτική παρουσίαση για το πώς τα παραπάνω εργαλεία συνδυάστηκαν ώστε να υλοποιηθεί το πείραμα, η ακριβής μεθοδολογία δηλαδή. Για την προετοιμασία του πειράματος ακολουθήθηκαν δύο διαφορετικές μεθοδολογίες, η μία για τους χώρους οι οποίοι σχεδιάστηκαν ψηφιακά και η άλλη για αυτούς οι οποίοι φωτογραφήθηκαν.

Η πρώτη, όπως προαναφέρθηκε, αφορά το ναό Church of the Light του Ando και το Bruder Klaus Chapel του Zumthor. Αφού αναζητήθηκαν σχέδια στο διαδίκτυο, οι χώροι σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα Rhinoceros. Στη συνέχεια, αφού μελετήθηκε η φωτογραφική τεκμηρίωση των χώρων, σχεδιάστηκαν και τοποθετήθηκαν υλικά στις επιφάνειες των ψηφιακών μοντέλων στην Unreal Engine 4. Ακολούθησε η τοποθέτηση φωτισμού με δύο περιπτώσεις στο κάθε μοντέλο. Στην πρώτη περίπτωση, ο φωτισμός προσομοίαζε όσο το δυνατόν καλύτερα, τον φυσικό και μάλιστα σε ώρα που αναδεικνύει με το βέλτιστο τρόπο τον χώρο. Στη δεύτερη περίπτωση ο φωτισμός ήταν τεχνητός και όσο το δυνατόν πιο διάχυτος και με σταθερή ένταση, περίπου όπως θα φωτιζόταν μια αίθουσα διδασκαλίας. Με τον τρόπο αυτό θεωρήθηκε ότι θα μπορέσει να γίνει μια σύγκριση των αποτελεσμάτων ενός χώρου όπου το φως τη μια αποτελεί δομικό στοιχείο, ενώ τη δεύτερη απλά φωτίζει. Τέλος, έγιναν οι κατάλληλες ρυθμίσεις ώστε το μοντέλο να είναι συμβατό με το Vr headset και να μπορεί να υπάρχουν μηχανισμοί κίνησης μέσα στο χώρο.

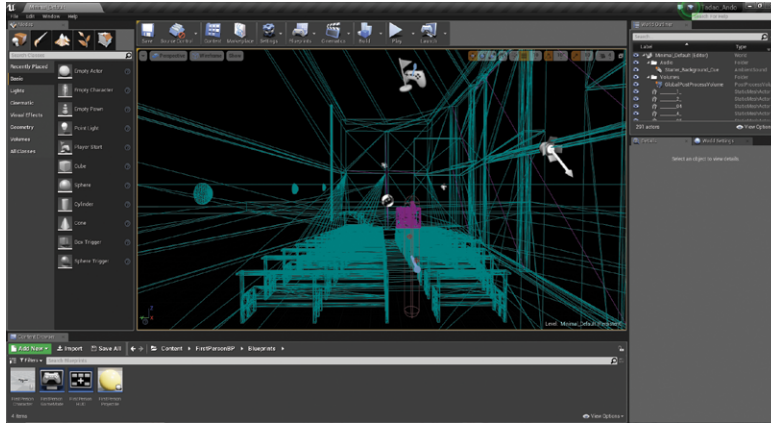
Στους άλλους δύο χώρους, δηλαδή την I.M. Χρυσοπηγής και το σπήλαιο Α. Σοφίας, απαιτήθηκε επιτόπια μελέτη και φωτογράφιση με την 360° camera. Μετά από την επιλογή των δύο πιο αντιπρο-



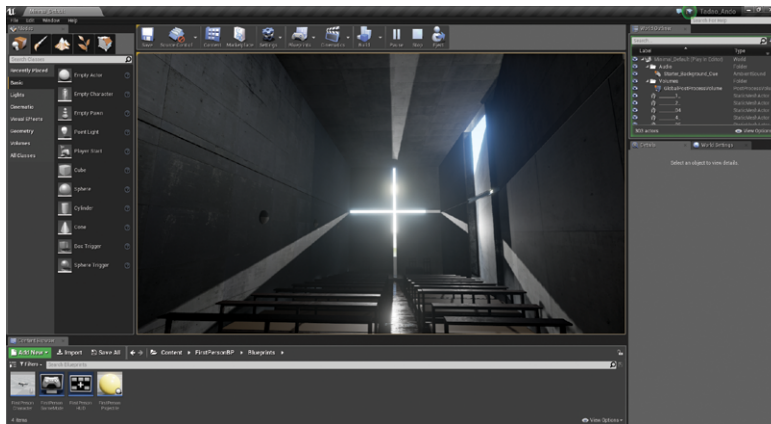
Εικόνα 32 : Τρισδιάστατο μοντέλο Bruder Klaus Chapele σε περιβάλλον Rhinoceros



Εικόνα 33 : Τρισδιάστατο μοντέλο Bruder Klaus Chapele σε περιβάλλον Unreal Engine



Εικόνα 34 : Τρισδιάστατο μοντέλο Church of the Lightσε περιβάλλον Unreal



Εικόνα 35 : Τρισδιάστατο μοντέλο Church of the Light σε περιβάλλον Unreal

σωρευτικών φωτογραφιών για τον κάθε χώρο, μέσω του λογισμικού Gear 360°, οι φωτογραφίες έγιναν συμβατές με το Vr headset.

Συγκριτικά και οι δύο μέθοδοι παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και αδυναμίες. Στην πρώτη μέθοδο, ο ρεαλισμός είναι μεγάλος στον τρόπο με τον οποίο βιώνεις το χώρο, καθώς κινείσαι ελεύθερα μέσα σε αυτόν. Ο διαθέσιμος εξοπλισμός καθώς και άλλες τεχνικές δυσκολίες δεν μας επέτρεπε η κίνηση να γίνεται με φυσικό περπάτημα, αλλά με χειριστήριο, παρ'όλα αυτά η αίσθηση της αλληλεπίδρασης είναι αρκετά φυσική. Ο οπτικός ρεαλισμός όμως του μοντέλου είναι περιορισμένος και απαιτείται επαγγελματική δουλειά ώστε να επιτευχθεί ή ψευδαίσθηση του αληθινού, που και πάλι είναι αμφίβολη. Ειδικά στην περίπτωση του τεχνητού φωτός, ο χώρος φαίνεται αρκετά μη ρεαλιστικός, κάτι που δημιούργησε προβλήματα στη συνέχεια. Στη δεύτερη περίπτωση των φωτογραφιών, οι χώροι παρουσιάζονται απόλυτα ρεαλιστικοί, ίσως μόνο με κάποιες παραμορφώσεις και θολούρες, λόγω της ανάλυσης της φωτογραφικής και των φακών του Vr headset. Η απουσία ρεαλισμού όμως γίνεται αισθητή καθώς δεν υπάρχει καμία κίνηση στο χώρο, παρά μόνο με την εναλλαγή φωτογραφιών.

Σημείωση: Για λόγους συντομίας, αλλά και για να ξεχωρίσουμε τα μοντέλα από τους πραγματικούς χώρους, έχουμε για το πείραμα:

TA: Μοντέλο του ναού Church of The Light με φυσικό φωτισμό.

TAH: Μοντέλο του ναού Church of The Light με τεχνητό φωτισμό.

BK: Μοντέλο του ναού Bruder Klaus Chapel με φυσικό φωτισμό.

BKH: Μοντέλο του ναού Bruder Klaus Chapel με τεχνητό φωτισμό.

A.SOF.: Φωτογραφική απεικόνιση σπηλαίου Α. Σοφίας

ΧΡΥΣ.: Φωτογραφική απεικόνιση Ι.Μ.Χρυσοπηγής

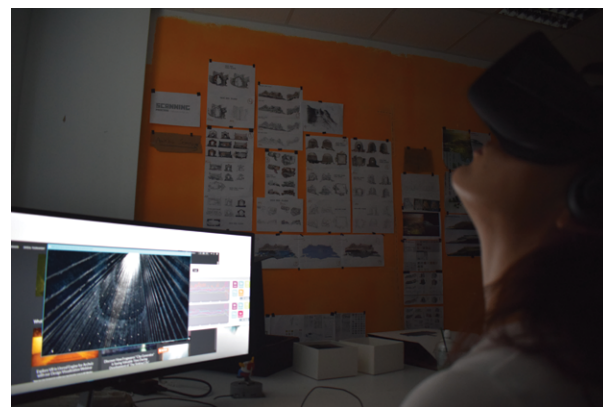
B2.5 Διαδικασία του πειράματος

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί βήμα βήμα ο τρόπος με τον οποίο διεξήχθη το πείραμα. Αρχικά, με ανακοίνωση στο forum του πολυτεχνείου καθώς και σε social media, απευθύνθηκε ανοιχτή πρόσκληση για εθελοντική συμμετοχή, με 29 άτομα να συμμετέχουν τελικώς στη διαδικασία. Ο κύριος όγκος ήταν φοιτητές του πολυτεχνείου.

Το πείραμα έλαβε μέρος σε μία μικρή αίθουσα του κτιρίου K4 όπου και ήταν εγκατεστημένος ο απαραίτητος εξοπλισμός. Ο κάθε εθελοντής ενημερωνόταν συνοπτικά για την ερευνητική εργασία και τη χρησιμότητα της συμμετοχής του στο πείραμα. Ακολουθούσαν οι απλές οδηγίες για τη διαδικασία. Το μόνο που ζητήθηκε είναι να παραμείνουν στον κάθε χώρο που θα τους παρουσιαστεί για τουλάχιστον ένα λεπτό και να περιηγηθούν με όποιον τρόπο θέλουν μέσα σε αυτούς. Το ένα λεπτό θεωρήθηκε ελάχιστος χρόνος ώστε να προλάβουν να βιώσουν το χώρο και οι σκέψεις τους να αφορούν αυτόν.

Εν συνεχεία «φορούσαν» τον εξοπλισμό με την απαραίτητη βοήθεια, πρώτα το Emotiv και μετά το Vr Headset. Αφού ο εξοπλισμός ήταν καλά τοποθετημένος, το πείραμα ξεκινούσε μετά από περίπου ένα λεπτό όπου ο εθελοντής βρισκόταν σε ένα αρχικό μενού του Oculus όπου μπορούσε να δει μια ενδιαφέρουσα κατοικία και να συνηθίσει στην εμπειρία του Vr.

Με την έναρξη του πειράματος ο εθελοντής θα έκανε την περιήγηση του στους εξής χώρους διαδοχικά. Στο Church of the Light με τον φυσικό φωτισμό (TA), στον ίδιο χώρο με τον τεχνητό (TAH), στο Bruder Klaus αντίστοιχα πρώτα με φυσικό (BK) και μετά με τεχνητό (BKH) και στη συνέχεια δύο φωτογραφίες για το Σπήλαιο της Αγίας Σοφίας (A.S.) και δύο για τη Χρυσοπηγή



Εικόνες 36,37,38: Τεκμηρίωση διαδικασίας του πειράματος. Τοποθέτηση εξοπλισμού και διεξαγωγή. Φωτογράφος Γιώργος Κανάκης.

(XRUS). Ανάμεσα σε κάθε χώρο υπήρχε ένα διάλλειμα λιγότερο του λεπτού ώστε να φορτώσει ο επόμενος χώρος, χωρίς φυσικά να αφαιρεθεί ο εξοπλισμός. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για όλους τους συμμετέχοντες με την ίδια σειρά.

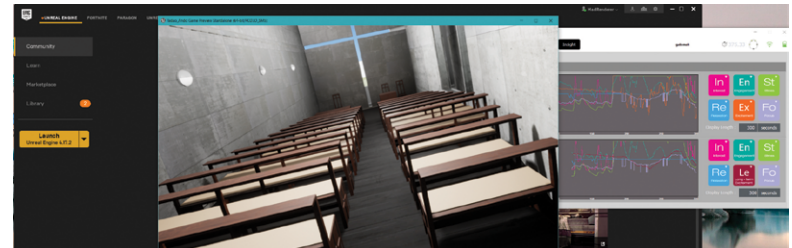
Αξίζει να σημειωθεί ότι στην αίθουσα επικρατούσε όσο το δυνατόν περισσότερη ησυχία τόσο κατά την προετοιμασία όσο και τη διεξαγωγή του πειράματος. Η καθυστέρηση από τη γνωριμία με τον εθελοντή μέχρι την αρχή του πειράματος, εκτός των απαραίτητων διαδικασιών και διευκρινήσεων, είναι απαραίτητη και για να συγκεντρωθεί στο πείραμα αφήνοντας πίσω τυχόν άλλες σκέψεις, ώστε οι μετρήσεις του Emotiv να είναι πιο ακριβείς. Ο χρόνος αφού φορούσε τον εξοπλισμό και μέχρι να ξεκινήσει το πείραμα στο κεντρικό μενού του Oculus, βοηθάει στην εξοικείωση με τον εξοπλισμό και την αποφυγή του έντονου θαυμασμού λόγω της πρωτόγνωρης για τους περισσότερους εμπειρίας Vr, η οποία θα έφθινε όσο προχωρούσε το πείραμα.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, υπήρχαν τρεις καταγραφές δεδομένων. Η πρώτη, μέσα από το πρόγραμμα Emotiv Xavier ControlPanel, αποτελεί σε πραγματικό χρόνο καταγραφή των έξι μεταβλητών Valence, Engagement, Frustration, Meditation, Excitement και Focus. Η δεύτερη, μέσα από την ίδια εφαρμογή, καταγράφει το μέσο όρο των παραπάνω μεταβλητών στο χρόνο που θα οριστεί. Για κάθε άτομο, υπήρχαν έξι τέτοιες καταγραφές, μία για κάθε χώρο. Η τρίτη καταγραφή, ήταν της οθόνης του υπολογιστή, όπου και φαίνεται που ακριβώς κοιτάει ο εθελοντής στους χώρους που βρίσκεται.

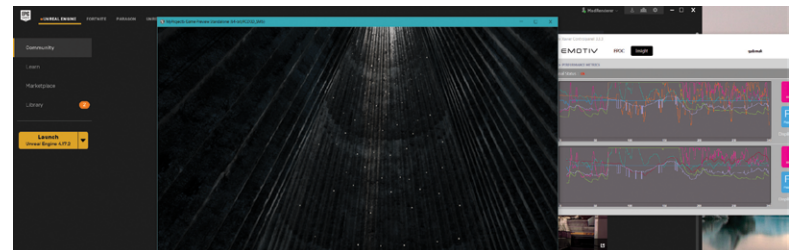
Οι δυσκολίες στη διεξαγωγή του πειράματος δεν έλειψαν, καθώς πλήθος συσκευών και προγραμμάτων δούλευαν ταυτόχρονα σε ένα πείραμα με συνεχή ροή. Το αποτέλεσμα είναι ότι όταν κάποιο πρόγραμμα ή συσκευή διέκοπτε τη λειτουργία του, οι καταγραφές



Εικόνα 39: Στιγμιότυπο του πειράματος στον χώρο ΤΑ

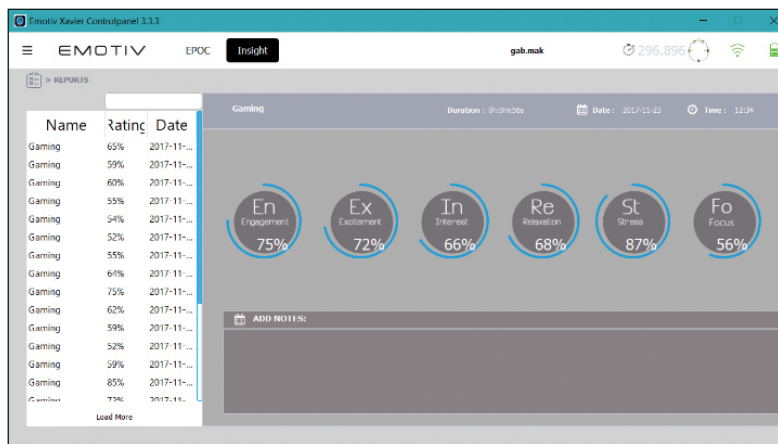


Εικόνα 40: Στιγμιότυπο του πειράματος στον χώρο ΤΑΗ

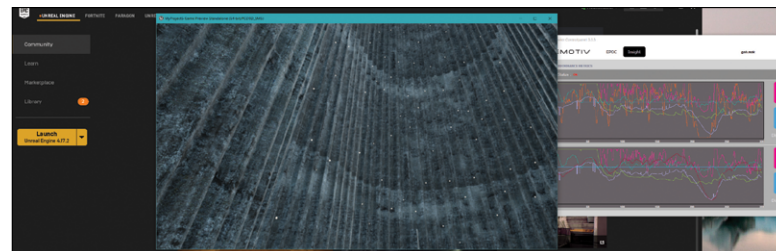


Εικόνα 41: Στιγμιότυπο του πειράματος στον χώρο ΒΚ

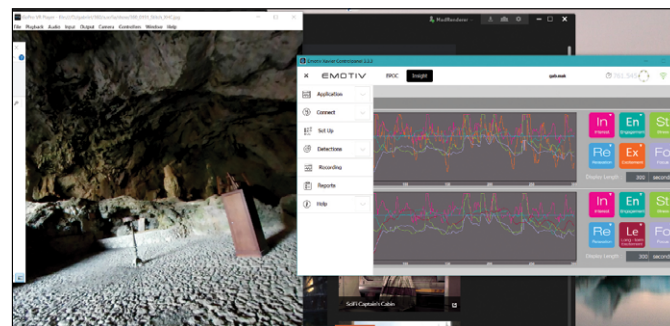
δεν ήταν πλήρεις. Το πιο σύνηθες πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε, ήταν η αδυναμία επαφής των αισθητήρων του Emotiv με το κεφάλι, καθώς και η επικοινωνία της συσκευής με τον υπολογιστή μέσω bluetooth. Άλλα προβλήματα ήταν η διακοπή λειτουργίας (crash) των προγραμμάτων Emotiv Xavier και του screen recorder, αλλά και η μη ολοκλήρωση του πειράματος σε ορισμένες περιπτώσεις λόγω έντονης ζάλης του εθελοντή, φαινόμενο σύνηθες λόγω της μη εξοικείωσης με το VR. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το δείγμα που χρησιμοποιείται στα συμπεράσματα να είναι μεταβλητό και μικρότερο του 29. Στις περιπτώσεις συνδυαστικών αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται δείγμα που υπάρχουν όλες οι καταγραφές.



