



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:
Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ
ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ
ΦΑΡΜΑΚΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΞΕΝΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΜΠΕΡΣΙΜΗΣ

ΑΘΗΝΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης η 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/της 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/της συγγραφέα/δημιουργού. Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ
ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ
ΦΑΡΜΑΚΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Κωνσταντίνα Ξένου

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Σωτήριος Μπερσίμης

Βασίλειος Αλεβιζάκος

Καθηγητής του Τμήματος Οργάνωσης και
Διοίκησης Επιχειρήσεων

Συνεργαζόμενο Εκπαιδευτικό Προσωπικό
στο τμήμα «Σχεδιασμός Έρευνας και
Εμπειρικοί Μέθοδοι στις Κοινωνικές
Επιστήμες»

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πανεπιστήμιο Νεάπολις Πάφος

*«Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όσους στάθηκαν δίπλα μου στην πορεία της διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σωτήρη Μπερσίμη για την καθοδήγηση και την εμπιστοσύνη του σε όλη τη διάρκεια της εργασίας. Θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη, επίσης, στους συμμετέχοντες στην έρευνα, για τον χρόνο και τη διάθεσή τους να συμβάλουν στην υλοποίηση του ερευνητικού μέρους. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου, που με στήριζαν σε κάθε βήμα της διαδρομής.
Στον Κ.»*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στον κλάδο της φαρμακοβιομηχανίας στην Ελλάδα. Σκοπός της εργασίας είναι να αποτυπώσει και να αξιολογήσει τον βαθμό υιοθέτησης και αξιοποίησης τεχνολογιών TN από τις ελληνικές φαρμακοβιομηχανίες, σε ένα περιβάλλον όπου η ακρίβεια αποτελεσμάτων, η ασφάλεια δεδομένων και η συμμόρφωση με αυστηρά ρυθμιστικά πλαίσια αποτελούν θεμελιώδεις απαιτήσεις. Η μελέτη επιδιώκει να καλύψει το βιβλιογραφικό κενό που προκύπτει από το γεγονός ότι οι ελληνικές έρευνες επικεντρώνονται κυρίως στον γενικότερο ψηφιακό μετασχηματισμό των επιχειρήσεων και όχι ειδικά στην υιοθέτηση τεχνολογιών TN.

Για τη διερεύνηση επτά ερευνητικών ερωτημάτων υιοθετήθηκε ποσοτική προσέγγιση μέσω δομημένου ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου, το οποίο συμπληρώθηκε από 236 εργαζόμενους φαρμακευτικών επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα, από διαφορετικά τμήματα και ιεραρχικά επίπεδα. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε περιγραφική στατιστική ανάλυση με το λογισμικό Minitab, σε διασταυρώσεις με τα δημογραφικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά και σε ανάλυση συσχέτισης Pearson.

Τα ευρήματα δείχνουν ότι η εξοικείωση των εργαζομένων με τις έννοιες της TN κινείται μεταξύ μικρής και μεσαίας, πλησιέστερα στη μικρή, με την Ανάλυση Δεδομένων ως την πλέον οικεία έννοια και τη Συμβολική TN, τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα και την Προγνωστική Μοντελοποίηση ως τις λιγότερο γνωστές, ενώ το 62,7% των συμμετεχόντων δηλώνει ότι δεν γνωρίζει τον Κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU AI Act) για την TN. Ως βασικότερος παράγοντας διαφοροποίησης της εξοικείωσης αναδεικνύεται ο επαγγελματικός ρόλος, ενώ η ηλικία, η εμπειρία ή το εκπαιδευτικό υπόβαθρο δεν φαίνεται να προκαλούν έντονη διαφοροποίηση. Παρά το περιορισμένο επίπεδο γνώσης, η στάση των επιχειρήσεων απέναντι στην υιοθέτηση της TN καταγράφεται ως δεκτική, όμως η πραγματική αξιοποίηση περιορίζεται κυρίως σε γενικές χρήσεις, όπως οι βοηθοί (agents) TN και η μετάφραση, ενώ η πλειονότητα των εξειδικευμένων εφαρμογών ανά τμήμα συγκεντρώνει απαντήσεις μηδενικής ή περιορισμένης αξιοποίησης. Σχετικά ωριμότερη εφαρμογή εντοπίζεται σε λειτουργίες με σαφές, μετρήσιμο αντικείμενο, όπως η πρόβλεψη ζήτησης και η διαχείριση αποθεμάτων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα, η προγνωστική συντήρηση στη Μηχανική και Συντήρηση και η αυτοματοποιημένη οπτική επιθεώρηση στις Παραγωγικές Διεργασίες.

Η συνολική χρήση εργαλείων TN συσχετίζεται θετικά και στατιστικά σημαντικά τόσο με την εξοικείωση των εργαζομένων όσο και με την ψηφιακή ωριμότητα των επιχειρήσεων, οι συσχετίσεις όμως παραμένουν ασθενείς, ερμηνεύοντας μόλις το 13,8% και το 5,8% της διακύμανσης αντίστοιχα, ενώ και το μέγεθος της εταιρείας εμφανίζει περιορισμένη επίδραση, καθώς σε όλες τις κατηγορίες μεγέθους ο βαθμός χρήσης παραμένει κοντά στην τιμή 2 της πενταβάθμιας κλίμακας. Παράλληλα, καταγράφεται σημαντικό έλλειμμα διαδικαστικής ωριμότητας, καθώς το 43,6% των συμμετεχόντων εργάζεται σε εταιρείες χωρίς αρμόδιο ρόλο για τις πρωτοβουλίες TN και μόλις το 12,3% δηλώνει πλήρως εφαρμοσμένες διαδικασίες επαλήθευσης των παραγόμενων δεδομένων. Ως σημαντικότερο όφελος αναδεικνύεται η διεύρυνση της ικανότητας επεξεργασίας δεδομένων, ως κυριότερες προκλήσεις τα εσφαλμένα αποτελέσματα και η συμβατότητα με τα υπάρχοντα συστήματα, ως σοβαρότερες απειλές η κανονιστική συμμόρφωση, η κυβερνοασφάλεια και οι παραβιάσεις προσωπικών δεδομένων, και ως κρισιμότερη πρόκληση για την ανάπτυξη εργαλείων TN η πολυπλοκότητα της επικύρωσης.

Συμπερασματικά, ο κλάδος εμφανίζεται δεκτικός απέναντι στην TN και σε πολλές περιπτώσεις τεχνολογικά επαρκώς εξοπλισμένος, η αξιοποίηση όμως των εργαλείων TN παραμένει γενικευμένα χαμηλή και καθορίζεται μόνο σε περιορισμένο βαθμό από την ψηφιακή ωριμότητα και την εξοικείωση του προσωπικού, στοιχεία που αποδεικνύονται αναγκαίες αλλά όχι ικανές συνθήκες. Τα ευρήματα αναδεικνύουν ως προτεραιότητες τη στοχευμένη εκπαίδευση στις τεχνολογίες και στο κανονιστικό πλαίσιο, τη θέσπιση σαφών διαδικασιών διακυβέρνησης, επικύρωσης και ελέγχου των δεδομένων και τη συστηματική αξιοποίησή τους, ώστε να καταστεί δυνατή η μετάβαση από την ευκαιριακή χρήση στη συστηματική ενσωμάτωση της TN.

Λέξεις Κλειδιά

Τεχνητή Νοημοσύνη, φαρμακοβιομηχανία, Ελλάδα, ψηφιακή ωριμότητα, επικύρωση, κανονιστική συμμόρφωση, οφέλη, περιορισμοί, ανάπτυξη τεχνητής νοημοσύνης, GxP, EU AI Act

ABSTRACT

This diploma thesis examines the application of Artificial Intelligence (AI) in the pharmaceutical industry in Greece, placing the subject within the context of the 4th Industrial Revolution and the digital transformation it entails. The purpose of the study is to record and evaluate the degree to which Greek pharmaceutical companies adopt AI technologies, in an environment where accuracy, safety and compliance with strict regulatory frameworks constitute fundamental requirements. The study seeks to address the gap arising from the fact that Greek research focuses mainly on the digital transformation of companies rather than specifically on the adoption of AI technologies.

To address seven research questions, a quantitative approach was adopted through a structured online questionnaire, completed by 236 employees of pharmaceutical companies operating in Greece, from different departments and hierarchy levels. The data were subjected to descriptive statistical analysis using Minitab software, to cross-tabulations with demographic and professional characteristics and to Pearson correlation analysis.

The findings indicate that employees' familiarity with AI concepts ranges between low and moderate, closer to low, with Data Analytics being the most familiar concept and Symbolic AI, Large Language Models and Predictive Modeling the least familiar, while 62.7% of participants report that they are unaware of the European Union AI Act. The main differentiating factor of familiarity proves to be the professional role rather than age, experience or educational background. Despite this limited level of knowledge, the attitude of companies towards AI adoption is recorded as receptive; actual use, however, is largely confined to general applications such as AI agents and translation, while the majority of the specialized applications per department attract responses of no use or limited use. Relatively more mature application is identified in functions with a clear, measurable object, such as demand forecasting and inventory management in Supply Chain, predictive maintenance in Engineering and Maintenance, and automated visual inspection in Manufacturing.

The overall use of AI tools correlates positively and with statistical significance to both employees' familiarity with AI and to digital maturity of the companies; these correlations, however, remain weak, explaining only 13.8% and 5.8% of the variance respectively, while company size also shows limited influence, as the degree of use remains close to value 2 of the five-point scale across all size companies. At the same time, a considerable lack in procedural

maturity is recorded, as 43.6% of participants work in companies without a dedicated role for AI initiatives and only 12.3% report fully implemented procedures for verifying AI-generated data. According to the responses, the most important benefit of AI proves to be the expansion of data processing capacity, the main challenges are incorrect outputs and compatibility with existing systems, the most serious threats are regulatory compliance, cybersecurity and personal data breaches, and the most critical challenge for developing AI tools is the complexity of validation.

In conclusion, the Greek pharmaceutical companies appear to be receptive to AI and, in many cases, adequately equipped in technological terms; the use of AI tools, however, remains generally low and is determined only to a limited extent by digital maturity and staff familiarity, which prove to be necessary but not sufficient conditions. The findings highlight as priorities targeted training in both the AI technologies and the regulatory framework, the establishment of clear procedures for governance, validation and data control, and the systematic collection of data, so as to enable the transition from opportunistic use to systematic integration of AI.

Key words

Artificial Intelligence, pharmaceutical industry, Greece, digital maturity, validation, regulatory compliance, strengths, limitations, artificial intelligence development, GxP, EU AI Act

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	viii
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	xi
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	xii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	xv
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	19
1.1. Αντικείμενο και Σκοπός της Εργασίας.....	19
1.2. Ερευνητικά ερωτήματα.....	19
1.3. Σημασία της έρευνας.....	21
1.4. Μεθοδολογική προσέγγιση.....	21
1.5. Δομή της εργασίας.....	22
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	23
2.1. Τεχνητή Νοημοσύνη.....	23
2.1.1. Ορισμός και εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης.....	23
2.1.2. Μηχανική μάθηση (Machine Learning) και Βαθιά Μάθηση (Deep Learning).....	24
2.1.3. Natural Language Processing, Large Language Models και Generative AI.....	27
2.2. Ο κλάδος του φαρμάκου στην Ελλάδα.....	30
2.3. Δεδομένα και ψηφιακή ωριμότητα.....	37
2.3.1. Ψηφιοποίηση δεδομένων.....	37
2.3.2. Διακυβέρνηση και Ακεραιότητα δεδομένων (Data governance and integrity).....	41
2.4. Κανονιστικό Πλαίσιο.....	44
2.4.1. Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων.....	44
2.4.2. GxP περιβάλλον.....	45
2.4.3. EU AI Act.....	46

2.4.4. Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων και Πλαίσιο Human-in-the-loop	47
2.5. Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στη Φαρμακοβιομηχανία	48
2.5.1. Εφαρμογές σε όλα τα τμήματα	48
2.5.2. Έρευνα και Ανάπτυξη.....	52
2.5.3. Ποιοτικός Έλεγχος.....	54
2.5.4. Διασφάλιση Ποιότητας	56
2.5.5. Κανονιστικές Υποθέσεις και Φαρμακοεπαγρύπνηση.....	58
2.5.6. Παραγωγικές Διεργασίες	60
2.5.7. Μηχανική και Συντήρηση.....	62
2.5.8. Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	64
2.5.9. Προώθηση και Εξυπηρέτηση Πελατών	67
2.5.10. Ανθρώπινο Δυναμικό.....	69
2.5.11. Πληροφορική	71
2.5.12. Οφέλη και Δυνατότητες μέσω εφαρμογής εργαλείων TN.....	74
2.6. Περιορισμοί στην εφαρμογή εργαλείων TN.....	75
2.6.1. Γνώση και κατανόηση TN και εταιρική κουλτούρα.....	75
2.6.2. Τεχνικοί περιορισμοί και υποδομές	76
2.6.3. Περιορισμοί από το εξωτερικό περιβάλλον.....	77
2.7. Ανάπτυξη (Development) εργαλείων TN	79
3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	84
3.1. Περιγραφή του ερωτηματολογίου	84
3.2. Διαδικασία συλλογής δεδομένων	86
3.3. Μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων	87
4. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	88
4.1. Προφίλ συμμετεχόντων	88
4.2. Εξοικείωση με έννοιες της TN	91

4.3. Υιοθέτηση ΤΝ στη φαρμακοβιομηχανία	100
4.3.1. Στάση εταιρειών για χρήση ΤΝ	100
4.3.2. Οργανωτική και Διαδικαστική Ενσωμάτωση ΤΝ.....	103
4.3.3. Ψηφιακή Ωριμότητα και Πρακτικές Διαχείρισης Δεδομένων.....	108
4.3.4. Επίπεδο Πραγματικής Υλοποίησης ΤΝ.....	112
4.4. Αντιλαμβανόμενα οφέλη και ευκαιρίες.....	134
4.5. Αντιλαμβανόμενες προκλήσεις και κίνδυνοι.....	139
4.6. Προοπτικές ανάπτυξης εργαλείων ΤΝ.....	145
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	155
5.1. Συμπεράσματα ερευνητικών ερωτημάτων	155
5.2. Επιπτώσεις για τη διοίκηση φαρμακευτικών επιχειρήσεων	162
5.3. Επιπτώσεις για ρυθμιστικούς φορείς	163
5.4. Προτάσεις για τις επιχειρήσεις	164
5.5. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	166
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	168
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	179
Παράρτημα Α: Artificial Intelligence Readiness and Application Questionnaire.....	179
Παράρτημα Β: Πίνακες στατιστικών αποτελεσμάτων	191

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1. Κατανομή χαρακτηριστικών συμμετεχόντων.	88
Πίνακας 2. Κατανομή χαρακτηριστικών φαρμακευτικών επιχειρήσεων όπου εργάζονται οι συμμετέχοντες.....	90
Πίνακας 3. Στατιστικά αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN.	92
Πίνακας 4. Αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN ανά ηλικιακή ομάδα.	95
Πίνακας 5. Αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN ανά ρόλο εργαζομένου.....	96
Πίνακας 6. Αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN ανά έτη εμπειρίας.	97
Πίνακας 7. Αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN ανά εκπαίδευση συμμετεχόντων.	99
Πίνακας 8. Στατιστική ανάλυση απαντήσεων για τη στάση των εταιρειών προς της χρήση TN.	101
Πίνακας 9. Αποτελέσματα Πρακτικών Διαχείρισης Δεδομένων.	109
Πίνακας 10. Αποτελέσματα απαντήσεων για επίπεδο χρήσης γενικών εργαλείων TN ανά μέγεθος εταιρείας.....	114
Πίνακας 11. Αποτελέσματα απαντήσεων για επίπεδο χρήσης εργαλείων TN ανά τμήμα. ...	130
Πίνακας 12. Αποτελέσματα συνολικής χρήσης TN ανά μέγεθος εταιρείας.....	132
Πίνακας 13. Ραβδογράμματα και στατιστικά ανά έννοια της TN (Κεφάλαιο 4.2).	191

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1. Ραβδόγραμμα για την εξοικείωση των συμμετεχόντων με την EU AI Act.....	94
Διάγραμμα 2. Ραβδόγραμμα στάσης εταιρειών προς την ενσωμάτωση TN.	101
Διάγραμμα 3. Ανάλυση αντιπροσωπευτικής χρήσης TN στην εταιρεία.	102
Διάγραμμα 4. Ύπαρξη αρμόδιου ρόλου ή τμήματος με υπευθυνότητα τις πρωτοβουλίες TN.	103
Διάγραμμα 5. Κατανομή απαντήσεων για την ενσωμάτωση εργαλείων TN σε διαδικασίες σχετικές με GxP ή GDPR.	104
Διάγραμμα 6. Ύπαρξη επικύρωσης για εργαλεία TN που αξιοποιούνται σε GxP/GDPR περιβάλλον.	105
Διάγραμμα 7. Κατανομή απαντήσεων για διαδικασίες ελέγχου δεδομένων εισόδου από εργαλεία TN.	107
Διάγραμμα 8. Κατανομή απαντήσεων για διαδικασίες ελέγχου δεδομένων εξόδου από εργαλεία TN.	107
Διάγραμμα 9. Κατανομές των απαντήσεων Πρακτικών Διαχείρισης Δεδομένων.	109
Διάγραμμα 10. Κατανομή απαντήσεων για την ύπαρξη αυτοματοποιημένων συστημάτων συλλογής δεδομένων.	111
Διάγραμμα 11. Κατανομές απαντήσεων για επίπεδο χρήσης γενικών εργαλείων TN.	113
Διάγραμμα 12. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης.	117
Διάγραμμα 13. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα ποιοτικού ελέγχου.	118
Διάγραμμα 14. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Διασφάλισης Ποιότητας.	119
Διάγραμμα 15. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Κανονιστικών Υποθέσεων και Φαρμακοεπαγρύπνησης.	121
Διάγραμμα 16. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Παραγωγικών Διεργασιών.	122
Διάγραμμα 17. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Μηχανικής και Συντήρησης.	124

Διάγραμμα 18. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	125
Διάγραμμα 19. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Προώθησης και Εξυπηρέτησης Πελατών.	126
Διάγραμμα 20. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Ανθρώπινου Δυναμικού.....	128
Διάγραμμα 21. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση TN στο τμήμα Πληροφορικής. .	129
Διάγραμμα 22. Κατανομή απαντήσεων ως προς τα οφέλη (δυνατά σημεία) χρήσης εργαλείων TN.	135
Διάγραμμα 23. Κατανομή απαντήσεων ως προς τα οφέλη (ευκαιρίες) χρήσης εργαλείων TN.	137
Διάγραμμα 24. Σχηματική απεικόνιση απαντήσεων ερώτησης ανοιχτού τύπου για επιθυμία χρήσης TN.	138
Διάγραμμα 25. Κατανομή απαντήσεων ως προς τις προκλήσεις χρήσης εργαλείων TN.	140
Διάγραμμα 26. Κατανομή απαντήσεων ως προς τους κινδύνους χρήσης εργαλείων TN.	142
Διάγραμμα 27. Σχηματική απεικόνιση απαντήσεων ερώτησης ανοιχτού τύπου για ανησυχητικές πλευρές της TN.	144
Διάγραμμα 28. Κατανομή απαντήσεων για στρατηγικές μελλοντικής υιοθέτησης εργαλείων TN.	146
Διάγραμμα 29. Κατανομές απαντήσεων για στρατηγικές μελλοντικής υιοθέτησης εργαλείων TN βάσει μεγέθους της εταιρείας.	147
Διάγραμμα 30. Κατανομή απαντήσεων για ανάθεση ανάπτυξης εργαλείων TN σε εξωτερικό συνεργάτη.	148
Διάγραμμα 31. Κατανομή απαντήσεων της σημαντικότητας των προκλήσεων για την ανάπτυξη εργαλείων TN.....	150
Διάγραμμα 32. Κατανομή απαντήσεων για τις 3 σημαντικότερες προκλήσεις στην ανάπτυξη εργαλείων TN.....	151
Διάγραμμα 33. Κατανομή απαντήσεων των ρόλων «manager» και «upper management» για τη σημαντικότητα των προκλήσεων της ανάπτυξης εργαλείων TN.....	153
Διάγραμμα 34. Ανάλυση συσχέτισης Pearson της χρήσης TN και της ψηφιακής ωριμότητας. (Κεφάλαιο 4.3.4).....	195
Διάγραμμα 35. Ανάλυση συσχέτισης Pearson της χρήσης TN και της εξοικείωσης με έννοιες TN. (Κεφάλαιο 4.3.4)	196

Διάγραμμα 36. Ανάλυση συσχέτισης Pearson για τα οφέλη (δυνατά σημεία) χρήσης TN. (Κεφάλαιο 4.4).....	197
Διάγραμμα 37. Ανάλυση συσχέτισης Pearson για τα οφέλη (ευκαιρίες) χρήσης TN. (Κεφάλαιο 4.4)	198
Διάγραμμα 38. Ανάλυση συσχέτισης Pearson για τις προκλήσεις χρήσης TN. (Κεφάλαιο 4.5)	199
Διάγραμμα 39. Ανάλυση συσχέτισης Pearson για τους κινδύνους χρήσης TN. (Κεφάλαιο 4.5)	200

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Συντομογραφία/ Ακρωνύμιο	Επεξήγηση
ADME	Absorption, Distribution, Metabolism and Excretion (Απορρόφηση, Κατανομή, Μεταβολισμός και Απέκκριση)
AI	Artificial Intelligence (Τεχνητή Νοημοσύνη)
ALCOA+	Attributable, Legible, Contemporaneous, Original, Accurate (πλαίσιο αρχών ακεραιότητας δεδομένων)
ANN	Artificial Neural Network (Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο)
BERT	Bidirectional Encoder Representations from Transformers
CAPA	Corrective and Preventive Action (Διορθωτικές και Προληπτικές Ενέργειες)
CNN	Convolutional Neural Network (Συνελικτικό Νευρωνικό Δίκτυο)
CPP	Critical Process Parameter (Κρίσιμη Παράμετρος Διεργασίας)
CPS	Cyber-Physical Systems (Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα)
CPV	Continuous Process Verification (Συνεχής Επαλήθευση Διεργασιών)
CQA	Critical Quality Attribute (Κρίσιμο Ποιοτικό Χαρακτηριστικό)
CSV	Computerized Systems Validation (Επικύρωση Συστημάτων Πληροφορικής)
CV	Computer Vision (Υπολογιστική Όραση)
DL	Deep Learning (Βαθιά Μάθηση)
DoE	Design of Experiments (Σχεδιασμός Πειραμάτων)
EBR	Electronic Batch Records (Ηλεκτρονικά Αρχεία Παρτίδων)
EMA	European Medicines Agency (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Φαρμάκων)

Συντομογραφία/ Ακρωνύμιο	Επεξήγηση
ERP	Enterprise Resource Planning (Σύστημα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Πόρων)
EU	European Union (Ευρωπαϊκή Ένωση)
EU AI Act	Κανονισμός (ΕΕ) 2024/1689 για την Τεχνητή Νοημοσύνη
FDA	Food and Drug Administration (Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ)
GAMP	Good Automated Manufacturing Practice (Ορθή Πρακτική Αυτοματοποιημένης Παραγωγής)
GAN	Generative Adversarial Network (Γενετικό Ανταγωνιστικό Δίκτυο)
GDPR	General Data Protection Regulation (Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων)
GenAI	Generative AI (Γενετική Τεχνητή Νοημοσύνη)
GMLP	Good Machine Learning Practice (Ορθή Πρακτική Μηχανικής Μάθησης)
GMP	Good Manufacturing Practice (Ορθή Παρασκευαστική Πρακτική)
GPU	Graphics Processing Unit (Μονάδα Επεξεργασίας Γραφικών)
GxP	Good Practices (Καλές Πρακτικές)
HITL	Human-in-the-Loop (πλαίσιο ανθρώπινης εποπτείας)
ICH	International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use
IIoT	Industrial Internet of Things (Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων)
IoT	Internet of Things (Διασυνδεδεμένες έξυπνες συσκευές)
IT	Information Technology (Πληροφορική)

Συντομογραφία/ Ακρωνύμιο	Επεξήγηση
LIMS	Laboratory Information Management System (Σύστημα Διαχείρισης Πληροφοριών Εργαστηρίου)
LLM	Large Language Model (Μεγάλης κλίμακας μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης για επεξεργασία φυσικής γλώσσας)
LR	Logistic Regression (Λογιστική Παλινδρόμηση)
LSTM	Long Short-Term Memory (Δίκτυο Μακράς Βραχυπρόθεσμης Μνήμης)
MCDM	Multi-Criteria Decision-Making (Λήψη αποφάσεων βάσει πολλαπλών κριτηρίων)
MES	Manufacturing Execution System (Σύστημα Εκτέλεσης Παραγωγής)
ML	Machine Learning (Μηχανική Μάθηση)
MV	Machine Vision (Μηχανική Όραση)
NLG	Natural Language Generation (Παραγωγή Φυσικής Γλώσσας)
NLP	Natural Language Processing (Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας)
NLU	Natural Language Understanding (Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας)
PAT	Process Analytical Technology (Τεχνολογία Αναλυτικής Διεργασίας)
PPRI	Pharmaceutical Pricing and Reimbursement Information
QSAR	Quantitative Structure-Activity Relationship (Ποσοτική σχέση δομής-δραστικότητας)
RF	Random Forest (Τυχαίο Δάσος)
RNN	Recurrent Neural Network (Αναδρομικό Νευρωνικό Δίκτυο)
RUL	Remaining Useful Life (Εναπομένουσα Ωφέλιμη Ζωή)
SFEE	Hellenic Association of Pharmaceutical Companies (Σύνδεσμος Φαρμακευτικών Επιχειρήσεων Ελλάδος)

Συντομογραφία/ Ακρωνύμιο	Επεξήγηση
SVM	Support Vector Machine (Μηχανή Υποστήριξης Διανυσμάτων)
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
TPU	Tensor Processing Unit (Μονάδα Επεξεργασίας Τανυστών)
ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Gross Domestic Product)
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Hellenic Open University)
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση (European Union)
ΕΟΦ	Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων (National Organization for Medicines)
IOBE	Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (Foundation for Economic and Industrial Research)
MM	Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)
ΟΠΠ	Ορθή Παρασκευαστική Πρακτική (Good Manufacturing Practice)
ΣΦΕΕ	Σύνδεσμος Φαρμακευτικών Επιχειρήσεων Ελλάδος (Hellenic Association of Pharmaceutical Companies)
TN	Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο και Σκοπός της Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στη φαρμακοβιομηχανία στην Ελλάδα, εντάσσοντας το αντικείμενο στο πλαίσιο της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης και του ψηφιακού μετασχηματισμού που αυτή επιφέρει. Η τεχνητή νοημοσύνη, ως τεχνολογία αιχμής, αναδιαμορφώνει κρίσιμες λειτουργίες των επιχειρήσεων, από την παραγωγή και τον ποιοτικό έλεγχο έως την έρευνα και ανάπτυξη, δημιουργώντας νέες δυνατότητες για αποδοτικότητα, καινοτομία και λήψη αποφάσεων βασισμένη σε δεδομένα. Στον φαρμακευτικό κλάδο, όπου η ακρίβεια, η ασφάλεια και η συμμόρφωση με αυστηρά ρυθμιστικά πλαίσια αποτελούν θεμελιώδεις απαιτήσεις, η διερεύνηση της αξιοποίησης της TN αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

Σκοπός της εργασίας είναι να αποτυπώσει και να αξιολογήσει τον βαθμό υιοθέτησης και αξιοποίησης τεχνολογιών TN από τις ελληνικές φαρμακοβιομηχανίες, διερευνώντας τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις του κλάδου εντάσσουν τις σχετικές εφαρμογές στις λειτουργίες τους. Παρότι η διεθνής βιβλιογραφία εξετάζει εκτενώς τον ρόλο της TN στη φαρμακευτική έρευνα, παραγωγή και διαχείριση δεδομένων, στην ελληνική πραγματικότητα οι μελέτες επικεντρώνονται κυρίως στον γενικότερο ψηφιακό μετασχηματισμό των επιχειρήσεων και όχι ειδικά στην υιοθέτηση τεχνολογιών TN. Η παρούσα εργασία επιδιώκει να καλύψει αυτό το βιβλιογραφικό κενό, προσφέροντας μια συστηματική ανάλυση των υφιστάμενων πρακτικών, των αντιλήψεων των στελεχών και των παραγόντων που επηρεάζουν την αξιοποίηση της TN, λαμβάνοντας υπόψη διαφοροποιήσεις που σχετίζονται με το μέγεθος της εταιρείας, την οργανωτική κουλτούρα και το επίπεδο τεχνολογικής εξοικείωσης.

1.2. Ερευνητικά ερωτήματα

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, διαμορφώνεται ένα σύνολο ερευνητικών ερωτημάτων που καθοδηγούν τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων:

- Σε ποιον βαθμό είναι γνωστές οι έννοιες της τεχνητής νοημοσύνης στους εργαζομένους του κλάδου της ελληνικής φαρμακοβιομηχανίας που αξιοποιούν εργαλεία TN;

- Σε ποιον βαθμό αξιοποιούνται σήμερα εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης από τις ελληνικές φαρμακοβιομηχανίες και σε ποιους λειτουργικούς τομείς εντοπίζονται οι σημαντικότερες χρήσεις;
- Πώς διαφοροποιείται η υιοθέτηση της ΤΝ ανάμεσα σε διαφορετικά τμήματα και επίπεδα εξοικείωσης των εργαζομένων;
- Ποια είναι η επίδραση του μεγέθους και της ψηφιακής ωριμότητας της εταιρείας στην ενσωμάτωση εφαρμογών ΤΝ;
- Ποιες ευκαιρίες και ποια οφέλη αναγνωρίζουν τα στελέχη του κλάδου από την αξιοποίηση της ΤΝ;
- Ποιες προκλήσεις, περιορισμοί ή απειλές προκύπτουν κατά την υιοθέτηση και εφαρμογή τεχνολογιών ΤΝ στο περιβάλλον υψηλής ρυθμιστικής αυστηρότητας των φαρμακοβιομηχανιών;
- Πως προσεγγίζουν οι εταιρείες την ανάπτυξη εργαλείων ΤΝ και ποιοι αναγνωρίζονται ως οι σημαντικότεροι περιορισμοί για την ανάπτυξη τους;

Τα ερευνητικά αυτά ερωτήματα επιτρέπουν μια πολυδιάστατη προσέγγιση του φαινομένου, καθώς εξετάζουν την υιοθέτηση της ΤΝ όχι μόνο ως τεχνολογική επιλογή, αλλά και ως διαδικασία που επηρεάζεται από οργανωτικές δομές, επιχειρησιακές προτεραιότητες και ανθρώπινους παράγοντες. Η τεχνολογική διάσταση αφορά το είδος και την ψηφιακή ωριμότητα των εφαρμογών ΤΝ που αξιοποιούνται, τις τεχνικές δυνατότητες των εταιρειών και τον βαθμό ενσωμάτωσης των συστημάτων αυτών στις υφιστάμενες διαδικασίες. Η οργανωτική διάσταση σχετίζεται με την κουλτούρα και τη στρατηγική των επιχειρήσεων, τον τρόπο λήψης αποφάσεων, την κατανομή πόρων και την προθυμία των εταιρειών να επενδύσουν σε καινοτόμες λύσεις. Τέλος, η ανθρώπινη διάσταση αφορά τις δεξιότητες, τις αντιλήψεις και το επίπεδο εξοικείωσης των εργαζομένων με τις ψηφιακές τεχνολογίες, στοιχεία που συχνά καθορίζουν το βαθμό επιτυχούς αξιοποίησης νέων εργαλείων.

Με αυτόν τον τρόπο, η έρευνα δεν περιορίζεται σε μια τεχνική αποτύπωση της χρήσης της ΤΝ, αλλά επιχειρεί να κατανοήσει το ευρύτερο σύστημα μέσα στο οποίο αυτή εφαρμόζεται, αναδεικνύοντας τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην τεχνολογική εξέλιξη, τις επιχειρησιακές προτεραιότητες και το ανθρώπινο δυναμικό.

1.3. Σημασία της έρευνας

Η έρευνα αποκτά ιδιαίτερη σημασία λόγω του ρόλου της φαρμακοβιομηχανίας ως ενός από τους πλέον στρατηγικούς και εξωστρεφείς κλάδους της ελληνικής οικονομίας, με ισχυρή παρουσία στην παραγωγή, την απασχόληση και την έρευνα. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο κλάδος ανταποκρίνεται στις τεχνολογικές εξελίξεις της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης αποτελεί κρίσιμο βήμα για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας και της καινοτομίας του. Η συγκεκριμένη μελέτη αποσκοπεί να καλύψει ένα σημαντικό βιβλιογραφικό κενό, καθώς υπάρχουν έρευνες που εξετάζουν τον βαθμό ψηφιακού μετασχηματισμού της ελληνικής φαρμακοβιομηχανίας, αλλά απουσιάζουν συστηματικές αναλύσεις που εστιάζουν ειδικά στην υιοθέτηση και αξιοποίηση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης. Παράλληλα, η συγκεκριμένη μελέτη συμβάλλει στην ανάδειξη των ευκαιριών που δημιουργεί η τεχνητή νοημοσύνη, ενώ επιδιώκει να περιγράψει και να κατατάξει τις προκλήσεις που συνοδεύουν την υιοθέτηση ή και ανάπτυξη τεχνολογιών ΤΝ σε ένα περιβάλλον όπου η ασφάλεια, η αξιοπιστία και η κανονιστική συμμόρφωση αποτελούν κρίσιμες προϋποθέσεις. Η συγκεκριμένη μελέτη, επομένως, στοχεύει να προσφέρει μια ολοκληρωμένη και τεκμηριωμένη εικόνα της τρέχουσας κατάστασης, συμβάλλοντας στην κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών που χαρακτηρίζουν την ενσωμάτωση της ΤΝ στην ελληνική φαρμακοβιομηχανία.

1.4. Μεθοδολογική προσέγγιση

Η μεθοδολογική προσέγγιση της παρούσας έρευνας βασίστηκε στη χρήση δομημένου ερωτηματολογίου, το οποίο συμπληρώθηκε από τους συμμετέχοντες κατά την ίδια χρονική περίοδο. Η επιλογή αυτής της μεθόδου κρίθηκε κατάλληλη για τη γρήγορη και άμεση συλλογή μεγάλου όγκου πρωτογενών δεδομένων, επιτρέποντας την αποτύπωση τάσεων και αντιλήψεων σε ένα ευρύ φάσμα στελεχών της ελληνικής φαρμακοβιομηχανίας. Η τυποποίηση της διαδικασίας συλλογής δεδομένων διασφαλίζει ότι όλοι οι συμμετέχοντες απαντούν στις ίδιες ερωτήσεις με τον ίδιο τρόπο, γεγονός που ενισχύει τη δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων και επιτρέπει την ανάλυση διαφοροποιήσεων μεταξύ ομάδων, όπως τμήματα, επίπεδα εξοικείωσης με την τεχνολογία ή μεγέθη εταιρειών.

Η χρήση ερωτηματολογίου ως εργαλείου συλλογής δεδομένων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα για τον συγκεκριμένο τύπο έρευνας. Αφενός, επιτρέπει την ποσοτικοποίηση αντιλήψεων και εμπειριών, διευκολύνοντας την εξαγωγή στατιστικά επεξεργάσιμων αποτελεσμάτων. Αφετέρου, μειώνει την επίδραση του ερευνητή στη διαδικασία, καθώς οι απαντήσεις δίνονται χωρίς άμεση αλληλεπίδραση, περιορίζοντας πιθανή μεροληψία.

1.5. Δομή της εργασίας

Η εργασία οργανώνεται σε πέντε κύρια κεφάλαια, τα οποία αναπτύσσονται με τρόπο που υποστηρίζει τη σταδιακή κατανόηση του θεωρητικού πλαισίου, της μεθοδολογίας και των ευρημάτων της έρευνας. Το πρώτο κεφάλαιο εισάγει το αντικείμενο, τον σκοπό και τα ερευνητικά ερωτήματα, αναδεικνύει τη σημασία της μελέτης και επεξηγεί τη σημασία της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε. Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου εξετάζονται οι βασικές έννοιες της τεχνητής νοημοσύνης, ο κλάδος της ελληνικής φαρμακοβιομηχανίας, ζητήματα ψηφιακής ωριμότητας και διακυβέρνησης δεδομένων, το κανονιστικό πλαίσιο, καθώς και οι προκλήσεις και οι εφαρμογές της ΤΝ στον φαρμακευτικό τομέα. Με αυτόν τον τρόπο, το θεωρητικό υπόβαθρο διαμορφώνει το πλαίσιο μέσα στο οποίο εντάσσεται η εμπειρική διερεύνηση.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει αναλυτικά τη μεθοδολογία της έρευνας, περιγράφοντας τη δομή του ερωτηματολογίου, τη διαδικασία συλλογής δεδομένων και τις γενικές μεθόδους ανάλυσης που εφαρμόστηκαν. Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο, το οποίο αποτελεί την ανάλυση της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης και περιλαμβάνει την παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, όπως το προφίλ των συμμετεχόντων, την εξοικείωση με τις έννοιες της ΤΝ, την υιοθέτηση και το βαθμό χρήσης της ΤΝ, τα αντιλαμβανόμενα οφέλη και τις προκλήσεις, καθώς και τις προοπτικές ανάπτυξης εργαλείων ΤΝ. Το πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει τα βασικά συμπεράσματα, αναλύει τις επιπτώσεις για τις φαρμακευτικές επιχειρήσεις και τους ρυθμιστικούς φορείς και προτείνει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα. Η συνολική δομή της εργασίας έχει σκοπό τη συνεκτική μετάβαση από το θεωρητικό υπόβαθρο της διεθνούς βιβλιογραφίας στην εμπειρική ανάλυση και, τελικά, στην εξαγωγή συμπερασμάτων που αποτυπώνουν την πραγματική εικόνα της υιοθέτησης τεχνητής νοημοσύνης στον ελληνικό φαρμακευτικό κλάδο.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Τεχνητή Νοημοσύνη

2.1.1. Ορισμός και εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) δεν διαθέτει έναν καθολικά αποδεκτό ορισμό. Διαφορετικοί επιστημονικοί κλάδοι έχουν προσεγγίσει την έννοια από διαφορετικές οπτικές γωνίες, αντικατοπτρίζοντας την πολυπλοκότητα της, την ευρεία χρήση της και την ταχεία εξέλιξή της. Στη βιβλιογραφία απαντώνται ορισμοί που εστιάζουν στη μίμηση ανθρώπινης νοημοσύνης, στη λήψη αποφάσεων ή στην αυτόνομη δράση.

Ο John McCarthy, ο οποίος θεωρείται ένας από τους πατέρες της ΤΝ, όρισε το 1956 την Τεχνητή Νοημοσύνη ως *«την επιστήμη και τη μηχανική κατασκευής έξυπνων μηχανών»*. (Kaul et al., 2020) Ο ορισμός αυτός, παρότι απλός, περιέχει δύο βασικές παραδοχές: ότι η νοημοσύνη μπορεί να μηχανοποιηθεί και ότι αυτό αποτελεί επιστημονικό και μηχανολογικό εγχείρημα.

Στο πλαίσιο της επικοινωνιακής έρευνας, οι Gil de Zúñiga, Goyanes και Durotoye (2024) πρότειναν έναν ευρύτερο ορισμό, περιγράφοντας την ΤΝ ως *«την απτή, πραγματική ικανότητα μη-ανθρώπινων μηχανών ή τεχνητών οντοτήτων να εκτελούν εργασίες, να επιλύουν προβλήματα, να επικοινωνούν, να αλληλεπιδρούν και να δρουν λογικά, όπως συμβαίνει με τους βιολογικούς ανθρώπους»*. (Gil de Zúñiga et al., 2024) Σύμφωνα με τους ίδιους, η ΤΝ μπορεί να κατηγοριοποιηθεί βάσει δύο διαστάσεων: το *επίπεδο απόδοσης* (εκτέλεση εργασιών, λήψη αποφάσεων, πρόβλεψη αποτελεσμάτων) και το *επίπεδο αυτονομίας* (βαθμός στον οποίο απαιτείται ανθρώπινη εποπτεία). (Gil de Zúñiga et al., 2024)

Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, η πρόσφατη μελέτη Delphi των Sun, Hossain και Harris (2026) κατέληξε σε έναν λειτουργικό ορισμό που αποδέχθηκαν διεθνείς εμπειρογνώμονες: *«Τα συστήματα ΤΝ είναι συστήματα σχεδιασμένα από ανθρώπους που δρουν στη φυσική ή ψηφιακή διάσταση μέσω της απόκτησης δομημένων ή αδόμητων δεδομένων, χρησιμοποιώντας σύνθετους αλγόριθμους ή νευρωνικά δίκτυα για να κατασκευάζουν πληροφορίες, γνώση και συστάσεις προκειμένου να επιτύχουν τον δεδομένο στόχο»*. (Sun et al., 2026) Ο λειτουργικός αυτός ορισμός υπογραμμίζει την ανθρώπινη σχεδίαση, τον κεντρικό ρόλο των δεδομένων και τον σκόπιμο προσανατολισμό ως τα κρίσιμα στοιχεία της ΤΝ.

Από πρακτική σκοπιά, οι Arden et al. (2021) ορίζουν την TN ως «την ενσωμάτωση ψηφιακών δεδομένων και υπολογιστικής ανάλυσης με σκοπό τη λήψη αποφάσεων που κανονικά λαμβάνονται από ανθρώπους». (Arden et al., 2021) Εργασίες που βασίζονται στη νοημοσύνη υπολογιστών ενδέχεται να περιλαμβάνουν συλλογισμό, επίλυση προβλημάτων, μάθηση και λήψη αποφάσεων.

Ο John McCarthy χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον όρο «Τεχνητή Νοημοσύνη» στο πλαίσιο του καλοκαιρινού συνεδρίου του 1956 στο Dartmouth College. Ωστόσο, ο Alan Mathison Turing (1912-1954), θεωρείται ο πατέρας της επιστήμης υπολογιστών και της TN. Το 1936 εισήγαγε την αφηρημένη έννοια της «Μηχανής Turing», ενώ το 1950 δημοσίευσε το έργο *Computing Machines and Intelligence*, προτείνοντας το περίφημο «Τεστ Turing» ως μέτρο μηχανικής νοημοσύνης, το ερώτημα, δηλαδή, αν μια μηχανή μπορεί να αναπαράγει ανθρώπινη συμπεριφορά σε τέτοιο βαθμό που να μην διακρίνεται από αυτή. (Grzybowski et al., 2024; Kaul et al., 2020)

Κρίσιμες ανακαλύψεις που άλλαξαν την πορεία της TN έγιναν κατά τη δεκαετία 1980-1990. Το 1980 ο Kunihiko Fukushima δημοσίευσε το πρώτο συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο (Convolutional Neural Network – CNN), θέτοντας τις βάσεις για την αναγνώριση εικόνων. Στο διάστημα μέχρι και το 1990, οι Yann LeCun, Yoshua Bengio και Geoffrey Hinton εισήγαγαν νέες μεθόδους αναγνώρισης χαρακτήρων μέσω νευρωνικών δικτύων. Ωστόσο, η πραγματική ωρίμανση της TN τοποθετείται μετά το 2000 με πιο σημαντικό παράγοντα που έδρασε καταλυτικά την άνοδο του deep learning. Στη σύγχρονη εποχή η TN αναπτύσσεται στο πλαίσιο ενός περίπλοκου συνδυασμού τεχνολογικών, οικονομικών και ρυθμιστικών δυνάμεων. Η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, της ψηφιακής ωριμότητας με τη διαθεσιμότητα τεράστιων όγκων δεδομένων και η πρόοδος των αλγορίθμων δημιουργούν το υπόβαθρο για ολοένα πιο εξελιγμένες εφαρμογές. (Grzybowski et al., 2024)

2.1.2. Μηχανική μάθηση (Machine Learning) και Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)

Η TN δεν αποτελεί μία ενιαία τεχνολογία αλλά ένα ευρύ φάσμα τεχνικών και προσεγγίσεων, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στην επεξεργασία δεδομένων μέσω αλγορίθμων για την εξαγωγή γνώσης ή την υποστήριξη αποφάσεων. Για να γίνει κατανοητό πώς αξιοποιείται η TN στη σύγχρονη πρακτική, είναι απαραίτητο να εξεταστούν οι δύο θεμελιώδεις τεχνολογικές της υποδομές: η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) και η Βαθιά Μάθηση (Deep Learning).

Τα πρώιμα συστήματα ΤΝ βασίζονταν σε αυστηρούς κανόνες λογικής τύπου «εάν-τότε» (if-then rules). Η προσέγγιση αυτή, ήταν αποτελεσματική σε καλά ορισμένα προβλήματα, αλλά αποδείχθηκε ανεπαρκής για την αντιμετώπιση πολύπλοκων, πραγματικών σεναρίων με μεγάλη ποικιλία δεδομένων. Η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning – ML) αναδείχθηκε ως η απάντηση σε αυτόν τον περιορισμό, εισάγοντας μια θεμελιωδώς διαφορετική φιλοσοφία: αντί να προγραμματίζεται ρητά για κάθε σενάριο, το σύστημα μαθαίνει από τα δεδομένα, αναγνωρίζοντας πρότυπα και βελτιώνοντας την απόδοσή του μέσω «εμπειρίας». (Janiesch et al., 2021; Kaul et al., 2020)

Σε τεχνικό επίπεδο, η ML αυτοματοποιεί τη δημιουργία αναλυτικών μοντέλων: δίνοντας ένα σύνολο παραδειγμάτων, ο αλγόριθμος εντοπίζει τις στατιστικές σχέσεις που διέπουν τα δεδομένα και χτίζει ένα μοντέλο ικανό να γενικεύει σε νέα, άγνωστα δεδομένα. Ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων εισόδου, η ML διακρίνεται σε τρεις κύριες κατηγορίες: Εποπτευόμενη Μάθηση (Supervised Learning), Μη Εποπτευόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning) και Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning). (Arden et al., 2021; Janiesch et al., 2021)

Κατά την εποπτευόμενη μάθηση, το μοντέλο εκπαιδεύεται σε σύνολα δεδομένων που περιλαμβάνουν τόσο τις εισόδους όσο και τις επιθυμητές εξόδους (ετικέτες). Ο αλγόριθμος μαθαίνει να συσχετίζει τα δεδομένα εισόδου με τα αποτελέσματα, επιτρέποντάς του να κάνει προβλέψεις για νέα δεδομένα. Πρόκειται για την πλέον χρησιμοποιούμενη κατηγορία, ιδίως σε εφαρμογές ταξινόμησης και πρόβλεψης. Αντίθετα, κατά την μη εποπτευόμενη μάθηση δεν υπάρχουν καθορισμένες ετικέτες. Το σύστημα προσπαθεί αυτόνομα να εντοπίσει πρότυπα ή δομές μέσα στα δεδομένα, όπως η ομαδοποίηση (clustering) στοιχείων με κοινά χαρακτηριστικά. Η μη εποπτευόμενη μάθηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανακάλυψη τάσεων σε μεγάλα, ετερογενή σύνολα δεδομένων. Τέλος, κατά την ενισχυτική μάθηση, το μοντέλο μαθαίνει μέσω «δοκιμής και σφάλματος» (trial and error), αλληλεπιδρώντας με ένα περιβάλλον και λαμβάνοντας ανταμοιβές ή ποινές ανάλογα με τα αποτελέσματα των ενεργειών του. Έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε πολύπλοκα περιβάλλοντα, όπως ο έλεγχος βιομηχανικών διεργασιών και τα συστήματα αυτόνομης λήψης αποφάσεων. (Arden et al., 2021; Janiesch et al., 2021; Pichler & Hartig, 2023)

Ένα κρίσιμο τεχνικό χαρακτηριστικό της παραδοσιακής ML είναι η ανάγκη για μηχανική χαρακτηριστικών (feature engineering): ειδικοί επιστήμονες πρέπει να επιλέξουν και να κωδικοποιήσουν χειροκίνητα τις σημαντικές ιδιότητες των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει

ο αλγόριθμος. Η διαδικασία αυτή, αν και επιτρέπει τη συστηματική αξιοποίηση της γνώσης των ειδικών, αποτελεί ταυτόχρονα σημαντικό περιοριστικό παράγοντα, καθώς είναι χρονοβόρα και εξαρτημένη από την εμπειρογνωμοσύνη του ανθρώπινου παράγοντα. Ο περιορισμός αυτός αντιμετωπίστηκε αποτελεσματικά χάρη στην πρόοδο της Βαθιάς Μάθησης. (Janiesch et al., 2021; Patel et al., 2026)

Η Βαθιά Μάθηση (Deep Learning – DL) αποτελεί εξειδικευμένη υποκατηγορία της ML, η οποία χρησιμοποιεί Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ANN) εμπνευσμένα από τη δομή και τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου. Τα δίκτυα αυτά αποτελούνται από πολλαπλά επίπεδα (layers) επεξεργασίας — ένα επίπεδο εισόδου, πολλά «κρυφά» ενδιάμεσα επίπεδα και ένα επίπεδο εξόδου — με κάθε κόμβο να συνδέεται με σταθμισμένες συνδέσεις με τους κόμβους του επόμενου επιπέδου. Ο αριθμός αυτών των κρυφών επιπέδων δίνει στη μέθοδο τον χαρακτηρισμό «βαθιά». (Arden et al., 2021; Janiesch et al., 2021; Pichler & Hartig, 2023)

Η θεμελιώδης καινοτομία της DL έναντι της κλασικής ML είναι η ικανότητα αυτοματοποιημένης εκμάθησης χαρακτηριστικών. Τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα τροφοδοτούνται απευθείας με ακατέργαστα (raw) δεδομένα υψηλής πολυπλοκότητας (εικόνας, ήχου, κειμένου) και ανακαλύπτουν μόνα τους τις απαραίτητες συσχετίσεις μεταξύ τους με σκοπό την μετέπειτα εκτέλεση μιας εργασίας. Η διαδικασία αυτή είναι ιεραρχική: τα πρώτα επίπεδα ανιχνεύουν απλά χαρακτηριστικά, ενώ τα βαθύτερα συνδυάζουν αυτά τα απλά χαρακτηριστικά για να αναγνωρίσουν όλο και πιο αφηρημένες ή σύνθετες έννοιες. Επομένως, με τον τρόπο αυτό εξαλείφεται η ανάγκη για χρονοβόρα μηχανική χαρακτηριστικών. (Janiesch et al., 2021; Patel et al., 2026)

Δύο αρχιτεκτονικές αποτελούν τη βάση των πιο προηγμένων σύγχρονων συστημάτων ΤΝ. Τα Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Network – CNNs), εξειδικευμένα στην επεξεργασία εικόνας, εφαρμόζουν διαδοχικά φίλτρα ώστε να εντοπίζουν τοπικά πρότυπα σε χωρικά δεδομένα και αξιοποιούνται ευρέως σε τομείς όπως η διαγνωστική ιατρική απεικόνιση ή ο ποιοτικός έλεγχος παραγωγής. Τα Αναδρομικά Νευρωνικά Δίκτυα (Recurrent Neural Networks – RNNs), από την άλλη, έχουν σχεδιαστεί για σειριακά δεδομένα (όπως λόγου ή χρονοσειρών), καθώς διατηρούν «μνήμη» προηγούμενων εισόδων, καθιστώντας τα κατάλληλα για εφαρμογές επεξεργασίας κειμένου και πρόβλεψης δεδομένων. (Janiesch et al., 2021; Patel et al., 2026; Salehin et al., 2025)

Η άνοδος της DL οφείλεται σε τρεις παράγοντες: τη διαθεσιμότητα δεδομένων μεγάλης κλίμακας, την τεράστια βελτίωση της υπολογιστικής ισχύος μέσω εξειδικευμένων επεξεργαστών (GPU/TPU) και την ανάπτυξη νέων αλγοριθμικών τεχνικών εκπαίδευσης. Στη σύγχρονη TN, η ML και η DL λειτουργούν συμπληρωματικά: η ML παρέχει ένα ευέλικτο και ερμηνεύσιμο πλαίσιο για δομημένα δεδομένα, ενώ η DL αναλαμβάνει την επεξεργασία μη δομημένων δεδομένων υψηλής πολυπλοκότητας. Μαζί, επιτρέπουν τη μετατροπή ακατέργαστων σημάτων σε *πληροφορία και γνώση*, επιτρέποντας στα συστήματα να λειτουργούν αυτόνομα και να λαμβάνουν αποφάσεις σε σύνθετα και δυναμικά περιβάλλοντα. (Arden et al., 2021)

2.1.3. Natural Language Processing, Large Language Models και Generative AI

Ενώ η ML και η DL αποτέλεσαν τη μηχανολογική υποδομή της σύγχρονης TN, η ικανότητα των μηχανών να κατανοούν και να παράγουν ανθρώπινη γλώσσα αποτέλεσε ξεχωριστή επιστημονική πρόκληση. Η αντιμετώπισή της οδήγησε στη δημιουργία του κλάδου της Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing – NLP), ο οποίος, μέσα από μια εξελικτική πορεία αξιοσημείωτης ταχύτητας, οδήγησε στα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (Large Language Models – LLMs) και τη Generative TN (GenAI).

Η ανάγκη δημιουργίας της NLP προέκυψε από ένα θεμελιώδες πρακτικό πρόβλημα: ο τεράστιος όγκος δεδομένων που παράγουν καθημερινά οργανισμοί και άνθρωποι (όπως ιατρικές αναφορές, νομικά έγγραφα, επικοινωνίες, επιστημονικές δημοσιεύσεις και άλλα) είναι στην πλειοψηφία του μη δομημένος, δηλαδή εκφρασμένος σε φυσική γλώσσα και όχι σε δομημένες βάσεις δεδομένων. Η χειροκίνητη ανάλυση του όγκου πληροφοριών είναι ουσιαστικά αδύνατη, καθιστώντας αναγκαία την αυτοματοποίηση της κατανόησης της γλώσσας από τα μοντέλα TN. (Arslan et al., 2024; Salehin et al., 2025)

Μέσω της NLP οι υπολογιστές μπορούν να κατανοούν, να ερμηνεύουν και να παράγουν ανθρώπινη γλώσσα με τρόπο που προσεγγίζει την ανθρώπινη κατανόηση. Τεχνικά, χωρίζεται σε δύο αλληλοσυμπληρούμενες κατευθύνσεις: την Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Understanding – NLU) και την Παραγωγή Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Generation – NLG). (Salehin et al., 2025)

Η Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Understanding – NLU) αποτελεί έναν από τους δύο θεμελιώδεις κλάδους της NLP και εστιάζει στην ικανότητα των μηχανών να

κατανοούν, να ερμηνεύουν και να αναλύουν την ανθρώπινη γλώσσα. Σε τεχνικό επίπεδο, η NLU ασχολείται με την εξαγωγή δομημένης πληροφορίας από μη δομημένα δεδομένα, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης οντοτήτων, συναισθημάτων, λέξεων-κλειδιών και βασικών εννοιών. Η ανάλυση αυτή λαμβάνει χώρα σε πολλαπλά γλωσσολογικά επίπεδα: το συντακτικό επίπεδο, που εξετάζει τη δομή της πρότασης, το σημασιολογικό επίπεδο, που αποσαφηνίζει το νόημα, και το πραγματολογικό επίπεδο, που εστιάζει στο πλαίσιο και την πρόθεση του ομιλητή. Η εξέλιξη της NLU επιταχύνθηκε σημαντικά με την ανάπτυξη αρχιτεκτονικών βαθιάς μάθησης, όπως το BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), που αξιοποιούν αμφίδρομες αναπαραστάσεις για να αποτυπώνουν βαθιές συμφραζόμενες σχέσεις μέσα στο κείμενο. Στόχος της NLU παραμένει η γεφύρωση του χάσματος μεταξύ ανθρώπινης επικοινωνίας και υπολογιστικής κατανόησης, επιτρέποντας την επεξεργασία ποικίλων μορφών και αποχρώσεων της φυσικής γλώσσας. (Khurana et al., 2023; Salehin et al., 2025)

Η Παραγωγή Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Generation – NLG) αποτελεί τη συμπληρωματική διαδικασία της NLU και ορίζεται ως η υπολογιστική παραγωγή συνεκτικών φράσεων, προτάσεων ή παραγράφων από εσωτερικές αναπαραστάσεις δεδομένων. Η διαδικασία αυτή οργανώνεται γενικά σε τέσσερα αλληλένδετα στάδια: τον προσδιορισμό επικοινωνιακών στόχων, την επιλογή σχετικού περιεχομένου, την οργάνωσή του σε γλωσσική δομή και, τελικά, τη σύνθεση κατανοητού κειμένου ως έξοδο. Η σύγχρονη NLG έχει μετασχηματιστεί από την εμφάνιση των Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs), τα οποία επιτρέπουν τη δημιουργία κειμένου που αναπαράγει τη ροή και τη φυσικότητα της ανθρώπινης έκφρασης. Πρωταρχικός στόχος της NLG είναι η αυτόματη παραγωγή εγγράφων ή απαντήσεων που είναι αξιόπιστες, σαφείς και συναφείς με το εκάστοτε πλαίσιο. (Khurana et al., 2023; Myers et al., 2023; Salehin et al., 2025)

Τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (Large Language Models – LLMs) αντιπροσωπεύουν ένα ποιοτικό άλμα στην ιστορία της ΤΝ, σηματοδοτώντας τη μετάβαση από εξειδικευμένα συστήματα μιας εργασίας σε μοντέλα γενικής χρήσης με πολλαπλές ικανότητες. Πρόκειται για εξελιγμένα νευρωνικά δίκτυα μεγάλης κλίμακας, εκπαιδευμένα σε μεγάλο εύρος λεξιλογίου από ετερογενείς πηγές, τα οποία αξιοποιούν αυτοπαλίνδρομες αρχιτεκτονικές (autoregressive architectures) για την πρόβλεψη διαδοχικών γλωσσικών μονάδων (tokens). Τα συστήματα αυτά λειτουργούν στατιστικά δημιουργώντας εξαρτήσεις μεταξύ κάθε εξόδου και του προηγούμενου κειμένου. (Myers et al., 2023; Salehin et al., 2025)

Η τεχνολογική θεμελίωση των LLMs βασίζεται στην αρχιτεκτονική Transformer, που εισήχθη το 2017. Σε αντίθεση με τα προγενέστερα RNN που επεξεργάζονταν σειριακά τα δεδομένα, ο Transformer επιτρέπει την παράλληλη επεξεργασία ολόκληρης της ακολουθίας εισόδου ταυτόχρονα, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα εκπαίδευσης. Ο πυρήνας της αρχιτεκτονικής αυτής είναι ο μηχανισμός προσοχής (attention mechanism), ο οποίος επιτρέπει στο μοντέλο να «εστιάζει» δυναμικά στις πλέον σχετικές λέξεις ή φράσεις μιας πρότασης κατά την ερμηνεία της, αναπαράγοντας με αυτόν τον τρόπο κάτι ανάλογο με τη συλλογιστική σχέση μεταξύ λέξεων που εκδηλώνεται στην ανθρώπινη γλωσσική κατανόηση. (Bandi et al., 2023; Mora-Delgado et al., 2026; Salehin et al., 2025)

Τα LLMs αναπτύσσονται μέσω δύο διαδοχικών σταδίων εκπαίδευσης. Στο πρώτο στάδιο, τη Προ-εκπαίδευση (Pre-training), το μοντέλο εκτίθεται σε τεράστια σύνολα δεδομένων και μαθαίνει μέσω μη εποπτευόμενης μάθησης τη στατιστική δομή της γλώσσας, δηλαδή τις συντακτικές σχέσεις, τα σημασιολογικά πλαίσια και τις αναλογίες μεταξύ εννοιών. Στο δεύτερο στάδιο, τον Μικρο-συντονισμό (Fine-tuning), το προ-εκπαιδευμένο μοντέλο προσαρμόζεται σε συγκεκριμένες εφαρμογές, χρησιμοποιώντας μικρότερα, εξειδικευμένα σύνολα δεδομένων. Αυτή η αρχιτεκτονική αποτελεί έναν από τους βασικούς λόγους για την ιδιαίτερα αποτελεσματική χρήση των LLMs σε διαφορετικούς τομείς εξειδικευμένης γνώσης. (Mora-Delgado et al., 2026; Myers et al., 2023; Salehin et al., 2025)

Η Generative TN (Generative AI – GenAI) αποτελεί την πιο πρόσφατη και δυναμική εξελικτική φάση της TN, σηματοδοτώντας μια θεμελιώδη μετατόπιση από την ανάλυση δεδομένων στη δημιουργία νέου περιεχομένου. Ενώ η παραδοσιακή TN εστιάζει στην αναγνώριση προτύπων και την ταξινόμηση, η GenAI αξιοποιεί μοντέλα βαθιάς μάθησης για να παράγει πρωτότυπα αποτελέσματα (κείμενο, εικόνα, ήχο, βίντεο και κώδικα), που προσεγγίζουν ή και επεκτείνουν την ανθρώπινη δημιουργικότητα. (Bandi et al., 2023; Mora-Delgado et al., 2026; Patel et al., 2026; Salehin et al., 2025)

Η λειτουργία της GenAI βασίζεται σε διαφορετικές προηγμένες αρχιτεκτονικές, καθεμία κατάλληλη για διαφορετικούς τύπους εξόδου. Μια σημαντική αρχιτεκτονική αποτελούν τα Γενετικά Ανταγωνιστικά Δίκτυα (Generative Adversarial Networks – GANs), τα οποία αποτελούνται από δύο ανταγωνιζόμενα δίκτυα, έναν παραγωγό που δημιουργεί νέα δεδομένα και έναν κριτή που αξιολογεί αν αυτά μοιάζουν με πραγματικά. Η αλληλεπίδραση αυτή οδηγεί σταδιακά σε αποτελέσματα εντυπωσιακού ρεαλισμού, ιδίως στη σύνθεση εικόνων. Τα Μοντέλα Διάχυσης (Diffusion Models) αποτελούν μια διαφορετική αρχιτεκτονική και

λειτουργούν εισάγοντας σταδιακά τυχαίο «θόρυβο» στα δεδομένα και εκπαιδεύοντας το δίκτυο να αντιστρέφει αυτή τη διαδικασία, δηλαδή να «ανακτά» το αρχικό σήμα από τον θόρυβο, παράγοντας νέο περιεχόμενο υψηλής ποιότητας από ένα κείμενο-περιγραφή (prompt). (Bandi et al., 2023; Janiesch et al., 2021; Patel et al., 2026; Salehin et al., 2025)

Η κατανόηση αυτής της εξελικτικής πορείας, από τη ML και τη DL στη NLP, και από εκεί στα LLMs και τη GenAI, είναι σημαντική για τη μελέτη του βαθμού ετοιμότητας οποιουδήποτε κλάδου να αφομοιώσει και να αξιοποιήσει τις δυνατότητες της TN. Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και η παρούσα έρευνα, που εξετάζει την κατάσταση στην ελληνική φαρμακευτική βιομηχανία.

2.2. Ο κλάδος του φαρμάκου στην Ελλάδα

Ο φαρμακευτικός τομέας στην Ελλάδα είναι ένας από τους πιο σημαντικούς στρατηγικά κλάδους της εθνικής οικονομίας, διότι συνδέει τη δημόσια υγεία, τη βιομηχανική παραγωγή, την επιστημονική απασχόληση, την ερευνητική δραστηριότητα, τις εξαγωγές και τις επενδύσεις.

Το 2023, η συνολική συμβολή του φαρμακευτικού τομέα στην ελληνική οικονομία εκτιμήθηκε σε €6,9 δισ., που αντιστοιχεί περίπου στο 3,1% του ΑΕΠ. Η SFEE αναφέρει επίσης επίπτωση περίπου €1,9 δισ. στα φορολογικά έσοδα και συνολική συνεισφορά απασχόλησης περίπου 119.000 θέσεων εργασίας, ίση με το 2,8% της συνολικής απασχόλησης στην Ελλάδα. (*Greek Pharmaceutical Industry Investment to Ensure European Supply*, 2026; *SFEE - Hellenic Association of Pharmaceutical Companies*, n.d.)

Το ελληνικό φαρμακευτικό οικοσύστημα περιλαμβάνει εγχώριους κατασκευαστές, πολυεθνικές φαρμακευτικές εταιρείες, κατόχους άδειας κυκλοφορίας, χονδρεμπόρους, ιδιωτικά φαρμακεία, φαρμακεία νοσοκομείων, φαρμακεία του ΕΟΠΥΥ, δημόσιους πληρωτές, ερευνητικούς οργανισμούς και ρυθμιστικές αρχές. Αυτό δημιουργεί ένα μικτό οικοσύστημα όπου ο τομέας λειτουργεί τόσο ως συνιστώσα χρηματοδότησης της υγειονομικής περίθαλψης όσο και ως παραγωγική και εξαγωγική βιομηχανική δραστηριότητα. (IOBE & SFEE, 2024)

Ο Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων (ΕΟΦ) είναι η αρμόδια εθνική αρχή που εποπτεύει τα φαρμακευτικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων του ρυθμιστικού ελέγχου, της παρακολούθησης της αγοράς, της φαρμακοεπαγρύπνησης, των μέτρων που σχετίζονται με

ελλείψεις και των πληροφοριών για κλινικές δοκιμές. Ο ΕΟΠΥΥ είναι ο κύριος δημόσιος πληρωτής για την διανομή των φαρμάκων σε εξωτερικούς ασθενείς. (*EUROPEAN COMMISSION Decision of the National Organization for Medicines (EOF) 2024 on the Provisional Prohibition of Parallel Exports and Intra-Community Handling of Medicinal Products*, 2024; Kani Chara et al., 2024)

Οι δημογραφικές εξελίξεις αποτελούν κεντρικό παράγοντα της ζήτησης φαρμάκων στην Ελλάδα. Το προσδόκιμο ζωής στην Ελλάδα έφτασε τα 81,9 χρόνια το 2024, ελαφρώς πάνω από τον μέσο όρο των 81,7 ετών της ΕΕ, υποδεικνύοντας ότι η Ελλάδα παραμένει μια χώρα σχετικά υψηλής μακροζωίας με αυξημένες μακροπρόθεσμες ανάγκες για υγειονομική περίθαλψη και φαρμακευτική περίθαλψη. (Eurostat, 2026; IOBE & SFEE, 2024)

Η γήρανση του πληθυσμού είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη φαρμακευτική αγορά. Το 2024, τα άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών αντιπροσώπευαν περίπου το 23,3% του ελληνικού πληθυσμού και οι προβλέψεις δείχνουν σταδιακή αύξηση σε περίπου 33,1% μέχρι το 2070. Η γήρανση του πληθυσμού αυξάνει σημαντικά τη ζήτηση φαρμάκων. Το ΣΦΕΕ και το IOBE αναφέρουν ότι το 2024, το 24,5% του ελληνικού πληθυσμού ηλικίας 16 ετών και άνω είχε χρόνια πρόβλημα υγείας, ενώ μεταξύ των ατόμων άνω των 65 ετών το ποσοστό αυτό ξεπέρασε το 60%. Η τάση αυτή δημιουργεί ανοδικές πιέσεις στις χρόνιες θεραπείες, τα νοσοκομειακά φάρμακα, τα φάρμακα υψηλού κόστους και τη μακροχρόνια φαρμακευτική περίθαλψη. (“Country Health Profile 2025: Greece. State of Health in the EU,” 2025; IOBE & SFEE, 2024)

Η συνολική φαρμακευτική δαπάνη έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με το ΣΦΕΕ/IOBE και τις σχετικές αναφορές, η συνολική φαρμακευτική δαπάνη, συμπεριλαμβανομένων των εξωτερικών ασθενών και των νοσοκομειακών φαρμάκων, ανήλθε σε €7,5 δισ. το 2023 και εκτιμήθηκε σε €8,5 δισ. το 2024. Αυτή η ανοδική τάση αντανακλά τη δημογραφική πίεση, τις επιδημιολογικές ανάγκες, την καινοτομία, τα φάρμακα νοσοκομειακού και υψηλού κόστους, καθώς και τη δομή χρηματοδότησης του ελληνικού φαρμακευτικού συστήματος. (*Pharmaceutical Spending Reached 8.5 Billion Euros in 2024*, 2024; IOBE & SFEE, 2024)

Μέρος της ζήτησης φαρμάκων στην Ελλάδα καλείται να καλύψει η ελληνική φαρμακοβιομηχανία, ενώ επεκτείνεται και σε εξαγωγές αλλά και επενδύσεις που επηρεάζουν σημαντικά την οικονομία της χώρας.

Η ελληνική φαρμακευτική αγορά ρυθμίζεται μέσω κοινοτικών και εθνικών κανόνων για την έγκριση φαρμάκων, την τιμολόγηση, την επιστροφή χρημάτων, τη διανομή, τη φαρμακοεπαγρύπνηση, τις απαιτήσεις κατά της παραποίησης και τη διαχείριση ελλείψεων. Ο ΕΟΦ ρυθμίζει την τιμολόγηση των φαρμάκων, εποπτεύει την επάρκεια και την ασφάλεια της αγοράς και παρέχει δημόσια εργαλεία και πληροφορίες για τους πολίτες, τους επαγγελματίες υγείας και τη βιομηχανία. (EUROPEAN COMMISSION Decision of the National Organization for Medicines (EOF) 2024 on the Provisional Prohibition of Parallel Exports and Intra-Community Handling of Medicinal Products, 2024; Kani Chara et al., 2024)

Η φαρμακευτική τιμολόγηση και αποζημίωση στην Ελλάδα περιλαμβάνει ετήσια επανατιμολόγηση, ειδικούς κανόνες για νέες δραστικές ουσίες και γενόσημα, τιμολόγηση αναφοράς, ρυθμιζόμενα περιθώρια διανομής και πληρωμή με συμβολική συμμετοχή ασθενών. Το προφίλ του PPRI Greece 2024 περιγράφει τη λογική της τιμής αναφοράς ως συνδεδεμένη με το ημερήσιο κόστος θεραπείας στις θεραπευτικές κατηγορίες και προσδιορίζει τον ΕΟΠΥΥ ως τον κύριο πληρωτή της υγειονομικής περίθαλψης. (Kani Chara et al., 2024)

Η πληρωμή με συμβολική συμμετοχή ασθενών είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της αγοράς. Το προφίλ PPRI 2024 δείχνει τα προβλεπόμενα από το νόμο ποσοστά συνεισφοράς των ασθενών είναι 0% για σοβαρές ασθένειες και φάρμακα υψηλού κόστους, 10% για ορισμένες χρόνιες παθήσεις και 25% ως σύνηθες ποσοστό για πολλά φάρμακα. Τα υψηλού κόστους φάρμακα για σοβαρές ή σπάνιες χρόνιες παθήσεις που διανέμονται μέσω των φαρμακείων του ΕΟΠΥΥ παρέχονται δωρεάν στους ασθενείς. (Kani Chara et al., 2024)

Η διανομή οργανώνεται μέσω κατασκευαστών και εισαγωγέων, χονδρεμπόρων, φαρμακείων, νοσοκομείων και φαρμακείων του ΕΟΠΥΥ. Η ΕΛΣΤΑΤ ανέφερε 11.498 φαρμακοποιούς στην Ελλάδα το 2024, ενώ τα ιδιωτικά φαρμακεία και οι χονδρέμποροι παραμένουν απαραίτητοι για την πρόσβαση, ειδικά επειδή η Ελλάδα έχει γεωγραφικά διεσπαρμένο πληθυσμό και πολλές νησιωτικές περιοχές. (HELLENIC REPUBLIC HELLENIC STATISTICAL AUTHORITY, 2024; Statistics - ELSTAT, n.d.)

