



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**

2022 - 2023

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη Σχεδιασμού και Υλοποίησης Προσομοίωσης Παλετοποίησης με την
χρήση του Software Factory I/O**

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΔΙΟΓΟΣ

A.M.: 80697716

ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ

Πειραιάς, Ιούλιος 2023



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

POSTGRADUATE PROGRAM (MSc) in INDUSTRIAL AUTOMATION

2022 - 2023

DIPLOMA THESIS

**Design and Implementation Study of Palletizing Simulation using Factory I/O
software**

DIMITRIOS DIOGOS

Registration Number: 80697716

THEOHARIS EFSTATHIOS

Piraeus, July 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Μελέτη Σχεδιασμού και Υλοποίησης Προσομοίωσης Παλετοποίησης με την
χρήση του Software Factory I/O

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική
Επιτροπή:

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	Μιχαήλ Παπουτσιδάκης	
2	Ευστάθιος Θεοχάρης	
3	Ανδρέας Short	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΔΙΟΓΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ του ΠΑΡΑΣΚΕΥΑ, με αριθμό μητρώου 80697716 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στον Αυτοματισμό Παραγωγής και Υπηρεσιών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης κα Παραγωγής Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η/Ο Δηλούσα/λών

Διόγος Δημήτριος



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση πολύπλοκων συστημάτων, το λογισμικό προσομοίωσης βρίσκει εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα πεδίων, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, της υγειονομικής περίθαλψης, της βιομηχανίας, του marketing, της εφοδιαστικής αλυσίδας και του στρατού. Ειδικότερα, η προσομοίωση έπαιξε σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση του σχεδιασμού και της λειτουργικής απόδοσης των συστημάτων κατασκευής. Οι επιτυχημένες εφαρμογές της προσομοίωσης σε πολλά πρακτικά προβλήματα του πραγματικού κόσμου έχουν αποδείξει την αποτελεσματικότητά της στην προσέγγιση διαφόρων προβλημάτων στον κατασκευαστικό τομέα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται, με την βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης Factory I/O, ένα ολοκληρωμένο σύστημα παλετοποίησης που σκοπό έχει την αποδοτικότερη διακίνηση χαρτοκιβωτίων σε ένα απαιτητικό βιομηχανικό περιβάλλον, την αποτελεσματική αναγνώριση σφαλμάτων καθώς και την ασφάλεια των χειριστών του. Περιγράφονται τα περιφερειακά εξαρτήματα, τα αισθητήρια και ο κώδικας που χρησιμοποιούνται για την ομαλή λειτουργία του. Τέλος, παρουσιάζονται συμπεράσματα και πλεονεκτήματα από την χρήση της μεθόδου αυτής, τόσο στη μείωση κόστους κατασκευής, στην έγκαιρη αναγνώριση αστοχιών αλλά και στην ανάπτυξη.

ABSTRACT

As a powerful tool for analyzing complex systems, simulation software finds application in a wide range of fields, including but not limited to healthcare, industry, marketing, supply chain, and the military. In particular, simulation has played an important role in evaluating the design and operational performance of manufacturing systems. Successful applications of simulation to many practical real-world problems have proven its effectiveness in approaching various problems in the construction sector. In this thesis, with the contribution of the Factory I/O simulation software, an integrated palletizing system is presented that aims at the most efficient handling of cartons in a demanding industrial environment, the effective identification of errors as well as the safety of its operators. Describes the peripherals, sensors, and code used to make it run smoothly. Finally, conclusions and advantages from the use of this method are presented, both in the reduction of construction costs, in the early identification of failures and in development.

Κατάλογος Γραφημάτων

Εικόνα 1: Εξέλιξη του Αυτοματισμού.....	15
Εικόνα 2: Βελτιστοποίηση Παραγωγικότητας	20
Εικόνα 3: Factory I/O Interface	27
Εικόνα 4: Siemens Process Simulate	28
Εικόνα 5: Siemens Tecnomatix Simulator.....	29
Εικόνα 6: Visual Components Simulator.....	30
Εικόνα 7: Factory I/O Connectivity.....	31
Εικόνα 8: Διάταξη διασταύρωσης διαδρόμων και αισθητήρια	33
Εικόνα 9: Διάταξη Stacker Station για διαχωρισμό προϊόντων.....	34
Εικόνα 10: Έξοδοι παλετοποίησης και απόρριψη	35
Εικόνα 11: Πίνακας Χειρισμού	36
Εικόνα 12: Buttons μηδενισμού μετρητών	37
Εικόνα 13: Diffuse Sensor στο περιβάλλον του Factory I/O.....	38
Εικόνα 14: Retroreflective Sensor & Reflector	39
Εικόνα 15: Optical Vision Sensor.....	39
Εικόνα 16: Πίνακας Κωδικοποίησης Διαμορφώσεων.....	40
Εικόνα 17: Siemens CPU 1511-1	41
Εικόνα 18: Οργανόγραμμα των Program Blocks στο περιβάλλον του TIA V16 Portal	42
Εικόνα 19: Συνολική εικόνα συστήματος παλετοποίησης	43
Εικόνα 20: Network 1 of Main OB123.....	45
Εικόνα 21: Function Block: Line Run instruction	46
Εικόνα 22: Network 2: Reset Instruction.....	47
Εικόνα 23: Function Block: Reset Instruction.....	48
Εικόνα 24: Λογική της διασταύρωσης - Προτεραιότητες	49
Εικόνα 25: Η διασταύρωση των διαδρόμων στο γραφικό περιβάλλον του προσομοιωτή.....	49
Εικόνα 26: Λειτουργία του συστήματος παλετοποίησης	51
Εικόνα 27: Function Block: Palletizing Run	53
Εικόνα 28: Λογική του Stacker Station	54
Εικόνα 29: Stacker Station και τα αισθητήρια του	54
Εικόνα 30: Λογική Sorting & Function Blocks 1	55
Εικόνα 31: Λογική Sorting & Function Blocks 2	56
Εικόνα 32: Function Block: Vision Sensor Read Instruction 1	57
Εικόνα 33: Function Block: Vision Sensor Read Instruction 2	58

Εικόνα 34: Function Block: Vision Sensor Read Instruction 3	59
Εικόνα 35: Function Block: Exit Sensor Instruction	60
Εικόνα 36: Λογική διαδρόμων εξόδων	61
Εικόνα 37: Διασύνδεση Factory I/O με Siemens TIA V16 Portal	62
Εικόνα 38: Πίνακας Χειρισμού Συστήματος.....	63
Εικόνα 39: Γραφική αναπαράσταση προτεραιότητας στην διασταύρωση	64
Εικόνα 40: Περίπτωση εξαναγκασμένης βλάβης εξαρτήματος προς μελέτη συστήματος	65
Εικόνα 41: Λειτουργία εκτέλεσης προσομοίωσης σε διαφορετική χρονική κλίμακα.....	65
Εικόνα 42: Συνολική εικόνα λειτουργίας του συστήματος	66

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
Κατάλογος Πινάκων	Error! Bookmark not defined.
Κατάλογος Γραφημάτων	8
A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	12
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.2 Ιστορική Αναδρομή της Αυτοματοποίησης.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	16
2.1 Μείωση επενδυτικού κινδύνου	16
2.2 Ελαχιστοποίηση αποβλήτων	17
2.3 Βελτίωση της αποτελεσματικότητας.....	19
2.4 Μείωση κατανάλωσης ενέργειας και εξοικονόμηση πόρων.....	21
2.5 Ανίχνευση κινδύνου και ανθρώπινη ασφάλεια.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΩΝ	24
3.1 Επισκόπηση βιομηχανικών προσομοιωτών	24
3.2 Factory I/O Simulator.....	25
3.3 Άλλοι σχετικοί βιομηχανικοί προσομοιωτές	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	32
4.1 Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας παλετοποίησης	32
4.2 Σχεδιασμός συστήματος – Υλοποίηση στον προσομοιωτή.....	33
4.2.1 Διασταύρωση κιβωτίων/προϊόντων	33
4.2.2 Στροφή και Stacker Station	34
4.2.3 Έξοδοι προς παλετοποίηση και διάδρομος απόρριψης.....	35

4.2.4 Πίνακας χειρισμού συστήματος, φάρος σημάτων	36
4.3 Έρευνα & Ανάπτυξη – Υλοποίηση προγράμματος σε γλώσσα ladder στο Siemens TIA V16	38
4.3.1 Αισθητήρια	38
4.3.2 Programmable Logical Controller (PLC)	41
4.3.3 Παρουσίαση μοντέλου	43
4.3.4 Ανάλυση κώδικα του PLC	44
4.3.5 Προσομοίωση	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

1.1 Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός της παλετοποίησης διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών βιομηχανικού αυτοματισμού με τον εξορθολογισμό των εργασιών χειρισμού και αποθήκευσης υλικών. Περιλαμβάνει τη στρατηγική διάταξη προϊόντων ή αγαθών σε παλέτες για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας, την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων και τη βελτίωση της συνολικής παραγωγικότητας (Smith & Johnson, 2022). Αυτή το κεφάλαιο στοχεύει στη διερεύνηση του σχεδιασμού και της υλοποίησης της παλετοποίησης χρησιμοποιώντας τον προσομοιωτή Factory I/O, διερευνώντας τα οφέλη και τις πιθανές επιπτώσεις του στις βιομηχανικές λειτουργίες.

Ο βιομηχανικός αυτοματισμός βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον αποτελεσματικό σχεδιασμό παλετοποίησης για να διασφαλίσει την ομαλή εφοδιαστική και να ελαχιστοποιήσει τη χειρωνακτική εργασία. Με την αποτελεσματική οργάνωση προϊόντων σε παλέτες, οι επιχειρήσεις μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χωρητικότητα αποθήκευσης, να διευκολύνουν τη φόρτωση και την εκφόρτωση και να βελτιώσουν τη διαχείριση αποθεμάτων. Η σωστή διάταξη των αγαθών όχι μόνο ενισχύει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, αλλά συμβάλλει επίσης στη μείωση του κόστους και στην ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων. Ως εκ τούτου, η κατανόηση των περιπλοκών του σχεδιασμού της παλετοποίησης και η εφαρμογή του είναι υψίστης σημασίας στον τομέα του βιομηχανικού αυτοματισμού.

Οι στόχοι αυτού του κεφαλαίου είναι δύο. Πρώτον, στοχεύει να αξιολογήσει τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός προσομοιωτή, συγκεκριμένα του προσομοιωτή Factory I/O, στο πλαίσιο του σχεδιασμού παλετοποίησης. Ο προσομοιωτής Factory I/O είναι ένα διάσημο εργαλείο λογισμικού που χρησιμοποιείται ευρέως για την προσομοίωση διαδικασιών βιομηχανικού αυτοματισμού. Με την προσομοίωση των λειτουργιών παλετοποίησης, επιτρέπει την εικονική δοκιμή, βελτιστοποίηση και επικύρωση σχεδίων

πριν από την πραγματική τους εφαρμογή. Δεύτερον, η μελέτη επιδιώκει να παρέχει μια ολοκληρωμένη αναφορά και περιγραφή των διαθέσιμων βιομηχανικών προσομοιωτών που σχετίζονται με το σχεδιασμό παλετοποίησης, επισημαίνοντας τα χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τις εφαρμογές τους.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, η μελέτη θα διερευνήσει διάφορους παράγοντες που σχετίζονται με το σχεδιασμό της παλετοποίησης, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης του επενδυτικού κινδύνου, της ελαχιστοποίησης των απορριμμάτων, της βελτίωσης της απόδοσης, της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και της ανίχνευσης κινδύνου για την ανθρώπινη ασφάλεια. Επιπλέον, θα παρέχει μια επισκόπηση της ιστορικής εξέλιξης του αυτοματισμού προκειμένου να ενσωματωθεί η σημασία του σχεδιασμού της παλετοποίησης στις σύγχρονες βιομηχανικές πρακτικές.

Η έρευνα θα βασιστεί σε μια σειρά επιστημονικών πόρων, συμπεριλαμβανομένων ακαδημαϊκών περιοδικών, πρακτικών συνεδρίων, εκθέσεων του κλάδου και αξιόπιστων διαδικτυακών πηγών. Αναλύοντας και συνθέτοντας την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αυτή η μελέτη στοχεύει να συμβάλει στην υπάρχουσα βάση γνώσεων σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τις εφαρμογές των προσομοιωτών στο σχεδιασμό παλετοποίησης.

1.2 Ιστορική Αναδρομή της Αυτοματοποίησης

Ο αυτοματισμός έχει μεταμορφώσει σημαντικά τις βιομηχανικές διαδικασίες σε όλη την ιστορία, φέρνοντας επανάσταση στον τρόπο κατασκευής, μεταφοράς και αποθήκευσης των αγαθών. Αυτή η ενότητα διερευνά την εξέλιξη του αυτοματισμού στις βιομηχανικές διαδικασίες, επισημαίνοντας βασικά ορόσημα και προόδους στον σχεδιασμό παλετοποίησης.

Οι ρίζες του αυτοματισμού εντοπίζονται στη Βιομηχανική Επανάσταση στα τέλη του 18ου αιώνα. Η έλευση της ατμοηλεκτρικής ενέργειας και της μηχανοποίησης σηματοδότησε τα αρχικά βήματα προς την αυτοματοποίηση εργασιών έντασης εργασίας. Ωστόσο, μόλις τον 20ο αιώνα ο αυτοματισμός άρχισε πραγματικά να διαμορφώνει τις βιομηχανικές διαδικασίες.

Ένα από τα σημαντικά ορόσημα στο σχεδιασμό της παλετοποίησης ήταν η εισαγωγή της τυποποιημένης ξύλινης παλέτας στις αρχές του 20ου αιώνα (Johnson, 2018). Η τυποποίηση επέτρεψε τον ευκολότερο χειρισμό, μεταφορά και αποθήκευση αγαθών, συμβάλλοντας στην

αύξηση της αποτελεσματικότητας στις αλυσίδες εφοδιασμού. Αυτή η εξέλιξη έθεσε τα θεμέλια για πιο εξελιγμένες μεθόδους παλετοποίησης και άνοιξε το δρόμο για περαιτέρω προόδους.

Με την εμφάνιση της τεχνολογίας των υπολογιστών στα μέσα του 20ου αιώνα, η αυτοματοποίηση έκανε ένα άλμα προς τα εμπρός. Η ανάπτυξη προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC) έφερε επανάσταση στα βιομηχανικά συστήματα ελέγχου, επιτρέποντας ακριβή και αξιόπιστο έλεγχο μηχανημάτων και διαδικασιών (Montgomery, 2020). Τα PLC διαδραμάτισαν ζωτικό ρόλο στην αυτοματοποίηση των διαδικασιών παλετοποίησης, επιτρέποντας την αυτοματοποιημένη στοίβαξη, αποστοίβαξη και μετακίνηση παλετών.

Στα τέλη του 20ου αιώνα έγινε μάρτυρας της ενσωμάτωσης της ρομποτικής στον βιομηχανικό αυτοματισμό. Τα ρομποτικά συστήματα έφεραν μεγαλύτερη ευελιξία και ακρίβεια στο σχεδιασμό της παλετοποίησης, επιτρέποντας εργασίες όπως η παλετοποίηση, η αποπαλετοποίηση και η συλλογή παραγγελιών (Corke, 2017). Αυτή η εξέλιξη μείωσε τη χειρωνακτική εργασία, αύξησε την απόδοση και βελτίωσε τη συνολική απόδοση στις λειτουργίες παλετοποίησης.

Παρά αυτές τις εξελίξεις, οι παραδοσιακές μέθοδοι παλετοποίησης αντιμετώπισαν αρκετές προκλήσεις. Ο αναποτελεσματικός σχεδιασμός της διάταξης, τα υποβέλτιστα μοτίβα στοίβαξης και ο χειρωνακτικός χειρισμός παλετών συχνά οδηγούσαν σε σπατάλη χώρου, αυξημένο κόστος εργασίας και πιθανή ζημιά στα αγαθά. Επιπλέον, προέκυψαν ανησυχίες για την ασφάλεια λόγω της εμπλοκής ανθρώπινων χειριστών σε επαναλαμβανόμενες και σωματικά απαιτητικές εργασίες (Li, 2021). Αυτές οι προκλήσεις κατέστησαν αναγκαία την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων στο σχεδιασμό παλετοποίησης.

Τα τελευταία χρόνια, έχει δοθεί μια αυξανόμενη έμφαση στην ενσωμάτωση τεχνικών προσομοίωσης και εικονικοποίησης στο σχεδιασμό παλετοποίησης. Τα εργαλεία λογισμικού προσομοίωσης, όπως ο προσομοιωτής Factory I/O, παρέχουν ένα εικονικό περιβάλλον για τη δοκιμή και τη βελτιστοποίηση των διατάξεων και των ροών εργασίας παλετοποίησης πριν από τη φυσική τους εφαρμογή. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει τον εντοπισμό και τη διόρθωση ελαττωμάτων σχεδιασμού, οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικές και ασφαλέστερες λειτουργίες παλετοποίησης (Khalil et al., 2022).

Επιπλέον, η υιοθέτηση καινοτόμων τεχνολογιών όπως η μηχανική μάθηση, η τεχνητή νοημοσύνη και το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) έχει προωθήσει περαιτέρω τις προόδους στον σχεδιασμό της παλετοποίησης. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, την ανάλυση δεδομένων και την προγνωστική ανάλυση, διευκολύνοντας την προληπτική λήψη αποφάσεων και τη συνεχή βελτίωση στις διαδικασίες παλετοποίησης (Kusiak, 2018).

Η ιστορική αναδρομή υπογραμμίζει την εξέλιξη του αυτοματισμού στις βιομηχανικές διεργασίες, εστιάζοντας συγκεκριμένα σε βασικά ορόσημα και προόδους στον σχεδιασμό της παλετοποίησης. Υπογραμμίζει επίσης τους περιορισμούς και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι παραδοσιακές μέθοδοι παλετοποίησης, τονίζοντας την ανάγκη για καινοτόμες λύσεις. Η ενοποίηση του λογισμικού προσομοίωσης και των αναδυόμενων τεχνολογιών έχει μεταμορφώσει τον σχεδιασμό της παλετοποίησης, επιτρέποντας πιο αποτελεσματικές, οικονομικά αποδοτικές και ασφαλείς λειτουργίες στον βιομηχανικό αυτοματισμό.



Εικόνα 1: Εξέλιξη του Αυτοματισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

2.1 Μείωση επενδυτικού κινδύνου

Κατά την εφαρμογή του σχεδιασμού παλετοποίησης στον βιομηχανικό αυτοματισμό, υπάρχουν εγγενείς επενδυτικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την υιοθέτηση νέων διαδικασιών, διατάξεων και εξοπλισμού. Αυτή η ενότητα περιγράφει πώς η χρήση ενός προσομοιωτή όπως το Factory I/O μπορεί να βοηθήσει στον μετριασμό τέτοιων κινδύνων και εξηγεί τα οφέλη εξοικονόμησης κόστους από την προσομοίωση και τη βελτιστοποίηση σχεδίων πριν από την πραγματική τους εφαρμογή.

Η εφαρμογή αλλαγών στο σχεδιασμό της παλετοποίησης χωρίς σωστή ανάλυση και δοκιμή μπορεί να είναι μια δαπανηρή προσπάθεια. Ωστόσο, προσομοιωτές όπως το Factory I/O παρέχουν ένα εικονικό περιβάλλον που επιτρέπει τη διεξοδική αξιολόγηση των εναλλακτικών σχεδιασμού και των πιθανών αποτελεσμάτων τους. Με την προσομοίωση διαφόρων σεναρίων, ο προσομοιωτής δίνει τη δυνατότητα στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να αξιολογήσουν τη σκοπιμότητα και την αποτελεσματικότητα διαφορετικών σχεδίων παλετοποίησης, μειώνοντας έτσι τον επενδυτικό κίνδυνο.

Οι προσομοιωτές όπως το Factory I/O προσφέρουν έναν οικονομικά αποδοτικό τρόπο δοκιμής και βελτιστοποίησης των σχεδίων παλετοποίησης πριν από την πραγματική εφαρμογή. Με την εικονική μοντελοποίηση του φυσικού περιβάλλοντος, των υλικών και των διαδικασιών, ο προσομοιωτής παρέχει πληροφορίες για την αναμενόμενη απόδοση και τις πιθανές προκλήσεις του προτεινόμενου σχεδιασμού. Αυτό επιτρέπει στους οργανισμούς να εντοπίζουν και να διορθώνουν ελαττώματα σχεδιασμού, αναποτελεσματικότητα ή συμφόρηση σε ένα εικονικό περιβάλλον, ελαχιστοποιώντας τις πιθανότητες δαπανηρών σφαλμάτων ή μη βέλτιστων διατάξεων (Khalil et al., 2022).

Η χρήση προσομοιωτών επιτρέπει επίσης την ανάλυση βασικών δεικτών απόδοσης (KPIs) όπως η απόδοση, ο χρόνος κύκλου και η χρήση πόρων. Με την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων και παραλλαγών σχεδιασμού, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν τον πιθανό αντίκτυπο διαφορετικών σχεδίων σε αυτούς τους KPI, βοηθώντας στην τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων και στη μείωση του κινδύνου.

Επιπλέον, η προσομοίωση και η βελτιστοποίηση των σχεδίων παλετοποίησης πριν από την εφαρμογή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους. Μέσω της εικονικής διαδικασίας δοκιμών και βελτιστοποίησης, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν ευκαιρίες για μείωση των απορριμμάτων, βελτιστοποίηση πόρων και εξορθολογισμό της διαδικασίας. Αυτό, με τη σειρά του, μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο κόστος υλικών, βελτιωμένη απόδοση εργασίας και βελτιστοποιημένη χρήση του χώρου, συμβάλλοντας τελικά στη συνολική εξοικονόμηση κόστους στις εργασίες παλετοποίησης (Liu et al., 2021).

Αξιοποιώντας προσομοιωτές όπως το Factory I/O, οι οργανισμοί μπορούν να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με το σχεδιασμό παλετοποίησης, να μειώσουν τους επενδυτικούς κινδύνους και να εντοπίσουν ευκαιρίες εξοικονόμησης κόστους. Η ικανότητα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης σχεδίων σε ένα εικονικό περιβάλλον παρέχει ένα πολύτιμο εργαλείο για τους λήπτες αποφάσεων, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να αξιολογούν διάφορες εναλλακτικές λύσεις σχεδίασης, να αξιολογούν τον πιθανό αντίκτυπό τους και να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων που ελαχιστοποιούν τους κινδύνους και μεγιστοποιούν τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας.

2.2 Ελαχιστοποίηση αποβλήτων

Η ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων είναι μια κρίσιμη πτυχή του σχεδιασμού της παλετοποίησης στον βιομηχανικό αυτοματισμό, με στόχο τη μείωση της αναποτελεσματικότητας και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων. Αυτή η ενότητα διερευνά πώς οι προσομοιωτές επιτρέπουν τον εντοπισμό και την εξάλειψη των απορριμμάτων στις διαδικασίες παλετοποίησης και συζητά πώς η βελτιστοποίηση των ροών εργασίας μέσω της προσομοίωσης μπορεί να μειώσει τα απόβλητα υλικών και να βελτιώσει τη χρήση των πόρων.

