

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**



**«Βελτιστοποίηση της απόδοσης γραμμών παραγωγής μεγάλης βιομηχανίας με χρήση BPMN 2.0, προσομοίωσης, στατιστικών μεθόδων & μηχανικής μάθησης»**

**Διπλωματική εργασία**

Του Χαιρέτη Λυκούργου

**Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας**

**Επιβλέπων:** Τσαφάρakis Στέλιος

Αναπληρωτής Καθηγητής ΜΠΔ

**Μέλος:** Σπανουδάκης Νικόλαος

Μέλος ΕΔΙΠ Σχολής ΜΠΔ

**Μέλος:** Δούμπος Μιχαήλ

Καθηγητής ΜΠΔ

XANIA, 2023



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Τσαφάρκη Στέλιο, για την εμπιστοσύνη του να μου αναθέσει την διπλωματική εργασία και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ πέραν της πρακτικής μου με μια μεγάλη βιομηχανική μονάδα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κυρίους Σπανουδάκη Νικόλαο και Δούμπο Μιχαήλ οι οποίοι ως συνεπιβλέποντες με καθοδήγησαν και με βοήθησαν καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής.

Δεν μπορώ να παραλείψω να ευχαριστήσω το προσωπικό της βιομηχανικής μονάδας που με βοήθησε στην συλλογή δεδομένων και την επεξήγηση των διαδικασιών της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Στέφανο και Ελένη, την αδερφή μου Σοφία και τον αδερφό μου Κωνσταντίνο, που με στήριξαν για να ολοκληρώσω τον πρώτο κύκλο σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την μοντελοποίηση και την προσομοίωση επιχειρησιακών διαδικασιών, την πρόβλεψη της παραγωγικότητας των επόμενων μηνών μιας πραγματικής γραμμής παραγωγής καθώς και τη σχέση της παραγωγικότητάς της με τις εποχές. Πιο συγκεκριμένα, εμπεριέχει τις διαδικασίες σε διαγραμματική μορφή σύμφωνα με τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν από συζητήσεις με τους υπεύθυνους μηχανικούς, χειριστές, ποιοτικό έλεγχο και τον υπεύθυνο παραγωγής της βιομηχανικής μονάδας. Τα μοντέλα των διαδικασιών απεικονίστηκαν με την χρήση της μεθόδου BPMN 2.0 και χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Camunda Modeler. Έγινε επίσης συλλογή και ανάλυση δεδομένων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην προσομοίωση, στην πρόβλεψη με μηχανική μάθηση καθώς και στην στατιστική μέθοδο. Η ανάλυση δεδομένων η μηχανική μάθηση και η στατιστική μέθοδος έγιναν με την χρήση του MS Excel και της γλώσσας προγραμματισμού Python ενώ η προσομοίωση με το λογισμικό Bimp.

**Λέξεις κλειδιά:** μηχανική μάθηση, γραμμικά μοντέλα, βελτιστοποίηση, μοντελοποίηση διαδικασιών, προσομοίωση, λογισμικό, Python, BPMN

## **Abstract**

The aim of this paper is to showcase the process modeling and the simulation of business processes, the forecast of the factory productivity in the future months, as well as to cover the relation between the productivity of an industrial unit with the seasons of the year. More specifically, in the current paper one can find the processes in linear form according to the information collected through inquiries, discussions with the engineers, the handlers, and the production manager and last but not least with the quality control officers. The process models have been depicted with the use of the BPMN 2.0 method, as well as the Camunda Modeler software. Moreover, data collection and analysis was performed and the data was used in the simulation processes, at the prediction with machine learning and in the statistical method. The data analysis and the machine learning were performed with the use of MS Excel and the Python software while the simulation was done with the use of the Bimp software..

**Key words:** process modeling, software, Python, BPMN, simulation, machine learning, linear models.

## Περιεχόμενα

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>3</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Πίνακας εικόνων .....</b>	<b>8</b>
<b>Λίστα πινάκων.....</b>	<b>9</b>
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>10</b>
<b>2 ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....</b>	<b>14</b>
2.1 BPMN ΟΡΙΣΜΟΣ.....	14
2.2 PYTHON .....	16
2.3 CAMUNDA MODELER.....	17
2.4 SAP SIGNAVIO ACADEMIC MODELS .....	18
2.5 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ BPMN 2.0 ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ .....	19
2.6 BIMP .....	24
2.7 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ.....	25
2.8 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ .....	26
2.9 ΠΟΙΑ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	27
2.10 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	29
2.11 ΟΡΙΣΜΟΣ & ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	30
2.12 ANOVA .....	31
<b>3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ.....</b>	<b>32</b>
3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ .....	32
3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ .....	34
3.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ .....	35
<b>4 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>36</b>
4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	36

4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ .....	37
4.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ .....	37
<b>5 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ .....</b>	<b>39</b>
5.1 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ.....	39
5.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ.....	47
5.3 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ.....	52
<b>6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ &amp; ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>57</b>
6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	57
Σενάριο 1 <sup>ο</sup> : Λειτουργία Βιομηχανίας Χωρίς Αλλαγές στο Προσωπικό. ....	57
Σενάριο 2 <sup>ο</sup> : Λειτουργία Βιομηχανίας Με πρόσληψη τριών Μηχανολόγων Μηχανικών. ....	59
Σενάριο 3 <sup>ο</sup> : Λειτουργία Βιομηχανίας Με πρόσληψη περισσότερων Μηχανολόγων Μηχανικών....	61
6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	63
<b>7 ΚΑΤΑΚΛΕΙΔΑ .....</b>	<b>64</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>65</b>
<b>Παράρτημα.....</b>	<b>67</b>
Κώδικες σε λογισμικό Python .....	67
Κώδικας 1 .....	67
Κώδικας 2 .....	68

## Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1 Βιομηχανική Μονάδα Karatzis S.A .....	33
Εικόνα 2 Διαδικασία βιομηχανικής μονάδας σε μορφή BPMN.....	4040
Εικόνα 3 Διαδικασία κλήσης μηχανών εξτρούντερ.....	411
Εικόνα 4 Διαδικασία κλήσης μηχανών πάνω ορόφου σε μορφή BPMN .....	43
Εικόνα 5 Διαδικασία κλήσης μηχανών κάτω ορόφου σε μορφή BPMN .....	45
Εικόνα 6 Διαδικασία κλήσης μηχανών σε μορφή BPMN.....	46
Εικόνα 7 Εξίσωση δημιουργίας στήλης είδος βλαβών.....	47
Εικόνα 8 Ποσοστό είδους βλαβών των μηχανών εξτρούντερ.....	48
Εικόνα 9 Ποσοστό είδους βλαβών των μηχανών εξτρούντερ πάνω ορόφου .....	48
Εικόνα 10 Ποσοστό είδους βλαβών των μηχανών κάτω ορόφου .....	48
Εικόνα 11 Διάρκεια βλαβών μηχανών εξτρούντερ .....	49
Εικόνα 12 Διάρκεια βλαβών μηχανών πάνω ορόφου.....	49
Εικόνα 13 Διάρκεια βλαβών μηχανών κάτω ορόφου .....	49
Εικόνα 14 Πλήθος βλαβών μηχανών εξτρούντερ.....	50
Εικόνα 15 Πλήθος βλαβών μηχανών πάνω ορόφου .....	50
Εικόνα 16 Πλήθος βλαβών μηχανών κάτω ορόφου .....	51
Εικόνα 17 Ποσοστό σκάρτων προϊόντων χωρίς βλάβη μηχανών πάνω ορόφου.....	52
Εικόνα 18 Ποσοστό σκάρτων προϊόντων χωρίς βλάβη μηχανών κάτω ορόφου.....	52
Εικόνα 19 Παραγωγικότητα ανά μήνα .....	53
Εικόνα 20 Τιμές ανά εποχή.....	54
Εικόνα 21 Απεικόνιση residuals .....	54
Εικόνα 22 Κατανομή .....	55
Εικόνα 23 Πληροφορίες ANOVA .....	55
Εικόνα 24 Συσχέτιση μεταξύ των εποχών για την παραγωγικότητα.....	56
Εικόνα 25 Ποσοστά εργασίας ομάδων εργοστασίου σενάριο 1 .....	57
Εικόνα 26 Γράφημα Bimpr καθυστερήσεων του εργοστασίου σενάριο 1 .....	58
Εικόνα 27 Είσοδος και διάρκεια προσομοίωσης σενάριο 1 .....	58
Εικόνα 28 Ποσοστά εργασίας ομάδων εργοστασίου σενάριο 2.....	59
Εικόνα 29 Γράφημα Bimpr καθυστερήσεων δραστηριοτήτων σενάριο 2.....	60
Εικόνα 30 Είσοδος και διάρκεια προσομοίωσης σενάριο 2 .....	60
Εικόνα 31 Ποσοστά εργασίας ομάδων εργοστασίου σενάριο 3.....	61
Εικόνα 32 Γράφημα Bimpr καθυστερήσεων δραστηριοτήτων σενάριο 3.....	61
Εικόνα 33 Είσοδος και διάρκεια προσομοίωσης σενάριο 3 .....	62



### **Λίστα πινάκων**

Πίνακας 1 Συμβολισμός δραστηριοτήτων.....	20
Πίνακας 2 Σύμβολα του τρόπου που γίνεται η δραστηριότητα.....	20
Πίνακας 3 Σύμβολα γεγονότων έναρξης.....	21
Πίνακας 4 Σύμβολα γεγονότων λήξης.....	21
Πίνακας 5 Σύμβολα πληροφοριακών στοιχείων.....	22
Πίνακας 6 Σύμβολα για τις πύλες.....	22
Πίνακας 7 Σύμβολα συζευκτών.....	23

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχει αποδειχθεί ιστορικά ο 21<sup>ος</sup> αιώνας είναι ο αιώνας της τεχνολογικής και νέας βιομηχανικής επανάστασης. Μέσα από την αφομοίωση πολλών νέων τεχνολογικών μεθόδων και εξελίξεων οι σημερινές επιχειρήσεις και βιομηχανίες μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις μεθόδους παραγωγής όπως επίσης και να προβλέψουν τους ενδεχόμενους κινδύνους και κέρδη ή απώλεια αυτών. Μέσα από τη χρήση νέων τεχνολογικών μοντέλων όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IOT- Internet of Things) και τα γραμμικά απεικονιστικά μοντέλα πρόβλεψης ο σημερινός επιχειρηματικός και βιομηχανικός κόσμος έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί τις γραμμές παραγωγής από απόσταση, να προβλέπει κέρδη και απώλειες και μέσω της διαρκούς ανάλυσης δεδομένων που προσφέρουν οι διάφοροι αισθητήρες του IoT, η απομακρυσμένη διοίκηση και ο έλεγχος ασφάλειας προσφέρουν τη διασφάλιση των κερδών και τη μείωση του κόστους. Με την συνδρομή της επιχειρησιακής έρευνας, η οποία χρησιμοποιεί και είναι μέρος ενός ευρύτερου τμήματος της επιστήμης των εφαρμοσμένων μαθηματικών, γίνεται χρήση των κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων και αλγορίθμων για την σωστή και επικερδή λήψη αποφάσεων. Μέσω της χρήσης λοιπόν των εν λόγω μαθηματικών και στατιστικών διαδικασιών η επιχειρησιακή έρευνα παρέχει την δυνατότητα στους χρήστες να λαμβάνουν τις πιο αποδοτικές και χαμηλότερου ρίσκου αποφάσεις, εξοικονομώντας κόστος και ζημιά. Μία λοιπόν εξίσου σημαντική κατηγορία μεθόδων για την επιχειρησιακή έρευνας είναι και εκείνη του Μαθηματικού Προγραμματισμού.

Αυτός ο τύπος προγραμματισμού εξελίχθηκε σε ένα ευρύτερο ερευνητικό φάσμα με βασικό στόχο την ανάπτυξη υπολογιστικών τεχνικών έτσι ώστε να είναι πλέον πιο εύκολα εφικτή η εύρεση των βέλτιστων λύσεων από μια πληθώρα πρακτικών προβλημάτων. Εξίσου σημαντικό κομμάτι του Μαθηματικού Προγραμματισμού είναι ο Γραμμικός Προγραμματισμός ή Γραμμική Βελτιστοποίηση, ο οποίος πραγματεύεται αποκλειστικά γραμμικά προβλήματα.

Κάποια παραδείγματα γραμμικών προβλημάτων λοιπόν αποτελούν η ανάλυση κρίσιμης διαδρομής ή ο σχεδιασμός ενός έργου, μέσω του προσδιορισμού των διαδικασιών σε ένα σύνθετο έργο που επηρεάζει τη συνολική διάρκεια του έργου. Άλλο πρόβλημα μπορεί να ασχολείται με τη βελτιστοποίηση των δικτύων όπως ότι έχει να κάνει με την εγκατάσταση τηλεπικοινωνιακών δικτύων για τη διατήρηση της ποιότητας των υπηρεσιών κατά τη διάρκεια διακοπών. Τα μοντέλα αυτά μπορούν επίσης να επιλύσουν προβλήματα σχετικά με την τοποθεσία εγκατάστασης - Facility location μιας βιομηχανίας ή μιας επιχείρησης, βασικό πρόβλημα για την επιβίωση και ευημερία τους, όπως επίσης και για το κύριο κόστος των εγκαταστάσεων.

Μέσα από όλα αυτά τα μοντέλα βγαίνει στην επιφάνεια η επιστήμη της Διοίκησης , βέβαια στην εποχή της τεχνολογικής ανάπτυξης που διανύουμε ο όρος διοίκηση της επιστήμης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αναφερθεί στα ξεχωριστά πεδία των οργανωτικών μελετών ή της εταιρικής στρατηγικής. Όπως και η ίδια η επιχειρησιακή έρευνα, η διοίκηση της επιστήμης (Management Science) είναι ένας διεπιστημονικός κλάδος εφαρμοσμένων μαθηματικών, με στόχο τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των αποφάσεων, έχοντας ισχυρούς δεσμούς με οικονομικές, επιχειρηματικές και διάφορες άλλες επιστήμες και εφαρμογές.

Όπως είναι λογικό όλες αυτές οι τεχνικές διαχείρισης της επιστήμων οικονομικών και τεχνολογικών επιστημών δεν περιορίζονται στις επιχειρηματικές και βιομηχανικές μόνο εφαρμογές αλλά δίνουν τη δυνατότητα στους επιστήμονες να τις εφαρμόσουν και σε ευρύτερα πλαίσια της στρατιωτικής και ιατρικής βάσης, στην δημόσια διοίκηση, και σε φιλανθρωπικές, πολιτικές ή και κοινοτικές ομάδες. Η διοικητική επιστήμη ασχολείται με την ανάπτυξη και την εφαρμογή μοντέλων και εννοιών που μπορεί να αποδειχθούν χρήσιμες για τη διευκόλυνση και επίλυση προβλημάτων διαχείρισης, καθώς και για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη νέων και καλύτερων μοντέλων οργανωτικής αριστείας.

Ένα από τα μοντέλα με τα οποία ασχολούμαστε στην παρούσα έρευνα είναι και αυτό του γραμμικού προγραμματισμού που αναφέρεται στο σύνολο των υπολογιστικών τεχνικών που χρησιμοποιούνται για να προσδιοριστεί το ελάχιστο ή το μέγιστο μιας γραμμικής συνάρτησης , η μεταβλητή της οποίας πρέπει να ικανοποιεί ένα συγκεκριμένο σύστημα γραμμικών εξισώσεων. Αυτού του τύπου τα προβλήματα αφορούν τον τρόπο με τον οποίο αξιοποιούνται οι πόροι που είναι διαθέσιμοι σε ένα σύστημα με στόχο οι απαιτήσεις αυτού να ικανοποιούνται και να υπάρχει βέλτιστη απόδοση. Με αυτό τον τρόπο οι αποφάσεις για τη βελτιστοποίηση της βιομηχανικής παραγωγής ή της επιχείρησης δεν λαμβάνονται με τη χρήση του ίδιου του συστήματος της αλλά της χρήσης ενός μοντέλου. Έτσι από τον ορισμό του μοντέλου μπορούμε και να εξάγουμε και τον ορισμό της μοντελοποίησης (modeling), που αναφέρεται στη διαδικασία εύρεσης του μοντέλου. Ο Ρουμελιώτης (2001) εξέφρασε το ότι, η δημιουργία μοντέλων για προσομοίωση, έχει τρεις βασικούς στόχους. Πρώτος στόχος είναι η μελέτη και τη συμπεριφορά ενός συστήματος. Ο δεύτερος στόχος αναφέρεται στον έλεγχο υποθέσεων ή θεωριών για την παρατηρούμενη συμπεριφορά του συστήματος. Και τέλος ο τρίτος κάνει λόγο για την πρόβλεψη ή εκτίμηση της μελλοντικής συμπεριφοράς του συστήματος (Ρουμελιώτης, 2001).

Ο όρος μοντέλο στην παρούσα φάση της έρευνας, αναφέρεται στην εικονική αναπαράσταση του πραγματικού συστήματος. Εφαρμόζοντας λοιπόν τον γραμμικό προγραμματισμό για να βελτιστοποιηθεί ένα συγκεκριμένο σύστημα, τίθεται ως προϋπόθεση η περιγραφή του εν λόγω συστήματος με ένα μαθηματικό μοντέλο κάτι που σημαίνει ότι η μοντελοποίηση επισυμβαίνει μέσω μαθηματικών σχέσεων. Έτσι η μαθηματική μοντελοποίηση καταλήγει στο να βελτιστοποιήσει μια συνάρτηση, με τους περιορισμούς αυτής να

περιγράφονται με ανισοεξισώσεις, ως αποτέλεσμα η συνάρτηση της αντικειμενικής αυτής συνάρτησης να είναι κριτήριο ή μέτρηση της απόδοσης του συστήματος.

Όλες οι παραπάνω διαδικασίες και μοντέλα αφορούν και το επιστημονικό κομμάτι που αναφέρεται στη μάθηση. Με τον όρο Μάθηση (Learning) εννοούμε μια από τις πιο θεμελιώδεις ιδιότητες της νοήμονος συμπεριφοράς του ανθρώπου. Αν και μέσω της επιστήμης της Γνωστικής Ψυχολογίας και των μεγάλων ερευνητών για τη μάθηση δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο ένας άνθρωπος μπορεί να μάθει, έρχεται εντούτοις το μεγάλο ερώτημα της σύγχρονης εποχής του πώς θα μπορούσε η επιστήμη της Τεχνητής Νοημοσύνης να δημιουργήσει εκείνα τα υπολογιστικά συστήματα τα οποία και είναι ικανά να μάθουν, να επιτύχουν, δηλαδή, τη λεγόμενη Μηχανική Μάθηση (Machine Learning). Για αυτού του είδους την μάθηση υπάρχουν διάφοροι ορισμοί όπως ότι είναι το φαινόμενο εκείνο κατά το οποίο ένα σύστημα βελτιώνει την απόδοσή του μέσω της εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας, χωρίς την ύπαρξη ανάγκης εκ νέου προγραμματισμού.

Έτσι λοιπόν η Μηχανική Μάθηση ασχολείται με τη μελέτη αλγορίθμων που βελτιώνουν τη συμπεριφορά τους σε κάποια εργασία που τους έχει ανατεθεί χρησιμοποιώντας την εμπειρία τους. Ακόμη σε ότι έχει να κάνει με το σχεδιασμό συστημάτων Μηχανικής Μάθησης, η δυνατότητα μάθησης ορίζεται ως η ικανότητα πρόσκτησης επιπλέον γνώσης, που μεταβάλλει την υπάρχουσα καταχωρημένη γνώση είτε αλλάζοντας χαρακτηριστικά της είτε με αυξομείωσή της. Αν και απέχουμε πάρα πολύ από τη δημιουργία μηχανών που μαθαίνουν τόσο καλά όσο ο άνθρωπος, για συγκεκριμένες περιοχές μάθησης έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι οι οποίοι έχουν επιτρέψει την εμφάνιση σύγχρονων εμπορικών εφαρμογών με σημαντική επιτυχία. Με αυτό τον τρόπο η προσομοίωση των βέλτιστων λύσεων και πρακτικών με τη χρήση νέων εξελιγμένων λογισμικών είναι πιο εφικτή.

Για την παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν μια πλειάδα εργαλείων και πρακτικών για την συλλογή, καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων της υπό έρευνα βιομηχανική μονάδας. Σκοπός της έρευνας που έγινε κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στην προαναφερθείσα μονάδα, ήταν η δόμηση ενός πλάνου βελτιστοποίησης των λειτουργιών και μεθόδων λήψης αποφάσεων της επιχειρηματικής αρχής μέσα από την προσομοίωση, την μηχανική μάθηση και στατιστικές μεθόδους με τη χρήση των λογισμικών Python , BPMN, Camunda Modeler, Bimp και του προγράμματος Excel .

Τα εργαλεία προσομοίωσης είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος στη σύγχρονη εποχή. Έχουν τη δυνατότητα να εφαρμοστούν σε μια πλειάδα περιπτώσεων και επιστημών όπως η μηχανική, η φυσική, η

βιολογία, η οικονομία και οι κοινωνικές επιστήμες, στους τομείς της μηχανικής, όπως είναι τα έργα του πολιτικού μηχανικού, στις δομικές κατασκευές, στη μηχανολογία, και στη μηχανική ηλεκτρονικών υπολογιστών. Συνεπώς κάνοντας χρήση των υπολογιστικών προσομοιώσεων είναι εφικτό να δοκιμαστεί ένα υποθετικό μοντέλο αντικειμένων ή δραστηριοτήτων σε έναν υπολογιστή, με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορεί να γίνει μελέτη και να παρατήρηση της λειτουργίας τους τόσο σαν μονάδες, όσο και σαν μέρος συστήματος ή πλέγματος (grid).

