

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Ανάλυση αποφάσεων χρήστη σε εκπαιδευτικό παιχνίδι
με τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού Python**

Διπλωματική Εργασία

Βασίλειος Γούναρης-Μπαμπαλέτσος

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ασπασία Δασκαλοπούλου

Βόλος, Ιούλιος 2019

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Ανάλυση αποφάσεων χρήστη σε εκπαιδευτικό παιχνίδι
με τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού Python**

Διπλωματική Εργασία

Βασίλης Γούναρης-Μπαμπαλέτσος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ασπασία Δασκαλοπούλου

Βόλος, Ιούλιος 2019

UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**Analysis of user decisions in educational game using
python programming language**

Diploma Thesis

Vasileios Gounaris-Bampaletsos

Supervisor: Aspasia Daskalopoulou,

Volos, July 2019

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες της διπλωματικής αυτής εργασίας κ. Ασπασία Δασκαλοπούλου και τον κ. Γεώργιο Σταμπούλη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν με την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος. Ιδιαίτερα ευχαριστώ, τον κ. Σταμπούλη Γεώργιο για την καθοδήγηση, την επικοινωνία και την συνεργασία που είχαμε σε πολλά project τα τελευταία δυο χρόνια των σπουδών μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο και φίλο Δημήτρη Καταράκη για την σημαντική βοήθειά του στο προγραμματιστικό κομμάτι αυτής της διπλωματικής εργασίας και τον κ. Αχιλλέα Μπάρλα για την συνεργασία και βοήθεια τα τελευταία δύο χρόνια των σπουδών μου, στον τομέα της στατιστικής.

Τέλος, οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου, τους φίλους και την κοπέλα μου, που με στήριξαν ώστε να ολοκληρώσω με επιτυχία τις σπουδές και την διπλωματική μου εργασία.

Βασίλειος Γούναρης – Μπαμπαλέτσος

Βόλος, 2019

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

«Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής».

Ο/Η Δηλών/ούσα

Βασίλης Γούναρης-Μπαμπαλέτσος

25.06.2019

Διπλωματική Εργασία για την απόκτηση του Διπλώματος του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού και Μηχανικού Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στα πλαίσια του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

.....

Βασίλειος Γούναρης-Μπαμπαλέτσος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Copyright © Vasileios Gounaris-Bampaletsos, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Περίληψη

Τα δεδομένα που διαθέτουμε τον 21^ο αιώνα και η ανάλυση αυτών είναι σημαντική και αρκετές φορές περίπλοκη διαδικασία για την κατανόηση και την ανατροφοδότηση διαφόρων προβλημάτων που χρήζουν επίλυσης. Ιδιαίτερα περίπλοκη, αλλά ταυτόχρονα και άκρως ενδιαφέρουσα, είναι η ανάλυση των αποφάσεων (ανάλυση συμπεριφοράς) δηλαδή οι επιλογές που κάνουν οι άνθρωποι για την λήψη μιας απόφασης. Η ανάπτυξη και η εξέλιξη συστημάτων, για την ανάλυση συμπεριφοράς, θα βοηθήσει σημαντικά στον κλάδο της εκπαίδευσης. Ένα τέτοιο υπολογιστικό σύστημα υλοποιείται με την χρήση γλώσσας προγραμματισμού, ώστε να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία ανάλυσης δεδομένων και να χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς (εκπαίδευση, επιχειρήσεις, κρατικούς φορείς) ανεξαρτήτως του περιεχομένου και του όγκου των δεδομένων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία δίνει βάση στον εκπαιδευτικό τομέα και προσπαθεί να βελτιώσει την εκπαιδευτική εμπειρία προς όφελος των μαθητών, αλλά και την αποτύπωση των συμπεριφορών των μαθητών. Το κίνητρο για την μελέτη που πραγματοποιήθηκε ήταν η έλλειψη ενός αυτοματοποιημένου τρόπου ανάλυσης δεδομένων. Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκε ένα ψηφιακό εκπαιδευτικό παιχνίδι, πραγματοποιήθηκε η διεξαγωγή πειράματος, η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων καθώς και η χρήση στατιστικών τεχνικών και η ανάπτυξη αλγορίθμου και προγράμματος με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python.

Τέλος, εξάγονται συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του συστήματος που αναπτύχθηκε, την ανάλυση των αποφάσεων των μαθητών και περαιτέρω βελτιώσεις που μπορούν να εφαρμοστούν.

Λέξεις Κλειδιά: συστημική δυναμική, προσομοίωση, πείραμα, ανάλυση αποφάσεων, πολυπαραγοντική ανάλυση, python

Abstract

The data we have in the 21st century and the analysis of these are an important and often complicated process for understanding and feedback of various problems that need to be resolved. Particularly complex, but at the same time very interesting, is decision analysis (behavior analysis), that is the choices made by people making a decision. The creation and development of such systems, in order to analyze these data, requires further study and finding more efficient ways of implementation. Such a computerized system is implemented using a programming language to automate the data analysis process and to use it in various sectors (education, business, government) regardless of the content and volume of the data.

This thesis is based on the educational field and tries to improve the educational experience for the benefit of the students, as well as the depiction of the students' attitudes. The motivation for the study was the lack of an automated way of analyzing data. The study involved the creation of a digital educational game, experiment, data collection and analysis as well as the development of techniques (statistics, algorithms) to achieve the goal and capture them using the Python programming language.

Conclusions are drawn about the efficiency of the system developed, the analysis of student decisions and further improvements that can be implemented.

Keywords: system dynamics simulation model, experiment, decision analysis, multivariate analysis, python

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	xiii
Abstract.....	xiv
Πίνακας Περιεχομένων	xv
Λίστα Σχημάτων.....	xvii
Κεφάλαιο 1	1
Εισαγωγή	1
1.1. Περιγραφή προβλήματος.....	2
1.2. Η μεθοδολογία της εργασίας	2
1.3. Η δομή της εργασίας	3
Κεφάλαιο 2	5
Προσομοίωση με τη Συστημική Δυναμική	5
2.1. Περιγραφή Μοντέλων Συστημικής Δυναμικής.....	5
2.2. Στόχος του Μοντέλου.....	9
2.3. Η χρήση των προσομοιώσεων στην εκπαίδευση	10
2.4. Το Μοντέλο της Εργασίας.....	11
Κεφάλαιο 3	17
Γλώσσα Προγραμματισμού Python	17
3.1. Εισαγωγικά Στοιχεία	17
3.2. Python και Ανάλυση Δεδομένων	18
3.3. Βιβλιοθήκες της Python	19
3.4. Η Χρήση της Python στην Εργασία	23

Κεφάλαιο 4	27
Ανάλυση Πειράματος	27
4.1 Το πείραμα.....	27
4.2 Η υλοποίηση του πειράματος	28
4.2.1. Προετοιμασία του δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης.....	28
4.2.2. Επιλογή – Συμμετοχή φοιτητών	30
4.2.3. Τρόπος διεξαγωγής του πειράματος.....	31
4.2.4. Συλλογή και προετοιμασία δεδομένων	31
4.3 Ανάλυση δεδομένων.....	32
4.3.1. Η Μεθοδολογία για την ανάλυση των δεδομένων	32
4.3.2. Η υλοποίηση του κώδικα.....	37
4.3.3. Απεικόνιση – σχολιασμός αποτελεσμάτων	43
Κεφάλαιο 5	55
Συμπεράσματα.....	55
5.1. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων	55
5.2. Χρήση των Αποτελεσμάτων στην Εκπαίδευση.....	55
5.3. Αδυναμίες – Προτάσεις για το μέλλον	56
Βιβλιογραφία	59

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 2.1: βρόγχος ανατροφοδότησης (Forrester 1991).....	6
Σχήμα 2.2: οι φάσεις δημιουργίας ενός μοντέλου.....	8
Σχήμα 2.3: Η δημιουργία δυναμικού μοντέλου μέσω ανατροφοδότησης [6, p. 35].....	9
Σχήμα 2.4: Μεταβλητές εισόδου που καθορίζονται από τους παίκτες.....	12
Σχήμα 2.5: Παραγωγική διαδικασία του προϊόντος της επιχείρησης (μπύρα).....	13
Σχήμα 2.6: Σύνδεση αποθέματος με τις πωλήσεις, τις απώλειες και το περιθώριο κέρδους	13
Σχήμα 2.7: Καθορισμός ισοζυγίου επιχείρησης.....	14
Σχήμα 2.8: Τελικό μοντέλο προσομοίωσης.....	16
Σχήμα 4.1: Η επιφάνεια διεπαφής χρήστη του μοντέλου στο Powersim Studio.	29
Σχήμα 4.2: απεικόνιση μερικών δεδομένων από τα δεδομένα σε φύλλο εργασίας excel...	32
Σχήμα 4.3: αποτελέσματα μετά την ανάλυση.....	34
Σχήμα 4.4: εισαγωγή βιβλιοθηκών (Visual Studio Code).....	37
Σχήμα 4.5: Φιλτράρισμα file path και συνθήκες ονόματος.....	37
Σχήμα 4.6: Δημιουργία παραθύρου για την εισαγωγή δεδομένων από τον χρήστη.	38
Σχήμα 4.7: Παράθυρο επιλογής δεδομένων.....	38
Σχήμα 4.8: Παράθυρο ολοκλήρωσης και συνέχισης της ανάλυσης.....	39
Σχήμα 4.9: Παράθυρο μηνύματος τερματισμού του προγράμματος.....	39
Σχήμα 4.10: Επεξεργασία εισαχθέντος αρχείου excel.	40
Σχήμα 4.11: multivariate regression.....	40

Σχήμα 4.12: Αποθήκευση και έλεγχος αριθμού τρεξίματος.	41
Σχήμα 4.13: Δημιουργία γραφημάτων.	42
Σχήμα 4.14: Radar Chart (spider).....	44
Σχήμα 4.15: τρέξιμο #1	46
Σχήμα 4.16: τρέξιμο #2	46
Σχήμα 4.17: τρέξιμο #3	47
Σχήμα 4.18: τρέξιμο #4	48
Σχήμα 4.19: τρέξιμο #5	49
Σχήμα 4.20: τρέξιμο #6	50
Σχήμα 4.21: τρέξιμο #7	51
Σχήμα 4.22: τρέξιμο #8	52
Σχήμα 4.23: τρέξιμο #9	53
Σχήμα 4.24: τρέξιμο #10	53

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Σε έναν κόσμο όπου η αξία της πληροφορίας και των δεδομένων είναι μεγαλύτερη από πολλά υλικά αγαθά, κρίνεται χρήσιμο να μελετηθούν όλες οι πληροφορίες που μπορούμε να έχουμε. Αξιοποιώντας τα δεδομένα που έχουμε, ανάλογα τον κάθε τομέα(ιατρική, οικονομικά, εκπαίδευση κλπ.), βελτιώνουμε τις υπηρεσίες και τα προϊόντα που χρησιμοποιούμε όλοι στην καθημερινότητά μας. Έτσι, λοιπόν, η μελέτη και η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων από τα δεδομένα, είναι πλέον σημαντική δουλειά για την βελτίωση της ανθρωπότητας.

Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται από αρχαιοτάτων χρόνων με την μορφή της απλής παρατήρησης για την κατανόηση απλών αλλά και σύνθετων προβλημάτων στην καθημερινότητα των πολιτών. Με την πάροδο των ετών κατανοήσαμε την σπουδαιότητα και την αξία των δεδομένων, ώστε να τα αποτυπώνουμε σε γραπτή μορφή και σήμερα σε ηλεκτρονική μορφή. Η συλλογή απαιτεί κριτική ικανότητα, σωστή ομαδοποίηση, καθαρή αποτύπωση και χώρο για την αποθήκευσή τους.

Η ανάλυση των δεδομένων με την μέθοδο της παρατήρησης παλαιότερα ήταν με την χρήση της εμπειρίας των ανθρώπων και παρουσιαζόταν με τον προφορικό λόγο.(πρόβλεψη καιρού, σπορά καρπών, ναυσιπλοΐα κλπ.) Στην σύγχρονη εποχή με την ανάπτυξη των μαθηματικών επιστημών και της τεχνολογίας η ανάλυση έχει πάρει μια άλλη μορφή, όχι πολύ μακριά από το παρελθόν. Η διαφορά με το παρελθόν είναι ότι με την χρήση στατιστικών μεθόδων και την υπολογιστική ισχύ του σήμερα, η ανάλυση είναι τεκμηριωμένη, πιο κοντά στην πραγματικότητα και μπορούμε να επεξεργαστούμε μεγαλύτερο όγκο δεδομένων.

Στην εκπαίδευση η συλλογή και η ανάλυση των δεδομένων από την ανάλυση της συμπεριφοράς του μαθητή, σε περιβάλλον ψηφιακής εκπαιδευτικής προσομοίωσης, δεν είναι διαδεδομένο. Χρησιμοποιείται σε ελάχιστα εκπαιδευτικά ιδρύματα ανά τον κόσμο. Σκοπός της εργασίας είναι να δώσει μια σύγχρονη και βελτιωμένη έκδοση στην συλλογή και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με την χρήση σύγχρονων μεθόδων.

Με τον τρόπο αυτό τα αποτελέσματα των μαθητών θα αξιολογηθούν και θα δοθούν στον δάσκαλο με την μορφή ανατροφοδότησης, έτσι ώστε η καθοδήγηση και η διδασκαλία των μαθητών να βελτιώνει τις πραγματικές αδυναμίες των μαθητών, κάνοντας την εκπαίδευση στοχευμένη και αποτελεσματική.

Τέλος για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκαν όλα τα στάδια ώστε η έρευνα που έγινε να θεωρείται αξιόπιστη και αξιόλογη. Αρχικά υλοποιήθηκε το περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές θα χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους. Έπειτα το στάδιο του πειράματος, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό, στη συνέχεια συλλέχθηκαν τα αποτελέσματα και τέλος αναλύθηκαν με την χρήση στατιστικών με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python. Η χρήση της Python έγινε έτσι ώστε να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων και να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντικές αναλύσεις.

1.1. Περιγραφή προβλήματος

Η συμβολή της επιστήμης της Ανάλυσης Δεδομένων στην βελτίωση της καθημερινότητας μας και των επιστημών είναι πολύ μεγάλη και χρήσιμη. Η εκπαίδευση λοιπόν, η οποία γίνεται συνήθως με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας, (διαγώνισμα-βαθμοί) έχει ως αποτέλεσμα να μένει στάσιμη όλη η διαδικασία.. Η μη χρήση τεχνολογικών συσκευών και βοηθημάτων (ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκπαιδευτικά ψηφιακά παιχνίδια, συλλογή δεδομένων κλπ.) κάνει την εκπαίδευση ανεπαρκή και αναξιόπιστη, σε έναν κόσμο όπου η ανάγκη για μάθηση αυξάνεται όλο και περισσότερο. Σύγχρονα συστήματα εκπαιδευτικών προσομοιώσεων δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν καθόλου στο εκπαιδευτικό σύστημα. Η ανάλυση των αποφάσεων των μαθητών δεν γίνεται με σύγχρονο τρόπο, ως αποτέλεσμα το εκπαιδευτικό σύστημα να μην προοδεύει. Σε αυτό το σημείο έρχεται η παρούσα εργασία για την μελέτη των δεδομένων.

1.2. Η μεθοδολογία της εργασίας

Αυτή η διπλωματική εργασία παρουσιάζει έναν πλήρη οδηγό εκπαιδευτικής προσομοίωσης μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον, ένα πείραμα με φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, συλλογή δεδομένων καθώς επίσης και ανάπτυξη ενός προγραμματιστικού εργαλείου για την ανάλυση και την απεικόνιση των δεδομένων.

Αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ευρεία γκάμα επιστημών και αντικειμένων εκτός από την εκπαίδευση όπως οι επιχειρήσεις.

