



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 2014-2020

ΕΥΔ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Επενδυτικά Σχέδια Καινοτομίας

Κωδικός πράξης: KMP6-0083129

Κωδικός MIS: 5136571

Δικαιούχος: ΑΔΕΛΦΟΙ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΟΥΡΤΙΔΗ, ΕΛΚΕ – ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΙΤΛΟΣ

«Βελτιστοποίηση τοποθέτησης και καταμέτρησης εμπορευμάτων σε μεγάλους βιομηχανικούς χώρους με χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών»

Τίτλος Πράξης (Αγγλικά) Optimization of placement and counting products in large industrial areas using UAV

Παραδοτέο

Π5.2 Τεχνική αναφορά αποτελεσμάτων αξιολόγησης πιλοτικής λειτουργίας

Αρ. Παραδοτέου	Π5.2
Ενότητα Εργασίας	ΕΕ5. Πιλοτική λειτουργία και αξιολόγηση ολοκληρωμένου συστήματος
Υπεύθυνος Φορέας ΕΕ5 / Π5	Αδελφοί Γεωργίου Κουρτίδη - ΔΙ.ΠΑ.Ε.
Είδος Παραδοτέου	Τεχνική Αναφορά
Παράδοση	Δεκέμβριος 2024
Σύντομη Περιγραφή Ενότητας	Ολοκλήρωση του συστήματος, δοκιμές αποδοτικότητας πλατφόρμας και αξιολόγηση αποτελεσμάτων πιλοτικής λειτουργίας.
Έναρξη Προγράμματος, Λήξη	Οκτώβριος 2021, Δεκέμβριος 2024
Φορείς	ΑΔΕΛΦΟΙ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΟΥΡΤΙΔΗ, ΕΛΚΕ – ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ



Λίστα συγγραφέων:

#	Όνοματεπώνυμο	Φορέας	email
1	Γεώργιος Κουρτίδης	ΝΕΚΤΑΡ	info@nektar.gr
2	Γεώργιος Κουρτίδης	ΝΕΚΤΑΡ	info@nektar.gr
3	Ειρήνη Κουρτίδου	ΝΕΚΤΑΡ	info@nektar.gr
4	Αναστάσιος Βαζικόγλου	ΝΕΚΤΑΡ	info@nektar.gr
5	Δημήτριος Βαρσάμης	ΔΙ.ΠΑ.Ε.	dvarsam@ihu.gr
6	Αλκιβιάδης Τσιμπίρης	ΔΙ.ΠΑ.Ε.	atsimpiris@ihu.gr
7	Κωνσταντίνος Χειλάς	ΔΙ.ΠΑ.Ε.	chilas@ihu.gr
8	Πάρις Μαστοροκώστας	ΔΙ.ΠΑ.Ε.	mast@uniwa.gr
9	Δημήτριος Μάνος	ΔΙ.ΠΑ.Ε.	dmanos@ihu.gr
10	Ιορδάνης Ζιώγας	ΔΙ.ΠΑ.Ε.	ziogasi@ihu.gr
11	Ηλίας Πανταζής	ΔΙ.ΠΑ.Ε.	hpant@ihu.gr

Επιμέλεια εγγράφου:

#	Όνοματεπώνυμο	Φορέας	email
	Γεώργιος Κουρτίδης	ΝΕΚΤΑΡ	info@nektar.gr
	Δημήτριος Βαρσάμης	ΔΙ.ΠΑ.Ε.	dvarsam@ihu.gr



Περιεχόμενα

1. Περίληψη έργου.....	4
2. Περίληψη Ενότητας Εργασίας 5 (ΕΕ5).....	5
3. Τεχνική αναφορά αποτελεσμάτων αξιολόγησης πιλοτικής λειτουργίας	5
Εισαγωγή	5
Στόχοι Πιλοτικής Λειτουργίας	5
Μεθοδολογία Εφαρμογής.....	6
Αποτελέσματα Αξιολόγησης ανά Υποσύστημα	6
Επαληθεύσεις & Εργαλεία Δοκιμών	6
Τεχνικά Προβλήματα και Βελτιώσεις.....	7
Α. Έλλειψη GPS σε Εσωτερικό Χώρο	7
Β. Επαλήθευση με LIDAR κινητών συσκευών	7
Συμπεράσματα	7
Προτάσεις για την Επιχειρησιακή Εφαρμογή	8
4. Κατάλογος όρων και συντομογραφιών.....	8



