

Ελλάδα 2.0 ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΡΑΣΗ «Εμβληματικές δράσεις σε διαθεματικές επιστημονικές περιοχές με ειδικό ενδιαφέρον για την σύνδεση με τον παραγωγικό ιστό»

**Δίκτυο Αριστείας για την Ανάπτυξη, Διάδοση και Εφαρμογή Τεχνολογιών Ψηφιακού Μετασχηματισμού στην Ελληνική Μεταποιητική Βιομηχανία
Network of Excellence for the Development, Dissemination and Application of Digital Transformation Technologies in the Greek Manufacturing Industry
GREECE4.0**

[ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΓΟΥ: TAEDR-0535864]

Παραδοτέο:

Π4.5

Στρατηγικές διείσδυσης των λύσεων σε αγορές στόχους και προσέλκυση μελλοντικών επενδύσεων

Οκτώβριος 2025

Περίληψη - Ελληνικά

Το έργο GREECE4.0 στοχεύει στην επιτάχυνση του ψηφιακού και πράσινου μετασχηματισμού της ελληνικής μεταποιητικής βιομηχανίας, αναπτύσσοντας και εφαρμόζοντας πιλοτικά είκοσι ολοκληρωμένες τεχνικές λύσεις που αξιοποιούν τεχνολογίες αιχμής και προωθούν την ενσωμάτωση αρχών κυκλικής οικονομίας, τη μείωση αποβλήτων και την ορθολογική χρήση πόρων.

Το παρόν έγγραφο λειτουργεί ως στρατηγικός οδηγός για τη σύνδεση των τεχνικών αποτελεσμάτων του GREECE4.0 με την αγορά και τους επενδυτές. Στόχος του είναι η αποτύπωση της εμπορικής αξίας των λύσεων και η ανάδειξη ευκαιριών προσέλκυσης επενδύσεων για τη βιώσιμη αξιοποίησή τους. Παράλληλα, παρέχει ένα συνεκτικό πλαίσιο ανάλυσης, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εταιρείες, θεσμικούς φορείς και επιχειρήσεις, προκειμένου να υποστηρίξει τη διείδυση, την κλιμάκωση και τη διεθνοποίηση των λύσεων.

Η δομή του εγγράφου περιλαμβάνει τα ακόλουθα σημεία για κάθε τεχνική λύση:

- Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα: Εξετάζεται η συνάφεια και σημασία της λύσης για την μεταποίηση στην Ελλάδα.
- Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση: Αναλύονται οι αγορές-στόχοι και οι τομείς εφαρμογής, καθώς και οι ανάγκες που καλύπτει η λύση, με αναφορά στα αναμενόμενα οφέλη για τους χρήστες.
- Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος: Παρουσιάζονται οι κλάδοι που δύνανται να ωφεληθούν, τα πιθανά ανταγωνιστικά ή συμπληρωματικά προϊόντα/υπηρεσίες, και τα στρατηγικά πλεονεκτήματα της λύσης (Unique Selling Points).
- Προτεινόμενη στρατηγική διείδυσης στην ελληνική αγορά: Περιγράφονται προτάσεις συνεργασίας με θεσμικούς φορείς και δίκτυα καινοτομίας, στάδια κλιμάκωσης και διεθνοποίησης, καθώς και η σταδιακή υιοθέτηση από τη βιομηχανία.
- Μηχανισμοί προσέλκυσης επενδύσεων: Αναλύεται η πρόταση αξίας (value proposition) της λύσης, οι πιθανές πηγές χρηματοδότησης και η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης από την πιλοτική φάση έως την πλήρη αγορά.
- Ανάλυση SWOT (από επενδυτική σκοπιά): Εντοπίζονται τα δυνατά και αδύναμα σημεία, οι απειλές και οι ευκαιρίες, εστιάζοντας στις παραμέτρους που επηρεάζουν την επενδυτική προοπτική.
- Συμπεράσματα – Οδικός Χάρτης: Συνοψίζονται τα βασικά μηνύματα, τα βήματα υιοθέτησης και οι προτάσεις για την εμπορική και επενδυτική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων.

Περίληψη - Αγγλικά

The GREECE4.0 project aims to accelerate the digital and green transformation of the Greek manufacturing industry by developing and piloting twenty integrated technical solutions that leverage cutting-edge technologies and promote the integration of circular economy principles, waste reduction, and the rational use of resources.

The present document serves as a strategic guide for linking the technical results of GREECE4.0 with the market and investors. Its goal is to capture the commercial value of the solutions and highlight opportunities for investment attraction to ensure their sustainable exploitation. At the same time, it provides a coherent analytical framework that can be used by partners, institutional actors, and businesses to support the market penetration, scaling-up, and internationalization of the solutions.

The structure of the document includes the following sections for each technical solution:

- Strategic framework in Greece: Presentation of the relevance and importance of the solution for the Greek manufacturing sector.
- Market needs addressed by the solution: Analysis of target markets and application areas, as well as the needs covered by the solution, with reference to the expected benefits for users.
- Market and competitive environment analysis: Identification of sectors that may benefit, mapping of potential competing or complementary products/services, and presentation of the strategic advantages of the solution (Unique Selling Points).
- Proposed strategy for market penetration in Greece: Description of proposed collaborations with institutional bodies and innovation networks, stages of scaling and internationalization, and the gradual adoption by the industry.
- Investment attraction mechanisms: Analysis of the solution's value proposition, potential funding sources, and the pathway of commercial maturity from pilot implementation to full market deployment.
- SWOT analysis (investment perspective): Identification of strengths, weaknesses, threats, and opportunities, focusing on factors affecting investment prospects.
- Conclusions – Roadmap: Summary of key messages, adoption steps, and recommendations for the commercial and investment exploitation of the results.

Περιεχόμενα

Περίληψη - Ελληνικά.....	i
Περίληψη - Αγγλικά	ii
Περιεχόμενα.....	iii
Κατάλογος Εικόνων	viii
Κατάλογος Πινάκων	viii
1. Εισαγωγή – Σκοπός και Στόχος του Παραδοτέου	1
Η σημασία της κυκλικής οικονομίας για την μεταποιητική βιομηχανία στην Ελλάδα	1
Ρυθμιστικά πλαίσια που λειτουργούν ως «μοχλοί ζήτησης»	1
Τρέχουσες προκλήσεις σε εθνικό επίπεδο	2
Ο ρόλος του έργου GREECE4.0	2
Σκοπός του Παραδοτέου.....	2
2. Περιγραφή του σχεδίου για την αξιοποίηση των λύσεων στην ελληνική και διεθνή αγορά	4
2.1. Αυτοκινούμενα ρομποτικά συστήματα για διαχείριση αποθήκης και εργασιών γραμμής παραγωγής.....	4
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	4
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	4
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	4
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	5
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	5
Ανάλυση SWOT	6
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	7
2.2. Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twin) για ευέλικτη πλατφόρμα συνεργατικών βιομηχανικών ρομπότ με χρήση τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης.....	9
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	9
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	9
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	10
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	11
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	11
Ανάλυση SWOT	12
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	13
2.3. Λογισμικό για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας προσθετικής κατασκευής με την χρήση υβριδικών μεθόδων	15
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	15
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	15
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	15
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	16
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	16

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Ανάλυση SWOT	16
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	16
2.4. Λογισμικό για την δημιουργία συνθετικών για την εκπαίδευση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης.....	18
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	18
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	18
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	18
Προτεινόμενη στρατηγική διεξόδου στην ελληνική αγορά	19
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	19
Ανάλυση SWOT	19
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	19
2.5 ^α . Αλγόριθμοι Προσομοίωσης για Ψηφιακά Δίδυμα Εξοπλισμού στην Βιομηχανία 4.0	21
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	21
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	21
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	22
Προτεινόμενη στρατηγική διεξόδου στην ελληνική αγορά	22
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	23
Ανάλυση SWOT	24
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	24
2.5 ^β . Αλγόριθμοι Προσομοίωσης για Ψηφιακά Δίδυμα Διαδικασιών στην Βιομηχανία 4.0.....	26
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	26
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	26
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	27
Προτεινόμενη στρατηγική διεξόδου στην ελληνική αγορά	27
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	28
Ανάλυση SWOT	30
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	31
2.6. Πλατφόρμα Ανάλυσης και Διαχείρισης Δεδομένων από το Βιομηχανικό Δίκτυο των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things)	32
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	32
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	32
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	32
Προτεινόμενη στρατηγική διεξόδου στην ελληνική αγορά	33
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	33
Ανάλυση SWOT	34
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	34
2.7. Ολογράμματα βασισμένα σε Ψηφιακά Δίδυμα για μεταφορά γνώσης και εκπαίδευση εργαζομένων-χειριστών στο περιβάλλον της Βιομηχανίας 4.0.....	35

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	35
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	35
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	35
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	36
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	36
Ανάλυση SWOT	37
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	37
2.8. Εργαλειοθήκη προγραμματισμού ευέλικτης/ανθεκτικής παραγωγής και διαχείρισης προϊόντων με μικρό κύκλο ζωής.....	38
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	38
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	38
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	40
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	43
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	44
Ανάλυση SWOT	45
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	46
2.9. Κυκλικές αλυσίδες αξίας μέσω διαχείρισης και παρακολούθησης δευτερογενών υλικών με χρήση ψηφιακών διδύμων και διαβατηρίων προϊόντων	48
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	48
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	48
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	49
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	50
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	50
Ανάλυση SWOT	52
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	52
2.10 ^α . Μέθοδοι λήψης αποφάσεων στην παραγωγική διαδικασία – Σύστημα προβλεπτικής αναλυτικής δεδομένων.....	53
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	53
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	53
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	53
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	54
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	55
Ανάλυση SWOT	56
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	57
2.10 ^β . Μέθοδοι λήψης αποφάσεων στην παραγωγική διαδικασία – Σύστημα προβλεπτικού ελέγχου	58
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	58
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	58

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	59
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	59
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	59
Ανάλυση SWOT	60
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης	61
2.11. Μοντελοποίηση και προσομοίωση δικτύων εφοδιασμού και διανομής	62
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	62
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	63
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	63
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	64
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	64
Ανάλυση SWOT	66
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	66
2.12. Βιομηχανικό μετασύμπαν με την χρήση επεξηγηματικής τεχνητής νοημοσύνης για εφαρμογές επιχειρηματικής νοημοσύνης	68
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	68
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	68
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	69
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	69
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	70
Ανάλυση SWOT	71
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	71
2.13. Φορητή πλατφόρμα καταμέτρησης αποθεμάτων σε αποθήκες	72
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	72
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	72
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	73
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	73
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	74
Ανάλυση SWOT	74
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	75
2.14. Μηχανισμοί Προστασίας Δεδομένων στον Κόμβο Αιχμής	76
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	76
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	77
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	78
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	81
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	81
Ανάλυση SWOT	84

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	84
2.15. Σύστημα ανάλυσης κακόβουλου λογισμικού για βιομηχανικά περιβάλλοντα	86
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	86
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	86
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	86
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	87
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	87
Ανάλυση SWOT	88
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	88
2.16. Ασφαλής αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ.....	89
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	89
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	89
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	89
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	89
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	90
Ανάλυση SWOT	90
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	91
2.17. Κατανόηση σκηνής με βάση οπτική πληροφορία.....	92
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	92
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	92
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	93
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	93
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	93
Ανάλυση SWOT	94
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	95
2.18. Έξυπνη, οπτική επιθεώρηση διαδικασιών και αξιολόγησης πρωτοκόλλων.....	96
Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα	96
Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση	96
Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος.....	97
Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά	97
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων	98
Ανάλυση SWOT	100
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης.....	100
3. Συμπεράσματα.....	102
4. Αναφορές	103

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: SWOT ανάλυση για λογισμικό για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας προσθετικής κατασκευής με την χρήση υβριδικών μεθόδων.....	16
Εικόνα 2: SWOT ανάλυση για λογισμικό για την δημιουργία συνθετικών για την εκπαίδευση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης.....	19
Εικόνα 3: Οδικός Χάρτης Εμπορικής Ωρίμανσης Προτεινόμενη Λύσης Ψηφιακών Διδύμων.....	29
Εικόνα 4: SWOT ανάλυση Προτεινόμενη Λύσης Ψηφιακών Διδύμων.....	30
Εικόνα 5: Τα 5 στάδια διεξόδου της πλατφόρμας ανάλυσης και διαχείρισης IIoT data στην αγορά.....	33
Εικόνα 6: SWOT ανάλυση για την πλατφόρμα ανάλυσης και διαχείρισης IIoT data.....	34
Εικόνα 7: Στρατηγικό τρίγωνο για την τεχνολογική λύση 8 (Αγορά – Λύση – Επενδύσεις).....	43
Εικόνα 8: SWOT ανάλυση από επενδυτική σκοπιά για την τεχνολογική λύση 8.....	46
Εικόνα 9: Οδικός χάρτης τριετούς επέκτασης/αξιοποίησης τεχνολογικής λύσης 8.....	47
Εικόνα 10: Διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης (από πιλοτική εφαρμογή σε market-ready υπηρεσία).....	51
Εικόνα 11: Ανάλυση SWOT από επενδυτική σκοπιά για την 9 ^η τεχνική λύση.....	52
Εικόνα 12: Ανάλυση SWOT από επενδυτική σκοπιά για το σύστημα προβλεπτικού ελέγχου που αναπτύσσει η λύση 10.B.....	60
Εικόνα 13: Ανάλυση SWOT για τη λύση μοντελοποίησης και προσομοίωσης δικτύων εφοδιασμού και διανομής.....	66
Εικόνα 14: Τα τέσσερα στάδια του οδικού χάρτη ανάπτυξης και διεξόδου της λύσης 11.....	67
Εικόνα 15: Ανάλυση SWOT για τη λύση 12 που αφορά βιομηχανικό μετασύνταν με την χρήση επεξηγηματικής τεχνητής νοημοσύνης για εφαρμογές επιχειρηματικής νοημοσύνης.....	71
Ο οδικός χάρτης υιοθέτησης και ανάπτυξης της λύσης προβλέπει τέσσερα διαδοχικά στάδια: (α) ολοκλήρωση MVP και απόδειξη τεχνικής σκοπιμότητας , ήδη επιτευχθείσα μέσα από το ερευνητικό έργο, (β) πιλοτικές εφαρμογές διάρκειας 6–12 μηνών σε 3–5 βιομηχανίες για συλλογή μετρήσιμων αποτελεσμάτων και δημιουργία success stories, (γ) διάθεση μιας πλήρως λειτουργικής πλατφόρμας στην αγορά εντός 12–24 μηνών, με έτοιμη βιβλιοθήκη 10–15 σεναρίων και την εξασφάλιση των πρώτων εμπορικών πελατών, και (δ) κλιμάκωση και διεθνοποίηση σε 24–48 μήνες, με στόχευση στις αγορές των Βαλκανίων και συνεργασίες με διεθνείς βιομηχανικούς integrators για ευρεία εμπορική διάθεση. Για την αποτελεσματική υλοποίηση του σχεδίου απαιτούνται συντονισμένες ενέργειες υποστήριξης, όπως ενίσχυση του μηχανισμού πωλήσεων και marketing, πιστοποίηση των εκπαιδευτικών σεναρίων, σύναψη στρατηγικών συνεργασιών με εκπαιδευτικούς και βιομηχανικούς φορείς και αξιοποίηση των διαθέσιμων χρηματοδοτικών εργαλείων για επιτάχυνση της υιοθέτησης. Η παρούσα προσέγγιση διασφαλίζει μια σαφή και επενδύσιμη προοπτική, θέτοντας τις βάσεις για βιώσιμη εμπορική επέκταση και διεθνή ανταγωνιστικότητα.Εικόνα 54 Εικόνες από το πόστο στη βιομηχανία.....	71
Εικόνα 16: Ανάλυση SWOT για φορητή πλατφόρμα καταμέτρησης αποθεμάτων σε αποθήκες.....	74
Εικόνα 17: Τα 4 στάδια διεξόδου στην αγορά.....	81
Εικόνα 18: Ανάλυση SWOT για τους μηχανισμούς προστασίας δεδομένων στον κόμβο αιχμής.....	84
Εικόνα 19: Ανάλυση SWOT για το σύστημα ανάλυσης κακόβουλου λογισμικού για βιομηχανικά περιβάλλοντα.....	88
Εικόνα 20: Ανάλυση SWOT για την έξυπνη, οπτική επιθεώρηση διαδικασιών και αξιολόγησης πρωτοκόλλων.....	100

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: SWOT ανάλυση για ολογράμματα βασισμένα σε DT για μεταφορά γνώσης και εκπαίδευση εργαζομένων-χειριστών.....	37
Πίνακας 2: Στάδια εμπορικής ωρίμανσης της λύσης.....	45
Πίνακας 3: Χαρτογράφηση ανταγωνιστικών και συμπληρωματικών λύσεων σε εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο.....	49
Πίνακας 4: Τα 4 βήματα της προτεινόμενης στρατηγικής διεξόδου στην αγορά.....	50
Πίνακας 5: Οι πιθανοί φορείς και στόχοι χρηματοδότησής.....	51

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Πίνακας 41: ΥΥ.....	52
Πίνακας 7: Τα 4 στάδια εμπορικής ωρίμανσης του συστήματος προβλεπτικής αναλυτικής δεδομένων ως μέθοδο λήψης αποφάσεων στην παραγωγική διαδικασία.....	56
Πίνακας 8: Ανάλυση SWOT της λύσης 10.A από επενδυτική σκοπιά.....	56
Πίνακας 9: Ανάλυση SWOT για τη λύση 17 «Κατανόηση σκηνής με βάση οπτική πληροφορία»	94

1. Εισαγωγή – Σκοπός και Στόχος του Παραδοτέου

Η σημασία της κυκλικής οικονομίας για την μεταποιητική βιομηχανία στην Ελλάδα

Η μεταποίηση αποτελεί βασικό πυλώνα της ελληνικής οικονομίας και κοινωνίας, με συνεχώς αυξανόμενη συμβολή τα τελευταία χρόνια. Το μερίδιο της ΑΠΑ του κλάδου στο ΑΕΠ έφτασε το 9,1% το 2022, έναντι 7,8% το 2019 και 8,1% το 2016, ενώ η απασχόληση στον τομέα ανήλθε σε 10% το ίδιο έτος, αντιστοιχώντας σε 413 χιλιάδες εργαζομένους. Εάν συνυπολογιστούν και οι έμμεσες επιδράσεις μέσα από τη διασύνδεση με άλλους τομείς, η συνολική συμβολή της μεταποίησης στην οικονομία εκτιμάται στο 24% του ΑΕΠ και σε περίπου 1,1 εκατομμύρια θέσεις εργασίας το 2021.

Η διεθνής πορεία προς μια οικονομία μηδενικών εκπομπών έως το 2050 θέτει τον τομέα μπροστά σε σημαντικές προκλήσεις. Οι επιχειρήσεις καλούνται να προσαρμόσουν τις παραγωγικές τους διαδικασίες ώστε να μειώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα, να εντάξουν την κυκλική οικονομία στο επιχειρηματικό τους μοντέλο και να αναπτύξουν προϊόντα πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Η μετάβαση αυτή απαιτεί την υιοθέτηση δοκιμασμένων κυκλικών τεχνικών λύσεων ώστε να διασφαλιστεί η ανταγωνιστικότητα των ελληνικών επιχειρήσεων.

Ρυθμιστικά πλαίσια που λειτουργούν ως «μοχλοί ζήτησης»

Η Ελλάδα έχει θεσπίσει τα τελευταία χρόνια μια σειρά στρατηγικών και σχεδίων δράσης που ενσωματώνουν την κυκλική οικονομία ως βασικό άξονα πολιτικής, δημιουργώντας κανονιστικά κίνητρα για την υιοθέτηση κυκλικών τεχνικών λύσεων στη μεταποίηση.

Το [Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία 2021–2025](#), που εγκρίθηκε το 2022, αποτελεί το βασικό εργαλείο πολιτικής. Περιλαμβάνει 71 δράσεις κατανομημένες σε πέντε πυλώνες, εκ των οποίων ο πρώτος, «Βιώσιμη παραγωγή και βιομηχανική πολιτική», αφορά άμεσα στον μεταποιητικό τομέα. Στο πλαίσιο αυτό προωθούνται μέτρα όπως ο οικολογικός σχεδιασμός προϊόντων, η οικολογική πιστοποίηση, η ενίσχυση της βιομηχανικής συμβίωσης και η παροχή φορολογικών απαλλαγών. Οι παρεμβάσεις αυτές κατευθύνουν τις επιχειρήσεις προς την ενσωμάτωση τεχνολογιών που μειώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των παραγωγικών διαδικασιών.

Σημαντική επίδραση στη μεταποίηση έχουν επίσης το [Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων](#) (ΕΣΔΑ) και το [Εθνικό Πρόγραμμα Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων](#) (ΕΠΠΔΑ), που εγκρίθηκαν το 2020 και το 2022. Οι στρατηγικοί αυτοί σχεδιασμοί ενισχύουν την ανακύκλωση, την πρόληψη και την επαναχρησιμοποίηση, προσφέροντας νέες ροές δευτερογενών υλών και ενισχύοντας την αγορά ανακυκλωμένων υλικών, τα οποία αποτελούν κρίσιμες εισροές για τη μεταποιητική βιομηχανία.

Το 2023, το ΕΣΔΑ τροποποιήθηκε ώστε να ενσωματώσει την έννοια των [Μονάδων Ανάκτησης και Ανακύκλωσης](#) (Recovery Recycling Facilities – RRFs). Οι νέες αυτές εγκαταστάσεις θα πραγματοποιούν μηχανική διαλογή ανακυκλώσιμων υλικών και βιολογική επεξεργασία οργανικών κλασμάτων, ενώ σταδιακά θα αντικαταστήσουν τις υφιστάμενες μονάδες μηχανικής-βιολογικής επεξεργασίας. Η δημιουργία RRFs αναμένεται να αυξήσει τη διαθεσιμότητα δευτερογενών πρώτων υλών για τη μεταποίηση, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στη μείωση της ταφής αποβλήτων κάτω από το 10% έως το 2030.

Παράλληλα, έχουν εισαχθεί οικονομικά εργαλεία που επιδρούν στις παραγωγικές δραστηριότητες. Ανάμεσά τους περιλαμβάνονται το τέλος ταφής, η επέκταση των [Προγραμμάτων Διευρυμένης Ευθύνης Παραγωγού](#) (ΠΔΕΠ) σε νέες ροές αποβλήτων (όπως κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, έπιπλα, αγροτικά πλαστικά, παιχνίδια), καθώς και η εφαρμογή περιβαλλοντικών τελών σε πλαστικά μιας χρήσης. Μέτρα όπως η οικολογική διαμόρφωση εισφορών (eco-modulation) σε συστήματα διαχείρισης πλαστικών συσκευασιών δημιουργούν άμεσες πιέσεις στη βιομηχανία για παραγωγή πιο ανακυκλώσιμων και επαναχρησιμοποιήσιμων προϊόντων.

Τέλος, το πλαίσιο των [πράσινων δημόσιων συμβάσεων](#) (Green Public Procurement) λειτουργεί ως μηχανισμός ζήτησης για κυκλικά προϊόντα. Με υποχρεωτικούς στόχους σε κατηγορίες όπως χαρτί, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, φωτισμός, κλιματιστικά και οχήματα, δημιουργείται σταθερή αγορά για προϊόντα που πληρούν κριτήρια κυκλικής οικονομίας, δίνοντας ώθηση σε επιχειρήσεις μεταποίησης να υιοθετήσουν σχετικές τεχνολογίες.

Τρέχουσες προκλήσεις σε εθνικό επίπεδο

Ωστόσο, στην Ελλάδα παρατηρείται υστέρηση σε ψηφιακές δεξιότητες και στην παροχή επαγγελματικής κατάρτισης. Μόλις το 14,5% των μεταποιητικών επιχειρήσεων παρείχαν σχετική εκπαίδευση στο προσωπικό τους, ποσοστό που κατατάσσει τη χώρα στην 22η θέση στην ΕΕ.

Παρά την ύπαρξη ευρωπαϊκών και εθνικών πολιτικών, οι μεγάλες ελληνικές επιχειρήσεις υιοθετούν κυρίως αποσπασματικά μέτρα, όπως η μείωση και διαχείριση αποβλήτων, χωρίς να υιοθετούν ολοκληρωμένα μοντέλα κυκλικής οικονομίας. Αυτό οφείλεται σε πολιτισμικά και οικονομικά εμπόδια, καθώς η μετάβαση θεωρείται ότι επιβαρύνει τις δομές κόστους και μειώνει την απόδοση επενδύσεων. Ωστόσο, η μετάβαση απαιτεί τεχνολογική και οργανωτική καινοτομία, αλλαγή κουλτούρας και συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων μερών.

Ο ρόλος του έργου GREECE4.0

Στην μετάβαση της ελληνικής μεταποιητικής βιομηχανίας σε πιο κυκλικά, ψηφιακά και αποδοτικά πρότυπα συμβάλλει το έργο [GREECE4.0](#), αναπτύσσοντας ολοκληρωμένες λύσεις που συνδυάζουν τεχνολογική καινοτομία και πρακτική εφαρμογή στην παραγωγή. Λειτουργώντας, έτσι, ως εθνικός μηχανισμός επιτάχυνσης του ψηφιακού και πράσινου μετασχηματισμού της βιομηχανίας.

Μέσω της ανάπτυξης και πιλοτικής εφαρμογής είκοσι ολοκληρωμένων τεχνικών λύσεων, το έργο στοχεύει να ενισχύσει την ανθεκτικότητα, αποδοτικότητα και περιβαλλοντική επίδοση των ελληνικών βιομηχανικών επιχειρήσεων. Οι λύσεις αυτές αξιοποιούν τεχνολογίες αιχμής, όπως το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα Ψηφιακά Δίδυμα, την Τεχνητή Νοημοσύνη και την Επαυξημένη Πραγματικότητα, παρέχοντας πρακτικά εργαλεία για την παρακολούθηση, βελτιστοποίηση και αυτοματοποίηση των παραγωγικών διεργασιών.

Παράλληλα, το GREECE4.0 υποστηρίζει την ενσωμάτωση αρχών κυκλικής οικονομίας στη βιομηχανία, προωθώντας λύσεις για επαναχρησιμοποίηση πόρων, μείωση αποβλήτων και αποδοτικότερη αξιοποίηση ενέργειας και υλικών. Έτσι, το έργο συμβάλλει ουσιαστικά στη διαμόρφωση ενός βιώσιμου και ανταγωνιστικού βιομηχανικού οικοσυστήματος, ευθυγραμμισμένου με τους ευρωπαϊκούς στόχους για την πράσινη μετάβαση.

Κεντρικό εργαλείο για τη διάχυση και εμπορική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων αποτελεί η διαδικτυακή πλατφόρμα [Market4.0](#), η οποία λειτουργεί ως ψηφιακή αγορά (marketplace) για τις λύσεις του έργου. Η πλατφόρμα παρέχει στις βιομηχανίες τη δυνατότητα να ανακαλύψουν, να αξιολογήσουν και να υιοθετήσουν τεχνολογίες που ανταποκρίνονται στις ανάγκες τους, ενώ ταυτόχρονα δίνει στους παρόχους λύσεων τη δυνατότητα προβολής και προώθησης των προϊόντων τους μέσα από δωρεάν και εμπορικά πακέτα προσφοράς. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα και συνέχεια των αποτελεσμάτων του έργου, πέρα από τη διάρκεια της υλοποίησής του.

Στο πλαίσιο της στρατηγικής διείδυσης στην αγορά, σημαντικό ρόλο αναλαμβάνουν και τα Competence Centers, τα οποία λειτουργούν ως κόμβοι επίδειξης, υποστήριξης και διάχυσης των λύσεων. Μέσω αυτών, οι επιχειρήσεις θα έχουν τη δυνατότητα δωρεάν δοκιμής (free testing) επιλεγμένων τεχνολογιών, με στόχο τη μετέπειτα εμπορική πρόταση αγοράς και εγκατάστασης. Για τις λύσεις όπου δεν είναι εφικτή πλήρης δοκιμή, προτείνεται η παροχή σύντομων επιδείξεων (short demos), ώστε να διατηρηθεί η δυνατότητα παρουσίασης των τεχνολογιών και των δυνατοτήτων τους.

Η ευθύνη για την εμπορική διάθεση κάθε λύσης παραμένει στον αρχικό εταίρο – πάροχο, διασφαλίζοντας έτσι τη συνέπεια, την ποιότητα και τη βιωσιμότητα του επιχειρηματικού μοντέλου. Μέσα από αυτό το πολυεπίπεδο σχήμα διάχυσης, το έργο GREECE4.0 δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα καινοτομίας και αγοράς, το οποίο ενισχύει τη διείδυση των λύσεων στις αγορές-στόχους και προσελκύει νέες επενδύσεις στον τομέα της βιομηχανικής καινοτομίας.

Σκοπός του Παραδοτέου

Σκοπός του παρόντος παραδοτέου είναι η διαμόρφωση ενός συνεκτικού πλαισίου για την στρατηγική διείδυση των τεχνικών λύσεων του έργου GREECE4.0 στην ελληνική βιομηχανία, με στόχο την σύνδεση των λύσεων με τις ανάγκες και τις προτεραιότητες της εθνικής μεταποιητικής βιομηχανίας.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Το παραδοτέο αποτυπώνει την εμπορική και επενδυτικής αξίας κάθε λύσης, μέσω της ανάλυσης του στρατηγικού πλαισίου, των αναγκών και αγορών-στόχων, του ανταγωνιστικού περιβάλλοντος και των προτεινόμενων μηχανισμών προσέλκυσης επενδύσεων. Παράλληλα, διαμορφώνεται ένας συνοπτικός οδικός χάρτης για τη σταδιακή εμπορική ωρίμανση, τη βιώσιμη αξιοποίηση και τη διεθνοποίηση των αποτελεσμάτων του έργου.

Με αυτόν τον τρόπο, το παραδοτέο λειτουργεί ως εργαλείο στρατηγικής και επενδυτικής καθοδήγησης, ενισχύοντας τη σύνδεση των ερευνητικών αποτελεσμάτων του GREECE4.0 με την αγορά και τη βιομηχανική πολιτική της χώρας.

2. Περιγραφή του σχεδίου για την αξιοποίηση των λύσεων στην ελληνική και διεθνή αγορά

2.1. Αυτοκινούμενα ρομποτικά συστήματα για διαχείριση αποθήκης και εργασιών γραμμής παραγωγής

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η Ελληνική Μεταποιητική Βιομηχανία βρίσκεται σε φάση μετάβασης προς την ψηφιοποίηση, την ενσωμάτωση τεχνολογιών αυτοματισμού, στοχεύοντας στην ολοκλήρωση των ψηφιακών συστημάτων, προκειμένου να ενισχυθεί η παραγωγικότητα, η ποιότητα και η ανταγωνιστικότητα των τοπικών επιχειρήσεων. Ωστόσο, παρά την αυξανόμενη υιοθέτηση τεχνολογιών της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης (Industry 4.0), η διαχείριση υλικών, εξαρτημάτων και ενδιάμεσων προϊόντων παραμένει σε μεγάλο βαθμό χειρωνακτική (μη ψηφιοποιημένη). Ως εκ τούτου, η εξάρτηση από την διαρκή παρέμβαση από το ανθρώπινο δυναμικό σε εργασίες χαμηλής προστιθέμενης αξίας δημιουργεί περιορισμούς στην αποδοτικότητα, αυξημένο λειτουργικό κόστος καθώς και ευαισθησία σε διακυμάνσεις του εργατικού δυναμικού.

Η προτεινόμενη λύση αυτοκινούμενων ρομποτικών συστημάτων στοχεύει ακριβώς στην αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων, παρέχοντας αυτονομία στη μεταφορά, πλοήγηση και διαχείριση εξαρτημάτων μέσα στην παραγωγή. Σε αυτό το σημείο, τονίζεται η λύση αυτή ευθυγραμμίζεται πλήρως με τις εθνικές στρατηγικές ψηφιακού μετασχηματισμού και τις ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες για έξυπνη, βιώσιμη και ανθρωποκεντρική βιομηχανία, στην οποία ο ρόλος του ανθρώπινου δυναμικού δεν εκμηδενίζεται αλλά επαναπροσδιορίζεται μέσα από την άμεση συνεργασία με ευφυή ρομποτικά συστήματα.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η λύση αυτοκινούμενων ρομποτικών συστημάτων απευθύνεται επί το πλείστον σε επιχειρήσεις των οποίων οι κύριες δραστηριότητες εστιάζουν στη μεταποίηση, στη συναρμολόγηση εξαρτημάτων και συσκευών, στη βιομηχανική παραγωγή μικρομεσαίας κλίμακας και στη διαχείριση αποθηκών και εσωτερικών ροών υλικών. Οι αγορές-στόχοι περιλαμβάνουν τόσο τον κλάδο του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των αυτοματισμών, όπου η συναρμολόγηση και η τροφοδοσία γραμμών παραγωγής αποτελούν διαδικασίες με υψηλή επαναληψιμότητα, όσο και βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων και καταναλωτικών προϊόντων, στις οποίες αναγνωρίζεται η ανάγκη για σταθερή ποιότητα, υγιεινή και ακρίβεια στη διαχείριση συσκευασιών και υλικών.

Σε όλους τους παραπάνω τομείς, η ελληνική αγορά χαρακτηρίζεται από έντονη εξάρτηση από χειρωνακτική εργασία, περιορισμένη αυτοματοποίηση και συχνή ανάγκη προσαρμογής σε μεταβαλλόμενους όγκους παραγωγής, στοιχεία τα οποία δημιουργούν αβεβαιότητα, αυξημένο λειτουργικό κόστος και χαμηλούς ρυθμούς παραγωγικότητας. Η λύση ανταποκρίνεται σε αυτές τις ανάγκες προσφέροντας ένα σύστημα το οποίο δύναται να επιφορτιστεί με την αυτόνομη μεταφορά, αναγνώριση και χειρισμό εξαρτημάτων, προσαρμοζόμενο στο εκάστοτε περιβάλλον χωρίς να απαιτείται ανακατασκευή ή εκτεταμένη επαναδιαμόρφωση της γραμμής παραγωγής.

Τα αναμενόμενα οφέλη για τους χρήστες είναι η αύξηση της αποδοτικότητας και της σταθερότητας της παραγωγής, η μείωση των σφαλμάτων και των αποκλίσεων ποιότητας, η εξοικονόμηση κόστους μέσω περιορισμού της επαναλαμβανόμενης χειρωνακτικής εργασίας, καθώς και η ενίσχυση της ευελιξίας σε περιόδους μεταβολής της ζήτησης. Επιπλέον, η σταδιακή εισαγωγή ρομποτικών συστημάτων συμβάλλει στην αναβάθμιση του ανθρώπινου δυναμικού σε ρόλους υψηλότερης προστιθέμενης αξίας, στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και στην ενίσχυση της συνολικής ανταγωνιστικότητας των ελληνικών επιχειρήσεων τόσο στην εγχώρια αγορά όσο και διεθνώς.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η λύση εντάσσεται σε έναν τομέα όπου η ζήτηση για ευέλικτη αυτοματοποίηση αυξάνεται με σταθερό ρυθμό, ιδιαίτερα σε κλάδους που απαιτούν συχνές εναλλαγές προϊόντων και υψηλή ακρίβεια στη διαχείριση εξαρτημάτων. Οι βασικοί κλάδοι οι οποίοι αναμένεται να ωφεληθούν είναι η βιομηχανία

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και αυτοματισμών, όπου οι διεργασίες συναρμολόγησης απαιτούν επαναληψιμότητα και ακρίβεια, οι βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων, όπου η διαχείριση και η μεταφορά υλικών πρέπει να γίνεται με αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας, καθώς και οι επιχειρήσεις αποθήκευσης και logistics, όπου η ανάγκη για ευέλικτη και ασφαλή ενδοεπιχειρησιακή μεταφορά προϊόντων αποτελεί πλέον κρίσιμο παράγοντα ανταγωνιστικότητας.

Στην ελληνική και ευρωπαϊκή αγορά κυκλοφορούν λύσεις αυτόνομων κινητών ρομπότ (AMR) καθώς και συνεργατικών βραχιόνων, ωστόσο οι περισσότερες από αυτές λειτουργούν ως απομονωμένα συστήματα με περιορισμένη δυνατότητα ολοκληρωμένης λειτουργίας και συντονισμού μεταξύ πλοήγησης, όρασης και χειρισμού αντικειμένων. Αντίστοιχα, οι μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες στον χώρο των βιομηχανικών ρομπότ προσφέρουν κατά κύριο λόγο προτυποποιημένες, κλειστές λύσεις, οι οποίες απαιτούν ειδικό εξοπλισμό, σταθερές γραμμές παραγωγής και συχνά σημαντικές επεμβάσεις στην υποδομή του εργοστασίου ώστε να μπορέσουν να ενσωματωθούν.

Η προτεινόμενη λύση διαφοροποιείται στρατηγικά από τις ανταγωνιστικές προσεγγίσεις, καθώς προσφέρει μία πλήρως ενοποιημένη, ευέλικτη και προσαρμόσιμη αρχιτεκτονική, ικανή να λειτουργήσει σε διαρκώς και δυναμικά μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα και σε σενάρια όπου τα αντικείμενα δεν βρίσκονται σε προκαθορισμένες θέσεις. Η δυνατότητα να συνδυάζει αυτόνομη πλοήγηση, ευφυή όραση και συνεργατικό χειρισμό σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να απαιτείται αναδιάρθρωση της παραγωγικής υποδομής, αποτελεί το βασικό στρατηγικό της πλεονέκτημα. Επιπλέον, η χρήση ανοιχτών προτύπων λογισμικού και αρθρωτής αρχιτεκτονικής επιτρέπει τη σταδιακή επέκταση, την εύκολη ενσωμάτωση σε υφιστάμενα συστήματα και τη διασφάλιση χαμηλότερου συνολικού κόστους κτήσης σε βάθος χρόνου, καθιστώντας τη λύση ιδιαίτερα ελκυστική τόσο για επιχειρήσεις όσο και για επενδυτές οι οποίοι αναζητούν σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες με πραγματική δυνατότητα κλιμάκωσης.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης της λύσης στην ελληνική αγορά στηρίζεται στην αξιοποίηση υφιστάμενων βιομηχανικών δομών, στη σταδιακή απόδειξη της αξίας της τεχνολογίας σε πραγματικές συνθήκες και στη δημιουργία ενός οικοσυστήματος συνεργασιών που θα επιτρέψουν την κλιμάκωση και τη βιώσιμη εμπορική της ανάπτυξη.

Αφετηρία αποτελεί η συνεργασία με θεσμικούς φορείς, όπως κλαδικές ενώσεις, επιμελητήρια και δίκτυα καινοτομίας, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως πολλαπλασιαστές ενημέρωσης και διάχυσης, διευκολύνοντας την πρόσβαση σε επιχειρήσεις που ενδιαφέρονται για την αναβάθμιση των παραγωγικών τους διαδικασιών. Στο επόμενο στάδιο, η υιοθέτηση της λύσης προτείνεται να εστιάσει σε μεγάλες και μεσαίες βιομηχανίες που παρουσιάζουν ώριμες ανάγκες για αυτοματοποίηση, είτε λόγω αυξημένων απαιτήσεων παραγωγικότητας είτε λόγω κανονιστικών υποχρεώσεων που αφορούν την ασφάλεια και την τυποποίηση των διαδικασιών. Η λειτουργική εγκατάσταση σε τέτοιους οργανισμούς επιτρέπει την απόδειξη της απόδοσης και της αξιοπιστίας του συστήματος σε περιβάλλον υψηλής πολυπλοκότητας, ενισχύοντας παράλληλα την εμπιστοσύνη και δημιουργώντας πρότυπα υλοποίησης που μπορούν να επαναληφθούν και να προσαρμοστούν σε μικρότερες επιχειρήσεις. Παράλληλα, η κλιμάκωση της λύσης υποστηρίζεται από την αρθρωτή και επεκτάσιμη αρχιτεκτονική της, η οποία επιτρέπει τη σταδιακή εισαγωγή πρόσθετων ρομποτικών μονάδων σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις χωρίς αναδιάταξη της παραγωγικής υποδομής. Τέλος, η διεθνοποίηση της λύσης μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τη συνεργασία με ευρωπαϊκά δίκτυα και φορείς πιστοποίησης, αξιοποιώντας αναγνωρισμένα πρότυπα, κοινές πλατφόρμες δοκιμών και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες για έξυπνη και βιώσιμη βιομηχανία, με στόχο τη διείσδυση σε αγορές που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά παραγωγικής δομής και ανάγκης για ευφυή αυτοματοποίηση.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινόμενη λύση παρουσιάζει ένα ξεκάθαρο και ελκυστικό επενδυτικό προφίλ, καθώς απαντά σε μια ευδιάκριτη και διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη των βιομηχανικών επιχειρήσεων για αυτοματοποίηση των ενδοεπιχειρησιακών διαδικασιών και για ευφυή διαχείριση υλικών και χειρισμών σε περιβάλλοντα μεταβλητής παραγωγής.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Η πρόταση αξίας προς τους επενδυτές βασίζεται στη δυνατότητα της λύσης να δημιουργήσει επαναλαμβανόμενα και κλιμακούμενα έσοδα, τόσο μέσω της εγκατάστασης του συστήματος όσο και μέσω μακροχρόνιων συμβολαίων συντήρησης, αναβάθμισης λογισμικού, υπηρεσιών τεχνικής υποστήριξης και μοντέλων λειτουργικής μίσθωσης, όπως το RaaS, το οποίο δυνητικά μειώνει το αρχικό κόστος για τον τελικό χρήστη και επιτρέπει ταχύτερη διείσδυση στην αγορά.

Παράλληλα, η λύση ευθυγραμμίζεται με τις προτεραιότητες ευρωπαϊκών και εθνικών χρηματοδοτικών μηχανισμών οι οποίοι προωθούν τον ψηφιακό και βιώσιμο μετασχηματισμό της βιομηχανίας, γεγονός που επιτρέπει την αξιοποίηση πηγών χρηματοδότησης όπως τα προγράμματα του [Ταμείου Ανάκαμψης](#), το [ΕΣΠΑ](#), καθώς και πρωτοβουλίες υποστήριξης βιομηχανικής καινοτομίας, όπως ο EIC Accelerator και άλλοι μηχανισμοί τεχνολογικής ωρίμανσης.

Η εμπορική διαδρομή της λύσης ξεκινά από την ολοκλήρωση και την αποτίμηση πιλοτικών εγκαταστάσεων σε πραγματικές βιομηχανικές συνθήκες, οι οποίες λειτουργούν ως τεκμήριο εφαρμοσιμότητας και απόδοσης. Στη συνέχεια, η λύση μπορεί να τυποποιηθεί σε συγκεκριμένες εκδόσεις προϊόντος και πακέτα υπηρεσιών, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο την ομαλή μετάβαση από την πιλοτική εφαρμογή σε μια πλήρως εμπορικά αξιοποιήσιμη και ανταγωνιστική υπηρεσία.

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει την ανάπτυξη συνεργασιών διανομής και υποστήριξης, την πιστοποίηση του προϊόντος και την προώθησή του σε αγορές εκτός Ελλάδας, όπου η ανάγκη για αυτοματοποιημένα ευφυή συστήματα είναι εξίσου αυξημένη. Με αυτόν τον τρόπο, η λύση δύναται να αποκτήσει πραγματικές προϋποθέσεις κλιμάκωσης και διαμόρφωσης ενός βιώσιμου, εξαγωγίμου προϊόντος με υψηλή προστιθέμενη αξία.

Ανάλυση SWOT

Δυνατά Σημεία (Strengths)

Η λύση διαθέτει ένα σύνολο χαρακτηριστικών τα οποία της προσδίδουν ισχυρή ανταγωνιστική θέση στην αγορά, καθώς επίσης την καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστική για επενδυτές και βιομηχανικούς χρήστες. Το σύστημα δεν αποτελεί απλώς μια συλλογή επιμέρους τεχνολογικών υποσυστημάτων, αλλά μια ολοκληρωμένη ψηφιακή πλατφόρμα αυτοματοποίησης η οποία ενσωματώνει αυτόνομη πλοήγηση στο χώρο, ευφυή συστήματα όρασης και αναγνώρισης αντικειμένων, τεχνικές εκτίμησης θέσης (pose estimation) και συνεργατικό ρομποτικό βραχίονα, όλα ομογενοποιημένα σε ενιαίο περιβάλλον λειτουργίας βασισμένο σε [ROS2 \(Robot Operating System 2\)](#). Η υλοποίηση αυτή εξασφαλίζει αξιόπιστη και σταθερή λειτουργία στο εργοστάσιο, ενώ παράλληλα καθιστά δυνατή την άμεση προσαρμογή σε διαφορετικά προϊόντα ή συνθήκες εργασίας, χωρίς ανάγκη εκτεταμένου reprogramming ή αναδιάταξης της γραμμής παραγωγής.

Η ευελιξία και η επεκτασιμότητα της λύσης αποτελούν στοιχεία κρίσιμα για την επενδυτική της δυναμική, καθώς το ίδιο σύστημα μπορεί να λειτουργήσει ως μεμονωμένος σταθμός, αλλά μπορεί επίσης να επεκταθεί σε ένα ολοκληρωμένο δίκτυο πολλαπλών ρομποτικών μονάδων σε διαφορετικά σημεία μιας βιομηχανικής εγκατάστασης. Ως εκ τούτου, η λύση μπορεί να δημιουργήσει σταθερά και επαναλαμβανόμενα έσοδα μέσω συμβολαίων υποστήριξης, επέκτασης και αναβάθμισης (aftermarket revenue), κάτι το οποίο αποτελεί κεντρικό κριτήριο σε επενδυτικές αξιολογήσεις.

Αδύναμα Σημεία (Weaknesses)

Η αρχική υιοθέτηση της λύσης προϋποθέτει οικονομική και οργανωτική δέσμευση. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης, ιδιαίτερα για μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (MME), μπορεί να λειτουργήσει ως αποτρεπτικός παράγοντας, παρά το γεγονός ότι η απόσβεση πραγματοποιείται σε σχετικά σύντομο χρονικό ορίζοντα. Επίσης, η ένταξη του συστήματος σε γραμμές παραγωγής απαιτεί εξοικείωση του προσωπικού, τόσο των χειριστών όσο και των τεχνικών συντήρησης. Αυτές οι απαιτήσεις, αν και αναμενόμενες, υποδηλώνουν μια απαραίτητη φάση ενσωμάτωσης και εκπαίδευσης του προσωπικού, η οποία πρέπει να υποστηρίζεται από οργανωμένο πλάνο μεταφοράς τεχνογνωσίας.

Από επενδυτικής σκοπιάς, η πρόκληση εντοπίζεται στην ανάγκη δημιουργίας δικτύου υπηρεσιών υποστήριξης και επεκτάσιμου μοντέλου διάθεσης, όπως RaaS, το οποίο μειώνει τον αρχικό φραγμό κόστους και επιταχύνει την εμπορική διείσδυση.

Ευκαιρίες (Opportunities)

Η συγκυρία στην ελληνική και ευρωπαϊκή αγορά είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή. Η βιομηχανία βρίσκεται σε φάση ψηφιακού μετασχηματισμού, ενώ η έλλειψη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού αυξάνει την ανάγκη για αυτοματοποίηση. Υπάρχουν ενεργές χρηματοδοτικές δράσεις, κρατικά και ευρωπαϊκά προγράμματα, επιδοτήσεις κεφαλαιουχικού εξοπλισμού και κίνητρα για επενδύσεις σε τεχνολογία παραγωγής. Αυτή η πραγματικότητα σημαίνει ότι η λύση απαντά άμεσα σε υπαρκτή και επείγουσα ανάγκη και όχι σε τεχνητή ή μελλοντική ζήτηση.

Επιπλέον, η λύση διαθέτει εξαγωγικό προφίλ. Χώρες με παρόμοιο βιομηχανικό προφίλ και παραγωγή μικρομεσαίας κλίμακας, όπως τα Βαλκάνια, η Κύπρος και χώρες της Κεντρικής Ευρώπης, παρουσιάζουν αντίστοιχα μοτίβα προκλήσεων, δημιουργώντας δυνατότητα διεθνούς εμπορικής επέκτασης με χαμηλό κόστος προσαρμογών. Από επενδυτικής σκοπιάς, αυτή η δυνατότητα πολλαπλών αγορών αυξάνει τη δυνατότητα κλιμάκωσης/επέκτασης, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την μελλοντική αξία της λύσης.

Απειλές (Threats)

Το ανταγωνιστικό περιβάλλον περιλαμβάνει διεθνείς κατασκευαστές αυτοκινούμενων ρομπότ και συνεργατικών βραχιόνων (cobots). Παρότι η λύση υπερτερεί σε προσαρμοστικότητα, ανοικτή αρχιτεκτονική και διαλειτουργικότητα, οι διεθνείς εταιρείες διαθέτουν ισχυρό όνομα στην παγκόσμια αγορά και εκτεταμένα εμπορικά δίκτυα. Υπάρχει επίσης ο παράγοντας της οργανωτικής αδράνειας, καθώς σε πλήθος ελληνικών επιχειρήσεων, η μετάβαση σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες συχνά καθυστερεί λόγω εσωτερικής αντίστασης στην αλλαγή.

Ωστόσο, αυτές οι απειλές μπορούν να αντισταθμιστούν με κατάλληλη στρατηγική διάθεσης η οποία διευρύνει το στόχο πέραν του προϊόντος, στη μετάβαση της επιχείρησης προς μια νέα μορφή παραγωγικής λειτουργίας, ενισχύοντας έτσι τη μακροπρόθεσμη αξία και τη βιωσιμότητα του επενδυτικού εγχειρήματος.

Συμπέρασμα Επενδυτικής Αποτίμησης

Η λύση τοποθετείται σε έναν ταχέως αναπτυσσόμενο τομέα με ισχυρή ζήτηση, διαθέτει τεχνολογική ωριμότητα και είναι έτοιμη για κλιμάκωση και εμπορική διάθεση. Παράλληλα, η δυναμική της στην ελληνική και διεθνή αγορά υποστηρίζεται από πραγματικές ανάγκες, διαθέσιμη χρηματοδότηση και προοπτική εξαγωγών. Από επενδυτική σκοπιά, η λύση προσφέρει σαφή δυνατότητα δημιουργίας επαναλαμβανόμενων εσόδων και ισχυρή μελλοντική αξία.

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση διαθέτει όλα τα χαρακτηριστικά για να αποτελέσει έναν βασικό μοχλό ψηφιακού μετασχηματισμού στη σύγχρονη ελληνική μεταποιητική βιομηχανία, καθώς απευθύνεται σε κλάδους με έντονη ανάγκη για αυτοματοποίηση, ευελιξία και σταθερή ποιότητα παραγωγής. Η αγορά-στόχος περιλαμβάνει επιχειρήσεις που επιδιώκουν να μειώσουν την εξάρτησή τους από χειρωνακτικές διεργασίες και να διασφαλίσουν σταθερή λειτουργική απόδοση σε περιβάλλοντα μεταβαλλόμενης παραγωγής, όπως οι γραμμές συναρμολόγησης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, οι αλυσίδες εφοδιασμού ειδών βιομηχανικής χρήσης και οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης και εσωτερικής διακίνησης υλικών. Η στρατηγική διεξόδου εστιάζει στην αρχική εγκατάσταση του συστήματος σε επιλεγμένες βιομηχανικές μονάδες με στόχο την επίδειξη της αξίας του σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας, ενισχύοντας έτσι την εμπιστοσύνη και τη διάχυση της τεχνολογίας σε ευρύτερη κλίμακα. Από επενδυτική σκοπιά, η λύση παρουσιάζει ισχυρό ενδιαφέρον, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία σταθερών και επαναλαμβανόμενων εσόδων μέσω υπηρεσιών υποστήριξης, αναβαθμίσεων και σταδιακής επέκτασης σε πολλαπλά σημεία της ίδιας παραγωγικής εγκατάστασης ή δικτύου εγκαταστάσεων. Ο οδικός χάρτης υλοποίησης περιλαμβάνει ως πρώτο στάδιο την ολοκλήρωση και λειτουργική αξιολόγηση των πιλοτικών εγκαταστάσεων, ακολουθούμενη από την τυποποίηση της λύσης σε εμπορικά ώριμη μορφή και τη δημιουργία πλαισίου τεχνικής υποστήριξης και εκπαίδευσης. Στη συνέχεια, η κλιμάκωση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω συμφωνιών διάθεσης, συνεργασιών με συστάδες επιχειρήσεων και συνεργατικών σχηματισμών, οδηγώντας μεσοπρόθεσμα σε ζητήματα διεθνοποίησης, αρχικά σε αγορές της Νοτιοανατολικής Ευρώπης και στη συνέχεια σε ευρύτερες αγορές με ανάλογη παραγωγική δομή. Για να υποστηριχθεί αυτή η μετάβαση, κρίσιμες δράσεις είναι η ενίσχυση του οικοσυστήματος τεχνικής

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

υποστήριξης, η διαμόρφωση ευέλικτων χρηματοδοτικών μοντέλων διάθεσης όπως το RaaS και η συνεχής εξέλιξη του συστήματος μέσω μηχανισμών ανατροφοδότησης από πραγματικές εγκαταστάσεις. Με αυτά τα βήματα, η λύση μπορεί να αποτελέσει όχι μόνο τεχνολογικό εργαλείο παραγωγής, αλλά και θεμέλιο για μια νέα εποχή ευφυούς, ευέλικτης και ανταγωνιστικής βιομηχανικής λειτουργίας στην Ελλάδα και διεθνώς.

2.2. Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twin) για ευέλικτο πλατφόρμα συνεργατικών βιομηχανικών ρομπότ με χρήση τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ανάπτυξη ψηφιακών διδύμων (Digital Twins) σε συνδυασμό με προηγμένα συνεργατικά ρομποτικά συστήματα (Cobots) αποκτά ιδιαίτερη σημασία για την ελληνική βιομηχανία, καθώς οι επιχειρήσεις καλούνται να ενισχύσουν την παραγωγικότητά τους, να μειώσουν τα λειτουργικά τους κόστη και να βελτιώσουν την ευελιξία τους απέναντι σε ένα ευμετάβλητο επιχειρηματικό περιβάλλον. Η ελληνική βιομηχανία, η οποία απαρτίζεται επί το πλείστον από μικρομεσαίες επιχειρήσεις (ΜΜΕ) με περιορισμένο βαθμό αυτοματοποίησης και ψηφιακής ωριμότητας, βρίσκεται σε μια κρίσιμη καμπή. Η υιοθέτηση τεχνολογιών Industry 4.0 είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητάς της. Σε αυτό το πλαίσιο, η προτεινόμενη λύση προσφέρει ένα ολοκληρωμένο και πρακτικά εφαρμόσιμο εργαλείο το οποίο συνδυάζει πραγματική παραγωγή με εικονικά περιβάλλοντα προσομοίωσης, επιτρέποντας την ασφαλή δοκιμή, αξιολόγηση και βελτιστοποίηση διεργασιών, σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να απαιτείται διακοπή της παραγωγικής ροής.

Η δυνατότητα προσομοίωσης και απομακρυσμένης επίβλεψης της λειτουργίας ενός συνεργατικού ρομπότ μέσω ψηφιακού διδύμου επιτρέπει στις ελληνικές βιομηχανικές μονάδες να μειώσουν το κόστος εγκατάστασης και εκπαίδευσης προσωπικού, αυξάνοντας παράλληλα την ασφάλεια στον χώρο εργασίας. Επιπλέον, η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence) για την αναγνώριση της ανθρώπινης παρουσίας και την αποφυγή σύγκρουσης μειώνει περαιτέρω τους κινδύνους ατυχημάτων ενώ διευκολύνει την ομαλή μετάβαση σε περιβάλλοντα συνεργασίας ανθρώπου-μηχανής, το οποίο αποτελεί βασικό στρατηγικό στόχο της σύγχρονης βιομηχανικής πολιτικής σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη βιώσιμη και ανθρωποκεντρική μετάβαση στη νέα παραγωγική εποχή, εναρμονιζόμενη με τις κατευθύνσεις του Industry 5.0 και τη συνολική εθνική προσπάθεια για ψηφιακό μετασχηματισμό της εγχώριας βιομηχανίας.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η προτεινόμενη λύση απευθύνεται κυρίως σε βιομηχανικούς κλάδους που επιδιώκουν την αύξηση της αυτοματοποίησης και της ευελιξίας στις γραμμές παραγωγής τους, όπως η βιομηχανία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, η αυτοκινητοβιομηχανία, η μεταποίηση μετάλλου, η παραγωγή μηχανολογικών συστημάτων και οι μονάδες συναρμολόγησης μικρομεσαίας κλίμακας. Κοινό χαρακτηριστικό αυτών των αγορών είναι η ανάγκη για συστήματα που μπορούν να προσαρμόζονται εύκολα σε διαφορετικά προϊόντα, παραλλαγές και όγκους παραγωγής, χωρίς να απαιτούνται δαπανηρές αναπροσαρμογές του εξοπλισμού ή μακροχρόνια διακοπή της παραγωγής. Παράλληλα, καθώς η ελληνική βιομηχανία κινείται σταδιακά προς την υιοθέτηση μοντέλων συνεργατικής εργασίας ανθρώπου-ρομπότ, αναδεικνύεται έντονα η ανάγκη για λύσεις που διασφαλίζουν υψηλά επίπεδα ασφάλειας στο κοινό περιβάλλον εργασίας και μειώνουν την αβεβαιότητα στη λειτουργία.

Η εφαρμογή του ψηφιακού διδύμου προσφέρει τη δυνατότητα δοκιμής νέων διαδικασιών, πειραματισμού με βέλτιστες στρατηγικές συναρμολόγησης και αξιολόγησης του πραγματικού αντίκτυπου μιας αλλαγής χωρίς να θίγεται η παραγωγική ακεραιότητα. Αυτό αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τις ελληνικές επιχειρήσεις που αντιμετωπίζουν περιορισμένη παραγωγική ευελιξία και έχουν ανάγκη να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα, την ακρίβεια και τον χρόνο απόκρισης τους. Παράλληλα, η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης για ανίχνευση ανθρώπινης παρουσίας και αποφυγή σύγκρουσης καλύπτει μία πραγματική ανάγκη που σχετίζεται με την ασφαλή συνεργασία ανθρώπου-μηχανής, η οποία αποτελεί προϋπόθεση για την υιοθέτηση συνεργατικών ρομπότ στις ελληνικές γραμμές παραγωγής.