Εικόνα 42: Στιγμιότυπο του πειράματος από συνολική καταγραφή



Εικόνα 43: Στιγμιότυπο του πειράματος στον χώρο BKH



Εικόνα 44: Στιγμιότυπο του πειράματος στον χώρο A.SOF



Εικόνα 45: Στιγμιότυπο του πειράματος στον χώρο XYRS

B2.6 Αποτελέσματα του πειράματος.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων των τεσσάρων καταγραφών που προαναφέρθηκαν, καθώς και η απαραίτητη ανάλυση αυτών, από την οποία προκύπτουν τα τελικά συνδυαστικά δεδομένα με τα οποία μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα. Η πιο βασική μέθοδος εξαγωγής συμπερασμάτων, είναι μέσα από το Valence-Arousal Circumplex. Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν, είναι από την καταγραφή

του μέσου όρου των μεταβλητών Excitement και Interest οι οποίες αντιστοιχούν στους άξονες Arousal και Valence ⁹. Τιμές άνω του 50% θεωρήθηκαν θετικές, ενώ κάτω αυτού αρνητικές.

⁹ <https://www.emotiv.com/the-science/Detection-Algorithms-Performance-Metrics>

Excitement																			
TA	56%	74%	65%	75%	72%	62%	66%	61%	60%	64%	44%	61%	72%	68%	69%	75%	19%	19%	41%
TAH	40%	80%	53%	57%	70%	22%	27%	70%	51%	66%	41%	65%	70%	70%	77%	75%	20%	29%	58%
Interest																			
TA	77%	67%	61%	52%	66%	87%	86%	52%	55%	69%	53%	70%	84%	53%	57%	51%	62%	59%	48%
TAH	98%	60%	48%	50%	89%	62%	76%	55%	54%	71%	58%	75%	70%	58%	60%	57%	53%	69%	80%

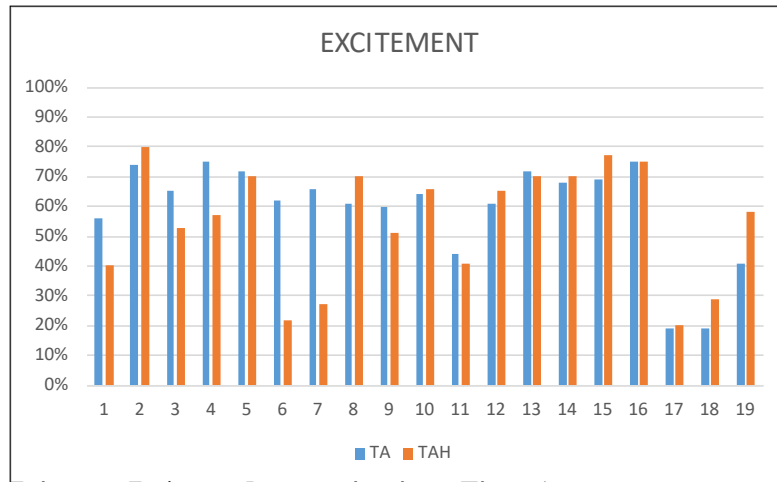
Πίνακας 1: Τιμές στις μεταβλητές Excitement και Interest για τους χώρους TA και TAH με δείγμα 19 άτομα.

Excitement																			
BK	17%	68%	76%	59%	77%	64%	19%	27%	70%	66%	70%	70%	57%	70%	69%	70%	68%	29%	
BKH	57%	71%	74%	67%	75%	65%	59%	22%	69%	65%	59%	67%	72%	71%	67%	69%	73%	73%	
Interest																			
BK	92%	56%	59%	55%	55%	73%	56%	74%	64%	58%	52%	64%	56%	52%	71%	74%	53%	69%	
BKH	78%	58%	53%	55%	57%	71%	55%	69%	63%	57%	57%	73%	79%	87%	73%	72%	51%	71%	

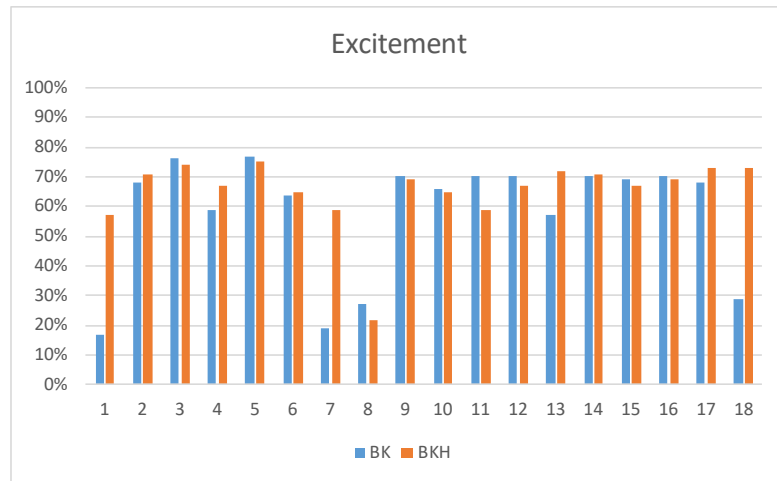
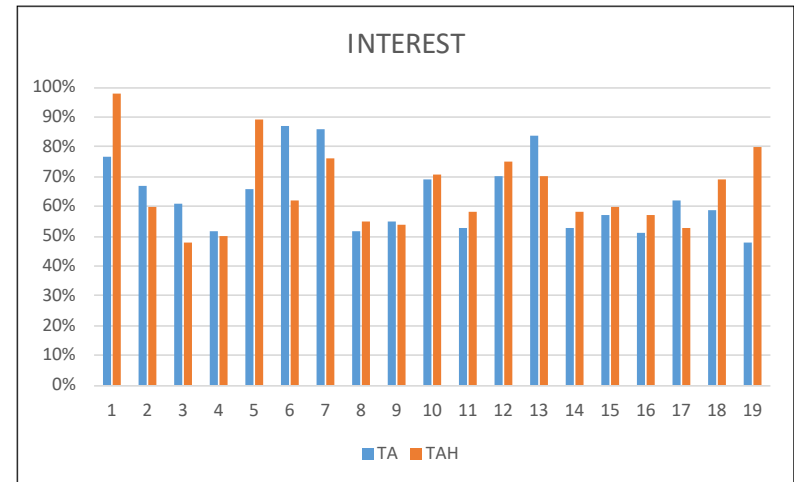
Πίνακας 2: Τιμές στις μεταβλητές Excitement και Interest για τους χώρους BK και BKH με δείγμα 18 άτομα.

Excitement																			
a.sofia	72%	27%	75%	75%	55%	69%	34%	66%	34%	75%	57%	79%	57%	78%	69%				
xrus	72%	66%	51%	77%	60%	71%	32%	68%	66%	71%	44%	58%	61%	75%	75%				
Interest																			
a.sofia	71%	71%	74%	58%	73%	57%	74%	64%	74%	78%	88%	86%	73%	59%	75%				
xrys.	70%	84%	71%	60%	71%	57%	73%	64%	62%	74%	84%	89%	72%	60%	73%				

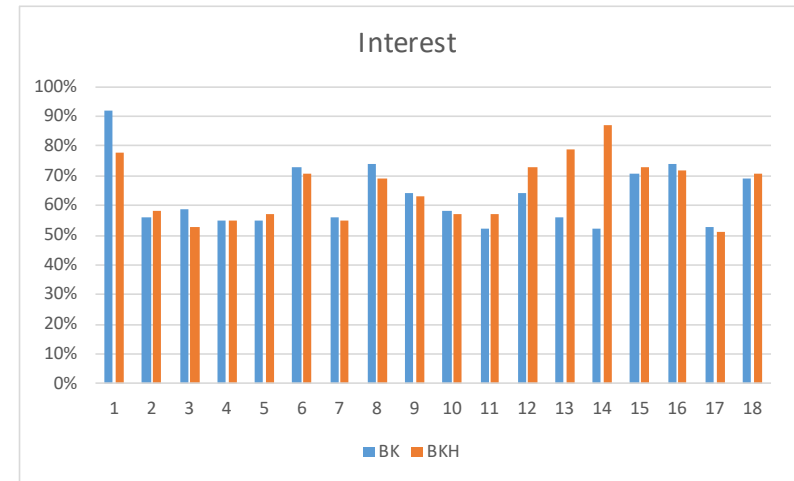
Πίνακας 3: Τιμές στις μεταβλητές Excitement και Interest για τους χώρους Α.ΣΟΦ και ΧΡΥΣ με δείγμα 15 άτομα.

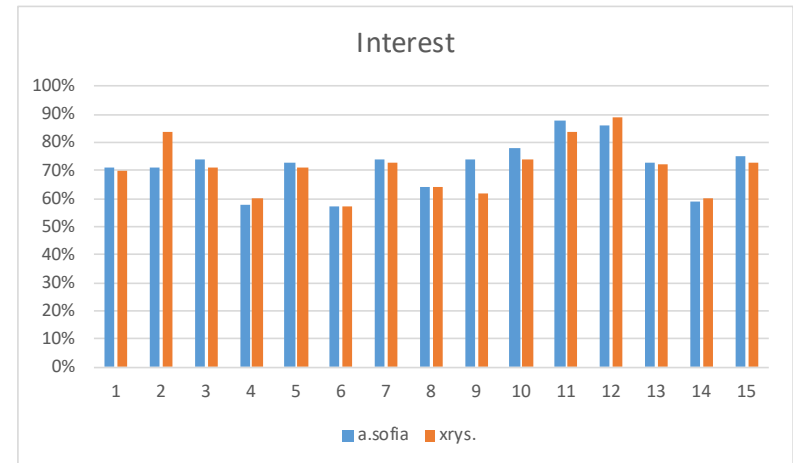
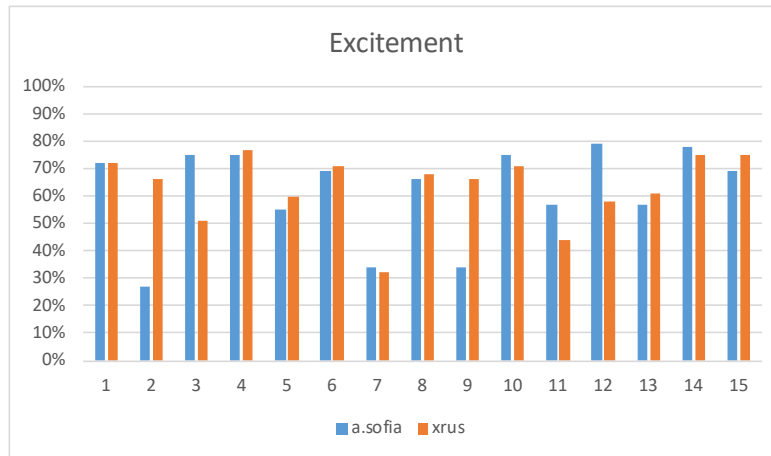


Γράφηματα Excitement-Interest από τιμές του Πίνακα 1



Γράφηματα Excitement-Interest από τιμές του Πίνακα 2

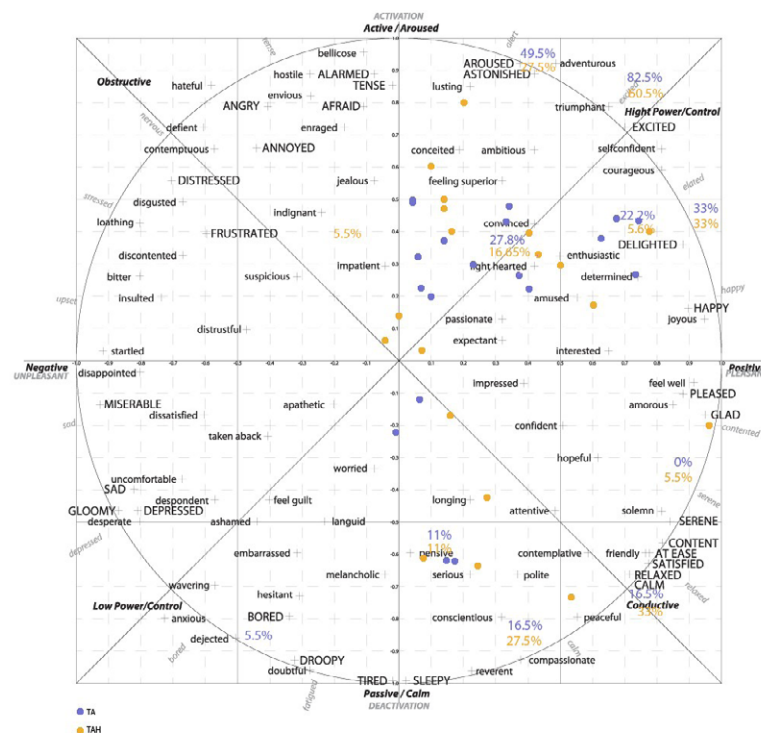




Γράφηματα Excitement-Interest από τιμές του Πίνακα 3

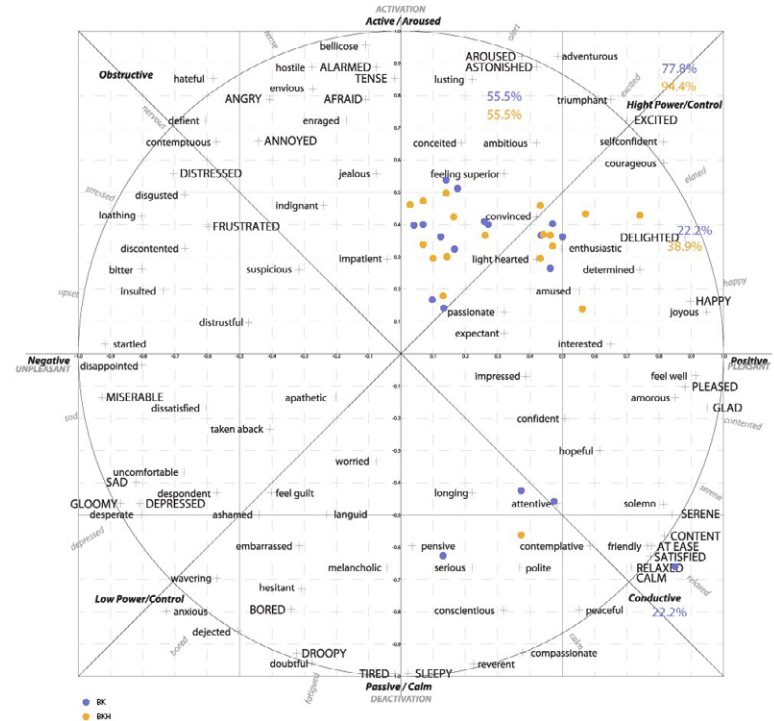
Από τα παραπάνω δεδομένα και με την κατάλληλη αναγωγή (το 100% σε μια μεταβλητή αντιστοιχεί στο 1.0 του διαγράμματος και το 50% στο 0.0), προέκυψαν τα διαγράμματα Valence-Arousal. Τα διαγράμματα δεν παρουσιάζονται μεμονωμένα για κάθε, αλλά ανά ζεύγη TA-TAH και BK-BKH χώρο για ευκολότερη σύγκριση.

Στο διάγραμμα 1 παρατηρούμε ότι 82,5% των συμμετεχόντων για τον χώρο TA ήταν θετικοί και στις 2 μεταβλητές, δηλαδή αισθάνονταν πιο πολύ ευχαρίστηση (valence) αλλά και εγρήγορση (Aroused), έναντι 60,5% για τον χώρο TAH. Θετικοί στην ευχαρίστηση, αλλά με ραθυμία, εμφανίζεται το 16,5% των συμμετεχόντων για το χώρο TA έναντι του διπλάσιου, 33%, για τον TAH. Πιο συγκεκριμένα, στο ογδοημόριο όπου έχουμε αναλογικά μεγαλύτερες τιμές σε Arousal παρά Valence ($45^\circ - 90^\circ$), βρίσκεται το 49,5%, δηλαδή το ήμισυ για τον χώρο TA, έναντι μόλις 27,5% για τον χώρο TAH. Στο ογδοημόριο με την αντίστροφη αναλογία ($0 - 45^\circ$), έχουμε και για τους 2 χώρους ποσοστό 33%.



