

# Η συμβολή της τεχνολογίας των προσομοιωτών οδήγησης στην οδική ασφάλεια

**Γ. Μίντσης, Σ. Μπάσμπας, Χ. Ταξιλτάρης**

*Τομέας Συγκοινωνιακών και Υδραυλικών Έργων, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*

## Περίληψη

Η ανάγκη για βελτίωση του επιπέδου της οδικής ασφάλειας, εξετάζοντας τον ανθρώπινο παράγοντα, οδήγησε στη σχεδίαση και κατασκευή προσομοιωτών οδήγησης, με τους οποίους εξασφαλίζεται η εκπαίδευση των υποψηφίων και τακτικών οδηγών σε κανονικές αλλά και σε δυσμενείς συνθήκες. Στόχος των προσομοιωτών οδήγησης είναι η απόκτηση εμπειρίας των εκπαιδευομένων σε περιβάλλον ασφαλές για τους ίδιους αλλά και για τους υπόλοιπους χρήστες της οδού. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται τα βασικά συστατικά στοιχεία των προσομοιωτών οδήγησης, οι προκύπτουσες ωφέλειες από τη χρήση τους και οι τάσεις εξέλιξης της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

**Λέξεις κλειδιά.** Προσομοιωτές οδήγησης, οδική ασφάλεια, κυκλοφορία, οχήματα.

## 1 Εισαγωγή

Η εξέταση της σημασίας του ανθρώπινου παράγοντα στην οδική ασφάλεια οδήγησε πολλά Ινστιτούτα και Οργανισμούς, στη σχεδίαση και κατασκευή διατάξεων, με τις οποίες εξασφαλίζεται η εκπαίδευση των υποψηφίων οδηγών σε κανονικές αλλά και σε δυσμενείς συνθήκες, με σκοπό την απόκτηση εμπειρίας των εκπαιδευομένων σε περιβάλλον ασφαλές για τους ίδιους αλλά και για τους υπόλοιπους χρήστες της οδού.

Οι διατάξεις που κατασκευάστηκαν για αυτό το σκοπό είναι οι προσομοιωτές οδήγησης με τους οποίους ο εκπαιδευόμενος εξασκείται στην οδήγηση οχήματος σε συνθήκες προσομοιωμένης κυκλοφορίας.

Η ιστορία των προσομοιωτών αρχίζει πριν το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Οι πρώτοι προσομοιωτές που εμφανίστηκαν ήταν οι προσομοιωτές πτήσης. Οι προσομοιωτές οδήγησης άρχισαν να αναπτύσσονται στα τέλη της δεκαετίας του '50 και ο πρώτος προσομοιωτής λειτούργησε στα τέλη της δεκαετίας του '60. Πρωταρχικός τους στόχος ήταν η βελτίωση της οδικής ασφάλειας μέσω της βελτίωσης της οδηγικής συμπεριφοράς.

Η εταιρεία VW κατασκεύασε προσομοιωτή οδήγησης στις αρχές της δεκαετίας

του '70, με σκοπό την ευρεία διάθεσή του στην αγορά. Ο προσομοιωτής αναπτυσσόταν πάνω σε μια πολύπλοκη βάση και το όλο σύστημα βασιζόταν απόλυτα στην κίνηση της καμπίνας σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Για την καλύτερη προσομοίωση της πραγματικότητας, προστέθηκε η δυνατότητα δημιουργίας κραδασμών στη θέση του οδηγού, με στόχο την πιστότερη αίσθηση της οδού. Η καμπίνα περιελάμβανε μόνο τη θέση του οδηγού με το τιμόνι και τα πηδάλια, χωρίς το υπόλοιπο τμήμα του οχήματος. Στη συνέχεια, στην κινούμενη βάση πραγματοποιήθηκαν ορισμένες τροποποιήσεις, ενώ αντικαταστάθηκαν οι παλιοί αναλογικοί υπολογιστές. Στη συνέχεια το Σουηδικό Ινστιτούτο Οδικής Ασφάλειας VTI χρησιμοποίησε και βελτίωσε τον προσομοιωτή οδήγησης της VW. Το VTI κατασκεύασε έναν εξελιγμένο προσομοιωτή οδήγησης, τον TRYGG HANSA (Nilson (1989) & Torinos (1988)).

