

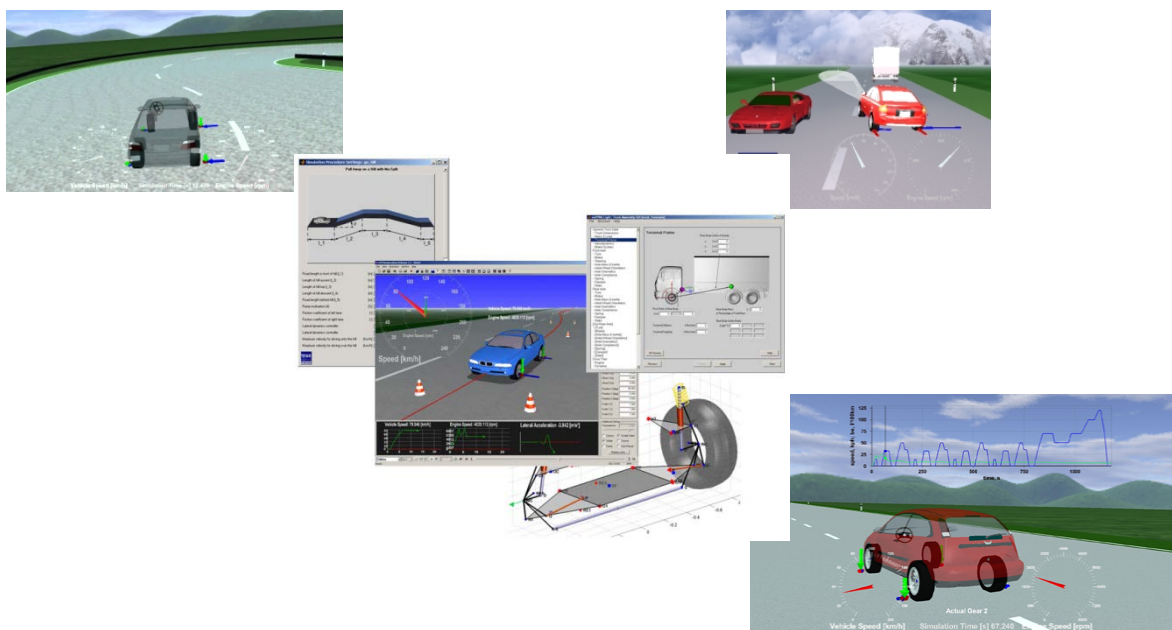


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Έλεγχος συστήματος ταχύτητας σε περιβάλλον *veDYNA*”



Φοιτητής : Καραμανής Ελευθέριος

Επιβλέπων Καθηγητής: Αναστάσιος Πουλιέζος

Χανιά, Σεπτέμβριος 2015

Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την προσομοίωση ενός οχήματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή στο περιβάλλον veDYNA και έχει σαν στόχο τον έλεγχο της ταχύτητας του οχήματος ώστε το όχημα να μην αποκλίνει της πορείας του.

Η ταχύτητα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που δεν μπορούμε να τους συνυπολογίσουμε όλους. Μερικοί από αυτούς είναι η γωνία camber η επιφάνεια και η ποιότητα των ελαστικών, το οδόστρωμα οι συνθήκες που επικρατούν (αέρας περιβάλλοντος, γεωμετρία οχήματος, χαρακτηριστικά κινητήρα υψομετρικές διαφορές της πίστας και πολλά ακόμα). Στον ελεγκτή γίνεται υπολογισμός της απόστασης που χρειάζεται μέχρι το όχημα να σταματήσει τελείως, δεδομένης μιας χρονικής στιγμής. Ο ελεγκτής λαμβάνει υπόψη του τη τρέχουσα ταχύτητα του οχήματος και τη κλίση του δρόμου ενώ για μεγαλύτερη ακρίβεια θα μπορούσε να ληφθεί υπόψη και η τελική ταχύτητα που θέλουμε να προσεγγίσουμε στο κάθε σημείο της πίστας και η κινητική ενέργεια που έχουν οι τροχοί σε κάθε σημείο της πίστας.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην δυναμική των οχημάτων και της ανάλυσης της ταχύτητας καθώς επίσης περιγράφεται και η προσομοίωση. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το περιβάλλον veDYNA, τα μοντέλα προσομοίωσης του οχήματος και επεξηγείται η βιβλιοθήκη του veDYNA. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου προσομοίωσης ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθεται η συζήτηση με τα συμπεράσματα της εργασίας τα οποία είναι ευνοϊκά για το μοντέλο μας.

Abstract

This paper discusses the simulation of a vehicle computer at veDYNA environment and aims to control the speed of the vehicle so that the vehicle does not deviate the course.

The speed depends on many factors that we can not take into account all. Some of them is the camber angle of the surface and the quality of tires, road surface conditions prevailing (air temperature, vehicle geometry, motor characteristics differences in height of the track and much more). In our controller now we calculate the distance needed to completely stop a given moment. As ways of improvement we can take into account the top speed we want to reach out to every part of the track, to consider the kinetic energy have the wheels at each point of the track.

The first chapter refers to the dynamics of the vehicle and the speed of analysis as well described and simulation. The second chapter analyzes the environment veDYNA, simulation models of the vehicle and explain the library veDYNA. The third chapter presents the results of the simulation model and the fourth chapter presents the discussion with the conclusions of the work which are favorable for our model.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας αυτής, τον Καθηγητή κ. Πουλιέζο για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πρακτικού μέρους, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην K. Marita Irmischer για την υποστήριξη που μου πρόσφερε από τη Γερμανία μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου πάνω στο πρόγραμμα vedyna και το Βαγγέλη Χατζητζάνο που με βοήθησε στη κατανόηση της βασικής δομής του προγράμματος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

Πρόλογος

Η Θεωρία Ελέγχου είναι ένας διεπιστημονικός κλάδος της μηχανικής και των μαθηματικών που ασχολείται με τη συμπεριφορά των δυναμικών συστημάτων των οποίων η συμπεριφορά τροποποιείται μέσω της δομής ανατροφοδότησης και των εντολών που λαμβάνουν από έναν ελεγκτή. Ο συνήθης στόχος της θεωρίας ελέγχου είναι να ελέγχει ένα σύστημα, έτσι ώστε η παραγωγή του να ακολουθεί ένα επιθυμητό σήμα ελέγχου, το οποίο ονομάζεται σήμα αναφοράς και μπορεί να έχει σταθερή ή μεταβαλλόμενη αξία. Ο Αυτόματος Έλεγχος είναι η εφαρμογή της Θεωρίας Ελέγχου για τη ρύθμιση κάποιων διαδικασιών χωρίς την άμεση παρέμβαση του ανθρώπου και αποτελεί σήμερα μια από τις σημαντικότερες περιοχές της επιστήμης και της τεχνολογίας γιατί είναι συνυφασμένος με την ανάπτυξη σχεδόν κάθε μορφής τεχνολογίας.

Η παρούσα διπλωματική στηρίζεται πάνω στην τεχνολογία σχεδίασης συστημάτων και στην εικονική εφαρμογή ελέγχου μέσω προσομοίωσης με μέλημα την ανώτερη δυνατή ταχύτητα που μπορεί να έχει το όχημα χωρίς να αποκλίνει της πορείας του. Το περιβάλλον του Vedyna ειδικεύεται στην προσομοίωση της δυναμικής συμπεριφοράς των τροχοφόρων οχημάτων, βασίζοντας την υλοποίησή του στο MATLAB και τη μοντελοποίηση του στο Simulink. Εμείς δημιουργούμε ένα νέο σύστημα ελέγχου της ταχύτητας επεμβαίνοντας σε ένα από τα 4 block ελέγχου ταχύτητας που περιέχει το VeDYNA για αυτό το σκοπό.

Συγκεκριμένα το κεφάλαιο 1 με κυρίαρχη την ενότητα 1.1., γίνεται μια εισαγωγή στην τεχνολογία ενώ η ενότητα 1.2 πραγματεύεται τον σκοπό της διπλωματικής εργασίας. Στην ενότητα 1.3 περιγράφεται ο επιστημονικός τομέας στον οποίο βασίζεται ο τομέας της δυναμικής των οχημάτων. Στην ενότητα 1.4 γίνεται ανάλυση της ταχύτητας του οχήματος το οποίο κινείται σε κεκλιμένο οδόστρωμα. Τέλος στην ενότητα 1.5 περιγράφεται η προσομοίωση.

Το κεφάλαιο 2 πραγματεύεται το περιβάλλον veDYNA. Ειδικότερα στην ενότητα 2.1 γίνεται αναφορά για το περιβάλλον veDYNA και της εφαρμογής αυτού

στη σύγχρονη αυτοκινητοβιομηχανία. Στην ενότητα 2.2 γίνεται λόγος για το μοντέλο του οχήματος που θα γίνει η προσομοίωση όπως επίσης και για τον σκελετό του μοντέλου. Στη ενότητα 2.3 αναφέρεται το μοντέλο προσομοίωσης του veDYNA και ο ρόλος που διαδραματίζει στον έλεγχο του οχήματος. Στην ενότητα 2.4 γίνεται αναφορά στο dyna road lib που αποτελεί βιβλιοθήκη του veDYNA. Η ενότητα 2.5 πραγματεύεται με τον έλεγχο των ελιγμών του οχήματος μέσω του veDYNA maneuver control.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα στην ενότητα 3.1 γίνεται λόγος για το μοντέλο πλευρικής κίνησης του οχήματος και της λειτουργίας του ελέγχου εκτροπής του, δηλαδή για τον ελεγκτή του τιμονιού του μοντέλου και τι στόχο έχει ο ελεγκτής στον έλεγχο του οχήματος. Στην ενότητα 3.2 γίνεται λόγος για τα s-splines.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται η συζήτηση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα στην ενότητα 4.1 γίνεται μια σύνοψη των όσων αναφέρονται στην εργασία στο εκάστοτε κεφάλαιο, ενώ στην ενότητα 4.2 γίνεται αναφορά στα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν από την εργασία και την προσομοίωση του μοντέλου στο περιβάλλον *veDYNA*.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή.....	
1.1. Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.....	
1.2. Σκοπός εργασίας.....	
1.3. Δυναμική & ταχύτητα.....	
1.3.1. Δυναμική των οχημάτων.....	
1.3.2. Ταχύτητα των οχημάτων.....	
1.4. Ανάλυση ταχύτητας.....	
1.5. Προσομοίωση.....	
1.5.1. Συστήματα και Μοντέλα Προσομοίωσης.....	
1.5.2. Ορισμός Matlab.....	
Κεφάλαιο 2 veDYNA.....	
2.1. Περιβάλλον ve DYNA.....	
2.2. Πρότυπο του οχήματος.....	
2.3. Μοντέλο Προσομοίωσης.....	
2.3.1. Παρουσίαση μοντέλου.....	
2.3.2. Περιγραφή μοντέλου.....	
2.4. DYNA road lib.....	
2.4.1. UserTrace.....	
2.4.2. Tesis Dynaware plot gui	
2.4.3. PID controller.....	
2.5. Έλεγχος ελιγμών του οχήματος.....	
2.5.1. Διαμήκης & Πλευρικός Έλεγχος.....	
2.5.2. Ο χρήστης του ελεγκτή ελιγμών.....	
2.5.3. Συντελεστές προσαρμογής ελέγχου.....	
Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα.....	
3.1. Μοντέλο πλευρικής κίνησης του οχήματος & έλεγχος εκτροπής.....	
3.1.1. Vehicle Dynamics.....	
3.2. S-splines.....	

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1. Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Ένας από τους τομείς που έχει στραφεί η τεχνολογία με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, είναι η ανάλυση της επίδραση διάφορων παραμέτρων ενός αυτοκινήτου που παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην δυναμική συμπεριφορά του οχήματος. Τέτοιοι παράμετροι μπορεί να είναι η ταχύτητα, το κέντρο βάρους του οχήματος, δυνάμεις που ασκούνται στο όχημα κ.λ.π

Στην ενότητα 1.4 γίνεται ανάλυση της ταχύτητας του οχήματος το οποίο κινείται σε κεκλιμένο οδόστρωμα, αναλύονται οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω και δίνονται οι τύποι με βάση τους οποίους υπολογίζεται η μέγιστη ταχύτητα την οποία θα πρέπει να έχει το όχημα για να μην παρεκκλίνει της πορείας του. Η προσομοίωση περιγράφεται στην ενότητα 1.5 όπου δίνεται ένας γενικότερος ορισμός και με ποιο τρόπο μπορεί να πραγματοποιηθεί, ενώ στην υποενότητα 1.5.1 αναλύονται τα μοντέλα και τα συστήματα προσομοίωσης. Τέλος στην υποενότητα 1.5.2 γίνεται αναφορά στη θεωρία ελέγχου και στο πρόγραμμα MATLAB.

1.2. Σκοπός εργασίας

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να προσομοιώσουμε ένα όχημα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω του προγράμματος veDYNA και να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα του ελεγκτή ταχύτητας του οχήματος.

Στο περιβάλλον προσομοίωσης που δημιουργήσαμε, αποσκοπούσαμε να μην αποκλίνει το όχημα από την πορεία του. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του ελεγκτή μας ο οποίος αποφασίζει αν θα πρέπει να μειώσει ή να αυξήσει τη τρέχουσα ταχύτητά του οχήματος πατώντας γκάζι ή φρένο αντίστοιχα.

1.3. Δυναμική και ταχύτητα

1.3.1. Δυναμική των οχημάτων

Το δυναμικό μοντέλο κίνησης εξετάζεται σε τροχιά σταθερής οριζόντιας ακτίνας στην οποία διερευνάται η συμβατότητα των στοιχείων χάραξης. Όλες οι ασκούμενες δυνάμεις και ροπές στο όχημα αναλύθηκαν σε ένα κινούμενο τρισδιάστατο σύστημα αξόνων, όπου το σημείο αναφοράς του συμπίπτει με το κέντρο

μάζας του οχήματος και αποτελείται από τον διαμήκη άξονα του οχήματος (X), τον εγκάρσιο (Y) και τον κάθετο (Z) στο όχημα αντίστοιχα. Εφαρμόζοντας τους νόμους της Μηχανικής, οι εξισώσεις που εκφράζουν την ισορροπία γύρω από κάθε άξονα, μετά τις σχετικές απλοποιήσεις, (Gillespie,1992) (εικόνα 1.1.) έχουν ως εξής:

$$\sum X_i = 0$$

$$m \frac{dv}{dt} = \sum U_i - \sum S_i \theta_i + \frac{mV^2}{R} \beta - mgs - A_d$$

$$\sum Y_i = 0$$

$$m \frac{dv}{dt} \beta = \sum S_i + \sum U_i \theta_i - \frac{mV^2}{R} + mge$$

$$\sum Z_i = 0$$

$$\sum P_i = mg + \frac{mV^2}{R} e - A_n$$

όπου :

m : μάζα του οχήματος (kg)

U_i : επιρροή πρόσφυσης (i άξονας) (N)

S_i : εγκάρσια δύναμη (N)

P_i : δύναμη που αναλαμβάνει ο τροχός (i άξονας) (N)

θ_i : γωνία απόκλισης της διεύθυνσης των τροχών ως προς το διαμήκη άξονα (rad)

V : ταχύτητα οχήματος (m/sec)

R : ακτίνα οριζόντιου κυκλικού τόξου (m)

β : γωνία πλαγιοδρόμησης οχήματος (rad)

g : επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81m/sec²)

s : κατά μήκος κλίση οδοστρώματος (%/100)

A_d : αεροδυναμική αντίσταση (N)

e : κλίση οδοστρώματος (%/100)

A_N : δυναμική άνωση (N)

Με δεδομένη την κατάσταση ισορροπίας γύρω από κάθε άξονα, προκύπτουν οι κάθετες, εγκάρσιες και διαμήκεις συνιστώσες των δυνάμεων ανάληψης φορτίου (P_i), εγκάρσιας (S_i) και διαμήκους (U_i) πρόσφυσης ανά άξονα αντίστοιχα (Mauromatis & Psarianos, 1999).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κίνηση του οχήματος μελετάται σε συνθήκες μετάδοσης ροπής τέτοιας ώστε το όχημα να βρίσκεται διαρκώς σε οριακή ολίσθηση. Αυτό σημαίνει ότι για την εισαγωγή της ιπποδύναμης του οχήματος στις εξισώσεις

κίνησης απαιτείται ένας συντελεστής εκμετάλλευσής της (n) δεδομένου ότι στις επιθυμητές συνθήκες κίνησης (οριακή ολίσθηση) δεν είναι εφικτή σε όλες τις περιπτώσεις η εκμετάλλευση του συνόλου (100%) της ονομαστικής.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο περιορισμός των αγνώστων, η επιτάχυνση του οχήματος εκφράστηκε με μεταβλητές που προκύπτουν από την γεωμετρία της οδού, την πρόσφυση των ελαστικών και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος. Συσχετίζοντας λοιπόν τις εξισώσεις και μετά τις αναγκαίες απλοποιήσεις προέκυψε μια 4ου βαθμού πολυωνυμική έκφραση της επιτάχυνσης, η οποία εμπεριέχει χαρακτηριστικά της γεωμετρίας της οδού, του οχήματος, αλλά και της αλληλεπίδρασης τροχού-οδοστρώματος. Είναι προφανές ότι προκειμένου να είναι δυνατός ο προσδιορισμός της ελάχιστης οριζόντιας ακτίνας, αναζητείται η μέγιστη δυνατή σταθερή ταχύτητα ή με άλλα λόγια ο μηδενισμός της εξίσωσης που εκφράζει η επιτάχυνση ως συνάρτηση των παραπάνω παραμέτρων (Dixon & Tires, 1996).

Η πλευρική δύναμη μπορεί να θεωρηθεί σαν το αποτέλεσμα της γωνίας ολίσθησης, ή η γωνία ολίσθησης σαν το αποτέλεσμα την πλευρικής δύναμης. Αν οι εμπρός τροχοί ενός αυτοκινήτου στραφούν, δημιουργείται γωνία ολίσθησης η οποία δημιουργεί πλευρική δύναμη και στη συνέχεια αυτή η δύναμη στρίβει το αυτοκίνητο. Όταν ένας πλευρικός άνεμος χτυπήσει ένα αυτοκίνητο, η δύναμη του ανέμου πρέπει να εξισορροπηθεί από τις πλευρικές δυνάμεις των ελαστικών λόγω της αλλαγής των γωνιών ολίσθησης. Όταν το αυτοκίνητο στρίβει (φυγόκεντρος δύναμη), ή όταν το αυτοκίνητο κινείται σε οδόστρωμα με κλίση (συνιστώσα βαρυτικής δύναμης), η πλευρική αυτή δύναμη εξισορροπείται από αλλαγές στις γωνίες ολίσθησης των ελαστικών που οδηγούν σε πλευρικές δυνάμεις στα ελαστικά. Η οπτική γωνία μας πρέπει κάθε φορά να προσαρμόζεται στην υπάρχουσα κατάσταση.

Για να επιταχυνθεί ή να επιβραδυνθεί ένα αυτοκίνητο, διαμήκεις δυνάμεις πρέπει να αναπτυχθούν μεταξύ των ελαστικών και του εδάφους, στα αποτυπώματα των ελαστικών. Καμία αλλαγή στην ταχύτητα (επιτάχυνση) δεν μπορεί να συμβεί χωρίς να εφαρμοστεί μία δύναμη, η οποία να ενεργεί στη μάζα του αυτοκινήτου, σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα.

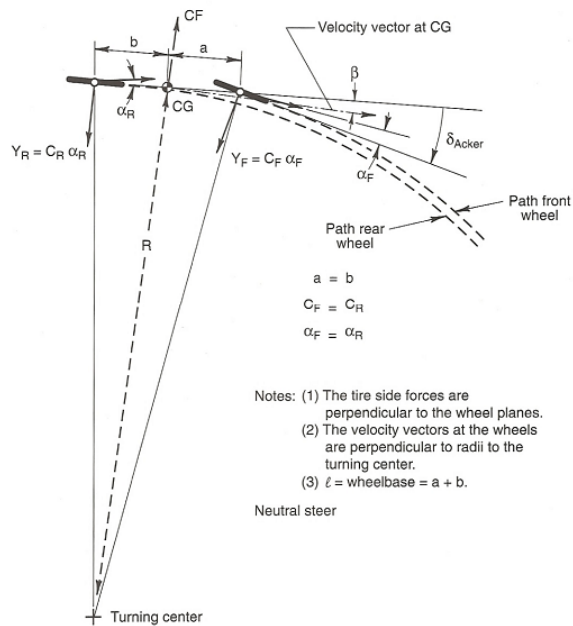
1.3.2. Ταχύτητα των οχημάτων

Τα ενεργά συστήματα που ελέγχουν την ασφάλεια του οχήματος, όπως το σύστημα ελέγχου ευστάθειας μπορούν να μειώσουν τον αριθμό των οδικών ατυχημάτων (Grip *et al.* 2008). Ωστόσο, τα συστήματα αυτά συνήθως εξαρτώνται από πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα του οχήματος, το ρυθμό εκτροπής και την γωνία περιστροφής. Σε γενικές γραμμές, το ποσοστό εκτροπής είναι σεβαστό, αλλά η ταχύτητα του οχήματος και η γωνία περιστροφής δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα σε σύγχρονα αυτοκίνητα, λόγω του κόστους και της όχι και τόσο μεγάλης αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να εκτιμηθεί, και η ακριβής και αξιόπιστη ταχύτητα του οχήματος και να ληφθούν υπόψη οι πληροφορίες που υπάρχουν για την γωνία περιστροφής του κάθε οχήματος που είναι πολύ σημαντικές για την ενεργητική ασφάλεια των συστημάτων ελέγχου (Leung *et al.* 2011).

Προκειμένου να επιτευχθεί η εκτίμηση της ταχύτητας του οχήματος και της γωνίας περιστροφής, μια νέα μέθοδος προτείνεται που βασίζεται στη δυναμική του οχήματος και στα στοιχεία μέτρησης που παρέχονται από τους αισθητήρες. Η ταχύτητα διαφοροποιείται σε σχέση με την διαφορετικότητα του δρόμου και τις συνθήκες τριβής στο κάθε σημείο.

Αν αυξήσουμε την ταχύτητα με την οποία εκτελείται η στροφή, τόσο ώστε να μην μπορούμε να παραλείψουμε την πλευρική επιτάχυνση συμβαίνουν τα εξής: η πλευρική επιτάχυνση του αυτοκινήτου δρα προς την κατεύθυνση του κέντρου της στροφής.

Για να έρθει το σύστημα σε ηρεμία λαμβάνουμε υπόψη μας την φυγόκεντρο δύναμη. Η ισορροπία που επιτυγχάνεται είναι όμοια με αυτήν μίας μπάλας που περιστρέφεται δεμένη με μία κλωστή, γύρω από σταθερό κέντρο (εικόνα 1.4.).

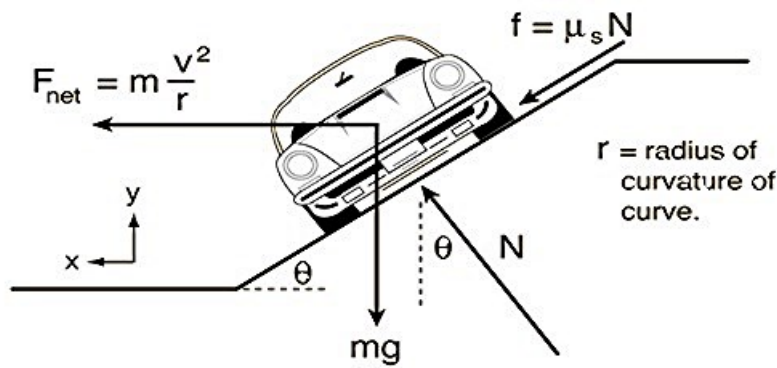


Εικόνα 1.4. Δυνάμεις σε σχέση με την γωνία στροφής.