1. Περίληψη έργου

Ο σκοπός του παρόντος έργου είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος με στόχο την βέλτιστη τοποθέτηση εμπορευματοκιβωτίων σε μεγάλους βιομηχανικούς χώρους. Για την επίτευξη του αρχικά, θα δημιουργηθεί μία κεντρική σχεσιακή βάση δεδομένων η οποία θα ενοποιεί δεδομένα από διαφορετικές πηγές και χρονικές στιγμές, της επιχείρησης. Έπειτα, θα γίνει καθορισμός των απαιτήσεων και μεθόδων για την ανάλυση των δεδομένων της βάσης μέσω της σκιαγράφησης ενός γενικότερου προτύπου εκτέλεσης όλων των διαδικασιών παραγωγής. Η αποθήκη δεδομένων (warehouse), θα λειτουργήσει ως βάση για την ανάπτυξη και εφαρμογή αλγορίθμων που έχουν ως στόχο την εξαγωγή και παρουσίαση Business Analytics υπό μορφή γραφημάτων, πινάκων και δεικτών.

Ακολούθως, θα πραγματοποιηθούν δοκιμαστικές πτήσεις των ειδικών για το έργο ΣμηΕΑ, πρωτίστως για την διαμόρφωσή τους και εν συνεχεία για την καταγραφή της θέσης και της διαθέσιμης ποσότητας του κάθε προϊόντος. Με βάση τα δεδομένα αυτά, θα αναπτυχθούν υπολογιστικές μέθοδοι οι οποίες θα είναι σε θέση να εντοπίζουν το ζητούμενο προϊόν και να υπολογίζουν την διαθεσιμότητά του. Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά, αλλά και με χρήση business analytics, προκύπτουν συμπεράσματα σχετικά με την ζήτηση και την αναγκαία επάρκεια των προϊόντων.

Στη συνέχεια θα αναπτυχθεί μία ειδική μέθοδος βελτιστοποίησης η οποία με δεδομένα όλα τα παραπάνω στοχεύει στην βέλτιστη τοποθέτηση των παραγόμενων προϊόντων στην αποθήκη με βάση συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Τέλος, θα αναπτυχθεί ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα το οποίο θα εκτελεί αυτόματη καταμέτρηση της αποθήκης και θα προτείνει την βέλτιστη τοποθέτηση προϊόντων βάση προδιαγραφών που θα δίνονται από τον χρήστη. Το σύστημα αυτό, γίνεται πράξη μέσω της ανάπτυξης ολοκληρωμένης πλατφόρμας αλλά και εφαρμογής για έξυπνες κινητές συσκευές, με τη βοήθεια της οποίας οι εργαζόμενοι της επιχείρησης θα μπορούν να έχουν εικόνα της αποθήκης προϊόντων κάθε στιγμή καθώς και την δυνατότητα μετάδοσης της εικόνας αυτής μεταξύ συνεργατών μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή κινητής τηλεφωνίας για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής επικοινωνίας και συνεργασίας αυτών.

Το έργο λοιπόν, υποβοηθώντας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, θα συνδράμει σημαντικά στη μείωση των εξόδων της εταιρίας, θα μειώσει τον φόρτο εργασίας των εργαζομένων απαλλάσσοντάς τους από τετριμμένες διαδικασίες και θα καταστήσει την επιχείρηση ιδιαίτερα ανταγωνιστική στον χώρο της παραγωγής. Επιπρόσθετα, η αξία ενός τέτοιου προϊόντος δεν περιορίζεται μόνο στο λειτουργικό του κομμάτι αλλά εστιάζεται και στο εμπορικό, καθιστώντας την επιχείρηση που το διαθέτει άκρως ανταγωνιστική στην αγορά εργασίας, καθώς μία τέτοια εφαρμογή προσδίδει υπεραξία στην επιχείρηση αν επιλεγεί η εμπορική της εκμετάλλευσή της.

Το έργο αποτελείται από έξι επιμέρους ενότητες εργασίας, η ολοκλήρωση των οποίων θα οδηγήσει στην επίτευξη του έργου. Οι ενότητες αυτές είναι:

- ΕΕ1 Σχεδίαση υλοποίησης έργου
- ΕΕ2 Ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων οργάνωσης δεδομένων



- ΕΕ3 Ανάπτυξη μεθόδων αυτόματης καταμέτρησης και βέλτιστης τοποθέτησης βιομηχανικών προϊόντων
- ΕΕ4 Ανάπτυξη διαδικτυακής πλατφόρμας και εφαρμογής σε έξυπνες κινητές συσκευές
- ΕΕ5 Πιλοτική λειτουργία και αξιολόγηση ολοκληρωμένου συστήματος
- ΕΕ6 Υποστήριξη έργου

