



ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών
Τμήμα Ψυχολογίας

Οδηγική «απο-πλάνηση»

*Η υπόθεση της νοητής αναπαραγωγής των γεωμετρικών
πλανών κατά την επιτέλεση του έργου της οδήγησης*

Διδακτορική Διατριβή
Βασιλείου Γ. Παπακωστόπουλου

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή
Καθηγητής Στάμος Παπαστάμου (επιβλέπων)
Αν. Καθηγήτρια Αλεξάνδρα Χαντζή
Λέκτορας Σμαράγδα Καζή

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα,

την καθηγήτρια Θεώνη Βελλή που μου έδωσε τη δυνατότητα να ξεκινήσω τη διδακτορική διατριβή και με ενθάρρυνε .

τον καθηγητή Στάμο Παπαστάμου καθώς επίσης και τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής την αναπλ. Καθηγήτρια Αλεξάνδρα Χαντζή και τη Λέκτορα Σμαράγδα Καζή, για την ουσιαστική υποστήριξή τους στην ολοκλήρωση της διατριβής.

τον αναπλ. καθηγητή Νικόλα Μαρμαρά για την πολύτιμη συμβολή του σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής, τόσο σε επίπεδο αποσαφήνισης εννοιολογικών ζητημάτων όσο και σε επίπεδο γλωσσολογικών όρων, και με ενθάρρυνε να συνεχίσω.

το διευθυντή του τομέα Α, του Ινστιτούτου Μεταφορών (Ε.Κ.Ε.Τ.Α.), Δρ. Ευάγγελο Μπεκιάρη για την παραχώρηση του ερευνητικού οχήματος για τη διεξαγωγή του πειράματος.

τους φίλους Κατερίνα Δουρίδα και Πάνο Παπαπαναγιώτου που με βοήθησα στην επιμέλεια του κειμένου και την εκτύπωση.

την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τον αδερφό μου Κώστα που ήταν πάντοτε εκεί.

Περιεχόμενα

Έποψη	5
-------------	---

Κεφάλαιο 1: Ανάλυση της οδηγικής δραστηριότητας 11

1.1	Ιστορική αναδρομή: Φάσεις εξέλιξης της αυτοκίνησης και επαναπροσδιορισμός του πρωταρχικού οδηγικού έργου.....	12
1.1.1	Πρώιμη φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης	12
1.1.2	Ενδιάμεση φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης.....	14
1.1.3	Σύγχρονη φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης.....	17
1.2	Επισκόπηση των μοντέλων της οδηγικής δραστηριότητας	20
1.3	Θεωρητικό πλαίσιο ανάλυσης του αντιληπτικού έργου της οδήγησης.....	23
1.3.1	Η περίπτωση της φυσικής μετακίνησης.....	25
1.3.2	Η περίπτωση της εναέριας μετακίνησης	25
1.3.3	Η περίπτωση μετακίνησης με όχημα	27

Κεφάλαιο 2: Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης..... 29

2.1	Άμεση αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης;	30
2.2	Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης σε ευθυγραμμία	31
2.3	Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης σε καμπύλη	33
2.4	Εναλλακτικές πηγές πρόσληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης.....	35
2.4.1	Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω τοπικών αμφιβληστροειδικών ενδείξεων.....	35
2.4.2	Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της αποδόμησης του αμφιβληστροειδικού μοντέλου ροής.....	38
2.4.3	Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω των εικονικών, οφθαλμοκινητικών ενδείξεων.....	43
2.4.4	Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της εγω-κεντρικής κατεύθυνσης.....	48
2.5	Είναι τελικά αναγκαία η εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της οπτικής ροής;.....	50
2.6	Περίληψη - Συμπεράσματα.....	54

Κεφάλαιο 3: Αντίχνευση επικείμενης σύγκρουσης..... 57

3.1	Διευκρινίσεις σχετικά με το χρόνο έως τη σύγκρουση.....	57
3.2	Οπτικός προσδιορισμός του χρόνου έως τη σύγκρουση	59
3.3	Άμεση αντίληψη του χρόνου έως τη σύγκρουση;.....	60
3.3.1	Η θεωρία του Lee – Η υπόθεση του	60
3.4	Ευρήματα που αμφισβητούν την του-υπόθεση.....	63
3.4.1	Επίδραση της ταχύτητας και της απόστασης.....	64
3.4.2	Επίδραση των εικονικών ενδείξεων	66
3.4.3	Επίδραση των ενδείξεων απόστασης λόγω κίνησης: τοπική ή ολική του;... ..	71
3.4.4	Επίδραση των οφθαλμοκινητικών ενδείξεων	76
3.4.5	Επίδραση της διάρκειας θέασης των αντικειμένων	82
3.4.6	Επίδραση του εύρους του πεδίου θέασης και του μεγέθους των αντικειμένων.....	85
3.5	Περίληψη – Συμπεράσματα.....	88

Κεφάλαιο 4: Προς μια αμιγώς οδηγική θεωρία.....	91
4.1 Η χωρική αντίληψη της διάταξης της οδού.....	93
4.2 Η χωρική εκτίμηση του περιγράμματος του οχήματος	97
4.3 Η χωρική εκτίμηση απόστασης από το προπορευόμενο	98
4.4 Η υπόθεση της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών στην επιτέλεση του έργου της ιχνηλάτησης	101
4.4.1 Η ανάδυση των γεωμετρικών πλανών.....	102
4.4.2 Διατήρηση πλευρικής θέσης.....	102
4.4.3 Ακολούθηση προπορευόμενου	104
4.4.4 Προσπέραση οχήματος, αποφυγή εμποδίου	106
4.5 Επίδραση των γεωμετρικών πλανών στην επιτέλεση κινητικών ενεργειών	107
4.6 Μια νέα θεωρία οπτικής αντίληψης;.....	111
4.7 Περίληψη.....	115
Κεφάλαιο 5: Ερευνητικές υποθέσεις.....	117
Κεφάλαιο 6: Έρευνα πιλότος.....	121
6.1 Συμμετέχοντες.....	121
6.2 Προσδιορισμός και επίλυση τεχνικών προβλημάτων.....	121
6.2.1 Προβλήματα καταγραφής της διαμήκου απόστασης.....	122
6.2.2 Προβλήματα καταγραφής της πλευρικής θέσης.....	123
Κεφάλαιο 7: Μέθοδος.....	125
7.1 Συμμετέχοντες.....	126
7.2 Πειραματικό υλικό και εξοπλισμός	126
7.2.1 Εξοπλισμός ερευνητικού οχήματος	127
7.2.2 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά προπορευόμενων οχημάτων	129
7.2.3 Συσσκευή υποβοήθησης εκτίμησης των ορίων του οχήματος.....	130
7.2.4 Χαρακτηριστικά της οδού	131
7.3 Προ-πειραματικές μετρήσεις.....	131
7.3.1 Προσδιορισμός ορατών τμημάτων του καπτό	132
7.3.2 Προσδιορισμός ύψους ματιών και μήκους απόστασης από το εμπρόσθιο άκρο του οχήματος	133
7.4 Πειραματικό έργο.....	134
7.5 Λεκτικές υποδείξεις προς τους συμμετέχοντες.....	135
7.5.1 Φάση ακολούθησης.....	135
7.5.2 Φάση προσπέρασης	136
7.5.3 Φάση προσέγγισης εμποδίου.....	137
7.6 Προβλήματα κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής έρευνας	137
Κεφάλαιο 8: Παρουσίαση και ανάλυση αποτελεσμάτων	139
8.1 Φάση ακολούθησης.....	140
8.1.1 Κριτήρια αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης	140
8.1.2 Παράμετροι που εξετάστηκαν.....	141
8.1.3 Εύρη τιμών ΧΔ στη φάση στενής ακολούθησης	142
8.1.4 Κρίσιμα εύρη τιμών ΧΔ ανά συμμετέχοντα	143
8.1.5 Επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος.....	143
8.1.6 Επίδραση του βοηθήματος.....	146
8.1.7 Αλληλεπίδραση μεταβλητών στις δύο υπο-ομάδες.....	150
8.1.8 Σύνοψη ευρημάτων στη φάση ακολούθησης.....	151
8.1.9 Έλεγχος υποθέσεων	151
8.1.10 Συζήτηση	154

8.2	Φάση προσπέρασης	159
8.2.1	Κριτήρια αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης	159
8.2.2	Παράμετροι που εξετάστηκαν	160
8.2.3	Πλευρική απόσταση οχήματος	160
8.2.3.1	Μέγιστη πλευρική απόσταση (ΜΠΜΑ)	160
8.2.3.2	Πλευρική απόσταση κατά την παραλληλία των οχημάτων	162
8.2.4	Σύγκριση πλευρικών αποστάσεων	163
8.2.5	Ποσοστιαία μεταβολή πλευρικής απόστασης (ΜΠΜΑ -//)	168
8.2.6	Ποσοστιαία πλευρική απόκλιση (//).....	170
8.2.7	Ταχύτητα	172
8.2.8	Σύνοψη ευρημάτων στη φάση προσπέρασης.....	172
8.2.9	Έλεγχος υποθέσεων	174
8.2.10	Συζήτηση	176
8.3	Φάση προσέγγισης εμποδίου	183
8.3.1	Κριτήρια αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης	183
8.3.2	Διάκριση δύο επιμέρους φάσεων επιβράδυνσης	184
8.3.2.1	Ταυ-τελεία τιμές.....	185
8.3.2.2	Χρονικός Διαχωρισμός.....	187
8.3.2.3	Απόσταση	190
8.3.3	Επίδραση βοηθήματος	192
8.3.3.1	Σύγκριση τιμών ΧΔ ανά ζεύγη συνθηκών	192
8.3.3.2	Σύγκριση αποστάσεων ανά ζεύγη συνθηκών	194
8.4	Σύνοψη ευρημάτων στη φάση προσέγγισης εμποδίου	196
8.5	Έλεγχος υποθέσεων	197
8.6	Συζήτηση.....	200

Κεφάλαιο 9: Συζήτηση - Συμπεράσματα 207

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	223
-------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I:	233
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II:	243
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III:	249

Έποψη

Στην παρούσα μελέτη, παρουσιάζεται μια νέα θεωρία σχετικά με την αντιληπτική οργάνωση των οπτικών πληροφοριών που προσλαμβάνουν οι οδηγοί από το οδικό περιβάλλον για την επιτέλεση του έργου της ιχνηλάτησης, το οποίο αναλύεται στα επιμέρους οδηγικά έργα του ελέγχου της θέσης, της κατεύθυνσης και της ταχύτητας του οχήματός τους σε σχέση με την οδό και τους υπόλοιπους χρήστες της οδού.

Η βασική θέση της προτεινόμενης θεωρίας είναι όλα τα παραπάνω οδηγικά έργα μπορούν να περιγραφούν ως αντιληπτικά έργα χωρικής εκτίμησης των διαθέσιμων τμημάτων της οδού, στα οποία μπορεί να κινηθεί με ασφάλεια το όχημα, σε σχέση με τη νοερή εικόνα των οδηγών όσον αφορά τα όρια του περιγράμματος του οχήματός τους. Αναφερόμαστε στη νοερή εικόνα και όχι στη χωρική εκτίμηση των οδηγών σχετικά με τα όρια του περιγράμματος του οχήματός τους, διότι από τη θέση οδήγησης τα εξωτερικά όρια του οχήματος δεν είναι ορατά, λόγω των περιορισμών που θέτει στους οδηγούς το εσωτερικό περιβάλλον του οχήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, στο βαθμό που η νοερή εικόνα των οδηγών είναι εσφαλμένη, οι σχετικές εκτιμήσεις στις οποίες προβαίνουν οι οδηγοί όσον αφορά την απόσταση που απέχουν τα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος από το όχημά τους ή/και τη δυνατότητα πραγματοποίησης οδηγικών ελιγμών, να υπόκεινται στην επίδραση ποικίλων γεωμετρικών πλανών, ανάλογα με το είδος του έργου ή οδηγικού ελιγμού που επιτελείται.

Ειδικότερα, η ανάδυση των γεωμετρικών πλανών θεωρείται ως το αποτέλεσμα της προσπάθειας των οδηγών να προσδιορίσουν την ακριβή θέση που καταλαμβάνει το όχημά τους στην οδό προκειμένου να προβούν στη σχετική εκτίμηση των διαθέσιμων «ανοιγμάτων» της οδού και των αποστάσεων που απέχουν από τα υπόλοιπα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, φαινόμενα όπως, υπερ-αντίδραση πέδησης σε μια απότομη στένωση της οδού (π.χ. είσοδος σε τμήμα της οδού που εκτελούνται έργα οδοποιίας) ή υπερ-αντίδραση πλευρικής μετατόπισης του οχήματος κατά την προσπέραση ενός άλλου οχήματος, μπορούν να ερμηνευτούν σύμφωνα με την επίδραση της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου στο φαινομενικό μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής (το πλάτος του οχήματος), ακριβώς

λόγω της εσφαλμένης νοερής εικόνας των οδηγών όσον αφορά τα όρια του περιγράμματος του οχήματός τους η οποία προκαλεί την υποεκτίμηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού και, άρα, την υπερ-αντίδραση πέδησης ή πλευρικής μετατόπισης του οχήματος.

Μέχρι σήμερα, το ζήτημα της δυνατότητας χωρικής εκτίμησης των ορίων του περιγράμματος του οχήματος από τη θέση οδήγησης καθώς επίσης και οι πιθανές συνέπειες της εσφαλμένης νοερής εικόνας των οδηγών σχετικά με τα όρια του καπό του οχήματος στην οδηγική συμπεριφορά, δεν έχει διερευνηθεί ποτέ. Ο κυριότερος λόγος για αυτό, είναι ότι οι δύο κύριες σχολές σκέψης στην επιστήμη της ψυχολογίας, που παρέχουν το θεωρητικό υπόβαθρο για την ανάλυση του αντιληπτικού έργου της οδήγησης έχουν ως αφετηρία τους τελείως διαφορετικά παραδείγματα μετακίνησης του παρατηρητή και, κατά συνέπεια, δομής του οπτικού περιβάλλοντος. Στην πρώτη σχολή σκέψης, στην οποία ανήκουν οι θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης, αφετηρία αποτελεί η πρόσληψη οπτικών πληροφοριών σε ένα «ανοικτό» οπτικό περιβάλλον έχοντας ως παράδειγμα την περίπτωση εναέριας μετακίνησης του παρατηρητή με τη διαμεσολάβηση κάποιου μέσου. Στη δεύτερη σχολή σκέψης, στην οποία ανήκουν οι θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης, αφετηρία αποτελεί η πρόσληψη οπτικών πληροφοριών από τη στατική θέση του παρατηρητή, χωρίς τη διαμεσολάβηση κάποιου μέσου μετακίνησης, σε ένα «άτακτα» δομημένο οπτικό περιβάλλον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, αφενός, την απουσία μιας αμιγώς «οδηγικής» αντιληπτικής θεωρίας και, αφετέρου, την αυτούσια «μεταφορά» θεωρητικών υποθέσεων και ευρημάτων που απαντούν σε άλλα παραδείγματα μετακίνησης, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες και οι περιορισμοί που θέτουν το κυκλοφοριακό περιβάλλον και το μέσο διεξαγωγής του οδηγικού έργου της ιχνηλάτησης.

Ο δεύτερος εξίσου σημαντικός λόγος είναι ότι, κυρίως, τις δύο τελευταίες δεκαετίες, η κυρίαρχη «λογική» που επικρατεί όσον αφορά τα θέματα της οδικής ασφάλειας, είναι ότι η εξάλειψη των τροχαίων ατυχημάτων είναι εφικτή μόνο μέσα από την υιοθέτηση τεχνο-κεντρικών λύσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τη ραγδαία ανάπτυξη όλο και πιο σύνθετων συστημάτων υποβοήθησης του οδηγού, τα οποία έχουν ήδη αρχίσει σταδιακά να εισάγονται στα νέα οχήματα και τα οποία, βασίζονται σε μια τεχνο-κεντρική θεώρηση του κυκλοφοριακού συστήματος όπου η

εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση του ανθρώπινου σφάλματος μπορεί να καταστεί δυνατή μέσα από την απομάκρυνση του ανθρώπινου παράγοντα από το σύστημα «όχημα-οδικό περιβάλλον». Προϊόν αυτής της αλλαγής, είναι η σχετική υποβάθμιση της σημασίας των δυνατοτήτων ή/και των περιορισμών του αντιληπτικού συστήματος ως προς την επιτέλεση των επιμέρους έργων της ιχνηλάτησης και η μετατόπιση του ερευνητικού ενδιαφέροντος στη διερεύνηση των δυνατοτήτων ή/και των περιορισμών του αντιληπτικού συστήματος ως προς την ικανότητα πρόσληψης των πληροφοριών που προσλαμβάνονται από τα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού. Κυριότερα, όμως, η «τεχνο-κεντρική» ή «μηχανική» θεώρηση του οδηγικού έργου έχει ως αποτέλεσμα την επιλεκτική ή/και «καταχρηστική» χρήση παραδοσιακών όρων στην επιστήμη της ψυχολογίας για τη μελέτη της οδηγικής συμπεριφοράς. Για παράδειγμα, στη σύγχρονη βιβλιογραφία όταν αναφερόμαστε στο χρόνο έως την επικείμενη σύγκρουση, ο χρόνος έως τη σύγκρουση υπολογίζεται βάσει της απόστασης που απέχει το όχημα από ένα στατικό ή κινούμενο αντικείμενο δια της σχετικής μεταξύ τους απόστασης. Παραδοσιακά, όμως, ο χρόνος έως τη σύγκρουση εκφράζει τον οπτικά προσλαμβανόμενο ρυθμό προσέγγισης ενός αντικειμένου βάσει του ρυθμού διαστολής του ειδώλου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή του οδηγού από το αντικείμενο. Αυτό το παράδειγμα το αναφέρουμε με σκοπό, αφενός, να επισημάνουμε τις μεταβολές που έχουν συντελεστεί τις τελευταίες δεκαετίες στη μελέτη καθώς επίσης και στα κριτήρια αξιολόγησης της οδηγικής συμπεριφοράς, αφετέρου, να αναδείξουμε τα «ανοικτά» θέματα που έχουν παραμείνει ως τέτοια στο θεωρητικό διάλογο σχετικά με την οπτική αντίληψη.

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι η ανάδειξη αυτών των «ανοικτών» θεμάτων που προκύπτουν από τα σχετικά ερευνητικά δεδομένα και η συζήτηση τους με βάση τη νέα θεωρητική πρόταση σχετικά με την αντιληπτική οργάνωσης των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών για την επιτέλεση του έργου της ιχνηλάτησης. Ως «ανοικτά» θέματα νοούνται τα ζητήματα της άμεσης αντίληψης όλων των αναγκαίων οπτικών πληροφοριών για τον έλεγχο της μετακίνησης από το οπτικό περιβάλλον (δηλαδή, το μοντέλο της ρέουσας οπτικής παράταξης που παράγεται από την κίνηση του παρατηρητή), καθώς επίσης και της ύπαρξης μιας κρίσιμης οπτικής πληροφορίας για κάθε επιμέρους οδηγικό έργο η οποία συνδέεται με ή/και υποκινεί τον οδηγικό ελιγμό στον οποίο προβαίνει ο οδηγός.

Στο Κεφάλαιο 1, γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή του τρόπου ανάλυσης της οδηγικής δραστηριότητας και των επιπέδων ιεράρχησης των οδηγικών έργων στις διάφορες φάσεις εξέλιξης της αυτοκίνησης. Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η ανάδειξη των μεταβολών που έχουν συντελεστεί τα τελευταία εκατό χρόνια, τόσο σε επίπεδο εξέλιξης οχήματος όσο και σε επίπεδο εξέλιξης οδικού περιβάλλοντος, καθώς επίσης και της επίδρασης των μεταβολών αυτών στην επικαιροποίηση των «σημαντικών» έργων της οδήγησης. Ωστόσο, η επικαιροποίηση των θεωρούμενων «σημαντικών» έργων της οδήγησης είναι τεχνο-κεντρική, ως συνέπεια ή εξαιτίας του γεγονότος ότι μέχρι σήμερα δεν έχουμε μια αμιγώς οδηγική αντιληπτική θεωρία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, για παράδειγμα, στη σύγχρονη φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης τα επιμέρους έργα που συμπεριλαμβάνονται στο έργο της ιχνηλάτησης να προσλαμβάνουν ολοένα και μικρότερη σημασία, όχι λόγω της αύξησης της ικανότητας των οδηγών ή του επιπέδου κατανόησής μας σχετικά με την επιτέλεσή τους, αλλά, λόγω του ότι τα συγκεκριμένα έργα συνιστούν τα μόνα έργα στα οποία είναι εφικτή η δυνατότητα υποστήριξής τους από τα νέα τεχνολογικά συστήματα.

Στα επόμενα δύο κεφάλαια συζητούνται διεξοδικά οι σχετικές υποθέσεις και τα ευρήματα που παρέχουν στήριξη στις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης και της Κατασκευαστικής Αντίληψης αναφορικά με την επιτέλεση των επιμέρους οδηγικών έργων που συμπεριλαμβάνονται στο έργο της ιχνηλάτησης. Όπως έχουμε επισημάνει, λόγω της απουσίας ενός συνεκτικού οδηγικού μοντέλου, τα επιμέρους έργα της ιχνηλάτησης ανάγονται από θεωρητική άποψη σε δύο ευρύτερα θεωρητικά ζητήματα. Το ζήτημα της αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή και το ζήτημα του προσδιορισμού του χρόνου έως την επικείμενη σύγκρουση με ένα στατικό ή κινούμενο αντικείμενο. Το δύο αυτά θεωρητικά ζητήματα εξετάζονται στη βιβλιογραφία ως δύο ξεχωριστά και ανεξάρτητα μεταξύ τους αντιληπτικά έργα.

Ειδικότερα, στο *Κεφάλαιο 2* εξετάζονται κριτικά οι υποθέσεις και τα ευρήματα που παρέχουν στήριξη στις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης σχετικά με τη δυνατότητα άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή σε ευθεία, καθώς επίσης και των ευρημάτων που δείχνουν τη σημασία πρόσληψης και επεξεργασίας άλλων πηγών οπτικής πληροφόρησης (εκτός από το σημείο

εξάπλωσης της οπτικής ροής) για την υπονόηση της κατεύθυνσης μετακίνησης σε ευθεία, που παρέχουν στήριξη στις θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης.

Ακολούθως, στο *Κεφάλαιο 3*, εξετάζονται κριτικά οι υποθέσεις και τα ευρήματα που παρέχουν στήριξη στις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης αναφορικά με τη δυνατότητα άμεσης αντίληψης του χρόνου έως τη σύγκρουση με ένα στατικό ή κινούμενο αντικείμενο υπό το φως των ευρημάτων που δείχνουν ότι οι εκτιμήσεις αποστάσεων είναι σχετικές και βασίζονται στην αξιοποίηση ποικίλων οπτικών ενδείξεων απόστασης και παρέχουν στήριξη στις θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης.

Στο επόμενο κεφάλαιο, *Κεφάλαιο 4*, περιγράφεται το θεωρητικό πλαίσιο σχετικά με τις συνθήκες ανάδυσης των γεωμετρικών πλανών κατά την επιτέλεση των επιμέρους έργων της ιχνηλάτησης. Υποστηρίζεται ότι ο βαθμός επίδρασης των γεωμετρικών πλανών στην οδηγική συμπεριφορά εξαρτάται από το βαθμό ορθότητας της νοερής εικόνας των οδηγών σχετικά με τα μη ορατά τμήματα του οχήματός τους. Υποστηρίζεται, επίσης, ότι ανεξαρτήτως του βαθμού ορθότητας της νοερής εικόνας των οδηγών, η αντιληπτική οργάνωση της οπτικής εξερεύνησης του οδικού περιβάλλοντος και της επεξεργασίας των προσλαμβανόμενων πληροφοριών υποκινείται από την προσπάθεια επίλυσης των αναδυόμενων γεωμετρικών πλανών με στόχο την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασής τους. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται, επίσης, οι ερμηνευτικές προτάσεις που έχουν διατυπωθεί σχετικά με τα φαινόμενο της ελαχιστοποίησης της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών κατά την επιτέλεση κινητικών ενεργειών σε τρισδιάστατο περιβάλλον. Το ενδιαφέρον σε αυτές τις έρευνες είναι ότι σε αντίθεση με το κλασικό πειραματικό υπόδειγμα μελέτης των γεωμετρικών πλανών σε δισδιάστατες απεικονίσεις όπου οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων επηρεάζονται αποκλειστικά από τα χαρακτηριστικά του δισδιάστατου οπτικού ερεθίσματος, η μελέτη των γεωμετρικών πλανών σε τρισδιάστατο περιβάλλον περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων με τα αντικείμενα του περιβάλλοντος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, αναλόγως του επιτελούμενου έργου σε άλλες περιπτώσεις ο προσδιορισμός του αντικειμένου-στόχου να γίνεται έχοντας ως πλαίσιο αναφοράς τον ίδιο το συμμετέχοντα ενώ σε άλλες περιπτώσεις το ίδιο το αντικείμενο. Αυτό είναι συνεπές με το θεωρητικό πλαίσιο που υποστηρίζεται στην παρούσα μελέτη, μόνο που στην περίπτωση της

οδήγησης, το εγω-κεντρικό πλαίσιο αναφοράς δεν είναι ο ίδιος ο συμμετέχων αλλά το μέσο μετακίνησης του συμμετέχοντος, δηλαδή το όχημά του.

Στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζονται οι ερευνητικές υποθέσεις που εξετάζονται στην παρούσα έρευνα αναφορικά με τις αντιληπτικές διεργασίες που μεσολαβούν κατά την επιτέλεση του έργου της ιχνηλάτησης, οι οποίες συνδέονται με τα «ανοιχτά» θέματα που προκύπτουν από τις υφιστάμενες θεωρητικές υποθέσεις όσον αφορά την αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης και της ανίχνευσης επικείμενης σύγκρουσης.

Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας πιλότου που διεξήχθη πριν την πειραματική μελέτη, η οποία οδήγησε στον εντοπισμό και την επίλυση ορισμένων τεχνικών δυσκολιών, κυρίως όσον αφορά τη συλλογή δεδομένων.

Στο Κεφάλαιο 7, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της πειραματικής μελέτης η οποία διεξήχθη με πραγματικά οχήματα και στην οποία εξετάστηκαν τα εξής οδηγικά έργα: α) ακολούθηση προπορευόμενου οχήματος, β) προσπέραση προπορευόμενου και γ) διέλευση του ερευνητικού οχήματος ανάμεσα από δύο στηλοθέτες.

Στο Κεφάλαιο 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πειραματικής μας έρευνας. Λόγω της διαδοχικής επιτέλεσης των επιμέρους οδηγικών έργων στη διάρκεια της ίδιας πειραματικής μέτρησης, κατέστη δυνατή η εξέταση της επίδρασης των μεταβλητών στις τέσσερις πειραματικές συνθήκες, όχι μόνο για κάθε επιμέρους οδηγικό έργο μεμονωμένα, αλλά και για τα τρία οδηγικά έργα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσής μας για κάθε επιμέρους οδηγικό συζητούνται διεξοδικά σύμφωνα με τις υποθέσεις που απορρέουν από τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης και της Κατασκευαστικής Αντίληψης, καθώς επίσης και με τις υποθέσεις που απορρέουν από το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο σχετικά με την ανάδυση των γεωμετρικών πλανών κατά την επιτέλεση των συγκεκριμένων οδηγικών έργων.

Κεφάλαιο 1:

Ανάλυση της οδηγικής δραστηριότητας

...Η μοναδική στιγμή που νιώθω γαλήνη είναι όταν οδηγώ. Σαν ολόκληρο το εσωτερικό του αμαξίου να έχει γίνει εγώ. Η μουσική, η θέρμανση, τα καθίσματα. Δε βρίσκομαι πια περιορισμένος μες στο σώμα μου αλλά έχω απλωθεί τόσο ώστε να γεμίσω αυτή τη μεταλλική επιδερμίδα. Το παρμπρίζ είναι το όριο μεταξύ εμού και του υπόλοιπου σύμπαντος...

Το σημαντικότερο ίσως πρόβλημα για την κατανόηση και κατ' επέκταση τη μελέτη της οδηγικής συμπεριφοράς απορρέει από την έλλειψη ενός συνεκτικού μοντέλου για την περιγραφή του συνόλου της οδηγικής δραστηριότητας καθώς επίσης και από την απουσία ενός θεωρητικού πλαισίου σχετικά με την εξελικτική διαδικασία μετάβασης ενός οδηγού από το status του άπειρου στο status του έμπειρου οδηγού.

Είναι ενδεικτικό ότι μέχρι σήμερα, σχεδόν 70 χρόνια μετά την πρώτη προσπάθεια θεωρητικής ανάλυσης του έργου της οδήγησης από τους Gibson & Crooks (1938), και παρά τον τεράστιο όγκο ερευνητικών δεδομένων που έχουν συλλεχθεί όσον αφορά την οδήγηση και την οδική ασφάλεια, δεν έχει υπάρξει συμφωνία μεταξύ των ερευνητών για την αποδοχή ενός συνεκτικού μοντέλου ανάλυσης-περιγραφής της οδηγικής δραστηριότητας (Huguenin, 1997¹ Grayson, 1997¹ Ranney, 1994¹ Michon, 1985). Ελλείψει ενός τέτοιου μοντέλου, οι προτεινόμενες θεωρητικές υποθέσεις σχετικά με τις νοητικές διεργασίες που επιτελούνται για την επίτευξη του οδηγικού έργου προέρχονται, μάλλον αναπόφευκτα, από την αποσπασματική μελέτη μεμονωμένων οδηγικών «έργων», ενώ... όσον αφορά το σύνολο της οδηγικής δραστηριότητας, γνωρίζουμε απλώς το άθροισμα των μερών της οδήγησης!

Ωστόσο, η τμηματική θεώρηση των επιμέρους οδηγικών έργων, δεν είναι ιδιαίτερα βοηθητική ούτε για την κατανόηση του τρόπου εναρμόνισής τους στην οδηγική δραστηριότητα ούτε ακόμη και για τη χαρτογράφηση των «μερών» της οδήγησης. Το τελευταίο σημείο αναδεικνύεται με τον πλέον εμφανή τρόπο στη

¹ Απόσπασμα από το θεατρικό έργο «Suspect Culture: Mainstream» του David Grieg (2002), μετ. Θ. Μοσχόπουλος. Από το βιβλίο Σμιτ Ε.Ε., Όστερμαϊερ Α., Γκρεγκ Ντ., Σινιστέρα Χ.Σ. και Χέρτσμπεργκ Γ. (2002) *Ευρωπαϊκό Θέατρο – Πέντε Σύγχρονα Έργα*, (Αθήνα: Καστανιώτης).

σύγχρονη φάση της αυτοκίνησης, όπου το έργο της ιχνηλάτησης, για παράδειγμα, είναι δυνατόν να υποστηρίζεται από τεχνολογικά συστήματα ενημέρωσης του οδηγού σχετικά με την πλευρική θέση του οχήματός του, την απόσταση που απέχει το όχημα από τα υπόλοιπα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος κ.ο.κ. Κάτω από αυτό το πρίσμα η χαρτογράφηση των κύριων «μερών» της οδήγησης και των εμπλεκομένων νοητικών διεργασιών δεν είναι σταθερή αλλά υφίσταται μεταβολές. Μάλιστα, δεν είναι λίγοι οι ερευνητές που θέτουν το ερώτημα αν είναι πλέον σκόπιμο να αναφερόμαστε στο πρωταρχικό και στα δευτερεύοντα έργα της οδήγησης ή απλώς στα πολλαπλά πρωταρχικά έργα της οδήγησης (Hollnagel, 2006).

Για την καλύτερη ανάδειξη του τελευταίου ζητήματος, θα αναφερθούμε συνοπτικά σε τρεις διαφορετικούς τρόπους προσδιορισμού του πρωταρχικού έργου της οδήγησης, οι οποίοι αντιστοιχούν σε τρεις διαφορετικές περιόδους εξέλιξης της αυτοκίνησης.

1.1 Ιστορική αναδρομή: Φάσεις εξέλιξης της αυτοκίνησης και επαναπροσδιορισμός του πρωταρχικού οδηγικού έργου

Ο στόχος αυτής της σύντομης επισκόπησης είναι η ανάδειξη της μετεξέλιξης του τρόπου θεώρησης του οδηγικού έργου υπό το πρίσμα των τεχνολογικών εξελίξεων που σημάδεψαν την εξέλιξη της αυτοκίνησης είτε από την άποψη του οχήματος είτε από την άποψη του οδικού περιβάλλοντος, καθώς επίσης και των νέων τεχνολογικών συστημάτων υποβοήθησης της πλοήγησης τα οποία έχουν αρχίσει σταδιακά να εισάγονται στα νέα οχήματα.

1.1.1 Πρώιμη φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης

Όπως προαναφέρθηκε, μία από τις πρώτες προσπάθειες κατανόησης του έργου της οδήγησης προέρχεται από τη μελέτη-πεδίου των Gibson & Crooks (1938). Προϊόν αυτής της ανάλυσης αποτέλεσε η ανάδειξη ορισμένων κεντρικών εννοιών, οι κυριότερες από τις οποίες ήταν τα αποκαλούμενα «πεδία ασφαλούς μετακίνησης» («fields of safe travel») τα οποία συνιστούν «για κάθε δεδομένη στιγμή, τα πεδία των πιθανών μονοπατιών μέσω των οποίων το όχημα μπορεί να περάσει ανέπαφο» (Gibson & Crooks, 1938, 456) και η «ζώνη ελάχιστης απόστασης πέδησης»

(«minimum stopping zone») η οποία προσδιορίζει την ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση πέδησης για την ακινητοποίηση του οχήματος. Υποστήριξαν ότι σε κάθε περίπτωση, οι δύο αυτές έννοιες συνυπάρχουν και ότι ο βαθμός εγγύτητας της «ζώνης ελάχιστης απόστασης πέδησης» σε συνάρτηση με τα όρια του «πεδίου ασφαλούς μετακίνησης» γεννούν το ψυχολογικό υπόβαθρο της αίσθησης του κινδύνου.

Ειδικότερα, όσον αφορά τη φύση των πεδίων ασφαλούς μετακίνησης οι Gibson & Crooks (1938) διευκρίνισαν ότι:

- Το πεδίο ασφαλούς μετακίνησης είναι ένα χωρικό πεδίο το οποίο δεν είναι σταθερό στο φυσικό χώρο. Καθώς το όχημα μετακινείται, το πεδίο ασφαλούς μετακίνησης μετατοπίζεται μαζί με το όχημα και μεταβάλλεται διαρκώς, συστέλλεται ή διαστέλλεται ανάλογα με τη μορφολογία της οδού ή/και τα εμπόδια τα οποία εισέρχονται στο πεδίο ασφαλούς μετακίνησης περιορίζοντας τα όριά του.
- Το σημείο αναφοράς δεν είναι τα στατικά αντικείμενα του περιβάλλοντος αλλά ο ίδιος ο οδηγός. Αυτό δε σημαίνει ότι το πεδίο ασφαλούς μετακίνησης αντανακλά απλώς την υποκειμενική αίσθηση του οδηγού. Υφίσταται αντικειμενικά ως το πραγματικό πεδίο διαμέσου του οποίου το όχημα μπορεί να διέλθει με ασφάλεια, ανεξάρτητα από το αν ο οδηγός έχει επίγνωση του πεδίου αυτού ή όχι.
- Το πεδίο ασφαλούς μετακίνησης περιέχει μια ζώνη ελάχιστης απόστασης πέδησης, το μήκος της οποίας ποικίλει ανάλογα με την ταχύτητα, τον τρόπο πέδησης του οχήματος και την κατάσταση του οδοστρώματος. Όταν ένα εμπόδιο διακόπτει ξαφνικά το πεδίο ασφαλούς μετακίνησης, εντός της ζώνης ελάχιστης απόστασης πέδησης, τότε ένα εντελώς νέο πεδίο ασφαλούς μετακίνησης «ανοίγεται», όπως για παράδειγμα, το έρεισμα της λωρίδας έκτακτης ανάγκης.
- Το πεδίο ασφαλούς μετακίνησης οριοθετείται βάσει μιας σειράς παραγόντων συμπεριλαμβανομένων των εμποδίων που εισέρχονται σε αυτό, τις αποστάσεις που είναι ορατές στη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, τα περιθώρια της οδού όπως ορίζονται από τα φώτα πορείας, τους περιορισμούς που προκαλεί η θάμβωση από τον ήλιο ή τα φώτα των αντίθετα διερχομένων οχημάτων, των περιορισμών του οπτικού ορίζοντα λόγω των κορυφογραμμών της οδού που διασχίζει ο οδηγός κ.ο.κ. Σε κάθε περίπτωση, το εμπρόσθιο όριο της ζώνης

ελάχιστης απόστασης πέδησης οριοθετείται πίσω από το απώτερο όριο του πεδίου ασφαλούς μετακίνησης.

Συνεπώς, η οδηγική επιτηδειότητα συνίσταται στην οργάνωση, εντός του πεδίου θέασης του οδηγού, μιας ορθά οριοθετημένης ζώνης ελάχιστης απόστασης πέδησης η οποία να ανταποκρίνεται σε κάθε δεδομένη στιγμή στους πραγματικούς και δυνητικούς κινδύνους που επισείουν οι οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες σε συνδυασμό με την ταχύτητα με την οποία κινείται ο οδηγός. Με βάση την παραπάνω ανάλυση, οι Gibson & Crooks (1938, 457) όρισαν το **πρωταρχικό έργο της οδήγησης** ως «μια σειρά από αντιληπτικές αντιδράσεις που επιτελεί ο οδηγός προκειμένου να διατηρήσει την κατεύθυνση του οχήματος στο μέσο του πεδίου ασφαλούς μετακίνησης».

Ωστόσο, όπως επισημαίνει ο Hollnagel (2006), για την ορθή αξιολόγηση του παραπάνω ορισμού είναι αναγκαίο να λάβουμε υπόψη το επίπεδο τεχνολογικής εξέλιξης των οχημάτων εκείνης της εποχής καθώς επίσης και τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούσαν. Από τη μία πλευρά, οι δρόμοι ήταν εντελώς άδαιοι συγκρινόμενοι με τα σημερινά δεδομένα και υπήρχαν πολύ λιγότερα σήματα ή άλλα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος που θα μπορούσαν να αποσπασουν την οπτική προσοχή του οδηγού. Από την άλλη πλευρά, τα οχήματα ήταν εξοπλισμένα με τα ελάχιστα αναγκαία εποπτικά όργανα για την ενημέρωση του οδηγού σχετικά με την κατάσταση του οχήματος ή όργανα ελέγχου. Κυρίως, όμως, το έργο της τιμόνευσης, σε σχέση με τα σύγχρονα οχήματα, απαιτούσε την καταβολή μεγαλύτερης φυσικής προσπάθειας, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι το έργο της διατήρησης του οχήματος στο μέσο του πεδίου ασφαλούς μετακίνησης, ήταν εξορισμού ένα απαιτητικό έργο.

1.1.2 Ενδιάμεση φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης

Στη δεκαετία του 1970, η οδήγηση άρχισε να περιγράφεται ως ένα σύνολο έργων ελέγχου τα οποία βασίζονται σε ένα συνδυασμό προβλεπτικών ελέγχων και ελέγχων ανατροφοδότησης και επιτυγχάνονται μέσω των λειτουργιών της οπτικής εξερεύνησης, αναγνώρισης και επίβλεψης (McRuer, Allen, Weir & Klein, 1977).

...Η οδήγηση συνίσταται σε μια ιεραρχία των φάσεων πλοήγησης, καθοδήγησης και ελέγχου που διεξάγονται μέσω των λειτουργιών της οπτικής εξερεύνησης, αναγνώρισης και επίβλεψης. Ουσιαστικά, η πλοήγηση αφορά, συνολικά, την επιλογή μιας διαδρομής και για την επίτευξη της πλοήγησης εμπλέκονται οι διαδικασίες της καθοδήγησης και του ελέγχου. Η καθοδήγηση (guidance) σχετίζεται με τα πιο ειδικά θέματα που αφορούν τις λεπτομέρειες της διαδρομής και τις εκτιμήσεις στις οποίες προβαίνει ο οδηγός με βάση τις δεδομένες κυκλοφοριακές συνθήκες. Αν, για παράδειγμα, το έργο είναι η προσπέραση, η καθοδήγηση περιλαμβάνει την απόφαση για προσπέραση και την επιλογή της επιθυμητής τροχιάς του οχήματος βάσει της κίνησης των αντίθετα επερχομένων οχημάτων ή/και άλλων περιορισμών. Συνεπώς, η καθοδήγηση χαρακτηρίζεται από την επιλογή, την απόφαση και τον προσδιορισμό του μονοπατιού επιτέλεσης ενός έργου για κάθε δεδομένη κυκλοφοριακή συνθήκη. Τέλος, ο έλεγχος αφορά τη διαδικασία υλοποίησης της επιθυμητής καθοδήγησης μέσω της ώθησης του τιμονιού, του επιταχυντή και του ποδόφρενου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί η ακριβής ακολουθία του επιλεγμένου μονοπατιού, μέσα σε ορισμένα όρια ανοχής απόκλισης (McRuer, Allen, Weir & Klein, 1977, 381).