1.4. Ανάλυση ταχύτητας

Όπως θα παρατηρήσουμε παρακάτω στην εικόνα φαίνονται οι δυνάμεις οι οποίες ασκούνται στο όχημα που κινείται με μέγιστη ταχύτητα σε κεκλιμένο οδόστρωμα και σχηματίζει γωνία θ με το οριζόντιο επίπεδο.

Το F_{net} είναι η κεντρομόλος δύναμη που δέχεται το όχημα και ισούται με $m \times V^2/r$ δηλαδή μάζα του οχήματος \times ταχύτητα οχήματος²/ακτίνα από το κέντρο της κυκλικής τροχιάς. Το f είναι η δύναμη που δέχονται οι τροχοί λόγω πρόσφυσης με το οδόστρωμα και ισούται με $\mu_s \times N$, δηλαδή συντελεστής στατικής τριβής του ελαστικού με το οδόστρωμα \times την κάθετη αντίδραση που δέχεται από το οδόστρωμα. Το mg είναι το βάρος του οχήματος. Το θ είναι η γωνία μεταξύ κεκλιμένου οδοστρώματος και οριζόντιου επιπέδου (εικόνα 1.5.).



Force equations at maximum speed v , at threshold of sliding up incline.

$$\Sigma F_x = m \frac{v^2}{r} = N \sin \theta + \mu_s N \cos \theta$$

$$\Sigma F_y = 0 = N \cos \theta - \mu_s N \sin \theta - mg$$

Solving this pair of equations for the maximum speed v gives:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{rg(\sin \theta + \mu_s \cos \theta)}{\cos \theta - \mu_s \sin \theta}}$$

The limiting cases are:

$$v_{\max} = \sqrt{rg \tan \theta}$$

Frictionless case

$$v_{\max} = \sqrt{rg \mu_s}$$

Flat roadway

Εικόνα 1.5. Οι δυνάμεις που ασκούνται στο όχημα που κινείται σε κεκλιμένο επίπεδο και ακολουθεί ανάλυση της συνισταμένης των δυνάμεων ως προς X και ως προς Y . Τέλος γίνεται ο υπολογισμός της μέγιστης ταχύτητας του οχήματος.

Ο τύπος που δίνει την μέγιστη ταχύτητα βρίσκει ισχύ στην περίπτωση που το οδόστρωμα έχει κλίση. Ο τύπος Frictionless case ισχύει στην περίπτωση που δεν υφίσταται τριβή με το οδόστρωμα ενώ ο Flat roadway ισχύει στην περίπτωση που το οδόστρωμα είναι επίπεδο. Ο τύπος Frictionless case προκύπτει αν βάλουμε το $\mu_s = 0$ ενώ στον τύπο Flat roadway αν βάλουμε ότι το θ είναι 0 προκύπτει ότι $\sqrt{rg \mu_s}$.

Για να υπολογίσουμε την μέγιστη απόσταση που θα διανύσει ένα όχημα ώστε να μεταβεί από μια ταχύτητα v_1 σε μια ταχύτητα v_2 λαμβάνοντας υπόψη τις υψομετρικές διαφορές που υπάρχουν στην αρχική και την τελική θέση του οχήματος καταλήξαμε στις παρακάτω εξισώσεις:

$$W_{O\Lambda A} = W_{O\Lambda B}$$

$$EKA + E\Delta A = EKT + E\Delta T + WT$$

$$T = mg \sin(\varphi)$$

$$\frac{1}{2}mUA^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mUt^2 + mgh_2 + \mu mg \cos(\varphi)X$$

$$X = \frac{UA^2 + 2gh_1 - Ut^2 - 2gh_2}{2g\mu \cos(\varphi)}$$

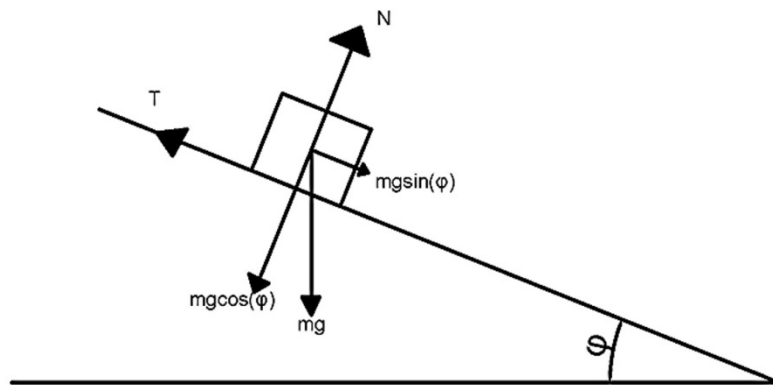
Εάν συνυπολογίσω και την ενέργεια των τροχών τότε θα έχω:

$$E_{KA} + E_{\Delta A} + E_{\tau\rho A} = E_{KT} + E_{\Delta T} + E_{\tau\rho T} + WT$$

$$\frac{1}{2}mUA^2 + mgh_1 + 4\frac{1}{2}I\omega_1^2 = \frac{1}{2}mUt^2 + mgh_2 + 4\frac{1}{2}I\omega_2^2 + \mu mg \cos(\varphi)X$$

όπου η ροπή αδράνειας του κάθε τροχού είναι $I = \frac{1}{2}mR^2$ και η γωνιακή ταχύτητα $\omega = \frac{U}{R}$

$$\text{Άρα } \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{4}MR^2\omega^2 = \frac{1}{4}MU^2$$



Ειδικότερα θεωρούμε ότι ισχύει η αρχή διατήρησης της ενέργειας για την αρχική και την τελική θέση του οχήματος, ενώ για να υπολογίσουμε την συνολική απόσταση που θα διανύσει το όχημα θεωρούμε ότι η τριβή μετατρέπεται σε έργο το οποίο ισούται με:

$$m \times g \times \eta \mu \phi \times X = W\tau$$

Επίσης θα μπορούσαμε να λάβουμε υπόψη για ένα καλύτερο και πιο ολοκληρωμένο αποτέλεσμα και την κινητική ενέργεια των τροχών η οποία ισούται με:

$$\frac{1}{2} I \times \omega^2$$

$$\text{Άρα } \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{4} \times mR^2 \times \omega^2 = \frac{1}{4} \times mv^2$$

Αυτό προκύπτει δεδομένου ότι η συνολική ροπή του κάθε τροχού ισούται με:

$$I = \frac{1}{2} mR^2$$

Ενώ η γωνιακή ταχύτητα ισούται με : $\omega = V/R$

Αρά πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί 4 για να προκύψει η συνολική κινητική ενέργεια για τους 4 τροχούς. Η παραπάνω εξίσωση λύνεται ως προς X ώστε να υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η απόσταση που θα διανύσει το όχημα.

όπου :

m = συνολική μάζα οχήματος

g = συντελεστής βαρύτητας $\sim 9,81$

ω = γωνιακή ταχύτητα τροχών

V_A = αρχική ταχύτητα οχήματος

V_T = τελική ταχύτητα οχήματος

h_1 = αρχικό ύψος οχήματος

φ = κλίση οδοστρώματος

I = ροπή αδράνειας τροχών

E_{KA} = αρχική κινητική ενέργεια οχήματος

$E_{\Delta A}$ = αρχική δυναμική ενέργεια οχήματος

E_{KT} = Τελική κινητική ενέργεια οχήματος

$E_{\Delta T}$ = Τελική δυναμική ενέργεια οχήματος

W_T = Συνολικό έργο που παράγεται από την τριβή από την στιγμή που ξεκινάει το φρενάρισμα.

1.5. Προσομοίωση

Προσομοίωση είναι η αναπαράσταση ενός συστήματος ή φαινομένου μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Μια προσομοίωση τρέχει σε έναν υπολογιστή ή ένα δίκτυο υπολογιστών, για να αναπαραγάγει τη συμπεριφορά ενός συστήματος. Χρησιμοποιείται ένα υπολογιστικό μοντέλο για την προσομοίωση του συστήματος.

Οι προσομοιώσεις σε υπολογιστές έχουν γίνει χρήσιμες στις επιστήμες όπως μηχανική, μαθηματικά, φυσική, αστρονομία, κλιματολογία, Χημεία, βιολογία κ.α. Η προσομοίωση ενός συστήματος αναπαρίσταται ως η λειτουργία του μοντέλου του συστήματος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξερευνήσουμε και να αποκτήσουμε

νέες γνώσεις σε νέες τεχνολογίες και να εκτιμηθεί η απόδοση των συστημάτων που είναι πολύ περίπλοκα και να παρέχει λύσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Οι προσομοιώσεις μπορεί να τρέχουν σε έναν υπολογιστή σε διαστήματα λίγων δευτερολέπτων έως και πολλών μερών μέχρι να καταλήξουν στα επιθυμητά αποτελέσματα. Η κλίμακα των γεγονότων που προσομοιώνεται σε υπολογιστή έχει υπερβεί κατά πολύ οτιδήποτε είναι δυνατόν. Παραδείγματα παρελθοντικών ετών είναι μια προσομοίωση που αφορούσε την μοντελοποίηση των 66.239 δεξαμενών, φορτηγών και άλλων οχημάτων σε προσομοιωμένο έδαφος γύρω από το Κουβέιτ. Επίσης το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας έχει πρόγραμμα εκσυγχρονισμού υψηλής απόδοσης υπολογιστών (Caltech, 1997).

Η προσομοίωση αποτελεί μία πειραματική μέθοδο που έχει ως σκοπό τη βελτιστοποίηση συστημάτων, την ανάλυση της ευαισθησίας τους και τη μελέτη της λειτουργίας τους. Ως πειραματική μέθοδος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πιστότητα του μοντέλου του συστήματος που χρησιμοποιείται, καθώς και από την επιλογή εκείνων των παραμέτρων που απαιτούνται για την εξαγωγή αξιόπιστων και χρήσιμων συμπερασμάτων. Η προσομοίωση με υπολογιστές αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο για τη μελέτη σύνθετων συστημάτων. Οι βελτιώσεις στον τομέα της μικροηλεκτρονικής δίνουν τη δυνατότητα μοντελοποίησης και ανάλυσης πολύπλοκων συστημάτων, τα οποία εκτελούνται σε ελάχιστο χρόνο (Ρουμελιώτης 2001).

1.5.1. Συστήματα και Μοντέλα Προσομοίωσης

Σε αυτή τη παράγραφο θα ορίσουμε και θα παρουσιάσουμε δύο βασικές έννοιες – κλειδιά, τις έννοιες του “Συστήματος” και του “Μοντέλου”. Αυτές οι έννοιες είναι απαραίτητες για τον καθορισμό ενός συγκεκριμένου επιπέδου επικοινωνίας με τον αναγνώστη. Επίσης οι έννοιες των συστημάτων και των μοντέλων είναι ουσιώδεις στην κατανόηση της μεθοδολογίας της προσομοίωσης.

1.5.2. Ορισμός Matlab

Το MATLAB (matrix laboratory) είναι ένα περιβάλλον αριθμητικής υπολογιστικής και μια προγραμματιστική γλώσσα τέταρτης γενιάς. Αποθηκεύει και κάνει τις πράξεις με βάση την άλγεβρα. Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων, ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για προγραμματισμό.

Στον τομέα των γραφικών όσον αφορά τον μαθηματικό κλάδο μπορεί να υλοποιήσει συναρτήσεις πραγματικές, μιγαδικές, πεπλεγμένες συναρτήσεις δύο μεταβλητών κ.α. Στον στατιστικό κλάδο μπορεί να υλοποιήσει, ιστογράμματα, τομεογράμματα, ραβδογράμματα, εμβαδογράμματα κ.α.

Κεφάλαιο 2 veDYNA

Το κεφάλαιο αυτό πραγματεύεται το περιβάλλον veDYNA επάνω στο οποίο πραγματοποιήθηκε το ερευνητικό κομμάτι της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ειδικότερα στην ενότητα 2.1 γίνεται αναφορά για το περιβάλλον veDYNA και της εφαρμογής αυτού στη σύγχρονη αυτοκινητοβιομηχανία. Στην ενότητα 2.2 γίνεται λόγος για το μοντέλο του οχήματος που θα γίνει η προσομοίωση όπως επίσης και για τον σκελετό του μοντέλου ο οποίος διαθέτει 4 ξεχωριστά block στα οποία μπορούμε να αλλάξουμε τις μεταβλητές της προσομοίωσης μέχρις ότου πετύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Στη ενότητα 2.3 αναφέρεται το μοντέλο προσομοίωσης του veDYNA και ο ρόλος που διαδραματίζει στον έλεγχο του οχήματος, ενώ στις υποενότητες 2.3.1 και 2.3.2 γίνεται παρουσίαση και περιγραφή του μοντέλου αντίστοιχα.

Στην ενότητα 2.4 γίνεται αναφορά στη dyna road lib που αποτελεί βιβλιοθήκη του veDYNA, ενώ στις υποενότητες 2.4.1 γίνεται αναφορά για το UserTrace, ενώ στην υποενότητα 2.4.2 γίνεται λόγος για το Tesis Dynaware plot gui. Στην υποενότητα 2.4.3 αναφέρεται ο PID Controler.

Η ενότητα 2.5 πραγματεύεται με τον έλεγχο των ελιγμών του οχήματος μέσω του veDYNA maneuver control. Πιο αναλυτικά στην υποενότητα 2.5.1 περιγράφεται ο Διαμήκης και Πλευρικός Έλεγχος του οχήματος, στην υποενότητα 2.5.2 γίνεται λόγος για τον χρήστη του ελεγκτή ελιγμών του οχήματος ενώ στην υποενότητα 2.5.3 αναφέρονται οι συντελεστές προσαρμογής ελέγχου καθώς και οι παράμετροι για την ρύθμιση των σημάτων ελέγχου ελιγμών.

2.1. Περιβάλλον ve DYNA

Το veDYNA είναι ένα ολοκληρωμένο λογισμικό για αποτελεσματική προσομοίωση του οχήματος σε πραγματικό χρόνο. Οι εφαρμογές της σειράς veDYNA από εννοιολογικής ανάπτυξης οχημάτων σε σχέση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και από δοκιμές σε εικονικές ή φυσικές πίστες δοκιμών ελέγχονται και δοκιμάζουν την δυναμική και την ανάπτυξη της ταχύτητας του οχήματος σε λογισμικό-in-the-loop και hardware-in-the-loop περιβάλλον. Τα διαφορετικά επίπεδα προϊόντος και οι πολλές βελτιώσεις των μοντέλων παρέχουν την τη βέλτιστη λύση για κάθε χρήστη.

Όλα τα προϊόντα veDYNA περιέχουν τα ίδια υψηλής ακρίβειας μοντέλα οχημάτων, τα οποία είναι εξίσου κατάλληλα για την προσομοίωση των επιβατικών αυτοκινήτων, all-wheel-drive σπορ οχημάτων και Formula 1 αγωνιστικών αυτοκινήτων. Για τη διαμόρφωση ρεαλιστικών οδηγικών ελιγμών, παρέχεται ένα ευέλικτο μοντέλο δρόμου και ένα ισχυρό μοντέλο οδηγού. Πολλοί πρότυποι ελιγμοί, όπως η αλλαγή λωρίδας ISO και φρενάρισμα σε m-split, καθώς και μαθήματα τεστ διαφορετικής πολυπλοκότητας είναι ήδη προ-ρυθμισμένα και περιλαμβάνονται στην εγκατάσταση.

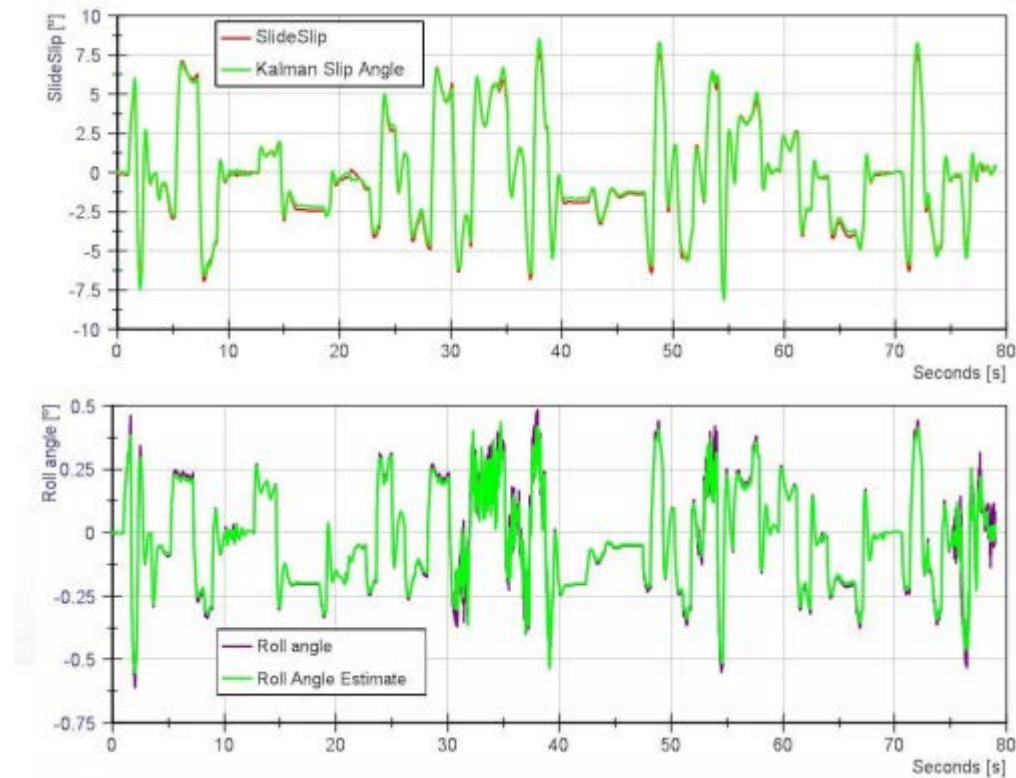
Η εφαρμογή και η αξιολόγηση των εικονικών δοκιμών οδήγησης υποστηρίζεται από προρυθμισμένες διαδικασίες του προγράμματος Matlab, του οποίου οι χαρακτηριστικές παράμετροι μπορούν να αλλάξουν μέσω γραφικών διεπαφών του χρήστη, οι οποίες προσαρμόζονται εύκολα στις απαιτήσεις του καθενός. Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων είναι δυνατή κατά τη διάρκεια του χρόνου εκτέλεσης της προσομοίωσης με το DYNA animation, το tool animation ή στο τέλος της προσομοίωσης μπορούμε να ορίσουμε 2D διαγράμματα.

Υπάρχουν διάφορα είδη veDYNA για κάθε απαίτηση όπως το veDYNA Standard εξειδικεύεται για τη δυναμική του οχήματος με μέγιστο βάθος αναλύσεων μοντελοποίησης. Το veDYNA Lightoffers που παρέχει δυναμική προσομοίωση με διαισθητική πρόσβαση στο όχημά και το εφαρμόζει σε πραγματικό χρόνο. Επίσης υπάρχει και το veDYNA Entry που είναι το γενικό μοντέλο του οχήματος ειδικά για εκπαιδευτική χρήση. Φυσικά γίνονται και βελτιώσεις μοντέλων ανάλογα με τις ανάγκες (www.thesis-dynaware.com).

Το VE Tesis Dynaware χρησιμοποιήθηκε κατά την περίοδο 2013-2014 για την προσομοίωση διαφορετικών χειρισμών προκειμένου να επικυρωθούν οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν. Τα δεδομένα της προσομοίωσης εξαγόταν σε ένα αρχείο excel, και στη συνέχεια εισάγονταν στο Labview για την επικύρωση. Ένα παράδειγμα των αλγορίθμων που δοκιμάστηκαν με το Tesis Dynaware είναι τα παρακάτω:

- Εκτίμηση της ταχύτητας
- Εκτίμηση της κυλινδρικής γωνίας
- Εκτίμηση της πλευρικής ταχύτητας
- Εκτίμηση της γωνίας πλαγιολίσθησης (Sideslip)

Στο παρακάτω γράφημα που γίνεται η σύγκριση των δεδομένων προσομοίωσης, το πράσινο είναι η εκτίμηση και το κόκκινο και το μωβ είναι το προσομοιωμένο (γράφημα 2.1).



Γράφημα 2.1. Σύγκριση των δεδομένων προσομοίωσης με τα πραγματικά με το VE Tesis Dynaware του προγράμματος veDYNA.

Τα δεδομένα για τη γωνία πλαγιολίσθησης και της κυλινδρικής γωνίας αντίστοιχα απέδειξαν ότι είναι ένα ανεκτίμητο εργαλείο και ήταν σε θέση να συγκρίνουν τα αποτελέσματα των αλγορίθμων σε προσομοιωμένα δεδομένα.

2.2. Πρότυπο του οχήματος

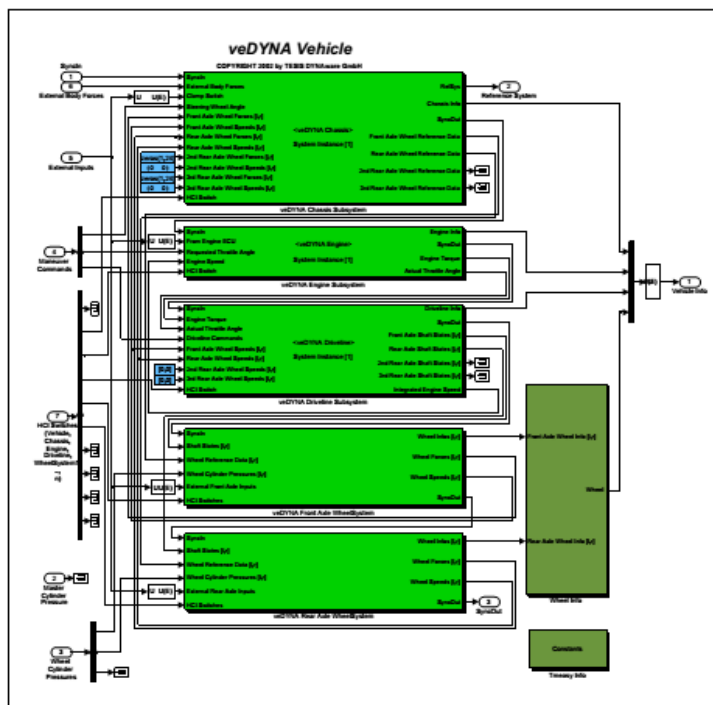
Ο σκελετός του μοντέλου του οχήματος διαθέτει ξεχωριστό μπλοκ για

- Το υποσύστημα του σασί (Chassis Subsystem) veDYNA
- Το υποσύστημα του κινητήρα (Engine Subsystem) veDYNA
- Το υποσύστημα της γραμμής μετάδοσης της κίνησης (Driveline Subsystem) veDYNA

- Το υποσύστημα του τροχού του άξονα (Axle Wheel Subsystems) veDYNA

Έχει ατομικές S-λειτουργίες με καθορισμένες παραμέτρους εισόδου και εξόδου που περιγράφουν τα εξαρτήματα του οχήματος. Τα μπλοκ του οχήματος περιέχουν σημαντικές μεταβλητές για την κατάσταση του. Η μεταφορά δεδομένων μεταξύ των μονάδων του μοντέλου του οχήματος ορίζεται μέσω καλά καθορισμένων μπλοκ πληροφοριών και επιπλέον φορέων δεδομένων μεταξύ των μονάδων.

Τα πλεονεκτήματα του σκελετού του μοντέλου του οχήματος είναι η διαφάνεια του σε σχέση με την εσωτερική δομή του οχήματος. Η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα στη δημιουργία ενός μοντέλου οχήματος λόγω της άμεσης πρόσβασης στις διασυνδέσεις μεταξύ συστατικών μοντέλων. Π.χ. ο ορισμός των δεικτών διεύθυνσης για το αριστερό και το δεξιό τροχό ανεξάρτητα. Η εύκολη και απλή ενσωμάτωση των ειδικών εξαρτημάτων του οχήματος του χρήστη μέσα στο μοντέλο του οχήματος. Επίσης υπάρχει μεγαλύτερη διαφάνεια και ευκολότερη πρόσβαση όσων αφορά μεταβλητές του οχήματος. Παρακάτω στην εικόνα 2.1 φαίνεται η δομή του μοντέλου του οχήματος.