Διάγραμμα1: Valence Arousal για τους χώρους TA και TAH

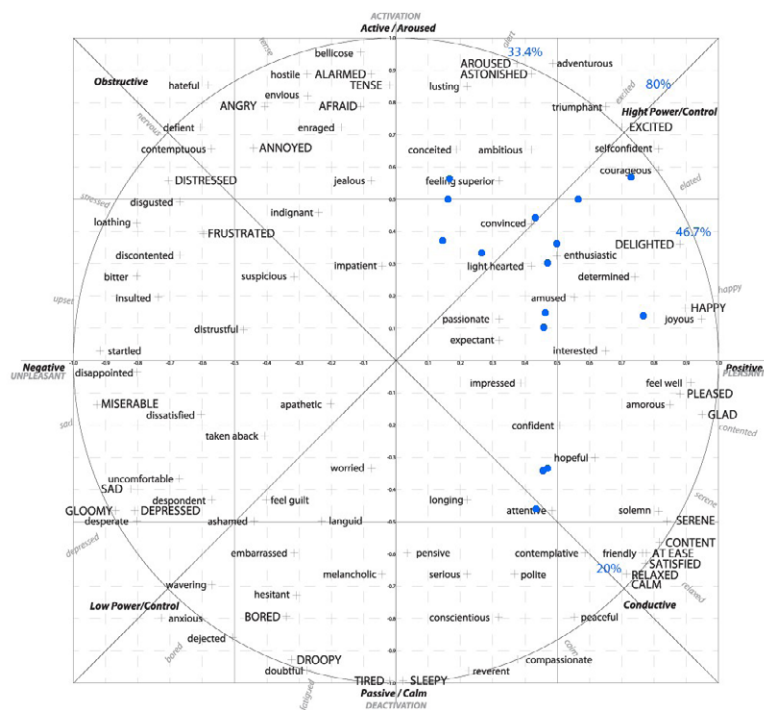
Στο δεύτερο αυτό διάγραμμα, (Διάγραμμα 2) παρατηρούμε ότι 77,8% των συμμετεχόντων για τον χώρο BK ήταν θετικοί και στις 2 μεταβλητές, ενώ 94,4% ήταν το ποσοστό για BKH. Ένα 22,2% των συμμετεχόντων ήταν θετικοί στη μεταβλητή Valence, αλλά αρνητικοί στην μεταβλητή Arousal, ενώ μόλις μία περίπτωση τέτοια υπάρχει για τον χώρο BKH. Πιο συγκεκριμένα, στο ογδομήριο όπου έχουμε αναλογικά μεγαλύτερες τιμές σε Arousal παρά Valence ($45^\circ - 90^\circ$), τα ποσοστά για τους δύο χώρους είναι ίδια, στο 55.5%, ενώ στο ογδομήριο με αντίστροφη αναλογία ($0 - 90^\circ$), έχουμε ποσοστά 22.2% και 38.9% αντίστοιχα.



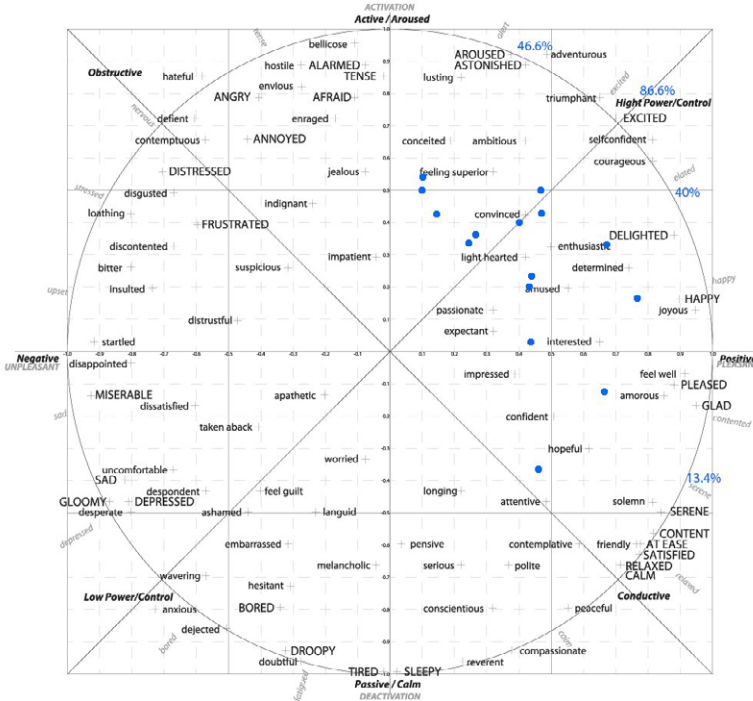
Διάγραμμα 2: Valence Arousal για τους χώρους BK και BKH

Στο διάγραμμα 3 Valence Arousal για το χώρο a.sof, παρατηρούμε από το διάγραμμα ότι 80% των εθελοντών που συμμετείχαν ήταν θετικοί και στις δύο μεταβλητές, έναντι 20% που ήταν θετικοί Valence, αλλά όχι στο arousal. Το 33,4% είχε αναλογικά υψηλότερα ποσοστά στην μεταβλητή Arousal παρά Valence ($45^\circ - 90^\circ$) έναντι 46,7% που συμβαίνει το αντίστροφο. Υπενθυμίζεται ότι στον χώρο αυτό αλλά και στην I.M. Χρυσοπηγής, έχουμε τη δεύτερη μέθοδο, άρα οι χώροι είναι αποτυπωμένοι με φωτογραφίες και δεν υπάρχει σύγκριση με τον ίδιο χώρο σε διαφορετικό φωτισμό.

Στο διάγραμμα 4 Valence Arousal για την I.M. Χρυσοπηγής παρατηρούμε ότι 86.6% των συμμετεχόντων ήταν θετικό και στις δύο μεταβλητές, έναντι μόλις 13.4% το οποίο ήταν αρνητικό μόνο στη μεταβλητή Arousal. Το 46.6% είχε μεγαλύτερη αναλογία σε Arousal έναντι Valence ($45^\circ - 90^\circ$) έναντι 40% με αντίστροφη αναλογία.



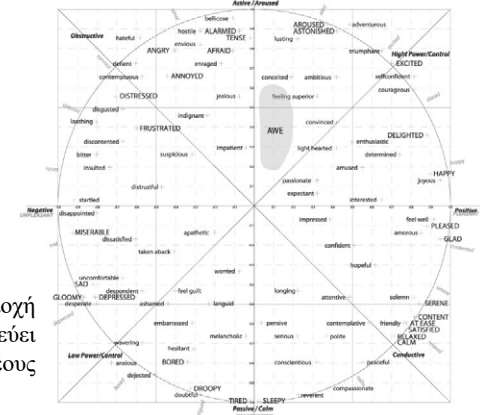
Διάγραμμα 3: Valence Arousal για τον χώρο A.SOF



Διάγραμμα 4: Valence Arousal για τον χώρο XRYS

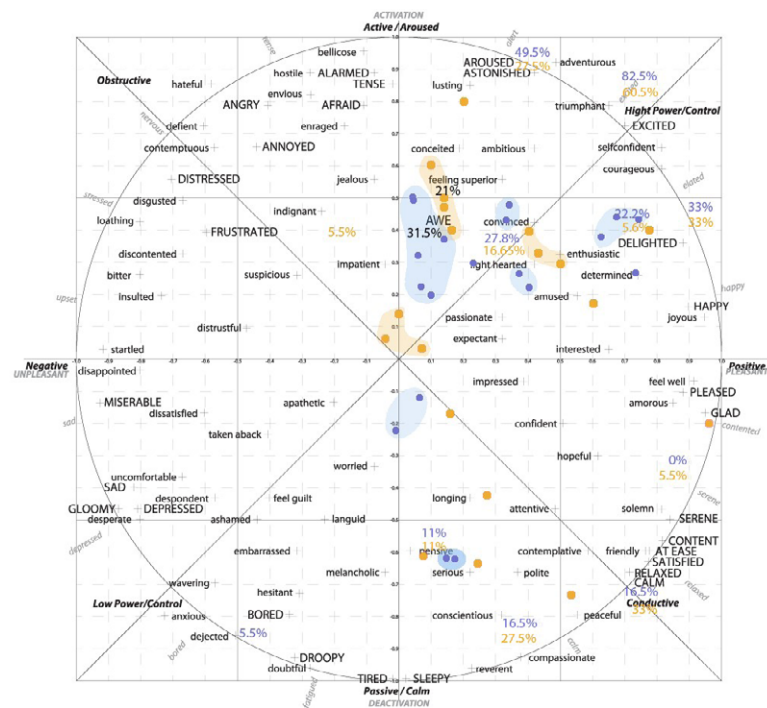
Η γενική κατανομή στα τεταρτημόρια και ογδοημόρια μας δίνει μια γενική εικόνα για την αίσθηση των χώρων, όμως μας ενδιαφέρουν και πιο συγκεκριμένα συναισθήματα που δημιουργούν οι χώροι και ειδικά αυτό του δέους. Το δέος αν και δεν αναγράφεται, σαν συναίσθημα στο διάγραμμα, θεωρούμε ότι θα πρέπει να έχει και τις δύο μεταβλητές θετικές, με αρκετά χαμηλό όμως Valence, καθώς ο θαυμασμός για το υπέρτερο δεν θα πρέπει να περιλαμβάνει οριακά την έννοια του φόβου, αλλά και σε καμία περίπτωση αίσθημα μεγάλης χαράς. Ως προς τον άξονα του Arousal, θα πρέπει να είναι αναλογικά υψηλότερα σε σχέση με το Valence, καθ'ότι ο θαυμασμός θα προκαλέσει εγρήγορση, όχι όμως σε υπερβολικό βαθμό.

Συγκρίνοντας και με τα συναισθήματα που αναγράφονται, καταλαβαίνουμε ότι το δέος θα έχει μικρότερο Arousal απ'ότι έχουν συναισθήματα όπως η ματαιοδοξία (conceited) και βεβαίως η άμετρη επιθυμία, λαγνεία (lusting), καθώς και κάπως μικρότερο Valence από αυτό που δημιουργεί το συναίσθημα του πάθους και της αναμονής (passionate, expectant). Στην εικόνα 46 η εν λόγω περιοχή.



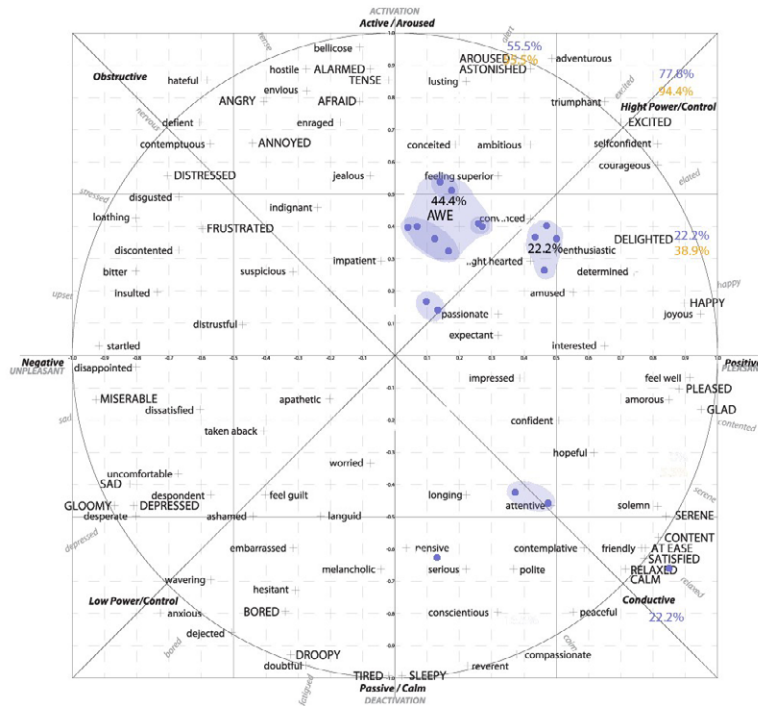
Εικόνα 46: Περιοχή που αντιπροσωπεύει το αίσθημα του δέους

Στο διάγραμμα 5 βλέπουμε πιο αναλυτικά τη θέση των τιμών Valence και Arousal για κάθε άτομο στο διδιάστατο χώρο και κοντά σε ποια συναισθήματα βρίσκονται, για τους χώρους TA και TAH. Για το αίσθημα του δέους όπως το ορίσαμε παραπάνω, βρίσκεται το 31.5% του συνόλου για το χώρο TA, έναντι 21% για το χώρο TAH. Παρατηρούμε επίσης ότι στο χώρο TAH έχουμε κατά μέσο όρο μεγαλύτερες τιμές τόσο για Valence όσο και για Arousal, με αποτέλεσμα να βρίσκονται στο όριο της περιοχής που θέσαμε ως δέος. Επίσης παρατηρούμε ότι ένα 27.8% για τον χώρο TA είναι σε κοντινή περιοχή, συγκεκριμένα στα συναισθήματα Convinced και Light Hearted, έναντι 16.25% για TAH. Επίσης ένα 22.2% για τον χώρο TA, βρίσκεται κοντά στη θέση DELIGHTED, με αρκετά αυξημένα ποσοστά στο Valence. Ένα 11% και για τους δύο χώρους βρίσκεται κοντά στο συναίσθημα serious και ένα 16,65% για το χώρο TAH βρίσκεται κοντά στην αρχή των αξόνων, με πολύ χαμηλά ποσοστά και στους δύο άξονες. Κατά τα άλλα βλέπουμε σημαντικά μεγαλύτερη διασπορά για το χώρο TAH σε σχέση με TA.

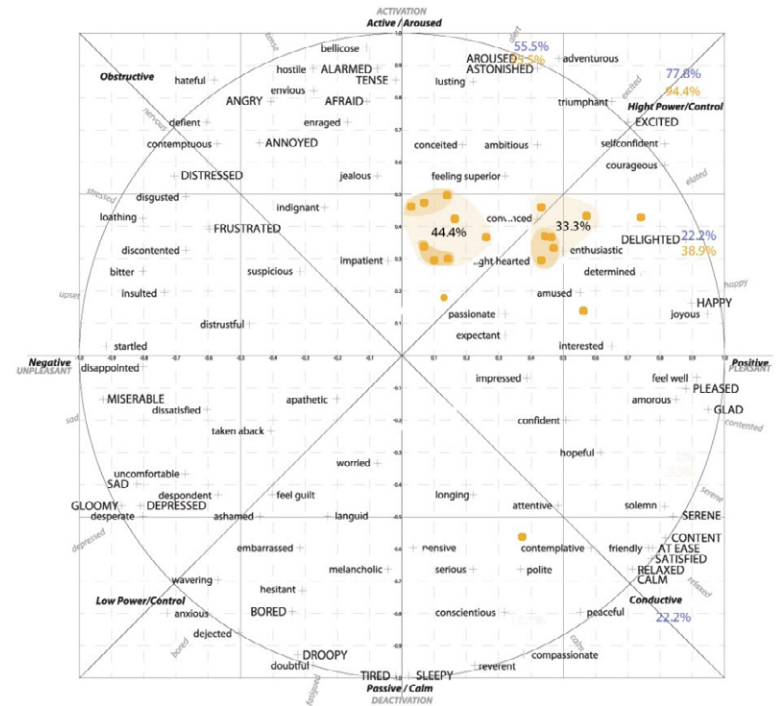


Διάγραμμα 5: Valence-Arousal για τους χώρους TA και TAH, με ποσοστιαία απεικόνιση των συναισθημάτων.

Στα διαγράμματα 6 και 7 (παρουσιάζονται διαφορετικές εικόνες καθώς οι επικαλύψεις δυσχεραίνουν την κατανόηση) παρατηρούμε ότι για το αίσθημα του δέους και στις 2 περιπτώσεις έχουμε 44.4%. Ένα 22.2% για το χώρο BK και 33.3% για BKH βρίσκεται στην περιοχή που περιγράφεται από το συναίσθημα convinced και light hearted.

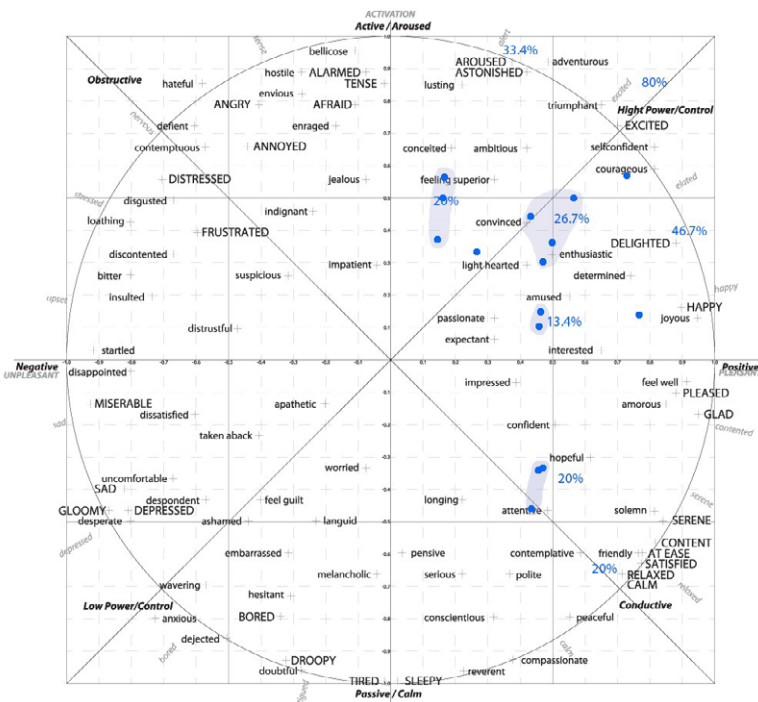


Διάγραμμα 6: Valence-Arousal για τον χώρο BK, με ποσοστιαία απεικόνιση των συναισθημάτων.