Οι ελλείψεις φαρμάκων εξακολουθούν να αποτελούν επίμονη πρόκληση πολιτικής. Η έκθεση πολιτικής της SFEE για το 2024 αναφέρει ότι οι ελλείψεις αποτελούν μακροχρόνιο πρόβλημα στα ευρωπαϊκά συστήματα υγείας και ιδιαίτερα στην Ελλάδα, το οποίο συνδέεται με τις χαμηλές τιμές, τις παράλληλες εξαγωγές, τη διαθεσιμότητα πρώτων υλών και την ανάγκη για καλύτερη παρακολούθηση της πλήρους αλυσίδας διανομής. Ο ΕΟΦ μπορεί να ανταποκριθεί

με προσωρινές και επιλεκτικές απαγορεύσεις εξαγωγών όταν εντοπίζονται ελλείψεις ή κίνδυνοι έλλειψης. (EUROPEAN COMMISSION Decision of the National Organization for Medicines (EOF) 2024 on the Provisional Prohibition of Parallel Exports and Intra-Community Handling of Medicinal Products, 2024; SFEE, 2024)

Παράλληλα, σημαντική ρυθμιστική εξέλιξη αποτελούν οι απαιτήσεις σειριοποίησης (serialization) και για τον περιορισμό της παραποίησης στοιχείων. Σύμφωνα με τον κανονισμό της ΕΕ 2016/161, κάθε παραγόμενο προϊόν οφείλει πλέον να φέρει ειδικό κωδικό και data matrix που καταγράφεται και αντιστοιχίζεται με τα δεδομένα παραγωγής του. Ο Οργανισμός Ελέγχου Φαρμάκων Ελλάδος (HMVO) αναμένεται να λειτουργήσει ως σύνδεσμος μεταξύ του συστήματος επαλήθευσης και των ιδιωτικών φαρμακείων, των φαρμακείων του ΕΟΠΥΥ και των νοσοκομειακών φαρμακείων. (Regulation (EU) 2016/161, 2016)

Χαρακτηριστικό της ελληνικής φαρμακευτικής αγοράς είναι η εκτεταμένη χρήση υποχρεωτικών επιστροφών μέσω rebate και clawback. Οι μηχανισμοί αυτοί εισήχθησαν ως εργαλεία περιορισμού του κόστους για τη διατήρηση της δημόσιας φαρμακευτικής δαπάνης εντός προκαθορισμένων προϋπολογισμών, αλλά επίσης μεταφέρουν ένα μεγάλο μέρος της χρηματοδοτικής επιβάρυνσης από το κράτος στις φαρμακευτικές εταιρείες. (Pharmaceutical Spending Reached 8.5 Billion Euros in 2024, 2024; IOBE & SFEE, 2024)

Η έκπτωση rebate είναι μια υποχρεωτική έκπτωση που χορηγείται από τις φαρμακευτικές εταιρείες στον δημόσιο πληρωτή, κυρίως στον ΕΟΠΥΥ, με βάση τους κανόνες επιστροφής χρημάτων και πωλήσεων. Μειώνει το τελικό ποσό που καταβάλλεται από το δημόσιο σύστημα για τα φάρμακα και λειτουργεί παράλληλα με τις ρυθμιζόμενες τιμές της Ελλάδας, την τιμολόγηση αναφοράς και το πλαίσιο της πληρωμής με συμβολική συμμετοχή των ασθενών. (Kani Chara et al., 2024; Pharmaceutical Spending Reached 8.5 Billion Euros in 2024, 2024)

Το clawback είναι ένας αυτόματος μηχανισμός επιστροφών που ενεργοποιείται όταν η πραγματική φαρμακευτική δαπάνη υπερβαίνει τον προκαθορισμένο δημόσιο προϋπολογισμό. Όταν οι δαπάνες υπερβαίνουν το ανώτατο όριο του προϋπολογισμού, οι φαρμακευτικές εταιρείες υποχρεούνται να επιστρέψουν το πλεονάζον ποσό στο κράτος, συνήθως αναλογικά με τις πωλήσεις τους. Αυτό καθιστά το clawback έναν αναδρομικό και αυτόματο μηχανισμό ελέγχου των δαπανών. (Pharmaceutical Spending Reached 8.5 Billion Euros in 2024, 2024; Αγγελοπούλου, 2026)

Το οικονομικό μέγεθος της έκπτωσης rebate και του clawback είναι σημαντικό. Η συνολική φαρμακευτική δαπάνη εκτιμήθηκε σε €8,5 δισ. το 2024, ενώ η δημόσια δαπάνη εκτιμήθηκε σε περίπου €3,0 δισ. και η υποχρεωτική συνεισφορά της φαρμακευτικής βιομηχανίας μέσω επιστροφής και ανάκτησης εκτιμήθηκε σε €4,6 δισ. (*Pharmaceutical Spending Reached 8.5 Billion Euros in 2024*, 2024; IOBE & SFEE, 2024)

Οι υψηλές υποχρεωτικές επιστροφές δημιουργούν ανησυχίες σχετικά με τη βιωσιμότητα, την επενδυτική προβλεψιμότητα και την πρόσβαση των ασθενών στην καινοτομία. Η Ναυτεμπορική ανέφερε ότι η αυξητική τάση των υποχρεωτικών επιστροφών μπορεί να κάνει τις επενδύσεις και την εισαγωγή καινοτόμων φαρμάκων πιο δύσκολες, και να οδηγήσει σε καθυστερήσεις στη διαθεσιμότητα νέων θεραπειών στην Ελλάδα σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες. (*Pharmaceutical Spending Reached 8.5 Billion Euros in 2024*, 2024)

Ο μηχανισμός clawback επενδύσεων έχει μετατρέψει εν μέρει αυτήν την πίεση σε επενδυτικό κίνητρο. Στο πλαίσιο του εθνικού σχεδίου ανάκαμψης και ανθεκτικότητας «Ελλάδα 2.0», ορισμένες υποχρεώσεις clawback μπορούν να αντισταθμιστούν από τις δαπάνες για έρευνα και ανάπτυξη, επενδύσεις παραγωγής, ανάπτυξη προϊόντων ή γραμμές παραγωγής. Η Ναυτεμπορική αναφέρει ότι ο μηχανισμός αυτός συνέβαλε στην κινητοποίηση περίπου €1,6 δισ. σε φαρμακευτικές επενδύσεις. (Αγγελοπούλου, 2026)

Παρά τους μηχανισμούς rebate και clawback, η εγχώρια φαρμακευτική παραγωγή είναι ιδιαίτερα εξελιγμένος και διευρυμένος κλάδος στην ελληνική βιομηχανία. Ο απολογισμός της SFEE αναφέρεται σε 44 εργοστάσια παραγωγής φαρμάκων στην Ελλάδα. Η Ναυτεμπορική έχει τονίσει ότι η Ελλάδα αντιπροσωπεύει σήμερα περίπου το 12% της παραγωγικής ικανότητας της ΕΕ, παρά το σχετικά μικρό μέγεθος της αγοράς της χώρας. Αυτό υποστηρίζει την άποψη ότι η φαρμακευτική παραγωγή είναι ένας ιδιαίτερα ανταγωνιστικός ελληνικός βιομηχανικός κλάδος για την ασφάλεια του εφοδιασμού της ευρωπαϊκής ένωσης. (SFEE, 2024; Αγγελοπούλου, 2025, 2026)

Οι εξαγωγές αποτελούν σημαντικό δείκτη του διεθνούς προσανατολισμού του τομέα. Τα στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας για τα φαρμακευτικά προϊόντα HS 30 αναφέρουν επίσης τις ελληνικές εξαγωγές φαρμακευτικών προϊόντων ύψους περίπου 3,04 δισεκατομμυρίων δολαρίων το 2024, με τη Γερμανία, την Αυστρία, τη Γαλλία, την Κύπρο και την Ιταλία ως κορυφαίους προορισμούς. (*Greek Pharmaceutical Industry Investment to Ensure European Supply*, 2026; World Integrated Trade Solution, 2024)

Η επενδυτική δραστηριότητα έχει αυξηθεί ιδιαίτερα μετά το μηχανισμό clawback επενδύσεων. Η Ναυτεμπορική αναφέρει ότι το επενδυτικό πρόγραμμα των ελληνικών φαρμακοβιομηχανιών αναμένεται να ανέλθει σε περίπου €1,5 δισ. έως το 2026 και να περιλαμβάνει 10 νέα εργοστάσια, 56 γραμμές παραγωγής και 14 νέες δομές E&A. (Αγγελοπούλου, 2025, 2026)

Ένα ιδιαίτερα ορατό παράδειγμα είναι το πάρκο φαρμακευτικής επιστήμης κοντά στην Τρίπολη. Το Enterprise Greece αναφέρει ότι το έργο υποστηρίζεται από περίπου €500 εκατομμύρια σε επενδύσεις από τις μεγαλύτερες φαρμακευτικές εταιρείες, μπορεί να προμηθεύσει έως και το 30% της ζήτησης της ΕΕ για επιλεγμένα φάρμακα, ενώ παράλληλα υποστηρίζει περισσότερες από 1.500 θέσεις εργασίας. (*Greek Pharmaceutical Industry Investment to Ensure European Supply*, 2026; Αγγελοπούλου, 2026)

Η συμβολή του τομέα στην απασχόληση είναι σημαντική. Η SFEE και η Enterprise Greece αναφέρουν ότι η συνολική συμβολή του φαρμακευτικού τομέα στην απασχόληση είναι περίπου 119.000 θέσεις εργασίας, ή το 2,8% της συνολικής απασχόλησης στην Ελλάδα. Αυτό περιλαμβάνει άμεσες, έμμεσες και προκαλούμενες επιπτώσεις στην απασχόληση σε ολόκληρη την παραγωγή, την E&A, την εφοδιαστική, τη χονδρική, τη λιανική, τις υπηρεσίες και τις υποστηρικτικές δραστηριότητες. (*Greek Pharmaceutical Industry Investment to Ensure European Supply*, 2026; *SFEE - Hellenic Association of Pharmaceutical Companies*, n.d.)

Ο τομέας έχει επίσης πολλαπλασιαστικό αποτέλεσμα. Το Enterprise Greece αναφέρει ότι για κάθε €1 προστιθέμενης αξίας που παράγεται από φαρμακευτικές εταιρείες, δημιουργείται επιπλέον €1.3 σε όλη την ευρύτερη ελληνική οικονομία. Αυτό δείχνει ότι η φαρμακευτική δραστηριότητα υποστηρίζει τους προμηθευτές, την εφοδιαστική, την έρευνα, τις επαγγελματικές υπηρεσίες, τις υποδομές υγειονομικής περίθαλψης και τα δημόσια έσοδα πέρα από τον ίδιο τον τομέα. (*Greek Pharmaceutical Industry Investment to Ensure European Supply*, 2026)

Παράλληλα, η έρευνα και η ανάπτυξη είναι όλο και πιο σημαντικές για το ελληνικό φαρμακευτικό οικοσύστημα. Με βάση τη μελέτη IOBE/SFEE Facts and Figures 2024 αναφέρεται ότι οι δαπάνες E&A του φαρμακευτικού τομέα ανήλθαν σε €161 εκατ. το 2022, ενώ κατά την περίοδο 1995-2024 η Ελλάδα διενήργησε 2.034 κλινικές μελέτες, εκ των οποίων ολοκληρώθηκαν 1.715. (EOF, n.d.; *Pharmaceutical Spending Reached 8.5 Billion Euros in 2024*, 2024; IOBE & SFEE, 2024)

Η έρευνα παραμένει ένας τομέας με ισχυρές δυνατότητες που υστερεί όμως σε υποδομές. Οι νέες επενδύσεις E&A αναμένεται να επεκτείνουν αυτήν την ικανότητα. Η Ναυτεμπορική αναφέρει ότι το ελληνικό φαρμακευτικό επενδυτικό πρόγραμμα περιλαμβάνει 14 νέες δομές E&A μέχρι το 2026, παράλληλα με νέες μονάδες παραγωγής και γραμμές παραγωγής, δημιουργώντας δυνατότητες για υψηλότερη εγχώρια προστιθέμενη αξία, μεταφορά τεχνολογίας και επιστημονική απασχόληση. (Αγγελοπούλου, 2025, 2026)

Η πρόσβαση σε καινοτόμα φάρμακα παραμένει μια πρόκληση. Η Ναυτεμπορική, επικαλούμενη ευρήματα του IOBE/ΣΦΕΕ, ανέφερε ότι από τα 173 νέα φάρμακα που εγκρίθηκαν κατά την περίοδο 2020-2023, μόνο 75 εισήχθησαν στην Ελλάδα και μόνο περίπου ένα στα πέντε καινοτόμα φάρμακα από την τελευταία τετραετία ήταν διαθέσιμα στη χώρα. Αυτό δείχνει ότι οι όροι πρόσβασης στην αγορά, αποζημίωσης και χρηματοδότησης επηρεάζουν την πρόσβαση των ασθενών στην καινοτομία. (*Pharmaceutical Spending Reached 8.5 Billion Euros in 2024*, 2024)

Η μελέτη του IOBE του 2026 «Παραγωγικότητα και Ανάπτυξη: Ανάλυση Τάσεων και Τομέων της Ελληνικής Οικονομίας» προσδιορίζει την παραγωγικότητα ως μία από τις κεντρικές διαρθρωτικές προκλήσεις της ελληνικής οικονομίας. Σύμφωνα με τη μελέτη, η παραγωγικότητα της εργασίας στην Ελλάδα παραμένει κοντά στα επίπεδα του 2000, ενώ το χάσμα με την ΕΕ διευρύνθηκε κατά την περίοδο 2000-2024. Συγκεκριμένα, αναφέρει ότι η παραγωγικότητα ανά απασχολούμενο στην Ελλάδα αντιστοιχεί περίπου στο 54% του επιπέδου της ΕΕ, ενώ η παραγωγικότητα ανά ώρα εργασίας αντιστοιχεί περίπου στο 43% του επιπέδου της ΕΕ. Αυτό συνεπάγεται ότι η μακροπρόθεσμη σύγκλιση με την Ευρώπη δεν μπορεί να βασίζεται μόνο σε υψηλότερη απασχόληση, αλλά απαιτεί ισχυρότερη παραγωγικότητα, καινοτομία, επενδύσεις και τεχνολογική αναβάθμιση. Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, η παραγωγικότητα της εργασίας ανά εργαζόμενο (2024) ήταν στα καταλύματα και εστίαση 20,400€, στις μεταφορές και αποθήκευση 48,000€, στο χονδρικό και λιανικό εμπόριο 25,200€, στις κατασκευές 22,900€, στη βιομηχανία 62,900€ και στον αγροτικό τομέα 17,500€. (IOBE, 2026)

Η μελέτη παραγωγικότητας δείχνει επίσης ότι η πρόσφατη αύξηση του ΑΕΠ στην Ελλάδα υποστηρίχθηκε κυρίως από την υψηλότερη απασχόληση και όχι από την ισχυρή αύξηση της παραγωγικότητας. Αυτό δημιουργεί διαρθρωτικό περιορισμό, διότι, καθώς μειώνεται η ανεργία και αυξάνονται οι δημογραφικές πιέσεις, η Ελλάδα θα χρειαστεί τομείς ικανούς να παράγουν υψηλότερη προστιθέμενη αξία ανά εργαζόμενο. Η μελέτη της φαρμακοβιομηχανίας

του IOBE αναδεικνύει την πολλαπλασιαστική αξία των επενδύσεων σε παραγωγικές μονάδες. Σύμφωνα με τη μελέτη, για κάθε €1 εκατ. που επενδύεται σε νέες παραγωγικές μονάδες, η απόδοση των επενδύσεων προσεγγίζει το 86%, δημιουργούνται περίπου 20 νέες θέσεις εργασίας και τα κέρδη από τα δημόσια έσοδα αντιστοιχούν στο 22,5% της επενδυτικής δαπάνης. Η λειτουργία νέων παραγωγικών μονάδων εκτιμάται ότι θα έχει συνολικό αποτέλεσμα ΑΕΠ ίσο με το 129% της επενδυτικής δαπάνης. (IOBE, 2026)

Ο φαρμακευτικός τομέας στην Ελλάδα αποτελεί αναγκαιότητα του συστήματος υγείας αλλά και στρατηγικό βιομηχανικό πυλώνα. Συμβάλλει σημαντικά στο ΑΕΠ, την απασχόληση, τα φορολογικά έσοδα, τις εξαγωγές, την ερευνητική δραστηριότητα και την εγχώρια παραγωγική ικανότητα. Η σημασία της ενισχύεται από τη δημογραφική γήρανση και την ανάγκη για ανθεκτικά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και εφοδιασμού.

2.3. Δεδομένα και ψηφιακή ωριμότητα

2.3.1. Ψηφιοποίηση δεδομένων

Με τον όρο «ψηφιοποίηση δεδομένων» καλείται η μετατροπή πληροφοριών σε δεδομένα που καταγράφονται από ψηφιακές συσκευές και αποθηκεύονται σε ηλεκτρονική μορφή. Η διαδικασία αυτή συνιστά το πρώτο και αναγκαίο βήμα στην πορεία προς την ψηφιακή ωριμότητα των σύγχρονων επιχειρήσεων. Η επίτευξη της ψηφιακής ωριμότητας ακολουθεί μια ιεραρχική πρόοδο: τα ακατέργαστα δεδομένα (σήματα) οργανώνονται σε πληροφορία, η οποία στη συνέχεια αξιοποιείται μέσω τεχνητής νοημοσύνης για την παραγωγή γνώσης. Η γνώση αυτή, τέλος, μετασχηματίζεται σε σοφία που τροφοδοτεί την αυτόνομη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Για να καταστεί εφικτή η διαδικασία αυτή, τα δεδομένα πρέπει να πληρούν τρεις βασικές προϋποθέσεις: να είναι ψηφιοποιημένα, τυποποιημένα και δομημένα. Η αποτελεσματικότητα των μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης εξαρτάται άμεσα από τον όγκο και την ποιότητα των δεδομένων που επεξεργάζονται. (Arden et al., 2021)

Βιομηχανία 4.0 – Έξυπνο Εργοστάσιο

Η ψηφιοποίηση των δεδομένων δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη συστημάτων αυτοματισμού, διασυνδεσιμότητας και αυτόνομης λήψης αποφάσεων που αποτελούν τον πυρήνα του Έξυπνου Εργοστασίου και των αρχών της Βιομηχανίας 4.0. Ο όρος «Βιομηχανία 4.0» ανακοινώθηκε το 2011 και σηματοδοτεί μια στρατηγική στροφή προς τα Κυβερνο-

Φυσικά Συστήματα (Cyber-Physical Systems – CPS), στα οποία οι φυσικοί παράγοντες της παραγωγής ενσωματώνονται με ψηφιακούς μηχανισμούς ελέγχου. Πρωταρχικός στόχος της Βιομηχανίας 4.0 είναι η δημιουργία του «Εξυπνου Εργοστασίου» (Smart Factory), το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα αυτοματισμού, διασυνδεσιμότητας και βελτιστοποίησης διεργασιών σε πραγματικό χρόνο. (Pizoń & Gola, 2023; Raja Santhi & Muthuswamy, 2023)

Από τεχνολογική σκοπιά, η Βιομηχανία 4.0 στηρίζεται στην κάθετη και οριζόντια ενσωμάτωση συστημάτων. Η κάθετη ενσωμάτωση (vertical integration) αφορά τη διασύνδεση των ιεραρχικών επιπέδων εντός ενός εργοστασίου. Ξεκινά από το επίπεδο του πεδίου (αισθητήρες και ενεργοποιητές), περνά από τον έλεγχο της παραγωγής μέσω των Συστημάτων Εκτέλεσης Παραγωγής (Manufacturing Execution Systems – MES) και καταλήγει στο επίπεδο της επιχειρηματικής διοίκησης, δηλαδή στα Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Πόρων (Enterprise Resource Planning – ERP). Αυτή η ροή πληροφοριών επιτρέπει στα σήματα από τις μηχανές να μετατρέπονται άμεσα σε επιχειρηματικά δεδομένα για τη λήψη αποφάσεων. Η οριζόντια ενσωμάτωση (horizontal integration) επεκτείνει αυτή τη συνδεσιμότητα πέρα από τα όρια της επιχείρησης, ενοποιώντας ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα. (Arden et al., 2021; Pizoń & Gola, 2023; Saihi et al., 2023)

Η ενσωμάτωση αυτή αποσκοπεί στην επίτευξη μαζικής εξατομίκευσης (mass customization) των προϊόντων. Ενώ η παραδοσιακή μαζική παραγωγή εστιάζει στην κλίμακα και το χαμηλό κόστος μέσω της ομοιομορφίας, η Βιομηχανία 4.0 επιτρέπει την παραγωγή μεγάλης ποικιλίας προϊόντων που ανταποκρίνονται στις επιλογές του εκάστοτε πελάτη, διατηρώντας παράλληλα την αποδοτικότητα της μαζικής παραγωγής. Για την πραγματοποίηση μαζικής εξατομίκευσης αξιοποιείται η αυτόνομη λειτουργία μηχανών που χρησιμοποιούν δεδομένα πραγματικού χρόνου για αυτο-βελτιστοποίηση και προσαρμοστικότητα χωρίς σημαντική ανθρώπινη παρέμβαση. (Pizoń & Gola, 2023)

Παρά τα σημαντικά κέρδη στην αποδοτικότητα της παραγωγής και την ποιότητα των προϊόντων που αποφέρει η Βιομηχανία 4.0, έχει επικριθεί για τον περιθωριοποίηση του ανθρώπινου παράγοντα και την υπερβολική εστίαση στην τεχνική βελτιστοποίηση και στην αξία για τους μετόχους, αγνοώντας ευρύτερες κοινωνικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις. (Ivanov, 2023; Pizoń & Gola, 2023)

Βιομηχανία 5.0 – Ανθρωποκεντρική και Βιώσιμη Εξέλιξη

Η Βιομηχανία 5.0 δεν αναδύεται ως αντικατάσταση της Βιομηχανίας 4.0, αλλά ως συμπλήρωση και επέκτασή της, με τριπλή εστίαση στην ανθεκτικότητα, τη βιωσιμότητα και την ανθρωποκεντρική φιλοσοφία. Ενώ η Βιομηχανία 4.0 επικεντρώνεται στη «μηχανικοποίηση» του εργοστασίου, η Βιομηχανία 5.0 αναζητά τη συνέργεια μεταξύ ανθρώπινης δημιουργικότητας και μηχανικής αποδοτικότητας. (Ivanov, 2023)

Η μετάβαση στη Βιομηχανία 5.0 μετατοπίζει τον κεντρικό στόχο παραγωγής στη μαζική εξατομίκευση με βάση τον χρήστη (mass personalization), αναγνωρίζοντας ότι δεν υπάρχει μία και μόνη λύση που να εξυπηρετεί όλες τις ανάγκες. Βασικός τεχνολογικός ενεργοποιητής αυτής της μετάβασης είναι το συνεργατικό ρομπότ (cobot), που σχεδιάζεται για να εργάζεται παράλληλα με τους ανθρώπους, αντιλαμβάνεται και προσαρμόζεται στην παρουσία τους, ενώ αναλαμβάνει επικίνδυνες ή μονότονες εργασίες, αφήνοντας στους ανθρώπους-εμπειρογνώμονες χώρο για καινοτομία. (Ivanov, 2023; Pizoń & Gola, 2023; Raja Santhi & Muthuswamy, 2023)

Επιπλέον, η Βιομηχανία 5.0 επιδιώκει την εξισορρόπηση οικονομικής ανάπτυξης, περιβαλλοντικής διαχείρισης και κοινωνικής ευημερίας. Στο πλαίσιο αυτό, προωθεί την ενεργειακά αποδοτική αποθήκευση δεδομένων και την αξιοποίηση έξυπνων αισθητήρων για φιλτράρισμα ανεπιθύμητων δεδομένων στη μηχανή, με σκοπό τη μείωση της υπολογιστικής ισχύος που απαιτείται για την επεξεργασία τους. (Pizoń & Gola, 2023; Raja Santhi & Muthuswamy, 2023)

Αισθητήρες και Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός αρχίζει από τους έξυπνους αισθητήρες (smart sensors). Σε αντίθεση με τους συμβατικούς αισθητήρες, οι έξυπνοι αισθητήρες διαθέτουν εσωτερικό μικροεπεξεργαστή που τους επιτρέπει να εκτελούν ανεξάρτητα τη συλλογή, μετατροπή και επεξεργασία δεδομένων, επικοινωνώντας απευθείας με εξωτερικούς διακομιστές (cloud servers). Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούν το επίπεδο υλικού (hardware) του Βιομηχανικού Διαδικτύου των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things – IIoT), ενός συνεκτικού δικτύου διασυνδεδεμένων συσκευών που ανταλλάσσουν δεδομένα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση και εστιάζει αποκλειστικά στην υποστήριξη βιομηχανικών λειτουργιών, όπως η κατασκευή, ο ποιοτικός έλεγχος και η εφοδιαστική αλυσίδα. (Arden et al., 2021; Kodumuru et al., 2025; Raja Santhi & Muthuswamy, 2023)

Σε υψηλότερο επίπεδο πολυπλοκότητας βρίσκονται τα Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα (CPS). Ενώ το IoT αναφέρεται στη διασύνδεση αντικειμένων, ένα CPS περιλαμβάνει επιπλέον τα υπολογιστικά και ελεγκτικά στοιχεία που καθιστούν τα αντικείμενα αυτά πιο αποδοτικά. Σε ένα έξυπνο εργοστάσιο, ένα πλαίσιο CPS αποτελείται από τρία αλληλένδετα επίπεδα: το φυσικό επίπεδο (αισθητήρες και ενεργοποιητές), το επίπεδο επικοινωνίας (μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο) και το επίπεδο υπολογισμού (έξυπνη επεξεργασία δεδομένων και λήψη αποφάσεων). (Raja Santhi & Muthuswamy, 2023)

Ευφυΐα Δεδομένων (Data Intelligence)

Η τεράστια εισροή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από συσκευές IoT κατηγοριοποιείται ως Μεγάλα Δεδομένα (Big Data), που ορίζονται με βάση τρεις διαστάσεις: Όγκος (Volume), Ποικιλία (Variety) και Ταχύτητα (Velocity). Οι βιομηχανίες εφαρμόζουν διάφορα επίπεδα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων για την καλύτερη αξιοποίηση αυτών. Τα επίπεδα αυτά περιλαμβάνουν την περιγραφική ανάλυση, που αφορά στην κατανόηση των γεγονότων που έλαβαν χώρα, την προβλεπτική ανάλυση, η οποία χρησιμοποιεί μηχανική μάθηση για την πρόβλεψη για παράδειγμα μελλοντικών βλαβών ή ζήτησης, και την προνοητική ανάλυση, που επικεντρώνεται στον προσδιορισμό της βέλτιστης πορείας δράσης μέσω ανάλυσης σεναρίων. (Arden et al., 2021; Kodumuru et al., 2025; Raja Santhi & Muthuswamy, 2023)

Συμπληρωματικά προς αυτές τις αναλυτικές προσεγγίσεις, μια εξαιρετικά διαδεδομένη μέθοδος συλλογής και ανάλυσης δεδομένων είναι η Υπολογιστική Όραση (Computer Vision – CV). Αποτελεί έναν κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει στα συστήματα να εξάγουν ουσιώδεις πληροφορίες από οπτικές εισόδους, όπως εικόνες και βίντεο. Στο παραγωγικό περιβάλλον, η Υπολογιστική Όραση και η Μηχανική Όραση (Machine Vision – MV) αξιοποιούνται για υψηλής ταχύτητας, πραγματικού χρόνου έλεγχο ποιότητας, με ικανότητα επιθεώρησης προϊόντων με ακρίβεια που συχνά υπερβαίνει τις ανθρώπινες δυνατότητες. (Raja Santhi & Muthuswamy, 2023)

Υπολογιστική Υποδομή

Για την αντιμετώπιση των υπολογιστικών απαιτήσεων των Μεγάλων Δεδομένων και της τεχνητής νοημοσύνης, οι βιομηχανίες χρησιμοποιούν μια κατανομημένη αρχιτεκτονική που συνδυάζει τρεις βασικές τεχνολογίες: τον υπολογισμό νέφους (Cloud Computing), τον υπολογισμό ακμής (Edge Computing) και τον ομιχλώδη υπολογισμό (Fog Computing). (Greco et al., 2020; Kodumuru et al., 2025)

Ο υπολογισμός νέφους παρέχει την κλιμακούμενη υποδομή που απαιτείται για μακροπρόθεσμη αποθήκευση δεδομένων, έρευνα και ανάπτυξη πολύπλοκων μοντέλων μηχανικής μάθησης. Ο υπολογισμός ακμής επεξεργάζεται δεδομένα κοντά στην πηγή τους (απευθείας σε συσκευές IoT ή τοπικούς διακομιστές ακμής) με στόχο τη μείωση της καθυστέρησης (latency) και της κατανάλωσης εύρους ζώνης. Αυτό είναι κρίσιμο για εφαρμογές ευαίσθητες στο χρόνο, όπως η προβλεπτική συντήρηση και η παρακολούθηση ποιότητας. Τέλος, ο ομιχλώδης υπολογισμός λειτουργεί ως ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ ακμής και νέφους, αναλαμβάνοντας την ιεράρχηση δεδομένων και τον χειρισμό λειτουργικών καθηκόντων, όπως η ανάλυση και η εξαγωγή συμπερασμάτων. (Andrianandrianina Johanesa et al., 2024; Greco et al., 2020; Kodumuru et al., 2025)

Η ψηφιοποίηση δεδομένων αποτελεί τον ουσιαστικό μηχανισμό μέσω του οποίου η σύγχρονη βιομηχανία επιτυγχάνει ψηφιακή ωριμότητα. Διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα είναι τυποποιημένα, δομημένα και ασφαλώς αποθηκευμένα, οι οργανισμοί μπορούν να αξιοποιήσουν πλήρως τόσο τον αυτοματισμό της Βιομηχανίας 4.0 όσο και το ανθρωποκεντρικό, βιώσιμο όραμα της Βιομηχανίας 5.0.

2.3.2. Διακυβέρνηση και Ακεραιότητα δεδομένων (Data governance and integrity)

Η διακυβέρνηση δεδομένων στη φαρμακευτική βιομηχανία αποτελεί το συνολικό πλαίσιο κανόνων, πρακτικών και διαδικασιών βάσει των οποίων οι οργανισμοί διευθύνονται και ελέγχονται, με στόχο τη διασφάλιση ηθικών προτύπων, διαφάνειας και λογοδοσίας. Η εν λόγω δομή διακυβέρνησης είναι απαραίτητη για τη διαχείριση των κινδύνων που συνδέονται με την ανάπτυξη, την παραγωγή και τη διανομή φαρμακευτικών προϊόντων, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην ενίσχυση της εμπιστοσύνης μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών, συμπεριλαμβανομένων μετόχων, ασθενών και ρυθμιστικών αρχών. (Chinonso Chianumba et al., 2024)

Σε νομοθετικό επίπεδο, πρωτοβουλίες όπως η Ευρωπαϊκή Πράξη Διακυβέρνησης Δεδομένων (Data Governance Act – DGA) επιδιώκουν την ενίσχυση αυτής της εμπιστοσύνης μέσω της βελτίωσης των μηχανισμών διαθεσιμότητας δεδομένων και της υπέρβασης τεχνικών εμποδίων στην επαναχρησιμοποίησή τους σε στρατηγικούς τομείς. Η αποτελεσματική διακυβέρνηση δεδομένων απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που ενσωματώνει οργανωτικά μέτρα ελέγχου, όπως η εκπαίδευση προσωπικού και οι πολιτικές διατήρησης αρχείων, καθώς και

τεχνικά μέτρα ελέγχου, όπως η επικύρωση υπολογιστικών συστημάτων και η αυτοματοποίηση. Κρίσιμη προϋπόθεση για την επιτυχή υλοποίηση αυτών των συστημάτων είναι η υποστήριξη από τη διοίκηση, η οποία καλλιεργεί μια κουλτούρα ποιότητας, όπου η ακεραιότητα των δεδομένων αποτελεί οργανωτική αξία. (Charoo et al., 2023; Piachaud-Moustakis, 2022)

Η ακεραιότητα δεδομένων (Data Integrity – DI) ορίζεται ως ο βαθμός στον οποίο τα δεδομένα είναι πλήρη, συνεπή, ακριβή και αξιόπιστα καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Στο πλαίσιο της φαρμακευτικής παραγωγής, η ακεραιότητα δεδομένων δεν αποτελεί απλώς κανονιστική απαίτηση, αλλά ένα θεμελιώδες εργαλείο για την προστασία της δημόσιας υγείας, διασφαλίζοντας ότι τα φάρμακα πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα ποιότητας. (Charoo et al., 2023; Gokulakrishnan & Venkataraman, 2025)

Ο κλάδος εφαρμόζει το πλαίσιο ALCOA+, το οποίο ορίζει ότι τα δεδομένα πρέπει να είναι Αποδοτέα (Attributable), Αναγνώσιμα (Legible), Σύγχρονα (Contemporaneous), Πρωτότυπα (Original) και Ακριβή (Accurate), με τις πρόσθετες απαιτήσεις να είναι Πλήρη (Complete), Συνεπή (Consistent), Διαρκή (Enduring) και Διαθέσιμα (Available). Οι αρχές αυτές εφαρμόζονται τόσο σε έντυπα όσο και σε ηλεκτρονικά αρχεία και πρέπει να τηρούνται σε όλα τα στάδια, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας, επεξεργασίας, αρχειοθέτησης και ανάκτησης δεδομένων. Ο «κύκλος ζωής δεδομένων» περιλαμβάνει κάθε γεγονός από την αρχική παραγωγή έως την τελική τους διάθεση, και οποιαδήποτε παράλειψη στην τήρηση αυτών των προτύπων ενδέχεται να θέσει σε κίνδυνο την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των φαρμακευτικών προϊόντων. (Charoo et al., 2023; Gokulakrishnan & Venkataraman, 2025; Ullagaddi, 2024)

Η ακεραιότητα των φαρμακευτικών δεδομένων κατηγοριοποιείται σε φυσική και λογική ακεραιότητα. Η φυσική ακεραιότητα αντιμετωπίζει τις προκλήσεις αποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων, εξασφαλίζοντας προστασία έναντι δυσλειτουργιών συστημάτων ή περιβαλλοντικών καταστροφών μέσω λύσεων δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας και αποκατάστασης. Η λογική ακεραιότητα αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία των δεδομένων εντός ενός συστήματος, η οποία διατηρείται μέσω περιορισμών όπως τα πρωτεύοντα κλειδιά (ακεραιότητα οντοτήτων) και τα ξένα κλειδιά (αναφορική ακεραιότητα), με σκοπό την αποφυγή διπλοεγγραφών ή ανακριβών πληροφοριών. (Gokulakrishnan & Venkataraman, 2025)

Τα σφάλματα ακεραιότητας δεδομένων ταξινομούνται σε μη εκούσια, τα οποία προκύπτουν από ανθρώπινο λάθος ή αποτυχία υλικού, και σε εκούσια, τα οποία συνεπάγονται σκόπιμη νόθευση ή χειραγώγηση δεδομένων με κακόβουλη πρόθεση. Συνηθισμένες παραβιάσεις που παρατηρούνται από ρυθμιστικές αρχές περιλαμβάνουν την παραποίηση ημερομηνιών, τη δημιουργία ψευδών αποτελεσμάτων δοκιμών και την αδυναμία άσκησης κατάλληλου ελέγχου επί υπολογιστικών συστημάτων για την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένων αλλαγών. (Charoo et al., 2023; Gokulakrishnan & Venkataraman, 2025; Ullagaddi, 2024)

Η μη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις ακεραιότητας δεδομένων επιφέρει σοβαρές κανονιστικές και επιχειρησιακές συνέπειες. Πρόσφατες παρατηρήσεις και προειδοποιητικές επιστολές του FDA υποδεικνύουν ότι η ακεραιότητα δεδομένων αποτελεί κύρια πρόκληση για τον κλάδο, οδηγώντας συχνά σε υψηλό αριθμό μη επικυρωμένων αποτελεσμάτων και ανακλήσεων προϊόντων. Πέραν των χρηματικών κυρώσεων, οι παραβάσεις ακεραιότητας δεδομένων δημιουργούν σημαντικό επιχειρησιακό βάρος, καθώς οι ομάδες διασφάλισης ποιότητας και τεχνικής υποστήριξης υποχρεούνται να δαπανούν επιπλέον χρόνο και δυναμικό για τον εντοπισμό και τη διόρθωση ανακριβών αρχείων. Ειδικότερα, η εσφαλμένη κατηγοριοποίηση αιτιών στις έρευνες αποκλίσεων δύναται να στρεβλώσει τις μετρήσεις, να αποπροσανατολίσει τον προγραμματισμό συντήρησης και να αποκρύψει αναγκαίες βελτιώσεις των διεργασιών παραγωγής. (Charoo et al., 2023; Gokulakrishnan & Venkataraman, 2025; Kim, 2026; Ullagaddi, 2024)

Προς αντιμετώπιση αυτών των κινδύνων, οι φαρμακευτικές εταιρείες αξιοποιούν ολοένα και περισσότερο την προηγμένη ανάλυση δεδομένων και τη μηχανική μάθηση για την ενίσχυση της εποπτείας. Επιβλεπόμενα πλαίσια ελέγχου που χρησιμοποιούν μοντέλα όπως η Λογιστική Παλινδρόμηση (Logistic Regression – LR), το Τυχαίο Δάσος (Random Forest – RF) και οι γραμμικές Μηχανές Υποστήριξης Διανυσμάτων (Support Vector Machines – SVM) μπορούν να εντοπίζουν αποτελεσματικά εσφαλμένα κατηγοριοποιημένες εγγραφές αποκλίσεων. Ειδικότερα, ένα γραμμικό μοντέλο SVM έχει επιδείξει υψηλή ανάκληση και ακρίβεια στον εντοπισμό εγγραφών όπου η αποδιδόμενη αιτία βλάβης εξοπλισμού δεν συμφωνούσε με την αφηγηματική περιγραφή της εγγραφής. Μέσω της χρήσης Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing – NLP) και εργαλείων όπως η Συχνότητα Όρων-Αντίστροφη Συχνότητα Εγγράφων (Term Frequency-Inverse Document Frequency – TF-IDF), γίνεται εφικτή η αυτοματοποιημένη επεξεργασία εκτεταμένων συνόλων δεδομένων, με παράλληλη προτεραιοποίηση εγγραφών υψηλού κινδύνου για μετέπειτα ανθρώπινη αξιολόγηση. Αυτή η

βασισμένη σε δεδομένα προσέγγιση, εδραιώνει την ακριβέστερη ανάλυση αιτίας (Root Cause Analysis – RCA), ενισχύοντας τη συνολική αξιοπιστία του Φαρμακευτικού Συστήματος Ποιότητας (Pharmaceutical Quality System – PQS). (Chinonso Chianumba et al., 2024; Kim, 2026)

Η ενσωμάτωση σύγχρονης τεχνολογίας και αυτοματοποίησης αποδεικνύεται καθοριστική για τη διαφύλαξη της ακεραιότητας δεδομένων και σε τομείς εκτός της προγνωστικής ανάλυσης. Αυτοματοποιημένα συστήματα, όπως τα Συστήματα Διαχείρισης Πληροφοριών Εργαστηρίου (Laboratory Information Management Systems – LIMS) και τα Ηλεκτρονικά Αρχεία Παρτίδων (Electronic Batch Records – EBR), μειώνουν τον κίνδυνο ανθρώπινου λάθους καθιστώντας μη απαραίτητη τη χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων και εξασφαλίζοντας πλήρη πληρότητα αρχείων. Αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως η τεχνολογία αλυσίδας συστοιχιών (blockchain), προσφέρουν υποσχόμενες λύσεις για τη δημιουργία αμετάβλητων και απαραβίαστων διαδρομών ελέγχου, αποτρέποντας έτσι τη χειραγώγηση δεδομένων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπλέον, τα εργαλεία Τεχνολογίας Αναλυτικής Διεργασίας (Process Analytical Technology – PAT) επιτρέπουν την παρακολούθηση κρίσιμων χαρακτηριστικών ποιότητας σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την κατανόηση της παραγωγικής διεργασίας και παρέχοντας ισχυρά χαρακτηριστικά ακεραιότητας δεδομένων. Σε συνδυασμό με ισχυρή δέσμευση της διοίκησης στην ποιότητα και τακτική επικύρωση κατά τις αρχές GxP, οι τεχνολογικές αυτές εξελίξεις διασφαλίζουν ότι οι φαρμακευτικές δραστηριότητες παραμένουν συμμορφωμένες με τα παγκόσμια κανονιστικά πρότυπα, προστατεύοντας παράλληλα την ασφάλεια των ασθενών. (Charoo et al., 2023; Ullagaddi, 2024)

2.4. Κανονιστικό Πλαίσιο

2.4.1. Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στον φαρμακευτικό κλάδο προσφέρει μετασχηματιστικές δυνατότητες στους τομείς της ανακάλυψης φαρμάκων, της αποδοτικότητας της παραγωγής και της κανονιστικής επικύρωσης. Η ψηφιακή μετάβαση διέπεται αυστηρά από τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (General Data Protection Regulation – GDPR), ο οποίος αποτελεί το θεμελιώδες νομικό πλαίσιο για την επεξεργασία προσωπικών δεδομένων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στο πλαίσιο των εφαρμογών

TN που κυμαίνονται από μεγάλα γλωσσικά μοντέλα (LLMs) στην έρευνα έως την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων (ADM) στην παραγωγή, η συμμόρφωση με τον κανονισμό GDPR απαιτεί ευθυγράμμιση μεταξύ της τεχνολογικής καινοτομίας και των θεμελιωδών δικαιωμάτων. (Amin, 2026; Bajestani et al., 2026; Hijmans & Raab, 2022; Rashed & Essa, 2025; *Regulation (EU) 2024/1689*, 2024)

Στον φαρμακευτικό τομέα, τα συστήματα TN επεξεργάζονται συχνά ειδικές κατηγορίες προσωπικών δεδομένων, όπως δεδομένα υγείας. Παράλληλα, στο πλαίσιο των εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) από το τμήμα Ανθρώπινου Δυναμικού (HR), όπως για την πρόσληψη, την αξιολόγηση και την παρακολούθηση εργαζομένων, τα συστήματα αυτά ταξινομούνται ως υψηλού κινδύνου, γεγονός που συνεπάγεται την ανάγκη για διαφανή διακυβέρνηση δεδομένων και την τήρηση αυστηρών ποιοτικών κριτηρίων στα σύνολα δεδομένων εκπαίδευσης (Άρθρο 10 Πράξης για την TN). Το άρθρο 9 του κανονισμού GDPR ασκεί αυστηρό έλεγχο στη συλλογή δεδομένων μέσω των θεμελιωδών αρχών της ελαχιστοποίησης των δεδομένων και του περιορισμού του σκοπού, επιβάλλοντας τη συλλογή μόνο των απολύτως απαραίτητων στοιχείων για σαφώς καθορισμένους και νόμιμους σκοπούς. Η επεξεργασία ειδικών κατηγοριών δεδομένων (ευαίσθητα δεδομένα) απαγορεύεται καταρχήν βάσει του Άρθρου 9 του GDPR, με εξαίρεση περιπτώσεις όπου υφίσταται ρητή συγκατάθεση, νομική υποχρέωση ή λόγοι ουσιαστικού δημοσίου συμφέροντος, το οποίο πλέον επεκτείνεται και στον εντοπισμό και τη διόρθωση μεροληψίας στα συστήματα TN υπό αυστηρές προϋποθέσεις. Η παραχώρηση άδειας πρέπει να πραγματοποιείται μέσω μιας ελεύθερης, συγκεκριμένης και πλήρους επίγνωσης συγκατάθεσης, η οποία παρέχεται με σαφή καταφατική ενέργεια και μπορεί να ανακληθεί ανά πάσα στιγμή, ενώ ειδικά σε περιπτώσεις αυτοματοποιημένης λήψης αποφάσεων, διασφαλίζεται το δικαίωμα του ατόμου για ουσιαστική ανθρώπινη παρέμβαση, έκφραση άποψης και αμφισβήτηση του αποτελέσματος. (Hijmans & Raab, 2022; Holtz & Ledendal, 2026; *Regulation (EU) 2016/679*, 2016)

2.4.2. GxP περιβάλλον

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στο περιβάλλον GxP, και ειδικότερα στην επικύρωση συστημάτων σύμφωνα με τους κανόνες Ορθής Παρασκευαστικής Πρακτικής (Good Manufacturing Practices – GMP), σηματοδοτεί τη μετάβαση από τις παραδοσιακές διαδικασίες σε ψηφιοποιημένες πλατφόρμες αυξημένης αποδοτικότητας. Ωστόσο, η υιοθέτηση

τέτοιων τεχνολογιών απαιτεί τη διατήρηση της κανονιστικής εμπιστοσύνης μέσω ενός πλαισίου Human-in-the-Loop (HITL), όπου η αυτοματοποίηση λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων και όχι ως αυτόνομος λήπτης αποφάσεων. Στο πλαίσιο αυτό, οι ειδικοί επί του θέματος (Subject Matter Experts – SMEs) διατηρούν την πλήρη ευθύνη για την αναθεώρηση και την τελική έγκριση των αποτελεσμάτων της TN, διασφαλίζοντας ότι η λογική πίσω από κάθε πρόταση παραμένει ορθή και διατηρεί την ιχνηλασιμότητα, όπως απαιτείται από τις απαιτήσεις του Annex 11 και του 21 CFR Part 11. (Amin, 2026; Holtz & Ledendal, 2026; Levitina, 2024)

Η διακυβέρνηση δεδομένων στο περιβάλλον GxP υπόκειται στις αυστηρές αρχές της ακεραιότητας των δεδομένων (ALCOA+), οι οποίες ευθυγραμμίζονται με τις απαιτήσεις του κανονισμού GDPR και της Πράξης για την TN για διαφάνεια, ακρίβεια και δικαιοσύνη. Η εφαρμογή μιας προσέγγισης βάσει κινδύνου (risk-based approach) είναι απαραίτητη για την κατηγοριοποίηση των μοντέλων TN, επιβάλλοντας αυστηρότερους ελέγχους και περιοδικές δοκιμές πρόκλησης (challenge testing) στα συστήματα υψηλού κινδύνου που επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα των προϊόντων και την ασφάλεια των ασθενών. Η δημιουργία «πακέτων αποδεικτικών στοιχείων» (evidence packs), που συνδυάζουν τις εκροές της TN με τις ανθρώπινες αποφάσεις και τα πλήρη ίχνη ελέγχου (audit trails), διασφαλίζει την ετοιμότητα για επιθεωρήσεις και την πλήρη λογοδοσία των οργανισμών, αποδεικνύοντας στις κανονιστικές αρχές ότι η αυτοματοποίηση παραμένει υπό συνεχή ανθρώπινη εποπτεία και έλεγχο. (Amin, 2026; Holtz & Ledendal, 2026)

2.4.3. EU AI Act

Η Πράξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Τεχνητή Νοημοσύνη (EU AI Act) αποτελεί το πρώτο ολοκληρωμένο κανονιστικό πλαίσιο παγκοσμίως που αποσκοπεί στη ρύθμιση της ανάπτυξης και χρήσης συστημάτων TN μέσω μιας προσέγγισης βάσει κινδύνου (risk-based approach). Ο κανονισμός κατηγοριοποιεί τις εφαρμογές TN σε τέσσερα επίπεδα επικινδυνότητας, ξεκινώντας από τον «μη αποδεκτό κίνδυνο», ο οποίος οδηγεί σε ρητή απαγόρευση πρακτικών που υπονομεύουν την ανθρώπινη αυτονομία ή παραβιάζουν θεμελιώδη δικαιώματα, και καταλήγοντας στον χαμηλό ή ελάχιστο κίνδυνο. Κεντρικός στόχος της Πράξης είναι η προώθηση μιας ανθρωποκεντρικής και αξιόπιστης TN. (Holtz & Ledendal, 2026; Regulation (EU) 2024/1689, 2024)

Εντός της Πράξης για την TN δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα συστήματα υψηλού κινδύνου, τα οποία υπόκεινται σε αυστηρές κανονιστικές υποχρεώσεις πριν από τη διάθεσή τους στην αγορά, όπως η τήρηση λεπτομερούς τεχνικής τεκμηρίωσης, η αυτόματη καταγραφή συμβάντων (logs) και η διασφάλιση της διαφάνειας προς τους φορείς εκμετάλλευσης. Το Άρθρο 10 της Πράξης θεσπίζει αυστηρά κριτήρια ποιότητας για τα σύνολα δεδομένων εκπαίδευσης, επικύρωσης και δοκιμών, απαιτώντας να είναι συναφή, αντιπροσωπευτικά και, στον μέγιστο δυνατό βαθμό, απαλλαγμένα από σφάλματα. Σημαντική καινοτομία αποτελεί η πρόβλεψη του Άρθρου 10 (σημείο 5), το οποίο επιτρέπει κατ' εξαίρεση την επεξεργασία ειδικών κατηγοριών προσωπικών δεδομένων (ευαίσθητα δεδομένα) για τον αποκλειστικό σκοπό του εντοπισμού και της διόρθωσης μεροληψίας (bias detection and correction), ενισχύοντας έτσι την αρχή της δικαιοσύνης στα ψηφιακά συστήματα. (Holtz & Ledendal, 2026; *Regulation (EU) 2024/1689*, 2024)

Η διασφάλιση της ανθρώπινης εποπτείας (human oversight), όπως ορίζεται στο Άρθρο 14, αποτελεί θεμελιώδη πυλώνα του κανονισμού, επιβάλλοντας τον σχεδιασμό των συστημάτων με τρόπο που να επιτρέπει την ουσιαστική παρέμβαση φυσικών προσώπων και την αποτροπή του φαινομένου της «μεροληψίας αυτοματοποίησης» (automation bias). Το πλαίσιο αυτό λειτουργεί συμπληρωματικά προς τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR), με τελικό σκοπό τη δημιουργία ενός συστήματος εμπιστοσύνης, όπου η τεχνολογική καινοτομία δεν υποκαθιστά την ανθρώπινη ευθύνη, αλλά λειτουργεί υπό τον διαρκή έλεγχο ειδικών, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τα ηθικά και νομικά πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (Holtz & Ledendal, 2026; Levitina, 2024; Martínez Llamas et al., 2025; *Regulation (EU) 2024/1689*, 2024)

2.4.4. Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων και Πλαίσιο Human-in-the-loop

Η έννοια του Human-in-the-Loop (HITL) αποτελεί κεντρικό πυλώνα της Βιομηχανίας 5.0, μετατοπίζοντας την έμφαση από την πλήρη αυτοματοποίηση στη συνέργεια μεταξύ ανθρώπινης νοημοσύνης και αυτόματων συστημάτων. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή προσέγγιση της Βιομηχανίας 4.0, το μοντέλο HITL προάγει μια ανθρωποκεντρική θεώρηση όπου οι τεχνολογικές δυνατότητες, όπως τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs), λειτουργούν ως εργαλεία ενίσχυσης και όχι υποκατάστασης της ανθρώπινης κρίσης. Αυτό το υβριδικό μοντέλο νοημοσύνης επιτρέπει την ενσωμάτωση της ανθρώπινης δημιουργικότητας, της διαίσθησης και της ικανότητας επίλυσης σύνθετων προβλημάτων στις βιομηχανικές

διαδικασίες, διασφαλίζοντας παράλληλα την προσαρμοστικότητα και την ανθεκτικότητα των συστημάτων σε απρόβλεπτες μεταβολές του περιβάλλοντος. (Bajestani et al., 2026)

Από κανονιστική και ηθική σκοπιά, η ανθρώπινη παρέμβαση αναγνωρίζεται ως θεμελιώδης δικλείδα ασφαλείας για τη λήψη αποφάσεων μέσω αλγορίθμων. Ο Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR) και η Πράξη για την ΤΝ (AI Act) επιβάλλουν την αρχή της «ουσιαστικής ανθρώπινης παρέμβασης» (meaningfulness qualifier), απαιτώντας από τους ανθρώπινους επόπτες να διαθέτουν την εξουσία και την ικανότητα να αξιολογούν και αν είναι απαραίτητο να μεταβάλλουν το αποτέλεσμα μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας. Η εποπτεία αυτή δεν περιορίζεται σε μια τυπική επικύρωση, αλλά απαιτεί από τον ελεγκτή να λαμβάνει υπόψη πολλαπλές πηγές πληροφοριών, ώστε να μετριάζονται κίνδυνοι όπως η «μεροληψία αυτοματοποίησης» (automation bias) ή η έλλειψη αιτιολόγησης των αποτελεσμάτων. (Hijmans & Raab, 2022; Levitina, 2024)

Η αποτελεσματικότητα του πλαισίου HITL εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής και τις προϋποθέσεις διακυβέρνησης που καθορίζουν τους ρόλους των συμμετεχόντων. Η επιτυχημένη ενσωμάτωση προϋποθέτει ότι οι επόπτες διαθέτουν το απαραίτητο επίπεδο γνώσης της ΤΝ (AI literacy), καθώς και την κατάλληλη εκπαίδευση για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που εξάγει το σύστημα. Μέσω τεχνικών μηχανισμών, όπως οι «κάρτες αιτιολόγησης» (rationale cards) και οι «ζώνες εμπιστοσύνης» (confidence bands), ο άνθρωπος αποκτά την απαραίτητη διαφάνεια για να αξιολογήσει την αξιοπιστία των προτάσεων της ΤΝ. Με αυτόν τον τρόπο, το μοντέλο HITL μετατρέπει την αυτοματοποίηση σε ένα δομημένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, όπου η τελική ευθύνη και η ηθική λογοδοσία παραμένουν στον ανθρώπινο παράγοντα. (Amin, 2026; Levitina, 2024)

2.5. Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης στη Φαρμακοβιομηχανία

2.5.1. Εφαρμογές σε όλα τα τμήματα

Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) και η Μηχανική Μάθηση (ΜΜ) έχουν επιφέρει τεράστια αλλαγή στη στατιστική ανάλυση μέσω της ενισχυμένης ανάλυσης (augmented analytics), η οποία αυτοματοποιεί την προετοιμασία δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για ένα ευρύ φάσμα επιχειρηματικών χρηστών. Ο παραδοσιακός Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών (Statistical Process Control, SPC) βασίζεται συχνά σε λήψη αποφάσεων με κανόνες, η οποία

δεν δύναται να διαχειριστεί τα πολυδιάστατα δεδομένα που παράγονται από σύγχρονους αισθητήρες. Αντιθέτως, η MM διακρίνεται στον εντοπισμό σύνθετων συσχετίσεων μεταξύ εκατοντάδων μεταβλητών, οι οποίες είναι αδύνατο να παρακολουθούνται από ανθρώπινο παράγοντα. Η TN αξιοποιεί στατιστικές προσεγγίσεις πολλών μεταβλητών για εφαρμογές σε όλα τα τμήματα και σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του προϊόντος για τον εντοπισμό απρόβλεπτων αλληλεπιδράσεων και την πρόβλεψη αλληλένδετων παραγόντων, διασφαλίζοντας την ορθή παραγωγική διαδικασία, την αναπαραγωγικότητα και τον έλεγχο πολύπλοκων διεργασιών παραγωγής. Προηγμένα αναλυτικά μοντέλα επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να προχωρήσουν από την περιοδική δειγματοληψία στην ανάλυση του συνόλου (100%) των δεδομένων παραγωγής, εδραιώνοντας έτσι μια πιο γερή βάση για την εποπτεία της ποιότητας. (Andrianandrianina Johanesa et al., 2024; Anushri Shinde et al., 2025; Gasset et al., 2024; Saihi et al., 2023)

Δημιουργία και σύνοψη εγγράφων

Η εμφάνιση Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (Large Language Models, LLMs), όπως η σειρά GPT και το BERT, έχει επηρεάσει ριζικά την αυτοματοποιημένη δημιουργία και σύνοψη σύνθετων εγγράφων τεκμηρίωσης. Τα μοντέλα αυτά διακρίνονται για την ακριβή σύνοψη κλινικών σημειώσεων και την αποτελεσματική εξαγωγή ουσιωδών πληροφοριών από μη δομημένα έγγραφα, όπως δεδομένα κλινικών δοκιμών και κανονιστικά έγγραφα. Επιπλέον, οι τεχνολογίες TN εφαρμόζονται για την αυτοματοποίηση της παραγωγής τεχνικού περιεχομένου, επιστημονικών ανασκοπήσεων, ακόμη και νομικών εγγράφων, όπως η αυτοματοποιημένη σύνταξη περιλήψεων μισθωτηρίων συμβάσεων. Οι δυνατότητες αυτές ελαφρύνουν σημαντικά τον διοικητικό φόρτο των εργαζομένων, μετατρέποντας τεράστιους όγκους μη δομημένου κειμένου σε συνοπτικές και αξιοποιήσιμες πληροφορίες. (Anushri Shinde et al., 2025; Salehin et al., 2025; Zangari et al., 2023)

Αναζήτηση πληροφοριών σε νομοθετικές αρχές ή σε εσωτερικές διαδικασίες

Οι εφαρμογές TN ενισχύουν την κανονιστική συμμόρφωση παρακολουθώντας τις εξελισσόμενες νομικές απαιτήσεις και επιτηρώντας την τήρηση παγκόσμιων προτύπων ποιότητας. Η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing, NLP) χρησιμοποιείται για τη σάρωση κανονιστικών εγγράφων και εσωτερικών διαδικασιών προκειμένου να εντοπιστούν ασυνέπειες, ελλείψεις ή πιθανές αποκλίσεις από τις Ορθές Πρακτικές Παραγωγής (Good Manufacturing Practices, GMP), ενώ παράλληλα μπορούν να

εντοπίσουν τα ακριβή σημεία τεκμηρίωσης που αναζητά ο εργαζόμενος σε μικρό χρόνο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να συνδυάζουν αυτόματα πληροφορίες σχετικά με σημαντικές επικαιροποιήσεις από διάφορες παγκόσμιες ρυθμιστικές αρχές, διασφαλίζοντας ότι οι ομάδες κανονιστικών υποθέσεων παραμένουν έγκαιρα ενημερωμένες για τις αλλαγές. Επιπροσθέτως, τα εργαλεία TN παρέχουν μια εξελιγμένη διεπαφή για την αναζήτηση πληροφοριών, καθιστώντας την ανάκτηση δεδομένων ή γνώσης ταχύτερη και ακριβέστερη σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. (Anushri Shinde et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Salehin et al., 2025)

Υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων

Η ενσωμάτωση της TN στη διαχείριση ποιότητας μετατρέπει τα λειτουργικά δεδομένα σε αξιοποιήσιμες πληροφορίες. Αλγόριθμοι προγνωστικής ανάλυσης μπορούν να λειτουργήσουν ως συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, βοηθώντας τα στελέχη στην ανάλυση σεναρίων και στην ιεράρχηση πρωτοβουλιών βελτίωσης. Επιπλέον, η αξιοποίηση της TN σε συνεργατικές δραστηριότητες ενισχύει την ποιότητα της συνεργασίας με διεθνείς εταίρους στην αλυσίδα εφοδιασμού. (Culot et al., 2024; Labib, 2024; Le et al., 2025; Saihi et al., 2023)

Διερεύνηση αποκλίσεων και τεκμηρίωση CAPA

Η TN απλοποιεί τις διαδικασίες συμμόρφωσης αυτοματοποιώντας τη συλλογή δεδομένων και την τεκμηρίωση τους. Η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP) χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ασυνεπειών σε ρυθμιστικά έγγραφα και αρχεία παρτίδων ως προς τις Ορθές Πρακτικές Παραγωγής (GMP). Τα συστήματα TN δημιουργούν επίσης λεπτομερή ίχνη ελέγχου καταγράφοντας αυτόματα κάθε ενέργεια, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των δεδομένων κατά τη διάρκεια ελέγχων ή ανακλήσεων της παραγωγικής διαδικασίας. (Anushri Shinde et al., 2025; Gorle et al., 2025; Kodumuru et al., 2025)

Επικοινωνία

Η διαχείριση των επαγγελματικών επικοινωνιών έχει ενισχυθεί μέσω εφαρμογών TN όπως το «smartMinutes», τα οποία αξιοποιούν την τεχνολογία blockchain και την TN για την αυτοματοποιημένη καταγραφή και διαχείριση πληροφορίας συνεδριάσεων. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν τεχνικές NLP, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης ομιλίας και της διάκρισης ομιλητών (speaker diarization), προκειμένου να αναγνωρίζουν τους βασικούς συμμετέχοντες και να μετατρέπουν τις ηχητικές καταγραφές σε κείμενο. Προηγμένοι αλγόριθμοι σύνοψης, ιδίως εκείνοι που αξιοποιούν αμφίδρομα δίκτυα μακράς βραχυπρόθεσμης μνήμης (bi-directional long short-term memory, bi-LSTM),

χρησιμοποιούνται για την παραγωγή περιληπτικών συνόψεων που αποτυπώνουν την ουσία των συζητήσεων και των αποφάσεων που λαμβάνονται. Η αυτοματοποίηση αυτή βελτιώνει την παραγωγικότητα των συνεδριάσεων, παρέχοντας ένα τεκμηριωμένο σημείο εκκίνησης για μελλοντικές συνεδριάσεις και διασφαλίζοντας τη γνησιότητα των επίσημων πρακτικών. (Sheikhi et al., 2022)

Χρήση και υποστήριξη από γενικούς βοηθούς TN

Οι γενικού σκοπού βοηθοί TN και τα εργαλεία Γενετικής Τεχνητής Νοημοσύνης (Generative AI, GenAI), όπως το ChatGPT, Gemini, Claude, Copilot και άλλα ενσωματώνονται ολοένα και περισσότερο σε επιχειρηματικές ροές εργασίας, υποστηρίζοντας τη δημιουργία περιεχομένου και την επίλυση προβλημάτων. Οι βοηθοί αυτοί αξιοποιούν την αυτοπαλίνδρομη γλωσσική μοντελοποίηση (autoregressive language modeling) για την πρόβλεψη και τη δημιουργία κειμένου παρόμοιου με ανθρώπινο, το οποίο χρησιμοποιείται για την επεξήγηση σύνθετων εννοιών και την παροχή συμβουλών σε επιχειρησιακό επίπεδο. Παρά το μετασχηματιστικό τους δυναμικό, η ανάπτυξη αυτών των βοηθών απαιτεί ανθρώπινη εποπτεία για την επικύρωση των αποτελεσμάτων και τον μετριασμό κινδύνων, όπως η αλγοριθμική μεροληψία ή οι «παραισθήσεις» (hallucinations). (Anushri Shinde et al., 2025; Barari et al., 2024; Daios et al., 2025; Salehin et al., 2025)

Μετάφραση

Τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα και οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης έχουν προωθήσει σημαντικά τον τομέα της νευρωνικής αυτόματης μετάφρασης (neural machine translation), καθιστώντας δυνατή τη μετάφραση υψηλής ακρίβειας τόσο ομιλίας όσο και κειμένου. Τα μοντέλα αυτά είναι σχεδιασμένα να κατανοούν βαθύ αμφίδρομο πλαίσιο (context), γεγονός που τα καθιστά αποτελεσματικά στη μετάφραση σύνθετης τεχνικής ή κλινικής γλώσσας σε πολλαπλές πλατφόρμες. Σε ένα διεθνές επιχειρηματικό πλαίσιο, τα εργαλεία αυτόματης μετάφρασης βασισμένα στην TN επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να διατηρούν σταθερή ποιότητα υπηρεσιών και τοπικά προσαρμοσμένη επικοινωνία σε διάφορες παγκόσμιες αγορές. Η ικανότητα της TN να διαχειρίζεται πολυγλωσσικές αλληλεπιδράσεις σε 24ωρη βάση ενισχύει τη δέσμευση των ενδιαφερόμενων μερών και υποστηρίζει την παγκόσμια κλιμάκωση των οργανωτικών λειτουργιών. (Labib, 2024; Nawaz et al., 2024; Salehin et al., 2025)

2.5.2. Έρευνα και Ανάπτυξη

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στη φαρμακευτική έρευνα και ανάπτυξη:

Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Αλγόριθμοι αναγνώρισης προτύπων αναλύουν εκτεταμένα σύνολα γενωμικών και πρωτεωμικών δεδομένων με σκοπό την ανίχνευση αιτιωδών σχέσεων μεταξύ μοριακών στόχων και νοσολογικών καταστάσεων. Μοντέλα μηχανικής μάθησης επεξεργάζονται Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας για τον εντοπισμό κατάλληλων πληθυσμών ασθενών για κλινικές δοκιμές, ιδίως στο πεδίο των σπάνιων νόσων. Επιπλέον, μοντέλα βαθιάς μάθησης επιτρέπουν την ταυτόχρονη μέτρηση της κατανομής μεγέθους σωματιδίων και της συγκέντρωσής τους σε σύνθετα φαρμακευτικά μείγματα κατά τη διαδικασία παραγωγής, ενώ η προηγμένη στατιστική μοντελοποίηση αξιοποιείται για την πρόβλεψη κλινικής επιδείνωσης και εκβάσεων ασθενών. (Bassey et al., 2025; Huanbutta et al., 2024)

Σχεδιασμός Μορίων μέσω Εικονικής Διαλογής

Αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης αξιολογούν ταυτόχρονα πολλαπλές χημικές δομές σε βάσεις δεδομένων, εντοπίζοντας υποψήφιες ενώσεις με επιθυμητές βιολογικές ιδιότητες με ταχύτητα σαφώς ανώτερη από εκείνη των παραδοσιακών μεθόδων υψηλής απόδοσης. Πλατφόρμες εικονικής διαλογής χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη αλληλεπιδράσεων μεταξύ φαρμάκων και πρωτεϊνών, επιταχύνοντας τον εντοπισμό και την επικύρωση φαρμακευτικών στόχων. Αυτοματοποιημένες προσομοιώσεις πρόσδεσης (docking) φιλτράρουν εικονικά μόρια έναντι συγκεκριμένων θέσεων δέσμευσης, ενώ μοντέλα μηχανικής μάθησης βασισμένα σε προσδέτες (ligand-based) αναζητούν νέους αναστολείς ενζύμων για την αντιμετώπιση διαταραχών και παθήσεων. (Bassey et al., 2025; Ekins & Lane, 2025; Huanbutta et al., 2024; Singh et al., 2024)

De Novo Σχεδιασμός μέσω Γενετικών Μοντέλων TN

Γενετικά Αντιπαλικά Δίκτυα (GANs) και Αναδρομικά Νευρωνικά Δίκτυα (RNNs) αξιοποιούνται για την εκ θεμελίων (De Novo) σχεδίαση νέων μοριακών δομών με προκαθορισμένες βιολογικές ιδιότητες. Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν επίσης τη βελτιστοποίηση κορυφαίων ενώσεων (lead compounds), ενισχύοντας ταυτόχρονα την ισχύ, την εκλεκτικότητα και τα φαρμακοκινητικά τους χαρακτηριστικά. Αλγόριθμοι πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης σχεδιάζουν μόρια ικανά να στοχεύουν πολλαπλούς βιολογικούς υποδοχείς ταυτόχρονα, γεγονός κρίσιμης σημασίας στο πεδίο της

πολυφαρμακολογίας. Η ενισχυμένη μάθηση (reinforcement learning) συνδυάζεται με γενετικά μοντέλα για την πρόταση συνθετικών οδών και μονοπατιών ανάδρομης σύνθεσης, ενώ μοντέλα βασισμένα σε μετασχηματιστές (transformers) επιτρέπουν τη δημιουργία μορίων που μιμούνται φυσικά προϊόντα με βελτιστοποιημένα φαρμακευτικά χαρακτηριστικά. (Ekins & Lane, 2025; Huanbutta et al., 2024; Singh et al., 2024)

Πρόβλεψη Συγγένειας Δέσμευσης

Μοντέλα μηχανικής μάθησης αναλύουν ιστορικά μοριακά δεδομένα για να προβλέψουν την ισχύ δέσμευσης μεταξύ υποψήφιων φαρμάκων και πρωτεϊνικών στόχων. Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (CNNs) εξάγουν χαρακτηριστικά από αλληλουχίες πρωτεϊνών και μοριακές δομές για τον υπολογισμό βαθμολογιών συγγένειας φαρμάκου-στόχου, ενώ αρχιτεκτονικές όπως το DeepBind προβλέπουν τις ειδικότητες δέσμευσης πρωτεϊνών σε αλληλουχίες DNA και RNA. Επιπροσθέτως, Νευρωνικά Δίκτυα Γράφων (GNNs) αναπαριστούν μόρια ως αντικείμενα μη ευκλείδειων δεδομένων, επιτυγχάνοντας βελτιωμένη πρόβλεψη των αλληλεπιδράσεών τους με βιολογικούς στόχους. (Bassey et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Singh et al., 2024)

Βελτιστοποίηση Φαρμακοτεχνικών Μορφών μέσω Συνδυασμού TN και Σχεδιασμού Πειραμάτων (DoE)

Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ANNs) ενσωματώνονται με τη μεθοδολογία Σχεδιασμού Πειραμάτων (Design of Experiments, DoE) για τη συστηματική βελτιστοποίηση συγκεντρώσεων συστατικών σε σύνθετες φαρμακευτικές μορφές. Μοντέλα μηχανικής μάθησης προβλέπουν κρίσιμες ποιοτικές παραμέτρους νανοφορέων (όπως μέγεθος σωματιδίων, δείκτης πολυδιασποράς και δυναμικό ζ) ενώ ο συνδυασμός TN και DoE επιτρέπει ταυτόχρονη πολυ-παραμετρική πρόβλεψη για πληρέστερη βελτιστοποίηση συστημάτων χορήγησης φαρμάκων. Τέλος, νευρωνικά δίκτυα συνδέουν παραμέτρους παραγωγικής διεργασίας με την in vitro ή in vivo απόδοση του τελικού φαρμακευτικού προϊόντος. (Huanbutta et al., 2024; Suriyaamporn et al., 2024)

Μοντελοποίηση ADME και Πρόβλεψη Τοξικότητας

Μοντέλα ποσοτικής σχέσης δομής-δραστηριότητας (QSAR) χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των ιδιοτήτων απορρόφησης, κατανομής, μεταβολισμού και απέκκρισης (ADME) νέων χημικών οντοτήτων. Αλγόριθμοι TN προβλέπουν πιθανές φαρμακευτικές τοξικότητες (όπως επιληπτογόνο ή ψυχοτρόπο δράση) που αποτελούν συχνή αιτία αποτυχίας σε

προχωρημένα στάδια κλινικών δοκιμών. Μοντέλα βαθιάς μάθησης, όπως το DeepTox, «μαθαίνουν» χημικά χαρακτηριστικά για την πρόβλεψη τοξικών επιδράσεων νέων ενώσεων, ενώ *in silico* μοντέλα προσομοιώνουν την ανταπόκριση ανθρώπινων οργάνων, παρέχοντας ρεαλιστικές προβλέψεις αποτελεσματικότητας και παρενεργειών φαρμάκων. (Bassey et al., 2025; Ekins & Lane, 2025; Huanbutta et al., 2024; Singh et al., 2024; Suriyaamporn et al., 2024)

Επαναχρησιμοποίηση Φαρμάκων

Μοντέλα TN αναλύουν μεγάλα σύνολα δεδομένων αλληλεπιδράσεων και αξιοποιούν γράφους γνώσης για τον εντοπισμό νέων θεραπευτικών εφαρμογών ήδη αδειοδοτημένων ή ακόμη και αποτυχημένων φαρμάκων. Εργαλεία επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) χρησιμοποιούν πληροφορίες από πολλαπλές επιστημονικές δημοσιεύσεις, αποκαλύπτοντας έμμεσες συσχετίσεις μεταξύ γονιδίων, πρωτεϊνών και γνωστών φαρμάκων. Δίκτυα βαθιάς μάθησης βασισμένα σε γράφους εντοπίζουν υφιστάμενα φάρμακα που ενδέχεται να τροποποιούν τον κίνδυνο εκφυλιστικών νόσων, όπως η νόσος Alzheimer, ενώ προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης αξιολογούν συσχετίσεις μεταξύ σοβαρότητας νόσου και μοριακών μηχανισμών υπαρχόντων φαρμάκων, ιεραρχώντας υποψήφια φάρμακα για νέες κλινικές ενδείξεις. (Bassey et al., 2025; Ekins & Lane, 2025; Huanbutta et al., 2024; Singh et al., 2024)

2.5.3. Ποιοτικός Έλεγχος

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στον έλεγχο ποιότητας:

Αυτοματοποιημένος οπτικός έλεγχος μέσω τεχνολογίας υπολογιστικής όρασης

Τα συστήματα υπολογιστικής όρασης (Computer Vision – CV) και μηχανικής όρασης (Machine Vision – MV) αξιοποιούν Συνελκτικά Νευρωνικά Δίκτυα (CNN) για την αυτοματοποιημένη ανίχνευση ελαττωμάτων σε διαστάσεις, χρώμα και συσκευασία προϊόντων, υπερβαίνοντας σε ταχύτητα και ακρίβεια τον ανθρώπινο έλεγχο. Στη φαρμακευτική βιομηχανία, η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει επιτύχει ποσοστά ακρίβειας έως 99,86%. (Ettalibi et al., 2024; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Ανάλυση αιτιών ελαττωμάτων

Τεχνικές μηχανικής μάθησης εφαρμόζονται σε εργαστηριακά και παραγωγικά δεδομένα για την ανακάλυψη μη γραμμικών σχέσεων μεταξύ χαρακτηριστικών πρώτων υλών, παραμέτρων διεργασίας και ποιοτικών αποτελεσμάτων. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τον έγκαιρο εντοπισμό ποιοτικών ελλειψών και την εστιασμένη αντιμετώπιση των υποκείμενων αιτιών. (Anushri Shinde et al., 2025; Gorle et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Saihi et al., 2023)

Πρόβλεψη κρίσιμων ποιοτικών χαρακτηριστικών μέσω παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο

Στο πλαίσιο της Τεχνολογίας Αναλυτικής Διεργασίας (PAT), μοντέλα TN παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο τις Κρίσιμες Παραμέτρους Διεργασίας (CPPs), ώστε τα Κρίσιμα Ποιοτικά Χαρακτηριστικά (CQAs) να παραμένουν εντός προκαθορισμένων ορίων. Τα συστήματα ψηφιακού διδύμου (Digital Twins) προσομοιώνουν τη συμπεριφορά φυσικών αντικειμένων χρησιμοποιώντας δεδομένα αισθητήρων, παρέχοντας προβλέψεις CQA μέσω edge και cloud computing, με στόχο την έγκαιρη πρόληψη ποιοτικών αποκλίσεων. (Anushri Shinde et al., 2025; Gasset et al., 2024)

Αναγνώριση μοτίβων σε πραγματικό χρόνο

Μέθοδοι μη επιβλεπόμενης μάθησης, όπως η ομαδοποίηση (clustering) και οι αυτοκωδικοποιητές (autoencoders), εφαρμόζονται για την ανίχνευση ανωμαλιών σε δίκτυα αισθητήρων. Τα μοντέλα αυτά αναγνωρίζουν την «κανονική» λειτουργική κατάσταση του εξοπλισμού και επισημαίνουν αποκλίσεις σε παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η συγκέντρωση σωματιδίων, οι δονήσεις και άλλες παράμετροι που περιγράφουν τη διεργασία ή τη λειτουργία του εξοπλισμού. Επιπλέον, μοντέλα νευρωνικών δικτύων διαχειρίζονται μοτίβα διαγραμμάτων ελέγχου και προτείνουν διορθωτικές ενέργειες. (Anushri Shinde et al., 2025; Kodumuru et al., 2025; Saihi et al., 2023)

Παρακολούθηση τάσεων αποκλίσεων

Συστήματα TN αξιολογούν συνεχώς δεδομένα αισθητήρων για τον εντοπισμό τάσεων που υποδηλώνουν απόκλιση από καθορισμένα ποιοτικά όρια. Η έγκαιρη ανίχνευση επιτρέπει διορθώσεις κατά τη διάρκεια της παραγωγής, μειώνοντας την ανάγκη απόρριψης μεγάλης ποσότητας προϊόντος με μη αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά. (Anushri Shinde et al., 2025; Kodumuru et al., 2025; Saihi et al., 2023)