Η χρήση λοιπών των εργαλείων που μας παρέχονται πλέον με το IoT και τις διαδικασίες Μοντελοποίησης, Βελτιστοποίησης και τη χρήση προγραμμάτων ανοιχτού κώδικα, δίνουν τη δυνατότητα συγχρονισμού του φυσικού κόσμου με τον κυβερνο-κόσμο με το ψηφιακό δίδυμο (digital twin) . Ο σχεδιασμός του συστήματος σε πρόσφατη έρευνα των Spanoudakis et al (2023), έδειξε ότι μπορεί να ενσωματώσει ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο ακόμη και σε μορφή προσομοίωσης, κάτι που αντανακλά τις αλλαγές στον πραγματικό κόσμο (Spanoudakis, 2023).

## 2 ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια αναλυτική περιγραφή των εργαλείων και διαδικασιών που χρησιμοποιήθηκαν για την επιτυχή ολοκλήρωση των ευρημάτων της παρούσας έρευνας. Δίνεται ο ορισμός της κάθε μεθόδου καθώς και ποια στοιχεία αυτών χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης γίνεται ιστορική αναδρομή τους και αναφορά σε περιορισμούς που έχουν κάποιες από αυτές τις μεθόδους ώστε να γίνουν πιο κατανοητές.

### 2.1 BPMN ΟΡΙΣΜΟΣ

Το Business Process Management Initiative (BPMI) δημιούργησε ένα standard το Business Process Modeling Notation (BPMN). Το BPMN 1.0 βγήκε πρώτη φορά στις διεθνείς αγορές το Μάιο το 2004 αλλάζοντας τα δεδομένα της μέχρι τότε επιστήμης της επιχειρηματικής ανάλυσης. Πρωταρχικός σκοπός του BPMN ήταν να παρέχει στους αναλυτές μια σημειολογία η οποία γίνεται εύκολα κατανοητή από όλους στον βιομηχανικό και επιχειρηματικό τομέα και από τους αναλυτές οι οποίοι δημιουργούν τα προσχέδια των διαδικασιών, από τους τεχνικούς που είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή της εν λόγω τεχνολογίας που θα εκτελέσει αυτές τις διαδικασίες επεξεργασίας και τέλος από τους ανθρώπους του επιχειρηματικού κόσμου που θα διαχειριστούν και θα παρακολουθούν αυτές τις διαδικασίες.

Το BPMN δημιουργεί μια τυποποιημένη γεφύρωση του κενού μεταξύ του σχεδιασμού της κατάλληλης επιχειρηματικής επεξεργασίας των δεδομένων και της διαδικασίας εφαρμογής τους. Το BPMN καθορίζει ένα Διάγραμμα Επιχειρηματικής Επεξεργασίας Διαδικασιών (Business Process Diagram (BPD)), το οποίο βασίζεται σε μια διαγραμματική τεχνική που είναι ειδικά σχεδιασμένη για να δημιουργεί γραφικά μοντέλα επιχειρηματικών διαδικασιών και λειτουργιών (<https://www.bpmn.org/>). Στη συνέχεια ένα Μοντέλο Επιχειρηματικής Επεξεργασίας (Business Process Model), είναι ένα δίκτυο γραφικά απεικονισμένων αντικειμένων που είναι ενέργειες (π.χ εργασία) και της ροής ελέγχου που καθορίζουν τη σειρά της εκτέλεσης.

Σε συνέχεια του BPMN 1.0 ήρθε το 2011 η BPMN 2.0 καθιστώντας την, την πλέον αναγνωρίσιμη γλώσσα στον κόσμο του επιχειρείν. Κυριάρχησε διότι είναι εύκολη, κατανοητή και ταυτόχρονα μπορεί κανείς να απεικονίσει μία πολύ-επίπεδη διαδικασία σε διαγραμματική μορφή και να γίνει γρήγορα αντιληπτή (White, 2004). Τοιουτοτρόπως γίνεται προσπάθεια γεφύρωσης του χάσματος μεταξύ των εμπλεκόμενων στη διαδικασία, πιο αναλυτικά μεταξύ των αναλυτών που δημιουργούν την διαδικασία, των τεχνικών που εγκαθιστούν και των υπαλλήλων που την θέτουν σε εφαρμογή. Έτσι οδηγούμαστε σε θεμελίωση μιας σαφώς

καλύτερης εσωτερικής επικοινωνίας όπως επίσης και στην πληρότητα σε ότι αφορά την περιγραφή και την κατανόηση των διαδικασιών (Michele Chinosi, 2012).

Η διαδικασία αυτή της γραφικής απεικόνισης των διαδικασιών αφομοιώνει τα πλεονεκτήματα της εύκολης κατανόησης των εσωτερικών διαδικασιών και των συνεργασιών με εξωτερικούς συνεργάτες. Αυτή η διαδικασία λοιπόν έχει ως κύριο αποτέλεσμα η εκάστοτε εταιρεία να έχει καλύτερη κατανόηση του τι είναι αυτό που χρειάζεται για να λειτουργεί αρμονικά. Επιπλέον αποκτά την ευκολία στο να μπορεί να πραγματοποιεί αλλαγές και ταυτόχρονα να μπορεί να προσαρμόζει πιο γρήγορα προσαρμογή όλων τους συντελεστές στις καινούργιες συνθήκες της αγοράς (Mohamed, 2013).

Το κάθε Σύστημα Διαχείρισης Ροής αποτελείται από τα ακόλουθα συστατικά :

- Εργαλεία Προσδιορισμού των Διαδικασιών, είναι συνήθως ένα περιβάλλον γραφημάτων όπου η διαδικασία σχεδιάζεται χρησιμοποιώντας μια Γλώσσα Μοντελοποίησης Επιχειρηματικών Διαδικασιών.
- Υπηρεσία αναπαράστασης Ροών, κάτι που είναι ουσιαστικά το περιβάλλον του χρόνου εκτέλεσης που χρησιμοποιεί μια ή περισσότερες μηχανές επαγγελματικών ροών που προσδιορίζουν τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα θα λειτουργήσει βασισμένο στο μοντέλο των διαδικασιών.
- Διοικητικά εργαλεία και εργαλεία ελέγχου, όπως ταμπλό με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από την εξέλιξη των διαδικασιών ή διαφορετικών τύπων αναφορές με τη χρήση στατιστικών.
- Εργαλεία ενσωμάτωσης που επιτρέπουν τη συνεργασία του BPMS με άλλα λογισμικά για επιχειρήσεις.
- Αποθετήρια, όπου τα δεδομένα, έγγραφα, μοντέλα διαδικασιών κτλ αποθηκεύονται (NIKOLAOS SPANOUDAKIS, 2020).

Ένα BPD αποτελείται από ένα σύνολο γραφικών στοιχείων, αυτά καθιστούν εφικτή την εύκολη δημιουργία απλών διαγραμμάτων (όπως για παράδειγμα διαγράμματα ροών ) που είναι οικεία και κατανοητά στους περισσότερους αναλυτές. Τα στοιχεία αυτά επιλέχθηκαν να είναι ευδιάκριτα το μεταξύ τους και να αποτελούνται από σχήματα που είναι οικεία στους περισσότερους σχεδιαστές, για παράδειγμα οι δραστηριότητες μπορεί να απεικονίζονται με τρίγωνα και οι αποφάσεις με ρόμβους. Αυτό που πρέπει να γίνει σαφές είναι ότι μια από τις κινητήριες δυνάμεις για τη δημιουργία του BPMN είναι η δημιουργία ενός απλού μηχανισμού για τη δημιουργία επιχειρηματικών μοντέλων ενώ παράλληλα να μπορεί να διαχειριστεί την εγγενή πολυπλοκότητα των επιχειρηματικών διαδικασιών (White, 2004).



## 2.2 PYTHON

Η γλώσσα Python είναι μια γλώσσα υψηλού επιπέδου και γενικού σκοπού γλώσσα προγραμματισμού, υποστηρίζει πολλαπλά προγραμματιστικά παραδείγματα όπως δομημένες διαδικασίες, λειτουργικό προγραμματισμό, και διαδικασίες με επίκεντρο το αντικείμενο. Πρωτοεμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 από τον Guido van Rossum και εξελίχτηκε σε αυτό που είναι σήμερα με ολοένα και περισσότερες προσθήκες νέων χαρακτηριστικών (<https://www.python.org/>) .

Η γλώσσα προγραμματισμού Python είναι μια από τις πολλές όπως οι Java, LISP, PHP, and Perl που εξυπηρετούν κάποιο σκοπό, είτε αυτός είναι η συγγραφή εύκολων προγραμμάτων, η πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, αλλά κάτω από όλες αυτές τις γλώσσες είναι ένας κοινός βασικός κορμός συλλογισμού. Σε όλες αυτές τις γλώσσες προγραμματισμού, όπως και στην Python τα δεδομένα και οι μεταβλητές είναι μέθοδοι και διαδικασίες. Η γλώσσα Python είναι μια ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού που είναι εύκολη στην ανάγνωση και στην κατανόηση. Έχει χαρακτηριστικά τα οποία είναι κοινά και σε άλλες γλώσσες και είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις εφαρμογών σε πραγματικές συνθήκες. Επιπλέον είναι ένα λογισμικό που διατίθεται δωρεάν στην αγορά, και μόλις το μάθει κάποιος η κατανόηση των υπόλοιπων γλωσσών είναι σχετικά ευκολότερη (PythonW., 2021).

Όπως αναφέρθηκε ήδη η γλώσσα Python έχει μια πλειάδα εφαρμογών κάποιες από τις οποίες είναι :

### 1. Τεχνητή νοημοσύνη και Μηχανική Μάθηση:

Καθώς είναι μια ασφαλής και απλή γλώσσα είναι κατάλληλη για διάφορα είδη μηχανική μάθησης και για διάφορους τομείς τεχνητής νοημοσύνης. Με τα χρόνια αυτή η γλώσσα έχει γίνει μια από τις πιο διαδεδομένες γλώσσες που προτιμούν οι προγραμματιστές καθώς λόγω της δημοτικότητάς της έχει μια πολύ μεγάλη βιβλιοθήκη δεδομένων και πακέτων στο κομμάτι της μηχανικής μάθησης και της AI. Μερικές βιβλιοθήκες που χρησιμοποιεί η Python για την τεχνητή νοημοσύνη και την μηχανική μάθηση είναι η Pandas, η NumPy και η scikit-learn

2. **Data analytics** : όπως και με την Τεχνητή Νοημοσύνη η ανάλυση δεδομένων είναι άλλος ένας τομέας στον οποίο η δημοτικότητα και η χρήση της γλώσσας αυτής κερδίζει όλο και μεγαλύτερο έδαφος. Η κωδικοποίηση με τη χρήση Python είναι ευέλικτη και καλά υποστηριζόμενη και είναι κατάλληλη για εκείνους που συλλέγουν , διαχειρίζονται και οργανώνουν δεδομένα και πληροφορίες. Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση δεδομένων είναι οι ίδιες που χρησιμοποιούνται για



την τεχνητή νοημοσύνη και την μηχανική μάθηση.

### 3. Οπτικοποίηση Δεδομένων (Data Visualization):

Μπορεί να χρησιμοποιήσει τον ανοιχτό κώδικα της γλώσσας και να παρέχει μια πλειάδα βιβλιοθηκών για γραφήματα με πολλά έξτρα δεδομένα. Μερικές βιβλιοθήκες που χρησιμοποιεί η Python για την οπτικοποίηση δεδομένων είναι η Matplotlib, η Seaborn, η Plotly κα.

## 2.3 CAMUNDA MODELER

Η Camunda είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα Java βασισμένου στο BPM που χρησιμοποιείται κυρίως στην αυτοματοποίηση των επιχειρήσεων. Χτίστηκε γύρω από τα συστατικά της μηχανής διαδικασιών και το λογισμικό τους είναι ακόμη σε στάδια ανάπτυξης και επέκτασης με νέα χαρακτηριστικά να συμπεριλαμβάνονται σταδιακά. Υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί της χρήσης των στοιχείων BPMN 2.0 στην Camunda. Εκτός από τη μηχανή αναζήτησης το Camunda προσφέρει στον αναλυτή μια ευρεία γκάμα εργαλείων για τη διαχείριση της εργασιακής ροής του ανθρώπινου δυναμικού, τις λειτουργίες της επιχείρησης και την επίβλεψη τους (Fernandez, 2014)..

Το Camunda προσφέρει στον αναλυτή τα παρακάτω χαρακτηριστικά και εργαλεία χρήσης σύμφωνα με την δομή του.

- Μηχανή Επεξεργασίας: Η μηχανή επεξεργασίας είναι μια βιβλιοθήκη java υπεύθυνη για την εκτέλεση του BPMN .
  - Διαδικασίες και διαγράμματα εργασιακών ροών
  - Spring Framework Integration
  - CDI/Java EE Integration
  - REST API: Επιτρέπει τη χρήση της μηχανής διαδικασιών απομακρυσμένα
  - Camunda Tasklist: Μια διαδικτυακή εφαρμογή για τη διαχείριση των εργασιακών ροών και των εργασιών των χρηστών. Αυτό επιτρέπει στους συμμετέχοντες στις διαδικασίες να ελέγχουν τις εργασιακές ροές και να πλοηγούν σε φόρμες εργασιών έτσι ώστε να δουλεύονται οι διαδικασίες και να παρέχονται δεδομένα για εισροή (Fernandez, 2014).

Με τη βοήθεια του Camunda, προγραμματιστές και επιχειρήσεις μπορούν να συνεργαστούν ευκολότερα για να συνθέσουν τα εργαλεία Διαχείρισης Επιχειρηματικών Διεργασιών (BPM) με ένα λογισμικό πιο προσιτό και ευκολότερα κατανοητό στους χρήστες και στους αναλυτές για την απόδοση

των ροών εργασίας. Το Camunda προσφέρει στους χρήστες του τις κατάλληλες λύσεις για τις προτιμήσεις της εκάστοτε ομάδας και με την μηχανή Εργασιακών Ροών BPMN γίνεται πλέον εφικτή η αυτοματοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών και η διαχείριση των εκτελούμενων από το ανθρώπινο δυναμικό εργασιών.

Μέσω της πλατφόρμας του Camunda παρέχεται η δυνατότητα να:

- Βελτιωθεί η συνεργασία μεταξύ των ομάδων, έτσι ώστε οι προγραμματιστές να μπορούν να δημιουργούν προϊόντα για την επίλυση κρίσιμων προβλημάτων.
- Να επεκτείνεται ο κύκλος των εφαρμογών μέσω αναβάθμισης των χαρακτηριστικών τους αντί να τις ξεκινάνε από την αρχή
- Εγκαθίδρυση διαδικασιών που ταιριάζουν στα στάνταρντ της επιχείρησης.
- Αντικατάσταση παρωχημένων συστημάτων με μικρο-υπηρεσίες που μπορούν να προσαρμοστούν άμεσα τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες των επιχειρήσεων (<https://www.adservio.fr/post/what-is-camunda-features-and-use-cases>).

## 2.4 SAP SIGNAVIO ACADEMIC MODELS

Το SAP Signavio δημιουργήθηκε το 2009 από ένα γκρουπ φοιτητών στη Γερμανία, όταν αποφάσισαν ότι μπορούσαν να καλύψουν το κενό στην αγορά διαχείρισης επιχειρηματικών διαδικασιών δημιουργώντας ένα λογισμικό που επέτρεπε στα διαιρετικά τμήματα μιας επιχείρησης να επικοινωνούν εσωτερικά τον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζονταν τις εργασίες τους με σκοπό την βελτίωση της συνεργασίας. Με το πέρασμα των ετών το Signavio αναπτύχθηκε και έγινε το ηγετικό λογισμικό στη διαχείριση της επίλυσης επιχειρηματικών προβλημάτων.

Σε σύγκριση με το SAP-SAM, οι υπάρχουσες συλλογές μοντέλων είναι σχετικά μικρές. Το hdBPMN dataset, για παράδειγμα περιέχει 704 BPMN 2.0 μοντέλα. Άλλο παράδειγμα είναι το RePROSitory (Repository of open PROcess models and logS, Αποθετήριο ανοιχτών διαδικασιών μοντέλων και ημερολογίων) το οποίο είναι μια ανοιχτή συλλογή επιχειρηματικών μοντέλων διαδικασιών και ημερολογίων, κάτι που σημαίνει ότι οι χρήστες μπορούν να συμβάλουν στο αποθετήριο ανεβάζοντας τα δικά τους δεδομένα. Τη δεδομένη στιγμή το RePROSitory συμπεριλαμβάνει περί τα 700 models.

Το SAP-SAM περιέχει 1.021.471 διαδικασίες και επιχειρηματικά μοντέλα τα οποία δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα λογισμικό-ως-υπηρεσία (software-as-a-service platform) του SAP Signavio Academic Initiative (SAP-SAI), από το 2011 μέχρι και το 2021. Τα περισσότερα μοντέλα είναι σε Business

Process Model and Notation (BPMN 2.0). Το SAP-SAI επιτρέπει στους ερευνητές, καθηγητές και φοιτητές να δημιουργούν, να εκτελούν και να αναλύουν μοντέλα διαδικασιών, όπως επίσης και επιχειρηματικά μοντέλα παραδείγματος χάριν επιχειρηματικές αποφάσεις.

Τα μοντέλα του SAP-SAM δημιουργήθηκαν όπως αναφέρθηκε τη δεκαετία του 2010 από ένα σύνολο 72.996 χρηστών. Χαρακτηριστικά του και εργαλεία προς χρήση είναι τα εξής:

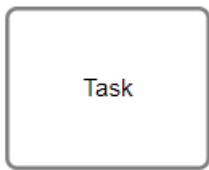
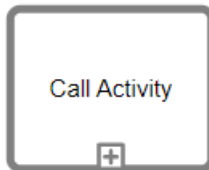
- Business Process Model and Notation (BPMN): Το BPMN είναι ένα σταθμισμένο εργαλείο για τη μοντελοποίηση επιχειρηματικών διαδικασιών [\(OMG: Business Process Model and Notation \(BPMN\), Version 2.0.2 \(2013\).\)](#).
- Decision Model and Notation (DMN): Το DMN είναι ένα σταθμισμένο εργαλείο για την μοντελοποίηση επιχειρηματικών αποφάσεων το οποίο συμπληρώνει το BPMN
- Case Management Model and Notation (CMMN): Το CMMN είναι μια προσπάθεια να συμπληρώσει τα BPMN and DMN με ένα εργαλείο το επικεντρώνεται στην αυτονομία.
- Event-driven Process Chain (EPC): Το EPC είναι ένα εργαλείο μοντελοποίησης διαδικασιών που ήταν δημοφιλές πριν την έκδοση του BPMN. (SolaD., 2023)

## 2.5 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ BPMN 2.0 ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Η δημιουργία ενός γραφήματος BPMN 2.0 ξεκινάει από την δημιουργία και την ονομασία της δεξαμενής (pool). Εκεί περιέχονται όλα τα μέρη/υπεύθυνοι του οργανισμού τον οποίο θέλουμε να περιγράψουμε σε μορφή λωρίδων (lanes). Μέσα στις λωρίδες βρίσκονται όλες οι δραστηριότητες (tasks), οι πύλες (gateways) και τα ενδιάμεσα γεγονότα (intermedia events) τα οποία είναι απαραίτητα για να μας δείξουν ποια είναι η δραστηριότητα η οποία η οποία εκτελεί το κάθε μέρος. Η αρχή της κάθε διαδικασίας ξεκινάει πάντα με ένα γεγονός έναρξης (start event) και τελειώνει με ένα ή περισσότερα γεγονότα λήξης (end events). Όλα τα παραπάνω συνδέονται με τους συζευκτήρες (connectors). Η κάθε δραστηριότητα (task) μπορεί να έχει μόνο μία είσοδο. Επίσης υπάρχουν και τα πληροφοριακά στοιχεία (data artifacts) τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για κάνουν το γράφημα πιο κατανοητό στον αναγνώστη. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά ποια σύμβολα χρησιμοποιήσαμε ώστε να δημιουργηθεί η γραφική απεικόνιση της βιομηχανικής μονάδας




### Δραστηριότητες(Activities)

Μια διαδικασία αποτελείται από μία ροή δραστηριοτήτων. Οι δραστηριότητες χωρίζονται σε υποκατηγορίες. Δύο από αυτές χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα της παρούσας διπλωματικής και απεικονίζονται στον πίνακα 1.

Συμβολισμός	Ονομασία	Περιγραφή
	Εργασία(Task)	Αποτελεί μία δραστηριότητα της εκάστοτε διαδικασίας, η οποία δεν αναλύεται σε πιο απλές δραστηριότητες
	Δραστηριότητα Κλήσης(Call Activity)	Αποτελεί μία δραστηριότητα της εκάστοτε διαδικασίας, η οποία αναλύεται σε πιο απλές δραστηριότητες

**Πίνακας 1 Συμβολισμός δραστηριοτήτων**

Τα σύμβολα του πίνακα 2 συνδυάζονται με τις δραστηριότητες και διευκρινίζουν καλύτερα το πώς γίνεται η δραστηριότητα.


