



ΟΝΕΙΡΕΥΕΤΑΙ Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ;

Επαυξημένες αντιληπτικές διαδικασίες στον σχεδιασμό.

Πέτρος Κύρκος

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Ζαβολέας

Επιστημονικός Σύμβουλος: Αλέξανδρος Πετειναρέλης



Does AI dream of Architecture?
Augmented perceptual processes in design.

Petros Kyrkos

Supervisor:
Ioannis Zavoleas

Research Advisor:
Alexandros Peteinarelis

University of Ioannina
School of Engineering
Department of Architecture
Ioannina, February 2024

***Ονειρεύεται η Τεχνητή Νοημοσύνη Αρχιτεκτονική;
Επαυξημένες αντιληπτικές διαδικασίες στον σχεδιασμό.***

Πέτρος Κύρκος

Επιβλέπων Καθηγητής:
Ιωάννης Ζαβολέας

Ερευνητικός Σύμβουλος:
Αλέξανδρος Πετειναρέλης

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
Ιωάννινα, Φεβρουαρίου 2025

ABSTRACT

Until recently, computers have primarily been used to enhance accuracy and efficiency in Architectural Design. However, with the development of Artificial Intelligence (AI) and Deep Learning (DL), computing power can now be leveraged in more creative processes. This research paper examines AI as a Perceptual Tool and a Collaborative Agent that expands human capabilities by enriching the design process with new layers of information and augmenting designers' ability to form ideas.

The research is structured on three main objectives. First, it traces the historical evolution of AI in relation to Human Intelligence and Architecture. Next, it identifies practical considerations for integrating AI into the design process. Finally, it evaluates the broader impacts of AI on Architectural Practice. The central research question is how AI can enhance human creativity in Architectural Design, particularly in the ideation stage.

Keywords: Architectural Design, Artificial Intelligence, Machine Augmented Design, Architectural Tools, Architectural Practice

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μέχρι προσφάτως, οι υπολογιστές συνέβαλαν κυρίως στη βελτίωση της ακρίβειας και της αποτελεσματικότητας στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό. Ωστόσο, με τις εξελίξεις στην Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) και τη Βαθιά Μάθηση (BM), η υπολογιστική ισχύς μπορεί πλέον να αξιοποιηθεί και σε πιο δημιουργικές διεργασίες. Στην παρούσα εργασία, η TN εξετάζεται ως Αντιληπτικό Εργαλείο και Συνεργατικός Παράγοντας, ο οποίος επεκτείνει τις ανθρώπινες δυνατότητες, εμπλουτίζοντας τη διαδικασία του σχεδιασμού με νέα επίπεδα πληροφοριών και επαυξάνοντας τη δυνατότητα των σχεδιαστών να σχηματίσουν ιδέες.

Η έρευνα διαρθρώνεται σε τρεις βασικούς στόχους. Αρχικά, ιχνηλατεί την ιστορική εξέλιξη της TN σε σχέση με την Ανθρώπινη Νοημοσύνη και την Αρχιτεκτονική. Στη συνέχεια, εντοπίζει πρακτικούς προβληματισμούς για την ενσωμάτωση της TN στη διαδικασία του σχεδιασμού. Τέλος, αξιολογεί τις ευρύτερες επιπτώσεις της TN στην Αρχιτεκτονική Πρακτική. Κεντρικό ερευνητικό ερώτημα αποτελεί το πώς μπορεί η TN να ενισχύσει την ανθρώπινη δημιουργικότητα στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό και ειδικότερα στο στάδιο του σχηματισμού ιδεών.

Λέξεις Κλειδιά: Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός, Τεχνητή Νοημοσύνη, Σχεδιασμός Επαυξημένος από τον Υπολογιστή, Αρχιτεκτονικά Εργαλεία, Αρχιτεκτονική Πρακτική

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. Ιωάννη Ζαβολέα για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της εργασίας, καθώς και τον κ. Αλέξανδρο Πτεϊναρέλη για τον ενθουσιασμό που μου μετέδωσε και τις εποικοδομητικές μας συζητήσεις κατά τα πρώτα βήματα της έρευνας.

Σε όσους ήταν δίπλα μου σε αυτό το ταξίδι και σε όσους αγαπώ...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	8
ΚΕΙΜΕΝΟ	11
<i>Εισαγωγή</i>	11
<i>A. Γενικό Πλαίσιο</i>	17
Ιστορική Αναδρομή	18
Τεχνητή Νοημοσύνη Vs Ανθρώπινη Νοημοσύνη	20
Τεχνητή Νοημοσύνη ως εργαλείο και προσθετικό μέλος	22
Η Τεχνητή Νοημοσύνη ως Προέκταση της Ανθρώπινης Νοημοσύνης	24
Τεχνητή Νοημοσύνη και Αρχιτεκτονική	24
<i>B. Η Τεχνητή Νοημοσύνη ως αντιληπτικό εργαλείο και συνεργατικός παράγοντας στα αρχικά στάδια του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού</i>	29
Εξέλιξη Εργαλείων Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού	30
Ακριβή και «Θολά» δεδομένα	32
Λογισμικά ΤΝ στην Αρχιτεκτονική	33
Στάδια Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού	36
Η ΤΝ ως Αντιληπτικό Εργαλείο	38
Η ΤΝ ως Συνεργατικός Παράγοντας	41
<i>Γ. Συζήτηση</i>	47
Πρακτικοί Προβληματισμοί	48
i. White/Grey/Black Box	48
ii. Προκατάληψη	49
iii. Πνευματική Ιδιοκτησία	51
iv. Γενειογενής ΤΝ και το απόγειο του Αισθητισμού	51
Μετασχηματισμός της Αρχιτεκτονικής Πρακτικής	52
<i>Συμπεράσματα</i>	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	61
ΓΛΩΣΣΑΡΙ	62
ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πλαίσιο

Τα τελευταία χρόνια, η *Τεχνητή Νοημοσύνη* (ΤΝ) έχει αναδειχθεί σε κρίσιμο παράγοντα αλλαγής για αρκετούς κλάδους, μεταξύ των οποίων και η αρχιτεκτονική.⁰¹ Λόγω της αύξησης της υπολογιστικής ισχύος και των ραγδαίων εξελίξεων στα συστήματα *Βαθιάς Μάθησης* (ΒΜ), λογισμικά όπως το Stable Diffusion, το Autodesk Forma και το Χkool αναδεικνύουν νέους τρόπους διερεύνησης ιδεών, βελτιστοποίησης και οπτικοποίησης στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό.⁰²

Η ΤΝ είναι ένας κλάδος της Πληροφορικής που ασχολείται με τη δημιουργία συστημάτων ικανών να εκτελούν διεργασίες που θα απαιτούσαν Ανθρώπινη Νοημοσύνη.⁰³ Στη μακρά της πορεία από τη δεκαετία του 1950 μέχρι σήμερα, έχει αναπτύξει εφαρμογές που εκτείνονται από παιχνίδια όπως το σκάκι και το Go έως και τη μοντελοποίηση συστημάτων πρόβλεψης της τρισδιάστατης δομής των πρωτεϊνών.^{04,05} Σήμερα, η σημασία της για την αρχιτεκτονική προκύπτει από τη δυνατότητά της να επαναπροσδιορίσει τη σχεδιαστική διαδικασία και κατ' επέκταση το μέλλον της Αρχιτεκτονικής Πρακτικής. Όπως υποστηρίζει ο Kyle Steinfeld, η αρχιτεκτονική περνά από τον «σχεδιασμό με τη βοήθεια του υπολογιστή» [Computer-Aided Design (CAD)] σε έναν «σχεδιασμό επαυξημένο από τον υπολογιστή» [Machine-Augmented Design (MAD)].⁰⁶

Προκλήσεις

Η χρήση ΤΝ στην αρχιτεκτονική είναι αρκετά περίπλοκη, διότι «η αρχιτεκτονική δεν περιορίζεται σε προβλήματα δισδιάστατης ετικετοποίησης,⁰⁷ αλλά πραγματεύεται τρισδιάστατα χωρικά προβλήματα τα οποία συνδιαμορφώνονται από ένα ευρύ σύνολο αλληλεξαρτώντων μεταβλητών».⁰⁸ Οι μεταβλητές αυτές, αποτελούν από μόνες τους κεντρικό ζήτημα για την αρχιτεκτονική εδώ και πολλούς αιώνες. Το 80 π.Χ., ο Βιτρούβιος έγραφε πως η αρχιτεκτονική οφείλει να παρέχει ανθεκτικότητα, λειτουργικότητα και κάλος [Firmitas, Utilitas, Venustas].⁰⁹ Ενώ, το 1955, ο Walter Gropius υποστήριξε πως η αρχιτεκτονική οφείλει να «ευχαριστεί την ανθρώπινη ψυχή» απαντώντας παράλληλα τόσο σε αισθητικές ανησυχίες

01 Matias del Campo και Neil Leach, επιμ., *Machine Hallucinations: Architecture and Artificial Intelligence*, Architectural Design Profile, no 277 (Oxford: John Wiley & Sons, 2022), 7.

02 Imdat As και Prithwish Basu, επιμ., *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, Routledge Companions (London New York: Routledge, 2021), xvii.

03 'Artificial Intelligence vs. Machine Learning | Microsoft Azure', ημερομηνία πρόσβασης 9 Απριλίου 2023, <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/artificial-intelligence-vs-machine-learning/>.

04 John Jumper κ.ά., 'Highly Accurate Protein Structure Prediction with AlphaFold', *Nature* 596, τχ. 7873 (Αυγούστου 2021): 583–89, <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>.

05 'AlphaFold Protein Structure Database', ημερομηνία πρόσβασης 15 Νοεμβρίου 2024, <https://alphafold.com/about>.

06 Kyle Steinfeld, '1. Significant Others Machine Learning as Actor, Material, and Provocateur in Art and Design', στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλ. Imdat As και Prithwish Basu, Routledge Companions (London New York: Routledge, 2021), 4.

07 Η δισδιάστατη ετικετοποίηση αναφέρεται σε διαδικασίες όπως η αναγνώριση και κατηγοριοποίηση αντικειμένων σε εικόνες, όπου ένα σύστημα ΤΝ αναλύει δεδομένα σε δύο διαστάσεις (ύψος και πλάτος) και αντιστοιχίζει μια ετικέτα, όπως «σκύλος» ή «αυτοκίνητο». Στην αρχιτεκτονική, όμως, οι προκλήσεις αφορούν σε τρισδιάστατη γεωμετρία, αλλά και σε λειτουργικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές παραμέτρους που ξεπερνούν τις δυνατότητες μιας απλής διαδικασίας ταξινόμησης. As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, xvii.

08 As και Basu, xvii.

09 Vitruvius Pollio, *Vitruvius: The Ten Books on Architecture*, επιμέλ. Morris Hicky Morgan (Cambridge: Harvard university Press, 1914), <http://archive.org/details/vitruviustenbook00vitruoft>.

όσο και σε ζητήματα δομικής αντοχής. Οφείλει, επίσης, να διαχειρίζεται τους περιβαλλοντικούς, ιδεολογικούς, κοινωνικούς, πολιτισμικούς και οικονομικούς περιορισμούς, καθώς και τις αντίστοιχες ευκαιρίες.¹⁰ Η αρχιτεκτονική, επομένως, καλείται να απαντήσει παράλληλα σε παραμέτρους υλικής υπόστασης, καθώς και σε «άυλες» παραμέτρους που σχετίζονται με την κοινωνία και τον πολιτισμό κάθε εποχής.

«Κατά τη διάρκεια της ιστορίας, οι αρχιτέκτονες αξιοποίησαν διάφορα εργαλεία και τεχνικές για να περιγράψουν τον χώρο και να επικοινωνήσουν τις σχεδιαστικές τους προθέσεις».¹¹ Στα πλαίσια αυτής της εργασίας η ΤΝ εξετάζεται ως ένα ακόμα εργαλείο στη φαρέτρα των αρχιτεκτόνων, αλλά και ως ένας παράγοντας συνεργασίας [collaborative agent] που δρα ισότιμα με τον αρχιτέκτονα, οδηγώντας συχνά τη σκέψη σε αποτελέσματα μη ορατά ή προβλέψιμα εξ αρχής.

Τι; – Στόχοι, Περιορισμοί και Ερευνητικό Ερώτημα

Η παρούσα Ερευνητική Εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση της ΤΝ ως Αντιληπτικού Εργαλείου και Παράγοντα Συνεργασίας στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό, εστιάζοντας σε τρεις βασικούς στόχους:

1. Διερεύνηση της σχέσης της ΤΝ με την Ανθρώπινη Νοημοσύνη και την αρχιτεκτονική.
2. Εντοπισμός πρακτικών προβληματισμών σχετικά με τη χρήση της ΤΝ στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό.
3. Εξέταση των επιπτώσεων που αναμένεται να φέρει η χρήση της ΤΝ στην Αρχιτεκτονική Πρακτική.

Η εν λόγω εργασία δεν εξετάζει εφαρμογές Κατασκευής [Fabrication], Δόμησης [Construction], Διαχείρισης Κτηρίων [Building Management] και Έξυπνων Πόλεων [Smart Cities]. Δεν αναλύονται εξονυχιστικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ΤΝ και το ιστορικό της σκέλος. Τέλος, παρότι γίνεται αναφορά σε πρακτικούς προβληματισμούς, αυτοί δεν αφορούν ζητήματα περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί η χρήση της ΤΝ, ούτε τις συνθήκες εργασίας όσων εκπαιδεύουν τα μοντέλα ΤΝ.¹²

Κεντρικό ερευνητικό ερώτημα αποτελεί το πώς μπορεί η ΤΝ να ενισχύσει την ανθρώπινη δημιουργικότητα στα αρχικά στάδια του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού, και ειδικότερα στο στάδιο του σχηματισμού ιδεών [ideation].

Γιατί; – Γιατί επιλέχθηκε αυτό το θέμα;

Η παρούσα εργασία συγκροτήθηκε μέσα από την ανάγκη κατανόησης και αξιοποίησης της ΤΝ ως Αντιληπτικού Εργαλείου και ενεργού Παράγοντα Συνεργασίας στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό. Κατά τη διάρκεια της εργασίας αποφεύγεται η άκριτη υιοθέτηση είτε τεχνοφοβικών είτε τεχνοφιλικών προσεγγίσεων. Εξετάζονται επιχειρήματα υπέρ και κατά της χρήσης της ΤΝ με στόχο την παραγωγή γόνιμων προβληματισμών, σκέψεων και συζητήσεων. Ως μελλοντικός αρχιτέκτονας, θεωρώ κρίσιμη την κατανόηση των τεχνολογικών εξελίξεων και την αξιοποίησή τους, ώστε να συσχετιστούμε εκ νέου με το πνεύμα της εποχής στην οποία ζούμε

¹⁰ Gropius, *Scope of Total Architecture*, 4-5.

¹¹ As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, xviii.

¹² Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτά τα ζητήματα βλ. Kate Crawford, *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence* (New Haven: Yale University Press, 2021).

[Zeitgeist]. «Ίσως αυτό που καλούμαστε να σχεδιάσουμε τώρα δεν είναι κτήρια, αλλά το μέλλον μας ως αρχιτέκτονες».¹³

Πώς; – Μεθοδολογία και Δομή

Πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση¹⁴ δημοσιευμένων βιβλίων, μελετών και άρθρων στις βάσεις δεδομένων Scopus και Google Scholar. Αξιοποιήθηκαν οι μηχανές αναζήτησης Elicit, Research Papers και Connected Papers για την διερεύνηση ερευνητικών κενών και την εύρεση συσχετισμών μεταξύ των βασικών βιβλιογραφικών πηγών. Κατά τη διενέργεια της ανασκόπησης οι λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής: (“artificial intelligence” OR “AI”) AND (“architectural design” OR “architectural practice”) AND NOT (“computer architecture”).¹⁵ Η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε για τα έτη από 2010 έως 2024 και περιορίστηκε στις γλώσσες Αγγλικά και Ελληνικά.

Δομή της έρευνας:

Η έρευνα οργανώνεται ως προς τις παρακάτω ενότητες. Καταρχήν, στην εισαγωγή που προηγήθηκε παρουσιάστηκε το ερευνητικό ερώτημα, ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο θέμα και η μέθοδος με την οποία εξετάζεται στην παρούσα Ερευνητική Εργασία. Στο Α. Μέρος αναπτύσσεται το Γενικό Πλαίσιο της εργασίας, μελετώνται διαδοχικά η ιστορική εξέλιξη της ΤΝ, η σχέση της με την Ανθρώπινη Νοημοσύνη, ο ρόλος της ως εργαλείο και ως προσθετικό μέλος και η εμφάνισή της στην αρχιτεκτονική. Στο Β. Μέρος αναλύεται η ΤΝ ως Αντιληπτικό Εργαλείο και Συνεργατικός Παράγοντας στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό. Έπειτα από μια σύντομη αναδρομή των αρχιτεκτονικών εργαλείων, διακρίνονται τα στάδια του σχεδιασμού και διαχωρίζονται σε δύο διακριτές κατηγορίες με βάση τις εφαρμογές της ΤΝ σε αυτά. Στο Γ. Μέρος εξετάζονται πρακτικοί προβληματισμοί που προκύπτουν από τη χρήση της ΤΝ στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό και οι επιπτώσεις που αναμένεται να επιφέρει η εφαρμογή της στην Αρχιτεκτονική Πρακτική. Η πορεία της έρευνας ολοκληρώνεται στον επίλογο με την απάντηση του κύριου ερευνητικού ερωτήματος που τέθηκε κατά την εισαγωγή.

¹³ Leach, *Alien Intelligence FIU Lecture*.

¹⁴ Η Μη-συστηματική Βιβλιογραφική Ανασκόπηση [Non-SLR] δεν ακολουθεί αυστηρό πρωτόκολλο, βασίζεται περισσότερο στην κρίση και την εμπειρία του συγγραφέα για την επιλογή των πηγών και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Sascha Kraus κ.ά., ‘Literature Reviews as Independent Studies: Guidelines for Academic Practice’, *Review of Managerial Science* 16, τχ. 8 (Νοεμβρίου 2022): 2577–95, <https://doi.org/10.1007/s11846-022-00588-8>.

¹⁵ Ο λόγος που δεν χρησιμοποιήθηκε από μόνος του ο όρος “architecture” κατά την αναζήτηση, είναι γιατί εμφάνιζε περισσότερα άρθρα από τον κλάδο του “computer architecture” —με όλες τις υποκατηγορίες του (“system architecture” OR “network architecture” κλπ.)— παρά από την αρχιτεκτονική.

A. ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι αφηγήσεις για τη δημιουργία μηχανών με ανθρώπινες ιδιότητες αποτελούν εδώ και πολύ καιρό μια συναρπαστική ιστορία στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας. Ωστόσο, είμαστε έτοιμοι να γίνουμε μάρτυρες της γέννησης μιας τέτοιας μηχανής —μιας μηχανής ικανής να αντιλαμβάνεται, να αναγνωρίζει και να ταυτοποιεί το περιβάλλον της, δίχως καμία ανθρώπινη εκπαίδευση ή έλεγχο.¹⁶

Αυτά τα λόγια του Αμερικανού ψυχολόγου Frank Rosenblatt θα μπορούσαν να είχαν ειπωθεί χθες, αλλά ειπώθηκαν το 1958. Αποτελούν ένα σημαντικό δείγμα της αισιοδοξίας των πρωτοπόρων της ΤΝ. Ωστόσο, 67 χρόνια αργότερα, το όραμα του Rosenblatt εξακολουθεί να είναι υπό ανάπτυξη. Από την εμφάνισή της, τη δεκαετία του 1950, μέχρι και την πρόσφατη επανάσταση της ΒΜ, η ΤΝ αναπτύχθηκε ως αποτέλεσμα της αργής αποκρυστάλλωσης επιστημονικών υποθέσεων και τεχνολογικών επιτευγμάτων.¹⁷

Κατά την ιστορική της εξέλιξη, η ΤΝ πέρασε από διαδοχικές περιόδους ενθουσιασμού [AI Booms] και απογοήτευσης [AI Winters].¹⁸ Σήμερα διανύουμε το τρίτο κύμα ενθουσιασμού. Η διαφορά του από τα προηγούμενα είναι πως η χρήση της ΤΝ αφορά πλέον τον ευρύτερο πληθυσμό και δεν περιορίζεται σε στρατιωτικές εφαρμογές όπως στο πρώτο κύμα, ούτε σε εταιρικές εφαρμογές όπως στο δεύτερο.¹⁹

Το έτος 1945, ο Alan Turing ανέφερε ότι «οι υπολογιστές μια μέρα θα παίζουν πολύ καλό σκάκι»²⁰ ενώ το 1990, ο Ray Kurzweil προέβλεψε πως αυτό θα γινόταν πριν το 2000²¹ και όντως το 1997 το Deep Blue της IBM νίκησε τον εν ενεργεία παγκόσμιο πρωταθλητή Garry Kasparov. Με αυτή την νίκη του υπολογιστή, ξεκίνησε να γίνεται αποδεκτό πως οι μηχανές είναι καλύτερες από τον άνθρωπο στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Μετά τον αγώνα, ο Kasparov δήλωσε πως: «Όλα όσα γνωρίζουμε να κάνουμε, οι μηχανές θα τα κάνουν καλύτερα».²²

Ο επόμενος στόχος ήταν το παιχνίδι του Go,²³ διότι ήταν μεγαλύτερης πολυπλοκότητας. Υπάρχουν περισσότερες πιθανές κινήσεις στο Go απ' ότι άτομα στο σύμπαν.^{24,25} Το 2016, το AlphaGo²⁶ νίκησε τον παγκόσμιο

16 F. Rosenblatt, "The Design of an Intelligent Automaton", ONR Research Reviews, 1958

17 Stanislas Chaillou, *Artificial Intelligence and Architecture: From Research to Practice* (De Gruyter, 2022), 13.

18 Robert Richbourg, "It's Either a Panda or a Gibbon": AI Winters and the Limits of Deep Learning', War on the Rocks, 10 Μάιος 2018, <https://warontherocks.com/2018/05/its-either-a-panda-or-a-gibbon-ai-winters-and-the-limits-of-deep-learning/>.

19 As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, 209.

20 'History of Artificial Intelligence | Dates, Advances, Alan Turing, ELIZA, & Facts | Britannica', 13 Δεκεμβρίου 2024, <https://www.britannica.com/science/history-of-artificial-intelligence>.

21 Ray Kurzweil, *The Singularity is Near*, New York: Viking, 2005, 264.

22 "Everything we know how to do; machines will do better." Garry Kasparov in Elena Holodny, Business Insider, 2017.

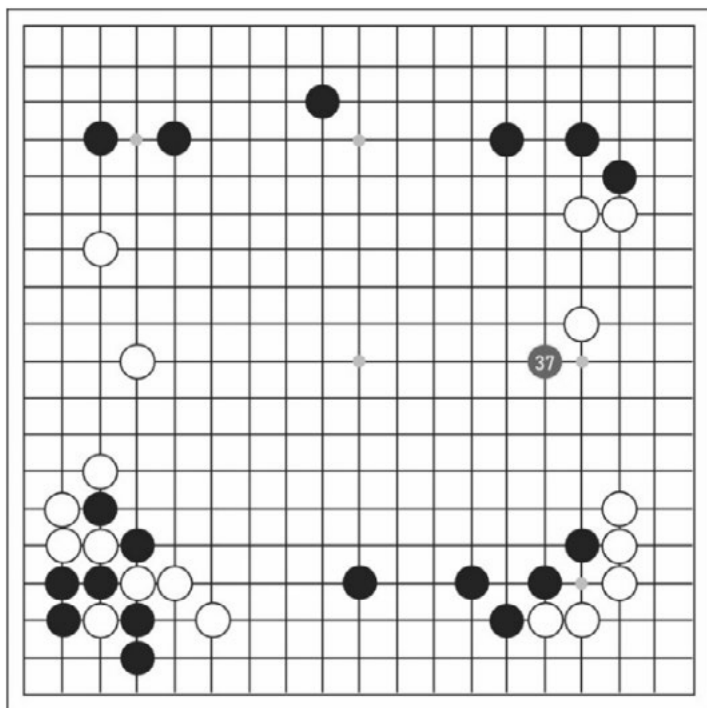
23 Το Go είναι ένα επιτραπέζιο παιχνίδι χωρικής κατοχής, που στηρίζεται εξ' ολοκλήρου στη στρατηγική και δεν υπάρχουν πολλά περιθώρια για την τύχη. Το παιχνίδι βασίζεται σε μοτίβα ελέγχου που αναπτύσσονται σε έναν κάναβο, κάθε κίνηση εξασφαλίζει επιθετικά την επικράτεια και ασκεί τον έλεγχο στα γειτονικά της σημεία.

24 Christopher Moyer, Atlantic, 2016,

25 Το τεράστιο εύρος πιθανών κινήσεων σε κάθε παρτίδα καθιστούσε αδύνατη την επίλυσή τους από έναν υπολογιστή σαν το Deep Blue της IBM. Έτσι, για αρκετά χρόνια, οι λεπτοί χειρισμοί που απαιτούνταν για το Go θεωρούνταν αποκλειστικό προνόμιο της ανθρώπινης διορατικότητας. Greenfield, *Radical technologies*, 236.

26 Το AlphaGo της DeepMind βασίζεται σε δύο κύριους μηχανισμούς: ένα "policy network" που προβλέπει κινήσεις παρόμοιες με αυτές που θα έκανε ένας άνθρωπος-ειδικός, και ένα "value network"

πρωταθλητή Lee Sedol. Αυτό που έχει μεγαλύτερη σημασία δεν είναι τόσο το ότι νίκησε, αλλά ο τρόπος με τον οποίο το έκανε, με την καθοριστική κίνηση να περνά στην ιστορία του Go και να ονομάζεται «κίνηση 37». Συνήθως, οι παίκτες σκέφτονται ενστικτωδώς μια κίνηση μπροστά, όμως ο υπολογιστής σκεφτόταν 100 κινήσεις αργότερα. Η στρατηγική ευφυΐα αυτών των κινήσεων δεν μπορούσε να γίνει εμφανής, παρά μόνο μετά από αρκετή ώρα και οι έμπειροι σχολιαστές του αγώνα, αρχικά νόμιζαν πως πρόκειται για κάποιο λάθος.²⁷



Εικ. 01: Η κίνηση 37 του AlphaGO.
Campo και Leach, Machine
Hallucinations, 40.

Έχουμε προχωρήσει πέρα από τις μηχανές που αντιγράφουν την ανθρώπινη τεχνογνωσία σε εκείνες που την επαναπροσδιορίζουν και εξερευνούν δυνατότητες που υπερβαίνουν τα όρια της ανθρώπινης αντίληψης. Οι κινήσεις του AlphaGo επιδεικνύουν μια μορφή «σκέψης» που δεν περιορίζεται από «ανθρώπινους περιορισμούς» και εξερευνούν νέες, προηγούμενως αδιανόητες, στρατηγικές οδούς.²⁸ Όπως δήλωσε ο Lee Sedol μετά το τέλος του αγώνα: «Το AlphaGo μας έδειξε πως κινήσεις που οι άνθρωποι θεωρούσαν 'δημιουργικές' στην πραγματικότητα ήταν συμβατικές».²⁹ Η ήττα του Lee Sedol από το Alpha Go αποτέλεσε καθοριστική στιγμή για τη συνειδητοποίηση της ισχύος της ΤΝ, έγινε γνωστή ως "AI Sputnik Moment" και πυροδότησε έναν τεχνολογικό

που προβλέπει περίπου τριάντα κινήσεις μπροστά για να αξιολογήσει τις θέσεις των παικτών. Αυτά ενισχύονται από ένα στοιχείο Reinforced Learning που επιτρέπει στο AlphaGo να παίζει απέναντι στον εαυτό του. Ενώ ένας άνθρωπος μπορεί να συμμετέχει το πολύ σε χίλια παιχνίδια ετησίως, το AlphaGo μπορεί να προσομοιώνει εκατομμύρια παιχνίδια καθημερινά και να εξελίσσεται διαρκώς μέσα από προσεγγιστικές διαδικασίες Δοκιμής και Πλάνης [Trial & Error]. Greenfield, 237.

²⁷ Lee Sedol vs AlphaGo. *Move 37 reactions and analysis*, 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=HT-UZkiOLv8>.

²⁸ Greenfield, 240-241.

²⁹ Τα ακριβή λεγόμενά του ήταν: "AlphaGo showed us that moves humans may have thought are 'creative', were actually conventional."