2.5.4. Διασφάλιση Ποιότητας

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στη διασφάλιση ποιότητας:

Διερεύνηση αποκλίσεων και τεκμηρίωση CAPA

Η TN απλοποιεί τις διαδικασίες συμμόρφωσης αυτοματοποιώντας τη συλλογή δεδομένων και την τεκμηρίωση τους, ενώ προσφέρει εργαλεία και ιστορικά δεδομένα για καλύτερη διερεύνηση των αιτιών απόκλισης. Η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP) χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ασυνεπειών σε ρυθμιστικά έγγραφα και αρχεία παρτίδων ως προς τις Ορθές Πρακτικές Παραγωγής (GMP). Τα συστήματα TN έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν λεπτομερή ιχνηλασιμότητα, καταγράφοντας αυτόματα κάθε ενέργεια του αλγορίθμου, διευκολύνοντας τον εντοπισμό ποιοτικών προβλημάτων κατά τη διάρκεια ελέγχων ή ανακλήσεων προϊόντων. Επιπλέον, η αυτοματοποίηση αυτή παράγει αξιοποιήσιμες πληροφορίες που βοηθούν τους εσωτερικούς ελεγκτές να εντοπίζουν μοτίβα και ανωμαλίες σε μεγάλα σύνολα δεδομένων, να ανασύρουν παρόμοιες αποκλίσεις και τρόπους αντιμετώπισης, να διερευνήσουν την επαναληψιμότητα ανωμαλιών και αποκλίσεων και να προτείνουν ενέργειες συνολικής πρόληψης ή αντιμετώπισης. (Anushri Shinde et al., 2025; Gorle et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Αυτοματοποίηση ελέγχου αρχείων παρτίδας (batch record review)

Η εφαρμογή NLP έχει αξιοποιηθεί επιτυχώς για την αυτοματοποίηση του ελέγχου αρχείων παρτίδας (batch record review), μειώνοντας σημαντικά το ανθρώπινο σφάλμα ή την παράληψη και επιταχύνοντας τις διαδικασίες τεκμηρίωσης. Τα συστήματα αυτά επεξεργάζονται μεγάλους όγκους δεδομένων από πολλαπλές πηγές, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση κάθε παρτίδας με τις ρυθμιστικές απαιτήσεις. Παράλληλα, η εξαγωγή δεδομένων με TN επιτρέπει την αναγνώριση δεδομένων από μη δομημένα αρχεία κειμένου, αποτελώντας αποδοτικό μέσο αξιολόγησης της τεκμηρίωσης. (Anushri Shinde et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Προγνωστική διαχείριση ποιότητας μέσω αξιολόγησης κινδύνου

Μοντέλα μηχανικής μάθησης αξιολογούν κινδύνους στη φαρμακευτική παραγωγή αναλύοντας ιστορικά δεδομένα και συνδέοντας πιθανές αστοχίες με τις διαδικασίες και το σύνολο του κύκλου ζωής του προϊόντος, παρέχοντας πληρέστερες αναλύσεις και αξιολογήσεις κινδύνου. Η τεχνολογία Ψηφιακού Διδύμου υποστηρίζει αυτή την προσέγγιση δημιουργώντας

εικονικά αντίγραφα φυσικών συστημάτων που χρησιμοποιούν δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο για την προσομοίωση της διεργασίας. Με την υιοθέτηση προληπτικής στρατηγικής που βασίζεται σε πληρέστερες αναλύσεις κινδύνου, οι επιχειρήσεις μπορούν να εφαρμόζουν αποτελεσματικά σχέδια μείωσης κινδύνου, διασφαλίζοντας την ποιότητα των προϊόντων και τη συμμόρφωση με τα πρότυπα. (Anushri Shinde et al., 2025; Gasset et al., 2024; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Εκπαίδευση με χρήση TN

Οι πρωτοβουλίες εκπαίδευσης που αξιοποιούν TN αλλάζουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο οι φαρμακευτικές εταιρείες εκπαιδεύουν το προσωπικό τους. Μέσω προσομοιώσεων και προγνωστικών σεναρίων, οι εκπαιδευόμενοι αλληλεπιδρούν με συστήματα TN που παρέχουν εξατομικευμένη ανατροφοδότηση βάσει επίδοσης, ενισχύοντας την κατανόηση των ρόλων τους, των ευθυνών της θέσης τους, των διαδικασιών που καλούνται να εφαρμόζουν, των εννοιών διασφάλισης ποιότητας και τη γενικότερη ποιοτική κουλτούρα του οργανισμού. Παράλληλα, πιο στοχευμένες εκπαιδεύσεις βρίσκουν μεγαλύτερη ανταπόκριση από τους εργαζομένους, οι οποίοι λαμβάνουν ενεργό μέρος και δεν καλούνται να μάθουν μέσω ανάγνωσης αλλά μέσω δράσης και ανατροφοδότησης. (Anushri Shinde et al., 2025; Daios et al., 2025; Nawaz et al., 2024)

Αξιολόγηση προμηθευτών

Τεχνικές λήψης αποφάσεων βασιζόμενες σε πολλαπλά κριτήρια (Multi-criteria decision-making – MCDM), όπως η ασαφής λογική (fuzzy logic) και η μέθοδος TOPSIS, αξιοποιούνται για τη συστηματική αξιολόγηση και επιλογή προμηθευτών βάσει ιστορικών δεικτών απόδοσης. Η TN ενισχύει τη στρατηγική προμήθεια αναλύοντας σύνθετες παραμέτρους, όπως οικονομική βιωσιμότητα, ποιότητα προϊόντων, αξιοπιστία και περιβαλλοντική βιωσιμότητα, με στόχο τη διαμόρφωση βέλτιστου χαρτοφυλακίου συνεργατών. Η ενσωμάτωση blockchain και IoT παρέχει ασφαλή τρόπο αξιολόγησης προσόντων προμηθευτών. (Anushri Shinde et al., 2025; Daios et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Saihi et al., 2023)

Παρακολούθηση τάσεων αποκλίσεων

Συστήματα TN αξιολογούν συνεχώς δεδομένα αισθητήρων παραγωγής για τον εντοπισμό τάσεων που υποδηλώνουν απόκλιση από καθορισμένα ποιοτικά όρια. Μέσω αναγνώρισης μοτίβων και ανίχνευσης ανωμαλιών, επιτρέπουν «επί τόπου» διορθώσεις κατά τη διάρκεια της παραγωγής, ενώ παρέχουν σύγχρονες πληροφορίες για το χρόνο και πιθανώς τα αίτια ή τις

τάσεις που προκαλούν αποκλίσεις. Παράλληλα, παρακολουθούν μεταβολές στη διεθνή νομοθεσία και ειδοποιούν όταν απαιτείται επικαιροποίηση της τεκμηρίωσης. (Anushri Shinde et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025; Saihi et al., 2023)

Συνεχής επαλήθευση διεργασιών

Η Συνεχής Επαλήθευση Διεργασιών (Continuous Process Verification – CPV) αποτελεί το τρίτο στάδιο επικύρωσης διεργασιών, εξασφαλίζοντας τη διαρκή διασφάλιση ποιότητας κατά την παραγωγή μέσω τακτικής παρακολούθησης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τα πλαίσια Τεχνολογίας Αναλυτικής Διεργασίας (PAT) αξιοποιούν TN και μη επεμβατικούς αισθητήρες για τη διασφάλιση της ορθής παραγωγής και αναπαραγωγιμότητας παρτίδων. Η ενσωμάτωση Ψηφιακών Διδύμων κατά τη φάση CPV προσφέρει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και προγνωστική ανάλυση, διατηρώντας αυστηρά ποιοτικά πρότυπα. (Anushri Shinde et al., 2025; Gasset et al., 2024)

2.5.5. Κανονιστικές Υποθέσεις και Φαρμακοεπαγρύπνηση

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στο τμήμα κανονιστικών υποθέσεων και στο τμήμα φαρμακοεπαγρύπνησης:

Παρακολούθηση νομοθετικών μεταβολών και συμμόρφωσης με διεθνή πρότυπα

Συστήματα TN βοηθούν φαρμακευτικούς οργανισμούς να διατηρούν τη συμμόρφωσή τους παρακολουθώντας συνεχώς τις εξελίξεις στα διεθνή ρυθμιστικά πρότυπα και τις νομοθετικές απαιτήσεις. Συγκεντρώνοντας αυτόματα ενημερώσεις από διάφορες ρυθμιστικές αρχές, διασφαλίζουν την έγκαιρη ενημέρωση των αρμόδιων ομάδων. Συγκρίνοντας λειτουργικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο με διεθνείς ρυθμιστικούς δείκτες, εντοπίζουν πιθανά ζητήματα συμμόρφωσης και αποστέλλουν προληπτικές ειδοποιήσεις. Επιπλέον, η TN μπορεί να αξιολογεί κατά πόσο οι εσωτερικές διαδικασίες τηρούν συγκεκριμένες νομικές απαιτήσεις, όπως οι Ορθές Πρακτικές Παραγωγής (GMP), να καταγράφει τα κενά και να πραγματοποιεί ανάλυση ρίσκου. (Anushri Shinde et al., 2025; Huanbutta et al., 2024)

Εντοπισμός μοτίβων ανεπιθύμητων ενεργειών για σκοπούς φαρμακοεπαγρύπνησης

Στον τομέα της φαρμακοεπαγρύπνησης, αλγόριθμοι MM χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για την εξέταση δεδομένων παρακολούθησης μετά την κυκλοφορία των φαρμακευτικών προϊόντων, με στόχο τον εντοπισμό πιθανών ζητημάτων ασφάλειας. Η TN

ενισχύει την ανίχνευση σημάτων και την αξιολόγηση κινδύνου επεξεργαζόμενη μεγάλα σύνολα δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων ηλεκτρονικών ιατρικών αρχείων και αναφορών στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, για τον εντοπισμό ανεπιθύμητων αντιδράσεων που ενδέχεται να μην είναι εμφανείς σε μικρότερες κλινικές δοκιμές. Προηγμένες τεχνικές NLP και Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs) υποστηρίζουν περαιτέρω αυτές τις προσπάθειες μέσω εξόρυξης κειμένου υψηλής ακρίβειας για τον εντοπισμό αλληλεπιδράσεων μεταξύ φαρμάκων. (Anushri Shinde et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Salehin et al., 2025)

Εντοπισμός μοτίβων, ανωμαλιών και αναδυόμενων κινδύνων κατά τους εσωτερικούς ελέγχους

Οι τεχνολογίες TN αποτελούν βασικό εργαλείο για τους εσωτερικούς ελεγκτές, εντοπίζοντας μοτίβα, ανωμαλίες και κινδύνους σε σύνθετα σύνολα δεδομένων. Αναδεικνύοντας λεπτές ανακολουθίες που ο ανθρώπινος αναλυτής ενδέχεται να παραβλέψει, η TN εστιάζει τις ελεγκτικές προσπάθειες σε συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος, παράγοντας παράλληλα αξιοποιήσιμες πληροφορίες για τον μετριασμό κινδύνων. Η ενσωμάτωση blockchain με TN δύναται επιπλέον να δημιουργεί αδιάβλητα ίχνη ελέγχου, διασφαλίζοντας την αυθεντικότητα και αναλλοίωτη φύση των εξεταζόμενων αρχείων. (Anushri Shinde et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Shamsan Saleh, 2024)

Αυτοματοποίηση διοικητικών εργασιών

Η φαρμακευτική βιομηχανία αξιοποιεί τη MM για τη διαχείριση σύνθετων διοικητικών εργασιών. Τα συστήματα αυτά αυτοματοποιούν επαναλαμβανόμενες εργασίες, όπως η απάντηση σε ρυθμιστικές επιστολές και ο προγραμματισμός ελέγχων και συσκέψεων. Επίσης, η TN συμβάλλει στη διατήρηση λογιστικών αρχείων και στην οργάνωση δεδομένων για υποβολές, αποδεδειγμένα τους επαγγελματίες ρυθμιστικών θεμάτων από επαναλαμβανόμενες εργασίες και επιτρέποντάς τους να εστιάσουν στον στρατηγικό σχεδιασμό. (Huanbutta et al., 2024; Nawaz et al., 2024)

Αρχειοθέτηση δεδομένων και διαχείριση ροών εργασίας

Λογισμικό με TN βελτιώνει την αποδοτικότητα των συστημάτων ρυθμιστικής διαχείρισης συνδέοντας ανόμοιες διεργασίες και απλοποιώντας σύνθετες εργασίες αρχειοθέτησης. Η MM διευκολύνει την αυτοματοποιημένη διαχείριση ροών εργασίας και τη δημιουργία ειδοποιήσεων, μειώνοντας σημαντικά τα σφάλματα χειροκίνητης καταχώρισης. Μέσω αυτοματοποιημένης εξόρυξης δεδομένων, εξάγονται και καταχωρούνται πληροφορίες από μη δομημένα αρχεία σε συστήματα ρυθμιστικής πληροφόρησης, διασφαλίζοντας την

επικαιρότητα νομικών και τεχνικών εγγράφων. Η αυτοματοποίηση διαδραματίζει επίσης κεντρικό ρόλο στην ολοκλήρωση φακέλων ανά περιοχή, όπως το ηλεκτρονικό Κοινό Τεχνικό Έγγραφο (eCTD). (Huanbutta et al., 2024)

2.5.6. Παραγωγικές Διεργασίες

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στο τμήμα παραγωγής:

Βελτιστοποίηση Απόδοσης μέσω Παρακολούθησης Πραγματικού Χρόνου

Η ενσωμάτωση της TN και της μηχανικής μάθησης επιτρέπει τη σημαντική βελτίωση της παραγωγικής απόδοσης μέσω ανάλυσης δεδομένων πραγματικού χρόνου για τον εντοπισμό προβλημάτων, βασικών αιτιών αλλά και δυνητικών βλαβών ή απορρίψεων. Προσομοιώσεις διεργασιών βασισμένες σε TN έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς σε πολύπλοκες λειτουργίες, επιτυγχάνοντας υψηλότερες αποδόσεις και μειωμένες απορρίψεις μέσω της προσομοίωσης για την εύρεση των κατάλληλων συνθηκών παραγωγής. Αξιοποιώντας την ανάλυση μεγάλων δεδομένων και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα συστήματα παραγωγής, βασιζόμενα σε δεδομένα, μεγιστοποιούν την παραγωγική απόδοση. Παράλληλα, η ενσωμάτωση κρίσιμων παραμέτρων διεργασίας (Critical Process Parameters – CPPs) ως μεταβλητών εισόδου στα μοντέλα TN επιτρέπει τη συνεχή ρύθμιση των μεταβλητών στόχου, διασφαλίζοντας τη διατήρηση βέλτιστης απόδοσης σε όλες τις παρτίδες παραγωγής. (Anushri Shinde et al., 2025; Charles et al., 2023; Gorle et al., 2025; Kodumuru et al., 2025; Saihi et al., 2023)

Πρόβλεψη Διακύμανσης Παρτίδων μέσω Παρακολούθησης Πραγματικού Χρόνου

Τα μοντέλα TN προγνωστικής ανάλυσης επιτρέπουν την πρόβλεψη αποκλίσεων παρτίδων, εντοπίζοντας συσχετίσεις σε πολυδιάστατα σύνολα δεδομένων, τα οποία υποδηλώνουν πιθανές μεταβολές ποιότητας πριν αυτές εκδηλωθούν. Αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση διακυμάνσεων ποιότητας που ενδέχεται να οδηγήσουν σε αποτυχία ελέγχων ποιότητας. Ειδικότερα, τα Αναδρομικά Νευρωνικά Δίκτυα (RNNs) αξιοποιούνται για την πρόβλεψη ακολουθιών στην παραγωγή παρτίδων, επιτρέποντας την έγκαιρη πρόληψη αποκλίσεων και την ενίσχυση της συνολικής συνέπειας του κύκλου παραγωγής. (Anushri Shinde et al., 2025; Daios et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Αυτοματοποιημένη Οπτική Επιθεώρηση μέσω Μηχανικής Όρασης για Ανίχνευση Ελαττωμάτων

Οι τεχνολογίες μηχανικής όρασης (Computer Vision / Machine Vision) παρέχουν στα βιομηχανικά συστήματα την ικανότητα ανάλυσης οπτικών δεδομένων, επιτρέποντας τον υψηλής ταχύτητας έλεγχο προϊόντων με καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με τον ανθρώπινο έλεγχο. Τα Συνελκτικά Νευρωνικά Δίκτυα (CNNs) χρησιμοποιούνται για την αυτόματη εξαγωγή ιεραρχικών χαρακτηριστικών από εικόνες, επιτυγχάνοντας πολύ υψηλά ποσοστά ακρίβειας στον εντοπισμό ελαττωμάτων. Σε πρακτικές εφαρμογές, τα μοντέλα TN αξιοποιούνται για τον εντοπισμό ελαττωμάτων, διασφαλίζοντας την ποιότητα του προϊόντος και υποκαθιστώντας επαναλαμβανόμενες ή επικίνδυνες εργασίες χειρωνακτικής επιθεώρησης. (Anushri Shinde et al., 2025; Ettalibi et al., 2024; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Συστήματα Κλειστού Βρόχου Ελέγχου για Αυτόνομη Ρύθμιση Παραμέτρων Παραγωγής

Σύγχρονες παραγωγικές εγκαταστάσεις ενσωματώνουν TN και IoT σε συστήματα κλειστού βρόχου ελέγχου, τα οποία ρυθμίζουν αυτόνομα τις παραμέτρους διεργασίας χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Αξιοποιώντας βρόχους ανάδρασης, αυτά τα συστήματα τροποποιούν δυναμικά κρίσιμες παραμέτρους, όπως θερμοκρασία, ταχύτητα και πίεση, διατηρώντας τα κρίσιμα χαρακτηριστικά ποιότητας (Critical Quality Attributes – CQAs) εντός προκαθορισμένων ορίων προδιαγραφών. Η Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning) επιτρέπει σε αυτόνομους agents να βελτιστοποιούν επαναληπτικά τις παραμέτρους παραγωγής, εξασφαλίζοντας ακρίβεια και αξιοπιστία σε σύνθετες βιομηχανικές διεργασίες. (Anushri Shinde et al., 2025; Gasset et al., 2024; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Προσομοίωση μέσω Ψηφιακών Διδύμων για Πρόβλεψη Συμπεριφοράς Συστήματος

Τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twins) αποτελούν εικονικά αντίγραφα φυσικών συστημάτων που αξιοποιούν δεδομένα αισθητήρων πραγματικού χρόνου για την προσομοίωση, παρακολούθηση και βελτιστοποίηση της παραγωγικής απόδοσης. Επιτρέπουν την εικονική δοκιμή αλλαγών διεργασίας και συνταγών παραγωγής, προβλέποντας την απόκριση του συστήματος σε ποικίλους περιβαλλοντικούς και λειτουργικούς παράγοντες. Λειτουργώντας ως γέφυρα μεταξύ φυσικών λειτουργιών και προγνωστικής ανάλυσης, τα Ψηφιακά Δίδυμα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της ακρίβειας και της κανονιστικής συμμόρφωσης. (Gasset et al., 2024; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Υποστήριξη Αποφάσεων Χειριστών για τη Διατήρηση Βέλτιστης Παραγωγής

Τα συστήματα TN λειτουργούν ως εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων, επεξεργαζόμενα οπτικές εισόδους και λειτουργικά δεδομένα για να υποδεικνύουν συγκεκριμένες ενέργειες στους χειριστές. Μοντέλα επιβλεπόμενης μάθησης, όπως τα Τυχαία Δάση (Random Forests), αξιοποιούνται για την πρόβλεψη των απαραίτητων ενεργειών ελέγχου που διατηρούν βέλτιστες συνθήκες σε κρίσιμες μεταβλητές. Παράλληλα, έξυπνες πλατφόρμες παρακολουθούν την παραγωγή σε πραγματικό χρόνο, εντοπίζοντας αποκλίσεις από τις τυπικές διαδικασίες λειτουργίας και αποτρέποντας την κλιμάκωσή τους, επιτρέποντας στο προσωπικό να επικεντρωθεί σε στρατηγικά ζητήματα. (Culot et al., 2024; Ettalibi et al., 2024; Gasset et al., 2024; Gorle et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Nawaz et al., 2024)

2.5.7. Μηχανική και Συντήρηση

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στο τμήμα μηχανικής και συντήρησης:

Προγνωστική Συντήρηση

Η εφαρμογή TN και μηχανικής μάθησης (MM) διευκολύνει τη μετάβαση σε προληπτικές στρατηγικές συντήρησης, μέσω εντοπισμού τάσεων σε πολυδιάστατα σύνολα δεδομένων. Αλγόριθμοι MM ανιχνεύουν έγκαιρα τα σημεία φθοράς ή ανωμαλίες στη συμπεριφορά εξοπλισμού, όπως ακανόνιστες δονήσεις, διακυμάνσεις θερμοκρασίας ή μεταβολές ενεργειακής κατανάλωσης, που συνήθως διαφεύγουν της ανθρώπινης παρατήρησης. Μοντέλα επιβλεπόμενης μάθησης, όπως τα Τυχαία Δάση (Random Forest), οι Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVM) και τα Αναδρομικά Νευρωνικά Δίκτυα (RNN), χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη πιθανότητας αστοχίας εξοπλισμού και την εκτίμηση της εναπομένουσας ωφέλιμης ζωής (RUL) κρίσιμων εξαρτημάτων. Επιπλέον, τεχνικές μη-επιβλεπόμενης μάθησης, όπως η ομαδοποίηση (clustering) και οι αυτοκωδικοποιητές (autoencoders), αξιοποιούνται για τον καθορισμό της «κανονικής» λειτουργίας, επιτρέποντας στο σύστημα να εντοπίζει αυτόνομα ακραίες τιμές και επικείμενες μηχανικές βλάβες. (Andrianandrianina Johanesa et al., 2024; Anushri Shinde et al., 2025; Kodumuru et al., 2025)

Παράλληλα, η προγνωστική συντήρηση που βασίζεται σε εργαλεία TN αποτελεί καθοριστικό παράγοντα βελτίωσης της επιχειρησιακής αξιοπιστίας και ελαχιστοποίησης του μη προγραμματισμένου χρόνου διακοπής. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή προγραμματισμένη

συντήρηση, τα συστήματα TN αναλύουν δεδομένα αισθητήρων πραγματικού χρόνου και προτείνουν παρεμβάσεις συντήρησης μόνο όταν κρίνεται αναγκαίο, βελτιστοποιώντας τη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού. Εμπειρικές μελέτες των (Kodumuru et al., 2025) καταδεικνύουν ότι η ενσωμάτωση TN και IoT δύναται να μειώσει τον χρόνο σταματήματος εξοπλισμού κατά 30% έως 50%. Με την πρόβλεψη αστοχιών πριν την εκδήλωσή τους, οι επιχειρήσεις μπορούν να προγραμματίζουν επισκευές εντός προκαθορισμένων παραθύρων συντήρησης και μόνο όταν αυτό κριθεί αναγκαίο βάσει πρόβλεψης βλάβης, διατηρώντας τις γραμμές παραγωγής σε πλήρη λειτουργία και αποφεύγοντας το υψηλό κόστος συχνών διακοπών και απρόβλεπτων βλαβών. (Gorle et al., 2025; Kodumuru et al., 2025)

Ανίχνευση Ανωμαλιών σε Καθαρούς Χώρους μέσω Παρακολούθησης Πραγματικού Χρόνου

Η διατήρηση καθορισμένων συνθηκών στους καθαρούς χώρους (cleanrooms) είναι κρίσιμης σημασίας για την παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων, όπου αποκλίσεις ενδέχεται να επηρεάσουν την ποιότητα του προϊόντος ή την δυνατότητα απελευθέρωσής του στην αγορά. Η TN ενισχύει τις δυνατότητες παρακολούθησης καθώς επεξεργάζεται συνεχείς ροές δεδομένων από αισθητήρες θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, διαφορικής πίεσης και σωματιδίων. Μέθοδοι μη-επιβλεπόμενης μάθησης, όπως η ομαδοποίηση, αποδεικνύονται ιδιαίτερα αποτελεσματικές στον έγκαιρο εντοπισμό ή και πρόβλεψη αποκλίσεων. Τα συστήματα αυτά έγκαιρης προειδοποίησης διασφαλίζουν τη συνεχή συμμόρφωση με τις Ορθές Πρακτικές Παραγωγής (GMP) και αποτρέπουν περιστατικά μόλυνσης. (Anushri Shinde et al., 2025; Kodumuru et al., 2025)

Συλλογή Δεδομένων Απόδοσης Εξοπλισμού για Βελτιώσεις και Αναβαθμίσεις

Ο συνδυασμός TN και IoT επιτρέπει τη λεπτομερή συλλογή δεδομένων απόδοσης εξοπλισμού, αποτελώντας τη βάση για τη συνεχή επιχειρησιακή βελτίωση (continuous improvement). Τα δεδομένα πραγματικού χρόνου παρέχουν ένα πλήρες ιστορικό κατάστασης και αποδοτικότητας των μηχανημάτων. Αξιοποιώντας ιστορικές τάσεις απόδοσης, τα μοντέλα TN επιτρέπουν και βοηθούν τους μηχανικούς να εντοπίζουν συστημικές αναποτελεσματικότητες, να ιεραρχούν τις επιθυμητές αναβαθμίσεις και να προτείνουν στοχευμένες βελτιώσεις ή αλλαγές εξοπλισμού με υποστήριξη δεδομένων απόδοσης. (Andrianandrianina Johanesa et al., 2024; Culot et al., 2024; Gorle et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Συστήματα Κλειστού Βρόχου Ελέγχου για Αυτόνομη Ρύθμιση Παραμέτρων Παραγωγής

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2.5.6, συστήματα TN και IoT αξιοποιούνται για την ανάπτυξη συστημάτων κλειστού βρόχου ελέγχου, τα οποία διατηρούν αυτόνομα τη συνέπεια του προϊόντος χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση. Οι ρυθμίσεις και παρεμβάσεις αυτές αφορούν και ενέργειες του τεχνικού τμήματος, που πλέον πραγματοποιούνται αυτόνομα, εξασφαλίζοντας ακρίβεια και αξιοπιστία σε σύνθετες βιομηχανικές διεργασίες και μειώνοντας ταυτόχρονα χρόνο απασχόλησης και ρίσκο ατυχημάτων. (Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Προσομοίωση μέσω Ψηφιακών Διδύμων για Πρόβλεψη Συμπεριφοράς Συστήματος

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2.5.6, τα Ψηφιακά Δίδυμα αποτελούν εικονικά αντίγραφα φυσικών συστημάτων που αξιοποιούν δεδομένα πραγματικού χρόνου για προσομοίωση και βελτιστοποίηση απόδοσης. Παράλληλα με τη χρήση τους για προσομοίωση αλλαγών στις διεργασίες, οι προσομοιώσεις αυτές προβλέπουν την απόκριση του συστήματος και σε πιθανές μηχανολογικές επεμβάσεις ή αναβαθμίσεις, βοηθώντας τους μηχανικούς στην ορθή προτεραιοποίηση της χρηματοδότησης αναβάθμισης εξοπλισμού, η οποία βασίζεται σε δεδομένα της προσομοίωσης. (Charles et al., 2023; Gasset et al., 2024; Huanbutta et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)

Βελτιστοποίηση Ενεργειακής Κατανάλωσης

Οι τεχνολογίες TN αξιοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής διαχείρισης σε βιομηχανικές λειτουργίες. Μέσω ανάλυσης προτύπων ενεργειακής χρήσης με αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, οι ομάδες συντήρησης μπορούν να εντοπίζουν απώλειες αποδοτικότητας σε μηχανήματα και να εφαρμόζουν διορθωτικά μέτρα. Επιπλέον, τεχνολογίες TN, όπως η προσέγγιση μηχανικής μάθησης energy-efficient distributed federated learning (EDFOS), προτείνουν κατάλληλο προγραμματισμό, ώστε να μειωθεί σημαντικά η ενεργειακή κατανάλωση σε μεγάλης κλίμακας δίκτυα. Αυτές οι βελτιστοποιήσεις μειώνουν το λειτουργικό κόστος και υποστηρίζουν τους στόχους βιωσιμότητας μέσω της μείωσης του συνολικού αποτυπώματος άνθρακα. (Andrianandrianina Johanesa et al., 2024; Anushri Shinde et al., 2025; Daios et al., 2025; Kodumuru et al., 2025; Shamsan Saleh, 2024)

2.5.8. Εφοδιαστική Αλυσίδα

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στο τμήμα εφοδιαστικής αλυσίδας:

Προγνωστική Ανάλυση για Πρόβλεψη Ζήτησης

Η ΤΝ και η ΜΜ διευκολύνουν μια ουσιαστική μεταστροφή στην πρόβλεψη ζήτησης, μέσω ανάλυσης εκτεταμένων ιστορικών συνόλων δεδομένων, τάσεων αγοράς και εξωγενών μεταβλητών για την πρόβλεψη καταναλωτικών προτύπων. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους, οι οποίες αδυνατούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά πολυδιάστατους χώρους και μη γραμμικά πρότυπα, μοντέλα όπως τα Αναδρομικά Νευρωνικά Δίκτυα (RNNs) και τα Δίκτυα Μακράς Βραχυπρόθεσμης Μνήμης (LSTM) υπερέχουν στην ανίχνευση σύνθετων διακυμάνσεων ζήτησης. Οι δυνατότητες αυτές επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να βελτιστοποιούν τον παραγωγικό προγραμματισμό και τις στρατηγικές διανομής, ανταποκρινόμενοι αποτελεσματικά σε μεταβαλλόμενη ζήτηση, όπου οι ανισορροπίες προσφοράς-ζήτησης ενδέχεται να έχουν κρίσιμες συνέπειες. Επιπλέον, η ενσωμάτωση Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (NLP) επιτρέπει την ανάλυση μη δομημένων δεδομένων από μέσα κοινωνικής δικτύωσης και αξιολογήσεις πελατών, παρέχοντας γνώσεις για τη συμπεριφορά των καταναλωτών. (Anushri Shinde et al., 2025; Culot et al., 2024; Daios et al., 2025; Harrir & Triqui Sari, 2025; Huanbutta et al., 2024)i(Anushri Shinde et al., 2025; Culot et al., 2024; Daios et al., 2025; Harrir & Triqui Sari, 2025; Huanbutta et al., 2024)

Προγνωστική Ανάλυση για Διαχείριση Αποθεμάτων

Η εφαρμογή ΤΝ στη διαχείριση αποθεμάτων μπορεί να βελτιστοποιήσει τα επίπεδα αποθεμάτων υπολογίζοντας δυναμικά κόστη αποθήκευσης, χρόνους παράδοσης και περιορισμούς της εφοδιαστικής αλυσίδας, μειώνοντας τις ελλείψεις αλλά και το υπερβολικό απόθεμα. Τεχνικές μηχανικής μάθησης, όπως η Ενισχυτική Μάθηση και η ανίχνευση ανωμαλιών, επιτρέπουν τον εντοπισμό τάσεων αποθεμάτων, βελτιστοποιώντας τα περιθώρια κέρδους. Παράλληλα, μοντέλα στοχαστικής βελτιστοποίησης αξιοποιούνται για την ακριβέστερη πρόβλεψη ζήτησης και επομένως την ακριβέστερη παραγγελία πρώτων υλών, μειώνοντας την ανάγκη έκτακτου ανεφοδιασμού. (Anushri Shinde et al., 2025; Daios et al., 2025; Harrir & Triqui Sari, 2025; Huanbutta et al., 2024)

Στρατηγική Προμήθεια

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2.5.4, τεχνικές λήψης αποφάσεων, όπως η ασαφής λογική (fuzzy logic) και η μέθοδος TOPSIS, αξιοποιούνται για τη συστηματική αξιολόγηση και επιλογή προμηθευτών βάσει ιστορικών δεικτών απόδοσης. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν επίσης τον εντοπισμό βαθύτερων αλληλεξαρτήσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά και νέων

προμηθευτών εκτός των καθιερωμένων δικτύων, μειώνοντας τους κινδύνους διαταραχών και διευκολύνοντας τεκμηριωμένες αποφάσεις εισόδου σε νέες αγορές. Η ενσωμάτωση blockchain και IoT συμβάλλει παράλληλα στην πρόβλεψη της παραγωγικής ικανότητας των προμηθευτών για την έγκαιρη κατανομή παραγγελιών. (Culot et al., 2024; Daios et al., 2025; Harrir & Triqui Sari, 2025; Labib, 2024)

Βελτιστοποίηση Logistics και Διανομής

Οι λειτουργίες logistics και διανομής μπορούν να βελτιστοποιηθούν με χρήση εργαλείων TN μέσω εξορθολογισμού διαδρομών παράδοσης, φορτίων οχημάτων και χρονοδιαγραμμάτων. Τεχνικές όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι και η βελτιστοποίηση αποικίας μυρμηγκιών (ant colony optimization) επιλύουν σύνθετα προβλήματα δρομολόγησης οχημάτων, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και τις εργατοώρες. Η παρακολούθηση πραγματικού χρόνου μέσω αισθητήρων IoT επιτρέπει την άμεση παρακολούθηση αποστολών και την αυτόματη αναδρομολόγηση οχημάτων κατά απρόβλεπτα συμβάντα, όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση ή δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Επιπλέον, η generative TN δύναται να αξιοποιηθεί για τη δημιουργία αξιόπιστων σχεδίων έκτακτης ανάγκης, αντιμετωπίζοντας λειτουργικές διαταραχές και διασφαλίζοντας υψηλά πρότυπα αξιοπιστίας παραδόσεων. (Anushri Shinde et al., 2025; Charles et al., 2023; Daios et al., 2025; Harrir & Triqui Sari, 2025)

Αυτοματοποίηση Διαδικασιών Προμηθειών

Η μηχανική μάθηση επαναπροσδιορίζει τις προμήθειες αυτοματοποιώντας επαναλαμβανόμενες διοικητικές εργασίες, όπως η καταχώριση δεδομένων, η διαχείριση παραγγελιών και η επεξεργασία τιμολογίων. Τα αυτοματοποιημένα αυτά συστήματα επεξεργάζονται μεγάλους όγκους δεδομένων από πολλαπλές πηγές, διασφαλίζοντας κανονιστική συμμόρφωση και μειώνοντας σημαντικά το ανθρώπινο σφάλμα. Μέσω της Έξυπνης Αυτοματοποίησης Διεργασιών (IPA), οι επιχειρήσεις επιταχύνουν τις διαδικασίες τεκμηρίωσης, επιτυγχάνοντας σημαντική εξοικονόμηση χρόνου και κόστους, ενώ οι ομάδες προμηθειών επικεντρώνονται σε στρατηγικές πρωτοβουλίες έναντι επαναλαμβανόμενων εργασιών. (Anushri Shinde et al., 2025; Culot et al., 2024; Daios et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Nawaz et al., 2024)

2.5.9. Προώθηση και Εξυπηρέτηση Πελατών

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στο τμήμα προώθησης (marketing) και εξυπηρέτησης πελατών:

Προγνωστική Ανάλυση για τον Εντοπισμό Τάσεων Αγοράς

Η TN στον τομέα της προώθησης συμβάλλει στον εντοπισμό τάσεων αγοράς, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να αξιολογούν την απόδοσή τους και να εκτιμούν τη διεθνή ανταγωνιστικότητά τους μέσω προηγμένων αναλυτικών μοντέλων. Η προγνωστική ανάλυση αποτελεί θεμελιώδη πυλώνα στρατηγικής λήψης αποφάσεων, επιτρέποντας στα στελέχη να προβλέπουν αναδυόμενες ευκαιρίες και να μετριάζουν δυνητικούς κινδύνους τεκμηριωμένα βασιζόμενοι σε αναλύσεις δεδομένων. Τα συστήματα αυτά επεξεργάζονται εκτεταμένα σύνολα δεδομένων για την ανάδειξη συσχετίσεων και τάσεων, προσφέροντας ακριβέστερες εκτιμήσεις των αναγκών των καταναλωτών. Μέσω της ενσωμάτωσης αυτών των εργαλείων, οι επιχειρήσεις μεταβάλλουν τη στρατηγική προώθησης τους μέσω προδραστικού εντοπισμού τάσεων, διασφαλίζοντας την ανταγωνιστικότητά τους στις δυναμικές παγκόσμιες αγορές. (Abrokwah-Larbi & Awuku-Larbi, 2024; Labib, 2024; Thakur & Kushwaha, 2024)

Προβλέψεις Πωλήσεων για Νέα και Καινοτόμα Προϊόντα

Η εφαρμογή εργαλείων TN είναι επίσης ιδιαίτερα χρήσιμη στην πρόβλεψη και τον προγραμματισμό πωλήσεων καινοτόμων προϊόντων, όπου ιστορικά δεδομένα συχνά απουσιάζουν. Αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης προσφέρουν μια εναλλακτική προσέγγιση πρόβλεψης ζήτησης, αξιοποιώντας δεδομένα κατάταξης, αναλύσεις συναισθήματος (sentiment analysis) και προφίλ πελατών. Επιπλέον, μοντέλα που αξιοποιούν εργαλεία TN και χρησιμοποιούν τη θεωρία διάχυσης καινοτομίας μπορούν να υποδεικνύουν το βέλτιστο χρόνο «λανσαρίσματος» προϊόντων, ευθυγραμμίζοντας τις επικοινωνίες προώθησης με συγκεκριμένες κατηγορίες αγοραστών. Οι δυνατότητες αυτές ενισχύουν την ακρίβεια των προβλέψεων πωλήσεων, μειώνοντας τις αβεβαιότητες και τους χρηματοοικονομικούς κινδύνους που σχετίζονται με την είσοδο σε νέα τμήματα αγοράς. (Daios et al., 2025; Huanbutta et al., 2024; Labib, 2024; Thakur & Kushwaha, 2024)

Δέσμευση Πελατών μέσω Στοχευμένων Στρατηγικών Μάρκετινγκ και Ανάλυσης Συναισθήματος

Εκτός από τη σημαντική συνεισφορά στην πρόβλεψη νέων καινοτόμων προϊόντων, οι τεχνολογίες TN αξιοποιώντας δεδομένα κατάταξης και προφίλ πελατών ενισχύουν τη

δέσμευση πελατών, παρέχοντας προτάσεις βασισμένες στη συμπεριφορά και τις προτιμήσεις των καταναλωτών μέσω ανάλυσης συναισθήματος. Η ανάλυση συναισθήματος επιτρέπει τη μέτρηση και αξιολόγηση της συναισθηματικής κατεύθυνσης, του τόνου και του πλαισίου του περιεχομένου των ενδιαφερόμενων μερών, αποκαλύπτοντας την αντίληψη του κοινού για εμπορικές μάρκες και προϊόντα. Αυτή η αναλυτική ικανότητα υποστηρίζει την ανάπτυξη στοχευμένων στρατηγικών προώθησης, που απευθύνονται προσωπικά σε διαφορετικά τμήματα πελατών. Η ενσωμάτωση της ανάλυσης συναισθήματος σε διαδραστικές πλατφόρμες ενισχύει το ποσοστό ανταπόκρισης στην επικοινωνία, καλλιεργώντας ισχυρότερη δέσμευση με την επιχείρηση και εμπιστοσύνη των πελατών. (Abrokwah-Larbi & Awuku-Larbi, 2024; Labib, 2024; Mashiah, 2026; Thakur & Kushwaha, 2024)

Ηλεκτρονικό Μάρκετινγκ Σχέσεων μέσω Αλληλεπιδράσεων Πραγματικού Χρόνου

Η ηλεκτρονική προώθηση σχέσεων (online relationship marketing) έχει μεταμορφωθεί από εργαλεία TN, όπως chatbots, εικονικοί βοηθοί και υπηρεσίες φωνητικής ενεργοποίησης, που διευκολύνουν την αλληλεπίδραση με τους καταναλωτές σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα αυτά παρέχουν συνεχή υποστήριξη σε πολλαπλές γλώσσες, διασφαλίζοντας συνέπεια υπηρεσιών και τοπική συνάφεια σε παγκόσμιες αγορές. Σε αντίθεση με παραδοσιακά μοντέλα, οι σύγχρονες υπηρεσίες, που τροφοδοτούνται από Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs), επιτρέπουν πιο εκλεπτυσμένες και ανθρωπόμορφες αλληλεπιδράσεις, διαχειριζόμενες σύνθετα ερωτήματα με μεγαλύτερη ευελιξία. Οι έξυπνοι αυτοί βοηθοί λειτουργούν ως πρωταρχικό σημείο επαφής, βελτιώνοντας τη διαχείριση διαλόγου και την συνολική εμπειρία πελατών σε τμήματα υπηρεσιών εξυπηρέτησης πελατών. (Daios et al., 2025; Kelm & Johann, 2025; Larsen et al., 2025; Li et al., n.d.; Salehin et al., 2025; Thakur & Kushwaha, 2024)

Βελτιστοποίηση Καμπάνιας Μάρκετινγκ

Εργαλεία TN διευκολύνουν τη βελτιστοποίηση προωθητικών σχεδίων καμπάνιας μέσω αυτοματοποίησης διαφημιστικών στρατηγικών ενώ ανταποκρίνονται στις τάσεις αγοράς σε πραγματικό χρόνο. Αλγόριθμοι προγραμματικής διαφήμισης και τοποθέτησης διαφημίσεων βάσει TN αξιοποιούν εκτεταμένα συμπεριφορικά δεδομένα για τη βελτίωση της κατάτμησης και της στόχευσης, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και τη συνάφεια. Επιπλέον, τεχνικές εξόρυξης δεδομένων συμβάλλουν στη διαχείριση καμπανιών, προβλέποντας την εγκατάλειψη πελατών ή εντοπίζοντας κερδοφόρα τμήματα πελατολογίου. Οι τεχνολογίες αυτές δίνουν τη

δυνατότητα στις επιχειρήσεις να αξιοποιούν τα δεδομένα του διαδικτύου και να προσαρμόζουν τα προωθητικά σχέδιά τους δυναμικά για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης των καμπανιών. (Abrokwah-Larbi & Awuku-Larbi, 2024; Labib, 2024; Le et al., 2025; Thakur & Kushwaha, 2024)

2.5.10. Ανθρώπινο Δυναμικό

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στο τμήμα ανθρώπινου δυναμικού:

Εργαλεία Προεπιλογής Βιογραφικών (Διαλογή, Αντιστοίχιση Υποψηφίων και Ανάλυση Κενών Δεξιοτήτων)

Τα εργαλεία προεπιλογής βιογραφικών αξιοποιούν προηγμένους αλγορίθμους TN για την ανάλυση της συμβατότητας μεταξύ αιτήσεων υποψηφίων και συγκεκριμένων κριτηρίων πρόσληψης που ορίζονται από τη Διεύθυνση Ανθρώπινου Δυναμικού. Τα συστήματα αυτά φιλτράρουν το σύνολο υποψηφίων αποδίδοντας συνολικές βαθμολογίες, αξιολογώντας τα προσόντα και τα πιθανά κενά στις απαραίτητες δεξιότητες και διευκολύνοντας τη λήψη αποφάσεων «βέλτιστου υποψηφίου» που συνδέεται άμεσα με τη μελλοντική επαγγελματική απόδοση. Εμπειρικά δεδομένα (Revillod, 2025) καταδεικνύουν ότι η εφαρμογή τέτοιων εργαλείων δύναται να μειώσει το κόστος πρόσληψης έως 71% και να συντομεύσει τους χρόνους επεξεργασίας κατά 30% έως 50%. Τα εργαλεία αυτά είναι επίσης απαραίτητα για τη διαχείριση πολυδιάστατων συνόλων δεδομένων και μεγάλου αιθμού υποψηφίων που θα ήταν αδύνατον να επεξεργαστούν χειροκίνητα από ανθρώπους. (Anushri Shinde et al., 2025; Bhatt, 2023; Nawaz et al., 2024; Revillod, 2025)

Αυτοματοποιημένες Συνεντεύξεις

Οι τεχνολογίες αυτοματοποιημένων συνεντεύξεων δίνουν τη δυνατότητα σε επιχειρήσεις να διεξάγουν αλληλεπίδραση με υποψηφίους σε πραγματικό χρόνο και να ψηφιοποιούν τη διαδικασία προκαταρκτικής διαλογής. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν αξιολογήσεις βάσει βιογραφικού και συνεντεύξεων, που ενισχύουν την ακρίβεια της επιλογής μειώνοντας παράλληλα τον χρόνο και το κόστος συμβατικών μεθόδων. Συστήματα που αξιοποιούν εργαλεία TN διευκολύνουν επίσης τη διαχείριση υποψηφίων από το εξωτερικό μέσω

ηλεκτρονικών συνεντεύξεων βίντεο σε διαφορετικές ζώνες ώρας και τοποθεσίες. Επιπλέον, η ΤΝ αυτοματοποιεί το διοικητικό φόρτο των συνεντεύξεων συμβάλλοντας στον καλύτερο προγραμματισμό συνεντεύξεων και την ικανοποίηση απαιτήσεων υποψηφίων και προσωπικού. (Bhatt, 2023; Nawaz et al., 2024)

Εργαλεία Αξιολόγησης Απόδοσης

Τα εργαλεία αξιολόγησης απόδοσης αξιοποιούν αλγορίθμους ΤΝ για τη συλλογή και ανάλυση ευρέος φάσματος δεικτών, συμπεριλαμβανομένης της επίτευξης στόχων, της απουσίας και του ποσοστού αποχώρησης προσωπικού. Σε πιο σύνθετες εκδοχές, τα εργαλεία αυτά αξιολογούν ευαίσθητα εσωτερικά δεδομένα, όπως πρότυπα συμπεριφοράς ή επίπεδα συγκέντρωσης, μέσω λογισμικού εγκατεστημένου στους σταθμούς εργασίας. Η μετάβαση από χειροκίνητες σε ψηφιακές πλατφόρμες αξιολόγησης ενισχύει σημαντικά την αποδοτικότητα και τη συνέπεια των λειτουργιών Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού. Τεχνικές μηχανικής μάθησης είναι ιδιαίτερα πολύτιμες στον τομέα αυτό, καθώς διαχειρίζονται αποτελεσματικά πολυδιάστατα δεδομένα από ενσωματωμένους αισθητήρες, αποκαλύπτοντας λεπτές συνδέσεις στα δεδομένα εργατικού δυναμικού που παρέχουν στα στελέχη καλύτερη κατανόηση των παραγόντων απόδοσης. (Andrianandrianina Johanesa et al., 2024; Anushri Shinde et al., 2025; Nawaz et al., 2024; Revillod, 2025; Saihi et al., 2023)

Πρόβλεψη Κινδύνου Αποχώρησης Προσωπικού

Η εφαρμογή ΤΝ για την πρόβλεψη κινδύνου αποχώρησης προσωπικού περιλαμβάνει τη χρήση μοντέλων μηχανικής μάθησης για τον εντοπισμό σύνθετων συμπεριφορικών προτύπων που υποδηλώνουν την πρόθεση αποχώρησης ενός εργαζομένου. Τα συστήματα αυτά αναλύουν εκτεταμένα σύνολα δεδομένων για την πρόβλεψη κινδύνων αποχώρησης και τον εντοπισμό ευρύτερων ψυχοκοινωνικών ζητημάτων, όπως η επαγγελματική εξουθένωση. Η προγνωστική ανάλυση επιτρέπει στις επιχειρήσεις να υιοθετούν προδραστική στάση, εφαρμόζοντας στρατηγικές καλύτερης κατανομής εργασίας για την αύξηση της ικανοποίησης του προσωπικού και την ελαχιστοποίηση της αποχώρησης εργαζομένων καθώς και των σημαντικών χρηματοοικονομικών απωλειών που συνδέονται με την αντικατάσταση στελεχών. Επιπλέον, η ΤΝ δύναται να συμβάλει στη βελτιστοποίηση εξατομικευμένων πακέτων αμοιβών και παροχών για την ενίσχυση της δέσμευσης και την παραμονή στελεχών με υψηλή απόδοση. (Nawaz et al., 2024; Revillod, 2025)

Εξατομικευμένη Μάθηση και Εικονικοί Μέντορες

Οι πρωτοβουλίες μάθησης βάσει TN εντοπίζουν τις ατομικές ανάγκες κάθε εργαζομένου για την παροχή εξαιρετικά προσαρμοσμένων προγραμμάτων κατάρτισης και ανάπτυξης. Οι επιχειρήσεις αξιοποιούν προσομοιώσεις και εικονικούς μέντορες για να παρέχουν διαδραστικές εμπειρίες που αναπαράγουν πραγματικές επαγγελματικές προκλήσεις, επιτρέποντας στο προσωπικό να λαμβάνει ανατροφοδότηση βάσει απόδοσης σε πραγματικό χρόνο. Παρέχοντας συνεχή πρόσβαση σε εξατομικευμένα προγράμματα εκμάθησης, η TN καλλιεργεί κουλτούρα συνεχούς βελτίωσης και ανάπτυξης ικανοτήτων εντός του εργατικού δυναμικού. (Anushri Shinde et al., 2025; Nawaz et al., 2024)

2.5.11. Πληροφορική

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στο τμήμα πληροφορικής:

Διαχείριση Διαλόγου και Εσωτερική Υποστήριξη (Chatbots)

Η TN έχει μεταμορφώσει την εσωτερική τεχνική υποστήριξη (IT) μέσω της ανάπτυξης βοηθητικών bots σχεδιασμένων για την καθοδήγηση εργαζομένων και τη βελτίωση της διαχείρισης διαλόγου. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά chatbots βάσει προθέσεων που βασίζονται σε προκαθορισμένες ροές συνομιλίας, τα σύγχρονα συστήματα που τροφοδοτούνται από Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs) διευκολύνουν πιο εκλεπτυσμένες και ανθρωπόμορφες αλληλεπιδράσεις, επιτρέποντας την επεξεργασία σύνθετων εσωτερικών ερωτημάτων με μεγαλύτερη ευελιξία. Τα συστήματα αυτά αξιοποιούν την Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας (NLU) για την κατανόηση πλαισίου και εξειδικευμένης ορολογίας, κρίσιμης για την παροχή απαντήσεων σε τεχνικά πεδία. Επιπλέον, η TN εφαρμόζεται στην αυτοματοποίηση διοικητικών διεργασιών, όπως η δημιουργία πρακτικών από συνεδριάσεις, αξιοποιώντας αναγνώριση ομιλίας και περιληπτική σύνοψη για την καταγραφή βασικών σημείων από ηχητικές εγγραφές. Λειτουργώντας ως εργαλεία επιχειρηματικής ευφυΐας με επίγνωση πλαισίου, αυτοί οι βοηθοί (agents) βελτιστοποιούν την εσωτερική ανάκτηση πληροφοριών και βελτιώνουν τη συνολική εμπειρία των εργαζομένων. (Kelm & Johann, 2025; Larsen et al., 2025; Salehin et al., 2025; Sheikhi et al., 2022; Thakur & Kushwaha, 2024)

Μείωση Υπερφόρτωσης Πληροφοριών μέσω Αυτοματοποίησης Αιτημάτων

Η Αυτοματοποίηση Αιτημάτων (Ticket Automation) αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για τη διαχείριση μεγάλων όγκων αιτημάτων υπηρεσιών, μειώνοντας τα βήματα μεταξύ αρχικής

υποβολής και τελικής επίλυσης. Συστήματα TN αξιοποιούν την Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (NLP) για τον μετριάσμό της υπερφόρτωσης πληροφοριών μέσω αυτόματης εξόρυξης κειμένου και προεπεξεργασίας εισερχόμενων αιτημάτων. Προηγμένοι αλγόριθμοι, όπως τα αμφίδρομα δίκτυα LSTM και οι μετασχηματιστές (transformers), χρησιμοποιούνται για τη σύνοψη αιτημάτων σε συνοπτικές και εφαρμόσιμες πληροφορίες. Επιπλέον, μηχανισμοί TN ενισχύουν την επιχειρησιακή ασφάλεια φιλτράροντας ανεπιθύμητη ή κακόβουλη εισερχόμενη κίνηση, όπως spam ή phishing, μέσω ομαδοποίησης και ανίχνευσης χαρακτηριστικών σε πραγματικό χρόνο. (Gupta et al., 2021; Kelm & Johann, 2025; Sheikhi et al., 2022; Zangari et al., 2023)

Βελτιστοποίηση Κατανομής Πόρων μέσω Ταξινόμησης και Δρομολόγησης Αιτημάτων

Η αυτόματη ταξινόμηση αιτημάτων είναι απαραίτητη για τη βελτιστοποίηση της κατανομής πόρων και τη διασφάλιση ότι τα αιτήματα δρομολογούνται στους πλέον κατάλληλους ειδικούς. Η κατηγοριοποίηση εντός θεματικών ενοτήτων επιτρέπει στους οργανισμούς να διατηρούν υψηλή παραγωγικότητα και να τηρούν τις Συμφωνίες Επιπέδου Υπηρεσιών (SLAs), επιταχύνοντας τη διαδικασία επίλυσης. Αντιθέτως, η εσφαλμένη δρομολόγηση αιτημάτων οδηγεί σε σπατάλη πόρων με δυσμενείς οικονομικές συνέπειες. Αξιοποιώντας γλωσσικά μοντέλα βάσει πλαισίου, όπως το BERT και το XLNet, για τη σημασιολογική αναπαράσταση δεδομένων αιτημάτων και την ακριβή κατηγοριοποίησή τους μπορούν επίσης να αντιστοιχούν αιτήματα με προφίλ ειδικών ή ιστορικές ακολουθίες επίλυσης, εντοπίζοντας τη βέλτιστη διαδρομή εντός δικτύου ειδικών. (Zangari et al., 2023)

Ανίχνευση Απειλών Κυβερνοασφάλειας και Ανωμαλιών σε Πραγματικό Χρόνο

Οι σύγχρονες υποδομές κυβερνοασφάλειας βασίζονται στην TN για εξελιγμένη ανίχνευση απειλών και εντοπισμό ανωμαλιών σε πραγματικό χρόνο. Αναλύοντας μεγάλους όγκους δεδομένων από δικτυακά περιβάλλοντα, συστήματα TN εντοπίζουν πρότυπα που υποδηλώνουν επιθέσεις κακόβουλου λογισμικού, μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση ή εκμετάλλευση ευπαθειών μηδενικής ημέρας (zero-day exploits). Συστήματα Ανίχνευσης Εισβολών (IDS) αξιοποιούν αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, όπως SVM και CNN, για την ταξινόμηση δικτυακής κίνησης με υψηλή ακρίβεια. Επιπλέον, η ενσωμάτωση τεχνολογίας blockchain με αποκεντρωμένη TN ενισχύει αυτά τα μέτρα, δημιουργώντας αμετάβλητα και ελέγξιμα αρχεία και διευκολύνοντας την ανίχνευση κατανεμημένων επιθέσεων άρνησης υπηρεσίας (DDoS). Οι δυνατότητες αυτές προδραστικής παρακολούθησης επιτρέπουν στους

οργανισμούς να εντοπίζουν αναδυόμενες απειλές πριν προκαλέσουν ζημία στις ψηφιακές υποδομές. (Lysenko et al., 2024; Ofusori et al., 2024; Shamsan Saleh, 2024)

Σύσταση Βέλτιστων Ενεργειών Αντίδρασης σε Απειλές Κυβερνοασφάλειας

Οι τεχνολογίες TN λειτουργούν ως προηγμένα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που επιλέγουν τη βέλτιστη αντίδραση σε απειλές κυβερνοασφάλειας σε πραγματικό χρόνο. Τα μοντέλα αυτά είναι ικανά να αυτοματοποιούν την ταξινόμηση περιστατικών και να προτείνουν κατάλληλα μέτρα ασφαλείας μετά τον εντοπισμό συγκεκριμένου προτύπου επίθεσης. Προσαρμόζουν αυτόματα κανόνες και πολιτικές ασφαλείας για την εξουδετέρωση κακόβουλων αιτημάτων ή τον αποκλεισμό πηγής δικτυακής εισβολής. Επιπλέον, η TN παρέχει ενημέρωση καταστάσεων στα κέντρα επιχειρήσεων ασφαλείας, ιεραρχώντας τις απειλές και κατευθύνοντας τις προσπάθειες αντιμετώπισης περιστατικών προς τα πλέον ευάλωτα συστήματα. Μέσω Ενισχυτικής Μάθησης, αυτοί οι βοηθοί (agents) βελτιστοποιούν επαναληπτικά τις στρατηγικές αντίδρασης βάσει ανατροφοδότησης από το περιβάλλον του συστήματος. (Lysenko et al., 2024; Ofusori et al., 2024; Shamsan Saleh, 2024)

Αξιολόγηση Κινδύνων Κυβερνοασφάλειας μέσω Ανάλυσης Ευπαθειών και Δραστηριότητας Συστήματος

Η αξιολόγηση κινδύνων βάσει TN αποτελεί θεμελιώδη πυλώνα της σύγχρονης κυβερνοάμυνας, περιλαμβάνοντας τη συστηματική ανάλυση ευπαθειών λογισμικού και δραστηριότητας συστήματος. Οι τεχνολογίες TN υποστηρίζουν εσωτερικούς ελεγκτές στον εντοπισμό προτύπων και αναδυόμενων απειλών εντός σύνθετων συνόλων δεδομένων που θα μπορούσαν να διαφύγουν της ανθρώπινης προσοχής. Παρακολουθώντας δεδομένα συμπεριφοράς και πρότυπα κίνησης, προγνωστικά μοντέλα TN εκτιμούν πιθανές απώλειες και προσδιορίζουν την πιθανότητα παραβίασης εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου. Επιπλέον, η TN χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση κινδύνου απώλειας δεδομένων, εντοπίζοντας πρότυπα που υποδηλώνουν μη εξουσιοδοτημένη χρήση ή κατάχρηση εμπιστευτικών πληροφοριών. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στους οργανισμούς να ακολουθήσουν στρατηγικές προληπτικής προστασίας βασισμένη σε αναλύσεις ρίσκου των κινδύνων. (Huanbutta et al., 2024; Lysenko et al., 2024; Ofusori et al., 2024; Shamsan Saleh, 2024)

2.5.12. Οφέλη και Δυνατότητες μέσω εφαρμογής εργαλείων TN

Με βάση τις πιθανές εφαρμογές της TN σε όλα τα τμήματα που αναλύονται παραπάνω είναι εμφανές ότι η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) και της Μηχανικής Μάθησης (MM) στις επιχειρησιακές λειτουργίες οδηγεί στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας, μέσω αυτοματοποίησης επαναλαμβανόμενων καθηκόντων και εξορθολογισμού σύνθετων ροών εργασίας σε όλα τα τμήματα είτε αφορούν τον ανθρώπινο παράγοντα όπως η διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού, τεχνικό πλαίσιο όπως η πληροφορική (IT), ακόμη και τμήματα που σχετίζονται με την παραγωγή ή τις μηχανολογικές επεμβάσεις. Οι τεχνολογίες TN ενισχύουν την ακρίβεια σε επίπεδα μη εφικτά από χειριστές, με συστήματα μηχανικής όρασης στην ανίχνευση ελαττωμάτων και αναλυτικά μοντέλα που παρέχουν προβλέψεις υψηλής αξιοπιστίας. Μέσω της επέκτασης της ικανότητας επεξεργασίας δεδομένων, η TN επιτρέπει τη διαχείριση εκτεταμένων, πολυδιάστατων συνόλων δεδομένων, υποστηρίζοντας την ιεράρχηση πρωτοβουλιών, ερευνητικών στόχων αλλά και επενδυτικές αναβαθμίσεις, ενώ παράλληλα επιτρέπει την παρακολούθηση και ανατροφοδότηση πραγματικού χρόνου μέσω πλαισίων όπως η Αναλυτική Τεχνολογία Διεργασιών (PAT) και τα Ψηφιακά Δίδυμα (Digital Twins). Η συνεχής αυτή εποπτεία διασφαλίζει τον «επί τόπου» εντοπισμό και διόρθωση αποκλίσεων σε κρίσιμες παραμέτρους διεργασίας, διατηρώντας υψηλά πρότυπα ποιότητας και ασφάλειας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων.

Επιπλέον, οι πλατφόρμες που αξιοποιούν εργαλεία TN λειτουργούν ως προηγμένα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, μετατρέποντας ακατέργαστα δεδομένα σε εφαρμόσιμες πληροφορίες και επιτρέποντας στα στελέχη να δραστηριοποιούνται στο παγκόσμιο ανταγωνιστικό περιβάλλον με τεκμηριωμένη σε δεδομένα οξυδέρκεια. Η εφαρμογή προγνωστικής ανάλυσης θεμελιώνει μια προδραστική στρατηγική διαχείρισης κινδύνων, επιτρέποντας στους οργανισμούς να προβλέπουν αστοχίες εξοπλισμού, διαταραχές εφοδιαστικής αλυσίδας και απειλές κυβερνοασφάλειας πριν αυτές κλιμακωθούν σε επιχειρησιακές κρίσεις. Στον τομέα της Έρευνας και Ανάπτυξης, η TN επιταχύνει σημαντικά τον κύκλο ανακάλυψης φαρμάκων, μειώνοντας τον χρόνο και το χρηματοοικονομικό κόστος διάθεσης καινοτόμων θεραπειών στην αγορά. Πέραν της επιχειρησιακής απόδοσης, η TN προωθεί τη βιωσιμότητα και την κυκλική οικονομία μέσω βελτιστοποίησης ενεργειακής κατανάλωσης, μείωσης αποβλήτων υλικών μέσω στρατηγικών μηδενικών ελαττωμάτων και ενίσχυσης της ιχνηλασιμότητας ανακυκλωμένων πόρων. Κατά συνέπεια, η στρατηγική

υιοθέτηση TN ενδυναμώνει τους οργανισμούς να εξελιχθούν σε ευέλικτες οντότητες, στηριζόμενες σε δεδομένα και ικανές να ανταποκριθούν στις σύνθετες απαιτήσεις της Βιομηχανίας 5.0, διατηρώντας παράλληλα αυστηρά περιβαλλοντικά πρότυπα και πρότυπα ασφαλείας.

2.6. Περιορισμοί στην εφαρμογή εργαλείων TN

2.6.1. Γνώση και κατανόηση TN και εταιρική κουλτούρα

Η επιτυχής εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στον φαρμακευτικό τομέα περιορίζεται σημαντικά από την κρίσιμη έλλειψη ανθρώπινου δυναμικού που να συνδυάζει προηγμένη τεχνογνωσία στην επιστήμη δεδομένων με βαθιά γνώση του αντικειμένου παραγωγής φαρμάκων. Το επαγγελματικό αυτό χάσμα συμβάλλει σε ένα «ψηφιακό χάσμα TN» (AI divide) και σε ευρέως διαδεδομένο «άγχος TN» (AI anxiety) μεταξύ των εργαζομένων, οι οποίοι συχνά αντιλαμβάνονται την αυξημένη αυτοματοποίηση ως άμεση απειλή για την ασφάλεια της εργασίας τους και όχι ως εργαλείο ενίσχυσης. Επιπλέον, οι διαφοροποιήσεις στον βαθμό εξοικείωσης με την TN (AI literacy) ανάμεσα στο σύνολο του εργατικού δυναμικού μπορούν να οδηγήσουν σε ακατάλληλη διαχείριση των κινδύνων που προκύπτουν από τη χρήση TN, όπως οι «παραισθήσεις» (hallucinations) των Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων ή οι εσφαλμένες προσαρμογές διεργασιών, γεγονός που ενδέχεται να θέσει σε κίνδυνο την ποιότητα του προϊόντος. Επομένως, οι οργανισμοί αντιμετωπίζουν τον λειτουργικό κίνδυνο της υπερβολικής εξάρτησης από αυτοματοποιημένα συστήματα, η οποία μπορεί να δυσκολεύει τους χειριστές να έχουν επίγνωση της κατάστασης και να υπονομεύσει την ποιοτική εποπτεία, που είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ασφάλειας των ασθενών. Η αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών απαιτεί ουσιαστική επένδυση σε συνεχή εκπαίδευση και συστηματικές πρωτοβουλίες αναβάθμισης δεξιοτήτων (upskilling), προκειμένου να μεταβεί το ανθρώπινο δυναμικό από τις παραδοσιακές χειροκίνητες διεργασίες σε ροές εργασίας ενισχυμένες από TN. (Anushri Shinde et al., 2025; Kelm & Johann, 2025; Kodumuru et al., 2025; Larsen et al., 2025; Nawaz et al., 2024; Salehin et al., 2025)

Εκτός της τεχνικής επάρκειας, η ενσωμάτωση της TN παρεμποδίζεται από οργανωτικές κουλτούρες που συχνά δεν εναρμονίζονται με την επαναληπτική και ενίοτε αδιαφανή φύση της μηχανικής μάθησης. Το χαρακτηριστικό του «μαύρου κουτιού» (black box) των

προηγμένων μοντέλων βαθιάς μάθησης δημιουργεί σημαντικό εμπόδιο στην εμπιστοσύνη, καθώς οι επαγγελματίες και οι ρυθμιστικές αρχές δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν τη λογική πίσω από κρίσιμες διαδικασίες λήψης αποφάσεων σε ένα αυστηρά ρυθμιζόμενο περιβάλλον. Για τον μετριασμό αυτής της επιφυλακτικότητας, οι οργανισμοί οφείλουν να καλλιεργήσουν μια «κουλτούρα βασισμένη στα δεδομένα» (data-driven culture) καθώς και μια «κουλτούρα αποδοχής της αποτυχίας» (failure culture), η οποία ενθαρρύνει τον πειραματισμό και την αποδοχή του ρίσκου, διατηρώντας παράλληλα αυστηρά πρότυπα Ορθής Πρακτικής Παραγωγής (Good Manufacturing Practice, GMP). Η ηγεσία διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτή τη μετάβαση, υιοθετώντας η ίδια προληπτική χρήση της ΤΝ και θεσπίζοντας σαφή ηθικά πλαίσια και πολιτικές λογοδοσίας, ώστε να διασφαλίζεται ότι οι αυτοματοποιημένοι agents δεν λειτουργούν χωρίς την κατάλληλη ανθρώπινη εποπτεία. Παράλληλα, η μετατόπιση προς ψηφιοποιημένες λειτουργίες είναι ιδιαίτερα δύσκολη για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, οι οποίες περιορίζονται από το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και την τεχνική υποδομή που απαιτούνται για τη διατήρηση μακροπρόθεσμης ψηφιακής ωριμότητας. Ως εκ τούτου, η υλοποίηση της ΤΝ στη φαρμακευτική βιομηχανία εξαρτάται από τη μετάβαση από μια αντιδραστική στάση σε μια προληπτική κουλτούρα ποιότητας, η οποία εξισορροπεί την τεχνολογική καινοτομία με τη διαφάνεια και την ηθική ακεραιότητα. (Anushri Shinde et al., 2025; Bhatt, 2023; Culot et al., 2024; Kelm & Johann, 2025; Kodumuru et al., 2025; Salehin et al., 2025)

2.6.2. Τεχνικοί περιορισμοί και υποδομές

Η τεχνική εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης (ΤΝ) στον φαρμακευτικό τομέα περιορίζεται θεμελιωδώς από την υψηλή εξάρτηση από δεδομένα, ακολουθώντας την αρχή «garbage in-garbage out», σύμφωνα με την οποία η αξιοπιστία του συστήματος είναι άμεσα ανάλογη με την ποιότητα, τον όγκο και τη συνέπεια των δεδομένων εισόδου αλλά και εκπαίδευσης του μοντέλου ΤΝ. Η επιτυχής ανάπτυξη μοντέλων μηχανικής μάθησης (ΜΜ) και βαθιάς μάθησης (DL) απαιτεί τεράστια, πολυδιάστατα σύνολα δεδομένων προκειμένου να διασφαλιστεί η αναλυτική ακρίβεια, ωστόσο τόσο εξειδικευμένα δεδομένα είναι συχνά ανεπαρκή, κατακερματισμένα ή δυσπρόσιτα. Επιπλέον, οι οργανισμοί αντιμετωπίζουν σημαντικά εμπόδια όσον αφορά τη συμβατότητα με υφιστάμενα συστήματα, καθώς πολλές μονάδες παραγωγής εξακολουθούν να λειτουργούν με παρωχημένες υποδομές που δεν έχουν σχεδιαστεί για σύγχρονη ενσωμάτωση ΤΝ ή Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things,

IoT). Η υπέρβαση αυτών των κενών λειτουργικότητας απαιτεί σημαντικές οικονομικές και τεχνικές επενδύσεις για τον εκσυγχρονισμό του υλικού και του λογισμικού, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε παρατεταμένα χρονοδιαγράμματα υλοποίησης και αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην ψηφιακή ωριμότητα, ενώ αποτελεί μεγάλη πρόκληση για μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις. (Anushri Shinde et al., 2025; Culot et al., 2024; Gorle et al., 2025; Kodumuru et al., 2025; Salehin et al., 2025)

Παράλληλα, η υιοθέτηση προηγμένων μοντέλων TN συνεπάγεται υψηλές απαιτήσεις πόρων, καθιστώντας αναγκαία σημαντική υπολογιστική ισχύ, όπως εξειδικευμένες μονάδες επεξεργασίας γραφικών (GPU) και τανυστών (TPU), καθώς και μια καλώς ορισμένη αρχιτεκτονική διαχείρισης δεδομένων, η οποία συνεπάγεται υψηλό αρχικό αλλά και διαρκές κόστος. Ταυτόχρονα, τα μοντέλα TN συνοδεύονται από κρίσιμους κινδύνους που σχετίζονται με τη μεροληψία (bias) και τις «παραισθήσεις» (hallucinations), οι οποίες επηρεάζουν άμεσα την αξιοπιστία των αποφάσεων που βασίζονται στην TN. Οι παραισθήσεις, ιδίως στα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (LLMs), οδηγούν στην παραγωγή αποτελεσμάτων που είναι εσφαλμένα, ασυνεπή ή χωρίς νόημα, τα οποία μπορούν να παραπλανήσουν τους χειριστές. Όταν τέτοια σφάλματα προκύπτουν σε ευαίσθητα περιβάλλοντα, όπως η ανακάλυψη φαρμάκων ή ο ποιοτικός έλεγχος, ενδέχεται να οδηγήσουν σε εσφαλμένες προσαρμογές διεργασιών που θέτουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα του προϊόντος και την ασφάλεια των ασθενών. Ο κίνδυνος αυτός εντείνεται περαιτέρω από τη φύση του «μαύρου κουτιού» (black box) των σύνθετων αλγορίθμων, όπου η έλλειψη ερμηνευσιμότητας εμποδίζει την κατανόηση της λογικής πίσω από μια συγκεκριμένη πρόβλεψη, δημιουργώντας έτσι σημαντικές προκλήσεις για την κανονιστική λογοδοσία και την επικύρωση σφαλμάτων. Από την άλλη, η μεροληψία αφορά σε αποτελέσματα που είναι ανακριβή λόγω της εκπαίδευσης του μοντέλου σε μη ισορροπημένο κι αντιπροσωπευτικό δείγμα δεδομένων ή λόγω της υπερπροσαρμογής (overfitting) των αποτελεσμάτων ώστε να «ταιριάζουν» στα δεδομένα εκπαίδευσης χωρίς όμως να είναι ακριβή, αφού χάνεται η ικανότητα της γενίκευσης. (Andrianandrianina Johanesa et al., 2024; Kodumuru et al., 2025; Larsen et al., 2025; Salehin et al., 2025)

2.6.3. Περιορισμοί από το εξωτερικό περιβάλλον

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (TN) και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στη φαρμακευτική βιομηχανία αυξάνει σημαντικά την έκθεση του κλάδου σε «εξωτερικούς»

κινδύνους, διευρύνοντας τις πιο εξελιγμένες πλέον απειλές κυβερνοασφάλειας, όπως παραβιάσεις δεδομένων και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Εξωτερικοί παράγοντες αξιοποιούν ολοένα και περισσότερο εργαλεία TN για την αυτοματοποίηση του εντοπισμού και της εκμετάλλευσης ευπαθειών συστημάτων, σαρώνοντας τεράστιους όγκους δεδομένων δικτύου σε σύντομα χρονικά διαστήματα προκειμένου να εντοπίσουν αδυναμίες ασφαλείας. Οι απειλές αυτές είναι ιδιαίτερα έντονες για επικεντρωμένα συστήματα πληροφοριών, όπου ένα και μόνο σημείο αστοχίας μπορεί να καταστήσει ολόκληρη την υποδομή ευάλωτη σε παραβιάσεις, αλλοίωση δεδομένων ή εκμετάλλευση αγνώστων τρωτών σημείων (zero-day exploits). Η εμφάνιση δυσδιάκριτου κακόβουλου λογισμικού και αυτοματοποιημένων επιθέσεων ωμής βίας (brute-force) κατά κλειδιών κρυπτογράφησης καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη προληπτικών μηχανισμών άμυνας, όπως συστήματα ανίχνευσης εισβολών και αποκατάστασης καταστροφών, προκειμένου να αποτραπούν λειτουργικές διακοπές που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα του κύκλου παραγωγής. (Charles et al., 2023; Culot et al., 2024; Kodumuru et al., 2025; Lysenko et al., 2024; Ofusori et al., 2024)

Ο φαρμακευτικός τομέας αντιμετωπίζει επιπλέον κρίσιμες προκλήσεις όσον αφορά τις παραβιάσεις της ιδιωτικότητας και την κατάχρηση δεδομένων, ιδίως σχετικά με τη διαχείριση ευαίσθητων πληροφοριών ασθενών και κλινικών δεδομένων. Ο τεράστιος όγκος δεδομένων που παράγεται κατά τη διάρκεια κλινικών δοκιμών και της εξατομικευμένης ανάπτυξης φαρμάκων πρέπει να προστατεύεται με αυστηρή συμμόρφωση προς τις διεθνείς κανονιστικές απαιτήσεις, όπως ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (General Data Protection Regulation, GDPR) και ο νόμος Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA). Οι οργανισμοί περιορίζονται από την «κανονιστική αβεβαιότητα» (regulatory uncertainty) που περιβάλλει την TN, καθώς οι τρέχουσες κατευθυντήριες γραμμές οργανισμών όπως ο FDA και ο EMA στερούνται συχνά της απαιτούμενης εξειδίκευσης για την επικύρωση δυναμικών αλγορίθμων μάθησης. Η αδυναμία εφαρμογής ολοκληρωμένων πλαισίων διακυβέρνησης δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της προηγμένης κρυπτογράφησης και του ελέγχου πρόσβασης βάσει ρόλων, ενέχει τον κίνδυνο ακούσιας αποκάλυψης ιδιωτικών πληροφοριών, αλλά οδηγεί επίσης σε κανονιστική μη συμμόρφωση και σημαντικές οικονομικές κυρώσεις. Κατά συνέπεια, οι φαρμακευτικές εταιρείες οφείλουν να δώσουν προτεραιότητα στη θέσπιση διαφανών ιχνών ελέγχου (audit trails) και να διατηρούν ενεργή συνεργασία με τις ρυθμιστικές αρχές, προκειμένου να διαχειριστούν το εξελισσόμενο νομικό