Η εταιρεία Daimler-Benz παρουσίασε το 1985 το δικό της προσομοιωτή οδήγησης. Η βάση κίνησης αποτελούνταν από ένα σύστημα με έξι βαθμούς ελευθερίας κίνησης, το δε οπτικό σύστημα κάλυπτε ένα πεδίο 180° οριζόντια. Η καμπίνα του προσομοιωτή ήταν ολόκληρο το σώμα ενός αυτοκινήτου. Το σύστημα αυτό αργότερα ανανεώθηκε, και προστέθηκε μια εκτεταμένη πλευρική κίνηση σε τοξωτή βάση, ένα περισσότερο βελτιωμένο οπτικό σύστημα και η δυνατότητα δημιουργίας περισσότερων γραφικών και εικόνων.

Η εταιρεία Mazda, την ίδια χρονική περίοδο, άρχισε να κατασκευάζει προσομοιωτή οδήγησης, ο οποίος χαρακτηριζόταν από τέσσερις βαθμούς ελευθερίας της κινούμενης βάσης (εκτροπή, στροφή, κλίση και πλευρική κίνηση). Η ισχυρή πλευρική κίνηση που περιελάμβανε καθιστούσε δυνατή την εκτέλεση ελιγμών κατά την αλλαγή λωρίδων κυκλοφορίας χωρίς μείωση της ταχύτητας, ακόμα και σε επίπεδα πολύ κοντά στα όρια των χειρισμών. Η καμπίνα αποτελούνταν μόνο από τη θέση του οδηγού, όποτε από αυτή την άποψη θύμιζε πολύ τον πρώτο προσομοιωτή που κατασκεύασε η εταιρεία VW. Ο προσομοιωτής αυτός δεν περιελάμβανε δυνατότητες παραγωγής κραδασμών.

Στην Γαλλία η εταιρεία FAROS συνεργάζεται με αντίστοιχους οργανισμούς σε όλη την Ευρώπη (FAROS (2001)). Σχεδιάζει και κατασκευάζει προσομοιωτές οδήγησης σε συνεργασία με την εταιρεία Renault, οι οποίοι είναι πιστοποιημένοι από το Γαλλικό Υπουργείο Μεταφορών και συμβατοί προς το Εθνικό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης (PNF).

Η Γερμανική εταιρεία SimuTech, που δραστηριοποιείται και στην Ελβετία σχεδιάζει και κατασκευάζει προσομοιωτές οδήγησης, καθώς και το λογισμικό που τους υποστηρίζει στην εκπαιδευτική διαδικασία (SimuTech (2002)). Ο Νορβηγικός οργανισμός Autosim, ο οποίος καταρχήν δραστηριοποιήθηκε στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας, στη συνέχεια κατασκεύασε ολοκληρωμένα συστήματα προσομοιωτών οδήγησης (Autosim (2002)).

Στις Η.Π.Α. η εταιρεία FAAC ξεκίνησε να αναπτύσσει προσομοιωτές αεροσκαφών και στρατιωτικών οχημάτων, σε συνεργασία με τα ερευνητικά κέντρα των Η.Π.Α. και με τα υπουργεία Εθνικής Άμυνας και Μεταφορών των Η.Π.Α (FAAC

(2002)). Στη συνέχεια δραστηριοποιήθηκε στην ανάπτυξη προσομοιωτών οδήγησης βαρέων και επιβατικών οχημάτων.

Τονίζεται ότι σήμερα επιχειρείται στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στις Η.Π.Α. και στην Ιαπωνία σημαντική προσπάθεια για την ανάπτυξη και χρησιμοποίηση όσο το δυνατό περισσότερων προσομοιωτών οδήγησης, ειδικότερα για την εκπαίδευση των οδηγών βαρέων οχημάτων με σκοπό τη μείωση των οδικών ατυχημάτων και του συνεπαγόμενου κοινωνικοοικονομικού κόστους.