Η ιδέα της ιεραρχικής δομής μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων ελέγχου της οδήγησης, όπου κάθε επίπεδο σχετίζεται με την πρόσληψη και επεξεργασία διαφορετικών πληροφοριών, υποστηρίχθηκε επίσης στο μοντέλο ιεράρχησης των οδηγικών έργων (Michon, 1985), ίσως το πιο γνωστό και πιο συχνά αναφερόμενο μοντέλο περιγραφής της οδηγικής δραστηριότητας. Σε άμεση αντιστοιχία με τα επίπεδα ελέγχου που προσδιόρισαν οι McRuer, Allen, Weir & Klein (1977), στο μοντέλο ιεράρχησης του Michon (1985), διακρίνονται τα ακόλουθα τρία επίπεδα:

- Οδηγικά έργα τα οποία επιτελούνται σε επίπεδο στρατηγικής (strategic level). Το επίπεδο αυτό ελέγχου αφορά την προετοιμασία του οδηγού σχετικά με το σχεδιασμό του ταξιδιού και περιλαμβάνει τον καθορισμό της διαδρομής, του μέσου μετακίνησης, το χρόνο ταξιδιού και την ταχύτητα. Επίσης, το κόστος και οι κίνδυνοι που συνεπάγονται από τις παραπάνω επιλογές παίζουν σημαντικό ρόλο. Η τελική λήψη απόφασης επηρεάζεται, από τη μια πλευρά, από τους στόχους και τις στάσεις των οδηγών και, από την άλλη πλευρά, από τη διαθεσιμότητα των πληροφοριών που έχουν οι οδηγοί σχετικά με τις γενικές συνθήκες κυκλοφορίας και τη δική τους κατάσταση.
- Οδηγικά έργα τα οποία επιτελούνται σε επίπεδο τακτικής/ελιγμών (tactical/maneuvering level). Το επίπεδο αυτό αφορά την αλληλεπίδραση του οδηγού με τους άλλους χρήστες της οδού και το οδικό περιβάλλον, και περιλαμβάνει τους διορθωτικούς ελέγχους/ελιγμούς στους οποίους προβαίνουν οι οδηγοί για την αντιμετώπιση των άμεσα αναδυόμενων κυκλοφοριακών συνθηκών (π.χ. αποφυγή εμποδίων, τήρηση ασφαλούς απόστασης, προσπέραση). Οι διορθωτικοί

έλεγχου/ελιγμοί καθορίζονται κατά κύριο λόγο από τις τρέχουσες κυκλοφοριακές συνθήκες, αλλά επίσης και από τους στόχους που έχουν θέσει οι οδηγοί σε επίπεδο στρατηγικής.

- Οδηγικά έργα τα οποία επιτελούνται σε επίπεδο λειτουργιών (operational level).
Το επίπεδο αυτό αφορά την επιτέλεση όλων των στοιχειωδών έργων που είναι αναγκαία για την πραγματοποίηση των ελιγμών (π.χ. έλεγχος οχήματος μέσω χειριστηρίων οργάνων όπως τιμόνι, πεντάλ, ταχύτητες) και θεωρητικά η επιτέλεσή τους γίνεται αυτόματα.

Σύμφωνα με την παραπάνω ιεράρχηση των διαφορετικών επιπέδων επιτέλεσης της οδηγικής δραστηριότητας, το **πρωταρχικό έργο της οδήγησης** περιλαμβάνει περισσότερα από ένα έργα, τα οποία αναφέρονται στα ακόλουθα τρία επίπεδα ελέγχου του οχήματος (Dognes, 1978):

- **Προγνωστικός έλεγχος (Precognitive control):** συνιστά ένα ανοιχτό σύστημα ελέγχου, το οποίο βασίζεται στην προεπισκόπηση και την πρόγνωση των επερχόμενων μεταβολών του οδικού περιβάλλοντος και της μελλοντικής πορείας των υπόλοιπων χρηστών της οδού (σύμφωνα με την προηγούμενη εμπειρία του οδηγού), επιτρέποντας στον οδηγό να καθορίσει ή να ενεργοποιήσει σε αδρές γραμμές κάποια σχέδια από πιθανές μελλοντικές κινήσεις τιμόνευσης που απαιτούνται για την κατεύθυνση του οχήματος στην επιθυμητή πορεία.
- **Έλεγχος καταδίωξης (Pursuit Control):** συνδυάζει τις πληροφορίες οι οποίες εξάγονται από το ανοιχτό σύστημα ελέγχου (που αναφέρθηκε στον προγνωστικό έλεγχο) και από ένα κλειστό σύστημα ελέγχου, και λειτουργεί διορθωτικά επιτρέποντας στον οδηγό να προβεί σε μικρές τροποποιήσεις των παραπάνω σχεδίων προκειμένου να ελαχιστοποιήσει κατάλοιπα (residuals) εσφαλμένων μονοπατιών.
- **Έλεγχος κατεύθυνσης (Heading Control):** συνίσταται α) στην επιλογή των κατάλληλων μονοπατιών και ορίων ανοχής απόκλισης, β) στον καθορισμό και τη διατήρηση του οχήματος στο προσδιορισμένο μονοπάτι, γ) στη μείωση των σφαλμάτων κάτω από ένα ορισμένο κατώφλι και δ) στη διατήρηση του επιθυμητού μονοπατιού κάτω από συνθήκες διατάραξης όπως άνεμοι, διακυμάνσεις/ταλαντεύσεις της οδού, δυσλειτουργίες του ίδιου του οχήματος.

Συνεπώς, η κυριότερη μεταβολή που συντελείται στην ενδιάμεση φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης ως προς τον προσδιορισμό του πρωταρχικού έργου της οδήγησης, συνίσταται στην αναγνώριση περισσότερων από ένα έργων ως αναγκαία για τον έλεγχο του οχήματος. Όπως επισημαίνει ο Hollnagel (2006), για την κατανόηση αυτής της αλλαγής είναι χρήσιμο να λάβουμε επίσης υπόψη τις αλλαγές που είχαν αρχίσει να συντελούνται τόσο σε επίπεδο εξέλιξης των οχημάτων όσο και σε επίπεδο εξέλιξης του οδικού περιβάλλοντος και μεταβολής των συνθηκών κυκλοφορίας. Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, από τη μία πλευρά, τα οχήματα άρχισαν να εξοπλίζονται με περισσότερα οπτικά όργανα για τον έλεγχο της κατάστασης του οχήματος, καθώς επίσης και με επιπρόσθετα «λειτουργικά» συστήματα για την αύξηση της άνεσης του οδηγού, όπως ράδιο και κλιματισμό. Το έργο της διατήρησης της πορείας του οχήματος (steering) απαιτούσε πλέον την καταβολή μικρότερης φυσικής προσπάθειας, όμως την ίδια στιγμή, τα οχήματα ήταν πιο ισχυρά από την άποψη της ταχύτητας και την επιτάχυνσης που μπορούσαν να αναπτύξουν. Από την άλλη πλευρά, το οδικό περιβάλλον ήταν πιο σύνθετο. Υπό αυτό το πρίσμα, η περιγραφή του πρωταρχικού έργου ως μία προσπάθεια διατήρησης του οχήματος στο μέσο του πεδίου ασφαλούς μετακίνησης ήταν μάλλον απλοϊκή, καθώς οι οδηγοί καλούνταν να ελιχθούν, να αλληλεπιδράσουν με ένα σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό χρηστών της οδού σε ένα σημαντικά πιο πυκνό κυκλοφοριακό περιβάλλον και ταυτόχρονα να προσλάβουν ένα σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό σημάτων και ενδείξεων τόσο από το εσωτερικό περιβάλλον του οχήματος όσο από το εξωτερικό περιβάλλον.

1.1.3 Σύγχρονη φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης

Φτάνοντας στη σύγχρονη εποχή, η οδήγηση περιγράφεται ως ένα σύνολο ταυτόχρονα επιτελούμενων έργων τα οποία διαφέρουν ως προς τις απαιτήσεις που θέτουν στον οδηγό τόσο σε επίπεδο πρόσληψης, επεξεργασίας πληροφοριών όσο και σε επίπεδο διαθέσιμου χρόνου για την επιτέλεσής τους.

Ένα από τα πιο πρόσφατα προτεινόμενα μοντέλα είναι το αποκαλούμενο “driver-in-control model” (Hollnagel, Nabo & Lau, 2003) το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο ενός ερευνητικού προγράμματος της Saab Automobile σε συνεργασία με το

πανεπιστήμιο της Iowa. Πρόκειται για ένα λειτουργικό μοντέλο ελέγχου της οδηγικής δραστηριότητας που περιγράφεται ως ένας κύκλος, κατά το πρότυπο του αντιληπτικού κύκλου του Neisser (1976), ο οποίος συνδέει τις προθέσεις, τους στόχους, τις ενέργειες και τα αποτελέσματα των ενεργειών του οδηγού. Αυτός ο βασικός κύκλος επαναλαμβάνεται σε κάθε επιμέρους επίπεδο ιεράρχησης της οδηγικής δραστηριότητας, φέροντας ωστόσο διαφορετικά χαρακτηριστικά τόσο ως προς τον τύπο ελέγχου που είναι αναγκαίος κάθε φορά (π.χ. προγνωστικός έλεγχος, ανατροφοδότηση) όσο και ως προς τις χρονικές απαιτήσεις.

Ειδικότερα, ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω, διακρίνουμε, τα εξής επίπεδα:

- Το **επίπεδο ιχνηλάτησης** περιγράφει το κατώτατο επίπεδο ενεργειών που είναι αναγκαίες για τη διατήρηση της ταχύτητας, της απόστασης του οχήματος από το προπορευόμενο όχημα, της σχετικής ή της απόλυτης πλευρικής απόστασης κ.ο.κ. Οι ενέργειες που πραγματοποιούνται στο επίπεδο ιχνηλάτησης βασίζονται σε ένα κλειστό σύστημα ελέγχου. Θεωρητικά οι επιδέξιοι οδηγοί είναι σε θέση να επιτελέσουν αυτές τις ενέργειες καταβάλλοντας ελάχιστη φυσική ή νοητική προσπάθεια.
- Το αμέσως ανώτερο επίπεδο, το **ρυθμιστικό επίπεδο**, παρέχει τους στόχους και τα κριτήρια σωστής επίτευξης των ενεργειών που επιτελούνται στο επίπεδο ιχνηλάτησης. Το ρυθμιστικό επίπεδο αφορά ζητήματα όπως ο προσδιορισμός της επιθυμητής ταχύτητας, της θέσης και της κίνησης του οχήματος σε σχέση με την υπόλοιπη κυκλοφορία και βασίζεται επίσης σε ένα κλειστό σύστημα ελέγχου, κυρίως, αυτό-επίβλεψης των ενεργειών του οδηγού αν και σε ορισμένες περιπτώσεις ίσως είναι αναγκαίος κάποιος προβλεπτικός έλεγχος.
- Το **επίπεδο επίβλεψης** αναφέρεται στον έλεγχο της κατάστασης του συστήματος οχήματος-οδηγού σε σχέση με το οδικό περιβάλλον (π.χ. ροή κυκλοφορίας, επικείμενοι κίνδυνοι) και καθορίζει τα σχέδια και τους στόχους που χρησιμοποιούνται στα δύο κατώτερα επίπεδα ελέγχου. Το επίπεδο επίβλεψης αναφέρεται επίσης στον έλεγχο των τυπικών ή άτυπων ενδείξεων σχετικά με την κατεύθυνση των άλλων χρηστών της οδού, τις συνθήκες της οδού (π.χ. υποδείξεις κατεύθυνσης, κατάσταση οδοστρώματος, καμπύλες), τυχόν περιορισμούς (π.χ. όρια ταχύτητας) και απαγορεύσεις (π.χ. οδοί μονής

κατεύθυνσης), και επομένως βασίζεται σε ένα μεικτό σύστημα ελέγχου, ανοιχτού και κλειστού τύπου.

- Τέλος, το **επίπεδο καθορισμού στόχων** σχετίζεται με τον καθορισμό της διαδρομής και τον προσδιορισμό κριτηρίων για ασφαλή οδήγηση. Πρόκειται για ένα αμιγώς ανοιχτό σύστημα ελέγχου, το οποίο εκφράζει μια σειρά από στοχαστικές ενέργειες που έχουν καλλιεργηθεί σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου. Για παράδειγμα, η εκτίμηση του αντίκτυπου μιας αλλαγής σε σχέση με τον αρχικό στόχο, όπως άφιξη στο σημείο προορισμού σε μικρότερο χρόνο, δε βασίζεται απλώς στην ανατροφοδότηση που λαμβάνει ο οδηγός από το κυκλοφοριακό περιβάλλον (π.χ. ελάχιστος κυκλοφοριακός φόρτος) αλλά σε μια πιο συνολική εκτίμηση της κατάστασης. Όταν αυτό συμβαίνει σε κανονικές συνθήκες τότε μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος του επιπέδου επίβλεψης. Αλλά όταν συμβαίνει σε έκτακτες περιπτώσεις, τότε οι υποκινητές της εκτίμησης μπορεί να σχετίζονται με μια σειρά επιπρόσθετων παραγόντων, όπως ο χρόνος, κάποια φυσικά ή συμβολικά σημεία αναφοράς που ευνοούν ή αποθαρρύνουν την ανάπτυξη ταχύτητας κ.ο.κ.

Συνεπώς, στη σύγχρονη φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης, το πρωταρχικό έργο της οδήγησης συνίσταται, αφενός, στην επιτέλεση των επιμέρους οδηγικών έργων, αφετέρου, στην επίβλεψη της προόδου του ταξιδιού, λαμβάνοντας υπόψη, για παράδειγμα, αν ο οδηγός βρίσκεται εντός των χρονικών ορίων που έχει θέσει, αν έχει επιλέξει τη βέλτιστη διαδρομή, αν η φυσική ή νοητική του κατάσταση (π.χ. κόπωση, νοητικός φόρτος) του επιτρέπουν να προσεγγίσει το σημείο προορισμού σύμφωνα με τους προκαθορισμένους στόχους για ασφαλή οδήγηση κ.ο.κ.

Θα πρέπει βέβαια να λάβουμε υπόψη ότι οι αλλαγές αυτές αντανakλούν σε μεγάλο βαθμό τις σημαντικές μεταβολές που έχουν διαδραματιστεί τα τελευταία χρόνια τόσο σε επίπεδο τεχνολογικής εξέλιξης των ίδιων των οχημάτων, κυρίως λόγω της ενσωμάτωσης νέων συστημάτων υποβοήθησης της πλοήγησης, όσο και σε επίπεδο μεταβολής της λειτουργικής σημασίας της οδήγησης στην καθημερινή ζωή. Πολύ απλά, η οδήγηση παύει πλέον να υπηρετεί αποκλειστικά τη διαδικασία επίτευξης της μετακίνησης, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της εργασίας και είναι τρόπος ζωής (Hollnagel, 2006).

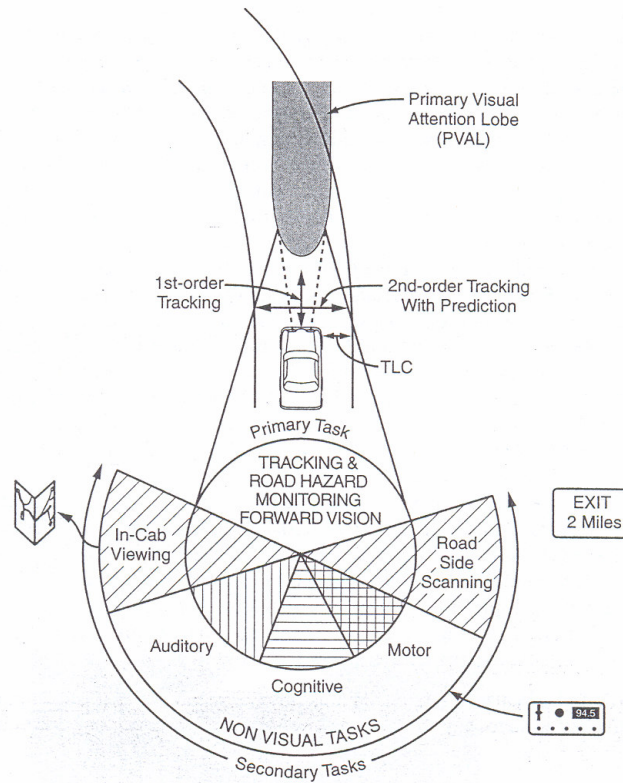
1.2 Επισκόπηση των μοντέλων της οδηγικής δραστηριότητας

Η μέχρι τώρα συσχέτιση ανάμεσα στις φάσεις εξέλιξης της αυτοκίνησης και του επαναπροσδιορισμού του πρωταρχικού έργου της οδήγησης παρέχει το υπόβαθρο για την κατανόηση της μετεξέλιξης του τρόπου θεώρησης του πρωταρχικού έργου της οδήγησης σε κάθε εποχή και, κατ' επέκταση, της μετεξέλιξης του θεωρητικού πλαισίου ανάλυσης ή/και μοντελοποίησης της οδηγικής δραστηριότητας. Τα δύο ζητήματα που απορρέουν από την παραπάνω επισκόπηση αφορούν: α) τον τρόπο ιεράρχησης των οδηγικών έργων σε κάθε φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης, καθώς επίσης και β) τον τρόπο θέασης του οδηγού όσον αφορά τη δυνατότητά του να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του οδηγικού έργου ανάλογα με τη συνθετότητα του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος και των οχημάτων.

Αναφορικά με την ιεράρχηση των οδηγικών έργων, από τη λεπτομερή ανάλυση «καθηκόντων» (task analysis) του οδηγικού έργου που διεξήγαγαν το 1970 οι McKnight & Adams (στο Shinar et al., 1998) προκύπτει ότι ένας οδηγός θα πρέπει να μάθει να ελέγχει περίπου 1.500 στοιχειώδη έργα προκειμένου να επιτελέσει τα περισσότερα «καθημερινά» οδηγικά καθήκοντα (driving tasks). Ωστόσο, δεν είναι όλα τα επιμέρους «καθήκοντα» ήσσονος σημασίας. Υπό αυτή την έννοια, της ιεράρχησης δηλαδή των επιμέρους καθηκόντων ως προς τη σημαντικότητα τους για την ασφαλή διεξαγωγή της οδήγησης, η κύρια διάκριση που προτείνεται (Wickens, Gordon & Liu, 1998) είναι ανάμεσα στα «καθήκοντα» τα οποία συνιστούν το **πρωταρχικό έργο** της οδήγησης και στα «καθήκοντα» τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ως **δευτερεύοντα έργα**.

Ειδικότερα, το πρωταρχικό έργο της οδήγησης περιλαμβάνει το έργο της ιχνηλάτησης (tracking task) το οποίο αναλύεται στα επιμέρους έργα του ελέγχου της θέσης, της κατεύθυνσης και της ταχύτητας του οχήματος σε σχέση με την οδό και τους υπόλοιπους χρήστες της οδού, καθώς επίσης και το έργο του εντοπισμού άμεσων ή δυνητικών κινδύνων (Σχήμα 1). Ως δευτερεύοντα έργα προσδιορίζονται όλα τα μεμονωμένα ή συμπληρωματικά έργα τα οποία μπορεί να επιτελούνται κατά τη διάρκεια της οδήγησης και τα οποία, ενδεχομένως, να αποτελούν δυνητικές πηγές απόσπασης της προσοχής του οδηγού από το πρωταρχικό έργο της οδήγησης. Συνεπώς, το κύριο κριτήριο ταξινόμησης των δευτερευόντων έργων είναι οι

αισθητηριακές πηγές πρόσληψης που χρησιμοποιούνται από τον οδηγό για την επιτέλεσή τους, και βάσει αυτού του κριτηρίου, διακρίνονται σε: α) χειροκίνητα, β) κυρίως χειροκίνητα, γ) οπτικά, δ) κυρίως οπτικά και ε) οπτικά-χειροκίνητα (Wierwille, 1993).



Σχήμα 1: Αναπαράσταση των πολλαπλών καθηκόντων για την ασφαλή διεξαγωγή της οδήγησης. Στο άνω τμήμα του σχήματος αναφέρονται τα επιμέρους έργα για τον έλεγχο της θέσης του οχήματος και την αποφυγή άμεσων ή δυνητικών κινδύνων (πρωταρχικό έργο), ενώ στο κάτω τμήμα οι ποικίλες δυνητικές πηγές απόσπασης της προσοχής του οδηγού από το πρωταρχικό έργο, λόγω της επιτέλεσης των δευτερευόντων έργων [πηγή: Wickens, Gordon & Liu, 1998]

Λαμβάνοντας υπόψη τον υψηλό βαθμό αλληλεπίδρασης μεταξύ όλων των επιμέρους έργων που επιτελούνται κατά τη διάρκεια της οδήγησης, τα όρια διαχωρισμού μεταξύ πρωταρχικού και δευτερευόντων έργων είναι μάλλον δυσδιάκριτα. Όπως χαρακτηριστικά επισημαίνει ο Groeger (2000, 41) «τον περισσότερο χρόνο της οδήγησης δεν κοιτάμε απλώς μπροστά ή γύρω μας ή επιταχύνουμε-επιβραδύνουμε ή στρίβουμε το τιμόνι δεξιά-αριστερά, αλλά εκτελούμε καθεμία από αυτές τις ενέργειες ταυτόχρονα, ως μέρος ενός ευρύτερου έργου». Αντίστοιχα, κατά την επιτέλεση των δευτερευόντων οδηγικών έργων, ανάμεσα στα

οποία συγκαταλέγονται πλέον τα έργα της επίβλεψης μιας σειράς νέων τεχνολογικών συστημάτων υποβοήθησης της πλοήγησης που έχουν αρχίσει να εισάγονται στα νέα οχήματα, οι οδηγοί δεν απασχολούνται αποκλειστικά με ένα έργο κάθε φορά, αλλά επιτελούν τα δευτερεύοντα έργα παράλληλα με το πρωταρχικό έργο της οδήγησης.

Από την άποψη της ιεράρχησης των οδηγικών έργων, συγκρίνοντας τα μοντέλα των Hollnagel, Nabo & Lau (2003), McRuer, Allen, Weir & Klein (1977) και Gibson & Crooks (1938) παρατηρούμε ότι, στη σύγχρονη φάση της αυτοκίνησης, η ουσιαστική μεταβολή συνίσταται στην προσπάθεια όλο και πιο λεπτομερούς διαχωρισμού μεταξύ των ενεργειών που βασίζονται στην άμεση ανατροφοδότηση του οδηγού από το οδικό περιβάλλον και των ενεργειών που βασίζονται στις διαδικασίες λήψης απόφασης για τον καθορισμό στόχων και κριτηρίων αξιολόγησης. Ο διαχωρισμός αυτός επιτρέπει ουσιαστικά να γίνει μια πιο ορθολογική κατανομή μεταξύ των λειτουργιών που μπορούν να επιτελούνται καλύτερα από το τεχνικό σύστημα και των λειτουργιών που θα πρέπει οπωσδήποτε να επιτελούνται από τον οδηγό. Στην πραγματικότητα ο διαχωρισμός αυτός και κατ' επέκταση, η διαφορετική έμφαση που δίνεται στην ιεράρχηση των οδηγικών έργων, προκύπτει βάσει των νέων δυνατοτήτων που παρέχουν τα ποικίλα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού που σταδιακά εισάγονται στα σύγχρονα οχήματα (όπως για παράδειγμα, ABS, traction control forward/lateral collision warnings, blind spot warning), παρά του βαθμού σημαντικότητας των επιμέρους επιτελούμενων οδηγικών έργων για την ασφαλή διεξαγωγή του οδηγικού έργου.

Αναφορικά με το δεύτερο ζήτημα που προκύπτει από αυτή την επισκόπηση, σχετίζεται με τη μετεξέλιξη του τρόπου θεώρησης του οδηγού όσον αφορά τις δυνατότητές του να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του οδηγικού έργου, στις διάφορες φάσεις εξέλιξης της αυτοκίνησης. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Rumar (1988), στην ιστορία της επιστημονικής έρευνας για τη μελέτη των τροχαίων ατυχημάτων, ο τρόπος θεώρησης του οδηγού έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές: από αθώο (Θεός, μοίρα), σε κύριο υπαίτιο (επιρρέπεια στο ατύχημα), σε αθώο θύμα (της πολυπλοκότητας του συστήματος), σε ένα μέρος του συστήματος (κρίκος μίας αλυσίδας). Οι αλλαγές αυτές αντανακλώνονται σε μεγάλο βαθμό στις τρεις προαναφερόμενες φάσεις εξέλιξης της αυτοκίνησης.

Το γεγονός, για παράδειγμα, ότι στη σύγχρονη φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης, η επιτέλεση των αντιληπτικών έργων που σχετίζονται με το έργο της ιχνηλάτησης θεωρείται ότι συνιστά το κατώτατο επίπεδο περιγραφής της οδηγικής δραστηριότητας δε σχετίζεται με το βαθμό δυσκολίας ή το βαθμό σημαντικότητας του έργου της ιχνηλάτησης έναντι των άλλων «ανώτερων» έργων. Εκφράζει απλώς έναν ιεραρχικό τρόπο οργάνωσης της οδηγικής δραστηριότητας ο οποίος υπαγορεύεται, σε μεγάλο βαθμό, από τη συμπερίληψη ενός μεγαλύτερου αριθμού στοχαστικών έργων [π.χ. αναγνώριση των προθετικών ενεργειών των υπόλοιπων χρηστών της οδού (Saad, 2005· 1996· van der Hulst et al., 1999)] που θα πρέπει να επιτελεί ένας οδηγός, σε ένα πιο σύνθετο περιβάλλον, σε σχέση με την πρώιμη φάση εξέλιξης της αυτοκίνησης.

Ωστόσο, σε οποιαδήποτε εποχή και ανεξάρτητα από το επίπεδο τεχνολογικής εξέλιξης των οχημάτων και των συστημάτων υποβοήθησης του οδηγού, βασική προϋπόθεση για την ασφαλή διεξαγωγή της οδήγησης αποτελεί η ικανότητα του οδηγού να προβεί στον οπτικό έλεγχο της θέσης, της απόστασης και της ταχύτητας του οχήματος σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος. Η ικανότητα οπτικού ελέγχου όλων των παραπάνω παραμέτρων συνιστά το **κύριο αντιληπτικό έργο της οδήγησης**. Επομένως, είναι αναγκαίο, αφενός, να διαχωρίσουμε το κύριο αντιληπτικό έργο της οδήγησης από το βαθμό σπουδαιότητας και προτεραιότητας που δίνεται σε κάθε εποχή στα σχετικά πρωταρχικά έργα της οδήγησης και, αφετέρου, να προσδιορίσουμε τις νοητικές διεργασίες που εμπλέκονται κατά την επιτέλεση του κύριου αντιληπτικού έργου της οδήγησης.

1.3 Θεωρητικό πλαίσιο ανάλυσης του αντιληπτικού έργου της οδήγησης

Στην παρούσα διατριβή το αντικείμενο μελέτης εστιάζεται στο πρωταρχικό έργο της οδήγησης και ειδικότερα στη διερεύνηση της διεργασίας αντιληπτικής οργάνωσης των οπτικών πληροφοριών που προσλαμβάνουν οι οδηγοί από το οδικό περιβάλλον για την επιτέλεση του έργου της ιχνηλάτησης, το οποίο αναλύεται στα επιμέρους οδηγικά έργα του ελέγχου της θέσης, της κατεύθυνσης και της απόστασης του οχήματός τους σε σχέση με την οδό και τους υπόλοιπους χρήστες της οδού.

Από θεωρητική άποψη, οι αντιληπτικές διεργασίες που εμπλέκονται κατά την επιτέλεση των παραπάνω οδηγικών έργων, εξετάζονται κάτω από δύο ευρύτερα θεωρητικά ζητήματα: α) την αντιληπτική διεργασία που εμπλέκεται για τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή και β) την αντιληπτική διεργασία αντίχενωσης του χρόνου που υπολείπεται έως την επικείμενη σύγκρουση με ένα προσεγγιζόμενο αντικείμενο.

Ιστορικά, η αναγωγή της διερεύνησης των αντιληπτικών διεργασιών που σχετίζονται με την επιτέλεση των επιμέρους έργων της ιχνηλάτησης στα δύο αυτά θεωρητικά ζητήματα, συνδέεται με τις προτάσεις που απορρέουν από τις δύο βασικές θεωρητικές προσεγγίσεις στην επιστήμη της ψυχολογίας, τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης και τις θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης. Η βασική θέση των θεωριών της Άμεσης Αντίληψης είναι ότι όλες οι αναγκαίες οπτικές πληροφορίες για τον έλεγχο της μετακίνησης του παρατηρητή είναι διαθέσιμες στην οπτική παράταξη, καθώς επίσης, ότι η πρόσληψή τους γίνεται άμεσα, χωρίς δηλαδή τη διαμεσολάβηση γνωστικών διεργασιών. Αν ίσχυε το αξίωμα της άμεσης αντίληψης τότε ένα σημαντικό μέρος της αντιληπτικής δραστηριότητας που σχετίζεται με το πρωταρχικό έργο της οδήγησης θα μπορούσε να περιγραφεί ως το αποτέλεσμα της δυνατότητας άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης και αντίχενωσης μιας επικείμενης σύγκρουσης. Αντίθετα, η βασική θέση των θεωριών της Κατασκευαστικής Αντίληψης είναι ότι το είδωλο που παράγεται στον αμφιβληστροειδή του παρατηρητή από τα προσλαμβανόμενα οπτικά ερεθίσματα είναι «φτωχό» σε πληροφορίες, συνεπώς, ο παρατηρητής είναι αναγκαίο να εισάγει ερμηνευτικές υποθέσεις για την υπονόηση της τρισδιάστατης δομής του περιβάλλοντος από το οποίο προέρχεται το αντίλημα.

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση των σχετικών ερευνών που υποστηρίζουν τη μία ή την άλλη θεωρητική πρόταση, είναι αναγκαίο να επισημάνουμε ότι οι δύο αυτές θεωρητικές προσεγγίσεις έχουν ως αφετηρία τους τελείως διαφορετικά παραδείγματα μετακίνησης του παρατηρητή, άσχετων προς την οδήγηση.

Ειδικότερα, οι θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης βασίζονται, κυρίως, στις αναλύσεις που διεξήγαγε ο Gibson (1955) για τη μελέτη των οπτικών μεταβλητών που προσλαμβάνει ένας πιλότος άμεσα, χωρίς δηλαδή τη διαμεσολάβηση γνωστικών

διεργασιών, κατά τη διαδικασία προσγείωσης ενός αεροσκάφους. Αντίθετα, οι θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης [βλ., για παράδειγμα, Rock (1984)· Gregory (1998)] βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην ανάλυση των οπτικών ενδείξεων που επεξεργάζεται το γνωστικό σύστημα για την εξαγωγή ερμηνευτικών υποθέσεων σχετικά με τη θέση, το μέγεθος, την απόσταση ή την κίνηση των αντικειμένων και αναφέρονται κυρίως στην περίπτωση ενός «καθελωμένου» παρατηρητή (είτε σε όρθια είτε σε καθιστή θέση) σε ένα στατικό περιβάλλον.

1.3.1 Η περίπτωση της φυσικής μετακίνησης

Εξετάζοντας την περίπτωση μετακίνησης χωρίς τη διαμεσολάβηση ενός μέσου, όπως στο περπάτημα, ο έλεγχος της μετακίνησης συνεπάγεται τον έλεγχο της δυναμικής ροής κάθε μέλους του σώματος του παρατηρητή σε σχέση με τα υπόλοιπα μέλη και τον έλεγχο της δυναμικής ροής ολόκληρου του σώματος σε σχέση με το περιβάλλον (Lee & Lishman, 1977, 224). Ωστόσο, στην περίπτωση της φυσικής μετακίνησης, η ενημέρωση του αντιληπτικού συστήματος σχετικά με την τρέχουσα θέση των μελών του σώματος επιτυγχάνεται χάρη στην πρόσληψη ιδεοδεκτικών πληροφοριών. Αυτό σημαίνει ότι η λήψη απόφασης σχετικά με την επάρκεια, για παράδειγμα, των αποστάσεων ανάμεσα στα αντικείμενα του περιβάλλοντος και τον παρατηρητή είναι προϊόν συμπερίληψης και επεξεργασίας τόσο των οπτικών όσο και των ιδεοδεκτικών πληροφοριών.

Στην περίπτωση της οδήγησης, αντίθετα, έχουμε μεν πρόσληψη οπτικών πληροφοριών, αλλά, για τον προσδιορισμό της απόστασης ανάμεσα στα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος και το όχημα, είναι αναγκαία η περαιτέρω επεξεργασία των πληροφοριών αυτών σε σχέση με τη νοερή εκτίμηση του οδηγού αναφορικά με το περίγραμμα του οχήματός του.

1.3.2. Η περίπτωση της εναέριας μετακίνησης

Στην περίπτωση εναέριας μετακίνησης του παρατηρητή, όπως η πλοήγηση αεροσκάφους που αποτέλεσε το πρωταρχικό πεδίο έρευνας για την υποστήριξη των θεωριών της άμεσης αντίληψης, παρατηρούμε ότι, πέρα από τις εμφανείς διαφορές

με την οδήγηση, η κυριότερη πηγή στρέβλωσης προέρχεται από την αναπαράσταση του οπτικού περιβάλλοντος ως ένα πεδίο ανυσμάτων. Η βασική ιδέα είναι ότι ο «παρατηρητής συν-αντιλαμβάνεται τα σταθερά αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος (π.χ. οδό, πινακίδες σήμανσης, δέντρα), τη δική του τροχιά κίνησης, καθώς επίσης και την τροχιά κίνησης των μη-στατικών αντικειμένων (π.χ. πεζοί, άλλα οχήματα), εξάγοντας τα σταθερά, αμετάβλητα στοιχεία της δομής της οπτικής παράταξης²» (Schiff & Arnone, 1995).

Πρέπει να επισημάνουμε εδώ, ότι αυτή η περιγραφή ταιριάζει σε ένα ανοιχτό περιβάλλον που δεν είναι άτακτα σωρευμένο, κάτι το οποίο ισχύει σε εξαιρετικές μόνο κυκλοφοριακές συνθήκες στην περίπτωση της οδήγησης. Επιπλέον, οι σταθερές (τα αμετάβλητα στοιχεία) της δομής τα οποία εξάγονται από το οπτικό αντιληπτικό σύστημα (π.χ. πυκνότητα της επιφάνειας, διάταξη επιφανειών), σχετίζονται με τη δεδομένη ταχύτητα με την οποία κινείται ο παρατηρητής. Αυτό έχει ως συνέπεια, κάτω από ορισμένες κυκλοφοριακές συνθήκες και φυσικά ανάλογα με την ταχύτητα που αναπτύσσει ένας οδηγός, τα χαρακτηριστικά του οπτικού περιβάλλοντος να προσομοιάζουν με τα χαρακτηριστικά του οπτικού περιβάλλοντος όπως αυτά προσλαμβάνονται από το εσωτερικό του πιλοτηρίου (π.χ. ανοικτή οδός), ενώ, σε άλλες κυκλοφοριακές συνθήκες και με μικρότερες ταχύτητες, να προσομοιάζουν με τα χαρακτηριστικά του οπτικού περιβάλλοντος όπως αυτά προσλαμβάνονται στην περίπτωση φυσικής κίνησης του παρατηρητή, όπως στο περπάτημα.

² Ο κύριος νόμος της ρέουσας προοπτικής είναι ότι είναι φυγόκεντρη στη μισή παράταξη και κεντρομόλα στην άλλη μισή. Μεταξύ της μίας εστίας φυγόκεντρης εκροής στον έναν πόλο και της άλλης εστίας κεντρομόλου εκροής στον αντίθετο πόλο, σχηματίζεται ένας άξονας ο οποίος συμπίπτει με την κατεύθυνση μετακίνησης του παρατηρητή, και ως εκ τούτου, η εστία της διαστολής είναι η κατεύθυνση προς την οποία πηγαίνει κάποιος, ενώ, η εστία της συστολής είναι η κατεύθυνση από την οποία έρχεται κάποιος. Ωστόσο, «το να πούμε ότι κάποιος αντιλαμβάνεται μία εκροή του κόσμου μπροστά του και μία εισροή του κόσμου πίσω του καθώς αυτός κινείται μπροστά μέσα στο περιβάλλον θα ήταν εσφαλμένο. Κάποιος έχει την εμπειρία ενός σταθερού κόσμου και μίας ρέουσας παράταξης» (Gibson, 1979, 218). Αυτό συμβαίνει διότι, σύμφωνα με τον Gibson (1979), ο δια-σχηματισμός της εκροής και της εισροής είναι επάλληλος προς τις σταθερές (αμετάβλητα στοιχεία) της παράταξης, όπως είναι η φωτεινή αντίθεση γης και ουρανού στον ορίζοντα και η υφή της γης. Αυτό έχει ως συνέπεια οι πληροφορίες οι οποίες προσλαμβάνονται από το δια-σχηματισμό της ροής και αφορούν καταρχήν το γεγονός της μετακίνησης και την κατεύθυνση μετακίνησης, να καθιστούν συγχρόνως εφικτή την αντίληψη της διάταξης των επιφανειών του περιβάλλοντος – «η ακινητοποιημένη δομή αποτελεί έναν μύθο... οι σταθερές (τα αμετάβλητα στοιχεία) της δομής δεν υφίστανται παρά μόνο σε σχέση με τα μεταβλητά στοιχεία» (Gibson, 1979, 169). Οι πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον είναι αδιαχώριστες με τις πληροφορίες σχετικά με τον εαυτό.

1.3.3. Η περίπτωση μετακίνησης με όχημα

Όπως έχουμε ήδη επισημάνει η περίπτωση μετακίνησης του παρατηρητή με όχημα δεν έχει μελετηθεί ως ένα διαφορετικό παράδειγμα μετακίνησης και στην πραγματικότητα, δεν έχουμε μία αμιγώς οδηγική αντιληπτική θεωρία αλλά μία σύνθεση θεωρητικών υποθέσεων που προέρχονται από τη μελέτη άσχετων προς την οδήγηση περιπτώσεων κίνησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, αφενός, την απουσία μιας αμιγώς «οδηγικής» αντιληπτικής θεωρίας και, αφετέρου, την αυτούσια «μεταφορά» θεωρητικών υποθέσεων και ευρημάτων που απαντούν σε άλλα παραδείγματα μετακίνησης, όχι της οδήγησης, καθιστώντας ουσιαστικά τη σύνθεση των επιμέρους έργων της ιχνηλάτησης πρακτικά αδύνατη.

Υπό αυτό το πρίσμα, της προσπάθειας δηλαδή «μεταφοράς» θεωρητικών υποθέσεων και ευρημάτων που απαντούν σε άλλα παραδείγματα μετακίνησης, όχι της οδήγησης, η ανάλυση των αντιληπτικών διεργασιών που εμπλέκονται κατά την επιτέλεση του έργου της ιχνηλάτησης, ανάγεται από θεωρητική άποψη στην εξέταση δύο ευρύτερων θεωρητικών ζητημάτων:

- την αντιληπτική διεργασία που εμπλέκεται για τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή και
- την αντιληπτική διεργασία αντίχρευσσης του χρόνου που υπολείπεται έως την επικείμενη σύγκρουση με ένα προσεγγιζόμενο αντικείμενο.

Τα δυο αυτά θεωρητικά ζητήματα εξετάζονται στα επόμενα δύο κεφάλαια.

Κεφάλαιο 2:

Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης

Η βασική δεξιότητα για τον έλεγχο της πλοήγησης του οχήματος είναι η ικανότητα προσδιορισμού της κατεύθυνσης του οχήματος σε σχέση με τις μεταβολές του οδικού και του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος και, αντίστοιχα, η ικανότητα ρύθμισης του τιμονιού ή/και της ταχύτητας για τη διόρθωση ενδεχόμενων σφαλμάτων στη θέση ή/και την κατεύθυνση του οχήματος. Παρότι έχουν υποστηριχθεί διάφορες υποθέσεις σχετικά με το αν το έργο της ιχνηλάτησης επιτελείται σε ένα «ανοιχτό» ή σε ένα «κλειστό» σύστημα ελέγχου (βλ. Hildteth et al., 2000, για επισκόπηση) το ζήτημα αυτό είναι μάλλον παραπλανητικό για την κατανόηση του αντιληπτικού έργου της ιχνηλάτησης. Και αυτό διότι τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών³ υποδεικνύουν ότι η επίτευξη του έργου της ιχνηλάτησης είναι αδύνατη χωρίς τον τακτικό έλεγχο, περίπου ανά 1.5 δευτ., των νέων δεδομένων του οδικού περιβάλλοντος και της συσχέτισής τους με την τρέχουσα θέση του οχήματος. Επιπλέον, το έργο της οδήγησης απαιτεί την ταυτόχρονη επίτευξη τόσο πολλών επιμέρους έργων, ώστε είναι εξορισμού αδύνατο για έναν οδηγό να αφιερώνει όλο το χρόνο μόνο στον έλεγχο της πορείας του οχήματος (steering task).

Συνεπώς, τα σημαντικά ερωτήματα που συνδέονται με το αντιληπτικό έργο της ιχνηλάτησης είναι: α) ποιες πηγές πληροφόρησης αξιοποιούν οι οδηγοί για τον

³ Πρόκειται για μια σειρά ερευνών (Cavallo et al., 1988· Godthelp, 1986· Godthelp, 1985) όπου η κύρια μεταβλητή είναι η πρόκληση προσωρινής διακοπής της ροής των οπτικών εισιόντων. Στα πειράματα προσομοίωσης αυτό επιτυγχάνεται με τη διακοπή της εικόνας, ενώ στα πειράματα που διεξάγονται σε πραγματικές συνθήκες αυτό επιτυγχάνεται με ένα ζευγάρι ειδικών γυαλιών που φορούν οι συμμετέχοντες και τα οποία διαθέτουν φακούς υγρών κρυστάλλων που μπορούν να μεταβάλλουν την ευκρίνεια του οπτικού πεδίου. Το κύριο εύρημα των παραπάνω ερευνών είναι ότι η επίδοση των συμμετεχόντων είναι εξίσου καλή τόσο στη συνθήκη αδιάλειπτης οπτικής ανατροφοδότησης όσο και στη συνθήκη προσωρινής διακοπής της ροής των οπτικών εισιόντων, για χρονικά διαστήματα της τάξεως των 1 με 2 δευτ., αλλά το επίπεδο μεταβλητότητας όσον αφορά τις κινήσεις ελέγχου και τα μονοπάτια που ακολουθούν οι οδηγοί, ιδιαίτερα στις στροφές, εξαρτάται από το σημείο στο οποίο διακόπτεται η ροή των οπτικών εισιόντων. Για παράδειγμα, οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρούνται στην περίπτωση διακοπής της ροής οπτικών εισιόντων στο μέσο της στροφής, εύρημα το οποίο είναι μάλλον αναμενόμενο, καθώς σε εκείνο το σημείο του δρόμου δεν υπάρχει δυνατότητα προετοιμασίας του οδηγού σχετικά με τις μεταβολές του οδικού περιβάλλοντος. Παρότι τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν ότι δεν είναι αναγκαία η διαρκής εστίαση της οπτικής προσοχής του οδηγού στο οδικό περιβάλλον για τον έλεγχο της πλοήγησης, ουσιαστικά δεν παρέχουν καμία ένδειξη όσον αφορά το είδος των πληροφοριών που αξιοποιούν οι οδηγοί για τον έλεγχο της πλοήγησης.