ανταγωνισμό ανάμεσα στις χώρες της Ασίας —με πρωτοστάτη την Κίνα— και τις ΗΠΑ.³⁰

Οι πρόσφατες εξελίξεις φαίνεται να κλιμακώνουν αυτόν τον ανταγωνισμό. Η κυκλοφορία του μοντέλου “R1” με τη μορφή ανοιχτού κώδικα [open-source] από την κινέζικη εταιρεία DeepSeek³¹ ερμηνεύεται από αρκετούς αναλυτές³² ως απάντηση στη θέσπιση του “Stargate Project” από την ομοσπονδιακή κυβέρνηση των ΗΠΑ και τις εταιρείες OpenAI, SoftBank, Oracle και MGX.³³

Το AlphaGo σηματοδότησε μια κρίσιμη τομή για την εξέλιξη της ΤΝ, τη μετάβαση από τα Εξειδικευμένα Συστήματα [Expert Systems] στα Συστήματα Εκμάθησης [Learning Systems]. Ενώ λογισμικά όπως το DeepBlue ήταν εξειδικευμένα στην επίλυση ενός προβλήματος και προσομοίωναν στρατηγικές που ακολουθούσαν οι άνθρωποι-ειδικοί, το AlphaGo εισήγαγε την ικανότητα της διαρκούς «μάθησης».³⁴ Δηλαδή, τη δυνατότητα να δέχεται νέα δεδομένα —τόσο συμβατά όσο και αντιφατικά με τα ήδη καταχωρημένα— και να προσαρμόζει δυναμικά την εσωτερική του δομή. Αυτή η ιδιότητα, γνωστή ως Ανοικτότητα [Openness], επιτρέπει σε ένα σύστημα με νοημοσύνη να εξελίσσεται και να ανταποκρίνεται συνεχώς σε νέες προκλήσεις.³⁵ Πώς μπορούμε, όμως, να γνωρίζουμε αν ένα σύστημα διαθέτει νοημοσύνη και πώς διαφοροποιείται η ΤΝ από την Ανθρώπινη;»

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ VS ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Σύμφωνα με τον Turing, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε πώς σκέφτονται οι άλλες οντότητες, ο μόνος τρόπος να αξιολογήσουμε τη νοημοσύνη τους είναι με βάση τη συμπεριφορά.³⁶ Το 1950 ο Turing πρότεινε το «Imitation Game,» γνωστό σήμερα ως *Turing Test*. Πρόκειται για μια δοκιμή που εξετάζει την ικανότητα μιας μηχανής να επιδεικνύει ευφυή συμπεριφορά ισοδύναμη ή αδιαχώριστη με εκείνη ενός ανθρώπου.

Φανταστείτε τον εαυτό σας σε ένα δωμάτιο. Αλληλεπιδράτε μέσω γραπτών μηνυμάτων με δύο άλλες οντότητες δίχως να έχετε οπτική επαφή μαζί τους. Γνωρίζετε μόνο πως επικοινωνούν μαζί σας ένας άνθρωπος και ένας υπολογιστής, δίχως να ξέρετε ποιος είναι ποιος. Ο Turing πρότεινε πως αν μετά τις αλληλεπιδράσεις σας δεν μπορούσατε αξιόπιστα να ξεχωρίσετε τη μηχανή από τον άνθρωπο, η μηχανή θα είχε περάσει τη δοκιμή. Τα αποτελέσματα των δοκιμών δεν εξαρτώνται από την ικανότητα της μηχανής να δίνει σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις, αλλά εξαρτώνται αποκλειστικά

30 Η φράση “AI Sputnik Moment” αποτελεί μετεξέλιξη της φράσης «China’s Sputnik Moment» που είχε εισαγάγει ο Kay-Fu Lee για να εξηγήσει ότι η κινέζικη κυβέρνηση συνειδητοποίησε μετά τον αγώνα πως υστερούσε —σε σχέση με τη Δύση— σε μια τεχνολογία με τεράστιες δυνατότητες. *AI superpowers: China, Silicon Valley, and the new world order* (Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2018). Η φράση, έγινε ευρέως γνωστή στον αρχιτεκτονικό κόσμο από τον Neil Leach. Neil Leach, *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An introduction to AI for architects*, 1η έκδ. (Bloomsbury Publishing Plc, 2021), 81-83, <https://doi.org/10.5040/9781350165557>.

31 Daya Guo κ.ά., ‘DeepSeek-R1: Incentivizing Reasoning Capability in LLMs via Reinforcement Learning’ (DeepSeek-AI, 28 Ιανουαρίου 2025), https://github.com/deepseek-ai/DeepSeek-R1/blob/main/DeepSeek_R1.pdf.

32 Eduardo Baptista, ‘What Is DeepSeek and Why Is It Disrupting the AI Sector?’, *Reuters*, 27 Ιανουαρίου 2025, τμ. Artificial Intelligence, <https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/what-is-deepseek-why-is-it-disrupting-ai-sector-2025-01-27/>.

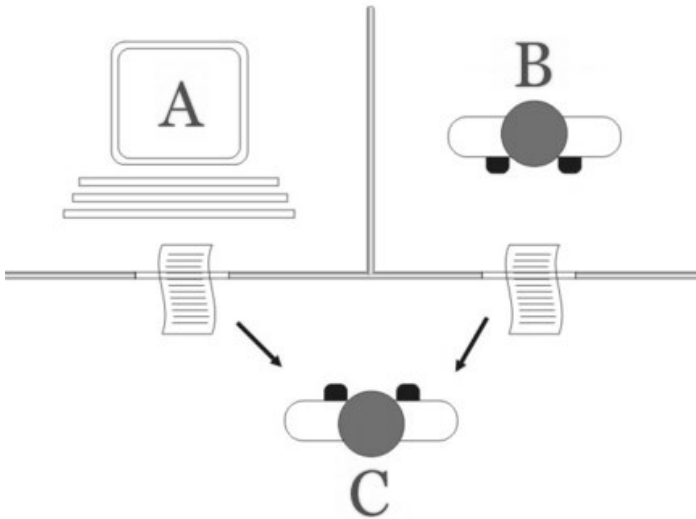
33 João da Silva, Natalie Sherman, και Natalie Rahman-Jones, ‘Stargate: Tech Giants Announce AI Plan Worth up to \$500bn’, BBC, 22 Ιανουαρίου 2025, <https://www.bbc.com/news/articles/cy4m84d2xz2o>.

34 Greenfield, *Radical technologies*, 237.

35 Ζαβολέας, 112-113.

36 A. M. Turing, ‘Computing Machinery and Intelligence’, *Mind* 59, τχ. 236 (1950): 433-60.

από το πόσο οι απαντήσεις της μοιάζουν με εκείνες που θα έδινε ένας άνθρωπος.³⁷



Εικ. 02: Turing Test.

Ο παίκτης C, ως ανακριτής, έχει το καθήκον να προσπαθήσει να προσδιορίσει ποιος παίκτης —Α ή Β— είναι υπολογιστής και ποιος άνθρωπος. Ο ανακριτής περιορίζεται στη χρήση (γραπτών) απαντήσεων σε (γραπτές) ερωτήσεις για να κάνει τον προσδιορισμό.

Καθώς η αυτοματοποίηση κατακτά δεξιότητες που θεωρούνταν αποκλειστικό προνόμιο της ανθρώπινης νόησης, αρκετοί ελπίζουν πως υπάρχουν κάποιες δημιουργικές διεργασίες στις οποίες τα υπολογιστικά συστήματα δεν θα μπορέσουν ποτέ να μας ξεπεράσουν. Αυτές τείνουν να εκλαμβάνονται είτε ως δραστηριότητες που απαιτούν την ανθρώπινη επαφή και διορατικότητα, είτε ως πεδία καλλιτεχνικής έμπνευσης και υψηλού πνευματικού επιπέδου, τους οποίους «δεν θα μπορούσε να φτάσει ποτέ μια μηχανή».³⁸ Η πρόκληση για αυτή την ελπίδα έγκειται στο γεγονός ότι οι περισσότερες, αν όχι όλες, οι ανθρώπινες διεργασίες αποτελούνται από μοτίβα. «Η ουσία της μάθησης —είτε πρόκειται για ανθρώπινη είτε για Μηχανική Μάθηση (MM)— είναι η ανάπτυξη της ικανότητας ανίχνευσης, αναγνώρισης και τελικά αναπαραγωγής μοτίβων».³⁹

Όλοι μας συγκινούμαστε από μια μορφή τέχνης που, όταν τη βιώνουμε, μας γεμίζει δέος και νιώθουμε σαν να ερχόμαστε σε επαφή με κάτι το υψηλό. Για εμένα, είναι τα ηπειρώτικα πολυφωνικά μοιρολόγια. Οι μελωδίες τους, γεμάτες θρήνο, γαλήνη και παρηγοριά, μεταφέρουν αιώνες ιστοριών και συναισθημάτων. Όταν τα ακούω με ήρεμο μυαλό, νιώθω την ανάσα μου να κόβεται και ανατριχιάζω. Μου είναι δύσκολο να αποδεχτώ —πόσο μάλλον να εκτιμήσω— την ιδέα ότι αυτή η τόσο ανθρώπινη εμπειρία θα μπορούσε να αντικατασταθεί από μια σειρά εντολών κατανοητών και εκτελέσιμων από μια μηχανή.

Ωστόσο, οι δομές των ανθρώπινων διεργασιών, ίσως μπορούν πλέον να εντοπιστούν, να προσομοιωθούν και να προβλεφθούν. Το μόνο που χρειάζεται είναι ένα αρκετά μεγάλο δείγμα υφιστάμενων έργων, καλά αναπτυγμένοι αλγόριθμοι για την εξαγωγή χαρακτηριστικών και αρκετή υπολογιστική ισχύς. Το έργο Next Rembrandt είχε ως στόχο να αποδείξει ακριβώς αυτό «να εξαγάγει τα χαρακτηριστικά που κάνουν τον Rembrandt Rembrandt» καλύπτοντας κάθε πτυχή, από την επιλογή του ζωγραφικού θέματος έως και τις συγκεκριμένες αναλογίες του.

³⁷ Turing, 433-460.

³⁸ Greenfield, *Radical technologies*, 234.

³⁹ Greenfield, 234.

Χρησιμοποιώντας αυτά τα χαρακτηριστικά, παρήχθη ένα πορτραίτο στο στυλ του Rembrandt απεικονίζοντας ένα πρόσωπο που δεν υπήρξε ποτέ. Εάν μπερδεύαμε αυτόν τον παραγόμενο πίνακα με αυθεντικούς πίνακες του Rembrandt, η αναγνώριση του έργου που δημιουργήθηκε από την TN θα ήταν αρκετά δύσκολη για το ευρύ κοινό. Είναι αρκετά πιθανό, επομένως, αυτός ο πίνακας να περνούσε το αντίστοιχο Turing Test. Βέβαια, τώρα που ο αλγόριθμος υπάρχει, μπορεί να παραγάγει κατά βούληση μια ατελείωτη σειρά παρόμοιων έργων, προσθέτοντας ένα νέο επίπεδο πολυπλοκότητας στον κόσμο της τέχνης και της μίμησης.⁴⁰ Το συγκεκριμένο έργο —όπως και η «φωτογραφία» του Boris Eldagsen⁴¹ ή το «τελευταίο»⁴² τραγούδι των Beatles⁴³— θέτει ερωτήματα για το αν και κατά πόσο η TN αντιγράφει ή συνθέτει, αν δημιουργεί ή αν παράγει.

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΟ ΜΕΛΟΣ

Στην παρούσα εργασία, η TN προσεγγίζεται αρχικά ως ένα εργαλείο —παρά τη σύνθετη δομή της, παρουσιάζει ανάλογα χαρακτηριστικά με την επινόηση και εφαρμογή άλλων εργαλείων κατά την εξέλιξη της ανθρωπότητας. Στη συνέχεια, εστιάζοντας στις ιδιαίτερες της δυνατότητες, αντιμετωπίζεται ως κάτι περισσότερο, όπως για παράδειγμα ως μια προέκταση του ανθρώπινου σώματος, ή ως ένα νέο υποθετικά διανοητικό μέλος —κάτι, δηλαδή, σαν μια προέκταση του εγκεφάλου— το οποίο σταδιακά θα καταλήξει να είναι αδιαχώριστο από τον άνθρωπο. Σχετικά, ο Lewis Mumford συνδέει την ανάπτυξη των εργαλείων με την επέκταση των ανθρώπινων δυνατοτήτων: «στη βάση κάθε ανάπτυξης εργαλείων... επιχειρείται η μεταβολή του περιβάλλοντος με τρόπο που να ενισχύεται και να υποστηρίζεται ο ανθρώπινος οργανισμός: η προσπάθεια είναι... να επεκταθούν οι δυνάμεις ενός κατά τα άλλα άοπλου οργανισμού... για τη διασφάλιση της επιβίωσής του».⁴⁴

Εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρούμε με τα εργαλεία, ο Maurice Merleau-Ponty αναγνωρίζει πως κάθε εργαλείο μπορεί σταδιακά να αποτελέσει μέρος ή προέκταση του σώματός μας, ώστε τελικά να αναγνωρίζουμε τον κόσμο μέσα από αυτό.⁴⁵ Το πιο πρόσφατο τεχνολογικό παράδειγμα που θα μπορούσαμε να αναφέρουμε είναι η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) με εργαλεία, όπως το Apple Vision Pro, που μπορούν να αναπαράγουν τον πραγματικό κόσμο με ελάχιστη χρονοκαυστέρηση και να υπερθέτουν ψηφιακή πληροφορία στον φυσικό τρισδιάστατο χώρο.

Ωστόσο, και μια αρκετά πιο πρωτόγονη τεχνολογία μπορεί να αποτελέσει προέκταση του σώματός μας. Αρκεί να αναλογιστούμε έναν τυφλό συνάνθρωπο να πλοηγείται στο χώρο με τη βοήθεια ενός λευκού

40 Greenfield, *Radical technologies*, 235-236.

41 'Sony World Photography Award 2023: Winner Refuses Award after Revealing AI Creation', *BBC News*, 17 Απριλίου 2023, τμ. Entertainment & Arts, <https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-65296763>.

42 Ο χαρακτηρισμός του τραγουδιού ως «τελευταίο» συνιστά μια σύμβαση —όπως ακριβώς και η φράση «τραγούδι των Beatles». Μπορεί να θεωρηθεί τραγούδι των Beatles μόνο εφόσον αποδεχούμε ότι η κυκλοφορία του αποδίδεται στο συγκρότημα, παρά την απουσία των περισσότερων μελών του. Ομοίως, μπορεί να οριστεί ως «τελευταίο» μόνο εφόσον παραβλέψουμε την πιθανότητα μελλοντικής παραγωγής τραγουδιών «των Beatles» μέσω της TN.

43 Chris Welch, 'Listen to the Very Last New Song by The Beatles, Called Now and Then', *The Verge*, 2 Νοεμβρίου 2023, <https://www.theverge.com/2023/11/2/23943290/now-and-then-the-beatles-new-song-ai>.

44 Lewis Mumford, *Technics and Civilization*, Faks. d. Ausg. Orlando, 1963, A Harvest Book (San Diego: Harcourt Brace, 1995). «Machines, Utilities and 'The Machine'». 10.

45 Maurice Merleau-Ponty, *Phenomenology of Perception*, 1945 (London: Routledge, 2013), 153 <https://doi.org/10.4324/9780203720714>.

μπαστούνιού. Σταδιακά το μπάστούνι ενσωματώνεται στο υπόλοιπο σώμα και ο τυφλός μπορεί να αντιλαμβάνεται τα διαφορετικά υλικά του δαπέδου, τις αποστάσεις, τις διαμορφώσεις και τα εμπόδια μέσα από τους κραδασμούς.⁴⁶ Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει, άλλωστε, και με τους χώρους στους οποίους κατοικούμε. Η αρχική αίσθηση του άβολου και του ανοίκειου προοδευτικά ξεθωριάζει όσο οικειοποιούμεστε το χώρο, σταδιακά δενόμαστε με αυτόν και νιώθουμε «σαν στο σπίτι μας». Αυτή η συνθήκη μπορεί να αποδοθεί με τη φράση «εμείς διαμορφώνουμε τα εργαλεία μας και στη συνέχεια, τα εργαλεία μας, διαμορφώνουν εμάς».⁴⁷

Οι Andy Clark και David Chalmers επεκτείνουν αυτή την ιδέα υποστηρίζοντας ότι ένα εργαλείο μπορεί να γίνει ακόμα και μέρος του «διευρυμένου νου». Όπως για παράδειγμα, αντί να βασιζόμαστε στο μυαλό μας για να κάνουμε πράξεις, χρησιμοποιούμε την αριθμομηχανή στο κινητό μας.⁴⁸ Για την Katherine Hayles το μυαλό και το σώμα είναι αδιάσπαστα. Η βασική εννοιολογική προσέγγιση του ανθρωπισμού —η ιδέα, δηλαδή, ότι το ανθρώπινο σώμα μπορεί να γίνει αντιληπτό ως μια ξεχωριστή αυθύπαρκτη μονάδα— είναι πλέον παρωχημένη. Θεωρεί πως ήρθε η ώρα να αποδεχτούμε ότι λειτουργούμε σε μια «μετα-ανθρώπινη κατάσταση» όπου τα όρια του ανθρώπινου επαναπροσδιορίζονται μέσα από τη διαρκή αλληλεπίδραση με την τεχνολογία.⁴⁹ Υπ' αυτό το πρίσμα, θα μπορούσαμε να πούμε πως η ΤΝ δεν αποτελεί απλώς ένα εργαλείο, αλλά μια προέκταση του ανθρώπινου οργανισμού, ένα «προσθετικό μέλος».

Κριτική σε αυτή την προσέγγιση ασκεί ο Andy Clark, ο οποίος επιχειρηματολογεί πως η δυνατότητα της προσαρμογής σε νέα εργαλεία είναι εγγενές γνώρισμα του ανθρώπινου είδους: «είμαστε γεννημένοι από τη φύση μας ως ανθρωποειδή».⁵⁰

Αυτές οι επεκτάσεις δεν πρέπει να θεωρηθεί πως μας καθιστούν με οποιοδήποτε τρόπο μετα-ανθρώπους, όχι επειδή δεν είναι βαθιά μεταμορφωτικές, αλλά γιατί εμείς οι άνθρωποι είμαστε από τη φύση μας σχεδιασμένοι να προσαρμοζόμαστε σε διαρκείς αλλαγές!⁵¹

Κοινός παρονομαστής των παραπάνω προσεγγίσεων αποτελεί η διαπίστωση ότι τα εργαλεία διευρύνουν και επαυξάνουν τις δυνατότητές μας. Θα μπορούσαμε, λοιπόν, να κάνουμε λόγο για Διευρυμένη ή Επαυξημένη Νοημοσύνη.

46 Jonathan Hale, 'KEYNOTE LECTURE - Materiality, Movement & Meaning: Architecture and the Embodied Mind', *Proceedings of the Annual Architectural Research Symposium in Finland* 0, τχ. 0 (21 Νοεμβρίου 2014): 305–14.

47 Steinfeld, 7.

48 Andy Clark και David Chalmers, 'The Extended Mind', *Analysis* 58, τχ. 1 (1998): 7–19, <https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7>.

49 N. Katherine Hayles, *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics* (Chicago, IL: University of Chicago Press, 2010).

50 Andy Clark, *Natural-born cyborgs: minds, technologies, and the future of human intelligence* (Oxford ; New York: Oxford University Press, 2003).

51 Clark.

Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΩΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

Όπως υποστηρίζει ο Joi Ito, αντί να αντιλαμβανόμαστε τη σχέση μεταξύ ανθρώπων και μηχανών ως ανταγωνιστική, είναι πιο εποικοδομητικό να τη θεωρούμε ως ένα συνεργατικό σύστημα που ενσωματώνει και τα δύο μέρη. Αυτή η οπτική είναι γνωστή ως Διευρυμένη Νοημοσύνη [Extended Intelligence], όπου άνθρωποι και μηχανές εξελίσσονται σε διαρκή συνδιαλλαγή. Ομοίως, ο Anant Jhingran εισάγει την έννοια της Επαυξημένης Νοημοσύνης [Intelligence Augmentation]. Ενώ η ΤΝ στοχεύει να καταστήσει τις μηχανές αυτόνομες και ανεξάρτητες από την ανθρώπινη παρέμβαση, η Επαυξημένη Νοημοσύνη επικεντρώνεται στην ενίσχυση των ανθρώπων μέσω της υπολογιστικής ισχύος. Βασική αρχή και των δύο υβριδικών προσεγγίσεων —Διευρυμένης και Επαυξημένης Νοημοσύνης— παραμένει η ίδια: η ΤΝ συνεργάζεται με την Ανθρώπινη, λειτουργώντας ως προέκτασή της.⁵²

Με παρόμοιους προβληματισμούς ως αφετηρία, ο Randy Deutsch θεωρεί πως οι μελλοντικοί αρχιτέκτονες θα είναι στην πλειοψηφία τους Superusers⁵³ —δηλαδή, αρχιτέκτονες με εξειδικευμένες γνώσεις και διαπροσωπικές δεξιότητες, ικανοί να συσπειρώνουν ανθρώπους και να επιτυγχάνουν στόχους— οι οποίοι θα βρίσκονται σε συνεχή συνδιαλλαγή μεταξύ τους, με τους υπόλοιπους φορείς —πελάτες, οργανισμούς, υπηρεσίες, εργοτάξιο— αλλά, και με την ΤΝ. Όπως εξετάζεται παρακάτω, η ΤΝ θα μπορούσε, επομένως, να λειτουργεί και ως παράγοντας συνεργασίας στη σχεδιαστική διαδικασία.

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Οι προσπάθειες αξιοποίησης της ΤΝ στη διαδικασία του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού δεν συνιστούν κάτι το καινοφανές. Οι πειραματισμοί του Nicholas Negroponte και του Cedric Price τη δεκαετία του 1970 αποτελούν προπομπό των σύγχρονων εφαρμογών. Ο Negroponte —ιδρυτής του Architecture Machine Group και του MIT Media Lab— εισήγαγε την έννοια της «μηχανής-βοηθού» [machine assistant], προτείνοντας ένα συνεργατικό μοντέλο σχεδιασμού ανάμεσα σε αρχιτέκτονες και «ευφυείς μηχανές» [intelligent machines]. Οι μηχανές αυτές επικεντρώνονταν στον σχεδιασμό κατόψεων, προσαρμόζοντας τις διατάξεις των δωματίων προκειμένου να βελτιστοποιήσουν τις γειτνιάσεις και τις συνθήκες φωτισμού, ενώ ο βασικός περιορισμός ήταν πως η κάτοψη θα έπρεπε να ακολουθεί κάναβο.⁵⁴

Πέρα από προπομπός των λογισμικών τύπου CAD, το έργο του Negroponte εξερεύνησε την πρόθεση για «συνεργασία» μεταξύ του αρχιτέκτονα και ενός «ευφυούς» παράγοντα [intelligent agent]. Ο παράγοντας αυτός αφορά σε ένα λογισμικό που αλληλοεπιδρούσε με δύο επίπεδα πληροφοριών: αφενός, με μια σειρά από δεδομένους κανόνες που έθετε και ήλεγχε η μηχανή, και αφετέρου, με μια σειρά από συγκεκριμένες υπερ-παραμέτρους που καθορίζονταν από τον αρχιτέκτονα. Οι υπολογιστές λάμβαναν, έτσι, πιο ενεργό ρόλο στον σχεδιασμό.⁵⁵

52 Leach, *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*, 19-20.

53 Σύμφωνα με τον Deutsch, οι Superusers θα έχουν τα περισσότερα από τα εξής γνωρίσματα: Φιλοπερίεργοι [Curious], Συσχετιστές [Contextualizers], Σύνδεσμοι [Connectors], Δίαυλοι Επικοινωνίας [Communicators], Συνεργάτες [Collaborators], Πυκνωτές [Capacitors], Δια Βίου Βελτιωτές [Continual improvers], Συσπειρωτές [Concentrators], Υπολογιστικοί Στοχαστές [Computational Thinkers], Προγραμματιστές [Coders]. Deutsch, 15-33.

54 Chaillou, *Artificial Intelligence and Architecture*, 56.

55 Chaillou, 57.



Εικ. 03: URBAN-5 Nicholas Negroponte, «Toward a Theory of Architecture Machines»

Την ίδια περίοδο, ο Cedric Price —τότε καθηγητής Αρχιτεκτονικής στο Πανεπιστήμιο του Cambridge— διερεύνησε μια άλλη πτυχή της TN: την αρχή της αυτονομίας. Το 1976, εστιάζοντας στην έννοια του αυτο-προσαρμοζόμενου χώρου, εφηύρε το *Generator*. Ήταν μια πειραματική πρόταση αποτελούμενη από έναν ορθοκανονικό κάναβο αναμονών και 150 ξύλινα κυβοειδή πλαίσια —ως μόντουλα— με διαστάσεις τέσσερα επί τέσσερα μέτρα, τα οποία μπορούσαν να μετακινηθούν, να αγκυρωθούν στις αναμονές και να συνδυαστούν για να διαμορφώσουν χώρους εφήμερων χρήσεων.⁵⁶ Η λειτουργία τους βασίζονταν σε έναν κεντρικό υπολογιστή και ένα πρόγραμμα, το οποίο ήταν υπεύθυνο για την παραγωγή νέων χωρικών διατάξεων, είτε παράγοντάς τες «αυθόρμητα» ως μέσο αναζήτησης νέων χωρικών ποιότητων, είτε προσαρμόζοντας την κάτοψη στις επιθυμίες των χρηστών.⁵⁷

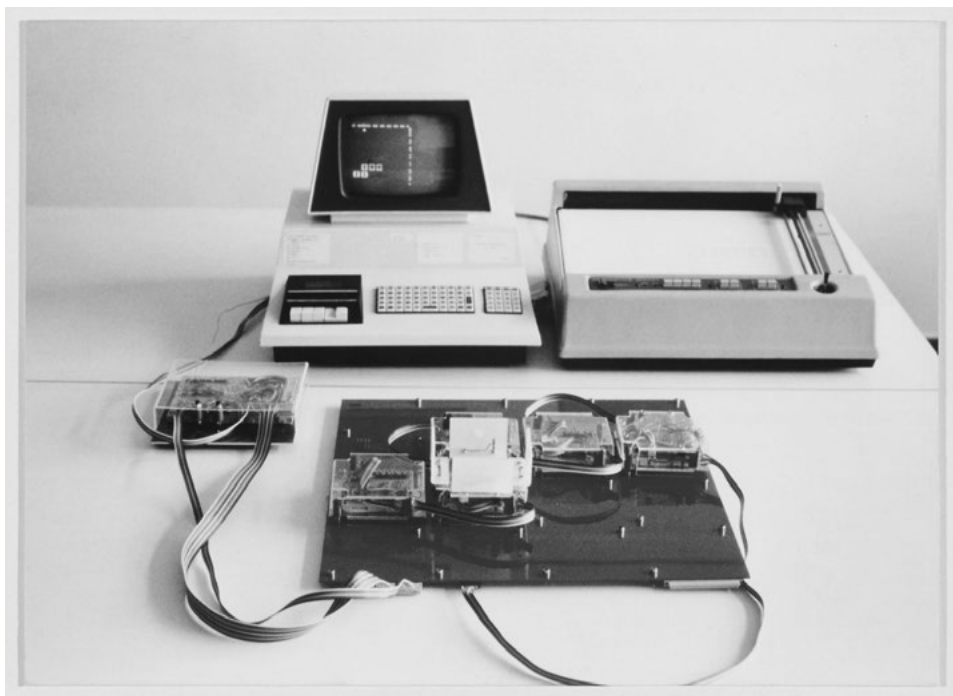
Έκτοτε, η TN έχει βελτιωθεί σημαντικά ξεπερνώντας αυτούς τους αρχικούς πειραματισμούς. Οι αναζητήσεις του Price και του Negroponte βρίσκουν σήμερα νέα απήχηση, μιας και δεν περιορίζονται πλέον σε μια χούφτα ερευνητικών προγραμμάτων. Αντιθέτως, η αυξανόμενη οικονομική προσιτότητα και η προσβασιμότητα στην TN επαναφέρουν αυτές τις αναζητήσεις στο επίκεντρο του διαλόγου για την αρχιτεκτονική. Την τελευταία δεκαετία, σημειώθηκε πράγματι ραγδαία αύξηση των λογισμικών,

⁵⁶ Terence Riley κ.ά., επιμ., *The Changing of the Avant-Garde: Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection* (Exhibition The Changing of the Avant-Garde. Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection, New York, NY: Museum of Modern Art, 2002), 156.

⁵⁷ Chaillou, *Artificial Intelligence and Architecture*, 57.

των εφαρμογών, των δημοσιεύσεων, των συνεδρίων, των μεταπτυχιακών και διδακτορικών προγραμμάτων σχετικά με την ΤΝ στην αρχιτεκτονική.⁵⁸

Μέσα από αυτή την ιστορική ανάγνωση, η παρουσία της ΤΝ στην αρχιτεκτονική φαίνεται ως ένα αποτέλεσμα αργής ωρίμανσης. Ωστόσο, την τελευταία δεκαετία παρατηρείται μια ανανέωση του ενδιαφέροντος για το αντικείμενο, συνοδευόμενη από μια έντονη επιτάχυνση στην ενσωμάτωση των εφαρμογών της.⁵⁹ Η εμφάνιση της ΤΝ στην αρχιτεκτονική έχει δημιουργήσει ένα καινούριο κατακερματισμένο τοπίο λογισμικών, θεωριών και φορέων που δεν έχει ακόμα αποκρυσταλλωθεί.⁶⁰ Στο κεφάλαιο που ακολουθεί επιχειρείται η οργάνωση της υφιστάμενης κατάστασης, καθώς και η εξέταση της ΤΝ ως αντιληπτικό εργαλείο και συνεργατικός παράγοντας στα αρχικά στάδια του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού.



Εικ. 03 & 04: Εικόνα και σκίτσο από το *Generator* (1976-1979).
Canadian Centre for Architecture (CCA), 'Generator | Image Catalog'
<https://www.cca.qc.ca/en/search>.

58 Chaillou, 58.

59 Chaillou, 63.

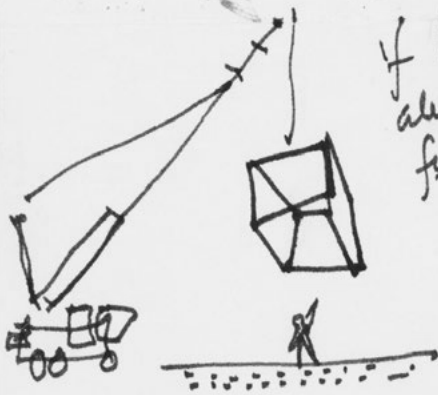
60 Chaillou, 60.