Συμβολισμός	Ονομασία	Περιγραφή
	Χρήστης(User)	Χρησιμοποιείται όταν η συγκεκριμένη δραστηριότητα εκτελείται από έναν χρήστη αλλά με την βοήθεια λογισμικού
	Χειροκίνητο(Manual)	Συμβολίζει την εκτέλεση της δραστηριότητας από έναν χρήστη χωρίς την βοήθεια λογισμικού
	Υπηρεσία(Service)	Χρησιμοποιείται όταν μια διαδικασία έχει αυτοματοποιημένη εφαρμογή.

**Πίνακας 2 Σύμβολα του τρόπου που γίνεται η δραστηριότητα**

### Γεγονότα (Events)



Τα γεγονότα είναι συμβάντα που συμβαίνουν στην αρχή, στην μέση και στο τέλος μίας διαδικασίας. Η πυροδότηση αυτών επηρεάζει την συνέχεια της διαδικασίας. Στους πίνακες 3,4 απεικονίζονται τα γεγονότα έναρξης και λήξης.

#### Γεγονότα Έναρξης

Συμβολισμός	Ονομασία	Περιγραφή
	Χωρίς Τύπο	Συμβολίζει την πυροδότηση μίας διαδικασίας. Ο τρόπος όμως με τον οποίο πυροδοτείται δεν εμφανίζεται

**Πίνακας 3 Σύμβολα γεγονότων έναρξης**

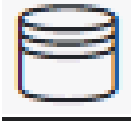
#### Γεγονότα Λήξης

Συμβολισμός	Ονομασία	Περιγραφή
	Χωρίς Τύπο	Συμβολίζει το τέλος μίας διαδικασίας. Ο τρόπος που τελειώνει δεν εμφανίζεται
	Σφάλμα	Συμβολίζει το τέλος μίας διαδικασίας με η οποία καταλήγει σε κάποιο σφάλμα

**Πίνακας 4 Σύμβολα γεγονότων λήξης**

### Πληροφοριακά Στοιχεία (Data Artifacts)

Τα πληροφοριακά συστήματα δεν επηρεάζουν τις δραστηριότητες και χρησιμοποιούνται για να γίνουν οι διαδικασίες μας πιο κατανοητές. Στον πίνακα 5 παρουσιάζεται το πληροφοριακό σύστημα το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική.

Συμβολισμός	Ονομασία	Περιγραφή
	Αποθήκη δεδομένων(Data Store)	Αυτό το σύμβολο χρησιμοποιείται όταν υπάρχει η ανάγκη χρησιμοποίησης δεδομένων, τα οποία είναι αποθηκευμένα σε μια βάση δεδομένων ή σε φακέλους, ή η ανάγκη αποθήκευσης δεδομένων που εξάγονται από μία δραστηριότητα.

**Πίνακας 5 Σύμβολα πληροφοριακών στοιχείων**

### Πύλες (Gates)


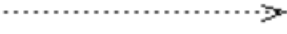
Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την εξέλιξη της διαδικασίας είναι οι πύλες γιατί αφενός ελέγχουν την ροή της διαδικασίας, αφετέρου συμβολίζουν τις διχοτομήσεις, τις αποκλίσεις και τις συγκλίσεις της ροής. Στον πίνακα 6 συμβολίζονται οι πύλες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική.

Συμβολισμός	Ονομασία	Περιγραφή
	Αποκλειστική Πύλη(Exclusive Gateway)	Χρησιμοποιείται σε μία διαδικασία που έχει ανάγκη διχοτόμησης ροής. Τότε μόνο ένα από τα μονοπάτια ενεργοποιούνται. Επίσης χρησιμοποιείται και όταν συγχωνεύονται ροές. Τότε αρκεί μία να ολοκληρωθεί για να συνεχιστεί η διαδικασία.
	Παράλληλη Πύλη(Parallel Gateway)	Χρησιμοποιείται για να διχοτομήσει μία ροή σε πολλά μονοπάτια. Μόλις ολοκληρωθεί η δραστηριότητα που προηγείται της πύλης ενεργοποιούνται ταυτόχρονα όλα τα μονοπάτια. Όταν χρησιμοποιείται για να συγχωνεύσει ροές, τότε πρέπει να ολοκληρωθούν όλες οι δραστηριότητες και μετά να προχωρήσει η διαδικασία.

**Πίνακας 6 Σύμβολα για τις πύλες**

### Συζευκτήρες (Connectors)

Όλες οι δραστηριότητες, οι πύλες, τα γεγονότα, τα έγγραφα κι οι υπεύθυνοι συνδέονται με τα παρακάτω βέλη. Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται οι συζευκτήρες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική.

Συμβολισμός	Ονομασία	Περιγραφή
	Ροή Διαδοχής(Sequence Flow)	Συμβολίζει την σειρά με την οποία εκτελούνται οι δραστηριότητες.
	Ροή Συσχέτισης(Data Association)	Χρησιμοποιείται για να συνδέσει δεδομένα με δραστηριότητες και συμβολίζει την επικοινωνία μεταξύ των lanes που αναπαριστούν τους υπεύθυνους.

**Πίνακας 7 Σύμβολα συζευκτών**

## 2.6 BIMP

Το Bimp είναι ένα σχετικά απλό λογισμικό βασισμένο στο διαδίκτυο που χρησιμοποιείται για να προσομοιάσει με τη χρήση του QBP Simulator μοντέλα επιχειρηματικών διαδικασιών. Είναι ένας δωρεάν και απλός προσομοιωτής για να διενεργούνται BPMN επιχειρηματικές διαδικασίες σε προσομοιώσεις πολλαπλών δεδομένων. Αναπτύχθηκε στην Εσθονία στο πανεπιστήμιο του Tartu από ένα γκρουπ μηχανολόγων μηχανικών υπό την επίβλεψη του Δρ Marlon Dumas. Ο εν λόγω προσομοιωτής παρέχει μια απλή βασισμένη στη χρήση διαδικτύου μορφή, με περιορισμένες δυνατότητες, για να τεθούν οι παράμετροι και παρέχει ως αποτέλεσμα προσομοίωσης μια σειρά αριθμών και ιστογραμμών. Τα στοιχεία BPMN 2.0 τα οποία είναι δυνατόν να προσομοιώσει το Bimp είναι τα ακόλουθα:

### Διαδικασίες

- Διαδικασία Ροής και Βρόχοι Ακολουθίας
- Δεξαμενή και Λωρίδες

### Δραστηριότητες

- Δραστηριότητες (Δραστηριότητα, Δραστηριότητα Μηνύματος, Αυτόματη Δραστηριότητα, Χειροκίνητη Δραστηριότητα, Δραστηριότητα Επιχειρηματικού Κανόνα, Δραστηριότητα Λήψης, Δραστηριότητα Χρήστη, Δραστηριότητα Εγγράφου)
- Υποδιεργασίες (Συμπυγμένες και Επεκταμένες), Ad-hoc Υποδιεργασίες
- Δραστηριότητα κλήσης

### Γεγονότα

- Έναρξη Γεγονότος
- Λήξη Γεγονότος
- Ενδιάμεσα Γεγονότα (Μήνυμα, Χρονόμετρο, Σφάλμα, Κλιμάκωση)
- Γεγονότα Ενδιάμεσων Ορίων (Γεγονότα Διακοπής και Μη Διακοπής, Χρονόμετρο, Κλιμάκωση και Γεγονότα Σφάλματος)
- Γεγονός Τερματισμού

### Πύλες (αποκλίνουσες και συγκλίνουσες)

- Αποκλειστική Πύλη (XOR)
- Περιεκτική Πύλη (OR)



- Παράλληλη Πύλη (AND)
- Πύλη που βασίζεται σε εκδηλώσεις

### **Συνεργασία και Ροές Μηνυμάτων**

Οι συνεργασίες μεταξύ πολλαπλών διεργασιών υποστηρίζονται εν μέρει από τον προσομοιωτή QBP. Οι συνεργασίες υποστηρίζονται μόνο για τα μοντέλα BPMN εάν υπάρχει μόνο μία κύρια διαδικασία που ξεκινά τις άλλες. Οι ροές μηνυμάτων για συνεργασίες πρέπει πάντα να λαμβάνονται από ένα ενδιάμεσο συμβάν αλιευμάτων.

Η διαδικασία της προσομοίωσης με την χρήση του λογισμικού Bimpr είναι απλή. Αρχικά ανεβάζουμε το αρχείο του γραφήματος BPMN 2.0 το οποίο έχει κατασκευαστεί είτε από το Camunda Modeler είτε από το Sap Signavio είτε από οποιοδήποτε λογισμικό κατασκευής γραφημάτων BPMN 2.0, στην διαδικτυακή σελίδα του Bimpr. Εκεί μας χωρίζει τις επιλογές οι οποίες είναι η είσοδο (πόσοι/α εισέρχονται ανά πόση ώρα), οι πόροι τους οποίους έχουμε (προσωπικό, μηχανήματα, κα), την ώρα και πόσες ημέρες την εβδομάδα εργάζονται οι πόροι, τις δραστηριότητες (παίρνουν τιμές από στατιστικές κατανομές τις οποίες έχουμε υπολογίσει από δεδομένα) τις πύλες και τα ενδιάμεσα γεγονότα (παίρνουν τιμές από πιθανότητες τις οποίες έχουμε υπολογίσει από δεδομένα). Όταν περάσουμε τα δεδομένα στο Bimpr τα οποία τα έχουμε συλλέξει από μετρήσεις ή βάσεις δεδομένων τρέχουμε την προσομοίωση και παίρνουμε τα αποτελέσματα τα οποία έχουν να κάνουν με το πόσο εργάζονται οι πόροι, αν έχουμε καθυστερήσεις σε κάποιες δραστηριότητες, πόσοι ώρα διαρκεί η συνολική διαδικασία των εισόδων κα.

## **2.7 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ**

Η Μηχανική Μάθηση είναι ένας επιστημονικός κλάδος που επικεντρώνεται σε δυο βασικά ερωτήματα. Το πρώτο είναι το πώς κάποιος μπορεί να φτιάξει συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών που βελτιώνονται και εξελίσσονται αυτόματα μέσω των εμπειριών και το δεύτερο είναι το ποιοι είναι εκείνοι οι νόμοι με στατιστικό, πληροφοριακό και θεωρητικό πλαίσιο που διέπουν όλα τα συστήματα μάθησης συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, των υπολογισμών κι των λοιπών οργανισμών. Η Μηχανική Μάθηση έχει ως σκοπό να δημιουργηθούν μηχανές ικανές να μαθαίνουν και να βελτιώνουν την απόδοσή τους σε ορισμένους τομείς αξιοποιώντας πρότερη γνώση και εμπειρία. Ο Mitchell (1997) μας δίνει έναν λίγο πιο σχετικό ορισμό του όρου της Μηχανικής Μάθησης την οποία και περιγράφει ως: «Ένα πρόγραμμα υπολογιστή λέμε ότι μαθαίνει από την εμπειρία Ε ως προς κάποια κλάση εργασιών Τ και μέτρο απόδοσης Ρ, αν η απόδοσή του σε εργασίες από το Τ, όπως μετριέται από το Ρ, βελτιώνεται μέσω της εμπειρίας Ε.» (Mitchel, 1997)

Η Μηχανική μάθηση λοιπόν έχει δραματική πρόοδο τις τελευταίες δύο δεκαετίες, από την περιέργεια σε εργαστηριακό επίπεδο σε ευρέως διαδεδομένη εμπορική χρήση. Η μελέτη της Μηχανικής Μάθησης είναι σημαντική και για να μπορέσουν να απαντηθούν ουσιαστικά τα ερωτήματα που έχουν τεθεί αλλά και για την κατανόηση και ορθή χρήση του λογισμικού που παράγεται με εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), η Μηχανική Μάθηση έχει αναδυθεί σαν μια επιλογή για την ανάπτυξη πρακτικών λογισμικών μια την ικανότητα των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε όραση, αναγνώριση λόγου, φυσική επεξεργασία γλώσσας, ρομποτικό έλεγχο και άλλες εφαρμογές. Πολλοί ερευνητές των συστημάτων Τεχνίτης Νοημοσύνης αναγνωρίζουν πλέον τις ατέρμονες επιλογές που προσφέρει καθώς μπορεί να είναι ευκολότερο να εκπαιδεύσεις ένα σύστημα με το να του δείχνεις παραδείγματα των επιθυμητών εισροών-εκροών σε θέματα επιθυμητής συμπεριφοράς σε αντίθεση με το να πρέπει να προγραμματίζουν κάθε φορά χειροκίνητα την επιθυμητή αντίδραση και συμπεριφορά για κάθε εισροή (Jordan & Mitchell, 2015). Μια ευρεία σειρά αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης έχει αναπτυχθεί για να καλύψει την ευρεία γκάμα των δεδομένων και των τύπων των προβλημάτων που αναδεικνύονται από προβλήματα που προκύπτουν σχετικά με τη Μηχανική μάθηση. Σαν λογική οι αλγόριθμοι της μηχανικής μάθησης μπορούν να αντιμετωπιστούν ως μια έρευνα μέσα σε πολλές έρευνες για την ανεύρεση εκείνου του προγράμματος που βελτιστοποιεί τη μέτρηση της επίδοσης. Οι αλγόριθμοι της μηχανικής μάθησης διαφέρουν μεταξύ του ανάλογα με τον τρόπο που απεικονίζουν τα υπό έρευνα προβλήματα, όπως για παράδειγμα με μαθηματικές συναρτήσεις, γλώσσες γενικού προγραμματισμού και άλλα, και ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η αναζήτηση, δηλαδή μέσω αλγορίθμων και προγραμμάτων βελτιστοποίησης, με μεθόδους βέλτιστης αναζήτησης και μεταλλαγμένων προγραμμάτων (Jordan & Mitchell, 2015).

## 2.8 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

Ως μοντελοποίηση νοείται η διαδικασία για τη δημιουργία μίας συνοπτικής αναπαράστασης για ένα σύστημα του πραγματικού κόσμου με το οποίο απεικονίζονται οι ιδιότητες του στον επιθυμητό βαθμό λεπτομερειών. Σε ότι αφορά τον επιχειρηματικό τομέα η μοντελοποίηση έχει σχέση με μέρος ή και με το σύνολο των διαδικασιών που συντελούνται σε μια επιχείρηση. Όπως αναφέρει ο Striening σαν ορισμό, η έννοια της Διαδικασίας δείχνει μία αλληλουχία δραστηριοτήτων για να δημιουργηθούν εκείνα τα προϊόντα ή υπηρεσίες, τα οποία είναι άμεσα συνδεδεμένα μεταξύ τους και το σύνολό αυτών καθορίζει την Διοίκηση, την Παραγωγή, την Τεχνική Διοίκηση και την οικονομική επιτυχία της εκάστοτε επιχείρησης (Γκαγκιαλής, 2011).. Στο ίδιο μοτίβο, μία Δραστηριότητα εκφράζει μία στοιχειώδη εργασία, που είναι κατά κύριο λόγο ατομική, και

είναι κομμάτι του χαμηλότερου επίπεδου στο πεδίο της ανάλυσης σε ότι αφορά την ανάλυση μιας Διαδικασίας (Στεργίου, 2016)

Έτσι η μοντελοποίηση διαδικασιών μπορεί να εκφραστεί και να δομηθεί από διαφορετικές οπτικές. Καθώς λοιπόν το κάθε επιχειρησιακό σύστημα μπορεί να αναλύεται μέσω πολλών οπτικών, μπορούμε να τις διακρίνουμε σε:

- Οπτική των Πόρων
- Οπτική των Διαδικασιών
- Οπτική των Πληροφοριακών Συστημάτων
- Οργανωτική Οπτική
- Οπτική των Δεδομένων
- Οπτική των Οικονομικών
- Οπτική των Λειτουργιών
- Οπτική των Προϊόντων
- Οπτική της Στρατηγικής

## 2.9 ΠΟΙΑ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ένας από τους πλέον διαδεδομένους ορισμούς για τη μοντελοποίηση είναι εκείνος των Scholtz-Reiter(1996) σύμφωνα με τους οποίους «Η μοντελοποίηση επιχειρησιακών διαδικασιών χρησιμοποιείται για να περιγράψει όλες εκείνες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την μετατροπή της διαθέσιμης για τα επιχειρησιακά συστήματα γνώσης σε μοντέλα που περιγράφουν τις διεργασίες τις οποίες εκτελούν οι εκάστοτε οργανισμοί». Αυτά τα μοντέλα κάνουν πιο εύκολο στα αρμόδια εκτελεστικά όργανα της επιχείρησης να πάρουν εκείνες τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τον βέλτιστο τρόπο λειτουργίας της επιχείρησης και να επικεντρώνονται σε εκείνα τα δεδομένα και τομείς που θέλουν να εμβαθύνουν (Παναγιώτου, Ευαγγελλόπουλος, Κατημερτζόγλου, & Γκαγιαλής, 2013)

Στον σύγχρονο επιχειρηματικό στίβο σκοπός των επιχειρήσεων είναι η βελτίωση των προϊόντων τους και της παραγωγικότητας με σκοπό την ορθή και επιτυχημένη αντιμετώπιση τους ανταγωνισμού. Σε αυτόν των αγώνα απέναντι στον ανταγωνισμό η μοντελοποίηση δίνει στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα να επιζήσουν και να αναπτυχθούν με ανταγωνιστικότερα και πιο κερδοφόρα προϊόντα και αποφάσεις.

Υπάρχουν πέντε κύρια πλεονεκτήματα που η μοντελοποίηση προσφέρει στον επιχειρηματικό τομέα.

1. **Ευχέρεια.** Βασικό πλεονέκτημα καθώς δίνεται η δυνατότητα στον επιχειρηματικό κόσμο να μπορεί να αδράξει τις ευκαιρίες που προκύπτουν. Παρόλα αυτά για την υλοποίηση αυτών των ευκαιριών πρέπει να επέλθουν μεταβολές στις διαδικασίες. Σε αυτό το σημείο έρχεται να βοηθήσει η δυνατότητα ευχέρειας και προσαρμογής στα νέα δεδομένα.

2. **Συνεχώς μειωμένα κόστη και υψηλότεροι τζίροι.** Με τη μοντελοποίηση δίνεται την εταιρεία η δυνατότητα από τη μια μεριά να γίνει παραγωγικότερη και από την άλλη να επιτύχει μείωση του κόστους παραγωγής. Χρησιμοποιώντας με κατάλληλο τρόπο το εργαλείο της μοντελοποίησης βοηθάει την εταιρεία να μπορεί να ξεπερνά τα όποια προβλήματα ήταν τροχοπέδη. Με αυτό τον τρόπο αφενός επιτυγχάνεται βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος και αφετέρου δίνεται η δυνατότητα έγκαιρης εξυπηρέτησης των πελατών.

3. **Αυξανόμενη Ικανότητα.** Μέσω της μοντελοποίησης εντοπίζονται προβλήματα και μπορεί να γίνει πιο εύκολα η αντιστοίχιση τους με τους αρμόδιους υπαλλήλους. Επιπλέον διαγράφοντας τα περιττά καθήκοντα επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση των διαδικασιών και εφαρμόζοντας αυτοματοποίηση μειώνει την πιθανότητα λάθους και την επανάληψη της διαδικασίας από την αρχή. Με αυτό τον τρόπο η εταιρεία μπορεί να επιλύσει τυχόν προβλήματα που είναι σχετικά με τις διαδικασίες και την ίδια στιγμή να ενεργήσει με τέτοιο τρόπο που να τις βελτιώσει.

4. **Διορατικότητα.** Κάνοντας χρήση των εργαλείων μοντελοποίησης μπορεί να αυτοματοποιεί τις διαδικασίες. Τα εργαλεία αυτά δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες τους να βλέπουν την λειτουργία των διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο. Με την αυτοματοποίηση επιτυγχάνεται έλεγχος των διαδικασιών χωρίς να χρησιμοποιείται πολύ ανθρώπινο δυναμικό και τεχνικοί ελέγχου.

5. **Συμμόρφωση και Ασφάλεια.** Οι πρακτικές της μοντελοποίησης διαδικασιών δίνουν τη δυνατότητα στην εταιρία να ενημερώνεται για τις οικονομικές υποχρεώσεις της και τους υφιστάμενους νόμους του κράτους σχετικούς με την λειτουργία της σε όλους τους τομείς της δραστηριότητάς της. Επιπλέον μέσω της μοντελοποίησης μπορούν οι εργαζόμενοι να μυούνται στις πολιτικές της εταιρείας και να μπορούν να διασφαλίζουν τα συμφέροντα της.

Αυτά είναι τα πέντε ουσιαστικά πλεονεκτήματα που κερδίζει μία εταιρία, εάν χρησιμοποιεί την μοντελοποίηση των διαδικασιών. Σε αυτά θα μπορούσαν να προστεθούν και άλλα όπως:

- Εξάλειψη ορισμένων λειτουργιών χωρίς προστιθέμενη αξία
- Σχεδιασμός νέων ουσιαστικών συστημάτων
- Να βελτιωθούν οι εργασίες δίνοντας έμφαση στις δραστηριότητες προστιθέμενης αξίας

- Να ελέγχονται οι παράγοντες με μεταβλητότητα
- Ύπαρξη κοινής γλώσσας και διευκόλυνση στην επικοινωνία
- Να επιτυγχάνεται η αυτοματοποίηση διαδικασιών
- Να γίνεται ανάλυση των διαδικασιών και των πληροφορικών συστημάτων πριν να εφαρμοστούν.
  - Να επιτυγχάνεται η ανάλυση των διαδικασιών με στόχο τον εντοπισμό τυχόν δυσλειτουργιών και ταυτόχρονα να δίνεται έναυσμα για βελτίωση
  - να αποδομούνται οι πολύπλοκες διαδικασίες με αποτέλεσμα να υπάρχει καλύτερη κατανόηση των επιμέρους διαδικασιών.

