

## Νευροαρχιτεκτονική: Η επίδραση του φωτός στον άνθρωπο

Τελική Εργασία φοιτητριών: Γεωργία Μαρκοσιάν | Μυρτώ Παλιακάση | Ελένη Ζαρβάνου

### Fractal Dice: Η πηγή έμπνευσης

Το «Fractal Dice», η έκθεση του καλλιτέχνη Keith Tyson, ήταν το αποτέλεσμα ενός παιχνιδιού που συνοδεύεται από ένα σύνολο κανόνων. Η ιδέα -που βασίζεται σε έναν αλγόριθμο- ήταν σχεδιασμένη από τον Tyson, ενώ η κατασκευή και η συναρμολόγηση των γλυπτών ανήκε στην γκαλερί, η οποία ακολούθησε σχολαστικά τις οδηγίες του καλλιτέχνη με το να ρίχνει πραγματικά ζάρια για να καθορίσει το επόμενο βήμα. Το αποτέλεσμα, ήταν μια σειρά από 14 έργα αλουμινίου και πλαστικού που μοιάζουν με φράκταλ, τεράστιας καλλιτεχνικότητας και πολυπλοκότητας. Αυτός ο αλγοριθμικός τρόπος δημιουργίας παράγει σχήματα που θυμίζουν μοτίβα της φύσης και του ανθρώπινου εγκεφάλου, κάτι που προσδίδει στο έργο ένα βιομορφικό και ψυχολογικό βάθος.

Το έργο, συνεπώς αποδεικνύει ότι ο σχεδιασμός δεν χρειάζεται να ξεκινά από το χέρι αλλά μπορεί να ξεκινήσει και από έναν κανόνα, όπου με την βοήθεια της τύχης, δημιουργεί κάτι νέο. Αυτό μας κίνησε το ενδιαφέρον, γιατί συνδέεται άμεσα με το φως, την κίνηση και τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τον χώρο γύρω μας και αποδεικνύει πώς ο τρόπος σχεδίασης ενός χώρου είναι καθοριστικός για την εμπειρία του ανθρώπου που βρίσκεται σε αυτόν. Έχοντας ως έμπνευση την “τυχειότητα” που αξιοποίησε το fractal dice καθώς και τις ποικίλες παραμέτρους που αφορούν την δημιουργία αρχιτεκτονικής αίσθησης αποφασίσαμε να μελετήσουμε πώς φυσικοί παράγοντες όπως το φως και το χρώμα επηρεάζουν την ψυχολογία. Αυτός ο κλάδος επιστήμης ονομάζεται νευροαρχιτεκτονική.



### Τι είναι η νευροαρχιτεκτονική

Η νευροαρχιτεκτονική (neuroarchitecture) είναι ένα διεπιστημονικό πεδίο που συνδυάζει την νευροεπιστήμη με την αρχιτεκτονική για να εξετάσει πώς ο χώρος επηρεάζει τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου, τη συμπεριφορά και τα συναισθήματα. Μελετώντας τις επιπτώσεις

των αρχιτεκτονικών στοιχείων όπως το φως, ο χώρος, τα υλικά, ακόμη και ο ήχος, στην ανθρώπινη νευρολογία, η νευροαρχιτεκτονική προσφέρει ιδέες για τον σχεδιασμό πιο αποτελεσματικών, αρμονικών και ανθρωποκεντρικών περιβαλλόντων. Η ιστορική εξέλιξη της νευροαρχιτεκτονικής δείχνει μια αυξανόμενη αναγνώριση της σημασίας των ψυχολογικών εκτιμήσεων στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, σηματοδοτώντας μια στροφή από τις καθαρά αισθητικές ή λειτουργικές προσεγγίσεις σε στρατηγικές επικεντρωμένες στον άνθρωπο. Η νευροαρχιτεκτονική εφαρμόζεται σε πληθώρα τόσο ιδιωτικών όσο και δημοσίων χώρων στοχεύοντας την αξιοποίηση αρχιτεκτονικών λειτουργιών για την αύξηση παραγωγικότητας σε χώρους εργασίας, την μείωση κόπωσης σε εργοστάσια, την βελτίωση της μαθησιακής απόδοσης σε σχολεία, μέχρι και τον περιορισμό της επιθετικότητας σε φυλακές.