Σημειώνεται ότι στη Γερμανία και στη Γαλλία ήδη λειτουργούν τουλάχιστο δύο κέντρα εκπαίδευσης υποψηφίων οδηγών επιβατικών αυτοκινήτων και βαρέων οχημάτων με προσομοιωτές. Το 1975 λειτουργούσαν τουλάχιστο δεκαέξι (16) προσομοιωτές οδήγησης στις Η.Π.Α. και δύο (2) στην Ευρώπη (ένας στην εταιρεία SAAB (VTI) και ένας στην εταιρεία VW).

Σήμερα ο αριθμός αυτός έχει αυξηθεί σημαντικά διεθνώς λόγω των δυνατοτήτων που προέκυψαν από την ανάπτυξη πολύ ισχυρών συστημάτων Η/Υ με μικρό σχετικά κόστος. Σημαντικός λόγος επίσης είναι η αυξανόμενη ανάγκη να γίνει κατανοητή η οδηγική συμπεριφορά και οι παράμετροι που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια σε ελεγχόμενες πειραματικά συνθήκες.

## 2 Υποσυστήματα προσομοιωτών οδήγησης

Ο προσομοιωτής οδήγησης αποτελείται από έναν αριθμό υποσυστημάτων ως ακολούθως:

α) Την καμπίνα του οδηγού που μπορεί να είναι είτε ένα πραγματικό όχημα είτε η θέση ενός οδηγού εξοπλισμένη με πηδάλια και πίνακα οργάνων ελέγχου. Σε πολλούς προσομοιωτές η καμπίνα του οδηγού είναι περιστρεφόμενη.

Τονίζεται ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι λειτουργίες του οχήματος είναι πλήρως προσομοιωμένες και οι συνθήκες περιβάλλοντος, υγρασίας και θερμοκρασίας στην καμπίνα είναι παρόμοιες με τις πραγματικές.

β) Το λογισμικό με τις προσομοιωμένες επιδόσεις ενός συγκεκριμένου πραγματικού οχήματος. Το λογισμικό είναι εγκατεστημένο στον Η/Υ με τον οποίο είναι συνδεδεμένος ο προσομοιωτής.

γ) Το οπτικό υποσύστημα, το οποίο αποτελείται από το πρόγραμμα που ελέγχει την προσομοιωμένη γραφική αναπαράσταση της πραγματικής οδού και του οδικού περιβάλλοντος, τους προβολείς και τις οθόνες του προσομοιωτή.

δ) Το υποσύστημα ήχου που προσομοιώνει τους ήχους της μηχανής του οχήματος, των ελαστικών, του ανέμου και του περιβάλλοντος γενικότερα.

Οι προσομοιωτές οδήγησης χωρίζονται ανάλογα με το αρχικό κόστος ανάπτυξης και κατασκευής τους σε χαμηλού, μεσαίου και υψηλού κόστους. Η χαμηλού κόστους προσομοίωση έγινε πραγματικότητα με τον ερχομό της τεχνολογίας των

προσωπικών Η/Υ που παρέχει σημαντική αξιοπιστία στην προσομοίωση οπτικών, ακουστικών και λοιπών αισθήσεων του οδηγού. Ονομάζονται χαμηλού κόστους λόγω των σχετικά οικονομικών συστημάτων προσομοίωσης και προβολής γραφικών που χρησιμοποιούν. Έχουν την ικανότητα μεταφοράς των λογισμικών προσομοίωσης από τον φορητό Η/Υ στο περιβάλλον του εργαστηρίου και αντιστρόφως, είναι δε ιδιαίτερα οικονομικοί για ερευνητές και, για κατασκευαστές αυτοκινήτων.

Οι μεσαίου κόστους προσομοιωτές οδήγησης χρησιμοποιούν εξελιγμένες μεθόδους παραγωγής γραφικών, κάνοντας χρήση λογισμικού σχεδιασμού γραφικών σε πραγματικό χρόνο ώστε να δημιουργήσουν μια εικόνα η οποία προβάλλεται μπροστά από τον οδηγό σε κάθε χρονική στιγμή. Περιλαμβάνουν μια μεγάλη οθόνη προβολής, και ένα πλήρους μεγέθους αυτοκίνητο εξοπλισμένο με όλα τα συνηθισμένα όργανα ελέγχου.