Οι προσομοιωτές όπως το Factory I/O παρέχουν μια εικονική πλατφόρμα για τη μοντελοποίηση και την προσομοίωση των διαδικασιών παλετοποίησης, επιτρέποντας στους οργανισμούς να εντοπίζουν και να εξαλείφουν τα απόβλητα. Με την ακριβή αναπαράσταση του φυσικού περιβάλλοντος, οι προσομοιωτές επιτρέπουν την ανάλυση της ροής, της κίνησης και της αποθήκευσης υλικού, επισημαίνοντας πιθανές πηγές απορριμμάτων, όπως περιττές κινήσεις, αναποτελεσματικές διατάξεις ή μη βέλτιστα μοτίβα στοίβαξης. Μέσω της προσομοίωσης, οι οργανισμοί μπορούν να αξιολογήσουν διαφορετικά σενάρια και να εντοπίσουν ευκαιρίες για μείωση των απορριμμάτων (Liu et al., 2021).

Η βελτιστοποίηση των ροών εργασίας μέσω της προσομοίωσης μπορεί να μειώσει σημαντικά τη σπατάλη υλικών στις διαδικασίες παλετοποίησης. Οι προσομοιωτές επιτρέπουν τη δοκιμή και τη βελτίωση διαφορετικών στρατηγικών παλετοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως οι διαστάσεις του προϊόντος, οι διαμορφώσεις στοίβαξης και η σταθερότητα του φορτίου. Με την προσομοίωση και την ανάλυση αυτών των παραγόντων, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν τα πιο αποτελεσματικά και εξοικονομώντας χώρο μοτίβα παλετοποίησης, ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα υλικών και μεγιστοποιώντας την ικανότητα αποθήκευσης (Azevedo et al., 2019).

Επιπλέον, οι προσομοιωτές διευκολύνουν τη βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων. Με την ακριβή μοντελοποίηση και προσομοίωση της διαδικασίας παλετοποίησης, οι οργανισμοί μπορούν να αξιολογήσουν τη χρήση του εξοπλισμού, του ανθρώπινου δυναμικού και άλλων πόρων. Μέσω της προσομοίωσης, μπορούν να εντοπιστούν και να αντιμετωπιστούν πιθανά σημεία συμφόρησης ή υποχρησιμοποιούμενοι πόροι, οδηγώντας σε βελτιωμένη κατανομή πόρων και συνολική λειτουργική αποτελεσματικότητα (Chryssolouris & Mavrikios, 2020).

Οι προσομοιωτές επιτρέπουν επίσης την αξιολόγηση διαφορετικών λειτουργικών παραμέτρων, όπως οι στρατηγικές εξισορρόπησης φορτίου και επιλογής. Μέσω της προσομοίωσης, οι οργανισμοί μπορούν να αναλύσουν και να βελτιστοποιήσουν αυτές τις παραμέτρους για να ελαχιστοποιήσουν τις αποστάσεις ταξιδιού, να μειώσουν τον χρόνο αδράνειας και να βελτιώσουν τη συνολική ροή της διαδικασίας. Αυτή η βελτιστοποίηση συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων μειώνοντας τις περιττές κινήσεις και βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση της διαδικασίας (Khalil et al., 2022).

Η χρήση προσομοιωτών στο σχεδιασμό παλετοποίησης προσφέρει στους οργανισμούς την ευκαιρία να εντοπίσουν και να εξαλείψουν τα απόβλητα στις διαδικασίες τους. Με την προσομοίωση και την ανάλυση διαφορετικών σεναρίων, οι οργανισμοί μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις ροές εργασίας, να μειώσουν τη σπατάλη υλικών και να βελτιώσουν τη χρήση των πόρων. Μέσω εικονικών δοκιμών και βελτιστοποίησης, οι προσομοιωτές παρέχουν ένα πολύτιμο εργαλείο για την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων, επιτρέποντας στους οργανισμούς να βελτιώσουν τη λειτουργική απόδοση και να μειώσουν το κόστος.

2.3 Βελτίωση της αποτελεσματικότητας

Οι προσομοιωτές διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην αξιολόγηση και τη βελτίωση της αποδοτικότητας της παλετοποίησης στον βιομηχανικό αυτοματισμό. Αυτή η ενότητα εξηγεί πώς οι προσομοιωτές διευκολύνουν την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της παλετοποίησης και συζητά τον αντίκτυπο των βελτιστοποιημένων σχεδίων παλετοποίησης στην παραγωγικότητα, την απόδοση και τη συνολική λειτουργική απόδοση.

Οι προσομοιωτές όπως το Factory I/O παρέχουν ένα εικονικό περιβάλλον όπου οι οργανισμοί μπορούν να προσομοιώσουν και να αξιολογήσουν διαφορετικά σχέδια παλετοποίησης και ροές εργασίας. Με την ακριβή μοντελοποίηση του φυσικού περιβάλλοντος, οι προσομοιωτές επιτρέπουν την ανάλυση παραγόντων όπως ο σχεδιασμός της διάταξης, η χρήση του εξοπλισμού και η ροή της διαδικασίας. Μέσω της προσομοίωσης, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν πιθανά σημεία συμφόρησης, να βελτιστοποιήσουν τις παραμέτρους ροής εργασίας και να βελτιώσουν τη συνολική αποτελεσματικότητα της παλετοποίησης (Khalil et al., 2022).

Τα βελτιστοποιημένα σχέδια παλετοποίησης έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην παραγωγικότητα και την απόδοση. Με την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων παλετοποίησης, οι οργανισμοί μπορούν να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις των αλλαγών διάταξης, των διαμορφώσεων στοίβαξης και της τοποθέτησης εξοπλισμού στην παραγωγικότητα και την απόδοση. Μέσω εικονικών δοκιμών και βελτιστοποίησης, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές παλετοποίησης που ελαχιστοποιούν τον χρόνο χειρισμού υλικού, μειώνουν τον χρόνο αδράνειας και μεγιστοποιούν την απόδοση (Azevedo et al., 2019).

Οι προσομοιωτές επιτρέπουν επίσης την ανάλυση βασικών δεικτών απόδοσης (KPI) που σχετίζονται με την αποδοτικότητα. Οι οργανισμοί μπορούν να αξιολογήσουν KPI όπως ο χρόνος κύκλου, ο χρόνος εκπλήρωσης της παραγγελίας και η χρήση πόρων μέσω προσομοίωσης. Αναλύοντας αυτούς τους KPI, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν ευκαιρίες για βελτίωση, να εξορθολογίσουν τις διαδικασίες και να βελτιστοποιήσουν την κατανομή των πόρων για τη βελτίωση της συνολικής λειτουργικής αποτελεσματικότητας (Χρυσολούρης & Μαυρίκιος, 2020).

Οι βελτιστοποιημένοι σχεδιασμοί παλετοποίησης συμβάλλουν στη βελτιωμένη λειτουργική απόδοση μειώνοντας τις αναποτελεσματικότητες και εξαλείφοντας τα απόβλητα. Με την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων, οι οργανισμοί μπορούν να προσδιορίσουν τις πιο αποτελεσματικές διατάξεις, μοτίβα στοίβαξης και στρατηγικές κίνησης. Αυτή η βελτιστοποίηση ελαχιστοποιεί τις περιττές μετακινήσεις, μεγιστοποιεί τη χρήση του χώρου και μειώνει τα απόβλητα υλικών, με αποτέλεσμα βελτιωμένη λειτουργική απόδοση και εξοικονόμηση κόστους (Liu et al., 2021).

Επιπλέον, οι προσομοιωτές επιτρέπουν την αξιολόγηση εναλλακτικών στρατηγικών και την εφαρμογή πρωτοβουλιών συνεχούς βελτίωσης. Με την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων, οι οργανισμοί μπορούν να δοκιμάσουν και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα των τροποποιήσεων της διαδικασίας, των αλλαγών διάταξης ή των αναβαθμίσεων εξοπλισμού. Αυτή η επαναληπτική προσέγγιση επιτρέπει στους οργανισμούς να εφαρμόζουν σταδιακές βελτιώσεις, οδηγώντας σε διαρκή κέρδη αποτελεσματικότητας με την πάροδο του χρόνου (Montgomery, 2020).

Η χρήση προσομοιωτών στο σχεδιασμό παλετοποίησης επιτρέπει στους οργανισμούς να αξιολογούν και να βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα της παλετοποίησης. Με την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων και τη βελτιστοποίηση σχεδίων, οι οργανισμοί μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγικότητα, να αυξήσουν την απόδοση και να βελτιώσουν τη συνολική λειτουργική απόδοση. Οι προσομοιωτές παρέχουν ένα πολύτιμο εργαλείο για την αξιολόγηση και την εφαρμογή αλλαγών που οδηγούν σε απτές βελτιώσεις απόδοσης στις διαδικασίες παλετοποίησης.



Εικόνα 2: Βελτιστοποίηση Παραγωγικότητας

2.4 Μείωση κατανάλωσης ενέργειας και εξοικονόμηση πόρων

Οι προσομοιωτές διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον εντοπισμό ευκαιριών εξοικονόμησης ενέργειας στο σχεδιασμό της παλετοποίησης και στην προώθηση της διατήρησης των πόρων. Αυτή η ενότητα υπογραμμίζει τον τρόπο με τον οποίο οι προσομοιωτές μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό ευκαιριών εξοικονόμησης ενέργειας και συζητά τις δυνατότητες εξοικονόμησης πόρων μέσω βελτιστοποιημένων διατάξεων και ροών εργασίας.

Οι προσομοιωτές όπως το Factory IO παρέχουν μια εικονική πλατφόρμα για τη μοντελοποίηση και την προσομοίωση των διαδικασιών παλετοποίησης, επιτρέποντας στους οργανισμούς να αξιολογούν την κατανάλωση ενέργειας. Με την ακριβή αναπαράσταση του φυσικού περιβάλλοντος και του εξοπλισμού, οι προσομοιωτές επιτρέπουν την ανάλυση της χρήσης ενέργειας κατά τις εργασίες παλετοποίησης. Μέσω της προσομοίωσης, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν διαδικασίες έντασης ενέργειας, εξοπλισμό με υψηλή κατανάλωση ενέργειας ή αναποτελεσματικές ροές εργασίας που συμβάλλουν στην περιττή σπατάλη ενέργειας (Liu et al., 2021).

Οι βελτιστοποιημένες διατάξεις και ροές εργασίας που επιτυγχάνονται μέσω της προσομοίωσης μπορούν να μειώσουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας στις διαδικασίες παλετοποίησης. Οι προσομοιωτές επιτρέπουν την αξιολόγηση διαφορετικών σχεδίων διάταξης, τοποθετήσεων εξοπλισμού και μοτίβων ροής υλικού. Με την προσομοίωση και την ανάλυση αυτών των παραγόντων, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν ευκαιρίες για ενεργειακή βελτιστοποίηση, όπως η ελαχιστοποίηση των αποστάσεων ταξιδιού, η μείωση του χρόνου αδράνειας του εξοπλισμού και η βελτιστοποίηση της χρήσης ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού (Khalil et al., 2022).

Επιπλέον, οι προσομοιωτές διευκολύνουν τη διατήρηση των πόρων μέσω βελτιστοποιημένων διατάξεων και ροών εργασίας. Με την προσομοίωση και την αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν ευκαιρίες για μείωση της κατανάλωσης πόρων και της σπατάλης. Μέσω εικονικών δοκιμών και βελτιστοποίησης, οι οργανισμοί μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση του χώρου, να ελαχιστοποιήσουν τα απόβλητα υλικών και να εξορθολογίσουν τις διαδικασίες, οδηγώντας στη διατήρηση των πόρων (Azevedo et al., 2019).

Οι προσομοιωτές δίνουν επίσης τη δυνατότητα στους οργανισμούς να αξιολογήσουν τη δυνατότητα χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε εργασίες παλετοποίησης. Με την προσομοίωση του αντίκτυπου της ολοκλήρωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οργανισμοί μπορούν να αξιολογήσουν τη σκοπιμότητα και τα οφέλη από τη χρήση ηλιακών, αιολικών ή άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την τροφοδοσία εξοπλισμού παλετοποίησης. Αυτή η αξιολόγηση μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη εξάρτηση από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας (Chryssolouris & Mavrikios, 2020).

Αξιοποιώντας προσομοιωτές, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν ευκαιρίες εξοικονόμησης ενέργειας και να προωθήσουν τη διατήρηση των πόρων στο σχεδιασμό της παλετοποίησης. Μέσω της προσομοίωσης, οι οργανισμοί μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις διατάξεις, τις ροές εργασίας και τη χρήση εξοπλισμού, με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον, οι προσομοιωτές επιτρέπουν στους οργανισμούς να εντοπίζουν και να εφαρμόζουν βιώσιμες πρακτικές, όπως η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμβάλλοντας στη συνολική ενεργειακή απόδοση και στην εξοικονόμηση πόρων.

2.5 Ανίχνευση κινδύνου και ανθρώπινη ασφάλεια

Οι προσομοιωτές διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στον εντοπισμό και τον μετριασμό των κινδύνων που σχετίζονται με τις διαδικασίες παλετοποίησης, προστατεύοντας έτσι τις ανθρώπινες ζωές. Αυτή η ενότητα διερευνά τον τρόπο με τον οποίο οι προσομοιωτές βοηθούν στον εντοπισμό των κινδύνων και στη βελτίωση των πρωτοκόλλων ασφαλείας για τη διασφάλιση ενός ασφαλούς εργασιακού περιβάλλοντος κατά τις εργασίες παλετοποίησης.

Οι προσομοιωτές όπως το Factory I/O παρέχουν ένα εικονικό περιβάλλον όπου οι οργανισμοί μπορούν να προσομοιώνουν και να αναλύουν διαδικασίες παλετοποίησης, επιτρέποντας τον εντοπισμό πιθανών κινδύνων και κινδύνων. Με την ακριβή αναπαράσταση του φυσικού περιβάλλοντος, οι προσομοιωτές επιτρέπουν την αξιολόγηση παραγόντων όπως η λειτουργία του εξοπλισμού, ο χειρισμός των υλικών και η αλληλεπίδραση με το προσωπικό. Μέσω της προσομοίωσης, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν πιθανούς κινδύνους, όπως κινδύνους σύγκρουσης, δυσλειτουργίες εξοπλισμού ή μη ασφαλείς συνθήκες εργασίας (Liu et al., 2021).

Η προσομοίωση παίζει ζωτικό ρόλο στη βελτίωση των πρωτοκόλλων ασφαλείας, επιτρέποντας στους οργανισμούς να δοκιμάζουν και να βελτιώνουν τα μέτρα ασφαλείας. Με την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων, οι οργανισμοί μπορούν να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών ασφαλείας, τις εργονομικές εκτιμήσεις και τα σχέδια αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Η προσομοίωση παρέχει ένα ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον για την αξιολόγηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας, τον εντοπισμό αδυναμιών και την εφαρμογή των απαραίτητων βελτιώσεων για την προστασία των ανθρώπινων ζώων (Khalil et al., 2022).

Επιπλέον, οι προσομοιωτές επιτρέπουν την ανάλυση των αλληλεπιδράσεων ανθρώπου-μηχανής και τον εντοπισμό πιθανών εργονομικών κινδύνων. Με την προσομοίωση των κινήσεων και των ενεργειών του προσωπικού κατά τη διάρκεια των εργασιών παλετοποίησης, οι οργανισμοί μπορούν να αξιολογήσουν εργονομικούς παράγοντες, όπως επαναλαμβανόμενες εργασίες, υπερβολικό άγγιγμα ή άβολες στάσεις. Μέσω της προσομοίωσης, μπορούν να εντοπιστούν εργονομικοί κίνδυνοι και να γίνουν προσαρμογές για τη βελτιστοποίηση των σταθμών εργασίας και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας τραυματισμών που σχετίζονται με την εργασία (Chryssolouris & Mavrikios, 2020).

Οι προσομοιωτές επιτρέπουν επίσης την εκπαίδευση και εκπαίδευση του προσωπικού σε περιβάλλον χωρίς κινδύνους. Παρέχοντας εικονικές ενότητες εκπαίδευσης, οι οργανισμοί μπορούν να προσομοιώνουν ρεαλιστικά σενάρια, επιτρέποντας στους χειριστές και τους υπαλλήλους να εφαρμόζουν ασφαλείς διαδικασίες, πρωτόκολλα απόκρισης έκτακτης ανάγκης και λειτουργία εξοπλισμού. Αυτή η εικονική εκπαίδευση ενισχύει τη γνώση και την επίγνωση των πιθανών κινδύνων, διασφαλίζοντας ότι το προσωπικό είναι καλά προετοιμασμένο για να χειριστεί επικίνδυνες καταστάσεις στο πραγματικό περιβάλλον παλετοποίησης (Azevedo et al., 2019).

Η χρήση προσομοιωτών στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της παλετοποίησης συμβάλλει σημαντικά στην προστασία των ανθρώπινων ζώων. Με την προσομοίωση και την ανάλυση διαφορετικών σεναρίων, οι οργανισμοί μπορούν να εντοπίσουν προληπτικά τους κινδύνους, να βελτιώσουν τα πρωτόκολλα ασφαλείας και να ενισχύσουν τη συνολική κουλτούρα ασφάλειας στο χώρο εργασίας. Οι προσομοιωτές παρέχουν ένα πολύτιμο εργαλείο για την ανίχνευση κινδύνου και την ανθρώπινη ασφάλεια, διασφαλίζοντας ένα ασφαλές και υγιές περιβάλλον εργασίας κατά τη διάρκεια των εργασιών παλετοποίησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΩΝ

3.1 Επισκόπηση βιομηχανικών προσομοιωτών

Οι βιομηχανικοί προσομοιωτές διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της παλετοποίησης, παρέχοντας στους οργανισμούς εικονικά περιβάλλοντα για την προσομοίωση και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών τους. Αυτή η ενότητα παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των διαφορετικών βιομηχανικών προσομοιωτών που διατίθενται στην αγορά και εξετάζει τα κοινά χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες των προσομοιωτών που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό και την υλοποίηση της παλετοποίησης.

Αρκετοί βιομηχανικοί προσομοιωτές χρησιμοποιούνται ευρέως για το σχεδιασμό και την υλοποίηση παλετοποίησης, συμπεριλαμβανομένων των Factory I/O, Process Simulate, Tecnomatix και Visual Components. Αυτοί οι προσομοιωτές προσφέρουν μια σειρά από χαρακτηριστικά και λειτουργίες που βοηθούν τους οργανισμούς να προσομοιώνουν και να βελτιστοποιούν τις διαδικασίες παλετοποίησης (Azevedo et al., 2019; Chryssolouris & Mavrikios, 2020).

Τα κοινά χαρακτηριστικά των βιομηχανικών προσομοιωτών για σχεδιασμό παλετοποίησης περιλαμβάνουν ρεαλιστικές δυνατότητες τρισδιάστατης μοντελοποίησης και οπτικοποίησης. Αυτοί οι προσομοιωτές αντιπροσωπεύουν με ακρίβεια το φυσικό περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων αποθήκης, του εξοπλισμού και των συστημάτων διαχείρισης υλικών, επιτρέποντας στους οργανισμούς να οπτικοποιούν και να αναλύουν τις διαδικασίες παλετοποίησης τους σε ένα εικονικό περιβάλλον. Τα ρεαλιστικά γραφικά και η φυσική προσομοίωση συμβάλλουν σε μια πιο καθηλωτική και ακριβή αναπαράσταση του πραγματικού περιβάλλοντος εργασίας (Khalil et al., 2022).

Τα εργαλεία προσομοίωσης σε αυτούς τους προσομοιωτές επιτρέπουν τη μοντελοποίηση και τη δοκιμή διαφορετικών σεναρίων παλετοποίησης. Οι οργανισμοί μπορούν να προσομοιώσουν διάφορες διατάξεις, διαμορφώσεις στοίβαξης και τοποθετήσεις εξοπλισμού για να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο στην παραγωγικότητα, την απόδοση και τη χρήση πόρων. Τα εργαλεία προσομοίωσης επιτρέπουν επίσης την ανάλυση βασικών δεικτών

απόδοσης (KPIs) όπως ο χρόνος κύκλου, ο χρόνος εκπλήρωσης παραγγελιών και η χρήση εξοπλισμού, επιτρέποντας στους οργανισμούς να βελτιστοποιήσουν τα σχέδια παλετοποίησης για μέγιστη απόδοση (Liu et al., 2021).

Η διαλειτουργικότητα με άλλα συστήματα λογισμικού είναι ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό των βιομηχανικών προσομοιωτών. Αυτοί οι προσομοιωτές μπορούν να ενσωματωθούν με άλλα εργαλεία λογισμικού, όπως συστήματα διαχείρισης αποθήκης (WMS) και συστήματα προγραμματισμού πόρων επιχειρήσεων (ERP), για την ανταλλαγή δεδομένων και το συγχρονισμό διαδικασιών. Η ενσωμάτωση με εξωτερικά συστήματα ενισχύει την ακρίβεια και τον ρεαλισμό των προσομοιώσεων ενσωματώνοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και διευκολύνοντας την απρόσκοπτη ροή πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών συστημάτων (Χρυσολούρης & Μαυρίκιος, 2020).

Επιπλέον, πολλοί προσομοιωτές παρέχουν λειτουργίες ανάλυσης και αναφοράς για την αξιολόγηση και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Αυτά τα χαρακτηριστικά επιτρέπουν στους οργανισμούς να δημιουργούν αναφορές, γραφήματα και γραφήματα για να αναλύουν και να επικοινωνούν την απόδοση διαφορετικών σχεδίων παλετοποίησης. Οπτικοποιώντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, οι οργανισμοί μπορούν να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, να προσδιορίζουν ευκαιρίες βελτίωσης και να κοινοποιούν αποτελεσματικά τα ευρήματά τους στους ενδιαφερόμενους (Azevedo et al., 2019).

Συνοπτικά, οι βιομηχανικοί προσομοιωτές για σχεδιασμό και υλοποίηση παλετοποίησης προσφέρουν ρεαλιστική τρισδιάστατη μοντελοποίηση, εργαλεία προσομοίωσης, διαλειτουργικότητα με άλλα συστήματα λογισμικού και λειτουργίες ανάλυσης και αναφοράς. Αυτοί οι προσομοιωτές παρέχουν στους οργανισμούς τα μέσα για την προσομοίωση και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παλετοποίησης τους, οδηγώντας σε βελτιωμένη παραγωγικότητα, αποτελεσματικότητα και ασφάλεια στον βιομηχανικό αυτοματισμό.

3.2 Factory I/O Simulator

Το Factory IO είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος προσομοιωτής που παρέχει μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα για την προσομοίωση και τη βελτιστοποίηση βιομηχανικών διαδικασιών, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού και της υλοποίησης παλετοποίησης.

Αυτή η ενότητα παρέχει μια λεπτομερή περιγραφή και ανάλυση του προσομοιωτή Factory I/O, τονίζοντας τη συγκεκριμένη εφαρμογή του για το σχεδιασμό και την υλοποίηση παλετοποίησης. Επιπλέον, συζητά τα βασικά χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τα οφέλη της χρήσης του Factory I/O για την προσομοίωση των διαδικασιών παλετοποίησης.