προσδιορισμό του μονοπατιού μετακίνησης σε σχέση με τις μεταβολές του οδικού και του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος και β) πώς επιτυγχάνεται η πρόσληψη των αναγκαίων πληροφοριών για τον έλεγχο της πλοήγησης.

Ο θεωρητικός διάλογος που αναπτύσσεται στη συνέχεια του κεφαλαίου βασίζεται στην αντιπαράθεση των υποθέσεων που απορρέουν από τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης και της Κατασκευαστικής Αντίληψης με στόχο την εξέταση της δυνατότητας άμεσης αντίληψης των αναγκαίων οπτικών πληροφοριών για τον έλεγχο της πλοήγησης χωρίς τη διαμεσολάβηση εσωτερικών διεργασιών.

2.1 Άμεση αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης;

Το 1938 οι Gibson & Crooks πρότειναν μια ψυχοφυσική αντιληπτική θεωρία για την οδήγηση, περιγράφοντας την οδό ως ένα σύστημα πεδίων από πιθανά μονοπάτια (terrain of field of space) μέσω των οποίων ο οδηγός μπορεί να κινηθεί με ασφάλεια (fields of safe travel) και το όχημα ως ένα εργαλείο για την επίτευξη της πλοήγησης, όπου ο στόχος του οδηγού είναι να κινηθεί στο μέσο του πεδίου ασφαλούς πλοήγησης. Επιπλέον, το 1958, ο Gibson περιέγραψε την οπτική αντίληψη του χώρου βάσει του οπτικού βάθους, της απόστασης και του προσανατολισμού των στοιχείων του οπτικού περιβάλλοντος και διατύπωσε την υπόθεση ότι ανεξάρτητα από το είδος μετακίνησης (π.χ. περπάτημα, οδήγηση αυτοκινήτου, πλοήγηση αεροσκάφους), η πιο σημαντική ένδειξη για τον οπτικό έλεγχο των παραμέτρων της πλοήγησης (εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, της ταχύτητας κίνησης του παρατηρητή και της απόστασης των αντικειμένων) είναι η **οπτική ροή**, η οπτική κίνηση δηλαδή η οποία παράγεται στην οπτική παράταξη που περιβάλλει έναν κινούμενο παρατηρητή και εκτείνεται ακτινωτά από ένα μόνο σημείο κατά μήκος της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή. Το σημείο αυτό το ονόμασε **σημείο εξάπλωσης** της οπτικής ροής (focus of expansion) και διατύπωσε την πρόταση ότι η αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης (heading) γίνεται άμεσα μέσω του εντοπισμού αυτού του σημείου.

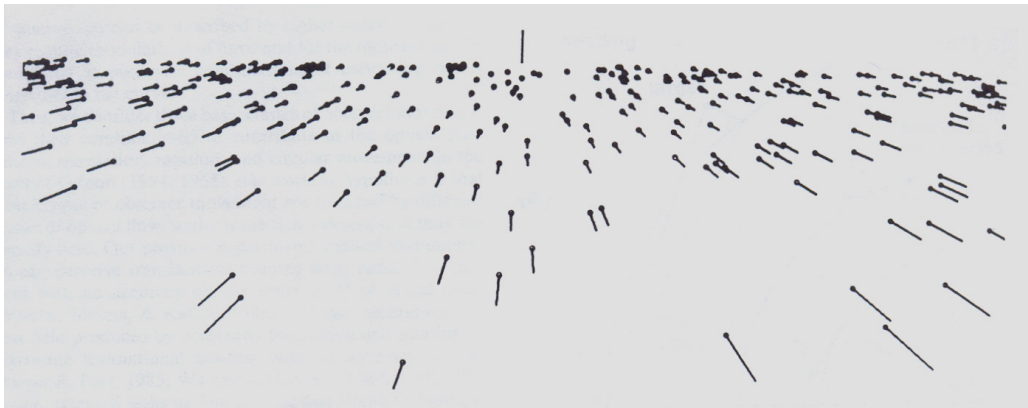
Ωστόσο, η ανάλυση της κίνησης μέσω της οπτικής ροής είναι περισσότερο σύνθετη από όσο είχε αρχικά προτείνει ο Gibson. Και αυτό διότι κατά τη διάρκεια

της κίνησης του παρατηρητή, η κίνηση των ματιών μπορεί να είναι ανεξάρτητη από τη θέση ή την κίνηση του σώματος. Επομένως, σε αυτή την περίπτωση, το αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής διαφέρει από το μοντέλο της οπτικής ροής καθώς συμπεριλαμβάνει το στοιχείο του *προσανατολισμού* (translational component) λόγω της κίνησης του σώματος και το στοιχείο της *περιστροφής* (rotational component) λόγω της κίνησης των ματιών. Επιπλέον, για την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, το οπτικό σύστημα βασίζεται στις οπτικές πληροφορίες που προσλαμβάνονται από το αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής και όχι από την οπτική ροή. Συνεπώς, ένα μείζον πρόβλημα για την υποστήριξη της δυνατότητας άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης είναι η ανάδειξη της δυνατότητας άμεσης πρόσληψης όλων των αναγκαίων πληροφοριών μέσω της οπτικής ροής τόσο στην περίπτωση ευθύγραμμης μετακίνησης του παρατηρητή όσο και στην περίπτωση καμπυλόγραμμης μετακίνησης του παρατηρητή, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές ανάμεσα στο αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής και το μοντέλο της οπτικής ροής στις δύο περιπτώσεις μετακίνησης.

2.2 Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης σε ευθυγραμμία

Αν υποθέσουμε ότι ένας παρατηρητής ακολουθεί ευθεία πορεία σε ένα σταθερό περιβάλλον και η κατεύθυνση του βλέμματός του είναι προς το σημείο προορισμού του, τότε η κίνηση του παρατηρητή παράγει ένα ακτινωτό μοντέλο οπτικής ροής το οποίο είναι αντίστοιχο με το μοντέλο ροής που προσλαμβάνεται στον αμφιβληστροειδή (retinal flow) του παρατηρητή (Wann & Land, 2000· Warren, Morris & Kalish, 1988· Regan & Beverley, 1982) καθώς «το σημείο εξάπλωσης ή η εστία εκροής (focus of outflow) της οπτικής παράταξης συμπίπτει οπτικά με το σημείο προορισμού της μετακίνησης του παρατηρητή» (Flash & Warren, 1995, 91). Συνεπώς, σε αυτή την «ειδική» περίπτωση, δεν υπάρχει διαφωνία μεταξύ των υποστηρικτών των θεωριών της άμεσης αντίληψης ότι το παραγόμενο μοντέλο οπτικής ροής μπορεί να παρέχει επαρκείς οπτικές πληροφορίες τόσο για την κατεύθυνση και την ταχύτητα της κίνησης όσο και για τη δομή του περιβάλλοντος στο οποίο λαμβάνει χώρα η μετακίνηση (Wann, Swapp & Rushton, 2000). Ειδικότερα, το μοντέλο οπτικής ροής που παράγεται από την ευθεία, παράλληλη προς το έδαφος μετακίνηση του παρατηρητή μπορεί να απεικονιστεί ως ένα πεδίο

ανυσμάτων (Warren & Hannon, 1988) οι κουκκίδες του οποίου αναπαριστούν στοιχεία του περιβάλλοντος και οι εφαπτόμενες γραμμές (ανύσματα) τη στιγμιαία οπτική ταχύτητα κάθε σημείου (Σχήμα 2). Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος κάθε ανύσματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ροής των επιμέρους στοιχείων, ενώ η κατεύθυνση κάθε ανύσματος αντιστοιχεί με την κατεύθυνση της οπτικής ροής σε ένα σημείο του οπτικού πεδίου. Επιπλέον, η κάθετη γραμμή η οποία υψώνεται στον ορίζοντα αναπαριστά το σημείο προορισμού της μετακίνησης του παρατηρητή.



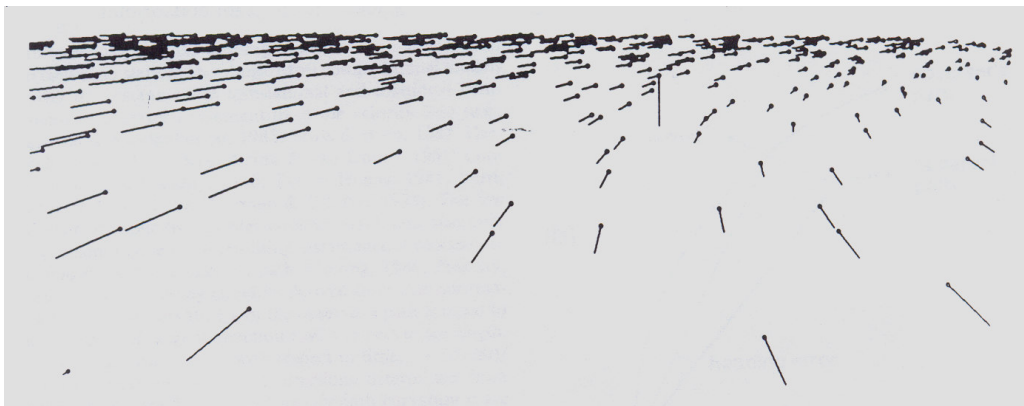
Σχήμα 2: Παραγόμενο μοντέλο οπτικής ροής από την ευθύγραμμη, παράλληλη προς το έδαφος μετακίνηση του παρατηρητή, που απεικονίζεται ως ένα πεδίο ανυσμάτων. Η κάθετη γραμμή η οποία υψώνεται στον ορίζοντα αναπαριστά το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής και προσδιορίζει το σημείο προορισμού της μετακίνησης του παρατηρητή [Πηγή: Warren et al., 1991]

Συνεπώς, μέσα από το παραγόμενο πεδίο ανυσμάτων, οι πρώτης τάξης (first-order) οπτικές μεταβλητές που μπορούν να εξαχθούν αφορούν την ταχύτητα και την απόσταση, καθώς «η οπτική ταχύτητα των στοιχείων του περιβάλλοντος είναι συμμετρική γύρω από την τροχιά μετακίνησης του παρατηρητή και αντιστρόφως ανάλογη προς την απόσταση που απέχουν από τον παρατηρητή» (Berthelon & Mestre, 1993, 522). Έτσι, στο Σχήμα 2, παρατηρούμε ότι τα στοιχεία του περιβάλλοντος τα οποία είναι πιο κοντά στον παρατηρητή έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα ροής, ενώ τα στοιχεία τα οποία βρίσκονται στον ορίζοντα και κοντά στο σημείο-στόχο, το σημείο δηλαδή προς το οποίο κινείται ο παρατηρητής, φαίνονται σταθερά, έχουν μηδενική ταχύτητα. Υποστηρίζεται μάλιστα ότι στο βαθμό που η κατεύθυνση μετακίνησης και η ταχύτητα των παρατηρητών είναι όμοια, το ίδιο μοντέλο αναπαράστασης της οπτικής ροής θα ισχύει τόσο για έναν περιπατητή ή δρομέα όσο και για έναν οδηγό (Sekuler & Blake, 1994, 260). Συμπερασματικά λοιπόν, στην «ιδανική» συνθήκη κατά την οποία ο παρατηρητής ακολουθεί ευθεία,

παράλληλη προς το έδαφος, πορεία και έχει σταθερά προσηλωμένο το βλέμμα του στο σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής, μπορεί να προσδιορίσει το σημείο προορισμού της μετακίνησης (Wann & Land, 2000). Τι συμβαίνει όμως στην περίπτωση όπου η κατεύθυνση του βλέμματος δε συμπίπτει οπτικά με την κατεύθυνση μετακίνησης του παρατηρητή, όπως για παράδειγμα όταν ο οδηγός κοιτά ένα όχημα στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας ενώ εξακολουθεί να κινείται ευθεία ή όταν κινείται σε καμπύλο οδικό τμήμα;

2.3 Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης σε καμπύλη

Για τη διατήρηση του βλέμματος σε ένα στοιχείο του οπτικού περιβάλλοντος το οποίο αποκλίνει από την κατεύθυνση προορισμού της μετακίνησης, απαιτείται ουσιαστικά η περιστροφή του ματιού, η οποία, με τη σειρά της, επιφέρει μία *περιστροφή* (rotational component) στο μοντέλο ροής που προσλαμβάνεται στον αμφιβληστροειδή (Warren et al., 1991· Warren & Hannon, 1988). Αυτό σημαίνει ότι το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής μετατοπίζεται από το σημείο προορισμού της μετακίνησης και συμπίπτει με το σημείο εστίασης του βλέμματος. Επιπλέον, το μοντέλο ροής που προσλαμβάνεται στον αμφιβληστροειδή παύει πλέον να είναι ακτινωτό, δεν εκτείνεται δηλαδή συμμετρικά γύρω από την τροχιά κίνησης του παρατηρητή (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Παραγόμενο μοντέλο οπτικής ροής από την καμπυλόγραμμη, παράλληλη προς το έδαφος μετακίνηση του παρατηρητή, ως αποτέλεσμα συνδυασμού του προσανατολισμού του παρατηρητή και της περιστροφής του ματιού, που απεικονίζεται ως ένα πεδίο ανυσμάτων. Η κάθετη γραμμή σε αυτή την περίπτωση δεν προσδιορίζει το σημείο προορισμού της μετακίνησης του παρατηρητή αλλά συμπίπτει με το σημείο εστίασης του βλέμματος και το άμεσα επόμενο μονοπάτι που θα ακολουθήσει ο παρατηρητής κατά την καμπυλόγραμμη μετακίνηση του [Πηγή: Warren et al., 1991]

Επομένως, ο προσδιορισμός της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή καθίσταται περισσότερο σύνθετος καθώς η *συσχέτιση μεταξύ της οπτικής ταχύτητας των στοιχείων του περιβάλλοντος και της απόστασής τους από τον παρατηρητή δεν είναι άμεση, αλλά διαφοροποιείται ανάλογα με τη θέση των αντικειμένων εξωτερικά ή εσωτερικά της τροχιάς κίνησης του παρατηρητή* (Stone & Perrone, 1997· Berthelon & Mestre, 1993· Royden, Banks & Crowell, 1992).

Σύμφωνα με τον Gibson (1958 στο Torrey, 1985) το ζητούμενο δεν είναι το μοντέλο ροής που προσλαμβάνεται στον αμφιβληστροειδή αλλά το μοντέλο ροής στην περιβάλλουσα οπτική παράταξη (ambient optic array), δηλαδή το προβαλλόμενο μοντέλο φωτεινότητας του περιβάλλοντος που παράγεται σε ένα σημείο παρατήρησης ανεξάρτητα από τη θέση του παρατηρητή. Έτσι, ακόμα και όταν μετατοπίζεται το σημείο εστίασης του βλέμματος, η ροή της περιβάλλουσας οπτικής παράταξης εξαρτάται από τη διάταξη των επιφανειών του περιβάλλοντος και από το μονοπάτι μετακίνησης. Συνεπώς, εφόσον η δομή της οπτικής παράταξης δεν επηρεάζεται από την περιστροφή του ματιού, θεωρητικά «το τμήμα της δομής της παράταξης από το οποίο εκτείνεται η οπτική ροή θα αντιστοιχεί με το τμήμα του περιβάλλοντος προς το οποίο κινείται ο παρατηρητής» (Gibson, 1958 στο Torrey, 1985, 1064).

Το πρακτικό ερώτημα ωστόσο, κατά πόσο δηλαδή ένας παρατηρητής είναι σε θέση να εντοπίσει το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής κατά την περιστροφή του ματιού, δεν έχει μελετηθεί πειραματικά από τον Gibson, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το ζήτημα της αντίληψης κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή σε καμπύλη έχει αποτελέσει κεντρικό ζήτημα ενός μεγάλου αριθμού μελετών, σχεδόν για μισό αιώνα (Harris, 2001· Lapple, Bremmer & van der Berg, 1999a· Regan, 1985). Προϊόν αυτών των μελετών είναι η υποστήριξη διαφόρων εναλλακτικών «μεθόδων» ή πηγών οπτικής πληροφόρησης που δυνητικά μπορούν να συμβάλλουν στην άμεση(;) αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης κατά την περιστροφή του ματιού, οι οποίες εξετάζονται στην ακόλουθη ενότητα.

2.4 Εναλλακτικές πηγές πρόσληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης

Η βασική διάκριση των σχετικών ενδείξεων (cues) που έχουν προταθεί για την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης κατά την περιστροφή του ματιού, είναι μεταξύ: α) των ενδείξεων που υποβοηθούν τον παρατηρητή, σε ορισμένα τουλάχιστον οπτικά περιβάλλοντα, να επιλύσει την ασυμφωνία που προκύπτει ανάμεσα στο μοντέλο ροής της οπτικής παράταξης και στο προσλαμβανόμενο μοντέλο ροής που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή και β) των ενδείξεων που αποτελούν ανεξάρτητες πηγές πληροφόρησης του παρατηρητή για την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης και όχι συμπληρωματικές (πηγές πληροφόρησης) προς τις προσλαμβανόμενες πληροφορίες από την οπτική ροή.

Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται μια σειρά από οπτικές ενδείξεις απόστασης όπως, *τοπικές αμφιβληστροειδικές ενδείξεις, εξω-αμφιβληστροειδικές ενδείξεις, τις εικονικές, οφθαλμοκινητικές ενδείξεις απόστασης ή/ και ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης*, οι οποίες δυνητικά μπορούν να συμβάλουν στην άμεση αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης, ενώ στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνεται η ένδειξη της *εγω-κεντρικής κατεύθυνσης*, η οποία βασίζεται στην πρόσληψη ιδεοδεκτικών πληροφοριών σχετικά με την κατεύθυνση του σώματος, του κεφαλιού και των ματιών. Ο στόχος αυτής της ενότητας είναι η κριτική παράθεση των σχετικών ερευνητικών δεδομένων που υποστηρίζουν την επάρκεια των παραπάνω οπτικών ενδείξεων για τη θεμελίωση της θεωρητικής πρότασης περί άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης.

2.4.1 Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω τοπικών αμφιβληστροειδικών ενδείξεων

Οι Regan & Beverley (1982) ήταν από τους πρώτους που υποστήριξαν ότι το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής δεν αποτελεί το καθολικό σημείο αναφοράς για την ορθή εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, καθώς οι μετασχηματισμοί του αμφιβληστροειδικού ειδώλου είναι υποκειμενοί στις εναλλαγές της κατεύθυνσης του βλέμματος. Γι' αυτό διατύπωσαν την πρόταση ότι σε ορισμένα τουλάχιστον οπτικά περιβάλλοντα, το **σημείο με το μέγιστο ρυθμό αλλαγής της μεγέθυνσης** στο

είδωλο που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή συμπίπτει με την κατεύθυνση μετακίνησης του παρατηρητή⁴ και επομένως, η αξιοποίηση της συγκεκριμένης οπτικής ένδειξης μπορεί να θεωρηθεί ως εναλλακτική πηγή πληροφόρησης για την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, καθώς δεν επηρεάζεται από την κατεύθυνση του βλέμματος.

Για την υποστήριξη της παραπάνω πρότασης οι Regan & Beverley (1982) χρησιμοποίησαν ένα κυματοειδές πλέγμα, οι γεωμετρικοί μετασχηματισμοί του οποίου προσομοίωναν τους μετασχηματισμούς της οπτικής παράταξης καθώς ένας παρατηρητής προσεγγίζει μία σειρά από στατικά αντικείμενα (π.χ. στύλοι ενός φράχτη), και μετέβαλλαν συστηματικά τις θέσεις του σημείου κατεύθυνσης του βλέμματος σε σχέση με ένα σταθερό σημείο αναφοράς στο οπτικό περιβάλλον και τις θέσεις του σημείου με το μέγιστο ρυθμό αλλαγής της μεγέθυνσης. Η λογική αυτού του σχεδιασμού ήταν να απομονωθούν οπτικά δύο «πτυχές» του ειδώλου που σχηματίζονται στον αμφιβληστροειδή (το μοντέλο εξάπλωσης της οπτικής ροής και η ασυνέχεια στο ρυθμό αλλαγής της μεγέθυνσης των σημείων του οπτικού περιβάλλοντος) προκειμένου να μελετηθεί εάν το μοντέλο εξάπλωσης της οπτικής παρέχει επαρκείς πληροφορίες για την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν ο ρυθμός αλλαγής της μεγέθυνσης είναι ομοιόμορφος ή σχεδόν ομοιόμορφος σε όλο το οπτικό πεδίο, οι συμμετέχοντες είτε δεν μπορούν να προβούν σε εκτίμηση της κατεύθυνσης είτε το σφάλμα εκτίμησης είναι της τάξης των 5° έως 10°. Αντίθετα, όσο αυξάνεται ο ρυθμός αλλαγής της μεγέθυνσης κατά μήκος της τροχιάς κίνησης του παρατηρητή, οι συμμετέχοντες είναι σε θέση να εκτιμήσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια την κατεύθυνση της κίνησης ανεξάρτητα από την κατεύθυνση του βλέμματος.

Οι Priest & Cutting (1985) επίσης υποστήριζαν ότι το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής δεν επαρκεί για την ορθή εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης,

⁴ Αναφέρεται στην τοπικά μέγιστη ανυσματική απόκλιση [$\text{local maxima of div } V$] (vector divergence of the local velocity vector) η οποία είναι ανεξάρτητη από την κατεύθυνση του βλέμματος γιατί εκφράζει σχετική ταχύτητα (Regan, 1985, 1965). Έτσι, αν ο παρατηρητής ακολουθεί ευθεία πορεία, το σημείο με το μέγιστο ρυθμό μεγέθυνσης συμπίπτει με το σημείο προορισμού της μετακίνησης. Αν όμως η τροχιά κίνησης του παρατηρητή είναι καμπύλη, το σημείο με το μέγιστο ρυθμό μεγέθυνσης βρίσκεται ανάμεσα στο σημείο προορισμού της μετακίνησης και το κοντινότερο σε αυτόν σημείο στην επιφάνεια του εδάφους (Regan & Beverley, 1982, 215).

όμως, διαφώνησαν ως προς την οπτική ένδειξη που πρότειναν οι Regan & Beverley (1982). Και αυτό διότι στον πραγματικό κόσμο, το σημείο με το μέγιστο ρυθμό μεγέθυνσης περιβάλλεται από άλλα σημεία με ανάλογους ρυθμούς μεγέθυνσης και επομένως η διάκριση του σημείου προορισμού καθίσταται εφικτή μόνο εφόσον ο παρατηρητής πλησιάσει αρκετά κοντά το σημείο-στόχο. Επιπλέον, υποστήριζαν ότι η οθόνη παρουσίασης της οπτικής παράταξης που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα των Regan & Beverley (1982) απέκρυπτε το 97% της οπτικής γωνίας της οπτικής παράταξης με αποτέλεσμα οι συμμετέχοντες να μην είναι σε θέση να προσλάβουν άλλες κρίσιμες οπτικές πληροφορίες μέσω της περιφερειακής όρασης, όπως η *παραλλακτική κίνηση*, τη φαινομενικά δηλαδή πιο γρήγορη μετατόπιση των κοντινών αντικειμένων, σε σχέση με το σημείο εστίασης, προς την κατεύθυνση μετακίνησης, και τη φαινομενικά πιο αργή μετατόπιση των μακρινών αντικειμένων, σε σχέση με το σημείο εστίασης, προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Πρότειναν ότι το μόνο που χρειάζεται ένας παρατηρητής για να εντοπίσει το σημείο-στόχο είναι να μετακινήσει το βλέμμα του στο σημείο όπου καθίστανται ουδέτερες όλες οι επιμέρους ταχύτητες ροής στο αμφιβληστροειδικό πεδίο ροής και το σημείο αυτό συμπίπτει με το σημείο προορισμού της μετακίνησης του παρατηρητή. Αναπαρήγαγαν μάλιστα τις συνθήκες του πειράματος των Regan & Beverley (1982), μόνο που τα αντικείμενα ήταν διατεταγμένα σε τρία παράλληλα επίπεδα με διαφορετικό βάθος, και βρήκαν ότι οι συμμετέχοντες ήταν σε θέση να προσδιορίσουν την κατεύθυνση μετακίνησης ακόμη και σε εύρος 36° απόκλισης του σημείου εστίασης του βλέμματος από το σημείο-στόχο, βασιζόμενοι μόνο στην τοπική αμφιβληστροειδική ένδειξη της **διαφορικής παραλλακτικής κίνησης**. Επίσης, σε δύο επόμενες έρευνες, οι Cutting (1996) και Cutting et al. (1992) προσομοίωσαν τους γεωμετρικούς μετασχηματισμούς του αμφιβληστροειδικού πεδίου ροής και βρήκαν ότι χρησιμοποιώντας την τοπική αμφιβληστροειδική ένδειξη της διαφορικής παραλλακτικής κίνησης, το σφάλμα εκτίμησης της κατεύθυνσης είναι της τάξης των 2°.

Ωστόσο, όπως επισημαίνουν οι Li & Warren (2000), τα παραπάνω ευρήματα σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με το είδος του έργου που κλήθηκαν να επιτελέσουν οι συμμετέχοντες, καθώς από τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να εκτιμήσουν εάν κατευθύνονταν προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά ενός σταθερού στόχου και όχι να

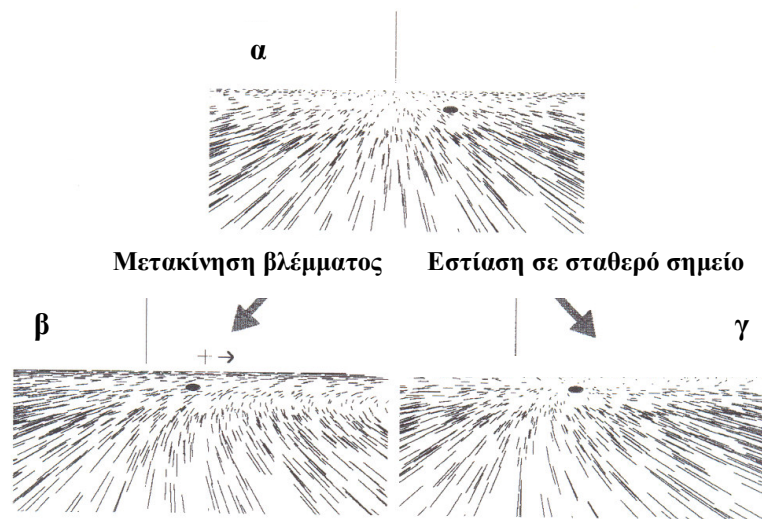
προσδιορίσουν το σημείο προορισμού της μετακίνησης⁵. Επιπλέον, σε ένα επόμενο πείραμα των Cutting et al. (1997) στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν στοιχειώδεις απεικονίσεις δέντρων σε ένα μη-σκιασμένο έδαφος και το έργο των συμμετεχόντων ήταν να προβούν στη σχετική εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, χρησιμοποιώντας την τοπική αμφιβληστροειδική ένδειξη της διαφορικής παραλλακτικής κίνησης, το εύρημα ήταν ότι το σφάλμα εκτίμησης ήταν σημαντικά μικρότερο στη συνθήκη όπου το ερέθισμα αποτελούσαν στοιχειώδεις απεικονίσεις δέντρων (περίπου 5°, με ρυθμό προσομοιωμένης περιστροφής 5° ανά δευτερόλεπτο) σε σχέση με τη συνθήκη όπου το ερέθισμα αποτελούνταν από ένα νεφέλωμα από τυχαία διατεταγμένες κουκκίδες (περίπου 12°, με ρυθμό προσομοιωμένης περιστροφής 5° ανά δευτερόλεπτο). Με άλλα λόγια, όσο πιο σύνθετη είναι η δομή της οπτικής σκηνής, η εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης είναι περισσότερο ακριβής, πράγμα το οποίο ίσως σημαίνει ότι η αξιοποίηση των τοπικών αμφιβληστροειδικών ενδείξεων είναι χρήσιμες όταν υπάρχουν λίγα αντικείμενα στην οπτική σκηνή, επειδή ακριβώς συνιστούν τις μοναδικές διαθέσιμες αντιληπτικές ενδείξεις (Wang & Cutting, 1999).

2.4.2 Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της αποδόμησης του αμφιβληστροειδικού μοντέλου ροής

Σε αντιδιαστολή προς τις τοπικές αμφιβληστροειδικές ενδείξεις, όπως το σημείο με την τοπικά μέγιστη ανυσματική ταχύτητα ή η διαφορική παραλλακτική κίνηση, που μπορούν να συμβάλουν στην ορθή εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης σε ορισμένα μόνο οπτικά περιβάλλοντα, το κεντρικό ερώτημα που προκύπτει όσον αφορά την άμεση αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης είναι: α) εάν το

⁵ Όπως επισημαίνουν οι Flash & Warren (1995, 95) η διαφορά είναι σημαντική, καθώς το ζήτημα της αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης δεν αναφέρεται μόνο στην εκτίμηση της κατεύθυνσης της πορείας του παρατηρητή αλλά και στον προσδιορισμό του σημείου προς το οποίο κινείται ο παρατηρητής. Αναφέρουν μάλιστα ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που προέρχεται από ένα σενάριο προσομοίωσης ατυχήματος αεροσκάφους. «Αν δύο σημεία του περιβάλλοντος προβάλλουν μπροστά από ένα αεροσκάφος εν πτήση, και το ένα σημείο είναι μπροστά από το άλλο (π.χ. ένας μικρός λόφος μπροστά από ένα βουνό) ο πιλότος καθώς κατευθύνεται προς το λόφο κατευθύνεται επίσης και προς το βουνό. Επειδή ο λόφος είναι πιο κοντά, το μοντέλο ροής είναι ταχύτερο από το μοντέλο ροής που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα του βουνού το οποίο είναι πιο μακριά... Αν οι συνθήκες φωτεινότητας είναι τέτοιες ώστε δεν υπάρχει καμία άλλη οπτική πληροφορία για τη διάκριση μεταξύ της κοντινής και της απομακρυσμένης πλαγιάς, τότε η μικρότερη αλλά πιο κοντινή πλαγιά μπορεί να συγχωνευθεί αντιληπτικά από τη μεγαλύτερη πλαγιά, με αποτέλεσμα την πρόσκρουση του αεροσκάφους στον κοντινό λόφο ενώ ο πιλότος αντιλαμβάνεται ότι ο αεροδιάδρομος προς το βουνό είναι καθαρός».

αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής «μεταφέρει» επαρκείς οπτικές πληροφορίες έτσι ώστε το οπτικό σύστημα να προβεί σε αποδόμηση των στοιχείων της περιστροφής και του προσανατολισμού και επομένως να εξαλειφθεί η επίδραση του στοιχείου της περιστροφής αποκλειστικά μέσω του οπτικού συστήματος ή β) εάν η συμπερίληψη εξω-αμφιβληστροειδικών (ιδεοδεκτικών) πληροφοριών που απορρέουν από τις περιστροφές του ματιού ή ματιού-κεφαλιού συμβάλουν στη «διόρθωση» του στοιχείου της περιστροφής στο αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής και επομένως στην αναδόμηση (reconstruction) του σημείου εξάπλωσης της οπτικής ροής (Wann & Land, 2001· Wann, Swapp & Rushton, 2000· Lapple et al., 1999a· Stone & Perrone, 1997). Τα ερευνητικά υποδείγματα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αποσαφήνιση αυτού του ζητήματος είναι: α) το υπόδειγμα της προσομοιωμένης κίνησης του βλέμματος του παρατηρητή και β) το υπόδειγμα της προκαλούμενης κίνησης των ματιών του παρατηρητή.



Σχήμα 4: (α) Ευθύγραμμη μετακίνηση του παρατηρητή κατά μήκος μιας πυκνής επιφάνειας εδάφους η οποία παράγει στον αμφιβληστροειδή ένα ακτινωτό μοντέλο οπτικής ροής. (β) Αν υπάρχει μετακίνηση του βλέμματος κατά μήκος του εδάφους (προς το σημείο που υποδεικνύεται με το σταυρό), τότε το αμφιβληστροειδικό πεδίο ροής είναι καμπυλόγραμμο και προσομοιάζει με το μοντέλο ροής σε καμπύλη εάν το βλέμμα ήταν σταθερό προς το σημείο μετακίνησης. (γ) Παραγόμενο πεδίο ροής στη συνθήκη εστίασης του βλέμματος προς ένα σταθερό σημείο (τη μαύρη κουκκίδα). Παρότι το πεδίο ροής είναι καμπυλόγραμμο δεν προσομοιάζει με το μοντέλο ροής σε καμπύλη εάν το βλέμμα ήταν σταθερό προς το σημείο μετακίνησης. Και στις τρεις περιπτώσεις, η κατεύθυνση μετακίνησης του παρατηρητή είναι προς την κάθετη γραμμή που υψώνεται στον ορίζοντα. [Πηγή: Wann, Swapp & Rushton, 2000]

Στην πρώτη περίπτωση, οι συμμετέχοντες εστιάζουν σε ένα σταθερό σημείο και το πεδίο ροής που παρουσιάζεται στην οθόνη προσομοιώνει το αποτέλεσμα της κίνησης των ματιών, μέσω της περιστροφής του σημείου θέασης του πεδίου ροής. Συνεπώς, το πεδίο ροής που παρουσιάζεται στην οθόνη και προσλαμβάνεται στον αμφιβληστροειδή είναι καμπυλωμένο (Σχήμα 4γ) προσομοιώνει δηλαδή το άθροισμα των στοιχείων της περιστροφής και του προσανατολισμού χωρίς την πραγματική περιστροφή του ματιού. Σε αυτή την περίπτωση υποστηρίζεται ότι η ανίχνευση της κατεύθυνσης βασίζεται μόνο σε οπτικούς μηχανισμούς καθώς οι εξω-αμφιβληστροειδικές πληροφορίες, οι οποίες είναι διαθέσιμες κατά την πραγματική κίνηση του ματιού, δεν υφίστανται.

Αντίθετα, στη δεύτερη περίπτωση, ο παρατηρητής ιχνηλατεί ένα σημείο το οποίο κινείται στο προσομοιωμένο επίπεδο εδάφους, προκαλώντας έτσι την κίνηση των ματιών. Σε αυτή την περίπτωση, το πεδίο ροής που παρουσιάζεται στην οθόνη μπορεί να είναι ακτινωτό (Σχήμα 4β), αλλά το πεδίο ροής που προσλαμβάνεται στον αμφιβληστροειδή είναι καμπυλωμένο, εξαιτίας της κίνησης των ματιών. Επομένως, το μοντέλο ροής που προβάλλεται στον αμφιβληστροειδή είναι παρόμοιο στα δύο ερευνητικά υποδείγματα όχι όμως και οι προσλαμβανόμενες εξω-αμφιβληστροειδικές (ιδεοδεκτικές) πληροφορίες. Στο παράδειγμα της προκαλούμενης κίνησης των ματιών, η περιστροφή του ματιού προσδιορίζεται ιδεοδεκτικά και αυτό είναι σε αντιστοιχία με την περιστροφή της οπτικής ροής, ενώ, στο παράδειγμα της προσομοιωμένης κίνησης του βλέμματος, οι ιδεοδεκτικές πληροφορίες προσδιορίζουν τη μηδενική περιστροφή του ματιού κι αυτό είναι σε αναντιστοιχία με την περιστροφή της οπτικής ροής.

Θεωρητικά, αν ο παρατηρητής μπορεί να προβεί σε ορθή εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης και στα δύο παραδείγματα, αυτό υποδεικνύει ότι το οπτικό σύστημα μπορεί να προβεί σε αποδόμηση των στοιχείων της περιστροφής και του προσανατολισμού, όπως είχε προτείνει αρχικά ο Gibson (1998/1958), βασιζόμενος μόνο στις οπτικές πληροφορίες που περιέχονται στο είδωλο του αμφιβληστροειδή έστω και αν υπάρχουν αντικρουόμενες εξω-αμφιβληστροειδικές πληροφορίες (Royden et al. 1994). Πρακτικά ωστόσο, τα σχετικά ερευνητικά δεδομένα είναι μάλλον συγκεχυμένα ως προς αυτό το ζήτημα.

Πιο συγκεκριμένα, οι Warren & Hannon (1988) ανέφεραν αρχικά ότι η επίδοση των συμμετεχόντων ως προς την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης ήταν το ίδιο ακριβής και στα δύο ερευνητικά υποδείγματα. Σε ένα από τα αναφερόμενα πειράματα, το ερέθισμα που προβαλλόταν στην οθόνη προσομοίωνε την κίνηση του παρατηρητή παράλληλα προς ένα επίπεδο έδαφος από τυχαία διατεταγμένες κουκκίδες, ενώ, στο τελευταίο καρέ, η κίνηση σταματούσε και εμφανιζόταν μία κάθετη γραμμή στον ορίζοντα. Το έργο των συμμετεχόντων ήταν να εκτιμήσουν εάν κινούνταν προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά της γραμμής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν το σημείο εστίασης ήταν σταθερό, τα ποσοστά ορθών εκτιμήσεων ήταν άνω του 75% όταν η γωνία κατεύθυνσης της προσομοιωμένης κίνησης του παρατηρητή απείχε από την κάθετη γραμμή μέχρι $1,5^\circ$, ενώ όταν οι συμμετέχοντες εστίαζαν σε ένα κινούμενο σημείο αντίστοιχα ποσοστά παρατηρήθηκαν όταν η γωνία κατεύθυνσης απείχε από την κάθετη γραμμή μέχρι $1,3^\circ$, αλλά η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Αντίθετα, οι Royden et al. (1992) παρατήρησαν ότι στην έρευνα των Warren & Hannon (1988) οι ταχύτητες κίνησης των ματιών ήταν υπερβολικά χαμηλές (0,2 έως $1,2^\circ/\delta\epsilon\upsilon\tau.$) διότι, ένας παρατηρητής ο οποίος βρίσκεται σε κίνηση ιχνηλατεί συνήθως τα αντικείμενα με πολύ υψηλότερους ρυθμούς. Αναπαρήγαγαν μάλιστα τις συνθήκες του πειράματος των Warren & Hannon (1988) χρησιμοποιώντας υψηλότερους ρυθμούς περιστροφής (0 έως $5^\circ/\delta\epsilon\upsilon\tau.$) και τοποθετώντας το σημείο εστίασης ελαφρώς πάνω από τον ορίζοντα. Επίσης, στο τέλος της παρουσίας, εμφανίζονταν στην οθόνη επτά κάθετες γραμμές και οι συμμετέχοντες έπρεπε να υποδείξουν ποια από τις γραμμές ήταν πιο κοντά στην προσλαμβανόμενη κατεύθυνση κίνησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο μέσος όρος σφαλμάτων εκτίμησης της κατεύθυνσης στη συνθήκη της πραγματικής κίνησης των ματιών ήταν $1,1^\circ$ και $1,5^\circ$ για ρυθμούς περιστροφής 2,5 και $5^\circ/\delta\epsilon\upsilon\tau.$, ενώ στη συνθήκη της προσομοιωμένης κίνησης του βλέμματος ήταν $9,1^\circ$ και $16,8^\circ$. Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων, οι Royden et al. (1992, 585) συμπέραναν ότι «όταν οι ρυθμοί περιστροφής είναι μεγαλύτεροι από $1^\circ/\delta\epsilon\upsilon\tau.$, οι άνθρωποι χρειάζονται εξω-αμφιβληστροειδικές πληροφορίες για να προβούν σε ορθή εκτίμηση της κατεύθυνσης. Οι ρυθμοί αυτοί υφίστανται όταν ένας παρατηρητής εστιάζει σε ένα κοντινό αντικείμενο το οποίο δεν είναι κατά μήκος της κατεύθυνσης μετακίνησης ή όταν εστιάζει σε ένα κινούμενο αντικείμενο».

Μεταγενέστερες έρευνες ωστόσο (Cutting et al., 1997· Stone & Perrone, 1997) δείχνουν ότι ο μέσος όρος σφαλμάτων εκτίμησης της κατεύθυνσης είναι πολύ μικρότερος, τουλάχιστον για προσομοιωμένους ρυθμούς περιστροφής μέχρι 6°/δευτ. Επιπλέον, ο van den Berg (1993· 1992) έδειξε πειραματικά ότι οι άνθρωποι μπορούν να αντιληφθούν με ακρίβεια την κατεύθυνση μετακίνησης όταν ο ρυθμός περιστροφής της προσομοιωμένης κίνησης των ματιών είναι της τάξης των 5°/δευτ., εάν οι συμμετέχοντες εστιάζουν σε ένα σημείο ενός επίπεδου εδάφους, αλλά όχι, όταν εστιάζουν σε ένα νεφέλωμα από τυχαία διατεταγμένες κουκκίδες. Σύμφωνα με τους Wann et al. (2000) το εύρημα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις έρευνες του van den Berg (1993· 1992) και γενικά στις έρευνες που υποστηρίζουν την ικανότητα αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της αμφιβληστροειδικής ροής, το σημείο εστίασης αποτελεί μέρος του «εδάφους», ενώ στην έρευνα των Royden et al. (1992) και στις έρευνες που υποστηρίζουν την υποβοήθηση της αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω των εξω-αμφιβληστροειδικών πληροφοριών (Ehrlich et al., 1998· Banks et al., 1996· Royden et al., 1994) το σημείο εστίασης είναι ελαφρώς πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Η διαφορά αυτή είναι σημαντική επειδή όταν το σημείο εστίασης –και κατ’ επέκταση το μάτι– κινείται κατά μήκος του «εδάφους», το πεδίο ροής που προσλαμβάνεται στον αμφιβληστροειδή είναι παρόμοιο με το πεδίο ροής που θα προέκυπτε από την κίνηση του παρατηρητή σε μια δεξιά καμπή έχοντας τα μάτια ακίνητα (Σχήμα 4β). Οι παρατηρητές δηλαδή *ερμηνεύουν το παραγόμενο μοντέλο ροής ως μία τροχιά σε δεξιά καμπή, εκτός και αν γνωρίζουν ότι τα μάτια τους κινούνται*. Αντίθετα, όταν το σημείο εστίασης είναι σταθερό και αποτελεί μέρος του «εδάφους» (Σχήμα 4γ), το πεδίο ροής έχει τα χαρακτηριστικά καμπής, αλλά δεν είναι παρόμοιο με το πεδίο ροής που θα προέκυπτε από την κίνηση του παρατηρητή σε καμπή, όπως στο Σχήμα 4β.