Η υλοποίηση του εκπαιδευτικού παιχνιδιού προσομοίωσης έγινε με την χρήση του εργαλείου ανάπτυξης δυναμικών μοντέλων Powersim Software AS. (<https://www.powersim.com/>) Η διεξαγωγή του πειράματος έγινε από φοιτητές διαφόρων τμημάτων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στα εργαστήρια υπολογιστών του Οικονομικού Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ολοκληρώνοντας το πείραμα συλλέξαμε τα δεδομένα και τα διαχειριστήκαμε με το εργαλείο λογιστικών φύλλων Microsoft Excel, ώστε να είναι έτοιμα για επεξεργασία. Έπειτα έγινε συνδυασμός στατιστικών μοντέλων και αλγορίθμων για να δημιουργηθεί το αυτόματο εργαλείο ανάλυσης και αποτύπωσης της συμπεριφοράς των φοιτητών, για τις αποφάσεις που πήραν στο εκπαιδευτικό παιχνίδι που είχαν να "παίξουν". Τέλος υλοποιήθηκε πρόγραμμα σε γλώσσα Python για την ανάλυση των δεδομένων και εξαγωγή των αποτελεσμάτων σε γραφήματα για την καλύτερη δυνατή κατανόηση αυτών. Ολόκληρη η διαδικασία που θα αναλυθεί παρακάτω και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλούς σκοπούς καθώς είναι εύκολα προσβάσιμη για όποιον την χρειαστεί.

1.3. Η δομή της εργασίας

Στο κεφάλαιο 2 παρέχεται το θεωρητικό υπόβαθρο για τα νοητικά μοντέλα και της λήψης αποφάσεων, καθώς επίσης και τις βασικές έννοιες της συστημικής δυναμικής.

Παρουσιάζεται το δυναμικό μοντέλο που υλοποιήσαμε και ο στόχος για τον οποίο επιλέχθηκε μεταξύ άλλων. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια αναφορά στην γλώσσα προγραμματισμού Python και πως αυτή μας βοήθησε στην ανάλυση των δεδομένων. Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται λεπτομερώς το πείραμα που έγινε, η επιλογή φοιτητών, η συλλογή και διαχείριση των δεδομένων, η μεθοδολογία ανάλυσης, η υλοποίηση του κώδικα και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Τέλος στο κεφάλαιο 5 καταλήγουμε στο συμπέρασμα της μελέτης που κάναμε και δίνονται κάποιες συμβουλές για περαιτέρω μελλοντικές βελτιώσεις.

Κεφάλαιο 2

Προσομοίωση με τη Συστημική Δυναμική

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στην θεωρία της συστημικής δυναμικής έτσι ώστε να κατανοηθεί το θεωρητικό υπόβαθρο που χρησιμοποιήθηκε για να υλοποιηθεί το δυναμικό μοντέλο της εργασίας. Θα δοθούν κάποιιοι ορισμοί έτσι όπως προκύπτουν από τα λόγια πολλών ερευνητών. Επίσης θα γίνει αναφορά για την χρήση των μοντέλων αυτών στην εκπαίδευση καθώς και αναλυτική ανάλυση του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα.

2.1. Περιγραφή Μοντέλων Συστημικής Δυναμικής

Στα μέσα του προηγούμενου αιώνα, όπου και η δυναμική των υπολογιστικών συστημάτων μεγάλωνε, υπήρξε η άνθιση της συστημικής δυναμικής σαν προέκταση δυνατών μαθηματικών μοντέλων. Οι πρώτες απόπειρες συγγραφής εργασιών έγιναν την δεκαετία του 1960 από τον Forrester. Από εκείνη την στιγμή και σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων, υπάρχει μία μεγάλη γκάμα διαφόρων τομέων που χρησιμοποιούν τέτοιου είδους μοντέλα [16, p. 8].

Ένα δυναμικό μοντέλο ορίζεται ως ένα σύστημα που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Η κατάσταση που θα βρίσκεται ένα μοντέλο σε σχέση με τον χρόνο επηρεάζεται άμεσα από διάφορες παραμέτρους (εξαρτημένες/ανεξάρτητες). Τα δυναμικά συστήματα μελετούν την χρονική εξέλιξη των φυσικών συστημάτων που υπάρχουν γύρω μας (φύση, χρηματοοικονομικά, πολιτική, εκπαίδευση, μηχανική). Έτσι τα μοντέλα αυτά λειτουργούν με μία αρχή ανατροφοδότησης και η μελλοντική απόφαση είναι επηρεασμένη από τις επιδράσεις των αποφάσεων που είχαμε πάρει στο παρελθόν.

Σχήμα 2.1: βρόγχος ανατροφοδότησης (Forrester 1991)

Μέσω της ανατροφοδότησης κάθε δράση προκαλεί μια αντίδραση και τα αποτελέσματα αυτών έχουν ως συνέπεια να προκαλούν αντιδράσεις στο μέλλον [6, p. Vii-x]. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές διαμορφώνουν το μοντέλο, εφόσον τις αντιληφθούμε και τις μελετήσουμε. Έτσι δημιουργείται ένα οικοσύστημα από στο οποίο εισάγονται δεδομένα, λαμβάνονται αποφάσεις και προκύπτουν αποτελέσματα σε συνάρτηση πάντα με τον χρόνο. Η εφαρμογή των δυναμικών μοντέλων είναι συχνή και διαδεδομένη σε σημαντικούς τομείς των επιστημών όπως η δυναμική ανάλυση μολυσματικών ασθενειών, κύκλοι επιχειρήσεων, εταιρική ανάπτυξη, εκπαιδευτικό σύστημα και άλλα.

Για την δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου πρέπει να ληφθεί υπόψη η μέθοδος της Συστημικής Δυναμικής (ΣΔ). Η ΣΔ είναι μια μεθοδολογία μελέτης της πολυπλοκότητας της συμπεριφοράς σύνθετων κοινωνικοοικονομικών συστημάτων και βασίζεται στις αρχές της θεωρίας ελέγχου της ανάδρασης. Η μέθοδος αυτή έχει τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά:

1. Τάξη.

Ο αριθμός των επιπέδων που δημιουργούνται για να περιγράψουν και να αναπαραστήσουν το σύστημα.

2. Επανάδραση.

Αυτή συμβαίνει όταν η συμπεριφορά μιας μεταβλητής μπορεί ανατροφοδοτηθεί είτε άμεσα από μία άλλη μεταβλητή που συνδέεται, είτε έμμεσα από μία σειρά

συνδεδεμένων μεταβλητών. Σαν αποτέλεσμα να επηρεαστεί η μεταβλητή που προκάλεσε την συμπεριφορά αυτή.

3. Μη γραμμικότητα.

Επιβάλλεται για να μην υπάρχει σύζευξη θετικών και αρνητικών βρόχων με αποτέλεσμα της κυριαρχικότητας μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να γίνει μια ελεγχόμενη ανάπτυξη.

4. Πολλαπλότητα.

Η πολλαπλότητα των βρόχων είναι σημαντική διότι για την αναπαράσταση των μοντέλων του πραγματικού κόσμου (φυσικά δυναμικά μοντέλα) χρειάζονται περισσότεροι από ένας κόμβοι (σύνθετο σύστημα).

Η μοντελοποίηση ενός δυναμικού μοντέλου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που γίνεται με οργάνωση και κατανόηση του προβλήματος που θα μοντελοποιηθεί. Αρχικά για να διαμορφωθεί ένα μοντέλο πρέπει να κατανοηθεί εις βάθος το αντικείμενο (κοινωνικό, οικονομικό, εκπαιδευτικό μοντέλο). Το πρώτο στάδιο περιέχει την συλλογή αντικειμενικών στοιχείων για το αντικείμενο που πρόκειται να μοντελοποιηθεί. Αυτό, για παράδειγμα σε ένα μοντέλο διαχείρισης μια επιχείρησης, σημαίνει πως πρέπει να συλλέξουμε και να αναλύσουμε δεδομένα σχετικά με τις διαδικασίες παραγωγής, διανομής και λειτουργίας της επιχείρησης. Βλέπουμε επίσης ότι σε μία νέα επιχείρηση είναι δύσκολο και σχεδόν αδύνατο να υπάρχουν τόσα δεδομένα για να κάνουμε την ανάλυση και την δημιουργία ενός μοντέλου. Αφού λοιπόν επιτευχθεί η περιγραφή των σημαντικότερων στρατηγικών, ροών, πληροφοριών και αλληλεπιδράσεων μέσα σε μία επιχείρηση το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία ενός μοντέλου προσομοίωσης σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αυτό το μοντέλο πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο κατανοητό στον απλό χρήστη (υπάλληλος επιχείρησης) ώστε να το χρησιμοποιήσει και να μην περιέχει σύνθετους μαθηματικούς τύπους, δύσκολους στην κατανόηση [15, p. 24-25]. Η δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου περιέχει τέσσερα στάδια.

1. Εφαρμογή: μετά από την συλλογή και την μελέτη των δεδομένων του αντικειμένου που μοντελοποιούμε, βρίσκουμε την "χρυσή τομή" μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και ξεκινάμε μια πρώτη δοκιμή απεικόνισης.
2. Έλεγχος: σε αυτό το στάδιο ελέγχεται η απεικόνιση που έγινε για το αν τα γειτονικά στοιχεία είναι σχετικά μεταξύ τους και όλο το σύστημα που δημιουργήθηκε ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες του προβλήματος που μοντελοποιούμε.

3. Δράση: αν υπάρξει πρόβλημα στον έλεγχο, σε αυτό το στάδιο τροποποιούμε με τρόπο ενδεδειγμένο έτσι ώστε να βελτιώσουμε ή να διορθώσουμε το μοντέλο.
4. Επανασχεδιασμός: αυτό το στάδιο είναι στην πρώτη θέση (σχεδιασμός του μοντέλου) αν είναι η αφετηρία της μοντελοποίησης. Σχεδιάζουμε αρχικά το πλάνο των δεδομένων που πρέπει να συλλεχθούν, τις συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων και του προβλήματος που έχουμε να λύσουμε. Αν τώρα αυτό το στάδιο είναι τελευταίο σημαίνει ότι μέσω των προηγούμενων σταδίων να βρούμε λύση στα προβλήματα που έχουν προκύψει και να επανασχεδιάσουμε το μοντέλο μας ώστε να είναι πιο αποδοτικό.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η διαδικασία δημιουργίας ενός μοντέλου είναι σημαντική, ώστε το κάθε βήμα να είναι σύμμαχος του επόμενου, σε μια αλυσίδα διαδικασιών μέχρι την οριστικοποίηση και την λειτουργία ενός δυναμικού μοντέλου. Επίσης παρατηρούμε ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των φάσεων δημιουργίας είναι σημαντική, ώστε να αποτυπωθεί το μοντέλο με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και να ανταποκρίνεται πλήρως στον σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε.

Σχήμα 2.2: οι φάσεις δημιουργίας ενός μοντέλου

2.2. Στόχος του Μοντέλου

Τα δυναμικά μοντέλα όπως είδαμε είναι μια απεικόνιση ενός προβλήματος από την καθημερινότητα, που σαν στόχο έχει να μας δείξει το πως θα συμπεριφέρεται αυτό το πρόβλημα μέσα στον χρόνο. Στην περίπτωση των επιχειρήσεων βλέπουμε πώς διάφορες πολιτικές επιδρούν αρνητικά ή θετικά στην πορεία της επιχείρησης. Έτσι λοιπόν ο στόχος του μοντέλου είναι οι άνθρωποι που περιέχονται μέσα στην επιχείρηση να σκέφτονται πολλές αποφάσεις που λαμβάνονται στα διάφορα τμήματα αυτής. “Παίζοντας” με προσομοίωση, οι υπάλληλοι αποκτούν γνώση για την συνολική λειτουργία της επιχείρησης, αφού καλούνται να πάρουν αποφάσεις για διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Σημαντικό επίσης είναι ότι, μέσω αυτής της χρήσης του μοντέλου από τους υπαλλήλους, μπορούν να προληφθούν και να αντιμετωπιστούν σημαντικά προβλήματα στο μέλλον της επιχείρησης. Άρα το μοντέλο χρησιμοποιείται και για την υποστήριξη του οργανωτικού επανασχεδιασμού μιας επιχείρησης [6, p. 84].

Σχήμα 2.3: Η δημιουργία δυναμικού μοντέλου μέσω ανατροφοδότησης [6, p. 35]

Ο κύριος στόχος της μοντελοποίησης καταστάσεων του φυσικού κόσμου είναι κυρίως η κατανόηση των αποφάσεων που λαμβάνουμε και της επίδρασης που έχουν αυτές στο μέλλον. Αυτό σημαίνει ότι ο υπάλληλος, ο διευθυντής μιας επιχείρησης είναι σε θέση να κατανοήσουν, μέσω των μοντέλων, τι επίδραση θα έχουν οι αποφάσεις τους, στην επιχείρηση σε βάθος χρόνου και επομένως να μάθουν από αυτές με σκοπό την επιτυχία και την αύξηση των κερδών.

2.3. Η χρήση των προσομοιώσεων στην εκπαίδευση

Όπως αναφέρθηκε, τα δυναμικά μοντέλα χρησιμοποιούνται με την μορφή προσομοίωσης. Μια προσομοίωση είναι ένα μοντέλο ενός αληθινού συστήματος (επιχείρηση παραγωγής μύρας-ζυθοποιία) που σχεδιάστηκε ώστε να γίνει ευκολότερη η κατανόηση της δυναμικής πολυπλοκότητας του συστήματος. Μέσα από την αλληλεπίδραση του χρήστη με την δυναμική του συστήματος γίνεται εφικτή η κατανόηση της συμπεριφοράς του. Έτσι βελτιώνεται η διαδικασία λήψης αποφάσεων και η εφαρμογή καλύτερων πολιτικών.

Η εκπαίδευση είναι ένα μοντέλο του φυσικού κόσμου, στο οποίο πρωταγωνιστές είναι οι μαθητές και ο εκπαιδευτικός. Ο εκπαιδευτικός διδάσκει, οι μαθητές μαθαίνουν και εξετάζονται και ο εκπαιδευτικός τους αξιολογεί και παράλληλα καταλαβαίνει τις αδυναμίες όλης της τάξης. Έτσι μπορεί να εστιάσει στις αδυναμίες των πολλών και να κάνει την εκπαίδευση πιο αποδοτική.

Η χρήση των προσομοιώσεων και η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν θετική επίδραση στην εκπαίδευση διότι αυξάνονται τα κίνητρα των μαθητών για αλληλεπίδραση με αυτά [18, p. 1045]. Αυτό συμβαίνει διότι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές περιέχουν οπτικοακουστικό περιεχόμενο (ηχητικά εφέ, χρώματα, σχέδια) το οποίο ενθαρρύνει την περιέργεια των μαθητών δίνοντας κίνητρο να συμμετέχουν σε τέτοιου είδους εργαλεία μάθησης. Το κίνητρο θεωρείται βασικός παράγοντας για να ενθαρρύνει το ενδιαφέρον των μαθητών και να ενισχύσει την μαθησιακή τους ικανότητα και τις επιδόσεις τους [19, p. 141].

Η προσομοίωση-παιχνίδι εκπαιδευτικού χαρακτήρα μπορεί να θεωρηθεί πολύ σημαντική και χρήσιμη εκπαιδευτική μέθοδος η οποία επιτρέπει τους μαθητές να ανακαλύψουν μια διαφορετική έννοια του ψηφιακού παιχνιδιού σε σχέση με αυτό που έχουν συνηθίσει (pc games, Xbox, PlayStation) και να τους βάλει σε ένα σύγχρονο μοντέλο εκπαίδευσης, μέσα από το οποίο θα βελτιώσουν τα προσόντα τους στην χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και θα αυξηθεί η μαθησιακή τους ικανότητα.

Βασισμένοι σε όλα τα παραπάνω χρησιμοποιήσαμε αυτή την δυναμική που υπάρχει στην χρήση ηλεκτρονικών μέσων στην μάθηση και εντάξαμε μια προσομοίωση στο εκπαιδευτικό σχεδιασμό του ακαδημαϊκού έτους 2018-2019.

2.4. Το Μοντέλο της Εργασίας

Για τις ανάγκες της εργασίας χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο προσομοίωσης που έχει υλοποιηθεί αρχικά από τον κ. Σταμπούλη Γεώργιο και τον κ. Μπάραλα Αχιλλέα στα πλαίσια έρευνας στο Οικονομικό Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και τροποποιήθηκε για τις ανάγκες της εργασίας. Με την χρήση του λογισμικού Powersim Software 9 και 10 υλοποιήθηκε ένα μοντέλο που αναπαριστά τη λειτουργία μιας επιχείρησης σε δυναμικό περιβάλλον. Οι παίκτες (φοιτητές) παίρνουν αποφάσεις στο παρόν για την επιχείρηση, οι οποίες επηρεάζουν άμεσα τις αποφάσεις που θα πάρουν στο μέλλον.