Τα οφέλη για τους χρήστες είναι πολλαπλά και αφορούν τόσο τη λειτουργική αποδοτικότητα όσο και τη βελτίωση των όρων εργασίας. Η ψηφιακή αναπαράσταση και ο εικονικός έλεγχος μειώνουν τον χρόνο εκπαίδευσης των χειριστών και δίνουν τη δυνατότητα άμεσης παρακολούθησης της παραγωγικής κατάστασης. Η χρήση προσομοιωμένων δεδομένων επιτρέπει τον ακριβή σχεδιασμό και την πρόληψη σφαλμάτων, μειώνοντας το κόστος συντήρησης και τις διακοπές λειτουργίας. Τέλος, η ασφαλής

συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ ενισχύει την εμπιστοσύνη του εργατικού δυναμικού στην τεχνολογία, υποστηρίζοντας ομαλή μετάβαση προς διαδικασίες υψηλότερης παραγωγικής αξίας και ενισχύοντας τη βιώσιμη ανάπτυξη και ανταγωνιστικότητα της ελληνικής βιομηχανίας.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η ζήτηση για ευέλικτη αυτοματοποίηση με συνεργατικά ρομπότ και ψηφιακά δίδυμα αφορά κατ' αρχάς κλάδους με ποικιλία προϊόντων και συχνές αλλαγές στις ροές συναρμολόγησης, όπως ηλεκτρολογικοί πίνακες και εξοπλισμός χαμηλής τάσης, μηχανολογική κατασκευή και μεταλλοκατεργασία, υποσυστήματα αυτοκινήτου, εξοπλισμός τροφίμων-ποτών και συστήματα ενδοδιακίνησης σε logistics. Σε αυτούς τους τομείς, όπου οι ελληνικές επιχειρήσεις είναι κατά κανόνα μικρομεσαίες και επιδιώκουν μικρό χρόνο μετάβασης από το πρωτότυπο στην παραγωγή, η δυνατότητα εικονικής δοκιμής, ασφαλούς συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ και γρήγορης επαναδιαμόρφωσης σταθμών αποτελεί άμεση πηγή αξίας. Η λύση ανταποκρίνεται σε τρέχουσες ανάγκες για μείωση χρόνου εκπαίδευσης και θέσης σε λειτουργία, περιορισμό διακοπών, υποστήριξη πιστοποίησης ασφάλειας σε HRC σενάρια και σε μελλοντικές ανάγκες για ψηφιακό μετασχηματισμό με ενιαία ορατότητα δεδομένων αισθητήρων, ρομπότ και συστημάτων όρασης.

Στο ανταγωνιστικό τοπίο, στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται integrators συνεργατικών ρομπότ και προμηθευτές MES¹/SCADA² που προσφέρουν επιμέρους ψηφιακές προσομοιώσεις ή offline προγραμματισμό, αλλά σπανίως πλήρη «κλειστό βρόχο» με πραγματοχρονική σύζευξη φυσικού κελιού και εικονικού περιβάλλοντος. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο υπάρχουν ισχυρές εμπορικές πλατφόρμες για σχεδίαση-προσομοίωση και offline programming, καθώς και εργαλεία ρεαλιστικής φυσικής και ρομποτικής για σύνθετες προσομοιώσεις. Η προτεινόμενη λύση τοποθετείται συμπληρωματικά προς αυτά, καθώς ενοποιεί σε ένα πρακτικό, επιδειξίμο σενάριο συναρμολόγησης τόσο την αναπαράσταση του κελιού σε [Unity3D](#) με σύνδεση μέσω ROS2 και [URDF](#) όσο και την πραγματοχρονική λήψη δεδομένων από στερεοσκοπική κάμερα και αλγορίθμους ανίχνευσης ανθρώπου για δυναμική αποφυγή σύγκρουσης και προσαρμογή τροχιών με [MoveIt2](#), ενώ υποστηρίζει και προσομοιώσεις σε [Gazebo](#) όταν απαιτείται μεγαλύτερη πιστότητα φυσικής και αισθητήρων. Η ύπαρξη γέφυρας [ROS-TCP](#) για αμφίδρομη επικοινωνία, η οπτικοποίηση αποτελεσμάτων των μοντέλων όρασης μέσα στο ίδιο περιβάλλον και η δυνατότητα hand-eye βαθμονόμησης³ με δείκτες ArUco⁴ ώστε η κάμερα να «δένεται» με το σύστημα αναφοράς του ρομπότ, διαφοροποιούν ουσιαστικά την προσέγγιση από τυπικές «στατικές» λύσεις προσομοίωσης ή μεμονωμένα safety subsystems, διότι κλείνουν τον βρόχο από την αισθητήρια αντίληψη έως τον εκτελεστή σε πραγματικό χρόνο μέσα στο ψηφιακό δίδυμο, όπως τεκμηριώνεται στην περιγραφή της αρχιτεκτονικής και των επιμέρους τμημάτων της υλοποίησης.

Το στρατηγικό πλεονέκτημα της λύσης έγκειται σε τρεις άξονες. Πρώτον, είναι εγγενώς ανθρωποκεντρική και ασφαλής, διότι ενσωματώνει παρακολούθηση χειριστών και μετατροπή τους σε δυναμικά εμπόδια με άμεση προσαρμογή τροχιάς και επιβράδυνση/στάση όπου απαιτείται, προσφέροντας απτή συμμόρφωση με πρακτικές HRC και αυξάνοντας την αποδοχή από τους εργαζομένους. Δεύτερον, είναι τεχνολογικά ευέλικτη και οικονομικά αποδοτική, καθώς βασίζεται σε ανοικτό οικοσύστημα ROS2, URDF, MoveIt2 και Gazebo σε συνδυασμό με ισχυρή μηχανή απεικόνισης Unity για χειρισμό, οπτικοποίηση και «ψηφιακή θέση σε λειτουργία», μειώνοντας κόστος αδειών και εξάρτηση από έναν προμηθευτή. Τρίτον, είναι αποδεδειγμένα εφαρμόσιμη σε ελληνικό βιομηχανικό σενάριο συναρμολόγησης, όπου ο εικονικός προγραμματισμός, η ολογραφική

¹ Το MES (Manufacturing Execution System) είναι λογισμικό που παρακολουθεί και διαχειρίζεται τις βιομηχανικές διαδικασίες παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, συνδέοντας τον σχεδιασμό και το σχεδιαστικό επίπεδο (ERP) με την παραγωγή στο εργοστάσιο.

² Το SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) είναι ένα σύστημα που επιτρέπει την απομακρυσμένη εποπτεία και τον έλεγχο βιομηχανικών διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο.

³ Η βαθμονόμηση hand-eye είναι η διαδικασία υπολογισμού της ακριβούς χωρικής σχέσης μεταξύ ενός ρομποτικού βραχίονα (hand) και μιας κάμερας (eye), ώστε να μπορούν να συνεργάζονται με ακρίβεια.

⁴ Το ArUco είναι μια τεχνολογία υπολογιστικής όρασης που χρησιμοποιεί ειδικούς τετράγωνους δείκτες (markers) για την ανίχνευση θέσης και προσανατολισμού αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

προεπισκόπηση τροχιών και η απεικόνιση εξόδων των μοντέλων όρασης λειτούργησαν ως ενιαίο εργαλείο μηχανικού και χειριστή, επιταχύνοντας τη μάθηση, περιορίζοντας τα σφάλματα και επιτρέποντας γρήγορες επαναρυθμίσεις χωρίς διακοπή της παραγωγής. Η σύνθεση αυτών των χαρακτηριστικών συνιστά σαφή πρόταση μοναδικής αξίας για την ελληνική αγορά: μία λύση end-to-end που παντρεύει πραγματικό χρόνο, ασφάλεια HRC, ρεαλιστική προσομοίωση και πρακτική εργοστασιακή ενσωμάτωση, με τεχνολογική ουδετερότητα και χαμηλότερο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η διείσδυση της λύσης στην ελληνική αγορά μπορεί να βασιστεί σε μία σταδιακή και θεσμικά υποστηριζόμενη στρατηγική, η οποία θα επιτρέψει την ομαλή ενσωμάτωση των τεχνολογιών ψηφιακού διδύμου και συνεργατικής ρομποτικής σε κλάδους που παρουσιάζουν άμεση ανάγκη για εκσυγχρονισμό και βελτιστοποίηση της παραγωγικής τους λειτουργίας. Η ανάπτυξη συνεργασιών με θεσμικούς φορείς, όπως βιομηχανικά επιμελητήρια, κλαδικούς συνδέσμους μεταποίησης και μηχανολογικής παραγωγής, καθώς και υπάρχοντα clusters καινοτομίας, μπορεί να αποτελέσει τον θεμέλιο λίθο για τη διάχυση της τεχνολογίας και την ενίσχυση της αποδοχής από τη βιομηχανική κοινότητα. Μέσω αυτών των συνεργασιών είναι δυνατόν να διοργανωθούν επιδείξεις, σεμινάρια κατάρτισης και συνεργαστικά pilot projects που θα επιτρέψουν σε επιχειρήσεις διαφορετικού μεγέθους να διαπιστώσουν άμεσα τα οφέλη της λύσης χωρίς υψηλό αρχικό κόστος προσαρμογής.

Παράλληλα, η λύση είναι σχεδιασμένη με τρόπο που επιτρέπει την κλιμάκωσή της, τόσο σε μεγάλες παραγωγικές μονάδες με υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης, όσο και σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις που βρίσκονται σε αρχικό στάδιο ψηφιακού μετασχηματισμού. Η αρχιτεκτονική βασισμένη σε ανοιχτά πρότυπα και τεχνολογίες (ROS2, Unity, Gazebo, URDF) επιτρέπει ευελιξία στην προσαρμογή σε διαφορετικά εργοστασιακά περιβάλλοντα, σε διαφορετικές ροές παραγωγής και σε ποικίλους τύπους ρομποτικών συστημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, η λύση μπορεί να ξεκινήσει από πιλοτικές εγκαταστάσεις και να εξελιχθεί σταδιακά σε πλήρεις γραμμές παραγωγής, χωρίς την ανάγκη αλλαγής της βασικής υποδομής.

Η υιοθέτηση της λύσης από μεγαλύτερες βιομηχανικές εταιρείες μπορεί να λειτουργήσει ως σημείο αναφοράς για την αγορά, καθώς οι επιχειρήσεις αυτής της κλίμακας συχνά δεσμεύονται από κανονιστικές απαιτήσεις ασφάλειας και τεκμηρίωσης διαδικασιών συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ. Η εφαρμογή σε τέτοια περιβάλλοντα όχι μόνο αναδεικνύει την αξιοπιστία της λύσης, αλλά δημιουργεί και τεχνολογία που μπορεί να μεταφερθεί στη συνέχεια σε μικρότερες επιχειρήσεις μέσω εκπαιδευτικών και τεχνικών δράσεων.

Τέλος, η διεθνοποίηση της λύσης μπορεί να στηριχθεί στη συμμετοχή σε ευρωπαϊκά ερευνητικά και βιομηχανικά δίκτυα, καθώς και στη συνεργασία με οργανισμούς πιστοποίησης τεχνολογιών HRC και Digital Twin. Η αξιοποίηση υφιστάμενων διεθνών συνεργασιών και προγραμμάτων μπορεί να διευκολύνει την ανάπτυξη κοινών πρωτοβουλιών, την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών και τη δημιουργία συνεκτικών πλαισίων για την τυποποίηση και πιστοποίηση της λύσης. Με αυτόν τον τρόπο, η προτεινόμενη τεχνολογία αποκτά σταδιακά χαρακτήρα πλατφόρμας, ικανής να υποστηρίξει την ανταγωνιστικότητα της ελληνικής βιομηχανίας τόσο στο εσωτερικό όσο και στο διεθνές περιβάλλον.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινόμενη λύση προσφέρει ένα ισχυρό επενδυτικό αφήγημα, καθώς συνδυάζει τεχνολογίες υψηλής ζήτησης σε διεθνές επίπεδο – ψηφιακά δίδυμα, συνεργατική ρομποτική και τεχνητή νοημοσύνη – με άμεση εφαρμοσιμότητα στην ελληνική βιομηχανία. Η αξία για τους επενδυτές προκύπτει από τη δυνατότητα δημιουργίας μιας πλατφόρμας που δεν περιορίζεται σε μία μόνο χρήση, αλλά μπορεί να υιοθετηθεί σε πολλαπλούς κλάδους με κοινά χαρακτηριστικά παραγωγής. Η λύση μετατρέπεται έτσι από εργαλείο έργου σε προϊόν-υποδομή, το οποίο επεκτείνεται και εξελίσσεται παράλληλα με την αυξανόμενη ανάγκη των επιχειρήσεων για ευελιξία, ασφάλεια συνεργασίας ανθρώπου-μηχανής και μείωση κόστους αυτοματοποίησης.

Η επενδυτική ελκυστικότητα ενισχύεται επειδή η λύση βασίζεται σε ανοιχτά πρότυπα και λογισμικό ευρείας αποδοχής (ROS2, Unity, Gazebo), μειώνοντας το τεχνολογικό ρίσκο και τις εξαρτήσεις από

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

συγκεκριμένους προμηθευτές. Αυτό καθιστά την προτεινόμενη πλατφόρμα εύχρηστη για integration σε επιχειρήσεις που ήδη εξελίσσονται προς την ψηφιακή παραγωγή, προσφέροντας σαφείς δυνατότητες επέκτασης σε υπηρεσίες συντήρησης, απομακρυσμένης επίβλεψης, προγνωστικού ελέγχου και συνεχούς βελτιστοποίησης της παραγωγικής ροής.

Πιθανοί φορείς χρηματοδότησης περιλαμβάνουν εθνικά προγράμματα υποστήριξης ψηφιακού μετασχηματισμού, ευρωπαϊκά εργαλεία όπως Digital Europe και Horizon Europe, καθώς και τα περιφερειακά clusters καινοτομίας. Επίσης, η λύση μπορεί να προσελκύσει ιδιωτικούς επενδυτές (VCs⁵, angel funds) που δραστηριοποιούνται σε βιομηχανικές τεχνολογίες, ιδιαίτερα εφόσον τεκμηριωθεί η δυνατότητα επαναληψιμότητας και πακεταρισμένης διάθεσης της λύσης ως υπηρεσία. Ο συνδυασμός δημόσιας και ιδιωτικής χρηματοδότησης μπορεί να επιτρέψει τη σταδιακή μετατροπή της τεχνολογίας από εργαστηριακό demonstrator σε εμπορικό προϊόν με υποστήριξη και SLA⁶, διασφαλίζοντας τη βιώσιμη εμπορική της παρουσία.

Η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης μπορεί να οργανωθεί σε τρεις διακριτές φάσεις. Στην πρώτη φάση, η τεχνολογία εφαρμόζεται πιλοτικά σε ελεγχόμενα σενάρια συναρμολόγησης, όπως εκείνα που έχουν ήδη υλοποιηθεί, ώστε να επιβεβαιωθεί η αξιοπιστία και η επαναληψιμότητα της λύσης. Στη δεύτερη φάση, η πλατφόρμα εξελίσσεται σε τυποποιημένο πακέτο ενσωμάτωσης με εκπαιδευτικό υλικό, διαδικασίες commissioning⁷ και δυνατότητα παραμετροποίησης ανά παραγωγικό περιβάλλον. Η τρίτη φάση περιλαμβάνει τη διάθεση της λύσης ως υπηρεσία (Digital Twin & HRC-as-a-Service⁸), όπου ο πελάτης αποκτά πρόσβαση τόσο στο λογισμικό όσο και στην υποστήριξη διασύνδεσης, αναβάθμισης και βελτιστοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνολογία γίνεται εμπορικά ώριμη, κλιμακώσιμη, εξωστρεφής και βιώσιμη σε βάθος χρόνου, δημιουργώντας μία σταθερή βάση για την ανάπτυξη ενός νέου οικοσυστήματος βιομηχανικής καινοτομίας στην Ελλάδα.

Ανάλυση SWOT

Δυνατά Σημεία (Strengths)

Η προτεινόμενη λύση διαθέτει ισχυρά τεχνολογικά και στρατηγικά χαρακτηριστικά που την καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστική από επενδυτική σκοπιά. Το κύριο δυνατό σημείο της είναι η ενοποίηση τεχνητής νοημοσύνης, συνεργατικής ρομποτικής και ψηφιακού διδύμου σε μία ενιαία πλατφόρμα, ικανή να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο και να προσαρμόζεται δυναμικά στις κινήσεις των χειριστών, εξασφαλίζοντας ασφάλεια και απρόσκοπτη λειτουργία. Η χρήση ανοικτών προτύπων όπως ROS2, Unity και Gazebo προσδίδει υψηλό βαθμό ευελιξίας και μειώνει την εξάρτηση από κλειστές εμπορικές λύσεις, καθιστώντας το προϊόν επεκτάσιμο και οικονομικά ανταγωνιστικό. Επιπλέον, έχει ήδη δοκιμαστεί σε πραγματικό σενάριο εργαστηριακής συναρμολόγησης μειώνοντας σημαντικά το τεχνολογικό ρίσκο και ενισχύοντας την αξιοπιστία της λύσης ως επενδυτικό προϊόν.

Αδύναμα Σημεία (Weaknesses)

Ως αδύναμο σημείο μπορεί να θεωρηθεί η ανάγκη εξειδικευμένης τεχνικής κατάρτισης για την υλοποίηση και υποστήριξη της λύσης σε διαφορετικά περιβάλλοντα παραγωγής, καθώς και ο χρόνος ενσωμάτωσης που απαιτείται για επιχειρήσεις που βρίσκονται σε αρχικό στάδιο ψηφιακού μετασχηματισμού. Επίσης, η εμπορική ωρίμανση προϋποθέτει την ύπαρξη μίας οργανωμένης ομάδας τεχνικής υποστήριξης και συμβουλευτικής ενσωμάτωσης, κάτι που αυξάνει τις αρχικές επενδυτικές απαιτήσεις.

⁵ Τα Venture Capitals (VCs) είναι επενδυτικά κεφάλαια που χρηματοδοτούν νεοφυείς ή αναπτυσσόμενες εταιρείες με υψηλό δυναμικό ανάπτυξης, συνήθως σε αντάλλαγμα με μετοχικό ποσοστό στην εταιρεία, αναλαμβάνοντας υψηλό ρίσκο για πιθανή μεγάλη απόδοση.

⁶ SLA (Service-Level Agreement) είναι μια συμφωνία μεταξύ παρόχου υπηρεσιών και πελάτη που καθορίζει τα επίπεδα ποιότητας, απόδοσης και διαθεσιμότητας της υπηρεσίας.

⁷ Διαδικασία ελέγχου, ρύθμισης και πιστοποίησης ενός συστήματος, εγκατάστασης ή εξοπλισμού ώστε να λειτουργεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τους στόχους σχεδιασμού του.

⁸ Το HRC-as-a-Service (Human-Robot Collaboration as a Service) είναι ένα επιχειρηματικό ή τεχνολογικό μοντέλο που παρέχει υπηρεσίες συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ μέσω πλατφορμών ή cloud, επιτρέποντας επιχειρήσεις να αξιοποιούν ρομποτικά συστήματα χωρίς να χρειάζεται να τα αποκτήσουν ή να τα διαχειρίζονται πλήρως εσωτερικά.

Ευκαιρίες (Opportunities)

Οι ευκαιρίες που διαμορφώνονται στην ελληνική και διεθνή αγορά είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Η μετάβαση σε μοντέλα Industry 4.0 και Industry 5.0, η αυξανόμενη ανάγκη για αυτοματοποίηση με σεβασμό στον ανθρώπινο παράγοντα και η ενίσχυση της παραγωγής μικρών σειρών υψηλής διαφοροποίησης δημιουργούν ευρύ πεδίο εφαρμογής της λύσης. Επιπλέον, η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για επαναβιομηχάνιση και ενίσχυση της εγχώριας παραγωγής αποτελεί σημαντικό μοχλό ζήτησης για τέτοιες τεχνολογίες. Η αξιοποίηση χρηματοδοτικών εργαλείων και συνεργασιών με ευρωπαϊκά δίκτυα μπορεί να μειώσει το κόστος εμπορικής επέκτασης και να επιταχύνει τη διεθνή διείσδυση.

Απειλές (Threats)

Παράλληλα, υπάρχουν εξωτερικές απειλές που σχετίζονται με τον ανταγωνισμό από μεγάλες διεθνείς εταιρείες που αναπτύσσουν ολοκληρωμένα οικοσυστήματα ρομποτικής και προσομοίωσης, καθώς και με την πιθανή καθυστέρηση της υιοθέτησης από την ελληνική αγορά λόγω χαμηλότερου βαθμού οργανωμένης ψηφιοποίησης σε σχέση με άλλες χώρες. Επίσης, οι κανονιστικές απαιτήσεις πιστοποίησης λύσεων συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ μπορούν να επιμηκύνουν τον χρόνο εισόδου στην αγορά.

Η αντιστοίχιση δυνατών σημείων με απειλές δείχνει ότι η τεχνική ολοκλήρωση της λύσης, η πραγματοχρονική συνεργασία και η δυνατότητα προσαρμογής σε διαφορετικά ρομποτικά περιβάλλοντα μπορούν να λειτουργήσουν ως ισχυρά εργαλεία διαφοροποίησης απέναντι στους διεθνείς ανταγωνιστές, ειδικά εάν εστιαστεί στο χαμηλότερο κόστος υλοποίησης και στη δυνατότητα προσαρμογής στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών παραγωγικών μονάδων. Από την άλλη πλευρά, η αντιστοίχιση αδύναμων σημείων με ευκαιρίες δείχνει ότι η ανάγκη για τεχνική κατάρτιση μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα, εφόσον η λύση συνοδευτεί από πρόγραμμα επιμόρφωσης και πιστοποίησης χειριστών και τεχνικών, συμβάλλοντας έτσι όχι μόνο στην εμπορική διάδοση της λύσης αλλά και στην ενίσχυση του ανθρώπινου δυναμικού της ελληνικής βιομηχανίας.

Με αυτόν τον τρόπο, η λύση αποκτά ισχυρό στρατηγικό αποτύπωμα και προοπτική βιώσιμης εμπορικής ανάπτυξης, καθώς μετατρέπει τις τεχνολογικές απαιτήσεις σε ευκαιρίες δημιουργίας οικοσυστήματος και τις εξωτερικές πιέσεις σε παράγοντες διαφοροποίησης και στρατηγικής θέσης στην αγορά.

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση τοποθετείται σε ένα κρίσιμο σημείο για την ελληνική βιομηχανία, η οποία καλείται να προχωρήσει σε στοχευμένη και ανθρωποκεντρική αυτοματοποίηση, προκειμένου να ενισχύσει την παραγωγικότητα, την ευελιξία και την ανταγωνιστικότητά της. Η αγορά-στόχος περιλαμβάνει βιομηχανικές μονάδες που δραστηριοποιούνται στη συναρμολόγηση, μεταποίηση και παραγωγή συστημάτων υψηλής διαφοροποίησης, όπου η συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ και η δυνατότητα γρήγορης προσαρμογής των παραγωγικών διαδικασιών αποτελούν βασικά πλεονεκτήματα. Η στρατηγική διείσδυσης στηρίζεται στην ανάπτυξη συνεργασιών με θεσμικούς φορείς και τεχνολογικά clusters, την πραγματοποίηση πιλοτικών εφαρμογών σε πραγματικά περιβάλλοντα και τη σταδιακή αξιοποίηση μεγάλων βιομηχανικών μονάδων ως πρότυπων σημείων επίδειξης. Σε επενδυτικό επίπεδο, η λύση προσφέρει υψηλή αξία λόγω της επεκτασιμότητάς της, της δυνατότητας διάθεσης ως υπηρεσία και της συμβατότητάς της με διεθνή πρότυπα αυτοματισμού και ψηφιακής παραγωγής.

Ο οδικός χάρτης ανάπτυξης της λύσης μπορεί να διαρθρωθεί σε τρία εξελικτικά στάδια. Στο πρώτο στάδιο, η τεχνολογία εφαρμόζεται σε επιλεγμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις με στόχο την επιβεβαίωση της λειτουργικότητας και της επαναληψιμότητάς της, καθώς και τη συλλογή δεδομένων για τη βελτίωση των προτύπων ενσωμάτωσης. Στο δεύτερο στάδιο, η λύση μορφοποιείται σε τυποποιημένη πλατφόρμα με σαφή διαδικασία εγκατάστασης, εγχειρίδια χρήσης, πακέτα εκπαίδευσης και τεχνική υποστήριξη, επιτρέποντας την κλιμακωτή υιοθέτηση από μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Στο τρίτο στάδιο, η λύση επεκτείνεται σε διεθνές επίπεδο μέσω συνεργασιών με ευρωπαϊκά ερευνητικά και βιομηχανικά δίκτυα, φορείς πιστοποίησης HRC και προγράμματα ενίσχυσης τεχνολογικής ωρίμανσης, προωθώντας την εξαγωγή της τεχνολογίας και τη δημιουργία νέων εμπορικών ευκαιριών.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Για την υποστήριξη της περαιτέρω ανάπτυξης της λύσης προτείνονται τρεις άμεσες δράσεις. Πρώτον, η δημιουργία δικτύου συνεργαζόμενων βιομηχανικών μονάδων για επιδείξεις και πιλοτικές εγκαταστάσεις, που θα λειτουργήσει ως επιταχυντής διάχυσης τεχνογνωσίας. Δεύτερον, η ανάπτυξη προγράμματος κατάρτισης και πιστοποίησης μηχανικών και χειριστών, ώστε να αντιμετωπιστεί η ανάγκη εξειδικευμένης τεχνικής υποστήριξης και να ενισχυθεί η αποδοχή της τεχνολογίας. Τρίτον, η ενεργή συμμετοχή της λύσης σε ευρωπαϊκά έργα και πρωτοβουλίες τυποποίησης, με στόχο την αναγνώριση και θεσμική κατοχύρωση της προσέγγισης ως βέλτιστης πρακτικής συνεργατικής ρομποτικής και ψηφιακής αναπαράστασης παραγωγικών διαδικασιών.

Με αυτόν τον τρόπο, η λύση αποκτά σαφή αναπτυξιακή πορεία, συνδυάζοντας άμεση πρακτική αξία για την ελληνική βιομηχανία με δυνατότητες εξέλιξης σε ώριμο, εξαγωγίμο και τεχνολογικά διαφοροποιημένο προϊόν.

2.3. Λογισμικό για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας προσθετικής κατασκευής με την χρήση υβριδικών μεθόδων

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η προσθετική κατασκευή (Additive Manufacturing – AM) εξελίσσεται σταδιακά τα τελευταία χρόνια σε κρίσιμη τεχνολογία για τη βιομηχανική παραγωγή υψηλής προστιθέμενης αξίας, ιδιαίτερα σε κλάδους όπως η αεροναυπηγική, η ενέργεια, η ναυπηγική, η άμυνα και η βιομηχανία μεταλλικών κατασκευών. Ωστόσο, στην Ελλάδα, η υιοθέτηση τεχνολογιών AM παραμένει περιορισμένη και επικεντρώνεται κυρίως σε πιλοτικές εφαρμογές, ερευνητικά περιβάλλοντα και εξειδικευμένα εργαστήρια, εξαιτίας του αυξημένου κόστους, της έλλειψης ψηφιακών εργαλείων ελέγχου και της αβεβαιότητας ως προς την ποιότητα και την επαναληψιμότητα της διαδικασίας.

Η προτεινόμενη λύση λογισμικού για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας προσθετικής κατασκευής με χρήση υβριδικών μεθόδων έρχεται να καλύψει αυτό το κενό, παρέχοντας ένα ψηφιακό εργαλείο παρακολούθησης, ανάλυσης και υποστήριξης λήψης αποφάσεων κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Η λύση ευθυγραμμίζεται με τις εθνικές στρατηγικές ψηφιακού μετασχηματισμού και την κατεύθυνση του σχεδίου «Ελλάδα 2.0», ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο, τη στροφή της ελληνικής βιομηχανίας σε πιο ευφυείς, ευέλικτες και αποδοτικές παραγωγικές πρακτικές.

Παράλληλα, λειτουργεί ως καταλύτης για τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ ερευνητικής και βιομηχανικής αξιοποίησης της προσθετικής κατασκευής, μειώνοντας τον τεχνολογικό και επενδυτικό κίνδυνο για τις ελληνικές επιχειρήσεις.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η ελληνική αγορά προσθετικής κατασκευής αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις που σχετίζονται με την αστάθεια της διαδικασίας, την εμφάνιση ελαττωμάτων, την έλλειψη εργαλείων πρόγνωσης ποιότητας και τη δυσκολία αξιοποίησης δεδομένων από τον εξοπλισμό παραγωγής. Οι επιχειρήσεις οι οποίες δραστηριοποιούνται ή ενδιαφέρονται να επενδύσουν σε τεχνολογίες AM συχνά αποθαρρύνονται από το υψηλό κόστος αποτυχημένων δοκιμών, τη δυσκολία παραμετροποίησης της διαδικασίας και την ανάγκη εξειδικευμένου προσωπικού.

Η προτεινόμενη λύση απευθύνεται σε βιομηχανίες μεταλλικών κατασκευών, ενεργειακές και ναυπηγικές εφαρμογές, κατασκευαστές βιομηχανικού εξοπλισμού, καθώς και σε ερευνητικά και τεχνολογικά κέντρα που λειτουργούν ως πάροχοι προηγμένων υπηρεσιών παραγωγής. Μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από αισθητήρες, οπτικά συστήματα και μηχανές προσθετικής κατασκευής, η λύση υποστηρίζει την έγκαιρη ανίχνευση αποκλίσεων και ελαττωμάτων, τη βελτιστοποίηση παραμέτρων διεργασίας και τη μείωση απορρίψεων.

Τα βασικά οφέλη για τους χρήστες περιλαμβάνουν μείωση κόστους παραγωγής, βελτίωση ποιότητας τελικών προϊόντων, αύξηση αξιοπιστίας της διαδικασίας και ενίσχυση της εμπιστοσύνης στην υιοθέτηση τεχνολογιών AM σε βιομηχανική κλίμακα.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η αγορά λογισμικού για προσθετική κατασκευή κυριαρχείται από μεγάλους κατασκευαστές εξοπλισμού και εμπορικές πλατφόρμες κλειστού τύπου, οι οποίες συνήθως συνοδεύουν συγκεκριμένα μηχανήματα και περιορίζουν τη διαλειτουργικότητα. Παράλληλα, αναπτύσσονται εξειδικευμένες λύσεις ανάλυσης δεδομένων και ποιοτικού ελέγχου, συχνά όμως με υψηλό κόστος και περιορισμένη προσαρμοστικότητα.

Η ελληνική αγορά παρουσιάζει μικρή αλλά αυξανόμενη δραστηριότητα, κυρίως μέσω ερευνητικών φορέων και πιλοτικών εφαρμογών, χωρίς ακόμη ισχυρή παρουσία ώριμων εμπορικών λύσεων προσαρμοσμένων στις ανάγκες των ΜΜΕ (Μικρο-Μεσαίων Επιχειρήσεων).

Το στρατηγικό πλεονέκτημα της προτεινόμενης λύσης έγκειται στη συνδυαστική αξιοποίηση υβριδικών μεθόδων, όπως μεταξύ άλλων η εγκατάσταση και χρήση αισθητήρων, η συλλογή και επεξεργασία οπτικών πληροφοριών, και η ενσωμάτωση και χρήση αλγοριθμικών εργαλείων μηχανικής μάθησης, στη δυνατότητα λειτουργίας ανεξάρτητα από συγκεκριμένο κατασκευαστή εξοπλισμού και στη σχεδιάσή της ως ευέλικτο, επεκτάσιμο εργαλείο το οποίο δύναται να

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

ενσωματωθεί σε υφιστάμενες παραγωγικές υποδομές. Αυτό τη διαφοροποιεί από κλειστές εμπορικές πλατφόρμες.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης προτείνεται να βασιστεί σε σταδιακή υιοθέτηση, ξεκινώντας από πιλοτικές εφαρμογές σε συνεργασία με ερευνητικά κέντρα, βιομηχανικά εργαστήρια και επιχειρήσεις τα οποία ήδη πειραματίζονται με προσθετική κατασκευή. Η συνεργασία με θεσμικούς φορείς, τεχνολογικά clusters και βιομηχανικούς συνδέσμους μπορεί να λειτουργήσει ως μηχανισμός διάχυσης και επίδειξης της αξίας της λύσης.

Σε επόμενο στάδιο, η λύση μπορεί να κλιμακωθεί και να υιοθετηθεί από μεγαλύτερες βιομηχανίες, ιδιαίτερα εκείνες οι οποίες αντιμετωπίζουν ανελαστικές απαιτήσεις ποιότητας και ιχνηλασιμότητας. Παράλληλα, μέσα από την αξιοποίηση ευρωπαϊκών δικτύων, ερευνητικών υποδομών και έργων επίδειξης μπορεί να υποστηριχθεί η διεθνοποίηση και η προσαρμογή της λύσης σε ευρύτερες αγορές, πέραν της ελληνικής.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προστιθέμενη αξία της λύσης για τους ενδιαφερόμενους εστιάζει στη δυνατότητα της λύσης να μειώνει τον επιχειρηματικό κίνδυνο της προσθετικής κατασκευής και να επιταχύνει τη βιομηχανική της αξιοποίηση. Η λύση μπορεί να αποτελέσει βάση για παροχή εξειδικευμένων/εξατομικευμένων υπηρεσιών λογισμικού (Software-As-A-Service), υποστήριξης παραγωγής ή ενσωμάτωσης σε υφιστάμενα βιομηχανικά συστήματα.

Πιθανοί φορείς χρηματοδότησης περιλαμβάνουν εθνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα καινοτομίας, venture capital με εστίαση σε advanced manufacturing, καθώς και στρατηγικούς βιομηχανικούς εταίρους. Η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης προβλέπει μετάβαση από πιλοτικές εφαρμογές σε επαναχρησιμοποιήσιμη, παραμετροποιήσιμη λύση έτοιμη για αγορά.

Ανάλυση SWOT



Εικόνα 1: SWOT ανάλυση για λογισμικό για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας προσθετικής κατασκευής με την χρήση υβριδικών μεθόδων

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Ο οδικός χάρτης για τη λύση λογισμικού βελτιστοποίησης της διαδικασίας προσθετικής κατασκευής με υβριδικές μεθόδους σχεδιάζεται σε τρία διακριτά αλλά αλληλένδετα επίπεδα (Operational, Tactical, Strategic), με σαφή χρονικό ορίζοντα και κλιμακούμενους στόχους. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

σταδιακή μετάβαση από πιλοτική τεχνολογική ωρίμανση σε βιώσιμη εμπορική αξιοποίηση και διεθνή διάχυση.

Operational Level (0–18 μήνες): Τεχνολογική ωρίμανση και πιλοτική υιοθέτηση

Σε επιχειρησιακό επίπεδο, ο βραχυπρόθεσμος στόχος (0–18 μήνες) είναι η σταθεροποίηση και επιχειρησιακή επικύρωση της λύσης σε πραγματικά βιομηχανικά περιβάλλοντα. Το στάδιο αυτό εστιάζει στην πρακτική αξιοπιστία, στη λειτουργική ωριμότητα και στη μείωση τεχνολογικού ρίσκου για τους τελικούς χρήστες. Οι βασικές δράσεις περιλαμβάνουν:

- Πιλοτικές εφαρμογές σε επιλεγμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις ή εργαστήρια προσθετικής κατασκευής, με στόχο την αξιολόγηση της απόδοσης της λύσης σε διαφορετικά σενάρια παραγωγής.
- Συστηματική συλλογή δεδομένων από πραγματικές διεργασίες και ανατροφοδότηση για τη βελτίωση αλγορίθμων, μοντέλων ανάλυσης και διεπαφών χρήστη.
- Τεκμηρίωση μετρήσιμων δεικτών απόδοσης (π.χ. μείωση απορρίψεων, βελτίωση σταθερότητας διεργασίας, χρόνος ανίχνευσης ελαττωμάτων), οι οποίοι αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για την επόμενη φάση εμπορικής αξιοποίησης.
- Προσαρμογή της λύσης σε διαφορετικούς τύπους εξοπλισμού και διεργασιών προσθετικής κατασκευής, ενισχύοντας τη διαλειτουργικότητα και την ανεξαρτησία από συγκεκριμένο κατασκευαστή.

Tactical Level (18–36 μήνες): Κλιμάκωση, τυποποίηση και εμπορική ετοιμότητα

Σε τακτικό επίπεδο, με χρονικό ορίζοντα 18–36 μήνες, το βάρος μετατοπίζεται από την τεχνολογική επικύρωση στην οργανωμένη κλιμάκωση και την προετοιμασία για συστηματική διάθεση στην αγορά. Το στάδιο αυτό γεφυρώνει την πιλοτική εφαρμογή με τη βιώσιμη εμπορική αξιοποίηση. Οι κύριοι άξονες δράσης συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Τυποποίηση της λύσης σε επαναχρησιμοποιήσιμα και παραμετροποιήσιμα πακέτα (π.χ. modular λογισμικό, SaaS υπηρεσίες, εργαλεία υποστήριξης παραγωγής).
- Ανάπτυξη μηχανισμών υποστήριξης χρηστών, τεχνικής υποστήριξης και βασικής εκπαίδευσης, ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από εξειδικευμένο προσωπικό.
- Στρατηγικές συνεργασίες με βιομηχανικούς φορείς, integrators ή παρόχους εξοπλισμού προσθετικής κατασκευής, με στόχο τη διάχυση της λύσης σε ευρύτερο πελατολόγιο.
- Συμμόρφωση με πρότυπα ποιότητας, ιχνηλασιμότητας και βιομηχανικής πιστοποίησης, ενισχύοντας την αξιοπιστία της λύσης σε ρυθμιζόμενους κλάδους (π.χ. ενέργεια, αεροναυπηγική).

Strategic Level (36+ μήνες): Διεθνοποίηση και ενσωμάτωση σε οικοσυστήματα Advanced Manufacturing

Σε στρατηγικό επίπεδο, με ορίζοντα άνω των 36 μηνών, η λύση τοποθετείται ως μέρος ευρύτερων οικοσυστημάτων ψηφιακής και προηγμένης παραγωγής σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Το στάδιο αυτό αφορά τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα, τη διεθνοποίηση και την επενδυτική αξιοποίηση. Οι στρατηγικές κατευθύνσεις περιλαμβάνουν:

- Διεθνή διάχυση μέσω ευρωπαϊκών δικτύων, clusters advanced manufacturing και συμμετοχή σε μεγάλης κλίμακας έργα επίδειξης.
- Ενσωμάτωση της λύσης σε ευρύτερες πλατφόρμες Industry 4.0 και digital manufacturing, λειτουργώντας συμπληρωματικά με ψηφιακά δίδυμα, IIoT και συστήματα παραγωγικής ευφυΐας.
- Ανάπτυξη προηγμένων λειτουργιών (λ.χ. benchmarking διεργασιών, predictive quality, υποστήριξη κανονιστικής συμμόρφωσης), αυξάνοντας την προστιθέμενη αξία για μεγάλους βιομηχανικούς οργανισμούς.
- Προσέλκυση στρατηγικών επενδύσεων ή συμπράξεων με διεθνείς παίκτες, με στόχο τη βιώσιμη εμπορική επέκταση και την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της λύσης.

2.4. Λογισμικό για την δημιουργία συνθετικών για την εκπαίδευση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ραγδαία διείσδυση της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI) στη βιομηχανία συνοδεύεται από αυξημένες απαιτήσεις σε ποιοτικά, αξιόπιστα και επαρκώς επισημασμένα δεδομένα εκπαίδευσης. Στην ελληνική βιομηχανία, η έλλειψη μεγάλων, δομημένων και αντιπροσωπευτικών συνόλων δεδομένων αποτελεί έναν από τους βασικότερους ανασταλτικούς παράγοντες για την ανάπτυξη και υιοθέτηση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης, ιδιαίτερα σε εφαρμογές όρασης, επιθεώρησης ποιότητας και αυτοματοποίησης.

Η προτεινόμενη λύση λογισμικού για τη δημιουργία συνθετικών δεδομένων έρχεται να καλύψει αυτό το κρίσιμο κενό, παρέχοντας ένα ψηφιακό εργαλείο που επιτρέπει την παραγωγή ελεγχόμενων, ρεαλιστικών και επαναχρησιμοποιήσιμων συνόλων δεδομένων χωρίς την ανάγκη εκτεταμένης συλλογής πραγματικών δεδομένων από το πεδίο. Η λύση ευθυγραμμίζεται άμεσα με τους στόχους της δράσης «Ελλάδα 2.0» και συγκεκριμένα του έργου Greece4.0, καθώς ενισχύει την ανάπτυξη εγχώριων εφαρμογών AI, μειώνοντας το κόστος και τον χρόνο ανάπτυξης.

Σε εθνικό επίπεδο, η λύση λειτουργεί ως καταλύτης για τη μετάβαση από αποσπασματικές, πιλοτικές εφαρμογές AI σε πιο ώριμες, αναβαθμισμένες και αξιόπιστες βιομηχανικές λύσεις, ιδιαίτερα για μικρομεσαίες επιχειρήσεις και ερευνητικούς φορείς οι οποίοι δεν διαθέτουν πρόσβαση σε μεγάλα βιομηχανικά σύνολα δεδομένων (datasets).

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η ελληνική αγορά χαρακτηρίζεται από περιορισμένη διαθεσιμότητα βιομηχανικών δεδομένων, αυξημένο κόστος συλλογής και επισήμανσης (labeling) και δυσκολία απόκτησης δεδομένων που καλύπτουν σπάνια σενάρια, σφάλματα ή ακραίες καταστάσεις λειτουργίας. Τα παραπάνω περιορίζουν την απόδοση και τη γενίκευση των μοντέλων AI.

Η λύση απευθύνεται σε βιομηχανικές επιχειρήσεις μεταποίησης, integrators αυτοματισμού, παρόχους λύσεων AI, ερευνητικά κέντρα και τεχνολογικά εργαστήρια που αναπτύσσουν εφαρμογές όπως:

- οπτική επιθεώρηση και ποιοτικός έλεγχος,
- αναγνώριση και ταξινόμηση αντικειμένων,
- παρακολούθηση διεργασιών παραγωγής,
- υποστήριξη ρομποτικών και αυτόνομων συστημάτων.

Μέσω της δημιουργίας συνθετικών εικόνων και δεδομένων με ελεγχόμενες παραμέτρους (φωτισμός, υφές, θόρυβος, γεωμετρία, σενάρια σφαλμάτων), η λύση καλύπτει την ανάγκη για πλούσια και ισορροπημένα σύνολα εκπαίδευσης. Τα αναμενόμενα οφέλη περιλαμβάνουν μείωση κόστους ανάπτυξης AI, ταχύτερη εκπαίδευση μοντέλων, βελτίωση ακρίβειας και ανθεκτικότητας των αλγορίθμων και δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών AI ακόμη και σε περιβάλλοντα με περιορισμένα πραγματικά δεδομένα.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, η αγορά συνθετικών δεδομένων αναπτύσσεται δυναμικά, με παρουσία τόσο μεγάλων εμπορικών πλατφορμών όσο και εξειδικευμένων εργαλείων που εστιάζουν σε συγκεκριμένους κλάδους (π.χ. αυτόνομη οδήγηση, robotics). Ωστόσο, πολλές από αυτές τις λύσεις είναι κλειστού τύπου, υψηλού κόστους ή εστιάζουν κυρίως σε γενικές εφαρμογές και όχι σε βιομηχανικά σενάρια παραγωγής.

Στην ελληνική αγορά, δεν υφίστανται ακόμη ώριμες εμπορικές λύσεις συνθετικών δεδομένων προσαρμοσμένες στις ανάγκες της μεταποίησης, γεγονός που δημιουργεί σημαντικό περιθώριο αξιοποίησης.

Το βασικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της προτεινόμενης λύσης έγκειται στη στενή σύνδεσή της με βιομηχανικά σενάρια, CAD μοντέλα και ψηφιακά περιβάλλοντα παραγωγής, καθώς και στη δυνατότητα

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

άμεσης διασύνδεσης με διαδικασίες εκπαίδευσης μοντέλων AI. Η λύση δεν περιορίζεται στην παραγωγή δεδομένων, αλλά υποστηρίζει ολόκληρη την αλυσίδα από τη δημιουργία μέχρι την αξιολόγηση της απόδοσης των μοντέλων.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης βασίζεται σε αρχική αξιοποίηση της λύσης σε ερευνητικά και πιλοτικά περιβάλλοντα, όπου η ανάγκη για δεδομένα είναι έντονη και η ευελιξία υψηλή. Συνεργασίες με ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια, τεχνολογικά clusters και παρόχους λύσεων AI μπορούν να λειτουργήσουν ως μοχλός επίδειξης της αξίας της λύσης.

Σε δεύτερη φάση, η λύση μπορεί να υιοθετηθεί από βιομηχανικές επιχειρήσεις και integrators, ως υποστηρικτικό εργαλείο ανάπτυξης εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης, μειώνοντας το ρίσκο και τον χρόνο υλοποίησης. Παράλληλα, η αξιοποίηση ευρωπαϊκών δικτύων και έργων επίδειξης μπορεί να ενισχύσει τη διεθνοποίηση και τη διάχυση της λύσης.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προστιθέμενη αξία της λύσης εστιάζει στη ραγδαία αυξανόμενη ζήτηση για δεδομένα εκπαίδευσης AI και στη δυνατότητα της λύσης να λειτουργήσει ως οριζόντια τεχνολογία για πολλούς βιομηχανικούς κλάδους. Η λύση μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω μοντέλων παροχής υπηρεσιών (π.χ. synthetic data as a service), αδειοδότησης λογισμικού ή ενσωμάτωσης σε ευρύτερες πλατφόρμες AI και Industry 4.0.

Πιθανοί φορείς χρηματοδότησης περιλαμβάνουν εθνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα καινοτομίας, επενδυτικά σχήματα με έμφαση στο AI και στρατηγικούς βιομηχανικούς εταίρους. Η εμπορική ωρίμανση προβλέπει μετάβαση από ερευνητική πλατφόρμα σε κλιμακώσιμη, επαναχρησιμοποιήσιμη λύση έτοιμη για την αγορά.

Ανάλυση SWOT



Εικόνα 2: SWOT ανάλυση για λογισμικό για την δημιουργία συνθετικών για την εκπαίδευση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Ο οδικός χάρτης της λύσης λογισμικού για τη δημιουργία συνθετικών δεδομένων για την εκπαίδευση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης δομείται σε τρία διακριτά επίπεδα (Operational, Tactical, Strategic), με σαφή χρονικά ορόσημα και κλιμακούμενους στόχους. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη μετάβαση από

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

ερευνητική και πιλοτική αξιοποίηση σε ώριμη, κλιμακώσιμη και διεθνώς ανταγωνιστική ψηφιακή υπηρεσία.

Operational Level (0–18 μήνες): Επιχειρησιακή επικύρωση και πιλοτική αξιοποίηση

Σε επιχειρησιακό επίπεδο, με χρονικό ορίζοντα 0–18 μήνες, η βασική επιδίωξη είναι η επικύρωση της λειτουργικότητας, της χρηστικότητας και της προστιθέμενης αξίας της λύσης σε ρεαλιστικά σενάρια ανάπτυξης εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης. Οι κύριες δράσεις περιλαμβάνουν:

- Πιλοτική χρήση της πλατφόρμας από ερευνητικά κέντρα, πανεπιστημιακά εργαστήρια και ομάδες ανάπτυξης AI, με έμφαση σε εφαρμογές όρασης, ρομποτικής και ποιοτικού ελέγχου.
- Παραγωγή συνθετικών συνόλων δεδομένων για διαφορετικά σενάρια (κανονική λειτουργία, σφάλματα, σπάνιες περιπτώσεις), με συστηματική αξιολόγηση της επίδρασής τους στην απόδοση εκπαιδευμένων μοντέλων.
- Τεκμηρίωση ποσοτικών δεικτών απόδοσης, όπως βελτίωση ακρίβειας, μείωση overfitting, μείωση απαιτήσεων σε πραγματικά δεδομένα και επιτάχυνση χρόνου εκπαίδευσης μοντέλων.
- Βελτιστοποίηση της διεπαφής χρήστη και των αυτοματοποιημένων ροών εργασίας, ώστε η παραγωγή συνθετικών δεδομένων να μην απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις γραφικών ή προγραμματισμού.

Tactical Level (18–36 μήνες): Κλιμάκωση, τυποποίηση και εμπορική ετοιμότητα

Σε τακτικό επίπεδο, με χρονικό ορίζοντα 18–36 μήνες, η έμφαση μετατοπίζεται από την πιλοτική χρήση στην οργανωμένη κλιμάκωση και τη διαμόρφωση βιώσιμου μοντέλου διάθεσης στην αγορά. Οι βασικοί άξονες περιλαμβάνουν:

- Τυποποίηση της λύσης σε παραμετροποιήσιμα πακέτα λογισμικού ή υπηρεσιών (π.χ. synthetic data generation pipelines, AI training toolkits), κατάλληλα για επαναλαμβανόμενη χρήση.
- Ανάπτυξη μηχανισμών υποστήριξης χρηστών, τεκμηρίωσης και βασικής εκπαίδευσης, ώστε να διευκολυνθεί η υιοθέτηση από βιομηχανικούς χρήστες και integrators.
- Στρατηγικές συνεργασίες με παρόχους λύσεων AI, συστημικούς integrators και βιομηχανικές επιχειρήσεις, με στόχο την ενσωμάτωση της λύσης σε πραγματικά έργα παραγωγής.
- Ευθυγράμμιση με κανονιστικά πλαίσια και αρχές trustworthy AI, ενισχύοντας τη δυνατότητα χρήσης συνθετικών δεδομένων σε ρυθμιζόμενα περιβάλλοντα.

Strategic Level (36+ μήνες): Διεθνοποίηση και καθιέρωση ως οριζόντια υποδομή AI

- Σε στρατηγικό επίπεδο, με χρονικό ορίζοντα άνω των 36 μηνών, η λύση τοποθετείται ως βασικό δομικό στοιχείο ευρύτερων οικοσυστημάτων τεχνητής νοημοσύνης και ψηφιακής παραγωγής σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Οι στρατηγικές κατευθύνσεις περιλαμβάνουν:
- Διεθνή διάχυση μέσω ευρωπαϊκών δικτύων, clusters AI και advanced manufacturing, καθώς και συμμετοχή σε μεγάλης κλίμακας έργα επίδειξης.
- Ενσωμάτωση της λύσης σε ευρύτερες πλατφόρμες Industry 4.0, Digital Twin και AI pipelines, λειτουργώντας ως βασική υποδομή δεδομένων εκπαίδευσης.
- Ανάπτυξη προηγμένων δυνατοτήτων, όπως αυτοματοποιημένη παραγωγή datasets βάσει στόχων απόδοσης, benchmarking μοντέλων και υποστήριξη κανονιστικής συμμόρφωσης (explainability, bias reduction).
- Προσέλκυση στρατηγικών επενδύσεων ή συνεργασιών με διεθνείς παίκτες στον χώρο του AI και της βιομηχανικής ψηφιοποίησης, διασφαλίζοντας τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και εξέλιξη της λύσης.

2.5^α. Αλγόριθμοι Προσομοίωσης για Ψηφιακά Δίδυμα Εξοπλισμού στην Βιομηχανία 4.0

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η προτεινόμενη λύση Ψηφιακού Διδύμου εντάσσεται άμεσα στον εθνικό στρατηγικό στόχο για τον ψηφιακό μετασχηματισμό της ελληνικής βιομηχανίας, όπως αυτός αποτυπώνεται στο πλαίσιο του [Εθνικού Σχεδίου Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας «Ελλάδα 2.0»](#) και στις δράσεις του έργου Greece4.0. Η ελληνική βιομηχανία χαρακτηρίζεται σε μεγάλο βαθμό από μικρομεσαίες επιχειρήσεις, οι οποίες αντιμετωπίζουν αυξανόμενες πιέσεις για βελτίωση της παραγωγικότητας, μείωση κόστους λειτουργίας και συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα ποιότητας και βιωσιμότητας, συχνά χωρίς πρόσβαση σε προηγμένα ψηφιακά εργαλεία.

Η λύση Ψηφιακού Διδύμου απαντά σε αυτή την πρόκληση, προσφέροντας ένα ενιαίο ψηφιακό περιβάλλον παρακολούθησης, ανάλυσης και προσομοίωσης βιομηχανικού εξοπλισμού και παραγωγικών διαδικασιών. Μέσω της αξιοποίησης τεχνολογιών Βιομηχανίας 4.0 όπως Industrial IoT, συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ιστορική ανάλυση χρονοσειρών και τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, η λύση επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αποκτήσουν καλύτερη ορατότητα στη λειτουργία τους, να εντοπίζουν έγκαιρα σφάλματα και αποκλίσεις και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής τους.

Σε εθνικό επίπεδο, η σημασία της λύσης έγκειται στο γεγονός ότι λειτουργεί ως καταλύτης μετάβασης από αποσπασματικές ψηφιακές εφαρμογές σε μια πιο ολοκληρωμένη και συστηματική προσέγγιση ψηφιοποίησης. Το Digital Twin δεν περιορίζεται στην απλή απεικόνιση δεδομένων, αλλά υποστηρίζει σενάρια προσομοίωσης, προληπτική συντήρηση και έγκαιρη διάγνωση βλαβών, ενισχύοντας την ανθεκτικότητα και την ανταγωνιστικότητα των ελληνικών βιομηχανικών μονάδων.

Τέλος, η λύση ευθυγραμμίζεται με τη στρατηγική του Greece4.0 για δημιουργία επαναχρησιμοποιήσιμων, κλιμακώσιμων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογικών υποδομών, οι οποίες μπορούν να υιοθετηθούν τόσο από μεγάλες βιομηχανίες όσο και από ΜμΕ. Με αυτόν τον τρόπο, συμβάλλει στη γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος στην ελληνική παραγωγή και στη σταδιακή ενσωμάτωση προηγμένων πρακτικών Βιομηχανίας 4.0 στο εγχώριο παραγωγικό οικοσύστημα.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η ελληνική αγορά χαρακτηρίζεται από έντονη παρουσία μικρομεσαίων επιχειρήσεων, οι οποίες λειτουργούν συχνά με ετερογενή εξοπλισμό, περιορισμένη ψηφιακή ενοποίηση και ελλιπή αξιοποίηση των δεδομένων που παράγονται καθημερινά στις γραμμές παραγωγής. Κύριες ανάγκες της αγοράς αποτελούν η βελτίωση της διαφάνειας στη λειτουργία του εξοπλισμού, η μείωση απρογραμμάτιστων διακοπών λειτουργίας, η αύξηση της αποδοτικότητας και η μετάβαση από αντιδραστικές σε προληπτικές πρακτικές συντήρησης.

Η προτεινόμενη λύση Ψηφιακού Διδύμου απευθύνεται σε κλάδους όπως η μεταποίηση, η βιομηχανία τροφίμων και ποτών, η ενέργεια, τα δομικά υλικά και γενικότερα σε παραγωγικές μονάδες που βασίζονται σε μηχανολογικό εξοπλισμό και αυτοματοποιημένες διεργασίες. Μέσω της συνεχούς συλλογής και ενοποίησης δεδομένων από PLC, αισθητήρες και IoT υποδομές, καλύπτεται η ανάγκη για αξιόπιστη παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας σε πραγματικό χρόνο, αλλά και για πρόσβαση σε ιστορικά δεδομένα που υποστηρίζουν ανάλυση και τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων.

Παράλληλα, η ελληνική αγορά παρουσιάζει αυξανόμενο ενδιαφέρον για λύσεις που επιτρέπουν προσομοίωση και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων λειτουργίας χωρίς ρίσκο για την πραγματική παραγωγή. Η δυνατότητα του Digital Twin να υποστηρίζει προσομοιώσεις, δοκιμές αλλαγών σε παραμέτρους λειτουργίας και εικονική αναπαράσταση σφαλμάτων, καλύπτει την ανάγκη των επιχειρήσεων για ασφαλή πειραματισμό, καλύτερο προγραμματισμό παραγωγής και μείωση κόστους δοκιμών.

Τα αναμενόμενα οφέλη για τους χρήστες περιλαμβάνουν τη βελτίωση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού, την έγκαιρη διάγνωση βλαβών μέσω ανάλυσης δεδομένων και αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, την υποστήριξη προληπτικής συντήρησης και τη συνολική αύξηση της αποδοτικότητας της παραγωγής. Ιδιαίτερα για τις ελληνικές ΜμΕ, η λύση προσφέρει μια οικονομικά προσιτή

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

και κλιμακώσιμη είσοδο σε πρακτικές Βιομηχανίας 4.0, χωρίς την ανάγκη εκτεταμένων επενδύσεων σε ιδιωτικές και κλειστές πλατφόρμες.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η αγορά των λύσεων Ψηφιακού Διδύμου στην Ελλάδα και την Ευρώπη επιταχύνεται, καθώς βασικοί βιομηχανικοί κλάδοι (μεταποίηση, τρόφιμα-ποτά, ενέργεια, δομικά υλικά, βαριά βιομηχανία) αναζητούν πρακτικά εργαλεία για παρακολούθηση εξοπλισμού, μείωση downtime και βελτιστοποίηση παραγωγής. Σε αυτό το περιβάλλον, εμφανίζονται δύο κύριες “κατηγορίες” ανταγωνισμού: (α) μεγάλες εμπορικές/enterprise πλατφόρμες Digital Twin ενσωματωμένες σε ευρύτερα οικοσυστήματα cloud/IIoT, και (β) πιο ευέλικτες, συχνά ανοιχτές/αρθρωτές προσεγγίσεις που μπορούν να προσαρμοστούν σε συγκεκριμένες βιομηχανικές ανάγκες.

Ενδεικτικές ανταγωνιστικές/εναλλακτικές λύσεις (διεθνώς) και σύγκριση:

- [Azure Digital Twins \(Microsoft\)](#): PaaS πλατφόρμα για δημιουργία “γραφημάτων” (twin graphs) που μοντελοποιούν ολόκληρα περιβάλλοντα (π.χ. εργοστάσια, δίκτυα ενέργειας κ.ά.) και αξιοποιούνται για insights/βελτιστοποίηση λειτουργίας. Ισχυρό πλεονέκτημα είναι η βαθιά ενσωμάτωση στο Azure οικοσύστημα, όμως στην πράξη συνεπάγεται εξάρτηση από cloud vendor και κόστη που μπορεί να είναι δυσανάλογα για πιλοτικές εφαρμογές/ΜμΕ.
- [AWS IoT TwinMaker \(Amazon\)](#): υπηρεσία για κατασκευή operational digital twins με οπτικοποιήσεις και συσχέτιση δεδομένων από αισθητήρες / κάμερες / enterprise εφαρμογές, για παρακολούθηση και βελτιστοποίηση βιομηχανικών λειτουργιών. Αντίστοιχα ισχυρή σε cloud-integrated σενάρια, με trade-off την εξάρτηση από το AWS περιβάλλον και το κόστος/πολυπλοκότητα για μικρότερες εγκαταστάσεις.
- [PTC \(ThingWorx / προσέγγιση Digital Twin\)](#): ισχυρή εμπορική στοίβα IIoT / digital twin που “κουμπώνει” σε βιομηχανικά use cases και υπηρεσίες. Τυπικά προσανατολισμένη σε enterprise rollouts, με κόστος αδειοδότησης / υλοποίησης και πιθανό vendor lock-in.

Η λύση 5 διαφοροποιείται στρατηγικά επειδή έχει σχεδιαστεί ως αρθρωτή, επεκτάσιμη και χαμηλότερου κόστους υποδομή Ψηφιακού Διδύμου, βασισμένη σε ανοικτές τεχνολογίες με πυρήνα το [Eclipse Ditto](#) (open source, domain-agnostic framework για digital twins). Αυτό δίνει:

1. Αποφυγή vendor lock-in⁹ και μεγαλύτερη ευελιξία ενσωμάτωσης σε υφιστάμενα βιομηχανικά περιβάλλοντα,
2. Σταδιακή υιοθέτηση (ξεκινάς από κρίσιμο εξοπλισμό/γραμμή και επεκτείνεις), κάτι ιδιαίτερα κρίσιμο για ελληνικές ΜμΕ,
3. Εστίαση σε real-time και ιστορικά δεδομένα και analytics / AI πάνω στο digital twin, ώστε να υποστηρίζονται υπηρεσίες όπως έγκαιρη διάγνωση βλαβών, προληπτική συντήρηση και προσομοιώσεις.