## 2.10 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η Μοντελοποίηση διαδικασιών (Process Modeling) χρησιμοποιείται σε πολύ μεγάλο βαθμό και βασίζεται στην γραφική απεικόνιση των διαδικασιών. Έτσι καθίσταται δυνατό να τεκμηριωθούν, να καταγραφούν και παραπέρα να εκτιμηθούν οι απαιτούμενοι από την κάθε διαδικασία πόροι. Γενικά δεν υπάρχει κάποιο μοναδικό, ευρέως καθιερωμένο πρότυπο μοντελοποίησης και σε κάθε περίπτωση ο τρόπος με τον οποίο δομείται το εκάστοτε μοντέλο επηρεάζεται σημαντικά από τις δυνατότητες του εργαλείου που επιλέγεται. Επιπλέον, η Μοντελοποίηση Διαδικασιών είναι συνήθως μέρος ενός ευρύτερου project, όπως η Αναδιοργάνωση Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Reengineering) και η δομή του μοντέλου εξαρτάται από τις απαιτήσεις του project. Εκτός από αυτά παρέχει στους χρήστες το εργαλείο για να μπορέσουν να αναπτύξουν σενάρια και να τους εμφανίζει αποτελέσματα, τα οποία μέσω εγγράφων με γραφήματα και με διακυμάνσεις δεικτών τους δίνουν τη δυνατότητα να κάνουν όλες τις απαραίτητες αξιολογήσεις για να αποφύγει η εταιρία λάθη τα οποία μπορούν να κοστίσουν ακόμα και την επιβίωση της και ταυτόχρονα να εξασφαλίσουν την συνέχιση της στον χώρο που δραστηριοποιείται και την περαιτέρω ανάπτυξη και ευημερία της.

Τρία βασικά πλεονεκτήματα που δίνουν τα εργαλεία μοντελοποίησης σε μία εταιρία είναι τα εξής:

1. **Ικανότητα:** Ένα από τα πλεονεκτήματα είναι αυτό της συνεχώς αυξανόμενης ικανότητας. Σε πολλές διαδικασίες έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει ανεκμετάλλετος χρόνος λόγω του ότι εμπεριέχουν χειρωνακτική εργασία, δεν υπάρχει καλή επικοινωνία μεταξύ των τμημάτων και υπάρχει δυσκολία στον έλεγχο των διαδικασιών. Έτσι, λοιπόν, τα εργαλεία μοντελοποίησης βοηθούν τις εταιρίες να εντοπίζουν τα λάθη που γίνονται και να τα εξαλείφουν.

**2. Αποτελεσματικότητα:** Ένα εργαλείο μοντελοποίησης μπορεί να κάνει τις διαδικασίες πιο αποτελεσματικές. Παράλληλα δίνει στους χρήστες έγκυρες και έγκαιρες πληροφορίες με αποτέλεσμα οι διαδικασίες να εκτελούνται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Εκτός από αυτά συμβάλει στην γρήγορη και αποτελεσματική εκτέλεση των διαδικασιών και αποτέλεσμα αυτού είναι η άμεση εξυπηρέτηση των πελατών. Γενικά, όταν οι διαδικασίες είναι πιο αποτελεσματικές και συμμορφώνονται στην στρατηγική και την πολιτική της εταιρίας, τότε η εταιρία γίνεται πιο κερδοφόρα και πιο ανταγωνιστική

**3. Ευελιξία:** Είναι πολύ σημαντικό στον επιχειρηματικό κόσμο του σήμερα μια εταιρία να έχει την ικανότητα της ευελιξίας. Αποδεικνύεται ότι οι εταιρίες των οποίων οι διαδικασίες είναι πιο δυσκίνητες μένουν στάσιμες. Πολλές φορές ευκαιρίες που παρουσιάζονται σε μια εταιρία, για να υλοποιηθούν μπορεί να απαιτούν αλλαγές οι οποίες θα κεφαλαιοποιηθούν στο μέλλον. Αλλά και γενικότερα μια εταιρία η οποία έχει την δυνατότητα της ευελιξίας, δείχνει ότι εξελίσσεται.

Υπάρχουν πολλά εργαλεία μοντελοποίησης τα. Στην παρούσα διπλωματική έγινε σύγκριση των Sap Signavio και Camunda modeler. Τελικά χρησιμοποιήθηκε το Camunda modeler καθώς το Sap Signavio δεν διέθετε καθόλου συμβολισμό δραστηριοτήτων αν και ήταν καλύτερο στις call activities καθώς σε δραστηριότητες οι οποίες ήταν κοινές σε διαδικασίες κλήσης αν διορθώναμε το λάθος σε μία διορθωνόταν ταυτόχρονα και στις άλλες διαδικασίες κλήσης.

## **2.11 ΟΡΙΣΜΟΣ & ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

Η βελτιστοποίηση είναι εκείνη η διαδικασία εύρεσης της καλύτερης δυνατής λύσης για κάποιο πρόβλημα σε σχέση με κάποιο κριτήριο. Η Βελτιστοποίηση χρησιμοποιείται σε διάφορα πεδία όπως η μηχανική, η φυσική, η οικονομία και πολλά ακόμα. Στις επιχειρήσεις αναφέρεται στην αναζήτηση των καλύτερων εκείνων τρόπων για την βελτίωση της απόδοσης τους. Αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνει το να βελτιωθούν οι διαδικασίες, να μειωθεί ο απαιτούμενος από τις διάφορες δραστηριότητες-διαδικασίες χρόνος και την βελτίωση ποιότητας των προϊόντων και υπηρεσιών που παρέχουν. Η βελτιστοποίηση συμβάλει επίσης στην μείωση του κόστους των επιχειρήσεων και συχνά οδηγεί σε αύξηση των εσόδων. Για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου συνήθως υπάρχει μια πλειάδα εναλλακτικών λύσεων και δυνατοτήτων. Για να υπάρχει αποτελεσματικότητα, δηλαδή να αξιοποιούνται οι υπάρχοντες πόροι κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, πρέπει να γίνει επιλογή εκείνης της λύσης που μεγιστοποιεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα ή ελαχιστοποιεί την απαιτούμενη θυσία.

Δύο είναι οι κύριες περιπτώσεις βελτιστοποίησης:



1. Βελτιστοποίηση χωρίς περιορισμούς σημαίνει ότι για μια δραστηριότητα επιδιώκεται η μεγιστοποίηση του οφέλους ή η ελαχιστοποίηση του κόστους της χωρίς επιπλέον να τεθούν περιορισμοί για τους πόρους προς χρήση. Η προσπάθεια για αριστοποίηση μπορεί να έχει σχέση όχι μόνο με μια αλλά και με περισσότερες δραστηριότητες ταυτοχρόνως, οπότε το πρόβλημα μετατρέπεται σε ένα πιο πολύπλοκο.
2. Ενώ όταν επιδιώκεται να μεγιστοποιηθεί η ωφέλεια ή να ελαχιστοποιηθεί το κόστος μιας δραστηριότητας περιορίζοντας ότι υπάρχει ορισμένο μέγεθος πόρων που μπορούν να διατεθούν υπάρχει πρόβλημα της βελτιστοποίησης με περιορισμούς .

## 2.12 ANOVA

Η ANOVA (Analysis of variance) δηλαδή η ανάλυση διασποράς τεστάρει τη στατιστική σημασία των διαφορών των μέσων όρων – της κεντρικής τάσης – ανάμεσα σε διάφορα σύνολα τιμών. Τα διαφορετικά σύνολα τιμών μπορεί να αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα ενός μοναδικού IV ή σε διαφορετικούς συνδυασμούς δύο ή περισσότερων IVs. Τα σύνολα τιμών μπορεί να προκύπτουν από διαφορετικές περιπτώσεις ή από την ίδια περίπτωση με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Εάν η διαφορά μεταξύ των τιμών είναι στατιστικά σημαντική διαφορά αναμένεται με κάποια πιθανότητα να επανεμφανιστεί στην μελέτη. Μια στατιστικά μη σημαντική διαφορά υπονοεί ότι δεν μπορεί να αποκληθεί η πιθανότητα ότι οι διαφορές των τιμών που υπάρχουν στο δείγμα συνέβησαν τυχαία (TABACHNICK & FIDELL, 2007).

Η Ανάλυση Διασποράς ή Διακύμανσης είναι ένα από τα στατιστικά κριτήρια που έχει σαν κύριο σκοπό τη σύγκριση δύο ή περισσότερων μέσων όρων για να μπορέσει να διαπιστώσει το εάν οι διαφορές μεταξύ των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές (Παπαναστασίου, 2016). Η Ανάλυση Διασποράς μπορεί να γίνει ως προς ένα παράγοντα (one way ANOVA), ως προς δύο παράγοντες (two way ANOVA) και η Ανάλυση Συνδιασποράς (Analysis of Covariance).

### **3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ**

Σε αυτήν την παράγραφο γίνεται αναλυτική περιγραφή της βιομηχανικής μονάδας. Γίνεται ιστορική αναδρομή της και αναφέρονται τα προϊόντα τα οποία παράγει σε κάθε ένα από τα εργοστάσια τα οποία διαθέτει. Αναφέρεται ο τρόπος λειτουργίας του εργοστασίου το οποίο μελετήσαμε και εξηγείται το πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίστηκε.

#### **3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ**

Η «KARATZIS S.A» δραστηριοποιείται στην κατασκευή καινοτόμων υλικών δίχτυων για περισσότερες από τέσσερις δεκαετίες. Ξεκινώντας με ένα μικρό εργοστάσιο στην Ελλάδα, η «KARATZIS S.A» έχει εξελιχθεί σε παγκόσμιο ηγέτη με ενεργή εμπορική παρουσία σε περισσότερες από 70 χώρες και υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις παραγωγής σε Ελλάδα και Γερμανία. Το χαρτοφυλάκιο προϊόντων του Ομίλου περιλαμβάνει προϊόντα δεματοποίησης καλλιεργειών: δίχτυ δεμάτων, φιλμ ενσείρωσης και σπάγκο δεματοποίησης. Τσάντες Raschel, Σωληνοειδές Δίχτυ, Δίχτυ Παλέτας για συσκευασία μετασυλλεκτικής παραγωγής. Δίχτυα Χριστουγεννιάτικων Δέντρων, Συσκευασίες Έκθεσης, Δίχτυα Επεξεργασίας Κρέατος, Δίχτυα Κηπουρικής, Δίχτυα Σκίασης, Δίχτυα για τη συγκομιδή τουλίπες και Δίχτυα Κατασκευών. Η συνολική παραγωγική ικανότητα ξεπερνά τους 60.000 τόνους.





**Εικόνα 1 Βιομηχανική Μονάδα Karatzis S.A**

Το βασικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της «KARATZIS S.A» έγκειται στον καινοτόμο χαρακτήρα των προϊόντων της, τα οποία χαρακτηρίζονται όχι μόνο από κορυφαία πρότυπα ποιότητας αλλά και από υψηλή προστιθέμενη αξία που τα καθιστά αναντικατάστατα για τους τελικούς χρήστες. Ταυτόχρονα, ο βασικός πυλώνας της επιτυχημένης επιχειρηματικής λειτουργίας της «KARATZIS S.A» βρίσκεται στη στερεή παραγωγική βάση με συνολικό εργοστασιακό χώρο που ξεπερνά τα 65.000 τετραγωνικά μέτρα. Τα βιομηχανικά συγκροτήματα του Ομίλου βρίσκονται σε: 3 εργοστάσια στο νομό Ηρακλείου Κρήτης, ένα στη Λάρισα του νομού Θεσσαλίας. Η εταιρεία διαθέτει επίσης εργοστάσιο παραγωγής στη Γερμανία.

### 3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Το εργοστάσιο στο οποίο περιγράφουμε είναι ένα από τα τρία που βρίσκονται στο Ηρακλείου Κρήτης. Παράγει δίχτυ δεμάτων άχυρου και δίχτυ παλέτας έχει εικοσιτετράωρη λειτουργία και δουλεύει όλες τις ημέρες της εβδομάδας. Οι βάρδιες των εργαζομένων είναι 3 και οι ώρες είναι: 06:00-14:00, 14:00-22:00 και 22:00-06:00. Ο χώρος αποθήκευσης του υλικού είναι είδη εφοδιασμένος με τόνους υλικού το οποίο είναι το απαιτούμενο για ημερήσια εικοσιτετράωρη κατανάλωση που το έχουν φέρει οι αποθηκάριοι. Ο εφοδιασμός αυτός γίνεται κάθε μεσημέρι στις 16:00.

Από εκεί οι χειριστές των εξτρούντερ μεταφέρουν τα υλικά στον χώρο αναμονής για το εξτρούντερ. Τα εξτρούντερ είναι οι μηχανές εκείνες οι οποίες δέχονται την πρώτη ύλη και την μετατρέπουν σε φιλμ. Το εξτρούντερ δεν αδειάζει σχεδόν ποτέ καθώς ο ανεφοδιασμός του γίνεται καθώς δουλεύει. Οι μηχανές εξτρούντερ είναι 12 με το 95% της παραγωγής να πηγαίνει στο πάνω όροφο ενώ το 5% στον κάτω και σε αυτές αντιστοιχεί 1 χειριστής ανά 4 μηχανές ανά βάρδια. Η κάθε μηχανή παράγει 2 φιλμ ανά 2 ώρες τα οποία οι χειριστές τα τοποθετούν στον χώρο αναμονής για να έρθει ο μεταφορέας να τα παραλάβει καθώς επίσης ενημερώνουν την βάση δεδομένων με τα στοιχεία του κάθε φιλμ και αν υπάρχει βλάβη σε κάποια μηχανή ώστε να ενημερωθούν οι μηχανικοί για να την επιδιορθώσουν. Σε περίπτωση βλάβης σε αυτές τις μηχανές όλο το προϊόν πάει σκάρτο για ανακύκλωση. Όταν μία μηχανή σταματήσει να δουλεύει λόγω βλάβης ο χειριστής ενημερώνει την βάση δεδομένων συνεχίζει να δουλεύει με τις εναπομείναντες μηχανές. Οι συγκεκριμένες μηχανές δεν έχουν πολλές βλάβες με το χρόνο αλλαγής φιλμ να γίνεται ακαριαία χωρίς να σταματάει η μηχανή να λειτουργεί.

Στην συνέχεια έρχεται ο μεταφορέας όπου είναι ένας ανά βάρδια και παίρνει τα παραγόμενα φιλμ μεταφέροντας τα στις πλεκτομηχανές, λίγο προτού τελειώσει το φιλμ που πλέκεται, είτε στον πάνω, είτε στον κάτω όροφο.

Από εκεί οι χειριστές των πλεκτομηχανών τοποθετούν, μόλις τελειώσει το φιλμ που δουλεύουν, το καινούριο φιλμ στην πλεκτομηχανή και στην συνέχεια ξαναβάζουν την πλεκτομηχανή σε λειτουργία. Αφού το κάνουν αυτό ενημερώνουν την βάση δεδομένων με τα στοιχεία του ρολού που παράχθηκε. Οι πλεκτομηχανές του πάνω ορόφου είναι 58 και σε αυτές αντιστοιχούν 1 χειριστές ανά 3 μηχανές και ανά βάρδια ενώ οι πλεκτομηχανές του κάτω ορόφου είναι 15 και αντιστοιχούν 5 στον κάθε χειριστή ανά βάρδια. Στον πάνω όροφο η κάθε μηχανή παράγει 4 ρολά διχτιού δέματος άχυρου ανά 4 ώρες και 42 λεπτά ενώ στον κάτω όροφο η κάθε μηχανή παράγει 18 ρολά παλέτας ανά 18 ώρες και οι χειριστές τα τοποθετούν στον χώρο αναμονής για τους αποθηκάριους.

Ο ελάχιστος χρόνος παραγωγής για τις μηχανές του πάνω ορόφου είναι 4 ώρες ενώ του κάτω ορόφου είναι 8 ώρες. Σε περίπτωση βλάβης της κάθε πλεκτομηχανής ο χειριστής ενημερώνει την βάση δεδομένων ώστε να ειδοποιηθεί ο μηχανικός για να την επιδιορθώσει και στην συνέχεια δουλεύει με τις υπόλοιπες μηχανές που του έχουν απομείνει. Όταν οι μηχανές έχουν βλάβη είτε στον πάνω είτε στον κάτω όροφο όλο το προϊόν που ήταν να παραχθεί είναι σκάρτο και τοποθετείται στον χώρο αναμονής για ανακύκλωση

Κατά την διάρκεια της ημέρας οι μηχανικοί και οι ηλεκτρολόγοι ειδοποιούνται από την βάση δεδομένων για να αντιμετωπίσουν τις βλάβες που έχουν προκύψει και την ενημερώνουν για το τι πρόβλημα υπήρχε και ότι τις επισκεύασαν. Είναι 5 μηχανικοί και 3 ηλεκτρολόγοι.

### **3.3 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ**

Στην βιομηχανία παρατηρήθηκε η ανάγκη για τον έλεγχο το διαδικασιών ώστε να μελετηθεί κατά πόσο είναι παραγωγική ή όχι. Είχε παρατηρηθεί ότι η μηχανές δεν δουλεύουν στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους και ότι οι μηχανολόγοι μηχανικοί δεν προλαβαίνουν να διορθώσουν σε βέλτιστο χρονικό διάστημα τις βλάβες που προκύπτουν. Επίσης θέλησαν να γίνει μελέτη για το αν επηρεάζεται η παραγωγικότητα των μηχανών από διάφορους παράγοντες και βάση του τρόπου λειτουργίας του εργοστασίου να γίνει πρόβλεψη της παραγωγής για κάποιους μήνες.

## 4 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται για ποιους λόγους έχει η χρήση της κάθε μεθόδου και με ποιόν τρόπο χρησιμοποιήθηκε. Αναφέρεται ποιο ή ποια προγράμματα χρησιμοποιήθηκαν για την κάθε μέθοδο καθώς και ολόκληρη η μεθοδολογία με την οποία έγινε η χρήση τους.

### 4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αρχικά η βιομηχανία είχε ανάγκη την καλύτερη κατανόηση των γραμμών παραγωγής και για αυτό τον λόγο προχώρησε στην μοντελοποίηση των γραμμών παραγωγής του extruder όπου παράγεται το φιλμ για επεξεργασία, του πάνω ορόφου του οποίου οι μηχανές παράγουν δίχτυ άχυρου, του κάτω ορόφου του οποίου οι μηχανές παράγουν δίχτυ για προϊόντα του super market και την αλληλεπίδραση τους με τους μηχανολόγους και ηλεκτρολόγους μηχανικούς. Επιλέχθηκαν αυτές οι γραμμές παραγωγής καθώς είναι οι κύριες λειτουργίες της βιομηχανίας και μέσω αυτών μπορούμε να μελετήσουμε και να βελτιώσουμε την παραγωγικότητά της.

Για την υλοποίηση της μοντελοποίησης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και δεδομένα της βιομηχανίας τα οποία συλλέχτηκαν κατά την διάρκεια της πρακτικής άσκησης την οποία πραγματοποίησα εκεί και μετά από πολλές συναντήσεις με τους υπεύθυνους της βιομηχανίας μετά το πέρας αυτής. Μέσα σε αυτά περιέχονταν οι διαδικασίες της βιομηχανίας είτε σε μορφή διαγράμματος είτε σε γραφήματα, δεδομένα από την βάση δεδομένων σχετικά με τα προϊόντα, τις βλάβες και την παραγωγικότητα των μηχανών, ποιοι είναι οι υπεύθυνοι που εμπλέκονται στις διαδικασίες καθώς και μετρήσεις που έγιναν ώστε να ξέρουμε τους χρόνους των διαδικασιών εκείνων που εμπλέκονται στις διαδικασίες.

Στην επόμενη φάση ακολουθεί η μοντελοποίηση, που πραγματοποιήθηκε με την χρήση του εργαλείου Camunda Modeler, το οποίο είναι εργαλείο για γραφήματα σε γλώσσα BPMN 2.0. Αρχικά κατασκευάστηκαν τα μοντέλα σύμφωνα με τα στοιχεία που είχαν συλλεχτεί από την βιομηχανία και τις επεξηγήσεις που δόθηκαν από τους υπευθύνους. Έγινε αποτύπωση των διαδικασιών και της σύνδεσής τους με τις αντίστοιχες οργανωτικές μονάδες και βάσεις δεδομένων.

Στην συνέχεια μετά την αρχική καταγραφή είτε λόγω αστοχιών των μοντέλων ,λόγω κάποιας προσθήκης ή λόγω συμμόρφωσης των μοντέλων στο αισθητικό κομμάτι έγιναν τροποποιήσεις μέχρι το μοντέλο να καταλήξει στην τελική μορφή που θα παρουσιάσουμε.

## 4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για να επιτύχουμε την προσομοίωση ακολουθήσαμε τα βήματα που περιγράφονται στην παρούσα ενότητα. Αφού κατασκευάσαμε το γραφικό μοντέλο της διαδικασίας θέλαμε να παρακολουθήσουμε το πως λειτουργεί και το αν είναι αποδοτικό η όχι. Εκτός από αυτό θέλουμε να δούμε τι αλλαγές μπορούν να γίνουν ώστε οι γραμμές παραγωγής να βελτιστοποιηθούν ακόμα περισσότερο. Για αυτό το λόγο προχωρήσαμε στην προσομοίωση του μοντέλου το οποίο κατασκευάσαμε.