Το μοντέλο προσομοιώνει την λειτουργία μίας εταιρίας παραγωγής μύρας – ζυθοποιία (**operation management**). Οι παίκτες καλούνται να γίνουν εικονικά ο διευθυντής παραγωγής της ζυθοποιίας και να διαχειριστούν την εβδομαδιαία παραγωγή μύρας, με στόχο να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη της επιχείρησης. Μέσα στην διαδικασία της προσομοίωσης οι παίκτες παρακολουθούν και άλλες μεταβλητές, που θα αναλυθούν παρακάτω, οι οποίες είναι απαραίτητο κομμάτι για την λειτουργία του εργοστασίου. Βλέπουμε ότι ο παίχτης καλείται να αποφασίσει και να καταστρώσει σχέδιο για την πορεία της επιχείρησης του. Στο τέλος της προσομοίωσης οι επιλογές-αποφάσεις των φοιτητών έχουν καταγραφεί και συλλέγονται για την ανάλυση της συμπεριφοράς τους.

Το λογισμικό Powersim Studio μας δίνει την δυνατότητα να ορίσουμε το σημείο εκκίνησης και τερματισμού, δηλαδή πόσες μέρες, μήνες, χρόνια θέλουμε να προσομοιώσουμε δυναμικά την λειτουργία της επιχείρησης.

Αυτό μας επιτρέπει να δούμε τους παίκτες να καταστρώνουν στρατηγικές μακροπρόθεσμες για την πορεία της επιχείρησής τους.

Το μοντέλο της εργασίας υλοποιήθηκε έτσι ώστε να έχει βήμα προόδου την εβδομάδα. Αυτό σημαίνει ότι κατά την υλοποίηση του όλες οι μεταβλητές και οι υπολογισμοί έγιναν ανά εβδομάδα (π.χ. «χρόνος παραγωγής προϊόντος» per week). Ο χρόνος που δώσαμε στην συγκεκριμένη προσομοίωση είναι τα 2 χρόνια, από 1 Ιουνίου 2019 έως 31 Μαΐου 2021.

Στην αρχή κάθε εβδομάδας οι παίκτες καλούνται να πάρουν απόφαση για την παραγωγή και απόφαση για παραγγελία πρώτων υλών. Αυτές είναι οι δύο μεταβλητές εισόδου για τις οποίες αποφασίζουν οι παίκτες.

Σχήμα 2.4: Μεταβλητές εισόδου που καθορίζονται από τους παίκτες

Η παραγωγική ικανότητα της επιχείρησης μετριέται σε βαρέλια μπύρας (kegs) και μπορούν να επιλεγθούν τιμές από 0 έως 30 βαρέλια την εβδομάδα. Η παραγωγή όμως ενός βαρελιού μπύρας χρειάζονται οι απαιτούμενες πρώτες ύλες. Για χάρη συντομίας και ευκολίας οι πρώτες ύλες ονομάστηκαν “materials”, διότι διαφορετικά έπρεπε να ξεχωρίζουμε και να αναφέρουμε όλα τα στατιστικά για την παραγωγή μπύρας (κριθάρι, βύνη, λυκίσκος) κάθε φορά. Ένα βαρέλι μπύρας για να παραχθεί απαιτούνται τέσσερα κιβώτια (cases) πρώτων υλών, τα οποία η επιχείρησή μας τα προμηθεύεται από ένα προμηθευτή, ο οποίος με την σειρά του τα παραδίδει στην αρχή κάθε εβδομάδας. Όμως από την στιγμή που θα παραγγείλει ο παίκτης πρώτες ύλες, αυτές θα έρθουν στην επιχείρηση μετά από τρεις εβδομάδες. Έτσι ο παίκτης καλείται να παρατηρεί προσεκτικά το απόθεμα της επιχείρησης σε πρώτες ύλες, έτσι ώστε να μην υπάρξει ο κίνδυνος ελλείψεων. Επίσης ο προμηθευτής έχει την δυνατότητα να μας παρέχει μέχρι μια συγκεκριμένη ποσότητα πρώτων υλών, επειδή εξυπηρετεί ταυτόχρονα και άλλες πελάτες του. Αυτή η ποσότητα αντιστοιχεί στην παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή μας, η οποία όταν η ζήτηση για μπύρα αυξάνεται (καλοκαιρινοί μήνες) τότε η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή μπορεί να μην είναι αρκετή.

Αυτή η αλυσίδα μεταξύ προμηθευτή, απόφασης παραγγελιών, αποθέματος αποτελεί την παραγωγική διαδικασία και είναι σημαντικοί παράγοντες, τους οποίους ο παίκτης πρέπει να λάβει υπόψη ώστε να μην κάνει ζημία στα οικονομικά της επιχείρησης σε βάθος χρόνου.

Σχήμα 2.5: Παραγωγική διαδικασία του προϊόντος της επιχείρησης (μπύρα)

Στη συνέχεια έχουμε την ζήτηση, που με την σειρά της μετριέται σε εβδομαδιαία βάση. Με βάση το απόθεμα, καθορίζονται οι εβδομαδιαίες πωλήσεις της επιχείρησης. Αυτό σημαίνει ότι ο παίκτης ρυθμίζει τις παραγγελίες του σε πρώτες ύλες και την παραγωγή μπύρας ώστε να είναι έτοιμος για διάθεση του προϊόντος προς τους καταναλωτές. Αν η ζήτηση είναι μεγάλη τότε οι πωλήσεις θα είναι ίδιες με το απόθεμα. Αυτή η διαφορά μεταξύ υψηλής ζήτησης και αποθέματος μεταφράζεται σε αδυναμία εξυπηρέτησης πελατών άρα σε χαμένες πωλήσεις, πράγμα που επηρεάζει τα έσοδα της επιχείρησης. Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει την σύνδεση και την αλληλεπίδραση μεταξύ παραγωγικής διαδικασίας, ζήτησης και πωλήσεων.

Σχήμα 2.6: Σύνδεση αποθέματος με τις πωλήσεις, τις απώλειες και το περιθώριο κέρδους

Η μεταβλητή των εβδομαδιαίων εσόδων της επιχείρησης είναι οι εβδομαδιαίες πωλήσεις επί την τιμή κιβωτίου μπίρας. Αυτή η μεταβλητή μαζί με τα εβδομαδιαία κόστη της επιχείρησης προστίθενται στο ισοζύγιο.

Σημαντική παράμετρος που καλούνται οι παίκτες να προσέχουν κατά την διάρκεια της προσομοίωσης είναι τα κόστη που έχει η επιχείρηση. Αυτά είναι πέντε και είναι τα εξής:

- Κόστος αγοράς πρώτων υλών από τον προμηθευτή
- Κόστος αποθήκευσης πρώτων υλών
- Κόστος παραγωγής ανά βαρέλι μπίρας
- Κόστος αποθήκευσης έτοιμων προϊόντων
- Εβδομαδιαίο σταθερό κόστος (λειτουργικά έξοδα)

Τα κόστη μαζί με τις παραπάνω αλυσίδες που αναφέρθηκαν δίνουν τιμές και συνδυάζονται ώστε να προκύψει το ισοζύγιο της επιχείρησης.

Σχήμα 2.7: Καθορισμός ισοζυγίου επιχείρησης

Τέλος να αναφερθεί ότι προκειμένου να αυξηθεί η πολυπλοκότητα του μοντέλου που υλοποιήθηκε, λείπει ελαφρώς ο ρεαλισμός σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας μιας επιχείρησης τέτοιου είδους. Αυτό όμως δεν επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την προσομοίωση διότι υλοποιήθηκε για εκπαιδευτικό σκοπό στα πλαίσια της εκπαίδευσης των φοιτητών σε θέματα παραγωγικής διαδικασίας και μανάτζμεντ. Έτσι το μοντέλο χαρακτηρίζεται ορθό και αποτελεί μία σωστή και αποτελεσματική άσκηση για την δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων από φοιτητές. Απαιτεί μια σειρά αποφάσεων, οι οποίες δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και επηρεάζουν τις μελλοντικές αποφάσεις του παίκτη, ώστε να μεγιστοποιήσει τελικά τα κέρδη της επιχείρησης που έχει αναλάβει ως διευθυντής.

Τελευταίο στοιχείο για την προσομοίωση και ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι, εφόσον το μοντέλο προσομοιώνει μια επιχείρηση σε βάθος 2 ετών, οι παίκτες πρέπει να εκλάβουν σοβαρά υπόψη τους μήνες που διανύει η επιχείρηση κάθε φορά. Η εποχικότητα (καλοκαίρι = μεγάλη κατανάλωση μύρας) είναι μια πολύ ενδιαφέρουσα χρονική περίοδος, κατά την οποία οι παίκτες πρέπει να δώσουν ιδιαίτερη σημασία. Όλες οι συμπεριφορές τους θα αποτυπωθούν στα δεδομένα και θα επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης που θα πραγματοποιηθεί.

Σχήμα 2.8: Τελικό μοντέλο προσομοίωσης

Κεφάλαιο 3

Γλώσσα Προγραμματισμού Python

Οι γλώσσες προγραμματισμού δημιουργήθηκαν παράλληλα με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές γιατί το ένα χρειάζεται το άλλο για να λειτουργεί και να έχει νόημα. Όπως λέει και ο ορισμός της έννοιας «γλώσσα προγραμματισμού είναι μία τεχνητή γλώσσα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο μίας μηχανής, συνήθως ενός υπολογιστή». (https://el.wikipedia.org/wiki/Γλώσσα_προγραμματισμού) Οι γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιούνται για να οργανώσουν και να διαχειριστούν καλύτερα πληροφορίες αλλά και να διατυπώσουν αλγορίθμους. Όπως και με τις γλώσσες των ανθρώπων έτσι και αυτές έχουν δικούς τους κανόνες η κάθε μια, άλλη χρήση, άλλο συντακτικό και διαφορετικό νόημα. Υπάρχουν χιλιάδες γλώσσες προγραμματισμού και κάθε χρόνο δημιουργούνται νέες, με επιρροές συνήθως από τις ήδη υπάρχουσες. Για αυτή την διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα Python.

3.1. Εισαγωγικά Στοιχεία

Η γλώσσα προγραμματισμού Python έκανε την εμφάνισή της το 1991 και ο δημιουργός της πρώτης αυτής έκδοσης ήταν ο ολλανδός προγραμματιστής Guido van Rossum. Το όνομά της προέρχεται από την ομάδα των Άγγλων κωμικών «Monty Python» και όχι από το φίδι πύθωνα όπως νομίζουν οι περισσότεροι. Η Python είναι μία γλώσσα διερμηνευόμενη, γενικού σκοπού και υψηλού επιπέδου. Δημιουργήθηκε με κύριο στόχο την αναγνωσιμότητα του κώδικά της και την ευκολία στην χρήση της. Το συντακτικό που χρησιμοποιεί επιτρέπει στους προγραμματιστές να γράφουν πολύπλοκες έννοιες σε λιγότερες γραμμές κώδικα σε σχέση με την C++ ή την Java. Κύρια πλεονεκτήματά της και πράγματα που την ξεχωρίζουν είναι ο όγκος βιβλιοθηκών που διαθέτει, οι οποίες διευκολύνουν ιδιαίτερα αρκετές συνηθισμένες εργασίες (πράξεις πινάκων, στατιστικές αναλύσεις), αλλά και τη ταχύτητα εκμάθησής της. Η γλώσσα Python μπορεί να εγκατασταθεί και να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα λειτουργικά συστήματα (windows, Linux, macOS) καθώς και σε πάρα πολλά προγραμματιστικά περιβάλλοντα (jupyter, atom, visual code studio) ακόμα και σε ένα απλό κενό φύλλο εργασίας (text editor).

Σημαντικό επίσης είναι ότι είναι γλώσσα ανοιχτού λογισμικού (open source) και η διαχείρισή της γίνεται από τον μη κερδοσκοπικό οργανισμό Python Software Foundation. Βασικές χρήσεις της είναι στον κλάδο της Μηχανικής Μάθησης, της Στατιστική, της Ανάλυσης Δεδομένων, των Δικτύων και σε πολλά ακόμη πεδία. Τέλος να σημειωθεί ότι η τελευταία μεγάλη έκδοση της python, η 3.0, είναι ιστορικά η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού που σπάει την προς τα πίσω συμβατότητα με προηγούμενες εκδόσεις ώστε να διορθωθούν κάποια λάθη που υπήρχαν σε παλαιότερες εκδόσεις και έτσι να είναι πιο σαφής ο απλός τρόπος με τον οποίο μπορούν γίνονται κάποια πράγματα. Για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 3.7.

3.2. Python και Ανάλυση Δεδομένων

Η επιστήμη της Ανάλυσης Δεδομένων, όπως λέει και το όνομά της, έχει να κάνει με δεδομένα, τα οποία μπορεί να είναι διαφόρων ειδών (αριθμοί, γράμματα). Για την ανάλυση μεγάλου όγκο δεδομένων, όπως είναι οι κρατήσεις ενός ξενοδοχείου σε διάρκεια ενός έτους, θα περιέχονται μαθηματικές πράξεις για τον υπολογισμό τους. Επίσης χρησιμοποιείται η επιστήμη της στατιστικής με ευρεία γκάμα εργαλείων και αλγορίθμων (regression, time-series forecast) καθώς επίσης και διάφοροι αλγόριθμοι ταξινόμησης (bubble sort) αλλά και αναζήτησης (σειριακή). Αυτό σημαίνει ότι η Python με την ευκολία που παρέχει η εκμάθησή της και ταυτόχρονα οι χιλιάδες βιβλιοθήκες της, είναι από τις πιο ενδεδειγμένες γλώσσες προγραμματισμού για αυτό τον σκοπό. Μπορεί να συνδυάσει στοιχεία άλλων γλωσσών όπως της R, η οποία χρησιμοποιείται για στατιστικές αναλύσεις και την απεικόνιση αυτών και της Java, η οποία αποτελεί βασικό πυλώνα δόμησης πολλών εφαρμογών μεγάλης κλίμακας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να θεωρείται μία από τις πλέον διαδεδομένες γλώσσες προγραμματισμού και να κατατάσσεται δίκαια σαν η δεύτερη πιο σημαντική γλώσσα προγραμματισμού στην σύγχρονη εποχή. Παρέχει τις δυνατότητες για τη δημιουργία προγραμμάτων από την εξόρυξη δεδομένων, τη μηχανική μάθηση, την στατιστική ανάλυση έως και την κατασκευή ιστοσελίδων.

Σε μια σελίδα ανάλυσης δεδομένων και προβολής προβλέψεων (www.forecatwatch.com) ή σε μηχανές αναζήτησης όπως το trivago (www.trivago.com) αρχικά χρησιμοποιήθηκε η PHP μέχρι που αντικαταστάθηκε μεγάλο μέρος από την Python διότι έτσι οι προγραμματιστές μπορούν να δουλεύουν πάνω σε μία γλώσσα για διαφορετικές λειτουργίες της σελίδας τους.

Επίσης το Facebook επέλεξε την Python για την ανάλυση δεδομένων επειδή χρησιμοποιούσαν την γλώσσα και σε άλλα κομμάτια της σελίδας. Βλέπουμε έτσι ότι ανήκει στην ελίτ των σύγχρονων επιχειρήσεων, εκτελώντας διαφορετικές λειτουργίες.

Η απλότητα και η ευκολία στην εκμάθηση που την χαρακτηρίζουν την έχουν κάνει ευρέως διαδεδομένη σε διάφορους τομείς του προγραμματισμού. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που διαθέτει και την κάνει απαραίτητη στην επιστήμη των δεδομένων είναι ότι διαθέτει μεγάλο αριθμό αποκλειστικών αναλυτικών βιβλιοθηκών για κάθε λογής επεξεργασία και προβολής δεδομένων. Σχεδόν σε κάθε τομέα της επιστήμης θα βρούνε πακέτα προσαρμοσμένα στις ανάγκες τους, έτοιμα για λήψη.

Τέλος, όπως προαναφέρθηκε, είναι μια γλώσσα γενικού σκοπού οπότε αυτό την καθιστά ικανή να περιέχεται σε πολλούς τομείς της επιστήμης των υπολογιστών. Μέσω των βιβλιοθηκών που παρέχει οι προγραμματιστές μπορούν να εφαρμόσουν στατιστικές αναλύσεις και ο συνδυασμός αυτός μας παρέχει εργαλεία για μηχανική μάθηση κάνοντας την Python κατάλληλη για την υλοποίηση προηγμένων μοντέλων πρόβλεψης και ανάλυσης, τα οποία συνδέονται άμεσα με τα συστήματα παραγωγής.

