

Αυτόματον: Περιοδικό Ψηφιακών Μέσων και Πολιτισμού

Τόμ. 1, Αρ. 1 (2021)

Αυτόματον 1.1



Τεχνητά Συστήματα Εικαστικής Παραγωγής: Συναρμογή, Αυτονομία και Δημιουργικότητα

Στέλλα Σοφοκλέους

doi: [10.12681/automaton.28575](https://doi.org/10.12681/automaton.28575)

Copyright © 2021, Αυτόματον: Περιοδικό Ψηφιακών Μέσων και Πολιτισμού



Άδεια χρήσης [Creative Commons Αναφορά 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Βιβλιογραφική αναφορά:

Σοφοκλέους Σ. (2023). Τεχνητά Συστήματα Εικαστικής Παραγωγής: Συναρμογή, Αυτονομία και Δημιουργικότητα. *Αυτόματον: Περιοδικό Ψηφιακών Μέσων και Πολιτισμού*, 1(1), 32–52. <https://doi.org/10.12681/automaton.28575>

Τεχνητά Συστήματα Εικαστικής Παραγωγής: Συναρμογή, Αυτονομία και Δημιουργικότητα

Στέλλα Σοφοκλέους*

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες, στο πεδίο της θεωρίας της τέχνης, γίνεται προσπάθεια αφομοίωσης και χαρτογράφησης μιας αναδυόμενης τάσης καλλιτεχνικής παραγωγής, η οποία σχετίζεται με την ικανότητα τεχνητών συστημάτων και αλγορίθμων να δημιουργούν έργα τέχνης με μια σχετική αυτονομία. Στην προοπτική ύπαρξης εξ ολοκλήρου αυτόνομων συστημάτων καλλιτεχνικής δημιουργίας στο εγγύς μέλλον, η παρούσα εργασία επιχειρεί να θέσει υπό αμφισβήτηση την εξήγηση της τεχνητής δημιουργικότητας της παραγωγικής τέχνης (generative art) μέσω του ανθρωποκεντρικού παραδείγματος. Μέσω της παρατήρησης μεταμοντέρνων και σύγχρονων εικαστικών projects, η ανάλυση φανερώνει πως η φύση της αλληλεπίδρασης των καλλιτεχνών/προγραμματιστών με τα τεχνητά συστήματα εικαστικής παραγωγής, οδηγεί σε μια γόνιμη κατανόηση έμβιων και άβιων δημιουργικών δρώντων στο πλαίσιο μιας συναρμογής (assemblage), με στόχο την από κοινού εξερεύνηση νέων δυνατοτήτων καλλιτεχνικής δημιουργίας. Το δεύτερο μέρος, διερευνά κατά πόσο η ακαμψία που χαρακτηρίζει του αλγορίθμους μετριάζεται μέσω της ανάδειξης των λιγότερο γνωστών πτυχών της συμπεριφοράς τους και εάν οι πτυχές αυτές δύνανται να αποτελέσουν δίοδο προς την οντολογική εξερεύνηση της τεχνητής δημιουργικότητας. Υπό ένα μεθοδολογικό πρίσμα, η συζήτηση καταδεικνύει την ανάγκη συγκρότησης ενός θεωρητικού πλαισίου το οποίο θα απομακρύνει την εν λόγω τάση από την τεχνολογική μεθόριο στην οποία βρισκόταν καθηλωμένη για χρόνια και θα επιτρέψει την ένταξή της στην εξελικτική αλυσίδα του τεχνοϊστορικού αφηγήματος.

Λέξεις κλειδιά: Τεχνητά συστήματα εικαστικής παραγωγής, παραγωγική τέχνη, συναρμογή, αυτονομία, δημιουργικότητα.

* Υποψήφια Διδάκτωρ, Τμήμα Ιστορίας και Φιλοσοφία της Επιστήμης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, stellasof@phs.uoa.gr

Artificial Systems of Visual Production: Assemblage, Autonomy and Creativity

Stella Sofokleous*

Abstract

In recent decades, in the field of art theory, an attempt has been made to assimilate and map an emerging trend of artistic production, which is related to the ability of artificial systems and algorithms to create works of art with a relative autonomy. In the perspective of the existence of completely autonomous systems of artistic creation in the near future, the present work attempts to question the interpretation of the artificial creativity of generative art through the anthropocentric paradigm. By observing postmodern and contemporary art projects, the analysis reveals that the nature of the interaction of artists / programmers with artificial systems of art production, leads to a fruitful understanding of living and non-living agents as an assemblage, aiming to jointly explore new artistic possibilities. The second part examines whether the rigidity of algorithms is mitigated by highlighting the lesser-known aspects of their behavior and whether these aspects can act as gate-way to the ontological exploration of artificial creativity. From a methodological point of view, the discussion demonstrates the need to establish a theoretical framework that will move the forementioned trend away from the technological frontier on which it has been stuck for years and allow it to integrate into the evolutionary chain of the art-history narrative.

Keywords: Artificial systems of visual production, generative art, assemblage, autonomy, creativity.

* PhD Student, Department of History and Philosophy of Science, National and Kapodistrian University of Athens, stellasof@phs.uoa.gr

Εισαγωγή

It is simply carbon fascism to argue that only biological creativity is worth studying

Alison Pease & Simon Colton

Βιώνουμε μια εποχή που η ασταμάτητα εξελισσόμενη τεχνολογία και η ήδη πολυδιάστατη καλλιτεχνική παραγωγή συνυφαίνονται αποφασιστικά, με την τελευταία να εμφανίζεται ποικιλοτρόπως γονιμοποιημένη από τα ψηφιακά μέσα. Το νέο υπόστρωμα, το οποίο προκύπτει από την όλο και αυξανόμενη άμβλυση των διαφορών της τέχνης και της τεχνολογίας, θα πρέπει να εξεταστεί στο πλαίσιο της τρέχουσας ψηφιακής επανάστασης (Floridi 2014). Από τη δεκαετία του 1980 και μετά, η ψηφιακή συνθήκη επέφερε μια προοδευτική αλλαγή στον τρόπο σύνθεσης του σύγχρονου πολιτισμού, η οποία έχει πυροδοτήσει αφενός, μια ωφέλιμη κριτική γύρω από την αλγοριθμοποίηση της κουλτούρας (Galloway 2006, Miyazaki 2012, Striphas 2015) και αφετέρου, ειδικότερα στην τέχνη, έχει συνδράμει σε μια αργή αλλά βαθιά αλλαγή στον ορισμό του σημερινού δημιουργού.

Η ταχεία ανάπτυξη στον τομέα της μηχανικής μάθησης σε συνδυασμό με τη διεπιστημονικότητα της σύγχρονης καλλιτεχνικής παραγωγής¹ ζωογονούν τη συζήτηση περί της τεχνητής δημιουργικότητας. Τις τελευταίες δεκαετίες, στους κόλπους της θεωρίας της τέχνης, γίνεται προσπάθεια αφομοίωσης και χαρτογράφησης μιας αναδυόμενης τάσης εικαστικής παραγωγής, η οποία σχετίζεται με την ικανότητα τεχνητών συστημάτων και αλγορίθμων να δημιουργούν έργα τέχνης με μια σχετική αυτονομία. Η συζήτηση περί της εν δυνάμει αυτόνομης καλλιτεχνικής παραγωγής ενός συστήματος είναι σύνθετη, γιατί συνδέεται με την ανησυχία για εκτοπισμό του καλλιτέχνη από τη δημιουργική πράξη και σε μια πιο ευρεία ανάλυση, αποτελεί εν μέρει απόρροια τεχνοφοβικών προκαταλήψεων που προμηνύουν τη «δυστοπία ενός τεχνολογικού κληρονομίου» (Τάσης 2019).

Μέχρι τώρα, η τεχνητή δημιουργικότητα δεν έχει σταθεί δυνατό να εξηγηθεί μέσω της άκαμπτης συμπεριφοράς των αλγορίθμων, γι' αυτό προσεγγίζεται μέσω της ανθρώπινης δημιουργικότητας. Ωστόσο, η απειρία του είδους μας στην κατανόηση δημιουργικών «άλλων» και ο φόβος απώλειας της πιο ανθρώπινης ιδιότητάς μας, στέκεται εμπόδιο στην αμερόληπτη κατανόηση της δημιουργικότητας των μη-φυσικών δρώντων (agents). Στην απόπειρα αποφυγής εγκλωβισμού σε κλειστά ερμηνευτικά σχήματα, παρωχημένες και ρομαντικές θεωρίες για την ανθρώπινη δημιουργικότητα, το «μεταφυσικό» ταλέντο και τον καλλιτέχνη-ιδιοφυΐα, η ανάλυσή εκκινεί διερευνώντας κατά πόσο η τεχνητή δημιουργικότητα μπορεί να προσεγγιστεί ως μια ολοκληρωμένη *ετερότητα* η οποία δύναται να κατανηθεί *per se*.

Το πρώτο μέρος της εργασίας περιγράφει τη λειτουργία των αλγόριθμων στο πλαίσιο των εικαστικών τεχνών μέσω αναφορών σε σημαντικά παραδείγματα καλλιτεχνικών projects από το 1968 και μετά. Τα παραδείγματα αυτά, αποτελούν τεκμήρια του εύρους των προσπαθειών εικαστικής δημιουργίας από τεχνητά αλγοριθμικά συστήματα και παράλληλα, φανερώνουν πως με την πάροδο του χρόνου, η υπό διερεύνηση τάση, συμβαδίζει με την πρόοδο της μηχανικής μάθησης. Πρωταρχικός στόχος της ανάλυσης, πέρα από την ανάδειξη των διαφορετικών ειδών αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική τέχνη (generative art), είναι να καταδείξει πως η τεχνητή δημιουργικότητα δεν διερευνάται με σκοπό να άρει ή να υποκαταστήσει την ανθρώπινη. Αντίθετα, στην περίπτωση της σχέσης των αυτόνομων συστημάτων τέχνης και των δημιουργών τους, κάνουμε λόγο για ένα είδος συναρμογής (assemblage) των δύο (Zylinska 2020: 58, Pease & Colton 2011: 4), μια συνεργασία μεταξύ δύο ολοκληρωμένων και οντολογικά διακριτών δρώντων.