2. Περίληψη Ενότητας Εργασίας 5 (ΕΕ5)

Η ΕΕ5 αφορά την αποδοτικότητα της ολοκληρωμένης πλατφόρμας. Πιο συγκεκριμένα, μετά το πέρας της ολοκλήρωσης του συστήματος, στην συγκεκριμένη ενότητα θα πραγματοποιηθούν δοκιμές αποδοτικότητας της πλατφόρμας σε επίπεδο λειτουργικότητας και ευχρηστίας με στόχο την βελτιστοποίηση της. Η ΕΕ5 θα περιλαμβάνει επίσης λεπτομερή αναφορά των ευρημάτων της αξιολόγησης ώστε να γίνει κατανοητή η χρήση, η λειτουργία αλλά και η μεγιστοποίηση της χρησιμότητας της από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη.

Παραδοτέα:

- Π5.1 Τεχνική αναφορά τεκμηρίωσης ολοκληρωμένου συστήματος (Διαδικτυακή Πλατφόρμα, εφαρμογή έξυπνων κινητών συσκευών)
- Π5.2 Τεχνική αναφορά αποτελεσμάτων αξιολόγησης πιλοτικής λειτουργίας

3. Τεχνική αναφορά αποτελεσμάτων αξιολόγησης πιλοτικής λειτουργίας

Εισαγωγή

Η παρούσα τεχνική αναφορά τεκμηριώνει τα αποτελέσματα της **πιλοτικής λειτουργίας** του ολοκληρωμένου συστήματος που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου, το οποίο στοχεύει στην αυτοματοποίηση και βελτιστοποίηση των διαδικασιών καταμέτρησης και τοποθέτησης βιομηχανικών προϊόντων μέσω UAV, αισθητήρων LIDAR και διαδικτυακών εφαρμογών.

Στόχοι Πιλοτικής Λειτουργίας

- Πλήρης αξιολόγηση της **λειτουργικότητας** του λογισμικού (web και mobile).
- Δοκιμές **συστήματος πτήσης σε εσωτερικούς χώρους**.
- Πιλοτική χρήση **LIDAR** από UAV και κινητές συσκευές για **καταμέτρηση προϊόντων**.
- Ανάλυση απόδοσης **προβλέψεων πωλήσεων και τοποθέτησης προϊόντων**.
- Μέτρηση **ευχρηστίας** από τελικούς χρήστες και προσωπικό.
- Επιβεβαίωση **συνεργασίας υποσυστημάτων** σε πραγματικές συνθήκες.



Μεθοδολογία Εφαρμογής

Η πιλοτική φάση έλαβε χώρα σε **πραγματικό αποθηκευτικό χώρο**, όπου:

- Εγκαταστάθηκε και ρυθμίστηκε πλήρως το πληροφοριακό σύστημα.
- Χρησιμοποιήθηκαν **drones με LIDAR** για χαρτογράφηση και απογραφή.
- Χρησιμοποιήθηκαν κινητές συσκευές **με LIDAR** για την επαλήθευση της χαρτογράφησης και απογραφής.
- Δοκιμάστηκε η **πρόσβαση και χρήση της εφαρμογής μέσω κινητών συσκευών**.
- Πραγματοποιήθηκαν **δοκιμές με QR code ανίχνευση** και απόσταση σάρωσης.
- Συγκρίθηκαν οι μετρήσεις με **χειροκίνητες καταγραφές** για επαλήθευση.

Αποτελέσματα Αξιολόγησης ανά Υποσύστημα

Υποσύστημα	Αποτίμηση	Παρατηρήσεις
Σχεδιασμός Αποθήκης	<input checked="" type="checkbox"/> Πλήρης λειτουργικότητα	Καλή απεικόνιση και ακρίβεια grid
Σχεδιασμός Πτήσης UAV	<input type="checkbox"/> Περιορισμοί χωρίς GPS	Βλέπε ενότητα 6.1
Καταμέτρηση LIDAR)	(με <input checked="" type="checkbox"/> Ακρίβεια έως 99%	Επιβεβαιώθηκε με κινητές συσκευές που ενσωματώνουν LIDAR
Πρόβλεψη Πωλήσεων	<input checked="" type="checkbox"/> Στατιστικά επαρκής	Πλήρης αντιστοιχία με ιστορικά δεδομένα
Βέλτιστη Τοποθέτηση	<input checked="" type="checkbox"/> Βελτιστοποίηση χώρου	Ελαχιστοποίηση διαδρομών
Παραγγελίες Προϊόντων	<input checked="" type="checkbox"/> Ενσωμάτωση picking	Διασύνδεση με τοποθεσία & ποσότητα