Για να επιτευχθεί αυτό έπρεπε να γίνει ανάλυση και καθαρισμός όλων των δεδομένων που συλλέχτηκαν από την βιομηχανία είτε από μετρήσεις είτε από την βάση δεδομένων ώστε να πάρουμε τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για αυτόν τον σκοπό ήταν ο χρόνος μέτρησης όλων υπεύθυνων που εμπλέκονταν στις εργασίες παραγωγής, ο χρόνος λειτουργίας των μηχανών, ο χρόνος επιδιόρθωσης των μηχανών ανάλογα την βλάβη, ποσοστά για το πόσα καλά η σκάρτα προϊόντα έχω για κάθε μηχανή, καθώς και ποσοστά για το τι είδος βλάβη έχει η κάθε μηχανή, ποσοστά για το αν έχω βλάβη η παράγω για την κάθε μηχανή.

Η ανάλυση και ο καθαρισμός των δεδομένων έγινε με την χρήση του MS Excel και η προσομοίωση εφαρμόστηκε με την χρήση του εργαλείου Bimpr το οποίο είναι ειδικό για την προσομοίωση γραφημάτων BPMN 2.0. Έγιναν πολλές προσομοιώσεις μέχρι να καταλήξουμε στο σωστό τελικό μοντέλο καθώς η βιομηχανία είχε αρκετές ιδιαιτερότητες τις οποίες καταφέραμε να επιλύσουμε πολλές φορές με αλλαγή του γραφήματος όπως αναφέρουμε και παραπάνω.

Τέλος τρέξαμε πολλές φορές την προσομοίωση ώστε να πάρουμε τον καλύτερο αριθμό προσωπικού που χρειάζεται η βιομηχανία ώστε να μας δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα χωρίς να υπάρχει πρόβλημα σε κάποια από τις γραμμές παραγωγής που προσομοιώσαμε.

## 4.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

Ένας άλλος τομέας που ελέγξαμε στην βιομηχανία ήταν η παραγωγικότητα των μηχανών ανά μήνα. Αυτό έγινε ώστε να παρατηρηθεί αν η βιομηχανία κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα βάση του τρέχοντος προσωπικού καθώς και αν επηρεάζεται από τις εποχές. Επιπρόσθετα κάναμε και πρόβλεψη της παραγωγικότητας για τους επόμενους μήνες επειδή δεν είχαμε μεγάλο όγκο δεδομένων με χρονολογίες και χωρίς να αλλάξουμε καθόλου

το προσωπικό για να δούμε αν κρίνεται αναγκαίο να γίνουν αλλαγές και αν ταυτίζεται με τα στοιχεία που έχουν προκύψει από την προσομοίωση.

Για την περάτωση των παραπάνω διαδικασιών εφόσον έχουμε καθαρίσει τα δεδομένα για να τα χρησιμοποιήσουμε στην προσομοίωση επιλέγουμε εκείνα τα οποία μας ενδιαφέρουν ώστε να μελετήσουμε την παραγωγικότητα και να κάνουμε την πρόβλεψη που θέλουμε. Τα δεδομένα τα οποία μας χρειάστηκαν για την πρόβλεψη ήταν η παραγωγικότητα και ο μήνας. Ενώ για τον έλεγχο αν η εποχή επηρεάζει την παραγωγικότητα τα δεδομένα που χρειάστηκαν ήταν η παραγωγικότητα ανά εποχή.

Ο παραπάνω τρόπος πρόβλεψης που αναφέρουμε αφορά τη μηχανική μάθηση με απλή γραμμική παλινδρόμηση. Ενώ η μελέτη για να δούμε αν επηρεάζεται η παραγωγικότητα από τις εποχές γίνεται με την μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης. Για την υλοποίηση τους χρησιμοποιήσαμε την γλώσσα προγραμματισμού Python.

Από τα διαγράμματα που προέκυψαν βγάλαμε τα συμπεράσματα τα οποία χειμαζόμασταν ώστε να μπορέσουμε να μιλήσουμε για την παραγωγικότητα ανάλογα τις παραμέτρους που χρησιμοποιήσαμε.



## 5 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η περιγραφή για το ποιο είναι το πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίσαμε. Γίνεται αναφορά για το πως ακριβώς χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι και ποια προβλήματα παρουσιάστηκαν κατά την χρήση τους. Απεικονίζονται όλα τα στοιχεία τα οποία προέκυψαν από την χρήση των μεθόδων και περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία με την οποία επιλύσαμε το πρόβλημα.

### 5.1 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Η βιομηχανία παριστάνεται με την δεξαμενή (pool). Εκεί μέσα εκτελούνται όλες οι διαδικασίες και αφορούν μόνο την βιομηχανία. Οι υπεύθυνοι οι οποίοι εμπλέκονται στις διαδικασίες παριστάνονται με λωρίδες (lanes).

Η αλληλουχία των δραστηριοτήτων που δημιουργούν τις διαδικασίες φαίνεται από τα βέλη που ενώνουν τις δραστηριότητες. Σε κάθε δραστηριότητα ένα βέλος εισέρχεται και ένα εξέρχεται.

Έχουμε περιπτώσεις όμως στις οποίες ήταν αναγκαίο να γίνει συγχώνευση ή διχοτόμηση των δραστηριοτήτων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι πύλες (gateways). Ανάλογα το πρόβλημα που υπήρχε, χρησιμοποιήθηκε η αντίστοιχη πύλη.

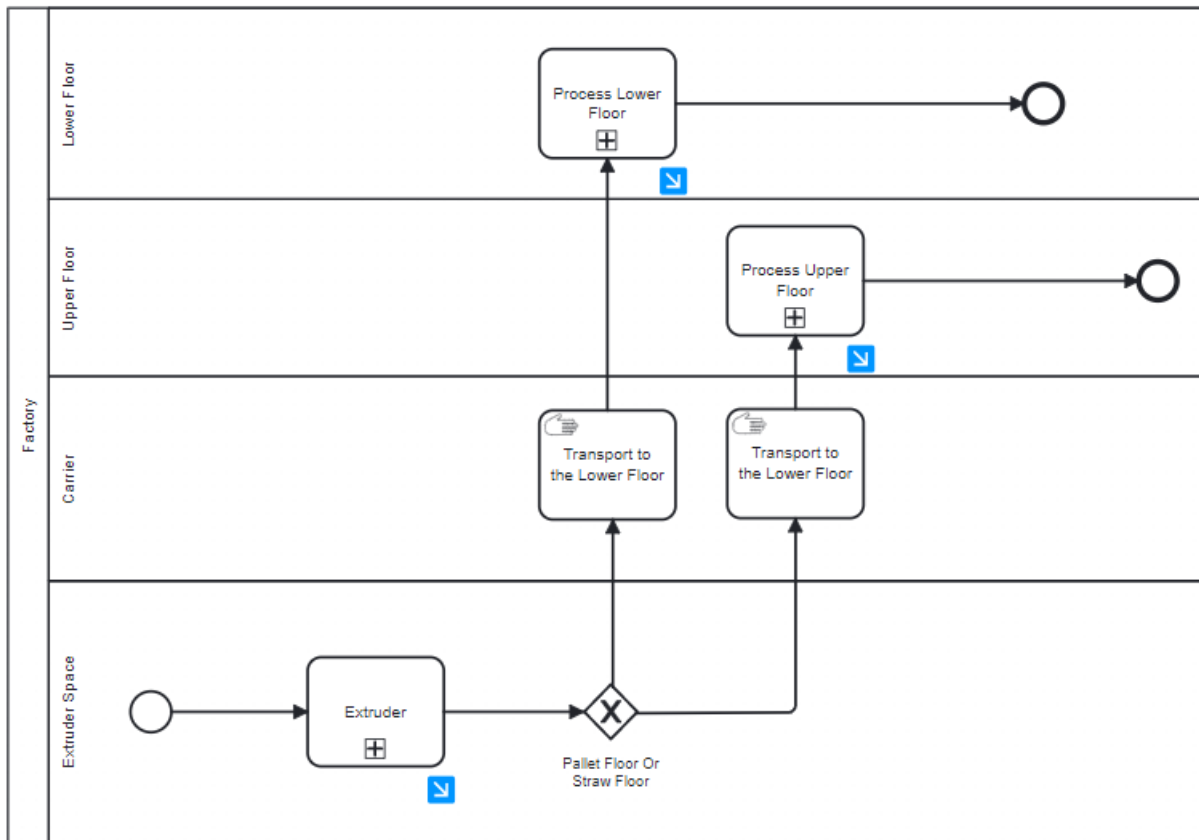
Σε ορισμένες δραστηριότητες είναι απαραίτητο να συμβολιστεί με ποιόν τρόπο ο υπεύθυνος εκτελεί την κάθε δραστηριότητα. Το χαρακτηριστικό αυτό φανερώνεται στο πάνω αριστερά μέρος αυτής. Στην περίπτωση μας θα χρησιμοποιήσουμε, ότι η δραστηριότητα εκτελείται χειροκίνητα, ότι η δραστηριότητα εκτελείται αυτόματα και ότι κάποιος χρήστης ενημερώνει κάποιο λογισμικό.

Σε μερικές δραστηριότητες είναι σημαντική η αποθήκευση πληροφορίας. Για αυτό το λόγο μέσα στα μοντέλα χρησιμοποιείται το σύμβολο της βάσης δεδομένων

Η βιομηχανία χωρίζεται σε πέντε δεξαμενές, α) στο συνολικό χώρο του εργοστασίου, β) στην διαδικασία κλήσης των μηχανών εξτρουίντερ, γ) στην διαδικασία κλήσης του πάνω ορόφου, δ) στην διαδικασία κλήσης του κάτω ορόφου και ε) στην διαδικασία κλήσης των μηχανικών.

Αρχικά εισέρχεται η πρώτη ύλη και συμβολίζεται με το γεγονός έναρξης (start event) όπως μας δείχνει η εικόνα 2. Στη συνέχεια προχωράμε στην διαδικασία κλήσης του χώρου των μηχανών εξτρουίντερ, η οποία συμβολίζεται με το σύμβολο της διαδικασίας κλήσης (call activity), όπως όλες οι διαδικασίες κλήσης που θα

χρησιμοποιήσουμε. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία κλήσης αυτή υπάρχει η ανάγκη διχοτόμησής της καθώς το προϊόν το οποίο έχει παραχθεί μεταφέρεται από τον μεταφορέα στον πάνω ή στον κάτω όροφο. Ακολουθούν οι διαδικασίες κλήσης των δύο ορόφων και τέλος παράγεται το τελικό προϊόν το οποίο συμβολίζεται με το γεγονός λήξης (end event).



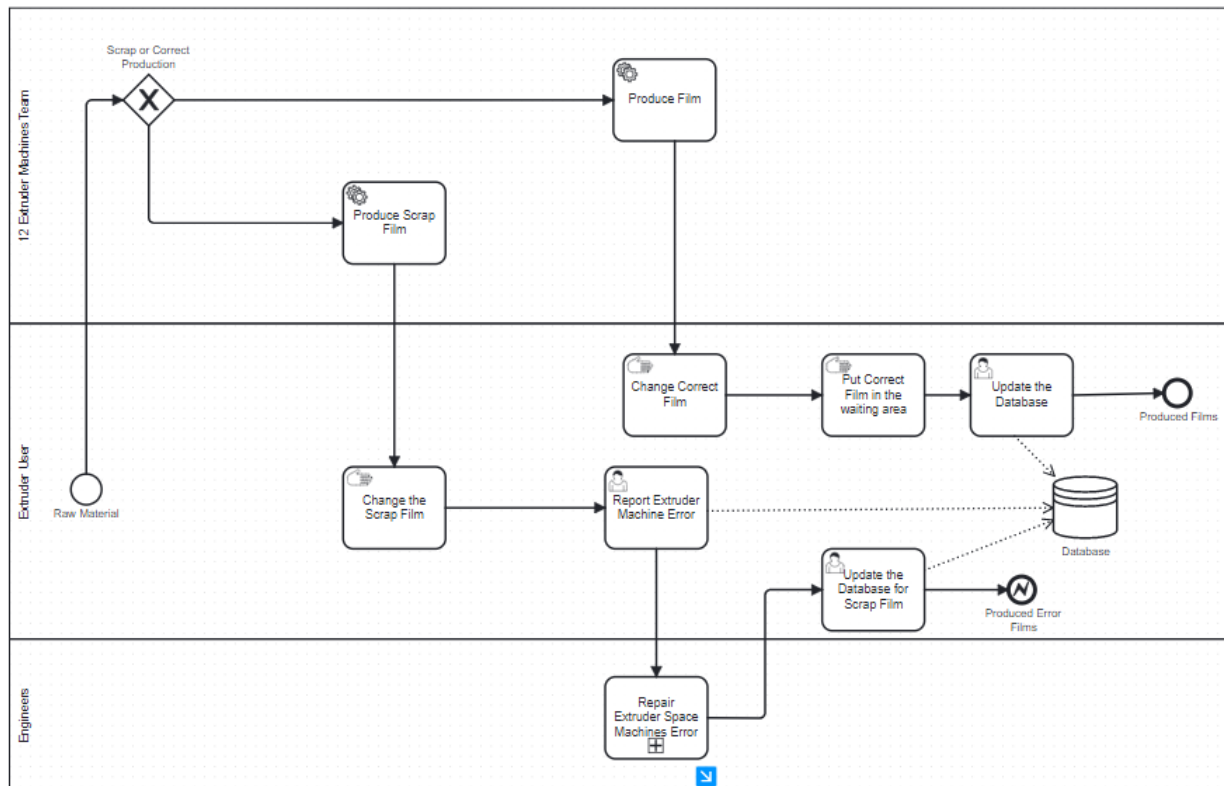
**Εικόνα 2 Διαδικασία βιομηχανικής μονάδας σε μορφή BPMN**

Η διαδικασία κλήσης των μηχανών εξτρουύντερ ξεκινάει με την εισαγωγή της πρώτης ύλης ως γεγονός έναρξης όπως μας δείχνει η εικόνα 3. Σε αυτήν την διαδικασία κλήσης, όπως και στις διαδικασίες κλήσης του πάνω και του κάτω ορόφου, προέκυψε ένα πρόβλημα καθώς όταν πάθει βλάβη η μηχανή πρέπει να ακολουθήσει άλλη διαδρομή. Αυτό σημαίνει ότι αν χρησιμοποιούσαμε το ενδιάμεσο γεγονός βλάβης, καθώς τα ενδιάμεσα γεγονότα δουλεύουν με πιθανότητες, θα πάθαινε η μηχανή βλάβη πάντα στο ίδιο λεπτό. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με την βοήθεια της πύλης καθώς η μία κατεύθυνση οδηγεί πάντα σε βλάβη και η άλλη πάντα σε παραγωγή.

Οι μηχανές εξτρουύντερ τροφοδοτούνται αυτόματα με την πρώτη ύλη και παράγουν το προϊόν, σκάρτο η καλό. Στην περίπτωση του καλού παραγόμενου προϊόντος, το οποίο ονομάζεται φιλμ, ο χειριστής των μηχανών



εξτρουόντερ αλλάζει το παραγόμενο προϊόν ώστε η μηχανή να παράξει το επόμενο και το τοποθετεί στον χώρο αναμονής για τον μεταφορέα. Ακολούθως ενημερώνει την βάση δεδομένων και η δραστηριότητα τελειώνει με την παραγωγή του φιλμ ως γεγονός λήξης. Στην περίπτωση της παραγωγής σκάρτου προϊόντος, ο χειριστής των μηχανών εξτρουόντερ αλλάζει το σκάρτο προϊόν, ενημερώνει την βάση δεδομένων για να ειδοποιηθούν οι μηχανικοί και να ακολουθήσει η διαδικασία κλήσης των μηχανικών. Μετά το πέρας της διαδικασίας κλήσης των μηχανικών ο χειριστής εξτρουόντερ ενημερώνει την βάση δεδομένων για το σκάρτο προϊόν και η διαδικασία ολοκληρώνεται με το γεγονός λήξης βλάβης (end error event) το οποίο δεν αφήνει την δραστηριότητα να συνεχίσει προς την μεταφορά της στους άλλους χώρους του εργοστασίου.



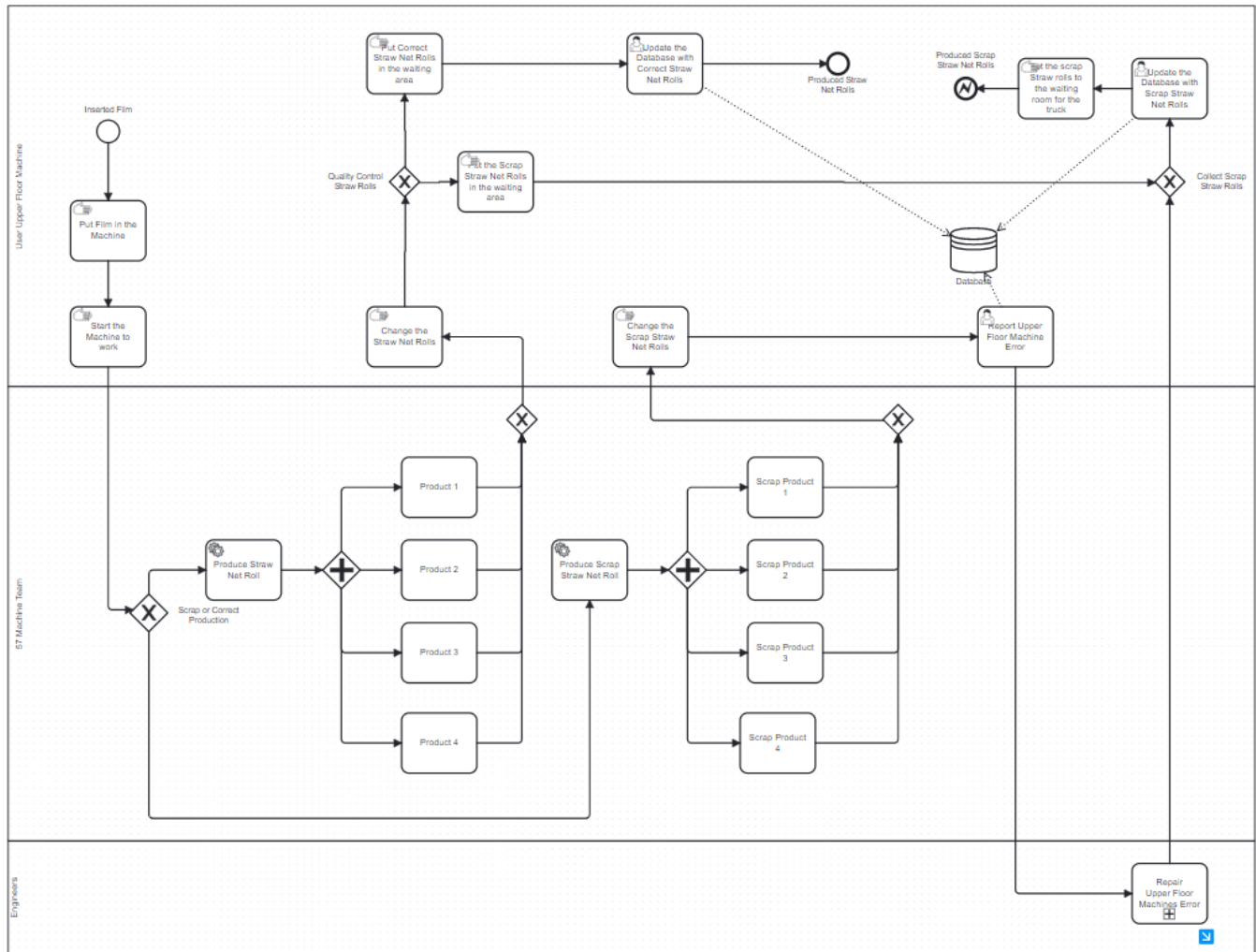
**Εικόνα 3 Διαδικασία κλήσης μηχανών εξτρουόντερ**

Η διαδικασία κλήσης του πάνω ορόφου ξεκινάει όταν ο μεταφορέας μεταφέρει το παραγόμενο φιλμ των μηχανών εξτρουόντερ στον χώρο των μηχανών του πάνω ορόφου όπως μας δείχνει η εικόνα 4. Το φιλμ είναι το γεγονός έναρξης και ο χειριστής των μηχανών του πάνω ορόφου το τοποθετεί στην μηχανή. Στην συνέχεια βάζει την μηχανή να ξεκινήσει να δουλεύει. Εκεί η δραστηριότητα διχοτομείται με την βοήθεια της πύλης στη διαδρομή του καλού παραγόμενου προϊόντος το οποίο ονομάζεται ρολό άχυρου και στην διαδρομή σκάρτου

προϊόντος. Εδώ υπήρξε το πρόβλημα ότι από ένα προϊόν παράγονται περισσότερα, όπως και στην διαδικασία κλήσης του κάτω ορόφου.

Η γλώσσα BPMN 2.0 δεν μας έχει ξεκάθαρη εντολή για το πως επιτυγχάνεται αυτό. Μετά από πολλές δοκιμές παρατήρησα ότι με την χρήση της παράλληλης πύλης (parallel gateway) σε όσα προϊόντα προκύπτουν από το φιλμ, στη προκειμένη περίπτωση τέσσερα, και συγχώνευση των ροών με μία αποκλειστική πύλη (xor gateway), καταλήγω να έχω περισσότερα προϊόντα από αυτά που εισέρχονται.

