



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ
ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗ



Ανάπτυξη Εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης σε Περιβάλλον MATLAB

Σωτήριος Παπαϊωάννου

321/2016146 , icsd16146@icsd.aegean.gr

Επιβλέπων: Καθηγητής, Ιωάννης Χαραλαμπίδης

ΜΑΡΤΗΣ 2024
www.aegean.icsd.gr/is-lab

Η Διπλωματική Εργασία παρουσιάστηκε ενώπιον
του Διδακτικού Προσωπικού του Πανεπιστημίου Αιγαίου
Σε Μερική Εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση του διπλώματος
του Μηχανικού Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ
ΕΠΙΚΥΡΩΝΕΙ ΤΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ
Σωτήριου Παπαϊωάννου

Χαραλαμπίδης Γιάννης, Επιβλέπων

Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Διαμαντοπούλου Βασιλική, Μέλος

Επίκουρη Καθηγήτρια

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Λουκής Ευριπίδης, Μέλος

Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών
και Επικοινωνιακών Συστημάτων

© 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Πρόλογος

Οφείλω να δώσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλα τα άτομα που στάθηκαν δίπλα μου, με υποστήριξαν και με βοήθησαν με όποιον τρόπο μπορούσαν κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση του εργαλείου MATLAB και συγκεκριμένα να δοθεί η γενική εικόνα των δυνατοτήτων του, μέσα από τα διάφορα προγράμματα, συστήματα και εφαρμογές που αυτό προσφέρει.

Ως βασικής πηγή πληροφοριών χρησιμοποιήθηκε η ιστοσελίδα MathWorks, από την οποία μπορεί να εγκατασταθεί η εφαρμογή MATLAB. Σε αυτήν την ιστοσελίδα παρέχονται όλες οι εργαλειακές και τα προϊόντα του MATLAB, μαζί με περιγραφές αυτών. Επιπλέον, προσφέρει παραδείγματα εφαρμογών μαζί με τον κώδικα και επεξηγήσεις αυτού, καθώς επίσης και αναλυτικές περιγραφές των συναρτήσεων των εργαλειακών και χρήσεις τους με παραδείγματα.

Έχοντας κατά νου άτομα που έχουν γνώσεις προγραμματισμού χωρίς προηγούμενη επαφή με το περιβάλλον MATLAB και συγκεκριμένα μέλη του Πανεπιστημίου Αιγαίου, η παρούσα διπλωματική γράφτηκε με τρόπο τέτοιο ώστε αυτή η ομάδα να μπορεί να αποκτήσει γνώση πάνω στα διάφορα πεδία εφαρμογών που επεκτείνεται το πρόγραμμα, να το εγκαταστήσει στον υπολογιστή του, να δει παραδείγματα εφαρμογών και τέλος να υλοποιήσει δικό του πρόγραμμα τεχνητής νοημοσύνης.

Λέξεις - Κλειδιά: MATLAB, Τεχνητή Νοημοσύνη, Simulink, MathWorks, NLP, Sentiment Analysis, Νευρωνικό Δίκτυο, Προσομοίωση

Abstract

Development of Artificial Intelligence Applications in MATLAB Environment

The purpose of this thesis is to present the MATLAB tool and specifically to give an overview of its capabilities, through the various programs, systems, and applications it offers.

The MathWorks website, from which the MATLAB application can be installed, was used as the main source of information. This web page provides all MATLAB toolboxes and products, along with descriptions of them. In addition, it offers example applications along with code and explanations of them, as well as detailed descriptions of the toolbox functions and their uses with examples.

Keeping in mind people who have programming knowledge without previous contact with the MATLAB environment and specifically members of the University of the Aegean, this thesis was written in such a way that this group can gain knowledge on the various fields of application that the program extends, to install on their computer, see examples of applications and finally implement their artificial intelligence program.

Keywords: MATLAB, Artificial Intelligence, Simulink, MathWorks, NLP, Sentiment Analysis, Neural Network, Simulation

Ενδεικτικός Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή	6
1.1 Το πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας.....	6
1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας.....	6
1.3 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας	6
1.4 Δομή	6
2. Παρουσίαση του MATLAB	6
3. Εγκατάσταση	12
4. Παραδείγματα Εφαρμογών MATLAB	21
5. Ανάπτυξη Εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης σε MATLAB	40
5.1 NLP & Sentiment Analysis	40
5.2 Neural Network	55
5.3 Simulation	62
6. Συμπεράσματα και Προοπτικές.....	62
7. Αναφορές.....	63
8. Παράρτημα	64

1. Εισαγωγή

1.1 Το πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια συνεκτική περίληψη των δυνατοτήτων που προσφέρει η εφαρμογή MATLAB περιγράφοντας αρχικά τις εργαλειακές και τα εργαλεία που αυτές προσφέρουν, παρουσιάζοντας πέντε παραδείγματα εφαρμογών και τέλος, αναπτύσσοντας τρία διαφορετικά προγράμματα τεχνητής νοημοσύνης.

Η εφαρμογή MATLAB αποτελεί μια ιδιαίτερη εφαρμογή από πλευράς ανάπτυξης κώδικα, καθώς για την διαχείριση των δεδομένων είναι απαραίτητη η κατανόηση μαθηματικών πράξεων που εφαρμόζονται στους πίνακες. Παρέχει όλες τις μαθηματικές και λογικές πράξεις για τον υπολογισμό και σύγκριση μεταβλητών, όμως περιέχει μόνο τις βασικές εντολές επανάληψης και ελέγχου, που υπάρχουν σε κάθε ανεπτυγμένη γλώσσα προγραμματισμού, περιορίζοντας τα είδη των προγραμμάτων που μπορούν να αναπτυχθούν σε αυτή.

Επομένως, η πρώτη εντύπωση που δίνεται είναι πως όχι μόνο έχει ως βάση τα μαθηματικά, αλλά επισκιάζεται από τις υπόλοιπες γλώσσες ανάπτυξης κώδικα.

Το γεγονός αυτό φέρνει πολλές φορές σαν αποτέλεσμα την αποστροφή προγραμματιστών, ειδικά των αρχάριων, από το να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή για τα έργα τους, τόσο επειδή υπάρχει η προϋπόθεση κατανόησης ενός συγκεκριμένου κλάδου των μαθηματικών, όσο και λόγω της παρανόησης που επικρατεί πως ελλειπεί σε δυνατότητες εξαιτίας του μικρότερου όγκου σε προγραμματιστικές εντολές.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να καταρριφθούν οι προαναφερθείς αντιλήψεις παρουσιάζοντας τις δυνατότητες του MATLAB και αναλύοντας εξονυχιστικά την λογική και τον τρόπο σκέψης πίσω από τα υλοποιημένα προγράμματα.

1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός είναι, μέχρι το τέλος του τόμου, ο αναγνώστης να έχει κατανοήσει τις δυνατότητες του MATLAB, έχοντας την αίσθηση των προγραμμάτων, εφαρμογών, συστημάτων και προσομοιώσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε αυτό.

Πιο αναλυτικά θα μπορεί να εγκαταστήσει την εφαρμογή MATLAB, θα μπορεί να ψάχνει μόνος του στην ιστοσελίδα MathWorks έργα παρόμοια με αυτά που επιθυμεί να αναπτύξει ο ίδιος, καθώς και τις κατάλληλες εργαλειακές για αυτά και τέλος θα ξέρει πως να εισάγει εύκολα και γρήγορα τα προς επεξεργασία δεδομένα. Εφόσον ξέρει να προγραμματίζει θα μπορεί να μάθει και να χρησιμοποιεί εύκολα τους αλγορίθμους του MATLAB στα προγράμματα που προσπαθεί να αναπτύξει και να αποθηκεύει τα δεδομένα εξόδου σε μορφή αρχείων.

Συγκεκριμένα θα γνωρίζει τα πιο σημαντικά πεδία εφαρμογών που καλύπτει το πρόγραμμα αναλύοντας τα εργαλεία που παρέχει για αυτά, καθώς επίσης, ολοκληρωμένα παραδείγματα για την κατανόηση τους σε πρακτικό επίπεδο. Στα έργα που θα παρουσιαστούν παρέχονται αναλυτικές οδηγίες πίσω από την λογική και τον τρόπο υλοποίησης, ούτως ώστε ο αναγνώστης να μπορεί να εισάγει τα δεδομένα, να τρέξει τον κώδικα και να καταλήξει στα ίδια αποτελέσματα ή ακόμα και να αναδιαμορφώσει τα δεδομένα σε περίπτωση επιθυμίας πειραματισμού. Τα έργα

τεχνητής νοημοσύνης είναι γραμμένα με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι κατανοητός ακόμα και από αρχάριους προγραμματιστές, καθώς επίσης καλύπτου βασικές αρχές προγραμματισμού προκειμένου να μπορεί κανείς να τους αναδιαμορφώσει και να τους αναπτύξει εύκολα.

1.3 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας

Για την επίτευξη της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε έρευνα, κυρίως από την ιστοσελίδα MathWorks καθώς αποτελεί τον φορέα που πουλάει την εφαρμογή προς ανάλυση, αλλά και επειδή παρέχει άπλετο υλικό περιγραφής των εργαλείων, όπως επίσης και παραδείγματα χρήσης, για την καλύτερη κατανόηση χρήσης αυτών.

Για το κεφάλαιο όπου αναλύονται οι δυνατότητες του MATLAB χρησιμοποιήθηκε ως βασική πηγή η σελίδα του MathWorks που παρέχει όλες τις εργαλειαθές του MATLAB σε μορφή συνδέσμων και βολικά ομαδοποιημένες σε διαφορετικούς κλάδους. Από όλες τις εργαλειαθές που παρέχονται επιλέχθηκαν συγκεκριμένες ομάδες, όπου περιγράφονται συνοπτικά οι δυνατότητες, ο σκοπός και τα εργαλεία τους. Προκειμένου να δοθεί η ολική εικόνα των δυνατοτήτων, στην αρχή περιγράφονται οι λειτουργίες του MATLAB σε ένα ευρύτερο πεδίο και στην συνέχεια αναφέρονται συγκεκριμένες ομάδες εργαλειαθών, ως προέκταση των προαναφερόμενων δυνατοτήτων. Σιγά-σιγά αναφέρονται και συγκεκριμένες εργαλειαθές, οι οποίες ειδικούνται σε έναν συγκεκριμένο τομέα ή επιστημονικό κλάδο. Προς το τέλος, οι εργαλειαθές που περιγράφονται έχουν σκοπό να δείξουν τα διαφορετικά πεδία επιστημών που έχει επεκταθεί το MATLAB, αναδεικνύοντας στον αναγνώστη τόσο το ευρύ φάσμα από τομείς που καλύπτονται, αλλά και την δυνατότητα επέκτασης των εργαλειαθών, είτε με την προσθήκη νέων αλγορίθμων, είτε με την δημιουργία νέων ομάδων εργαλειαθών.

Όσο για την εγκατάσταση, πραγματοποιήθηκε από την αρχή σε υπολογιστή που είχε έτοιμα τα στοιχεία εισόδου ατόμου-μέλους της κοινότητας του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Για κάθε βήμα της διαδικασίας αποθηκεύτηκαν στιγμιότυπα οθόνης, τα οποία εν συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για την βήμα προς βήμα περιγραφή.

Μετάπειτα για την περιγραφή παραδειγμάτων-εφαρμογών που υλοποιήθηκαν μέσω MATLAB χρησιμοποιήθηκε η σελίδα της MathWorks, που παρέχει παραδείγματα υλοποιημένων προγραμμάτων μαζί με κώδικα και επεξηγήσεις. Τα παραδείγματα χωρίζονται σε διαφορετικές ομάδες ανάλογα τις εργαλειαθές και τα προϊόντα που χρησιμοποιούν. Προκειμένου να τονιστεί το ευρύ φάσμα κλάδων που καλύπτει η εφαρμογή τα παραδείγματα που επιλέχθηκαν βρίσκονται σε διαφορετικές ομάδες παραδειγμάτων.

Για την επεξεργασίας φυσικής γλώσσας αποθηκεύτηκε κατάλληλο σύνολο δεδομένων από γνωστή πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε έρευνα πάνω στην κατανόηση των βημάτων της διαδικασίας NLP καθώς και τον σκοπό που επιτελεί το κάθε βήμα. Πάνω σε αυτό η ιστοσελίδα MathWorks παρείχε αναλυτικές οδηγίες, παραδείγματα κώδικα και επεξηγήσεις. Βρέθηκε η κατάλληλη εργαλειαθήκη με τους αλγορίθμους καθαρισμού κειμένου των δημοσιεύσεων, η οποία και χρησιμοποιήθηκε. Εν συνέχεια η MathWorks παρείχε παράδειγμα με ανάλυση συναισθήματος, από το οποίο πάρθηκαν τα σημαντικότερα σημεία για την αναπροσαρμογή τους στις ανάγκες του έργου της διπλωματικής. Τέλος, για την πρόβλεψη χρονοσειράς χρησιμοποιήθηκε το κλασσικό μοντέλο πρόβλεψης χρονοσειράς, όπως διδάσκεται στο μάθημα επιλογής Τεχνικές Προβλέψεων.

Όσο για το νευρωνικό δίκτυο αποθηκεύτηκε σύνολο δεδομένων από το Kaggle και στην συνέχεια αφαιρέθηκαν οι στήλες που δεν βοηθούσαν στην εξαγωγή τελικού αποτελέσματος. Η αφαίρεση αυτή έγινε έπειτα από έρευνα πάνω στο ποιες από τις ασθένειες που αναγράφονται μοιάζουν με τον covid19, είτε επειδή ανήκουν στην κατηγορία αναπνευστικών προβλημάτων, είτε επειδή έχουν παρόμοια συμπτωματολογία. Εν συνεχεία μελετήθηκε η λογική και ο τρόπος αρχιτεκτονικής των νευρωνικών δικτύων, προκειμένου να δημιουργηθούν τα διάφορα επίπεδα και ο σκοπός καθενός από αυτά.

Ψάχνοντας στην ιστοσελίδα με παραδείγματα εφαρμογών δεν βρέθηκε προσομοίωση που να απέχει σημαντικά από την επεξεργασία σημάτων, πόσο μάλλον να βρίσκεται κοντά σε αναπαράσταση κοινωνικού φαινομένου.

1.4 Δομή

Αρχικά εκτελείται ανάλυση των δυνατοτήτων του MATLAB βάσει των εργαλειαθικών του. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι βασικές δυνατότητες του MATLAB, οι οποίες βασίζονται στην γρήγορη επεξεργασία αριθμητικών δεδομένων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρέχονται εξονυχιστικές οδηγίες πάνω στην εγκατάσταση της εφαρμογής στον υπολογιστή και συγκεκριμένα προς άτομα που είναι μέλη της κοινότητας του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Στο κεφάλαιο αυτό υπάρχουν εικόνες για κάθε σημείο της εγκατάστασης, ώστε να μπορεί ο κάθε αναγνώστης να ακολουθήσει την διαδικασία βήμα προς βήμα, καθώς επίσης, επεξήγηση χρησιμότητας των παραθύρων που εμφανίζονται κατά την εγκατάσταση, όπου αυτό είναι απαραίτητο.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τέσσερις διαφορετικές εφαρμογές που έχουν υλοποιηθεί μέσω MATLAB. Οι εφαρμογές αυτές βρίσκονται στην ιστοσελίδα MathWorks και συγκεκριμένα στην σελίδα με τα παραδείγματα εφαρμογών. Οι εφαρμογές αυτές έχουν επιλεγεί με τρόπο τέτοιο ώστε να χρησιμοποιούν διαφορετικές εργαλειαθικές, δηλαδή να καλύπτουν διαφορετικό πεδίο εφαρμογών, δείχνοντας έτσι το ευρύ φάσμα έργων, προγραμμάτων και επιστημονικών κλάδων στους οποίους μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πλατφόρμα.

Η πρώτη εφαρμογή αφορά την δημιουργία προσομοίωσης αυτόματου συστήματος κλιματισμού, όπου για την υλοποίηση της χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία Simulink και Stateflow. Στόχος είναι η παρουσίαση ενός ενδεικτικού συστήματος για την περιγραφή και κατανόηση των παραπάνω εργαλείων, μέσω παραδείγματος και ο έλεγχος σωστής λειτουργίας του τελικού συστήματος

Με την δεύτερη εφαρμογή ο αναγνώστης εισάγεται στην έννοια της βαθιάς εκμάθησης χρησιμοποιώντας την εργαλειαθική Deep Learning Toolbox. Το παράδειγμα αφορά την εκπαίδευση μοντέλου, ώστε να αναγνωρίζει φωνητικές εντολές, το οποίο επιτυγχάνεται με τις εντολές του Audio Toolbox.

Στο τρίτο παράδειγμα παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές λειτουργίες του Automated Driving Toolbox, καθώς επίσης, παρουσιάζεται στον αναγνώστη η ικανότητα του MATLAB να προσομοιώσει τρισδιάστατα μοντέλα.

Στο τελευταίο παράδειγμα χρησιμοποιείται ξανά η εργαλειαθική βαθιάς εκμάθησης Deep Learning Toolbox, αλλά αυτή τη φορά για την βελτίωση ανάλυσης εικόνας

χρησιμοποιώντας την τεχνική VDSR, που επιτυγχάνεται με την χρήση των εργαλείων του Image Processing Toolbox.

Στην συνέχεια υλοποιούνται τρεις διαφορετικές εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, όπου αφιερώνεται ένα κεφάλαιο στην κάθε μία.

Το πρώτο έργο αφορά την εξαγωγή δημοσιεύσεων, από το κοινωνικό μέσο δικτύωσης Reddit, που περιέχουν την λέξη ‘climate’ ή ‘change’ ή και τις δύο μαζί, με απώτερο σκοπό την δημιουργία συνόλου δεδομένων που θα αφορούν απόψεις πάνω στην κλιματική αλλαγή. Στην συνέχεια εκτελείται καθαρισμός των αλφαριθμητικών κειμένων μέσω της διαδικασίας NLP. Δημιουργείται λεξικό, από το οποίο εξάγεται Word Cloud με τις πιο χρησιμοποιούμενες λέξεις και στην κάθε μία δίνεται μια θετική ή αρνητική τιμή, ανάλογα με το αν θα χρησιμοποιούταν από κάποιον που πιστεύει ή όχι στην κλιματική αλλαγή αντίστοιχα. Η συνάρτηση vader δίνει τιμή συναισθήματος για κάθε δημοσίευση για το sentiment analysis. Τέλος, εκτελείται η κλασσική μέθοδος αποσύνθεσης χρονοσειράς για την πρόβλεψη μελλοντικής τιμής χρονοσειράς.

Στο δεύτερο έργο υλοποιείται κώδικας για την δημιουργία νευρωνικού δικτύου, στο οποίο θα εισάγεται σύνολο δεδομένων νοσοκομείου με τις ιατρικές εξετάσεις ασθενών. Για κάθε ασθενή εισάγονται δεδομένα με αποτελέσματα εξετάσεων που σχετίζονται με αναπνευστικά προβλήματα. Στην συνέχεια τα δεδομένα περνάνε στα εσωτερικά επίπεδα του δικτύου και στο εξωτερικό επίπεδο το δίκτυο δείχνει αν ο ασθενής έχει covid19 ή όχι. Για κάθε διάγνωση του δικτύου που είναι διαφορετική από την πραγματική, αλλάζουν οι τιμές στους κατάλληλους κόμβους.

Στο τελευταίο έργο στόχος είναι η αναπαράσταση κοινωνικού φαινομένου μέσω προσομοίωσης, το οποίο δεν έχει υλοποιηθεί καθώς παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια προσπάθειας υλοποίησης πως το Simulink υποστηρίζει κατά βάση προσομοιώσεις που βασίζονται στην μετάδοση σημάτων, καθιστώντας την δημιουργία συστήματος επεξεργασίας και ανάλυσης κοινωνικών φαινομένων αδύνατη.

Τελευταίο κεφάλαιο της διπλωματικής αποτελούν τα συμπεράσματα, όπου συνοψίζονται πιθανά ευρήματα από την ολοκλήρωση των έργων τεχνητής νοημοσύνης.

2. Παρουσίαση του MATLAB

Το MATLAB παρέχει πολλές διαφορετικές λειτουργίες για την εισαγωγή, επεξεργασία, εξαγωγή, Οπτικοποίηση και ανάλυση δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι είτε αριθμητικά, όπως στατιστικά δεδομένα, δεδομένα εικόνας και χρονοσειράς, είτε αλφαριθμητικά, όπως κείμενο. Τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν εύκολα και γρήγορα από πηγές όπως αρχεία καταγραφής εξοπλισμού, δημοφιλείς μορφές αρχείων (Word, Excel, κλπ.), ειδήσεις, έρευνες, αναφορές χειριστή και μέσα κοινωνικής δικτύωσης.

Για την επεξεργασία ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει δικούς του αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης, μηχανικής μάθησης και βαθιάς εκμάθησης ή να χρησιμοποιήσει τα προ-εκπαιδευμένα μοντέλα συνελκτικών νευρωνικών δικτύων, δικτύων μακράς βραχυπρόθεσμης μνήμης, δικτύων δημιουργίας αντιπάλων και σιαμαϊκών δικτύων.

Έπειτα από την επεξεργασία, ο χρήστης μπορεί να οπτικοποιήσει τα δεδομένα του με ποικίλους τρόπους χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις MATLAB. Παρέχονται

γραφικές παραστάσεις, στατιστικά μοντέλα και ποικίλα διαγράμματα, όπως pie chart, καθώς επίσης, προσομοίωση δεδομένων σε τρισδιάστατο χώρο, όπου μπορεί να εκτελεστεί προσαρμογή καμπυλών και επιφανειών.

Με τη βοήθεια του Database Toolbox παρέχεται η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με σχεσιακές και NoSQL βάσεις δεδομένων. Η εργαλειοθήκη υποστηρίζει οποιαδήποτε σχεσιακή βάση δεδομένων συμβατή με ODBC ή JDBC και παρέχει υποστήριξη NoSQL για Apache Cassandra®, MongoDB® και Neo4j®. Συμπεριλαμβάνονται, επίσης, ροές εργασιών άμεσης ανάγνωσης και εγγραφής για αρχάριους χρήστες και λεπτομερή έλεγχο για προχωρημένους χρήστες.

Μία από τις δυνατότητες που κάνουν το MATLAB να ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες εφαρμογές ανάπτυξης κώδικα είναι ο παράλληλος προγραμματισμός. Ως παράλληλος προγραμματισμός ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία το πρόγραμμα που έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιεί πολλαπλές επεξεργαστικές μονάδες του υπολογιστή με απώτερο σκοπό την διαίρεση των υπολογιστικών διαδικασιών σε μικρότερα προβλήματα. Τα μέρη αυτά επιλύονται παράλληλα από τους πολλαπλούς επεξεργαστές του υπολογιστή με τη χρήση κοινής μνήμης, όπου, τέλος, τα αποτελέσματα τους συνδυάζονται προκειμένου να δώσουν το τελικό αποτέλεσμα. Στόχος αυτής της τεχνικής είναι η αύξηση των υπολογιστικών επιδόσεων και η μείωση του απαιτούμενου χρόνου εκτέλεσης της εφαρμογής.

Το MATLAB επιτρέπει την χρήση πολυπύρηνων επεξεργαστών, GPU και clusters. Ο χρήστης μπορεί να εκμεταλλευτεί την πλήρη επεξεργαστική ισχύ των παραπάνω εφαρμόζοντας πολυνηματικές διαδικασίες στα προγράμματα του. Από πλευράς κώδικα παρέχονται παράλληλοι βρόγχοι for, ειδικοί τύποι πινάκων και παραλληλισμένοι αριθμητικοί αλγόριθμοι, ως εργαλεία για την εκτέλεση παράλληλου προγραμματισμού. Η εργαλειοθήκη Parallel Computing Toolbox είναι σχεδιασμένη με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε είδους πρόγραμμα, τόσο σε συνδυασμό με τις διαφορετικές εργαλειοθήκες που παρέχονται, όσο και με την προέκταση Simulink του MATLAB.

Ακόμα και για μεγάλα προγράμματα, για τα οποία η μνήμη ενός υπολογιστή δεν είναι αρκετή, η εργαλειοθήκη MATLAB Parallel Server παρέχει την λύση. Τα μεγάλα προγράμματα μπορούν να κλιμακωθούν σε διαδικτυακούς πόρους όπως το υπολογιστικό νέφος(cloud) και συστοιχία υπολογιστών(cluster), χωρίς να απαιτείται επανακωδικοποίηση του προγράμματος. Η εργαλειοθήκη υποστηρίζει εργασίες δέσμης, παράλληλους υπολογισμούς και κατανεμημένους υπολογισμούς σε μεγάλους πίνακες. Σημαντικό πλεονέκτημα της βιβλιοθήκης είναι η παροχή μοντέλου άδειας χρήσης, το οποίο διαχειρίζεται αυτόματα τις άδειες χρήσης, παρέχοντας απεριόριστη κλίμακα χρήσης των χρησιμοποιούμενων πόρων.

Μία από τις ομάδες εργαλειοθηκών που παρέχει το MATLAB αφορά την διαχείριση σημάτων. Συγκεκριμένα παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας τηλεπικοινωνιακών σημάτων, ηχητικών σημάτων και εικόνων. Ο χρήστης μπορεί να κάνει ανάλυση και εξαγωγή χαρακτηριστικών του σήματος και προεπεξεργασία για καλύτερη ανάλυση.

Μπορεί, επίσης, να διαμορφώσει το σήμα πληροφορίας χρήσει φίλτρων, επαναδειγματοληψίας, εξομάλυνση, μείωση τάσεων και εκτίμηση φάσματος ισχύος.

Παρέχονται ποικίλα εργαλεία για την οπτικοποίηση των δεδομένων, διότι καθίσταται απαραίτητη για την άμεση εξαγωγή συμπερασμάτων και εντοπισμό σφαλμάτων. Χάρης

τις συναρτήσεις του MATLAB η οπτικοποίηση των σημάτων είναι εύκολη και μπορεί να γίνει σε διάφορους τομείς όπως χρόνου, συχνότητας και χρόνου-συχνότητας. Για συστήματα επεξεργασίας σήματος, όπου τα δεδομένα ακολουθούν μια συγκεκριμένη ροή, το MATLAB παρέχει την δυνατότητα δυναμικής αναπαράστασης της μεταβολής των σημάτων πληροφορίας. Τέλος, για ευκολότερη ανάλυση των γραφικών παραστάσεων, ο χρήστης μπορεί, επίσης, να τοποθετεί βοηθητικές ταμπέλες με ονόματα.

Πέρα, όμως, από την άμεση επεξεργασία σημάτων από το MATLAB, ο χρήστης έχει, επίσης, πρόσβαση σε εργαλειοθήκες ειδικές για σχεδιασμό συστημάτων επεξεργασίας σημάτων. Ο χρήστης μπορεί, δηλαδή, τόσο να μοντελοποιήσει το σύστημα που επιθυμεί, όσο και να το προσομοιώσει, ορίζοντας τις απαραίτητες μεταβλητές για κάθε βήμα της διαδικασίας και με βάση τις ενδείξεις και τα αποτελέσματα να το αναλύσει, να το βελτιώσει και να εξερευνήσει διαφορετικές εναλλακτικές. Για παράδειγμα μπορεί να σχεδιάσει ραντάρ, διαύλους επικοινωνίας, ιατρικές συσκευές, IoT συσκευές, αισθητήρες συστήματα επεξεργασίας ψηφιακών συστημάτων(dsp), καθώς επίσης, ψηφιακά φίλτρα FIR και IIR πολλαπλών ρυθμών, πολλαπλών σταδίων και προσαρμοστικών φίλτρων. Επίσης, παρέχονται block και υποσυστήματα Simulink για τον ευκολότερο σχεδιασμό των προαναφερόμενων συστημάτων.

Συγκεκριμένα, για τα DSP κυκλώματα, ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει σειριακή και παράλληλη επεξεργασία για παρατήρηση, ανάλυση και αναπροσαρμογή χρήσης πόρων, ισχύος και απόδοσης. Τα συστήματα αυτά μπορούν να γραφούν σε κώδικα VHDL και Verilog.

Παρέχονται, επίσης, μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης, μηχανικής μάθησης και βαθιάς εκμάθησης για την δημιουργία αλγορίθμων και συστημάτων καθαρισμού εικόνων και ηχητικών σημάτων.

Όσο για την διαχείριση εικόνων και βίντεο το MATLAB παρέχει ποικίλους αλγορίθμους για την καταχώρηση, επεξεργασία, ανάλυση, οπτικοποίηση, τμηματοποίηση, βελτίωση, μείωση θορύβου και εκτέλεση γεωμετρικών μετασχηματισμών. Επιπλέον, παρέχονται αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης εκπαιδευμένοι στην ανίχνευση και παρακολούθηση αντικειμένων, όπως πρόσωπα, πεζούς και κοινά αντικείμενα, αλλά και η δυνατότητα κατασκευής καινούριων αλγορίθμων που θα εκτελούν το έργο που ορίζει ο ίδιος. Στα αντικείμενα αυτά μπορεί, εν συνεχεία, να πραγματοποιηθεί ανίχνευση, εξαγωγή και αντιστοίχιση των χαρακτηριστικών τους για περαιτέρω μελέτη. Όλα τα προαναφερθέντα υποστηρίζονται τόσο σε δισδιάστατα περιβάλλοντα, όσο και σε τρισδιάστατα.

Μια από τις εργαλειοθήκες ανάλυσης εικόνας αποτελεί η Medical Imaging Toolbox, που ειδικεύεται σε διαγνωστικές απεικονίσεις ακτινογραφιών, μέσω μεθόδων όπως προβαλλόμενη απεικόνιση ακτίνων X, αξονική τομογραφία, μαγνητική τομογραφία, υπερηχογράφημα και πυρηνική ιατρική/πυρηνολογία.

Πέρα από την επεξεργασία και ανάλυση εικόνων, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να σχεδιάσει και να δημιουργήσει δικά του συστήματα όρασης σε FPGA και ASIC. Τα συστήματα αυτά μπορούν να υλοποιηθούν τόσο σε κώδικα VHDL και Verilog, όσο και σε προσομοίωση Simulink.

Ένα άλλος είδος συστημάτων μπορεί να σχεδιάσει είναι συστήματα επεξεργασίας lidar. Lidar αποτελεί τεχνική κατά την οποία πραγματοποιείται εκπομπή λέιζερ στην

ατμόσφαιρα μέσω παλμικής ακτινοβολίας και στην συνέχεια λαμβάνει χώρα η καταγραφή της οπισθοσκεδασζόμενης ακτινοβολίας. Η εργαλειοθήκη Lidar Toolbox παρέχει αλγορίθμους για ανίχνευση και παρακολούθηση αντικειμένων, σημασιολογική τμηματοποίηση, προσαρμογή σχήματος, εγγραφή lidar, καταγραφή δεδομένων από αισθητήρες, ανάλυση σύννεφων σημείων lidar και ανίχνευση εμποδίων.

Χρησιμοποιώντας τις εργαλειοθήκες Radar Toolbox και Sensor Fusion and Tracking Toolbox μπορούν να προσομοιωθούν συστήματα ραντάρ, όπως αερομεταφορών, επίγειων, πλοίων και ραντάρ αυτοκινήτων, καθώς επίσης, συστήματα που συγχωνεύουν δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες, όπως συστήματα επιτήρησης, αερομεταφορών, διαστημικών, επίγειων, πλοίων και υποβρυχίων. Επιτρέπεται η εισαγωγή και η επεξεργασία δεδομένων από αισθητήρες πραγματικού κόσμου, τόσο ενεργητικών, όσο και παθητικών ραντάρ, σόναρ, lidar, EO/IR, IMU και GPS. Ο χρήστης έχει πρόσβαση σε εργαλεία με τα οποία μπορεί να σχεδιάσει πομπούς, δέκτες, κανάλια διάδοσης, στόχους και παρεμβολές. Για την ανάλυση των συστημάτων περιλαμβάνονται πολλαπλές ροές εργασίας συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης απαιτήσεων, του σχεδιασμού, της ανάπτυξης και της ανάλυσης δεδομένων πεδίου. Τέλος, για την δοκιμή των μοντέλων ή των συστημάτων που έχουν σχεδιαστεί, παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας συνθετικών δεδομένων από εικονικούς αισθητήρες, με απώτερο σκοπό να εξεταστεί τόσο η απόδοση τους σε διαφορετικά σενάρια, όσο και να επαληθευτεί η σωστή τους λειτουργία. Ως βοήθεια, παρέχονται φίλτρα εκτίμησης αξιολόγησης αρχιτεκτονικής.