Επαληθεύσεις & Εργαλεία Δοκιμών

- Χρησιμοποιήθηκαν **αρχεία πτήσεων τύπου .pkl** με προσομοιωμένες και πραγματικές πτήσεις UAV.
- **LIDAR sensors** σε κινητά τηλέφωνα (iPad Pro, iPhone 13 Pro) επαλήθευσαν τις **υπολογισμένες αποστάσεις και ύψη παλετών**.
- Έγινε δοκιμή **αναγνώρισης QR code** από αποστάσεις **0,3m έως 2,5m** με αλλαγή γωνίας και φωτισμού.
- Οι αποκλίσεις μεταξύ **χειροκίνητης καταμέτρησης και LIDAR** ήταν <5%.



- Καταγράφηκαν **χρόνοι απογραφής**, οι οποίοι μειώθηκαν έως και **65%**.

Τεχνικά Προβλήματα και Βελτιώσεις

A. Έλλειψη GPS σε Εσωτερικό Χώρο

Πρόβλημα: Οι πτήσεις πραγματοποιήθηκαν σε εσωτερικό χώρο (βιομηχανική αποθήκη), με αποτέλεσμα την **πλήρη απουσία σήματος GPS**, κρίσιμο για πλοήγηση.

Συνέπειες:

- Μη σταθερές διαδρομές
- Αδυναμία προγραμματισμού waypoint με ακρίβεια
- Απαιτήθηκε χειροκίνητη επέμβαση

Προτεινόμενη λύση:

- Εγκατάσταση εσωτερικού συστήματος γεωεντοπισμού (**Indoor GPS ή UWB**)
- Χρήση **πολλαπλών στόχων (QR ή AR markers)** για σχετική πλοήγηση
- Εφαρμογή **SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)** για τοπική αναγνώριση περιβάλλοντος

B. Επαλήθευση με LIDAR κινητών συσκευών

Περιγραφή:

Για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα, πραγματοποιήθηκαν **επαναλαμβανόμενες μετρήσεις** μέσω LIDAR αισθητήρων σε κινητές συσκευές (π.χ. iPad Pro), με στόχο:

- Την **επικύρωση της ακρίβειας UAV-LIDAR**
- Τον **προσδιορισμό βέλτιστων αποστάσεων QR σάρωσης**

Αποτελέσματα:

- Η αναγνώριση QR ήταν αξιόπιστη σε απόσταση **0,6–1,2m**
- Καθιερώθηκε **όριο ασφαλείας** για τοποθέτηση κωδικών σε παλέτες
- Επιβεβαιώθηκε η **επαναληψιμότητα** των μετρήσεων

Συμπεράσματα

Η πιλοτική εφαρμογή του έργου απέδειξε την **ωριμότητα και την ετοιμότητα του ολοκληρωμένου συστήματος** να ενταχθεί σε πλήρη λειτουργία σε βιομηχανικά περιβάλλοντα. Το σύστημα είναι:

- **Αξιόπιστο** (υψηλή ακρίβεια καταμέτρησης)
- **Επεκτάσιμο** (πολλαπλές αποθήκες)



- **Φιλικό προς το χρήστη** (web εφαρμογή mobile-first)
- **Αποτελεσματικό** (βελτίωση χρόνου απογραφής, logistics & παραγγελιών)

Προτάσεις για την Επιχειρησιακή Εφαρμογή

- **Εγκατάσταση εσωτερικού πλοηγητικού συστήματος** σε χώρους χωρίς GPS
- **Εκπαίδευση προσωπικού** σε χειρισμό LIDAR και καταχώρηση δεδομένων
- **Συστηματική αποθήκευση και ανάλυση ιστορικών δεδομένων** για ενίσχυση της πρόβλεψης πωλήσεων
- **Επέκταση προς native mobile εφαρμογή** για offline λειτουργία σε απομακρυσμένες περιοχές

4. Κατάλογος όρων και συντομογραφιών

ΣμηΕΑ	Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών
Δι.ΠΑ.Ε.	Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος
ΠΑ.Δ.Α.	Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Δ.Ε.Π.	Διδακτικό Ερευνητικό Προσωπικό
Ε.Δι.Π.	Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό
Α.Ε.Ι.	Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Τ.Ε.Ι.	Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δ.Ο.Α.Τ.Α.Π.	Διεπιστημονικός Οργανισμός Αναγνώρισης Τίτλων Ακαδημαϊκών και πληροφόρησης