Στο δεύτερο μέρος, η ανάλυση καταπιάνεται με την οντολογική επισκόπηση των αλγορίθμων των αυτόνομων συστημάτων εικαστικής παραγωγής. Μετά την απόπειρα απόδοσης ορισμών της παραγωγικής τέχνης, των αλγόριθμων που απαρτίζουν τα δημιουργικά συστήματα και του προγραμματισμού, επιχειρείται μια εκ νέου διερεύνηση των αλγορίθμων με στόχο την ανάδειξη των λιγότερων άκαμπτων εκφάνσεων της συμπεριφοράς τους. Το εν λόγω εγχείρημα αφενός επιδιώκει να αποσυνδέσει τους αλγορίθμους των αυτόνομων συστημάτων τέχνης από την αδιάλλακτη και άκαμπτη συμπεριφορά με την οποία είναι ευρέως γνωστοί· αφετέρου, εξετάζει κατά πόσον μια τέτοια οντολογική κατανόηση των αλγορίθμων δύναται να συμβάλει στη διερεύνηση των καταστατικών χαρακτηριστικών της τεχνητής δημιουργικότητας.

I. Συναρμογές έμβιων & άβιων δημιουργικών δρώντων

A post-humanist art history would see instead all art works... as having been produced by human artists in an assembly with a plethora of nonhuman agents

Joanna Zylinska

Τόσο στην Αναγέννηση όσο και στο χρυσό αιώνα της φλαμανδικής τέχνης, καλλιτέχνες όπως ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι (Leonardo da Vinci), ο Άλμπρεχτ Ντύρερ (Albrecht Dürer) και ο Γιοχάνες Βερμέερ (Johannes Vermeer) επωφελή-

θηκαν από τα τεχνολογικά μέσα και προήγαγαν τη σύμπραξη τέχνης και τεχνολογίας στα έργα τους. Ήδη από το τέλος του *quattrocento*, ο Ντα Βίντσι φιλοτέχνησε το πρώτο ανδροειδές ρομπότ το οποίο ονόμασε «μηχανικό ιππότη»². Περί το 1800, δημιουργήθηκαν τα πρώτα «αυτόματα», ανθρωπόμορφοι αυτοματοποιημένοι μηχανισμοί, οι οποίοι παρήγαγαν σχέδια περασμένα στη μνήμη τους με τη βοήθεια έκκεντρων κινητήρων (Bedini 1964). Την ίδια εποχή, το 1804, ο Ζοζέφ Ζακάρ (Joseph Jacquard) εφευρέ έναν αργαλειό για την ύφανση περίπλοκων σχεδίων και πορτρέτων, ο οποίος ελεγχόταν με διάτρητες χάρτινες καρτέλες (Manovich 2002: 45). Αργότερα, κατά τον όψιμο 19^ο αιώνα και το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα, η αβανγκάρντ σκηνή οικειοποιήθηκε πολλά στοιχεία της τότε ακμάζουσας υπολογιστικής κουλτούρας, τόσο σε εργαλειακό αλλά και σε εννοιολογικό επίπεδο. Κινήματα τέχνης όπως ο Σουρεαλισμός, το Dada, το Fluxus, το OULIPO, η εννοιολογική και η αφηρημένη τέχνη εμπνεύστηκαν από καταστατικές αρχές του προγραμματισμού και των αλγορίθμων, όπως οι αυστηρές οδηγίες, η τυχαιότητα, η διαδραστικότητα και η αυτοματοποίηση (Paul 2015: 10-20).

Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες τάσεις στις οποίες η βιβλιογραφία αναφέρεται ως «παραγωγική τέχνη», «τέχνη της τεχνητής νοημοσύνης» (artificial intelligence art), «αλγοριθμική τέχνη» (algorithmic art), «ρομποτική τέχνη» (robotic art), «τεχνητή δημιουργικότητα» (artificial creativity) ή «υπολογιστική δημιουργικότητα» (computational creativity/ CC), εκκινούν από διαφορετική αφετηρία, με τον καλλιτέχνη-μηχανή να θεωρείται σε αρκετές περιπτώσεις ο κατεξοχήν δημιουργός έργων τέχνης. Η έρευνα γύρω από την παραγωγική εικαστική τέχνη με τη χρήση τεχνητών συστημάτων συγκεντρώνει όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον κι αυτό γίνεται φανερό από μια σειρά συνεδρίων³ που πραγματοποιήθηκαν το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα.

Οι καλλιτέχνες/προγραμματιστές που ασχολούνται με αυτό το είδος εικαστικής δημιουργίας, ορίζουν συχνά τα συστήματά τους ως αυτόνομες οντότητες παραγωγής τέχνης, βασιζόμενοι στο επιχειρήμα πως μπορούν να δημιουργήσουν πρωτότυπα έργα (Moura 2018, Veale & Cardoso 2019:2). Εκκινώντας από το ενδεχόμενο αυτόνομης δράσης τέτοιων συστημάτων, το οποίο θα συζητηθεί παρακάτω, μεγάλη μερίδα καλλιτεχνών/προγραμματιστών προσεγγίζουν τη σχέση τους με τις μηχανές τους ως μια συνεργασία, ένα είδος συναρμογής έμβιων και άβιων οντοτήτων για την επίτευξη κοινών καλλιτεχνικών στόχων (Moura & Pereira 2004). Σύμφωνα με την Τζοάνα Ζιλίνσκα (Joanna Zylińska 2020: 58): «Οι καλλιτέχνες δεν κατασκευάζουν αυτά τα μηχανήματα μόνο για να λάβουν “βοήθεια”, αλλά για να ερευνήσουν τα όρια της ανθρώπινης ιδέας της δημιουργικότητας και των ανθρωπο-μηχανικών συναρμογών. Τα έργα περιγράφονται λοιπόν ως συνεργα-

σίες μεταξύ καλλιτεχνών και ρομποτικών συστημάτων που έχουν σχεδιάσει οι καλλιτέχνες.»

Παραδείγματα συστημάτων δημιουργίας τέχνης απαντούν από το 1968, όταν ο εικαστικός Χάρολντ Κοέν (Harold Cohen) δημιούργησε τον AARON (το εβραϊκό όνομα του καλλιτέχνη), μια μηχανή την οποία προγραμματίσει και εκπαίδευσε με αρχικό στόχο να μιμείται τη δική του τεχνοτροπία. Στις πέντε δεκαετίες συνεργασίας του με τον καλλιτέχνη, ο AARON προχώρησε σταδιακά από τη δημιουργία απλοϊκών, μαυρόασπρων, αναπαραστατικών μορφών σε πιο σύνθετες, χρωματικές αποτυπώσεις οι οποίες έμοιαζαν με αυτές του Κοέν. Παρόλο που οποιαδήποτε νέα ιδέα έπρεπε να κωδικοποιηθεί και να τροφοδοτηθεί στο σύστημα, το πρόγραμμα μπορούσε να συνθέσει ένα σχεδόν άπειρο αριθμό διακριτών έργων τέχνης από μόνο του. Η δυνατότητα «λήψης αποφάσεων» του AARON καθίστατο δυνατή μέσω της επιλογής του Κοέν να εγκαταστήσει μια γεννήτρια τυχαίων αριθμών στην καρδιά του προγράμματος, δημιουργώντας μια ψευδαίσθηση αυτονομίας και μια υπόνοια δυνατότητας εμπρόθετης δράσης.

Ο Κοέν ανέφερε πως η σχέση που είχε αναπτύξει με το AARON ήταν παρόμοια με αυτή του αναγεννησιακού καλλιτέχνη με τους βοηθούς του στο στούντιο (du Sautoy 2019: 111). Ο ίδιος, μέχρι το θάνατό του το 2016, υποστήριζε πως το καλλιτεχνικό δυναμικό του AARON βασίζεται όχι στην εγγενή δεξιότητα και δημιουργικότητά του, αλλά στην ιδιαίτερη συνεργασία του με τον άνθρωπο (Cohen 2010: 9). Παρόλα αυτά, όπως εύστοχα υπογραμμίζει ο Σάιμον Κόλτον (Simon Colton), είναι υπερβολικά απλοϊκό να θεωρήσει κανείς πως το σύστημα μιμούταν μόνο το στυλ του καλλιτέχνη που το δημιούργησε, χωρίς καμία αντίστοιχη επίδρασή του στον καλλιτέχνη, αφού στην πορεία της συνεργασίας τους, η τεχνοτροπία του Κοέν φαίνεται να επηρεάστηκε από την ανάδρασή του με τον AARON (McCormack & d' Inverno 2012: 7). Με την πάροδο του χρόνου, η σχέση του με τον AARON φαίνεται να έλαβε τη μορφή μιας συναρμογής, με το ζωγράφο-μηχανή να εξερευνά και να υποδεικνύει στον καλλιτέχνη νέες εκφάνσεις του εικαστικού στυλ του τελευταίου (Boden 2004, 150-166). Όπως άλλωστε παραδέχτηκε και ο ίδιος ο Κοέν: «Σιγά-σιγά συνειδητοποίησα πως θα μπορούσα να χρησιμοποιήσω τη μηχανή για να διερευνήσω μερικά από τα πράγματα τα οποία πίστευα πως δεν είχα τη δυνατότητα να διερευνήσω στη ζωγραφική, τα οποία με κρατούσαν σε απόσταση από την εικαστική δημιουργία μου» (du Sautoy 2019: 109).