Οι χαμηλού και μεσαίου κόστους προσομοιωτές οδήγησης μπορούν να είναι είτε στατικοί είτε να παρέχουν ως ένα βαθμό το αίσθημα της κίνησης χρησιμοποιώντας συστήματα, τα οποία προσομοιώνουν τους συνηθισμένους κραδασμούς που νιώθει ο οδηγός καθώς οδηγεί.

Οι υψηλού κόστους προσομοιωτές παρέχουν ένα ευρύ πεδίο ορατότητας (360°) και ένα εκτεταμένο σύστημα κίνησης (π.χ. ο προσομοιωτής του VTI στη Σουηδία). Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει ένα εξάποδο σύστημα με έξι βαθμούς ελευθερίας της κινούμενης βάσης.

Η διαφορά μεταξύ ενός προσομοιωτή επιβατικού οχήματος και ενός προσομοιωτή φορτηγού αφορά στην καμπίνα του οδηγού και στο λογισμικό. Και στις δύο περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ο ίδιος Η/Υ και το ίδιο σύστημα προβολής, γεγονός που μειώνει σημαντικά το κόστος αγοράς.

Η προσθήκη των διατάξεων των δυνάμεων ανάδρασης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία για την πιστή προσομοίωση της πραγματικότητας. Οι συνθήκες που συναντά ο εκπαιδευόμενος κατά την οδήγηση στον προσομοιωτή είναι αληθοφανείς. Αυτό οφείλεται στην πιστή αναπαραγωγή των συνθηκών αυτών στο λογισμικό αναπαράστασης της πραγματικότητας.

Όλα τα στοιχεία που αναπαριστώνται είναι τρισδιάστατα, μεταβάλλονται χρονικά και σύμφωνα με την απόσταση που "διανύει" ο εκπαιδευόμενος οδηγώντας το προσομοιωμένο όχημα. Αναπαριστάται πιστά η νύχτα, η ημέρα, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες (βροχή, ομίχλη, χιόνι).

Σε ό,τι αφορά τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες ο εκπαιδευόμενος τις αντιλαμβάνεται οπτικά αλλά και δυναμικά. Όταν π.χ. στην οθόνη παρουσιάζονται συνθήκες βροχής, ο εκπαιδευόμενος το αντιλαμβάνεται στα χειριστήρια όργανα.

Το ηχητικό σύστημα περιλαμβάνει στερεοφωνικά παραγόμενους ήχους, που προέρχονται από το εσωτερικό και το εξωτερικό της καμπίνας. Η βάση δεδομένων περιέχει στοιχεία για τη διαμόρφωση των συνθηκών οδήγησης, αλλά και των εικόνων που πρόκειται να εμφανιστούν στην οθόνη του προσομοιωτή. Η βάση αυτή έχει τη δυνατότητα να τροποποιείται όταν αυτό θεωρείται σκόπιμο από τον εκπαιδευτή.

### 3 Προκύπτουσες ωφέλειες από τη χρήση προσομοιωτών οδήγησης

Οι ωφέλειες που προκύπτουν από τη χρήση των προσομοιωτών οδήγησης κατά την εκπαιδευτική διαδικασία αφορούν στα εξής:

- α) Η εκπαίδευση πραγματοποιείται σύμφωνα με τον προσωπικό ρυθμό εκμάθησης του εκπαιδευόμενου.
- β) Ο εκπαιδευόμενος μπορεί να δει στην οθόνη το αποτέλεσμα συγκεκριμένων ενεργειών του χωρίς να κινδυνεύει ο ίδιος και οι υπόλοιποι χρήστες της οδού.
- γ) Παρέχεται η δυνατότητα στον εκπαιδευόμενο να αξιολογεί τις γνώσεις του κάθε φορά που το επιθυμεί.
- δ) Υφίσταται η δυνατότητα αναπαράστασης ανά πάσα στιγμή των δυσμενών και ακραίων καιρικών συνθηκών, οι οποίες είναι απίθανο ή δύσκολο να αναπαραχθούν στο πραγματικό περιβάλλον, με ελεγχόμενο τρόπο.