3.3. Βιβλιοθήκες της Python

Σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού συναντάμε διαθέσιμες βιβλιοθήκες οι οποίες περιέχουν έτοιμο κώδικα ώστε να μην χρειάζεται ο προγραμματιστής να γράφει τα πάντα από την αρχή. Για παράδειγμα για την δημιουργία και την εφαρμογή μαθηματικών πράξεων σε έναν τεράστιο πίνακα χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη NumPy η οποία περιέχει μαθηματικές πράξεις. Υπάρχουν περίπου 72.000 βιβλιοθήκες στην γλώσσα Python και συνεχώς αυξάνονται διότι είναι γλώσσα ανοιχτού κώδικα και ο καθένας μπορεί να γράφει μια βιβλιοθήκη, επεκτείνοντας έτσι την λειτουργικότητα της γλώσσας. Μια ακόμα ονομασία που έχουν οι βιβλιοθήκες είναι τα «πακέτα» (packages). Η ονομασία αυτή δόθηκε από τους προγραμματιστές με σκοπό την συντομία του λόγου, διότι αυτά φορτώνονται μέσα στην γλώσσα και περιέχουν πολλές συναρτήσεις και έτοιμα υπολογιστικά μοντέλα. Με άλλα λόγια έχοντας ένα κενό φύλλο εργασίας σε μια πλατφόρμα γραφής κώδικα, για την ευκολία μας στην συγγραφή του κώδικα φορτώνουμε τα πακέτα, στην αρχή του προγράμματός μας, έτσι ώστε όταν το θελήσουμε να καλέσουμε το περιεχόμενο του πακέτου και η ενέργεια που επιθυμούμε να γίνει σε μία γραμμή κώδικα και όχι να γράψουμε

τα πάντα από την αρχή. Στην παρακάτω ενότητα θα αναλυθεί ακριβώς το περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του προγράμματος της εργασίας. Όπως αναφέρθηκε οι βιβλιοθήκες της Python είναι πάρα πολλές αλλά στο σημείο αυτό θα αναφέρουμε τις σημαντικότερες και αυτές που χρησιμοποιήσαμε για την υλοποίηση του προγράμματος.

NumPy (<https://www.numpy.org/>)

Είναι η σημαντικότερη και η πιο συνηθισμένη βιβλιοθήκη της Python καθώς με αυτή χτίζονται σχεδόν όλα τα εργαλεία υψηλότερου επιπέδου για την χρήση της γλώσσας σε επιστημονικά πεδία. Χαρακτηρίζεται και ως η βιβλιοθήκη των αριθμών και των μαθηματικών. Το αποδεικνύει και το παλιό της όνομα Numeric(1995-2006). Χρησιμοποιείται για να χειρίζεται πίνακες πολλών διαστάσεων και να εκτελεί υψηλού επιπέδου μαθηματικές πράξεις. Είναι γραμμένη σε γλώσσα Python και C. Ανήκει στο πεδίο των λογισμικών με στόχο την αριθμητική ανάλυση (numerical-analysis software) όπως είναι τα MATLAB, Armadillo, Octave, SAS, SPSS, R, Perl και άλλα.

Pandas (<https://pandas.pydata.org/>)

Ίσως η χρησιμότερη βιβλιοθήκη για την παρούσα διπλωματική εργασία καθώς περιέχει εργαλεία για ανάλυση δεδομένων. Χρησιμοποιείται από την εισαγωγή δεδομένων και την συγχώνευση σε υπολογιστικά φύλλα Excel μέχρι την πιο σύνθετη επεξεργασία χρονοσειρών. Κοινώς είναι γνωστή για το «data munging», το οποίο είναι οι διαδικασίες όλες εκείνες που πρέπει να γίνουν στα δεδομένα πριν την επεξεργασία(ταξινόμηση, γέμισμα των κενών, οργάνωση και πολλά άλλα). Επίσης για στατιστικές αναλύσεις, για ανάλυση δεδομένων, για συνδυασμό δεδομένων και πολλά άλλα. Είναι χτισμένη πάνω στην NumPy καθώς θεωρείτε και αυτή βιβλιοθήκη για αριθμητική ανάλυση. Το όνομά της το αποδεικνύει αυτό καθώς βγαίνει από την φράση «Panel Data» που στην επιστήμη της στατιστικής και της οικονομετρίας ονομάζεται έτσι μεγάλων διαστάσεων πίνακες(δεδομένα) που περιλαμβάνουν μετρήσεις σε συνάρτηση με τον χρόνο.

SciPy (<https://scipy.org/scipylib/>)

Όπως και η προηγούμενη στηρίζεται και χρησιμοποιεί πολλά στοιχεία της NumPy, όμως προσανατολισμένη περισσότερο στον επιστημονικό υπολογισμό. Χρησιμοποιείται από επιστήμονες για τα εργαλεία υπολογισμού που διαθέτει όπως το integrate, το οποίο εκτελεί ολοκληρώσεις αριθμών, το linalg που εκτελεί πράξεις γραμμικής άλγεβρας και fftpack που περιέχει μετασχηματισμούς Fourier.

Επίσης χρησιμοποιείται και από μηχανικούς καθώς δίνει την δυνατότητα για επεξεργασία εικόνας, σήματος καθώς επίσης και αλγορίθμους ταξινόμησης και αναζήτησης. Έχει παρόμοια δομή και εργαλεία εκτέλεσης με την MATLAB.

Scikit-learn (<https://scikit-learn.org/stable/>)

Είναι η βιβλιοθήκη που περιέχει όλα εκείνα τα εργαλεία που χρειάζεται κάποιος για να δημιουργήσει μοντέλα μηχανικής μάθησης (Machine Learning). Συνδυάζει τις NumPy, Scipy, Matplotlib για την εκμάθηση των μοντέλων ακόμα για την εξόρυξη δεδομένων. Διαθέτει διάφορους αλγορίθμους ομαδοποίησης, παλινδρόμησης, ταξινόμησης, που μεταξύ άλλων είναι οι support vector machines, random forests, gradient boosting, multi-linear regression, k-means και άλλα.

Statsmodels (<https://www.statsmodels.org/stable/index.html>)

Συνδυάζει, επίσης, πολλά στοιχεία των προηγούμενων αλλά δημιουργήθηκε με σκοπό να παρέχει ομαδοποιημένα όλα τα στατιστικά εργαλεία και τις εξισώσεις εκείνες ώστε χρησιμοποιηθεί για σκοπούς στατιστικής και ανάλυσης δεδομένων. Εκτελεί στατιστικά τεστ με την χρήση των εργαλείων που περιέχει και τα αποδίδει με την χρήση εργαλείων της Matplotlib. Παρέχει επίσης στατιστικό υπόβαθρο για άλλες βιβλιοθήκες της Python.

Matplotlib (<https://matplotlib.org/>)

Η βιβλιοθήκη αυτή δημιουργήθηκε και παρέχει εργαλεία για την απεικόνιση των δεδομένων (visualization – plotting). Μετά την επεξεργασία των δεδομένων με τις παραπάνω βιβλιοθήκες χρησιμοποιείται η matplotlib για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων σε γραφήματα γραμμών, διαγράμματα πίτας, ιστογράμματα, απεικονίσεις δυσδιάστατες αλλά και τρισδιάστατες. Μπορεί επίσης να εξάγει γραφικά σε μορφή PDF, SVG, JPG, PNG, BMP, GIF και άλλα. Απεικονίζει παρόμοια σχήματα με την MATLAB καθώς σχεδιάστηκε για αυτό το σκοπό, με την ιδιότητα να χρησιμοποιείται στην γλώσσα python, με το πλεονέκτημα όμως ότι είναι δωρεάν.

Openpyxl (<https://pypi.org/project/openpyxl/>)

Η βιβλιοθήκη αυτή δημιουργήθηκε για να επεξεργαζόμαστε αρχεία του Excel 2010, σε όποια μορφή και αν είναι αυτό. Μας επιτρέπει να διαβάζουμε, να στέλνουμε, να αλλάζουμε και να χρησιμοποιούμε αρχεία τέτοιου τύπου. Σε κάποιες προεκτάσεις αυτής της βιβλιοθήκης έχουμε δυνατότητα να δημιουργήσουμε γραφήματα, πίνακες και άλλα , μέσα σε ένα φύλλο excel.

Όλες οι βιβλιοθήκες της γλώσσας Python, όπως και η ίδια η γλώσσα, είναι δωρεάν και ανοιχτή για χρήση από οποιονδήποτε τις χρειάζεται. Μερικές ακόμα γνωστές βιβλιοθήκες της Python είναι:

- TensorFlow, Theano – μηχανική μάθηση
- Scrapy, NLTK, Pattern - εξόρυξη δεδομένων
- Seaborn, Bokeh, Basemap, NetworkX – απεικόνιση, διαγράμματα

3.4. Η Χρήση της Python στην Εργασία

Σε αυτή την υπό ενότητα του κεφαλαίου αυτού θα αναλυθεί ο τρόπος, το περιβάλλον και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για να υλοποιηθεί το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων. Η μεθοδολογία και ο κώδικας που υλοποιήθηκε θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο καθώς και στο Παράρτημα.

Αρχικά, για την εγγραφή κώδικα χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Anaconda (Python and R distribution), η οποία στοχεύει στην ομαλή και άνετη συγγραφή κώδικα μέσω της διαχείρισης των πακέτων που χρειάζονται και του περιβάλλοντος της εφαρμογής. Η εγκατάστασή του είναι δωρεάν από την ιστοσελίδα (<https://www.anaconda.com/>). Η πλατφόρμα διαθέτει πάνω από 1400 δημοφιλείς βιβλιοθήκες (conda package) σχετικές με την επιστήμη των δεδομένων. Είναι συμβατή με τα τρία μεγάλα λογισμικά συστήματα (Windows, Linux, MacOS) και την χρησιμοποιούν περισσότεροι από 13 εκατομμύρια χρήστες μεταξύ άλλων και μεγάλες πολυεθνικές επιχειρήσεις όπως Citibank, Bloomberg, BMW, Cisco και άλλες.

Όπως προαναφέρθηκε η Python είναι μια γλώσσα που μπορεί γραφτεί παντού ακόμα και σε «λευκό χαρτί», πράγμα που σημαίνει πως για όλα (βιβλιοθήκες, πακέτα, στοίχιση, διόρθωση, σύνταξη) πρέπει να ασχοληθεί ο χρήστης. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούμε εργαλεία σαν το Anaconda, που μας παρέχει όλα τα εργαλεία για την ευχάριστη και αποδοτική και χωρίς λάθη και χρονοτριβές σύνταξη ενός προγράμματος. Το εργαλείο αυτό έρχεται με εγκατεστημένες βιβλιοθήκες, τον πυρήνα της γλώσσας Python, έναν διαχειριστή πακέτων το conda (package manager), που δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εγκαταστήσει ότι χρειάζεται το οποίο δεν του παρέχεται από την αρχή, και το Anaconda Navigator το οποίο είναι ένα γραφικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη (graphical user interface GUI), μέσα στο οποίο μπορεί κανείς να διαχειριστεί το εργαλείο Anaconda, τον διαχειριστή πακέτων και άλλες εφαρμογές και περιβάλλοντα που είναι προ εγκατεστημένα. Το περιβάλλον αυτό επιτρέπει στον χρήστη να αναζητήσει, να κατεβάσει, να τρέξει και να ανανεώσει τα πακέτα και τα εργαλεία μέσα στο περιβάλλον χωρίς δυσκολίες.

Οι παρακάτω εφαρμογές είναι διαθέσιμες στο περιβάλλον Anaconda Navigator μόλις το εγκαταστήσουμε στον υπολογιστή.

- **JupyterLab:** Επεκτάσιμο περιβάλλον για διαδραστικό υπολογισμό και την αναπαραγωγή αυτού. Βασίζεται στο jupyter notebook.
- **Jupyter Notebook:** Web-based, διαδραστικό περιβάλλον. Επεξεργάζεται και εκτελεί κώδικα, σε γλώσσα κατανοητή στον άνθρωπο.
- **QtConsole:** Περιβάλλον διεπαφής χρήστη το οποίο υποστηρίζει ενσωματωμένα στοιχεία, επεξεργασία πολλαπλών γραμμών, χαρακτήρες γραμμών και άλλα.
- **Spyder:** Τα αρχικά του Spyder είναι Scientific Python Development Environment. Ισχυρό επιστημονικό εργαλείο ειδικά κατασκευασμένο για επιστήμονες μηχανικούς και αναλυτές δεδομένων, παρέχει ένα αναβαθμισμένο συνδυασμό επεξεργασίας, ανάλυσης, εντοπισμού σφαλμάτων (debugging) για την ανάλυση, την παρατήρηση και την απεικόνιση δεδομένων.
- **Glueviz:** Απεικόνιση δεδομένων από μεγάλης διάστασης πίνακες. Εύρεση σχέσεων μεταξύ δεδομένων.
- **Orange:** Εργαλείο για την εξόρυξη δεδομένων και την απεικόνιση, διαθέτει μια μεγάλη γκάμα εργαλείων.
- **Rstudio:** Ενσωματωμένα εργαλεία για χρήση της γλώσσας R παρέχονται σε αυτό.
- **Visual Studio Code:** Ολοκληρωμένο σύστημα συγγραφής κώδικα με διαδικασίες όπως η εύρεση σφαλμάτων (debugging), προβολή εκτέλεσης εργασιών (task running) και πολλά άλλα.

Για την εύκολη, γρήγορη και ορθή σύνταξη του κώδικα χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Jupyter Notebook και η Spyder. Το jupyter notebook παρέχει ένα περιβάλλον δοκιμής και επεξεργασίας του κώδικα, με άμεση προβολή των αποτελεσμάτων. Επίσης δίνει την δυνατότητα να παρατηρούμε και να εκτελούμε τον κώδικα ανά κομμάτια, έτσι ώστε να εντοπίζουμε άμεσα λάθη και κυρίως να τον επεξεργαζόμαστε πολύ πιο άμεσα.

Όπως αναφέρθηκε, είναι web-based, αυτό σημαίνει ότι ανοίγει και εκτελείται στον περιηγητή (browser) που χρησιμοποιούμε στον ηλεκτρονικό μας υπολογιστή. Χρησιμοποιήθηκε η έκδοση Jupyter Notebook 5.7.4 .

Από την άλλη το Spyder είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού με όλα τα σύγχρονα εργαλεία. Χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή του τελικού κώδικα και για την εκτέλεση των απεικονίσεων του προγράμματος. Παρέχει, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, καλή οπτική επαφή με τον κώδικα χάρη στα χρώματα που χρησιμοποιεί για να ομαδοποιήσει μεταβλητές, νούμερα, κλείσεις συναρτήσεων και άλλα. Επίσης είναι πλήρως παραμετροποιήσιμο με την έννοια ότι ο χρήστης μπορεί να βλέπει είτε τα δεδομένα που χρησιμοποιεί, είτε την κονσόλα εντολών (τερματικό), είτε το μενού είτε άλλα επιλέγοντάς τα από το μενού. Κάνοντας έτσι την εμπειρία χρήστη πολύ καλή και ευχάριστη.