GENERATOR

8

GENERATOR

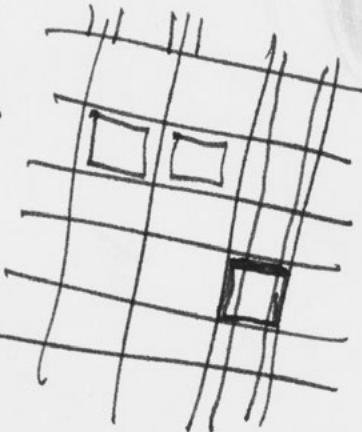
the CURVE as a hood



if the floors are
always
fixed?



Grid
~~also~~ always
regular
or center
or for cube support



***Β. Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ
ΩΣ ΑΝΤΙΛΗΠΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ
ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ
ΣΤΑ ΑΡΧΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ
ΤΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ***

Εξέλιξη Εργαλείων Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού

Στη διαχρονική της εξέλιξη, η αρχιτεκτονική αξιοποίησε ποικίλα εργαλεία για την απόδοση του χώρου και την επικοινωνία σχεδιαστικών προθέσεων. Εδώ παρουσιάζεται εν συντομία η σταδιακή μετάβαση από το χαρτί και το μολύβι στα λογισμικά ΤΝ, τα οποία επιτρέπουν —σε ζωντανό χρόνο— την ανατροφοδότηση του σχεδιασμού σχετικά με τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο, τη συμπεριφορά των χρηστών, τη στατική αντοχή, τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς, το κόστος κατασκευής και άλλες παραμέτρους.⁶¹

Το χαρτί θεωρείται συχνά υποστηρικτικό μέσο, με ελάχιστη υλικότητα, που καταλαμβάνει έναν οριακό χώρο μεταξύ του υλικού και του άυλου. Έμφαση, συνήθως, δίνεται στα σημάδια που φέρει, παρά στο χαρτί αυτό καθαυτό. Ο Mark Wigley αναφέρει το χαρτί ως το κατεξοχήν μέσο για την αποτύπωση των ονείρων. «Οι αρχιτέκτονες, οραματιστές από τη φύση τους, 'δεσμεύουν τις ιδέες τους στο χαρτί.' Εκείνοι που δεν τις πραγματοποιούν ποτέ ονομάζονται 'paper architects' —ένας όρος που δηλώνει άλλοτε ειρωνεία και άλλοτε έπαινο».⁶²

Η διάδοση του χαρτιού στην Ιταλία κατά τον 15ο αιώνα υπήρξε καθοριστική για την εξέλιξη του σχεδίου, που από μέσο αντιγραφής μετατράπηκε σε εργαλείο πειραματισμού και διερεύνησης ιδεών. Το 1550, ο Giorgio Vasari υποστήριξε ότι ο σχεδιασμός (*disegno*) —τόσο το σχέδιο όσο και η ιδέα— αποτελεί τη βάση όλων των τεχνών, επιτρέποντας στους καλλιτέχνες να εκφράσουν τη δημιουργικότητά τους, δίχως να περιορίζονται στη μίμηση της φύσης.⁶³

Αυτή η αλλαγή, επέτρεψε στην αρχιτεκτονική να ανελιχθεί κοινωνικά από συντεχνία τεχνητών σε μέρος των τεχνών. Μέσω του αρχιτεκτονικού σχεδίου, το κτήριο —ως ιδέα— ταυτίστηκε με την απεικόνισή του. Ογκώδεις κτηριακές δομές αποδίδονται πάνω σε ένα πανάλαφρο μέσο όπως το χαρτί, διευκολύνοντας την τροποποίηση και παραγωγή τους. Έτσι, το χαρτί κατέστη για αρκετούς αιώνες το «πραγματικό εργοτάξιο» της αρχιτεκτονικής, δηλαδή ο κατεξοχήν δημιουργικός της χώρος.⁶⁴

Παρά την εξέλιξη των εργαλείων από τα αναλογικά στα ψηφιακά μέσα, οι αναπαραστατικές συμβάσεις που είχαν αναπτυχθεί ανά τους αιώνες⁶⁵ —διάγραμμα, κάτοψη, όψη, τομή, προοπτικά και αξονομετρικά σχέδια— χρησιμοποιούνται σχεδόν αυτούσιες ως σήμερα για την απόδοση του χώρου.⁶⁶ Οι πρώτες Σχεδιαστικές Εφαρμογές με τη Βοήθεια του Υπολογιστή

61 As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, xviii.

62 Mark Wigley, *Paper, Scissors, Blur* στο Catherine de Zegher και Mark Wigley, 'The Activist Drawing: Retracing Situationist Architectures from Constant's New Babylon to Beyond', *The MIT Press*, 2001, 27-30.

63 de Zegher και Wigley, 38-39.

64 de Zegher και Wigley, 38-41.

65 Οι αναπαραστατικές συμβάσεις δημιουργήθηκαν με την πάροδο του χρόνου. Το πρώτο πατρών ήταν αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των κιόνων στον ναό του Απόλλωνα το 334 π.Χ. στα Δίδυμα της Μιλήτου στη σημερινή Τουρκία. Σύμφωνα με την ανακάλυψη του Lothar Haselberger γεωμετρικά διαγράμματα ήταν χαραγμένα στο εσωτερικό του ναού και απεικόνιζαν σχέδια υπό κλίμακα που χρησιμοποιούσαν οι λιθοξόοι κατά την κατασκευή των κιόνων. Παρομοίως, οι ερευνητές στο πανεπιστήμιο του Stanford, μέσα από το πρόγραμμα Digital Forma Urbis Romae Project (formaurbis.stanford.edu), ανακάλυψαν τμήματα της συνολικής κάτοψης της αρχαίας Ρωμαϊκής πόλης χαραγμένα σε έναν μαρμάρινο τοίχο (18x13)m στο Templum Pacis, ο οποίος χρονολογείται στο 203 π.Χ. Άλλες αναπαραστατικές συμβάσεις εμφανίστηκαν σταδιακά με την πάροδο των αιώνων, από τις τομές τον 13° αι., τις προοπτικές όψεις τον 15° αι. και τα αξονομετρικά σχέδια κατά τον 17° αι. βλ. James S. Ackerman και Wolfgang Jung, *Conventions of Architectural Drawing: Representation and Misrepresentation* ([United States: s.n.], 2000).

66 As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, xviii.

(CAD)⁶⁷ τις μετέφεραν στον ψηφιακό χώρο, αντικαθιστώντας το χαρτί, τα μολύβια και τα πενάκια με την οθόνη, το πληκτρολόγιο και το ποντίκι.⁶⁸ Ο χώρος πλέον, στα υπολογιστικά προγράμματα, μπορεί να σχεδιαστεί σε κλίμακα 1:1, με ακρίβεια και λεπτομέρεια που δεν είναι εφικτή από κανένα υλικό του πραγματικού κόσμου.

Η χρήση του CAD δίνει σταδιακά τη θέση της στη Μοντελοποίηση Κατασκευαστικών Πληροφοριών (BIM),⁶⁹ η οποία καταγράφει δεδομένα πέρα από τη γεωμετρία —όπως η δομική συμπεριφορά, η θερμοπερατότητα, η κατασκευαστική λογική, το κόστος και άλλα. Παράλληλα με αυτά τα κύρια λογισμικά, αναπτύσσονται και πρόσθετα όπως το Grasshopper και το Dynamo. Αυτά λειτουργούν ως εργαλεία οπτικοποιημένου προγραμματισμού, δίνοντας τη δυνατότητα στους αρχιτέκτονες να παράγουν παραμετρικά σχέδια βασισμένα σε κανόνες.⁷⁰ Ωστόσο, τα εργαλεία αυτά δεν θεωρούνται εργαλεία ΤΝ, καθώς δεν διαθέτουν την ικανότητα να μαθαίνουν ή να επιλύουν προβλήματα αυτοδύναμα.⁷¹

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην ΤΝ διαμορφώνουν την επόμενη γενιά σχεδιαστικών εργαλείων επανυξημένων από τον υπολογιστή.⁷² Σχεδιαστικά εργαλεία όπως το Χkool αναφέρονται σε μια «νέα εποχή» για τον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό, ο οποίος θα περάσει από μια διαδικασία βασισμένη στα γραφικά [Graphic Driven Mode] σε μια διαδικασία βασισμένη στα δεδομένα [Data Driven Mode].⁷³ Για να κατανοηθεί καλύτερα η αλλαγή στην οποία αναφέρονται, αρκεί να παρακολουθήσει κανείς τη σταδιακή μετάβαση του σχεδιασμού από το γραμμικό σχέδιο, στο CAD και έπειτα στο BIM.

Σε κάθε νέο εργαλείο, προστίθεται ένα επιπλέον επίπεδο πληροφορίας στον σχεδιασμό. Από τις γραμμές του CAD περάσαμε στις οντότητες του BIM και μετά από αυτές, σύμφωνα με την Hanyu He — ιδρύτρια της Χkool— περνάμε στους κανόνες του “ABC”.⁷⁴ Οι κανόνες αυτοί καθιστούν κάθε στοιχείο κατανοητό από τη μηχανή [machine interpretable], επιτρέποντάς της να αναγνωρίζει τις ιδιότητές του, τις σχέσεις που διαμορφώνει με τα όμορα στοιχεία, καθώς και την επίδρασή του στο συνολικό αποτέλεσμα. Αυτή η ικανότητα κατανόησης επιτρέπει στον υπολογιστή όχι μόνο να αναλύει τα στοιχεία, αλλά και να συνθέτει νέες εκδοχές τους βασιζόμενος στα χαρακτηριστικά που ανέσυρε.

67 To Computer Aided design (CAD) μεταφράζεται ως Σχεδιασμός Υποβοηθούμενος από Η/Υ. ‘Greek Handbook – EU BIM Task Group’, ημερομηνία πρόσβασης 11 Φεβρουαρίου 2024, <https://eubim.eu/handbook-selection/greek-handbook/>.

68 As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, xviii.

69 Η μετάφραση βασίζεται στο αντίστοιχο εγχειρίδιο της Ε.Ε. ‘Greek Handbook – EU BIM Task Group’.

70 As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, xviii.

71 Sam Conrad Joyce, ‘7. AI as a Collaborator in the Early Stage of the Design’, στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλ. Imdat As και Prithwish Basu, Routledge Companions (London New York: Routledge, 2021), 132.

72 Kyle Steinfeld, ‘1. Significant Others Machine Learning as Actor, Material, and Provocateur in Art and Design’, στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλ. Imdat As και Prithwish Basu, Routledge Companions (London New York: Routledge, 2021), 4.

73 *DigitalFUTURES Tutorial: XKool, AI Design Cloud*, 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=WZmzSyNOW2k>.

74 ABC (<AI-Driven Building Information Modeling on Cloud). *DigitalFUTURES Tutorial*.

ΑΚΡΙΒΗ ΚΑΙ «ΘΟΛΑ» ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Όπως γίνεται αντιληπτό από την παραπάνω αναδρομή, τα πιο πρόσφατα εργαλεία του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού βασίζονται ολοένα και περισσότερο σε μετρήσιμα στοιχεία. Η μαθηματική φύση αυτών των δεδομένων διευκολύνει τον προγραμματισμό των αντίστοιχων λογισμικών και εξασφαλίζει μεγαλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα που παράγουν. Ωστόσο, όπως επισημάνθηκε και στην εισαγωγή, η αρχιτεκτονική καλείται να διαχειριστεί παράλληλα τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ιδιότητές της δεν αφορούν μόνο το αρχιτεκτόνημα, αλλά και τον άνθρωπο —ως άτομο και ως συλλογικότητα. Υπάρχει, συνεπώς, μια εγγενής «σύγκρουση» και μια πιθανή ισορροπία ανάμεσα στο μετρήσιμο και στο αβέβαιο, την οποία κάθε αρχιτέκτονας καλείται να διαχειριστεί.

Τα «θολά» δεδομένα [fuzzy data] σχετίζονται με κοινωνικές, πολιτισμικές και ανθρωπιστικές παραμέτρους, οι οποίες δεν μπορούν να αποτυπωθούν με την ίδια ακρίβεια όπως τα μετρήσιμα τεχνικά στοιχεία. Ενώ η τεχνολογία αξιοποιώντας τα μετρήσιμα στοιχεία φέρει συγκεκριμένα αποτελέσματα, η ανθρώπινη και δημιουργική διάσταση της αρχιτεκτονικής περιλαμβάνει πολύμορφους παράγοντες —αισθητική, χωρική εμπειρία, κοινωνικές ανάγκες— που δύσκολα καταγράφονται ποσοτικά. Η καταγραφή και η διαχείριση αυτών των μη-μετρήσιμων στοιχείων γίνεται «κατά συνθήκη» —δηλαδή, μέσα από διαδικασίες που δεν διαθέτουν πάντοτε κοινή μεθοδολογία και βασίζονται περισσότερο σε ερμηνείες, εκτιμήσεις ή και εμπειρικά συμπεράσματα.⁷⁵

Μέχρι σήμερα, οι υπολογιστές στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό αξιοποιούνται ως εργαλεία που αυξάνουν την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα. Επικρατεί η άποψη ότι οι άνθρωποι και οι υπολογιστές αλληλοσυμπληρώνονται σε αρκετούς τομείς. Ενώ οι υπολογιστές δεν διαθέτουν έμφυτη δημιουργικότητα, διαίσθηση και ευελιξία στις επιλύσεις προβλημάτων, επεξεργάζονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων με εξαιρετική ταχύτητα και ακρίβεια. Αυτό τους καθιστά εξαιρετικά αποτελεσματικούς στην αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων διαδικασιών, στην ανάλυση τεράστιων όγκων δεδομένων και στην εκτέλεση σύνθετων υπολογισμών. Αντί να αντικαθιστούν τους αρχιτέκτονες, οι υπολογιστές χρησιμεύουν ως ισχυρά εργαλεία βελτιστοποίησης που ενισχύουν την αποδοτικότητα, επιτρέποντας στους ανθρώπους να επικεντρωθούν στη λήψη δημιουργικών αποφάσεων.⁷⁶

Με αυτή την προσέγγιση συμφωνεί και ο David Rutten —δημιουργός του Grasshopper— γράφοντας πως είναι σημαντικό οι αρχιτέκτονες να διατηρήσουν τον έλεγχο των διεργασιών που ενσωματώνουν σκέψη και κατανόηση —στις οποίες οι ίδιοι υπερέχουν από τις μηχανές— και να αξιοποιήσουν τους υπολογιστές για επαναλαμβανόμενες υπολογιστικές διεργασίες. Με τον τρόπο αυτό, «ο αρχιτέκτονας παραμένει ο σχεδιαστής, ενώ ο υπολογιστής γίνεται κριτής» των αντικειμενικών στοιχείων.⁷⁷ Υπερβαίνει αυτό το κτήριο τους οικοδομικούς κανονισμούς; Έχουν οι ράμπες τις κατάλληλες κλίσεις; Υπάρχουν αρκετές θέσεις στάθμευσης; Ποια είναι η

75 Γιάννης Ζαβολέας, 'Πρόλογος για την Επανέκδοση | Από τα δυναμικά Συστήματα, στα 'Θολά' Δεδομένα', στο *Η μηχανή και το δίκτυο*, 2η έκδ. (Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο, 2023), 15–20.

76 Danil Nagy, '8. AI in Space Planning', στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλ. Imdat As και Prithwish Basu, Routledge Companions (London New York: Routledge, 2021), 160.

77 David Rutten, 'Chapter 6: The Inevitable & Utter Demise of the Entire Architecture Profession', στο *The Architect Is Dead*, 2023, www.thearchitectisdead.com/chapters/chapter6.

ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου; Ποιο θα ήταν το συνολικό κόστος της κατασκευής;

Ο σχεδιασμός δεν αφορά μόνο την εύρεση ορισμένων βέλτιστων λύσεων. Πρόκειται για την ανακάλυψη νέων και ποικίλων απαντήσεων σε συγκεκριμένα σχεδιαστικά προβλήματα, ενώ ταυτόχρονα ένα αρχιτεκτόνημα καλείται, συχνά να απαντήσει και σε προβλήματα που δεν είχαν διατυπωθεί κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού του. Ως εκ τούτου, οι σχεδιαστές πέρα από εργαλεία βελτιστοποίησης χρειάζονται και διερευνητικά εργαλεία.⁷⁸ Παρακάτω θα εξετάσουμε αν η ΤΝ μπορεί να μας φέρει πιο κοντά στα θολά δεδομένα.⁷⁹

ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΤΝ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Οι αρχιτέκτονες εν γένει πειραματίζονται όλο και πιο συχνά με εργαλεία ΤΝ, με την έκθεση της RIBA για το 2024 να αναφέρει πως το 41% των αρχιτεκτόνων στο Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιεί περιστασιακά την ΤΝ και το 43% θεωρεί ότι η ΤΝ βελτιώνει την αποδοτικότητα της σχεδιαστικής διαδικασίας.⁸⁰ Γραφεία όπως οι Coop Himmelb(l)au⁸¹, οι Foster+Partners, οι MVRDV⁸² και οι Zaha Hadid Architects⁸³ χρησιμοποιούν εργαλεία Γενεσιουργού ΤΝ για να παραγάγουν διαγράμματα και εικόνες και να εξερευνήσουν διαφορετικές εννοιολογικές προσεγγίσεις.

Η ίδια έκθεση αποκαλύπτει μια αντιφατική πραγματικότητα: ενώ το 69% των Βρετανών αρχιτεκτόνων αισθάνονται πως το γραφείο στο οποίο εργάζονται δεν έχει επενδύσει αρκετά στην ΤΝ και το 54% αναμένει την ευρεία υιοθέτηση της ΤΝ μέσα στα επόμενα δύο χρόνια, μόλις το 41% προβλέπει σημαντικές επενδύσεις στην έρευνα και ανάπτυξη εργαλείων ΤΝ στην αρχιτεκτονική.⁸⁴ Αυτή η διστακτικότητα και η χρονοκαθυστέρηση στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό πιθανά σχετίζεται με την εξειδίκευση που απαιτεί η χρήση των λογισμικών αυτών.⁸⁵

Υπάρχουν δύο κύριες κατευθύνσεις για τη χρήση της ΤΝ στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό.⁸⁶ Η πρώτη είναι ο Σχηματισμός Ιδεών [Ideation], εκεί όπου η ΤΝ χρησιμοποιείται για την εξερεύνηση του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού, περιλαμβάνοντας στοιχεία όπως η δημιουργικότητα, η διαίσθηση και η ευαισθησία, τα οποία είναι δυσκολότερο να κωδικοποιηθούν λόγω της ποιοτικής τους φύσης. Η δεύτερη είναι η Βελτιστοποίηση [Optimization], η οποία αφορά την ενίσχυση πτυχών όπως η αποδοτικότητα,

78 David W. Newton, '14. Toward Dynamic and Explorative Optimization for Architectural Design', στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλ. Imdat As και Prithwish Basu, Routledge Companions (London New York: Routledge, 2021), 280–81.

79 Παρότι η ΤΝ θα μπορούσε να συμβάλει στην καλύτερη διαχείριση των «θολών» δεδομένων, δεν μπορεί να εξαλείψει πλήρως την αβεβαιότητα πίσω από αυτά. Αυτό συμβαίνει διότι τα «θολά» δεδομένα συνδέονται άρρηκτα με τον ανθρώπινο παράγοντα και την υποκειμενική διάσταση. Βλ. Ζαβολέας, 'Πρόλογος για την Επανεκδόση | Από τα δυναμικά Συστήματα, στα 'Θολά' Δεδομένα'.

80 Des Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024* (RIBA, 2024).

81 Coop Himmelb(l)au, 'Deep Himmelblau', Coop Himmelb(l)au, ημερομηνία πρόσβασης 24 Μαρτίου 2023, <https://coop-himmelblau.at/method/deep-himmelblau/>.

82 *How MVRDV is using AI to design their buildings*, 2024, <https://www.youtube.com/watch?v=dvKAYTRptkw>.

83 'Zaha Hadid Architects Developing 'Most' Projects Using AI Images Says Patrik Schumacher', Dezeen, 26 Απριλίου 2023, <https://www.dezeen.com/2023/04/26/zaha-hadid-architects-patrik-schumacher-ai-dalle-midjourney/>.

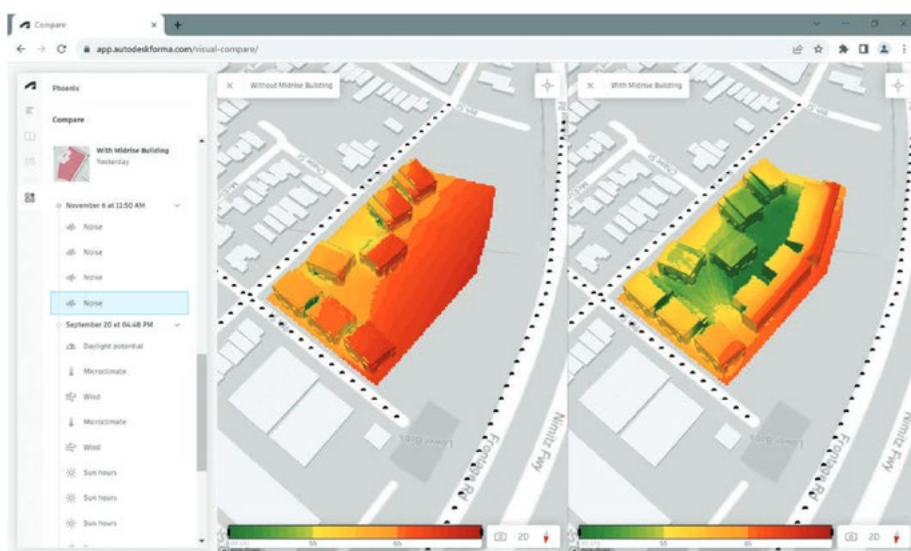
84 Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*.

85 Chengyuan Li κ.ά., 'Generative AI Models for Different Steps in Architectural Design: A Literature Review', *Frontiers of Architectural Research*, Νοεμβρίου 2024, 2, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.10.001>.

86 Campo και Leach, *Machine Hallucinations*, 7.

η χρήση υλικών, ο προγραμματισμός και το κόστος της κατασκευής —αυτά είναι τα πιο μετρήσιμα στοιχεία.⁸⁷

Από αυτή την ανάλυση, προκύπτει ότι, ως σήμερα, τα πιο προηγμένα μοντέλα Γενεσιουργού ΤΝ επικεντρώνονται στην παραγωγή κειμένου, εικόνων και ήχου. Τα επόμενα χρόνια αναμένεται σημαντική ανάπτυξη και στην παραγωγή βίντεο και τρισδιάστατων γεωμετριών.⁸⁸ Προς το παρόν, κάθε λογισμικό ΤΝ επικεντρώνεται σε συγκεκριμένα βήματα του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού και όχι στο σύνολο της διαδικασίας. Απώτερος στόχος των δύο μεγαλύτερων εταιριών —της Autodesk και της Xcool— είναι η ανάπτυξη ενός ενιαίου οικοσυστήματος λογισμικών, το οποίο θα απαντά από κοινού σε όλα τα στάδια του σχεδιασμού.⁸⁹



Εικ. 05: Διάγραμμα θορύβου. Οι αναλυτικές ικανότητες του Autodesk Forma (πρώην Spacemaker) αποδίδουν την επίδοση διαφορετικών σχεδιαστικών προσεγγίσεων με βάση περιβαλλοντικές παραμέτρους. © Autodesk. Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 8.

⁸⁷ Campo και Leach, 7.

⁸⁸ Li κ.ά.

⁸⁹ *DigitalFUTURES Tutorial*.

Κατηγορία	Εργαλείο Πλατφόρμα	Χρήση	Τεχνολογία TN
1. Σχηματισμός Ιδεών [Ideation]	GPT, DeepSeek, Llama, Gemini	Παραγωγή κειμένου, διερεύνηση ιδεών, συζήτηση με τη μηχανή και θεωρητική αναζήτηση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.	Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα [LLMs]
	MidJourney, DALL-E, Stable Diffusion (& Control Nets)	Δημιουργία εικόνων από κείμενο ή άλλες εικόνες χρήσιμα για τα πρώιμα στάδια Πειραματισμών.	Γενεσιουργά Μοντέλα Diffusion, που μπορούν να εξειδικευτούν
	LookX, Krea, Veras	Δημιουργία αναπαραστάσεων στη βάση αρχιτεκτονικών αναφορών, βοηθούν στον πειραματισμό με τις υλικότητες.	Μοντέλα Diffusion Προ-εκπαιδευμένα για Αρχιτεκτονικές Αναπαραστάσεις
	GANs (Generative Adversarial Networks)	Μπορούν να εκπαιδευτούν και να επιτύχουν σε στοχευμένες διεργασίες. Ιδανικά για αναζήτηση μοτίβων	GANs, συνήθως απαιτούν εκπαίδευση
2. Βελτιστοποίηση [Optimization]	Aino	Αναλυτικό εργαλείο αστικού σχεδιασμού με έμφαση στην επεξεργασία δεδομένων, τις προσομοιώσεις και προτάσεις.	Αλγόριθμοι ανάλυσης και βελτιστοποίησης
	Autodesk Forma (πρώην Spacemaker) & Xkool	Οικοσυστήματα σχεδιαστικών εργαλείων για αυτοματοποιημένες προτάσεις ογκοπλασίας. Βοηθούν στην παραμετρική ανάλυση και βελτιστοποίηση.*	Συνδυασμός TN, παραμετρικών αλγορίθμων και cloud-based υπολογιστικών εργαλείων
	TestFit, Spacio, ARCHITECTURES, Arkdesign.ai, Giraffe, Finch, HyPar (3D)	Παραγωγή ογκοπλασίας, κατόψεων και χωρικών διατάξεων. Επιταχύνουν την πρώιμη χωρική διερεύνηση.*	Ποικιλία αλγορίθμων: κανόνες χωροθέτησης, generative design, κλπ.
	Rayon (2D)	Εστιάζει στον 2D σχεδιασμό. Παρέχει εργαλεία για διαμόρφωση κατόψεων, διάταξη χώρων και ανάλυση κινήσεων σε κάτοψη.	StyleGAN
	Grasshopper Plug-ins (Owl, Octopus, Ameba, Lunchbox, Millipede)	Παραμετρικό περιβάλλον στο Rhino για βελτιστοποίηση δομών (structural ή topological), προσομοιώσεις και αυτοματοποιημένες διατάξεις.	Multilayer NN, Reinforcement Learning

* Προς το παρόν βασίζονται σε τυπικές επιλύσεις με κύριο στόχο τη μείωση του κόστους κατασκευής.

Εικ. 06: Συγκριτικός πίνακας εργαλείων TN με εφαρμογή στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό. Τα εργαλεία οργανώνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: Σχηματισμός Ιδεών [Ideation] και Βελτιστοποίηση [Optimization] ^{90,91,92}

90 Ilija Vukorep και Anatolii Kotov, '5. Machine Learning in Architecture: An Overview of Existing Tools', στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλ. Imdat As και Prithwish Basu, Routledge Companions (London New York: Routledge, 2021), 93–109.

91 W. Newton, '14. Toward Dynamic and Explorative Optimization for Architectural Design'.

92 Li κ.ά., 'Generative AI Models for Different Steps in Architectural Design'.

ΣΤΑΔΙΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός είναι μια πολυεπίπεδη διαδικασία⁹³ εξερεύνησης δυνατοτήτων,⁹⁴ η οποία «κινείται από την αφαίρεση στη λεπτομερή υλοποίηση, ακολουθώντας λογικά βήματα».⁹⁵ Τα στάδια του σχεδιασμού έχουν αποδοθεί με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους.⁹⁶ Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας θα αρκεστούμε στον ορισμό των David Kelley και Tim Brown, οι οποίοι προτείνουν μια πιο ευέλικτη προσέγγιση, αντιμετωπίζοντας τον σχεδιασμό ως μια μη-γραμμική διαδικασία επαναλήψεων.⁹⁷

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση τα στάδια του σχεδιασμού αποδίδονται ως εξής:

1. Κατανόησε [Empathize], 2. Όρισε [Define], 3. Σχημάτισε την ιδέα [Ideate], 4. Παρήγαγε πρωτότυπα [Prototype], 5. Έλεγε [Test]. Όπως φαίνεται και στην **Εικ. 07**, υπάρχει πάντοτε η δυνατότητα επιστροφής σε κάποιο από τα προηγούμενα στάδια. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στους σχεδιαστές να αξιοποιούν διαρκώς νέα δεδομένα για να αναθεωρούν, να αμφισβητούν και να εξελίσσουν τις αρχικές τους υποθέσεις, αντιλήψεις και στοχεύσεις.⁹⁸



Εικ. 07: Τα 5 στάδια του σχεδιασμού. Tim Brown, 'The 5 Stages in the Design Thinking Process', The Interaction Design Foundation, 1 Μαρτίου 2024, <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>.

Για την εξυπηρέτηση του σκοπού της παρούσας εργασίας, ενδιαφέρουν ιδιαίτερα τα τρία πρώτα στάδια του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού — δηλαδή, εκείνα που αφορούν την Κατανόηση και τον Ορισμό του σχεδιαστικού προβλήματος, καθώς και τον Σχηματισμό της Ιδέας.

93 Conrad Joyce, '7. AI as a Collaborator in the Early Stage of the Design', 130.

94 W. Newton, '14. Toward Dynamic and Explorative Optimization for Architectural Design', 280.

95 Li κ.ά., 'Generative AI Models for Different Steps in Architectural Design', 2.

96 Βλ. ενδεικτικά: American Institute Architects, *The Architect's Handbook of Professional Practice*, 15th ed (New York: John Wiley & Sons, Incorporated, 2013), 654–67; Herbert A. Simon, '5. The Science of Design: Creating the Artificial.', στο *The Sciences of the Artificial* (The MIT Press, 2019), 111–38, <https://doi.org/10.7551/mitpress/12107.001.0001>.