Σε ό,τι αφορά στις σχολές εκπαίδευσης υποψηφίων οδηγών, η χρήση προσομοιωτή οδήγησης μειώνει το κόστος λειτουργίας τους. Σε ό,τι αφορά στον εκπαιδευτή δεν απαιτείται να βρίσκεται συνέχεια δίπλα στον εκπαιδευόμενο, κατά τη διάρκεια της οδήγησης στον προσομοιωτή, ενώ του παρέχεται η δυνατότητα να καταγράφει, να εποπτεύει και να αξιολογεί αντικειμενικά την πρόοδό του. Μειώνεται επίσης η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την κίνηση των οχημάτων (π.χ. εκπομπές ρύπων, κατανάλωση ενέργειας κ.λπ.).

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει ο προσομοιωτής στην εκπαίδευση των υποψηφίων οδηγών έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα όταν απευθύνονται σε κοινό με ειδικές ανάγκες. Σημειώνεται ότι έχουν αναπτυχθεί προσομοιωτές οδήγησης με διατάξεις, οι οποίες ορίζουν τις εργονομικές ρυθμίσεις στοιχείων του προσομοιωτή, για συγκεκριμένες ανάγκες των οδηγών.

Εκτός από τη χρήση του ως εκπαιδευτικό εργαλείο ο προσομοιωτής αποτελεί βασικό ερευνητικό εργαλείο, με στόχο τη βελτίωση των οχημάτων σε σχέση με την οδική ασφάλεια. Συγκεκριμένα ο προσομοιωτής χρησιμοποιείται στις μελέτες των δυναμικών χαρακτηριστικών των οχημάτων. Επισημαίνεται ότι τα βασικά κατασκευαστικά στοιχεία των οχημάτων μπορούν να ελεγχθούν με ένα πραγματικό όχημα αλλά ορισμένα προβλήματα δυναμικής είναι επικίνδυνο να μελετηθούν με τη χρήση πραγματικού οχήματος, (π.χ. επίδραση του ανέμου).

Τις περισσότερες φορές ο προσομοιωτής οδήγησης χρησιμοποιείται σε έρευνες, όπου ο οδηγός έχει τον κεντρικό ρόλο. Στη διερεύνηση της επίδρασης της κατανάλωσης αλκοόλ ή άλλων ουσιών/φαρμάκων στις επιδόσεις του οδηγού, ο προσομοιωτής αποτελεί το βασικό εργαλείο.

Αντίστοιχες έρευνες εκπονούνται αναφορικά με την επίδραση της υπνηλίας και της κόπωσης, εξαιτίας της οδήγησης, στην απόδοση του οδηγού. Στις έρευνες για την υπνηλία συμμετέχουν οδηγοί, οι οποίοι πάσχουν από το σύνδρομο αϋπνίας λόγω παθολογικών αιτιών. Επίσης μελετώνται οι επιδράσεις στην απόδοση του

οδηγού, εξαιτίας των θορύβων εντός και εκτός οχήματος και της θερμοκρασίας εντός του οχήματος.

Εκτεταμένο πεδίο ερευνών αποτελεί επίσης η επίδραση του περιβάλλοντος της οδού στη συμπεριφορά του οδηγού. Από τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών προκύπτει ότι οι οδηγοί μειώνουν την ταχύτητά τους, ως απάντηση στο αυξανόμενο πλήθος πληροφοριών που δέχονται από το περιβάλλον της οδού.

Το περιβάλλον της καμπίνας στον προσομοιωτή οδήγησης αλλά και στο πραγματικό αυτοκίνητο, επηρεάζει τη φυσική κατάσταση του οδηγού σε ό,τι αφορά στην εγρήγορση και την ετοιμότητα. Στις σχετικές έρευνες οι οδηγοί εκτίθενται σε διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας (21°C σε σχέση με τους 28°C), θορύβου (65dB(A) σε σχέση με τα 80dB(A)) και υπόηχους (98dB(G1) σε σχέση με τα 112dB(G1)). Τα επίπεδα αυτά αντιστοιχούν στο χαμηλότερο και υψηλότερο επίπεδο αντίστοιχα, δηλαδή στο "φυσιολογικό" διάστημα κατά την πραγματική οδήγηση.