τοπίο, διασφαλίζοντας παράλληλα την ασφάλεια και την εμπιστευτικότητα των εξωτερικών ενδιαφερόμενων μερών τους. (Kodumuru et al., 2025; Salehin et al., 2025)

2.7. Ανάπτυξη (Development) εργαλείων TN

Ο φαρμακευτικός τομέας είναι μία από τις πιο αυστηρά ρυθμιζόμενες βιομηχανίες στον κόσμο. Η ασφάλεια των ασθενών, η ποιότητα των προϊόντων και η ακεραιότητα των δεδομένων είναι αδιαπραγμάτευτα και η τεχνητή νοημοσύνη εισάγει νέους κινδύνους — πόλωση του μοντέλου, ολίσθηση, αδιαφάνεια και απώλεια ντετερμινιστικού αποτελέσματος — που δεν εμπίπτουν στις παραδοχές της παραδοσιακής επικύρωσης συστημάτων πληροφορικής (CSV). Αναγνωρίζοντας αυτό το κενό, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε τον πρώτο νόμο για την τεχνητή νοημοσύνη, τον κανονισμό (ΕΕ) 2024/1689, ο οποίος συμπληρώνεται από το έγγραφο προβληματισμού του EMA για την τεχνητή νοημοσύνη στον κύκλο ζωής του φαρμάκου (Σεπτέμβριος 2024), τις κοινές κατευθυντήριες αρχές του EMA–FDA για την καλή υγεία πρακτική τεχνητής νοημοσύνης στην ανάπτυξη ναρκωτικών (Ιανουάριος 2026), το αναθεωρημένο σχέδιο παραρτήματος 11 της ΟΠΠ της ΕΕ για τα ηλεκτρονικά συστήματα (Ιούλιος 2025) και το νέο σχέδιο παραρτήματος 22 για την τεχνητή νοημοσύνη (Ιούλιος 2025). Ο Νόμος ΕΕ για την TN (2024/1689) κατατάσσει τα συστήματα TN σε τέσσερις κατηγορίες κινδύνου, με τα υψηλού κινδύνου συστήματα να υπόκεινται σε αυστηρές απαιτήσεις συμμόρφωσης που εφαρμόζονται σταδιακά. Ο EMA υιοθετεί ανθρωποκεντρική, βασισμένη στον κίνδυνο προσέγγιση για την TN σε όλο τον κύκλο ζωής του φαρμάκου, ενώ από κοινού με τον FDA δημοσίευσαν δέκα κατευθυντήριες αρχές για εναρμονισμένη ανάπτυξη φαρμάκων με TN. Το αναθεωρημένο Παράρτημα 11 ενισχύει τις απαιτήσεις για μηχανογραφημένα συστήματα (computerized systems), ενώ το νέο Παράρτημα 22 απαγορεύει τα δυναμικά και πιθανολογικά μοντέλα TN (συμπεριλαμβανομένων των LLM) σε κρίσιμες εφαρμογές GMP. Τέλος, τα ICH Q9(R1), GAMP 5 & GMLP παρέχουν το μεθοδολογικό και λειτουργικό πλαίσιο για τη διαχείριση κινδύνου ποιότητας και την επικύρωση συστημάτων TN/ML στη φαρμακευτική βιομηχανία και τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα. (European Commission, 2025b, 2025a; European Medicines Agency (EMA), 2024, 2026; International Council for Harmonisation, 2023; International Society for Pharmaceutical Engineering, 2022, 2025; Regulation (EU) 2024/1689, 2024)

Το παραδοσιακό CSV (IQ/OQ/PQ) προϋποθέτει ντετερμινιστικό, στατικό λογισμικό του οποίου η συμπεριφορά μπορεί να ελεγχθεί εξαντλητικά έναντι σταθερών προδιαγραφών. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης και ML δεν ακολουθούν αυτήν την υπόθεση: οι εκροές είναι πιθανοτικές, τα μοντέλα μεταβάλλονται καθώς οι κατανομές δεδομένων μετατοπίζονται και η συμπεριφορά μπορεί να αλλάξει μετά την επανεκπαίδευση. Κατά συνέπεια, η επικύρωση τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να μεταβεί από μια μεμονωμένη διαδικασία πιστοποίησης σε μια συνεχή δραστηριότητα κύκλου ζωής με επίκεντρο τα δεδομένα. (International Council for Harmonisation, 2023)

Σύμφωνα με την GAMP 5 (2η έκδοση) και το παράρτημα 22, ο κύκλος ζωής επικύρωσης καλύπτει τρεις φάσεις. Στη φάση της έννοιας, ο ρυθμιζόμενος χρήστης καθορίζει την προβλεπόμενη χρήση, την κρισιμότητα, τα κριτήρια αποδοχής και την απόδοση της τρέχουσας διαδικασίας που το εργαλείο τεχνητής νοημοσύνης προορίζεται να αντικαταστήσει ή να αυξήσει. Κατά τη φάση του έργου, η ομάδα καθορίζει τη διακυβέρνηση των δεδομένων (απόκτηση, αύξηση, επισήμανση), διαχωρίζει τα σύνολα δεδομένων εκπαίδευσης, επικύρωσης και δοκιμών εξασφαλίζοντας την ανεξαρτησία τους, αναπτύσσει και συντονίζει το μοντέλο, εκτελεί μελέτες και παράγει αποδεικτικά στοιχεία επαλήθευσης κυρίως προδιαγραφές απαιτήσεων χρήστη, λειτουργικές προδιαγραφές και προδιαγραφές σχεδιασμού, πρωτόκολλα δοκιμών, μήτρα ιχνηλασιμότητας και μια πρότυπη κάρτα που περιγράφει τις εισροές, τις εξόδους, τις μετρήσεις απόδοσης, τους γνωστούς περιορισμούς και τον προβλεπόμενο πληθυσμό. Κατά τη φάση λειτουργίας, το επικυρωμένο σύστημα απελευθερώνεται υπό τον έλεγχο αλλαγών και υπόκειται σε συνεχή παρακολούθηση για περιοδική επανεξέταση (όπως απαιτείται από το παράρτημα 11), διαδικασίες επανεκπαίδευσης με κατάλληλη επανεκπαίδευση και διαχείριση συμβάντων. (European Commission, 2025b, 2025a; International Society for Pharmaceutical Engineering, 2022, 2025)

Τα κριτήρια αποδοχής πρέπει να είναι σταθμισμένα ως προς τον κίνδυνο. Οι μετρήσεις τυπικής ακρίβειας (ROC) συχνά αποκρύπτουν την ασύμμετρη επίδραση των ψευδώς θετικών και ψευδώς αρνητικών, επομένως η επικύρωση TN σε νομοθετικά ρυθμιζόμενα περιβάλλοντα βασίζεται όλο και περισσότερο σε μετρήσεις απόδοσης σταθμισμένης επικινδυνότητας, βαθμονομημένα όρια εμπιστοσύνης, προκατάληψη και δοκιμή δίκαιης μεταχείρισης σε σχετικούς υποπληθυσμούς και δοκιμές ανθεκτικότητας έναντι εισροών εκτός διανομής. Το παράρτημα 22 ορίζει ρητά ότι τα δεδομένα δοκιμών είναι ανεξάρτητα από τα δεδομένα κατάρτισης, ότι κάθε πρόβλεψη πρέπει να μπορεί να εξηγηθεί και ότι τα αποτελέσματα κάτω

από ένα καθορισμένο όριο εμπιστοσύνης πρέπει να κατευθύνονται σε εξειδικευμένο ανθρώπινο αξιολογητή. (European Commission, 2025b; International Council for Harmonisation, 2023; International Society for Pharmaceutical Engineering, 2022, 2025)

Οι βασικές προκλήσεις που προκύπτουν κατά την ανάπτυξη εργαλείων TN είναι οι εξής:

1. **Διαχείριση Δεδομένων και Διακυβέρνηση:** Είναι απαραίτητη η αντιμετώπιση όλων των εισροών και εκροών TN ως ρυθμιζόμενων αρχείων, σύμφωνα με τις αρχές ALCOA++, καθώς διασφαλίζει την ιχνηλασιμότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του συστήματος. Παράλληλα, η ενεργός αντιμετώπιση της μεροληψίας στα δεδομένα εκπαίδευσης αποτελεί κρίσιμη προϋπόθεση για την ανάπτυξη αξιόπιστων και ασφαλών μοντέλων TN. (Culot et al., 2024; European Medicines Agency (EMA), 2024; Kodumuru et al., 2025)
2. **Ανθρώπινη Επίβλεψη:** Η θεσμοθετημένη ανθρώπινη εποπτεία των συστημάτων TN υψηλού κινδύνου, όπως ορίζεται στο άρθρο 14 του Νόμου ΕΕ για την TN, είναι απαραίτητη για την πρόληψη σφαλμάτων αυτοματοποίησης και τη διασφάλιση της ορθής ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Η εφαρμογή σαφώς καθορισμένων καθεστώτων συνιστά τον βασικό μηχανισμό ελέγχου στο φαρμακευτικό πλαίσιο, καθιστώντας την υποχρεωτική για κρίσιμες εφαρμογές ενώ συνιστάται ιδιαίτερα για μη κρίσιμες. (Regulation (EU) 2024/1689, 2024; Salehin et al., 2025)
3. **Ακεραιότητα και Ασφάλεια:** Η διασφάλιση αμετάβλητης ιχνηλασιμότητας, αυστηρής διαχείρισης πρόσβασης και πολυπαραγοντικής πιστοποίησης αποτελεί θεμέλιο για την εμπιστοσύνη στα συστήματα TN που λειτουργούν σε ρυθμιζόμενο περιβάλλον, αλλά αποτελεί πρόκληση για την ανάπτυξη μοντέλων TN. Η μακροπρόθεσμη διαθεσιμότητα των δεδομένων εκπαίδευσης και των αρχείων καταγραφής του μοντέλου είναι εξίσου κρίσιμη, καθώς διασφαλίζει τη δυνατότητα ελέγχου και αναπαραγωγισιμότητας των αποφάσεων κατά τη διάρκεια ρυθμιστικών επιθεωρήσεων. (Arden et al., 2021; Kodumuru et al., 2025; Salehin et al., 2025)
4. **Επαλήθευση και Επεξήγηση:** Η τεκμηριωμένη απόδειξη της ορθής συμπεριφοράς του μοντέλου σε ανεξάρτητα δεδομένα, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα αιτιολόγησης κάθε πρόβλεψης μέσω τεχνικών χρήσης TN, αποτελεί βασική ρυθμιστική απαίτηση και προϋπόθεση εμπιστοσύνης. Η συνεχής παρακολούθηση της απόδοσης και η ελεγχόμενη επανεκπαίδευση κλείνουν τον κύκλο διαχείρισης κινδύνου,

διασφαλίζοντας τη μακροπρόθεσμη αξιοπιστία του συστήματος. (Anushri Shinde et al., 2025; International Society for Pharmaceutical Engineering, 2022; Kodumuru et al., 2025; *Regulation (EU) 2024/1689*, 2024)

Η ανάπτυξη εργαλείων TN συχνά εμποδίζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. **Ετοιμότητα Δεδομένων:** Η ποιότητα και η δομή των δεδομένων αποτελούν θεμελιώδη προϋπόθεση για την ανάπτυξη αξιόπιστων συστημάτων TN, καθώς κατακερματισμένα ή ανεπαρκώς επεξεργασμένα δεδομένα οδηγούν αναπόφευκτα σε αναξιόπιστα αποτελέσματα. (Culot et al., 2024; *Regulation (EU) 2024/1689*, 2024; Salehin et al., 2025)
2. **Περιορισμοί Προϋπολογισμού:** Η υλοποίηση συστημάτων TN σε ρυθμιζόμενο περιβάλλον συνεπάγεται σημαντικές και συχνά υποεκτιμώμενες δαπάνες που εκτείνονται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της περιοδικής επανεπικύρωσης και επανεκπαίδευσης. Η έλλειψη ρεαλιστικού οικονομικού σχεδιασμού αποτελεί έναν από τους κυριότερους λόγους αποτυχίας ή ατελούς υλοποίησης έργων TN, ιδιαίτερα για μικρομεσαίες επιχειρήσεις. (Culot et al., 2024; Kodumuru et al., 2025)
3. **Πρόσληψη Ειδικευμένου Προσωπικού:** Η επιτυχής ανάπτυξη TN στον φαρμακευτικό τομέα προϋποθέτει σπάνιο συνδυασμό δεξιοτήτων που εκτείνεται από την επιστήμη δεδομένων έως τη ρυθμιστική συμμόρφωση και την εξειδικευμένη φαρμακευτική γνώση. Ο έντονος ανταγωνισμός για ταλέντα με άλλους κλάδους υψηλής τεχνολογίας καθιστά την έλλειψη κατάλληλου ανθρώπινου δυναμικού έναν από τους πλέον κρίσιμους περιοριστικούς παράγοντες. (Daios et al., 2025; Ofusori et al., 2024)
4. **Απαιτήσεις Υποδομής:** Η αποτελεσματική αξιοποίηση της TN απαιτεί σύγχρονη τεχνολογική υποδομή, η οποία πρέπει να είναι πλήρως ενσωματωμένη με τα υφιστάμενα συστήματα GxP, όπως LIMS, MES και QMS. Τα προηγμένα μοντέλα TN απαιτούν σημαντική υπολογιστική ισχύ (όπως μονάδες GPU ή TPU) και ισχυρή υποδομή δικτύου για τη μεταφορά και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η απουσία κατάλληλης υποδομής καταδικάζει τα εργαλεία TN σε λειτουργική

απομόνωση, αποτρέποντας την κλιμάκωση και την παραγωγική τους αξιοποίηση.
(Anushri Shinde et al., 2025; Kodumuru et al., 2025; Salehin et al., 2025)

5. **Συμμόρφωση με τη Νομοθεσία:** Το πολύπλοκο και εν μέρει αλληλοεπικαλυπτόμενο ρυθμιστικό πλαίσιο εγείρει σημαντικές προκλήσεις συμμόρφωσης για τις φαρμακευτικές εταιρείες. Η κανονιστική αβεβαιότητα και η έλλειψη σαφών οδηγιών για τη χρήση της TN στη βιομηχανία συχνά αποθαρρύνουν τις εταιρείες από την επένδυση σε καινοτόμες λύσεις. Η έγκαιρη και συστηματική κατανόηση των ρυθμιστικών υποχρεώσεων είναι απαραίτητη, προκειμένου να αποφευχθούν καθυστερήσεις ή ακυρώσεις στην ανάπτυξη συστημάτων TN. (Gil de Zúñiga et al., 2024; Kodumuru et al., 2025; *Regulation (EU) 2024/1689*, 2024)
6. **Πολυπλοκότητα Επικύρωσης:** Η πιθανολογική και προσαρμοστική φύση των συστημάτων TN καθιστά ανεπαρκείς τις παραδοσιακές μεθοδολογίες επικύρωσης λογισμικού (CSV), απαιτώντας νέες προσεγγίσεις που καλύπτουν τον πλήρη κύκλο ζωής του μοντέλου. Η μη ανάπτυξη κατάλληλων μεθοδολογιών επικύρωσης συνιστά ουσιαστικό εμπόδιο για την έγκριση και την εφαρμογή συστημάτων TN σε κρίσιμες φαρμακευτικές εφαρμογές. (Anushri Shinde et al., 2025; Kodumuru et al., 2025)
7. **Εταιρική Κουλτούρα:** Η οργανωτική ετοιμότητα και η αποτελεσματική διαχείριση αλλαγών αποτελούν εξίσου καθοριστικούς παράγοντες επιτυχίας με την ίδια την τεχνολογία, καθώς η απουσία διεπιστημονικής συνεργασίας και σαφούς λογοδοσίας οδηγεί συστηματικά σε καθυστερήσεις υλοποίησης. Η ανάπτυξη κουλτούρας που ενθαρρύνει την επιτυχή ενσωμάτωση TN απαιτεί μια κουλτούρα βασισμένη στα δεδομένα και την υποστήριξη της ανώτατης διοίκησης, η οποία πρέπει να αναγνωρίζει τα οφέλη και να προωθεί την εκπαίδευση του προσωπικού. (Culot et al., 2024; Daios et al., 2025; Salehin et al., 2025)

3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Για την επίτευξη των ερευνητικών στόχων της παρούσας εργασίας υιοθετήθηκε ποσοτική ερευνητική προσέγγιση, μέσω της διεξαγωγής δειγματοληπτικής έρευνας. Η επιλογή αυτή κρίθηκε κατάλληλη δεδομένου ότι στόχος της έρευνας είναι η συστηματική καταγραφή του τρέχοντος βαθμού ωριμότητας και εφαρμογής της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στη φαρμακευτική βιομηχανία στην Ελλάδα, καθώς και η αποτύπωση των αντιλήψεων των επαγγελματιών του κλάδου αναφορικά με τις ευκαιρίες, τους κινδύνους και τις προοπτικές περαιτέρω ενσωμάτωσής της. Η ποσοτική μέθοδος επιλέχθηκε διότι επιτρέπει τη συλλογή συγκρίσιμων δεδομένων από ικανό αριθμό συμμετεχόντων, τη στατιστική επεξεργασία τους και την εξαγωγή γενικεύσιμων συμπερασμάτων για τον υπό εξέταση πληθυσμό, σε αντίθεση με ποιοτικές προσεγγίσεις που θα προσέφεραν μεγαλύτερο βάθος αλλά μικρότερη δυνατότητα γενίκευσης.

3.1. Περιγραφή του ερωτηματολογίου

Το κύριο εργαλείο συλλογής δεδομένων της έρευνας αποτέλεσε δομημένο ερωτηματολόγιο, το οποίο αναπτύχθηκε ειδικά για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας και παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α. Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε με βάση τους ερευνητικούς άξονες που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, ώστε οι ερωτήσεις να αντανακλούν τις εφαρμογές και τις διαστάσεις της τεχνητής νοημοσύνης που αναδεικνύονται στη σχετική βιβλιογραφία. Με αυτόν τον τρόπο, το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου ευθυγραμμίζεται με τις θεωρητικές προσεγγίσεις και τα ερευνητικά πεδία που έχουν ήδη μελετηθεί για τις πιθανές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης, εξασφαλίζοντας ότι καλύπτονται οι βασικοί τομείς ενδιαφέροντος για τον κλάδο. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη σαφήνεια των διατυπώσεων, την εγκυρότητα περιεχομένου και την αξιοπιστία των μετρήσεων, ώστε το ερωτηματολόγιο να αποτυπώνει με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια τις πραγματικές αντιλήψεις και εμπειρίες των συμμετεχόντων. Η συγκεκριμένη μεθοδολογική επιλογή ενισχύει την παραγωγή έγκυρων και συγκρίσιμων δεδομένων, ικανών να αναδείξουν την τρέχουσα εικόνα υιοθέτησης τεχνητής νοημοσύνης στον ελληνικό φαρμακευτικό κλάδο.

Η διεξαγωγή της έρευνας βασίστηκε στις θεμελιώδεις αρχές της ερευνητικής δεοντολογίας. Η συμμετοχή στο ερωτηματολόγιο ήταν εθελοντική, με σαφή ενημέρωση των συμμετεχόντων για τον σκοπό της έρευνας πριν από τη συμπλήρωσή του. Διασφαλίστηκε η ανωνυμία των απαντήσεων, καθώς δεν συλλέχθηκαν στοιχεία που θα επέτρεπαν την ταυτοποίηση των συμμετεχόντων ή των επιχειρήσεών τους, ενώ τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αποκλειστικά σε συγκεντρωτική μορφή. Ως γλώσσα του ερωτηματολογίου επιλέχθηκε η αγγλική για να συμπεριλάβει τυχόν απαντήσεις από μη Έλληνες εργαζόμενους.

Το ερωτηματολόγιο είναι οργανωμένο σε επιμέρους θεματικές ενότητες. Η πρώτη ενότητα συγκεντρώνει δημογραφικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, όπως ηλικιακή ομάδα, τύπο και μέγεθος επιχείρησης, κύρια δραστηριότητα, ιεραρχική θέση στην εταιρεία, έτη εμπειρίας, εκπαιδευτικό επίπεδο και βαθμό εξοικείωσης με έννοιες της ΤΝ, τα οποία χρησιμεύουν ως ανεξάρτητες μεταβλητές για τη μετέπειτα συγκριτική ανάλυση. Η δεύτερη ενότητα διερευνά την ετοιμότητα συλλογής δεδομένων και την ύπαρξη σχετικών διαδικασιών των επιχειρήσεων, εξετάζοντας τον βαθμό συστηματικής συλλογής επιχειρησιακών δεδομένων, την ποιότητα και τυποποίησή τους, τη χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων καταγραφής, καθώς και τη γενικότερη οργανωσιακή στάση απέναντι στην υιοθέτηση νέων εργαλείων ΤΝ. Η τρίτη ενότητα καταγράφει τον τρέχοντα βαθμό εφαρμογής εργαλείων Μηχανικής Μάθησης, ΤΝ και Generative AI ανά λειτουργικό τμήμα μέσω σειράς πινάκων διαβαθμισμένης κλίμακας που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες λειτουργικές εφαρμογές του κάθε τμήματος. Τα υπό εξέταση τμήματα είναι η Έρευνα και Ανάπτυξη, ο Ποιοτικός Έλεγχος, η Διασφάλιση Ποιότητας, οι Κανονιστικές Υποθέσεις και Φαρμακοεπαγρύπνηση, η Παραγωγή, η Μηχανολογική Συντήρηση, η Εφοδιαστική Αλυσίδα, το Εμπορικό τμήμα (marketing) και Εξυπηρέτηση Πελατών, το Ανθρώπινο Δυναμικό και η Πληροφορική, ενώ υπάρχουν και γενικότερες ερωτήσεις που αφορούν την εφαρμογή σε όλα τα τμήματα. Έχει επίσης προβλεφθεί κατηγορία τμήματος «Άλλο», που ενσωματώνει ερωτήσεις από διάφορα τμήματα. Η τέταρτη ενότητα αποτυπώνει τις αντιλήψεις των συμμετεχόντων σχετικά με τους παράγοντες που συνδέονται με την υιοθέτηση της ΤΝ, τα οφέλη, τις προκλήσεις και τους σχετικούς κινδύνους. Η επόμενη ενότητα εξετάζει την προσέγγιση των επιχειρήσεων ως προς την επικύρωση και ανάπτυξη συστημάτων ΤΝ, συμπεριλαμβανομένης της εξοικείωσης με τον Κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ΤΝ (EU AI Act), της ενσωμάτωσης εργαλείων ΤΝ σε διαδικασίες GxP και GDPR, της ύπαρξης μηχανισμών επικύρωσης και ελέγχου ακεραιότητας δεδομένων, καθώς και των προτιμώμενων

στρατηγικών μελλοντικής ανάπτυξης. Η τελευταία ενότητα περιλαμβάνει δύο ερωτήσεις ανοικτού τύπου, μέσω των οποίων οι συμμετέχοντες καλούνται να εκφράσουν ελεύθερα τις απόψεις τους σχετικά με τις πτυχές της καθημερινής τους εργασίας που θα ήθελαν να βελτιωθούν μέσω ΤΝ, καθώς και τις ανησυχίες τους αναφορικά με την υιοθέτησή της.

Ως προς τη μορφή των ερωτήσεων, το ερωτηματολόγιο συνδυάζει ερωτήσεις κλειστού τύπου με μοναδική ή πολλαπλή επιλογή, ερωτήσεις διαβαθμισμένης κλίμακας τύπου Likert πέντε σημείων (από «Καθόλου» έως «Πλήρως», ή από «Μη σημαντικό» έως «Ιδιαίτερα σημαντικό»), οι οποίες χρησιμοποιούνται εκτενώς για την αποτύπωση του βαθμού εφαρμογής, σπουδαιότητας ή δυσκολίας επιμέρους παραγόντων, καθώς και δύο ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Ο συνδυασμός αυτός επιλέχθηκε προκειμένου να διασφαλιστεί τόσο η δυνατότητα ποσοτικής στατιστικής επεξεργασίας όσο και η καταγραφή ποιοτικών στοιχείων που εμπλουτίζουν την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

3.2. Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Ο πληθυσμός-στόχος της έρευνας αποτελείται από επαγγελματίες που απασχολούνται σε φαρμακευτικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα, τόσο ελληνικών όσο και διεθνών συμφερόντων, ανεξαρτήτως μεγέθους επιχείρησης, κύριας δραστηριότητας (παραγωγή, εμπορική δραστηριότητα/διανομή ή συνδυασμός αυτών) ή τμήματος απασχόλησης. Η ετερογένεια αυτή του δείγματος στοχεύει στην αποτύπωση μιας ολιστικής εικόνας της υιοθέτησης της ΤΝ σε διαφορετικά λειτουργικά τμήματα και ιεραρχικά επίπεδα του κλάδου.

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ηλεκτρονικής διανομής του ερωτηματολογίου σε εργαζόμενους του φαρμακευτικού κλάδου, με τη χρήση διαδικτυακής πλατφόρμας δημιουργίας ερευνών. Η ηλεκτρονική μορφή επιλέχθηκε λόγω της ευκολίας πρόσβασης, της ταχύτητας συλλογής απαντήσεων και της δυνατότητας διασφάλισης της ανωνυμίας των συμμετεχόντων.

3.3. Μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων

Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν μέσω του ερωτηματολογίου υποβλήθηκαν σε περιγραφική στατιστική ανάλυση, με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού στατιστικής επεξεργασίας Minitab. Για τις μεταβλητές κλειστού τύπου και τις ερωτήσεις κλίμακας Likert υπολογίστηκαν συχνότητες, ποσοστιαίες κατανομές ή μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις ανάλογα με το ύψος της ερώτησης. Πέραν της περιγραφικής ανάλυσης, πραγματοποιήθηκαν διασταυρώσεις των βασικών μεταβλητών ενδιαφέροντος με τα δημογραφικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά όπως τμήμα, ιεραρχική θέση, τύπος και μέγεθος επιχείρησης και άλλα, με σκοπό τη διερεύνηση πιθανών διαφοροποιήσεων στις αντιλήψεις και τον βαθμό ετοιμότητας μεταξύ διαφορετικών ομάδων του δείγματος.

Οι απαντήσεις στις δύο ερωτήσεις ανοικτού τύπου αναλύθηκαν με ποσοτική μέθοδο αφού πρώτα οι ελεύθερες απαντήσεις ομαδοποιήθηκαν σε επαναλαμβανόμενα θεματικά μοτίβα. Η ανάλυση αυτή λειτούργησε συμπληρωματικά προς την ποσοτική επεξεργασία άμεσων αποτελεσμάτων, προσφέροντας βαθύτερη κατανόηση των προσδοκιών και των ανησυχιών των συμμετεχόντων.

4. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

4.1. Προφίλ συμμετεχόντων

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν συνολικά 236 εργαζόμενοι που εργάζονται σε φαρμακευτικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω δομημένου ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου, το οποίο απευθύνθηκε σε στελέχη και εργαζομένους διαφορετικών τμημάτων και ιεραρχικών επιπέδων του κλάδου, με στόχο τη διαμόρφωση ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος ως προς τα δημογραφικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού αναφοράς. Στο προφίλ συμμετεχόντων παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του δείγματος, όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα ποσοστά συμμετοχής ανά ηλικιακή ομάδα, ανά ρόλο στην εταιρεία, ανά τα έτη εμπειρίας, ανά επίπεδο εκπαίδευσης και ανά τμήμα.

Πίνακας 1. Κατανομή χαρακτηριστικών συμμετεχόντων.

Ηλικιακή Ομάδα	Πλήθος Απαντήσεων	Ποσοστό %
18 - 24	3	1,3
25 - 34	91	38,6
35 - 44	96	40,7
45 - 55	43	18,2
Άνω των 55	3	1,3
Ρόλος	Πλήθος Απαντήσεων	Ποσοστό %
Junior	15	6,4
Officer / Analyst	91	38,6
Supervisor / Team leader	63	26,7
Manager	49	20,8
Upper management	18	7,6
Έτη Εμπειρίας	Πλήθος Απαντήσεων	Ποσοστό %
Λιγότερο από 1	15	6,4
1 - 3	45	19,1
3 - 5	43	18,2
Περισσότερο από 5	133	56,4

Εκπαίδευση	Πλήθος Απαντήσεων	Ποσοστό %
Λύκειο	2	0,8
Προπτυχιακό	45	19,1
Μεταπτυχιακό	174	73,7
Διδακτορικό	15	6,4
Τμήμα	Πλήθος Απαντήσεων	Ποσοστό %
Έρευνα και Ανάπτυξη (Research and Development)	23	9,7
Έλεγχος Ποιότητας (Quality Control)	22	9,3
Διασφάλιση Ποιότητας (Quality Assurance)	48	20,3
Κανονιστικές Υποθέσεις και Φαρμακοεπαγρύπνηση (Regulatory Affairs / Pharmacovigilance)	15	6,4
Παραγωγικές Διεργασίες (Manufacturing / Operations)	41	17,4
Μηχανική και Συντήρηση (Engineering / Maintenance)	29	12,3
Εφοδιαστική Αλυσίδα (Supply Chain / Logistics)	16	6,8
Προώθηση και Εξυπηρέτηση Πελατών (Marketing / Customer service)	6	2,5
Ανθρώπινο Δυναμικό (Human Resources)	8	3,4
Πληροφορική (Information Technology)	8	3,4
Άλλο (Other)	20	8,5

Από τα στοιχεία του Πίνακα 1 προκύπτουν τα παρακάτω στοιχεία για το δείγμα των 236 συμμετεχόντων:

- Η κατανομή των συμμετεχόντων συγκεντρώνεται κυρίως στις ομάδες 25-34 και 35-44 ετών, καθώς αθροίζουν το 79,3% των απαντήσεων, ενώ οι ακραίες ηλικιακές ομάδες (18-24 και άνω των 55) εκπροσωπούνται οριακά (1,3% η καθεμία).
- Ως προς τον ρόλο εντός της εταιρείας, το δείγμα εμφανίζει σαφή τάση προς τα ενδιάμεσα και ανώτερα ιεραρχικά επίπεδα, με τους Officer/Analyst (38,6%) και τους Supervisor/Team leader (26,7%) να συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη εκπροσώπηση, ενώ

τα στελέχη Manager και Upper management καλύπτουν αθροιστικά περίπου το 28,4% του δείγματος, γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική συμμετοχή στελεχών με αποφασιστικό ρόλο.

- Αντίστοιχα, όσον αφορά την επαγγελματική εμπειρία, η πλειονότητα των συμμετεχόντων (56,4%) διαθέτει πάνω από 5 έτη εμπειρίας στο τμήμα απασχόλησής τους, στοιχείο που ενισχύει την αξιοπιστία των απαντήσεων ως προς τη γνώση των υφιστάμενων διαδικασιών και πρακτικών.
- Το εκπαιδευτικό προφίλ του δείγματος χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλό μορφωτικό επίπεδο, καθώς το 73,7% των συμμετεχόντων είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού τίτλου και το 6,4% διδακτορικού, ενώ μόλις το 0,8% διαθέτει απολυτήριο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, εύρημα που συνάδει με τον εξειδικευμένο και υψηλών απαιτήσεων χαρακτήρα του κλάδου της φαρμακοβιομηχανίας.
- Η κατανομή των απαντήσεων ως προς τα τμήματα φανερώνει σημαντική συμμετοχή των τμημάτων Διασφάλισης Ποιότητας (20,3%), Παραγωγικών Διεργασιών (17,4%) και Μηχανικής/Συντήρησης (12,3%), τα οποία καλύπτουν μαζί περίπου το 50% του δείγματος, γεγονός που υποδηλώνει ότι η έρευνα απευθύνεται κυρίως σε λειτουργίες παραγωγής, ποιότητας και τεχνικής υποστήριξης. Τμήματα όπως η Προώθηση και Εξυπηρέτηση Πελατών (2,5%), το Ανθρώπινο Δυναμικό (3,4%) και η Πληροφορική (3,4%) έχουν τη μικρότερη αλλά αποδεκτή για την ανάλυση συμμετοχή.

Ο βαθμός ενσωμάτωσης τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης ενδέχεται να διαφοροποιείται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της φαρμακευτικής επιχείρησης όπως το μέγεθος, το είδος δραστηριοποίησης και την διαφορετική οργάνωση και κουλτούρα μεταξύ ελληνικών και πολυεθνικών οργανισμών. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τα ποσοστά συμμετοχής ανά τα παραπάνω χαρακτηριστικά των επιχειρήσεων στις οποίες εργάζονται οι συμμετέχοντες.

Πίνακας 2. Κατανομή χαρακτηριστικών φαρμακευτικών επιχειρήσεων όπου εργάζονται οι συμμετέχοντες.

Μέγεθος Εταιρείας (βάσει εργαζομένων)	Πλήθος Απαντήσεων	Ποσοστό %
Κάτω των 100	5	2,1
100 - 199	15	6,4
200 - 499	38	16,1
Άνω των 500	178	75,4

Δραστηριοποίηση Εταιρείας	Πλήθος Απαντήσεων	Ποσοστό %
Παραγωγική	96	40,7
Εμπορική / Διανομή	11	4,7
Και τα δύο	129	54,7
Τύπος Εταιρείας	Πλήθος Απαντήσεων	Ποσοστό %
Διεθνής	108	45,8
Ελληνική	128	54,2

Ο Πίνακας 2 αναδεικνύει ότι το δείγμα προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από μεγάλους οργανισμούς, καθώς οι εταιρείες με άνω των 500 εργαζομένων αντιπροσωπεύουν το 75,4% των απαντήσεων, ενώ οι μικρότερες επιχειρήσεις (κάτω των 100 εργαζομένων) καλύπτουν μόλις το 2,1% του δείγματος, εύρημα που υποδηλώνει ότι οι απόψεις που καταγράφηκαν προέρχονται κατά κύριο λόγο από στελέχη με πρόσβαση σε πιο ώριμες οργανωτικές δομές και ενδεχομένως μεγαλύτερη διαθεσιμότητα πόρων για ψηφιακό μετασχηματισμό. Ως προς τη δραστηριοποίηση των εταιρειών, η πλειονότητα του δείγματος (54,7%) εργάζεται σε εταιρείες που συνδυάζουν τόσο παραγωγικές όσο και εμπορικές/διανεμητικές λειτουργίες, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό (40,7%) απασχολείται αποκλειστικά σε παραγωγικές μονάδες, γεγονός που ενισχύει τη δυνατότητα διερεύνησης εφαρμογών ΤΝ τόσο σε επίπεδο παραγωγής όσο και σε επίπεδο εμπορικής/διανεμητικής δραστηριότητας. Τέλος, όσον αφορά τον τύπο της εταιρείας, το δείγμα εμφανίζει σχετικά ισορροπημένη κατανομή μεταξύ ελληνικών (54,2%) και πολυεθνικών επιχειρήσεων (45,8%), στοιχείο που επιτρέπει τη συγκριτική ανάλυση των επιπέδων ετοιμότητας και υιοθέτησης της Τεχνητής Νοημοσύνης μεταξύ εγχώριων και διεθνών επιχειρήσεων του κλάδου της φαρμακοβιομηχανίας.

4.2. Εξοικείωση με έννοιες της ΤΝ

Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να αξιολογήσουν τον βαθμό εξοικείωσής τους με βασικές έννοιες και τεχνολογίες ΤΝ σε μία κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Ανώτατη γνώση»). Τα ευρήματα αυτά παρέχουν το απαραίτητο υπόβαθρο για την ερμηνεία των απαντήσεων στις επόμενες ενότητες του ερωτηματολογίου, καθώς το επίπεδο γνώσης των συμμετεχόντων αναμένεται να επηρεάζει τόσο την αντίληψη όσο και την αξιολόγηση της υφιστάμενης και

μελλοντικής εφαρμογής TN. Ο Πίνακας 3 που ακολουθεί παρουσιάζει τα αποτελέσματα, ενώ αναλυτικά διαγράμματα έχει και ο Πίνακας 13 στο Παράρτημα Β.

Πίνακας 3. Στατιστικά αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN.

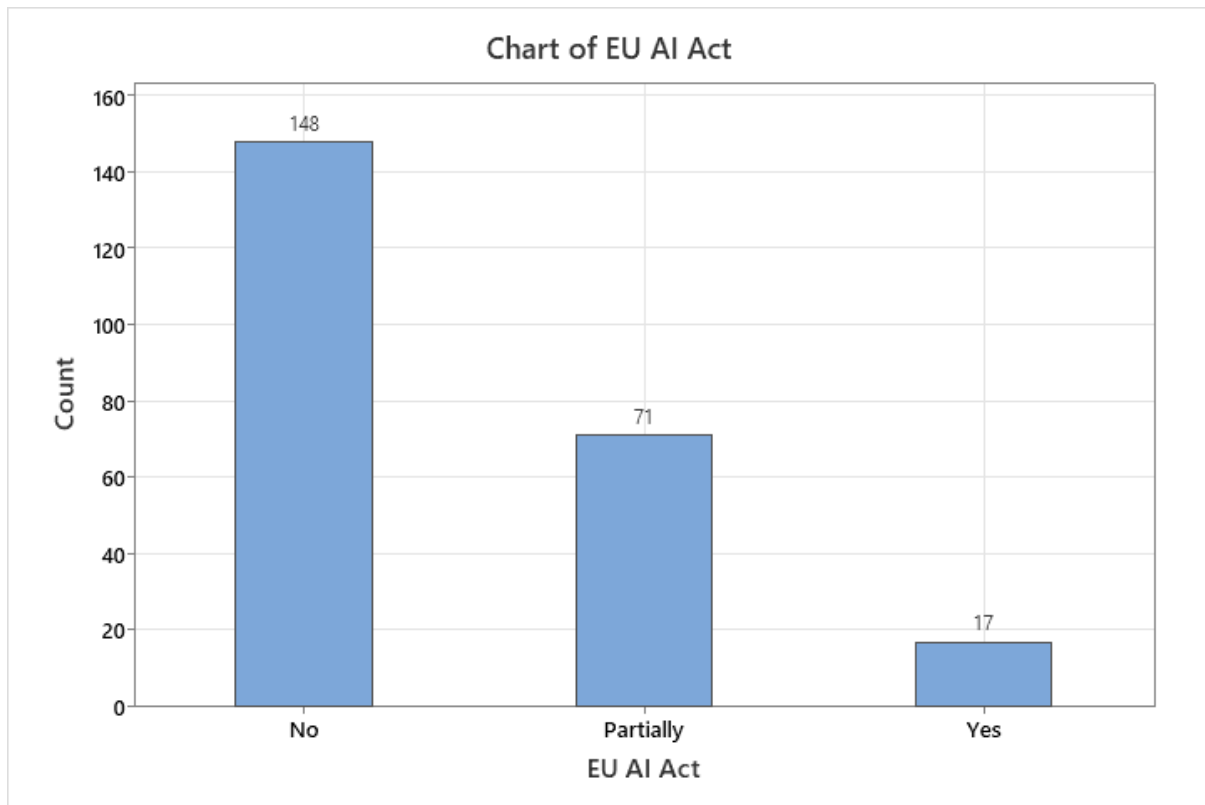
Μεταβλητή	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση	Διάμεσος (median)	Επικρατούσα τιμή (mode)	Πλήθος απαντήσεων επικρατούσας τιμής
Ανάλυση Δεδομένων (Data Analytics)	2,7	1,09	3	3	127
Προηγμένη Ανάλυση Δεδομένων (Advanced Analytics)	2,2	1,15	3	3	106
Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)	2,3	1,25	3	1	107
Συμβολική TN (Symbolic AI)	1,9	1,08	1	1	138
Προγνωστική Μοντελοποίηση (Predictive Modeling)	2,0	1,12	1	1	132
Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing)	2,3	1,18	3	3	105
Γενετική TN (Generative AI)	2,4	1,16	3	3	110
Βοηθοί TN (AI Agents)	2,3	1,17	3	3	108
Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα (Large Language Models)	1,9	1,11	1	1	145

Από τα δεδομένα του Πίνακας 3 και του Πίνακας 13 παρατηρούνται τα εξής:

- Η εξοικείωση των συμμετεχόντων με την «Ανάλυση Δεδομένων» ήταν χαμηλή προς μέτρια, με μέση τιμή 2,7, χωρίς μεγάλες αποκλίσεις στο δείγμα καθώς η τυπική απόκλιση είναι 1,09. Η διάμεσος των αποτελεσμάτων είναι η «μέτρια» εξοικείωση (3), ενώ και η επικρατούσα τιμή εντοπίζεται στο 3 με πλήθος απαντήσεων 127 (53,8%).
- Η εξοικείωση ήταν χαμηλότερη για την «Προηγμένη Ανάλυση Δεδομένων», με μέση τιμή 2,2 και τυπική απόκλιση 1,15, που δείχνει κάπως μεγαλύτερη διασπορά απόψεων. Παρόλα αυτά, ο κύριος όγκος των απαντήσεων συγκεντρώνεται μεταξύ «μέτριας» εξοικείωσης (3) και «καθόλου» εξοικείωσης (1), με μία μόνο παραπάνω απάντηση μέτριας εξοικείωσης (106 – 44,9%) σε σχέση με την πλήρη απουσία εξοικείωσης.

- Με μέση τιμή 2,3 και την υψηλότερη τυπική απόκλιση της ομάδας (1,25), η εξοικείωση των συμμετεχόντων με την «Μηχανική Μάθηση» είχαν μεγαλύτερη διασπορά. Ενώ η διάμεσος (3) δείχνει τάση προς «μέτρια» εξοικείωση, η επικρατούσα τιμή είναι τελικά το 1 («καθόλου») με πλήθος απαντήσεων 107 (45,3%), υποδηλώνοντας μια πιο πολωμένη κατανομή απαντήσεων προς την έλλειψη γνώσης των εργαζομένων για τη Μηχανική Μάθηση.
- Η εξοικείωση με τη «Συμβολική ΤΝ» ήταν από τις χαμηλότερες της ομάδας, με μέση τιμή 1,9 και τυπική απόκλιση 1,08. Τόσο η διάμεσος όσο και η επικρατούσα τιμή είναι 1 («καθόλου»), με 138 απαντήσεις (58,5%) να συγκεντρώνονται εκεί, δείχνοντας ότι η πλειονότητα των συμμετεχόντων δεν έχει καμία εξοικείωση με το θέμα.
- Παρόμοια χαμηλή εικόνα με μέση τιμή 2,0 και τυπική απόκλιση 1,12 φανερώνει και η έννοια της «Προγνωστικής Μοντελοποίησης». Η διάμεσος και η επικρατούσα τιμή είναι επίσης το 1 («καθόλου»), με 132 απαντήσεις (55,9%) να συγκεντρώνονται σε αυτή την τιμή, δείχνοντας περιορισμένη εξοικείωση στο σύνολο του δείγματος.
- Με μέση τιμή 2,3 και τυπική απόκλιση 1,18, η εξοικείωση με την «Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας» είναι χαμηλή. Η διάμεσος των αποτελεσμάτων είναι η «μέτρια» εξοικείωση (3), ενώ και η επικρατούσα τιμή εντοπίζεται στο 3 με πλήθος απαντήσεων 105 (44,5%).
- Σχετικά με την «Γενετική ΤΝ» η μέση τιμή εξοικείωσης (2,4) είναι η δεύτερη υψηλότερη της ομάδας, με τυπική απόκλιση 1,16. Η διάμεσος των αποτελεσμάτων είναι η «μέτρια» εξοικείωση (3), ενώ και η επικρατούσα τιμή εντοπίζεται στο 3 με πλήθος απαντήσεων 110 (46,6%).
- Αντίστοιχα, για τους «Βοηθούς (agents) ΤΝ» με μέση τιμή 2,3 και τυπική απόκλιση 1,17, η κατανομή είναι παρόμοια με τις προηγούμενες έννοιες ΤΝ. Η διάμεσος των αποτελεσμάτων είναι η «μέτρια» εξοικείωση (3), ενώ και η επικρατούσα τιμή εντοπίζεται στο 3 με πλήθος απαντήσεων 108 (45,8%).
- Τέλος, η εξοικείωση με τα «Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα» ήταν από τις χαμηλότερες, με μέση τιμή 1,9 και τυπική απόκλιση 1,11. Τόσο η διάμεσος όσο και η επικρατούσα τιμή είναι 1 («καθόλου»), με το υψηλότερο πλήθος απαντήσεων σε επικρατούσα τιμή όλης της ομάδας (145 – 61,4%), δείχνοντας ότι το θέμα παραμένει σχετικά άγνωστο στους περισσότερους συμμετέχοντες, παρόλο που η εφαρμογή του είναι τόσο ευρεία.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε ανάλυση για την γνώση και την εξοικείωση των εργαζομένων σε φαρμακευτικές εταιρείες με το νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ΤΝ, το άρθρο EU AI Act (2024/1689) και τις γενικότερες απαιτήσεις που επιβάλλει.



Διάγραμμα 1. Ραβδόγραμμα για την εξοικείωση των συμμετεχόντων με την EU AI Act.

Βάσει του Διάγραμμα 1 είναι φανερό ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων στην έρευνα (148 απαντήσεις – 62,7%) δεν γνωρίζουν για το συγκεκριμένο νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ΤΝ. Ένα μικρότερο ποσοστό 30,1% (71 απαντήσεις) θεωρεί ότι έχει μερική εξοικείωση με το πλαίσιο 2024/1689, ενώ το ελάχιστο ποσοστό 7,2% (17 απαντήσεις) θεωρεί ότι γνωρίζει σε βάθος το περιεχόμενό του.

Αξιολογήθηκε επιπλέον η εξοικείωση των συμμετεχόντων με τις διαφορετικές έννοιες της ΤΝ ανά την ηλικιακή ομάδα, το ρόλο των εργαζομένων, τα έτη εμπειρίας και την εκπαίδευσή τους. Τα αποτελέσματα και ο σχολιασμός τους παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN ανά ηλικιακή ομάδα.

	Ηλικιακή Ομάδα	18 - 24	25 - 34	35 - 44	45 - 55	Άνω των 55
Ανάλυση Δεδομένων	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	2,7	2,6	2,8	2,8	3,3
Προηγμένη Ανάλυση Δεδομένων	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	1,7	2	2,3	2,4	2,3
Μηχανική Μάθηση	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	2,7	2,2	2,4	2,2	2,3
Συμβολική TN	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	2,7	1,7	2,1	1,9	1,7
Προγνωστική Μοντελοποίηση	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	3	1,8	2	2	2,3
Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	3,7	2,3	2,3	2,2	3,3
Γενετική TN (Generative AI)	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	3,3	2,5	2,3	2,3	2,7
Βοηθοί (agents) TN	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	3,3	2,3	2,3	2,5	1,7
Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα	Αριθμός Απαντήσεων	3	91	96	43	3
	Μέση Τιμή	2,7	1,7	2	1,7	2

Από την ανάλυση της εξοικείωσης με έννοιες TN ανά ηλικιακή ομάδα που παρουσιάζεται στον Πίνακας 4 προκύπτει ότι, στις τρεις πολυπληθέστερες ομάδες (25-34, 35-44 και 45-55 ετών), οι μέσες τιμές παραμένουν σχετικά χαμηλές και παρόμοιες μεταξύ τους, χωρίς να φαίνεται κάποια σαφής, συστηματική τάση αύξησης ή μείωσης της εξοικείωσης με την ηλικία. Οι ομάδες 18-24 και άνω των 55 εμφανίζουν σε αρκετές περιπτώσεις υψηλότερες μέσες τιμές, ωστόσο, λόγω του εξαιρετικά μικρού αριθμού απαντήσεων (N=3 σε κάθε ομάδα), τα ευρήματα αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά.

Ως προς τις επιμέρους έννοιες, η Ανάλυση Δεδομένων συγκεντρώνει σταθερά τις υψηλότερες μέσες τιμές σε όλες τις ηλικιακές ομάδες (2,6-2,8 στις τρεις κύριες ομάδες), υποδεικνύοντας ότι πρόκειται για την πλέον οικεία έννοια TN, ανεξαρτήτως ηλικίας. Αντίθετα, η Συμβολική TN και τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα εμφανίζουν σταθερά τις χαμηλότερες μέσες τιμές (1,7-2,4), υποδεικνύοντας μικρότερη εξοικείωση με πιο εξειδικευμένες τεχνολογικές έννοιες.

Συνολικά, τα ευρήματα δείχνουν ότι το επίπεδο εξοικείωσης με τις έννοιες TN παραμένει μέτριο προς χαμηλό σε όλο το ηλικιακό φάσμα του δείγματος, χωρίς η ηλικία να αναδεικνύεται ως καθοριστικός παράγοντας διαφοροποίησης, γεγονός που ενδεχομένως υποδηλώνει ότι η γνώση γύρω από την TN διαμορφώνεται περισσότερο από παράγοντες όπως ο ρόλος, το αντικείμενο εργασίας ή η προσωπική πρωτοβουλία παρά από την ηλικιακή ομάδα στην οποία ανήκει.

Πίνακας 5. Αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN ανά ρόλο εργαζομένου.

	Ρόλος	Junior	Manager	Officer / Analyst	Supervisor / Team leader	Upper management
Ανάλυση Δεδομένων	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,9	2,9	2,4	2,8	3,3
Προηγμένη Ανάλυση Δεδομένων	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,4	2,4	1,9	2,3	2,8
Μηχανική Μάθηση	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,2	2,4	2,2	2,4	2,4
Συμβολική TN	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,1	1,9	1,7	1,9	2,2
Προγνωστική Μοντελοποίηση	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,3	1,9	1,9	1,8	2,4
Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,6	2,2	2,2	2,4	2,6
Γενετική TN (Generative AI)	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,7	2,3	2,4	2,3	2,4
Βοηθοί (agents) TN	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,3	2,4	2,3	2,3	2,6

	Ρόλος	Junior	Manager	Officer / Analyst	Supervisor / Team leader	Upper management
Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα	Αριθμός Απαντήσεων	15	49	91	63	18
	Μέση Τιμή	2,2	1,8	1,8	1,9	1,8

Στη συνέχεια, αναλύεται η εξοικείωση με έννοιες TN ανά ρόλο εργαζομένου και από τον Πίνακα 5 προκύπτει ότι η ανώτατη διοίκηση (Upper management) εμφανίζει τις υψηλότερες ή από τις υψηλότερες μέσες τιμές σε σχεδόν όλες τις έννοιες, υποδεικνύοντας μεγαλύτερη εξοικείωση με την TN σε σχέση με τους υπόλοιπους ρόλους. Αντίθετα, οι ρόλοι Officer/Analyst εμφανίζουν τις χαμηλότερες μέσες τιμές στις περισσότερες έννοιες, παρά το γεγονός ότι αποτελούν την πολυπληθέστερη ομάδα του δείγματος (N=91). Οι ρόλοι Junior, Manager και Supervisor/Team leader κινούνται σε ενδιάμεσα και μεταξύ τους αρκετά παρόμοια επίπεδα εξοικείωσης.

Ως προς τις επιμέρους έννοιες, η Ανάλυση Δεδομένων παραμένει η έννοια TN με την μεγαλύτερη εξοικείωση σε όλους τους ρόλους (2,4-3,3), ενώ τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα και η Συμβολική TN συγκεντρώνουν σταθερά τις χαμηλότερες μέσες τιμές (1,7-2,2) ανεξαρτήτως ρόλου.

Συνεπώς, η εξοικείωση με την TN φαίνεται να αυξάνεται με το επίπεδο ευθύνης και ιεραρχίας, με την Ανώτατη Διοίκηση να ξεχωρίζει ως η πιο εξοικειωμένη ομάδα και τους ρόλους Officer/Analyst ως τη λιγότερο εξοικειωμένη, ενώ οι διαφορετικές έννοιες TN ακολουθούν την ίδια εικόνα βαθμού εξοικείωσης με το συνολικό δείγμα ανεξαρτήτως ρόλου.

Πίνακας 6. Αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN ανά έτη εμπειρίας.

	Έτη εμπειρίας	> 1 έτος	1-3 έτη	3-5 έτη	< 5 έτη
Ανάλυση Δεδομένων	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	2,3	2,8	2,5	2,8
Προηγμένη Ανάλυση Δεδομένων	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	1,7	2,2	1,9	2,4
Μηχανική Μάθηση	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	2,1	2,4	2,1	2,3

	Έτη εμπειρίας	> 1 έτος	1-3 έτη	3-5 έτη	< 5 έτη
Συμβολική TN	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	1,9	1,8	1,5	2
Προγνωστική Μοντελοποίηση	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	1,9	1,8	1,8	2,1
Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	2,4	2,6	2,2	2,2
Γενετική TN (Generative AI)	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	2,5	2,4	2,4	2,3
Βοηθοί (agents) TN	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	2,3	2,3	2,3	2,3
Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα	Αριθμός Απαντήσεων	15	45	43	133
	Μέση Τιμή	1,8	1,8	1,8	1,9

Σύμφωνα με τον Πίνακα 6, από την ανάλυση της εξοικείωσης με έννοιες TN ανά έτη επαγγελματικής εμπειρίας δεν προκύπτει κάποια σαφής ή συστηματική τάση. Οι μέσες τιμές κινούνται σε παρόμοια επίπεδα και στις τέσσερις κατηγορίες εμπειρίας, με μικρές, μη συστηματικές διακυμάνσεις ανά έννοια. Η κατηγορία με τη μεγαλύτερη εμπειρία συγκεντρώνει τις υψηλότερες ή από τις υψηλότερες μέσες τιμές σε αρκετές έννοιες, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί σταθερό μοτίβο σε όλες τις διαστάσεις, καθώς σε άλλες έννοιες εμφανίζει τις χαμηλότερες τιμές.

Ως προς τις επιμέρους έννοιες, η Ανάλυση Δεδομένων παραμένει η πλέον οικεία έννοια σε όλες τις κατηγορίες εμπειρίας (2,3-2,8), ενώ η Συμβολική TN και τα Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα συγκεντρώνουν και εδώ σταθερά τις χαμηλότερες μέσες τιμές (1,5-2,0), επιβεβαιώνοντας το εύρημα που είχε ήδη αναδειχθεί στις προηγούμενες αναλύσεις.

Πίνακας 7. Αποτελέσματα για εξοικείωση συμμετεχόντων με έννοιες TN ανά εκπαίδευση συμμετεχόντων.

	Εκπαίδευση	Λύκειο	Προπτυχιακό	Μεταπτυχιακό	Διδακτορικό
Ανάλυση Δεδομένων	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	3	2,7	2,7	2,6
Προηγμένη Ανάλυση Δεδομένων	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	3	2,3	2,2	2,3
Μηχανική Μάθηση	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	2	2,6	2,2	2,1
Συμβολική TN	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	2	2,1	1,9	1,7
Προγνωστική Μοντελοποίηση	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	2	2,1	1,9	2,3
Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	3,5	2,6	2,2	2
Γενετική TN (Generative AI)	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	3,5	2,6	2,3	2,7
Βοηθοί (agents) TN	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	3	2,5	2,2	2,8
Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα	Αριθμός Απαντήσεων	2	45	174	15
	Μέση Τιμή	3,5	2,1	1,8	1,9

Τέλος, βάσει των αποτελεσμάτων του Πίνακα 7, από την ανάλυση της εξοικείωσης με έννοιες TN ανά επίπεδο εκπαίδευσης δεν προκύπτει μια σαφής, αναμενόμενη τάση αύξησης της εξοικείωσης με το επίπεδο σπουδών, αντιθέτως, η κατηγορία Προπτυχιακό εμφανίζει αρκετά συχνά ισοδύναμες ή και υψηλότερες μέσες τιμές σε σχέση με το Μεταπτυχιακό και το Διδακτορικό, υποδεικνύοντας ότι το τυπικό εκπαιδευτικό επίπεδο δεν αποτελεί από μόνο του καθοριστικό παράγοντα εξοικείωσης με την TN καθώς σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η εμπειρία. Η κατηγορία Λύκειο εμφανίζει τις υψηλότερες μέσες τιμές σε αρκετές έννοιες,

ωστόσο, λόγω του εξαιρετικά μικρού αριθμού απαντήσεων ($N=2$), το εύρημα αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο ή αντιπροσωπευτικό.

Ανάμεσα στις δύο πολυπληθέστερες κατηγορίες, το Μεταπτυχιακό ($N=174$) εμφανίζει σταθερά χαμηλότερες ή ισοδύναμες μέσες τιμές σε σχέση με το Προπτυχιακό ($N=45$) σχεδόν σε όλες τις έννοιες, με εξαίρεση την Ανάλυση Δεδομένων όπου οι δύο κατηγορίες σχεδόν συμπίπτουν (2,7). Το Διδακτορικό ($N=15$) εμφανίζει μια πιο μεικτή εικόνα, με ελαφρώς υψηλότερες τιμές σε ορισμένες πιο σύγχρονες έννοιες (2,7 στη Γενετική TN, 2,8 στους Βοηθούς TN) αλλά χαμηλότερες σε άλλες (1,7 στη Συμβολική TN, 2 στην Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας).

Συνολικά, η ανάλυση ανά επίπεδο εκπαίδευσης επιβεβαιώνει ότι η εξοικείωση με την TN δεν φαίνεται να καθορίζεται από παραδοσιακά δημογραφικά ή εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά, αλλά πιθανότατα από πιο άμεσους παράγοντες, όπως ο επαγγελματικός ρόλος, το αντικείμενο εργασίας, ο βαθμός έκθεσης σε σχετικά εργαλεία και τεχνολογίες στο πλαίσιο της καθημερινής εργασίας και ενδεχομένως η προσωπική ενασχόληση.

4.3. Υιοθέτηση TN στη φαρμακοβιομηχανία

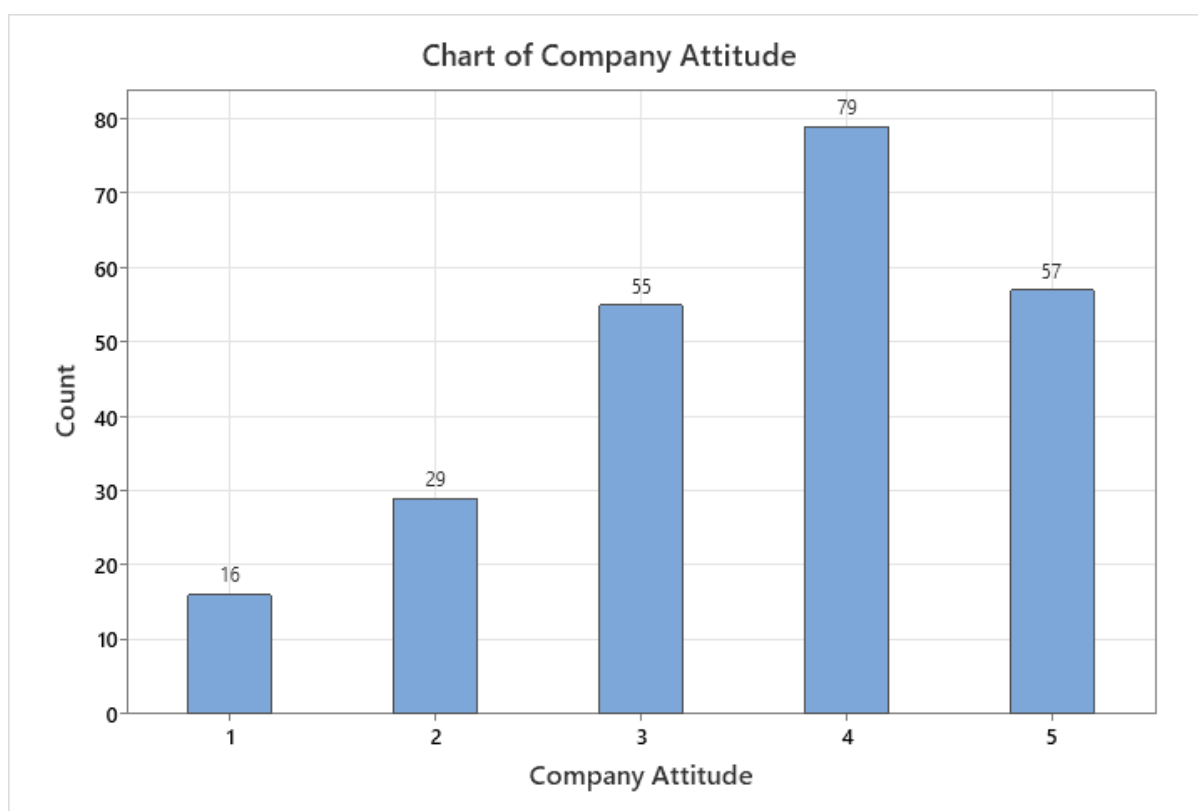
Για την αξιολόγηση της ενσωμάτωσης της TN στις διαδικασίες και στην λειτουργία των φαρμακευτικών βιομηχανιών δεν αρκεί μόνο η αποτύπωση του βαθμού εφαρμογής της. Απαιτείται παράλληλα η διερεύνηση της στάσης των εταιρειών απέναντι στην υιοθέτηση της TN, η εξέταση της οργανωτικής και διαδικαστικής ετοιμότητας για την ενσωμάτωσή της, καθώς και η αξιολόγηση της ψηφιακής ωριμότητας και των πρακτικών διαχείρισης δεδομένων που υποστηρίζουν τη χρήση τέτοιων τεχνολογιών.

4.3.1. Στάση εταιρειών για χρήση TN

Πραγματοποιήθηκε διερεύνηση της στάσης των εταιρειών απέναντι στην υιοθέτηση εργαλείων TN με κλίμακα Likert (όπου 1 = «Πολύ επιφυλακτική» και 5 = «Πολύ ανοιχτή»). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σχηματικά και στο Διάγραμμα 2 και τον Πίνακα 8 που ακολουθούν.

Πίνακας 8. Στατιστική ανάλυση απαντήσεων για τη στάση των εταιρειών προς της χρήση ΤΝ.

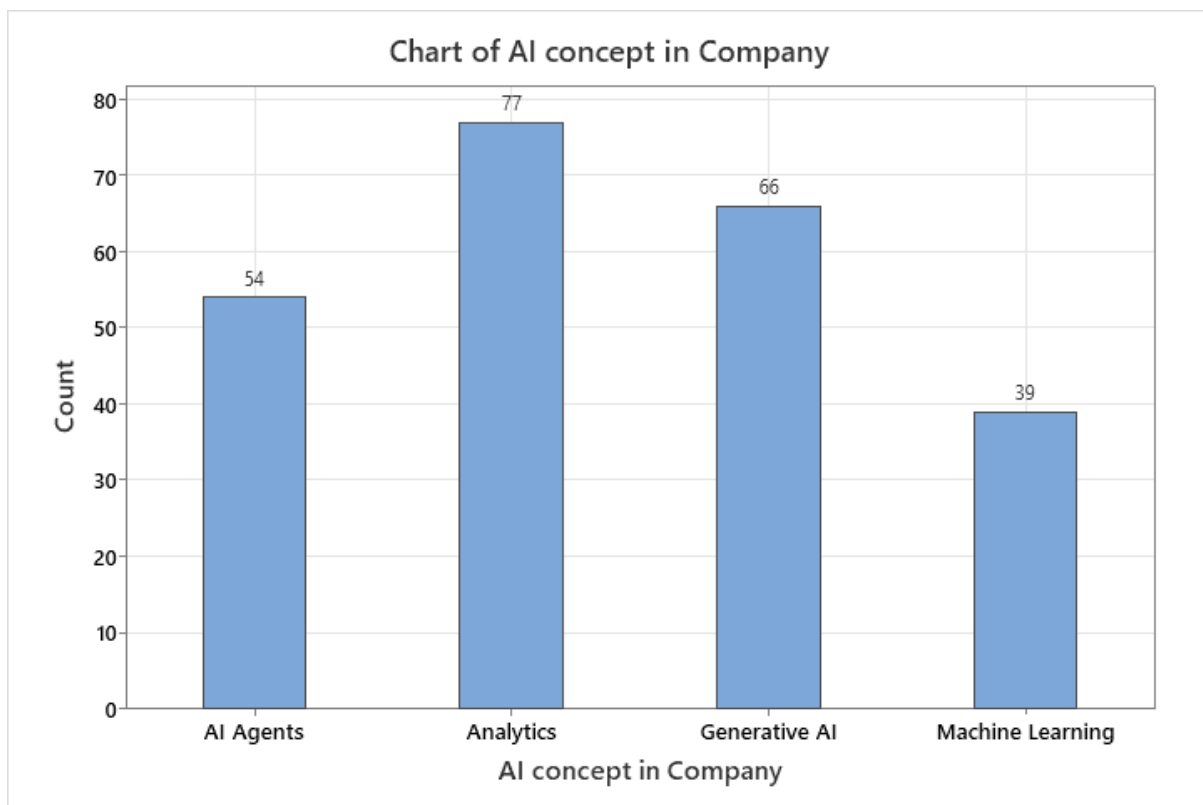
Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση	Q1	Διάμεσος (median)	Q3	Επικρατούσα τιμή (mode)	Πλήθος απαντήσεων επικρατούσας τιμής
3,6	1,18	3	4	4	4	79



Διάγραμμα 2. Ραβδόγραμμα στάσης εταιρειών προς την ενσωμάτωση ΤΝ.

Τα αποτελέσματα βάσει των απαντήσεων των εργαζομένων παρουσιάζουν μια θετική στάση με μέση τιμή 3,6 και τυπική απόκλιση 1,18, που δείχνει μέτρια διασπορά στις απαντήσεις. Ο κύριος όγκος των απαντήσεων συγκεντρώνεται γύρω από «ουδέτερη» (3) έως «πολύ ανοιχτή» (5) στάση, ενώ η επικρατούσα τιμή είναι το 4 («κάπως ανοιχτή») με πλήθος απαντήσεων 79 (33,5% των απαντήσεων).

Παράλληλα, αξιολογήθηκε η κατηγορία χρήσης ΤΝ που αντιπροσωπεύει περισσότερο τις εφαρμογές ΤΝ εντός εταιρείας με ερώτηση πολλαπλής επιλογής χωρίς διαβάθμιση. Για την ανάλυση των απαντήσεων πραγματοποιήθηκε ανάλυση συχνοτήτων και ποσοστιαίων κατανομών, προκειμένου να διερευνηθεί ποιες τεχνολογίες θεωρούν οι συμμετέχοντες ότι αντιπροσωπεύουν κυρίως την ΤΝ στην εταιρεία τους. Η μεταβλητή είναι ονομαστική με τέσσερις πιθανές κατηγορίες: Ανάλυση Δεδομένων (Analytics) με ποσοστό 32,6% των απαντήσεων, Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) με ποσοστό 16,5% των απαντήσεων, Γενετική ΤΝ (Generative AI) με ποσοστό 28,0% των απαντήσεων και Βοηθοί ΤΝ (AI Agents) με ποσοστό 22,9% των απαντήσεων. Τα αποτελέσματα φαίνονται σχηματικά στο Διάγραμμα 3.

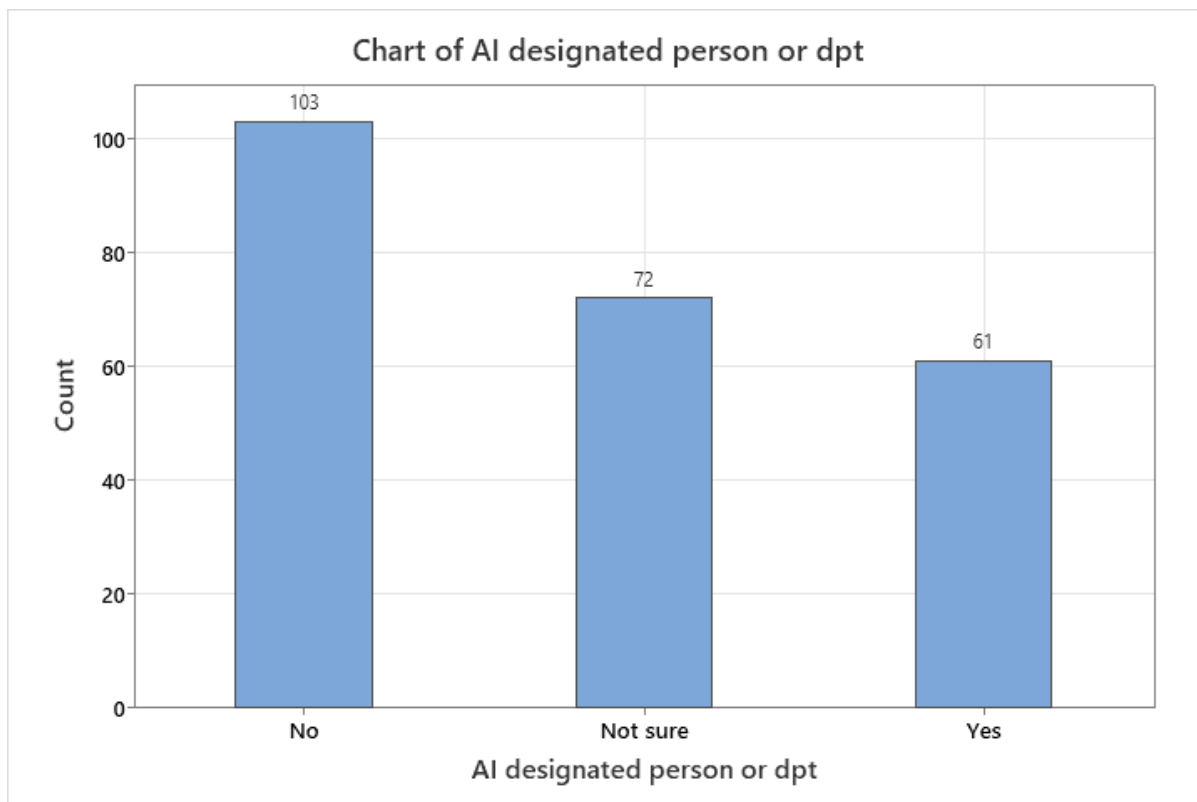


Διάγραμμα 3. Ανάλυση αντιπροσωπευτικής χρήσης ΤΝ στην εταιρεία.

Η κατανομή αυτή υποδηλώνει ότι η αντίληψη των συμμετεχόντων για τη χρήση που «αντιπροσωπεύει» την ΤΝ στην εταιρεία τους επηρεάζεται περισσότερο από πιο ορατές, καθημερινές εφαρμογές (Analytics, Generative AI) παρά από την υποκείμενη τεχνολογία (Machine Learning) που τις υποστηρίζει, κάτι που ενδέχεται να αντανακλά έλλειψη τεχνικής εξοικείωσης στην κατηγοριοποίηση των εργαλείων ΤΝ.

4.3.2. Οργανωτική και Διαδικαστική Ενσωμάτωση ΤΝ

Η εφαρμογή μοντέλων ΤΝ στις καθημερινές λειτουργίες μιας φαρμακευτικής εταιρείας απαιτεί τη θέσπιση αξιόπιστων διαδικασιών που θα υποστηρίζουν την απόδοσή τους. Για το λόγο αυτό διερευνήθηκε η ύπαρξη ενός αρμόδιου ατόμου ή τμήματος υπεύθυνου για την αξιολόγηση έργων/πρωτοβουλιών σχετικών με την ΤΝ, και τα αποτελέσματα βάσει των απαντήσεων των συμμετεχόντων φαίνονται στο Διάγραμμα 4.

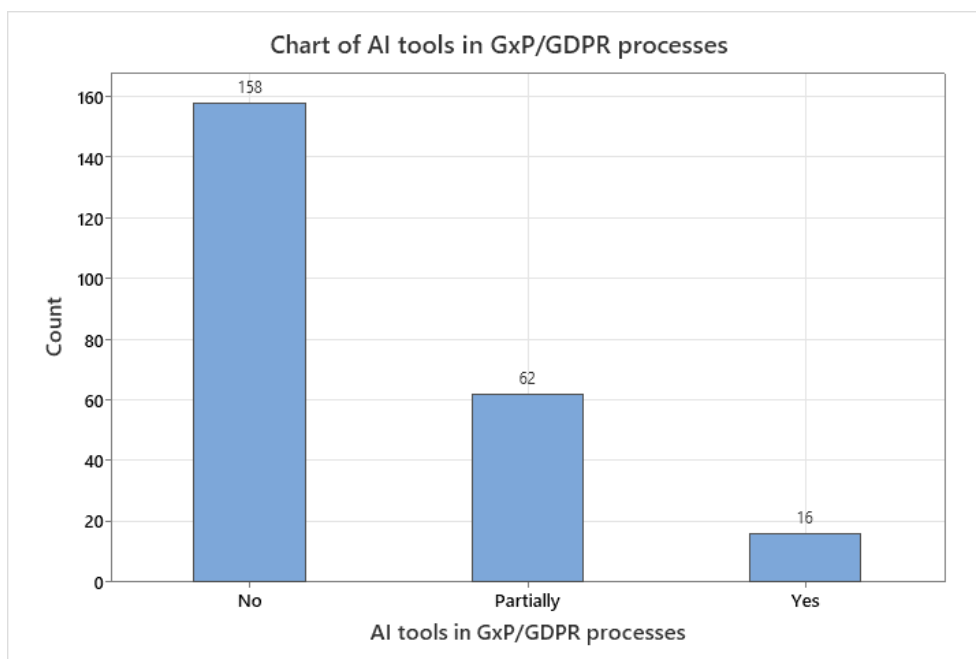


Διάγραμμα 4. Ύπαρξη αρμόδιου ρόλου ή τμήματος με υπευθυνότητα τις πρωτοβουλίες ΤΝ.