Όταν ολοκληρώθηκε η συγγραφή του κώδικα με την βοήθεια του Anaconda Navigator, η τελική υλοποίηση και εκτέλεση του κώδικα έγινε στο Visual Studio Code της Microsoft. Είναι ένα σύγχρονο περιβάλλον υλοποίησης κώδικα και περιλαμβάνει όλα τα σύγχρονα μέσα σε έναν προγραμματιστή (debugging, GitHub control, syntax highlights, intelligent code completion και άλλα). Είναι δωρεάν πλατφόρμα και ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει ένα περιβάλλον που ταιριάζει σε αυτόν. (θέματα επιφάνειας χρήστη, συντομεύσεις πληκτρολογίου, σημειώσεις, επιλογές καθοδήγησης, πακέτα βοηθημάτων για όλες τις γλώσσες και άλλα). Υποστηρίζει επίσης σχεδόν όλες τις γλώσσες προγραμματισμού όπως για παράδειγμα python, c, c++,html, java, sql, xml, ruby και πολλές άλλες. (<https://code.visualstudio.com/>)

Για την υλοποίηση του κώδικα χρησιμοποιήθηκαν σύγχρονα μέσα και βιβλιοθήκες που μας βοήθησαν να φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Όσον αφορά τις βιβλιοθήκες:

- PySimpleGUI: Χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των παραθύρων επιλογής δεδομένων και για το παράθυρο που ζητείται επιβεβαίωση συνέχειας του προγράμματος. (δημιουργία γραφικών) (<https://pypi.org/project/PySimpleGUI/>)
- Pandas: Χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία και την διαχείριση των δεδομένων. (<https://pandas.pydata.org/>)
- Sklearn: Περιέχει τις συναρτήσεις για να γίνει η ανάλυση των δεδομένων (multivariate analysis). (<https://scikit-learn.org/stable/>)
- NumPy: Βοηθάει στους υπολογισμούς και στην διαχείριση των πράξεων μεταξύ των πινάκων που έχουμε. (υπολογιστικό εργαλείο) (<https://www.numpy.org/>)
- Openpyxl: Μας δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε δεδομένα που είναι σε μορφή excel και να τα επεξεργαζόμαστε. (<https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/>)
- Os.path: Μας δίνει την δυνατότητα να ελέγχουμε το μονοπάτι των δεδομένων. Να βλέπουμε, να διαβάζουμε, να επεξεργαζόμαστε, να επιστρέφουμε δεδομένα σε μια συγκεκριμένη διεύθυνση. (<https://docs.python.org/3/library/os.path.html>)
- Ntpath: Συνδέεται με το os.path για την διαχείριση μονοπατιών διεύθυνσης σε περιβάλλοντα windows. (<https://effbot.org/librarybook/ntpath.htm>)
- Math: Είναι υπεύθυνη για μαθηματικές πράξεις, τύπους κ.λπ.. (<https://docs.python.org/3/library/math.html>)
- Openpyxl.chart: Περιέχει τα διαγράμματα-σχήματα που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων. (<https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/charts/introduction.html>)

Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε αναλυτικά την μεθοδολογία και την υλοποίηση του κώδικα που δημιουργήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων μας.

Κεφάλαιο 4

Ανάλυση Πειράματος

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σκοπός για τον οποίο έγινε η προσομοίωση από φοιτητές (πείραμα), καθώς επίσης και η προετοιμασία του δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης που διαθέτουμε ώστε να είναι εύχρηστο από τους φοιτητές. Αναλύεται επίσης η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων και η υλοποίηση του κώδικα για την ανάλυση αυτών.

4.1 Το πείραμα

Για την ανάλυση δεδομένων, ανεξαρτήτως περιεχομένου, είναι αναγκαίο τα δεδομένα να συλλεχθούν αρχικά και να είναι αξιόπιστα ώστε να δημιουργηθεί ένα ορθό πρόγραμμα που θα τα αναλύει. Έτσι και στην περίπτωση της εργασίας αυτής έπρεπε να συλλεχθούν δεδομένα, εφόσον δεν υπήρχαν έτοιμα από παλαιότερα πειράματα. Σημαντικό επίσης είναι, ότι η διεξαγωγή του πειράματος με φοιτητές για την συλλογή δεδομένων βοηθάει και σε ακόμα ένα τομέα, σε αυτόν της υλοποίησης του κώδικα. Αυτό σημαίνει ότι ο προγραμματιστής λαμβάνει υπόψιν του όλα εκείνα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που έχουν τα δεδομένα μετά την ολοκλήρωση του πειράματος (εύρος τιμών, ονόματα μεταβλητών και άλλα).

Αυτή η εργασία είναι κομμάτι ενός ευρύτερου πλάνου για την δημιουργία μιας ιστοσελίδας, έτσι η διεξαγωγή του πειράματος ήταν κάτι παραπάνω από απλή συλλογή δεδομένων. Οι σημαντικότεροι λόγοι ήταν για να ελεγχθεί ο βαθμός ετοιμότητας του δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης στο Powersim Studio και ο δεύτερος λόγος, ότι μέσω δοκιμών μπορέσαμε να καταλήξουμε στο βέλτιστο στατιστικό μοντέλο για την ανάλυση των δεδομένων και κατά επέκταση την υλοποίηση του κώδικα και της γραφικής απεικόνισης. Και τα δύο αυτά κομμάτια είχαν την ευκαιρία να δεχτούν βελτιώσεις και δοκιμές μέσω των δεδομένων που συλλέχθηκαν από την συμμετοχή των φοιτητών.

Τέλος να αναφερθεί ότι τα στοιχεία των φοιτητών παρέμειναν ανώνυμα για ευνόητους λόγους και συλλέχθηκαν και ταξινομήθηκαν με τον προσωπικό τους αριθμό μητρώου της σχολής τους.

4.2 Η υλοποίηση του πειράματος

Σε αυτό το σημείο της εργασίας θα αναλυθεί ο τρόπος διεξαγωγής του πειράματος, η επιλογή των φοιτητών καθώς και η προετοιμασία του μοντέλου προσομοίωσης.

4.2.1. Προετοιμασία του δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε, είχε δημιουργηθεί παλαιότερα. Παρόλα αυτά έγινε έλεγχος και δοκιμές και βελτιώσεις ώστε να είναι έτοιμο και λειτουργικό για το πείραμα με τους φοιτητές. Παρατηρήθηκαν σφάλματα σε μερικά σημεία τα οποία διορθώθηκαν και βελτιώθηκαν. Οι πιο σημαντικές εργασίες που έγιναν ήταν η σύνδεση του μοντέλου με το Microsoft Excel και η βελτίωση της επιφάνειας διεπαφής χρήστη (user interface).

Το Powersim Studio δίνει την επιλογή στον χρήστη να εξάγει και να αποθηκεύει τα δεδομένα των αναλύσεων σε διάφορες μορφές (csv, excel κ.λπ.). Για την παρούσα εργασία επιλέχθηκε το Excel διότι μας προσφέρει δυνατότητες να επεξεργαστούμε και να κάνουμε μικροαναλύσεις των δεδομένων. Έτσι συνδέθηκαν οι μεταβλητές του μοντέλου με αντίστοιχα κελία σε ένα φύλλο excel και καθώς ολοκληρώνεται ένα τρέξιμο του μοντέλου, οι τιμές όλων των μεταβλητών στέλνονταν απευθείας σε ένα φύλλο excel.

Το περιβάλλον το οποίο ο χρήστης θα βλέπει κατά την προσομοίωση και θα λαμβάνει αποφάσεις (user interface), έπρεπε να βελτιωθεί με τρόπο τέτοιο, ώστε να είναι εύχρηστος και ευχάριστος στο μάτι του χρήστη. Επιλέχθηκαν διαφορετικά χρώματα ανάλογα με το περιεχόμενο των κουτιών. Μπλε χρώμα για τα κουτιά που περιέχουν της μπάρες για την λήψη απόφασης. Πράσινο ανοιχτό χρώμα για τις σταθερές μεταβλητές της προσομοίωσης. Επίσης τρία κουτιά ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκουν οι μεταβλητές. (αποθέματα, οικονομικά, παραγωγή) Επίσης δημιουργήθηκαν γραφήματα για την καλύτερη δυνατή κατανόηση των αλλαγών στην επιχείρηση.

Σχήμα 4.1: Η επιφάνεια διεπαφής χρήστη του μοντέλου στο Powersim Studio.

Ο σκοπός για τον οποίον έγιναν οι αλλαγές στην επιφάνεια διεπαφής χρήστη ήταν ότι πλέον η εκπαίδευση γίνεται ψηφιακή με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ολοένα και περισσότερα προγράμματα σε Η.Π.Α. και Ευρώπη, βοηθούν στην χρήση ψηφιακών μέσων για την αποδοτικότερη και στοχευμένη εκπαίδευση, ανεξαρτήτως επιπέδου (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια κ.λπ.). [12, pp. 2-6]. Έτσι και εδώ για την διεξαγωγή του πειράματος έπρεπε να επεξεργαστούμε κατάλληλα την επιφάνεια χρήστη ώστε να παραδώσουμε στον χρήστη (φοιτητή) ένα σύγχρονο και εύχρηστο περιβάλλον ώστε να εργαστεί και να ολοκληρώσει την εργασία που του ανατέθηκε με επιτυχία και χωρίς προβλήματα.

4.2.2. Επιλογή – Συμμετοχή φοιτητών

Για την συλλογή των δεδομένων ήταν επιτακτική η ανάγκη της συμμετοχής φοιτητών που θα εκτελούσαν την προσομοίωση. Το πείραμα έλαβε χώρα στο εργαστήριο υπολογιστών του τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (κτήριο Ματσάγγου, Α24). Επίσης χρησιμοποιήθηκε και ένας προσωπικός υπολογιστής (laptop) για όσους φοιτητές δεν ήταν εφικτό να παρευρεθούν στο εργαστήριο. Οι συμμετέχοντες προσφέρθηκαν εθελοντικά να προσέλθουν, έπειτα από προφορική πρόσκληση που έγινε από τον κύριο Αχιλλέα Μπάρλα και τον κύριο Βασίλη Γούναρη Μπαμπαλέτσο. Στο πείραμα υπήρχαν 21 προπτυχιακοί φοιτητές του τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Επίσης υπήρχαν ακόμα 20 προπτυχιακοί φοιτητές του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Η.Μ.Μ.Υ.) .

Οι 21 φοιτητές του οικονομικού, ήταν στο τρίτο έτος των σπουδών τους. Ενώ από τους 20 φοιτητές των Η.Μ.Μ.Υ., οι 15 ήταν στο όγδοο έτος, οι 5 ήταν στο έκτο έτος, 1 στο έβδομο έτος και 2 στο ένατο έτος.

Η εργασία αυτή στοχεύει στην δημιουργία ενός κώδικα που θα αυτοματοποιήσει την ανάλυση πολλών δεδομένων μαζί. Όμως το τελικό αποτέλεσμα, η απεικόνιση της ανάλυσης σε γράφημα, πρέπει να περιέχει διαφορετικά χαρακτηριστικά χρηστών. Αυτό σημαίνει, ότι για να υλοποιηθεί ένα έγκυρο και γρήγορο στην εκτέλεση πρόγραμμα, πρέπει να το δοκιμάσουμε σε διαφορετικές συνθήκες, στην προκειμένη περίπτωση διαφορετικά άτομα. Έτσι θα μπορούμε να καταλήξουμε σε έναν λειτουργικό κώδικα και σε ορθή απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Το γράφημα που θα δίνει σαν αποτέλεσμα το πρόγραμμα πρέπει να απεικονίζει σωστά και κατανοητά τις διαφορετικές μεταβλητές που αντιστοιχούν στις αποφάσεις που πήραν οι φοιτητές σαν διευθυντές της επιχείρησης μπύρας. Για παράδειγμα ο φοιτητής του οικονομικού θα δώσει βάση στα οικονομικά της επιχείρησης και εκείνος των Η.Μ.Μ.Υ. στο απόθεμα. Αυτή η διαφορετική προσέγγιση στην προσομοίωση, μας βοηθά να δημιουργήσουμε ένα ορθό μοντέλο ανάλυσης μέσω της ανατροφοδότησης.

Έτσι οι επιλογές που έγιναν δεν ήταν τυχαίες. Επιλέχθηκαν έτσι ώστε να υλοποιηθεί και να παραδοθεί ένα ολοκληρωμένο και ορθό πρόγραμμα ανάλυσης και απεικόνισης των αποφάσεων των φοιτητών.

4.2.3. Τρόπος διεξαγωγής του πειράματος

Αρχικά επιλέχθηκε το εργαστήριο και στην συνέχεια εγκαταστάθηκε το πρόγραμμα Powersim Studio 9 στους υπολογιστές του εργαστηρίου. Σε όλους τους φοιτητές μοιράστηκαν οδηγίες, ίδιες για όλους, σε ηλεκτρονική μορφή. Τα δέκα πρώτα λεπτά του πειράματος, δόθηκαν προφορικές οδηγίες στους φοιτητές και απαντήθηκαν ερωτήσεις που είχαν οι φοιτητές. Ενημερώθηκαν για τον τρόπο λειτουργίας του προγράμματος και της προσομοίωσης, ώστε μπορέσουν να ολοκληρώσουν το πείραμα με άνεση.

Κάθε φοιτητής έπρεπε να ολοκληρώσει 10 διαφορετικά τρεξίματα της προσομοίωσης. Κάθε τρέξιμο ισοδυναμεί με δύο έτη λειτουργίας της επιχείρησης. Το κάθε τρέξιμο είχε σαν βήμα την εβδομάδα. Άρα 1 τρέξιμο περιείχε 104 εβδομάδες (=2 χρόνια). Μόλις ολοκληρωνόταν το κάθε τρέξιμο, το σύστημα εκκινούσε από την αρχή και τα δεδομένα της προσομοίωσης στέλνονταν αυτόματα στο φύλλο excel. Το φύλλο αυτό ο φοιτητής το αποθήκευε με όνομα AM_#τρεξίματος (AM=αριθμός μητρώου) (π.χ. 1455_1, 1455_2, κ.λπ.).

Μερικοί από τους φοιτητές δεν ολοκλήρωσαν τα 10 τρεξίματα της προσομοίωσης λόγω έλλειψης χρόνου ή λαθών κατά την αποθήκευση των φύλλων excel. Παρόλα αυτά, τα δεδομένα αυτών των φοιτητών χρησιμοποιήθηκαν κανονικά και θα αναλυθεί παρακάτω ο τρόπος εξισορρόπησης των δεδομένων μεταξύ των φοιτητών.

4.2.4. Συλλογή και προετοιμασία δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα δεδομένα της προσομοίωσης αποθηκεύτηκαν σε φύλλα excel. Κάθε παίκτης δημιούργησε έναν φάκελο που μέσα είχε τα τρεξίματα που έκανε. Οι φάκελοι μεταφέρθηκαν και ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με την σχολή που ανήκουν. Τα δεδομένα ανοίχτηκαν και επεξεργάστηκαν ως προς την μορφή τους. Ελέγχθηκαν δηλαδή τα ονόματα των μεταβλητών αν εμφανίζονται σωστά, επίσης αν οι μονάδες μέτρησης των μεταβλητών μεταφέρθηκαν επιτυχώς από το Powersim Studio στο excel. Τέλος έγιναν δοκιμές αν τα δεδομένα φορτώνονται επιτυχώς στον κώδικα που υλοποιήθηκε.

4.3 Ανάλυση δεδομένων

4.3.1. Η Μεθοδολογία για την ανάλυση των δεδομένων

Όταν ολοκληρώθηκαν οι παραπάνω ενέργειες που αναλύθηκαν, έπειτα, σειρά είχε να βρεθεί η μέθοδος με την οποία θα αναλυθούν τα δεδομένα που είχαμε. Το ζητούμενο αυτής της εργασίας και της έρευνας που έγινε ήταν να βρεθεί τρόπος ώστε βλέπει ο εκπαιδευτικός (δάσκαλος, καθηγητής, διευθυντής επιχείρησης) πως αποφασίζει ο παίκτης για τις αποφάσεις που παίρνει κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Αυτό σημαίνει ότι θέλουμε να ελέγξουμε ποιες μεταβλητές επηρεάζουν τις αποφάσεις του παίκτη και στην συνέχεια, αφού γίνει αυτή η ανάλυση, θα συγκριθούν τα τρεξίματα που έκανε ο παίκτης. Με την σύγκριση των τρεξιμάτων του παίκτη βλέπουμε πως έμαθε ο παίκτης και τι άλλαξε στις αποφάσεις που πήρε από τρέξιμο σε τρέξιμο. Όλες αυτές οι μεταβολές από βήμα σε βήμα (εβδομάδα-εβδομάδα) και από τρέξιμο σε τρέξιμο θα μας φανερώσουν τι δίνει προσοχή ο φοιτητής στην προσομοίωση και πως αλλάζει η συμπεριφορά του, άρα το πως έμαθε. Κατά επέκταση αυτό θα βοηθήσει τον εκπαιδευτικό να στοχεύσει στις αδυναμίες του κάθε φοιτητή αλλά και του συνόλου της τάξης, κάνοντας την εκπαίδευση αποτελεσματικότερη.