## Ερευνώντας τη νευροαρχιτεκτονική

Έχοντας πλέον καταλήξει στη θεματική της εργασίας καθώς και την πηγή έμπνευσης, ξεκινήσαμε ως ομάδα να διερευνούμε μελέτες που επικεντρώνονται στις ψυχολογικές και νευρολογικές μεταβολές που πραγματοποιούνται στον ανθρώπινο εγκέφαλο με τις διαφοροποιήσεις διαφόρων παραμέτρων του χώρου, των υλικών και του φωτός. Ο ιππόκαμπος και οι καθρεπτικοί νευρώνες καθώς και οι συχνότητες των εγκεφαλικών κυμάτων είναι κομβικά στοιχεία για τη διάκριση επιρροής της αρχιτεκτονικής στον εγκέφαλο.

Η μελέτη με τίτλο "Walking through Architectural Spaces: The Impact of Interior Forms on Human Brain Dynamics" που πραγματοποιήθηκε από τους Maryam Banaei, Javad Hatami, Abbas Yazdanfar και Klaus Gramann το 2017, υποδηλώνει ότι το μέγεθος και η μορφή των εσωτερικών χώρων μπορούν να επηρεάσουν τη ψυχολογική κατάσταση των ανθρώπων. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας (VR) και φορητό ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), οι ερευνητές παρακολούθησαν τη δραστηριότητα του εγκεφάλου συμμετεχόντων καθώς περπατούσαν σε εικονικά δωμάτια με διαφορετικά μεγέθη και μορφές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι καμπύλες γεωμετρίες ενεργοποιούν περισσότερο τον πρόσθιο φλοιό του προσαγωγίου (ACC), που σχετίζεται με τη συναισθηματική επεξεργασία, ενώ οι ευθείες γραμμές προκαλούν λιγότερη εγκεφαλική δραστηριότητα.

Ακόμη, η μελέτη "The Impact of Changes to Daylight Illumination level on Architectural Experiences in Offices Based on VR and EEG" από τους Pegah Payedar-Ardakani, Yousef Gorji-Mahlabani, Abdul Hamid Ghanbaran, Reza Ebrahimpour το 2024 αποκαλύπτει ότι η ένταση του φωτός σε έναν εργασιακό χώρο επηρεάζει τα επίπεδα συγκέντρωσης, ενεργητικότητας, ηρεμίας και διέγερσης έπειτα από την πραγματοποίηση ενός παρόμοιου πειράματος.

Η επιστημονική έρευνα "A review of the effects of architectural stimuli on human psychology" από τους Osborne Grant Clark, και Michael Jemtrud το 2022 αναδεικνύει ότι συγκεκριμένα χρώματα μπορεί να επηρεάσουν τη δραστηριότητα περιοχών του εγκεφάλου που σχετίζονται με το συναισθήμα, την προσοχή και τη γνωστική επεξεργασία, όπως η αμυγδαλή, ο προμετωπιαίος φλοιός και το σύστημα ανταμοιβής. Τα ζεστά χρώματα ενεργοποιούν το συμπαθητικό νευρικό σύστημα και αυξάνουν τη διέγερση, τον καρδιακό ρυθμό και την εγρήγορση, δημιουργώντας συναισθήματα ενθουσιασμού και έντασης. Αντίθετα, τα ψυχρά χρώματα ενεργοποιούν το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα και δημιουργούν

ηρεμία ,συγκέντρωση και χαμηλότερη διέγερση. Το χρώμα, λοιπόν, στην αρχιτεκτονική επηρεάζει ιδιαίτερα την συμπεριφορά ,την διάθεση και την νευροφυσιολογία του ατόμου.

Για την εργασία μας αποφασίσαμε να επικεντρωθούμε στην διερεύνηση της έντασης του φωτός και των χρωμάτων αξιοποιώντας τα αποτελέσματα των ερευνών που προαναφέραμε. Η αρχική μας σκέψη ήταν να δημιουργήσουμε έναν κώδικα που περικλείει δεδομένα από όλες τις παραπάνω έρευνες ωστόσο δεδομένου ότι η κάθε μία εξετάζει διαφορετικές νευρολογικές λειτουργίες, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε αυτές που εστιάζουν στα οπτικά ερεθίσματα και μας κινούσαν παραπάνω το ενδιαφέρον και μπορούσαν να αξιοποιηθούν περισσότερο στον κώδικα μας.