Οι μεγάλες πλατφόρμες (Azure/AWS/PTC) είναι δυνατές επιλογές όταν μια επιχείρηση έχει ήδη “κλειδώσει” σε συγκεκριμένο enterprise οικοσύστημα και διαθέτει budget/ομάδα για βαρύτερη υλοποίηση. Η λύση 5 κερδίζει όταν ζητούμενο είναι γρήγορη απόδειξη αξίας (pilot → scaling), διαλειτουργικότητα, χαμηλότερο αρχικό κόστος και προσαρμογή στα πραγματικά δεδομένα/εξοπλισμό μιας ελληνικής παραγωγικής μονάδας.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης της λύσης Ψηφιακού Διδύμου στην ελληνική αγορά προτείνεται να βασιστεί σε μια σταδιακή και πολυεπίπεδη προσέγγιση, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ελληνικής βιομηχανίας και τον ρόλο των θεσμικών και ερευνητικών φορέων στο οικοσύστημα

⁹ Η τεχνολογική και επιχειρησιακή εξάρτηση από έναν συγκεκριμένο προμηθευτή, η οποία δυσκολεύει ή καθιστά κοστοβόρα τη μετάβαση σε εναλλακτικές λύσεις.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

καινοτομίας. Κεντρικός άξονας αποτελεί η αξιοποίηση του έργου Greece4.0 ως σημείο αναφοράς και κόμβος τεχνογνωσίας για την προώθηση λύσεων Βιομηχανίας 4.0 προς την εγχώρια παραγωγή.

Σε πρώτο στάδιο, προτείνεται η ανάπτυξη συνεργασιών με θεσμικούς φορείς και κλαδικούς οργανισμούς, όπως βιομηχανικούς συνδέσμους, επιμελητήρια και clusters καινοτομίας, με στόχο την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των επιχειρήσεων σχετικά με τα οφέλη των Ψηφιακών Διδύμων. Μέσω στοχευμένων πιλοτικών εφαρμογών σε πραγματικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μπορεί να επιδειχθεί η πρακτική αξία της λύσης, μειώνοντας τον αντιλαμβανόμενο τεχνολογικό και επενδυτικό κίνδυνο για τις επιχειρήσεις.

Παράλληλα, η λύση προσφέρεται για κλιμακούμενη υιοθέτηση, ξεκινώντας από περιορισμένη παρακολούθηση κρίσιμου εξοπλισμού ή επιμέρους διεργασιών και επεκτεινόμενη σταδιακά σε ολόκληρες γραμμές παραγωγής. Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις ελληνικές επιχειρήσεις, καθώς επιτρέπει την προσαρμογή της επένδυσης στις οικονομικές τους δυνατότητες και στις πραγματικές επιχειρησιακές τους ανάγκες, χωρίς να απαιτείται αρχικά μεγάλη κλίμακα αναβάθμιση υποδομών.

Σε επόμενο στάδιο, η στρατηγική προβλέπει τη σταδιακή υιοθέτηση της λύσης από μεγαλύτερες βιομηχανικές επιχειρήσεις, οι οποίες αντιμετωπίζουν αυξημένες υποχρεώσεις σε θέματα ποιότητας, ασφάλειας και βιωσιμότητας. Η χρήση Ψηφιακών Διδύμων μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο συμμόρφωσης, τεκμηρίωσης και βελτιστοποίησης διαδικασιών, δημιουργώντας ισχυρά παραδείγματα χρήσης που μπορούν να μεταφερθούν και σε μικρότερες επιχειρήσεις.

Τέλος, προτείνεται η αξιοποίηση ευρωπαϊκών δικτύων, ερευνητικών συνεργασιών και μηχανισμών πιστοποίησης, με στόχο τη διασύνδεση της λύσης με ευρύτερες πρωτοβουλίες ψηφιακού μετασχηματισμού και τη σταδιακή διεθνοποίησή της. Η ευθυγράμμιση με ευρωπαϊκά πρότυπα και πλαίσια διαλειτουργικότητας ενισχύει την αξιοπιστία της λύσης και διευκολύνει τη μελλοντική της επέκταση πέραν της ελληνικής αγοράς.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινόμενη λύση Ψηφιακού Διδύμου παρουσιάζει σαφή επενδυτική αξία, καθώς απαντά σε υπαρκτές και διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες της βιομηχανίας για ψηφιοποίηση, αποδοτικότερη λειτουργία και ανθεκτικότητα των παραγωγικών συστημάτων. Η πρόταση αξίας για επενδυτές εδράζεται στη δυνατότητα εμπορικής αξιοποίησης μιας ώριμης τεχνολογικής υποδομής, η οποία έχει ήδη σχεδιαστεί, υλοποιηθεί και αξιολογηθεί σε ελεγχόμενο περιβάλλον με ρεαλιστικά σενάρια λειτουργίας.

Σε επίπεδο χρηματοδότησης, η λύση μπορεί να υποστηριχθεί από συνδυασμό δημόσιων και ιδιωτικών πόρων. Πιθανοί φορείς χρηματοδότησης περιλαμβάνουν εθνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα που εστιάζουν στον ψηφιακό μετασχηματισμό και τη Βιομηχανία 4.0, επενδυτικά κεφάλαια τεχνολογίας με ενδιαφέρον σε λύσεις industrial software, καθώς και στρατηγικούς βιομηχανικούς εταίρους που επιδιώκουν την ενσωμάτωση καινοτόμων ψηφιακών εργαλείων στις παραγωγικές τους δραστηριότητες. Η σύνδεση της λύσης με το οικοσύστημα του Greece4.0 ενισχύει την αξιοπιστία της και λειτουργεί ως μηχανισμός μείωσης του επενδυτικού ρίσκου.

Η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης της λύσης προτείνεται να ακολουθήσει μια σαφή και ρεαλιστική πορεία, ξεκινώντας από πιλοτικές εφαρμογές σε συνεργασία με βιομηχανικούς χρήστες, όπου τεκμηριώνεται η λειτουργικότητα και το επιχειρησιακό όφελος. Στη συνέχεια, η λύση μπορεί να εξελιχθεί σε εμπορικά διαθέσιμη υπηρεσία, είτε με τη μορφή λογισμικού ως υπηρεσία, είτε ως προσαρμοσμένη λύση ανά εγκατάσταση, ανάλογα με τις ανάγκες του πελάτη. Η χρήση ανοικτών τεχνολογιών και η αρθρωτή αρχιτεκτονική διευκολύνουν την κλιμάκωση της λύσης και την προσαρμογή της σε διαφορετικά βιομηχανικά περιβάλλοντα.

Επιπλέον, η επενδυτική ελκυστικότητα της λύσης ενισχύεται από τη δυνατότητα δημιουργίας συμπληρωματικών ροών εσόδων, όπως υπηρεσίες ανάλυσης δεδομένων, υποστήριξη προληπτικής συντήρησης, συμβουλευτικές υπηρεσίες ψηφιακού μετασχηματισμού και εκπαίδευση προσωπικού. Οι υπηρεσίες αυτές αυξάνουν την προστιθέμενη αξία για τον τελικό χρήστη και δημιουργούν μακροπρόθεσμες σχέσεις συνεργασίας, στοιχείο ιδιαίτερα σημαντικό για επενδυτές που αναζητούν βιώσιμα και επαναλαμβανόμενα επιχειρηματικά μοντέλα.

Ανάλυση SWOT

Από επενδυτική σκοπιά, η προτεινόμενη λύση Ψηφιακού Διδύμου παρουσιάζει ένα ισχυρό σύνολο εσωτερικών πλεονεκτημάτων που την καθιστούν ελκυστική για περαιτέρω αξιοποίηση και εμπορική ανάπτυξη.

Στα δυνατά σημεία (Strengths) συγκαταλέγεται η τεχνολογική της ωριμότητα, καθώς έχει σχεδιαστεί και αξιολογηθεί σε ρεαλιστικά εργαστηριακά σενάρια με πραγματικές ροές δεδομένων, επιβεβαιώνοντας τη λειτουργικότητα και την αξιοπιστία της. Επιπλέον, η χρήση ανοικτών τεχνολογιών και η αρθρωτή αρχιτεκτονική μειώνουν το κόστος υλοποίησης, αποφεύγουν τον εγκλωβισμό σε συγκεκριμένους προμηθευτές και διευκολύνουν την κλιμάκωση και προσαρμογή της λύσης σε διαφορετικά βιομηχανικά περιβάλλοντα.

Ωστόσο, η λύση παρουσιάζει και ορισμένα αδύναμα σημεία (Weaknesses), τα οποία σχετίζονται κυρίως με το αρχικό επίπεδο πολυπλοκότητας και την ανάγκη εξοικείωσης των χρηστών με έννοιες ψηφιακών διδύμων και ανάλυσης δεδομένων. Για μέρος της ελληνικής αγοράς, ιδιαίτερα σε μικρές επιχειρήσεις με χαμηλή ψηφιακή ωριμότητα, απαιτείται υποστηρικτική εκπαίδευση και καθοδήγηση κατά τα πρώτα στάδια υιοθέτησης, γεγονός που μπορεί να επιβραδύνει τη μαζική εμπορική διείσδυση.

Σε επίπεδο εξωτερικού περιβάλλοντος, οι ευκαιρίες (Opportunities) είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Η αυξανόμενη πίεση για ψηφιακό μετασχηματισμό, ενεργειακή αποδοτικότητα και ανθεκτικότητα των αλυσίδων παραγωγής δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για λύσεις Ψηφιακών Διδύμων, τόσο στην Ελλάδα όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Παράλληλα, η διαθεσιμότητα χρηματοδοτικών εργαλείων για τεχνολογίες Βιομηχανίας 4.0 και η αυξανόμενη αποδοχή λύσεων Software-as-a-Service στη βιομηχανία ενισχύουν τις προοπτικές εμπορικής αξιοποίησης της λύσης.

Οι βασικές απειλές (Threats) αφορούν κυρίως τον ανταγωνισμό από μεγάλους διεθνείς παρόχους βιομηχανικού λογισμικού, οι οποίοι διαθέτουν ισχυρά δίκτυα πωλήσεων και εδραιωμένη παρουσία στην αγορά. Επιπλέον, ενδεχόμενες καθυστερήσεις στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών από συντηρητικούς βιομηχανικούς κλάδους ή αλλαγές στο κανονιστικό πλαίσιο μπορούν να επηρεάσουν τον ρυθμό ανάπτυξης της αγοράς. Παρ' όλα αυτά, τα δυνατά σημεία της λύσης – όπως η ευελιξία, το χαμηλότερο κόστος και η προσαρμογή στις ανάγκες της ελληνικής αγοράς – μπορούν να λειτουργήσουν αντισταθμιστικά έναντι των παραπάνω απειλών.

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση Ψηφιακού Διδύμου τοποθετείται ως ένα ώριμο, ευέλικτο και οικονομικά βιώσιμο εργαλείο ψηφιακού μετασχηματισμού για την ελληνική βιομηχανία. Απευθύνεται σε βασικούς παραγωγικούς κλάδους με έντονες ανάγκες παρακολούθησης, βελτιστοποίησης και ανθεκτικότητας των παραγωγικών τους διαδικασιών, προσφέροντας μετρήσιμα οφέλη σε επίπεδο αποδοτικότητας, ποιότητας και μείωσης λειτουργικού κόστους. Παράλληλα, η στρατηγική της λύσης ευθυγραμμίζεται πλήρως με τους στόχους του έργου Greece4.0 και του εθνικού πλαισίου «Ελλάδα 2.0», ενισχύοντας την ψηφιακή ωριμότητα του εγχώριου παραγωγικού οικοσυστήματος.

Σε επίπεδο στρατηγικής διείσδυσης, το βασικό μήνυμα είναι η σταδιακή και ελεγχόμενη υιοθέτηση, ξεκινώντας από πιλοτικές εφαρμογές υψηλής προστιθέμενης αξίας και επεκτεινόμενη κλιμακωτά σε μεγαλύτερο εύρος εξοπλισμού και διεργασιών. Η προσέγγιση αυτή μειώνει τον επενδυτικό κίνδυνο για τις επιχειρήσεις και διευκολύνει τη δημιουργία τεκμηριωμένων παραδειγμάτων επιτυχίας, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως μοχλός περαιτέρω διάχυσης της λύσης στην ελληνική αγορά.

Ο προτεινόμενος οδικός χάρτης ανάπτυξης και αξιοποίησης της λύσης περιλαμβάνει τρία διακριτά στάδια. Στο πρώτο στάδιο, δίνεται έμφαση στην πιλοτική υλοποίηση και την προσαρμογή της λύσης σε πραγματικά βιομηχανικά περιβάλλοντα, με στόχο την επιβεβαίωση της επιχειρησιακής αξίας και τη συλλογή ανατροφοδότησης από τους τελικούς χρήστες. Στο δεύτερο στάδιο, η λύση ωριμάζει εμπορικά, αποκτώντας τυποποιημένα χαρακτηριστικά, υποστηρικτικές υπηρεσίες και μοντέλα διάθεσης που διευκολύνουν τη μαζικότερη υιοθέτηση από μικρομεσαίες και μεγάλες επιχειρήσεις. Στο τρίτο στάδιο, προβλέπεται η κλιμάκωση και η διεθνοποίηση της λύσης, μέσω ευρωπαϊκών συνεργασιών, πιστοποιήσεων και συμμετοχής σε ευρύτερα δίκτυα ψηφιακού μετασχηματισμού της βιομηχανίας.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Η λύση Ψηφιακού Διδύμου δεν αποτελεί απλώς μια μεμονωμένη τεχνολογική εφαρμογή, αλλά ένα στρατηγικό εργαλείο που μπορεί να υποστηρίξει τη μακροπρόθεσμη μετάβαση της ελληνικής βιομηχανίας σε πιο έξυπνα, αποδοτικά και ανθεκτικά παραγωγικά μοντέλα. Τα επόμενα βήματα εστιάζουν στην ενίσχυση των συνεργασιών με τη βιομηχανία, στην περαιτέρω τεκμηρίωση των οικονομικών και λειτουργικών οφελών και στη δημιουργία ενός σταθερού πλαισίου εμπορικής αξιοποίησης που θα προσελκύσει επενδύσεις και θα εξασφαλίσει τη βιωσιμότητα της λύσης σε βάθος χρόνου.

2.5^B. Αλγόριθμοι Προσομοίωσης για Ψηφιακά Δίδυμα Διαδικασιών στην Βιομηχανία 4.0

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ελληνική βιομηχανία αντιμετωπίζει κρίσιμα εμπόδια στον ψηφιακό μετασχηματισμό: υψηλό κόστος επένδυσης, έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού και μεγάλο χρόνο υλοποίησης τεχνολογιών Βιομηχανίας 4.0. Η προτεινόμενη τεχνολογική λύση εκδημοκρατίζει την πρόσβαση σε προηγμένες τεχνολογίες Ψηφιακών Διδύμων (ΨΔ), καθιστώντας τες προσβάσιμες ακόμη και σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Η λύση μειώνει κατά 50-60% τον χρόνο και το κόστος ανάπτυξης ΨΔ, μετατρέποντας μια διαδικασία εβδομάδων σε ζήτημα ωρών. Ελληνικές βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων ή αυτοκινητοβιομηχανίας μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις γραμμές παραγωγής τους και να πειραματιστούν με νέες διαδικασίες χωρίς διακοπή παραγωγής ή κίνδυνο για ακριβό εξοπλισμό. Χρησιμοποιώντας ανοικτά διεθνή πρότυπα ([IEC 62424:2016](#), [IEC 62714-1:2018](#)¹⁰) και open-source εργαλεία, εξασφαλίζουμε διαλειτουργικότητα με υπάρχοντα συστήματα και ανεξαρτησία από συγκεκριμένους προμηθευτές. Οι επιχειρήσεις αποκτούν ελευθερία επέκτασης και προσαρμογής σύμφωνα με τις μελλοντικές τους ανάγκες. Η ενσωμάτωση Generative AI που δημιουργεί αυτόματα εναλλακτικά σενάρια παραγωγής προσφέρει έναν "ψηφιακό σύμβουλο" που προτείνει βελτιστοποιημένες διεργασίες, επιτρέποντας καινοτόμες λύσεις χωρίς εκτενείς δοκιμές.

Η τεχνολογική λύση ΨΔ ενισχύει τη διατήρηση και ανάπτυξη του ελληνικού μεταποιητικού τομέα, διασφαλίζοντας ανταγωνιστικότητα έναντι ευρωπαϊκών και διεθνών ανταγωνιστών. Δημιουργεί θέσεις εργασίας υψηλής εξειδίκευσης, προσελκύει επενδύσεις και τοποθετεί την ελληνική τεχνογνωσία στον παγκόσμιο χάρτη της Βιομηχανίας 4.0, συνδυάζοντας ερευνητική αριστεία με πρακτική εφαρμογή που δημιουργεί αξία για επιχειρήσεις και εθνικό οικοσύστημα καινοτομίας.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Το προτεινόμενο λύση ΨΔ στοχεύει κυρίως σε μεσαίες βιομηχανίες μεταποίησης και ΜΜΕ που επιδιώκουν ψηφιακό μετασχηματισμό χωρίς τεράστιες επενδύσεις. Οι βασικοί κλάδοι περιλαμβάνουν: αυτοκινητοβιομηχανία (Tier 1 και Tier 2 suppliers), φαρμακευτικές εταιρείες, βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, ηλεκτρονικά και high-tech manufacturing, καθώς και logistics και warehousing. Δευτερευόντως, απευθυνόμαστε σε ακαδημαϊκά ιδρύματα για εκπαίδευση και έρευνα.

Οι βιομηχανίες αντιμετωπίζουν κρίσιμες προκλήσεις: υψηλό κόστος και μεγάλο χρόνο για δημιουργία ΨΔ με παραδοσιακές μεθόδους, αδυναμία δοκιμής νέων διεργασιών χωρίς διακοπή παραγωγής, κίνδυνο απώλειας παραγωγής κατά την αναδιάρθρωση γραμμών, έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού για μοντελοποίηση και προσομοίωση, και ανάγκη για ταχεία προσαρμογή σε μεταβαλλόμενες απαιτήσεις αγοράς. Επιπλέον, η αυξανόμενη πίεση για βιώσιμη παραγωγή και μείωση αποβλήτων απαιτεί βελτιστοποίηση διεργασιών που παραδοσιακά είναι δαπανηρή και χρονοβόρα.

Οι χρήστες αποκομίζουν σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Οικονομικά: Μείωση κόστους έως 40% σε σχέση με εμπορικές λύσεις, εξοικονόμηση από αποφυγή διακοπών παραγωγής, και ταχύτερη απόσβεση επένδυσης.
- Επιχειρησιακά: Μείωση 50-60% του χρόνου δημιουργίας ΨΔ, ασφαλής δοκιμή νέων σεναρίων στο εικονικό περιβάλλον, αυτόματη παραγωγή βελτιστοποιημένων διαδικασιών με AI, και ταχεία αναδιάρθρωση γραμμών παραγωγής.
- Τεχνολογικά: Πλήρης συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα (PLCs, SCADA, ρομποτικά), ανεξαρτησία από προμηθευτές μέσω ανοικτών προτύπων, και πρόσβαση σε προηγμένες τεχνολογίες χωρίς μεγάλες επενδύσεις σε εξειδίκευση.

¹⁰ Πρόκειται για δύο πρότυπα της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC) που ορίζουν τις απαιτήσεις ελέγχου διεργασιών ώστε διαφορετικά λογισμικά μηχανικού αυτοματισμού να ανταλλάσσουν δεδομένα σωστά (IEC 62424:2016), καθώς και το AutomationML, δηλαδή ένα κοινό "αρχείο/γλώσσα" ανταλλαγής δεδομένων ώστε διαφορετικά λογισμικά βιομηχανικού αυτοματισμού να συνεργάζονται και να μοιράζονται πληροφορίες χωρίς απώλειες (IEC 62714-1:2018).

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Στρατηγικά: Ενίσχυση ανταγωνιστικότητας, ευελιξία στην προσαρμογή σε νέες απαιτήσεις, και δυνατότητα καινοτομίας χωρίς επιχειρησιακούς κινδύνους.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Οι κλάδοι με άμεση ωφέλεια περιλαμβάνουν: αυτοκινητοβιομηχανία (προμηθευτές εξαρτημάτων, συναρμολόγηση), φαρμακευτικά (παραγωγή, συσκευασία, ποιοτικός έλεγχος), τρόφιμα και ποτά (γραμμές συσκευασίας, logistics), ηλεκτρονικά (κατασκευή, testing), μεταλλουργία και κατασκευές, logistics και αποθήκευση, καθώς και χημικά και πλαστικά. Όλοι αυτοί οι κλάδοι χαρακτηρίζονται από σύνθετες γραμμές παραγωγής που απαιτούν συχνή αναδιάρθρωση.

Ανταγωνιστικές και Συμπληρωματικές Λύσεις

Διεθνείς Ανταγωνιστές: [Siemens Digital Twin](#) (υψηλό κόστος, κλειστό οικοσύστημα), [Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE](#) (απαιτεί εκτενή εκπαίδευση), [ANSYS Twin Builder](#) (εστίαση σε προσομοίωση φυσικής¹¹), [GE Digital Predix](#) (cloud-based, δαπανηρό), [PTC ThingWorx](#) (IoT-centric).

Ελληνικό Οικοσύστημα: Περιορισμένες εγχώριες λύσεις ΨΔ. Υπάρχουν system integrators που προσφέρουν υπηρεσίες με ξένα εργαλεία, αλλά όχι ολοκληρωμένες πλατφόρμες.

Συμπληρωματικές Λύσεις: SCADA συστήματα, MES/ERP πλατφόρμες, IoT platforms ([ThingsBoard](#), AWS IoT), που μπορούν να ενσωματωθούν με το [MoBAGen DT](#).

Μοναδικά Πλεονεκτήματα (USP)

- *Αυτοματοποίηση με AI*: Μοναδική ενσωμάτωση Generative AI για αυτόματη δημιουργία σεναρίων BPMN (δεν υπάρχει σε ανταγωνιστικές λύσεις).
- *Model-Based Approach*: Πλήρης αυτοματοποίηση από [AutomationML](#) σε λειτουργικό Digital Twin σε ώρες αντί εβδομάδων.
- *Κλειστός Κύκλος Digital-Physical*: Αυτόματη ανάπτυξη επικυρωμένων σεναρίων από εικονικό σε πραγματικό περιβάλλον.
- *Ανοικτά Πρότυπα και Open-Source*: Διαλειτουργικότητα, μηδενικό vendor lock-in, κόστος 60% χαμηλότερο από ανταγωνιστές.
- *Προσβασιμότητα για MME*: Σχεδιασμένο για μικρομεσαίες επιχειρήσεις, όχι μόνο για πολυεθνικές.
- *Ελληνική Καινοτομία*: Τοπική τεχνογνωσία, γρήγορη υποστήριξη, κατανόηση ελληνικής αγοράς.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Συνεργασίες με Θεσμικούς Φορείς

Στόχευση σε στρατηγικές συμμαχίες με [ΣΕΒ](#) (Σύνδεσμος Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών), [ΣΒΕ](#) (Σύνδεσμος Βιομηχανιών Ελλάδος), και κλαδικούς συνδέσμους ([ΣΕΑΑ](#) για αυτοκινητοβιομηχανία, [ΣΦΕΕ](#) για φαρμακευτικά, [ΣΕΒΤ](#) για τρόφιμα). Συνεργασίες με επιμελητήρια ([ΕΒΕΑ](#), [ΕΒΕΘ](#)) για workshops και demonstration events, ενώ θα ενταχθούμε σε clusters καινοτομίας όπως το [Corallia](#), TT Cluster και Innovation Hubs του [ΕΚΤ](#). Στόχος: legitimacy building και πρόσβαση σε δίκτυο πιθανών πελατών.

Κλιμάκωση της Λύσης (Scaling)

Η αρχιτεκτονική του ΨΔ επιτρέπει οριζόντια και κάθετη κλιμάκωση. Οριζόντια: Επέκταση από μεμονωμένες γραμμές παραγωγής σε ολόκληρα εργοστάσια και πολλαπλές τοποθεσίες. Κάθετη: Εμπλουτισμός με προληπτική συντήρηση, βελτιστοποίηση σε πραγματικό χρόνο, και digital thread¹² δυνατότητες.

Σταδιακή Υιοθέτηση από Μεγάλες Εταιρείες

¹¹ Τα Ψηφιακά Δίδυμα διακρίνονται σε δύο κύριες προσεγγίσεις: τη φυσική (Physics-based), που προσομοιώνει τη λειτουργία μέσω μαθηματικών νόμων, εξηγώντας το «γιατί» μέσω μηχανικών μοντέλων, και τα δεδομένα (Data-driven), όπου χρησιμοποιούνται αισθητήρες και τεχνητή νοημοσύνη για την παρακολούθηση του «τι» συμβαίνει στην πράξη.

¹² Ως Digital Thread ορίζεται η ενοποιημένη και αδιάλειπτη ροή δεδομένων που συνδέει όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, από τον σχεδιασμό και την παραγωγή έως τη λειτουργία και τη συντήρησή του.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Η οδηγία EU 2022/2464 (CSRD) και το Πράσινο Ταμείο πιέζουν μεγάλες εταιρείες για αναφορές βιωσιμότητας (ESG reporting) και βιώσιμη παραγωγή. Η τεχνολογική λύση υποστηρίζει ενεργειακή βελτιστοποίηση και μείωση αποβλήτων μέσω προσομοίωσης. Στόχος: πιλοτικά έργα με 3 έως 5 μεγάλες εταιρείες (π.χ. [Alumil](#), [Coca-Cola HBC](#), [Pfizer Hellas](#)) ως πελάτες-αναφορά. Αξιοποίηση προγραμμάτων χρηματοδότησης ([Ταμείο Ανάκαμψης](#), [ΕΣΠΑ Ψηφιακός Μετασχηματισμός](#)) για μείωση κόστους υιοθέτησης

Ευρωπαϊκά Δίκτυα και Διεθνοποίηση

Συμμετοχή σε [European Digital Innovation Hubs](#) (EDIHs) και [Enterprise Europe Network](#) για πρόσβαση σε ευρωπαϊκές βιομηχανίες. Πιστοποίηση συμβατότητας με IEC, ISO standards και συνεργασία με TÜV, Lloyd's για validation. Στόχευση γερμανικής (Mittelstand¹³), ιταλικής και ισπανικής αγοράς όπου κυριαρχούν MME. Συμμετοχή σε έργα Horizon Europe για χρηματοδότηση R&D και ορατότητα. Συνεργασίες με Ευρωπαϊκούς system integrators ([ABB](#), [Schneider Electric](#)) για OEM¹⁴ integration.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινομένη λύση αποτελεί ελκυστική επενδυτική ευκαιρία συνδυάζοντας (α) *Μεγάλη και αναπτυσσόμενη αγορά*: η παγκόσμια αγορά ΨΔ αναμένεται να φτάσει \$149.81 δισ. έως το 2030 (CAGR 47,9%), (β) *Τεχνολογικό προβάδισμα*: μοναδική ενσωμάτωση Generative AI και αυτοματοποίηση που δεν προσφέρουν ανταγωνιστές, (γ) *Χαμηλός τεχνολογικός κίνδυνος*: λειτουργικό πρωτότυπο TRL6, βασισμένο σε αποδεδειγμένες τεχνολογίες και διεθνή πρότυπα, (δ) *Scalability*: SaaS μοντέλο με χαμηλό κόστος επέκτασης, cloud-native αρχιτεκτονική¹⁵, (ε) *Recurring revenue model*: προβλέψιμα έσοδα από συνδρομές, άδειες χρήσης, και πακέτα υποστήριξης, (στ) *Πλεονέκτημα της πρώτης κίνησης (First-mover advantage)*: κενό αγοράς σε προσιτές λύσεις ΨΔ για MME.

Οικονομικές προβλέψεις δείχνουν νεκρό σημείο¹⁶ (break-even) σε 18-24 μήνες με βάση 20 έως 30 πελάτες, ετήσια επαναλαμβανόμενα έσοδα €2-5M για το τρίτο έτος, και περιθώριο EBITDA 40%+ στην φάση ωριμότητας. Οι προοπτικές εξόδου περιλαμβάνουν εξαγορά από βιομηχανικούς ομίλους (Siemens, ABB, Schneider Electric) ή στρατηγικούς επενδυτές στον τομέα Industry 4.0.

Πιθανοί Φορείς Χρηματοδότησης

- *Στάδιο Σποράς (€300K-500K)*: Business Angels στην τεχνολογία, Metavallon VC, Venture Friends, Marathon VC, Google for Startups, EIT Digital.
- *Γύρος Χρηματοδότησης Series A (€1-3M)*: Ευρωπαϊκά κεφάλαια επιχειρηματικών συμμετοχών (Atomico, Index Ventures, Balderton Capital), εταιρικά VCs (Siemens Next47, ABB Technology Ventures), EIC Accelerator (EU), EQUIFUND.
- *Δημόσια Χρηματοδότηση*: ΕΣΠΑ «Ψηφιακός Μετασχηματισμός», Ταμείο Ανάκαμψης, Horizon Europe (Ενότητα 4: Ψηφιακές Τεχνολογίες, Βιομηχανία και Διάστημα), EIC Pathfinder/Transition.
- *Στρατηγικές Συνεργασίες*: Συν-ανάπτυξη (co-development) με εταιρείες ολοκλήρωσης συστημάτων, συμφωνίες OEM με κατασκευαστές εξοπλισμού.

Οδικός Χάρτης Εμπορικής Ωρίμανσης

¹³ Τα Mittelstand (ορθή γραφή: Mittelstand) αποτελούν τη «ραχοκοκαλιά» της γερμανικής οικονομίας. Αν και συχνά μεταφράζονται απλώς ως «μικρομεσαίες επιχειρήσεις», στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα μοναδικό επιχειρηματικό μοντέλο με πολύ συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως μακροπρόθεσμη στρατηγική, υψηλή τεχνολογική εξειδίκευση και προσήλωση στην ποιότητα

¹⁴ OEM (Original Equipment Manufacturer): Ο κατασκευαστής πρωτότυπου εξοπλισμού που παράγει εξαρτήματα ή προϊόντα τα οποία ενσωματώνονται και πωλούνται υπό την επωνυμία μιας άλλης εταιρείας.

¹⁵ Η Cloud-native αρχιτεκτονική αφορά τον σχεδιασμό εφαρμογών που έχουν κατασκευαστεί εξ αρχής για να αξιοποιούν πλήρως την ευελιξία και την κλιμάκωση του cloud.

¹⁶ Νεκρό σημείο ή σημείο εξισορρόπησης είναι το χρονικό σημείο ή το επίπεδο πωλήσεων όπου τα συνολικά έσοδα μιας επιχείρησης ισούνται ακριβώς με τα συνολικά της έξοδα. Σε αυτό το στάδιο η επιχείρηση δεν παρουσιάζει ούτε κέρδος ούτε ζημία, έχοντας καλύψει πλήρως το κόστος παραγωγής και λειτουργίας της.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

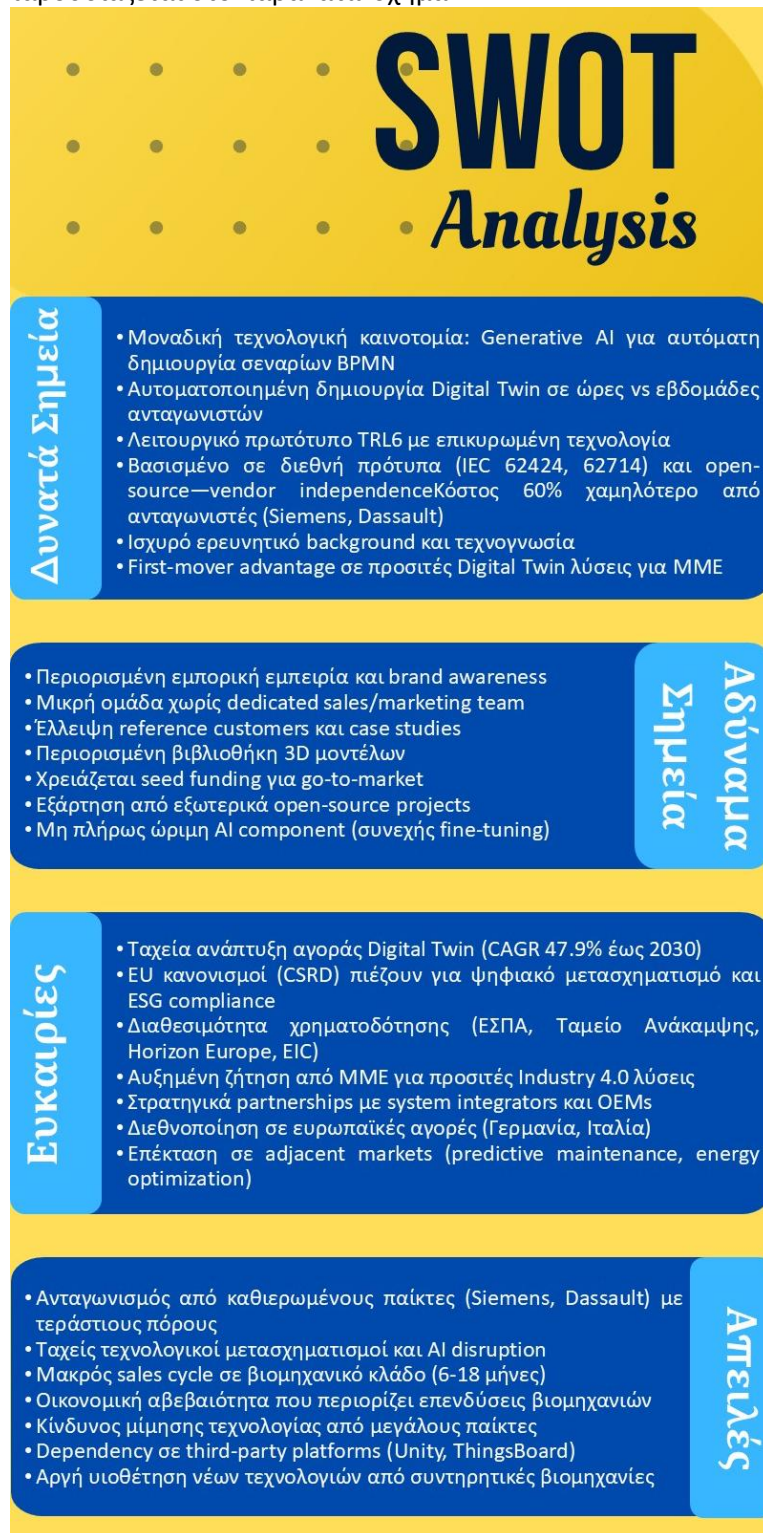
Η εξέλιξη από πιλοτική εφαρμογή σε market-ready υπηρεσία περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις: (1) *Επικύρωση Πιλότου* με 3-5 πελάτες οδηγούς και μελέτες περίπτωσης (μήνες 0-6), (2) *Είσοδος στην Αγορά* με εμπορική έναρξη και 15-25 πελάτες (μήνες 6-18), (3) *Κλιμάκωση* με ευρωπαϊκή επέκταση και 50+ πελάτες (μήνες 18-36), (4) *Ηγετική Θέση στην Αγορά* με διεθνοποίηση και επιλογές στρατηγικής εξόδου (έτος 3+).



Εικόνα 3: Οδικός Χάρτης Εμπορικής Ωρίμανσης Προτεινόμενη Λύσης Ψηφιακών Διδύμων

Ανάλυση SWOT

Η ανάλυση SWOT παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4: SWOT ανάλυση Προτεινόμενη Λύσης Ψηφιακών Διδύμων

Αντιστοίχιση Δυνατών Σημείων με Απειλές

Το τεχνολογικό μας προβάδισμα με τη μοναδική ενσωμάτωση Generative AI και η χρήση ανοικτών διεθνών προτύπων δημιουργούν σημαντικά εμπόδια εισόδου (barriers to entry) ακόμη και για μεγάλους ανταγωνιστές που βασίζονται σε κλειστές αρχιτεκτονικές. Το 60% χαμηλότερο κόστος και το κλιμακούμενο SaaS μοντέλο μας επιτρέπουν να ανταπεξέλθουμε στην οικονομική αβεβαιότητα, προσφέροντας χαμηλή αρχική επένδυση που επιταχύνει τον κύκλο πωλήσεων. Το λειτουργικό πρωτότυπο TRL6 και η πολυπλοκότητα της ολοκληρωμένης λύσης μας δίνουν σημαντικό πλεονέκτημα ταχύτητας στην αγορά (time-to-market) έναντι του κινδύνου μίμησης.

Αντιστοίχιση Αδύναμων Σημείων με Ευκαιρίες

Η διαθεσιμότητα χρηματοδότησης σταδίου σποράς (seed) και Series A μετριάζει την περιορισμένη εμπορική μας εμπειρία, επιτρέποντας πρόσληψη εξειδικευμένης ομάδας πωλήσεων και μάρκετινγκ, καθώς και την παροχή καθοδήγησης (mentoring) από τους επενδυτές. Προγράμματα όπως ΕΣΠΑ και Ταμείο Ανάκαμψης που επιδοτούν πιλοτικά έργα θα δημιουργήσουν ταχέως πελάτες-αναφορά και μελέτες περίπτωσης. Στρατηγικές συνεργασίες με κατασκευαστές εξοπλισμού (OEMs) και εταιρείες ολοκλήρωσης συστημάτων καλύπτουν το κενό στη μικρή βιβλιοθήκη 3D μοντέλων, ενώ η αυξανόμενη ωριμότητα του οικοσυστήματος AI/ML βελτιώνει συνεχώς τα open-source εργαλεία από τα οποία εξαρτάται η λύση.

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη τεχνολογική λύση Ψηφιακών Διδύμων στοχεύει σε μεσαίες βιομηχανίες και μεταποιητικές ΜΜΕ (αυτοκινητοβιομηχανία, φαρμακοβιομηχανία, τρόφιμα), με κύρια πρόταση αξίας τη μείωση του χρόνου και του κόστους δημιουργίας κατά 50-60%, μέσω της χρήσης Παραγωγικής Τεχνητής Νοημοσύνης και αυτοματοποίησης. Η στρατηγική διείσδυσης συνδυάζει συνεργασίες με θεσμικούς φορείς και κλαδικούς συνδέσμους, πιλοτικά έργα με πελάτες-οδηγούς για τη δημιουργία μελετών περίπτωσης, καθώς και αξιοποίηση ευρωπαϊκών πόρων (ΕΣΠΑ, Ταμείο Ανάκαμψης, Horizon Europe). Η επενδυτική αξία βασίζεται σε μια ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά (εκτίμηση \$149,81 δισ. έως το 2030, με μέσο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης/CAGR 47,9%), στο λειτουργικό πρωτότυπο επιπέδου TRL6 που μειώνει τον τεχνολογικό κίνδυνο, και στο πλεονέκτημα του πρωτοπόρου σε προσιτές λύσεις Ψηφιακών Διδύμων για ΜΜΕ.

2.6. Πλατφόρμα Ανάλυσης και Διαχείρισης Δεδομένων από το Βιομηχανικό Δίκτυο των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things)

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ελληνική μεταποιητική βιομηχανία βρίσκεται σε κρίσιμο στάδιο ψηφιακού μετασχηματισμού, με αυξανόμενες απαιτήσεις για παρακολούθηση παραγωγικών διεργασιών, μείωση λειτουργικού κόστους και έγκαιρη λήψη αποφάσεων βασισμένων σε δεδομένα. Παρότι ο βιομηχανικός αυτοματισμός (PLC¹⁷, SCADA) είναι ευρέως διαδεδομένος, η αξιοποίηση των παραγόμενων δεδομένων παραμένει σε μεγάλο βαθμό αποσπασματική και περιορισμένη σε τοπικό επίπεδο.

Η προτεινόμενη λύση απαντά σε αυτή την ανάγκη, παρέχοντας μία ολοκληρωμένη πλατφόρμα Industrial Internet of Things (IIoT) για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση και οπτικοποίηση βιομηχανικών δεδομένων από ετερογενείς πηγές. Η πλατφόρμα επιτρέπει τη μετάβαση από την απλή παρακολούθηση σημάτων σε μία data-driven προσέγγιση λειτουργίας, ενισχύοντας τη διαφάνεια, τη διαλειτουργικότητα και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Σε εθνικό επίπεδο, η λύση ευθυγραμμίζεται με τους στόχους του προγράμματος «Ελλάδα 2.0» και της Βιομηχανίας 4.0, υποστηρίζοντας την ψηφιακή ωρίμανση της ελληνικής βιομηχανίας, ιδιαίτερα των μικρομεσαίων επιχειρήσεων, μέσω λύσεων βασισμένων σε ανοικτά πρότυπα και cloud τεχνολογίες.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η λύση απευθύνεται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών και παραγωγικών φορέων που αντιμετωπίζουν κοινές προκλήσεις ως προς τη διαχείριση και αξιοποίηση δεδομένων.

Αγορές-στόχοι και τομείς εφαρμογής: Μεταποιητικές επιχειρήσεις (τρόφιμα-ποτά, χημικά, μεταλλουργία, πλαστικά), βιομηχανικές εγκαταστάσεις με αυτοματισμούς (PLC, SCADA), μικρομεσαίες επιχειρήσεις που δεν διαθέτουν εξειδικευμένα συστήματα analytics, βιομηχανικοί integrators και πάροχοι ψηφιακών λύσεων, Εκπαιδευτικά και ερευνητικά ιδρύματα για πιλοτικές και εκπαιδευτικές εφαρμογές.

Καλυπτόμενες ανάγκες: α) Κεντρική συλλογή δεδομένων από βιομηχανικούς ελεγκτές και αισθητήρες, β) Ανίχνευση ανωμαλιών σε λειτουργικές παραμέτρους, β) Ανάλυση τάσεων (trend analytics) για έγκαιρη αναγνώριση αποκλίσεων, δ) Απομακρυσμένη πρόσβαση σε δεδομένα και ειδοποιήσεις μέσω web πλατφόρμας, ε) Μείωση χρόνου απόκρισης σε συμβάντα και alarms, στ) Βελτίωση λήψης αποφάσεων χωρίς φυσική παρουσία στο χώρο παραγωγής.

Αναμενόμενα οφέλη: 1) Μείωση χρόνου διάγνωσης και αντίδρασης σε βιομηχανικά συμβάντα, 2) Βελτίωση αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας εξοπλισμού, 3) Ενίσχυση της επιχειρησιακής ευελιξίας, 4) Χαμηλό κόστος υιοθέτησης λόγω χρήσης ανοικτών πρωτοκόλλων

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η αγορά IIoT χαρακτηρίζεται από ισχυρούς εμπορικούς παρόχους (π.χ. [Siemens MindSphere](#), PTC ThingWorx, Azure IoT), οι οποίοι όμως συχνά συνοδεύονται από υψηλό κόστος αδειοδότησης, σύνθετες αρχιτεκτονικές και περιορισμένη ευελιξία για μικρότερες επιχειρήσεις.

Στην ελληνική αγορά, η διεύθυνση αντίστοιχων λύσεων παραμένει περιορισμένη, ιδιαίτερα στις ΜμΕ, όπου παρατηρείται έλλειψη ολοκληρωμένων εργαλείων ανάλυσης δεδομένων παραγωγής.

Στρατηγικά πλεονεκτήματα της λύσης:

- ✓ Υποστήριξη ανοικτών βιομηχανικών πρωτοκόλλων (OPC UA, [MQTT](#), HTTP)
- ✓ Cloud-ready αρχιτεκτονική με απομακρυσμένη πρόσβαση
- ✓ Ενσωμάτωση αλγοριθμικών υπηρεσιών (anomaly detection, trend analytics)
- ✓ Προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά επίπεδα ωριμότητας χρηστών

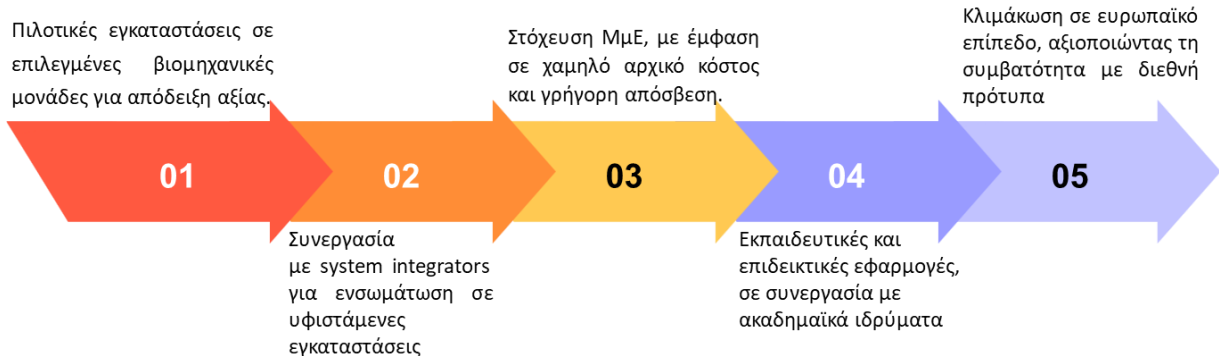
¹⁷ Το PLC (Programmable Logic Controller) είναι ένας προγραμματιζόμενος βιομηχανικός ελεγκτής που εκτελεί αυτοματισμούς και ελέγχει εξοπλισμό όπως αντλίες, μοτέρ και βαλβίδες.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- ✓ Δυνατότητα λειτουργίας ως ανεξάρτητη πλατφόρμα ή συμπληρωματικά σε υπάρχοντα συστήματα

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διάθεσης της λύσης προτείνεται να βασιστεί σε σταδιακή υιοθέτηση:



Εικόνα 5: Τα 5 στάδια διείσδυσης της πλατφόρμας ανάλυσης και διαχείρισης IIoT data στην αγορά

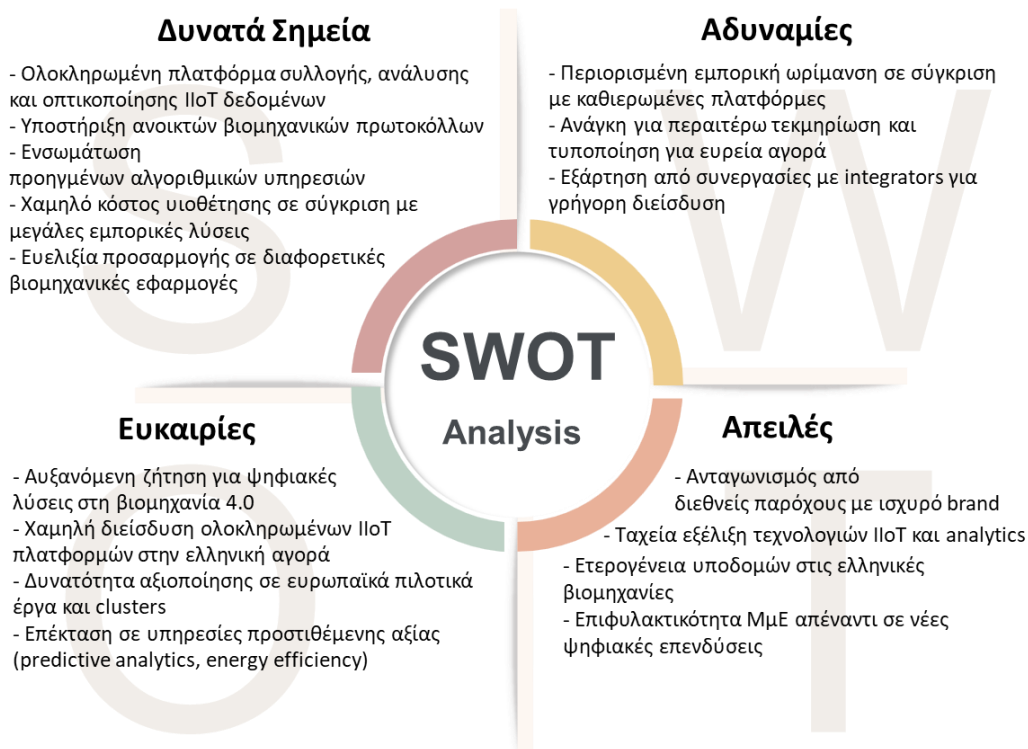
Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινόμενη πλατφόρμα IIoT παρουσιάζει σημαντικό επενδυτικό ενδιαφέρον, καθώς απαντά σε διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες ψηφιοποίησης και αξιοποίησης δεδομένων στη βιομηχανία. Οι βασικοί μηχανισμοί προσέλκυσης επενδύσεων συνοψίζονται ως εξής:

- ✓ Απευθύνεται σε ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά (IIoT, data analytics)
- ✓ Καλύπτει πραγματικές ανάγκες της ελληνικής βιομηχανίας
- ✓ Μπορεί να επεκταθεί με επιπλέον υπηρεσίες
- ✓ Λειτουργεί ως βάση για εμπορικές ή spin-off δραστηριότητες

Η πλατφόρμα μπορεί να αποτελέσει θεμέλιο για μελλοντικές επενδύσεις σε έξυπνες βιομηχανικές εφαρμογές, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην ευρύτερη ευρωπαϊκή αγορά.

Ανάλυση SWOT



Εικόνα 6: SWOT ανάλυση για την πλατφόρμα ανάλυσης και διαχείρισης IIoT data

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η πλατφόρμα Ανάλυσης και Διαχείρισης Δεδομένων από το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων αποτελεί μια ώριμη τεχνολογική βάση με σαφές επενδυτικό ενδιαφέρον και σημαντικές προοπτικές αξιοποίησης. Η πιλοτική εφαρμογή στο πλαίσιο του έργου επιβεβαιώνει τη λειτουργικότητα και τη δυνατότητα επέκτασης της λύσης σε πραγματικά βιομηχανικά περιβάλλοντα.

Ο προτεινόμενος οδικός χάρτης για την περαιτέρω αξιοποίηση της λύσης περιλαμβάνει:

1. Τεχνολογική ωρίμανση, με έμφαση στη βελτιστοποίηση επιδόσεων την ασφάλεια.
2. Πιλοτικές εφαρμογές σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, για απόδειξη οφέλους.
3. Δημιουργία συνεργασιών με system integrators και βιομηχανικούς παρόχους.
4. Σταδιακή εμπορική διάθεση σε ελληνικό επίπεδο, με έμφαση στις ΜΜΕ.
5. Κλιμάκωση και διεθνής επέκταση, αξιοποιώντας ευρωπαϊκά δίκτυα.

Συνολικά, η λύση μπορεί να αποτελέσει ισχυρό μοχλό ψηφιακού μετασχηματισμού της ελληνικής βιομηχανίας και να προσελκύσει επενδύσεις σε τεχνολογίες αιχμής με μακροπρόθεσμη αξία.

2.7. Ολογράμματα βασισμένα σε Ψηφιακά Δίδυμα για μεταφορά γνώσης και εκπαίδευση εργαζομένων-χειριστών στο περιβάλλον της Βιομηχανίας 4.0

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η προτεινόμενη λύση εντάσσεται στις στρατηγικές προτεραιότητες του εθνικού σχεδίου «[Ελλάδα 2.0](#)» και ειδικότερα στους πυλώνες της ψηφιακής μετάβασης και αναβάθμισης δεξιοτήτων του ανθρώπινου δυναμικού στη βιομηχανία. Η ανάπτυξη ολογραμμάτων βασισμένων σε ψηφιακά δίδυμα δημιουργεί ένα καινοτόμο μέσο εκπαίδευσης, τεχνικής κατάρτισης και μεταφοράς γνώσης για εργαζομένους στη βιομηχανική παραγωγή, ιδιαίτερα σε τομείς όπου οι διαδικασίες είναι σύνθετες ή δυνητικά επικίνδυνες.

Η εφαρμογή της λύσης συμβάλλει στη μετάβαση της ελληνικής μεταποίησης προς τη Βιομηχανία 4.0, ενισχύοντας την ασφάλεια, την αποδοτικότητα και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ φυσικών και ψηφιακών υποσυστημάτων. Παράλληλα, η χρήση εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας ευθυγραμμίζεται με τις ευρωπαϊκές πολιτικές για πράσινη και ψηφιακή μετάβαση και προωθεί τον ψηφιακό εκσυγχρονισμό των μικρομεσαίων επιχειρήσεων.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η ελληνική βιομηχανία χαρακτηρίζεται από σημαντικό ποσοστό γήρανσης εργατικού δυναμικού και έλλειψη εξειδικευμένης τεχνικής εκπαίδευσης. Οι παραδοσιακές μέθοδοι κατάρτισης (σεμινάρια, εγχειρίδια, βιντεοπαρουσιάσεις) δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις αυξανόμενες απαιτήσεις προσομοίωσης πραγματικών συνθηκών εργασίας.

Η λύση 7 «Ολογράμματα βασισμένα σε Ψηφιακά Δίδυμα για μεταφορά γνώσης και εκπαίδευση εργαζομένων-χειριστών στο περιβάλλον της Βιομηχανίας 4.0» καλύπτει αυτή την ανάγκη παρέχοντας ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας που επιτρέπει την εκπαίδευση χειριστών και τεχνικών σε ρεαλιστικά σενάρια με τρισδιάστατα ολογράμματα και ενσωμάτωση πραγματικών βιομηχανικών δεδομένων μέσω ψηφιακού διδύμου. Εφαρμόζεται σε τομείς όπως *εγκαταστάσεις και συντηρήσεις μηχανών, συναρμολόγηση εξοπλισμού, εκπαίδευση προσωπικού σε διαδικασίες ασφαλείας και ποιοτικού ελέγχου*.

Τα αναμενόμενα οφέλη περιλαμβάνουν (i) μείωση του χρόνου εκπαίδευσης, (ii) μείωση λαθών κατά την παραγωγή, (iii) αύξηση ασφάλειας και (iv) ενίσχυση της τεχνογνωσίας χωρίς διακοπή λειτουργίας γραμμών παραγωγής.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η αγορά λύσεων XR για βιομηχανική εκπαίδευση αναπτύσσεται έντονα διεθνώς, καθώς οι επιχειρήσεις επιδιώκουν μείωση λαθών, ταχύτερη κατάρτιση και ασφαλέστερες διαδικασίες παραγωγής. Η Λύση 7 του έργου Greece4.0 εντάσσεται σε αυτό το περιβάλλον ως ένα σύστημα δημιουργίας και εκτέλεσης εκπαιδευτικών σεναρίων βασισμένων σε ψηφιακό δίδυμο, καλύπτοντας ανάγκες που δεν καλύπτουν πλήρως τα εμπορικά συστήματα.

A. Ανταγωνιστικό τοπίο

Οι σημαντικότεροι διεθνείς παίκτες στο XR training είναι:

- [Microsoft Dynamics 365 Guides](#): Προσφέρει AR οδηγίες αλλά δεν υποστηρίζει δυναμική διασύνδεση με βιομηχανικά δεδομένα. Απαιτεί τη συσκευή [HoloLens 2](#), αυξάνοντας το κόστος. Η Λύση 7 υπερτερεί με χαμηλότερο κόστος και χρήση ψηφιακού διδύμου.
- [PTC Vuforia Expert Capture](#): Εστιάζει στη γρήγορη καταγραφή διαδικασιών, αλλά δεν παρέχει εξελιγμένη δημιουργία 3D σεναρίων ούτε σύνδεση με IIoT. Η Λύση 7 έχει μεγαλύτερη ευελιξία στη μοντελοποίηση σύνθετων βημάτων, όπως τεκμηριώθηκε στο εκπαιδευτικό σενάριο συναρμολόγησης ανελκυστήρα
- [Siemens Teamcenter AR / Process Simulate VR](#): Προορίζεται για μεγάλα εργοστάσια και απαιτεί υψηλό βαθμό τεχνικής υποστήριξης. Η Λύση 7 είναι ταχύτερη στην ανάπτυξη σεναρίων, με χαμηλότερο κόστος υιοθέτησης.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Άλλες μικρές AR/VR πλατφόρμες ([Scope AR](#), [Taqtile](#), [Frontline](#)): Κατάλληλες κυρίως για επιτόπου καθοδήγηση, όχι για αναλυτική εκπαίδευση υψηλής ακρίβειας. Δεν υποστηρίζουν πλήρη ροή Creator–Server–Viewer ούτε ψηφιακό δίδυμο, όπως η λύση 7.

B. Συγκριτική θέση της Λύσης 7

Η Λύση 7 υπερέρχει στα εξής σημεία:

- ✓ *Ενσωμάτωση ψηφιακού διδύμου*: Προσφέρει πραγματική σύνδεση με IIoT δεδομένα και δυναμική ενημέρωση των σεναρίων, κάτι που λείπει από πολλά εμπορικά συστήματα.
- ✓ *Υποστήριξη πολύπλοκων τεχνικών διαδικασιών*: Η υλοποίηση του σεναρίου συναρμολόγησης ανελκυστήρα και η επιτυχής αξιολόγηση χρηστών (Π2.2) δείχνουν την καταλληλότητα της λύσης για βιομηχανικές εφαρμογές υψηλής πολυπλοκότητας
- ✓ *Χαμηλό κόστος και ευκολία χρήσης*: Η χρήση οικονομικών VR/AR συσκευών ([Meta Quest 3](#)) και η δυνατότητα δημιουργίας σεναρίων σε ~10 λεπτά από μη ειδικούς μειώνουν σημαντικά το κόστος και επιταχύνουν την υιοθέτηση.

Προτεινόμενη στρατηγική διεξόδου στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διεξόδου βασίζεται σε πιλοτικές συνεργασίες με βιομηχανικούς εταίρους του έργου Greece4.0 και στη δημιουργία ενός κόμβου επιδείξεων (demo site) στις εγκαταστάσεις του ΕΚΕΤΑ για επιδείξεις και εκπαίδευση επιχειρήσεων.

Στα επόμενα στάδια προβλέπεται:

- Επέκταση συνεργασιών με θεσμικούς φορείς.
- Κλιμάκωση της λύσης με δυνατότητα προσαρμογής σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς (μηχανική, ενέργεια, logistics).
- Διεθνοποίηση μέσω συμμετοχής σε ευρωπαϊκά έργα ([Digital Europe](#), Horizon Europe).
- Αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του Greece4.0 ως εθνικής πλατφόρμας αναφοράς για επιδεικτικές εφαρμογές AR/Digital Twin.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η λύση διαθέτει ισχυρή πρόταση αξίας τόσο για επενδυτές όσο και για τελικούς χρήστες. Προσφέρει χαμηλό κόστος υλοποίησης, δυνατότητα γρήγορης ενσωμάτωσης σε υπάρχουσες υποδομές και προοπτική δημιουργίας νέων υπηρεσιών εκπαίδευσης και πιστοποίησης προσωπικού.

Πιθανοί χρηματοδοτικοί φορείς περιλαμβάνουν εθνικά και περιφερειακά προγράμματα ΕΣΠΑ για ψηφιακή αναβάθμιση, το Ταμείο Ανάκαμψης μέσω δράσεων Industry 4.0 και ιδιωτικές επενδύσεις από εταιρείες εκπαίδευσης και τεχνολογίας AR/VR.