Το Factory IO είναι ένα τρισδιάστατο λογισμικό εικονικής προσομοίωσης που επιτρέπει στους οργανισμούς να δημιουργούν ρεαλιστικά εικονικά περιβάλλοντα για να προσομοιώνουν διάφορες βιομηχανικές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένης της παλετοποίησης. Προσφέρει μια φιλική προς τον χρήστη διεπαφή και μια βιβλιοθήκη προκατασκευασμένων βιομηχανικών εξαρτημάτων, όπως μεταφορείς, ρομπότ, αισθητήρες και παλέτες, που μπορούν εύκολα να συναρμολογηθούν για να αναπαράγουν συστήματα παλετοποίησης πραγματικού κόσμου (Liu et al., 2021).

Στο πλαίσιο του σχεδιασμού και της υλοποίησης της παλετοποίησης, το Factory IO επιτρέπει στους οργανισμούς να προσομοιώνουν και να βελτιστοποιούν τις διαδικασίες παλετοποίησης δημιουργώντας εικονικές διατάξεις και δοκιμάζοντας διαφορετικά σενάρια. Οι χρήστες μπορούν να σχεδιάσουν και να τροποποιήσουν διατάξεις τοποθετώντας εικονικό εξοπλισμό και διαμορφώνοντας τις λειτουργικές του παραμέτρους. Μέσω της προσομοίωσης, το Factory IO παρέχει ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο για την απόδοση του συστήματος παλετοποίησης, επιτρέποντας στους χρήστες να αναλύουν βασικές μετρήσεις, να αξιολογούν την αποτελεσματικότητα και να εντοπίζουν πιθανά σημεία συμφόρησης (Azevedo et al., 2019).

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Factory I/O είναι οι ρεαλιστικές του δυνατότητες τρισδιάστατης απεικόνισης. Ο προσομοιωτής παρέχει γραφικά υψηλής ποιότητας, ρεαλιστική φυσική και δυναμικά κινούμενα σχέδια, δημιουργώντας ένα καθηλωτικό εικονικό περιβάλλον που μοιάζει πολύ με τα συστήματα παλετοποίησης του πραγματικού κόσμου. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να οπτικοποιήσουν τα σχέδιά τους, να κατανοήσουν τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των στοιχείων και να εντοπίσουν πιθανά ζητήματα ή βελτιστοποιήσεις (Χρυσολούρης & Μαυρίκιος, 2020).

Το Factory I/O προσφέρει επίσης προηγμένα εργαλεία προσομοίωσης για την ανάλυση και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παλετοποίησης. Οι χρήστες μπορούν να προσομοιώσουν την κίνηση των υλικών, να παρακολουθήσουν τη ροή των παλετών και να αξιολογήσουν την αλληλεπίδραση μεταξύ εξοπλισμού και προσωπικού. Ο προσομοιωτής παρέχει δεδομένα σχετικά με τους χρόνους κύκλου, τους ρυθμούς παραγωγής, τη χρήση

εξοπλισμού και άλλους δείκτες απόδοσης, επιτρέποντας στους χρήστες να προσαρμόσουν τα σχέδια παλετοποίησης για μέγιστη απόδοση και παραγωγικότητα (Khalil et al., 2022).



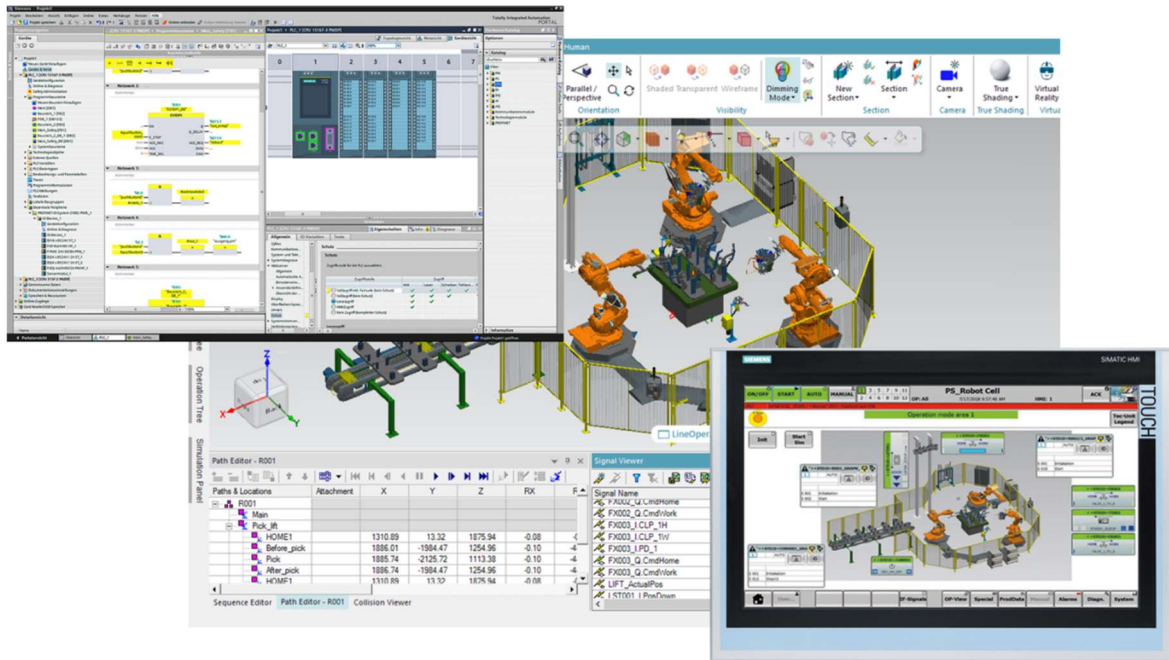
Εικόνα 3: Factory I/O Interface

Η χρήση του Factory I/O για την προσομοίωση των διαδικασιών παλετοποίησης αποφέρει πολλά οφέλη. Πρώτον, μειώνει την ανάγκη για φυσικά πρωτότυπα και δοκιμές, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους και χρόνου. Οι οργανισμοί μπορούν γρήγορα να επαναλάβουν και να πειραματιστούν με διαφορετικά σχέδια και διαμορφώσεις σε ένα εικονικό περιβάλλον χωρίς κινδύνους, αποφεύγοντας πιθανά σφάλματα και εκ νέου επεξεργασία. Δεύτερον, το Factory I/O διευκολύνει τη συνεργασία και την επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας και των ενδιαφερόμενων μερών παρέχοντας μια οπτική αναπαράσταση του συστήματος παλετοποίησης και των μετρήσεων απόδοσης του (Liu et al., 2021).

3.3 Άλλοι σχετικοί βιομηχανικοί προσομοιωτές

Εκτός από το Factory I.O, υπάρχουν αρκετοί άλλοι αξιόλογοι βιομηχανικοί προσομοιωτές που ισχύουν για το σχεδιασμό παλετοποίησης. Αυτή η ενότητα παρουσιάζει εν συντομία και περιγράφει μερικούς από αυτούς τους προσομοιωτές, επισημαίνοντας τα μοναδικά χαρακτηριστικά, τις εφαρμογές και τα πλεονεκτήματά τους σε σύγκριση με το Factory I/O.

Ένας τέτοιος προσομοιωτής είναι το Process Simulate, που αναπτύχθηκε από τη Siemens.



Εικόνα 4: Siemens Process Simulate

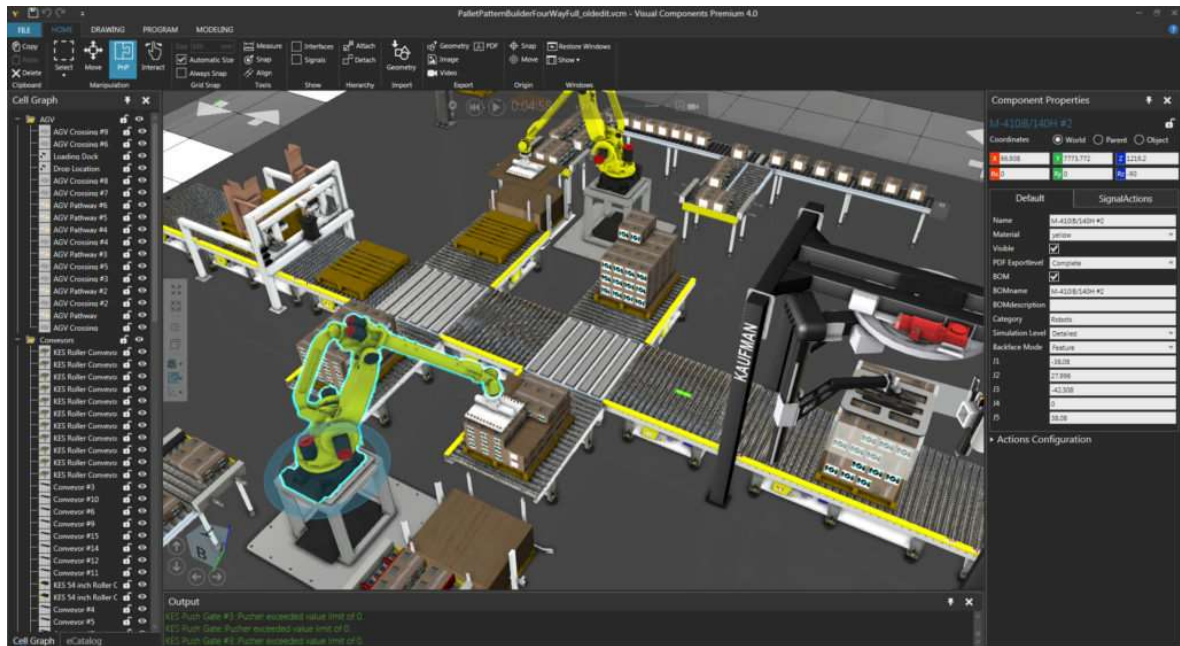
Το Process Simulate είναι ένα ισχυρό εργαλείο λογισμικού που επιτρέπει στους οργανισμούς να προσομοιώνουν και να βελτιστοποιούν διάφορες διαδικασίες παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της παλετοποίησης. Προσφέρει μια σειρά από δυνατότητες όπως τρισδιάστατη μοντελοποίηση, εικονική θέση σε λειτουργία και προγραμματισμό εκτός σύνδεσης, δίνοντας τη δυνατότητα στους χρήστες να δημιουργούν και να επικυρώνουν διατάξεις παλετοποίησης, να βελτιστοποιούν τις κινήσεις του ρομπότ και να πραγματοποιούν ανίχνευση σύγκρουσης. Το Process Simulate ενσωματώνεται επίσης απρόσκοπτα με άλλες λύσεις λογισμικού και υλικού της Siemens, παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα για σχεδιασμό και υλοποίηση παλετοποίησης (Siemens, n.d.).

Το Tecnomatix είναι ένα άλλο ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό βιομηχανικής προσομοίωσης, που αναπτύχθηκε από τη Siemens Digital Industries Software. Το Tecnomatix προσφέρει προηγμένες δυνατότητες προσομοίωσης και βελτιστοποίησης για διαδικασίες παλετοποίησης. Επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν εικονικά μοντέλα αποθηκών, εξοπλισμού και συστημάτων ροής υλικών, επιτρέποντας την ανάλυση σχεδίων διάταξης, τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών χειρισμού υλικών και την αξιολόγηση της χρήσης πόρων. Το Tecnomatix παρέχει επίσης μια σειρά από ενότητες και πρόσθετα, συμπεριλαμβανομένων εργαλείων βελτιστοποίησης παλετοποίησης και λειτουργιών εικονικής θέσης σε λειτουργία, καθιστώντας το μια ολοκληρωμένη λύση για το σχεδιασμό παλετοποίησης (Siemens Digital Industries Software, n.d.).



Εικόνα 5: Siemens Tecnomatix Simulator

Το Visual Components είναι ένα δημοφιλές λογισμικό τρισδιάστατης προσομοίωσης που επιτρέπει στους οργανισμούς να μοντελοποιούν, να προσομοιώνουν και να οπτικοποιούν βιομηχανικές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένης της παλετοποίησης. Προσφέρει μια διαισθητική διεπαφή μεταφοράς και απόθεσης, ρεαλιστική τρισδιάστατη απεικόνιση και ισχυρά εργαλεία προσομοίωσης. Το Visual Components επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν ακριβή εικονικά μοντέλα συστημάτων παλετοποίησης, να δοκιμάζουν διαφορετικές διατάξεις, να βελτιστοποιούν τις κινήσεις του ρομπότ και να αναλύουν βασικούς δείκτες απόδοσης. Υποστηρίζει επίσης την ενοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας τον συγχρονισμό προσομοιώσεων με εξωτερικά συστήματα όπως το WMS και το ERP (Visual Components, n.d.).



Εικόνα 6: Visual Components Simulator

Σε σύγκριση με το Factory I/O, αυτοί οι προσομοιωτές προσφέρουν ξεχωριστά πλεονεκτήματα. Το Process Simulate ξεχωρίζει για την απρόσκοπτη ενσωμάτωσή του με λύσεις λογισμικού και υλικού Siemens, επιτρέποντας μια ολιστική προσέγγιση στο σχεδιασμό παλετοποίησης. Η Tecnomatix, από την άλλη πλευρά, παρέχει ολοκληρωμένες ενότητες και πρόσθετα ειδικά προσαρμοσμένα για βελτιστοποίηση παλετοποίησης. Το Visual Components υπερέχει στη φιλική προς τον χρήστη διεπαφή και στις ισχυρές δυνατότητες προσομοίωσης, συμπεριλαμβανομένης της ενοποίησης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Συνοπτικά, το Process Simulate, το Tecnomatix και τα Visual Components είναι αξιόλογοι βιομηχανικοί προσομοιωτές που προσφέρουν μοναδικές δυνατότητες και εφαρμογές για το σχεδιασμό παλετοποίησης. Κάθε προσομοιωτής φέρνει τα δικά του πλεονεκτήματα σε σύγκριση με το Factory IO, είτε μέσω δυνατοτήτων ενοποίησης, εξειδικευμένων μονάδων ή φιλικών προς το χρήστη διεπαφών. Οι οργανισμοί θα πρέπει να εξετάσουν αυτούς τους προσομοιωτές με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες και απαιτήσεις τους για να βελτιώσουν τις διαδικασίες σχεδιασμού και υλοποίησης παλετοποίησης.

Συνοπτικά, το Factory I/O είναι ένας ισχυρός προσομοιωτής ειδικά σχεδιασμένος για σχεδιασμό και υλοποίηση παλετοποίησης. Με τη ρεαλιστική τρισδιάστατη απεικόνιση, τα εργαλεία προσομοίωσης και τις προηγμένες δυνατότητες, το Factory I/O επιτρέπει στους οργανισμούς να δημιουργούν εικονικά περιβάλλοντα, να προσομοιώνουν διαδικασίες

παλετοποίησης, να αναλύουν μετρήσεις απόδοσης και να βελτιστοποιούν τα σχέδιά τους. Χρησιμοποιώντας το Factory I/O, οι οργανισμοί μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγικότητα, να βελτιώσουν την αποδοτικότητα και να μειώσουν το κόστος που σχετίζεται με τις λειτουργίες παλετοποίησης.



Εικόνα 7: Factory I/O Connectivity

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

4.1 Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας παλετοποίησης

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα εξετασθεί ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός συστήματος παλετοποίησης, η οποία θα αντλεί κιβώτια από 2 γραμμές παραγωγής ταυτόχρονα, θα κατανέμονται ανάλογα το είδος τους (κατά την χρήση του εξομοιωτή επιλέχθηκε το διαφορετικό χρώμα) και θα οδηγούνται σε διαφορετική έξοδο προς παλετοποίηση. Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθούν ταινίες μεταφοράς (conveyors) και αισθητήρες προσέγγισης αντανάκλασης σε ανακλαστήρα ή αντανάκλασης σε αντικείμενο για τον έλεγχο της ροής των προϊόντων.

Οι δύο διάδρομοι θα ενώνονται σε έναν κύριο μέσω μιας διασταύρωσης, στην οποία απαιτείται να δημιουργηθεί έλεγχος κίνησης για την ομαλή μετακίνηση των κιβωτίων.

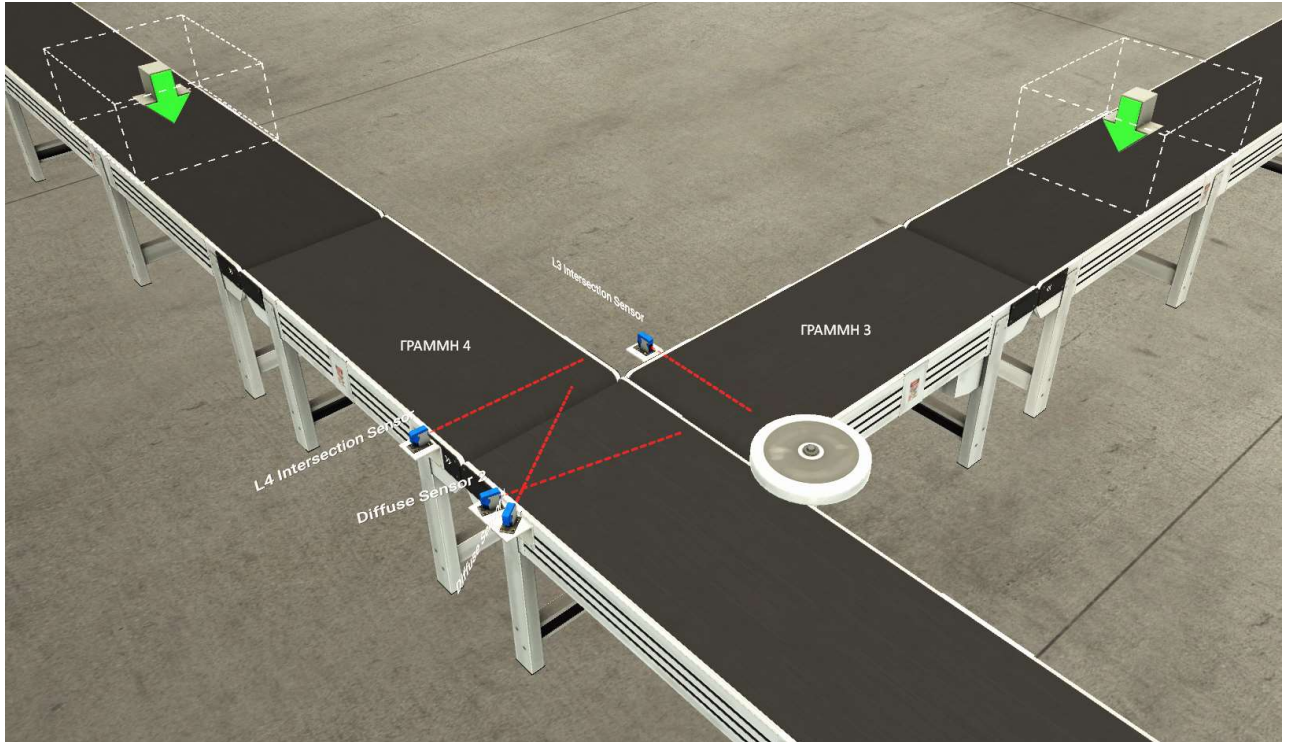
Στην συνέχεια θα εισέρχονται από διάταξη stacker station η οποία θα δημιουργεί ίσα κενά ανάμεσα στα κιβώτια για λόγους ορθής αναγνώρισης τους και ομαλής ροής τους προς τις εξόδους των ρομπότ παλετοποίησης. Ταυτόχρονα, κατά τον διαχωρισμό αυτόν των προϊόντων θα γίνεται οπτική αναγνώριση τους από οπτικό αισθητήρα (vision sensor).

Τέλος, ανάλογα το είδος του προϊόντος, θα οδηγείται στην ανάλογη έξοδο προς παλετοποίηση ενώ, οτιδήποτε δεν ταιριάζει με το οπτικό pattern θα οδηγείται σε απόρριψη.

Ο χειρισμός του συνολικού συστήματος θα γίνεται από έναν πίνακα χειρισμού αποτελούμενο από push buttons, LEDs ένδειξης κατάστασης καθώς και μετρητές παραγωγής. Για την βέλτιστη παρακολούθηση του συστήματος θα γίνει χρήση και φάρου σημάτων.

4.2 Σχεδιασμός συστήματος – Υλοποίηση στον προσομοιωτή

4.2.1 Διασταύρωση κιβωτίων/προϊόντων



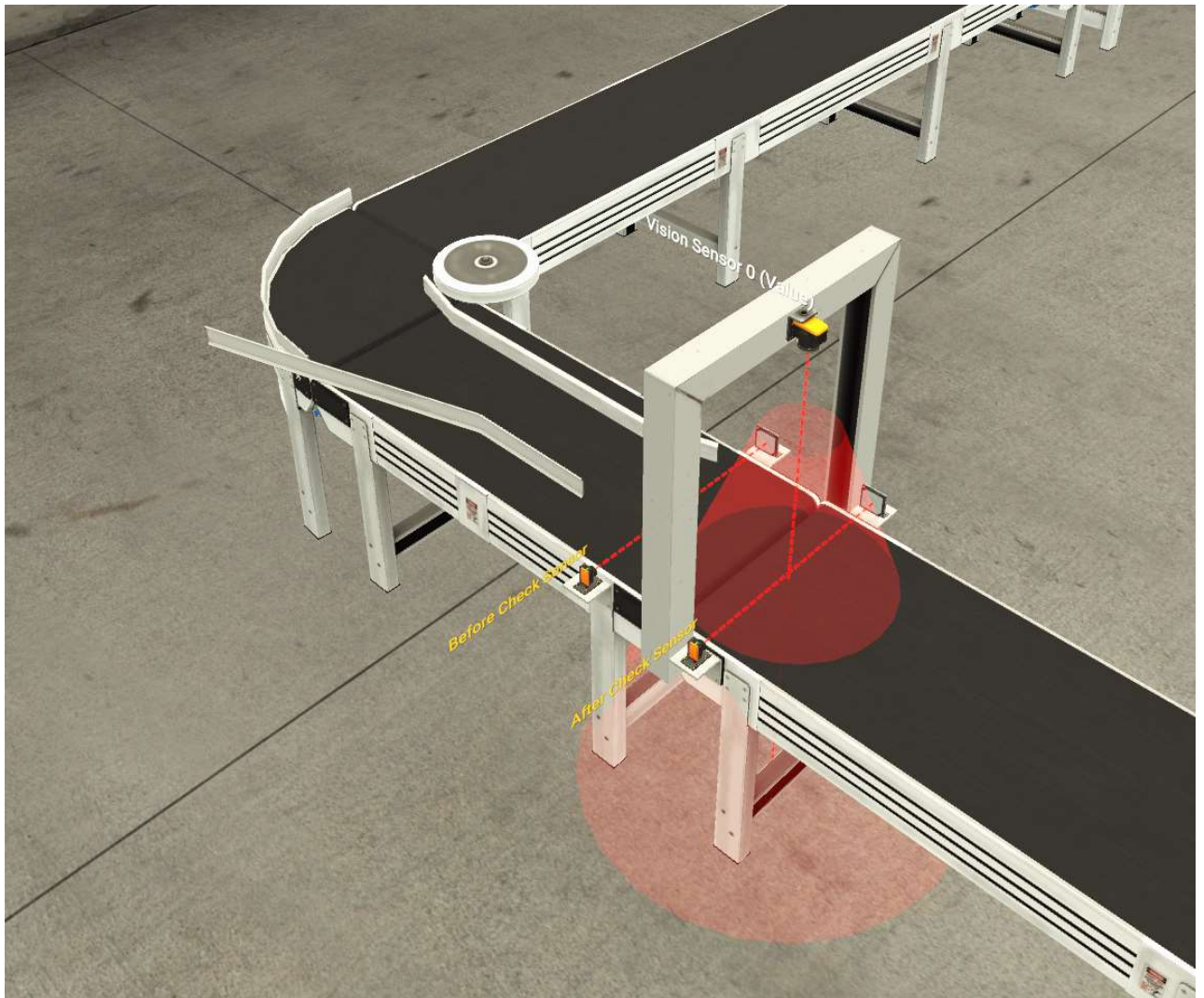
Εικόνα 8: Διάταξη διασταύρωσης διαδρόμων και αισθητήρια

Στην εικόνα 8 απεικονίζεται η υλοποίηση της διασταύρωσης για την γραμμή 3 και την γραμμή 4. Οι ταινίες μεταφοράς παρέχουν αρκετή τριβή ώστε τα προϊόντα να μεταφέρονται χωρίς τον κίνδυνο ολίσθησης από τα όρια της ταινίας. Επίσης ταχύτητα μεταφοράς που έχει οριστεί είναι αρκετά χαμηλή. Έχει γίνει χρήση τεσσάρων αισθητήρων προσέγγισης με αντανάκλαση στο αντικείμενο (Diffuse Proximity Sensor) για την εξομάλυνση της ροής των προϊόντων και την αποφυγή συμφόρησης και σύγκρουσης μεταξύ τους.