Συνεπώς, οι ερμηνείες των παρατηρητών για το πώς αναδύεται το μοντέλο ροής έχουν ως αποτέλεσμα, στη μία περίπτωση (Σχήμα 4β), η πρόσληψη ή μη των ιδεοδεκτικών πληροφοριών να οδηγεί στον προσδιορισμό διαφορετικού μονοπατιού μετακίνησης («επιβεβαιώνοντας» τη σημασία των εξω-αμφιβληστροειδικών πληροφοριών για την αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης), ενώ, στην άλλη περίπτωση (Σχήμα 4γ), η πρόσληψη ή μη των ιδεοδεκτικών πληροφοριών να μην επιφέρει καμία διαφορά στον προσδιορισμό του μονοπατιού μετακίνησης. Επιπροσθέτως, οι Royden et al. (1994) παρατήρησαν ότι, ενώ το έργο των

συμμετεχόντων είναι η εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, πολύ συχνά οι συμμετέχοντες αναφέρουν το προσλαμβανόμενο μονοπάτι μετακίνησης, και αυτός είναι πιθανότατα ο λόγος για τον οποίο η εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης είναι σχετικά ακριβής όταν το σημείο αποτελεί μέρος του πεδίου ροής, σε αντίθεση με τις έρευνες στις οποίες το σημείο εστίασης είναι ελαφρώς πάνω από αυτό.

2.4.3. Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω των εικονικών, οφθαλμοκινητικών ενδείξεων

Σε άμεση συνέπεια με τα παραπάνω ευρήματα, παρόμοια συμπεράσματα όσον αφορά τη σημασία του πώς ερμηνεύουν οι παρατηρητές την ανάδυση του μοντέλου ροής ως προς τον προσδιορισμό του μονοπατιού μετακίνησης έχουν αναφερθεί επίσης στις έρευνες στις οποίες το ερέθισμα που παρουσιάζεται στην οθόνη προσομοιώνει την κίνηση του παρατηρητή προς μία κάθετη επιφάνεια και όχι παράλληλα προς το έδαφος.

Ειδικότερα, σε μία από τις πρώτες σχετικές έρευνες οι van den Berg & Brenner (1994a) ανέφεραν ότι, κατά την προσομοιωμένη κίνηση του παρατηρητή παράλληλα προς το έδαφος, η εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης είναι εξίσου ακριβής τόσο στη συνθήκη στερεοσκοπικής παρουσίασης όσο και στη συνθήκη μονοφθάλμιας παρουσίασης του πεδίου ροής. Αντίθετα, στη συνθήκη κατά την οποία η κίνηση του παρατηρητή ήταν προς μία κάθετη επιφάνεια (ένα νεφέλωμα από τυχαία διατεταγμένες κουκκίδες), η **διόφθαλμη ανομοιότητα** (ανισοκονία) που προκαλείται λόγω της στερεοσκοπικής παρουσίασης καθιστά την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης τέσσερις φορές περισσότερο ακριβή σε σχέση με τη συνθήκη μονοφθάλμιας παρουσίασης των ερεθισμάτων. Η ερμηνεία που προτάθηκε ήταν ότι η οπτική ένδειξη της διόφθαλμης ανομοιότητας συμβάλει στη βελτίωση της εκτίμησης της κατεύθυνσης μετακίνησης, όχι επειδή παρέχει μία άμεση ένδειξη για την κίνηση-σε-βάθος των αντικειμένων σε σχέση με τον παρατηρητή, αλλά επειδή παρέχει μία διάταξη βάθους των στοιχείων του περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι λόγω της διάταξης βάθους, η ροή των πιο μακρινών ή των πιο κοντινών σημείων «περιορίζει ουσιαστικά το σετ των πιθανών κατευθύνσεων μετακίνησης που μπορούν να αντιστοιχούν στο παρατηρούμενο πεδίο ροής και αυτό έχει ως

αποτέλεσμα τη μείωση της διασποράς ως προς την προσλαμβανόμενη κατεύθυνση μετακίνησης» (van den Berg & Brenner, 1994a, 702).

Μία εναλλακτική ερμηνεία είναι ότι η στερεοσκοπική παρουσίαση του πεδίου ροής ενδυναμώνει απλώς την **αντιληπτική στρέβλωση** που προκαλεί στον παρατηρητή η κίνηση του πεδίου ροής και η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη «μετατόπιση» της προσλαμβανόμενης θέσης ενός κινούμενου αντικειμένου (motion distortion) προς την κατεύθυνση της τροχιάς της κίνησης του πεδίου ροής (Nishida & Joshton, 1999). Οι Edwards & Badcock (2003) μάλιστα προχώρησαν περισσότερο και έδειξαν ότι η κίνηση-σε-βάθος του πεδίου ροής επηρεάζει όχι μόνο την προσλαμβανόμενη θέση αλλά και την προσλαμβανόμενη απόσταση των κινούμενων αντικειμένων. Το υπόδειγμα που χρησιμοποίησαν οι Edwards & Badcock (2003) ήταν η ταυτόχρονη παρουσίαση δύο οπτικών ερεθισμάτων (το ένα πάνω, το άλλο κάτω), τα οποία αποτελούνταν από τυχαία διατεταγμένες κουκκίδες, προσομοιώνοντας τα μοντέλα οπτικής ροής που παράγονται από την κίνηση του παρατηρητή προς μία κάθετη επιφάνεια ή την κίνηση του παρατηρητή παράλληλα προς το έδαφος, είτε προς-τα-εμπρός είτε προς-τα-πίσω. Η διαφορά μεταξύ των δύο ερεθισμάτων ήταν ότι το ένα βρισκόταν σε διαφορετικό βάθος από το άλλο, και επομένως το έργο των συμμετεχόντων ήταν να εκτιμήσουν εάν το πάνω προβαλλόμενο ερέθισμα ήταν πιο κοντά (σε αυτούς) από το κάτω. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, η κατεύθυνση της κίνησης του πεδίου ροής επηρεάζει το προσλαμβανόμενο βάθος των κινούμενων αντικειμένων, με αποτέλεσμα, ο παρατηρητής να εκλαμβάνει τα αντικείμενα του πεδίου ροής που κινούνται προς αυτόν ότι βρίσκονται πιο κοντά σε αυτόν, έστω και αν βάσει της διόφθαλμης ανομοιότητας υποδεικνύεται το αντίθετο.

Είναι πιθανό λοιπόν η μη επίδραση της στερεοσκοπικής παρουσίασης του πεδίου ροής στην εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, στη συνθήκη προσομοιωμένης κίνησης του παρατηρητή παράλληλα προς το έδαφος, που ανέφεραν οι van den Berg & Brenner (1994a), να οφείλεται στην αντιληπτική στρέβλωση που «παράγεται» από την κίνηση-σε-βάθος του πεδίου ροής. Αντίθετα, η θετική επίδραση της στερεοσκοπικής παρουσίασης του πεδίου ροής στη συνθήκη προσομοιωμένης κίνησης προς μία κάθετη επιφάνεια να οφείλεται στην ενδυνάμωση της στρέβλωσης.

Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι παρόμοια αντιληπτικά φαινόμενα εσφαλμένης εκτίμησης της σχετικής θέσης-απόστασης των αντικειμένων έχουν επίσης αναφερθεί όχι μόνο σε σχέση με την κατεύθυνση της κίνησης των αντικειμένων αλλά και σε σχέση με τη φαινομενική θέση των αντικειμένων ή/και τη φωτεινότητα των αντικειμένων (Whitney, 2002). Για παράδειγμα, στο **φαινόμενο του «απομακρυσμένου ορόσημου»** (far-anchor effect) η κίνηση-σε-βάθος του πιο μακρινού από τα δύο συγκρινόμενα σημεία εκλαμβάνεται εσφαλμένα από τους παρατηρητές ως κίνηση του κοντινού σημείου, παρότι είναι σταθερό, ενώ, αντίθετα, η κίνηση-σε-βάθος του πιο κοντινού από τα δύο συγκρινόμενα σημεία εκλαμβάνεται ορθά από τους παρατηρητές ως κίνηση του κοντινού σημείου (Young, et al., 2002· Mershon, et al., 1993). Επίσης, στο **φαινόμενο της «φωτεινής επιβράδυνσης»** (flash-lag effect), όταν ένα σταθερό ερέθισμα φωτίζεται δίπλα σε ένα κινούμενο ερέθισμα, το φωτιζόμενο ερέθισμα φαίνεται να μετατοπίζεται προς την κατεύθυνση στην οποία κινείται το γειτονικό ερέθισμα, ακόμη και αν η απόσταση μεταξύ των δύο ερεθισμάτων είναι αρκετά μεγάλη (Muracami, 2001· Whitney & Cavanagh, 2000).

Τα παραπάνω φαινόμενα εσφαλμένης αντιληπτικής εκτίμησης της σχετικής θέσης-απόστασης των αντικειμένων θέτουν πρώτα από όλα ένα σοβαρό μεθοδολογικό ζήτημα όσον αφορά την καταλληλότητα του μοντέλου αναπαράστασης της οπτικής ροής ως ένα πεδίο ανυσμάτων για τη μελέτη της εκτίμησης της κατεύθυνσης μετακίνησης (Wexler, 2002), αλλά θέτουν επίσης σημαντικά ερωτήματα όσον αφορά τη δυνατότητα υποστήριξης της θεωρητικής πρότασης περί αμεσότητας της αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της οπτικής ροής. Και αυτό διότι η υποθετική αλληλεπίδραση των οφθαλμοκινητικών ενδείξεων απόστασης και των ενδείξεων απόστασης λόγω κίνησης (κυρίως η **διόφθαλμη ανομοιότητα** και η **παραλλακτική κίνηση**) στην αποδόμηση των στοιχείων της περιστροφής και του προσανατολισμού και κατ' επέκταση στη μείωση του σφάλματος εκτίμησης της κατεύθυνσης μετακίνησης δεν είναι ανεξάρτητη από την ερμηνεία που προβαίνουν οι παρατηρητές σχετικά με την τρισδιάστατη δομή της οπτικής σκηνής. Για παράδειγμα, υποστηρίζεται ότι η κίνηση των μακρινών σημείων (παραλλακτική κίνηση) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της περιστροφής, ενώ η κίνηση των κοντινών σημείων χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του προσανατολισμού και την επίλυση της αμφισημίας σχετικά με το μονοπάτι

μετακίνησης (Li & Warren, 2002· Grigo & Lappe, 1998· van den Berg & Brenner, 1994b). Σε κάθε περίπτωση, όμως, τα είδωλα που σχηματίζονται στους αμφιβληστροειδείς είναι δισδιάστατα, και κάθε δισδιάστατο είδωλο μπορεί να αντιστοιχεί σε έναν άπειρο αριθμό τρισδιάστατων οπτικών σκηνών (Jacobs, 2002). Συνεπώς, δεν υπάρχει μία και μοναδική ερμηνεία των οπτικών ερεθισμάτων. Αντίθετα, ο προσδιορισμός της τρισδιάστατης δομής από την οποία προέρχεται το προσλαμβανόμενο είδωλο και, κατ' επέκταση, η επαγωγική διαδικασία ενσωμάτωσης των προσλαμβανόμενων πληροφοριών από ποικίλες οπτικές ενδείξεις απόστασης φαίνεται να είναι προϊόν α) της ερμηνευτικής υπόθεσης που εισάγει ο παρατηρητής για τη δομή της οπτικής σκηνής, β) της συσχέτισης αυτής της υπόθεσης με τις ερμηνείες που βασίζονται στις διαθέσιμες οπτικές ενδείξεις και γ) της προσαρμογής των ερμηνειών που βασίζονται στις λιγότερο αξιόπιστες οπτικές ενδείξεις, έτσι ώστε να είναι περισσότερο συνεπείς με τις ερμηνείες που βασίζονται στις περισσότερες αξιόπιστες ενδείξεις (Jacobs, 1999· Jacobs & Fine, 1999· Poom & Boerjesson, 1999).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του τρόπου ενσωμάτωσης και αναπροσαρμογής των πληροφοριών που προσλαμβάνονται από τις οπτικές ενδείξεις βάθους-απόστασης προσφέρουν τα αποτελέσματα της έρευνας των Adams et al. (2001). Στη συγκεκριμένη έρευνα ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να φορέσουν ένα μεγεθυντικό φακό, ο οποίος μεγέθυνε την οπτική σκηνή στον οριζόντιο άξονα, στο ένα μόνο μάτι για αρκετές ημέρες, ενώ, καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος (πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη χρήση του μεγεθυντικού φακού), το έργο των συμμετεχόντων ήταν η εκτίμηση της κλίσης μιας επίπεδης επιφάνειας με βάση τις οπτικές ενδείξεις της διόφθαλμης ανομοιότητας και της πυκνότητας της επιφάνειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, παρότι ο βαθμός στρέβλωσης της προσλαμβανόμενης οπτικής σκηνής λόγω του μεγεθυντικού φακού μειώθηκε στη διάρκεια του πειράματος, η μόνη σημαντική αλλαγή όσον αφορά τις εκτιμήσεις των παρατηρητών για την κλίση της επιφάνειας παρατηρήθηκε στη συνθήκη κατά την οποία η μοναδική διαθέσιμη οπτική ένδειξη ήταν η οφθαλμοκινητική ένδειξη της διόφθαλμης ανομοιότητας. Αντίθετα, στις συνθήκες στις οποίες ήταν διαθέσιμα είτε μόνο η εικονική ένδειξη της **πυκνότητας της επιφάνειας** είτε σε συνδυασμό με την οφθαλμοκινητική ένδειξη της **διόφθαλμης ανομοιότητας**, οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων δεν άλλαξαν στη διάρκεια του πειράματος, εύρημα το οποίο

υποδεικνύει, αφενός, τη σημασία των επαγωγικών ερμηνειών που εισάγουν οι παρατηρητές για την υπονόηση της τρισδιάστατης δομής από την οποία προέρχεται το προσλαμβανόμενο είδωλο, αφετέρου, τη διαδικασία προσαρμογής των ερμηνειών που βασίζονται στις λιγότερο αξιόπιστες οπτικές ενδείξεις, έτσι ώστε να είναι περισσότερο συνεπείς με τις ερμηνείες που βασίζονται στις περισσότερες αξιόπιστες ενδείξεις.

Συμπερασματικά λοιπόν, από την παράθεση των ευρημάτων σχετικά με την ορθότητα εκτίμησης της κατεύθυνσης μετακίνησης, χρησιμοποιώντας το υπόδειγμα της *προσομοιωμένης κίνησης του βλέμματος του παρατηρητή*, προκύπτει το εξής: η δυνατότητα οπτικής αποδόμησης των στοιχείων του προσανατολισμού και της περιστροφής και, κατά συνέπεια, η δυνατότητα εξάλειψης της επίδρασης του στοιχείου της περιστροφής στο προσλαμβανόμενο αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής βάσει μεμονωμένων οπτικών ενδείξεων βάθους-απόστασης είναι θεωρητικά εφικτή. Όμως, η δυνατότητα αυτή δεν υφίσταται με την έννοια της άμεσης «αντιστοίχισης» συγκεκριμένων οπτικών ενδείξεων με συγκεκριμένες «παραμέτρους» του αμφιβληστροειδικού μοντέλου ροής. Αλλά υφίσταται με την έννοια της συσχέτισης των διαθέσιμων οπτικών ενδείξεων, με την ερμηνευτική υπόθεση που εισάγουν οι παρατηρητές όσον αφορά την τρισδιάστατη δομή της οπτικής σκηνής. Βάσει αυτής της ερμηνευτικής υπόθεσης κρίνεται η αξιοπιστία των διαθέσιμων οπτικών ενδείξεων, και έτσι η προσαρμογή της ερμηνείας γίνεται δίνοντας μεγαλύτερη βαρύτητα στις περισσότερες αξιόπιστες οπτικές ενδείξεις έναντι των λιγότερο αξιόπιστων οπτικών ενδείξεων (Jacobs, 2002). Συνεπώς, η θετική επίδραση της διόφθαλμης ανομοιότητας στην εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης σε ορισμένα οπτικά περιβάλλοντα είναι απλώς το αποτέλεσμα της αντιληπτικής, επαγωγικής διαδικασίας που προηγείται για τον προσδιορισμό της τρισδιάστατης δομής από την οποία προέρχεται το προσλαμβανόμενο δισδιάστατο είδωλο και της ενσωμάτωσης των πληροφοριών που παρέχουν οι υπόλοιπες (εφόσον είναι διαθέσιμες) οπτικές ενδείξεις σε αυτή την ερμηνευτική υπόθεση, και όχι προϊόν της άμεσης αντίληψης, αποδόμησης των στοιχείων του προσανατολισμού και της περιστροφής.

2.4.4. Αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της εγω-κεντρικής κατεύθυνσης

Οι Harris & Rogers (1999) έθεσαν υπό αμφισβήτηση τις προαναφερόμενες μεθόδους πρόσληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης ξεκινώντας από τη διαπίστωση ότι σε πραγματικές συνθήκες μετακίνησης όπου η οπτική ροή δεν είναι ορατή (όπως, για παράδειγμα, κατά τη μετακίνηση στη διάρκεια της νύχτας) ή οι διαθέσιμες οπτικές πληροφορίες μέσω της οπτικής ροής είναι ελλιπείς ή/και παραπλανητικές (όπως, για παράδειγμα, κατά τη μετακίνηση σε συνθήκες ομίχλης) προφανώς αξιοποιούνται άλλες πηγές οπτικής πληροφόρησης για τον έλεγχο της μετακίνησης, καθώς στις προαναφερόμενες περιπτώσεις οι προσλαμβανόμενες πληροφορίες μέσω της οπτικής ροής δεν μπορούν να αποτελούν την πρωταρχική οπτική ένδειξη. Το ερώτημα επομένως που προκύπτει είναι *ότι εφόσον ο έλεγχος της μετακίνησης μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την οπτική ροή, μήπως τελικά οι παρατηρητές χρησιμοποιούν αυτές τις πηγές πληροφόρησης ακόμη και όταν είναι διαθέσιμη η οπτική ροή;*

Ιδιαίτερα βοηθητικά για την αποσαφήνιση άλλων σημαντικών πηγών πληροφόρησης για τον έλεγχο της κατεύθυνσης μετακίνησης, ανεξάρτητων της οπτικής ροής, είναι τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών (Harris & Bonnas, 2002· Warren et al., 2001· Wood et al., 2000· Rushton et al., 1998) όπου οι συμμετέχοντες καλούνται να προσεγγίσουν ένα αντικείμενο φορώντας «πρισματικά» γυαλιά. Ειδικότερα, οι Rushton et al. (1998), οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν αυτή τη μέθοδο για τη μελέτη της αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης, έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες, φορώντας πρισματικά γυαλιά, τα οποία μετατόπιζαν την πραγματική θέση του προσεγγιζόμενου αντικειμένου κατά 14° ή 16°, διαγράφουν μια καμπύλη τροχιά κίνησης στην προσπάθειά τους να προσεγγίσουν το αντικείμενο-στόχο, η οποία είναι σύμφωνη με τη χρήση της οπτικής ένδειξης της **εγω-κεντρικής κατεύθυνσης** (egocentric direction) ή της **οπτικής κατεύθυνσης** (visual direction) και όχι με τη χρήση των οπτικών πληροφοριών που προσλαμβάνονται από την οπτική ροή.

Πιο συγκεκριμένα, η κύρια υπόθεση που εισάγεται σε αυτή τη γραμμή έρευνας είναι ότι, εφόσον η κατεύθυνση μετακίνησης βασίζεται στις προσλαμβανόμενες πληροφορίες από την οπτική ροή, τα πρισματικά γυαλιά δεν αλλοιώνουν τις

δυναμικές ιδιότητες της οπτικής ροής όπως είναι το σημείο εξάπλωσης, αλλά την κατεύθυνσή του. Αυτό σημαίνει ότι, αν οι παρατηρητές χρησιμοποιούν το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής για τον έλεγχο της κατεύθυνσης μετακίνησης, *θα κινηθούν ευθεία* προς το σημείο αυτό, το οποίο θα συμπίπτει με την προσλαμβανόμενη (αν και εσφαλμένη) κατεύθυνση του αντικειμένου-στόχου. Αντίθετα, αν ο έλεγχος της κατεύθυνσης μετακίνησης βασίζεται στην οπτική ένδειξη της **εγω-κεντρικής κατεύθυνσης**, οι παρατηρητές *θα διαγράψουν μία καμπύλη τροχιά* προκειμένου να διατηρήσουν την οπτική κατεύθυνση του αντικειμένου-στόχου σε ευθεία σε σχέση με το σώμα τους. Κι αυτό διότι, σύμφωνα με την προτεινόμενη υπόθεση για τον έλεγχο της κατεύθυνσης μετακίνησης, οι παρατηρητές επιβλέπουν τη γωνιαία κατεύθυνση του προσεγγιζόμενου αντικειμένου σε σχέση με το σώμα τους και κάθε φορά που το αντικείμενο-στόχος «αποκλίνει» από την τροχιά κίνησής τους, προβαίνουν σε διορθωτική κίνηση, επαναφέροντας ουσιαστικά το σώμα τους σε ευθεία τροχιά κίνησης σε σχέση με το αντικείμενο. Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι η εγω-κεντρική κατεύθυνση συνιστά μία ανεξάρτητη από την οπτική ροή πηγή οπτικής πληροφόρησης, η οποία προσδιορίζεται από τη θέση του αμφιβληστροειδή, τη θέση του σώματος και τις ιδεοδεκτικές πληροφορίες σχετικά με την κίνηση του ματιού ή/και του κεφαλιού (Harris & Bonas, 2002).

Τα σχετικά ερευνητικά δεδομένα παρέχουν σαφή υποστήριξη στην υπόθεση του ελέγχου της πλοήγησης βάσει της εγω-κεντρικής κατεύθυνσης (Rushton & Salvucci, 2001). Ωστόσο, ο κυριότερος αντίλογος που διατυπώνεται σε σχέση με αυτή την υπόθεση είναι ότι, πριν την έναρξη της προσέγγισης, η οπτική ροή δεν είναι διαθέσιμη, κατά συνέπεια, *ο αρχικός προσδιορισμός της κατεύθυνσης μετακίνησης θα επηρεαστεί σαφώς από τα πρισματικά γυαλιά, και αυτό θα συμβεί ανεξάρτητα από το αν κατά τη διάρκεια της προσέγγισης οι παρατηρητές θα αξιοποιήσουν τελικά τις πληροφορίες που περιέχονται στην οπτική ροή ή όχι* (Lapple et al., 1999b). Από εκεί και έπειτα, η τροχιά κίνησης που διαγράφουν οι παρατηρητές κατά τη διάρκεια της προσέγγισης αφήνει «ανοιχτά» ερωτήματα σχετικά με το αν η καμπύλη τροχιά που ακολουθούν οι παρατηρητές αντισταθμίζει την αρχικά εσφαλμένη πορεία με βάση τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης μετακίνησης από την οπτική ροή (Fajen & Warren, 2000) ή «υποδεικνύεται» με βάση την εγω-κεντρική κατεύθυνση ανεξάρτητα από τις προσλαμβανόμενες πληροφορίες από την οπτική ροή (Harris & Rogers, 1999).

Επίσης, οι Warren et al. (2001), χρησιμοποιώντας ένα εικονικό περιβάλλον για την προσομοίωση της «μετατόπισης» της οπτικής ροής από την εγω-κεντρική κατεύθυνση που επιτυγχάνεται με τα πρισματικά γυαλιά, ανέφεραν ότι όσο αυξάνεται το εύρος των πληροφοριών που μεταφέρονται μέσω της οπτικής ροής, (κυρίως η παραλλακτική κίνηση), ο βαθμός καμπυλόγραμμης τροχιάς των παρατηρητών μειώνεται. Παρόμοια, οι Wood et al. (2000) μεταβάλλοντας το εύρος του οπτικού πεδίου και των οπτικών ενδείξεων απόστασης (πυκνότητα επιφάνειας), ανέφεραν ότι όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος του οπτικού πεδίου και όσο πιο «πλούσια» είναι η οπτική σκηνή σε οπτικές ενδείξεις, τόσο μικρότερη είναι η καμπυλόγραμμη τροχιά κίνησης των παρατηρητών. Τα παραπάνω ευρήματα ερμηνεύτηκαν ως αποτέλεσμα της διαφορετικής βαρύτητας που δίνεται στις οπτικές ενδείξεις της εγω-κεντρικής κατεύθυνσης και της οπτικής ροής, ανάλογα με τη συνθετότητα της οπτικής σκηνής. Δηλαδή, όσο αυξάνεται η δυνατότητα πρόσληψης των παρεχόμενων πληροφοριών μέσω της οπτικής ροής, η οπτική ροή «παίζει» σημαίνοντα ρόλο στην εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης.

Από την άλλη μεριά, οι Harris & Bonas (2002) ανέφεραν ότι οι συμμετέχοντες, κινούμενοι κατά μήκος ενός διαδρόμου, ο οποίος, στη μία συνθήκη, ήταν καλά φωτισμένος, ενώ, στην άλλη συνθήκη, ήταν αρκετά σκοτεινός, διέγραψαν την ίδια καμπύλη τροχιά, φορώντας πρισματικά γυαλιά,. Αυτό είναι ίσως και το μοναδικό αναφερόμενο εύρημα όπου η συνθετότητα της οπτικής σκηνής και η οπτική ροή ελέγχεται με βάση το επίπεδο φωτισμού, και παρέχει σαφή υποστήριξη στην πρόταση ότι *ακόμα και όταν είναι διαθέσιμη η οπτική ροή, η αντιληπτική ένδειξη της εγω-κεντρικής κατεύθυνσης αποτελεί την κύρια πηγή οπτικής πληροφόρησης για τον έλεγχο της πλοήγησης.*

2.5 Είναι τελικά αναγκαία η εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της οπτικής ροής;

Οι Wann & Land (2001· 2000) συμφώνησαν με τους υποστηρικτές της υπόθεσης του ελέγχου της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω της εγω-κεντρικής κατεύθυνσης, ως προς το σημείο ότι, η κατεύθυνση μετακίνησης δεν είναι αναγκαίο να προσδιορίζεται διαμέσου της οπτικής ροής. Αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι είναι «πολύ πιθανό η εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης να αποτελεί ένα *post-hoc*

αντίλημμα, κάτι το οποίο δηλαδή αποκαλύπτουν οι παρατηρητές εφόσον τους ζητηθεί, αλλά, στην πραγματικότητα, ποτέ δε το χρησιμοποιούν στη καθημερινή τους ζωή» (Wann & Land, 2001, 8). Περιέγραψαν μάλιστα ένα μοντέλο για τον οπτικό έλεγχο της τροχιάς κίνησης του οχήματος σε καμπύλη, σύμφωνα με το οποίο, για την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, δεν είναι αναγκαία η αποδόμηση του αμφιβληστροειδικού μοντέλου ροής μέσω άλλων οπτικών πληροφοριών (π.χ. εξω-αμφιβληστροειδικών πληροφοριών) αλλά η ενεργή μετακίνηση του βλέμματος στο οπτικό περιβάλλον, όπως είχε προτείνει ο Gibson (1979), η οποία αφενός απλοποιεί την ανάλυση του παραγόμενου μοντέλου οπτικής ροής αφετέρου επιτρέπει την άμεση αξιοποίηση των οπτικών ενδείξεων που προσλαμβάνονται από το «ακατέργαστο» αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής και την εγω-κεντρική κατεύθυνση» (Wann & Land, 2001· Wann et al., 2000).

Ειδικότερα, στο συγκεκριμένο μοντέλο υποστηρίζεται ότι όλες οι αναγκαίες πληροφορίες για τον προσδιορισμό του μελλοντικού «μονοπατιού» μετακίνησης και την αρχική ρύθμιση του τιμονιού είναι δυνατόν να προσδιοριστούν οπτικά από την εγω-κεντρική κατεύθυνση, με βάση τη γωνιαία κατεύθυνση του βλέμματος (θ), την οπτική κατεύθυνση δηλαδή του βλέμματος σε σχέση με τον άξονα πλοήγησης, και την απόσταση (d) του εσωτερικού άκρου της στροφής από το επιθυμητό μονοπάτι μετακίνησης. Η πρόταση αυτή υποστηρίζεται από τα αναφερόμενα ευρήματα σχετικά με τα σημεία της οδού που εστιάζουν οι οδηγοί κατά τη διάνυση ενός καμπύλου οδικού τμήματος (Dishart & Land, 1998· Land & Horwood, 1996). Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι οι οδηγοί εναλλάσσουν το σημείο εστίασης του βλέμματος μεταξύ των μακρινών (ουσιαστικά το εφαπτόμενο σημείο, το σημείο δηλαδή όπου αλλάζει η κατεύθυνση της οδού) και των κοντινών σημείων της οδού (είτε στην πλαϊνή είτε στην κεντρική διαχωριστική γραμμή), καθώς τα μακρινά σημεία βοηθούν στην εκτίμηση της κλίσης της καμπύλης, ενώ τα κοντινά σημεία παρέχουν οπτική ανατροφοδότηση για την πλευρική θέση του οχήματος. Συνεπώς, η τήρηση μίας σταθερής απόστασης (d) από το ρείθρο ή εν γένει το άκρο της οδού κατά τη διάνυση της καμπύλης θα έχει ως αποτέλεσμα την εξάλειψη της οριζόντιας κίνησης του οπτικού πεδίου εφόσον ο ρυθμός αλλαγής της γωνιαίας κατεύθυνσης ισούται με μηδέν ($d\theta/dt = 0$), ενώ όταν ο ρυθμός αλλαγής της γωνιαίας κατεύθυνσης είναι μεγαλύτερος ή μικρότερος από μηδέν, υποδεικνύει στον οδηγό την απόκλιση ($d\theta/dt > 0$) ή τη σύγκλιση αντίστοιχα ($d\theta/dt < 0$) του οχήματος από ή προς το άκρο

του δρόμου, και την ανάγκη ρύθμισης του τιμονιού, ώστε να μειώσει ή να αυξήσει τη γωνία στρέψης του οχήματος. Ωστόσο, επειδή ο ρυθμός αλλαγής της γωνιαίας κατεύθυνσης είναι υποκείμενος στις τοπικές μεταβολές του οδικού περιβάλλοντος και αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα τις αλλεπάλληλες διορθωτικές κινήσεις του οδηγού, υποστηρίζεται ότι η πρόσληψη του ρυθμού αλλαγής της γωνιαίας κατεύθυνσης (θ) συμβάλλει κυρίως στον προσδιορισμό της κατεύθυνσης της καμπύλης και την αρχική ρύθμιση του τιμονιού, ενώ το χρονικό παράγωγο του ρυθμού αλλαγής της γωνιαίας κατεύθυνσης ($\dot{\theta}$) συμβάλλει στη διατήρηση ενός ομαλού ρυθμού στρέψης του οχήματος κατά τη διάνυση της καμπύλης.

Όπως επισημαίνουν όμως οι Fajen & Warren (2000), εφόσον η γωνία κατεύθυνσης (θ) ορίζεται ως η οπτική γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του προσεγγιζόμενου σημείου-στόχου και του άξονα πλοήγησης του οχήματος, αυτό υποδεικνύει καταρχήν την αναγκαιότητα εκτίμησης της κατεύθυνσης μετακίνησης, και απομένει να διευκρινιστεί αν το πλαίσιο αναφοράς για την εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης είναι το κέντρο του παρμπρίζ ή κάποιο διακοσμητικό στο καπό του οχήματος, όπως υποστηρίζουν οι Wann & Land (2000), ή το μοντέλο οπτικής ροής, όπως υποστηρίζουν οι Fajen & Warren (2000). Η πρόταση των Wann & Land (2001· 2000), από την άλλη μεριά, διαφοροποιείται ως προς αυτό το ερώτημα, με την έννοια ότι δεν αποκλείουν το ενδεχόμενο εκτίμησης της κατεύθυνσης μετακίνησης από την οπτική ροή, εφόσον είναι διαθέσιμη, αλλά υποστηρίζουν ότι πρόκειται για μία αδρή εκτίμηση της κατεύθυνσης χρησιμοποιώντας απλούς ευρετικούς κανόνες⁶ που βοηθούν στον άμεσο

⁶ Βασίζόμενοι στην αρχική περιγραφή του Gibson (1979) σχετικά με τα χαρακτηριστικά της οπτικής ροής, οι Wann & Swapp (2000) και Wann & Land (2000) διατύπωσαν μία σειρά από αρχές ή ευρετικούς κανόνες για τον προσδιορισμό του μονοπατιού μετακίνησης και τη ρύθμιση του τιμονιού, χρησιμοποιώντας το αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής. Η βασική υπόθεση είναι ότι η ενεργή μετατόπιση του βλέμματος και η εστίαση στα σημεία προορισμού της μετακίνησης θα έχουν ως αποτέλεσμα:

- EK 1. Αν ο παρατηρητής ακολουθεί ευθεία πορεία σε σχέση με το σημείο εστίασης του βλέμματος, το αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής θα εκτείνεται ακτινωτά προς-τα-έξω και με συμμετρικό τρόπο. EK 2. Αν οι τροχιές των στοιχείων του εδάφους που βρίσκονται στο μονοπάτι μετακίνησης του παρατηρητή είναι κεκλιμένες, τότε ο παρατηρητής δεν ακολουθεί το μονοπάτι στο οποίο εστιάζει το βλέμμα του και το σφάλμα απόκλισης του άξονα μετακίνησης του οχήματος είναι αντιστρόφως ανάλογο προς την καμπύλη του μοντέλου ροής.
- EK 3. Αν ο παρατηρητής ακολουθεί κεκλιμένη πορεία σε σχέση με το σημείο εστίασης του βλέμματος, οι τροχιές των στοιχείων του εδάφους θα είναι ευθείες, αλλά δε θα εκτείνονται με συμμετρικό τρόπο.
- EK 4. Τόσο στον EK 1 όσο και στον EK 3, το μελλοντικό μονοπάτι μετακίνησης (είτε γραμμικό είτε κεκλιμένο) σε σχέση με το σημείο εστίασης υποδεικνύεται από την κίνηση των στοιχείων του

προσδιορισμό του μονοπατιού μετακίνησης από το ακατέργαστο αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής.

Συνεπώς, το σημείο-κλειδί στο μοντέλο των Wann & Land (2000) για την πρόσληψη συνδυασμένων πληροφοριών από την οπτική (εγω-κεντρική) κατεύθυνση και από το αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής είναι η ενεργή μετακίνηση του βλέμματος στο οδικό περιβάλλον η οποία επιλύει –φαινομενικά τουλάχιστον– το πρόβλημα της αποδόμησης του αμφιβληστροειδικού μοντέλου ροής από άλλες εξω-αμφιβληστροειδικές πληροφορίες, *αλλά αφήνει ανοιχτά ερωτήματα σχετικά με τις γνωστικές διεργασίες που μεσολαβούν για την καθοδήγηση της οπτικής εξερεύνησης του περιβάλλοντος και κυρίως για τον αντιληπτικό προσδιορισμό των προσβάσιμων ιδιοτήτων των αντικειμένων ή πιο απλά των φαινομενολογικών ιδιοτήτων*. Και αυτό διότι, όπως επισημαίνουν οι Fodor & Pylyshyn (1981), η πρόταση της άμεσης αντίληψης των προβαλλόμενων ιδιοτήτων της οπτικής παράταξης βασίζεται σε ένα κυκλικό επιχείρημα όπου το κριτήριο των προβαλλόμενων ιδιοτήτων δεν εμπεριέχει τις προσφερόμενες δυνατότητες, ενώ το κριτήριο των φαινομενολογικών ιδιοτήτων βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στις προσφερόμενες δυνατότητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, από τη μία μεριά, να υποστηρίζεται ότι οι προβαλλόμενες οικολογικές ιδιότητες του περιβάλλοντος (όπως το παραγόμενο μοντέλο οπτικής ροής εξαιτίας της κίνησης του παρατηρητή ή το ακατέργαστο αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής) να είναι τα μόνα αντικείμενα άμεσης αντίληψης και, από την άλλη μεριά, οι προεξέχουσες φαινομενολογικές ιδιότητες του ερεθίσματος (όπως η κλίση των επιφανειών), η αντίληψη των οποίων βασίζεται στην ανίχνευση χαρακτηριστικών τα οποία δεν είναι φαινομενολογικά προσβάσιμα, να είναι επίσης άμεσα αντιληπτές είτε διότι η εναλλαγή εστιάσεων στα μακρινά και στα κοντινά σημεία του δρόμου βοηθά στην *άμεση αντίληψη της προφερόμενης δυνατότητας* («το να βλέπουμε από μια απόσταση αυτό που προσφέρει το αντικείμενο με την επαφή» Gibson, 1979, 367) είτε διότι βοηθά στην πρόσληψη ανώτερης-τάξης οπτικών μεταβλητών, όπως το

εδάφους και συγκεκριμένα από την κάθετη κίνηση των στοιχείων του εδάφους ή, αντίστοιχα, από την αλλαγή στο πρόσημο της οριζόντιας ροής.

ΕΚ 5. Αν ο οδηγός αποκλίνει από ή συγκλίνει προς το εσωτερικό άκρο της στροφής, ο βαθμός απόκλισης ή σύγκλισης θα αντανακλάται στο βαθμό καμπυλότητας της τροχιάς των στοιχείων του εδάφους, ο οποίος υποδεικνύει και την κατεύθυνση του σφάλματος πλοήγησης όπως και στον ΕΚ 2.

χρονικό παράγωγο του ρυθμού αλλαγής της γωνιαίας κατεύθυνσης (Wann & Land, 2000, 320).

2.6 Περίληψη - Συμπεράσματα

Το πρόβλημα της πρόσληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή μέσω της οπτικής ροής συνιστά το μείζων θεωρητικό ζήτημα για την υποστήριξη της θεωρίας της Άμεσης Αντίληψης. Σύμφωνα με την αρχική ανάλυση του Gibson (1998/1958), η οπτική αντίληψη του χώρου γίνεται άμεσα βάσει της απόστασης και του προσανατολισμού των στοιχείων του οπτικού περιβάλλοντος, ενώ, η κίνηση του παρατηρητή παράγει ένα μοντέλο ροής της οπτικής παράταξης το οποίο εκτείνεται ακτινωτά από ένα μόνο σημείο (το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής) που συμπίπτει με το σημείο προορισμού της μετακίνησης του παρατηρητή. Επιπλέον, απεικονίζοντας το μοντέλο ροής ως ένα πεδίο ανυσμάτων προκύπτει ότι το παραγόμενο πεδίο ανυσμάτων (λόγω της κίνησης του παρατηρητή) παρέχει επαρκείς πληροφορίες για την ταχύτητα ροής των επιμέρους στοιχείων του περιβάλλοντος και, άρα, τον άμεσο προσδιορισμό της ταχύτητας κίνησης του παρατηρητή και της απόστασης που απέχουν τα αντικείμενα του περιβάλλοντος από αυτόν. Ωστόσο, η δυνατότητα άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης είναι θεωρητικά εφικτή μόνο στην περίπτωση κατά την οποία ο παρατηρητής ακολουθεί ευθεία, παράλληλη προς το έδαφος, πορεία και εστιάζει το βλέμμα του στο σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, όπως στην περίπτωση μετακίνησης του παρατηρητή σε καμπύλη ή στην περίπτωση μετακίνησης σε ευθεία αλλά το σημείο εστίασης του παρατηρητή αποκλίνει από το σημείο προορισμού του, το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής παύει να προσδιορίζει το σημείο προορισμού της μετακίνησης (αφού συμπίπτει με το σημείο εστίασης του βλέμματος του παρατηρητή), ενώ, το μοντέλο ροής που προσλαμβάνεται στον αμφιβληστροειδή παύει να είναι ακτινωτό (δεν εκτείνεται συμμετρικά γύρω από την τροχιά κίνησης του παρατηρητή). Άρα, η συσχέτιση μεταξύ της οπτικής ταχύτητας των στοιχείων του περιβάλλοντος και της απόστασής τους από τον παρατηρητή δεν είναι άμεση.