Προκύπτει ότι το ακουστικό και θερμικό περιβάλλον των οχημάτων επιδρά με διαφορετικούς τρόπους στην επίδοση του οδηγού αλλά τονίζεται ότι τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών δεν ερμηνεύονται εύκολα. Διαπιστώνονται πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των περιβαλλοντικών παραμέτρων, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό του καταλληλότερου περιβάλλοντος οδήγησης (Laurell et al. (1987)).

Ένα επίσης ενδιαφέρον πεδίο χρήσης του προσομοιωτή οδήγησης είναι ο σχεδιασμός των οδών. Στη ψηφιακή εικόνα της οδού που δημιουργείται στον προσομοιωτή οδήγησης, είναι εύκολο να δοκιμασθούν διαφορετικοί σχεδιασμοί της ίδιας οδού, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της οριζόντιας και κατακόρυφης σχεδίασής της. Ο προσομοιωτής οδήγησης χρησιμοποιείται και για τη δοκιμασία διαφορετικών σημάνσεων στην οδό.

Όπως είναι αναμενόμενο όλοι οι προσομοιωτές οδήγησης δεν είναι ίδιοι ως προς την απόδοση της πραγματικότητας εντός και εκτός οχήματος. Σε όλους τους προσομοιωτές υπάρχει η δυνατότητα αναπαράστασης της πραγματικότητας σε βαθμό που άμεσα εξαρτάται από το κόστος τους.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος των προσομοιωτών είναι υψηλό, όταν χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση οδήγησης βαρέων οχημάτων με επικίνδυνα φορτία και στη μελέτη της επίδρασης του περιβάλλοντος της οδού και του οχήματος. Σ' αυτές τις περιπτώσεις οι εκδόσεις των λογισμικών είναι πολύ απαιτητικές. Το κόστος αυξάνει επίσης ανάλογα με τις διατάξεις των δυνάμεων ανάδρασης και τη δυνατότητα περιστροφής της καμπίνας του οδηγού.

## **4 Εξέλιξη της τεχνολογίας των προσομοιωτών οδήγησης**

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των προσομοιωτών οδήγησης αφορά αφενός στη βελτίωση τους με στόχο την καλύτερη απόδοση της πραγματικότητας και αφετέ-

ρου στη βελτίωση των συστημάτων τους με στόχο την επέκταση των δυνατοτήτων έρευνας, που αφορά στη συμπεριφορά του οδηγού.

Σημειώνεται ότι αναπτύσσονται προσομοιωτές οδήγησης με περισσότερες από μια καμπίνες οδήγησης. Οι δύο καμπίνες οδήγησης χρησιμοποιούν την ίδια υποδομή του προσομοιωτή αλλά λειτουργούν ανεξάρτητα.

Η έρευνα και η εφαρμογή κινείται προς την κατεύθυνση προσθήκης σε προσομοιωτές που διατίθενται στο εμπόριο για εκπαιδευτικούς σκοπούς με περισσότερες της μιας καμπίνες οδήγησης σε διάφορους συνδυασμούς (π.χ. αυτοκίνητο–φορηγό και αυτοκίνητο–λεωφορείο).

Στα πλαίσια της περαιτέρω ανάπτυξης του λογισμικού οι κατασκευαστές στοχεύουν στην κατασκευή προσομοιωτών οδήγησης, στους οποίους περιλαμβάνεται η προσομοίωση περισσότερων του ενός τύπου οχημάτων.

Το οπτικό σύστημα του προσομοιωτή είναι ένα από τα στοιχεία που επιδέχονται βελτιώσεις σύμφωνα με την εξέλιξη της τεχνολογίας των γραφικών. Η βελτίωση των γραφικών παρέχει τη δυνατότητα εύκολης εισαγωγής στοιχείων, όπως για παράδειγμα πολύπλοκες διασταυρώσεις, οδική κυκλοφορία, σήμανση, φωτεινοί σηματοδότες, εμπόδια και διαφορετικές λεπτομέρειες εκτός οδού.

