



«Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού»

«ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΤΕΧΝΕΣ-ΠΟΛΥΜΕΣΑ»

Διπλωματική Εργασία

«Τεχνητή Νοημοσύνη στον σχεδιασμό γραμματοσειρών»

Φωτεινή Μικρομάστορα

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Ελισάβετ Γεωργιάδου

Πάτρα, Μάιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Φωτεινής Μικρομάστορα που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Τεχνητή Νοημοσύνη στον σχεδιασμό γραμματοσειρών

Φωτεινή Μικρομάστορα

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Δρ. Ελισάβετ Γεωργιάδου

Μέλος ΣΕΠ ΕΑΠ ΓΤΠ60

Τεχνολογία Γραφικών Τεχνών

ΕΔΠΙ, Τμήμα Δημοσιογραφίας & ΜΜΕ,

ΑΠΘ

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Δρ. Άννα Λάσκαρη

Αρχιτέκτων Μηχανικός ΕΜΠ, ΔΠΜΣ

ΕΜΠ, MSc UCL, Δρ. ΕΜΠ, ΣΕΠ ΕΑΠ

Πάτρα, Μάιος 2026

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, Δρ. Ελισάβετ Γεωργιάδου, για την καθοδήγηση, τις παρατηρήσεις και την υποστήριξή της κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης τη συν-επιβλέπουσα καθηγήτρια, Δρ. Άννα Λάσκαρη για τη δική της συμβολή.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην οικογένειά μου για την υπομονή, την ενθάρρυνση και τη σταθερή στήριξή της σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Η βοήθειά τους υπήρξε πολύτιμη σε κάθε στάδιο αυτής της προσπάθειας.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, εστιάζοντας στον τρόπο με τον οποίο τα σύγχρονα εργαλεία TN επηρεάζουν τη δημιουργική διαδικασία, τον ρόλο του σχεδιαστή και την τεχνική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων. Το θέμα προσεγγίζεται μέσα από τη σύνδεση της τυπογραφικής παράδοσης, της ψηφιακής τεχνολογίας και των σύγχρονων πρακτικών συνδημιουργίας. Η μεθοδολογία της εργασίας βασίζεται σε βιβλιογραφική ανασκόπηση, θεωρητική ανάλυση και συγκριτική αξιολόγηση επιλεγμένων εργαλείων TN. Παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της τυπογραφίας, η εξέλιξη των ψηφιακών γραμματοσειρών, οι βασικές τεχνολογίες TN, καθώς και ζητήματα δημιουργικότητας, πατρότητας έργου, πνευματικής ιδιοκτησίας και ηθικής χρήσης. Η πρακτική διερεύνηση πραγματοποιείται μέσα από ένα ενιαίο σχεδιαστικό σενάριο για τη γραμματοσειρά «Mikromastora». Τα ευρήματα δείχνουν ότι η TN μπορεί να υποστηρίξει κυρίως τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού, όπως τη σύλληψη και ανάπτυξη αρχικών ιδεών, τη διερεύνηση ύφους και την παραγωγή πρώτων προτάσεων, ενώ η υποστήριξη μη λατινικών συστημάτων γραφής, όπως του ελληνικού αλφαβήτου, παραμένει περιορισμένη στα εξεταζόμενα εργαλεία. Ωστόσο, η τελική ποιότητα μιας γραμματοσειράς εξακολουθεί να απαιτεί ανθρώπινη αξιολόγηση, τεχνική επιμέλεια και δημιουργική κρίση. Συμπερασματικά, κατά τον χρόνο εκπόνησης της εργασίας η TN δεν αντικαθιστά τον σχεδιαστή γραμματοσειρών, αλλά μεταβάλλει τον ρόλο του προς την κατεύθυνση του καθοδηγητή, αξιολογητή και επιμελητή.

Λέξεις-Κλειδιά: Τεχνητή Νοημοσύνη, σχεδιασμός γραμματοσειρών, παραγωγική TN, τυπογραφία, δημιουργικότητα, συνδημιουργία, πνευματική ιδιοκτησία, ηθική TN

Abstract

This thesis examines the application of Artificial Intelligence (AI) in typeface design, focusing on how contemporary AI tools influence the creative process, the role of the designer, and the technical utilization of generated outcomes. The topic is approached through the interconnection of typographic tradition, digital technology, and contemporary co-creative practices. The methodology of the study is based on a literature review, theoretical analysis, and comparative evaluation of selected AI tools. The fundamental principles of typography are presented, along with the evolution of digital typefaces, core AI technologies, as well as issues related to creativity, authorship, intellectual property, and ethical use. The practical investigation is conducted through a unified design scenario for the typeface “Mikromastora”. The findings indicate that AI can primarily support the early stages of the design process, such as the conception and development of initial ideas, stylistic exploration, and the generation of preliminary proposals. However, support for non-Latin writing systems, such as the Greek alphabet, remains limited within the examined tools. Nevertheless, the final quality of a typeface still requires human evaluation, technical refinement, and creative judgment. In conclusion, at the time of this study, AI does not replace the typeface designer but rather transforms their role toward that of a guide, evaluator, and curator.

Keywords: Artificial Intelligence, typeface design, generative AI, typography, creativity, co-creation, intellectual property, AI ethics

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	2
Abstract	3
1. Εισαγωγή.....	7
1.1 Βασική ορολογία.....	7
1.2 Ερευνητικό πεδίο και τεκμηρίωση της ανάγκης για έρευνα.....	9
1.3 Σκοπός, στόχοι, ερευνητικά ερωτήματα και προσδοκώμενα αποτελέσματα	10
1.4 Μεθοδολογία της έρευνας.....	11
1.5 Δομή της εργασίας	13
2. Ιστορική και Τεχνολογική Εξέλιξη του Σχεδιασμού Γραμματοσειρών	15
2.1 Από τη χειρόγραφη παράδοση στις πρώτες ψηφιακές προσεγγίσεις.....	15
2.2 Ψηφιακά πρότυπα: PostScript, TrueType και OpenType	16
2.3 Web fonts και διεύρυνση της τυπογραφικής βάσης δεδομένων	18
2.4 Μεταβλητές γραμματοσειρές (Variable Fonts) και ο σύγχρονος παραμετρικός σχεδιασμός	19
2.5 Υπολογιστική Αναπαράσταση Γραμματοσειρών	21
2.5.1 Περιγράμματα και Καμπύλες Bezier	21
2.5.2 Ενσωματώσεις γλυφών και τυπογραφικός λανθάνων χώρος.....	23
2.5.3 Παρεμβολή στον τυπογραφικό χώρο	24
2.5.4 Σύνολα δεδομένων για γραμματοσειρές	25
2.5.5 Μετρικές αξιολόγησης τυπογραφικής ποιότητας	26
2.6 Σύνοψη Κεφαλαίου	27
3. Βασικές Αρχές Τεχνητής Νοημοσύνης.....	29
3.1 Ορισμός και ιστορική εξέλιξη.....	29
3.2 Μηχανική Μάθηση	30
3.3 Νευρωνικά Δίκτυα και Βαθιά Μάθηση	31
3.4 Γενετικοί Αλγόριθμοι και Εξελκτικές Τεχνικές.....	32
3.5 Παραγωγικά Μοντέλα: GANs, Diffusion Models και VAEs	32

3.6	Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα και Πολυπρακτορικά Συστήματα.....	34
3.7	Σύνοψη Κεφαλαίου	35
4.	Θεωρία Δημιουργικότητας και Συνδημιουργία	37
4.1	Θεωρίες Δημιουργικότητας.....	37
4.2	Υπολογιστική Δημιουργικότητα	38
4.3	Υβριδική Δημιουργία και Συνδημιουργικά Συστήματα	39
4.4	Agentic AI και Νέα Παραδείγματα Συνδημιουργίας.....	41
4.5	Σύνοψη Κεφαλαίου	42
5.	Εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στον Σχεδιασμό Γραμματοσειρών	43
5.1	Εισαγωγή και τρόπος λειτουργίας των εργαλείων TN στη δημιουργία γραμματοσειρών.....	43
5.2	Ερευνητικά έργα στον σχεδιασμό γραμματοσειρών με TN.....	44
5.3	Σύγχρονα εργαλεία TN και εργαλεία σύγκρισης	47
5.4	Κριτήρια αξιολόγησης των αποτελεσμάτων	48
5.5	Πρακτική δοκιμή: δημιουργία της γραμματοσειράς «Mikromastora»	50
5.5.1	Εργαλεία με περιορισμένη ή μη ολοκληρωμένη πρακτική αξιολόγηση.....	50
5.5.2	Εργαλεία που αξιολογήθηκαν πρακτικά	51
5.6	Η θέση της TN στη ροή σχεδιασμού γραμματοσειρών	56
5.7	Σύνοψη Κεφαλαίου	57
6.	Ζητήματα Πνευματικής Ιδιοκτησίας, Δημιουργού και Ηθικής Χρήσης.....	58
6.1	Η γραμματοσειρά ως σύνθετο δημιουργικό αντικείμενο και η μετατόπιση του ρόλου του σχεδιαστή.....	58
6.2	Δημιουργική πατρότητα, πρωτοτυπία και μίμηση τυπογραφικού ύφους	60
6.3	Δεδομένα εκπαίδευσης, άδειες χρήσης, υπεύθυνη επαγγελματική αξιοποίηση .	62
6.4	Σύνοψη Κεφαλαίου	66
7.	Συμπεράσματα και Προοπτικές	67
7.1	Συμπεράσματα από βιβλιογραφική ανασκόπηση και πρακτική εφαρμογή	67
7.2	Απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα	68
7.3	Περιορισμοί της έρευνας και μελλοντικές ερευνητικές προεκτάσεις.....	70

Βιβλιογραφικές αναφορές.....	72
-------------------------------------	-----------

1. Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, σε έναν τομέα όπου συναντώνται ο τυπογραφικός σχεδιασμός, η τεχνολογία και η δημιουργική έκφραση. Στο εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζεται η βασική ορολογία και ακολούθως το ερευνητικό πεδίο του τυπογραφικού σχεδιασμού και η τεκμηρίωση της ανάγκης για έρευνα. Στη συνέχεια ορίζεται ο σκοπός της εργασίας, οι επιμέρους στόχοι, τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα και τα προσδοκώμενα αποτελέσματα καθώς και η μεθοδολογία εκπόνησης. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την συνοπτική παρουσίαση των επιμέρους κεφαλαίων της διπλωματικής εργασίας.

1.1 Βασική ορολογία

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται βασικές έννοιες που αποτελούν θεμελιώδη αφετηρία για την παρούσα διπλωματική εργασία στο σύνολό της, καθώς και απαραίτητο υπόβαθρο για την κατανόηση των επιμέρους κεφαλαίων, όπως ο χαρακτήρας (character), η γλύφος (glyph), η οικογένεια γραμμάτων (typeface) και η γραμματοσειρά (font), οι οποίες είναι κρίσιμες για την κατανόηση του τυπογραφικού σχεδιασμού και της ψηφιακής αναπαράστασης του κειμένου (EETΣ, n.d.· Γεωργιάδου, Αλατσίδου, Μαντζάρη, 1999· Google Fonts, n.d.-c· FontLab, n.d.).

Ένας **χαρακτήρας (character)** αποτελεί τη μικρότερη μονάδα της γραπτής γλώσσας, όπως ένα γράμμα του αλφαβήτου, ένα σύμβολο ή ένα ψηφίο. Στην τυπογραφική και υπολογιστική ορολογία, ένας χαρακτήρας ορίζεται ως μια λογική οντότητα που έχει κωδικοποιηθεί, δηλαδή του έχει αποδοθεί ένας μοναδικός αριθμητικός κωδικός σε ένα πρότυπο αναπαράστασης, ώστε να μπορεί να αναγνωρίζεται και να χρησιμοποιείται με ενιαίο τρόπο σε διαφορετικές γραμματοσειρές και συστήματα. Το βασικότερο πρότυπο κωδικοποίησης είναι το Unicode, ένα καθολικό σύστημα που περιλαμβάνει πάνω από 100.000 χαρακτήρες και συνεχώς επεκτείνεται. Οι κωδικοί αυτοί χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και επεξεργασία κειμένου στους υπολογιστές, αλλά και ως σημείο αναφοράς για την αντιστοίχιση των χαρακτήρων με τις αντίστοιχες γλυφές μέσα σε μια γραμματοσειρά. Ο ίδιος χαρακτήρας μπορεί να αποδοθεί ή να σχεδιαστεί με διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με το στυλ ή το σύστημα γραφής στο οποίο χρησιμοποιείται. Ταυτόχρονα, υπάρχουν περιπτώσεις όπου διαφορετικοί χαρακτήρες έχουν ίδια ή πολύ παρόμοια οπτική μορφή, αλλά αντιστοιχούν σε διαφορετικά συστήματα γραφής. Για παράδειγμα, το λατινικό κεφαλαίο Α, το κυριλλικό А και το ελληνικό κεφαλαίο Άλφα Α

μπορεί να μοιάζουν οπτικά, αλλά αποτελούν διαφορετικούς χαρακτήρες με διαφορετική κωδικοποίηση και γλωσσική προέλευση. Ένας χαρακτήρας που υποστηρίζεται σε μια γραμματοσειρά πρέπει να έχει έναν τρόπο οπτικής αναπαράστασης μέσω των γλυφών της. Σε απλές περιπτώσεις, υπάρχει μία γλύφος για κάθε χαρακτήρα που υποστηρίζεται από τη γραμματοσειρά.

Μια **γλύφος (glyph)** αποτελεί μία συγκεκριμένη οπτική αναπαράσταση ενός χαρακτήρα. Κάθε γραμματοσειρά διαθέτει έναν χάρτη χαρακτήρων Unicode (Unicode character map), ο οποίος συνδέει τους αφηρημένους αναγνωριστικούς κωδικούς των χαρακτήρων με τον τρόπο οπτικής τους απόδοσης, μέσω των προεπιλεγμένων γλυφών. Κάθε γλύφος καταλαμβάνει μία θέση στον πίνακα γλυφών της γραμματοσειράς, ο οποίος λειτουργεί ως βάση δεδομένων μέσα στο αρχείο της γραμματοσειράς και είναι οργανωμένος σύμφωνα με τα πρότυπα και τις προδιαγραφές του Unicode.

Αν και οι όροι «γλύφος» και «χαρακτήρας» χρησιμοποιούνται συχνά εναλλακτικά στην τυπογραφική ορολογία, η μεταξύ τους σχέση δεν είναι απαραίτητα ένα-προς-ένα. Ένας χαρακτήρας μπορεί να αντιστοιχεί σε πολλαπλές γλυφές (π.χ. εναλλακτικές μορφές), ενώ μια γλύφος μπορεί να αναπαριστά περισσότερους από έναν χαρακτήρες (όπως στις λιγκατούρες). Ακόμη και στις περιπτώσεις όπου υπάρχει αντιστοιχία ενός χαρακτήρα προς μία γλύφο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ο χαρακτήρας αποτελεί μια αφηρημένη έννοια, ενώ η γλύφος είναι η συγκεκριμένη οπτική μορφή που χρησιμοποιούμε στην πράξη.

Ο όρος **οικογένεια γραμμάτων (typeface ή font family)**, αποδίδει ένα σύνολο σχεδιασμένων χαρακτήρων που μοιράζονται κοινά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, όπως βάρος, ύφος και γενική μορφολογική συνοχή. Οι χαρακτήρες αυτοί μπορεί να περιλαμβάνουν γράμματα, αριθμούς, σύμβολα και σημεία στίξης και προορίζονται για χρήση σε έντυπα ή ψηφιακά κείμενα. Οι οικογένειες γραμμάτων διακρίνονται σε ποικίλες κατηγορίες, όπως serif, sans-serif, script, display και monospace, καθεμία από τις οποίες διαθέτει διακριτά αισθητικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, οι serif γραμματοσειρές διαθέτουν μικρές απολήξεις ή «ακρεμόνες» στα άκρα των γραμμάτων, ενώ οι sans-serif στερούνται αυτών των στοιχείων και εμφανίζουν πιο καθαρές και λιτές μορφές. Οι script μιμούνται τη χειρόγραφη γραφή, ενώ οι display γραμματοσειρές χρησιμοποιούνται κυρίως σε τίτλους και μεγάλα τυπογραφικά μεγέθη, όπου η εκφραστικότητα και η οπτική εντύπωση έχουν μεγαλύτερη σημασία. Κάθε οικογένεια έχει το δικό της χαρακτηριστικό όνομα, π.χ. *Times*, *Helvetica*, *Futura*, *Univers* κ.ά. και μια πλήρης

οικογένεια γραμμάτων περιλαμβάνει όλους τους τύπους χαρακτήρων ανάλογα με το βάρος, το πλάτος και την κλίση τους.

Ο όρος **γραμματοσειρά (font)** αποδίδει το σύνολο πεζών και κεφαλαίων γραμμάτων, αριθμητικών, σημείων στίξης και στοιχείων άλλων συμβόλων ενιαίου σχεδιασμού, που αποτελούν πλήρη γραμματοσειρά ενός μεγέθους. Τα πλαγιασμένα ή επικλινή στοιχεία θεωρούνται μέρος της, αλλά αναφέρονται ως διαφορετική γραμματοσειρά (EETΣ, n.d.).

1.2 Ερευνητικό πεδίο και τεκμηρίωση της ανάγκης για έρευνα

Στις τελευταίες δεκαετίες, η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) έχει αναδειχθεί σε κομβική τεχνολογία με εφαρμογές σε πλήθος κλάδων, από την υγεία και τα χρηματοοικονομικά μέχρι τις δημιουργικές βιομηχανίες. Λειτουργεί ολοένα και περισσότερο ως βασικός μηχανισμός παραγωγής και επεξεργασίας περιεχομένου, επαναπροσδιορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο παράγονται εικόνες, κείμενα, ήχοι και οπτικά συστήματα (Anantrasirichai & Bull, 2021). Στο πλαίσιο αυτό, η σχέση της TN με τη δημιουργικότητα έχει γίνει αντικείμενο έντονης συζήτησης: άλλοτε προβάλλεται ως υπόσχεση για ενίσχυση της ανθρώπινης δημιουργικότητας, και άλλοτε ως πιθανή απειλή για την αυτονομία και την εργασία των δημιουργών (Boden, 2016· Deckker & Sumanasekara, 2025).

Στο πλαίσιο των δημιουργικών βιομηχανιών, ένας τομέας όπου οι παραπάνω επιδράσεις γίνονται ιδιαίτερα εμφανείς είναι ο σχεδιασμός γραμματοσειρών. Ο σχεδιασμός γραμματοσειρών κατέχει κεντρική θέση στο ευρύτερο πεδίο της οπτικής επικοινωνίας, καθώς οι γραμματοσειρές δεν λειτουργούν απλώς ως φορείς κειμένου, αλλά ως βασικά δομικά στοιχεία που επηρεάζουν την αναγνωσιμότητα, τον τρόπο αντιληπτικής επεξεργασίας της πληροφορίας και τη διαμόρφωση της συνολικής οπτικής ταυτότητας κάθε μέσου (Poorn, 2021). Η μετάβαση από τον αναλογικό στον ψηφιακό σχεδιασμό, η ποικιλία οθονών και πλατφορμών και η ανάγκη για πολυγλωσσικά και ευέλικτα τυπογραφικά συστήματα έχουν καταστήσει τον σχεδιασμό γραμματοσειρών μια ιδιαίτερα απαιτητική και εξειδικευμένη δραστηριότητα.

Η είσοδος της TN στο πεδίο αυτό έχει μεταβάλει σημαντικά τα δεδομένα. Πλήθος ερευνητικών εργασιών αξιοποιεί μοντέλα βαθιάς μάθησης —και ιδιαίτερα τα Generative Adversarial Networks (GANs)— για την αυτόματη παραγωγή ή/και τον μετασχηματισμό γραμματοσειρών, μέσω μεταφοράς στυλ (style transfer), σύνθεσης γλυφών (glyph synthesis) και παραγωγής χαρακτήρων με ελάχιστες εικόνες αναφοράς (few-shot),

αντιμετωπίζοντας τη χρονοβόρα και απαιτητική φύση του παραδοσιακού σχεδιασμού γραμματοσειρών (Azadi et al., 2018· Hayashi et al., 2019· Kong et al., 2022· Memon et al., 2025). Παράλληλα, η διανυσματική αναπαράσταση των γλυφών, ιδίως μέσω περιγραμμάτων και καμπυλών Bézier, παραμένει κρίσιμη για την τεχνική αρτιότητα και την πρακτική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων που παράγονται με TN.

Ωστόσο, το πεδίο της TN στον τυπογραφικό σχεδιασμό παραμένει λιγότερο χαρτογραφημένο από διεπιστημονική σκοπιά. Οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται στην τεχνική πλευρά της δημιουργίας γραμματοσειρών, ενώ λιγότερες διερευνούν συστηματικά:

- πώς μεταβάλλεται η δημιουργική διαδικασία με την ενσωμάτωση της TN,
- πώς επαναπροσδιορίζεται ο ρόλος του σχεδιαστή σε συνθήκες συνδημιουργίας με αλγοριθμικά συστήματα,
- ποιο είναι το αποτύπωμα της TN στην αισθητική ταυτότητα, την αυθεντικότητα και την αντίληψη της τυπογραφίας,
- και ποια ζητήματα πρωτοτυπίας και πνευματικών δικαιωμάτων ανακύπτουν ειδικά στο πεδίο των γραμματοσειρών.

Επιπλέον, από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, δεν εντοπίστηκαν ελληνόγλωσσες δημοσιεύσεις που να εξετάζουν ειδικά τη σχέση μεταξύ TN και σχεδιασμού γραμματοσειρών, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη για μια μελέτη που να παρουσιάζει συγκροτημένα το διεθνές πεδίο και ταυτόχρονα να το προσεγγίζει κριτικά. Η παρούσα εργασία επιδιώκει να συμβάλει στην κάλυψη αυτού του κενού, συνδέοντας τις τεχνικές εξελίξεις στην αλγοριθμική δημιουργία γραμματοσειρών με τις θεωρητικές συζητήσεις γύρω από τη δημιουργικότητα, τον ρόλο του σχεδιαστή και τα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας.

1.3 Σκοπός, στόχοι, ερευνητικά ερωτήματα και προσδοκώμενα αποτελέσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του ρόλου και των δυνατοτήτων της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στον σχεδιασμό γραμματοσειρών. Ειδικότερα, στόχος είναι να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, νευρωνικά δίκτυα και συστήματα παραγωγικής τεχνητής νοημοσύνης (Generative AI) μπορούν να υποστηρίξουν τη δημιουργία, την παραλλαγή και την

αξιολόγηση τυπογραφικών μορφών, καθώς και να επηρεάσουν τη διαδικασία σχεδιασμού, τον δημιουργικό έλεγχο και την τεχνική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων.

Παράλληλα, η έρευνα εξετάζει σύγχρονα εργαλεία και λογισμικά που αξιοποιούν TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, με στόχο την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ενσωματώνονται στην δημιουργική διαδικασία. Σε αυτό το πλαίσιο, αναλύονται επίσης οι προκλήσεις και τα διλήμματα που προκύπτουν από την ενσωμάτωση της TN, όπως η ενίσχυση ή ο περιορισμός της ανθρώπινης δημιουργικότητας, η μετατόπιση του ρόλου του σχεδιαστή από αποκλειστικό δημιουργό σε επιμελητή και καθοδηγητή της διαδικασίας, καθώς και ζητήματα πνευματικών δικαιωμάτων και καλλιτεχνικής ιδιοκτησίας σε έργα που παράγονται ή συνδημιουργούνται με αλγοριθμικά συστήματα.

Στο πλαίσιο αυτό διατυπώνονται τα ακόλουθα βασικά ερευνητικά ερωτήματα:

EE1. Πώς επηρεάζει η TN τη διαδικασία σχεδιασμού γραμματοσειρών σε επίπεδο μεθόδων, χρόνου και δημιουργικών επιλογών;

EE2. Σε ποιον βαθμό η χρήση TN μετασχηματίζει την έννοια της δημιουργικότητας στον σχεδιασμό γραμματοσειρών και κατά πόσο λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης ή ως συνδιαμορφωτής της δημιουργικής διαδικασίας;

EE3. Πώς μεταβάλλεται ο ρόλος και η ταυτότητα του σχεδιαστή κατά την αλληλεπίδραση ή συνεργασία με αλγοριθμικά συστήματα;

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα της εργασίας περιλαμβάνουν μια συνολική κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η TN μετασχηματίζει τον σχεδιασμό γραμματοσειρών, καθώς και την ανάδειξη νέων δυνατοτήτων, περιορισμών και προοπτικών που εισάγει στη σύγχρονη τυπογραφία. Η εργασία φιλοδοξεί να προσφέρει χρήσιμα συμπεράσματα για σχεδιαστές γραμματοσειρών, γραφίστες, ερευνητές και φοιτητές/φοιτήτριες που ενδιαφέρονται για την επίδραση και τις μελλοντικές κατευθύνσεις της TN στον χώρο της οπτικής επικοινωνίας.

1.4 Μεθοδολογία της έρευνας

Η παρούσα εργασία βασίζεται σε κριτική, αναλυτική και συγκριτική προσέγγιση (Creswell, 2014· Yin, 2018), συνδυάζοντας τη θεωρητική τεκμηρίωση με την ανάλυση εφαρμογών της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στον σχεδιασμό γραμματοσειρών. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την παράλληλη διερεύνηση του θεωρητικού πλαισίου και την αξιολόγηση πρακτικών εφαρμογών, σε ένα πεδίο που χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα και ταχεία

τεχνολογική εξέλιξη. Η ερευνητική διαδικασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα διαδοχικά στάδια:

Στάδιο 1. Συστηματική επισκόπηση βιβλιογραφίας

Η βιβλιογραφική επισκόπηση έγκριτων πηγών αποτελεί το βασικό θεμέλιο της έρευνας, καθώς συμβάλλει στη συγκρότηση του θεωρητικού πλαισίου, στον εντοπισμό σύγχρονων τάσεων και ερευνητικών κενών, καθώς και στη σαφή διαμόρφωση των ερευνητικών ερωτημάτων και της μεθοδολογικής προσέγγισης (Creswell, 2014).

Στην παρούσα εργασία οργανώνεται γύρω από τρεις βασικούς άξονες: την ιστορική και τεχνολογική εξέλιξη του σχεδιασμού γραμματοσειρών, τις βασικές αρχές της Τεχνητής Νοημοσύνης και το θεωρητικό πλαίσιο της δημιουργικότητας και της συνδημιουργίας.

Στάδιο 2. Ανάλυση σύγχρονων εργαλείων και τεχνολογιών TN

Σε αυτό το στάδιο μελετώνται ψηφιακά εργαλεία που αξιοποιούν TN ή λειτουργούν ως βάση σύγκρισης στον σχεδιασμό γραμματοσειρών. Η ανάλυση εστιάζει στη λειτουργικότητα, την ευχρηστία, τον βαθμό δημιουργικού ελέγχου, την τεχνική αξιοποίηση και την αισθητική ποιότητα των αποτελεσμάτων. Όπου η πρακτική δοκιμή δεν κατέστη δυνατή, τα εμπόδια πρόσβασης ή λειτουργίας αντιμετωπίζονται ως ευρήματα σχετικά με την ωριμότητα, την προσβασιμότητα και την πρακτική αξιοποίηση των εργαλείων.

Στάδιο 3. Μελέτη περιπτώσεων (case studies)

Η μελέτη περίπτωσης θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλη μεθοδολογική προσέγγιση, καθώς επιτρέπει τη διερεύνηση ενός σύγχρονου φαινομένου σε βάθος και μέσα στο πραγματικό του πλαίσιο, αναδεικνύοντας διαδικασίες, σχέσεις και παραμέτρους που δεν αποτυπώνονται επαρκώς μέσω πιο γενικευτικών ερευνητικών μεθόδων (Yin, 2018).

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται πρακτική εφαρμογή και αξιολόγηση των επιλεγμένων εργαλείων μέσα από μια κοινή τυπογραφική σχεδιαστική προδιαγραφή (brief), με στόχο την παραγωγή της νέας γραμματοσειράς «Mikromastora» και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων υπό ίδιες συνθήκες. Για κάθε περίπτωση εξετάζεται ο ρόλος της TN στη διαδικασία σχεδιασμού, ο τρόπος αλληλεπίδρασης μεταξύ σχεδιαστή και αλγοριθμικού συστήματος, καθώς και το αισθητικό, τεχνικό και λειτουργικό αποτέλεσμα που προκύπτει.

Στάδιο 4. Συγγραφή της εργασίας: κριτική ανάλυση και συμπεράσματα

Τα δεδομένα από τα προηγούμενα στάδια συνδυάζονται για τη συγγραφή της εργασίας, την κριτική ανάλυση των ευρημάτων και την απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα. Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης, της ανάλυσης εργαλείων και της μελέτης περιπτώσεων συντίθενται, ώστε να διαμορφωθούν τα τελικά συμπεράσματα, να αναγνωριστούν οι περιορισμοί της έρευνας και να προταθούν κατευθύνσεις για μελλοντική διερεύνηση.

1.5 Δομή της εργασίας

Η εργασία αναπτύσσεται σε επτά κεφάλαια, με το πρώτο να λειτουργεί ως εισαγωγή στο αντικείμενο της έρευνας.

Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει τη σταδιακή εξέλιξη του σχεδιασμού γραμματοσειρών, από τη χειρόγραφη παράδοση και την εφεύρεση της τυπογραφίας, μέσω της φωτοστοιχειοθεσίας και της ψηφιοποίησης, έως τα σύγχρονα ψηφιακά πρότυπα, τις διαδικτυακές γραμματοσειρές (*web fonts*) και τις μεταβλητές γραμματοσειρές (*Variable Fonts*). Η ανάλυση δίνει έμφαση στις τεχνολογικές μεταβάσεις που διαμόρφωσαν σταδιακά τη γραμματοσειρά ως υπολογιστικά διαμορφώσιμη μορφή, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στον τυπογραφικό σχεδιασμό.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές έννοιες που είναι απαραίτητες για την παρούσα εργασία: η μηχανική μάθηση, τα νευρωνικά δίκτυα, η βαθιά μάθηση, οι εξελικτικές τεχνικές, τα παραγωγικά μοντέλα και τα μεγάλα γλωσσικά ή πολυπρακτορικά συστήματα. Η ανάλυση δεν επιδιώκει μια πλήρη τεχνική περιγραφή των αλγορίθμων, αλλά εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο οι τεχνολογίες αυτές εφαρμόζονται ειδικά στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, όπως στην ταξινόμηση τυπογραφικών χαρακτηριστικών, στη μεταφορά ύφους, στη σύνθεση γλυφών και στη συνδημιουργική υποστήριξη του σχεδιαστή.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσει το θεωρητικό πλαίσιο που διέπει τη σχέση δημιουργικότητας και Τεχνητής Νοημοσύνης, με άξονα τον σχεδιασμό γραμματοσειρών ως πεδίο εφαρμογής. Αρχικά παρουσιάζονται οι θεμελιώδεις θεωρίες δημιουργικότητας και ο τυπικός ορισμός που λειτουργεί ως κριτήριο αξιολόγησης. Στη συνέχεια εξετάζεται η Υπολογιστική Δημιουργικότητα, η υβριδική δημιουργία ως ενδιάμεσο μοντέλο συνεργασίας ανθρώπου–μηχανής και η αναδυόμενη κατηγορία της *agentic AI*, που μεταβάλλει τον ρόλο του σχεδιαστή από εκτελεστή σε καθοδηγητή και επιμελητή.

Το πέμπτο κεφάλαιο εξετάζει την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, μεταφέροντας την ανάλυση από το θεωρητικό πλαίσιο των προηγούμενων κεφαλαίων στην πρακτική και τεχνολογική διάσταση του πεδίου. Στόχος του είναι να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο τα σύγχρονα εργαλεία TN ενσωματώνονται στη διαδικασία δημιουργίας τυπογραφικών συστημάτων, καθώς και να αξιολογήσει τον ρόλο τους στη ροή σχεδιασμού. Αρχικά παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας των εργαλείων TN στη δημιουργία γραμματοσειρών, με έμφαση στα επιμέρους στάδια της διαδικασίας και στη σχέση μεταξύ δεδομένων, μοντέλων και ανθρώπινης παρέμβασης. Στη συνέχεια εξετάζονται επιλεγμένες ερευνητικές προσεγγίσεις που αποτυπώνουν την εξέλιξη του πεδίου, καθώς και σύγχρονα εργαλεία που χρησιμοποιούνται ή δοκιμάζονται στον σχεδιασμό γραμματοσειρών. Ακολουθεί ανάλυση της σχέσης μεταξύ εξειδικευμένων τυπογραφικών εργαλείων και γενικών μοντέλων παραγωγής εικόνας, καθώς και συγκριτική αξιολόγηση παραδοσιακού και σχεδιασμού με υποστήριξη TN. Μέσα από την πρακτική δοκιμή της γραμματοσειράς «Mikromastora», επιχειρείται η αποτύπωση των δυνατοτήτων και των περιορισμών των εργαλείων αυτών στην πράξη.

Το έκτο κεφάλαιο εξετάζει τα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας και ηθικής χρήσης όχι μόνο ως νομικά ζητήματα του τελικού προϊόντος, αλλά ως προβλήματα που αναδύονται μέσα από ολόκληρη τη διαδικασία σχεδιασμού. Εξετάζονται κρίσιμα ερωτήματα σχετικά με τη δημιουργική πατρότητα, την έννοια της πρωτοτυπίας, τη μίμηση τυπογραφικών υφών, καθώς και τον ρόλο των δεδομένων εκπαίδευσης και των αδειών χρήσης των συστημάτων TN. Τέλος, αναλύεται η ανάγκη για διαφάνεια και υπεύθυνη επαγγελματική πρακτική στον σχεδιασμό γραμματοσειρών με TN.

Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο συνοψίζονται τα βασικά ευρήματα της έρευνας, απαντώνται τα ερευνητικά ερωτήματα, παρουσιάζονται οι περιορισμοί της εργασίας και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

2. Ιστορική και Τεχνολογική Εξέλιξη του Σχεδιασμού Γραμματοσειρών

Το κεφάλαιο παρουσιάζει τη σταδιακή εξέλιξη του σχεδιασμού γραμματοσειρών, από τη χειρόγραφη παράδοση και την εφεύρεση της τυπογραφίας, μέσω της φωτοστοιχειοθεσίας και της ψηφιοποίησης, έως τα σύγχρονα ψηφιακά πρότυπα, τις διαδικτυακές γραμματοσειρές και τις μεταβλητές γραμματοσειρές. Η ανάλυση δίνει έμφαση στις τεχνολογικές μεταβάσεις που διαμόρφωσαν σταδιακά τη γραμματοσειρά ως υπολογιστικά διαμορφώσιμη μορφή, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στον τυπογραφικό σχεδιασμό.

2.1 Από τη χειρόγραφη παράδοση στις πρώτες ψηφιακές προσεγγίσεις

Η ιστορία των γραμματοσειρών είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένη με την ιστορία της γραφής και της αναπαραγωγής του γραπτού λόγου. Πριν από την εφεύρεση της τυπογραφίας, τα χειρόγραφα παράγονταν αποκλειστικά από τον άνθρωπο, κυρίως από μοναχούς και γραφείς, με αποτέλεσμα η μορφή των γραμμάτων να ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με την εποχή, τον τόπο και τον χρήστη. Η καθιέρωση της τυπογραφίας με κινητά μεταλλικά στοιχεία από τον Johannes Gutenberg, στη δεκαετία του 1450, σηματοδότησε μια βαθιά μεταβολή στην ιστορία του γραπτού λόγου. Η δυνατότητα ακριβούς χύτευσης και επανάληψης των ίδιων χαρακτήρων επέβαλε μια πιο συστηματική και αναπαραγώγιμη οργάνωση των γραμμάτων, καθιστώντας εφικτή την αξιόπιστη εκτύπωση μεγάλου αριθμού αντιτύπων (Meggs & Purvis, 2012).

Κατά τους επόμενους αιώνες, η τυπογραφία εξελίχθηκε σε ένα ιδιαίτερα εξειδικευμένο πεδίο, στο οποίο η τεχνική αρτιότητα συνδέθηκε στενά με την αισθητική συγκρότηση του γραπτού λόγου. Στο πλαίσιο αυτό, τυπογράφοι όπως ο Aldus Manutius και ο Claude Garamond κατά τον 16ο αιώνα, καθώς και αργότερα ο John Baskerville και ο Giambattista Bodoni και ο Firmin Didot κατά τον 18ο αιώνα, συνέβαλαν καθοριστικά στη διαμόρφωση γραμματοσειρών που δεν υπηρετούσαν μόνο τη λειτουργικότητα της ανάγνωσης, αλλά εξέφραζαν και ευρύτερες αισθητικές και πολιτισμικές αρχές, από την αναγεννησιακή ισορροπία έως τον ορθολογισμό του Διαφωτισμού (Bringinghurst, 2012).

Η Βιομηχανική Επανάσταση του 19ου αιώνα εισήγαγε νέες απαιτήσεις στην τυπογραφία, καθώς η ανάπτυξη της διαφήμισης και της μαζικής εκτύπωσης ενίσχυσε τη χρήση νέων και πιο έντονων τυπογραφικών μορφών, ιδίως των *sans-serif*, *slab-serif* και *display*

χαρακτήρων, για διαφορετικούς επικοινωνιακούς σκοπούς. Παράλληλα, η μηχανοποίηση της στοιχειοθεσίας στα τέλη του 19^{ου} αιώνα μέσω της λινοτυπίας (Linotype) και της μονοτυπίας (Monotype) επιτάχυνε σημαντικά την παραγωγική διαδικασία, μετατρέποντας την τυπογραφία από βιοτεχνική σε βιομηχανική δραστηριότητα. Ωστόσο, ο σχεδιασμός των γραμματοσειρών παρέμεινε μια εξαιρετικά εξειδικευμένη διαδικασία που απαιτούσε υψηλό βαθμό τεχνικής γνώσης και σχεδιαστικής εμπειρίας (Meggs & Purvis, 2012· MET, 2019).

Η μέθοδος της φωτοστοιχειοθεσίας εμφανίζεται, για πρώτη φορά, το 1947. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες της φωτογραφίας, αντικατέστησε τη θερμή μεταλλική στοιχειοθεσία με φωτογραφικές και οπτικές τεχνικές, επιτρέποντας μεγαλύτερη ευελιξία στη διαχείριση του κειμένου και διευρύνοντας τις δυνατότητες της τυπογραφικής σύνθεσης. Η μετάβαση αυτή αποτέλεσε κρίσιμο ενδιάμεσο στάδιο ανάμεσα στη μηχανική και την ψηφιακή εποχή της τυπογραφίας (Museum of Printing, 2019· MET, 2019).

Η πιο καθοριστική τομή, ωστόσο, ήρθε με την ψηφιοποίηση. Ο Donald Knuth (1986) ανέπτυξε το METAFONT, ένα σύστημα στο οποίο οι γραμματοσειρές μπορούσαν να περιγραφούν μέσω μαθηματικών παραμέτρων, εισάγοντας μια νέα αντίληψη της τυπογραφικής μορφής ως παραμετρικά οριζόμενου αντικειμένου. Αν και η προσέγγιση αυτή δεν επικράτησε στην εμπορική παραγωγή γραμματοσειρών της εποχής της, υπήρξε θεωρητικά σημαντική για τη μεταγενέστερη κατανόηση της γραμματοσειράς ως υπολογιστικά διαμορφώσιμης μορφής, μια λογική που, όπως θα φανεί στις επόμενες υποενότητες, επανέρχεται με δυναμικό τρόπο στη σύγχρονη εποχή των μεταβλητών γραμματοσειρών και των μεθόδων TN.

2.2 Ψηφιακά πρότυπα: PostScript, TrueType και OpenType

Η εμπορική ψηφιοποίηση των γραμματοσειρών εδραιώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980, με την ανάπτυξη της PostScript από την Adobe Systems το 1984. Η PostScript αποτελεί μια γλώσσα περιγραφής σελίδας (page description language), η οποία καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο αποδίδεται μια σελίδα κατά την εκτύπωση, συμπεριλαμβάνοντας κείμενο, εικόνες και γραφικά. Η καινοτομία της έγκειται στο γεγονός ότι είναι ανεξάρτητη από τη συσκευή εξόδου, επιτρέποντας έτσι την ακριβή και συνεπή αναπαραγωγή του ίδιου περιεχομένου σε διαφορετικά ψηφιακά περιβάλλοντα (Adobe, n.d.). Παράλληλα, η PostScript συνέβαλε καθοριστικά στη μετατροπή των γραμματοσειρών σε διανυσματικά αντικείμενα, βασισμένα σε μαθηματικά περιγράμματα (outlines), τα οποία διατηρούν την

ποιότητά τους ανεξάρτητα από την κλίμακα προβολής ή εκτύπωσης (Meggs & Purvis, 2012).

Στη συνέχεια, η Apple ανέπτυξε το TrueType, το οποίο ενσωματώθηκε στο Mac System 7 το 1991 και στα Windows 3.1 το 1992, στο πλαίσιο της συμφωνίας διασταυρούμενης αδειοδότησης μεταξύ Apple και Microsoft το 1989 (Microsoft, 2020). Το TrueType σχεδιάστηκε ως μια πιο άμεσα ενσωματώσιμη τεχνολογία γραμματοσειρών για λειτουργικά συστήματα προσωπικών υπολογιστών, προσφέροντας μεγαλύτερη αυτονομία στη διαχείριση και απόδοση των γραμματοσειρών. Με αυτόν τον τρόπο συνέβαλε ουσιαστικά στη διάδοση της ψηφιακής τυπογραφίας πέρα από το επαγγελματικό εκδοτικό περιβάλλον, καθιστώντας την πιο προσιτή και ευρέως διαθέσιμη.

Κατά τη δεκαετία του 1990 αναδείχθηκε ένα σημαντικό πρόβλημα ασυμβατότητας, καθώς συνυπήρχαν τα δύο κυρίαρχα αλλά τεχνικά διαφορετικά πρότυπα γραμματοσειρών, γεγονός που περιόριζε τη φορητότητα γραμματοσειρών και δημιουργούσε κατακερματισμό στο οικοσύστημα της ψηφιακής τυπογραφίας. Η ανάγκη ενοποίησης των δύο ασύμβατων και ανταγωνιστικών προτύπων οδήγησε στο OpenType, ένα πρότυπο γραμματοσειρών που αναπτύχθηκε από κοινού από τη Microsoft και την Adobe ως επέκταση της τεχνολογίας TrueType της Apple. Η πρώτη προδιαγραφή του OpenType (έκδοση 1.0) δημοσιεύθηκε το 1997. Από τότε, η Microsoft και η Adobe συνεχίζουν να συνεργάζονται για την ενημέρωση και τη βελτίωση του προτύπου, ενώ στη διαδικασία έχουν συμβάλει και άλλες εταιρείες, όπως η Apple και η Monotype. Σήμερα, το OpenType αποτελεί το κυρίαρχο format στον χώρο της ψηφιακής τυπογραφίας, καθώς υποστηρίζεται από σχεδόν όλα τα μεγάλα και μικρότερα εργαστήρια και οίκους σχεδιασμού γραμματοσειρών. Το OpenType προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με παλαιότερες τεχνολογίες γραμματοσειρών, όπως μεγαλύτερο όριο χαρακτήρων (έως 64k glyphs), υποστήριξη πολλαπλών πλατφορμών (Windows και Mac), καθώς και δυνατότητα ενσωμάτωσης τόσο TrueType όσο και PostScript Type 1 περιγραμμάτων. Επιπλέον, υποστηρίζει προηγμένα τυπογραφικά χαρακτηριστικά, τα οποία επιτρέπουν πιο σύνθετο και ποιοτικά βελτιωμένο σχεδιασμό κειμένου. Όπως και το TrueType, το OpenType βασίζεται στο πρότυπο Unicode, το οποίο αποτελεί ένα καθολικό σύστημα κωδικοποίησης χαρακτήρων για όλα τα συστήματα γραφής του κόσμου. Αυτό σημαίνει ότι οι γραμματοσειρές OpenType μπορούν να περιλαμβάνουν χιλιάδες χαρακτήρες και να υποστηρίζουν πολλαπλά αλφάβητα μέσα στο ίδιο αρχείο, όπως λατινικό, ελληνικό και κυριλλικό ή ακόμη και σύνθετα συστήματα όπως τα ιαπωνικά. Παράλληλα, επιτρέπουν τυπογραφικές βελτιώσεις όπως μικρά κεφαλαία/καπιταλάκια

(small caps), εναλλακτικές μορφές αριθμών, εκτεταμένα σύνολα συνδέσεων (ligatures) και διακριτικά σημεία. Τέλος, η έκδοση OpenType 1.4 αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη του διεθνούς προτύπου ISO/IEC 14496-22 «Open Font Format», το οποίο δημοσιεύθηκε το 2007, ενώ η έκδοση 1.6 αντιστοιχεί στο τελικό προσχέδιο αυτού του προτύπου (Microsoft, 2022).

Η εξέλιξη από την PostScript και το TrueType προς το OpenType είναι σημαντική για την παρούσα εργασία, καθώς αναδεικνύει τη μετάβαση της γραμματοσειράς από ένα στατικό, οπτικό και κατά κύριο λόγο σχεδιαστικό αντικείμενο σε ένα υπολογιστικά δομήσιμο και επεξεργάσιμο σύστημα. Η μετατόπιση αυτή αποτέλεσε κρίσιμο τεχνολογικό υπόβαθρο για τη μετέπειτα ανάπτυξη αλγοριθμικών μεθόδων σχεδιασμού και εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης στον χώρο της τυπογραφίας.

2.3 Web fonts και διεύρυνση της τυπογραφικής βάσης δεδομένων

Η εξάπλωση του διαδικτύου και των ψηφιακών συσκευών κατά τις δεκαετίες 2000–2010 δημιούργησε νέες απαιτήσεις για τον τυπογραφικό σχεδιασμό. Κατά την πρώιμη περίοδο, οι σχεδιαστές περιορίζονταν κυρίως σε γραμματοσειρές ήδη εγκατεστημένες στο λειτουργικό σύστημα του χρήστη, ένα μικρό σύνολο λεγόμενων «ασφαλών» γραμματοσειρών (web-safe fonts), όπως η Arial, η Verdana και η Times New Roman (Stocks, n.d.). Η κατάσταση αυτή δημιουργούσε σημαντική απόκλιση μεταξύ των δυνατοτήτων της επαγγελματικής έντυπης τυπογραφίας και των περιορισμών της τυπογραφίας στο διαδίκτυο.

Η ριζική αλλαγή επήλθε με την εισαγωγή του κανόνα @font-face στη CSS3, ο οποίος επέτρεψε για πρώτη φορά τη δυναμική φόρτωση γραμματοσειρών μέσω του ιστού, ανεξάρτητα από τις τοπικά εγκατεστημένες γραμματοσειρές του χρήστη. Η εμπορική αξιοποίηση της δυνατότητας αυτής ενισχύθηκε από την εμφάνιση εξειδικευμένων υπηρεσιών web fonts, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την Google Fonts, η οποία ξεκίνησε το 2010 και παρέχει σήμερα εκατοντάδες οικογένειες γραμματοσειρών υπό άδειες ανοιχτής χρήσης (Google, 2016).

Η εξέλιξη αυτή είχε διττή σημασία για την υπολογιστική τυπογραφία. Αφενός, διεύρυνε σημαντικά τη διαθεσιμότητα ποιοτικών γραμματοσειρών, καθιστώντας τις προσβάσιμες σε επαγγελματίες, εκπαιδευτικά ιδρύματα και ανεξάρτητους δημιουργούς. Αφετέρου, και πιο σημαντικό στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η συγκέντρωση μεγάλου αριθμού γραμματοσειρών σε οργανωμένες, μηχαναγνώσιμες βάσεις δεδομένων συνέβαλε στη

διαμόρφωση του υλικού στο οποίο βασίζονται σύγχρονες προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης για την ανάλυση και παραγωγή τυπογραφικών μορφών (βλ. υποενότητα 2.5.4, «Σύνολα δεδομένων για γραμματοσειρές»). Παράλληλα, η πολυγλωσσική κάλυψη ενισχύθηκε μέσω έργων όπως η οικογένεια Noto, η οποία υποστηρίζει περισσότερες από 1.000 γλώσσες και πάνω από 150 συστήματα γραφής (Google Fonts, n.d.-b), διευκολύνοντας την ανάπτυξη συστημάτων που δεν περιορίζονται στο λατινικό αλφάβητο.

2.4 Μεταβλητές γραμματοσειρές (Variable Fonts) και ο σύγχρονος παραμετρικός σχεδιασμός

Οι μεταβλητές γραμματοσειρές, επίσημα γνωστές ως OpenType Font Variations, αποτελούν μια σημαντική εξέλιξη στην τεχνολογία των ψηφιακών γραμματοσειρών, καθώς καταργούν τον παραδοσιακό διαχωρισμό μεταξύ διακριτών αρχείων για κάθε βάρος ή στυλ (π.χ. Light, Regular, Bold). Αντί κάθε παραλλαγή να αντιστοιχεί σε ξεχωριστό αρχείο, μια variable font συγκεντρώνει όλες τις παραλλαγές σε ένα ενιαίο αρχείο, μειώνοντας σημαντικά το συνολικό μέγεθος δεδομένων και βελτιώνοντας την απόδοση, ιδιαίτερα σε διαδικτυακά περιβάλλοντα. Η λειτουργία τους βασίζεται στην έννοια των «αξόνων» (axes), δηλαδή παραμέτρων μεταβλητότητας όπως το βάρος (weight), το πλάτος (width), η κλίση (slant) ή το οπτικό μέγεθος (optical size). Κάθε άξονας μπορεί να θεωρηθεί ως ένα συνεχές φάσμα τιμών, στο οποίο ο χρήστης ή το λογισμικό μπορεί να επιλέξει οποιοδήποτε ενδιάμεσο σημείο, αντί να περιορίζεται σε προκαθορισμένες τιμές. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατόν να παραχθούν προσαρμοσμένες ενδιάμεσες μορφές που ανταποκρίνονται με ακρίβεια στις σχεδιαστικές ανάγκες μιας εφαρμογής. Παρότι η τεχνολογία αυτή προσφέρει μεγάλη ευελιξία, διατηρεί παράλληλα τη συμβατότητα με την παραδοσιακή τυπογραφική ορολογία, καθώς οι κλασικές εκδόσεις μιας γραμματοσειράς (όπως Light ή Bold) εμφανίζονται συχνά ως ονομαστικές περιπτώσεις στα λογισμικά σχεδιασμού, διευκολύνοντας έτσι τη χρήση από σχεδιαστές που είναι εξοικειωμένοι με τα συμβατικά πρότυπα. Συνολικά, οι μεταβλητές γραμματοσειρές συνδυάζουν μεγαλύτερη δημιουργική ελευθερία με τεχνική αποδοτικότητα, καθώς επιτρέπουν λεπτομερή έλεγχο της τυπογραφικής μορφής μέσα από ένα ενιαίο, επεκτάσιμο και αποδοτικό σύστημα γραμματοσειράς (Google Fonts, n.d.-a).

Η ανακοίνωση των μεταβλητών γραμματοσειρών πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του συνεδρίου ATypI (*Association Typographique Internationale*) το 2016 στη Βαρσοβία της Πολωνίας, όπου παρουσιάστηκε επίσημα η ενσωμάτωσή τους στο πρότυπο OpenType 1.8

από τη συνεργασία των εταιρειών Google, Microsoft, Apple και Adobe (Microsoft, 2024· Google, 2016).

Η εισαγωγή των μεταβλητών γραμματοσειρών αποτελεί σημαντική εξέλιξη στη σύγχρονη ψηφιακή τυπογραφία, καθώς μετασχηματίζει τη γραμματοσειρά από ένα σύνολο στατικών αρχείων σε ένα ενιαίο, παραμετρικό σύστημα σχεδιασμού. Η εξέλιξη αυτή δεν βελτιώνει μόνο την αποδοτικότητα και την απόδοση των γραμματοσειρών στο διαδίκτυο, αλλά δημιουργεί και νέες δυνατότητες προσαρμοστικού σχεδιασμού σε διαφορετικά ψηφιακά περιβάλλοντα, ενισχύοντας τη χρήση τους σε φυλλομετρητές, λειτουργικά συστήματα και σύγχρονες εφαρμογές (Microsoft, 2024).

Η τεχνολογία των μεταβλητών γραμματοσειρών επαναφέρει στο προσκήνιο την ιδέα της παραμετρικής τυπογραφίας, δηλαδή της γραμματοσειράς ως ενός συστήματος που μπορεί να μεταβάλλεται δυναμικά μέσα από συγκεκριμένες σχεδιαστικές παραμέτρους. Με αυτή την έννοια συνδέεται θεωρητικά με παλαιότερες προσεγγίσεις, όπως το METAFONT του Donald Knuth, όπου η μορφή των γραμμάτων μπορούσε να περιγραφεί μέσα από μαθηματικούς κανόνες. Όπως παρατηρεί ο Thottingal (2025), οι σύγχρονες εξελίξεις των μεταβλητών γραμματοσειρών επαναφέρουν στο προσκήνιο ορισμένες από τις βασικές αρχές που είχε εισαγάγει ο Knuth, οι οποίες είχαν θεωρητική αξία αλλά προηγήθηκαν των τεχνολογικών υποδομών που θα επέτρεπαν την πρακτική τους εφαρμογή.

Η παραμετρική φύση των μεταβλητών γραμματοσειρών παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και από την οπτική της μηχανικής μάθησης. Οι Kanazawa et al. (2024) δημιούργησαν μια καινοτόμο μέθοδο για την αυτόματη δημιουργία μεταβλητών γραμματοσειρών μέσω της χρήσης μοντέλων παραγωγικής τεχνητής νοημοσύνης. Οι ερευνητές προτείνουν την αξιοποίηση της τροχιάς στον λανθάνοντα χώρο (latent space trajectory) για να μετασχηματίσουν μια στατική γραμματοσειρά σε διαφορετικές εκδοχές, όπως για παράδειγμα σε διάφορα πάχη ή πλάτη. Αυτή η προσέγγιση στοχεύει στη μείωση του φόρτου εργασίας των σχεδιαστών, οι οποίοι παραδοσιακά πρέπει να δημιουργούν χειροκίνητα κάθε παραλλαγή ενός χαρακτήρα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μέθοδος παράγει ποιοτικά ανώτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές γεωμετρικές μεθόδους, διατηρώντας καλύτερα τη μορφή και τα χαρακτηριστικά των τυπογραφικών στοιχείων.

Επιπλέον, νεότερες ερευνητικές κατευθύνσεις, όπως τα *differentiable variable fonts*, επιχειρούν να ενσωματώσουν τη λογική των παραμετρικών γραμματοσειρών σε

διαδικασίες αυτόματης βελτιστοποίησης και μηχανικής μάθησης, επιτρέποντας τη συνεχή προσαρμογή τυπογραφικών χαρακτηριστικών μέσω αλγορίθμων (Parikh et al., 2025).

Συνολικά, τα Variable Fonts αποτελούν ένα κρίσιμο ενδιάμεσο στάδιο στη μετάβαση από τον παραδοσιακό ψηφιακό σχεδιασμό γραμματοσειρών προς πιο δυναμικά και υπολογιστικά συστήματα τυπογραφίας. Η δυνατότητα παραμετρικού ελέγχου της μορφής δεν ενισχύει μόνο τη σχεδιαστική ευελιξία, αλλά δημιουργεί και ένα θεωρητικό υπόβαθρο που συνδέει τον τυπογραφικό σχεδιασμό με σύγχρονες προσεγγίσεις της υπολογιστικής δημιουργικότητας και της Τεχνητής Νοημοσύνης.

2.5 Υπολογιστική Αναπαράσταση Γραμματοσειρών

Η μετάβαση από την ιστορική και τεχνολογική επισκόπηση της προηγούμενης ενότητας στην ανάλυση των μεθόδων TN που εξετάζονται στη συνέχεια προϋποθέτει μια ενδιάμεση εμβάθυνση στους τρόπους με τους οποίους οι γραμματοσειρές αναπαρίστανται υπολογιστικά. Η ενότητα αυτή εξετάζει τους θεμελιώδεις μηχανισμούς αυτής της αναπαράστασης: τα περιγράμματα και τις καμπύλες Bezier, τις μαθαίνόμενες ενσωματώσεις γλυφών και τον τυπογραφικό λανθάνοντα χώρο, τις τεχνικές παρεμβολής στον χώρο γραμματοσειρών, τα διαθέσιμα σύνολα δεδομένων και τις μετρικές αξιολόγησης τυπογραφικής ποιότητας. Η ανάλυση αυτή αποτελεί τη γέφυρα που συνδέει την τυπογραφική παράδοση με τα μοντέλα μηχανικής μάθησης που παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

2.5.1 Περιγράμματα και Καμπύλες Bezier

Η οπτική εμφάνιση κάθε γλυφής σε μια ψηφιακή γραμματοσειρά ορίζεται από το περίγραμμά της (*outline*), δηλαδή από μια διανυσματική περιγραφή των γραμμών και καμπυλών που σχηματίζουν τον χαρακτήρα. Σε αντίθεση με τις γραμματοσειρές *bitmap*, οι οποίες αποθηκεύουν κάθε χαρακτήρα ως εικόνα συγκεκριμένης ανάλυσης, οι γραμματοσειρές *outline* βασίζονται σε μαθηματικές περιγραφές. Αυτό επιτρέπει την κλιμάκωση των γραμμάτων σε διαφορετικά μεγέθη χωρίς απώλεια ποιότητας. Η βασική μαθηματική γλώσσα αυτής της περιγραφής είναι οι καμπύλες Bezier. Τα διαφορετικά ψηφιακά πρότυπα γραμματοσειρών χρησιμοποιούν διαφορετικές μορφές Bezier: το TrueType βασίζεται κυρίως σε τετραγωνικές καμπύλες, ενώ το PostScript και το OpenType-CFF αξιοποιούν κυβικές καμπύλες (FontForge, 2025). Για τον σχεδιαστή, η

τεχνική αυτή διαφορά έχει σημασία επειδή επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, αποθηκεύονται και αποδίδονται οι γλυφές σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Πέρα από τα περιγράμματα, σημαντικό ρόλο παίζουν και πρόσθετες οδηγίες ψηφιακής απόδοσης (hinting), οι οποίες βοηθούν τη γραμματοσειρά να παραμένει αναγνώσιμη σε μικρά μεγέθη ή σε οθόνες χαμηλής ανάλυσης. Έτσι, μια ψηφιακή γραμματοσειρά δεν είναι απλώς μια εικόνα, αλλά ένα οργανωμένο σύνολο διανυσματικών δεδομένων και κανόνων απόδοσης.

Η διάκριση αυτή είναι κρίσιμη για την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης. Ένα μοντέλο μπορεί είτε να παράγει εικόνες γλυφών (ράστερ), οι οποίες στη συνέχεια πρέπει να μετατραπούν σε διανυσματική μορφή, είτε να εργαστεί απευθείας πάνω σε διανυσματικά δεδομένα (διανυσματική αναπαράσταση, vector). Η δεύτερη προσέγγιση είναι τεχνικά πιο απαιτητική, αλλά οδηγεί σε αποτελέσματα που μπορούν να αξιοποιηθούν πιο άμεσα στον πραγματικό σχεδιασμό γραμματοσειρών (Lopes et al., 2019· Wang & Lian, 2021).