Το ζήτημα αυτό δεν είχε μελετηθεί πειραματικά από τον Gibson κι έτσι το κεντρικό ζήτημα για τους υποστηρικτές της θεωρίας της άμεσης αντίληψης αποτελεί

η διερεύνηση εναλλακτικών μεθόδων ή πηγών οπτικής πληροφόρησης που δυνητικά μπορούν να συμβάλλουν στην άμεση αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή, όπως τοπικές αμφιβληστροειδικές ενδείξεις, εξω-αμφιβληστροειδικές πληροφορίες, την ένδειξη της εγω-κεντρικής κατεύθυνσης. Ουσιαστικά, καμία από τις παραπάνω εναλλακτικές πηγές πληροφόρησης δεν αποτελεί πανάκεια για την επίλυση του ζητήματος της άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή, κατά την περιστροφή του ματιού. Η παράθεση, ωστόσο, των σχετικών ευρημάτων αφήνει «ανοιχτά» τα επακόλουθα ερωτήματα:

- Η αρχική ανάλυση του Gibson σχετικά με την άμεση πρόσληψη όλων των αναγκαίων οπτικών πληροφοριών για τον έλεγχο της μετακίνησης μέσω της οπτικής ροής, έστω στην «ιδανική» συνθήκη κατά την οποία ο παρατηρητή ακολουθεί ευθεία, παράλληλη προς το έδαφος, πορεία και εστιάζει το βλέμμα του στο σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής, παρέχει πράγματι το κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο για την ανάλυση του έργου της ιχνηλάτησης; *Και αν ναι, αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν δύο αντιληπτικά συστήματα τα οποία προσλαμβάνουν διαφορετικής τάξης οπτικές μεταβλητές ανάλογα με το αν η εστίαση του βλέμματος του παρατηρητή είναι προς το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ή αποκλίνει από αυτό;*
- Η αναπαράσταση του παραγόμενου μοντέλου ροής ως ένα πεδίο ανυσμάτων και κατ' επέκταση η διεξαγωγή πειραμάτων χρησιμοποιώντας αυτή την αναπαράσταση, είναι κατάλληλη για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις πηγές πληροφόρησης που αξιοποιούν οι οδηγοί για τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης μετακίνησης; Εφόσον από όλες τις έρευνες προκύπτει ότι ο εμπλουτισμός της οπτικής σκηνής με περισσότερες οπτικές ενδείξεις (όπως συμβαίνει σε πραγματικές συνθήκες μετακίνησης) αυξάνει την ορθότητα εκτίμησης της κατεύθυνσης μετακίνησης, που σημαίνει ότι η εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης δε μπορεί να βασίζεται στην πρόσληψη αποκλειστικά και μόνο μίας «κρίσιμης» οπτικής πληροφορίας, όταν έχουμε κάποιο εύρημα (από τις έρευνες που διεξάγονται με την αναπαράσταση του μοντέλου ροής ως ένα πεδίο ανυσμάτων) το οποίο δείχνει τη μη-επίδραση κάποιας οπτικής ένδειξης στην ορθή εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, αυτό σημαίνει ότι *και σε πραγματικές συνθήκες μετακίνησης η συγκεκριμένη οπτική ένδειξη δεν επηρεάζει το αντιληπτικό έργο του προσδιορισμού της κατεύθυνσης μετακίνησης ή μήπως ότι η συγκεκριμένη οπτική ένδειξη συμβάλει ελάχιστα στην ερμηνεία του αμφίσημου*

οπτικού περιβάλλοντος από το οποίο προέρχεται το αμφιβληστροειδικό είδωλο, αλλά σε πραγματικές συνθήκες μετακίνησης (όπου υπάρχουν διαθέσιμες όλες οι οπτικές ενδείξεις για την ερμηνεία της δομής του οπτικού περιβάλλοντος) βοηθά στη βελτιστοποίηση των εκτιμήσεων του παρατηρητή;

- Τέλος, αναπαριστώντας το μοντέλο οπτικής ροής ως ένα πεδίο ανυσμάτων, από το προσλαμβανόμενο «ακατέργαστο» αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής τα μόνα αντικείμενα άμεσης αντίληψης είναι οι σχετικές ταχύτητες και οι αποστάσεις των στοιχείων του οπτικού περιβάλλοντος, πώς είναι ταυτόχρονα δυνατή η ανίχνευση χαρακτηριστικών τα οποία δεν είναι φαινομενολογικά προσβάσιμα, όπως για παράδειγμα ότι το παραγόμενο μοντέλο ροής προέρχεται από κίνηση σε καμπή και όχι από την κίνηση των ματιών η οποία οδηγεί στη λήψη απόφασης για τη συμπερίληψη ή μη των ιδεοδεκτικών πληροφοριών;

Κεφάλαιο 3:

Ανίχνευση επικείμενης σύγκρουσης.

Το δεύτερο θεμελιώδες ζήτημα για την ασφαλή διεξαγωγή του οδηγικού έργου είναι *η ικανότητα ανίχνευσης/προσδιορισμού μίας επικείμενης σύγκρουσης με ένα εμπόδιο* (Cavallo et al., 1997). Ο οδηγός, για παράδειγμα, ο οποίος διατρέχει τον άμεσο κίνδυνο να συγκρουστεί με ένα προπορευόμενο όχημα ή εν γένει ένα εμπόδιο θα πρέπει να είναι σε θέση αφενός να ανιχνεύσει την επικείμενη σύγκρουση και αφετέρου να προσδιορίσει με ακρίβεια το «πότε» και το «πού» θα συμβεί η σύγκρουση (DeLucia et al., 2003), έτσι ώστε, συνεκτιμώντας τις υπόλοιπες παραμέτρους του οδικού περιβάλλοντος (διάταξη οδικού περιβάλλοντος, θέση/κίνηση/ταχύτητα αντικειμένων) να επιλέξει την κατάλληλη διορθωτική ενέργεια για την αποφυγή της: είτε μέσω της *«ρύθμισης της ταχύτητας της κίνησης»* είτε μέσω της *«ρύθμισης του μονοπατιού κίνησης»* (Andersen et al., 1999).

Επίσης, για την πραγματοποίηση πιο σύνθετων οδηγικών έργων, όπως η προσπέραση (Gray & Regan, 2000c), η εκτίμηση του χρόνου εισόδου ενός άλλου οχήματος στο τμήμα της οδού που κινείται ένας οδηγός (Berthelon & Mestre, 1993), ή η πραγματοποίηση ελιγμών αποφυγής ενός εμποδίου (van Winsum et al., 1999), η κρίσιμη παράμετρος βάσει της οποίας καθίσταται εφικτός ο συγχρονισμός των ενεργειών του οδηγού σε σχέση με την εξέλιξη της κίνησης ή/και της θέσης των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος, θεωρείται ότι αποτελεί η ικανότητα εκτίμησης του *χρόνου έως τη σύγκρουση* ή πιο απλά, του διαθέσιμου χρόνου που απομένει πριν την επικείμενη σύγκρουση.

3.1 Διευκρινίσεις σχετικά με το χρόνο έως τη σύγκρουση

Το πρώτο σημείο που θα πρέπει να διευκρινίσουμε είναι ότι η «ιδέα» της εκτίμησης του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι απόλυτα συμβατή με την αναγνώριση της αναγκαιότητας συγχρονισμού, εκ μέρους του οδηγού, των δικών του ενεργειών σε σχέση με την κίνηση και τη θέση των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος. Αυτό, όμως, δε συνεπάγεται κατ' ανάγκην και την ύπαρξη μιας συγκεκριμένης δεξιότητας που αφορά την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, πολύ

περισσότερο δε, ότι η αντιληπτική «μονάδα» μέτρησης του χρόνου που απομένει έως την επικείμενη σύγκρουση, ταυτίζεται με τη φυσική μονάδα μέτρησης χρόνου (Groeger, 2002· Tresilian, 1999).

Το δεύτερο σημείο που θα πρέπει να επισημάνουμε είναι ότι ακόμη και αν υφίσταται μια τέτοια δεξιότητα, αυτό δεν σημαίνει ότι η εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση έχει την ίδια λειτουργική σημασία για την επιτέλεση τόσο διαφορετικών μεταξύ τους έργων (π.χ. πέδηση, ακολούθηση ενός άλλου οχήματος), ή ότι η εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση βασίζεται στην πρόσληψη των ίδιων πληροφοριών. Η ανάλυση της Vogel (2003) δείχνει ότι κατά την ακολούθηση ενός άλλου οχήματος, ο *χρονικός διαχωρισμός* (time headway) –δηλαδή, η χρονική ή χωρική απόσταση που χωρίζει δύο οχήματα τα οποία κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση– και ο *χρόνος έως τη σύγκρουση* (time-to-collision) είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι, κατά την ακολούθηση ενός άλλου οχήματος, ο *χρονικός διαχωρισμός* τείνει να διατηρείται σχετικά σταθερός για κάθε οδηγό, έστω και αν είναι μη ασφαλής (< 2 δευτ.), ανεξάρτητα από το πόσο αυξάνεται η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος, ενώ αντίθετα, οι τιμές του *χρόνου έως τη σύγκρουση* παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στη διάρκεια της ίδιας διαδρομής. Παρόμοια ευρήματα έχουν επίσης αναφερθεί στη μελέτη σε προσομοιωτή οδήγησης των Van Winstanley & Heino (1996), όπου η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος κυμαινόταν από 40-70 χλμ./ώρα και στη μελέτη πεδίου των Taieb-Maimon & Shinar (2001), όπου η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος κυμαινόταν από 50-100 χλμ./ώρα. Βάσει των παραπάνω ευρημάτων προκύπτει ότι, κατά την ακολούθηση ενός άλλου οχήματος η διατήρηση ενός σταθερού *χρονικού διαχωρισμού* είναι «ένα βήμα πέρα από την εκτίμηση του χρόνου που απομένει έως την επικείμενη σύγκρουση» (Vogel, 2003, 428), καθώς επίσης και ότι η ικανότητα εκτίμησης του χρόνου έως τη σύγκρουση, από μόνη της, δεν επαρκεί για την εκτέλεση άλλων οδηγικών έργων πέρα από τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της πέδηση ή της επιβράδυνσης.

Τέλος, το τρίτο σημείο που θα πρέπει να επισημάνουμε είναι ότι ο λόγος για τον οποίο τα παραπάνω ζητήματα μόλις πρόσφατα έχουν αρχίσει να εγείρονται στη σχετική βιβλιογραφία σχετίζεται με το γεγονός ότι στη διάρκεια τουλάχιστον των δύο τελευταίων δεκαετιών το ενδιαφέρον των ερευνητών ήταν εστιασμένο στο ερώτημα εάν η αντίληψη του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι άμεση ή όχι (Tresilian,

1991). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη μελέτη της επίδρασης ποικίλων πηγών οπτικής πληροφόρησης στην εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, χωρίς ωστόσο να είναι σαφές εάν η ανάδειξη της δυνατότητας άμεσης πρόσληψης του χρόνου έως τη σύγκρουση παρέχει ένα επαρκές πλαίσιο για την κατανόηση του τρόπου επίτευξης των επιμέρους οδηγικών έργων. Όπως άλλωστε επισημαίνει ο Tresilian (1999, 306-307) «η επιτέλεση διαφορετικών έργων όχι μόνο απαιτεί διαφορετικές πηγές πληροφοριών, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται αυτές οι πληροφορίες είναι δυνατόν να διαφέρει από έργο σε έργο και να αλλάζει με την εξάσκηση και την εμπειρία... [Συνεπώς] το νέο και σημαντικό ερώτημα όσον αφορά την αντίληψη του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι πως οργανώνεται η διαδικασία συμπερίληψης αυτών των πληροφοριών, ώστε ο εκτιμώμενος χρόνος που απομένει έως την επικείμενη σύγκρουση να καλύπτει τις απαιτήσεις του εκάστοτε έργου που εκτελείται». Επομένως, με βάση τις παραπάνω διευκρινίσεις, σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζονται α) οι θεωρητικές υποθέσεις σχετικά με τη δυνατότητα άμεσης αντίληψης του χρόνου έως τη σύγκρουση και β) η συμβατότητα μεταξύ των αναφερόμενων οπτικών πληροφοριών που επηρεάζουν την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση και των υποθέσεων που απορρέουν από τη θεωρία της άμεσης αντίληψης όσον αφορά τη δυνατότητα άμεσης αξιοποίησής τους.

3.2 Οπτικός προσδιορισμός του χρόνου έως τη σύγκρουση

«Αν υποθέσουμε ότι ένας οδηγός πλησιάζει στους φωτεινούς σηματοδότες με ταχύτητα 30 χλμ./ώρα, όπου ήδη βρίσκεται ένα ακινητοποιημένο όχημα (πλάτους 1,4 μ.), στα 100 μ., η οπτική γωνία που θα υποτείνεται στο μάτι του οδηγού από την πίσω επιφάνεια του σταματημένου οχήματος θα είναι της τάξης των 0,80°, ένα δευτερόλεπτο αργότερα (με 30 χλμ./ώρα) η οπτική γωνία του οχήματος θα είναι 0,88°, και ένα δευτερόλεπτο πριν από το όχημα (με 30 χλμ./ώρα) η οπτική γωνία του οχήματος θα είναι 9,64°» (Groeger, 2000, 42).

Με άλλα λόγια, κατά την προσέγγιση ενός ακινητοποιημένου οχήματος, το αμφιβληστροειδικό είδωλο που σχηματίζεται από την πίσω επιφάνεια του οχήματος θα υφίσταται μία καθαρή διαστολή [pure dilation]. Υποθέτοντας ότι η ταχύτητα προσέγγισης είναι σταθερή και ότι ο οδηγός εξακολουθεί να κινείται προς το

ακινήτοποιημένο όχημα, τότε ο χρόνος έως τη σύγκρουση ($\text{time-to-collision}/T_c$) τη χρονική στιγμή t , δηλαδή, ο χρόνος που απομένει έως την επικείμενη σύγκρουση με το προπορευόμενο όχημα σε οποιαδήποτε στιγμή της προσέγγισης θα είναι αντιστρόφως ανάλογος του ρυθμού διαστολής του αμφιβληστροειδικού ειδώλου.

Το πρακτικό πρόβλημα ωστόσο σε αυτή την περίπτωση είναι ότι «ούτε οι συντεταγμένες της απόστασης από την επιφάνεια ενός αντικειμένου αλλά ούτε και η ταχύτητα μετακίνησης μπορούν να προσδιοριστούν οπτικά με απόλυτο τρόπο, καθώς, εξορισμού, τόσο η απόσταση όσο και η ταχύτητα μπορούν να οριστούν μόνο σε σχέση με κάποια τυπική απόσταση» (Lee, 1976, 440). Επομένως, το μείζον ζήτημα στο πρόβλημα του οπτικού ελέγχου του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι, κατά πόσο οι οπτικές πληροφορίες σχετικά με την απόσταση και την ταχύτητα είναι αναγκαίες για τον έλεγχο της επιβράδυνσης, ενώ ένα επακόλουθο ζήτημα είναι, κατά πόσο η άμεση πρόσληψη των οπτικών πληροφοριών που είναι διαθέσιμες στο οπτικό περιβάλλον επαρκούν για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση και, κατ' επέκταση, του ελέγχου της πέδησης.

3.3 Άμεση αντίληψη του χρόνου έως τη σύγκρουση;

Προϋπόθεση για την υποστήριξη της δυνατότητας άμεσης αντίληψης του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι ο προσδιορισμός των οπτικών πληροφοριών που είναι άμεσα διαθέσιμες στον οδηγό, χωρίς δηλαδή τη διαμεσολάβηση κάποιας γνωστικής επεξεργασίας, όπως εξέταση ερμηνευτικών υποθέσεων (Rock, 1984) ή συνυπολογισμού επιμέρους νοητικών εκτιμήσεων, όπως απόστασης, ταχύτητας, επιτάχυνσης (McLeod & Ross, 1983).

3.3.1 Η θεωρία του Lee – Η υπόθεση του

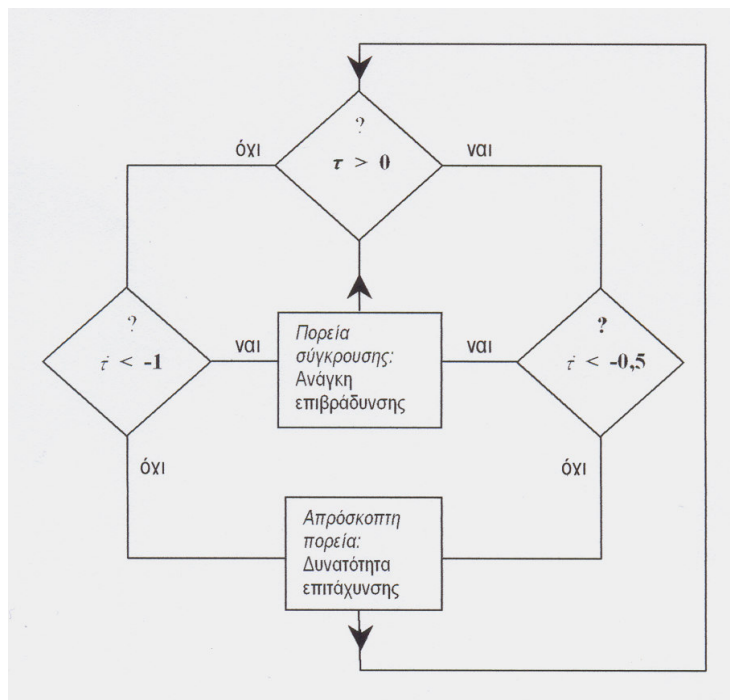
Σε αυτό πλαίσιο ο David Lee (1976), βασιζόμενος στη μαθηματική ανάλυση του μοντέλου αλλαγής της οπτικής παράταξης στο μάτι του παρατηρητή κατά την προσέγγιση ενός αντικειμένου του William Purdy (1958 στο Schiff & Arnone, 1995), υποστήριξε ότι η αντίληψη του χρόνου έως τη σύγκρουση επιτυγχάνεται μέσω της άμεσης πρόσληψης μιας ανώτερης τάξης οπτικής μεταβλητής, η οποία

είναι διαθέσιμη στο πεδίο οπτικής ροής, και την οποία ονόμασε **οπτική μεταβλητή ταυ (τ)**. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση του Lee (1976), η οποία αναφέρεται στην περίπτωση προσέγγισης ενός πιο αργού προπορευόμενου οχήματος ή ενός στατικού αντικειμένου, δείχνει ότι αν η ταχύτητα προσέγγισης προς το προπορευόμενο όχημα είναι σταθερή και η πορεία του οχήματος που ακολουθεί είναι ευθεία, τότε ο χρόνος έως τη σύγκρουση (T_c) της πίσω επιφάνειας του προπορευόμενου οχήματος με το σημείο παρατήρησης προσδιορίζεται οπτικά από την αναλογία του γωνιαίου διαχωρισμού (angular separation) των αμφιβληστροειδικών ειδώλων που σχηματίζονται από δύο οποιαδήποτε σημεία του προπορευόμενου οχήματος (π.χ. τα πίσω φώτα του οχήματος) προς τον ρυθμό διαχωρισμού των δύο αυτών σημείων ή πιο απλά, ο χρόνος έως τη σύγκρουση είναι αντιστρόφως ανάλογος του ρυθμού διαστολής του αμφιβληστροειδικού ειδώλου που σχηματίζεται από ένα εμπόδιο.

Εκτός από το χρόνο έως τη σύγκρουση, ο Lee (1976) καθόρισε επίσης τη λειτουργική σχέση ανάμεσα στην προσλαμβανόμενη τιμή της οπτικής μεταβλητής ταυ και την ταχύτητα κίνησης, για τη διατήρηση ενός ομαλού ρυθμού επιβράδυνσης του οχήματος. Συγκεκριμένα, υποστήριξε ότι η ομαλότητα του ρυθμού επιβράδυνσης διασφαλίζεται από την ανίχνευση του ρυθμού μεταβολής της μεταβλητής ταυ, την οποία ονόμασε **οπτική μεταβλητή ταυ-τελεία ($\mathcal{X}$)** –και αποτελεί τη χρονική παράγωγο της μεταβλητής ταυ– και την προσαρμογή της ταχύτητας κατά τέτοιο τρόπο ώστε η τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία να παραμένει σταθερή. Πράγματι, ακολουθώντας αυτή την ανάλυση προκύπτει ότι, ασκώντας απλώς μια σταθερή πίεση στα φρένα, έτσι ώστε ο ρυθμός επιβράδυνσης του οχήματος να είναι σταθερός, η τιμή της μεταβλητής ταυ και, κατ' επέκταση, η τιμή της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις. Αντίθετα, εναλλάσσοντας την πίεση που ασκείται στα φρένα έτσι ώστε η τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία να είναι σταθερή, δηλαδή η τιμή της μεταβλητής ταυ να μειώνεται με σταθερό ρυθμό, δημιουργείται στον οδηγό η αίσθηση της ομαλής επιβράδυνσης με την έννοια της διατήρησης ενός ορίου ασφαλείας (safety margin), χωρίς ο πραγματικός ρυθμός επιβράδυνσης του οχήματος να είναι σταθερός.

Ωστόσο, το πιο σημαντικό σημείο αυτής της ανάλυσης είναι ότι για τη διατήρηση ενός «ορίου ασφαλείας» δεν απαιτείται κάποιο είδος επεξεργασίας ή υπολογισμού (π.χ. ταχύτητας και απόστασης). Αρκεί η πρόσληψη της μεταβλητής ταυ-τελεία και η

διατήρηση των τιμών της πάνω από την τιμή $-0,5$, έτσι ώστε η ταχύτητα προσέγγισης να είναι μηδέν τη στιγμή που θα πλησιάζει στο προπορευόμενο όχημα. Αυτό συμβαίνει διότι, σύμφωνα με την ανάλυση του Lee (1976), όταν η τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία κυμαίνεται μεταξύ $-1,0$ και $-0,5$ αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την πρόσκρουση στο προπορευόμενο όχημα, ενώ όταν η τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία κυμαίνεται μεταξύ $-0,5$ και 0 θα έχει ως αποτέλεσμα την ακινητοποίηση του οχήματος ακριβώς πίσω από το προπορευόμενο όχημα, χωρίς να προσκρούσει σε αυτό (Σχήμα 5). Από εκεί και έπειτα, όσο αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία (π.χ. οι τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 0 και 1) αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την ακινητοποίηση του οχήματος σε όλο και μεγαλύτερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Συνεπώς, σε οποιαδήποτε φάση κατά τη διάρκεια της προσέγγισης ενός άλλου οχήματος, ο οδηγός μπορεί να προσδιορίσει ακριβώς το μέγεθος της επιβράδυνσης που απαιτείται ώστε να σταματήσει πίσω από το προπορευόμενο όχημα, χωρίς να προσκρούσει σε αυτό, βάσει του ορίου ασφαλείας που προσδιορίζεται από την τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία.



Σχήμα 5: Μοντέλο άμεσης επίβλεψης του ρυθμού προσέγγισης ενός αντικειμένου μέσω της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία (τ). Η αποφυγή της επικείμενης σύγκρουσης διασφαλίζεται με τη διατήρηση των ταυ-τελεία τιμών μεταξύ $-0,5$ και 0 , ενώ, η υπέρβαση της κρίσιμης ταυ-τελεία τιμής $-0,5$, προσδιορίζει τη στιγμή έναρξης της πέδησης. [Πηγή: Lee & Lishman, 1977]

Επιπλέον, οι Lee & Lishman (1977) βασιζόμενοι σε αυτή τη θεωρία υποστήριξαν επίσης ότι εκτός από τον έλεγχο του ρυθμού επιβράδυνσης κατά την προσέγγιση ενός άλλου οχήματος, η πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία συμβάλλει επίσης και στη διατήρηση ασφαλούς απόστασης κατά την ακολούθηση ενός άλλου οχήματος.

Μερική υποστήριξη στη θεωρία του Lee (1976) παρέχουν τα δεδομένα της έρευνας του Spurr (1969 στο Lee, 1976) που δείχνουν ότι, κατά την προσέγγιση ενός άλλου οχήματος, οι οδηγοί αρχικά «πατούν» δυνατά το φρένο και έπειτα χαλαρώνουν την πίεση που ασκούν. Το εύρημα αυτό ερμηνεύεται σύμφωνα με τη θεωρία του Lee ως προϊόν της προσπάθειας των οδηγών να διατηρήσουν σταθερή τη μεταβλητή ταυ-τελεία και όχι την πίεση που ασκούν στα φρένα. Αντίστοιχα συμπεράσματα, τουλάχιστον ως προς τη μη γραμμική πίεση που ασκούν στα φρένα οι οδηγοί κατά την προσέγγιση ενός άλλου οχήματος, προκύπτουν επίσης από τα αποτελέσματα της πιο πρόσφατης έρευνας των van Winsum & Heino (1996) η οποία διεξήχθη σε προσομοιωτή οδήγησης. Ωστόσο, η μόνη αναφερόμενη έρευνα στην οποία εξετάζεται η θεωρητική υπόθεση του Lee (1976) σύμφωνα με την οποία, η κατεύθυνση και το μέγεθος του ρυθμού επιβράδυνσης ή πέδησης του οχήματος «ρυθμίζεται» βάσει της τιμής της μεταβλητής ταυ-τελεία, είναι η έρευνα των Yilmaz & Warren (1995) η οποία επίσης διεξήχθη σε προσομοιωτή οδήγησης, και υποστηρίχθηκε ότι το μέγεθος του ρυθμού επιβράδυνσης ή πέδησης του οχήματος δεν επηρεάζεται ούτε από τα χαρακτηριστικά της υφής της επιφάνειας του εδάφους ούτε από το μέγεθος του προσεγγιζόμενου αντικειμένου, αλλά από τις τιμές της μεταβλητής ταυ-τελεία.

3.4 Ευρήματα που αμφισβητούν την ταυ-υπόθεση

Λαμβάνοντας υπόψη τα σχετικά ερευνητικά δεδομένα των δύο τελευταίων δεκαετιών, έχουμε σοβαρούς λόγους να αμφισβητήσουμε την ορθότητα της θεωρητικής υπόθεσης που διατύπωσε ο Lee (1976), ότι η οπτική μεταβλητή ταυ και η χρονική παράγωγος αυτής ($\dot{\tau}$) αποτελούν δύο άμεσες πηγές οπτικής πληροφόρησης των οδηγών, βάσει των οποίων προσδιορίζεται η κρίσιμη στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης του οχήματος. Τα σχετικά ευρήματα, τα οποία

παρουσιάζονται στη συνέχεια, δε συνάδουν με την ιδέα της άμεσης αντίληψης της μεταβλητής ταυ, γιατί η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης του οχήματος εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία κινείται το όχημα, όπως επίσης και από την επίδραση ποικίλων οπτικών ενδείξεων βάθους και απόστασης που φαίνεται ότι λαμβάνονται υπόψη από τους οδηγούς.

3.4.1 Επίδραση της ταχύτητας και της απόστασης

Η ορθότητα της υπόθεσης του Lee (1976) αμφισβητείται από ευρήματα που δείχνουν ότι η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης επηρεάζεται από την απόσταση που απέχει ο οδηγός από το αντικείμενο προς το οποίο κατευθύνεται καθώς επίσης και την ταχύτητα προσέγγισής του και όχι από το χρόνο που απομένει έως τη σύγκρουση.

Ειδικότερα, στην έρευνα του van der Horst (1990 στο Groeger, 2002), η οποία διεξήχθη σε αεροδιάδρομο, ζητήθηκε από τους οδηγούς να κινηθούν προς μία αφρώδη επιφάνεια που αναπαριστούσε την πίσω επιφάνεια ενός οχήματος, με ταχύτητες 30, 50 και 70 χλμ./ώρα. Εφόσον το αντικείμενο ήταν το ίδιο σε κάθε συνθήκη, θα έπρεπε, αν ίσχυε η υπόθεση του Lee, η στιγμή έναρξης της πέδησης να διαφοροποιείται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ανάλογα με την ταχύτητα προσέγγισης να διατηρείται ο ίδιος ρυθμός διαστολής του μεγέθους του αμφιβληστροειδικού ειδώλου του αντικειμένου. Η μετα-ανάλυση των δεδομένων της έρευνας του van der Horst (1990) από τον Groeger (2002) δείχνει ότι, το μέγεθος του ειδώλου του αντικειμένου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή δε θα διαφέρει στις τρεις συνθήκες, εφόσον η οπτική γωνία που υποτείνεται στο μάτι του οδηγού από το αντικείμενο αυξάνεται κατά 60% και 43% (με ταχύτητες προσέγγισης 70 και 50 χλμ./ώρα αντίστοιχα), σε σχέση με την οπτική γωνία του αντικειμένου που υποτείνεται στο μάτι του οδηγού κατά τη στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης με ταχύτητα προσέγγισης 30 χλμ./ώρα. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι τα σχετικά ποσοστά αύξησης της οπτικής γωνίας του αντικειμένου τη στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης με ταχύτητες προσέγγισης 70 και 50 χλμ./ώρα, ήταν της τάξης του 55% και 35% αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι, οι οδηγοί επιβράδυναν μεν πιο νωρίς όταν προσέγγισαν το αντικείμενο με υψηλότερη ταχύτητα, αλλά η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης δεν ήταν αντίστοιχη του ρυθμού διαστολής του μεγέθους

του ειδώλου του αντικειμένου που επιτεύχθηκε σε κάθε συνθήκη, αλλά προϊόν της αλληλεπίδρασης της απόστασης από το αντικείμενο και της ταχύτητας προσέγγισης.

Το ίδιο συμπέρασμα υποστηρίζεται επίσης και από τα αποτελέσματα των ερευνών των Cavallo & Laurent (1988) των Recarte & Nunes (1998) και Recarte et al. (1996). Οι τελευταίοι, μάλιστα, εισήγαγαν έναν έξυπνο πειραματικό χειρισμό προκειμένου να ελέγξουν εάν η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης επηρεάζεται περισσότερο από την απόσταση από ένα αντικείμενο ή από την ταχύτητα προσέγγισης. Ειδικότερα, οι συμμετέχοντες (έμπειροι-άπειροι οδηγοί) κάθονταν στη θέση του συνοδηγού, «φορώντας» ειδικά γυαλιά για την αυτόματη απόκρυψη του οπτικού τους πεδίου και κρατούσαν ένα χειριστήριο. Λίγα μέτρα πριν την είσοδο του οχήματος στην ευθεία της οδού, η ορατότητα των συμμετεχόντων παρεμποδιζόταν, μέχρις ότου το όχημα να βρεθεί στην προεπιλεγμένη απόσταση από τα αντικείμενα-στόχους, οπότε και γινόταν «αποκατάσταση» της ορατότητας των συμμετεχόντων. Καθώς το όχημα πλησίαζε τα αντικείμενα-στόχους, τα οποία βρίσκονταν αντικριστά και παραπλεύρως της οδού, η ορατότητα των συμμετεχόντων παρεμποδιζόταν, και οι τελευταίοι καλούνταν να «υποδείξουν» τη στιγμή που έκριναν ότι το όχημα περνά ανάμεσα από τα δύο εμπόδια, «πατώντας» το πλήκτρο του χειριστηρίου. Με αυτό τον τρόπο, οι ερευνητές μπόρεσαν να εξομοιώσουν τις αρχικές συνθήκες έκθεσης των συμμετεχόντων στο οδικό περιβάλλον, και να παράγουν 16 διαφορετικές τιμές όσον αφορά τον αρχικό χρόνο που απομένει έως την άφιξη του οχήματος (time-to-arrival) στα αντικείμενα, οι οποίες προκύπτουν από το συνδυασμό τεσσάρων τιμών όσον αφορά την αρχική ταχύτητα προσέγγισης (70, 90, 110, 130 χλμ./ώρα) και τεσσάρων τιμών όσον αφορά την αρχική απόσταση από τα αντικείμενα (75, 100, 125, 150 μ.).

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο ερευνών έδειξε: α) μία σαφή τάση υποεκτίμησης του πραγματικού χρόνου έως την άφιξη, η οποία γίνεται μεγαλύτερη όσο αυξάνεται ο πραγματικός χρόνος: *οι εκτιμήσεις αυξάνονται κατά 0,91 δευτ., για κάθε προσαυξανόμενο δευτερόλεπτο του πραγματικού χρόνου*, β) μία σημαντική διαφορά στην εκτίμηση του χρόνου έως την άφιξη ανάλογα με την οδηγική εμπειρία: *οι έμπειροι οδηγοί προβαίνουν σε μεγαλύτερη υποεκτίμηση του πραγματικού χρόνου έως την άφιξη, όσο αυξάνεται η απόσταση, σε σχέση με τους συμμετέχοντες οι οποίοι δεν είναι οδηγοί*, ενώ, τέλος, όσον αφορά την επίδραση της απόστασης και

της ταχύτητας παρατηρήθηκε γ) μία σημαντική διαφορά στην εκτίμηση του χρόνου έως την άφιξη του οχήματος στα αντικείμενα-στόχους, ανάλογα με το αν οι αρχικές διαφορές στον πραγματικό διαθέσιμο χρόνο προκαλούνται από αλλαγές στην ταχύτητα ή την απόσταση, έτσι έχουμε *μεγαλύτερη αύξηση της υποεκτίμησης του χρόνου έως την άφιξη όταν οι αρχικές διαφορές στον πραγματικό χρόνο προκαλούνται από αλλαγές στην απόσταση σε σχέση με τις προκαλούμενες διαφορές από αλλαγές στην ταχύτητα*.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ευρήματα, ο «χρόνος δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μοναδιαίο (*unique*) ψυχολογικό μέγεθος, εφόσον η επίδραση του είναι διαφορετική όταν προσδιορίζεται από μεταβολές στην ταχύτητα ή στην απόσταση» (Recarte & Nunes, 1998, 70). Επομένως, η εκτίμηση του διαθέσιμου χρόνου δεν μπορεί να είναι το άμεσο αποτέλεσμα μιας μόνο μεταβλητής, όπως υπονοείται στην ταυ-υπόθεση, καθώς υπάρχουν ενδείξεις για διαφορετικό τρόπο χρήσης/αξιοποίησης των πληροφοριών της απόστασης και της ταχύτητας (Cavallo & Laurent, 1988). Από την άλλη μεριά, το συμπέρασμα της έρευνας των Recarte & Nunes (1998) σχετικά με τη μεγαλύτερη επίδραση της απόστασης έναντι της ταχύτητας στην αύξηση της υποεκτίμησης του πραγματικού χρόνου, φέρνει στην επιφάνεια μία άλλη σειρά ερευνητικών δεδομένων που υποδεικνύουν ότι η εκτίμηση της απόστασης επηρεάζεται από αντιληπτικές μεταβλητές (όπως εικονικές ή οφθαλμοκινητικές ενδείξεις απόστασης) οι οποίες «*σχετίζονται με το χρόνο έως τη σύγκρουση αλλά δεν είναι μετρήσιμες σε μονάδες χρόνου*» (Tresilian, 1999, 304).

3.4.2 Επίδραση των εικονικών ενδείξεων

Η DeLucia (1991) συνέκρινε την επίδραση των εικονικών ενδείξεων απόστασης (και συγκεκριμένα του μεγέθους στο οπτικό πεδίο) έναντι των ενδείξεων απόστασης λόγω κίνησης (ρυθμός οπτικής εξάπλωσης, παραλλακτική κίνηση) και έδειξε ότι οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων όσον αφορά την απόσταση και το χρόνο άφιξης των αντικειμένων, ήταν συνεπείς βάσει των πληροφοριών που απορρέουν από τις εικονικές ενδείξεις και όχι από τις ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης, ακόμη και στην περίπτωση κατά την οποία οι συμμετέχοντες ήταν σε θέση να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες που απορρέουν από τις ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης.

Ειδικότερα, στην έρευνα της DeLucia (1991) χρησιμοποιήθηκαν τρισδιάστατες απεικονίσεις στις οποίες εμφανίζονταν δύο αντικείμενα διαφορετικού μεγέθους και σε διαφορετική απόσταση μεταξύ τους να «προσεγγίζουν» τον παρατηρητή με την ίδια ταχύτητα, μεταβάλλοντας στη διάρκεια της παρουσίας τον ρυθμό οπτικής τους εξάπλωσης. Παρατηρήθηκε ότι τα μεγάλα και πιο απομακρυσμένα αντικείμενα φαίνονται να πλησιάζουν τον παρατηρητή νωρίτερα από ό,τι τα μικρά και πιο κοντινά αντικείμενα, ενώ θα έπρεπε να συμβαίνει το αντίθετο, εάν οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων βασίζονταν στην οπτική μεταβλητή του και, πιο συγκεκριμένα, εάν η εκτίμηση του χρόνου έως την άφιξη των αντικειμένων προσδιοριζόταν βάσει του ρυθμού οπτικής τους εξάπλωσης.

Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί ότι το εύρημα αυτό έχει επιβεβαιωθεί όχι μόνο στην περίπτωση κατά την οποία το έργο των συμμετεχόντων περιορίζεται στην παθητική εκτίμηση του χρόνου άφιξης των αντικειμένων αλλά και στην περίπτωση κατά την οποία το έργο των συμμετεχόντων περιλαμβάνει τον ενεργό έλεγχο της κίνησής τους για την αποφυγή της σύγκρουσης με τα «ρέοντα» αντικείμενα (DeLucia & Warren, 1994). Στην τελευταία περίπτωση, οι DeLucia & Warren (1994) χρησιμοποίησαν τρισδιάστατες απεικονίσεις που προσομοίωναν την κίνηση του παρατηρητή προς ένα κινούμενο αντικείμενο (τετράγωνο διαφορετικού μεγέθους με κατεύθυνση προς τον παρατηρητή), ζητώντας από τους συμμετέχοντες αρχικά να «πλησιάσουν» όσο το δυνατό πιο κοντά το κινούμενο αντικείμενο, κατόπιν να «πηδήξουν» (με τη βοήθεια ενός πλήκτρου) πάνω από αυτό χωρίς να συγκρουστούν και, στη συνέχεια, να «επανέλθουν» στο επίπεδο του εδάφους. Παρατηρήθηκε ότι, κατά την προσέγγιση των αντικειμένων, ο χρόνος έναρξης της ενέργειας αποφυγής μειώνεται σημαντικά όσο αυξάνεται το μέγεθος των αντικειμένων (7,80 δευτ., 7,39 δευτ. και 6,89 δευτ. για τα αντικείμενα εικονικού μεγέθους 4,85 μ., 21,82μ. και 38,78μ., αντίστοιχα), παρότι η τιμή της οπτικής μεταβλητής του και της μεταβλητής του-τελεία παρέμενε σταθερή σε όλες τις συνθήκες, καθώς επίσης και ότι το ύψος που επιλέγεται για την αποφυγή των αντικειμένων αυξάνεται σημαντικά όσο αυξάνεται το μέγεθος των αντικειμένων.

Και τα δύο αυτά ευρήματα είναι κατ' αρχήν συνεπή με τα ευρήματα παλαιότερων ερευνών όσον αφορά την επίδραση του μεγέθους στο οπτικό πεδίο στην εκτίμηση του βάθους και της απόστασης (βλ. Rock, 1984), με την έννοια ότι οι συμμετέχοντες

θεωρούν ότι τα μεγαλύτερα αντικείμενα βρίσκονται πιο κοντά σε σχέση με τα μικρότερα αντικείμενα, επομένως, ο χρόνος που απομένει έως τη σύγκρουση είναι μικρότερος και, άρα, θέτουν υπό αμφισβήτηση την υπόθεση του Lee (1976) σχετικά με τη δυνατότητα άμεσης αντίληψης του χρόνου έως τη σύγκρουση μέσω των οπτικών πληροφοριών που είναι διαθέσιμες στην οπτική παράταξη, χωρίς να είναι αναγκαία η εκτίμηση της απόστασης και της ταχύτητας.

Από την άλλη πλευρά, η ανάλυση των DeLucia & Warren (1994) σχετικά με τις επιμέρους οπτικές μεταβλητές που δυνητικά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν από τους συμμετέχοντες για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση (και συγκεκριμένα το μέγεθος της οπτικής γωνίας, η απόλυτη αλλαγή της οπτικής γωνίας και ο ρυθμός οπτικής εξάπλωσης) υποδεικνύει ότι ούτε η πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ αλλά ούτε και οι πληροφορίες που παρέχονται από τις εικονικές ενδείξεις απόστασης (και ειδικότερα του μεγέθους στο οπτικό πεδίο) μπορούν να θεωρηθούν ως επαρκείς και αμοιβαία αποκλειόμενες πηγές οπτικής πληροφόρησης οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά αποκλειστικό τρόπο καθ' όλη τη διάρκεια της προσέγγισης ενός αντικειμένου. Και αυτό διότι αν η εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση βασιζόταν μόνο στη συσχέτιση μεγέθους και απόστασης, τότε τα μεγαλύτερα αντικείμενα, τα οποία οι συμμετέχοντες υποθέτουν απλώς ότι βρίσκονται πιο κοντά σε σχέση με τα μικρότερα αντικείμενα, θα έπρεπε, κατ' αντιστοιχία, να φαίνονται ότι κινούνται πιο αργά σε σχέση με τα μικρότερα αντικείμενα. Επομένως, ο χρόνος που μεσολαβεί πριν την έναρξη της ενέργειας αποφυγής θα έπρεπε να είναι ο ίδιος είτε κατά την προσέγγιση των μικρών είτε κατά την προσέγγιση των μεγαλύτερων αντικειμένων. Ωστόσο, η ερμηνεία αυτή δεν υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας. Επιπλέον, αν η εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση βασιζόταν μόνο στην πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ, τότε δεν θα έπρεπε να υπάρχει διαφορά στο χρόνο που μεσολαβεί πριν την έναρξη της ενέργειας, καθώς η τιμή της οπτικής μεταβλητής ταυ παρέμενε σταθερή σε όλες τις συνθήκες.

Συνεπώς, το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουν οι DeLucia & Warren (1994) σχετικά με τις οπτικές πληροφορίες που λαμβάνονται υπόψη για τον προσδιορισμό του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι ότι καμία επιμέρους οπτική πληροφορία δεν επηρεάζει κατ' αποκλειστικό και καθολικό τρόπο τη συμπεριφορά ακολούθησης ή

προσέγγισης ενός αντικειμένου. Αντίθετα, προτείνουν ότι τόσο η εικονική ένδειξη του μεγέθους στο οπτικό πεδίο όσο και η ένδειξη απόστασης λόγω κίνησης (ρυθμός οπτικής εξάπλωσης) αποτελούν εξίσου σημαντικές πηγές οπτικής πληροφόρησης για τον προσδιορισμό της τιμής της οπτικής μεταβλητής ταυ, οι οποίες αξιοποιούνται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της προσέγγισης. Δηλαδή, η αρχική φάση προσέγγισης επηρεάζεται από τη συσχέτιση μεγέθους και απόστασης βάσει της οποίας προσδιορίζεται το μέγεθος του αμφιβληστροειδικού ειδώλου που παράγεται από τα αντικείμενα (image size), ενώ στη διάρκεια της προσέγγισης, όταν πλέον καθίσταται δυνατή η ανίχνευση του ρυθμού οπτικής εξάπλωσης, ιδίως για τα μικρότερα αντικείμενα, η εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση προσδιορίζεται βάσει της προσλαμβανόμενης τιμής της οπτικής μεταβλητής ταυ.