Ο L4 Intersection Sensor επιβλέπει την άφιξη κιβωτίου της γραμμής 4 στην διασταύρωση ενώ ο L3 για την γραμμή 3. Ο Diffuse Sensor 2 διαβάζει την κίνηση κιβωτίου της γραμμής 4 μέσα στην διασταύρωση και αντίστοιχα ο Diffuse Sensor 1 την κίνηση κιβωτίου της γραμμής 3.

Για την ομαλότερη είσοδο των κιβωτίων από την γραμμή 3 στον κύριο διάδρομο παλετοποίησης έχει τοποθετηθεί και ένας τροχός ευθυγράμμισης.

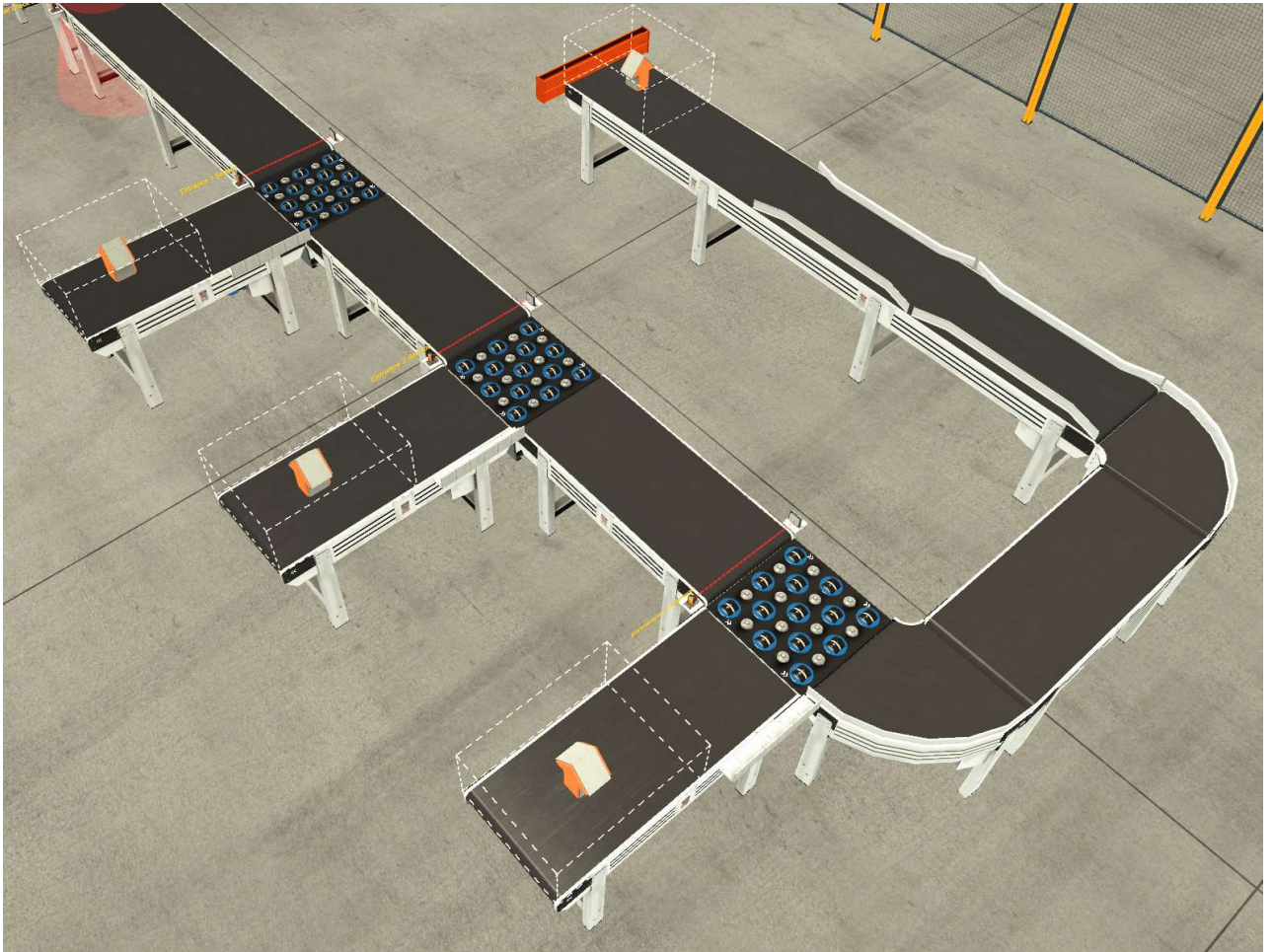
4.2.2 Στροφή και Stacker Station



Εικόνα 9: Διάταξη Stacker Station για διαχωρισμό προϊόντων

Κατά την στροφή των προϊόντων προς τον χώρο παλετοποίησης, έχουν εγκατασταθεί οδηγοί για να μεταφέρονται σωστά και με σωστό προσανατολισμό προς το stacker station. Ο μικρός σε μήκος διάδρομος στον οποίο εδράζει ο Before Check Sensor χρησιμοποιείται για τον ισόποσο διαχωρισμό των κιβωτίων. Μέσω των 2 αισθητήρων σταματάει και ξεκινάει σε σταθερό χρονικό διάστημα για να επιτύχει το κενό ανάμεσα τους. Από πάνω, εδράζει ο οπτικός αισθητήρας αναγνώρισης ο οποίος ανιχνεύει το χρώμα και είδος των προϊόντων και στέλνει έναν μοναδικό ακέραιο για το κάθε είδος. Μετά από την αναγνώριση τους, τα κιβώτια θα κινούνται προς την έξοδο της διάταξης αυτής, με ίση απόσταση μεταξύ τους ή αρκετά μεγάλη (σε περίπτωση που δεν υπάρχει υψηλή ροή) ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα στην διαδικασία ταξινόμησής τους (sorting).

4.2.3 Έξοδοι προς παλετοποίηση και διάδρομος απόρριψης



Εικόνα 10: Έξοδοι παλετοποίησης και απόρριψη

Παρουσιάζονται 3 έξοδοι κιβωτίων, σε συνεργασία με 3 αισθητήρες προσέγγισης με ανακλαστήρα για την κάθε μια έξοδο. Για την πλευρική μετακίνηση των προϊόντων χρησιμοποιούνται περιστροφικοί τροχοί ανύψωσης (pop-up wheel sorters) οι οποίοι όταν λάβουν εντολή για ενεργοποίηση, ανασηκώνονται ελαφρώς, αλλάζουν κατεύθυνση και οδηγούν το προϊόν σε όποια μεριά έχει επιλεγεί (αριστερά ή δεξιά).

Τέλος, αν ένα ή περισσότερα κιβώτια δεν ανήκουν σε καμία ομάδα ταξινόμησης, τότε οδηγούνται ευθεία προς τον διάδρομο απόρριψης για μελλοντικό έλεγχο από τους χειριστές του συστήματος.

4.2.4 Πίνακας χειρισμού συστήματος, φάρος σημάτων



Εικόνα 11: Πίνακας Χειρισμού

Στον πίνακα χειρισμού εντοπίζονται κουμπιά εντολών (push buttons) για τις λειτουργίες Start, Stop, Reset κάθε γραμμής ξεχωριστά καθώς και Emergency Stop Button. Τα push buttons είναι φωτιζόμενα για να παρέχουν την πληροφορία σε τι κατάσταση βρίσκεται το σύστημα.

Επίσης, υπάρχουν εγκατεστημένες 3 ψηφιακές οθόνες, οι οποίες μετρούν το πλήθος των προϊόντων ανά έξοδο.



Στο πλαϊνό μέρος του πίνακα υπάρχουν 3 push buttons για μηδενισμό του μετρητή κάθε εξόδου.

Εικόνα 12: Buttons μηδενισμού μετρητών

4.3 Έρευνα & Ανάπτυξη – Υλοποίηση προγράμματος σε γλώσσα ladder στο Siemens TIA V16

Για την υλοποίηση του project σε γλώσσα ladder για τον προγραμματισμό ενός Simulator PLC χρησιμοποιήθηκε το Totally Integrated Automation Portal V16 (TIA V16). Για την επιτυχή διασύνδεση του προσομοιωτή Factory I/O με το TIA έγινε χρήση έτοιμης φόρμας που παρέχεται από την ιστοσελίδα του Factory I/O και εμπεριέχει όλες τις κατάλληλες πληροφορίες, PLC Model, Function Blocks και διασυνδέσεις για την ενσωμάτωση του.

4.3.1 Αισθητήρια

Για τους σκοπούς της προσομοίωσης της μονάδας παλετοποίησης, χρησιμοποιήθηκαν 3 διαφορετικοί τύπου αισθητήρων:

i. Diffuse Proximity Sensor

Φωτοηλεκτρικός αισθητήρας προσέγγισης με ανάκλαση στο αντικείμενο (Εικόνα 13). Είναι ικανός να ανιχνεύσει οποιοδήποτε στέρεο αντικείμενο.

Ικανότητα ανίχνευσης: 0 – 1.6 m

Όταν η ένδειξη LED που φέρει ανάψει κόκκινο σηματοδοτεί την ανίχνευση αντικειμένου.

Τύπος επαφής: Normally Open



Εικόνα 13: Diffuse Sensor στο περιβάλλον του Factory I/O

ii. Retroreflective Proximity Sensor and Reflector

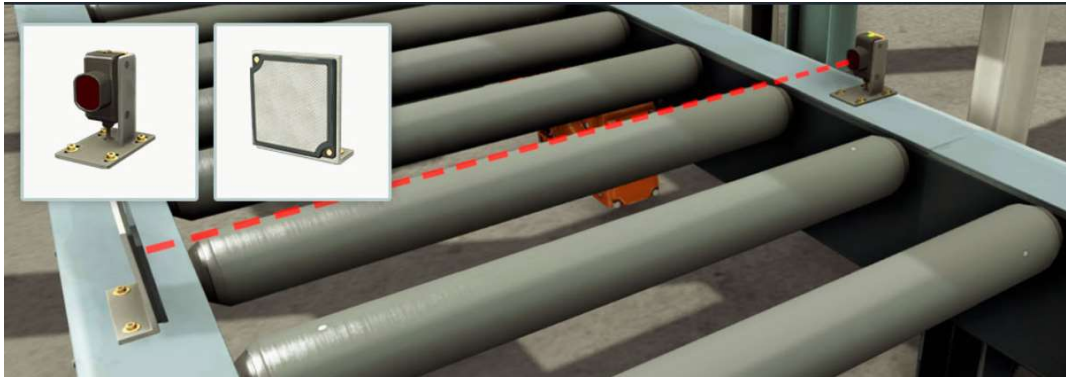
Αισθητήρας προσέγγισης με ανάκλαση σε ανακλαστήρα. Απαιτείται η χρήση και ευθυγράμμιση του με ανακλαστήρα για να λειτουργήσει σωστά.

Διαθέτει δύο ενδείξεις LED, η πράσινη που ενεργοποιείται όταν είναι σωστά ευθυγραμμισμένος με τον ανακλαστήρα και η κίτρινη όταν βρίσκεται σε κατάσταση ανίχνευσης.

Ανιχνεύσιμα υλικά: Στερεά

Ικανότητα ανίχνευσης: 0 – 6 m

Τύπος επαφής: Normally Close

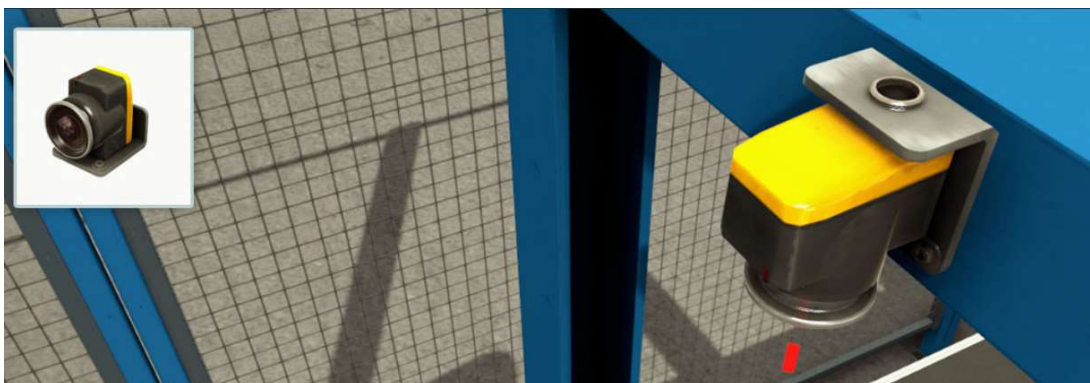


Εικόνα 14: Retroreflective Sensor & Reflector

iii. Vision Sensor

Ο αισθητήρας όρασης αναγνωρίζει πρώτες ύλες, καπάκια προϊόντων, βάσεις προϊόντων και τα διαφορετικά τους χρώματα.

Απόσταση ανίχνευσης: 0.3 – 2m



Εικόνα 15: Optical Vision Sensor

Στον παρακάτω πίνακα (εικόνα 16) παρουσιάζεται το σήμα που αποστέλλει ο ανιχνευτής ανάλογα το προϊόν και την διαμόρφωση που έχει επιλεγεί:

Items Encoding Per Configuration		
Item	All Digital	All Numerical
	Bit 0 1 2 3	Value
None	0 0 0 0	0
Blue Raw Material	1 0 0 0	1
Blue Product Lid	0 1 0 0	2
Blue Product Base	1 1 0 0	3
Green Raw Material	0 0 1 0	4
Green Product Lid	1 0 1 0	5
Green Product Base	0 1 1 0	6
Metal Raw Material	1 1 1 0	7
Metal Product Lid	0 0 0 1	8
Metal Product Base	1 0 0 1	9

Για τους σκοπούς του simulation επιλέχθηκε η «All Numerical» διαμόρφωση.

Εικόνα 16: Πίνακας Κωδικοποίησης Διαμορφώσεων

4.3.2 Programmable Logical Controller (PLC)

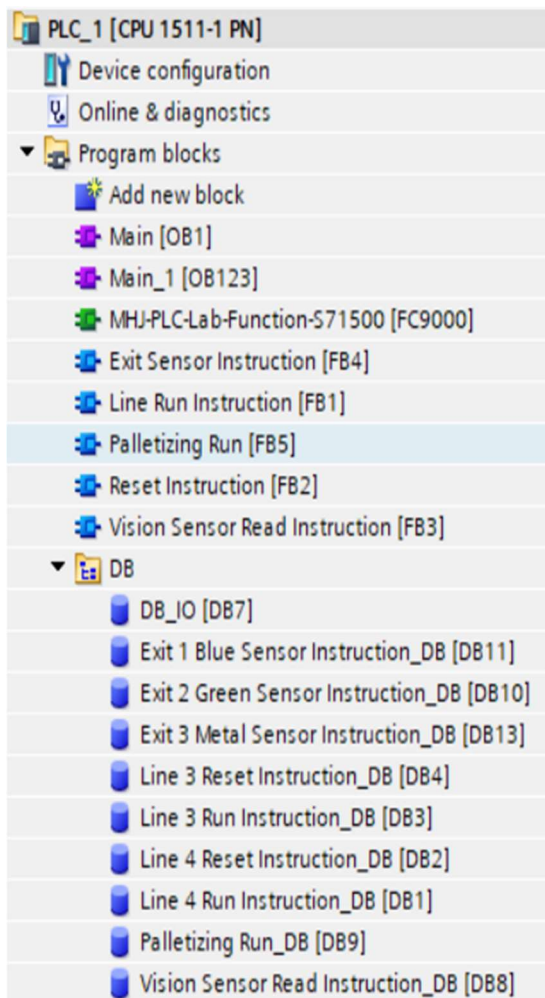
Το PLC που έχει επιλεγεί για το Project είναι το Siemens CPU 1511-1 Profinet.



Ανήκει στην οικογένεια των SIMATIC S7-1500, με διαθέσιμη μνήμη 150 kB για πρόγραμμα και 1 MB για δεδομένα. Διαθέτει 1 Interface - Profinet IRT με 2-port switch, και απόδοση 60 nsec per bit operation.

Εικόνα 17: Siemens CPU 1511-1

Στην εικόνα 18 απεικονίζονται τα Function, Data, Organization Blocks που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της ρουτίνας του αυτοματισμού. Το organization



Εικόνα 18: Οργανόγραμμα των Program Blocks στο περιβάλλον του TIA V16 Portal

block Main [OB1] δημιουργήθηκε αυτόματα από το σύστημα του Factory I/O για την επιτυχή διασύνδεση και επικοινωνία μεταξύ τους. Στο Main_1 [OB123] βρίσκεται ο κώδικας σε γλώσσα ladder όπου εκτελείται η κύρια ροή του προγράμματος.

Τα Function Blocks [FB1,2,3,4,5] περιέχουν υπορουτίνες και αποκλειστικές μεταβλητές/inputs/outputs και καλούνται από το OB123 για την εκτέλεση τους.

Στον υποφάκελο DB, υπάρχουν τα Data Blocks που δημιουργήθηκαν αυτόματα κατά την χρήση των function blocks, στα οποία συναντάμε τις εσωτερικές private θέσεις ή μεταβλητές δεδομένων που χρησιμοποιούνται κατά την κλήση τους. Το DB_IO είναι ένα data block που δημιουργήθηκε για την αποθήκευση μεταβλητών bit, πινάκων και integers χωρίς να καταλαμβάνεται ο κύριος χώρος μνήμης του PLC.

4.3.3 Παρουσίαση μοντέλου



Εικόνα 19: Συνολική εικόνα συστήματος παλετοποίησης

Στην εικόνα 19 απεικονίζεται το συνολικό σύστημα της παλετοποίησης, αποτυπωμένο στο γραφικό περιβάλλον του προσομοιωτή Factory I/O, με τις επιμέρους διατάξεις που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Ο κεντρικός πίνακας χειρισμού εντοπίζεται στο κέντρο του συστήματος για βέλτιστη πρόσβαση και εποπτεία από τους χειριστές.

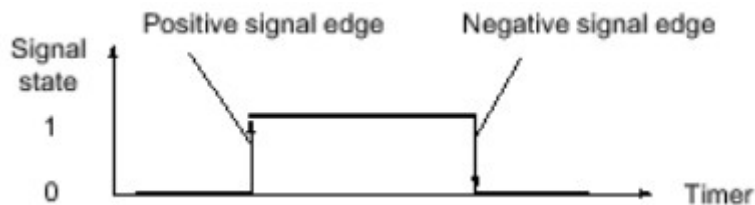
Έχουν τοποθετηθεί προστατευτικά σε επικίνδυνες διατάξεις όπως στροφές, pop-up wheel sorters, έχει διαχωρισθεί ο χώρος της παραγωγής με τον χώρο της παλετοποίησης με την χρήση φράκτη, ενώ έχουν διατηρηθεί μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των διαδρόμων για άνετη και ασφαλή μετακίνηση του εργατικού προσωπικού.

4.3.4 Ανάλυση κώδικα του PLC

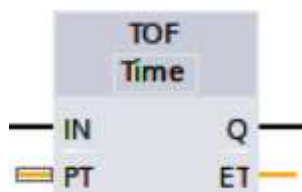
Για την υλοποίηση της ρουτίνας αυτοματισμού σε γλώσσα Ladder, στο περιβάλλον του Siemens TIA V16, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής βασικές οδηγίες:

- Επαφή Normally Open $-| |-$
- Επαφή Normally Close $-|/|-$
- Επαφή αρνητικού σήματος παλμού $-|N|-$

Η οδηγία συγκρίνει την τρέχουσα κατάσταση σήματος με την κατάσταση σήματος της προηγούμενης σάρωσης που έχει αποθηκευτεί σε ένα bit μνήμης. Εάν η εντολή ανιχνεύσει μια αλλαγή στο αποτέλεσμα της λογικής λειτουργίας (RLO) από "1" σε "0", τότε ενεργοποιείται στιγμιαία.

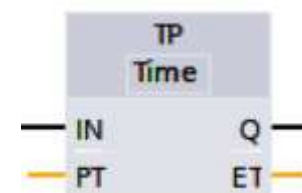


- Έξοδος – Assignment $-()-$
- Χρονικό Timer OFF:



Η εντολή "Generate Off Delay" χρησιμοποιείται για να καθυστερήσει η επαναφορά της εξόδου Q κατά τον προγραμματισμένο χρόνο PT. Η έξοδος Q ρυθμίζεται όταν το αποτέλεσμα της λογικής λειτουργίας (RLO) στην είσοδο IN αλλάζει από "1" σε "0" (αρνητικό άκρο σήματος).