Η χρήση των καμπυλών Bézier είναι κεντρικής σημασίας στο πείραμα της Blaze Type με τη Monotype (Hayez, 2025). Ειδικότερα, στο εργαλείο παραγωγικής τεχνητής νοημοσύνης της Monotype κάθε γλυφή (glyph) είναι αποθηκευμένη ως καμπύλες Bézier. Αντί για γραπτές προτροπές (text prompts), ο σχεδιαστής τροφοδοτεί το σύστημα με μερικούς διανυσματικούς χαρακτήρες (vector characters). Η TN χρησιμοποιεί αυτές τις καμπύλες Bézier ως βάση για να «εξάγει» (extrapolate) και να σχεδιάσει ολόκληρο το υπόλοιπο αλφάβητο. Ένα από τα κύρια προβλήματα που εντοπίστηκαν είναι ότι οι παραγόμενες από την ΑΙ καμπύλες στερούνται έντασης ή ακρίβειας, ενώ συχνά εμφανίζονται «κακώς τεντωμένες» (badly stretched curves). Στο μέλλον, η TN αναμένεται να χρησιμοποιεί τις καμπύλες Bézier για να αυτοματοποιήσει την παραγωγή διαφορετικών βαρών (από Hairline έως Ultra Black), να εκτελεί οπτικές διορθώσεις και να τοποθετεί αυτόματα διακριτικά σημεία χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση. Συνοπτικά, ενώ οι καμπύλες Bézier είναι το «εργαλείο» μέσω του οποίου η TN προσπαθεί να μάθει τον σχεδιασμό ως ψηφιακός μαθητευόμενος, η ακρίβεια και η αισθητική τους ποιότητα απαιτούν ακόμη την επίβλεψη και το «μάτι» του έμπειρου σχεδιαστή.

Στο πείραμα της Blaze Type, τα τεχνικά σφάλματα της Τεχνητής Νοημοσύνης δεν αντιμετωπίστηκαν απλώς ως αποτυχίες, αλλά ως «δημιουργικά ατυχήματα» που μπορούν να προσφέρουν απρόσμενη έμπνευση στον σχεδιαστή. Ορισμένοι από τους «λάθος» χαρακτήρες που παρήγαγε η TN είχαν ιδιαίτερο σχήμα που, αν και δεν ταίριαζε στο βασικό

σετ, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικός χαρακτήρας για να δώσει ξεχωριστό ύφος σε ένα κείμενο. Παράλληλα, τα άτυπα σχήματα που προέκυψαν από την αδυναμία της TN να ακολουθήσει τους αυστηρούς κανόνες οδήγησαν στην ιδέα δημιουργίας ειδικών εκδόσεων της γραμματοσειράς αποκλειστικά για μεγάλους τίτλους, όπου η σχεδιαστική εκκεντρικότητα είναι επιθυμητή. Επίσης, οι ασυνήθιστες επιλογές της TN στις καμπύλες ή τα *serifs* λειτούργησαν ως αφετηρία για τον σχεδιασμό εντελώς νέων οικογενειών γραμματοσειρών, ωθώντας τους σχεδιαστές πέρα από τις συνηθισμένες τους προτιμήσεις. Συνολικά, η εμπειρία αυτή περιγράφεται με θετικό πρόσημο, καθώς η TN λειτούργησε σαν ένας μαθητεύομενος που, λόγω έλλειψης εμπειρίας, κάνει «λάθη» τα οποία όμως περιέχουν φρέσκες ιδέες και προσεγγίσεις που ένας έμπειρος σχεδιαστής μπορεί να μην είχε σκεφτεί (Hayez, 2025).

2.5.2 Ενσωματώσεις γλυφών και τυπογραφικός λανθάνων χώρος

Η εφαρμογή μεθόδων μηχανικής μάθησης στον σχεδιασμό γραμματοσειρών απαιτεί τη μετατροπή των γλυφών σε αριθμητικές αναπαραστάσεις (*embeddings*) που μπορούν να επεξεργαστούν τα νευρωνικά δίκτυα. Οι αναπαραστάσεις αυτές επιτρέπουν στο μοντέλο να οργανώνει τις τυπογραφικές μορφές σε έναν πολυδιάστατο χώρο, όπου οπτικά ή υφολογικά συγγενείς γραμματοσειρές βρίσκονται πιο κοντά μεταξύ τους.

Ο χώρος αυτός περιγράφεται συχνά ως λανθάνων χώρος (*latent space*). Η έννοια είναι ιδιαίτερα σημαντική, επειδή επιτρέπει τη μετάβαση από τη γραμματοσειρά ως μεμονωμένο αρχείο στη γραμματοσειρά ως σημείο μέσα σε ένα συνεχές πεδίο πιθανών μορφών. Μέσα σε αυτό το πεδίο μπορούν να πραγματοποιηθούν διαδικασίες όπως αναζήτηση παρόμοιων γραμματοσειρών, παρεμβολή μεταξύ διαφορετικών στυλ, μεταφορά ύφους και παραγωγή νέων γλυφών (Goodfellow et al., 2016). Εφαρμογή αυτών αποτελεί η εργασία των Kanazawa et al. (2024) που παρουσιάστηκε στο υποκεφάλαιο 2.4.

Ερευνητικά μοντέλα όπως τα SVG-VAE (Lopes et al., 2019), DeepSVG (Carlier et al., 2020) και DeepVecFont (Wang & Lian, 2021) έχουν δείξει ότι η TN μπορεί να μάθει όχι μόνο την εξωτερική εικόνα μιας γλυφής, αλλά και βαθύτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το βάρος, την κλίση, τη γεωμετρία, τη συνοχή και το συνολικό ύφος μιας γραμματοσειράς. Παράλληλα, νεότερες προσεγγίσεις που συνδυάζουν εικόνα και φυσική γλώσσα, όπως το FontCLIP (Tatsukawa et al., 2024) και τα εξειδικευμένα συστήματα ενσωματώσεων του Microsoft Designer (Singh & Bhakthavatsalam, 2025),

επιτρέπουν τη σύνδεση λεκτικών περιγραφών —όπως «μοντέρνα», «κομψή» ή «παιχνιδιάρικη»— με συγκεκριμένα τυπογραφικά χαρακτηριστικά.

Συνεπώς, οι ενσωματώσεις γλυφών και ο λανθάνων χώρος αποτελούν βασικό μηχανισμό μέσα από τον οποίο η TN μπορεί να κατανοήσει, να ταξινομήσει και να παράγει τυπογραφικές μορφές. Για την παρούσα εργασία, η σημασία τους έγκειται στο ότι μετατρέπουν τον σχεδιασμό γραμματοσειρών από μια αποκλειστικά χειροκίνητη διαδικασία σε ένα πεδίο όπου η μορφή μπορεί να αναλυθεί, να συγκριθεί και να παραχθεί υπολογιστικά.

2.5.3 Παρεμβολή στον τυπογραφικό χώρο

Η παρεμβολή (*interpolation*) μεταξύ γραμματοσειρών αποτελεί μια σημαντική έννοια στον ψηφιακό τυπογραφικό σχεδιασμό. Στις παραδοσιακές προσεγγίσεις, όπως τα *multiple master fonts* της Adobe (Adobe Systems, 1997) και τις σύγχρονες μεταβλητές γραμματοσειρές, ο σχεδιαστής δημιουργεί συγκεκριμένες βασικές παραλλαγές μιας γραμματοσειράς, για παράδειγμα μια λεπτή και μια έντονη εκδοχή. Το σύστημα μπορεί στη συνέχεια να παράγει ενδιάμεσες μορφές, δημιουργώντας ομαλές μεταβάσεις μεταξύ των σχεδιαστικών άκρων.

Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης διευρύνουν αυτή τη δυνατότητα. Αντί η παρεμβολή να περιορίζεται σε προαποφασισμένους άξονες, όπως το βάρος ή το πλάτος, τα μοντέλα TN μπορούν να μάθουν πιο σύνθετες υφολογικές σχέσεις ανάμεσα σε διαφορετικές γραμματοσειρές (Lopes et al., 2019· Wang & Lian, 2021). Έτσι, μπορούν να δημιουργούν ενδιάμεσες μορφές ακόμη και ανάμεσα σε γραμματοσειρές που δεν ανήκουν στην ίδια οικογένεια. Στην τομή των δύο αυτών προσεγγίσεων βρίσκεται η εργασία των Parikh et al. (2025) στα *differentiable variable fonts*, που αναφέρθηκε ήδη στην ενότητα 2.4 και η οποία συνδυάζει τις σχεδιαστικές εγγυήσεις των μεταβλητών γραμματοσειρών με τη δυναμική των αλγορίθμων αυτόματης βελτιστοποίησης.

Η δυνατότητα αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για τον σχεδιασμό γραμματοσειρών, επειδή επιτρέπει τη διερεύνηση νέων μορφών χωρίς ο σχεδιαστής να χρειάζεται να σχεδιάσει κάθε ενδιάμεση παραλλαγή από την αρχή. Παράλληλα, αναδεικνύει έναν νέο ρόλο για την TN: όχι μόνο ως εργαλείο αυτοματοποίησης, αλλά και ως μέσο εξερεύνησης τυπογραφικών δυνατοτήτων μέσα σε έναν ευρύτερο σχεδιαστικό χώρο.

2.5.4 Σύνολα δεδομένων για γραμματοσειρές

Η ανάπτυξη μοντέλων μηχανικής μάθησης για τη σύνθεση και ανάλυση γραμματοσειρών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα κατάλληλων συνόλων δεδομένων (*datasets*). Σε αντίθεση με άλλα πεδία της υπολογιστικής όρασης, η τυπογραφία παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες, καθώς πολλές εμπορικές γραμματοσειρές προστατεύονται από πνευματικά δικαιώματα και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα για εκπαίδευση μοντέλων. Επιπλέον, τα δεδομένα των γλυφών χρειάζονται συχνά συστηματική οργάνωση και επισήμανση, ώστε να είναι αξιοποιήσιμα από αλγορίθμους μηχανικής μάθησης (Paldia, 2025).

Παρά τους περιορισμούς αυτούς, έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένα σύνολα δεδομένων που υποστηρίζουν την έρευνα στον τομέα. Ορισμένα επικεντρώνονται σε διανυσματικές αναπαραστάσεις γραμματοσειρών (Lopes et al., 2019), άλλα σε εικόνες γλυφών για ταξινόμηση και αναγνώριση στυλ (Magre & Brown, 2022· Livezey et al., 2021), ενώ ορισμένα περιλαμβάνουν σημασιολογικές ετικέτες που περιγράφουν το ύφος μιας γραμματοσειράς (Chen et al., 2019), όπως «μοντέρνα», «κλασική», «διακοσμητική» ή «χειρόγραφη». Πιο πρόσφατες προσπάθειες, όπως το πολυγλωσσικό σύνολο των Liu et al. (2024), διευρύνουν το πεδίο πέρα από τα λατινικά αλφάβητα. Τέτοιες συλλογές επιτρέπουν στα μοντέλα να μάθουν σχέσεις ανάμεσα στη μορφή, το στυλ και τη χρήση μιας γραμματοσειράς.

Η ύπαρξη ποιοτικών συνόλων δεδομένων είναι κρίσιμη για την TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, επειδή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το εύρος, την ποιότητα και τους περιορισμούς των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Αν τα δεδομένα εκπαίδευσης είναι περιορισμένα, μεροληπτικά ή επικεντρωμένα κυρίως σε λατινικά αλφάβητα, τότε τα μοντέλα δυσκολεύονται να γενικεύσουν σε διαφορετικά συστήματα γραφής ή σε πιο σύνθετες τυπογραφικές ανάγκες. Επομένως, τα σύνολα δεδομένων δεν αποτελούν απλώς τεχνική υποδομή, αλλά επηρεάζουν άμεσα το είδος της δημιουργικότητας που μπορεί να αναπτύξει ένα σύστημα TN.

Επιπλέον, η χρήση εμπορικών γραμματοσειρών ως δεδομένων εκπαίδευσης δημιουργεί σημαντικά ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας και σχεδιαστικής ιδιοκτησίας. Καθώς πολλά μοντέλα TN εκπαιδεύονται πάνω σε μεγάλες συλλογές υπαρχόντων γραμματοσειρών, ανακύπτουν ερωτήματα σχετικά με τα όρια ανάμεσα στην έμπνευση, τη στατιστική μάθηση και την αναπαραγωγή προστατευόμενων σχεδιαστικών χαρακτηριστικών. Τα ζητήματα

αυτά αποτελούν αντικείμενο αυξανόμενης συζήτησης τόσο στην ερευνητική κοινότητα όσο και στη βιομηχανία του σχεδιασμού.

2.5.5 Μετρικές αξιολόγησης τυπογραφικής ποιότητας

Η αξιολόγηση μιας γραμματοσειράς, είτε έχει σχεδιαστεί από άνθρωπο είτε έχει παραχθεί με τη συμβολή αλγορίθμου, αποτελεί σύνθετη διαδικασία, καθώς δεν περιορίζεται μόνο στην οπτική εμφάνιση των χαρακτήρων. Στην τυπογραφία, η ποιότητα συνδέεται τόσο με λειτουργικά κριτήρια, όπως η αναγνωσιμότητα σε επίπεδο χαρακτήρα (legibility) και η ευαναγνωσιμότητα σε επίπεδο κειμένου (readability), όσο και με αισθητικά, τεχνικά και υφολογικά χαρακτηριστικά που δεν είναι πάντα εύκολο να ποσοτικοποιηθούν (Bigelow, 2019· Paldia, 2025). Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση των γραμματοσειρών που παράγονται με TN πρέπει να συνδυάζει τεχνικά και σχεδιαστικά κριτήρια.

Μια πρώτη διάσταση αξιολόγησης αφορά την αναγνωσιμότητα των γλυφών, δηλαδή την ευκολία με την οποία ο αναγνώστης μπορεί να διακρίνει μεμονωμένους χαρακτήρες. Παράγοντες όπως το σχήμα των γραμμάτων, το άνοιγμα των εσωτερικών χώρων, το πάχος των γραμμών, το ύψος πεζών (x-height) και η σαφής διαφοροποίηση μεταξύ παρόμοιων χαρακτήρων επηρεάζουν σημαντικά την αναγνωσιμότητα μιας γραμματοσειράς. Η βιβλιογραφία δείχνει ότι η αναγνωσιμότητα δεν εξαρτάται από ένα μόνο χαρακτηριστικό, όπως η ύπαρξη ή απουσία ακρεμόνων (serif), αλλά από τη συνολική αλληλεπίδραση πολλών μορφολογικών παραμέτρων και από το περιβάλλον χρήσης της γραμματοσειράς (Arditi & Cho, 2005· Bigelow, 2019).

Μια δεύτερη διάσταση αφορά την ευαναγνωσιμότητα κειμένου, δηλαδή την ευκολία με την οποία διαβάζεται μια συνεχής κειμενική ροή. Σε αυτή την περίπτωση δεν αξιολογείται μόνο η μορφή κάθε χαρακτήρα ξεχωριστά, αλλά και η συνολική συμπεριφορά της γραμματοσειράς μέσα σε λέξεις, γραμμές και παραγράφους. Παράγοντες όπως το διάστιχο, η απόσταση μεταξύ χαρακτήρων, η πυκνότητα του κειμένου και η χρήση σε έντυπο ή ψηφιακό περιβάλλον επηρεάζουν την αναγνωστική εμπειρία και μπορούν να διαφοροποιήσουν την απόδοση μιας γραμματοσειράς ανάλογα με το μέσο χρήσης (Beymer et al., 2008· Richardson, 2022).

Πέρα από τις λειτουργικές διαστάσεις της ευαναγνωσιμότητας, ορισμένες σύγχρονες προσεγγίσεις διευρύνουν την έννοια της αξιολόγησης της τυπογραφίας εντάσσοντας και τη συναισθηματική επίδραση της τυπογραφίας στην αναγνωστική εμπειρία (*affective dimension*). Σε πειραματικά συστήματα όπως το AffType των Shen et al. (2023), η TN

αξιοποιείται για να εξάγει συναισθηματικά και προσωδιακά χαρακτηριστικά από αφηγηματικό λόγο και να τα αντιστοιχεί σε τυπογραφικές παραμέτρους —βάρος, χρώμα, διάστιχο— με στόχο την ενίσχυση της ενσυναίσθησης (*empathy*) του αναγνώστη. Η προσέγγιση αυτή επεκτείνει την αξιολόγηση των γραμματοσειρών από αμιγώς οπτικά και αναγνωστικά κριτήρια προς ζητήματα εμπειρίας χρήστη (*user experience*, UX), αναδεικνύοντας ότι η ποιότητα μιας γραμματοσειράς —ιδίως σε ψηφιακά περιβάλλοντα και *web fonts*— συνδέεται όχι μόνο με τη λειτουργικότητα αλλά και με τη συναισθηματική απήχηση του παρουσιαζόμενου περιεχομένου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η δομική και τεχνική συνέπεια της γραμματοσειράς. Σε αυτή περιλαμβάνονται η σταθερή βασική γραμμή (*baseline*), η συνέπεια του ύψους των χαρακτήρων, η ισορροπία του οπτικού βάρους, η σωστή απόσταση μεταξύ των γλυφών και η καθαρότητα των διανυσματικών περιγραμμάτων. Τα στοιχεία αυτά είναι ιδιαίτερα κρίσιμα στις γραμματοσειρές που παράγονται με TN, καθώς τα αλγοριθμικά συστήματα μπορούν να δημιουργήσουν οπτικά ενδιαφέροντα αποτελέσματα, χωρίς όμως να εξασφαλίζουν πάντα τεχνική αρτιότητα ή πλήρη χρηστικότητα ως πραγματικά αρχεία γραμματοσειράς.

Συνεπώς, η αξιολόγηση τυπογραφικής ποιότητας στην παρούσα εργασία δεν αντιμετωπίζεται αποκλειστικά ως τεχνικός έλεγχος, αλλά ως συνδυασμός λειτουργικών, αισθητικών και διαδικαστικών κριτηρίων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την εξέταση εργαλείων TN, επειδή δεν αρκεί να αξιολογηθεί μόνο το τελικό οπτικό αποτέλεσμα. Πρέπει επίσης να εξεταστεί ο βαθμός ελέγχου που διατηρεί ο σχεδιαστής, η συνέπεια των παραγόμενων γλυφών, η δυνατότητα πρακτικής χρήσης της γραμματοσειράς και η σχέση ανάμεσα στην αυτοματοποίηση και τη δημιουργική επιμέλεια. Έτσι, παρότι τα σύγχρονα γενετικά μοντέλα μπορούν να παράγουν σύνθετες τυπογραφικές μορφές, συχνά παραμένει δύσκολο να προβλεφθεί ή να ελεγχθεί με ακρίβεια ο τρόπος με τον οποίο συγκεκριμένες σχεδιαστικές αποφάσεις επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα.

2.6 Σύνοψη Κεφαλαίου

Το κεφάλαιο αυτό παρουσίασε το τεχνολογικό και υπολογιστικό πλαίσιο που είναι απαραίτητο για την κατανόηση της εφαρμογής της Τεχνητής Νοημοσύνης στον σχεδιασμό γραμματοσειρών. Αρχικά εξετάστηκε η μετάβαση από την αναλογική και μηχανική τυπογραφία στα σύγχρονα ψηφιακά πρότυπα, τα *web fonts* και τις μεταβλητές γραμματοσειρές. Η εξέλιξη αυτή ανέδειξε ότι η γραμματοσειρά δεν αποτελεί πλέον μόνο

οπτικό ή χειροτεχνικό αντικείμενο, αλλά ένα υπολογιστικά οργανωμένο και επεξεργάσιμο σύστημα. Στη συνέχεια αναλύθηκαν οι βασικοί τρόποι υπολογιστικής αναπαράστασης των γραμματοσειρών, όπως τα διανυσματικά περιγράμματα, οι καμπύλες Bezier, οι ενσωματώσεις γλυφών, ο λανθάνων χώρος, τα σύνολα δεδομένων και τα κριτήρια αξιολόγησης τυπογραφικής ποιότητας. Η ανάλυση αυτή έδειξε ότι η εφαρμογή TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών δεν μπορεί να βασιστεί απλώς σε γενικά μοντέλα εικόνας, αλλά απαιτεί κατανόηση των ιδιαίτερων δομικών, αισθητικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών της τυπογραφικής μορφής.

3. Βασικές Αρχές Τεχνητής Νοημοσύνης

Η κατανόηση των τεχνολογιών που εφαρμόζονται στον σχεδιασμό γραμματοσειρών προϋποθέτει μια βασική εξοικείωση με τις αρχές της Τεχνητής Νοημοσύνης. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές έννοιες που είναι απαραίτητες για την παρούσα εργασία: η μηχανική μάθηση, τα νευρωνικά δίκτυα, η βαθιά μάθηση, οι εξελικτικές τεχνικές, τα παραγωγικά μοντέλα και τα μεγάλα γλωσσικά ή πολυπρακτορικά συστήματα. Η ανάλυση δεν επιδιώκει μια πλήρη τεχνική περιγραφή των αλγορίθμων, αλλά εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο οι τεχνολογίες αυτές εφαρμόζονται στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, δηλαδή στην ταξινόμηση τυπογραφικών χαρακτηριστικών, στη μεταφορά ύφους, στη σύνθεση γλυφών, στη few-shot παραγωγή και στην ενορχήστρωση δημιουργικών συστημάτων.

3.1 Ορισμός και ιστορική εξέλιξη

Ο όρος «Τεχνητή Νοημοσύνη» αναφέρεται στον κλάδο της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με την ανάπτυξη συστημάτων ικανών να εκτελούν εργασίες οι οποίες, όταν πραγματοποιούνται από ανθρώπους, συνδέονται με νοητικές λειτουργίες όπως η μάθηση, η αναγνώριση προτύπων, η επίλυση προβλημάτων και η λήψη αποφάσεων (Russell & Norvig, 2020). Αν και οι θεωρητικές απαρχές του πεδίου συνδέονται με τον Alan Turing και τη συζήτηση γύρω από τη νοημοσύνη των μηχανών (Oppy & Dowe, 2023), η TN εξελίχθηκε ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες μέσα από την πρόοδο της μηχανικής μάθησης και της βαθιάς μάθησης.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, ιδιαίτερη σημασία έχουν οι εφαρμογές της λεγόμενης στενής TN (*narrow AI*), δηλαδή συστημάτων που έχουν σχεδιαστεί για συγκεκριμένες εργασίες, όπως η αναγνώριση εικόνων, η παραγωγή περιεχομένου ή η ανάλυση μορφολογικών προτύπων (IBM, n.d.). Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό γραμματοσειρών ανήκουν σε αυτή την κατηγορία: δεν διαθέτουν γενική ανθρώπινη νοημοσύνη, αλλά μπορούν να αναγνωρίζουν, να ανασυνδυάζουν και να παράγουν τυπογραφικές μορφές με βάση δεδομένα εκπαίδευσης και αλγοριθμικές διαδικασίες.

Η πρόσφατη ανάπτυξη παραγωγικών και *agentic* συστημάτων TN (Wadinambiarachchi et al., 2025) μετατοπίζει σταδιακά το ενδιαφέρον από την απλή αυτοματοποίηση προς πιο σύνθετες μορφές αλληλεπίδρασης ανθρώπου και μηχανής. Για τον σχεδιασμό γραμματοσειρών, αυτό σημαίνει ότι η TN δεν λειτουργεί μόνο ως εργαλείο παραγωγής

γλυφών, αλλά μπορεί να συμμετέχει σε ευρύτερα στάδια της δημιουργικής διαδικασίας, όπως η διερεύνηση ύφους, η παραγωγή εναλλακτικών προτάσεων και η υποστήριξη της σχεδιαστικής λήψης αποφάσεων.

3.2 Μηχανική Μάθηση

Η Μηχανική Μάθηση (*Machine Learning*, ML) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους υποτομείς της Τεχνητής Νοημοσύνης, καθώς επιτρέπει στα υπολογιστικά συστήματα να μαθαίνουν από δεδομένα και να βελτιώνουν την απόδοσή τους χωρίς να απαιτείται ρητός προγραμματισμός για κάθε περίπτωση (Bishop, 2006). Βασική της αρχή είναι ο εντοπισμός προτύπων μέσα σε σύνολα δεδομένων, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για ταξινόμηση, πρόβλεψη, ομαδοποίηση ή παραγωγή νέου περιεχομένου.

Οι κύριες κατηγορίες της μηχανικής μάθησης είναι η επιβλεπόμενη μάθηση (*supervised learning*), όπου το μοντέλο εκπαιδεύεται με γνωστά παραδείγματα εισόδου και εξόδου, η μη επιβλεπόμενη μάθηση (*unsupervised learning*), όπου το μοντέλο αναζητά δομές σε μη επισημασμένα δεδομένα, και η ενισχυτική μάθηση (*reinforcement learning*), όπου ένας πράκτορας μαθαίνει μέσα από αλληλεπίδραση με ένα περιβάλλον και αξιολόγηση των ενεργειών του.

Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, η μηχανική μάθηση χρησιμοποιείται για την αναγνώριση μορφολογικών και υφολογικών χαρακτηριστικών, όπως το βάρος, η καμπυλότητα, η αντίθεση γραμμών, η κλίση και η συνοχή μεταξύ γλυφών. Με αυτόν τον τρόπο, ένα μοντέλο μπορεί να μάθει το ύφος μιας γραμματοσειράς και να το εφαρμόσει σε νέους χαρακτήρες. Ιδιαίτερη σημασία έχει το πεδίο της *few-shot font generation*, στο οποίο η TN επιχειρεί να δημιουργήσει περισσότερες γλυφές ή ακόμη και ολόκληρη γραμματοσειρά από περιορισμένο αριθμό δειγμάτων (Memon et al., 2025).

Πέρα από την παραγωγή γλυφών, η μηχανική μάθηση αξιοποιείται και για ταξινόμηση τυπογραφικού ύφους, αναγνώριση μορφολογικών προτύπων και υποστήριξη σχεδιαστικών αποφάσεων. Μέσω επιβλεπόμενων και μη επιβλεπόμενων τεχνικών, τα συστήματα μπορούν να εντοπίζουν ομοιότητες και αποκλίσεις σε μεγάλες βάσεις γραμματοσειρών, διευκολύνοντας τη χαρτογράφηση του σχεδιαστικού χώρου (Anantrasirichai & Bull, 2021).

Η σημασία της μηχανικής μάθησης για την παρούσα εργασία έγκειται στο ότι μετατρέπει τη γραμματοσειρά σε σύνολο αναγνωρίσιμων και επεξεργάσιμων χαρακτηριστικών. Έτσι,

ο σχεδιασμός δεν βασίζεται αποκλειστικά στη χειροκίνητη δημιουργία κάθε γλυφής, αλλά μπορεί να υποστηριχθεί από συστήματα που αναλύουν, προτείνουν και παράγουν μορφές με βάση προηγούμενα παραδείγματα.

3.3 Νευρωνικά Δίκτυα και Βαθιά Μάθηση

Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (*Artificial Neural Networks*, ANNs) αποτελούν υπολογιστικά μοντέλα που οργανώνονται σε διαδοχικά επίπεδα επεξεργασίας και μπορούν να μαθαίνουν σύνθετα πρότυπα από δεδομένα. Η ιδέα του *perceptron* του Rosenblatt (1958) θεωρείται ιστορικός πρόδρομος των σύγχρονων νευρωνικών δικτύων. Η βαθιά μάθηση (*deep learning*) επεκτείνει αυτή τη λογική μέσω δικτύων με πολλά στρώματα, τα οποία μπορούν να αναγνωρίζουν χαρακτηριστικά διαφορετικών επιπέδων αφαίρεσης, από απλά σχήματα και γραμμές έως πιο σύνθετες μορφολογικές δομές (LeCun et al., 2015).

Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, τα νευρωνικά δίκτυα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα επειδή μπορούν να αναλύουν οπτικά χαρακτηριστικά γλυφών και να εντοπίζουν σχέσεις που δεν είναι πάντα εύκολο να περιγραφούν με απλούς κανόνες. Για παράδειγμα, μπορούν να αναγνωρίσουν τη συνοχή του ύφους μέσα σε μια οικογένεια γραμματοσειρών, να εντοπίσουν ομοιότητες μεταξύ χαρακτήρων ή να μάθουν πώς μεταφέρεται ένα συγκεκριμένο στυλ από ένα γράμμα σε ένα άλλο.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν αρχιτεκτονικές που επεξεργάζονται οπτικά ή ακολουθιακά δεδομένα, όπως τα *Convolutional Neural Networks* (CNNs) και οι *Transformers*. Τα πρώτα έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε προβλήματα εικόνας, ενώ οι *Transformers*, μέσω των μηχανισμών προσοχής (*attention mechanisms*), έχουν επηρεάσει τόσο τα γλωσσικά όσο και τα πολυτροπικά μοντέλα TN (Vaswani et al., 2017). Για την παρούσα εργασία, η σημασία τους δεν βρίσκεται τόσο στις εσωτερικές τεχνικές λεπτομέρειες, όσο στο γεγονός ότι επιτρέπουν τη μάθηση σύνθετων αναπαραστάσεων, οι οποίες είναι απαραίτητες για την παραγωγή και επεξεργασία τυπογραφικών μορφών.

Σε νεότερες τυπογραφικές εφαρμογές, οι *Transformers* μπορούν να αντιμετωπίσουν τη δημιουργία γλυφών ως πρόβλημα πρόβλεψης ακολουθίας διανυσματικών εντολών, όπως SVG path commands και συντεταγμένες καμπυλών Bezier. Έτσι, το αποτέλεσμα δεν παράγεται απαραίτητα ως εικόνα pixels, αλλά ως επεξεργάσιμο διανυσματικό αντικείμενο, πιο κοντά στις πραγματικές ανάγκες ενός αρχείου γραμματοσειράς (Chen et al., 2024).

3.4 Γενετικοί Αλγόριθμοι και Εξελικτικές Τεχνικές

Οι γενετικοί αλγόριθμοι (*Genetic Algorithms*) αποτελούν εξελικτικές μεθόδους βελτιστοποίησης που εμπνέονται από βασικές αρχές της βιολογικής εξέλιξης, όπως η επιλογή, η διασταύρωση και η μετάλλαξη. Στον υπολογιστικό σχεδιασμό έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή και σταδιακή βελτίωση μορφών, μέσα από επαναληπτικές διαδικασίες αξιολόγησης και επιλογής (Holland, 1992).

Στον τυπογραφικό σχεδιασμό, οι γενετικοί αλγόριθμοι έχουν αξιοποιηθεί κυρίως σε διαδραστικά συστήματα, όπου ο χρήστης επιλέγει τις μορφές που θεωρεί πιο επιτυχημένες και το σύστημα παράγει νέες παραλλαγές με βάση αυτές τις επιλογές (Yoshida et al., 2010· Martins et al., 2019). Έτσι, ο σχεδιαστής δεν αντικαθίσταται από τον αλγόριθμο, αλλά λειτουργεί ως αξιολογητής και κατευθυντής μιας εξελικτικής διαδικασίας.