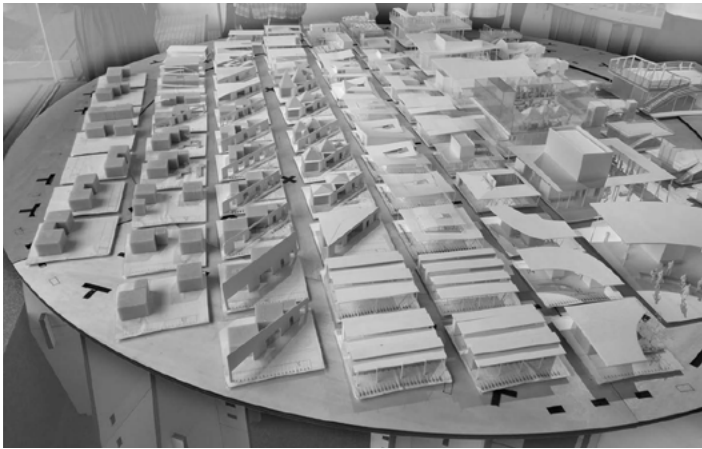
97 Tim Brown και David M. Kelley, 'IDEO Design Thinking', IDEO | Design Thinking, ημερομηνία πρόσβασης 29 Ιανουαρίου 2025, <https://designthinking.ideo.com>.

98 Tim Brown, 'The 5 Stages in the Design Thinking Process', The Interaction Design Foundation, 1 Μαρτίου 2024, <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>.

Τα στάδια αυτά, θα μπορούσαν να περιγραφούν με τους όρους Ανάλυση, Στρατηγική και Σχηματισμός της Ιδέας, δηλαδή όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον σαφή ορισμό ενός σκεπτικού⁹⁹ [concept].

Η διερευνητική φύση αυτών των σταδίων φαίνεται να ευνοούν περισσότερο τη χρήση Στοχαστικών μοντέλων TN¹⁰⁰ — όπως η Γενεσιουργός TN— σε αντίθεση με τα μεταγενέστερα, πιο αντικειμενικά στάδια, όπου έχουν ήδη αναπτυχθεί επιτυχημένες Ντετερμινιστικές προσεγγίσεις αξιοποιώντας αναλυτική γεωμετρία, αλγόριθμους αριθμητικών επιλύσεων [numerical solvers] και μεθόδους βελτιστοποίησης.¹⁰¹

Στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού, επιχειρείται η εύρεση γενικών κατευθύνσεων που να απαντούν στα κύρια ζητήματα του σχεδιαστικού προβλήματος.¹⁰² Για τον σκοπό αυτό, οι σχεδιαστικές προθέσεις αποδίδονται με περισσότερο αυθορμητισμό και αφαιρετικότητα, μέσα από σκίτσα, διαγράμματα, κολάζ, μακέτες εργασίας κ.ά. Αυτή η εγγενής ασάφεια, προσφέρει στους σχεδιαστές μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων, επιτρέποντας τη σταδιακή ωρίμανση της συνολικής κατεύθυνσης μέσα από μια διαδικασία Δοκιμής και Πλάνης [Trial & Error].



Εικ. 08: Προπλάσματα των Ryūji Fujimura Architects από την ογκοπλασία μέχρι το τελικό στάδιο λεπτομερειών. Conrad Joyce, '7. AI as a Collaborator in the Early Stage of the Design', 130.

Σύμφωνα με τον Brown, ο σχεδιασμός ακολουθεί εν γένει μια αποκλίνουσα πορεία στα αρχικά στάδια —όπου η δημιουργία επιλογών κρίνεται χρήσιμη— και μια συγκλίνουσα πορεία στα τελικά στάδια —όπου η λήψη αποφάσεων θεωρείται αναγκαία. Θα μπορούσαμε να πούμε, λοιπόν, ότι στη φάση της ανάλυσης το αντικείμενο σχεδιασμού σπάει σε επιμέρους τμήματα ώστε να εξεταστούν οι διαφορικές πτυχές του. Ενώ, στο στάδιο της σύνθεσης, οι επιμέρους στόχοι συνδέονται με βάση το σκεπτικό¹⁰³ [concept] που έχει ήδη διαμορφωθεί.¹⁰⁴

99 Ως σκεπτικό νοείται η εννοιολογική προσέγγιση σε συνδυασμό με την στρατηγική που έχει αναπτυχθεί μέσω της ανάλυσης. Το σκεπτικό αποτελεί έτσι συνέχεια της ανάλυσης και θέτει σαφείς σχεδιαστικούς στόχους και λογικά βήματα ώστε να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι.

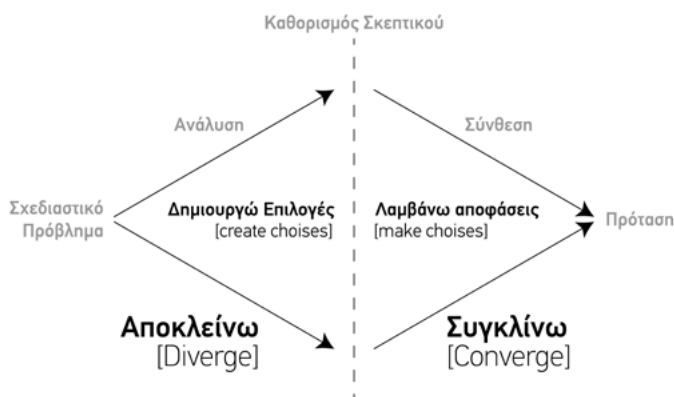
100 Ζητήματα όπως ο συσχετισμός με το συγκείμενο, η παραγωγή πολλαπλών προτάσεων και η δυναμική ανατροφοδότηση του σχεδιασμού, καθώς και η υποκειμενικότητα καθιστούν δύσκολη την εφαρμογή ενός στατικού εργαλείου σε αυτά τα στάδια.

101 Conrad Joyce, '7. AI as a Collaborator in the Early Stage of the Design', 130.

102 Conrad Joyce, 131.

103 Ως σκεπτικό νοείται η εννοιολογική προσέγγιση σε συνδυασμό με την στρατηγική που έχει αναπτυχθεί μέσω της ανάλυσης. Το σκεπτικό αποτελεί, έτσι, συνέχεια της ανάλυσης και θέτει σαφείς σχεδιαστικούς στόχους και λογικά βήματα, ώστε να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι.

104 Αυτή η πορεία από την απόκλιση προς τη σύγκλιση εφαρμόζεται, συνήθως ηπιότερα, και στο



Εικ. 09: Αποκλίνουσα και Συγκλίνουσα πορεία στον σχεδιασμό. Tim Brown και David M. Kalley, 'IDEO Design Thinking', IDEO | Design Thinking, ημερομηνία πρόσβασης 29 Ιανουαρίου 2025, <https://designthinking.ideo.com>.

Η συχνή ύπαρξη πολλαπλών και ενίοτε αντικρουόμενων στόχων που πρέπει να ικανοποιούνται¹⁰⁵ ταυτόχρονα, καθιστά τον σχεδιασμό ένα Πρόβλημα Πολλαπλών Στόχων (ΠΠΣ). Λόγω της εγγενούς πολυπλοκότητας αυτών των προβλημάτων, είναι σημαντικό να ακολουθείται μεθοδολογία για την εύρεση των βέλτιστων λύσεων. Έτσι, αφού αξιολογηθεί και ιεραρχηθεί η σημαντικότητα του κάθε στόχου, επιδιώκεται μια επίλυση που να ικανοποιεί επαρκώς τις καθορισμένες απαιτήσεις. Αν η επίτευξη της «τέλειας» λύσης δεν είναι εφικτή, τότε επιλέγεται η αμέσως επόμενη καλύτερη [second best] και ούτω καθεξής.¹⁰⁶

Τα επόμενα στάδια της σχεδιαστικής διαδικασίας οφείλουν, επομένως, να είναι περισσότερο ελεγχόμενα. Εκεί η ΤΝ μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερο ως εργαλείο Βελτιστοποίησης. Παρόλα αυτά, οι αρχιτέκτονες παραμένουν υπεύθυνοι για το τελικό αποτέλεσμα. Σύμφωνα με τον Rutten «Οφείλουμε να ελέγχουμε τα αποτελέσματα που μας προσφέρουν τα εργαλεία και να μην τα εμπιστευόμαστε τυφλά».¹⁰⁷

Η ΤΝ ΩΣ ΑΝΤΙΛΗΠΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ

Η ΤΝ αποτελεί ένα εργαλείο στατιστικής ανάλυσης μεγάλων βάσεων δεδομένων. Διευκολύνει την ποσοτική και ποιοτική ανάλυση αυτών των δεδομένων, την ανίχνευση συσχετισμών μεταξύ τους και τον εντοπισμό μοτίβων, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο για την ερμηνεία των αρχικών δεδομένων όσο και για την παραγωγή νέων τους εκδοχών.¹⁰⁸ Στον

εσωτερικό κάθε σταδίου «ξεκινάμε από το γενικό για να φτάσουμε στο συγκεκριμένο». Tim Brown, 'Design Thinking: Thinking like a Designer Can Transform the Way You Develop Products, Services, Processes—and Even Strategy', *Harvard Business Review*, Ιουνίου 2008.

105 Κάνουμε λόγο για ικανοποίηση των στόχων και όχι απαραίτητα επίτευξή τους, μιας και η παράλληλη επίτευξη πολλαπλών στόχων —ιδίως όταν αυτοί είναι αντικρουόμενοι— είναι συχνά ανέφικτη.

106 W. Newton, 280.

107 Rutten, 'Chapter 6'.

108 Tyler Kvochick, '6. Fundamental Aspects of Pattern Recognition in Architectural Drawing', στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλ. Imdat As και Prithwish

σχεδιασμό, η μελέτη παραδειγμάτων [case studies] είναι καθοριστική για την εξέλιξη της προσέγγισης, αλλά συχνά περιορίζεται από την εμπειρία των αρχιτεκτόνων και τον χρόνο που διαθέτουν για να αναλύσουν τα υφιστάμενα έργα.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την χρήση της ΤΝ σε αυτό το πλαίσιο αποτελεί η έρευνα του Sam Conrad Joyce, ο οποίος χρησιμοποίησε ορθοφωτογραφίες (10x10) m/pixel για την τυπολογική σύγκριση περισσότερων από 1.000 αεροδρομίων. Τα αεροδρόμια αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης λόγω της διεθνούς τυποποίησης στον σχεδιασμό τους, η οποία έκανε εφικτή τη συλλογή επαρκών δεδομένων. Τα δεδομένα οργανώθηκαν βάσει τεχνικών, γεωγραφικών και περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών —όπως ο αριθμός των τερματικών σταθμών, η απόσταση από τον αστικό ιστό και το υψόμετρο. Αυτή η διαδικασία προσφέρει έναν νέο τρόπο προσέγγισης των σχεδιαστικών προβλημάτων, διευκολύνοντας την ανάλυση σχετικών παραδειγμάτων και τη λήψη πιο ενημερωμένων αποφάσεων. Η ΤΝ λειτουργεί, με τον τρόπο αυτό, ως ένα αντιληπτικό εργαλείο, με το οποίο μπορούμε να κατανοήσουμε διαφορετικές πτυχές του κόσμου γύρω μας.

Πέρα από τη διαδικασία στατιστικής ανάλυσης μεγάλων βάσεων δεδομένων, η ΤΝ μπορεί και να παραγάγει ερεθίσματα, βοηθώντας στον σχηματισμό ιδεών. Σύμφωνα με τον νευροεπιστήμονα Anil Seth, το μυαλό μας δεχόμενο έναν «συνεχή καταιγισμό ηλεκτρικών σημάτων» προσπαθεί να μαντέψει —με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια— το τι υπάρχει γύρω του. Δεν κατανοούμε παθητικά τον κόσμο γύρω μας, αλλά τον παράγουμε [generate] ενεργητικά. Ο Greenfield συμφωνεί με αυτή τη θέση λέγοντας πως «η ίδια η αντίληψη είναι μια διαδικασία επεξεργασίας και επιμέλειας».¹⁰⁹ Όσο η εμπειρία μας για τον κόσμο προέρχεται από εξωγενείς παράγοντες, άλλο τόσο —αν όχι περισσότερο— προέρχεται και από ενδογενείς.

Ο Seth εξηγεί πως αυτές οι προβλέψεις γίνονται στη βάση «αντιληπτικών προσδοκιών», δηλαδή, τι περιμένει ο εγκέφαλός μας να ακολουθήσει το ερέθισμα που δέχτηκε. Ονομάζει αυτές τις προβλέψεις «ελεγχόμενες παραισθήσεις» [controlled hallucinations]. Σε αντίθεση με τις συνηθισμένες παραισθήσεις που είναι ανεξέλεγκτες και δεν συνδέονται με την πραγματικότητα, οι «ελεγχόμενες παραισθήσεις», ελέγχονται για την αποφυγή λανθασμένων προβλέψεων.¹¹⁰ Υπό το πρίσμα αυτό, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως οι «ελεγχόμενες παραισθήσεις» του εγκεφάλου και οι «μηχανικές παραισθήσεις» [machine hallucinations] των Νευρωνικών Δικτύων εμφανίζουν αρκετές ομοιότητες.

Ο Leach αντιπαραβάλλει την εκπαίδευση των αρχιτεκτόνων με την εκπαίδευση των Νευρωνικών Δικτύων. Ένα Νευρωνικό Δίκτυο που θα είχε εκπαιδευτεί αποκλειστικά σε αρχιτεκτονικά παραδείγματα, θα ερμήνευε αρχιτεκτονικές φόρμες σε ότι κι αν του ζητούσαμε να ερμηνεύσει. Θα αποκτούσε, δηλαδή, μια «αρχιτεκτονική αντίληψη» αντίστοιχη με εκείνη που αποκτά ένας αρχιτέκτονας μέσα από την εκπαίδευσή του.¹¹¹ Μπορεί, λοιπόν, η ΤΝ μέσα από τις Μηχανικές Παραισθήσεις να ενισχύσει την ανθρώπινη δημιουργικότητα, στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού;

Basu, Routledge Companions (London New York: Routledge, 2021), 127.

109 Greenfield, *Radical technologies*, 191.

110 Matias del Campo και Neil Leach, επιμ., *Machine Hallucinations: Architecture and Artificial Intelligence*, Architectural Design Profile, no 277, 66-71 (Oxford: John Wiley & Sons, 2022).

111 Campo και Leach, 70.

Για να ορίσουμε τη δημιουργικότητα, πρέπει να αναρωτηθούμε τι σημαίνει να είναι κάτι πρωτότυπο. Δεν πρόκειται απλώς για κάτι που δεν έχει ξαναδεί κανείς [παρθενογένεση], αλλά για την παραγωγή ενός αποτελέσματος που σημαίνει περισσότερα από το άθροισμα των μερών του.¹¹²

Η δημιουργική σκέψη, εν γένει, βασίζεται στη μετατροπή μιας παρατήρησης ή διατύπωσης για τον κόσμο σε κάτι πέρα από αυτό για το οποίο ήταν αρχικά προορισμένη. Έτσι και οι αρχιτέκτονες, συχνά, ανακαλύπτουν ιδέες σε εξω-αρχιτεκτονικές αναφορές, στις οποίες διαβλέπουν ποιότητες για τον χώρο και τη δομή του, καθώς αυτές προσαρμόζονται κατάλληλα ώστε να ανταποκρίνονται με τρόπο καινοτόμο σε αρχιτεκτονικές προκλήσεις. Σε αυτή τη διαδικασία, η ΤΝ μπορεί να προσφέρει πλήθος από αφορμές για ανάπτυξη νέων ιδεών και προτάσεων, πέρα από τη σφαίρα του συνειδητού ή της σχεδιαστικής δεινότητας του αρχιτέκτονα.¹¹³

Ο Leach μας φέρει ως παράδειγμα το πείραμα του Fernando Salcedo με τίτλο *Architectural Hallucinations*,¹¹⁴ όπου ο αλγόριθμος ερμηνεύει αρχιτεκτονικές φόρμες μέσα από πτυχές υφασμάτων.¹¹⁵ Αντίστοιχα, θα μπορούσαμε με τη βοήθεια των αλγορίθμων Γενεσιουργού ΤΝ και του Control Net να προβάλλουμε αρχιτεκτονικές φόρμες σε σκίτσα, τσαλακωμένα χαρτιά, σύννεφα ή οτιδήποτε κι αν φανταστούμε. Άλλωστε, όπως φημιολογείται, ο Jørn Utzon βασίστηκε στα φουσκωμένα πανιά των σκαφών στο λιμάνι του Σίδνεϋ για να σχεδιάσει την Όπερα και ο Frank Gehry σ' ένα τσαλακωμένο χαρτί για να σχεδιάσει το Guggenheim στο Μπιλμπάο.¹¹⁶ Οι αλγόριθμοι Γενεσιουργού ΤΝ μπορούν να επιταχύνουν τη διαδικασία αυτών των πειραματισμών, όπως ακριβώς μας έδειξαν και οι δοκιμές του Tim Fu με τη χρήση της πλατφόρμας LookX.¹¹⁷



Εικ. 10: (αριστερά) Παραγόμενη εικόνα στο στυλ του Frank Gehry, (κέντρο) τσαλακωμένο χαρτί από τον Tim Fu, (δεξιά) Παραγόμενη εικόνα στο στυλ της Zaha Hadid. 'Tim Fu Uses AI to Transform Crumpled Paper into Starchitect Building Designs', Dezeen, 29 Ιουνίου 2023, <https://www.dezeen.com/2023/06/29/tim-fuai-crumpled-paper-starchitect-building-designs/>.

112 Παραθέτοντας την Alexandra Carlson σε συζήτησή της με τον Matias del Campo με τίτλο 'When Robots Dream'. Campo και Leach, 48.

113 Campo και Leach, 71.

114 *Deep Perception | M.Arch Thesis*, 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=WCsjbPc9624>.

115 Campo και Leach, 67-71.

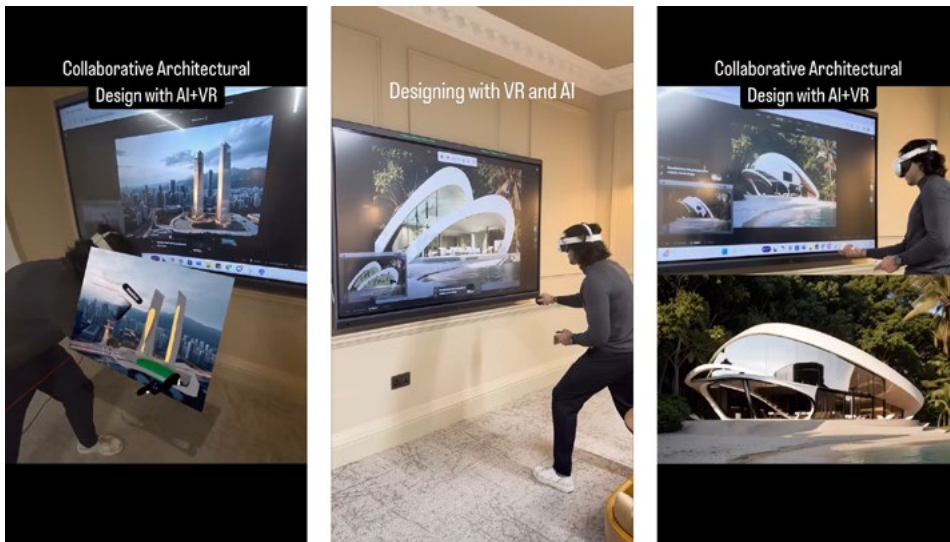
116 Ο Gehry, στα πλαίσια του αυτοσαρκασμού συμμετείχε και σε ένα επεισόδιο των *Simpsons* για να υποδυθεί τον εαυτό του τη στιγμή που αναλαμβάνει έναν διαγωνισμό. 'The Seven-Beer Snitch', *The Simpsons*, 3 Απριλίου 2005.

117 'Tim Fu Uses AI to Transform Crumpled Paper into Starchitect Building Designs', Dezeen, 29

Η ΤΝ ΩΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

Στην προηγούμενη ενότητα, αναλύθηκε ο τρόπος με τον οποίο η ΤΝ μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλους όγκους δεδομένων και να προσφέρει πληθώρα ερεθισμάτων κατά τον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό. Στην παρούσα ενότητα, εξετάζεται ο ρόλος της ως Συνεργατικού Παράγοντα, κατά τον οποίο, η ΤΝ λειτουργεί παρόμοια με έναν «Προβοκάτορα» που επιδιώκει να υποκινήσει τη δημιουργική σκέψη.¹¹⁸ Αυτή η ιδιότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού, όταν αυτό που επιζητείται, είναι ένα δημιουργικό έναυσμα. Η αλληλεπίδραση με την ΤΝ μπορεί να ενεργοποιήσει τη διαίσθηση και την εφευρετικότητα του σχεδιαστή και να τον ωθήσει μακριά από τα συνηθισμένα «μονοπάτια».

Οι πρόσφατοι πειραματισμοί του Studio Tim Fu (STF)^{119,120} συνδυάζουν την Εικονική Πραγματικότητα [Virtual Reality (VR)] με μοντέλα Γενεσιουργού ΤΝ, επιτρέποντας γρήγορους και ευέλικτους πειραματισμούς με άμεση ανατροφοδότηση. Ο σχεδιαστής, φορώντας γυαλιά VR, εισέρχεται σε ένα εικονικό περιβάλλον, στο οποίο μπορεί να «σκισάρει» δημιουργώντας μια δισδιάστατη εικόνα αναφοράς. Η εικόνα αυτή, αποτελεί δεδομένο εισόδου για ένα μοντέλο Γενεσιουργού ΤΝ, το οποίο την αναγνωρίζει και προβάλλει πάνω της —σε ζωντανό χρόνο— στοιχεία σχετικά με την υλικότητα, τις υφές, τον φωτισμό και την επίπλωση.¹²¹



Εικ. 11: Πειραματισμοί με γυαλιά Εικονικής Πραγματικότητας και μοντέλα Γενεσιουργού ΤΝ.

© STF

Ιουνίου 2023, <https://www.dezeen.com/2023/06/29/tim-fuai-crumpled-paper-starchitect-building-designs/>.

¹¹⁸ Steinfeld, '1. Significant Others Machine Learning as Actor, Material, and Provocateur in Art and Design', 8–10.

¹¹⁹ Studio Tim Fu, 'Welcome to the Future of Architectural Design!', Instagram, 24 Ιανουαρίου 2025, <https://www.instagram.com/reel/DFNSheOMTIV/>.

¹²⁰ Studio Tim Fu, 'Time to Put down Your Pencils!', Instagram, 22 Ιανουαρίου 2025, https://www.instagram.com/reel/DFIShoqsz_5/.

¹²¹ Θα μπορούσε κανείς εύκολα να φανταστεί πώς αυτή η διαδικασία, ενδέχεται, μελλοντικά να μην περιορίζεται σε δισδιάστατες απεικονίσεις, αλλά να αφορά τρισδιάστατους χωρικούς πειραματισμούς. Επιπλέον, ακόμα και να επεκταθεί μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας [Augmented Reality (AR)] ώστε να περιλαμβάνει το χαρτί ή ακόμα και την περιοχή μελέτης.

Οι εικόνες που παράγει το μοντέλο TN μπορεί να μην διαθέτουν τον ίδιο βαθμό αφαίρεσης που έχει το σκίτσο με χαρτί και μολύβι, αυτό ενδέχεται να τις κάνουν μοιάζουν περισσότερο απόλυτες απ' ό,τι είναι. Ωστόσο, η άμεση προσαρμοστικότητα τους επιτρέπει τη δυναμική εξερεύνηση σχεδιαστικών επιλογών, αποκαλύπτοντας πτυχές που, ενδεχομένως, δεν ήταν αρχικά εμφανείς.

Τέτοιες προσεγγίσεις θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού, επαυξάνοντας τις αντιληπτικές ικανότητες των αρχιτεκτόνων κατά τη διαδικασία του σκίτσαρίσματος και παρέχοντάς αφορμές για τον σχηματισμό νέων ιδεών. Ο Tim Fu με ιδιαίτερη αισιοδοξία δηλώνει: «Ήρθε η ώρα να αφήσετε τα μολύβια σας!». ¹²²

Βέβαια, μια πιο ισορροπημένη προσέγγιση θα ήταν ενδεχομένως χρησιμότερη. Οι αρχιτέκτονες, πιθανώς, θα ήταν πιο ευέλικτοι διατηρώντας τόσο το μολύβι όσο και την TN —καθώς και οποιοδήποτε άλλο μέσο συμβάλλει στην εξερεύνηση ιδεών, τον καθορισμό ενός σκεπτικού και την ανάπτυξη σχεδιαστικών προτάσεων. Έτσι, οι αρχιτέκτονες —έχοντας επίγνωση των δυνατοτήτων και των περιορισμών κάθε εργαλείου— θα έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν το καταλληλότερο από αυτά ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε σχεδιαστικού προβλήματος και τους στόχους που έχουν τεθεί. ¹²³

Το αποτέλεσμα της συνεργασίας του αρχιτέκτονα με τα μοντέλα Γενεσιουργού TN αποτελεί —τουλάχιστον προς το παρόν— ένα καλό σημείο εκκίνησης, το οποίο λειτουργεί ως εφαλτήριο για την ευρύτερη δημιουργική διαδικασία. Η χρήση δημιουργικών προτροπών με αυτό τον τρόπο δεν αποτελεί νέα τακτική στο πεδίο των τεχνών και του σχεδιασμού.

Ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, οι Brian Eno και Peter Schmidt δημιούργησαν το «*Oblique Strategies*» ένα σύνολο καρτών με προτροπές, που κανείς μπορούσε να τραβήξει στην τύχη ώστε να υπερβεί ένα δημιουργικό τέλμα. ¹²⁴ Παράλληλα, ο Edward de Bono ανέλυσε τον ρόλο της πρόκλησης στη δημιουργική διαδικασία, εισάγοντας τον όρο «ρο» για να περιγράψει ένα σκόπιμο διασπαστικό ερέθισμα που ενισχύει τη δημιουργική σκέψη. ¹²⁵

Η απώλεια ελέγχου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στα πρωταρχικά στάδια του σχεδιασμού, γιατί, όπως και σε μια παραγωγική συζήτηση ανταλλαγής ιδεών [brainstorming], το αποτέλεσμα δεν πρέπει να είναι προκαθορισμένο, αλλά ανοιχτό. Οι σκέψεις και τα ερεθίσματα που εισάγονται στη συζήτηση δημιουργούν ένα αφιltrάριστο πλαίσιο που πυροδοτεί τον σχηματισμό νέων ιδεών, τη σύνδεση των επιμέρους μελών και την ωρίμανση της συνολικής κατεύθυνσης. Για παράδειγμα, οι Coop Himmelb(l)au (CHBL) αξιοποιούν το δίκτυο *DeepHimmelb(l)au* ¹²⁶ μόνο ως σημείο εκκίνησης για την παραγωγή ιδεών. Από εκεί και έπειτα, έρχεται η σειρά των αρχιτεκτόνων να επιλέξουν, να προσαρμόσουν και να συνθέσουν το τελικό έργο.

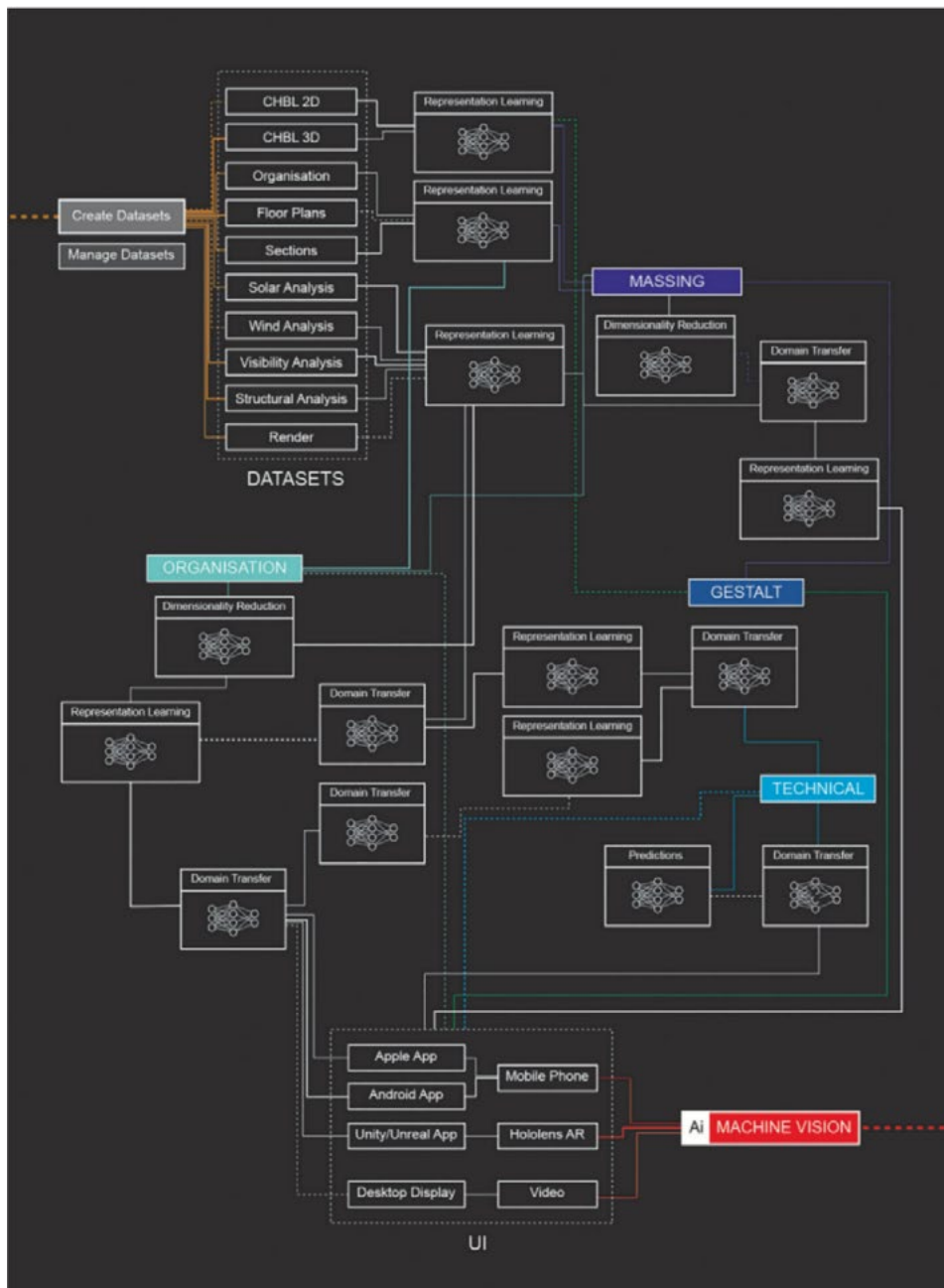
122 Studio Tim Fu, 'Time to Put down Your Pencils!'