Εικόνα 2.1 Πρότυπο του οχήματος veDYNA

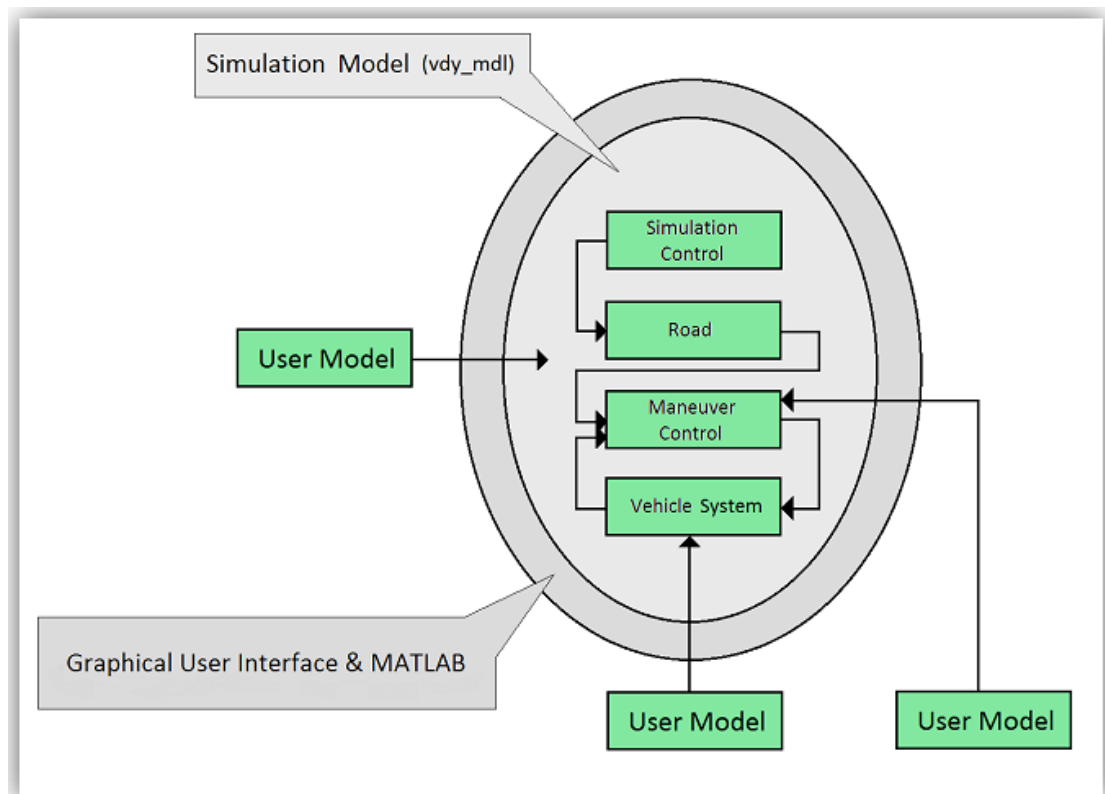
2.3. Μοντέλο Προσομοίωσης

Το μοντέλο προσομοίωσης του veDYNA είναι ένα μοντέλο του Simulink που είναι ένα εργαλείο καθορισμού της ροής δεδομένων σε δυναμικά συστήματα για την προσομοίωση των συστημάτων. Χρησιμοποιήσαμε την γλώσσα προγραμματισμού δηλαδή καθορίσαμε τα γραφικά στοιχεία του προγράμματος μέσω ενός κώδικα που συνθέτουν το υπολογιστικό μοντέλο. Το Simulink χρησιμοποιείται ευρέως στη θεωρία ελέγχου και την ψηφιακή επεξεργασία σήματος για τη διαδικασία της προσομοίωσης και τη μεθοδολογία Model-Based Design. Το Υπολογιστικό Μοντέλο (computer model) είναι μία αναπαράσταση ενός φυσικού συστήματος ή φαινομένου που θα πρέπει να αντιπροσωπεύει το σύστημα όσο πιο πιστά γίνεται.

2.3.1. Παρουσίαση μοντέλου

Το μοντέλο *veDYNA* χρησιμοποιείται για αναπαράσταση και προσομοίωση του αυτοκινήτου (ελεγχόμενο σύστημα), το οποίο αλληλεπιδρά άμεσα με το μπλοκ της ταχύτητας του αυτοκινήτου. Το Simulation Model αποτελεί το μοντέλο προσομοίωσης του veDYNA, περιλαμβάνει τα κύρια και βασικά μέρη του συνόλου των στοιχείων του veDYNA. Με το “Simulation Control” γίνεται η αρχικοποίηση του μοντέλου, στο μπλοκ “Road” φτιάχνεται η αρχικοποίηση του δρόμου πάνω στον οποίο βρίσκεται το όχημα, και το μπλοκ “Maneuver Control” περιέχει τα στοιχεία για την εκτέλεση των ελιγμών του οχήματος. Στο User Model του σχήματος μπορούμε να παρέμβουμε στο έτοιμο μοντέλο του veDYNA για να επεκτείνουμε τις δυνατότητές του μοντέλου αυτού, ή να το αλλάξουμε.

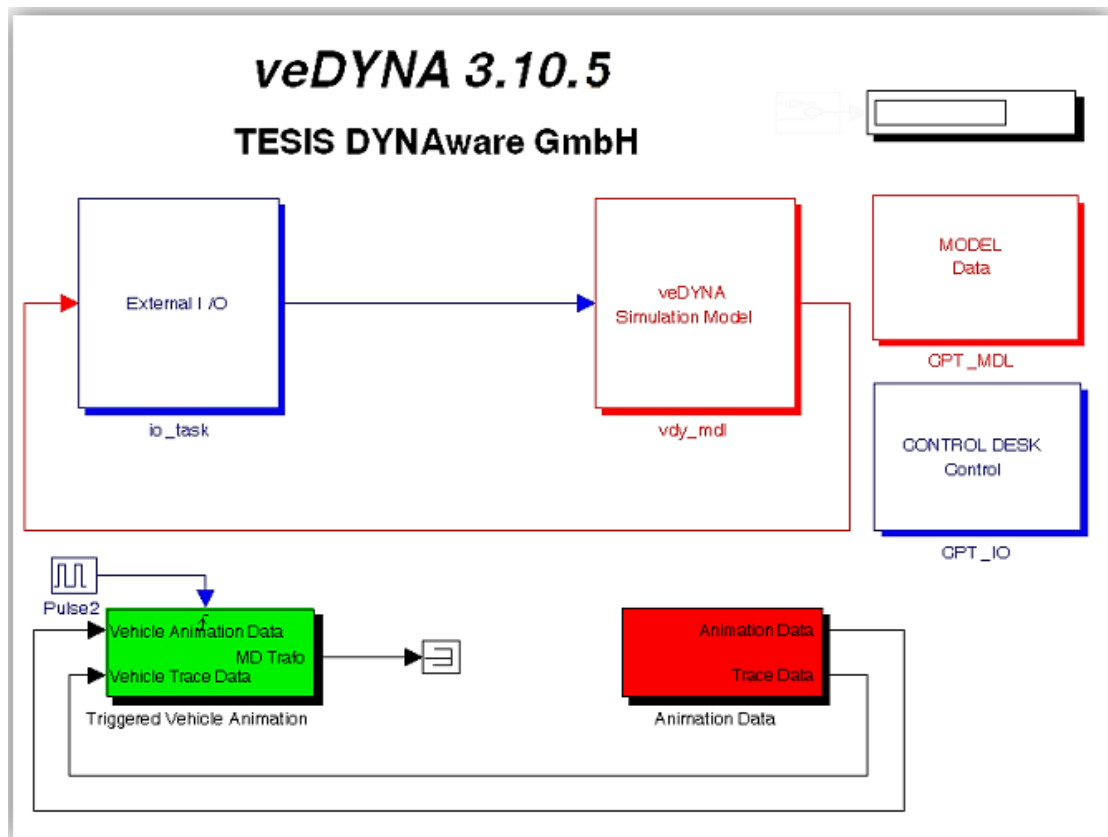
Ο χρήστης μπορεί να παρέμβει και να κάνει τροποποιήσεις στο αρχικό μοντέλο μέσα στο user model (εικόνα 2.2.). Στην ουσία ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει ή να δημιουργήσει μια νέα πίστα στην οποία θα τρέξει η προσομοίωση παρεμβαίνοντας στο block road, μπορεί να φτιάξει ένα δικό του ελεγκτή ελιγμών για τον έλεγχο της ταχύτητας και του τιμονιού παρεμβαίνοντας στο block maneuver control ή να φτιάξει ένα νέο ελεγκτή μέσα στο block vehicle system όπου θα ορίζονται νέες τιμές για οποιαδήποτε μεταβλητή εμείς επιθυμούμε.



Εικόνα 2.2 Γενική μορφή περιβάλλοντος λογισμικού veDYNA

2.3.2. Περιγραφή μοντέλου

Στην εικόνα 2.3 απεικονίζεται μια επισκόπηση ολόκληρου του μοντέλου του veDYNA, προσδιορίζοντας τα κύρια και τα δευτερεύοντα στοιχεία του μοντέλου αυτού. Για διευκόλυνση, χωρίζουμε αυτό το σχεδιασμό σε τρεις κατηγορίες: την κατηγορία με τα κύρια στοιχεία του μοντέλου, την κατηγορία με τα δευτερεύοντα στοιχεία του μοντέλου, και το κομμάτι με τα μπλοκ για το μέρος του Animation. Το μοντέλο αποτελείται από το veDYNA Simulation Model (vdy_md1) και External I/O (io_task) τα οποία αποτελούν τα κύρια στοιχεία του μοντέλου. Τα block Model Data (CPT_MDL), CONTROL DESK Control (CPT_IO), με τα blocks αυτά να είναι δευτερεύοντα στοιχεία του μοντέλου.

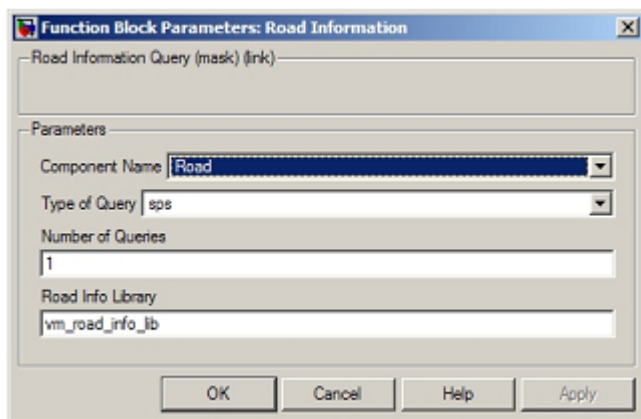


Εικόνα 2.3 Το μοντέλο προσομοίωσης του veDYNA

2.4. dyna road lib

Αυτή είναι η βιβλιοθήκη του veDYNA που καθορίζει όλες τις μεταβλητές που έχουν σχέση με το δρόμο. Περιέχει ένα πρότυπο υποσυστήματος με πληροφορίες μέσα στο μπλοκ για την πίστα στο πρόγραμμα veDYNA. Η βιβλιοθήκη ανοίγει πληκτρολογώντας `dyna_road_lib` στο παράθυρο εντολών MATLAB (εικόνα 2.4).

Οι πληροφορίες του μπλοκ μπορεί να τοποθετηθούν οπουδήποτε στο μοντέλο veDYNA Simulink. Η θύρα εξόδου (τα δεδομένα) αυτού του μπλοκ, παρέχουν άμεση πληροφόρηση για τις ιδιότητες για τις συντεταγμένες που ορίζονται στο μπλοκ εισόδου όσων αφορά την οδήγηση και την πορεία του οχήματος στην πίστα. Κάνοντας κλικ ανοίγει το road Information block. Αυτό είναι ένα μπλοκ το οποίο έχει ως είσοδο τις συντεταγμένες x,y του δρόμου και ως έξοδο τις προδιαγραφές του δρόμου στο σημείο αυτό.



Εικόνα 2.4 road block information

- SPS: Δίνει πληροφορίες για ένα σημείο στην κεντρική γραμμή του δρόμου με δεδομένη την SPS απόσταση από την αρχή του συστήματος. Η είσοδος αποτελείται από μία τιμή (SPS).
- xy: Είναι ένα αυθαίρετο σημείο του δρόμου που μπορούν να οριστούν οι συντεταγμένες X και Y ως προς την αρχή των αξόνων του συστήματος. Η είσοδος αποτελείται από ένα διάνυσμα με δύο τιμές (x, y).
- Sq: Ένα αυθαίρετο σημείο στο δρόμο μπορεί να ορίζεται από το κέντρο της γραμμής της απόστασης οδήγησης μέσω της προέλευσης του SPS και της απόστασης κάθετα προς την κεντρική γραμμή (q). Η είσοδος αποτελείται από ένα διάνυσμα με δύο τιμές (SPS, q). Για $q = 0$.

Η έξοδος του συγκεκριμένου μπλοκ είναι ένα διάνυσμα πλάτους 21, το οποίο περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

Sps: Απόσταση από την αρχή του δρόμου

q: πλευρική απόκλιση από το κέντρο οδήγησης

x: θέση x σε συντεταγμένες

y: θέση y σε συντεταγμένες

z: θέση z σε συντεταγμένες

mue ; συντελεστή τριβής του οδοστρώματος

vdrydtype: τύπος οδοστρώματος για την επιλογή των ελαστικών του υποσυνόλου δεδομένων

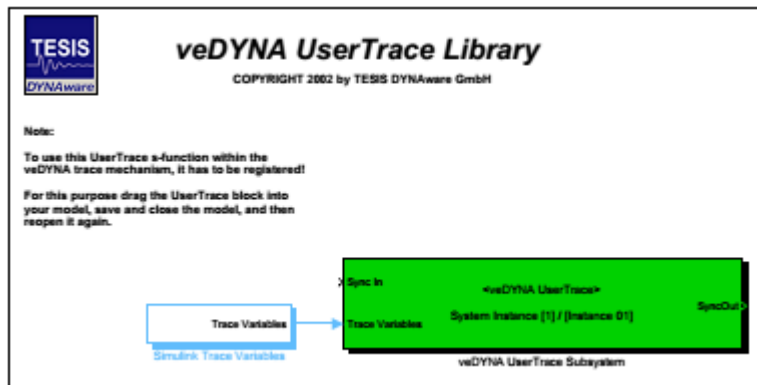
angle : εφαπτομένη γωνία με την γωνία του δρόμου (σε ακτίνια)

curvature: καμπυλότητα της οδήγησης

tx: συνιστώσα x της εφαπτομένης της οδήγησης, μοναδιαίο διάνυσμα
ty: συνιστώσα y της εφαπτομένης της οδήγησης, μοναδιαίο διάνυσμα
q slope: κλίση του δρόμου (κάθετη προς s)
s slope: άνοδος του δρόμου (κατά μήκος s)
x ref : συντεταγμένη X του κεντρικού σημείου αναφοράς της οδήγησης
y ref : συντεταγμένη Y του κεντρικού σημείου αναφοράς της οδήγησης
q max: όρια του δρόμου από τα αριστερά δεξιά
q min : όρια του δρόμου από τα δεξιά
roadend : Υπέρβασης της σημαίας που βρίσκεται στο τέλος του δρόμου δείχνοντας την απόσταση της πορείας οδήγησης.
roadside : Υπέρβασης της καθ 'οδών σημαίας στην οποία αναφέρεται το πόση απόσταση έχει ακόμη ο δρόμος.
length : Συνολικό μήκος του δρόμου
closed : αναφέρεται ότι η πορεία είναι κλειστή

Οι πληροφορίες αυτές παρέχονται για κάθε σημείο του δρόμου αρκεί να γίνουν οι ερωτήσεις με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω. Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση πολλαπλών ερωτημάτων με n_query σημεία οδήγησης το πλάτος του σήματος του φορέα παραγωγής είναι $n_query * 21$, οι φορείς εξόδου για κάθε σημείο που υπάρχουν ερωτήσεις παρατάσσονται διαδοχικά σύμφωνα με την αλληλουχία των τιμών εισόδου.

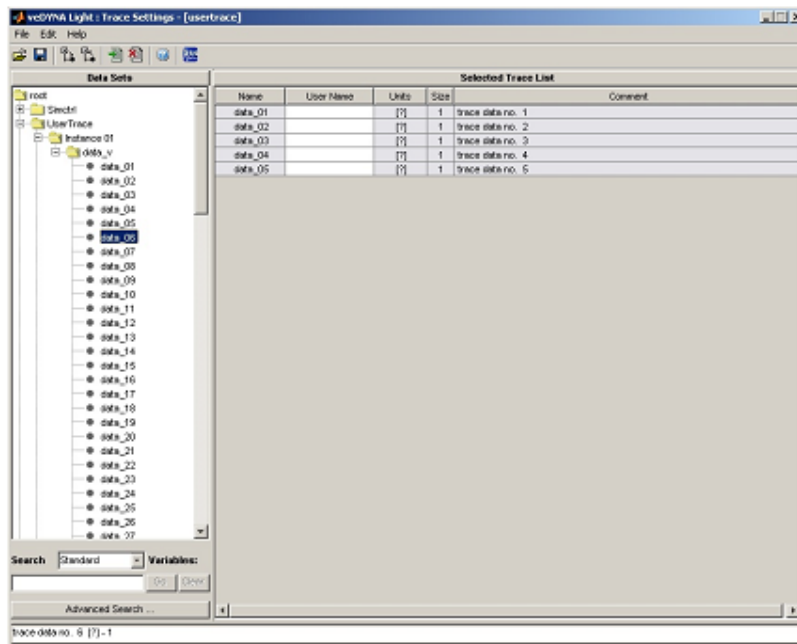
2.4.1. UserTrace



Εικόνα 2.5 User Trace Library.

Το veDYNA περιέχει πολλά εργαλεία και ένα από αυτά είναι το UserTrace. Μέσα σε αυτό το παράθυρο του veDYNA μπορούμε να ορίσουμε από την αρχή της προσομοίωσης τις μεταβλητές που επιθυμούμε να αποθηκεύονται και χρειάζεται να ανατρέξουμε σε αυτές στο τέλος της προσομοίωσης (εικόνα 2.5).

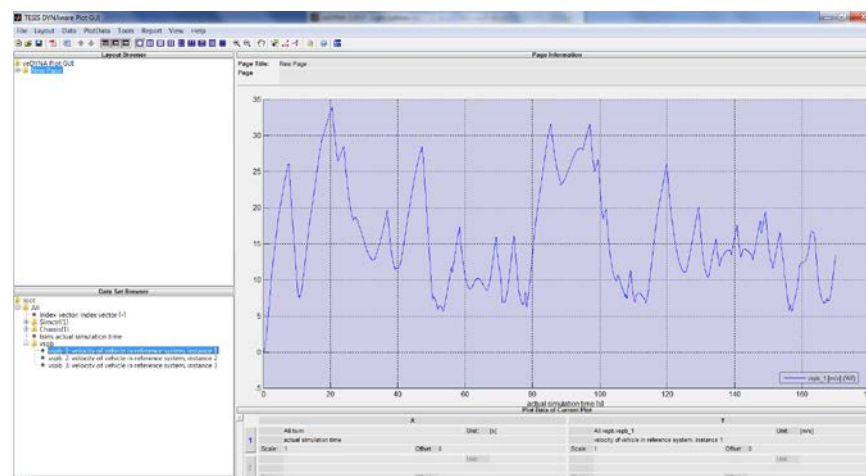
Επίσης μέσα στο Trace έχουμε την δυνατότητα να αναζητήσουμε μεταβλητές ή ακόμα και να κάνουμε σύγκριση αυτών με την βοήθεια σχεδιαγραμμάτων (εικόνα 2.6). Ο συνολικός αριθμός μεταβλητών που μπορούμε να αποθηκεύσουμε είναι ως 99. Όλες αυτές οι μεταβλητές αποθηκεύονται σε ένα αρχείο MATLAB.mat στο οποίο μπορούμε να ανατρέξουμε για να δούμε την εξέλιξη των μεταβλητών σε κάθε χρονική στιγμή.



Εικόνα 2.6 Σύσταση (Component) UserTrace στο Trace GUI

2.4.2 Tesis Dynaware plot gui

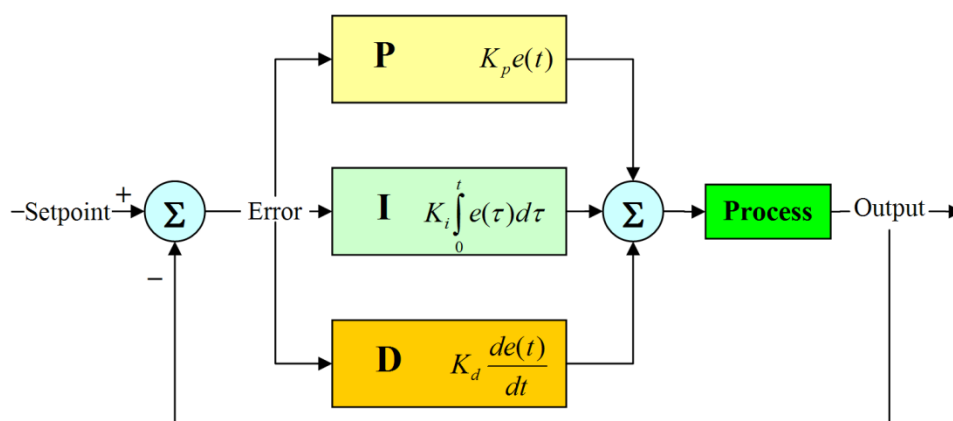
Αφού έχουμε ορίσει από την αρχή της προσομοίωσης τις μεταβλητές που επιθυμούμε ώστε στο τέλος της προσομοίωσης να ανατρέξουμε σε αυτές, μπορούμε να μεταβούμε στο plot gui του veDYNA και να δημιουργήσουμε μια σχηματική απεικόνιση των μεταβλητών αυτών σε σχέση με τον χρόνο ή σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μεταβλητή. Παρακάτω φαίνεται η εξέλιξη της ταχύτητας σε σχέση με το χρόνο (εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7 Η ταχύτητα σε σχέση με τον χρόνο

2.4.3 PID Controler

Ο P (proportional) ελεγκτής είναι ο αναλογικός ελεγκτής και εκφράζει το κατά πόσο θα πρέπει να αντιδράσει ο ελεγκτής δηλαδή να φρενάρει ή να επιταχύνει το όχημα. Ο I (integral) ελεγκτής είναι ο ολοκληρωτικός ελεγκτής και εκφράζει πόσο απότομα θα αντιδράσει το όχημα δηλαδή πόσο απότομα θα πατήσει γκάζι ή φρένο με βάση τις προηγούμενες τιμές που έχει πάρει ο ελεγκτής. Ο D(derivative) ελεγκτής είναι ο διαφορικός ελεγκτής, όπου ο συντελεστής βαρύτητάς του δείχνει πόσο απότομα θα πατήσει ο οδηγός γκάζι ή φρένο έχοντας ως γνώμονα το κατά πόσο συνεχίζει να επαναλαμβάνεται το σφάλμα (εικόνα 2.8).