Εξίσου μεγάλο ενδιαφέρον φέρει και η εργαλειοθήκη Mapping Toolbox, που ειδικεύεται στην μετατροπή γεωγραφικών δεδομένων σε εικονογραφημένους χάρτες. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να εισαχθούν από ένα ευρύ φάσμα μορφών αρχείων και διακομιστών ιστού ώστε να μετατραπούν σε ένα συνεπές σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων. Στη συνέχεια, με τη χρήση εργαλείων, μπορεί να εκτελεστεί επεξεργασία και προσαρμογή των δεδομένων μέσω τεχνικών όπως περικοπής, παρεμβολής, επαναδειγματοληψίας και μετασχηματισμού συντεταγμένων. Έπειτα, τα επεξεργασμένα δεδομένα υποβάλλονται σε οπτικοποίηση τοποθετώντας τα σε ένα γεωγραφικό πλαίσιο εμφανίζοντας τον επιθυμητό χάρτη.

Πέρα από τα παραπάνω οι εργαλειοθήκες MATLAB επεκτείνονται και στον κλάδο των οικονομικών επιστημών. Με τη βοήθεια του Financial Toolbox, ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει λογιστικούς και οικονομικούς υπολογισμούς για την επιχείρηση του. Εισάγει για αρχή τα οικονομικά δεδομένα και στην συνέχεια μοντελοποιώντας τα εκτελεί στατιστικές αναλύσεις. Βάσει των αποτελεσμάτων, ο χρήστης αποφασίζει τον τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων χρήσει των εργαλείων που παρέχονται, τα οποία εκτελούν εργασίες όπως εκτίμηση κινδύνου, μοντελοποίηση πιστωτικών καρτών, ανάλυση καμπυλών απόδοσης, κοστολόγηση οργάνων και μέτρηση απόδοση μιας επένδυσης. Μια, επίσης, σημαντική δυνατότητα που παρέχεται είναι η ανάλυση, ο έλεγχος και η βελτιστοποίηση των χαρτοφυλακίων επενδύσεων λαμβάνοντας υπόψη τον κύκλο εργασιών, το κόστος συναλλαγών, τους ημισυνεχείς περιορισμούς και τον ελάχιστο ή μέγιστο αριθμό περιουσιακών στοιχείων.

Δανειζόμενο συναρτήσεις από την ομάδα εργαλείων που αφορά μαθηματικούς υπολογισμούς και οπτικοποίηση μαθηματικών συναρτήσεων, η εργαλειοθήκη Financial Toolbox παρέχει εργαλεία υπολογισμού, μοντελοποίησης και προσομοίωσης στοχαστικών διαφορικών εξισώσεων. Οι συναρτήσεις αυτές είναι διαμορφωμένες με

τρόπο τέτοιο ώστε να επιτρέπουν στον χρήστη τόσο να πραγματοποιήσει ανάλυση χρονοσειρών, όσο και να πραγματοποιήσει μετασχηματισμούς ή παλινδρομήσεις σε δεδομένα που λείπουν, αλλά και εναλλαγή μεταξύ διαφορετικών ημερολογίων συναλλαγών και συμβάσεων μέτρησης ημερών.

Κομμάτι αυτής της εργαλειοθήκης αποτελεί το Econometrics Toolbox, η οποία ειδικεύεται στην ανάλυση και μοντελοποίηση χρονοσειρών. Από πλευράς ανάλυσης, η εργαλειοθήκη αυτή προσφέρει ένα ευρύ φάσμα οπτικοποιήσεων και διαγνωστικών για την επιλογή μοντέλου, συμπεριλαμβανομένων δοκιμών για αυτοσυσχέτιση και ετεροσκεδαστικότητα, ρίζες μονάδας και σταθερότητα, συνολοκλήρωση, αιτιότητα και δομική αλλαγή. Ενώ οι προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη οικονομικών συστημάτων.

Εξίσου σημαντικό είναι να αναφερθεί πως το MATLAB παρέχει εργαλειοθήκες και για ιατρικές επιστήμες. Συγκεκριμένα, παρέχεται δυνατότητα οπτικοποίησης γονιδιακών δεδομένων (Bioinformatics Toolbox) και προσομοίωση συστημάτων ποσοτικής φαρμακολογίας (SimBiology Toolbox). Με την βοήθεια της πρώτης εργαλειοθήκης μπορούν να εισαχθούν δεδομένα από τυπικές μορφές αρχείων όπως SAM, FASTA, CEL και CDF, καθώς και από διαδικτυακές βάσεις δεδομένων όπως το NCBI Gene Expression Omnibus και το GenBank®. Παρέχονται αλγόριθμοι επεξεργασίας και ανάγνωσης γονιδιωματικών και πρωτεϊμικών δεδομένων, ανάλυσης μικροσυστοιχιών, φασματομετρίας μάζας, γονιδιακής οντολογίας και εφαρμογή εκτέλεσης Αλληλουχίας Επόμενης Γενιάς (NGS). Μετά την εφαρμογή των παραπάνω τεχνικών εφαρμόζεται οπτικοποίηση των δεδομένων μέσω χωρικών χαρτών θερμότητας και γραφήματα συμπλέγματος. Στη συνέχεια, εκτελούνται στατιστικές τεχνικές για την ανίχνευση κορυφών, τον καταλογισμό τιμών για δεδομένα που λείπουν και την επιλογή χαρακτηριστικών. Τέλος, παρέχονται ειδικές λειτουργίες για τον κλάδο της βιοπληροφορικής, όπως για παράδειγμα ανάλυση δεδομένων RNA-Seq για αναγνώριση διαφορικών εκφραζόμενων γονιδίων.

Η δεύτερη εργαλειοθήκη εστιάζει στην μοντελοποίηση, δημιουργία διαδραστικών μοντέλων, προσομοίωση και στην ανάλυση συστημάτων ποσοτικής φαρμακολογίας (QSP), φαρμακοκινητικής βάσης φυσιολογικών (PBPK) και φαρμακοκινητικών/φαρμακοδυναμικών (PK/PD). Τα μοντέλα αυτά μπορούν να δημιουργηθούν από το μηδέν, να εισαχθούν ως αρχεία με μορφοποίηση SBML ή να βασιστούν στα παραδείγματα μοντέλων που παρέχονται στο SimBiology. Οι βασικές λειτουργίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής: τεχνικές ανάλυσης μοντέλων που βασίζονται σε ODE, προσομοιώσεις αξιολόγησης σκοπιμότητας του στόχου, πρόβλεψη αποτελεσματικότητας και ασφάλεια του φαρμάκου, προσδιορισμός βέλτιστων χρονοδιαγραμμάτων δοσολογίας, τοπικές και καθολικές αναλύσεις ευαισθησίας, αξιολόγηση βιολογικής μεταβλητότητας εκτελώντας σαρώσεις παραμέτρων.

Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί πως οι εργαλειοθήκες του MATLAB επεκτείνονται και στον κλάδο της ρομποτικής και αυτόνομων συστημάτων. Το Robotics System Toolbox ειδικεύεται στον σχεδιασμό, την προσομοίωση, τη δοκιμή και την ανάπτυξη λογισμικού για φορητά ρομπότ. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει αυτόνομα ρομπότ, καθώς επίσης και ρομπότ που θα ελέγχει με χειριστήριο μέσω εντολών. Τα ρομπότ αυτά μπορούν να δημιουργηθούν από το μηδέν ή να εισαχθούν και να χρησιμοποιηθούν διαθέσιμα μοντέλα βιομηχανικών ρομπότ, τα οποία μπορούν να οπτικοποιηθούν και να προσομοιωθούν. Οι αλγόριθμοι της εργαλειοθήκης

παρέχουν, επίσης, σημαντικές λειτουργίες όπως χαρτογράφηση, εντοπισμό αντικειμένων, έλεγχο σύγκρουσης, σχεδιασμό διαδρομής, έλεγχο κίνησης, δημιουργία τροχιάς, κινηματική προς τα εμπρός και αντίστροφη και παρακολούθηση διαδρομής. Με τη βοήθεια του Simulink ο χρήστης μπορεί να προσομοιώσει την λειτουργία του ρομπότ εξετάζοντας πολλά διαφορετικά σενάρια δοκιμών.

Στην ίδια ομάδα εργαλειοθηκών βρίσκεται και το Automated Driving Toolbox, το οποίο συνδυάζει τους αλγορίθμους αυτοματοποίησης του Robotics System Toolbox μαζί με εργαλεία και δυνατότητες διαφόρων εργαλειοθηκών του MATLAB με στόχο την δημιουργία και εξέταση συστημάτων αυτόνομης οδήγησης. Παρέχονται εργαλεία προσομοίωσης αισθητήρων, όπως κάμερα και ραντάρ, συστημάτων όρασης, οπτικοποίησης χαρτών, καταγραφής lidar, σχεδιασμού διαδρομής και ελεγκτές αντικειμένων/εμποδίων. Χρήσιμες αυτοματοποιημένες λειτουργίες που παρέχονται αποτελούν η ανίχνευση εμποδίων, εντοπισμός ορίων λωρίδας, προειδοποίηση μπροστινής σύγκρουσης, αυτόνομο φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης, υποβοήθηση διατήρησης λωρίδας και υπηρεσίας παρκαρίσματος. Ο χρήστης ορίζει το δίκτυο και τα πρωτόκολλα μεταφοράς μηνυμάτων μεταξύ των αισθητήρων και το πρωτόκολλο σχεδιασμού διαδρομής και αποφυγής αντικειμένων. Στην συνέχεια το όχημα υπόκειται σε πολλαπλά οδικά σενάρια και με την βοήθεια αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης και βαθιάς εκμάθησης εκπαιδεύεται με σκοπό την βέλτιστη επιλογή διαδρομής, στοχεύοντας στις όσο το δυνατόν λιγότερες συγκρούσεις.

Οι λειτουργίες πλοήγησης του Automated Driving Toolbox παρέχονται από το Navigation Toolbox, που ειδικεύεται στην αδρανειακή πλοήγηση. Πιο αναλυτικά περιέχει αλγορίθμους χαρτογράφησης, σχεδιασμού διαδρομής, σύγκρισης διαδρομών, καθώς επίσης, την δυνατότητα προσομοίωσης και οπτικοποίησης δεδομένων αισθητήρων GPS. Ο χρήστης μπορεί να υλοποιήσει πρωτότυπο πρωτόκολλο πλοήγησης και να το εφαρμόσει σε μέσα όπως πυραύλους, υποβρύχια, πλοία ή αεροπλάνα. Στην συνέχεια, μπορεί να δημιουργήσει δικούς του δισδιάστατους ή τρισδιάστατους χάρτες, πάνω στους οποίους εκτελεί προσομοίωση της λειτουργίας του πρωτοκόλλου που έχει δημιουργήσει και διορθώνει τυχόν λάθη και αστοχίες που προκύπτουν.

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, το Automated Driving Toolbox αποτελεί συνδυασμό εργαλείων, λειτουργιών και αλγορίθμων από διαφορετικές εργαλειοθήκες. Συμπερασματικά, λοιπόν, χρήστες, που έχουν καλή γνώση των εργαλειοθηκών και των δυνατοτήτων, τους μπορούν να κάνουν μίξη αυτών και προστίθοντας καινούριες συναρτήσεις, βασισμένες στις γνώσεις από τον κλάδο στον οποίο ειδικεύονται, έχουν την δυνατότητα να δημιουργήσουν νέες ομάδες εργαλειοθηκών, επεκτείνοντας τις δυνατότητες του MATLAB ακόμη περισσότερο.

Μέχρι στιγμής έχουν γίνει πολλές αναφορές περί προσομοίωσης σε διάφορες εργαλειοθήκες που περιεγράφηκαν παραπάνω, χωρίς να έχει γίνει περαιτέρω εμβάθυνση. Ως προσομοίωση ορίζεται ψηφιακή αναπαράσταση μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος διαδικασιών. Κύριο εργαλείο προσομοίωσης στο MATLAB αποτελεί το Simulink, το οποίο θα περιγραφεί παρακάτω μαζί με τις βασικές εργαλειοθήκες που το χαρακτηρίζουν.

Το Simulink είναι μια σημαντική προέκταση του MATLAB, καθώς σε αυτήν έχει αφιερωθεί ένας παρατηρήσιμος όγκος εργαλειοθηκών. Το εργαλείο αυτό, σε αντίθεση με το MATLAB, δεν αποτελεί περιβάλλον ανάπτυξης κώδικα. Αντίθετα, παρέχει

γραφικό περιβάλλον ειδικά σχεδιασμένο για την υλοποίηση και προσομοίωση πολλαπλών διαφορετικών ειδών συστημάτων. Τα συστήματα αυτά συντάσσονται με την βοήθεια προγραμματιζόμενων μπλοκ, τα οποία ο χρήστης μπορεί να τα πάρει έτοιμα ή να τα αναπρογραμματίσει και είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν, όχι μόνο να συνδέονται μεταξύ τους, αλλά και να ενθυλακώνονται το ένα μέσα στο άλλο, επιτρέποντας την υλοποίηση μοντέλων αυξημένης πολυπλοκότητας. Συγκεκριμένα, ειδικεύεται σε συστήματα ανάλυσης, μεταφοράς και επεξεργασίας ψηφιακών σημάτων, αλλά παρέχει και την δυνατότητα ανάπτυξης και προσομοίωσης τρισδιάστατων γραφικών μοντέλων.

Με το System Composer ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την ορθότητα της αρχιτεκτονικής για το σύστημα που δημιουργήσε. Τα συστήματα αυτά μπορούν να δημιουργηθούν από το μηδέν χρησιμοποιώντας τα μπλοκ που παρέχονται από το Simulink ή να εισαχθούν απευθείας από άλλες πηγές ανάπτυξης συστημάτων, τα οποία στην συνέχεια μπορούν να ανακατασκευαστούν από τον χρήστη με την βοήθεια μπλοκ Simulink, εάν και εφόσον αυτό είναι επιθυμητό. Για την ανάλυση του συστήματος προσομοιώνονται οι συμπεριφορές του σε διαγράμματα ακολουθίας ή καταστάσεων, εκχωρούνται απαιτήσεις, αποτυπώνονται ιδιότητες μέσω στερεοτύπων, εκτελούνται εμπορικές μελέτες και παράγονται προδιαγραφές και έγγραφα ελέγχου διεπαφής. Με την βοήθεια του Requirements Toolbox ο χρήστης μπορεί να ορίσει απαιτήσεις για το σύστημα του σε ελεύθερο κείμενο και το σύστημα αυτόματα εντοπίζει κενά στον σχεδιασμό.

Ένα πολύ σημαντικό εργαλείο που χρησιμοποιείται κυρίως στο Simulink και αξίζει να σημειωθεί είναι το Stateflow. Χρησιμοποιείται για την περιγραφή συμπεριφοράς των συστημάτων όταν υποβάλλονται σε σήματα εισόδου, συμβάντα και συνθήκες που βασίζονται στο χρόνο. Οι αντιδράσεις των συστημάτων μπορούν να περιγραφούν από διαγράμματα μετάβασης καταστάσεων, διαγράμματα ροής, πίνακες μετάβασης καταστάσεων, πίνακες αλήθειας, τα οποία χρησιμεύουν στην ανάλυση λειτουργίας του συστήματος και κατά συνέπεια στον εντοπισμό και διόρθωση λογικών σφαλμάτων. Ταυτόχρονα μπορεί να απεικονιστεί και να αναδιαμορφωθεί η αρχιτεκτονική του συστήματος μέσω αναπαράστασης της ιεραρχίας και του παραλληλισμού διεργασιών, προγραμματισμού εργασιών και ανάπτυξης εποπτικού ελέγχου, διαχείρισης σφαλμάτων, πρωτοκόλλων επικοινωνίας, διεπαφών χρήστη και υβριδικών συστημάτων.

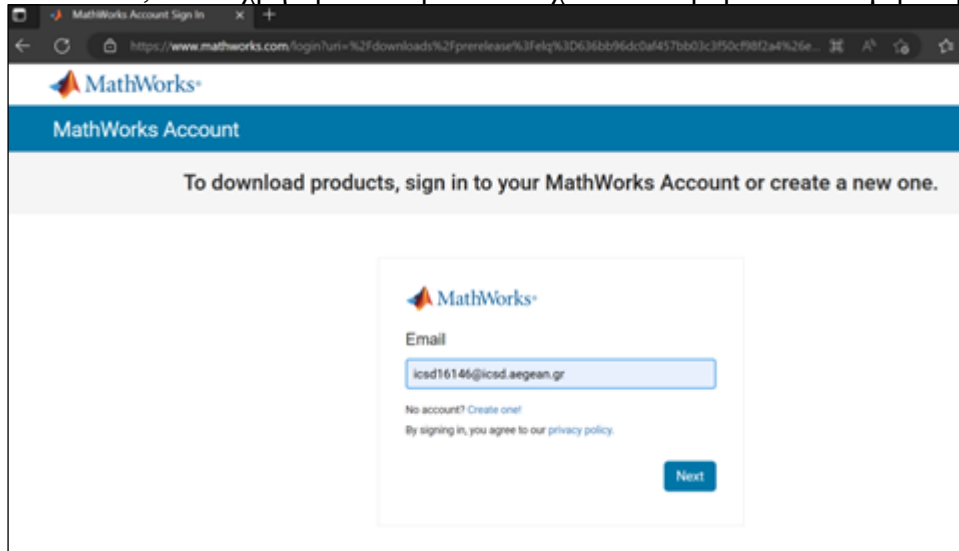
Χάρis το SimEvents, ο χρήστης μπορεί να μοντελοποιήσει συστήματα που βασίζονται στην μεταφορά μηνυμάτων, όπως δίκτυα και λογισμικά αρχιτεκτονικής Client-Server. Το σύστημα μπορεί να μοντελοποιηθεί χρησιμοποιώντας έτοιμα μπλοκ του Simulink, που αντιπροσωπεύουν συσκευές όπως δρομολογητές, εξυπηρετητές, πελάτες, κλπ. Το περιβάλλον εργασίας παρέχει την δυνατότητα καθορισμού διαφόρων λειτουργιών του δικτύου, όπως η δρομολόγηση, τις καθυστερήσεις επεξεργασίας και την ιεράρχηση προτεραιοτήτων για τον προγραμματισμό και την επικοινωνία. Τρέχοντας την προσομοίωση, ο χρήστης μπορεί να μελετήσει τις επιπτώσεις του χρονισμού εργασιών και της χρήσης πόρων στην απόδοση των κατανεμημένων συστημάτων ελέγχου, των αρχιτεκτονικών λογισμικού και υλικού και των δικτύων επικοινωνίας. Αναλύοντας τα συμβάντα μεταφοράς μηνυμάτων μεταξύ των οντοτήτων που απαρτίζουν το σύστημα, ο χρήστης μπορεί βελτιστοποιήσει χαρακτηριστικά όπως απόδοση, καθυστέρηση και απώλεια πακέτων.

3. Εγκατάσταση

Στο παρόν κεφάλαιο παρέχονται αναλυτικές οδηγίες για την εγκατάσταση του MATLAB.

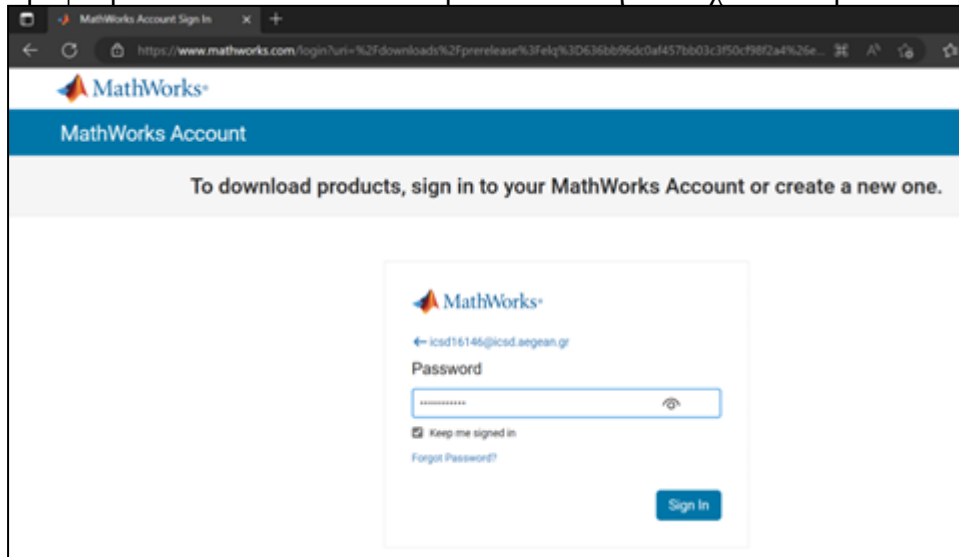
Αρχικά θα χρειαστεί να συνδεθούμε στον παρακάτω σύνδεσμο με τα στοιχεία λογαριασμού μας: [MathWorks Account Sign In](#)

Ο λογαριασμός μας στο MathWorks θα πρέπει να διαθέτει άδεια χρήσης για το MATLAB, οπότε χρησιμοποιούμε τα στοιχεία του Ιδρυματικού λογαριασμού.



Εικόνα 3.1: Σύνδεση στο MathWorks

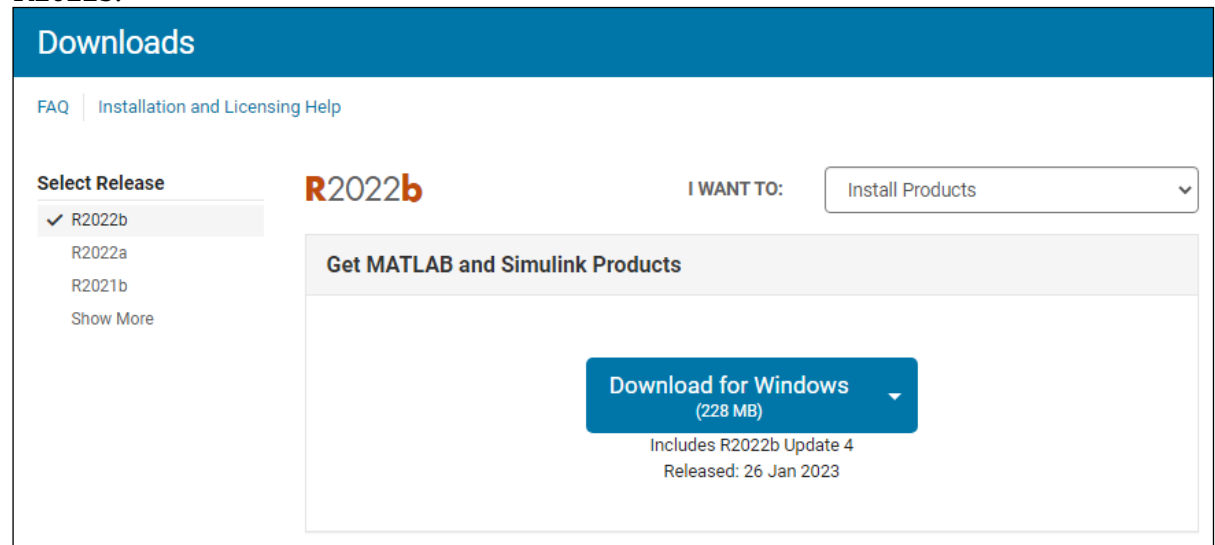
Γράφουμε το e-mail στο πεδίο κειμένου και στην συνέχεια πατάμε το κουμπί “Next”.



Εικόνα 3.2: Εισαγωγή Κωδικού Πρόσβασης

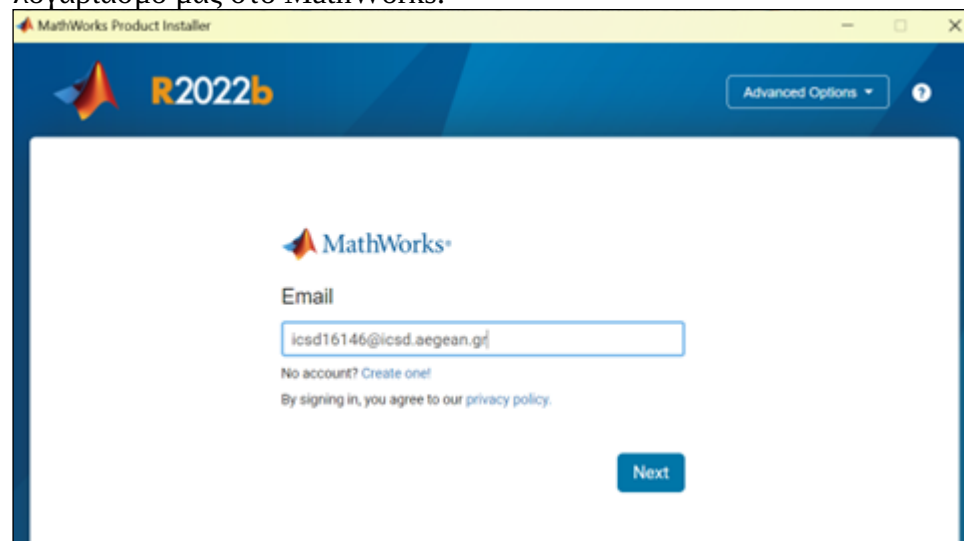
Στην συνέχεια συμπληρώνουμε τον κωδικό και πατάμε το “Sign In”.

Στον πίνακα “Downloads” βλέπουμε μια λίστα με τις τελευταίες εκδόσεις του MATLAB. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα εγκατάστασης επιλέγουμε την έκδοση R2022b.



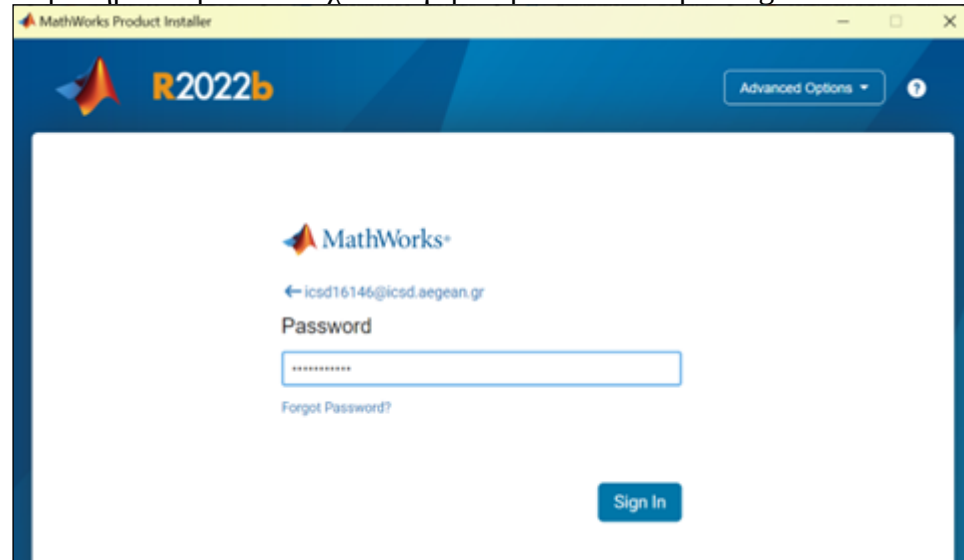
Εικόνα 3.3: Κατέβασμα Εφαρμογής MATLAB

Πατάμε το κουμπί “Download for Windows” και αποθηκεύουμε το εκτελέσιμο αρχείο στον υπολογιστή μας. Στην συνέχεια τρέχουμε το εκτελέσιμο αρχείο και αποδεχόμαστε το μήνυμα που μας ρωτά αν θέλουμε η εφαρμογή να κάνει αλλαγές στον υπολογιστή μας. Αφού πατήσουμε «Ναι» θα μας ζητηθεί να συνδεθούμε στον λογαριασμό μας στο MathWorks.



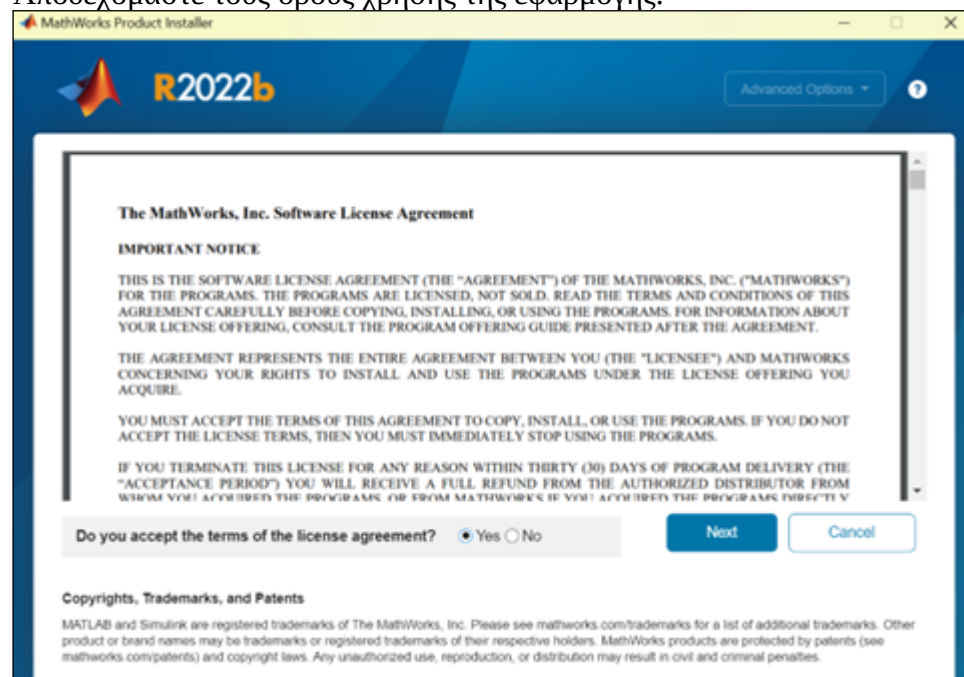
Εικόνα 3.4: Σύνδεση στο MATLAB

Συμπληρώνουμε τα στοιχεία λογαριασμού και πατάμε “Sign in”.



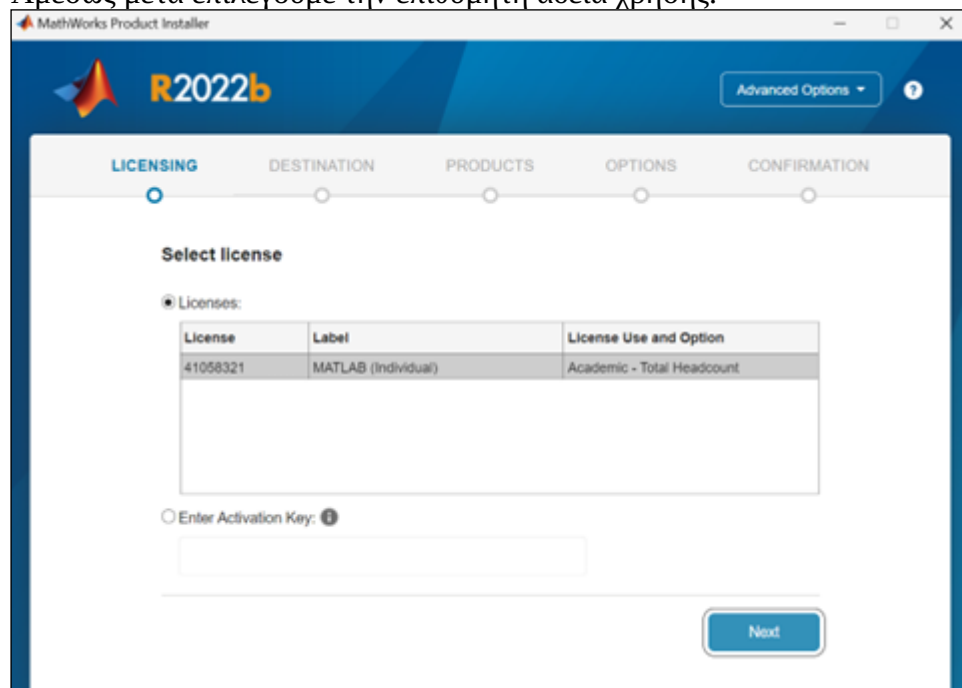
Εικόνα 3.5: Εισαγωγή Κωδικού Πρόσβασης 2

Αποδεχόμαστε τους όρους χρήσης της εφαρμογής.