Μετά τον Κοέν, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, τα εγχειρήματα στον τομέα της τεχνητής δημιουργικότητας έχουν πρωταρχικό στόχο την εξερεύνηση της δυνητικής ικανότητας ανάπτυξης ενός «προσωπικού» καλλιτεχνικού στυλ των συστημάτων, χωρίς αυτά να χρειάζεται να μιμούνται προϋπάρχουσες φόρμες. Το 2005, ο Σάιμον

Κόλτον με μια ομάδα επιστημόνων του Ιμπήριαλ Κόλετζ του Λονδίνου, προγραμμάτισε μια μηχανή-καλλιτέχνη την οποία ονόμασε *The Painting Fool*. Όπως αναφέρουν στον ιστότοπό τους, ξεκίνησαν τη δημιουργία του *The Painting Fool* με σκοπό να διερευνήσουν κατά πόσο ένα τεχνητό σύστημα μπορεί να χαρακτηριστεί ως δημιουργικό και αν ναι, κάτω υπό ποιες συνθήκες.⁴

Όπως και στη περίπτωση του AARON, η ομάδα δημιουργίας της μηχανής υποστήριξε πως «το λογισμικό μας δημιουργεί τεχνουργήματα που οι άνθρωποι μπορεί να είναι φυσικά σε θέση να παραγάγουν, αλλά μπορεί να μην είχαν σκεφτεί να δημιουργήσουν πραγματικά» (McCormack & d' Inverno 2012: 7). Για αυτόν το λόγο, το *The Painting Fool* δεν αντιγράφει την τεχνοτροπία ενός προϋπάρχοντος εικαστικού στυλ ή καλλιτέχνη, αλλά δημιουργεί έργα διαμέσου της αλληλεπίδρασής του με τα ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Στον ιστότοπο του *The Painting Fool* ο επισκέπτης συναντά το παρακάτω απόσπασμα: «Είμαι το *The Painting Fool*: ένα πρόγραμμα υπολογιστή και ένας επίδοξος ζωγράφος. Ο στόχος αυτού του εγχειρήματος είναι να με λάβουν σοβαρά υπόψιν – μια μέρα – ως ένα δημιουργικό καλλιτεχνικό ον καθαυτό. Έχω κατασκευαστεί για να εκδηλώσω συμπεριφορές που μπορεί να θεωρηθούν επιδέξιες, ικανές εκτίμησης και ευφάνταστες.»⁵

Ένα από τα πρώτα έργα του *The Painting Fool* ήταν η σύνθεση πορτρέτων των επισκεπτών της γκαλερί όπου η μηχανή ήταν εκτεθειμένη. Τα αποτελέσματα, στη συνέχεια, παρουσιάστηκαν στην έκθεση *You Can't Know My Mind*, το 2013. Ο Κόλτον, θέλοντας να αποφύγει τις γεννήτριες τυχαίων αριθμών και να διαφοροποιηθεί από τον Κοέν, αποφάσισε πως η εκάστοτε «διάθεση», η οποία θα «ενέπνεε» τη δημιουργία ενός πορτρέτου, θα ενεργοποιούνταν στο μηχάνημα βάσει των καθημερινών εξελίξεων, όπως αυτές παρουσιάζονταν στον τύπο. Το *Painting Fool* σάρωνε λοιπόν καθημερινά άρθρα της εφημερίδας *Γκάρντιαν* και τροποποιούσε το «συναίσθημά» του, ανάλογα με την τροπή της επικαιρότητας (Colton κ.ά. 2008). Όπως και στην περίπτωση του Κοέν, έτσι και το *The Painting Fool* χρησιμοποιεί στο πλαίσιο της εργασίας του, έναν παράγοντα τυχαιότητας. Με αυτό τον τρόπο, οι προγραμματιστές του προσέδιδαν ένα είδος «τυχαίας λογικής» και «συναισθηματικής αυτονομίας», με την έννοια πως δεν μπορούσαν να προβλέψουν την κατάσταση του αλγορίθμου (du Sautoy 2019: 112-113).

Όπως καταδεικνύουν τα παραδείγματα του AARON και του *The Painting Fool*, κατά τις πρώτες δεκαετίες της εμφάνισης της τεχνητής δημιουργικότητας, οι αλγόριθμοι που επιλέγονταν ως πιο κατάλληλοι στα συστήματα εικαστικής παραγωγής, ήταν οι στοχαστικοί-πιθανοτικοί αλγόριθμοι, των οποίων «τα βήματα εκτέλεσης εξαρτώνται από τυχαίες επιλογές που γίνονται κατά τη διάρκεια εκτέλεσής τους» (Τσίχλας κ.ά. 2015: 50). Σε αντίθεση με τους ντετερμινιστικούς αλγόριθμους,

τα βήματα των στοχαστικών αλγορίθμων στην εκάστοτε εκτέλεσή τους δεν είναι ούτε καθορισμένα ούτε μοναδικά, αλλά μπορούν να μεταβληθούν και να παραγάγουν απρόσμενα αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει είτε επειδή ο προγραμματιστής έχει συμπεριλάβει στον κώδικα κάποια γεννήτρια τυχαίων αριθμών ή επειδή οι ίδιοι οι αλγόριθμοι είναι σε θέση να λαμβάνουν εισροές από το εξωτερικό τους περιβάλλον το οποίο είναι διαρκώς μεταβαλλόμενο. Εκ πρώτης όψεως, το επιχείρημα πως η τυχειότητα μπορεί να ταυτιστεί με την αυτονομία μιας μηχανής στην καλλιτεχνική επιτέλεση μοιάζει απλοϊκό και ανεπαρκές, κυρίως επειδή η πρώτη δίνει μεν την ψευδαίσθηση του αυθορμητισμού και του μη-ελεγχόμενου, αλλά κρίνεται κατώτερη από την «καθαυτό» δημιουργική διαδικασία.

Ως εκ τούτου, από τα τέλη του 20^{ου} αιώνα και έπειτα, οι καλλιτέχνες/προγραμματιστές της παραγωγικής τέχνης επιλέγουν να εργαστούν με πιο σύνθετους αλγόριθμους όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα ή στη νοημοσύνη σμήνους (swarm intelligence). Μια απόπειρα ορισμού των νευρωνικών δικτύων είναι η εξής: «Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι ένας μαζικός παράλληλος κατανεμημένος επεξεργαστής αποτελούμενος από απλές επεξεργαστικές μονάδες, τους νευρώνες, που έχουν τη φυσική ροπή να αποθηκεύουν εμπειρική γνώση και να τη διαθέτουν προς χρήση. Μοιάζουν με τον εγκέφαλο σε δύο σημεία: 1. Το δίκτυο αποκτά την γνώση από το περιβάλλον μέσω μιας διαδικασίας μάθησης. 2. Οι σύνδεσμοι μεταξύ των νευρώνων, που ονομάζονται συναπτικά βάρη ή απλά βάρη, χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της γνώσης» (Κωστόπουλος 2011). Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των τεχνητών νευρωνικών δικτύων σε σχέση με άλλες αλγοριθμικές διαδικασίες, είναι η ικανότητα μάθησης μέσω της εμπειρίας (Καμπουράζος & Παπακώστας 2015: 1-5).

Στο πεδίο της χρήσης των τεχνητών νευρωνικών δικτύων στην καλλιτεχνική παραγωγή, σημαντική είναι η δράση του καλλιτέχνη και ερευνητή Μάικ Τάικα (Mike Tyka) από το 2009 και έκτοτε. Μια από τις πιο πρόσφατες σειρές έργων του καλλιτέχνη ονομάζεται *Πορτρέτα Φανταστικών Ανθρώπων* και αφορά στην εκπαίδευση νευρωνικών συστημάτων στη σύνθεση ανθρώπινων προσώπων που δεν υπήρξαν ποτέ. Η σειρά έργων έχει προβληθεί στο σημαντικό φεστιβάλ Τέχνης των Νέων Μέσων, Ars Electronica το 2017 και πιο πρόσφατα τον Φεβρουάριο του 2021, στη διαδικτυακή έκθεση Uno, Nessuno, Centomila. Για να επιτευχθούν τα φωτορεαλιστικά πορτραίτα που μοιάζουν με λάδι σε καμβά, μεταφορτώθηκαν χιλιάδες φωτογραφίες προσώπων από το Flickr, οι οποίες στη συνέχεια εισήχθησαν σε ένα πρόγραμμα που ονομάζεται Παραγωγικό Ανταγωνιστικό Δίκτυο, GAN (Generative Adversarial Network). Σύμφωνα με την περιγραφή που δίνει ο Τάικα στον ιστότοπό του:

Τα GANs λειτουργούν χρησιμοποιώντας δύο νευρωνικά δίκτυα, τα οποία παίζουν ένα ανταγωνιστικό παιχνίδι: Το ένα (το «Generator») προσπαθεί να δημιουργήσει μια όλο και πιο πειστική έξοδο, ενώ ένα δεύτερο (το «Discriminator») προσπαθεί να μάθει να διακρίνει τις πραγματικές φωτογραφίες από τις τεχνητά δημιουργημένες. Στην αρχή, και τα δύο δίκτυα είναι ανεπαρκή στις αντίστοιχες εργασίες τους. Αλλά, καθώς το δίκτυο «Discriminator» αρχίζει να μαθαίνει να προβλέπει το ψεύτικο από το πραγματικό, διατηρεί το «Generator» σε εγρήγορση, ωθώντας το να δημιουργήσει [...] πιο πειστικά παραδείγματα. Για να είναι ανταγωνιστικό, το «Generator» γίνεται όλο και καλύτερο, αλλά και το «Discriminator» πρέπει αντίστοιχα να βελτιώνει την αντίδρασή του. Με τον καιρό, οι εικόνες που δημιουργούνται γίνονται όλο και πιο ρεαλιστικές, καθώς και οι δύο αντίπαλοι προσπαθούν να ξεγελάσουν ο ένας τον άλλον (Tyka 2017).