Η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης προβλέπει μετάβαση από πιλοτική εφαρμογή (TRL 7–8) σε market-ready προϊόν (TRL 9) εντός 2–3 ετών μέσω συνεργασιών με παρόχους AR hardware και εκπαιδευτικούς οργανισμούς.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Ανάλυση SWOT

Πίνακας 1: SWOT ανάλυση για ολογράμματα βασισμένα σε DT για μεταφορά γνώσης και εκπαίδευση εργαζομένων-χειριστών

Strengths (Δυνατά Σημεία)	Weaknesses (Αδύναμα Σημεία)
<ul style="list-style-type: none">- Συνδυασμός AR, IoT και Digital Twin σε ενιαίο σύστημα.- Χαμηλό κόστος ανάπτυξης και ευκολία ενσωμάτωσης.- Προσαρμοστικότητα σε διαφορετικούς βιομηχανικούς τομείς.	<ul style="list-style-type: none">- Ανάγκη ειδικού εξοπλισμού AR (headsets).- Περιορισμένη εξοικείωση του εργατικού δυναμικού με immersive τεχνολογίες.
Opportunities (Ευκαιρίες)	Threats (Απειλές)
<ul style="list-style-type: none">- Αυξανόμενη ζήτηση για εκπαίδευση μέσω προσομοιώσεων στη Βιομηχανία 4.0.- Χρηματοδοτικά εργαλεία για ψηφιακό μετασχηματισμό.- Συνεργασίες με παρόχους AR/VR λύσεων και τεχνικά ινστιτούτα.	<ul style="list-style-type: none">- Ραγδαία εξέλιξη εμπορικών λύσεων από διεθνείς ομίλους.- Κίνδυνος τεχνολογικής απαξίωσης αν δεν υπάρξει έγκαιρη αναβάθμιση.

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η λύση 7 του ΕΚΕΤΑ «Ολογράμματα βασισμένα σε Ψηφιακά Δίδυμα για μεταφορά γνώσης και εκπαίδευση εργαζομένων-χειριστών στο περιβάλλον της Βιομηχανίας 4.0» αποδεικνύει την τεχνολογική ωριμότητα της ελληνικής ερευνητικής κοινότητας στην εφαρμογή AR/Digital Twin για εκπαίδευση. Ο οδικός χάρτης ανάπτυξης προβλέπει:

- 2025–2026: Ολοκλήρωση πιλοτικών εγκαταστάσεων και τεκμηρίωση οφελών (μείωση λαθών, αύξηση παραγωγικότητας).
- 2026–2027: Ανάπτυξη εμπορικής έκδοσης και υπηρεσιών XR-Creator/Viewer.
- 2027–2028: Κλιμάκωση σε διεθνές επίπεδο μέσω συνεργασιών με ευρωπαϊκά clusters και βιομηχανίες υψηλής τεχνολογίας.

Η στρατηγική διείσδυσης στηρίζεται σε ένα οικοσύστημα καινοτομίας που συνδέει έρευνα, βιομηχανία και εκπαίδευση, προάγοντας τη μεταφορά γνώσης και την ενίσχυση δεξιοτήτων του ανθρώπινου δυναμικού της χώρας.

2.8. Εργαλειοθήκη προγραμματισμού ευέλικτης/ανθεκτικής παραγωγής και διαχείρισης προϊόντων με μικρό κύκλο ζωής

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ελληνική βιομηχανία βρίσκεται τα τελευταία χρόνια σε φάση αναζήτησης νέας ισορροπίας, ανάμεσα στην ανάγκη ενίσχυσης της ανταγωνιστικότητας και στις πιέσεις για πράσινη και ψηφιακή μετάβαση. Παρότι η μεταποίηση παραμένει στρατηγικός κλάδος, η προστιθέμενη αξία της ως ποσοστό του ΑΕΠ κινείται περίπου στο 8,7% (2023–2024), σημαντικά χαμηλότερα από τον μέσο όρο της ΕΕ (~14%), γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη ποιοτικής αναβάθμισης, τεχνολογικού εκσυγχρονισμού και αύξησης της παραγωγικότητας.

Σε αυτό το πλαίσιο, η εργαλειοθήκη προγραμματισμού ευέλικτης και ανθεκτικής παραγωγής που αναπτύχθηκε στο έργο απαντά σε δύο κομβικές αδυναμίες της ελληνικής βιομηχανίας: (α) την περιορισμένη χρήση προηγμένων εργαλείων μοντελοποίησης/προσομοίωσης για τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό της παραγωγής και (β) το υψηλό κόστος και την κλειστή αρχιτεκτονική πολλών εμπορικών λύσεων, παράγοντες που λειτουργούν αποτρεπτικά για ΜμΕ. Η παρούσα τεχνολογική λύση, υλοποιημένη σε ανοιχτό λογισμικό (προγραμματιστικό περιβάλλον Pythoⁿ), με διάθεση ως αυτόνομο εκτελέσιμο αρχείο χωρίς εξάρτηση από εμπορικές πλατφόρμες, μειώνει δραστικά το φράγμα εισόδου για τις ελληνικές επιχειρήσεις.

Ταυτόχρονα, η δυνατότητα μοντελοποίησης οποιουδήποτε δικτύου παραγωγής μέσα από ένα σύνολο βασικών δομικών στοιχείων (γραμμή μεταφοράς, μονάδα συναρμολόγησης κι αποσυναρμολόγησης), η ενσωμάτωση ευφυούς ελέγχου και η προσομοίωση σεναρίων με διαταραχές (βλάβες, διακυμάνσεις ζήτησης, απρόβλεπτα γεγονότα) επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να «δοκιμάζουν» εναλλακτικές στρατηγικές ευελιξίας και ανθεκτικότητας πριν τις εφαρμόσουν στο πραγματικό περιβάλλον. Έτσι, η εργαλειοθήκη λειτουργεί ως πρακτικό ψηφιακό εργαστήριο για τον ανασχεδιασμό ροών, την καλύτερη αξιοποίηση αποθεμάτων, την μείωση Work-In-Process (WIP)¹⁸ και τον περιορισμό επιχειρησιακού ρίσκου.

Ιδιαίτερα σημαντική για το ελληνικό παραγωγικό οικοσύστημα είναι και η εκπαιδευτική διάσταση της λύσης: η εργαλειοθήκη μπορεί να ενταχθεί σε πανεπιστημιακά προγράμματα και προγράμματα κατάρτισης, δημιουργώντας μια νέα γενιά μηχανικών και στελεχών εξοικειωμένων με έννοιες όπως η ευέλικτη/ανθεκτική παραγωγή, η ασαφής λογική και τα βιομηχανικά ψηφιακά δίδυμα. Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνική λύση δεν αποτελεί μόνο εργαλείο για μεμονωμένες επιχειρήσεις, αλλά συμβάλλει ευρύτερα στη μετάβαση της ελληνικής βιομηχανίας σε ένα πιο ώριμο, ψηφιακά ενισχυμένο και ανθεκτικό παραγωγικό μοντέλο, σε πλήρη συνέργεια με τις εθνικές και ευρωπαϊκές στρατηγικές.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η προτεινόμενη λύση (όπως και η επόμενη τεχνολογική λύση 9 του Πολυτεχνείου Κρήτης) έχει εφαρμοστεί πιλοτικά στο πλαίσιο του παρόντος έργου σε πραγματικά δεδομένα από βιομηχανία τροφίμων και ποτών. Η εργαλειοθήκη προγραμματισμού ευέλικτης και ανθεκτικής παραγωγής απευθύνεται κυρίως στην ελληνική μεταποιητική βάση, με έμφαση στις ακόλουθες αγορές-στόχους και τομείς εφαρμογής:

- **Μικρομεσαίες μεταποιητικές επιχειρήσεις (ΜμΕ)** σε κλάδους όπως τρόφιμα–ποτά, πλαστικά, μεταλλικές κατασκευές, τυποποίηση/συσσκευασία, κλωστοϋφαντουργία, ξύλο–έπιπλο κ.ά., όπου η ευελιξία, η εποχικότητα και η γρήγορη αλλαγή προϊόντων είναι καθημερινότητα.
- **Μεγαλύτερες βιομηχανικές μονάδες και βιομηχανικοί όμιλοι**, που επιθυμούν να δοκιμάζουν σεναρία ανασχεδιασμού ροών και πολιτικών αποθεμάτων σε περιβάλλον προσομοίωσης πριν από την υλοποίηση σε παραγωγικές γραμμές.

¹⁸ Ο όρος Work-In-Process (WIP) αναφέρεται σε προϊόντα ή υλικά που βρίσκονται σε διαδικασία παραγωγής αλλά δεν έχουν ολοκληρωθεί ακόμη και δεν είναι έτοιμα για πώληση.

- **Συστήματα εφοδιασμού/εφοδιαστικής (Logistics), 3PL¹⁹ και κέντρα διανομής**, όπου η λογική της ροής υλικών, των buffers²⁰ και της διαχείρισης φόρτου μπορεί να μοντελοποιηθεί με τα ίδια δομικά στοιχεία (γραμμές παραγωγής, κόμβοι, ελεγκτές, αποθήκες, μονάδες αποσυναρμολόγησης/συναρμολόγησης).
- **Τεχνολογικοί integrators και συμβουλευτικές εταιρείες**, που αναζητούν μια ανοιχτή, επεκτάσιμη πλατφόρμα πάνω στην οποία θα «χτίζουν» custom λύσεις για πελάτες τους (modules, dashboards, connectors με ERP/MES).
- **Ακαδημαϊκά ιδρύματα, ΙΕΚ, ΔΙΕΚ, κέντρα δια βίου μάθησης**, όπου το εργαλείο μπορεί να αξιοποιηθεί ως «ψηφιακό εργαστήριο» για τη διδασκαλία προγραμματισμού παραγωγής, βιομηχανικής ανθεκτικότητας και ψηφιακών διδύμων.

Σε όλους τους παραπάνω τομείς, η λύση θα μπορούσε να λειτουργεί είτε ως καθημερινό εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, είτε ως πλατφόρμα εκπαίδευσης, είτε ως βάση για ανάπτυξη ολοκληρωμένων και πιο πολύπλοκων βιομηχανικών εφαρμογών.

Οι κύριες ανάγκες που αντιμετωπίζουν οι ελληνικές επιχειρήσεις, σήμερα και στο άμεσο μέλλον, και που καλύπτονται από τη λύση, συνοψίζονται ως εξής:

- **Ανάγκη για ολιστική προσομοίωση και ανασχεδιασμό ροών παραγωγής:** Πολλές επιχειρήσεις βασίζονται ακόμη σε φύλλα εργασίας, εμπειρικές πρακτικές ή «χειροκίνητο» προγραμματισμό. Λείπουν εργαλεία που να επιτρέπουν συστηματική what-if ανάλυση (σενάρια βλαβών, αλλαγής γραμμής προϊόντος, αναδιάταξης γραμμών). Η εργαλειοθήκη επιτρέπει μοντελοποίηση του δικτύου παραγωγής ως σύνολο μπλοκ και εκτέλεση προσομοιώσεων σε πραγματικό ή επιταχυνόμενο χρόνο.
- **Ανάγκη για διαχείριση μεταβλητής ζήτησης και μικρών κύκλων ζωής προϊόντων:** Ειδικά σε κλάδους με εποχικότητα και ειδικά προϊόντα, αυξάνεται η ανάγκη γρήγορης αναπροσαρμογής ροών, βαρδίων και αποθεμάτων. Η παρούσα τεχνολογική λύση υποστηρίζει εύκολη αλλαγή παραμέτρων και επαναληπτική δοκιμή σεναρίων χωρίς διακοπή της πραγματικής παραγωγής.
- **Ανάγκη για χαμηλού κόστους, ανοιχτές και επεκτάσιμες τεχνολογικές λύσεις:** Οι ΜμΕ συχνά δεν μπορούν να επενδύσουν σε ακριβά, κλειστά συστήματα APS/MES. Η εργαλειοθήκη βασίζεται σε ανοιχτό λογισμικό (Python, βιβλιοθήκες open-source), διατίθεται ως αυτόνομο εκτελέσιμο αρχείο (χωρίς εξαρτήσεις από λογισμικό τρίτων) και μπορεί να μοντελοποιήσει διαφορετικού τύπου δίκτυα παραγωγής.
- **Ανάγκη για μοντελοποίηση αβεβαιότητας, διαταραχών και ρίσκου:** Διακυμάνσεις ζήτησης, καθυστερήσεις προμηθευτών, βλάβες μηχανών και περιορισμοί πόρων απαιτούν εργαλεία που να «αντέχουν» την αβεβαιότητα. Τα μπλοκ ευφυούς ελέγχου (κανόνες if-then-else, ελεγκτές ασαφούς λογικής) επιτρέπουν την εισαγωγή ασαφών εννοιών (χαμηλό/μέτριο/υψηλό φορτίο, μικρή/μεγάλη καθυστέρηση) στον σχεδιασμό πολιτικών παραγωγής.
- **Ανάγκη για φιλικά, εκπαιδευτικά εργαλεία που δεν απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό:** Η έλλειψη πόρων και ειδικών σε προχωρημένο προγραμματισμό καθιστά δύσκολη την υιοθέτηση πολύπλοκων, script-based λύσεων. Στην τεχνολογική λύση 8, η διεπαφή χρήστη (GUI), η σχεδίαση με μπλοκ διαγράμματα, τα παράθυρα ρυθμίσεων και τα ενσωματωμένα διαγράμματα οπτικοποίησης

¹⁹ 3PL -Third-Party Logistics: Εξωτερική εταιρεία που αναλαμβάνει την οργάνωση και διαχείριση των logistics μιας επιχείρησης, όπως αποθήκευση, μεταφορά και διανομή προϊόντων, προσφέροντας ολοκληρωμένες λύσεις εφοδιαστικής αλυσίδας.

²⁰ Στοιχείο που λειτουργεί ως “μαξιλάρι” μεταξύ δύο σταδίων μιας διαδικασίας για να απορροφά διακυμάνσεις στην παραγωγή ή στη ζήτηση.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

κάνουν τη λύση προσβάσιμη σε μηχανικούς, στελέχη παραγωγής και εκπαιδευόμενους χωρίς βαθιά προγραμματιστική εμπειρία.

Η εφαρμογή της εργαλειοθήκης αναμένεται να προσφέρει στους χρήστες πολλαπλά οφέλη (έχουν αναλυθεί λεπτομερώς στο Παραδοτέο Π2.2), σε τρεις κατευθύνσεις:

- A. **Λειτουργικά οφέλη:** Βελτίωση του προγραμματισμού παραγωγής μέσω συστηματικής δοκιμής εναλλακτικών σεναρίων (what-if), μείωση WIP/καθυστερήσεων/συμφόρησης σε κρίσιμους κόμβους, μέσω βελτιωμένης διαχείρισης ροών, καλύτερη αξιοποίηση πόρων και βελτίωση της ανθεκτικότητας απέναντι σε διαταραχές (βλάβες, καθυστερήσεις, αιχμές ζήτησης), μέσω δοκιμής και επιλογής κατάλληλων πολιτικών ελέγχου.
- B. **Οικονομικά οφέλη:** μείωση του κόστους εισόδου σε προηγμένα εργαλεία προγραμματισμού, καθώς η λύση βασίζεται σε ανοιχτό λογισμικό και δεν απαιτεί ακριβές άδειες, περιορισμός του ρίσκου λανθασμένων επενδύσεων σε εξοπλισμό ή αλλαγές ροών, αφού οι αποφάσεις λαμβάνονται κατόπιν δοκιμής σε περιβάλλον προσομοίωσης, δυνατότητα σταδιακής υιοθέτησης (phased adoption): η επιχείρηση μπορεί να ξεκινήσει με απλά μοντέλα και να εξελίξει σταδιακά τη χρήση της πλατφόρμας.
- Γ. **Στρατηγικά και εκπαιδευτικά οφέλη:** ενίσχυση της κουλτούρας τεκμηριωμένης λήψης αποφάσεων (evidence-based decision making) στη διοίκηση παραγωγής, δημιουργία εσωτερικής τεχνογνωσίας γύρω από έννοιες ευέλικτης και ανθεκτικής παραγωγής, ψηφιακών διδύμων και ασαφούς ελέγχου, δυνατότητα αξιοποίησης της εργαλειοθήκης σε εκπαιδευτικά προγράμματα και εσωτερική κατάρτιση, ενισχύοντας τις δεξιότητες του ανθρώπινου δυναμικού, καλύτερη ευθυγράμμιση με εθνικές και ευρωπαϊκές στρατηγικές για ψηφιακό/πράσινο μετασχηματισμό.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η ελληνική μεταποίηση χαρακτηρίζεται από υψηλή συμμετοχή συγκεκριμένων κλάδων, με κυρίαρχο τον κλάδο τροφίμων/ποτών, ο οποίος αντιπροσωπεύει περίπου το ένα τέταρτο της συνολικής παραγωγής μεταποίησης. Ακολουθούν τα βασικά μέταλλα, τα μεταλλικά προϊόντα, τα χημικά και τα φαρμακευτικά προϊόντα, τα οποία συγκροτούν τον πυρήνα της βιομηχανικής βάσης της χώρας. Παράλληλα, η πλειοψηφία των ελληνικών βιομηχανικών επιχειρήσεων είναι μικρομεσαίες, με περιορισμένες εσωτερικές δυνατότητες για επένδυση σε πολύπλοκα πληροφοριακά συστήματα και εξειδικευμένο προσωπικό ψηφιακού μετασχηματισμού.

Σε αυτό το πλαίσιο, οι βασικοί κλάδοι που αναμένεται να ωφεληθούν από την προτεινόμενη εργαλειοθήκη είναι:

- *Τρόφιμα–ποτά και αγροδιατροφή*, όπου η εποχικότητα, η ποικιλία προϊόντων και οι συχνές αλλαγές γραμμών παραγωγής δημιουργούν έντονη ανάγκη για ευέλικτο προγραμματισμό και what-if προσομοιώσεις.
- *Βασικά μέταλλα, μεταλλικά προϊόντα και κατασκευές*, που συχνά λειτουργούν με job-shop²¹ ή mixed-model²² γραμμές, και χρειάζονται εργαλεία για μείωση συμφόρησης, καλύτερο σχεδιασμό βαρδιών και αξιοποίηση εξοπλισμού.
- *Χημικά και φαρμακευτικά προϊόντα*, όπου η αυστηρή τήρηση προδιαγραφών, η πολυπλοκότητα ροών και οι απαιτήσεις ιχνηλασιμότητας καθιστούν κρίσιμη τη δυνατότητα προσομοίωσης σεναρίων πριν από αλλαγές διαδικασιών.

²¹ Γραμμές παραγωγής που επεξεργάζονται μικρές παρτίδες ποικίλων προϊόντων, όπου κάθε παραγγελία μπορεί να ακολουθεί διαφορετική διαδρομή μέσα στην παραγωγή.

²² Γραμμές παραγωγής που παράγουν διαφορετικά προϊόντα ή παραλλαγές προϊόντων στην ίδια γραμμή ταυτόχρονα.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- *Συσκευασία, τυποποίηση, 3PL και logistics hubs*, κλάδοι με έντονη ροή υλικών, όπου έννοιες όπως αποθήκες, χρόνοι διέλευσης και δυναμική δρομολόγηση φορτίων μπορούν να αξιοποιήσουν άμεσα τα εργαλεία προσομοίωσης.
- *Μικρομεσαία εργοστάσια μεσαίας/χαμηλής τεχνολογίας*, που μέχρι σήμερα βασίζονται κυρίως σε υπολογιστικά φύλλα και εμπειρικές πρακτικές, χωρίς πρόσβαση σε εξειδικευμένα APS/MES εργαλεία λόγω κόστους ή πολυπλοκότητας.

Δεδομένου ότι η εργαλειοθήκη μπορεί να μοντελοποιήσει οποιοδήποτε δίκτυο παραγωγής ως συνδυασμό βασικών δομικών στοιχείων (γραμμές, κόμβοι, buffers, στοιχεία συναρμολόγησης/αποσυναρμολόγησης), το πεδίο εφαρμογής της καλύπτει τόσο γραμμικές όσο και job-shop διατάξεις, από απλές γραμμές εμφιάλωσης μέχρι σύνθετες πολυεδρικές εγκαταστάσεις.

Το ανταγωνιστικό περιβάλλον διαμορφώνεται από τρεις βασικές κατηγορίες λύσεων:

1. **Εμπορικά εργαλεία προσομοίωσης και ψηφιακών διδύμων:** Διεθνώς, πλατφόρμες όπως το [AnyLogic](#), το [Simio](#) και το [FlexSim](#) προσφέρουν προηγμένες δυνατότητες διακριτών γεγονότων, agent-based και system dynamics προσομοίωσης, με έμφαση στη δημιουργία ψηφιακών διδύμων παραγωγικών συστημάτων. Τα εργαλεία αυτά είναι ιδιαίτερα ισχυρά, αλλά συνήθως απαιτούν σημαντική επένδυση σε άδειες, εξειδικευμένη τεχνική γνώση και χρόνο παραμετροποίησης, γεγονός που περιορίζει τη χρήση τους από μικρομεσαίες ελληνικές επιχειρήσεις.
2. **Συστήματα Advanced Planning & Scheduling (APS) και λογισμικά παραγωγικού προγραμματισμού:** Στην ευρωπαϊκή αγορά διατίθενται πλήθος συστημάτων APS, από κλασικά εμπορικά εργαλεία μέχρι open-source λύσεις όπως το [frePPLe](#), ή ενσωματωμένες δυνατότητες παραγωγικού προγραμματισμού σε πλατφόρμες τύπου [ERPNext](#) και [OptaPlanner](#). Εξειδικευμένοι πάροχοι προσφέρουν επίσης APS λύσεις βασισμένες σε ψηφιακά δίδυμα παραγωγής, όπως το APS module του Simio, με έμφαση σε δυναμικό προγραμματισμό που λαμβάνει υπόψη περιορισμούς υλικών, δυναμικότητας και διαταραχές. Στην πράξη, πολλά από αυτά τα συστήματα ενσωματώνονται σε ευρύτερα ERP/MES οικοσυστήματα, με αντίστοιχο κόστος και απαιτήσεις υλοποίησης.
3. **Συστήματα MES και open-source πλατφόρμες για shop-floor παρακολούθηση:** Στο πεδίο του MES (Manufacturing Execution System), έχουν εμφανιστεί open-source πλατφόρμες όπως τα [qcadoo MES](#), [IMES](#) ή λύσεις τύπου Libre MES, καθώς και community projects (π.χ. smart-industry MES στο [GitHub](#)) που εστιάζουν στην καταγραφή δεδομένων παραγωγής και στην παρακολούθηση αποδοτικότητας (OEE) σε πραγματικό χρόνο. Σε ευρωπαϊκό και ελληνικό επίπεδο, το οικοσύστημα συμπληρώνεται από πλήθος integrators και ICT εταιρειών που παρέχουν custom MES/Industry 4.0 λύσεις, στο πλαίσιο εθνικών στρατηγικών για τον ψηφιακό μετασχηματισμό της βιομηχανίας.

Συνολικά, οι υπάρχουσες λύσεις είναι είτε βαριά εμπορικά προϊόντα με μεγάλο κόστος και πολυπλοκότητα, είτε κομματιασμένες open-source πλατφόρμες που καλύπτουν επιμέρους ανάγκες (MES, APS, data capture), αλλά δεν εστιάζουν ειδικά στην οπτική του ευέλικτου/ανθεκτικού προγραμματισμού δικτύων παραγωγής μέσω μιας εύχρηστης, block-based εργαλειοθήκης.

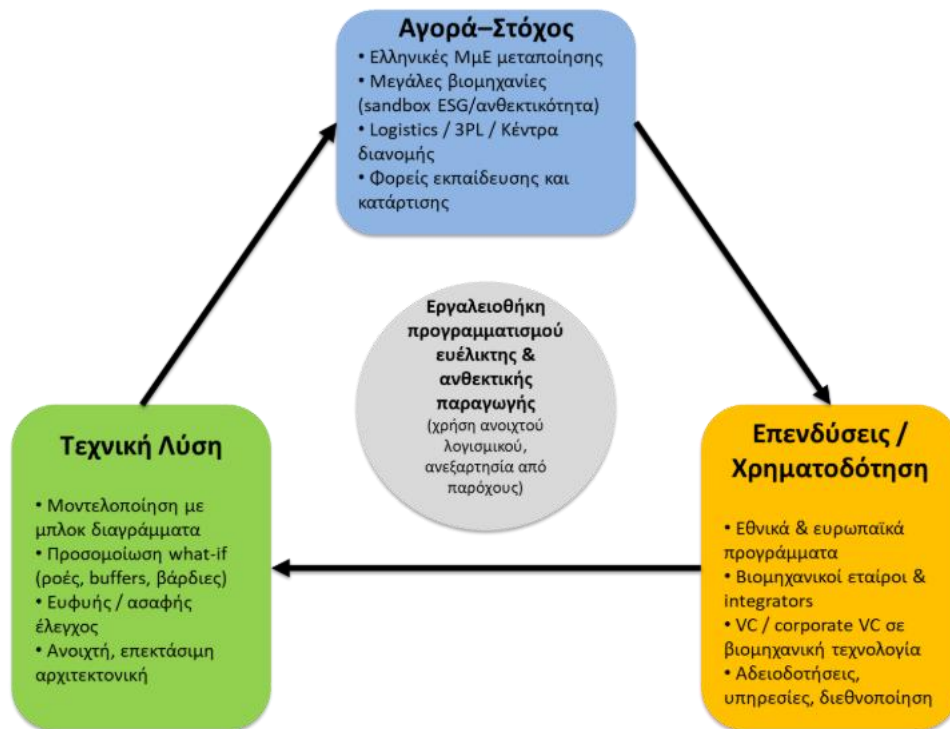
Σε αυτό το ανταγωνιστικό τοπίο, η παρούσα τεχνολογική λύση διαφοροποιείται σαφώς μέσα από ένα σύνολο διακριτών στρατηγικών πλεονεκτημάτων (Unique Selling Points – USP):

- ✓ **Εστίαση στην ευελιξία και ανθεκτικότητα – όχι απλώς στη «στατική» βελτιστοποίηση:** Ενώ πολλά APS/MES συστήματα επικεντρώνονται σε στατικό ή βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό, η εργαλειοθήκη έχει σχεδιαστεί εξ αρχής για να υποστηρίξει σενάρια διαταραχών, μεταβολής ζήτησης, αλλαγών στην μείξη προϊόντων και στους πόρους, με δυνατότητα δοκιμής εναλλακτικών πολιτικών ελέγχου και αποθηκών (buffers).

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- ✓ **Ανοιχτή, επεκτάσιμη και χαμηλού κόστους αρχιτεκτονική:** Η λύση βασίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού Python και ανοιχτές βιβλιοθήκες, διατίθεται ως εκτελέσιμο αρχείο χωρίς ανάγκη εμπορικών αδειών και επιτρέπει σε integrators/χρήστες να αναπτύξουν επιπλέον μπλοκ και modules. Σε αντίθεση με τα περισσότερα εμπορικά simulation/APS εργαλεία, ο κώδικας δεν είναι «μαύρο κουτί», γεγονός που ευνοεί τη συνεργασία με ερευνητικούς φορείς και ελληνικές ΜμΕ.
- ✓ **Δομικά διαγράμματα ειδικά προσαρμοσμένα στην παραγωγή:** Αντί για γενικής χρήσης ή code-based βιβλιοθήκες προσομοίωσης, η εργαλειοθήκη προσφέρει συγκεκριμένα δομικά στοιχεία παραγωγής σε ένα γραφικό περιβάλλον (καμβά), διευκολύνοντας την άμεση χαρτογράφηση ενός πραγματικού εργοστασίου σε δομικά διαγράμματα (block diagrams). Αυτό μειώνει δραστικά τον χρόνο μοντελοποίησης σε σχέση με γενικευμένα περιβάλλοντα προσομοίωσης (π.χ. Simulink).
- ✓ **Ενσωμάτωση ευφυούς και ασαφούς ελέγχου “by design”:** Η ύπαρξη μπλοκ για ορισμό κανόνων και συναρτήσεων συμμετοχής επιτρέπει στους χρήστες να μοντελοποιούν πολιτικές λήψης αποφάσεων υπό αβεβαιότητα χωρίς να χρειάζεται να γράψουν κώδικα χαμηλού επιπέδου. Αυτό αποτελεί σημαντικό USP σε σχέση με τα περισσότερα APS/MES, όπου ο ευφυής έλεγχος είναι είτε ανύπαρκτος είτε «κρυμμένος» σε ιδιόκτητα (proprietary) στοιχεία (modules).
- ✓ **Προσαρμογή στις ανάγκες της ελληνικής βιομηχανίας και των ΜμΕ:** Η λύση έχει σχεδιαστεί με γνώμονα τις πραγματικές συνθήκες της ελληνικής αγοράς: πολυκλαδική μεταποίηση, ετερογένεια γραμμών παραγωγής, περιορισμένοι πόροι για IT. Η απλή εγκατάσταση, η λειτουργία σε περιβάλλον Windows χωρίς πρόσθετα και η δυνατότητα χρήσης από μη εξειδικευμένους μηχανικούς καθιστούν την εργαλειοθήκη ρεαλιστική επιλογή για ελληνικές επιχειρήσεις που κάνουν τα πρώτα τους βήματα στον ψηφιακό μετασχηματισμό.
- ✓ **Ενσωματωμένη εκπαιδευτική και ερευνητική αξία:** Σε αντίθεση με κλασικά εμπορικά προϊόντα, η εργαλειοθήκη έχει σχεδιαστεί ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εκπαιδευτικό εργαλείο σε πανεπιστήμια, ΙΕΚ/ΚΔΒΜ και προγράμματα κατάρτισης, υποστηρίζοντας την ανάπτυξη δεξιοτήτων σε Industry 4.0 και προσομοίωση. Αυτό δημιουργεί «pipeline» χρηστών/στελεχών εξοικειωμένων με το εργαλείο, ενισχύοντας τη διείσδυση στην αγορά.
- ✓ **Ιδανικό “platform asset” για μελλοντικές επεκτάσεις και επενδύσεις:** Η συνδυαστική δυνατότητα σύνδεσης με πραγματικά δεδομένα (IoT, shop-floor), ενσωμάτωσης AI/βελτιστοποίησης, παροχής cloud-based υπηρεσιών προσομοίωσης, καθιστά την εργαλειοθήκη ελκυστικό υπόβαθρο για επενδύσεις σε νέα προϊόντα και υπηρεσίες (π.χ. SaaS ψηφιακών διδύμων για ΜμΕ).

Συνολικά, η προτεινόμενη λύση τοποθετείται ανάμεσα στα «βαριά» εμπορικά simulation/APS εργαλεία και στα «κλασικά» MES/ERP συστήματα: προσφέρει μια ελαφριά, ανοιχτή, αλλά ταυτόχρονα εξειδικευμένη πλατφόρμα για ευέλικτο και ανθεκτικό προγραμματισμό παραγωγής, ειδικά προσαρμοσμένη στις ανάγκες και τις δυνατότητες της ελληνικής βιομηχανίας.



Εικόνα 7: Στρατηγικό τρίγωνο για την τεχνολογική λύση 8 (Αγορά – Λύση – Επενδύσεις)

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης της εργαλειοθήκης στην ελληνική αγορά βασίζεται στη λογική ότι η λύση δεν έρχεται να υποκαταστήσει μονοδιάστατα ένα κλασικό πληροφοριακό σύστημα, αλλά να λειτουργήσει ως πλατφόρμα πάνω στην οποία μπορούν να χτιστούν υπηρεσίες, συνεργασίες και μελλοντικές επεκτάσεις. Στο πλαίσιο αυτό, η προσέγγιση συνδυάζει θεσμικά κανάλια διάχυσης, στοχευμένες βιομηχανικές εφαρμογές, προσεκτική κλιμάκωση και διεθνή δικτύωση:

1. **Συνεργασίες με θεσμικούς φορείς (κλαδικόι σύνδεσμοι, επιμελητήρια, clusters καινοτομίας)**, επιδιώκοντας τη θεσμική εδραίωση της εργαλειοθήκης ως αναγνωρισμένου εργαλείου υποστήριξης της βιομηχανικής ανταγωνιστικότητας μέσω διαφόρων δράσεων/ενεργειών: παρουσίαση πιλοτικών εφαρμογών, τη διοργάνωση θεματικών workshops, την αξιοποίηση προγραμμάτων επιμόρφωσης επιχειρήσεων και δράσεων ενίσχυσης. Με αυτόν τον τρόπο, η εργαλειοθήκη δεν προωθείται απλώς «εταιρικά», αλλά αγκαλιάζεται από θεσμικούς διαύλους που διαθέτουν ήδη πρόσβαση σε εκατοντάδες επιχειρήσεις-μέλη.
2. **Διερεύνηση δυνατότητας κλιμάκωσης της λύσης (scaling)**, στηριζόμενοι στα εξής βήματα: α) *Τυποποίηση και πακετάρισμα*: ανάπτυξη τυποποιημένων εκδόσεων/πακέτων (π.χ. “Starter pack για ΜμΕ τροφίμων-ποτών”, “Job-shop pack για μηχανουργεία”, “Logistics & αποθήκες”) με έτοιμα μοντέλα-πρότυπα, οδηγούς εγκατάστασης και βασικά σενάρια χρήσης, β) *Scaling μέσω συνεργατών*: δημιουργία δικτύου «πιστοποιημένων συνεργατών» (consulting-integrators) που θα μπορούν να υλοποιούν έργα σε τοπικό/κλαδικό επίπεδο αξιοποιώντας την εργαλειοθήκη ως κύρια πλατφόρμα και γ) *Τεχνική κλιμάκωση*: πρόβλεψη για μελλοντικές εκδόσεις που θα υποστηρίζουν αποθήκευση μοντέλων/σεναρίων σε κοινόχρηστους servers ή cloud, απομακρυσμένη πρόσβαση σε προσομοιώσεις, βασική διασύνδεση με δεδομένα πραγματικού χρόνου (π.χ. μέσω απλών APIs ή ανταλλαγής αρχείων). Στόχος είναι η μετάβαση από μια «standalone» εργαλειοθήκη σε μια κλιμακούμενη πλατφόρμα, που μπορεί να εξυπηρετήσει πολλαπλές εγκαταστάσεις και χρήσεις χωρίς να απαιτείται κάθε φορά ad hoc ανάπτυξη από την αρχή.

3. **Σταδιακή υιοθέτηση από μεγάλες εταιρείες (λόγω κανονιστικών υποχρεώσεων)**, βασιζόμενοι στην ιδέα της συμπληρωματικής, όχι ανταγωνιστικής χρήσης με τις εξής μορφές: α) *Χρήση της εργαλειοθήκης ως “sandbox” / ψηφιακό εργαστήριο* για την αξιολόγηση σεναρίων ανθεκτικότητας πριν οι αλλαγές κωδικοποιηθούν στα κεντρικά συστήματα, β) *Πιλοτικά έργα σε συγκεκριμένες γραμμές ή εργοστάσια* με στόχο να τεκμηριωθεί το όφελος σε KPIs και γ) *Σύνδεση με κανονιστικές απαιτήσεις* ώστε η εργαλειοθήκη να μπορεί να αξιοποιηθεί ως μέσο ποσοτικοποίησης της επίδρασης διαταραχών και μέτρων αντιμετώπισης.
4. **Αξιοποίηση συνεργασιών με ευρωπαϊκά δίκτυα, φορείς πιστοποίησης κ.λπ. (διεθνοποίηση)** για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και την προσέλκυση επενδύσεων μέσω: α) *συμμετοχής σε ευρωπαϊκά δίκτυα και clusters* (όπου η εργαλειοθήκη μπορεί να παρουσιαστεί ως best practice για ΜμΕ), β) *συνεργασίας με φορείς πιστοποίησης και τυποποίησης* ώστε να ευθυγραμμιστούν οι λειτουργίες της εργαλειοθήκης με διεθνή standards. Αυτό ενισχύει την αξιοπιστία της λύσης και διευκολύνει τη χρήση της σε έργα που απαιτούν συμμόρφωση με συγκεκριμένα πρότυπα.
5. **Αξιοποίηση ευρωπαϊκών ερευνητικών και καινοτομικών προγραμμάτων** για περαιτέρω ανάπτυξη της πλατφόρμας (π.χ. προσθήκη AI optimizers, modules για πράσινη παραγωγή, integration με IoT πλατφόρμες), με ταυτόχρονη πιλοτική εφαρμογή σε ευρωπαϊκές ΜμΕ.

Με αυτό τον τρόπο, η εργαλειοθήκη μετατρέπεται σταδιακά από εθνικό αποτέλεσμα ερευνητικού έργου σε ευρωπαϊκά αναγνωρίσιμη πλατφόρμα ευέλικτου και ανθεκτικού προγραμματισμού παραγωγής, δημιουργώντας προϋποθέσεις για διεθνείς συνεργασίες, licensing και νέες επενδύσεις.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η εργαλειοθήκη προγραμματισμού ευέλικτης και ανθεκτικής παραγωγής αποτελεί ελκυστικό επενδυτικό αντικείμενο, καθώς συνδυάζει ώριμη τεχνολογική βάση, σαφές αγοραστικό ενδιαφέρον και δυνατότητα κλιμάκωσης σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Τα βασικά στοιχεία της πρότασης αξίας για επενδυτές συνοψίζονται ως εξής:

- **Τεχνολογικό asset με σαφή διαφοροποίηση:** Πρόκειται για ολοκληρωμένη πλατφόρμα προσομοίωσης δικτύων παραγωγής και ευφυούς ελέγχου, βασισμένη σε ανοιχτό λογισμικό, με block-based προσέγγιση ειδικά προσαρμοσμένη στην παραγωγή και ενσωμάτωση ασαφούς λογικής. Δεν αποτελεί απλό «αλγόριθμο», αλλά end-to-end εργαλείο.
- **Ισχυρό market pull από ΜμΕ και βιομηχανία:** Ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες, πειστικές ανάγκες της ελληνικής και ευρωπαϊκής μεταποίησης (ευελιξία, ανθεκτικότητα, χαμηλό κόστος, διαχείριση αβεβαιότητας). Η αγορά-στόχος δεν χρειάζεται να «δημιουργηθεί από το μηδέν», αλλά ήδη αναζητά πρακτικά Industry 4.0 εργαλεία.
- **Κλιμακώσιμο επιχειρηματικό μοντέλο:** Η λύση μπορεί να αξιοποιηθεί ως open-core πλατφόρμα, πάνω στην οποία αναπτύσσονται υπηρεσίες (μελέτες, παραμετροποίηση, διασυνδέσεις, εκπαιδεύσεις) και εξειδικευμένα πακέτα ανά κλάδο. Αυτό επιτρέπει επαναλαμβανόμενα έσοδα και δημιουργία οικοσυστήματος συνεργατών.
- **Εκπαιδευτικό και ερευνητικό «pipeline» χρηστών:** Η ενσωμάτωση σε πανεπιστημιακά προγράμματα και δράσεις κατάρτισης δημιουργεί μελλοντική βάση χρηστών/στελεχών εξοικειωμένων με την πλατφόρμα, μειώνοντας το κόστος απόκτησης πελάτη (customer acquisition cost) και ενισχύοντας τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα.
- **Χαμηλό τεχνολογικό ρίσκο – υψηλό δυναμικό επέκτασης:** Η βασική λειτουργικότητα έχει ήδη υλοποιηθεί και δοκιμαστεί σε ρεαλιστικά σενάρια. Η επένδυση εστιάζει πλέον στην ωρίμανση, στην

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

τυποποίηση και στην κλιμάκωση (π.χ. connectors, cloud, advanced AI modules), μειώνοντας τον τεχνολογικό κίνδυνο και αυξάνοντας τις δυνατότητες εμπορικής απόδοσης.

Συνολικά, για έναν επενδυτή η εργαλειοθήκη συνιστά μια ώριμη αλλά ακόμη υποτιμημένη πλατφόρμα με σημαντικό upside μέσω νέων υπηρεσιών, licensing, διεθνοποίησης και διασύνδεσης με άλλα βιομηχανικά συστήματα. Η εμπορική ωρίμανση της εργαλειοθήκης μπορεί να περιγραφεί ως μια διαδρομή τεσσάρων σταδίων (Πίνακας 37), όπου σε κάθε στάδιο αντιστοιχούν συγκεκριμένες δράσεις, ανάγκες χρηματοδότησης και αποτελέσματα.

Πίνακας 2: Στάδια εμπορικής ωρίμανσης της λύσης

Στάδιο	Περιγραφή	Κύριες δράσεις	Ανάγκες επένδυσης	Βασικά αποτελέσματα
1. Ερευνητικό πρωτότυπο	Πλήρης λειτουργική εργαλειοθήκη, δοκιμασμένη σε εργαστηριακά σενάρια και περιορισμένα πιλοτικά	Σταθεροποίηση βασικού κώδικα, τεκμηρίωση πυρήνα, πρώτα σενάρια και παραδείγματα	Χρηματοδότηση R&D, υποστήριξη ομάδας ανάπτυξης	Ωριμότητα TRL ~5–6, επίδειξη τεχνολογικής εφικτότητας
2. Pilot-ready πλατφόρμα	Κλαδικά templates & εγκατάσταση σε πραγματικά εργοστάσια	Τυποποίηση εγκατάστασης, 2 - 3 αντιπροσωπευτικές πιλοτικές εφαρμογές, στόχευση συγκεκριμένων κλάδων	Πόροι για πιλοτικά, on-site υποστήριξη	Τεκμηριωμένα use cases με KPIs, TRL ~7
3. Market-ready υπηρεσία	«Συσκευασμένη» λύση με υπηρεσίες γύρω από αυτή (consulting, training, support)	Δημιουργία πακέτων (ΜμΕ/μεγάλες εταιρείες), SLA, helpdesk, manuals, δίκτυο πιστοποιημένων συνεργατών	Επένδυση σε go-to-market, sales & support	Πρώτοι πληρωμένοι πελάτες, συνεχόμενα έσοδα
4. Scale-up / Πλατφόρμα	Διεθνής διάθεση, επεκτάσεις (cloud, AI modules, connectors)	Ανάπτυξη advanced λειτουργιών, Cloud/online πρόσβαση, Διεθνείς συνεργασίες & licensing	Growth capital, στρατηγικές συνεργασίες	Πλήρως εμπορική πλατφόρμα, δυνατότητα διεθνούς κλιμάκωσης

Ανάλυση SWOT

Από επενδυτική σκοπιά, η εργαλειοθήκη παρουσιάζει μέτριο τεχνολογικό ρίσκο (καθώς ο πυρήνας έχει ήδη υλοποιηθεί και δοκιμαστεί) και υψηλό δυναμικό απόδοσης μέσω κλιμάκωσης, κλαδικών πακέτων, διεθνοποίησης και συνεργασιών/licensing. Το βασικό ρίσκο εντοπίζεται στην ανάγκη ενίσχυσης των εμπορικών/οργανωτικών δομών (branding, sales, support, δίκτυο συνεργατών), όμως αυτό αντισταθμίζεται από ένα περιβάλλον με έντονο market pull (Industry 4.0, ανθεκτικότητα, ESG) και

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

πλούσιες ευκαιρίες δημόσιας και ιδιωτικής χρηματοδότησης. Για επενδυτές με προσανατολισμό σε industrial tech / B2B λογισμικό, η λύση μπορεί να ιδωθεί ως platform play: ένα ώριμο τεχνολογικό προϊόν που, με στοχευμένη επένδυση σε προτυποποίηση/προϊοντοποίηση και go-to-market, μπορεί να αποδώσει πολλαπλά εμπορικά προϊόντα (υπηρεσίες, SaaS, licensing, διεθνείς συνεργασίες).

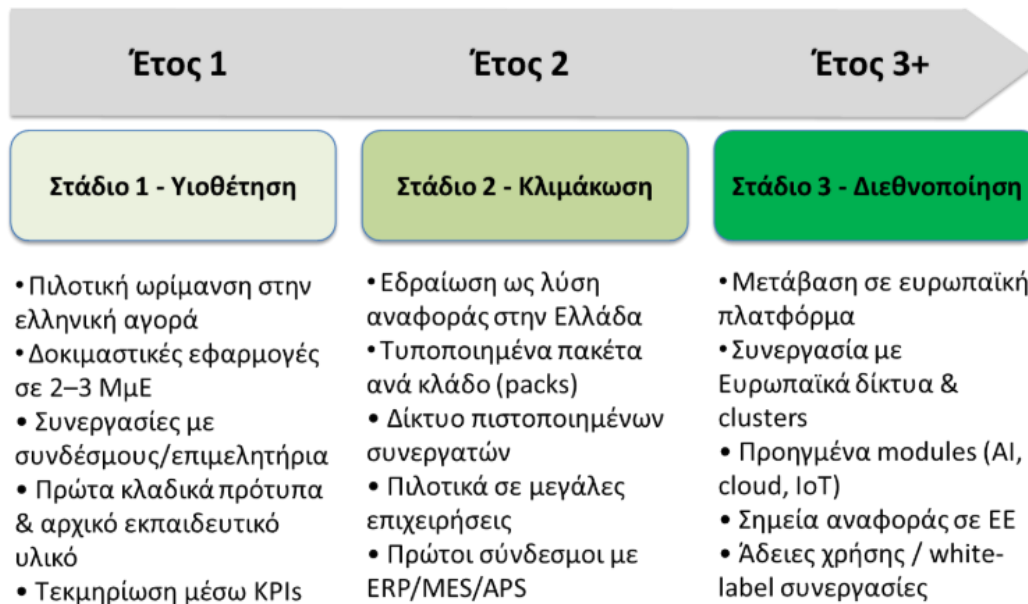


Εικόνα 8: SWOT ανάλυση από επενδυτική σκοπιά για την τεχνολογική λύση 8

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η αναπτυχθείσα εργαλειοθήκη προγραμματισμού ευέλικτης και ανθεκτικής παραγωγής αναδεικνύεται ως στοχευμένη λύση για την ελληνική και ευρωπαϊκή μεταποίηση, με σαφή βασικά μηνύματα (Αγορά-στόχος, Στρατηγική διείσδυσης, Επενδυτική αξία), όπως αυτά περιεγράφηκαν στις προηγούμενες υποενότητες. Ο προτεινόμενος οδικός χάρτης μπορεί να συνοψιστεί σε τρία αλληλένδετα στάδια (Υιοθέτηση/Κλιμάκωση/Διεθνοποίηση) και απεικονίζεται στην Εικόνα 6:

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα



Εικόνα 9: Οδικός χάρτης τριετούς επέκτασης/αξιοποίησης τεχνολογικής λύσης 8

Συνοψίζοντας, η εργαλειοθήκη προγραμματισμού ευέλικτης και ανθεκτικής παραγωγής έχει ήδη το απαραίτητο τεχνολογικό βάθος και τη στρατηγική τοποθέτηση ώστε να εξελιχθεί σε πλατφόρμα αναφοράς για την ελληνική – και όχι μόνο – βιομηχανία. Η στοχευμένη υλοποίηση του οδικού χάρτη, σε συνδυασμό με θεσμικές συνεργασίες και έξυπνη αξιοποίηση χρηματοδοτικών εργαλείων, μπορεί να μετατρέψει το αποτέλεσμα του ερευνητικού έργου σε βιώσιμο επιχειρηματικό οικοσύστημα με σαφή επενδυτική αξία.

2.9. Κυκλικές αλυσίδες αξίας μέσω διαχείρισης και παρακολούθησης δευτερογενών υλικών με χρήση ψηφιακών διδύμων και διαβατηρίων προϊόντων

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Για την ελληνική βιομηχανία, η προτεινόμενη τεχνική λύση προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία μετάβασης σε πιο αποδοτικές, βιώσιμες και κυκλικές παραγωγικές διαδικασίες. Μέσω της ολοκληρωμένης διασύνδεσης μοντελοποίησης και προσομοίωσης ολόκληρης της αλυσίδας αξίας στη λογική του ψηφιακού διδύμου, του Circular Sustainability Balance Scorecard (C-SBSC) και του Ψηφιακού Διαβατηρίου Προϊόντων (DPP), οι επιχειρήσεις μπορούν να παρακολουθούν σχεδόν σε πραγματικό χρόνο τη χρήση υλικών, να βελτιστοποιούν την παραγωγή και να διασφαλίζουν τη συμμόρφωση με κανονιστικά πλαίσια και περιβαλλοντικά πρότυπα. Η εφαρμογή αυτής της λύσης στη μεταποιητική βιομηχανία ενισχύει την ανταγωνιστικότητα, μειώνει τα κόστη και δημιουργεί τεκμηριωμένα οφέλη βιωσιμότητας, καθιστώντας την στρατηγικό εργαλείο για την ανάπτυξη της ελληνικής αγοράς.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η προτεινόμενη λύση έχει εφαρμοστεί πιλοτικά στο πλαίσιο του έργου στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών. Η λύση απευθύνεται κυρίως σε επιχειρήσεις που επιδιώκουν βελτιστοποίηση παραγωγικών διαδικασιών, μείωση ενεργειακού κόστους και βελτίωση της αποδοτικότητας, ενώ παράλληλα επιδιώκεται η προσαρμογή σε αυξανόμενες απαιτήσεις βιωσιμότητας και κανονιστικών πλαισίων σχετικά με την περιβαλλοντική συμμόρφωση.

Επιμέρους στοιχεία της λύσης (μοντελοποίηση-προσομοίωση/ψηφιακά δίδυμα, Sustainability Balanced Scorecard, DPP), έχουν ήδη εφαρμοστεί σε ερευνητικό επίπεδο σε τομείς διύλισης πετρελαίου, μετατροπής αποβλήτων σε καύσιμο, ηλεκτρονικών αυτοκινήτων, επεξεργασίας χάλυβα, κλωστοϋφαντουργίας [ψηφιακά δίδυμα] και παραγωγής ποτών, διαχείρισης αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού για μαγνήτες, πολυμερών ενισχυμένων με ανθρακονήματα για drones [SBSC, DPP]

Η βασικές ανάγκες των παραπάνω τομέων συνοψίζονται στα εξής:

- Συνεχής παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των παραγωγικών διαδικασιών και των αντίστοιχων στοιχείων της παραγωγής.
- Ανίχνευση ανωμαλιών σε σχέση με τα παρακολουθούμενα στοιχεία της παραγωγής.
- Ανάλυση των βασικών αιτιών που προκαλούν διαταραχές στην παραγωγή.
- Αξιολόγηση των επιπτώσεων των διαταρακτικών γεγονότων στο τρέχον πρόγραμμα παραγωγής, ώστε να εκτιμηθεί η ανάγκη για ανάκτηση ή προσαρμογή.
- Υποστήριξη λήψης αποφάσεων για την καθοδήγηση των αντίστοιχων διορθωτικών ενεργειών.
- Αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων, ώστε να ληφθούν τεκμηριωμένες και αποτελεσματικές αποφάσεις.
- Βελτιστοποίηση της επαναχρησιμοποίησης πρώτων υλών και υπολειμμάτων (π.χ. CFRP, μαγνήτες από WEEE, υπολείμματα εσπεριδοειδών) για την ελαχιστοποίηση αποβλήτων και την αύξηση της αποδοτικότητας.
- Παρακολούθηση δεικτών απόδοσης (KPIs) που σχετίζονται με την κυκλική χρήση των υλικών, τόσο σε επίπεδο εργοστασίου όσο και δικτύου παραγωγής.
- Υποστήριξη συνεργασίας μεταξύ εργοστασίων και διασύνδεσης σε δίκτυα κυκλικής οικονομίας, ώστε να κλείνει ο κύκλος χρήσης των υλικών.
- Αξιολόγηση οικονομικών και επιχειρησιακών αποτελεσμάτων από την εφαρμογή κυκλικών διαδικασιών (π.χ. έσοδα από παραγόμενα προϊόντα ή υποπροϊόντα).
- Διασφάλιση ποιότητας και συμμόρφωσης των παραγόμενων προϊόντων και υποπροϊόντων με τις προδιαγραφές και κανονισμούς.

Τα οφέλη για κάθε φορέα που εμπλέκεται στην εφαρμογή της παρούσας λύσης αναγράφονται στον Πίνακα 4 του παραδοτέου Π2.2.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Πίνακας 3: Χαρτογράφηση ανταγωνιστικών και συμπληρωματικών λύσεων σε εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο

Επιμέρους τεχνολογίες	Εθνικό επίπεδο	Διεθνές/Ευρωπαϊκό επίπεδο
<i>Ψηφιακά Δίδυμα</i>	Πρώιμο στάδιο, κυρίως σε κατασκευαστικά έργα, CAD/BIM κυριαρχούν, υπάρχουσες πιλοτικές εφαρμογές (λιμένες, αστικά twins, τοπικοί κόμβοι).	Έντονη κινητικότητα, πιλοτικά έργα και επίδειξη σε πολλούς τομείς (ενέργεια, λιμάνια, δίκτυα), κλιμάκωση εργαλείων προσομοίωσης και twinning.
<i>Sustainability Balance Scorecard</i>	Μελέτες και πιλοτικές εφαρμογές σε δημόσιους φορείς, περιφερειακές δομές και βιομηχανία, περιορισμένη στη μεταποίηση. Υποστήριξη από ISO 14001 / ISO 50001.	Ευρέως χρησιμοποιείται για ενσωμάτωση ESG στον στρατηγικό έλεγχο, πλατφόρμες EcoVadis , Workiva , Greenomy για αναφορά ESG σε επενδυτές και φορείς.
<i>Digital Product Passport</i>	Εμφανίζονται κυρίως σε ερευνητικά προγράμματα (π.χ. Plooto , DaCapo , Cir4Fun , DigInTraCE , RENEE , ENCIRCLE).	Αυξανόμενη ζήτηση, QR/RFID για ιχνηλασιμότητα, μελλοντικά blockchain και AI για διαχείριση και ανάλυση δεδομένων.

Στην αγορά των μεμονωμένων λύσεων, η πραγματική μετάβαση στην κυκλική οικονομία απαιτεί ολιστική προσέγγιση. Η παρούσα λύση ξεχωρίζει γιατί δεν είναι απλώς ένα λογισμικό, αλλά ένα διασυνδεδεμένο ψηφιακό οικοσύστημα με τρία βασικά πλεονεκτήματα:

- Προσομοίωση/μοντελοποίηση διεργασιών στη λογική του Ψηφιακών Διδύμων (PSM), προσαρμοσμένη στην μεταποιητική βιομηχανία, σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Τροφοδοτεί σε πραγματικό χρόνο το Πλαίσιο Βιωσιμότητας (C-SBSC) με ακριβή δεδομένα ρών υλικών και ενέργειας. Έτσι, οι δείκτες κυκλικότητας και εκπομπών CO₂ βασίζονται σε πραγματική λειτουργία, γεφυρώνοντας την παραγωγική βελτιστοποίηση με τη στρατηγική αναφορά βιωσιμότητας.
- Το C-SBSC παρέχει βιβλιοθήκη 70+ KPIs και τη δυνατότητα δημιουργίας νέων, συνδεδεμένων με στις διεργασίες και προτεραιότητες της εκάστοτε περίπτωσης. Η λύση δεν περιορίζει, αλλά προσαρμόζεται στη δική σας στρατηγική.
- Το DPP δεν είναι στατικό QR code, αλλά δυναμική "ψηφιακή ταυτότητα" που ενημερώνεται από το PSM. Κάθε βελτίωση διεργασίας αποτυπώνεται άμεσα, προσφέροντας αποδεδειγμένη διαφάνεια και μοναδικό Proof of Circularity.

Το κύριο USP λοιπόν είναι η *διασυνδεση*: δεν πρόκειται για τρία απομονωμένα εργαλεία, αλλά μία ενιαία ροή που μετατρέπει τα λειτουργικά δεδομένα σε στρατηγικό πλεονέκτημα, εξασφαλίζοντας ότι κάθε ισχυρισμός βιωσιμότητας είναι αποδεδειγμένος, αυτοματοποιημένος και άμεσα επικοινωνήσιμος στο ευρύ κοινό.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Πίνακας 4: Τα 4 βήματα της προτεινόμενης στρατηγικής διείσδυσης στην αγορά

Στρατηγικός Άξονας	Περιγραφή / Σημεία Δράσης
Συνεργασίες με Θεσμικούς Φορείς	Συνεργασία με κλαδικούς συλλόγους, επιμελητήρια και clusters καινοτομίας. Δοκιμή λύσης σε κλαδικά πιλοτικά έργα για MME, ενημέρωση και ευαισθητοποίηση για DPP και κανονισμούς, προσαρμογή στις ανάγκες κάθε τομέα.
Δυνατότητα Κλιμάκωσης	Το PSM καλύπτει από μία διεργασία έως ολόκληρες αλυσίδες αξίας μέσω API. Προσαρμοσμένη υλοποίηση για μεγάλες εταιρείες ή "DPP as a Service" για MME. Έτοιμα πακέτα KPIs και DPP για συγκεκριμένους τομείς μειώνουν κόστος και χρόνο υιοθέτησης.
Σταδιακή Υιοθέτηση από Μεγάλες Εταιρείες	Εστίαση σε μεγάλες επιχειρήσεις λόγω κανονιστικών πιέσεων (π.χ. ESPR). Αρχική χρήση PSM & C-SBSC για εσωτερική βελτιστοποίηση, σταδιακή ενεργοποίηση DPP σε επιλεγμένες γραμμές προϊόντων. Μετατροπή υποχρέωσης σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.
Διεθνοποίηση	Συνεργασίες με πλατφόρμες όπως European Circular Economy Stakeholder Platform για διάδοση βέλτιστων πρακτικών. Ενσωμάτωση προτύπων (π.χ. Cradle to Cradle) στο C-SBSC για αυτόματη παραγωγή αναφορών πιστοποίησης. Εφαρμογή σε αγορές εκτός ΕΕ με προσαρμογή KPIs ανά χώρα.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η λύση προσφέρει ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό οικοσύστημα κυκλικότητας, που μετατρέπει λειτουργικά δεδομένα σε στρατηγικό πλεονέκτημα για επιχειρήσεις και κλάδους. Τα κύρια σημεία που αναδεικνύουν την αξία της λύσης είναι:

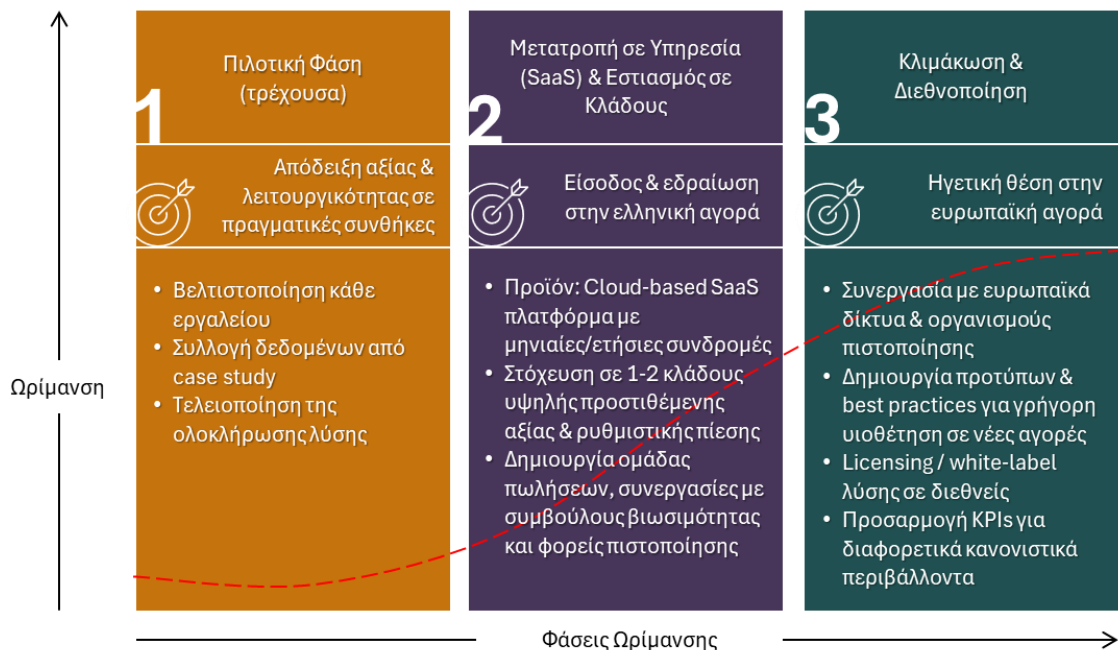
- ✓ Αποδεδειγμένη και μετρήσιμη κυκλικότητα: Δυναμικά Ψηφιακά Δίδυμα συνδυαστικά με Πλαίσιο Βιωσιμότητας (C-SBSC) παρέχουν δεδομένα για KPIs σε κάθε σημείο της αλυσίδας αξίας.
- ✓ Διαδραστικό Ψηφιακό Διαβατήριο Προϊόντος (DPP): Προσφέρει Proof of Circularity, άμεσα επικοινωνήσιμο στους καταναλωτές και συνεργάτες.
- ✓ Προσαρμοστικότητα και modularity: Η λύση προσαρμόζεται στις ανάγκες κάθε βιομηχανίας, μεγέθους και κανονιστικού πλαισίου.
- ✓ Διασύνδεση με κλαδικούς φορείς και πρότυπα: Ενισχύει την υιοθέτηση και την αξιοπιστία σε επίπεδο αγοράς και διεθνές.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Η λύση ταιριάζει τόσο σε χρηματοδότηση βασισμένη σε έρευνα όσο και σε εμπορικούς στόχους.