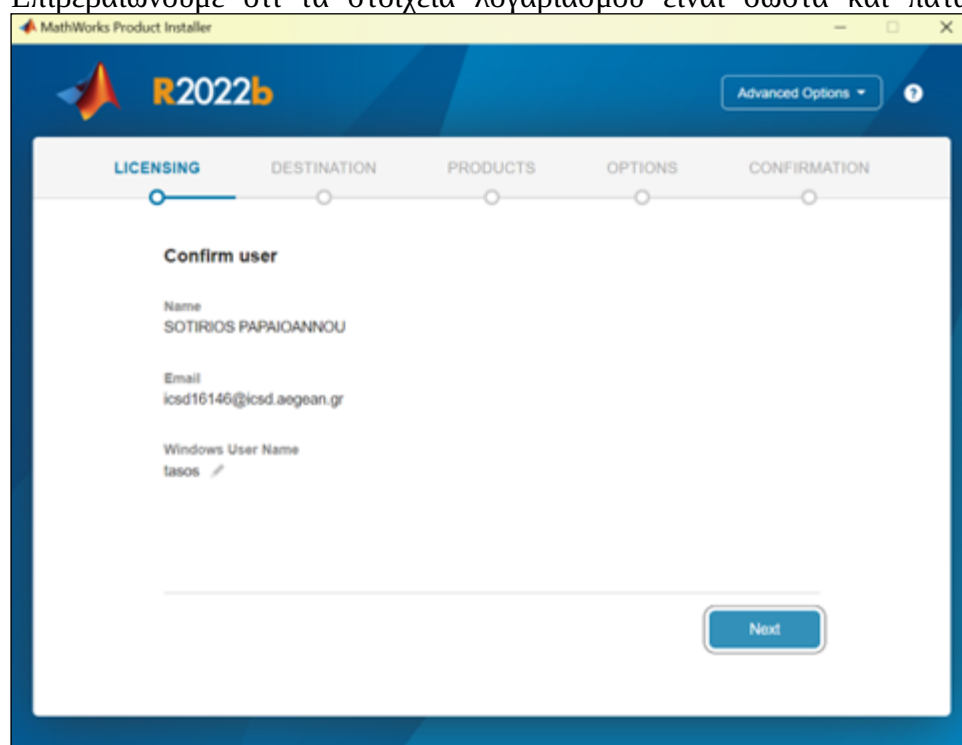
Εικόνα 3.6: Αποδοχή Όρων Χρήσης

Αμέσως μετά επιλέγουμε την επιθυμητή άδεια χρήσης.



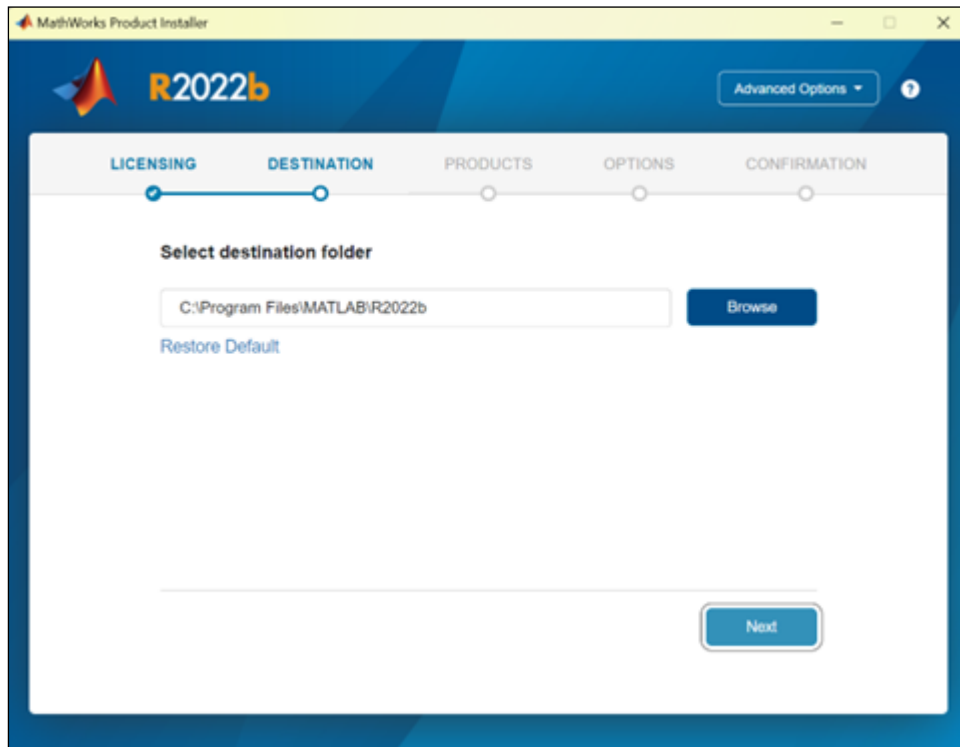
Εικόνα 3.7: Επιλογή Άδειας Χρήσης

Επιβεβαιώνουμε ότι τα στοιχεία λογαριασμού είναι σωστά και πατάμε “Next”.



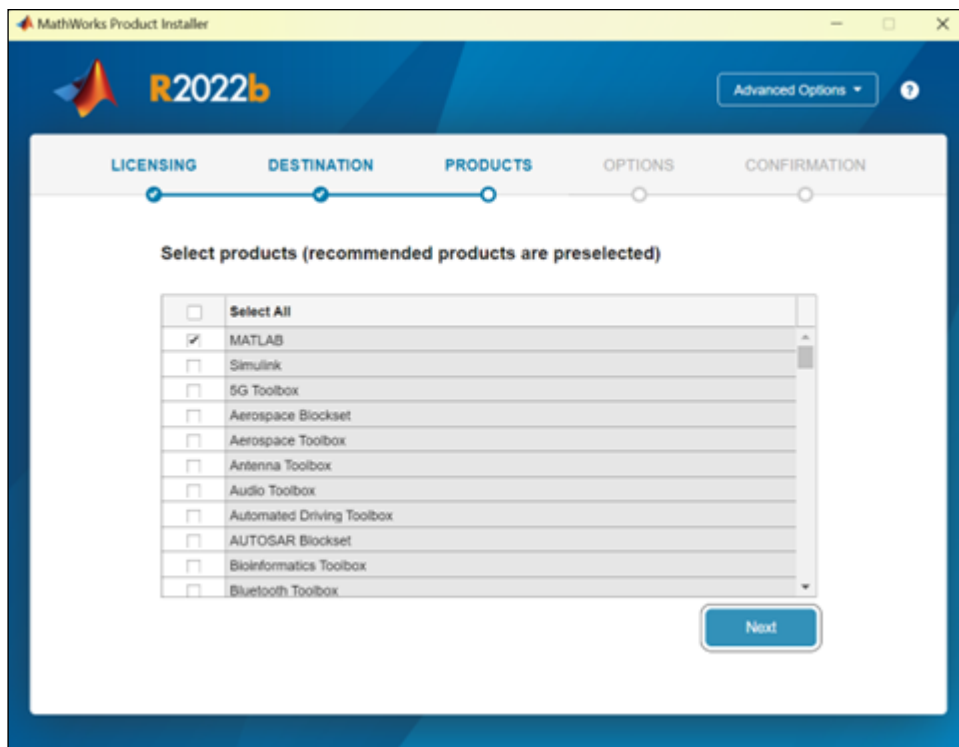
Εικόνα 3.8: Επιβεβαίωση Στοιχείων Φοιτητή

Επιλέγουμε την θέση του φακέλου στον οποίο θα εγκατασταθεί το πρόγραμμα με το κουμπί “Browse”.



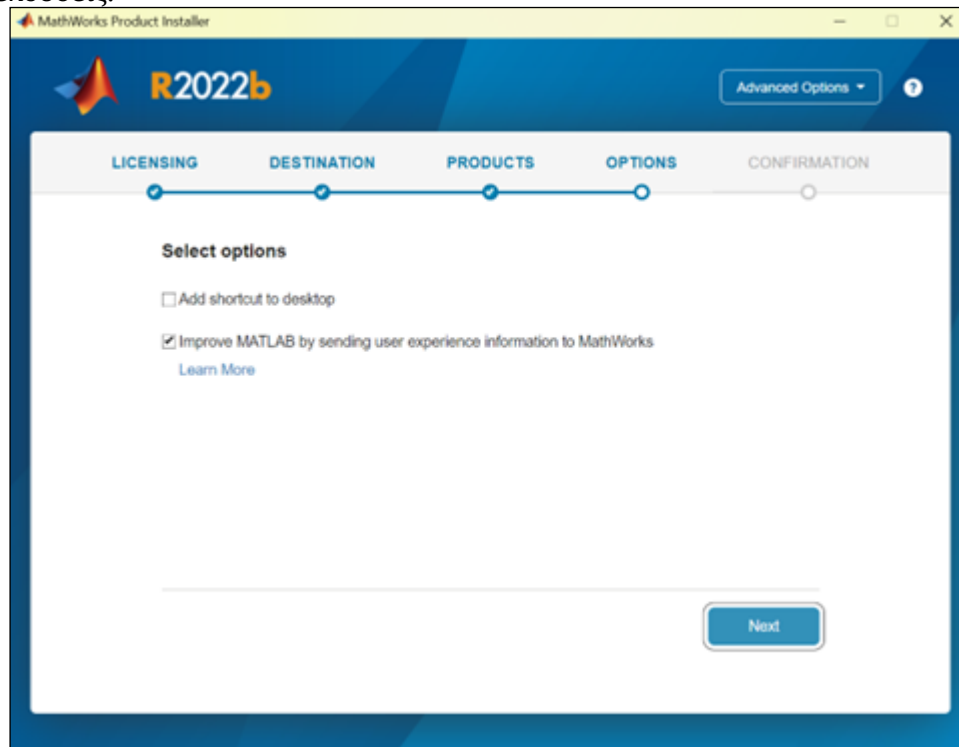
Εικόνα 3.9: Αποθήκευση του MATLAB στον υπολογιστή

Στην συνέχεια εμφανίζεται η λίστα προϊόντων που παρέχονται μαζί με το MATLAB. Επιλέγονται όσα από αυτά είναι απαραίτητα για την εκτέλεση των προς ανάπτυξη προγραμμάτων.



Εικόνα 3.10: Επιλογή Επιθυμητών Προϊόντων

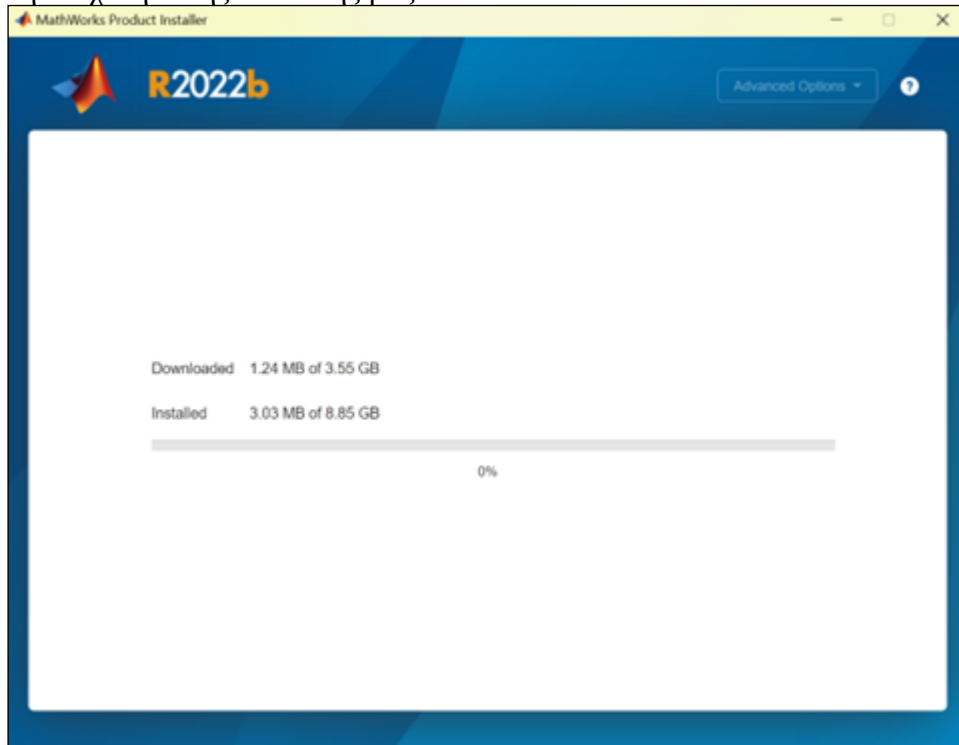
Εάν επιθυμούμε μπορούμε να επιτρέψουμε στο πρόγραμμα να στέλνει τις πληροφορίες χρήσης μας στην MathWorks, με σκοπό την βελτίωση του MATLAB σε επόμενες εκδόσεις.



Εικόνα 3.11: Επιλογή Συντόμευσης και Αποστολή User Experience

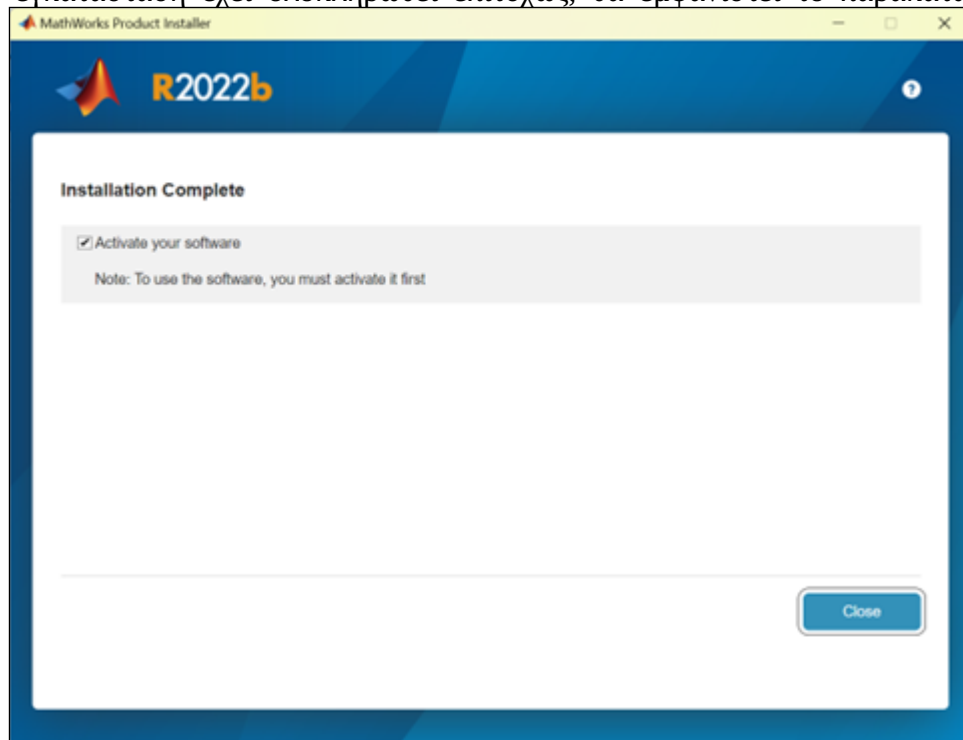
Επιβεβαιώνουμε ότι τα στοιχεία εγκατάστασης είναι σωστά και πατάμε το κουμπί “Begin Install” για να ξεκινήσει η εγκατάσταση.

Στο βήμα αυτό το πρόγραμμα κατεβαίνει και εγκαθίσταται ταυτόχρονα, οπότε ο χρόνος εγκατάστασης μπορεί να διαφέρει από συσκευή σε συσκευή και ανάλογα με την ταχύτητα της σύνδεσής μας στο διαδίκτυο.



Εικόνα 3.12: Εγκατάσταση

Εφόσον η εγκατάσταση έχει ολοκληρωθεί επιτυχώς, θα εμφανιστεί το παρακάτω

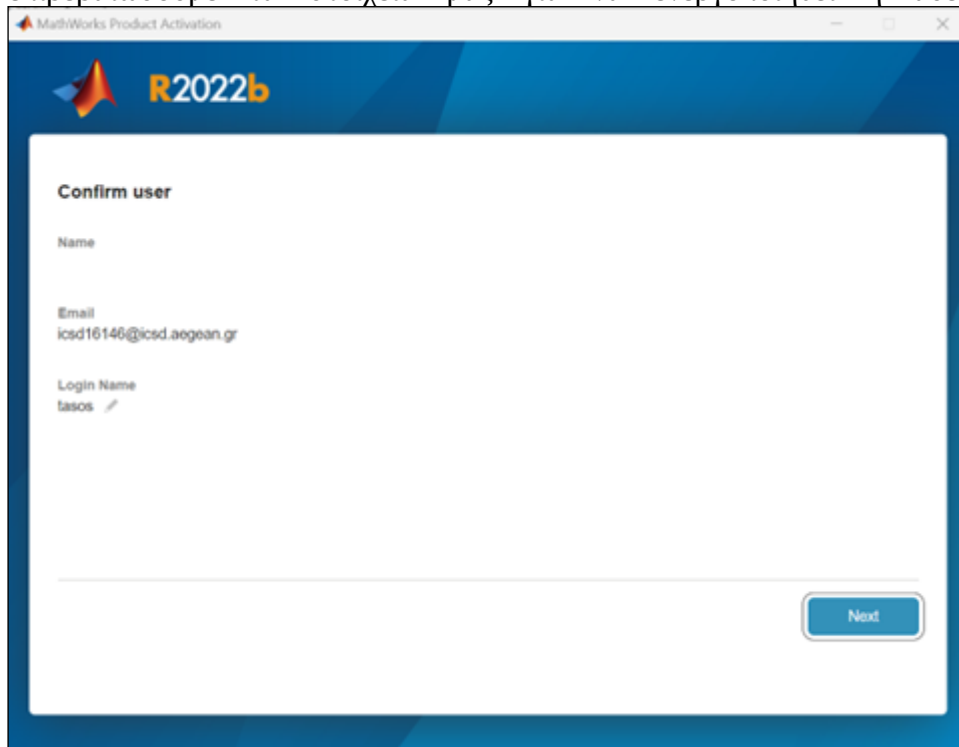


παράθυρο.

Εικόνα 3.13: Ολοκλήρωση Εγκατάστασης

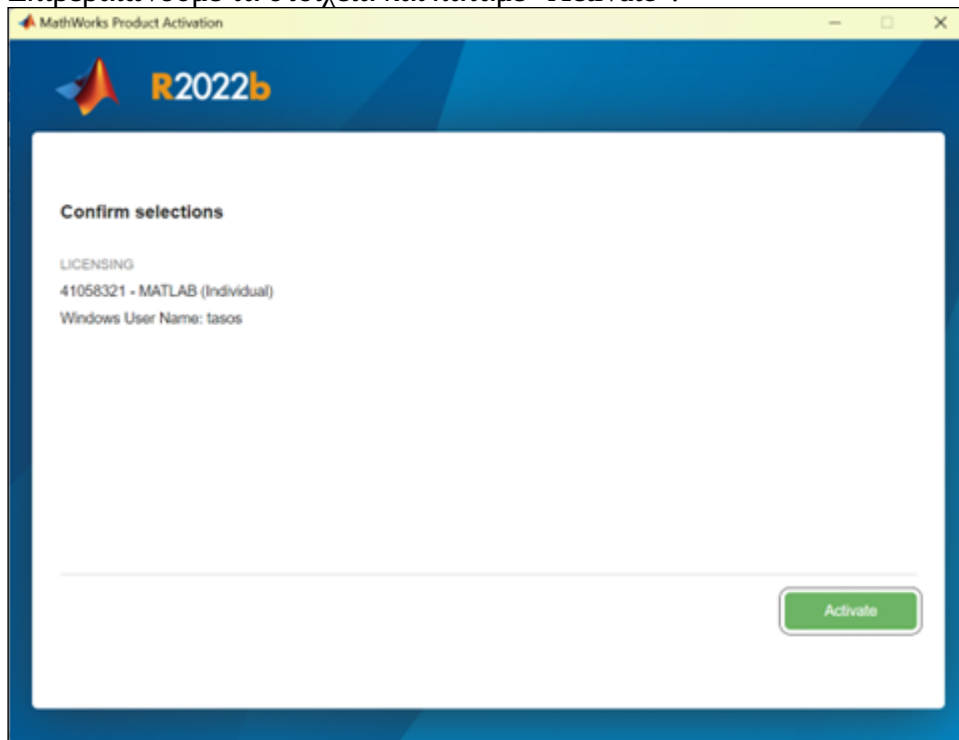
Η εγκατάσταση έχει ολοκληρωθεί!

Την πρώτη φορά που θα τρέξουμε το MATLAB είναι πιθανόν να μας ζητήσει να επιβεβαιώσουμε τα στοιχεία μας για να ενεργοποιηθεί η άδεια χρήσης.



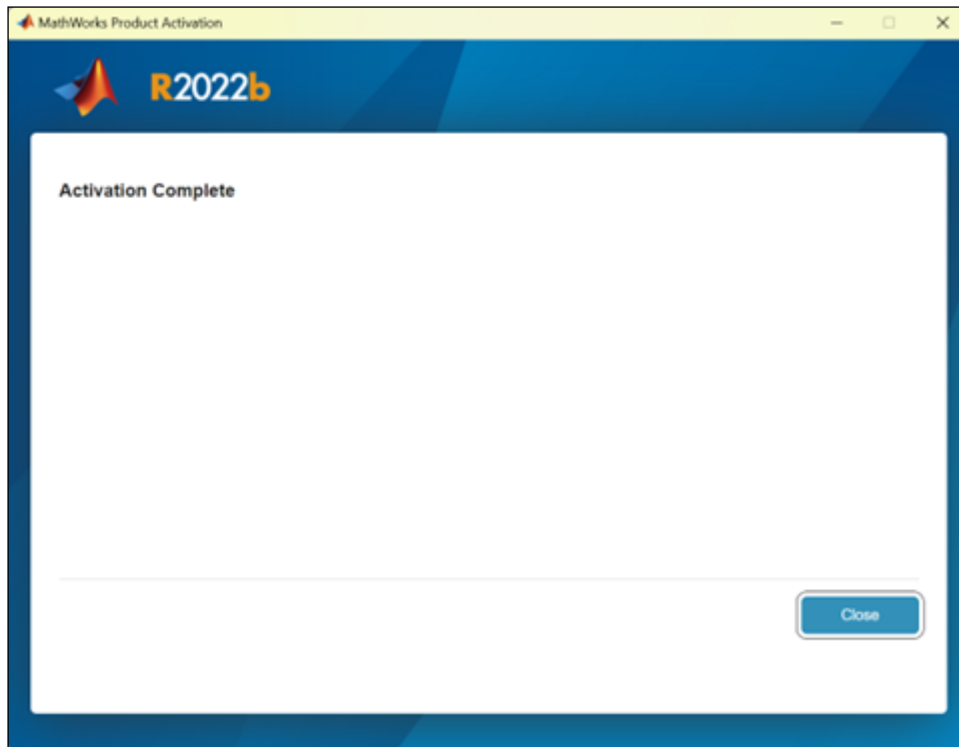
Εικόνα 3.14: Επιβεβαίωση Στοιχείων Χρήστη

Επιβεβαιώνουμε τα στοιχεία και πατάμε “Activate”:



Εικόνα 3.15: Ενεργοποίηση του MATLAB

Εάν η επιβεβαίωση στοιχείων είναι σωστή, τότε το παράθυρο ενεργοποίησης της άδειας χρήσης που θα φανεί θα είναι της εξής μορφής.



Εικόνα 3.16: Επιτυχής Ολοκλήρωση

4. Παραδείγματα Εφαρμογών MATLAB

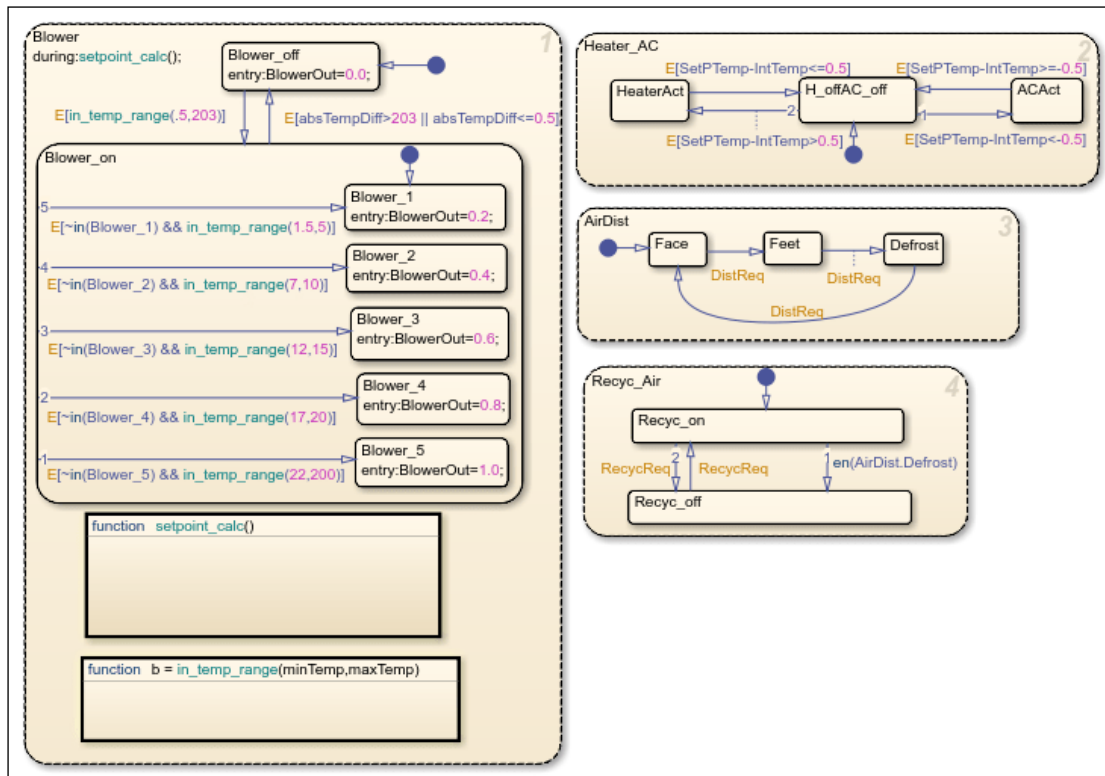
4.1 Simulating Automatic Climate Control Systems

Η παρούσα εφαρμογή αποτελεί προσομοίωση συστήματος ελέγχου αυτόματου κλιματισμού σε αυτοκίνητο.

Το σύστημα αυτό με την βοήθεια αισθητήρων υπολογίζει την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, καθώς επίσης και την θερμοκρασία εντός του αυτοκινήτου. Ο χρήστης μπορεί να εισάγει την θερμοκρασία που επιθυμεί για το εσωτερικό του αυτοκινήτου και το σύστημα την ρυθμίζει ανάλογα με τις ενδείξεις των αισθητήρων.

Η υλοποίηση πραγματοποιήθηκε μέσω των εργαλείων Simulink και Stateflow του MATLAB.

Το Simulink είναι περιβάλλον προσομοίωσης μοντέλων, όπως το σύστημα αισθητήρων που περιεγράφηκε παραπάνω. Τα μοντέλα περιγράφονται χρησιμοποιώντας block diagram, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1.

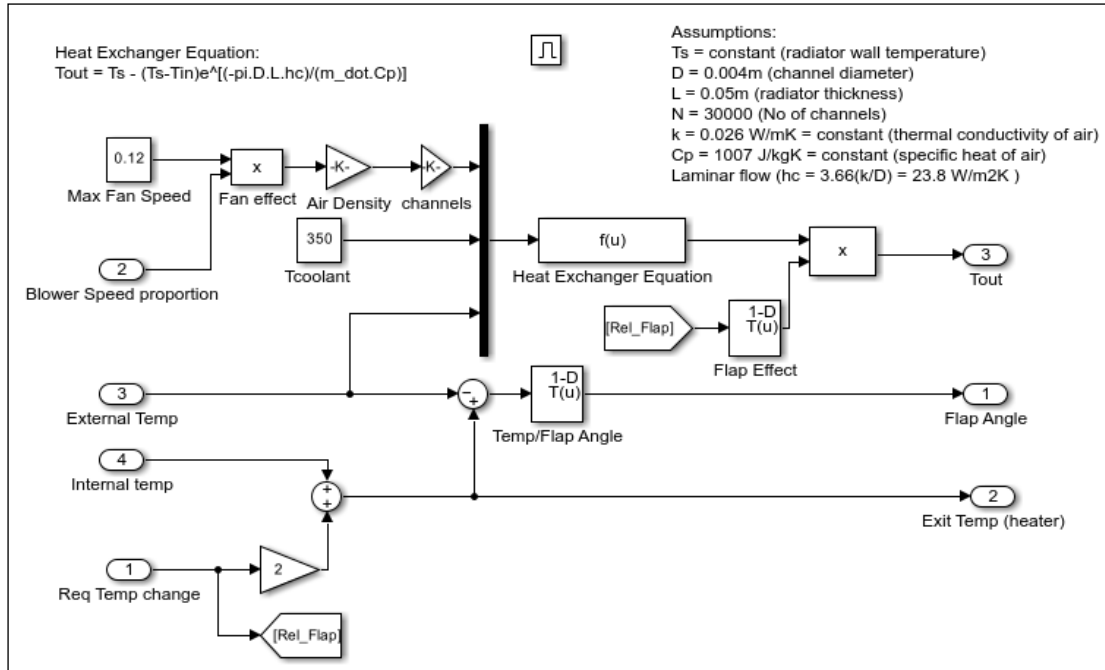


Εικόνα 4.2: Stateflow Diagram

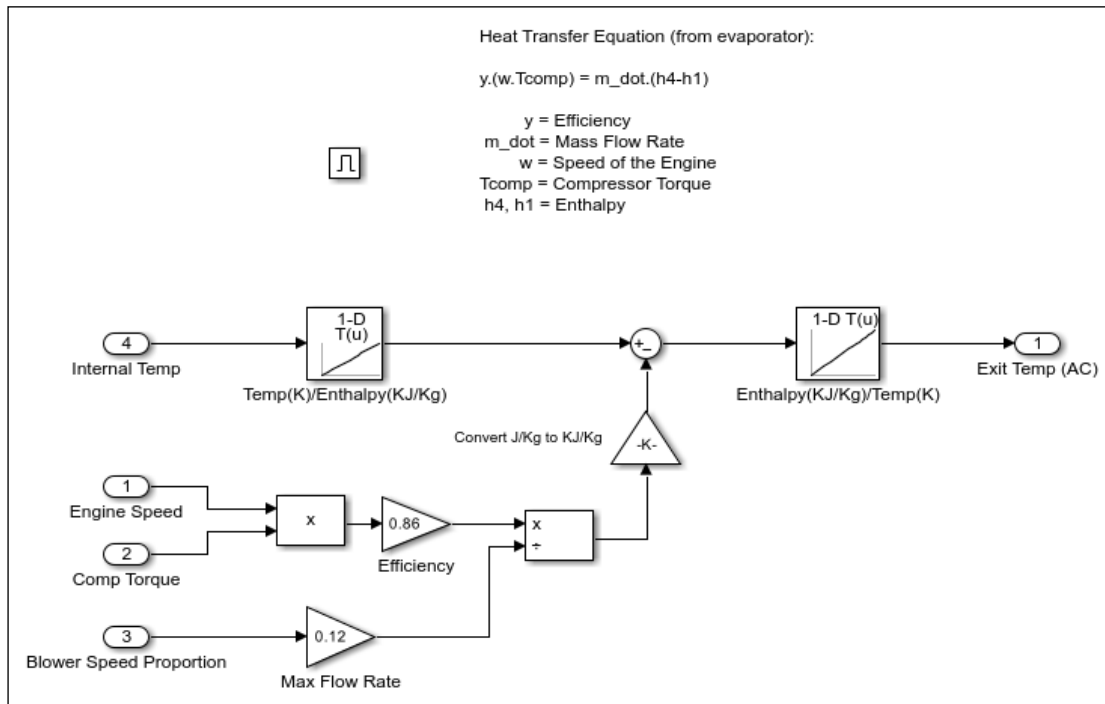
Τα μοντέλα του Simulink είναι δομημένα με τέτοιο τρόπο που δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να ενθυλακώνει μοντέλα μέσα σε άλλα μοντέλα αυξάνοντας τον βαθμό περιπλοκότητας συστημάτων που μπορούν να υλοποιηθούν.