- Χρονικό Timer Pulse:



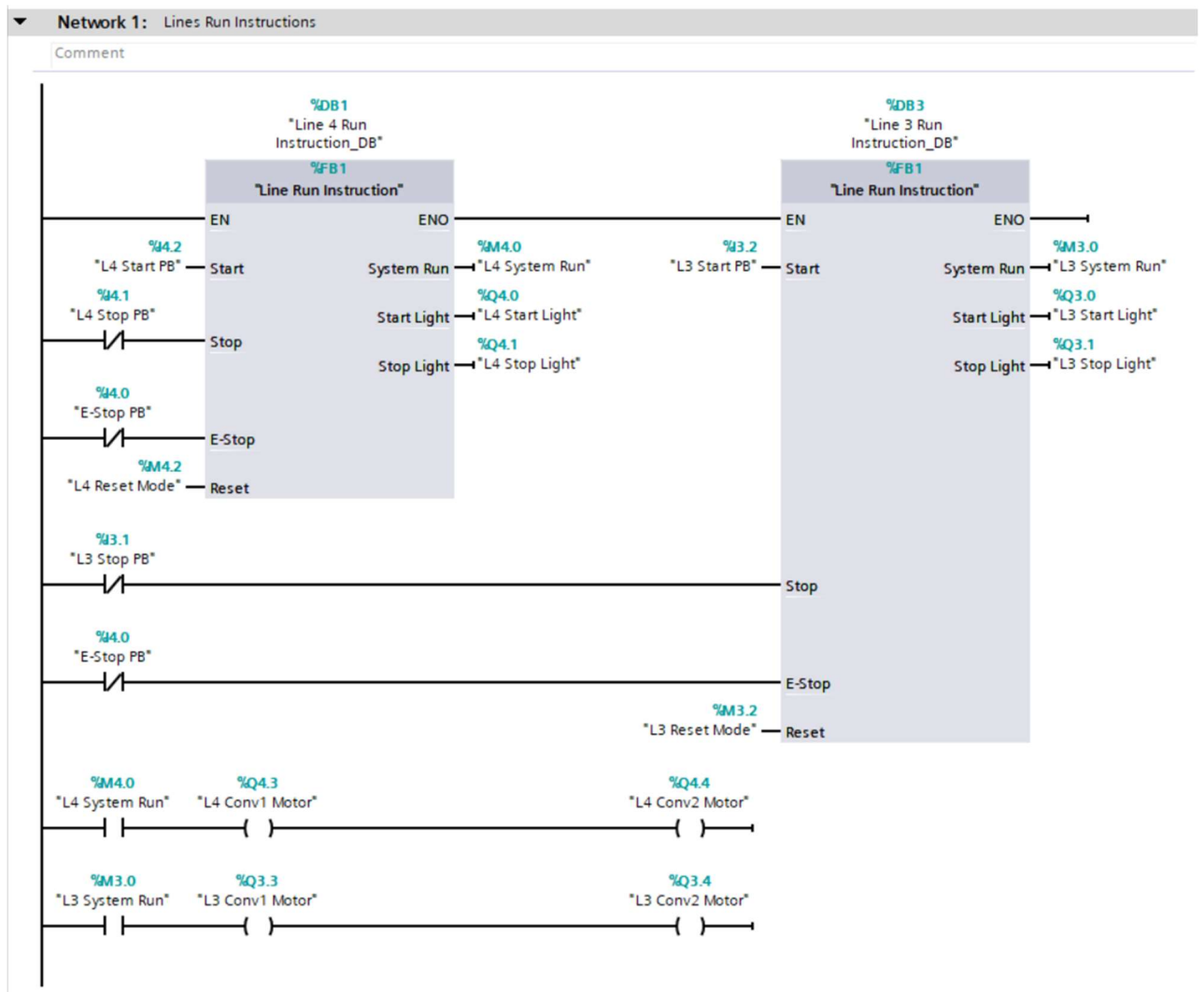
Η εντολή "Generate Pulse" χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την έξοδο Q για μια προγραμματισμένη διάρκεια PT. Η εντολή ξεκινά όταν το αποτέλεσμα της λογικής λειτουργίας (RLO) στην είσοδο IN αλλάζει από "0" σε "1" (ακμή θετικού σήματος).

- Μετρητής Counter UP:

Η εντολή "Count up" αυξάνει την τιμή στο CV εξόδου. Όταν η κατάσταση

σήματος στην είσοδο IN του Counter αλλάζει από "0" σε "1" (θετικό άκρο σήματος), η εντολή εκτελείται και η τρέχουσα τιμή μετρητή στην έξοδο CV αυξάνεται κατά ένα.

Κατά την εκκίνηση του συστήματος ενεργοποιείται το Network 1 για την έναρξη των γραμμών. Καλείται το function block "Line Run Instruction" τόσο για την γραμμή 4 όσο και για την γραμμή 3 (εικόνα 20). Αυτομάτως δημιουργείται από το TIA V16 ένα Data Block με μεταβλητές/εισόδους/εξόδους για το κάθε ένα (εικόνα 21)



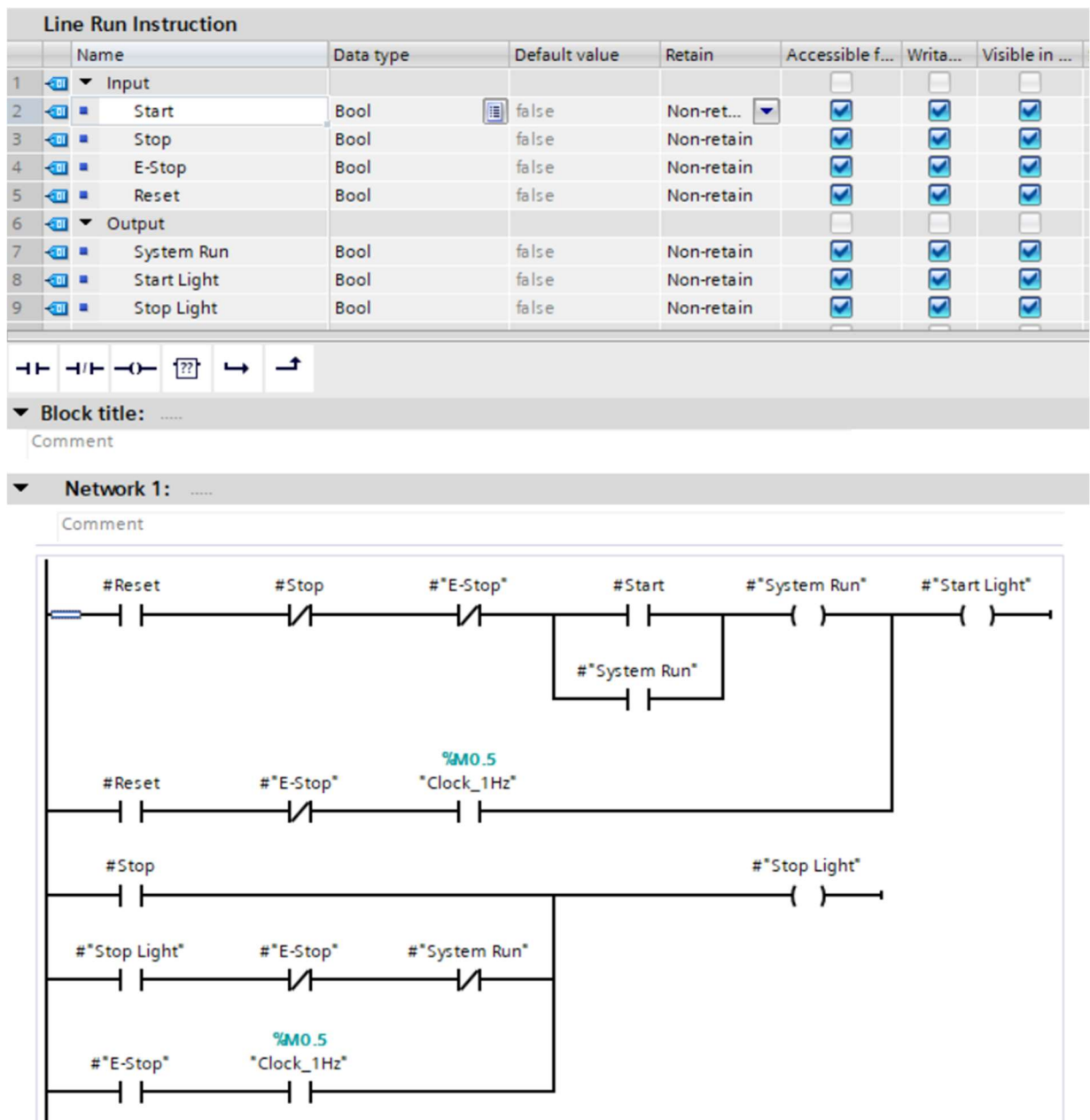
Εικόνα 20: Network 1 of Main OB123

Τα 2 Data Blocks διαρρέονται από ρεύμα με την έναρξη του προγράμματος χωρίς κάποιον περιορισμό ή επαφή. Ως εισόδους έχουν τα 3 κύρια push buttons της διάταξης (Start, Stop, Emergency Stop) καθώς και την οδηγία του Reset. Ως έξοδο έχουν το System Run το οποίο είναι απλά ένα Boolean bit στην περιοχή μνήμης του PLC, το Start Light και το Stop Light στις ψηφιακές εξόδους Q4.0 & Q4.1 αντίστοιχα.

Μετά την επιτυχή εκκίνηση τους ενός ή και των 2 function blocks, το bit “System Run” γίνεται TRUE με αυτοσυγκράτηση και ενεργοποιεί τους 2 κινητήρες των διαδρόμων κιβωτίων γραμμής 3 ή/και 4.

Η επαφή του emergency stop δίνεται ως Normally Close από τον προσομοιωτή.

Στην παρακάτω εικόνα 21 βλέπουμε το εσωτερικό του function block “Line Run Instruction”. Η οδηγία του reset, η μη ενεργοποίηση του stop & e-stop και η ενεργοποίηση του button Start εκκινούν το σύστημα θέτοντας το System Run ως True. Το ίδιο bit του System Run χρησιμοποιείται ως αυτοσυγκράτηση του συστήματος, για να παραμένει True.

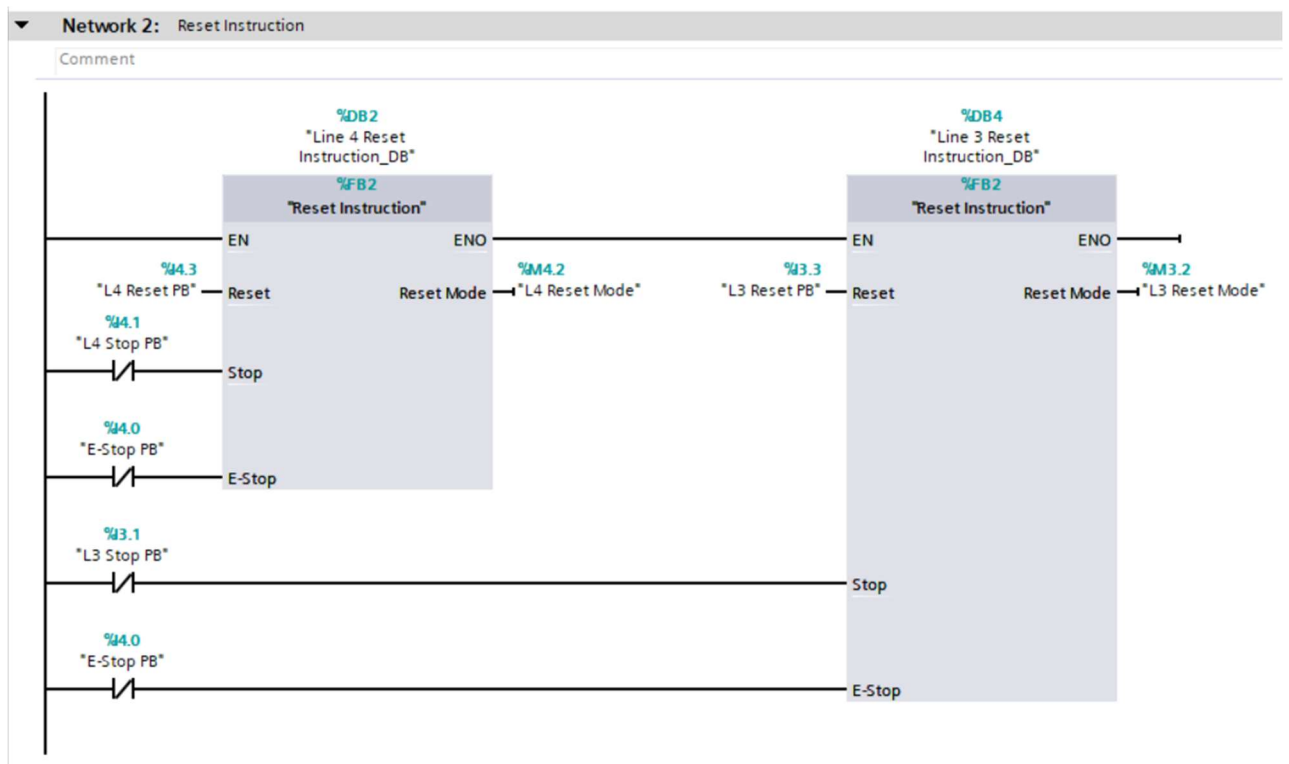


Εικόνα 21: Function Block: Line Run instruction

Επιπλέον, έχει ενεργοποιηθεί η λειτουργία χρήσης των Clock memory bytes από τα properties του PLC όπου και χρησιμοποιείται ο παλμός του ενός Hertz για να αναβοσβήνει η ένδειξη του Start Button όταν η οδηγία Reset έχει ενεργοποιηθεί και η ένδειξη του Stop Light όταν έχει ενεργοποιηθεί emergency stop.

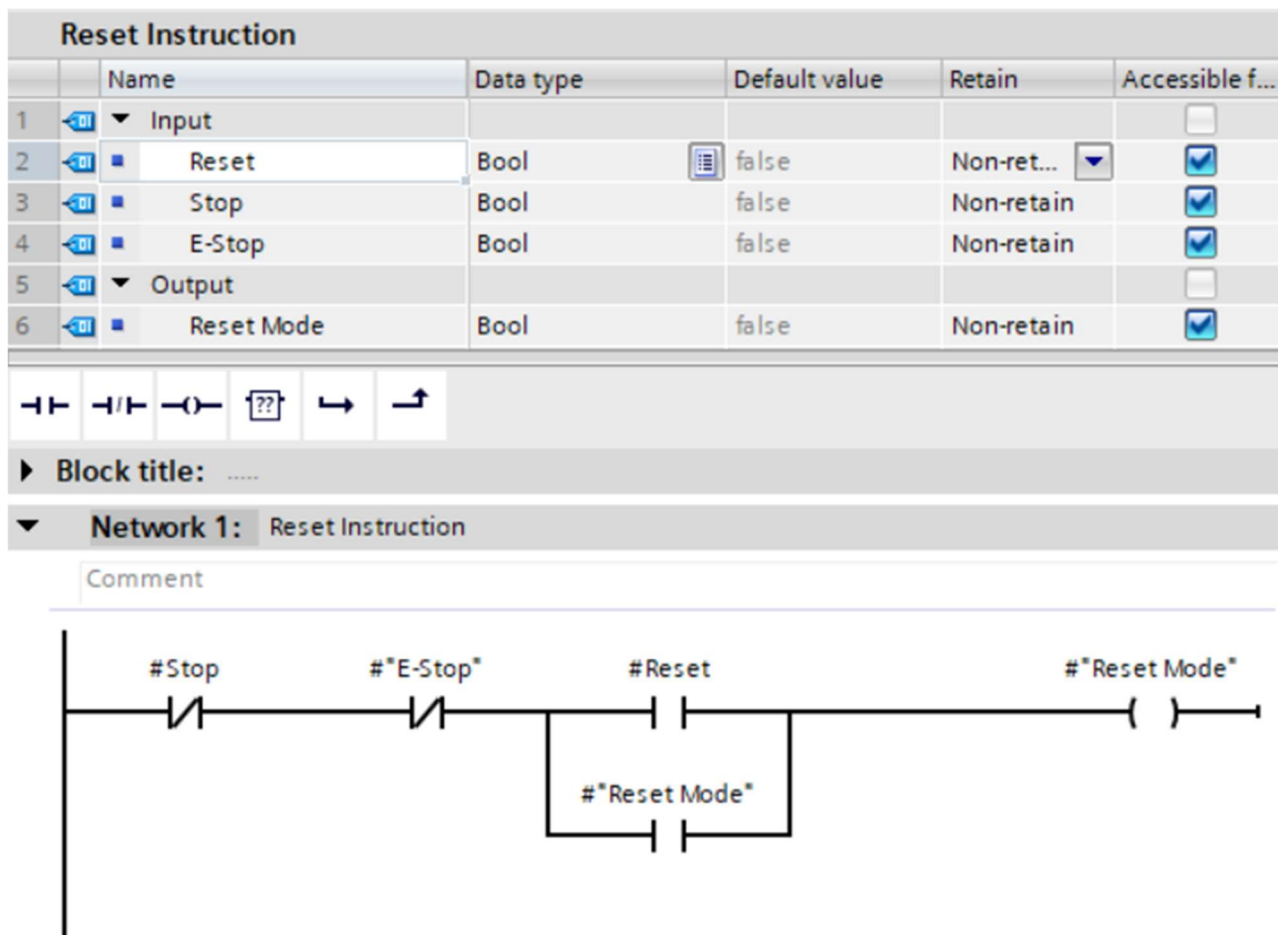
Κατά την υλοποίηση αυτή του κώδικα, απαιτείται η χρήση του Reset Button ύστερα από χειροκίνητο ή όχι σταμάτημα του συστήματος για την εξάλειψη όλων των σφαλμάτων που τυχόν έχουν παρουσιαστεί.

Στο επόμενο Network (εικόνα 22) παρουσιάζεται η οδηγία Reset όπου καλείται το Function Block “Reset Instruction” για την γραμμή 3 & 4.



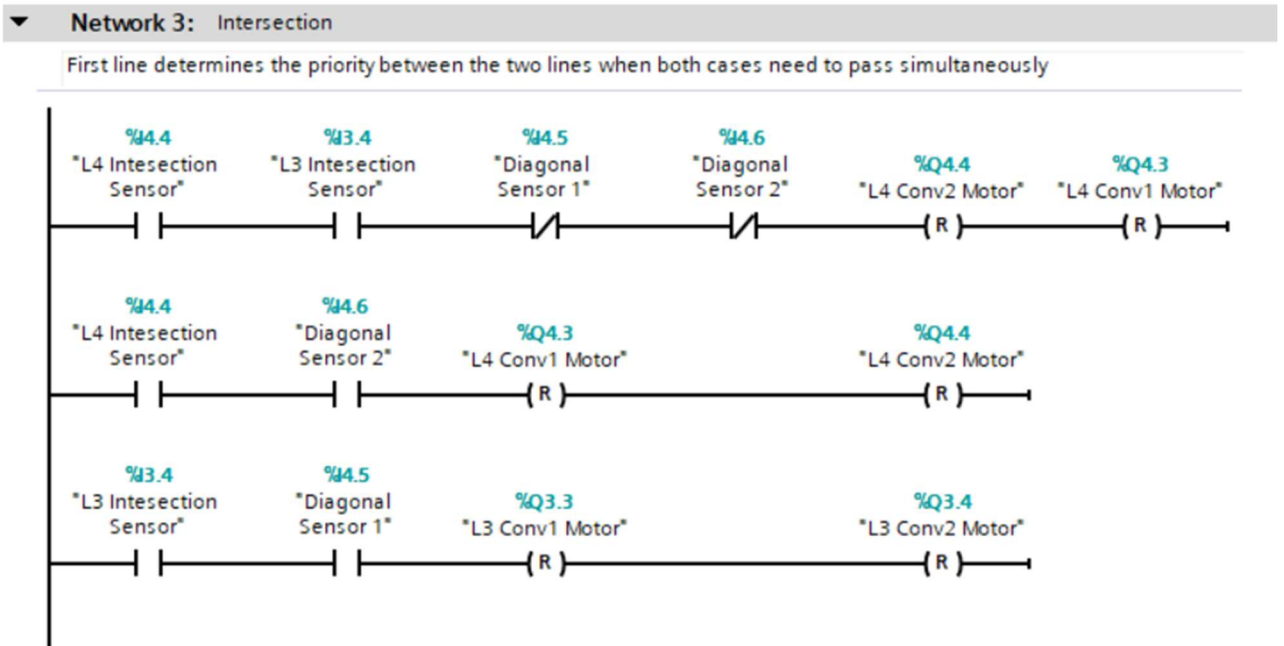
Εικόνα 22: Network 2: Reset Instruction

Με αντίστοιχη λογική το memory bit “#Reset Mode” αυτοσυγκρατεί το σύστημα (εικόνα 23)



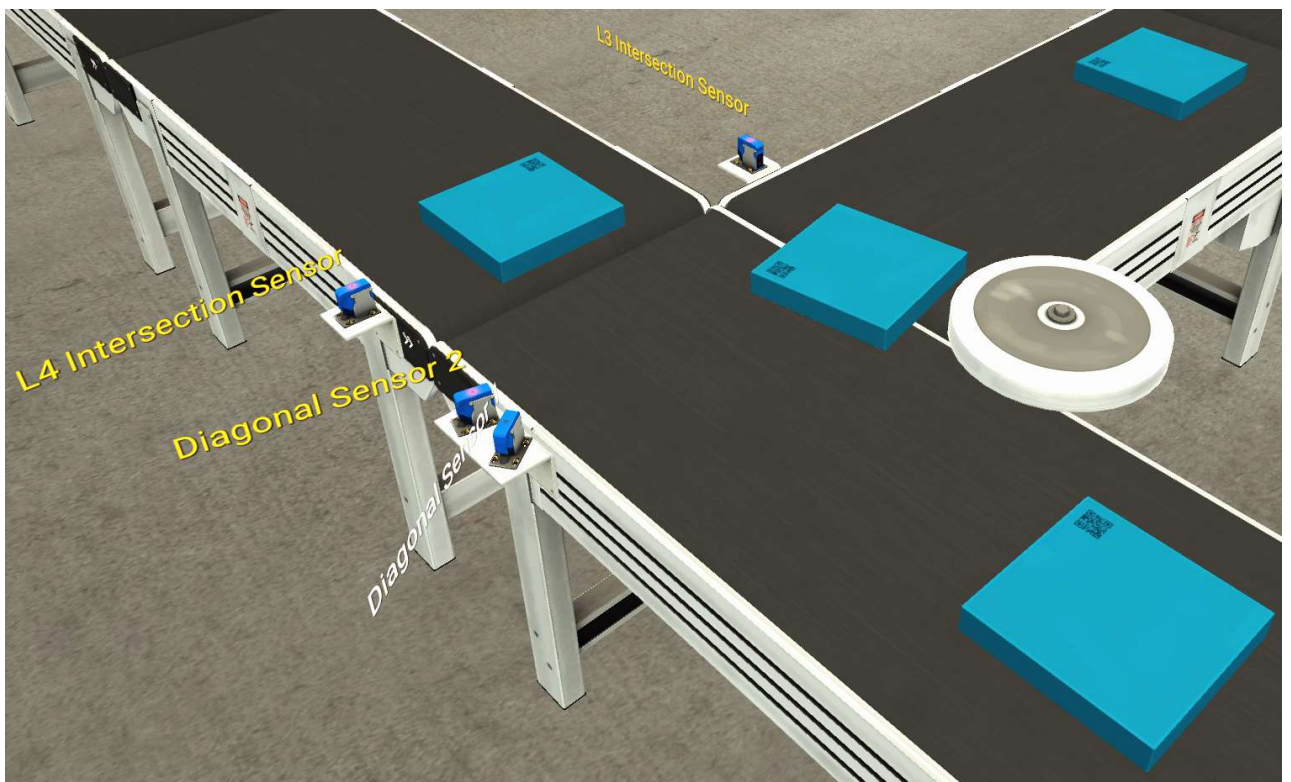
Εικόνα 23: Function Block: Reset Instruction

Έπειτα από την επιτυχή έναρξη του συστήματος και των διαδρόμων τροφοδοσίας κιβωτίων/προϊόντων, ανατρέχεται το Network 3 “Intersection” το οποίο διαχειρίζεται την ροή των κιβωτίων που καταφθάνουν στην διασταύρωση (εικόνα 24)



Εικόνα 24: Λογική της διασταύρωσης - Προτεραιότητες

Στην πρώτη γραμμή του κώδικα έχει οριστεί η προτεραιότητα των κιβωτίων που καταφθάνουν από την γραμμή 3 στη περίπτωση που καταφθάσουν ταυτόχρονα κιβώτια στους αισθητήρες ελέγχου ροής.