Στην περίπτωση που ακολουθούμε την διαδρομή των παραγόμενων καλών ρολών άχυρου, ο χειριστής αλλάζει μετά την ολοκλήρωση της μηχανής τα τέσσερα ρολά και τα τοποθετεί η στην θέση των σκάρτων καθώς η μηχανή μπορεί να παράξει ελαττωματικό χωρίς να έχει βλάβη η στην θέση αναμονής των καλών για να τα πάρει το φορτηγό, ενημερώνει την βάση δεδομένων και έτσι ολοκληρώνεται η διαδικασία κλήσης με το γεγονός λήξης να είναι τα παραγόμενα ρολά άχυρου. Στην περίπτωση που ακολουθούμε την διαδρομή των σκάρτων, η μηχανή παθαίνει βλάβη και τα τέσσερα ρολά άχυρου είναι όλα σκάρτα. Ο χειριστής των μηχανών τα αλλάζει και ενημερώνει την βάση δεδομένων ώστε να ειδοποιηθούν οι μηχανικοί. Μετά τη διαδικασία κλήσης των μηχανικών ενημερώνεται η βάση δεδομένων για τα σκάρτα που παράχθηκαν από την βλάβη και τοποθετούνται μαζί με εκείνα που είχαν παραχθεί ελαττωματικά αλλά χωρίς βλάβη. Η διαδικασία κλήσης τελειώνει με το γεγονός λήξης βλάβης το οποίο δεν αφήνει και πάλι την δραστηριότητα να συνεχίσει προς την μεταφορά της στους άλλους χώρους του εργοστασίου.

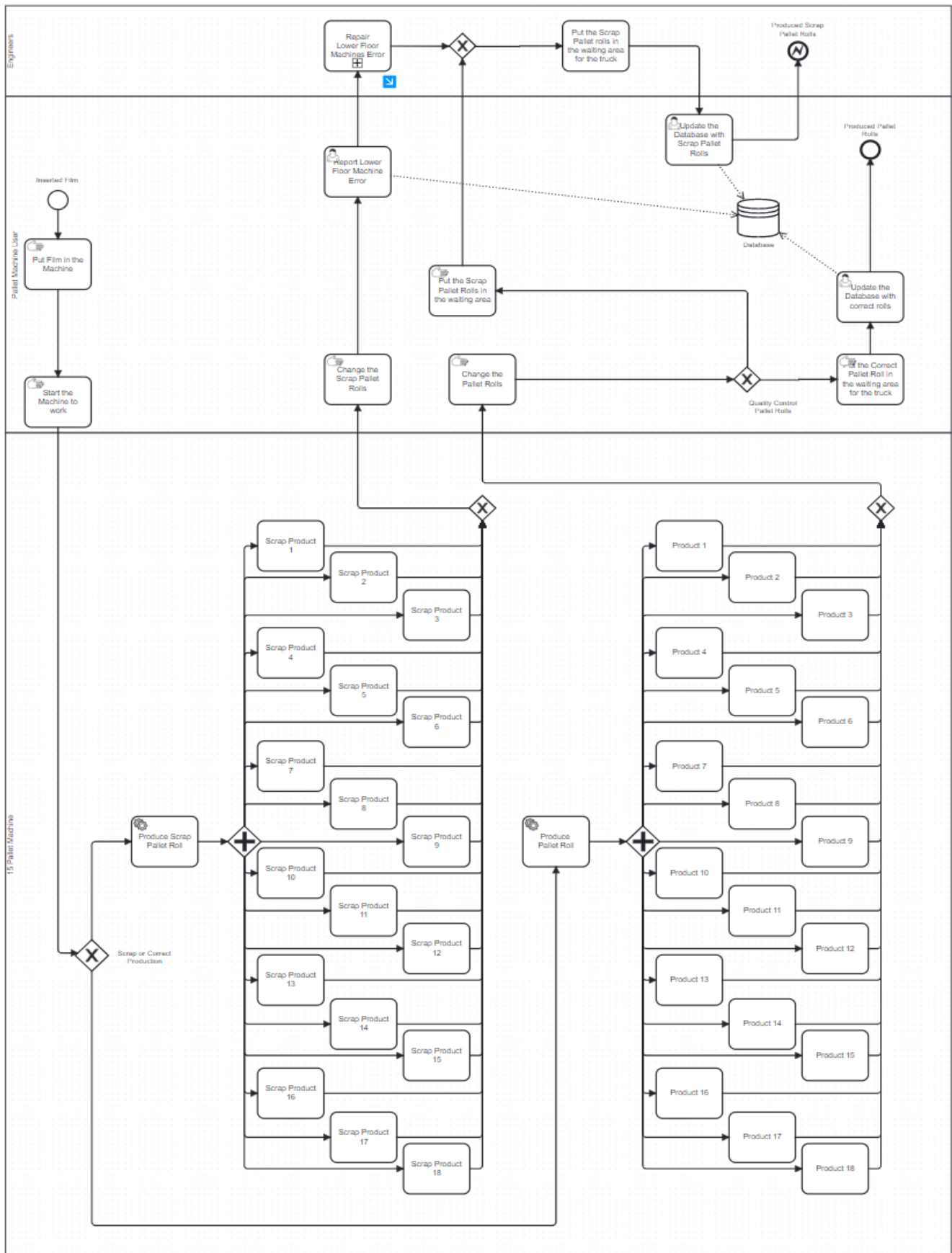


**Εικόνα 4 Διαδικασία κλήσης μηχανών πάνω ορόφου σε μορφή BPMN**

Η διαδικασία κλήσης του κάτω ορόφου ξεκινάει όταν ο μεταφορέας μεταφέρει το παραγόμενο φιλμ των μηχανών εξτρουύντερ στον χώρο των μηχανών του κάτω ορόφου όπως μας δείχνει η εικόνα 5. Το φιλμ είναι το γεγονός έναρξης και ο χειριστής των μηχανών του κάτω ορόφου το τοποθετεί στην πλεκτομηχανή. Στην συνέχεια βάζει την μηχανή να ξεκινήσει να δουλεύει. Εκεί η δραστηριότητα διχοτομείται με την βοήθεια της πύλης στη διαδρομή του καλού παραγόμενου προϊόντος το οποίο ονομάζεται σωληνωτό ρολό και στην διαδρομή σκάρτου προϊόντος.

Στην περίπτωση που ακολουθούμε την διαδρομή των παραγόμενων καλών σωληνωτών ρολών η μηχανή παράγει δεκαοκτώ ρολά, ο χειριστής αλλάζει μετά την ολοκλήρωση της μηχανής τα ρολά και τα τοποθετεί η στην θέση των σκάρτων καθώς η μηχανή μπορεί να παράξει ελαττωματικό χωρίς να έχει βλάβη ή στην θέση αναμονής των καλών για να τα πάρει το φορτηγό, ενημερώνει την βάση δεδομένων και έτσι ολοκληρώνεται η

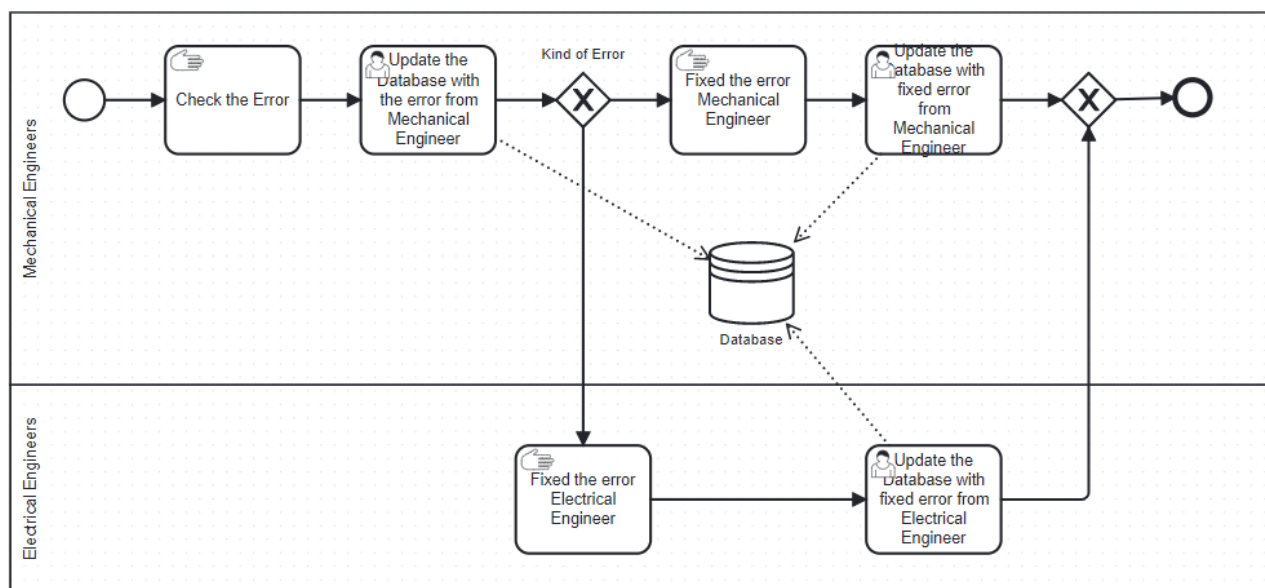
διαδικασία κλήσης με το γεγονός λήξης να είναι τα παραγόμενα σωληνωτά ρολά. Στην περίπτωση που ακολουθούμε την διαδρομή των σκάρτων, η μηχανή παθαίνει βλάβη και τα δεκαοκτώ σωληνωτά ρολά είναι όλα σκάρτα. Ο χειριστής των μηχανών τα αλλάζει και ενημερώνει την βάση δεδομένων ώστε να ειδοποιηθούν οι μηχανικοί. Μετά την διαδικασία κλήσης των μηχανικών ενημερώνεται η βάση δεδομένων για τα σκάρτα που παράχθηκαν από την βλάβη και τοποθετούνται μαζί με εκείνα που είχαν παραχθεί ελαττωματικά αλλά χωρίς βλάβη. Η διαδικασία κλήσης τελειώνει με το γεγονός λήξης βλάβης το οποίο δεν αφήνει και πάλι την δραστηριότητα να συνεχίσει προς την μεταφορά της στους άλλους χώρους του εργοστασίου.



Εικόνα 5 Διαδικασία κλήσης μηχανών κάτω ορόφου σε μορφή BPMN

Η Διαδικασία κλήσης των μηχανικών ξεκινάει όταν ο οι χειριστές ανεξάρτητα από οποιαδήποτε άλλη διαδικασία κλήσης ενημερώσουν την βάση δεδομένων όπως μας δείχνει η εικόνα 6. Η διαδικασία κλήσης των μηχανικών είναι μία και καλείται και από τις τρεις άλλες διαδικασίες κλήσης που έχουμε κατασκευάσει. Η είσοδος της διαδικασίας ξεκινάει με το γεγονός έναρξης το οποίο είναι η είσοδος των σκάρτων ρολών. Γίνεται έλεγχος από τους μηχανολόγους μηχανικούς για το είδος της βλάβης και ενημερώνουν την βάση δεδομένων για το πρόβλημα της μηχανής.

Η δραστηριότητα διχοτομείται ανάλογα το είδος της βλάβης με μία αποκλειστική πύλη σε βλάβη για μηχανολόγους ή βλάβη για ηλεκτρολόγους μηχανικούς. Στην περίπτωση που ακολουθήσουμε την διαδρομή των μηχανολόγων μηχανικών, επιδιορθώνουν την βλάβη και ενημερώνουν την βάση δεδομένων για το τι πρόβλημα είχε και ότι επιδιορθώθηκε. Το γεγονός τελειώνει όταν περάσουν με το γεγονός λήξης που είναι επιδιόρθωση της βλάβης. Στην περίπτωση που ακολουθήσουμε την διαδρομή των ηλεκτρολόγων μηχανικών, επιδιορθώνουν την βλάβη και ενημερώνουν την βάση δεδομένων για το τι πρόβλημα είχε και ότι επιδιορθώθηκε. Το γεγονός τελειώνει όταν περάσουν με το γεγονός λήξης που είναι επιδιόρθωση της βλάβης.



**Εικόνα 6 Διαδικασία κλήσης μηχανών σε μορφή BPMN**

Άξιο αναφοράς είναι ότι όλα τα παραπάνω γραφήματα κατασκευάστηκαν με την βοήθεια της γλώσσας BPMN 2.0 και την χρήση του προγράμματος Camunda Modeler το οποίο είναι κατασκευασμένο για να γραφεί την συγκεκριμένη γλώσσα.

## 5.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Για να γίνει εξαγωγή συμπερασμάτων από τα γραφήματα χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση. Η εφαρμογή της έγινε με το πρόγραμμα Bimr το οποίο είναι ειδικό για να προσομοιώνει γραφήματα στην γλώσσα BPMN 2.0. Επειδή το πρόγραμμα είναι δωρεάν έχει περιορισμένες δυνατότητες, μπορεί να προσομοιώσει μόνο ότι έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 2.5, δέχεται δεδομένα μόνο πιθανότητες στις πύλες και στα ενδιάμεσα γεγονότα και μόνο κατανομές στις δραστηριότητες και βάση αυτών καταλήξαμε στα τελικά γραφήματα. Το Bimr χωρίζει τα γραφήματα σε τρεις κατηγορίες εισόδου. Στο προσωπικό, πόσα άτομα ή μηχανές ή ομάδες συμμετέχουν για την υλοποίηση μίας διαδικασίας, στον χρόνο εκτέλεσης των διαδικασιών και στην πιθανότητα εισόδου σε μία διαδικασία σε περίπτωση που υπάρχουν πύλες η ενδιάμεσα γεγονότα.

Για τρέξει η προσομοίωση έπρεπε να πάρουμε δεδομένα από την βιομηχανία τα οποία ήταν είτε από την βάση δεδομένων, είτε από μετρήσεις που έγιναν, είτε από πληροφορίες από τους υπεύθυνους των διαδικασιών τις οποίες ταυτοποίησή με βάση τα δεδομένα και έπρεπε να επεξεργαστούν και να καθαριστούν καθώς δεν ήταν και στην κατάλληλη μορφή ώστε να γίνει η επεξεργασία τους. Η επεξεργασία και ο καθαρισμός τους έγινε με το πρόγραμμα MS Excel με την χρήση διάφορων εργαλείων και pivot tables. Τα δεδομένα τα οποία πήραμε από το εργοστάσιο ήταν πόσους υπαλλήλους έχει, πόσες μηχανές ανά επίπεδο λειτουργίας και από την βάση δεδομένων τα προϊόντα, τις βλάβες και την παραγωγικότητα.

Αρχικά για τον καθαρισμό των δεδομένων έγινε διαγραφή των κενών γραμμών και ένωση των χρονολογιών των δεδομένων με την βοήθεια των εργαλείων Power Query καθώς και διαγραφή των διπλότυπων τιμών. Έγινε μετονομασία των στηλών σε πιο κατανοητές ονομασίες και διαγράφηκαν στήλες οι οποίες δεν χρειαζόνταν. Ξεκίνησα με το τι είδους βλάβη έχω στο κάθε επίπεδο. Για να γίνει αυτό βάση των ονομάτων το μηχανικών δημιούργησα μια νέα στήλη, την K, η οποία έλεγε αν η βλάβη είναι ηλεκτρολογική ή μηχανολογική όπως μας δείχνει η εικόνα 7. Στην συνέχεια δημιούργησα τρία Pivot Table τα οποία περιείχαν τις βλάβες ανά επίπεδο όπως φαίνεται στις εικόνες 8,9,10.

	F	G	H	I	J	K
	Damage	Time to repair	Action	Date & Time Damag	Duration of repair	Kind of Damage
1		272:59:25	ΚΑΘΑΡΙΣΜΑ	22/12/2019 21:58:19	571:59:27	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ
2		21:28:04	ΕΠΙΣΚΕΥΗ	02/01/2020 09:29:30	21:28:04	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ
3		00:00:05	ΕΠΙΣΚΕΥΗ	02/01/2020 09:30:25	0:00:05	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ

Εικόνα 7 Εξίσωση δημιουργίας στήλης είδος βλαβών



A	B	C
Machine Name	(Multiple Items)	
<b>Row Labels</b>	<b>Count of Kind of Damage</b>	<b>Percentage</b>
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ	186	37%
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ	317	63%
<b>Grand Total</b>	<b>503</b>	

Εικόνα 8 Ποσοστό είδους βλαβών των μηχανών εξτρουντερ

	A	B	C
1	Machine Name	(Multiple Items)	
2			
3	<b>Row Labels</b>	<b>Count of Kind of Damage</b>	<b>Percentage</b>
4	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ	420	4%
5	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ	9938	96%
6	<b>Grand Total</b>	<b>10358</b>	

Εικόνα 9 Ποσοστό είδους βλαβών των μηχανών εξτρουντερ πάνω ορόφου

	A	B	C
1	Machine Name	(Multiple Items)	
2			
3	<b>Row Labels</b>	<b>Count of Kind of Damage</b>	<b>Percentage</b>
4	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ	61	3%
5	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ	1959	97%
6	<b>Grand Total</b>	<b>2020</b>	

Εικόνα 10 Ποσοστό είδους βλαβών των μηχανών κάτω ορόφου

Στην συνέχεια μας ενδιέφερε να μάθουμε πόσο χρόνο χρειάζεται για να επισκευαστεί η κάθε βλάβη στο κάθε επίπεδο. Δημιουργήσαμε μία στήλη η οποία είχε τον χρόνο επισκευής σε λεπτά μέσω της εξίσωσης, του Ms Excel,  $\text{day}(g2)*1440+\text{hour}(g2)*60+\text{minute}(g2)+\text{second}/60$ . Η στήλη g2 περιείχε την διάρκεια επισκευής σε μέρες. Με την χρήση των Pivot Tables δημιουργήσαμε τους πίνακες ανά επίπεδο με τον χρόνο επισκευής όπως φαίνεται στις εικόνες 11,12,13.



	A	B	C
1	Machine Name	(Multiple Items)	
2	Duration in Minutes	(Multiple Items)	
3			
4		Column Labels	
5		ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ
6	Average of Duration in Minutes	131.8581325	284.3034694

Εικόνα 11 Διάρκεια βλαβών μηχανών εξτρουίντερ

	A	B	C
1	Machine Name	(Multiple Items)	
2	Duration in Minutes	(Multiple Items)	
3			
4		Column Labels	
5		ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ
6	Average of Duration in Minutes	238.083126	134.3702825

Εικόνα 12 Διάρκεια βλαβών μηχανών πάνω ορόφου

	A	B	C
1	Machine Name	(Multiple Items)	
2	Duration in Minutes	(Multiple Items)	
3			
4		Column Labels	
5		ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ
6	Average of Duration in Minutes	375.6875	385.2018824

Εικόνα 13 Διάρκεια βλαβών μηχανών κάτω ορόφου

Το επόμενο βήμα είναι να δούμε πόσες βλάβες παθαίνουν την ημέρα οι μηχανές ανά επίπεδο. Για αυτό τον σκοπό δημιουργήσαμε 3 Pivot Tables τα οποία μας δείχνουν τις βλάβες ανά μήνα. Πήραμε τις βλάβες ανά μήνα και τις διαιρέσαμε με τις μέρες των μηνών που έχουμε. Δηλαδή έχουμε Ιανουάριο 2020 και Ιανουάριο 2021 άρα 62 ημέρες ενώ Δεκέμβριο έχουμε μόνο για το 2020 άρα 31 ημέρες. Προκύπτουν έτσι οι βλάβες ανά ημέρα όπως φαίνεται στις εικόνες 14, 15, 16.

	A	B	C	D	E
1	Machine Name	(Multiple Items)			
2	Years	(All)			
3					
4	Row Labels	Count of Date	Total	Days per Month	Damage per Day
5	Jan	40	40	62	0.64516129
6	Feb	35	35	56	0.625
7	Mar	27	27	62	0.435483871
8	Apr	39	39	60	0.65
9	May	40	40	62	0.64516129
10	Jun	52	52	60	0.866666667
11	Jul	45	45	62	0.725806452
12	Aug	40	40	62	0.64516129
13	Sep	29	29	60	0.483333333
14	Oct	31	31	62	0.5
15	Nov	28	28	30	0.933333333
16	Dec	18	18	31	0.580645161
17	Grand Total	424	35.33333		0.644646057

Εικόνα 14 Πλήθος βλαβών μηχανών εξτρουήστερ

	A	B	C	D	E
1	Machine Name	(Multiple Items)			
2	Years	(All)			
3					
4	Row Labels	Count of Date	Total	Days per Month	Damage per Day
5	Jan	176	176	62	2.838709677
6	Feb	177	179	56	3.196428571
7	Mar	157	157	62	2.532258065
8	Apr	135	136	60	2.266666667
9	May	144	144	62	2.322580645
10	Jun	130	130	60	2.166666667
11	Jul	159	160	62	2.580645161
12	Aug	121	121	62	1.951612903
13	Sep	150	150	60	2.5
14	Oct	107	107	62	1.725806452
15	Nov	81	82	30	2.733333333
16	Dec	75	75	31	2.419354839
17	Grand Total	1612	146		2.436171915

Εικόνα 15 Πλήθος βλαβών μηχανών πάνω ορόφου

	A	B	C	D	E
1	Machine Name	(Multiple Items)			
2	Years	(All)			
3					
4	Row Labels	Count of Date	Total	Days per Month	Damage per Day
5	Jan	824	824	62	13.29032258
6	Feb	746	746	56	13.32142857
7	Mar	733	733	62	11.82258065
8	Apr	742	742	60	12.36666667
9	May	771	771	62	12.43548387
10	Jun	721	721	60	12.01666667
11	Jul	646	646	62	10.41935484
12	Aug	482	482	62	7.774193548
13	Sep	637	637	60	10.61666667
14	Oct	470	470	62	7.580645161
15	Nov	423	423	30	14.1
16	Dec	356	356	31	11.48387097
17	Grand Total	7551	677.2		11.43565668

Εικόνα 16 Πλήθος βλαβών μηχανών κάτω ορόφου

Από τους παραπάνω πίνακες βρήκαμε τα ποσοστά των προϊόντων τα οποία πάνε για βλάβη. Έχουμε ότι ημερήσια εφικτή παραγωγή χωρίς βλάβη είναι 288 τεμάχια την ημέρα καθώς 12 μηχανές εξτρούντερ παράγουν 1 τεμάχιο την ώρα. Σε 24 ώρες παράγουν 288.