Θα πρέπει να επισημάνουμε, ωστόσο, ότι το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουν οι DeLucia & Warren (1994) βασίζεται σε ένα κυκλικό επιχείρημα. Διότι, αν υποθέσουμε ότι η επίδραση του μεγέθους στο οπτικό πεδίο είναι προϊόν της προσωρινής αδυναμίας ανίχνευσης του ρυθμού οπτικής εξάπλωσης (τουλάχιστον στα μικρότερα αντικείμενα), αυτό σημαίνει ότι, για κάποιο διάστημα, μέχρι δηλαδή τη στιγμή κατά την οποία καθίσταται δυνατή η ανίχνευση του ρυθμού οπτικής εξάπλωσης, οι παρατηρητές *«συμπεραίνουν ή υπονοούν ότι τα μικρότερα αντικείμενα θα πρέπει να φαίνονται ως πιο μακρινά επειδή γνωρίζουν ότι το μέγεθός τους διαφοροποιείται ανάλογα με την απόσταση»* (Rock, 1984, 66), ενώ, από κάποιο σημείο και έπειτα, η εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση γίνεται άμεσα, χάρη στην άμεση πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ. Αλλά εφόσον η αντίληψη του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι άμεση, για ποιο λόγο θα πρέπει να προηγείται η διαδικασία επαγωγικής εκτίμησης της απόστασης;

Εάν το επιχείρημα είναι ότι οι αρχικές εκτιμήσεις των συμμετεχόντων (εξαιτίας της επίδρασης του μεγέθους στο οπτικό πεδίο) ήταν ασυνεπείς σε σχέση με τις μετέπειτα εκτιμήσεις (βάσει της οπτικής μεταβλητής ταυ), το επιχείρημα αυτό είναι κυκλικό, διότι η στιγμή έναρξης της ενέργειας αποφυγής προσδιορίζεται τελικά από τις ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης, δηλαδή, το ρυθμό οπτικής εξάπλωσης. Συνεπώς, δεν υπάρχει κάποια πειστική εξήγηση για ποιο λόγο οι συμμετέχοντες αρχικά λαμβάνουν υπόψη την εικονική ένδειξη του μεγέθους στο οπτικό πεδίο. Εάν πάλι το επιχείρημα είναι ότι υπάρχουν «δύο συστήματα», όπου η επικράτηση του

ενός ή του άλλου συστήματος εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των οπτικών πληροφοριών, τότε το επιχείρημα της άμεσης αντίληψης, ουσιαστικά, αποδυναμώνεται, καθώς το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση συνίσταται στον τρόπο οργάνωσης και επιλογής των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση παρά στη δυνατότητα «άμεσης» πρόσληψης της οπτικής μεταβλητής ταυ (Tresillian, 1994).

Επιπλέον, στις έρευνες στις οποίες έχει μελετηθεί η επίδραση ποικίλων εικονικών ενδείξεων βάθους ή απόστασης [όπως, σχετικό μέγεθος (relative size)/ μέγεθος στο οπτικό πεδίο (size perspective), γραμμική προοπτική (linear perspective), πυκνότητα της επιφάνειας (texture density gradient), επικάλυψη (interposition), οικείο ή τυπικό μέγεθος (familiar size)] στην εκτίμηση της απόστασης (Cavallo et al., 1998) ή του χρόνου έως τη σύγκρουση (Berthelon et al., 1999· Cavallo et al., 1997) έχει δειχθεί ότι, όταν οι μόνες διαθέσιμες πληροφορίες είναι το μέγεθος στο οπτικό πεδίο και ο ρυθμός οπτικής εξάπλωσης, οι εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι συνεπείς με βάση την πληροφορία μεγέθους-απόστασης. Αντίθετα, όταν η οπτική σκηνή εμπλουτίζεται με επιπρόσθετες εικονικές ενδείξεις βάθους ή απόστασης, η σημασία της συγκεκριμένης πληροφορίας (μεγέθους-απόστασης) μειώνεται και επίσης ο χρόνος έως τη σύγκρουση υποεκτιμάται⁷.

Συνεπώς, από τα παραπάνω ευρήματα προκύπτει ότι η πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ (και συγκεκριμένα του ρυθμού οπτικής εξάπλωσης) δε συνιστά τη μόνη αναγκαία και επαρκή οπτική πληροφορία για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, όπως υποστηρίζεται στη θεωρία του Lee (1976), διότι οι εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση δεν είναι ανεξάρτητες από τις πληροφορίες που απορρέουν από τις εικονικές ενδείξεις, όσον αφορά την απόσταση των αντικειμένων. Από την άλλη πλευρά, το αναφερόμενο εύρημα στις έρευνες των Berthelon et al. (1999) και Cavallo et al. (1997), ότι στη συνθήκη εμπλουτισμού της οπτικής σκηνής με περισσότερες εικονικές ενδείξεις απόστασης παρατηρείται αύξηση της

⁷ Μεταξύ των άλλων, το παραπάνω εύρημα υποδεικνύει ότι η ερμηνεία των Steward et al. (1993) σχετικά με την υπερ-αντιπροσώπωση των ανήλικων πεζών στα τροχαία ατυχήματα αποκλειστικά και μόνο λόγω της επίδρασης του σχετικού μεγέθους είναι απλουστευτική, καθώς, σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας είναι διαθέσιμες πολύ περισσότερες οπτικές ενδείξεις βάθους ώστε να αποτρέψουν πιθανόν εσφαλμένες εκτιμήσεις των οδηγών σχετικά με την απόσταση και το χρόνο που απομένει έως τη σύγκρουση (Groeger, 2000).

υποεκτίμησης του χρόνου έως τη σύγκρουση και μεγαλύτερη ομογενοποίηση των εκτιμήσεων των συμμετεχόντων, αφήνει «ανοιχτό» το ερώτημα εάν η επίδραση της «δομής του περιβάλλοντος» στην υιοθέτηση ενός ασφαλέστερου ορίου απόστασης (safety margin) από τα προσεγγιζόμενα αντικείμενα μπορεί να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα: α) της «έμφυτης ή μαθημένης τάσης [των οδηγών] να σφάλλουν προς την ασφαλή κατεύθυνση προκειμένου να αποφύγουν τις ανεπιθύμητες συνέπειες» (Schiff & Oldak, 1990) ή β) της «πρόσληψης των ενδείξεων απόστασης λόγω κίνησης, οι οποίες απορρέουν από την ολική οπτική ροή (global optic flow) καθιστώντας τις εκτιμήσεις των συμμετεχόντων ανεξάρτητες από τις χωρο-χρονικές συνθήκες (απόσταση, ταχύτητα αντικειμένου) της οδηγικής κατάστασης» (Cavallo et al., 1997, 108).

3.4.3 Επίδραση των ενδείξεων απόστασης λόγω κίνησης: τοπική ή ολική ταυ;

Η μέχρι τώρα εξέταση του ζητήματος της άμεσης αντίληψης του χρόνου έως τη σύγκρουση έχει επικεντρωθεί στις οπτικές μεταβλητές που έχουν προσδιοριστεί από τη μαθηματική ανάλυση του Lee (1976) για την πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ. Στη σχετική βιβλιογραφία, ωστόσο, έχουν αναφερθεί συνολικά τρεις «μέθοδοι» πρόσληψης της οπτικής μεταβλητής ταυ: α) βάσει του σχετικού ρυθμού διαχωρισμού δύο σημείων του ειδώλου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή του παρατηρητή από ένα κινούμενο αντικείμενο (Lee, 1976), β) βάσει του ρυθμού διαστολής του ειδώλου ενός κινούμενου αντικειμένου (Lee & Young, 1985) και γ) βάσει της γωνιαίας απόκλισης ενός αντικειμένου σε σχέση με το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής δια του ρυθμού αλλαγής (Lee, 1980).

Μία χρήσιμη ταξινόμηση των παραπάνω «μεθόδων» παρέχει η διάκριση που πρότεινε ο Tressilian (1991), σύμφωνα με την οποία, οι δύο πρώτες μέθοδοι ορίζονται ως **τοπικές ταυ** (local tau), με την έννοια ότι οι οπτικές πληροφορίες προσλαμβάνονται από το είδωλο του προσεγγιζόμενου αντικειμένου χωρίς να είναι αναγκαία η πρόσληψη άλλων οπτικών πληροφοριών σχετικά με την απόσταση και την ταχύτητα των αντικειμένων για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, ενώ η τρίτη μέθοδος ορίζεται ως **ολική ταυ** (global tau), με την έννοια ότι οι απαιτούμενες οπτικές πληροφορίες ενυπάρχουν στο συνολικό πεδίο οπτικής ροής (global optic flow) το οποίο παράγεται από την κίνηση του παρατηρητή σε ένα

περιβάλλον με υφή (textured environment) και περιέχει ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης [όπως, οι ενδείξεις της παραλλακτικής κίνησης (motion parallax) ή της παραλλακτικής προοπτικής (motion perspective)], οι οποίες παρέχουν προγνωστικές χρονικές πληροφορίες (Bruce et al., 1996· Berthelon & Mestre, 1993). Οι κυριότεροι περιορισμοί όσον αφορά την επάρκεια της τοπικής του ως αποκλειστική πηγή πληροφόρηση για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, απορρέουν από την παράθεση των σχετικών ερευνών που αποδεικνύουν ότι οι εκτιμήσεις στις οποίες προβαίνουν οι συμμετέχοντες είναι περισσότερο συνεπείς με βάση τις πληροφορίες που προσλαμβάνουν από τις εικονικές ενδείξεις απόστασης παρά από τις ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης (μέσω της τοπικής του), και συγκεκριμένα του ρυθμού οπτικής εξάπλωσης.

Όσον αφορά την επάρκεια της ολικής του ως αποκλειστική πηγή πληροφόρησης για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, δύο κρίσιμα ζητήματα που εξετάζονται είναι: α) κατά πόσο η συνολική οπτική ροή η οποία παράγεται από την κίνηση του παρατηρητή συνιστά μια αποτελεσματική ένδειξη βάθους από την οποία μπορεί να εξαχθεί η τρισδιάστατη δομή ενός αντικειμένου (Berthelon et al., 1998) και β) πώς, τελικά, το οπτικό σύστημα ενσωματώνει τις πληροφορίες σχετικά με τη μορφή της συνολικής δομής και τις πληροφορίες από τις ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης σε ενιαία δυναμικά αντιληπτικά συμβάντα (Kourtzi, 2004).

Οι Domini & Caudek (2003, 448) επισήμαναν ότι τα δύο αυτά ζητήματα δεν είναι αλληλένδετα μεταξύ τους, αλλά απορρέουν από δύο διαφορετικές προσεγγίσεις σχετικά με την *«ερμηνεία της οπτικής ροής από τους παρατηρητές»*, γι' αυτό εισήγαγαν δύο διαφορετικές υποθέσεις για τη διερεύνησή τους. Σύμφωνα με την πρώτη υπόθεση, η οποία εκπροσωπεί την προσέγγιση της *«αντίστροφης-οπτικής»* ακολουθώντας την ορολογία των Domini & Caudek (2003), η ανάλυση της οπτικής ροής είναι ολική και οι εκτιμήσεις των παρατηρητών βασίζονται στην *«πιστή αναπαραγωγή»* των προβαλλόμενων αμφιβληστροειδικών ειδώλων. Αντίθετα, σύμφωνα με τη δεύτερη υπόθεση, η ανάλυση της οπτικής ροής είναι ευρετική, με την έννοια ότι η τρισδιάστατη ερμηνεία της οπτικής ροής προσδιορίζεται από τοπικές, πλην όμως ασαφείς, ιδιότητες της οπτικής ροής, οι οποίες αναπόφευκτα οδηγούν σε μία λιγότερο πιστή αλλά εσωτερικά συνεπή αντιληπτική ερμηνεία.

Ξεκινώντας από την πρώτη υπόθεση, το εγγενές πρόβλημα σε αυτή την προσέγγιση είναι ότι οι εκτιμήσεις των παρατηρητών όσον αφορά τα μετρικά χαρακτηριστικά της οπτικής ροής με βάση την Ευκλείδειο γεωμετρία (π.χ. η γωνία που υποτείνεται στο μάτι του παρατηρητή από τις επιφάνειες των αντικειμένων, ή την απόσταση μεταξύ δύο σημείων) ή τα περισσότερο αφαιρετικά χαρακτηριστικά της οπτικής ροής με βάση τη σχετική (affine) γεωμετρία (π.χ. σειρά διάταξης βάθους μεταξύ δύο σημείων, παραλληλία γραμμών που ορίζονται από ζεύξη σημείων) δεν είναι προϊόν της «πιστής αναπαραγωγής» των προβαλλόμενων ειδώλων, αλλά προϊόν συστηματικών στρεβλώσεων της προσλαμβανόμενης τρισδιάστατης δομής οι οποίες δεν μπορούν να ερμηνευτούν είτε με την Ευκλείδειο είτε με τη σχετική affine γεωμετρία (Domini, et al., 1998· Domini & Braunstein, 1998· Tittle, et.al., 1995). Το παραπάνω συμπέρασμα έχει ιδιαίτερη σημασία για την κατανόηση μιας σειράς ερευνητικών αποτελεσμάτων (Frenz et al., 2003· Gray & Regan, 2000b· DeLucia & Meyer, 1999) που υποδεικνύουν ότι η δυνατότητα αντιστάθμισης της επίδρασης της κίνησης του παρατηρητή (self-motion) στις εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση οι οποίες βασίζονται σε ανώτερης-τάξης ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης και προσλαμβάνονται από σχετικά «ακατέργαστες» οπτικές μεταβλητές [π.χ. το οπτικό χάσμα μεταξύ δύο αντικειμένων που βρίσκονται σε φάση σύγκρουσης και ο ρυθμός συστολής του χάσματος (Bootsma & Oudejans, 1993), η σχετική οπτική κίνηση ενός αντικειμένου και του φόντου και ο ρυθμός οπτικής ταχύτητας (Kaizer & Mowafy, 1993), η παραλλακτική κίνηση και ο «κανόνας 45-90» για την εκτίμηση της διανυθείσας απόστασης (Frenz et al., 2003)] εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αποτελεσματική αποδόμηση των στοιχείων του πεδίου οπτικής ροής τα οποία παράγονται από την κίνηση των αντικειμένων και από την κίνηση του παρατηρητή.

Ενδεικτικά αναφέρουμε την έρευνα των Gray & Regan (2000b) στην οποίαδείχθηκε ότι η επίδραση της προσομοιωμένης κίνησης του παρατηρητή στην εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, χρησιμοποιώντας ένα περιφερειακό πεδίο οπτικής ροής, μειώνεται σημαντικά όσο αυξάνεται ο διαχωρισμός ανάμεσα στο μοντέλο ροής και το προσεγγιζόμενο αντικείμενο. Πιο συγκεκριμένα, μεταβάλλοντας το μέγεθος του προσεγγιζόμενου αντικειμένου (9,7°, 13,6°, 18,5° και 21,4°) το οποίο συμπίπτει με το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής και αυξάνοντας συστηματικά το οπτικό χάσμα ανάμεσα στο προσεγγιζόμενο αντικείμενο και το

εσωτερικό περίγραμμα του πεδίου ροής (3,2°, 5,1°, 7,5° και 9°), το οποίο παράγεται από την ακτινωτή ροή κινούμενων τετραγώνων, οι Gray & Regan (2000b) έδειξαν ότι η συστηματική υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση (μέχρι και 15%) που παρατηρείται ανάλογα με την κατεύθυνση της προσομοιωμένης κίνησης του παρατηρητή (κίνηση προς-τα-εμπρός ή κίνηση προς-τα-πίσω) μειώνεται σχεδόν γραμμικά όσο αυξάνεται το οπτικό χάσμα (στις 9° η επίδραση του περιφερειακού πεδίου ροής εξαλείφεται), παρότι το περιφερειακό πεδίο ροής δε μεταβάλλει σε καμία συνθήκη την τιμή της μεταβλητής του για το προσεγγιζόμενο αντικείμενο.

Συνεπώς, το πρόβλημα της επίδρασης της κίνησης του παρατηρητή σε αυτή την περίπτωση μετατίθεται είτε στη διερεύνηση *«άλλων πηγών οπτικής πληροφόρησης οι οποίες επηρεάζουν τις εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση, αλλά δεν είναι τόσο αξιόπιστες [με την έννοια ότι δε βασίζονται στην πιστή αναπαραγωγή των προβαλλόμενων αντικειμένων] όσο η μεταβλητή του»* (DeLucia & Meyer, 1999, 1831), είτε στη διατύπωση υποθέσεων σχετικά με τις πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υποδεκτικών πεδίων για την ανίχνευση του εναλλασσόμενου-μεγέθους και των εμπλεκόμενων νευρολογικών μηχανισμών για την επεξεργασία της κίνησης του παρατηρητή (Gray & Regan, 2000b· Regan & Gray, 2000· Regan & Beverley, 1979).

Το κομβικό σημείο και στις δύο περιπτώσεις είναι η *a priori* αποδοχή ότι η εξάπλωση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου συμβαίνει χωρίς επακόλουθες αλλαγές στο σχήμα του και ότι η αντιληπτική ανάλυση της οπτικής ροής περιορίζεται στην πιστή αναπαραγωγή των μετρικών χαρακτηριστικών των προβαλλόμενων ειδώλων.

Αντίθετα, οι αναλύσεις των Domini & Caudek (2003· 1999) και Domini et al. (1998) δείχνουν ότι οι πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό και την κίνηση τρισδιάστατων επιφανειών είναι δυνατόν να εξαχθούν από μια μάλλον αμφίσημη ιδιότητα (property) της οπτικής ροής (και όχι από «άμεσες» ή «ακατέργαστες» οπτικές μεταβλητές), την οποία όρισαν ως *«παραμόρφωση»* (def: deformation) και ορίζει το ρυθμό συμπίεσης που υφίσταται το αρχικά προβαλλόμενο είδωλο μιας επιφάνειας κατά την περιστροφή ή τη μετατόπισή της, με βάση την κλίση (slant) και τη γωνιαία ταχύτητα (angular velocity). Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι

ότι η ίδια ποσότητα παραμόρφωσης είναι δυνατόν να προκύπτει από ένα δυνητικά άπειρο αριθμό συνδυασμών κλίσης και γωνιαίας ταχύτητας. Επομένως, οι παρατηρητές θα πρέπει να ερμηνεύσουν την τοπική οπτική ροή και να επιλέξουν την περισσότερο πιθανή αντιστοιχία κλίσης και γωνιαίας ταχύτητας. Υποστηρίζεται λοιπόν ότι η μεσολάβηση αυτής της ευρετικής διαδικασίας είναι που υποκινεί την ανάλυση της οπτικής ροής και την αναδόμηση της τρισδιάστατης μορφής των αντικειμένων, ερμηνεία η οποία φαίνεται τουλάχιστον συνεπής με το περιεχόμενο των εσφαλμένων αντιληπτικών εκτιμήσεων που παρατηρούνται στα έργα που περιλαμβάνουν την κίνηση του παρατηρητή (Frenz et al. 2003· Harris & Bonas, 2002).

Για παράδειγμα, οι Frenz et al. (2003) αναφέρουν ότι στη συνθήκη τεχνητής παρεμπόδισης του εύρους της ορατότητας [είτε μεταβάλλοντας τη *γραμμική προοπτική σκηνής* έτσι ώστε το επίπεδο εδάφους να είναι ορατό από κάποια απόσταση και έπειτα, είτε μεταβάλλοντας την *πυκνότητα της επιφάνειας του εδάφους* έτσι ώστε η φωτεινότητα κάθε pixel να εξαρτάται από την απόσταση που απέχει ο παρατηρητής (συνθήκη «ομίχλης»)], οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων ήταν ακριβείς στη μία περίπτωση αλλά όχι στη δεύτερη. Η ερμηνεία των ερευνητών για πιθανή αβλεψία των συμμετεχόντων στη μία περίπτωση αλλά όχι στην άλλη, δε φαίνεται πειστική, αλλά μάλλον ενισχύει περισσότερο την πρόταση των Domini & Caudek (2003· 1999) σχετικά με την ευρετική διαδικασία που μεσολαβεί για την ερμηνεία της οπτικής ροής από τους παρατηρητές, επιλέγοντας την περισσότερο πιθανή αντιστοιχία κλίσης και γωνιαίας ταχύτητας στη συνθήκη ανάλυσης της περισσότερο αμφίσημης τοπικής οπτικής ροής. Από την άλλη πλευρά βέβαια, η θεωρία των Domini & Caudek (2003) δεν αποτελεί πανάκεια. Παρόμοια ευρήματα που υποδεικνύουν την αμφισημία των κινητικών ή εικονικών ενδείξεων και την αναγκαιότητα «*οργάνωσης της αντίληψης για την παραγωγή υποθέσεων αναφορικά με το αντικείμενο ή το γεγονός που μπορεί να αποτελεί το ερέθισμα και στη συνέχεια για τον έλεγχο των υποθέσεων, κατά πόσο δηλαδή οι υποθέσεις ερμηνεύουν το ερέθισμα*» (Rock, 1984, 235) έχουν αναφερθεί στα πειράματα για τα φαινόμενα του *κινητικού βάθους* (kinetic depth effect), της *στερεοκινητικότητας* (stereokinetic effect) ή ακόμα

και για πιο σύνθετα φαινόμενα όπως η *αντίληψη της υπονοούμενης κίνησης*⁸ (perception of implied motion) ακίνητων ειδώλων (Rock et al., 1980).

Κανένα από τα παραπάνω φαινόμενα δεν μπορεί να είναι αποτέλεσμα της μεροληπτικής εκτίμησης της ποσότητας της παραμόρφωσης που εξάγεται από την ανάλυση της τοπικής οπτικής ροής. Όλα όμως τα φαινόμενα βασίζονται ή τουλάχιστον ερμηνεύονται με βάση την προτιμητέα λύση που επιλέγουν οι παρατηρητές για την ερμηνεία των ερεθισμάτων. Επομένως, τα παραπάνω ευρήματα έρχονται σε πλήρη αντίθεση με την ιδέα της άμεσης αντίληψης των ενδείξεων απόστασης λόγω κίνησης που περιέχονται στο πεδίο οπτικής ροής, και πολύ περισσότερο με την ιδέα της άμεσης αξιοποίησής τους για την πρόσληψη των οπτικών μεταβλητών ταυ και ταυ-τελεία για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, καθώς, τα προσλαμβανόμενα οπτικά ερεθίσματα είναι πολύ «φτωχά» ώστε να «κατευθύνουν» την πλοήγηση των παρατηρητών στο περιβάλλον και, γιαυτό απαιτείται η ερμηνεία των ερεθισμάτων για την αντίληψη της τρισδιάστατης δομής του περιβάλλοντος.

3.4.4. Επίδραση των οφθαλμοκινητικών ενδείξεων

Ίσως η πιο σημαντική κριτική όσον αφορά την αξιοπιστία των ερευνών (κυρίως μελέτες πεδίου) που έχουν διεξαχθεί για την εξέταση της «ταυ»-υπόθεσης έχει ασκηθεί από τους Regan & Gray (2000), οι οποίοι τόνισαν ότι στις μελέτες πεδίου είναι διαθέσιμες οι οπτικές πληροφορίες που προέρχονται από τη διόφθαλμη (στερεοσκοπική) όραση σχετικά με το βάθος και την απόσταση των αντικειμένων, γεγονός το οποίο δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με το εάν η εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση βασίζεται στην αξιοποίηση της διόφθαλμης ανομοιότητας ως ένδειξης απόστασης ή στη μεταβλητή ταυ.

⁸ Η αντίληψη της υπονοούμενης κίνησης αναφέρεται στη δημιουργία της εντύπωσης της κίνησης στατικών ειδώλων και μάλιστα με πολύ υψηλή ταχύτητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση γραμμών στο μονοπάτι κίνησης των πρωταγωνιστών στα κινούμενα σχέδια, που παράγει τη «ζωντανή» εντύπωση ότι «τρέχουν» με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Πειραματικά η αντίληψη της υπονοούμενης κίνησης έχει δείχθει με τη χρήση τυχαίων διατεταγμένων κουκκίδων, των οποίων η ολική δομή ορίζεται από το χωρο-χρονικό προσανατολισμό των σχετικών ζευγών κουκκίδων.

Επιπλέον, ο Wann (1996) αναφέρει ότι στις έρευνες στις οποίες χρησιμοποιείται η μέθοδος της προσομοίωσης, έχει λανθασμένα επικρατήσει ο όρος της «**διόφθαλμης**» (“binocular”) έναντι «**δι-όφθαλμης**» (“bi-ocular”) παρουσίασης των ερεθισμάτων, με την έννοια ότι σε μία επίπεδη οθόνη δεν είναι διαθέσιμες οι οπτικές ενδείξεις βάθους και απόστασης που προέρχονται από τη διόφθαλμη (στερεοσκοπική) όραση, και, συγκεκριμένα, από τη «διόφθαλμη ανομοιότητα» (retinal disparity) και τη «σύγκλιση των οφθαλμών» (convergence), καθώς, οι παρατηρητές κοιτούν απλώς την ίδια οθόνη και με τα δύο μάτια. Έτσι, στη συνθήκη της «**δι-όφθαλμης**» *παρουσίασης των ερεθισμάτων* δεν υπάρχει η δυνατότητα εκτίμησης της απόστασης των αντικειμένων, ενώ αντίθετα, στη συνθήκη της «**στερεοσκοπικής**» *παρουσίασης των ερεθισμάτων*, όπου τα προβαλλόμενα ερεθίσματα σε κάθε οφθαλμό προσομοιώνουν την κίνηση των αντικειμένων όπως θα γινόταν αισθητή σε κάθε οφθαλμό σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον υπάρχει η δυνατότητα εκτίμησης της απόστασης των αντικειμένων αξιοποιώντας τις οφθαλμοκινητικές ενδείξεις απόστασης. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι τα ευρήματα των ερευνών τα οποία βασίζονται στη «**δι-όφθαλμη**» παρουσίαση των ερεθισμάτων μπορούν απλώς να «*επιβεβαιώσουν ή όχι ότι η οπτική μεταβλητή ταν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατά προσέγγιση εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, αλλά όχι ότι η μεταβλητή ταν αποτελεί και την κύρια πηγή οπτικής πληροφόρησης των παρατηρητών σε ένα φυσικό περιβάλλον*» (Wann, 1996, 1031).

Ουσιαστικά και τα δύο αυτά ζητήματα αναδεικνύουν με διαφορετικό τρόπο το πρόβλημα της «οικολογικής εγκυρότητας των ερευνών που διεξάγονται για την διερεύνηση της ταυ-υπόθεσης» (Groeger, 2000, 45), το οποίο στην περίπτωση των οφθαλμοκινητικών ενδείξεων απόστασης, αναφαίνεται από την αδυναμία αποσαφήνισης της επίδρασης άλλων οπτικών πληροφοριών, πέρα δηλαδή από τη μεταβλητή ταν, στην εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση.

Η γεωμετρική οπτική ανάλυση του Regan (1995) δείχνει ότι στην περίπτωση κατά την οποία ένα «άκαμπτο» αντικείμενο κινείται με σταθερή ταχύτητα προς το μάτι του παρατηρητή, η εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με το αν οι οπτικές πληροφορίες προέρχονται από τη μονόφθαλμη ή τη διόφθαλμη όραση. Ειδικότερα, η μαθηματική συσχέτιση των

οπτικών πληροφοριών που προέρχονται από το **μονόφθαλμο οπτικό πεδίο** στην εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, εκφράζεται από την εξίσωση:

όπου:
$$TTC \approx \theta / (d\theta / dt)$$

TTC: Ο χρόνος έως τη σύγκρουση

θ : Η γωνία κλίσης που υποτείνεται στο μάτι του παρατηρητή από το προσεγγιζόμενο αντικείμενο

$d\theta$: Ο ρυθμός αύξησης της υποτεινόμενης γωνίας κλίσης κατά την προσέγγιση του αντικειμένου

Ουσιαστικά, η οπτική πληροφορία σχετικά με το χρόνο έως τη σύγκρουση (*TTC*) βασίζεται στην αναλογία μεγέθους του αντικειμένου (θ), και ρυθμού μεταβολής του μεγέθους ($d\theta/dt$), την οποία ο Lee (1976) ονόμασε οπτική μεταβλητή ταυ, για την πρόσληψη της οποίας θεωρητικά δεν είναι αναγκαία ούτε η ακριβής εκτίμηση της απόστασης ούτε η εκτίμηση του απόλυτου μεγέθους του αντικειμένου. Αντίθετα, η μαθηματική συσχέτιση των οπτικών πληροφοριών που προέρχονται από το **διόφθαλμο οπτικό πεδίο** στην εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, εκφράζεται από την εξίσωση:

όπου:
$$TTC \approx I / D(d\delta / dt)$$

I: Ο διαχωρισμός ανάμεσα στις κόρες των οφθαλμών του παρατηρητή (*interpupillary separation*)

D: Η απόσταση του παρατηρητή από το αντικείμενο

$D\delta/dt$: Ο ρυθμός αλλαγής της σχετικής διόφθαλμης ανομοιότητας (*relative disparity*)

Σε αυτή την περίπτωση, η οπτική πληροφορία σχετικά με το χρόνο έως τη σύγκρουση (*TTC*) βασίζεται στην αναλογία του γωνιαίου διαχωρισμού των οφθαλμών από το αντικείμενο (*I*), και του ρυθμού μεταβολής της σχετικής διόφθαλμης ανομοιότητας ($d\delta/dt$) επί της απόστασης (*D*). Επειδή, ωστόσο, ο ρυθμός αλλαγής της σύγκλισης των οφθαλμών δε συμβάλλει στην αντίληψη της κίνησης σε βάθος αλλά ούτε και επηρεάζει το κατώφλι ανίχνευσης του ρυθμού αλλαγής της σχετικής διόφθαλμης ανομοιότητας (Gray & Regan, 1998), από την τελευταία εξίσωση προκύπτει ότι: *όσο αυξάνεται η απόσταση (D), η τιμή του ρυθμού αλλαγής της σχετικής διόφθαλμης ανομοιότητας (dδ/dt) θα υπερβαίνει το κατώφλι ανίχνευσης όσο προοδευτικά μειώνεται ο χρόνος έως τη σύγκρουση (TTC), ενώ, για οποιαδήποτε τιμή του χρόνου έως τη σύγκρουση (TTC), το μέγεθος του ρυθμού αλλαγής της*

σχετικής διόφθαλμης ανομοιότητας ($d\delta/dt$) θα μειώνεται γραμμικά, ανάλογα με την απόσταση (D) (Regan & Gray, 2001, 3324).

Βάσει αυτής της διάκρισης των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών στο μονόφθαλμο ή στο διόφθαλμο οπτικό πεδίο, έχει δειχθεί (Gray & Regan, 1998) ότι, όταν οι εκτιμήσεις των παρατηρητών βασίζονται στις διόφθαλμες πληροφορίες και, συγκεκριμένα, στο ρυθμό αλλαγής της σχετικής διόφθαλμης ανομοιότητας ($d\delta/dt$), οι παρατηρητές προβαίνουν σε σημαντική υπερεκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση (σφάλμα υπερεκτίμησης 10%) για ένα προσεγγιζόμενο αντικείμενο μεσαίου μεγέθους ($0,7^\circ$). Αντίθετα, όταν οι εκτιμήσεις των παρατηρητών βασίζονται στις μονόφθαλμες πληροφορίες και, συγκεκριμένα, στο ρυθμό αλλαγής του μεγέθους του αμφιβληστροειδικού ειδώλου που παράγεται από ένα μεσαίου μεγέθους αντικείμενο ($d\theta/dt$), οι παρατηρητές προβαίνουν σε σημαντική υποεκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση (σφάλμα υποεκτίμησης 12%). Ωστόσο, οι εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση για ένα προσεγγιζόμενο αντικείμενο μικρού μεγέθους ($0,03^\circ$) είναι περισσότερο ακριβείς όταν οι παρατηρητές βασίζονται στις διόφθαλμες πληροφορίες (σφάλμα υπερεκτίμησης 2,5%) καθώς η ανίχνευση του ρυθμού αλλαγής της σχετικής διόφθαλμης ανομοιότητας δεν επηρεάζεται από το μέγεθος του αντικειμένου αλλά από τη δυνατότητα ανίχνευσης της ταχύτητας προσέγγισης σε σχέση με την απόσταση, ενώ σημαντική ελαχιστοποίηση του σφάλματος υπερεκτίμησης (1,3%) επιτυγχάνεται όταν είναι διαθέσιμες τόσο οι μονόφθαλμες όσο και οι διόφθαλμες οπτικές πληροφορίες, συνθήκη η οποία προσομοιάζει περισσότερο τις διαθέσιμες πηγές οπτικής πληροφόρησης σε ένα φυσικό περιβάλλον.

Το τελευταίο εύρημα υποδεικνύει σύμφωνα με τους Regan & Gray (2001) ότι, σε ένα φυσικό περιβάλλον, οι εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση δε βασίζονται αποκλειστικά στις οπτικές πληροφορίες που εκφράζονται σε μία από τις δύο εξισώσεις, αλλά ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου έργου που επιτελείται, οι εκτιμήσεις των παρατηρητών μπορεί να βασίζονται είτε στην πρώτη είτε στη δεύτερη εξίσωση. Έτσι, στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η γωνία κλίσης που υποτείνεται από το προσεγγιζόμενο αντικείμενο μειώνεται προοδευτικά ή το μέγεθος των αντικειμένων είναι πολύ μικρό, «κυριαρχούν» οι οπτικές πληροφορίες που προέρχονται από τη διόφθαλμη όραση διότι τα μικρού μεγέθους αντικείμενα δεν

υπερβαίνουν το κατώφλι ανίχνευσης των οπτικών ανιχνευτών του περιγράμματος (looming detectors), οι οποίοι αντιδρούν στην αλλαγή του μεγέθους του αμφιβληστροειδικού ειδώλου του αντικειμένου (Regan & Beverley, 1979). Επομένως, επειδή το κατώφλι ερεθισμού των οπτικών ανιχνευτών του περιγράμματος δεν καθιστά δυνατή την ανίχνευση της αλλαγής του μεγέθους του αμφιβληστροειδικού ειδώλου για πολύ μικρά αντικείμενα, η πρόσληψη της μεταβλητής ταυ μέσω των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών στο μονόφθαλμο οπτικό πεδίο είναι πρακτικά ανέφικτη.

Ένας επιπρόσθετος περιορισμός των οπτικών ανιχνευτών του περιγράμματος, στην εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση κατά την οδήγηση, απορρέει από το γεγονός ότι το μέγεθος του υποδεκτικού πεδίου των οπτικών ανιχνευτών του περιγράμματος δεν είναι μεγαλύτερο από 1,5° (Regan & Beverley, 1979). Αυτό σημαίνει ότι η αποτελεσματικότητα τόσο των μονόφθαλμων όσο και των διόφθαλμων ενδείξεων είναι μεγαλύτερη όταν τα δυνητικά επικίνδυνα γεγονότα ή ερεθίσματα εστιάζονται στην κεντρική όραση. Ωστόσο, παρατεταμένη εστίαση στο σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής (όπως, για παράδειγμα, εστίαση στο πιο μακρινό σημείο της οδού κατά την οδήγηση σε μία μεγάλη ευθεία χωρίς άλλα οχήματα) προκαλεί την προσαρμογή των οπτικών ανιχνευτών στην εξάπλωση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου, με αποτέλεσμα την υπερεκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση (Gray & Regan, 1999). Αυτό έχει ως συνέπεια, μετά από πέντε λεπτά «εικονικής» οδήγησης σε μια άδεια και ευθεία οδό, οι συμμετέχοντες να προσπερνούν τα πιο αργά προπορευόμενα οχήματα με σημαντική καθυστέρηση (της τάξης των 220-510ms), σε σύγκριση με τη συνθήκη προσομοιωμένης οδήγησης σε μια οδό με πολλές καμπύλες ή τη συνθήκη της ακολούθησης ενός προπορευόμενου οχήματος για πέντε λεπτά (Gray & Regan, 2000c). Υποστηρίζεται ότι το αναφερόμενο εύρημα οφείλεται στην προσαρμογή των οπτικών ανιχνευτών του περιγράμματος στην εξάπλωση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου και όχι στην υποεκτίμηση της ταχύτητας λόγω της προσαρμογής στην ταχύτητα, λόγω του ότι αυτό συμβαίνει μόνο όταν οι συμμετέχοντες εστιάζουν στο σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής και όχι στη συνθήκη ακολούθησης. Διαφορετική ερμηνεία παρέχουν οι Domini et al. (2001), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η υποεκτίμηση της απόστασης οφείλεται στην προσαρμογή των μηχανισμών που είναι υπεύθυνοι για τον

προσδιορισμό της μορφής μιας επιφάνειας και όχι στην εξάπλωση του αμφιβληστροειδικού μοντέλου.

Τέλος, ο πιο ουσιαστικός περιορισμός, όσον αφορά τη δυνατότητα εκτίμησης του χρόνου έως τη σύγκρουση μέσω των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών στο μονόφθαλμο οπτικό πεδίο, απορρέει από το γεγονός ότι, η ανίχνευση του ρυθμού αλλαγής του μεγέθους μπορεί να αποτελέσει αξιόπιστη πηγή πληροφόρησης μόνο εφόσον το προσεγγιζόμενο αντικείμενο είναι συμμετρικό και το σχήμα του παραμένει «απαράλλακτο» κατά τη διάρκεια της προσέγγισης. Στην περίπτωση της οδήγησης, οι προϋποθέσεις αυτές κατά κανόνα πληρούνται, με εξαίρεση την περίπτωση κατά την οποία το προσεγγιζόμενο όχημα βρίσκεται σε καμπύλη. Σε αυτή την περίπτωση οι τιμές της μεταβλητής ταυ δεν αντιστοιχούν στον πραγματικό χρόνο που απομένει έως τη σύγκρουση με το προπορευόμενο όχημα, βάσει της γωνίας κλίσης που υποτείνεται από την πίσω επιφάνεια του οχήματος, αλλά στο χρόνο έως τη σύγκρουση όπως προκύπτει από την γωνία κλίσης που αποκαλύπτεται κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια της περιστροφής του οχήματος. Οι Gray & Regan (2000a) μελέτησαν μια παρόμοια περίπτωση, όπου το προσεγγιζόμενο αντικείμενο προσομοίωνε την κίνηση μιας μπάλας ράγκβυ, και έδειξαν ότι οι παρατηρητές, χρησιμοποιώντας τη μονόφθαλμη ένδειξη του μεγέθους, είτε δεν ήταν σε θέση να προβούν σε εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση είτε οι εκτιμήσεις τους ήταν εντελώς λανθασμένες. Χρησιμοποιώντας ωστόσο την επιπρόσθετη ένδειξη της σχετικής διόφθαλμης ανομοιότητας, οι εκτιμήσεις των παρατηρητών ήταν περισσότερο ακριβείς όχι μόνο στη συνθήκη κατά την οποία το σχήμα του αντικειμένου άλλαζε κατά τη διάρκεια της προσέγγισης αλλά και στη συνθήκη ελέγχου όπου το σχήμα του αντικειμένου παρέμενε σταθερό.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω ευρήματα, το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι οι εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι προϊόν της συνδυασμένης επίδρασης των οφθαλμοκινητικών ενδείξεων απόστασης, και, συγκεκριμένα, της «*διόφθαλμης ανομοιότητας*» και του «*ρυθμού αλλαγής του μεγέθους*» του αμφιβληστροειδικού ειδώλου. Διαφορετικά, αν οι εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση βασίζονταν μόνο στο ρυθμό αλλαγής του μεγέθους, όπως υποστηρίζεται στη θεωρία του Lee, τότε οι εκτιμήσεις των παρατηρητών είτε θα περιείχαν σημαντικό ποσοστό εσφαλμένης εκτίμησης του χρόνου έως τη σύγκρουση είτε θα

ήταν πρακτικά αδύνατο να συμβούν στις περιπτώσεις κατά τις οποίες το σχήμα του αντικειμένου αλλάζει κατά τη διάρκεια της προσέγγισης. Το γεγονός ότι οι εκτιμήσεις των παρατηρητών δεν «αλλοιώνονται» λόγω των παραπάνω περιορισμών, υποδεικνύει, σύμφωνα με τους Regan & Gray (2001), την ύπαρξη μιας διαδικασίας επεξεργασίας ή «φιλτραρίσματος» των οπτικών πληροφοριών που προσλαμβάνονται τόσο από το μονόφθαλμο όσο και από το διόφθαλμο οπτικό πεδίο. Η ύπαρξη όμως μιας τέτοιας διαδικασίας έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την πρόταση περί άμεσης αντίληψης της οπτικής μεταβλητής του.

3.4.5. Επίδραση της διάρκειας θέασης των αντικειμένων

Το εννοιολογικό «παράδοξο» που προκύπτει από την πρόταση της άμεσης αντίληψης του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι ότι ο *«προσδιορισμός της επικείμενης σύγκρουσης εμπεριέχει την αντίληψη του αποτελέσματος της εξέλιξης του γεγονότος, πριν αυτό συμβεί»* (Schiff & Arnone, 1995, 24). Οι ίδιοι συγγραφείς, ωστόσο, επισημαίνουν ότι η *«φαινομενική αυτή αντίφαση είναι παραπλανητική»*, καθώς, η μετακίνηση του παρατηρητή παράγει μετασχηματισμούς της οπτικής παράταξης οι οποίοι δεν μπορούν να περιγραφούν με όρους πρόβλεψης των μετασχηματισμών αυτών, αλλά με όρους αντίληψης των προσφερόμενων δυνατοτήτων της μεταβαλλόμενης παράταξης⁹.