123 Προϋπόθεση για να συμβεί αυτό, αποτελεί η πλήρης κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών του.

124 Eno Brian και Peter Schmidt, *Oblique Strategies* (Opal. Limited Edition, Boxed Set of Cards, 1975).

125 Edward De Bono, *The Mechanism of the Mind* (London: Cape, 1969).

126 Μοντέλο Νευρωνικών Δικτύων το οποίο αξιοποιεί το αποθετήριο αναλογικών και ψηφιακών αναπαραστάσεων του γραφείου —σκίτσα, μακέτες, φωτογραφίες, δισδιάστατα και τρισδιάστατα σχέδια, ψηφιακά μοντέλα, κατασκευαστικές λεπτομέρειες και φωτογραφίες από υλοποιημένα κτήρια. Campo και Leach, 16 βλ. και Gerald Zugmann, *Blue Universe: Transforming Models into Pictures – Architectural Projects by Coop Himmelb(l)au*, Hatje Cantz (Ostfildern-Ruit), 2002, 83.



Εικ.12: Διάγραμμα του δικτύου DeepHimmelb(l)au. Η δομή του βασίζεται σε αλληλεξαρτώμενους κόμβους, ο καθένας εκ των οποίων φέρει εις πέρας και μια συγκεκριμένη εργασία. Αυτή η δομή επιτρέπει την τροποποίηση του αποτελέσματος σε διαφορετικά στάδια από διαφορετικούς παράγοντες. Campo και Leach, 18.

Ο τίτλος της εργασίας πέρα από μια αναφορά στον τίτλο του βιβλίου του Philip K. Dick “Do Androids Dream of Electric Sheep?”¹²⁷ αποκαλύπτει εν μέρει και το ερευνητικό ερώτημα της εργασίας. Πώς μπορεί, δηλαδή, η ΤΝ να ενισχύσει την ανθρώπινη δημιουργικότητα στα αρχικά στάδια του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού και ειδικότερα στο στάδιο του σχηματισμού ιδεών;

Μπορούν όντως οι μηχανές να ονειρευτούν; Σύμφωνα με τον Leach «Αναμφισβήτητα, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι οι μηχανές μπορούν πλέον να ‘ονειρεύονται’». ¹²⁸ Ο Freud υποστηρίζει ότι τα όνειρα εξυπηρετούν πολλαπλές λειτουργίες, όπως η έκφραση των καταπιεσμένων συναισθημάτων ή η παροχή πρόσβασης στο ασυνείδητο, το οποίο είναι απρόσιτο κατά τη διάρκεια της συνειδητής σκέψης. ¹²⁹ Με άλλα λόγια, τα όνειρα δεν έχουν απαραίτητα κάποια σχέση με τη συνείδηση και μπορούν να εκδηλώνονται ηπιότερα και κατά τη διάρκεια δημιουργικών πράξεων όπως ο σχεδιασμός.

Στη βάση της Επαυξημένης Νοημοσύνης, η παραγωγή αποτελεσμάτων από την ΤΝ απαιτεί την ανθρώπινη εμπλοκή, και συνεπώς τη συνείδηση. Κάθε υπολογιστική διαδικασία, για την ακρίβεια, εξαρτάται από την ανθρώπινη παρέμβαση, μιας και ο υπολογιστής δεν λειτουργεί από μόνος του. Ο συνολικός έλεγχος παραμένει στο χρήστη, και παρά την αντικειμενικότητα των υπολογιστικών διεργασιών, το αποτέλεσμα πρέπει πάντοτε να εξυπηρετεί τον υποκειμενικό του στόχο. Όταν αυτός ο στόχος δεν επιτυγχάνεται, ο αλγόριθμος προσαρμόζεται. Ίσως, λοιπόν, η ερώτηση στον τίτλο της εργασίας μπορεί να μετατραπεί από Ονειρεύεται η ΤΝ αρχιτεκτονική στο Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ΤΝ για να Ονειρευτούμε Αρχιτεκτονική; Η ΤΝ δεν υφίσταται απομονωμένη, αλλά συμβιώνει και πλέκεται με την Ανθρώπινη Νοημοσύνη.

Ο Makoto Sei Watanabe προτείνει να αντιμετωπίσουμε τη δυνατότητα των μηχανών να «ονειρεύονται» όχι με όρους ανταγωνισμού μεταξύ ανθρώπων και μηχανών, αλλά με όρους σύνθεσης, όπου άνθρωποι και μηχανές αλληλοσυμπληρώνονται:

Θα φτάσει άραγε η μέρα που οι μηχανές θα μπορούν να ονειρευτούν; Η προετοιμασία για εκείνη την ημέρα θα περιλαμβάνει την εξερεύνηση του δίαυλου πιθανής συνεργασίας ανάμεσα στον [ανθρώπινο] εγκέφαλο και τις μηχανές...Κάτι παρόμοιο συμβαίνει με το αριστερό και το δεξί ημισφαίριο του εγκεφάλου μας, τα οποία αναλαμβάνουν διαφορετικές λειτουργίες και συνεργάζονται. ¹³⁰

Η συνεργασία με την ΤΝ μπορεί να βοηθήσει τους αρχιτέκτονες να «ονειρευτούν» ένα πολύ μεγαλύτερο φάσμα επιλογών από ό,τι θα επέτρεπαν οι δικές τους δυνατότητες. Για τον Michael Hansmeyer αυτό είναι το κρίσιμο βήμα: «Μέχρι τώρα, χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές για να αυξήσουμε

127 Philip K. Dick, *Do Androids Dream of Electric Sheep?*, 1. paperback ed., 3. [print.] (New York: Ballantine Books, 1997); Έγινε γνωστό μέσα από την ταινία. *Blade Runner*, Action, Drama, Sci-Fi (The Ladd Company, Shaw Brothers, Warner Bros., 1982).

128 Leach, *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*, 112.

129 Sigmund Freud, *The Interpretation of Dreams*, μετάφρ. Α. Α. (Abraham Arden) Brill (New York: The Macmillan Company, 1913), <https://www.gutenberg.org/ebooks/66048>.

130 Makoto Sei Watanabe, ‘Altect : Can AI Make Designs ? Architectural Intelligence/Artificial Intelligence’, *FORUM A+P Interdisciplinary Journal of Architecture and Built Environment*, τχ. 23 (1 Οκτωβρίου 2021): 47, <https://doi.org/10.37199/f40002304>.

την αποτελεσματικότητα και την ακρίβειά μας. Ας δούμε τον υπολογιστή ως τη μούσα μας, ως συνεργάτη στο σχεδιασμό και ως εργαλείο για να διευρύνουμε τη φαντασία μας». ¹³¹

Ο Leach διερωτάται: «Δεν είναι ένας από τους ρόλους της ΤΝ το να μας απαλλάξει από την αγγαρεία ορισμένων επαναλαμβανόμενων διεργασιών και να μας επιτρέψει να επεκτείνουμε τη δική μας 'ιδιαιτέρως-ανθρώπινη' φαντασία; Μήπως ο ρόλος της ΤΝ είναι να μας επιτρέψει να γίνουμε περισσότερο ανθρώπινοι;» ¹³²

131 'Michael Hansmeyer - Profile', ημερομηνία πρόσβασης 28 Ιανουαρίου 2024, <https://www.michael-hansmeyer.com/profile>.

132 Leach, *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*, 125.

Γ. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η αρχιτεκτονική διανύει μια περίοδο σημαντικών μετασχηματισμών, επηρεαζόμενη από τεχνολογικές εξελίξεις και κοινωνικές μετατοπίσεις. Οι αρχιτέκτονες καλούνται να επανεξετάσουν τον ρόλο τους, να ενσωματώσουν νέες τεχνολογίες και να προσαρμόσουν τις μεθόδους τους. Σε αυτό το μέρος, θα διερευνήσουμε τέσσερις πρακτικούς προβληματισμούς που ανακύπτουν από αυτές τις μεταβολές και θα αναλύσουμε πώς αυτές οι δυναμικές συμβάλλουν στον μετασχηματισμό της Αρχιτεκτονικής Πρακτικής.

ΠΡΑΚΤΙΚΟΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

i. *White/Grey/Black Box*

Η ΤΝ —και ειδικότερα η ΒΜ— σηματοδοτούν μια αλλαγή παραδείγματος στον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρούμε με τους υπολογισμούς. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική, τα οποία βασίζονται σε σαφώς ορισμένες εντολές και κανόνες, η ΤΝ είναι προγραμματισμένη ώστε να εντοπίζει και να «μαθαίνει» μέσα από παραδείγματα.¹³³ Αντί η τάξη να επιβάλλεται εξ αρχής, αναδύεται και μεταβάλλεται με τον χρόνο,¹³⁴ καθιστώντας την ΤΝ μη-προβλέψιμη. Αυτή η αδιαφανής φύση της ΤΝ δημιουργεί ερωτήματα ως προς την κατανόηση και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της.¹³⁵

Ίσως η ΜΜ δεν είναι ούτε ένα «λευκό κουτί» [white box] —δηλαδή, ένας πλήρως ελεγχόμενος αλγόριθμος— ούτε ένα «μαύρο κουτί» [black box] —δηλαδή, ένα αεροστεγές μοντέλο που δεν επιτρέπει κανέναν έλεγχο στον τελικό χρήστη. Στη ΜΜ, οι χρήστες διαπραγματεύονται διαρκώς ένα όριο μεταξύ της ερμηνευσιμότητας και της πολυπλοκότητας, προσπαθούν να διατηρήσουν ένα επαρκές επίπεδο διαφάνειας στα μοντέλα τους και να αξιοποιήσουν ταυτόχρονα τη δυναμική που προσφέρει η πολυπλοκότητα της δομής τους.¹³⁶

Ο Chaillou βασίζεται στην θεωρία του Andrew Witt για να παρομοιάσει τη διαδικασία της ΜΜ με ένα «γκρίζο κουτί» και να περιγράψει την ισορροπία που επιτυγχάνει η ΜΜ μεταξύ ελέγχου και μη-ελέγχου.¹³⁷ Οι χρήστες διατηρούν τον έλεγχο μόνο περιορισμένων ρυθμίσεων υψηλού επιπέδου, που ονομάζονται «υπερπαράμετροι» οι οποίες τους επιτρέπουν να καθοδηγούν τη γενική κατεύθυνση. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, καλούνται να βρουν μια ισορροπία ανάμεσα στο βαθμό ελέγχου που διαθέτουν και στο βαθμό αφαίρεσης που εναποθέτουν στα μοντέλα ΤΝ.

Το κατά πόσο, όμως, υφίσταται αυτή η ισορροπία, αποτελεί μια έντονη συζήτηση με ορισμένους ειδικούς —όπως ο Rodney Brooks¹³⁸— να υποστηρίζουν πως κάθε σύστημα, όσο περίπλοκο κι αν είναι, βασίζεται σε πολύ απλές σχέσεις μεταξύ των μερών του —αρκεί να κατανοήσουμε αυτές τις σχέσεις και το σύστημα είναι «white box»— και άλλους —όπως

133 Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 31.

134 Βλ. Ανοικτότητα. Mark C. Taylor, *The Moment of Complexity: Emerging Network Culture* (Chicago, IL: University of Chicago Press, 2003), 56–57, <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/M/bo3615087.html>.

135 Greenfield, *Radical technologies*, 190.

136 Chaillou, *Artificial Intelligence and Architecture*, 67.

137 Chaillou, 67.

138 Rodney A. Brooks, 'Intelligence without Representation', *Artificial Intelligence* 47, τχ. 1–3 (Ιανουαρίου 1991): 146–47, [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(91\)90053-M](https://doi.org/10.1016/0004-3702(91)90053-M).

ο Adam Greenfield¹³⁹ και ο Robert Richbourg¹⁴⁰ — να υποστηρίζουν πως αυτά τα συστήματα παρέχουν αποτελέσματα με μεγάλη βεβαιότητα, δίχως να εξηγούν πώς κατέληξαν σε αυτά — αυτή η έλλειψη διαφάνειας δημιουργεί ζητήματα εμπιστοσύνης και καθιστά την TN «black box». Το αν ένα σύστημα είναι white, grey ή black box βασίζεται στη δυνατότητά μας να το κατανοήσουμε. Με την εξέλιξη της κατανόησής μας για την TN μπορεί, σταδιακά, κάποια μοντέλα που μοιάζουν πολύπλοκα και αδιαφανή να γίνουν ξεκάθαρα.

Σύμφωνα με τον Rutten, η μεγαλύτερη πρόκληση που παρουσιάζεται με τη χρήση των αλγορίθμων στην αρχιτεκτονική αφορά την κατανομή και την ανάληψη της ευθύνης.

Μπορεί ο αρχιτέκτονας να θεωρηθεί υπεύθυνος όταν ένας αλγόριθμος κλειστού κώδικα που έχει γραφτεί από κάποιον τρίτο είναι ελαττωματικός; Τι γίνεται αν ο αλγόριθμος είναι ανοικτού κώδικα, αλλά ο αρχιτέκτονας δεν μπαίνει στον κόπο —ή δεν γνωρίζει πώς— να τον αξιολογήσει;¹⁴¹

Σε κάθε στάδιο της σχεδιαστικής διαδικασίας, οι ανθρώπινες αποφάσεις μπορούν να αποκρίνονται πίσω από τη φαινομενικά ουδέτερη λειτουργία του αλγορίθμου.¹⁴²

ii. Προκατάληψη

Παρότι η αυτοματοποίηση μπορεί να κρίνεται καλοδεχούμενη —λόγω του ορθολογισμού και της ουδετερότητας που φαίνεται να έχει— στην πραγματικότητα η υιοθέτηση μιας τεχνολογίας δεν συνεπάγεται και την εύκολη εξάλειψη βαθιά ριζωμένων προκαταλήψεων. Παρά τις τεχνοκρατικές διακηρύξεις, δεν γίνεται να «αποδράσουμε από την πολιτική» και να επαναπαυτούμε στη διακυβέρνηση με μαθηματικούς όρους. Όσο κι αν προσπαθούμε να αντικειμενοποιήσουμε τα δεδομένα μέσω της αφαίρεσης, αυτό που μας μένει δεν είναι παρά «μια εικόνα του εαυτού μας, ένα διάγραμμα όλων των τρόπων με τους οποίους έχουμε επιλέξει να κατανείμουμε την εξουσία και ένας χάρτης των συνεπειών».¹⁴³

Ο όρος Προκατάληψη [Bias] στην TN αναφέρεται στην αδυναμία ενός αλγορίθμου να μάθει με ακρίβεια τα βασικά χαρακτηριστικά των προς αναγνώριση αντικειμένων. Παρά το γεγονός ότι εμφανίζεται σίγουρος για τις απαντήσεις του, ένας τέτοιος «προκατελημμένος» αλγόριθμος μπορεί να χαρακτηρίσει λανθασμένα μια οποιαδήποτε εικόνα ως σπίτι, καρέκλα ή φάλαινα. Αυτή η τάση, παρατηρήθηκε στο βραχύβιο λογισμικό Deep Dream της Google, το οποίο παρήγαγε σουρεαλιστικές εικόνες αναγνωρίζοντας διαρκώς σκύλους σε κάθε εικόνα που επεξεργάζονταν, με το αποτέλεσμα να μεγενθύνονταν όταν η ίδια εικόνα τροφοδοτούνταν επανειλημμένα στον αλγόριθμο.¹⁴⁴ Όπως θα έλεγε και ο Abraham Maslow «Αν έχεις μόνο ένα σφυρί, τότε τείνεις να βλέπεις όλα τα προβλήματα σαν καρφιά».¹⁴⁵

139 Ο Greenfield ονοματίζει αυτή την κατάσταση ως Θολή Νοημοσύνη [Opaque Intelligence]. «Ίσως το χειρότερο... είναι ο φόβος ότι υπάρχει μια λογική πίσω από τέτοιες αποφάσεις, αλλά ότι αυτή βρίσκεται σε ένα επίπεδο πολυπλοκότητας απρόσιτο στον ανθρώπινο νου». Greenfield, *Radical technologies*, 228.

140 Richbourg, "It's Either a Panda or a Gibbon".

141 Rutten, 'Chapter 6'.

142 Greenfield, *Radical technologies*, 211.

143 Greenfield, 214.

144 Greenfield, 199.

145 Abraham Harold Maslow, *The Psychology of Science: A Reconnaissance* (Harper & Row,



Εικ. 11: (επάνω) Εικόνα μεδουσών. © Martin Thoma, Aurelia Aurita
(κάτω) Η ίδια εικόνα μετά από πενήντα ανατροφοδοτήσεις στο DeepDream της Google.
'google/deepdream' (2015; repr., Google, 31 Ιανουαρίου 2025), <https://github.com/google/deepdream>.

iii. Πνευματική Ιδιοκτησία

Αρκετοί μελετητές εκφράζουν ανησυχία για την παραβίαση των Πνευματικών Δικαιωμάτων [Copyright Claims] μέσα από τη χρήση των μοντέλων ΤΝ.^{146,147,148} Αναλύοντας τους όρους χρήσης των μεγαλύτερων εταιρειών ΤΝ, ο Nate καταλήγει πως οι πλατφόρμες μεταφέρουν την αποκλειστική ευθύνη για τη χρήση των μοντέλων τους στον τελικό χρήστη. Αυτό σημαίνει πως: αφενός, δεν λαμβάνουν ευθύνη για τα πνευματικά δικαιώματα των δεδομένων που χρησιμοποίησαν για να εκπαιδεύσουν τα μοντέλα¹⁴⁹ και αφετέρου δεν μεταφέρουν κανένα πνευματικό δικαίωμα στον χρήστη για τα πολυμέσα που παρήγαγε —κείμενο, φωτογραφία, μουσική, βίντεο κλπ.¹⁵⁰

Η θέσπιση σαφώς ορισμένων ρυθμιστικών πλαισίων που να διέπουν τη χρήση της ΤΝ στην αρχιτεκτονική θα βοηθούσε, πιθανώς, στην μείωση των ανησυχιών για ενδεχόμενη κατάχρηση των πνευματικών δικαιωμάτων.¹⁵¹ Ωστόσο, η υπεύθυνη χρήση της ΤΝ —όπως και κάθε εργαλείου— ξεκινάει από τον χρήστη. Ο Nate προτείνει στους επαγγελματίες να διεκδικούν διαφάνεια από τις πλατφόρμες ΤΝ, ως προς τον τρόπο συλλογής και αξιοποίησης των δεδομένων εκπαίδευσης. Ιδανικά, οι χρήστες που θέλουν να αξιοποιήσουν την ΤΝ για εμπορικούς σκοπούς, θα ήταν καλό να επιμελούνται τα δικά τους δεδομένα εκπαίδευσης με βάση τις ανάγκες και τα πρότυπά τους. Για παράδειγμα, οι αρχιτέκτονες μπορούν να φιλοξενήσουν μια ιδιωτική έκδοχή του Stable Diffusion —πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα— και να επιμεληθούν τα δικά τους μοντέλα στη βάση δικών τους έργων και υλικού από τις ανοιχτές βιβλιοθήκες creative commons.¹⁵²

iv. Γενεσιουργός ΤΝ και το απόγειο του Αισθητισμού

Μέσα από τη Γενεσιουργό ΤΝ και το AI Generated Content (AIGC), μπορεί κανείς να παράγει εικόνες σε δευτερόλεπτα, ακόμα και αν πίσω από αυτές δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη σκέψη. Η ΤΝ σηματοδοτεί το απόγειο του αισθητισμού, καθώς ο βομβαρδισμός οπτικών ερεθισμάτων γιγαντώνεται και η όραση κυριαρχεί ανάμεσα στις αισθήσεις.¹⁵³ Ωστόσο, η ευκολία με την

1966), 16.

146 Matthew Butterick, 'Stable Diffusion litigation · Joseph Saveri Law Firm & Matthew Butterick', ημερομηνία πρόσβασης 4 Μάιος 2023, <https://stablediffusionlitigation.com/>.

147 Katie Robertson, '8 Daily Newspapers Sue OpenAI and Microsoft Over A.I.', *The New York Times*, 30 Απριλίου 2024, τμ. Business, <https://www.nytimes.com/2024/04/30/business/media/newspapers-sued-microsoft-openai.html>.

148 Michael M. Grynbaum και Ryan Mac, 'The Times Sues OpenAI and Microsoft Over A.I. Use of Copyrighted Work', *The New York Times*, 27 Δεκεμβρίου 2023, τμ. Business, <https://www.nytimes.com/2023/12/27/business/media/new-york-times-open-ai-microsoft-lawsuit.html>.

149 Λόγω των τεράστιων όγκων δεδομένων που απαιτούνται για την εκπαίδευση των μοντέλων ΤΝ, οι περισσότερες εταιρείες χρησιμοποιούν αλγόριθμους Εξαγωγής Δεδομένων [Data Scraping] οι οποίοι σαρώνουν το διαδίκτυο —μεταβαίνοντας από τη μια ιστοσελίδα στην επόμενη [Crawling]— και αντιγράφουν όλο το υλικό στο οποίο έχουν πρόσβαση. Πολλά από αυτά τα δεδομένα ανήκουν σε διαφορετικούς ανθρώπους ή εταιρείες, οι οποίοι δεν έδωσαν ποτέ την συγκατάθεσή τους για την χρήση των δεδομένων που παρήγαγαν. Nate, 'A Splash of Cold Water - Considering AI, Terms of Service, Training Data, and Copyright', PROVING GROUND, 10 Ιανουαρίου 2023, <https://provingground.io/2023/01/10/a-splash-of-cold-water-considering-ai-terms-of-service-training-data-and-copyright/>.

150 Nate.

151 Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 29.

152 Nate, 'A Splash of Cold Water - Considering AI, Terms of Service, Training Data, and Copyright'.

153 Jean Baudrillard, *Simulacra and Simulation*, The Body, in Theory (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1994).

οποία παράγεται, πλέον, οπτικό υλικό, ενδέχεται να σημάνει και το τέλος της αρχιτεκτονικής ως αισθητικό αντικείμενο. Ίσως, ήρθε η ώρα να στρέψουμε την προσοχή μας στην ουσία πίσω από αυτές τις εικόνες και να αφήσουμε τον Γενεσιουργό ΤΝ και το απόγειο του Αισθητισμού

Μέσα από τη Γενεσιουργό ΤΝ και το AI Generated Content (AIGC), μπορεί κανείς να παράγει εικόνες σε δευτερόλεπτα, ακόμα και αν πίσω από αυτές δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη σκέψη. Η ΤΝ σηματοδοτεί το απόγειο του αισθητισμού, καθώς ο βομβαρδισμός οπτικών ερεθισμάτων γιγαντώνεται και η όραση κυριαρχεί ανάμεσα στις αισθήσεις.¹⁵⁴ Ωστόσο, η ευκολία με την οποία παράγεται, πλέον, οπτικό υλικό, ενδέχεται να σημάνει και το τέλος της αρχιτεκτονικής ως αισθητικό αντικείμενο. Ίσως, ήρθε η ώρα να στρέψουμε την προσοχή μας στην ουσία πίσω από αυτές τις εικόνες και να αφήσουμε τον αγώνα για τον οπτικό εντυπωσιασμό σε δεύτερη μοίρα.

Όσο εντυπωσιακές κι αν είναι οι εικόνες που παράγουν τα μοντέλα ΤΝ, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι πολλές φορές στερούνται δομικής συνέπειας, αρχιτεκτονικής λογικής και κατανόησης της λειτουργικότητας του χώρου. Το αποτέλεσμα είναι μια αισθητική που βασίζεται στην απολυτότητα της εικόνας, θέτοντας κρίσιμα ερωτήματα για το αν αυτές οι αναπαραστάσεις έχουν ουσιαστική αξία πέρα από την επιφάνειά τους.

Το πρόβλημα με το AIGC δεν είναι μόνο η μαζική του παραγωγή, αλλά και η απουσία ενός σαφούς σκεπτικού πίσω από αυτό. Πολύ συχνά, τα αποτελέσματα που παράγονται φαίνονται «ωραία», αλλά αγνοούν την υλικότητα, την κλίμακα και τους νόμους της φυσικής. Έτσι, η ΤΝ μάς φέρνει στο ζενίθ του Μεταμοντερνισμού, δηλαδή της πολιτισμικής κατάστασης όπου τα media παράγονται με τόσο ραγδαίους ρυθμούς, που ξεπερνούν τα όρια της πραγματικότητας και η Υπερ-πραγματικότητα επικρατεί.¹⁵⁵

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ

Οι τεχνολογικές εξελίξεις επιφέρουν σημαντικές μεταβολές τόσο σε κοινωνικό όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο.¹⁵⁶ Η αρχιτεκτονική —όπως και τα υπόλοιπα επαγγέλματα— εξελίσσεται διαρκώς, οδηγώντας στην ανάδυση νέων ειδικοτήτων και νέων προκλήσεων. Το παρόν Κεφάλαιο εξετάζει, αρχικά, τη διστακτικότητα απέναντι στη χρήση της ΤΝ στην αρχιτεκτονική και εστιάζει, στη συνέχεια, στο πώς οι αρχιτέκτονες μπορούν να λάβουν ενεργό ρόλο, συμβάλλοντας και συν-διαμορφώνοντας τον τρόπο με τον οποίο θα εισαχθεί η ΤΝ.

Η εισαγωγή της ΤΝ στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό έχει τη δυναμική να ανακινήσει παγιωμένες προσεγγίσεις, παρέχοντας στους αρχιτέκτονες προηγμένα εργαλεία που ενισχύουν την αποδοτικότητα και τη δημιουργικότητά τους.¹⁵⁷ Παρόλα αυτά, παρατηρείται έντονη διστακτικότητα μεταξύ των αρχιτεκτόνων σχετικά με την αξιοποίηση και την ενσωμάτωση της ΤΝ στον σχεδιασμό. Αυτή, αποτυπώνεται στην έκθεση της RIBA, όπου το 58% των αρχιτεκτόνων στο Ηνωμένο Βασίλειο εκφράζει ανησυχία για την

154 Jean Baudrillard, *Simulacra and Simulation*, The Body, in Theory (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1994).

155 Baudrillard.

156 Susskind, 8-9.

157 Steinfeld, 8.

ικανότητα της TN να μιμείται τις αρχιτεκτονικές αναπαραστάσεις στο βαθμό που να επιτυγχάνει στα Turing Tests και το 36% αντιλαμβάνεται την TN ως πιθανή απειλή για το μέλλον του επαγγέλματος.¹⁵⁸

Η επιφυλακτικότητα αυτή πηγάζει, πιθανώς, από αβεβαιότητες σχετικά με την αναδιαμόρφωση των υφιστάμενων επαγγελματικών ρόλων, την πιθανή μείωση των θέσεων εργασίας, καθώς και την αξιοπιστία των αποφάσεων που βασίζονται σε λογισμικά TN.

Μια πρώιμη έρευνα από την Οξφόρδη, δηλώνει πως οι σχεδιαστές δεν κινδυνεύουν να αντικατασταθούν από την TN.¹⁵⁹ Σύμφωνα με τον Leach, αυτή η έρευνα δεν παρουσιάζει ένα πραγματικό σενάριο, γιατί υποθέτει την απευθείας αντικατάσταση ενός αρχιτέκτονα από μια μηχανή. Στην πραγματικότητα, όμως, είναι πιο πιθανή η λειτουργία της TN ως προσθετικό εργαλείο, που επεκτείνει και επαυξάνει τις ικανότητες του κάθε αρχιτέκτονα. Στην περίπτωση αυτή, τρεις αρχιτέκτονες με την βοήθεια της TN θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν πέντε αρχιτέκτονες που δεν τη χρησιμοποιούν.¹⁶⁰

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, κρίνεται απαραίτητη η αποφυγή άκριτα τεchnοφοβικών ή τεchnοφιλικών προσεγγίσεων. Διατηρώντας την εγρήγορση και την κριτική τους ικανότητα, οι αρχιτέκτονες μπορούν να αντιμετωπίσουν το μέλλον δίχως φόβο, αναγνωρίζοντας τις νέες δυνατότητες που τους προσφέρει η TN και αναζητώντας μεθόδους υπεύθυνης ενσωμάτωσής της στον σχεδιασμό.¹⁶¹

Άλλωστε, η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών στην αρχιτεκτονική δεν αποτελεί πρόσφατο φαινόμενο, αλλά ένα κομμάτι της διαχρονικής της εξέλιξης. Τις τελευταίες δεκαετίες, η εισαγωγή ψηφιακών εργαλείων έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην Αρχιτεκτονική Πρακτική. Τα αρχιτεκτονικά σχεδιαστικά μέσα έχουν διευρυνθεί, από το σκίτσο και το σχεδιαστήριο, στη δημιουργία λεπτομερών σχεδίων μέσω λογισμικών CAD και στη διευρυμένη εξ αποστάσεως συνεργασία μεταξύ μηχανικών μέσω προγραμμάτων BIM.