Αρα  $288 * X / 100 = 0.65 \Rightarrow X = 0.22$  από τα 100 θα πάνε για βλάβη στις Μηχανές εξτρούντερ. Από τα 288 το 5% πάει στον κάτω όροφο ενώ το 95 πάει στον πάνω. Οπότε  $288 * 5 / 100 = 14.4$  πάνε στον κάτω όροφο. Έχουμε  $14.4 * X / 100 = 2.43 \Rightarrow X = 16.87$  από τα 100 θα πάνε για βλάβη στις Μηχανές του κάτω ορόφου. Επίσης  $288 * 95 / 100 = 273.6$  πάνε στον πάνω όροφο. Έχουμε  $273.6 * X / 100 = 11.43 \Rightarrow X = 4.17$  από τα 100 πάνε για βλάβη στον πάνω όροφο.

Οι μηχανές παράγουν και σκάρτα προϊόντα χωρίς να έχουν βλάβη αυτό συμβαίνει όταν το προϊόν είναι πιο βαρύ από το απαιτούμενο βάρος. Για τον λόγο αυτό δημιουργήσαμε τα παρακάτω Pivot Tables, ένα για τον πάνω όροφο (εικόνα 17) και ένα για τον κάτω (εικόνα 18), τα οποία μας δείχνουν πόσα προϊόντα είναι σκάρτα λόγο βάρους και αφαιρούμε το ποσοστό τους από τα συνολικά σκάρτα.

	A	B	C	D	E	F
1	ENGINE	(Multiple Items)				
2	WEIGHT MESSAGE	BAPY.BAPIA ΠΑΛΕΤΑ				
3						
4	Row Labels	Count of QUALITY	Production	Production More V	Percentage Production	Percentage Production with More Weight
5	BAPY	216383	217678	216383	28.19%	
6	ΕΛΑΦΡΥ	1	95	1	0.01%	
7	ΚΑΛΟ	53270	509292	53270	65.96%	
8	ΜΕΤΑΤΥΛΙΞΗ	10900	20005	10900	2.59%	
9	ΣΚΑΡΤΟ	6977	24899	6977	3.22%	0.90%
10	ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ	108	165	108	0.02%	
11	Grand Total	287639				

Εικόνα 17 Ποσοστό σκάρτων προϊόντων χωρίς βλάβη μηχανών πάνω ορόφου

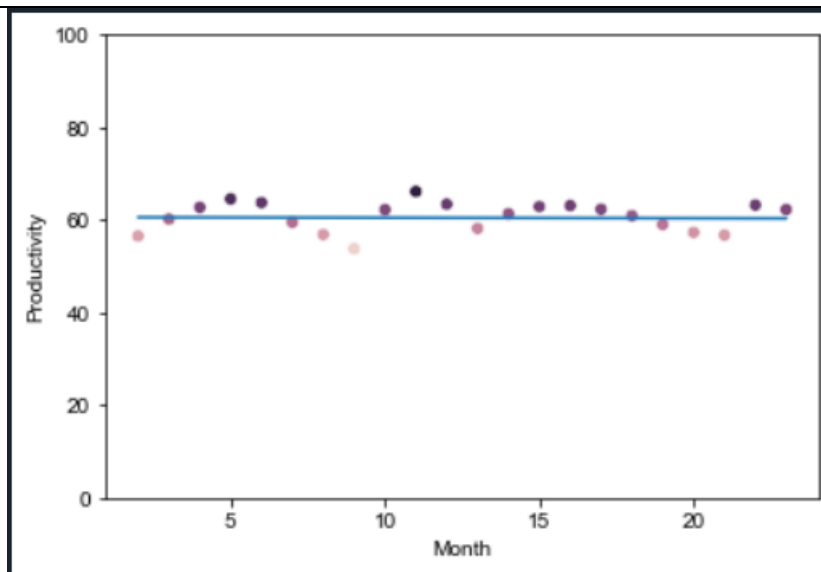
	A	B	C	D	E	F
1	ENGINE	(Multiple Items)				
2	WEIGHT MESSAGE	BAPY.BAPIA ΠΑΛΕΤΑ				
3						
4	Row Labels	Count of QUALITY	Production	Production More Weight	Percentage Production	Percentage Production with More Weight
5	BAPY	3896	3929	3896	2.50%	
6	ΚΑΛΟ	16393	133434	16393	0.50%	
7	ΜΕΤΑΤΥΛΙΞΗ	2	10	2	84.92%	
8	ΣΚΑΡΤΟ	802	5957	802	0.01%	0.51%
9	ΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟ	2158	13011	2158	3.79%	
10	Grand Total	23251				

Εικόνα 18 Ποσοστό σκάρτων προϊόντων χωρίς βλάβη μηχανών κάτω ορόφου

Τα υπόλοιπα δεδομένα που χρειάστηκαν για την προσομοίωση πάρθηκαν από μετρήσεις τις οποίες πραγματοποίησα στο εργοστάσιο. Τα δεδομένα τα οποία ακολουθούν την διαδρομή των βλαβών στον πάνω και τον κάτω όροφο είναι διαιρεμένα βάση των προϊόντων που παράγει ο όροφος. Δηλαδή στον πάνω όροφο διαιρούνται με το τέσσερα ενώ στον κάτω με το δεκαοκτώ.

### 5.3 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ

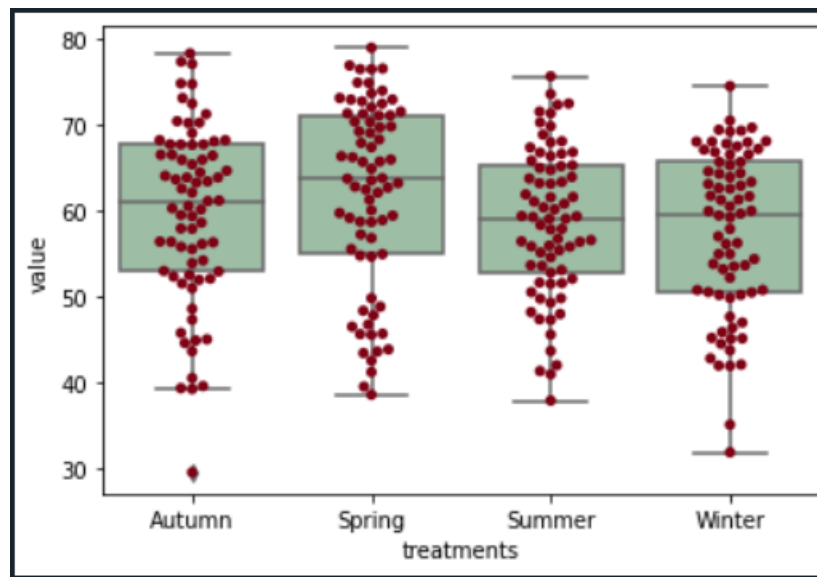
Για να δούμε σε τι επίπεδα κυμαίνεται η παραγωγή της βιομηχανίας και να κάνουμε πρόβλεψη των επόμενων μηνών καθώς δεν είχαμε δεδομένα πολλών χρονολογιών παρά μόνο δύο χρησιμοποιήσαμε την μηχανική μάθηση. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα των μηνών και της παραγωγικότητάς τους ανά μήνα. Η μέθοδος μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιήθηκε ήταν της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και μας παρήγαγε το διάγραμμα της εικόνας 19.



**Εικόνα 19 Παραγωγικότητα ανά μήνα**

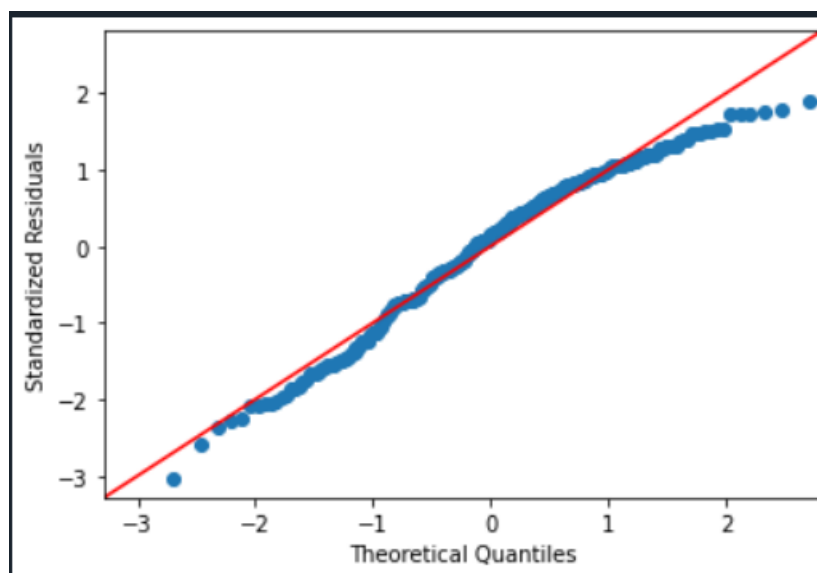
Καθώς και τις ακόλουθες τιμές για τους μήνες 24 η παραγωγικότητα είναι 60.33996117,27 η παραγωγικότητα είναι 60.30505368,30 η παραγωγικότητα είναι 60.2701462.

Στο γράφημα παρατηρήσαμε ότι τις περιόδους του χειμώνα και του καλοκαιριού κάποιους μήνες έχουμε πτώση της παραγωγικότητας. Για αυτό τον λόγο κάναμε Ανονα για να δούμε την συσχέτιση της παραγωγικότητας με τις εποχές. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η παραγωγικότητα των μηχανών ανά εποχή. Από την Ανονα προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα και οι πληροφορίες:



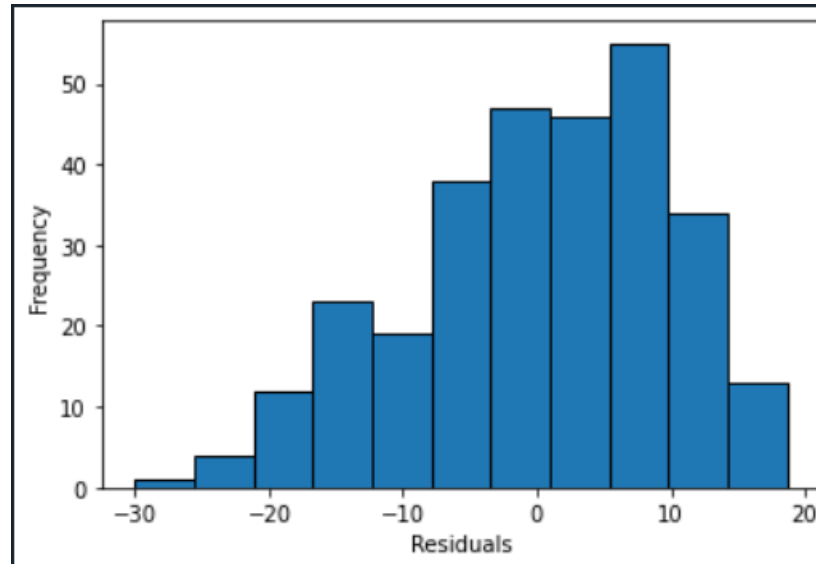
Εικόνα 20 Τιμές ανά εποχή

Στο γράφημα της εικόνας 20 φαίνονται οι παραγωγικότητες ανά εποχή και παρατηρούμε ότι την περίοδο του χειμώνα υπάρχουν πιο πολλές χαμηλές παραγωγικότητες.



Εικόνα 21 Απεικόνιση residuals

Στο γράφημα της εικόνας 21 παρατηρούμε ότι τα τυποποιημένα υπολείμματα (Residuals) βρίσκονται γύρω από τη γραμμή 45 μοιρών, υποδηλώνει ότι τα υπολείμματα είναι περίπου κανονικά κατανεμημένα.



**Εικόνα 22 Κατανομή**

Στο ιστόγραμμα της εικόνας 22 η κατανομή φαίνεται περίπου κανονική και υποδηλώνει ότι τα υπολείμματα είναι περίπου κανονικά κατανεμημένα.

	sum_sq	df	F	PR(>F)	
C(treatments)	808.946579	3.0	2.756695	0.042671	
Residual	28171.007062	288.0	NaN	NaN	
	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(treatments)	3.0	808.946579	269.648860	2.756695	0.042671
Residual	288.0	28171.007062	97.815997	NaN	NaN

**Εικόνα 23 Πληροφορίες ANOVA**

Παρατηρούμε στην εικόνα 23 ότι το p-value είναι μικρότερο του 0.05 άρα υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές της παραγωγικότητας με τις εποχές.

	group1	group2	Diff	Lower	Upper	q-value	p-value
0	Autumn	Spring	2.333796	-1.896627	6.564218	2.016134	0.484905
1	Autumn	Summer	1.042512	-3.187911	5.272934	0.900612	0.900000
2	Autumn	Winter	2.178232	-2.052190	6.408655	1.881744	0.539080
3	Spring	Summer	3.376308	-0.854115	7.606730	2.916745	0.168195
4	Spring	Winter	4.512028	0.281606	8.742450	3.897878	0.031446
5	Summer	Winter	1.135720	-3.094702	5.366143	0.981133	0.895873
0.9709861874580383 1.2540775060188025e-05							
4.419855343620174 0.21955138241161667							
	Parameter		Value				
0	Test statistics (T)		4.4199				
1	Degrees of freedom (Df)		3.0000				
2	p value		0.2196				
	Parameter		Value				
0	Test statistics (W)		1.3490				
1	Degrees of freedom (Df)		3.0000				
2	p value		0.2587				

**Εικόνα 24 Σχέση μεταξύ των εποχών για την παραγωγικότητα**

Παρατηρούμε στην εικόνα 24 ότι το p-value είναι μικρότερο του 0.05 μόνο την περίοδο του χειμώνα με την άνοιξη, άρα υπάρχει στατιστικές σημαντικές διαφορές της παραγωγικότητας της περιόδου του χειμώνα με την παραγωγικότητα της περιόδου της άνοιξης.

Οι δύο μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν έγιναν με τη βοήθεια του λογισμικού της Python.



## 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

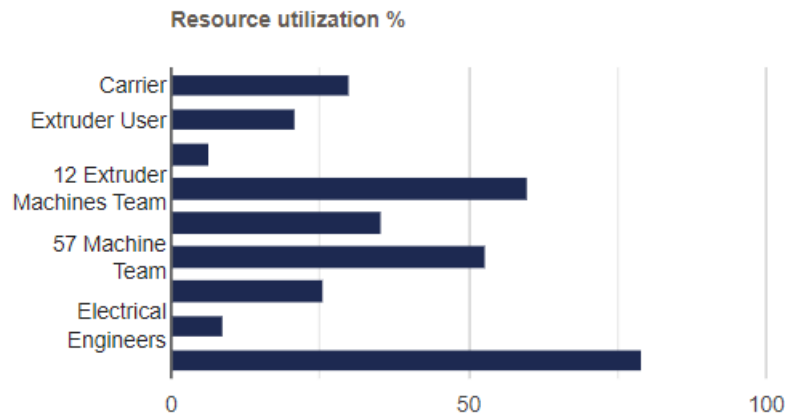
Στην παράγραφο αυτή γίνεται η αναλυτική περιγραφή όλων των αποτελεσμάτων των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης γίνεται πρόταση βάσει των αποτελεσμάτων για το ποια θα ήταν η ιδανική λύση στο πρόβλημα σε σχέση με τα δεδομένα τα οποία έχουμε στη διάθεσή μας.

### 6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως είδαμε από την μηχανική μάθηση η πρόβλεψη των επόμενων μηνών δείχνει ότι η παραγωγή έχει πτωτική πορεία έστω και σε αργούς ρυθμούς. Η παρατήρηση ότι κάποιες περιόδους η παραγωγικότητα είναι κάτω από τον μέσο όρο του εργοστασίου μας οδήγησε στην χρήση της ανάλυσης διακύμανσης για να ελέγξουμε αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της παραγωγικότητας και των εποχών. Από τα γραφήματα είδαμε ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν κανονική κατανομή και από τα αποτελέσματα καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στην παραγωγικότητα και τις εποχές καθώς το p-value είναι 0.042 μικρότερο του 0.05. Για αυτόν το λόγο προχωρήσαμε να βρούμε ποιες εποχές έχουμε πρόβλημα στην παραγωγικότητα και από την μέθοδο Tuckey είδαμε ότι υπάρχει διαφορά τον χειμώνα σε σχέση με την άνοιξη καθώς είναι το μόνο p-value (0.031) που είναι μικρότερο του 0.05.

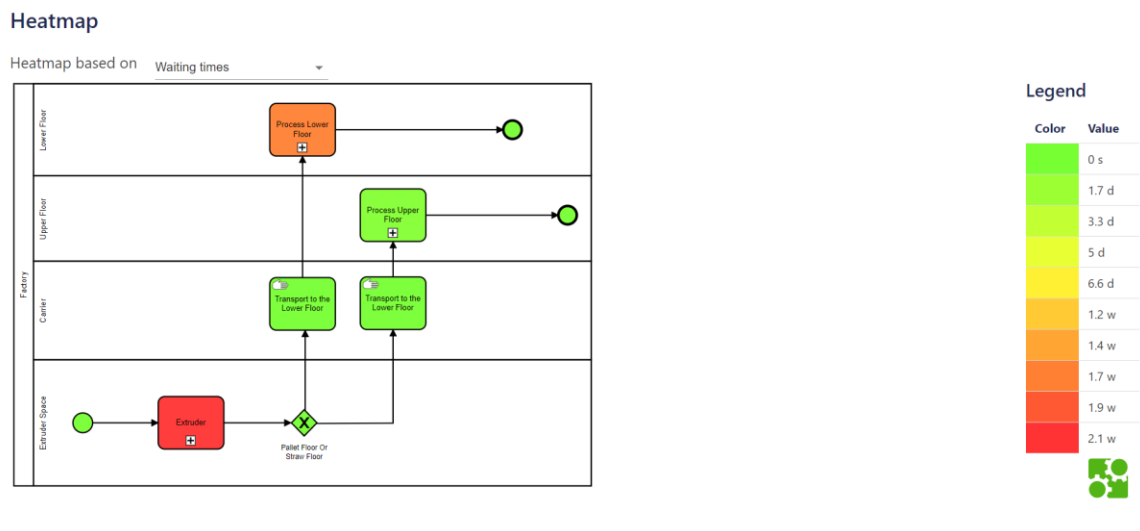
#### **Σενάριο 1<sup>ο</sup> : Λειτουργία Βιομηχανίας Χωρίς Αλλαγές στο Προσωπικό.**

Στην προσομοίωση την οποία πραγματοποιήσαμε για να δούμε πως δουλεύει το εργοστάσιο, με είσοδο 8640 τεμάχια τα οποία είναι η παραγωγή τον μήνα αν δεν είχαμε καμία βλάβη, παρατηρήσαμε από την εικόνα 25 ότι οι μηχανικοί πιέζονται πάρα πολύ στην εργασία τους με αποτέλεσμα να δουλεύουν το 79.89% του χρόνου που βρίσκονται στο εργοστάσιο.



**Εικόνα 25 Ποσοστά εργασίας ομάδων εργοστασίου σενάριο 1**

Επίσης η παραγωγή καθυστερεί καθώς τα παραγόμενα προϊόντα έπρεπε να παράγονται σε χρονικό διάστημα περίπου τεσσάρων εβδομάδων και αυτά παράγονται σε διάστημα επτά εβδομάδων όπως μας δείχνει η εικόνα 28.



**Εικόνα 26 Γράφημα Bimp καθυστερήσεων του εργοστασίου σενάριο 1**

Στην εικόνα 26 φαίνεται η καθυστέρηση των διαδικασιών κλήσεως και παρατηρείται καθυστέρηση στον χώρο του εξτρουίντερ που είναι λογικό καθώς οι μηχανές εξτρουίντερ έχουν πάντα την πρώτη ύλη σε αναμονή. Όμως παρατηρείται καθυστέρηση και στον κάτω όροφο που δεν έπρεπε να υπάρχει.