## **The Impact of Changes to Daylight Illumination level on Architectural Experiences in Offices Based on VR and EEG**

Βασικό στόχο του πειράματος αποτέλεσε η διερεύνηση διαφορετικής έντασης φωτός (66-1500 lux) (lux: μονάδα έντασης φωτός) στην αρχιτεκτονική εμπειρία μέσω εγκεφαλογραφήματων και ερωματολογίων. Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένας χώρος γραφείου (4,2x3,3x2,9m) με ένα νότιο παράθυρο που μέσω πανοραμικών φωτογραφιών με 9 επίπεδα φωτισμού ενσωματώθηκε σε VR. Οι συμμετέχοντες του πειράματος -συνολικά 32, 16 γυναίκες και 16 άνδρες- φόρεσαν ηλεκτρόδια EEG (32 κανάλια) για την καταγραφή της εγκεφαλικής τους δραστηριότητας και την κατάταξη της συχνότητας σημάτων σε διαφορετικές ζώνες. Μελετήθηκαν οι ζώνες theta (4-8Hz) και alpha (8-12Hz) με την πρώτη να αφορά τη νύστα, την χαλάρωση και την ονειροπόληση ενώ την δεύτερη με την εγρήγορση και τον διαλογισμό. Μετά από την επαφή με κάθε επίπεδο φωτισμού, οι συμμετέχοντες καλούνταν να αξιολογήσουν τον χώρο με κριτήριο την ευχαρίστηση, το ενδιαφέρον, τον ενθουσιασμό και την ηρεμία. Τα αποτελέσματα του πειράματος δείχνουν ότι τα επίπεδα δραστηριότητας της ζώνης θ κορυφώνονται για 66-300 lux (μειωμένη διέγερση, υψηλή ηρεμία) ενώ για ένταση 300-900 lux η ζώνη α βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Από 1300 lux και πάνω η απόλυτη ισχύς της ζώνης α υποδηλώνει υψηλή διέγερση και συγκέντρωση.

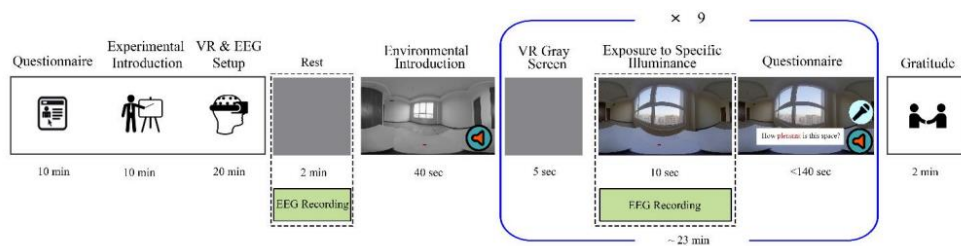


Fig.1. Experimental procedure.

