



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

Π2.2 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων και κανόνων συσχέτισης

Αρ. Παραδοτέου	Π2.2
Ενότητα Εργασίας	ΕΕ2. Ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων οργάνωσης δεδομένων
Υπεύθυνος Φορέας ΕΕ2 / Π2	Αδελφοί Γεωργίου Κουρτίδη - ΔΙ.ΠΑ.Ε.
Είδος Παραδοτέου	Τεχνική Αναφορά
Παράδοση	Σεπτέμβριος 2023
Σύντομη Περιγραφή Ενότητας	Βιομηχανική έρευνα στην ανάπτυξη μεθόδων για την οργάνωση δεδομένων, συλλογή δεδομένων από ποικίλες πηγές, δημιουργία πολυδιάστατης αποθήκης δεδομένων, ανάπτυξη συστήματος καταγραφής και συστήματος λήψης αποφάσεων, ανάπτυξη προγραμμάτων σε ελεύθερο λογισμικό για την εφαρμογή των μεθόδων και συστημάτων.
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

Ιστορικό εγγράφου:

Έκδοση	Ημ/νια	Είδος εγγράφου	Φορέας
0.1		1 st draft	ΔΙ.ΠΑ.Ε.



Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	3
1.Περίληψη έργου	4
2. Περίληψη Ενότητας Εργασίας 2 (ΕΕ2).....	5
3. Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων και κανόνων συσχέτισης.....	6
4. Κατάλογος όρων και συντομογραφιών.....	10



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 2 (ΕΕ2)

Βιομηχανική έρευνα στην ανάπτυξη μεθόδων για την οργάνωση δεδομένων (ΔΙ.ΠΑ.Ε.)

Κατά την διάρκεια της Ενότητας Εργασίας 2, πρόκειται να συλλεχθούν δεδομένα από διάφορες πηγές της επιχείρησης και αφού οργανωθούν θα ενταχθούν σε πίνακες δημιουργώντας ένα είδος σχήματος χιονονιφάδας. Αυτό το πολυδιάστατο μοντέλο δεδομένων θα απεικονίζει τα δεδομένα ως κύβους και θα αναπτυχθεί σε δύο βασικές κατηγορίες πινάκων: πίνακες διαστάσεων και πίνακες γεγονότων. Οι πίνακες διαστάσεων θα περιέχουν πληροφορίες για τις διαστάσεις του κύβου, ενώ οι πίνακες γεγονότων θα περιλαμβάνουν τα πραγματικά δεδομένα με ξένα κλειδιά προς τους σχετιζόμενους πίνακες διαστάσεων.

Παράλληλα, θα αναπτυχθεί ένα σύστημα καταγραφής της πρώτης ύλης κατά τη διαδικασία παραγωγής προϊόντων. Αυτό το σύστημα θα δώσει τη δυνατότητα να παρακολουθείται η ροή των πρώτων υλών και να εφαρμόζονται αναλύσεις για τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας.

Τέλος, θα αναπτυχθούν ειδικά προγράμματα σε ελεύθερο λογισμικό, όπως τη γλώσσα προγραμματισμού Python. Αυτά τα προγράμματα θα εφαρμόζουν τις μεθόδους ανάλυσης δεδομένων και κανόνων συσχέτισης και θα ενσωματώνονται στις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση της πλατφόρμας.

Με αυτόν τον τρόπο, θα δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα που θα βοηθήσει στην ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων βασιζόμενες σε δεδομένα, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα της επιχείρησής.

Παραδοτέα:

- Π2.1 Τεχνική αναφορά μοντέλου αποθήκης δεδομένων
- Π2.2 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων και κανόνων συσχέτισης
- Π2.3 Πρόγραμμα σε ελεύθερο λογισμικό (π.χ. Python) ανάλυσης δεδομένων και κανόνων συσχέτισης
- Π2.4 Πρόγραμμα σε ελεύθερο λογισμικό (π.χ. Python) λήψης αποφάσεων μέσα από αναλύσεις και κανόνες συσχέτισης.



3. Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων και κανόνων συσχέτισης

Εισαγωγή

Το παρόν παραδοτέο περιγράφει τη μέθοδο ανάλυσης δεδομένων και τους κανόνες συσχέτισης που εφαρμόζονται για την εξαγωγή πολύτιμων πληροφοριών από την αποθήκη δεδομένων. Στόχος είναι η βελτιστοποίηση των διαδικασιών καταγραφής, διαχείρισης και τοποθέτησης βιομηχανικών προϊόντων, αξιοποιώντας σύγχρονες τεχνικές ανάλυσης δεδομένων και μηχανικής μάθησης.