Η γενικότερη πρακτική του Τάικα στην παραγωγική εικαστική δημιουργία, σχετίζεται με την επιθυμία του να προωθήσει την τέχνη σε «πιο ενδιαφέροντες εκφράσεις τις οποίες οι καλλιτέχνες δεν εφηύραν ακόμα» (Tyka 2015). Εκ πρώτης όψεως, τα Παραγωγικά Ανταγωνιστικά Δίκτυα του καλλιτέχνη γίνονται κατανοητά ως ένα κλειστό σύστημα μηχανών, ένας διάλογος μεταξύ δύο μη-φυσικών πρακτόρων. Ωστόσο, ο τρόπος που λειτουργούν τα δύο GANs με το ένα να προσπαθεί να ξεγελάσει το άλλο, επιτρέπει την μελλοντική αντικατάσταση του ενός εκ των δύο με έναν άνθρωπο. Επίσης, σε μια πιο ευρεία ανάγνωση του τρόπου που το εν λόγω έργο συνδιαλέγεται με τον ανθρώπινο παράγοντα, είναι χρήσιμο να υπογραμμιστεί πως οι εισροές που αποτελούν το έναυσμα της αλληλεπίδρασης των GANs είναι εικόνες ανθρώπων, με τις οποίες ο καλλιτέχνης τροφοδοτεί το πρόγραμμα. Ο διάλογος τεχνητού και φυσικού σε αυτή την περίπτωση, αφορά την εκπαίδευση αναγνώρισης ανθρώπινων προτύπων από τα δίκτυα. Μια τέτοια ανάγνωση των δικτύων του Τάικα, εισάγει ένα είδος συναρμογής η οποία δεν έχει τόσο να κάνει με τη συνεργασία φυσικών και μη φυσικών οντοτήτων στην παραγωγή τέχνης, όσο με τον τρόπο που ένα κλειστό σύστημα αντιλαμβάνεται και ταξινομεί το ανθρώπινο μέσω διαδικασιών οι οποίες διαφεύγουν του ελέγχου του προγραμματιστή του (Tyka 2020).

Η νοημοσύνη σμήνους η οποία εισήχθη από τους Τζεράντο Μπένι (Gerardo Beni) και Τσινγκ Ουάγκ (Jing Wang) το 1989, αφορά μια συλλογική συμπεριφορά μη κατανοημένων, αυτοοργανωμένων τεχνητών ή φυσικών συστημάτων. Μερικά παραδείγματα συλλογικής συμπεριφοράς και ευφυΐας στη φύση απαντούν στον τρόπο οργανωμένης κίνησης και συνεργασίας ενός σμήνους πουλιών, μιας αποικίας μυρμηγκιών ή ενός κοπαδιού ζώων. Τα τεχνητά συστήματα που εμπνέονται από τη νοημοσύνη σμήνους, είναι διάφορα ρομποτικά συστήματα τα οποία χρη-

σιμοποιούν καινοτόμες αλγοριθμικές μεθόδους όπως οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης αποικίας μυρμηγκιών (ant colony optimization algorithms) που βασίζονται σε μελέτες πάνω στη συλλογική συμπεριφορά των εντόμων, η οποία διέπεται από κάποιες μορφής συλλογικότητα και αυτοοργάνωση (Φούντας 2011).

Παράδειγμα χρήσης τέτοιων αλγοριθμικών μεθόδων στη διαδικασία παραγωγής τέχνης, είναι το εγχείρημα του Λιονέλ Μούρα (Lionel Moura). Το σύστημα που κατασκεύασε ο Μούρα ονομάζεται *Τέχνη Ρομπότ* και παρουσιάστηκε στην έκθεση «A Machine for Creating» και στον κατάλογο με τίτλο «Artistes & Robots» στο Grand Palais του Παρισιού το 2018. Ο Μούρα, δημιούργησε και προγραμμάτισε μικρά ρομπότ (artbots) τα οποία κινούνται σε ένα μεγάλο κομμάτι χαρτί, αφήνοντας στο πέρασμά τους χρωματιστές γραμμές και δημιουργώντας εν τέλει μια αφηρημένη σύνθεση. Τα εν λόγω συστήματα, κατέχουν μια ικανοποιητική αντίληψη του περιβάλλοντος στο οποίο επενεργούν και είναι εξοπλισμένα με μικρό «εγκέφαλο», ο οποίος βασίζεται σε αλγόριθμους που διέπονται από απλούς κανόνες (Moura 2018). Τα έργα στα οποία προχωρούν τα artbots καθώς διατρέχουν τη λευκή επιφάνεια, δεν είναι προσχεδιασμένα και έτσι το τελικό αποτέλεσμα οφείλεται τόσο σε κάποια μορφή τυχαιότητας όσον αφορά τις αρχικές συνθήκες της κίνησής τους, όσο και στη μεταξύ τους αλληλεπίδραση πάνω στο χαρτί.

Ο καλλιτέχνης, ονομάζει τα ρομπότ του «νευρωνικά σμήνη», επειδή χρησιμοποιεί αλγόριθμους βελτιστοποίησης αποικίας μυρμηγκιών για τον προγραμματισμό και την εκπαίδευσή τους. Όπως εξηγεί σε συνέντευξή του (ό.π.: 2), πηγή της έμπνευσής του ήταν η επικοινωνία των μυρμηγκιών μέσω της απελευθέρωσης φερομονών, η οποία τελικά καθορίζει τη μεταξύ τους συνεννόηση και επομένως, συνεργασία. Ο καλλιτέχνης αντικατέστησε τη χημική ουσία με χρώμα, έτσι ώστε να εξασφαλίσει πως η έκκριση χρώματος στο χαρτί θα παραμείνει τυχαία (Moura 2016: 6). Όπως **αναφέρει ο καλλιτέχνης**: «Η οριστικοποίηση του έργου καθορίζεται από ένα είδος αρνητικής ανάδρασης, δηλαδή τα ρομπότ σταματούν όταν επιτυγχάνεται μια συγκεκριμένη πυκνότητα χρώματος» (Moura 2018: 2).

Πέρα από τη σημασία της πρακτικής του Μούρα, είναι ωφέλιμο σε αυτό το σημείο να αναφερθούν και οι θεωρητικές προεκτάσεις ενός τέτοιου εγχειρήματος, όπως αυτές αρθρώνονται από τον ίδιο τον καλλιτέχνη. Ο Μούρα, φαίνεται να έχει γνώση της επιρροής που η κυβερνητική είχε ασκήσει στην εικαστική παραγωγή στις δεκαετίες του 1960 και 1970. Οι καλλιτέχνες, οι οποίοι επηρεάστηκαν από την κυβερνητική [π.χ. Γκόρντον Πασκ (Gordon Pask), Ρόμπερτ Μπριερ (Robert Breer), Ζαν Τιγκελί (Jean Tinguely)] μετατόπισαν την έμφαση της τέχνης από τον μέχρι τότε αντικειμενοστρεφή της χαρακτήρα στην κατανόησή της ως διαδικασίας, ως ενός ανοικτού διαλόγου μεταξύ της πράξης της δημιουργίας, του καλλιτέχνη και

του κοινού (Apter 1969). Όπως αναφέρει ο Ρόι Άσκοτ (Roy Ascott), ένας από τους πρωτοπόρους καλλιτέχνες και θεωρητικούς της κυβερνητικής τέχνης:

Παντού στη μοντέρνα τέχνη ... η έμφαση δίνεται στη συμπεριφορά, στο τι συμβαίνει, στη διαδικασία και στο σύστημα, στη δυναμική αλληλεπίδραση τυχαίων και αναμενόμενων στοιχείων. Και αυτό συμβαίνει είτε εξετάζουμε το αντικείμενο του καλλιτέχνη (ή το σημείο εκκίνησης), είτε τη σημασία που αυτός/ή αποδίδει στην πράξη της δημιουργίας ή το έργο που παράγεται (Ascott 2007: 190).

Υπό αυτό το πρίσμα, ο τρόπος με τον οποίο ο Μούρα προσεγγίζει την παραγωγική τέχνη είναι σημαντικός επειδή εμπνέεται από μια εδραιωμένη τάση στην καλλιτεχνική σκηνή του μεταμοντερνισμού, η οποία προσεγγίζει την τέχνη ως σύστημα. Η εν δυνάμει συνεργασία μεταξύ των οντοτήτων που συνυπάρχουν σε μια συναρμογή, την οποία οι καλλιτέχνες της παραγωγικής τέχνης φαίνεται να προωθούν μέσα από την πρακτική τους, μπορεί να γίνει κατανοητή ως συνέχεια της κυβερνητικής τάσης στην τέχνη.

Η παραγωγική τέχνη είναι σημαντική γιατί, όπως αναφέρει ο Μούρα στο *Μα-νιφέστο Συμβιωτικής Τέχνης (Symbiotic Art Manifesto)*, ανοίγει το δρόμο στον συμβιωτικό διάλογο μεταξύ ανθρώπινου και τεχνητού, στο πλαίσιο μιας προσπάθειας επίτευξης κοινών καλλιτεχνικών εξερευνήσεων (Moura 2004). Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τους Πις και Κόλτον: «Οι άνθρωποι και οι μηχανές έχουν διαφορετικά δυνατά σημεία, και αντί να προσπαθούμε να στριμώξουμε τις μηχανές σε έναν τρόπο σκέψης που περνιέται για ανθρώπινος, πρέπει να στοχεύσουμε στην ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων που αξιοποιούν στο έπακρο τις δυνάμεις τους» (Pease & Colton 2011: 4).