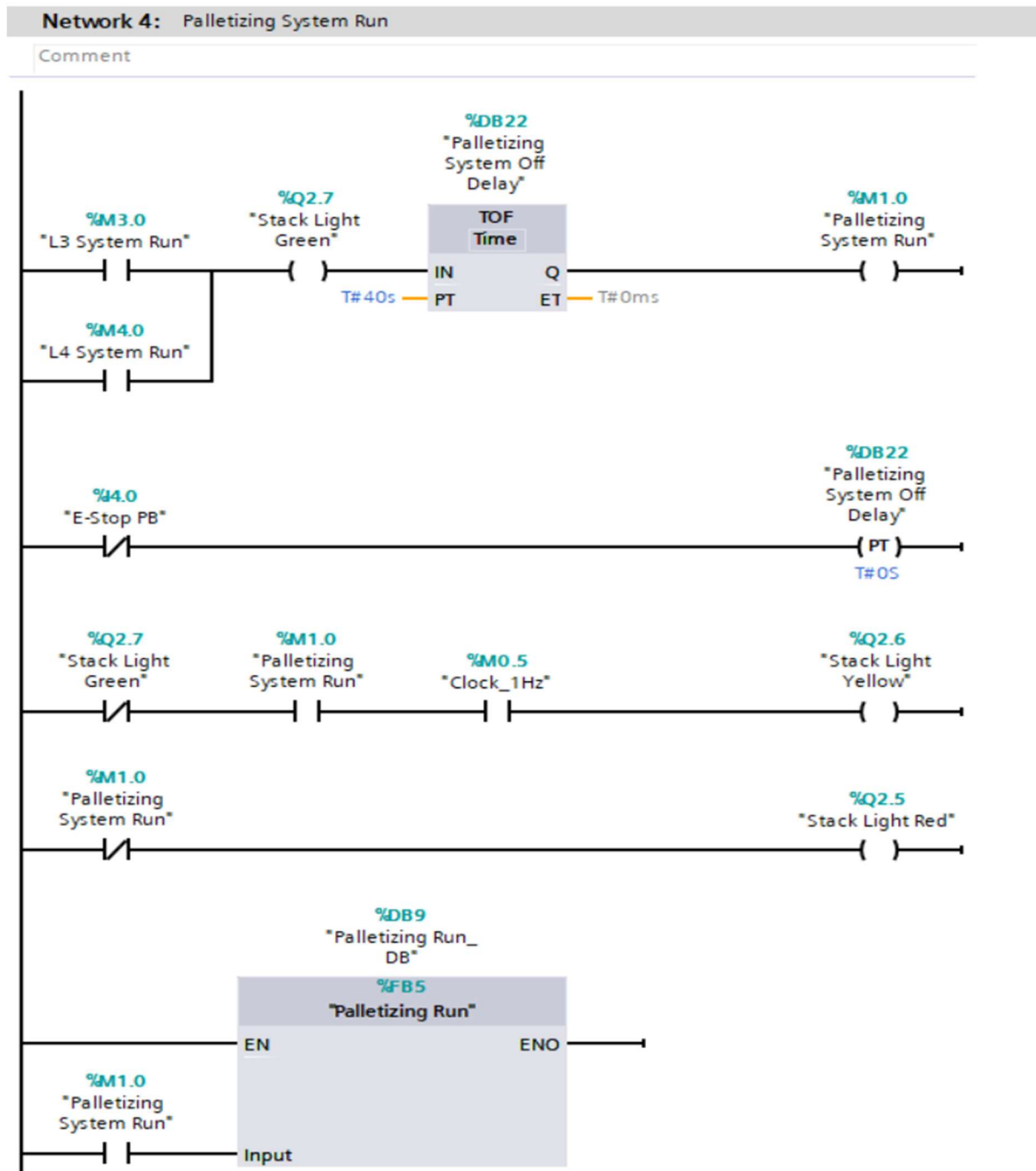


Εικόνα 25: Η διασταύρωση των διαδρόμων στο γραφικό περιβάλλον του προσομοιωτή.

Ο Diagonal Sensor 2 ελέγχει την κίνηση κιβωτίου, προερχόμενο από την γραμμή 3, μέσα στην διασταύρωση. Αντίστοιχα ο 1 για την γραμμή 4. Στην επόμενη γραμμή του κώδικα ορίζεται η κύρια λογική των προτεραιοτήτων. Όταν καταφθάσει κιβώτιο στον αισθητήρα της γραμμής 4 ενώ ταυτόχρονα ο Diagonal Sensor 2 βλέπει κίνηση κιβωτίου της γραμμής 3 μέσα από την διασταύρωση τότε σταματάει τον διάδρομο 3. Με αντίστροφη λογική εργάζεται και το άλλο set αισθητήρων που το συντανάμε στην τελευταία γραμμή του network.

Χρησιμοποιείται η Reset Output για το σταμάτημα των κινητήρων των διαδρόμων (διότι αυτοσυγκρατούνται ως True από το System Run bit) για όσο διάστημα «βλέπει» κάποιος Diagonal Sensor.

Στο Network 4 συναντάμε την οδηγία λειτουργίας του συστήματος της παλετοποίησης το οποίο ξεκινά από την διασταύρωση και έπειτα (εικόνα 26).



Εικόνα 26: Λειτουργία του συστήματος παλετοποίησης

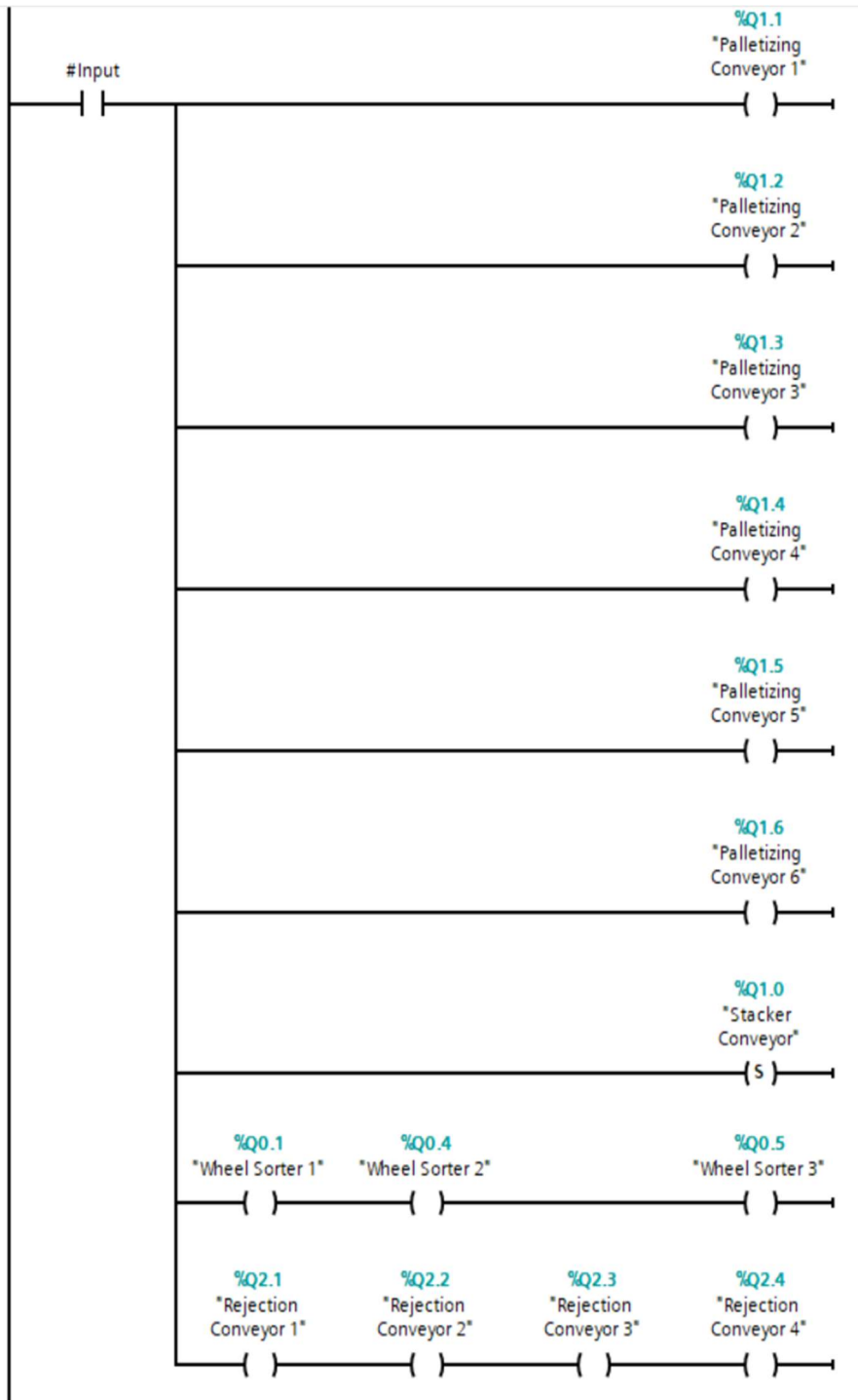
Οι εισοδοι System Run για την γραμμή 3 ή 4 σε διασύνδεση OR ενεργοποιούν το memory bit “Palletizing System Run” θέτοντας το ως TRUE. Επειδή οι εισοδοι αυτές βρίσκονται πάντα σε αυτοσυγκράτηση τότε θα αυτοσυγκρατείται και η έξοδος. Ενδιάμεσα τροφοδοτείται και η έξοδος %Q2.7 που αφορά την πράσινη φωτεινή σήμανση του φάρου σημάτων καθώς και ένα χρονικό τύπου TOF. Το χρονικό χρησιμοποιείται για να διατηρήσει

την παλετοποίηση σε λειτουργία ακόμα και όταν οι γραμμές έχουν σταματήσει, για να αδειάσει το σύστημα.

Από κάτω, το emergency stop, θέτει το PT (Load Time Duration) του χρονικού TOFF ως μηδέν για να τερματίσει την λειτουργία αδειάσματος και να σταματήσει το σύστημα όλο ακαριαία.

Έπειτα, μετά το σταμάτημα των 2 γραμμών, το σβήσιμο της πράσινης ένδειξης του φάρου, και την λειτουργία της παλετοποίησης από τον TOF κατά 40 secs αναβοσβήνει με την συμβολή του 1Hz Clock Byte η κίτρινη φωτεινή ένδειξη στον φάρο σημάτων.

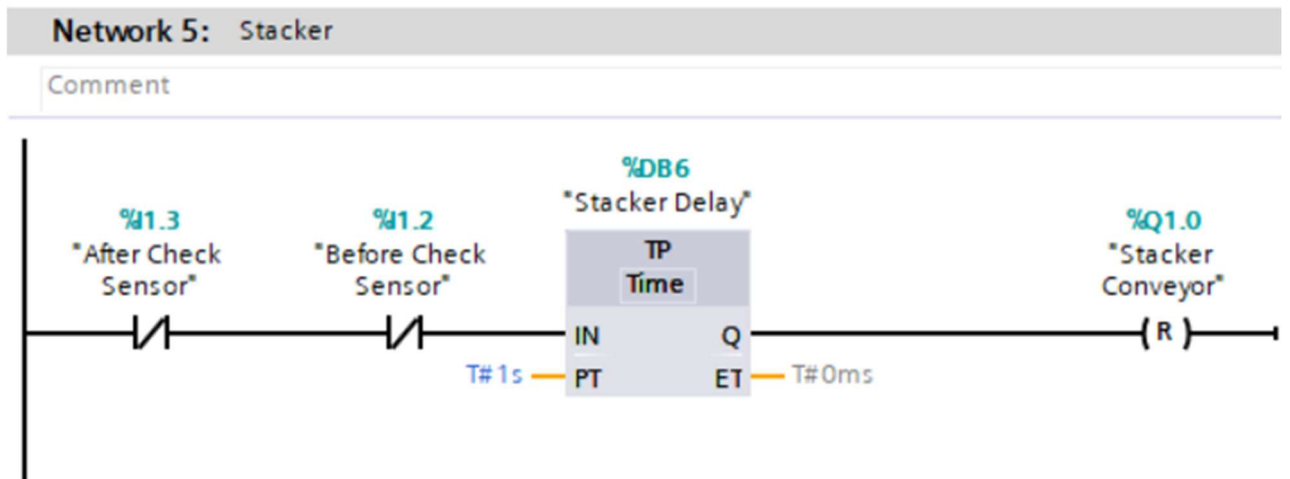
Με το πέρας των 40secs, και τη μετάβαση του bit “Palletizing System Run” σε κατάσταση μηδέν (False) ανάβει η κόκκινη ένδειξη.



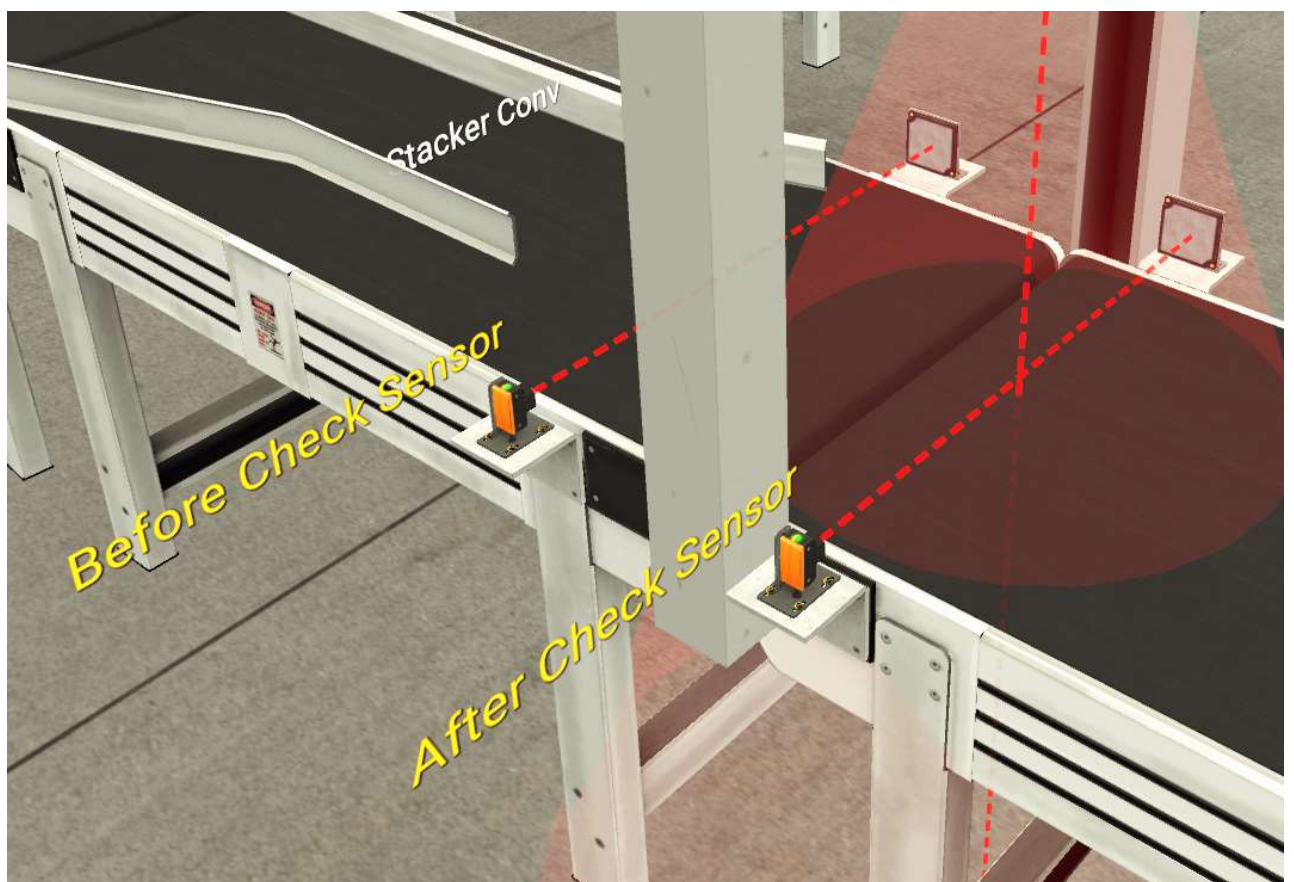
Εικόνα 27: Function Block: Palletizing Run

Τέλος, η αυτοσυγκράτηση του bit μνήμης της λειτουργίας παλετοποίησης σε TRUE, ενεργοποιεί το Function Block “Palletizing Run”, όπου θέτονται σε λειτουργία όλοι οι κινητήρες που αφορούν το σύστημα της παλετοποίησης (εικόνα 27).

Η λειτουργία της διάταξης του Stacker station συναντάται στο Network 5 του OB_123. Όταν ταυτόχρονα και οι 2 αισθητήρες με ανακλαστήρα ανιχνεύσουν αντικείμενο τότε σταματούν τον μικρό διάδρομο “Stacker Conveyor” για 1 δευτερόλεπτο. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα φυσικό κενό ανάμεσα στα κιβώτια στην περίπτωση που υπάρξει συσσώρευση λόγω όγκου παραγωγής. (εικόνα 28 και 29)

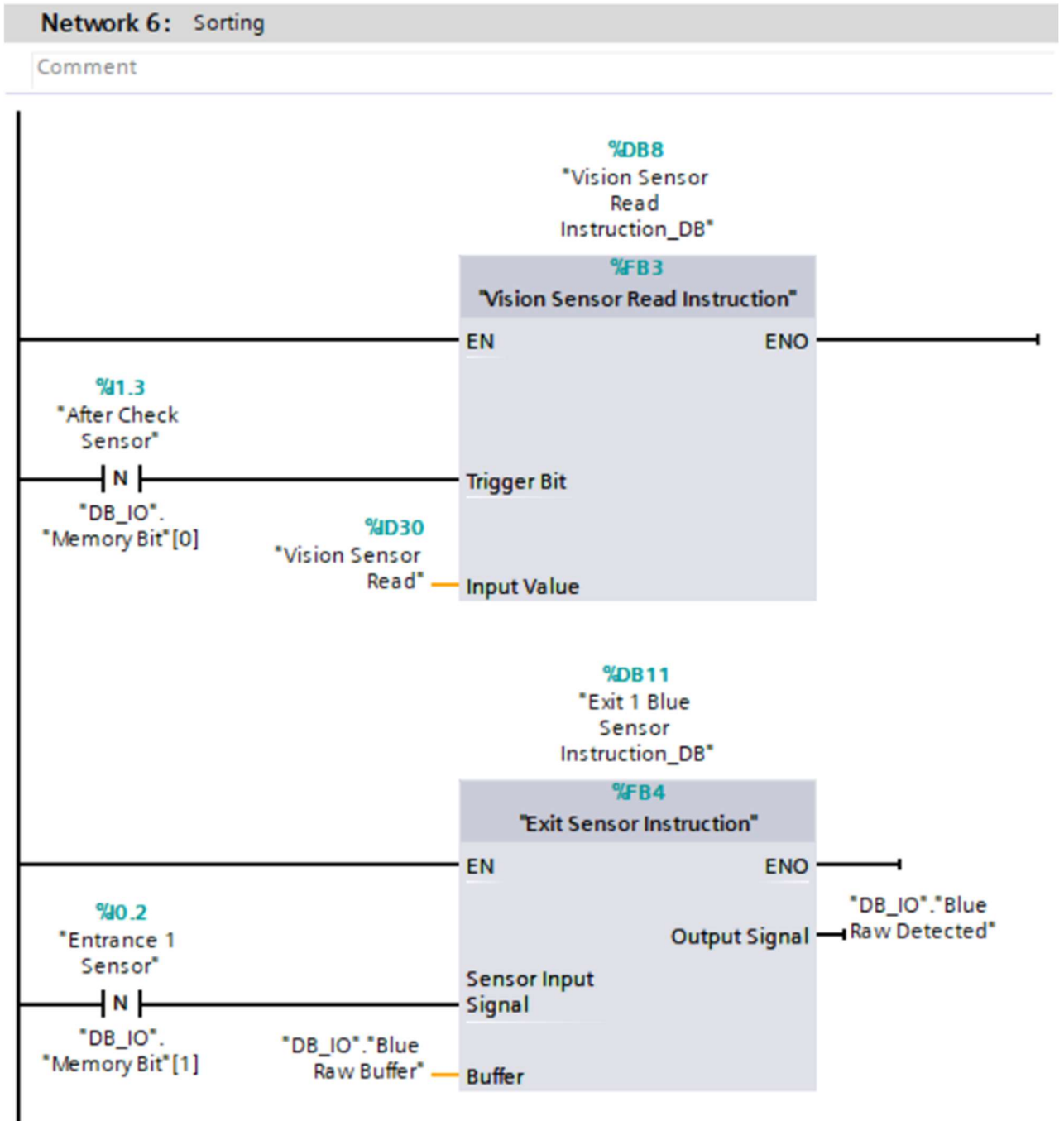


Εικόνα 28: Λογική του Stacker Station



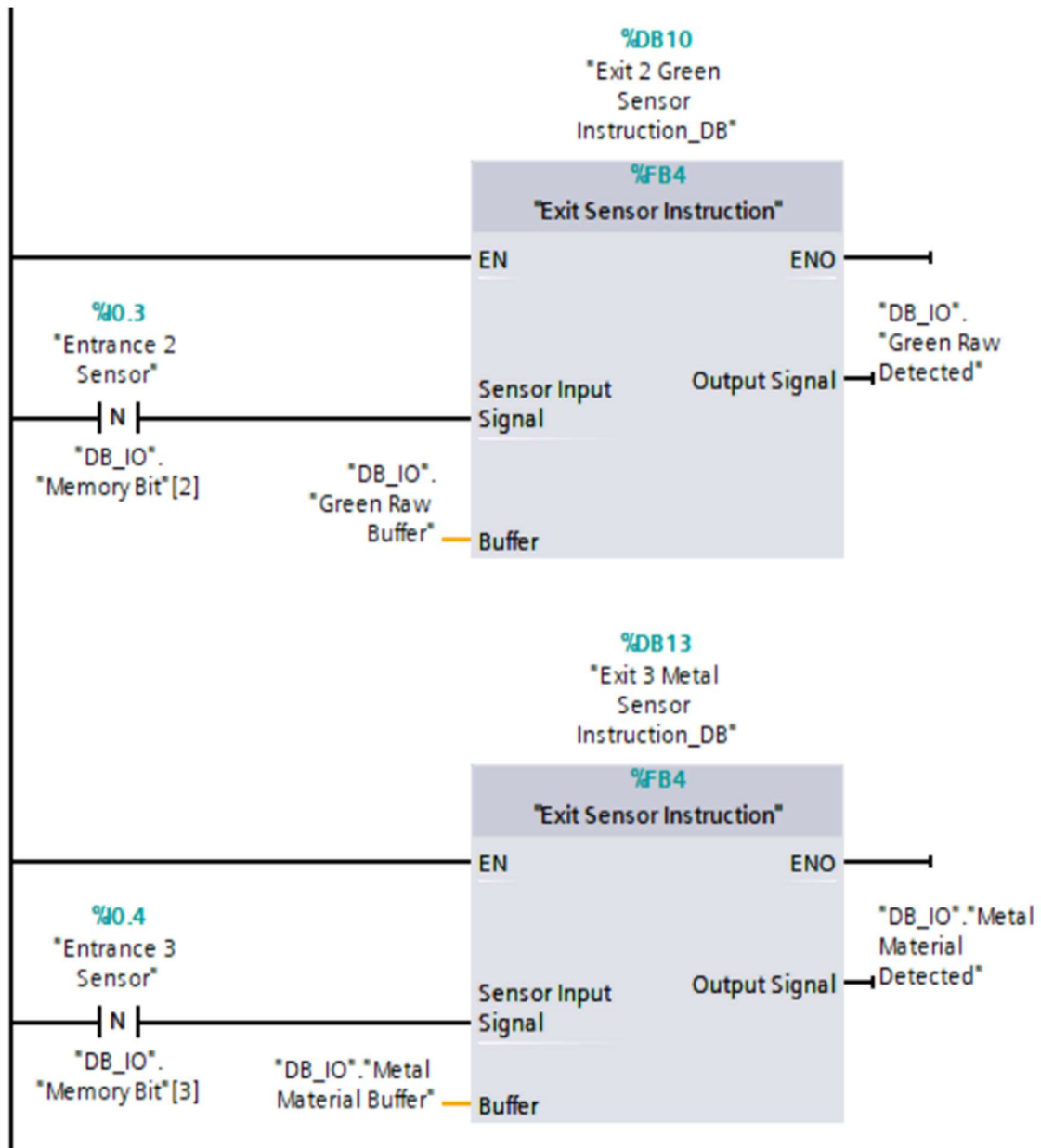
Εικόνα 29: Stacker Station και τα αισθητήρια του

Στο Network 6 εκτελείται το πιο κρίσιμο κομμάτι της συνολικής διαδικασίας: το sorting. Χρησιμοποιούνται τα δύο function blocks “Vision Sensor Read Instruction” και “Exit Sensor Instruction” (Εικόνα 30 & 31).