Η ανάλυση αυτή προϋποθέτει την χρήση στατιστικών και αλγοριθμικών εργαλείων. Έτσι, στην περίπτωση αυτής της εργασίας, έγινε μεγάλη έρευνα και δοκιμές για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Πιο συγκεκριμένα τα δεδομένα που προέκυψαν από την προσομοίωση είχαν την εξής μορφή:

Σχήμα 4.2: απεικόνιση μερικών δεδομένων από τα δεδομένα σε φύλλο εργασίας excel

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε τα δεδομένα που έχουμε μετά από την επεξεργασία που έχουν υποστεί ώστε να είναι έτοιμα για ανάλυση. Πιο αναλυτικά έχουμε 2 εξαρτημένες μεταβλητές (αποφάσεις των φοιτητών) και 24 ανεξάρτητες μεταβλητές.

Εξαρτημένες μεταβλητές:

1. απόφαση για παραγωγή
2. απόφαση για παραγγελία A υλών

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

1. απόθεμα μύρας
2. κόστος διατήρησης αποθέματος μύρας
3. ολοκλήρωση ωρίμανσης μύρας
4. χρόνος παραγωγής του προϊόντος
5. εβδομαδιαίες χαμένες πωλήσεις
6. εβδομαδιαία έσοδα
7. Ισοζύγιο
8. εβδομαδιαίες πωλήσεις
9. τιμή βαρελιού μύρας
10. εβδομαδιαίο κόστος
11. συνολικές χαμένες πωλήσεις
12. κόστος διατήρησης αποθέματος A υλών
13. παραλαβή A υλών
14. χρόνος παράδοσης A υλών
15. κόστος αγοράς A υλών
16. κόστος παραγωγής
17. απόθεμα A υλών
18. Σταθερό κόστος λειτουργίας
19. Εβδομαδιαία ζήτηση
20. Περιθώριο κέρδους
21. Συνολικές απώλειες εσόδων
22. Παραγωγική διαδικασία
23. Παραγωγική ικανότητα προμηθευτή
24. Εβδομαδιαίες απώλειες από τις χαμένες πωλήσεις

Για να βρούμε το ζητούμενο, που αναλύσαμε πιο πάνω από τα δεδομένα που έχουμε, έπρεπε να δούμε την επίδραση που έχουν οι αποφάσεις(εξαρτημένες μεταβλητές) που παίρνει ο παίκτης, πάνω στις μεταβλητές εξόδου (ανεξάρτητες μεταβλητές). Οι μεταβλητές εξόδου μας δείχνουν διάφορες τιμές οι οποίες αφορούν λειτουργίες της επιχείρησης μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (διαθέσιμο απόθεμα, χαμένες πωλήσεις κ.λπ.). Οι τιμές αυτές εξαρτώνται από τις αποφάσεις που πήρε ο παίκτης ως διευθυντής της επιχείρησης. Μετά από έρευνα και δοκιμές καταλήξαμε στο εξής μοντέλο ανάλυσης. Αρχικά έπρεπε να δούμε την συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών εισόδου (εξαρτημένες μεταβλητές) και των μεταβλητών εξόδου (ανεξάρτητες μεταβλητές). Αυτό έγινε με την χρήση μιας σύνθετης στατιστική ανάλυσης, της πολυπαραγοντικής παλινδρόμησης (multivariate regression). Χρησιμοποιήθηκε τελικά αυτή η μέθοδος διότι έπρεπε να ελεγχθούν ταυτόχρονα 2 εξαρτημένες μεταβλητές με τις 24 ανεξάρτητες μεταβλητές, ώστε να βρεθεί ο βαθμός που σχετίζονται όλες αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους.

Αφού ολοκληρώθηκε αυτή η ενέργεια προκύπτουν τα βάρη των συντελεστών (Bi) (coefficients). Έπειτα παρατηρήσαμε ότι τα βάρη των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή οι συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών μας δείχνουν πόσο σημαντική είναι μια μεταβλητή για τον χρήστη. Έτσι κάνοντας αυτή την ανάλυση, τελικά, δημιουργείτε ένας πίνακας με τα βάρη των συντελεστών (coefficients). Επομένως αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε γράφημα που θα απεικονίζει αυτές τις αλλαγές, που μέσα από αυτές θα παρατηρήσουμε πως αλλάζει η συμπεριφορά των φοιτητών σε κάθε μεταβλητή ανά τρέξιμο. Τα αρνητικά πρόσημα σε συντελεστές σημαίνουν πώς η ανεξάρτητη μεταβλητή επηρεάζει αντίστροφα την διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής.

	απόθεμα μπύρας	κόστος διατήρησης αποθέματος μπύρας	ολοκλήρωση ωρίμανσης μπύρας	χρόνος παραγωγής του προϊόντος
απόφαση για παραγωγή	0,152787	-0,14226193	0,38776514	0
απόφαση για παραγγελία A υλών	-0,23457265	0,3760776	-1,24243281	0

Σχήμα 4.3: αποτελέσματα μετά την ανάλυση

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε το αποτέλεσμα της ανάλυσης που κάναμε. Βλέπουμε ένα δείγμα μεταβλητών καθώς ο όγκος είναι μεγάλος και δεν μπορεί να αποτυπωθεί σωστά στο χαρτί. Παρατηρούμε τους συντελεστές των μεταβλητών. Για παράδειγμα ο τύπος της διακύμανση:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_i * X_i,$$

με i να παίρνει τιμές από 1 έως 24 (αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών).

Έτσι στην συγκεκριμένη περίπτωση που εμφανίζουμε μόνο 4 μεταβλητές αντί 24 που είναι όλες θα είχαμε:

Απόφαση για παραγωγή = $\beta_0 + \{0,152787*(\text{απόθεμα μπύρας})\} + \{-0,14226193*(\text{κόστος διατήρησης αποθέματος μπύρας})\} + \{0,38776514*(\text{ολοκλήρωση ωρίμανσης μπύρας})\} + \{0*(\text{χρόνος παραγωγής του προϊόντος})\}$

Απόφαση για παραγγελία A υλών = $\beta_0 + \{-0,23457265*(\text{απόθεμα μπύρας})\} + \{0,3760776*(\text{κόστος διατήρησης αποθέματος μπύρας})\} + \{-1,24243281*(\text{ολοκλήρωση ωρίμανσης μπύρας})\} + \{0*(\text{χρόνος παραγωγής του προϊόντος})\}$

Τα μηδενικά βάρη μας δείχνουν ότι η τιμή δεν έχει μεταβληθεί με την πάροδο του χρόνου της προσομοίωσης. Αυτές οι τιμές αντιστοιχούν στις σταθερές μεταβλητές που υπήρχαν στο σύστημα. Παρόλα αυτά έπρεπε να τα λάβουμε υπόψιν στην ανάλυση μας.

Επίσης αυτά τα μηδενικά βάρη αντιστοιχούν και σε ανεξάρτητες μεταβλητές που δεν είναι στατιστικά σημαντικές με τις εξαρτημένες μεταβλητές. Αυτή είναι μια σημαντική παρατήρηση που κάναμε καθώς αναπτυσσόταν η μεθοδολογία για την ανάλυση των δεδομένων. Αυτή η σημαντικότητα μεταξύ των μεταβλητών μας έδειξε ότι όσα δεν συσχετίζονται μεταξύ τους μπορούμε να μην τα υπολογίσουμε.

Αυτό, για παράδειγμα, σημαίνει πρακτικά ότι ο A φοιτητής, ίσως, για να πάρει μια απόφαση ελέγχει 10 από τις 24 ανεξάρτητες μεταβλητές. Η σκέψη του αυτή αποτυπώνεται στα δεδομένα που συλλέγουμε.

Επομένως η συμπεριφορά του Α φοιτητή θα μετρηθεί από τις 10 σημαντικές μεταβλητές και είναι αυτές που θα μας δείξουν σε τι ποσοστό των επηρεάζουν για να πάρει τις αποφάσεις του για την επιχείρηση. Στα διαγράμματα που θα ακολουθήσουν παρακάτω, θα δούμε αυτές τις τιμές.

Αυτές οι σημαντικές μεταβλητές αλλάζουν από τρέξιμο με τρέξιμο, ανάλογα με το τί θα επηρεάζει περισσότερο τον φοιτητή στις αποφάσεις που παίρνει. Για παράδειγμα, σε ένα τρέξιμο, ο φοιτητής θα έχει σαν στόχο την αύξηση των οικονομικών της επιχείρησης, έτσι οι μεταβλητές που σχετίζονται με αυτά θα είναι οι σημαντικές. Αντίθετα αν ο φοιτητής, σε ένα άλλο τρέξιμο, προσανατολιστεί στην διατήρηση αποθέματος και των πρώτων υλών, οι σημαντικές μεταβλητές θα είναι διαφορετικές με προηγούμενως.

Στη συνέχεια θα δούμε πως όλη αυτή η θεωρητική και στατιστική λογική αποτυπώθηκε σε κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού Python.

4.3.2. Η υλοποίηση του κώδικα

Η υλοποίηση του κώδικα έγινε στο Visual Studio Code, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ενώ χρησιμοποιήθηκαν σύγχρονες μέθοδοι και εργαλεία για την δημιουργία του. Αρχικά εισήχθησαν οι απαραίτητες βιβλιοθήκες, των οποίων οι λειτουργίες αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

```
import PySimpleGUI as sg
import sys
import pandas as pd
from sklearn import linear_model
import numpy as np
from array import array
from openpyxl import workbook
from openpyxl import load_workbook
import os.path
import ntpath
from math import pi
from openpyxl.chart import (
    RadarChart,
    Reference,
    Series
)
```

Σχήμα 4.4: εισαγωγή βιβλιοθηκών (Visual Studio Code)

Στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι οι σύγχρονες εκδόσεις της βιβλιοθήκης PySimpleGUI δεν λειτουργούσαν σωστά, καθώς υπήρχε πρόβλημα στην υλοποίηση της την περίοδο που έγινε αυτό το πρόγραμμα. Έτσι εγκαταστάθηκε μια παλαιότερη έκδοση αυτής της βιβλιοθήκης, η 3.20.0..

Επόμενη διαδικασία ήταν να ορίσουμε την τοποθεσία-διεύθυνση των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε. Έπειτα δημιουργήσαμε συνάρτηση που θα κρατάει το όνομα του αρχείου, μέσω του μονοπατιού διεύθυνσης του αρχείου, που θα επεξεργαζόμαστε ώστε να το χρησιμοποιήσουμε κατά την έξοδο των αποτελεσμάτων.

```
ntpath.basename("a/b/c")

def path_leaf(path):
    head, tail = ntpath.split(path)
    return tail or ntpath.basename(head)
```

Σχήμα 4.5: Φιλτράρισμα file path και συνθήκης ονόματος

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένα γραφικό περιβάλλον (παράθυρο) με το οποίο δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει τα δεδομένα που θέλει να αναλύσει.

```
if len(sys.argv) == 1:
    event, ( fname,) = sg.Window('My Script').Layout([[sg.Text('Choose files to
analyze:'),
                                                    [sg.In(),
                                                    [sg.CloseButton('Execute
Multivariate Regression'), sg.CloseButton('Cancel')],
                                                    [sg.Quit(button_color=('black', 'orange'))]]).Read()
    if event == 'Quit':
        sg.Popup("Bye!")
        raise SystemExit("User quit")
else:
    fname = sys.argv[1]

if not fname:
    sg.Popup("Cancel", "No filename supplied")
    raise SystemExit("Cancelling: no filename supplied")

inputs = fname.split(';')
```

Σχήμα 4.6: Δημιουργία παραθύρου για την εισαγωγή δεδομένων από τον χρήστη.

Θεωρήθηκε ένας καλός και ελεγχόμενος τρόπος επιλογής δεδομένων προς ανάλυση από τον χρήστη και έτσι υλοποιήθηκε με τον τρόπο του γραφικού περιβάλλοντος.

Σχήμα 4.7: Παράθυρο επιλογής δεδομένων.

Ο χρήστης έχει την δυνατότητα πατώντας το κουμπί «Browse» να επιλέξει τα δεδομένα που θέλει να αναλύσει. Πατώντας το ανοίγει το παράθυρο των εγγράφων του υπολογιστή και επιλέγεται ο όγκος των δεδομένων που θα χρειαστεί. Ας αναφερθεί ότι το πρόγραμμα δέχεται φύλλα excel και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει όσα φύλλα θέλει. Όταν γίνει η επιλογή ο χρήστης πρέπει να πατήσει το κουμπί «execute multivariate regression» για να εκτελεστεί το πρόγραμμα. Το πρόγραμμα βρίσκει αυτόματα και συλλέγει τα φύλλα εκείνα που αντιστοιχούν στον ίδιο φοιτητή με βάση των αριθμό μητρώου (ΑΕΜ). Αν εισάγουμε πολλά φύλλα excel που αντιστοιχούν σε πολλούς φοιτητές, το πρόγραμμα όταν εκτελέσει την ανάλυση των δεδομένων για έναν φοιτητή και ετοιμάζεται να μεταβεί στον επόμενο, θα εμφανίσει μήνυμα για την επιβεβαίωση του χρήστη. Αυτό μας βοηθά να ελέγχουμε ότι το πρόγραμμα λειτουργεί σωστά, καθώς επίσης και να βλέπουμε πότε βρίσκει το πρόγραμμα νέο φοιτητή.

Σχήμα 4.8: Παράθυρο ολοκλήρωσης και συνέχισης της ανάλυσης.

Στην περίπτωση που ο χρήστης στην αρχή επιλέξει το κουμπί «Quit» τότε το πρόγραμμα σταματά και δεν εκτελείται και στην οθόνη εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.

Σχήμα 4.9: Παράθυρο μηνύματος τερματισμού του προγράμματος.

Εφόσον ο χρήστης διαλέξει τα δεδομένα που θέλει, το πρόγραμμα πρέπει να αρχίσει να εκτελεί την ανάλυση. Η πρώτη διαδικασία που γίνεται είναι να δημιουργηθεί το όνομα του

αρχείου μέσω του μονοπατιού που φτιάξαμε παραπάνω. Επίσης δημιουργείτε και αριθμός του τρεξίματος που αναλύεται, ώστε παρακάτω να εξαχθούν τα αποτελέσματα με σωστή σειρά και στο σωστό μέρος. Έπειτα διαβάζουμε το φύλλο excel που δόθηκε από τον χρήστη και τα χωρίζουμε σε ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές.

```
i=1
prevStudentAEM = 'first'

for inputFileDir in inputs:
    xlsFileInput = path_leaf(inputFileDir)
    #print(xlsFileInput)
    extensionRemovedName = xlsFileInput.split(".")[0]
    StudentAEMandRun = extensionRemovedName.split("_")
    StudentAEM = StudentAEMandRun[0]
    Run = StudentAEMandRun[1]
    #print(StudentAEM)
    #print(Run)
    curr_dataframe = pd.read_excel(inputFileDir, index=0)
    X = curr_dataframe[['απόθεμα μπύρας', 'κόστος διατήρησης αποθέματος
μπύρας', 'ολοκλήρωση ωρίμανσης μπύρας', 'χρόνος παραγωγής του προϊόντος',
'εβδομαδιαίες χαμένες πωλήσεις', 'εβδομαδιαία έσοδα', 'ισοζύγιο', 'εβδομαδιαίες
πωλήσεις', 'τιμή βαρελιού μπύρας',
'εβδομαδιαίο κόστος', 'συνολικές χαμένες πωλήσεις', 'κόστος διατήρησης
αποθέματος A υλών', 'παραλαβή A υλών', 'χρόνος παράδοσης A υλών', 'κόστος αγοράς
A υλών',
'κόστος παραγωγής', 'απόθεμα A υλών', 'σταθερο κόστος λειτουργίας',
'εβδομαδιαία ζήτηση', 'περιθώριο κέρδους', 'συνολικές απώλειες εσόδων',
'παραγωγική διαδικασία', 'παραγωγική ικανότητα προμηθευτή', 'εβδομαδιαίες
απώλειες απο τις χαμένες πωλήσεις' ]]
    Y = curr_dataframe[['απόφαση για παραγωγή', 'απόφαση για παραγγελία A υλών']]
```

Σχήμα 4.10: Επεξεργασία εισαχθέντος αρχείου excel.