Αν και οι γενετικοί αλγόριθμοι δεν αποτελούν πλέον την κυρίαρχη τεχνική στην παραγωγική ΤΝ, παραμένουν σημαντικοί για την παρούσα εργασία επειδή δείχνουν μια παλαιότερη μορφή συνεργασίας ανθρώπου και αλγορίθμου. Η λογική αυτή προαναγγέλλει νεότερα συνδυαστικά μοντέλα, στα οποία ο σχεδιαστής καθοδηγεί το σύστημα μέσα από επιλογές, προτροπές και ανατροφοδότηση.

3.5 Παραγωγικά Μοντέλα: GANs, Diffusion Models και VAEs

Τα παραγωγικά μοντέλα αποτελούν την πιο άμεσα σχετική κατηγορία Τεχνητής Νοημοσύνης για τον σχεδιασμό γραμματοσειρών, καθώς έχουν ως στόχο τη δημιουργία νέου περιεχομένου που διατηρεί χαρακτηριστικά των δεδομένων εκπαίδευσης. Στην περίπτωση της τυπογραφίας, αυτό σημαίνει ότι μπορούν να παράγουν νέες γλυφές, να συμπληρώνουν ελλιπείς οικογένειες χαρακτήρων ή να μεταφέρουν το ύφος μιας γραμματοσειράς σε νέες μορφές.

Τα *Generative Adversarial Networks* (GANs) έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε εφαρμογές μεταφοράς τυπογραφικού ύφους και παραγωγής γλυφών από περιορισμένα δείγματα. Η βασική τους λογική στηρίζεται σε μια ανταγωνιστική διαδικασία μεταξύ ενός μοντέλου που παράγει συνθετικά δεδομένα και ενός μοντέλου που αξιολογεί κατά πόσο αυτά μοιάζουν με πραγματικά παραδείγματα (Goodfellow et al., 2014). Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, η αξία τους βρίσκεται στην ικανότητά τους να μαθαίνουν οπτικά μοτίβα και να τα εφαρμόζουν σε νέους χαρακτήρες.

Η εφαρμογή των GANs στον σχεδιασμό γραμματοσειρών εκτείνεται κυρίως στη μεταφορά ύφους (style transfer), στη σύνθεση γλυφών (glyph synthesis) και στη few-shot παραγωγή ολόκληρων αλφαβήτων από ελάχιστα δείγματα (Azadi et al., 2018· Hayashi et al., 2019· Kong et al., 2022). Ωστόσο, τα GANs παρουσιάζουν περιορισμούς, όπως αστάθεια στην εκπαίδευση (mode collapse), δυσκολία ακριβούς ελέγχου του αποτελέσματος και πιθανή απώλεια λεπτών μορφολογικών λεπτομερειών, ιδίως σε γλυφές με σύνθετη δομή.

Τα *Variational Autoencoders* (VAEs) προσφέρουν μια διαφορετική προσέγγιση, καθώς οργανώνουν τα δεδομένα σε έναν λανθάνοντα χώρο, μέσα στον οποίο μπορούν να παραχθούν νέες μορφές ή να δημιουργηθούν ομαλές μεταβάσεις μεταξύ διαφορετικών στυλ (Kingma & Welling, 2014). Για τον τυπογραφικό σχεδιασμό, αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο επειδή επιτρέπει την εξερεύνηση ενδιάμεσων μορφών και παραλλαγών χωρίς να σχεδιάζεται κάθε χαρακτήρας από την αρχή.

Στο πλαίσιο αυτό, τα VAEs συνδέονται περισσότερο με τη δημιουργική εξερεύνηση του σχεδιαστικού χώρου παρά με την άμεση παραγωγή ολοκληρωμένης γραμματοσειράς. Η δυνατότητα ομαλής παρεμβολής μεταξύ διαφορετικών μορφών τα καθιστά χρήσιμα για τη διερεύνηση ενδιάμεσων τυπογραφικών παραλλαγών.

Τα *Diffusion Models* (Ho et al., 2020) αποτελούν νεότερη κατηγορία παραγωγικών μοντέλων και έχουν γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη στα συστήματα παραγωγής εικόνας. Η βασική τους σημασία για την τυπογραφία είναι ότι μπορούν να παράγουν σύνθετες οπτικές μορφές με υψηλό βαθμό λεπτομέρειας, ενώ νεότερες ερευνητικές προσεγγίσεις τα αξιοποιούν και για τη σύνθεση γραμματοσειρών με μεγαλύτερη στιλιστική ποικιλία και συνέπεια (Kumar et al., 2026).

Ειδικά στον τυπογραφικό σχεδιασμό, τα Diffusion Models έχουν εφαρμοστεί τόσο σε εικόνες γλυφών, όσο και, πιο πρόσφατα, σε διανυσματικές αναπαραστάσεις βασισμένες σε καμπύλες Bezier. Η δεύτερη κατεύθυνση είναι ιδιαίτερα σημαντική, επειδή μπορεί να οδηγήσει σε γλυφές που είναι πιο άμεσα αξιοποιήσιμες σε αρχεία γραμματοσειρών χωρίς ενδιάμεση διανυσματοποίηση (Thamizharasan et al., 2024). Παρόλα αυτά, ακόμη και τα diffusion συστήματα απαιτούν ανθρώπινη επιμέλεια ως προς τις αποστάσεις χαρακτήρων (spacing), τη διαγραμμάτωση ζευγών χαρακτήρων (kerning) και τη συνέπεια μεταξύ χαρακτήρων.

Κοινός παρονομαστής των παραπάνω τεχνικών είναι η δυνατότητα μεταφοράς ύφους και παραγωγής από λίγα δείγματα. Στη μεταφορά ύφους, το σύστημα επιχειρεί να διαχωρίσει

το περιεχόμενο μιας γλυφής από το οπτικό της ύφος, ώστε να εφαρμόσει το ίδιο στυλ σε νέους χαρακτήρες. Στη *few-shot* ή *one-shot* παραγωγή, το μοντέλο επιχειρεί να δημιουργήσει περισσότερες γλυφές αξιοποιώντας περιορισμένα αρχικά δείγματα. Οι τεχνικές αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την παρούσα εργασία, επειδή συνδέονται άμεσα με τη δυνατότητα μείωσης του χρόνου σχεδιασμού και με τη μετατόπιση του ρόλου του σχεδιαστή από τη χειροκίνητη εκτέλεση προς την καθοδήγηση, αξιολόγηση και επιμέλεια των αποτελεσμάτων.

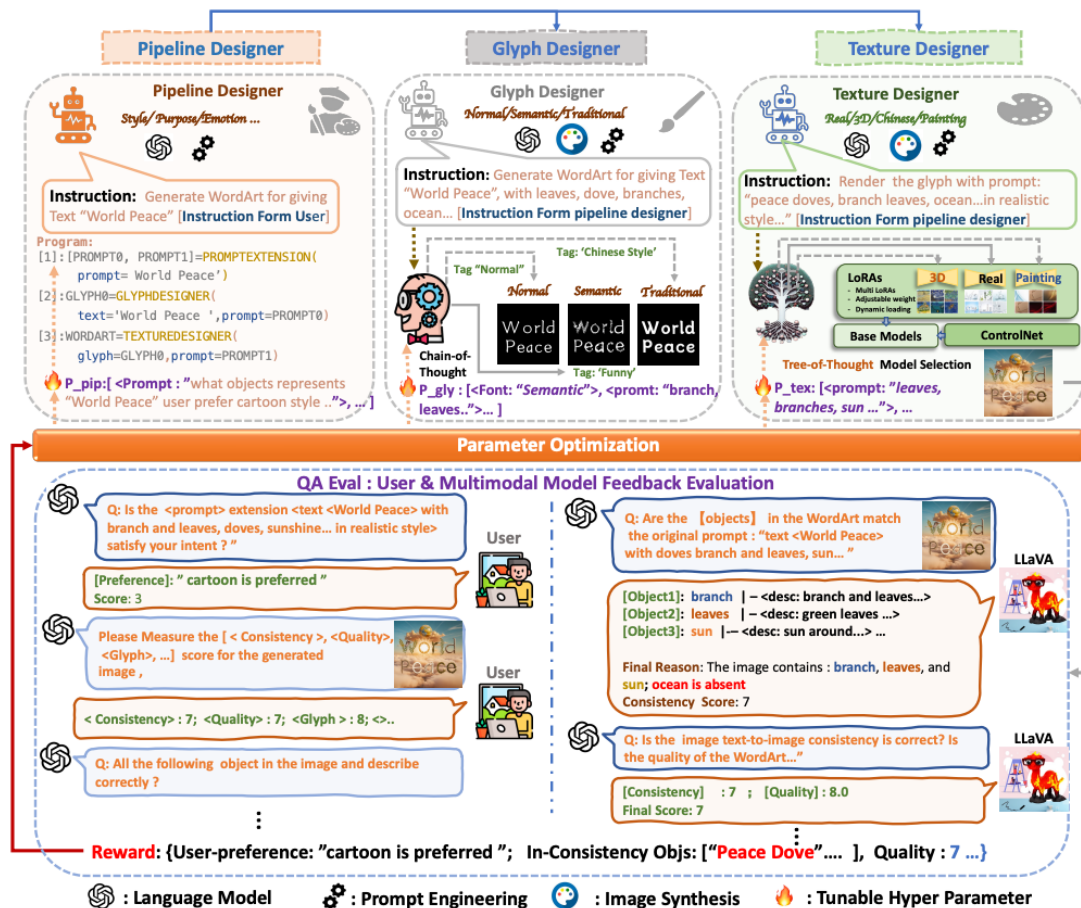
3.6 Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα και Πολυπρακτορικά Συστήματα

Τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (*Large Language Models*, LLMs) αποτελούν μία από τις πιο πρόσφατες εξελίξεις της Τεχνητής Νοημοσύνης και βασίζονται σε αρχιτεκτονικές *Transformers*, οι οποίες επιτρέπουν την επεξεργασία και παραγωγή φυσικής γλώσσας σε μεγάλη κλίμακα. Αν και αναπτύχθηκαν αρχικά για γλωσσικές εργασίες, η ενσωμάτωσή τους σε πολυτροπικά και δημιουργικά συστήματα έχει επηρεάσει και τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες αλληλεπιδρούν με εργαλεία παραγωγής εικόνας, σχεδίασης και τυπογραφίας.

Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, η σημασία των LLMs δεν βρίσκεται απαραίτητα στην άμεση παραγωγή των ίδιων των γλυφών, αλλά στη δυνατότητα μετάφρασης της δημιουργικής πρόθεσης του χρήστη σε σχεδιαστικές κατευθύνσεις (Dong & Gao, 2026). Ο σχεδιαστής μπορεί να περιγράψει με φυσική γλώσσα ένα επιθυμητό ύφος, για παράδειγμα «μοντέρνα γεωμετρική γραμματοσειρά με ήπια καμπυλότητα και φιλικό χαρακτήρα», και το σύστημα να υποστηρίξει την παραγωγή, αναζήτηση ή παραμετροποίηση σχετικών μορφών.

Τα πολυπρακτορικά συστήματα (*multi-agent systems*) προχωρούν ένα βήμα παραπέρα, καθώς οργανώνουν τη δημιουργική διαδικασία σε επιμέρους ρόλους ή πράκτορες. Σε τέτοιες αρχιτεκτονικές, το LLM δεν παράγει απαραίτητα γλυφές άμεσα, αλλά λειτουργεί ως μηχανισμός ενορχήστρωσης: μετατρέπει τις λεκτικές οδηγίες του χρήστη σε εντολές που κατευθύνουν υποσυστήματα παραγωγής, αξιολόγησης και βελτίωσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το *MetaDesigner*, στο οποίο η γλωσσική καθοδήγηση, η παραγωγή εικόνας και η ανατροφοδότηση χρήστη οργανώνονται μέσα από εξειδικευμένους πράκτορες (He et al., 2024).

Η αρχιτεκτονική οργάνωση του *MetaDesigner* και η ροή αλληλεπίδρασης των πρακτόρων παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1: Αρχιτεκτονική επισκόπηση του MetaDesigner — οι τέσσερις πράκτορες και η ροή αλληλεπίδρασής τους. Πηγή: He et al. (2024, Figure 2).

Η εξέλιξη αυτή συνδέεται άμεσα με τη λογική της *agentic AI*, καθώς το σύστημα δεν περιορίζεται στην παραγωγή μιας μεμονωμένης απάντησης, αλλά μπορεί να συμμετέχει σε περισσότερα στάδια της σχεδιαστικής διαδικασίας. Για την παρούσα εργασία, το ζήτημα αυτό είναι σημαντικό επειδή μετατοπίζει τη συζήτηση από το αν η TN μπορεί να παράγει μια γραμματοσειρά, στο πώς αναδιαμορφώνει τη συνεργασία, τον έλεγχο και την ευθύνη του σχεδιαστή.

3.7 Σύνοψη Κεφαλαίου

Το κεφάλαιο αυτό παρουσίασε τις βασικές τεχνικές Τεχνητής Νοημοσύνης που σχετίζονται με το πεδίο, από τη μηχανική μάθηση και τα νευρωνικά δίκτυα έως τα παραγωγικά μοντέλα, τα μεγάλα γλωσσικά μοντέλα και τα πολυπρακτορικά συστήματα. Η ανάλυση έδειξε πώς οι τεχνολογίες αυτές εφαρμόζονται στον σχεδιασμό γραμματοσειρών: στην ταξινόμηση και ανάλυση τυπογραφικού ύφους, στη μεταφορά στυλ, στη σύνθεση γλυφών, στη few-shot ή

one-shot παραγωγή, στη διανυσματική παραγωγή μορφών και στην ενορχήστρωση συνδημιουργικών διαδικασιών.

Συνολικά, το κεφάλαιο αυτό σε συνδυασμό με το κεφάλαιο 2 που προηγήθηκε κατέδειξε ότι η ΤΝ στον σχεδιασμό γραμματοσειρών δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται μόνο ως εργαλείο αυτοματοποίησης, αλλά ως τεχνολογικό πλαίσιο που μεταβάλλει τον τρόπο με τον οποίο η τυπογραφική μορφή αναπαρίσταται, παράγεται και αξιολογείται. Η κατανόηση αυτού του πλαισίου αποτελεί τη βάση για τη συζήτηση περί δημιουργικότητας και συνδημιουργίας στο επόμενο κεφάλαιο, καθώς και για την πρακτική αξιολόγηση των εργαλείων ΤΝ που ακολουθεί.

4. Θεωρία Δημιουργικότητας και Συνδημιουργία

Το παρόν κεφάλαιο αναπτύσσει το θεωρητικό πλαίσιο που διέπει τη σχέση δημιουργικότητας και Τεχνητής Νοημοσύνης, με άξονα τον σχεδιασμό γραμματοσειρών ως πεδίο εφαρμογής. Αρχικά παρουσιάζονται οι θεμελιώδεις θεωρίες δημιουργικότητας και ο τυπικός ορισμός που λειτουργεί ως κριτήριο αξιολόγησης. Στη συνέχεια εξετάζεται η Υπολογιστική Δημιουργικότητα, που θέτει το ερώτημα αν τα αλγοριθμικά συστήματα μπορούν να θεωρηθούν δημιουργικά. Ακολουθεί η ανάλυση της υβριδικής δημιουργίας ως ενδιάμεσο μοντέλο συνεργασίας ανθρώπου–μηχανής και της αναδύομενης κατηγορίας της *agentic AI*, που μεταβάλλει τον ρόλο του σχεδιαστή από εκτελεστή σε καθοδηγητή και επιμελητή. Σε όλο το κεφάλαιο, οι θεωρητικές κατηγορίες συνδέονται με συγκεκριμένα τυπογραφικά προβλήματα ώστε να φανεί η εφαρμογή τους στο πεδίο της εργασίας.

4.1 Θεωρίες Δημιουργικότητας

Η τεχνική δυνατότητα παραγωγής γλυφών μέσω αλγοριθμικών συστημάτων θέτει αναπόφευκτα ερωτήματα σχετικά με τη φύση και τα όρια της δημιουργικότητας. Η ενότητα αυτή οργανώνει το θεωρητικό πλαίσιο σε τρία διαδοχικά στρώματα: (α) τις κλασικές θεωρίες της δημιουργικότητας ως ατομικής γνωστικής διαδικασίας, (β) τις συστημικές προσεγγίσεις που εντάσσουν τη δημιουργικότητα σε ευρύτερο πεδίο και (γ) τον λειτουργικό τυπικό ορισμό που χρησιμοποιείται ως εργαλείο αξιολόγησης στην παρούσα εργασία. Η Υπολογιστική Δημιουργικότητα ως ξεχωριστό πεδίο αναπτύσσεται διακριτά στην επόμενη ενότητα.

Κλασικές και συστημικές θεωρίες

Στο πρώτο στρώμα, η μελέτη της δημιουργικότητας ως γνωστικής διαδικασίας ξεκινά από τη διάκριση του Guilford (1950) ανάμεσα σε αποκλίνουσα (*divergent thinking*) και συγκλίνουσα σκέψη (*convergent thinking*). Αυτή η προσέγγιση στον τυπογραφικό σχεδιασμό αντιστοιχεί στη φάση εξερεύνησης τυπογραφικών μορφών —παρεμβολή στον χώρο των μεταβλητών γραμματοσειρών ή γέννηση εναλλακτικών γλυφών μέσω παραγωγικών μοντέλων— και στη φάση επιλογής και βελτιστοποίησης (οπτική αραίωση/διαγραμμάτωση, οπτική συνέπεια), αντίστοιχα. Το συμπληρωματικό μοντέλο τεσσάρων σταδίων του Wallas (1926) (προετοιμασία, επώαση, φώτιση, επαλήθευση) προσφέρει χρήσιμο συγκριτικό πλαίσιο για την αλγοριθμική δημιουργική διαδικασία. Σε δεύτερο στρώμα, οι συστημικές προσεγγίσεις διευρύνουν τη δημιουργικότητα πέρα από το

άτομο. Το μοντέλο των τεσσάρων Π (4P) του Rhodes (1961) οργανώνει τη δημιουργικότητα σε Πρόσωπο, Διαδικασία, Προϊόν και Περιβάλλον — διαστάσεις που στον σχεδιασμό γραμματοσειρών μεταβάλλονται όλες από την ένταξη της TN. Η Amabile (1983) προσθέτει την ανάγκη σύγκλισης δεξιοτήτων, εσωτερικού κινήτρου και κοινωνικού περιβάλλοντος, θέτοντας το ανοιχτό ερώτημα κατά πόσο ένα αλγοριθμικό σύστημα μπορεί να θεωρηθεί φορέας εσωτερικού κινήτρου με την ανθρώπινη έννοια του όρου. Τέλος, ο Csikszentmihalyi (1996) τοποθετεί τη δημιουργικότητα στην αλληλεπίδραση δημιουργού, πεδίου και κοινότητας αξιολόγησης (Rhodes, 1961· Amabile, 1983· Csikszentmihalyi, 1996).

Τυπικός ορισμός και κριτήρια αξιολόγησης

Στο τρίτο στρώμα, ο λειτουργικός τυπικός ορισμός των Runco και Jaeger (2012) λειτουργεί ως σύνθεση και ως εργαλείο αξιολόγησης. Σύμφωνα με αυτόν, μια ιδέα ή παραγωγή θεωρείται δημιουργική μόνο εφόσον συνδυάζει δύο κριτήρια: πρωτοτυπία (*originality*) και αποτελεσματικότητα (*effectiveness*). Η πρωτοτυπία χωρίς αποτελεσματικότητα παράγει νέο αλλά άχρηστο αποτέλεσμα· η αποτελεσματικότητα χωρίς πρωτοτυπία παράγει αξιόπιστο αλλά μη δημιουργικό αποτέλεσμα. Στον τυπογραφικό σχεδιασμό, η αποτελεσματικότητα συνδέεται με μετρήσιμα χαρακτηριστικά —αναγνωσιμότητα γλυφών, ομοιόμορφο οπτικό βάρος, σωστή τοποθέτηση κενού πριν και μετά τον χαρακτήρα (*side-bearings*), διαγραμμάτωση και γενικότερη τυπογραφική εργονομία. Με τον όρο αυτό εννοείται ο βαθμός στον οποίο η μορφή της γραμματοσειράς υποστηρίζει άνετη, σαφή και αποτελεσματική ανάγνωση στο εκάστοτε μέσο χρήσης, ζήτημα που συνδέεται με την υποενότητα 2.5.5, «Μετρικές αξιολόγησης τυπογραφικής ποιότητας» και έχει προταθεί πρόσφατα ως εξειδικευμένο πεδίο έρευνας (Pardo Virto, 2023). Σε κάθε πρακτική δοκιμή εργαλείου TN στο Κεφάλαιο 5, τα δύο κριτήρια του Runco και Jaeger αποτελούν βασικό άξονα αξιολόγησης για το αν το αποτέλεσμα μπορεί να θεωρηθεί δημιουργικό υπό την αυστηρή έννοια του όρου.

4.2 Υπολογιστική Δημιουργικότητα

Η Υπολογιστική Δημιουργικότητα εξετάζει αν και με ποιον τρόπο τα υπολογιστικά συστήματα μπορούν να συμμετέχουν σε δημιουργικές διαδικασίες (Colton & Wiggins, 2012). Στο πλαίσιο της Τεχνητής Νοημοσύνης, το ερώτημα δεν είναι μόνο αν ένα σύστημα μπορεί να παράγει ένα νέο αποτέλεσμα, αλλά αν το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να θεωρηθεί πρωτότυπο, λειτουργικό και σχεδιαστικά ουσιαστικό.

Η διάκριση της Boden (2004) ανάμεσα σε συνδυαστική, εξερευνητική και μετασχηματιστική δημιουργικότητα προσφέρει ένα χρήσιμο πλαίσιο για την αξιολόγηση των εργαλείων TN. Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, η συνδυαστική δημιουργικότητα εμφανίζεται όταν ένα σύστημα συνδυάζει χαρακτηριστικά υπαρχουσών γραμματοσειρών ή προτείνει νέες συσχετίσεις μεταξύ τυπογραφικών στυλ. Η εξερευνητική δημιουργικότητα εμφανίζεται όταν το σύστημα κινείται μέσα σε έναν ήδη διαμορφωμένο τυπογραφικό χώρο, παράγοντας παραλλαγές, ενδιάμεσες μορφές ή εναλλακτικές εκδοχές ενός ύφους. Αυτό μπορεί να συμβεί, για παράδειγμα, όταν ένα μοντέλο έχει μάθει έναν λανθάνοντα χώρο γλυφών και δημιουργεί μορφές που βρίσκονται ανάμεσα σε δύο διαφορετικές γραμματοσειρές ή στυλ, όπως αναλύθηκε στην υποενότητα 2.5.2 Ενσωματώσεις γλυφών και τυπογραφικός λανθάνων χώρος.

Αντίθετα, η μετασχηματιστική δημιουργικότητα παραμένει πιο δύσκολη για τα σημερινά συστήματα TN, επειδή προϋποθέτει αλλαγή των ίδιων των κανόνων που ορίζουν το πεδίο. Στην τυπογραφία αυτό θα σήμαινε όχι απλώς παραγωγή νέων γλυφών, αλλά ουσιαστική αναδιαμόρφωση των συμβάσεων αναγνωσιμότητας, μορφολογικής συνέπειας και πολιτισμικής καταλληλότητας. Για τον λόγο αυτό, η TN μπορεί να θεωρηθεί ιδιαίτερα ισχυρή ως εργαλείο εξερεύνησης και παραγωγής παραλλαγών, αλλά όχι απαραίτητα ως πλήρως αυτόνομος δημιουργός (Colton & Wiggins, 2012).

Η θέση αυτή είναι κρίσιμη για την παρούσα εργασία, διότι επιτρέπει μια ισορροπημένη αξιολόγηση των εργαλείων TN. Αντί να εξετάζεται αν η TN «αντικαθιστά» τον σχεδιαστή, εξετάζεται πώς συμβάλλει στη δημιουργική διαδικασία: ως εργαλείο ανασυνδυασμού, ως μηχανισμός εξερεύνησης μορφών και ως συνεργατικό σύστημα που χρειάζεται ανθρώπινη καθοδήγηση και αξιολόγηση (Runco & Jaeger, 2012).

4.3 Υβριδική Δημιουργία και Συνδημιουργικά Συστήματα

Ανάμεσα στην αντίληψη της TN ως απλού εργαλείου και στην αντίληψη της TN ως αυτόνομου δημιουργού, αναδύεται ένα ενδιάμεσο πλαίσιο: η υβριδική δημιουργία. Σε αυτό, ο άνθρωπος και το αλγοριθμικό σύστημα δεν λειτουργούν ανεξάρτητα, αλλά συμμετέχουν από κοινού στη σχεδιαστική πρακτική. Ο άνθρωπος θέτει τον στόχο, αξιολογεί τα αποτελέσματα και διατηρεί την τελική ευθύνη, ενώ η TN υποστηρίζει την παραγωγή, την παραλλαγή και την εξερεύνηση μορφών.

Το θεωρητικό υπόβαθρο της υβριδικής δημιουργίας θεμελιώνεται σε τρία διαδοχικά πλαίσια. Πρώτον, στη θεωρία των *Creativity Support Tools* του Lubart (2005), η οποία

ορίζει την TN ως εργαλείο ενίσχυσης της σχεδιαστικής κρίσης χωρίς αντικατάστασή της. Δεύτερον, στα συνδημιουργικά συστήματα των Kantosalo και Toivonen (2016), όπου ο τρόπος αλληλεπίδρασης —εναλλαγή ρόλων ή διαμοιρασμός εργασίας— είναι εξίσου σημαντικός με τις τεχνικές δυνατότητες. Τρίτον, στη σύγχρονη ερευνητική σύνθεση του πεδίου από τους Frich et al. (2019), που χαρτογραφεί δύο δεκαετίες έρευνας σε δημιουργικά υπολογιστικά εργαλεία και αναδεικνύει τη μετατόπιση από την αυτονομία του συστήματος προς τη συνεργασία.

Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, η συνδημιουργία μπορεί να εμφανιστεί σε διαφορετικά στάδια της διαδικασίας. Ένα σύστημα μπορεί να προτείνει εναλλακτικές γλυφές, να συμπληρώσει χαρακτήρες που λείπουν (*glyph completion*), να μεταφέρει ένα ύφος σε νέο σύνολο χαρακτήρων ή να παράγει παραλλαγές με βάση μια αρχική σχεδιαστική κατεύθυνση. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, η TN δεν λειτουργεί απαραίτητα ως πλήρης δημιουργός, αλλά ως συνεργατικός μηχανισμός που διευρύνει τις επιλογές του σχεδιαστή.

Η μετατόπιση αυτή επηρεάζει άμεσα τον ρόλο του σχεδιαστή: η δημιουργική εργασία περιλαμβάνει πλέον τη διατύπωση πρόθεσης, τη δημιουργία κατάλληλων προτροπών, την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών αποτελεσμάτων και την κριτική επιμέλεια (Paldia & Clarke, 2024). Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την παρούσα εργασία, καθώς επιτρέπει την αξιολόγηση των εργαλείων TN όχι μόνο ως προς το τελικό αποτέλεσμα, αλλά και ως προς τον τρόπο συνεργασίας που επιτρέπουν: ένα εργαλείο που παράγει γρήγορα αποτελέσματα χωρίς δυνατότητα ελέγχου διαφέρει ουσιαστικά από ένα εργαλείο που υποστηρίζει επαναληπτική καθοδήγηση και δημιουργική επιμέλεια.

Η συζήτηση αυτή συνδέεται και με ευρύτερες μεταβολές στον ρόλο του graphic designer στην εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης. Ο Μαστορίδης (2026) υπογραμμίζει ότι το κρίσιμο ερώτημα δεν αφορά απλώς το αν η TN μπορεί να συμμετέχει στη σχεδιαστική διαδικασία, αλλά το ζήτημα της ευθύνης για το τελικό αποτέλεσμα. Στο πλαίσιο αυτό, η ανθρώπινη ευθύνη παραμένει καθοριστική, καθώς ο σχεδιαστής καλείται να διασφαλίσει τη σαφήνεια του οπτικού μηνύματος, την αποφυγή στερεοτύπων και τη λειτουργικότητα του αποτελέσματος, εντάσσοντας κάθε παραγωγή σε ένα ευρύτερο επικοινωνιακό και αισθητικό πλαίσιο. Επομένως, όπως επισημαίνει ο ίδιος, η ουσία του σχεδιασμού μετατοπίζεται από την καθαρά τεχνική δεξιότητα στην κριτική σκέψη, στην επίλυση σύνθετων επικοινωνιακών προβλημάτων και στην ικανότητα κατανόησης του «γιατί» και του «για ποιον» σχεδιάζεται ένα έργο. Για τον σχεδιασμό γραμματοσειρών ειδικότερα, οι θέσεις αυτές είναι ιδιαίτερα κρίσιμες, καθώς αναδεικνύουν ότι η TN λειτουργεί ως εργαλείο

επιτάχυνσης και διεύρυνσης των δυνατοτήτων, χωρίς να υποκαθιστά την ανθρώπινη δημιουργική κρίση και την τελική ευθύνη του σχεδιαστή.

Η συνδημιουργική διαδικασία εγείρει επίσης ζητήματα δημιουργικής ιδιοκτησίας και σχεδιαστικής πρόθεσης, καθώς η συμβολή του ανθρώπου και του συστήματος καθίσταται λιγότερο διακριτή. Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, όπου η συνοχή και η τυπογραφική πρόθεση είναι κρίσιμες, το ζήτημα αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία και επηρεάζει άμεσα την αξιολόγηση του τελικού αποτελέσματος.