Βάσει του Διάγραμμα 4 γίνεται αντιληπτό ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων εργάζονται σε εταιρείες που δεν έχουν αρμόδιο ρόλο ή τμήμα για την διαχείριση πρωτοβουλιών και εφαρμογών ΤΝ με ποσοστό 43,6% των απαντήσεων (103 απαντήσεις), ενώ μόλις το 25,8% (61 απαντήσεις) εργάζεται σε εταιρείες που διαθέτουν αντίστοιχο τμήμα. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ανεπαρκή οργανωτική εκπροσώπηση ειδικευμένου προσωπικού στην εφαρμογή ΤΝ στις ελληνικές φαρμακευτικές εταιρείες, γεγονός που ενδέχεται να δυσχεραίνει την πιο συστηματική, οργανωμένη και αποτελεσματική ενσωμάτωση εφαρμογών ΤΝ, καθώς και την καλύτερη αξιοποίηση σχετικών ιδεών και πρωτοβουλιών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης το εύρημα ότι το 30,5% (72 απαντήσεις) των συμμετεχόντων δηλώνει ότι δεν γνωρίζει αν υπάρχει τέτοιος ρόλος ή τμήμα στην εταιρεία του. Το ποσοστό αυτό ενδέχεται να αντανakλά είτε περιορισμένο προσωπικό ενδιαφέρον και ενασχόληση των εργαζομένων με το ζήτημα, είτε ανεπαρκή εσωτερική ενημέρωση εκ μέρους της εταιρείας, υποδεικνύοντας πιθανή απουσία σαφούς κουλτούρας προώθησης και επικοινωνίας γύρω από την ενσωμάτωση της TN.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ανάλυση συχνοτήτων και ποσοστιαίων κατανομών, προκειμένου να διερευνηθεί ο βαθμός ενσωμάτωσης εργαλείων TN σε διαδικασίες σχετικές με το κανονιστικό πλαίσιο GxP ή τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR) εντός του τμήματος των συμμετεχόντων. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Διάγραμμα 5.



Διάγραμμα 5. Κατανομή απαντήσεων για την ενσωμάτωση εργαλείων TN σε διαδικασίες σχετικές με GxP ή GDPR.

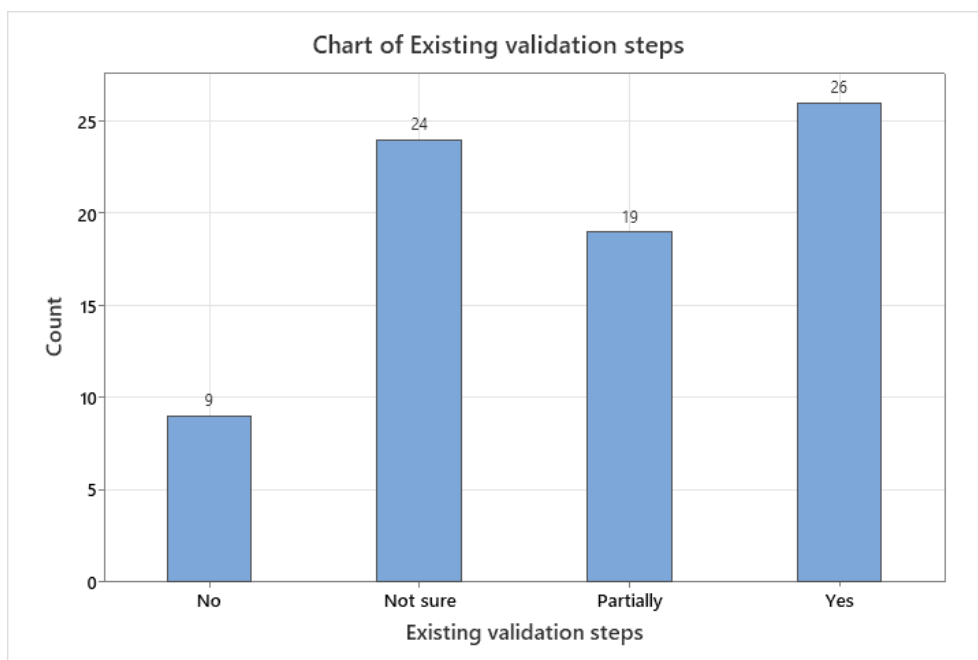
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5, το 66,9% των συμμετεχόντων (158 απαντήσεις) δήλωσαν ότι δεν χρησιμοποιούν εργαλεία TN σε διαδικασίες σχετικές με GxP ή GDPR, το 26,3% (62 απαντήσεις) χρησιμοποιεί «Εν μέρει» και τέλος μόλις το 6,8% (16 απαντήσεις) δήλωσε ότι αξιοποιεί εργαλεία TN σε GxP ή GDPR περιβάλλον.

Η περιορισμένη αυτή ενσωμάτωση είναι αναμενόμενη, δεδομένου του ιδιαίτερα ευαίσθητου και αυστηρά ρυθμιζόμενου χαρακτήρα των διαδικασιών GxP και GDPR στη φαρμακευτική

βιομηχανία, όπου οποιαδήποτε νέα τεχνολογία απαιτεί εκτενή επικύρωση (validation), τεκμηρίωση συμμόρφωσης και διαχείριση κινδύνου πριν την υιοθέτησή της. Το εύρημα αυτό συνάδει και με τα αποτελέσματα σχετικά με τη γνώση του νομοθετικού πλαισίου του EU AI Act, υποδεικνύοντας ότι η περιορισμένη εξοικείωση με το κανονιστικό πλαίσιο ενδέχεται να λειτουργεί αποτρεπτικά στην ενσωμάτωση εργαλείων TN σε ρυθμιζόμενες διαδικασίες, είτε λόγω έλλειψης εμπιστοσύνης είτε λόγω αβεβαιότητας ως προς τη συμμόρφωση.

Συνολικά, τα δύο ευρήματα μαζί για τη χαμηλή ενσωμάτωση TN σε GxP/GDPR περιβάλλον και την περιορισμένη γνώση του EU AI Act ενισχύουν την εικόνα μιας βιομηχανίας που βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας ως προς την υιοθέτηση της TN υπεύθυνα και με συμμόρφωση προς το νομοθετικό πλαίσιο, γεγονός που τονίζει την ανάγκη για πιο στοχευμένη εκπαίδευση και σαφείς εσωτερικές οδηγίες συμμόρφωσης.

Σε συνέχεια της παραπάνω ανάλυσης διερευνήθηκε κατά πόσο οι συμμετέχοντες που απάντησαν ότι χρησιμοποιούν ή «εν μέρει» χρησιμοποιούν εργαλεία TN σε GxP/GDPR περιβάλλον κλήθηκαν να απαντήσουν κατά πόσο υπάρχουν βήματα και έλεγχοι επικύρωσης για τα συγκεκριμένα εργαλεία TN. Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 6.



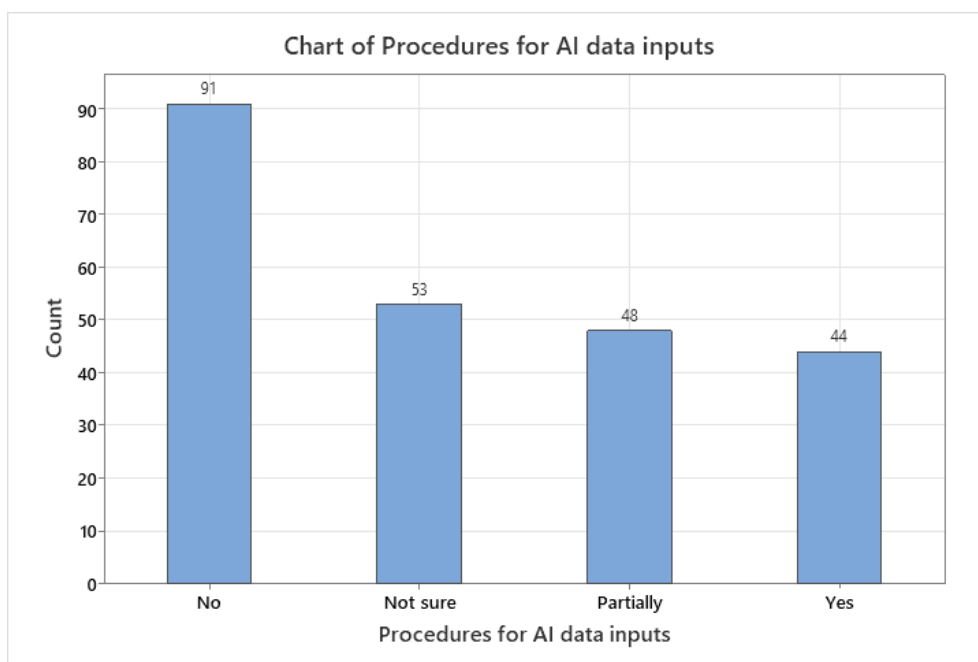
Διάγραμμα 6. Ύπαρξη επικύρωσης για εργαλεία TN που αξιοποιούνται σε GxP/GDPR περιβάλλον.

Όσον αφορά την επικύρωση (validation) των εργαλείων TN που ενσωματώνονται σε διαδικασίες σχετικές με GxP ή GDPR, το σύνολο των απαντήσεων ανήλθε σε 78 (δηλαδή μόνο από τους συμμετέχοντες που είχαν ήδη δηλώσει κάποιου βαθμού χρήση εργαλείων TN σε

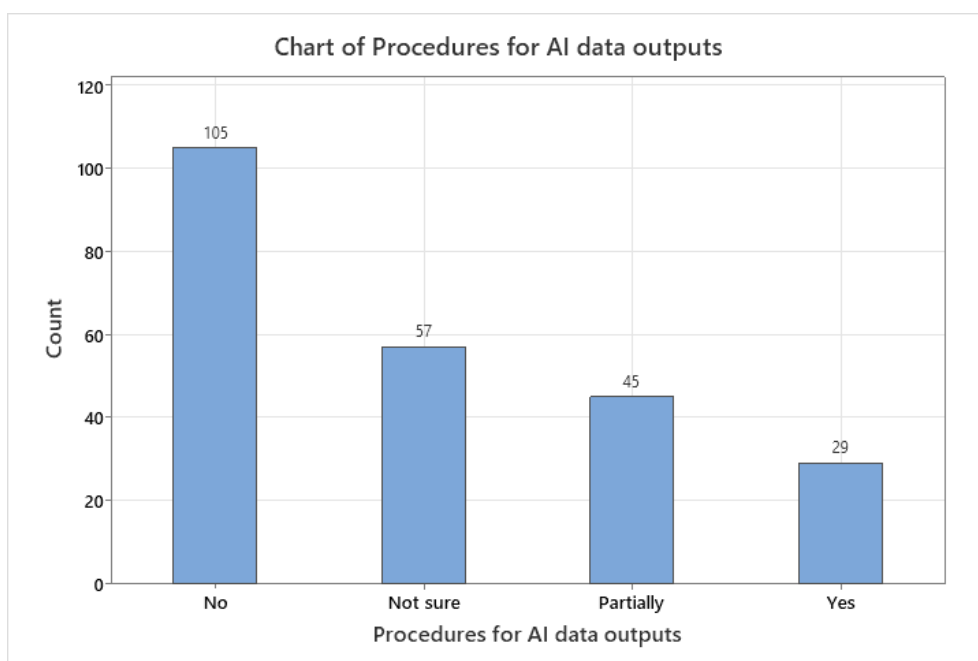
αντίστοιχο περιβάλλον). Από αυτούς, το 11,5% (9 απαντήσεις) δήλωσε ότι δεν πραγματοποιούνται βήματα επικύρωσης, το 24,4% (19 απαντήσεις) ανέφερε μερική υποστήριξη επικύρωσης, ενώ το 33,3% (26 απαντήσεις) δήλωσε ότι υπάρχουν θεσπισμένα βήματα επικύρωσης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρημα ότι το 30,8% (24 απαντήσεις) δήλωσε ότι δεν γνωρίζει αν τα εργαλεία που χρησιμοποιεί είναι επικυρωμένα. Το ποσοστό αυτό, το οποίο αποτελεί και τη δεύτερη συχνότερη απάντηση, υποδηλώνει ότι ένα σημαντικό τμήμα των χρηστών αξιοποιεί εργαλεία TN σε ρυθμιζόμενο περιβάλλον χωρίς να έχει διερευνήσει ή να γνωρίζει το καθεστώς επικύρωσής τους, ένα εύρημα που εγείρει προβληματισμό, δεδομένης της κρισιμότητας της επικύρωσης για τη διασφάλιση συμμόρφωσης σε διαδικασίες GxP και GDPR.

Συνολικά, μόλις το ένα τρίτο των συμμετεχόντων (33,3%) φαίνεται να λειτουργεί σε πλαίσιο με σαφή βήματα επικύρωσης, ενώ το υπόλοιπο 66,7% είτε δεν διαθέτει επαρκή υποστήριξη επικύρωσης είτε δεν γνωρίζει καν αν αυτή υπάρχει. Το εύρημα αυτό ενισχύει περαιτέρω την εικόνα ενός ανώριμου πλαισίου διακυβέρνησης γύρω από την υιοθέτηση εργαλείων TN σε ρυθμιζόμενες διαδικασίες, και αναδεικνύει την ανάγκη θέσπισης σαφέστερων εσωτερικών διαδικασιών χρήσης και επικύρωσης πριν την ενσωμάτωση τέτοιων εργαλείων σε ευαίσθητα λειτουργικά περιβάλλοντα.

Διερευνώντας περαιτέρω τις σχετικές διαδικασίες εξετάστηκε η ύπαρξη διαδικασιών διακυβέρνησης δεδομένων και τέθηκαν δύο επιπλέον ερωτήσεις που αφορούν αντίστοιχα τον έλεγχο των δεδομένων εισόδου και εξόδου στα εργαλεία TN. Η πρώτη ερώτηση αφορούσε την ύπαρξη θεσπισμένων διαδικασιών που διασφαλίζουν την κατάλληλη διαχείριση, εποπτεία και ακεραιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε δραστηριότητες σχετικές με TN, δηλαδή τις διαδικασίες ελέγχου δεδομένων εισόδου στα εργαλεία TN. Η δεύτερη ερώτηση αφορούσε την ύπαρξη διαδικασιών επαλήθευσης των δεδομένων που παράγονται μέσω εργαλείων TN (όπως ανθρώπινη επισκόπηση, αξιολόγηση κινδύνου, διασταύρωση στοιχείων), δηλαδή τις διαδικασίες ελέγχου δεδομένων εξόδου από τα εργαλεία TN. Οι δύο αυτές ερωτήσεις εξετάζουν συνδυαστικά την ύπαρξη ελέγχων σε όλο τον κύκλο ζωής των δεδομένων που εμπλέκονται σε εφαρμογές TN προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της ωριμότητας των εσωτερικών διαδικασιών διακυβέρνησης δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 7 και στο Διάγραμμα 8.



Διάγραμμα 7. Κατανομή απαντήσεων για διαδικασίες ελέγχου δεδομένων εισόδου από εργαλεία TN.



Διάγραμμα 8. Κατανομή απαντήσεων για διαδικασίες ελέγχου δεδομένων εξόδου από εργαλεία TN.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το 38,6% των συμμετεχόντων (91 απαντήσεις) δήλωσε ότι η εταιρεία τους δεν διαθέτει θεσπισμένες διαδικασίες για τη διασφάλιση της κατάλληλης διαχείρισης, εποπτείας και ακεραιότητας των δεδομένων εισόδου στα εργαλεία TN. Το 22,5% (53 απαντήσεις) δήλωσε ότι δεν γνωρίζει, ενώ το 20,3% (48 απαντήσεις) ανέφερε μερική

ύπαρξη τέτοιων διαδικασιών. Μόλις το 18,6% (44 απαντήσεις) δήλωσε ότι υπάρχουν πλήρως θεσπισμένες διαδικασίες ελέγχου δεδομένων εισόδου.

Η εικόνα είναι ακόμη πιο έντονη στην περίπτωση των δεδομένων εξόδου: το 44,5% (105 απαντήσεις) δήλωσε ότι δεν υπάρχουν διαδικασίες επαλήθευσης των παραγόμενων δεδομένων ΤΝ, το 24,2% (57 απαντήσεις) δήλωσε ότι δεν γνωρίζει, το 19,1% (45 απαντήσεις) ανέφερε μερική εφαρμογή τέτοιων διαδικασιών, ενώ μόλις το 12,3% (29 απαντήσεις) δήλωσε ότι υπάρχουν πλήρως εφαρμοσμένες διαδικασίες επαλήθευσης εξόδου.

Συγκρίνοντας τις δύο κατανομές, παρατηρείται ότι ο έλεγχος των δεδομένων εξόδου έχει ακόμη μικρότερο βαθμό περιγραφής σε διαδικασίες σε σχέση με τον έλεγχο των δεδομένων εισόδου (12,3% έναντι 18,6% στην κατηγορία «Ναι», και 44,5% έναντι 38,6% στην κατηγορία «Όχι»). Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι οι εταιρείες φαίνεται να δίνουν σχετικά μεγαλύτερη προσοχή στη διαχείριση των δεδομένων που «τροφοδοτούν» τα εργαλεία ΤΝ, ενώ υστερούν περισσότερο στην επαλήθευση και τον έλεγχο ποιότητας των αποτελεσμάτων που αυτά παράγουν, το οποίο όμως είναι ιδιαίτερα κρίσιμο σε ένα ρυθμιζόμενο περιβάλλον, όπως αυτό της φαρμακευτικής βιομηχανίας, όπου εσφαλμένα ή μη επαληθευμένα αποτελέσματα ΤΝ ενδέχεται να έχουν σοβαρές επιπτώσεις σε θέματα ποιότητας, ασφάλειας ή κανονιστικής συμμόρφωσης. Επιπλέον, το σχετικά υψηλό ποσοστό απαντήσεων άγνοιας και στις δύο ερωτήσεις (22,5% και 24,2% αντίστοιχα) ενισχύει την εικόνα περιορισμένης διαφάνειας ή εσωτερικής επικοινωνίας γύρω από τις πολιτικές διακυβέρνησης δεδομένων ΤΝ, υποδεικνύοντας ότι σημαντικό μέρος του προσωπικού δεν έχει σαφή γνώση των διαδικασιών που διέπουν τη χρήση εργαλείων ΤΝ στην εταιρεία που εργάζεται.

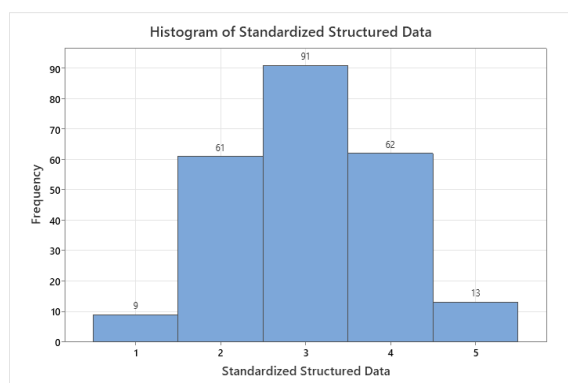
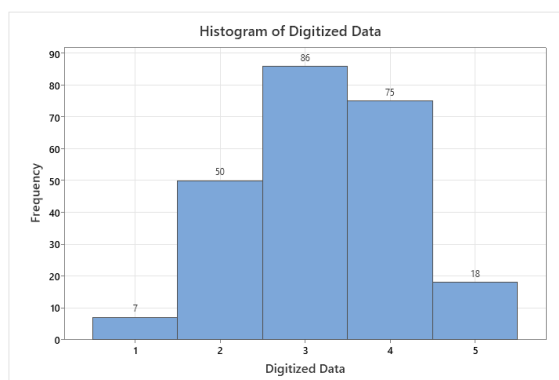
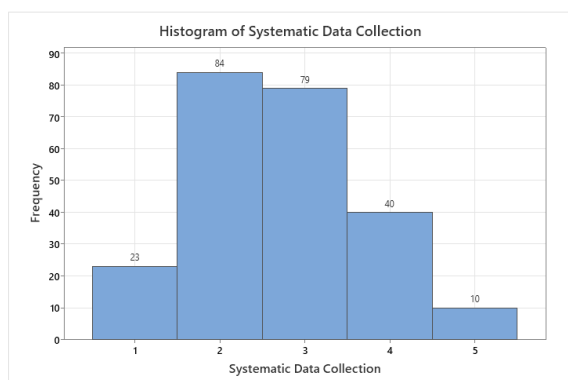
4.3.3. Ψηφιακή Ωριμότητα και Πρακτικές Διαχείρισης Δεδομένων

Τα δεδομένα που τροφοδοτούν ένα εργαλείο ΤΝ, τόσο κατά την εκπαίδευσή του όσο και κατά τη χρήση του, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αξιοπιστία και την ποιότητα των αποτελεσμάτων που αυτό παράγει. Σε συνέχεια της διερεύνησης της ύπαρξης διαδικασιών ελέγχου των δεδομένων που σχετίζονται με τα εργαλεία ΤΝ, εξετάζεται ο βαθμός ψηφιακής ωριμότητας των εταιρειών στις οποίες εργάζονται οι συμμετέχοντες, καθώς και οι ευρύτερες πρακτικές διαχείρισης δεδομένων που ακολουθούν. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να απαντήσουν για το βαθμό συστηματικής συλλογής δεδομένων στο τμήμα όπου εργάζονται, το βαθμό ψηφιοποίησης αυτών των δεδομένων, την τυποποίησή τους και το τέλος

το βαθμό αποθήκευσής τους σε προσβάσιμα μέρη. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων δόθηκαν σε κλίμακα Likert όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως» και παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9. Αποτελέσματα Πρακτικών Διαχείρισης Δεδομένων.

Δεδομένα	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση	Διάμεσος (median)	Επικρατούσα τιμή (mode)	Πλήθος απαντήσεων επικρατούσας τιμής
Systematic Data Collection	2,7	1	3	2	84
Digitized Data	3,2	0,96	3	3	86
Standardized Structured Data	3	0,95	3	3	91
Consistently Stored Data	3,3	0,97	3	3	92



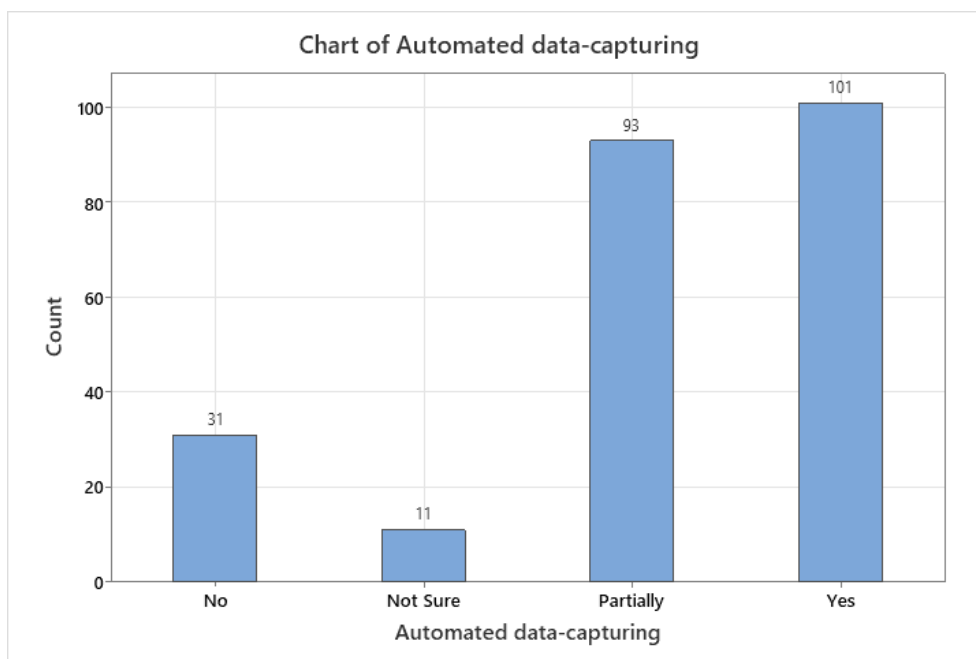
Διάγραμμα 9. Κατανομές των απαντήσεων Πρακτικών Διαχείρισης Δεδομένων.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 9 και το Διάγραμμα 9 παρατηρούνται τα εξής:

- Η Συστηματική Συλλογή Δεδομένων (Systematic Data Collection) έχει μέση τιμή 2,7, με τυπική απόκλιση 1, γεγονός που υποδηλώνει μέτρια διασπορά γύρω από τον μέσο όρο. Το κύριο σώμα των απαντήσεων συγκεντρώνεται στο κάτω-μεσαίο τμήμα της κλίμακας, αφού περίπου το 80% των συμμετεχόντων έχει δώσει απάντηση μικρότερη ή ίση του 3, ενώ και η διάμεσος εντοπίζεται στο 3. Η επικρατούσα τιμή είναι το 2 («σε μικρό βαθμό»), με 84 απαντήσεις (35,6% του δείγματος), κάτι που δείχνει ότι μεγάλο μέρος των συμμετεχόντων αξιολογεί ότι η συστηματική συλλογή δεδομένων υλοποιείται ελάχιστα. Συγκεντρωτικά, το 45,3% των απαντήσεων βρίσκεται στις τιμές 1-2 («καθόλου»/«σε μικρό βαθμό»), ενώ μόλις το 21,2% στις τιμές 4-5 («σε μεγάλο βαθμό»/«πλήρως»).
- Η Ψηφιοποίηση Δεδομένων (Digitized Data) εμφανίζει υψηλότερη μέση τιμή στο 3,2, με μικρότερη τυπική απόκλιση (0,96), που δείχνει πιο συγκεντρωμένες απαντήσεις γύρω από τον μέσο όρο. Μόνο το 7,6% των συμμετεχόντων βαθμολόγησε με 5, και η επικρατούσα τιμή εντοπίζεται στο 3 (86 απαντήσεις – 36,4%). Εδώ το βάρος μετατοπίζεται καθώς μόλις το 24,2% των απαντήσεων βρίσκεται στις τιμές 1-2, ενώ το 39,4% στις τιμές 4-5, δείχνοντας αισθητά υψηλότερο βαθμό ψηφιοποίησης σε σχέση με τη συστηματική συλλογή.
- Η άποψη των συμμετεχόντων για την πρακτική Τυποποίησης Δομημένων Δεδομένων (Standardized Structured Data) εμφανίζει μέση τιμή 3, με τυπική απόκλιση 0,95. Μόλις το 5,5% των συμμετεχόντων βαθμολόγησε με 5, ενώ η επικρατούσα τιμή εντοπίζεται στο 3 (91 απαντήσεις – 38,6%). Οι απαντήσεις είναι πιο ισορροπημένα κατανομημένες, αφού το 29,66% βρίσκεται στις τιμές 1-2 και το 31,8% στις τιμές 4-5, υποδεικνύοντας μεγάλη ανομοιομορφία στην εικόνα ως προς τον βαθμό τυποποίησης της δομής των δεδομένων.
- Τέλος, η άποψη των συμμετεχόντων για τη Σταθερή Αποθήκευση Δεδομένων (Consistently Stored Data) εμφανίζει την υψηλότερη μέση τιμή (3,3) με τυπική απόκλιση 0,97. Το 11,0% των απαντήσεων εντοπίζεται στην επιλογή πλήρους εφαρμογής πρακτικής σταθερής αποθήκευσης δεδομένων (5), ενώ η επικρατούσα τιμή είναι το 3 (92 απαντήσεις – 39,0%). Μόλις το 17,4% των απαντήσεων βρίσκεται στις τιμές 1-2, ενώ το 43,6% στις τιμές 4-5, το οποίο αποτελεί το υψηλότερο ποσοστό «πληρέστερης» εφαρμογής ανάμεσα στις τέσσερις πρακτικές διαχείρισης δεδομένων.

Με βάση τα παραπάνω, παρατηρείται ότι δεν εφαρμόζεται συστηματική συλλογή δεδομένων σε μεγάλο βαθμό εντός των τμημάτων του μεγαλύτερου μέρους των συμμετεχόντων, καθώς εμφανίζει τη χαμηλότερη μέση τιμή και το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων στα κατώτερα επίπεδα της κλίμακας. Παρόλα αυτά, τα δεδομένα που συλλέγονται έχουν επαρκέστερα ποσοστά ψηφιοποίησης, τυποποίησης και μόνιμης αποθήκευσης. Το γεγονός ότι η συστηματική συλλογή δεδομένων υστερεί συγκριτικά με τις υπόλοιπες τρεις διαστάσεις πιθανόν αντανακλά ένα ευρύτερο μοτίβο, ότι οι διαδικασίες που αφορούν τη διαχείριση δεδομένων που ήδη υπάρχουν (αποθήκευση, ψηφιοποίηση, τυποποίηση) φαίνεται να είναι πιο ώριμες σε σχέση με τις πρακτικές που αφορούν τη δημιουργία και συλλογή νέων δεδομένων με συστηματικό τρόπο. Με άλλα λόγια, οι επιχειρήσεις φαίνεται να διαχειρίζονται αποδοτικά τα δεδομένα που ήδη διαθέτουν, χωρίς όμως να έχουν εδραιώσει εξίσου ισχυρές διαδικασίες για τη συστηματική συλλογή νέων δεδομένων, κάτι που θα μπορούσε να αποτελέσει σημείο προτεραιότητας για βελτίωση.

Παράλληλα, αξιολογήθηκε η ύπαρξη αυτοματοποιημένων συστημάτων καταγραφής δεδομένων και οι απαντήσεις των συμμετεχόντων διαμορφώθηκαν όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 10.



Διάγραμμα 10. Κατανομή απαντήσεων για την ύπαρξη αυτοματοποιημένων συστημάτων συλλογής δεδομένων.

Όσον αφορά την κατανομή της χρήσης αυτοματοποιημένων συστημάτων συλλογής δεδομένων από το Διάγραμμα 10, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πλειονότητα των

συμμετεχόντων χρησιμοποιεί, έστω και μερικώς, αυτοματοποιημένα συστήματα καταγραφής. Πιο συγκεκριμένα, το 42,8% (101 άτομα) απάντησε θετικά, ενώ ένα σχεδόν εξίσου σημαντικό ποσοστό, το 39,4% (93 άτομα), δήλωσε ότι εφαρμόζει αυτοματοποιημένη συλλογή δεδομένων μερικώς. Αθροιστικά, το 82,2% του δείγματος φαίνεται να έχει ενσωματώσει πλήρως ή εν μέρει αυτοματοποιημένες πρακτικές συλλογής δεδομένων στις διαδικασίες του.

Αντίθετα, μόλις το 13,1% (31 άτομα) απάντησε αρνητικά, υποδεικνύοντας ότι η πλήρης απουσία αυτοματοποιημένων συστημάτων αποτελεί τη μειοψηφία των περιπτώσεων. Τέλος, ένα μικρό ποσοστό των συμμετεχόντων, 4,7% (11 άτομα), δήλωσε αβεβαιότητα ως προς το αν χρησιμοποιούνται τέτοια συστήματα, κάτι που ενδεχομένως αντανακλά είτε περιορισμένη ενημέρωση/εμπλοκή στις σχετικές διαδικασίες είτε έλλειψη σαφήνειας ως προς τον ορισμό ή το εύρος εφαρμογής των εν λόγω συστημάτων.

Η ευρεία διάδοση (πλήρης ή μερική) των αυτοματοποιημένων συστημάτων συλλογής δεδομένων (82,2%) έρχεται σε μια ενδιαφέρουσα αντιπαράθεση με το προηγούμενο εύρημα της σχετικά χαμηλής συστηματικής συλλογής δεδομένων (μέση τιμή 2,7 του Πίνακα 9). Αυτό θα μπορούσε να υποδηλώνει ότι, παρότι υπάρχει ήδη σε σημαντικό βαθμό η τεχνολογική υποδομή για αυτοματοποιημένη συλλογή δεδομένων, η αξιοποίησή της δεν συνοδεύεται απαραίτητα από αντίστοιχα συστηματοποιημένες και δομημένες διαδικασίες συλλογής, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη εστίασης όχι τόσο στην απόκτηση νέων τεχνολογικών εργαλείων, όσο στη βελτίωση των διαδικασιών αξιοποίησής τους.

4.3.4. Επίπεδο Πραγματικής Υλοποίησης ΤΝ

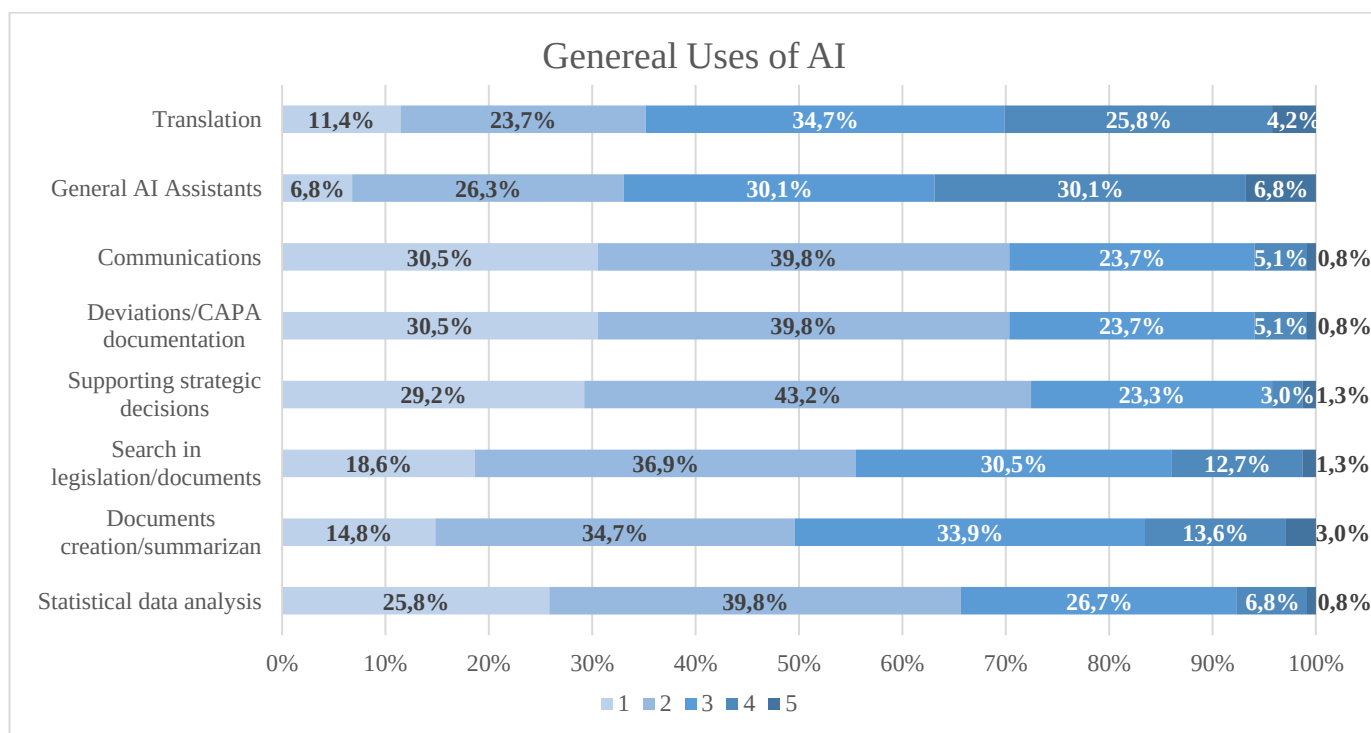
Για την διερεύνηση του επιπέδου πραγματικής υλοποίησης της ΤΝ στη φαρμακοβιομηχανία στην Ελλάδα αξιολογήθηκε η χρήση εργαλείων ΤΝ σε γενικές διατμηματικές λειτουργίες αλλά και η χρήση εξειδικευμένων εργαλείων ΤΝ ανά τμήμα.

Αρχικά, η χρήση γενικών εργαλείων ΤΝ αξιολογήθηκε βάσει του βαθμού υλοποίησης και αξιοποίησης των παρακάτω εφαρμογών:

- Στατιστική ανάλυση δεδομένων (Statistical data analysis)
- Δημιουργία ή σύνοψη εγγράφων (Documents creation or summarization)
- Αναζήτηση στη νομοθεσία ή σε εσωτερικές διαδικασίες (Search in legislation or internal procedures)

- Υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων (Supporting strategic decisions)
- Διερεύνηση αποκλίσεων ή τεκμηρίωση CAPA (Deviations investigations or CAPA documentation)
- Επικοινωνίες – αυτοματοποιημένα πρακτικά συναντήσεων ή σύνοψη τους (Communications – automated meeting minutes or summarization)
- Χρήση και υποστήριξη από γενικούς βοηθούς TN (ChatGPT, Gemini, Copilot κ.λπ.) (Use and support from general AI assistants)
- Μετάφραση (Translation)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 11 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 11. Κατανομές απαντήσεων για επίπεδο χρήσης γενικών εργαλείων TN.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 11, είναι εμφανές ότι για τις περισσότερες εφαρμογές οι απαντήσεις συγκεντρώνονται κυρίως στις τιμές «καθόλου» και «σε κάποιο βαθμό» (τιμές 1-2), ενώ μόνο η χρήση γενικών βοηθών TN και η μετάφραση εμφανίζουν ένα σχετικά ικανοποιητικό ποσοστό στην τιμή «πλήρως» (5), σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εφαρμογές όπου η τιμή αυτή παραμένει σχεδόν αμελητέα.

Η χρήση γενικών βοηθών TN (ChatGPT, Gemini, Copilot κ.λπ.) εμφανίζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση απαντήσεων στις τιμές «σε μεγάλο βαθμό» και «πλήρως» (τιμές 4-5), με

συνολικό ποσοστό 36,9%, το υψηλότερο ανάμεσα σε όλες τις εφαρμογές, με το 6,8% στην τιμή «πλήρως» να είναι επίσης το υψηλότερο αντίστοιχο ποσοστό. Ακολουθεί η μετάφραση με ποσοστό 30,0% σαφώς θετικών απαντήσεων (4-5), επιβεβαιώνοντας ότι πρόκειται για τις δύο πιο διαδεδομένες γενικές χρήσεις της TN στο δείγμα.

Αντίθετα, οι υπόλοιπες εφαρμογές εμφανίζουν αισθητά χαμηλότερα ποσοστά χρήσης. Η υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων συγκεντρώνει το χαμηλότερο ποσοστό στις τιμές 4-5, με μόλις 4,3%, ενώ οι επικοινωνίες και η διερεύνηση αποκλίσεων/τεκμηρίωση CAPA ακολουθούν με πανομοιότυπο ποσοστό, 5,9% η καθεμία. Στις τρεις αυτές εφαρμογές, το μεγαλύτερο μέρος των απαντήσεων συγκεντρώνεται στις τιμές 1-2, με ποσοστά που ξεπερνούν το 70% στις δύο τελευταίες περιπτώσεις.

Η στατιστική ανάλυση δεδομένων και η αναζήτηση στη νομοθεσία/έγγραφα εμφανίζουν επίσης σχετικά χαμηλά ποσοστά χρήσης (7,6% και 14,0% αντίστοιχα στις τιμές 4-5), ενώ η δημιουργία/σύνοψη εγγράφων παρουσιάζει μια ενδιάμεση εικόνα, με 16,6% στις τιμές 4-5.

Η ανάλυση αναδεικνύει ότι η TN φαίνεται να έχει ενσωματωθεί μέχρι στιγμής κυρίως στη χρήση γενικών βοηθών TN και τη μετάφραση, ενώ η αξιοποίησή της σε πιο εξειδικευμένες λειτουργίες παραμένει ιδιαίτερα περιορισμένη. Αυτό ενδεχομένως αντανακλά την μικρότερη εξοικείωση και ευκολία πρόσβασης σε εργαλεία ελαφρώς πιο εξειδικευμένης χρήσης, καθώς και μια μεγαλύτερη επιφυλακτικότητα ή έλλειψη εμπιστοσύνης ως προς την αξιοπιστία της TN σε λειτουργίες με άμεσο αντίκτυπο στη λήψη αποφάσεων ή στη ρυθμιστική συμμόρφωση.

Παράλληλα, αξιολογήθηκε η χρήση γενικών εργαλείων TN ανά μέγεθος εταιρείας. Για την συγκεκριμένη αξιολόγηση βρέθηκε η μέση τιμή της κλίμακας Likert για την εκάστοτε χρήση από όλες τις απαντήσεις για το εκάστοτε μέγεθος εταιρείας. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 10 που ακολουθεί.

Πίνακας 10. Αποτελέσματα απαντήσεων για επίπεδο χρήσης γενικών εργαλείων TN ανά μέγεθος εταιρείας.

Γενική Χρήση TN	Μέγεθος Εταιρείας	Αριθμός Απαντήσεων	Μέση Τιμή
Στατιστική ανάλυση δεδομένων	Κάτω των 100	5	2,4
	100 - 199	15	2
	200 - 499	38	2,3
	Άνω των 500	178	2,1

Γενική Χρήση TN	Μέγεθος Εταιρείας	Αριθμός Απαντήσεων	Μέση Τιμή
Δημιουργία ή σύνοψη εγγράφων	Κάτω των 100	5	3,4
	100 - 199	15	2,5
	200 - 499	38	2,8
	Άνω των 500	178	2,5
Αναζήτηση στη νομοθεσία ή σε εσωτερικές διαδικασίες	Κάτω των 100	5	2,4
	100 - 199	15	2,3
	200 - 499	38	2,5
	Άνω των 500	178	2,4
Υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων	Κάτω των 100	5	2,2
	100 - 199	15	1,8
	200 - 499	38	2,4
	Άνω των 500	178	2
Διερεύνηση αποκλίσεων ή τεκμηρίωση CAPA	Κάτω των 100	5	2,6
	100 - 199	15	1,6
	200 - 499	38	2
	Άνω των 500	178	2,1
Επικοινωνίες – αυτοματοποιημένα πρακτικά συναντήσεων ή σύνοψη τους	Κάτω των 100	5	2,8
	100 - 199	15	2,1
	200 - 499	38	2,7
	Άνω των 500	178	2,6
Χρήση και υποστήριξη από γενικούς βοηθούς TN (ChatGPT, Gemini, Copilot κ.λπ.)	Κάτω των 100	5	3,6
	100 - 199	15	2,8
	200 - 499	38	3,2
	Άνω των 500	178	3
Μετάφραση	Κάτω των 100	5	3,4
	100 - 199	15	2,8
	200 - 499	38	2,9
	Άνω των 500	178	2,9

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρήσης γενικών εργαλείων TN ανά μέγεθος επιχείρησης όπως φαίνονται στον Πίνακας 10 προκύπτει ότι, ανεξαρτήτως μεγέθους, η χρήση γενικών βοηθών TN (ChatGPT, Gemini, Copilot κ.λπ.) και η μετάφραση συγκεντρώνουν σταθερά τις υψηλότερες μέσες τιμές σε όλες τις κατηγορίες εταιρικού μεγέθους (από 2,8 έως 3,6), επιβεβαιώνοντας το εύρημα ότι πρόκειται για τις δύο πιο διαδεδομένες εφαρμογές TN ανεξαρτήτως του μεγέθους του οργανισμού. Αντίθετα, η υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων και η διερεύνηση αποκλίσεων ή τεκμηρίωση CAPA εμφανίζουν σταθερά τις χαμηλότερες μέσες τιμές (από 1,6 έως 2,6) ανεξαρτήτως μεγέθους επιχείρησης.

Ως προς τη διαφοροποίηση ανά μέγεθος εταιρείας, οι μικρές επιχειρήσεις (κάτω των 100 εργαζομένων) εμφανίζουν σταθερά τις υψηλότερες ή από τις υψηλότερες μέσες τιμές σε σχεδόν όλες τις χρήσεις, κάτι που πιθανόν αντανακλά μεγαλύτερη ευελιξία και ταχύτητα υιοθέτησης νέων εργαλείων σε μικρότερους οργανισμούς, αν και το εύρημα αυτό πρέπει να ερμηνευθεί με προσοχή, δεδομένου του πολύ μικρού αριθμού απαντήσεων (N=5) σε αυτή την κατηγορία. Αντίθετα, οι μεσαίες επιχειρήσεις (100-199 εργαζομένων) εμφανίζουν σταθερά τις χαμηλότερες μέσες τιμές σχεδόν σε όλες τις διαστάσεις, ενώ οι μεγαλύτερες κατηγορίες (200-499 και άνω των 500 εργαζομένων) κινούνται σε ενδιάμεσα και μεταξύ τους αρκετά παρόμοια επίπεδα χρήσης.

Το γεγονός ότι δεν παρατηρείται μια ξεκάθαρη, γραμμική σχέση μεταξύ μεγέθους επιχείρησης και βαθμού χρήσης TN (καθώς οι μικρότερες επιχειρήσεις εμφανίζουν εξίσου ή και περισσότερο έντονη χρήση σε σχέση με τις μεγαλύτερες) υποδηλώνει ότι η υιοθέτηση TN πιθανόν επηρεάζεται περισσότερο από παράγοντες όπως η εταιρική κουλτούρα, η διαθεσιμότητα τεχνογνωσίας και η ατομική πρωτοβουλία των εργαζομένων, παρά αποκλειστικά από τους διαθέσιμους πόρους που συνδέονται με το μέγεθος του οργανισμού.

Στη συνέχεια, αξιολογήθηκε η χρήση εξειδικευμένων εργαλείων TN ανά τμήμα. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα κάθε τμήματος.

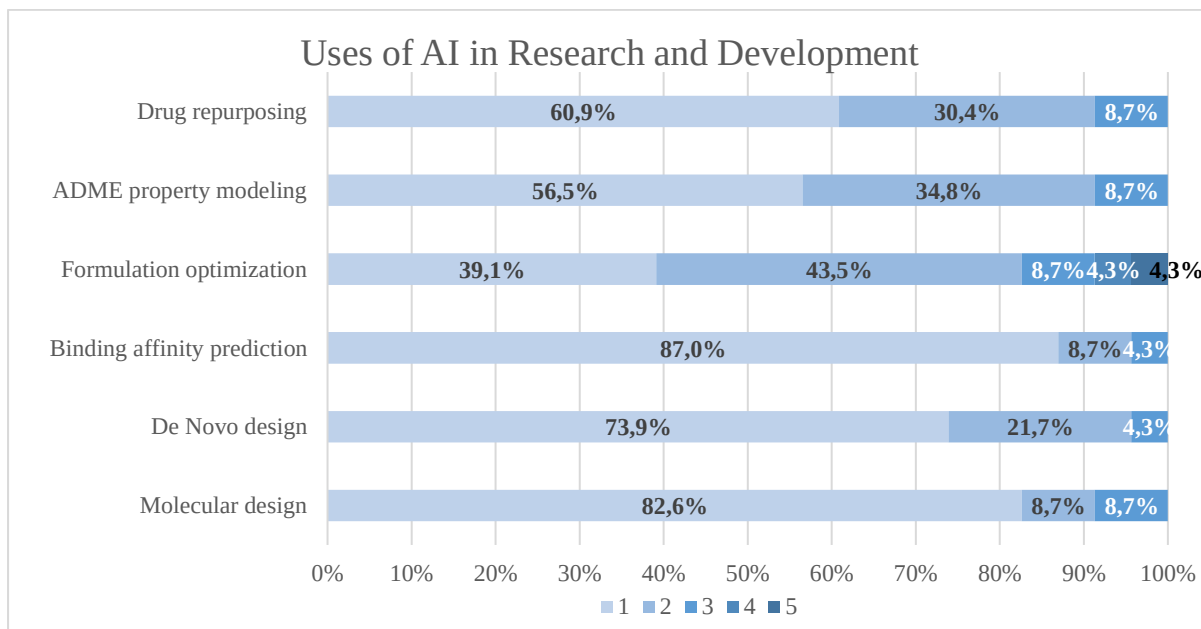
Έρευνα και Ανάπτυξη

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα της έρευνας και ανάπτυξης είναι οι εξής:

- Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων (Statistical Data Analysis)
- Σχεδιασμός Μορίων μέσω Εικονικής Διαλογής (Molecular design through virtual screening)
- De Novo Σχεδιασμός μέσω Γενετικών Μοντέλων TN (De Novo design through generative AI models)
- Πρόβλεψη Συγγένειας Δέσμευσης (Binding affinity prediction)
- Βελτιστοποίηση Φαρμακοτεχνικών Μορφών μέσω Συνδυασμού TN και Σχεδιασμού Πειραμάτων (DoE) (Formulation optimization through AI models combined with Design of Experiments – DoE)
- Μοντελοποίηση ADME και Πρόβλεψη Τοξικότητας (ADME property modeling – absorption, distribution, metabolism, and excretion – and toxicity prediction)

- Επαναχρησιμοποίηση Φαρμάκων (Drug repurposing)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 12 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 12. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης.

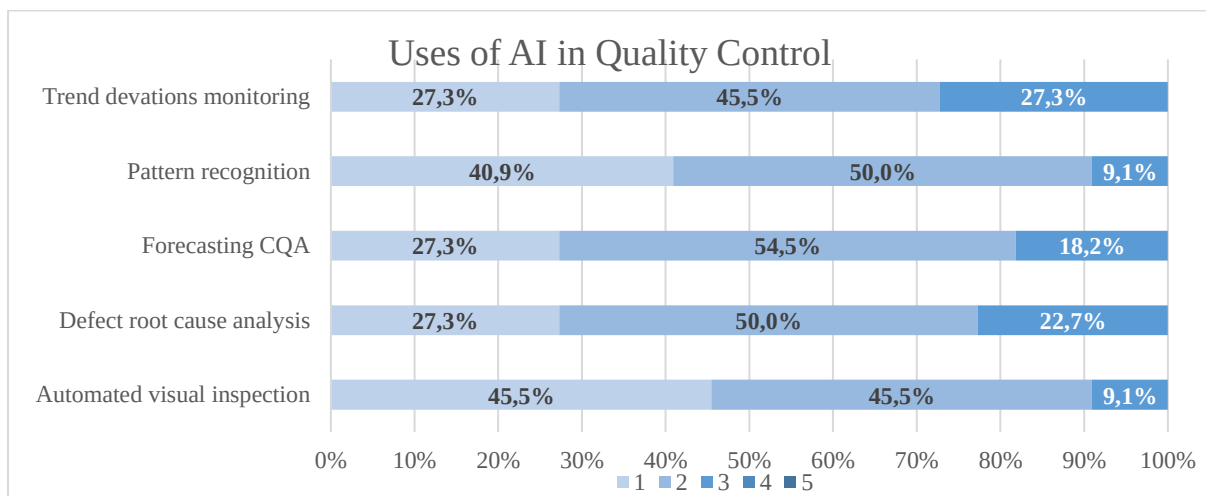
Βάσει των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 12, η τιμή «καθόλου» (1) κυριαρχεί σε όλες τις εξεταζόμενες εφαρμογές ΤΝ στο πλαίσιο της Έρευνας και Ανάπτυξης, υποδεικνύοντας ότι η πλειονότητα των εξειδικευμένων αυτών εφαρμογών βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο υιοθέτησης. Η βελτιστοποίηση φαρμακοτεχνικών μορφών (Formulation optimization) εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό έστω μερικής χρήσης, με 60,9% των απαντήσεων να κατανέμεται στις τιμές 2-5, ενώ αποτελεί τη μοναδική εφαρμογή που εμφανίζει απαντήσεις έως και την τιμή 5, με 4,3%. Ακολουθεί η μοντελοποίηση ADME και πρόβλεψη τοξικότητας με 43,5% και η επαναχρησιμοποίηση φαρμάκων με 39,1% στις τιμές 2-5. Αντίθετα, η πρόβλεψη συγγένειας δέσμευσης εμφανίζει το χαμηλότερο ποσοστό χρήσης, με ποσοστό 87,0% της τιμής «καθόλου», ενώ ακολουθούν ο σχεδιασμός μορίων μέσω εικονικής διαλογής με 82,6% και ο De Novo σχεδιασμός μέσω γενετικών μοντέλων ΤΝ με 73,9%. Η περιορισμένη χρήση αντανακλά είτε το πρώιμο στάδιο ωριμότητας των συγκεκριμένων τεχνολογιών εντός των επιχειρήσεων, είτε την ανάγκη για μεγαλύτερη εξειδίκευση, υπολογιστικούς πόρους ή τεχνογνωσία που απαιτούν αυτές οι πιο σύνθετες εφαρμογές.

Ποιοτικός Έλεγχος

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα του ποιοτικού ελέγχου είναι οι εξής:

- Αυτοματοποιημένος οπτικός έλεγχος μέσω τεχνολογίας υπολογιστικής όρασης (Automated visual inspection through computer vision for full inspection, defect detection and identification)
- Ανάλυση αιτιών ελαττωμάτων (Defect root cause analysis)
- Πρόβλεψη κρίσιμων ποιοτικών χαρακτηριστικών μέσω παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο (Forecasting critical quality attributes based on real-time monitoring of critical process parameters)
- Αναγνώριση μοτίβων σε πραγματικό χρόνο (Pattern recognition based on real-time quality monitoring)
- Παρακολούθηση τάσεων αποκλίσεων (Trend monitoring regarding deviations)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 13 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 13. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα ποιοτικού ελέγχου.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 13, στο τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου η χρήση εφαρμογών ΤΝ φαίνεται αισθητά πιο διαδεδομένη σε σχέση με το τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης, καθώς η τιμή «καθόλου» (1) αντιπροσωπεύει σαφή μειοψηφία σε όλες τις εξεταζόμενες εφαρμογές (27,3%-45,5%), ενώ το μεγαλύτερο μέρος των απαντήσεων συγκεντρώνεται στην τιμή «σε κάποιο βαθμό» εφαρμογής (2) με ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 45,5%-54,5%. Παρόλα αυτά, και τα ποσοστά της τιμής «καθόλου» (1) παραμένουν σημαντικά, ενώ αξίζει να

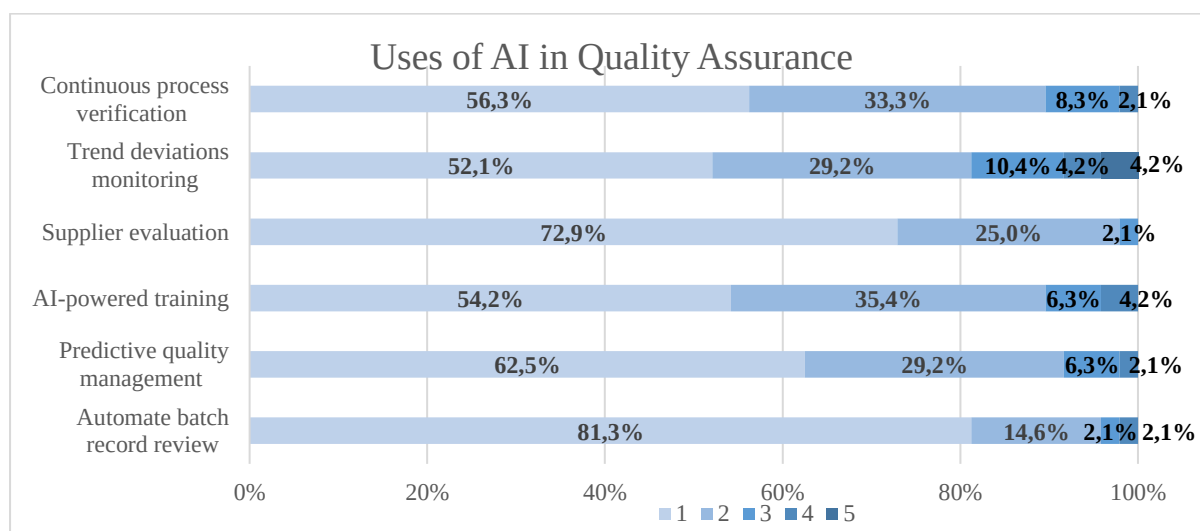
σημειωθεί ότι απουσιάζουν πλήρως απαντήσεις που υποδεικνύουν σαφώς εδραιωμένη εφαρμογή (τιμές 4-5). Η παρακολούθηση τάσεων αποκλίσεων, η πρόβλεψη κρίσιμων ποιοτικών χαρακτηριστικών και η ανάλυση αιτιών ελαττωμάτων ξεχωρίζουν ως οι εφαρμογές με τη σχετικά πιο ώριμη ενσωμάτωση ΤΝ στο τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου. Η ωριμότητα αυτή, ωστόσο, δεν μπορεί να θεωρηθεί ακόμη εδραιωμένη.

Διασφάλιση Ποιότητας

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα της διασφάλισης ποιότητας είναι οι εξής:

- Αυτοματοποίηση ελέγχου αρχείων παρτίδας (Automated batch record review)
- Προγνωστική διαχείριση ποιότητας μέσω αξιολόγησης κινδύνου (Predictive quality management by advanced risk assessment – based on historical data and Digital Twins simulation)
- Εκπαίδευση με χρήση ΤΝ (AI-powered training)
- Αξιολόγηση προμηθευτών (Supplier evaluation)
- Παρακολούθηση τάσεων αποκλίσεων (Trend monitoring regarding deviations)
- Συνεχής επαλήθευση διεργασιών (Continuous process verification)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 14 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 14. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Διασφάλισης Ποιότητας.

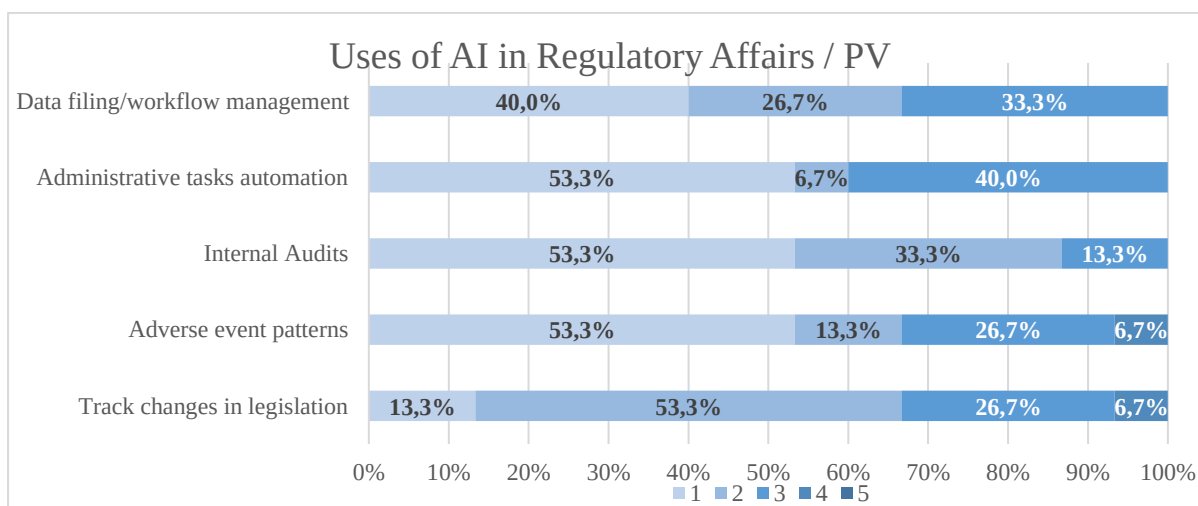
Και στο τμήμα Διασφάλισης Ποιότητας, η τιμή «καθόλου» (1) παραμένει η κυρίαρχη απάντηση σε όλες τις εξεταζόμενες εφαρμογές ΤΝ, με ποσοστά που κυμαίνονται από 52,1% έως 81,3%. Η παρακολούθηση τάσεων αποκλίσεων ξεχωρίζει ως η εφαρμογή με τη μεγαλύτερη διάδοση, καθώς εμφανίζει το χαμηλότερο ποσοστό στην τιμή «καθόλου» (52,1%), ενώ ένα ποσοστό 4,2% των συμμετεχόντων έχει δηλώσει την πλήρη εφαρμογή ΤΝ στην παρακολούθηση τάσεων αποκλίσεων. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με την αντίστοιχη εικόνα που παρατηρήθηκε και στο τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου, όπου η ίδια εφαρμογή αναδείχθηκε ως η πλέον ώριμη. Αντίθετα, η αυτοματοποίηση ελέγχου αρχείων παρτίδας και η αξιολόγηση προμηθευτών εμφανίζουν τη μικρότερη εφαρμογή με ποσοστά απάντησης «καθόλου» (1) 81,3% και 72,9%. Αυτό αντανακλά τη μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και ανάγκη ανθρώπινης κρίσης σε αυτές τις διαδικασίες, οι οποίες συχνά απαιτούν αξιολόγηση ποιοτικών, μη τυποποιημένων κριτηρίων, ενώ αποτελούν και αυστηρώς ρυθμιζόμενες διαδικασίες βάσει κανονιστικών απαιτήσεων.

Κανονιστικές Υποθέσεις και Φαρμακοεπαγρύπνηση

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα των κανονιστικών υποθέσεων και της Φαρμακοεπαγρύπνησης είναι οι εξής:

- Παρακολούθηση νομοθετικών μεταβολών και συμμόρφωσης με διεθνή πρότυπα (Track changes in legislation, monitor adherence to standards and consolidate updates from various global regulatory authorities)
- Εντοπισμός μοτίβων ανεπιθύμητων ενεργειών για σκοπούς φαρμακοεπαγρύπνησης (Identify adverse event patterns for pharmacovigilance purposes)
- Εντοπισμός μοτίβων, ανωμαλιών και αναδυόμενων κινδύνων κατά τους εσωτερικούς ελέγχους (Identify patterns, anomalies, and emerging threats during internal audits)
- Αυτοματοποίηση διοικητικών εργασιών (Automation of administrative tasks – responding to regulatory letters, scheduling audits or consultations, and maintaining accounting records)
- Αρχαιοθέτηση δεδομένων και διαχείριση ροών εργασίας (Data filing and workflow management)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 15 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 15. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Κανονιστικών Υποθέσεων και Φαρμακοεπαγρύπνησης.

Στο τμήμα Κανονιστικών Υποθέσεων και Φαρμακοεπαγρύπνησης, η παρακολούθηση νομοθετικών μεταβολών ξεχωρίζει σαφώς ως η πιο διαδεδομένη εφαρμογή ΤΝ στο τμήμα, με μόλις 13,3% των απαντήσεων στην τιμή «καθόλου» (1). Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα εύλογο, καθώς πρόκειται για μια λειτουργία όπου η ΤΝ προσφέρει άμεση και απτή αξία στην παρακολούθηση ενός ιδιαίτερα δυναμικού και μεταβαλλόμενου κανονιστικού περιβάλλοντος. Αντίθετα, οι υπόλοιπες τέσσερις εφαρμογές εμφανίζουν σαφώς χαμηλότερο βαθμό υιοθέτησης, ενώ οι τιμές που υποδεικνύουν «πλήρως» εδραιωμένη εφαρμογή (5) απουσιάζουν πλήρως. Συνεπώς, η ΤΝ φαίνεται να έχει βρει μέχρι στιγμής εφαρμογή κυρίως σε λειτουργίες παρακολούθησης και διαχείρισης πληροφορίας (νομοθετικές μεταβολές, αρχειοθέτηση δεδομένων), ενώ οι πιο κρίσιμες, ρυθμιστικά ευαίσθητες λειτουργίες, όπως η φαρμακοεπαγρύπνηση και οι εσωτερικοί έλεγχοι, παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτες, πιθανόν λόγω του αυξημένου ρυθμιστικού κινδύνου και της ανάγκης διασφάλισης αξιοπιστίας και ιχνηλασιμότητας σε τέτοιου είδους κρίσιμες αποφάσεις.

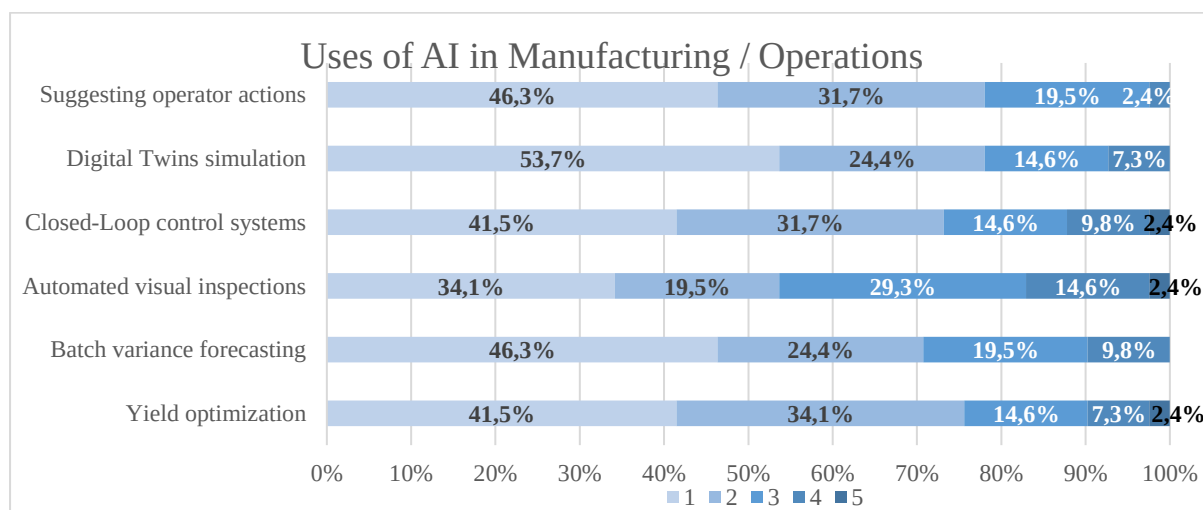
Παραγωγικές Διεργασίες

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα των παραγωγικών διεργασιών είναι οι εξής:

- Βελτιστοποίηση Απόδοσης μέσω Παρακολούθησης Πραγματικού Χρόνου (Yield optimization based on real-time monitoring)
- Πρόβλεψη Διακύμανσης Παρτίδων μέσω Παρακολούθησης Πραγματικού Χρόνου (Batch variance forecasting based on real-time monitoring)

- Αυτοματοποιημένη Οπτική Επιθεώρηση μέσω Μηχανικής Όρασης για Ανίχνευση Ελαττωμάτων (Automated visual inspection through computer vision for defect detection and identification)
- Συστήματα Κλειστού Βρόχου Ελέγχου για Αυτόνομη Ρύθμιση Παραμέτρων Παραγωγής (Closed-Loop control systems for adjusting manufacturing parameters without human intervention to maintain product consistency)
- Προσομοίωση μέσω Ψηφιακών Διδύμων για Πρόβλεψη Συμπεριφοράς Συστήματος (Digital Twins simulation to predict how the system will respond to various factors)
- Υποστήριξη Αποφάσεων Χειριστών για τη Διατήρηση Βέλτιστης Παραγωγής (Suggesting operator actions to maintain optimal manufacturing)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 16 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 16. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Παραγωγικών Διεργασιών.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 16, στο τμήμα Παραγωγικών Διεργασιών παρατηρείται σχετικά πιο διαδεδομένη χρήση ΤΝ, καθώς η τιμή «καθόλου» (1) κυμαίνεται από 34,1% έως 53,7%, ενώ σε αρκετές εφαρμογές εμφανίζονται απαντήσεις σε ολόκληρο το εύρος της κλίμακας, έως και την τιμή «πλήρως» (5). Η αυτοματοποιημένη οπτική επιθεώρηση ξεχωρίζει ως η πιο ώριμη εφαρμογή με το υψηλότερο ποσοστό στις τιμές 3-5 που φτάνει το 46,3%. Η εικόνα για τις υπόλοιπες εφαρμογές είναι κοινή με το μεγαλύτερο ποσοστό να συγκεντρώνεται στην τιμή «καθόλου» (1), ποσοστά 14,6%-19,5% στην τιμή «μερικής εφαρμογής» (3) και ποσοστά μέχρι 9,8% στην τιμή «μεγάλης εφαρμογής» (4). Είναι φανερό ότι πιο σύνθετες και υπολογιστικά απαιτητικές τεχνολογίες, όπως τα ψηφιακά δίδυμα και τα κλειστά συστήματα ελέγχου,

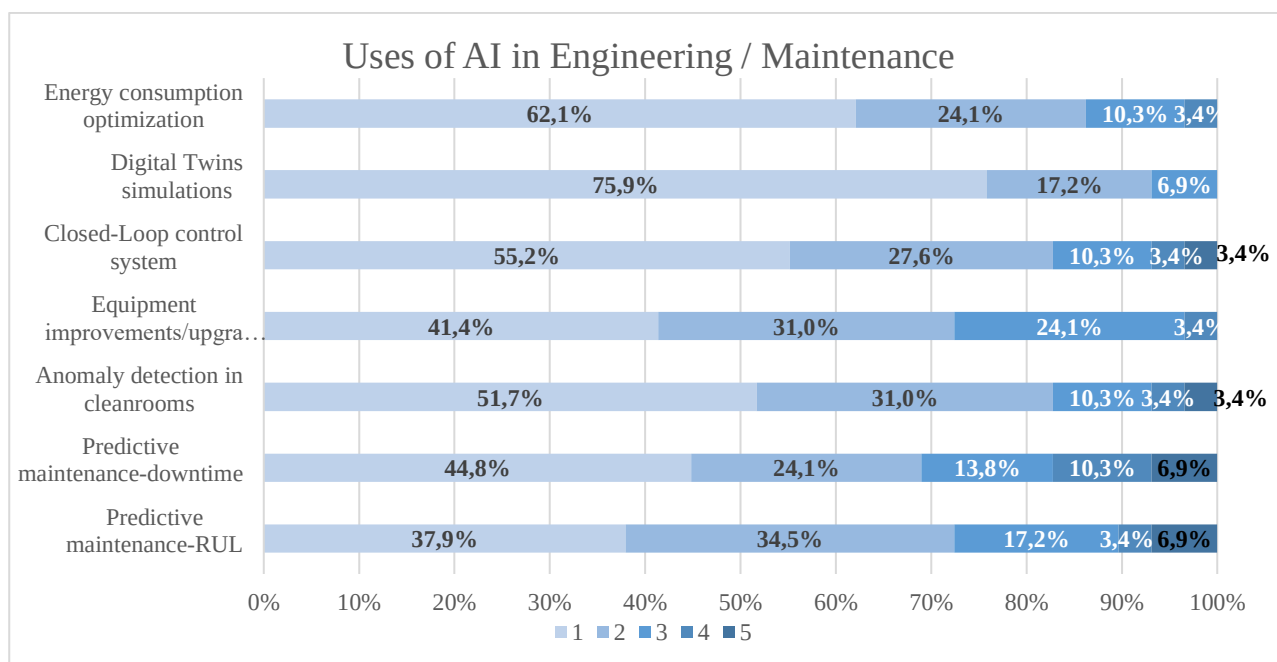
παραμένουν σε πιο πρώιμο στάδιο υιοθέτησης, πιθανόν λόγω του υψηλότερου κόστους, της απαιτούμενης τεχνογνωσίας και της πολυπλοκότητας ενσωμάτωσής τους στις υπάρχουσες παραγωγικές γραμμές.

Μηχανική και Συντήρηση

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα της μηχανικής και συντήρησης είναι οι εξής:

- Προγνωστική Συντήρηση – Αναγνώριση μοτίβων για τον εντοπισμό ακραίων τιμών και ανωμαλιών, πρόβλεψη βλαβών και εκτίμηση του εναπομείναντος ωφέλιμου χρόνου ζωής (Predictive maintenance – pattern recognition to detect outliers, anomalies and failure forecasting and remaining useful life)
- Προγνωστική Συντήρηση – Μείωση χρόνου διακοπής λειτουργίας (Predictive maintenance – downtime reduction)
- Ανίχνευση Ανωμαλιών σε Καθαρούς Χώρους μέσω Παρακολούθησης Πραγματικού Χρόνου (Anomaly detection in cleanrooms based on real-time monitoring)
- Συλλογή Δεδομένων Απόδοσης Εξοπλισμού για Βελτιώσεις και Αναβαθμίσεις (Equipment performance data collection for equipment improvement upgrades)
- Συστήματα Κλειστού Βρόχου Ελέγχου για Αυτόνομη Ρύθμιση Παραμέτρων Παραγωγής (Closed-Loop control systems for adjusting manufacturing parameters without human intervention to maintain product consistency)
- Προσομοίωση μέσω Ψηφιακών Διδύμων για Πρόβλεψη Συμπεριφοράς Συστήματος (Digital Twins simulation to predict how the system will respond to various factors)
- Βελτιστοποίηση Ενεργειακής Κατανάλωσης (Energy consumption optimization)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 17 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 17. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Μηχανικής και Συντήρησης.