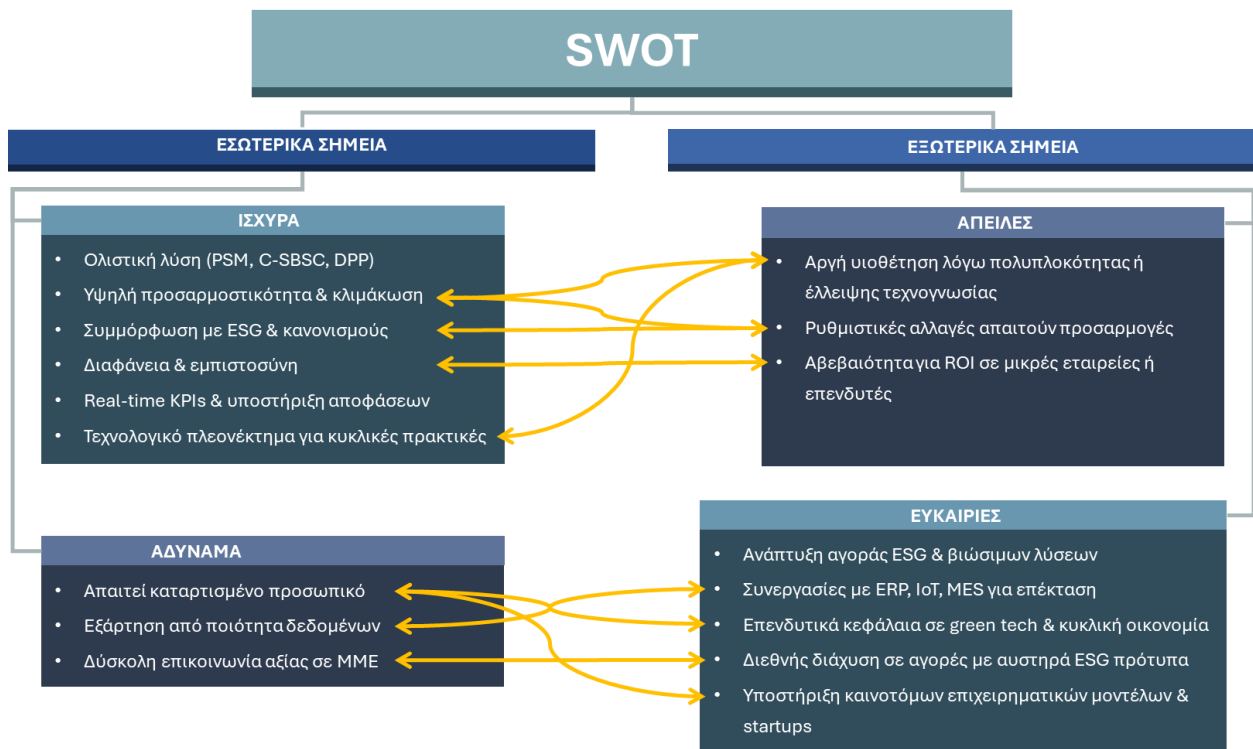
Πίνακας 5: Οι πιθανοί φορείς και στόχοι χρηματοδότησης

Τύπος Χρηματοδότησης	Πιθανοί Φορείς	Στόχος Χρηματοδότησης
Ερευνητική & Πιλοτική Φάση	Ευρωπαϊκά Προγράμματα: Κλιμάκωση της τεχνολογίας. Εθνικά Προγράμματα: Σύνδεση έρευνας & αγοράς.	Ενίσχυση R&D, επικύρωση σε πρόσθετους βιομηχανικούς κλάδους, ανάπτυξη νέων λειτουργιών.
Κλιμάκωση & Εμπορικοποίηση	Εθνικά Ταμεία: Επενδύσεις σε καινοτόμες ΜΜΕ. Ευρωπαϊκά Ταμεία: Χρηματοδότηση για ψηφιακή & πράσινη μετάβαση.	Ανάπτυξη επιχειρηματικού μοντέλου, δημιουργία ομάδας πωλήσεων & μάρκετινγκ, επέκταση στην Ευρώπη.
Επενδύσεις Ιδιωτικού Ενδιαφέροντος	Business Angels & VC Funds: Ειδικευμένοι σε SaaS, Greentech, Industry 4.0. Στρατηγικοί Επενδυτές: Μεγάλες εταιρείες ERP, συμβούλων, ή βιομηχανικές ομάδες.	Γρήγορη κλιμάκωση, κατάκτηση αγοράς, απόκτηση τεχνογνωσίας και συμπληρωματικών προϊόντων.



Εικόνα 10: Διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης (από πιλοτική εφαρμογή σε market-ready υπηρεσία).

Ανάλυση SWOT



Εικόνα 11: Ανάλυση SWOT από επενδυτική σκοπιά για την 9^η τεχνική λύση

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση εστιάζει σε κλάδους της μεταποίησης με υψηλή ρυθμιστική πίεση και σημαντική προστιθέμενη αξία. Η στρατηγική διείσδυσης βασίζεται σε συνεργασίες με θεσμικούς φορείς, πιλοτικές εφαρμογές σε μεγάλες επιχειρήσεις και σταδιακή επέκταση σε MME, εξασφαλίζοντας την αξιοπιστία και την εμπιστοσύνη των χρηστών. Η επενδυτική αξία της λύσης προκύπτει από την πλήρη διασύνδεση των εργαλείων PSM, C-SBSC και DPP, που μετατρέπουν λειτουργικά δεδομένα σε αποδεδειγμένα αποτελέσματα βιωσιμότητας, παρέχοντας Proof of Circularity και μοναδικό σημείο διαφοροποίησης στην αγορά.

Ο οδικός χάρτης υιοθέτησης περιλαμβάνει σαφή στάδια, σχεδιασμένα ώστε να μειώνουν τον κίνδυνο, να διευκολύνουν την υιοθέτηση και να επιτρέπουν σταδιακή επέκταση τόσο σε επίπεδο αγοράς όσο και γεωγραφικά.

Για την υποστήριξη της εμπορικής ωρίμανσης και της διεθνοποίησης, προτείνονται τα εξής επόμενα βήματα:

- Ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων για τεχνικό προσωπικό και στελέχη επιχειρήσεων, ώστε να διασφαλιστεί η πλήρης αξιοποίηση των εργαλείων.
- Συστηματική συλλογή και ανάλυση δεδομένων από πιλοτικά έργα, για βελτιστοποίηση της πλατφόρμας και τεκμηρίωση οφέλους.
- Ενίσχυση συνεργασιών με επενδυτές, συμβούλους βιωσιμότητας και οργανισμούς πιστοποίησης, για γρήγορη κλιμάκωση και ενίσχυση αξιοπιστίας.
- Δημιουργία case studies και success stories για την προώθηση της λύσης σε νέες αγορές και τη διευκόλυνση διεθνούς υιοθέτησης.

Συνολικά, η στρατηγική αυτή διασφαλίζει ότι η λύση δεν είναι απλώς τεχνολογικό εργαλείο, αλλά ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό οικοσύστημα που προσφέρει άμεσα μετρήσιμα οφέλη, επεκτασιμότητα και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για επιχειρήσεις και επενδυτές.

2.10^α. Μέθοδοι λήψης αποφάσεων στην παραγωγική διαδικασία – Σύστημα προβλεπτικής αναλυτικής δεδομένων

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ελληνική μεταποιητική βιομηχανία αντιμετωπίζει κρίσιμες προκλήσεις στη μετάβασή της προς την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση. Μόλις το 39% των ελληνικών ΜΜΕ διαθέτουν βασικό επίπεδο ψηφιακής ωριμότητας, έναντι του ευρωπαϊκού μέσου όρου 55%, ενώ η χρήση Big Data και αναλυτικής δεδομένων παραμένει περιορισμένη. Ταυτόχρονα, οι ελληνικές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν αυξημένο κόστος ενέργειας, διαταραχές στις αλυσίδες εφοδιασμού και έλλειψη εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού. Το σύστημα προβλεπτικής αναλυτικής δεδομένων που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του Greece4.0 αποτελεί στρατηγικό εργαλείο για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Ενσωματώνοντας τεχνολογίες Τεχνητής Νοημοσύνης, Ενισχυτικής Μάθησης (Reinforcement Learning) και Αυτοματοποιημένης Μηχανικής Μάθησης (AutoML), η λύση επιτρέπει στις ελληνικές βιομηχανίες να λαμβάνουν βέλτιστες αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, να μειώνουν το κόστος συντήρησης μέσω προβλεπτικής διάγνωσης βλαβών και να βελτιστοποιούν τη χρήση πόρων, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της ελληνικής μεταποίησης.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η λύση στοχεύει πρωτίστως σε μεταποιητικές βιομηχανίες (π.χ. ηλεκτρονικά, χημικά, τρόφιμα και ποτά) και μηχανουργικές επιχειρήσεις (παραγωγή εξοπλισμού, εργαλειομηχανές, βιομηχανικός εξοπλισμός).

Οι κρίσιμες ανάγκες που καλύπτει είναι:

- Προβλεπτική συντήρηση και μείωση διακοπών λειτουργίας: Το σύστημα προβλέπει τη φθορά εξοπλισμού και τις επικείμενες βλάβες, επιτρέποντας την εφαρμογή προβλεπτικής συντήρησης. Αυτό μειώνει το κόστος συντήρησης και τις μη προγραμματισμένες διακοπές παραγωγής, οι οποίες αποτελούν σημαντικό πρόβλημα για τις ελληνικές βιομηχανίες.
- Βελτιστοποίηση παραγωγικών διαδικασιών χωρίς εξειδίκευση: Μέσω AutoML, η πλατφόρμα επιτρέπει ακόμη και σε μη ειδικούς με την Μηχανική Μάθηση χρήστες να αναπτύξουν εξελιγμένα μοντέλα πρόβλεψης γράφοντας ελάχιστες γραμμές κώδικα. Αυτό αντιμετωπίζει την έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού σε AI/ML που αποτελεί βασικό εμπόδιο για τις ελληνικές ΜΜΕ.
- Μείωση κόστους ενέργειας και πόρων: Με τη χρήση Ενισχυτικής Μάθησης, το σύστημα βελτιστοποιεί τη χρήση ενέργειας και πρώτων υλών σε πραγματικό χρόνο, ανταποκρινόμενο στην πρωταρχική ανησυχία των ελληνικών βιομηχανιών για το κόστος ενέργειας (72% των επιχειρήσεων το χαρακτηρίζουν ως κρίσιμη πρόκληση).

Τα αναμενόμενα οφέλη της λύσης είναι:

- ✓ Αύξηση χρόνου μεταξύ βλαβών (MTBF): Αύξηση διαθεσιμότητας εξοπλισμού
- ✓ Βελτίωση απόδοσης μοντέλων ML: Επίτευξη $R^2 > 0.99$ και $MAE < 0.01$ σε πιλοτικές εφαρμογές
- ✓ Ταχύτερη ανάπτυξη λύσεων: Από μήνες σε ώρες μέσω AutoML
- ✓ Μείωση λειτουργικού κόστους: 20-30% μέσω προβλεπτικής συντήρησης

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Μεταξύ των βασικών κλάδων που θα ωφεληθούν από την λύση είναι:

- Ηλεκτρονικά: Όπου η ακρίβεια και η προβλεπτική διαδικασία είναι κρίσιμες
- Φαρμακοβιομηχανία: Απαιτήσεις κανονιστικής συμμόρφωσης και ποιοτικού ελέγχου
- Τροφίμων και ποτών: Βελτιστοποίηση γραμμών παραγωγής και μείωση αποβλήτων

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Η παγκόσμια αγορά έξυπνης παραγωγής (smart manufacturing) αναμένεται να φτάσει τα \$790.91 δισ. έως το 2030 με CAGR²³ 14%, ενώ η αγορά προβλεπτικής αναλυτικής στη μεταποίηση αναμένεται να φτάσει τα \$6.62 δισ. έως το 2033 με CAGR 16.2%. Στην Ευρώπη, η αγορά Industry 4.0 αναμένεται να φτάσει τα \$136.06 δισ. έως το 2033 (CAGR 14.2%), με τη Γερμανία να ηγείται μέσω της πρωτοβουλίας "[Plattform Industrie 4.0](#)". Όσον αφορά το ανταγωνιστικό περιβάλλον, υπάρχουν λύσεις διεθνώς, όπως: [Siemens MindSphere](#), [GE Predix](#), [SAP Predictive Analytics](#) (ολοκληρωμένες πλατφόρμες IIoT με υψηλό κόστος), καθώς και [AWS SageMaker](#), [Azure Machine Learning](#) (cloud-based, απαιτούν τεχνική εξειδίκευση). Στην ελληνική αγορά, υπάρχουν περιορισμένες εξειδικευμένες λύσεις προβλεπτικής αναλυτικής προσαρμοσμένες στις ανάγκες της ελληνικής μεταποίησης. Οι περισσότερες επιχειρήσεις βασίζονται σε ad-hoc εφαρμογές²⁴ ή σε παγκόσμιες πλατφόρμες με περιορισμένη προσαρμογή.

Τα βασικά Unique Selling Points (USP) της λύσης περιλαμβάνουν:

1. Ολοκληρωμένη πλατφόρμα: Συνδυάζει RL, AutoML, ML, και real-time analytics σε ενιαίο περιβάλλον
2. Zero-code/Low-code AutoML: 7 διαφορετικά AutoML frameworks ([TPOT](#), [AutoGluon](#), [AutoKeras](#), [H2O](#), [AutoSklearn](#), [FastAI](#), [MLjar](#)) επιτρέπουν την ανάπτυξη μοντέλων από μη ειδικούς
3. Ειδική εφαρμογή σε μεταποίηση: Προσαρμοσμένο για βιομηχανικές διεργασίες (CNC, εργαλειομηχανές, συστήματα ελέγχου) με πιλοτικές εφαρμογές στη Ελλάδα
4. Containerized architecture: Docker-based deployment²⁵ για εύκολη κλιμάκωση και ευελιξία
5. Ανοικτό σύστημα: Δυνατότητα διασύνδεσης με IoT platforms, SCADA, MES, ERP συστήματα

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Συνεργασίες με θεσμικούς φορείς

- Κλαδικοί σύνδεσμοι και επιμελητήρια: Συνεργασία με [ΣΕΒ](#) για προώθηση μέσω του προγράμματος "[Building a Stronger Manufacturing Future](#)", διασύνδεση με το [Hellenic Manufacturing Awards](#) για προβολή best practices
- Clusters καινοτομίας και DIHs: συνεργασία με το δίκτυο Digital Innovation Hubs της Ελλάδας, αξιοποίηση του οικοσυστήματος Greece 4.0 για pilot εφαρμογές

Διερεύνηση δυνατότητας κλιμάκωσης (scaling)

- Τεχνική κλιμάκωση: Cloud deployment μέσω ελληνικών παρόχων για μικρότερες επιχειρήσεις, hybrid on-premise/cloud λύσεις για μεσαίες επιχειρήσεις με απαιτήσεις data sovereignty²⁶, enterprise εγκαταστάσεις για μεγάλες βιομηχανίες
- SaaS μοντέλο: Subscription-based access για MME που δεν διαθέτουν IT υποδομή, pay-per-use μοντέλο για πιλοτικές εφαρμογές, "Freemium" tier²⁷ για επιδείξεις και proof-of-concept

Σταδιακή υιοθέτηση από μεγάλες εταιρείες

- Κανονιστικές υποχρεώσεις: δυνατότητα ενσωμάτωσης της λύσης με DPP για traceability και βιωσιμότητα, Compliance με απαιτήσεις διαφάνειας και επεξηγησιμότητας του [EU AI Act](#), ISO 55001 για "Asset Management", ISO 13374 "Condition monitoring and diagnostics of machines"
- Pilot-to-Production pathway:
 - o Φάση 1 (3-6 μήνες): Proof of concept σε μία γραμμή παραγωγής/μηχάνημα

²³ Το CAGR, ή Σύνθετος Ετήσιος Ρυθμός Ανάπτυξης, είναι ένας τρόπος μέτρησης της μέσης ετήσιας ανάπτυξης μιας επένδυσης ή ενός μεγέθους (π.χ. πωλήσεις, κέρδη) κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου

²⁴ Εφαρμογές που είναι προσωρινές ή ειδικές για μια συγκεκριμένη ανάγκη ή περίπτωση, χωρίς απαραίτητα να είναι μέρος ενός γενικότερου ή μόνιμου συστήματος.

²⁵ Αρχιτεκτονική ανάπτυξης λογισμικού όπου οι εφαρμογές «τρέχουν» μέσα σε containers — απομονωμένα περιβάλλοντα που περιέχουν όλο τον απαραίτητο κώδικα, βιβλιοθήκες και εξαρτήσεις.

²⁶ Κυριαρχία των δεδομένων, αναφέρεται στην αρχή ότι τα δεδομένα υπόκεινται στους νόμους και τους κανονισμούς της χώρας όπου αποθηκεύονται ή επεξεργάζονται.

²⁷ Μοντέλο παροχής υπηρεσιών όπου η βασική έκδοση είναι δωρεάν, ενώ πρόσθετες λειτουργίες ή προνόμια προσφέρονται επί πληρωμή

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Φάση 2 (6-12 μήνες): Επέκταση σε τμήμα εργοστασίου με integration στα υπάρχοντα συστήματα
- Φάση 3 (12-24 μήνες): Full-scale deployment με training προσωπικού

Διεθνοποίηση μέσω ευρωπαϊκών δικτύων

- Ευρωπαϊκά προγράμματα: Horizon Europe Cluster 4 (Digital, Industry and Space) για R&D επέκταση, [Digital Europe Programme](#) για scaling και commercialization, [EuroHPC](#) για high-performance computing εφαρμογές
- Πιστοποιήσεις και standards: ISO/IEC 27001 για information security, ISO 55001 για “Asset Management”, ISO 13374 “Condition monitoring and diagnostics of machines”, IEC 62443 για industrial cybersecurity, CE marking για εμπορευσιμότητα στην ΕΕ
- Στρατηγικές συμμαχίες: Partnerships με Γερμανικές/Ιταλικές technology providers για πρόσβαση στην Κεντροευρωπαϊκή αγορά, Αξιοποίηση του προγράμματος [Interreg Greece-Italy](#) για cross-border συνεργασίες, συμμετοχή σε associations όπως: [EFFRA](#), [BDVA](#), [ADRA](#), [IDSA](#).

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Value Proposition για επενδυτές

- Οικονομικά οφέλη:
 - ROI 12-18 μηνών: Μέσω μείωσης downtime (20-30%) και ενεργειακού κόστους (15-25%)
 - Recurring revenue model: SaaS subscriptions με υψηλά retention rates
 - Scalability: Από single-factory σε multi-site enterprise deployments
 - Low customer acquisition cost: Μέσω government-backed innovation programmes
- Στρατηγική αξία:
 - First-mover advantage: Περιορισμένες ολοκληρωμένες λύσεις στην ελληνική αγορά
 - Addressable market: 10,000+ μεταποιητικές επιχειρήσεις στην Ελλάδα με potential €50M TAM²⁸
 - European expansion: €41.18 δισ. Industry 4.0 αγορά στην Ευρώπη (2024)

Πιθανοί φορείς χρηματοδότησης

- Εθνική χρηματοδότηση
 - Greece 2.0: €375M για ψηφιοποίηση επιχειρήσεων
 - ΕΣΠΑ 2021-2027: €1 δισ. Πρόγραμμα Ψηφιακού Μετασχηματισμού
 - Ταμείο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας: Μέσω του άξονα Ψηφιακός Μετασχηματισμός
- Ευρωπαϊκή χρηματοδότηση
 - EIC Accelerator: Για scale-ups με υψηλή καινοτομία
 - InvestEU: Debt και equity financing μέσω τραπεζών
 - EIF (European Investment Fund): Venture capital και growth capital
- Ιδιωτικά κεφάλαια
 - Venture Capital funds εστιασμένα σε Industry 4.0
 - Corporate venture capital από μεγάλες βιομηχανίες

²⁸ Total Addressable Market (Συνολική Δυνατή Αγορά): το συνολικό οικονομικό μέγεθος της αγοράς για ένα προϊόν ή υπηρεσία, αν κάθε δυνητικός πελάτης αγόραζε το προϊόν/υπηρεσία χωρίς περιορισμούς.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης

Πίνακας 7: Τα 4 στάδια εμπορικής ωρίμανσης του συστήματος προβλεπτικής αναλυτικής δεδομένων ως μέθοδο λήψης αποφάσεων στην παραγωγική διαδικασία

Στάδιο	Ενέργειες	Χρονοδιάγραμμα
<i>Pilot Validation</i>	3-5 pilot εφαρμογές σε διαφορετικούς κλάδους (αυτοκινητοβιομηχανία, τρόφιμα, μηχανουργείο)	Μήνες 1-6
<i>Product Refinement</i>	UI/UX βελτίωση, integration με popular ERP/MES (SAP, Oracle), documentation	Μήνες 4-12
<i>Market Entry</i>	Πρώτες εμπορικές εγκαταστάσεις, case studies, πιστοποιήσεις	Μήνες 9-18
<i>Scale-up</i>	Channel partnerships, SaaS platform launch, international expansion	Μήνες 15-24

Ανάλυση SWOT

Πίνακας 8: Ανάλυση SWOT της λύσης 10.A από επενδυτική σκοπιά

Strengths (Δυνατά Σημεία)	Weaknesses (Αδύναμα Σημεία)
<ul style="list-style-type: none"> - Ολοκληρωμένη πλατφόρμα (RL+AutoML+ML) που δεν υπάρχει στην ελληνική αγορά - Proven technology με pilot εφαρμογές ($R^2 > 0.99$) - Low-code/no-code interface για χρήστες χωρίς AI εξειδίκευση - Backed by Greece 4.0 consortium (ακαδημαϊκοί + βιομηχανικοί εταίροι) - Containerized architecture για εύκολο deployment 	<ul style="list-style-type: none"> - Περιορισμένη εμπορική παρουσία (ακόμη σε φάση R&D) - Ανάγκη για περαιτέρω validation σε περισσότερους κλάδους - Εξάρτηση από εξωτερικές βιβλιοθήκες (π.χ. Stable Baselines 3) - Brand awareness: χαμηλή αναγνωρισιμότητα στην αγορά - Ανάγκη για continuous training και υποστήριξη χρηστών
Opportunities (Ευκαιρίες)	Threats (Απειλές)
<ul style="list-style-type: none"> - Μεγάλο gap στην ελληνική αγορά - Government funding: €375M για ψηφιοποίηση + €1B ΕΣΠΑ - EU mandates (AI Act, DPP) δημιουργούν ζήτηση - Reshoring trend στην Ευρώπη αυξάνει ανάγκη για αυτοματοποίηση - Ευρωπαϊκή αγορά €41.18B (2024) με CAGR 14.2% 	<ul style="list-style-type: none"> - Ανταγωνισμός από μεγάλους vendors (Siemens, GE, SAP) με established customer base - Χαμηλή ψηφιακή ωριμότητα ελληνικών MME επιβραδύνει adoption - Έλλειψη skilled workforce για υποστήριξη και υιοθέτηση - Economic uncertainty μπορεί να περιορίσει επενδυτικά budgets - Regulatory complexity (GDPR, cybersecurity requirements)

Αντιστοίχιση Δυνατών Σημείων με Απειλές

- Low-code interface αντιμετωπίζει την έλλειψη skilled workforce: Το σύστημα επιτρέπει σε μη ειδικούς να αξιοποιήσουν AI
- Proven ROI (12-18 μήνες) απαντά στην economic uncertainty: Γρήγορη απόδοση επένδυσης μειώνει το ρίσκο

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Greece 4.0 backing ενισχύει brand awareness έναντι μεγάλων vendors: Institutional credibility

Αντιστοίχιση Αδύναμων Σημείων με Ευκαιρίες

- Περιορισμένη εμπορική παρουσία + Government funding: Αξιοποίηση innovation vouchers για subsidized pilots
- Ανάγκη για training + Χαμηλή ψηφιακή ωριμότητα: Προσφορά ολοκληρωμένου training package ως competitive advantage
- Brand awareness + Reshoring trend²⁹: Positioning ως "Made-for-Europe" λύση για European manufacturers

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση εστιάζει σε κρίσιμους κλάδους της ελληνικής μεταποίησης που αντιμετωπίζουν υψηλές ρυθμιστικές απαιτήσεις και αυξανόμενη ανάγκη για βιώσιμες και αποδοτικές διαδικασίες. Η στρατηγική διεξόδου δίνει έμφαση στη διασύνδεση με θεσμικούς φορείς, την υλοποίηση πιλοτικών σε μεγάλες επιχειρήσεις και τη σταδιακή επέκταση σε ΜμΕ, ώστε να διασφαλιστεί η αποδοχή και η εμπιστοσύνη της αγοράς.

Το επενδυτικό απούτωμα της λύσης θεμελιώνεται στη συνολική διασύνδεση των τεχνολογικών εργαλείων, μετατρέποντας λειτουργικά δεδομένα σε μετρήσιμα αποτελέσματα αποδοτικότητας και βιωσιμότητας. Προσφέρει αποδεδειγμένο Proof of Value, αποτελώντας μοναδικό σημείο διαφοροποίησης έναντι υφιστάμενων λύσεων.

Ο οδικός χάρτης υιοθέτησης της λύσης προβλέπει διακριτά, ρεαλιστικά στάδια που μειώνουν τον επιχειρηματικό κίνδυνο και διευκολύνουν την κεφαλαιοποίηση της τεχνολογίας τόσο για χρήστες όσο και για επενδυτές:

1. Πιλοτικές Εφαρμογές με ισχυρή τεκμηρίωση αποτελεσμάτων, εστιάζοντας σε κλάδους υψηλού αντίκτυπου, με διαφανή συλλογή και δημοσιοποίηση KPIs.
2. Συστηματική ανάπτυξη εκπαιδευτικών και μεταβατικών προγραμμάτων για στελέχη επιχειρήσεων και τεχνικό προσωπικό, διασφαλίζοντας ομαλή υιοθέτηση των εργαλείων.
3. Δίκτυα συνεργασίας με επενδυτές, συμβούλους και πιστοποιημένους φορείς προς επιτάχυνση εμπορικής ωρίμανσης, αυξημένη αξιοπιστία και ευκολότερη χρηματοδότηση.
4. Ανάδειξη εμβληματικών παραδειγμάτων επιτυχίας ("case studies" και "success stories") ως εργαλείο διεξόδου σε νέες αγορές, διευκολύνοντας τη διεθνή επέκταση.

Συνολικά, η προτεινόμενη προσέγγιση εξασφαλίζει ότι η λύση υπερβαίνει το επίπεδο ενός απλού τεχνολογικού εργαλείου, λειτουργώντας ως ολοκληρωμένο ψηφιακό οικοσύστημα με σαφή, μετρήσιμα οφέλη για επιχειρήσεις, κλάδους και επενδυτές, με ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην ελληνική και ευρωπαϊκή βιομηχανία.

²⁹ Τάση επαναφοράς της παραγωγής σε εγχώριες ή κοντινές χώρες.

2.10^β. Μέθοδοι λήψης αποφάσεων στην παραγωγική διαδικασία – Σύστημα προβλεπτικού ελέγχου

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η Ελληνική βιομηχανία βρίσκεται σε μια κρίσιμη περίοδο μετάβασης, καθώς καλείται να ανταποκριθεί σε αυξανόμενο διεθνή ανταγωνισμό και να συμμορφωθεί με ολοένα αυστηρότερα πρότυπα ποιότητας και περιβαλλοντικής διαχείρισης. Για την προσαρμογή στις σύγχρονες απαιτήσεις, καθίσταται αναγκαία η μετάβαση σε ασφαλέστερες, πιο αποδοτικές και ψηφιακά ώριμες διεργασίες, οι οποίες περιλαμβάνουν προηγμένα συστήματα ελέγχου και αξιοποίησης δεδομένων. Παράλληλα, σύμφωνα με εθνικές αξιολογήσεις, η Ελλάδα βρίσκεται ακόμη σε διαδικασία ενίσχυσης της ψηφιακής της ωριμότητας και εξέλιξης σε τομείς όπως οι ψηφιακές τεχνολογίες, η τεχνητή νοημοσύνη και η συνολική ετοιμότητα απέναντι σε μελλοντικές προκλήσεις (Future Readiness). Η προτεινόμενη λύση - ένα σύστημα ελέγχου MPC (Model Predictive Control) με νευρωνικό δίκτυο RBF (Radial Basis Function Neural Network) ως εσωτερικό προβλεπτικό μοντέλο - ανταποκρίνεται σε αυτές τις ανάγκες, καθώς προσφέρει αξιοποίηση δεδομένων, βελτιστοποίηση λειτουργίας εντός προκαθορισμένων ορίων και υψηλή ευελιξία προσαρμογής σε ποικίλες βιομηχανικές διεργασίες. Παράλληλα, η ενσωμάτωση του αλγορίθμου MPC-RBF σε υπάρχουσες υποδομές SCADA και PLC, μέσω καθιερωμένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας, επιτρέπει την ομαλή και άμεση ενσωμάτωση της λύσης σε εγκατεστημένα βιομηχανικά περιβάλλοντα.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η προτεινόμενη λύση στοχεύει σε βιομηχανικούς κλάδους, όπως η χημική και πετροχημική βιομηχανία, η φαρμακοβιομηχανία, η βιομηχανία τροφίμων, η βιομηχανία παραγωγής υλικών και οι μονάδες παραγωγής ενέργειας. Οι διεργασίες αυτών των τομέων χαρακτηρίζονται από πολλαπλές συζευγμένες μεταβλητές, ισχυρή χρονική υστέρηση (dead time), παραμετρική αβεβαιότητα και αυστηρούς λειτουργικούς περιορισμούς. Η προτεινόμενη τεχνολογία ανταποκρίνεται σε αυτές τις ανάγκες, προσφέροντας:

- ✓ Βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας με μείωση του ενεργειακού κόστους και αύξηση της συνολικής αποδοτικότητας.
- ✓ Συμμόρφωση με προδιαγραφές ποιότητας και περιβαλλοντικούς στόχους.
- ✓ Διασφάλιση λειτουργικής ασφάλειας με ενεργή παρακολούθηση κρίσιμων μεγεθών (π.χ. θερμοκρασίας, πίεσης) και επιβολή λειτουργικών περιορισμών στο σύστημα ελέγχου.
- ✓ Υψηλή απόδοση υπό αβεβαιότητα, χάρη στην ικανότητα του ελεγκτή να προσαρμόζεται σε διακυμάνσεις πρώτων υλών και συνθηκών.
- ✓ Απρόσκοπτη ενσωμάτωση σε υπάρχουσες υποδομές SCADA/PLC, αξιοποιώντας καθιερωμένα πρωτόκολλα όπως το [Modbus](#) TCP/IP, χωρίς ανάγκη εκτεταμένων αλλαγών στο υπάρχον σύστημα.
- ✓ Τα αναμενόμενα οφέλη από την εφαρμογή της λύσης περιλαμβάνουν:
- ✓ Σημαντική μείωση των αποκλίσεων από τις τιμές στόχους, οδηγώντας σε σταθερότερη και προβλέψιμη λειτουργία.
- ✓ Διατήρηση των κρίσιμων μεταβλητών της διεργασίας εντός ασφαλών και βέλτιστων ορίων.
- ✓ Ταχύτερη αντίδραση σε διαταραχές, χάρη στην προβλεπτική ικανότητα του RBF μοντέλου που προβλέπει τη δυναμική της διεργασίας πριν εκδηλωθεί η απόκλιση.
- ✓ Ευελιξία προσαρμογής: το νευρωνικό δίκτυο μπορεί να επανεκπαιδευτεί με πραγματικά δεδομένα διεργασίας, επιτρέποντας συνεχή αναβάθμιση της ακρίβειας του μοντέλου.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- ✓ Κεντρική παρακολούθηση και αξιολόγηση μέσω του SCADA, προσφέροντας στον χειριστή μια ολοκληρωμένη εικόνα και απλοποιημένο περιβάλλον λήψης αποφάσεων.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Εξελιγμένα συστήματα MPC προσφέρονται κυρίως από διεθνείς παρόχους όπως [Honeywell](#), [Siemens](#), [ABB](#), [Rockwell](#), [Emerson](#) και [AspenTech](#), αλλά με ιδιαίτερα υψηλό κόστος (100,000–1,000,000€) και περιορισμένη τεχνική υποστήριξη στην Ελλάδα. Αυτό διαμορφώνει ένα σαφές κενό στην αγορά για λύσεις προηγμένου ελέγχου που να είναι τεχνολογικά ανταγωνιστικές αλλά ταυτόχρονα προσαρμοσμένες στις ανάγκες των ελληνικών εγκαταστάσεων. Η λύση MPC-RBF τοποθετείται στρατηγικά σε αυτό το κενό, προσφέροντας υψηλή τεχνολογική αξία σε οικονομικά προσιτό επίπεδο. Σε σύγκριση με συμβατικά συστήματα ελέγχου, προσφέρει τη δυνατότητα διαχείρισης πολλών μεταβλητών και περιορισμών. Σε σχέση με τα εμπορικά συστήματα MPC, προσφέρει 5-10 φορές χαμηλότερο κόστος, συντομότερο χρόνο υλοποίησης και χαμηλότερες απαιτήσεις εξειδίκευσης. Η modular αρχιτεκτονική και η συμβατότητα με βιομηχανικά πρωτόκολλα ([Modbus](#), [OPC UA](#), [PROFINET](#)) επιτρέπουν ομαλή ενσωμάτωση σε υφιστάμενες υποδομές PLC/SCADA, ενώ η τοπική τεχνική υποστήριξη διασφαλίζει βιώσιμη λειτουργία και προσαρμογή στις ιδιαιτερότητες της ελληνικής βιομηχανίας. Συνολικά, η λύση συνδυάζει προσιτό κόστος, προηγμένη τεχνολογία και ευκολία εφαρμογής, καθιστώντας την ιδιαίτερα ελκυστική κυρίως για μικρομεσαίες βιομηχανικές επιχειρήσεις που επιδιώκουν στοχευμένη ψηφιακή αναβάθμιση των συστημάτων ελέγχου τους.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης της λύσης MPC-RBF στην ελληνική αγορά βασίζεται σε μια στοχευμένη, σταδιακή και τεχνικά τεκμηριωμένη προσέγγιση, προσαρμοσμένη στις πραγματικές συνθήκες του βιομηχανικού περιβάλλοντος. Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει την υλοποίηση επιλεγμένων πιλοτικών εγκαταστάσεων σε βιομηχανικές μονάδες με ανάγκες βελτιστοποίησης. Παράλληλα, κρίσιμο πυλώνα αποτελούν οι συνεργασίες με system integrators και εταιρείες αυτοματισμού, οι οποίες διαθέτουν άμεση πρόσβαση στην αγορά και μπορούν να λειτουργήσουν ως πολλαπλασιαστές υιοθέτησης μέσω εκπαίδευσης, πιστοποίησης και ενσωμάτωσης της λύσης σε συστήματα PLC και SCADA. Η στρατηγική αυτή ενισχύεται από συστηματική τεχνική τεκμηρίωση και στοχευμένη επικοινωνία, με παραγωγή αναλυτικών KPIs από τις πιλοτικές εφαρμογές, ανάπτυξη demo περιβάλλοντος και διοργάνωση workshops και webinars για μηχανικούς αυτοματισμού και παραγωγής. Σε επόμενο στάδιο, προβλέπεται η διεθνοποίηση της λύσης, με στόχευση αγορών που παρουσιάζουν παρόμοια επίπεδα τεχνολογικής ωριμότητας, όπως τα Βαλκάνια και η ΝΑ Ευρώπη, καθώς και μέσω συνεργασιών με ευρωπαϊκούς φορείς και ερευνητικά κέντρα για την αξιοποίηση προγραμμάτων τύπου [Horizon Europe](#). Με αυτό το πολυεπίπεδο πλάνο, η λύση μπορεί να επιτύχει σταθερή εμπορική διείσδυση στην Ελλάδα και παράλληλα να διαμορφώσει δυναμική εξαγωγική προοπτική.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προσέλκυση επενδύσεων για μια τεχνολογική λύση προηγμένου ελέγχου απαιτεί ένα συνδυασμό οικονομικών, τεχνικών και στρατηγικών εργαλείων που μειώνουν τον επενδυτικό κίνδυνο και αναδεικνύουν τη βιώσιμη απόδοση της επένδυσης. Πρώτο βήμα αποτελεί η ανάπτυξη ενός οικονομικού μοντέλου με στοιχεία κόστους-οφέλους, το οποίο αποτυπώνει μετρήσιμες βελτιώσεις σε λειτουργική απόδοση, αξιοπιστία και ενεργειακή κατανάλωση. Η τεκμηριωμένη απόδειξη οικονομικού οφέλους αποτελεί βασικό κίνητρο για επενδυτές που αναζητούν λύσεις με άμεση εφαρμοσιμότητα στη βιομηχανία.

Παράλληλα, η συμμετοχή σε χρηματοδοτικά εργαλεία και προγράμματα υποστήριξης καινοτομίας, όπως δράσεις ψηφιακού μετασχηματισμού, επιδοτούμενα έργα R&D ή πράσινες τεχνολογίες, μπορεί να αξιοποιηθεί για τη μείωση του αρχικού κεφαλαιουχικού κόστους και την ενίσχυση της χρηματοδοτικής ελκυστικότητας. Οι μηχανισμοί αυτοί λειτουργούν πολλαπλασιαστικά, καθώς περιορίζουν το ρίσκο για επενδυτές και επιτρέπουν ταχύτερη ωρίμανση της λύσης.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Στο ίδιο πλαίσιο, η δημιουργία συνεργασιών με τεχνολογικούς φορείς, βιομηχανικές ενώσεις, κλαδικά clusters και εταιρείες αυτοματισμού ενισχύει την αξιοπιστία της τεχνολογίας και διευκολύνει τη χρηματοδότηση καθώς ανοίγει διαύλους πρόσβασης σε πελατειακές βάσεις.

Τέλος, η παρουσίαση ενός ξεκάθਾਰου σχεδίου κλιμάκωσης, το οποίο περιλαμβάνει δυνατότητες εξαγωγής της τεχνολογίας σε διεθνείς αγορές, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα προσέλκυσης κεφαλαίων. Επενδυτές υψηλής τεχνολογίας δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα σε λύσεις που μπορούν να επεκταθούν εκτός της εγχώριας αγοράς, προσφέροντας υψηλότερη απόδοση και δυνατότητα ταχείας ανάπτυξης.

Ανάλυση SWOT

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα συνοψίζονται τα δυνατά και αδύνατα σημεία της λύσης, καθώς και οι ευκαιρίες και οι απειλές που αναγνωρίζονται.



Εικόνα 12: Ανάλυση SWOT από επενδυτική σκοπιά για το σύστημα προβλεπτικού ελέγχου που αναπτύσσει η λύση 10.B

Αντιστοίχιση Δυνατών Σημείων με Απειλές

- Η υψηλή απόδοση του MPC-RBF σε πολυμεταβλητές διεργασίες μειώνει το συγκριτικό πλεονέκτημα των μεγάλων διεθνών ανταγωνιστών.
- Το χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τα εμπορικά MPC δημιουργεί ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην ελληνική αγορά με χαμηλή ψηφιακή ωριμότητα.
- Η συμβατότητα με υπάρχοντα PLC/SCADA μειώνει το ρίσκο υιοθέτησης σε βιομηχανίες που έχουν παλιό εξοπλισμό.
- Η τοπική τεχνική υποστήριξη αυξάνει την εμπιστοσύνη σε μια αγορά που δυσπιστεί απέναντι σε νέες τεχνολογίες.

Αντιστοίχιση Αδύναμων Σημείων με Ευκαιρίες

- Η γενικότερη στροφή της αγοράς προς προηγμένα συστήματα ελέγχου δημιουργεί ευκαιρία για μεγαλύτερη προβολή και καθιέρωση.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Τα χρηματοδοτούμενα εκπαιδευτικά προγράμματα μπορούν να λειτουργήσουν ως εργαλείο για τη γρήγορη εξοικείωση νέων χρηστών και την υποστήριξη της υιοθέτησης της τεχνολογίας.

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση στοχεύει σε βιομηχανίες που αναζητούν αποδοτικότερο, πιο αξιόπιστο και οικονομικά βιώσιμο προηγμένο έλεγχο, προσφέροντας ισχυρή επενδυτική αξία χάρη στο χαμηλό κόστος υλοποίησης και τη δυνατότητα άμεσης αύξησης της απόδοσης των διεργασιών τους. Ο οδικός χάρτης υλοποίησης περιλαμβάνει αρχικά πιλοτικά έργα, στη συνέχεια κλιμάκωση στην εγχώρια αγορά μέσω συνεργατικών δικτύων και, τελικά, διεθνή επέκταση σε περιφερειακές αγορές με αντίστοιχες ανάγκες. Για την ενίσχυση της προοπτικής της λύσης προτείνονται τρία βήματα: (1) εφαρμογή του σε επιλεγμένες μονάδες, (2) δημιουργία δικτύου πιστοποιημένων συνεργατών και (3) αξιοποίηση διαθέσιμων χρηματοδοτικών εργαλείων και δράσεων προβολής. Με αυτό το πλάνο, η τεχνολογία μπορεί να εδραιωθεί τόσο στην Ελλάδα όσο και σε ευρύτερες διεθνείς αγορές ως μια αποδοτική και πρακτική λύση προηγμένου ελέγχου διεργασιών και συστημάτων.

2.11. Μοντελοποίηση και προσομοίωση δικτύων εφοδιασμού και διανομής

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η συγκεκριμένη τεχνολογική λύση εντάσσεται άμεσα στο στρατηγικό πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού της ελληνικής βιομηχανίας και ειδικότερα του τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σύμφωνα με πρόσφατη [μελέτη της KPMG](#), οι επιχειρήσεις logistics στην Ελλάδα στρέφονται ολοένα και περισσότερο προς την αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογιών και λύσεων αυτοματοποίησης, με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας, τη διαχείριση της αυξανόμενης πολυπλοκότητας και την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητάς τους.

Παρά την πρόοδο που έχει συντελεστεί στον τομέα της ενσωμάτωσης αυτοματισμών, παρατηρείται ένα σημαντικό κενό στη συστηματική και σε βάθος αξιοποίηση των λειτουργικών δεδομένων που παράγονται από τα αποθηκευτικά και τα πληροφοριακά συστήματα. Αν και ένας ολοένα αυξανόμενος αριθμός ελληνικών επιχειρήσεων αναπτύσσει ψηφιακή στρατηγική και βασικές ψηφιακές υποδομές, τα διαθέσιμα στοιχεία καταδεικνύουν ότι η χρήση τεχνολογιών αιχμής και λύσεων ανάλυσης δεδομένων παραμένει περιορισμένη. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα πληροφοριακά συστήματα αξιοποιούνται κυρίως για την υποστήριξη βασικών λειτουργικών διεργασιών και όχι για την ολοκληρωμένη αξιοποίηση των δεδομένων που παράγουν, με σκοπό την ανάλυση απόδοσης και τη λήψη τεκμηριωμένων διοικητικών αποφάσεων.

Συγκεκριμένα, σύμφωνα με [μελέτη του ΣΕΒ \(2023\)](#), αναδεικνύεται η ανάγκη επέκτασης της χρήσης τεχνολογιών αιχμής σε ολόκληρη την επιχείρηση, καθώς το 2023 το 62,9% των επιχειρήσεων αξιοποιούσε κυρίως βασικά ή παραδοσιακά συστήματα ΤΠΕ³⁰ (όπως ERP³¹, CRM³², HRMS³³ κ.ά.) σε τουλάχιστον το 50% των κρίσιμων εσωτερικών διαδικασιών, ενώ μόλις το 13,5% των επιχειρήσεων έκανε εκτεταμένη χρήση τεχνολογιών αιχμής σε ποσοστό άνω του 50% των κρίσιμων διαδικασιών. Αντίστοιχα, στις δύο πιο πρόσφατες [μελέτες του Εθνικού Κέντρου Τεκμηρίωσης](#), το ποσοστό των επιχειρήσεων που θεωρούν τις προηγμένες ψηφιακές τεχνολογίες ιδιαίτερα σημαντικές για τον ψηφιακό μετασχηματισμό τους εμφανίζεται χαμηλό σε σύγκριση με άλλους τομείς, με τιμές 20,4% και 16,6% στις μελέτες του 2022 και του 2025 αντίστοιχα, παρουσιάζοντας μάλιστα πτωτική τάση.

Σε αυτές τις συνθήκες, η λύση που αναπτύχθηκε έρχεται να καλύψει ένα κρίσιμο λειτουργικό και τεχνολογικό κενό, γεφυρώνοντας την υφιστάμενη απόσταση μεταξύ της υλοποίησης συστημάτων WMS³⁴ και αυτοματισμών και της ουσιαστικής αξιοποίησης των δεδομένων που αυτοί παράγουν. Η λύση έχει σχεδιαστεί εξ αρχής με προσανατολισμό την εφαρμογή της σε πραγματικές βιομηχανικές συνθήκες και βασίζεται σε υπαρκτό κέντρο διανομής, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες, τους περιορισμούς και τις ανάγκες της ελληνικής αγοράς logistics. Μέσω της ενοποίησης δεδομένων από αυτοματισμούς, πληροφοριακά συστήματα και χειροκίνητες διαδικασίες, καθώς και της αξιοποίησης τεχνολογιών ανάλυσης, οπτικοποίησης, ψηφιακών διδύμων και προσομοίωσης, η λύση επιδιώκει να αναδείξει στην πράξη τα οφέλη της εφαρμογής τεχνολογιών αιχμής της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης σε ελληνικά επιχειρησιακά περιβάλλοντα.

³⁰ Συστήματα Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών

³¹ Enterprise Resource Planning: Ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα για την ενοποιημένη διαχείριση οικονομικών, προμηθειών, λειτουργιών και πόρων ενός οργανισμού.

³² Customer Relationship Management: Συστήματα που υποστηρίζουν τη διαχείριση και ανάλυση των σχέσεων με πελάτες ή χρήστες, βελτιώνοντας πωλήσεις και εξυπηρέτηση.

³³ Human Resources Management System: Πληροφοριακά συστήματα για τη διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού, όπως στοιχεία προσωπικού, μισθοδοσία, άδειες και εκπαίδευση.

³⁴ Warehouse Management Systems: Πληροφοριακά συστήματα που υποστηρίζουν τον σχεδιασμό, την παρακολούθηση και τον έλεγχο των λειτουργιών αποθήκης.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Αγορές-στόχοι και τομείς εφαρμογής

Η λύση απευθύνεται σε επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας και ειδικότερα σε κέντρα διανομής λιανεμπορίου, παρόχους υπηρεσιών τρίτων logistics (3PL), καθώς και σε οργανισμούς που διαθέτουν εσωτερικές αποθηκευτικές λειτουργίες. Στόχος της λύσης είναι η υποστήριξη αποθηκών μεσαίας και μεγάλης κλίμακας, οι οποίες αξιοποιούν πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης αποθήκης (WMS) και αυτοματοποιημένα συστήματα αποθήκευσης και διακίνησης υλικών. Σε αυτό το πλαίσιο, η λύση δύναται να εφαρμοστεί τόσο σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις που επιδιώκουν τη βελτίωση της λειτουργικής τους αποδοτικότητας, όσο και σε νέες υποδομές που ενσωματώνουν εξ αρχής ψηφιακά εργαλεία παρακολούθησης και ανάλυσης δεδομένων.

Τρέχουσες και μελλοντικές ανάγκες της αγοράς

Παρά τη σταδιακή υιοθέτηση αυτοματισμών και πληροφοριακών συστημάτων, πολλές ελληνικές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν σήμερα περιορισμένη ορατότητα ως προς την πραγματική απόδοση των λειτουργιών τους. Τα δεδομένα που παράγονται από τα WM και τους αυτοματισμούς συχνά παραμένουν κατακερματισμένα, αξιοποιούμενα κυρίως για την υποστήριξη βασικών λειτουργικών διεργασιών και όχι για συστηματική ανάλυση απόδοσης, πρόβλεψη ή υποστήριξη διοικητικών αποφάσεων.

Οι τρέχουσες ανάγκες της αγοράς εστιάζουν στη βελτίωση της παραγωγικότητας, στη μείωση του λειτουργικού κόστους, στη διαχείριση της αυξανόμενης πολυπλοκότητας των ροών εμπορευμάτων, στη αύξηση της ταχύτητας διεκπεραίωσής παραγγελιών και στη μείωση των χρόνων απόκρισης σε λειτουργικά προβλήματα. Παράλληλα, η έλλειψη ενοποιημένης εικόνας για την απόδοση του ανθρώπινου δυναμικού και του εξοπλισμού δυσχεραίνει τον αποτελεσματικό προγραμματισμό βαρδίων και τη βέλτιστη κατανομή πόρων.

Σε μελλοντικό ορίζοντα, οι ανάγκες αυτές αναμένεται να ενταθούν, καθώς η περαιτέρω διείσδυση αυτοματοποιημένων συστημάτων, η αύξηση των όγκων διακίνησης και οι πιέσεις για ταχύτερη και πιο ευέλικτη εξυπηρέτηση πελατών καθιστούν αναγκαία την αξιοποίηση προηγμένων εργαλείων ανάλυσης δεδομένων και υποστήριξης αποφάσεων. Η μετάβαση προς πιο έξυπνες και ανθεκτικές αποθήκες απαιτεί λύσεις που δεν περιορίζονται στην εκτέλεση λειτουργιών, αλλά αξιοποιούν τα δεδομένα για συνεχή βελτιστοποίηση.

Αναμενόμενα οφέλη για τους χρήστες

Η προτεινόμενη λύση καλύπτει τις παραπάνω ανάγκες, προσφέροντας σημαντικά οφέλη σε επιχειρησιακό και διοικητικό επίπεδο. Μέσω της ενοποίησης και ανάλυσης δεδομένων από διαφορετικές πηγές, παρέχει αυξημένη διαφάνεια στις λειτουργίες του κέντρου διανομής και επιτρέπει την παρακολούθηση κρίσιμων δεικτών απόδοσης σε πραγματικό ή σχεδόν πραγματικό χρόνο. Για τα στελέχη διοίκησης και τους υπεύθυνους λειτουργίας, η λύση προσφέρει υποστήριξη στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων, βασισμένων σε δεδομένα μέσα από προσομοίωσή και όχι σε αποσπασματικές πληροφορίες ή εμπειρικές εκτιμήσεις. Παράλληλα, συμβάλλει στη βελτίωση της παραγωγικότητας του ανθρώπινου δυναμικού και του εξοπλισμού, μέσω εξατομικευμένων σεναρίων προσομοίωσης και της παροχής προτάσεων βελτιστοποίησης. Σε οργανωτικό επίπεδο, η αξιοποίηση της λύσης μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του λειτουργικού κόστους, καλύτερη αξιοποίηση των υφιστάμενων επενδύσεων σε WMS και αυτοματισμούς και σταδιακή υιοθέτηση τεχνολογιών αιχμής χωρίς την ανάγκη άμεσων και εκτεταμένων αλλαγών στον εξοπλισμό.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Πρωταρχικοί ωφελούμενοι κλάδοι είναι το λιανεμπόριο, οι πάροχοι υπηρεσιών τρίτων logistics (3PL), καθώς και η μεταποίηση, ιδίως σε τομείς όπου η διακίνηση πρώτων υλών και τελικών προϊόντων πραγματοποιείται μέσω οργανωμένων κέντρων διανομής. Ειδικότερα, επιχειρήσεις που έχουν επενδύσει σε πληροφοριακά συστήματα και αυτοματισμούς αποθήκευσης και διακίνησης υλικών, αλλά δεν αξιοποιούν πλήρως τα δεδομένα που παράγονται, μπορούν να αποκομίσουν άμεσα οφέλη από την εφαρμογή της λύσης.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Στο ανταγωνιστικό περιβάλλον της ελληνικής και ευρωπαϊκής αγοράς, μπορούν να εντοπιστούν δύο βασικές κατηγορίες λύσεων. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει εξειδικευμένες εμπορικές πλατφόρμες ανάλυσης δεδομένων, οι οποίες προσφέρουν ισχυρά εργαλεία οπτικοποίησης και reporting. Ωστόσο, οι λύσεις αυτές συχνά λειτουργούν αποσπασματικά, απαιτούν σημαντική παραμετροποίηση και δεν παρέχουν δυνατότητες για λήψη αποφάσεων ή βελτιστοποίηση. Η δεύτερη κατηγορία αφορά προηγμένες λύσεις ψηφιακών διδύμων και προσομοίωσης, οι οποίες σε ευρωπαϊκό επίπεδο απευθύνονται κυρίως σε μεγάλους οργανισμούς με υψηλό βαθμό ωριμότητας και σημαντικούς πόρους για υλοποίηση και συντήρηση. Οι λύσεις αυτές, αν και τεχνολογικά προηγμένες, συχνά παρουσιάζουν υψηλό κόστος, μεγάλη πολυπλοκότητα και περιορισμένη προσαρμοστικότητα στις ανάγκες μικρομεσαίων επιχειρήσεων.

Το βασικό στρατηγικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης λύσης είναι ο συνδυασμός των ψηφιακών διδύμων με μια υποστηρικτική πλατφόρμα στο νέφος για την επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων λειτουργίας του συστήματος. Η λύση δεν περιορίζεται στην αποσπασματική ανάλυση δεδομένων, αλλά ενσωματώνει μια ενιαία προσέγγιση που συνδυάζει δεδομένα από WMS, αυτοματισμούς και χειροκίνητες διαδικασίες με εργαλεία ανάλυσης, οπτικοποίησης και προσομοίωσης. Ένα επιπλέον σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι η λύση έχει σχεδιαστεί και δοκιμαστεί βάσει πραγματικού βιομηχανικού συστήματος, γεγονός που εξασφαλίζει υψηλό βαθμό ρεαλισμού και άμεση συνάφεια με τις ανάγκες της αγοράς. Παράλληλα, η αρθρωτή αρχιτεκτονική της επιτρέπει σταδιακή υιοθέτηση και κλιμάκωση, χωρίς την ανάγκη ριζικών αλλαγών στις υφιστάμενες υποδομές των επιχειρήσεων.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης της προτεινόμενης λύσης στην ελληνική αγορά βασίζεται σε μια σταδιακή και ρεαλιστική προσέγγιση υιοθέτησης, με έμφαση στην επιχειρησιακή αξιοποίηση και τη δημιουργία εμπιστοσύνης από τους τελικούς χρήστες. Αφετηρία της στρατηγικής αποτελεί η εφαρμογή της λύσης στο πραγματικό κέντρο διανομής, βάσει του οποίου σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε.

Σε πρώτο στάδιο, η λύση υιοθετείται από το κέντρο διανομής, με στόχο την πλήρη ενσωμάτωσή της στις καθημερινές λειτουργίες και τη συστηματική χρήση της από τα στελέχη της επιχείρησης. Η πρακτική αξιοποίηση της πλατφόρμας λειτουργεί ως απόδειξη της επιχειρησιακής της αξίας και ως πρότυπο αναφοράς για μελλοντικές εφαρμογές.

Σε δεύτερο στάδιο, προβλέπεται η σταδιακή επέκταση της λύσης εντός της ίδιας εγκατάστασης, μέσω της προσθήκης νέων dashboards και της διεύρυνσης των λειτουργιών του Ψηφιακού Διδύμου, ώστε να υποστηρίζονται επιπλέον σενάρια και αποφάσεις λειτουργίας. Η εξέλιξη αυτή ενισχύει την αποδοχή της λύσης, καθώς μετατρέπεται από εργαλείο παρακολούθησης σε ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων.

Ακολούθως, η λύση δύναται να εφαρμοστεί σε επιπλέον κέντρα διανομής στην ελληνική αγορά, αξιοποιώντας την εμπειρία της αρχικής εφαρμογής. Η δυνατότητα παραμετροποίησης επιτρέπει την προσαρμογή της σε διαφορετικά επίπεδα αυτοματισμού και οργανωτικής ωριμότητας, καθιστώντας τη λύση κατάλληλη για ευρύτερη υιοθέτηση.

Τέλος, η στρατηγική διείσδυσης περιλαμβάνει τη διερεύνηση συνεργασιών με θεσμικούς φορείς, κλαδικούς συνδέσμους, επιμελητήρια και clusters καινοτομίας, καθώς και τη συμμετοχή σε ευρωπαϊκά δίκτυα και πιλοτικές δράσεις. Μέσω αυτών των συνεργασιών, η λύση μπορεί να ενισχύσει τη διεθνή της προβολή και να προσαρμοστεί σε διαφορετικά επιχειρησιακά περιβάλλοντα.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινόμενη λύση απευθύνεται σε επιχειρήσεις logistics και κέντρα διανομής που επιδιώκουν τη μετάβαση σε πιο αποδοτικές, διαφανείς και data-driven λειτουργίες. Η αξία της λύσης για τις επιχειρήσεις που θα επενδύσουν στην απόκτησή της έγκειται στη δυνατότητα αξιοποίησης λειτουργικών δεδομένων που έως σήμερα είτε παραμένουν αναξιοποίητα είτε χρησιμοποιούνται αποσπασματικά.