Σε αντίθεση με αυτά τα υπολογιστικά εργαλεία, η TN δεν περιορίζεται σε διαδικασίες αυτοματοποίησης, αλλά παρέχει στους αρχιτέκτονες τη δυνατότητα να πειραματιστούν και να σχηματίσουν ιδέες.¹⁶² Η ικανότητα της TN να αναλύει τεράστιους όγκους δεδομένων, να αυτοματοποιεί επαναλαμβανόμενες διεργασίες και να επαυξάνει τις ανθρώπινες δυνατότητες δεν ενισχύει μόνο την παραγωγικότητα των αρχιτεκτόνων. Τους προσφέρει, επίσης, περισσότερο χρόνο για να επικεντρωθούν σε δημιουργικές διαδικασίες και τους επιτρέπει να εξετάσουν την ευρύτερη κατεύθυνση του σχεδιασμού και τις επιπτώσεις του στο δομημένο περιβάλλον.¹⁶³

Ωστόσο, η σχέση μεταξύ Αρχιτεκτονικής Πρακτικής και TN δεν μπορεί να εξεταστεί χωρίς την ευρύτερη κατανόηση των συνθηκών που διαμορφώνουν το επάγγελμα σήμερα. Η έκθεση της RIBA για το 2011 αποκάλυπτε πως η αρχιτεκτονική ως επάγγελμα, βρισκόταν ήδη σε κρίση. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, από το 2008 μέχρι το 2011 είχε μειωθεί κατά

158 Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 27.

159 Carl Benedikt Frey και Michael A. Osborne, 'The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?', *Technological Forecasting and Social Change* 114 (1 Ιανουαρίου 2017): 254–80, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>.

160 Leach, 'AI Is Putting Our Jobs as Architects Unquestionably at Risk'.

161 Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 3.

162 Fagan, 7.

163 Fagan, 7.

40% η ζήτηση για υπηρεσίες αρχιτεκτόνων. Ενώ πάνω από το 50% της κατασκευαστικής αξίας που παράγουν οι αρχιτέκτονες προέρχεται από αναθέσεις εργολάβων.¹⁶⁴ Οι αρχιτέκτονες διεκπεραιώνουν έναν πιο τυπικό ρόλο και μετατρέπονται συνήθως σ' ένα εργαλείο στα χέρια του εργολάβου. Στην Ελλάδα, αντίστοιχα, ένα σημαντικό μέρος των αρχιτεκτόνων ασχολείται —μεταξύ άλλων— με νομιμοποιήσεις αυθαιρέτων, ηλεκτρονικές ταυτότητες κτηρίων, εξοικονομώ κατ' οίκον. Οι εργασίες αυτές, οι οποίες βασίζονται στην ερμηνεία, κατανόηση και εφαρμογή ενός δαιδαλώδους νομοθετικού πλαισίου, θα μπορούσαν κάλλιστα να υποστηριχθούν από ένα Σχεδιαστικό Εργαλείο ΤΝ, το οποίο θα ήλεγχε σε ζωντανό χρόνο αν το κτήριο ακολουθεί τους κανονισμούς ή όχι.¹⁶⁵

Για να αξιοποιηθούν εις βάθος οι δυνατότητες της ΤΝ, όμως, απαιτείται ένας ουσιαστικός μετασχηματισμός.¹⁶⁶ Όπως επισημαίνει ο Kyle Steinfeld, «αυτή η στιγμή δεν είναι εκείνη που η δημιουργικότητα των ανθρώπων αντικαθίσταται από έναν υπολογιστή, αλλά αποτελεί μια ευκαιρία για να επανεξετάσουμε εξ αρχής τι σημαίνει να είναι κανείς δημιουργικός».¹⁶⁷ Ο μετασχηματισμός δεν θα επιτευχθεί απλώς με τη βελτιστοποίηση παγιωμένων μεθοδολογιών ή την ενίσχυση υπαρχόντων λογισμικών αλλά με την αλλαγή του τρόπου σκέψης και τη μετεξέλιξη της ίδιας της σχεδιαστικής διαδικασίας.¹⁶⁸

Παραδείγματος χάριν, με την αξιοποίηση των Ψηφιακών Διδύμων [Digital Twins] και την ενσωμάτωση των ικανοτήτων της ΤΝ, οι αρχιτέκτονες μπορούν να προσομοιώσουν σε πραγματικό χρόνο πληθώρα δυναμικών σεναρίων μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον. Αυτή η δυνατότητα πειραματισμού σε ένα ασφαλές περιβάλλον επιτρέπει στους αρχιτέκτονες να διερευνούν και να συγκρίνουν εναλλακτικές προτάσεις, με χαμηλό κόστος και δίχως τους περιορισμούς και τους κινδύνους του φυσικού κόσμου. Η ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας στη σχεδιαστική διαδικασία, μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του δομημένου περιβάλλοντος.¹⁶⁹

Επιπλέον, με την ενσωμάτωση δεδομένων, αυτοματισμών και ΤΝ στις υπάρχουσες ροές εργασιών [workflows], καθώς και με την αξιοποίηση των σχεδιαστικών εργαλείων που χρησιμοποιούν σήμερα οι αρχιτέκτονες, θα δημιουργηθεί μια πιο συνεκτική προσέγγιση, επικεντρωμένη στην ουσία της αρχιτεκτονικής.¹⁷⁰ Οι αρχιτέκτονες, θα ήταν καλό, να μην αντιμετωπίζουν την ΤΝ μόνο ως μέσο επίλυσης γενικευμένων προβλημάτων, αλλά να αποκτήσουν άμεση εμπλοκή στην επιμέλεια βάσεων δεδομένων και στην εκπαίδευση εξατομικευμένων μοντέλων ΜΜ.¹⁷¹

Σύμφωνα με τον Deutsch, οι Superusers αντιλαμβάνονται ότι πολλές από τις διαδικασίες της αρχιτεκτονικής μπορούν και οφείλουν να αυτοματοποιηθούν, παρόλο που το επάγγελμα βασίζεται σε μια «παράδοση»¹⁷² αιώνων, η οποία αντιμετωπίζει τον σχεδιασμό ως μια

164 Claire Jamieson κ.ά., 'The future for Architects?', *RIBA - Building Futures*, 1 Ιανουαρίου 2011.

165 Li κ.ά., 'Generative AI Models for Different Steps in Architectural Design', 19.

166 Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 10.

167 Steinfeld, 3-4.

168 Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 10.

169 Fagan, 8.

170 Fagan, 7.

171 Fagan, 33.

172 Η Νόρα Σκουτέρη-Διδασκάλου, διαχωρίζει τους όρους παράδοση χωρίς εισαγωγικά —ως την ενεργητική διαδικασία της κυριολεκτικής παράδοσης από τη μια γενιά στην άλλη— και «παράδοση» με εισαγωγικά —ως το περιεχόμενο που έχει παραδοθεί και θα παραδοθεί (είτε φιλτραρισμένο, είτε

αποκλειστικά ανθρώπινη διαδικασία.¹⁷³ Ωστόσο, αυτή η «παράδοση» δεν μεταφέρεται ποτέ αυτούσια από γενιά σε γενιά. Το περιεχόμενο που παραδίδεται —από τη μια γενιά αρχιτεκτόνων στην επόμενη— επαναξιολογείται, φιλτράρεται και εμπλουτίζεται με νέες αξίες. Αντίστοιχα και σήμερα, οι αρχιτέκτονες καλούνται να διερωτηθούν, ποιες είναι οι αξίες που θα ήθελαν να διατηρήσουν και ποιες επιθυμούν να εισάγουν σε αυτό το νέο τεχνολογικό περιβάλλον.

εμπλουτισμένο) από τη μια γενιά στην άλλη. Ο τίτλος του κειμένου της *Η παράδοση της «παράδοσης»* αποδίδει άμεσα αυτή τη σχέση ενεργητικής διαδικασίας και περιεχομένου. Όπου «παράδοση» (δηλαδή περιεχόμενο) είναι ένα «υπερ-ιστορικό» και εν τέλει «ανιστορικό» σύστημα αξιών —δεν λαμβάνει υπόψη της το ιστορικό περιεχόμενο και τις ιστορικές ασυνέχειες (παρότι καθορίζεται από αυτά)— και είναι ευπροσάρμοστη «αρκεί να έχεις τη δύναμη να το επιβάλλεις ώστε να γίνει κοινωνικά αποδεκτό». Νόρα Σκουτέρη-Διδασκάλου, 'Η παράδοση της 'παράδοσης' από τον καθημερινό στον επιστημονικό λόγο', στο *Αρχιτεκτονική & Παράδοση*, Χώρος και Κοινωνία (Θεσσαλονίκη: Ατλαντίδα, 1982), 17–44.

173 Deutsch, *Superusers*, xi.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαίωση

Η παρούσα εργασία συγκροτήθηκε με βάση τη διαπίστωση πως η ΤΝ επαναπροσδιορίζει τη διαδικασία του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού και μετασχηματίζει το μέλλον της Αρχιτεκτονικής Πρακτικής. Η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος σε συνδυασμό με την εξέλιξη των συστημάτων ΒΜ οδηγεί στην ανάπτυξη εργαλείων που επεκτείνουν τις δυνατότητες ανάλυσης, βελτιστοποίησης και οπτικοποίησης στον σχεδιασμό. Στο πλαίσιο αυτής της συζήτησης, τέθηκαν οι ακόλουθοι στόχοι:

1. Διερεύνηση της σχέσης της ΤΝ με την Ανθρώπινη Νοημοσύνη και την αρχιτεκτονική.
2. Εντοπισμός πρακτικών προβληματισμών σχετικά με τη χρήση της ΤΝ στον Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό.
3. Εξέταση των επιπτώσεων που αναμένεται να φέρει η χρήση της ΤΝ στην Αρχιτεκτονική Πρακτική.

Στον πυρήνα αυτής της μελέτης, βρίσκεται το ερευνητικό ερώτημα: Πώς μπορεί η ΤΝ να ενισχύσει την ανθρώπινη δημιουργικότητα στα αρχικά στάδια του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού;

Για να απαντηθεί αυτό το ερευνητικό ερώτημα, αρχικά εξετάστηκε η εξέλιξη των Εργαλείων Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού, όπου διαπιστώθηκε ότι η ΤΝ διαφέρει από τα υπόλοιπα υπολογιστικά εργαλεία, καθώς, δεν περιορίζεται σε εργασίες βελτιστοποίησης, αλλά μπορεί να συνεισφέρει και στον σχηματισμό ιδεών. Στη συνέχεια, αναλύθηκαν τα στάδια του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού με έμφαση στη διερευνητική φύση των αρχικών από αυτά. Έχοντας αυτή την αφετηρία, η ΤΝ μελετήθηκε από δύο οπτικές:

- Αφενός, ως Αντιληπτικό Εργαλείο, το οποίο αναλύει μεγάλες βάσεις δεδομένων, εντοπίζει μοτίβα και αναδύει πτυχές και προσεγγίσεις των αρχιτεκτονικών προβλημάτων που, πιθανώς, δεν ήταν ορατές μέχρι τότε.
- Αφετέρου, ως Συνεργατικός Παράγοντας, δηλαδή, ως «Προβοκάτορας» ιδεών, προκαλώντας τη διαίσθηση την εξερεύνηση και τον πειραματισμό.

Εκπληρώνοντας αυτούς τους δύο ρόλους, η ΤΝ μπορεί να ενισχύσει τη δημιουργικότητα των σχεδιαστών και να επαυξήσει τη δυνατότητά τους να σχηματίσουν ιδέες.

Παρόλα αυτά, η ενσωμάτωση της ΤΝ στην Αρχιτεκτονική Πρακτική συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις. Ζητήματα όπως η ευθύνη στη λήψη αποφάσεων, η αδιαφάνεια των μοντέλων ΜΜ, η διαχείριση της προκατάληψης και των πνευματικών δικαιωμάτων, καθιστούν απαραίτητο τον ενεργό ρόλο των αρχιτεκτόνων. Ο έλεγχος και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που παράγει η ΤΝ είναι αποφασιστικής σημασίας, ώστε αυτά να λειτουργούν περισσότερο ως αφορμές για τον σχεδιασμό παρά ως τελικές απαντήσεις.

Όπως αναφέρει και ο Ian Keough ιδρυτής του Dynamo «Αρχιτεκτονική, δεν είναι αυτό που απομένει όταν τα πάντα αυτοματοποιηθούν».¹⁷⁴ Δεν πρέπει να περιορίσουμε τη σκέψη μας στο πώς θα «προσαρμοστούμε» και πώς θα «επιβιώσουμε», αλλά, οφείλουμε να διαμορφώσουμε ένα όραμα για το πώς μπορούμε να αξιοποιήσουμε αυτή την τεχνολογία και ένα σχέδιο για την υλοποίησή του.¹⁷⁵

¹⁷⁴ Deutsch, 190.

¹⁷⁵ Deutsch, 188.

Περιορισμοί και Μελλοντική Έρευνα

Παρά τη συνεισφορά της, η παρούσα εργασία έχει ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι θα ήταν καλό να λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των ευρημάτων. Η παρούσα έρευνα βασίζεται στην υφιστάμενη βιβλιογραφία ενός ραγδαία αναπτυσσόμενου κλάδου, είναι πιθανό, λοιπόν, ορισμένες πληροφορίες να χρειάζονται επικαιροποίηση καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται.

Η μελλοντική έρευνα, θα μπορούσε να επικεντρωθεί σε προσεγγίσεις ΤΝ που διατρέχουν τα στάδια του Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού. Ολοκληρωμένες ροές εργασιών, πολυτροπικά Σχεδιαστικά Εργαλεία και σύγχρονες Σχεδιαστικές Μεθοδολογίες — όπως ο *Σημειολογισμός* [Semanticism]¹⁷⁶— θα μπορούσαν να διερευνηθούν περαιτέρω.

Προοπτικές

Μέσα από την παρούσα μελέτη αναδύονται σημαντικά ερωτήματα σχετικά με το επαγγελματικό μέλλον των αρχιτεκτόνων. Επέλεξα αυτό το θέμα, καθώς θεωρώ ότι τα επόμενα χρόνια θα κληθούμε να επαναπροσδιορίσουμε τον ρόλο μας, προκειμένου να προσαρμοστούμε, να εξελιχθούμε και να διαπρέψουμε σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο εργασιακό περιβάλλον. Όσο οι αρχιτέκτονες παραμένουμε παθητικοί παρατηρητές των εξελίξεων, άλλο τόσο θα χάνουμε τη δυνατότητα να συνεισφέρουμε σε αυτές και να τις συνδιαμορφώνουμε.

Η πρόκληση, επομένως, δεν έγκειται στην αντίσταση απέναντι στην εξέλιξη της τεχνολογίας, αλλά στη δημιουργία ενός πλαισίου που θα ενισχύει τη δημιουργική σκέψη, θα σέβεται τις αρχές της αρχιτεκτονικής και θα συμβάλει ουσιαστικά στη διαμόρφωση του δομημένου περιβάλλοντος. Οφείλουμε να κατανοήσουμε τις τεχνολογικές εξελίξεις και να τις αξιοποιήσουμε ώστε να συσχετιστούμε εκ νέου με την εποχή στην οποία ζούμε. «Ίσως αυτό που καλούμαστε να σχεδιάσουμε τώρα δεν είναι κτήρια, αλλά το μέλλον μας ως αρχιτέκτονες».¹⁷⁷

176 Ο Chaillou βασίζεται στη Σημειολογία [Semantics] καθώς και στην πολυτροπικότητα [multimodality] και την πολυσημία [polysemi] της ΤΝ, για να οραματιστεί μια αρχιτεκτονική που αξιοποιεί τις τεχνολογίες αιχμής όχι για να επιβάλει παγκόσμια στυλ, αλλά για να δημιουργήσει μορφές βαθιά συνδεδεμένες με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ενός τόπου, αναδεικνύοντας έτσι την ποικιλομορφία και τη μοναδικότητα του δομημένου περιβάλλοντος. Chaillou, *Artificial Intelligence and Architecture*, 194–97.

177 Leach, *Alien Intelligence FIU Lecture*.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΓΛΩΣΣΑΡΙ

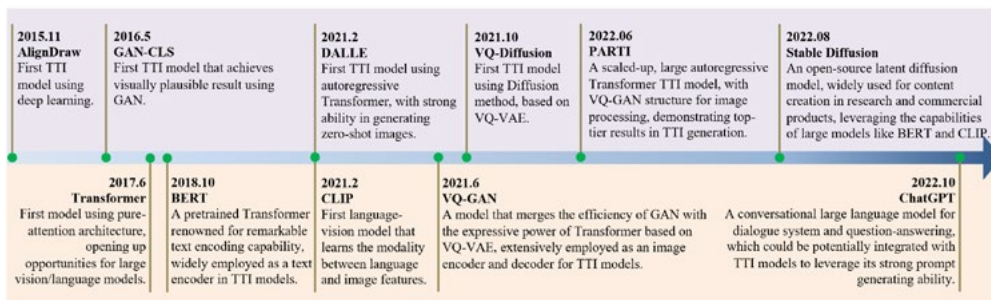
Ανοικτότητα Openness	63
Βαθιά Μάθηση (BM) Deep Learning (DL)	63
Γενεσιουργός Τεχνητή Νοημοσύνη Generative AI	63
VAEs	64
Transformer Models (GPT, Alpaca & LLaMA)	64
Generative Adversarial Networks (GANs)	65
Diffusion Models (Dall.E, Midjourney & Stable Diffusion)	66
VAEs Vs GANs Vs Transformers Vs Diffusion Models	66
Δεδομένα Data	67
Εξειδικευμένα Συστήματα Expert Systems	67
Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (ΕΦΓ)	
Natural Language Processing (NLP)	68
Λανθάνων Χώρος Latent Space	68
Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα	
Large Language Models (LLMs)	69
Μηχανική Μάθηση (MM) Machine Learning (ML)	70
Μηχανική Όραση Computer Vision	70
Νευρωνικά Δίκτυα Neural Networks	71
Συστήματα Εκμάθησης Learning Systems	71
Τεχνητή Νοημοσύνη (TN)	
Artificial Intelligence (AI)	71
Τρόποι εκπαίδευσης αλγορίθμων MM	
Supervised, Unsupervised και Reinforced Learning	74
Υπερπροσαρμογή Overfitting	74
Χειμώνας TN AI Winter	74
Ψηφιακό Δίδυμο Digital Twin	74

ΑΝΟΙΚΤΟΤΗΤΑ | OPENNESS

Η ανοικτότητα ενός συστήματος βασίζεται στη διττή του ικανότητα να προσλαμβάνει νέα δεδομένα και παράλληλα να διαθέτει περιθώρια αναδιοργάνωσης στην εσωτερική του δομή. «Η σύνθετη αυτή ιδιότητα θέτει το σύστημα υπό μια μόνιμη κατάσταση αναμονής για νέα δεδομένα, ... [αλλά και] ετοιμότητας προκειμένου να μεταβεί σε μια νέα τάξη». ¹⁷⁸ Όπως εξηγεί ο Mark Taylor, η ανοικτότητα σε ένα σύστημα ΤΝ δεν προκύπτει επειδή αφήνει σκόπιμα κενά στη δομή του. Αντιθέτως, βασίζεται στη διαπίστωση ότι κάθε μορφή οργάνωσης δεν είναι μόνιμη και προσαρμόζεται σε μια δεδομένη κατάσταση. Τα κενά αυτά, αποτελούν δυναμικούς τόπους στους οποίους μπορούν να αναζητηθούν πιθανές απαντήσεις στην ακαμψία που χαρακτηρίζει αργά ή γρήγορα κάθε εφαρμοσμένη τάξη. ¹⁷⁹

ΒΑΘΙΑ ΜΑΘΗΣΗ (BM) | DEEP LEARNING (DL)

Η BM είναι ένα υποσύνολο των Νευρωνικών Δικτύων. Αναφέρεται σε Νευρωνικά Δίκτυα με τρία ή περισσότερα επίπεδα, τα οποία προσπαθούν να προσομοιώσουν τη συμπεριφορά του ανθρώπινου εγκεφάλου προκειμένου να «μαθαίνουν» από μεγάλες ποσότητες δεδομένων. Ενώ ένα Νευρωνικό Δίκτυο με ένα μόνο επίπεδο μπορεί ακόμα να κάνει προσεγγιστικές προβλέψεις, η προσθήκη επιπέδων μπορεί να βοηθήσει στη βελτιστοποίηση της ακρίβειας. Η δομή αυτή, παρέχει στα συστήματα την ικανότητα εκτέλεσης σύνθετων καθηκόντων χωρίς ρητές οδηγίες, αποκτώντας έτσι δεξιότητες που παραδοσιακά θεωρούνταν αποκλειστικό προνόμιο της ανθρώπινης νόησης. ¹⁸⁰ Οι αλγόριθμοι BM επιτρέπουν τη γρήγορη εξερεύνηση μεγάλων βάσεων δεδομένων και την ανακάλυψη μοτίβων ¹⁸¹ και συσχετισμών, οι οποίοι μπορεί να μην είναι εμφανείς στους ανθρώπους. ¹⁸²



Εικ. Π1: Χρονοδιάγραμμα για τις σημαντικές εξελίξεις στα TTI μοντέλα και τα large models. Fengxiang Bie κ.ά., 'RenAissance: A Survey into AI Text-to-Image Generation in the Era of Large Model', 2023, 2.

ΓΕΝΕΣΙΟΥΡΓΟΣ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ | GENERATIVE AI

Η Γενεσιουργός ΤΝ είναι μια κατηγορία της BM που ασχολείται με τη σύνθεση νέων δεδομένων —κείμενο, εικόνες, ήχο, βίντεο ή τρισδιάστατα

¹⁷⁸ Ζαβολέας, *Η Μηχανή και το Δίκτυο*, 112.

¹⁷⁹ Taylor, *The Moment of Complexity*, 56–57. Βλ. και Ζαβολέας, *Η Μηχανή και το Δίκτυο*, 112.

¹⁸⁰ Greenfield, 195-196.

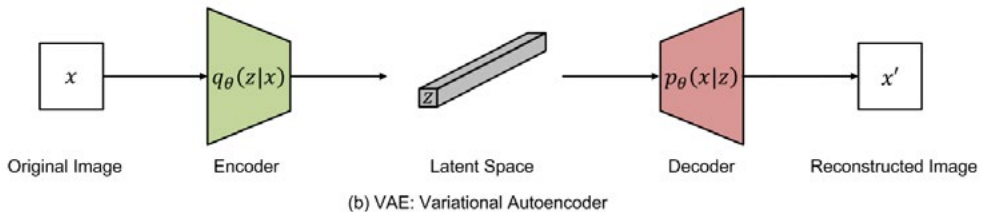
¹⁸¹ Πρόκειται για Λανθάνοντα Μοτίβα [Latent Patterns] διότι αναφερόμαστε σε υπαρκτά χαρακτηριστικά τα οποία δεν είναι ακόμα ανεπτυγμένα ή προφανή, αλλά παραμένουν κρυφά.

¹⁸² As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, xvii.

μοντέλα— μέσω της εκπαίδευσης σε αντίστοιχα υπάρχοντα δεδομένα.¹⁸³ Για να επιτευχθεί η Text-to-Image (από κείμενο σε εικόνα) παραγωγή, τα κύρια μοντέλα είναι τα Variational Autoencoders (VAEs) τα Generative Adversarial Networks (GANs), τα Transformers και τα Diffusion Models.^{184,185}

VAEs

Τα VAEs λειτουργούν κωδικοποιώντας και συμπιέζοντας τα δεδομένα σε ένα Latent Space και αποκωδικοποιώντας τα στη συνέχεια για τη σύνθεση νέων περιπτώσεων. Βασίζονται στις πιθανότητες και αυτό τους δίνει τη δυνατότητα να χειρίζονται καλά το θόρυβο και να παράγουν ποικιλόμορφα αποτελέσματα. Ωστόσο, ενδέχεται να παράγουν λιγότερο ευκρινείς εικόνες σε σύγκριση με άλλα μοντέλα.¹⁸⁶



Εικ. Π2: Η Δομή ενός μοντέλου VAE. Fengxiang Bie κ.ά., 'RenAlssance: A Survey into AI Text-to-Image Generation in the Era of Large Model', 2023, 4.

Transformer Models (GPT, Alpaca & LLaMA)

Η εμφάνιση των μοντέλων Transformers το 2017 εγκαίνιασε ένα νέο παράδειγμα για την ΤΝ, ιδίως στον κλάδο της *Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας*. Η δομή¹⁸⁷ των Transformers, η οποία αρχικά σχεδιάστηκε για μεταφράσεις, έχει εξελιχθεί σε ακρογωνιαίο λίθο για κάποια από τα πιο δημοφιλή *Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα* (ΜΓΜ) όπως τα GPT, BERT, LLaMA, DeepSeek και οι επακόλουθες εκδόσεις τους.¹⁸⁸

Τα Transformers βασίζονται σε έναν «Μηχανισμό Προσοχής», μέσα από τον οποίο μπορούν να εστιάζουν επιλεκτικά σε συγκεκριμένες λέξεις από τα δεδομένα εισόδου, δίχως να ξεχνούν τα συμφραζόμενα. Με τον τρόπο αυτό, κατανοούν τις λέξεις μέσα στο ευρύτερο συγκείμενο της πρότασης, της παραγράφου ή ακόμα και του κεφαλαίου στο οποίο βρίσκονται και διακρίνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσά τους.¹⁸⁹ Ακολουθώντας έναν αντίστοιχο μηχανισμό, μπορούν να παραγάγουν και εικόνες, προβλέποντας συγκεκριμένα pixels (εικονοστοιχεία) λαμβάνοντας υπόψη τους τα γειτονικά pixel και το ευρύτερο συγκείμενο της εικόνας.¹⁹⁰

183 'The History of Artificial Intelligence from the 1950s to Today', [freeCodeCamp.org](https://www.freecodecamp.org/news/the-history-of-ai/), 10 Απριλίου 2023, <https://www.freecodecamp.org/news/the-history-of-ai/>.

184 Fengxiang Bie κ.ά., 'RenAlssance: A Survey into AI Text-to-Image Generation in the Era of Large Model', 2023, <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2309.00810>.

185 Li κ.ά., 'Generative AI Models for Different Steps in Architectural Design'.

186 Bie κ.ά., 'RenAlssance'.

187 Από εδώ και κάτω η λέξη «δομή» αντικαθιστά τον όρο «Αρχιτεκτονική» ο οποίος χρησιμοποιείται στην επιστήμη της Πληροφορικής για να εξηγήσει τη δομή των υπολογιστικών συστημάτων. Η αντικατάσταση αυτή γίνεται για αποφυγή παρεξηγήσεων ανάμεσα στην Αρχιτεκτονική και την «Αρχιτεκτονική» των υπολογιστικών συστημάτων.

188 'How do Transformers work? - Hugging Face NLP Course', ημερομηνία πρόσβασης 13 Οκτωβρίου 2023, <https://huggingface.co/learn/nlp-course/chapter1/4>.

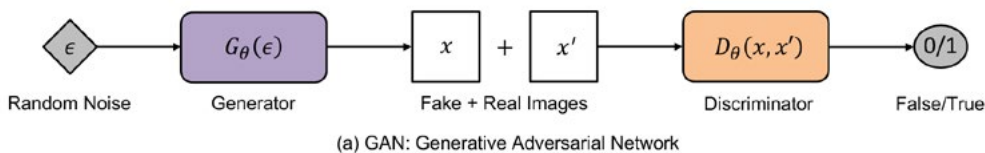
189 'How do Transformers work?'