II. Οντολογία Αλγορίθμων Παραγωγικής Τέχνης

*In short, I teach robots how to paint,
but afterward, it is not my doing
Leonel Moura*

Όπως καταδεικνύουν τα παραπάνω παραδείγματα, τα συστήματα παραγωγικής τέχνης λαμβάνουν αποφάσεις στην πορεία της δημιουργίας έργων με βάση αλγοριθμικούς κανόνες που έχουν τεθεί από τον δημιουργό διαμέσου του προγραμματισμού. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο καλλιτέχνης/προγραμματιστής μπορεί να ισχυριστεί ότι το σύστημα αντιπροσωπεύει τη δική του καλλιτεχνική ιδέα και

σε άλλες ότι το σύστημα προχωρεί σε νέες πρωτότυπες εκφράσεις. Οι καλλιτέχνες/προγραμματιστές μπορεί να χρησιμοποιούν παράλληλα διάφορα συστήματα όπως χημικά, βιολογικά, μηχανολογικά, ρομποτικά, συστήματα τεχνητών νευρωνικών δικτύων και συστήματα νοημοσύνης σμήνους. Υπό το φως των προαναφερθέντων καλλιτεχνικών έργων, αναδύονται κάποιοι πιθανοί ορισμοί της υπό διερεύνηση καλλιτεχνικής τάσης. Ακολουθώντας τον ορισμό που δίνει ο Φίλιπ Γκάλαντερ (Philip Galanter), η παραγωγική τέχνη: «[α]ναφέρεται σε οποιοδήποτε καλλιτεχνική πράξη στην οποία ο καλλιτέχνης αξιοποιεί κάποιο σύστημα, όπως για παράδειγμα ένα σύνολο φυσικών γλωσσών, ένα πρόγραμμα υπολογιστή, μια μηχανή, ή κάποια άλλη διαδικασιακή επιινόηση, που ενεργοποιείται με κάποιο βαθμό αυτονομίας, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση ή οδηγώντας στο πλήρες καλλιτεχνικό αποτέλεσμα» (Galanter 2003: 4).

Η επιλογή του Γκάλαντερ να αναφέρει πως η καλλιτεχνική πράξη των συστημάτων ενέχει μόνο κάποιο βαθμό αυτονομίας, δεν είναι τυχαία. Πέρα από το Μούρα, ο οποίος emphaticά υποστηρίζει πως τα ρομποτικά του συστήματα είναι αυτόνομα, οι ερευνητές του αναδυόμενου πεδίου της τεχνητής δημιουργικότητας, παραμένουν προσεκτικοί όσον αφορά τον βαθμό αυτονομίας που αποδίδουν σε τέτοιου είδους συστήματα. Για παράδειγμα, η Μπόντεν (Boden), μια από τις σημαντικότερες ερευνήτριες του χώρου, ορίζει την τάση αυτή ως εξής: «Η παραγωγική τέχνη παράγεται όταν αφήνουμε έναν υπολογιστικό πρόγραμμα να τρέχει μόνο του, με ελάχιστη ή μηδενική παρέμβαση από έναν άνθρωπο» (Boden & Edmonds 2009: 37).

Υπάρχουν σαφώς ρεαλιστικές δυσκολίες στην αποδοχή της αυτόνομης καλλιτεχνικής επιτέλεσης της μηχανής-δημιουργού και των αλγορίθμων που την ελέγχουν. Από το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, ορισμένες φωνές υποστήριξαν πως η ύπαρξη αυστηρών κανόνων καθιστά τα αλγοριθμικά συστήματα ανέκδοτα να εκδηλώσουν τη δημιουργική ή ευέλικτη συμπεριφορά που εκδηλώνουν οι άνθρωποι (Dreyfus 2001). Όπως γράφει το 1947 ο φιλόσοφος Ζορζ Κανγκιλέμ (Georges Canguilhem) στο *Μηχανή και οργανισμός*:

Στο μηχανήμα, οι κανόνες μιας λογικής λογιστικής επαληθεύονται αυστηρά. Το σύνολο είναι αυστηρά το άθροισμα των μερών. Το αποτέλεσμα εξαρτάται από τη σειρά των αιτίων. Επιπλέον, ένα μηχανήμα εμφανίζει μια σαφή λειτουργική ακαμψία, μια ακαμψία που γίνεται όλο και πιο έντονη από την πρακτική της τυποποίησης (παρατίθεται στο Marrati & Meyers 2008: 88).

Οι αλγόριθμοι γίνονται συχνά κατανοητοί ως «αυστηρά ορθολογιστικές υποθέσεις, που συνδυάζουν τις βεβαιότητες των μαθηματικών με την αντικειμενικότητα της τεχνολογίας» (Seaver 2013: 2). Στους αντίποδες αυτής της άποψης, η μέχρι

τώρα λειτουργική ακαμψία που προσδίδαμε στις μηχανές φαίνεται να μετριάζεται, υπό το φώς μερικών διαφορετικών ιδιοτήτων των νέων αλγόριθμων και των ψηφιακών συστημάτων. Οι ιδιότητες αυτές, θα συζητηθούν σε οντολογικό επίπεδο ως μια πιθανή οδός αυτονόμησης και εκ νέου αξιολόγησης της δημιουργικότητας των τεχνητών συστημάτων εικαστικής παραγωγής. Θα πρέπει εξ αρχής να σημειωθεί πως η δυσκολία ενός τέτοιου εγχειρήματος αφορά αφενός την πληθώρα αλγοριθμικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα στην παραγωγική τέχνη και τις διαφορές που αυτά παρουσιάζουν μεταξύ τους· αφετέρου, το γεγονός πως συχνά οι καλλιτέχνες/προγραμματιστές αποφεύγουν να περιγράψουν ενδελεχώς τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων τους προκειμένου να αποκλείσουν το ενδεχόμενο αντιγραφής τους και άρα, να εξασφαλίσουν την πρωτοτυπία των αποτελεσμάτων τους (du Sautoy 2019: 110).

Ξεκινώντας από τους ορισμούς, ο αλγόριθμος αναφέρεται σε ένα σύνολο εντολών, αυστηρά καθορισμένων και εκτελέσιμων σε πεπερασμένο χρόνο, οι οποίες όταν ακολουθηθούν, επιτυγχάνεται ένα επιθυμητό αποτέλεσμα ή επιλύεται ένα συγκεκριμένο πρόβλημα (Τσίχλας κ.ά. 2015:6). Η διαδικασία κωδικοποίησης συνθέτει κατά κύριο λόγο μια σειρά αλγορίθμων σε μια συναρμογή, μεταφράζει δηλαδή την εκάστοτε εισροή (input) σε δεδομένα τα οποία γίνονται κατανοητά από τον υπολογιστή με την αναγωγή τους σε δυαδικό κώδικα. Η διαδικασία αυτή, είναι γνωστή ως προγραμματισμός και ορίζεται σε αρχικό στάδιο από τη σύνθεση ενός ψευδοκώδικα, ο οποίος στη συνέχεια μετατρέπεται σε πηγαίο κώδικα. Το πρόγραμμα αποτελεί τον κωδικοποιημένο υπολογιστικό μηχανισμό, ο οποίος επιδρά στα δεδομένα, με αποτέλεσμα είτε τον μετασχηματισμό τους είτε την παραγωγή νέων δεδομένων. Έτσι, το πρόγραμμα αποτελεί την πραγμάτωση (implementation) του αλγορίθμου με τη χρήση προγραμματιστικών εντολών και λειτουργιών.

Ο συνδυασμός των κωδικοποιημένων αλγορίθμων με τις απαραίτητες δομές σε μία αδιάσπαστη ενότητα αποτελούν τη βάση κάθε προγράμματος, και άρα την αφετηρία κάθε εφαρμογής. Το σύνολο των εντολών προγραμματισμού που επαναλαμβάνονται κυκλικά ωστόσο ικανοποιηθεί μια συγκεκριμένη συνθήκη ονομάζεται βρόχος. Ένα πρόγραμμα υπολογιστή προχωρεί από την αρχή μέχρι τέλους εκτελώντας μια σειρά βρόχων (Μαρονίχ 2002:23). Με άλλα λόγια: «Ο προγραμματισμός είναι ένα είδος αφήγησης. Είναι μια αφήγηση η οποία απευθύνεται σε μια μηχανή και της υπαγορεύει τι να κάνει και πώς να αντιδράσει σε μια άλλη συγκεκριμένη αφήγηση, η οποία προέρχεται από τον χρήστη» (Σαντορινάιος κ.ά. 2015: 114).

Εκ πρώτης όψεως, η αυτονομία του συστήματος μοιάζει να μετριάζεται λόγω της ανάγκης αλληλεπίδρασής του με τον άνθρωπο, ο οποίος εν μέρει καθορίζει

τη λειτουργία του συστήματος μέσω του προγραμματισμού. Παρόλα αυτά, αν και η αλληλεπίδραση αυτή είναι βασική για τον προγραμματισμό και την οργάνωση των αλγορίθμων του συστήματος για την επιτέλεση καλλιτεχνικού έργου, ο αλγόριθμος παραμένει μια οντότητα με αυτόνομη υπόσταση. Η εν λόγω αυτονομία έγκειται στο τρόπο με τον οποίο ο αλγόριθμος διαχωρίζεται και δρα ανεξάρτητα από τις εισροές του. Ως εκ τούτου, η αυτονομία ενός αλγοριθμικού συστήματος, δε σχετίζεται με το κατά πόσο μπορεί να λειτουργήσει χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, αλλά με την ικανότητά του να «υπάρχει ανεξάρτητα από τα δεδομένα στα οποία επενεργεί ή από το πρόγραμμα το οποίο τον κωδικοποιεί» (ό.π.: 335).