Συγκεκριμένα, η λύση προσφέρει:

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Ακριβέστερη και ταχύτερη λήψη διοικητικών αποφάσεων, μέσω της συστηματικής ανάλυσης δεδομένων από αυτοματισμούς, WMS και χειροκίνητες διαδικασίες.
- Καλύτερη αξιοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού, με υποστήριξη τεκμηριωμένων αποφάσεων κατανομής ρόλων και στελέχωσης.
- Πληρέστερη κατανόηση της λειτουργίας του κέντρου διανομής, μέσα από ενοποιημένη παρακολούθηση ιστορικών και τρεχόντων δεδομένων.
- Αύξηση της λειτουργικής απόδοσης, μέσω βελτιωμένου συντονισμού ανθρώπινων και τεχνικών πόρων.
- Μείωση του χρόνου απόκρισης και επίλυσης τεχνικών βλαβών, χάρη στον έγκαιρο εντοπισμό σφαλμάτων και τις αυτοματοποιημένες ειδοποιήσεις.
- Μείωση της συχνότητας εμφάνισης βλαβών, μέσω συνεχούς παρακολούθησης και υποστήριξης πρακτικών προληπτικής συντήρησης.

Για τους επενδυτές, η λύση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς έχει αναπτυχθεί και αξιολογηθεί σε πραγματικό βιομηχανικό περιβάλλον, στοχεύει σε μετρήσιμα επιχειρησιακά οφέλη και εμφανίζει σαφές δυναμικό κλιμάκωσης και επαναληψιμότητας σε πολλαπλά κέντρα διανομής. Η τοποθέτησή της στη διασταύρωση των τομέων των logistics analytics και digital twins ενισχύει περαιτέρω την επενδυτική της ελκυστικότητα.

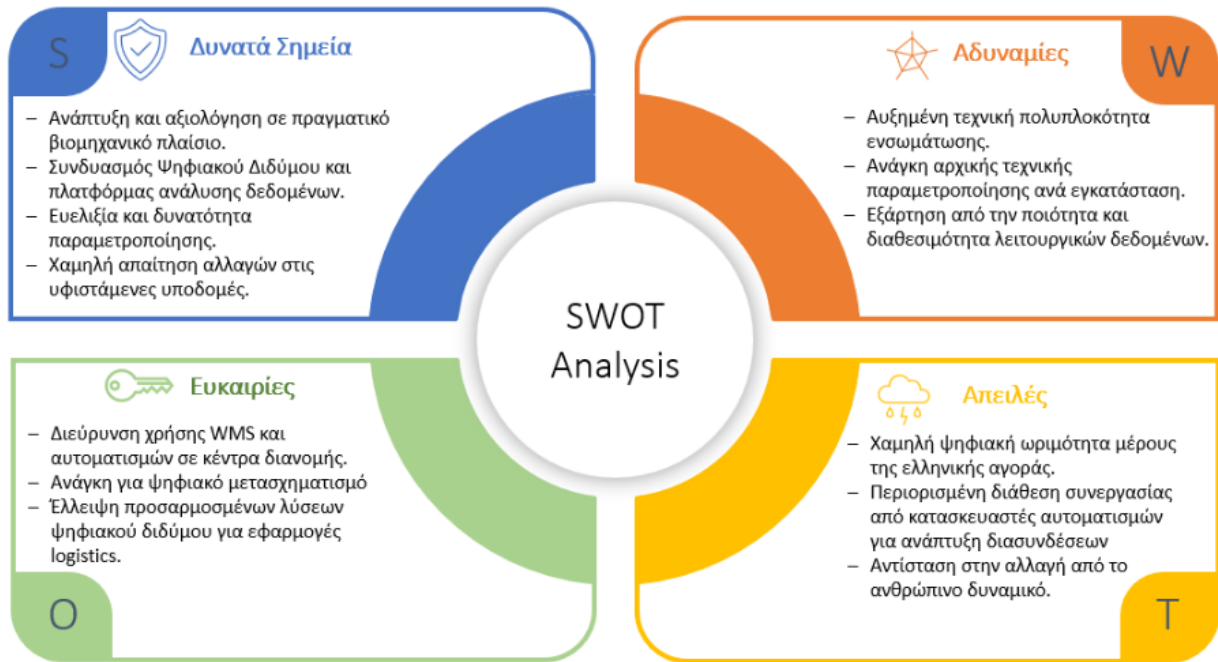
Οι πιθανοί μηχανισμοί και φορείς χρηματοδότησης περιλαμβάνουν:

- Εθνικά και ευρωπαϊκά αναπτυξιακά προγράμματα, τα οποία υποστηρίζουν την εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών και τη μετάβαση από πιλοτικές εφαρμογές σε ώριμες λύσεις.
- Στρατηγικές συνεργασίες με επιχειρήσεις logistics, integrators και παρόχους αυτοματισμών, οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν τόσο ως πρώτοι πελάτες όσο και ως συν-επενδυτές.
- Clusters καινοτομίας και ευρωπαϊκά δίκτυα, που προσφέρουν πρόσβαση σε πιλοτικές εγκαταστάσεις, τεχνογνωσία και συμπληρωματικά χρηματοδοτικά εργαλεία.

Η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης της λύσης ξεκινά από την πιλοτική εφαρμογή σε πραγματικό περιβάλλον logistics και την επιβεβαίωση της επιχειρησιακής της αξίας. Σε επόμενο στάδιο, η λύση τυποποιείται και σταθεροποιείται λειτουργικά, με στόχο τη μείωση του κόστους ενσωμάτωσης και την ευκολότερη εφαρμογή της σε νέα περιβάλλοντα.

Ακολούθως, η πλατφόρμα εξελίσσεται σε μια έτοιμη υπηρεσία, με επαναχρησιμοποιήσιμες λειτουργικές ενότητες και σαφές μοντέλο διάθεσης. Η δυνατότητα παραμετροποίησης επιτρέπει την εμπορική κλιμάκωση της λύσης και την εφαρμογή της σε πολλαπλά κέντρα διανομής, τόσο στην ελληνική όσο και στη διεθνή αγορά.

Ανάλυση SWOT



Εικόνα 13: Ανάλυση SWOT για τη λύση μοντελοποίησης και προσομοίωσης δικτύων εφοδιασμού και διανομής

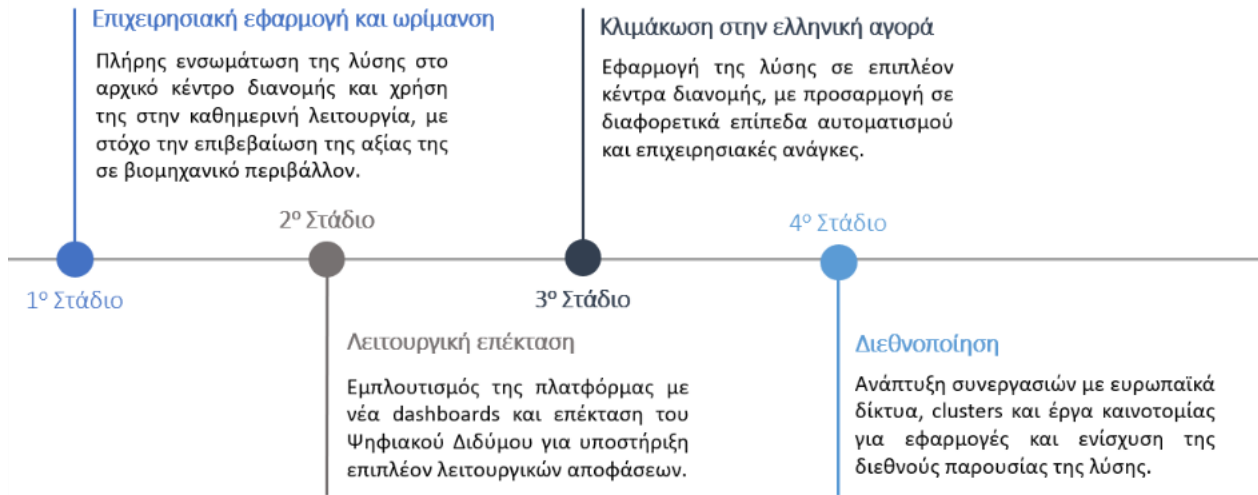
Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η παρούσα τεχνική λύση ανταποκρίνεται σε υπαρκτές και τεκμηριωμένες ανάγκες της ελληνικής αγοράς logistics, οι οποίες σχετίζονται με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των λειτουργιών, τη διεύρυνση των αυτοματισμών και το έλλειμμα ουσιαστικής αξιοποίησης των λειτουργικών δεδομένων. Η ανάπτυξή της βάσει πραγματικού βιομηχανικού συστήματος και με τη συμμετοχή τελικών χρηστών διασφαλίζει τη συνάφειά της με τις πραγματικές επιχειρησιακές συνθήκες και ενισχύει την αποδοχή της από την αγορά.

Η λύση συνδυάζει ανάλυση δεδομένων και ψηφιακό δίδυμο, υποστηρίζοντας κρίσιμους δείκτες απόδοσης που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα των αυτοματισμών, την παραγωγικότητα και τη διαφάνεια των διαδικασιών. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής αξιολόγησης καταδεικνύουν ότι η προσέγγιση αυτή μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας και στη λήψη τεκμηριωμένων διοικητικών αποφάσεων.

Ο προτεινόμενος οδικός χάρτης ανάπτυξης και διεύθυνσης της λύσης διαρθρώνεται σε διακριτά και ρεαλιστικά στάδια που αποτυπώνονται στο παρακάτω γράφημα:

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα



Εικόνα 14: Τα τέσσερα στάδια του οδικού χάρτη ανάπτυξης και διεξόδου της λύσης 11

Συνολικά, η προτεινόμενη λύση παρουσιάζει ισχυρό δυναμικό αξιοποίησης και κλιμάκωσης, καθώς συνδυάζει τεχνολογίες αιχμής με ρεαλιστική εφαρμογή σε πραγματικές βιομηχανικές συνθήκες. Η θετική αποτίμηση από τα στελέχη του κέντρου διανομής που τη δοκίμασαν, καθώς και το ενδιαφέρον για περαιτέρω ανάπτυξη και ενσωμάτωσή της, επιβεβαιώνουν τη χρησιμότητά της και δημιουργούν στέρεη βάση για τη μελλοντική της αξιοποίηση στην ελληνική και ευρωπαϊκή αγορά.

2.12. Βιομηχανικό μετασύμπαν με την χρήση επεξηγηματικής τεχνητής νοημοσύνης για εφαρμογές επιχειρηματικής νοημοσύνης

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ελληνική βιομηχανία αντιμετωπίζει σοβαρές προκλήσεις στην εκπαίδευση και επιμόρφωση του εργατικού δυναμικού, ιδιαίτερα σε τεχνικούς κλάδους όπως οι ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, η μηχανολογία και η συναρμολόγηση. Το κόστος εκπαίδευσης σε πραγματικές εγκαταστάσεις είναι υψηλό, ενώ οι κίνδυνοι από λάθη κατά την εκμάθηση μπορεί να είναι σημαντικοί. Παράλληλα, η έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού και η ανάγκη για γρήγορη προσαρμογή νέων εργαζομένων αποτελούν κρίσιμα ζητήματα ανταγωνιστικότητας.

Η προτεινόμενη τεχνική λύση του βιομηχανικού μετασύμπαντος με χρήση εικονικής πραγματικότητας (VR) και επεξηγηματικής τεχνητής νοημοσύνης προσφέρει μια καινοτόμα απάντηση σε αυτές τις προκλήσεις. Δημιουργεί ένα ασφαλές, επαναλήψιμο και οικονομικά αποδοτικό περιβάλλον εκπαίδευσης, όπου οι εργαζόμενοι μπορούν να εξασκηθούν σε πραγματικές συνθήκες χωρίς κινδύνους ή κόστος υλικών. Η ενσωμάτωση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπει την αντικειμενική αξιολόγηση της απόδοσης, την παροχή εξατομικευμένων συστάσεων βελτίωσης και τη δημιουργία αναλυτικών αναφορών για τη διοίκηση.

Για την Ελλάδα, η σημασία της λύσης είναι πολλαπλή: συμβάλλει στην ψηφιακή μετάβαση της βιομηχανίας, ενισχύει την παραγωγικότητα μέσω καλύτερα εκπαιδευμένου προσωπικού, μειώνει το κόστος και τον χρόνο εκπαίδευσης, και δημιουργεί νέες ευκαιρίες για εξαγωγή τεχνολογίας και τεχνογνωσίας σε διεθνείς αγορές.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Οι κύριες αγορές-στόχοι για τη λύση περιλαμβάνουν:

- Βιομηχανίες Μεταποίησης: Εταιρείες με ανάγκες εκπαίδευσης σε συναρμολόγηση, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, και τεχνικές διαδικασίες παραγωγής
- Κατασκευαστικές Εταιρείες: Εκπαίδευση προσωπικού σε ηλεκτρολογικά συστήματα κτιρίων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- Εταιρείες Ενέργειας και Τηλεπικοινωνιών: Εκπαίδευση τεχνικών σε πολύπλοκες διαδικασίες συντήρησης και εγκατάστασης
- Κέντρα Επαγγελματικής Κατάρτισης (IEK, ΟΑΕΔ): Προσφορά σύγχρονων εκπαιδευτικών προγραμμάτων με τεχνολογία αιχμής
- Ναυπηγοεπισκευαστικές Μονάδες: Εκπαίδευση σε ηλεκτρολογικά συστήματα πλοίων
- Εταιρείες Logistics και Αποθήκευσης: Εκπαίδευση προσωπικού σε λειτουργία αυτοματοποιημένων συστημάτων

Η λύση καλύπτει συγκεκριμένες ανάγκες που εστιάζουν στην (α) γρήγορη εκπαίδευση νέου προσωπικού μέσω της μείωσης του χρόνου ενσωμάτωσης νέων εργαζομένων από εβδομάδες σε ημέρες, (β) μείωση του κόστους εκπαίδευσης με την εξάλειψη του κόστους υλικών, ελαττωματικών προϊόντων κατά την εκμάθηση, και παύσης παραγωγής, (γ) ασφάλεια της εκπαίδευσης καθώς η εξάσκηση σε επικίνδυνες διαδικασίες πραγματοποιείται χωρίς κινδύνους για τον εργαζόμενο ή τον εξοπλισμό, (δ) τυποποίηση των διαδικασιών μέσα από την διασφάλιση ότι όλοι οι εργαζόμενοι εκπαιδεύονται με τον ίδιο τρόπο και στα ίδια standards, (ε) αντικειμενική αξιολόγηση καθώς η μέτρηση απόδοσης γίνεται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια κι όχι υποκειμενικές εκτιμήσεις και (στ) συνεχής βελτίωση μέσα από τον εντοπισμό αδυναμιών και παροχή στοχευμένης επιμόρφωσης.

Όλα τα παραπάνω αναμένονται να ωφελήσουν τους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, αναμένονται οφέλη τόσο για τις Επιχειρήσεις μέσα από την μείωση του κόστους εκπαίδευσης, γρηγορότερη ενσωμάτωση προσωπικού, μείωση ατυχημάτων, αντικειμενικά δεδομένα για HR αποφάσεις, όσο και για τους εργαζομένους με ασφαλές περιβάλλον μάθησης, δυνατότητα επανάληψης χωρίς άγχος, εξατομικευμένη ανατροφοδότηση και ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων. Τέλος, αναμένονται οφέλη και για τα

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

εκπαιδευτικά ιδρύματα μέσα από σύγχρονες υποδομές που προσελκύνουν σπουδαστές και δυνατότητες προσφοράς καινοτόμων προγραμμάτων.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Οι κλάδοι με τη μεγαλύτερη δυναμική για υιοθέτηση της λύσης αποτελούν τις Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις και Αυτοματισμοί (άμεση εφαρμογή), την Αυτοκινητοβιομηχανία και Συνεργεία (συναρμολόγηση, συντήρηση), την Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών (λειτουργία μηχανημάτων, υγιεινή), την Φαρμακευτική Βιομηχανία (διαδικασίες παραγωγής, ποιοτικός έλεγχος), τα Logistics και την Εφοδιαστική Αλυσίδα (λειτουργία αυτοματοποιημένων συστημάτων) και Κατασκευές και Τεχνικά Έργα (ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα).

Αναφορικά με το υφιστάμενο ανταγωνιστικό περιβάλλον, σε διεθνές επίπεδο, το ανταγωνιστικό τοπίο στον τομέα του VR training χαρακτηρίζεται από την παρουσία εταιρειών που εστιάζουν κυρίως σε γενικές εφαρμογές και soft skills. Η [Strivr](#) (ΗΠΑ) προσφέρει λύσεις VR training για μεγάλες εταιρείες με έμφαση σε υποστήριξη και διαχείριση πελατών, ενώ η [PIXO VR](#) (ΗΠΑ) διαθέτει μια πλατφόρμα γενικού σκοπού χωρίς ιδιαίτερη εξειδίκευση σε τεχνικές βιομηχανικές εφαρμογές. Η [Immerse](#) (Βρετανία) επικεντρώνεται στη συνεργατική μάθηση μέσω VR, ενώ λύσεις όπως το [Siemens NX Immersive Designer](#) αφορούν κυρίως το product design και όχι την εκπαίδευση προσωπικού. Αξίζει να σημειωθεί ότι τεχνολογίες όπως το [PTC Vuforia](#) βασίζονται σε Επαυξημένη Πραγματικότητα για εφαρμογές συντήρησης, αποτελώντας συμπληρωματική και όχι ανταγωνιστική τεχνολογία. Στην Ελλάδα, το οικοσύστημα εκπαίδευσης VR για βιομηχανικές εφαρμογές παραμένει ανώριμο, με εταιρείες που προσφέρουν γενικού σκοπού VR εμπειρίες, startups σε AR για μάρκετινγκ χωρίς AI αξιολόγηση, και παραδοσιακούς παρόχους e-learning που δεν υποστηρίζουν δυνατότητες VR.

Η προτεινόμενη λύση διαφοροποιείται ουσιαστικά από το υπάρχον ανταγωνιστικό περιβάλλον μέσω επτά στρατηγικών πλεονεκτημάτων. Πρώτον, ενσωματώνει επεξηγηματική τεχνητή νοημοσύνη με γράφους ενεργειών που όχι μόνο καταγράφει, αλλά αναλύει και επεξηγεί την απόδοση του εκπαιδευόμενου συγκρίνοντάς την με βέλτιστες διαδρομές. Δεύτερον, προσφέρει πολυεπίπεδη αξιολόγηση συνδυάζοντας ενέργειες, χρόνο και συναισθηματική ανάλυση μέσω τεχνολογιών speech-to-text και sentiment analysis. Τρίτον, παρέχει εργαλεία Επιχειρηματικής Ευφυΐας με γραφήματα και αναλυτικά dashboards που απευθύνονται στη διοίκηση και όχι μόνο στον εκπαιδευόμενο, διευκολύνοντας τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Τέταρτον, η αρχιτεκτονική της λύσης επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη δημιουργία νέων σεναρίων για διαφορετικούς κλάδους χωρίς επανασχεδιασμό του συστήματος. Πέμπτον, είναι σχεδιασμένη ειδικά για την ελληνική βιομηχανία με πλήρη υποστήριξη της ελληνικής γλώσσας. Έκτον, υιοθετεί αρχές Privacy by Design με τοπική αποθήκευση δεδομένων αντί cloud λύσεων, γεγονός κρίσιμο για βιομηχανίες με ευαίσθητες πληροφορίες. Τέλος, βασίζεται σε προσιτό hardware ([Meta Quest 3](#)) αντί ακριβών επαγγελματικών συστημάτων, προσφέροντας εξαιρετική κόστος-αποτελεσματικότητα και χαμηλά εμπόδια υιοθέτησης για τις επιχειρήσεις.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Για την επιτυχημένη εμπορική ανάπτυξη και αξιοποίηση της προτεινόμενης τεχνολογικής λύσης, σχεδιάζεται μία στρατηγική τεσσάρων φάσεων, η οποία εκτείνεται από την αρχική απόδειξη αξίας σε πραγματικές συνθήκες έως τη διεθνή επέκταση. Στην **Φάση 1 (6–12 μήνες)**, προβλέπεται η υλοποίηση pilot projects σε συνεργασία με 3–5 μεσαίες ή μεγάλες βιομηχανίες με αυξημένες ανάγκες εκπαίδευσης του προσωπικού. Μέσω παροχής πιλοτικών εφαρμογών σε μειωμένο κόστος, θα συλλεχθούν μετρήσιμα αποτελέσματα όπως μείωση του χρόνου εκπαίδευσης και σχετικού κόστους, καθώς και αύξηση της ικανοποίησης των εργαζομένων. Τα αποτελέσματα αυτά θα αξιοποιηθούν για την παραγωγή τεκμηριωμένων success stories και case studies, με στόχευση σε κλάδους όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, τα τρόφιμα-ποτά και τα logistics.

Η **Φάση 2 (12–24 μήνες)** εστιάζει στη δημιουργία συνεργασιών με θεσμικούς φορείς, ενισχύοντας την αναγνωρισιμότητα και αξιοπιστία της λύσης. Στο πλαίσιο αυτό, προβλέπεται δικτύωση με βασικούς κλαδικούς συνδέσμους, όπως ο [ΣΒΕ](#), ο [ΣΕΒ](#) και ο [ΣΕΠΕ](#), αλλά και με επιμελητήρια, όπως το [ΕΒΕΑ](#) και το [Επαγγελματικό Επιμελητήριο Θεσσαλονίκης](#), μέσα από συμμετοχή σε networking events και workshops.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Παράλληλα, θα επιδιωχθεί σύνδεση με clusters καινοτομίας στους τομείς ενέργειας, αγροδιατροφής και ICT, με στόχο η πλατφόρμα να ενταχθεί σε κοινά έργα έρευνας και ανάπτυξης. Συμπληρωματικά, θα αναπτυχθούν συνέργειες με ΙΕΚ και τεχνικές σχολές για ενσωμάτωση της λύσης στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς και με πανεπιστημιακά ερευνητικά κέντρα για συνεχή τεχνολογική αναβάθμιση.

Στην **Φάση 3 (24–36 μήνες)**, δίνεται έμφαση στην κλιμάκωση, στην τυποποίηση και στη διασφάλιση ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Θα αναπτυχθεί βιβλιοθήκη 15–20 έτοιμων εκπαιδευτικών σεναρίων για διαφορετικά παραγωγικά περιβάλλοντα, ενώ θα υιοθετηθεί επιχειρηματικό μοντέλο “as-a-service” για επαναλαμβανόμενα έσοδα μέσω συνδρομών. Παράλληλα, θα επιδιωχθεί πιστοποίηση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων από τον [ΕΟΠΠΕΠ](#) και διερεύνηση διαδικασιών πιστοποίησης ISO, με στόχο την ενίσχυση της αξιοπιστίας και τεχνικής εγκυρότητας. Η υποδομή θα βασίζεται σε cloud περιβάλλον, με συμμόρφωση στο GDPR, και θα συνοδεύεται από SaaS πλατφόρμα για διαχείριση πολλαπλών χρηστών και mobile εφαρμογή για παρακολούθηση της προόδου.

Τέλος, η **Φάση 4 (36+ μήνες)** αφορά τη διεθνοποίηση και την είσοδο σε νέες αγορές. Προβλέπεται συμμετοχή σε ευρωπαϊκά δίκτυα, συμπεριλαμβανομένων χρηματοδοτικών προγραμμάτων όπως το Horizon Europe και συνεργασία με European Digital Innovation Hubs (EDIHs) και εξειδικευμένα clusters, όπως το [EFFRA](#) για τον τομέα της ρομποτικής παραγωγής. Επιπρόσθετα, θα στοχευθούν αγορές των Βαλκανίων (Βουλγαρία, Ρουμανία, Σερβία), μέσω συνεργασιών με τοπικούς συνεργάτες για διανομή και τεχνική υποστήριξη. Η επέκταση θα υποστηριχθεί από τη συμμόρφωση με σχετικές ευρωπαϊκές πιστοποιήσεις και προδιαγραφές ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένων CE marking και προτύπων για το VR safety.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινόμενη λύση τοποθετείται σε μία ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά, καθώς η παγκόσμια αγορά λύσεων VR training αναμένεται να αγγίξει τα \$6,3 δισ. έως το 2027 με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 23%. Το επιχειρηματικό μοντέλο βασίζεται σε πλατφόρμα υψηλής κλιμάκωσης, όπου το οριακό κόστος ανάπτυξης νέων σεναρίων παραμένει χαμηλό, επιτρέποντας σημαντικές οικονομίες κλίμακας. Παράλληλα, η στρατηγική υιοθετεί SaaS μοντέλο με επαναλαμβανόμενα έσοδα (recurring revenue), υψηλό Customer Lifetime Value³⁵ και χαμηλό churn³⁶, διασφαλίζοντας βιώσιμη και προβλέψιμη χρηματοροή. Η τεχνολογική προσέγγιση, η αξιοποίηση AI και η χρήση εξειδικευμένων δομών γνώσης δημιουργούν σαφή ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα και ισχυρά τεχνολογικά εμπόδια εισόδου, ενώ η περιορισμένη παρουσία ανταγωνισμού στην Ελλάδα και τα Βαλκάνια προσφέρει σημαντικό first mover advantage και άμεση δυνατότητα διεθνούς επέκτασης.

Από χρηματοοικονομική σκοπιά, οι πελάτες αναμένεται να επιτυγχάνουν απόσβεση επένδυσης εντός 6–12 μηνών μέσω μείωσης του κόστους εκπαίδευσης και βελτίωσης της παραγωγικότητας, καταδεικνύοντας την υψηλή προστιθέμενη αξία της λύσης. Οι μικτές αποδόσεις εκτιμώνται στο 70–80% μετά την πλήρη εμπορική διάθεση της πλατφόρμας, καθιστώντας το προϊόν εξαιρετικά ελκυστικό για επενδυτές. Επιπλέον, δημιουργούνται ξεκάθαρες ευκαιρίες για μελλοντικό exit³⁷ μέσω συγχωνεύσεων και εξαγορών από μεγάλους τεχνολογικούς ομίλους του industrial training οικοσυστήματος (π.χ. SAP, Siemens, PTC) ή ακόμη και μέσω IPO σε μεταγενέστερο στάδιο.

Η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης περιλαμβάνει τέσσερα στάδια: (i) MVP – proof of concept (ήδη ολοκληρωμένο μέσω ερευνητικής χρηματοδότησης), (ii) pilot phase σε 3–5 βιομηχανίες εντός 6–12 μηνών με seed επένδυση³⁸ €200–300K, (iii) market-ready προϊόν εντός 12–24 μηνών με 10–15 έτοιμα σενάρια και 10–20 πρώτους πελάτες μέσω Series A³⁹ €1–2M και (iv) scale-up φάση 24–48 μηνών με διείσδυση στη Βαλκανική αγορά και 50+ πελάτες, υποστηριζόμενο από Series B €5–10M ή εναλλακτικά venture debt. Η χρηματοδότηση μπορεί να προέλθει από ελληνικά σχήματα ([EquiFund](#), [Jeremie](#), [Business](#)

³⁵ Εκτιμώμενη συνολική αξία ενός πελάτη καθ’ όλη τη διάρκεια συνεργασίας.

³⁶ Ποσοστό πελατών που διακόπτουν τη χρήση ή τη συνδρομή σε μια χρονική περίοδο.

³⁷ Κερδοφόρος έξοδος των επενδυτών μέσω πώλησης ή συγχώνευσης της εταιρείας.

³⁸ Αρχική χρηματοδότηση για ανάπτυξη ιδέας ή MVP.

³⁹ Πρώτος μεγάλος γύρος επένδυσης για εμπορική επέκταση και κλιμάκωση προϊόντος.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

[Angels Greece](#), Ταμείο Ανάκαμψης), ευρωπαϊκά προγράμματα (Horizon Europe, [EIC Accelerator](#), [Digital Europe](#), [Eurostars](#)) και εξειδικευμένα διεθνή funds με ενδιαφέρον σε industrial technologies και impact investments.

Ανάλυση SWOT

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα δυνατά και αδύνατα σημεία της λύσης, καθώς και οι απειλές και ευκαιρίες που αναγνωρίζονται.

	Helpful	Harmful
Internal	<ol style="list-style-type: none">Υψηλή καινοτομία - χρήση τεχνολογίας αιχμήςΕπεκτάσιμη αρχιτεκτονική – ανάπτυξη νέων σεναρίωνΜετρήσιμα οφέλη και ξεκάθαρο ενδιαφέρον για πελάτεςΙσχυρό ερευνητικό υπόβαθρο και δυνατότητα IP προστασίας	<ol style="list-style-type: none">Περιορισμένο εμπορικό ιστορικό και λίγα case studiesΑνάγκη για ενίσχυση ομάδας σε sales & marketingΕξάρτηση από hardware τρίτων (Meta Quest 3)Αργοί κύκλοι πωλήσεων σε B2B αγορά
External	<ol style="list-style-type: none">Χρηματοδοτικά εργαλεία για ψηφιακό μετασχηματισμόΈλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού, ανάγκη για εκπαίδευσηΔυνατότητα εξαγωγών σε Βαλκάνια & Ανατολική ΕυρώπηΣυνεργασίες με εκπαιδευτικούς φορείς για ανάπτυξη	<ol style="list-style-type: none">Ενίσχυση ανταγωνισμού από διεθνείς βιομηχανικούς παρόχουςΟικονομικές κρίσεις που μειώνουν το budget εκπαίδευσηςΔισταγμός υιοθέτησης νέων τεχνολογιώνΈλλειψη ξεκάθαρων κανονιστικών πλαισίων για VR εκπαίδευση

Εικόνα 15: Ανάλυση SWOT για τη λύση 12 που αφορά βιομηχανικό μετασύμπαν με την χρήση επεξηγηματικής τεχνητής νοημοσύνης για εφαρμογές επιχειρηματικής νοημοσύνης

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση VR & AI εκπαίδευσης απευθύνεται σε κρίσιμους βιομηχανικούς κλάδους με αυξημένες ανάγκες σε ασφάλεια και εξειδίκευση προσωπικού, προσφέροντας άμεση και μετρήσιμη αξία (μείωση κόστους και χρόνου εκπαίδευσης). Η στρατηγική διείσδυσης εστιάζει αρχικά σε επιλεγμένους early adopters στους τομείς της αυτοκινητοβιομηχανίας, των logistics και της βιομηχανίας τροφίμων–ποτών, με στόχο τη δημιουργία ισχυρών αναφορών και τη διάδοση της λύσης μέσω συνεργασιών με θεσμικούς φορείς και κλαδικά clusters. Η επενδυτική αξία ενισχύεται από την ταχεία ανάπτυξη της διεθνούς αγοράς VR training, το κλιμακούμενο SaaS επιχειρηματικό μοντέλο και τη δυνατότητα αξιοποίησης σημαντικών χρηματοδοτικών εργαλείων (Ταμείο Ανάκαμψης, Horizon Europe, EIC) για επιτάχυνση της εμπορικής ωρίμανσης και κλιμάκωσης.

Ο οδικός χάρτης υιοθέτησης και ανάπτυξης της λύσης προβλέπει τέσσερα διαδοχικά στάδια: (α) ολοκλήρωση MVP και απόδειξη τεχνικής σκοπιμότητας, ήδη επιτευχθείσα μέσα από το ερευνητικό έργο, (β) πιλοτικές εφαρμογές διάρκειας 6–12 μηνών σε 3–5 βιομηχανίες για συλλογή μετρήσιμων αποτελεσμάτων και δημιουργία success stories, (γ) διάθεση μιας πλήρως λειτουργικής πλατφόρμας στην αγορά εντός 12–24 μηνών, με έτοιμη βιβλιοθήκη 10–15 σεναρίων και την εξασφάλιση των πρώτων εμπορικών πελατών, και (δ) κλιμάκωση και διεθνοποίηση σε 24–48 μήνες, με στόχευση στις αγορές των Βαλκανίων και συνεργασίες με διεθνείς βιομηχανικούς integrators για ευρεία εμπορική διάθεση. Για την αποτελεσματική υλοποίηση του σχεδίου απαιτούνται συντονισμένες ενέργειες υποστήριξης, όπως ενίσχυση του μηχανισμού πωλήσεων και marketing, πιστοποίηση των εκπαιδευτικών σεναρίων, σύναψη στρατηγικών συνεργασιών με εκπαιδευτικούς και βιομηχανικούς φορείς και αξιοποίηση των διαθέσιμων χρηματοδοτικών εργαλείων για επιτάχυνση της υιοθέτησης. Η παρούσα προσέγγιση διασφαλίζει μια σαφή και επενδύσιμη προοπτική, θέτοντας τις βάσεις για βιώσιμη εμπορική επέκταση και διεθνή ανταγωνιστικότητα. Εικόνα 16 Εικόνες από το πόστο στη βιομηχανία

2.13. Φορητή πλατφόρμα καταμέτρησης αποθεμάτων σε αποθήκες

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η προτεινόμενη τεχνική λύση αποκτά ιδιαίτερη στρατηγική σημασία για την ελληνική βιομηχανία, καθώς απαντά σε κρίσιμες ανάγκες που σχετίζονται με τον ψηφιακό μετασχηματισμό, τη βελτιστοποίηση παραγωγικών διαδικασιών και την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Η οργάνωση και αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογιών επιτρέπει τη μείωση λειτουργικού κόστους, τη βελτίωση της ποιότητας προϊόντων και την άμεση ανταπόκριση στις απαιτήσεις της αγοράς, στηρίζοντας παράλληλα τη βιωσιμότητα και την ανθεκτικότητα των επιχειρήσεων.

Η Ελλάδα, διαθέτοντας αναπτυσσόμενα οικοσυστήματα καινοτομίας, έντονη δραστηριότητα σε τομείς όπως η **αγροδιατροφή**, τα **υλικά**, η **ενέργεια** και η **υγεία**, καθώς και σημαντικό ανθρώπινο επιστημονικό δυναμικό, αποτελεί πρόσφορο περιβάλλον για την υιοθέτηση της λύσης. Παράλληλα, η ευθυγράμμιση με εθνικές και ευρωπαϊκές στρατηγικές —όπως ο Ψηφιακός Μετασχηματισμός της Βιομηχανίας και η Πράσινη Μετάβαση— ενισχύει την προστιθέμενη αξία της τεχνολογίας και συμβάλλει στην προσέλκυση μελλοντικών επενδύσεων.

Η αρχική εφαρμογή και επίδειξη σε πραγματικές συνθήκες παραγωγής στην Ελλάδα μπορεί να λειτουργήσει ως μοχλός ευρείας διάδοσης και εμπορικής αξιοποίησης, διαμορφώνοντας έναν ρεαλιστικό οδικό χάρτη από την πιλοτική υιοθέτηση έως τη σταδιακή κλιμάκωση και τη διεθνοποίηση. Έτσι, η λύση μπορεί να αποτελέσει καταλύτη για την αναβάθμιση της ελληνικής βιομηχανίας, ενισχύοντας την τεχνολογική αυτονομία, δημιουργώντας νέα επιχειρηματικά μοντέλα και συμβάλλοντας στη συνολική αναπτυξιακή πορεία της χώρας.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η ελληνική αγορά παρουσιάζει έντονη ανάγκη για ψηφιακό μετασχηματισμό στη διαχείριση αποθεμάτων, ειδικά σε τομείς όπου οι αποθήκες παραμένουν σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένες από χειροκίνητες και χρονοβόρες διαδικασίες καταμέτρησης. Η προτεινόμενη φορητή ρομποτική πλατφόρμα στοχεύει στην αυτοματοποίηση κρίσιμων λειτουργιών logistics, καλύπτοντας άμεσα κενά που εντοπίζονται σήμερα σε βιομηχανικές και εμπορικές επιχειρήσεις. Η λύση απευθύνεται σε ευρύ φάσμα κλάδων που διαθέτουν αποθηκευτικούς χώρους και απαιτούν υψηλή ακρίβεια στη διαχείριση προϊόντων:

- *Βιομηχανία και παραγωγικές μονάδες:* ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, κατασκευές,
- *Χονδρεμπόριο και διανομή προϊόντων, B2B logistics,*
- *Κέντρα διανομής / αποθήκες, retail και e-commerce,*
- *Εισαγωγικές – εξαγωγικές εταιρείες,*

όπου οι αποθήκες έχουν μεγάλη ποικιλία προϊόντων και απαιτούν συνεχή ενημέρωση των αποθεμάτων τους.

Μέσω της ενσωμάτωσης τεχνολογιών υπολογιστικής όρασης, ρομποτικής πλοήγησης και αλγορίθμων φυσικής γλώσσας, η πλατφόρμα επιτρέπει την ταχεία και ακριβή καταμέτρηση των αντικειμένων, μειώνοντας τα ανθρώπινα λάθη και τον χρόνο ολοκλήρωσης των διαδικασιών, ενώ παράλληλα διευκολύνει τη χρήση από μη εξειδικευμένους χειριστές. Οι χρήστες επωφελούνται από την αυτόματη αποθήκευση ιστορικών δεδομένων σε βάση δεδομένων, την άμεση διαθεσιμότητα πληροφοριών για την κατάσταση των αποθεμάτων, καθώς και από την δυνατότητα λήψης αποφάσεων με βάση πλήρη και αξιόπιστα στοιχεία. Επιπλέον, η πλατφόρμα προσφέρει ευελιξία ώστε να προσαρμόζεται σε διαφορετικά αποθηκευτικά περιβάλλοντα, υποστηρίζοντας την εφαρμογή της σε μικρές ή μεγάλες εγκαταστάσεις και σε περιβάλλοντα όπου απαιτείται πρόσβαση σε δυσπρόσιτα σημεία. Συνολικά, η λύση ενισχύει την παραγωγικότητα, βελτιώνει την ακρίβεια και την διαφάνεια στη διαχείριση αποθεμάτων και συμβάλλει στον εκσυγχρονισμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, καλύπτοντας ουσιαστικά τις τρέχουσες και μελλοντικές ανάγκες των ελληνικών επιχειρήσεων στον τομέα της αποθήκευσης και διανομής προϊόντων.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η προτεινόμενη πλατφόρμα καταμέτρησης αποθεμάτων βρίσκει εφαρμογή σε επιχειρήσεις με αποθηκευτικούς ή διανεμητικούς χώρους όπου η ακρίβεια και η ταχύτητα καταμέτρησης αποτελούν κρίσιμα στοιχεία. Τέτοιοι κλάδοι είναι η παραγωγή (βιομηχανία ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, ανταλλακτικών), η χονδρική διανομή και logistics, τα κέντρα διανομής μεγάλων εταιρειών και e-commerce, καθώς και επιχειρήσεις που διαχειρίζονται πολύπλοκα αποθέματα με υψηλή μεταβλητότητα. Σε τέτοιους χώρους, η δυνατότητα αυτόματης πλοήγησης, οπτικής αναγνώρισης και ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο προσφέρει σημαντικό λειτουργικό όφελος.

Η αγορά αυτοματισμού αποθηκών στην Ευρώπη αναπτύσσεται με σημαντικό ρυθμό — π.χ. η αγορά αυτοματοποίησης αποθηκών εκτιμάται ότι θα φτάσει δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια ως το 2030. Υπάρχουν διεθνείς και ευρωπαϊκές λύσεις που προσφέρουν αυτοματοποιημένα ρομποτικά συστήματα, κινητά ρομπότ, ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης αποθηκών (WMS) και πλατφόρμες ρομποτικής συλλογής δεδομένων. Σε τοπικό επίπεδο, στην Ελλάδα, υπάρχουν εταιρείες logistics και system integrators που παρέχουν λύσεις αποθήκευσης και αυτοματισμού, αλλά λίγες εξειδικεύονται στην αυτόματη και φορητή καταμέτρηση αποθεμάτων μέσω drone ή mobile platforms με AI. Η λύση μας τοποθετείται ως συμπληρωματική προς υπάρχουσες «μεγάλες» εγκαταστάσεις αυτοματισμού ή ως πιο ευέλικτη επιλογή για επιχειρήσεις που δεν έχουν προχωρήσει σε πλήρη ανακατασκευή αποθηκών.

Το στρατηγικό πλεονέκτημά της λύσης έγκειται στην ένωση τριών βασικών τεχνολογικών αξόνων: αυτονομίας ρομποτικής πλοήγησης, οπτικής αναγνώρισης αντικειμένων και φυσικής γλώσσας για φιλική ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Η φορητή ρομποτική μονάδα (drone ή mobile unit) και η χρήση αλγορίθμων που επιτρέπουν την αυτόματη καταμέτρηση αποθέματος χωρίς χειροκίνητες διεργασίες προσφέρουν υψηλή ταχύτητα και ακρίβεια. Επιπλέον, η δυνατότητα ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο, η φιλικότητα προς μη εμπειρογνώμονες χρήστες (μέσω ερωτημάτων σε φυσική γλώσσα) και η δυνατότητα ενσωμάτωσης σε υφιστάμενες αποθήκες με περιορισμένες αλλαγές καθιστούν τη λύση ελκυστική για επιχειρήσεις που επιδιώκουν άμεσα αποτελέσματα. Έτσι, η λύση δεν απαιτεί πλήρη αντικατάσταση εξοπλισμού, μπορεί να εισαχθεί σταδιακά και να αποφέρει άμεσα επιχειρησιακά οφέλη — χαρακτηριστικό κρίσιμο για ελληνικές επιχειρήσεις που επιζητούν αποδεδειγμένα αποτελέσματα παρά μεγάλο ρίσκο.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης της προτεινόμενης λύσης στην ελληνική αγορά στηρίζεται αρχικά στη δημιουργία συνεργασιών με θεσμικούς φορείς, όπως κλαδικούς συνδέσμους, επιμελητήρια και clusters καινοτομίας. Μέσω αυτών των δικτύων, η λύση μπορεί να παρουσιαστεί σε στοχευμένο κοινό επιχειρήσεων, να αποκτήσει αξιοπιστία και να ενταχθεί σε πρωτοβουλίες ψηφιακού μετασχηματισμού και αυτοματοποίησης. Οι συνεργασίες αυτές επιτρέπουν την πρόσβαση σε πληροφορίες για τις ανάγκες των επιχειρήσεων, ενώ παράλληλα διευκολύνουν την προώθηση πιλοτικών εφαρμογών και την ενίσχυση της αναγνωρισιμότητας της τεχνολογίας σε εθνικό επίπεδο.

Η εισαγωγή της λύσης θα γίνει αρχικά μέσω στοχευμένων πιλοτικών εφαρμογών σε μεγάλες επιχειρήσεις που λειτουργούν υπό κανονιστικές απαιτήσεις για ακρίβεια και διαφάνεια στην καταμέτρηση αποθεμάτων. Με την ολοκλήρωση των πρώτων επιτυχημένων κύκλων, η λύση θα κλιμακωθεί ώστε να μπορεί να υποστηρίξει μεγαλύτερο αριθμό αποθηκών και διαφορετικά είδη προϊόντων, αξιοποιώντας τη φορητή και επεκτάσιμη φύση των ρομποτικών μονάδων. Η ευελιξία αυτή επιτρέπει τη σταδιακή υιοθέτηση από επιχειρήσεις μικρότερου μεγέθους, μειώνοντας το αρχικό κόστος και τον επιχειρησιακό κίνδυνο για τους χρήστες.

Παράλληλα με την εσωτερική διείσδυση στην ελληνική αγορά, προωθείται η σύνδεση με ευρωπαϊκά δίκτυα, φορείς πιστοποίησης και clusters καινοτομίας. Μέσω αυτών, η λύση αποκτά δυνατότητες διεθνοποίησης και υποστήριξης συμμόρφωσης με ευρωπαϊκά πρότυπα ποιότητας και ασφάλειας. Οι διεθνείς συνεργασίες θα επιτρέψουν την παρουσίαση της πλατφόρμας σε ευρωπαϊκά συνέδρια, πιλοτικά έργα και χρηματοδοτικά προγράμματα, αυξάνοντας την ελκυστικότητα της λύσης και για ξένους επενδυτές.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Συνολικά, η στρατηγική διείσδυσης βασίζεται σε τρεις άξονες: αξιοποίηση εθνικών θεσμικών συνεργασιών για αναγνωρισιμότητα και εμπιστοσύνη, σταδιακή εισαγωγή σε μεγάλες επιχειρήσεις με δυνατότητα κλιμάκωσης σε μικρότερες μονάδες, και διεθνοποίηση μέσω ευρωπαϊκών συνεργασιών και πιστοποιήσεων. Ο συνδυασμός αυτών των ενεργειών διασφαλίζει ότι η λύση θα καταστεί αναγνωρίσιμη, αξιόπιστη και βιώσιμη τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινόμενη λύση προσφέρει σαφή και μετρήσιμα οφέλη για τις επιχειρήσεις, όπως μείωση ανθρώπινου λάθους, ταχύτερη καταμέτρηση αποθεμάτων, βελτίωση της αποδοτικότητας και διαφάνεια στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για τους επενδυτές, αυτό μεταφράζεται σε μια αξιόπιστη και καινοτόμο τεχνολογία με δυνατότητα ευρείας εφαρμογής σε βιομηχανικούς και εμπορικούς χώρους, με προοπτικές κερδοφορίας και επεκτασιμότητας. Η φορητή και επεκτάσιμη αρχιτεκτονική, σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση τεχνητής όρασης και αλγορίθμων φυσικής γλώσσας, καθιστά τη λύση διαφοροποιημένη από υφιστάμενες εφαρμογές, προσφέροντας στρατηγικό πλεονέκτημα στους επενδυτές.

Η χρηματοδότηση της λύσης μπορεί να προέλθει από πολλαπλές πηγές. Σε εθνικό επίπεδο, είναι δυνατή η αξιοποίηση προγραμμάτων και επιχορηγήσεων μέσω του Υπουργείου Ανάπτυξης, των Περιφερειακών Επιχειρηματικών Κέντρων και των ελληνικών τραπεζών που υποστηρίζουν καινοτόμες τεχνολογίες. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η λύση μπορεί να ενταχθεί σε χρηματοδοτικά πλαίσια όπως τα Horizon Europe, [EIC Accelerator](#), και Ευρωπαϊκά clusters καινοτομίας. Επιπλέον, η προσέλκυση venture capital ή στρατηγικών επενδυτών από τον χώρο της βιομηχανίας logistics και αυτοματισμού παρέχει την ευκαιρία για άμεση κλιμάκωση και διεθνή παρουσία.

Η εμπορική ωρίμανση της λύσης σχεδιάζεται σε τρία βασικά στάδια. Το πρώτο αφορά πιλοτικές εφαρμογές σε μεγάλες εταιρείες με σκοπό την επαλήθευση της τεχνολογίας και την προσαρμογή της στις πραγματικές ανάγκες των χρηστών. Το δεύτερο στάδιο επικεντρώνεται στην κλιμάκωση της πλατφόρμας ώστε να υποστηρίζει μεγαλύτερο αριθμό αποθηκών και διαφορετικά είδη προϊόντων, με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας και την εμπέδωση της εμπιστοσύνης των πελατών. Στο τρίτο στάδιο, η λύση καθίσταται market-ready υπηρεσία, πλήρως βελτιστοποιημένη, με δυνατότητα ταυτόχρονης εφαρμογής σε πολλαπλές επιχειρήσεις και με διεθνή προοπτική, δημιουργώντας παράλληλα ένα ισχυρό επιχειρηματικό προφίλ που καθιστά την επένδυση ελκυστική.

Ανάλυση SWOT

Παρουσίαση δυνατών και αδύναμων σημείων, απειλών και ευκαιριών. Αντιστοίχιση δυνατών σημείων Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα δυνατά και αδύνατα σημεία της λύσης, καθώς και οι απειλές και ευκαιρίες που αναγνωρίζονται.

	Helpful	Harmful
Internal	<ol style="list-style-type: none">Υψηλή ακρίβεια και ταχύτητα καταμέτρησης αποθεμάτωνΕυχρηστία και δυνατότητα αλληλεπίδρασης με φυσική γλώσσαΣυνεχή παρακολούθηση και αποθήκευση δεδομένωνΕυέλικτη αρχιτεκτονική που επιτρέπει προσαρμογή	<ol style="list-style-type: none">Αρχικό κόστος υλοποίησης και ενσωμάτωσηςΑνάγκη για τεχνική υποστήριξη και εκπαίδευση προσωπικούΠεριορισμένη εμπειρία από πραγματικές εμπορικές εφαρμογέςΑργό κύκλο πωλήσεων λόγω διαδικασιών λήψης αποφάσεων σε B2B αγορά
External	<ol style="list-style-type: none">Ζήτηση για αυτοματοποίηση και ψηφιοποίηση logisticsΣυνεργασίες για προώθηση της λύσηςΔυνατότητα διεθνοποίησης μέσω ευρωπαϊκών δικτύωνΑνάπτυξη νέων λειτουργιών, όπως ανάλυση τάσεων αποθεμάτων	<ol style="list-style-type: none">Ανταγωνισμός από υπάρχουσες ή νέες τεχνολογικές λύσειςΤεχνολογικές εξελίξεις που απαιτούν συνεχή αναβάθμισηΚανονιστικά εμπόδια στην υιοθέτηση νέων συστημάτωνΑβεβαιότητα στις επενδύσεις λόγω οικονομικών συνθηκών

Εικόνα 17: Ανάλυση SWOT για φορητή πλατφόρμα καταμέτρησης αποθεμάτων σε αποθήκες

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη φορητή πλατφόρμα καταμέτρησης αποθεμάτων σε αποθήκες αποτελεί μια καινοτόμο λύση που ανταποκρίνεται άμεσα στις ανάγκες της ελληνικής βιομηχανίας και του εμπορίου. Η αγορά-στόχος περιλαμβάνει μεγάλες και μεσαίες βιομηχανικές επιχειρήσεις, αποθηκευτικούς χώρους logistics και εταιρείες εμπορικής διανομής, όπου η ακρίβεια, η ταχύτητα και η διαφάνεια στη διαχείριση των αποθεμάτων αποτελούν κρίσιμους παράγοντες. Η στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά βασίζεται σε συνεργασίες με θεσμικούς φορείς, όπως επιμελητήρια, κλαδικούς συνδέσμους και clusters καινοτομίας, στη σταδιακή υιοθέτηση από μεγάλες εταιρείες και στην αξιοποίηση ευρωπαϊκών δικτύων και φορέων πιστοποίησης, ώστε να επιτευχθεί ταυτόχρονα εμπιστοσύνη και κλιμάκωση της λύσης.

Η επενδυτική αξία της λύσης αναδεικνύεται από τη δυνατότητα μείωσης κόστους και βελτίωσης της αποδοτικότητας των επιχειρήσεων, σε συνδυασμό με την τεχνολογική καινοτομία που προσφέρει η ενσωμάτωση ρομποτικής, υπολογιστικής όρασης και αλγορίθμων φυσικής γλώσσας. Οι μηχανισμοί προσέλκυσης επενδύσεων περιλαμβάνουν εθνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα χρηματοδότησης, venture capital και στρατηγικές συνεργασίες με επιχειρήσεις του χώρου, ενώ η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης προβλέπει πιλοτικές εφαρμογές, σταδιακή κλιμάκωση και τελική καθιέρωση της πλατφόρμας ως market-ready υπηρεσία.

Ο οδικός χάρτης υιοθέτησης και κλιμάκωσης της λύσης περιλαμβάνει τρία κύρια στάδια. Το πρώτο αφορά την πιλοτική εφαρμογή σε επιλεγμένες μεγάλες επιχειρήσεις, με σκοπό την επαλήθευση της τεχνολογίας και την προσαρμογή της στις ανάγκες των χρηστών. Το δεύτερο στάδιο επικεντρώνεται στην κλιμάκωση της λύσης ώστε να υποστηρίζονται περισσότερες αποθήκες και διαφορετικά είδη προϊόντων, με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας και τη σταθερή βελτίωση των διαδικασιών. Το τρίτο στάδιο προβλέπει τη διεθνοποίηση, αξιοποιώντας συνεργασίες με ευρωπαϊκά δίκτυα, φορείς πιστοποίησης και εταιρικά clusters, προκειμένου η πλατφόρμα να καταστεί ευρέως διαθέσιμη και ανταγωνιστική σε διεθνές επίπεδο.

Ως επόμενα βήματα προτείνονται η συνεχής βελτίωση των αλγορίθμων αναγνώρισης και πλοήγησης, η ενσωμάτωση πρόσθετων λειτουργιών ανάλυσης δεδομένων και έξυπνης αναφοράς, καθώς και η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου προγράμματος υποστήριξης χρηστών και εκπαίδευσης προσωπικού. Παράλληλα, η ανάπτυξη στρατηγικών μάρκετινγκ και η συμμετοχή σε εκθέσεις καινοτομίας θα ενισχύσουν την αναγνωρισιμότητα της λύσης και την εμπιστοσύνη των επενδυτών και των επιχειρήσεων. Με την εφαρμογή αυτών των δράσεων, η πλατφόρμα μπορεί να εξελιχθεί σε βασικό εργαλείο ψηφιοποίησης και αυτοματοποίησης των διαδικασιών καταμέτρησης αποθεμάτων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.

2.14. Μηχανισμοί Προστασίας Δεδομένων στον Κόμβο Αιχμής

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η λύση που αφορά τους Μηχανισμούς Προστασίας Δεδομένων στον Κόμβο Αιχμής, αποτελεί κρίσιμο πυλώνα για τον ψηφιακό μετασχηματισμό της ελληνικής βιομηχανίας και τη σύγκλιση IT/OT. Η εφαρμογή της εισάγει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ασφάλειας στο “σημείο παραγωγής” των δεδομένων, δηλαδή στο edge, όπου πραγματοποιείται η συλλογή και η πρώτη επεξεργασία τους. Η λύση ενσωματώνει τεχνολογίες όπως κρυπτογράφηση, διαχείριση κλειδιών, δημιουργία πιστοποιητικών και υποστήριξη μετα-κβαντικής κρυπτογραφίας (MLKEM⁴⁰, MLDSA⁴¹), ενώ περιλαμβάνει μηχανισμούς ανίχνευσης ανωμαλιών και επιθέσεων με τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης (CNN⁴², LSTM⁴³, FCN⁴⁴). Επιπλέον, υποστηρίζει ασφαλή αποθήκευση τοπικών δεδομένων, ανίχνευση παραβιάσεων ακεραιότητας, καταγραφή συμβάντων και ασφαλή διαμοίραση τους μέσω [MQTT](#), με πλήρη υποστήριξη πρωτοκόλλων TLS 1.3⁴⁵ και EDHOC⁴⁶ σε κβαντικά ασφαλείς εκδόσεις.

Η σημασία αυτής της λύσης για την ελληνική βιομηχανία είναι μεγάλη, αρχικά επειδή θωρακίζει κρίσιμες υποδομές απέναντι σε συνεχώς αυξανόμενες κυβερνοαπειλές. Οι ελληνικές βιομηχανίες – συχνά με ετερογενή και παλιό εξοπλισμό – εκτίθενται σε επιθέσεις όπως ransomware⁴⁷, δολιοφθορά και υποκλοπή δεδομένων. Η δυνατότητα άμεσης ανίχνευσης κακόβουλων ενεργειών σε επίπεδο edge και η ύπαρξη μηχανισμών αυτοπροστασίας μειώνουν τον κίνδυνο διακοπής λειτουργίας και οικονομικής ζημίας. Παράλληλα, η ομογενοποίηση της επικοινωνίας μέσω πρωτοκόλλων όπως [OPC-UA](#), [Modbus](#), [BACNet](#), [MQTT](#) κλπ επιτρέπει την αναβάθμιση της ασφάλειας χωρίς εκτεταμένα έργα αντικατάστασης εξοπλισμού—κάτι που συνάδει με την πραγματικότητα των ελληνικών MME, οι οποίες συχνά διαθέτουν μεικτές υποδομές.

Η λύση είναι καθοριστική και για την ασφαλή υλοποίηση εφαρμογών edge AI και real-time analytics. Ο κόμβος αιχμής μπορεί να εκτελεί ανάλυση δεδομένων και ανίχνευση απειλών τοπικά, χωρίς εξάρτηση από cloud υποδομές ή δίκτυα υψηλής διαθεσιμότητας. Αυτό μειώνει τις καθυστερήσεις και επιτρέπει την άμεση απόκριση σε περιστατικά, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στη διασφάλιση της ιδιωτικότητας δεδομένων και της επιχειρησιακής συνέχειας σε εγκαταστάσεις όπου η συνδεσιμότητα είναι περιορισμένη. Η δυνατότητα λειτουργίας με ελάχιστο αποτύπωμα δικτύου αποτελεί πλεονέκτημα για πολλές βιομηχανικές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα, ειδικά εκτός μεγάλων αστικών κέντρων.

⁴⁰ Module-Lattice-based Key-Encapsulation Mechanism: Ένας κρυπτογραφικός αλγόριθμος ανταλλαγής κλειδιών βασισμένος σε πλέγματα, ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να ανθίσταται σε επιθέσεις από μελλοντικούς κβαντικούς υπολογιστές.

⁴¹ Module-Lattice-based Digital Signature Algorithm: Ένας αλγόριθμος ψηφιακής υπογραφής βασισμένος σε πλέγματα, ο οποίος εξασφαλίζει την αυθεντικότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων, προσφέροντας προστασία έναντι επιθέσεων από κβαντικούς υπολογιστές.

⁴² Convolutional Neural Network: Μοντέλα που ειδικεύονται στην αναγνώριση χωρικών προτύπων. Αν και ξεκίνησαν από την επεξεργασία εικόνας, στην κυβερνοασφάλεια χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό σύνθετων δομών σε πακέτα δεδομένων δικτύου.

⁴³ Long Short-Term Memory: Ένας εξειδικευμένος τύπος Αναδρομικού Νευρωνικού Δικτύου (RNN) που μπορεί να “θυμάται” πληροφορίες για μεγάλες χρονικές περιόδους. Είναι ιδανικό για την ανάλυση χρονικών σειρών και τον εντοπισμό ανωμαλιών που εξελίσσονται αργά στον χρόνο.

⁴⁴ Fully Convolutional Network: Μια αρχιτεκτονική που αποτελείται αποκλειστικά από συνελκτικά επίπεδα (χωρίς τα παραδοσιακά “πυκνά” επίπεδα στο τέλος). Χρησιμοποιείται συχνά για την ταξινόμηση δεδομένων σε πολύ υψηλή ανάλυση ή για τον εντοπισμό συγκεκριμένων σημείων επίθεσης μέσα σε μεγάλο όγκο κίνησης.

⁴⁵ Transport Layer Security 1.3: Η τελευταία και πλέον ασφαλής έκδοση του πρωτοκόλλου που προστατεύει την επικοινωνία στο Διαδίκτυο

⁴⁶ Ephemeral Diffie-Hellman Over HOLMS: Ένα εξαιρετικά «ελαφρύ» (lightweight) πρωτόκολλο πιστοποίησης και ανταλλαγής κλειδιών, σχεδιασμένο ειδικά για συσκευές με περιορισμένους πόρους, όπως αυτές του Internet of Things.

⁴⁷ Λυτρισμικό: Ένας τύπος κακόβουλου λογισμικού που κρυπτογραφεί τα αρχεία ή “κλειδώνει” το σύστημα του χρήστη, απαιτώντας την καταβολή λύτρων (συνήθως σε κρυπτονομίσματα) για την παροχή του κλειδιού αποκρυπτογράφησης και την ανάκτηση της πρόσβασης.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Επιπλέον, η λύση ενισχύει τη συμμόρφωση με κρίσιμα κανονιστικά πλαίσια όπως ο [NIS2](#), ο [GDPR](#) και το [ISO 27001](#), χάρη σε λειτουργίες όπως η καταγραφή συμβάντων, η ιεραρχία πρόσβασης, η ισχυρή αυθεντικοποίηση ([FIDO](#), [OIDC](#)), η ακεραιότητα δεδομένων και οι κρυπτογραφημένες επικοινωνίες. Σε μια εποχή όπου οι διεθνείς εφοδιαστικές αλυσίδες απαιτούν αυστηρή τεκμηρίωση ασφάλειας, η υιοθέτηση τέτοιων μηχανισμών αποτελεί αναγκαίο παράγοντα για τη διατήρηση και επέκταση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών παραγωγικών επιχειρήσεων.