Για παράδειγμα εξαρτήματα του συστήματος όπως η θέρμανση (Heater Control) και το air conditioner (A/C control) αποτελούν block του ευρύτερου συστήματος. Η υλοποίηση της λειτουργίας αυτών των block απαιτεί την δημιουργία νέων μοντέλων Simulink, όπως φαίνεται στις εικόνες 4.3 και 4.4.

Κάθε μοντέλο απεικονίζει την εξίσωση που του αντιστοιχεί. Οι μεταβλητές κάθε εξίσωσης έχουν σταθερές και μεταβαλλόμενες τιμές, όπου οι μεταβαλλόμενες μεταβλητές ορίζονται είτε από τους αισθητήρες, είτε από τον χρήστη.



Εικόνα 4.3: Heater Control



Εικόνα 4.4: A/C control

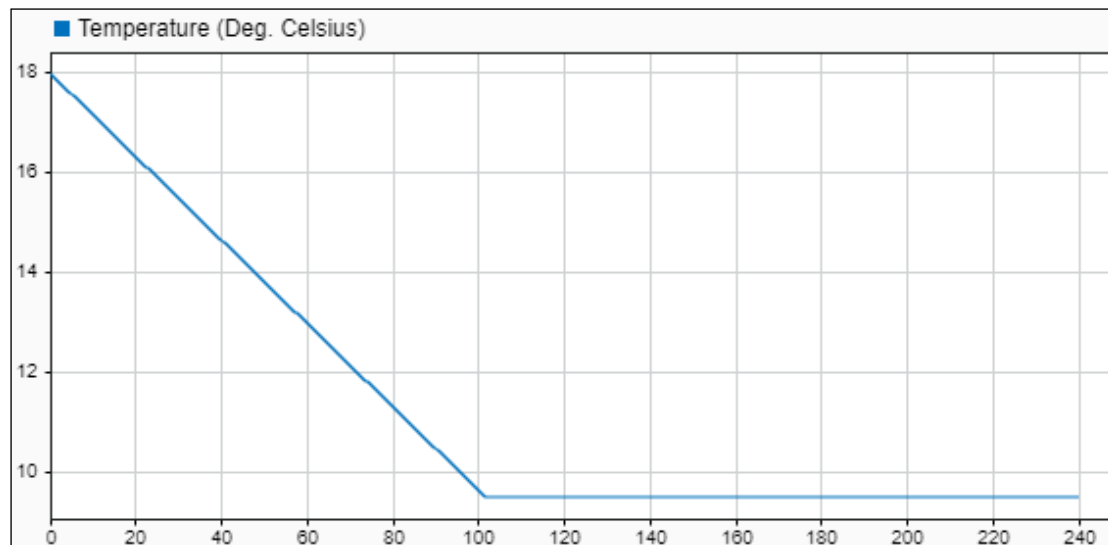
Για την καλύτερη εμπειρία χρήστη το σύστημα περιλαμβάνει αισθητήρα θερμότητας πίσω από το κεφάλι του οδηγού. Ο αισθητήρας αυτός αποτελεί μέρος του μοντέλου Interior Dynamics, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1. Το μοντέλο αυτό δέχεται σαν είσοδο παράγοντες που επηρεάζουν την θερμοκρασία του αέρα που αισθάνεται.

Οι τιμές των εισόδων ορίζονται από τους αισθητήρες του συστήματος. Οι παράγοντες αποτελούν την θερμοκρασία του αέρα εκτός του αυτοκινήτου, την θερμοκρασία του αέρα εξωτερικού και τον αριθμό ανθρώπων που βρίσκονται εντός του οχήματος.

Οι είσοδοι αυτοί καθορίζουν αυτόματα την λειτουργία των κατάλληλων εξαρτημάτων, όπως ο ανεμιστήρας και τις τιμές θερμότητες που αυτά παράγουν.

Στην εικόνα 4.5 φαίνεται το αποτέλεσμα προσομοίωσης όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι δεκαοκτώ βαθμοί Κελσίου, ενώ ο οδηγός επιθυμεί εννέα βαθμούς Κελσίου στο εσωτερικό του αυτοκινήτου.

Το διάγραμμα απεικονίζει την θερμοκρασία του αυτοκινήτου, η οποία στην αρχή είναι ίδια με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στην συνέχεια η θερμοκρασία πέφτει σταθερά, καθώς το σύστημα προσπαθεί να επιτύχει την θερμοκρασία που έχει εισάγει ο χρήστης. Όταν φτάσει τον επιθυμητό βαθμό θερμοκρασίας παρατηρείται πως αυτή μένει σταθερή και δεν αλλάζει, πράγμα που δείχνει πως το σύστημα λειτουργεί όπως πρέπει.



Εικόνα 4.5: Testing

4.2 Train Speech Command Recognition Model Using Deep Learning

Στόχος του συγκεκριμένου έργου είναι η αναγνώριση φωνητικών εντολών. Η αναγνώριση επιτυγχάνεται εκπαιδύοντας νευρωνικό δίκτυο μέσω της διαδικασίας deep learning, χρήσει του Speech Commands Dataset, που αποτελεί σύνολο δεδομένων φωνητικών εντολών και ήχων.

Το παράδειγμα αυτό υλοποιήθηκε με την βοήθεια του Audio Toolbox και του Deep Learning Toolbox.

Το Audio Toolbox ειδικεύεται στον σχεδιασμό, επεξεργασία, ανάλυση και εξαγωγή πληροφορίας από ηχητικά σήματα. Παρέχει επίσης, προ-εκπαιδευμένα μοντέλα μηχανικής μάθησης και αλγορίθμους deep learning για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα των παραπάνω λειτουργιών.

Το Deep Learning Toolbox παρέχει περιβάλλον ανάπτυξης νευρωνικών δικτύων βαθιάς εκμάθησης με τη βοήθεια αλγορίθμων, προ-εκπαιδευμένων μοντέλων και εφαρμογών.

Για την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου είναι απαραίτητη η δόμηση των δεδομένων με τρόπο τέτοιο, ώστε να μπορεί να δέχεται τα ηχητικά σήματα αλλά και να ελέγχει αν το εκάστοτε αποτέλεσμα που παράγει είναι σωστό.

Τα δεδομένα, αφότου εισαχθούν, κατηγοριοποιούνται από τον χρήστη σε λέξεις που θα αναγνωρίζονται ως εντολές, λέξεις που δεν αποτελούν εντολές, σιωπή και θόρυβος.

Η κατηγορία λέξεων προς αναγνώριση αποτελείται από τις εντολές “down”, “go”, “left”, “no”, “off”, “on”, “right”, “stop”, “up”, “yes”. Τα αρχεία που παράγουν μια από τις παραπάνω λέξεις κατηγοριοποιούνται κατάλληλα από τον χρήστη. Οποιαδήποτε άλλη λέξη μπαίνει στην κατηγορία “unknown”.

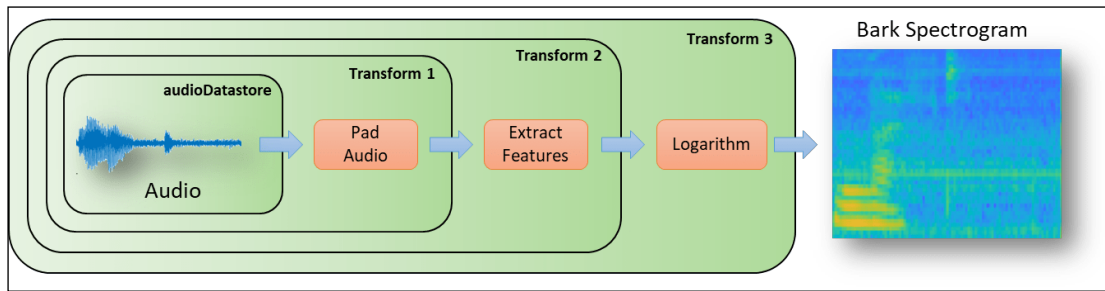
Στην εικόνα 4.6 το διάγραμμα “Training Label Distribution” δείχνει πως το νευρωνικό δίκτυο κατανομεί τα ηχητικά σήματα κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης. Το “Validation Label Distribution” αντίστοιχα δείχνει την απόδοση του μοντέλου κατά την διάρκεια εκμάθησης.



Εικόνα 4.6: Training & Validation Label Distribution

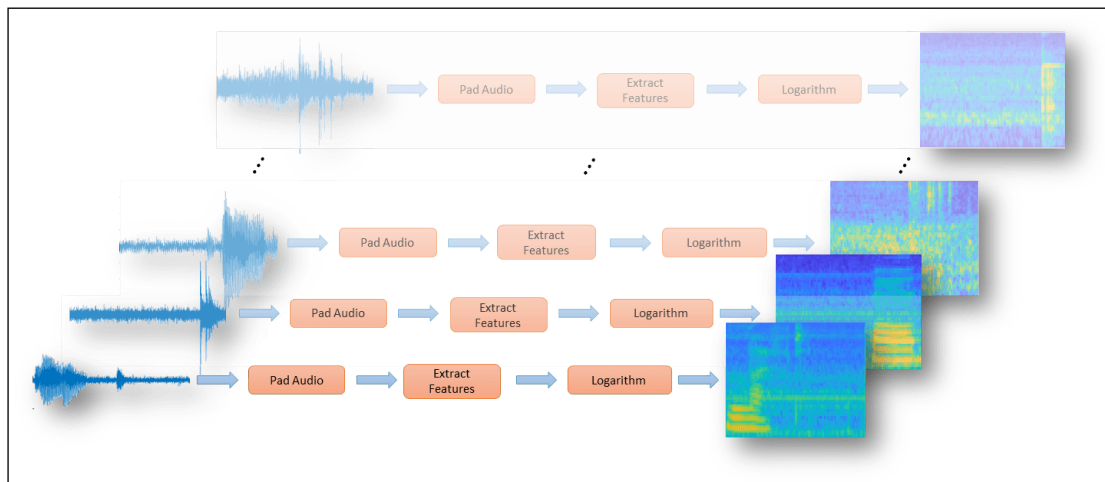
Μετά την κατηγοριοποίηση ακολουθεί μετατροπή των δεδομένων σε κατάλληλη προς επεξεργασία μορφή.

Για αυτόν τον σκοπό οι κυματομορφές των ηχητικών σημάτων μετατρέπονται σε φασματογράμματα. Σε αυτή την μορφή τα σήματα μετασχηματίζονται πολλαπλές φορές. Πρώτα εφαρμόζεται το ίδιο μήκος σε όλα τα σήματα, έπειτα, γίνεται εξαγωγή των χαρακτηριστικών του σήματος και τέλος ακολουθεί η εφαρμογή λογαρίθμου.



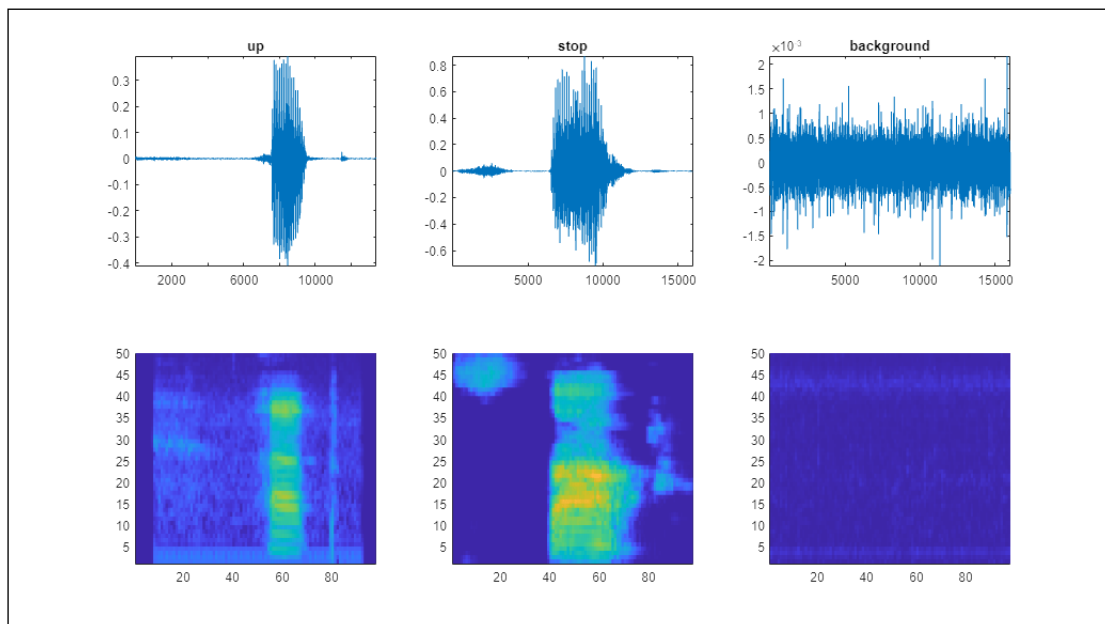
Εικόνα 4.7: Διαδικασία αναπαραγωγής φασματογράμματος

Αυτή η διαδικασία γίνεται για κάθε σήμα ξεχωριστά.



Εικόνα 4.8: Απόκτηση πολλαπλών φασματογραμμάτων

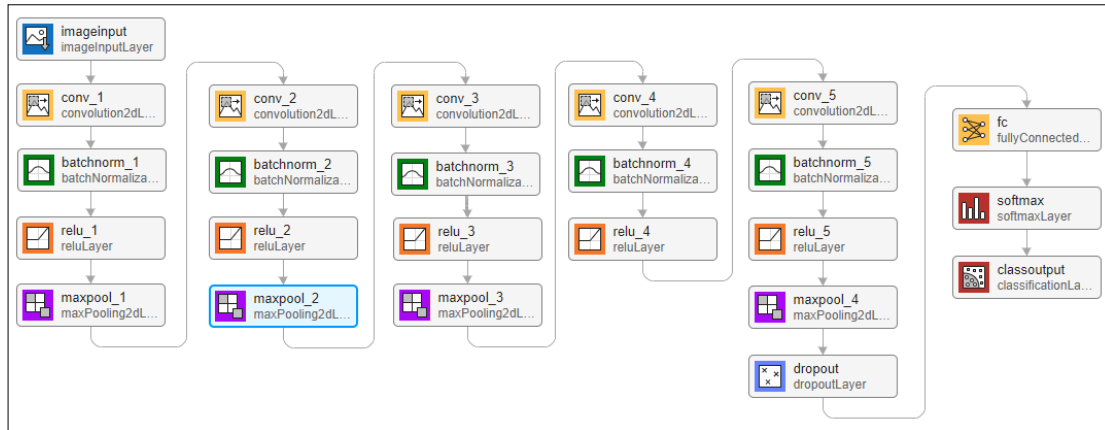
Εκτελώντας εντολές ο χρήστης μπορεί να εικονοποιήσει τις κυματομορφές και τα ακουστικά φασματογράμματα των δειγμάτων εκπαίδευσης που επιθυμεί.



Εικόνα 4.9: Εικονοποίηση κυματομορφών και φασματογραμμάτων

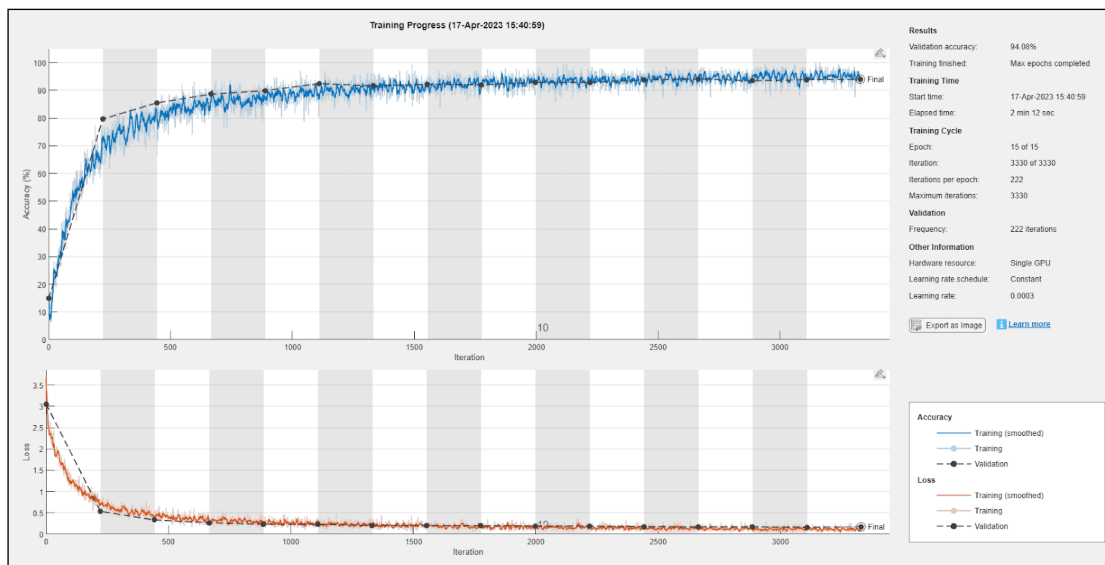
Εφόσον έχει λήξει η επεξεργασία και δόμηση του συνόλου δεδομένων, ακολουθεί η υλοποίηση του νευρωνικού δικτύου.

Η αρχιτεκτονική του δικτύου φαίνεται στην εικόνα 4.10, όπου τα επίπεδα(layers) του δικτύου χωρίζονται σε σειρές. Σχεδόν κάθε σειρά πραγματοποιεί συνέλιξη(convolution) και ομαλοποίηση(batch normalization), τα οποία ακολουθούνται από μείωση δειγμάτων χρόνου και συχνότητας(max pooling). Στο τελικό επίπεδο πραγματοποιείται για τελευταία φορά δειγματοληψία μέγιστης συγκέντρωσης.



Εικόνα 4.10: Τα επίπεδα του νευρωνικού δικτύου

Αφού έχει υλοποιηθεί το δίκτυο, είναι έτοιμο για εκπαίδευση. Το Deep Learning Toolbox παρέχει την δυνατότητα επιλογής των παραμέτρων πάνω στις οποίες θα εκπαιδευτεί το δίκτυο. Εάν τα δεδομένα είναι πολλά το πρόγραμμα μπορεί να τρέχει για αρκετή ώρα.

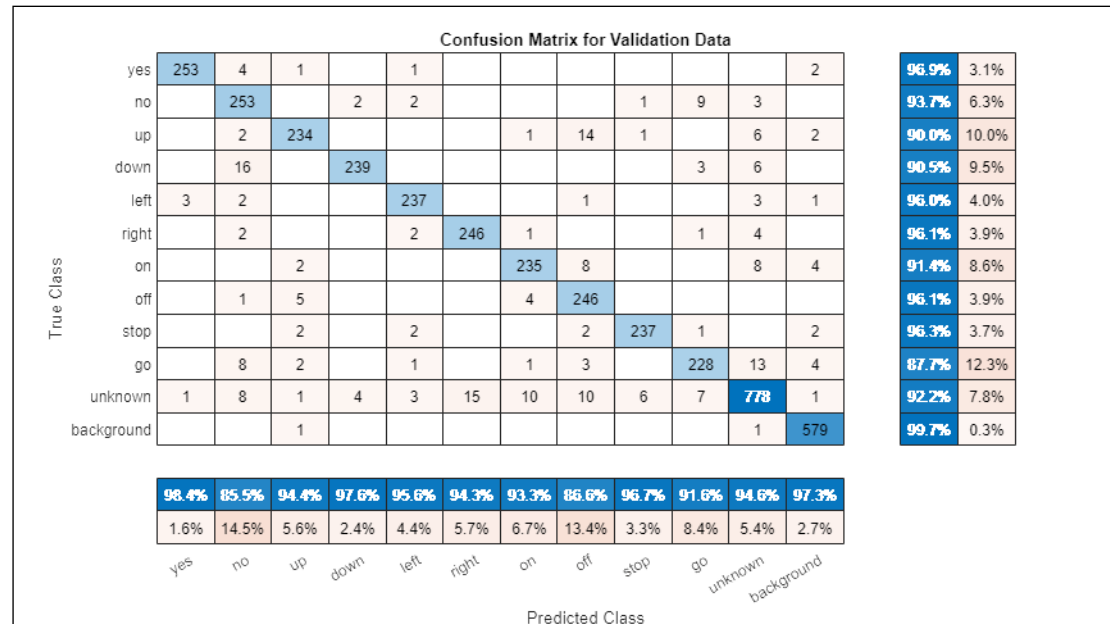


Εικόνα 4.11: Πρόοδος εκπαίδευσης

Επόμενο βήμα ο υπολογισμός ακρίβειας του δικτύου. Όπως είναι φυσικό, το δίκτυο είναι πολύ ακριβές στο σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε.

Η ισάριθμη κατανομή των εντολών στα δεδομένα δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική ζωή και το σύνολο δεδομένων άγνωστων λέξεων που χρησιμοποιήθηκε είναι πολύ μικρό.

Χρησιμοποιώντας έναν πίνακα σφαλμάτων(confusion matrix) απεικονίζεται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια η ακρίβεια του δικτύου. Οι γραμμές δείχνουν την πραγματική τιμή του ηχητικού σήματος, ενώ οι γραμμές την πρόβλεψη που έκανε το δίκτυο.



Εικόνα 4.12: Confusion Matrix

4.3 Create Actor and Vehicle Trajectories Programmatically

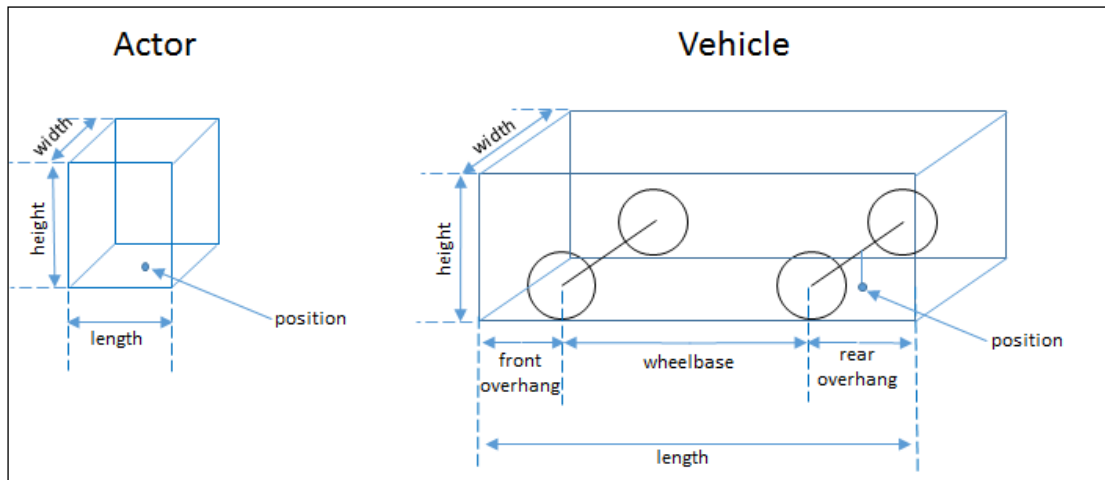
Σε αυτό το έργο παρουσιάζονται κάποιες από τις δυνατότητες του Automated Driving Toolbox. Στόχος του συγκεκριμένου παραδείγματος είναι να παρουσιάσει πως μπορεί κανείς να αναπαραστήσει τροχιές τρισδιάστατων μοντέλων.

Το Automated Driving Toolbox ειδικεύεται στην δημιουργία και προσομοίωση αυτόνομων οδικών συστημάτων καθώς επίσης και στην αναπαράσταση οδικών σεναρίων.

Πριν την υλοποίηση και εκτέλεσης οποιασδήποτε προσομοίωσης είναι απαραίτητη η δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων, όπως φαίνεται στις εικόνες 4.13, 4.14 και 4.15. Για χάριν ευκολίας τα αντικείμενα έχουν σχήμα κύβου.

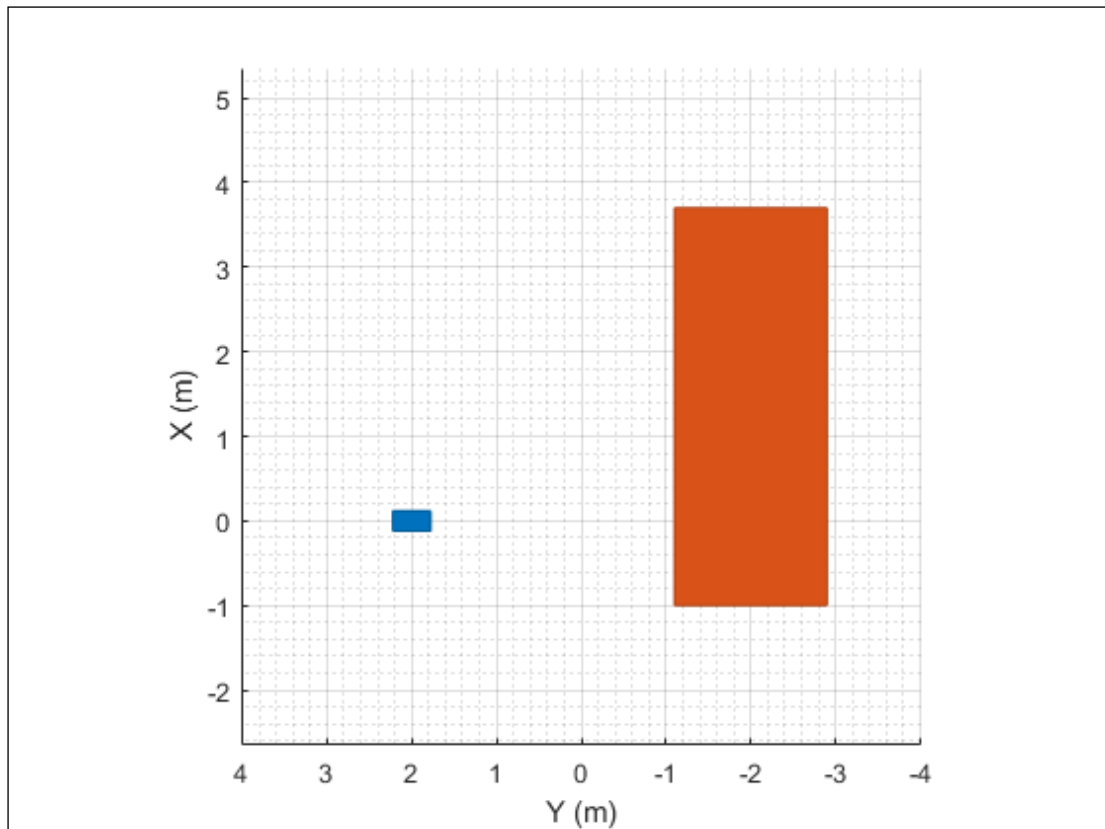
Για την συγκεκριμένη προσομοίωση το ένα αντικείμενο ονομάζεται “ηθοποιός”(actor) και μπορεί να αντιπροσωπεύει είτε άνθρωπο, είτε ζώο, είτε μπάλα κ.ο.κ. Στο δεύτερο αντικείμενο τοποθετούνται ρόδες και ονομάζεται “όχημα”(vehicle).

Σημαντικές τιμές που πρέπει να οριστούν για τα δύο αντικείμενα είναι το “position” που δείχνει το κέντρο περιστροφής του αντικειμένου. Στο όχημα ορίζονται επιπλέον τιμές που το χωρίζουν σε τρία μέρη, των οποίων το μήκος εξαρτάται από τις θέσεις που έχουν οι ρόδες.

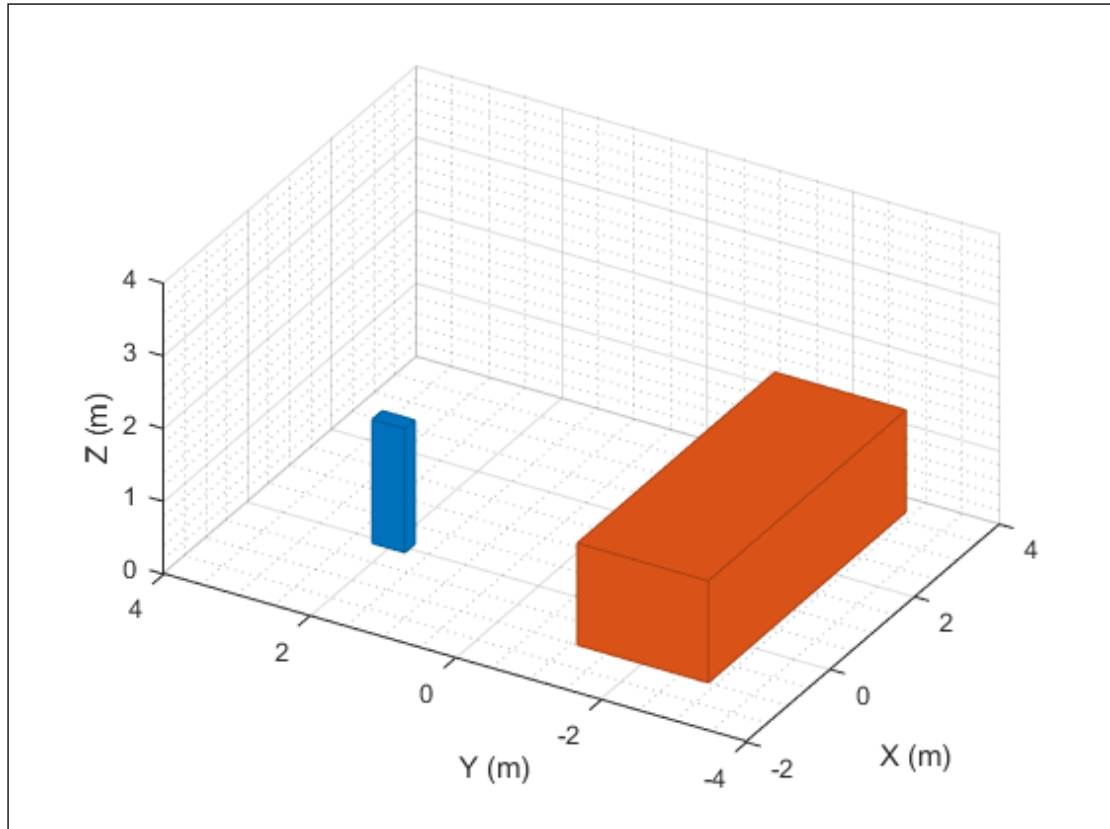


Εικόνα 4.13: Μοντέλα ηθοποιού και οχήματος

Στις εικόνες 4.14 και 4.15 θεωρούμε πως το μπλε σχήμα έχει το μέγεθος ενός μέσου ανθρώπου, ενώ το πορτοκαλί σχήμα αποτελεί το όχημα.