4.4 Agentic AI και Νέα Παραδείγματα Συνδημιουργίας

Η λογική της συνδημιουργίας οδηγεί σταδιακά σε πιο αυτόνομα συνεργατικά συστήματα, τα οποία περιγράφονται συχνά ως agentic AI ή πρακτορική TN. Σε αντίθεση με τα απλά εργαλεία παραγωγικής TN, τα οποία ανταποκρίνονται σε μια συγκεκριμένη εντολή του χρήστη, τα agentic συστήματα μπορούν να εκτελούν ακολουθίες εργασιών, να λαμβάνουν ενδιάμεσες αποφάσεις και να χρησιμοποιούν διαφορετικά εργαλεία για την επίτευξη ενός ευρύτερου στόχου (Wadinambiarachchi et al., 2025).

Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, μια τέτοια λογική θα μπορούσε να σημαίνει ότι το σύστημα δεν παράγει απλώς μια μεμονωμένη γλυφή ή μια οπτική πρόταση, αλλά συμμετέχει σε περισσότερα στάδια της διαδικασίας: ανάλυση σχεδιαστικής προδιαγραφής, παραγωγή εναλλακτικών μορφών, έλεγχο συνέπειας, πρόταση διορθώσεων και προετοιμασία τελικού αποτελέσματος για αξιολόγηση από τον σχεδιαστή. Σε επίπεδο τεχνικών εργασιών —βελτιστοποίηση της διαγραμμάτωσης, των οδηγιών ψηφιακής απόδοσης, του οπτικού μεγέθους (optical sizing)— η ανάθεση σε αυτόνομο πράκτορα θα μπορούσε να αποδειχθεί ιδιαίτερα κατάλληλη.

Η εξέλιξη αυτή δεν καταργεί τον ρόλο του ανθρώπου, αλλά τον καθιστά ακόμη πιο κρίσιμο. Η αυξημένη αυτονομία τέτοιων συστημάτων δημιουργεί ζητήματα ερμηνείας και εποπτείας των αποφάσεων που λαμβάνονται κατά τη σχεδιαστική διαδικασία. Στον τυπογραφικό σχεδιασμό, όπου η αισθητική πρόθεση και η λεπτομερής οπτική κρίση αποτελούν κεντρικά στοιχεία, η υπερβολική εξάρτηση από αυτοματοποιημένες διαδικασίες ενδέχεται να περιορίσει τον δημιουργικό ρόλο του σχεδιαστή. Όσο περισσότερα στάδια της διαδικασίας αναλαμβάνει το σύστημα, τόσο μεγαλύτερη σημασία αποκτούν η διαφάνεια, η κριτική αξιολόγηση και η ουσιαστική ανθρώπινη παρέμβαση. Το κεντρικό ζήτημα που αναδύεται —η κατανομή αρμοδιοτήτων μεταξύ σχεδιαστή και πράκτορα (Wadinambiarachchi et al., 2025)— δεν έχει ακόμη τεκμηριωθεί εμπειρικά στο πεδίο του τυπογραφικού σχεδιασμού.

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής, η *agentic AI* λειτουργεί κυρίως ως θεωρητικό πλαίσιο για την κατανόηση της αναδυόμενης κατεύθυνσης του πεδίου. Δείχνει ότι η συζήτηση δεν αφορά μόνο την αυτοματοποίηση της παραγωγής γλυφών, αλλά και τη μεταβολή της ίδιας της σχεδιαστικής διαδικασίας, όπου ο άνθρωπος και η ΤΝ συνεργάζονται μέσα από πιο σύνθετες και επαναληπτικές μορφές αλληλεπίδρασης.

4.5 Σύνοψη Κεφαλαίου

Το κεφάλαιο αυτό παρουσίασε το θεωρητικό πλαίσιο μέσα από το οποίο εξετάζεται η σχέση ΤΝ, δημιουργικότητας και συνδημιουργίας στον σχεδιασμό γραμματοσειρών. Η ανάλυση έδειξε ότι η δημιουργικότητα δεν μπορεί να αξιολογηθεί μόνο ως οπτική πρωτοτυπία, αλλά πρέπει να συνδέεται και με τη λειτουργικότητα, την αναγνωσιμότητα, την ευαναγνωσιμότητα, τη συνέπεια και την καταλληλότητα του τελικού αποτελέσματος, σύμφωνα με τον τυπικό ορισμό των Runco και Jaeger (2012).

Μέσα από το πλαίσιο της υπολογιστικής δημιουργικότητας, η ΤΝ εμφανίζεται ιδιαίτερα ικανή στη συνδυαστική και εξερευνητική δημιουργικότητα (Boden, 2004), καθώς μπορεί να ανασυνδυάζει υπάρχοντα τυπογραφικά χαρακτηριστικά, να παράγει παραλλαγές και να διερευνά μορφολογικούς χώρους. Ωστόσο, η μετασχηματιστική δημιουργικότητα παραμένει πιο περιορισμένη, καθώς απαιτεί βαθύτερη αναδιαμόρφωση των κανόνων και των συμβάσεων του ίδιου του τυπογραφικού πεδίου.

Η συζήτηση της συνδημιουργίας ανέδειξε ότι ο πιο παραγωγικός τρόπος κατανόησης της ΤΝ δεν είναι ούτε η αντίληψή της ως απλού εργαλείου ούτε ως αυτόνομου δημιουργού, αλλά ως συνεργατικού συστήματος που μεταβάλλει τη διαδικασία σχεδιασμού. Ο σχεδιαστής διατηρεί τον κεντρικό ρόλο, αλλά η εργασία του μετατοπίζεται από τη χειρωνακτική εκτέλεση προς τη διατύπωση πρόθεσης, την καθοδήγηση, την επιλογή και την κριτική επιμέλεια. Η αναδυόμενη κατηγορία της *agentic AI* (Wadinambiarachchi et al., 2025) προαναγγέλλει μια ακόμη πιο σύνθετη αλληλεπίδραση, όπου η κατανομή αρμοδιοτήτων μεταξύ ανθρώπου και συστήματος γίνεται κεντρικό ζήτημα.

Το θεωρητικό αυτό πλαίσιο προετοιμάζει την πρακτική ανάλυση του επόμενου κεφαλαίου, όπου τα εργαλεία ΤΝ αξιολογούνται όχι μόνο ως προς την τεχνική τους απόδοση, αλλά και ως προς τον βαθμό δημιουργικού ελέγχου, συνδημιουργικής αλληλεπίδρασης και ουσιαστικής υποστήριξης του σχεδιαστή.

5. Εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στον Σχεδιασμό Γραμματοσειρών

Το παρόν κεφάλαιο εξετάζει την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, μεταφέροντας την ανάλυση από το θεωρητικό πλαίσιο των προηγούμενων κεφαλαίων στην πρακτική και τεχνολογική διάσταση του πεδίου. Στόχος του είναι να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο τα σύγχρονα εργαλεία TN ενσωματώνονται στη διαδικασία δημιουργίας τυπογραφικών συστημάτων, καθώς και να αξιολογήσει τον ρόλο τους στη ροή σχεδιασμού. Αρχικά παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας των εργαλείων TN στη δημιουργία γραμματοσειρών, με έμφαση στα επιμέρους στάδια της διαδικασίας και στη σχέση μεταξύ δεδομένων, μοντέλων και ανθρώπινης παρέμβασης. Στη συνέχεια εξετάζονται επιλεγμένες ερευνητικές προσεγγίσεις που αποτυπώνουν την εξέλιξη του πεδίου, καθώς και σύγχρονα εργαλεία που χρησιμοποιούνται ή δοκιμάζονται στον σχεδιασμό γραμματοσειρών. Ακολουθεί ανάλυση της σχέσης μεταξύ εξειδικευμένων τυπογραφικών εργαλείων και γενικών μοντέλων παραγωγής εικόνας, καθώς και συγκριτική αξιολόγηση παραδοσιακού και σχεδιασμού με υποστήριξη TN. Μέσα από την πρακτική δοκιμή της γραμματοσειράς «Mikromastora», επιχειρείται η αποτύπωση των δυνατοτήτων και των περιορισμών των εργαλείων αυτών στην πράξη.

5.1 Εισαγωγή και τρόπος λειτουργίας των εργαλείων TN στη δημιουργία γραμματοσειρών

Τα εργαλεία TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών βασίζονται σε μια τυπική ροή τεσσάρων σταδίων: (α) συλλογή και προετοιμασία δεδομένων, (β) εκπαίδευση μοντέλου, (γ) παραγωγή υποψήφιων μορφών και (δ) ανθρώπινη αξιολόγηση, επαναληπτική βελτίωση και επιμέλεια (Dong & Gao, 2026). Τα στάδια (α) και (β) πραγματοποιούνται από τον κατασκευαστή του συστήματος πριν από τη διάθεσή του· το στάδιο (γ) εκτελείται αυτόνομα από το μοντέλο κατά τη χρήση· το στάδιο (δ) παραμένει κυρίως στην ευθύνη του σχεδιαστή και χαρακτηρίζεται από επαναληπτικούς κύκλους επιλογής, διόρθωσης και αισθητικής αξιολόγησης.

Στο πρώτο στάδιο χρησιμοποιούνται σύνολα γλυφών (*glyphs*) από υφιστάμενες γραμματοσειρές, ώστε το σύστημα να εκπαιδευτεί στις μορφολογικές σχέσεις που διέπουν μια τυπογραφική οικογένεια: πάχος εγκάρσιας γραμμής (*stroke weight*), αντίθεση μεταξύ παχέων και λεπτών γραμμών (*contrast*), κλίση άξονα, καμπυλότητα και ρυθμός χαρακτήρων. Τα σύνολα δεδομένων μπορεί να περιλαμβάνουν εικόνες γλυφών σε μορφή

ράστερ (PNG/JPEG) ή διανυσματικές αναπαραστάσεις (SVG, καμπύλες Bezier), ανάλογα με την αρχιτεκτονική του μοντέλου. Η ποιότητα και η ποικιλομορφία του συνόλου εκπαίδευσης επηρεάζουν καθοριστικά την ικανότητα γενίκευσης του μοντέλου (Memon et al., 2025).

Στο δεύτερο στάδιο, το μοντέλο εκπαιδεύεται να αναγνωρίζει και να αναπαράγει τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που διακρίνουν ένα τυπογραφικό ύφος. Η εκπαίδευση μπορεί να είναι επιβλεπόμενη (*supervised*), όταν υπάρχουν ζεύγη εισόδου-εξόδου, ή μη επιβλεπόμενη (*unsupervised*), όταν το σύστημα μαθαίνει να διαχωρίζει αυτόνομα το περιεχόμενο (ποιος χαρακτήρας) από το ύφος (πώς μοιάζει).

Στο τρίτο στάδιο, το εκπαιδευμένο μοντέλο παράγει νέες γλυφούς, είτε βάσει ελάχιστων δειγμάτων αναφοράς (few-shot ή one-shot generation), είτε βάσει κειμενικών περιγραφών. Η παραγωγή αυτή δεν αποτελεί τελικό αποτέλεσμα, αλλά ενδιάμεσο υλικό σχεδιαστικής διερεύνησης. Η παραγωγή βάσει δειγμάτων αναφοράς υλοποιείται τεχνικά μέσω του μηχανισμού style transfer — δηλαδή του διαχωρισμού περιεχομένου και ύφους — που αναλύεται στο Κεφάλαιο 3 ως βασική τεχνική υποδομή των few-shot και one-shot προσεγγίσεων.

Το τέταρτο στάδιο, η ανθρώπινη αξιολόγηση και επιμέλεια, παραμένει κρίσιμο. Η τελική ποιότητα μιας γραμματοσειράς εξαρτάται από τον επαναληπτικό κύκλο επιλογής, διόρθωσης και αισθητικής ενοποίησης, όπου ο σχεδιαστής παραμένει υπεύθυνος για τη συνοχή της οικογένειας, τη ρύθμιση της διαγραμμάτωσης (απόσταση μεταξύ συγκεκριμένων ζευγών χαρακτήρων), των αποστάσεων χαρακτήρων (γενική απόσταση μεταξύ γλυφών) και των οδηγιών ψηφιακής απόδοσης (βελτιστοποίηση για απόδοση σε μικρά μεγέθη και χαμηλές αναλύσεις). Η διαδικασία αυτή αντιστοιχεί στο μοντέλο δημιουργικής επανάληψης που περιγράφουν οι Dong και Gao (2026): ο σχεδιαστής εξερευνά, αναστοχάζεται και διορθώνει σε πραγματικό χρόνο, μέχρι το αποτέλεσμα να ανταποκρίνεται στην αισθητική πρόθεση.

5.2 Ερευνητικά έργα στον σχεδιασμό γραμματοσειρών με TN

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει επιλεκτικά ερευνητικά συστήματα και πειραματικές προσεγγίσεις που αποτυπώνουν την τεχνολογική εξέλιξη του πεδίου, χωρίς να αποτελούν απαραίτητα εμπορικά εργαλεία άμεσης χρήσης. Τα έργα οργανώνονται ως διαδοχικές κατευθύνσεις που περιλαμβάνουν GAN-based few-shot generation, diffusion-based παραγωγή, εγγενώς διανυσματική (vector-native) παραγωγή γλυφών και διαδραστική

συνδημιουργία. Με αυτόν τον τρόπο, η ενότητα λειτουργεί ως γέφυρα ανάμεσα στις τεχνικές που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3 και στην πρακτική αξιολόγηση εργαλείων που ακολουθεί.

Στο πλαίσιο αυτό, το Multi-Content GAN αποτελεί ένα από τα θεμελιώδη έργα στη δημιουργία γραμματοσειρών μέσω TN. Οι Azadi et al. πρότειναν ένα σύστημα few-shot font style transfer, το οποίο λαμβάνει ως είσοδο ένα μικρό σύνολο χαρακτήρων (π.χ. 3–5 γλυφούς) σε ένα ζητούμενο τυπογραφικό ύφος και παράγει ολόκληρο αλφάβητο στο ίδιο ύφος. Η αρχιτεκτονική βασίζεται σε πολλαπλούς κωδικοποιητές (encoders) που επεξεργάζονται ταυτόχρονα το περιεχόμενο (ποιος χαρακτήρας) και το ύφος (πώς μοιάζει), ενώ ο γεννήτορας συνθέτει νέες γλυφούς συνδυάζοντας αυτά τα δύο. Η σημασία του έργου έγκειται στο ότι αποτέλεσε μία από τις πρώτες σημαντικές προσεγγίσεις που κατέδειξαν τη δυνατότητα αυτοματοποιημένης δημιουργίας γραμματοσειρών μέσω βαθιάς μάθησης, θέτοντας τη βάση για μια πλούσια σειρά μεταγενέστερων ερευνών (Azadi et al., 2018).

Αντίστοιχα, το FontDiffuser σηματοδοτεί τη στροφή του πεδίου από τα GANs στα Diffusion Models. Πρόκειται για ένα σύστημα one-shot font generation, το οποίο από έναν μόνο χαρακτήρα αναφοράς σε ένα τυπογραφικό ύφος μπορεί να παράγει ολόκληρο αλφάβητο. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται σε ένα μοντέλο αποθορυβοποίησης (denoising diffusion), εμπλουτισμένο με δύο καινοτόμους μηχανισμούς: έναν μηχανισμό συνάθροισης περιεχομένου πολλαπλών κλιμάκων (multi-scale content aggregation), ο οποίος διατηρεί τη δομική ακεραιότητα του χαρακτήρα σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας, και ένα σύστημα αντιπαραθετικής μάθησης ύφους (style contrastive learning), το οποίο εξασφαλίζει τη στυλιστική συνέπεια μεταξύ των παραγόμενων γλυφών. Σύμφωνα με τη δημοσιευμένη αξιολόγηση των Yang et al. (2024), τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν βελτίωση σε σχέση με τα GAN-based μοντέλα, τόσο σε ποιότητα λεπτομερειών όσο και σε γενίκευση σε ύφη που δεν υπήρχαν στα δεδομένα εκπαίδευσης. Το FontDiffuser διαθέτει ανοιχτό κώδικα και demo, γεγονός που επιτρέπει την πειραματική διερεύνησή του, αν και η πρακτική αξιοποίησή του προϋποθέτει τεχνική εξοικείωση και κατάλληλο υπολογιστικό περιβάλλον (Yang et al., 2024).

Συμπληρωματικά, η προσέγγιση Generate Like Experts (Fu et al., 2024) δείχνει ότι τα diffusion συστήματα μπορούν να οργανωθούν σε στάδια που μιμούνται τη διαδικασία ανθρώπινου σχεδιασμού, από τη βασική δομή έως τη βελτίωση λεπτομερειών. Η συμβολή της είναι χρήσιμη ως παράδειγμα ενσωμάτωσης σχεδιαστικής γνώσης στο μοντέλο, χωρίς να απαιτείται ξεχωριστή πρακτική ανάλυση στο πλαίσιο της παρούσας αξιολόγησης.

Σε ένα διαφορετικό τεχνικό επίπεδο, το VecFusion αντιμετωπίζει ένα θεμελιώδες πρόβλημα των περισσότερων μοντέλων παραγωγής γλυφών, τα οποία δημιουργούν εικόνες ράστερ, ενώ οι γραμματοσειρές είναι εξ ορισμού διανυσματικές, καθώς βασίζονται σε καμπύλες Bezier που επιτρέπουν κλιμάκωση χωρίς απώλεια ποιότητας. Η μετατροπή από ράστερ σε διανυσματική μορφή εισάγει συχνά ατέλειες, ιδιαίτερα σε λεπτές γραμμές και περιοχές υψηλής καμπυλότητας. Το VecFusion προτείνει την εφαρμογή της διαδικασίας διάχυσης απευθείας σε διανυσματικές αναπαραστάσεις, παράγοντας γλυφούς που είναι εγγενώς διανυσματικές και συνεπώς άμεσα αξιοποιήσιμες σε αρχεία γραμματοσειρών. Αν και πρόκειται ακόμη για ερευνητικό πρωτότυπο, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική μελλοντική κατεύθυνση (Thamizharasan et al., 2024).

Παράλληλα, το FontCraft διαφοροποιείται από τα προηγούμενα συστήματα, καθώς δεν εστιάζει στην αυτόνομη παραγωγή γλυφών αλλά στη διαδραστική συνδημιουργία μεταξύ σχεδιαστή και μηχανής. Χρησιμοποιεί πολυτροπικές εισόδους (multimodal: κείμενο, εικόνα, παραμέτρους) σε συνδυασμό με διαδραστική Μπεϋζιανή βελτιστοποίηση (Interactive Bayesian Optimization), όπου ο σχεδιαστής αξιολογεί επαναληπτικά τα παραγόμενα αποτελέσματα και το σύστημα προσαρμόζεται σταδιακά στις αισθητικές του προτιμήσεις. Τεχνικά, το multimodal LLM δεν παράγει άμεσα γλυφούς, αλλά μεταφράζει τις εισόδους του χρήστη σε παραμέτρους που τροφοδοτούν το επαγγελματικό λογισμικό Glyphs App, το οποίο παράγει τις τελικές διανυσματικές γλυφούς. Η δημοσίευση στο CHI (Conference on Human Factors in Computing Systems) αντανάκλα τον ανθρωποκεντρικό προσανατολισμό του έργου, στο οποίο η TN δεν αντικαθιστά τον σχεδιαστή αλλά λειτουργεί ως συνεργατικό σύστημα μάθησης και συνδημιουργίας (Tatsukawa et al., 2025).

Τέλος, πέρα από τα βασικά έργα που παρουσιάστηκαν, μια σειρά συμπληρωματικών ερευνητικών κατευθύνσεων εμπλουτίζει την εικόνα του πεδίου και αναδεικνύει την ποικιλία των τεχνικών προσεγγίσεων. Το GlyphGAN εστίασε στη στυλιστική συνέπεια μεταξύ γλυφών (Hayashi et al., 2019), το DG-Font στη μη επιβλεπόμενη δημιουργία γραμματοσειρών με παραμορφώσιμες συνελίξεις (Xie et al., 2021), ενώ τα CF-Font και Patch-Font συνέβαλαν στη βελτίωση της few-shot παραγωγής (Wang et al., 2023· Memon et al., 2025). Αντίστοιχα, το IF-Font προσέγγισε τη δημιουργία γλυφών ως πρόβλημα πρόβλεψης ακολουθίας με αρχιτεκτονικές Transformer (Chen et al., 2024). Οι αναφορές αυτές δεν εξετάζονται ως ξεχωριστά case studies, αλλά αναδεικνύουν τη σταδιακή διεύρυνση του πεδίου προς πολλαπλές τεχνικές κατευθύνσεις.

5.3 Σύγχρονα εργαλεία TN και εργαλεία σύγκρισης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και αξιολογούνται τέσσερα εργαλεία που εφαρμόζονται στον σχεδιασμό γραμματοσειρών με διαφορετικούς βαθμούς αυτοματοποίησης: Font AI, FontDiffuser, Creative Fabrica Font Generator και Lipi.ai. Τα εργαλεία αυτά καλύπτουν ένα φάσμα προσεγγίσεων, από συστήματα πλήρους αυτοματοποίησης που βασίζονται σε κειμενικές προτροπές έως υβριδικά ή ερευνητικά περιβάλλοντα παραγωγής γλυφών. Παράλληλα, το Calligraphr αξιοποιείται ως εργαλείο βάσης σύγκρισης, καθώς δεν βασίζεται σε παραγωγικά μοντέλα TN αλλά σε χειροκίνητη σχεδίαση, σάρωση και ψηφιοποίηση χαρακτήρων. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται δυνατή η σύγκριση ανάμεσα στην αλγοριθμική παραγωγή και σε μια πιο παραδοσιακή ψηφιακή ροή εργασίας. Η ανάλυση γενικών μοντέλων παραγωγής εικόνας πραγματοποιείται χωριστά στην ενότητα 5.6, όπου εξετάζεται η σχέση μεταξύ εξειδικευμένων τυπογραφικών εργαλείων και γενικών συστημάτων παραγωγής εικόνας.

Η αξιολόγηση οργανώνεται σε δύο επίπεδα. Το πρώτο αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε εργαλείου, δηλαδή τις δυνατότητες και τους περιορισμούς του ως σύστημα. Το δεύτερο αφορά τα διαδικαστικά και δημιουργικά χαρακτηριστικά, εστιάζοντας στη σχέση μεταξύ σχεδιαστή και συστήματος κατά τη διάρκεια της χρήσης — στον χρόνο που απαιτείται, στις αποφάσεις που λαμβάνει αυτόνομα το σύστημα και στον βαθμό ελέγχου που διατηρεί ο σχεδιαστής. Το δεύτερο επίπεδο συνδέεται άμεσα με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας: με το EE1 σχετικά με την επίδραση στις μεθόδους και τον χρόνο σχεδιασμού, με το EE2 σχετικά με τον μετασχηματισμό της δημιουργικότητας και με το EE3 σχετικά με τη μεταβολή του ρόλου του σχεδιαστή.

Για την εξασφάλιση συγκρισιμότητας, οι δοκιμές οργανώθηκαν γύρω από μια σταθερή τυπογραφική σχεδιαστική προδιαγραφή για τη γραμματοσειρά «Mikromastora». Η προδιαγραφή όριζε μια *geometric sans-serif* γραμματοσειρά προβολής (*display font*), μεσαίου βάρους, κατάλληλη για τίτλο εντύπου, με στόχο την παραγωγή και αξιολόγηση κεφαλαίων και πεζών λατινικών και ελληνικών χαρακτήρων. Η χρήση κοινής προδιαγραφής ακολουθεί τη λογική της μεθοδολογίας μελετών περίπτωσης που υιοθετεί η παρούσα εργασία (Yin, 2018): ένα σταθερό ερέθισμα επιτρέπει τη σύγκριση αποτελεσμάτων χωρίς να μεταβάλλονται οι συνθήκες δοκιμής. Η επιλογή της γραμματοσειράς προβολής έναντι της γραμματοσειράς κειμένου (*text font*) είναι σκόπιμη: όπως αναλύεται στην ενότητα 5.6, τα σημερινά εργαλεία TN αντιμετωπίζουν ακόμη σημαντικούς περιορισμούς ως προς την τεχνική ακρίβεια που απαιτούν οι γραμματοσειρές

κειμένου, ενώ στον τομέα της διακοσμητικής τυπογραφίας η αισθητική ποιότητα μπορεί να εκτιμηθεί ακόμα και χωρίς πλήρη τεχνική τελειότητα. Η απαίτηση για υποστήριξη ελληνικού αλφαβήτου εξυπηρετεί άμεσα το αντίστοιχο κριτήριο αξιολόγησης και συνδέεται με την πολυγλωσσική διάσταση της ψηφιακής τυπογραφίας που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2, αναδεικνύοντας ταυτόχρονα ένα από τα ανοιχτά ερευνητικά ζητήματα του πεδίου: την ικανότητα των εργαλείων TN να υποστηρίζουν μη λατινικά συστήματα γραφής (Chen et al., 2024).

Η επιλογή τους περιλαμβάνει εργαλεία βασισμένα σε προτροπές, ερευνητικό πρωτότυπο παραγωγής από ένα χαρακτήρα (one-shot), υβριδικό περιβάλλον με ανθρώπινη εισαγωγή δεδομένων και εργαλείο βάσης σύγκρισης χωρίς παραγωγική TN.

Το Font AI και το Lipi.ai αντιπροσωπεύουν την παραγωγή μέσω λεκτικής περιγραφής, με το πρώτο να λειτουργεί ως παράδειγμα πλήρους αυτοματοποίησης και το δεύτερο ως προσβάσιμο εργαλείο που κατέστη δυνατό να δοκιμαστεί πρακτικά. Το FontDiffuser επιλέχθηκε ως ερευνητικό παράδειγμα παραγωγής από ένα χαρακτήρα, ενώ το Creative Fabrica Font Generator (Creative Fabrica, 2025) εξετάστηκε ως υβριδικό εργαλείο που βασίζεται σε ανθρώπινη εισαγωγή δεδομένων και τεχνική υποστήριξη από TN. Τέλος, το Calligraphr χρησιμοποιήθηκε ως βάση ψηφιοποίησης ανθρώπινης εισαγωγής δεδομένων, ώστε να συγκριθεί η αλγοριθμική παραγωγή με μια μη παραγωγική ψηφιακή ροή εργασίας.

5.4 Κριτήρια αξιολόγησης των αποτελεσμάτων

Η αξιολόγηση των εργαλείων οργανώνεται σε δύο ομάδες κριτηρίων. Η πρώτη αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων (Πίνακας Α), όπως ο τρόπος εισόδου, η μορφή εξόδου, η συνέπεια των γλυφών, η υποστήριξη ελληνικού αλφαβήτου και η πρακτική αξιοποίηση. Η δεύτερη αφορά τη διαδικασία χρήσης (Πίνακας Β), δηλαδή τον χρόνο παραγωγής, την ευχρηστία, τον βαθμό δημιουργικού ελέγχου, την αυτονομία του συστήματος και τον ρόλο του σχεδιαστή. Έτσι, η αξιολόγηση επεκτείνεται πέρα από το τελικό αποτέλεσμα και εστιάζει στη σχέση αλληλεπίδρασης μεταξύ χρήστη και εργαλείου TN.

Η σύνδεση των κριτηρίων με τα ερευνητικά ερωτήματα βασίζεται στη μετατροπή τους σε μετρήσιμες διαστάσεις. Το EE1 («Πώς επηρεάζει η TN τη διαδικασία σχεδιασμού γραμματοσειρών σε επίπεδο μεθόδων, χρόνου και δημιουργικών επιλογών;») συνδέεται με τον χρόνο παραγωγής, την ευχρηστία και την επαναληπτική βελτίωση, οι οποίες αποτυπώνουν την αποδοτικότητα της διαδικασίας. Το EE2 («Σε ποιον βαθμό η χρήση TN

μετασχηματίζει την έννοια της δημιουργικότητας στον σχεδιασμό γραμματοσειρών και κατά πόσο λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης ή ως συνδιαμορφωτής;») συνδέεται με τον δημιουργικό έλεγχο και την αυτονομία του συστήματος, που προσδιορίζουν τον βαθμό συνδιαμόρφωσης του αποτελέσματος. Το ΕΕ3 («Πώς μεταβάλλεται ο ρόλος και η ταυτότητα του σχεδιαστή;») αποτυπώνεται επίσης μέσω του δημιουργικού ελέγχου και της αυτονομίας, με έμφαση στη μετατόπιση του σχεδιαστή από παραγωγό σε καθοδηγητή ή επιμελητή.

Πίνακας Α — Τεχνικά χαρακτηριστικά

Κριτήριο	Τι αξιολογεί
Τρόπος εισόδου	Αν το εργαλείο δέχεται κειμενική προτροπή, δείγμα χαρακτήρων, εικόνα αναφοράς ή χειρόγραφο/σχεδιαστική σάρωση.
Μορφή και εξαγωγή αποτελέσματος	Αν το αποτέλεσμα είναι raster εικόνα, vector μορφή ή λειτουργικό αρχείο γραμματοσειράς (.ttf/.otf/WOFF).
Συνέπεια και ποιότητα γλυφών	Αν οι γλυφοί παρουσιάζουν ενιαίο ύφος, βάρος, ρυθμό και βασική τεχνική συνοχή σε αποστάσεις/διαγραμμάτωση.
Υποστήριξη ελληνικού αλφαβήτου	Αν το εργαλείο μπορεί να παράγει ή να ενσωματώσει ελληνικούς χαρακτήρες.
Πρόσβαση και κόστος χρήσης	Αν το εργαλείο είναι διαθέσιμο, σταθερό, ανοιχτού κώδικα ή εμπορικό, και αν απαιτεί πληρωμή ή ειδικές τεχνικές προϋποθέσεις.