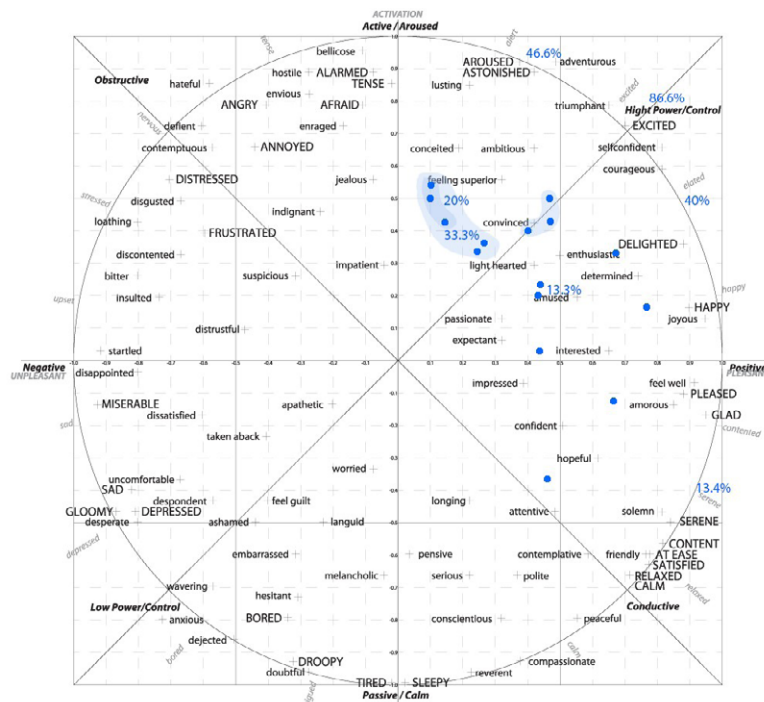
Διάγραμμα 7: Valence-Arousal για τον χώρο BKH, με ποσοστιαία απεικόνιση των συναισθημάτων.

Στο διάγραμμα 8 Valence Arousal για το χώρο A.SOF, παρατηρούμε ότι μόλις ένα 20% βρίσκεται στην περιοχή που σημαίνει δέος και μάλιστα στα όρια αυτής. Ένα 26,7% βρίσκεται κοντά στα συναισθήματα conceited και light hearted και ένα 20% σε hopeful και attentive. Γενικά παρατηρείται αρκετά μεγάλη διασπορά.



Διάγραμμα 8: Valence-Arousal για τον χώρο A.SOF, με ποσοστιαία απεικόνιση των συναισθημάτων.

Στο διάγραμμα 9 Valence Arousal για το χώρο XRUS, παρατηρούμε ότι ένα 20% βρίσκεται στα όρια της περιοχής του συναισθήματος δέος, και ακόμα ένα 13,3% σε κοντινή απόσταση, αλλά πιο κοντά στο συναίσθημα convinced. Ακόμα ένα 20% βρίσκεται μέσα στην περιοχή convinced. Επίσης παρατηρείται μεγάλη διασπορά.



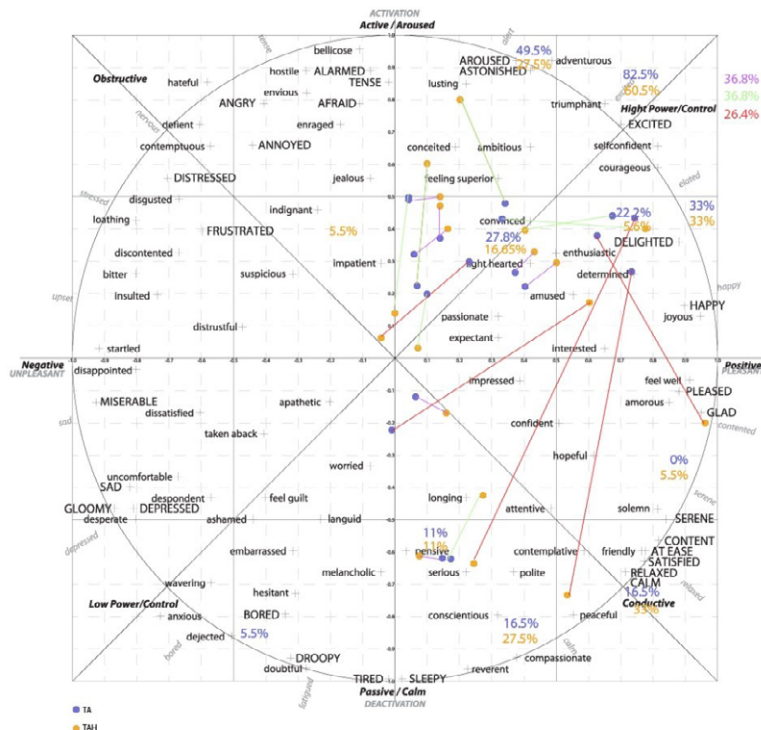
Διάγραμμα 9: Valence-Arousal για τον χώρο XRYs, με ποσοστιαία απεικόνιση των συναισθημάτων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι χωρίς πειραματικές προσεγγίσεις είναι αδύνατη η ακριβής τοποθέτηση συναισθημάτων στο διάγραμμα, γι' αυτό και για το δέος έχουμε μια αρκετά διευρυμένη περιοχή, που σίγουρα το περιλαμβάνει. Επίσης, λόγω του ότι είναι αρκετά γενική έννοια και κάθε άνθρωπος το βιώνει ελαφρώς διαφορετικά, μπορούμε να πούμε ότι και τα συναισθήματα feeling superior, convinced και light hearted, είναι κοντά στο αίσθημα του δέους. Επίσης να σημειωθεί ότι στην έρευνα του Russel στο 1980 αλλά και σε προηγούμενες μελέτες που βασίστηκε, δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στη γωνία που προκύπτει από την αναλογία Valence-Arousal, παρά στην απόλυτη τιμή της ποσότητας. Ειδικά με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα, είναι επισφαλές να θεωρήσουμε εντελώς ακριβή την απόλυτη τιμή των μεταβλητών, χωρίς πρώτα ο αλγόριθμος να «εκπαιδευτεί» για το κάθε άτομο ξεχωριστά (αν και πριν την έναρξη της διαδικασίας γίνεται για κάθε συμμετέχοντα μια προσαρμογή, calibrate, μέσα από το λογισμικό του EMOTIV). Αντίθετα η αναλογία, η γωνία δηλαδή των δύο μεταβλητών, παρέχει πιο σίγουρες πληροφορίες. Για το λόγο αυτό στα συμπεράσματα θα συμπεριληφθεί, εκτός από την ακριβή θέση στο διάγραμμα, η οποία φαίνεται με τις κουκίδες και η γωνία, δηλαδή σε πιο ογδομημόριο βρίσκεται βάση της αναλογίας.

Όπως προαναφέρθηκε, κάθε συμμετέχοντας παρακολουθούσε με συγκεκριμένη σειρά όλους τους χώρους. Προκειμένου να εξάγουμε συμπεράσματα για τον κατά πόσον το φως επηρεάζει τα συναισθήματα, χρήσιμη είναι και η σύγκριση για το πώς βιώνει τους χώρους κάθε άτομο ξεχωριστά. Στα παραδείγματα δηλαδή όπου έχουμε τον ίδιο χώρο με διαφορετικό φωτισμό, μπορούμε να συγκρίνουμε πόσο μακριά στο δισδιάστατο χώρο (διάγραμμα Valence-Arousal) βρίσκονται οι τιμές για κάθε εθελοντή. Οι αποστάσεις χωρίζονται σε 3 κατηγορίες: μικρές, μεσαίες και μεγάλες. Στις

μικρές, το συναισθημα που νιώθουν για κάθε χώρο είναι ίδιο. Στις μεσαίες, είναι μεν διαφορετικό, αλλά κυρίως ως προς την ίδια μεταβλητή, όχι σε ακραίο βαθμό και πάντα στο ίδιο τεταρτοκύκλιο. Στις μεγάλες αποστάσεις τα συναισθήματα είναι τελείως διαφορετικά. Τουλάχιστον μία από τις μεταβλητές έχει μεγάλη διαφορά και μπορεί να μη βρίσκεται καν στο ίδιο τεταρτοκύκλιο.

Στα διάγραμματα 10 και 11, βλέπουμε ότι οι μικρές και μεσαίες αποστάσεις είναι στο 36,8%, οι μεγάλες στο 26,4% για τους χώρους TA και TAH, ενώ αντίστοιχα είναι 50%, 22.2% και 27.8% για τους χώρους BK και BKH.



Πίνακας 1: Κατανομή στα τεταρτημόρια

	0-90°	90° -180°	180° – 270°	270° - 360°
TA	82.5%	-	5.5%	16.5%
TAH	60.5%	5.5%	-	33%
BK	77.8%	-	-	22.2%
BKH	94.4%	-	-	5.6%
A.SOF	80%	-	-	20%
XRYS	86.6%	-	-	13.4%

Πίνακας 2: Κατανομή στα ογδοημόρια

	0 - 45°	45° - 90°	90° - 135°	135° - 180°	180° – 225°	225° – 270°	270° – 315°	315° – 360°
TA	33%	49.5%	-	-	-	5.5%	16,5%	-
TAH	33%	27.5%	5.5%	-	-	-	27.5%	5.5%
BK	22.2%	55.5%	-	-	-	-	11.1%	11.1%
BKH	38.9%	55.5%	-	-	-	-	5.6%	
A.SOF	46.7%	33.4%	-	-	-	-	6.7%	13.4%
XRYS	40%	46.6%	-	-	-	-	-	13.4%

Chart Area 1

Πίνακας 3: Αποστάσεις

	ΜΙΚΡΕΣ	ΜΕΣΑΙΕΣ	ΜΕΓΑΛΕΣ
TA-TAH	36.8%	36.8%	26.4%
BK-BKH	50%	22.2%	27.8%

Κατανομή χρόνου

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από την καταγραφή της εικόνας που έβλεπαν οι συμμετέχοντες εθελοντές. Τα αποτελέσματα είναι δύο ειδών. Καταρχάς μετράται ο συνολικός χρόνος που διέθεσε ο κάθε συμμετέχοντας σε κάθε χώρο ξεχωριστά, και δεύτερον, πού διέθεσε αυτόν το χρόνο. Τα αποτελέσματα αυτά θα λειτουργήσουν επικουρικά στα προηγούμενα του διαγράμματος Valence-Arousal, καθώς μπορούμε να επιβεβαιώσουμε το ενδιαφέρον που δείχνουν για κάθε χώρο συναρτήσει του χρόνου που περνούν, αλλά και να διακρίνουμε και άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά εξετάζοντας τι παρατηρεί περισσότερο.

Ποιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το πού διαθέτει το χρόνο του σε κάθε χώρο, εξετάζεται στους χώρους TA, TAH, BK και BKH, καθώς εκεί υπάρχει ελευθερία στην κίνηση και είναι δυνατόν να εντοπίσουμε ακριβώς που επικεντρώνεται. Η διαδικασία αυτή είχε ως εξής: Για κάθε συμμετέχοντα υπήρχε ένα video με αυτά ακριβώς που παρακολούθησε. Μέσω video editing λογισμικών, χωρίστηκε το video σε έξι διαφορετικά, ένα με τον κάθε χώρο. Αφού κατεγράφη ο συνολικός χρόνος για κάθε χώρο (πρώτο σκέλος) στη συνέχεια, για του χώρους TA, TAH, BK και BKH ακολούθησε περεταίρω ανάλυση. Και τους δύο χώρους, τους χωρίζουμε σε τρεις (3) κατηγορίες. Για το Church of the Light, έχουμε 1) την ανατολική όψη, όπου σχηματίζεται ο σταυρός σαν σχισμή στον τσιμεντένιο τοίχο, 2) τη δυτική όψη, όπου υπάρχει και εκεί σχισμή στον τοίχο, αλλά και το άνοιγμα της εισόδου και 3) τις λεπτομέρειες. Για τον χώρο Bruder Klaus, έχουμε 1) την οπτική από το διάδρομο προς το κύριο μέρος του ναού και το άνοιγμα στην οροφή, 2) αντίστροφα από το κύριο μέρος προς την είσοδο και 3), ομοίως με πριν, οι λεπτομέρειες. Οι εικόνες 47-58 δείχνουν με

σαφήνεια ποιες οπτικές εμπίπτουν σε ποια κατηγορία. Ειδικά για τις λεπτομέρειες, θεωρείται όταν κοιτάει κάτι από κοντά, χωρίς να υπάρχει συνολική εικόνα, προσπαθώντας να διακρίνει το υλικό, κάποιο έπιπλο ή τι υπάρχει εξωτερικά.

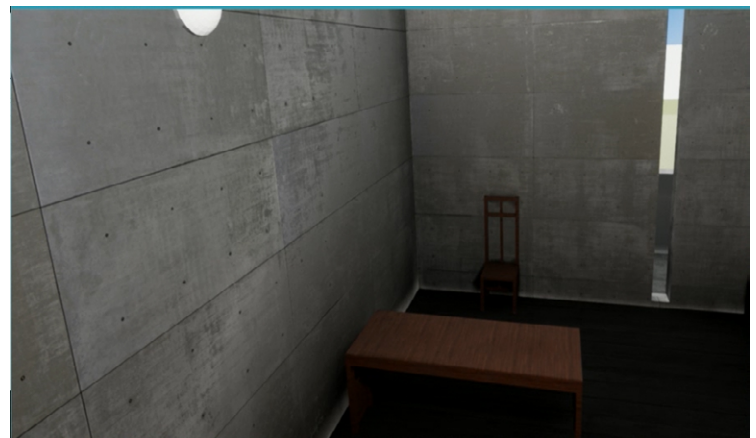
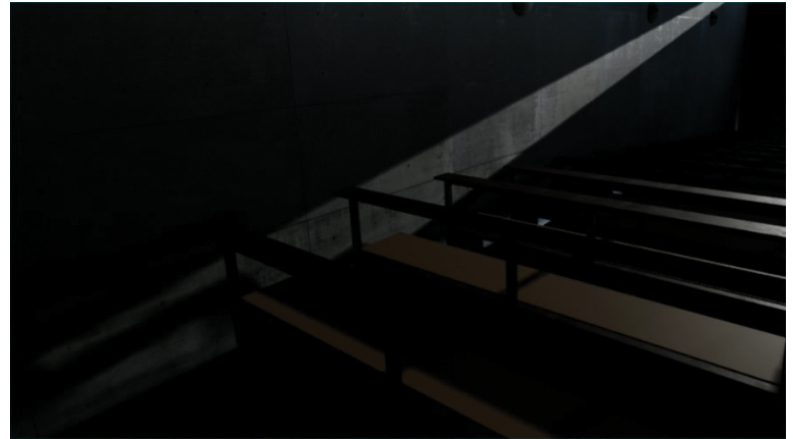
Εικόνες 47,48: Ανατολική όψη στο χώρο TA



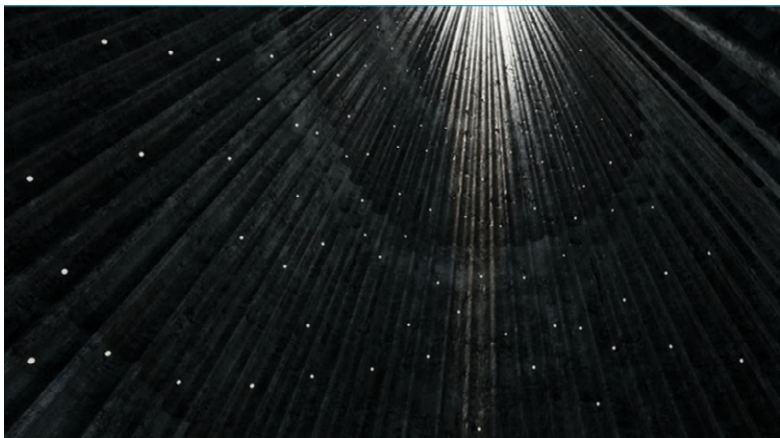
Εικόνες 49,50 :Δυτική όψη στους χώρο ΤΑ-ΤΑΗ