Εικόνα 4.14: Σύγκριση μήκους και πλάτους

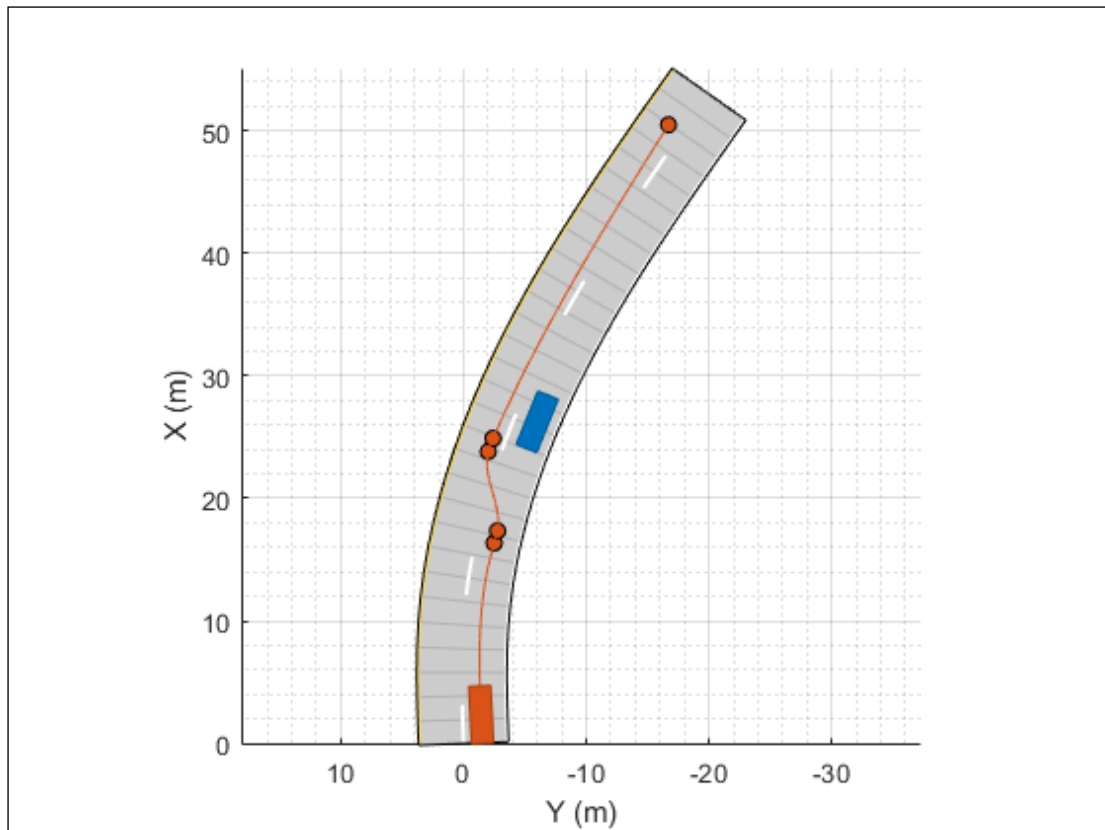


Εικόνα 4.15: Σύγκριση μήκους, πλάτους και ύψους

Συγκεκριμένα θα υλοποιηθούν δύο διαφορετικά σενάρια. Στο πρώτο σενάριο υπολογίζεται η τροχιά οχήματος όσο προσπαθεί να αποφύγει έναν στόχο, ενώ στο δεύτερο το όχημα εκτελεί απότομες στροφές και όπισθεν.

Για την αναπαράσταση οχήματος που πρέπει να στρίψει απότομα τοποθετούνται δύο κοντινά σημεία σε κάθε μέρος της διαδρομής που το όχημα πρέπει να αλλάξει τροχιά.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.16, το μπλε αντικείμενο δεν απομακρύνεται από την θέση του, ενώ το πορτοκαλί ακολουθεί τροχιά προς τα πάνω του. Ο χρήστης ορίζει την ταχύτητα, καθώς και τα σημεία που θα ακολουθήσει το τρέχων όχημα με τη συνάρτηση `smoothTrajectory`, η οποία μετέπειτα εξομαλύνει την διαδρομή του.



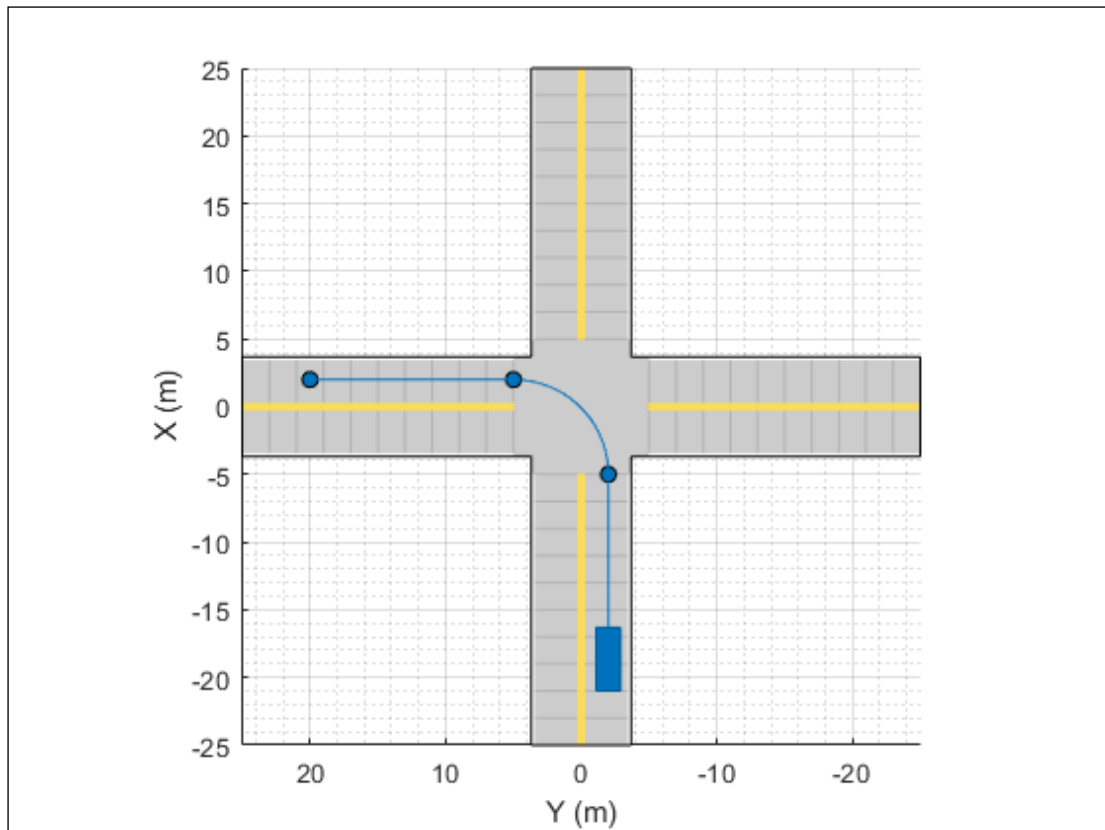
Εικόνα 4.16: Απλή αλλαγή τροχιάς

Πέρα από ομαλές στροφές όμως, η εργαλειοθήκη μπορεί, επίσης, να αναπαραστήσει και απότομες αλλαγές στην διαδρομή που ακολουθεί ένα όχημα.

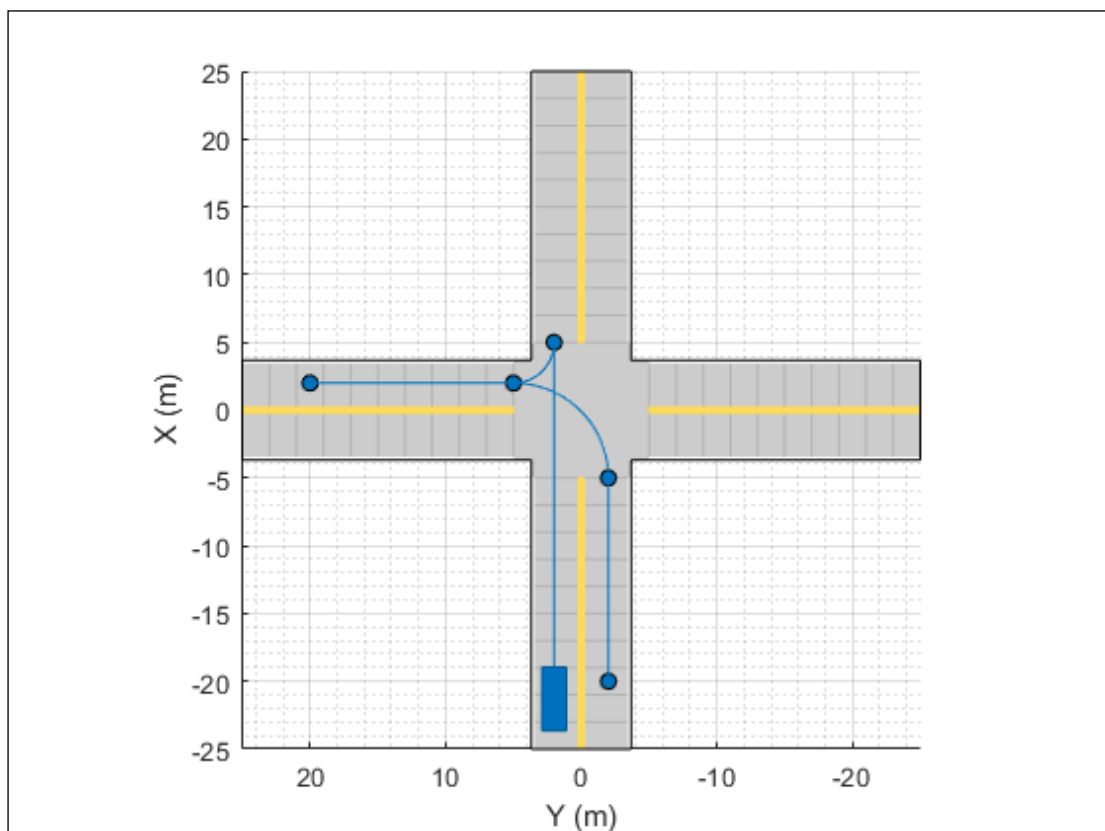
Η διαδικασία ορισμού διαδρομής είναι ίδια με το παράδειγμα που αναλύθηκε παραπάνω, με μοναδικές διαφορές πως σε κάθε σημείο καθορίζεται μια διαφορετική τιμή ταχύτητας, καθώς και οι μοίρες στροφής του οχήματος. Οι διαφορετικές τιμές ταχυτήτων δείχνουν στην συνάρτηση `smoothTrajectory` αν το όχημα επιταχύνει ή επιβραδύνει σε κάθε σημείο της διαδρομής. Οι μοίρες δίνονται από τον χρήστη, αντί να υπολογίζονται αυτόματα από την συνάρτηση, για την αναπαράσταση απότομων στροφών του οχήματος.

Για την όπισθεν ο χρήστης ορίζει αρνητική ταχύτητα στα σημεία της διαδρομής που το όχημα πηγαίνει προς τα πίσω. Σημαντικό είναι, για να μεταβεί το όχημα ομαλά στην όπισθεν, να υπάρχει ενδιάμεσο σημείο, στο οποίο φτάνει την ταχύτητα μηδέν.

Στην εικόνα 4.18, το όχημα ξεκινά με θετική ταχύτητα και φτάνει μέχρι το τέλος της αριστερής στροφής, όπου η ταχύτητα του μηδενίζεται. Στην συνέχεια με αρνητική ταχύτητα προχωρά με όπισθεν στην πάνω στροφή, όπου η ταχύτητα ξανά-μηδενίζεται. Τέλος, η ταχύτητα γίνεται ξανά θετική καθώς φεύγει προς την κάτω στροφή.



Εικόνα 4.17: Στροφή

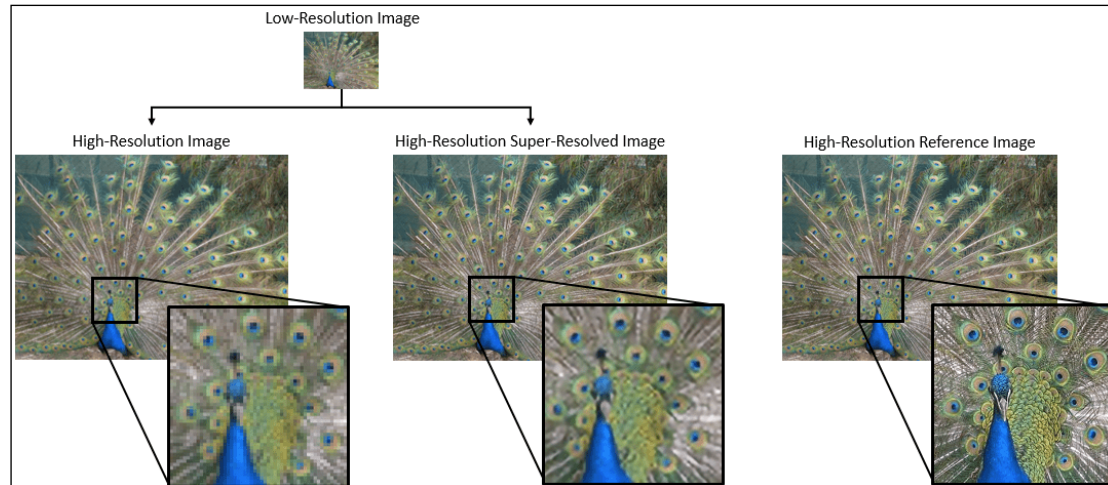


Εικόνα 4.18: Όπισθεν και φρενάρισμα

4.4 Increase Image Resolution Using Deep Learning

Στο παρών πρόγραμμα χρησιμοποιείται το Image Processing Toolbox με σκοπό την απόκτηση εικόνας υψηλής ανάλυσης από εικόνα χαμηλής ανάλυσης(SISR, single image super-resolution), μέσω της τεχνικής VDSR(very-deep super-resolution). Το VDSR αποτελεί νευρωνικό δίκτυο βαθιάς εκμάθησης.

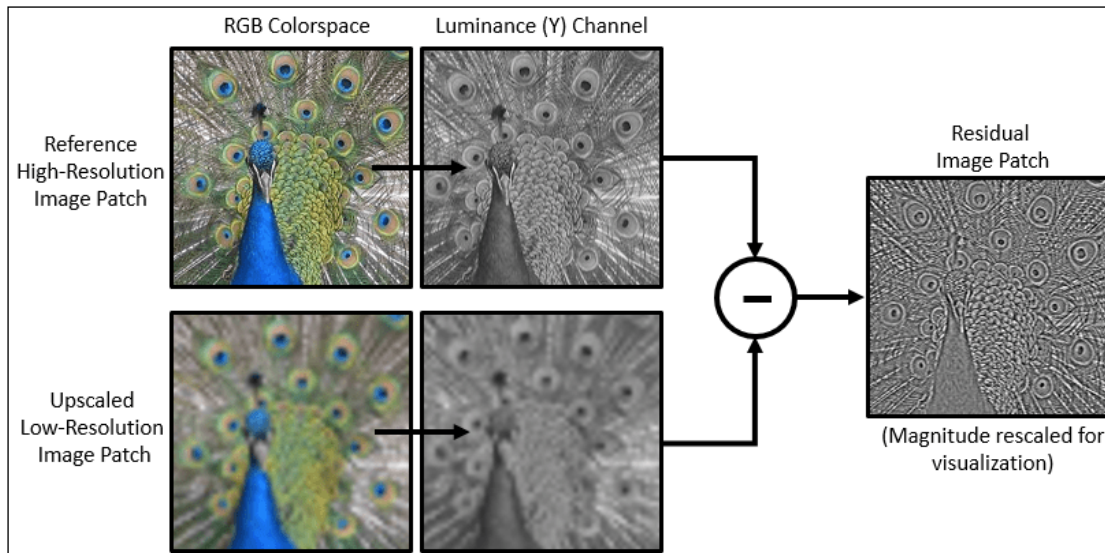
Το Image Processing Toolbox παρέχει έτοιμα εργαλεία επεξεργασίας εικόνας, όπως τμηματοποίηση, βελτίωση και μείωση θορύβου. Εναλλακτικά ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει δικούς του αλγορίθμους που θα εκτελούν τις τεχνικές επεξεργασίας που επιθυμεί ο ίδιος.



Εικόνα 4.19: Διαφορετικές αναλύσεις της ίδιας εικόνας

Όπως ισχύει για κάθε νευρωνικό δίκτυο, έτσι και στο VDSR, πρέπει να εκτελεστεί η κατάλληλη υλοποίηση και εκπαίδευση του δικτύου. Στόχος είναι το εκπαιδευμένο δίκτυο να μπορεί να εκτελεί υπερανάλυση εικόνας χαμηλής ανάλυσης. Για τον σκοπό αυτό το δίκτυο προς εκπαίδευση πρέπει να μάθει να ξεχωρίζει τις εικόνες υψηλής ανάλυσης από τις εικόνες χαμηλής ανάλυσης. Αυτό επιτυγχάνεται όταν το δίκτυο είναι σε θέση να αναγνωρίζει τις λεπτομέρειες υψηλής συχνότητας σε μια εικόνα μέσω της φωτεινότητας.

Οι λεπτομέρειες αυτές γίνονται εντονότερες σε μια υπολειμματική εικόνα(residual image). Η εικόνα αυτή είναι το αποτέλεσμα της αφαίρεσης της εικόνας χαμηλής ανάλυσης, που έχει υποστεί δικυβική παρεμβολή, από μια εικόνα υψηλής ανάλυσης, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.20. Με άλλα λόγια το δίκτυο προσπαθεί να προβλέψει την φωτεινότητα της υπολειμματικής(Y_{residual}) εικόνας μέσω της εξίσωσης $Y_{\text{residual}} = Y_{\text{highres}} - Y_{\text{lowres}}$, όπου Y_{highres} είναι η φωτεινότητα της εικόνας υψηλής ανάλυσης και Y_{lowres} η φωτεινότητα της εικόνας χαμηλής ανάλυσης.



Εικόνα 4.20: Δημιουργία υπολειμματικής εικόνας

Τα δεδομένα για την εκπαίδευση του δικτύου πρέπει απαρτίζονται από εικόνες που αναπαριστούν κάτι ξεκάθαρο, όπως ανθρώπους, ζώα, πόλεις. Κάθε εικόνα που θα χρησιμοποιηθεί στην διαδικασία εκμάθησης πρέπει να έχει την εικόνα χαμηλής ανάλυσης έπειτα από δικυβική παρεμβολή και την υπολειμματική εικόνα που της αντιστοιχεί. Για μεγαλύτερη ακρίβεια οι εικόνες αποθηκεύονται σε τύπο double.

Για τον σκοπό αυτό, η συνάρτηση `createVDSRTrainingSet` περνάει τις εικόνες από μια αλληλουχία επεξεργασιών. Στην αρχή μεταφέρει τις εικόνες από τον χρωματικό χώρο RGB στον YCbCr. Στην συνέχεια, δημιουργεί δείγματα εικόνων χαμηλής ανάλυσης χαμηλώνοντας την φωτεινότητα. Στα δείγματα εκτελείται δικυβική παρεμβολή για την αποκατάσταση του αρχικού μεγέθους. Υπολογίζεται η διαφορά φωτεινότητας των αρχικών εικόνων με των επεξεργασμένων, όπως φαίνεται στην εξίσωση $Y_{\text{residual}} = Y_{\text{highres}} - Y_{\text{lowres}}$, που δίνει σαν αποτέλεσμα την υπολειμματική εικόνα, που αποτελεί και την έξοδο του δικτύου.

Τα επίπεδα(layers) του νευρωνικού δικτύου είναι τα εξής:

- Επίπεδο εισόδου: εισαγωγή εικόνας
- Κρυφό επίπεδο 1: συνέλιξη
- Κρυφό επίπεδο 2: εξαφάνιση γραμμικής εκμάθησης(ReLU)
- Επίπεδο εξόδου: υπολειμματική εικόνα

Εφόσον το δίκτυο έχει εκπαιδευτεί μπορεί πλέον να εκτελέσει SISR. Ως είσοδος εισάγεται δείγμα εικόνας χαμηλής ανάλυσης από εικόνα υψηλής ανάλυσης. Από το δείγμα θα ανακατασκευαστεί η εικόνα υψηλής ανάλυσης με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος είναι να πραγματοποιηθεί δικυβική παρεμβολή και ο δεύτερος να υποστεί επεξεργασία από το δίκτυο VDSR. Το αποτέλεσμα των δύο μεθόδων αποτελεί την ανακατασκευή της αρχικής εικόνας υψηλής ανάλυσης. Συγκρίνοντας τις δύο εικόνες καταλήγουμε στο ποια από τις δύο μεθόδους είναι αποτελεσματικότερη βάσει στο πόσο μοιάζει η κάθε μία με την αρχική.

Εν συνεχεία, για την σύγκριση της ποιότητας των τεχνικών δικυβικής παρεμβολής και νευρωνικού δικτύου VDSR, επιλέγεται τυχαία μια εικόνα προς επεξεργασία.



Εικόνα 4.21: Αρχική εικόνα

Στην συνέχεια, η εικόνα αυτή μετατρέπεται σε εικόνα χαμηλής ανάλυσης, ώστε να περάσει από επεξεργασία και από τις δύο τεχνικές. Οι τελικές εικόνες που θα δώσουν οι δύο τεχνικές θα συγκριθούν τόσο μεταξύ τους, όσο και με την αρχική εικόνα.



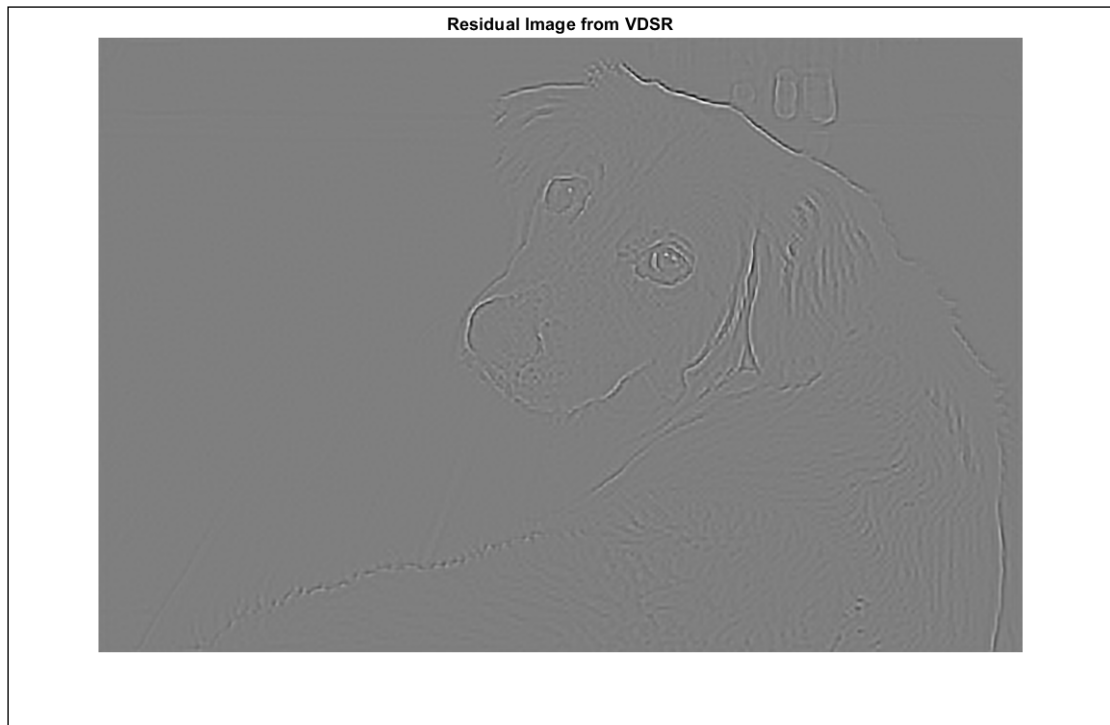
Εικόνα 4.22: Εικόνα χαμηλής ανάλυσης

Πρώτη χρησιμοποιείται η δικυβική παρεμβολή, χωρίς την χρήση του δικτύου VDSR, η οποία δίνει σαν έξοδο την εικόνα 4.23.



Εικόνα 4.23: Εικόνα υψηλής ανάλυσης από δικυβική παρεμβολή

Επόμενη είναι η τεχνική VDSR. Το δίκτυο αυτό έχει εκπαιδευτεί χρησιμοποιώντας το κανάλι φωτεινότητας μιας εικόνας. Για αυτόν τον σκοπό η εικόνα υπέστη μεταβίβαση από τον χρωματικό χώρο RGB στον YCbCr μέσω επεξεργασίας της φωτεινότητας και δύο καναλιών χρωμικότητας. Οι μεταβλητές αυτές, έπειτα, περνάνε από δικυβική παρεμβολή. Η μεταβλητή που περιέχει την φωτεινότητα της εικόνας εισάγεται από το δίκτυο VDSR και σαν έξοδο δίνει την υπολειμματική εικόνα.



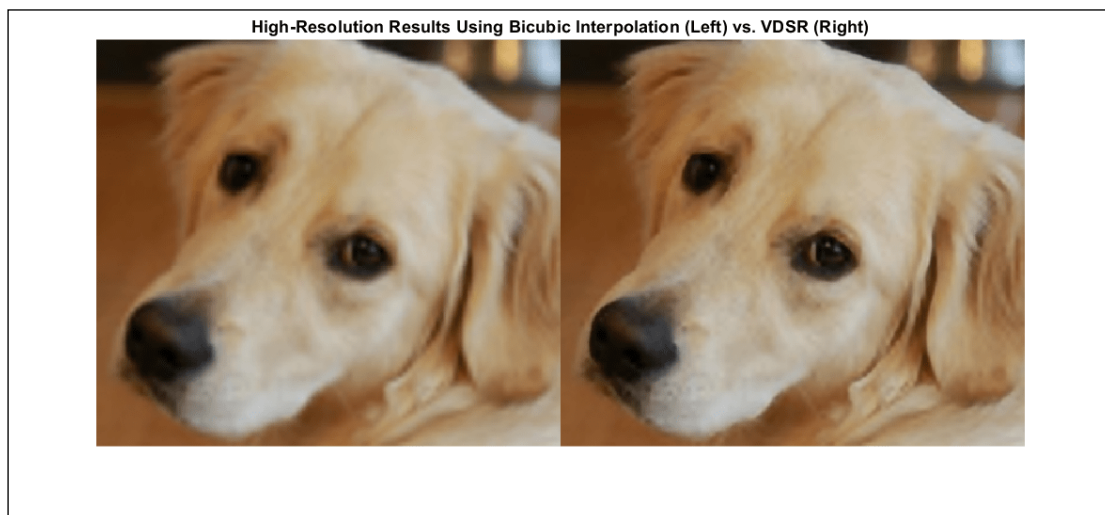
Εικόνα 4.24: Υπολειμματική εικόνα από VDSR

Για την απόκτηση της εικόνας υψηλής ανάλυσης, μέσω του δικτύου VDSR, θα πρέπει αρχικά να προστεθεί η υπολειμματική εικόνα και η μεταβλητή φωτεινότητας έπειτα από δικυβική παρεμβολή. Το αποτέλεσμα της πρόσθεσης δίνει μεταβλητή που περιέχει την φωτεινότητα της εικόνας υψηλής ανάλυσης που προβλέπει το VDSR. Η μεταβλητή αυτή συνδυάζεται με τα κανάλια χρώματος αφότου έχουν υποστεί δικυβική παρεμβολή και η μετάβαση της εικόνας στον χρωματικό χώρο RGB αποτελεί την τελική έγχρωμη εικόνα υψηλής ανάλυσης.



Εικόνα 4.25: Εικόνα υψηλής ανάλυσης από VDSR

Στην εικόνα 4.26 τοποθετούνται οι τελικές εικόνες υψηλής ανάλυσης η μία δίπλα στην άλλη. Αριστερά βρίσκεται το αποτέλεσμα της δικυβικής παρεμβολής και δεξιά η τεχνική VDSR. Είναι εμφανές πως το νευρωνικό δίκτυο παρέχει πιο καθαρή εικόνα.



Εικόνα 4.26: Σύγκριση μεθόδων

Πέρα όμως από απλή παρατήρηση με γυμνό μάτι, παρέχεται η δυνατότητα μέτρησης της ποιότητας κάθε εικόνας χρησιμοποιώντας ποσοτικές τιμές.

Η μέγιστη αναλογία σήματος προς θόρυβο(PSNR) κάθε εικόνας δείχνει μεγαλύτερη τιμή στο VDSR, που σημαίνει μεγαλύτερη ποιότητα εικόνας.

Ο δείκτης δομικής ομοιότητας(SSIM) δείχνει την υποβίβαση της ποιότητας της εικόνας σε σχέση με την αρχική. Το αποτέλεσμα της VDSR μοιάζει περισσότερο με την αρχική εικόνα από ότι της δικυβική παρεμβολή.

Ο εκτιμητής ποιότητας φυσικότητας εικόνας (NIQE) δείχνει την παρεμβολή ανεπιθύμητων σημάτων στην εικόνα. Το νευρωνικό δίκτυο έχει μικρότερη παρεμβολή.

Η συνάρτηση vdsrMetrics υπολογίζει τον όρο PSNR και SSIM για κάθε μία από τις δύο τεχνικές. Από τις τιμές φαίνεται πως το νευρωνικό δίκτυο VDSR έχει καλύτερες μετρήσεις.

5. Ανάπτυξη Εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης σε MATLAB

Ο κώδικας για κάθε ανεπτυγμένο έργο είναι ανεβασμένος στο παρών σύνδεσμο:

<https://github.com/icsd16146/MATLAB>

5.1 NLP & Sentiment Analysis

5.1.1 Ορισμοί

NLP: Natural Language Processing(Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας). Αναφέρεται σε κλάδο της επιστήμης των υπολογιστών, συγκεκριμένα της τεχνητής νοημοσύνης, που προσπαθεί να δώσει στους υπολογιστές την ικανότητα να καταλαβαίνουν ελεύθερο κείμενο και προφορικό λόγο σαν τους ανθρώπους. -Google

Sentiment Analysis: Ανάλυση συναισθήματος. Είναι η τεχνική εντοπισμού και επεξεργασίας των συναισθημάτων χρηστών πάνω σε συγκεκριμένα θέματα. Συγκριτικά με την τεχνική εξόρυξης γνώμης, η τεχνική ανάλυσης συναισθήματος είναι πιο ευρεία και πιο σύνθετη, γιατί έχει ως στόχο την αναγνώριση αισθημάτων. -Google

Γραμματοσειρά: Είναι σύνολο τυπογραφικών χαρακτήρων, σχεδιασμένων με γνώμονα τη μεταξύ τους αρμονία και ομοιομορφία για να αναπαραστήσουν ένα αλφάβητο. Συνήθως περιλαμβάνει τα γράμματα ενός ή περισσότερων αλφαβήτων, αλλά και μια σειρά αριθμών, σημείων στίξης και συμβόλων. -Google

Χρονοσειρά: Μια χρονολογική σειρά είναι μια ακολουθία που λαμβάνεται σε διαδοχικά ισαπέχουσες χρονικές στιγμές. Έτσι είναι μια ακολουθία δεδομένων διακριτού χρόνου. -Google

Λημματοποίηση: Η επιλογή καθώς και η ανάλυση ενός λήμματος σε ένα λεξικό ή σε μια εγκυκλοπαίδεια: ~ των γραμματικών λέξεων / των πρώτων και δεύτερων συνθετικών. – www.greek-language.gr

Word Cloud: Εικόνα στην οποία απεικονίζονται λέξεις πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα όπου το μέγεθος της κάθε λέξης αντικατοπτρίζει την συχνότητα εμφάνισής της. - babla.gr

Γραφική Παράσταση: Αποδίδει οπτικά μια μαθηματική συνάρτηση. Μπορούμε να βρούμε ποια τιμή της συνάρτησης αντιστοιχεί σε μια τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής. -Google

Συντελεστής Αυτοσυσχέτισης: Ο λόγος που δείχνει τη συσχέτιση μεταξύ παρατηρήσεων μεταβλητής με χρονική υστέρηση και περιόδων. Αποτελεί τον αλγεβρικό υπολογισμό εποχικότητας χρονοσειράς.