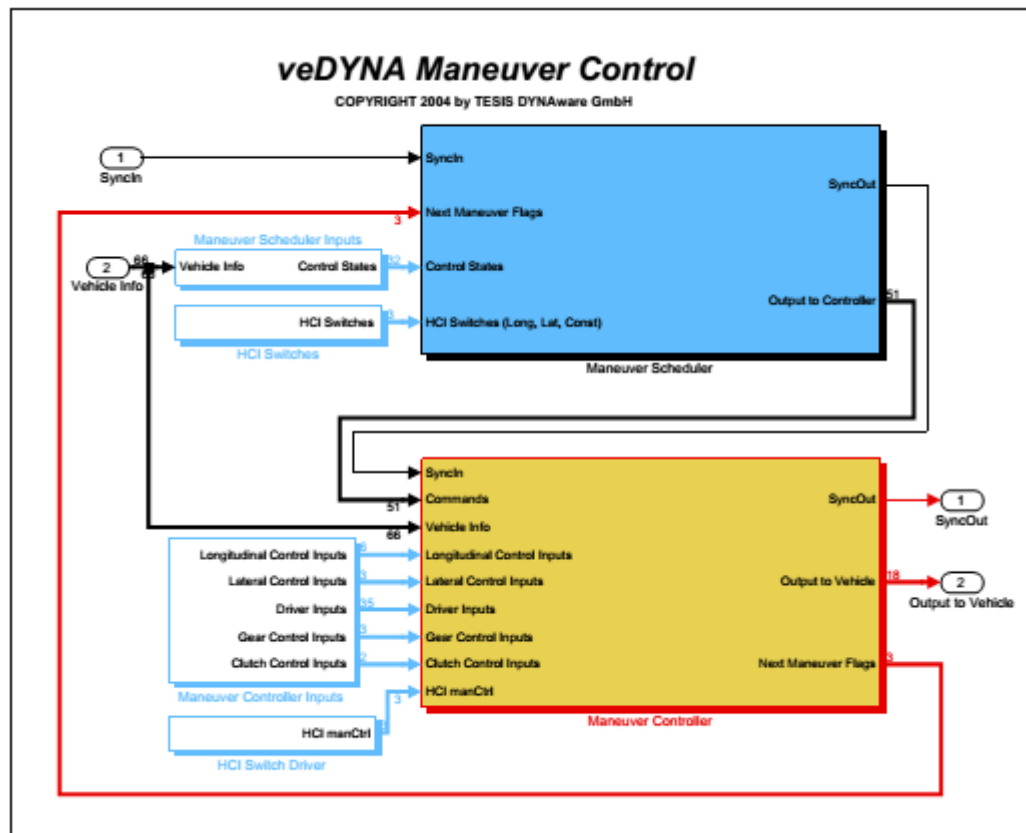
Εικόνα 2.8 PID ελεγκτής

2.5. Έλεγχος ελιγμών του οχήματος.

Το μπλοκ (vdy simctrl) του ελέγχου προσομοίωσης περιέχει την S-λειτουργία για τον έλεγχο της εκκίνηση των μοντέλων και για τον έλεγχο του μηχανισμού. Το μπλοκ (vdy road) περιέχει την S- Simulink για το δρόμο. Κύρια λειτουργία του είναι να προετοιμάσει το δρόμο και να παρέχει στοιχεία για το δρόμο (στροφές, κλίση, κατηφόρες κ.α). Τα δεδομένα μπορούν να προσεγγιστούν σε επίπεδο Simulink μέσω των Block πληροφοριών για τον κάθε δρόμο που πρόκειται να ακολουθήσει το όχημα. Το υποσύστημα του δρόμου αρχίζει με τα αρχεία που ορίζουν το πώς θα είναι ο δρόμος, τα οποία επιλέγονται και εφαρμόζονται μέσω του προγράμματος veDYNA GUI.

Το μπλοκ του ελιγμού ελέγχου (Maneuver Control) veDYNA περιέχει όλες τις S-λειτουργίες που απαιτούνται για να εκτελέσει έναν ελιγμό, ομαδοποιούνται

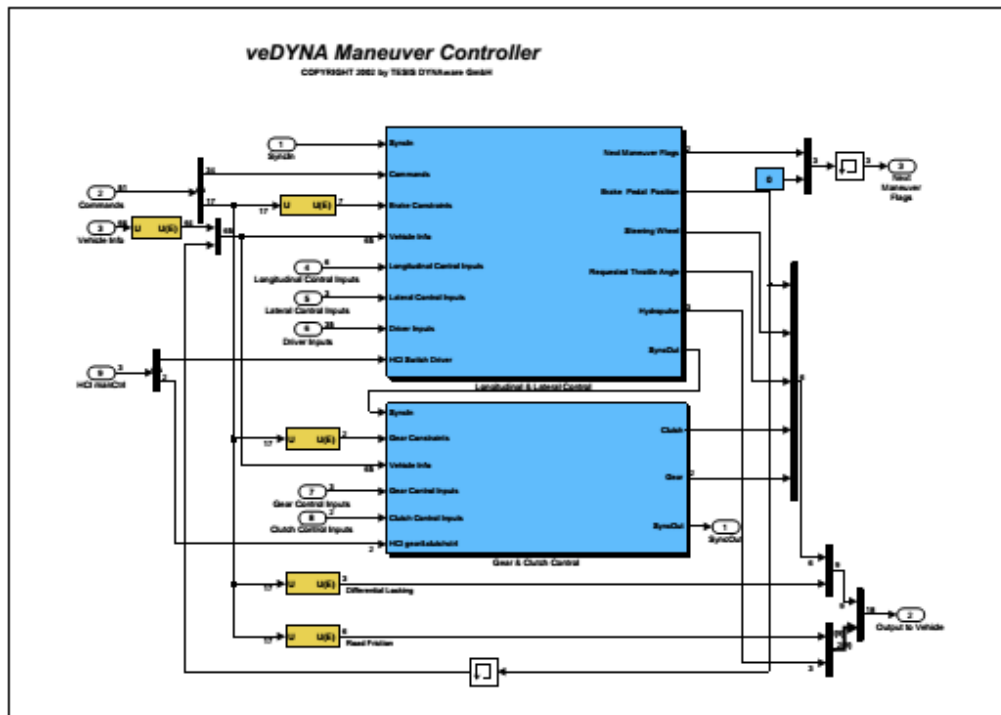
στο μπλοκ Maneuver Scheduler και στο Maneuver Controller. Επιπλέον, υπάρχουν τα μπλοκ Maneuver Controller Inputs, Maneuver Scheduler Inputs και HCI Inputs blocks τα οποία παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα ελιγμών (εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9 Μπλόκ ελέγχου ελιγμών στο veDYNA.

2.5.1. Διαμήκης & Πλευρικός Έλεγχος

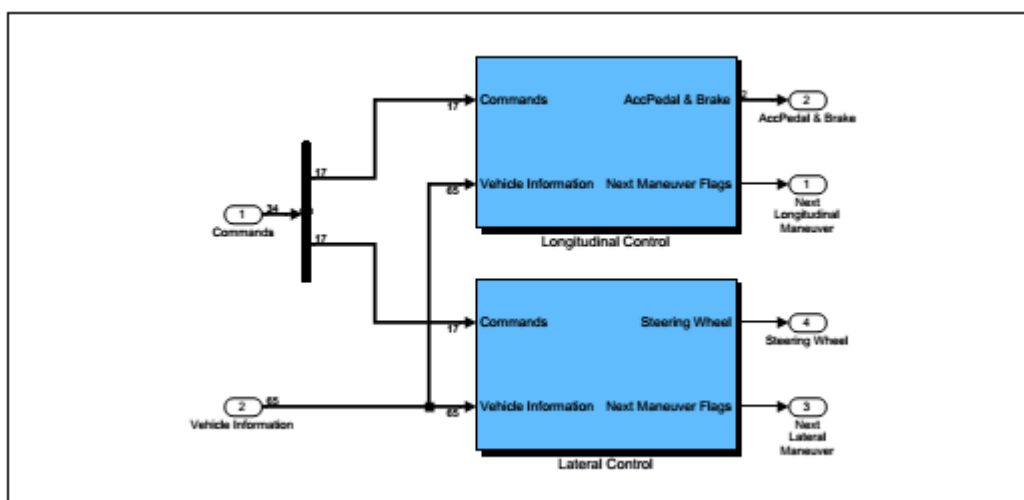
Ο ελεγκτής ελιγμών χωρίζεται σε μπλοκ Διαμήκη και πλευρικού έλεγχου και ελέγχου μεταξύ γραναζιού & συμπλέκτη όπως φαίνεται στην εικόνα 2.10. Τα μπλοκ Διαμήκη και πλευρικού έλεγχου περιλαμβάνουν τους ελιγμούς ελέγχου (Maneuver Control). Το μπλοκ Gear & συμπλέκτη Ελέγχου υλοποιεί τη λειτουργία του κιβωτίου ταχυτήτων και του συμπλέκτη (S-functions vdy gearctrl και vdy clutchctrl).



Εικόνα 2.10 Ελεγκτής ελιγμών του veDYNA

2.5.2. Ο χρήστης του ελεγκτή ελιγμών

Μια καλά καθορισμένη διεπαφή για τον χρήστη είναι ο ελεγκτής ελιγμών που βρίσκεται στο μπλοκ για τον διαμήκη και πλευρικό έλεγχο. Υπάρχει προκαθορισμένη λειτουργία κενού μπλοκ όπου ο χρήστης μπορεί να βάζει ή να καθορίζει ο ίδιος εντολές ελιγμών ή μπορεί ακόμη να προσθέσει ένα μοντέλο για εξωτερική οδήγηση αν αυτό απαιτείται (εικόνα 2.11).



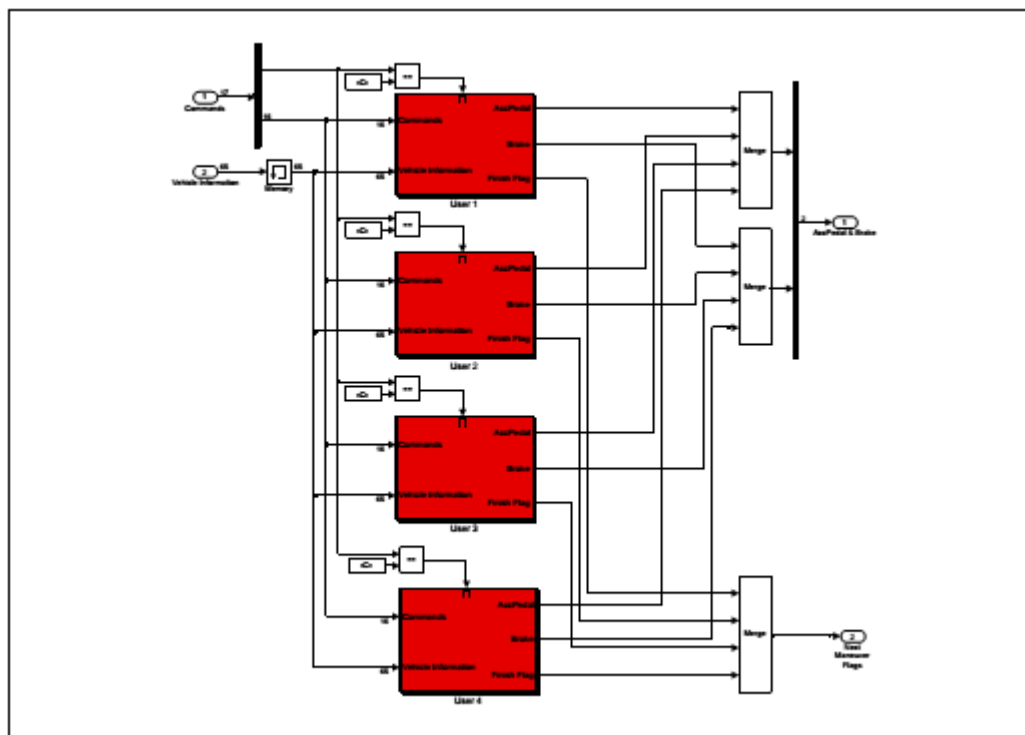
Εικόνα 2.11 Ο χρήστης του ελεγκτή ελιγμών του veDYNA

Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει από 1 έως 4 μπλοκ για τον διαμήκη και τον πλευρικό έλεγχο. Το κάθε μπλοκ ενεργοποιείται από τον main gui του Vedyna όπως επίσης και μέσα από τον ελεγκτή μας όπου μπορούμε να ορίσουμε υπό ποιες προϋποθέσεις θα χρησιμοποιείται το κάθε μπλοκ.

Longitudinal Control

Για τον έλεγχο της ταχύτητας παρεμβαίνουμε στο μπλοκ longitudinal control. Αυτό το μπλοκ έχει ως είσοδο τις μεταβλητές commands και vehicle info που στην ουσία είναι 16 και 65 διανύσματα αντίστοιχα τα οποία περιέχουν στην ουσία όλες τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε για τον έλεγχο της ταχύτητας. Η έξοδος του μπλοκ αυτού είναι στην ουσία τιμές από μηδέν έως ένα για το πεντάλ γκαζιού και πεντάλ φρένου (AccPedal & Brake') [0. . . 1]. Η (Finish Flag) σημαία τερματισμού δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να τερματίσει τη λειτουργία ελιγμών με την αλλαγή της Finish Flag [0-1].

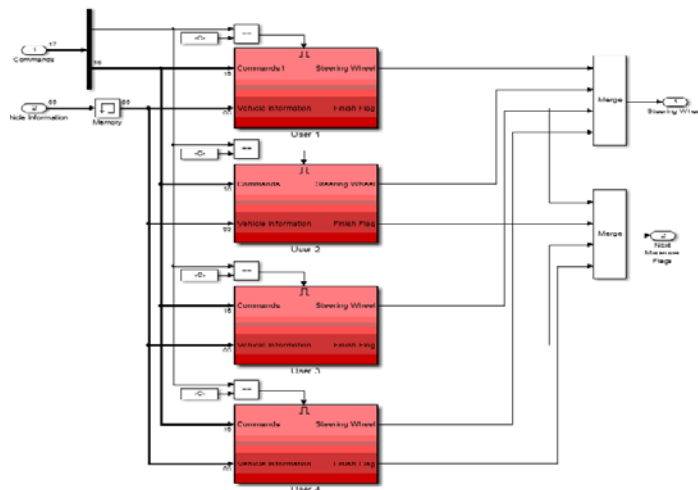
Παρακάτω φαίνονται τα 4 διαφορετικά μπλοκ του ελεγκτή ταχύτητας veDYNA (εικόνα 2.12).



Εικόνα 2.12 Τα 4 διαφορετικά μπλοκ του ελεγκτή ταχύτητας veDYNA

Lateral control

Στον πλευρικό έλεγχο οι μεταβλητές που μπαίνουν στο μπλοκ των θυρών εισόδου είναι για τον έλεγχο του τιμονιού. Οι μεταβλητές που μπαίνουν είναι 16 από το commands και 65 από το vehicle information. Παίρνει τα σήματα, τα επεξεργάζεται και βγάζει ως έξοδο πόσες μοίρες αριστερά ή δεξιά πρέπει να στρίψει το τιμόνι (Εικόνα 2.13, 2.14).



Εικόνα 2.13 Τα 4 μπλοκ του Lateral control

2.5.3. Συντελεστές προσαρμογής ελέγχου

Σε αυτή την κατηγορία τα σήματα εξόδου των ελιγμών προσαρμόζονται έτσι ώστε να επιτευχθεί η ρεαλιστική διαμόρφωση της συμπεριφοράς του οχήματος κατά τη διάρκεια της αλλαγής ταχυτήτων, καθώς και η ρύθμισης ελέγχου των φρένων για τον τύπο ελιγμού Cruise Control. Η ατομική επιλογή και η συμπεριφορά για τις ταχύτητες και τον έλεγχο των φρένων, καθώς και η προσαρμογή των αποτελεσμάτων του προγράμματος οδήγησης, καθορίζονται με τη βοήθεια διαφόρων παραμέτρων που βρίσκονται στην block mask (πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1 Παράμετροι για ρύθμιση των σημάτων ελέγχου ελιγμών

Parameter	Unit	Description
Maximum longitudinal acceleration	[ms ⁻²]	Maximum allowable vehicle acceleration
Maximum longitudinal deceleration	[ms ⁻²]	Maximum allowable vehicle deceleration (should be negative)
Proportional Gain	[-]	Proportional gain of the brake controller (PID controller)
Integral Gain	[-]	Integral gain of the brake controller (PID controller)
Derivative Gain	[-]	Derivative gain of the brake controller (PID controller)
Approximated deceleration from engine friction	[ms ⁻²]	Table containing an approximation of the vehicle deceleration caused by friction torque (in dependence of the current gear)
Slew rate for opening accelerator pedal	[-]	Maximum speed of pressing the accelerator pedal
Slew rate for closing accelerator pedal	[-]	Maximum speed of releasing the accelerator pedal
Slew rate for opening brake pedal	[-]	Maximum speed of pressing the brake pedal
Slew rate for closing brake pedal	[-]	Maximum speed of releasing the brake pedal
Pedal change time	[s]	Time needed to move foot from one pedal to the other
Brake pedal delay time	[s]	Pedal response: First order delay time
Steering wheel angle delay time	[s]	Steering wheel response: First order delay time
Accelerator pedal delay time	[s]	Pedal response: First order delay time
Clutch pedal delay time	[s]	Pedal response: First order delay time
Accelerator pedal reduction time	[s]	Overall duration of releasing accelerator pedal during gear shift
Reduction time before shifting	[s]	Time between releasing of accelerator pedal and gear shift
Accelerator pedal during gear shift	[0...1]	Accelerator pedal position during gear shift

Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα στην ενότητα 3.1 γίνεται λόγος για το μοντέλο πλευρικής κίνησης του οχήματος και της λειτουργίας του ελέγχου εκτροπής του, δηλαδή για τον ελεγκτή του τιμονιού του μοντέλου και τι στόχο έχει ο ελεγκτής στον έλεγχο του οχήματος. Αναλυτικότερα στην υποενότητα 3.1.1 γίνεται λόγος για την δυναμική του οχήματος κατά τον διαμήκη και εγκάρσιο άξονα του, καθώς και οι παράμετροι που παίζουν ρόλο στην συμπεριφορά του οχήματος. Στην ενότητα 3.2 γίνεται λόγος για τα s-splines. Ειδικότερα στις υποενότητες 3.2.1 αναφέρεται ο γεωμετρικός σχεδιασμός του οδικού δικτύου στην πίστα προσομοίωσης, ενώ στην υποενότητα 3.2.2 περιγράφεται το gui interface στο περιβάλλον *veDYNA*.

Η έρευνα που γίνεται στην παρούσα εργασία είναι συχνά στην πρώτη γραμμή της καινοτομίας και της τεχνολογίας σε πολλούς τομείς. Ωστόσο, είναι αρκετά κοινή

και σχετικά πρακτική και απλή η χρήση της. Μερικές φορές δυστυχώς ακολουθούνται λάθος στρατηγικές ελέγχου ή ακόμη και λάθος συστήματα μοντέλων για τον έλεγχο του οχήματος. Αυτό μπορεί να τύχει ακόμη και σε κάποιους που είναι καλοί γνωστές.

Η έρευνα αυτή υλοποιεί, μια σειρά βημάτων με επιλεγμένες μεθόδους που αφορούν την προσομοίωση της πορείας για τον έλεγχο ενός επιβατικού αυτοκινήτου κατά μήκος μιας προκαθορισμένης διαδρομής. Το πεδίο εφαρμογής που χρησιμοποιήσαμε περιλαμβάνει μεθόδους που χρησιμοποιούνται συνήθως στην πράξη αντί για θεωρητικές μεθόδους που δεν βρίσκονται ακόμη σε εφαρμογή.

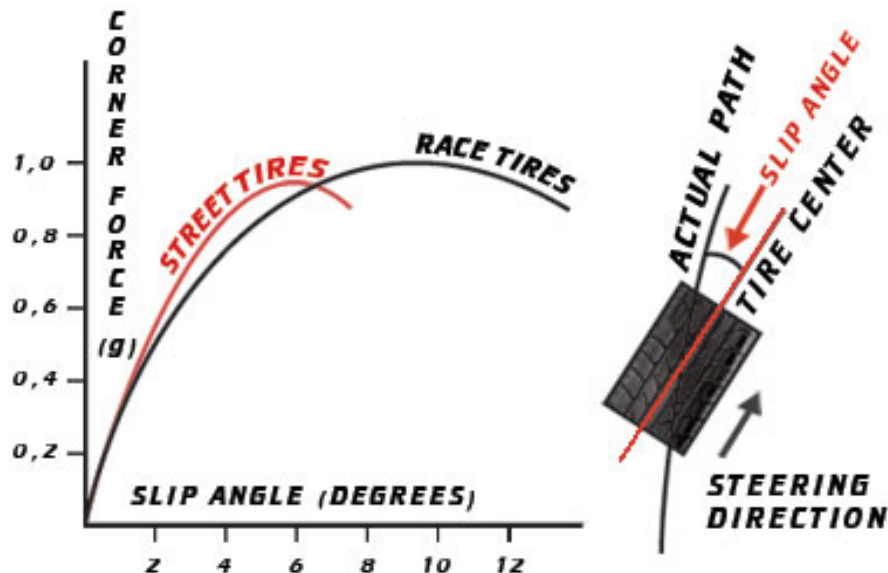
Στον παρακάτω πίνακα 3.1 βλέπουμε την έννοια κάποιων ξενόγλωσσων φράσεων που θα πρέπει να γνωρίζουμε για να κατανοήσουμε τον τρόπο δημιουργίας της πίστας προσομοίωσης.

Το Vehicle Info διαθέτει μεταβλητές και πληροφορίες από όλα τα εξαρτήματα του συστήματος του οχήματος. Συμπεριλαμβάνονται οι παρακάτω μεταβλητές:

Πίνακας 3.1. μεταβλητές vehicle info του οχήματος.