Από επιχειρησιακή σκοπιά, η ύπαρξη ενός ασφαλούς και “έξυπνου” κόμβου αιχμής συμβάλλει στη μείωση του κόστους και στη βελτίωση της παραγωγικότητας, καθώς περιορίζει τα περιστατικά κακόβουλης δραστηριότητας, εντοπίζει βλάβες και ανωμαλίες νωρίτερα και επιτρέπει απομακρυσμένη διαχείριση με ασφάλεια. Για τις MME—που αποτελούν τη μεγάλη πλειοψηφία του ελληνικού βιομηχανικού τομέα και συχνά δεν διαθέτουν εξειδικευμένο προσωπικό στον τομέα cybersecurity—η λύση παρέχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα ασφάλειας “έτοιμο προς χρήση”, χωρίς ανάγκη βαθιάς τεχνογνωσίας.

Τέλος, η ενσωμάτωση μετακβαντικών τεχνολογιών ασφάλειας τοποθετεί την ελληνική βιομηχανία σε προωθημένη θέση διεθνώς. Η μετάβαση στην εποχή μετά τους κβαντικούς υπολογιστές αποτελεί στρατηγικό στόχο της Ε.Ε., και η υιοθέτηση τέτοιων αλγορίθμων ήδη από σήμερα εξασφαλίζει μακροχρόνια προστασία ευαίσθητων δεδομένων και συμμόρφωση με τις τεχνολογικές εξελίξεις της επόμενης δεκαετίας. Για τις ελληνικές βιομηχανικές επιχειρήσεις, αυτό μεταφράζεται σε ανθεκτικότητα, αξιοπιστία και δυνατότητα συμμετοχής σε προηγμένες ευρωπαϊκές αρχιτεκτονικές ψηφιακής παραγωγής.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η λύση Μηχανισμοί Προστασίας Δεδομένων στον Κόμβο Αιχμής αποτελεί μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική κυβερνοασφάλειας για το βιομηχανικό edge, εκεί όπου συλλέγονται και επεξεργάζονται κρίσιμα δεδομένα παραγωγής. Η λύση ενσωματώνει ασφαλή πρωτόκολλα επικοινωνίας, κρυπτογράφηση, διαχείριση κλειδιών και πιστοποιητικών, μηχανισμούς προστασίας ακεραιότητας, καθώς και τεχνητή νοημοσύνη για την ανίχνευση ανωμαλιών και κακόβουλων ενεργειών, προσφέροντας μια στιβαρή και σύγχρονη βάση για ασφαλή λειτουργία IIoT συστημάτων, PLCs και βιομηχανικών δικτύων. Παράλληλα, μέσω της υιοθέτησης μετακβαντικών αλγορίθμων (MLKEM, MLDSA, PQEDHOC⁴⁸), η λύση προετοιμάζει τη βιομηχανία για το μέλλον, εξασφαλίζοντας ανθεκτικότητα απέναντι σε επερχόμενες απειλές από κβαντικούς υπολογιστές.

Οι αγορές-στόχοι της λύσης εκτείνονται στη μεταποίηση, στην ενέργεια και σε κρίσιμες υποδομές, στα logistics και στις έξυπνες αποθήκες, καθώς και στα περιβάλλοντα ρομποτικής και Industry 4.0 όπου απαιτείται ασφάλεια και επεξεργασία με χαμηλό latency. Εξίσου σημαντική είναι η στόχευση των μικρομεσαίων επιχειρήσεων που λειτουργούν με παλαιότερο εξοπλισμό και χρειάζονται ασφαλή διασύνδεση χωρίς ακριβές αναβαθμίσεις υποδομών. Οι δυνατότητες υποστήριξης πρωτοκόλλων όπως OPC-UA, Modbus, BACNet, MQTT κ.α. καθώς και Ethernet, RS485⁴⁹, WiFi, 6LoWPAN⁵⁰, IEEE802.15.4⁵¹, Bluetooth κ.α. καθιστούν τη λύση κατάλληλη για ανομοιογενή OT περιβάλλοντα με διαφορετικού τύπου συσκευές.

Η λύση καλύπτει κρίσιμες ανάγκες των σύγχρονων και μελλοντικών βιομηχανικών συνθηκών. Η αντιμετώπιση κυβερνοαπειλών ενισχύεται μέσω προηγμένων αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης

⁴⁸ Post-Quantum EDHOC: η κβαντικά ασφαλής εξέλιξη του πρωτοκόλλου EDHOC, που ενσωματώνει μετακβαντικούς αλγορίθμους (όπως το ML-KEM), σχεδιασμένη να παρέχει κρυπτογραφική ασφάλεια σε περιορισμένες συσκευές (IoT) έναντι επιθέσεων από κβαντικούς υπολογιστές.

⁴⁹ RS-485: Ένα πρότυπο σειριακής επικοινωνίας που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία και τον αυτοματισμό. Είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στον θόρυβο και επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις.

⁵⁰ IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks: Ένα πρωτόκολλο που επιτρέπει τη μεταφορά πακέτων IPv6 πάνω από δίκτυα IEEE 802.15.4. Είναι αυτό που δίνει "ταυτότητα" IP σε μικρές συσκευές IoT.

⁵¹ IEEE 802.15.4: Ένα τεχνικό πρότυπο που ορίζει τα χαμηλά επίπεδα (Physical και MAC) για ασύρματα δίκτυα χαμηλού ρυθμού μετάδοσης και χαμηλής κατανάλωσης (LR-WPAN).

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

(CNN, LSTM, FCN) που αναλύουν σε πραγματικό χρόνο συμπεριφορές συστημάτων, εντοπίζοντας ανωμαλίες πριν εξελιχθούν σε επιθέσεις. Εξασφαλίζεται, επίσης, ασφαλής λειτουργία ετερογενών συσκευών, η συμμόρφωση με κανονισμούς NIS2, GDPR και ISO 27001 μέσω κρυπτογράφησης, auditing, ισχυρής ταυτοποίησης συσκευών (FIDO, OIIC) και προστασίας ακεραιότητας, ενώ η τοπική επεξεργασία στο edge μειώνει την εξάρτηση από cloud, βελτιώνοντας latency και ιδιωτικότητα. Η ενσωμάτωση μετακβαντικών αλγορίθμων εγγυάται μελλοντική ανθεκτικότητα και συμβατότητα με αναδυόμενα πρότυπα ασφάλειας.

Τα οφέλη για τους χρήστες είναι πολυδιάστατα. Η λύση μειώνει δραστικά τον κίνδυνο κυβερνοεπιθέσεων χάρη στη realtime ανίχνευση και στους μηχανισμούς αυτοπροστασίας, αυξάνοντας την παραγωγικότητα μέσω της μείωσης του downtime και της αποτροπής διακοπών λειτουργίας. Η τοπική κρυπτογραφημένη αποθήκευση προστατεύει ευαίσθητα δεδομένα παραγωγής, ενώ η χρήση edge analytics μειώνει το κόστος cloud και τα λειτουργικά έξοδα. Η συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα επιτρέπει ομαλή ενσωμάτωση χωρίς αντικατάσταση εξοπλισμού, ενώ η υποστήριξη postquantum τεχνολογιών προσφέρει μακροχρόνια ασφάλεια και προσαρμογή σε μελλοντικά πρότυπα. Συνολικά, η λύση 2.15 προσφέρει μια ισχυρή, ευέλικτη και μελλοντοστραφή πλατφόρμα ασφάλειας, ενισχύοντας την ανθεκτικότητα και ανταγωνιστικότητα των ελληνικών βιομηχανικών επιχειρήσεων σε ένα περιβάλλον έντονων κυβερνοαπειλών και ταχύτατου τεχνολογικού μετασχηματισμού.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η λύση παρέχει ένα ολιστικό πλαίσιο ασφάλειας στον κόμβο αιχμής (edge node) για βιομηχανικά περιβάλλοντα: πολυ-πρωτοκολλική συλλογή/ανταλλαγή δεδομένων (OPCUA, Modbus, BACNet κ.α. σε δίκτυα Ethernet/RS485/WiFi/6LoWPAN/IEEE802.15.4/Bluetooth κ.α.), ασφαλής τοπική αποθήκευση, MQTT broker, κρυπτογράφηση, διαχείριση κλειδιών/πιστοποιητικών, μετακβαντική κρυπτογραφία (MLKEM, MLDSA) και AI-based ανίχνευση ανωμαλιών/κακόβουλης συμπεριφορά, όλα υλοποιημένα επί τόπου στο edge, με δυνατότητα FPGA επιτάχυνσης κρυπτογραφικών λειτουργιών

Κλάδοι-Στόχοι (ποιοι ωφελούνται περισσότερο)

- *Μεταποίηση* (Discrete & Process): γραμμές με PLC/SCADA, ρομποτικά κελιά και IIoT όπου απαιτείται ασφαλής συλλογή δεδομένων και real-time έλεγχος/analytics στο edge με χαμηλό latency.
- *Ενέργεια & Κρίσιμες Υποδομές*: ανάγκη για ανθεκτικότητα σε επιθέσεις και συμμόρφωση με NIS2, η λύση παρέχει PQC, διαχείριση πιστοποιητικών/κλειδιών και ασφαλείς διαύλους.
- *Logistics & Έξυπνες Αποθήκες*: AGVs/AMRs, RFID, αισθητήρες που απαιτούν ασφαλή edge analytics και προστασία τηλεμετρίας με MQTT/OPCUA.
- *Ρομποτική & HRC περιβάλλοντα*: ενίσχυση ιδιωτικότητας/ακεραιότητας δεδομένων όρασης και ασφαλούς λειτουργίας σε συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ, με επεξεργασία τοπικά.
- *MME με ετερογενή/παλαιό OT εξοπλισμό*: σταδιακή μετάβαση χωρίς εκτεταμένη αντικατάσταση, λόγω υποστήριξης πολλαπλών βιομηχανικών πρωτοκόλλων και έτοιμων μηχανισμών ασφάλειας στο edge.

Χαρτογράφηση ανταγωνιστικών & συμπληρωματικών λύσεων (Ελλάδα & Ευρώπη)

Εγχώριο/Περιφερειακό οικοσύστημα (ενδεικτικά):

- [Nozomi Networks](#) (μέσω συνεργασιών σε Ελλάδα): OT/IoT ορατότητα, εντοπισμός απειλών και asset inventory (συνεργασία με [ADAPTIT](#), μεταπώληση από iMetrix). Ισχυρή στο monitoring/visibility, λιγότερη εστίαση σε PQEDHOC ή hardwareεπιτάχυνση στο edge
- [Clarity](#): πλατφόρμα OT/IoT/IIoT ([xDome/CTD/SRA/Edge](#)), ευθυγράμμιση με NIS2 για ευπάθειες, ανίχνευση, secure remote access, συμπληρωματική για OT posture management.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- *Integrators/πάροχοι*: INTEC/Honeywell (OT cybersecurity πρακτικές & training), Uni Systems (έργα κυβερνοασφάλειας/κριτικών υποδομών στο οικοσύστημα ΕΕ), Intracom Telecom (PSIM/critical infra & IoT λύσεις). Ρόλος ως κανάλια υλοποίησης και ενοποίησης με OT, όχι καθαροί ανταγωνιστές σε PQCEdge crypto.

Ευρωπαϊκές/διεθνείς πλατφόρμες:

- [Siemens SINEC](#) (Security Guard/Monitor/Inspector/NMS): cloudbased OT vulnerability management, παρακολούθηση/συμμόρφωση και διαχείριση δικτύου· εστιάζει σε visibility/διαχείριση, όχι σε PQEDHOC ή FPGAεπιτάχυνση στον edge κόμβο.
- [Microsoft Azure](#) IoT Edge / Defender for IoT: πλαίσιο ασφάλειας με certificates/HSM/TPM και best practices για edge/asset/connection/cloud security, λειτουργεί ως control plane, χωρίς ενσωματωμένο PQEDHOC.
- [AWS IoT Greengrass](#): edge runtime με IAM/TPM2.0/OTA, κατάλληλο για ML στο edge· συμπληρωματικό ως πλατφόρμα, όχι ειδικά PQCEDHOC-centric.

Πρότυπα/Ερευνα που καθορίζουν την αγορά:

- [EDHOC \(RFC 9528\)](#): ελαφρύ handshake για constrained IoT, αυξανόμενο ενδιαφέρον/έρευνα για PQEDHOC (σχεδιασμός/αποτίμηση με ενσωμάτωση PQC KEM/DSA).
- [NIST PQC Standards](#) (08/2024): τυποποίηση MLKEM (Kyber) & MLDSA (Dilithium) (και SLHDSA⁵²), σύσταση για έγκαιρη μετάβαση οργανισμών στα νέα πρότυπα.

Συνοπτικά, οι λύσεις τύπου Siemens/Claroty/Nozomi κυριαρχούν σε visibility, vulnerability & monitoring· τα hyperscalers (Azure/AWS) παρέχουν πλαίσια διαχείρισης. Το κενό βρίσκεται στην κβαντικά ασφαλή, επιταχυνόμενη στο υλικό (FPGA) προστασία στον ίδιο τον edge κόμβο, εκεί όπου εστιάζει η λύση

Unique Selling Points (USPs) της λύσης

- *PQC by design στο ίδιο το Edge*: ενσωμάτωση MLKEM/MLDSA (NIST-standardized) και PQEDHOC για ανθεκτική σε κβαντικές επιθέσεις αυθεντικοποίηση/ανταλλαγή κλειδιών σε constrained IIoT/OT σενάρια.
- *Hardwareassisted crypto & realtime*: χρήση FPGA για επιτάχυνση ψηφιακών υπογραφών/κρυπτογραφίας, μείωση latency/ισχύος και διατήρηση ρυθμοαπόδοσης σε κόμβους χαμηλών πόρων.
- *Ολιστική ασφάλεια κόμβου*: μοναδική ταυτότητα συσκευής, αισθητήρες ακεραιότητας/αυθεντικότητας, καταγραφή συμβάντων (JSON), και AIbased ανίχνευση ανωμαλιών (π.χ. LSTM/CNN) με υψηλές επιδόσεις.
- *Διαλειτουργικότητα χωρίς «κλείδωμα»*: υποστήριξη OPCUA/Modbus/BACNet κ.α. ασφαλής διαμοίραση με MQTT, ισχυρή αυθεντικοποίηση χρηστών/συσκευών μέσω FIDO/OIDC· προσαρμόζεται σε υπάρχουσες πλατφόρμες (SINEC, Defender for IoT, Greengrass, Claroty/Nozomi).

⁵² Stateless Hash-based Digital Signature Algorithm: Ένας αλγόριθμος ψηφιακής υπογραφής βασισμένος αποκλειστικά σε συναρτήσεις κατακερματισμού (hash functions).

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- *Ευθυγράμμιση με NIS2 & εθνικές προτεραιότητες:* διευκολύνει συμμόρφωση (vulnmgmt⁵³, logging, identity/access) και ενισχύει την κυβερνοανθεκτικότητα σύμφωνα με τη [Εθνική Στρατηγική Κυβερνοασφάλειας 20262-030](#).

Ανάγκες που καλύπτει

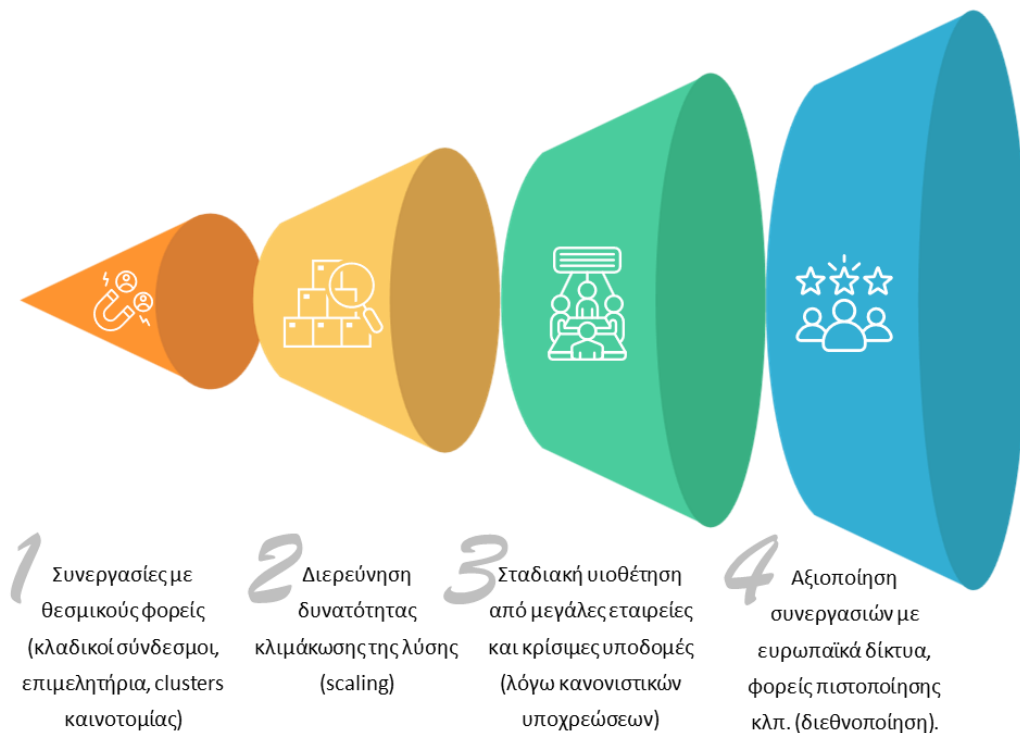
- *Αντιμέτωπιση σύγχρονων OT/IIoT απειλών:* κρυπτογράφηση, διαχείριση κλειδιών/πιστοποιητικών, αισθητήρες ακεραιότητας και ανίχνευση ανωμαλιών σε πραγματικό χρόνο στο edge.
- *Μετάβαση σε Post-Quantum εποχή:* υλοποίηση με NIST PQC (MLKEM/MLDSA) και PQEDHOC ώστε οι βιομηχανικές επικοινωνίες να παραμείνουν ασφαλείς και στο μέλλον.
- *Edge analytics με ιδιωτικότητα/χαμηλό latency:* τοπική επεξεργασία, λιγότερη έκθεση δεδομένων σε cloud και ανθεκτικότητα σε διακοπές συνδεσιμότητας.
- *Σταδιακή υιοθέτηση σε παλαιά/μικτά περιβάλλοντα:* πολυ-πρωτοκολλική διασύνδεση και modular αρχιτεκτονική που «κουμπώνει» πάνω σε υπάρχοντα OT συστήματα/πλατφόρμες.

Μετρήσιμα/πρακτικά οφέλη για τους χρήστες

- Μείωση latency & κόστους cloud λόγω τοπικής κρυπτογράφησης/analytics και επιλεκτικής αποστολής τηλεμετρίας.
- Αυξημένη διαθεσιμότητα (λιγότερο downtime) μέσω έγκαιρης ανίχνευσης ανωμαλιών/επιθέσεων και μηχανισμών αυτοπροστασίας στον edge κόμβο.
- Μακροχρόνια ανθεκτικότητα με τυποποιημένους PQ αλγορίθμους (MLKEM/MLDSA) και συμβατότητα με τη σύσταση άμεσης μετάβασης της NIST.
- Συμμόρφωση & ετοιμότητα για NIS2 χάρη σε logging, identity/access controls και risk-based προτεραιοποίηση δράσεων ασφάλειας.
- Ομαλή ενσωμάτωση με OT/IT πλαίσια (SINEC, Defender for IoT, Greengrass, Claroty/Nozomi) χωρίς vendor lockin.

⁵³ Vulnmgmt ή Vulnerability Management: Μια συνεχής, κυκλική διαδικασία που περιλαμβάνει τον εντοπισμό, την αξιολόγηση, την ιεράρχηση και την αποκατάσταση (remediation) αδυναμιών στο λογισμικό και το υλικό, προτού αυτές τύχουν εκμετάλλευσης από επιτιθέμενους.

Προτεινόμενη στρατηγική διεξόδου στην ελληνική αγορά



Εικόνα 18: Τα 4 στάδια διεξόδου στην αγορά

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Επενδυτική Αποτύπωση & Πορεία Αξιοποίησης της Λύσης

Η λύση Μηχανισμοί Προστασίας Δεδομένων στον Κόμβο Αιχμής αποτελεί μια τεχνολογική καινοτομία με υψηλή επενδυτική αξία, καθώς καλύπτει μια κεντρική ανάγκη της ευρωπαϊκής και ελληνικής βιομηχανίας: την ενίσχυση της ασφάλειας σε επίπεδο edge, εκεί όπου τα δεδομένα παράγονται και επεξεργάζονται. Η λύση ενσωματώνει μετακβαντική κρυπτογραφία τύπου MLKEM και MLDSA, εγκεκριμένες από τη NIST το 2024, δημιουργώντας ένα πλαίσιο άμεσα έτοιμο για την επερχόμενη μετάβαση σε postquantum αρχιτεκτονικές ασφάλειας. Ταυτόχρονα αξιοποιεί το πρωτόκολλο PQEDHOC ως ασφαλές handshake για constrained IIoT/OT περιβάλλοντα και ενισχύει την υπολογιστική απόδοση μέσω FPGA-based crypto acceleration⁵⁴.

Η υλοποίηση αυτή ανταποκρίνεται σε ένα οικοσύστημα που εξελίσσεται ραγδαία. Οι μεγάλες OT/IIoT πλατφόρμες – όπως το οικοσύστημα Siemens SINEC, οι πλατφόρμες ορατότητας Claroty και Nozomi Networks, καθώς και τα edge frameworks της Microsoft (Azure IoT Edge) και της AWS (Greengrass)– επιβεβαιώνουν τη ζωτικότητα της αγοράς και ταυτόχρονα υποδεικνύουν ένα μεγάλο κενό: καμία από αυτές δεν υλοποιεί εγγενώς postquantum ασφάλεια και επιτάχυνση κρυπτογραφικών λειτουργιών στο ίδιο το edge. Η λύση επομένως διαφοροποιείται ξεκάθαρα, παρέχοντας βαθιά τεχνολογική προστασία στην πηγή των δεδομένων και προσφέροντας δυνατότητα εύκολης ενσωμάτωσης (attach mode) στα υπάρχοντα αυτά οικοσυστήματα.

⁵⁴ Η χρήση επαναπρογραμματιζόμενου υλικού (FPGA) για την εκτέλεση κρυπτογραφικών υπολογισμών απευθείας στο επίπεδο του κυκλώματος. Αυτό επιτρέπει την επεξεργασία αλγορίθμων (όπως οι MLKEM/DSA) με πολύ υψηλότερες ταχύτητες και χαμηλότερη υστέρηση (latency) σε σχέση με τους κοινούς επεξεργαστές, καθιστώντας εφικτή την κβαντικά ασφαλή κρυπτογραφία σε περιβάλλοντα πραγματικού χρόνου.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Στην ελληνική πραγματικότητα, η ανάγκη αυτή ενισχύεται από το θεσμικό πλαίσιο και από εθνικές στρατηγικές. Η **Εθνική Στρατηγική Κυβερνοασφάλειας 20262030** θέτει την ενίσχυση της κυβερνοανθεκτικότητας ως κορυφαία προτεραιότητα, εστιάζοντας σε κρίσιμες υποδομές και ΜΜΕ, στις οποίες επικρατεί έντονη ανάγκη για edgebased προστασία, άμεση ανίχνευση ανωμαλιών και συμμόρφωση με την οδηγία NIS2. Έτσι, η λύση 2.15 ευθυγραμμίζεται πλήρως τόσο με την ευρωπαϊκή όσο και με την εθνική πολιτική, αυξάνοντας σημαντικά την επιλεξιμότητα του έργου για χρηματοδότηση και υιοθέτηση.

Μηχανισμοί Επενδύσεων

Η λύση μπορεί να υποστηριχθεί από συνδυασμό μη απομειωτικών χρηματοδοτικών εργαλείων:

1. Συγχρηματοδοτήσεις & Επιχορηγήσεις (μη απομειωτικές):

- Το Horizon Europe ([Cluster 3 – Civil Security](#)) είναι κατάλληλο για έργα που ενισχύουν την ασφάλεια κρίσιμων υποδομών και την εφαρμογή νέων πρωτοκόλλων όπως PQEDHOC.
- Το [Digital Europe Programme](#) (DEP) εστιάζει σε pilot deployments, NIS2aligned λύσεις και ψηφιακή αναβάθμιση ΜΜΕ, παρέχοντας άμεση επιλεξιμότητα για edge security προϊόντα.
- Το ελληνικό Ταμείο Ανάκαμψης (Ελλάδα 2.0) επιτρέπει επενδύσεις σε λύσεις κυβερνοασφάλειας με βιομηχανική εφαρμοσιμότητα, ιδίως όταν συνδέονται με την εθνική στρατηγική κυβερνοασφάλειας.

2. Ιδιωτικές επενδύσεις – Venture Capital & Corporate Venture Capital:

- Επενδυτές στο χώρο OT/IIoT cybersecurity ενδιαφέρονται για προϊόντα που προσφέρουν αληθινή διαφοροποίηση από τις υπάρχουσες λύσεις (π.χ. Claroty/Nozomi).
- Corporate VC από εταιρείες όπως Siemens, Microsoft και AWS παρουσιάζουν ισχυρή πιθανότητα συμμετοχής, αφού η λύση 2.15 λειτουργεί ως συμπληρωματικό στοιχείο ασφαλείας πάνω στις δικές τους πλατφόρμες.

3. Σχήματα Venture Debt & Προαγοράς (pre-procurement): Κατάλληλα για scaling μετά την επιτυχή ολοκλήρωση των pilots.

Πρόταση Αξίας για Επενδυτές

Η λύση αποτελεί ελκυστική επενδυτική ευκαιρία για τους εξής λόγους:

- Ανταγωνιστικό Πλεονέκτημα: Η ενσωμάτωση των προτύπων NIST PQC στην πηγή των δεδομένων και η χρήση PQEDHOC δημιουργούν τεχνολογία που δύσκολα αντιγράφεται και αναμένεται να έχει μεγάλη ζήτηση τα επόμενα 510 χρόνια, όταν η μετάβαση σε κβαντικάασφαλείς αρχιτεκτονικές θα γίνει αναγκαία.
- Συμπληρωματικότητα στην αγορά: Καμία από τις ηγετικές λύσεις OT/ICS (Siemens SINEC, Claroty, Nozomi Networks) δεν παρέχει εισαγόμενη PQC-based edge προστασία ή FPGA acceleration, το προϊόν επομένως δεν ανταγωνίζεται ευθέως αλλά «κουμπώνει» πάνω στα υπάρχοντα οικοσυστήματα.
- Ισχυρή ρυθμιστική ώθηση: Ο συνδυασμός NIS2, DEP, Horizon Europe και της Ελληνικής Εθνικής Στρατηγικής Κυβερνοασφάλειας 20262030 αυξάνει την πιθανότητα χρηματοδότησης και υιοθέτησης, μειώνοντας το εμπορικό ρίσκο για τους επενδυτές.
- Κλιμακωσιμότητα: Το μοντέλο διάθεσης (subscription SaaS + peredge licensing + FPGA IP licensing) επιτρέπει επαναλαμβανόμενα έσοδα με χαμηλό κόστος εξυπηρέτησης.

Πιθανοί Φορείς Χρηματοδότησης



Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Ευρωπαϊκοί θεσμοί: Horizon Europe, EIC, DEP.
- Ελληνικοί δημόσιοι φορείς: Εθνική Κυβερνοασφάλεια 20262030, Ταμείο Ανάκαμψης.
- Βιομηχανικοί στρατηγικοί: Siemens, Microsoft, AWS· η λύση λειτουργεί ήδη ως συμπληρωματικός μηχανισμός ασφαλείας πάνω στις πλατφόρμες τους.
- OT Security Industry: Claroty, Nozomi Networks (τεχνολογική συνέργεια για PQCreedy edge sensing).

Διαδρομή Εμπορικής Ωρίμανσης (Pilot → MarketReady)

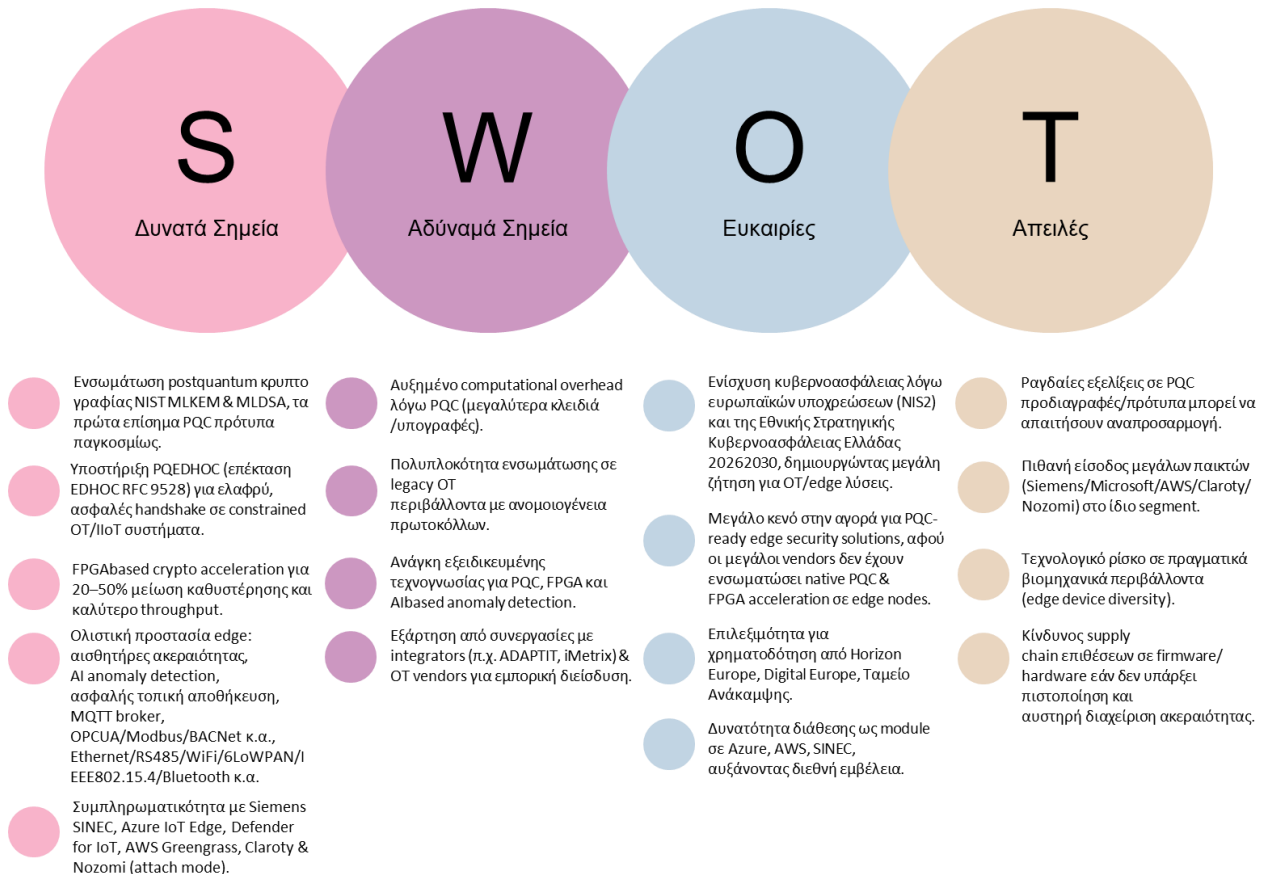
Η εμπορική ωρίμανση της λύσης μπορεί να εξελιχθεί σε τέσσερις φάσεις:

1. *Φάση 1 - MVP & Πιλοτικές Εγκαταστάσεις (0–6 μήνες)*: Δημιουργία λειτουργικού MVP με PQEDHOC, MLKEM/MLDSA και FPGA acceleration. Πιλοτική εφαρμογή σε: μονάδα μεταποίησης (discrete manufacturing), εγκατάσταση ενέργειας/υποδομή (με διασύνδεση σε SINEC/Defender), αποθήκη/logistics με MQTT/OPCUA integration.
2. *Φάση 2 - Productization & Certifications (6–12 μήνες)*: Ολοκλήρωση hardening, NIS2 compliance, connectors σε Claroty/Nozomi, AWS Greengrass και Azure IoT Edge
3. *Φάση 3 - GoToMarket & Scaling (12–18 μήνες)*: Ανάπτυξη καναλιών με integrators όπως ADAPTIT και [iMetrix](#) (συνεργάτες Nozomi), καθώς και με διεθνείς παρόχους. Προτυποποιημένες αρχιτεκτονικές (reference architectures) ανά κλάδο, SLAs και υποστήριξη 24x7.
4. *Φάση 4 - MarketReady Product & Expansion*: Διείσδυση στην ευρωπαϊκή αγορά μέσω strategic coselling με Siemens/Microsoft/AWS – μοντέλο «attach»⁵⁵ που μειώνει δραματικά το κόστος πωλήσεων και βελτιώνει τη διείσδυση.

⁵⁵ Attach Rate Model: Στρατηγική πωλήσεων που βασίζεται στη σύνδεση ενός δευτερεύοντος προϊόντος (π.χ. λογισμικό ασφαλείας) με την αγορά ενός κύριου προϊόντος (π.χ. βιομηχανικός εξοπλισμός). Η μέθοδος αυτή μειώνει το κόστος απόκτησης πελατών (CAC), καθώς η πώληση γίνεται την ίδια στιγμή και μέσω του ίδιου καναλιού με την αρχική αγορά.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Ανάλυση SWOT



Εικόνα 19: Ανάλυση SWOT για τους μηχανισμούς προστασίας δεδομένων στον κόμβο αιχμής

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η λύση «Μηχανισμοί Προστασίας Δεδομένων στον Κόμβο Αιχμής» τοποθετείται ως μια ολοκληρωμένη, PQC-ready πλατφόρμα κυβερνοασφάλειας για edge και OT/IoT περιβάλλοντα, αξιοποιώντας postquantum κρυπτογραφία (NIST MLKEM & MLDSA), επιτάχυνση μέσω FPGA, ελαφρύ handshake με PQEDHOC και δυνατότητες ολιστικής προστασίας (ανίχνευση ανωμαλιών με AI, αισθητήρες ακεραιότητας, ασφαλή αποθήκευση, υποστήριξη MQTT/OPCUA/Modbus/BACNet κλπ). Η αγορά-στόχος περιλαμβάνει βιομηχανικές και κρίσιμες υποδομές που οφείλουν να ενισχύσουν την ασφάλεια τους με βάση NIS2 και τις αναδυόμενες PQC απαιτήσεις, καθώς και integrators, IT/OT vendors και MSPs που αναζητούν μια έτοιμη λύση edge ασφάλειας με hardware acceleration. Η λύση είναι επίσης κατάλληλη για διεθνείς αγορές (ΕΕ, ΗΠΑ, Ασία) όπου η μετάβαση σε postquantum πρότυπα αποτελεί στρατηγική προτεραιότητα.

Η στρατηγική διείσδυσης βασίζεται σε ένα μοντέλο «attach mode», όπου η πλατφόρμα λειτουργεί ως module επάνω σε υπάρχουσες βιομηχανικές και IoT πλατφόρμες (Siemens SINEC, Azure IoT Edge, AWS Greengrass, Claroty, Nozomi), επιτρέποντας ομαλή ενσωμάτωση χωρίς να ανταγωνίζεται το οικοσύστημά τους. Παράλληλα, αξιοποιεί συνεργασίες με integrators βιομηχανικών συστημάτων και cybersecurity providers για άμεση πρόσβαση σε πραγματικά OT περιβάλλοντα. Η υιοθέτηση PQC, η επιτάχυνση μέσω FPGA και η modular αρχιτεκτονική αποτελούν ισχυρά διαφοροποιητικά στοιχεία, ενισχύοντας τη θέση της λύσης σε μια αγορά όπου οι μεγάλοι vendors δεν έχουν ακόμη ενσωματώσει εγγενώς αντίστοιχες λειτουργίες.

Η επενδυτική αξία της λύσης είναι υψηλή, καθώς τοποθετείται στρατηγικά στην αρχή της παγκόσμιας μετάβασης σε postquantum κρυπτογραφία και καλύπτει ένα σημαντικό κενό στην ασφάλεια edge συστημάτων. Το hardware acceleration, οι δυνατότητες AI, η συμβατότητα με OT πρωτόκολλα και η δυνατότητα διάθεσης ως module σε μεγάλα οικοσυστήματα ενισχύουν την

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

κλιμάκωση και διαφοροποίηση. Παράλληλα, η λύση είναι επιλέξιμη για χρηματοδότηση από Horizon Europe, Digital Europe και Ταμείο Ανάκαμψης, διευκολύνοντας τη συνέχιση της ανάπτυξης και πιστοποίησης.

Ο οδικός χάρτης ανάπτυξης ακολουθεί τρία κύρια στάδια. Στο πρώτο στάδιο, την Υιοθέτηση (0–12 μήνες), προτεραιότητα έχουν οι πιλοτικές εγκαταστάσεις με integrators, η πιστοποίηση των PQC modules και των FPGA acceleration components, καθώς και η ανάπτυξη plugins για EDHOC, MQTT, OPCUA, Modbus και τις μεγάλες edge πλατφόρμες. Στο δεύτερο στάδιο, την Κλιμάκωση (12–24 μήνες), η λύση επεκτείνεται σε κλάδους υψηλής ζήτησης όπως ενέργεια, μεταποίηση, logistics και τηλεπικοινωνίες, αναπτύσσει ένα δομημένο οικοσύστημα συνεργατών και προχωρά σε καμπάνιες προστιθέμενης αξίας βάσει NIS2. Στο τρίτο στάδιο, τη Διεθνοποίηση (24–48 μήνες), επικεντρώνεται στην είσοδο σε αγορές ΕΕ, ΗΠΑ και Ασίας, στην ανάρτηση σε marketplaces (Azure/AWS/Siemens) και στη συμμετοχή σε διεθνή ερευνητικά και βιομηχανικά έργα. Για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων της λύσης, προτείνονται συγκεκριμένα επόμενα βήματα και δράσεις υποστήριξης. Τεχνολογικά, είναι κρίσιμη η ολοκλήρωση του PQEDHOC benchmarking, η τυποποίηση των FPGA-accelerated crypto modules και η κατάρτιση σχεδίου για πιστοποιήσεις (Common Criteria, ευρωπαϊκά σχήματα cybersecurity certification). Στρατηγικά και εμπορικά, απαιτείται η δημιουργία προγράμματος συνεργατών (partner program), η παραγωγή marketing υλικού (whitpapers, demos, integration guides) και η υλοποίηση καμπανιών NIS2 readiness σε κρίσιμους κλάδους. Σε επίπεδο χρηματοδότησης, συστήνεται η προετοιμασία προτάσεων για Horizon Europe και Digital Europe, καθώς και η διερεύνηση συνεργασιών με στρατηγικούς επενδυτές που ειδικεύονται στη βιομηχανική κυβερνοασφάλεια και το edge computing.

2.15. Σύστημα ανάλυσης κακόβουλου λογισμικού για βιομηχανικά περιβάλλοντα

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η προτεινόμενη λύση εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού της ελληνικής βιομηχανίας και των κρίσιμων υποδομών, όπου η σύγκλιση IT και OT συστημάτων αυξάνει σημαντικά την επιφάνεια επίθεσης και την πολυπλοκότητα της κυβερνοασφάλειας. Η ελληνική παραγωγική βάση χαρακτηρίζεται σε μεγάλο βαθμό από μικρομεσαίες επιχειρήσεις, με περιορισμένους πόρους για εξειδικευμένα κέντρα επιχειρήσεων ασφάλειας (SOC), αλλά με αυξημένες απαιτήσεις διαθεσιμότητας, αξιοπιστίας και συμμόρφωσης.

Παράλληλα, η εντεινόμενη ψηφιοποίηση βιομηχανικών διεργασιών, η χρήση IoT συσκευών και η απομακρυσμένη διαχείριση συστημάτων καθιστούν αναγκαία την υιοθέτηση αυτοματοποιημένων, ενοποιημένων και οικονομικά βιώσιμων λύσεων ανίχνευσης και διαχείρισης απειλών. Η λύση ανταποκρίνεται άμεσα σε αυτές τις ανάγκες, προσφέροντας ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ανάλυσης κακόβουλου λογισμικού και κυβερνοσυμβάντων, προσαρμοσμένο στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών βιομηχανικών περιβαλλόντων.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η λύση απευθύνεται σε οργανισμούς και επιχειρήσεις που λειτουργούν κρίσιμες ή ημι-κρίσιμες υποδομές, όπως:

- Βιομηχανικές και μεταποιητικές μονάδες
- Μικρομεσαίες επιχειρήσεις με ενοποιημένα IT/OT περιβάλλοντα
- Πάροχοι υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και τεχνικών υπηρεσιών
- Δημόσιοι οργανισμοί και φορείς με αυξημένες απαιτήσεις διαθεσιμότητας
- Πάροχοι διαχειριζόμενων υπηρεσιών ασφάλειας (MSSPs)

Οι βασικές ανάγκες που καλύπτονται περιλαμβάνουν:

- Έγκαιρη ανίχνευση κακόβουλου λογισμικού
- Ενοποιημένη συλλογή και συσχέτιση ετερογενών συμβάντων ασφάλειας
- Μείωση του χρόνου απόκρισης σε περιστατικά (MTTR) μέσω αυτοματοποίησης
- Περιορισμό της εξάρτησης από χειροκίνητες, αποσπασματικές διαδικασίες
- Υποστήριξη κανονιστικής συμμόρφωσης και ελεγκτικών διαδικασιών

Τα οφέλη για τους οργανισμούς περιλαμβάνουν αυξημένη επιχειρησιακή ανθεκτικότητα, μείωση του λειτουργικού και οικονομικού ρίσκου, καθώς και βελτιωμένη ορατότητα της κατάστασης ασφάλειας.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η αγορά κυβερνοασφάλειας για βιομηχανικά περιβάλλοντα παρουσιάζει αυξητική τάση, ωστόσο στην ελληνική πραγματικότητα κυριαρχούν είτε αποσπασματικές λύσεις σημείου (point solutions), είτε γενικού σκοπού εργαλεία IT ασφάλειας που δεν είναι επαρκώς προσαρμοσμένα σε OT, IoT ή βιομηχανικά σενάρια.

Πολλές υφιστάμενες προσεγγίσεις βασίζονται:

- σε χειροκίνητη ανάλυση κακόβουλων δειγμάτων,
- σε μεμονωμένα IDS/IPS χωρίς ενοποίηση,
- ή σε ακριβές εμπορικές πλατφόρμες που δεν μπορούν να αγοραστούν εύκολα από ΜμΕ..

Το βασικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της προτεινόμενης λύσης έγκειται:

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- στη συνδυαστική χρήση στατικής και δυναμικής ανάλυσης κακόβουλου λογισμικού,
- στην πλήρη αυτοματοποίηση της ροής ανάλυσης και καταγραφής συμβάντων,
- στην ενοποιημένη διαχείριση συμβάντων μέσω ανοικτών και καθιερωμένων πλατφορμών

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης βασίζεται σε σταδιακή ωρίμανση και στοχευμένη υιοθέτηση:

- Πιλοτικές εγκαταστάσεις σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις και βιομηχανικές μονάδες
- Συνεργασίες με τοπικούς integrators και παρόχους IT/OT υπηρεσιών
- Διάθεση της λύσης ως modular σύστημα, προσαρμόσιμο στις ανάγκες κάθε οργανισμού
- Δυνατότητα παροχής τόσο ως on-premise λύση όσο και ως διαχειριζόμενη υπηρεσία (managed service)

Η προσέγγιση αυτή μειώνει το αρχικό επενδυτικό ρίσκο για τους τελικούς χρήστες και επιταχύνει τη διαδικασία υιοθέτησης.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η επενδυτική αξία της λύσης βασίζεται:

- στη διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη για προστασία βιομηχανικών υποδομών,
- στη δυνατότητα επαναλαμβανόμενων εσόδων μέσω υπηρεσιών ανάλυσης και υποστήριξης,
- στη σαφή απόδειξη τεχνολογικής και επιχειρησιακής ωριμότητας μέσω πιλοτικών εφαρμογών.

Πιθανοί μηχανισμοί χρηματοδότησης περιλαμβάνουν ευρωπαϊκά προγράμματα καινοτομίας, στρατηγικές συνεργασίες με παρόχους κυβερνοασφάλειας, καθώς και ιδιωτικές επενδύσεις για εμπορική κλιμάκωση.

Ανάλυση SWOT



Εικόνα 20: Ανάλυση SWOT για το σύστημα ανάλυσης κακόβουλου λογισμικού για βιομηχανικά περιβάλλοντα

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση αποτελεί μια ώριμη, ρεαλιστική και επιχειρησιακά αποδοτική απάντηση στις σύγχρονες προκλήσεις κυβερνοασφάλειας των βιομηχανικών περιβαλλόντων. Ο οδικός χάρτης περιλαμβάνει:

- Περαιτέρω πιλοτικές εγκαταστάσεις και βελτιστοποίηση
- Εμπορική διάθεση στην ελληνική αγορά
- Σταδιακή διεθνοποίηση και επέκταση λειτουργικότητας

Η συστηματική υποστήριξη μέσω συνεργασιών, πιστοποιήσεων και επενδυτικής ωρίμανσης μπορεί να καταστήσει τη λύση βασικό εργαλείο ενίσχυσης της κυβερνοανθεκτικότητας της ελληνικής βιομηχανίας.

2.16. Ασφαλής αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η προτεινόμενη λύση εντάσσεται στον ευρύτερο ψηφιακό μετασχηματισμό της ελληνικής βιομηχανίας, όπου η ανάγκη για αυτοματισμό, βελτίωση της παραγωγικότητας και ενίσχυση της ασφάλειας των εργαζομένων καθίσταται ολοένα και πιο κρίσιμη. Η αυξανόμενη διείσδυση συνεργατικών ρομπότ (cobots), αυτόνομων οχημάτων (AGVs) και αυτοματοποιημένων γραμμών παραγωγής δημιουργεί νέες απαιτήσεις για αξιόπιστη, συνεχόμενη και αντικειμενική παρακολούθηση της ανθρώπινης παρουσίας και κατάστασης στο εργασιακό περιβάλλον.

Στο ελληνικό παραγωγικό οικοσύστημα, το οποίο χαρακτηρίζεται από μεσαίες και μικρές επιχειρήσεις, ετερογενείς υποδομές και περιορισμένη εμπειρία σε σύνθετα συστήματα ασφάλειας, η λύση προσφέρει μια ρεαλιστική, κλιμακούμενη και οικονομικά βιώσιμη προσέγγιση για την ενίσχυση της ασφάλειας ανθρώπου-μηχανής και τη συμμόρφωση με σύγχρονες εργονομικές και κανονιστικές απαιτήσεις.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η λύση απευθύνεται σε ένα ευρύ φάσμα αγορών-στόχων και τομέων εφαρμογής, όπως:

- Μεταποίηση και βιομηχανική παραγωγή
- Logistics και αποθήκες
- Διαχείριση απορριμμάτων και δημοτικές υπηρεσίες
- Air cargo και αυτοματοποιημένα συστήματα φόρτωσης
- Εγκαταστάσεις με χρήση AGVs και συνεργατικών ρομπότ

Οι βασικές ανάγκες που καλύπτονται περιλαμβάνουν:

- Μείωση εργατικών ατυχημάτων σε περιβάλλοντα ανθρώπου-ρομπότ
- Αντικειμενική αξιολόγηση εργονομικού κινδύνου και πρόληψη μυοσκελετικών παθήσεων
- Συμμόρφωση με κανονισμούς υγείας και ασφάλειας
- Βελτίωση της αποδοτικότητας μέσω έγκαιρου εντοπισμού επικίνδυνων στάσεων ή συμπεριφορών

Τα αναμενόμενα οφέλη για τους χρήστες περιλαμβάνουν μειωμένο κόστος ατυχημάτων, βελτίωση συνθηκών εργασίας, αύξηση παραγωγικότητας και ενίσχυση της εταιρικής υπευθυνότητας.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Οι βασικοί κλάδοι που αναμένεται να ωφεληθούν άμεσα είναι η βιομηχανία, τα logistics και οι δημόσιες υπηρεσίες με έντονη χειρωνακτική εργασία. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, υφίστανται λύσεις που βασίζονται είτε σε φορετούς αισθητήρες (wearables) είτε σε απλές 2D κάμερες, οι οποίες όμως παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς την ακρίβεια, την αποδοχή από τους εργαζομένους και την αξιοπιστία σε σύνθετα περιβάλλοντα.

Το στρατηγικό πλεονέκτημα (USP) της προτεινόμενης λύσης έγκειται:

- στη μη παρεμβατική λειτουργία (χωρίς wearables),
- στην υψηλή ακρίβεια 3D εκτίμησης στάσης,
- στη λειτουργία σε πραγματικό χρόνο,
- και στη δυνατότητα ενσωμάτωσης σε υπάρχοντα βιομηχανικά συστήματα.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης περιλαμβάνει:



Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

1. Συνεργασίες με θεσμικούς και βιομηχανικούς φορείς, όπως επιμελητήρια και δήμους.
2. Πιλοτικές εγκαταστάσεις σε επιλεγμένες επιχειρήσεις υψηλού κινδύνου.
3. Σταδιακή κλιμάκωση από πιλοτική χρήση σε μόνιμες εγκαταστάσεις.
4. Αξιοποίηση ευρωπαϊκών δικτύων και έργων για διεθνοποίηση και πατεντάρισμα της προτεινόμενης λύσης.

Η λύση μπορεί να προσφερθεί τόσο ως on-premise σύστημα όσο και ως υπηρεσία (SaaS), ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η πρόταση αξίας για επενδυτές βασίζεται:

- στην αυξανόμενη ζήτηση για λύσεις ασφαλούς αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ,
- στην επεκτασιμότητα σε πολλούς κλάδους,
- και στη δυνατότητα δημιουργίας επαναλαμβανόμενων εσόδων (subscription model).

Πιθανοί φορείς χρηματοδότησης περιλαμβάνουν venture capital funds, εταιρικά σχήματα στρατηγικών επενδύσεων, καθώς και ευρωπαϊκά χρηματοδοτικά εργαλεία. Η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης προβλέπει μετάβαση από πιλοτικές εφαρμογές σε πλήρως εμπορικά διαθέσιμες λύσεις εντός 2–3 ετών.

Ανάλυση SWOT

Δυνατά Σημεία (Strengths)

- Υψηλή τεχνολογική ωριμότητα (TRL): Η λύση έχει ήδη δοκιμαστεί και αξιολογηθεί σε εργαστηριακό και πιλοτικό περιβάλλον, με χρήση πραγματικών δεδομένων και συμμετοχή βιομηχανικών εταιρών. Αυτό μειώνει σημαντικά το τεχνολογικό ρίσκο για μελλοντικούς επενδυτές.
- Μη παρεμβατική προσέγγιση: Η απουσία wearables ή αισθητήρων επάνω στον εργαζόμενο αυξάνει την αποδοχή από τους χρήστες, μειώνει κόστη συντήρησης και καθιστά τη λύση κατάλληλη για μαζική υιοθέτηση.
- Υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία: Η χρήση πολυκάμερης 3D εκτίμησης στάσης προσφέρει σημαντικό πλεονέκτημα έναντι λύσεων 2D ή μονοκάμερων συστημάτων, ειδικά σε περιβάλλοντα με συμφόρηση, αποκρύψεις ή πολλούς εργαζόμενους.
- Λειτουργία σε πραγματικό χρόνο: Η δυνατότητα real-time ανάλυσης αποτελεί κρίσιμο πλεονέκτημα για εφαρμογές ασφάλειας, όπου απαιτείται άμεση αντίδραση και όχι απλώς εκ των υστέρων αξιολόγηση.
- Ευελιξία και επεκτασιμότητα: Η αρθρωτή αρχιτεκτονική επιτρέπει προσαρμογή σε διαφορετικά μεγέθη εγκαταστάσεων, κλάδους και επίπεδα αυτοματοποίησης, διευκολύνοντας τη στρατηγική κλιμάκωσης.

Αδύναμα Σημεία (Weaknesses)

- Αρχικό κόστος εγκατάστασης: Η ανάγκη για πολλαπλές κάμερες και αρχική βαθμονόμηση μπορεί να λειτουργήσει αποτρεπτικά για μικρές επιχειρήσεις χωρίς άμεση επενδυτική δυνατότητα.
- Ανάγκη εξειδικευμένης ενσωμάτωσης: Σε σύνθετα βιομηχανικά περιβάλλοντα απαιτείται προσαρμογή και παραμετροποίηση, γεγονός που αυξάνει τον χρόνο υλοποίησης στα πρώτα στάδια.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Περιορισμένη αναγνωρισιμότητα στην αγορά: Ως νέα λύση, απαιτείται χρόνος για τη δημιουργία εμπιστοσύνης και brand awareness σε έναν τομέα όπου κυριαρχούν παραδοσιακές πρακτικές ασφάλειας.
- Εξάρτηση από οπτικές συνθήκες: Παρότι η λύση είναι ανθεκτική, ακραίες συνθήκες φωτισμού ή πολύ περιορισμένοι χώροι μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση αν δεν υπάρξει σωστός σχεδιασμός εγκατάστασης.

Ευκαιρίες (Opportunities)

- Ραγδαία αύξηση αυτοματισμών και cobots: Η μετάβαση προς Industry 4.0 και Industry 5.0 αυξάνει τη ζήτηση για λύσεις ασφαλούς αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής.
- Αυστηρότερο κανονιστικό πλαίσιο υγείας & ασφάλειας: Η ενίσχυση των κανονισμών σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο δημιουργεί ζήτηση για τεκμηριωμένες, αντικειμενικές λύσεις αξιολόγησης κινδύνου.
- Δυνατότητα αξιοποίησης ευρωπαϊκών προγραμμάτων: Ταμείο Ανάκαμψης, Horizon Europe και Digital Europe προσφέρουν ευκαιρίες χρηματοδότησης για πιλοτικές και εμπορικές εφαρμογές.
- Διεύρυνση εφαρμογών πέραν της βιομηχανίας: Η ίδια τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε τομείς όπως εκπαίδευση, επαγγελματική κατάρτιση, υγεία και αποκατάσταση.
- Δημιουργία δεδομένων υψηλής αξίας: Η συλλογή ανώνυμων δεδομένων εργονομίας μπορεί να αξιοποιηθεί για analytics, benchmarking και βελτιστοποίηση διαδικασιών.

Απειλές (Threats)

- Είσοδος μεγάλων διεθνών παικτών: Πολυεθνικές με ισχυρά δίκτυα πωλήσεων και κεφάλαια μπορούν να εισέλθουν δυναμικά στον χώρο με ανταγωνιστικές λύσεις.
- Αργοί ρυθμοί υιοθέτησης: Η συντηρητική φύση ορισμένων κλάδων μπορεί να καθυστερήσει τη λήψη αποφάσεων επένδυσης.
- Ανησυχίες για προστασία προσωπικών δεδομένων: Παρά την ανωνυμοποίηση, η χρήση καμερών μπορεί να εγείρει επιφυλάξεις αν δεν υπάρξει σωστή επικοινωνία και συμμόρφωση με το GDPR.
- Τεχνολογική υποκατάσταση: Εναλλακτικές προσεγγίσεις (π.χ. φθηνότερα wearables ή AI-on-device αισθητήρες) ενδέχεται να πιέσουν το κόστος αγοράς.

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η λύση απευθύνεται σε κρίσιμους τομείς της ελληνικής και ευρωπαϊκής αγοράς, προσφέροντας σαφή επενδυτική αξία. Ο οδικός χάρτης περιλαμβάνει:

1. Πιλοτικές εφαρμογές και εγκατάσταση
2. Εμπορική διάθεση στην ελληνική αγορά
3. Κλιμάκωση και διεθνοποίηση

Η περαιτέρω υποστήριξη μέσω δράσεων δικτύωσης, πιστοποίησης και επενδυτικής ωρίμανσης θα επιταχύνει την ευρεία υιοθέτηση.

2.17. Κατανόηση σκηνής με βάση οπτική πληροφορία

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η Λύση 17 «Κατανόηση σκηνής με βάση οπτική πληροφορία» αποτελεί μια στρατηγική τεχνολογική πρωτοβουλία, με στόχο τη δημιουργία μιας ευέλικτης, φιλικής προς τη βιομηχανία πλατφόρμας τεχνητής νοημοσύνης που μπορεί να λειτουργήσει με εικόνες από απλές και ήδη διαθέσιμες χαμηλού κόστους κάμερες και να παρέχει ολοκληρωμένη κατανόηση των εικονιζόμενων σκηνών για την Ελληνική βιομηχανία. Το εργατικό δυναμικό της χώρας έχει σταδιακά αυξημένες απαιτήσεις υποστήριξης από μηχανές για την διατήρηση και αύξηση του επιπέδου παραγωγικότητας. Η παρούσα λύση αποσκοπεί στην υλοποίηση ενός συστήματος οπτικής αναγνώρισης χρησιμοποιώντας σαν είσοδο εικόνες από κοινές κάμερες εμπορίου με στόχο την κατανόηση της σκηνής, και έξοδο την ψηφιοποίηση της με ιδιαίτερη λεπτομέρεια, αφενός στην καταγραφή της θέσης και της αρθρωτής κίνησης του ανθρώπου και αφετέρου της υπόλοιπης σκηνής. Η λύση υλοποιείται με χρήση νευρωνικών δικτύων τα οποία προσφέρουν ακριβείς απαντήσεις σε πραγματικό χρόνο, χωρίς υπέρμετρες υπολογιστικές απαιτήσεις. Για την ευκολότερη εγκατάσταση στις υποδομές επιχειρήσεων χωρίς αυξημένο κόστος, η λύση υλοποιείται σε μια plug & play αρχιτεκτονική⁵⁶ όπου μπορεί να λειτουργεί τόσο με ένα υπάρχον δίκτυο καμερών IP όσο και με USB συσκευές συνδεδεμένες στους κόμβους του δικτύου αλλά και σε επίπεδο διεπαφής “φυλλομετρητή” για να είναι συμβατή με τα ήδη διαθέσιμα υπολογιστικά συστήματα και να προσθέτει μία φιλική προς τον τελικό χρήστη εμπειρία αλληλεπίδρασης κατά την χρήση του λογισμικού. Η λύση συνδυάζει τα νευρωνικά δίκτυα όπως τα [MocapNET](#), και [DeepSeek VL-2](#), σε μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα που μπορεί να λειτουργήσει είτε τοπικά είτε σε υπολογιστικό-σύννεφο. Επιπλέον, υποστηρίζει ως φυσική γλώσσα τα Ελληνικά, καθιστώντας τη μοναδική στο είδος της για το εγχώριο οικοσύστημα. Η βελτιστοποίηση της λύσης επιτρέπει ταυτόχρονη τοπική εκτέλεση όλων των νευρωνικών δικτύων σε διακομιστή προδιαγραφών κοινών υπολογιστών εμπορίου (πχ GPU NVIDIA RTX-5080 με 16GB VRAM). Το λειτουργικό σύστημα που απαιτείται για τέτοια εκτέλεση είναι Linux το οποίο απαλλάσσει επιχειρήσεις από το κόστος αδειών για το λειτουργικό σύστημα. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα ακόμα και σε επιχειρήσεις που διαθέτουν λίγους πόρους, να εκτελέσουν ερωτήματα σχετικά με την κατανόηση σκηνών, με ιδιωτικότητα και χωρίς να βασίζονται σε υπολογιστικά κέντρα που βρίσκονται στο εξωτερικό.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η ελληνική αγορά παρουσιάζει έντονη ανάγκη για προσιτές λύσεις οπτικής κατανόησης που να μπορούν να εφαρμοστούν σε βιομηχανικά περιβάλλοντα (εργοστάσια, αποθήκες, γραμμές παραγωγής), σε τομείς ασφάλειας (παρακολούθηση, επιτήρηση, έλεγχος πρόσβασης), καθώς και σε τομείς πολιτισμού, εκπαίδευσης και υγείας, όπου απαιτείται κατανόηση ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η Λύση 17 προσφέρει ανίχνευση ανθρώπων, εκτίμηση στάσης σώματος, κατανόηση περιβάλλοντος, λεκτική περιγραφή σκηνών, και λεκτικές ερωταπαντήσεις με βάση μια σκηνή καθιστώντας την προσαρμόσιμη για πλήθος εφαρμογών.