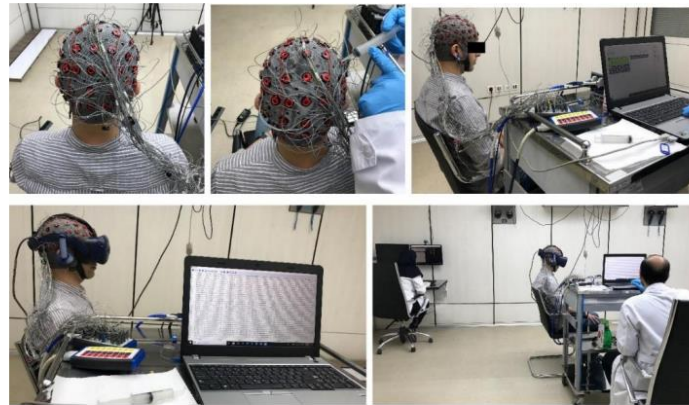
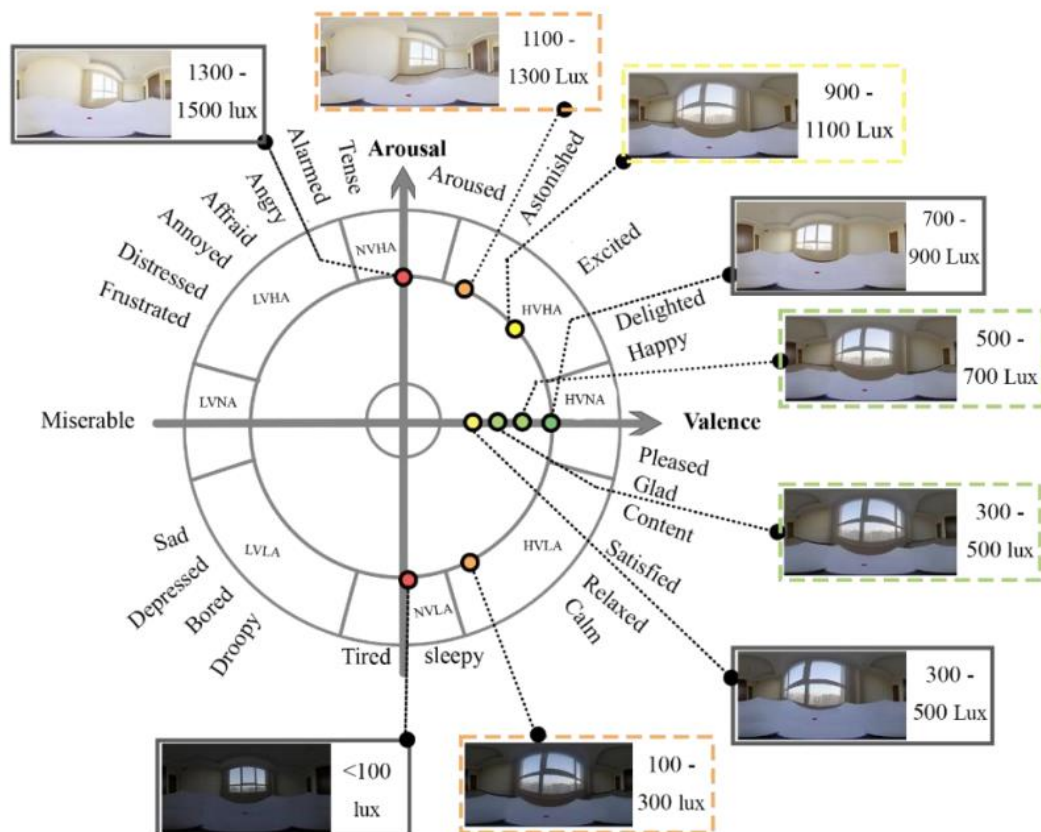


Fig. 2. The setting up process and a study participant wearing the VR head-mounted display and EEG cap during the task process.



## Εφαρμογή στην p5

Σκοπός της διαδραστικής εφαρμογής στην p5 είναι η δημιουργία ενός χώρου- δωματίου όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αλλάζει την ένταση του φωτός . Ανάλογα, λοιπόν, της συνθήκης

φωτισμού θα εμφανίζεται η αντίδραση του ατόμου και η επίδραση στην ψυχολογία του σε ένα διάγραμμα.

Η εφαρμογή επικεντρώνεται στην κατανόηση της σχέσης ψυχολογίας-φωτός ,σύμφωνα με επιστημονικά δεδομένα. Παρακάτω μπορείτε να βρείτε σε σύνδεσμο μια πρώτη απόπειρα δημιουργίας του.

<https://editor.p5js.org/mynameisMyrt0/sketches/bgrkNVN7d>

#### **ΠΗΓΕΣ:**

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29033807/>

<https://ugreen.io/transforming-spaces-transforming-minds-the-comprehensive-guide-to-neuroarchitecture/>

<https://www.artforum.com/events/keith-tyson-4-198566/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132322004188>

<https://futuremodern.blogspot.com/2008/09/keith-tyson-fractal-dice.html>

<https://arxiv.org/abs/2311.05028>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132319300095>

<https://highlike.org/text/keith-tyson/>