Name	Type	Unit	Description	Επεξήγηση
pbmax	Scalar	[Pa]	Maximum master brake cylinder pressure	Μέγιστη πίεση του φρένων
massfzg	Scalar	[kg]	Vehicle mass	Μάζα του οχήματος
lrwmax	Scalar	[rad]	Maximum steering input	Μέγιστη κλίση που μπορούν να πάρουν οι τροχοί
achsab	Scalar	[m]	Wheel base	Wheel base: απόσταση τροχων (εικόνα)
rbsb[1]	Scalar	[m]	x-coordinate of CoG in reference coordinates	Σχετικές συντεταγμένες X του κέντρου βάρους.
ttsb[6]	Scalar	[kgm 2]	Inertia about z-axis in reference coordinates	Ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα Z
r0b0	Vector[3]	[m]	Vehicle position in inertial coordinates	Η Θέση του οχήματος σε απόλυτες συντεταγμένες
vspb	Vector[3]	[m/s]	Velocity of CoG in reference coordinates	Ταχύτητα οχήματος
aspb	Vector[3]	[m/s 2]	Acceleration of CoG in reference coordinates	Επιτάχυνση οχήματος
v0bb	Vector[3]	[m/s]	Translational velocity in reference coordinates	Ταχύτητα οχήματος
a0b	Vector[9]	[-]	3x3 rotation matrix inertial / reference system	Περιστροφή 3x3 του αδρανειακού συστήματος μεταφοράς
beta	Scalar	[rad]	Slip angle	Γωνία που σχηματίζεται με τον άξονα του οχήματος και την επαπτόμενη πάνω στη πίστα (εικόνα)
gier	Scalar	[rad]	Yaw angle	Γωνία εκτροπής
gierp	Scalar	[rad/s]	Yaw rate	Γωνία που σχηματίζεται από ένα νοητό οριζόντιο άξονα και τον άξονα του οχήματος.(εικόνα)

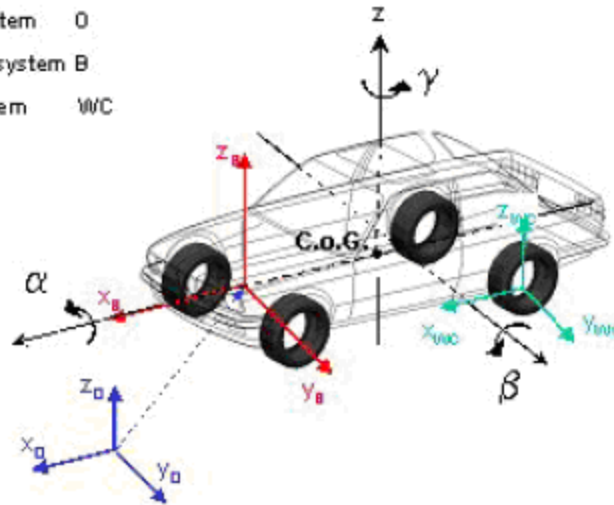
steer ratio	Scalar	[-]	steering ratio of x:y	Δείχνει την αναλογία περιστροφής τιμονιού και τροχών. Δηλαδή το 15:1 σημαίνει ότι κάθε φορά που το τιμόνι στρίβει 15 μοίρες, οι τροχοί στρίβουν μια (εικόνα)
qg fza	Vector[6	[N] 1-3 [Nm] 4-6	1-3 Generalised vehicle body forces acting on the origin of the reference system (given in reference coordinates) 4-6 Generalised torques on vehicle body (given in reference coordinates)	1-3 Γενικευμένες δυνάμεις του σώματος του οχήματος που δρουν στο σύστημα αναφοράς (παρέχονται στις συντεταγμένες) 4-6 Γενικευμένες ροπές στο όχημα (που αναφέρονται στις συντεταγμένες αναφοράς)
lrw	Scalar	[rad]	Steering wheel angle	Γωνία του τιμονιού
tetmot	Scalar	[kgm ²]	Engine moment of inertia	Στιγμιαία ροπή αδράνειας
nmot0	Scalar	[rpm]	Engine idle speed	Στροφές ρελαντί του κινητήρα
in nmot	Scalar	[rpm]	Engine speed (input)	Οι στροφές του κινητήρα (είσοδος)
mmot	Scalar	[Nm]	Engine torque	Η ροπή του κινητήρα
mmot min	Scalar	[Nm]	Minimum engine torque at current speed	Ελάχιστη ροπή του κινητήρα στην τρέχουσα ταχύτητα
mmot max	Scalar	[Nm]	Maximum engine torque at current speed	Η μέγιστη ροπή του κινητήρα στην τρέχουσα ταχύτητα
in dkw	Scalar	[0. . . 1]	Throttle angle (input)	Η γωνία του γκαζιού
gangzahl	Scalar	[-]	Number of gears	Αριθμός ταχυτήτων
			road tangent angle	εφαπτομενική γωνία δρόμου (εικόνα)
			road length	πλάτος του δρόμου
			curvature	καμπυλότητα δρόμου και ισούται με 1/R δηλ 1/ακτίνα του δρόμου



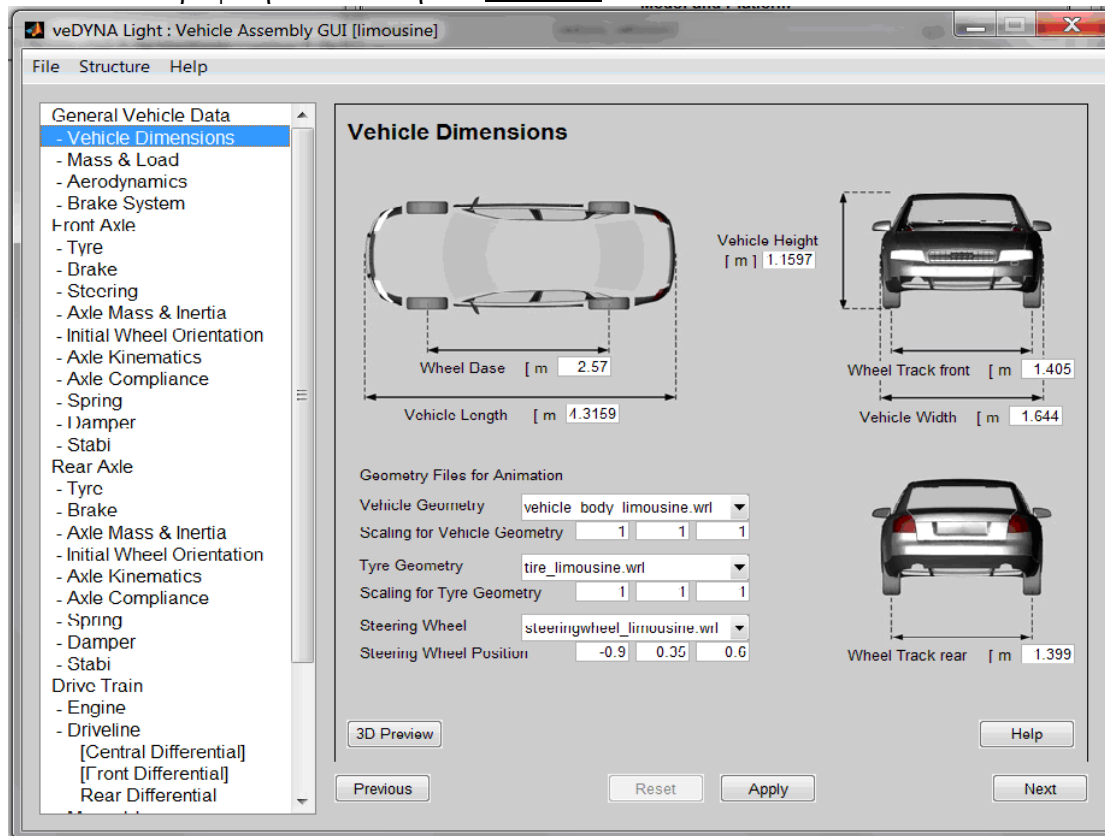
Εικόνα 3.1 Γραφική απεικόνιση Slip angle

Legend

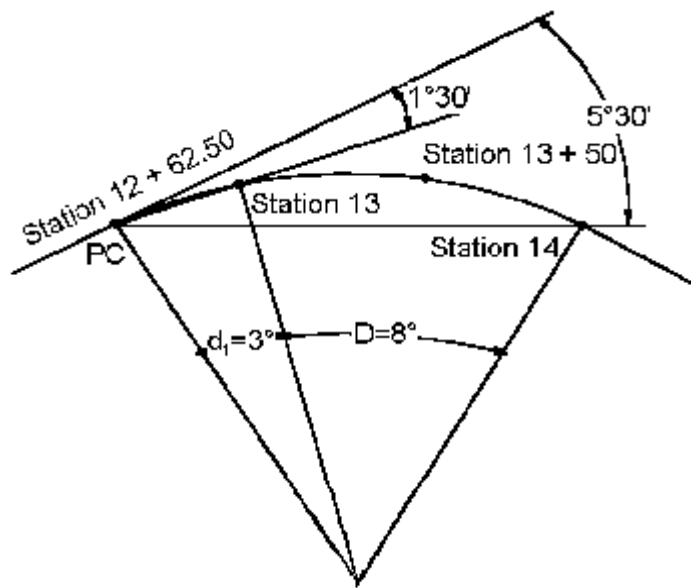
- inertial system 0
- reference system B
- wheel system W/C



Εικόνα 3.2 Γραφική απεικόνιση του Yaw rate



Εικόνα 3.3 Γραφική απεικόνιση του Wheel base



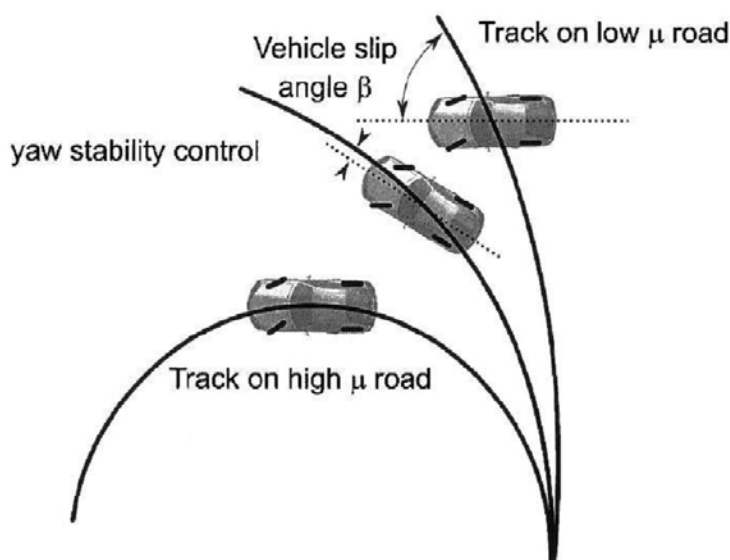
Εικόνα 3.4 Γραφική απεικόνιση του road tangent angle.

3.1. Μοντέλο πλευρικής κίνησης του οχήματος & έλεγχος εκτροπής

Εξετάσθηκε ένα μοντέλο που περιγράφει την πλευρική κίνηση του οχήματος. Τέτοια μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό ελέγχου διεύθυνσης του συστήματος του οχήματος για να κρατηθούν στην ίδια λωρίδα κυκλοφορίας. Τα μοντέλα αυτά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εκτροπή ελέγχου σταθερότητας του οχήματος σε άλλη λωρίδα και τον έλεγχο ανατροπής όπως και να χρησιμοποιηθούν για άλλες εφαρμογές ελέγχου του οχήματος.

Το κινηματικό μοντέλο βασίζεται σε εξισώσεις κίνησης καθαρά γεωμετρικών σχέσεων που διέπουν το σύστημα. Είναι ένα χρήσιμο μοντέλο για πολλές εφαρμογές χαμηλής ταχύτητας π.χ. για τον έλεγχο του οχήματος και την αυτοματοποιημένη στάθμευση. Τα μοντέλα για την δυναμική του οχήματος είναι χρήσιμα για να κρατηθούν τα οχήματα στην ίδια λωρίδας κυκλοφορίας και η εφαρμογή τους αυτή μπορεί επίσης να επεκταθεί και να χρησιμοποιηθεί ως έλεγχος εκτροπής, ευστάθειας και ως πρόληψη ανατροπής του οχήματος. (<http://www.nhtsa.gov>).

Στην εικόνα φαίνεται η λειτουργία του συστήματος ελέγχου εκτροπής όπου γίνεται προσπάθεια να αποκατασταθεί η εκτροπή με την αλλαγή (μείωση) της ταχύτητας του οχήματος με πρωτοβουλία που αναμένεται από τον οδηγό.



Εικόνα 3.5 Η λειτουργία ελέγχου εκτροπής του συστήματος.

Πολλές εταιρείες έχουν ερευνήσει και αναπτύξει συστήματα ελέγχου εκτροπής κατά τη διάρκεια των τελευταίων δέκα ετών μέσω προσομοιώσεων με πειραματικά οχήματα. Ορισμένα από αυτά τα συστήματα ελέγχου εκτροπής έχουν επίσης εμπορευματοποιηθεί για οχήματα παραγωγής όπως η BMW DSC3 (Leffler, et. al., 1998) και η Mercedes ESP, που εισήχθησαν το 1995, η Cadillac Stabilitrak που το σύστημα εισήχθη το 1996 και το Chevrolet C5 Corvette. Με το ενεργό σύστημα χειρισμού, το 1997 (Hoffman, & Rizzo, 1998).

Παρατηρώντας τους ελεγκτές εκτροπής του συστήματος προκύπτουν οι ακόλουθες ερωτήσεις:

- Πόσο καλές είναι αυτές οι απλές μέθοδοι που βρίσκονται συνήθως στην πράξη;
- Μπορούν να επιτευχθούν βελτιώσεις στην απόδοση χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες μεθόδους που βρίσκονται σε άλλες έρευνες;
- Μπορούν να γίνουν καλές αντιστοιχίσεις μεταξύ των μεθόδων και εφαρμογών;
- Ποιοι είναι οι περιορισμοί και ποιες οι δυνατότητες για μελλοντικές ανακαλύψεις;

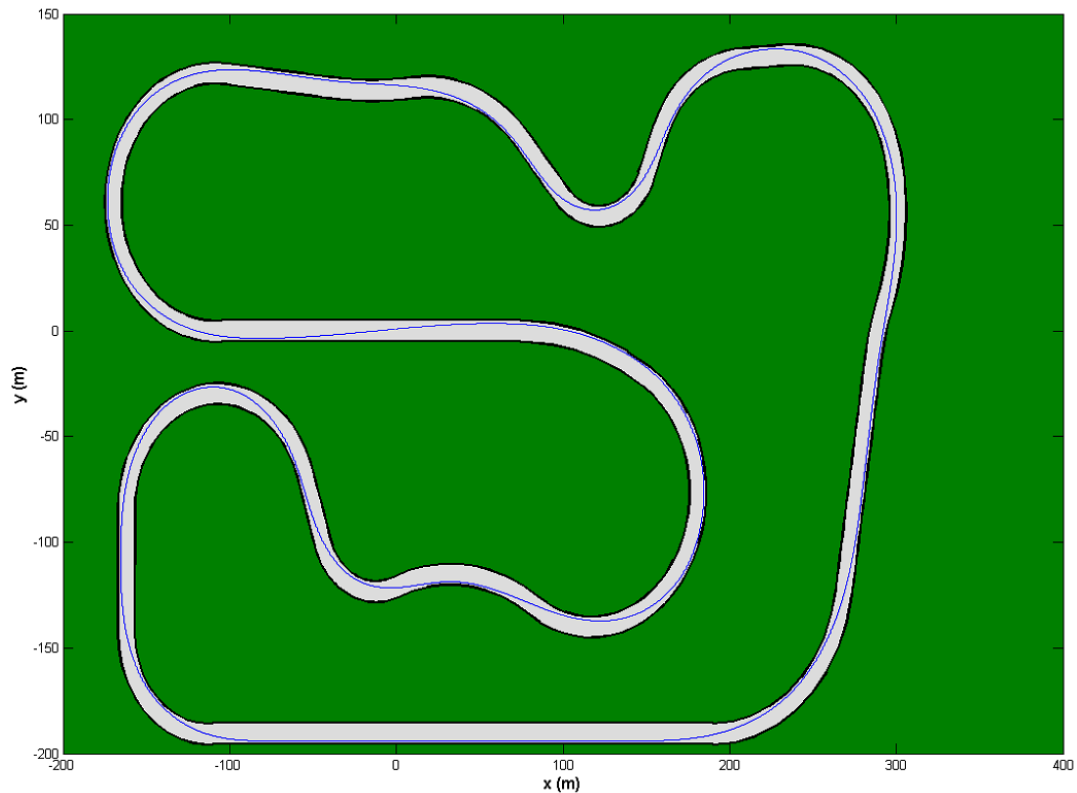
Αυτές είναι κάποιες από τις παρατηρήσεις και τα ερωτήματα που παρακινούν την έρευνα. Αυτή η προσπάθεια για τη συλλογή διασκορπισμένων πηγών στο θέμα, μας παρέχει μια ανεξάρτητη και ρεαλιστική σύγκριση των επιδόσεων διαφόρων κατηγοριών οχημάτων. Ο στόχος ενός ελεγκτή παρακολούθησης της διαδρομής είναι να ελαχιστοποιηθεί η πλευρική απόσταση μεταξύ του οχήματος και της καθορισμένης διαδρομής, να ελαχιστοποιηθεί η διαφορά στην κλάση του οχήματος και της κλάσης της προκαθορισμένης διαδρομής, καθώς και να γίνει ο περιορισμός της εισαγωγής του συστήματος διεύθυνσης για την ομαλή κίνηση, διατηρώντας παράλληλα τη σταθερότητα.



Εικόνα 3.7 Στιγμιότυπο οθόνης από ένα animation CarSim

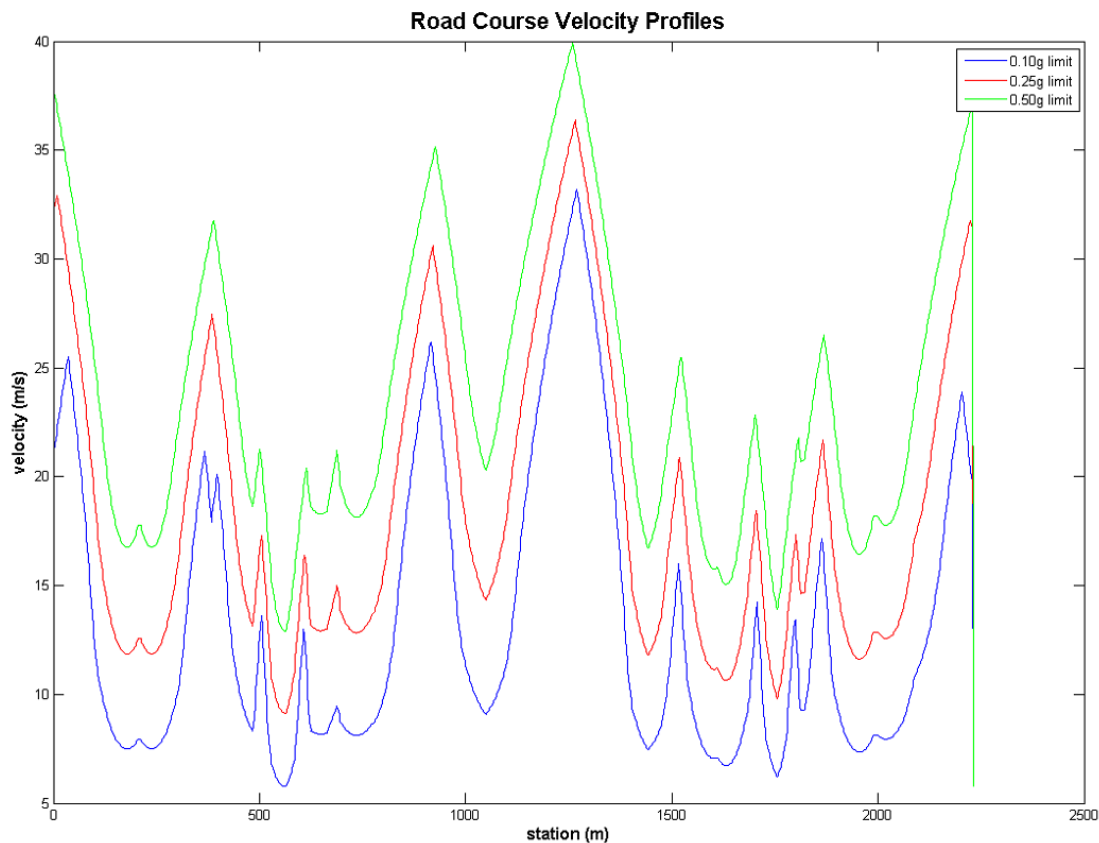
Η εικόνα 3.7 δείχνει ένα στιγμιότυπο οθόνης από ένα animation CarSim. Το πρότυπο προσομοιωτή του CarSim παρέχει ένα πλήρες μοντέλο για το σύστημα του οχήματος και το περιβάλλον του.

Η διαδρομή δημιουργείται για την ελαχιστοποίηση της πλευρικής επιτάχυνσης κατά τη διαμονή του οχήματος στην επιφάνεια του δρόμου. Η διαδρομή είναι συνεχής και η ταχύτητα ποικίλλει ως λειτουργία ανάλογα με την διαδρομή. Η εικόνα 3.8 απεικονίζει την Road Course.



Εικόνα 3.8 Road Course

Τα πειράματα σε αυτήν την πορεία πραγματοποιούνται σε τρία διαφορετικά προφίλ ταχύτητας. Τα προφίλ ταχύτητας δημιουργήθηκαν ώστε να περιορίσει η διαμήκης επιτάχυνση ενός οχήματος σε ένα εύρος που θα μπορούσε να επιτευχθεί περιορίζοντας ταυτόχρονα την θεωρητική κινηματική κεντρομόλο επιτάχυνση του οχήματος. Η διαμήκης επιτάχυνση περιορίζεται να είναι μεταξύ -4 m/s^2 και 3 m/s^2 για όλα τα πειράματα. Τα τρία προφίλ ταχύτητας που δημιουργούνται με επιταχύνσεις κινηματικών κεντρομόλων ορίων είναι $0,1 \text{ g}$, $0,25 \text{ g}$ και $0,5 \text{ g}$. Παρά τους κινηματικούς περιορισμούς, η πραγματική πλευρική επιτάχυνση του οχήματος μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη σε μέγεθος. Τα προφίλ ταχύτητας για αυτή τη πορεία απεικονίζεται στο γράφημα 3.1.



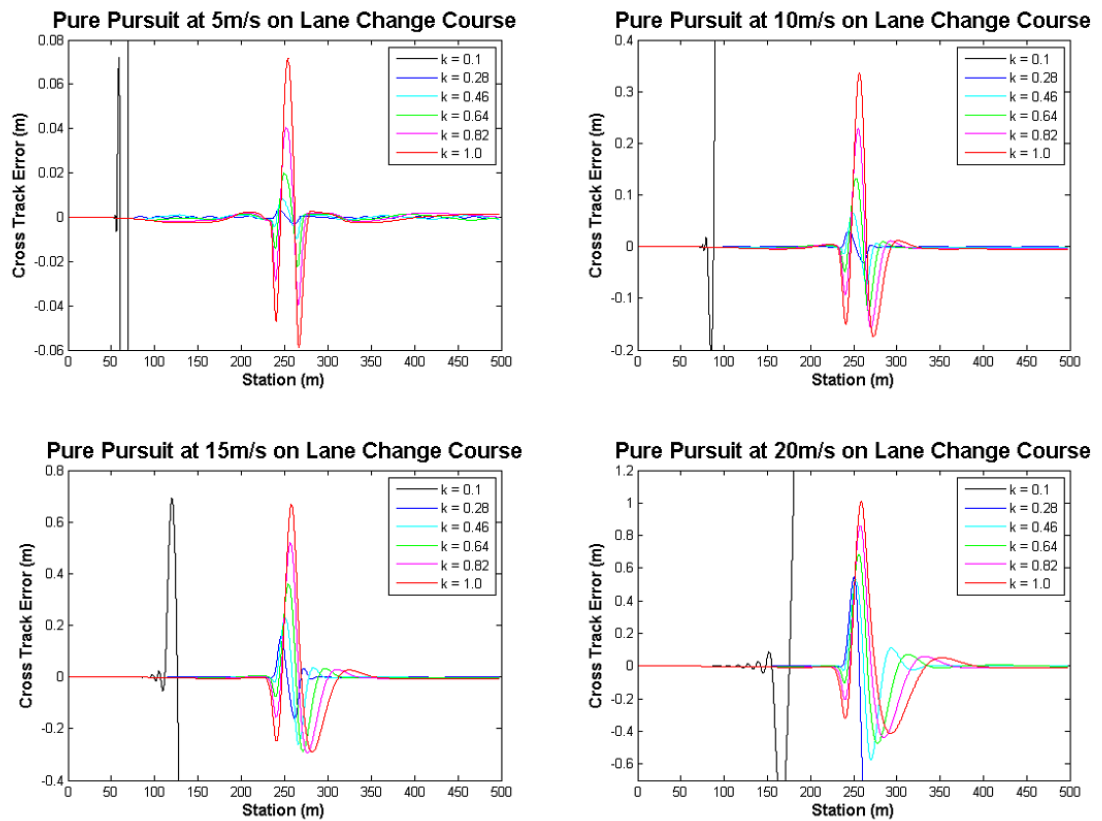
Γράφημα 3.1 Προφίλ τριών ταχυτήτων που χρησιμοποιούνται για την Road Course.

Σύμφωνα με τον Snider, (2009) που επέλεξε την μέθοδο Pure Pursuit και εμείς ταυτίσαμε την διπλωματική μας και αξιοποιήσαμε τα ευρήματά του σύμφωνα με το δικό μας σύστημα προσομοίωσης ένα χαρακτηριστικό της μεθόδου Pure Pursuit (καθαρή επιδίωξη) είναι ότι υπάρχει επαρκής απόσταση πρόβλεψης που θα οδηγήσει σε cutting corners κατά την εκτέλεση των στροφών στην πορεία του οχήματος.

Η εξισορρόπηση μεταξύ της σταθερότητας και της απόδοσης είναι δύσκολη γιατί αρχίζει να ισορροπεί με το Pure Pursuit όμως εξαρτάται κάθε φορά και από άλλους αστάθμητους παράγοντες. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι η μέθοδος Pure Pursuit αγνοεί την καμπυλότητα της διαδρομής. Μπορεί να διαισθανθεί κανείς και να πιστέψει ότι η καμπυλότητα της διαδρομής επηρεάζει με κάποιο τρόπο την απόσταση πρόβλεψης καθώς και την ταχύτητα (και στα σημερινά τοπικά σφάλματα που γίνονται στην πίστα προσομοίωσης). Αυτό μπορεί να φανεί σε μελλοντικές δοκιμές.