Συλλογή και Προεπεξεργασία Δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέγονται προέρχονται από πολλαπλές πηγές, όπως:

- Συστήματα ERP & WMS της επιχείρησης
- Αισθητήρες και RFID για την παρακολούθηση προϊόντων
- Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAVs) για την καταγραφή αποθεμάτων
- Ιστορικά δεδομένα πωλήσεων & παραγγελιών

Η διαδικασία προεπεξεργασίας περιλαμβάνει:

- Καθαρισμό δεδομένων: Αντιμετώπιση ελλειπών ή λανθασμένων τιμών.
- Μετασχηματισμό δεδομένων: Κανονικοποίηση τιμών, μετατροπή κατηγορηματικών δεδομένων σε αριθμητικά.
- Ενοποίηση δεδομένων: Δημιουργία ενός ενιαίου αποθετηρίου δεδομένων.

Μέθοδοι Ανάλυσης Δεδομένων

Ανάλυση Περιγραφικής Στατιστικής

- Υπολογισμός βασικών δεικτών όπως μέσος όρος, διάμεσος, τυπική απόκλιση.
- Ανάλυση χρονικών σειρών για την πρόβλεψη αποθεμάτων και πωλήσεων.

Παράδειγμα:

Η εταιρεία ΝΕΚΤΑΡ, που δραστηριοποιείται στην παραγωγή αναψυκτικών, χρησιμοποιεί την ανάλυση χρονικών σειρών για να προβλέψει την εποχική ζήτηση των προϊόντων της. Για παράδειγμα, παρατηρείται αύξηση στη ζήτηση για πορτοκαλάδα και λεμονάδα τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ οι πωλήσεις του μήλου και των χυμών νέκταρ κορυφώνονται το φθινόπωρο.



Ανάλυση Δεδομένων με Μηχανική Μάθηση

Χρησιμοποιούνται προηγμένοι αλγόριθμοι για:

- Πρόβλεψη ζήτησης προϊόντων με αλγόριθμους παλινδρόμησης (Linear Regression, ARIMA).
- Ομαδοποίηση προϊόντων με K-Means Clustering για βελτιστοποίηση της τοποθέτησης στην αποθήκη.
- Ανίχνευση ανωμαλιών σε καταχωρήσεις με Isolation Forest & DBSCAN.

Παράδειγμα:

Με τη χρήση K-Means Clustering, η εταιρεία NEKTAP ανακαλύπτει ότι τα προϊόντα της μπορούν να ταξινομηθούν σε ομάδες με βάση τον όγκο πωλήσεων και την ταχύτητα αναπλήρωσης. Τα αναψυκτικά μικρού μεγέθους (330ml) καταναλώνονται γρηγορότερα και τοποθετούνται κοντά στις εξόδους αποθήκης, ενώ οι οικογενειακές συσκευασίες (1,5L) τοποθετούνται βαθύτερα λόγω χαμηλότερης ζήτησης.

Κανόνες Συσχέτισης και Αλγόριθμος Apriori

Κατά την ανάπτυξη της μεθοδολογίας, το πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε είναι από ένα δεδομένο σύνολο δοσοληψιών (transactions), να βρούμε τους κανόνες που προβλέπουν την εμφάνιση προϊόντων με βάση την εμφάνιση άλλων προϊόντων στην ίδια συναλλαγή.

Για την εξόρυξη κανόνων συσχέτισης χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Apriori, ο οποίος εντοπίζει συχνά στοιχειοσύνολα και παράγει κανόνες που συνδέουν προϊόντα μεταξύ τους.

Παράδειγμα:

Από την ανάλυση των συναλλαγών, η εταιρεία NEKTAP ανακαλύπτει ότι οι πελάτες που αγοράζουν αναψυκτικά τύπου cola, συχνά προτιμούν να αγοράζουν και παγωμένο τσάι. Επίσης, οι καταναλωτές που επιλέγουν χυμό πορτοκαλιού τείνουν να αγοράζουν και νερό ανθρακούχο.

Ο αλγόριθμος Apriori στη γλώσσα Python, μέσω της βιβλιοθήκης apriori_python, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των συχνών στοιχειοσυνόλων και των κανόνων συσχέτισης.