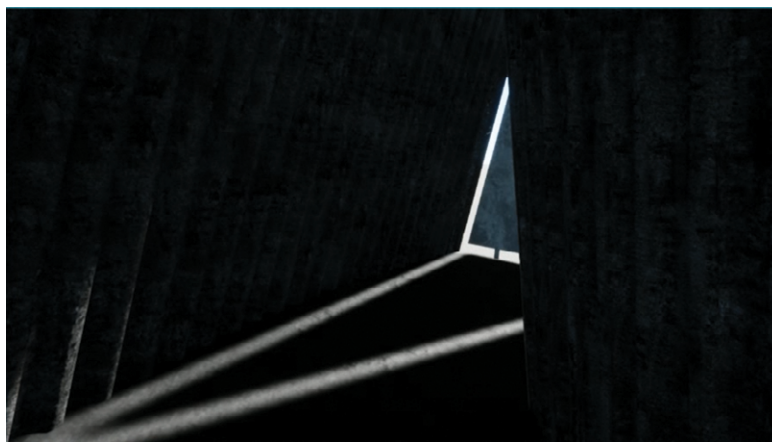
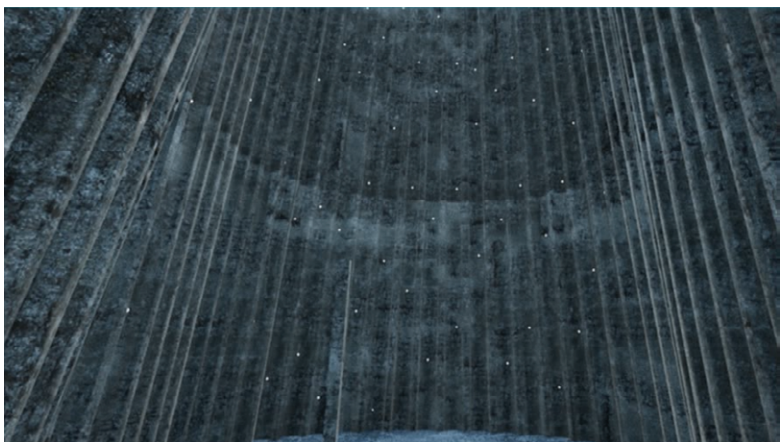
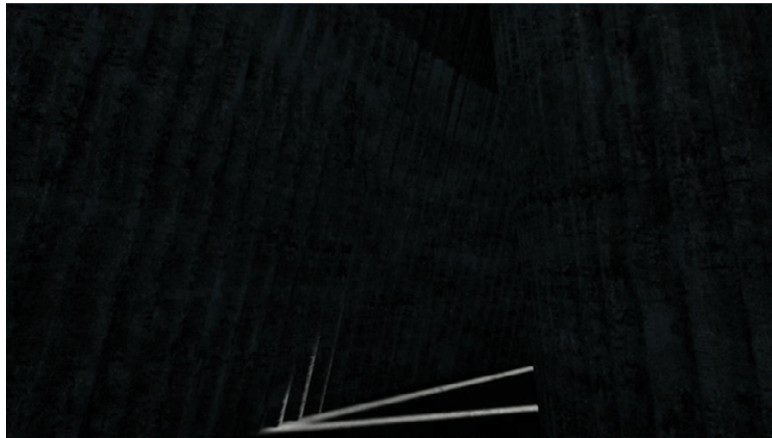
Εικόνες 51,52 :Λεπτομέρειες στους χώρο ΤΑ-ΤΑΗ



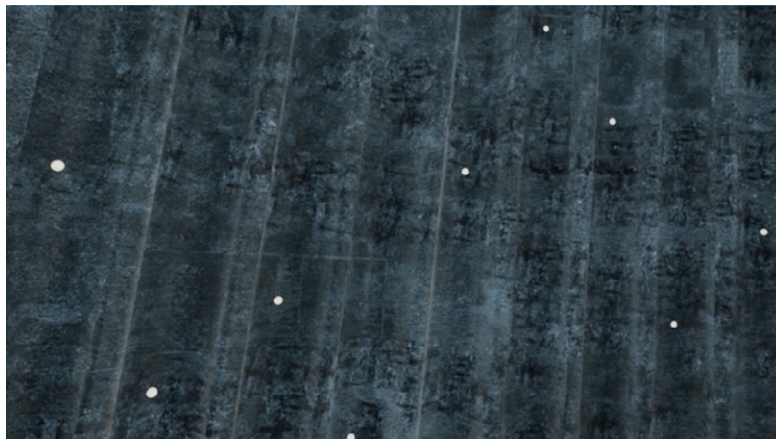
Εικόνες 53,54 :Κύριο μέρος στους χώρο ΒΚ-ΒΚΗ



Εικόνες 55,56 :Οπτική προς την είσοδο στους χώρο ΒΚ-ΒΚΗ



Εικόνες 57, 58 :Λεπτομέρειες στους χώρο ΒΚ-ΒΚΗ



Στον πίνακα 4 και στα διαγράμματα 12 και 13 φαίνεται ο χρόνος σε δευτερόλεπτα για κάθε χώρο ξεχωριστά σε δείγμα 21ατόμων για ΤΑ, ΤΑΗ, ΒΚ, ΒΚΗ και 18 ατόμων για Α.ΣΟΦ και ΧΡΥΣ¹, καθώς και οι μέσοι όροι για κάθε χώρο.

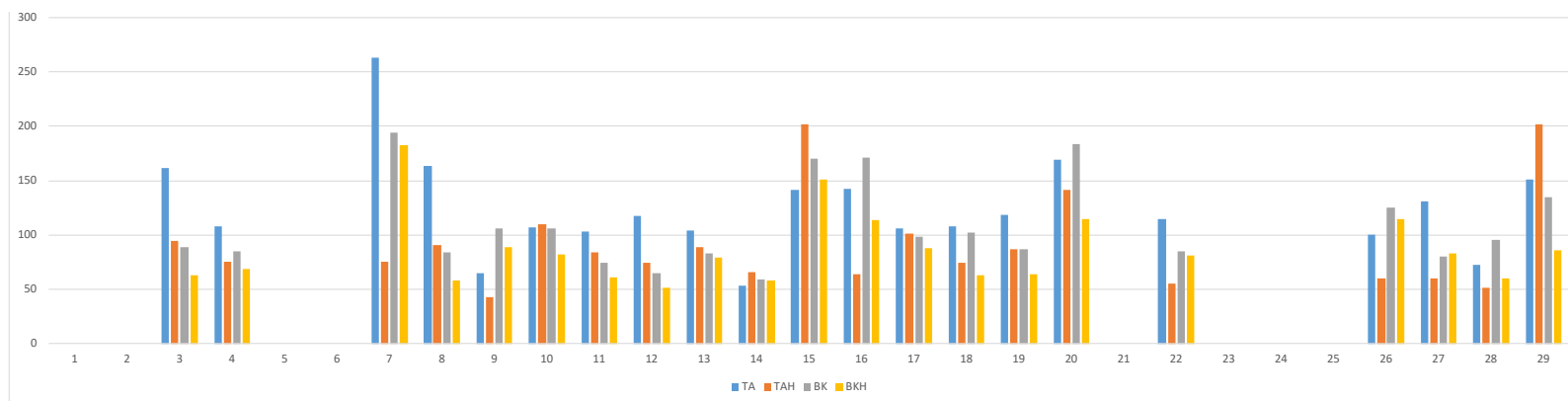
Για τους χώρους ΤΑ και ΤΑΗ η ποσοστιαία μείωση του μέσου όρου των χρόνων είναι 26,6%. Σε 2 περιπτώσεις (9,5%) παρατηρείται αύξηση αντί για μείωση, ενώ σε ακόμα 2 έχουμε αμελητέα (κάτω του 10%) μεταβολή.

Για τους χώρους ΒΚ και ΒΚΗ η ποσοστιαία μείωση του μέσου όρου των χρόνων είναι 21,1%. Σε 5 περιπτώσεις (23,8%) η μεταβολή είναι οριακή (κάτω του 10%)

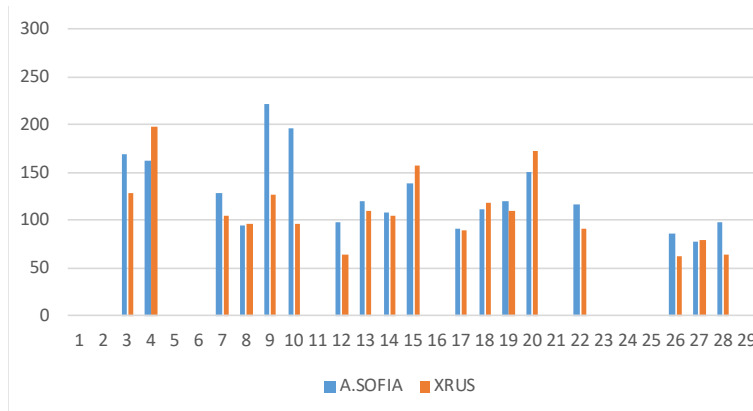
Ο Πίνακας 5 δείχνει την κατανομή χρόνου για κάθε συμμετέχοντα εθελοντή, με βάση την κατηγοριοποίηση που προαναφέρθηκε, για τους χώρους ΤΑ, ΤΑΗ, ΒΚ και ΒΚΗ.

1 Σε 2 περιπτώσεις το πείραμα διακόπηκε λόγω ζάλης του εθελοντή και σε μία ακόμη κατεστράφη το αρχείο, για αυτό και υπάρχει μειωμένος αριθμός.

Διάγραμμα 12 :Χρόνος σε sec για ΤΑ, ΤΑΗ, ΒΚ, ΒΚΗ



Διάγραμμα 13 :Χρόνος σε sec για A.SOF και XRY5



Πίνακας 4 :Χρόνοι σε sec για κάθε συμμετέχοντα

	TA	TAH	BK	BKH	A.SOFIA	XRY5
sub1						
sub2						
sub3	162	94	89	63	170	129
sub4	108	75	85	69	163	198
sub5						
sub6						
sub7	263	75	194	183	128	105
sub8	163	91	84	58	95	97
sub9	65	43	106	89	222	127
sub10	107	110	106	82	197	96
sub11	103	84	74	61	-	
sub12	117	74	65	51	98	65
sub13	104	89	83	79	120	110
sub14	53	66	59	58	108	105
sub15	141	202	170	151	138	158
sub16	142	64	171	114	-	
sub17	106	101	98	88	91	90
sub18	108	74	102	63	112	119
sub19	118	87	87	64	120	110
sub20	169	141	184	115	151	172
sub21						
sub22	115	55	85	81	117	92
sub23						
sub24						
sub25						
sub26	100	60	125	115	87	63
sub27	131	60	80	83	78	79
sub28	72	51	95	60	99	65
sub29	151	202	135	86	-	-
M.O. Χρόνων	124	91	109	86	127	110

Σύμφωνα με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν έχουμε:

ΤΑ:

13 στους 21 61.9% κοιτάει πιο πολύ ανατολικά παρά δυτικά
3 στους 21 14.3% κοιτάει λεπτομέρειες περισσότερο σε
σχέση με ανατολικά ή δυτικά

40.3% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρού-
σαν ανατολικά

35.5% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρού-
σαν δυτικά

24.2% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρού-
σαν λεπτομέρειες

ΤΑΗ:

11 στους 21 52.4% κοιτάει πιο πολύ δυτικά παρά ανατολικά
10 στους 21 47.6% κοιτάει λεπτομέρειες περισσότερο σε
σχέση με ανατολικά ή δυτικά δηλαδή 33.3% παραπάνω από ΤΑ

33.4% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρού-
σαν ανατολικά

32.2% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρού-
σαν δυτικά

34.6% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρού-
σαν λεπτομέρειες, έναντι 24.2% σε ΤΑ.

ΒΚ:

13 στα 21 61.9% κοιτάει πιο πολύ το κύριο μέρος παρά προς
την είσοδο

2 στους 21 9.5% κοιτάει λεπτομέρειες περισσότερο σε σχέ-
ση με κύριο μέρος ή είσοδο

36.4% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρού-
σαν την είσοδο

39.4% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρούσαν
το κύριο μέρος

24.2% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρούσαν
τις λεπτομέρειες

ΒΚΗ:

11 στους 21 52.4% κοιτάει πιο πολύ το κύριο μέρος παρά
προς την είσοδο

10 στους 21 47.3% (37.8% αύξηση σε σχέση με ΒΚ παρακο-
λουθούν τις λεπτομέρειες περισσότερο σε σχέση με κύριο μέρος
ή είσοδο, ενώ σε άλλες 2 (9.5%) ο χρόνος είναι ίδιος

30.9% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρούσαν
την είσοδο

32.7% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου, παρατηρούσαν
το κύριο μέρος

36.4% κατά μέσω όρο του συνολικού χρόνου παρατηρούσαν
τις λεπτομέρειες, έναντι 24.2% σε ΒΚ.

Πίνακας 5 :Χρόνος σε sec για ΤΑ, ΤΑΗ, ΒΚ, ΒΚΗ

Διάγραμμα Κατανομής Χρόνου		sub1	sub2	sub3	sub4	sub5	sub6	sub7	sub8	sub9	sub10	sub11	sub12	sub13	sub14	sub15	sub16	sub17	sub18	sub19	sub20	sub21	sub22	sub23	sub24	sub25	sub26	sub27	sub28	sub29
ΤΑ	Κοιτάει Ανατολικά			32.1%	38.0%			43.3%	41.7%	27.7%	42.0%	26.2%	28.2%	24.0%	49.0%	51.8%	34.5%	25.7%	62.0%	19.5%	33.1%		45.2%			44.0%	62.6%	44.4%	50.3%	
	Κοιτάει Δυτικά			21.6%	29.6%			31.6%	38.7%	49.2%	28.0%	28.2%	38.5%	40.4%	34.0%	11.3%	65.5%	25.7%	33.3%	48.3%	65.7%		36.5%			31.0%	26.7%	40.3%	28.5%	
	Κοιτάει λεπτομέρειες			46.3%	32.4%			25.1%	11.6%	23.1%	30.0%	45.6%	33.3%	35.6%	17.0%	36.9%	0.0%	45.9%	4.7%	32.2%	1.2%		20.9%			25.0%	10.7%	15.3%	21.2%	
ΤΑΗ	Κοιτάει Ανατολικά			24.5%	41.3%			45.3%	22.0%	37.2%	23.6%	12.0%	35.1%	13.5%	42.40%	46.0%	34.4%	25.7%	33.8%	19.6%	31.9%		40.0%			38.3%	55.0%	43.1%	33.2%	
	Κοιτάει Δυτικά			28.7%	13.3%			29.3%	55.0%	41.9%	27.2%	8.3%	27.0%	37.1%	39.40%	12.9%	50.0%	11.8%	25.7%	40.2%	36.9%		45.5%			40.0%	28.3%	43.1%	30.2%	
	Κοιτάει λεπτομέρειες			46.8%	45.4%			25.4%	23.0%	20.9%	49.2%	79.8%	37.9%	39.3%	18.20%	41.1%	15.6%	62.4%	40.5%	40.2%	31.2%		14.5%			21.7%	16.7%	13.8%	36.6%	
ΒΚ	Κοιτάει προς την κατεύθυνση εισόδου			37.1%	40.0%			28.9%	40.5%	45.3%	27.0%	28.4%	21.5%	36.1%	40.7%	32.4%	28.1%	45.9%	30.8%	31.0%	35.3%		55.3%			38.4%	50.0%	42.1%	28.9%	
	Κοιτάει προς την κατεύθυνση του κύριου μέρους			39.3%	41.2%			51.0%	35.7%	35.8%	40.0%	28.4%	52.3%	33.7%	44.1%	40.6%	56.1%	26.5%	31.7%	49.4%	40.8%		25.9%			25.6%	30.0%	40.0%	59.9%	
	Κοιτάει λεπτομέρειες			22.5%	18.8%			20.1%	23.8%	18.9%	33.0%	43.2%	26.2%	30.1%	15.2%	27.0%	15.8%	27.6%	37.5%	19.6%	23.9%		18.8%			36.0%	20.0%	18.9%	11.2%	
ΒΚΗ	Κοιτάει προς την κατεύθυνση εισόδου			28.6%	33.3%			23.5%	22.4%	46.1%	30.3%	14.8%	23.5%	22.8%	34.4%	30.5%	42.1%	31.8%	23.8%	25.0%	37.4%		37.0%			33.0%	26.0%	38.3%	39.5%	
	Κοιτάει προς την κατεύθυνση του κύριου μέρους			30.2%	20.3%			43.2%	44.8%	36.0%	24.6%	29.5%	21.6%	32.9%	32.8%	31.8%	29.8%	28.4%	25.4%	37.5%	35.6%		42.0%			28.7%	40.0%	23.4%	41.7%	
	Κοιτάει λεπτομέρειες			41.2%	46.4%			33.3%	32.8%	17.9%	45.3%	55.8%	52.9%	44.3%	32.8%	37.7%	28.1%	39.8%	50.8%	37.5%	27.0%		21.0%			38.3%	17.0%	38.3%	20.8%	

Στη συνέχεια έγινε προσπάθεια να συσχετιστούν οι μετρήσεις που είχαμε για τις κατανομές χρόνου με αυτές των Valence-Arousal διαγραμμάτων. Αρχικά, η ιδέα ήταν να συσχετιστεί σε πραγματικό χρόνο το στίγμα στο διάγραμμα Valence-Arousal, με τι ακριβώς παρατηρούσε ο συμμετέχοντας εκείνη τη στιγμή. Η μέθοδος αυτή όμως δεν απέδωσε καθώς σε διαφορετικές στιγμές που παρακολουθούσε από την ίδια οπτική γωνία, το στίγμα εμφανιζόταν σε διαφορετικό σημείο. Επιπλέον ο χρόνος που χρειαζόταν για να αναλυθούν με αυτόν τον τρόπο όλα τα video ήταν απαγορευτικός, καθώς η μεταβολή των τιμών των μεταβλητών Excitement και Interest ήταν σε πολλές περιπτώσεις ραγδαία και ασταθής. Γι' αυτό το λόγο προτιμήθηκε να γίνει αντιπαραβολή των τελικών διαγραμμάτων Valence-Arousal (αυτά που παρουσιάστηκαν) με τις ποσοστιαίες κατανομές χρόνου. Με απλά λόγια, πώς ο συμμετέχοντας νιώθει σε σχέση με το τι κοιτάει.