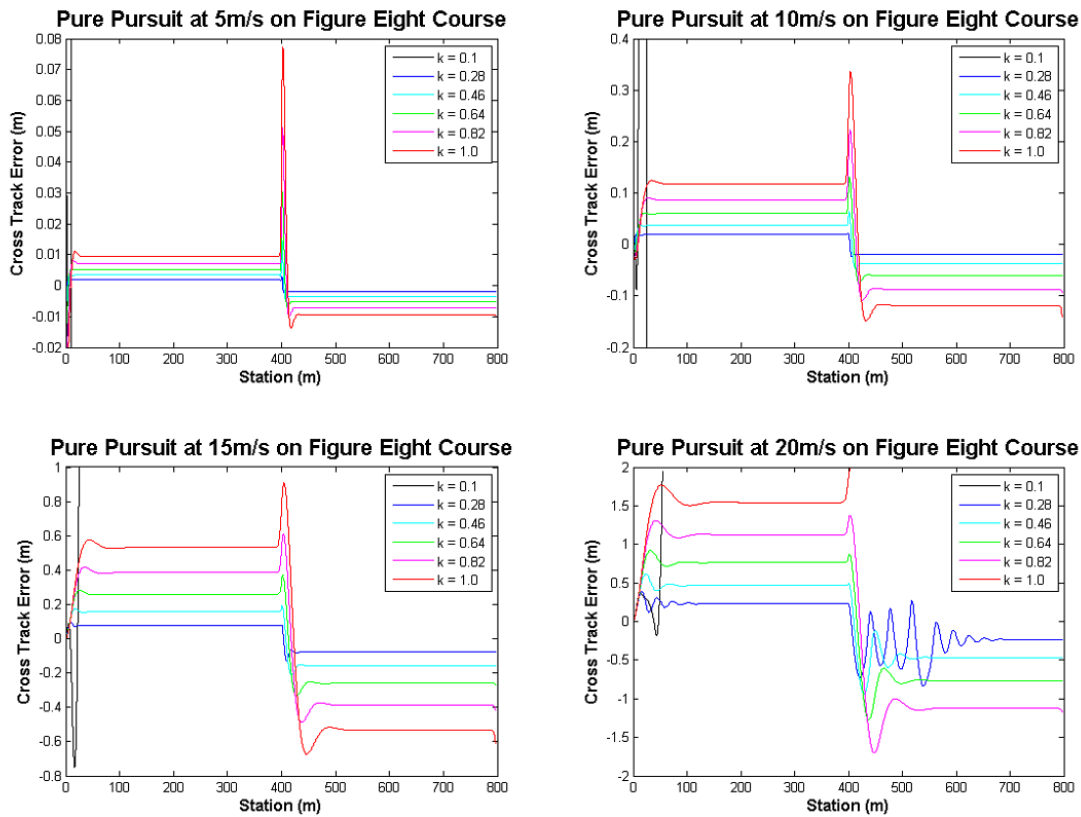
Το Pure Pursuit παρουσιάζει υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας για την δοκιμή μας, ακόμη και σε αρκετά υψηλές ταχύτητες. Όμως εμείς στο πείραμά μας μειώσαμε την ταχύτητα στο 80% της αρχικής ταχύτητας έτσι ώστε να μην βγαίνει το όχημα από το

δρόμο στις στροφές. Το αποτέλεσμα ήταν ιδανικό όταν το όχημα πήγαινε κατά μέσο όρο με 60 χ.μ. την ώρα. Στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε τα αποτελέσματα της μεθόδου Pure Pursuit του Snider, (2009) που εφαρμόστηκαν σε διάφορες ταχύτητες ώστε να βρει τις πιο ιδανικές για να μην παρεκκλίνει το όχημα της πορείας του.



Γράφημα 3.2 Η μέθοδος Pure Pursuit στην αλλαγή πορείας (δοκιμή σε διάφορες ταχύτητες).

Το παρακάτω γράφημα 3.3 απεικονίζει την αναζήτηση πολλαπλών ταχυτήτων σχετικά με την παρακολούθηση των επιδόσεων κατά τη διάρκεια αυτών των πειραμάτων του Snider, (2009) που πάλι, λαμβάνονται παρόμοια αποτελέσματα.



Γράφημα 3.3 Αναζήτηση πολλαπλών ταχυτήτων για διάφορα οφέλη του οχήματος.

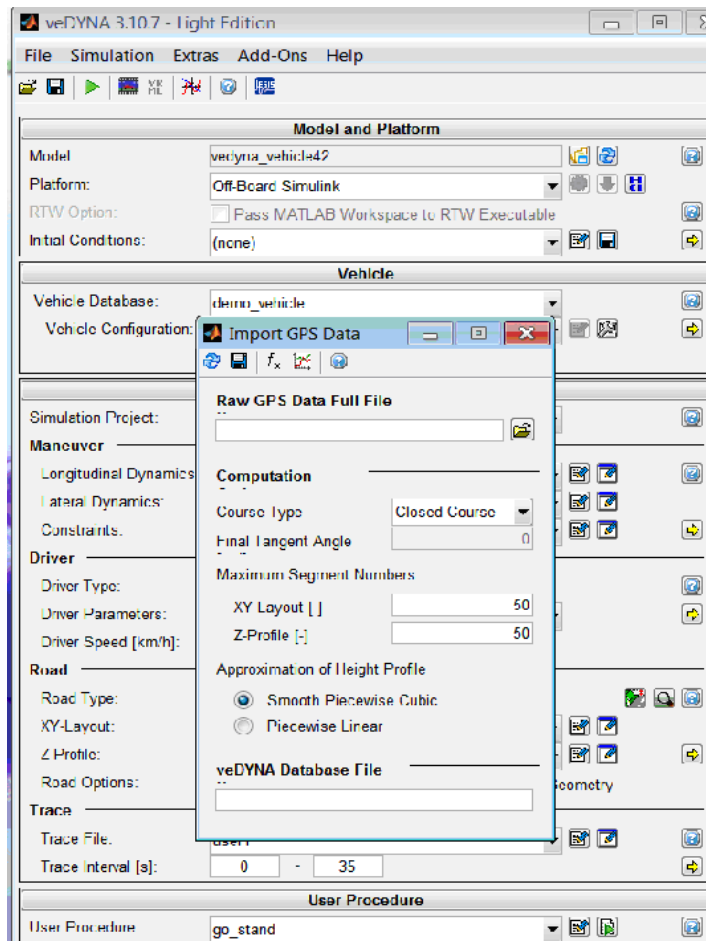
3.1.1. Vehicle Dynamics

Για την διαμήκη και πλευρική δυναμική του οχήματος πρέπει να σχεδιάσουμε, να εντοπίσουμε και να αναλύσουμε την τροχιά των ελεγκτών των μοντέλων δυναμικής που χρησιμοποιήθηκαν για το όχημα.

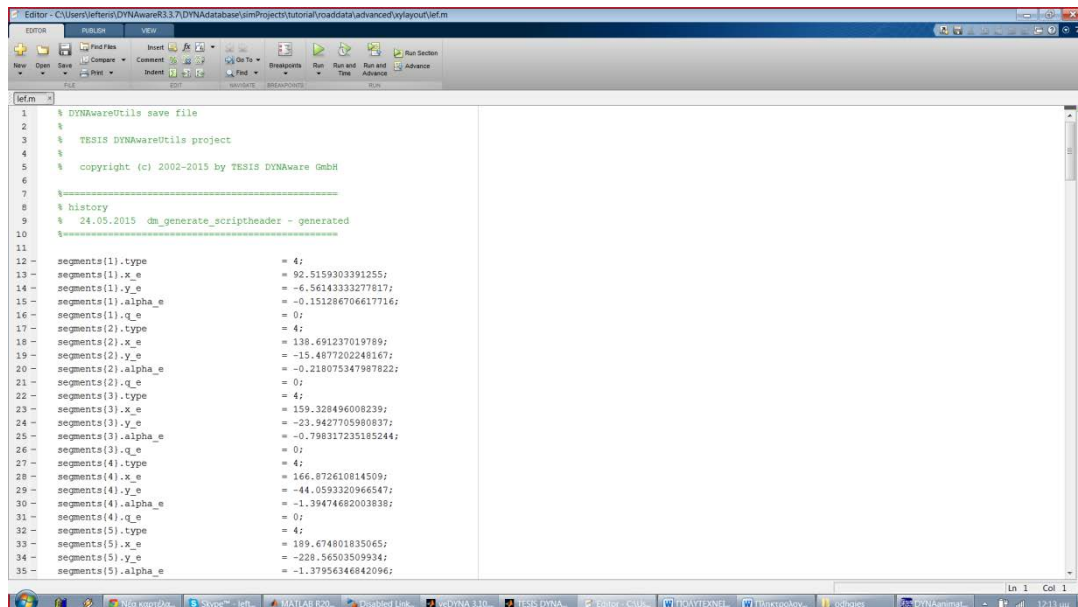
Ως διαμήκεις δυνάμεις έχουμε τους ενεργοποιητές το φρένο και το γκάζι που ενεργούν και τα δύο για την επιτάχυνση και επιβράδυνση του οχήματος. Λόγω της δυναμικής του οχήματος σε σχέση με τον δρόμο, της τριβής του εδάφους, της αντίστασης του αέρα και της επιτάχυνσης του οχήματος ήταν μια όχι και τόσο αυστηρή γραμμική συνάρτηση. Μια σειρά πειραμάτων διεξήχθησαν προκειμένου να αναλυθεί η μη-γραμμικότητα.

3.2. s-splines

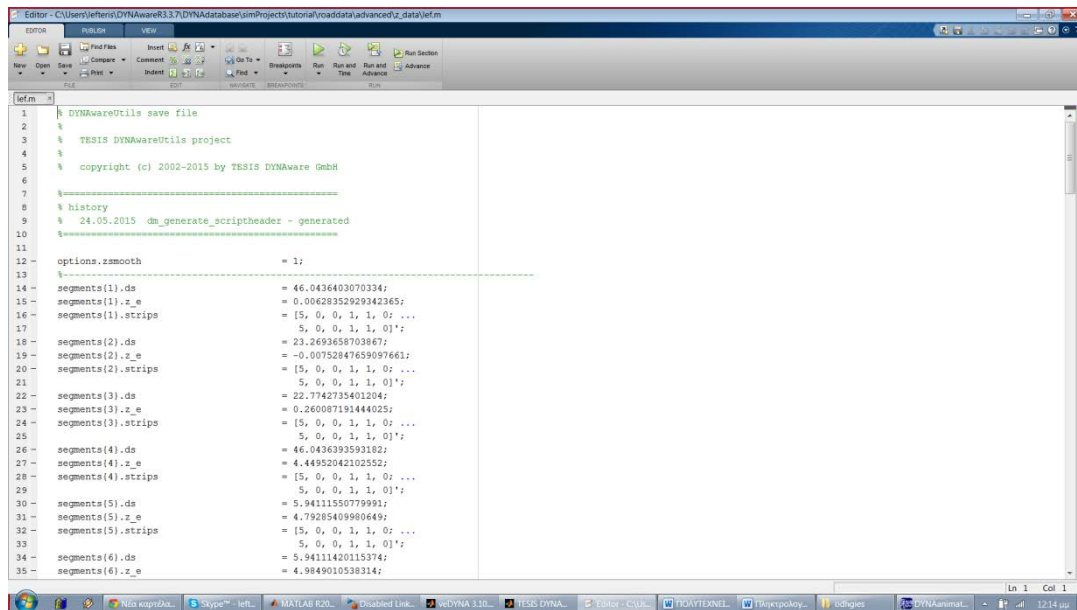
Το πρόγραμμα παίρνει τα σημεία x, y, z που του έχουμε εισάγει από το αρχείο .txt και τα ενώνει είτε με Cubic Spline είτε με Hermite Polynomial ανάλογα με το τι ορίζει ο χρήστης. Επίσης στο κάθε σημείο αυτόματα δημιουργούνται και τα δεδομένα που αναφέρονται παρακάτω.



Εικόνα 3.9 Επιλογή αρχείου.txt που περιέχει τις συντεταγμένες x,y,z του δρόμου.



Εικόνα 3.10 horizontal Lay out (x, y profile).



Εικόνα 3.11 Vertical profile (z profile).

In veDYNA Light, there are only two segment types (4 and 5):

```

segments{1}.type = 4;
%Segment Type 4: Hermite Polynomial , 5 = Cubic Spline
segments{1}.x_e = 92.5159303391255;
% x-coordinate
segments{1}.y_e = -6.56143333277817;
% y - coordinate
segments{1}.alpha_e = -0.151286706617716;
% tangent angle
segments{1}.q_e = 0;
% inclination (camber)

```

```

segments{1}.ds = 46.0436403070334;
% length
segments{1}.z_e = 0.00628352929342365;
% absolute height
segments{1}.strips = [5, 0, 0, 1, 1, 0; ...
5, 0, 0, 1, 1, 0]';

```

Lane properties (left and right (width, add height left, add height right, friction coeff, tyre data set, roughness class)

Εικόνα 3.12 Ενδεικτική μορφή σημείων του δρόμου που δημιουργούνται από το ve DYNA

Στις παραπάνω εικόνες (3.09 - 3.12) αφού έχω εισάγει πρώτα στο πρόγραμμα τις συντεταγμένες x,y,z του δρόμου αμέσως μετά το πρόγραμμα αναλαμβάνει να δημιουργήσει την πίστα που θα τρέξει το όχημα ενώνοντας τα σημεία αυτά με Cubic

Spline ή με Hermite Polynomial. Όλα τα σημεία της πίστας μετατρέπονται με βάση τις παρακάτω προδιαγραφές :

Segment Type 4 αντιστοιχεί σε Hermite Polynomial

Segment Type 5 αντιστοιχεί σε Cubic Spline

segments{1}.x_e είναι η συντεταγμένη x του σημείου του δρόμου

segments{1}.y_e είναι η συντεταγμένη y του σημείου του δρόμου

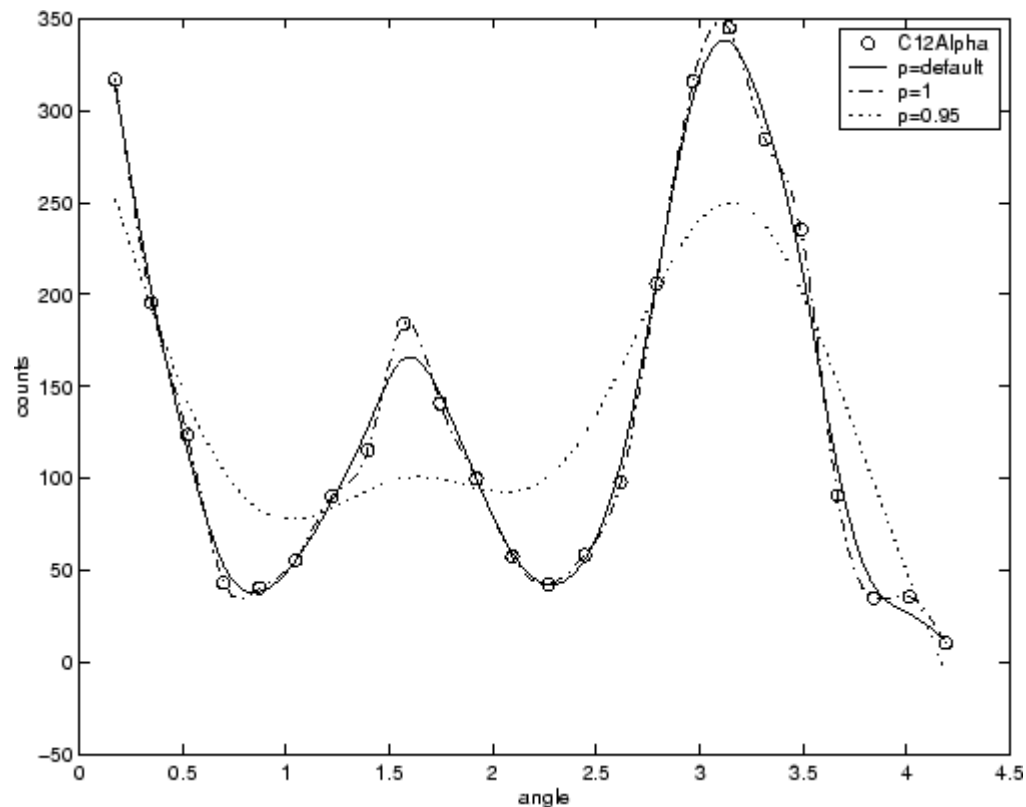
segments{1}.alpha_e είναι η εφαπτομενική γωνία στο σημείο.

segments{1}.q_e είναι η κλίση του οδοστρώματος στο σημείο αυτό (camber).

segments{1}.ds είναι το πλάτος της πίστας στο σημείο αυτό.

segments{1}.z_e είναι το απόλυτο ύψος του σημείου της πίστας (Z).

segments{1}.strips είναι οι προδιαγραφές της πίστας στο σημείο αυτό.



Εικόνα 3.13 Η επιλογή μιας εξομάλυνσης s-splines.

Για την Καμπύλη επιλέγουμε Smoothing Spline από τη λίστα τύπο του μοντέλου.

Μπορούμε να καθορίσουμε τις εξής επιλογές:

- Για να μια ομαλότερη προσαρμογή πέρα από τα δεδομένα, κάνουμε κλικ στο κουμπί < Smoother επανειλημμένα έως ότου η γραφική παράσταση να δείχνει την ομαλότητα που θέλουμε.
- Για να κάνουμε κάτι δύσβατο να ταιριάζει πιο κοντά στα δεδομένα, κάνουμε κλικ στο κουμπί < Rougher μέχρι να είμαστε ικανοποιημένοι.
- Εναλλακτικά, εξειδικεύει την τιμή 0-1 για την παράμετρο εξομάλυνσης. Το 0 παράγει ένα πολυώνυμο γραμμικής προσαρμογής (α ελαχίστων τετραγώνων σε ευθεία με τα δεδομένα), ενώ το 1 παράγει μια τμηματικά κυβική πολυωνυμική προσαρμογή που περνά μέσα από όλα τα σημεία δεδομένων (ένα παρεμβαλλόμενο κυβικό spline).
- Κάνουμε κλικ στο κουμπί < Default για να επαναφέρουμε την αρχική τιμή. Η εργαλειοθήκη επιχειρεί να επιλέξει μια προεπιλεγμένη κατάλληλη τιμή για τα δεδομένα.

Για παράδειγμα:

1. Φορτώνουμε τα δεδομένα στην Σχετική Εξομάλυνση Splines (About Smoothing Splines) πληκτρολογώντας: carbon12alpha
2. Στην καμπύλη εφαρμογής (Curve Fitting app), επιλέγουμε angle για το X και δεδομένα counts για τα δεδομένα Y.
3. Επιλέξτε τον κατάλληλο τύπο Smoothing Spline.
4. Δοκιμάζουμε την εξομάλυνση με τιμές των παραμέτρων 1 0.95 και την προκαθορισμένη τιμή (0,99).

3.2.1. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός του οδικού δικτύου στην πίστα προσομοίωσης

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός του οδικού δικτύου είναι ο κλάδος σχετικά με την τοποθέτηση των φυσικών στοιχείων του οδοστρώματος σύμφωνα με τα πρότυπα και τους περιορισμούς οδοποιίας. Οι βασικοί στόχοι στο γεωμετρικό σχέδιο είναι να βελτιστοποιηθεί η αποδοτικότητα και η ασφάλεια, ενώ παράλληλα να ελαχιστοποιηθεί το κόστος και οι περιβαλλοντικές ζημιές.

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός επηρεάζει, επίσης, έναν αναδυόμενο πέμπτο στόχο που ονομάζεται *livability*. Η λέξη αυτή ορίζεται ως ο σχεδιασμός του δρόμου για την ενίσχυση των ευρύτερων στόχων συμπεριλαμβανομένης και της πρόσβασης από εργασίες, σχολεία, επιχειρήσεις και κατοικίες. Επίσης να μπορεί να έχει μια σειρά με διάφορους τρόπους κίνησης, όχι μόνο οδικώς με αυτοκίνητο, αλλά με το περπάτημα, την ποδηλασία κ.α. Τέλος να στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των καυσίμων, στις μειωμένες εκπομπές ρύπων και στις ελαχιστοποιημένες περιβαλλοντικές ζημιές.

Γεωμετρική σχεδίαση του οδοστρώματος μπορεί να χωριστεί σε τρία κύρια μέρη: την ευθυγράμμιση, το προφίλ, και η διατομή. Σε συνδυασμό, παρέχουν ένα τρισδιάστατο σχεδιάγραμμα για ένα οδόστρωμα. Η ευθυγράμμιση είναι η διαδρομή του δρόμου, που ορίζεται ως μια σειρά από οριζόντιες εφαπτομένες και καμπύλες. Το προφίλ είναι η κάθετη πλευρά του δρόμου, συμπεριλαμβανομένων ανηφόρες, κατηφόρες και ευθείες. Η διατομή δείχνει τη θέση και τον αριθμό των λωρίδων των οχημάτων και ποδηλάτων όπως επίσης και των πεζοδρόμιων, μαζί με την πιθανή κλίση.

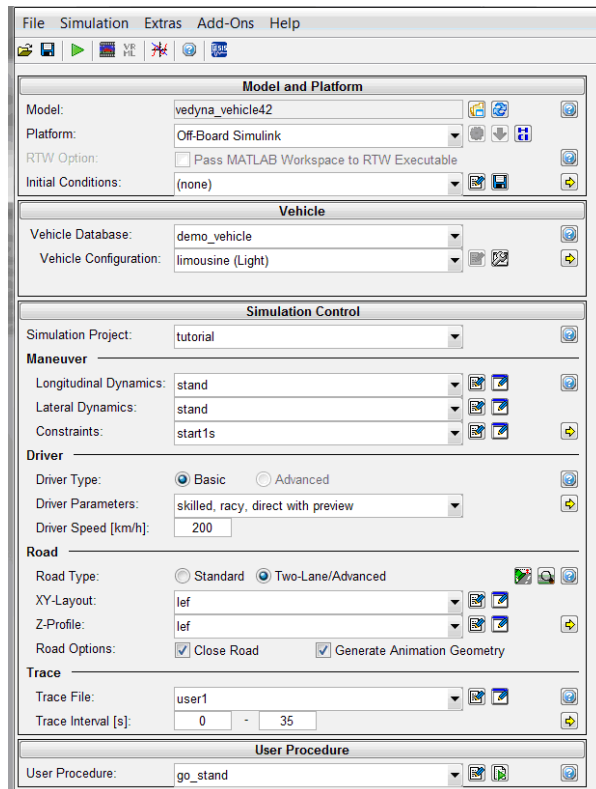
3.2.2. Περιγραφή Gui interface στο περιβάλλον *veDYNA*.

Στο παράθυρο αυτό ουσιαστικά υπάρχουν τέσσερις βασικές κατηγορίες. Αυτές είναι το *model and platform*, το *vehicle*, το *simulation control* και το *user procedure*. Η κάθε κατηγορία περιέχει διάφορες ρυθμίσεις που μπορεί να κάνει ο χρήστης.

Συγκεκριμένα για τη κατηγορία *model and platform* ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει τη πλατφόρμα πάνω στην οποία θα γίνει η προσομοίωση (*Simulink*, *off board RTW executable*, *xpc on board*). Επίσης ζητείται να συμπληρώσει το σύστημα ελέγχου του οχήματος που θα εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης (Εικόνα 3.16).