190 Bie κ.ά., 'RenAlssance'.

Τα μοντέλα Transformers συνήθως εκπαιδεύονται σε ογκώδη δεδομένα κειμένου μέσα από τη διαδικασία του Unsupervised Learning. Αποκτούν μια στατιστική κατανόηση της γλώσσας, η οποία στη συνέχεια προσαρμόζεται σε συγκεκριμένες εργασίες μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως μεταφορά μάθησης [transfer learning]. Αυτή είναι μια διαδικασία εκπαίδευσης σε δύο στάδια —προ-εκπαίδευση και λεπτομερής προσαρμογή [fine-tuning]— η οποία απέδειξε την αποτελεσματικότητά της στην επίτευξη θετικών αποτελεσμάτων σε εργασίες *Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας*, αλλά εισήγαγε και μια μεθοδολογία που μετριάξει το υπολογιστικό και περιβαλλοντικό κόστος που συνδέονται με την εκπαίδευση μοντέλων από το μηδέν.¹⁹¹

Generative Adversarial Networks (GANs)

Τα Generative Adversarial Networks¹⁹² επικεντρώνονται στην παραγωγή δεδομένων πολλαπλών μορφών όπως εικόνες και γραφήματα. Για να το πετύχουν αυτό, βασίζονται σε μια δομή που εισήχθη από τον Ian Goodfellow το 2014. Με βάση αυτή, για να συνθέσουν εικόνες, τα GANs χρησιμοποιούν δύο μοντέλα —ανταγωνιστικά μεταξύ τους— ένα «παραγωγικό» και ένα «διαχωριστικό», τα οποία κατευθύνουν τη διαδικασία μάθησης. Για παράδειγμα, αν διαθέτουμε μια βάση δεδομένων με εκατομμύρια εικόνες, το «διαχωριστικό» λειτουργεί βελτιώνοντας την ικανότητά του να αναγνωρίζει δεδομένα στις εικόνες, ενώ το «παραγωγικό» λειτουργεί συνθέτοντας εικόνες. Στόχος του «διαχωριστικού» μοντέλου είναι να συγκρίνει τις εξαγόμενες εικόνες του «παραγωγικού» μοντέλου με τη βάση δεδομένων και να αξιολογεί την ποιότητα και την αληθοφάνειά τους.¹⁹³ Τα GAN μπορούν να παράγουν γρήγορα εικόνες υψηλής ποιότητας, αλλά είναι δύσκολο να εκπαιδευτούν και είναι ευπαθή σε προβλήματα όπως η κατάρρευση λειτουργίας.¹⁹⁴



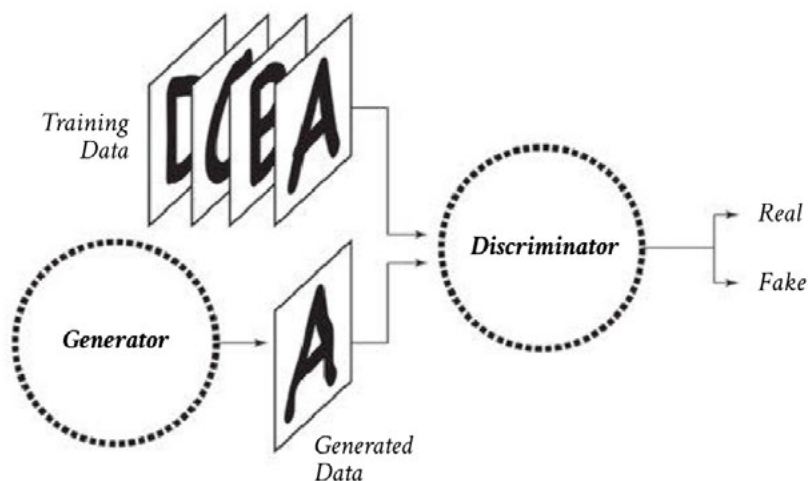
Εικ. Π3: Η Δομή («Αρχιτεκτονική») ενός μοντέλου GAN. Fengxiang Bie κ.ά., 'RenAlssance: A Survey into AI Text-to-Image Generation in the Era of Large Model', 2023, 4.

¹⁹¹ 'How do Transformers work?'

¹⁹² Η μετάφραση των GANs στα ελληνικά ποικίλει. Μεταφράζονται είτε ως *Παραγωγικά Αντιπαραθετικά Δίκτυα*, είτε ως *Παραγωγικά Αντιπαλικά Δίκτυα*, είτε ως *Παραγωγικά Ανταγωνιστικά Δίκτυα* με κοινή συντομογραφία το ΠΑΔ, είτε ως *Παραγωγικά Δίκτυα Αντιπάλων* όπου η συντομογραφία αλλάζει σε ΠΔΑ.

¹⁹³ Stanislas Chaillou, 'AI + Architecture | Towards a New Approach', *Harvard University*, 1 Ιανουαρίου 2019, 72, https://www.academia.edu/39599650/AI_Architecture_Towards_a_New_Approach.

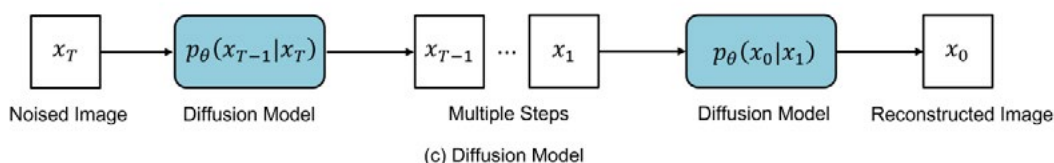
¹⁹⁴ Bie κ.ά., 'RenAlssance'.



Εικ. Π4: Η Δομή ενός βασικού μοντέλου GAN. Stanislas Chaillou, AI + Architecture | Towards a New Approach, 72.

Diffusion Models (Dall.E, Midjourney & Stable Diffusion)

Τα Diffusion μοντέλα ξεκινούν με ένα μοτίβο θορύβου το οποίο βελτιώνουν σταδιακά σε μια συνεκτική εικόνα μέσω μιας διαδικασίας αντίστροφης διάχυσης. Έχουν δείξει εντυπωσιακά αποτελέσματα στη δημιουργία εικόνων υψηλής ποιότητας και είναι αξιολογώμενα λόγω της απόδοσής τους ακόμη και σε μετρίου μεγέθους βάσεις δεδομένων. Ωστόσο, απαιτούν πολλά βήματα δειγματοληψίας, τα οποία μπορεί να είναι χρονοβόρα.¹⁹⁵



Εικ. Π5: Η Δομή ενός βασικού μοντέλου Diffusion. Fengxiang Bie κ.ά., 'RenAissance: A Survey into AI Text-to-Image Generation in the Era of Large Model', 2023, 4.

VAEs Vs GANs Vs Transformers Vs Diffusion Models

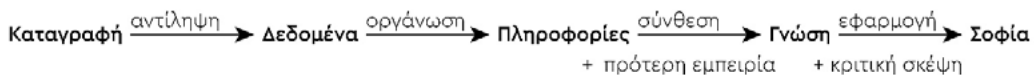
Συγκριτικά, τα VAEs και τα GANs είναι γενικά πιο αποτελεσματικά στην παραγωγή εικόνων, αλλά θυσιάζουν κάποια ποιότητα ή λεπτομέρεια της εικόνας. Τα Transformers παράγουν εικόνες υψηλής ποιότητας, αλλά με υπολογιστικό κόστος. Τα Diffusion Models επιτυγχάνουν μια ισορροπία μεταξύ της ποιότητας της εικόνας και της υπολογιστικής απόδοσης, αλλά απαιτούν περισσότερο χρόνο για τη δημιουργία εικόνων λόγω της επαναληπτικής τους φύσης. Κάθε μοντέλο έχει το δικό του σύνολο συμβιβασμών μεταξύ ποιότητας, ταχύτητας και υπολογιστικών πόρων, καθιστώντας τα κατάλληλα για διαφορετικές εφαρμογές στον τομέα της γενεσιουργού μοντελοποίησης.¹⁹⁶

¹⁹⁵ Bie κ.ά.

¹⁹⁶ Bie κ.ά.

Ο Greenfield σε μια προσπάθεια να δώσει έναν απλό ορισμό για το τι είναι δεδομένα, καταλήγει στο ότι: «Δεδομένα είναι οι πληροφορίες που συλλέγονται για τον κόσμο —συμπεριλαμβανομένων των όντων, του χώρου, των τοποθεσιών, των αντικειμένων και των φαινομένων— με σκοπό τη λήψη αποφάσεων. Για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη δεξαμενή πληροφοριών, είναι απαραίτητο να ερμηνεύσουμε τις πληροφορίες και να τις κατανοήσουμε».¹⁹⁷

... Μετράμε τον κόσμο για να παράγουμε δεδομένα, οργανώνουμε αυτά τα δεδομένα για να παράγουμε σημαντικές, αξιοποιήσιμες πληροφορίες, συνθέτουμε αυτές τις πληροφορίες με την προηγούμενη εμπειρία μας από τον κόσμο για να παράγουμε γνώση... καταλήγουμε σε μια κατάσταση στην οποία είμαστε σε θέση να εφαρμόσουμε τα πράγματα που γνωρίζουμε με την ποιότητα της ισορροπημένης διάκρισης που θεωρούμε σοφία.¹⁹⁸



Εικ. Π6: Η διαδικασία από την «καταγραφή δεδομένων» προς την παραγωγή της «σοφίας». Greenfield, *Radical technologies*, 190-91.

Συχνά, γίνεται η παραδοχή ότι τα δεδομένα αποτελούν αντικειμενικές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας. Στην πράξη, όμως, η φύση των δεδομένων καθορίζεται από τις μεθοδολογίες και τα εργαλεία καταγραφής που χρησιμοποιούνται, τα οποία επιλέγουν και απομονώνουν συγκεκριμένες από τις άπειρες πτυχές της πραγματικότητας. Οι πληροφορίες που συλλέγονται —είτε μέσω τεχνολογικών αισθητήρων, είτε μέσω της ανθρώπινης αντίληψης— ποτέ δεν είναι ακατέργαστες, καθώς υπόκεινται σε διαδικασίες επιλογής, φιλτραρίσματος και ερμηνείας. Υπό αυτό το πρίσμα, ίσως να μην υπάρχουν ωμά δεδομένα, τουλάχιστον όχι στον βαθμό που να μπορούμε να τα κατανοήσουμε, διότι «η αντίληψη, αποτελεί από μόνη της μια διαδικασία επεξεργασίας και επιμέλειας».¹⁹⁹

ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | EXPERT SYSTEMS

Στο παρελθόν, η χρήση των υπολογιστών για την επίλυση προβλημάτων περιλάμβανε τη συγγραφή εξειδικευμένου λογισμικού που μπορούσε να γίνει κατανοητό και να εκτελεστεί από τις μηχανές.²⁰⁰ Αυτά τα *Εξειδικευμένα Συστήματα*, παρείχαν προ-σχεδιασμένες (pre-programmed στο πρωτότυπο) απαντήσεις από μια βάση γνώσεων η οποία απαιτούσε κάποιον ειδικό να εισάγει δεδομένα, να τα ελέγχει και να τα ανανεώνει κάθε φορά που παρτηρούνταν κάποιο πρόβλημα.²⁰¹

¹⁹⁷ Greenfield, *Radical technologies*, 190.

¹⁹⁸ Greenfield, 191.

¹⁹⁹ Greenfield, 191.

²⁰⁰ Greenfield, 193.

²⁰¹ Daniel Bolojan, *AI, CREATIVITY + ARCHITECTURE*, 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=r-IMDIPDKIk>.

Εξειδικευμένα Συστήματα: Δεδομένα Εισόδου + Κανόνες -> Αποτελέσματα

Ενώ τα συστήματα αυτά, είναι μέχρι και σήμερα πιο αποτελεσματικά για την αντιμετώπιση προβλημάτων με πεπερασμένα βήματα (όπως το σκάκι) είναι δύσκαμπτα και συχνά αποτυγχάνουν όταν έρχονται αντιμέτωπα με πιο σύνθετα προβλήματα ή απρόβλεπτα σενάρια.²⁰²

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ (ΕΦΓ)

NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP)

Η ΕΦΓ είναι ένας κλάδος της ΤΝ που επικεντρώνεται στο να μεταφράζει τη φυσική γλώσσα σε γλώσσα μηχανής (0 και 1), κάνοντας κατανοητή τη δομή και τη σημειολογία της ανθρώπινης γλώσσας στον υπολογιστή. Η δυνατότητά της να κατανοεί τόσο κείμενα όσο και ηχητικές καταγραφές, την καθιστά βασικό στοιχείο των ψηφιακών βοηθών, των λογισμικών απομαγνητοφώνησης, των αυτοματοποιημένων μηνυμάτων όπου επιτρέπει τη διεπαφή ανθρώπων και μηχανών.²⁰³

Πώς λειτουργεί η ΕΦΓ;

Η ΕΦΓ αξιοποιεί έναν συνδυασμό μεθόδων που βασίζονται σε κανόνες, στατιστικά μοντέλα και νευρωνικά δίκτυα για την ανάλυση και την επεξεργασία της γλώσσας. Συχνά ξεκινά με τη συλλογή και ανάλυση μεγάλων σωμάτων κειμένων, επιτρέποντας στα συστήματα να μάθουν γλωσσικούς κανόνες, συχνές εκφράσεις, εκφραστικές αποχρώσεις και άλλα παρόμοια. Τα σύγχρονα συστήματα ΕΦΓ βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε δομές ΒΜ, όπως τα Transformers για να συλλάβουν την πολυπλοκότητα της γραμματικής, του συντακτικού και της σημασιολογίας στα γλωσσικά δεδομένα.²⁰⁴

ΛΑΝΘΑΝΩΝ ΧΩΡΟΣ | LATENT SPACE

Ως Λανθάνων Χώρος, ορίζεται ένας αφηρημένος πολυδιάστατος χώρος όπου κάθε διάσταση αντιπροσωπεύει ένα από τα χαρακτηριστικά που ξεχώρισε ο αλγόριθμος στα δεδομένα. Αν η εκπαίδευση γίνει σωστά, η κάθε διάσταση πρέπει να είναι ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες. Όταν δύο στοιχεία είναι όμοια μεταξύ τους, έχουν αρκετά κοινά ή παραπλήσια χαρακτηριστικά, επομένως βρίσκονται κοντά το ένα με το άλλο στον ν-διάστατο χώρο του Latent Space.²⁰⁵

Στο σχεδιασμό, το Latent Space μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δύο συμπληρωματικούς αλλά διακριτούς λόγους: την μίμηση και την εξερεύνηση. Αντί να προσφέρει μοναδικά σχέδια, οι παραλλαγές των υφιστάμενων έργων μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως ερέθισμα ή εφιαλτήριο για τον σχεδιασμό νέων. Ενώ, μέσω της εξερεύνησης οι σχεδιαστές μπορούν να πειραματιστούν με μορφές που βρίσκονται στα όρια ανάμεσα στις αυστηρές κατηγορίες, εκεί όπου μπορούν να συγκροτήσουν υβριδικές επιλύσεις.²⁰⁶

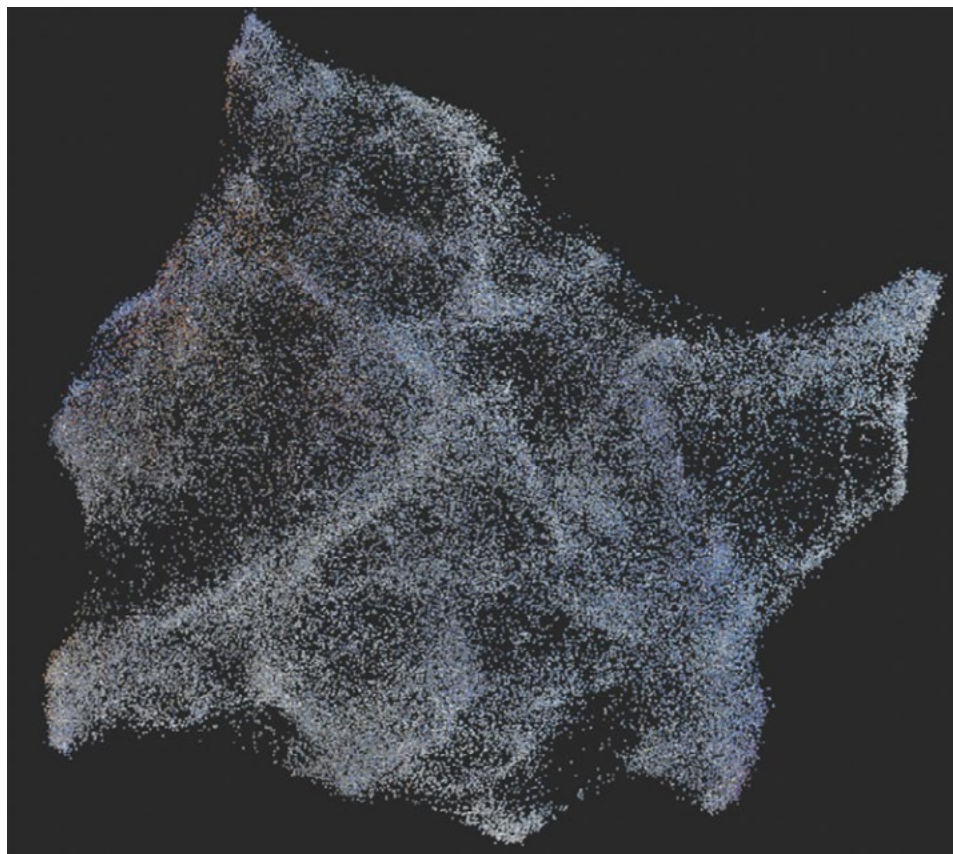
202 Daniel Bolojan, *AI, CREATIVITY + ARCHITECTURE*.

203 'What Are Large Language Models (LLMs)? | IBM', 2 Νοεμβρίου 2023, <https://www.ibm.com/think/topics/large-language-models>.

204 'What Are Large Language Models (LLMs)?'

205 Chaillou, *Artificial Intelligence and Architecture*, 74.

206 Chaillou, 75–77.



Εικ. Π7: Στιγμιότυπο του latent space από το δίκτυο DeepHimmelb(l)au. Campo και Leach, *Machine Hallucinations*, 19.

Όπως χαρακτηριστικά γράφει και ο Daniel Bolojan —υπεύθυνος του προγράμματος— πρόκειται για «ένα σύμπαν διαφορετικών σχεδιαστικών πιθανοτήτων».²⁰⁷

ΜΕΓΑΛΑ ΓΛΩΣΣΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

LARGE LANGUAGE MODELS (LLMs)

Τα LLMs αποτελούν μια κατηγορία μοντέλων MM ειδικά σχεδιασμένων στο να επεξεργάζονται και να παράγουν κείμενα. Εκπαιδεύονται σε τεράστιες βάσεις δεδομένων με ποικίλο περιεχόμενο και αυτό τα βοηθά να κατανοούν τη φυσική γλώσσα και να παράγουν κείμενα σε πολλούς τομείς που να μιμούνται τα ανθρώπινα. Αποτελούνται από δισεκατομμύρια παραμέτρους και αυτό τους επιτρέπει να αποδώσουν αρκετές από τις πολυπλοκότητες της γλώσσας, συμπεριλαμβανομένης της γραμματικής, του συντακτικού, της σημειολογίας και ορισμένων πολιτισμικών ιδιαιτεροτήτων. Τα LLMs απόκτησαν ευρεία αποδοχή χάρη στη δυνατότητά τους να εκτελούν μια σειρά από εργασίες, όπως η απάντηση σε ερωτήσεις, η περίληψη πληροφοριών και η δημιουργία περιεχομένου, καθιστώντας τα ανεκτίμητα εργαλεία σε τομείς όπως η έρευνα, οι επιχειρήσεις και η εκπαίδευση.²⁰⁸

Στην αρχιτεκτονική, τα LLMs μπορούν να προσφέρουν τη δυνατότητα

207 Himmelb(l)au, 'Deep Himmelblau'.

208 'What Are Large Language Models (LLMs)?'

για υβριδικές συζητήσεις ανταλλαγής ιδεών [brainstorming], επεκτείνοντας τις δυνατότητες και την ταχύτητα του σχεδιαστή στο να αναπτύσσει ιδέες, να περιγράφει τον χώρο ή να δημιουργεί εναλλακτικές προτάσεις. Τα LLMs μπορούν, επίσης, να συνεισφέρουν στην ανάλυση και στην ερμηνεία δεδομένων, διευκολύνοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Επιτρέπουν, επίσης, την μερική αυτοματοποίηση της σύνταξης επίσημων εγγράφων, της ερμηνείας και της κατανόησης των κανονισμών.

Πως λειτουργούν τα LLMs;

Τα LLMs δομούνται με τη μορφή των συστημάτων BM, βασίζονται, συχνά, σε μοντέλα Transformers, τα οποία είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά στην επεξεργασία σειριακών δεδομένων όπως το κείμενο. Μαθαίνουν να προβλέπουν την επόμενη λέξη σε μια πρόταση αναλύοντας τα συμφραζόμενα. Αυτή η διαδικασία γίνεται εφικτή με τον τεμαχισμό του κειμένου σε μικρότερες φράσεις γνωστές ως tokens, τα οποία μεταφράζονται με βάση τη σχέση τους με το συγκεκριμένο —τους αποδίδονται δηλαδή αριθμητικές αναπαραστάσεις που εκφράζουν τις σχέσεις τους με τις γειτονικές λέξεις και νοήματα [embeddings]. Τεχνικές όπως η εξειδίκευση [fine-tuning] και το Reinforced Learning βελτιστοποιούν περαιτέρω την απόδοση, μειώνοντας τις προκαταλήψεις και βελτιώνοντας την ακρίβεια για συγκεκριμένες εφαρμογές.²⁰⁹

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ (MM) | MACHINE LEARNING (ML)

Η Μηχανική Μάθηση είναι ένας κλάδος της ΤΝ που επιτρέπει στους υπολογιστές να βελτιώνουν την απόδοσή τους —σε βάθος χρόνου— μέσα από την έκθεσή τους σε ολοένα και περισσότερα δεδομένα, δίχως ρητή προγραμματιστική καθοδήγηση.²¹⁰ Ένας αλγόριθμος MM χρησιμοποιεί στατιστικά και μαθηματικά μοντέλα για να αναγνωρίζει μοτίβα και να προσαρμόζεται σε νέες πληροφορίες, καθιστώντας τα συστήματα πιο ευέλικτα και ικανά να αντιμετωπίζουν σύνθετα προβλήματα.²¹¹ Αυτό επιτρέπει στον υπολογιστή (ή σε ένα σύστημα υπολογιστών) να βελτιώνεται διαρκώς από μόνος του με βάση την εμπειρία²¹² μια διαδικασία γνωστή και ως «αλγοριθμική παραγωγή της γνώσης».²¹³

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΡΑΣΗ | COMPUTER VISION

Μηχανική Όραση είναι ο μηχανισμός που επιτρέπει στους υπολογιστές να αναγνωρίζουν τις εικόνες και τα βίντεο. Αξιοποιώντας τη MM και τα Νευρωνικά Δίκτυα τα συστήματα Μηχανικής Όρασης μπορούν να εντοπίζουν μοτίβα και να αναγνωρίζουν αντικείμενα.²¹⁴ Παρότι η ανάπτυξη της Μηχανικής Όρασης βασίστηκε στην Ανθρώπινη Όραση, από το 2015, η ακρίβεια των Νευρωνικών Δικτύων να εντοπίζουν εικόνες υπερέβη τις ανθρώπινες δυνατότητες σε αρκετές διεργασίες, τόσο σε ακρίβεια όσο και σε χρόνο. Πλέον τα μοντέλα καταφέρνουν να εξετάσουν χιλιάδες εικόνες ανά δευτερόλεπτο.^{215,216}

209 'What Are Large Language Models (LLMs)?'

210 Greenfield, *Radical technologies*, 193.

211 Greenfield, 196.

212 'Artificial Intelligence vs. Machine Learning | Microsoft Azure'.

213 Greenfield, *Radical technologies*, 190.

214 'What Is Computer Vision? | IBM', 27 Ιουλίου 2021, <https://www.ibm.com/think/topics/computer-vision>.

215 As και Basu, *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, xvii.

216 Kaiming He κ.ά., 'Deep Residual Learning for Image Recognition' (arXiv, 10 Δεκεμβρίου 2015),

ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ | NEURAL NETWORKS

Πρόκειται για μια ευρύτερη έννοια που αναφέρεται σε αλγορίθμους, οι οποίοι αποσκοπούν στην αναγνώριση μοτίβων. Ερμηνεύουν τα αισθητηριακά δεδομένα μέσω ενός είδους μηχανικής αντίληψης, επισημάνσης και ομαδοποίησης των ακατέργαστων δεδομένων εισόδου. Αυτοί οι αλγόριθμοι μιμούνται στο περίπου τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου, εξ' ου και η ονομασία «Νευρωνικά Δίκτυα».²¹⁷ Αποτελούνται από κόμβους (τεχνητούς νευρώνες) και συνάψεις που επιτρέπουν την επεξεργασία δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων.²¹⁸ Είναι σημαντικό να αποφεύγεται η σύγχυση με τους αντίστοιχους βιολογικούς νευρώνες για τον ανθρώπινο εγκέφαλο, διότι οι «νευρώνες» της TN είναι θεμελιωδώς διαφορετικοί.²¹⁹

Σε καθέναν από τους κόμβους του δικτύου αντιστοιχούν Βάρη και ένα όριο, όταν τα δεδομένα εισόδου υπερβούν το όριο, ο κόμβος ενεργοποιείται και μεταβιβάζει πληροφορίες στο επόμενο επίπεδο. Τα Νευρωνικά Δίκτυα είναι θεμελιώδη για την TN και τη BM, επιτρέποντας εφαρμογές όπως η αναγνώριση εικόνων, η αναγνώριση ομιλίας και η ταξινόμηση δεδομένων.²²⁰

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ | LEARNING SYSTEMS

Τα *Συστήματα Εκμάθησης* προσαρμόζονται σε διαρκώς μεταβαλλόμενες συνθήκες, οφείλουν να προσαρμόζουν συνεχώς τις δυνατότητές τους και να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση τις παρατηρήσεις τους. Αυτή η προσαρμοστική διαδικασία είναι γνωστή ως *Μηχανική Μάθηση*.²²¹

Πολλές εργασίες, που θα ήταν επιθυμητό να εκτελούνται από αυτοματοποιημένα συστήματα, είναι δύσκολο να οριστούν ρητά και να μετατραπούν σε κώδικα. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι οι άνθρωποι συχνά λαμβάνουν αποφάσεις με βάση άυλους παράγοντες οι οποίοι είναι δύσκολο να τυποποιηθούν σε ένα σύνολο οδηγιών κατανοητών για έναν υπολογιστή. Για να μπορέσουν λοιπόν οι μηχανές να αποκτήσουν ικανότητες σε αυτές τις εργασίες, θα πρέπει να βασιστούν σε ένα μηχανισμό εκμάθησης που να υπερβαίνει τον ρητό προγραμματισμό.²²²

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ (TN)

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)

Η TN είναι ένας κλάδος της Πληροφορικής που ασχολείται με τη δημιουργία συστημάτων ικανών να εκτελούν καθήκοντα που θα απαιτούσαν Ανθρώπινη Νοημοσύνη. Σύμφωνα με τον ορισμό που αποδίδει η Microsoft:

Η TN είναι η ικανότητα ενός συστήματος υπολογιστών να μιμείται ανθρώπινες γνωστικές λειτουργίες όπως η μάθηση και η επίλυση προβλημάτων. Μέσω της TN, ένα σύστημα υπολογιστών χρησιμοποιεί μαθηματικά και λογική ώστε να προσομοιάσει τη λογική που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για να μάθουν από νέες πληροφορίες και να πάρουν

<https://doi.org/10.48550/arXiv.1512.03385>.

217 'What Are Neural Networks?' | IBM', ημερομηνία πρόσβασης 13 Οκτωβρίου 2023, <https://www.ibm.com/topics/neural-networks>.

218 Campo και Leach, *Machine Hallucinations*, 8.

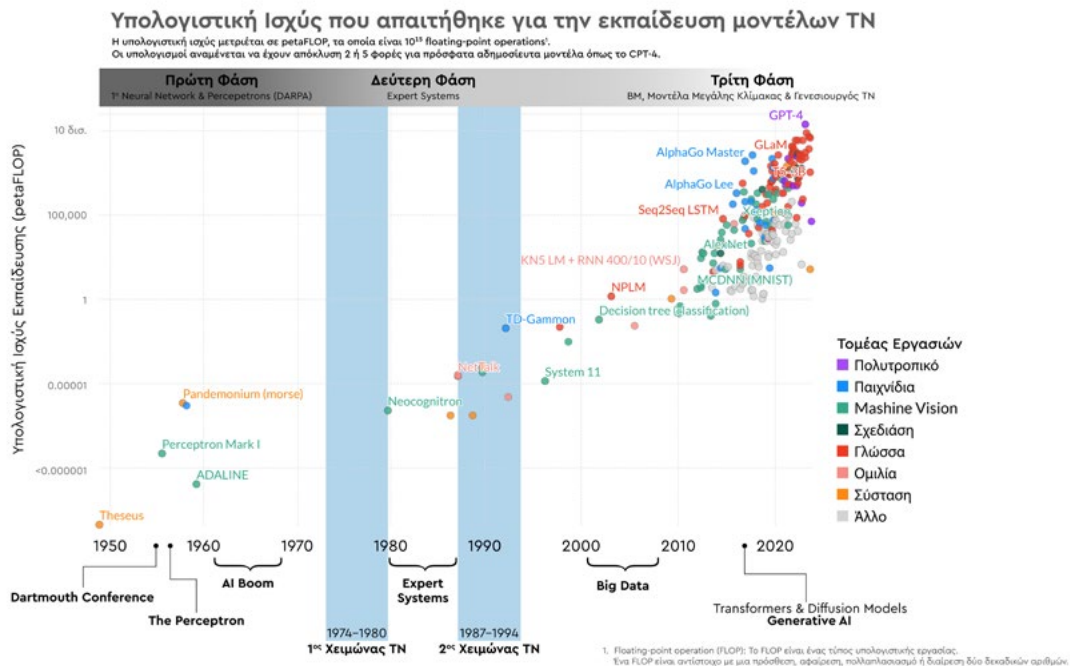
219 Οι διαφορές μεταξύ των νευρώνων της TN και του ανθρώπινου οργανισμού αναπτύσσονται στη συνέντευξη του Matias del Campo με την νευροεπιστήμονα Alexandra Carlson. Campo και Leach, *Machine Hallucinations*, 47.