Εφόσον ο χρήστης έχει εισάγει δεδομένα και το πρόγραμμα τα έχει επεξεργαστεί, σειρά έχει το σημαντικότερο σημείο του προγράμματος και το θέμα της εργασίας. Η ανάλυση των δεδομένων με την μέθοδο που αναλύθηκε παραπάνω. Έχοντας χωρίσει τις μεταβλητές σε εξαρτημένες και ανεξάρτητες λίγο παραπάνω, η εφαρμογή της συνάρτησης είναι εφικτή.

```
regr = linear_model.LinearRegression()
regr.fit(X, Y)
np.set_printoptions(suppress=True)
```

Σχήμα 4.11: multivariate regression

Μετά την ανάλυση το πρόγραμμα θα έχει βρει τους σημαντικούς συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών. Αυτές λοιπόν τις τιμές, πρέπει να τις αποθηκεύσουμε σε πλήρη αντιστοιχία με τα ονόματα των μεταβλητών, χωρίς λάθος και χωρίς να βάλουμε ένα αποτέλεσμα σε διαφορετική μεταβλητή από αυτή που ανήκει. Έτσι χρησιμοποιούμε ακριβώς τις ίδιες μεταβλητές, με την ίδια διάταξη για να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα της ανάλυσης. Επίσης ελέγχουμε την ποσότητα των τρεξιμάτων που έχει ο φοιτητής που ελέγχουμε. Με τον τρόπο αυτό το πρόγραμμα θα εκτελεστεί για όσα τρεξίματα έχει ο κάθε φοιτητής χωρίς να παραλειφθεί κανένα και έτσι δεν έχουμε σφάλμα.

```
df = pd.DataFrame(regr.coef_.round(decimals=8), index=['απόφαση για παραγωγή',
'απόφαση για παραγγελία A υλών'], columns=['απόθεμα μπύρας', 'κόστος διατήρησης
αποθέματος μπύρας', 'ολοκλήρωση ωρίμανσης μπύρας', 'χρόνος παραγωγής του
προϊόντος',
'εβδομαδιαίες χαμένες πωλήσεις', 'εβδομαδιαία έσοδα', 'ισοζύγιο', 'εβδομαδιαίες
πωλήσεις', 'τιμή βαρελιού μπύρας',
'εβδομαδιαίο κόστος', 'συνολικές χαμένες πωλήσεις', 'κόστος διατήρησης
αποθέματος A υλών', 'παραλαβή A υλών', 'χρόνος παράδοσης A υλών', 'κόστος αγοράς
A υλών',
'κόστος παραγωγής', 'απόθεμα A υλών', 'σταθερο κόστος λειτουργίας',
'εβδομαδιαία ζήτηση', 'περιθώριο κέρδους', 'συνολικές απώλειες εσόδων',
'παραγωγική διαδικασία', 'παραγωγική ικανότητα προμηθευτή', 'εβδομαδιαίες
απώλειες απο τις χαμένες πωλήσεις' ])

# filepath = 'output.xlsx'
# if filename:
if StudentAEM != prevStudentAEM :
    i = 1

filepath = StudentAEM + '.xlsx'
if i == 1 :
    ## save to xlsx file
    sheetid = "run_" + Run
    df.to_excel(filepath, sheet_name=sheetid, index=True)
    sg.Popup("File created", "You can access it in script directory")
else:

    sheetid = "run_" + Run
    book = load_workbook(filepath)
    writer = pd.ExcelWriter(filepath, engine='openpyxl')
    writer.book = book
    writer.sheets = dict((ws.title, ws) for ws in book.worksheets)
    df.to_excel(writer, sheet_name=sheetid)
    writer.save()
```

Σχήμα 4.12: Αποθήκευση και έλεγχος αριθμού τρεξίματος.

Το πρόγραμμα επιστρέφει στον χρήστη 1 αρχείο excel με όνομα τον αριθμό μητρώου του φοιτητή που εξέτασε (π.χ. 1455). Μέσα σε αυτό το αρχείο υπάρχουν τόσα φύλλα excel (καρτέλες), όσα και τα τρεξίματα που έκανε ο φοιτητής στην προσομοίωση που εκτέλεσε στο Powersim Studio. Το όνομα των φύλλων έχουν δοθεί από τον κώδικα και είναι ο αριθμός των τρεξιμάτων (Run1, Run2, κ.λπ.).

Τέλος, ένα εξίσου σημαντικό σημείο του κώδικα, είναι η δημιουργία του γραφήματος. Τα γραφήματα είναι τύπου Radar Chart. Δημιουργήθηκαν γραφήματα, ένα για κάθε καρτέλα που περιέχουν τις ανεξάρτητες μεταβλητές και δείχνουν που τείνουν οι εξαρτημένες μεταβλητές που έχουμε. Περισσότερα θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα. Δουλειά μας σε αυτό το σημείο του κώδικα ήταν να αντιστοιχίσουμε σωστά τις μεταβλητές με το γράφημα ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα στην απεικόνιση. Επίσης έπρεπε να μπει το σωστό γράφημα στο σωστό φύλλο, ώστε να συμβαδίζουν τα δεδομένα και το γράφημα του ίδιου τρεξίματος, διότι διαφορετικά θα υπήρχε σφάλμα ή θα εμφανιζόταν λάθος γράφημα.

```
book = load_workbook(filepath)
curr_ws = book[sheetid]
chart = RadarChart(radarStyle='standard')
#labels = Reference(curr_ws, min_col=1, min_row=1, max_row=2)
data = Reference(curr_ws, min_row=2, max_row=2, min_col=2, max_col=25)
print(data)
series = Series(data, title='απόφαση για παραγωγή')
# chart.add_data(data, titles_from_data=True)
chart.append(series)
data2 = Reference(curr_ws, min_row=3, max_row=3, min_col=2, max_col=25)
series = Series(data2, title="απόφαση για παραγγελία A υλών")
chart.append(series)
# chart.set_categories(labels)
chart.style = 26
chart.title = "Decision analysis chart"
chart.y_axis.delete = True
#set x-axis
labels = Reference(curr_ws, min_row=1, max_row=1, min_col=2, max_col=25)
chart.set_categories(labels)

curr_ws.add_chart(chart, "B6")
book.save(filepath)
```

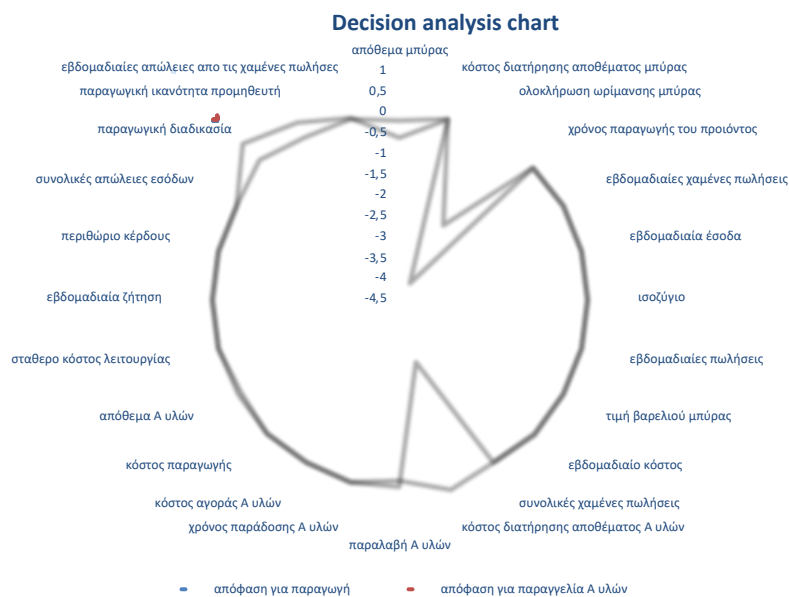
Σχήμα 4.13: Δημιουργία γραφημάτων.

4.3.3. Απεικόνιση – σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα γραφήματα που δημιουργούνται μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης από τον κώδικα που υλοποιήθηκε, καθώς επίσης και θα σχολιαστούν κάποια από αυτά.

Στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε με σκοπό την κατανόηση των δεδομένων σε πρώτο στάδιο και έπειτα την δημιουργία ενός ορθού και αποτελεσματικού μοντέλου ανάλυσης των δεδομένων. Στη συνέχεια έγινε δημιουργία του κώδικα που μας επιτρέπει να εκτελούμε την ανάλυση γρήγορα και σε μεγάλο όγκο δεδομένων και στη συνέχεια έγινε απεικόνιση των δεδομένων της ανάλυσης που θεωρούμε σημαντικά σε γραφήματα. Η εκτενέστερη ανάλυση των συμπεριφορών των φοιτητών, καθώς επίσης και η σύγκριση μεταξύ φοιτητών ή τάξεων ως προς την νοοτροπία ή το πώς μαθαίνουν οι φοιτητές, είναι περιεχόμενο και διαδικασία που θα υλοποιηθεί σε μελλοντική εργασία στα πλαίσια λήψης μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Έτσι στην παρούσα εργασία γίνεται ένας πρώτος σχολιασμός στα πλαίσια των δοκιμών και της ανάλυσης της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας του κώδικα που υλοποιήθηκε, σαν μέσο ανατροφοδότησης για την βελτίωση του κώδικα και την λογικής του μοντέλου ανάλυσης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα δεδομένα απεικονίζονται σε γράφημα τύπου Radar Chart. Η επιλογή αυτού του τύπου έγινε διότι στο μοντέλο προσομοίωσης είχαμε πολλές μεταβλητές, πράγμα που σημαίνει ότι καθιστά δύσκολη την απεικόνιση στα κοινά γραφήματα. Για να απεικονίσουμε την σχέση μεταξύ των 2 εξαρτημένων μεταβλητών και των 24^{ων} ανεξάρτητων, το Radar Chart ήταν μονόδρομος.



Σχήμα 4.14: Radar Chart (spider)

Με κόκκινη γραμμή βλέπουμε την μεταβλητή «απόφαση για παραγγελία A υλών», ενώ με μπλε γραμμή βλέπουμε την μεταβλητή «απόφαση για παραγωγή». Το γράφημα μας βοηθά να απεικονίσουμε τους συντελεστές (βάρη) των ανεξάρτητων μεταβλητών σε σχέση με τις εξαρτημένες μεταβλητές (μπλε-κόκκινο). Οι μεγάλες μετατοπίσεις των γραμμών μας δείχνουν ότι ο φοιτητής προσέχει της συγκεκριμένες μεταβλητές, τις λαμβάνει υπόψιν του. Αυτή είναι και η ανάλυση της απόφασης που ψάχνουμε. Δηλαδή το ποια ανεξάρτητη μεταβλητή επέλεξε ο φοιτητής ώστε να αποφασίσει για την εξαρτημένη(απόφαση).

Το εύρος το τιμών που έχουν οι συντελεστές (βάρη-coefficients) είναι μεγάλο. Κυμαίνονται κυρίως από -0.0001 έως +0.01. Υπάρχουν και τιμές μεταξύ -0.1 έως +0.5, καθώς επίσης παρατηρούμε και τιμές όπως 2,35, 7 και ακόμα πιο μεγάλες 70, 180, 350. Έτσι, όπως αναφέρθηκε, είναι δουλειά της επόμενης μελέτης ο καθορισμός των χρήσιμων, τελικά, τιμών για το ποιες θα είναι εκμεταλλεύσιμο για εξαγωγή συμπερασμάτων το γράφημα. Έτσι στην παρούσα εργασία, που ο σκοπός είναι η δημιουργία του προγράμματος, θα παρατηρήσουμε την λειτουργικότητα του και τις μεγάλες αλλαγές που υπάρχουν στο γράφημα, για να διαπιστώσουμε τις αλλαγές στις αποφάσεις από τρέξιμο σε τρέξιμο.

Στο παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι:

- Μπλε γραμμή (απόφαση για παραγωγή): οι μεταβλητές «ολοκλήρωση ωρίμανσης μύρας» και «κόστος διατήρησης αποθέματος» μεταβάλλονται σημαντικά. Αυτές είναι που επηρεάζουν την κρίση του φοιτητή για να πάρει απόφαση για παραγωγή.
- Κόκκινη γραμμή (απόφαση για παραγγελία Α υλών): οι μεταβλητές «παραγωγική διαδικασία», «ολοκλήρωση ωρίμανσης μύρας» και λιγότερο το «κόστος διατήρησης αποθέματος» επηρέασαν την κρίση του φοιτητή όταν έπαιρνε απόφαση για να μεταβάλει την τιμή της απόφασης για παραγγελία.

Σε ένα άλλο τρέξιμο του ίδιου παίκτη, οι μεταβλητές οι οποίες επηρεάζουν τις αποφάσεις του μπορεί να είναι διαφορετικές. Σχεδόν κανένα τρέξιμο της προσομοίωσης, από αυτά που συλλέξαμε, δεν έχει κάποιο όμοιο του. Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα δεδομένα ενός φοιτητή και θα γίνει σχολιασμός στην βάση της λογικής που έχουμε αναπτύξει για την ανάλυση των αποφάσεων των φοιτητών. Τυχαία διαλέξαμε τα δεδομένα ενός φοιτητή από το τμήμα Οικονομικών Επιστημών. Τα στοιχεία, η ηλικία, το φύλλο και το έτος δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτήν την φάση της ανάπτυξης του προγραμματιστικού εργαλείου.

Η σύγκριση των δεδομένων και των γραφημάτων από τρέξιμο σε τρέξιμο, σε αυτή την φάση της έρευνας, γίνεται για να απαντηθεί το ερώτημα αν το μοντέλο ανάλυσης και ο κώδικας που δημιουργήσαμε, μπορούν τελικά να αποτυπώσουν τις αλλαγές στις αποφάσεις των φοιτητών. Επίσης αν μπορούμε να διαπιστώσουμε το πως έμαθε ο φοιτητής. Η αλλαγή στρατηγικής στην προσομοίωση από τον φοιτητή, και από τρέξιμο σε τρέξιμο, δηλώνει ότι θέλει να αλλάξει κάποιες αποφάσεις που θεωρεί ότι θα έχουν αποτέλεσμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, ότι δοκιμάζοντας διάφορα σενάρια, μαθαίνει, στην πράξη, ποιες είναι εκείνες οι μεταβλητές που τον βοηθούν ώστε να πετύχει αύξηση των κερδών της επιχείρησης και ποιες όχι. Ο φοιτητής-παίκτης που επιλέχθηκε έχει ολοκληρώσει επιτυχώς και τα 10 τρεξίματα που κλήθηκε να εκτελέσει. Παρουσιάζονται παρακάτω τα γραφήματα που προκύπτουν μετά την ανάλυση των δεδομένων του παίκτη.

Στο τρέξιμο #1 παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν δεδομένα. Αυτό συμβαίνει διότι ο παίκτης στην προσομοίωση δεν ολοκλήρωσε σωστά το "παιχνίδι" με αποτέλεσμα το μοντέλο να τρέξει τις αρχικές του συνθήκες και έτσι να μην καταγραφούν τα δεδομένα.

Σχήμα 4.15: τρέξιμο #1

Στο τρέξιμο #2 που ακολουθεί παρατηρούμε μεταβολές σε 3 σημεία. Αυτά μας δείχνουν ότι οι μεταβλητές αυτές επηρέασαν θετικά ή αρνητικά τις αποφάσεις του παίκτη.

Σχήμα 4.16: τρέξιμο #2

Παρατηρούμε στο τρέξιμο #3 ότι ο παίκτης έχει παρόμοια συμπεριφορά με το τρέξιμο #2. Τον επηρεάζουν 2 ίδιες μεταβλητές με μια σημαντική μεταβολή όμως του εύρους των τιμών. Επίσης βλέπουμε μια ακόμη μεταβολή μεταξύ των 2 γραφημάτων, καθώς ο παίκτης δίνει βάση σε μία διαφορετική μεταβλητή σε σχέση με το τρέξιμο #2 (κόστος διατήρησης αποθέματος έναντι της παραγωγικής ικανότητας του προμηθευτή).

Σχήμα 4.17: τρέξιμο #3

Στη συνέχεια παρατηρούμε την πρώτη μεγάλη αλλαγή στα γραφήματα μας. Ο παίκτης πλέον παίρνει τις αποφάσεις του επηρεασμένος από διαφορετικές μεταβλητές και μάλιστα το εύρος τιμών μεγαλώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό (από (-30,+30) σε (-50, +200)). Αυτό μας δείχνει μια διαφορετική προσέγγιση του χρήστη στην λήψη απόφασης με απώτερο σκοπό μεγαλύτερα κέρδη για την επιχείρηση που "διοικεί".