Η αυτονομία των αλγορίθμων, είναι επίσης σχετική με την προσαρμοστικότητα τους, δηλαδή με «τη δυνατότητά τους να αναγνωρίζουν δομικά χαρακτηριστικά της πραγματικότητας, εντοπίζοντας μοτίβα στο χώρο των δεδομένων και προσαρμόζοντας τις λειτουργίες τους ανάλογα» (Πατηνιώτης & Βογιατζής, 2020). Μέσω της σχέσης δράσης-ανάδρασης του συστήματος με το εξωτερικό περιβάλλον, λαμβάνουν χώρα κάποιες διαδικασίες προσαρμογής. Οι διαδικασίες αυτές, αφορούν την προσπάθεια του συστήματος να διατηρήσει την εσωτερική του συνοχή και άρα να εξισορροπήσει τις εξωτερικές επιδράσεις. Η ικανότητα προσαρμογής του συστήματος σε επαναλαμβανόμενα ερεθίσματα, τα οποία λαμβάνει από ένα εξωτερικό δρώντα, οδηγούν στη δυνατότητα εναλλαγής της αντίδρασής του σε κάθε μεταξύ τους νέα αλληλεπίδραση.

Κατά συνέπεια, ο στόχος ενός αλγορίθμου και ως εκ τούτου ενός συστήματος είναι μεν προαποφασισμένος, αλλά μπορεί να μεταβληθεί ποσοτικά ανάλογα με τον περιβάλλοντα χώρο, στον οποίον δρα και τα εξωτερικά ερεθίσματα τα οποία λαμβάνει. Για παράδειγμα, όπως προαναφέρθηκε, στην περίπτωση του **The Painting Fool**, ένας αλγόριθμος ο οποίος επεξεργάζεται τις δράσεις του επισκέπτη ή μεταβαλλόμενα στοιχεία του περιβάλλοντος (π.χ. αριθμός ατόμων σε ένα δωμάτιο, εναλλαγή στη τροπή της επικαιρότητας από μέρα σε μέρα), όταν ενσωματώνεται σε ένα έργο είναι δυνατό να δημιουργεί, ανά πάσα στιγμή, διαφορετικές εκδοχές του έργου (Σαντοριναίος κ.ά. 2015: 48). Με αυτό τον τρόπο, ο κώδικας παύει να είναι αφηρημένος και μαθηματικός, αποκτά σημαντικές, αισθητικές διαστάσεις που συνδέονται με το περιβάλλον εκτέλεσης (Montfort κ.ά. 2012: 3).

Ουσιαστικά, η προσαρμοστικότητά του αυτόνομου συστήματος ταυτίζεται με τη δυνατότητα αντίστασής του σε οποιοδήποτε είδος εξωτερικού χειρισμού το οποίο αποπειράται να αλλάξει την εσωτερική του συνοχή. Έτσι, η αλληλεπίδραση του συστήματος με τον χρήστη και το περιβάλλον εκτέλεσης, περισσότερο εδραιώνει την αυτόνομη δράση του παρά την παρεμποδίζει. Η προσαρμοστικότητα του συστήματος είναι σημαντική γιατί, αφενός, κατοχυρώνει την αυτόνομη λει-

τουργία του και αφετέρου, συνδέεται άμεσα με τη δημιουργική διαδικασία. Όπως αναφέρει ο Κοέν περιγράφοντας τα χαρακτηριστικά του AARON: «Το σύστημα αλληλεπίδρασης της μηχανής στο σύνολό του θα πρέπει να διαθέτει ανάλογη προσαρμοστικότητα για να επιτρέπει το αδιάκοπα μεταβαλλόμενο μοτίβο λήψης αποφάσεων που χαρακτηρίζει την πρακτική της τέχνης» (Cohen 1973:1).

Έπειτα, όπως υπογραμμίζει ο Κίτσιν (Kitchin), ο αλγόριθμος είναι φύσει επιτελεστικός (performative) με την έννοια ότι μπορεί να συμβάλλει στην υλοποίηση πολλών εναλλακτικών σεναρίων (Kitchin 2017:21). Όντας μέρος της συνάθροισης ενός κώδικα και έπειτα ενός προγράμματος, ο αλγόριθμος ενός συστήματος, δύναται να παράγει σε κάθε του εκτέλεση είτε την ίδια εκδοχή ενός έργου ή διαφορετικές εκδοχές του. Η δυνατότητά του αυτή έγκειται ακριβώς στην οντογενετική, αναπτυξιακή και ενεργητική διάσταση, η οποία χαρακτηρίζει τα αλγοριθμικά συστήματα (Kitchin 2017: 21). Ο Μιγιαζάκι (Miyazaki) σημειώνει: «Σε μερικές περιπτώσεις, οι αλγόριθμοι και οι ενσάρκώσεις τους σε κώδικα τελειοποιούνται, επανασχεδιάζονται, επεκτείνονται και διορθώνονται, μέσω της επανάληψης διαφόρων εκδοχών τους» (Miyazaki 2012:2).

Η συνάθροιση μιας σειράς αλγορίθμων σε μια συναρμογή, πέρα από την επιτελεστική φύση που προσδίδει στους αλγόριθμους, είναι σημαντική και για δύο άλλους λόγους: Πρώτον, γιατί η επανάληψη διαφορετικών εκδοχών μέσω της συνάθροισης μιας πληθώρας επιμέρους αλγορίθμων καταδεικνύει πως τα αποτελέσματα του κώδικα δεν μπορούν να είναι απόλυτα προδιαγεγραμμένα και ξεφεύγουν συχνά από τον έλεγχο του καλλιτέχνη/προγραμματιστή. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο κώδικας έχει προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εξελίσσεται, ξαναγράφοντας τους αλγορίθμους του καθώς παρατηρεί, πειραματίζεται και μαθαίνει αυτόνομα από τους δημιουργούς του (Steiner 2012: 9). Για αυτόν το λόγο, η πρωτοτυπία η οποία διέπει την καλλιτεχνική δημιουργία των συστημάτων, αν και «διδάσκεται» στα συστήματα μέσω του προγραμματισμού, δεν είναι προβλέψιμη ούτε ελεγχόμενη από τους «διδάσκοντες», δηλαδή τους προγραμματιστές τους (Moura 2018). Παραδείγματος χάριν, όπως αναφέρει σε συνέντευξή του ο Τάικα σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των τεχνητών νευρωνικών δικτύων εικαστικής δημιουργίας: «Από πολλές απόψεις, η πρόκληση να κατανοήσουμε το εσωτερικό ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου και να εξηγήσουμε τις αποφάσεις ή τις ταξινομήσεις του παραμένει άλυτη και είναι ένας τομέας ενεργού έρευνας» (Tyka 2020).

Την ίδια στιγμή, οι επιτελέσεις στις οποίες προχωρεί ένας αλγόριθμος δεν είναι ούτε σκόπιμες ούτε σαφείς, αλλά παραμένουν ανοιχτές σε λάθη – με τη μετάβαση από τη μια κατάσταση στην άλλη να μην είναι πάντοτε ντετερμινιστική. Η μη αι-

τιοκρατική διάσταση των αλγορίθμων δεν ταυτίζεται με την τυχαιότητα που διέπει τους στοχαστικούς αλγορίθμους αλλά περισσότερο με την πολυπλοκότητά τους. Η Τζοάνα Ντράκερ (Johanna Drucker) αναφερόμενη σε μια γενικότερη περιγραφή της επιτελεστικής φύσης της αλγοριθμικής συμπεριφοράς, σημειώνει: «[ο]ι αλγόριθμοι είναι οδηγίες για διαδικασίες, για επιτελέσεις, τα αποτελέσματα των οποίων μπορεί συνήθως να είναι προβλεπόμενα, αλλά είναι ανοιχτά στο λάθος και τις τυχαίες αβεβαιότητες τόσο κατά την εκτέλεσή τους όσο και κατά την επεξεργασία τους στο υψηλότερο επίπεδο λειτουργίας και χρήσης τους» (Drucker 2013).

Έπειτα, η επαναλαμβανόμενη φύση των αλγορίθμων συνδέεται και με μια δεύτερη ιδιότητα, με την ικανότητα για επαγωγικό συλλογισμό. Ο αλγόριθμος, κάθε φορά που επενεργεί, τροποποιεί τις ενέργειές του έτσι ώστε, την επόμενη φορά που θα δράσει, να λειτουργήσει διαφορετικά και να αποφύγει το ίδιο λάθος ώστε, όπως προαναφέρθηκε, να διασφαλίσει την εσωτερική του συνοχή. Η ικανότητα του αλγόριθμου να επιτύχει το ίδιο αποτέλεσμα ή να προβεί σε διόρθωση ή βελτίωση ενός προηγούμενου αποτελέσματος ταυτίζεται με την ανάκληση των κατάλληλων παρελθοντικών εμπειριών από τη μνήμη του, μια διαδικασία η οποία εξαρτάται κατά πολύ από τους κλειστούς εσωτερικούς βρόχους (Πατηνιώτης 2020: 96). Όπως υποστήριξε ο ΜακΚάλοκ (McCulloch) το 1956 αναφερόμενος στη δυνατότητα ανάδρασης της μηχανής Τούρινγκ, αυτό που είναι σημαντικό και επιτρέπει στη μηχανή την ανάπτυξη ικανότητας για επαγωγικό συλλογισμό και για μάθηση σε πραγματικό περιβάλλον, είναι η ικανότητα να λαμβάνει στην είσοδο μιας νέας επιτέλεσης, τα δεδομένα της εξόδου των προηγούμενων τετελεσμένων επιτελέσεών της (McCulloch 1956: 150).