Ακόμη και αν δεχτούμε αυτή την πρόταση, το πρόβλημα σε αυτήν την περίπτωση απορρέει από τα ευρήματα των σχετικών ερευνών που δείχνουν ότι η ορθότητα των εκτιμήσεων του χρόνου έως τη σύγκρουση διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με τη διάρκεια θέασης των αντικειμένων από τους συμμετέχοντες. Πιο συγκεκριμένα, το κύριο ερευνητικό υπόδειγμα που έχει χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση της «ταυ»-υπόθεσης στην περίπτωση της οδήγησης περιλαμβάνει την μετωπιαία κίνηση του οδηγού προς ένα αντικείμενο, το οποίο χάνεται από το οπτικό του πεδίο λίγο πριν την προσέγγιση του αντικειμένου, ενώ το έργο των συμμετεχόντων είναι να υποδείξουν τη στιγμή κατά την οποία το όχημα θα έχει προσεγγίσει το αντικείμενο υποθέτοντας ότι η πορεία και η ταχύτητα του οχήματος παραμένει σταθερή

⁹ Ο Gibson, (1979, 367) αναφέρει χαρακτηριστικά: *«Αυτό που ο φιλόσοφος [Berkeley] αποκαλούσε πρόβλεψη, εγώ το αποκαλώ αντίληψη της προσφερόμενης δυνατότητας. Το να βλέπουμε από απόσταση αυτό που προσφέρει το αντικείμενο με την επαφή».*

(Groeger, 2002). Χρησιμοποιώντας αυτό το ερευνητικό υπόδειγμα, έχει αναφερθεί ότι οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τη διάρκεια ορατότητας του ερεθίσματος-στόχου πριν την προσέγγιση του. Ειδικότερα, *όταν το ερέθισμα-στόχος αποκρύπτεται και ο χρόνος που απομένει πριν την επικείμενη επαφή είναι μεγαλύτερος των τριών δευτερολέπτων το ποσοστό υποεκτίμησης του πραγματικού χρόνου έως τη σύγκρουση είναι περίπου 60 με 70%* (Recarte et al., 1996· Schiff & Oldak, 1990· Cavallo & Laurent, 1988), ενώ, κατ' αντιστοιχία, *αυξάνοντας το χρόνο θέασης του ερεθίσματος-στόχου μέχρι και ένα δευτερόλεπτο πριν την επικείμενη σύγκρουση οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων είναι περισσότερο ακριβείς, ωστόσο, το ποσοστό υποεκτίμησης του πραγματικού χρόνου έως τη σύγκρουση παραμένει υψηλό, περίπου 20 με 30%* (Cavallo et al., 1997· Sidaway et al., 1996).

Με βάση τα παραπάνω ευρήματα καθίσταται σαφές ότι αν ίσχυε η πρόταση του Lee (1976) περί άμεσης πρόσληψης της οπτικής μεταβλητής του, βάσει του ρυθμού αλλαγής του μεγέθους των αντικειμένων, τότε δε θα έπρεπε να αναμένουμε καμία διαφορά ως προς την ορθότητα των εκτιμήσεων του χρόνου έως τη σύγκρουση ανάλογα με τη διάρκεια θέασης των αντικειμένων. Εναλλακτικά, αν λάβουμε υπόψη την πρόταση του Gibson (1998/1958, 188) σχετικά με τις οπτικές πληροφορίες που προσδιορίζουν την επικείμενη επαφή με μια επιφάνεια, σύμφωνα με την οποία «*η μεγέθυνση του εγγύτερου περιγράμματος στην παράταξη που αντιστοιχεί στις άκρες του αντικειμένου θα προσεγγίζει έναν εκρηκτικό ρυθμό τις τελευταίες στιγμές πριν την επαφή, η οποία [η επιταχυνόμενη εξάπλωση στο οπτικό πεδίο] προσδιορίζει την άμεση σύγκρουση*» τότε δεν προξενεί εντύπωση η βελτίωση των εκτιμήσεων του χρόνου έως τη σύγκρουση ανάλογα με τη διάρκεια θέασης των αντικειμένων, αλλά σίγουρα προξενεί εντύπωση ότι ακόμα και στη συνθήκη όπου το ερέθισμα-στόχος είναι ορατό έως και ένα δευτερόλεπτο πριν την επικείμενη σύγκρουση το ποσοστό υποεκτίμησης του πραγματικού χρόνου έως τη σύγκρουση παραμένει υψηλό (περίπου 25%).

Επιπλέον σε μια άλλη έρευνα (Groeger & Comte, 1999) όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να επιτελέσουν ένα δευτερεύον έργο (ανίχνευση ερεθίσματος σε μία οθόνη στο εσωτερικό του οχήματος) στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο το ερέθισμα-στόχος δεν ήταν ορατό (2, 4 και 8 δευτ.), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, το ποσοστό εσφαλμένων εκτιμήσεων του πραγματικού χρόνου έως τη σύγκρουση

αυξάνεται σημαντικά στις συνθήκες που περιελάμβαναν το δευτερεύον έργο (ποσοστό υπερεκτίμησης 31% και 27% για το περισσότερο και το λιγότερο απαιτητικό δευτερεύον έργο, αντίστοιχα) έναντι της συνθήκης ελέγχου στην οποία οι συμμετέχοντες δεν καλούνταν να επιτελέσουν κάποιο επιπρόσθετο έργο (ποσοστό υπερεκτίμησης 23%). Και μάλιστα, οι διαφορές αυτές αφορούν τη συνθήκη όπου ο χρόνος απόκρυψης του ερεθίσματος-στόχου ήταν μικρός (2 δευτ).

Θα πρέπει να επισημάνουμε εδώ δύο πράγματα. Πρώτον, το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της τελευταίας έρευνας είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση σε σχέση με τις προηγούμενες αναφερόμενες έρευνες [στην έρευνα των Groeger & Comte (1999) αναφέρεται υπερεκτίμηση του πραγματικού χρόνου έως τη σύγκρουση ενώ στις προηγούμενες έρευνες αναφέρεται υποεκτίμηση του πραγματικού χρόνου έως τη σύγκρουση] υποδεικνύει, ουσιαστικά, την αδυναμία σύγκρισης των αποτελεσμάτων των αναφερόμενων ερευνών, αφενός, λόγω των διαφορετικών ερευνητικών υποδειγμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί και, αφετέρου, λόγω των διαφορετικών μεθόδων διεξαγωγής των ερευνών (διεξαγωγή έρευνας σε πραγματικό όχημα και σε προσομοιωτή οδήγησης). Δεύτερον, ότι η έρευνα των Groeger & Comte (1999) αποτελεί τη μόνη έρευνα στην οποία εξετάζεται η επίδραση των δευτερευόντων έργων στην εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση. Σε αυτή την έρευνα, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον το εύρημα ότι το ποσοστό εσφαλμένων εκτιμήσεων αυξάνεται ανάλογα με το βαθμό συνθετότητας του δευτερεύοντος έργου. Αυτό σημαίνει ότι, τα φαινόμενα υποεκτίμησης ή υπερεκτίμησης του πραγματικού χρόνου έως τη σύγκρουση, τα οποία ποικίλουν ανάλογα με το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί κατά το οποίο το ερέθισμα-στόχος δεν είναι ορατό, δεν μπορούν να ερμηνευτούν βάσει της αντίληψης των προσφερόμενων δυνατοτήτων της μεταβαλλόμενης παράταξης, αλλά βάσει της προβλεπτικής χρονικής εκτίμησης (prospective time estimation) που προβαίνουν οι συμμετέχοντες όσον αφορά το χρόνο που θα χρειαστεί έως την προσέγγιση του αντικειμένου. Συνεπώς, η ορθότητα των εκτιμήσεων του χρόνου έως τη σύγκρουση σε αυτό το υπόδειγμα είναι περισσότερο αποτέλεσμα των περιορισμών που υφίστανται οι συμμετέχοντες σε

επίπεδο προσοχής όσον αφορά την επεξεργασία χρονικών πληροφοριών¹⁰ παρά σε επίπεδο οπτικής αντίληψης (Groeger, 2002· Manser, & Hancock, 1996).

3.4.6. Επίδραση του εύρους του πεδίου θέασης και του μεγέθους των αντικειμένων

Σε αντιδιαστολή με το προηγούμενο ερευνητικό υπόδειγμα, ένα άλλο υπόδειγμα που έχει χρησιμοποιηθεί για την εξέταση της «ταυ»-υπόθεσης είναι το υπόδειγμα της αδιάλειπτης προσέγγισης ενός ερεθίσματος-στόχου (Groeger & Brady (υπό έκδοση, στο Groeger 2000)· Cavallo & Laurent, 1988). Το κριτήριο αξιολόγησης σε αυτή την περίπτωση είναι η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης του οχήματος, έτσι ώστε να επιτευχθεί η ομαλή προσέγγιση του ερεθίσματος-στόχου χωρίς να υπάρξει σύγκρουση με αυτό και έχει δείχθει ότι η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης εξαρτάται από το εύρος του πεδίου θέασης (size of visual field) και από το μέγεθος του ερεθίσματος-στόχου.

¹⁰ Η υποκειμενική εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται έως τη «σύγκρουση» στο διάστημα κατά το οποίο το ερέθισμα-στόχος δεν είναι ορατό μπορεί να ερμηνευτεί σύμφωνα με τους Groeger & Comte (1999) από δύο διαφορετικά μοντέλα διατήρησης/επεξεργασίας των χρονικών πληροφοριών σε επίπεδο προσοχής. Σύμφωνα με το πρώτο μοντέλο, «storage-size model» (Ornstein, 1969) η υποκειμενική εκτίμηση του χρόνου είναι συνάρτηση της ποσότητας των προσλαμβανόμενων πληροφοριών: όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα των πληροφοριών που υπόκεινται σε επεξεργασία στο διάστημα που μεσολαβεί τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αίσθηση των συμμετεχόντων ότι το συγκεκριμένο διάστημα διαρκεί περισσότερο, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι θα προβούν σε μεγαλύτερη υποεκτίμηση του χρόνου-έως-τη-σύγκρουση. Σύμφωνα με το δεύτερο μοντέλο «attentional model of time estimation» (Frankenhause, 1959), η υποκειμενική εκτίμηση του χρόνου είναι συνάρτηση της ποσότητας των μη-χρονικών πληροφοριών οι οποίες παρεμποδίζουν ή διευκολύνουν την κατανομή περισσότερων πηγών προσοχής για την επεξεργασία των χρονικών πληροφοριών: όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα των διαθέσιμων πηγών προσοχής που κατανέμεται στις χρονικές πληροφορίες τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αίσθηση των συμμετεχόντων ότι το συγκεκριμένο διάστημα διαρκεί περισσότερο, άρα θα προβούν σε μεγαλύτερη υποεκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, ενώ όσο μικρότερη είναι η ποσότητα των διαθέσιμων πηγών προσοχής για την επεξεργασία των χρονικών πληροφοριών (όπως συμβαίνει στην περίπτωση επιτέλεσης ενός απαιτητικού δευτερεύοντος έργου), τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αίσθηση των συμμετεχόντων ότι το συγκεκριμένο διάστημα διαρκεί λιγότερο και επομένως θα προβούν σε μεγαλύτερη υπερεκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ωστόσο ότι ο διάλογος σχετικά με την ύπαρξη των υποθετικών πηγών προσοχής καθώς επίσης και με την πιθανότητα ύπαρξης πολλαπλών πηγών προσοχής που επεξεργάζονται παράλληλα συγκεκριμένες πληροφορίες παραμένει ανοικτός. Υπό αυτή την έννοια, οι θεωρητικές προβλέψεις που απορρέουν από τα παραπάνω μοντέλα ως προς την κατεύθυνση των υποεκτιμήσεων ή υπερεκτιμήσεων του χρόνου έως τη σύγκρουση είναι μεροληπτικές ανάλογα με την ερμηνεία που εισάγεται σχετικά με τα υποθετικά όρια ικανότητας των διαθέσιμων πηγών προσοχής. Σε κάθε περίπτωση όμως, το σημαντικό σημείο που προκύπτει από αυτή την προσέγγιση είναι ότι χρησιμοποιώντας το υπόδειγμα της «εξαφάνισης» του ερεθίσματος-στόχου λίγο πριν την προσέγγισή του, οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων βασίζονται περισσότερο στην επεξεργασία των χρονικών πληροφοριών παρά στις οπτικές πληροφορίες. Επομένως, παραμένει αμφίβολο εάν τα αποτελέσματα των ερευνών στις οποίες χρησιμοποιείται το συγκεκριμένο ερευνητικό υπόδειγμα είναι κατάλληλο για την εξέταση της υπόθεσης ταυ.

Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα των Cavallo & Laurent (1988), η οποία διεξήχθη με πραγματικά οχήματα και χρησιμοποιήθηκε το υπόδειγμα της μερικής απόκρυψης του οπτικού πεδίου των συμμετεχόντων πριν την επαφή με το προσεγγιζόμενο αντικείμενο, παρατηρήθηκε ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πεδίο θέασης των συμμετεχόντων, ιδίως όταν δεν παρεμποδίζεται η ορατότητα στο καπό του οχήματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια των εκτιμήσεών τους. Μάλιστα, ένα αντιφατικό εύρημα για τη θεωρία της άμεσης αντίληψης που προκύπτει από την συγκεκριμένη έρευνα είναι ότι το μέγεθος του πεδίου θέασης έχει σημαντική επίδραση στις εκτιμήσεις του χρόνου έως τη σύγκρουση μόνο για τους άπειρους οδηγούς και όχι για τους έμπειρους, και κυρίως όσο αυξάνεται η ταχύτητα προσέγγισης.

Στη δεύτερη έρευνα, Groeger & Brady (υπό έκδοση), η οποία επίσης διεξήχθη με πραγματικά οχήματα αλλά το έργο των συμμετεχόντων ήταν η ακολούθηση δύο οχημάτων διαφορετικού μεγέθους (επιβατικό όχημα και φορτηγό) κινούμενα με δυο διαφορετικές ταχύτητες, διατηρώντας μια «ασφαλή απόσταση», δείχθηκε ότι για μεγαλύτερο ποσοστό χρόνου (13-23%) οι οδηγοί διατηρούν την τιμή της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία πάνω από την κρίσιμη τιμή -0,5, τη θεωρητικά κρίσιμη ταυ-τελεία τιμή για την έναρξη της επιβράδυνσης, σύμφωνα με την ανάλυση των Lee & Lishman (1977), ώστε ένας οδηγός να διατηρήσει μια ασφαλή απόσταση. Επιπλέον, τα ποσοστά χρόνου διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με την ταχύτητα και το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος. Ειδικότερα, σε ποσοστό 13% και 20% του συνολικού χρόνου ακολούθησης οι οδηγοί διατηρούν την τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία ίση με 0 ακολούθοντας το επιβατικό όχημα το οποίο κινείται αργά και γρήγορα, αντίστοιχα, ενώ, σε ποσοστό 16% και 23% του συνολικού χρόνου ακολούθησης οι οδηγοί διατηρούν την τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία ίση με 0 ακολούθοντας το φορτηγό το οποίο κινείται αργά και γρήγορα.

Πέρα από όσα ήδη έχουμε επισημάνει όσον αφορά την πρόσληψη και την αξιοποίηση άλλων πηγών οπτικής πληροφόρησης, πέρα δηλαδή από τη μεταβλητή ταυ, για την εκτίμηση της απόστασης των αντικειμένων, ένα τελευταίο σημείο που θέλουμε να επισημάνουμε όσον αφορά την ορθότητα της «ταυ»-υπόθεσης για τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της επιβράδυνσης του οχήματος είναι ότι «η στρατηγική ελέγχου του ρυθμού επιβράδυνσης του οχήματος διατηρώντας τις ταυ-

τελεία τιμές πάνω από την κρίσιμη τιμή $(-0,5)$ είναι εσφαλμένη, διότι οι προσλαμβανόμενες ταυ-τελεία τιμές βασίζονται στο χρόνο που απομένει πριν τη σύγκρουση του αντικειμένου με το μάτι του οδηγού και δε λαμβάνεται υπόψη το εμπρόσθιο τμήμα του οχήματος» (Tresilian, 1991, 868). Αυτό είναι σαφές από τα αποτελέσματα της έρευνας των Cavallo & Laurent (1988), όπου στη συνθήκη «απόκρυψης» του καπό του οχήματος οι άπειροι οδηγοί προβαίνουν σε μεγαλύτερη υπερεκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση έναντι των έμπειρων οδηγών καθώς δεν προσλαμβάνουν την οπτική ανατροφοδότηση σχετικά με το μήκος του καπό. Αντίθετα, οι εκτιμήσεις των έμπειρων οδηγών επηρεάζονται λιγότερο από τη συνθήκη «απόκρυψης» του καπό, όχι επειδή χρησιμοποιούν διαφορετικές πηγές οπτικής πληροφόρησης έναντι των άπειρων οδηγών, αλλά επειδή γνωρίζουν το μήκος του καπό και συνυπολογίζουν αυτή την πληροφορία (ακόμη και όταν δεν είναι ορατή) προκειμένου να προσδιορίσουν τη στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης. Άρα, ακόμα και στην περίπτωση κατά την οποία η οπτική μεταβλητή ταυ-τελεία λαμβάνεται υπόψη για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση σίγουρα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για τον προσδιορισμό του χρόνου έως της σύγκρουσης.

Επιπλέον, στα έργα στα οποία δεν περιλαμβάνουν ένα σαφώς προσδιορισμένο χρονικό διάστημα στη διάρκεια του οποίου θα πρέπει να αποφευχθεί η σύγκρουση με ένα κινούμενο αντικείμενο, αλλά προσδιορίζεται μόνο ένα τελικό χρονικό περιθώριο, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της επιβράδυνσης του οχήματος ή της διατήρησης ασφαλούς απόστασης (Tresilian, 1997), η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης μπορεί να καθορίζεται από εσωτερικά κριτήρια που θέτουν οι συμμετέχοντες ως προς τα όρια ασφαλούς απόστασης (Schiff & Oldak, 1990) καθώς επίσης και από την επιλογή διαφορετικών σημείων αναφοράς ως προς το σημείο ακινητοποίησης του οχήματος, [π.χ. ακινητοποίηση στο σημείο του Stop ή ακινητοποίηση σε μία συγκεκριμένη απόσταση (Wann et al., 1993)]. Στην περίπτωση ωστόσο της έρευνας των Groeger & Brady (υπό έκδοση) τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, όσο αυξάνεται η ταχύτητα και το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος οι ταυ-τελεία τιμές διατηρούνται για μεγαλύτερο ποσοστό χρόνου πάνω από την κρίσιμη ταυ-τελεία τιμή, γεγονός το οποίο δεν μπορεί να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα των υποκειμενικών κριτηρίων των συμμετεχόντων ως προς τα όρια ασφαλούς απόστασης, αλλά υποδεικνύει την ύπαρξη σημαντικών

διαφορών ως προς τη χωρική εκτίμηση της απόστασης από τα προπορευόμενα οχήματα οι οποίες δε λαμβάνονται υπόψη αλλά ούτε και μπορούν να ερμηνευτούν από τις θεωρίες της άμεσης αντίληψης.

3.5 Περίληψη – Συμπεράσματα

Η θεωρητική πιθανότητα άμεσου προσδιορισμού του χρόνου έως τη σύγκρουση χωρίς να είναι απαραίτητη η εκτίμηση της απόστασης από το προσεγγιζόμενο αντικείμενο ή/και της ταχύτητας προσέγγισής του, αλλά αποκλειστικά και μόνο βάσει του ρυθμού αλλαγής του μεγέθους του αντικειμένου (της οπτικής μεταβλητής του), όπως υποστηρίζεται στην πρόταση του Lee (1976), αμφισβητείται από τα ευρήματα ερευνών που δείχνουν ότι οι εκτιμήσεις των παρατηρητών διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με α) *το εάν οι αρχικές διαφορές στον πραγματικό χρόνο έως τη σύγκρουση προκαλούνται από αλλαγές στην ταχύτητα προσέγγισης ή στην απόσταση των αντικειμένων* (αύξηση της υποεκτίμησης το χρόνου έως τη σύγκρουση όταν οι αρχικές διαφορές στον πραγματικό χρόνο έως τη σύγκρουση προκαλούνται από αλλαγές στην απόσταση), καθώς επίσης και β) *τη διάρκεια θέασης του αντικειμένου-στόχου* (απόκρυψη του αντικειμένου-στόχου για διάστημα μεγαλύτερο των 3 δευτ. πριν την επικείμενη σύγκρουση, συμβάλλει στην αύξηση της υποεκτίμησης του πραγματικού χρόνου έως τη σύγκρουση κατά 60-70%, ενώ διατήρηση της ορατότητας του αντικειμένου-στόχου έως και 1 δευτ., πριν την επικείμενη σύγκρουση, μειώνει το ποσοστό εσφαλμένης εκτίμησης, ωστόσο, το ποσοστό υποεκτίμησης παραμένει υψηλό περίπου 25%).

Παρότι τα παραπάνω ευρήματα παρέχουν σαφή στήριξη στις θεωρίες της κατασκευαστικής αντίληψης, σχετικά με την αναγκαιότητα διαμεσολάβησης νοητικών διεργασιών για την υπονόηση της τρισδιάστατης δομής του οπτικού περιβάλλοντος από το οποίο προέρχεται το δισδιάστατο είδωλο και, άρα, την αξιολόγηση των πιο αξιόπιστων οπτικών πληροφοριών για την εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση, στην πραγματικότητα, τα ευρήματα αυτά δεν έχουν δώσει το έναυσμα για την απομάκρυνση από το θεωρητικό πλαίσιο ανάλυσης όπως αυτό ορίζεται σύμφωνα με τις θεωρίες της άμεσης αντίληψης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα

την αντιπαράθεση ευρημάτων που υποδεικνύουν την αδυναμία άμεσης πρόσληψης της οπτικής μεταβλητής του, αφήνοντας ωστόσο, «ανοιχτά» τα ακόλουθα θέματα:

- ο Εφόσον η πρόσληψη του χρόνου έως τη σύγκρουση δεν είναι άμεση, αυτό σημαίνει άραγε ότι κατά τη διάρκεια της προσέγγισης ενός αντικειμένου, ο ρυθμός προσέγγισής του εκλαμβάνεται ως απρόσκοπτος μέχρις ότου υπερβεί το κατώφλι μίας κρίσιμης τιμής έστω κι αν αυτή η τιμή δεν ορίζεται βάσει της μεταβλητής του αλλά βάσει κάποιας άλλης οπτικής πληροφορίας (π.χ. ενδείξεις απόστασης) ή μήπως ότι η στιγμή έναρξης της πέδησης αποτελεί το τελευταίο ή απλώς το εμφανές στάδιο του σχεδίου δράσης του παρατηρητή, οπότε οι ενδείξεις βάθους-απόστασης σχετίζονται με το ρυθμό επιβράδυνσης που επιλέγουν οι οδηγοί αλλά όχι κατ' ανάγκη με τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της πέδησης ή επιβράδυνσης. Εδώ το κρίσιμο σημείο είναι ότι σύμφωνα με τους υποστηρικτές της θεωρίας της άμεσης αντίληψης, το ζήτημα του προσδιορισμού της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή και το ζήτημα του προσδιορισμού της στιγμής έναρξης τη πέδησης αντιμετωπίζονται ως δύο διακριτά και ανεξάρτητα μεταξύ τους ζητήματα, αφενός διότι, θεωρητικά, βασίζονται στην πρόσληψη διαφορετικής τάξης οπτικών μεταβλητών, αφετέρου διότι, για να είναι άμεση η πρόσληψη των μεταβλητών θα πρέπει ο παρατηρητής να «εκτεθεί» κατά τη διάρκεια της μετακίνησής του στις μεταβολές της οπτικής ροής, προκειμένου να προσλάβει τις σχετικές οπτικές πληροφορίες. Αυτό σημαίνει ότι μόνο εφόσον οι παρατηρητές πλησιάσουν το αντικείμενο-στόχο είναι σε θέση να προσλάβουν τις μεταβολές της μεταβλητής του-τελεία για να προσδιορίσουν τη στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης, διαφορετικά θα πρέπει να προβούν σε κάποια προβλεπτική εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση η οποία όμως δε θα μπορούσε να υποστηρίζεται από τις αρχικά προσλαμβανόμενες πληροφορίες μέσω της οπτικής ροής.
- ο Το γεγονός ότι στη διάρκεια της προσέγγισης ενός αντικειμένου οι παρατηρητές είναι σε θέση να προβούν σε προβλεπτική εκτίμηση του χρόνου έως τη σύγκρουση και μάλιστα, ο βαθμός ορθότητας των εκτιμήσεων εξαρτάται από τον αριθμό των διαθέσιμων οπτικών ενδείξεων απόστασης, αφήνει «ανοιχτό» ένα επιπλέον ζήτημα, είναι κατάλληλη η περιγραφή της διαδικασίας ελέγχου του ρυθμού επιβράδυνσης για την αποφυγή μιας επικείμενης σύγκρουσης ως ένα άθροισμα στιγμιαίων αντιδράσεων στις μεταβολές των τιμών μιας κρίσιμης οπτικής πληροφορίας για την περιγραφή του έργου της ιχνηλάτησης; Και αν ναι,

είναι ο χρόνος έως τη σύγκρουση μία «οικολογική» μονάδα μέτρησης την οποία πράγματι χρησιμοποιούν οι οδηγοί προκειμένου να ελέγξουν το ρυθμό επιβράδυνσης του οχήματος και να διατηρήσουν μια ασφαλή απόσταση;

- ο Τέλος, εφόσον και τα δύο ζητήματα, δηλαδή, το ζήτημα του προσδιορισμού της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή και το ζήτημα του προσδιορισμού του χρόνου έως τη σύγκρουση σχετίζονται με την επίδραση που ασκούν οι ίδιες οπτικές πληροφορίες (π.χ. εικονικές, οφθαλμοκινητικές ενδείξεις απόστασης, ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης), οι οποίες είναι διαθέσιμες σε όλη τη διάρκεια της μετακίνησης, *κατά πόσο είναι σκόπιμο τα δύο αυτά ζητήματα να εξετάζονται ξεχωριστά και γιατί θα πρέπει κάθε επιμέρους έργο να βασίζεται στην πρόσληψη μιας –θεωρητικά κρίσιμης– οπτικής πληροφορίας;*

Ως επίμετρο αυτού του κεφαλαίου, ίσως το πιο αξιοσημείωτο «συμπέρασμα» που πρέπει να επισημάνουμε είναι ότι παρότι υπάρχουν σημαντικά ευρήματα τα οποία αμφισβητούν την ορθότητα της «ταυ»-υπόθεσης, η ερμηνεία των σχετικών αποτελεσμάτων εξακολουθεί να γίνεται έχοντας ως σημείο αναφοράς την «ταυ»-υπόθεση. Όπως επισημαίνει ο Tressilian (1991, 865), *«ο λόγος για τον οποίο η ερμηνεία αυτή έχει ελκύσει τόσο πολύ την προσοχή είναι ότι η αντίληψη του χρόνου έως τη σύγκρουση μέσω της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία, προβάλλεται συχνά ως το κατεξοχήν παράδειγμα της θεωρητικής πρότασης του Gibson περί άμεσης αντίληψης»*. Ο Wann (1996, 1043), σε μία κριτική επισκόπηση των μελετών πεδίου που υποστηρίζουν την «ταυ»-υπόθεση, τόνισε ότι *«οι μελέτες αυτές αποτελούν παραδείγματα επιλεκτικής χρήσης των δεδομένων για την υποστήριξη της ταυ-υπόθεσης και όχι για την κριτική εξέτασή της [και ότι] τελικά, ο βαθμός στον οποίο τα εμπειρικά δεδομένα παρέχουν απλώς υποστήριξη στην ταυ-υπόθεση, είναι που θέτει την ειδοποιό διαφορά μεταξύ μιας αληθοφανούς και μιας καλά εδραιωμένης θεωρητικής ερμηνείας»*.

Κεφάλαιο 4:

Προς μια αμιγώς οδηγική αντιληπτική θεωρία

Από την μέχρι τώρα παράθεση των σχετικών ερευνών αναφορικά με τα ζητήματα της αντίληψης κατεύθυνσης μετακίνησης και ανίχνευσης μιας επικείμενης σύγκρουσης προκύπτουν μια σειρά από ανοιχτά θέματα, τα οποία αφορούν την επάρκεια των υφισταμένων θεωρητικών υποθέσεων για τη μελέτη του έργου της ιχνηλάτησης και αφετέρου τη δυνατότητα σύνθεσης των επιμέρους αντιληπτικών υποθέσεων για την περιγραφή του αντιληπτικού έργου του συνόλου της οδήγησης.

Από τις παραπάνω επισημάνσεις καθίσταται σαφές ότι για μια αμιγώς οδηγική αντιληπτική θεωρία είναι αναγκαίο να λάβουμε υπόψη:

- Πρώτον, ότι η ταχύτητα ροής των προσλαμβανομένων οπτικών ερεθισμάτων δεν είναι πότε σταθερή (π.χ. κίνηση σε αστική, προαστιακή οδό ή οδό ταχείας κυκλοφορίας με διαφορετικό κυκλοφοριακό φόρτο) και είναι δυνατόν να μεταβληθεί ξαφνικά μέσα σε ελάχιστα δευτερόλεπτα (π.χ. απότομη πέδηση σε οδό ταχείας κυκλοφορίας). Αυτό σημαίνει ότι η αναπαράσταση του οπτικού περιβάλλοντος ως ένα πεδίο ανυσμάτων ταιριάζει απόλυτα σε ένα «ανοιχτό» περιβάλλον με μία σχετικά σταθερή ταχύτητα. Σε ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο περιβάλλον, όμως, όπου τα διαθέσιμα τμήματα της οδού στα οποία μπορεί να κινηθεί το όχημα, τα πεδία ασφαλούς μετακίνησης όπως είχαν περιγράψει οι Gibson & Crooks (1938), υφίστανται διαρκείς μεταμορφώσεις, το πιο σημαντικό ζήτημα είναι η χωρική αντίληψη αυτών των πεδίων.
- Δεύτερον, ότι η επεξεργασία ή η άμεση πρόσληψη των οπτικών ερεθισμάτων δεν αφορά τον έλεγχο της άμεσης κίνησης του παρατηρητή αλλά την έμμεση κίνηση του παρατηρητή μέσω του «τεχνητά» διευρυμένου προσωπικού του χώρου, δηλαδή του οχήματός του. Αυτό σημαίνει ότι το σημείο αναφοράς των οδηγών για τη δόμηση των πεδίων ασφαλούς μετακίνησης αποτελεί το ίδιο το όχημα και, κατά συνέπεια, η αναγκαία διόρθωση των αρχικών αντιληπτικών εκτιμήσεων αναφορικά με τη θέση ή την απόσταση των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος σε σχέση με το όχημα εξαρτάται από την ορθότητα χωρικής εκτίμησης της θέσης που κατέχει το όχημα στην οδό.

Συνεπώς, υπάρχουν δύο διακριτά ζητήματα. Το πρώτο σχετίζεται με την ικανότητα του αντιληπτικού συστήματος να προβεί σε ορθή εκτίμηση της θέσης/απόστασης των αντικειμένων από τον παρατηρητή, είτε άμεσα είτε με τη διαμεσολάβηση κάποιας νοητικής διεργασίας υπολογισμού ή επαγωγής. Το δεύτερο ζήτημα σχετίζεται με τη χωρική οργάνωση της διάταξης των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος για τη διασφάλιση της κίνησης του οχήματος. Στο βαθμό που η χωρική οργάνωση των διαθέσιμων τμημάτων της οδού (ουσιαστικά, η δόμηση των πεδίων ασφαλούς μετακίνησης) εξαρτάται από την ορθότητα χωρικής εκτίμησης της θέσης που καταλαμβάνει το όχημα σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος, το ζήτημα αυτό αποκτά πρωταρχική σημασία.

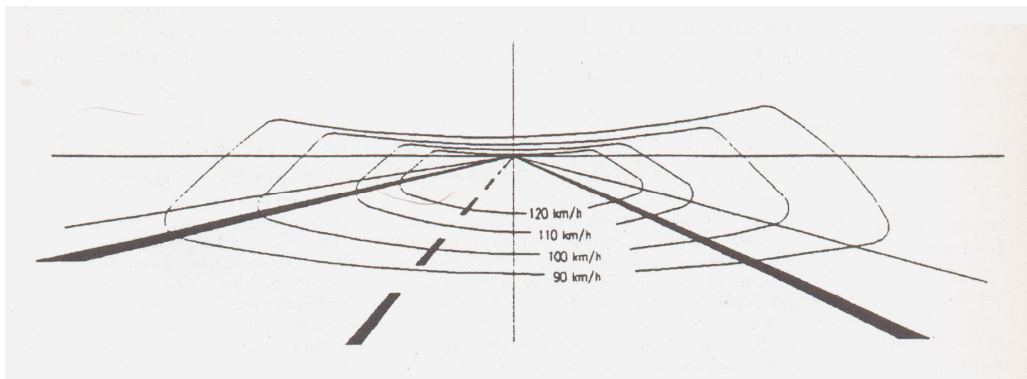
Επομένως, για την κατανόηση του αντιληπτικού έργου της οδήγησης είναι αναγκαία η ταυτόχρονη εξέταση δύο αλληλένδετων και δυναμικά μεταβαλλόμενων παραμέτρων:

- η χωρική εκτίμηση των ορίων του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο μπορεί να κινηθεί το όχημα, καθώς μεταβάλλεται η ταχύτητά του, και
- η χωρική εκτίμηση της θέσης που καταλαμβάνει το όχημα σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος, σύμφωνα με τη νοερή εικόνα που αναπτύσσει ο οδηγός αναφορικά με το περίγραμμα του οχήματός του.

Όπως θα υποστηριχθεί στη συνέχεια, τα αντιληπτικά έργα της χωρικής εκτίμησης των ορίων του διαθέσιμου τμήματος της οδού και της θέσης που καταλαμβάνει το όχημα σε σχέση με αυτά δεν έχουν μελετηθεί ποτέ σε συνδυασμό. Ωστόσο, η χωρική εκτίμηση της θέσης του οχήματος σε σχέση με το διαθέσιμο τμήμα της οδού συνιστά μία δυναμική παράμετρο, με την έννοια ότι, βασίζεται στη νοερή εικόνα που αναπτύσσει ο οδηγός αναφορικά με το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματός του και στη συσχέτιση της εικόνας με βάση τη διάταξη και την προσλαμβανόμενη απόσταση των υπόλοιπων αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, η δυναμική μεταβολή αυτών των δύο παραμέτρων είναι που καθιστά δυνατή την κίνηση του παρατηρητή με το όχημα και καθορίζει το βαθμό επίδοσης κατά την επιτέλεση του πρωταρχικού έργου της οδήγησης.

4.1 Η χωρική αντίληψη της διάταξης της οδού

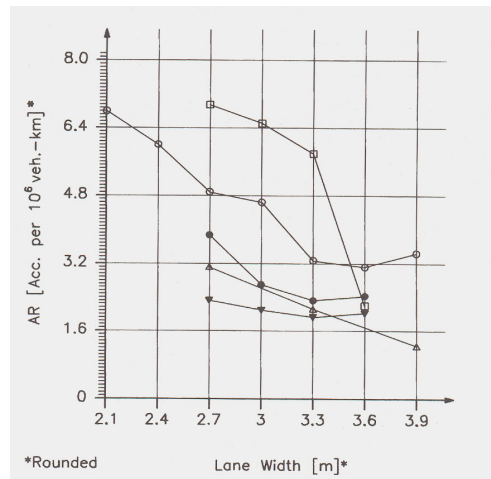
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του οχήματος, το εύρος του πεδίου ορατότητας του οδηγού (του πεδίου δηλαδή στο οποίο μπορεί να εστιάσει την προσοχή του) βαθμιαία μειώνεται, ενώ η απόσταση εστίασης βαθμιαία αυξάνεται. Εξαιτίας αυτών των μεταβολών, ο αποκαλούμενος «προβλεπτικός χώρος» του οδηγού προσδιορίζεται, για κάθε ταχύτητα, με βάση το εύρος του πεδίου ορατότητας του οδηγού και κυρίως της απόστασης εστίασης. Υποστηρίζεται ότι εντός του προβλεπτικού χώρου κάθε οδηγού υπάρχει ένα βέλτιστο όριο πυκνότητας των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος που δημιουργεί στον οδηγό την αίσθηση ασφάλειας ή βεβαιότητας (Lamm, Psarianos & Mailaender, 1999). Αν η πυκνότητα των αντικειμένων υπολείπεται αυτού του βέλτιστου ορίου (π.χ. μεγάλες ευθυγραμμίες σε ένα μονότονο «ανοιχτό» περιβάλλον), αυτό έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη υπερβολικής ταχύτητας ή/και τη μετάβαση στην κατάσταση ημι-υπνηλίας. Αν η πυκνότητα των αντικειμένων υπερβαίνει το βέλτιστο όριο, αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση του ψυχολογικού στρες του οδηγού (π.χ. αύξηση του νοητικού φόρτου), που συνδέεται με μεταβολές σε επίπεδο φυσιολογίας, όπως μείωση των καρδιακών παλμών, αύξηση της εφίδρωσης (De Waard et al., 1995).



Ταχύτητα	(χλμ./ώρα)	90	100	110	120
Εύρος πεδίου ορατότητας	(μοίρες)	25	20	16	12
Απόσταση εστίασης	(μέτρα)	500	600	700	750

Σχήμα 6: Μεταβολή του εύρους πεδίου ορατότητας οδηγού και της απόστασης εστίασης αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος ανάλογα με την ταχύτητα του οχήματος. Θεωρητικά, για κάθε ταχύτητα υπάρχει ένα βέλτιστο όριο πυκνότητας το οποίο προσδιορίζεται βάσει της απόστασης εστίασης, και μπορεί να επιτευχθεί διαμέσου του σχεδιασμού των οριζόντιων και κάθετων κλίσεων της οδού, έτσι ώστε το πεδίο θέασης του οδηγού να εκτείνεται έως τη μέγιστη απόσταση εστίασης [Πηγή: Lamm, Psarianos & Mailaender, 1999]

Προεκτείνοντας τον παραπάνω τρόπο προσέγγισης, λαμβάνοντας υπόψη τα εμπειρικά δεδομένα που προκύπτουν από τη συσχέτιση πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας και ρυθμού ατυχημάτων, παρατηρούμε ότι, εκτός από ένα βέλτιστο όριο πυκνότητας των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος κατά μήκος της απόστασης εστίασης του οδηγού, υπάρχει επίσης ένα βέλτιστο όριο στενότητας του πλάτους της λωρίδας κυκλοφορίας που επιτρέπει στον οδηγό να κινηθεί με ασφάλεια. Αυτό, τουλάχιστον, υποδεικνύεται από τη σχεδόν κατακόρυφη μείωση του ρυθμού ατυχημάτων όταν το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας υπερβαίνει τα 3,3μ., σε σχέση με τις οδούς όπου το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας είναι 2,7μ. (Σχήμα 7). Μια πιο ενδελεχής εξέταση, ωστόσο, των παραπάνω δεδομένων υποδεικνύει ότι τα δύο αυτά γεγονότα είναι αλληλένδετα μεταξύ τους. Καθώς όσο αυξάνεται η ταχύτητα και μειώνεται το εύρος του πεδίου ορατότητας, η αύξηση της απόστασης εστίασης έχει ως αποτέλεσμα ο έλεγχος της πλευρικής θέσης του οχήματος –σε σχέση με τα όρια της λωρίδας κυκλοφορίας– να μην επιτυγχάνεται μέσω της κεντρικής όρασης αλλά μέσω της περιφερειακής όρασης.



Σχήμα 7: Συσχέτιση πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας και ρυθμού ατυχημάτων σε αστικές οδούς διπλής κατεύθυνσης [Πηγή: Lamm, Psarianos & Mailaender, 1999].

Γνωρίζουμε, ωστόσο, ότι σε αυτή την περίπτωση ο οπτικός έλεγχος των ορίων της οδού είναι προϊόν μίας αδρής εκτίμησης, καθώς στην περιφερειακή όραση ο χωρικός διαχωρισμός μεταξύ των ορίων μιας διάταξης επιφανειών δεν είναι

ακριβής¹¹ (Shalev & Tsal, 2002). Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση της ταχύτητας ή η διατήρηση υψηλής ταχύτητας σε μια οδό προϋποθέτει την όσο δυνατόν μεγαλύτερη χωρική επάρκεια μεταξύ των πλευρικών ορίων της οδού, ώστε ο έλεγχος του οχήματος να μπορεί να επιτευχθεί μέσω της περιφερειακής όρασης. Το συμπέρασμα αυτό είναι απόλυτα συνεπές με τα αποτελέσματα που παρατίθενται στο Σχήμα 7. Στο βαθμό που το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας υπερβαίνει, κατά 1/3 περίπου, το πλάτος του οχήματος (περίπου 1,80 μ.), το πρόβλημα της χωρικής εκτίμησης των ορίων της λωρίδας κυκλοφορίας σε σχέση με τη νοερή εικόνα του οδηγού αναφορικά με τα όρια του οχήματός του, εξαλείφεται ανεξάρτητα από την ταχύτητα με την οποία κινείται το όχημα. Αντίθετα, όσο περισσότερο μειώνεται το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, το πρόβλημα της χωρικής εκτίμησης της πλευρικής θέσης του οχήματος σε σχέση με τα όρια της λωρίδας κυκλοφορίας εντείνεται.

Το ζητούμενο βέβαια στην τελευταία περίπτωση είναι η κατανόηση του τρόπου επίλυσης του προβλήματος της χωρικής εκτίμησης των ορίων της οδού σε σχέση με το περίγραμμα του οχήματος. Δύο κατηγορίες εμπειρικών δεδομένων είναι ιδιαίτερα χρήσιμες. Η πρώτη κατηγορία προέρχεται από τις καταγραφές της πλευρικής θέσης των οχημάτων σε ποικίλα οδικά περιβάλλοντα. Η δεύτερη κατηγορία προέρχεται από τις συγκριτικές μελέτες μεταξύ έμπειρων και άπειρων οδηγών όσον αφορά την αξιοποίηση των οπτικών πληροφοριών που προσλαμβάνονται μέσω της περιφερειακής όρασης για τη διατήρηση της πλευρικής θέσης του οχήματος.

Ειδικότερα, όσον αφορά την πρώτη κατηγορία δεδομένων, το βασικό εύρημα που προκύπτει από τη μετα-ανάλυση 65 πειραμάτων, που έχουν αναφερθεί στις ΗΠΑ και στην Ολλανδία (van Driel, Davidse & Maarseveen, 2004), σχετικά με την επίδραση των πλαϊνών διαγραμμίσεων, σε επαρχιακές οδούς διπλής κατεύθυνσης, είναι: η τάση σύγκλισης των οχημάτων προς το κέντρο της οδού, όταν το πλάτος αυτής είναι σχετικά μικρό (4-5μ.) ή το οδικό περιβάλλον «ανοιχτό», και αντίστροφα, η τάση

¹¹ Αυτό συμβαίνει διότι το μέγεθος των δεκτικών πεδίων στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς είναι της τάξεως των 0,01 χιλιοεκατοστών, ενώ το μέγεθος των δεκτικών πεδίων στην περιφερειακή όραση είναι 50 φορές μεγαλύτερο, της τάξεως των 0,5 χιλιοεκατοστών. Επίσης, δεκτικά πεδία ίδιου βαθμού εκκεντρικότητας (ίδιου δηλαδή βαθμού απόκλισης από το κεντρικό βοθρίο) δεν έχουν ίδιο μέγεθος (Sekuler & Blake, 1994). Αυτό έχει ως συνέπεια τα γαγγλιακά κύτταρα των δεκτικών πεδίων της περιφερειακής όρασης να αντιδρούν καλύτερα σε μεγάλου μεγέθους αντικείμενα και να προσλαμβάνουν πληροφορίες από πολύ μεγαλύτερες περιοχές του οπτικού περιβάλλοντος σε σχέση τα δεκτικά πεδία της κεντρικής όρασης.