Εποχικότητα (χρονοσειράς): Περιοδικές διακυμάνσεις με σταθερό μήκος.

Λόγος Εποχικότητας: Η μορφή της χρονοσειράς αφότου έχει αφαιρεθεί η τάση και η κυκλικότητα.

Κλασσική Μέθοδος Αποσύνθεσης: Μέθοδος με σκοπό την αποσύνθεση χρονοσειράς απομονώνοντας τις τέσσερις συνιστώσες της οι οποίες είναι εποχικότητα, τάση, κυκλικότητα και τυχαιότητα.

Κινητός Μέσος Όρος: Χρησιμοποιείται κυρίως στους χρηματιστηριακούς δείκτες και αποτελείται από το μέσο όρο των κλεισιμάτων μιας μετοχής με συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα. Είναι σημαντικό εργαλείο της τεχνικής ανάλυσης. -Wikipedia

Τυχαιότητα (χρονοσειράς): Αναφέρεται σε μη κανονικές και μη αναμενόμενες τιμές όπως κενά/ασυνέχειες και έντονες διακυμάνσεις.

Κυκλικότητα (χρονοσειράς): Κυματοειδή μεταβολή των δεδομένων σε μορφή καμπύλης λόγω εξωγενών συνθηκών.

Τάση(χρονοσειράς): Μακροπρόθεσμη μεταβολή των δεδομένων. Μπορεί να είναι αυξητική, μειωτική ή σταθερή.

5.1.2 Σκοπός

Σκοπός της συγκεκριμένης άσκησης είναι η υλοποίηση εφαρμογής που κάνει επεξεργασία φυσικής γλώσσας(NLP), αναγνώριση συναισθήματος(Sentiment Analysis) και πρόβλεψη μελλοντικής τιμής χρονοσειράς.

Τα δεδομένα που εισάγονται αποτελούν γραπτά κείμενα, από σχόλια ή δημοσιεύσεις χρηστών, πάνω σε ένα κοινό θέμα.

Στόχος είναι, με την χρήση της συνάρτησης vader() του MATLAB, να γίνει εξαγωγή συναισθήματος για κάθε δημοσίευση ή σχόλιο και στη συνέχεια να δημιουργηθεί γραφική παράσταση που θα δείχνει την εναλλαγή των συναισθημάτων των χρηστών μέσα στην πάροδο του χρόνου.

Πιο αναλυτικά, ο αλγόριθμος θα πρέπει να:

- οργανώνει τα δεδομένα με χρονική σειρά
- είναι σε θέση να καθαρίζει τα δεδομένα, βάσει των 5 βημάτων του NLP.

- επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει δικό του λεξικό με ειδικούς όρους, στους οποίους αντιστοιχούν τιμές συναισθήματος που έχει ορίσει ο ίδιος, για τις ανάγκες της δικής του έρευνας
- αναλύει τα συναισθήματα από τα δεδομένα που του δίνονται και να τα επιστρέφει στον χρήστη
- δείχνει τα συναισθήματα που έχουν οι χρήστες για κάθε χρονική περίοδο που έχει ορίσει ο χρήστης σε γραφική παράσταση
- προβλέπει την μελλοντική τιμή συναισθήματος των χρηστών για την επόμενη χρονική περίοδο

5.1.3 Σχεδίαση

Συγκεκριμένα τα βήματα που ακολουθεί ο αλγόριθμος για την εξαγωγή αποτελεσμάτων είναι τα εξής:

- Εισαγωγή δεδομένων από κατάλληλο τύπο αρχείου(.csv, .txt) στην εφαρμογή MATLAB. Συγκεκριμένα:
 - δημοσιεύσεις/σχόλια που δηλώνουν συναίσθημα χρηστών
 - ημερομηνία δημιουργίας κάθε δημοσίευσης
- αφαίρεση άχρηστου όγκου δεδομένων
 - διαγραφή γραμματοσειρών που υπάρχουν ήδη μία φορά στα δεδομένα
 - διαγραφή γραμματοσειρών που δεν αναγνωρίζονται ως αγγλικό κείμενο(ιδανικά οι γραμματοσειρές πρέπει να είναι στην ίδια γλώσσα)
- Οργάνωση των δεδομένων σε χρονική σειρά
- Καθαρισμός κειμένων των γραμματοσειρών βάση της μεθόδου NLP
 - διαγραφή URL συνδέσμων
 - αλλαγή γραμμάτων σε πεζά
 - αφαίρεση σημείων στίξης
 - διόρθωση ορθογραφίας
 - αφαίρεση συχνά χρησιμοποιούμενων λέξεων
 - διαχωρισμός λέξεων που έχουν ενωθεί λόγω συστολής
 - λημματοποίηση
 - αφαίρεση λέξεων που έχουν λιγότερους από 3 χαρακτήρες.
- Εύρεση και δημιουργία ειδικών όρων
 - δημιουργία λεξικού που περιέχει όλες τις λέξεις που βρίσκονται στα δεδομένα
 - εύρεση αριθμού εμφάνισης για κάθε λέξη του λεξικού που δημιουργήθηκε
 - στοίχιση των λέξεων του λεξικού κατά αύξων αριθμό εμφάνισης
- ο πίνακας αυτός δείχνει με λεπτομέρεια ποιες λέξεις χρησιμοποιούνται πιο συχνά και πόσο
 - δημιουργία WordCloud
- Το WordCloud είναι ένας πιο εύκολος τρόπος να εντοπιστούν οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες λέξεις στα δεδομένα
 - με τη βοήθεια του πίνακα με τις πιο συνηθισμένες λέξεις ή/και του WordCloud ο χρήστης δημιουργεί αρχείο .txt με τις λέξεις που θεωρεί πως έχουν κάποια σημασία για την εξαγωγή επιθυμητών αποτελεσμάτων. Οι λέξεις θα πρέπει να βρίσκονται σε μία στήλη, η μία κάτω από την άλλη.

- Ο χρήστης θα πρέπει να δημιουργήσει δεύτερο αρχείο .txt που θα περιέχει τις τιμές που δείχνουν είτε θετικό, είτε αρνητικό συναίσθημα για τις λέξεις που έβαλε στο προηγούμενο αρχείο .txt. Οι τιμές θα πρέπει να είναι από -1 έως 1. Οι τιμές στοιχίζονται όπως στο προηγούμενο αρχείο και η γραμμή i στο ένα αρχείο αντιστοιχεί στην γραμμή i του δεύτερου αρχείου.
- στο συγκεκριμένο παράδειγμα οι τιμές παίρνονται τυχαία
 - Τα δύο αρχεία αυτά εισάγονται στο πρόγραμμα και γίνονται ένας πίνακας ο οποίος αποτελεί το ειδικό λεξικό για τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται
- Sentiment Analysis
 - Το ειδικό λεξικό εισάγεται στην συνάρτηση vader() του MATLAB. Αυτή διαβάζει κάθε γραμματοσειρά και εξάγει τιμή συναισθήματος λαμβάνοντας υπόψιν και το ειδικό λεξικό
 - Οι τιμές συναισθήματος αποθηκεύονται σε έναν πίνακα, όπου η τιμή στη γραμμή i αντιστοιχεί στη γραμματοσειρά(σχόλιο/δημοσίευση) στη γραμμή i του αντίστοιχου πίνακα.
- Παραγωγή γραφικής παράστασης
 - Ο χρήστης ορίζει τις χρονικές περιόδους στις οποίες θα κατηγοριοποιηθούν οι γραμματοσειρές
 - γίνεται άθροισμα των τιμών που αντιστοιχούν στις γραμματοσειρές που βρίσκονται στην ίδια χρονική περίοδο
 - δημιουργία γραφικής παράστασης που δείχνει την εναλλαγή των συναισθημάτων των χρηστών σε κάθε χρονική περίοδο.
- Πρόβλεψη μελλοντικής τιμής
 - Ανάλυση γραφικής παράστασης
- εύρεση μέσης τιμής δεδομένων
- εύρεση συντελεστή αυτοσυσχέτισης
- έλεγχος σημαντικότητας εποχιακής συμπεριφοράς
 - Κλασσική Μέθοδος Αποσύνθεσης για Πρόβλεψη
- υπολογισμός Κινητών Μέσων Όρων και επιλογή ενός από αυτών
- εύρεση λόγων εποχικότητας
- απαλοιφή τυχαιότητας βρίσκοντας την μέση τιμή των λόγων εποχικότητας
- εύρεση εποχικότητας χρονοσειράς
- απαλοιφή τυχαιότητας από αποεποχικοποιημένη χρονοσειρά
- υπολογισμός τάσης από την σειρά τάσης-κύκλου του προηγούμενου βήματος
- πρόβλεψη μέσω αποσύνθεσης

5.1.4 Υλοποίηση

Απαραίτητη προϋπόθεση για το τρέξιμο του αλγορίθμου είναι το κατέβασμα του Statistics & Machine Learning Toolbox καθώς επίσης και του Text Analytics Toolbox.

Statistics & Machine Learning:

<https://uk.mathworks.com/products/statistics.html?requestedDomain=>

Text Analytics: <https://www.mathworks.com/products/text-analytics.html>

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης άσκησης ακολουθήθηκαν οι υποδείξεις στην ιστοσελίδα της MathWorks σχετικά με την διαδικασία NLP και του Sentiment Analysis: <https://uk.mathworks.com/products/text-analytics.html>

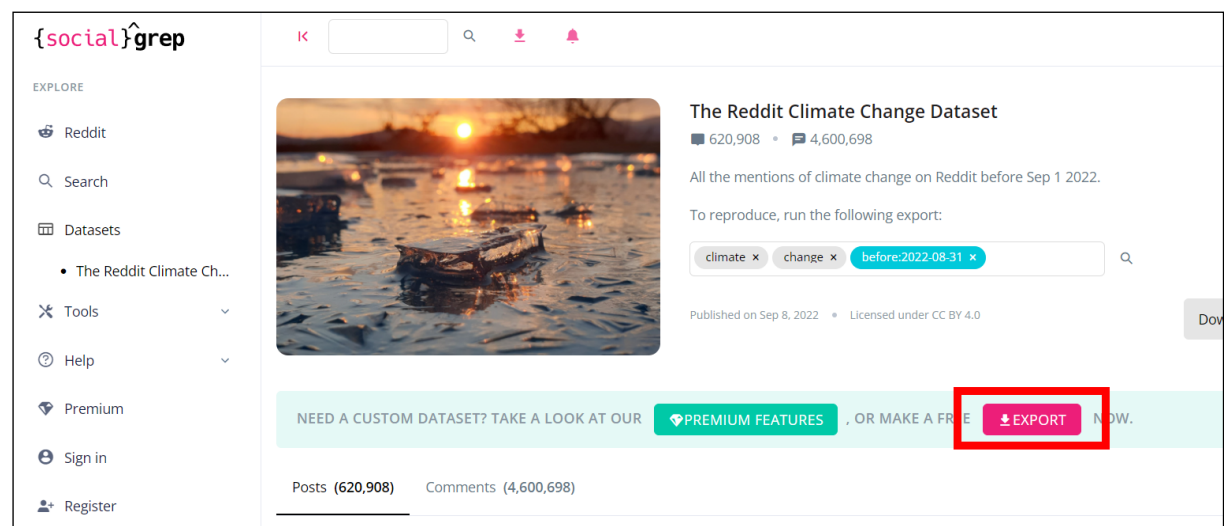
Ως παράδειγμα για την εφαρμογή πάρθηκε σύνολο δεδομένων από το Reddit το οποίο περιέχει όλες τις δημοσιεύσεις που έχουν γραφτεί πριν τον Σεπτέμβριο του 2022 και αναγράφουν είτε την λέξη ‘climate’, είτε την λέξη ‘change’, είτε και τις δύο. Σκοπός είναι να φανεί, μέσω της γραφικής παράστασης, κατά πόσο οι χρήστες του Reddit πιστεύουν στην κλιματική αλλαγή.

Για την υλοποίηση της εφαρμογής πάρθηκαν τα εξής βήματα:

Βήμα 1: Αποθήκευση των δεδομένων

Επίσκεψη του συνδέσμου: https://socialgrep.com/datasets/the-reddit-climate-change-dataset?utm_source=reddit&utm_medium=link&utm_campaign=theredditclimatechangedataset

Πατώντας το κουπί ‘export’ γίνεται κατέβασμα των δεδομένων.



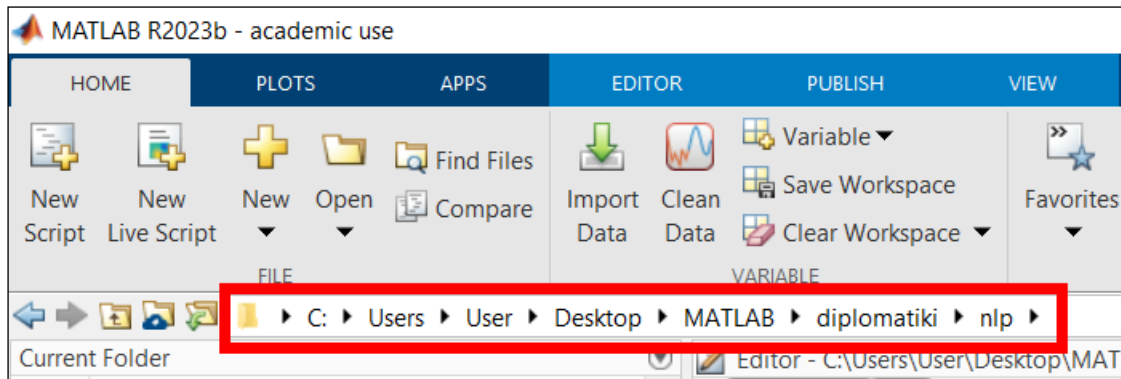
Εικόνα 5.1: Reddit Dataset

Τα δεδομένα θα αποθηκευτούν σε αρχείο τύπου excel. Το αρχείο πρέπει να αποθηκευτεί στον φάκελο εργασίας για το συγκεκριμένο έργο.

Βήμα 2: Εισαγωγή δεδομένων στο MATLAB

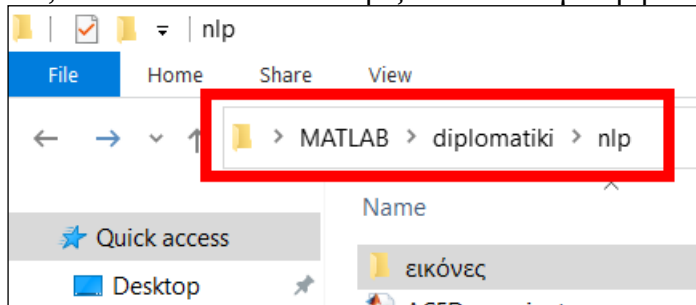
Πληκτρολογώντας την εντολή `pwd` και πατώντας `enter`, στο `command line` το MATLAB δείχνει στον χρήστη σε ποιόν φάκελο βρίσκεται (current folder).

Για την εύρεση του φακέλου με τα κατεβασμένα δεδομένα χρησιμοποιείται η μπάρα που δείχνει το μονοπάτι του παρών φακέλου εργασίας.



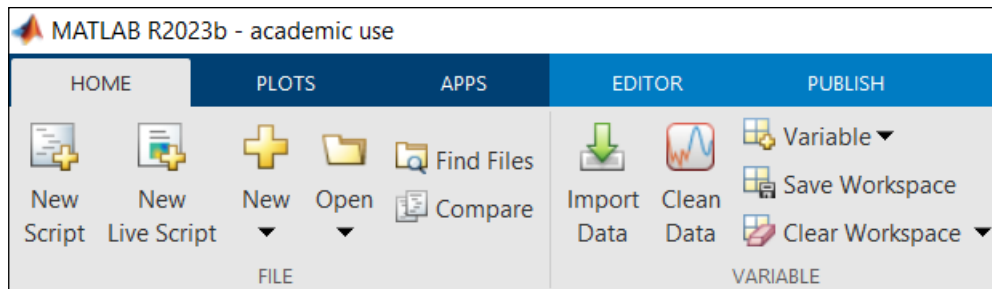
Εικόνα 5.2: Φάκελος Εργασίας MATLAB

Εναλλακτικά, ο χρήστης μπορεί να κάνει αντιγραφή το μονοπάτι του φακέλου βρίσκοντας τον φάκελο στον υπολογιστή του. Με επικόλληση στην μπάρα της εικόνας 5.2, το MATLAB καθορίζει τον συγκεκριμένο φάκελο ως current folder.



Εικόνα 5.3: Μονοπάτι Φακέλου Εργασίας

Για την εισαγωγή των δεδομένων στο MATLAB, ο χρήστης πατάει το κουμπί 'import data' στη μπάρα 'Home'.



Εικόνα 5.4: Κουμπί Import Data

Στη συνέχεια ανοίγει παράθυρο που περιέχει ολόκληρο το excel. Λόγω μεγάλου όγκου δεδομένων μπορεί το MATLAB να αργήσει να τα ανοίξει.

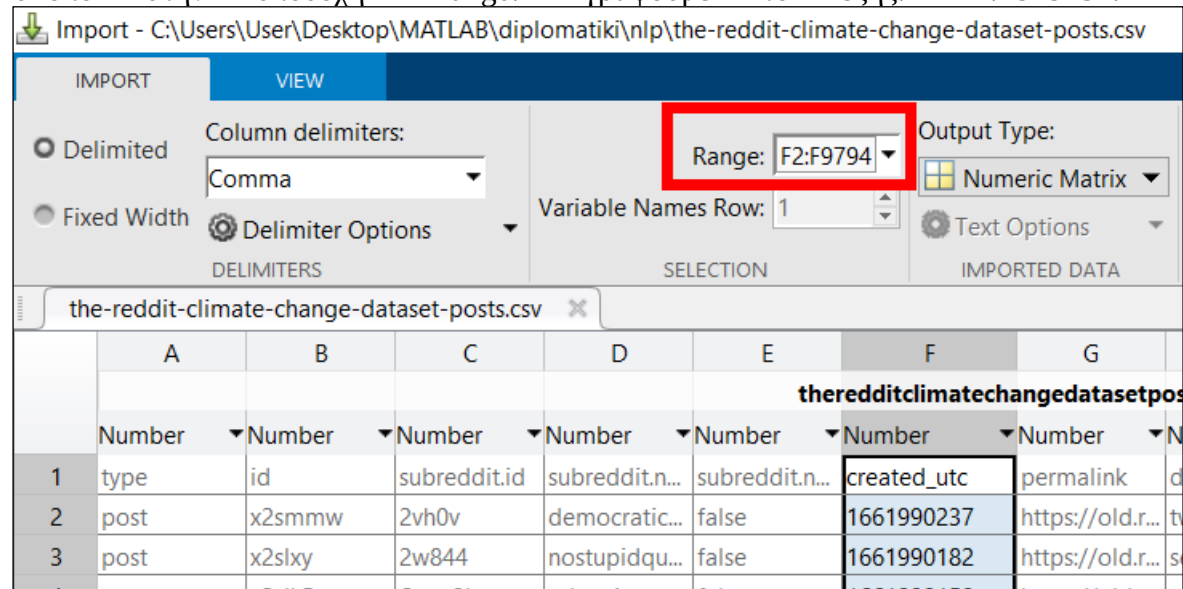
Από τα δεδομένα που κατέβηκαν θα χρειαστούν μόνο δύο στήλες για την εξαγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Συγκεκριμένα, θα χρειαστεί η στήλη με όνομα Created_utc, που είναι ο αριθμός δημιουργίας κάθε δημοσίευσης.

Για την απομόνωση δεδομένων ο χρήστης μπορεί να πατήσει τον αριθμό/γράμμα που αντιστοιχεί στην γραμμή/στήλη που επιθυμεί. Εναλλακτικά, υπάρχει η δυνατότητα

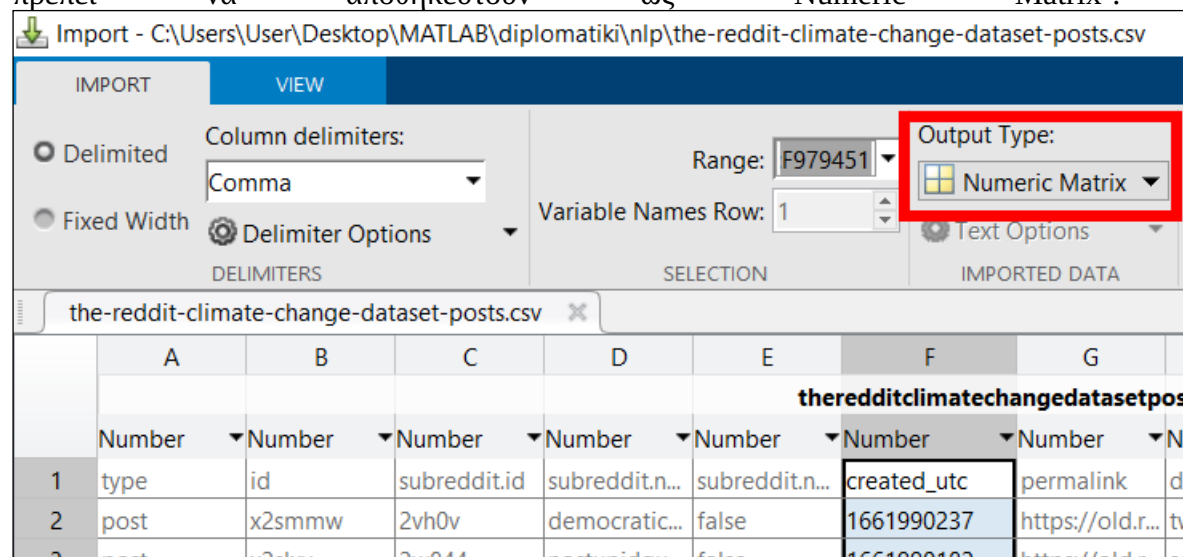
ορισμού πίνακα στην υποδοχή “Range:” γράφοντας το πρώτο και το τελευταίο κελί διαχωριζόμενα με “:”.

Στα συγκεκριμένα δεδομένα, στην πρώτη γραμμή κάθε στήλης αναγράφεται ο τύπος τους. Αν αποθηκευτεί ολόκληρη η στήλη θα αποθηκευτεί το όνομα του τύπου της στήλης σαν πρώτη τιμή στον πίνακα δεδομένων. Αυτό δεν είναι επιθυμητό. Επομένως, πρέπει να αποθηκευτεί η στήλη από την δεύτερη γραμμή και έπειτα. Για αυτό τον σκοπό στην υποδοχή “Range:” γράφουμε το εξής: F1:F979451.



Εικόνα 5.5: Εισαγωγή Δεδομένων

Στην συνέχεια επιλέγει τον τύπο του πίνακα στον οποίο επιθυμεί να αποθηκευτούν τα δεδομένα. Καθώς πρόκειται να γίνουν μαθηματικές πράξεις με αυτά τα δεδομένα πρέπει να αποθηκευτούν ως ‘Numeric Matrix’.



Εικόνα 5.6: Ορισμός Τύπου Δεδομένων

Έπειτα, πατάμε ‘import data’ και τα δεδομένα αποθηκεύονται σε στήλη τύπου double.

Η αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται και για τις δημοσιεύσεις με τη διαφορά πως η στήλη που θα εισαχθεί ονομάζεται 'title' και θα εισαχθεί ως string array.

Εφόσον τα δεδομένα έχουν εισαχθεί στο MATLAB καλό είναι να αποθηκευτούν ως ξεχωριστά .txt αρχεία για ευκολότερη εισαγωγή τους σε μελλοντικές χρήσεις.

Αυτό γίνεται με την εντολή writematrix().

Για την εισαγωγή των δεδομένων πλέον είναι πιο εύκολο μετά το πάτημα του κουμπιού 'import data' στην μπάρα 'Home' να επιλεγθεί κάποιο από τα .txt αρχεία. Έτσι σώζεται και χρόνος από το άνοιγμα του παραθύρου εισαγωγής των δεδομένων, καθώς επίσης μπορούν να επιλεγθούν όλα τα δεδομένα με τα κουμπιά ctrl+a.

Βήμα 3: Εξάλειψη άχρηστων δεδομένων

Κάθε γραμμή i του πίνακα δημοσιεύσεων αντιστοιχεί στην γραμμή i του πίνακα αριθμού δημιουργίας. Επομένως όταν διαγράφεται γραμμή που περιέχει δημοσίευση από τον έναν πίνακα πρέπει να διαγράφεται και η αντίστοιχη γραμμή στον πίνακα αριθμού δημιουργίας.

Αρχικά γίνεται διαγραφή όλων των δημοσιεύσεων που υπάρχουν ήδη μία φορά με τη συνάρτηση killDuplicates().

Έπειτα, γίνεται διαγραφή όλων των δημοσιεύσεων που δεν αναγνωρίζονται ως αγγλικό κείμενο με την συνάρτηση extractEngText().

Τέλος, αποθηκεύονται τα δεδομένα με την writematrix().

Βήμα 4: Αναδιάταξη των δημοσιεύσεων σε χρονική σειρά

Αφού τα δεδομένα βρίσκονται με ανάκατη χρονική σειρά, πρέπει να μπουν σε σειρά όπου τα πιο παλιά βρίσκονται στην αρχή του πίνακα, ενώ τα πιο πρόσφατα στο τέλος του πίνακα. Αυτό γίνεται με την συνάρτηση sortPosts().

Η συγκεκριμένη συνάρτηση έχει υλοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να βρίσκει στον πίνακα με τους αριθμούς δημιουργίας των δημοσιεύσεων το κελί με την μικρότερη τιμή, δηλαδή την δημοσίευση που έχει γραφτεί παλιότερα και την τοποθετεί στο τελευταίο κελί ενός καινούριου πίνακα. Η τιμή στον παλιό πίνακα αντικαθίσταται με μια πολύ μεγάλη τιμή, ώστε σε μελλοντικές προσπελάσεις εύρεσης μικρότερης τιμής να την αγνοεί πάντα.

Η δημοσίευση που αντιστοιχεί στον συγκεκριμένο αριθμό δημιουργίας αποθηκεύεται στο τελευταίο κελί ενός καινούριου string array. Έτσι, η αντιστοίχιση αριθμού δημιουργίας και δημοσίευσης παραμένει άθικτη.

Σε περιπτώσεις που πολλαπλές δημοσιεύσεις έχουν τον ίδιο αριθμό δημιουργίας η συνάρτηση επιλέγει μόνο μία από αυτές. Οι υπόλοιπες επισκέπτονται σε επόμενες προσπελάσεις.

Τέλος, αποθηκεύονται τα δεδομένα με την writematrix().

Βήμα 5: NLP

Το Natural Language Processing(NLP) των δεδομένων γίνεται στην συνάρτηση Cleaning(string array).

Μέσα στην συνάρτηση τα δεδομένα περνάνε από διάφορες συναρτήσεις του MATLAB, οι οποίες παρέχονται από Text Analytics Toolbox και έχουν σκοπό τον καθαρισμό κειμένων, δηλαδή των δεδομένων.

Οι συναρτήσεις είναι οι εξής:

- eraseURLs(): διαγραφή συνδέσμων
- lower(): μετατροπή χαρακτήρων σε πεζά
- tokenizedDocument(): μετατροπή αλφαριθμητικών σε tokenized documents για την εισαγωγή των δεδομένων στις επόμενες συναρτήσεις
- erasePunctuation(): διαγραφή σημείων στίξης
- correctSpelling(): διόρθωση ορθογραφίας
- removeStopWords(): διαγραφή συχνά χρησιμοποιούμενων λέξεων
- addPartOfSpeechDetails(): διόρθωση γραμματικών λαθών
- normalizeWords(): λημματοποίηση λέξεων
- removeShortWords(): διαγραφή λέξεων με ορισμένο μήκος

Το αποτέλεσμα που επιστρέφει η συνάρτηση Cleaning είναι ένα tokenized document και με την συνάρτηση joinWords() του MATLAB μετατρέπεται σε string array για την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων στα επόμενα βήματα του αλγορίθμου.

Βήμα 6: Δημιουργία ειδικού λεξικού

Η αναγνώριση συναισθήματος γίνεται με τη vaderSentimentScores(), η οποία διαβάζει το συναίσθημα από τα δεδομένα με την βοήθεια του Sentiment Lexicon της MATLAB.

Το λεξικό αυτό είναι πίνακας δύο στηλών όπου η πρώτη στήλη έχει λέξεις της αγγλικής γλώσσας και η δεύτερη τα αντίστοιχα sentiment scores. Είναι χρήσιμο να σημειωθεί πως η vaderSentimentScores() μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και χωρίς την χρήση ειδικού λεξικού. Λόγω, όμως, του ειδικού θέματος που έχει επιλεχθεί, προκύπτει η ανάγκη για δημιουργία του. Το λεξικό θα εισαχθεί στη vaderSentimentScores(), ώστε κατά την ανάλυση συναισθήματος να συμπεριληφθούν και οι ειδικές ανάγκες του ειδικού θέματος που έχει επιλεχθεί.

Για την δημιουργία αυτού του λεξικού πρέπει να βρεθούν οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι όροι στα δεδομένα.

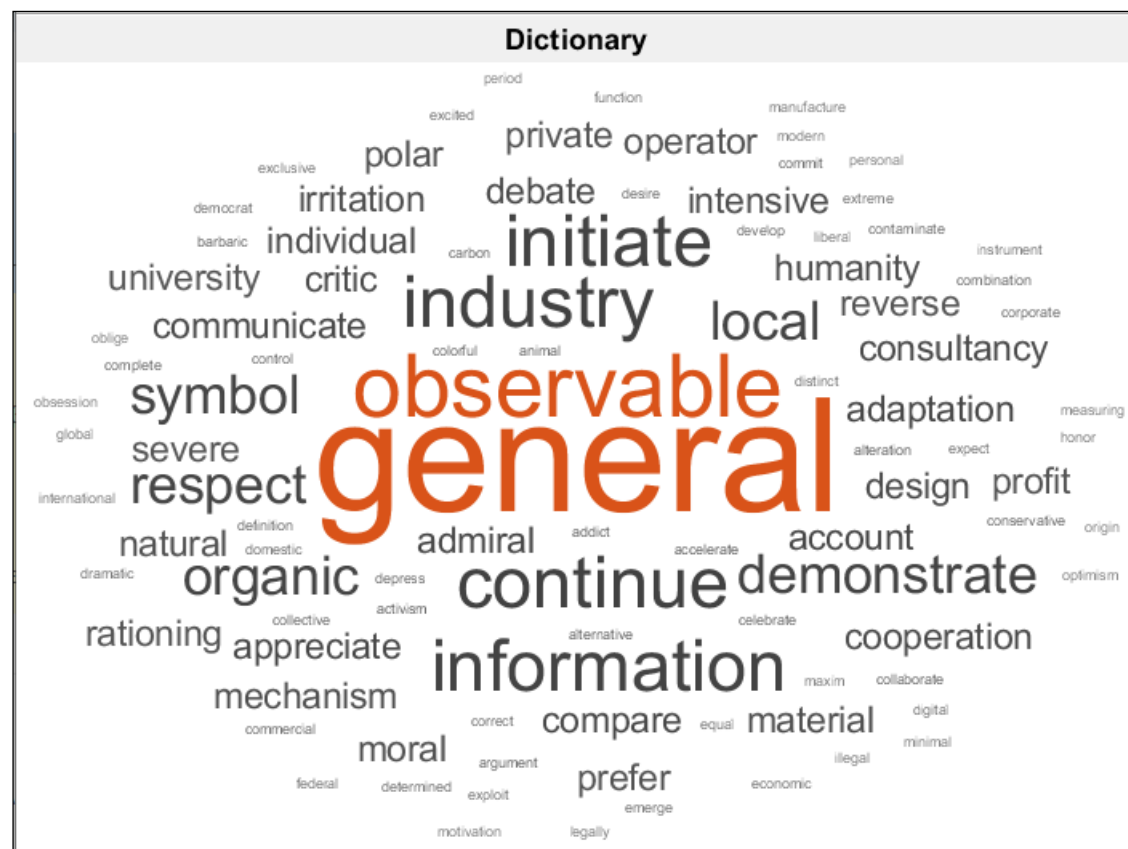
Για τον σκοπό αυτό γράφτηκε η συνάρτηση createDictionary() που παίρνει σαν είσοδο τα καθαρισμένα δεδομένα και αποθηκεύει σε πίνακα μίας στήλης όλες τις λέξεις που χρησιμοποιούνται. Ο παραγόμενος πίνακας ονομάζεται dictionary και σε αυτόν κάθε λέξη αποθηκεύεται μία φορά.