Καταληκτικά, η ανάλυση τείνει να συμφωνήσει με την παρακάτω διατύπωση:

Ο προγραμματισμός, παρόλο που είναι μια ντετερμινιστική διαδικασία, μπορεί ποικιλοτρόπως να δώσει την αίσθηση του απρόβλεπτου και να προκαλέσει την έκπληξη. Η έκθεση ενός αλγορίθμου σε μεγαλύτερο εύρος δεδομένων (π.χ. με παραγωγή τυχαίων τιμών) ή στο αντίστροφο πεδίο τιμών (π.χ. λάθος τιμές), σε σχέση με την αρχική του σχεδίαση, μπορεί να είναι η αιτία για μη προσδοκώμενα αποτελέσματα. Επίσης, μια διαδικασία μέσω των αναδρομικών κλήσεων στον εαυτό της μπορεί να ξεδιπλώσει απείρως περίπλοκες δομές (Σαντοριναίος κ.ά. 2015: 355).

III. Συμπεράσματα

If a lion could speak, we could not understand him
Ludwig Wittgenstein

Στην προοπτική ύπαρξης εξ ολοκλήρου αυτόνομων συστημάτων εικαστικής παραγωγής στα επερχόμενα χρόνια, η παρούσα εργασία επιχειρεί να θέσει υπό αμφισβήτηση την αναγκαστική εξήγηση της τεχνητής δημιουργικότητας μέσω της ανθρωποκεντρικής ανάλυσης. Όπως σημειώνει ο Μούρα: «Η απουσία του ανθρώπινου χαρακτηριστικού που χαρακτηρίζει αυτό το είδος τέχνης πρέπει να μεταφραστεί σε οριστική υπέρβαση της ανθρωποκεντρικής προκατάληψης που εξακολουθεί να κυριαρχεί στη δυτική σκέψη» (Moura 2016). Σε αυτό το διανοητικό συγκείμενο, το πρώτο μέρος της εργασίας, φωτίζει παραδείγματα συνεργασίας φυσικών και μη-φυσικών οντοτήτων στη δημιουργία τέχνης. Η παρατήρηση της φύσης της αλληλεπίδρασης των καλλιτεχνών/προγραμματιστών με τα τεχνητά συστήματα εικαστικής παραγωγής, οδηγεί σε μια γόνιμη και λιγότερο μεροληπτική κατανόηση του έμβιου και του άβιου δημιουργικού δρώντος ως δύο οντολογικών εταίρων που συνδιαλέγονται στο πλαίσιο μιας συναρμογής με στόχο την από κοινού εξερεύνηση πρωτοφανών εκδηλώσεων καλλιτεχνικής δημιουργίας.

Το δεύτερο μέρος, παρέχει ορισμούς για την παραγωγική τέχνη, τους αλγορίθμους και τη διαδικασία κωδικοποίησής τους. Έπειτα, διερευνά κατά πόσο η ακαμψία που χαρακτηρίζει τους αλγορίθμους μετριάζεται μέσω της ανάδειξης των λιγότερο γνωστών πτυχών της συμπεριφοράς τους. Η ανάλυση υποστηρίζει πως η υπέρβαση των περιορισμών ενός συστήματος, η οποία οδηγεί στην ανάδυση της δημιουργικής πράξης συμβαίνει εκ των έσω και είναι συνυφασμένη με την ίδια τη δομή των αλγορίθμων που το απαρτίζουν. Τέλος, υπό ένα μεθοδολογικό πρίσμα, η συζήτηση φανερώνει την ανάγκη συγκρότησης ενός οντολογικού και θεωρητικού πλαισίου το οποίο θα απομακρύνει την εν λόγω τάση εικαστικής παραγωγής από την τεχνολογική μεθόριο στην οποία βρισκόταν καθηλωμένη μέχρι το τέλος του προηγούμενου αιώνα και θα επιτρέψει την ένταξή της στην εξελικτική αλυσίδα της ιστορίας της τέχνης.

Το κυριότερο πρόβλημα στη μελλοντική αποδοχή ενός δημιουργικού συστήματος ως καλλιτέχνη *per se* έγκειται στο γεγονός πως σε όλο το φάσμα του ιστορικού αφηγήματος της τέχνης, η δημιουργική πράξη υπήρξε ταυτώσιμη με την ίδια την ανθρώπινη φύση. Το ανθρώπινο είδος, πορεύτηκε μέχρι σήμερα με μια σχεδόν αδιαφιλονίκητη αυτοπεποίθηση έναντι της μηχανής, επειδή ακριβώς κατείχε

μερικά χαρακτηριστικά τα οποία κανένα αλγοριθμικό σύστημα δεν θα ήταν ικανό να υφαρπάξει: Η φαντασία και η δημιουργική ικανότητα αποτελούσαν έναν φύσει ανθρώπινο «κώδικα» που κανένας προγραμματιστής δεν θα μπορούσε να «σπάσει» (du Sautoy 2019: 2-3, Kronfeldner 2009: 579). Ωστόσο, το πέρασμα της εικαστικής παραγωγής στη ψηφιακή επικράτεια και η ευρύτερη σύγκλιση των πεδίων της τέχνης και της μηχανικής μάθησης, θέτει προβληματισμούς γύρω από τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τη δημιουργικότητα όχι μόνο της μηχανής αλλά και του ίδιου του ανθρώπου. Η δομική ρήξη που η παραγωγική τέχνη επιφέρει στην παραδοσιακή σκηνή της καλλιτεχνικής δημιουργίας γίνεται κατανοητή ως η συγκρότηση και η ανάδυση μιας νέας *επερότητας*. Πέρα από το ενδιαφέρον της έρευνας να κατανοήσει και να εδραιώσει θεωρητικά το αναδυόμενο πεδίο της τεχνητής δημιουργικότητας, η αποδοχή ενός δημιουργικού «άλλου» μας φέρνει ταυτοχρόνως αντιμέτωπους με ένα πρόταγμα αυτογνωσίας, με μια εκ νέου ανάγκη επισκόπησης του *conditio humana*, της δημιουργικής ιδιότητας που μέχρι τώρα θεωρούσαμε πως μας ορίζει ως ανθρώπους, αλλά η οποία παραμένει κατ' ουσίαν άγνωστη σε εμάς.

Σημειώσεις

1. Από τα τέλη του 20ού αιώνα οι καλλιτέχνες ξεκινούν να ενδιαφέρονται για επιστημονικά πεδία όπως αυτά της Βιολογίας και Μικροβιολογίας, της Χημείας, της Ιατρικής, της Ρομποτικής και της Πληροφορικής. Όπως μάλιστα αναφέρει η Γέμτου: «... παρατηρείται τάση κατάργησης των ορίων ... μεταξύ επιστήμης και τέχνης, καθώς τις τελευταίες δεκαετίες προωθείται συστηματικά η συνεργασία καλλιτεχνών και επιστημόνων για την καλύτερη από κοινού έρευνα και κατανόηση φυσικών φαινομένων». Ελένη Γέμτου, *Τέχνη και Επιστήμη, Ερμηνευτικές Προσεγγίσεις στη Μοντέρνα και Σύγχρονη Τέχνη μέσα από την Επίδραση της Επιστήμης* (Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο Α.Ε., 2018), 261. Stephen Wilson, *Art and Science. How Scientific Research and Technological Innovation are Becoming Key to 21st-Century Aesthetics* (Λονδίνο: Thames & Hudson, 2010), 19-83.

2. Ο *μηχανικός ιππότης* αποτελούσε ένα ανδροειδές ρομπότ το οποίο λειτουργούσε με γρανάζια και τροχούς που συνδέονταν με μια περίτεχνη τροχαλία και καλώδιο και το οποίο μπορούσε να σταθεί, να κουνήσει το λαιμό του και τα χέρια του, να καθίσει και να σηκώσει το γέισο του. Από τα σχέδια που ανακαλύφθηκαν το 1957, φαίνεται ότι το ρομπότ ήταν πλήρως λειτουργικό, όπως το είχε σχεδιάσει ο Ντα Βίντσι. Rosheim Mark Elling, *Leonardo's Lost Robots*, (Βερολίνο, Χαϊδελβέργη, Νέα Υόρκη: Springer, 2006).

3. International Conference on Computational Creativity (ICCC)· Artificial Intelligence in Design (AID) το οποίο μετονομάστηκε σε Design Computing and Cognition (DCC)· Creativity and Cognition (C&C)· International Conference on Design Creativity (ICDC)· International Workshop on Creative Agents (IWCA).

4. Η δράση του Κόλτον στο αναδυόμενο πεδίο της τεχνητής δημιουργικότητας δεν περιορίζεται μόνο στον προγραμματισμό συστημάτων εικαστικής παραγωγής. Σε συνεργασία με την Άλισον Πις (Alison Pease), προχώρησαν στην εφαρμογή του Turing Test, για την αξιολόγηση της τεχνητής δημιουργικότητας.

Παρόλα αυτά, όπως οι ίδιοι αναφέρουν στα πορίσματα του εν λόγω πειράματος: «το Turing Test είναι σε μεγάλο βαθμό ακατάλληλο για σκοπούς αξιολόγησης της Υπολογιστικής Δημιουργικότητας, καθώς επιχειρεί να ομογενοποιήσει τη δημιουργικότητα σε ένα μοναδικό (ανθρώπινο) στυλ». Υπό αυτή την έννοια, η αδυναμία του παιχνιδιού της μίμησης να αξιολογήσει την δημιουργικότητα των παραγωγικών συστημάτων, καθιστά αναγκαίο τον σχεδιασμό διαδικασιών αξιολόγησης της τεχνητής δημιουργικότητας ως καθατής δημιουργικότητας και όχι ως προσομοίωσης της ανθρώπινης. Alison Pease & Simon Colton, «On Impact and Evaluation in Computational Creativity: A Discussion of the Turing Test and an Alternative Proposal», *Computing and Philosophy*, (2011): 1-8.

5. Για την παρουσίαση του καλλιτεχνικού εγχειρήματος, βλ. thepaintingfool.com (τελευταία ανάκτηση 10 Αυγούστου, 2020).