Πίνακας Β — Διαδικαστικά και δημιουργικά χαρακτηριστικά

Κριτήριο	Τι αξιολογεί	Ερευνητικό ερώτημα
Χρόνος και ευχρηστία	Ταχύτητα παραγωγής, ευκολία χρήσης και απαιτούμενη τεχνική εξειδίκευση.	ΕΕ1
Δημιουργικός έλεγχος	Βαθμός καθορισμού, τροποποίησης και επιμέλειας του αποτελέσματος.	ΕΕ2, ΕΕ3
Αυτονομία συστήματος	Αποφάσεις που λαμβάνει το εργαλείο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.	ΕΕ2, ΕΕ3
Επαναληπτική βελτίωση	Δυνατότητα νέας προτροπής, νέας παραγωγής ή επεξεργασίας γλυφών.	ΕΕ1, ΕΕ3
Ρόλος σχεδιαστή	Δημιουργός, καθοδηγητής, αξιολογητής ή επιμελητής.	ΕΕ3

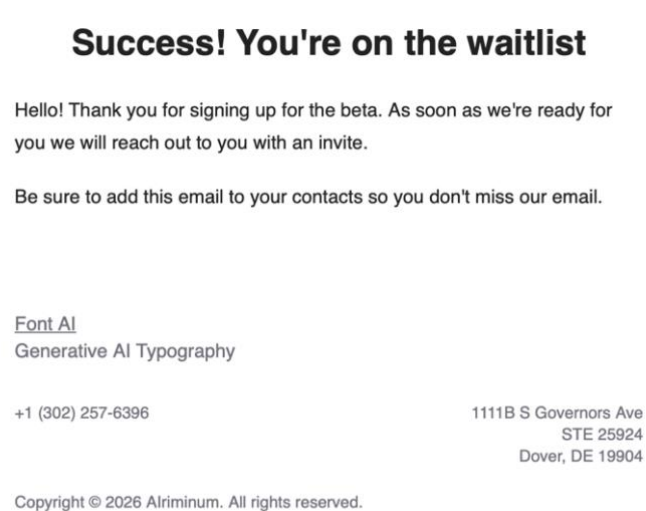
Συνολικά, οι δύο πίνακες συνδυάζουν τεχνικές και διαδικαστικές διαστάσεις, επιτρέποντας μια ολοκληρωμένη ανάλυση της σχέσης μεταξύ τεχνητής νοημοσύνης και σχεδιασμού γραμματοσειρών.

5.5 Πρακτική δοκιμή: δημιουργία της γραμματοσειράς «Mikromastora»

Στην πρακτική δοκιμή, η προδιαγραφή που ορίστηκε στην ενότητα 5.3 εφαρμόστηκε στα εργαλεία που ήταν διαθέσιμα ή μπορούσαν να ελεγχθούν πρακτικά. Στόχος δεν ήταν η παραγωγή οριστικής επαγγελματικής γραμματοσειράς, αλλά η εξέταση της λειτουργίας των εργαλείων ως προς την πρόσβαση, τον τρόπο εισόδου, τον χρόνο παραγωγής, τον δημιουργικό έλεγχο, την τεχνική αξιοποίηση και την υποστήριξη ελληνικών χαρακτήρων. Η ανάλυση διακρίνει τα εργαλεία που δεν μπόρεσαν να αξιολογηθούν πλήρως από εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν πρακτικά. Με αυτόν τον τρόπο, τα εμπόδια πρόσβασης, τα τεχνικά σφάλματα και οι αστοχίες πλατφόρμας αντιμετωπίζονται ως μέρος των ευρημάτων και όχι ως απλές αδυναμίες της διαδικασίας.

5.5.1 Εργαλεία με περιορισμένη ή μη ολοκληρωμένη πρακτική αξιολόγηση

Font AI: Το εργαλείο δεν αξιολογήθηκε πρακτικά, επειδή η πρόσβαση στην πλατφόρμα απαιτούσε εγγραφή σε λίστα αναμονής (Εικόνα 5.1). Η περίπτωση αυτή δείχνει ότι η διαθεσιμότητα ενός εργαλείου αποτελεί βασικό κριτήριο πρακτικής αξιοποίησης, ανεξάρτητα από τις δυνατότητες που δηλώνονται από την πλατφόρμα.



Εικόνα 5.1: Η οθόνη εγγραφής του Font AI με ένδειξη λίστας αναμονής.

Πηγή: Font AI, 2025.

FontDiffuser: Το ερευνητικό πρωτότυπο επιχειρήθηκε να εκτελεστεί σε περιβάλλον Google Colab, όμως η διαδικασία δεν ολοκληρώθηκε λόγω σφάλματος εκτέλεσης που συνδέθηκε με ασυμβατότητες CUDA/PyTorch. Το βασικό εύρημα είναι ότι ένα εργαλείο

μπορεί να έχει ισχυρή ερευνητική τεκμηρίωση, αλλά να μην είναι άμεσα αξιοποιήσιμο από σχεδιαστή χωρίς τεχνική εξειδίκευση.

Creative Fabrica Font Generator: Η διαδικτυακή πλατφόρμα δοκιμάστηκε, αλλά η φόρτωση και παρουσίαση των χαρακτήρων δεν ολοκληρώθηκε. Επομένως, δεν ήταν δυνατή η πλήρης πρακτική αξιολόγηση. Το εύρημα αφορά κυρίως την αξιοπιστία της πλατφόρμας: ένα εργαλείο μπορεί να φαίνεται προσιτό ως διεπαφή, αλλά η πραγματική του χρησιμότητα εξαρτάται από τη σταθερή λειτουργία του.

Η κατάσταση αξιολόγησης και πρόσβασης των επιλεγμένων εργαλείων συνοψίζεται στον Πίνακα Γ1.

Πίνακας Γ1 — Κατάσταση αξιολόγησης και πρόσβασης επιλεγμένων εργαλείων

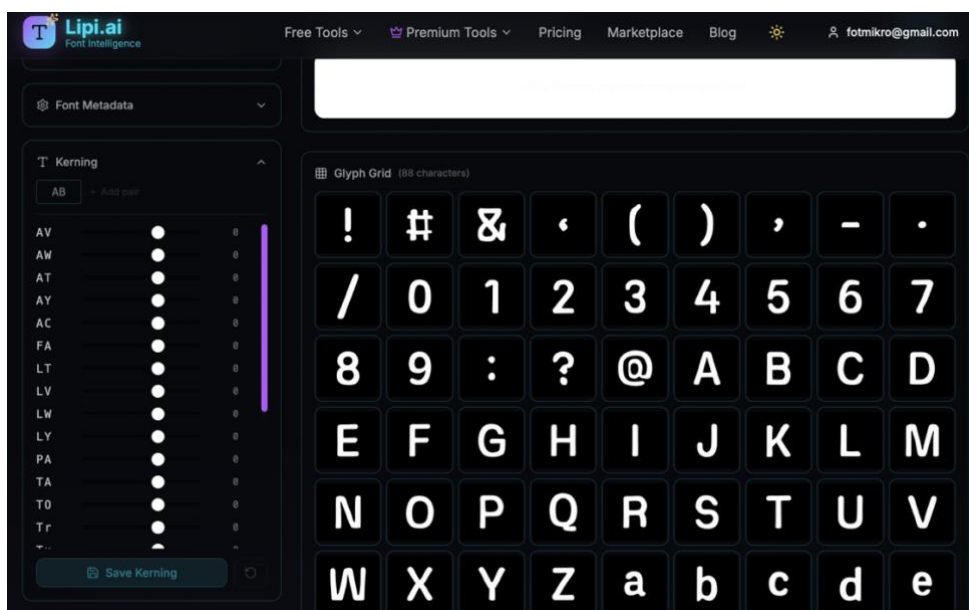
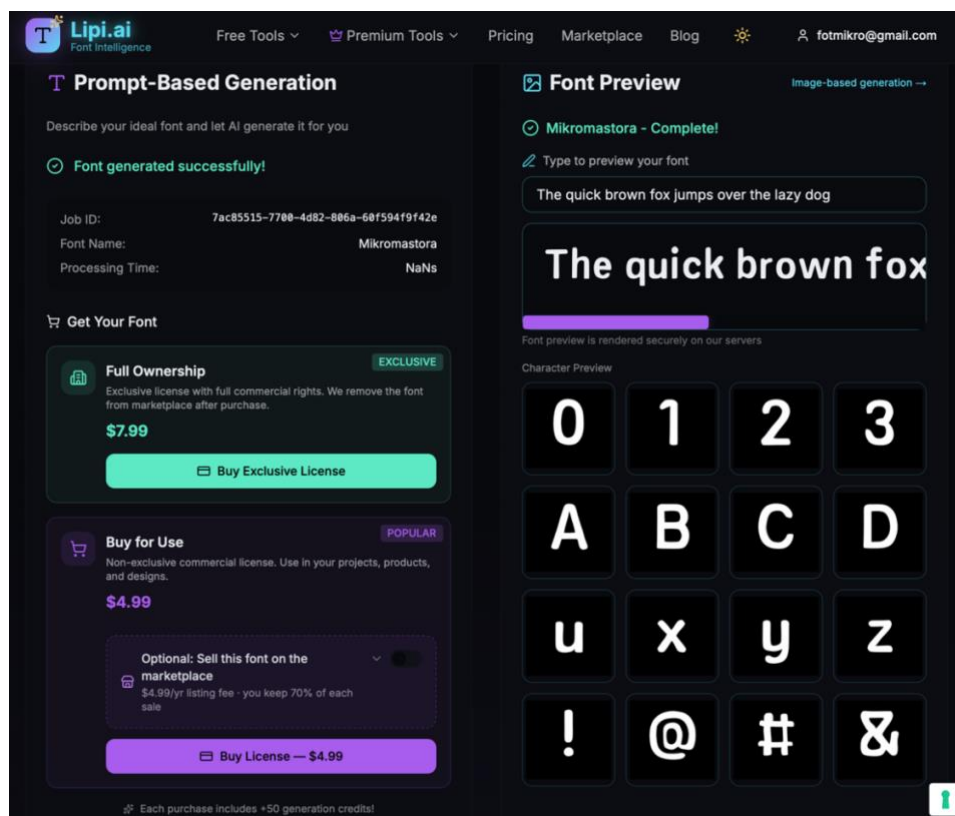
Εργαλείο	Κατάσταση δοκιμής	Βασικό εύρημα
Font AI	Δεν δοκιμάστηκε πλήρως λόγω λίστας αναμονής.	Η πρόσβαση παραμένει περιορισμός πρακτικής αξιοποίησης.
FontDiffuser	Δεν εκτελέστηκε επιτυχώς στο περιβάλλον δοκιμής.	Τα ερευνητικά πρωτότυπα μπορεί να απαιτούν τεχνική εξειδίκευση.
Creative Fabrica Font Generator	Δεν ολοκληρώθηκε η δοκιμή λόγω προβλήματος φόρτωσης.	Η αξιοπιστία της πλατφόρμας είναι κρίσιμο πρακτικό κριτήριο.
Lipi.ai	Δοκιμάστηκε πρακτικά μέσω προτροπών και προεπισκόπησης.	Έδωσε γρήγορο αποτέλεσμα, αλλά με περιορισμένο έλεγχο και χωρίς ελληνικούς χαρακτήρες.
Calligraphr	Δοκιμάστηκε πρακτικά μέσω χειρόγραφης/σχεδιαστικής εισαγωγής.	Προσέφερε υψηλότερο ανθρώπινο έλεγχο, αλλά απαιτούσε περισσότερο χρόνο.

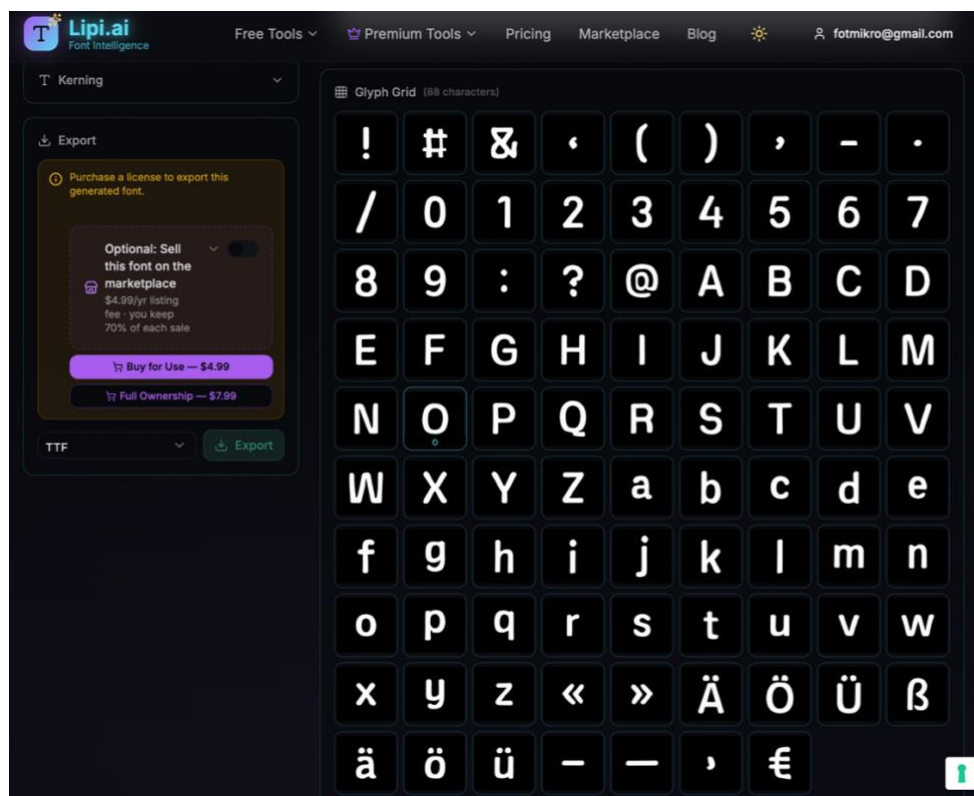
5.5.2 Εργαλεία που αξιολογήθηκαν πρακτικά

Lipi.ai: Το Lipi.ai χρησιμοποιήθηκε ως λειτουργικό παράδειγμα παραγωγής με βάση προτροπές. Με βάση την κοινή προδιαγραφή, η πλατφόρμα παρήγαγε γρήγορα προεπισκόπηση γραμματοσειράς με εμφανή *geometric sans-serif* χαρακτηριστικά. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε σε περίπου 60 δευτερόλεπτα και έδειξε ότι τα εργαλεία με βάση προτροπές μπορούν να επιταχύνουν σημαντικά την παραγωγή αρχικών τυπογραφικών προτάσεων. Ωστόσο, το αποτέλεσμα περιορίστηκε σε λατινικούς χαρακτήρες, δεν

υποστήριξε ελληνικό αλφάβητο και η πλήρης τεχνική επαλήθευση του τελικού αρχείου προϋπέθετε λήψη επί πληρωμή. Επιπλέον, η ανάγκη αναδιατύπωσης της προτροπής έδειξε ότι η σαφήνεια της λεκτικής οδηγίας επηρεάζει αισθητά τη συνάφεια του αποτελέσματος.

Η προεπισκόπηση των γλυφών και το παράθυρο εξαγωγής του Lipi.ai παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.2.

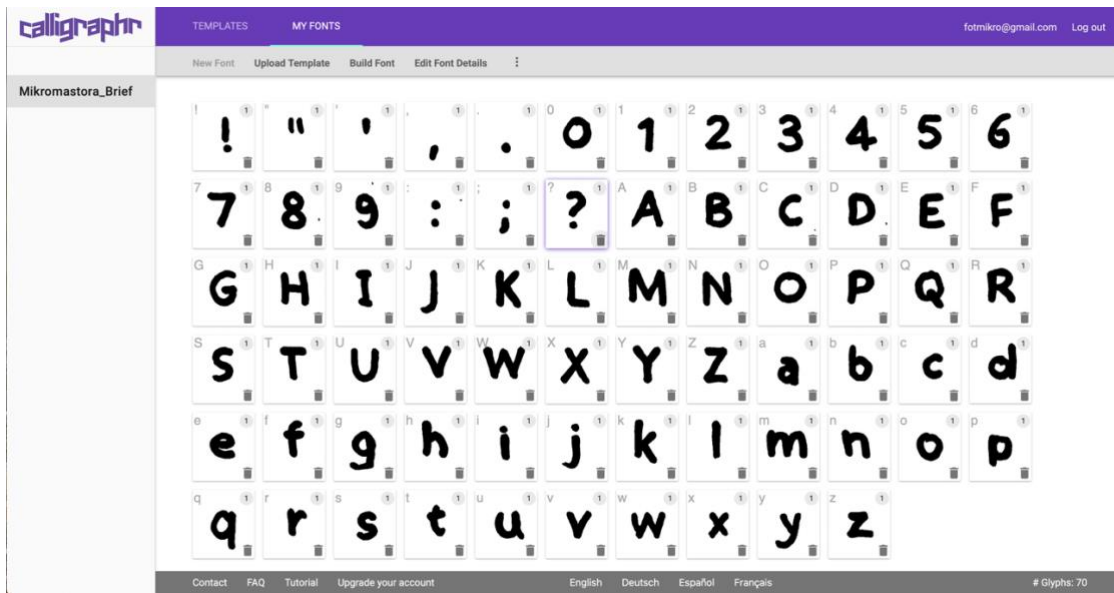




Εικόνα 5.2: Lipi.ai — προεπισκόπηση γλυφών και panel εξαγωγής στο Font Studio.

Πηγή: Lipi.ai, 2025.

Calligraphr: Το Calligraphr χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο βάσης σύγκρισης χωρίς παραγωγική ΤΝ. Η διαδικασία βασίστηκε σε ανθρώπινη εισαγωγή δεδομένων, σάρωση προτύπου και ψηφιοποίηση χαρακτήρων. Σε σχέση με το Lipi.ai απαιτήσε περισσότερο χρόνο, αλλά διατήρησε υψηλότερο βαθμό ανθρώπινου ελέγχου, επειδή η μορφή των χαρακτήρων προερχόταν άμεσα από τον χρήστη. Παράλληλα, η δοκιμή έδειξε ότι η χειρόγραφη εισαγωγή δεν ανταποκρίνεται εύκολα σε αυστηρή γεωμετρική προδιαγραφή, εκτός αν προηγηθεί πιο ακριβής ψηφιακός σχεδιασμός των χαρακτήρων. Η εικόνα του Πίνακα Γλυφών μετά τη σάρωση και την αυτόματη διανυσματοποίηση παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.3.



Εικόνα 5.3: Calligraphr — Πίνακας Γλυφών μετά τη σάρωση και την αυτόματη διανυσματοποίηση.
Πηγή: Calligraphr, 2025.

Το τελικό εξαγόμενο αρχείο TrueType (Mikromastorabrief-Regular.ttf, 17 KB), που προέκυψε μετά τη συμπλήρωση του προτύπου χαρακτήρων και την αυτόματη διανυσματοποίηση, παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.4.



Mikromastorabrief-Regular.ttf
Γραμματοσειρά TrueType® - 17 KB

Εικόνα 5.4: Calligraphr — τελικό εξαγόμενο αρχείο TrueType
(Mikromastorabrief-Regular.ttf) με κεφαλαία, πεζά λατινικά και αριθμούς.
Πηγή: Calligraphr, 2025.

Η οπτική εξέταση του εξαγόμενου αρχείου ενισχύει τα τρία βασικά ευρήματα της δοκιμής. Πρώτον, το αποτέλεσμα αποκλίνει αισθητά από την αρχική γεωμετρική sans-serif προδιαγραφή: οι χαρακτήρες εμφανίζουν χειρόγραφο, ανομοιόμορφο πάχος γραμμής, καμπύλες με οργανική παραμόρφωση και ασυνεπές ύψος πεζών, στοιχεία που επιβεβαιώνουν εμπειρικά ότι η χειρόγραφη εισαγωγή δεν μπορεί να αναπαραγάγει μια

αυστηρή γεωμετρική πρόθεση χωρίς προηγούμενο ακριβή ψηφιακό σχεδιασμό των χαρακτήρων. Δεύτερον, παρά την αισθητική απόκλιση από την προδιαγραφή, το τελικό αρχείο είναι λειτουργικό ως .ttf με πλήρες σύνολο λατινικών (A–Z, a–z) και αριθμητικών (0–9), γεγονός που το διαφοροποιεί από τις προεπισκοπήσεις των εργαλείων βάσει προτροπών όπου η πραγματική τεχνική επαλήθευση παραμένει εξαρτημένη από επί πληρωμή εξαγωγή. Τρίτον, το αρχείο δεν περιλαμβάνει ελληνικούς χαρακτήρες, καθώς το πρότυπο που συμπληρώθηκε περιοριζόταν στο λατινικό σύνολο· τούτο αναδεικνύει ότι η υποστήριξη του ελληνικού αλφαβήτου στο Calligraphr εξαρτάται αποκλειστικά από την εισαγωγή δεδομένων του χρήστη και όχι από αλγοριθμική γενίκευση, σε αντίθεση με τα εξειδικευμένα τυπογραφικά εργαλεία TN όπου η πολυγλωσσική κάλυψη αποτελεί τεχνική πρόκληση του ίδιου του μοντέλου.

Η σύγκριση των δύο πρακτικά αξιολογημένων εργαλείων αποτυπώνεται στον Πίνακα Γ2.

Πίνακας Γ2 — Σύγκριση πρακτικά αξιολογημένων εργαλείων

Κριτήριο	Lipī.ai	Calligraphr
Τρόπος εισόδου	Κειμενική προτροπή και βασικές επιλογές ύφους.	Χειρόγραφη ή σχεδιαστική συμπλήρωση προτύπου.
Χρόνος	Περίπου 60 δευτερόλεπτα έως την προεπισκόπηση.	Περίπου 45 λεπτά για τη διαδικασία σχεδίασης και ψηφιοποίησης.
Δημιουργικός έλεγχος	Χαμηλός έως μέτριος: ο χρήστης καθοδηγεί με προτροπή.	Υψηλός: η μορφή προέρχεται από ανθρώπινη εισαγωγή δεδομένων.
Τεχνική αξιοποίηση	Δηλωμένη δυνατότητα εξαγωγής αρχείου, με λήψη επί πληρωμή.	Δυνατότητα εξαγωγής αρχείου από το συμπληρωμένο πρότυπο.
Υποστήριξη ελληνικών	Δεν διαπιστώθηκε υποστήριξη ελληνικών χαρακτήρων.	Εξαρτάται από τους χαρακτήρες που συμπληρώνει ο χρήστης.
Βασικό συμπέρασμα	Κατάλληλο για γρήγορη διερεύνηση ύφους, με περιορισμένο έλεγχο.	Κατάλληλο ως baseline ανθρώπινου ελέγχου, αλλά πιο χρονοβόρο.

Η πρακτική διερεύνηση ανέδειξε τέσσερα βασικά ευρήματα. Πρώτον, η πρόσβαση και η τεχνική σταθερότητα είναι κρίσιμες παράμετροι: τρία από τα αρχικά επιλεγμένα εργαλεία δεν μπόρεσαν να αξιολογηθούν πλήρως. Δεύτερον, τα εργαλεία βάσει προτροπών μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον χρόνο παραγωγής αρχικών προτάσεων, αλλά περιορίζουν τον λεπτομερή δημιουργικό έλεγχο. Τρίτον, η παραγωγή προεπισκόπησης ή η δηλωμένη δυνατότητα εξαγωγής αρχείου δεν ισοδυναμεί απαραίτητα με πλήρως ελεγμένη επαγγελματική γραμματοσειρά. Τέταρτον, η υποστήριξη ελληνικών χαρακτήρων

παραμένει περιορισμένη στα αυτοματοποιημένα εργαλεία που εξετάστηκαν, ενώ στα εργαλεία ανθρώπινης εισαγωγής δεδομένων εξαρτάται από τους χαρακτήρες που εισάγει ο χρήστης. Συνολικά, η δοκιμή δείχνει ότι η TN είναι χρήσιμη κυρίως για γρήγορη διερεύνηση ύφους και παραγωγή αρχικών κατευθύνσεων. Η τελική τυπογραφική ποιότητα, η πολυγλωσσική κάλυψη, η τεχνική επαλήθευση και η δημιουργική ευθύνη εξακολουθούν να απαιτούν ανθρώπινη αξιολόγηση και επιμέλεια.

5.6 Η θέση της TN στη ροή σχεδιασμού γραμματοσειρών

Τα εξειδικευμένα εργαλεία TN που εξετάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες διακρίνονται από τα γενικά μοντέλα παραγωγής εικόνας ως προς τη φύση του αποτελέσματος. Τα γενικά μοντέλα παράγουν εικόνες ή οπτικές προτάσεις, ενώ μια λειτουργική γραμματοσειρά απαιτεί διανυσματικά περιγράμματα, μετρικές, αποστάσεις χαρακτήρων, διαγραμμάτωση, εξαγωγή αρχείου και συνέπεια σε όλο το σύνολο χαρακτήρων. Συνεπώς, τα γενικά μοντέλα είναι χρήσιμα κυρίως ως πηγή αρχικής οπτικής διερεύνησης, έμπνευσης ύφους ή πειραματισμού σε γραμματοσειρές προβολής, ενώ η παραγωγή πραγματικής γραμματοσειράς προϋποθέτει είτε εξειδικευμένα τυπογραφικά εργαλεία είτε ουσιαστική επεξεργασία σε ειδικό λογισμικό για τη δημιουργία αρχείων .ttf ή .otf.

Στο φάσμα αυτό, η σύγκριση παραδοσιακού και TN-υποστηριζόμενου σχεδιασμού αναδεικνύεται ως ένταση μεταξύ ελέγχου και ταχύτητας. Ο παραδοσιακός σχεδιασμός βασίζεται στη σταδιακή χειροκίνητη επεξεργασία και προσφέρει υψηλό έλεγχο σε αναλογίες, ρυθμό, ισορροπία και συνοχή οικογένειας, με αντίτιμο τον αυξημένο χρόνο και την απαίτηση εξειδικευμένης εμπειρίας. Ο TN-υποστηριζόμενος σχεδιασμός επιταχύνει την παραγωγή παραλλαγών και τη διερεύνηση ύφους, αλλά δεν εξασφαλίζει αυτόματα πλήρη τεχνική αρτιότητα. Η σύγκριση Lipi.ai και Calligraphr στην ενότητα 5.5 αποτυπώνει καθαρά αυτή τη διαφορά: το πρώτο παρήγαγε γρήγορα προεπισκόπηση γραμματοσειράς αλλά με περιορισμένο λεπτομερή έλεγχο και χωρίς ελληνικό αλφάβητο, ενώ το δεύτερο απαίτησε περισσότερο χρόνο, βασίστηκε όμως σε άμεση ανθρώπινη εισαγωγή δεδομένων και επέτρεψε την ενσωμάτωση χαρακτήρων ανάλογα με το πρότυπο που συμπλήρωσε ο χρήστης.

Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει ότι στην επαγγελματική πράξη προκρίνεται ένα υβριδικό μοντέλο, στο οποίο η TN λειτουργεί ως εργαλείο ενίσχυσης για ιδεοποίηση, γρήγορη πρωτοτυποποίηση και παραγωγή αρχικών κατευθύνσεων, ενώ ο σχεδιαστής διατηρεί την τελική κρίση, τη συνέπεια, την τεχνική διόρθωση και τη δημιουργική ευθύνη.

5.7 Σύνοψη Κεφαλαίου

Το παρόν κεφάλαιο ανέδειξε ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να λειτουργήσει υποστηρικτικά στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, κυρίως στα αρχικά στάδια της δημιουργικής διαδικασίας, όπως η διερεύνηση ύφους και η παραγωγή αρχικών προτάσεων. Παράλληλα, όμως, διαπιστώθηκε ότι η τελική τυπογραφική ποιότητα εξακολουθεί να εξαρτάται από την ανθρώπινη αξιολόγηση, την τεχνική επιμέλεια και τη δημιουργική κρίση του σχεδιαστή. Η πρακτική διερεύνηση ανέδειξε επίσης σημαντικούς περιορισμούς των σύγχρονων εργαλείων, όπως ζητήματα πρόσβασης, τεχνικής σταθερότητας, αξιοπιστίας, καθώς και περιορισμένη υποστήριξη μη λατινικών συστημάτων γραφής, όπως το ελληνικό αλφάβητο. Επιπλέον, καταγράφηκε η διαφορά μεταξύ εργαλείων ταχείας παραγωγής ιδεών και εργαλείων που βασίζονται σε ανθρώπινη εισαγωγή δεδομένων. Συνολικά, προκύπτει ότι ο πιο ρεαλιστικός ρόλος της TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών είναι υποστηρικτικός και συνεργατικός, ενισχύοντας τη δημιουργική διαδικασία χωρίς να αντικαθιστά τον σχεδιαστή. Τα ευρήματα αυτά οδηγούν στο επόμενο κεφάλαιο, όπου εξετάζονται ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας, δημιουργικής πατρότητας και ηθικής χρήσης της TN.

6. Ζητήματα Πνευματικής Ιδιοκτησίας, Δημιουργού και Ηθικής Χρήσης

Η αυξανόμενη ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στον σχεδιασμό γραμματοσειρών δεν μεταβάλλει μόνο τις παραγωγικές και αισθητικές διαδικασίες του πεδίου, αλλά επαναφέρει στο προσκήνιο κρίσιμα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας, δημιουργικής πατρότητας και επαγγελματικής ευθύνης. Όπως προέκυψε από την ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου, τα σύγχρονα εργαλεία TN εμπλέκονται σε διαφορετικούς βαθμούς στη δημιουργία τυπογραφικών μορφών, γεγονός που καθιστά τη διάκριση ανάμεσα σε ανθρώπινη και αλγοριθμική συμβολή πιο σύνθετη. Στο πλαίσιο αυτό, το παρόν κεφάλαιο εξετάζει τα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας και ηθικής χρήσης όχι μόνο ως νομικά ζητήματα του τελικού προϊόντος, αλλά ως προβλήματα που αναδύονται μέσα από ολόκληρη τη διαδικασία σχεδιασμού. Εξετάζονται κρίσιμα ερωτήματα σχετικά με τη δημιουργική πατρότητα, την έννοια της πρωτοτυπίας, τη μίμηση τυπογραφικών υφών, καθώς και τον ρόλο των δεδομένων εκπαίδευσης και των αδειών χρήσης των συστημάτων TN. Τέλος, αναλύεται η ανάγκη για διαφάνεια και υπεύθυνη επαγγελματική πρακτική στον σχεδιασμό γραμματοσειρών με TN.