Εικόνα 30: Λογική Sorting & Function Blocks 1

Το FB3 έχει ως εισόδους ένα trigger σήμα και την αριθμητική τιμή ανάγνωσης προερχόμενη από τον Vision Sensor. Αντίστοιχα η FB4 καλείται 3 φορές, μία φορά για κάθε έξοδο παλετοποίησης. Ως σήμα εισόδου λαμβάνει το σήμα από την εναλλαγή κατάστασης από 1 σε 0 του αισθητήρα της αντίστοιχης εισόδου και τον εκάστοτε πίνακα καταστάσεων ανίχνευσης αντικειμένου. Ως έξοδο δίνει ένα σήμα επιβεβαίωσης άφιξης του σωστού προϊόντος.

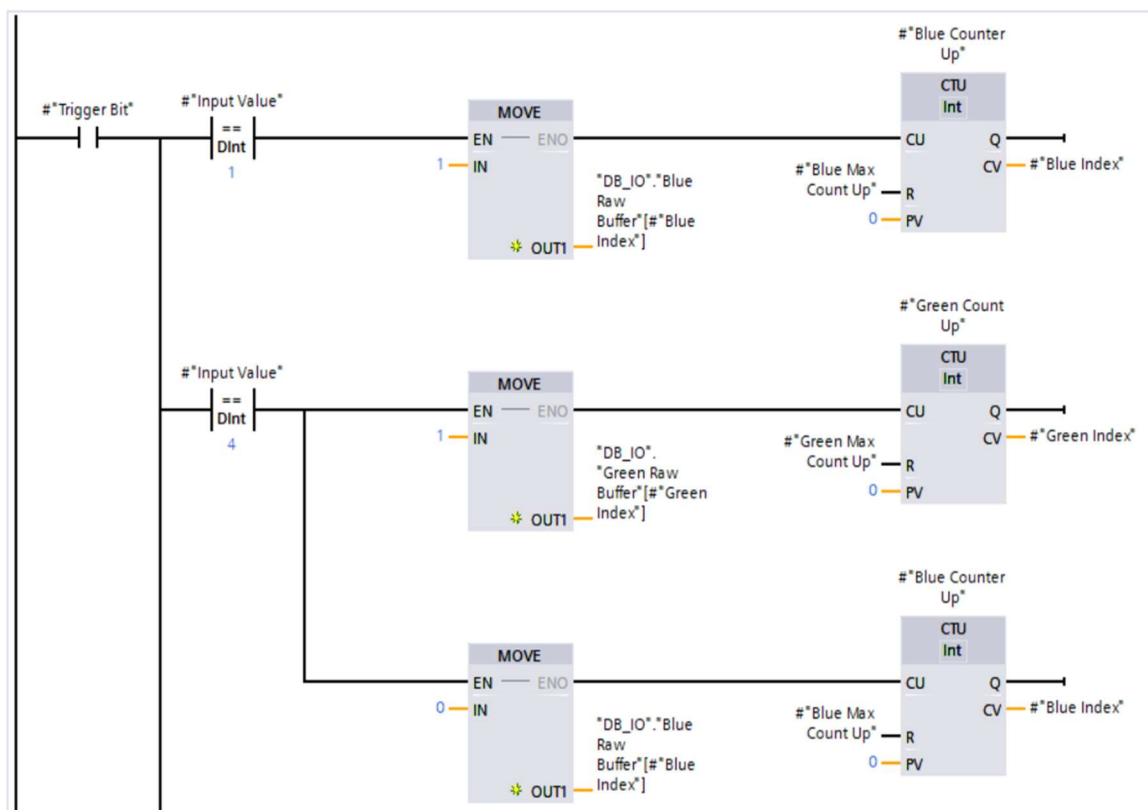


Εικόνα 31: Λογική Sorting & Function Blocks 2

- Vision Sensor Read Instruction

-Με την χρήση Comparator γίνεται έλεγχος της ακέραιας τιμής που λαμβάνει ο vision sensor. Στην περίπτωση που είναι «1», δηλαδή ανιχνεύσει το μπλε προϊόν τότε θέτει άσσο στην πρώτη θέση του πίνακα DB_IO.Blue Raw Buffer. Επιπλέον κάνει προσαύξηση την θέση του πίνακα αυτού.

-Αν ανιχνεύσει την τιμή «4» που αντιστοιχεί στο πράσινο προϊόν τότε ομοίως θέτει άσσο στην πρώτη θέση του πίνακα DB_IO.Green Raw Buffer και κάνει προσαύξηση κατά ένα την θέση του. Επιπλέον θέτει ένα μηδενικό στον πίνακα του μπλε προϊόντος και αυξάνει την τιμή του πίνακα του κατά ένα. Με αυτόν τον τρόπο, το πράσινο προϊόν που θα περάσει από την πρώτη έξοδο ως δεύτερο αντικείμενο, δε θα προωθηθεί στην πρώτη έξοδο καθώς στην δεύτερη θέση του μπλε πίνακα θα υπάρχει το μηδενικό.



Εικόνα 32: Function Block: Vision Sensor Read Instruction 1

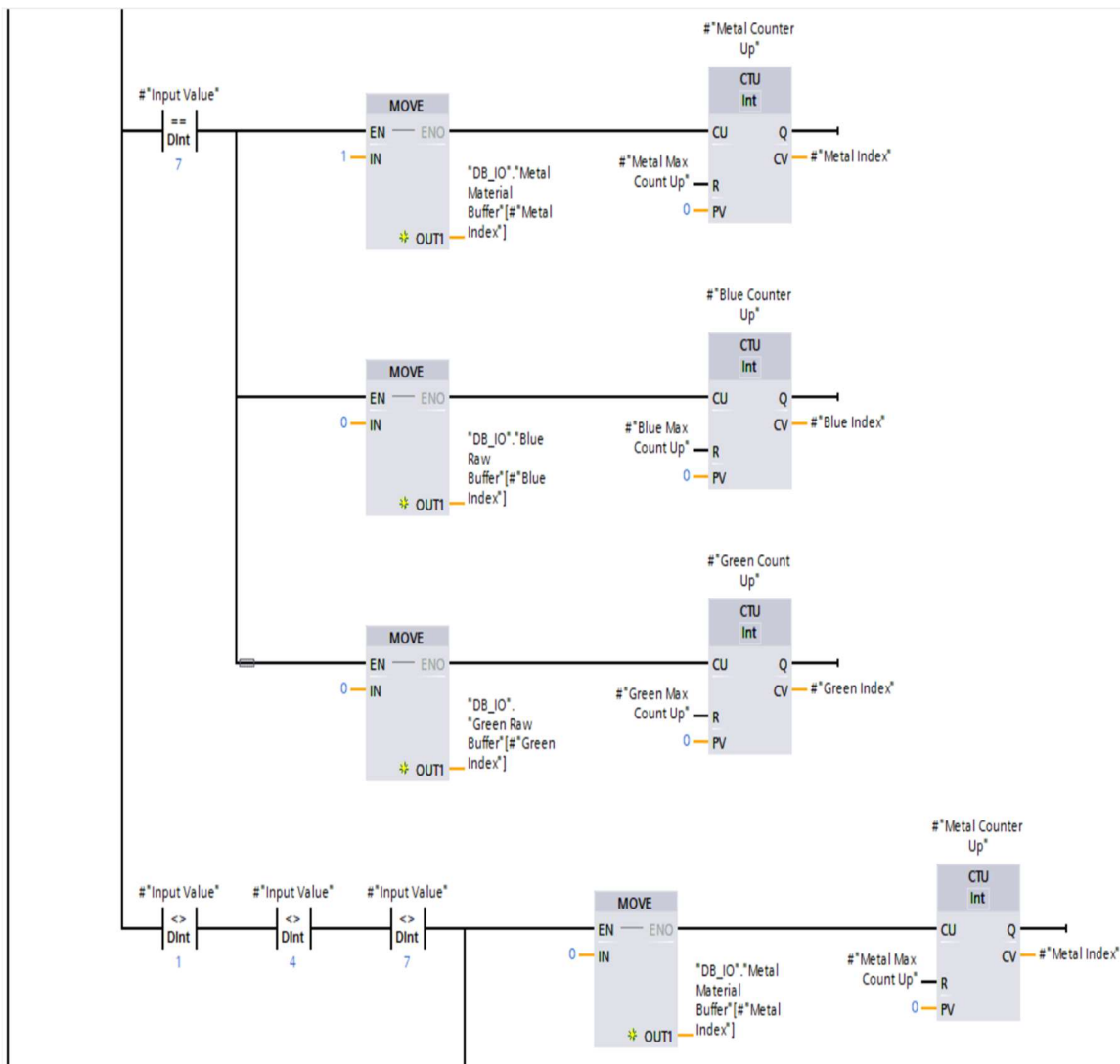
-Με την ίδια λογική λειτουργεί και το αντικείμενο που προορίζεται να προωθηθεί στην 3^η έξοδο. Θέτει άσσο στον πίνακα του, από ένα μηδενικό στους δύο προηγούμενους πίνακες και αυξάνει τις θέσεις κατά 1.

-Στην τελευταία περίπτωση που δεν ισχύει καμία από τις 3 προηγούμενες περιπτώσεις, και περάσει ξένο αντικείμενο, τότε θέτεται μηδενικό και στους 3 πίνακες και αυξάνεται η τιμή της θέσης τους κατά ένα. Έτσι θα περάσει από όλες τις εξόδους και δεν θα

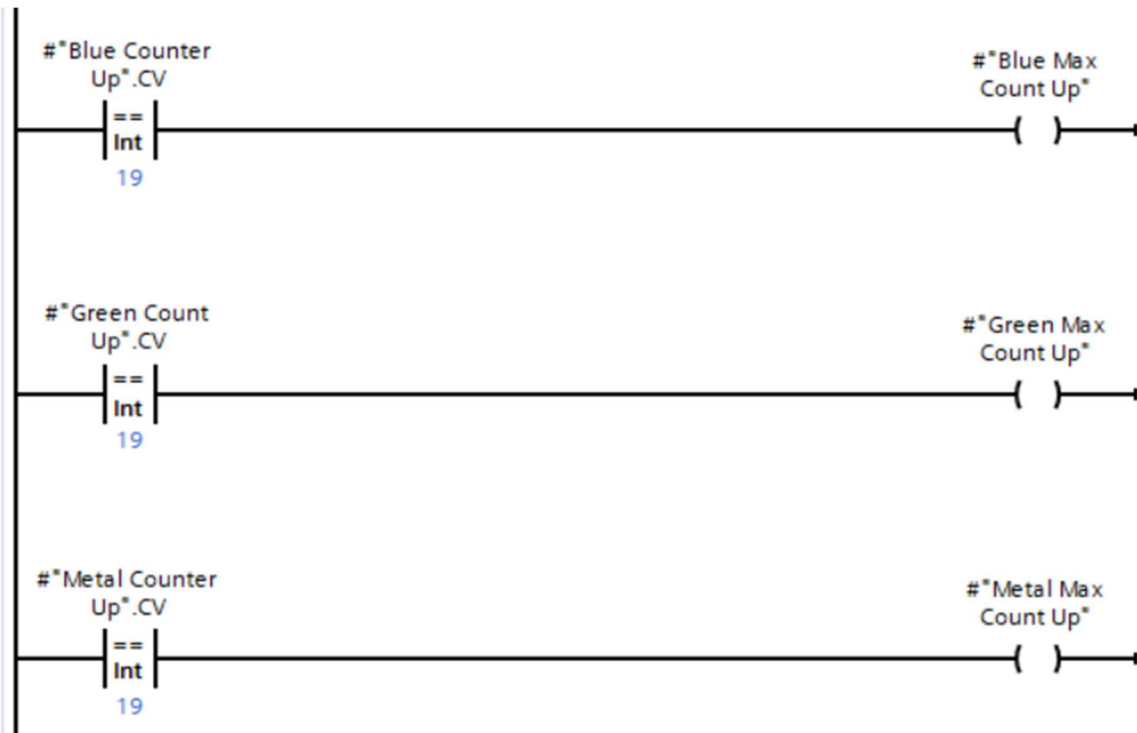
προωθηθεί πουθενά, παρά θα συνεχίσει ευθεία στην απόρριψη.

-Στην τελευταία εικόνα της διαδικασίας (εικόνα 34), 3 comparators συγκρίνουν τις Current Values των Up Counters και όταν φθάσουν την τιμή 19, τότε στέλνουν σήμα μηδενισμού στον αντίστοιχο counter έτσι ώστε να ξεκινήσει να εισάγει τιμές πάλι από την αρχή του πίνακα.

Οι απόλυτες τιμές ανάγνωσης του Vision Sensor διαβάζονται από σταθερές integer μεταβλητές στην DB_IO. Εδώ παρουσιάζονται ως απλοί αριθμοί για καλύτερη κατανόηση.



Εικόνα 33: Function Block: Vision Sensor Read Instruction 2

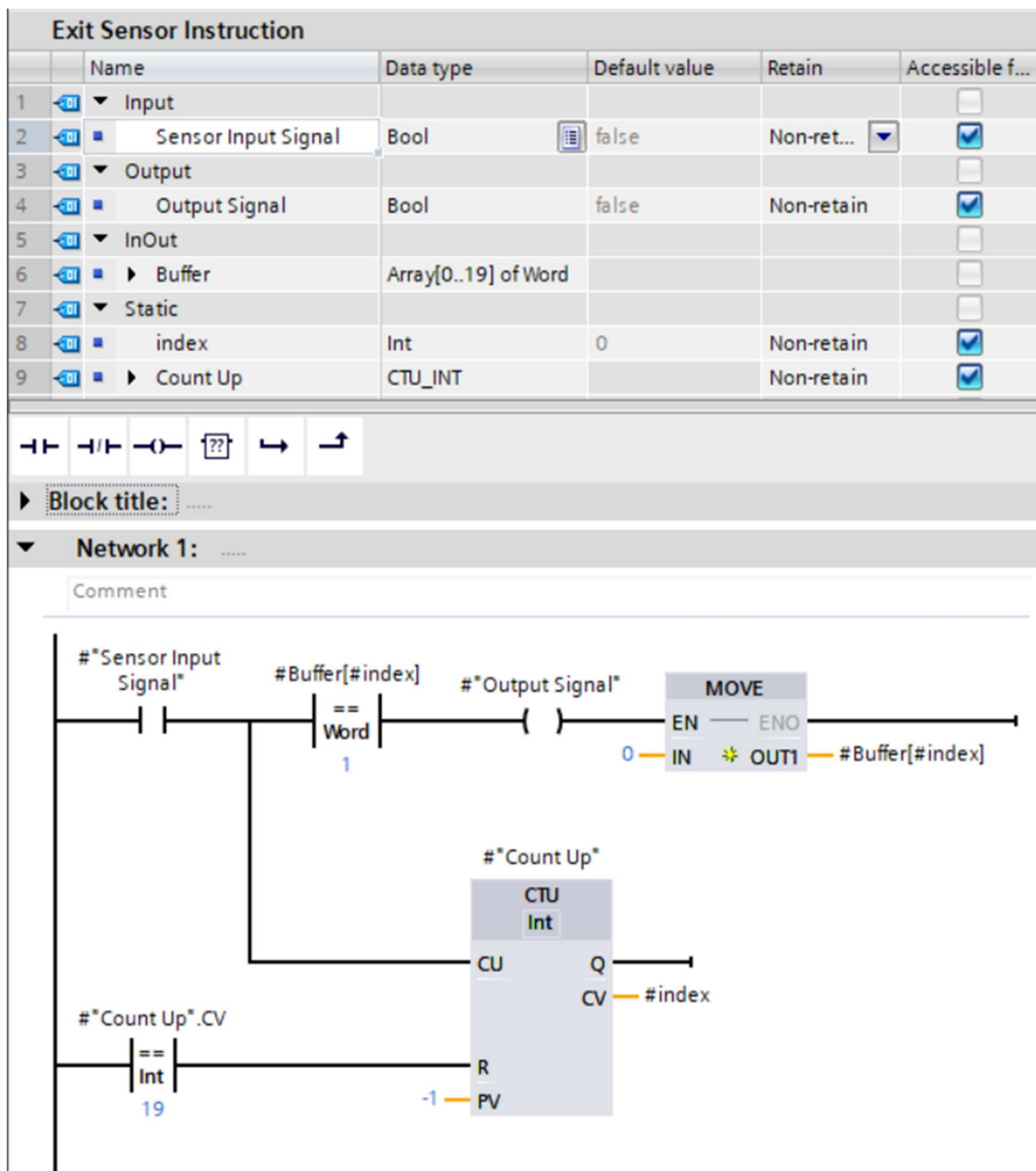


Εικόνα 34: Function Block: Vision Sensor Read Instruction 3

- Exit Sensor Instruction

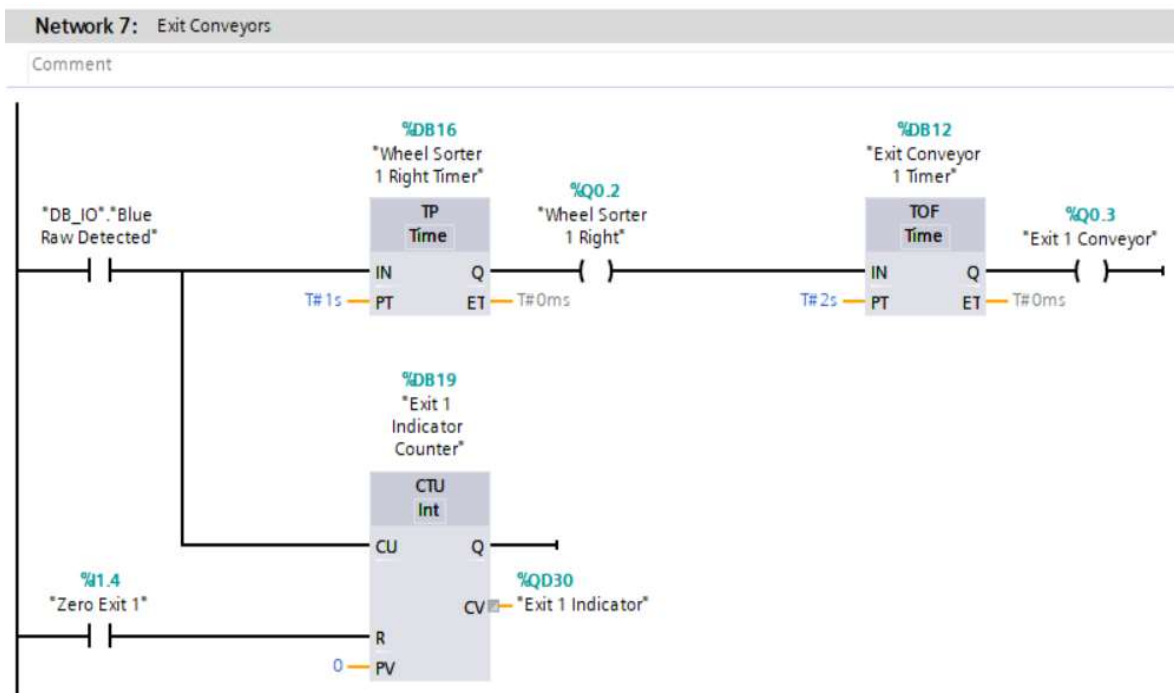
Αυτή η οδηγία ανιχνεύει την άφιξη κιβωτίου/προϊόντος στο εκάστοτε αισθητήρα εισόδου, ελέγχει την τιμή του πίνακα ανίχνευσης που την αφορά, και αν είναι άσσος τότε στέλνει σήμα εξόδου, θέτει μηδενικό στην τρέχουσα θέση πίνακα, και αυξάνει την θέση του πίνακα κατά 1.

Αν στην θέση του πίνακα υπάρχει μηδενικό, δεν εκτελεί καμία ενέργεια. Το κιβώτιο συνεχίζει στο υπόλοιπο της διαδρομής της παλετοποίησης μέχρι ότου κάποια είσοδος ανιχνεύσει τον άσσο στην θέση που του αναλογεί (εικόνα 35).



Εικόνα 35: Function Block: Exit Sensor Instruction

Τέλος, στο Network 7 ενεργοποιούνται τα pop-up wheel sorters καθώς και οι διάδρομοι εξόδου. Το σήμα που λαμβάνεται από το εκάστοτε Exit Sensor Instruction Function Block, ενεργοποιεί ένα χρονικό τύπου Timer Pulse το οποίο τρέχει το wheel sorter προς την δεξιά του μεριά για 1 δευτερόλεπτο και ένα δεύτερο χρονικό TOFF διατηρεί την ταινία εξόδου λειτουργική για 2 δευτερόλεπτα. Επιπλέον με κάθε σήμα ενεργοποίησης αυξάνει την τιμή των κιβωτίων που διέρχονται μέσω ενός Counter Up ο οποίος μηδενίζεται από Push Button στον πίνακα χειρισμού και παρουσιάζει την πληροφορία στον αντίστοιχο indicator. (εικόνα 36).