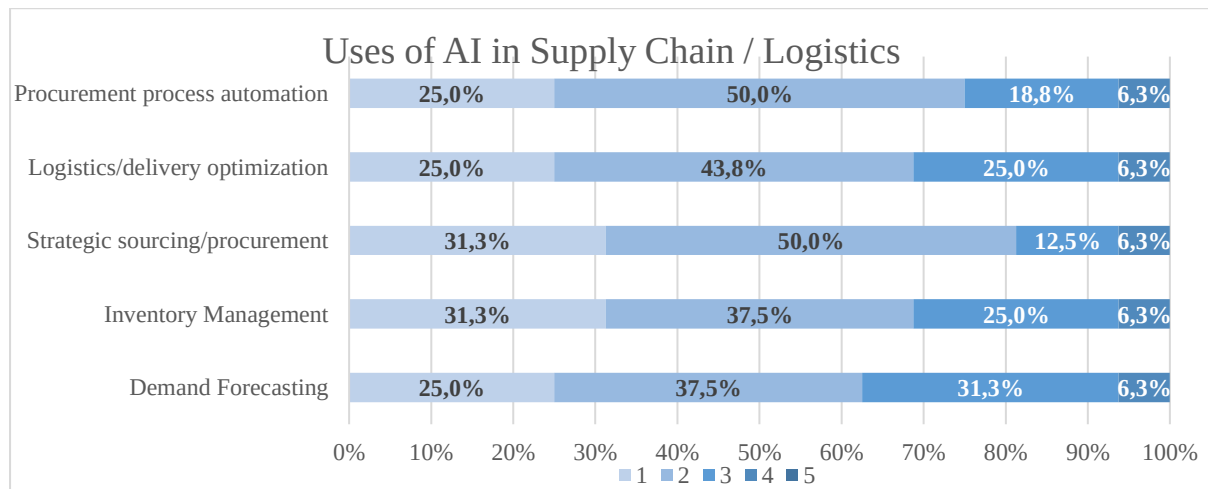
Στο τμήμα της μηχανικής και συντήρησης, η προγνωστική συντήρηση με στόχο τη μείωση χρόνου διακοπής λειτουργίας αναδεικνύεται ως η εφαρμογή με τη μεγαλύτερη διάδοση σε βάθος, καθώς εμφανίζει το υψηλότερο αθροιστικό ποσοστό στις τιμές «σε μεγάλο βαθμό» και «πλήρως» (17,2%), ενώ και η προγνωστική συντήρηση για ανίχνευση ανωμαλιών και πρόβλεψη υπολειπόμενου χρόνου ζωής εξοπλισμού (RUL) ακολουθεί με το υψηλότερο ποσοστό έστω μερικής χρήσης ανάμεσα σε όλες τις εφαρμογές (62,1%). Αυτό υποδεικνύει ότι η προγνωστική συντήρηση αποτελεί την πλέον ώριμη κατηγορία εφαρμογών ΤΝ στο συγκεκριμένο τμήμα. Η βελτίωση ή αναβάθμιση εξοπλισμού μέσω συλλογής δεδομένων απόδοσης ακολουθεί με 58,6% έστω μερικής χρήσης, ενώ η ανίχνευση ανωμαλιών σε καθαρούς χώρους και τα συστήματα κλειστού βρόχου ελέγχου εμφανίζουν ενδιάμεσα ποσοστά (48,3% και 44,8% αντίστοιχα), με τα δύο αυτά συστήματα να συγκεντρώνουν επίσης παρόμοιο σχετικά χαμηλό ποσοστό στις υψηλότερες τιμές της κλίμακας (6,8% έκαστο). Αντίθετα, η προσομοίωση μέσω ψηφιακών διδύμων εμφανίζει το χαμηλότερο ποσοστό έστω μερικής χρήσης (24,1%) και καμία απάντηση στις τιμές «σε μεγάλο βαθμό» ή «πλήρως», ενώ η βελτιστοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης ακολουθεί με επίσης χαμηλό ποσοστό (37,9%).

Εφοδιαστική Αλυσίδα

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι οι εξής:

- Προγνωστική Ανάλυση για Πρόβλεψη Ζήτησης (Predictive analytics for demand forecasting)
- Προγνωστική Ανάλυση για Διαχείριση Αποθεμάτων (Predictive analytics for inventory management)
- Στρατηγική Προμήθεια (Strategic sourcing and procurement – supplier selection and evaluation)
- Βελτιστοποίηση Logistics και Διανομής (Logistics and delivery optimization)
- Αυτοματοποίηση Διαδικασιών Προμηθειών (Procurement process automation – data entry, order management and invoice processing)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 18 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 18. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

Βάσει του Διάγραμμα 18, το τμήμα Εφοδιαστικής Αλυσίδας εμφανίζει υψηλά ποσοστά υιοθέτησης ΤΝ, καθώς η τιμή «καθόλου» (1) κυμαίνεται μεταξύ 25,0% και 31,3% σε όλες τις εφαρμογές, αισθητά χαμηλότερα ποσοστά σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματα, με αποτέλεσμα το 68,7%-75,0% των απαντήσεων να κατανέμεται στις υπόλοιπες τιμές της κλίμακας. Η πρόβλεψη ζήτησης ξεχωρίζει ελαφρώς ως η πιο ώριμη εφαρμογή, συγκεντρώνοντας το υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «σε μεγάλο βαθμό» (31,3%), ενώ και οι εφαρμογές βελτιστοποίησης logistics/διανομής και διαχείρισης αποθεμάτων έχουν σχετικά υψηλά ποσοστά στην αντίστοιχη τιμή (25,0%). Η Εφοδιαστική Αλυσίδα φαίνεται να διαθέτει

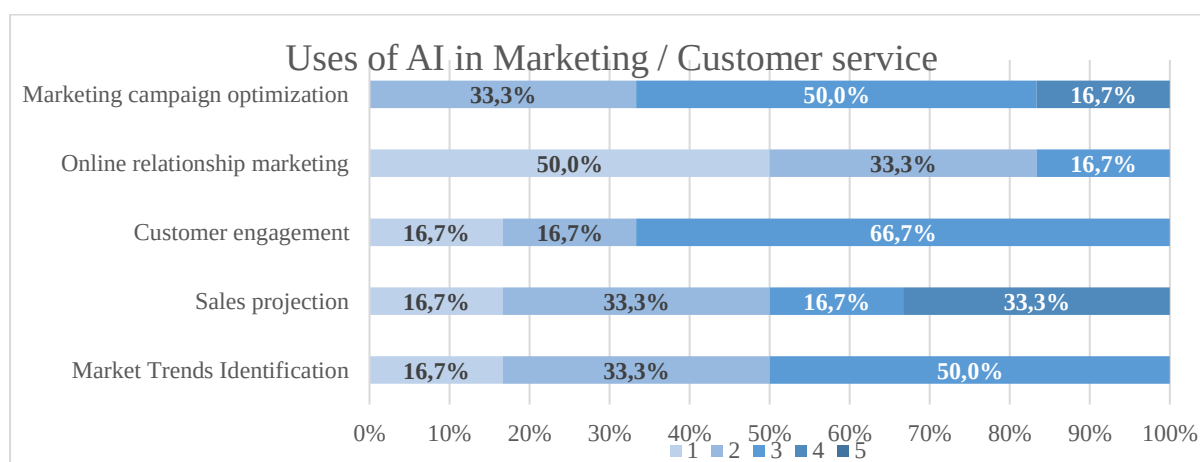
μεγαλύτερη ωριμότητα στην αξιοποίηση της ΤΝ σε σχέση με άλλα τμήματα, καθώς βασίζεται σε τεχνικές μηχανικής μάθησης και βελτιστοποίησης που χρησιμοποιούνται πριν την εμφάνιση της σύγχρονης γενετικής ΤΝ, ενώ παράλληλα δεν επιβαρύνεται από τους αυστηρούς νομοθετικούς και κανονιστικούς περιορισμούς.

Προώθηση και Εξυπηρέτηση Πελατών

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα της προώθησης και εξυπηρέτησης πελατών είναι οι εξής:

- Προγνωστική Ανάλυση για τον Εντοπισμό Τάσεων Αγοράς (Predictive analytics to identify market trends)
- Προβλέψεις Πωλήσεων για Νέα και Καινοτόμα Προϊόντα (Sales projection for new/innovative products)
- Δέσμευση Πελατών μέσω Στοχευμένων Στρατηγικών Μάρκετινγκ και Ανάλυσης Συναισθήματος (Customer engagement and interaction through targeted marketing strategies and sentiment analysis)
- Ηλεκτρονικό Μάρκετινγκ Σχέσεων μέσω Αλληλεπιδράσεων Πραγματικού Χρόνου (Online relationship marketing by providing real-time interactions – e.g. chatbots, consumer assistants)
- Βελτιστοποίηση Καμπάνιας Μάρκετινγκ (Optimization of marketing campaigns)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 19 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 19. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Προώθησης και Εξυπηρέτησης Πελατών.

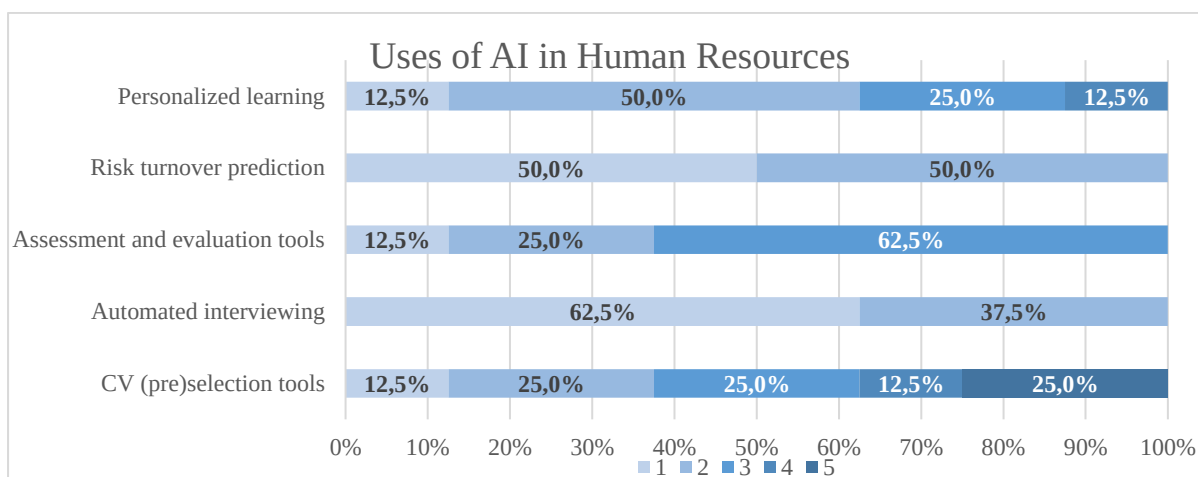
Στο τμήμα Προώθησης κι Εξυπηρέτησης Πελατών, εμφανίζονται πολύ μικρά ποσοστά στην τιμή «καθόλου» (1), υποδεικνύοντας μια πιο διευρυμένη διάδοση της TN στις λειτουργίες του τμήματος. Η βελτιστοποίηση καμπάνιας μάρκετινγκ έχει αξιολογηθεί ότι υλοποιεί εργαλεία TN σε κάποιο ή μέτριο βαθμό (τιμές 2-3) από το 83,3%, ενώ το υπόλοιπο 16,7% δηλώνει σε μεγάλο βαθμό αξιοποίηση της TN (τιμή 4). Επίσης, ο εντοπισμός τάσεων αγοράς και η πρόβλεψη πωλήσεων εμφανίζουν υψηλά ποσοστά μερικής αξιοποίησης TN (83,3% σε τιμές 2-4). Και στο τμήμα αυτό, τα εργαλεία TN φαίνεται να αξιοποιούνται περισσότερο καθώς δεν επιβαρύνεται η χρήση τους από αυστηρούς νομοθετικούς και κανονιστικούς περιορισμούς. Είναι απαραίτητο όμως να επισημανθεί ότι το δείγμα στο τμήμα της προώθησης κι εξυπηρέτησης πελατών είναι εξαιρετικά μικρό (N=6), οπότε τα ευρήματα έχουν αμιγώς ενδεικτικό χαρακτήρα και δεν μπορούν να γενικευθούν με στατιστική βεβαιότητα.

Ανθρώπινο Δυναμικό

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα του ανθρώπινου δυναμικού είναι οι εξής:

- Εργαλεία Προεπιλογής Βιογραφικών (Διαλογή, Αντιστοίχιση Υποψηφίων και Ανάλυση Κενών Δεξιοτήτων) (CV (pre)selection tools – screening and matching candidate, skills-gap analytics)
- Αυτοματοποιημένες Συνεντεύξεις (Automated interviewing)
- Εργαλεία Αξιολόγησης Απόδοσης (Assessment and evaluation tools for performance)
- Πρόβλεψη Κινδύνου Αποχώρησης Προσωπικού (Risk turnover prediction)
- Εξατομικευμένη Μάθηση και Εικονικοί Μέντορες (Personalized learning and virtual mentors)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 20 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 20. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Ανθρώπινου Δυναμικού.

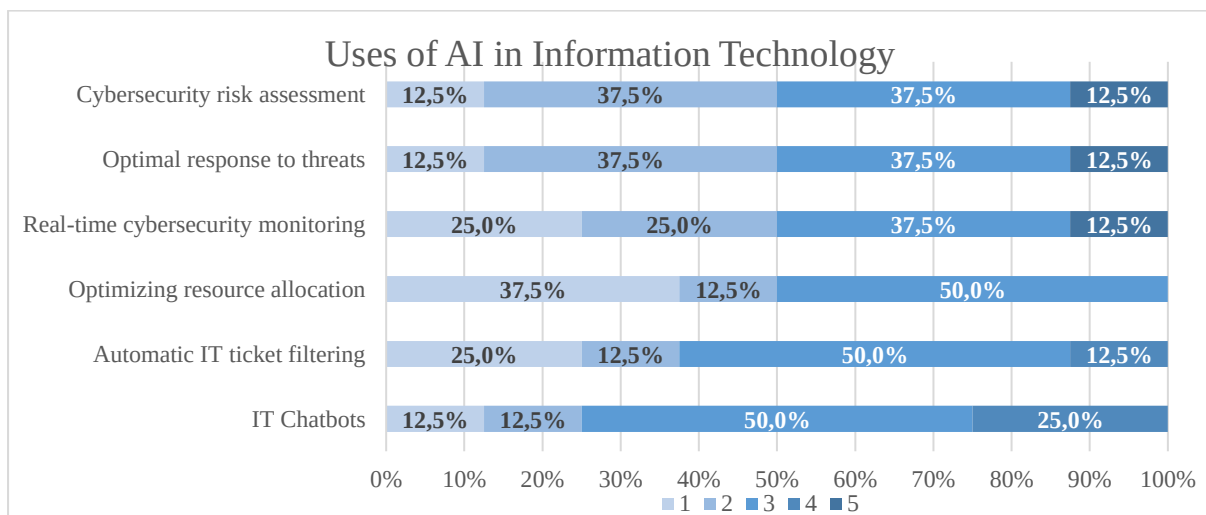
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 20, στο τμήμα Ανθρώπινου Δυναμικού παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις πέντε εξεταζόμενες εφαρμογές, με ορισμένες να εμφανίζουν αξιοσημείωτη διάδοση και άλλες να παραμένουν εντελώς αναξιοποίητες. Τα εργαλεία προεπιλογής βιογραφικών ξεχωρίζουν ως η πλέον ώριμη εφαρμογή, καθώς είναι η μοναδική όπου καταγράφονται απαντήσεις σε ολόκληρο το εύρος της κλίμακας, με μόλις 12,5% στην τιμή «καθόλου» (1) και ένα αξιοσημείωτο 25,0% στην ανώτατη τιμή «πλήρως» (5). Ακολουθεί η εξατομικευμένη μάθηση, με 12,5% στην τιμή «καθόλου» (1) και σημαντική συγκέντρωση στις τιμές «σε μεγάλο βαθμό» και «πλήρως» (37,5% αθροιστικά). Αντίθετα, η πρόβλεψη κινδύνου αποχώρησης προσωπικού και οι αυτοματοποιημένες συνεντεύξεις εμφανίζουν περιορισμένη υιοθέτηση, καθώς οι απαντήσεις συγκεντρώνονται αποκλειστικά στις δύο χαμηλότερες τιμές της κλίμακας («καθόλου» και «σε κάποιο βαθμό»). Τα εργαλεία αξιολόγησης απόδοσης βρίσκονται σε ενδιάμεση θέση, με 12,5% στην τιμή «καθόλου» (1) αλλά χωρίς επίσης καμία απάντηση πέραν της τιμής «σε μέτριο βαθμό» (3). Με άλλα λόγια, η υιοθέτηση ΤΝ παραμένει ιδιαίτερα περιορισμένη σε πιο ευαίσθητες, ανθρωποκεντρικές διαδικασίες, όπως οι συνεντεύξεις και η πρόβλεψη αποχώρησης εργαζομένων, πιθανόν λόγω αυξημένης επιφυλακτικότητας ως προς την ανάθεση κρίσιμων αποφάσεων για ανθρώπους σε αυτοματοποιημένα συστήματα. Επίσης, πρέπει να επισημανθεί ότι το δείγμα σε αυτή την ενότητα είναι εξαιρετικά μικρό (N=8), οπότε τα ευρήματα έχουν αμιγώς ενδεικτικό χαρακτήρα.

Πληροφορική

Οι εφαρμογές που εξετάστηκαν ως προς το τμήμα της πληροφορικής είναι οι εξής:

- Διαχείριση Διαλόγου και Εσωτερική Υποστήριξη (Chatbots) (Dialogue management and internal support – chatbots)
- Μείωση Υπερφόρτωσης Πληροφοριών μέσω Αυτοματοποίησης Αιτημάτων (Reducing information overload by automatically filtering, grouping or summarizing incoming tickets)
- Βελτιστοποίηση Κατανομής Πόρων μέσω Ταξινόμησης και Δρομολόγησης Αιτημάτων (Optimizing resource allocation by classifying and routing tickets)
- Ανίχνευση Απειλών Κυβερνοασφάλειας και Ανωμαλιών σε Πραγματικό Χρόνο (Real-time cybersecurity threat or anomaly detection and identification)
- Σύσταση Βέλτιστων Ενεργειών Αντίδρασης σε Απειλές Κυβερνοασφάλειας (Recommending optimal response actions to cybersecurity threats)
- Αξιολόγηση Κινδύνων Κυβερνοασφάλειας μέσω Ανάλυσης Ευπαθειών και Δραστηριότητας Συστήματος (Cybersecurity risk assessment by analyzing vulnerabilities, behaviors and system activity)

Οι απαντήσεις για το ποσοστό εφαρμογής δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Καθόλου» και 5 = «Πλήρως») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 21 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 21. Κατανομή απαντήσεων ως προς τη χρήση ΤΝ στο τμήμα Πληροφορικής.

Το τμήμα Πληροφορικής εμφανίζει τη μεγαλύτερη συνολική υιοθέτηση ΤΝ ανάμεσα σε όλα τα τμήματα που έχουν εξεταστεί, καθώς η τιμή «καθόλου» (1) παραμένει ιδιαίτερα χαμηλή σε

όλες τις εφαρμογές (12,5%-37,5). Η αξιολόγηση κινδύνων κυβερνοασφάλειας, η σύσταση βέλτιστων ενεργειών αντίδρασης σε απειλές και τα IT chatbots ξεχωρίζουν με το χαμηλότερο ποσοστό στην τιμή «καθόλου» (12,5%) και, αντίστοιχα, το υψηλότερο ποσοστό έστω μερικής χρήσης (87,5%). Ιδιαίτερα τα IT chatbots συγκεντρώνουν το υψηλότερο ποσοστό στην ανώτερη τιμή της κλίμακας (25,0%), υποδεικνύοντας τη μεγαλύτερη ένταση χρήσης ανάμεσα σε όλες τις εφαρμογές του τμήματος. Η παρακολούθηση κυβερνοασφάλειας σε πραγματικό χρόνο και η αυτοματοποίηση ελέγχου αιτημάτων IT ακολουθούν με ελαφρώς υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «καθόλου» (25,0%) και αντίστοιχο ποσοστό έστω μερικής χρήσης 75,0%, ενώ η βελτιστοποίηση κατανομής πόρων εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «καθόλου» (37,5%) και είναι η μοναδική εφαρμογή όπου δεν καταγράφεται καμία απάντηση πέραν της τιμής «σε μέτριο βαθμό» (3). Το τμήμα Πληροφορικής αναδεικνύεται ως το πλέον «ώριμο» πεδίο εφαρμογής ΤΝ ανάμεσα σε όλα τα τμήματα που εξετάστηκαν, γεγονός απόλυτα αναμενόμενο δεδομένου ότι πρόκειται για το τμήμα με τη φυσικά μεγαλύτερη εξοικείωση με νέες τεχνολογίες και την άμεση ευθύνη για την τεχνική υποδομή που υποστηρίζει την ίδια την υλοποίηση συστημάτων ΤΝ σε ολόκληρο τον οργανισμό. Η ιδιαίτερα υψηλή διάδοση εφαρμογών κυβερνοασφάλειας και chatbots υποστήριξης πιθανόν αντανακλά τόσο την ωριμότητα των σχετικών εμπορικών λύσεων όσο και την άμεση, καθημερινή ανάγκη του τμήματος για αυτοματοποιημένη διαχείριση απειλών και αιτημάτων. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι το δείγμα σε αυτή την ενότητα είναι εξαιρετικά μικρό (N=8), οπότε τα ευρήματα έχουν αμιγώς ενδεικτικό χαρακτήρα.

Διερευνήθηκε, επίσης, πιο συγκεντρωτικά η σύγκριση μεταξύ των τμημάτων ως προς την αξιοποίηση εργαλείων ΤΝ. Για το σκοπό αυτό βρέθηκε η μέση τιμή της κλίμακας Likert για όλες τις χρήσεις του συνόλου των απαντήσεων για το εκάστοτε τμήμα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 11 που ακολουθεί.

Πίνακας 11. Αποτελέσματα απαντήσεων για επίπεδο χρήσης εργαλείων ΤΝ ανά τμήμα.

Τμήμα	Αριθμός Απαντήσεων	Μέση Τιμή
Έρευνα και Ανάπτυξη	23	1,4
Ποιοτικός Έλεγχος	22	1,9

Τμήμα	Αριθμός Απαντήσεων	Μέση Τιμή
Διασφάλιση Ποιότητας	48	1,5
Κανονιστικές Υποθέσεις και Φαρμακοεπαγρύπνηση	15	1,9
Παραγωγικές Διεργασίες	41	2,0
Μηχανική και Συντήρηση	29	1,8
Εφοδιαστική Αλυσίδα	16	2,1
Προώθηση και Εξυπηρέτηση Πελατών	6	2,4
Ανθρώπινο Δυναμικό	8	2,4
Πληροφορική	8	2,5

Στο ένα άκρο της κατάταξης βρίσκεται η Έρευνα και Ανάπτυξη, με τη χαμηλότερη μέση τιμή (1,4), επιβεβαιώνοντας ότι πρόκειται για το τμήμα με τη μικρότερη αξιοποίηση ΤΝ, κάτι που συνάδει με την περιορισμένη χρήση των πιο εξειδικευμένων υπολογιστικών εφαρμογών σχεδιασμού μορίων που είχε παρατηρηθεί προηγουμένως. Ακολουθεί η Διασφάλιση Ποιότητας με μέση τιμή 1,5 και η Μηχανική και Συντήρηση με 1,8.

Στο ενδιάμεσο τμήμα της κατάταξης βρίσκονται ο Ποιοτικός Έλεγχος και οι Κανονιστικές Υποθέσεις/Φαρμακοεπαγρύπνηση, με πανομοιότυπη μέση τιμή (1,9), καθώς και οι Παραγωγικές Διεργασίες με 2,0, ελαφρώς υψηλότερη τιμή που επιβεβαιώνει την εικόνα ενός σχετικά πιο ώριμου πεδίου εφαρμογής ΤΝ, ιδίως λόγω της διάδοσης της αυτοματοποιημένης οπτικής επιθεώρησης.

Στο άλλο άκρο, οι Εφοδιαστική Αλυσίδα (2,1), Προώθηση και Εξυπηρέτηση Πελατών (2,4), Ανθρώπινο Δυναμικό (2,4) και Πληροφορική (2,5) συγκεντρώνουν τις υψηλότερες μέσες τιμές, με την Πληροφορική να αναδεικνύεται ως το τμήμα με τη μεγαλύτερη συνολική υιοθέτηση ΤΝ. Αξίζει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι τρία από αυτά τα τμήματα (Προώθηση/Εξυπηρέτηση Πελατών, Ανθρώπινο Δυναμικό, Πληροφορική) βασίζονται σε ιδιαίτερα μικρό αριθμό απαντήσεων (N=6-8), γεγονός που περιορίζει τη στατιστική αξιοπιστία και τη δυνατότητα γενίκευσης των ευρημάτων για τα συγκεκριμένα τμήματα.

Ο συγκεντρωτικός πίνακας επιβεβαιώνει ότι η ΤΝ έχει βρει μεγαλύτερη πρακτική εφαρμογή σε τμήματα με μακρόχρονη παράδοση στην αξιοποίηση τεχνικών ανάλυσης δεδομένων, αυτοματοποίησης και ψηφιακής υποδομής (Πληροφορική, Εφοδιαστική Αλυσίδα), ενώ παραμένει πιο περιορισμένη σε τμήματα με αυξημένη κανονιστική πολυπλοκότητα, ανάγκη εξειδικευμένης επιστημονικής κρίσης ή υψηλό ρυθμιστικό κίνδυνο (Έρευνα και Ανάπτυξη, Διασφάλιση Ποιότητας). Η διαφορά αυτή αναδεικνύει ότι ο βαθμός υιοθέτησης ΤΝ δεν εξαρτάται τόσο από το μέγεθος του δείγματος ή τη γενική διαθεσιμότητα της τεχνολογίας, όσο από τη φύση των λειτουργιών κάθε τμήματος και τους περιορισμούς (κανονιστικούς, τεχνικούς ή πολιτισμικούς) που τις διέπουν.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η συνολική χρήση εργαλείων ΤΝ ως προς το μέγεθος της εταιρείας, την ψηφιακή ωριμότητα της εταιρείας, καθώς επίσης και το επίπεδο γνώσης των εννοιών της ΤΝ των εργαζομένων. Για μια ποσοτική εκτίμηση της συνολικής χρήσης ΤΝ υπολογίστηκε ο μέσος όρος των απαντήσεων από 1-5 σε όλες τις χρήσεις ανά τμήμα και ο μέσος όρος των απαντήσεων από 1-5 στις γενικές χρήσεις και στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος των δύο παραπάνω.

Ως προς το μέγεθος της εταιρείας τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12. Αποτελέσματα συνολικής χρήσης ΤΝ ανά μέγεθος εταιρείας.

Μέγεθος Εταιρείας	Αριθμός Απαντή σεων	Μέση Τιμή
Κάτω των 100	5	2,7
100 - 199	15	1,9
200 - 499	38	2,3
Άνω των 500	178	2,2

Σύμφωνα με τον Πίνακα 12, η μεγαλύτερη μέση τιμή χρήσης εργαλείων ΤΝ εμφανίζεται σε μικρές επιχειρήσεις με μέση τιμή 2,7. Παρόλα αυτά, ο μικρός αριθμός απαντήσεων στη συγκεκριμένη κατηγορία δεν επιτρέπει την γενίκευση του συγκεκριμένου συμπεράσματος, ο οποίο έχει ενδεικτικό μόνο χαρακτήρα. Ο βαθμός χρήσης ΤΝ σε μεγάλες επιχειρήσεις 200-499 εργαζομένων και άνω των 500 εργαζομένων είναι πρακτικά ίσος με μέσες τιμές 2,3 και 2,2 αντίστοιχα, ενώ ελάχιστα χαμηλότερος είναι ο βαθμός χρήσης ΤΝ σε μεσαίες επιχειρήσεις

100-199 εργαζομένων (μέση τιμή 1,9). Αξίζει, όμως να σημειωθεί ότι για όλα τα μεγέθη επιχειρήσεων ο βαθμός χρήσης είναι κοντά στην τιμή 2 που αντιπροσωπεύει πολύ χαμηλό βαθμό αξιοποίησης εργαλείων TN, καθώς είναι μόλις το επόμενο βήμα από την τιμή 1 - «καμίας» αξιοποίησης.

Για τη συσχέτιση της μέσης τιμής χρήσης εργαλείων TN με το βαθμό ψηφιακής ωριμότητας της εταιρείας υπολογίστηκε ο μέσος όρος των απαντήσεων από 1-5 σε όλες τις ερωτήσεις ψηφιακής ωριμότητας (Συστηματική Συλλογή Δεδομένων, Ψηφιοποίηση Δεδομένων, πρακτική Τυποποίησης Δομημένων Δεδομένων και Σταθερή Αποθήκευση Δεδομένων). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε περαιτέρω μελέτη μέσω της ανάλυσης συσχέτισης Pearson με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r) με στόχο να διερευνηθεί κατά πόσο ο μέσος όρος ψηφιακής ωριμότητας και ο μέσος όρος χρήσης TN εμφανίζουν κάποια συσχέτιση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 34 του Παραρτήματος Β και δείχνουν ότι η συσχέτιση είναι θετική, ασθενής αλλά στατιστικά σημαντική, με συντελεστή συσχέτισης (r) 0,240. Επομένως, η ψηφιακή ωριμότητα ερμηνεύει το 5,8% της διακύμανσης της χρήσης TN, δηλαδή αποτελεί έναν παράγοντα που καθορίζει την αξιοποίηση εργαλείων TN σε περιορισμένο βαθμό.

Τέλος, για συσχέτιση της μέσης τιμής χρήσης εργαλείων TN με το βαθμό εξοικείωσης των εργαζομένων με τις έννοιες της TN υπολογίστηκε ο μέσος όρος των απαντήσεων από 1-5 σε όλες τις ερωτήσεις εξοικείωσης (Ανάλυση Δεδομένων, Προηγμένη Ανάλυση Δεδομένων, Μηχανική Μάθηση, Συμβολική TN, Προγνωστική Μοντελοποίηση, Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, Γενετική TN, Βοηθοί TN, Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε περαιτέρω μελέτη μέσω της ανάλυσης συσχέτισης Pearson με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r) με στόχο να διερευνηθεί κατά πόσο ο μέσος όρος εξοικείωσης με τις έννοιες TN και ο μέσος όρος χρήσης TN εμφανίζουν κάποια συσχέτιση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 35 του Παραρτήματος Β και δείχνουν ότι η συσχέτιση είναι θετική, ασθενής αλλά στατιστικά σημαντική, με συντελεστή συσχέτισης (r) 0,371. Επομένως, η εξοικείωση των εργαζομένων με τις έννοιες της TN ερμηνεύει το 13,8% της διακύμανσης της χρήσης TN, δηλαδή αποτελεί έναν

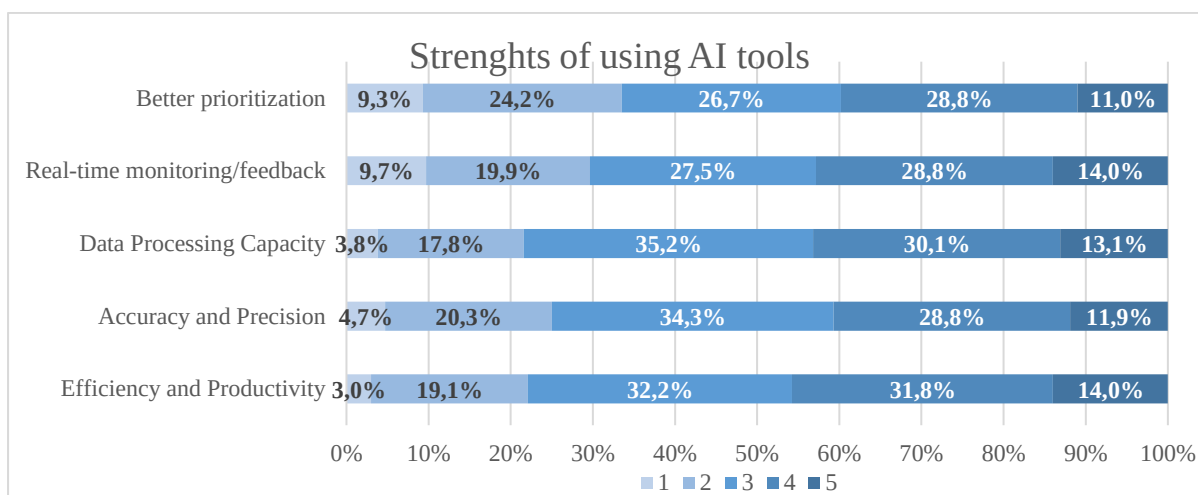
παράγοντα που καθορίζει την αξιοποίηση εργαλείων ΤΝ σε περιορισμένο βαθμό αν και μεγαλύτερο σε σχέση με την ψηφιακή ωριμότητα.

4.4. Αντιλαμβανόμενα οφέλη και ευκαιρίες

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης η αξιολόγηση των μεγαλύτερων οφελών από τη χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ), καθώς και ο τρόπος με τον οποίο οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται τη συμβολή τους στην καθημερινή τους λειτουργία. Για τον σκοπό αυτό, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν αναφορικά με τις εξής διαστάσεις:

- Βελτίωση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας (Improving efficiency and productivity)
- Ενίσχυση της ακρίβειας (Enhancing accuracy and precision)
- Διεύρυνση της ικανότητας επεξεργασίας δεδομένων (Expanding data processing capacity)
- Δυνατότητα παρακολούθησης και ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο (Enabling real-time monitoring and feedback)
- Υποστήριξη καλύτερης ιεράρχησης προτεραιοτήτων (Supporting better prioritization)

Οι παραπάνω διαστάσεις αφορούν τα δυνατά σημεία (strengths) της εσωτερικής εφαρμογής εργαλείων ΤΝ για την καλύτερη λειτουργία του τμήματος ή και της επιχείρησης συνολικά. Οι απαντήσεις δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Όχι σημαντικό» και 5 = «Πολύ σημαντικό») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 22.



Διάγραμμα 22. Κατανομή απαντήσεων ως προς τα οφέλη (δυνατά σημεία) χρήσης εργαλείων ΤΝ.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 22, η συμβολή στην προτεραιοποίηση και η συνεχής παρακολούθηση με ανατροφοδότηση εμφανίζουν τα υψηλότερα ποσοστά στην τιμή «καθόλου σημαντικό» (1), ενώ οι υπόλοιπες τρεις διαστάσεις κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα (3%-5%). Αντίστοιχα, στην τιμή «λίγο σημαντικό» (2), οι δύο αυτές διαστάσεις συγκεντρώνουν και πάλι τα υψηλότερα ποσοστά (24,2% και 19,9%), υποδεικνύοντας ότι περίπου το ένα τρίτο των συμμετεχόντων (33,5% και 29,6% αντίστοιχα) αξιολογεί τη συμβολή της ΤΝ στην ιεράρχηση προτεραιοτήτων και στην παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο ως σχετικά περιορισμένη.

Αντίθετα, η ικανότητα ανάλυσης δεδομένων εμφανίζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση απαντήσεων στην τιμή «μέτρια σημαντικό» (3), με ποσοστό 35,2%, ενώ η αύξηση αποτελεσματικότητας και παραγωγικότητας παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «σημαντικό» (4), με 31,8%, καθώς και το υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «πολύ σημαντικό» (5), με 14%, μαζί με τη συνεχή παρακολούθηση με ανατροφοδότηση.

Συνολικά, η σαφώς θετική αξιολόγηση (άθροισμα τιμών 4-5) κυμαίνεται από 39,7% έως 45,8%, υποδεικνύοντας ότι, παρά τις διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαστάσεων, η πλειονότητα των συμμετεχόντων αναγνωρίζει σε μέτριο έως σημαντικό βαθμό τα οφέλη της ΤΝ σε όλες τις εξεταζόμενες διαστάσεις, με την βελτίωση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας, τη δυνατότητα παρακολούθησης και ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο και τη διεύρυνση της ικανότητας επεξεργασίας δεδομένων να ξεχωρίζουν ελαφρώς ως οι πιο ευρέως αναγνωρισμένες.

Παρόλα αυτά, παρατηρείται σχετική ομοιομορφία των αποτελεσμάτων ανάμεσα στις πέντε διαστάσεις που υποδηλώνει ότι οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται τα οφέλη της ΤΝ ως

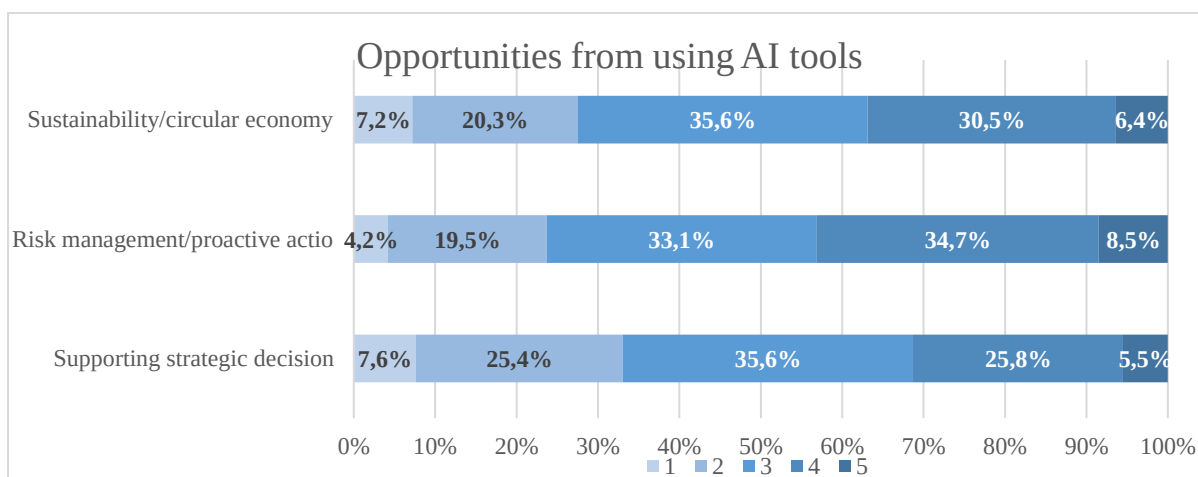
ισοδύναμα σημαντικά, χωρίς κάποια συγκεκριμένη διάσταση να ξεχωρίζει σαφώς έναντι των υπολοίπων. Το γεγονός ότι σε όλες τις κατηγορίες η σαφώς θετική αξιολόγηση (τιμές 4-5) κυμαίνεται από 39,7% έως 45,8% ανάλογα με τη διάσταση, ενώ η τιμή «3» συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ή σχεδόν το μεγαλύτερο μεμονωμένο ποσοστό (26,7%-35,2%) δείχνει μια σχετικά συγκρατημένη προς θετική αποδοχή των πλεονεκτημάτων της TN.

Βάσει της παρατηρούμενης ομοιομορφίας πραγματοποιήθηκε περεταίρω μελέτη μέσω της ανάλυσης συσχέτισης Pearson με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r) με στόχο να διερευνηθεί κατά πόσο οι συμμετέχοντες απάντησαν στις επιμέρους διαστάσεις με ισχυρές διαφοροποιήσεις ανά απάντηση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Διάγραμμα 36 του Παραρτήματος Β και δείχνουν ότι όλες οι συσχετίσεις είναι θετικές, ισχυρές έως πολύ ισχυρές και στατιστικά σημαντικές, με τους συντελεστές συσχέτισης (r) να κυμαίνονται από 0,616 έως 0,795. Αυτό σημαίνει ότι όσοι βαθμολόγησαν υψηλά μία διάσταση βαθμολόγησαν αντίστοιχα και τις υπόλοιπες, και αντίστροφα. Τα δεδομένα αυτά ενισχύουν το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει μια σαφής διάκριση μίας εκ των διαστάσεων που ενισχύει η χρήση εργαλείων TN, ενώ είναι πιθανό να υποδηλώνει ότι οι συμμετέχοντες έχουν περιορισμένη γνώση ή εμπειρία στο αντικείμενο και τείνουν να απαντούν με βάση μια γενική, συνολική εντύπωση αντί να αξιολογούν κάθε επιμέρους διάσταση ξεχωριστά και κριτικά.

Παράλληλα, αξιολογήθηκε η άποψη των συμμετεχόντων ως προς τις ακόλουθες διαστάσεις:

- Υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων (Supporting strategic decisions)
- Διαχείριση κινδύνου και προληπτικά μέτρα (Risk management and proactive resilience measures)
- Προώθηση της βιωσιμότητας και της κυκλικής οικονομίας (Driving sustainability and circular economy)

Οι διαστάσεις αυτές αφορούν τις ευκαιρίες (opportunities) που προκύπτουν από την εφαρμογή εργαλείων TN για την αναβάθμιση του ρόλου της επιχείρησης στην αγορά, την ενίσχυση της προστασίας της σε επίπεδο κυβερνοασφάλειας, καθώς και τη συμμόρφωσή της με κοινωνικά και νομοθετικά ζητήματα κυρίως αναφορικά με περιβαλλοντικά κίνητρα και την βιωσιμότητα. Οι απαντήσεις δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Όχι σημαντικό» και 5 = «Πολύ σημαντικό») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 23.



Διάγραμμα 23. Κατανομή απαντήσεων ως προς τα οφέλη (ευκαιρίες) χρήσης εργαλείων ΤΝ.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 23, η διαχείριση κινδύνου και τα προληπτικά μέτρα ανθεκτικότητας εμφανίζουν ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τις άλλες δύο διαστάσεις, με το χαμηλότερο ποσοστό αρνητικής αξιολόγησης (23,7% στις τιμές 1-2) και το υψηλότερο ποσοστό θετικής αξιολόγησης (43,2% στις τιμές 4-5), έναντι 27,5%-33,0% και 31,3%-36,9% αντίστοιχα για τις άλλες δύο διαστάσεις. Παρά τη μικρή αυτή διαφοροποίηση, η γενική εικόνα παραμένει σχετικά ομοιόμορφη μεταξύ των τριών διαστάσεων, καθώς σε όλες η πλειονότητα των απαντήσεων συγκεντρώνεται στην τιμή «μέτρια σημαντικό» (3), με ποσοστά που κυμαίνονται από 33,1% έως 35,6%.

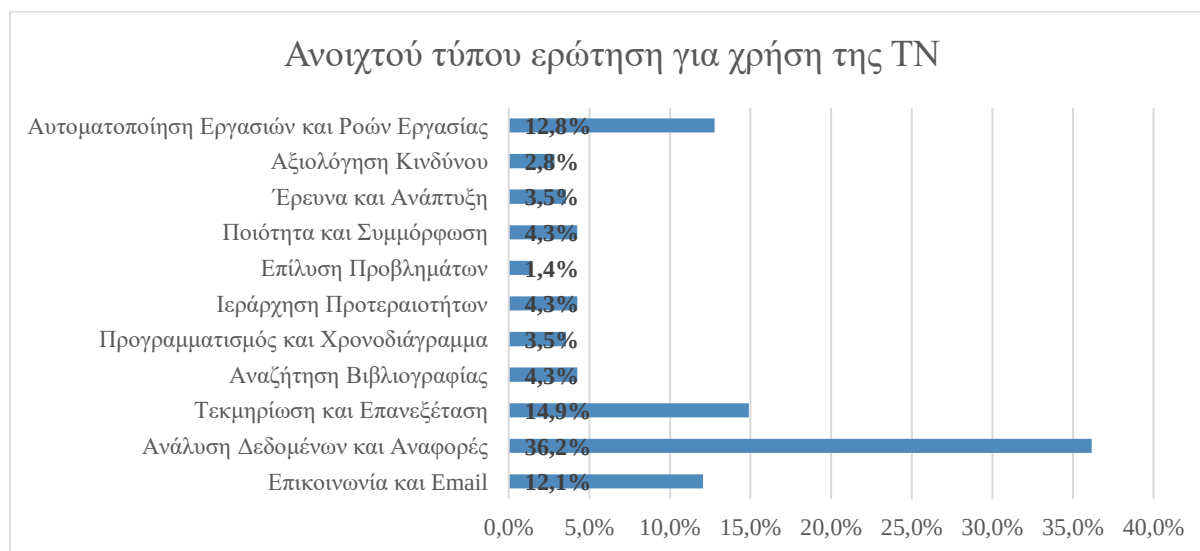
Η σχετική ομοιομορφία των αποτελεσμάτων ανάμεσα στις τρεις διαστάσεις υποδηλώνει ότι και εδώ οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται τις ευκαιρίες που προσφέρει η ΤΝ ως εξίσου σημαντικές μεταξύ τους, χωρίς κάποια συγκεκριμένη διάσταση να ξεχωρίζει σαφώς έναντι των υπολοίπων. Κατά αναλογία με τα δυνατά σημεία, η πλειοψηφία των απαντήσεων συγκεντρωνόταν προς τη σαφώς θετική αξιολόγηση (τιμές 4-5), η οποία κυμαίνεται από 31,3% έως 43,2%. Αυτό υποδεικνύει ότι, αν και η τιμή «3» παραμένει η συχνότερη μεμονωμένη απάντηση σε όλες σχεδόν τις διαστάσεις (33,1%-35,6%), οι συμμετέχοντες φαίνεται να αναγνωρίζουν τη στρατηγική αξία της ΤΝ στη διαχείριση κινδύνου, σε σχέση με την υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων, όπου η επιφυλακτικότητα παραμένει πιο έντονη.

Βάσει της παρατηρούμενης ομοιομορφίας πραγματοποιήθηκε περαιτέρω μελέτη μέσω της ανάλυσης συσχέτισης Pearson με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r), με στόχο να διερευνηθεί κατά πόσο οι συμμετέχοντες απάντησαν στις επιμέρους διαστάσεις με ισχυρές διαφοροποιήσεις ανά απάντηση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Διάγραμμα 37 του Παραρτήματος Β και δείχνουν ότι όλες οι συσχετίσεις είναι θετικές, ισχυρές

και στατιστικά σημαντικές, με τους συντελεστές συσχέτισης (r) να κυμαίνονται από 0,626 έως 0,704.

Όπως και στην περίπτωση των δυνατών σημείων, τα δεδομένα αυτά ενισχύουν το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει σαφής διάκριση κάποιας εκ των διαστάσεων που να ξεχωρίζει ως προς τη συμβολή της TN στην αναβάθμιση του ρόλου της επιχείρησης, καθώς όσοι βαθμολόγησαν υψηλά μία διάσταση τείνουν να βαθμολογούν υψηλά και τις υπόλοιπες. Η συνέπεια αυτή, εξακολουθεί να υποδηλώνει είτε μια γενικευμένη, συνολική αντίληψη των συμμετεχόντων ως προς τα οφέλη της TN, χωρίς εξειδικευμένη κριτική αποτίμηση κάθε επιμέρους διάστασης, είτε μια πραγματική αλληλεξάρτηση μεταξύ της αντίληψης των τριών αυτών στρατηγικών ευκαιριών.

Οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν και με μια ερώτηση ανοιχτού τύπου για τη λειτουργία που θα ήθελαν να βελτιώσει η χρήση της TN, με σκοπό να αξιολογηθεί η βασικότερη ανάγκη που επιθυμούν να καλύψει και το μεγαλύτερο όφελος που πιστεύουν ότι μπορεί να προσφέρει. Για την ανάλυση των απαντήσεων πραγματοποιήθηκε ομαδοποίησή τους σε γενικότερες κατηγορίες. Η συγκεντρωτική σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων έχει τη μορφή που φαίνεται στο Διάγραμμα 24.



Διάγραμμα 24. Σχηματική απεικόνιση απαντήσεων ερώτησης ανοιχτού τύπου για επιθυμία χρήσης TN.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 24, μετά την ομαδοποίηση των ελεύθερων απαντήσεων σε γενικότερες θεματικές κατηγορίες, προκύπτει μια σαφής ιεράρχηση των λειτουργιών που οι 141 από τους συμμετέχοντες θα ήθελαν να βελτιωθούν μέσω της χρήσης TN. Η ανάλυση δεδομένων και η δημιουργία σχετικών αναφορών ξεχωρίζει με ιδιαίτερα μεγάλη διαφορά ως

η κατηγορία με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης, συγκεντρώνοντας το 36,2% του συνόλου των απαντήσεων. Ακολουθούν, σε πολύ μεγαλύτερη απόσταση, η τεκμηρίωση και εξέταση εγγράφων με 14,9%, η αυτοματοποίηση καθημερινών επαναλαμβανόμενων εργασιών και ροών εργασίας με 12,8% και η επικοινωνία και email με 12,1%.

Οι υπόλοιπες κατηγορίες συγκεντρώνουν αισθητά μικρότερα ποσοστά, κάτω του 5% η καθεμία: η ποιότητα και συμμόρφωση, η ιεράρχηση προτεραιοτήτων και η αναζήτηση βιβλιογραφίας εμφανίζουν πανομοιότυπο ποσοστό (4,3%), ενώ η έρευνα και ανάπτυξη και ο προγραμματισμός/χρονοδιάγραμμα ακολουθούν με 3,5% η καθεμία. Τα χαμηλότερα ποσοστά καταγράφονται στην αξιολόγηση κινδύνου (2,8%) και η επίλυση προβλημάτων (1,4%), η οποία συγκεντρώνει τη μικρότερη συχνότητα αναφοράς ανάμεσα σε όλες τις κατηγορίες.

Η συντριπτική πλειοψηφία των συμμετεχόντων φαίνεται να αντιλαμβάνεται την ανάλυση δεδομένων και τη σύνταξη αναφορών ως το πεδίο όπου η TN θα μπορούσε να προσφέρει το μεγαλύτερο πρακτικό όφελος στην καθημερινή τους εργασία, κάτι που έρχεται σε πλήρη συμφωνία και με τα ευρήματα των προηγούμενων ενοτήτων, όπου η στατιστική ανάλυση δεδομένων και οι γενικοί βοηθοί TN είχαν επίσης αναδειχθεί ανάμεσα στις πιο διαδεδομένες εφαρμογές. Το γεγονός ότι επόμενες κατηγορίες όπως η τεκμηρίωση, η αυτοματοποίηση εργασιών και η επικοινωνία συγκεντρώνουν επίσης σχετικά υψηλά ποσοστά ενισχύει την εικόνα ότι οι συμμετέχοντες αναζητούν κατά προτεραιότητα εργαλεία TN που θα ελαφρύνουν τον διαχειριστικό φόρτο εργασίας, παρά εξειδικευμένες εφαρμογές σε πιο τεχνικά ή στρατηγικά πεδία.

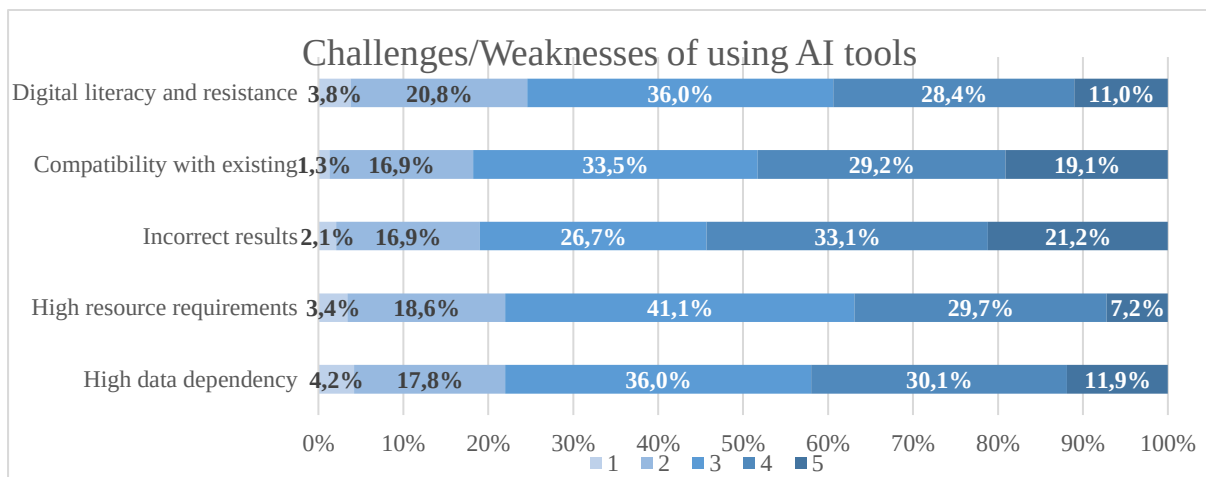
4.5. Αντιλαμβανόμενες προκλήσεις και κίνδυνοι

Αντίστοιχα μεγάλη σημασία έχει επίσης η αξιολόγηση των μεγαλύτερων προκλήσεων της χρήσης εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης (TN), καθώς και ο τρόπος με τον οποίο οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται τα προβλήματα που προκύπτουν στην καθημερινή τους χρήση. Για τον σκοπό αυτό, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν αναφορικά με τις εξής διαστάσεις:

- Υψηλή εξάρτηση από δεδομένα – διαθεσιμότητα και προσβασιμότητα δεδομένων (High data dependency – availability and accessibility of data)
- Υψηλές απαιτήσεις σε πόρους (High resource requirements)

- Εσφαλμένα αποτελέσματα ή λανθασμένη ερμηνεία (Incorrect outputs or misinterpretation)
- Συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα (Compatibility with existing systems)
- Ζητήματα ψηφιακού αλφαριθμητισμού και πολιτισμική αντίσταση ή διστακτικότητα απέναντι σε νέα εργαλεία (Digital literacy issues and cultural resistance or hesitation toward new tools)

Οι παραπάνω διαστάσεις αφορούν τις προκλήσεις (challenges/weaknesses) της εσωτερικής εφαρμογής εργαλείων ΤΝ. Οι απαντήσεις δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Όχι σημαντικό» και 5 = «Πολύ σημαντικό») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 25.



Διάγραμμα 25. Κατανομή απαντήσεων ως προς τις προκλήσεις χρήσης εργαλείων ΤΝ.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 25, η συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα συγκεντρώνει το χαμηλότερο ποσοστό στην τιμή «καθόλου σημαντική» (1), με μόλις 1,3%, ενώ τα εσφαλμένα αποτελέσματα ή λανθασμένη ερμηνεία εμφανίζουν το υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «πολύ σημαντική» πρόκληση (5), με 21,2%, το μεγαλύτερο ανάμεσα σε όλες τις διαστάσεις. Ακολουθεί η συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα με 19,1% στην ίδια τιμή. Αντίθετα, οι υψηλές απαιτήσεις σε πόρους παρουσιάζουν το χαμηλότερο ποσοστό στην τιμή 5 (7,2%).

Σαφώς θετική ως προς τη σοβαρότητα αξιολόγηση (άθροισμα τιμών 4-5) έχουν τα εσφαλμένα αποτελέσματα ή λανθασμένη ερμηνεία τους καθώς ξεχωρίζουν με το υψηλότερο ποσοστό, 54,3%, ενώ ακολουθεί η συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα με 48,3%. Αντίθετα, οι υψηλές απαιτήσεις σε πόρους εμφανίζουν το χαμηλότερο αντίστοιχο ποσοστό, 36,9%, υποδεικνύοντας ότι η συγκεκριμένη πρόκληση γίνεται αντιληπτή ως σχετικά λιγότερο πειστική

σε σύγκριση με τα λάθη στα αποτελέσματα ή τη συμβατότητα με τα υπάρχοντα συστήματα. Το εύρημα αυτό ενδέχεται να αντανακλά την πεποίθηση των συμμετεχόντων ότι η επιχείρηση θα διαθέσει τους απαραίτητους πόρους για την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση συστημάτων TN, εφόσον η υιοθέτησή τους κριθεί στρατηγικός στόχος, με αποτέλεσμα το ζήτημα των πόρων να μην αναδεικνύεται ως κρίσιμο εμπόδιο.

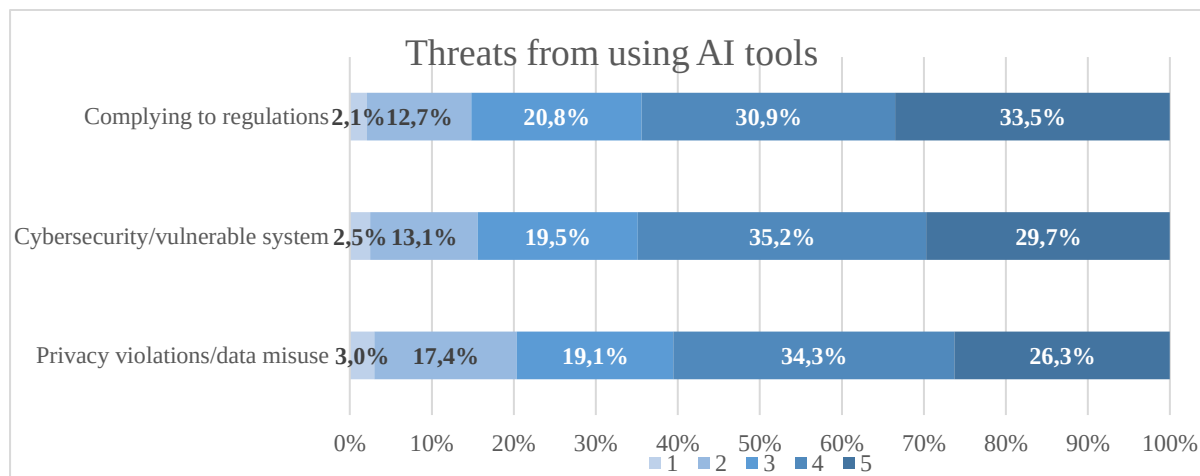
Τα ζητήματα ψηφιακού αλφαριθμητισμού και πολιτισμικής αντίστασης και η υψηλή εξάρτηση από δεδομένα εμφανίζουν ενδιαμέση εικόνα, με ποσοστά θετικής αξιολόγησης (τιμές 4-5) 39,4% και 42,0% αντίστοιχα, καθώς και σχετικά υψηλά ποσοστά στην τιμή «μέτρια σημαντική» (3), με 36,0% και στις δύο περιπτώσεις. Το εύρημα αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς οι ίδιοι οι συμμετέχοντες, φαίνεται να μην αξιολογούν τον εαυτό τους και τους συναδέλφους τους ιδιαίτερα επιφυλακτικούς ως προς τη χρήση της TN. Ομοίως, η εξάρτηση από τα δεδομένα δεν φαίνεται να γίνεται αντιληπτή ως ιδιαίτερα σημαντική πρόκληση, κάτι που θα μπορούσε να ερμηνευθεί είτε ως ένδειξη ικανοποιητικού επιπέδου ψηφιακής ωριμότητας της επιχείρησης, είτε ως αποτέλεσμα περιορισμένης γνώσης, αντίληψης ή εμπειρίας των συμμετεχόντων ως προς την πραγματική λειτουργία και τις απαιτήσεις των συστημάτων TN.

Πραγματοποιήθηκε περαιτέρω μελέτη μέσω της ανάλυσης συσχέτισης Pearson με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r), με στόχο να διερευνηθεί κατά πόσο οι συμμετέχοντες απάντησαν στις επιμέρους διαστάσεις με ισχυρές διαφοροποιήσεις ανά απάντηση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Διάγραμμα 38 του Παραρτήματος Β και δείχνουν ότι όλες οι συσχετίσεις είναι θετικές, μέτριες έως ισχυρές και στατιστικά σημαντικές, με τους συντελεστές συσχέτισης (r) να κυμαίνονται από 0,428 έως 0,644. Παρόλα αυτά, οι συσχετίσεις είναι πιο ασθενείς σε σχέση με τα οφέλη της χρήσης TN, ενώ εμφανίζεται σαφέστερη ανάδειξη δύο σημαντικότερων διαστάσεων. Αυτό θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως ένδειξη ότι οι δυσκολίες της εφαρμογής TN γίνονται αντιληπτές με πιο συγκεκριμένο και εμπειρικά τεκμηριωμένο τρόπο όπως μέσω πραγματικών προβλημάτων που έχουν αντιμετωπίσει, σε αντίθεση με τα οφέλη, τα οποία ενδέχεται να αξιολογούνται με πιο γενικευμένη και θεωρητική στάση.

Αξιολογήθηκε ακόμη η άποψη των συμμετεχόντων ως προς τις ακόλουθες διαστάσεις:

- Παραβιάσεις απορρήτου και κατάχρηση δεδομένων (Privacy violations and data misuse)
- Κυβερνοασφάλεια και τρωτότητες συστημάτων (Cybersecurity and system vulnerabilities)
- Συμμόρφωση με κανονιστικές απαιτήσεις (Complying to regulatory requirements)

Οι διαστάσεις αυτές αφορούν τους κινδύνους (threats) που προκύπτουν από την εφαρμογή εργαλείων ΤΝ σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης και τους εξωγενείς παράγοντες. Οι απαντήσεις δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Όχι σημαντικό» και 5 = «Πολύ σημαντικό») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 26.



Διάγραμμα 26. Κατανομή απαντήσεων ως προς τους κινδύνους χρήσης εργαλείων ΤΝ.

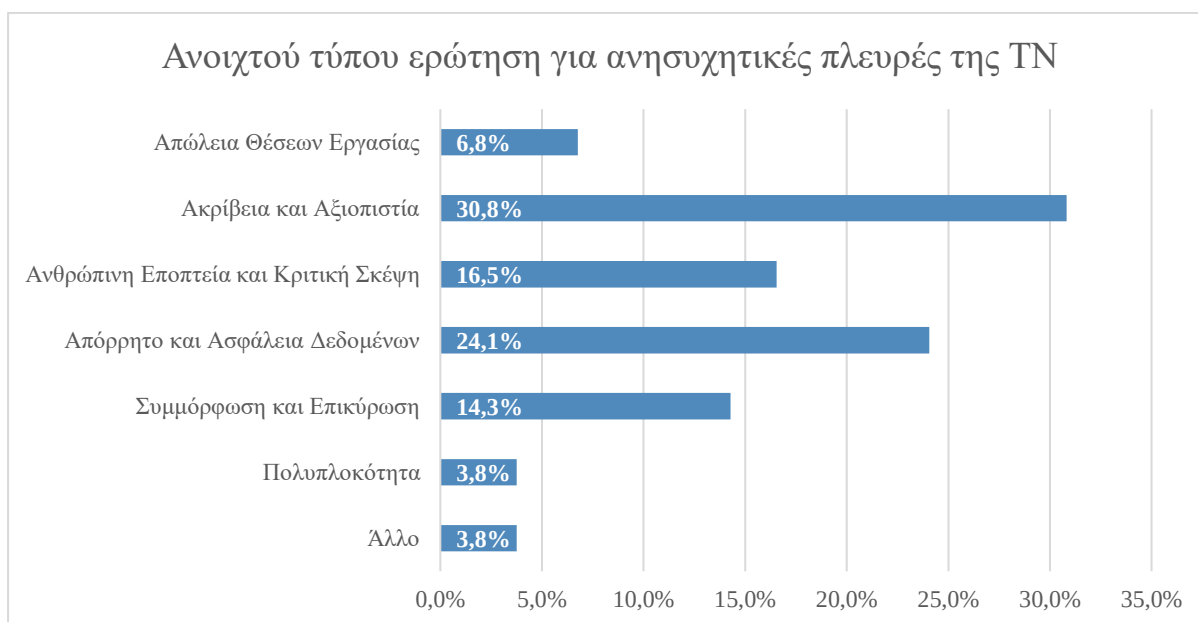
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 26, και στις τρεις διαστάσεις που αφορούν τους κινδύνους από τη χρήση εργαλείων ΤΝ παρατηρείται μια αρκετά έντονη τάση προς τις υψηλές τιμές σοβαρότητας.

Η συμμόρφωση με κανονιστικές απαιτήσεις συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «πολύ σημαντική» απειλή (5), με 33,5%, ενώ παρουσιάζει και το χαμηλότερο ποσοστό στην τιμή «μέτρια σημαντική» (3), με 20,8%. Αυτό υποδεικνύει ότι η κανονιστική συμμόρφωση αναδεικνύεται ως η απειλή που ανησυχεί περισσότερο τους συμμετέχοντες. Η κυβερνοασφάλεια και οι τρωτότητες συστημάτων ακολουθούν με 29,7% στην τιμή 5 και 35,2% στην τιμή «σημαντική» (4). Τέλος, οι παραβιάσεις απορρήτου και κατάχρηση δεδομένων εμφανίζουν τη χαμηλότερη συγκέντρωση στις σαφώς θετικές ως προς τη σοβαρότητα απαντήσεις. Συγκεκριμένα, η κυβερνοασφάλεια ξεχωρίζει με το υψηλότερο

ποσοστό, 64,9% (στις απαντήσεις 4-5), ακολουθούμενη από την συμμόρφωση με κανονιστικές απαιτήσεις με 64,4%, ουσιαστικά ισοδύναμο ποσοστό, ενώ οι παραβιάσεις απορρήτου εμφανίζουν το χαμηλότερο, αν και εξίσου υψηλό, ποσοστό, 60,6%. Και οι τρεις απειλές συγκεντρώνουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά σοβαρότητας (πάνω από το 60% στις τιμές 4-5), υποδεικνύοντας ότι οι συμμετέχοντες αναγνωρίζουν τις απειλές γύρω από την ασφάλεια, το απόρρητο και τη συμμόρφωση ως ιδιαίτερα σοβαρά ζητήματα κατά τη χρήση εργαλείων ΤΝ. Η ελαφρώς πιο έντονη ανησυχία που εμφανίζεται για την κανονιστική συμμόρφωση ενδέχεται να αντανακλά την αντίληψη ότι το ρυθμιστικό πλαίσιο γύρω από την ΤΝ εξελίσσεται ραγδαία, δημιουργώντας αβεβαιότητα ως προς τις υποχρεώσεις που καλούνται να τηρήσουν οι επιχειρήσεις.

Πραγματοποιήθηκε περαιτέρω μελέτη μέσω της ανάλυσης συσχέτισης Pearson με διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τον συντελεστή συσχέτισης Pearson (r), με στόχο να διερευνηθεί κατά πόσο οι συμμετέχοντες απάντησαν στους επιμέρους κινδύνους με ισχυρές διαφοροποιήσεις ανά απάντηση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Διάγραμμα 39 του Παραρτήματος Β και δείχνουν ότι όλες οι συσχετίσεις είναι θετικές, ισχυρές έως πολύ ισχυρές και στατιστικά σημαντικές, με τους συντελεστές συσχέτισης (r) να κυμαίνονται από 0,650 έως 0,798. Η ιδιαίτερα υψηλή συνάφεια μεταξύ των τριών κινδύνων υποδηλώνει ότι οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται τις απειλές της ΤΝ με παρόμοια σοβαρότητα ή ενδεχομένως ως έναν ενιαίο, αλληλένδετο κίνδυνο, ενώ ταυτόχρονα ενισχύεται και η πιθανότητα έλλειψης γνώσης ή εμπειρίας στο αντικείμενο με αποτέλεσμα οι συμμετέχοντες να απαντούν με βάση μια γενική, συνολική εντύπωση αντί να αξιολογούν κάθε επιμέρους πρόκληση ή κίνδυνο ξεχωριστά και κριτικά.

Τέλος, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν και με μια ερώτηση ανοιχτού τύπου για τη διάσταση της ΤΝ που βρίσκουν πιο ανησυχητική, με σκοπό να αξιολογηθεί η βασικότερη πρόκληση ή κίνδυνος που αντιλαμβάνονται μέσα από την εμπειρία τους. Για την ανάλυση των απαντήσεων πραγματοποιήθηκε ομαδοποίησή τους σε γενικότερες κατηγορίες. Η συγκεντρωτική σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων έχει τη μορφή που φαίνεται στο Διάγραμμα 27.



Διάγραμμα 27. Σχηματική απεικόνιση απαντήσεων ερώτησης ανοιχτού τύπου για ανησυχητικές πλευρές της ΤΝ.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 27, μετά την ομαδοποίηση των ελεύθερων απαντήσεων σε γενικότερες θεματικές κατηγορίες, προκύπτει ότι η ακρίβεια και αξιοπιστία αναδεικνύεται ως η πιο ανησυχητική διάσταση της ΤΝ για τους συμμετέχοντες, συγκεντρώνοντας το 30,8% του συνόλου των απαντήσεων. Ακολουθεί το απόρρητο και η ασφάλεια δεδομένων με 24,1%, ενώ η ανθρώπινη εποπτεία και κριτική σκέψη συγκεντρώνει το 16,5%. Συγκεκριμένα, το ποσοστό αυτό εκφράζει την έντονη ανησυχία του τόσο για την πιθανή σταδιακή απώλειά της κριτικής σκέψης όσο και για τον κίνδυνο άκριτης αποδοχής των αποτελεσμάτων που παράγει η ΤΝ. Η συμμόρφωση και επικύρωση ακολουθεί με 14,3%, ενώ η απώλεια θέσεων εργασίας εμφανίζει σχετικά χαμηλότερο ποσοστό, 6,8%. Τέλος, η πολυπλοκότητα και η κατηγορία «Άλλο» συγκεντρώνουν τα χαμηλότερα και πανομοιότυπα ποσοστά (3,8% η καθεμία).

Η σαφής κυριαρχία της ακρίβειας/αξιοπιστίας και του απορρήτου/ασφάλειας δεδομένων (αθροιστικά 54,9% των απαντήσεων) υποδεικνύει ότι η βασικότερη ανησυχία των συμμετεχόντων αφορά πιο άμεσα, πρακτικά ζητήματα εμπιστοσύνης στην καθημερινή χρήση της ΤΝ, δηλαδή κατά πόσο τα αποτελέσματα που παράγει είναι σωστά, αξιόπιστα και ασφαλή ως προς τη διαχείριση ευαίσθητων δεδομένων. Το εύρημα αυτό συνάδει πλήρως με τα αποτελέσματα που είχαν ήδη αναδειχθεί παραπάνω, όπου οι παραβιάσεις απορρήτου και η κυβερνοασφάλεια είχαν επίσης αναγνωριστεί ως από τις πιο σοβαρές απειλές, ενώ το σχετικά χαμηλό ποσοστό ανησυχίας για απώλεια θέσεων εργασίας ενδεχομένως αντανακλά μια

αντίληψη της TN περισσότερο ως εργαλείο υποστήριξης παρά ως απειλή υποκατάστασης του ανθρώπινου παράγοντα.

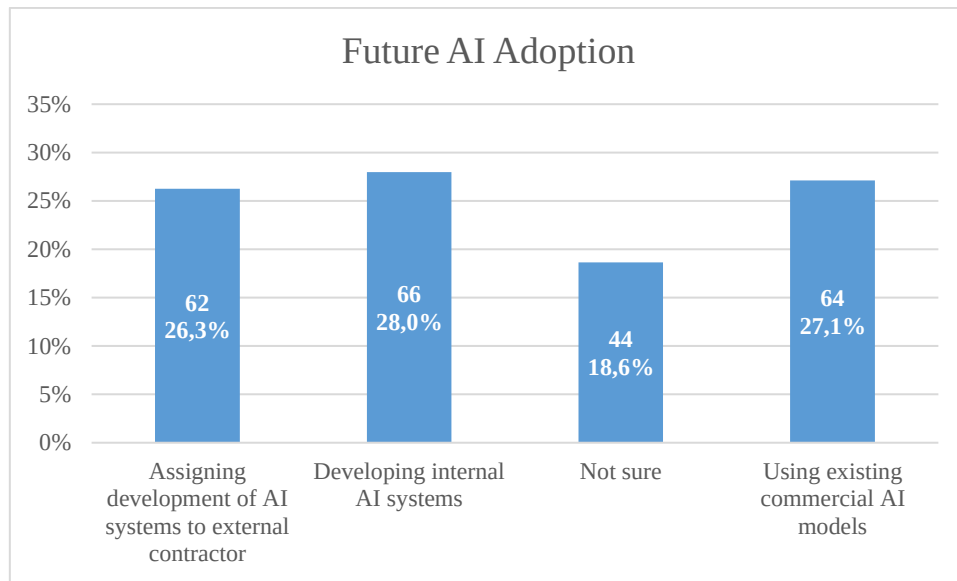
4.6. Προοπτικές ανάπτυξης εργαλείων TN

Πέραν της αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων, των ευκαιριών, των προκλήσεων και των κινδύνων που συνδέονται με τη χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης, εξίσου κρίσιμη είναι και η διερεύνηση της ίδιας της ικανότητας των επιχειρήσεων να αναπτύξουν, να ενσωματώσουν και να επικυρώσουν ανάλογα εργαλεία. Η υιοθέτηση της TN δεν αποτελεί απλώς ζήτημα προμήθειας τεχνολογίας, αλλά προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλης τεχνικής υποδομής, εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού, οργανωτικής ετοιμότητας και σαφών διαδικασιών αξιολόγησης της απόδοσης και της αποτελεσματικότητας των εργαλείων που αναπτύσσονται ή υιοθετούνται. Η κατανόηση, επομένως, του βαθμού στον οποίο μια επιχείρηση διαθέτει ή στερείται την ικανότητα ανάπτυξης και επικύρωσης εργαλείων TN αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον σχεδιασμό ρεαλιστικής και βιώσιμης στρατηγικής ψηφιακού μετασχηματισμού. Για τον λόγο αυτό, στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας αξιολογήθηκε και η συγκεκριμένη διάσταση, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Αρχικά διερευνήθηκε ποια προσέγγιση θεωρούν οι συμμετέχοντες ως καταλληλότερη για τη μελλοντική υιοθέτηση TN στην εταιρεία τους, με τις εξής διαθέσιμες επιλογές:

- Χρήση υπαρχόντων εμπορικών μοντέλων TN
- Ανάπτυξη εσωτερικών συστημάτων TN
- Ανάθεση της ανάπτυξης συστημάτων TN σε εξωτερικό συνεργάτη/ανάδοχο

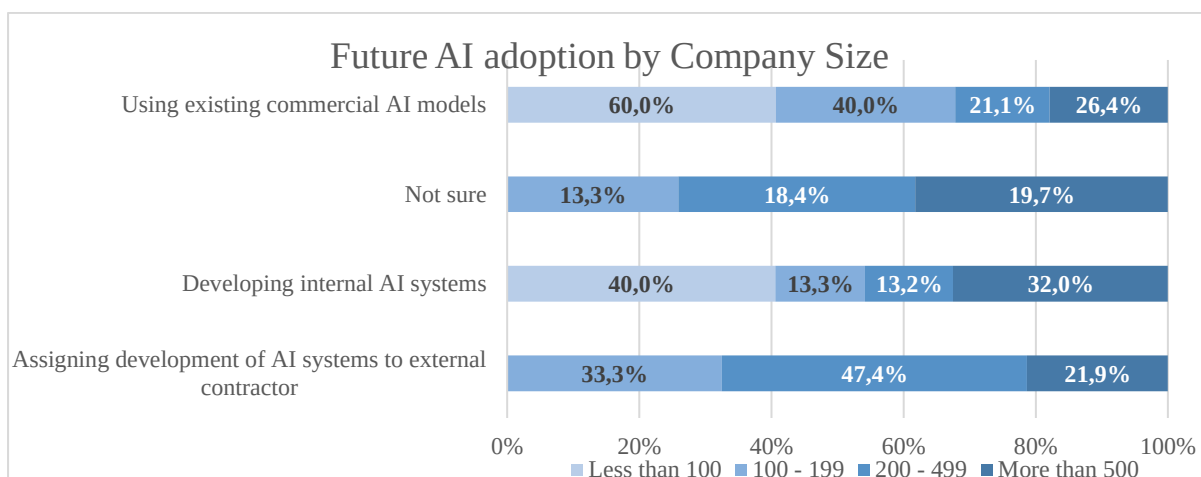
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 28.