Σχήμα 4.18: τρέξιμο #4

Φτάνοντας στη μέση της προσομοίωσης ο παίκτης φαίνεται ότι δοκιμάζει και πάλι να πετύχει τον στόχο της αύξησης των κερδών της επιχείρησης, λαμβάνοντας υπόψιν μεταβλητές που χρησιμοποίησε στα πρώτα τρέξιμα. Αυτό μας δείχνει ότι η αλλαγή πολιτικής για την λήψη αποφάσεων στο προηγούμενο τρέξιμο δεν άρεσε ή δεν απέδωσε όπως θα ήθελε ο φοιτητής. Άρα μπορούμε να πούμε ότι με αυτές τις αλλαγές ο παίκτης έμαθε πρακτικά ποιες είναι αυτές οι μεταβλητές που θα τον βοηθήσουν να πετύχει τον στόχο του.

Σχήμα 4.19: τρέξιμο #5

Το επόμενο γράφημα (τρέξιμο #6) έχει ένα μεγάλο ενδιαφέρον και αυτό διότι παρατηρούμε ότι ο παίκτης παρόλο που έχει προσέξει τις ίδιες μεταβλητές με το τρέξιμο #5, έχει γίνει μεταστροφή των μεταβλητών από τα θετικά στα αρνητικά και μάλιστα πολύ μεγάλη (από +70 στο -250). Αυτή η αλλαγή μας δείχνει ότι ο παίκτης έχει "κλείδωσε" σε 2 συγκεκριμένες μεταβλητές που του επηρεάζουν τις αποφάσεις αλλά αρχίζει να πειραματίζεται με τις τιμές των αποφάσεων του για να βρει την "χρυσή τομή", που τελικά θα έχουν θετικό αντίκτυπο στα οικονομικά της επιχείρησης.

Σχήμα 4.20: τρέξιμο #6

Στο τρέξιμο #7 παρατηρούμε μεταστροφή στις θετικές τιμές των 2 σημαντικών μεταβλητών για τον παίκτη και μια σημαντική μείωση της μιας εκ των δύο. Βλέπουμε ότι ο παίκτης συνεχίζει να ψάχνει τις βέλτιστες τιμές που δίνει με την μορφή αποφάσεων.

Σχήμα 4.21: τρέξιμο #7

Στο επόμενο τρέξιμο αποτυπώνεται μια ευρύτερη μεταβολή στις μεταβλητές, αν και μικρές οι περισσότερες. Ο παίκτης μας συνεχίζει να μαθαίνει και να προσπαθεί να τελειοποιήσει την πολιτική του για λήψη αποφάσεων, από τρέξιμο σε τρέξιμο.

Σχήμα 4.22: τρέξιμο #8

Τα επόμενα 2 γραφήματα έχουν την ίδια δομή με προηγούμενα γραφήματα. Ο παίκτης φαίνεται ότι δοκιμάζει διαφορετικές τιμές καθώς παρατηρούμε μια μεταβολή του εύρους τιμών και μεταβολή από τα αρνητικά προς τα θετικά και αντίστροφα. Επίσης οι 2 κύριες μεταβλητές στην διάρκεια της προσομοίωσης μεταβάλλονται κυρίως ως προς το πρόσημο και την τιμή τους.

Σχήμα 4.23: τρέξιμο #9

Σχήμα 4.24: τρέξιμο #10

Τα παραπάνω γραφήματα μας δείχνουν ότι ο παίκτης-φοιτητής είναι ενεργός στις προσομοιώσεις. Ψάχνει να βρει τις σωστές αποφάσεις που πρέπει να πάρει για να έχει μια πετυχημένη επιχείρηση παραγωγής μπίρας. Δοκιμάζει πολλούς συνδυασμούς αλλά τελικά ο συγκεκριμένος παίκτης έμεινε σταθερός σε 2 μεταβλητές κυρίως. Οι τιμές αυτών των δύο μεταβλητών είναι που επηρεάζουν τις αποφάσεις του συγκεκριμένου παίκτη, είτε θετικά είτε αρνητικά. Για αυτόν τον λόγο παρατηρήσαμε στα τρεξίματα αλλαγές μεγάλης κλίμακας, διότι ο παίκτης έψαχνε τις ιδανικές τιμές.

Με το να αναλύουμε δεδομένα στην παρούσα φάση της έρευνας, παρατηρούμε, δοκιμάζουμε και βελτιώνουμε όπου χρειάζεται, το μοντέλο λογικής για την ανάλυση, την αποτύπωση των δεδομένων καθώς επίσης και τον κώδικα που υλοποιήθηκε.

Σημαντικό είναι επίσης ότι με την μέθοδο που ακολουθήσαμε και τα γραφήματα που βγάλαμε, μπορούμε να κάνουμε συγκρίσεις μεταξύ φοιτητών ή ακόμα και τάξεων ή τμημάτων. Για παράδειγμα μπορούμε να συγκρίνουμε τους φοιτητές του τμήματος Οικονομικών Επιστημών που συμμετείχαν στο πείραμα, με τους φοιτητές του τμήματος Ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών Η/Υ. Η περαιτέρω ανάλυση αυτών των δεδομένων και των αποτελεσμάτων είναι συνέχεια αυτής της έρευνας. Τα δεδομένα μας αναλύθηκαν για να πάρουμε ανατροφοδότηση κατά την διαδικασία υλοποίησης του κώδικα και της ανάπτυξης του μοντέλου για την ανάλυση.

Τέλος, το μοντέλο ανάλυσης των δεδομένων που εφαρμόστηκε καθώς και το προγραμματιστικό εργαλείο που αναπτύχθηκε, θεωρούνται άκρως λειτουργικά, έτσι ο στόχος της έρευνας επιτεύχθηκε σε μεγάλο βαθμό, καθώς μπορούμε με σχετική ευκολία να αναλύσουμε την συμπεριφορά των φοιτητών-παικτών στις προσομοιώσεις που έκαναν.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθεί το τελικό συμπέρασμα για την έρευνα και την ανάλυση που έγινε και για το αν η παρούσα διπλωματική εργασία λύνει το πρόβλημα που είχαμε να αντιμετωπίσουμε. Επίσης θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα της εργασίας ως προς την χρήση τη στατιστική μέθοδο και του μοντέλου που ακολουθήθηκε και τέλος θα δοθούν κάποιες σημαντικές προτάσεις για την βελτίωση της εργασίας και του εργαλείου που κατασκευάστηκε, για μελλοντική χρήση.

5.1. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Όσον αφορά την λογική, με την οποία δημιουργήθηκε το μοντέλο για την ανάλυση των δεδομένων και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, τα αποτελέσματα μας δείχνουν ότι είναι σε μεγάλο βαθμό σωστά. Δηλαδή από τα δεδομένα και τα γραφήματα που προκύπτουν, είναι ορατές οι αλλαγές που ψάχνουμε στην συμπεριφορά των φοιτητών ως προς την λήψη αποφάσεων. Μπορούμε να πούμε ότι το πρόγραμμα μας δίνει την δυνατότητα να συγκρίνουμε τα τρεξίματα ενός φοιτητή και τελικά να αποτυπώσουμε με βεβαιότητα τις αλλαγές στις αποφάσεις του φοιτητή. Έτσι θα χαρτογραφηθεί η συμπεριφορά των φοιτητών σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον. Τέλος σε αυτό το στάδιο της έρευνας, όπως αναφέρθηκε, παραμένει αδιευκρίνιστο το εύρος τιμών, οι οποίες μας είναι χρήσιμες για την μελέτη της συμπεριφοράς και τις αλλαγές στις αποφάσεις από τους φοιτητές.

5.2. Χρήση των Αποτελεσμάτων στην Εκπαίδευση

Με τα δεδομένα που προκύπτουν από την χρήση του προγράμματος μας βοηθούν να αποτυπώσουμε το πώς σκέφτονται οι φοιτητές. Αυτό είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια του εκπαιδευτικού προσωπικού, με σκοπό να κατανοήσουν καλύτερα τις προτιμήσεις και τις αποφάσεις των φοιτητών. Πιο αναλυτικά, θα μπορέσει ο εκπαιδευτικός να παρατηρήσει τα δυνατά ή τα αδύνατα στοιχεία των μαθητών του με σκοπό να κάνει στοχευμένη εκπαίδευση, προσφέροντας έτσι ένα εκπαιδευτικό πακέτο σύγχρονο και κυρίως αποτελεσματικό, το οποίο θα βελτιώνει εν τέλει τις αδυναμίες του κάθε φοιτητή ξεχωριστά.

Με την μέθοδο που υλοποιήθηκε, εκτός της ποιότητας της εκπαίδευσης που βελτιώνεται, εξοικονομείτε χρόνος για την κατανόηση των αδυναμιών των φοιτητών. Με τον τρόπο αυτό, ο χρόνος διδασκαλίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο δημιουργικά. Σημαντικό επίσης είναι ότι γίνεται χρήση σύγχρονων μέσων εκπαίδευσης δηλαδή προσομοιώσεις με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή για την καταγραφή των συμπεριφορών των φοιτητών.

5.3. Αδυναμίες – Προτάσεις για το μέλλον

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούν οι αδυναμίες αρχικά της έρευνας που έγινε και στη συνέχεια θα αναλύσουμε κάποιες προτάσεις για το άμεσο μέλλον, οι οποίες θα βελτιώσουν αυτό το εργαλείο ανάλυσης δεδομένων.

Όσον αφορά την λογική που χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή την στατιστική μέθοδο και την αποθήκευση των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών (όσων είναι στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους) η μόνη ίσως αδυναμία που παρατηρείται, την δεδομένη στιγμή, είναι το εύρος τιμών των συντελεστών-βαρών(coefficients). Θα πρέπει να γίνουν δοκιμές και μελέτη των γραφημάτων και των τιμών έτσι ώστε να αποφασιστεί τεκμηριωμένα ποιο είναι το εύρος τιμών που μας ικανοποιεί και μας δείχνει με αξιοπιστία τις μεταβολές στις αποφάσεις των φοιτητών. Επίσης ίσως βρεθεί κάποια επιπλέον μεταβλητή από τη στατιστική ανάλυση που να μας βοηθά στην μελέτη της συμπεριφοράς των φοιτητών ως προς τις αποφάσεις που πήραν.

Από την μεριά του προγραμματιστικού κομματιού της έρευνας, για τα ζητούμενα και για μια πρώτη ανάλυση, δεν υπάρχουν σημαντικά προβλήματα διότι αποτυπώνεται το ζητούμενο. Η πρώτη πρόταση για βελτίωση είναι μια τροποποίηση στον κώδικα που θα επιτρέψει το διάβασμα ολόκληρων φακέλων και όχι αρχεία excel, χωρίς αυτό να θεωρείται σημαντικό πρόβλημα. Η δεύτερη είναι να βρεθεί, αν γίνεται, μια διαφορετική υλοποίηση κώδικα έτσι ώστε να απεικονίζονται ομαδοποιημένα γραφήματα. Αυτό σημαίνει ότι θα μπορούσαν να προκύψουν δύο γραφήματα Radar Chart που το ένα θα περιέχει τα βάρη της εξίσωσης της «απόφασης για παραγωγή» (μπλε γραμμή) και το άλλο της «απόφασης για παραγγελία A υλών» (κόκκινη γραμμή). Πρακτικά ένα γράφημα με 10 κόκκινες και ένα με 10 μπλε γραμμές, που κάθε μία θα αντιστοιχεί και σε ένα τρέξιμο.

Τέλος σημαντικό είναι ο κώδικας να προσαρμοστεί έτσι ώστε να δέχεται δεδομένα από κανονικές εταιρίες και να γίνει ένα σημαντικό εργαλείο για τον επιχειρηματικό κλάδο και όχι μόνο για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Από την άλλη διαθέτουμε ήδη αρκετά δυναμικά μοντέλα προσομοίωσης τα οποία θα μπορούσαν να εκτελεστούν σε πειραματικό στάδιο στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, με σκοπό να αναπτυχθεί στο βέλτιστο το μοντέλο ανάλυσης και ο κώδικας που υλοποιήσαμε.

Αξιοποιώντας, λοιπόν τα δεδομένα που έχουμε από διάφορες προσομοιώσεις και πειράματα, μας δίνετε η δυνατότητα να βελτιώσουμε την λειτουργία του εκπαιδευτικού μοντέλου που υπάρχει στη χώρα μας, κάνοντάς το αποδοτικότερο και ευέλικτο. Παρέχουμε, έτσι, ποιοτικότερη εκπαίδευση στα πανεπιστήμια με αποτέλεσμα να έχουμε σημαντικές, θετικές, επιρροές στην εξέλιξη της νέας γενιάς ανθρώπων και τα αποτελέσματα θα εμφανιστούν στο άμεσο μέλλον.

Βιβλιογραφία

- [1] Python Software Foundation,python.org website <https://www.python.org/>, (τελευταία πρόσβαση: 19.06.2019)
- [2] J. Wenzelburger, “*Learning in Economic Systems with Expectations Feedback*”, in “*Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*”, M. Beckmann and H. P. Kunzi, Springer, 2006.
- [3] D. N. Ford, “*A behavioral approach to feedback loop dominance analysis*”, in “*System Dynamics Review*”, vol. 14, no. 1, pp. 3-36, Spring 1999.
- [4] M. Mojtahedzadeh, “*Consistency in explaining model behavior based on its feedback structure*”, in “*System Dynamics Review*”, vol. 27, no. 4, pp. 358-373, December 2011. Doi: 10.1002/sdr.468
- [5] H. Qudrat-Ullah, “*Better Decision Making in Complex, Dynamic Tasks. Training with Human-Facilitated Interactive Learning Environments*”, Springer, 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-07986-8
- [6] J. D. Sterman, “*Business Dynamics, Systems Thinking and Modeling for a Complex World*”, The McGraw-Hill Companies Inc., USA, 2000. ISBN 0-07-231135-5.
- [7] L. G. Knapp, E. Glennie and K. J. Charles, “*Leveraging Data for Student Success. Improving Education Through Data-Driven Decisions*”, RTI Internations, USA, 2016. <http://dx.doi.org/10.3768/rtipress.2016.bk.0018.1609>
- [8] M. Atzmueller, A. Chin, F. Janssen, I. Schweizer and C. Trattner. “*Big Data Analytics in the Social and Ubiquitous Context*” from 5th International Workshop on Modeling Social Media, MSM 2014, Subseries of Lecture Notes in Computer Science, Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-29009-6, <http://www.springer.com/series/1244>

- [9] M. Sayed-Mouchaweh, *“Learning from Data Streams in Dynamic Environments”*, Springer Briefs in Applied Sciences and Technology, Springer, France, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-25667-2, <http://www.springer.com/series/8884>
- [10] P. Goodwin and G. Wright, *“Decision Analysis for Management Judgment”*, Wiley & Sons Ltd, UK, 2014. ISBN: 978-1-118-74073-6, www.wiley.com.
- [11] P. M. Senge, *“The Fifth Discipline. The art and practice of the learning organization”*, 1990. ISBN 0-385-26095-4
- [12] S. Hoidn, *“Student-Centered Learning Environments in Higher Education Classrooms”*, Switzerland, 2017. DOI: 10.1057/978-1-349-94941-0
- [13] J. D. Sterman, *“Systems Simulation. Expectation Formation in Behavioral Simulation Models”*, Behavioral Science, vol. 32, 1987
- [14] A. B. Downey, *“Think Stats. Exploratory Data Analysis in Python”*, Green Tea Press, version 2.0.38, USA, 2014. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.
- [15] Α. Βλειώρας, *“ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ E-MARKETING”*, Βόλος, 2017.
- [16] Α. Π. Μάλης, *“Συστημική πολυπλοκότητα και νοητικά μοντέλα στη λήψη αποφάσεων: ένα πείραμα”*, Βόλος, 2012.
- [17] Y. T. Chiang, S. S. J. Lin, C. Y. Cheng and E. Z. Liu, *“Exploring Online Game Players’ Flow Experiences and Positive Affect”*, from: TOJET: the Turkish online journal of educational technology, vol. 10, issue 1, January 2011.
- [18] E. Z. F. Liu and P. K. Chen, *“The Effect of Game-Based Learning on Students’ Learning Performance in Science Learning – A Case of “Conveyance Go””*, from International Educational Technology Conference IETC 2013, Elsevier Ltd., pp. 1044-1051, 2013. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.10.430

[19] T. Anastasiadis, G. Lampropoulos and K. Siakas, “*Digital Game-Based Learning and Serious Games in Education*”, from: International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering, vol. 4, issue 12, December 2018.
DOI: <http://doi.org/10.31695/IJASRE.2018.33016>