Αναφορές

- Alpaydin, Ethem. 2016. *Machine Learning: The New AI*. Κέιμπριτζ, MA: MIT Press.
- Apter, Michael. 1969. «Cybernetics and art». *Leonardo* 2, 257-265.
- Ascott, Roy. 2007. «The Cybernetic Stance: My Process and Purpose». *Leonardo* 40,2:189-197.
- Audry, Sofian. & Ippolito, Jon. 2019. «Can Artificial Intelligence Make Art without Artists? Ask the Viewer». *Arts* 8,35:1-8.
- Bedini, Silvio A. 1964. «The Role of Automata in the History of Technology». *Technology and Culture* 5,1: 24-42.
- Berlinski, David. 2000. *The advent of the algorithm: The idea that rules the world*, Νέα Υόρκη: Harcourt.
- Boden, Margaret A. & Edmonds, Ernest A. 2009. «What is generative art». *Digital Creativity* 20,1-2:21-46.
- Boden, Margaret A. 1998. «Creativity and artificial intelligence». *Artificial Intelligence* 103: 347-356.
- Boden, Margaret A. 2004. *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*. Λονδίνο: Routledge.
- Canguilhem, Georges. 2008. «Machine and Organism». Στο: *Knowledge of Life*, Marrati, Paola. & Meyers, Todd. επιμ., Νέα Υόρκη: Fordham University Press. 75-97.
- Coeckelbergh, Mark. 2016. «Can Machines Create Art?». *Philosophy & Technology* 30(3): 285-303.
- Cohen, Harold. 1973. «Parallel to perception». *Computer Studies* IV,3-4: 1-10.
- Cohen, Harold. 2010. *Driving the Creative Machine. Crossroads Lecture Series*. Ίστασاونτ: Orcas Center.
- Colton, Simon. 2008. «Creativity versus the perception of creativity in computational system». Στο: *Proceedings of AAAI Spring Symposium*: <https://aaai.org/Library/Symposia/Spring/2008/ss08-03-003.php> (πρόσβαση 2 Μαΐου 2020)
- Colton, Simon. 2012. «The Painting Fool: Stories from Building an Automated Painter» Στο: *Computers & Creativity*. McCormack, Jon. & d' Inverno, Mark. επιμ., Βερολίνο, Χαϊδελβέργη: Springer. 3-38.
- Colton, Simon. Valstar, Michel F. & Pantic, Maja. 2008. «Emotionally aware automated portrait painting» Στο: *Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts*, 304-311. Νέα Υόρκη: Association for Computing Machinery.
- Dreyfus, Hubert. 2001. *Τι δεν μπορούν ακόμη να κάνουν οι υπολογιστές*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Drucker, Johanna. 2013. «Performative materiality and theoretical approaches to interface». *DHQ: Digital Humanities Quarterly* 7,1.

- Du Sautoy, Marcus. 2019. *The Creativity Code, Art and Innovation in the Age of AI*. Κέιμπριτζ, MA: MIT Press.
- Floridi, Luciano. 2014. *The Fourth Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality*. Οξφόρδη: Oxford University Press.
- Galanter, Philip. 2003. «What Is Generative Art? Complexity Theory as a Context for Art Theory» Στο: *Proceedings of the International Conference on Generative Art*, 1-21. Μιλάνο: Generative Design Lab, Milan Polytechnic.
- Galloway, Alexander R. 2006. *Gaming: Essays on Algorithmic Culture*. Μινεάπολη, MN: University of Minnesota Press.
- Hill, Robin K. 2016. «What an Algorithm Is». *Springer Philosophy & Technology* 29,1: 35-59.
- Kitchin, Rob. 2017. «Thinking critically about and researching algorithms». *Information, Communication & Society* 20,1: 14-29.
- Kronfeldner, Maria. 2009. «Creativity Naturalized». *The Philosophical Quarterly* 59,237: 577-592.
- Kroos, Christian. 2016. «The Art in the Machine» Στο: *Robots and Art: Exploring and Unlikely Symbiosis*. Herath, Damith. Kroos, Christian. & Stelarc. επιμ., Σιγκαπούρη: Springer Cognitive Science and Technology. 19-25.
- Manovich, Lev. 2002. *The Language of New Media*. Κέιμπριτζ, MA: MIT Press.
- Mcculloch, Warren S. 1956. «Toward some circuitry of ethical robots or an observational science of the genesis of social evaluation in the mind-like behavior of artifacts». *Acta Biotheoretica* 11,3-4: 147-156.
- Miyazaki, Shintaro. 2012. «Algorhythmic: Understanding Micro-Temporality in Computational Cultures». *Computational Culture* 2.
- Montfort, Nick. Baudoin, Patsy. Bell, John. Bogost, Ian. Douglass, Jeremy. Marino, Mark C. Mateas, Michael. Reas, Casey. Sample, Mark. & Vawter, Noah. 2012. *10 PRINT CHR\$(205.5 + RND(1)): GOTO 10*. Κέιμπριτζ, MA: MIT Press.
- Moura, Leonel. & Pereira, Henrique G. 2014. «Dynamics of Data-Driven Design, A New Kind of Art [Based on Autonomous Collective Robotics]». *Footprint* 15: 25-32.
- Moura, Leonel. 2004. «Symbiotic Art Manifesto». <http://www.leonelmoura.com/manifesto.html> (πρόσβαση 4 Απριλίου 2021).
- Moura, Leonel. 2016. «Machines That Make Art». Στο: *Robots and Art: Exploring an Unlikely Symbiosis*. Herath, Damith. Kroos, Christian. & Stelarc. επιμ., Σιγκαπούρη: Springer Cognitive Science and Technology. 255-272.
- Moura, Leonel. 2018. «Robot Art: An Interview with Leonel Moura». *Arts* 7,28: 1-5.
- Moura, Leonel. <http://www.leonelmoura.com/> (πρόσβαση 13 Μαρτίου 2021)
- Negrotti, Massimo. επιμ., 1991. *Understanding the Artificial: On the Future Shape of Artificial Intelligence*. Λονδίνο: Springer-Verlag.
- Paul, Christiane. 2015. *Digital Art*. Λονδίνο: Thames and Hudson Ltd.
- Pease, Alison. & Colton, Simon. 2011. «On Impact and Evaluation in Computational Creativity: A Discussion of the Turing Test and an Alternative Proposal». *Computing and Philosophy* 1-8.
- Rosheim, Mark E. 2006. *Leonardo's Lost Robots*. Βερολίνο, Χαϊδελβέργη, Νέα Υόρκη: Springer.
- Ruffino, Teresa. 2020. «Algorithmic Imagery: Interview with Mike Tyka Teresa Ruffino». *Digicult*, <http://digicult.it/articles/algorithmic-imagery-interview-with-mike-tyka/> (πρόσβαση 21 Απριλίου 2021).
- Russell, Stuart J. & Norvig, Peter. 1995. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Νιού Τζέρσεϊ: Prentice Hall Press.
- Seaver, Nick. 2017. «Algorithms as Culture: Some Tactics for the Ethnography of Algorithmic Systems». *Big Data & Society* 1-12.

- Steiner, Christopher. 2012. *Automate this: How algorithms took over our markets, our jobs, and the world*. Νέα Υόρκη: Portfolio.
- Striphas, Ted. 2015. «Algorithmic culture». *European Journal of Cultural Studies* 18,4-5: 395–412.
- The Painting Fool. <http://www.thepaintingfool.com/> (πρόσβαση 17 Απριλίου 2021)
- Tyka, Mike. 2015. «The art of neural networks | Mike Tyka | TEDxTUM». *YouTube* βίντεο, 16:07. <https://www.youtube.com/watch?v=oqVOUD76JOg>
- Tyka, Mike. <https://miketyka.com/> (πρόσβαση 2 Μαΐου 2021)
- Veale, Tony. & Cardoso, Amílcar F. 2019. *Computational creativity: the philosophy and engineering of autonomously creative systems*. Ελβετία: Springer Nature.
- Wiggins, Geraint A. 2006. «A preliminary framework for description, analysis and comparison of creative systems». *Journal of Knowledge Based Systems* 19,7:449–458.
- Wilson, Stephen. 2010. *Art and Science. How Scientific Research and Technological Innovation are Becoming Key to 21st-Century Aesthetics*. Λονδίνο: Thames & Hudson.
- Zylinska, Joanna. 2020. *AI Art Machine Visions and Warped Dreams*. Λονδίνο: Open Humanities Press.
- Γέμτου, Ελένη. 2018. *Τέχνη και Επιστήμη, Ερμηνευτικές προσεγγίσεις στη Μοντέρνα και Σύγχρονη Τέχνη μέσα από την Επίδραση της Επιστήμης*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Καμπουρλάζος, Βασίλειος, & Παπακώστας, Γεώργιος. 2015. *Εισαγωγή στην Υπολογιστική Νοημοσύνη*, Αθήνα: ΣΕΑΒ.
- Πατηνιώτης, Μανώλης, & Βογιατζής, Ηρακλής. 2020. «Φιλοσοφία των αλγορίθμων». 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φιλοσοφίας της Επιστήμης 1-8.
- Πατηνιώτης, Μανώλης. επιμ. 2020. *Εισαγωγή στις Ψηφιακές Σπουδές*, Θεσσαλονίκη: Ροπή.
- Σαντοριναίος, Μάνθος. Ζώη, Σταυρούλα. Δημητριάδη, Νεφέλη. Διαμαντόπουλος, Ταξιάρχης. Μπαρδάκος, Γιάννης. 2015. *Από τις σύνθετες τέχνες στα υπέρμετρα και τους νέους εικονικούς-δυναμικούς χώρους*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Τάσης, Θεοφάνης. 2019. *Ψηφιακός ανθρωπισμός*. Αθήνα: Αρμός.
- Τσίχλας, Κωνσταντίνος. Μανωλόπουλος, Ιωάννης. & Γούναρης, Αναστάσιος. 2015. *Σχεδίαση και Ανάλυση Αλγορίθμων*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.