Διάγραμμα 28. Κατανομή απαντήσεων για στρατηγικές μελλοντικής υιοθέτησης εργαλείων ΤΝ.

Όσον αφορά την προτιμώμενη προσέγγιση για τη μελλοντική υιοθέτηση ΤΝ, τα αποτελέσματα δείχνουν μια σχετικά ισορροπημένη κατανομή προτιμήσεων μεταξύ των συμμετεχόντων, χωρίς κάποια επιλογή να ξεχωρίζει με σαφήνεια. Η ανάπτυξη εσωτερικών συστημάτων ΤΝ, η χρήση ήδη υπάρχοντων εμπορικών μοντέλων ΤΝ και η ανάθεση της ανάπτυξης σε εξωτερικό συνεργάτη θεωρούνται εξίσου ικανοποιητικές στρατηγικές με ποσοστά μεταξύ 26%–28% κάθε μία, που υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει μια ενιαία, ευρέως αποδεκτή στρατηγική για τη μελλοντική υιοθέτηση ΤΝ, αλλά η κατάλληλη προσέγγιση πιθανότατα εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες κάθε επιχείρησης. Αξιοσημείωτο είναι ότι ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό των συμμετεχόντων, 18,6% (44 άτομα), δήλωσε αβεβαιότητα ως προς την καταλληλότερη προσέγγιση για την εταιρεία του, κάτι που ενδέχεται να αντανάκλα είτε την πολυπλοκότητα της απόφασης αυτής, είτε περιορισμένη πληροφόρηση και εμπλοκή των συμμετεχόντων σε σχετικές αποφάσεις εντός της εταιρείας.

Αξιολογήθηκε επίσης, η σχέση μεταξύ στρατηγικής μελλοντικής υιοθέτησης εργαλείων ΤΝ με το μέγεθος της εταιρείας όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 29 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 29. Κατανομές απαντήσεων για στρατηγικές μελλοντικής υιοθέτησης εργαλείων ΤΝ βάσει μεγέθους της εταιρείας.

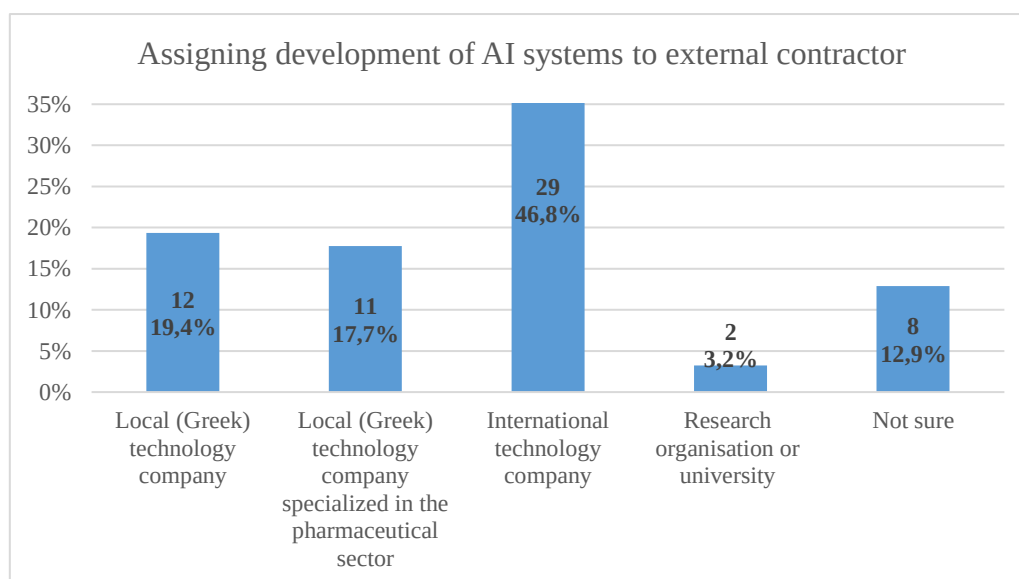
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 29, παρατηρούνται τα παρακάτω:

- Στις μικρές επιχειρήσεις (λιγότεροι από 100 εργαζόμενοι), η επιλογή περιορίζεται αποκλειστικά σε δύο εναλλακτικές: τη χρήση υπαρχόντων εμπορικών μοντέλων ΤΝ, την οποία προτιμά το 60,0% αυτής της κατηγορίας, και την ανάπτυξη εσωτερικών συστημάτων, με 40,0%. Αξιοσημείωτο είναι ότι καμία μικρή επιχείρηση δεν επέλεξε την ανάθεση σε εξωτερικό συνεργάτη ή δήλωσε αβεβαιότητα, υποδεικνύοντας ότι οι μικρότερες εταιρείες φαίνεται να αντιμετωπίζουν το ζήτημα με μεγαλύτερη σαφήνεια, περιοριζόμενες σε πιο απλές και άμεσα διαχειρίσιμες λύσεις. Γεγονός είναι επίσης ότι το ποσοστό των απαντήσεων από εργαζόμενους σε αντίστοιχες εταιρείες είναι μικρό (2,1%) οπότε το συμπέρασμα αυτό αποτελεί μια μικρή ένδειξη, χωρίς να μπορεί να γίνει ασφαλής γενίκευση.
- Στις επιχειρήσεις μεσαίου μεγέθους (100-199 εργαζόμενοι), η εικόνα γίνεται πιο σύνθετη, με την προτίμηση να κατανέμεται και στις τέσσερις επιλογές: 40,0% προτιμά τα εμπορικά μοντέλα, 33,3% την ανάθεση σε εξωτερικό συνεργάτη, ενώ 13,3% μοιράζεται εξίσου μεταξύ της εσωτερικής ανάπτυξης και της αβεβαιότητας.
- Στις επιχειρήσεις 200-499 εργαζομένων, κυριαρχεί ξεκάθαρα η ανάθεση σε εξωτερικό συνεργάτη, με 47,4%, το υψηλότερο ποσοστό ανάμεσα σε όλες τις κατηγορίες μεγέθους για οποιαδήποτε επιλογή, ενώ ακολουθούν η αβεβαιότητα (18,4%), η χρήση εμπορικών μοντέλων (21,1%) και, τελευταία, η εσωτερική ανάπτυξη (13,2%).
- Τέλος, στις μεγάλες επιχειρήσεις (περισσότεροι από 500 εργαζόμενοι), παρατηρείται η πιο ισορροπημένη κατανομή, με την ανάπτυξη εσωτερικών συστημάτων να

συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό ανάμεσα σε όλες τις κατηγορίες μεγέθους για τη συγκεκριμένη επιλογή (32,0%), ακολουθούμενη από τα εμπορικά μοντέλα (26,4%), την ανάθεση σε εξωτερικό συνεργάτη (21,9%) και την αβεβαιότητα (19,7%).

Παρατηρείται ένα ενδιαφέρον μοτίβο καθώς αυξάνεται το μέγεθος της επιχείρησης: οι μικρές επιχειρήσεις τείνουν να επιλέγουν μεταξύ απλών, άμεσα διαχειρίσιμων λύσεων, οι μεσαίες επιχειρήσεις στρέφονται όλο και περισσότερο προς την ανάθεση σε εξωτερικό συνεργάτη, πιθανόν λόγω περιορισμένης εσωτερικής τεχνογνωσίας αλλά επαρκούς προϋπολογισμού για εξωτερική ανάθεση, ενώ οι μεγάλες επιχειρήσεις επανέρχονται στην εσωτερική ανάπτυξη ως την κυρίαρχη επιλογή, κάτι που είναι εύλογο δεδομένου ότι συνήθως διαθέτουν τους απαραίτητους πόρους, το εξειδικευμένο προσωπικό και την τεχνική υποδομή ώστε να αναπτύξουν δικά τους συστήματα ΤΝ. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αβεβαιότητα ως προς την καταλληλότερη προσέγγιση υιοθέτησης ΤΝ παρουσιάζει μια σταδιακά αυξητική τάση όσο μεγαλώνει το μέγεθος της επιχείρησης, από 13% στις μεσαίες επιχειρήσεις έως σχεδόν 20% στις μεγάλες επιχειρήσεις, υποδεικνύοντας ότι ανάλογα με το μέγεθος της επιχείρησης αυξάνεται η πολυπλοκότητα της απόφασης και ενδεχομένως η ύπαρξη περισσότερων εναλλακτικών ή εμπλεκόμενων φορέων στη λήψη απόφασης.

Στο Διάγραμμα 30 παρουσιάζονται οι απόψεις των συμμετεχόντων για την ανάθεση σε εξωτερικό συνεργάτη.



Διάγραμμα 30. Κατανομή απαντήσεων για ανάθεση ανάπτυξης εργαλείων ΤΝ σε εξωτερικό συνεργάτη.

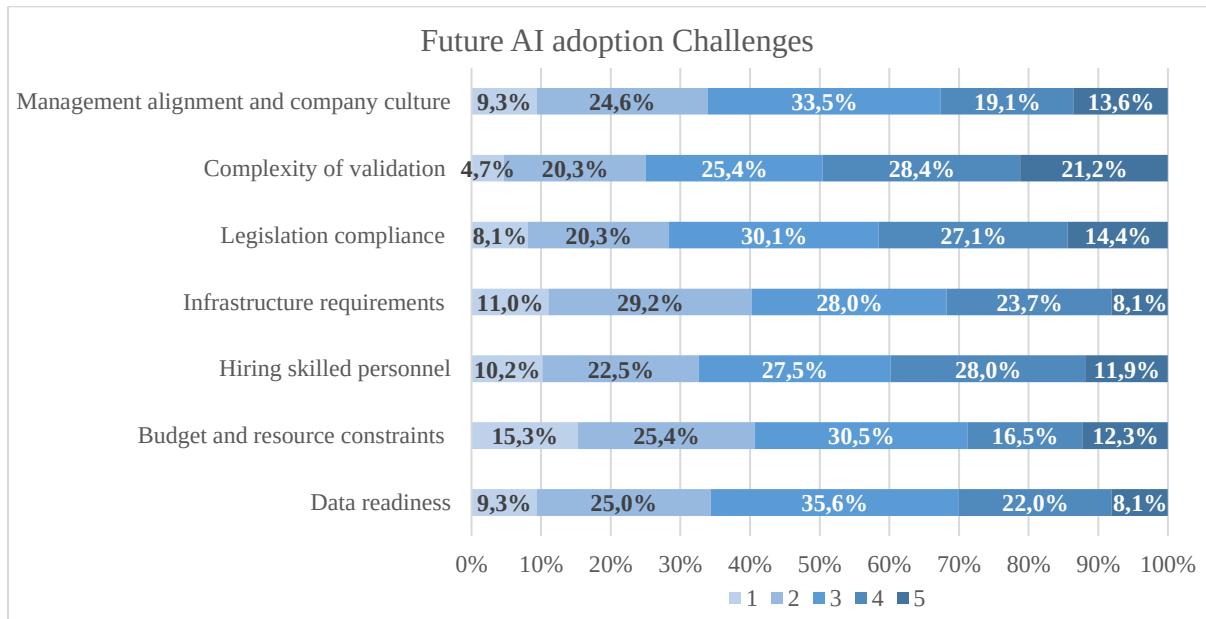
Για τους συμμετέχοντες που επέλεξαν την ανάθεση της ανάπτυξης συστημάτων ΤΝ σε εξωτερικό συνεργάτη, εξετάστηκε επιπλέον σε ποιον τύπο φορέα θα απευθύνονταν συγκεκριμένα. Τα αποτελέσματα βάσει του Διάγραμμα 30 δείχνουν ότι η πλειονότητα προτιμά μια διεθνή εταιρεία τεχνολογίας, με ποσοστό 46,8% του συνόλου των απαντήσεων αυτής της υποομάδας (29 απαντήσεις). Ακολουθεί η επιλογή μιας τοπικής (ελληνικής) εταιρείας τεχνολογίας με 12 απαντήσεις (19,4%), ενώ η τοπική εταιρεία τεχνολογίας εξειδικευμένη στον φαρμακευτικό τομέα συγκεντρώνει 11 απαντήσεις (17,7%). Ένα μη αμελητέο ποσοστό, 12,9% (8 απαντήσεις), δήλωσε αβεβαιότητα ως προς τον τύπο του φορέα που θα επέλεγε, ενώ η επιλογή μιας ερευνητικής οργάνωσης ή πανεπιστημίου συγκέντρωσε το χαμηλότερο ποσοστό, μόλις 3,2% (2 απαντήσεις).

Η σαφής προτίμηση προς τις διεθνείς εταιρείες τεχνολογίας (46,8%) υποδηλώνει ότι οι συμμετέχοντες αναζητούν κατά προτεραιότητα φορείς με μεγαλύτερη τεχνογνωσία, εμπειρία και πιθανώς αποδεδειγμένο ιστορικό στην ανάπτυξη λύσεων ΤΝ σε διεθνές επίπεδο, έναντι τοπικών παρόχων. Ταυτόχρονα, το γεγονός ότι οι δύο κατηγορίες τοπικών (ελληνικών) εταιρειών συγκεντρώνουν αθροιστικά ένα σημαντικό ποσοστό (37,1%) δείχνει ότι η εγχώρια αγορά τεχνολογίας εξακολουθεί να αποτελεί μια αξιόπιστη εναλλακτική για σημαντικό τμήμα των συμμετεχόντων, ενώ η περιορισμένη προτίμηση προς ερευνητικούς/ακαδημαϊκούς φορείς (3,2%) πιθανόν αντανακλά την αντίληψη ότι οι φορείς αυτοί συνδέονται περισσότερο με τη βασική έρευνα παρά με την πρακτική, εμπορική εφαρμογή λύσεων ΤΝ.

Στη συνέχεια, κρίθηκε ιδιαίτερα σημαντική η ερώτηση των συμμετεχόντων για τις δυσκολίες και προκλήσεις που θεωρούν ότι αντιμετωπίζει η εταιρεία ως προς την ανάπτυξη εργαλείων ΤΝ. Για τον σκοπό αυτό, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν αναφορικά με τις εξής διαστάσεις:

- Ετοιμότητα δεδομένων (Data readiness)
- Περιορισμοί προϋπολογισμού και πόρων (Budget and resource constraints)
- Πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού (Hiring skilled personnel)
- Απαιτήσεις υποδομής (Infrastructure requirements)
- Συμμόρφωση με τη νομοθεσία (Legislation compliance)
- Πολυπλοκότητα επικύρωσης/επαλήθευσης (Complexity of validation)
- Ευθυγράμμιση διοίκησης και εταιρικής κουλτούρας (Management alignment and company culture)

Οι απαντήσεις δόθηκαν σε κλίμακα Likert (όπου 1 = «Όχι σημαντικό» και 5 = «Πολύ σημαντικό») και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 31.



Διάγραμμα 31. Κατανομή απαντήσεων της σημαντικότητας των προκλήσεων για την ανάπτυξη εργαλείων TN.

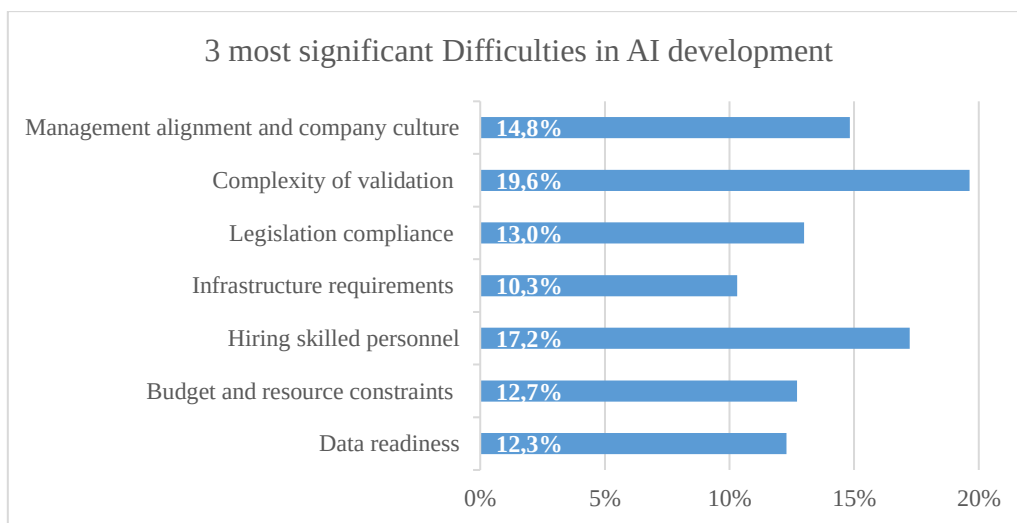
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 31, στις επτά διαστάσεις που αφορούν τις προκλήσεις για τη μελλοντική υιοθέτηση TN παρουσιάζονται τα εξής:

- Η πολυπλοκότητα επικύρωσης ξεχωρίζει με τη σαφώς υψηλότερη συγκέντρωση απαντήσεων στις τιμές «σημαντική» και «πολύ σημαντική» πρόκληση (τιμές 4-5), με συνολικό ποσοστό 49,6%, ενώ παράλληλα εμφανίζει το χαμηλότερο ποσοστό στις τιμές 1-2 (25,0%), υποδεικνύοντας ότι αποτελεί την πρόκληση που ανησυχεί περισσότερο και με τη μεγαλύτερη συνέπεια τους συμμετέχοντες. Ακολουθεί η συμμόρφωση με τη νομοθεσία με 41,5% στις τιμές 4-5, και η πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού με 39,9%.
- Αντίθετα, οι περιορισμοί προϋπολογισμού και πόρων εμφανίζουν το χαμηλότερο ποσοστό στις τιμές 4-5, με μόλις 28,8%, καθώς και το υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «καθόλου σημαντική» πρόκληση (1), με 15,3%. Παρόμοια, χαμηλή σχετικά βαρύτητα εμφανίζουν και οι απαιτήσεις υποδομής, με 31,8% στις τιμές 4-5 και το υψηλότερο αθροιστικό ποσοστό στις τιμές 1-2 (40,2%).
- Η ετοιμότητα δεδομένων και η ευθυγράμμιση διοίκησης και εταιρικής κουλτούρας εμφανίζουν ενδιάμεση εικόνα, με ποσοστά θετικής αξιολόγησης (τιμές 4-5) 30,1% και

32,7% αντίστοιχα, ενώ και οι δύο συγκεντρώνουν την υψηλότερη μεμονωμένη τιμή στην κατηγορία «μέτρια σημαντική» (3), με 35,6% και 33,5% αντίστοιχα.

Από τις επτά εξεταζόμενες προκλήσεις, η πολυπλοκότητα επικύρωσης και η συμμόρφωση με τη νομοθεσία αναδεικνύονται ως οι δύο διαστάσεις που ανησυχούν περισσότερο τους συμμετέχοντες για τη μελλοντική υιοθέτηση εργαλείων TN, πιθανόν λόγω της τεχνικής και κανονιστικής πολυπλοκότητας. Αντίθετα, οι περιορισμοί προϋπολογισμού και πόρων, καθώς και οι απαιτήσεις υποδομής, φαίνεται να αποτελούν τις λιγότερο ανησυχητικές προκλήσεις, κάτι που ενδεχομένως αντανακλά την πεποίθηση ότι οι επιχειρήσεις είναι πρόθυμες να διαθέσουν τους απαραίτητους οικονομικούς και υλικοτεχνικούς πόρους, εφόσον η υιοθέτηση TN κριθεί στρατηγική προτεραιότητα σε αντιστοιχία με ανάλογη παρατήρηση που έγινε και για τις υψηλές απαιτήσεις σε πόρους στην ενότητα των αντιλαμβανόμενων προκλήσεων και κινδύνων από τη χρήση TN.

Περαιτέρω ανάλυση πραγματοποιήθηκε ώστε να γίνει μια ιεράρχηση από τους συμμετέχοντες στις τρεις πιο σημαντικές προκλήσεις και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 32.



Διάγραμμα 32. Κατανομή απαντήσεων για τις 3 σημαντικότερες προκλήσεις στην ανάπτυξη εργαλείων TN.

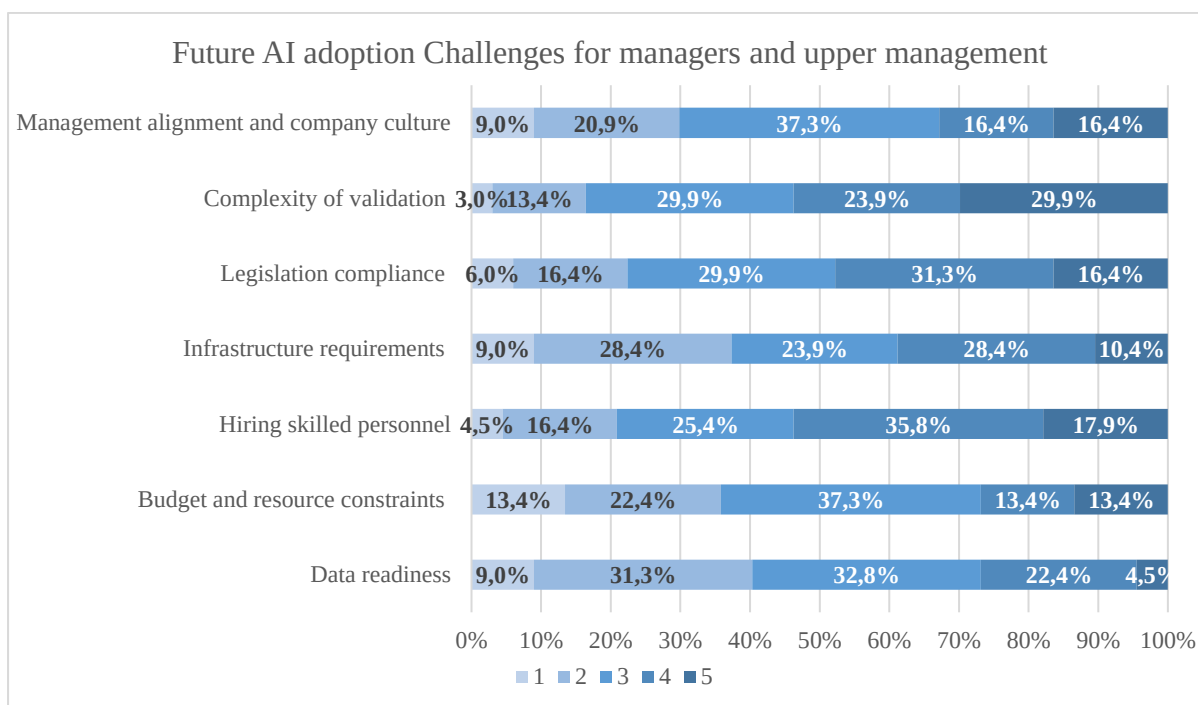
Σύμφωνα με το Διάγραμμα 32, η διάσταση που εμφανίζεται με μεγαλύτερη συχνότητα είναι η πολυπλοκότητα στην επικύρωση με ποσοστό 19,6% κάτι που επιβεβαιώνει και τα παραπάνω αποτελέσματα ως προς τη σημαντικότητα της συγκεκριμένης διάστασης. Ακολουθεί η πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού με 17,2% και στη συνέχεια η ευθυγράμμιση διοίκησης και εταιρικής κουλτούρας με 14,8%. Η συμμόρφωση με τη νομοθεσία, η ετοιμότητα

δεδομένων και οι περιορισμοί προϋπολογισμού έχουν παρόμοια συχνότητα εμφάνισης με ποσοστά 12% – 13%, ενώ οι απαιτήσεις υποδομής εμφανίζουν το μικρότερο ποσοστό με 10,3%.

Η ιεράρχηση αυτή έρχεται σε γενικές γραμμές σε συμφωνία με τα ευρήματα του Διάγραμμα 31, όπου η πολυπλοκότητα επικύρωσης και η πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού είχαν επίσης αναδειχθεί ανάμεσα στις πιο σημαντικές προκλήσεις, ενώ οι απαιτήσεις υποδομής και οι περιορισμοί προϋπολογισμού είχαν συγκεντρώσει σχετικά χαμηλότερα ποσοστά. Το γεγονός ότι οι δύο αυτές μεθοδολογικά διαφορετικές προσεγγίσεις (αξιολόγηση σε κλίμακα Likert έναντι επιλογής των 3 σημαντικότερων προκλήσεων) καταλήγουν σε παρόμοια ιεράρχηση ενισχύει την αξιοπιστία του ευρήματος ότι η πολυπλοκότητα επικύρωσης αποτελεί την πλέον κρίσιμη πρόκληση για τη μελλοντική υιοθέτηση TN.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάδειξη της πολυπλοκότητας επικύρωσης ως της πλέον σημαντικής πρόκλησης για τη μελλοντική υιοθέτηση TN συνδέεται στενά και με το επίπεδο γνώσης των συμμετεχόντων ως προς το κανονιστικό πλαίσιο που διέπει την TN. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1, η πλειονότητα των συμμετεχόντων (62,7%) δηλώνει ότι δεν γνωρίζει τον Κανονισμό της ΕΕ για την Τεχνητή Νοημοσύνη (EU AI Act), ενώ μόλις το 7,2% δηλώνει πλήρη γνώση του. Το περιορισμένο αυτό επίπεδο εξοικείωσης με το νομοθετικό πλαίσιο ενδέχεται να ενισχύει περαιτέρω την αντιλαμβανόμενη πολυπλοκότητα της επικύρωσης συστημάτων TN, καθώς οι επιχειρήσεις καλούνται να διαχειριστούν απαιτήσεις συμμόρφωσης με τις οποίες δεν έχουν ακόμη πλήρη εξοικείωση.

Τέλος, συγκεντρώθηκαν οι αξιολογήσεις των στελεχών σε επίπεδο ρόλων «managers» και «upper management» για τις προκλήσεις που θεωρούν ότι αντιμετωπίζει η εταιρεία ως προς την ανάπτυξη εργαλείων TN. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Διάγραμμα 33.



Διάγραμμα 33. Κατανομή απαντήσεων των ρόλων «manager» και «upper management» για τη σημαντικότητα των προκλήσεων της ανάπτυξης εργαλείων ΤΝ.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 33, στελέχη σε ρόλους «manager» και «upper management» αξιολογούν τις προκλήσεις της μελλοντικής υιοθέτησης ΤΝ ως σχετικά μεγαλύτερης σοβαρότητας σε σχέση με τη γενική εικόνα του συνόλου του δείγματος, ιδίως στις πιο τεχνικές και ανθρωποκεντρικές διαστάσεις. Η πολυπλοκότητα επικύρωσης και η πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού αναδεικνύονται ως οι δύο πιο σημαντικές προκλήσεις για τα στελέχη, με σχεδόν ταυτόσημο ποσοστό στις τιμές «σε μεγάλο βαθμό» και «πλήρως» (53,8% και 53,7% αντίστοιχα), ποσοστά αισθητά υψηλότερα από τα αντίστοιχα του γενικού δείγματος (49,6% και 39,9%). Ιδιαίτερα η πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού φαίνεται να απασχολεί τα στελέχη σημαντικά περισσότερο απ' ό,τι το σύνολο των εργαζομένων, κάτι που είναι εύλογο δεδομένου ότι η διοίκηση είναι αυτή που καλείται να διαχειριστεί άμεσα τις προκλήσεις εύρεσης, πρόσληψης και διατήρησης εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού. Η συμμόρφωση με τη νομοθεσία ακολουθεί με 47,7% στις τιμές 4-5, επίσης υψηλότερο ποσοστό σε σχέση με το γενικό δείγμα (41,5%), ενώ οι απαιτήσεις υποδομής εμφανίζουν επίσης αυξημένη ανησυχία (38,8% έναντι 31,8% στο γενικό δείγμα). Αντίθετα, οι περιορισμοί προϋπολογισμού και πόρων και η ετοιμότητα δεδομένων παραμένουν οι λιγότερο ανησυχητικές προκλήσεις και για τα στελέχη, με ποσοστά (26,8% και 26,9% αντίστοιχα) παρόμοια ή ελαφρώς χαμηλότερα από το γενικό δείγμα, ενώ η ευθυγράμμιση διοίκησης και εταιρικής κουλτούρας εμφανίζει σχεδόν πανομοιότυπο ποσοστό με το σύνολο του δείγματος (32,8% έναντι 32,7%).

Τα στελέχη φαίνεται να αντιλαμβάνονται τις προκλήσεις που σχετίζονται με τεχνική πολυπλοκότητα, εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό και κανονιστική συμμόρφωση ως πιο πιεστικές σε σχέση με το γενικό σύνολο των εργαζομένων, κάτι που είναι λογικό δεδομένου ότι η διοίκηση έχει άμεση εικόνα και ευθύνη για τη διαχείριση αυτών των πόρων και κινδύνων σε επίπεδο οργανισμού. Αντίθετα, το γεγονός ότι οι περιορισμοί προϋπολογισμού δεν ανησυχούν περισσότερο τα στελέχη σε σχέση με τους υπόλοιπους εργαζομένους ενισχύει την προηγούμενη παρατήρηση ότι οι επιχειρήσεις εμφανίζονται πρόθυμες να διαθέσουν τους απαραίτητους οικονομικούς πόρους, εφόσον η υιοθέτηση ΤΝ κριθεί στρατηγική προτεραιότητα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

5.1. Συμπεράσματα ερευνητικών ερωτημάτων

Η ανάλυση των απαντήσεων των 236 συμμετεχόντων επιτρέπει μια συνολική αποτίμηση της σύγχρονης εικόνας που παρουσιάζει ο κλάδος της φαρμακοβιομηχανίας στην Ελλάδα ως προς την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης. Στην παρούσα ενότητα αναλύονται τα αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου βάσει των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν στην εισαγωγή της εργασίας.

Το **πρώτο ερευνητικό ερώτημα** εξετάζει το βαθμό εξοικείωσης με τις έννοιες της τεχνητής νοημοσύνης (Ανάλυση Δεδομένων, Προηγμένη Ανάλυση Δεδομένων, Μηχανική Μάθηση, Συμβολική ΤΝ, Προγνωστική Μοντελοποίηση, Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, Γενετική ΤΝ, Βοηθοί ΤΝ, Μεγάλα Γλωσσικά Μοντέλα) από τους εργαζομένους του κλάδου της ελληνικής φαρμακοβιομηχανίας που αξιοποιούν εργαλεία ΤΝ. Οι συγκεκριμένες έννοιες επιλέχθηκαν ώστε να καλύψουν ένα οριζόντιο φάσμα χρήσεων της τεχνητής νοημοσύνης, αλλά και ένα καθετοποιημένο φάσμα τεχνολογιών, στις οποίες βασίζεται η ανάπτυξη και λειτουργία των εργαλείων ΤΝ.

Τα αποτελέσματα των απαντήσεων των συμμετεχόντων έδειξαν ότι η εξοικείωση με τις παραπάνω έννοιες τους κυμαίνεται μεταξύ των τιμών «μικρή» και «μεσαία» εξοικείωση (τιμές 2 και 3 σε κλίμακα 1 έως 5), ενώ οι μέσες τιμές για το σύνολο των απαντήσεων εντοπίζονται πλησιέστερα στην τιμή «μικρής» εξοικείωσης (2) για το σύνολο των εννοιών. Εξαίρεση αποτελεί η Ανάλυση Δεδομένων, η οποία εμφανίζει μέση τιμή που πλησιάζει την τιμή που αντιστοιχεί στη «μεσαία» εξοικείωση. Αντίθετα, οι έννοιες της Συμβολικής ΤΝ, των Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων και της Προγνωστικής Μοντελοποίησης εμφανίζουν τις μικρότερες τιμές εξοικείωσης.

Η γνώση και εξοικείωση των εργαζομένων με τις έννοιες ΤΝ δεν φαίνεται να διαφοροποιείται από την ηλικιακή ομάδα στην οποία ανήκουν. Βασικότερος παράγοντας διαφοροποίησης είναι ο ρόλος στην εταιρεία καθώς η εξοικείωση με την ΤΝ φαίνεται να αυξάνεται με το επίπεδο ευθύνης και ιεραρχίας, με την ανώτατη διοίκηση να ξεχωρίζει ως η πιο εξοικειωμένη ομάδα

και τους ρόλους Officer/Analyst ως τη λιγότερο εξοικειωμένη. Παράλληλα, και οι συμμετέχοντες με τη μεγαλύτερη εμπειρία συγκεντρώνουν τις υψηλότερες ή από τις υψηλότερες μέσες τιμές σε αρκετές έννοιες TN, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί σταθερό μοτίβο μεγαλύτερης εξοικείωσης, αφού σε άλλες έννοιες εμφανίζουν τις χαμηλότερες τιμές. Τέλος, το εκπαιδευτικό υπόβαθρο των συμμετεχόντων φαίνεται επίσης να μην διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο βαθμό εξοικείωσης των εργαζομένων με την TN. Επομένως, βασικότεροι παράγοντες μεγαλύτερης εξοικείωσης με την τεχνητή νοημοσύνη αποτελούν ο επαγγελματικός ρόλος, το αντικείμενο εργασίας, ο βαθμός έκθεσης σε σχετικά εργαλεία και τεχνολογίες στο πλαίσιο της καθημερινής εργασίας και ενδεχομένως η προσωπική ενασχόληση.

Μέρος της εξοικείωσης των εργαζομένων με την τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί και η εξοικείωσή τους με το κανονιστικό πλαίσιο περί TN (EU AI Act), στο οποίο η μεγάλη πλειοψηφία των συμμετεχόντων (62,7%) έδωσε αρνητική απάντηση.

Το **δεύτερο ερευνητικό ερώτημα** εξετάζει το βαθμό αξιοποίησης εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης από τις ελληνικές φαρμακοβιομηχανίες και σε ποιους λειτουργικούς τομείς εντοπίζονται οι σημαντικότερες χρήσεις. Αρχικά, αξίζει να σημειωθεί ότι βάσει των απαντήσεων η στάση των εταιρειών φαίνεται να είναι αρκετά δεκτική προς την υιοθέτηση εργαλείων TN, με το μεγαλύτερο μέρος των συμμετεχόντων να απαντά με σαφώς θετικές τιμές (57,6% απάντησαν 4-5 σε κλίμακα 1 έως 5) .

Για τη διερεύνηση του πραγματικού βαθμού αξιοποίησης οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν την αξιολόγησή τους για γενικότερες χρήσεις TN αλλά και πιο εξειδικευμένες ανά τμήμα. Ως προς τις γενικότερες χρήσεις ξεχώρισαν η «χρήση βοηθών (agents) TN» και η «μετάφραση» με ποσοστά περίπου 60% στις απαντήσεις μέτριας και υψηλής έκτασης χρήσης TN (τιμές 3-4 σε κλίμακα 1 έως 5). Για τις υπόλοιπες γενικές χρήσεις TN οι απαντήσεις επικεντρώνονται κυρίως στις τιμές καθόλου έως μέτριας αξιοποίησης TN (τιμές 1-3 σε κλίμακα 1 έως 5).

Ως προς τις εξειδικευμένες χρήσεις TN ανά τμήμα, η πλειονότητα των προτεινόμενων εφαρμογών συγκέντρωσε απαντήσεις μηδενικής ή περιορισμένης αξιοποίησης τους. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει βρει σχετικά ωριμότερη εφαρμογή σε λειτουργίες με σαφές, μετρήσιμο αντικείμενο και περιορισμένη ρυθμιστική έκθεση, όπως η πρόβλεψη ζήτησης και η διαχείριση αποθεμάτων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα και η προγνωστική συντήρηση στη Μηχανική και Συντήρηση. Αξιοσημείωτη εφαρμογή TN εντοπίζεται και στην αυτοματοποιημένη οπτική

επιθεώρηση στις Παραγωγικές Διεργασίες, όπου σε αντίθεση με τις προηγούμενες εφαρμογές υπάρχει αρκετά σημαντική κανονιστική επίδραση. Παρόλα αυτά, λειτουργίες που απαιτούν ανθρώπινη κρίση ή ενέχουν υψηλό ρυθμιστικό κίνδυνο, όπως η αυτοματοποίηση του ελέγχου αρχείων παρτίδας, η αξιολόγηση προμηθευτών, η φαρμακοεπαγρύπνηση, οι εσωτερικοί έλεγχοι, οι αυτοματοποιημένες συνεντεύξεις και η πρόβλεψη κινδύνου αποχώρησης προσωπικού, παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτες. Υψηλή εφαρμογή σημειώνουν και η προεπιλογή βιογραφικών στο Ανθρώπινο Δυναμικό, τα IT chatbots και η βελτίωση στρατηγικών προώθησης στο marketing, ωστόσο ο μικρός αριθμός συμμετοχής των παρακάτω τμημάτων δεν επιτρέπει τη γενίκευση για τις συγκεκριμένες εφαρμογές TN. Συνολικά, η αξιοποίηση της TN φαίνεται να εξυπηρετεί κυρίως τη διευκόλυνση του διαχειριστικού φόρτου εργασίας, ενώ δεν βρίσκει ιδιαίτερα μεγάλη εφαρμογή στην υποστήριξη εξειδικευμένων τεχνικών ή στρατηγικών λειτουργιών.

Το **τρίτο ερευνητικό ερώτημα** εξετάζει τη διαφοροποίηση ως προς την υιοθέτηση TN ανάμεσα στα τμήματα και τα διαφορετικά επίπεδα εξοικείωσης των εργαζομένων. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων φανέρωσαν ότι η εκάστοτε μέση τιμή των απαντήσεων για όλα τα τμήματα παρουσιάζει παρόμοιο βαθμό εφαρμογής TN που εντοπίζεται κοντά στην τιμή μικρής υιοθέτησης εργαλείων TN (τιμή 2 σε κλίμακα 1 έως 5). Ελάχιστη διαφοροποίηση προς χαμηλότερη χρήση TN εμφανίζουν τα τμήματα Έρευνας και Ανάπτυξης και Διασφάλισης Ποιότητας (μέση τιμή εφαρμογής 1,4 και 1,5 αντίστοιχα). Αντίθετα, τα τμήματα Προώθησης και Εξυπηρέτησης Πελατών, Ανθρώπινου Δυναμικού και Πληροφορικής παρουσιάζουν διαφοροποίηση προς υψηλότερη χρήση TN, ωστόσο ο χαμηλός αριθμός συμμετεχόντων από τα συγκεκριμένα τμήματα δεν επιτρέπει τη γενίκευση για την υιοθέτηση TN στα τμήματα αυτά. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι ο Ποιοτικός Έλεγχος δεν εμφανίζει καμία απάντηση στις τιμές 4-5 σε καμία εφαρμογή, οι Κανονιστικές Υποθέσεις καμία απάντηση στην τιμή 5, ενώ στη Διασφάλιση Ποιότητας η πλήρης υιοθέτηση (τιμή 5) σε μία μόνο εφαρμογή φτάνει μόλις στο 4,2% και στην Έρευνα και Ανάπτυξη αντίστοιχα στο 4,3%.

Η ενσωμάτωση εφαρμογών TN ως προς τα επίπεδα εξοικείωσης των εργαζομένων παρουσιάζει επίσης διαφοροποίηση, αφού υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δύο. Το συμπέρασμα αυτό είναι αναμενόμενο, δεδομένου ότι η εκτενέστερη εφαρμογή εργαλείων TN συνοδεύεται και από μεγαλύτερη εξοικείωση. Παρόλα αυτά, η διακύμανση της ενσωμάτωσης TN ερμηνεύεται μόνο στο 13,8% από την εξοικείωση των εργαζομένων, που

υποδεικνύει, ότι η καλύτερη κατανόηση δεν συνεπάγεται απαραίτητα και αυξημένη εφαρμογή ενώ ταυτόχρονα αυξημένη χρήση από μόνη της δεν επαρκεί για την ουσιαστική κατανόηση της TN. Επομένως, η ευρύτερη κατανόηση ενδεχομένως συνεισφέρει περισσότερο στην χρήση καταλληλότερων εργαλείων TN και στον καλύτερο κριτικό έλεγχο των αποτελεσμάτων παρά στην διάδοση χρήσης εργαλείων TN. Συνεπώς απαιτείται στοχευμένη εκπαίδευση, η οποία θα ενισχύσει τόσο την κατανόηση των τεχνολογιών όσο και την αποτροπή λανθασμένης χρήσης της TN και εσφαλμένων αποτελεσμάτων.

Το **τέταρτο ερευνητικό ερώτημα** διερευνά την επίδραση του μεγέθους και της ψηφιακής ωριμότητας της εταιρείας στην ενσωμάτωση εφαρμογών TN. Το μέγεθος της εταιρείας φαίνεται να έχει μικρή επίδραση στην υιοθέτηση εργαλείων TN στις διάφορες λειτουργίες της, καθώς μεσαίες επιχειρήσεις φαίνεται να υλοποιούν σε ελάχιστα μικρότερο βαθμό εργαλεία TN σε σχέση με τις μεγάλες επιχειρήσεις. Για τις μικρές επιχειρήσεις το δείγμα ήταν πολύ μικρό ώστε να μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστη η γενίκευση του αποτελέσματος. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι για όλα τα μεγέθη των εταιρειών η ενσωμάτωση TN εντοπίζεται κοντά στην τιμή 2 που αντιπροσωπεύει πολύ χαμηλό βαθμό αξιοποίησης εργαλείων TN.

Αντίθετα, παρατηρείται στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του βαθμού ενσωμάτωσης εφαρμογών TN και της ψηφιακής ωριμότητας της εταιρείας. Το συμπέρασμα αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η ψηφιακή ωριμότητα αποτελεί αναγκαίο προαπαιτούμενο για την υιοθέτηση εργαλείων TN. Ωστόσο, η ψηφιακή ωριμότητα ερμηνεύει μόλις το 5,8% της διακύμανσης της ενσωμάτωσης εργαλείων TN, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ψηφιακή ωριμότητα είναι απαραίτητη για την εφαρμογή αλλά σε περιορισμένο βαθμό καθορίζει την χρήση εργαλείων TN. Η εφαρμογή τους επηρεάζεται περισσότερο από άλλους παράγοντες που πιθανώς αφορούν την εξειδικευμένη λειτουργία που θα υποστηρίξουν, την ανάγκη ακρίβειας αποτελεσμάτων, την δυνατότητα ανθρώπινης εποπτείας αλλά και το κανονιστικό πλαίσιο που διαμορφώνει τη συγκεκριμένη λειτουργία.

Το **πέμπτο ερευνητικό ερώτημα** εντοπίζει τις ευκαιρίες και τα οφέλη που αναγνωρίζουν τα στελέχη του κλάδου από την αξιοποίηση της TN. Οι συμμετέχοντες αναγνωρίζουν με μικρή διαφοροποίηση ότι η βελτίωση της αποδοτικότητας και της παραγωγικότητας, η δυνατότητα παρακολούθησης και ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο και η διεύρυνση της ικανότητας

επεξεργασίας δεδομένων αποτελούν τις διαστάσεις με την υψηλότερη σημασία, καθώς έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετεχόντων που τις αξιολόγησαν ως πολύ σημαντικές (τιμή 5 σε κλίμακα 1 έως 5), ενώ το ποσοστό των απαντήσεων με αξιολόγηση σημασίας 4 είναι πρακτικά παρόμοιο για όλα τα οφέλη. Παρόλα αυτά, τα μεγαλύτερα ποσοστά ανά όφελος συγκεντρώνουν οι τιμές μέτριας και αρκετής σημασίας (3 και 4 αντίστοιχα). Επομένως, όλα τα οφέλη αξιολογούνται ως σημαντικά χωρίς κάποιο να ξεχωρίζει αισθητά ως περισσότερο ή λιγότερο σημαντικό. Παρόμοια είναι και η εικόνα ως προς τις ευκαιρίες που παρουσιάζει η χρήση TN, με μια ελαφρά υψηλότερη σημασία στη διαχείριση κινδύνου και τα προληπτικά μέτρα. Παρόλα αυτά, όταν οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να αναφέρουν τη λειτουργία που οι ίδιοι επιθυμούν να βελτιώσει η TN, για την οποία και αναγνωρίζουν το μεγαλύτερο όφελος, το μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες συγκέντρωσε η ανάλυση δεδομένων και η δημιουργία αναφορών. Επομένως, βάσει των συνολικών αποτελεσμάτων η διεύρυνση της ικανότητας επεξεργασίας δεδομένων αξιολογείται ότι αποτελεί το σημαντικότερο όφελος της TN.

Το **έκτο ερευνητικό ερώτημα** εντοπίζει τις προκλήσεις, τους περιορισμούς και τις απειλές που προκύπτουν κατά την υιοθέτηση και εφαρμογή τεχνολογιών TN στο περιβάλλον υψηλής ρυθμιστικής αυστηρότητας των φαρμακοβιομηχανιών. Οι συμμετέχοντες αναγνωρίζουν ότι τα εσφαλμένα αποτελέσματα ή λανθασμένη ερμηνεία και η συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα αποτελούν τις σημαντικότερες προκλήσεις κατά τη χρήση TN, αφού συγκεντρώνουν τα μεγαλύτερα ποσοστά αξιολόγησης ως σημαντικής πρόκλησης (τιμή 5 σε κλίμακα 1 έως 5). Το συμπέρασμα αυτό για την ακρίβεια και αξιοπιστία υποστηρίζουν και τα αποτελέσματα της ανοιχτού τύπου ερώτησης για την ανησυχία προς την TN, καθώς η διάσταση αυτή συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό, ενώ ακολουθεί το απόρρητο και η ασφάλεια δεδομένων, η ανθρώπινη εποπτεία και κριτική σκέψη που περιορίζεται μέσω της χρήσης TN για λήψη αποφάσεων και η συμμόρφωση και επικύρωση των εργαλείων TN. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανησυχία για την ακρίβεια και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που παράγουν τα εργαλεία TN συνδέεται άμεσα με την ανησυχία για τον περιορισμό της κριτικής σκέψης. Ο εντοπισμός εσφαλμένων ή αναξιόπιστων αποτελεσμάτων προϋποθέτει τη διατήρηση ανθρώπινης εποπτείας και την κριτική αξιολόγησή τους.

Και στις προκλήσεις τα μεγαλύτερα ποσοστά ανά διάσταση συγκεντρώνουν οι τιμές μέτριας και αρκετής σημασίας (3 και 4 αντίστοιχα). Ειδικά η πρόκληση υψηλών απαιτήσεων σε πόρους

συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό στην τιμή μέτριας σημαντικότητας (3), αποτέλεσμα ιδιαίτερα ενδιαφέρον καθώς υποδεικνύει ότι η επιχείρηση θα διαθέσει τους απαραίτητους πόρους για την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση συστημάτων TN, εφόσον η υιοθέτησή τους κριθεί στρατηγικός στόχος.

Ως προς τις προκλήσεις, τις απειλές και τους κινδύνους των εφαρμογών TN που αφορούν την επίδραση του περιβάλλοντος της επιχείρησης, η ευαισθητοποίηση των συμμετεχόντων ήταν αυξημένη καθώς τα μεγαλύτερα ποσοστά συγκεντρώνουν οι απαντήσεις αρκετής και υψηλής σημαντικότητας (τιμές 4 και 5 σε κλίμακα 1 έως 5). Η συμμόρφωση με κανονιστικές απαιτήσεις συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό στην τιμή «πολύ σημαντική» απειλή (5), με 33,5%, υποδεικνύοντας τη μεγάλη σημασία που της αποδίδουν οι συμμετέχοντες, ενώ και η κυβερνοασφάλεια και οι παραβιάσεις προσωπικών δεδομένων αποτελούν ιδιαίτερα ανησυχητικές διαστάσεις σύμφωνα με τις απαντήσεις. Το αποτέλεσμα αυτό σε συνδυασμό με την περιορισμένη γνώση των συμμετεχόντων για το κανονιστικό πλαίσιο EU AI Act που δημοσιοποιήθηκε μόλις το 2024, ενδέχεται να αντανακλά την αντίληψη ότι το ρυθμιστικό πλαίσιο γύρω από την TN εξελίσσεται ραγδαία ώστε να καλύψει την αντίστοιχη εξέλιξη των τεχνολογιών TN, δημιουργώντας αβεβαιότητα ως προς τις υποχρεώσεις που καλούνται να τηρήσουν οι επιχειρήσεις, αλλά και προς την διασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων των εργαλείων TN. Η ανησυχία των συμμετεχόντων για τη συμμόρφωση με κανονιστικές απαιτήσεις ενδεχομένως εντείνεται από την έλλειψη ωριμότητας στη διαδικαστική ενσωμάτωση της TN εντός των επιχειρήσεων. Το 43,6% των συμμετεχόντων εργάζεται σε εταιρείες που δεν διαθέτουν αρμόδιο ρόλο ή τμήμα για τις πρωτοβουλίες TN, ενώ ένα επιπλέον 30,5% δηλώνει ότι αγνοεί αν υπάρχει τέτοιος ρόλος. Το 66,9% δηλώνει ότι δεν αξιοποιεί εργαλεία TN σε διαδικασίες σχετικές με GxP ή GDPR και, από όσους τα αξιοποιούν έστω εν μέρει, μόλις το 33,3% λειτουργεί σε πλαίσιο με σαφή βήματα επικύρωσης, ενώ το 30,8% δηλώνει ότι αγνοεί το καθεστώς επικύρωσης των εργαλείων που χρησιμοποιεί σε ρυθμιζόμενο περιβάλλον. Αντίστοιχα, θεσπισμένες διαδικασίες ελέγχου των δεδομένων εισόδου δηλώνει μόλις το 18,6% και πλήρως εφαρμοσμένες διαδικασίες επαλήθευσης των δεδομένων εξόδου μόλις το 12,3%, με τον έλεγχο των παραγόμενων αποτελεσμάτων να υστερεί έναντι του ελέγχου των δεδομένων εισόδου. Τα υψηλά ποσοστά άγνοιας που καταγράφονται σε όλες αυτές τις ερωτήσεις ενισχύουν την εικόνα περιορισμένης διαφάνειας και εσωτερικής επικοινωνίας γύρω από τις πολιτικές διακυβέρνησης δεδομένων TN.

Τόσο στην μελέτη για τα οφέλη όσο και για τους περιορισμούς και απειλές από τη χρήση εργαλείων ΤΝ πραγματοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης, από την οποία προκύπτει ότι όλες οι συσχετίσεις μεταξύ των επιμέρους διαστάσεων είναι θετικές και στατιστικά σημαντικές. Το γεγονός ότι όσοι βαθμολόγησαν υψηλά μία διάσταση βαθμολόγησαν αντίστοιχα και τις υπόλοιπες υποδεικνύει ότι οι συμμετέχοντες δεν διακρίνουν κάποιο συγκεκριμένο όφελος ή αντίστοιχα κάποια πρόκληση έναντι των άλλων, αλλά τείνουν να απαντούν με βάση μια γενική, συνολική εντύπωση. Το εύρημα αυτό συνδέεται άμεσα με το περιορισμένο επίπεδο εξοικείωσης που καταγράφηκε, καθώς η αναγνώριση των οφελών ή των περιορισμών της ΤΝ φαίνεται να στηρίζεται περισσότερο σε μια γενικευμένη προδιάθεση παρά σε κριτική, εμπειρικά τεκμηριωμένη αποτίμηση κάθε επιμέρους διάστασης.

Το **έβδομο και τελευταίο ερευνητικό** ερώτημα εξετάζει την προσέγγιση των εταιρειών για την ανάπτυξη εργαλείων ΤΝ και εντοπίζει τους σημαντικότερους περιορισμούς που αναγνωρίζουν για την ανάπτυξη τους. Ως προς την ανάπτυξη εξειδικευμένων εργαλείων ΤΝ, εναρμονισμένων με τις απαιτήσεις της κάθε εταιρείας, οι απαντήσεις των συμμετεχόντων δεν αναδεικνύουν σαφή προτίμηση προς κάποια από τις τρεις εναλλακτικές, δηλαδή τις εμπορικές λύσεις, την εσωτερική ανάπτυξη και την ανάθεση σε εξωτερικό συνεργάτη, ενώ το 18,6% των συμμετεχόντων δήλωσε αβεβαιότητα ως προς την καταλληλότερη προσέγγιση για την εταιρεία του.

Ως προς τις προκλήσεις που αφορούν ειδικότερα την ανάπτυξη εργαλείων ΤΝ, η πολυπλοκότητα της επικύρωσης αναδεικνύεται ως η πλέον κρίσιμη διάσταση, τόσο στην αξιολόγηση με κλίμακα Likert (49,6% στις τιμές 4-5) όσο και στην ιεράρχηση των τριών σημαντικότερων προκλήσεων (19,6%), με τη σύγκλιση δύο μεθοδολογικά διαφορετικών προσεγγίσεων να ενισχύει την αξιοπιστία του ευρήματος. Ακολουθούν η συμμόρφωση με τη νομοθεσία και η πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού, ενώ οι περιορισμοί προϋπολογισμού και πόρων και οι απαιτήσεις υποδομής αξιολογούνται ως οι λιγότερο ανησυχητικές προκλήσεις, εύρημα που ενδεχομένως αντανάκλα την πεποίθηση ότι οι επιχειρήσεις θα διαθέσουν τους απαραίτητους πόρους εφόσον η υιοθέτηση της ΤΝ κριθεί στρατηγική προτεραιότητα. Η εικόνα αυτή εντείνεται στο επίπεδο της διοίκησης, καθώς τα στελέχη σε ρόλους «manager» και «upper management» αξιολογούν την πολυπλοκότητα επικύρωσης (53,8%), την πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού (53,7%) και τη συμμόρφωση με τη νομοθεσία (47,7%) ως σαφώς σοβαρότερες προκλήσεις σε σχέση με το σύνολο του δείγματος.

Συνολικά, τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι το κρίσιμο εμπόδιο δεν είναι οικονομικό ή ύπαρξης υποδομών, αλλά συνδέεται με την τεχνική και κανονιστική πολυπλοκότητα της επικύρωσης και με τη διαθεσιμότητα εξειδικευμένης τεχνογνωσίας, ενώ η περιορισμένη γνώση του κανονιστικού πλαισίου EU AI Act φαίνεται να εντείνει περαιτέρω την αντιλαμβανόμενη αυτή πολυπλοκότητα.

5.2. Επιπτώσεις για τη διοίκηση φαρμακευτικών επιχειρήσεων

Τα ευρήματα της έρευνας έχουν άμεσες επιπτώσεις για τη διοίκηση των φαρμακευτικών επιχειρήσεων. Η υιοθέτηση της TN δεν φαίνεται να περιορίζεται από την απροθυμία των επιχειρήσεων ή την έλλειψη τεχνολογικών μέσων, καθώς η στάση των επιχειρήσεων καταγράφεται ως θετική και η πλειονότητα αυτών διαθέτει έστω σε κάποιο βαθμό αυτοματοποιημένα συστήματα καταγραφής δεδομένων. Ένα από τα βασικότερα εμπόδια εντοπίζεται στη διαχείριση της μετάβασης, δηλαδή στην ένταξη της τεχνητής νοημοσύνης στις διαδικασίες, στη γνώση και κατανόηση της λειτουργίας την TN και στη διακυβέρνηση δεδομένων. Τα πεδία αυτά ανήκουν εξ ολοκλήρου στην αρμοδιότητα της διοίκησης.

Η συστηματική συλλογή δεδομένων υστερεί έναντι της αποθήκευσης, της ψηφιοποίησης και της τυποποίησης τους, ενώ σε συνδυασμό με την ευρεία διάδοση αυτοματοποιημένων συστημάτων καταγραφής, υποδεικνύει ότι η προτεραιότητα εντοπίζεται στη βελτίωση των διαδικασιών αξιοποίησής τους και όχι στην απόκτηση νέων τεχνολογικών εργαλείων. Η απουσία αρμόδιου ρόλου ή τμήματος για τις πρωτοβουλίες TN στο 43,6% των περιπτώσεων, σε συνδυασμό με το 30,5% που αγνοεί αν υπάρχει τέτοιος ρόλος, υποδεικνύει ταυτόχρονα ανεπαρκή οργανωτική εκπροσώπηση αλλά και εσωτερική επικοινωνία. Συνεπώς, σχετικές ιδέες και πρωτοβουλίες των εργαζομένων ενδεχομένως δεν αξιοποιούνται συστηματικά.

Παράλληλα, το γεγονός ότι το 30,8% των εργαζομένων που χρησιμοποιούν εργαλεία TN σε διαδικασίες GxP ή GDPR αγνοεί αν αυτά είναι επικυρωμένα, καθώς και ότι μόλις το 12,3% δηλώνει πλήρως εφαρμοσμένες διαδικασίες επαλήθευσης των παραγόμενων αποτελεσμάτων, αναδεικνύει την ανάγκη θέσπισης σαφών εσωτερικών διαδικασιών χρήσης, επικύρωσης και ελέγχου πριν από την ενσωμάτωση εργαλείων TN σε ένα ευαίσθητο λειτουργικό περιβάλλον. Αξίζει επίσης να αξιολογηθεί η ανάγκη για δημιουργία διαδικασιών ελέγχου των δεδομένων εξόδου, ο οποίος υστερεί σε σχέση με τον έλεγχο των δεδομένων εισόδου, καθώς εσφαλμένα ή μη επαληθευμένα αποτελέσματα ενδέχεται να έχουν σοβαρές επιπτώσεις σε ζητήματα ποιότητας, ασφάλειας και κανονιστικής συμμόρφωσης.

Παρατηρήθηκε ακόμη ότι η εξοικείωση με την TN συνδέεται με τον ρόλο και τον βαθμό έκθεσης σε σχετικά εργαλεία, με αποτέλεσμα η κατάρτιση να αναδεικνύεται σε άμεσα αξιοποιήσιμο μοχλό παρέμβασης. Το συμπέρασμα ότι οι ρόλοι Officer/Analyst, δηλαδή η πολυπληθέστερη ομάδα του δείγματος και εκείνη που εκτελεί το μεγαλύτερο μέρος των καθημερινών λειτουργιών, εμφανίζει τη χαμηλότερη εξοικείωση με τις έννοιες της TN, υποδεικνύει ότι η αντίστοιχη εκπαίδευση χρειάζεται να επικεντρωθεί κατά προτεραιότητα στους ρόλους αυτούς και όχι μόνο στη διοίκηση. Τέλος, η ισχυρή συνάφεια των απαντήσεων ως προς τα οφέλη και τους κινδύνους, που υποδηλώνει αξιολόγηση βάσει γενικής εντύπωσης, υποδεικνύει ότι οι αποφάσεις υιοθέτησης ενδέχεται να λαμβάνονται χωρίς επαρκή κριτική αποτίμηση των επιμέρους διαστάσεων, ενώ αναδεικνύει και την ανάγκη τεκμηριωμένης αξιολόγησης κάθε εφαρμογής ξεχωριστά.

5.3. Επιπτώσεις για ρυθμιστικούς φορείς

Η συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάζει ενδιαφέρον και για τους ρυθμιστικούς φορείς, καθώς αναδεικνύει ένα σαφές κενό ενημέρωσης ως προς το κανονιστικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την TN. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η διαπίστωση ότι το 62,7% των εργαζομένων του κλάδου δηλώνει ότι δεν γνωρίζει τον κανονισμό EU AI Act και ότι μόνο το 7,2% θεωρεί ότι γνωρίζει σε βάθος το περιεχόμενό του, δεδομένου ότι πρόκειται για έναν κλάδο με μεγάλη ανάγκη συμμόρφωσης προς αυστηρά ρυθμιστικά πλαίσια αλλά και με ιδιαίτερα υψηλό μορφωτικό επίπεδο στο ανθρώπινο δυναμικό του.

Η περιορισμένη ενσωμάτωση εργαλείων TN σε διαδικασίες σχετικές με GxP ή GDPR, όπου μόλις το 6,8% δηλώνει ουσιαστική αξιοποίηση, φαίνεται να συνδέεται με την αβεβαιότητα ως προς τις απαιτήσεις συμμόρφωσης και την έλλειψη εμπιστοσύνης προς την TN. Ταυτόχρονα, η κανονιστική συμμόρφωση αναδεικνύεται ως ο κίνδυνος που ανησυχεί περισσότερο τους συμμετέχοντες (33,5% στην ανώτατη τιμή σοβαρότητας) και ως η δεύτερη σημαντικότερη πρόκληση για τη μελλοντική ανάπτυξη εργαλείων TN. Παράλληλα, η πολυπλοκότητα της επικύρωσης αναδεικνύεται συνολικά ως η πιο κρίσιμη πρόκληση, ενώ σε συνδυασμό με το περιορισμένο επίπεδο γνώσης του νομοθετικού πλαισίου λειτουργεί προσθετικά στην αντιλαμβανόμενη πολυπλοκότητα των εργαλείων TN και της εφαρμογής τους. Με άλλα λόγια, η ρυθμιστική αβεβαιότητα φαίνεται να λειτουργεί αποτρεπτικά στην υιοθέτηση της TN σε ρυθμιζόμενες διαδικασίες.

Τέλος, σημαντικό τμήμα των εργαζομένων αναφέρει ότι αξιοποιεί ήδη εργαλεία ΤΝ σε ρυθμιζόμενες διαδικασίες χωρίς να γνωρίζει το καθεστώς επικύρωσής τους, καθώς μόλις το ένα τρίτο των χρηστών λειτουργεί σε πλαίσιο με σαφή βήματα επικύρωσης. Το αποτέλεσμα αυτό, σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά θεσπισμένων διαδικασιών ελέγχου των δεδομένων εισόδου (18,6%) και επαλήθευσης των δεδομένων εξόδου (12,3%), υποδεικνύει την ανάγκη για σαφέστερες, πιο προσιτές και πιο στοχευμένες οδηγίες συμμόρφωσης και επικύρωσης, καθώς και για στοχευμένη ενημέρωση των επαγγελματιών του κλάδου, ως προϋποθέσεις για την υπεύθυνη υιοθέτηση της ΤΝ στη φαρμακοβιομηχανία.

5.4. Προτάσεις για τις επιχειρήσεις

Με βάση τα ευρήματα της έρευνας, διατυπώνονται οι ακόλουθες προτάσεις για τις επιχειρήσεις του κλάδου:

- **Εστίαση στις διαδικασίες διαχείρισης των δεδομένων.** Η τεχνολογική υποδομή για αυτοματοποιημένη καταγραφή δεδομένων υπάρχει σε σημαντικό βαθμό. Υστερεί ωστόσο η διαδικαστική περιγραφή συλλογής, ελέγχου και συστηματικής αποθήκευσης δεδομένων από το σύνολο των συστημάτων καταγραφής ή παραγωγής δεδομένων.
- **Θέσπιση αρμόδιου ρόλου ή τμήματος με υπευθυνότητα τις πρωτοβουλίες ΤΝ.** Η απουσία τέτοιου ρόλου αποτελεί εμπόδιο στη συστηματική και αποτελεσματική ενσωμάτωση εφαρμογών ΤΝ, καθώς και την αξιοποίηση σχετικών ιδεών και πρωτοβουλιών του προσωπικού.
- **Ενίσχυση της εσωτερικής επικοινωνίας και της διαφάνειας.** Τα υψηλά ποσοστά άγνοιας ως προς την ύπαρξη αρμόδιου ρόλου, προς το καθεστώς επικύρωσης των εργαλείων ΤΝ και προς τις διαδικασίες διαχείρισης και ελέγχου δεδομένων, υποδεικνύουν την ανάγκη καλύτερης ενημέρωσης του προσωπικού για τις πολιτικές της εταιρείας που διέπουν τη χρήση της ΤΝ.
- **Προτεραιοποίηση των διαδικασιών επικύρωσης και ελέγχου, με ιδιαίτερη έμφαση στα δεδομένα εξόδου.** Μόλις το 12,3% διαθέτει πλήρως εφαρμοσμένες διαδικασίες επαλήθευσης των παραγόμενων αποτελεσμάτων, έναντι 18,6% για τα δεδομένα εισόδου, ενώ η μεγαλύτερη ανησυχία των εργαζομένων σχετικά με την ΤΝ εντοπίζεται στην ακρίβεια και ορθότητα των αποτελεσμάτων.

- **Στοχευμένη εκπαίδευση σε δύο επίπεδα.** Αφενός στο κανονιστικό πλαίσιο, δεδομένου ότι το 62,7% των εργαζομένων δεν γνωρίζει το κανονιστικό πλαίσιο EU AI Act και αφετέρου στις τεχνολογίες TN, ώστε να ενισχύεται η κριτική σκέψη του προσωπικού ώστε να αντιλαμβάνονται ευκολότερα πιθανά αναξιόπιστα αποτελέσματα. Η εκπαίδευση χρειάζεται να απευθύνεται κατά προτεραιότητα στους ρόλους Officer/Analyst, οι οποίοι εμφανίζουν τη χαμηλότερη εξοικείωση παρότι αποτελούν την πολυπληθέστερη ομάδα.
- **Αξιοποίηση των τμημάτων με μεγαλύτερη ωριμότητα ως εσωτερικών σημείων αναφοράς.** Η Εφοδιαστική Αλυσίδα και οι Παραγωγικές Διεργασίες εμφανίζουν τα υψηλότερα επίπεδα υιοθέτησης και μπορούν να λειτουργήσουν ως πηγή τεχνογνωσίας και εμπειρίας για τμήματα με χαμηλότερη ωριμότητα, όπως η Έρευνα και Ανάπτυξη και η Διασφάλιση Ποιότητας.
- **Εφαρμογές με σαφές, μετρήσιμο αντικείμενο και περιορισμένη ρυθμιστική έκθεση αποτελούν ένα πρώτο βήμα για την υιοθέτηση εργαλείων TN.** Τα ευρήματα δείχνουν ότι η TN έχει ωριμάσει σε λειτουργίες όπως η προγνωστική συντήρηση, η αυτοματοποιημένη οπτική επιθεώρηση, η πρόβλεψη ζήτησης και η παρακολούθηση νομοθετικών μεταβολών, οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν αφετηρία για τη σταδιακή επέκταση σε πιο απαιτητικά πεδία.
- **Ανταπόκριση στις ανάγκες των εργαζομένων για υλοποίηση εφαρμογών TN.** Η ανάλυση δεδομένων και η δημιουργία αναφορών, η τεκμηρίωση εγγράφων, η αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών και η επικοινωνία αναδεικνύονται ως τα πεδία με το μεγαλύτερο αντιλαμβανόμενο πρακτικό όφελος και συνιστούν εύλογα σημεία εκκίνησης για εφαρμογές με άμεση αποδοχή από το προσωπικό. Οι βοηθοί (agents) TN υποστηρίζουν σε μεγάλο βαθμό τις παραπάνω εφαρμογές, ωστόσο απαιτούνται σαφείς διαδικασίες και σχετικές εκπαιδεύσεις, ώστε να διασφαλιστεί η ανθρώπινη εποπτεία και ο έλεγχος των παραγόμενων αποτελεσμάτων.
- **Επιλογή στρατηγικής ανάπτυξης εργαλείων TN προσαρμοσμένης στα χαρακτηριστικά της επιχείρησης.** Δεδομένου ότι οι τρεις εναλλακτικές συγκεντρώνουν ουσιαστικά ισοδύναμα ποσοστά προτίμησης και ότι το 18,6% δηλώνει αβεβαιότητα, η επιλογή μεταξύ εμπορικών λύσεων, εσωτερικής ανάπτυξης και ανάθεσης σε εξωτερικό συνεργάτη χρειάζεται να στηριχθεί σε τεκμηριωμένη ανάλυση και εκτίμηση της διαθέσιμης τεχνογνωσίας και των αναγκών της εκάστοτε επιχείρησης.

5.5. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα έρευνα αποτυπώνει μια πρώτη συνολική εικόνα της υιοθέτησης της TN στη φαρμακοβιομηχανία στην Ελλάδα και, με βάση τα συμπεράσματα αλλά και τους περιορισμούς που εντοπίστηκαν κατά την ανάλυση, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα:

- **Στοχευμένη διερεύνηση των τμημάτων με περιορισμένη εκπροσώπηση στο δείγμα.** Τα τμήματα Προώθησης και Εξυπηρέτησης Πελατών, Ανθρώπινου Δυναμικού και Πληροφορικής συγκέντρωσαν ιδιαίτερα μικρό αριθμό απαντήσεων ($N=6-8$), με συνέπεια να μην είναι εφικτή η γενίκευση των σχετικών αποτελεσμάτων. Παρόλο που εμφάνισαν τις υψηλότερες μέσες τιμές υιοθέτησης, η επιβεβαίωση του συμπεράσματος αυτού απαιτεί μεγαλύτερα και πιο ισορροπημένα δείγματα ανά τμήμα.
- **Στοχευμένη διερεύνηση των μικρότερων επιχειρήσεων.** Οι εταιρείες με λιγότερους από 100 εργαζομένους αντιπροσώπευσαν μόλις το 2,1% του δείγματος, ενώ εμφάνισαν από τις υψηλότερες μέσες τιμές χρήσης γενικών εργαλείων TN. Η διερεύνηση του αποτελέσματος αυτού για την ταχύτερη υιοθέτηση εργαλείων TN λόγω μεγαλύτερης ευελιξίας αποτελεί ξεχωριστό ερευνητικό ερώτημα.
- **Εμβάθυνση στους παράγοντες που διαμορφώνουν την εξοικείωση με την TN.** Η ηλικία, η εμπειρία και το εκπαιδευτικό επίπεδο δεν αναδείχθηκαν ως καθοριστικοί παράγοντες, ενώ ο ρόλος εμφάνισε σαφή διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων εξοικείωσης. Συνεπώς, προτείνεται περαιτέρω μελέτη των επιδράσεων της καθημερινής έκθεσης σε εργαλεία, της εταιρικής κουλτούρας, της παρεχόμενης κατάρτισης και της προσωπικής πρωτοβουλίας στην εξοικείωση με την TN.
- **Ποιοτική διερεύνηση των αντιλήψεων για τα οφέλη και τους κινδύνους.** Η ισχυρή συνάφεια των απαντήσεων στις επιμέρους διαστάσεις υποδεικνύει αξιολόγηση βάσει γενικής εντύπωσης παρά κριτικής αποτίμησης. Ποιοτικές μέθοδοι, όπως συνεντεύξεις σε βάθος ή ομάδες εστίασης, θα επέτρεπαν τη διάκριση μεταξύ πραγματικής αλληλεξάρτησης των διαστάσεων και έλλειψης εξειδικευμένης γνώσης.
- **Διαχρονική παρακολούθηση της υιοθέτησης.** Δεδομένου ότι η έρευνα αποτυπώνει την κατάσταση σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή και ότι η γνώση του κανονιστικού πλαισίου EU AI Act παραμένει περιορισμένη, η επανάληψη της μελέτης σε

μεταγενέστερο χρόνο θα επέτρεπε την αποτίμηση της εξέλιξης της ετοιμότητας και της επίδρασης του κανονιστικού πλαισίου.