## General information

Completed process instances 8640

Total cost 0 EUR

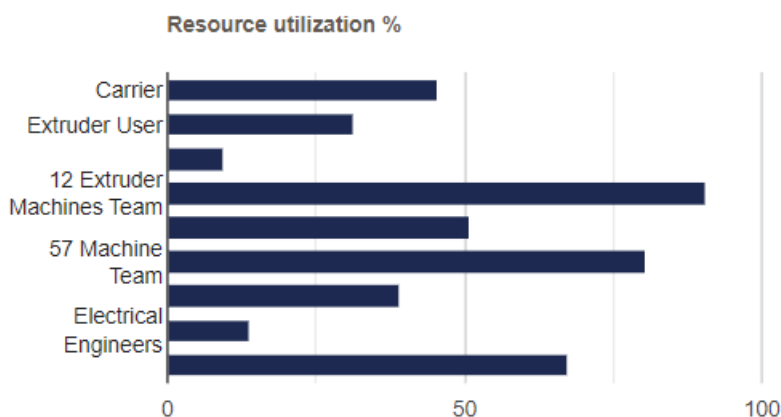
Total simulation time 7.2 weeks

**Εικόνα 27** Είσοδος και διάρκεια προσομοίωσης σενάριο 1

Στην εικόνα 27 βλέπουμε την είσοδο και πόσο χρόνο χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

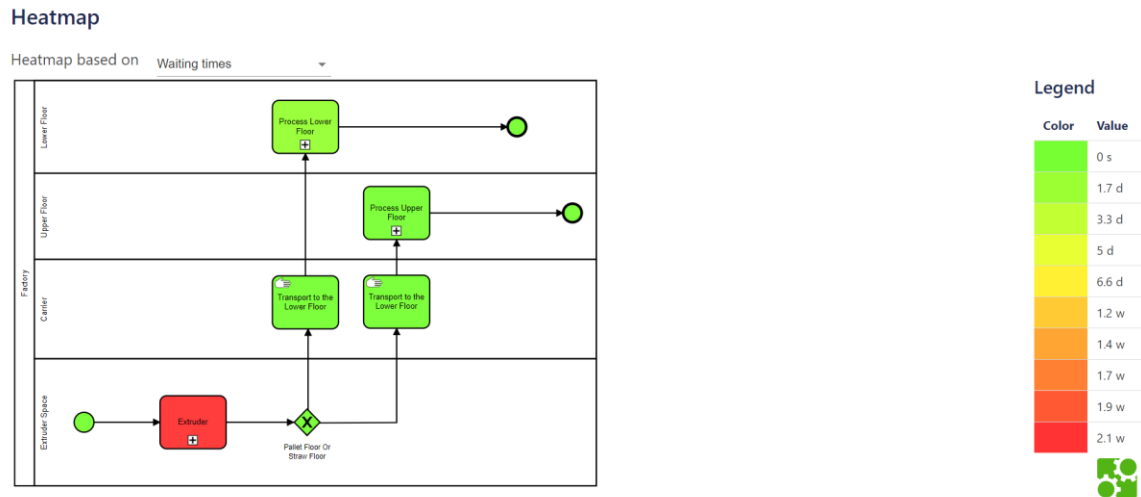
### **Σενάριο 2<sup>ο</sup> : Λειτουργία Βιομηχανίας Με πρόσληψη τριών Μηχανολόγων Μηχανικών.**

Με την πρόσληψη στο εργοστάσιο τριών μηχανολόγων μηχανικών, χωρίς να αλλάξουμε άλλα δεδομένα από την προσομοίωση του σεναρίου 1, παρατηρήσαμε στην εικόνα 28 ότι οι μηχανολόγοι μηχανικοί δουλεύουν στο 70% του χρόνου που βρίσκονται εκεί που είναι και πιο εφικτό καθώς μιλάμε για ανθρώπους και δεν μπορούν να εργάζονται χωρίς διαλείμματα.



**Εικόνα 28** Ποσοστά εργασίας ομάδων εργοστασίου σενάριο 2

Επίσης στην εικόνα 28 παρατηρήθηκε αύξηση παραγωγής και στους τρεις χώρους των μηχανών, στις μηχανές Εξτρούντερ 20%, στις μηχανές πάνω ορόφου 15% και στον κάτω όροφο 10% καθώς οι βλάβες επιδιορθώνονται γρηγορότερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η παραγωγή να επιτυγχάνει τους στόχους της σε διάστημα 4.7 εβδομάδων όπως μας δείχνει η εικόνα 35 κοντά δηλαδή στο επιθυμητό.



**Εικόνα 29 Γράφημα Bimp καθυστερήσεων δραστηριοτήτων σενάριο 2**

Στην εικόνα 29 φαίνεται ότι έχει μειωθεί η καθυστέρηση των διαδικασιών κλήσεως μετά από την πρόσληψη τριών μηχανολόγων μηχανικών και παρατηρείται καθυστέρηση στον χώρο του εξτρούντερ που είναι λογικό όπως αναφέραμε και στο σενάριο καθώς οι μηχανές εξτρούντερ έχουν πάντα την πρώτη ύλη σε αναμονή.

## General information

Completed process instances 8640

Total cost 0 EUR

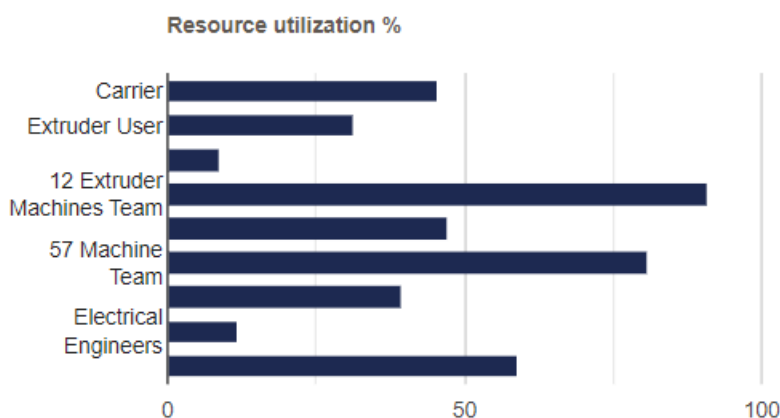
Total simulation time 4.7 weeks

**Εικόνα 30 Είσοδος και διάρκεια προσομοίωσης σενάριο 2**

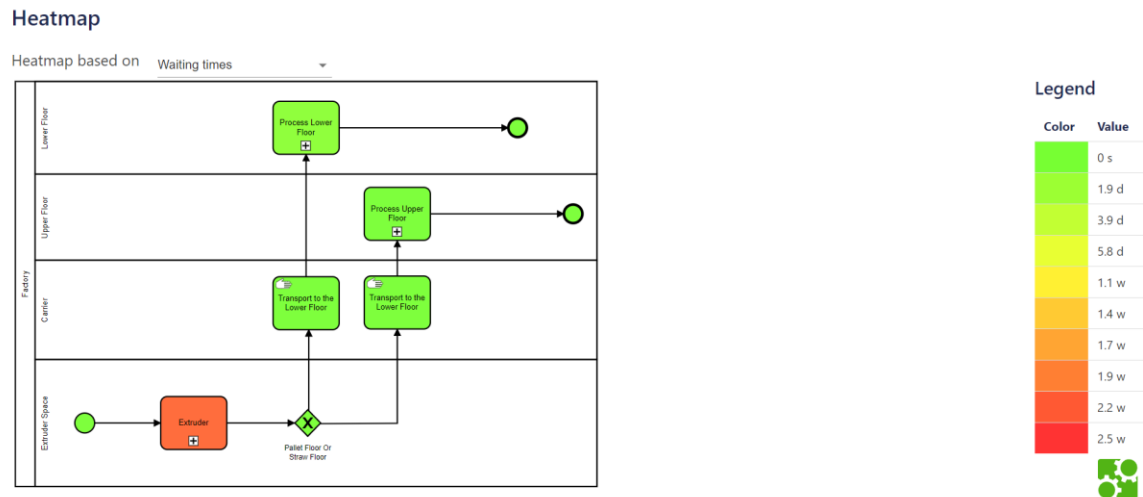
Στην εικόνα 30 βλέπουμε την είσοδο και πόσο χρόνο χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

### Σενάριο 3<sup>ο</sup> : Λειτουργία Βιομηχανίας Με πρόσληψη περισσότερων Μηχανολόγων Μηχανικών.

Αν κάνουμε πρόσληψη κι άλλων μηχανολόγων μηχανικών, χωρίς να αλλάξουμε άλλα δεδομένα του σεναρίου 2, παρατηρούμε στην εικόνα 31 ότι μπορεί να πέφτει το ποσοστό που εργάζονται οι μηχανικοί αλλά δεν βελτιώνεται ο χρόνος παραγωγής όπως μας δείχνει η εικόνα 33 οπότε για την βιομηχανία θα ήταν ασύμφορη αυτή η κίνηση.



Εικόνα 31 Ποσοστά εργασίας ομάδων εργοστασίου σενάριο 3



**Εικόνα 32 Γράφημα Bimr καθυστερήσεων δραστηριοτήτων σενάριο 3**

Στην εικόνα 32 φαίνεται ότι έχει μειωθεί η καθυστέρηση των διαδικασιών κλήσεως μετά από την πρόσληψη περισσότερων από τρεις μηχανολόγων μηχανικών και παρατηρείται καθυστέρηση στον χώρο του εξτρουύντερ η οποία έχει μειωθεί ελάχιστα που είναι λογικό όπως αναφέραμε και στα σενάρια 1 και 2 καθώς οι μηχανές εξτρουύντερ έχουν πάντα την πρώτη ύλη σε αναμονή και δεν θα μειωθεί η καθυστέρηση εκεί ποτέ σε χαμηλά επίπεδα.

## General information

Completed process instances 8640

Total cost 0 EUR

Total simulation time 4.7 weeks

**Εικόνα 33 Είσοδος και διάρκεια προσομοίωσης σενάριο 3**

Στην εικόνα 33 βλέπουμε την είσοδο και πόσο χρόνο χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

## 6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με την μέθοδο της γραφικής απεικόνισης των επιχειρησιακών διαδικασιών καταφέραμε να κατανοήσουμε καλύτερα τις δραστηριότητες της βιομηχανικής μονάδας. Προσομοιώνοντάς τις είδαμε σε ποιες από αυτές υπάρχει πρόβλημα. Έγινε επαλήθευση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης με τα αποτελέσματα της μηχανικής μάθησης. Η πρόβλεψη με μηχανική μάθηση εκτός του ότι μας έδειξε ότι τους επόμενους μήνες αν δεν κάνουμε αλλαγές στο προσωπικό θα έχουμε ελάχιστη πτώση στην παραγωγικότητα μας ότι κάποιες συγκεκριμένες περιόδους έχουμε πάντα πιο χαμηλή παραγωγικότητα από τον μέσο όρο. Αυτό μας έκανε να εξετάσουμε την παραγωγικότητα της βιομηχανικής μονάδας ανά εποχές με την στατιστική μέθοδο Ανοva. Η μέθοδο μας έδειξε ότι όντως το χειμώνα η παραγωγικότητα είναι χαμηλότερη σε σχέση με την άνοιξη. Τρέχοντας μερικά σενάρια προσομοίωσης παρατηρήσαμε ότι για να διορθωθεί το πρόβλημα είναι επιτακτική ανάγκη η πρόσληψη τριών μηχανολόγων μηχανικών. Επειδή όμως δεν έχουμε γνώση των οικονομικών της εταιρίας μια πρόταση η οποία θα μπορούσε να είναι πιο συμφέρουσα είναι η πρόσληψη δύο μηχανολόγων μηχανικών μόνιμων και ενός εποχιακού για την περίοδο του χειμώνα όπου εκεί παρατηρείται η πιο μεγάλη πτώση της παραγωγικότητας.

## 7 ΚΑΤΑΚΛΕΙΔΑ

Μέσα από την υλοποίηση της διπλωματικής μπόρεσα να κατανοήσω πως λειτουργεί μια μεγάλη βιομηχανική μονάδα καθώς και τι προβλήματα μπορεί να έχει. Είδα πώς η διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών, η προσομοίωση, η στατιστικές μέθοδοι και η μηχανική μάθηση λειτουργούν στην βιομηχανία και πως μπορούν να βοηθήσουν όλες τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς ώστε να γίνουν καλύτεροι εξυπηρετώντας τους πελάτες τους χωρίς καθυστερήσεις, μειώνοντας το κόστος παραγωγής καθώς και προβλέποντας τυχόν αστοχίες στον χρόνο παραγωγής των προϊόντων τους. Στο μέλλον είναι βέβαιο πως θα είναι απαραίτητη η χρήση τους σε όλες τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς και όποιος μπορεί να διαχειρίζεται αυτές τις τεχνικές θα είναι μπροστά από τον ανταγωνισμό. Εκείνος ο οποίος θα θελήσει να ασχοληθεί με αυτές τις μεθόδους πρέπει να γνωρίζει ότι θα είναι απαραίτητος στην αγορά εργασίας τα επόμενα χρόνια όμως για να γίνεις επιτυχημένος το διάβασμα πάνω σε αυτές τις τεχνικές δεν θα σταματήσει ποτέ γιατί πάντα θα εξελίσσονται και θα πρέπει να μην μένει στάσιμος και να τις ακολουθεί. Επίσης θα πρέπει να του αρέσει και να αγαπάει αυτό που θα κάνει όπως άλλωστε ισχύει για όλα τα επαγγέλματα.



## Βιβλιογραφία

Fernandez, A. (2014). Camunda BPM Platform Loan Assessment Process Lab. *Brisbane Australia Queensland University of Technology*.

<https://camunda.com/blog/2020/04/how-to-choose-the-right-camunda-architecture/>. (n.d.).

<https://www.98thpercentile.com/blog/what-is-python-used-for/>. (n.d.).

<https://www.adservio.fr/post/what-is-camunda-features-and-use-cases>. (n.d.).

<https://www.bpmn.org/>. (n.d.).

<https://www.mcftech.com/use-bpmn-flowcharts/>. (n.d.).

<https://www.python.org/>. (n.d.).

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015, JULY 15). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*,, σσ. 349(6245), 255-260.

Michele Chinosi, A. T. (2012, Volume 34, Issue 1). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces*, σ. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>.

Mitchel, T. (1997). Machine Learning. . *Maidenhead, H.B.:McGraw-Hill International Editions*.

Mohamed, F. A. (2013). Comparison of the Workflow management systems Bizagi. *ProcessMaker, and Joget*.

NIKOLAOS SPANOUDAKIS, M. B. (2020). Applying BPMS to the Public Sector Using OSS. *VirtualBALCOR2020, 013, v7 (final)*.

OMG: *Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0.2 (2013)*. (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2>

Python, W. (2021). Python. *Python Releases Wind, 24*.

SHAW, R. G., & MITCHELL-OLDS, T. (1993). ANOVA for unbalanced data: an overview. . *Ecology*, σσ. 74.6: 1638-1645.

Sola, D. W. (2023). AP Signavio Academic Models: A Large Process Model Dataset. Στο *In: Montali, M., Senderovich, A., Weidlich, M. (eds) Process Mining Workshops. ICPM 2022*. . Lecture Notes in Business Information Processing, vol 468. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-27815-0\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-031-27815-0_33).

Spanoudakis, N. I. (2023). Engineering IoT-Based Open MAS for Large-Scale V2G/G2V. *Systems 11*, no. 3: 157.<https://doi.org/10.3390/systems11030157>.

TABACHNICK, B. G., & FIDELL, L. S. (2007). Experimental designs using ANOVA. *Belmont, CA: Thomson/Brooks/Cole*.

Weske, M. D. (2020, <https://doi.org/10.5281/zenodo.3758705>). Model collection of the business process management academic initiative.

White, S. A. (2004, July). Introduction to BPMN . *BPTrends*. Ανάκτηση από [http://yoann.nogues.free.fr/IMG/pdf/07-04\\_WP\\_Intro\\_to\\_BPMN\\_-\\_White-2.pdf](http://yoann.nogues.free.fr/IMG/pdf/07-04_WP_Intro_to_BPMN_-_White-2.pdf)

Γκαγκιαλής, Σ. (2011). *Μοντελοποίηση επιχειρίσεων: Ανασκόπηση των Σημαντικότερων Αρχιτεκτονικών, Μεθόδων και Εργαλείων*.

Παναγιώτου, Ν. Α., Ευαγγελλόπουλος, Ν. Π., Κατημερτζόγλου, Π. Κ., & Γκαγκιαλής, Σ. Π. (2013). *Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.

Παπαναστασίου, Ε. Π. (2016). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Λευκωσία: Καΐλας Τυπογραφεία.

Ρουμελιώτης, Μ. (2001). 'Μοντελοποίηση και προσομοίωση. ', *Εκδόσεις ΤΥΡΟΡΑΜΑ ομάδα εκτέλεσης έργου ΕΑΠ/2001, Πατρα*.

Στεργίου, Ε. Σ. (2016). *Διαμόρφωση εγχειριδίου διαδικασιών προμηθειών σε εταιρεία παραγωγής κλειδαριών και συστημάτων ασφάλειας*. Διπλωματική εργασία.

## Παράρτημα

### Κώδικες σε λογισμικό Python

#### Κώδικας 1

```
1  # -*- coding: utf-8 -*-
2  """
3  Created on Tue Apr  4 18:42:02 2023
4
5  @author: Lchairitis
6  """
7  'Libraries'
8  import pandas as pd
9  import matplotlib.pyplot as plt
10 import seaborn as sns
11 import numpy as np
12
13 'Read Data'
14 data=pd.read_csv('Productivity.csv')
15 data.columns =[ 'Month','Productivity']
16
17 'Train Model'
18 from sklearn.model_selection import train_test_split
19 x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(data.Month.values.reshape (-1,1),data.Productivity.values, random_state=11)
20 x_train.shape
21 x_test.shape
22
23 'Create Linear Regration'
24 from sklearn.linear_model import LinearRegression
25 linear_regression = LinearRegression()
26 linear_regression.fit(X = x_train, y = y_train)
27
28 linear_regression.coef_
29 linear_regression.intercept_
30
```

```
31 'Predict Model'
32 predicted = linear_regression.predict(x_test)
33 expected =y_test
34 for p,e in zip(predicted[:5], expected[:5]):
35     print(f'predicted: {p:.2f},expected: {e:.2f}')
36
37 predict=(lambda x: linear_regression.coef_*x+linear_regression.intercept_)
38
39 print(predict(30))
40
41 'Plotting Data with Linear Regretion'
42 axes =sns.scatterplot(data=data, x= 'Month' ,y='Productivity', hue='Productivity',legend=False)
43 axes.set_ylim(0,100)
44 sns.set(font_scale=0)
45 sns.set_style('whitegrid')
46 x=np.array([min(data.Month.values),max(data.Month.values)])
47 y= predict(x)
48 line=plt.plot(x,y)
```

## Κώδικας 2

```
1  # -*- coding: utf-8 -*-
2  """
3  Created on Tue Apr 11 16:10:46 2023
4
5  @author: Lchairetis
6  """
7
8  import pandas as pd
9  import matplotlib.pyplot as plt
10 import seaborn as sns
11 import scipy.stats as stats
12 import statsmodels.api as sm
13 from statsmodels.formula.api import ols
14 from bioinfokit.analys import stat
15
16
17 'Load data file'
18 pps=pd.read_csv('productivity per season.csv')
19 'reshape the d dataframe suitable for statsmodels package'
20 pps_melt = pd.melt(pps.reset_index(), id_vars=['index'], value_vars=['Autumn', 'Spring', 'Summer', 'Winter'])
21 'replace column names'
22 pps_melt.columns=['index','treatments','value']
23 'generate a boxplot to see the data distribution by treatments. Using boxplot, we can'
24 'easily detect the differences between different treatments'
25 ax = sns.boxplot(x='treatments', y='value', data=pps_melt, color='#99c2a2')
26 ax = sns.swarmplot(x="treatments", y="value", data=pps_melt, color='#7d0013')
27 plt.show()
28
29 'stats f_oneway functions takes the groups as input and returns ANOVA F and p value'
30 fvalue, pvalue = stats.f_oneway(pps['Autumn'], pps['Spring'], pps['Summer'], pps['Winter'])
31 print(fvalue, pvalue)
32 'Ordinary Least Squares (OLS) model'
33 model = ols('value ~ C(treatments)', data=pps_melt).fit()
34 anova_table = sm.stats.anova_lm(model, typ=2)
35 print(anova_table)
```

```

36 'ANOVA table using bioinfokit'
37 res = stat()
38 res.anova_stat(df=pps_melt, res_var='value', anova_model='value ~ C(treatments)')
39 print(res.anova_summary)
40 ' perform multiple pairwise comparison (Tukey s HSD) unequal sample size data, tukey_hsd uses Tukey-Kramer test'
41 res = stat()
42 res.tukey_hsd(df=pps_melt, res_var='value', xfac_var='treatments', anova_model='value ~ C(treatments)')
43 print(res.tukey_summary)
44 'res.anova_std_residuals are standardized residuals obtained from ANOVA'
45 sm.qqplot(res.anova_std_residuals, line='45')
46 plt.xlabel("Theoretical Quantiles")
47 plt.ylabel("Standardized Residuals")
48 plt.show()
49
50 'histogram'
51 plt.hist(res.anova_model_out.resid, bins='auto', histtype='bar', ec='k')
52 plt.xlabel("Residuals")
53 plt.ylabel('Frequency')
54 plt.show()
55
56 'Shapiro-Wilk test'
57 w, pvalue = stats.shapiro(model.resid)
58 print(w, pvalue)
59 "Bartlett's Test"
60 w, pvalue = stats.bartlett(pps['Autumn'], pps['Spring'], pps['Summer'], pps['Winter'])
61 print(w, pvalue)
62
63 res = stat()
64 res.bartlett(df=pps_melt, res_var='value', xfac_var='treatments')
65 print(res.bartlett_summary)
66 "Levene's Test"
67 res = stat()
68 res.levene(df=pps_melt, res_var='value', xfac_var='treatments')
69 print(res.levene_summary)

```