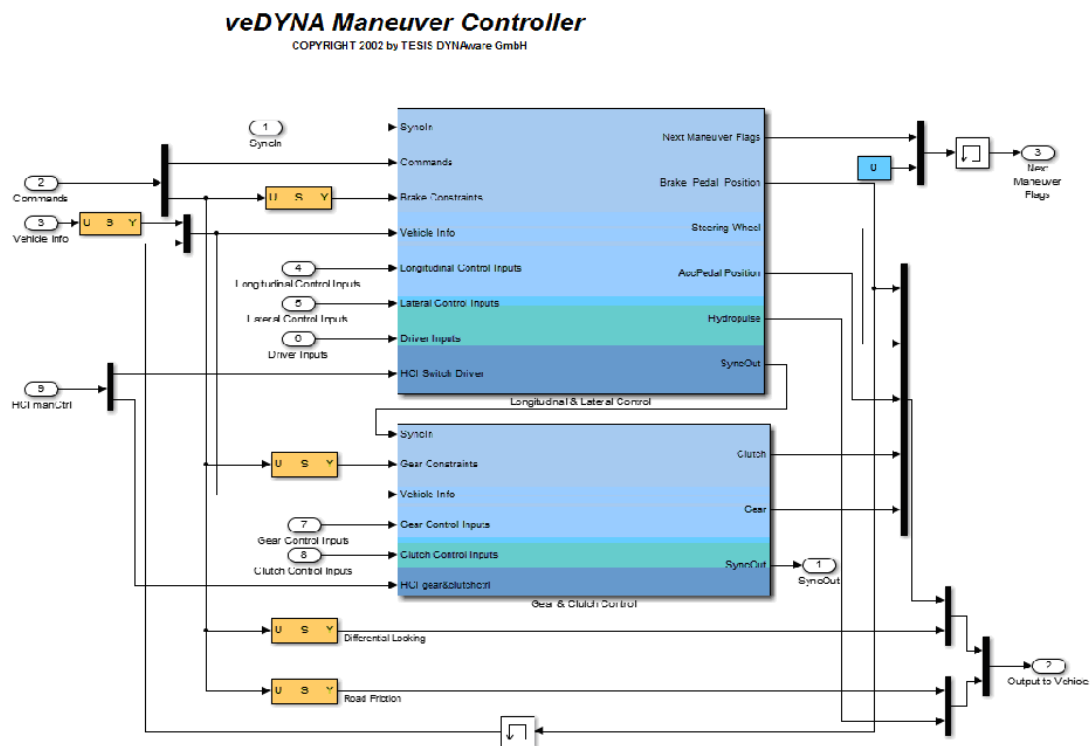
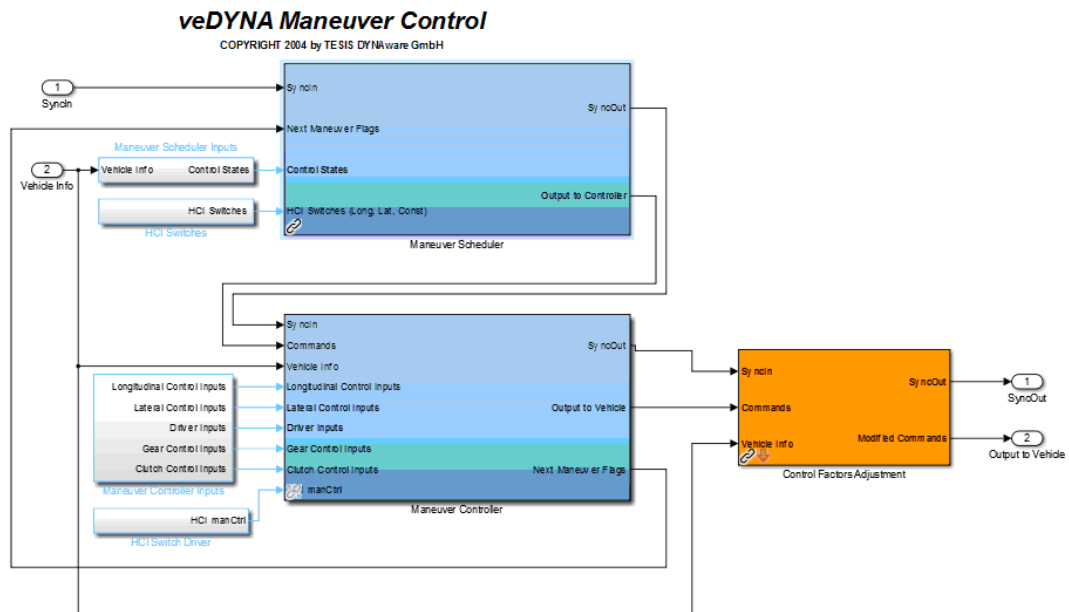
Στη κατηγορία *vehicle* περιέχονται πληροφορίες που αφορούν το όχημα. Συγκεκριμένα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει κάποιο από τα έτοιμα οχήματα (*limousine* που είναι ουσιαστικά ένα αυτοκίνητο που κινείται με τους δυο τροχούς ή είναι τετρακίνητο, *truck* δηλαδή φορτηγό και το *van*), ή να δημιουργήσει κάποιο δικό του πατώντας το *vehicle assembly* όπου ουσιαστικά συμπληρώνει όλες τις προδιαγραφές του καινούργιου αυτού αυτοκινήτου.

Στη κατηγορία simulation control περιέχονται εξωτερικοί παράμετροι που παίζουν ρόλο στη προσομοίωση. Τέτοιοι παράμετροι είναι οι ελιγμοί που μπορεί να κάνει το όχημα λαμβάνοντας υπόψη τις κάθετες και τις διαμήκεις αεροδυναμικές δυνάμεις που ασκούνται στο όχημα. Μια άλλη παράμετρος είναι ο οδηγητική συμπεριφορά του χρήστη, μέγιστη ταχύτητα κίνησης κ.λπ. Μια ακόμα παράμετρος είναι οι προδιαγραφές της πίστας και του οδοστρώματος που θα τρέξει το όχημα.



Εικόνα 3.16 Gui interface στο περιβάλλον *veDYNA*.

Όπως είχαμε πει σε προηγούμενη ενότητα υπάρχουν διάφορα Block. Το παρακάτω Block που βλέπουμε στην εικόνα 3.17, 3.18 έχει σχέση με τον έλεγχο της ταχύτητας και του τιμονιού και περιέχει μέσα διάφορα υπό-block όπου το κάθε ένα εκτελεί διαφορετικές λειτουργίες.

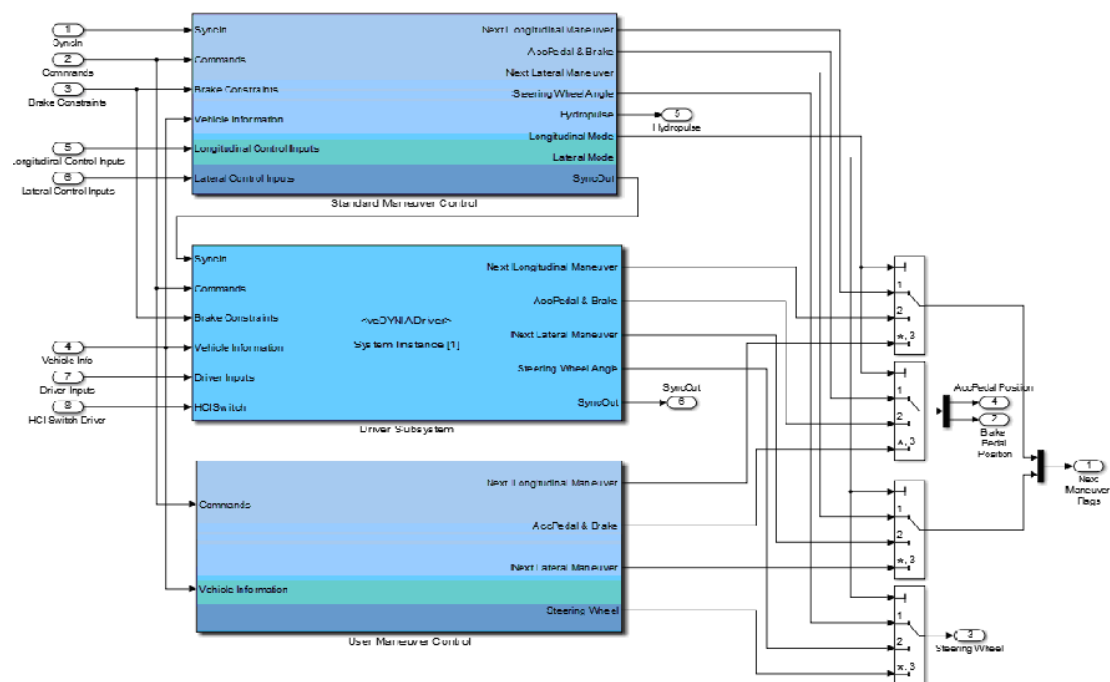


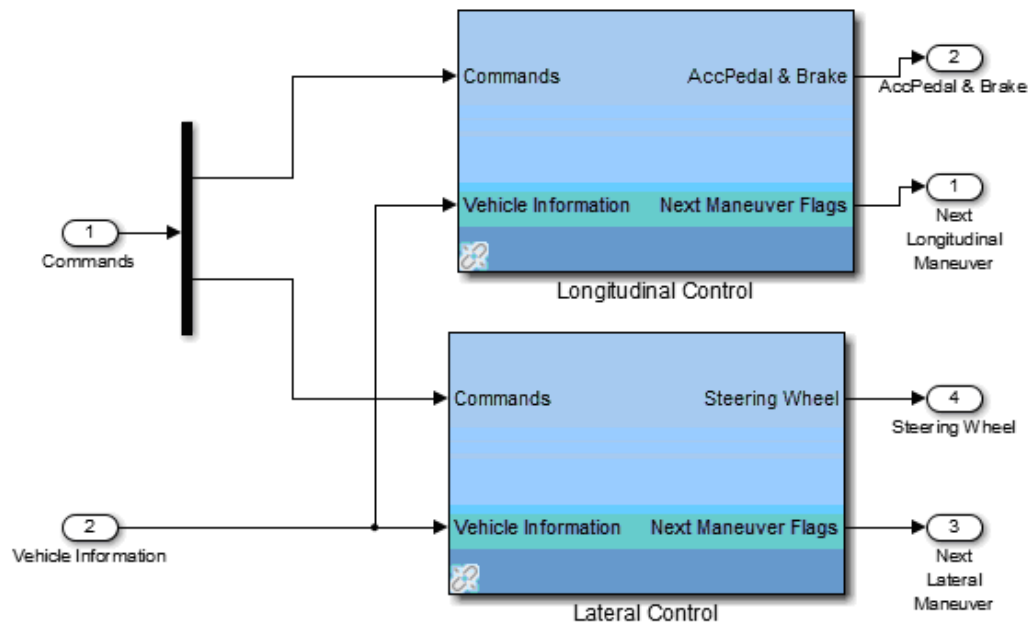
Εικόνες 3.17, 3.18 Block που ελέγχει την ταχύτητα και το τιμόνι.

Για να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες ακολουθήσαμε τα εξής βήματα. Πρώτα πατήσαμε διπλό κλικ στο maneuver control, έπειτα πήγαμε στο longitudinal and lateral control, το επόμενο βήμα ήταν να

μπούμε στο user maneuver control με τελικό μας στόχο το longitudinal control για να δημιουργήσουμε το Block ελέγχου.

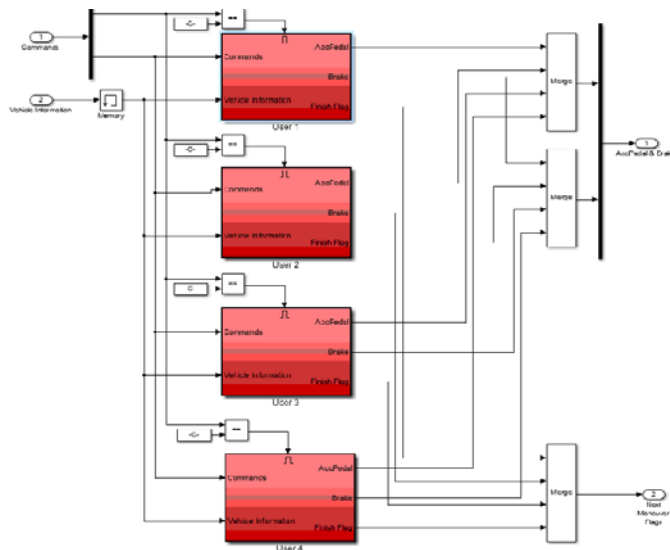
Στην υποενότητα 3.3.1. είχαμε προαναφέρει και υπενθυμίζουμε ξανά ότι στο μπλοκ ελέγχου της ταχύτητας έχουμε ως σήματα εξόδου το γκάζι και το φρένο που ενεργούν για την επιτάχυνση και επιβράδυνση του οχήματος αντίστοιχα. Στις παρακάτω εικόνες 3.19, 3.20 βλέπουμε τα block που έχουν σχέση με τον έλεγχο της ταχύτητας και έχουν ως έξοδο τα διανύσματα γκάζι και φρένο τα οποία παίρνουν τιμές από 0 έως 1 και ως είσοδο τα διανύσματα commands και vehicle info.





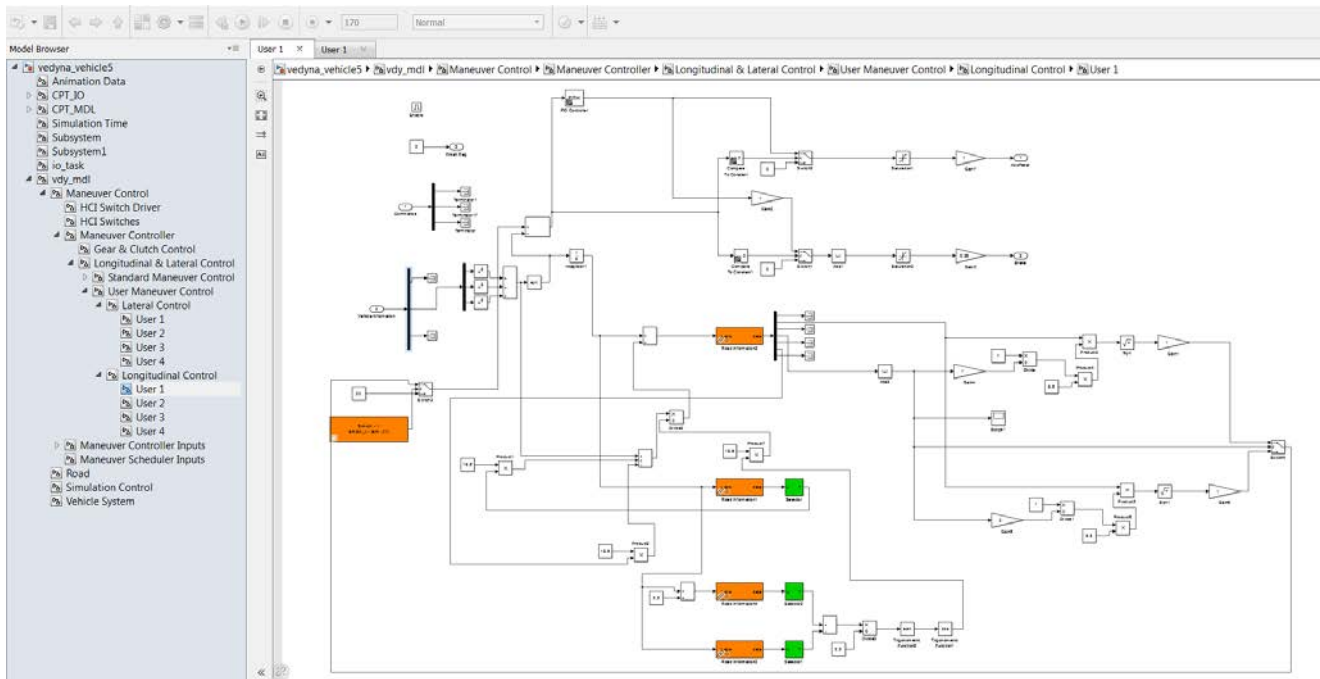
Εικόνες 3.19, 3.20 Block έλεγχου ταχύτητας και τιμονιού με έξοδο γκάζι, φρένο και κλίση τροχών.

Στην παρακάτω εικόνα 3.21 παρατηρούμε 4 διαφορετικά block για τη δημιουργία 4 διαφορετικών προφίλ ταχύτητας αναλόγως τις συνθήκες της πίστας. Στην εργασία μας εμείς χρησιμοποιήσαμε μόνο το πρώτο.



Εικόνα 3.21 Τα 4 block για την δημιουργία προφίλ ταχύτητας.

Παρακάτω παρατηρούμε στην εικόνα 3.22 το δικό μας προφίλ ταχύτητας που φτιάξαμε με επιτυχία. Με αυτό το προφίλ λειτούργησε επιτυχώς ο προσομοιωτής και είχαμε αυξομειώσεις της ταχύτητας με το φρένο και το γκάζι, την κατάλληλη στιγμή ώστε να μην βγει το όχημα από το δρόμο και αποκλίνει της πορείας του.



Εικόνα 3.22 προφίλ ταχύτητας εργασίας.

Αναλυτικότερα ο παραπάνω ελεγκτής ταχύτητας λειτουργεί ως εξής:

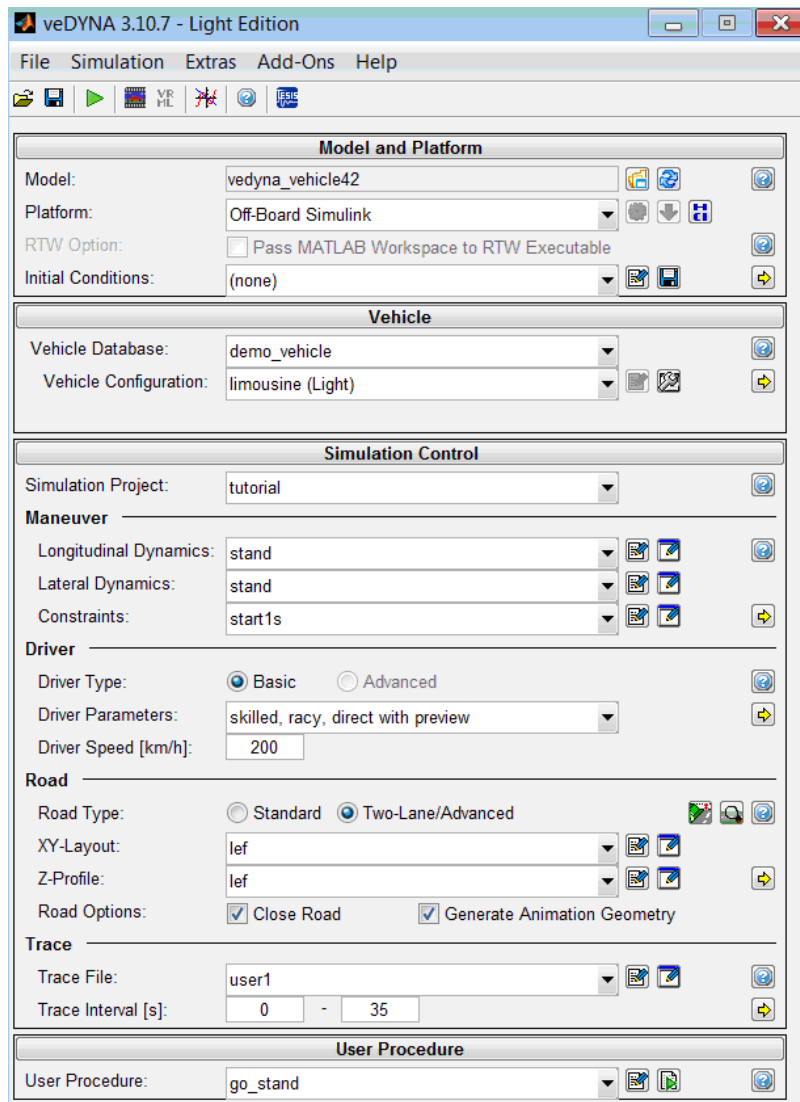
1. Στον ελεγκτή μπαίνουν τα τρία διανύσματα της ταχύτητας σε συντεταγμένες x, y, z αντίστοιχα από το vehicle information.
2. Αθροίζω τα τετράγωνα των ταχυτήτων σε διεύθυνση x, y, z ώστε να υπολογίσω τη συνισταμένη ταχύτητα.
3. Ολοκληρώνω τη ταχύτητα ώστε να υπολογίσω την απόσταση που έχει διανύσει το όχημα σε κάθε χρονική στιγμή.
4. Προσθέτω στην απόσταση αυτή και την απόσταση που χρειάζεται το όχημα μέχρι να φρενάρει τελείως.
5. Βάζω το αποτέλεσμα αυτό μέσα στο μπλοκ road info το οποίο με τη σειρά του θα μου βγάλει ως έξοδο όλες τις παραμέτρους της πίστας στην απόσταση αυτή.
6. Από όλες αυτές τις παραμέτρους της πίστας επιλέγω τις μεταβλητές της κλίσης του δρόμου (curvature) και της τριβής του δρόμου (friction).

7. Με βάση των μεταβλητών υπολογίζω τη μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να έχει το όχημα στο συγκεκριμένο σημείο. Εάν η τρέχουσα ταχύτητα του οχήματος είναι μεγαλύτερη από την επιθυμητή στο συγκεκριμένο σημείο τότε το όχημα θα πατήσει φρένο ενώ εάν είναι μικρότερη τότε θα πατήσει γκάζι.

Γενικά, όμως αυτό που παρατηρήθηκε κατά τη προσομοίωση είναι ότι με βάση αυτόν το ελεγκτή το όχημα πατούσε πολύ απότομα τα φρένα και το γκάζι με αποτέλεσμα το όχημα να ξεφεύγει ορισμένες φορές από τη πίστα. Γι'αυτό το λόγο μέσα στον ελεγκτή προσθέσαμε και έναν PID controller ο οποίος κατανέμει πιο ομαλά το εύρος των τιμών (0..1) που παίρνουν τελικά το γκάζι και το φρένο.

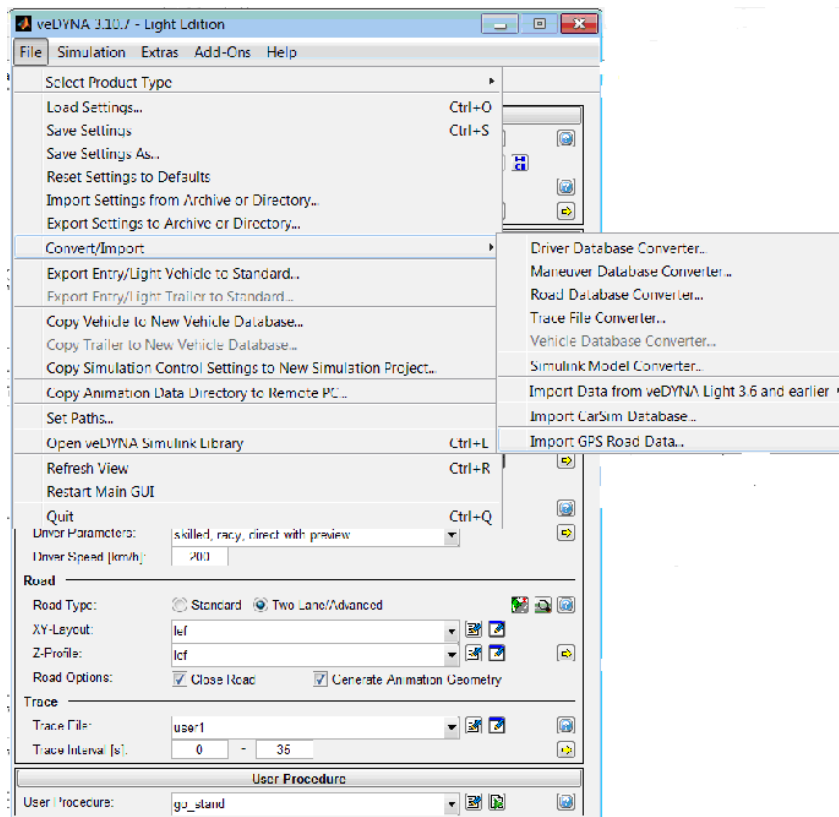
Στην παρακάτω εικόνα 3.23 βλέπουμε το Main gui όπου μπορούμε να ορίσουμε όλα τα χαρακτηριστικά του οχήματος και της πίστας στην οποία τρέχει.