Στη συνέχεια η findOccurrences() παίρνει κάθε μια από τις λέξεις του dictionary και βρίσκει πόσες φορές υπάρχουν στα δεδομένα. Η διαδικασία αυτή παράγει έναν δεύτερο πίνακα μίας στήλης, τον numOfInstances, όπου η γραμμή i περιέχει τον αριθμό εμφανίσεων της λέξης στην γραμμή i του dictionary.

Επειτα, η `sortPosts()` ταξινομεί κάθε λέξη του `dictionary` βάσει του αριθμού που της αντιστοιχεί στον `numOfInstances`, ξεκινώντας από τις λιγότερο χρησιμοποιούμενες λέξεις και συνεχίζοντας με τις πιο συχνά εμφανιζόμενες. Τα τελικά αποτελέσματα είναι οι πίνακες `sortedDictionary` και `sortedNumInst`.

Με την χρήση των δύο πινάκων ο χρήστης μπορεί να δει ποιες είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιημένες λέξεις στα δεδομένα και να αποφασίσει για ποιες από αυτές θα ορίσει δικό του sentiment score.

Ένας δεύτερος πιο εύκολο τρόπος να δει τις πιο συχνά εμφανιζόμενες λέξεις είναι με την βοήθεια ενός Word Cloud.



Εικόνα 5.7: Word Cloud

Έχοντας λοιπόν μια ιδέα για τις πιο σημαντικές λέξεις ο χρήστης καλείται να δημιουργήσει δύο αρχεία txt ή csv.

Στο πρώτο αρχείο ο χρήστης γράφει όλες τις λέξεις στις οποίες επιθυμεί να αποδώσει κάποια τιμή συναισθήματος.

Στο δεύτερο αρχείο, έχοντας κατά νου πως η γραμμή i του πρώτου αρχείου αντιστοιχεί στην γραμμή i του δεύτερου, γραφεί σε μία στήλη το sentiment score για κάθε λέξη. Οι τιμές πρέπει να βρίσκονται στο διάστημα $[-1,1]$.

Το αρχείο με τις λέξεις πρέπει να εισαχθεί ως string array, ενώ το αρχείο με τις τιμές πρέπει να εισαχθεί ως numeric matrix. Με την εντολή:

```
lexicon = createLexicon(lexiconWords, lexiconScores);
```

Οι πίνακες θα ενωθούν σε έναν ενιαίο πίνακα δύο στηλών, όπου η στήλη ένα περιέχει όλες τις λέξεις και η στήλη δύο τις τιμές που αντιστοιχούν. Η συγκεκριμένη συνάρτηση αγνοεί λέξεις που έχουν τιμή συναισθήματος κοντά στο 0.

Το ειδικό λεξικό είναι πλέον έτοιμο για χρήση.

Κατά την υλοποίηση του αλγορίθμου τα sentiment scores ορίζονται τυχαία από την συνάρτηση createSentimentScores(), αφού στόχος της διπλωματικής δεν είναι η παραγωγή ερευνητικών αποτελεσμάτων, αλλά υλοποίηση μιας εφαρμογής.

Βήμα 7: Ανάλυση συναισθήματος και χρονική κατηγοριοποίηση

Καλώντας την vaderSentimentScores(tokenPosts,'SentimentLexicon',lexicon); επιστρέφεται ο πίνακας με τα sentiment scores της κάθε δημοσίευσης.

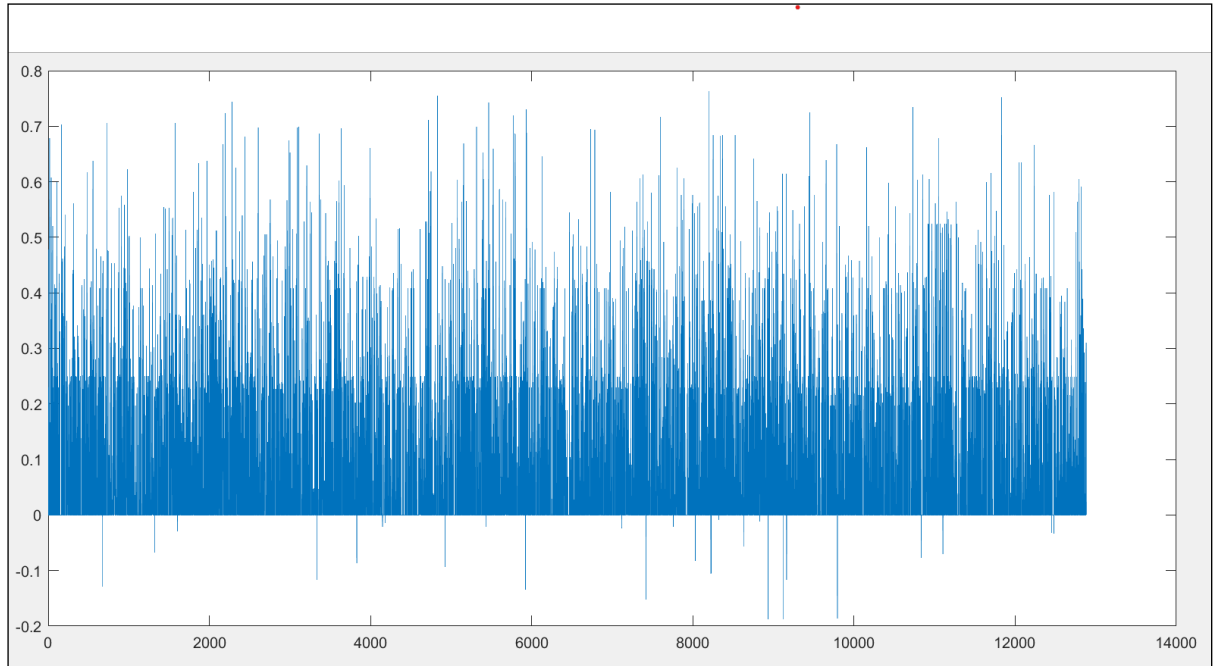
Διευκρινίζεται πως tokenPosts είναι τα καθαρισμένα δεδομένα σε μορφή tokenized document και lexicon το ειδικό λεξικό που δημιούργησε ο χρήστης.

Επειδή η MATLAB δεν μπορεί να εισάγει δεδομένα σε μορφή tokenized documents, καλό είναι ο χρήστης να έχει αποθηκεύσει τα καθαρισμένα δεδομένα σε μορφή αρχείου με την εντολή writematrix(). Αφού εισάγει τα καθαρισμένα δεδομένα ως string array, γράφοντας: tokenPosts = tokenizedDocument(string array);

Τα καθαρισμένα δεδομένα μετατρέπονται σε tokenized document και μπορούν να εισαχθούν στην συνάρτηση.

Στη συνέχεια ο χρήστης ορίζει πίνακα του οποίου τα στοιχεία αποτελούν τις χρονικές περιόδους στις οποίες ανήκουν τα δεδομένα. Για παράδειγμα ο αριθμός δημιουργίας για κάθε δημοσίευση στο Reddit είναι ένας αριθμός από 12.600.000 έως 166.0000.000. Επομένως, οι αριθμοί δημιουργίας που έχουν τα τρία πρώτα ψηφία κοινά μπαίνουν στην ίδια κατηγορία και τα sentiment scores που αντιστοιχούν στους αριθμούς αυτούς αθροίζονται, δίνοντας ως αποτέλεσμα το sentiment score της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Η κατηγοριοποίηση γίνεται με την συνάρτηση ScoresxTime() η οποία έχει φτιαχτεί ειδικά για τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί. Διαφορετικής μορφής δεδομένα πιθανό να χρειαστούν άλλη μορφή κατηγοριοποίησης ή και καθόλου.

Τέλος, αφού έχουν κατηγοριοποιηθεί τα δεδομένα και έχει υπολογισθεί το συνολικό συναίσθημα πάνω στην ύπαρξη ή μη της κλιματική αλλαγής για τις περιόδους που έχουν οριστεί, με την συνάρτηση plot() φαίνεται η εναλλαγή των συναισθημάτων των χρηστών του Reddit πάνω στο θέμα μέσα στην πάροδο του χρόνου.



Εικόνα 5.8: Χρονοσειρά

Βήμα 8: Πρόβλεψη μελλοντικής τιμής χρονοσειράς

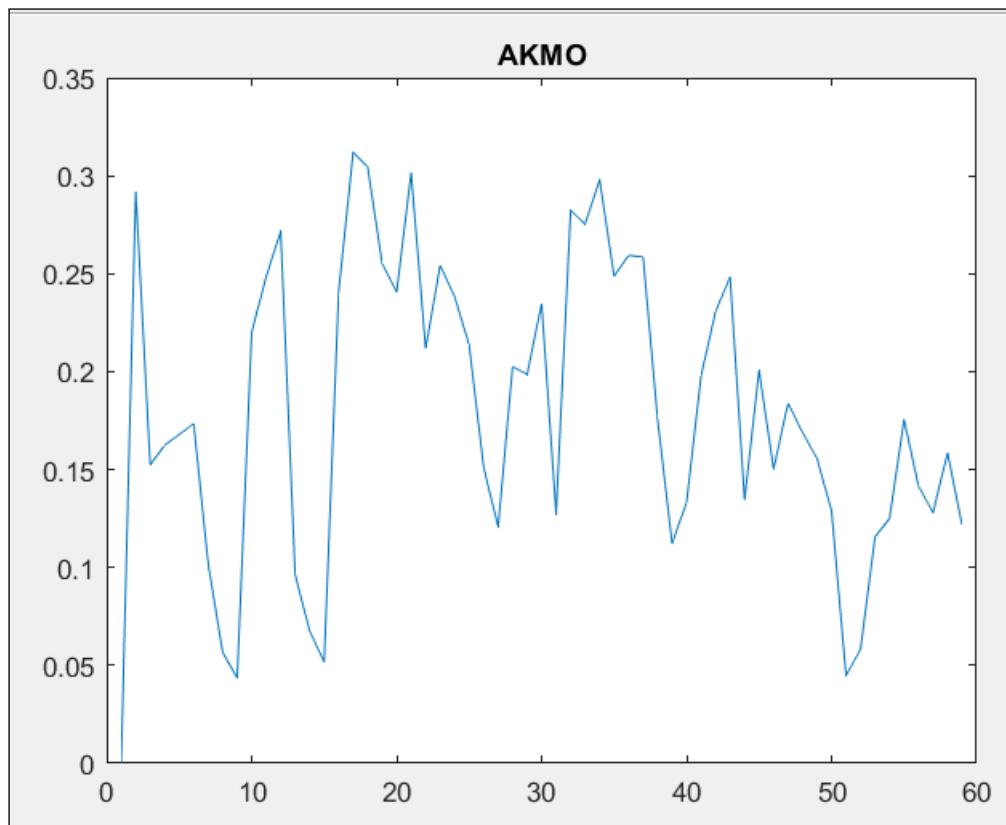
Η συνάρτηση Prediction() ακολουθεί τα βήματα της Κλασσικής Μεθόδου Αποσύνθεσης Χρονοσειράς απομονώνοντας τις τέσσερις συνιστώσες της χρονοσειράς που δημιουργήθηκε στο προηγούμενο βήμα. Για την παραγωγή πρόβλεψης πολλαπλασιάζονται οι κατάλληλες τιμές από τις συνιστώσες(σειρά-τάση-κύκλος).

Για πιο εύκολη και πιο κατανοητή πρόβλεψη δεν λαμβάνονται όλα τα δεδομένα της τελικής χρονοσειράς, αλλά μόνο τα 59 τελευταία στοιχεία. Θεωρείται πως τα στοιχεία είναι μηνιαία και βρίσκονται κατά την διάρκεια τεσσάρων χρόνων. Επίσης αφαιρούνται όλα τα μηδενικά κελιά.

Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής:

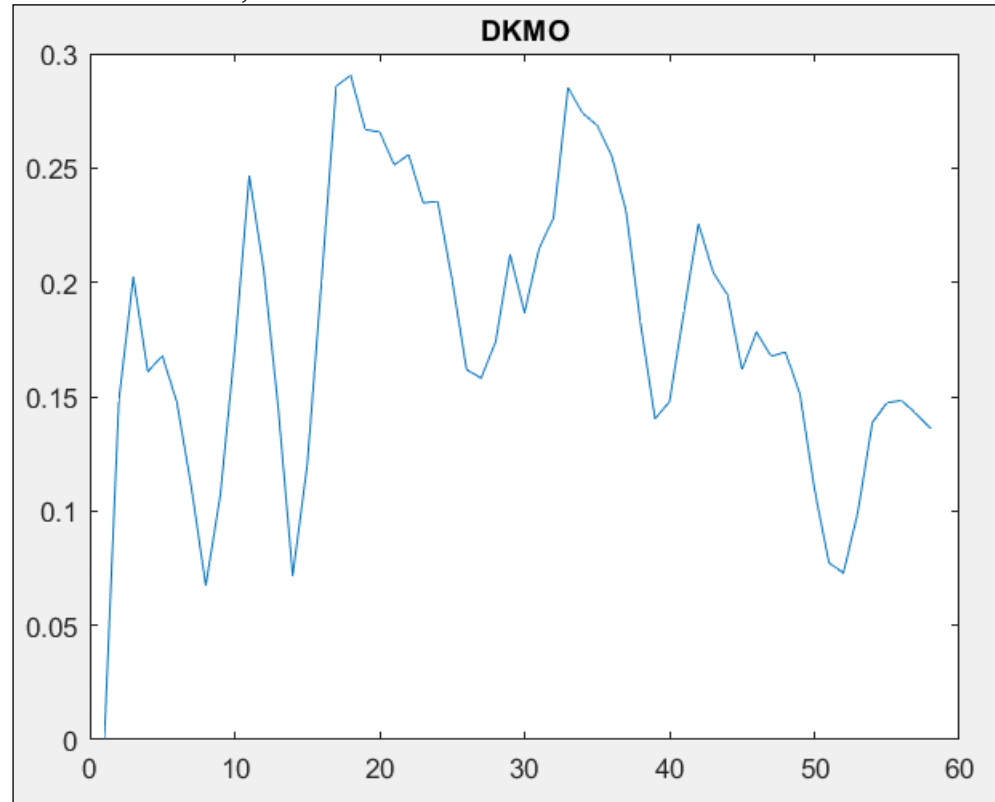
Βήμα 1: Υπολογισμός Κινητών Μέσω Όρων(KMO) και επιλογή του καλύτερου.

Γίνεται υπολογισμός του Απλού KMO,



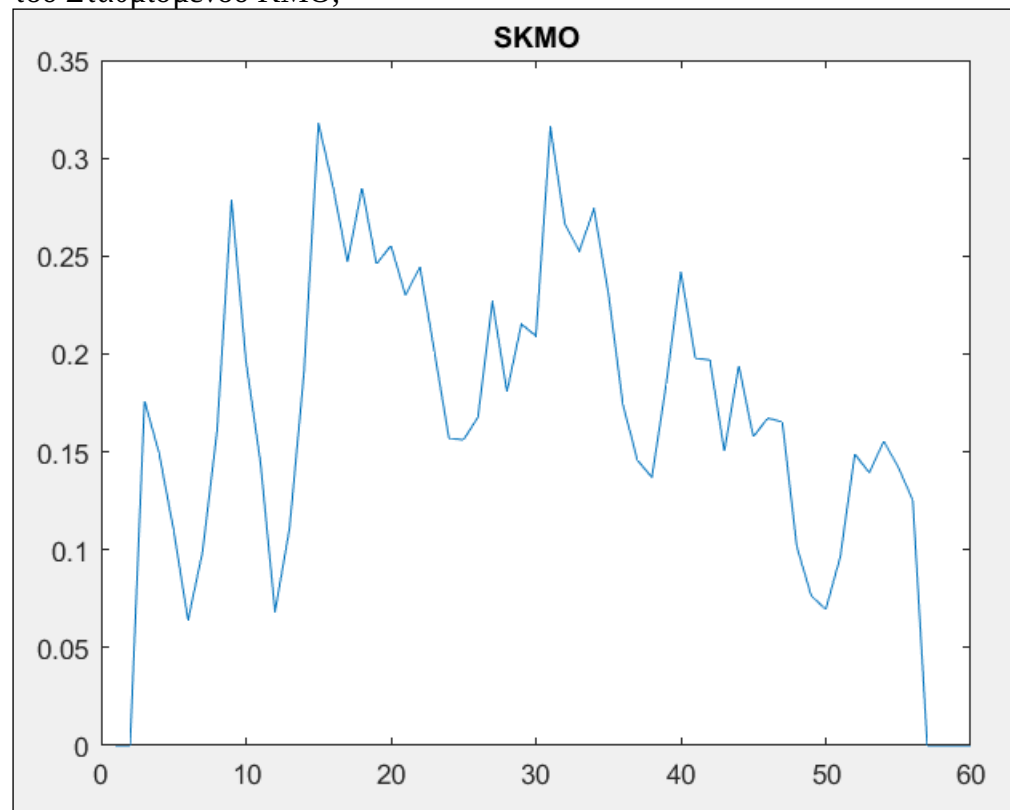
Εικόνα 5.9: Απλό Κινητός Μέσος Όρος

του Διπλού ΚΜΟ,



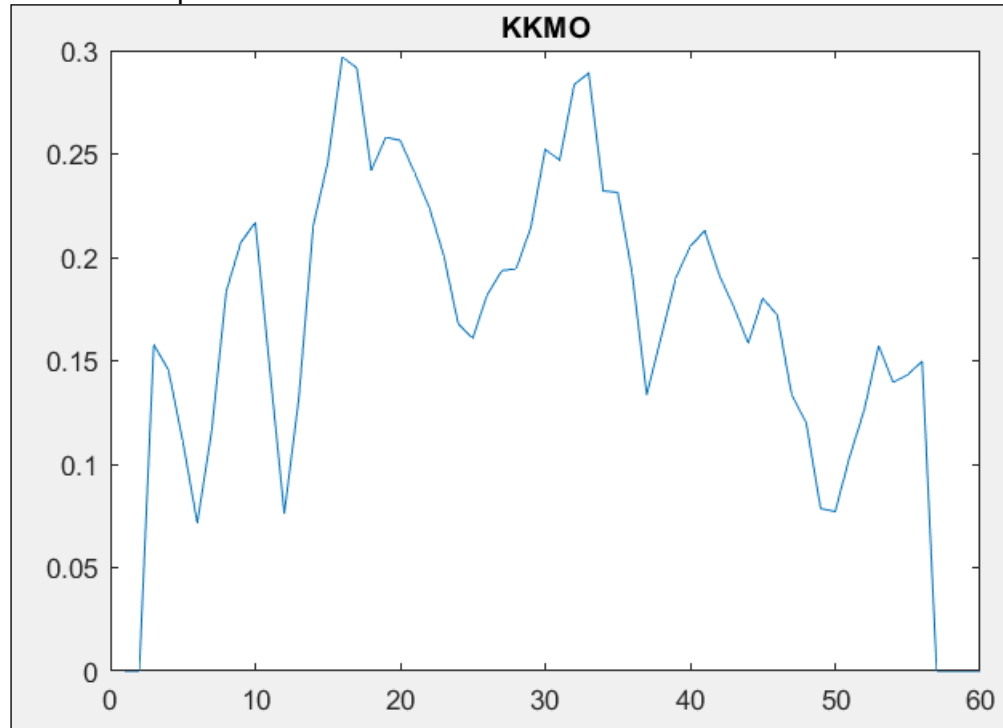
Εικόνα 5.10: Διπλός Κινητός Μέσος Όρος

του Σταθμισμένου ΚΜΟ,



Εικόνα 5.11: Σταθμισμένος Κινητός Μέσος Όρος

και του Κεντρικού ΚΜΟ.



Εικόνα 5.12: Κεντρικός Κινητός Μέσος Όρος

Από αυτούς ο Κεντρικός δίνει την καλύτερη εξομάλυνση επομένως επιλέγεται ως ο ΚΜΟ που δίνει την σειρά τάσης-κύκλου.

Βήμα 2: Εύρεση λόγων εποχικότητας μαζί με τυχαιότητα

Βήμα 3: Απαλοιφή τυχαιότητας και εύρεση μέσων όρων των λόγων εποχικότητας

Βήμα 4: Εύρεση αποεποχικοποιημένης χρονοσειράς, σειρά τάσης-κύκλου-τυχαιότητας

Βήμα 5: Απαλοιφή τυχαιότητας από αποεποχικοποιημένη χρονοσειρά

Βήμα 6: Υπολογισμός τάσης από την σειρά τάσης κύκλου του προηγούμενου βήματος. Αφού βρεθεί η τάση υπολογίζεται και η κυκλικότητα.

Βήμα 7: Πρόβλεψη μέσω αποσύνθεσης, πολλαπλασιασμός των συνιστωσών.

Η πρόβλεψη είναι 14.673. Θετική τιμή, επομένως ο κόσμος θα συνεχίσει να πιστεύει στην κλιματική αλλαγή.

5.1.5 Αποτελέσματα

Στην συγκεκριμένη άσκηση έγινε επεξεργασία ενός ιδιαίτερα μεγάλου όγκου δεδομένων. Το MATLAB παρήγαγε αποτελέσματα σε λογικά χρονικά πλαίσια, εκτός συγκεκριμένων εξαιρέσεων όπου η εξαγωγή αποτελεσμάτων διήρκησε για ώρες. Συγκεκριμένα ο υπολογισμός αριθμητικών πράξεων γινόταν σε πολύ γρήγορο χρόνο, ενώ αντίθετα η επεξεργασία κειμένων ή ακόμα και η εύρεση λέξεων διαρκούσε από αρκετά λεπτά έως και μερικές ώρες.

Για παράδειγμα κατά το τρέξιμο της συνάρτησης `Cleaning()`, όπου πραγματοποιείται NLP στα δεδομένα, το MATLAB έβγαλε `run out of memory error` στο command line. Παρότι υπάρχει σε επαναλαμβανόμενες γραμμές η συνάρτηση `clear()` με την οποία διαγράφεται η τελευταία άχρηστη μεταβλητή για την απελευθέρωση μνήμης, το MATLAB τερμάτιζε την συνάρτηση λόγω έλλειψης μνήμης. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος τα δεδομένα χωρίστηκαν σε τέσσερις πίνακες, όπου η συνάρτηση `correctSpelling()` τους επεξεργαζόταν έναν-έναν και στο τέλος ενώνονταν όλοι μαζί για την ομαλή συνέχιση της διαδικασίας NLP. Για πολύ μεγάλους πίνακες η MATLAB παρέχει ένα είδος πίνακα επονομαζόμενο ως `tall array`, που επιτρέπει την ταυτόχρονη επεξεργασία των στοιχείων του. Το πρόβλημα είναι πως η συνάρτηση `correctSpelling()` καθώς και οι υπόλοιπες συναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν από το Text Analytics Toolbox δέχονται μόνο πίνακες τύπου `tokenized document`. Τύπος που τα `tall arrays` δε υποστηρίζουν.

Ένα άλλο παράδειγμα αδυναμίας επεξεργασίας αλφαριθμητικών είναι με την συνάρτηση `findOccurrences()`. Στόχος της συνάρτησης είναι να επιστρέψει πίνακα που περιέχει τον αριθμό εμφάνισης κάθε λέξης που υπάρχει στα δεδομένα. Ο χρόνος εκτέλεσης της συνάρτησης είναι το πλήθος των λέξεων που χρησιμοποιούνται στα δεδομένα πολλαπλασιασμένο με το πλήθος των δημοσιεύσεων, δηλαδή `length(dictionary)*length(posts)`.

Η πολυπλοκότητα όμως αυξάνεται δεδομένου πως στον εσωτερικό βρόγχο χρησιμοποιείται η συνάρτηση της MATLAB `strfind()`, η οποία επιστρέφει πίνακα με τις θέσεις στις οποίες βρίσκεται η λέξη που ψάχνει σε κάθε δημοσίευση. Η συγκεκριμένη συνάρτηση είναι η μόνη που διήρκεσε από πέντε έως δέκα ώρες για την παραγωγή αποτελεσμάτων.

Συμπερασματικά λοιπόν, παρότι η MATLAB παρέχει όλες τις απαραίτητες συναρτήσεις και εργαλεία για την επεξεργασία αλφαριθμητικών και κειμένων φυσικής γλώσσας είναι γεγονός πως η διαδικασία αυτή γίνεται πολλή αργή με μεγάλη αύξηση όγκου των δεδομένων.

Το βασικό πλεονέκτημα της στην διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εύκολη ανάγνωση και δημιουργία αρχείων των δεδομένων που εισάχθηκαν και αποθηκεύτηκαν.

5.2 Neural Network

5.2.1 Ορισμοί

Νευρωνικό Δίκτυο: Ονομάζεται ένα κύκλωμα διασυνδεδεμένων νευρώνων. Πρόκειται για ένα αφηρημένο αλγοριθμικό κατασκευάσμα το οποίο εμπίπτει στον τομέα της υπολογιστικής νοημοσύνης, όταν στόχος του νευρωνικού δικτύου είναι η επίλυση κάποιου υπολογιστικού προβλήματος. -Wikipedia

Layer: Αποτελούν τα στρώματα του νευρωνικού δικτύου και διακρίνονται σε στρώμα εισόδου (`input layer`), ενδιάμεσα στρώματα (`hidden layers`) και στρώμα εξόδου (`output layer`).

5.2.2 Σκοπός

Σκοπός της συγκεκριμένης άσκησης είναι η δημιουργία ενός νευρωνικού δικτύου που δείχνει, μετά από επεξεργασία συγκεκριμένων ιατρικών εξετάσεων, αν ο ασθενής πάσχει από covid19. Το αποτέλεσμα που δίνεται μετά την εκπαίδευση του δικτύου είναι ο πίνακας με τα βάρη που οδηγούν στο εξωτερικό layer του δικτύου. Ο πίνακας αυτός δείχνει ποια από τα συμπτώματα, που θα αναφερθούν παρακάτω, δείχνουν πως ο ασθενής έχει προσληφθεί από covid19, ποια δείχνουν πως δεν έχει προσληφθεί και ποια δεν παίζουν ρόλο στην διάγνωση.

5.2.3 Σχεδίαση

Τα δεδομένα παρέχονται από το Kaggle. Για άμεση πρόσβαση έχουν ανεβεί στο Google Drive: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1c2J-KY0tHkEtMNUijUozVJlIttCgiIAz/edit#gid=1241096821>

Το δίκτυο προς σχεδίαση έχει τέσσερα layer, συμπεριλαμβανομένων του input και του output layer.

Οι κόμβοι του input layer περιλαμβάνουν τις νοσοκομειακές εξετάσεις του ασθενή.

Το δεύτερο layer δείχνει σε ποιες κατηγορίες ασθενειών ανήκει ο ασθενής.

Το τρίτο αποτελεί τα συμπτώματα που έχει ο ασθενής βάσει των ασθενειών από τις οποίες πάσχει.

Το τελευταίο, το output layer δείχνει αν ο ασθενής έχει covid19 ή όχι, βάσει των συμπτωμάτων.

Λόγω των δεδομένων, ο έλεγχος εγκυρότητας αποτελέσματος γίνεται αποκλειστικά στο output layer και επομένως η αλλαγή βαρών, δηλαδή η εκμάθηση του δικτύου, γίνεται μόνο για τον τελευταίο πίνακα βαρών.

Οι τελικές τιμές στους πίνακες βαρών, με εξαίρεση τον τελευταίο, έχουν δοθεί βάσει έρευνας. Η έρευνα είχε προσανατολιστικό ρόλο στην επιλογή των νοσοκομειακών εξετάσεων, οι οποίες επιλέχθηκαν έχοντας κατά νου, πως ο covid19 αποτελεί ιός της γρίπης που προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα. Για αυτόν τον λόγο από τα δεδομένα έχουν ξεχωριστεί οι στήλες οι οποίες ταιριάζουν με κάποιον τρόπο στην προαναφερθείς περιγραφή. Αυτά είναι τα δεδομένα που θα μπουν στο input layer.

Έπειτα, οι τιμές των στηλών αυτών στο επόμενο layer μπαίνουν σε γενικές κατηγορίες οι οποίες έχουν οριστεί βάσει των επιλεγμένων δεδομένων. Η κατηγοριοποίηση αυτή βοηθάει στην κατανόηση της κατάστασης του ασθενή, καθώς επίσης και στην εξαγωγή συμπτωμάτων, αφού ασθένειες που βρίσκονται στην ίδια κατηγορία παρουσιάζουν κοινά συμπτώματα. Οι κόμβοι στο τρίτο layer αποτελούν όλα τα πιθανά συμπτώματα που μπορεί να εμφανίσει οποιαδήποτε από τις κατηγορίες ασθενειών του προηγούμενου layer σύμφωνα με την έρευνα που έγινε. Ανάμεσα στους κόμβους του τρίτου layer υπάρχουν όλα τα συμπτώματα του covid19 από τα πιο συνηθισμένα, έως και τα πιο σπάνια, μαζί με συμπτώματα που δεν εμφανίζει ο covid19.

Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να γνωρίζουμε σε ποια βάρη πρέπει να καταλήξει το δίκτυο, αφού τα συμπτώματα που εκφράζει ο covid19 είναι συγκεκριμένα.

Εισάγοντας λοιπόν πίνακα με μηδενικά βάρη, δίνεται η δυνατότητα στο δίκτυο να βρει μόνο του τα κατάλληλα βάρη για κάθε σύμπτωμα που εν δεικνύει πως ο ασθενής πάσχει ή όχι από covid19.

Το δίκτυο είναι φτιαγμένο με τέτοιο τρόπο ώστε η τιμή κάθε κόμβου να απαντά στο ερώτημα “πάσχει ο ασθενής από ‘x’;”, όπου το x είναι οτιδήποτε εκπροσωπεί ο εκάστοτε κόμβος.

Τα βάρη των πινάκων έχουν τιμές αποκλειστικά είτε 0, είτε 1. Με αυτόν τον τρόπο τα βάρη λειτουργούν ως φίλτρα. Με αυτό εννοείται πως αν ο κόμβος του προηγούμενου layer δεν μπορεί να δώσει απάντηση για έναν συγκεκριμένο κόμβο του επόμενου layer η τιμή του πολλαπλασιάζεται με 0, οδηγώντας στην μη συμπερίληψη του στην εξαγωγή τιμής για τον συγκεκριμένο κόμβο. Αντίθετα, αν ο κόμβος του προηγούμενου layer μπορεί να δώσει απάντηση για τον κόμβο του επόμενου layer, η τιμή του πολλαπλασιάζεται με 1 και επομένως περνάει την τιμή του στον επόμενο κόμβο και συμμετέχει στην εξαγωγή συμπεράσματος.

Έτσι, οι τελικές τιμές μπορεί να είναι είτε -1, είτε 0, είτε 1. Όπου το -1 δείχνει αρνητική απάντηση, το 1 δείχνει θετική, ενώ το 0 δεν δίνει απάντηση.