6.1 Η γραμματοσειρά ως σύνθετο δημιουργικό αντικείμενο και η μετατόπιση του ρόλου του σχεδιαστή

Η πρακτική διερεύνηση των εργαλείων που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο έδειξε ότι η παραγωγή μιας γραμματοσειράς μέσω ψηφιακών μέσων δεν αποτελεί ενιαία διαδικασία. Στα εργαλεία παραγωγικής TN βασισμένα σε προτροπές, ο χρήστης διατυπώνει μια λεκτική περιγραφή, αξιολογεί τις προτάσεις του συστήματος και επιλέγει το αποτέλεσμα που θεωρεί καταλληλότερο. Αντίθετα, σε εργαλεία όπως το Calligraphr, η αρχική μορφή των χαρακτήρων προέρχεται από ανθρώπινο χειρόγραφο ή σχεδιαστική εισαγωγή, ενώ το εργαλείο λειτουργεί κυρίως ως μέσο ψηφιοποίησης και οργάνωσης αυτού του υλικού σε αρχείο γραμματοσειράς.

Η διαφορά αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για την παρούσα εργασία, επειδή μεταβάλλει τον τρόπο με τον οποίο αξιολογείται η ανθρώπινη δημιουργική συμβολή. Όταν ο άνθρωπος σχεδιάζει άμεσα τη μορφή κάθε γλυφού, η δημιουργική του συμβολή είναι εμφανής. Όταν όμως το αποτέλεσμα παράγεται από ένα μοντέλο TN με βάση μια προτροπή, η ανθρώπινη συμβολή μετατοπίζεται προς τη διατύπωση πρόθεσης, την επιλογή, την κριτική αξιολόγηση

και την τελική επιμέλεια. Συνεπώς, τα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας και ηθικής δεν μπορούν να εξεταστούν αποκομμένα από τη διαδικασία παραγωγής.

Αυτή η μετατόπιση από τη χειροκίνητη παραγωγή προς την καθοδήγηση και επιμέλεια συνδέεται άμεσα με τη θεωρητική συζήτηση για τα συνδημιουργικά συστήματα και τον μετασχηματισμό του ρόλου του σχεδιαστή από αποκλειστικό δημιουργό σε καθοδηγητή, αξιολογητή και επιμελητή των αλγοριθμικών αποτελεσμάτων (Deckker & Sumanasekara, 2025). Η ΤΝ δεν λειτουργεί απαραίτητα ως πλήρως αυτόνομος δημιουργός· συχνότερα λειτουργεί ως ενδιάμεσο σύστημα που διευρύνει τις επιλογές του χρήστη, αλλά ταυτόχρονα καθιστά δυσκολότερο τον ακριβή προσδιορισμό της δημιουργικής συμβολής κάθε πλευράς.

Πριν εξεταστεί το ζήτημα της πνευματικής ιδιοκτησίας, είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί η ιδιαίτερη φύση της γραμματοσειράς ως δημιουργικού έργου. Η γραμματοσειρά δεν αποτελεί απλώς μια εικόνα γραμμάτων ούτε ένα μεμονωμένο σχεδιαστικό έργο, αλλά ένα οργανωμένο σύστημα γλυφών με εσωτερική συνοχή, αναγνωρίσιμο ύφος, τεχνικές παραμέτρους και συγκεκριμένη λειτουργία σε έντυπα και ψηφιακά περιβάλλοντα. Η τελική της μορφή προκύπτει από τη συνδυαστική αλληλεπίδραση των μορφών των χαρακτήρων, των μεταξύ τους σχέσεων, των αποστάσεων, της οπτικής αραίωσης, των οδηγίων ψηφιακής απόδοσης, των μεταδεδομένων, καθώς και του ίδιου του αρχείου γραμματοσειράς.

Η σύνθετη αυτή φύση καθιστά τη νομική και ηθική αξιολόγηση των γραμματοσειρών πιο περίπλοκη σε σχέση με άλλες κατηγορίες οπτικού σχεδιασμού. Η αξιολόγηση μπορεί να περιλαμβάνει την αισθητική μορφή του σχεδιασμού των χαρακτήρων, την τεχνική υλοποίηση του αρχείου γραμματοσειράς, την άδεια χρήσης, την εμπορική διανομή ή την πιθανή ομοιότητα με υπάρχουσες γραμματοσειρές. Στο πλαίσιο της τεχνητής νοημοσύνης, η πολυπλοκότητα αυτή ενισχύεται, επειδή ένα μοντέλο μπορεί να παράγει οπτικά ενδιαφέρουσες μορφές χωρίς να διασφαλίζει απαραίτητα πλήρη τεχνική αρτιότητα ή σαφή προσδιορισμό δημιουργικής πατρότητας (creative authorship).

Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση μιας γραμματοσειράς που έχει σχεδιαστεί με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης δεν μπορεί να περιορίζεται στο αν το αποτέλεσμα «φαίνεται» νέο ή αισθητικά επιτυχημένο. Αντίθετα, πρέπει να εξετάζεται κατά πόσο το αρχείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρακτικά, αν οι γλυφές παρουσιάζουν εσωτερική συνοχή και συνέπεια, αν εντοπίζονται τεχνικές αδυναμίες, αν η προέλευση του ύφους είναι διαφανής, καθώς και αν οι όροι χρήσης του εργαλείου επιτρέπουν την επιθυμητή αξιοποίηση.

Ένα από τα βασικά ζητήματα που αναδείχθηκαν από τη σύγκριση των εργαλείων είναι ο διαφορετικός βαθμός ανθρώπινης συμβολής. Στον παραδοσιακό ή χειροκίνητο σχεδιασμό, ο σχεδιαστής λαμβάνει άμεσα αποφάσεις που αφορούν τη μορφή, το βάρος, τις καμπύλες, τις αναλογίες και τη συνοχή των χαρακτήρων. Σε εργαλεία ψηφιοποίησης όπως το Calligraphr, η μορφή προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από τον άνθρωπο, ενώ το εργαλείο αναλαμβάνει την τεχνική μετατροπή της σε αρχείο γραμματοσειράς. Αντίθετα, στα εργαλεία παραγωγικής τεχνητής νοημοσύνης που βασίζονται σε λεκτικές προτροπές, η μορφή παράγεται από το σύστημα με βάση την προτροπή και τα δεδομένα εκπαίδευσής του. Αυτή η διαφοροποίηση δεν σημαίνει ότι η ανθρώπινη δημιουργικότητα εξαφανίζεται στα εργαλεία TN. Σημαίνει όμως ότι εκδηλώνεται με διαφορετικό τρόπο. Ο χρήστης δεν σχεδιάζει απαραίτητα κάθε καμπύλη, αλλά ορίζει το ζητούμενο ύφος, αξιολογεί τα αποτελέσματα, απορρίπτει ακατάλληλες εκδοχές, επιλέγει τις πιο λειτουργικές και μπορεί να επεξεργαστεί το αποτέλεσμα σε επόμενο στάδιο. Η δημιουργικότητα μετατοπίζεται από την άμεση εκτέλεση προς τη διαμόρφωση πρόθεσης, την κριτική επιλογή και την τελική επιμέλεια.

Ο βαθμός δημιουργικού ελέγχου είναι επομένως κρίσιμο κριτήριο αξιολόγησης. Ένα εργαλείο που παράγει γρήγορα αποτελέσματα αλλά επιτρέπει περιορισμένη παρέμβαση μπορεί να είναι χρήσιμο για πειραματισμό, αλλά όχι απαραίτητα κατάλληλο για επαγγελματικό σχεδιασμό γραμματοσειρών. Αντίθετα, ένα εργαλείο που απαιτεί μεγαλύτερη ανθρώπινη προσπάθεια μπορεί να παρέχει σαφέστερη σχέση δημιουργού και μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου του τελικού ύφους. Η ένταση ανάμεσα στην ταχύτητα και τον έλεγχο αποτελεί κεντρικό σημείο στη συζήτηση για την υπεύθυνη χρήση TN στον τυπογραφικό σχεδιασμό.

6.2 Δημιουργική πατρότητα, πρωτοτυπία και μίμηση τυπογραφικού ύφους

Το ερώτημα της δημιουργικής πατρότητας στο πλαίσιο της TN αποτελεί τόσο νομικό όσο και θεωρητικό ζήτημα. Η παραδοσιακή πνευματική ιδιοκτησία βασίζεται στην ιδέα της ανθρώπινης δημιουργικής συμβολής. Η Σύμβαση της Βέρνης και οι περισσότερες σύγχρονες νομοθεσίες για την πνευματική ιδιοκτησία έχουν διαμορφωθεί με την προϋπόθεση ότι ο δημιουργός είναι ανθρώπινο πρόσωπο ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, νομική οντότητα στην οποία μεταβιβάζονται δικαιώματα (World Intellectual Property Organization [WIPO], 1886/1979). Αντίστοιχα, το U.S. Copyright Office (2023)

επισημαίνει ότι έργα που περιέχουν υλικό παραγόμενο από ΤΝ μπορούν να προστατευθούν μόνο στον βαθμό που περιλαμβάνουν επαρκή ανθρώπινη δημιουργική συμβολή.

Η εμφάνιση αυτόνομων ή ημιαυτόνομων συστημάτων ΤΝ δυσκολεύει αυτή την παραδοχή, επειδή το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να προκύπτει μέσα από μια διαδικασία στην οποία συμμετέχουν ο χρήστης, το μοντέλο, οι προγραμματιστές του εργαλείου και τα δεδομένα εκπαίδευσης. Στη διεθνή συζήτηση έχουν προταθεί διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη αποδίδει τη δημιουργική πατρότητα στον χρήστη, εφόσον αυτός διατυπώνει την πρόθεση, επιλέγει τις παραμέτρους και αξιολογεί το τελικό αποτέλεσμα (Guadamuz, 2017). Η δεύτερη δίνει μεγαλύτερη έμφαση στον κατασκευαστή ή πάροχο του συστήματος, επειδή αυτός έχει σχεδιάσει το μοντέλο και καθορίζει τις δυνατότητές του (Ginsburg & Budiardjo, 2019). Η τρίτη, περισσότερο φιλοσοφική παρά νομικά αναγνωρισμένη, εξετάζει το ενδεχόμενο η ίδια η ΤΝ να θεωρηθεί δημιουργός, θέση που δεν έχει γίνει δεκτή από τα υφιστάμενα νομικά συστήματα και συγκρούεται με την απαίτηση ανθρώπινης πατρότητας (Thaler v. Vidal, 2022).

Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, η απάντηση δεν μπορεί να είναι ενιαία για όλες τις περιπτώσεις. Αν ο χρήστης διατυπώνει μόνο μια γενική λεκτική προτροπή και αποδέχεται το αποτέλεσμα χωρίς ουσιαστική παρέμβαση, η ανθρώπινη δημιουργική συμβολή είναι περιορισμένη. Αν, όμως, ο χρήστης διατυπώνει αναλυτική περιγραφή έργου, επιλέγει ανάμεσα σε πολλαπλές προτάσεις, συγκρίνει τις γλυφές, διορθώνει την απόσταση μεταξύ χαρακτήρων ή τα περιγράμματα και επιμελείται το αρχείο σε ειδικό λογισμικό, τότε η ανθρώπινη συμβολή είναι πολύ πιο σαφής. Αντίστοιχα, όταν η αρχική μορφή προέρχεται από ανθρώπινη χειρόγραφη ή σχεδιαστική εισαγωγή, όπως σε εργαλεία τύπου Calligraphr, η σχέση δημιουργού και αποτελέσματος είναι πιο άμεση.

Συνεπώς, η πατρότητα μιας γραμματοσειράς που προέρχεται από ΤΝ πρέπει να εξετάζεται με βάση τη διαδικασία παραγωγής και όχι μόνο το τελικό αρχείο. Κρίσιμα ερωτήματα είναι: ποιος καθόρισε το ύφος, ποιος παρήγαγε την αρχική μορφή, ποιος έκανε τις επιλογές, ποιος επιμελήθηκε το αποτέλεσμα και ποιος αναλαμβάνει την ευθύνη της τελικής χρήσης. Η προσέγγιση αυτή είναι πιο κατάλληλη για τα υβριδικά μοντέλα ανθρώπου–μηχανής, όπου η δημιουργικότητα δεν βρίσκεται αποκλειστικά σε ένα μόνο στάδιο αλλά κατανέμεται σε ολόκληρη τη διαδικασία.

Η πρωτοτυπία αποτελεί βασικό κριτήριο τόσο για τη δημιουργική αξιολόγηση όσο και για την πνευματική προστασία ενός έργου. Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, όμως, η

πρωτοτυπία δεν αφορά μόνο τη μορφή ενός μεμονωμένου χαρακτήρα. Αφορά τη συνολική τυπογραφική ταυτότητα: τις αναλογίες, το βάρος, το ρυθμό, τις καμπύλες, τις απολήξεις, την εσωτερική συνοχή και τον τρόπο με τον οποίο οι χαρακτήρες λειτουργούν ως σύστημα.

Τα εργαλεία παραγωγικής TN δυσκολεύουν τη διάκριση ανάμεσα στην πρωτοτυπία, την παραλλαγή και τη μίμηση ύφους. Ένα αποτέλεσμα μπορεί να μην αντιγράφει άμεσα μια υπάρχουσα γραμματοσειρά, αλλά να αναπαράγει κοινά αισθητικά μοτίβα που κυριαρχούν στα δεδομένα εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, μια προτροπή που ζητά μία «σύγχρονη γεωμετρική γραμματοσειρά χωρίς ακρεμόνες» μπορεί να οδηγήσει σε ένα αποτέλεσμα που φαίνεται νέο, αλλά βασίζεται σε ιδιαίτερα διαδεδομένες μορφολογικές συμβάσεις της σύγχρονης ψηφιακής τυπογραφίας. Η ομοιότητα αυτή δεν είναι πάντα εύκολο να αξιολογηθεί, επειδή το ύφος μιας γραμματοσειράς είναι συχνά αποτέλεσμα πολλών μικρών σχεδιαστικών αποφάσεων και όχι ενός μόνο αναγνωρίσιμου στοιχείου.

Το πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο σύνθετο στις τεχνικές μεταφοράς ύφους και παραγωγής από λίγα δείγματα, όπου το σύστημα καλείται να αντλήσει το ύφος από περιορισμένα δείγματα και να το επεκτείνει σε νέους χαρακτήρες. Η τεχνική αυτή μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την επιτάχυνση της παραγωγικής διαδικασίας, αλλά μπορεί επίσης να πλησιάσει επικίνδυνα τη μίμηση του ύφους ενός υπάρχοντος σχεδιαστή ή μιας συγκεκριμένης εμπορικής γραμματοσειράς. Επομένως, η αξιολόγηση της πρωτοτυπίας πρέπει να περιλαμβάνει όχι μόνο αισθητική κρίση, αλλά και έλεγχο ομοιότητας με υπάρχουσες γραμματοσειρές, ιδίως όταν το αποτέλεσμα προορίζεται για εμπορική χρήση.

Από δημιουργική άποψη, η TN μπορεί να προσφέρει απρόβλεπτες μορφές και να οδηγήσει σε νέους συνδυασμούς. Ωστόσο, η πρωτοτυπία δεν εξασφαλίζεται απλώς επειδή το αποτέλεσμα παράχθηκε από ένα αλγοριθμικό σύστημα. Απαιτείται ανθρώπινη αξιολόγηση, κριτική επιλογή και συχνά περαιτέρω επεξεργασία, ώστε το αποτέλεσμα να αποκτήσει σαφή σχεδιαστική ταυτότητα και να μην περιορίζεται σε ανασυνδυασμό ήδη κυρίαρχων τυπογραφικών προτύπων.

6.3 Δεδομένα εκπαίδευσης, άδειες χρήσης, υπεύθυνη επαγγελματική αξιοποίηση

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στη χρήση TN για τον σχεδιασμό γραμματοσειρών αφορά τα δεδομένα εκπαίδευσης. Τα παραγωγικά μοντέλα μαθαίνουν από μεγάλες συλλογές οπτικών και τυπογραφικών δεδομένων. Στην περίπτωση των γραμματοσειρών, τα δεδομένα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν ανοιχτές, αδειοδοτημένες ή εμπορικές

γραμματοσειρές. Το βασικό ερώτημα είναι αν η χρήση προστατευόμενων γραμματοσειρών για εκπαίδευση μοντέλων συνιστά επιτρεπτή ανάλυση δεδομένων ή μη εξουσιοδοτημένη αξιοποίηση πνευματικής εργασίας. Ο WIPO έχει επισημάνει ότι η TN δημιουργεί νέα ζητήματα πολιτικής πνευματικής ιδιοκτησίας, ιδίως ως προς τη δημιουργική πατρότητα, τα δεδομένα εκπαίδευσης και την προστασία των παραγόμενων έργων (WIPO, 2020).

Στο διεθνές πλαίσιο, η συζήτηση παραμένει ανοιχτή. Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η εκπαίδευση μοντέλων δεν ισοδυναμεί απαραίτητα με αναπαραγωγή, επειδή το μοντέλο μαθαίνει στατιστικές σχέσεις και όχι απλά αποθηκεύει αντίγραφα των αρχικών έργων (Lemley & Casey, 2021). Άλλες προσεγγίσεις επισημαίνουν ότι το ζήτημα γίνεται πιο προβληματικό όταν το παραγόμενο αποτέλεσμα παρουσιάζει υψηλή ομοιότητα με προστατευμένα έργα ή όταν τα δεδομένα εκπαίδευσης έχουν χρησιμοποιηθεί χωρίς συναίνεση των δημιουργών. Στον χώρο της τυπογραφίας, η ανησυχία αυτή είναι ιδιαίτερα έντονη, επειδή μια γραμματοσειρά μπορεί να ενσωματώνει χρόνια εξειδικευμένης εργασίας σε φαινομενικά μικρές μορφολογικές λεπτομέρειες.

Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, η Οδηγία για την Ψηφιακή Ενιαία Αγορά προβλέπει εξαιρέσεις για την εξόρυξη κειμένου και δεδομένων, ενώ επιτρέπει σε δικαιούχους να επιφυλάσσουν τα δικαιώματά τους για ορισμένες χρήσεις (Directive [EU] 2019/790). Η ύπαρξη τέτοιων εξαιρέσεων δεν σημαίνει ότι όλα τα μοντέλα παραγωγής γραμματοσειρών μπορούν να χρησιμοποιούν οποιοδήποτε υλικό χωρίς περιορισμούς. Αντίθετα, αναδεικνύει την ανάγκη για μεγαλύτερη διαφάνεια σχετικά με την προέλευση των συνόλων δεδομένων, τις άδειες χρήσης και τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα ενσωματώνονται στη διαδικασία εκπαίδευσης.

Για τον σχεδιασμό γραμματοσειρών, το ζήτημα δεν είναι μόνο αν ένα μοντέλο έχει δει εικόνες χαρακτήρων, αλλά αν έχει εκπαιδευτεί πάνω σε ολοκληρωμένα τυπογραφικά συστήματα με συγκεκριμένες τεχνικές παραμέτρους. Η χρήση πληροφοριών όπως αποστάσεις χαρακτήρων, διαγραμμάτωση, οδηγίες ψηφιακής απόδοσης ή διανυσματικά περιγράμματα μπορεί να δημιουργεί διαφορετικά ζητήματα από τη χρήση απλών ράστερ εικόνων. Επομένως, η μελλοντική ανάπτυξη αξιόπιστων εργαλείων TN για γραμματοσειρές θα χρειαστεί πιο σαφείς πολιτικές για τα δεδομένα εκπαίδευσης, ιδίως όταν τα εργαλεία αυτά προορίζονται για εμπορική χρήση.

Η πρακτική χρήση μιας γραμματοσειράς που έχει παραχθεί με τεχνητή νοημοσύνη ή με τη βοήθειά της δεν εξαρτάται μόνο από την αισθητική ποιότητα του αποτελέσματος.

Εξαρτάται και από τους όρους χρήσης του εργαλείου με το οποίο δημιουργήθηκε. Ένα εργαλείο μπορεί να επιτρέπει την παραγωγή εικόνων για προσωπική χρήση, αλλά όχι τη διανομή ή πώληση ολοκληρωμένων αρχείων γραμματοσειρών. Άλλο εργαλείο μπορεί να επιτρέπει εμπορική χρήση αλλά με συγκεκριμένους περιορισμούς ή με εξάρτηση από συνδρομητικό λογαριασμό. Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση ενός εργαλείου δεν πρέπει να περιορίζεται στο τι παράγει, αλλά να περιλαμβάνει και τι δικαιώματα παραχωρεί στον χρήστη.

Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η δημιουργία μιας τυπογραφικής εικόνας ή ενός δείγματος lettering δεν ισοδυναμεί με τη δημιουργία πλήρους, εγκαταστάσιμου και διανεμήσιμου αρχείου γραμματοσειράς. Για να θεωρείται ένα αποτέλεσμα επαγγελματικά αξιοποιήσιμο, πρέπει να μπορεί να εξαχθεί σε κατάλληλες μορφές, όπως TTF, OTF ή μορφές γραμματοσειράς για το διαδίκτυο, να διαθέτει βασική τεχνική συνέπεια και να συνοδεύεται από σαφείς όρους χρήσης. Διαφορετικά, το αποτέλεσμα μπορεί να έχει αξία ως πειραματικό δείγμα ή ως οπτική έμπνευση, αλλά όχι απαραίτητα ως εμπορική γραμματοσειρά.

Επομένως, πριν από οποιαδήποτε επαγγελματική χρήση, ο σχεδιαστής οφείλει να εξετάζει τους όρους της πλατφόρμας, τα δικαιώματα στο παραγόμενο αποτέλεσμα, τους περιορισμούς διανομής, την πιθανή απαίτηση αναφοράς του εργαλείου και το κατά πόσο το αποτέλεσμα μπορεί να επεξεργαστεί ή να μεταπωληθεί. Η υποχρέωση αυτή δεν είναι μόνο νομική, αλλά και επαγγελματική, επειδή προστατεύει τόσο τον σχεδιαστή όσο και τον πελάτη από ασαφή ή προβληματική χρήση του τελικού αρχείου.

Πέρα από το νομικό πλαίσιο, η υπεύθυνη χρήση TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών απαιτεί διαφάνεια ως προς τη διαδικασία και ευθύνη απέναντι στην πνευματική εργασία του τυπογραφικού κλάδου. Όταν ένα αποτέλεσμα παρουσιάζεται ως αποκλειστικά ανθρώπινη δημιουργία, ενώ έχει παραχθεί σε μεγάλο βαθμό από εργαλείο TN, δημιουργείται ασάφεια ως προς την πραγματική διαδικασία παραγωγής και την αξία της ανθρώπινης εργασίας. Η διαφάνεια δεν υποβαθμίζει το αποτέλεσμα· αντίθετα, ενισχύει την εμπιστοσύνη μεταξύ σχεδιαστή, πελάτη και κοινού.

Στην πράξη, η διαφάνεια λαμβάνει τη μορφή μιας σύντομης τεκμηρίωσης της δημιουργικής διαδικασίας, η οποία θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, το είδος της εισαγωγής δεδομένων (προτροπές, χειρόγραφοι χαρακτήρες ή γλυφές αναφοράς), τον βαθμό ανθρώπινης επεξεργασίας, τυχόν διορθώσεις σε αποστάσεις χαρακτήρων,

διαγραμματάωση ή περιγράμματα, έλεγχο ομοιότητας με υπάρχουσες γραμματοσειρές, καθώς και τους όρους χρήσης του εργαλείου και τη δυνατότητα εμπορικής αξιοποίησης. Μια τέτοια πρακτική δεν χρειάζεται να είναι εκτενής ή γραφειοκρατική· αρκεί να καταγράφει με σαφήνεια τον βαθμό αλγοριθμικής και ανθρώπινης συμμετοχής, ώστε ο σχεδιαστής να παρουσιάζει το έργο με επαγγελματική υπευθυνότητα και ο τελικός χρήστης να γνωρίζει τη φύση του αποτελέσματος. Η ανάγκη αυτή συνδέεται και με τις νεότερες κανονιστικές εξελίξεις: ο Κανονισμός TN της Ευρωπαϊκής Ένωσης εισάγει υποχρεώσεις διαφάνειας για ορισμένες κατηγορίες συστημάτων και περιεχομένου που παράγεται ή χειραγωγείται από TN, χωρίς όμως να επιλύει αυτομάτως όλα τα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας των δημιουργικών έργων (European Parliament and Council of the European Union, 2024).

Η διαφάνεια όμως αποτελεί μόνο το ένα σκέλος της ηθικής πρακτικής. Εξίσου σημαντικός είναι ο σεβασμός στην πνευματική εργασία των τυπογράφων και σχεδιαστών γραμματοσειρών· οι γραμματοσειρές δεν είναι απλές μορφές προς αναπαραγωγή, αλλά αποτέλεσμα εξειδικευμένης γνώσης, τεχνικής εμπειρίας και αισθητικής κρίσης. Η χρήση εργαλείων που ενδέχεται να έχουν εκπαιδευτεί πάνω σε προστατευμένες γραμματοσειρές χωρίς σαφή άδεια δημιουργεί ηθικά ερωτήματα, ακόμη και όταν το νομικό πλαίσιο παραμένει ασαφές, καθώς η τυπογραφική κοινότητα έχει ήδη επισημάνει την ανάγκη διαφάνειας ως προς τα δεδομένα, τα δικαιώματα και τον ρόλο του ανθρώπινου σχεδιαστή (I Love Typography Trust, 2025).

Δύο ακόμη διαστάσεις της ηθικής χρήσης αφορούν την ποικιλομορφία και την επίβλεψη. Αν τα μοντέλα TN εκπαιδεύονται κυρίως σε κυρίαρχα ή εμπορικά επιτυχημένα στυλ, υπάρχει κίνδυνος αναπαραγωγής των ίδιων αισθητικών τάσεων και περιορισμού της τυπογραφικής ποικιλομορφίας, ιδιαίτερα για μη λατινικά συστήματα γραφής, μειονοτικές γλώσσες ή πολιτισμικά ειδικές τυπογραφικές παραδόσεις, οι οποίες συχνά υποεκπροσωπούνται στα διαθέσιμα σύνολα δεδομένων. Παράλληλα, ο σχεδιαστής παραμένει υπεύθυνος για την αναγνωσιμότητα, τη συνέπεια, την τεχνική αρτιότητα, την πρωτοτυπία και την καταλληλότητα της γραμματοσειράς για το εκάστοτε πλαίσιο χρήσης· η TN μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο διερεύνησης και επιτάχυνσης, αλλά δεν αντικαθιστά την τελική σχεδιαστική κρίση. Τέλος, η ταχεία εξέλιξη των εργαλείων, των όρων χρήσης και του νομικού πλαισίου καθιστά απαραίτητη τη συνεχή επαγγελματική εκπαίδευση των σχεδιαστών που χρησιμοποιούν TN, τόσο σε τεχνικές δεξιότητες όσο και

σε ικανότητα κριτικής αξιολόγησης των εργαλείων, των δεδομένων και των πιθανών επιπτώσεων της χρήσης τους.

6.4 Σύνοψη Κεφαλαίου

Το κεφάλαιο ανέδειξε ότι τα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας και ηθικής στον σχεδιασμό γραμματοσειρών με TN δεν μπορούν να προσεγγιστούν αποκλειστικά με βάση το τελικό αποτέλεσμα, αλλά απαιτούν ανάλυση της διαδικασίας παραγωγής. Ο βαθμός ανθρώπινης συμμετοχής διαφοροποιείται σημαντικά ανάμεσα σε παραδοσιακά, υβριδικά και πλήρως αλγοριθμικά συστήματα, επηρεάζοντας άμεσα την έννοια της δημιουργικής πατρότητας. Παράλληλα, η έννοια της πρωτοτυπίας καθίσταται πιο ασαφής, καθώς τα μοντέλα TN μπορούν να παράγουν νέες μορφές βασισμένες όμως σε ήδη υπάρχοντα τυπογραφικά πρότυπα. Επιπλέον, ζητήματα που αφορούν τα δεδομένα εκπαίδευσης, τις άδειες χρήσης και τους όρους εμπορικής αξιοποίησης αναδεικνύουν την ανάγκη για μεγαλύτερη διαφάνεια και θεσμική σαφήνεια. Συνολικά, η ανάλυση καταλήγει ότι η υπεύθυνη χρήση της TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών προϋποθέτει σαφή κατανόηση της δημιουργικής διαδικασίας, κριτική αξιολόγηση των εργαλείων και διατήρηση της ανθρώπινης ευθύνης στον τελικό σχεδιαστικό και ηθικό έλεγχο.

7. Συμπεράσματα και Προοπτικές

Το παρόν κεφάλαιο συνθέτει τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας, απαντά στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην εισαγωγή και καταλήγει στους περιορισμούς και στις μελλοντικές ερευνητικές προεκτάσεις. Η σύνθεση βασίζεται αφενός στη βιβλιογραφική ανασκόπηση για την Τεχνητή Νοημοσύνη, τη δημιουργικότητα και τον σχεδιασμό γραμματοσειρών και αφετέρου στην πρακτική δοκιμή επιλεγμένων εργαλείων παραγωγής ή υποστήριξης τυπογραφικών μορφών.

7.1 Συμπεράσματα από βιβλιογραφική ανασκόπηση και πρακτική εφαρμογή

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι η TN δεν αποτελεί απλώς ένα νέο τεχνικό μέσο παραγωγής μορφών, αλλά μεταβάλλει τον τρόπο με τον οποίο οργανώνεται η δημιουργική διαδικασία. Στον σχεδιασμό γραμματοσειρών, η τεχνολογική εξέλιξη από τα GANs και τα Diffusion Models έως τα εγγενώς διανυσματικά και πολυπρακτορικά συστήματα δείχνει ότι το πεδίο κινείται προς όλο και πιο σύνθετες μορφές αυτοματοποιημένης ή υποβοηθούμενης δημιουργίας. Ωστόσο, η θεωρητική ανάλυση ανέδειξε ότι η δημιουργικότητα δεν μπορεί να ταυτιστεί μόνο με την παραγωγή νέας μορφής, αλλά προϋποθέτει και κατάλληλότητα, λειτουργικότητα, πρόθεση, αξιολόγηση και ένταξη του αποτελέσματος σε συγκεκριμένο επικοινωνιακό πλαίσιο.