$k = 1$ #k: μήκος στοιχειοσύνολου

Παρήγαγε τα συχνά 1-στοιχειοσύνολα

Επανάλαβε μέχρι να μην παράγονται νέα συχνά στοιχειοσύνολα

1. Παρήγαγε υποψήφια $(k+1)$ -στοιχειοσύνολα
2. Ψαλίδισε τα υποψήφια στοιχειοσύνολα που περιέχουν μη συχνά στοιχειοσύνολα μεγέθους k
3. Υπολόγισε την υποστήριξη κάθε υποψήφιου $(k+1)$ -στοιχειοσύνολου διασχίζοντας τη βάση των δοσοληψιών
4. Σβήσε τα υποψήφια στοιχειοσύνολα που δεν είναι συχνά
5. $k = k + 1$

Στα πλαίσια του συγκεκριμένου ερευνητικού έργου έχει χρησιμοποιηθεί η παρακάτω υλοποίηση του αλγορίθμου `apriori` στη γλώσσα `python` η οποία είναι βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα:

(https://github.com/chonyy/apriori_python)

Η βασική συνάρτηση της βιβλιοθήκης δέχεται ως είσοδο μία λίστα συναλλαγών, όπου κάθε συναλλαγή είναι μία λίστα των προϊόντων που εμφανίζονται σ' αυτήν. Δέχεται επίσης ως παραμέτρους την ελάχιστη επιθυμητή υποστήριξη και την ελάχιστη επιθυμητή εμπιστοσύνη των κανόνων. Επιστρέφει δύο δομές δεδομένων – τα συχνά στοιχειοσύνολα και τους κανόνες συσχέτισης που ικανοποιούν τις τιμές κατωφλίου.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία ομαδοποιεί τις κατηγορίες των προϊόντων με βάση τον αριθμό τιμολογίου. Προφανώς τα προϊόντα που τιμολογήθηκαν μαζί ανήκουν στην ίδια δοσοληψία. Στη συνέχεια δοκιμάστηκαν διάφορες τιμές κατωφλίου υποστήριξης και εμπιστοσύνης και δημιουργήθηκαν οι κανόνες συσχέτισης που παρουσιάζονται παρακάτω.

Κωδικοποίηση κατηγοριών προϊόντων

Κωδικός	Περιγραφή
4	ΠΡΟΙΟΝΤΑ 500 κ.ε ΠΕΤ
5	ΠΡΟΙΟΝΤΑ 1500 κ.ε ΠΕΤ
38	ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΝΕΚΤΑΡ 330κε ΚΟΥΤΙ
79	ΠΡΟΙΟΝΤΑ 280 κε ΠΕΤ

Μελέτη περίπτωσης 1

$\text{minsup} = 0.5$, $\text{minconf} = 0.8$

$\{5,38\} \rightarrow \{79\}$ (81.69%)

$\{4\} \rightarrow \{5,38\}$ (81.87%)



{5}→{38} (85.20%)

{38}→{5} (85.94%)

{79}→{38} (86.38%)

{79}→{5} (87.23%)

{4}→{38} (88.44%)

{4}→{5} (89.01%)

{79,5}→{38} (90.38%)

{79,38}→{5} (91.27%)

{4,5}→{38} (91.96%)

{4,38}→{5} (92.57%)

Μελέτη περίπτωσης 2

minsup = 0.4, minconf = 0.9

{79,5}→{38} (90.38%)

{38,79}→{5} (91.27%)

{4,5}→{38} (91.97%)

{4,38}→{5} (92.72%)

{4,79}→{38} (92.83%)

{4,79}→{5} (93.53%)

{4,79,5}→{38} (94.24%)

{38,79,4}→{5} (94.95%)

Εφαρμογή των Αναλύσεων στη Διαχείριση Αποθήκης

Η ανάλυση δεδομένων επιτρέπει:

- Βελτιστοποίηση της τοποθέτησης προϊόντων βάσει συσχετίσεων και προβλέψεων ζήτησης.
- Διαχείριση αποθεμάτων σε πραγματικό χρόνο, αποφεύγοντας ελλείψεις ή υπεραποθεματοποίηση.
- Δημιουργία αυτοματοποιημένων αναφορών για τη διοίκηση, διευκολύνοντας τη λήψη αποφάσεων.



Συμπεράσματα & Μελλοντικές Βελτιώσεις

Η ανάλυση δεδομένων και οι κανόνες συσχέτισης προσφέρουν σημαντικά οφέλη στη διαχείριση της αποθήκης, αυξάνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας το λειτουργικό κόστος. Μελλοντικές επεκτάσεις περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση τεχνικών βαθιάς μάθησης (Deep Learning) και τη χρήση τεχνολογιών IoT για συνεχή ροή δεδομένων αποθήκης.

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
Δ.Ο.Α.Τ.Α.Π.	Διεπιστημονικός Οργανισμός Αναγνώρισης Τίτλων Ακαδημαϊκών και πληροφόρησης