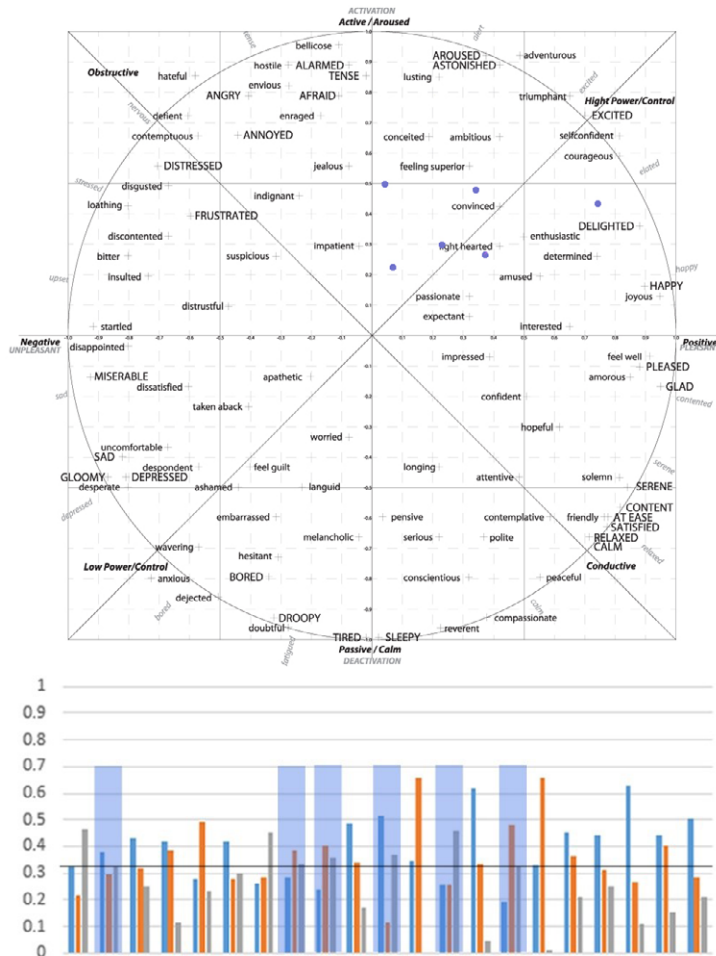
Έγινε προσπάθεια συσχετισμού για τους τέσσερις χώρους (TA, TAH, BK, BKH) και μελετήθηκε κατά πόσον το αίσθημα του δέους συσχετίζεται με το πού παρακολουθούν περισσότερο. Συσχετισμός βρέθηκε μόνο για τους χώρους TA και BKH και προς έκπληξη αυτός ο συσχετισμός αφορούσε το χρόνο παρακολούθησης των λεπτομερειών. Ποιο συγκεκριμένα.

TA: 6 από τους 6 οι οποίοι παρακολούθησαν κατά μεγάλο ποσοστό τις λεπτομέρειες (33% και άνω) και έχουμε και στοιχεία για το διάγραμμα Valence-Arousal, είχαν θετικές τιμές στις μεταβλητές Valence και Arousal. 2 στους 6 βρίσκονται στην περιοχή που θεωρείται ότι αντιπροσωπεύεται το δέος και άλλοι 3 σε κοντινές περιοχές (convinced και light hearted), στο διάγραμμα Valence Arousal. Υπάρχει ακόμα μια περίπτωση για την οποία δεν υπάρχουν δεδομένα Valence Arousal.

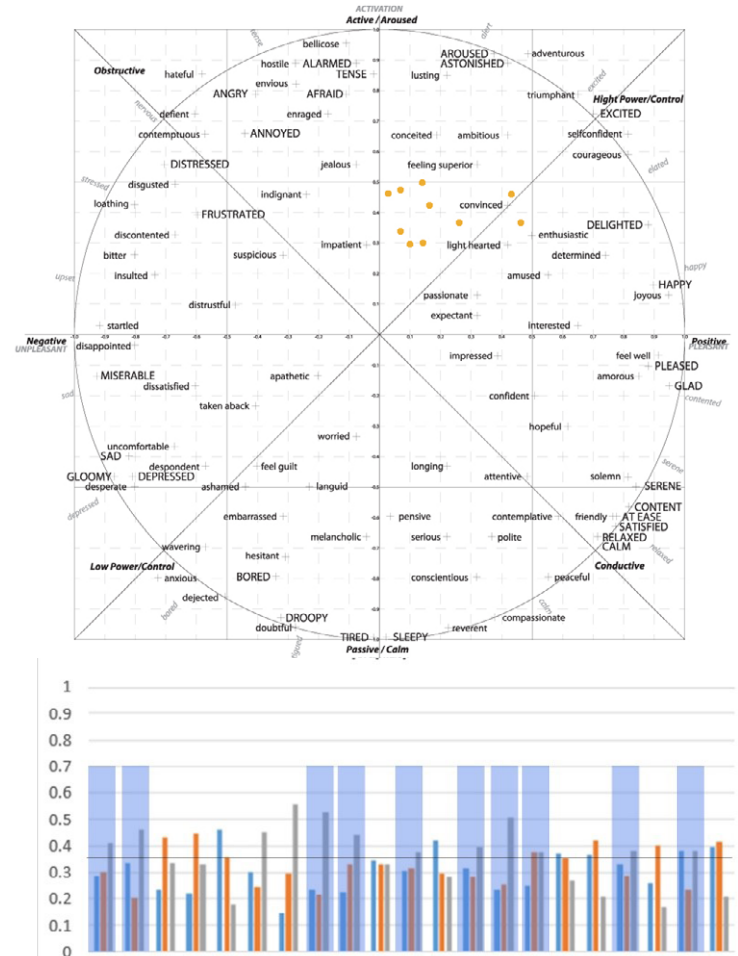
BKH: Εδώ ο συσχετισμός είναι ακόμα πιο σαφής καθώς 10

στους 10 οι οποίοι παρακολούθησαν σε μεγαλύτερο ποσοστό (άνω του 35%) τις λεπτομέρειες έχουν θετικές τιμές τόσο στη μεταβλητή Valence όσο και Arousal. Μάλιστα 8 στους 10 βρίσκονται στην περιοχή που θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει το δέος και άλλοι 2 σε κοντινή περιοχή (convinced) στο διάγραμμα Valence Arousal. Στους υπόλοιπους 8 μόνο ένας βρίσκεται στην περιοχή που θεωρείται ότι αντιπροσωπεύεται το δέος. Δηλαδή δέος προκλήθηκε σχεδόν καθολικά σε αυτούς που παρατηρούσαν τις λεπτομέρειες για πολλή ώρα.

Διάγραμμα 14 :Κατανομή χρόνου ΤΑ. Λεπτομέρειες σε ποσοστό μεγαλύτερο του 33%



Διάγραμμα 15 :Κατανομή χρόνου ΒΚΗ. Λεπτομέρειες σε ποσοστό μεγαλύτερο του 33%



B3 Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει προσπάθεια επιβεβαίωσης ή απόρριψης των υποθέσεων που διατυπώθηκαν, αλλά και εξαγωγή άλλων χρήσιμων συμπερασμάτων, σύμφωνα πάντα με τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Αρχικά για τον χώρο TA, βλέπουμε το συντριπτικό ποσοστό 82.5% να αισθάνεται τόσο ευχαρίστηση όσο και εγρήγορση μέσα στο χώρο. Συμπεραίνουμε επίσης ότι το δέος προκαλείται σαν συναίσθημα στο χώρο αυτό, τόσο λόγω της γωνίας ($45^\circ - 90^\circ$) όπου βρίσκονται οι μισοί συμμετέχοντες (49.5%), όσο και του 31.5% που βρίσκονται στην περιοχή με βάση τις απόλυτες τιμές των μεταβλητών. Σε σύγκριση με τον χώρο TAH, βλέπουμε ότι το ποσοστό που βρίσκεται σε μια σχετική εγρήγορση είναι αρκετά μειωμένο στο 60.5%, συμπεραίνουμε δηλαδή ότι δεν προκαλεί τόσο μεγάλο ενδιαφέρον για τους συμμετέχοντες σε σύγκριση με TA και άρα μικρότερες πιθανότητες για δέος. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη γωνία $45^\circ - 90^\circ$ καθώς βρίσκεται μόλις το 27,5% και το 21% με βάση τις απόλυτες τιμές (και μάλιστα στα όρια της περιοχής που βρίσκεται το δέος). Μείωση δηλαδή κατά 22% και 10.5% αντίστοιχα σε σχέση με TA. Οι διαφορές αυτές θεωρούνται ικανές για να μας οδηγήσουν στο συμπέρασμα ότι αφενός το φως όντως επηρεάζει τα συναισθήματα, αλλά και συγκεκριμένα το δέος, επιβεβαιώνοντας τις δύο υποθέσεις. Με μια δεύτερη ματιά στο διάγραμμα 5 παρατηρούμε και τη μεγαλύτερη διασπορά για τον χώρο TAH, σε σχέση με τον χώρο TA όπου υπάρχουν πιο σαφείς συγκεντρώσεις σε περιοχές. Αυτό με τη σειρά του επιβεβαιώνει και πάλι την υπόθεση ότι το φως συντελεί στην πρόκληση συναισθημάτων, καθώς φαίνονται τάσεις όταν αυτό προκαλεί ενδιαφέρον, ενώ ασάφεια και διασπορά, όταν είναι αδιάφορο.

Οι αποστάσεις των στιγμάτων για κάθε εθελοντή για τους χώρους TA και TAH (διάγραμμα 10), επίσης μαρτυρούν τη σημασία του φωτός για πρόκληση συναισθημάτων. Σχεδόν 2 στους 3

(63.2%) νιώθουν διαφορετικά συναισθήματα για τους δύο χώρους και μάλιστα το 26,4%, εκ διαμέτρου αντίθετα.

Για το πόσο ενδιαφέρον προκαλούν οι χώροι συναρτήσει του χρόνου που ξόδεψαν οι συμμετέχοντες για τον καθένα, τα στοιχεία δείχνουν ότι έδειξαν αρκετό για αμφοτέρους. Για τον χώρο TA ο μέσος όρος είναι τα 124sec, διπλάσιος δηλαδή από τον ελάχιστο χρόνο που θα έπρεπε να παρακολουθήσουν (ένα λεπτό), ενώ για τον χώρο TAH 91sec (μείωση 26,6%). Παρ'όλο που υπάρχει η εν λόγω μείωση, δεν μπορούμε να μιλήσουμε για μείωση του ενδιαφέροντος, καθώς δεν θα πρέπει να ξεχνάμε τη σειρά παρακολούθησης των χώρων από τους συμμετέχοντες (προηγείται ο TA) και ότι η μόνη διαφορά που έχουν είναι ο φωτισμός. Και επειδή και κατά την δεύτερη περίπτωση ο μέσος όρος είναι πάνω απ'τον ελάχιστο επιτρεπτό, μπορούμε να το θεωρήσουμε απόδειξη ότι υπάρχει ενδιαφέρον και για τους δύο χώρους.

Μεγαλύτερη σημασία έχει το ενδιαφέρον που δείχνουν οι συμμετέχοντες σε συγκεκριμένες οπτικές στον κάθε χώρο. Για τον χώρο TA δεν μπορούμε να επιβεβαιώσουμε ότι υπάρχει ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την ανατολική όψη σε σχέση με τη δυτική, παρ'όλο που πάνω από τους μισούς (61.9%) κοιτούν περισσότερο εκεί, ενώ και ο χρόνος κατά μέσο όρο είναι 4.8% αυξημένος σε σχέση με τη δυτική όψη. Τα ποσοστά αυτά δεν είναι τόσο αυξημένα ώστε να μπορούμε να εξαγάγουμε ένα τέτοιο συμπέρασμα και αυτό αποτελεί έκπληξη, καθώς η ανατολική όψη θεωρείται εμβληματική, είναι η πιο πολυφωτογραφημένη και αναμέναμε η παρατήρησή της να συνδέεται με το αίσθημα του δέους. Κάτι τέτοιο όμως δεν παρατηρήθηκε.

Αυτό που όμως μπορούμε να συμπεράνουμε με βεβαιότητα, είναι ότι το ενδιαφέρον στον χώρο TA βρίσκεται στη συνολική παρατήρηση του χώρου και της γενικής δομής του, παρά σε παρατήρηση μεμονωμένων στοιχείων. Ίσως ο όρος παρατήρηση να

ταιριάζει καλύτερα για μεμονωμένα στοιχεία και λεπτομέρειες, ενώ όταν πρόκειται για τη συνολική εικόνα, θεωρούμε ότι ο χώρος βιώνεται, παρά παρατηρείται. Το ακριβώς αντίστροφο συμβαίνει με τον χώρο ΤΑΗ, όπου το διάχυτο ομοιογενές φως μεταφέρει το ενδιαφέρον στα επιμέρους στοιχεία και υλικά. Τα συμπεράσματα αυτά προκύπτουν από τις διαφορές στους χρόνους παρακολούθησης. Ο μέσος όρος παρακολούθησης των λεπτομερειών στον χώρο ΤΑΗ είναι 34,6%, αυξημένος κατά 10.2% σε σχέση με ΤΑ, ενώ το 47.6% παρακολουθεί περισσότερο τις λεπτομέρειες παρά τις υπόλοιπες δύο οπτικές, αυξημένος κατά 33.3% σε σχέση με ΤΑ.

Αντίφαση προκύπτει όταν ενσωματώσουμε τα στοιχεία συνδυασμού των χρόνων με το διάγραμμα Valence-Arousal. Ο μόνος συσχετισμός για τον χώρο ΤΑ, δείχνει ότι υπάρχει συσχετισμός του δέους με τον αυξημένο χρόνο παρακολούθησης λεπτομερειών. Αυτό δε σημαίνει πως όσοι δεν παρακολούθησαν για αρκετή ώρα τις λεπτομέρειες δεν αισθάνθηκαν δέος, αλλά ότι δεν υπάρχει κάποια τάση συσχετισμού.

Για τους χώρους ΒΚ και ΒΚΗ, τα συγκριτικά συμπεράσματα είναι διαφορετικά. Ενώ έχουμε μεγάλο ποσοστό των συμμετεχόντων να είναι θετικοί και στις δύο μεταβλητές, για τον χώρο ΒΚΗ το ποσοστό είναι σχεδόν καθολικό (94.4% έναντι 77.8%). Το 22.2% για τον χώρο ΒΚΗ βρίσκεται κοντά στα συναισθήματα attentive (προσεκτικός) και pensive (συλλογισμένος), δείχνοντας ότι υπάρχει μια μεγαλύτερη ροπή προς το φόβο παρά τη γαλήνη. Και για τους 2 χώρους το δέος θεωρείται ότι προκαλείται, καθώς το 55.5% και για τους δύο χώρους βρίσκεται στην κατάλληλη γωνία (45° - 90°). Ομοίως και στα απόλυτα νούμερα όπου το 44.4% και για τους δύο χώρους βρίσκεται στην περιοχή που θεωρείται ότι απεικονίζει το δέος. Σημαντικό και για τους δύο χώρους (22.2% και 33.3% αντίστοιχα) είναι και το ποσοστό κοντά στην περιοχή light hearted (εύθυμος) και convinced (πεπεισμένος), που δείχνει

ότι υπάρχει μεγαλύτερη ευχαρίστηση από αυτήν που χρειάζεται για το δέος. Το αντιφατικό σε αυτούς τους δύο χώρους είναι ότι δεν δείχνει να επηρεάζεται το δέος από την αλλαγή στο φωτισμό, παρ'όλο που όπως δείχνουν οι φωτογραφίες των χώρων διαφέρουν σημαντικά. Η αντίφαση αυτή επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι το 50% των συμμετεχόντων δείχνει να έχει το ίδιο συναίσθημα και στους δύο χώρους.

Όσον αφορά το ενδιαφέρον που προκύπτει από τον μέσο όρο των χρόνων παραμονής σε κάθε χώρο (ΠΙΝΑΚΑΣ 4), ομοίως με ΤΑ και ΤΑΗ, φαίνεται να υπάρχει αρκετό ενδιαφέρον καθώς και στους δύο χώρους οι χρόνοι είναι πάνω από ένα λεπτό (ελάχιστο επιτρεπτό όριο) με μια λογική μείωση για τον χώρο ΒΚΗ (21.1%). Να σημειωθεί ότι η μείωση που φαίνεται συγκριτικά με τους χώρους ΤΑ και ΤΑΗ οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι χώροι ΒΚ και ΒΚΗ είναι αρκετά μικρότεροι, καθώς βέβαια και ότι ακολουθούν στη σειρά παρακολούθησης.

Όπως και στους χώρους ΤΑ και ΤΑΗ, υπάρχει αμελητέα διαφορά στην παρακολούθηση με κατεύθυνση την είσοδο ή το κύριο μέρος και στους δύο χώρους, κάτι που θεωρείται εν μέρη λογικό καθώς και οι δύο κατευθύνσεις παρουσιάζουν διαφορετικά αλλά ενδιαφέροντα στοιχεία. Επίσης υπάρχει και εδώ μεγάλη αύξηση στον χρόνο παρακολούθησης των λεπτομερειών για τον χώρο ΒΚΗ (12.2%) ενώ το 47.3% παρακολουθούσε περισσότερο τις λεπτομέρειες σε σχέση με τις άλλες δύο κατευθύνσεις για τον χώρο ΒΚΗ έναντι μόλις 9.5% για ΒΚ. Και εδώ ασφαλώς συμπεραίνουμε ότι το ενδιαφέρον μετατοπίζεται στις λεπτομέρειες όταν το φως είναι διάχυτο και ενιαίο, από το ενδιαφέρον στη συνολική δομή όταν αυτό είναι φυσικό. Προς αποφυγή παρανόησης, το συμπέρασμα αυτό είναι για τον συγκεκριμένο χώρο (ομοίως και παραπάνω για το Church of Light), όπου οι φυσικός φωτισμός είναι δομικό και αναπόσπαστο στοιχείο του χώρου.