Ανταποκρίνεται επίσης σε τρεις (3) κρίσιμες ανάγκες της ελληνικής αγοράς:

1. Ενίσχυση της ασφάλειας και αποδοτικότητας σε χώρους όπου συνυπάρχουν άνθρωποι και ρομποτικά ή βιομηχανικά συστήματα, με στόχους μείωση ατυχημάτων και την αύξηση της παραγωγικότητας.
2. Μείωση κόστους υιοθέτησης τεχνητής νοημοσύνης μέσω χρήσης κοινών υποδομών (HTTP servers, απλών GPU, Linux, Python API), προσφέροντας σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις τη δυνατότητα να ενσωματώσουν τεχνολογία αιχμής χωρίς εξειδικευμένο προσωπικό ή ακριβό εξοπλισμό.
3. Αυτοματοποίηση εξαγωγής παρατηρήσεων που μέχρι τώρα μπορεί να απαιτούσαν κάποιον εργαζόμενο με πάγια κόστη (εάν τηρούνται μέτρα ασφαλείας όπως κράνη ή γάντια, εάν οι θέσεις

⁵⁶ Η plug & play αρχιτεκτονική είναι ένα μοντέλο σχεδιασμού (αρχικά από τον χώρο του hardware αλλά πλέον και του λογισμικού) που επιτρέπει την προσθήκη νέων στοιχείων σε ένα σύστημα χωρίς να απαιτείται χειροκίνητη ρύθμιση ή σημαντική τροποποίηση της υπάρχουσας δομής.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

εργασίας έχουν άτομα παρόντα, εάν μια γραμμή παραγωγής έχει προϊόντα, εάν ένα επικίνδυνο μηχάνημα βρίσκεται σε λάθος θέση κτλ.)

Τα αναμενόμενα οφέλη για τους χρήστες είναι η αυτοματοποίηση επιθεωρήσεων, η βελτιωμένη κατανόηση διαδικασιών, και η άμεση ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο, που υποστηρίζουν την ποιοτική και ασφαλή λειτουργία της παραγωγής μιας βιομηχανίας.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η αγορά της βιομηχανικής τεχνητής νοημοσύνης στην Ευρώπη και την Ελλάδα παρουσιάζει ραγδαία ανάπτυξη. Ωστόσο, η πλειονότητα των διαθέσιμων λύσεων προέρχεται από πολυεθνικές εταιρείες (π.χ. [Anthropic](#), [OpenAI](#), Google, [Meta](#), [NVIDIA](#), [Amazon Web Services](#)) και συχνά απαιτεί υψηλό κόστος αδειών, ή πολύ ακριβό ιδιόκτητο εξοπλισμό, ή ακόμα ακριβότερη (σε βάθος χρόνου) ενοικίαση πόρων σε υπολογιστικό νέφος.

Η Λύση 17 διαφοροποιείται με τα εξής ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα (USP):

- ✓ Διαλειτουργικότητα με υπάρχοντα εργαλεία ανοικτού λογισμικού (π.χ., Linux, [Keras](#), [TensorFlow](#), Python API).
- ✓ Τοπική εκτέλεση χωρίς ανάγκη μεταφοράς δεδομένων σε cloud, διασφαλίζοντας ιδιωτικότητα και συμμόρφωση με GDPR.
- ✓ Υποστήριξη ελληνικής γλώσσας για φυσική αλληλεπίδραση με το σύστημα (μέσω [DeepSeek-VL2](#) + [Argos Translate](#)).
- ✓ Επεκτασιμότητα μέσω προσθήκης ιδίων δεδομένων εκπαίδευσης κατόπιν συνεννόησης με το Πανεπιστήμιο Κρήτης, για την προσφορά εξατομικευμένης προσαρμογής στις ανάγκες κάποιας επιχείρησης η οποία απαιτεί εξειδικευμένη κατανόηση κάποιων σκηνών που μπορεί να μην καλύπτονται επαρκώς από την γενικής φύσης λύση που παρουσιάζουμε.

Στην Ελλάδα, ανταγωνιστικές ή συμπληρωματικές λύσεις σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα που διεξήχθη δεν υπάρχουν. Δεν υπάρχει αυτή τη στιγμή αντίστοιχη λειτουργική πλατφόρμα οπτικής κατανόησης για βιομηχανική χρήση. Για παροχή αντίστοιχων υπηρεσιών είναι απαραίτητη η χρήση πολύ κοστοβόρων πλατφορμών όπως το [Chat GPT/Gemini/Claude](#) σε εκδόσεις Enterprise. Ακόμα όμως και αυτές οι πλατφόρμες οι οποίες έχουν αυξημένες δυνατότητες λόγω των υπολογιστικών κέντρων δισεκατομμυρίων που τις υποστηρίζουν, δεν παρέχουν δυνατότητες για παρακολούθηση της ανθρώπινης κίνησης σε πραγματικό χρόνο.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης της λύσης βασίζεται σε τέσσερις (4) άξονες:

1. Συνεργασίες με θεσμικούς φορείς όπως ο [ΣΕΒ](#), τα Τεχνικά Επιμελητήρια, και τα clusters καινοτομίας, για πιλοτικές εγκαταστάσεις σε βιομηχανικά περιβάλλοντα.
2. Κλιμάκωση (scaling) μέσω της επεκτάσιμης αρχιτεκτονικής, που επιτρέπει σταδιακή ενσωμάτωση λειτουργιών που μπορεί να απαιτηθούν από έναν βιομηχανικό εταίρο για συνολική βελτίωση της ακρίβειας των μεθόδων κατανόησης της σκηνής για όλους τους χρήστες.
3. Σταδιακή υιοθέτηση από μεγάλες επιχειρήσεις με κανονιστικές υποχρεώσεις ασφάλειας και περιβαλλοντικής συμμόρφωσης, όπου η λύση μπορεί να προσφέρει μετρήσιμα KPIs.
4. Πιθανή εκτέλεση των νευρωνικών δικτύων με πόρους από [AI Factories](#) όπως ο Ελληνικός “[Pharos](#)” για παροχή υπηρεσιών σε επιχειρήσεις χωρίς απαιτήσεις εξοπλισμού από την βιομηχανία.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η πρόταση αξίας (value proposition) για επενδυτές συνοψίζεται στα εξής:

- Επενδύοντας στη λύση, εξασφαλίζεται πρόσβαση σε ώριμα ερευνητικά προϊόντα με άμεσες εμπορικές προοπτικές.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- Η λύση προσφέρει κλιμακώσιμη αρχιτεκτονική, που μπορεί να προσαρμοστεί σε βιομηχανίες διαφορετικού μεγέθους και προϋπολογισμού.
- Υπάρχει δυνατότητα παροχής υπηρεσιών συντήρησης, παραμετροποίησης και εκπαίδευσης νευρωνικών δικτύων για εξειδικευμένες ανάγκες βιομηχανιών, ανοίγοντας νέα κανάλια εσόδων, και με πολλαπλασιαστικά οφέλη από τις βελτιώσεις για όλους όσους χρησιμοποιούν την εφαρμογή.

Πιθανοί φορείς χρηματοδότησης περιλαμβάνουν προγράμματα του [Elevate Greece](#) για Ελληνικές startups, το Ταμείο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας, το EIC Accelerator και τα Digital Europe Projects, ιδιωτικά VC funds και incubators που επενδύουν σε deep tech λύσεις (π.χ. [Corallia](#) clusters, [Marathon VC](#), [Starttech Ventures](#), [Velocity Partners](#), [Uni.Fund](#), [Genesis](#), [Metavallon](#) κ.ο.κ).

Η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης περιλαμβάνει (1) Πιλοτικές εγκαταστάσεις σε βιομηχανικούς εταίρους, (2) Πιστοποίηση και προτυποποίηση της πλατφόρμας, (3) Δημιουργία spin-off ή εμπορικού φορέα εκμετάλλευσης και (4) Επέκταση με βάση κανάλια συνεργασίας του [Πανεπιστημίου Κρήτης](#).

Ανάλυση SWOT

Πίνακας 9: Ανάλυση SWOT για τη λύση 17 «Κατανόηση σκηνής με βάση οπτική πληροφορία»

Δυνατά Σημεία	Αδύναμα Σημεία
Ισχυρή ερευνητική βάση και τεχνογνωσία	Αρχικό στάδιο εμπορικής ωρίμανσης
Ανοικτή αρχιτεκτονική, χρήση μοντέλων ανοικτού κώδικα όπου διαθέσιμα (DeepSeek) των οποίων η ανάπτυξη και εκπαίδευση κόστισε εκατομμύρια, διαμόρφωση τους σε πλατφόρμα με συγκριτικά πολύ χαμηλότερο κόστος	Εξάρτηση από εξειδικευμένους υπολογιστικούς πόρους (GPU) για την εκτέλεση των μοντέλων
Υποστήριξη ελληνικής γλώσσας χωρίς υπέρμετρο κόστος (επανεκπαίδευσης του VLM)	Περιορισμένη αναγνωρισιμότητα εκτός ερευνητικού χώρου, σε αντίθεση με εμπορικές λύσεις από το εξωτερικό (ChatGPT, Gemini κτλ.)
Εύκολη προσαρμογή της λύσης σε νέα δεδομένα και επεκτασιμότητα (πχ αναβάθμιση DeepSeek V2 σε 3.2 με το ίδιο API)	Ανάγκη ενημέρωσης δεδομένων εκπαίδευσης για εξειδικευμένες εφαρμογές σε συνεργασία με την βιομηχανία
Ευκαιρίες	Απειλές
Ευρωπαϊκά κονδύλια για AI & Industry 4.0	Ανταγωνισμός από μεγάλες πολυεθνικές πλατφόρμες
Ζήτηση για λύσεις συμμόρφωσης και ασφάλειας χωρίς μεγάλα πάγια κόστη	Ταχεία τεχνολογική εξέλιξη – ανάγκη συνεχούς αναβάθμισης
Βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας στην Ελλάδα, χωρίς μεγάλο κόστος σε ανθρώπινες εργατοώρες	Πιθανή αργή υιοθέτηση λόγω χαμηλής ψηφιακής ωριμότητας

Η αντιστοίχιση δείχνει ότι τα δυνατά σημεία μπορούν να μετριάσουν τις απειλές του διεθνούς ανταγωνισμού, ενώ τα αδύναμα σημεία μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω αξιοποίησης των ευκαιριών χρηματοδότησης και προβολής.

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η «Κατανόηση σκηνής με βάση οπτική πληροφορία» αντιπροσωπεύει μια *καινοτόμο* και *επεκτάσιμη* τεχνολογία με άμεση συνάφεια με τις ανάγκες της ελληνικής αλλά κατά προέκταση και ευρωπαϊκής βιομηχανίας.

Κύρια μηνύματα:

- Στόχος αγοράς: βιομηχανίες, επιχειρήσεις, φορείς/σώματα ασφάλειας, μεταφορές, logistics, ρομποτική, πολιτισμός.
- Στρατηγική διείσδυσης: πιλοτικά έργα, συνεργασίες με clusters, σταδιακή υιοθέτηση.
- Επενδυτική αξία: πλατφόρμα χαμηλού κόστους με δυνατότητα εμπορικής αξιοποίησης.

Οδικός Χάρτης Υιοθέτησης:

- Βραχυπρόθεσμα (0–12 μήνες): Πιλοτικές εφαρμογές σε βιομηχανικούς χώρους, παραμετροποίηση για εξειδικευμένη χρήση, συλλογή KPI, προσαρμογή UI/UX.
- Μεσοπρόθεσμα (1–2 έτη): Πιστοποίηση, προτυποποίηση υπηρεσίας, δημιουργία επιχειρηματικού μοντέλου.
- Μακροπρόθεσμα (2–4 έτη): Εμπορική διάθεση στις ελληνικές επιχειρήσεις και την ελληνική αγορά.

Επόμενα πιθανά βήματα αποτελούν η ανάπτυξη δικτύου συνεργατών και μια Spin-off εταιρεία για εμπορική εκμετάλλευση.

Με αυτά τα βήματα, το Πανεπιστήμιο Κρήτης μπορεί να προβεί στη μετατροπή της πλατφόρμας που και της ερευνητικής τεχνολογίας που αναπτύχθηκε σε μοχλό καινοτομίας και επενδυτικής ανάπτυξης για την ελληνική βιομηχανία.

2.18. Έξυπνη, οπτική επιθεώρηση διαδικασιών και αξιολόγησης πρωτοκόλλων

Στρατηγικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ελληνική βιομηχανία, ιδιαίτερα στους κλάδους της μεταποίησης, συναρμολόγησης και ελαφράς παραγωγής, βρίσκεται σε φάση σταδιακού ψηφιακού μετασχηματισμού, με έμφαση στην αυτοματοποιημένη επιθεώρηση, τη βελτιστοποίηση διαδικασιών και την ενίσχυση της παραγωγικής αποδοτικότητας. Η προτεινόμενη λύση ανταποκρίνεται άμεσα σε αυτές τις ανάγκες, καθώς εισάγει έναν καινοτόμο μηχανισμό οπτικής επιθεώρησης που μπορεί να αναγνωρίζει αυτόματα ενέργειες, να εντοπίζει αποκλίσεις και να υποστηρίζει τη διασφάλιση ποιότητας χωρίς την απαίτηση πρόσθετων αισθητήρων ή εξοπλισμού. Ως εκ τούτου, η τεχνολογία μπορεί να λειτουργήσει ως καταλύτης για την ψηφιακή μετάβαση μικρομεσαίων και μεγάλων βιομηχανικών επιχειρήσεων (Industry 4.0) στην Ελλάδα, παρέχοντας ένα ευέλικτο και χαμηλού κόστους εργαλείο επιθεώρησης και αξιολόγησης της απόδοσης του προσωπικού σε πραγματικά περιβάλλοντα παραγωγής.

Ανάγκες της ελληνικής αγοράς που καλύπτει η λύση

Η προτεινόμενη λύση, ως ένα καινοτόμο σύστημα οπτικής κατανόησης και ανάλυσης διαδικασιών με βάση την Τεχνητή Νοημοσύνη, στοχεύει στην κάλυψη κρίσιμων κενών που παρατηρούνται στις ελληνικές βιομηχανίες και οργανισμούς με έντονη εξάρτηση από χειροκίνητες διαδικασίες. Η ανάγκη για αυστηροποίηση της ποιότητας, μείωση του λειτουργικού κόστους και τεκμηρίωση της συμμόρφωσης αποτελεί τη βάση για την υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας.

Οι αγορές-στόχοι επικεντρώνονται σε τομείς όπου η ακρίβεια της διαδικασίας είναι ζωτικής σημασίας:

- *Βιομηχανία Παραγωγής & Μεταποίησης:* Για τον έλεγχο πολύπλοκων χειροκίνητων συναρμολογήσεων, συσκευασίας και διαδικασιών τελικού ελέγχου ποιότητας, όπου το ανθρώπινο λάθος οδηγεί σε υψηλό κόστος επανακατεργασίας ή απόρριψης.
- *Υπηρεσίες Συντήρησης και Επισκευής:* Σε κρίσιμους κλάδους (π.χ. αεροναυπηγική, ενέργεια), απαιτείται πιστοποίηση ότι οι τεχνικοί ακολούθησαν την ακριβή ακολουθία βημάτων συντήρησης για λόγους ασφάλειας.
- *Εκπαίδευση & Κατάρτιση Προσωπικού:* Η ανάγκη για αντικειμενική, απομακρυσμένη ή/και ταχεία αξιολόγηση της πρακτικής ικανότητας των εργαζομένων αποτελεί σημαντική εφαρμογή.

Η λύση καλύπτει τις ακόλουθες βασικές ανάγκες, οι οποίες επί του παρόντος επιλύονται με δαπανηρούς, χρονοβόρους και συχνά μη-αντικειμενικούς τρόπους (π.χ. επιτόπια ανθρώπινη επίβλεψη):

- *Αντικειμενική Ανίχνευση Αποκλίσεων:* Κάλυψη της ανάγκης για αυτόματη και αμερόληπτη αναγνώριση της λανθασμένης εκτέλεσης δράσεων, παραλείψεων ή εσφαλμένης σειράς βημάτων, βασιζόμενη σε δεδομένα υπολογιστικής όρασης.
- *Ψηφιοποίηση Ποιότητας:* Κάλυψη της ανάγκης για δημιουργία ψηφιακού αποτυπώματος και ιχνηλασιμότητας των χειροκίνητων εργασιών, μετατρέποντας την οπτική πληροφορία σε ποσοτικοποιησιμα δεδομένα ποιότητας και απόδοσης.
- *Προσαρμοστική Εκπαίδευση:* Κάλυψη της ανάγκης για στοχευμένη ανατροφοδότηση (feedback) στους εργαζομένους, εντοπίζοντας συστηματικά σφάλματα εκτέλεσης και μειώνοντας τον χρόνο και το κόστος εκπαίδευσης.
- *Εύκολη Υιοθέτηση & Μη Επεμβατική Λειτουργία:* Κάλυψη της ανάγκης για ένα σύστημα ελέγχου που δεν διακόπτει τη ροή εργασίας και δεν απαιτεί περίπλοκες φυσικές παρεμβάσεις ή φθορά αισθητήρων από το προσωπικό, χρησιμοποιώντας απλά οπτικά μέσα (κάμερες).

Η εφαρμογή του συστήματος προσφέρει άμεσα και μετρήσιμα οφέλη στους τελικούς χρήστες (υπεύθυνους παραγωγής, ποιότητας και εκπαίδευσης):

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- ✓ *Μείωση του Κόστους Ποιότητας:* Ελαχιστοποίηση των απορρίψεων και της ανάγκης για επανακατεργασία, λόγω της ταχύτερης επισήμανσης αποκλίσεων από το πρωτόκολλο εκτέλεσης οι οποίες θα οδηγήσουν σε καταστροφικά αποτελέσματα.
- ✓ *Εγγύηση Συμμόρφωσης:* Διασφάλιση της τήρησης των κρίσιμων πρωτοκόλλων και προτύπων.
- ✓ *Βελτίωση της Λειτουργικής Αποδοτικότητας:* Ταχύτερη ένταξη και πιστοποίηση των νέων υπαλλήλων μέσω της επισήμανσης σφαλμάτων κατά την διαδικασία εκπαίδευση.
- ✓ *Απρόσκοπτη Εφαρμογή:* Η μη επεμβατική φύση του συστήματος επιτρέπει την άμεση ενσωμάτωση σε υπάρχοντα βιομηχανικά περιβάλλοντα χωρίς λειτουργικές διακοπές ή αντίσταση από τους εργαζόμενους.

Ανάλυση αγοράς και ανταγωνιστικού περιβάλλοντος

Η τεχνολογική λύση στοχεύει σε κλάδους υψηλής προστιθέμενης αξίας και αυστηρής ρύθμισης, όπου το ανθρώπινο λάθος έχει σοβαρό οικονομικό αντίκτυπο. Βασικοί κλάδοι που θα ωφεληθούν άμεσα είναι η Βιομηχανία Υψηλής Τεχνολογίας/Συναρμολόγησης και ο τομέας των Υπηρεσιών Συντήρησης και Εκπαίδευσης Προσωπικού, καθώς το σύστημα προσφέρει μια ψηφιακή, αντικειμενική απόδειξη της ορθής εκτέλεσης των διαδικασιών.

Αναφορικά με το υφιστάμενο ανταγωνιστικό περιβάλλον, σε διεθνές επίπεδο, το ανταγωνιστικό τοπίο στον τομέα του χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός μικρού πλήθους διεθνών εταιρειών που προσφέρουν ευρείες πλατφόρμες Οπτικής Επιθεώρησης με χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Visual Inspection). Οι [Landing AI](#) (ΗΠΑ) και [Proceder AI](#) (Ιταλία) αποτελούν τους άμεσους ανταγωνιστές της λύσης καθώς χρησιμοποιούν τεχνολογίες Μηχανικής Μάθησης και Τεχνητής Νοημοσύνης για την εξαγωγή και καταλογογράφηση διαδικασιών από βίντεο, με έμφαση στην εκπαίδευση και την υποστήριξη. Αντίστοιχα, η [Viso.ai](#) (Ελβετία) παρέχει μια πλατφόρμα υποδομής Υπολογιστικής Όρασης που επιτρέπει στις εταιρείες να αναπτύσσουν, και να κλιμακώνουν εφαρμογές AI Υπολογιστικής Όρασης για την ανάλυση ροής εργασίας διαδικασιών και ελέγχου συμμόρφωσης πρωτοκόλλων (π.χ. PPE ανίχνευση⁵⁷, ελέγχων ασφαλείας). Στην Ελλάδα, δεν υπάρχει γνωστό, εμπορικά διαθέσιμο σύστημα με την συγκεκριμένη εστίαση στην αναγνώριση και στην ανάλυση της ορθότητας σειράς ανθρώπινων δράσεων και δραστηριοτήτων (διαδικασιών) μέσω Υπολογιστικής Όρασης και Τεχνητής Νοημοσύνης.

Η διαφοροποίηση της προτεινόμενης λύσης από το ανταγωνιστικό της περιβάλλον έγκειται στην τεχνολογική της αυτονομία και τη δομή κόστους. Τα προσφερόμενα μοντέλα της λύσης είναι εξολοκλήρου ιδιόκτητα (ανάπτυξη από το μηδέν), γεγονός που προσφέρει πλήρη έλεγχο της αλγοριθμικής αλυσίδας καθώς και την ικανότητα ευέλικτης ενσωμάτωσης (ή αντικατάστασης) επιπλέον μοντέλων με στόχο την εύκολη προσαρμογή στις απαιτήσεις της εκάστοτε βιομηχανίας. Επιπρόσθετα, η προσφερόμενη λύση όταν φτάσει σε επίπεδο εμπορικής αξιοποίησης ανάλογο των πολυεθνικών, θα προσφέρει πολύ πιο συμφέρουσα τιμολόγηση λόγω της χαμηλότερης λειτουργικής βάσης (απουσία επιπρόσθετης χρέωσης από την χρήση τεχνολογιών τρίτων) και της εγχώριας παρουσίας. Το τελευταίο χαρακτηριστικό προσφέρει ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα διότι εγγυάται την άμεση, ποιοτική και τοπική τεχνική υποστήριξη, έναν κρίσιμο παράγοντα για τα βιομηχανικά συστήματα, πλεονέκτημα που δεν μπορούν να προσφέρουν οι διεθνείς ανταγωνιστές.

Προτεινόμενη στρατηγική διείσδυσης στην ελληνική αγορά

Η στρατηγική διείσδυσης της προτεινόμενης λύσης στην αγορά βασίζεται σε μια σταδιακή και στοχευμένη προσέγγιση, προσαρμοσμένη στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ελληνικού βιομηχανικού οικοσυστήματος και στις δυνατότητες επέκτασης σε ευρωπαϊκές αγορές. Η αρχική φάση επικεντρώνεται στην εγκαθίδρυση εμπιστοσύνης και αναγνωρισιμότητας, μέσω πιλοτικών εφαρμογών και θεσμικών

⁵⁷ Personal Protective Equipment (PPE) είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί κάμερες και αλγορίθμους βαθιάς μάθησης για την αυτόματη αναγνώριση και ειδοποίηση παραβάσεων σχετικών με τα μέσα ατομικής ευθύνης, πχ τη μη χρήση κράνους σε χώρους υψηλού κινδύνου, όπως εργοτάξια και ορυχεία.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

συνεργασιών, ενώ οι επόμενες φάσεις στοχεύουν στη βιομηχανική κλιμάκωση και διεθνοποίηση των υπηρεσιών που προσφέρει η λύση.

Στο **πρώτο στάδιο**, η προσπάθεια θα επικεντρωθεί στην εδραίωση παρουσίας στην ελληνική αγορά μέσω της συνεργασίας με θεσμικούς και επαγγελματικούς φορείς και της δημιουργίας πρώτων εφαρμογών αναφοράς. Η στρατηγική αυτή αναπτύσσεται σε δύο κύριους άξονες. Ο πρώτος προβλέπει την ενεργό συμμετοχή σε δράσεις και εκδηλώσεις του [Επιμελητηρίου Ηρακλείου](#), της [Περιφέρειας Κρήτης](#), του [ΣΕΒ](#), καθώς και άλλων κλαδικών συνδέσμων που εκπροσωπούν τομείς με αυξημένες απαιτήσεις ποιοτικού ελέγχου (π.χ. τομέας παραγωγής και συσκευασίας τροφίμων, κατασκευαστική βιομηχανία). Οι ενέργειες αυτές αποσκοπούν στη διάχυση της τεχνογνωσίας και στην ανάδειξη της προστιθέμενης αξίας της λύσης για τη συμμόρφωση με τα επιχειρησιακά και κανονιστικά πρότυπα. Παράλληλα, θα επιδιωχθεί η συμμετοχή σε ερευνητικά έργα (εγχώρια και ευρωπαϊκά) σε συνεργασία με πανεπιστημιακά εργαστήρια και επιχειρήσεις θα υποστηρίξει την τεχνολογική ωρίμανση και επικύρωση της λύσης σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα παραγωγής. Σκοπός είναι να προσφερθούν πιλοτικές εγκαταστάσεις στις συμμετέχουσες βιομηχανίες με ελάχιστο έως μηδενικό κόστος, ώστε να παραχθεί ένα πορτφόλιο επιτυχημένων εφαρμογών που θα λειτουργήσει ως εργαλείο αξιοπιστίας και εμπορικής προώθησης. Η επιλογή των ελληνικών επιχειρήσεων-πιλότων που θα προσεγγιστούν θα βασιστεί σε υφιστάμενες συνεργασίες μέσω ελληνικών clusters (όπως Corallia), τα οποία δραστηριοποιούνται στη Βιομηχανία 4.0 και σε τεχνολογίες Έξυπνης Κατασκευαστικής Αλυσίδας (Smart Manufacturing).

Κατά το **δεύτερο στάδιο**, η στρατηγική εστιάζει στην κλιμάκωση και εμπορευματοποίηση της λύσης, με στόχο τη διεύρυνση της πελατειακής βάσης και την ενίσχυση της βιωσιμότητάς της στην ελληνική βιομηχανία. Οι βασικές ενέργειες περιλαμβάνουν: (α) την τυποποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών και την ανάπτυξη ολοκληρωμένων πακέτων εγκατάστασης, προσαρμοσμένων σε διαφορετικά επίπεδα βιομηχανικής ωριμότητας, ώστε να υποστηρίζεται μεγαλύτερος αριθμός πελατών και πιο σύνθετες παραγωγικές διαδικασίες· (β) την πιστοποίηση της λύσης σύμφωνα με διεθνή πρότυπα, όπως το [ISO 27001 για την Ασφάλεια Πληροφοριών](#), διασφαλίζοντας την εμπιστευτικότητα, την ακεραιότητα και τη διαθεσιμότητα ευαίσθητων βιομηχανικών δεδομένων (π.χ. βίντεο, διαδικασίες, αναφορές προσώπων), και ενισχύοντας την αξιοπιστία και τη δυνατότητα ενσωμάτωσης σε περιβάλλοντα με αυστηρές κανονιστικές απαιτήσεις· και (γ) την ενεργή συνεργασία με θεσμικούς φορείς, όπως ο ΣΕΒ και οι Περιφερειακές Αναπτυξιακές Εταιρείες, για τη διευκόλυνση της πρόσβασης σε μεγαλύτερες βιομηχανικές μονάδες και την προώθηση της λύσης ως εργαλείου ψηφιακού μετασχηματισμού και αυτοματοποίησης. Η διαδικασία εμπορευματοποίησης θα υποστηριχθεί από την υιοθέτηση ενός ευέλικτου επιχειρηματικού μοντέλου Software-as-a-Service (SaaS), το οποίο θα επιτρέπει τη διάθεση της λύσης με χαμηλό αρχικό κόστος, σταθερά επαναλαμβανόμενα έσοδα και δυνατότητα προσαρμογής ανάλογα με τις ανάγκες κάθε επιχείρησης (π.χ. ανά διαδικασία, ανά χρήστη ή ανά μονάδα παραγωγής).

Ως **τελικό στάδιο**, μετά την τεχνολογική και εμπορική ωρίμανση της λύσης, θα επιδιωχθεί η διερεύνηση των δυνατοτήτων διεθνοποίησης και εξαγωγής της λύσης σε επιλεγμένες ευρωπαϊκές αγορές. Η στρατηγική θα εστιάζει στη Νοτιοανατολική Ευρώπη (σε χώρες όπως η Βουλγαρία, η Αλβανία, και η Σερβία) και την Τουρκία, περιοχές που παρουσιάζουν έντονη βιομηχανική δραστηριότητα και αυξανόμενη ανάγκη για λύσεις συμμόρφωσης και αυτοματοποίησης, λόγω της μεταφοράς γραμμών παραγωγής από τη Δυτική Ευρώπη σε χώρες με χαμηλότερο κόστος λειτουργίας. Η διείσδυση στις αγορές αυτές θα πραγματοποιηθεί μέσω της αξιοποίησης των ευρωπαϊκών clusters και δικτύων συνεργασίας στα οποία συμμετέχουν τα μέλη της ομάδας ανάπτυξης, της δημιουργίας στρατηγικών συνεργασιών με τοπικούς System Integrators και τεχνολογικούς προμηθευτές, καθώς και της συμμετοχής σε ευρωπαϊκά έργα (Horizon Europe, Digital Europe) για την περαιτέρω προβολή και ωρίμανση της λύσης σε διεθνές επίπεδο.

Μηχανισμοί Προσέλκυσης Επενδύσεων

Η προτεινόμενη τεχνολογική λύση διαθέτει σαφή πρόταση αξίας (value proposition) τόσο για επενδυτές όσο και για βιομηχανικούς χρήστες. Η επένδυση σε αυτή ενισχύει τον ψηφιακό μετασχηματισμό της ελληνικής βιομηχανίας, απαντώντας στην αυξανόμενη ανάγκη για αυτοματοποιημένη επιτήρηση διαδικασιών, διασφάλιση ποιότητας και συμμόρφωση με πρωτόκολλα

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

εκτέλεσης των διαδικασιών, με τη χρήση καινοτόμων μεθόδων ανάλυσης βίντεο και τεχνητής νοημοσύνης.

Η πρόταση αξίας προς επενδυτές συνοψίζεται στα εξής: (α) *Καινοτομία με υψηλό βαθμό εμπορικής αξιοποίησης*, η λύση καλύπτει πραγματικές ανάγκες της βιομηχανίας σε τομείς όπου υπάρχει χαμηλός βαθμός αυτοματοποίησης και αυξημένες κανονιστικές απαιτήσεις, (β) *Κλιμακώσιμο επιχειρηματικό μοντέλο (SaaS)*, το οποίο επιτρέπει προβλέψιμα επαναλαμβανόμενα έσοδα και χαμηλό λειτουργικό κόστος ανά πελάτη, και (γ) *Απουσία εγχώριου ανταγωνισμού και δυνατότητα διεθνοποίησης*, δεδομένου ότι δεν υφίσταται εγχώριος ανταγωνισμός σε εμπορευματοποιήσιμη μορφή και η προσφερόμενη τεχνολογική λύση μπορεί να επεκταθεί σε βιομηχανίες της Νοτιοανατολικής Ευρώπης και της Τουρκίας, περιοχές με αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα και χαμηλότερο βαθμό τεχνολογικής ωρίμανσης. Η συγκεκριμένη δομή της αγοράς, προσφέρει το πλεονέκτημα του *πρωτοπόρου στην αγορά* γεγονός που ενδεχομένως θα οδηγήσει υψηλότερες αποδόσεις επένδυσης.

Οι πιθανοί φορείς χρηματοδότησης περιλαμβάνουν (α) **εγχώριους επενδυτικούς φορείς**, όπως ο ΕΛΚΕ, το Ταμείο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας, καθώς και επενδυτικά σχήματα επιχειρηματικού κεφαλαίου (Venture Capitals (VCs)) με έμφαση στην τεχνολογία (π.χ. Uni.Fund, [Big Pi](#), Metavallon, Marathon), (β) **Ευρωπαϊκούς μηχανισμούς στήριξης και clusters**, όπως τα [EIT Manufacturing](#), [DIH4AI](#), Corallia, και τα δίκτυα European Digital Innovation Hubs, που υποστηρίζουν δράσεις πιλοτικών εγκαταστάσεων και τεχνολογικής επιτάχυνσης, και (γ) **Βιομηχανικούς εταίρους** και εταιρείες που επιθυμούν να συμμετέχουν σε πιλοτικές εφαρμογές ή να συνεισφέρουν με *επενδύσεις σε είδος* (in-kind investments), όπως για παράδειγμα μέσω της παροχής χώρου ή δεδομένων.

Τέλος, η διαδρομή εμπορικής ωρίμανσης της λύσης ακολουθεί μια σταδιακή πορεία:

1. **Πιλοτική εφαρμογή σε επιλεγμένες βιομηχανίες** με τη στήριξη clusters και ερευνητικών έργων, με στόχο τη βελτιστοποίηση των αλγορίθμων και τη συλλογή case studies.
2. **Αναβάθμιση σε προϊόν εμπορικής ετοιμότητας** (market-ready), μέσω τυποποίησης των υπηρεσιών, πιστοποίησης ασφάλειας και ολοκλήρωσης της υποδομής SaaS.
3. **Επέκταση στην αγορά**, με στρατηγικές συνεργασίες, συμμετοχή σε ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες, και ανάπτυξη ενός δικτύου συνεργατών για την παροχή υποστήριξης και συντήρησης.

Η συνολική στρατηγική επενδύσεων στοχεύει στη σταδιακή μείωση της εξάρτησης από δημόσια χρηματοδοτικά εργαλεία και στην προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων μέσα από μετρήσιμα αποτελέσματα εφαρμογής και βιώσιμη ανάπτυξη της τεχνολογικής λύσης.

Ανάλυση SWOT



Εικόνα 21: Ανάλυση SWOT για την έξυπνη, οπτική επιθεώρηση διαδικασιών και αξιολόγησης πρωτοκόλλων

Συμπεράσματα - Οδικός Χάρτης

Η προτεινόμενη λύση τοποθετείται στο σταυροδρόμι μεταξύ Τεχνητής Νοημοσύνης, Βιομηχανίας 4.0 και Ψηφιακού Μετασχηματισμού. Αξιοποιώντας αποκλειστικά οπτικά δεδομένα από κάμερες παραγωγής, προσφέρει δυνατότητες αναγνώρισης δράσεων και αποκλίσεων σε διαδικασίες (δραστηριότητες) συναρμολόγησης, με δυνατότητες επέκτασης και σε διαδικασίες συντήρησης και ελέγχου ποιότητας, χωρίς την ανάγκη επιπρόσθετων αισθητήρων. Η αγορά-στόχος περιλαμβάνει μεσαίες και μεγάλες βιομηχανικές μονάδες στην Ελλάδα και το εξωτερικό, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε όλους τους κλάδους που περιλαμβάνουν την παραγωγή και μεταποίηση προϊόντων, και για τους οποίους η αποδοτικότητα ανθρώπινων δράσεων αποτελούν κρίσιμους δείκτες.

Όπως αναφέρθηκε η στρατηγική διεύθυνσης βασίζεται σε τρία επίπεδα, (α) Πιλοτικές εφαρμογές σε συνεργασία με ελληνικές βιομηχανίες για την απόδειξη της αξίας (proof-of-value), (β) Μετατροπή της τεχνολογίας σε SaaS υπηρεσία, επιτρέποντας ευέλικτη υιοθέτηση και χαμηλό αρχικό κόστος, και (γ) Συνεργασίες με integrators και clusters βιομηχανικής καινοτομίας για ταχύτερη εμπορική κλιμάκωση. Με βάση τα χαρακτηριστικά της τεχνολογικής λύσης και το εύρος της αγοράς στην οποία απευθύνεται η επενδυτική αξία εδράζεται σε τρία σημεία, (α) την υψηλή δυνατότητα κλιμάκωσης σε διεθνές επίπεδο, (β) την σαφή ευθυγράμμιση με ευρωπαϊκές προτεραιότητες (AI, Industry 5.0, ανθρώπινο-κεντρική βιομηχανία), όπως αυτές έχουν καθοριστεί από την χρηματοοικονομική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης την τελευταία πενταετία, και (γ) απο το χαμηλό κόστος ανάπτυξης σε σχέση με την προσδοκώμενη απόδοση της επένδυσης.

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

Τέλος, αναφορικά με τις προτάσεις για τα επόμενα βήματα με βάση τον οδικό χάρτη εμπορικής ωρίμανσης που παρουσιάστηκε στην ενότητα 2.1.5, αυτές συνοψίζονται στα εξής στάδια. Αρχικά, προβλέπεται η υποβολή προτάσεων σε προγράμματα ΕΣΠΑ και Horizon Europe με στόχο την χρηματοδότηση του σταδίου τεχνολογικής και εμπορικής ωρίμανσης της λύσης. Στην συνέχεια, το επόμενο βήμα θα είναι η σύναψη συνεργασιών με ελληνικές βιομηχανίες με στόχο την λειτουργία τους ως πρώτους υιοθετητές (early adopters) της τεχνολογικής λύσης, και την δημιουργία ενός πορτφόλιο από περιπτώσεις επιτυχημένης υιοθέτησης (success cases). Παράλληλα, θα διατεθούν πόροι για την επένδυση στην πιστοποίηση και κανονιστική συμμόρφωση (GDPR, ISO) για πρόσβαση σε ρυθμιζόμενους τομείς. Το τελευταίο βήμα θα περιλαμβάνει δράσεις για την δημιουργία spin-off εταιρείας ή start-up σχήματος για την αξιοποίηση των δικαιωμάτων εκμετάλλευσης και την ευελιξία επενδυτικών κινήσεων και την ανάπτυξη εμπορικού πλάνου εξωστρέφειας με στόχο τη διεθνή παρουσία έως το 2028.

3. Συμπεράσματα

Η ολοκλήρωση του παρόντος παραδοτέου αναδεικνύει τον κεντρικό ρόλο που καλείται να διαδραματίσει το έργο GREECE4.0 ως εθνικός επιταχυντής για τη μετάβαση της ελληνικής μεταποίησης προς ένα ψηφιακό, πράσινο και κυκλικό μοντέλο. Η ανάλυση των είκοσι ολοκληρωμένων τεχνικών λύσεων επιβεβαιώνει ότι η τεχνολογική καινοτομία, όταν ευθυγραμμίζεται με τις πραγματικές ανάγκες της αγοράς, μπορεί να αποτελέσει τον ισχυρότερο μοχλό ανταγωνιστικότητας για τις ελληνικές επιχειρήσεις.

Από την εξέταση των επιμέρους λύσεων —από τα αυτοκινούμενα ρομποτικά συστήματα και τα Ψηφιακά Δίδυμα έως τους μηχανισμούς κυβερνοασφάλειας αιχμής και τα συστήματα προβλεπτικής αναλυτικής προκύπτουν τα εξής:

- *Ετοιμότητα για την Βιομηχανία 4.0 & 5.0:* Οι λύσεις δεν περιορίζονται στην αυτοματοποίηση, αλλά εισάγουν την έννοια της ανθρωποκεντρικής συνεργασίας και της ασφάλειας, εναρμονίζοντας την ελληνική παραγωγή με τα ευρωπαϊκά πρότυπα του Industry 5.0.
- *Γεφύρωση του Ψηφιακού Χάσματος:* Η υιοθέτηση ανοιχτών προτύπων (Open Source), η χρήση αρχιτεκτονικών Cloud-native και η ανάπτυξη "plug & play" λύσεων μειώνουν δραστικά το φράγμα εισόδου (κόστος και τεχνική πολυπλοκότητα) για τις Μικρομεσαίες Επιχειρήσεις (ΜΜΕ).
- *Ενίσχυση της Κυκλικότητας:* Η ενσωμάτωση Ψηφιακών Διαβατηρίων Προϊόντων (DPP) και εργαλείων παρακολούθησης δευτερογενών υλικών μετατρέπει την περιβαλλοντική συμμόρφωση από "βάρος" σε στρατηγικό πλεονέκτημα και Proof of Circularity.
- *Ανθεκτικότητα και Κυβερνοασφάλεια:* Η εισαγωγή μετακβαντικής κρυπτογραφίας και ευφών συστημάτων ανίχνευσης απειλών στο Edge θωρακίζει την εθνική βιομηχανική βάση απέναντι στις σύγχρονες παγκόσμιες προκλήσεις.

Το έργο GREECE4.0 υπερβαίνει τα όρια της έρευνας, διαμορφώνοντας μια σαφή διαδρομή προς την αγορά (Market-ready path). Η επιτυχής πιλοτική εφαρμογή των λύσεων σε πραγματικά βιομηχανικά περιβάλλοντα (τρόφιμα, logistics, κατασκευές) παρείχε τα απαραίτητα success stories για την προσέλκυση επενδύσεων. Παράλληλα, η πλατφόρμα Market4.0 και τα Competence Centers αποτελούν τους βασικούς μηχανισμούς για τη συνεχή διάχυση της γνώσης και την εμπορική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων. Μέσω της ανάλυσης SWOT και των μηχανισμών προσέλκυσης επενδύσεων που παρουσιάστηκαν, καταδεικνύεται ακόμα ότι οι λύσεις προσφέρουν υψηλό ROI, δυνατότητα κλιμάκωσης (scalability) και ευκαιρίες διεθνοποίησης, ιδιαίτερα στις αγορές της ΝΑ Ευρώπης.

Συνοψίζοντας, η ελληνική μεταποιητική βιομηχανία διαθέτει πλέον μέσω του GREECE4.0 μια εργαλειοθήκη αιχμής που απαντά στις προκλήσεις της ενεργειακής κρίσης, της έλλειψης εξειδικευμένου προσωπικού και της ανάγκης για βιώσιμη παραγωγή. Η μετάβαση από το "ερευνητικό πρωτότυπο" στην "εμπορική υπηρεσία" είναι πλέον εφικτή, υπό την προϋπόθεση της συνέχισης των θεσμικών συνεργασιών και της αξιοποίησης των διαθέσιμων χρηματοδοτικών εργαλείων (Ταμείο Ανάκαμψης, ΕΣΠΑ).

Το παρόν παραδοτέο αποτελεί τον στρατηγικό οδηγό για κάθε ενδιαφερόμενο μέρος, από επιχειρήσεις και επενδυτές έως πολιτικούς φορείς, που επιθυμούν να συμμετάσχουν στον μετασχηματισμό της Ελλάδας σε έναν σύγχρονο, τεχνολογικά αυτόνομο και διεθνώς ανταγωνιστικό βιομηχανικό κόμβο.

4. Αναφορές

1. Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών (2023) *Ο τομέας μεταποίησης στην Ελλάδα. Νέες προκλήσεις και προοπτικές βιώσιμης ανάπτυξης στο εξελισσόμενο ευρωπαϊκό και παγκόσμιο περιβάλλον*, https://hellenicproduction.org/wp-content/uploads/2023/12/RES_05_F_14122023_REP_GR.pdf
2. European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use. (2024). *Circular economy country profile 2024: Greece* (ETC-CE Report). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/circular-economy/country-profiles-on-circular-economy/circular-economy-country-profiles-2024/greece_2024-ce-country-profile_final.pdf
3. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2022). *Σχέδιο δράσης Κ.Ο. 8* [Action plan KO 8]. <https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2022/03/SXEDIO-DRASHS-KO-8.pdf>
4. Trigkas, M., Karagouni, G., Mpyrou, K., & Papadopoulos, I. (2020). Circular economy. The Greek industry leaders' way towards a transformational shift. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105092. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920304092>
5. Επαγγελματικό Επιμελητήριο Αθηνών. (2021, February 23). Οι προοπτικές για την ελληνική μεταποιητική βιομηχανία. *EEA*. <https://www.eea.gr/arhra-eea/i-prooptikes-gia-tin-elliniki-metapiitiki-viomichania/>
6. Khan, M. I., Yasmeen, T., Khan, M., Hadi, N. U., Asif, M., Farooq, M., & Al-Ghamdi, S. G. (2024). Integrating industry 4.0 for enhanced sustainability: Pathways and prospects. *Sustainable Production and Consumption*. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.12.012>
7. Alawamleh, M., Shammah, N., Alawamleh, K., & Ismail, L. B. (2024). Examining the limitations of AI in business and the need for human insights using Interpretive Structural Modelling. *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*, 10(3), 100338. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100338>
8. Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης. (2021). *Βίβλος ψηφιακού μετασχηματισμού*. https://digitalstrategy.gov.gr/vivlos_pdf?page=131
9. European Commission. (2025). *Industry 5.0*. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en
10. Alexopoulos, K., Nikolakis, N., & Chryssolouris, G. (2020). Digital twin-driven supervised machine learning for the development of artificial intelligence applications in manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(5), 429–439. <https://doi.org/10.1080/0951192x.2020.1747642>
11. European Commission. (2025) *Annual Report on European SMEs 2024/2025*. Schulze Brock, P., Katsinis, A., Lagüera González, J., Di Bella, L., Odenthal, L., Hell, M., Lozar, B. and Secades Casino, B., *Annual Report on European SMEs 2024/2025, SME performance review*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, https://single-market-economy.ec.europa.eu/smes/sme-strategy-and-sme-friendly-business-conditions/sme-performance-review_en
12. Chryssolouris, G., Alexopoulos, K., & Arkouli, Z. (2022b). Artificial intelligence in manufacturing systems. In *Studies in systems, decision and control* (pp. 79–135). https://doi.org/10.1007/978-3-031-21828-6_4
13. Harry Bikas, Odysseas Perrakis, Vasiliki C. Panagiotopoulou, Panagiotis Stavropoulos, A design framework for sustainable manufacturing using Additive Manufacturing Processes, *Procedia CIRP*, Volume 136, 2025, Pages 828-831, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.08.141>
14. Παρθενιάδης, Κ. Γ. (2022). Analyzing the profitability of investing in Additive Manufacturing for the production of metal parts in Greece (Doctoral

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

- dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). DOI: <https://doi.org/10.26262/heal.aucth.ir.339532>
15. DDOPTML: ADDitively Manufactured OPTimized Structures by means of Machine Learning. National Technical University of Athens. Retrieved January 22, 2026, from <http://addoptml.ntua.gr/>
 16. *Additive Manufacturing market valued at over EUR 8 billion*. AMPPOWER / Additive-Manufacturing-Report.com. Retrieved January 22, 2026, from <https://additive-manufacturing-report.com/additive-manufacturing-market/>
 17. King, A. (2024, September 10). *Advanced manufacturing revs up in Europe with 3D printing*. Horizon Magazine. European Commission. Retrieved January 22, 2026, from <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/horizon-magazine/advanced-manufacturing-revs-europe-3d-printing>
 18. National Association of Manufacturers. (2025). *AI in manufacturing*. <https://nam.org/issues/research-innovation-and-technology/ai/>
 19. SAP Greece. (2024). *AI στην παραγωγή: Ένας συνοπτικός οδηγός*. <https://www.sap.com/greece/resources/ai-in-manufacturing>
 20. ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ. (2020). *Έκθεση ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ 2020: Ψηφιακός μετασχηματισμός και μικρές επιχειρήσεις*. <https://imegsevee.gr/%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%83%CE%B9%CE%B5%CF%8D%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%AD%CF%81%CE%B5%CF%85%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%BC%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CF%84%CE%B5%CF%82/ekthesi-imegsevee-2020-psifiakos-metaximatismos-mikres-epixeiriseis/>
 21. World Economic Forum. (2025). *Synthetic data: The new data frontier* (Executive summary). World Economic Forum. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Synthetic_Data_2025.pdf
 22. Ανοικτή Επιχειρηματικότητα. (2025, March 4). *Η σημασία των ανοιχτών δεδομένων στην βιομηχανία: Ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της καινοτομίας*. <https://openbusiness.ellak.gr/2025/03/04/open-data-manufacturing/>
 23. MarketsandMarkets. (2025). *Digital Twin Market Size, Share & Trends 2025–2030* (Report No. SE 5540). MarketsandMarkets. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>
 24. Greek National Productivity Board (2025), *Greek National Productivity Board Annual Report 2025*, KEPE Publishing, Athens, Greece. https://www.kepe.gr/wp-content/uploads/2025/11/NPB_Annual-Report_2025_LOW.pdf
 25. European Commission (2024). *Greece 2024 Digital Decade Country Report*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-decade-2024-country-reports>
 26. Ioannidis, S., Doitsidis, L., & Tsourveloudis, N. (2024, June). *Efficiency and Sustainability in Manufacturing: Simultaneous Work-in-Progress Control and Energy Consumption Management*. In *2024 32nd Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)* (pp. 63-68). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10566169>
 27. Livanos, G., Doitsidis, L., Tsourveloudis, N., Arybli, M., & Arampatzis, G. (2025, [Month]). *Towards circular value chains, sustainable and resilient product management and production scheduling using digital tools*. Paper presented at the 4th International Conference on Responsible Consumption and Production, Chania, Greece. (presented, to appear in [Conference Proceedings](#))
 28. Kostavelis, I., & Gasteratos, A. (2022). *Conceptualizing Industry 4.0 for Greek Manufacturing Sector*. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 15(2). <https://www.jestr.org/downloads/Volume15Issue2/fulltext11522022.pdf>

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

29. Institute for Hellenic Growth and Prosperity (IHGP) (2025). The Greek Economy: Current State and Perspectives. https://acg150.acg.edu/wp-content/uploads/2025/03/IHGP_The-Greek-Economy-Current-State-and-Perspectives.pdf?utm_source=chatgpt.com
30. Eirinakis, P., Lounis, S., Plitsos, S., Arampatzis, G., Kalaboukas, K., Kenda, K., ... & Stojanovic, N. (2022). Cognitive digital twins for resilience in production: A conceptual framework. *Information*, 13(1), 33. <https://www.mdpi.com/2078-2489/13/1/33>
31. Lounis, S., Koukopoulos, A., Farmakis, T., & Aryblia, M. (2024). Evaluation Methodology for Circular and Resilient Information Systems. *Applied Sciences*, 14(17), 8089. <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/17/8089>
32. Aryblia, M., Sarantinoudis, N.; Tsinarakis, G.; Arampatzis, G., Advancing sustainability in industrial supply chains by embracing circular approaches & digital transformation, *INDIGO* <https://www.plooto-project.eu/2024/01/30/%CE%B1dvancing-sustainability-in-industrial-supply-chains-by-embracing-circular-approaches-digital-transformation/>
33. Krouskos, I. (2025). Διερεύνηση της χρήσης των Ψηφιακών Διδύμων από τον Ελληνικό Κατασκευαστικό Κλάδο [Diploma thesis, National Technical University of Athens]. NTUA Institutional Repository. <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/60726>
34. Dípla, T. (2022, January). Διερεύνηση της εφαρμογής των ψηφιακών διδύμων στη διαχείριση τεχνικών έργων [Diploma thesis, National Technical University of Athens]. NTUA Institutional Repository. <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/55278>
35. Thessaloniki Port Authority S.A. (n.d.). *EU Projects*. Retrieved October 3, 2025, from <https://www.thpa.gr/eu-projects>
36. ADMIE S.A. (n.d.). *Era: Digital Twins arrives – TWINEU project*. Retrieved October 3, 2025, from <https://www.admie.gr/en/nea/departement-research-technology-and-development-drttd/era-digital-twins-arrives-twineu-project>
37. Sepetis, A., Goula, A., Stasinopoulos, V., Kastanioti, C., & Stasinopoulos, D. (2020). The implementation of Voluntary Environmental Agreements and Sustainable Balanced Scorecard in the Health Care Region of Greece. *International Journal of Biology and Biomedicine*, 5. https://www.researchgate.net/publication/342044310_The_implementation_of_Voluntary_Environmental_Agreements_and_Sustainable_Balanced_Scorecard_in_the_Health_Care_Region_of_Greece
38. Kartalis, N., Velentzas, J., & Broni, G. (2013). Balance scorecard and performance measurement in a Greek industry. *Procedia Economics and finance*, 5, 413-422. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221256711300049X>
39. Soldatou, M.-A. (2022). *Balance Scorecard and sustainability: the case of Greek industry of hospitality and tourism* (Master's thesis, Athens University of Economics and Business). PXYIDA Institutional Repository. <https://doi.org/10.26219/heal.aueb.3465>
40. Garefalakis, S., Angelaki, E., Spinthiropoulos, K., Tsamis, G., & Garefalakis, A. (2025). The Implementation of ESG Indicators in the Balanced Scorecard—Case Study of LGOs. *Risks*, 13(8), 154. <https://www.mdpi.com/2227-9091/13/8/154>
41. Silva, A., Maldonado, I., da Silva, M., & Cepeda, C. (2025). Sustainability Balanced Scorecard: Systematic Literature Review. *Journal of Risk & Financial Management*, 18(6). <https://www.mdpi.com/1911-8074/18/6/324>
42. Psarommatis, F.; May, G. Digital Product Passport: A Pathway to Circularity and Sustainability in Modern Manufacturing. *Sustainability* 2024, 16, 396. <https://doi.org/10.3390/su16010396> <https://www.plooto-project.eu/2024/01/09/digital-product-passport-a-pathway-to-circularity-and-sustainability-in-modern-manufacturing/>

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

43. TÜV Austria Hellas. (2017). *Πιστοποίηση ISO 50001 ή/και ISO 14001 για συμμόρφωση με τη νομοθεσία των ενεργειακών ελέγχων*. <https://tuvaustriahellas.gr/pistopiisi-iso-50001-i-ke-iso-14001-gia-symmorfosi-me-ti-nomothesia-ton-energiakon-elegchon/>
44. SNS Insider. (2025). Digital Product Passport Market Research Report. <https://www.snsinsider.com/reports/digital-product-passport-market-6743>
45. Agnusdei, G. P., Elia, V., Gnoni, M. G., & Fruggiero, F. (2022). Digital twins and collaborative robotics: a SWOT-AHP analysis to assess sustainable applications. In *Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2022)* (pp. 2324-2329). Research Publishing, Singapore. <https://iris.unisalento.it/retrieve/404dbfad-f3cd-4bff-a231-8a4f98f47a02/S10-08-412.pdf>
46. Kartalis, N., Velentzas, J., & Broni, G. (2013). Balance scorecard and performance measurement in a Greek industry. *Procedia Economics and finance*, 5, 413-422. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221256711300049X>
47. Carvalho, C., Silva, C. J., & Abreu, M. J. (2025). Circular Economy: Literature Review on the Implementation of the Digital Product Passport (DPP) in the Textile Industry. *Sustainability* (2071-1050), 17(5). https://www.researchgate.net/publication/389173074_Circular_Economy_Literature_Review_on_the_Implementation_of_the_Digital_Product_Passport_DPP_in_the_Textile_Industry
48. Anyfantaki, S., Caloghirou, Y., Dellis, K., Karadimitropoulou, A., & Petroulakis, F. (2022, December). *How to make I.T. in Greek manufacturing: Evidence and policy recommendations* (Policy Paper No. 119/2022). Hellenic Foundation for European & Foreign Policy (ELIAMEP). <https://www.eliamep.gr/wp-content/uploads/2022/12/Policy-paper-119-EN-final-.pdf>
49. Ernst & Young. (2024). *Χτίζοντας το μέλλον για ακόμα πιο ισχυρή βιομηχανία*. https://www.ey.com/en_gr/insights/advanced-manufacturing/building-a-stronger-manufacturing-future
50. Hellenic Federation of Enterprises (SEV). (2022). *SEV helps Greek businesses in their path to digital transformation*. <https://en.sev.org.gr/news/sev-helps-greek-businesses-in-their-path-to-digital-transformation/>
51. Information Services Group (ISG). (2025). *Industry 4.0 gaining momentum in Europe*. <https://ir.isg-one.com/news-market-information/press-releases/news-details/2025/Industry-4-0-Gaining-Momentum-in-Europe/default.aspx>
52. Polaris Market Research Report. (2024). *Europe Artificial Intelligence in Manufacturing Market Size, Share, Trends, Industry Analysis Report By Component (Hardware, Software), By Technology, By Application, By End Use, By Country – Market Forecast, 2025–2034*. <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/europe-artificial-intelligence-in-manufacturing-market>
53. Straits Research. (2025). *Europe Industry 4.0 Market Size & Outlook, 2025-2033*. <https://straitsresearch.com/report/industry-4.0-market/europe>
54. Chymis, A. (2025). Digital competitiveness of the Greek economy. KEPE, Greek Economic Outlook, Issue 56, pp. 55–60 <https://www.kepe.gr/wp-content/uploads/2025/04/4.1.pdf>
55. Σύνδεσμος Επιχειρήσεων & Βιομηχανιών (ΣΕΒ). (2023). *Ψηφιακός μετασχηματισμός των ελληνικών επιχειρήσεων: Έρευνα Παρατηρητηρίου Ψηφιακού Μετασχηματισμού*. <https://www.sev.org.gr/ekdoseis/psifiakos-metaschimatismos-epicheiriseon>
56. KPMG. (2023). *The future of transportation and logistics*. KPMG International. <https://kpmg.com/gr/en/home/insights/2023/07/the-future-of-transportation-and-logistics.html>

Π3.1 - Πιλοτική εγκατάσταση των λύσεων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα

57. Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης και Ηλεκτρονικού Περιεχομένου ΕΚΤ. (2025). *Ο Ψηφιακός Μετασχηματισμός των ελληνικών επιχειρήσεων, 2020-2022: Επενδύσεις, δεδομένα και δεξιότητες*. <https://metrics.ekt.gr/publications/734>
58. Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης και Ηλεκτρονικού Περιεχομένου ΕΚΤ. (2022). *Ο Ψηφιακός Μετασχηματισμός των ελληνικών επιχειρήσεων, 2018-2020: Πρωτοπόρες τεχνολογίες*. <https://metrics.ekt.gr/publications/606>
59. Grand View HORIZON. (n.d.). *Europe warehouse automation market size & outlook*. <https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/warehouse-automation-market/europe>
60. Mordor Intelligence. (n.d.). *Europe warehouse automation market size & share analysis - growth trends and forecast (2025 – 2030)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-warehouse-automation-market>