220 Campo και Leach, 8.

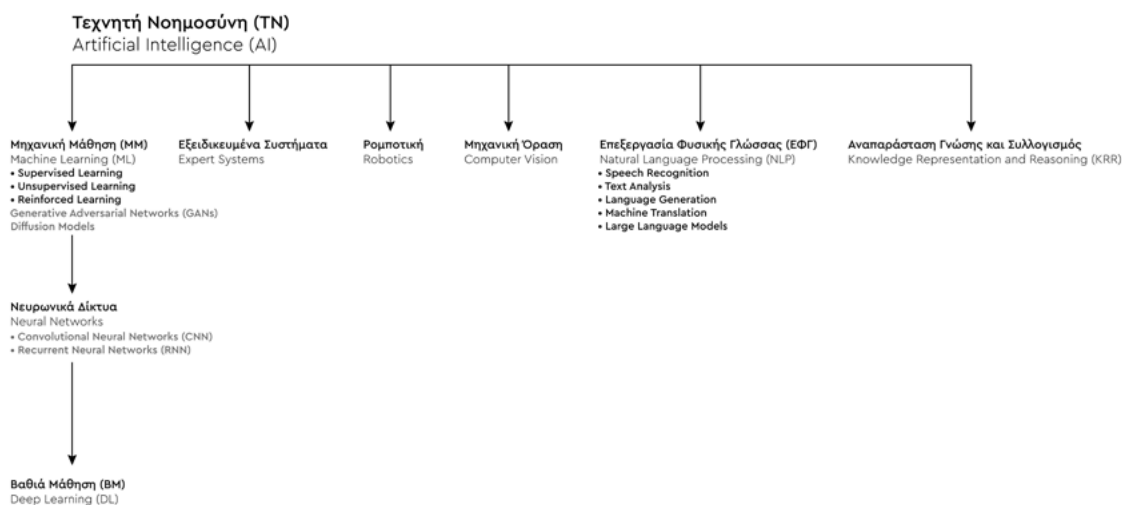
221 Greenfield, *Radical technologies*, 193.

222 Greenfield, 193–94.

αποφάσεις.²²³ Η ΤΝ περιλαμβάνει τη *Μηχανική Μάθηση* (ΜΜ), τα *Νευρωνικά Δίκτυα* και τη *Βαθιά Μάθηση* (ΒΜ).

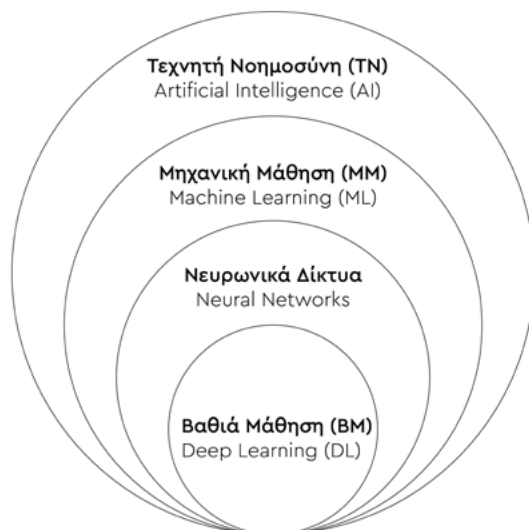


Εικόνα_Π8: Διάγραμμα του γράφοντα για την Υπολογιστική Ισχύ που απαιτήθηκε για την εκπαίδευση μοντέλων ΤΝ. Στη βάση του γραφήματος από το “Our World in Data”. ‘Computation used to train notable artificial intelligence systems’, Our World in Data, ημερομηνία πρόσβασης 4 Νοεμβρίου 2023, <https://ourworldindata.org/grapher/artificial-intelligence-training-computation>.



Εικόνα_Π9: Διάγραμμα των κλάδων της ΤΝ. Chaillou, *Artificial Intelligence and Architecture*, 64.

223 ‘Artificial Intelligence vs. Machine Learning | Microsoft Azure’.



Εικόνα Π10: Η σχέση ανάμεσα στην Τεχνητή Νοημοσύνη, τη Μηχανική Μάθηση, τα Νευρωνικά Δίκτυα και τη Βαθιά Μάθηση.

ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΜΜ

SUPERVISED, UNSUPERVISED ΚΑΙ REINFORCED LEARNING

Οι αλγόριθμοι της ΜΜ μπορούν να εκπαιδευτούν μέσω τριών διαφορετικών μεθόδων.^{224,225} Πρώτον, με Supervised Learning, όπου τα δεδομένα εισάγονται με ετικέτες και η κατηγοριοποίηση καθορίζεται από τον προγραμματιστή. Δεύτερον, με Unsupervised Learning, όπου οι αλγόριθμοι καλούνται να αναγνωρίσουν μοτίβα σε ένα σύνολο δεδομένων που δεν φέρει προκαθορισμένες ετικέτες και να τα κατατάξουν σε συστάδες με βάση τα κοινά τους χαρακτηριστικά.²²⁶ Τρίτον, με Reinforced Learning, οι αλγόριθμοι μαθαίνουν χωρίς σαφείς οδηγίες, βασίζονται αποκλειστικά στη θετική ή την αρνητική ανατροφοδότηση για να κατανοήσουν την ακρίβεια των ενεργειών τους.²²⁷ Αυτή η μάθηση καθοδηγείται από ένα σύστημα ποινών και κινήτρων και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις όπως τα παιχνίδια ή ο έλεγχος ρομπότ, όπου το σύστημα μπορεί να ολοκληρώσει αμέτρητες προσομοιώσεις και να βελτιώνεται κάθε φορά που κάνει κάτι σωστά.²²⁸

- Supervised Learning System: Input + Results -> Rules
- Unsupervised Learning System: Inputs -> Rules -> Results
- Reinforced Learning System:
Inputs -> Outputs = Favorable Result -> Reward
Inputs -> Outputs = Unfavorable Result -> Punishment

224 Chaillou, 68.

225 Neil Leach, *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An introduction to AI for architects*, 1η έκδ. (Bloomsbury Publishing Plc, 2021), 39, <https://doi.org/10.5040/9781350165557>.

226 Greenfield, *Radical technologies*, 196.

227 Chaillou, *Artificial Intelligence and Architecture*, 68.

228 Neil Leach, 39.

ΥΠΕΡΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ | OVERFITTING

Στην Υπερπροσαρμογή [Overfitting] ο αλγόριθμος έχει «παπαγαλίσει» τα δεδομένα εκπαίδευσης δίχως να μάθει να γενικεύει από αυτά. Αυτό συμβαίνει όταν το εύρος των δεδομένων εκπαίδευσης απέχει σημαντικά από τις συνθήκες που θα αντιμετωπίσει ο αλγόριθμος στον πραγματικό κόσμο.²²⁹ Ίσως όλα τα κτήρια που του δώσαμε στην φάση της εκπαίδευσης έτυχε να είναι άσπρα, σε αυτή την περίπτωση, ο αλγόριθμος προσκολλάται λανθασμένα σε αυτό το χαρακτηριστικό, θεωρώντας το απαραίτητο ταξινομητή και όχι ανεξάρτητη μεταβλητή.²³⁰

ΧΕΙΜΩΝΑΣ ΤΝ | AI WINTER

Η όρος «Χειμώνας της ΤΝ» [AI Winter] αναφέρεται σε περιόδους κατά τις οποίες η εμπιστοσύνη στις δυνατότητες της ΤΝ μειώνεται σημαντικά, μεταξύ των επενδυτών, των κρατικών φορέων χρηματοδότησης και της ακαδημαϊκής κοινότητας. Αυτή η πτώση αποδίδεται συνήθως σε διογκωμένες προσδοκίες και αντανakλά την ευμετάβλητη φύση της εμπιστοσύνης του κοινού στις αναδυόμενες τεχνολογίες.²³¹ Παραφράζοντας τον Mumford θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ΤΝ από μόνη της δεν έχει απαιτήσεις, ούτε προσφέρει υποσχέσεις, εμείς είμαστε εκείνοι που δημιουργούμε αυτές τις προσδοκίες.²³²

Ο Richbourg εγείρει το ερώτημα του τι θα γινόταν αν η περίοδος αισιοδοξίας που διανύουμε σταματήσει απότομα λόγω της περιορισμένης υπολογιστικής ισχύος που διαθέτουμε. Ακόμη και αυτό να γίνει, ωστόσο, οι Χειμώνες ΤΝ μπορούν να θεωρηθούν περίοδοι αγρανάπαυσης.²³³ Οι Ray Kurzweil και Rodney Brooks υποστηρίζουν ότι η αφήγηση για αποτυχία της ΤΝ αποτελούν αστικό μύθο, καθώς, εφόσον οι τεχνολογίες ΤΝ αποτελούν αναπόσπαστο μέρος αρκετών βιομηχανιών, συνέχισαν και θα συνεχίσουν να εξελίσσονται ακόμα και εν αγνοία του κοινού.²³⁴

ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΙΔΥΜΟ | DIGITAL TWIN

Τα Ψηφιακά Δίδυμα αποτελούν προηγμένα ψηφιακά μοντέλα που συνδυάζουν τεχνολογίες ανάλυσης, προσομοίωσης και απεικόνισης, αξιοποιώντας —και παράγοντας— αριθμητικά, περιγραφικά και τρισδιάστατα δεδομένα.²³⁵ Η δυνατότητά τους να διασυνδέονται σε πραγματικό χρόνο με το φυσικό τους αντίστοιχο, μέσω αισθητήρων και δεδομένων στη λογική του Internet of Things, τα διαφοροποιεί από άλλα υπολογιστικά μοντέλα, όπως τα BIM, το οποίο λειτουργεί κυρίως ως στατικό εργαλείο σχεδιασμού και διαχείρισης έργων.²³⁶

Στους τομείς του αστικού σχεδιασμού και της χάραξης πολιτικής, τα Ψηφιακά Δίδυμα μπορούν να συμβάλουν στην προσομοίωση και ανάλυση σύνθετων αστικών προβλημάτων, διευκολύνοντας τη λήψη τεκμηριωμένων

229 Greenfield, *Radical technologies*, 198.

230 Greenfield, 198.

231 Leach, *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*, 69.

232 Σε μετάφραση του πρότυπου κειμένου «Η μηχανή από μόνη της δεν έχει απαιτήσεις, ούτε και προσφέρει υποσχέσεις: είναι το ανθρώπινο πνεύμα που έχει απαιτήσεις και διατηρεί υποσχέσεις». Mumford, *Technics and Civilization*, 6.

233 Richbourg, "It's Either a Panda or a Gibbon".

234 Leach, *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*, 71–72.

235 Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 4.

236 'What Is a Digital Twin? | IBM', 5 Αυγούστου 2021, <https://www.ibm.com/think/topics/what-is-a-digital-twin>.

αποφάσεων για τη διαχείριση των πόλεων. Μέσω της συνεχούς ροής δεδομένων, επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, την πρόβλεψη δυσλειτουργιών και την ανάπτυξη στρατηγικών που στοχεύουν σε κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα του δομημένου περιβάλλοντος.²³⁷

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ

Οι πιο έξυπνοι κάτοικοι αυτού του μελλοντικού κόσμου, δεν θα είναι άνθρωποι (ως μεν στο πρωτότυπο) ούτε μαϊμούδες, θα είναι μηχανές. Οι μακρινοί απόγονοι των σημερινών υπολογιστών. Τώρα, οι σημερινοί ηλεκτρονικοί εγκέφαλοι είναι απολύτως ηλίθιοι, αλλά αυτό δεν θα ισχύει σε μια άλλη γενιά. Θα ξεκινήσουν να σκέφτονται και τελικά θα γίνουν πιο ευφυείς από τους δημιουργούς τους. Είναι αυτό καταθλιπτικό; Δεν βλέπω τον λόγο να είναι. Εμείς ξεπεράσαμε τους Cro-Magnon και τους Νεότερνταλ, πιστεύουμε πως είμαστε μια βελτίωση. Νομίζω πως θα έπρεπε να το θεωρούμε ως προνόμιο το να αποτελούμε εφελήρια για ανώτερες οντότητες. Υποθέτω πως η οργανική ή η βιολογική εξέλιξη έχει σχεδόν φτάσει στο τέλος της και τώρα βρισκόμαστε στην αρχή μιας ανόργανης ή μηχανικής εξέλιξης η οποία θα είναι χιλιάδες φορές πιο γρήγορη.²³⁸

Arthur C. Clarke, συγγραφέας του βιβλίου *2001: Space Odyssey*

²³⁷ Fagan, *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*, 4.

²³⁸ Arthur C Clarke, BBC Archive, *1964: ARTHUR C CLARKE predicts the future | Horizon | Past Predictions* | BBC Archive, 2021, <https://www.youtube.com/watch?v=YwELr8ir9qM>.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1964: ARTHUR C CLARKE *predicts the future* | *Horizon* | *Past Predictions* | *BBC Archive*, 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=YwELr8ir9qM>.
- Ζαβολέας, Γιάννης. *Η Μηχανή και το Δίκτυο: ως δομικά πρότυπα στην αρχιτεκτονική*. Αθήνα: Futura, 2013.
- . 'Πρόλογος για την Επανεκδόση | Από τα δυναμικά Συστήματα, στα 'Θολά' Δεδομένα'. Στο *Η μηχανή και το δίκτυο*, 2η έκδ., 15–20. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο, 2023.
- Σκουτέρη-Διδασκάλου, Νόρα. 'Η παράδοση της 'παράδοσης' από τον καθημερινό στον επιστημονικό λόγο'. Στο *Αρχιτεκτονική & Παράδοση*, 17–44. Χώρος και Κοινωνία. Θεσσαλονίκη: Ατλαντίδα, 1982.
- Ackerman, James S., και Wolfgang Jung. *Conventions of Architectural Drawing: Representation and Misrepresentation*. [United States: s.n.], 2000.
- 'AlphaFold Protein Structure Database'. Ημερομηνία πρόσβασης 15 Νοεμβρίου 2024. <https://alphafold.com/about>.
- Architects, American Institute. *The Architect's Handbook of Professional Practice*. 15th ed. New York: John Wiley & Sons, Incorporated, 2013.
- 'Artificial Intelligence vs. Machine Learning | Microsoft Azure'. Ημερομηνία πρόσβασης 9 Απριλίου 2023. <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/artificial-intelligence-vs-machine-learning/>.
- As, Imdat, και Prithwish Basu, επιμ. *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*. Routledge Companions. London New York: Routledge, 2021.
- Baptista, Eduardo. 'What Is DeepSeek and Why Is It Disrupting the AI Sector?' *Reuters*, 27 Ιανουαρίου 2025, τμ. Artificial Intelligence. <https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/what-is-deepseek-why-is-it-disrupting-ai-sector-2025-01-27/>.
- Baudrillard, Jean. *Simulacra and Simulation*. The Body, in Theory. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1994.
- BBC News*. 'Sony World Photography Award 2023: Winner Refuses Award after Revealing AI Creation'. 17 Απριλίου 2023, τμ. Entertainment & Arts. <https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-65296763>.
- Bie, Fengxiang, Yibo Yang, Zhongzhu Zhou, Adam Ghanem, Minjia Zhang, Zhewei Yao, Xiaoxia Wu, κ.ά. 'RenAIssance: A Survey into AI Text-to-Image Generation in the Era of Large Model', 2023. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2309.00810>.
- Blade Runner*. Action, Drama, Sci-Fi. The Ladd Company, Shaw Brothers, Warner Bros., 1982.
- Brian, Eno, και Peter Schmidt. *Oblique Strategies*. Opal. Limited Edition, Boxed Set of Cards, 1975.
- Brooks, Rodney A. 'Intelligence without Representation'. *Artificial Intelligence* 47, τχ. 1–3 (Ιανουαρίου 1991): 139–59. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(91\)90053-M](https://doi.org/10.1016/0004-3702(91)90053-M).
- Brown, Tim. 'Design Thinking: Thinking like a Designer Can Transform the Way You Develop Products, Services, Processes—and Even Strategy.' *Harvard Business Review*, Ιουνίου 2008.
- . 'The 5 Stages in the Design Thinking Process'. The Interaction Design Foundation, 1 Μαρτίου 2024. <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>.
- Brown, Tim, και David M. Kalley. 'IDEO Design Thinking'. IDEO | Design Thinking. Ημερομηνία πρόσβασης 29 Ιανουαρίου 2025. <https://>

designthinking.ideo.com.

- Butterick, Matthew. 'Stable Diffusion litigation · Joseph Saveri Law Firm & Matthew Butterick'. Ημερομηνία πρόσβασης 4 Μάιος 2023. <https://stablediffusionlitigation.com/>.
- Campo, Matias del, και Neil Leach, επιμ. *Machine Hallucinations: Architecture and Artificial Intelligence*. Architectural Design Profile, no 277. Oxford: John Wiley & Sons, 2022.
- Chaillou, Stanislas. 'AI + Architecture | Towards a New Approach'. *Harvard University*, 1 Ιανουαρίου 2019. https://www.academia.edu/39599650/AI_Architecture_Towards_a_New_Approach.
- . *Artificial Intelligence and Architecture: From Research to Practice*. De Gruyter, 2022. <https://doi.org/10.1515/9783035624045>.
- Clark, Andy. *Natural-born cyborgs: minds, technologies, and the future of human intelligence*. Oxford ; New York: Oxford University Press, 2003.
- Clark, Andy, και David Chalmers. 'The Extended Mind'. *Analysis* 58, τχ. 1 (1998): 7–19. <https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7>.
- Conrad Joyce, Sam. '7. AI as a Collaborator in the Early Stage of the Design'. Στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλεια Imdat As και Prithwish Basu, 130–59. Routledge Companions. London New York: Routledge, 2021.
- Crawford, Kate. *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. New Haven: Yale University Press, 2021.
- Daniel Bolojan, AI, CREATIVITY + ARCHITECTURE, 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=r-IMDIPDKIk>.
- De Bono, Edward. *The Mechanism of the Mind*. London: Cape, 1969.
- Deep Perception | M.Arch Thesis, 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=WCSjbPc9624>.
- Deutsch, Randy. *Superusers: Design Technology Specialists and the Future of Practice*. 1η έκδ. New York : Routledge, 2019.: Routledge, 2019. <https://doi.org/10.4324/9781351138987>.
- Dezeen. 'Tim Fu Uses AI to Transform Crumpled Paper into Starchitect Building Designs', 29 Ιουνίου 2023. <https://www.dezeen.com/2023/06/29/tim-fuai-crumpled-paper-starchitect-building-designs/>.
- Dezeen. 'Zaha Hadid Architects Developing 'Most' Projects Using AI Images Says Patrik Schumacher', 26 Απριλίου 2023. <https://www.dezeen.com/2023/04/26/zaha-hadid-architects-patrik-schumacher-ai-dalle-midjourney/>.
- Dick, Philip K. *Do Androids Dream of Electric Sheep?* 1. paperback ed., 3. [print.]. New York: Ballantine Books, 1997.
- DigitalFUTURES Tutorial: XKool, AI Design Cloud, 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=WZmzSyNOW2k>.
- Fagan, Des. *RIBA Artificial Intelligence Report 2024*. RIBA, 2024. freeCodeCamp.org. 'The History of Artificial Intelligence from the 1950s to Today', 10 Απριλίου 2023. <https://www.freecodecamp.org/news/the-history-of-ai/>.
- Freud, Sigmund. *The Interpretation of Dreams*. Μετάφραση Α. Α. (Abraham Arden) Brill. New York: The Macmillan Company, 1913. <https://www.gutenberg.org/ebooks/66048>.
- Frey, Carl Benedikt, και Michael A. Osborne. 'The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?' *Technological Forecasting and Social Change* 114 (1 Ιανουαρίου 2017): 254–80. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>.

- 'google/deepdream'. 2015. Reprint, Google, 31 Ιανουαρίου 2025. <https://github.com/google/deepdream>.
- 'Greek Handbook – EU BIM Task Group'. Ημερομηνία πρόσβασης 11 Φεβρουαρίου 2024. <https://eubim.eu/handbook-selection/greek-handbook/>.
- Greenfield, Adam. *Radical technologies: the design of everyday life*. London ; New York: Verso, 2017.
- Gropius, Walter. *Scope of Total Architecture*. [1st ed.]. New York: Harper, 1955. https://monoskop.org/images/9/9a/Gropius_Walter_Scope_of_Total_Architecture_1955.pdf.
- Grynbaum, Michael M., και Ryan Mac. 'The Times Sues OpenAI and Microsoft Over A.I. Use of Copyrighted Work'. *The New York Times*, 27 Δεκεμβρίου 2023, τμ. Business. <https://www.nytimes.com/2023/12/27/business/media/new-york-times-open-ai-microsoft-lawsuit.html>.
- Guo, Daya, Dejian Yang, Haowei Zhang, και Junxiao Song. 'DeepSeek-R1: Incentivizing Reasoning Capability in LLMs via Reinforcement Learning'. DeepSeek-AI, 28 Ιανουαρίου 2025. https://github.com/deepseek-ai/DeepSeek-R1/blob/main/DeepSeek_R1.pdf.
- Hale, Jonathan. 'KEYNOTE LECTURE - Materiality, Movement & Meaning: Architecture and the Embodied Mind'. *Proceedings of the Annual Architectural Research Symposium in Finland* (21 Νοεμβρίου 2014): 305–14.
- Hayles, N. Katherine. *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 2010.
- He, Kaiming, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, και Jian Sun. 'Deep Residual Learning for Image Recognition'. arXiv, 10 Δεκεμβρίου 2015. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1512.03385>.
- Himmelblau, Coop. 'Deep Himmelblau'. Coop Himmelblau. Ημερομηνία πρόσβασης 24 Μαρτίου 2023. <https://coop-himmelblau.at/method/deep-himmelblau/>.
- 'History of Artificial Intelligence | Dates, Advances, Alan Turing, ELIZA, & Facts | Britannica', 13 Δεκεμβρίου 2024. <https://www.britannica.com/science/history-of-artificial-intelligence>.
- 'How do Transformers work? - Hugging Face NLP Course'. Ημερομηνία πρόσβασης 13 Οκτωβρίου 2023. <https://huggingface.co/learn/nlp-course/chapter1/4>.
- How MVRDV is using AI to design their buildings*, 2024. <https://www.youtube.com/watch?v=dvKAyTRptkw>.
- Jamieson, Claire, Dickon Robinson, John Worthington, και Caroline Cole. 'The future for Architects?' *RIBA - Building Futures*, 1 Ιανουαρίου 2011.
- Jumper, John, Richard Evans, Alexander Pritzel, Tim Green, Michael Figurnov, Olaf Ronneberger, Kathryn Tunyasuvunakool, κ.ά. 'Highly Accurate Protein Structure Prediction with AlphaFold'. *Nature* 596, τχ. 7873 (Αυγούστου 2021): 583–89. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>.
- Kraus, Sascha, Matthias Breier, Weng Marc Lim, Marina Dabić, Satish Kumar, Dominik Kanbach, Debmalaya Mukherjee, κ.ά. 'Literature Reviews as Independent Studies: Guidelines for Academic Practice'. *Review of Managerial Science* 16, τχ. 8 (Νοεμβρίου 2022): 2577–95. <https://doi.org/10.1007/s11846-022-00588-8>.
- Kvochick, Tyler. '6. Fundamental Aspects of Pattern Recognition in Architectural Drawing'. Στο *The Routledge Companion to Artificial*

- Intelligence in Architecture*, επιμέλεια Imdat As και Prithwish Basu, 110–29. Routledge Companions. London New York: Routledge, 2021.
- Leach, Neil. 'AI Is Putting Our Jobs as Architects Unquestionably at Risk'. *Dezeen*, 13 Φεβρουαρίου 2023. <https://www.dezeen.com/2023/02/13/ai-architecture-jobs-risk-neil-leach-opinion/>.
- . *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An introduction to AI for architects*. 1η έκδ. Bloomsbury Publishing Plc, 2021. <https://doi.org/10.5040/9781350165557>.
- Lee Sedol vs AlphaGo Move 37 reactions and analysis, 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=HT-UZkiOLv8>.
- Li, Chengyuan, Tianyu Zhang, Xusheng Du, Ye Zhang, και Haoran Xie. 'Generative AI Models for Different Steps in Architectural Design: A Literature Review'. *Frontiers of Architectural Research*, Νοεμβρίου 2024, S209526352400147X. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.10.001>.
- Maslow, Abraham Harold. *The Psychology of Science: A Reconnaissance*. Harper & Row, 1966.
- Merleau-Ponty, Maurice. *Phenomenology of Perception*. 1η έκδ. London: Routledge, 2013. <https://doi.org/10.4324/9780203720714>.
- 'Michael Hansmeyer - Profile'. Ημερομηνία πρόσβασης 28 Ιανουαρίου 2024. <https://www.michael-hansmeyer.com/profile>.
- Mumford, Lewis. *Technics and Civilization*. Faks. d. Ausg. Orlando, 1963. A Harvest Book. San Diego: Harcourt Brace, 1995.
- Nagy, Danil. '8. AI in Space Planning'. Στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλεια Imdat As και Prithwish Basu, 160–81. Routledge Companions. London New York: Routledge, 2021.
- Nate. 'A Splash of Cold Water - Considering AI, Terms of Service, Training Data, and Copyright'. *PROVING GROUND*, 10 Ιανουαρίου 2023. <https://provingground.io/2023/01/10/a-splash-of-cold-water-considering-ai-terms-of-service-training-data-and-copyright/>.
- Our World in Data. 'Computation used to train notable artificial intelligence systems'. Ημερομηνία πρόσβασης 4 Νοεμβρίου 2023. <https://ourworldindata.org/grapher/artificial-intelligence-training-computation>.
- Richbourg, Robert. 'It's Either a Panda or a Gibbon': AI Winters and the Limits of Deep Learning'. *War on the Rocks*, 10 Μάιος 2018. <https://warontherocks.com/2018/05/its-either-a-panda-or-a-gibbon-ai-winters-and-the-limits-of-deep-learning/>.
- Riley, Terence, Howard Gilman, Museum of Modern Art, και The Museum of Modern Art, επιμ. *The Changing of the Avant-Garde: Visionary Architectural Drawings from the Howard Gilman Collection*. New York, NY: Museum of Modern Art, 2002.
- Robertson, Katie. '8 Daily Newspapers Sue OpenAI and Microsoft Over A.I.' *The New York Times*, 30 Απριλίου 2024, τμ. Business. <https://www.nytimes.com/2024/04/30/business/media/newspapers-sued-microsoft-openai.html>.
- Rutten, David. 'Chapter 6: The Inevitable & Utter Demise of the Entire Architecture Profession'. Στο *The Architect Is Dead*, 2023. www.thearchitectisdead.com/chapters/chapter6.
- Silva, João da, Natalie Sherman, και Natalie Rahman-Jones. 'Stargate: Tech Giants Announce AI Plan Worth up to \$500bn'. *BBC*, 22 Ιανουαρίου 2025. <https://www.bbc.com/news/articles/cy4m84d2xz2o>.
- Simon, Herbert A. '5. The Science of Design: Creating the Artificial.' Στο *The Sciences of the Artificial*, 111–38. The MIT Press, 2019. <https://doi.org/10.2307/2583111>.

- [org/10.7551/mitpress/12107.001.0001](https://doi.org/10.7551/mitpress/12107.001.0001).
- Steinfeld, Kyle. '1. Significant Others Machine Learning as Actor, Material, and Provocateur in Art and Design'. Στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλεια Imdat As και Prithwish Basu, 3–12. Routledge Companions. London New York: Routledge, 2021.
- Studio Tim Fu. 'Time to Put down Your Pencils!' Instagram, 22 Ιανουαρίου 2025. https://www.instagram.com/reel/DFIShoqsz_5/.
- . 'Welcome to the Future of Architectural Design!' Instagram, 24 Ιανουαρίου 2025. <https://www.instagram.com/reel/DFNSheOMTIV/>.
- Susskind, Daniel. *A world without work: technology, automation, and how we should respond*. First edition. New York, N.Y: Metropolitan Books/Henry Holt & Company, 2020.
- Taylor, Mark C. *The Moment of Complexity: Emerging Network Culture*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 2003. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/M/bo3615087.html>.
- 'The Seven-Beer Snitch'. *The Simpsons*, 3 Απριλίου 2005.
- Turing, A. M. 'Computing Machinery and Intelligence'. *Mind* 59, τχ. 236 (1950): 433–60. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>.
- Vitruvius Pollio. *Vitruvius: The Ten Books on Architecture*. Επιμέλεια Morris Hicky Morgan. Cambridge: Harvard university Press, 1914. <http://archive.org/details/vitruviustenbook00vitruoft>.
- Vukorep, Ilija, και Anatolii Kotov. '5. Machine Learning in Architecture: An Overview of Existing Tools'. Στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλεια Imdat As και Prithwish Basu, 93–109. Routledge Companions. London New York: Routledge, 2021.
- W. Newton, David. '14. Toward Dynamic and Explorative Optimization for Architectural Design'. Στο *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, επιμέλεια Imdat As και Prithwish Basu, 280–300. Routledge Companions. London New York: Routledge, 2021.
- Watanabe, Makoto Sei. 'Altect : Can AI Make Designs ? Architectural Intelligence/Artificial Intelligence'. *FORUM A+P Interdisciplinary Journal of Architecture and Built Environment*, τχ. 23 (1 Οκτωβρίου 2021): 41–47. <https://doi.org/10.37199/f40002304>.
- Welch, Chris. 'Listen to the Very Last New Song by The Beatles, Called Now and Then'. *The Verge*, 2 Νοεμβρίου 2023. <https://www.theverge.com/2023/11/2/23943290/now-and-then-the-beatles-new-song-ai>.
- 'What Are Large Language Models (LLMs)? | IBM', 2 Νοεμβρίου 2023. <https://www.ibm.com/think/topics/large-language-models>.
- 'What Are Neural Networks? | IBM'. Ημερομηνία πρόσβασης 13 Οκτωβρίου 2023. <https://www.ibm.com/topics/neural-networks>.
- 'What Is a Digital Twin? | IBM', 5 Αυγούστου 2021. <https://www.ibm.com/think/topics/what-is-a-digital-twin>.
- 'What Is Computer Vision? | IBM', 27 Ιουλίου 2021. <https://www.ibm.com/think/topics/computer-vision>.
- Zegher, Catherine de, και Mark Wigley. 'The Activist Drawing: Retracing Situationist Architectures from Constant's New Babylon to Beyond'. *The MIT Press*, 2001, 38.

DOES AI DREAM OF ARCHITECTURE?

Augmented perceptual processes in design.

Petros Kyrkos

Supervisor: Ioannis Zavoleas

Scientific Advisor: **Alexandros Peteinarelis**