Η συσχέτιση που γίνεται για το χρόνο παρακολούθησης των λεπτομερειών και του αισθήματος δέους που προκαλείται όταν αυτός είναι αυξημένος, μας δίνει μια εξήγηση για το λόγο που τα ποσοστά δέους δεν μεταβάλλονται στους δύο χώρους. Η λεπτομέρεια στις υφές των υλικών που αποκαλύπτεται όταν ο χώρος φωτιστεί ομοιόμορφα και έντονα (ΒΚΗ), φαίνεται ότι λειτουργεί με όμοιο τρόπο όπως το φυσικό φως στον χώρο ΒΚ. Αυτό είναι αρκετά περίεργο, καθώς ο χώρος ΒΚΗ δείχνει μη ρεαλιστικός λόγω της περιπλοκότητας του υλικού και της αδυναμίας σωστής σχεδίασής του σε ψηφιακό περιβάλλον. Μια διερεύνηση για τα αίτια αυτής της ομοιότητας, παρ'όλο που οπτικά οι χώροι διαφέρουν πολύ, θα ήταν σημαντική.

Αν προχωρήσουμε σε μια σύγκριση στα αποτελέσματα για τους χώρους Church of the Light και Bruder Klaus Chapel, βλέπουμε αρκετές ομοιότητες για τις εκδοχές που είναι φυσικά φωτισμένοι, αλλά διαφορές στις εκδοχές που το φως είναι τεχνητό. Και στις δύο περιπτώσεις φυσικού φωτισμού (ΤΑ και ΒΚ) βλέπουμε ότι σε αμφοτέρους, υπάρχει μια σημαντική τάση για το αίσθημα του δέους, λαμβάνοντας υπ'όψιν τόσο τη γωνία όσο και τους απόλυτους αριθμούς. Μια διαφορά που υπάρχει είναι ότι στον χώρο ΤΑ, παρατηρείται μία τάση με αρκετά αυξημένη την μεταβλητή Valence, συνώνυμη της ευθυμίας, ενώ στο χώρο ΒΚ, η μεταβλητή αυτή δεν ξεπερνά 0.5. Αυτό ίσως μπορεί να δικαιολογηθεί λόγω της κλειστής και αρκετά σκοτεινής δομής του ΒΚ, που προσομοιάζει σπήλαιο, παρ'όλο που το άνοιγμα στην οροφή θεωρείται αρκετά ελπιδοφόρο. Η μεγάλη αντίθεση στους δύο χώρους βρίσκεται όταν είναι τεχνητά φωτισμένοι. Στον χώρο ΤΑΗ, έχουμε σαφώς μικρότερη τάση για το αίσθημα του δέους και μία μεγάλη διασπορά (απουσία σαφών τάσεων) ενώ αντίθετα στον χώρο ΒΚΗ, το αίσθημα του δέους φαίνεται να είναι όμοιο με το ΒΚ και με σαφείς τάσεις. Αυτό σημαίνει ότι ο χώρος ΤΑΗ είναι ευχάριστος μεν,

αλλά αρκετά αδιάφορος σε σχέση με ΤΑ, οι συμμετέχοντες δεν έχουν πολύ συγκεκριμένες τάσεις, άρα ο χώρος δεν τους επηρεάζει σημαντικά. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει με τον χώρο ΒΚΗ. Αν τους συγκρίνουμε με μια υποκειμενική περιγραφή, θα λέγαμε ότι ο χώρος ΤΑΗ είναι πιο ρεαλιστικός και βαρετός, ενώ ο ΒΚΗ είναι μη ρεαλιστικός, έχει περίεργα επιμέρους στοιχεία, δηλαδή υφές και υλικά και σίγουρα είναι μια πρωτόγνωρη, αν και αλλόκοτη εμπειρία θέασης.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα για τους χώρους Α.ΣΟΦ και ΧΡΥΣ, στους οποίους χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος με τις φωτογραφίες 360°. Για τον χώρο Α.ΣΟΦ, η μεγάλη πλειοψηφία (80%) είναι θετική και στις δύο μεταβλητές. Όμως το αίσθημα του δέους δεν φαίνεται να είναι η κυρίαρχη τάση, καθώς στη γωνία που θεωρείται ότι αντιπροσωπεύεται το δέος (45° – 90°) βρίσκεται 33,4% (με το 13,4 να βρίσκεται οριακά εντός), έναντι 46,7% που βρίσκεται στη γωνία 0 – 45°. Ομοίως και στα απόλυτα νούμερα, μόλις 20% φαίνεται να είναι οριακά στην περιοχή που θεωρούμε ότι αντιπροσωπεύει το δέος. Γενικά η διασπορά είναι αρκετά μεγάλη κυρίως ως προς τον άξονα Arousal, ενώ η σημαντικότερη τάση (26.7%) είναι κοντά στα συναισθήματα convinced (πεπεισμένος) και light hearted (αμέριμνος).

Στον χώρο ΧΡΥΣ, το 86.6% είναι θετικό και στις δύο μεταβλητές. Κοντά στο αίσθημα του δέους φαίνεται ότι υπάρχει η πιο σημαντική τάση (46.4% στη γωνία 45° – 90° και 33,3% σε απόλυτους αριθμούς), με κατά τα άλλα μεγάλη διασπορά. Καθώς η μοναδική τάση παρουσιάζεται κοντά στην περιοχή που θεωρούμε ότι αντιπροσωπεύει δέος, μπορούμε να πούμε ότι σε αντίθεση με το σπήλαιο (Α.ΣΟΦ) το αίσθημα αυτό προκαλείται. Ο σχεδιασμένος λατρευτικός χώρος δηλαδή είχε μεγαλύτερη επιτυχία στην πρόκληση δέους σε σχέση με το αρχέτυπο της σπηλιάς. Για το αν ο φωτισμός προκαλεί ή δεν προκαλεί το συναίσθημα, δεν μπορούμε

να το επιβεβαιώσουμε, καθώς δεν έχουμε σύγκριση. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η στατική παρατήρηση καθώς και το γεγονός απουσίας κατάλληλων ρυθμίσεων στην φωτογραφική μηχανή, αποτελούν τροχοπέδη για να βιωθούν οι χώροι που απεικονίζονται.

Συνοψίζοντας:

- Ο φωτισμός του χώρου φαίνεται να επηρεάζει την αντίληψη και άρα τα συναισθήματα όσων τον βιώνουν. Αυτό προκύπτει ξεκάθαρα στους χώρους ΤΑ και ΤΑΗ. Δεν επιβεβαιώνεται για τους χώρους ΒΚ και ΒΚΗ.

- Οι ναοί που μελετήθηκαν στο πείραμα προκαλούν το αίσθημα του δέους, γεγονός που είναι επιθυμητό για τέτοιους χώρους. Εξάιρεση αποτελεί το σπήλαιο Αγίας Σοφίας, όπου δεν παρατηρήθηκε ισχυρή τάση.

- Ο φυσικός και χαμηλός φωτισμός φαίνεται να δίνουν ενδιαφέρον στην ολότητα του χώρου, ενώ ο ενιαίος και έντονος φωτισμός στις λεπτομέρειες και επιμέρους στοιχεία.

Βλέπουμε ότι και οι δύο υποθέσεις που διατυπώθηκαν στην αρχή, επιβεβαιώνονται εν μέρη μέσα από το πείραμα. Η σχισμές στους τσιμεντένιους τοίχους του Tadao Ando, η μαεστρία στο χειρισμό φωτισμού, υφών και αρχέτυπων συμβολισμών του Zumthor και η μεγαλοπρέπεια και οι ισχυροί συμβολισμοί των βυζαντινών εκκλησιών, με συνδετικό κρίκο τον φωτισμό, προκαλούν δέος στον επισκέπτη.

Είναι αλήθεια ότι τα ερωτήματα που προκύπτουν μετά από αυτήν την πειραματική διαδικασία είναι περισσότερα από τις απαντήσεις που δίνονται. Η πιο σημαντική συνεισφορά της είναι τα μεθοδολογικά εργαλεία που παρουσιάζονται, παρά τα ευρήματα, καθώς το μικρό δείγμα χώρων και ατόμων, δεν επιτρέπουν γενικευμένες

παρατηρήσεις. Ακόμα και από αυτήν της μικρής κλίμακας έρευνα όμως, έχουμε πραγματικά στοιχεία για το ότι επηρεάζει ο φωτισμός τα συναισθήματά μας. Δεν έχουμε όμως αρκετά στοιχεία για το πώς ακριβώς συμβαίνει αυτό. Για να καταστεί εφικτό κάτι τέτοιο, θα πρέπει να ακολουθήσουν μια σειρά από άλλες έρευνες.

Μια σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να διερευνηθεί, είναι κατά πόσον αυτό που βιώνουμε στην εικονική πραγματικότητα (VR), είναι κοντά στην πραγματική εμπειρία και αν οι τάσεις για συναισθήματα παραμένουν ίδιες. Για να το διαπιστώσουμε αυτό θα πρέπει επαναληφθεί το πείραμα με νέο δείγμα, με φυσική παρουσία στους ίδιους τους χώρους και αυτόνομες φορητές EEG συσκευές. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι ήδη υπάρχουν κάποιες έρευνες που ασχολούνται με αυτό το ζήτημα, αλλά με διαφορετική μεθοδολογία.¹

Μια άλλη παράμετρος είναι ο ελάχιστος βαθμός ρεαλισμού στο ψηφιακό μοντέλο, ώστε να προσομοιώνει με το βέλτιστο τρόπο την πραγματικότητα. Σε συνέχεια της παραπάνω πρότασης, το πείραμα θα μπορούσε να επαναληφθεί με διαφορετικά δείγματα για τους ίδιους χώρους, ξεκινώντας από την απλούστερη απεικόνιση (π.χ. μόνο ογκοπλασία και ανοίγματα, απουσία υλικών, υφών και χρωμάτων), μέχρι την απόλυτα ρεαλιστική απεικόνιση και στη συνέχεια σύγκριση με τα αποτελέσματα στο φυσικό χώρο.

Προκειμένου να είναι δυνατό να καταλήξουμε σε γενικές κατηγορίες (τυπολογίες) που προκαλούν δέος ή άλλο συναίσθημα

¹ Αναφέρομαι στη δημοσίευση Chamiloheri K., Wienold J., Andersen M., "Adequacy of immersive Virtual Reality for the perception of daylight spaces: comparison of real and virtual environments." **Leukos, The Journal of The Illuminating Engineering Society.**, Jan. 2018, p.31, <http://www.tandfonline.com/10.1080/15502724.2017.1404918>

συναρτήσει του φωτισμού, θα πρέπει το πείραμα να επαναληφθεί σε αρκετούς ακόμα χώρους. Με μόλις τέσσερις χώρους που διερευνήθηκαν δεν μπορούν να εξαχθούν τέτοιου είδους συμπεράσματα. Για παράδειγμα τόσο η Μ. Χρυσοπηγής με τον τρούλο όσο και το Bruder Klaus με το άνοιγμα στην οροφή, έχουν σαν κοινό το συμβολικό φως από ψηλά, διαφέρουν όμως σε πολλά επιμέρους στοιχεία ώστε να μπορούμε να τα κατηγοριοποιήσουμε και χρειάζονται πολλά ακόμα δείγματα.

Κλείνοντας, οι δυνατότητες που μας προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες όπως αυτές της εικονικής πραγματικότητας και των EEG συσκευών, ανοίγουν γέφυρες για την αρχιτεκτονική αντίληψη, έρευνα και δημιουργία. Για την επίλυση των πολύπλοκων προβλημάτων της σύγχρονης αστικής ζωής, είναι περισσότερο παρά ποτέ αναγκαία η διεπιστημονική συνεργασία. Τα εργαλεία που προσφέρονται από τη νευροεπιστήμη, την ψυχολογία και την ηλεκτρονική μηχανική, είναι ικανά να αλλάξουν την μεθοδολογία σχεδιασμού και αξιολόγησης, εισάγοντας νέες αντικειμενικές παραμέτρους. Αυτό δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση ότι θα υποβαθμιστεί η καταργηθεί η αρχιτεκτονική σκέψη και η ενστικτώδης-εμπειρική δημιουργικότητα, αντίθετα, η σύνθεση θα γίνει πιο περίπλοκη και ο ρόλος του αρχιτέκτονα πιο σημαντικός και απαιτητικός.

Παράρτημα

Π1

Το κορίτσι αυτό, στη βρεφική του ηλικία, είχε έναν μοναδικό σπασμό τον οποίο ακολούθησε κόμμα και παροδική παράλυση, ενώ από την ηλικία των έντεκα υπέφερε από επιληπτικές κρίσεις. Οι κρίσεις αυτές περιελάμβαναν ξαφνικό τρόμο και δυνατό στρίγκλισμα, ενώ έτρεχε πίσω από κοντινούς ανθρώπους αναζητώντας προστασία. Εν συνεχεία συνήθως έπεφτε κάτω και ακολουθούσε ένας μεγάλος σπασμός. Όταν ρωτήθηκε σχολαστικά, έγινε γνωστό ότι κατά την ώρα που αισθανόταν τρόμο, έβλεπε τον εαυτό της να βρίσκεται σε μια τρομακτική σκηνή την οποία είχε βιώσει στα 7 της χρόνια. Εν συντομία να πούμε ότι ενώ περπατούσε με τα αδέρφια της να προπορεύονται, ένας άντρας την πλησίασε και την απείλησε, εκείνη φοβήθηκε πολύ και τράπηκε σε φυγή μαζί με τα αδέρφια της που φώναζε. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνουν τόσο τα αδέρφια της όσο και η μητέρα της η οποία την είδε πολύ τρομαγμένη όταν έφτασαν σπίτι.

Μετά από αυτό, βίωνε το συμβάν και σε εφιάλτες στον ύπνο της, αλλά και κατά τις κρίσεις που προαναφέρθηκαν, είχε αντίληψη του παρόντος και των προσώπων γύρω της, παρ'όλα αυτά όμως έβλεπε ένα μικρό κορίτσι που αναγνώριζε ως τον εαυτό της και ένιωθε τον τρόμο που είχε νιώσει και στα εφτά της χρόνια. Βίωνε δηλαδή την κατάσταση σαν να είχε δύο εγκεφάλους. Έναν για το δεκατετράχρονο κορίτσι (παρών) και έναν για το επτάχρονο. Εξετάζοντάς την ο Penfield διαπίστωσε ότι οι κρίσεις της βρεφικής της ηλικίας οφείλονταν σε μια εσωτερική αιμορραγία που είχε υποστεί. Στη συνέχεια, και εδώ βρίσκεται το πιο εντυπωσιακό, με ένα ηλεκτρόδιο διέγειρε μέρος της εξωτερικής επιφάνειας του δεξιού κροταφικού λοβού. Έτσι ανακάλυψε, ότι διεγείροντας διαφορετικά σημεία του λοβού, μπορούσε να την κάνει να βιώσει

και όχι απλά να θυμηθεί, μέρος της τραυματικής της εμπειρίας (διαφορετικό μέρος αναλόγως πού τοποθετούσε το ηλεκτρόδιο).

Π2

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η υπόθεση μιας υψηλής μόρφωσης 64χρονης γυναίκας, η οποία είχε χάσει την ικανότητά της να αναγνωρίζει ακόμα και προσωπικά της αντικείμενα της καθημερινότητας. Όμως δεν είχε απώλεια μνήμης, καθώς μπορεί να μην αναγνώριζε ένα μολύβι όταν το κοίταζε, αλλά αν το άγγιζε με κλειστά μάτια, δεν παρουσίαζε πρόβλημα στο να το δει νοερά, ή η οσμή παραφίνης την έκανε να φαντάζεται τη λάμπα της. Το συμπέρασμα ήταν ακριβώς ότι δεν μπορούσε να συσχετίσει αυτά που έβλεπε στο παρόν, με παλαιότερα βιώματα.

Σαν δεύτερο παράδειγμα έχουμε μια περίπτωση μιας 34χρονης η οποία μετά από δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα, υπέστη εγκεφαλική βλάβη. Έχασε την ικανότητά της να αναγνωρίζει σχήματα και προσανατολισμό. Ακόμα και σε απλά παιδικά παιχνίδια στα οποία στόχος είναι να τοποθετήσεις το κατάλληλο σχήμα στην κατάλληλη σχισμή, δεν μπορούσε να τα καταφέρει ούτε ως προς τη διεύθυνση που πρέπει να έχει το αντικείμενο. Ομοίως και όταν της ζητήθηκε να ρίξει ένα γράμμα μέσα σε ένα γραμματοκιβώτιο. Αντίθετα όμως, όταν της ζητήθηκε να πράξει το ίδιο, αυτή τη φορά όμως νοερά, οι κινήσεις της ήταν σωστές. Επίσης, όταν της ζητήθηκε να αντιγράψει κάποια σκίτσα ενός ανοιχτού βιβλίου και ενός μήλου, δεν τα κατάφερε, όπως φαίνεται στο ΣΧΗΜΑ, αντίθετα, όταν της ζητήθηκε να σχεδιάσει από μνήμης ένα ανοιχτό βιβλίο και ένα μήλο, τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά. Όταν

μετά από λίγο της έδειξαν τα δικά της σκίτσα, δεν μπορούσε να αναγνωρίσει τα αντικείμενα. Αυτό που συμπέραναν οι ερευνητές ήταν ότι δεν είχε αδυναμία συσχετισμού με τη μνήμη της, αλλά αδυναμία δημιουργίας οποιασδήποτε νοητικής έκφρασης. Δηλαδή αδυναμία δημιουργίας νέων αντιλήψεων.