Έχοντας τα πάνω κατά νου, ακολουθεί πιο λεπτομερή επεξήγηση του δικτύου.

Input Layer: Σε αυτό το layer τα εισαγόμενα δεδομένα είναι οι νοσοκομειακές εξετάσεις των ασθενών. Οι εξετάσεις αυτές δείχνουν αν ο ασθενής πάσχει από:

- αναπνευστικό συγκιτιακό ιό (rsv).
- γρίπη 1
- γρίπη 2
- παραγρίπη 1
- coronavirus NL63
- μυκοπλαστική πνευμονία
- coronavirus HKU1
- παραγρίπη 3
- χλαμυδόφιλη πνευμονία
- παραγρίπη 4
- coronavirus 229E
- coronavirus OC43
- H1N1
- μεταπνευμοϊός
- παραγρίπη 2

Σύμφωνα με τις νοσοκομειακές εξετάσεις για κάθε κατηγορία μπορεί να ισχύουν οι τρεις εξής περιπτώσεις:

- “detected” - ο ασθενής πάσχει
- “not_detected” - ο ασθενής δεν πάσχει
- [κενό κελί] - άγνωστο αν πάσχει

Λόγω του τρόπου μετατροπής των δεδομένων κάθε κόμβος στο νευρωνικό δίκτυο μπορεί να έχει μόνο μία από αυτές τις τιμές και καμία άλλη.

Hidden Layer 1: Κοιτώντας τις παραπάνω ασθένειες είναι εύκολο να κατανοήσει κανείς πως υπάρχει μεγάλη επικάλυψη στα συμπτώματα που εκφράζουν. Αντί λοιπόν να μετατρέπονται οι τιμές τους αμέσως σε συμπτώματα είναι πιο εύκολο πρώτα να κατηγοριοποιούνται, πράγμα που γίνεται στο παρών layer.

Σύμφωνα λοιπόν με τις ασθένειες που παρέχονται από τα δεδομένα, οι τελικές κατηγορίες ασθενειών είναι οι εξής:

- γρίπη
- βακτηριακή πνευμονία
- παραγρίπη
- άλλο είδος κορωνοϊού
- πνευμονικός ιός

Όπως είναι φανερό, κάθε μία από τις ασθένειες ανήκει σε τουλάχιστον μία από τις πέντε κατηγορίες.

Hidden Layer 2: Γνωρίζοντας πλέον σε ποιες κατηγορίες ασθενειών βρίσκεται ο ασθενής, μπορούν πλέον να εξαχθούν πιθανά συμπτώματα που προκαλούν οι συγκεκριμένες ασθένειες. Τα συμπτώματα που περιλαμβάνονται σε αυτό το layer είναι:

- πυρετός και παγωμάρες
- βήχας
- δυσκολία στην αναπνοή
- κούραση
- μυϊκοί πόνοι
- πονοκέφαλος
- απώλεια όσφρησης/γεύσης
- ξερός λαιμός
- υγρή μύτη
- ναυτία/εμετοί
- διάρροια
- ζαλάδα
- αδυναμία να ξυπνήσει/μείνει ξύπνιος
- ωχρά χείλη/ δέρμα/ νύχια
- εφίδρωση
- κόπωση, αδυναμία, κομμάρες, κακουχία
- φλέγματα
- Αδιαθεσία, απώλεια όρεξης
- πόνοι στις αρθρώσεις
- αιμόπτυση

Τα συμπτώματα αυτά είναι κάθε πιθανό σύμπτωμα που μπορεί να εκφράσει κάθε κατηγορία του προηγούμενου layer. Συμπτώματα του covid19 είναι όλα τα συμπτώματα από τον πυρετό μέχρι και τα ωχρά νύχια. Τα υπόλοιπα δεν μπορεί να τα εκφράσει. Επομένως, μετά την εκπαίδευση του δικτύου το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι ο πίνακας με τα βάρη, που μετατρέπει τα συμπτώματα σε διάγνωση για covid19,

να έχει διαφορετικές τιμές για τα πραγματικά συμπτώματα του covid19 και διαφορετικά για τα συμπτώματα που δεν εκφράζει.

Output Layer: Αυτό είναι το μοναδικό layer που έχει μόνο έναν κόμβο. Το αποτέλεσμα του είναι η έξοδος του νευρωνικού δικτύου και δείχνει αν ο ασθενής έχει πάσχει covid19, αν δεν πάσχει ή αν δεν γνωρίζει.

Διόρθωση βαρών: Το αποτέλεσμα του νευρωνικού δικτύου συγκρίνεται με την τιμή του κελιού, στον πίνακα με τα αποτελέσματα covid19 των ασθενών, που αντιστοιχεί στον ασθενή για τον οποίο το δίκτυο έκανε διάγνωση. Αν οι τιμές αυτές διαφέρουν τότε γίνεται αλλαγή στις τιμές στον κατάλληλο πίνακα βαρών. Για κάθε σύμπτωμα που συμμετείχε στην διαδικασία εξαγωγής αποτελέσματος, οι τιμές των αντίστοιχων βαρών αλλάζουν.

Στις περιπτώσεις που ο ασθενής δεν είχε covid19, αλλά το δίκτυο τον έβγαλε θετικό, τότε οι τιμές στον πίνακα βαρών αλλάζουν με τέτοιο τρόπο ώστε στην επόμενη διάγνωση οι τιμές που οδήγησαν σε θετική τιμή δεν συμπεριλαμβάνονται στο αποτέλεσμα, ενώ οι τιμές που οδήγησαν σε αρνητική τιμή συμπεριλαμβάνονται.

Αντίθετα, αν ο ασθενής πάσχει από covid19, αλλά το δίκτυο τον έβγαλε αρνητικό, τότε οι τιμές στον πίνακα βαρών αλλάζουν με τέτοιο τρόπο ώστε τα συμπτώματα που οδήγησαν στην αρνητική διάγνωση να μην συμπεριλαμβάνονται στην επόμενη, ενώ τα συμπτώματα που οδήγησαν στην αρνητική διάγνωση να συμπεριληφθούν.

5.2.4 Υλοποίηση

Για την υλοποίηση του νευρωνικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε σύνολο δεδομένων από νοσοκομείο της Βραζιλίας κατά την περίοδο που ο covid19 είχε μόλις αρχίσει να εξαπλώνεται.

Το dataset περιέχει τις νοσοκομειακές εξετάσεις των ασθενών και το αν έχουν προσληφθεί από covid19 ή όχι. Για την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου εξάγεται από τα δεδομένα η στήλη που δείχνει αν ο ασθενής πάσχει από covid19 ή όχι. Επίσης εξάγεται πίνακας με τις νοσοκομειακές εξετάσεις των ασθενών και συγκεκριμένα αυτές που σχετίζονται με κάποιο αναπνευστικό πρόβλημα ή κάποιον ιό/γρίπη, όπως επεξηγήθηκε στον Σχεδιασμό.

Στην συνέχεια γίνεται μετατροπή των αλφαριθμητικών τιμών που έχουν δοθεί σε κάθε πεδίο σε κατάλληλη αριθμητική τιμή. Συγκεκριμένα, στον πίνακα με τις εξετάσεις των ασθενών γίνεται αντικατάσταση των τιμών με την συνάρτηση `replace()` της MATLAB. Τα πεδία που έχουν την τιμή “detected” αντικαθίστανται με την τιμή 1, ενώ τα πεδία με την τιμή “not_detected” με την τιμή -1. Στα κενά πεδία δίνεται η τιμή 0. Αντίστοιχα στον πίνακα που δείχνει αν ο εκάστοτε ασθενής έχει covid19 ή όχι, οι τιμές “positive” αντικαθίστανται με την τιμή 1, ενώ ταυτόχρονα τα κελιά με τιμή “negative” αντικαθίστανται με την τιμή -1.

Πίνακας Βαρών 1: Έπειτα δημιουργείται ο πίνακας με τα βάρη που θα χρησιμοποιηθούν στο αρχικό layer του νευρωνικού δικτύου. Ο πίνακας αυτός έχει διαστάσεις 5x15 και περιέχει τιμές 0 και 1. Η κάθε γραμμή αντιστοιχεί στις κατηγορίες ασθενειών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Κάθε στήλη του πίνακα αντιστοιχεί στις

εξετάσεις των ασθενών. Η τιμή 1 δείχνει πως η συγκεκριμένη εξέταση ανήκει στην συγκεκριμένη κατηγορία, ενώ η τιμή 0 δείχνει το ανάποδο.

InputLayer(): Στόχος της συγκεκριμένης συνάρτησης είναι να μετατρέψει τα δεδομένα του πρώτου layer, δηλαδή τις εξετάσεις του ασθενή, στα δεδομένα του δεύτερου layer, δηλαδή τις κατηγορίες. Για κάθε ασθενή, παίρνεται η γραμμή στον πίνακα ασθενών που του αντιστοιχεί. Έπειτα, παίρνεται μια γραμμή από τον πίνακα βαρών και οι τιμές που βρίσκονται στις ίδιες στήλες πολλαπλασιάζονται μεταξύ τους. Το αποτέλεσμα είναι ένας πίνακας 1x15 που περιέχει τις εξετάσεις πολλαπλασιασμένες με τα αντίστοιχα βάρη.

Στην συνέχεια οι τιμές αυτές αθροίζονται και στο αποτέλεσμα προστίθεται η τιμή bias πολλαπλασιασμένη με το δικό της βάρος. Αν ο τελικός αριθμός είναι μεγαλύτερος του 1, τότε μετατρέπεται σε 1, ενώ αν είναι μικρότερος του -1, τότε μετατρέπεται σε -1. Αν είναι -1, 0 ή 1 δεν υφίσταται αλλαγή.

Εφόσον κάθε γραμμή του πίνακα βαρών αντιστοιχεί σε κάποιον κόμβο στο δεύτερο layer, τότε το αποτέλεσμα δείχνει αν ο ασθενής βρίσκεται στην εκάστοτε κατηγορία. Η τιμή 1 δείχνει θετική απάντηση, η τιμή -1 δείχνει πως δεν ανήκει στην συγκεκριμένη κατηγορία, ενώ η 0 σημαίνει πως δεν είναι βέβαιο.

Η επανάληψη της συγκεκριμένης διαδικασίας πέντε φορές βγάζει πέντε αριθμούς όπου ο κάθε ένας αντιστοιχεί στους κόμβους του hidden layer 1. Το εξαγόμενο αποτέλεσμα είναι πίνακας 5x1, όπου κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε μια κατηγορία.

Πίνακας Βαρών 2: Ο πίνακας βαρών που θα εισαχθεί ξανά από τον χρήστη αφορά την μετατροπή των δεδομένων από κατηγορίες σε συμπτώματα. Αυτός ο πίνακας θα αποτελείται από τιμές 0 και 1, ακριβώς όπως και ο προηγούμενος με διαστάσεις 5x21. Οι γραμμές αντιστοιχούν στις κατηγορίες ασθενειών του δεύτερου layer, ενώ οι στήλες στα συμπτώματα που βγάζουν. Η τιμή 1 δείχνει πως η κατηγορία στη συγκεκριμένη γραμμή μπορεί να εκφράσει το σύμπτωμα στην συγκεκριμένη στήλη. Αντίθετα η τιμή 0 δείχνει πως η συγκεκριμένη κατηγορία δεν μπορεί να εκφράσει ποτέ ένα τέτοιο σύμπτωμα.

HiddenLayer(): Στόχος του συγκεκριμένης συνάρτησης είναι να βρει τα συμπτώματα που έχει ο ασθενής βάσει των κατηγοριών ασθενειών στις οποίες βρίσκεται. Ο πίνακας 5x1 που παράχθηκε από το input layer πολλαπλασιάζεται κάθε φορά με μια στήλη 5x1 του πίνακα βαρών 2. Οι τιμές των κελιών που βρίσκονται στις ίδιες γραμμές πολλαπλασιάζονται μεταξύ τους και βρίσκεται το άθροισμα. Στην τελική τιμή προστίθεται το bias πολλαπλασιασμένο με το ορισμένο βάρος. Η τιμή αυτή δείχνει αν ο ασθενής εκφράζει το συγκεκριμένο σύμπτωμα. Αν το τελικό αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο του 1, τότε μετατρέπεται σε 1, ενώ αν είναι μικρότερο του -1, μετατρέπεται σε -1. Αν οι τελική τιμή είναι -1, 0 ή 1, τότε η τελική τιμή δεν αλλάζει. Η τιμή 1 δείχνει πως ο ασθενής έχει το συγκεκριμένο σύμπτωμα, η τιμή -1 δείχνει πως δεν το έχει, ενώ η τιμή 0 δείχνει πως δεν είναι γνωστό. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένας πίνακας 21x1, όπου κάθε γραμμή δείχνει αν ο ασθενής εμφανίζει το εκάστοτε σύμπτωμα.

Πίνακας Βαρών 3: Αυτός είναι ο μοναδικός πίνακας του οποίου τα βάρη θα αλλάζουν από το δίκτυο. Επομένως οι τιμές που θα δοθούν στον πίνακα αυτόν δεν έχουν σημασία

αφού ο στόχος είναι να αλλάξουν από το δίκτυο. Οι διαστάσεις του πρέπει να είναι 21x1.

Ιδανικά το δίκτυο θα πρέπει να καταλήξει πως ο πίνακας βαρών 3 πρέπει να δείχνει κάπως έτσι: [1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;0;0;0;0;0;0;0]. Δεδομένου πως κάποια συμπτώματα του covid19 είναι πιο συχνά από ότι κάποια άλλα είναι επίσης λογικό και πολύ πιθανό ο τελικός πίνακας να μην δείχνει έτσι. Εφόσον όμως στόχος είναι η εκπαίδευση του δικτύου είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα αναμενόμενα αποτελέσματα προκειμένου να μπορούν να κριθούν ως ορθά ή μη, ώστε να γίνουν και οι επικείμενες αλλαγές στο δίκτυο υπό κατασκευή.

OutputLayer(): Σε αυτό το σημείο το νευρωνικό δίκτυο θα δώσει απάντηση πάνω στο αν ο ασθενής πάσχει από covid19 ή όχι. Το τελικό layer έχει μόνο έναν κόμβο, επομένως οι γραμμές του πίνακα 21x1 του προηγούμενου βήματος πολλαπλασιάζονται με τα βάρη του πίνακα βαρών 3 των αντίστοιχων γραμμών. Αφότου οι τιμές πολλαπλασιαστούν με τα βάρη τους, αθροίζονται. Στο τελικό αποτέλεσμα προστίθεται το bias πολλαπλασιασμένο με το ορισμένο βάρος. Αν το τελικό αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο του 1, τότε μετατρέπεται σε 1, ενώ αν είναι μικρότερο του -1, μετατρέπεται σε -1. Αν η τελική τιμή είναι -1, 0 ή 1, τότε η τιμή δεν αλλάζει. Η τιμή 1 δείχνει πως ο ασθενής πάσχει από covid19, η τιμή -1 δείχνει πως δεν πάσχει από covid19, ενώ με τη τιμή 0 δηλώνει πως δεν γνωρίζει.

CorrectingOutputLayer(): Αυτό το βήμα έχει να κάνει με την εκμάθηση του δικτύου, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η αλλαγή των τιμών του πίνακα βαρών 3, ο οποίος δείχνει ποια από τα επιλεγμένα συμπτώματα δηλώνουν πρόσληψη του ασθενή από τον covid19.

Στόχος της συγκεκριμένης συνάρτησης είναι να βρει ποια είναι τα κατάλληλα βάρη που πρέπει να δώσει στον πίνακα βαρών 3, δηλαδή να βρει ποια συμπτώματα σχετίζονται με τον covid19 και ποια όχι.

Η συνάρτηση που κάνει την διόρθωση παίρνει το τελικό αποτέλεσμα του δικτύου και το συγκρίνει με την γραμμή του πίνακα που δείχνει τα αποτελέσματα των ασθενών για covid19 για τον συγκεκριμένο ασθενή. Αν οι τιμές είναι διαφορετικές τότε υφίσταται αλλαγών τιμών στον πίνακα βαρών 3.

Στην περίπτωση που ο ασθενής δεν έχει covid19, αλλά το δίκτυο τον έβγαλε θετικό, ο αλγόριθμος διόρθωσης βρίσκει τα συμπτώματα που είχαν τιμή 1 ή -1 και στα κελιά του πίνακα βαρών 3 που πολλαπλασιάστηκαν μαζί τους αλλάζουν οι τιμές σε 0 και 1 αντίστοιχα.

Έτσι, στον επόμενο ασθενή τα συμπτώματα που έβγαλαν τον αρνητικό στον covid19 ασθενή θετικό πολλαπλασιάζονται πλέον με 0, άρα δεν συμπεριλαμβάνονται στην διάγνωση. Αντίθετα, τα συμπτώματα που έβγαλαν τον ασθενή αρνητικό συμπεριλαμβάνονται στην επόμενη διάγνωση.

Αντίστοιχα στην περίπτωση που ο ασθενής έχει covid19, αλλά το δίκτυο τον βγάλει αρνητικό, ο αλγόριθμος βρίσκει πάλι τα συμπτώματα που είχαν τιμή διαφορετική του 0 και αλλάζει τα βάρη με τα οποία είχαν πολλαπλασιαστεί για την εξαγωγή αποτελέσματος. Αυτή τη φορά τα συμπτώματα με τιμή -1, στο βάρος τους δίνεται η τιμή 0, ενώ σε αυτά με την τιμή 1 στα βάρη τους δίνεται η τιμή 1.

Τα συμπτώματα που είχαν τιμή 0 ο αλγόριθμος τα αγνοεί, αφού δεν συμμετείχαν στην εξαγωγή αποτελέσματος.

Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου είναι ο καινούριος πίνακας βαρών 3 που θα χρησιμοποιηθεί για την διάγνωση covid19 του επόμενου ασθενή, όπως και το πόσες φορές έχει αλλάξει ο πίνακας βαρών 3.

Αποτελέσματα: Τρέχοντας τις παραπάνω συναρτήσεις μία φορά, δίνουν αποτελέσματα για έναν ασθενή. Τρέχοντας τις για όλους τους ασθενείς, το τελικό αποτέλεσμα είναι ο πίνακας με όλες τις προβλέψεις του δικτύου, καθώς επίσης και ο τελικός πίνακας βαρών 3. Είναι φανερό πως ο πίνακας που εξάχθηκε είναι πολύ διαφορετικός από τον πίνακα που περιμέναμε, πράγμα που δείχνει πως χρειάζονται περισσότερα δεδομένα για την εκπαίδευση του δικτύου.

5.2.5 Συμπεράσματα

Η MATLAB δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να εισάγουν πίνακα δεδομένων σε ό,τι τύπο δεδομένων επιθυμούν. Έτσι, οι χρήστες μπορούν εύκολα να αντικαταστήσουν μη αριθμητικές τιμές με αριθμούς προκειμένου να εφαρμόσουν τις μαθηματικές πράξεις πάνω στις οποίες δουλεύουν τα νευρωνικά δίκτυα.

Τα νευρωνικά δίκτυα χρειάζονται μεγάλο όγκο δεδομένων προκειμένου να εκπαιδευτούν να βγάζουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το UI της MATLAB κάνει την εισαγωγή δεδομένων πολύ πιο εύκολη, αφού δεν χρειάζεται κώδικας για το άνοιγμα αρχείου. Η χρήση κώδικα προς την εύρεση του μονοπατιού, ώστε να βρεθεί το κατάλληλο αρχείο και στην συνέχεια κατάλληλη παραμετροποίηση μεταβλητών ούτως ώστε να εξαχθούν τα επιθυμητά δεδομένα, αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία και πολλές φορές και άχρηστη αφού τα μονοπάτια αρχείων διαφέρουν από συσκευή σε συσκευή.

Ένα νευρωνικό δίκτυο, ανάλογα με τις ανάγκες του έργου, μπορεί να έχει πολύ μεγάλο αριθμό layer, καθώς επίσης και πολύ μεγάλο αριθμό κόμβων σε κάθε layer.

Η ανάθεση βαρών σε κάθε συνδυασμό κόμβων του δικτύου μπορεί να αποτελέσει διαδικασία που προκαλεί μπέρδεμα και σύγχυση στον προγραμματιστή, ειδικότερα αν αυτές οι τιμές βρίσκονται ανάμεσα σε χιλιάδες γραμμές κώδικα. Η δημιουργία πινάκων βαρών σε .csv/.txt αρχεία είναι ιδιαίτερα εύχρηστη αφού ο προγραμματιστής μπορεί να ορίσει νοητά σε ποιους κόμβους και σε ποια layers αντιστοιχούν οι γραμμές και οι στήλες κάθε πίνακα που δημιουργεί.

Επίσης, το γεγονός πως τα νευρωνικά δίκτυα επιτελούν μαθηματικές πράξεις καθιστά τη MATLAB ιδανική εφαρμογή για τον γρήγορο υπολογισμό πράξεων ακόμα και για πολύ μεγάλα δίκτυα.

5.3 Simulation

5.3.2 Ορισμοί

Προσομοίωση: Η αναπαράσταση λειτουργίας μιας πραγματικής διαδικασίας ή ενός συστήματος. Προϋποθέτει τη χρήση μοντέλων, τα οποία αποτυπώνουν τα βασικά χαρακτηριστικά και συμπεριφορές του επιλεγμένου συστήματος ή διαδικασίας.

-Google

5.3.3 Σκοπός

Σκοπός της συγκεκριμένης άσκησης είναι η αναπαράσταση κοινωνικού φαινομένου χρησιμοποιώντας το εργαλείο Simulink του MATLAB, το οποίο παρέχει μπλοκ για την κατασκευή συστημάτων.

5.3.4 Σχεδίαση

Ερευνώντας τα έτοιμα παραδείγματα, που παρέχονται στην ιστοσελίδα MathWorks και συγκεκριμένα στην σελίδα με τις εφαρμογές που έχουν υλοποιηθεί με την χρήση του Simulink, παρατηρήθηκε πως οι έξοδοι των συστημάτων εκφράζονται υπό την μορφή γραφικών παραστάσεων, καθώς το εργαλείο ειδικεύεται σε συστήματα επεξεργασίας και αναπαραγωγής σήματος.

Κανένα από τα παρεχόμενα παραδείγματα δεν ήταν, από άποψη υλοποίησης και σχεδιασμού, κοντά σε σύστημα προσομοίωσης κοινωνικού φαινομένου, καθώς επίσης, δεν υπήρχε ούτε ένα που να περιέχει αλγόριθμο τεχνητής νοημοσύνης.

5.3.4 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, λοιπόν, σύμφωνα με τα παραπάνω, η κατάληξη είναι πως το εργαλείο Simulink δεν επιτρέπει την ανάπτυξη εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης, αποκαλύπτοντας έναν σημαντικό περιορισμό της εφαρμογής MATLAB.

6. Συμπεράσματα και Προοπτικές

6.1 Συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάστηκαν οι βασικότερες δυνατότητες και εργαλεία της εφαρμογής MATLAB. Σε αυτό το σημείο της διπλωματικής ο αναγνώστης έχει αποκτήσει την γενική εικόνα των εφαρμογών που μπορούν να υλοποιηθούν από το MATLAB, μέσα από την περιγραφή των εργαλαιοθηκών, των παραδειγμάτων και των έργων που υλοποιήθηκαν και πως θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή για την δημιουργία δικών του έργων και συστημάτων.

Κατάφερα να δημιουργήσω μια αρκετά μεγάλη περίληψη συνοψίζοντας τις δυνατότητες των βασικότερων εργαλαιοθηκών, πράγμα που δεν υπάρχει πουθενά στην ιστοσελίδα MathWorks. Αυτή η περίληψη παρέχει στους αναγνώστες την γνώση να αντιληφθούν το εύρος και την ποικιλία των εφαρμογών που μπορούν να υλοποιηθούν μέσω MATLAB, καθώς επεκτείνεται σε διαφορετικά πεδία και κλάδους εξειδίκευσης, πράγμα που ακόμα και άτομα που έχουν εμπειρία με το MATLAB αγνοούν. Αυτό συμβαίνει διότι οι προγραμματιστές εστιάζουν στην εύρεση εργαλείων για την ολοκλήρωση του προγράμματος που αναπτύσσουν και ξεχνάνε να ερευνήσουν το πραγματικό εύρος εφαρμογών της πλατφόρμας.

Με την δημιουργία των έργων τεχνητής νοημοσύνης και την λεπτομερή επεξήγηση της λειτουργίας τους και των βημάτων που ακολουθήθηκαν, ο αναγνώστης μπορεί να μεταβεί ομαλά σε χρήστη της εφαρμογής MATLAB, εφόσον ξέρει βασικούς κανόνες προγραμματισμού. Σε αντίθεση με τα παραδείγματα που παρέχονται στην ιστοσελίδα MathWorks, τα υλοποιημένα έργα της διπλωματικής δεν παρέχουν απλώς μερικές γραμμές κώδικα για αντιγραφή και επικόλληση, αλλά χρησιμοποιούν τις γνώσεις από τα προηγούμενα κεφάλαια, ώστε να μπορέσει ο αναγνώστης να δει από την αρχή μέχρι το τέλος την λογική και τον τρόπο ανάπτυξης κώδικα, τόσο από πλευράς προσέγγισης επιλογής κατάλληλων εργαλαιοθηκών και εργαλείων-συναρτήσεων, όσο και στον τρόπο υπολογισμού πράξεων μεταξύ πινάκων που πραγματοποιούνται κατά το τρέξιμο του κώδικα.

Από τις τρεις εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης δεν υλοποιήθηκε η τρίτη που αφορούσε δημιουργία συστήματος αναπαράσταση κοινωνικού φαινομένου. Ο λόγος αδυναμίας υλοποίησης, όπως αναλύεται και στο αντίστοιχο κεφάλαιο, είναι πως το Simulink δεν υποστηρίζει συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, γεγονός που αποτελεί περιορισμός των δυνατοτήτων του MATLAB.

Κατά τα άλλα, δεν βρέθηκαν περαιτέρω περιορισμοί, παρά μόνο η αδυναμία επεξεργασίας αλφαριθμητικών σειρών μέσα σε ένα λογικό χρονικό διάστημα.

6.2 Προοπτικές/ Επόμενα Βήματα

Ως συνέχιση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, που έχει ως στόχο την παρουσίαση των δυνατοτήτων του MATLAB, θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια καινούρια εργαλειοθήκη, η οποία είτε θα ανήκει σε μια ήδη υπάρχουσα ομάδα εργαλειοθηκών, είτε θα αποτελέσει το πρώτο βήμα στην επέκταση του MATLAB σε έναν νέο επιστημονικό κλάδο και θα παρέχει, φυσικά, δικές της νέες συναρτήσεις που θα αυτοματοποιούν, χρήσει μαθηματικών πινάκων, διάφορες διεργασίες του εισαγόμενου κλάδου.

Μια άλλη προοπτική είναι εξέλιξη του Simulink με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορεί να δημιουργήσει συστήματα τεχνητής νοημοσύνης. Πιστεύω πως είναι εφικτό κανείς να δημιουργήσει καινούριο τύπο node, το οποίο θα εισάγει στην λίστα εργαλείων του Simulink. Το node αυτό θα είναι προγραμματισμένο έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να εισάγει παραμέτρους, όπως αριθμό κόμβων ή ακμών, καθώς επίσης τις συναρτήσεις επεξεργασίας ή τα βάρη αντίστοιχα, αλλά και το αν πρόκειται για επίπεδο εισόδου ή εξόδου. Το τελικό αποτέλεσμα θα παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας νευρωνικού δικτύου σε περιβάλλον προσομοίωσης και σαν έξοδο το Simulink θα είναι σε θέση να αναπαράγει τα αριθμητικά αποτελέσματα για κάθε επίπεδο σε μορφή γραφικών παραστάσεων κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης.

7. Αναφορές

addPartOfSpeechDetails. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ref/tokenizeddocument.addpartofspeechdetails.html>

Analyze Sentiment in Text. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ug/analyze-sentiment-in-text.html>

Audio Toolbox. () In MathWorks. <https://uk.mathworks.com/products/audio.html>

Automated Driving Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/automated-driving.html>

Bioinformatics Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/bioinfo.html>

Computer Vision Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/computer-vision.html>

corpusLanguage. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ref/corpuslanguage.html>

Correct Spelling in Documents. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ug/correct-spelling-in-documents.html>

Create Actor and Vehicle Trajectories. (). In MathWorks.

<https://www.mathworks.com/help/driving/ug/create-actor-and-vehicle-trajectories.html>

Curve Fitting Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/curvefitting.html>

Database Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/database.html>

Deep Learning Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/deep-learning.html>

DSP HDL Toolbox. (). In MathWorks. <https://uk.mathworks.com/products/dsp-hdl.html>

DSP System Toolbox. (). In MathWorks. <https://uk.mathworks.com/products/dsp-system.html>

Econometrics Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/econometrics.html>

erasePunctuation. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ref/tokenizeddocument.erasepunctuation.html>

Extract Text Data from Files. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ug/extract-text-data-from-files.html>

Financial Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/finance.html>

Generate Domain Specific Sentiment Lexicon. () In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ug/generate-domain-specific-sentiment-lexicon.html>

Image Processing Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/image.html>

Lidar Toolbox. (). In MathWorks. <https://uk.mathworks.com/products/lidar.html>

Mapping Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/mapping.html>

MATLAB Parallel Server. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/matlab-parallel-server.html>

MATLAB Report Generator. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/matlab-report-generator.html>

Medical imaging Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/medical-imaging.html>

Navigation Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/navigation.html>

normalizeWords. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ref/normalizewords.html>

tokenizedDocument. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ref/tokenizeddocument.html>

Parallel Computing Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/parallel-computing.html>

Phased Array System Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/phased-array.html>

Prepare Text Data for Analysis. () In MathWorks

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ug/prepare-text-data-for-analysis.html>

Radar Toolbox. (). In MathWorks. <https://uk.mathworks.com/products/radar.html>

removeStopWords. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ref/tokenizeddocument.removestopwords.html>

Requirements Toolbox. (). In MathWorks

<https://uk.mathworks.com/products/requirements-toolbox.html>

Robotics System Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/robotics.html>

Sensor Fusion and Tracking Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/sensor-fusion-and-tracking.html>

Signal Processing Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/signal.html>

SimBiology. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/simbiology.html>

SimEvents. (). In MathWorks. <https://uk.mathworks.com/products/simevents.html>

Simulating Automatic Climate Control Systems. (). In MathWorks.

<https://www.mathworks.com/help/simulink/slref/simulating-automatic-climate-control-systems.html>

Simulink – Examples. (). In MathWorks.

<https://www.mathworks.com/help/simulink/examples.html>

Single Image Super Resolution Using Deep Learning. (). In MathWorks.

<https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ug/single-image-super-resolution-using-deep-learning.html>

Stateflow. (). In MathWorks. <https://uk.mathworks.com/products/stateflow.html>

Statistics & Machine Learning Toolbox. (). In MathWorks.

<https://uk.mathworks.com/products/statistics.html?requestedDomain=>

System Composer. (). In MathWorks. <https://uk.mathworks.com/products/system-composer.html>

Text Analytics Toolbox. (). In MathWorks.

<https://www.mathworks.com/products/text-analytics.html>

The Reddit Climate Change Dataset. (). In socialgrip.
https://socialgrip.com/datasets/the-reddit-climate-change-dataset?utm_source=reddit&utm_medium=link&utm_campaign=theredditclimatechangedataset

Train Speech Command Recognition Model Using Deep Learning. (). In MathWorks. <https://www.mathworks.com/help/audio/ug/train-speech-command-recognition-model-using-deep-learning.html>

Vision HDL Toolbox. (). In MathWorks.
<https://uk.mathworks.com/products/vision-hdl.html>

Visualize Text Data Using Word Clouds. (). In MathWorks.
<https://uk.mathworks.com/help/textanalytics/ug/visualize-text-data-using-word-clouds.html>

Wavelet Toolbox. (). In MathWorks.
<https://uk.mathworks.com/products/wavelet.html>