Σε ό,τι αφορά στο ηχητικό σύστημα η έρευνα στοχεύει στη δημιουργία ήχων για κάθε ταχύτητα του οχήματος σύμφωνα με την πιστή αναπαράσταση της πραγματικότητας, χωρίς αυτό να επιφέρει προβλήματα επεξεργασίας και καθυστερήσεων στο λογισμικό του προσομοιωτή.

Σε ό,τι αφορά στις ασκούμενες πλευρικές και στις κατά μήκος δυνάμεις, η έρευνα κινείται στην ανάπτυξη της καλύτερης δυνατής μεθόδου επεξεργασίας των παραμέτρων που σχετίζονται με αυτές τις δυνάμεις.

Με σκοπό την αύξηση του αριθμού των σχολών και των εκπαιδευτικών κέντρων οδήγησης που χρησιμοποιούν στην εκπαιδευτική τους διαδικασία προσομοιωτή οδήγησης, οι κατασκευαστές σχεδιάζουν τις λειτουργίες υπό τη μορφή υπομονάδων, ώστε να προσαρμόζονται πιο εύκολα στον προϋπολογισμό του κάθε ενδιαφερόμενου.

Για τον ίδιο λόγο οι κατασκευαστές στοχεύουν στη σχεδίαση ανάλογων τεχνολογικών στοιχείων του προσομοιωτή (π.χ. λογισμικό) τα οποία επιδέχονται αναβάθμιση και αναμόρφωση ανάλογα με τις εξελισσόμενες απαιτήσεις των σχολών εκπαίδευσης υποψηφίων οδηγών, ώστε να μην είναι σε όλες τις περιπτώσεις απαραίτητη η αντικατάσταση του προσομοιωτή με έναν περισσότερο εξελιγμένο, αλλά να είναι δυνατή η αναβάθμισή του.

## 5 Συμπεράσματα

Ο προσομοιωτής οδήγησης αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα προσομοίωσης οχημάτων και οδηγικής συμπεριφοράς και μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αντιμετώπιση των προβλημάτων οδικής ασφάλειας.

Τονίζεται ότι ο προσομοιωτής αποτελεί ένα συμπληρωματικό εργαλείο κατά την εκπαίδευση στην οδήγηση, χωρίς να υποκαθιστά την εκμάθηση και την πρακτική εξάσκηση με πραγματικό αυτοκίνητο σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας. Η χρήση του παρέχει τη δυνατότητα στον υποψήφιο οδηγό να προχωρήσει στο στάδιο εκπαίδευσης στην οδήγηση με πραγματικό αυτοκίνητο σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Τα πλεονεκτήματα των προσομοιωτών οδήγησης, σε συνδυασμό με το χαμηλό σε σχέση με άλλες εναλλακτικές λύσεις κόστος, υπαγορεύουν την ανάγκη αξιοποίησής τους στην Ελλάδα, η οποία είναι χώρα που αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα οδικής ασφάλειας.

## **Βιβλιογραφία**

Autosim (2002). Complete Virtual Reality, Norway (<http://www.autosim.no>).

FAAC (2002). Incorporated, Simulations Engineering Company, Michigan, U.S.A. (<http://www.faac.com>)

FAROS (2001). Simulateurs de conduite, Training for Safety, France.

Laurell, H., M. Lidstrom, B. Moren and S. Nordmark (1987). The use of simulators for studies of driver performance, Vagoch Transport-forskningsinstitutet (VTI), Sweden.

Nilson, L. (1989). The VTI Driving Simulators: Description of a research tool, Vag-och Transport-forskningsinstitutet (VTI), Sweden.

SimuTec (2002). «Fahrsimulation made by SimuTec», Gesellschaft für Simulationstechnik mbH.

Tornros, J., H. Jansson, H. Laurell, M. Lindstrom, B. Moren, S. Nordmark, and G. Palmkvist (1988). The VTI Driving Simulator – Driver Performance Applications, Vag-och Transport-forskningsinstitutet (VTI), Sweden.