Π3

Το παράδειγμα που ακολουθεί είναι μέρος των ερευνών των Edward de Haan, Andy Young και Freda Newcombe στην Οξφόρδη. Πρόκειται για έναν ασθενή με προσωποαγνωσία ο οποίος υποβλήθηκε σε διάφορα τεστ. Στο πρώτο του έδειχναν ζεύγη φωτογραφιών γνωστών και άγνωστων σε αυτόν προσώπων όπου φαινόταν μόνο τα μάτια η μύτη και το στόμα στη μία φωτογραφία ενώ στην άλλη φαινόταν ολόκληρο το πρόσωπο. Ο στόχος είναι να γίνει αναγνώριση αν πρόκειται για το ίδιο πρόσωπο. Οι υγιείς άνθρωποι που περνούν αυτό το τεστ, μπορούν πολύ γρηγορότερα να αναγνωρίσουν τις ομοιότητες αν πρόκειται για γνωστό τους πρόσωπο. Στην περίπτωση του ασθενούς η αναγνώριση γινόταν πολύ πιο αργά σε κάθε περίπτωση, αλλά αισθητά πιο γρήγορα στην περίπτωση γνωστού σε αυτόν πρόσωπο, παρ'όλο που συνειδητά δεν το αναγνώριζε.

Π4

Οι μονάδες μειώνονταν προοδευτικά σε κάθε επίπεδο και οι πληροφορίες ρέουν από το χαμηλότερο στο υψηλότερο (input στο πρώτο επίπεδο output στο τελευταίο). Κάθε μονάδα του μεσαίου ή υψηλού επιπέδου συνδεόταν με όλες από το προηγούμενο επίπεδο. Αναλόγως κάθε φορά με το input (προέρχεται από το περιβάλλον), άλλαζε η τιμή που καθορίζει τη δύναμη κάθε σύνδεσης από μία μονάδα ενός επιπέδου σε μια άλλη. Όπως ακριβώς συμβαίνει και στα νευρικά κύτταρα με τις συνάψεις, όπου η επίδραση του ενός κυττάρου στο επόμενο εξαρτάται από το ρυθμό απόκρισής του και τις συνθήκες της σύναψης. Το πρώτο πείραμα αφορούσε την αναγνώριση προσώπων. Με λίγες μόνο χιλιάδες μονάδες (που αντιστοιχούν σε νευρικά κύτταρα) τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά. Ο αλγόριθμος που δημιουργήθηκε «εκπαιδεύτηκε» με input 64 φωτογραφιών από 11 διαφορετικά πρόσωπα και κάποιες φωτογραφίες που δεν αποτελούσαν πρόσωπα. Τα δεδομένα στα οποία εκπαιδεύονταν ήταν το όνομα και το φύλο των προσώπων των φωτογραφιών (και φυσικά το αν αποτελούσαν πρόσωπα ή όχι). Στη συνέχεια είχε 100% επιτυχία στο να αναγνωρίζει τις φωτογραφίες με τις οποίες είχε εκπαιδευτεί. Αυτό μπορεί να μην ακούγεται τόσο εντυπωσιακό, αλλά πρέπει να λάβουμε υπ'όψιν ότι πρόκειται για αλγόριθμο που δεν έχει πρόσβαση σε μνήμη υπολογιστή, αλλά βασίζεται στη δύναμη των συνδέσεων των μονάδων του. Το πιο εντυπωσιακό κομμάτι όμως ήταν η ακρίβεια που είχε στο να αναγνωρίσει διαφορετικές φωτογραφίες των ίδιων προσώπων. Εκεί ήταν 98% ακριβής. Η επόμενη δοκιμασία ήταν να δοθούν inputs με μη γνώριμες για τον αλγόριθμο φωτογραφίες και με στόχο να αναγνωρίσει αν οι φωτογραφίες είναι πρόσωπα και αν ναι να αναγνωρίσει το φύλο. Η ακρίβεια στο πρώτο ήταν 100% και στην αναγνώριση φύλου 81%.

Π5

360° camera (Samsung Gear 360). Πρόκειται για μία συσκευή με ενσωματωμένους δύο ευρυγώνιους φακούς εκατέρωθεν, όπου φωτογραφίζουν ή βιντεοσκοπούν ταυτόχρονα και στη συνέχεια μέσω κατάλληλου λογισμικού (Gear 360 ActionDirector) οι φωτογραφίες ή τα βίντεο συνδυάζονται, ώστε να υπάρχει δυνατότητα περιστροφής και παρακολούθησης του συνόλου του χώρου. Ένα παράδειγμα χρήσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι το street view στα Google maps.

Virtual Reality System (Oculus Rift). Πρόκειται για μία συσκευή απεικόνισης περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας. Καλύπτει πλήρως τα μάτια ώστε να μην υπάρχει εισροή φωτός από το εξωτερικό περιβάλλον. Κατάλληλοι φακοί σε συνδυασμό με υψηλής ανάλυσης οθόνη καλύπτουν πλήρως το οπτικό πεδίο. Κατάλληλοι αισθητήρες κίνησης και θέσης, ανιχνεύουν σε πραγματικό χρόνο με ελάχιστη καθυστέρηση (lag) την κίνηση και τη διεύθυνση της συσκευής που κινείται φυσικά ταυτόχρονα με το υποκείμενο που τη φοράει. Ως εκ τούτου μπορεί κανείς να περιηγηθεί σε 360° φωτογραφίες ή τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιώντας φυσικές κινήσεις του σώματος.

EEG (Electroencephalography) device (Emotiv Insight): Ίσως η πιο άγνωστη στο ευρύ κοινό κατηγορία συσκευής, καθώς χρησιμοποιείται περισσότερο για πειράματα σε εργαστήρια και λιγότερο εμπορικά. Οι συσκευές αυτές διαθέτουν αισθητήρες οι οποίες μπορούν να καταγράψουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που παράγει ο εγκέφαλος και φυσικά να ανιχνεύσουν τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (συχνότητα, μήκος κύματος, ένταση κλπ.) κατατάσσοντάς τα σε κατηγορίες. Συγκεκριμένα έχουμε τα delta

(1-4Hz) τα theta (4-7Hz) τα alpha (7-13Hz) και beta (13-30Hz)

Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες κυμάτων, υποδηλώνουν μια κατάσταση ανάλογα με την ένταση τους. Αυξημένα delta υποδεικνύουν βαθύ ύπνο και ξεκούραση, ενώ αντίθετα, η απουσία τους σημαίνει ενθουσιασμό και διέγερση. Τα theta υποδεικνύουν βαθύ διαλογισμό και ονειροπόληση. Τα alpha, ελαφριά εγρήγορση, ξεκούραση και διαλογιστική κατάσταση. Τα beta πνευματική εγρήγορση και συνειδητή επεξεργασία πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές συλλέχθηκαν από την ιστοσελίδα του προϊόντος.¹

Τα δεδομένα που συλλέγει η συσκευή φαίνονται σε ένα Raw Data διάγραμμα, το οποίο δείχνει στη μονάδα χρόνο την ένταση διαφόρων συχνοτήτων. Για την επεξεργασία τέτοιων πληροφοριών χρησιμοποιούνται ειδικοί αλγόριθμοι οι οποίοι «μεταφράζουν» αυτά τα δεδομένα. Ένας τέτοιος αλγόριθμος χρησιμοποιείται στο πείραμα, ο οποίος δίνεται από τους κατασκευαστές της συσκευής και μεταφράζει τα raw data σε έξι καταστάσεις (engagement, excitement, interest, relaxation, stress, focus). Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε έχει επτά αισθητήρες ανίχνευσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

¹ <https://www.emotiv.com/product/epoc-brain-activity-map/>

Software

Rhinoceros 5: Πρόγραμμα τρισδιάστατου σχεδιασμού ψηφιακών μοντέλων.

Unreal Engine 4: Μηχανή παραγωγής παιχνιδιών (game engine). Παρέχει τη δυνατότητα κίνησης και αλληλεπίδρασης μέσα σε τρισδιάστατα ψηφιακά περιβάλλοντα, καθώς και real-time rendering. Είναι επίσης συμβατή με Oculus Rift.

Samsung Gear 360

Atomi ActivePresenter: *Screen recorder*

Emotiv Xavier Control Panel: Το software που συνοδεύει το Emotiv Insight και δίνει τη δυνατότητα καταγραφής και απεικόνισης των έξι καταστάσεων (engagement, excitement, interest, relaxation, stress, focus) που προαναφέρθηκαν, τόσο σε πραγματικό χρόνο όσο και συνολικά για δεδομένο χρονικό διάστημα.

Adobe Premiere: Video Editing

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Ackerman, Diane, *A Natural History of the Senses*. New York and Toronto: Random House, Inc., 1990, Vintage Books, 1995.

Chalmers, David J., *The Conscious Mind*. New and Oxford: Oxford University Press, 1996.

Damasio, Antonio R., *Descartes' Error – Emotion, Reason, and the Human Brain*, New York: G.P. Putnam's Sons (Penguin Putnam), 1994.

Damasio, Antonio R. *The Feeling of What Happens*. New York and London: Harcourt Brace and Company, 1999.

Eberhard, John P., *Architecture and the Brain: A Knowledge Base from Neuroscience*. Atlanta: Greenway Communications, LLC, 2007.

Eberhard, John P., *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture*., Oxford: Oxford University Press, 2008.

Edelman, Gerald M. and Tononi, Giulio., *A Universe of Consciousness*., New York: Basic Books, 2000.

Freud, Sigmund, *The Future of an Illusion*, New York and London: W. W. Norton & Co., 1961.

Glynn, Ian., *An Anatomy of Thought*. Oxford and New York: Oxford University Press, 1999

Goodale MA . *Perception and action in the human visual system*. In: Gazzaniga MS, ed, The New Cognitive Neurosciences. Cambridge, MA: MIT Press., 2000

Hiss T. *The Experience of Place*. New York: Vintage Books., 1991

Bloomer K.C., Moore C.W., *Body Memory and Architecture*. New Haven and London, Yale University Press, 1977_

Mark Fox, Quantum Optics, *An Introduction*: Oxford University Press, 2006

Marshall, Ian and Zohar, Danah. *Who's Afraid of Schrodinger's Cat?* New York: William Morrow and Company, Inc., 1997.

McGinn, Colin., *The Mysterious Flame*, New York: Basic Books, 1999.

Pallasmaa, Juhani, Mallgrave, Harry, and Arbib, Michael. *Architecture and Neuroscience – a Tapio Wirkkala – Rut Bryk Design Reader*. Espoo, Finland: Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation, 2013.

Pallasmaa, Juhani, *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*. New York: Wiley, 1996/2005

Pinker, Steven. *How the Mind Works*. New York and London: W.W. Norton & Company, 1997.

Seamon, David & Mugerauer, Robert (Eds), *Dwelling, Place & Environment: Towards a Phenomenology of Person and World*. Martinus Nijhoff 1985/Krieger Publishing 2000

Sussman, Ann and Hollander, Justin B., *Cognitive Architecture: Designing for How We Respond to the Built Environment*. Routledge, 2009.

Varela, Francisco J., Thompson, Evan, and Rosch, Eleanor. *The Embodied Mind*. Cambridge and London: The MIT Press, 1991.

Zeisel, John. *Inquiry By Design: Environment/Behavior/Neuroscience in Architecture, Interiors, Landscape, and Planning*. New York: W. W. Norton, 2006.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Τραχανάς Στέφανος, *Κβαντομηχανική Ι*: Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, 2005

Δημοσιεύσεις από περιοδικά:

Chamilohori K., Wienold J., Andersen M., “Adequacy of immersive Virtual Reality for the perception of daylight spaces: comparison of real and virtual environments.” **Leukos, The Journal of The Illuminating Engineering Society.**, Jan. 2018, p.31, <http://www.tandfonline.com/10.1080/15502724.2017.1404918>

James A. Russel, *A Circumplex Model of Affect*, **Journal of Personality and Social Psychology**, 1980, Vol.39

Jirayucharoensak S., Pan-Ngum S., Israsena P., “*EEG-Based Emotion Recognition Using Deep Learning Network with Principal Component Based Covariate Shift Adaptation.*” **The Scientific World Journal** **Volume** 2014, 10 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/627892>

Paltoglou G., Thelwall M., “*Seeing Stars of Valence and Arousal in Blog Posts*” **IEEE Transactions on Affective Computing**, Jan. 2013, vol.1, p.116-123

Κείμενα:

Maurice Merleau-Ponty. *Cezanne's Doubt*, 1945 από το βιβλίο *Sense and on-sense*, Northwestern University Press, 1964

Maurice Merleau-Ponty, “*The Film and the New Psychology*”, από το βιβλίο *Sense and on-sense*, Northwestern University Press, 1964

Διαδικτυακές Πηγές:

What is Light, An overview of the properties of Light, <http://www.andor.com/learning-academy/what-is-light-an-overview-of-the-properties-of-light>

Cathal O’Connel, *What is Light*, COSMOS The science of everything, <https://cosmosmagazine.com/physics/what-is-light>

Cathal O’Connel, *Quantum physics for the terminally confused*, COSMOS The science of everything, <https://cosmosmagazine.com/physics/quantum-physics-terminally-confused>

<https://www.emotiv.com/product/epoc-brain-activity-map/>

<https://el.wiktionary.org/wiki/%CE%B4%CE%AD%CE%BF%CF%82>

<http://architectuul.com/architecture/church-of-the-light>,

AD Classics: Church of the Light, <https://www.archdaily.com/101260/ad-classics-church-of-the-light-tadao-ando>

Bruder Klaus Field Chapele, <https://www.archdaily.com/106352/bruder-klaus-field-chapel-peter-zumthor>

<https://architizer.com/projects/bruder-klaus-field-chapel/>

<http://de.phaidon.com/agenda/architecture/articles/2015/february/04/sacred-stories-bruder-klaus-field-chapel/>

<http://www.monastiria.gr/kriti/nomos-xanion/iera-moni-xrysopigis-xaniwn/>

<http://www.explorecrete.com/greek/agiasofia-gr.html>

Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1: <http://www.flexautomotive.net/EMCFLEXBLOG/post/2015/09/13/electromagnetic-spectrum>

Εικόνα 2: <https://plus.maths.org/content/schrodinger-1>

Εικόνα 3: <https://ionabio.weebly.com/>

Εικόνα 4: <http://withmanish.com/understand-what-is-aperture/>

Εικόνα 5: <https://scienceeasylearning.wordpress.com/2015/05/27/structure-of-human-eye-and-its-working-and-defects-in-human-eye/>

Εικόνα 6: http://68.media.tumblr.com/cba6bf3c3731585a1439002ec2742dae/tumblr_mjdsu9F5pJ1qf252bo1_1280.jpg

Εικόνα 7: <https://stargardtsdisease.weebly.com/a-central-nervous-system-disease.html>

Εικόνα 8: <http://www.tsbvi.edu/distance-learning-items/3893-cortical-intro>

Εικόνα 9: Eberhard, John P., *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture.*, Oxford: Oxford University Press, 2008., σελ. 87

Εικόνες 10, 11, 12: Glynn, Ian., *An Anatomy of Thought*. Oxford and New York: Oxford University Press, 1999. Σελ. 196-197

Εικόνα 13: Glynn, Ian. op.cit. σελ.205

Εικόνα 14,15,6: Eberhard, John P. op.cit., σελ. 75-77

Εικόνα 17: Glynn, Ian. op.cit. σελ.247

Εικόνα 18: <https://www.slideshare.net/sharamaereloh/human-memory-psychology-26164732>

Εικόνα 19: https://www.timesnews.gr/22-oktovriou-san-simera/paul_cezanne_1892-95_les_joueurs_de_carte_the_card_players_60_x_73_cm_oil_on_canvas_courtauld_institute_of_art_london/

Εικόνα 20: <https://www.ibiblio.org/wm/paint/auth/cezanne/land/>

Εικόνα 21: <https://www.lesnumeriques.com/casque-realite-virtuelle/oculus-vr-rift-p20029/oculus-rift-bug-mondial-em-peche-casque-fonctionner-n72227.html>

Εικόνα 22: <https://www.emotiv.com/comparison/>

Εικόνα 23: <https://www.sammobile.com/2016/09/15/exclusive-samsung-gear-360-pro-camera-could-be-launched-alongside-the->

galaxy-s8-ios-support-coming-soon/

Εικόνα 24: James A. Russel, *A Circumplex Model of Affect*, **Journal of Personality and Social Psychology**, 1980, Vol.39

Εικόνα 25: Paltoglou G., Thelwall M., “*Seeing Stars of Valence and Arousal in Blog Posts*” **IEEE Transactions on Affective Computing**, Jan. 2013, vol.1,

Εικόνα 26: <https://www.archdaily.com/101260/ad-classics-church-of-the-light-tadao-ando>

Εικόνα 27: http://figure-ground.com/church_light/

Εικόνα 28: <https://www.archdaily.com/798340/peter-zumthors-bruder-klaus-field-chapel-through-the-lens-of-aldo-amoretti>

Εικόνα 29: <https://gr.pinterest.com/pin/198228821070584362/>

Εικόνες 30 - 32: Προσωπικό αρχείο

Εικόνες 33: Στιγμιότυπα από υπολογιστή. Προσωπικό αρχείο.

Εικόνες 36-38: Προσωπικό αρχείο. Φωτογράφος Γιώργος Κανάκης

Εικόνες 39-45: Στιγμιότυπα από υπολογιστή. Προσωπικό αρχείο.

Εικόνα 46: Προσωπική δημιουργία βασισμένη σε: Paltoglou G., Thelwall M., “*Seeing Stars of Valence and Arousal in Blog Posts*” **IEEE Transactions on Affective Computing**, Jan. 2013, vol.1,

Εικόνες 47-58: Στιγμιότυπα από υπολογιστή. Προσωπικό αρχείο.