Η πρακτική εφαρμογή επιβεβαίωσε αυτή τη διάκριση. Τα εργαλεία TN μπορούν να επιταχύνουν την παραγωγή αρχικών τυπογραφικών προτάσεων και να διευρύνουν το πεδίο του πειραματισμού, όμως η παραγωγή μιας εικόνας ή μιας προεπισκόπησης γλυφών δεν ισοδυναμεί απαραίτητα με τη δημιουργία ολοκληρωμένης και επαγγελματικά αξιοποιήσιμης γραμματοσειράς. Μια λειτουργική γραμματοσειρά απαιτεί συνέπεια μεταξύ χαρακτήρων, αναγνωσιμότητα, σωστές αποστάσεις χαρακτήρων και διαγραμμάτωση, τεχνικά καθαρά περιγράμματα, κατάλληλη μορφή εξαγωγής και δυνατότητα χρήσης σε πραγματικά περιβάλλοντα έντυπης ή ψηφιακής επικοινωνίας.

Η σύγκριση των εργαλείων έδειξε επίσης ότι η πρακτική χρησιμότητα της TN δεν εξαρτάται μόνο από την ποιότητα του παραγόμενου αποτελέσματος, αλλά και από την πρόσβαση, τη σταθερότητα της πλατφόρμας, την ευχρηστία, το κόστος, τη δυνατότητα εξαγωγής αρχείων και την υποστήριξη διαφορετικών συστημάτων γραφής. Η περιορισμένη υποστήριξη του ελληνικού αλφαβήτου στα εργαλεία που εξετάστηκαν αναδεικνύει ένα σημαντικό ζήτημα

για τη μελλοντική ανάπτυξη του πεδίου, καθώς τα μη λατινικά συστήματα παραμένουν συχνά λιγότερο ορατά στα δεδομένα εκπαίδευσης και στις τεχνολογικές προτεραιότητες των εργαλείων.

Το βασικό συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι η TN μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο υποστήριξης, διερεύνησης και επιτάχυνσης, όχι όμως ως πλήρες υποκατάστατο του τυπογραφικού σχεδιαστή. Ο ανθρώπινος έλεγχος παραμένει απαραίτητος για την αξιολόγηση της πρωτοτυπίας, της αισθητικής συνοχής, της τεχνικής αρτιότητας και της καταλληλότητας του αποτελέσματος. Με αυτή την έννοια, η TN ενισχύει τον δημιουργικό χώρο του σχεδιαστή, αλλά ταυτόχρονα αυξάνει την ανάγκη για κριτική στάση, τεχνική γνώση και επαγγελματική υπευθυνότητα.

Τα ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας και ηθικής χρήσης αποτελούν αναπόσπαστο μέρος αυτής της συζήτησης. Η χρήση TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών δημιουργεί ερωτήματα σχετικά με την προέλευση των δεδομένων εκπαίδευσης, τη μίμηση τυπογραφικού ύφους, τον βαθμό ανθρώπινης συμβολής και τη διαφάνεια απέναντι στον πελάτη ή στο κοινό. Συνεπώς, η υπεύθυνη αξιοποίηση τέτοιων εργαλείων προϋποθέτει τεκμηρίωση της διαδικασίας, έλεγχο των όρων χρήσης, αποφυγή άκριτης αντιγραφής υφιστάμενων γραμματοσειρών και σαφή αναγνώριση του ρόλου της TN στην παραγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Συνολικά, η αξία της TN στον σχεδιασμό γραμματοσειρών δεν βρίσκεται μόνο στην ταχύτητα παραγωγής, αλλά κυρίως στη δυνατότητα διεύρυνσης του δημιουργικού πεδίου. Όπως συνέβη και με προηγούμενες τεχνολογικές μεταβάσεις στην ιστορία της τυπογραφίας, η TN δεν καταργεί τον σχεδιαστή, αλλά μεταβάλλει τις δεξιότητες, τα εργαλεία και τις μορφές ευθύνης που απαιτούνται από αυτόν. Η τελική ποιότητα, η πρωτοτυπία, η χρηστικότητα και η διαφάνεια μιας γραμματοσειράς παραμένουν συνδεδεμένες με τον άνθρωπο που καθοδηγεί, αξιολογεί και επιμελείται τη διαδικασία.

7.2 Απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα, με βάση τη συνολική ανάλυση και αξιολόγηση των εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης στον σχεδιασμό γραμματοσειρών. Στόχος είναι η ερμηνευτική σύνθεση των ευρημάτων, ώστε να αναδειχθεί ο τρόπος με τον οποίο η TN επηρεάζει τη διαδικασία σχεδιασμού, τη δημιουργικότητα και τον ρόλο του σχεδιαστή.

ΕΕ1. Πώς επηρεάζει η TN τη διαδικασία σχεδιασμού γραμματοσειρών σε επίπεδο μεθόδων, χρόνου και δημιουργικών επιλογών;

Η έρευνα έδειξε ότι η TN επηρεάζει τη διαδικασία σχεδιασμού γραμματοσειρών κυρίως στα πρώτα στάδια της δημιουργικής εργασίας: στην ιδεοποίηση, στη γρήγορη παραγωγή εναλλακτικών προτάσεων και στη διερεύνηση διαφορετικών τυπογραφικών κατευθύνσεων. Τα εργαλεία βάσει προτροπών, όπως το Lipi.ai, μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον χρόνο παραγωγής αρχικών μορφών, μεταφέροντας μέρος της διαδικασίας από τη χειροκίνητη σχεδίαση στη διατύπωση σαφούς και αποτελεσματικής προτροπής. Με αυτόν τον τρόπο, η ικανότητα περιγραφής του επιθυμητού ύφους γίνεται σημαντική δεξιότητα για τον σχεδιαστή. Παρά τη χρονική επιτάχυνση, η εργασία έδειξε ότι η παραγωγή ενός οπτικά ενδιαφέροντος αποτελέσματος δεν ταυτίζεται με την ολοκλήρωση μιας λειτουργικής γραμματοσειράς. Τα εργαλεία TN μπορούν να παράγουν γρήγορες αρχικές κατευθύνσεις, αλλά δεν εξασφαλίζουν πάντοτε συνέπεια μεταξύ γλυφών, σωστή αναγνωσιμότητα, κατάλληλες αποστάσεις χαρακτήρων, τεχνικά καθαρά περιγράμματα ή πλήρη δυνατότητα επαγγελματικής χρήσης. Επομένως, η TN επηρεάζει ουσιαστικά τη ροή εργασίας, χωρίς να καταργεί την ανάγκη για ανθρώπινη αξιολόγηση και τεχνική επιμέλεια.

ΕΕ2. Σε ποιον βαθμό η χρήση TN μετασχηματίζει την έννοια της δημιουργικότητας στον σχεδιασμό γραμματοσειρών και κατά πόσο λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης ή ως συνδιαμορφωτής της δημιουργικής διαδικασίας;

Τα ευρήματα δείχνουν ότι η χρήση TN μετασχηματίζει την έννοια της δημιουργικότητας, επειδή μεταφέρει μέρος της δημιουργικής πράξης από τη χειροκίνητη κατασκευή κάθε γλυφού στην καθοδήγηση, επιλογή, αξιολόγηση και επεξεργασία των αλγοριθμικών αποτελεσμάτων. Με βάση τον ορισμό των Runco και Jaeger (2012), η δημιουργικότητα προϋποθέτει τόσο πρωτοτυπία όσο και καταλληλότητα. Τα εργαλεία TN μπορούν να συμβάλουν στην παραγωγή απρόσμενων μορφών και παραλλαγών, όμως η καταλληλότητα αυτών των μορφών για πραγματική τυπογραφική χρήση δεν είναι δεδομένη. Σύμφωνα με το πλαίσιο της Boden (2004), τα εργαλεία που εξετάστηκαν υποστηρίζουν κυρίως συνδυαστική και εξερευνητική δημιουργικότητα, καθώς μπορούν να συνδυάζουν γνωστά υφολογικά στοιχεία και να προτείνουν νέες κατευθύνσεις πειραματισμού. Δεν λειτουργούν όμως ως πλήρως αυτόνομα συστήματα μετασχηματιστικής δημιουργικότητας, επειδή δεν διαθέτουν ανθρώπινη πρόθεση, πολιτισμική επίγνωση και βαθιά κατανόηση του επικοινωνιακού πλαισίου στο οποίο θα χρησιμοποιηθεί μια γραμματοσειρά. Συνεπώς, η TN

λειτουργεί περισσότερο ως συνδιαμορφωτής του δημιουργικού πεδίου παρά ως ανεξάρτητος δημιουργός.

ΕΕ3. Πώς μεταβάλλεται ο ρόλος και η ταυτότητα του σχεδιαστή κατά την αλληλεπίδραση ή συνεργασία με αλγοριθμικά συστήματα;

Η ανάλυση επιβεβαιώνει ότι ο ρόλος του σχεδιαστή μεταβάλλεται ουσιαστικά σε περιβάλλοντα AI-assisted σχεδιασμού. Ο σχεδιαστής δεν εξαφανίζεται από τη διαδικασία, αλλά μετακινείται από τη θέση του αποκλειστικού εκτελεστή κάθε μορφής προς έναν πιο σύνθετο ρόλο καθοδηγητή, επιμελητή, αξιολογητή και τελικού υπεύθυνου του αποτελέσματος. Η μετατόπιση αυτή συνδέεται με τις θεωρητικές προσεγγίσεις της συνδημιουργίας και των mixed-initiative συστημάτων (Yannakakis et al., 2014), καθώς και με τη σύγχρονη συζήτηση για τα agentic εργαλεία ΤΝ (Wadinambiarachchi et al., 2025). Στην πράξη, ο σχεδιαστής καλείται να διατυπώνει σαφείς προδιαγραφές και γραπτές εντολές, να γνωρίζει τους περιορισμούς των εργαλείων, να αξιολογεί την αισθητική και τεχνική ποιότητα των αποτελεσμάτων, να ελέγχει ζητήματα πρωτοτυπίας και ομοιότητας και να αποφασίζει αν ένα αποτέλεσμα είναι κατάλληλο για χρήση. Η δημιουργική ευθύνη, επομένως, δεν εξαφανίζεται· γίνεται πιο σύνθετη, επειδή ο σχεδιαστής χρειάζεται να συνδυάζει τυπογραφική γνώση, τεχνική κατανόηση και κριτική στάση απέναντι στην αλγοριθμική παραγωγή.

7.3 Περιορισμοί της έρευνας και μελλοντικές ερευνητικές προεκτάσεις

Η παρούσα έρευνα παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των συμπερασμάτων. Πρώτον, η πρακτική αξιολόγηση περιορίστηκε στα εργαλεία που ήταν προσβάσιμα κατά τον χρόνο εκπόνησης της εργασίας. Ορισμένα ερευνητικά πρωτότυπα ή εμπορικά εργαλεία δεν κατέστη δυνατό να αξιολογηθούν πλήρως, είτε λόγω περιορισμένης πρόσβασης είτε λόγω τεχνικών αστοχιών. Δεύτερον, η δοκιμή βασίστηκε σε μια κοινή σχεδιαστική προδιαγραφή, γεγονός που επιτρέπει συγκριτική αξιολόγηση αλλά δεν αποτυπώνει όλο το εύρος πιθανών τυπογραφικών αναγκών, όπως γραμματοσειρές για εκτενή ανάγνωση, ειδικές εφαρμογές προσβασιμότητας ή πλήρη πολυγλωσσική υποστήριξη.

Επιπλέον, η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει αναγκαστικά ποιοτικά και αισθητικά κριτήρια. Παρότι χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένοι άξονες αξιολόγησης, όπως η αναγνωσιμότητα, η συνέπεια γλυφών, ο δημιουργικός έλεγχος και η πρακτική χρηστικότητα, δεν πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη εμπειρική αξιολόγηση με μεγάλο δείγμα

χρηστών ή επαγγελματιών σχεδιαστών γραμματοσειρών. Τέλος, το πεδίο της παραγωγικής TN εξελίσσεται με ιδιαίτερα γρήγορο ρυθμό, επομένως τα ευρήματα της εργασίας αποτυπώνουν την κατάσταση των εργαλείων κατά τον χρόνο της μελέτης και μπορεί να διαφοροποιηθούν καθώς τα συστήματα γίνονται πιο σταθερά, πιο προσβάσιμα και πιο εξειδικευμένα στον τυπογραφικό σχεδιασμό.

Με βάση αυτούς τους περιορισμούς, μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εστιάσει σε εμπειρικές μελέτες με επαγγελματίες σχεδιαστές γραμματοσειρών, ώστε να καταγραφεί πώς αντιλαμβάνονται τη χρήση TN στη δημιουργική διαδικασία, ποια οφέλη αναγνωρίζουν και ποιους περιορισμούς θεωρούν σημαντικότερους. Εξίσου χρήσιμη θα ήταν η ανάπτυξη πιο εξειδικευμένων κριτηρίων αξιολόγησης για γραμματοσειρές που παράγονται με TN, καθώς οι γενικές μετρικές παραγωγικών μοντέλων δεν επαρκούν για την τυπογραφία, όπου η ποιότητα συνδέεται με αναγνωσιμότητα, συνέπεια, αποστάσεις χαρακτήρων, τεχνική ακρίβεια, λειτουργικότητα και αισθητική συνοχή.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η έρευνα σε μη λατινικά τυπογραφικά συστήματα, όπως το ελληνικό, το κυριλλικό και το αραβικό, καθώς και η σύνδεση της TN με μεταβλητές γραμματοσειρές, παραμετρικά συστήματα και εγγενώς διανυσματικά εργαλεία. Οι κατευθύνσεις αυτές θα μπορούσαν να συμβάλουν στη διεύρυνση της τυπογραφικής ποικιλομορφίας και στη δημιουργία πιο δυναμικών και προσαρμοστικών μορφών τυπογραφίας.

Τέλος, χρειάζεται περαιτέρω διεπιστημονική έρευνα που να συνδυάζει τυπογραφία, νομική επιστήμη και ηθική TN. Η δημιουργία πλαισίων βέλτιστης πρακτικής για τη χρήση AI-assisted εργαλείων στον σχεδιασμό γραμματοσειρών θα μπορούσε να βοηθήσει τόσο τους επαγγελματίες όσο και τους εκπαιδευτικούς φορείς να αξιοποιήσουν τις νέες τεχνολογικές δυνατότητες με υπευθυνότητα. Η πρόκληση για το μέλλον δεν είναι μόνο η ταχύτερη παραγωγή γραμματοσειρών, αλλά η αξιοποίηση της TN με τρόπο που να ενισχύει τη δημιουργικότητα, να σέβεται την πνευματική εργασία και να διατηρεί τον σχεδιαστή στο κέντρο της τυπογραφικής διαδικασίας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Adobe Systems. (1997). *Designing Multiple Master typefaces*. Adobe Developer Support, Technical Note #5091.
- Adobe. (n.d.). *Adobe PostScript*. https://www.adobe.com/gr_en/products/postscript.html
- Amabile, T. M. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45(2), 357–376.
- Anantrasirichai, N., & Bull, D. (2021). Artificial intelligence in the creative industries: A review. *Artificial Intelligence Review*, 55, 589–656.
<https://doi.org/10.1007/s10462-021-10039-7>
- Arditi, A., & Cho, J. (2005). Serifs and font legibility. *Vision Research*, 45(23), 2926–2933. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2005.06.013>
- Azadi, S., Fisher, M., Kim, V. G., Wang, Z., Shechtman, E., & Darrell, T. (2018). Multi-content GAN for few-shot font style transfer. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 7564–7573).
- Beymer, D., Russell, D., & Orton, P. (2008). An eye tracking study of how font size and type influence online reading. In *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction (HCI 2008)* (Vol. 2, pp. 15–18). British Computer Society.
<https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2008.23>
- Bigelow, C. (2019). Typeface features and legibility research. *Vision Research*, 165, 162–172. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2019.05.003>
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
- Boden, M. A. (2004). *The creative mind: Myths and mechanisms* (2nd ed.). Routledge.
- Boden, M. A. (2016). *AI: Its nature and future*. Oxford University Press.
- Bringhurst, R. (2012). *The elements of typographic style* (Version 4.0, 20th anniversary ed.). Hartley & Marks.
- Calligraphr. (2025). *Calligraphr: Create your own fonts from your handwriting* [Web platform]. <https://www.calligraphr.com>
- Carlier, A., Danelljan, M., Alahi, A., & Timofte, R. (2020). DeepSVG: A hierarchical generative network for vector graphics animation. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 33, pp. 16351–16361).
- Chen, T., Wang, Z., Xu, N., Jin, H., & Luo, J. (2019). *Large-scale tag-based font retrieval with generative feature learning*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1909.02072>

- Chen, X., Ke, X., & Guo, W. (2024). IF-Font: Ideographic Description Sequence-following font generation. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 37, pp. 14177–14199). Curran Associates.
https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2024/file/19ded4cfc36a7feb7fce975393d378fd-Paper-Conference.pdf
- Colton, S., & Wiggins, G. A. (2012). Computational creativity: The final frontier? In L. De Raedt, C. Bessiere, D. Dubois, P. Doherty, P. Frasconi, F. Heintz, & P. J. F. Lucas (Eds.), *ECAI 2012* (pp. 21–26). IOS Press.
- Creative Fabrica. (2025). *Font Generator* [Web platform]. Creative Fabrica.
<https://www.creativefabrica.com/tools/font-generator/>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. Harper Collins.
- Deckker, D., & Sumanasekara, S. (2025). A review of AI-powered creativity: The intersection of AI and the arts. *International Journal of Global Economic Light*, 11(4), 10–24. <https://doi.org/10.36713/epra20968>
- Directive (EU) 2019/790 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 on copyright and related rights in the Digital Single Market. (2019). *Official Journal of the European Union*, L 130, 92–125.
- Dong, Y., & Gao, M. (2026). AI-driven typography: A human-centered framework for generative font design using large language models. *Information*, 17(2), 150.
<https://doi.org/10.3390/info17020150>
- European Parliament and Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). *Official Journal of the European Union*.
- Font AI. (2025). *Font AI: Generate fonts from text descriptions* [Web platform]. <https://font-ai.com>
- FontForge. (2025). *Bezier splines*. FontForge Documentation.
<https://fontforge.org/docs/techref/bezier.html>
- FontLab. (n.d.). *Character vs. Glyph*. <https://help.fontlab.com/fontlab/7/manual/About-Glyphs/>
- Frich, J., MacDonald Vermeulen, L., Remy, C., Biskjaer, M. M., & Dalsgaard, P. (2019). Mapping the landscape of creativity support tools in HCI. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Paper No. 389, pp. 1–18). ACM. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300619>

- Fu, B., Yu, F., Liu, A., Wang, Z., Wen, J., He, J., & Qiao, Y. (2024). Generate like experts: Multi-stage font generation by incorporating font transfer process into diffusion models. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 6892–6901).
- Ginsburg, J. C., & Budiardjo, L. A. (2019). Authors and machines. *Berkeley Technology Law Journal*, 34(2), 343–448.
- Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 27, pp. 2672–2680).
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Google Fonts. (n.d.-a). *Introducing variable fonts*. https://fonts.google.com/knowledge/introducing_type/introducing_variable_fonts
- Google Fonts. (n.d.-b). *Noto*. <https://fonts.google.com/noto>
- Google Fonts. (n.d.-c). *Glossary*. <https://fonts.google.com/knowledge/glossary>
- Google. (2016, September 14). *Introducing OpenType Font Variations*. Google Open Source Blog. <https://opensource.googleblog.com/2016/09/introducing-opentype-font-variations.html>
- Guadamuz, A. (2017). Do androids dream of electric copyright? Comparative analysis of originality in artificial intelligence generated works. *Intellectual Property Quarterly*, 2, 169–186.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444–454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Hayashi, H., Abe, K., & Uchida, S. (2019). GlyphGAN: Style-consistent font generation based on generative adversarial networks. *Knowledge-Based Systems*, 186, Article 104927. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.104927>
- Hayez, S. (2025). *Designing fonts with AI*. <https://blazetype.eu/blog/designing-fonts-with-ai/>
- He, J.-Y., Cheng, Z.-Q., Li, C., Sun, J., He, Q., Xiang, W., Chen, H., Lan, J.-P., Lin, X., Zhu, K., Luo, B., Geng, Y., Xie, X., & Hauptmann, A. G. (2024). *MetaDesigner: Advancing artistic typography through AI-driven, user-centric, and multilingual WordArt synthesis*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2406.19859>
- Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 33, pp. 6840–6851).

- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. MIT Press.
- I Love Typography Trust. (2025). *Fonts and AI: Ethical and legal considerations*. I Love Typography. <https://trust.ilovetypography.com/fonts-and-ai/>
- IBM. (n.d.). *What is artificial superintelligence?* IBM. <https://www.ibm.com/think/topics/artificial-superintelligence>
- Kanazawa, S., Shen, I.-C., Tatsukawa, Y., & Igarashi, T. (2024). Generating font variations using latent space trajectory. *SIGGRAPH Asia 2024 Posters*, Article 56, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3681756.3697933>
- Kantosalo, A., & Toivonen, H. (2016). Modes for creative human-computer collaboration: Alternating and task-divided co-creativity. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Computational Creativity (ICCC 2016)* (pp. 77–84).
- Kingma, D. P., & Welling, M. (2014). Auto-encoding variational Bayes. In *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
- Knuth, D. E. (1986). *The METAFONTbook*. Addison-Wesley.
- Kong, Y., Luo, C., Ma, W., Zhu, Q., Zhu, S., Yuan, N., & Jin, L. (2022). Look closer to supervise better: One-shot font generation via component-based discriminator. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 13482–13491).
- Kumar, A., V, P. K., Srivastava, R., Lule, A., B, G., & Bajare, N. S. (2026). Reinventing typography design through generative AI. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, 7(1s), 486–496. <https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v7.i1s.2026.7115>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lemley, M., & Casey, B. (2021). Fair learning. *Texas Law Review*, 99(4), 743–802.
- Lipi.ai. (2025). *Lipi.ai: AI font generator* [Web platform]. <https://lipi.ai>
- Liu, Z., Liang, W., Zhao, Y., Chen, B., Li, J., & Yuan, Y. (2024). *Glyph-ByT5-v2: A strong aesthetic baseline for accurate multilingual visual text rendering*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2406.10208>
- Livezey, J. A., Hwang, A., Yeung, J., & Bouchard, K. E. (2021). *Hangul Fonts Dataset: A hierarchical and compositional dataset for investigating learned representations*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1905.13308>
- Lopes, R. G., Ha, D., Eck, D., & Shlens, J. (2019). A learned representation for scalable vector graphics. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on*

- Computer Vision (ICCV)* (pp. 7929–7938).
<https://doi.org/10.1109/ICCV.2019.00802>
- Lubart, T. (2005). How can computers be partners in the creative process: Classification and commentary on the special issue. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63(4–5), 365–369. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2005.04.002>
- Magre, N., & Brown, N. (2022). *Typography-MNIST (TMNIST): An MNIST-style image dataset to categorize glyphs and font-styles*. arXiv.
<https://arxiv.org/abs/2202.08112>
- Martins, T., Correia, J., Costa, E., & Machado, P. (2019). Evolving stencils for typefaces: Combining machine learning, user's preferences and novelty. *Complexity*, 2019, Article 3509263. <https://doi.org/10.1155/2019/3509263>
- Meggs, P. B., & Purvis, A. W. (2012). *Meggs' history of graphic design* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Memon, I., Hassan, M. A. U., & Choi, J. (2025). Patch-Font: Enhancing few-shot font generation with patch-based attention and multitask encoding. *Applied Sciences*, 15(3), Article 1654. <https://doi.org/10.3390/app15031654>
- Microsoft. (2020, June 10). *A brief history of TrueType*. Microsoft Learn.
<https://learn.microsoft.com/en-us/typography/truetype/history>
- Microsoft. (2022, June 9). *OpenType overview*. Microsoft Learn.
<https://learn.microsoft.com/en-us/typography/opentype/>
- Microsoft. (2024, May 30). *OpenType Font Variations overview*. Microsoft Learn.
<https://learn.microsoft.com/en-us/typography/opentype/spec/otvaroverview>
- Museum of Printing. (2019, May 11). *History of phototypesetting*.
<https://museumofprinting.org/news-and-events/history-of-phototypesetting/>
- Oppy, G., & Dowe, D. (2023). The Turing test. In E. N. Zalta & U. Nodelman (Eds.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2023 ed.). Stanford University.
<https://plato.stanford.edu/archives/win2023/entries/turing-test/>
- Paldia, F. (2025). *Research and development of generative neural networks for type design* [Doctoral thesis, Academy of Fine Arts and Design in Bratislava].
<https://lttrface.com/doctoral-thesis/>
- Paldia, F., & Clarke, J. (2024, January 23). *The AI dilemma in graphic design: Steering towards excellence in typography and beyond*. Smashing Magazine.
<https://www.smashingmagazine.com/2024/01/ai-dilemma-graphic-design-typography/>
- Pardo Virto, O. (2023, September). *Font Ergonomics—A new experimental paradigm using AI* [Conference presentation]. ATypI Paris 2023, Paris, France.
<https://atypi.org/presentation/font-ergonomics-a-new-experimental-paradigm-using-ai/>

- Parikh, K., Kaufman, D. M., Levin, D. I. W., & Jacobson, A. (2025). *Differentiable variable fonts*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.07638>
- Poon, S. T. F. (2021). Typography design's new trajectory towards visual literacy for digital mediums. *Studies in Media and Communication*, 9(1), 9–19. <https://doi.org/10.11114/smc.v9i1.5071>
- Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. *Phi Delta Kappan*, 42(7), 305–310.
- Richardson, J. T. E. (2022). *The legibility of serif and sans serif typefaces: Reading from paper and reading from screens*. SpringerBriefs in Education. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-90984-0>
- Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6), 386–408. <https://doi.org/10.1037/h0042519>
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th global ed.). Pearson.
- Shen, J., Jin, K., Zhang, A., Breazeal, C., & Park, H. (2023). Affective typography: The effect of AI-driven font design on empathetic story reading. In *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI EA '23). ACM. <https://doi.org/10.1145/3544549.3585625>
- Singh, A., & Bhakthavatsalam, S. (2025). *AI based font pair suggestion modelling for graphic design*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.10969>
- Stocks, E. J. (n.d.). *The foundations of web typography*. Google Fonts Knowledge. https://fonts.google.com/knowledge/using_type/the_foundations_of_web_typography
- Tatsukawa, Y., Shen, I.-C., Dogan, M. D., Qi, A., Koyama, Y., Shamir, A., & Igarashi, T. (2025). FontCraft: Multimodal font design using interactive Bayesian optimization. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713863>
- Tatsukawa, Y., Shen, I.-C., Qi, A., Koyama, Y., Igarashi, T., & Shamir, A. (2024). FontCLIP: A semantic typography visual-language model for multilingual font applications. *Computer Graphics Forum*, 43(2), e15043. <https://doi.org/10.1111/cgf.15043>
- Thaler v. Vidal*, 43 F.4th 1207 (Fed. Cir. 2022).
- Thamizharasan, V., Liu, D., Agarwal, S., Fisher, M., Gharbi, M., Wang, O., Jacobson, A., & Kalogerakis, E. (2024). VecFusion: Vector font generation with diffusion. In

- Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 7943–7952).
- Thottingal, S. (2025). *Parametric type design in the era of variable and color fonts*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.07386>
- U.S. Copyright Office. (2023). Copyright registration guidance: Works containing material generated by artificial intelligence. *Federal Register*, 88(51), 16190–16194.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 30, pp. 5998–6008).
- Wadinambiarachchi, S., Waycott, J., Rogers, Y., & Wadley, G. (2025). Imagining design workflows in agentic AI futures. In *Proceedings of the 37th Australian Conference on Human-Computer Interaction (OZCHI '25)* (pp. 19–35). ACM. <https://doi.org/10.1145/3764687.3764719>
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. Harcourt, Brace and Company.
- Wang, C., Zhou, M., Ge, T., Jiang, Y., Bao, H., & Xu, W. (2023). CF-Font: Content fusion for few-shot font generation. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 1858–1867). <https://doi.org/10.1109/CVPR52729.2023.00185>
- Wang, Y., & Lian, Z. (2021). DeepVecFont: Synthesizing high-quality vector fonts via dual-modality learning. *ACM Transactions on Graphics*, 40(6), Article 264. <https://doi.org/10.1145/3478513.3480488>
- World Intellectual Property Organization. (1886/1979). *Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works*. WIPO.
- World Intellectual Property Organization. (2020). *Revised issues paper on intellectual property policy and artificial intelligence*. WIPO.
- Xie, Y., Chen, X., Sun, L., & Lu, Y. (2021). DG-Font: Deformable generative networks for unsupervised font generation. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 5130–5140). <https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.00509>
- Yang, Z., Peng, D., Kong, Y., Zhang, Y., Yao, C., & Jin, L. (2024). FontDiffuser: One-shot font generation via denoising diffusion with multi-scale content aggregation and style contrastive learning. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(7), 6603–6611. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i7.28482>

- Yannakakis, G. N., Liapis, A., & Alexopoulos, C. (2014). Mixed-initiative co-creativity. *Proceedings of the 9th International Conference on the Foundations of Digital Games*.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.
- Yoshida, K., Nakagawa, Y., & Köppen, M. (2010). Interactive genetic algorithm for font generation system. In *Proceedings of the World Automation Congress* (pp. 1–6). IEEE.
- Γεωργιάδου, Ε., Αλατσίδου, Ε., & Μαντζάρη, Μ. (1999). *Γραμματογραφία*. Εκδόσεις Κορυφή.
- ΕΕΤΣ. (n.d.). Γλωσσάρι. Ελληνική Εταιρία Τυπογραφικών Στοιχείων, https://www.greekfontociety-gfs.gr/assets/pdfs/greek_letters/glossary.pdf
- Μαστορίδης, Κ. (2026). *Πέρα από τα εργαλεία και το AI. Τι σημαίνει να σπουδάξεις Graphic Design σήμερα*. Paideia News. <https://paideia-news.com/pera-apo-ta-ergaleia-kai-to-ai-ti-simainei-na-spoudazeis-graphic-design-simera>
- MET. (2019). *Τυπωθήτω: Από τη Συλλογή στο Μουσείο του Εθνικού Τυπογραφείου*. https://et.gr/wp-content/uploads/2020/07/Katalogos_Mouseiou.pdf