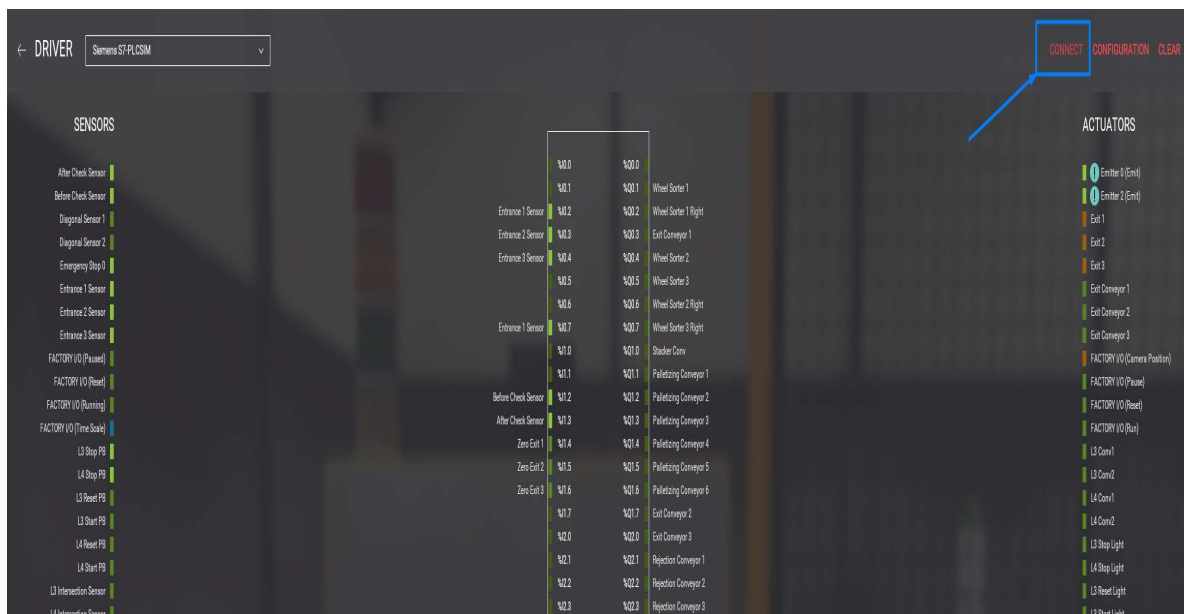


Εικόνα 36: Λογική διαδρομών εξόδων

4.3.5 Προσομοίωση

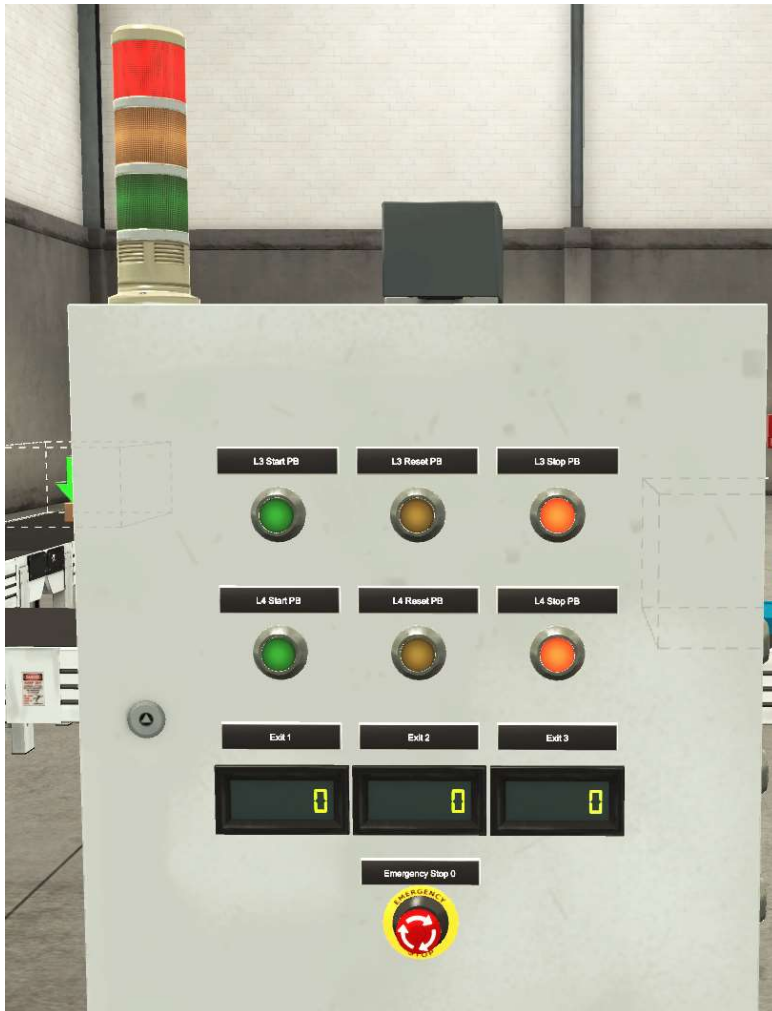
Για να λειτουργήσει ο προσομοιωτής Factory I/O θα πρέπει πρώτα να γίνει επιτυχής ζεύξη του S7-PLCSIM του TIA V16 με αυτό. Οπότε αρχικά ξεκινάει το simulation από το TIA V16, κάνοντας Compile τον κώδικα, ανοίγοντας διάλογο επικοινωνίας με το PLCSIM και Download στο PLC. Όταν το PLC βρίσκεται Online και σε κατάσταση Run τότε ανοίγουμε το Factory I/O.

Στον προσομοιωτή επιλέγουμε File -> Drivers για να κάνουμε την διασύνδεση. Κάνουμε κλικ στην επιλογή Connect ώστε να ξεκινήσει η επικοινωνία μεταξύ Factory I/O και S7-PLCSIM (εικόνα 37). Από αυτό το σημείο, το κύριο πρόγραμμα του TIA V16 Portal δεν είναι αναγκαίο να συνεχίσει να τρέχει στον υπολογιστή.



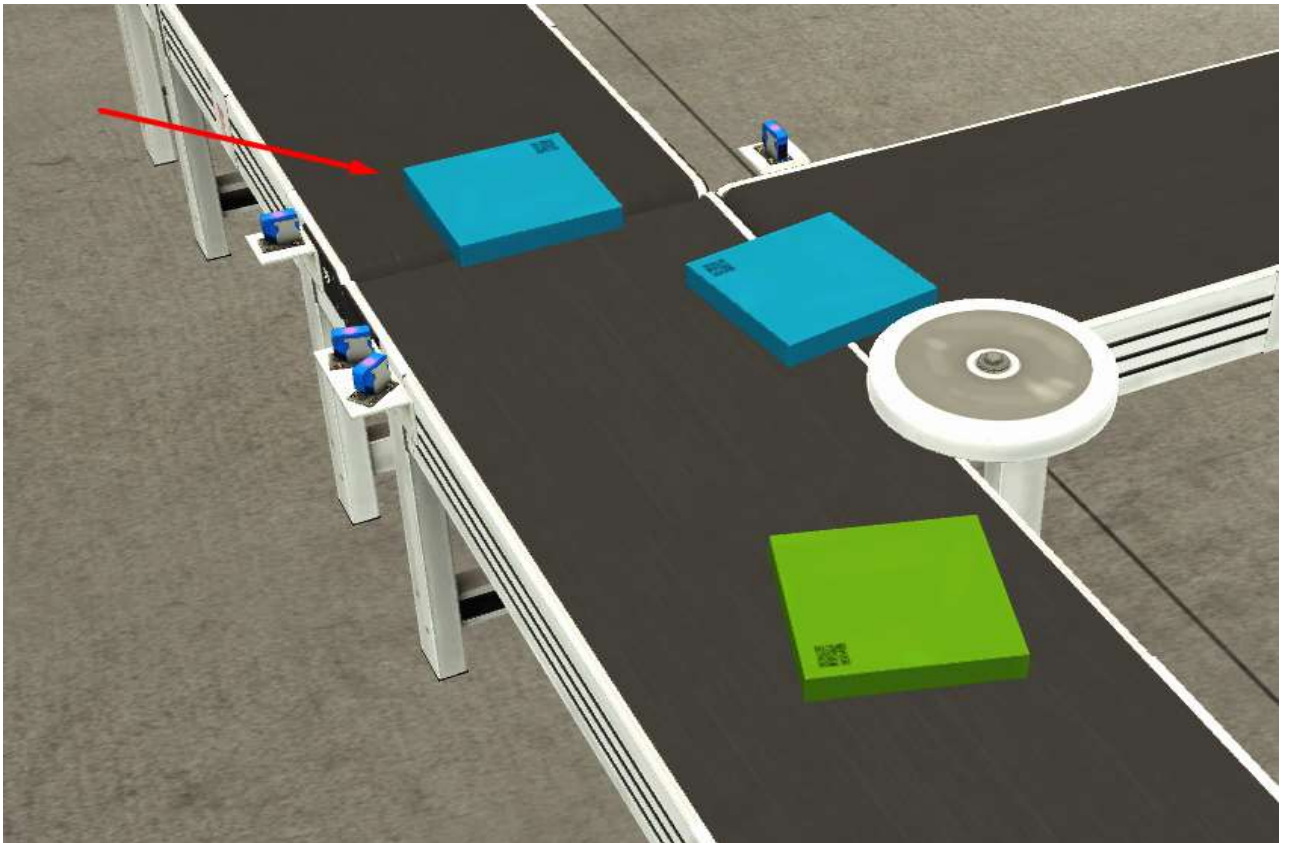
Εικόνα 37: Διασύνδεση Factory I/O με Siemens TIA V16 Portal

Εκκινώντας το σύστημα της παλετοποίησης στο περιβάλλον του προσομοιωτή, οι ενδείξεις του Stop είναι ενεργοποιημένες σηματοδοτώντας ότι το σύστημα είναι σε στάση (εικόνα 38).



Εικόνα 38: Πίνακας Χειρισμού Συστήματος

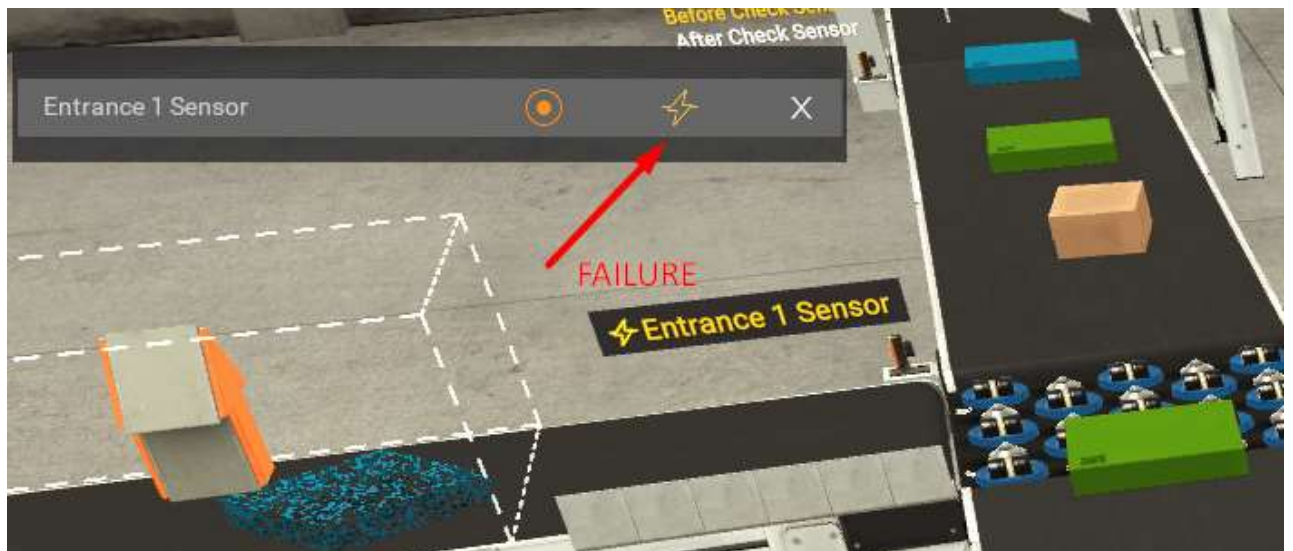
Ο χειριστής πατώντας Reset και Start για όποια γραμμή απαιτείται η εκκίνηση της, τότε το σύστημα εκκινεί και τα Green Indicators ενεργοποιούνται. Ο προσομοιωτής ξεκινά και τοποθετεί κιβώτια στους διαδρόμους με συγκεκριμένη συχνότητα.



Εικόνα 39: Γραφική αναπαράσταση προτεραιότητας στην διασταύρωση

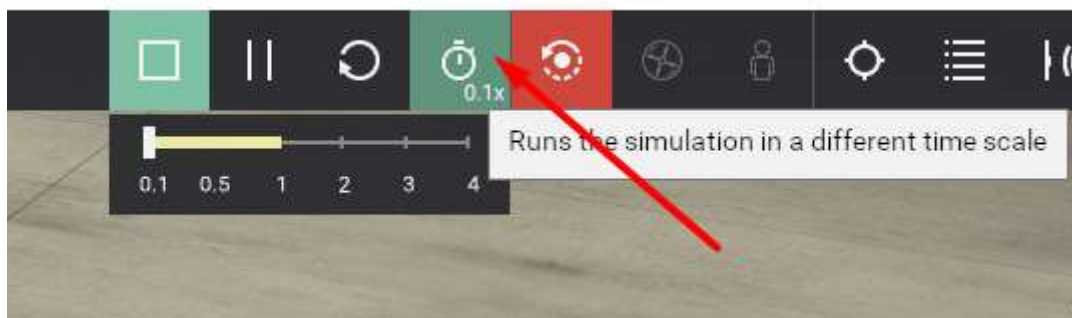
Τα κιβώτια φθάνοντας στην διασταύρωση, ξεκινά να λειτουργεί το σύστημα διαχείρισης ροής στο σημείο (εικόνα 39). Οπότε διαδοχικά, σταματάει το ένα δίνοντας προτεραιότητα στο άλλο.

Το περιβάλλον προσομοίωσης μας παρέχει την δυνατότητα να επέμβουμε σε πραγματικό χρόνο, καθυστερώντας με την χρήση ποντικιού ένα κιβώτιο, πετώντας το εκτός ή χτυπώντας άλλα, δημιουργώντας σενάρια αποτυχίας. Έτσι, μπορεί ο μελετητής να διαπιστώσει την συμπεριφορά του συστήματος σε διαφορετικές καταστάσεις.



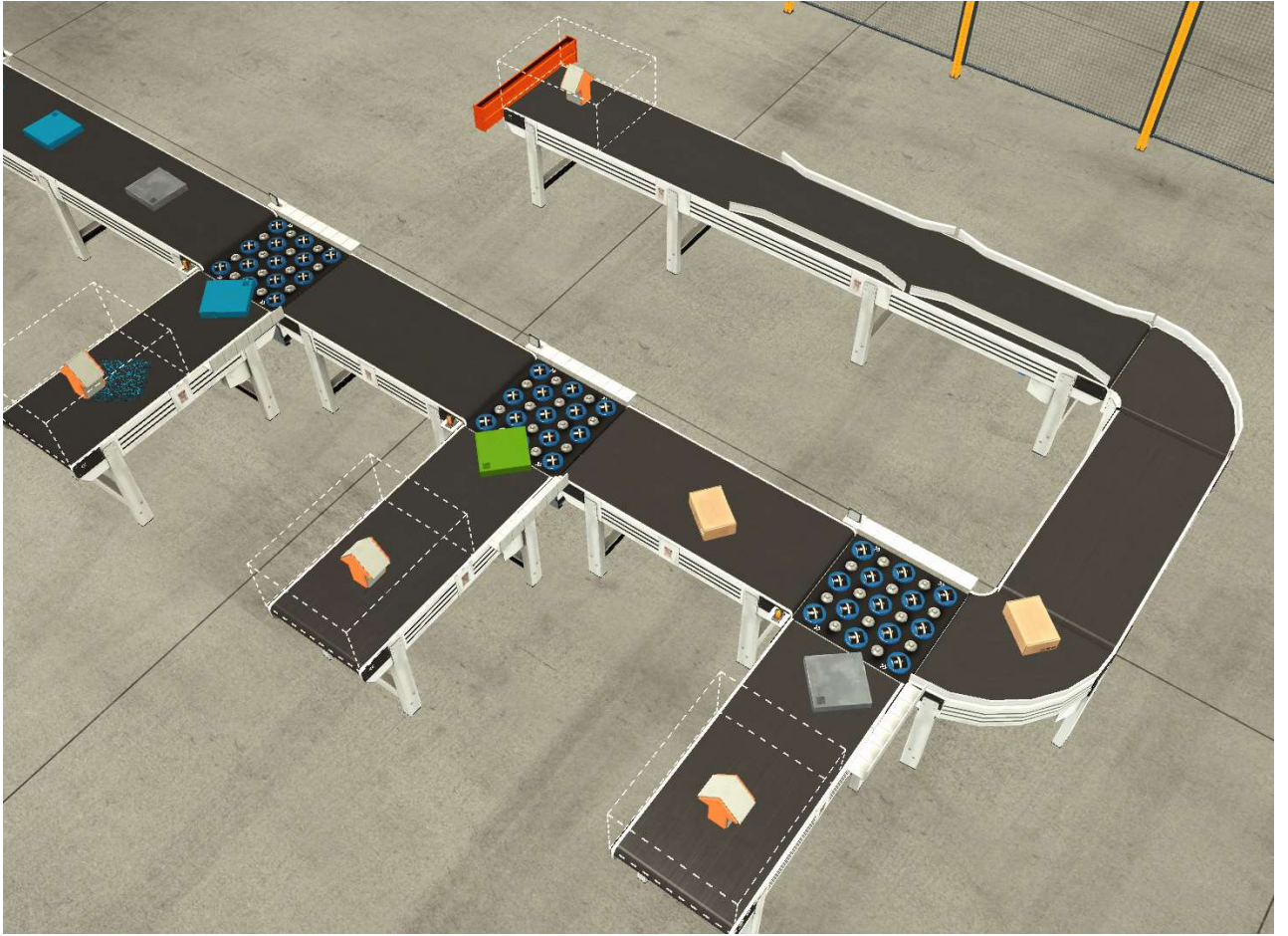
Εικόνα 40: Περίπτωση εξαναγκασμένης βλάβης εξαρτήματος προς μελέτη συστήματος

Ταυτόχρονα μας δίνεται η δυνατότητα να επεμβούμε και στον εξοπλισμό, δημιουργώντας πλασματική βλάβη σε κομμάτι εξοπλισμού με τον ίδιο σκοπό (εικόνα 40).



Εικόνα 41: Λειτουργία εκτέλεσης προσομοίωσης σε διαφορετική χρονική κλίμακα

Μέσω αυτής της λειτουργίας το Factory I/O μας δίνει την δυνατότητα να τρέξουμε την προσομοίωση σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες. Εδώ να σημειωθεί πως δεν επηρεάζονται τα χρονικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ladder του TIA V16. Δηλαδή η προσομοίωση μπορεί να τρέχει πολύ γρήγορα ή πολύ αργά αλλά τα χρονικά μετρούν κανονικά σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 42: Συνολική εικόνα λειτουργίας του συστήματος

Στην εικόνα 42 βλέπουμε σε παύση πως όλα τα κιβώτια εισέρχονται στις κατάλληλες εξόδους που έχει οριστεί για το καθένα και το ξένο κιβώτιο που οδηγείται στην απόρριψη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο 2^ο κεφάλαιο αναλύθηκαν τα πλεονεκτήματα της χρήσης βιομηχανικών προσομοιωτών για την βελτιστοποίηση σχεδίασης και μελέτης ενός βιομηχανικού συστήματος. Επιγραμματικά αυτά είναι: μείωση επενδυτικού κινδύνου, η ελαχιστοποίηση αποβλήτων, η βελτιστοποίηση αποτελεσματικότητας, η μείωση κατανάλωσης ενέργειας και εξοικονόμηση πόρων, ο παράγοντας human safety.

Μελετώντας και αναπτύσσοντας μια εφαρμογή παλετοποίησης στο γραφικό περιβάλλον του προσομοιωτή Factory I/O, μπορούμε να διαπιστώσουμε, πριν γίνει η τεχνική υλοποίηση, τα προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν όσο αφορά τα προϊόντα, τις πιθανές αστοχίες υλικού και τη συμπεριφορά του συστήματος στο απαιτητικό και απρόοπτο βιομηχανικό περιβάλλον. Έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να εξετάσουμε κάθε πιθανή λύση και αντιμετώπιση σε ότι αστοχία παρουσιαστεί.

Επιπλέον, στα πλαίσια της βελτιστοποίησης, είναι εφικτό να δοκιμασθούν διαφορετικές μέθοδοι σε πραγματικό χρόνο, και να ελαχιστοποιηθεί το κόστος και η χρήση εξαρτημάτων. Στη δική μας υλοποίηση χρησιμοποιήθηκαν ελάχιστοι αισθητήρες προσέγγισης και έγινε προσπάθεια για απλοποίηση της συνολικής διαδικασίας παλετοποίησης ώστε να είναι εύχρηστη και κατανοητή από κάθε εργαζόμενο/χρήστη. Δημιουργήθηκε επίσης, εύχρηστη κονσόλα/πίνακας χειρισμού, χωρίς υπερβολικό αριθμό πληροφορίας και επιλογών για πιο άμεσο και εύκολο χειρισμό. Επιπροσθέτως, σε αυτό το σημείο, οποιαδήποτε νέα τεχνολογία ή υλοποίηση απαιτείται να προστεθεί και να μελετηθεί μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί στη παρούσα πλατφόρμα.

Τέλος, δόθηκε η ευκαιρία να εξετασθούν τυχόν επικίνδυνα σημεία για τον ανθρώπινο παράγοντα και να περιοριστούν όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά - για τα δεδομένα του περιβάλλοντος προσομοίωσης - ώστε να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ασφαλές προς χρήση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Azevedo, A., Ferreira, P., & Martins, R. (2019). A Simulation Study for Warehousing Palletization Process. *Procedia Manufacturing*, 34, 358-363.

Chryssolouris, G., & Mavrikios, D. (2020). Virtual and Augmented Reality in Factory Automation: Beyond the Simulation. *CIRP Annals*, 69(2), 605-628.

Corke, P. (2017). *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB* (2nd ed.). New York, NY: Springer.

Factory IO. (2023). *About Factory IO*. Retrieved from <https://www.factoryio.com/about>

Johnson, R. (2018). *The History of the Pallet*. In J. Wasserman (Ed.), *Pallets: A North American Perspective* (pp. 3-12). Jefferson, NC: McFarland & Company.

Khalil, O. A., El-Awady, M. I., & Mostafa, M. A. (2022). Virtual Simulation-Based Optimized Palletization in the E-commerce Warehouse. *IEEE Access*, 10, 5946-5956.

Kusiak, A. (2018). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 140(5), 1-14.

Li, Z. (2021). Palletization and Warehousing Systems. In *Warehouse Automation: Concepts, Technologies, and Systems* (pp. 107-121). Boca Raton, FL: CRC Press.

Liu, X., Han, C., Li, Z., & Guo, J. (2021). *Virtual Simulation Technology of Palletization Process in the E-commerce Warehouse*. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Industrial Engineering and Applications* (pp. 284-290). Paris, France.

Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control* (8th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.

Siemens. (n.d.). *Process Simulate*. Retrieved from <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations/planning-simulation-process-simulate.html>

Siemens Digital Industries Software. (n.d.). *Tecnomatix*. Retrieved from <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-operations/planning-simulation-tecnomatix.html>

Smith, J. A., & Johnson, R. B. (2022). Palletization design in industrial automation: A systematic review. *Automation Studies*, 15(2), 78-95.

Visual Components. (n.d.). *Visual Components*. Retrieved from <https://www.visualcomponents.com/>