- **Εξέταση της σχέσης μεταξύ επικύρωσης και πραγματικής υιοθέτησης.** Δεδομένου ότι η πολυπλοκότητα της επικύρωσης αναδείχθηκε ως η κρισιμότερη πρόκληση από δύο μεθοδολογικά διαφορετικές προσεγγίσεις, η διερεύνηση συγκεκριμένων προσεγγίσεων επικύρωσης εργαλείων TN σε περιβάλλον GxP θα είχε άμεση πρακτική αξία για τον κλάδο.
- **Συγκριτική ανάλυση μεταξύ φαρμακοβιομηχανιών στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.** Η συστηματική σύγκριση των επιπέδων ετοιμότητας, διαχείρισης δεδομένων και υιοθέτησης TN με επιχειρήσεις του φαρμακευτικού κλάδου στο εξωτερικό θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο εξειδικευμένης μελέτης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abrokwah-Larbi, K., & Awuku-Larbi, Y. (2024). The impact of artificial intelligence in marketing on the performance of business organizations: evidence from SMEs in an emerging economy. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 16(4), 1090–1117. <https://doi.org/10.1108/JEEE-07-2022-0207>
- Amin, M. (2026). Building Regulatory Confidence with Human-in-the-Loop AI in Paperless GMP Validation. *Journal on Artificial Intelligence*, 8(1), 1–18. <https://doi.org/10.32604/JAI.2026.073895>
- Andrianandrianina Johanesa, T. V., Equeter, L., & Mahmoudi, S. A. (2024). Survey on AI Applications for Product Quality Control and Predictive Maintenance in Industry 4.0. *Electronics (Switzerland)*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/electronics13050976>
- Anushri Shinde, M. G., Koushik, S. S., & Kukar, K. A. (2025). A Review on Integration of Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), and Big Data Analytics in Pharmaceutical Quality Assurance & Quality Control. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology International Open-Access, Double-Blind, Peer-Reviewed, Refereed, Multidisciplinary Online Journal*, 5(3). <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-29821>
- Arden, N. S., Fisher, A. C., Tyner, K., Yu, L. X., Lee, S. L., & Kopcha, M. (2021). Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future. *International Journal of Pharmaceutics*, 602(2), 120554. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120554>
- Arslan, M., Munawar, S., & Cruz, C. (2024). Business insights using RAG–LLMs: a review and case study. *Journal of Decision Systems*. <https://doi.org/10.1080/12460125.2024.2410040>
- Bajestani, M. S., Mun, D., & Kim, D. B. (2026). Human-in-the-loop and large language models in smart manufacturing: Current applications, challenges, and perspectives. *Journal of Manufacturing Systems*, 86, 913–941. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2026.04.027>

- Bandi, A., Adapa, P. V. S. R., & Kuchi, Y. E. V. P. K. (2023). The Power of Generative AI: A Review of Requirements, Models, Input–Output Formats, Evaluation Metrics, and Challenges. *Future Internet*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/fi15080260>
- Barari, M., Casper Ferm, L. E., Quach, S., Thaichon, P., & Ngo, L. (2024). The dark side of artificial intelligence in marketing: meta-analytics review. *Marketing Intelligence and Planning*, 42(7), 1234–1256. <https://doi.org/10.1108/MIP-09-2023-0494>
- Bassey, G. E., Daniel, E. A., Okesina, K. B., & Odetayo, A. F. (2025). Transformative Role of Artificial Intelligence in Drug Discovery and Translational Medicine: Innovations, Challenges, and Future Prospects. *Drug Design, Development and Therapy*, 19, 7493. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S538269>
- Bhatt, P. (2023). AI adoption in the hiring process – important criteria and extent of AI adoption. *Foresight*, 25(1), 144–163. <https://doi.org/10.1108/FS-07-2021-0144>
- Charles, V., Emrouznejad, A., & Gherman, T. (2023). A critical analysis of the integration of blockchain and artificial intelligence for supply chain. *Annals of Operations Research*, 327, 7–47. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05169-w>
- Charoo, N. A., Khan, M. A., & Rahman, Z. (2023). Data integrity issues in pharmaceutical industry: Common observations, challenges and mitigations strategies. *International Journal of Pharmaceutics*, 631, 122503. <https://doi.org/10.1016/J.IJPHARM.2022.122503>
- Chinonso Chianumba, E., Ikhalea, N., Yetunde Mustapha, A., Yeboah Forkuo, A., & Osamika, D. (2024). Enhancing Corporate Governance and Pharmaceutical Services through Data Analytics and Regulatory Compliance. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, 4(6), 1613–1619. <https://doi.org/10.62225/2583049X.2024.4.6.4073>
- Country Health Profile 2025: Greece. State of Health in the EU. (2025). In *OECD/European Observatory on Health Systems and Policies (2025)*. OECD Publishing, Paris/ European Observatory on Health Systems and Policies, Brussels. https://health.ec.europa.eu/document/download/b9b4092c-b357-4ae3-8d82-d9a252e7e159_en?filename=2025_chp_gr_english.pdf

- Culot, G., Podrecca, M., & Nassimbeni, G. (2024). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions. *Computers in Industry*, 162(2), 104132. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104132>
- Daios, A., Kladovasilakis, N., Kelemis, A., & Kostavelis, I. (2025). AI Applications in Supply Chain Management: A Survey. *Applied Sciences* 2025, Vol. 15, 15(5). <https://doi.org/10.3390/app15052775>
- Ekins, S., & Lane, T. R. (2025). Applications of artificial intelligence in drug discovery for neurological diseases. *Neurotherapeutics*, 22(4), e00624. <https://doi.org/10.1016/j.neurot.2025.e00624>
- EOF. (n.d.). *Clinical Trials Catalog*. Retrieved June 25, 2026, from <https://www.eof.gr/en/%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%BF%CF%82-%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CE%B4%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BC%CF%8E%CE%BD/>
- Ettalibi, A., Elouadi, A., & Mansour, A. (2024). AI and Computer Vision-based Real-time Quality Control: A Review of Industrial Applications. *Procedia Computer Science*, 231, 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.195>
- European Commission. (2025a). Annex 11: Computerised systems Reasons for Changes. *EudraLex Volume 4: Good Manufacturing Practice*. Brussels: European Commission. https://health.ec.europa.eu/document/download/40231f18-e564-4043-94de-c031f813d38b_en?filename=mp_vol4_chap4_annex11_consultation_guideline_en.pdf
- European Commission. (2025b). Annex 22: Artificial Intelligence Reasons for Change. *EudraLex Volume 4: Good Manufacturing Practice*. Brussels: European Commission. https://health.ec.europa.eu/document/download/5f38a92d-bb8e-4264-8898-ea076e926db6_en?filename=mp_vol4_chap4_annex22_consultation_guideline_en.pdf
- EUROPEAN COMMISSION Decision of the National Organization for Medicines (EOF) 2024 on the Provisional Prohibition of Parallel Exports and Intra-Community Handling of Medicinal Products. (2024).
- European Medicines Agency (EMA). (2024). *Reflection paper on the use of Artificial Intelligence (AI) in the medicinal product lifecycle*. www.ema.europa.eu/contact

- European Medicines Agency (EMA). (2026). *Guiding principles of good AI practice in drug development*.
- Eurostat. (2026). *Life expectancy by age and sex*.
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/DEMO_MLEXPEC/default/table?lang=en
- Gasset, A., Van Wijngaarden, J., Mirabent, F., Sales-Vallverdú, A., Garcia-Ortega, X., Montesinos-Seguí, J. L., Manzano, T., & Valero, F. (2024). Continuous Process Verification 4.0 application in upstream: adaptiveness implementation managed by AI in the hypoxic bioprocess of the *Pichia pastoris* cell factory. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12, 1439638. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1439638>
- Gil de Zúñiga, H., Goyanes, M., & Durotoye, T. (2024). A Scholarly Definition of Artificial Intelligence (AI): Advancing AI as a Conceptual Framework in Communication Research. *Political Communication*, 41(2), 317–334.
<https://doi.org/10.1080/10584609.2023.2290497>;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:UPCP20;JOURNAL:JOURNAL:UPCP20;ISSUE:ISSUE:DOI
- Gokulakrishnan, D., & Venkataraman, S. (2025). Ensuring data integrity: Best practices and strategies in pharmaceutical industry. *Intelligent Pharmacy*, 3(4), 296–303.
<https://doi.org/10.1016/J.IPHA.2024.09.010>
- Gorle, A., Pawar, S., Dipali, A., Nimbarthe, H., Leena, C., & Prakash Gorle, A. (2025). AI and Machine Learning in Pharmaceutical Manufacturing: Revolutionizing Process Optimization. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 15(10), 195–200.
<https://doi.org/10.22270/JDDT.V15I10.7422>
- Greco, L., Percannella, G., Ritrovato, P., Tortorella, F., & Vento, M. (2020). Trends in IoT based solutions for health care: Moving AI to the edge. *Pattern Recognition Letters*, 135, 346–353. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.05.016>
- Greek pharmaceutical industry investment to ensure European supply. (2026, May).
<https://newsletters.enterprisegreece.gov.gr/newsletter-articles/greek-pharmaceutical-industry-investment-to-ensure-european-supply/>

- Grzybowski, A., Pawlikowska-Łagód, K., & Lambert, W. C. (2024). A History of Artificial Intelligence. *Clinics in Dermatology*, 42(3), 221–229. <https://doi.org/10.1016/J.CLINDERMATOL.2023.12.016>
- Gupta, B. B., Tewari, A., Cvitić, I., Peraković, D., & Chang, X. (2021). Artificial intelligence empowered emails classifier for Internet of Things based systems in industry 4.0. *Wireless Networks 2021* 28:1, 28(1), 493–503. <https://doi.org/10.1007/s11276-021-02619-w>
- Harrir, M. M., & Triqui Sari, L. (2025). Exploring the Power of Artificial Intelligence in Supply Chain Management: A Literature Review on the Artificial Intelligence Applications and Tools Used in Supply Chains and Their Distribution According to the SCOR Method. *EMJ - Engineering Management Journal*, 37(3), 267–288. <https://doi.org/10.1080/10429247.2024.2406125>
- HELLENIC REPUBLIC HELLENIC STATISTICAL AUTHORITY. (2024). *HEALTH PROFESSIONALS SURVEY: Year 2024*.
- Hijmans, H., & Raab, C. (2022). Ethical Dimensions of the GDPR, AI Regulation, and Beyond. *Direito Público*, 18(100). <https://doaj.org/article/132ad54f7a40458b87501a942b86c77e>
- Holtz, H. M., & Ledendal, J. (2026). AI data governance – overlaps between the AI Act and the GDPR. *Law, Innovation and Technology*, 18(1), 380–409. <https://doi.org/10.1080/17579961.2026.2633677>
- Huanbutta, K., Burapapadh, K., Kraisit, P., Sriamornsak, P., Ganokratanaa, T., Suwanpitak, K., & Sangnim, T. (2024). Artificial intelligence-driven pharmaceutical industry: A paradigm shift in drug discovery, formulation development, manufacturing, quality control, and post-market surveillance. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 203, 106938. <https://doi.org/10.1016/J.EJPS.2024.106938>
- International Council for Harmonisation. (2023). *ICH guideline Q9 (R1) on quality risk management*. https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/international-conference-harmonisation-technical-requirements-registration-pharmaceuticals-human-use-ich-guideline-q9-r1-quality-risk-management-step-5-revision-2_en.pdf

- International Society for Pharmaceutical Engineering. (2022). ISPE GAMP® 5: A Risk-Based Approach to Compliant GxP Computerized Systems (Second Edition). ISPE. <https://guidance-docs.ispe.org/doi/book/10.1002/9781946964571>
- International Society for Pharmaceutical Engineering. (2025). ISPE GAMP® Guide: Artificial Intelligence . ISPE. <https://ispe.org/publications/guidance-documents/gamp-guide-artificial-intelligence>
- Ivanov, D. (2023). The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. *International Journal of Production Research*, 61(5), 1683–1695. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2118892>
- Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets* 2021 31:3, 31(3), 685–695. <https://doi.org/10.1007/S12525-021-00475-2>
- Kani Chara, Prinea Efrossyni, & EOPYY. (2024). GREECE PHARMACEUTICAL PRICING AND REIMBURSEMENT POLICIES ELECTRONIC PRE-APPROVAL SYSTEM PRICING OF MEDICINES COVERAGE/REIMBURSEMENT. <https://doi.org/10.314.404>
- Kaul, V., Enslin, S., & Gross, S. A. (2020). History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointestinal Endoscopy*, 92(4), 807–812. <https://doi.org/10.1016/J.GIE.2020.06.040>
- Kelm, K., & Johann, M. (2025). Artificial intelligence in corporate communications: determinants of acceptance and transformative processes. *Corporate Communications*, 30(1), 124–138. <https://doi.org/10.1108/CCIJ-04-2024-0051>
- Khurana, D., Koli, A., Khatter, K., & Singh, S. (2023). Natural language processing: state of the art, current trends and challenges. *Multimedia Tools and Applications*, 82(3), 3713–3744. <https://doi.org/10.1007/S11042-022-13428-4>
- Kim, S. Y. (2026). *Enhancing Data Integrity in Pharmaceutical Equipment Root Cause Analysis Through a Python-Based Data-Mining Framework* - ProQuest [The George Washington University]. <https://proxy.eap.gr/login?url=https://www.proquest.com/dissertations-theses/enhancing-data-integrity-pharmaceutical-equipment/docview/3326982581/se-2?accountid=16059>

- Kodumuru, R., Sarkar, S., Parepally, V., & Chandarana, J. (2025). Artificial Intelligence and Internet of Things Integration in Pharmaceutical Manufacturing: A Smart Synergy. *Pharmaceutics*, 17(3). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17030290>
- Labib, E. (2024). Artificial intelligence in marketing: exploring current and future trends. *Cogent Business and Management*, 11(1), 2348728. <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2348728>
- Larsen, A. G., Skjuve, M. B., Følstad, A., & van As, N. (2025). LLM Hallucinations in Conversational AI for Customer Service: Framework and End-User Perceptions. *International Journal of Human-Computer Interaction*. <https://doi.org/10.1080/10447318.2025.2580540>
- Le, H. T. P. M., Nguyen, P. V., Chebbi, H., & Dinh, D. M. (2025). The evolution of international marketing management: AI applications and emerging markets driving international selling in the digital era. *International Marketing Review*, 1–36. <https://doi.org/10.1108/IMR-04-2025-0176/1310577>
- Levitina, A. (2024). Humans in automated decision-making under the GDPR and AI Act. *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*, (138), 121–144. <https://doi.org/10.24241/RCAI.2024.138.3.121>
- Li, Y., Li, J., Zhang, J., Hong, H., & Yu, X. (n.d.). The Application of AI Customer Service: An Empirical Study on Satisfaction and Trust. *Journal of Global Information Management*, 33(1). <https://doi.org/10.4018/JGIM.387390>
- Lysenko, S., Bobro, N., Korsunova, K., Vasylchyshyn, O., & Tatarchenko, Y. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Cybersecurity: Automation of Protection and Detection of Threats. *Economic Affairs (New Delhi)*, 69, 43–51. <https://doi.org/10.46852/0424-2513.1.2024.6>
- Martínez Llamas, J., Vranckaert, K., Preuveneers, D., & Joosen, W. (2025). Balancing Security and Privacy: Web Bot Detection, Privacy Challenges, and Regulatory Compliance under the GDPR and AI Act [version 1; peer review: 2 approved]. *Open Research Europe*, 5. <https://doi.org/10.12688/OPENRESEUROPE.19347.1>
- Mashiah, I. (2026). The need for brand sentiment analysis: Artificial intelligence tech-driven and non-artificial intelligence approaches in marketing communication. *Communication*

- Teacher, 40(1), 17–23.
<https://doi.org/10.1080/17404622.2025.2527201;CTYPE:STRING:JOURNAL>
- Mora-Delgado, J., Ramos-Ruperto, L., Pardilla, M. J., Sicilia, M. Á., Rodríguez-González, A., Sempere, J. M., & Puchades, R. (2026). Generative AI: foundational models. Natural Language Processing (NLP) and LARGE Language Models (LLM). *Revista Clínica Española (English Edition)*, 226(1), 502413.
<https://doi.org/10.1016/J.RCENG.2025.502413>
- Myers, D., Mohawesh, R., Chellaboina, V. I., Sathvik, A. L., Venkatesh, P., Ho, Y. H., Henshaw, H., Alhawawreh, M., Berdik, D., & Jararweh, Y. (2023). Foundation and large language models: fundamentals, challenges, opportunities, and social impacts. *Cluster Computing* 27:1, 27(1), 1–26. <https://doi.org/10.1007/S10586-023-04203-7>
- Nawaz, N., Arunachalam, H., Pathi, B. K., & Gajenderan, V. (2024). The adoption of artificial intelligence in human resources management practices. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4(1), 100208.
<https://doi.org/10.1016/j.jjime.2023.100208>
- Ofusori, L., Bokaba, T., & Mhlono, S. (2024). Artificial Intelligence in Cybersecurity: A Comprehensive Review and Future Direction. *Applied Artificial Intelligence*, 38(1).
<https://doi.org/10.1080/08839514.2024.2439609>
- Patel, K., Shah, M., Qureshi, K. M., & Qureshi, M. R. N. (2026). A systematic review of generative AI: importance of industry and startup-centered perspectives, agentic AI, ethical considerations & challenges, and future directions. *The Artificial Intelligence Review*, 59(1), 7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10462-025-11435-z>
- Pharmaceutical spending reached 8.5 billion euros in 2024. (2024).
<https://www.naftemporiki.gr/english/2011530/pharmaceutical-spending-reached-8-5-billion-euros-in-2024/>
- Piachaud-Moustakis, B. (2022). Updated Guidance to the European Data Governance Act. *Pharmaceutical Technology Europe; Monmouth Junction*, 34(11), 8–9.
<https://www.proquest.com/docview/2821968611/citation/963E8C8940FB48F0PQ/1?accountid=16059&sourcetype=Scholarly%20Journals>

- Pichler, M., & Hartig, F. (2023). Machine learning and deep learning—A review for ecologists. *Methods in Ecology and Evolution*, 14(4), 994–1016. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14061>
- Pizoń, J., & Gola, A. (2023). Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions. *Machines* 2023, Vol. 11, 11(2). <https://doi.org/10.3390/machines11020203>
- Raja Santhi, A., & Muthuswamy, P. (2023). Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 2023 17:2, 17(2), 947–979. <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>
- Rashed, M., & Essa, Y. (2025). Assessing Compliance in Child-Facing High-Risk AI IoT Devices: Legal Obligations Under the EU’s AI Act and GDPR. *Telecom*, 6(4), 79. <https://doi.org/10.3390/TELECOM6040079>
- Regulation (EU) 2016/161. (2016). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0161>
- Regulation (EU) 2016/679. (2016). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>
- Regulation (EU) 2024/1689. (2024). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng>
- Revillod, G. (2025). Exploring the Acceptability of Artificial Intelligence in Human Resources Management: Insights From Swiss Organizations. *Systems Research and Behavioral Science*, 42(4), 1061–1084. <https://doi.org/10.1002/SRES.3140;CSUBTYPE:STRING:SPECIAL;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Saihi, A., Awad, M., & Ben-Daya, M. (2023). Quality 4.0: leveraging Industry 4.0 technologies to improve quality management practices – a systematic review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 40(2), 628–650. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2021-0305>
- Salehin, I., Tomal Ahmed Sajib, M., Huda Badhon, N., Sakibul Hassan Rifat, M., Amin, N., & Nessa Moon, N. (2025). Systematic Literature Review of LLM-Large Language Model in Medical: Digital Health, Technology and Applications. *Engineering Reports*, 7(9), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/eng2.70365>

- SFEE. (2024). *Policy Brief: Addressing Medicines Shortages, January 2024*.
https://www.sfee.gr/wp-content/uploads/2024/02/Policy-Brief_Addressing-medicines-shortages-ENG.pdf
- SFEE - Hellenic Association of Pharmaceutical Companies. (n.d.). Retrieved June 25, 2026,
from <https://www.sfee.gr/en/>
- Shamsan Saleh, A. M. (2024). Blockchain for secure and decentralized artificial intelligence
in cybersecurity: A comprehensive review. *Blockchain: Research and Applications*, 5(3),
100193. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2024.100193>
- Sheikhi, A. S. H., Iosif, E., Basov, O., & Dionysiou, I. (2022). SmartMinutes—A Blockchain-
Based Framework for Automated, Reliable, and Transparent Meeting Minutes
Management. *Big Data and Cognitive Computing 2022*, Vol. 6, 6(4).
<https://doi.org/10.3390/bdcc6040133>
- Singh, S., Kaur, N., & Gehlot, A. (2024). Application of artificial intelligence in drug design:
A review. *Computers in Biology and Medicine*, 179, 108810.
<https://doi.org/10.1016/j.compbio.2024.108810>
- Statistics - ELSTAT. (n.d.). Retrieved June 25, 2026, from
<https://www.statistics.gr/en/statistics/-/publication/SPO18/>
- Sun, C., Hossain, S., & Harris, S. L. (2026). Toward an operational definition of Artificial
Intelligence for health care informatics: a Delphi survey. *Health Affairs Scholar*, 4(1),
243. <https://doi.org/10.1093/HASCHL/QXAF243>
- Suriyaamporn, P., Pamornpathomkul, B., Wongprayoon, P., Rojanarata, T., Ngawhirunpat, T.,
& Opanasopit, P. (2024). The artificial intelligence and design of experiment assisted in
the development of progesterone-loaded solid-lipid nanoparticles for transdermal drug
delivery. *Pharmacia*, 71, 1–12. <https://doi.org/10.3897/PHARMACIA.71.E123549>
- Thakur, J., & Kushwaha, B. P. (2024). Artificial intelligence in marketing research and future
research directions: Science mapping and research clustering using bibliometric analysis.
Global Business and Organizational Excellence, 43(3), 139–155.
<https://doi.org/10.1002/joe.22233>

- Ullagaddi, P. (2024). Safeguarding Data Integrity in Pharmaceutical Manufacturing. *Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 26(8), 64–75.
<https://doi.org/10.9734/JAMPS/2024/V26I8708>
- World Integrated Trade Solution. (2024). *Greece Pharmaceutical products exports by country* | 2024 | Data.
<https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/GRC/year/2024/tradeflow/Exports/partner/ALL/product/30>
- Zangari, A., Marcuzzo, M., Schiavinato, M., Gasparetto, A., & Albarelli, A. (2023). Ticket automation: An insight into current research with applications to multi-level classification scenarios. *Expert Systems with Applications*, 225(3), 119984.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119984>
- Αγγελοπούλου, Α. (2025). *Έρευνα και Ανάπτυξη: Ο σημαντικός ρόλος της ελληνικής Φαρμακοβιομηχανίας*. Naftemporiki.
<https://www.naftemporiki.gr/health/1939308/ereyna-kai-anaptyxi-o-simantikos-rolos-tis-ellinikis-farmakoviomichanias/>
- Αγγελοπούλου, Α. (2026). *Ελληνική φαρμακοβιομηχανία: Επενδυτικό overdose 1,6 δις. ευρώ έως το 2026*. Naftemporiki. <https://www.naftemporiki.gr/health/1995692/elliniki-farmakoviomichania-ependytiko-overdose-16-dis-eyro-eos-to-2026/>
- IOBE. (2026). *Παραγωγικότητα και Ανάπτυξη: Ανάλυση Τάσεων και Κλάδων της Ελληνικής Οικονομίας* – IOBE. IOBE. https://iobe.gr/wp-content/uploads/2026/05/RLS_14052026_PRS_GR.pdf
- IOBE, & SFEE. (2024). *The pharmaceutical market in Greece: Facts & Figures 2024*.
<https://iobe.gr/en/health/the-pharmaceutical-market-in-greece-facts-figures-2024/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α: Artificial Intelligence Readiness and Application Questionnaire

Section 1 – Personal Information

Which age group do you belong to?

- ☐ 18 to 24
- ☐ 25 to 34
- ☐ 35 to 44
- ☐ 45 to 55
- ☐ Over 55

What type of company do you work in?

- ☐ National/Greek
- ☐ International

What are the primary operations of your company?

- ☐ Manufacturing
- ☐ Commercial/Distribution
- ☐ Both

How many employees does your company have?

- ☐ Less than 100
- ☐ 100 to 199
- ☐ 200 to 499
- ☐ More than 500

What is your role in your company?

- ☐ Junior
- ☐ Officer/Analyst
- ☐ Supervisor/Team leader
- ☐ Manager
- ☐ Upper management

How many years of experience do you have in your department?

- ☐ Less than a year
- ☐ 1 to 3 years
- ☐ 3 to 5 years
- ☐ More than 5 years

What is your highest level of education?

- ☐ PhD
- ☐ Masters
- ☐ Bachelor
- ☐ High school

Describe your familiarity with Artificial Intelligence concepts.

	<i>None</i>	<i>Basic</i>	<i>Intermediate</i>	<i>High</i>	<i>Advanced</i>
Data analytics					
Advanced analytics					
Machine Learning					
Symbolic AI					
Predictive Modeling					
Natural Language Processing					
Generative AI					
AI Agents					
Large Language Models					

Which of the following do you consider to mostly represent Artificial Intelligence within your company?

- ☐ Analytics
- ☐ Machine Learning
- ☐ Generative AI
- ☐ AI agents

Section 2 – Data and Procedural Readiness

To what extent is operational data collected systematically in your department to prepare and support digital transformation?

- ☐ Not at all
- ☐ To a small extent
- ☐ To a moderate extent
- ☐ To a great extent
- ☐ Fully

To what extent is your department's data:

	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Digitized					
Standardized and structured					
Consistently stored in accessible systems					

Are sensors, metrics or other automated data-capturing systems currently used in your processes (e.g. to monitor critical business or process parameters)?

- ☐ No
- ☐ Partially
- ☐ Yes
- ☐ Not Sure

How would you describe your company's overall attitude toward exploring new AI tools or ideas?

- ☐ Very reserved
- ☐ Somewhat reserved
- ☐ Neutral
- ☐ Somewhat open
- ☐ Very open

Does your company have a designated person or department responsible for assessing AI-related projects?

- ☐ No
- ☐ Yes
- ☐ Not sure

Section 3 – Current Status of Application of ML, AI and Gen AI Tools

In which department do you work?

- ☐ Research and Development
- ☐ Quality Control
- ☐ Quality Assurance
- ☐ Regulatory Affairs / Pharmacovigilance
- ☐ Manufacturing / Operations
- ☐ Engineering / Maintenance
- ☐ Supply Chain / Logistics
- ☐ Marketing / Customer service
- ☐ Human Resources
- ☐ Information Technology
- ☐ Other

To what extent is AI applied in the following functions of your department?

All departments	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Statistical data analysis					
Documents creation or summarization					
Search in legislation or internal procedures					
Supporting strategic decisions					
Deviations investigations or CAPA documentation					
Communications (automated meeting minutes or summarization)					
Use and support from general AI assistants (ChatGPT, Gemini, Copilot, etc.)					
Translation					

Research and Development	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Molecular design through virtual screening					
De Novo design through generative AI models					
Binding affinity prediction					
Formulation optimization through AI models combined with Design of Experiments (DoE)					
ADME property modeling (absorption, distribution, metabolism, and excretion) and toxicity prediction					
Drug repurposing					

Quality Control	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Automated visual inspection through computer vision for full inspection, defect detection and identification					
Defect root cause analysis					
Forecasting critical quality attributes based on real-time monitoring of critical process parameters					
Pattern recognition based on real-time quality monitoring					
Trend monitoring regarding deviations					

Quality Assurance	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Automate batch record review					
Predictive quality management by advanced risk assessment (based on historical data and Digital Twins simulation)					
AI-powered training					
Supplier evaluation					
Trend monitoring regarding deviations					
Continuous process verification					

Regulatory Affairs / Pharmacovigilance	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Track changes in legislation, monitor adherence to standards and consolidate updates from various global regulatory authorities					
Identify adverse event patterns for pharmacovigilance purposes					
Identify patterns, anomalies, and emerging threats during internal audits					
Automation of administrative tasks (responding to regulatory letters, scheduling audits or consultations, and maintaining accounting records)					
Data filing and workflow management					

Manufacturing / Operations	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Yield optimization based on real-time monitoring					
Batch variance forecasting based on real-time monitoring					
Automated visual inspection through computer vision for defect detection and identification					
Closed-Loop control systems for adjusting manufacturing parameters without human intervention to maintain product consistency					
Digital Twins simulation to predict how the system will respond to various factors					
Suggesting operator actions to maintain optimal manufacturing					

Engineering / Maintenance	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Predictive maintenance (pattern recognition to detect outliers, anomalies and failure forecasting and remaining useful life)					
Predictive maintenance (downtime reduction)					
Anomaly detection in cleanrooms based on real-time monitoring					
Equipment performance data collection for equipment improvement upgrades					
Closed-Loop control systems for adjusting manufacturing parameters without human intervention to maintain product consistency					
Digital Twins simulation to predict how the system will respond to various factors					
Energy consumption optimization					

Supply Chain / Logistics	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Predictive analytics for demand forecasting					
Predictive analytics for inventory management					
Strategic sourcing and procurement (supplier selection and evaluation)					
Logistics and delivery optimization					
Procurement process automation about data entry, order management and invoice processing					

Marketing / Customer service	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Predictive analytics to identify market trends					
Sales projection for new/innovative products					
Customer engagement and interaction through targeted marketing strategies and sentiment analysis					
Online relationship marketing by providing real-time interactions (e.g. chatbots, consumer assistants)					
Optimization of marketing campaigns					

Human Resources	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
CV (pre)selection tools (screening and matching candidate, skills-gap analytics)					
Automated interviewing					
Assessment and evaluation tools for performance					
Risk turnover prediction					
Personalized learning and virtual mentors					

Information Technology	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Dialogue management and internal support (chatbots)					
Reducing information overload by automatically filtering, grouping or summarizing incoming tickets					
Optimizing resource allocation by classifying and routing tickets					
Real-time cybersecurity threat or anomaly detection and identification					
Recommending optimal response actions to cybersecurity threats					
Cybersecurity risk assessment by analyzing vulnerabilities, behaviors and system activity					

Other	<i>Not at all</i>	<i>To a small extent</i>	<i>To a moderate extent</i>	<i>To a great extent</i>	<i>Fully</i>
Enhancing drug design and development					
Forecasting based on real-time monitoring					
Automate batch record review					
AI-powered training					
Yield optimization based on real-time monitoring					
Digital Twins simulation to predict how the system will respond to various factors					
Predictive maintenance					
Supporting regulatory compliance					
Assisting resource allocation					

Section 4 – Perceived Benefits and Risks

How significant are the following factors for adopting AI in your department?

	<i>Not significant</i>	<i>Slightly significant</i>	<i>Moderately significant</i>	<i>Significant</i>	<i>Highly significant</i>
Improving efficiency and productivity					
Enhancing accuracy and precision					
Expanding data processing capacity					
Enabling real-time monitoring and feedback					
Supporting better prioritization					

How important do you consider the following benefits regarding the use of AI tools?

	<i>Not significant</i>	<i>Slightly significant</i>	<i>Moderately significant</i>	<i>Significant</i>	<i>Highly significant</i>
Supporting strategic decisions					
Risk management and proactive resilience measures					
Driving sustainability and circular economy					

How challenging are the following factors for adopting AI in your department?

	<i>Not challenging</i>	<i>Slightly challenging</i>	<i>Moderately challenging</i>	<i>Challenging</i>	<i>Highly challenging</i>
High data dependency (availability and accessibility of data)					
High resource requirements					
Incorrect outputs or misinterpretation					
Compatibility with existing systems					
Digital literacy issues and cultural resistance or hesitation toward new tools					

How significant do you consider the following risks in relation to AI tools?

	<i>Not significant</i>	<i>Slightly significant</i>	<i>Moderately significant</i>	<i>Significant</i>	<i>Highly significant</i>
Privacy violations and data misuse					
Cybersecurity and system vulnerabilities					
Complying to regulatory requirements					

Section 6 – Approach to AI Validation and Development

Are you familiar with the EU AI Act and its general requirements?

- ☐ No
- ☐ Partially
- ☐ Yes

Are AI tools currently included in GxP-related or GDPR-related processes in your department?

- ☐ No
- ☐ Partially
- ☐ Yes

If “Yes” or “Partially”: Are validation steps or controls in place?

- ☐ No
- ☐ Partially
- ☐ Yes
- ☐ Not sure

Does your company have established procedures for ensuring appropriate handling, oversight, and integrity of data used for AI-related activities?

- ☐ No
- ☐ Partially
- ☐ Yes
- ☐ Not sure

Are there procedures to verify data generated through AI-related activities (e.g., human review, risk assessment, cross-checking)?

- ☐ No
- ☐ Partially
- ☐ Yes
- ☐ Not sure

For future AI adoption, which approach do you believe fits your company best?

- ☐ Using existing commercial AI models
- ☐ Developing internal AI systems
- ☐ Assigning development of AI systems to external contractor
- ☐ Not sure

If “Assigning development of AI systems to external contractor”; Would the company choose a Greek or international external contractor?

- ☐ Local (Greek) technology company
- ☐ Local (Greek) technology company specialized in the pharmaceutical sector
- ☐ International technology company
- ☐ Research organisation or university
- ☐ Not sure

If “Local (Greek) technology company” or “Local (Greek) technology company specialized in the pharmaceutical sector”; Which of the following Greek AI development organizations would your company consider most suitable for implementing AI solutions?

- ☐ Covariance
- ☐ Ubitech
- ☐ IQVIA
- ☐ AI by DNS
- ☐ Helvia.ai
- ☐ SquareDev
- ☐ Other
- ☐ Not sure

How difficult do you consider each of the following aspects of developing AI in your company?

	<i>Not difficult</i>	<i>Slightly difficult</i>	<i>Moderately difficult</i>	<i>Difficult</i>	<i>Highly difficult</i>
Data readiness					
Budget and resource constraints					
Hiring skilled personnel					
Infrastructure requirements					
Legislation compliance					
Complexity of validation					
Management alignment and company culture					

From the aspects listed above, please select the three you consider the most difficult for your company.

- ☐ Data readiness
- ☐ Budget and resource constraints
- ☐ Hiring skilled personnel
- ☐ Infrastructure requirements
- ☐ Legislation compliance
- ☐ Complexity of validation
- ☐ Management alignment and company culture

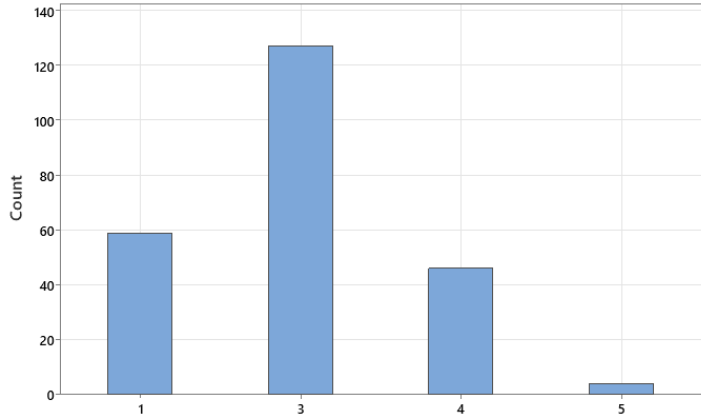
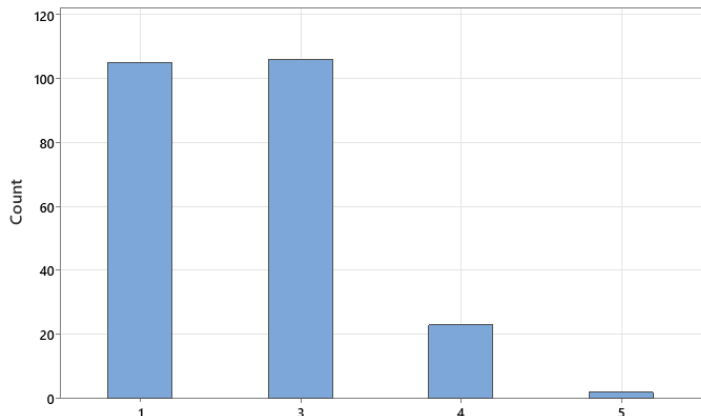
Section 6 – Open point questions

Which aspect of your day-to-day work would you most like AI to improve or simplify?

Which aspect of AI do you find most worrying?

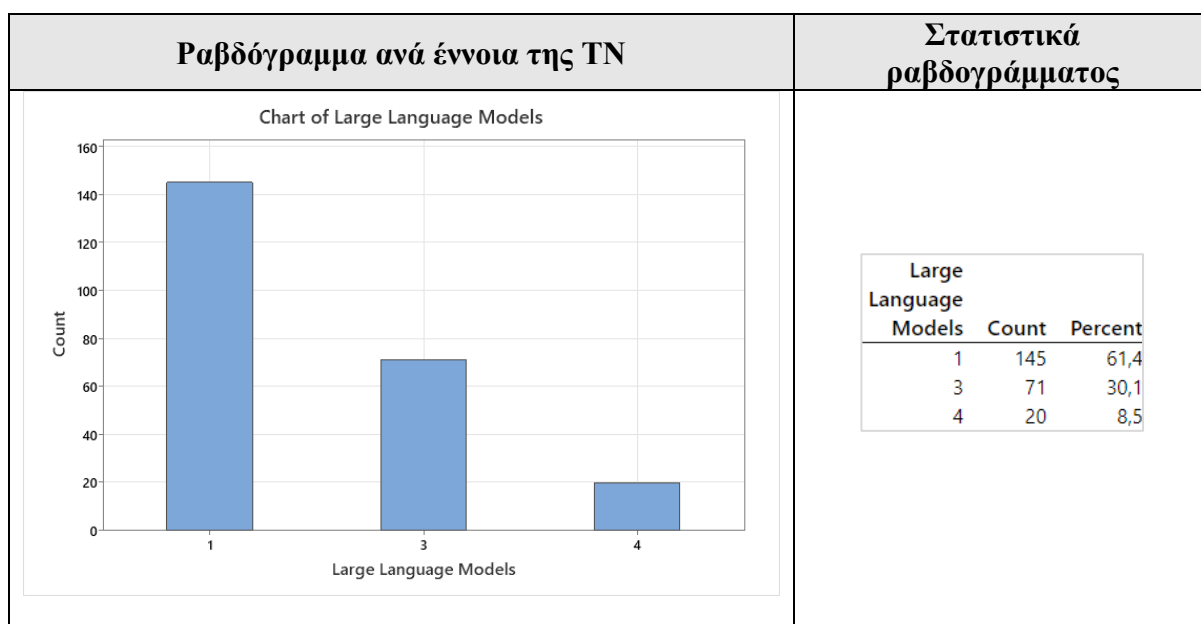
Παράρτημα Β: Πίνακες στατιστικών αποτελεσμάτων

Πίνακας 13. Ραβδογράμματα και στατιστικά ανά έννοια της TN (Κεφάλαιο 4.2).

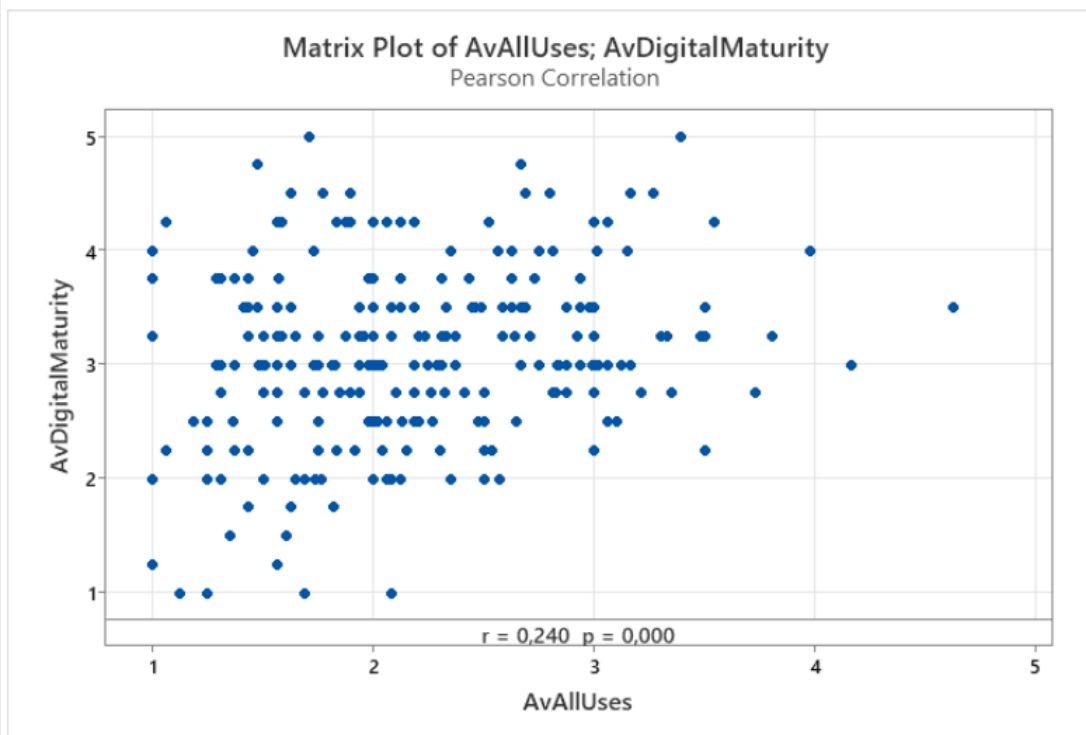
Ραβδόγραμμα ανά έννοια της ΤΝ		Στατιστικά ραβδογράμματος																										
Chart of Data Analytics  <table><thead><tr><th>Data Analytics</th><th>Count</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>59</td></tr><tr><td>3</td><td>127</td></tr><tr><td>4</td><td>46</td></tr><tr><td>5</td><td>4</td></tr></tbody></table>		Data Analytics	Count	1	59	3	127	4	46	5	4	<table><thead><tr><th>Data Analytics</th><th>Count</th><th>Percent</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>59</td><td>25,0</td></tr><tr><td>3</td><td>127</td><td>53,8</td></tr><tr><td>4</td><td>46</td><td>19,5</td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>1,7</td></tr></tbody></table>		Data Analytics	Count	Percent	1	59	25,0	3	127	53,8	4	46	19,5	5	4	1,7
Data Analytics	Count																											
1	59																											
3	127																											
4	46																											
5	4																											
Data Analytics	Count	Percent																										
1	59	25,0																										
3	127	53,8																										
4	46	19,5																										
5	4	1,7																										
Chart of Advanced Analytics  <table><thead><tr><th>Advanced Analytics</th><th>Count</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>105</td></tr><tr><td>3</td><td>106</td></tr><tr><td>4</td><td>23</td></tr><tr><td>5</td><td>2</td></tr></tbody></table>		Advanced Analytics	Count	1	105	3	106	4	23	5	2	<table><thead><tr><th>Advanced Analytics</th><th>Count</th><th>Percent</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>105</td><td>44,5</td></tr><tr><td>3</td><td>106</td><td>44,9</td></tr><tr><td>4</td><td>23</td><td>9,7</td></tr><tr><td>5</td><td>2</td><td>0,8</td></tr></tbody></table>		Advanced Analytics	Count	Percent	1	105	44,5	3	106	44,9	4	23	9,7	5	2	0,8
Advanced Analytics	Count																											
1	105																											
3	106																											
4	23																											
5	2																											
Advanced Analytics	Count	Percent																										
1	105	44,5																										
3	106	44,9																										
4	23	9,7																										
5	2	0,8																										

Ραβδόγραμμα ανά έννοια της TN		Στατιστικά ραβδογράμματος																
Chart of Machine Learning Machine Learning		<table><tr><th>Machine Learning</th><th>Count</th><th>Percent</th></tr><tr><td>1</td><td>107</td><td>45,3</td></tr><tr><td>3</td><td>87</td><td>36,9</td></tr><tr><td>4</td><td>37</td><td>15,7</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>2,1</td></tr></table>		Machine Learning	Count	Percent	1	107	45,3	3	87	36,9	4	37	15,7	5	5	2,1
Machine Learning	Count	Percent																
1	107	45,3																
3	87	36,9																
4	37	15,7																
5	5	2,1																
Chart of Symbolic AI Symbolic AI		<table><tr><th>Symbolic AI</th><th>Count</th><th>Percent</th></tr><tr><td>1</td><td>138</td><td>58,5</td></tr><tr><td>3</td><td>85</td><td>36,0</td></tr><tr><td>4</td><td>13</td><td>5,5</td></tr></table>		Symbolic AI	Count	Percent	1	138	58,5	3	85	36,0	4	13	5,5			
Symbolic AI	Count	Percent																
1	138	58,5																
3	85	36,0																
4	13	5,5																
Chart of Predictive Modeling Predictive Modeling		<table><tr><th>Predictive Modeling</th><th>Count</th><th>Percent</th></tr><tr><td>1</td><td>132</td><td>55,9</td></tr><tr><td>3</td><td>88</td><td>37,3</td></tr><tr><td>4</td><td>14</td><td>5,9</td></tr><tr><td>5</td><td>2</td><td>0,8</td></tr></table>		Predictive Modeling	Count	Percent	1	132	55,9	3	88	37,3	4	14	5,9	5	2	0,8
Predictive Modeling	Count	Percent																
1	132	55,9																
3	88	37,3																
4	14	5,9																
5	2	0,8																

Ραβδόγραμμα ανά έννοια της TN	Στατιστικά ραβδογράμματος																																												
Chart of Natural Language Processing <table><thead><tr><th>Natural Language Processing</th><th>Count</th><th>Percent</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>100</td><td>42,4</td></tr><tr><td>3</td><td>105</td><td>44,5</td></tr><tr><td>4</td><td>27</td><td>11,4</td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td>1,7</td></tr></tbody></table> Chart of Generative AI <table><thead><tr><th>Generative AI</th><th>Count</th><th>Percent</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>91</td><td>38,6</td></tr><tr><td>3</td><td>110</td><td>46,6</td></tr><tr><td>4</td><td>33</td><td>14,0</td></tr><tr><td>5</td><td>2</td><td>0,8</td></tr></tbody></table> Chart of AI Agents <table><thead><tr><th>AI Agents</th><th>Count</th><th>Percent</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>96</td><td>40,7</td></tr><tr><td>3</td><td>108</td><td>45,8</td></tr><tr><td>4</td><td>29</td><td>12,3</td></tr><tr><td>5</td><td>3</td><td>1,3</td></tr></tbody></table>	Natural Language Processing	Count	Percent	1	100	42,4	3	105	44,5	4	27	11,4	5	4	1,7	Generative AI	Count	Percent	1	91	38,6	3	110	46,6	4	33	14,0	5	2	0,8	AI Agents	Count	Percent	1	96	40,7	3	108	45,8	4	29	12,3	5	3	1,3
Natural Language Processing	Count	Percent																																											
1	100	42,4																																											
3	105	44,5																																											
4	27	11,4																																											
5	4	1,7																																											
Generative AI	Count	Percent																																											
1	91	38,6																																											
3	110	46,6																																											
4	33	14,0																																											
5	2	0,8																																											
AI Agents	Count	Percent																																											
1	96	40,7																																											
3	108	45,8																																											
4	29	12,3																																											
5	3	1,3																																											



Correlation: AvAllUses; AvDigitalMaturity



Method

Correlation type Pearson
Number of rows used 236

p: pairwise Pearson correlation

Correlations

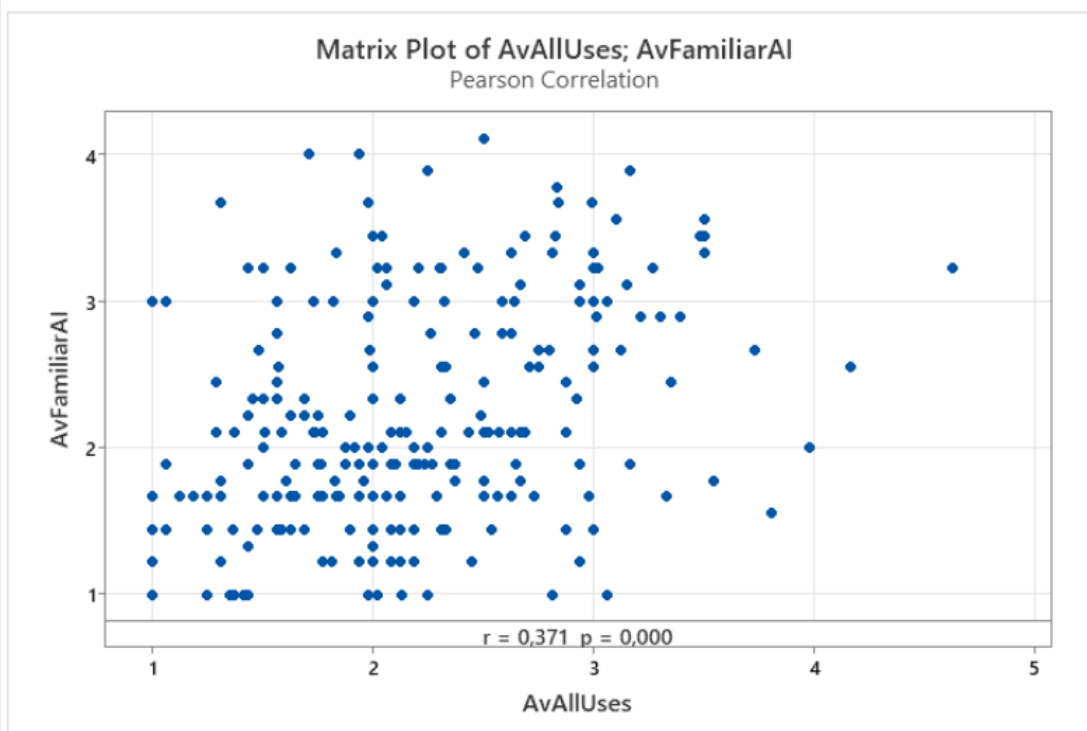
	AvAllUses
AvDigitalMaturity	0,240

Pairwise Pearson Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
AvDigitalMaturity	AvAllUses	236	0,240	(0,116; 0,357)	0,000

Διάγραμμα 34. Ανάλυση συσχέτισης Pearson της χρήσης ΤΝ και της ψηφιακής ωριμότητας. (Κεφάλαιο 4.3.4)

Correlation: AvAllUses; AvFamiliarAI



Method

Correlation type Pearson

Number of rows used 236

ρ : pairwise Pearson correlation

Correlations

	AvAllUses
AvFamiliarAI	0,371

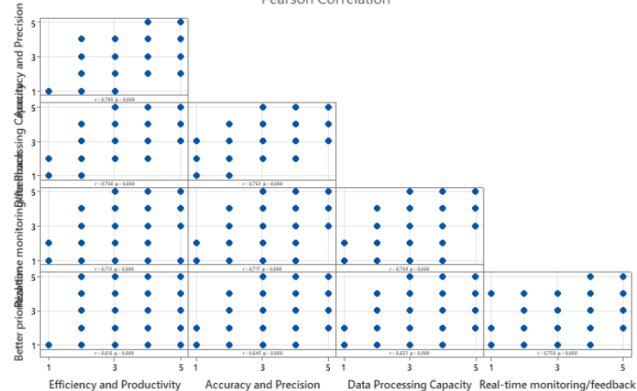
Pairwise Pearson Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
AvFamiliarAI	AvAllUses	236	0,371	(0,255; 0,476)	0,000

Διάγραμμα 35. Ανάλυση συσχέτισης Pearson της χρήσης TN και της εξοικείωσης με έννοιες TN.
(Κεφάλαιο 4.3.4)

Correlation: Efficiency and Productivity; Accuracy and Precision; Data Processing Capacity; Real-time monitoring/feedback; Better prioritization

Productivity; Accuracy and Precision; Data Processing Capacity; Real-time monitoring/feedback; Better prioritization



Method

Correlation type Pearson
Number of rows used 236

ρ : pairwise Pearson correlation

Correlations

	Efficiency and Productivity	Accuracy and Precision	Data Processing Capacity	Real-time monitoring/feedback
Accuracy and Precision	0,795			
Data Processing Capacity	0,760	0,762		
Real-time monitoring/feedback	0,712	0,717	0,764	
Better prioritization	0,616	0,645	0,652	0,750

Pairwise Pearson Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Accuracy and Precision	Efficiency and Productivity	236	0,795	(0,743; 0,838)	0,0000
Data Processing Capacity	Efficiency and Productivity	236	0,760	(0,700; 0,809)	0,0000
Real-time monitoring/feedback	Efficiency and Productivity	236	0,712	(0,643; 0,770)	0,0000
Better prioritization	Efficiency and Productivity	236	0,616	(0,530; 0,689)	0,0000
Data Processing Capacity	Accuracy and Precision	236	0,762	(0,703; 0,811)	0,0000
Real-time monitoring/feedback	Accuracy and Precision	236	0,717	(0,649; 0,774)	0,0000
Better prioritization	Accuracy and Precision	236	0,645	(0,564; 0,714)	0,0000
Real-time monitoring/feedback	Data Processing Capacity	236	0,764	(0,705; 0,813)	0,0000
Better prioritization	Data Processing Capacity	236	0,652	(0,571; 0,719)	0,0000
Better prioritization	Real-time monitoring/feedback	236	0,750	(0,688; 0,801)	0,0000

Διάγραμμα 36. Ανάλυση συσχέτισης Pearson για τα οφέλη (δυνατά σημεία) χρήσης ΤΝ. (Κεφάλαιο 4.4)

Correlation: Supporting strategic decision; Risk management/proactiveness; Sustainability/circular economy



Method

Correlation type Pearson
Number of rows used 236

p: pairwise Pearson correlation

Correlations

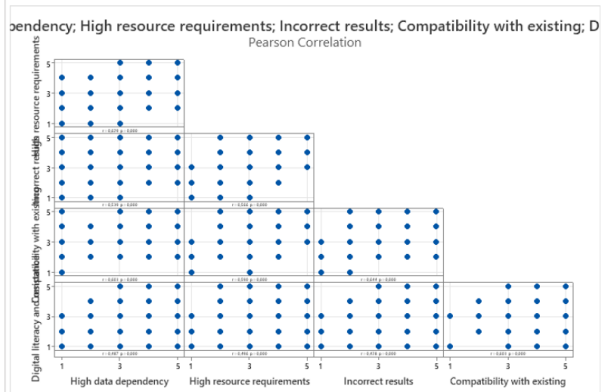
	Supporting strategic decision	Risk management/proactiveness
Risk management/proactiveness	0,656	
Sustainability/circular economy	0,626	0,704

Pairwise Pearson Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Risk management/proactiveness	Supporting strategic decision	236	0,656	(0,576; 0,723)	0,0000
Sustainability/circular economy	Supporting strategic decision	236	0,626	(0,542; 0,698)	0,0000
Sustainability/circular economy	Risk management/proactiveness	236	0,704	(0,633; 0,763)	0,0000

Διάγραμμα 37. Ανάλυση συσχέτισης Pearson για τα οφέλη (ευκαιρίες) χρήσης ΤΝ. (Κεφάλαιο 4.4)

Correlation: High data dependency; High resource requirements; Incorrect results; Compatibility with existing; Digital literacy and resistance



Method

Correlation type Pearson

Number of rows used 236

p: pairwise Pearson correlation

Correlations

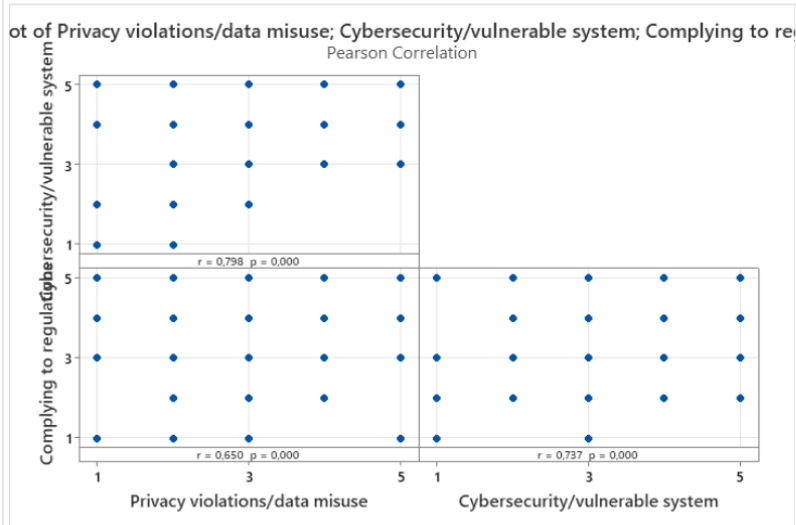
	High data dependency	High resource requirements	Incorrect results	Compatibility with existing
High resource requirements	0,629			
Incorrect results	0,539	0,566		
Compatibility with existing	0,603	0,590	0,644	
Digital literacy and resistance	0,487	0,496	0,428	0,603

Pairwise Pearson Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
High resource requirements	High data dependency	236	0,629	(0,545; 0,701)	0,00000
Incorrect results	High data dependency	236	0,539	(0,441; 0,623)	0,00000
Compatibility with existing	High data dependency	236	0,603	(0,515; 0,678)	0,00000
Digital literacy and resistance	High data dependency	236	0,487	(0,383; 0,579)	0,00000
Incorrect results	High resource requirements	236	0,566	(0,473; 0,647)	0,00000
Compatibility with existing	High resource requirements	236	0,590	(0,500; 0,667)	0,00000
Digital literacy and resistance	High resource requirements	236	0,496	(0,393; 0,587)	0,00000
Compatibility with existing	Incorrect results	236	0,644	(0,562; 0,713)	0,00000
Digital literacy and resistance	Incorrect results	236	0,428	(0,318; 0,527)	0,00000
Digital literacy and resistance	Compatibility with existing	236	0,603	(0,515; 0,678)	0,00000

Διάγραμμα 38. Ανάλυση συσχέτισης Pearson για τις προκλήσεις χρήσης ΤΝ. (Κεφάλαιο 4.5)

Correlation: Privacy violations/data misuse; Cybersecurity/vulnerable system; Complying to regulations



Method

Correlation type Pearson

Number of rows used 236

ρ : pairwise Pearson correlation

Correlations

	Privacy violations/data misuse	Cybersecurity/vulnerable system
Cybersecurity/vulnerable system	0,798	
Complying to regulations	0,650	0,737

Pairwise Pearson Correlations

Sample 1	Sample 2	N	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Cybersecurity/vulnerable system	Privacy violations/data misuse	236	0,798	(0,746; 0,840)	0,000
Complying to regulations	Privacy violations/data misuse	236	0,650	(0,569; 0,718)	0,000
Complying to regulations	Cybersecurity/vulnerable system	236	0,737	(0,673; 0,791)	0,000

Διάγραμμα 39. Ανάλυση συσχέτισης Pearson για τους κινδύνους χρήσης ΤΝ. (Κεφάλαιο 4.5)

Ακολουθούν τα αποτελέσματα ανά ερώτηση του ερωτηματολογίου όπως υπολογίστηκαν από το Minitab.

Age Group	Count	Percent	Type of Company	Count	Percent
18 to 24	3	1,3	International	108	45,8
25 to 34	91	38,6	National / Greek	128	54,2
35 to 44	96	40,7	N=	236	
45 to 55	43	18,2			
Over 55	3	1,3			
N=	236				

Company Size					
Primary Operations	Count	Percent	(Employees)	Count	Percent
Both	129	54,7	100 to 199	15	6,4
Commercial / Distribution	11	4,7	200 to 499	38	16,1
Manufacturing	96	40,7	Less than 100	5	2,1
N=	236		More than 500	178	75,4
			N=	236	

Role	Count	Percent	Years of Experience	Count	Percent
Junior	15	6,4	1 to 3 years	45	19,1
Manager	49	20,8	3 to 5 years	43	18,2
Officer / Analyst	91	38,6	Less than a year	15	6,4
Supervisor / Team leader	63	26,7	More than 5 years	133	56,4
Upper management	18	7,6	N=	236	
N=	236				

Data					
Education	Count	Percent	Analytics	Count	Percent
Bachelor	45	19,1	1	59	25,0
High school	2	0,8	3	127	53,8
Master	174	73,7	4	46	19,5
PhD	15	6,4	5	4	1,7
N=	236		N=	236	

Advanced Analytics					
	Count	Percent		Count	Percent
	1	105		44,5	
	3	106		44,9	
	4	23		9,7	
	5	2		0,8	
N=	236		N=	236	

Machine Learning					
	Count	Percent	Symbolic AI	Count	Percent
1	107	45,3	1	138	58,5
3	87	36,9	3	85	36,0
4	37	15,7	4	13	5,5
5	5	2,1	N=	236	
N=	236				

Predictive Modeling					
	Count	Percent		Count	Percent
1	132	55,9			
3	88	37,3			
4	14	5,9			
5	2	0,8			
N=	236		N=	236	

Natural Language Processing					
	Count	Percent	Generative AI	Count	Percent
1	100	42,4	1	91	38,6
3	105	44,5	3	110	46,6
4	27	11,4	4	33	14,0
5	4	1,7	5	2	0,8
N=	236		N=	236	

Large Language Models					
	Count	Percent	AI concept in Company	Count	Percent
1	145	61,4	AI Agents	54	22,9
3	71	30,1	Analytics	77	32,6
4	20	8,5	Generative AI	66	28,0
N=	236		Machine Learning	39	16,5
			N=	236	

Systematic Data Collection					
	Count	Percent	Digitized Data	Count	Percent
1	23	9,7	1	7	3,0
2	84	35,6	2	50	21,2
3	79	33,5	3	86	36,4
4	40	16,9	4	75	31,8
5	10	4,2	5	18	7,6
N=	236		N=	236	

Standardized Structured Data					
	Count	Percent		Count	Percent
1	9	3,8			
2	61	25,8			
3	91	38,6			
4	62	26,3			
5	13	5,5			
N=	236		N=	236	

Consistently Stored Data					
	Count	Percent	Automated data-capturing	Count	Percent
1	9	3,8	No	31	13,1
2	32	13,6	Not Sure	11	4,7
3	92	39,0	Partially	93	39,4
4	77	32,6	Yes	101	42,8
5	26	11,0	N=	236	
N=	236				

Company Attitude					
	Count	Percent		Count	Percent
1	16	6,8			
2	29	12,3			
3	55	23,3			
4	79	33,5			
5	57	24,2			
N=	236		N=	236	

AI designated person or dpt			Statistical data analysis						
	Count	Percent		Count	Percent				
No	103	43,6	1	61	25,8				
Not sure	72	30,5	2	94	39,8				
Yes	61	25,8	3	63	26,7				
N=	236		4	16	6,8				
			5	2	0,8				
			N=	236					
Documents creation/summarization			Search in legislation/documents						
	Count	Percent		Count	Percent				
	1	35		1	44				
	2	82		2	87				
	3	80		3	72				
	4	32		4	30				
	5	7		5	3				
	N=	236		N=	236				
Supporting strategic decisions	Deviations/CAPA documentation								
	Count	Percent	Count	Percent					
	1	69	29,2	1	72				
	2	102	43,2	2	94				
	3	55	23,3	3	56				
	4	7	3,0	4	12				
	5	3	1,3	5	2				
	N=	236		N=	236				
General AI Assistants									
Communications	Count	Percent	Count	Percent	Translation	Count	Percent		
	1	37	15,7	1	16	6,8	1	27	11,4
	2	73	30,9	2	62	26,3	2	56	23,7
	3	80	33,9	3	71	30,1	3	82	34,7
	4	37	15,7	4	71	30,1	4	61	25,8
	5	9	3,8	5	16	6,8	5	10	4,2
	N=	236		N=	236		N=	236	
Molecular design									
Department	Count	Percent	Count	Percent		Count	Percent		
Engineering / Maintenance	29	12,3		1	19	82,6			
Human Resources	8	3,4		2	2	8,7			
Information Technology	8	3,4		3	2	8,7			
Manufacturing / Operations	41	17,4		N=	23				
Marketing / Customer service	6	2,5		*=	201				
Other	20	8,5							
Quality Assurance	48	20,3							
Quality Control	22	9,3							
Regulatory Affairs / Pharmacovigilance	15	6,4							
Research and Development	23	9,7							
Supply Chain / Logistics	16	6,8							
	N=	236							
De Novo design	Binding affinity prediction			Formulation optimization					
	Count	Percent	Count	Percent	Count	Percent			
	1	17	73,9	1	20	87,0	1	9	
	2	5	21,7	2	2	8,7	2	10	
	3	1	4,3	3	1	4,3	3	2	
	N=	23		N=	23		4	1	
	*=	201		*=	201		5		
							1		
							N=		
							*=		
							201		
ADME property modeling	Drug repurposing			Automated visual inspection					
	Count	Percent	Count	Percent	Count	Percent			
	1	13	56,5	1	14	60,9	1	10	
	2	8	34,8	2	7	30,4	2	10	
	3	2	8,7	3	2	8,7	3	2	
	N=	23		N=	23		N=	22	
	*=	201		*=	201		*=		
							190		
Defect root cause analysis	Forecasting CQA			Pattern recognition					
	Count	Percent	Count	Percent	Count	Percent			
	1	6	27,3	1	6	27,3	1	9	
	2	11	50,0	2	12	54,5	2	11	
	3	5	22,7	3	4	18,2	3	2	
	N=	22		N=	22		N=	22	
	*=	190		*=	190		*=		
							190		

Trend deviations monitoring			Automate batch record review			Predictive quality management		
Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent	
1	6	27,3	1	39	81,3	1	30	62,5
2	10	45,5	2	7	14,6	2	14	29,2
3	6	27,3	3	1	2,1	3	3	6,3
N=	22		4	1	2,1	4	1	2,1
*=	190		N=	48		N=	48	
			*=	182		*=	182	
AI-powered training			Supplier evaluation			Trend deviations monitoring		
Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent	
1	26	54,2	1	35	72,9	1	25	52,1
2	17	35,4	2	12	25,0	2	14	29,2
3	3	6,3	3	1	2,1	3	5	10,4
4	2	4,2	N=	48		4	2	4,2
N=	48		*=	182		5	2	4,2
*=	182					N=	48	
						*=	182	
Continuous process verification			Track changes in legislation			Adverse event patterns		
Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent	
1	27	56,3	1	2	13,3	1	8	53,3
2	16	33,3	2	8	53,3	2	2	13,3
3	4	8,3	3	4	26,7	3	4	26,7
4	1	2,1	4	1	6,7	4	1	6,7
N=	48		N=	15		N=	15	
*=	182		*=	217		*=	217	
Internal Audits			Administrative tasks automation					
Count	Percent		Count	Percent				
1	8	53,3	1	8	53,3			
2	5	33,3	2	1	6,7			
3	2	13,3	3	6	40,0			
N=	15		N=	15				
*=	217		*=	217				
Data filing/workflow management			Yield optimization					
Count	Percent		Count	Percent				
1	6	40,0	1	17	41,5			
2	4	26,7	2	14	34,1			
3	5	33,3	3	6	14,6			
N=	15		4	3	7,3			
*=	217		5	1	2,4			
			N=	41				
			*=	195				
Batch variance forecasting			Automated visual inspections			Closed-Loop control systems		
Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent	
1	19	46,3	1	14	34,1	1	17	41,5
2	10	24,4	2	8	19,5	2	13	31,7
3	8	19,5	3	12	29,3	3	6	14,6
4	4	9,8	4	6	14,6	4	4	9,8
N=	41		5	1	2,4	5	1	2,4
*=	195		N=	41		N=	41	
			*=	195		*=	195	
Digital Twins simulation			Suggesting operator actions					
Count	Percent		Count	Percent				
1	22	53,7	1	19	46,3			
2	10	24,4	2	13	31,7			
3	6	14,6	3	8	19,5			
4	3	7,3	4	1	2,4			
N=	41		N=	41				
*=	195		*=	195				
Predictive maintenance-RUL			Predictive maintenance-downtime					
Count	Percent		Count	Percent				
1	11	37,9	1	13	44,8			
2	10	34,5	2	7	24,1			
3	5	17,2	3	4	13,8			
4	1	3,4	4	3	10,3			
5	2	6,9	5	2	6,9			
N=	29		N=	29				
*=	206		*=	206				
Anomaly detection in cleanrooms			Equipment improvements/upgrades					
Count	Percent		Count	Percent				
1	15	51,7	1	12	41,4			

	2	9	31,0			2	9	31,0	
	3	3	10,3			3	7	24,1	
	4	1	3,4			4	1	3,4	
	5	1	3,4			N=	29		
	N=	29				*=	206		
	*=	206							
Closed-Loop control system				Digital Twins simulations					
	Count	Percent		Count	Percent				
	1	16	55,2	1	22	75,9			
	2	8	27,6	2	5	17,2			
	3	3	10,3	3	2	6,9			
	4	1	3,4	N=	29				
	5	1	3,4	*=	206				
	N=	29							
	*=	206							
Energy consumption optimization				Demand Forecasting					
	Count	Percent		Count	Percent				
	1	18	62,1	1	4	25,0			
	2	7	24,1	2	6	37,5			
	3	3	10,3	3	5	31,3			
	4	1	3,4	4	1	6,3			
	N=	29		N=	16				
	*=	206		*=	215				
Inventory Management				Strategic sourcing/procurement					
	Count	Percent		Count	Percent				
	1	5	31,3	1	5	31,3			
	2	6	37,5	2	8	50,0			
	3	4	25,0	3	2	12,5			
	5	1	6,3	5	1	6,3			
	N=	16		N=	16				
	*=	215		*=	215				
Logistics/delivery optimization				Procurement process automation			Market Trends		
	Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent	
	1	4	25,0	1	4	25,0	1	1	16,7
	2	7	43,8	2	8	50,0	2	2	33,3
	3	4	25,0	3	3	18,8	3	3	50,0
	5	1	6,3	5	1	6,3	N=	6	
	N=	16		N=	16				
	*=	215		*=	215		*=	202	
Sales projection				Customer engagement			Online relationship marketing		
	Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent	
	1	1	16,7	1	1	16,7	1	3	50,0
	2	2	33,3	2	1	16,7	2	2	33,3
	3	1	16,7	3	4	66,7	3	1	16,7
	4	2	33,3	N=	6		N=	6	
	N=	6		*=	202		*=	202	
	*=	202							
Marketing campaign optimization				CV (pre)selection tools					
	Count	Percent		Count	Percent				
	2	2	33,3	1	1	12,5			
	3	3	50,0	2	2	25,0			
	4	1	16,7	3	2	25,0			
	N=	6		4	1	12,5			
	*=	202		5	2	25,0			
				N=	8				
				*=	214				
Automated interviewing				Assessment and evaluation tools			Risk turnover prediction		
	Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent	
	1	5	62,5	1	1	12,5	2	4	50,0
	2	3	37,5	2	2	25,0	3	4	50,0
	N=	8		3	5	62,5	N=	8	
	*=	214		N=	8		*=	214	
			*=	214					
Personalized learning				IT Chatbots			Automatic IT ticket filtering		
	Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent	
	1	1	12,5	1	1	12,5	1	2	25,0
	2	4	50,0	2	1	12,5	2	1	12,5

3	2	25,0	3	4	50,0	3	4	50,0
4	1	12,5	4	2	25,0	4	1	12,5
N=	8		N=	8		N=	8	
*=	214		*=	218		*=	218	
Optimizing resource allocation	Count	Percent	Real-time cybersecurity monitor	Count	Percent	Optimal response to threats	Count	Percent
1	3	37,5	1	2	25,0	1	1	12,5
2	1	12,5	2	2	25,0	2	3	37,5
3	4	50,0	3	3	37,5	3	3	37,5
N=	8		5	1	12,5	5	1	12,5
*=	218		N=	8		N=	8	
			*=	218		*=	218	
Cybersecurity risk assessment	Count	Percent	Drug design and development	Count	Percent	Forecasting (real-time monitor)	Count	Percent
1	1	12,5	1	9	45,0	1	7	35,0
2	3	37,5	2	4	20,0	2	8	40,0
3	3	37,5	3	7	35,0	3	5	25,0
5	1	12,5	N=	20		N=	20	
N=	8		*=	214		*=	214	
*=	218							
Automated batch record review	Count	Percent	AI-powered trainings	Count	Percent	Yield optimizations	Count	Percent
1	10	50,0	1	7	35,0	1	11	55,0
2	6	30,0	2	9	45,0	2	6	30,0
3	3	15,0	3	3	15,0	3	2	10,0
4	1	5,0	4	1	5,0	4	1	5,0
N=	20		N=	20		N=	20	
*=	214		*=	214		*=	214	
Digital-Twins simulation	Count	Percent	Predictive maintenance	Count	Percent	Support regulatory compliance	Count	Percent
1	13	65,0	1	10	50,0	1	9	45,0
2	5	25,0	2	7	35,0	2	7	35,0
3	2	10,0	3	3	15,0	3	4	20,0
N=	20		N=	20		N=	20	
*=	214		*=	214		*=	214	
Assist resource allocation	Count	Percent	Efficiency and Productivity	Count	Percent	Accuracy and Precision	Count	Percent
1	9	45,0	1	7	3,0	1	11	4,7
2	7	35,0	2	45	19,1	2	48	20,3
3	4	20,0	3	76	32,2	3	81	34,3
N=	20		4	75	31,8	4	68	28,8
*=	214		5	33	14,0	5	28	11,9
			N=	236		N=	236	
Data Processing Capacity	Count	Percent	Real-time monitoring/feedback	Count	Percent			
1	9	3,8	1	23	9,7			
2	42	17,8	2	47	19,9			
3	83	35,2	3	65	27,5			
4	71	30,1	4	68	28,8			
5	31	13,1	5	33	14,0			
N=	236		N=	236				
Better prioritization	Count	Percent	Supporting strategic decision	Count	Percent			
1	22	9,3	1	18	7,6			
2	57	24,2	2	60	25,4			
3	63	26,7	3	84	35,6			
4	68	28,8	4	61	25,8			
5	26	11,0	5	13	5,5			
N=	236		N=	236				
Risk management/proactiveness	Count	Percent	Sustainability/circular economy	Count	Percent			
1	10	4,2	1	17	7,2			
2	46	19,5	2	48	20,3			
3	78	33,1	3	84	35,6			
4	82	34,7	4	72	30,5			

			5	20	8,5				5	15	6,4
			N=	236					N=	236	
High data dependency			Count	Percent	High resource requirements	Count	Percent	Incorrect results	Count	Percent	
1			10	4,2	1			8	3,4	2,1	
2			42	17,8	2			44	18,6	16,9	
3			85	36,0	3			97	41,1	26,7	
4			71	30,1	4			70	29,7	33,1	
5			28	11,9	5			17	7,2	21,2	
N=			236		N=			236			
			Digital literacy and resistance								
Compatibility with existing			Count	Percent	Count		Percent				
1			3	1,3	1			9	3,8		
2			40	16,9	2			49	20,8		
3			79	33,5	3			85	36,0		
4			69	29,2	4			67	28,4		
5			45	19,1	5			26	11,0		
N=			236		N=			236			
			Privacy violations/data misuse			Cybersecurity/vulnerable system					
1			7	3,0	1			6	2,5		
2			41	17,4	2			31	13,1		
3			45	19,1	3			46	19,5		
4			81	34,3	4			83	35,2		
5			62	26,3	5			70	29,7		
N=			236		N=			236			
			Complying to regulations			AI tools in GxP/GDPR processes					
1			5	2,1	No			148	62,7	No	158
2			30	12,7	Partially			71	30,1	Partially	62
3			49	20,8	Yes			17	7,2	Yes	16
4			73	30,9	N=			236		N=	236
5			79	33,5							
N=			236								
			Existing validation steps			Procedures for AI data inputs			Procedures for AI data outputs		
No			9	11,5	No			91	38,6	No	105
Not sure			24	30,8	Not sure			53	22,5	Not sure	57
Partially			19	24,4	Partially			48	20,3	Partially	45
Yes			26	33,3	Yes			44	18,6	Yes	29
N=			78		N=			236		N=	236
*=			158								
			AI development company attitude			Extrenal AI developer					
Assigning development of AI systems to external contractor					Count		Percent				
Developing internal AI systems					62		26,3				
Not sure					66		28,0				
Using existing commercial AI models					44		18,6				
N=					64		27,1				
					N=		236				
			Budget and resource constraints			Hiring skilled personnel					
1			22	9,3	1		36	15,3	1		24
2			59	25,0	2		60	25,4	2		53
3			84	35,6	3		72	30,5	3		65
4			52	22,0	4		39	16,5	4		66
5			19	8,1	5		29	12,3	5		28
N=			236		N=		236		N=		236

Infrastructure requirements			Legislation compliance			Complexity of validation		
	Count	Percent		Count	Percent		Count	Percent
1	26	11,0	1	19	8,1	1	11	4,7
2	69	29,2	2	48	20,3	2	48	20,3
3	66	28,0	3	71	30,1	3	60	25,4
4	56	23,7	4	64	27,1	4	67	28,4
5	19	8,1	5	34	14,4	5	50	21,2
N=	236		N=	236		N=	236	
Management alignment/culture								
	Count	Percent						
1	22	9,3						
2	58	24,6						
3	79	33,5						
4	45	19,1						
5	32	13,6						
N=	236							

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.