- **model** : ορίζουμε το αρχείο .mdl που θα τρέχει κατά τη προσομοίωση.
- **Vehicle**: ορίζουμε όλες τις προδιαγραφές του οχήματος.
- **Maneuver**: ορίζουμε όλες τις ρυθμίσεις που χρειάζονται για τον έλεγχο της ταχύτητας και του τιμονιού.
- **Road**: ορίζουμε το προφίλ της πίστας.
- **Trace**: ορίζουμε ποιες μεταβλητές θέλουμε να αποθηκεύονται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Π.χ για τη μεταβλητή της ταχύτητας. Μέσα στο trace θα μπορούσαμε να κάνουμε διάφορα σχεδιαγράμματα με τις μεταβλητές που ορίσαμε.



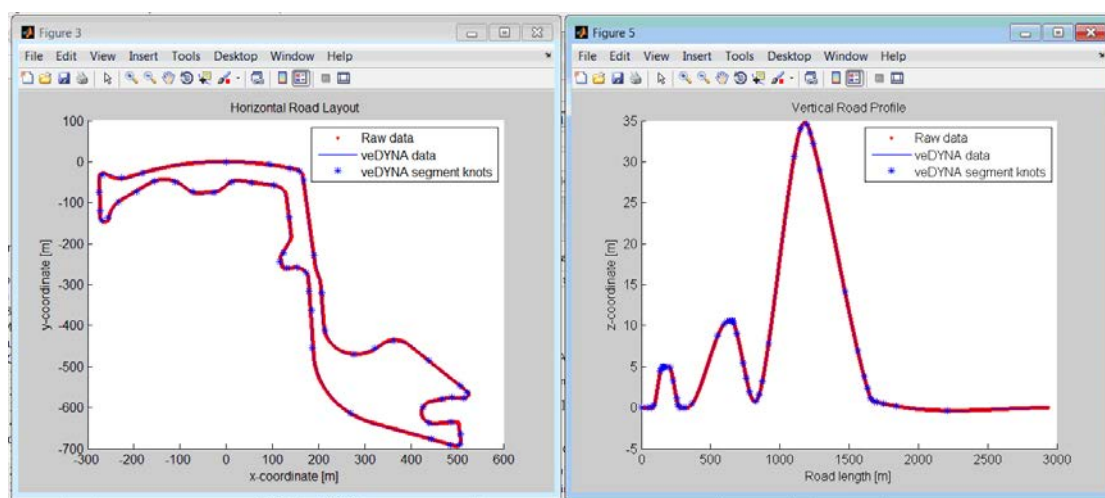
Εικόνα 3.23 Main gui για τα χαρακτηριστικά οχήματος & πίστας.

Στην επόμενη εικόνα 3.24 φορτώνουμε ένα αρχείο .txt που περιέχει πολλά σημεία της πίστας σε συντεταγμένες x,y,z. Το πρόγραμμα ενώνει τις συντεταγμένες και φτιάχνει τη πίστα που θα κινηθεί το όχημα.













Εικόνα 3.24 Πρόγραμμα για συντεταγμένες πίστας.

Στις παρακάτω εικόνες 3.25, 3.26 φαίνεται στην αριστερή εικόνα η πίστα σε συντεταγμένες x,y. Ενώ η δεξιά εικόνα μας δείχνει το z προφίλ της πίστας δηλαδή οι υψομετρικές διαφορές κατά μήκος της πίστας (ανηφόρες, κατηφόρες κ.α.).



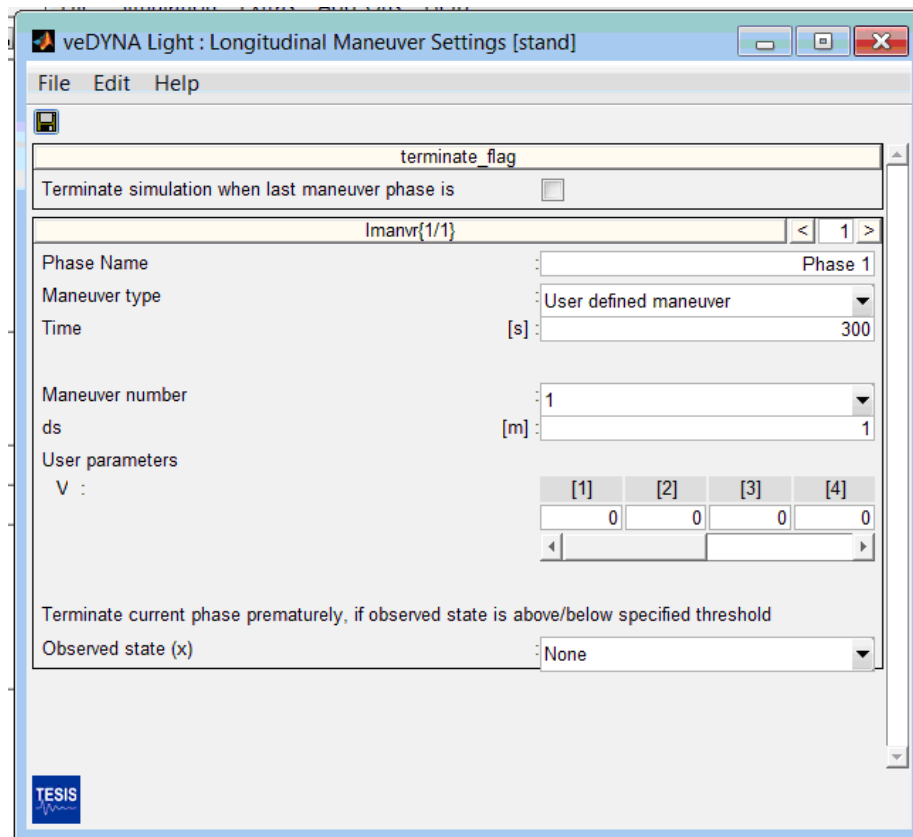
Εικόνες 3.25, 3.26 Προφίλ πίστας x-y και z συντεταγμένες του δρόμου.

Η καρδιά του vedyna είναι το αρχείο vedyna_vehycle.mdl (εικόνα 3.27). Το vedyna_vehicle αξιοποιεί όλα τα άλλα .mdl αρχεία, που το κάθε ένα αφορά και ένα ξεχωριστό μέρος του οχήματος ώστε να τρέξει τη προσομοίωση. Τα αρχεία αυτά μπορεί να αφορούν τα φρένα, το κιβώτιο ταχυτήτων, τον κινητήρα, τη συμπεριφορά των ελαστικών, τα υδραυλικά, τις αναρτήσεις κ.α.. Με αυτόν τον τρόπο το αρχείο vedyna_vehycle.mdl αξιοποιεί όλα τα άλλα .mdl αρχεία τρέχει τη προσομοίωση του οχήματος.

Όνομα	Ημερομηνία τροπ...	Τύπος	Μέγεθος
 vedyna_extern_aero.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	790 KB
 vedyna_extern_brake.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	790 KB
 vedyna_extern_cvt.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	790 KB
 vedyna_extern_drvshft.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	790 KB
 vedyna_extern_eng.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	791 KB
 vedyna_extern_flat_tyre.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	790 KB
 vedyna_extern_hydroclutch.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	790 KB
 vedyna_extern_susp.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	790 KB
 vedyna_vehicle.mdl	24/5/2015 12:21 μμ	Simulink Model	793 KB
 vedyna_vehicle_User_Man.mdl	26/5/2015 6:30 μμ	Simulink Model	1.106 KB

Εικόνα 3.27 Τα .mdl αρχεία που αξιοποιεί το vedyna.

Παρακάτω βλέπουμε το maneuver type (εικόνα 3.28). Στο maneuver type χρησιμοποιούμε την εντολή user defined maneuver. Σαν maneuver number παίρνουμε το νούμερο 1. Δηλαδή ορίζουμε στο πρόγραμμα να τρέξει το πρώτο block μέσα στο οποίο έχουμε φτιάξει το προφίλ ταχύτητας όπως δείξαμε παραπάνω.



Εικόνα 3.28 Το maneuver type.

Στην εικόνα παρατηρούμε το όχημα εν κινήσει στην πίστα προσομοίωσης που φτιάξαμε εμείς με το περιβάλλον *veDYNA* και ορίσαμε την ταχύτητα του αυτοκινήτου, την πίστα, την διαδρομή, την απόσταση και τον χρόνο (εικόνα 3.29).



Εικόνα 3.29 Το όχημα στην πίστα προσομοίωσης σε περιβάλλον *veDYNA*.

Κεφάλαιο 4 Συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η συζήτηση και η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα στην ενότητα 4.1 γίνεται μια σύνοψη των όσων αναφέρονται στην εργασία στο εκάστοτε κεφάλαιο, ενώ στην ενότητα 4.2 γίνεται αναφορά στα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν από την εργασία και την προσομοίωση του μοντέλου στο περιβάλλον *veDYNA*.

Η έρευνα αυτή προέκυψε υλοποιώντας μια μέθοδο και συγκρίνοντάς την με άλλες επιλεγμένες μεθόδους που έχουν σχέση με την προσομοίωση της διαδρομής του οχήματος στο περιβάλλον *veDYNA*. Όλες οι μέθοδοι που παρουσιάζονται είναι ατελής λύσεις κατά κάποιο τρόπο, αλλά ακόμη και οι απλούστερες μέθοδοι μπορεί να εκτελεστούν και να εφαρμοστούν αρκετά καλά σε κάποια κοινά σημεία. Η σημασία της μοντελοποίησης της δυναμικής του οχήματος προβάλλεται καθώς η ταχύτητα του οχήματος αυξάνεται και η διαδρομή γίνεται πιο σύνθετη.

Το μοντέλο του *veDYNA* ως προς τον έλεγχο της ταχύτητας και του τιμονιού λαμβάνει υπόψη του πολύ περισσότερες παραμέτρους από αυτές που ήδη έχουμε λάβει εμείς, για αυτό και είναι πιο ακριβές στα αποτελέσματά του. Ωστόσο όμως ακόμα και το μοντέλο αυτό έχει ελλείψεις και κάποια σημεία τα υπολογίζει βάσει πιθανοτήτων ή ακόμα δίνει και μη γραμμικές λύσεις. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι η δημιουργία ενός πλήρους μοντέλου είναι μια πολύ περίπλοκη διαδικασία που επηρεάζεται από πάρα πολλές παραμέτρους οι οποίες πολλές φορές είναι αδύνατον να προβλεφθούν βάση εξισώσεων.

4.1. Σύνοψη

Όπως είχαμε αναφέρει στο πρώτο κεφάλαιο, σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να προσομοιώσουμε ένα όχημα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή για οδηγούς μέσω του προγράμματος *veDYNA* που στοχεύει στον έλεγχο της ταχύτητας του οχήματος.

Παρατηρήσαμε ότι ορισμένες εφαρμογές του προγράμματος στην πίστα προσομοίωσης, μπορεί ακόμη και να επωφεληθούν από έναν συνδυασμό προσεγγίσεων. Ως εκ τούτου, θα μπορούσαμε να κατέχουμε επακριβώς το επίπεδο της ταχύτητας και των ορίων της απόδοσης του οχήματος. Αυτό το καταφέραμε σε ένα μεγάλο βαθμό από τον συνδυασμό των μεθόδων που μελετήσαμε.

Επίσης παρουσιάσαμε συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του μοντέλου προσομοίωσης του οχήματος και της πίστας που επιλέξαμε τα οποία παρουσιάζονται στο σύστημα. Επίσης αναφερθήκαμε στις ατέλειες και τα λάθη που προέκυψαν κατά

την δημιουργία του μοντέλου προσομοίωσης τα οποία θα μπορούσαν να είναι υλικό προς μελέτη και περαιτέρω ερευνά με στόχο την βελτιστοποίηση του μοντέλου. Έγινε χρήση των συστημάτων των μοντέλων που προσεγγίζουν την κίνηση του οχήματος. Οι προσεγγίσεις, οι απλουστεύσεις και η γραμμικότητα του μας βοήθησαν για να προκύψει το παρόν επιθυμητό αποτέλεσμα.

Το συμπέρασμα που εξήχθη είναι ότι κάθε μοντέλο μπορεί δυνητικά να παρέχει μια λογική προσέγγιση της κίνησης του οχήματος. Ένα απλό κινηματικό μοντέλο μπορεί να αρκεί, όταν ένα όχημα παρουσιάζει μια συγκεκριμένη κινηματική πορεία, όπως η αργή οδήγηση ή η εκτέλεση των ελιγμών. Για να είναι επιτυχής η προσομοίωση του οχήματος, θα πρέπει οι παράμετροι που θα εισαχθούν στο μοντέλο να προσεγγίζουν τις συνθήκες οδήγησης που επικρατούν σε εθνικές οδούς στις οποίες έχουμε διάφορα προφίλ ταχυτήτων κίνησης. Επιδίωξη μας αποτέλεσε η ανάπτυξη μιας εφαρμογής (ελεγκτής) στο λογισμικό περιβάλλον *veDYNA* η οποία θα μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα οποιοδήποτε βιομηχανικό σύστημα αλλά και σε διάφορους κλάδους της βιομηχανίας προσφέροντας με τον τρόπο αυτό αισθητή βελτίωση της απόδοσης του συστήματος με το οποίο συνδέεται ο ελεγκτής, καθώς επίσης να μπορέσει να προσδώσει στο σύστημα επιπλέον ασφάλεια τόσο για τον άνθρωπο που το χειρίζεται όσο και για το περιβάλλον στο οποίο γίνεται η χρήση.

Οι τροποποιήσεις που κάναμε στο αρχικό μοντέλο οχήματος μετέτρεψαν την ταχύτητα από μη ελεγχόμενη σε ελεγχόμενη, οπότε θα μπορούσαμε να πούμε ότι θεωρούνταν εκ των προτέρων δεδομένο το γεγονός ότι η νέα απόδοση της ταχύτητας θα βελτιωνόταν κατά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του ελεγκτή που ορίσαμε εμείς. Με την παρέμβασή μας στο μοντέλο δημιουργήθηκε αρκετά μεγαλύτερη ομαλότητα της γωνίας του οχήματος σε σχέση με το οδόστρωμα όταν έπαιρνε τις στροφές και το αποτέλεσμα ήταν να μην παρεκκλίνει της πορείας του και να βγαίνει έξω από τον δρόμο. Έπαιξε ρόλο και στην ευστάθεια του αυτοκινήτου. Το όχημα είχε κάθε χρονική στιγμή την σωστή κλίση σε κάθε σημείο του οδοστρώματος της πίστας για να μπορεί να μεταβάλλει την ταχύτητα του αυτόματα ανά πάσα ώρα και στιγμή. Προτιμούμε περισσότερο αυτή τη θέση του αμαξώματος ως προς το δρόμο σε σχέση με τα αρχικά μοντέλα οχήματος που τα πήραμε και τα αλλάξαμε.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απόδοσης, την ανάλυση και τη σύγκριση των μεθόδων παρακολούθησης καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι καμία από τις προσεγγίσεις δεν λειτουργεί άψογα σε όλες τις εφαρμογές και ότι χρειάζονται κάποια συμπληρωματικά χαρακτηριστικά. Μπορούμε να σκεφτούμε την πληθώρα

συστημάτων που θα μπορούσαν να εγκατασταθούν από τον ελεγκτή που χρησιμοποιήσαμε. Η εφαρμογή της εργασίας αυτής σε ένα επαγγελματικό περιβάλλον λογισμικού όπως το *veDYNA*, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιείται όχι μόνο από αρκετές αυτοκινητοβιομηχανίες ανά τον κόσμο, αλλά και από τμήματα ανάπτυξης των κατασκευαστών πρωτότυπου εξοπλισμού (OEM) αυτοκινήτων, ανοίγει αρκετούς δρόμους για περαιτέρω επέκταση των δυνατοτήτων της εργασίας αυτής πάνω στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Αυτά τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά μας οδηγούν σε μια μελλοντική ιδέα όπου ένας συνδυασμός των σημερινών μεθόδων που θα προκύψει θα μπορούσε να είναι χρήσιμος για πιο γενικές εφαρμογές. Επιπλέον, εντοπίστηκαν και προσδιορίστηκαν διάφορες εφαρμογές μεθόδων, που τώρα δεν παρέχουν επαρκείς λύσεις και δύναται να μελετηθούν στο εγγύς μέλλον. Όπως είναι γνωστό η ταχύτητα ενός οχήματος εξαρτάται από πολλούς και διαφόρους παράγοντες οι οποίοι δεν είναι εφικτό να υπολογιστούν ταυτοχρόνως. Αναφορικά μερικοί από αυτούς είναι οι εξής:

Η γωνία *camber*, η επιφάνεια και η ποιότητα του πέλματος των ελαστικών, το οδόστρωμα, οι συνθήκες που επικρατούν στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή (αέρας περιβάλλοντος, γεωμετρία οχήματος, χαρακτηριστικά κινητήρα, υψομετρικές διαφορές της πίστας, καιρός και άλλα). Για το λόγο αυτό αναγκαστήκαμε να αλλάξουμε τις παραμέτρους στον ελεγκτή έτσι ώστε το μοντέλο μας να μην ξεφεύγει από τη πίστα. Αρχικά μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση που χρειάζεται το όχημα μέχρι να σταματήσει τελείως σε μια δεδομένη χρονική στιγμή και στον ελεγκτή που αναπτύξαμε στην παρούσα εργασία συνυπολογίζοντας τους ανωτέρω παράγοντες μπορούμε να δούμε σε ποια σημεία της πίστας θα μεταβάλλει την ταχύτητα του το μοντέλο μας με βάση τις παραμέτρους που του έχουμε δώσει. Γνωρίζοντας την ταχύτητα του οχήματος και την κινητική ενέργεια των τροχών σε κάθε σημείο της πίστας θα μπορούσαμε μελλοντικά να επιτύχουμε βελτιώσεις πάνω στον ελεγκτή του οχήματος. Ένα σύνθετο πρόβλημα το οποίο προκύπτει είναι ο έλεγχος του τιμονιού του οχήματος ο οποίος εξαρτάται από πολλούς και σύνθετους παράγοντες και αποτελεί κατεξοχήν πρόβλημα στις αυτοκινητοβιομηχανίες.

Η ταχύτητα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι δεν μπορούν να υπολογιστούν ταυτόχρονα. Μερικοί από αυτούς είναι η γωνία *camber*, η επιφάνεια και η ποιότητα των ελαστικών, το οδόστρωμα οι συνθήκες που επικρατούν (αέρας περιβάλλοντος, γεωμετρία οχήματος, χαρακτηριστικά κινητήρα υψομετρικές

διαφορές της πίστας κ.α). Για αυτό το λόγο μειώσαμε τις απαραίτητες παραμέτρους στον ελεγκτή ώστε το όχημα να μην ξεφεύγει της πορείας του.

Στον ελεγκτή που δημιουργήσαμε, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την απόσταση που χρειάζεται μέχρι να σταματήσει τελείως δεδομένης μιας χρονικής στιγμής. Λαμβάνοντας τους παραπάνω παράγοντες υπόψη το stopping distance του ελεγκτή μειώνεται με αποτέλεσμα το όχημα να μπορεί να αναπτύξει μεγαλύτερες ταχύτητες σε ορισμένα σημεία της πίστας.

4.2. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά κατανοούμε ότι το μοντέλο προσομοίωσης οδήγησης σε περιβάλλον *veDYNA* είναι πολύ χρήσιμο αν όχι απαραίτητο για τους παρακάτω λόγους:

- Αποβάλλει τις φοβίες και τις αναστολές σε σχέση με την οδήγηση.
- Μαθαίνουν να οδηγούν χωρίς το άγχος του δρόμου, με οικολογικό, αμυντικό τρόπο.
- Δοκιμάζουν ρεαλιστικές καταστάσεις κυκλοφορίας σε εικονικό περιβάλλον, χωρίς κίνδυνο.
- Δοκιμάζουν ακραίες καταστάσεις και δεξιότητες στην οδήγηση, χωρίς κίνδυνο.
- Βλέπουν συμπεριφορές αποφυγής καταστάσεων κατά την οδήγηση.
- Οι οδηγοί αξιολογούν τον χρόνο αντίδρασής τους και την δυνατότητα επιβράδυνσης σε συνθήκες κινδύνου.
- Οι οδηγοί αξιολογούν την περιφερειακή τους ορατότητα και την οικολογική τους συμπεριφορά.
- Μπορούν να μετρήσουν τα όρια αντοχής τους σε ακραίες συμπεριφορές κατά την οδήγηση.
- Μπορούν να αρχίσουν τα μαθήματα οδήγησης και να γίνουν καλύτεροι και πιο έμπειροι οδηγοί με ασφάλεια.
- Μελλοντικά για την βελτίωση του μοντέλου που δημιουργήσαμε, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τη τελική ταχύτητα σε κάθε σημείο της πίστας που θέλουμε να προσεγγίσουμε.

- Να λάβουμε υπόψη τη κινητική ενέργεια που έχουν οι τροχοί σε κάθε σημείο της πίστας.

5. Βιβλιογραφία

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Ackerman, J., "Robust control prevent car skidding, (1997). " IEEE Control Systems Magazine, Vol. 17, No. 3, pp. 23-31.

Caltech (1997). "Researchers stage largest Military Simulation ever" , Jet Propulsion Laboratory.

Dixon J.C. & Tires, (1996). Suspension and Handling. Second Edition. Society of Automotive Engineers, Inc Warrendale, Pa. United Kingdom.

Gillespie T.D., (1992). Fundamentals of Vehicle Dynamics. Society of Mining Metallurgy and Exploration Inc., USA.

Grip H. F., L. Imsland, T. A. Johansen, T. I. Fossen, J. C. Kalkkuhl, and A. Suissa, (2008). "Nonlinear vehicle side-slip estimation with friction adaptation," Automatica, vol. 44, no. 3, pp. 611–622.

Hoffman, D. and Rizzo, M., (1998). "Chevrolet C5 Corvette vehicle dynamic control system,".

Kiencke, U. and Nielsen, L. (2000), Automotive Control Systems for Engine, Driveline and Vehicle.

Leffler, H., Auffhammer, R., Heyken, R. and Roth, H., (1998). "New driving stability control system with reduced technical effort for compact and medium class passenger cars," SAE Technical Paper Series.

Leung K. T., J. F. Whidborne, D. Purdy, and P. Barber, (2011). "Road vehicle state estimation using low-cost GPS/INS," Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 25, no. 6, pp. 1988–2004.

Mavromatis S. & B. Psarianos (1999). Design Speed Ranges to Accommodate a Safe Highway Geometric Design for Heavy Vehicles. Paper presented in the 2nd International Symposium of Highway Geometric Design. TRB, Mein, Germany.

Sasipalli, V.S.R., Sasipalli, G.S. and Harada, K., (1997). "Single spiral in highway design and bounds for their scaling," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E80-D, No. 11.

Snider Jarrod M (2009). Automatic Steering Methods for Autonomous Automobile Path Tracking Robotics Institute Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania.

Strogatz, Steven (2007). "The End of Insight". In Brockman, John. *What is your dangerous idea?* . HarperCollins.

Tesis DYNAware (2006). veDYNA 3.10 Simulink Manual written consent of TESIS DYNAware Technische Simulation Dynamischer Systeme GmbH Modification: 30 May. Munich Germany.

veDYNA (2010). "Simulink Manual", TESIS DYNAware.

Wang, D. and Qi, F., (2001). "Trajectory planning for a four wheel steering vehicle," Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Seoul, Korea.

Wang, R., G. Yin, and J. Wang, (2012). "Vehicle lateral velocity and tireroad friction coefficient estimation," in Proceedings of the 5th ASME Annual Dynamic Systems and Control Conference, pp. 495–502,

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Ξενοφώντος. X. & Γεωργίου Γ. (2007). Εισαγωγή στην Matlab. Λευκωσία.

Ρουμελιώτης Μ. (2001). “*Μοντελοποίηση και Προσομοίωση*”, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πρόγραμμα Σπουδών Πληροφορικής, Θεματική Ενότητα Γραμμικού Προγραμματισμού και Προσομοίωσης, Τόμος Α', Πάτρα.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

<http://users.actrix.co.nz/bobwill>

Checkland P. (1986). Soft Systems - Modified December 2005 pp.18 (The Kellogg Foundation Bob Williams).

<http://www.tesis-dynaware.com/en/products/vedyna/overview.html>

<http://www.nhtsa.gov>