σύγκλισης των οχημάτων προς το δεξί άκρο της οδού, όταν το έρεισμα της οδού είναι σχετικά φαρδύ (περίπου 50 εκ.) ή το οδικό περιβάλλον περιστοιχίζεται από κτίρια ή δέντρα. Και οι δύο αυτές τάσεις είναι μάλλον προβλέψιμες, αν λάβουμε υπόψη τους περιορισμούς που προαναφέρθηκαν όσον αφορά τη δυνατότητα χωρικού διαχωρισμού μεταξύ των ορίων μιας διάταξης επιφανειών μέσω της περιφερειακής όρασης και των περιορισμών που θέτει στον οδηγό το εσωτερικό περιβάλλον του οχήματος στην ορατότητα του εξωτερικού του περιγράμματος. Στην πρώτη περίπτωση, η ύπαρξη πλαϊνής διαγράμμισης –σχεδόν στο άκρο της οδού (10-30 εκ.)– σε μία οδό μικρού πλάτους έχει ως αποτέλεσμα την πλευρική μετατόπιση των οχημάτων προς το κέντρο της οδού, ως συνέπεια του γεγονότος ότι οι οδηγοί έχουν μεν επίγνωση των ορίων της οδού αλλά δυσκολία στον προσδιορισμό της πλευρικής θέσης του οχήματος σε σχέση με το δεξί άκρο της οδού. Στη δεύτερη περίπτωση, το μεγαλύτερο πλάτος της οδού ή η ύπαρξη μεγάλων αντικειμένων (π.χ. δέντρα, κτίρια) μειώνουν τη δυσκολία ελέγχου της πλευρικής θέσης του οχήματος μέσω της περιφερειακής όρασης, με αποτέλεσμα την πλευρική μετατόπιση του οχήματος προς το δεξί άκρο της οδού, είτε λόγω της μεγαλύτερης χωρικής επάρκειας που διασφαλίζει το σχετικά φαρδύ έρεισμα είτε λόγω της μικρότερης πλευρικής αναστολής μεταξύ των νευρώνων στις περιοχές γειτνίασης στο άκρο της οδού, καθιστώντας περισσότερο ευδιάκριτα στον οδηγό τα όρια της οδού (Sekuler & Blake, 1994).

Όσον αφορά τη δεύτερη κατηγορία δεδομένων, ένα συστηματικά αναφερόμενο εύρημα (Crundall & Underwood, 1998· Summala et al., 1996· Miura, 1990· Mourant & Rockwell, 1972) είναι ότι ο έλεγχος της πλευρικής θέσης του οχήματος επιτυγχάνεται στους έμπειρους οδηγούς μέσω της περιφερειακής όρασης, ενώ οι άπειροι οδηγοί φαίνεται ότι έχουν ανάγκη να εστιάζουν στα κοντινά (σε σχέση με το καπό του οχήματος) τμήματα της οδού και στην πλαϊνή γραμμή της λωρίδας κυκλοφορίας. Η επικρατούσα ερμηνεία είναι ότι οι οδηγοί μαθαίνουν με την εξάσκηση να προσλαμβάνουν πιο «χρηστικές» οπτικές όπως επίσης και κιναισθητικές πληροφορίες [π.χ. η πλευρική ταχύτητα του οχήματος μέσω οπτικής και απτικής ανατροφοδότησης (Smiley, Reid & Fraser, 1980)] σχετικά με τη πλευρική θέση του οχήματος, οι οποίες καθιστούν πιο εύκολη την αξιοποίηση των πληροφοριών που προέρχονται μέσω της περιφερειακής όρασης (Summala, 1998).

4.2 Η χωρική εκτίμηση του περιγράμματος του οχήματος

Ξεκινώντας από τους περιορισμούς που θέτει στον οδηγό το εσωτερικό περιβάλλον του οχήματος όσον αφορά την ορατότητα των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος, ο Groeger (2000) ανέφερε, σε σχέση με την επιμήκη ορατότητα, ότι η περιοχή απόκρυψης του τμήματος της οδού που εκτείνεται μπροστά ακριβώς από το όχημα μπορεί να κυμαίνεται από 12 μ. έως 16 μ., ανάλογα με το μήκος του καπό του οχήματος, με αποτέλεσμα, την παρεμπόδιση της ορατότητας ενός ανήλικου πεζού σε αυτή την περιοχή. Παρόμοια «τυφλά» σημεία υπάρχουν παραπλεύρως του οχήματος και πίσω από αυτό, τα οποία οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στις κολόνες του οχήματος. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι σύμφωνα με τους Mourant & Rockwell (1972) τα περισσότερα κυκλοφοριακά συμβάντα προκαλούνται στις περιοχές του οπτικού πεδίου του οδηγού οι οποίες αποκλίνουν κατά 30° παραπλεύρως της νοητής γραμμής του βλέμματος του οδηγού, που ουσιαστικά συμπίπτουν με τη θέση που συνήθως «κατέχουν» οι κολόνες του υαλοπίνακα. Επίσης, ο Treat (1980), βασιζόμενος στα αποτελέσματα της εμβριθούς μελέτης ατυχημάτων στην Indiana αναφορικά με τους αιτιακούς παράγοντες πρόκλησης ατυχημάτων εκτίμησε ότι τα δυνητικά περιθώρια μείωσης των τροχαίων ατυχημάτων μέσω της ελαχιστοποίησης των «τυφλών σημείων» μπορεί να κυμαίνονται από 0,5% έως 5,5% (Πίνακας 1).

	Βέβαιη μείωση (%)	Βέβαιη ή πιθανή μείωση (%)	Βέβαιη, πιθανή ή εφικτή μείωση (%)
Βελτιστοποίηση φανών πέδησης	0.5	5.0	8.8
Ελαχιστοποίηση των «τυφλών σημείων»	0.5	2.4	5.5
Αντιθαμβωτικά φώτα και παρμπρίζ	0	0.5	1.9
Βελτιστοποίηση φανών πορείας	0	0.2	1.7
Ταχεία αποπύκνωση παρμπρίζ	0	0.2	1.2

Πίνακας 1: Δυνητικά περιθώρια μείωσης των τροχαίων ατυχημάτων μέσω της βελτιστοποίησης του σχεδιασμού των οχημάτων όσον αφορά την ορατότητα/ευκρίνεια των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος [πηγή: Treat, 1980]

Πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι τα εκτιμώμενα οφέλη από τα μέτρα βελτιστοποίησης του σχεδιασμού των οχημάτων που αναφέρονται στον Πίνακας 1, προκύπτουν από τη συσχέτιση των μέτρων αυτών και τη συχνότητα πρόκλησης ατυχημάτων που οφείλονται στη μη-ορατότητα των αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος. Όμως, οι συνέπειες των περιορισμών που θέτει το εσωτερικό περιβάλλον του οχήματος δεν απορρέουν μόνο από τη μη ορατότητα των

αντικειμένων του οδικού περιβάλλοντος, αλλά και από τη μη ορατότητα των ορίων του περιγράμματος του ίδιου του οχήματος. Αυτό σημαίνει ότι ολόκληρος ο έλεγχος του οχήματος εξαρτάται από τη νοερή εικόνα που αναπτύσσει ο οδηγός σχετικά με το περίγραμμα του οχήματός του, βάσει της οποίας προβαίνει στη λήψη απόφασης για το είδος του ελιγμού που μπορεί να πραγματοποιήσει και τον καθορισμό κριτηρίων αξιολόγησης για τη σωστή επίτευξη των σχετικών έργων.

Αυτό υποδεικνύεται έμμεσα από τα αποτελέσματα της πρόσφατης μελέτης πεδίου ανάλυσης ατυχημάτων (Chipman et al., 2005) που διεξήχθη σε δύο πόλεις του Καναδά, στο Τορόντο και στο Μόντρεαλ, με στόχο τη διερεύνηση της συσχέτισης των γεωμετρικών-τεχνικών χαρακτηριστικών των οχημάτων και της πιθανότητας εμπλοκής τους σε νωτιαιο-πλαγιο-μετωπική σύγκρουση. Το βασικό εύρημα που προκύπτει είναι ότι ορισμένα γεωμετρικά-τεχνικά χαρακτηριστικά, όπως το ύψος, το πλάτος και ο κυβισμός του οχήματος σε σχέση με το βάρος του, αυξάνουν σημαντικά την πιθανότητα ενεργητικής εμπλοκής των οχημάτων σε νωτιαιο-πλαγιο-μετωπική σύγκρουση, ενώ, μειώνουν την πιθανότητα παθητικής εμπλοκής τους σε νωτιαιο-πλαγιο-μετωπική σύγκρουση. Όπως επισημαίνουν οι συγγραφείς, το εύρημα αυτό σχετίζεται, από τη μία πλευρά, με την προεξέχουσα θέση που κατέχουν τα υψηλότερα και ισχυρότερα σε κυβισμό οχήματα στο οπτικό πεδίο του οδηγού που ακολουθεί. Από την άλλη πλευρά, σχετίζεται με την επίδραση που ασκούν τα ίδια χαρακτηριστικά στη συμπεριφορά του οδηγού ο οποίος προσεγγίζει ένα προπορευόμενο όχημα. Για παράδειγμα, ένα όχημα μεγάλου κυβισμού (σε σχέση με το βάρος του) καθιστά πιο εύκολη στον οδηγό τη λήψη απόφασης για προσπέραση του προπορευόμενου οχήματος. Ταυτόχρονα, όμως, ένα όχημα μεγάλου κυβισμού και μεγάλων γεωμετρικών διαστάσεων καθιστά πιο δύσκολη για τον οδηγό τη χωρική εκτίμηση της θέσης του οχήματός του σε σχέση με το όχημα που προτίθεται να προσπεράσει κι αυτό, έχει ως συνέπεια την αύξηση της πιθανότητας ενεργητικής εμπλοκής αυτών των οχημάτων σε νωτιαιο-πλαγιο-μετωπική σύγκρουση.

4.3 Η χωρική εκτίμηση απόστασης από το προπορευόμενο

Από τις λίγες σχετικά έρευνες που αναφέρονται στο ζήτημα της επίδρασης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των οχημάτων στην εκτίμηση της απόστασης από το

προπορευόμενο όχημα, προκύπτουν δύο αμοιβαία αποκλειόμενες υποθέσεις. Σύμφωνα με την πρώτη υπόθεση η αντιληπτική εκτίμηση της απόστασης εξαρτάται αποκλειστικά από το *μέγεθος του οχήματος που ακολουθεί*, ενώ σύμφωνα με τη δεύτερη υπόθεση, η αντιληπτική εκτίμηση εξαρτάται αποκλειστικά από το *σχετικό μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος*.

Ειδικότερα, οι Evans & Rothery (1976) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της προβολής φωτογραφιών που απεικονίζουν την πίσω επιφάνεια του προπορευόμενου οχήματος ιδωμένης από τη θέση του οδηγού του ακολουθούντος οχήματος ανέφεραν το «απροσδόκητο» εύρημα ότι η εκτίμηση του διαστήματος μεταξύ των οχημάτων δεν επηρεάζεται από το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος αλλά από το μέγεθος του οχήματος από το οποίο έχουν «τραβηχτεί» οι φωτογραφίες.

Πιο συγκεκριμένα, το έργο των συμμετεχόντων ήταν να συγκρίνουν κατά πόσο η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα που απεικονιζόταν στη μία φωτογραφία ήταν μεγαλύτερο ή μικρότερο από το standard διάστημα (20μ) που απεικονιζόταν στο σταθερό ερέθισμα. Παρατηρήθηκε ότι ίσες αποστάσεις εκτιμώνται ως άνισες (μικρότερες) όταν η φωτογραφία έχει «τραβηχτεί» από μεγάλο όχημα και αντίστοιχα ίσες αποστάσεις εκτιμώνται ως μεγαλύτερες όταν η φωτογραφία έχει «τραβηχτεί» από μικρό όχημα. Επιπλέον, βασιζόμενοι στα ευρήματα μιας προηγούμενης μελέτης πεδίου (Herman, Lam & Rothery, 1973), σύμφωνα με την οποία οι οδηγοί μικρών οχημάτων τείνουν να ακολουθούν πιο κοντά τα προπορευόμενα οχήματα από ό,τι οι οδηγοί μεγάλων οχημάτων, η ερμηνεία που πρότειναν οι Evans & Rothery (1976) στο «απροσδόκητο» εύρημα της δικής τους έρευνας ήταν ότι *οι οδηγοί προβαίνουν στην εκτίμηση της απόστασης που χωρίζει το δικό τους όχημα από το προπορευόμενο χρησιμοποιώντας ως αντιληπτική ένδειξη απόστασης, την επιφάνεια του οδοστρώματος που «αποκαλύπτεται» πέρα από το καπό του οχήματός τους έως το προπορευόμενο όχημα*. Συνεπώς, στα μικρά οχήματα, επειδή το καπό είναι κατά κανόνα μικρό και συνήθως περισσότερο χαμηλωμένο σε σχέση με τα μεγάλα οχήματα, οι συμμετέχοντες τείνουν να υπερεκτιμούν την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, ενώ στα μεγάλα οχήματα τείνουν να υποεκτιμούν την απόσταση.

Σχεδόν δέκα χρόνια αργότερα, οι Eberts & MacMillan (1985) υποστήριξαν την ακριβώς αντίστροφη υπόθεση σχετικά με τα φαινόμενα υπερεκτίμησης ή υποεκτίμησης της απόστασης από τα προπορευόμενα οχήματα που αναφέρονται στη μελέτη πεδίου των Evans & Waslelewski (1983). Συγκεκριμένα, υποστήριξαν ότι *οι οδηγοί προβαίνουν στην εκτίμηση της απόστασης από τα προπορευόμενα οχήματα χρησιμοποιώντας ως αντιληπτική ένδειξη, το σχετικό μέγεθος των προπορευόμενων οχημάτων*. Με άλλα λόγια, οι οδηγοί υποθέτουν το μέγεθος των οχημάτων (βασιζόμενοι στην οπτική ένδειξη του οικείου ή τυπικού μεγέθους) και βάσει του εκτιμώμενου μεγέθους υπολογίζουν νοερά την απόσταση που χωρίζει το δικό τους όχημα από το προπορευόμενο λαμβάνοντας υπόψη την οπτική γωνία που υποτείνεται από το προπορευόμενο όχημα.

Για τη διερεύνηση αυτής της υπόθεσης χρησιμοποιήθηκε, επίσης, η μέθοδος της προβολής φωτογραφιών που είχαν «τραβηχτεί» από τη θέση του οδηγού του ακολουθούντος οχήματος και οι οποίες απεικόνιζαν 9 συνολικά οχήματα διαφορετικού μεγέθους, τα οποία βρίσκονταν σε διαφορετικές αποστάσεις από το όχημα που ακολουθεί, παράγοντας συνολικά 10 διαφορετικές γωνιαίες αποστάσεις για κάθε όχημα, που κυμαίνονταν από 2° έως 20°. Επίσης, ένα από τα εννέα οχήματα (το μικρότερο σε μέγεθος) ήταν άγνωστο στους συμμετέχοντες καθώς δεν είχε διατεθεί ακόμη στην αγορά. Παρατηρήθηκε ότι, σε όλες τις συνθήκες, η οπτική γωνία του προπορευόμενου οχήματος αποτελεί την πρωταρχική οπτική ένδειξη για την εκτίμηση της διαμήκους απόστασης. Ωστόσο ο βαθμός υπερεκτίμησης της απόστασης για τα μικρά οχήματα ή αντίστοιχα ο βαθμός υποεκτίμησης της απόστασης για τα μεγάλα οχήματα, δεν ήταν ανάλογος του γωνιαίου μεγέθους των οχημάτων, επειδή οι συμμετέχοντες προβαίνουν σε μία διόρθωση της προσλαμβανόμενης απόστασης βασιζόμενοι στην ένδειξη του σχετικού μεγέθους.

Με άλλα λόγια, οι συμμετέχοντες δε γνωρίζουν ακριβώς το μέγεθος των προπορευόμενων οχημάτων, άρα η ένδειξη *του οικείου μεγέθους* είχε μικρή επίδραση στην εκτίμηση της απόστασης (εξάλλου, δεν υπήρχε καμία διαφορά στην εκτίμηση της απόστασης από το «άγνωστο» μικρό όχημα σε σχέση με τα άλλα δύο «γνώριμα» οχήματα παρόμοιου μεγέθους), αλλά υποθέτουν ένα «μέσο» μέγεθος των οχημάτων, βάσει του οποίου διορθώνουν σε ένα βαθμό τις μεροληπτικές εκτιμήσεις στις οποίες θα προέβαιναν αν βασίζονταν μόνο στην ένδειξη της οπτικής γωνίας του

προπορευόμενου οχήματος. Ωστόσο, για να επιβεβαιωθεί η υπόθεση των Eberts & MacMillan (1985), θα έπρεπε οι εκτιμήσεις των συμμετεχόντων όσον αφορά την απόσταση από τα μεσαίου μεγέθους προπορευόμενα οχήματα να ήταν ακριβείς. Αυτό όμως όχι μόνο δεν υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα της δικής τους έρευνας αλλά και από τα αποτελέσματα μεταγενέστερων μελετών (Ben-Yaakov et al., 2002· Shinar & Schechtman, 2002· Taieb-Mainon & Shinar, 2001· Michael et al., 2000· Nilsson, 2000· McDonald et al., 1999) που δείχνουν ότι οι οδηγοί τείνουν να υπερεκτιμούν την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα με αποτέλεσμα την *τήρηση μικρών και δυνητικά επικίνδυνων χρονικών αποστάσεων κι αυτό φαίνεται να οφείλεται στην εσφαλμένη αντιληπτική εκτίμηση των οδηγών σχετικά με το πόσο απέχουν από το προπορευόμενο όχημα*. Όπως θα δειχθεί στη συνέχεια, οι δύο αυτές υποθέσεις δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενες μεταξύ τους, αλλά αντίθετα συμπληρωματικές. Ο λόγος είναι ότι κατά την επιτέλεση των έργων της ιχνηλάτησης οι αντιληπτικές εκτιμήσεις στις οποίες προβαίνουν οι οδηγοί, δεν είναι το αποκλειστικό προϊόν της επίδρασης μιας μεμονωμένης μεταβλητής. Αλλά, προϊόν της αλληλεπίδρασης της διάταξης των στοιχείων του οδικού περιβάλλοντος τα οποία μεταβάλλουν με δυναμικό τρόπο τη νοερή εικόνα που δομούν οι οδηγοί αναφορικά με τη χωρική επάρκεια των διαθέσιμων τμημάτων της οδού στα οποία μπορεί να κινηθεί το όχημά τους σε σχέση με τη νοερή εικόνα της χωρικής θέσης που καταλαμβάνει το όχημα σε σχέση με αυτά. Επειδή υπάρχει σύγκριση αυτών των δύο δυναμικά μεταβαλλόμενων παραμέτρων, οι συγκρίσεις αυτές είναι δυνατό να υπόκεινται σε εσφαλμένες εκτιμήσεις. Η κατεύθυνση των εσφαλμένων εκτιμήσεων είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με βάση την κατεύθυνση επίδρασης κάποιων γνωστών γεωμετρικών πλανών.

4.4 Η υπόθεση της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών στην επιτέλεση του έργου της ιχνηλάτησης

Η βασική υπόθεση που υποστηρίζεται στην παρούσα μελέτη είναι ότι όλα τα επιμέρους έργα που συμπεριλαμβάνονται στο έργο της ιχνηλάτησης (διατήρηση πλευρικής θέσης, ακολούθηση προπορευόμενου, προσέγγιση/αποφυγή εμποδίου) εξαρτώνται από το βαθμό επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου στο φαινομενικό μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής και, κατά περίπτωση, των γεωμετρικών πλανών της οριζοντίου και της καθέτου και των αντιπαραβαλλόμενων

πλαισίων, καθώς επίσης και τη στρατηγική επίλυσης που υιοθετούν οι οδηγοί για την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίησή τους.

4.4.1 Η ανάδυση των γεωμετρικών πλανών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από τη θέση οδήγησης οι εκτιμήσεις απόστασης αφορούν την προσλαμβανόμενη απόσταση ενός αντικειμένου του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος από τον οδηγό, ενώ ο έλεγχος μετακίνησης και η διατήρηση ασφαλούς απόστασης αφορά τον τρέχοντα ή μελλοντικό χρονικό διαχωρισμό του αντικειμένου του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος από το όχημα. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε λήψη απόφασης σχετικά με την τρέχουσα ή τη μελλοντική πορεία κίνησης του οχήματος έχει ως σημείο αναφοράς το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματος σε σχέση με τη θέση των υπόλοιπων αντικειμένων του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος.

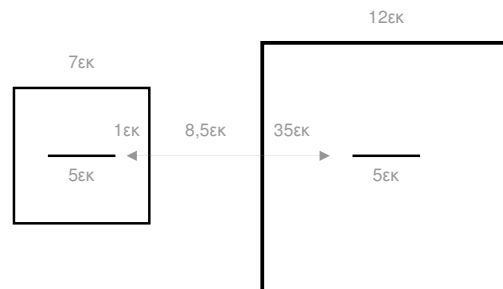
Ωστόσο, εφόσον τα όρια του εξωτερικού περιγράμματος του οχήματος δεν είναι ποτέ ορατά από τη θέση οδήγησης, λόγω των περιορισμών που θέτει στον οδηγό το εσωτερικό περιβάλλον του οχήματος, ο οπτικός έλεγχος της τρέχουσας θέσης που κατέχει το όχημα σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος δεν μπορεί να είναι προϊόν της οπτικής σύγκρισης του περιγράμματος του οχήματος και του διαθέσιμου τμήματος της οδού. Είναι προϊόν της νοερής εικόνας του οδηγού σχετικά με το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματός του βάσει της οποίας προσδιορίζεται η θέση που καταλαμβάνει το όχημα σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος. Συνεπώς, στο βαθμό που η νοερή εικόνα των οδηγών είναι εσφαλμένη, η αντιληπτική εκτίμηση της θέσης του οχήματος σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα υπόκειται στην επίδραση των γεωμετρικών πλανών, οι οποίες ανάλογα με το οδηγικό έργο που επιτελείται επηρεάζουν κάθε φορά διαφορετικές πτυχές της χωρικής αντίληψης.

4.4.2 Διατήρηση πλευρικής θέσης

Ξεκινώντας από το πιο στοιχειώδες οδηγικό έργο, τη διατήρηση της πλευρικής θέσης του οχήματος στο μέσο της οδού, το αντιληπτικό έργο που καλείται να επιτελέσει ο

οδηγός είναι να συγκρίνει το περίγραμμα του οχήματός του –σύμφωνα με τη νοερή του εικόνα όσον αφορά τα μη-ορατά τμήματα του οχήματος– σε σχέση με το διαθέσιμο τμήμα της οδού στο οποίο μπορεί να κινηθεί με ασφάλεια το όχημα. Το διαθέσιμο τμήμα της οδού, άσχετα από το πώς ορίζεται αυτό (π.χ. από τις διαγραμμίσεις της οδού, το ρείθρο του πεζοδρομίου, τους κώνους σε συνθήκες έκτακτης τροχοδρόμησης των οχημάτων ή τα σταθμευμένα οχήματα παραπλεύρως μιας οδού) συνιστά το **πλαίσιο** βάσει του οποίου γίνεται η χωρική εκτίμηση της επάρκειας της οδού παραπλεύρως του οχήματος, ώστε το τελευταίο να κινηθεί απρόσκοπτα.

Με τους όρους της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου στο φαινομενικό μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής, το **πλαίσιο** ορίζεται από το διαθέσιμο τμήμα της οδού, ενώ η **περιεχόμενη οριζόντια γραμμή** ορίζεται σύμφωνα με τη νοερή εικόνα του οδηγού σχετικά με το πλάτος του οχήματός του. Σύμφωνα με την επίδραση του πλαισίου στο φαινομενικό μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής (Σχήμα 8), όσο αυξάνεται το μέγεθος του πλαισίου το μήκος της οριζόντιας γραμμής υποεκτιμάται και αντίστοιχα, όσο μειώνεται το μέγεθος του πλαισίου το μήκος της οριζόντιας γραμμής υπερεκτιμάται (ενώ το μήκος γραμμής παραμένει σταθερό)



Σχήμα 8: Επίδραση του μεγέθους του πλαισίου στο φαινομενικό μήκος μιας γραμμής. Στο πείραμα του Kunnapas (1955b) χρησιμοποιήθηκαν τετράγωνα πέντε μεγεθών, ενώ το έργο των συμμετεχόντων ήταν να συγκρίνουν γραμμές με διαφορετικά μήκη που βρίσκονταν στο κέντρο ενός από αυτά τα τετράγωνα κάθε φορά με μια σταθερή γραμμή (5εκ.), η οποία ήταν τοποθετημένη σε τετράγωνο σταθερού μεγέθους (7 x 7 εκ.). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το φαινομενικό μήκος της περικλειόμενης από ένα τετράγωνο πλαίσιο γραμμής αποτελεί μια λογαριθμική συνάρτηση τόσο του εμβαδού όσο και της πλευράς αυτού του πλαισίου [Πηγή: Πετρουλάκη, 2004]

Μεταφέροντας τα παραπάνω στην περίπτωση της οδήγησης, το μήκος της οριζόντιας γραμμής (εφόσον βασίζεται στη νοερή εικόνα του οδηγού αναφορικά με τα μη ορατά τμήματα του οχήματός του) είναι σχετικά σταθερό σε κάθε οδηγό που

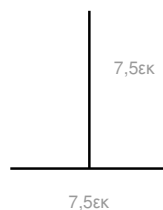
οδηγεί το ίδιο όχημα, ωστόσο, φαίνεται ότι επηρεάζεται σημαντικά από το μέγεθος του πλαισίου. Αυτό υποστηρίζεται από τα προαναφερόμενα ευρήματα, όπου η μείωση του πλάτους της οδού συνδέεται με αύξηση των ατυχημάτων, καθώς επίσης ότι το είδος της διαγράμμισης της οδού ή η δομή του περιβάλλοντος χώρου (π.χ. κτίρια, ανοιχτή οδός) επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά και την κατεύθυνση της πλευρικής μετατόπισης του οχήματος προς το δεξί ή το αριστερό άκρο της οδού.

4.4.3 Ακολουθήση προπορευόμενου

Προχωρώντας σε άλλα πιο σύνθετα οδηγικά έργα, όπως η ακολουθήση προπορευόμενου οχήματος ή η προσέγγιση εμποδίου, το **πλαίσιο** ορίζεται από το όχημα ή το προσεγγιζόμενο εμπόδιο. Η ουσιαστική διαφορά με το έργο της διατήρησης της πλευρικής θέσης συνίσταται στο γεγονός ότι ο οδηγός καλείται επιπλέον να εναρμονίσει τη διαμήκη πορεία του οχήματος, έτσι ώστε να διατηρήσει μια ασφαλή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα ή το εμπόδιο για την αποφυγή της επικείμενης σύγκρουσης. Συνεπώς, το κύριο αντιληπτικό έργο συνίσταται στην εκτίμηση της διαμήκους απόστασης. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εκτίμηση αυτή έχει ως σημείο αναφοράς τα μη-ορατά εξωτερικά όρια του περιγράμματος του οχήματος προκύπτει ότι: α) η εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής υπόκειται στην επίδραση του πλαισίου, ανάλογα με το μέγεθός του, όπως περιγράφεται παραπάνω, ενώ β) η εκτίμηση της διαμήκους απόστασης, υπόκειται στη επίδραση της γεωμετρικής πλάνης της οριζοντίου και της καθέτου.

Σύμφωνα με τη γεωμετρική πλάνη της οριζόντιας και της καθέτου, σε ένα σχήμα αντεστραμμένου T (Σχήμα 9), όπου η οριζόντια και η κάθετη γραμμή που το αποτελούν είναι μεταξύ τους ίσες, το μήκος της καθέτου φαίνεται ότι είναι μεγαλύτερο από εκείνο της οριζοντίου, περίπου κατά 10%. Το φαινόμενο αυτό αναφέρθηκε για πρώτη φορά από τον Fick το 1851. Σε μεταγενέστερες μελέτες, ο Kunnapas (1955a) χρησιμοποιώντας δύο σχήματα –ένα τύπου αντεστραμμένου T και ένα τύπου L– έδειξε ότι στην περίπτωση του σχήματος L, όπου εξαλείφεται η επίδραση η επίδραση της διχοτόμησης, η πλάνη μειώνεται, αλλά δεν εξαλείφεται, αφού η κάθετη γραμμή συνεχίζει να εκτιμάται έως 3-5% μεγαλύτερη της οριζόντιας γραμμής. Οι Avery & Day (1969) απέρριψαν την υπόθεση του Kunnapas (1955a) ότι

η πλάνη οφείλεται στο σχήμα του οπτικού πεδίου και οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι το φαινομενικό μήκος των γραμμών είναι μια συνάρτηση των μεσημβρινών του αμφιβληστροειδούς στους οποίους αντιστοιχούν αυτές οι γραμμές, ανεξάρτητα από το φυσικό ή το φαινομενικό προσανατολισμό των υπό εκτίμηση γραμμών σε σχέση με ένα εξωτερικό σημείο αναφοράς. Σύγχρονες έρευνες (Villard et al., 2005) δείχνουν ότι ο βαθμός υπερεκτίμησης της καθέτου είναι μικρότερος σε συνθήκες απώλειας βαρύτητας, επιβεβαιώνοντας ουσιαστικά τη σημασία των ιδεοδεκτικών πληροφοριών στην αντιληπτική εκτίμηση του μεγέθους και της απόστασης των αντικειμένων. Σε συνθήκες φυσικού περιβάλλοντος, ωστόσο, ο βαθμός της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης της οριζόντιας και της καθέτου στην υπερεκτίμηση του μήκους της καθέτου είναι σημαντικός (της τάξης 10%, περίπου), κι αυτό έχει ως συνέπεια, η αύξηση του μήκους της οριζόντιας γραμμής σε σχέση με το μήκος της καθέτου να συμβάλλει στη σχετική υποεκτίμηση της κάθετης γραμμής, ενώ, η μείωση του μήκους της οριζόντιας γραμμής σε σχέση με το μήκος της καθέτου να συμβάλλει στην ακόμα μεγαλύτερη υπερεκτίμηση της κάθετης γραμμής.



Σχήμα 9: Σε ένα σχήμα αντεστραμμένου Τ όπου η οριζόντια και η κάθετη γραμμή που το αποτελούν είναι μεταξύ τους ίσες, το φαινομενικό μήκος της καθέτου είναι κατά 10% περίπου μεγαλύτερο από εκείνο της οριζόντιας. Το φαινόμενο αυτό αναφέρθηκε για πρώτη φορά από τον Fick (1851), κι έχει επιβεβαιωθεί σε μεταγενέστερες μελέτες (Avery & Day, 1969· Kunnapas, 1955a) χρησιμοποιώντας ένα σύστημα συρόμενης ράβδου που επέτρεπε τη μεταβολή του μήκους κάθε γραμμής από 5 έως 10εκ., ενώ το σταθερό ερέθισμα ήταν μόνιμα προσαρμοσμένο στα 7,5εκ [Πηγή: Πετρουλάκη, 2004]

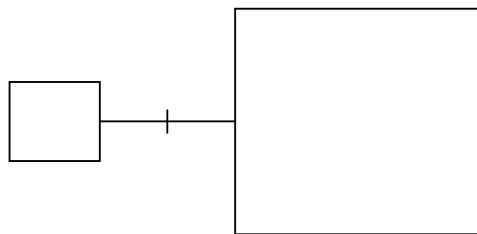
Μεταφέροντας τα παραπάνω στην περίπτωση της οδήγησης, η ακολούθηση ενός μικρού (σε πλάτος) οχήματος θα έχει ως αποτέλεσμα την υπερεκτίμηση της οριζόντιας γραμμής, λόγω της μείωσης του μεγέθους του πλαισίου, άρα, την υποεκτίμηση της κάθετης γραμμής (δηλαδή, της διαμήκους απόστασης από το προπορευόμενο όχημα), λόγω της γεωμετρικής πλάνης της οριζόντιας και της καθέτου. Επομένως, η απόσταση ακολούθησης από το προπορευόμενο όχημα θα αυξάνεται κατά την ακολούθηση ενός μικρούς (σε πλάτος) οχήματος σε σχέση με την περίπτωση ακολούθησης ενός μεγαλύτερου (σε πλάτος) οχήματος. Αντίστοιχα, η

προσέγγιση ενός πολύ στενού τμήματος της οδού (π.χ. απότομη στένωση της οδού λόγω εκτέλεσης έργων οδοποιίας ή προσέγγιση σταθμού διοδίων) θα έχει ως αποτέλεσμα την υπερεκτίμηση της οριζόντιας γραμμής, λόγω της μείωσης του μεγέθους του πλαισίου (το διαθέσιμο τμήμα της οδού) και, άρα, την υποεκτίμηση της κάθετης γραμμής (δηλαδή, της διαμήκους απόστασης από το εμπόδιο), λόγω της γεωμετρικής πλάνης της οριζόντιας και της καθέτου. Επομένως, όσο αυξάνεται η στένωση της οδού, η στιγμή έναρξης της πέδησης για την αποφυγή της επικείμενης σύγκρουσης θα συμβαίνει σε μεγαλύτερη απόσταση.

4.4.4 Προσπέραση οχήματος, αποφυγή εμποδίου

Τέλος, μία πιο σύνθετη περίπτωση διατήρησης της πλευρικής θέσης συνιστά η περίπτωση της καμπύλης τροχιάς που διαγράφει το όχημα κατά τον ελιγμό της προσπέρασης ενός προπορευόμενου οχήματος ή της αποφυγής ενός εμποδίου. Σε αυτή την περίπτωση, η πλευρική θέση του οχήματος εξαρτάται από την επίδραση του πλαισίου (το διαθέσιμο πλάτος της οδού στο οποίο μπορεί να κινηθεί το όχημα με ασφάλεια για την πραγματοποίηση του ελιγμού) όσον αφορά την εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής (το πλάτος του οχήματος). Ωστόσο, το προσλαμβανόμενο μέγεθος του πλαισίου υπόκειται στη επίδραση της γεωμετρικής πλάνης των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων.

Ειδικότερα, σύμφωνα με τη γεωμετρική πλάνη των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων (Σχήμα 10) δύο άνισα πλαίσια έχουν ως αποτέλεσμα τα ισομήκη τμήματα της οριζόντιας γραμμής που ενώνει τα δύο πλαίσια να φαίνονται ως άνισα (Luckiesh, 1965). Ουσιαστικά, η πλάνη των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων έχει κοινό υπόβαθρο με τη γεωμετρική πλάνη του πλαισίου, αν και το μέγεθος της επίδρασης των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων στην εκτίμηση του μήκους των δύο τμημάτων της οριζόντιας γραμμής είναι σαφώς μικρότερο. Όπως αναφέρει ο Luckiesh (1965), αυτό συμβαίνει διότι η θέση της μικρής κάθετης γραμμής που χωρίζει σε δύο ίσα τμήματα την οριζόντια γραμμή φαίνεται να «τρεμοπαίζει» λόγω της αντίθεσης φωτεινότητας των δύο τετραγώνων.



Σχήμα 10: Δύο άνισα πλαίσια έχουν ως αποτέλεσμα τα ισομήκη τμήματα της οριζόντιας γραμμής που ενώνει τα δύο πλαίσια να φαίνονται ως άνισα (Luckiesh, 1965).

Στην περίπτωση της προσπέρασης, το προσλαμβανόμενο μέγεθος του οχήματος ή του εμποδίου εξαιτίας του οποίου επιχειρείται ο ελιγμός θα επηρεάσει το προσλαμβανόμενο πλάτος του διαθέσιμου τμήματος της οδού, σε σχέση με το προσπερνόμενο όχημα, κι επομένως, το μέγεθος της πλευρικής μετατόπισης του οχήματος. Πρακτικά, αυτό συνεπάγεται ότι για τη διατήρηση της υποκειμενικά ίδιας πλευρικής απόστασης από ένα προσπερνόμενο όχημα, η πλευρική μετατόπιση του οχήματος θα αυξάνεται κατά την προσπέραση ενός μεγαλύτερου (σε πλάτος) προσπερνόμενου οχήματος και, αντίστοιχα, θα μειώνεται κατά την προσπέραση ενός μικρότερου (σε πλάτος) προσπερνόμενου οχήματος, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της γεωμετρικής πλάνης των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων και της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου.

4.5 Επίδραση των γεωμετρικών πλανών στην επιτέλεση κινητικών ενεργειών

Ένα συστηματικό εύρημα που έχει αναφερθεί στη μελέτη των γεωμετρικών πλανών σε τρισδιάστατο περιβάλλον είναι ότι ο βαθμός στρέβλωσης που προκαλούν οι γεωμετρικές πλάνες σε επίπεδο αντιληπτικών εκτιμήσεων δεν είναι ανάλογος του βαθμού στρέβλωσης που παρατηρείται σε επίπεδο κινητικών ενεργειών. Παρότι δεν υπάρχει μία καθολική ερμηνεία, οι σχετικές προτάσεις που έχουν διατυπωθεί για την ερμηνεία του φαινομένου της ελαχιστοποίησης της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών κατά την επιτέλεση των κινητικών ενεργειών παρατίθενται συνοπτικά στη συνέχεια. Πρέπει να τονιστεί ότι οι προτεινόμενες ερμηνείες βασίζονται σε πειραματικά ευρήματα τα οποία αφορούν τη μελέτη της επίδρασης κάποιων γνωστών γεωμετρικών πλανών στην επιτέλεση κινητικών έργων, όχι στην επιτέλεση οδηγικών έργων. Συνεπώς, η έμφαση δίνεται στις σχετικές ερμηνείες που έχουν

προταθεί παρά στα ευρήματα των μελετών, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του πιθανού αντίκτυπου της επίδρασης των γεωμετρικών πλάνων σε επίπεδο αντιληπτικών εκτιμήσεων και σε επίπεδο κινητικών ενεργειών κατά την επιτέλεση του πρωταρχικού έργου της οδήγησης, όπως υποστηρίζεται στην παρούσα έρευνα.

Σύμφωνα με την πρώτη ερμηνεία που έχει προταθεί, (Carey, 2001· Goodale & Milner, 1992) η μη συμμετρική επίδραση των γεωμετρικών πλάνων στην αντιληπτική εκτίμηση του μεγέθους και στην επιτέλεση κινητικών ενεργειών μπορεί να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα της ύπαρξης *δύο διακριτών οπτικών μονοπατιών υποστήριξης της αντίληψης και της δράσης*, σύμφωνα με την οποία, η αναγνώριση των αντικειμένων και ο έλεγχος της κίνησης βασίζονται στην επεξεργασία διαφορετικών εισιόντων που προσλαμβάνονται από δύο διακριτές οπτικές προβολές: την κοιλιακή προβολή, η οποία σχετίζεται με την αντίληψη των χαρακτηριστικών των αντικειμένων και τη ραχιαία προβολή, η οποία σχετίζεται με τον έλεγχο της κίνησης. Η υπόθεση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για την εκ των υστέρων ερμηνεία των σχετικών πειραματικών ευρημάτων (Otto-de Haart, Carey & Milne 1999· Gentilucci et al., 1996· Bridgeman, Kirch & Speling, 1981; Aglioti, DeSouza & Goodale, 1995) κυρίως σε σχέση με την επίδραση της γεωμετρικής πλάνης Ebbinghaus-Titchener. ουσιαστικά όμως δεν έχει ελεγχθεί πειραματικά, κυρίως λόγω μεθοδολογικών προβλημάτων.

Μια εναλλακτική ερμηνεία που έχει διατυπωθεί είναι η ερμηνεία της *κλιμακούμενης επίδρασης των αντιληπτικών εκτιμήσεων στο κινητικό έργο*, σύμφωνα με την οποία, τόσο το αντιληπτικό όσο και το κινητικό έργο βασίζονται σε μια κοινή οπτική αναπαράσταση, ωστόσο, το μέγεθος της επίδρασης στο κινητικό έργο κλιμακώνεται ανάλογα με το μέγεθος της επίδρασης στο αντιληπτικό έργο (Franz, 2001· Franz et al., 2000· Pavani et al., 1999). Αυτό σημαίνει ότι όσο μικρότερο είναι το μέγεθος της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης στο αντιληπτικό έργο τόσο περισσότερο δυσδιάκριτη θα είναι η επίδραση της γεωμετρικής πλάνης στο κινητικό έργο, ενώ όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης στο αντιληπτικό έργο τόσο περισσότερο εμφανής θα είναι η επίδρασή της και στο κινητικό έργο (Bartelt & Darling, 2002). Η βασική παραδοχή είναι ότι θα υπάρχει διαφορά ως προς το παραγόμενο αποτέλεσμα της επίδρασης των γεωμετρικών

πλανών στο αντιληπτικό έργο σε σχέση με το κινητικό έργο, ωστόσο, αυτό δεν επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών.

Οι Glover & Dixon (2002· 2001a) υποστήριξαν ότι η διαφορετική επίδραση των γεωμετρικών πλανών στην επιτέλεση του αντιληπτικού έναντι του κινητικού έργου είναι δυνατόν να ερμηνευτεί ως αποτέλεσμα της αξιοποίησης *διακριτών οπτικών αναπαραστάσεων στις φάσεις σχεδιασμού-εκτέλεσης* του κινητικού έργου και όχι ως αποτέλεσμα της ύπαρξης διακριτών οπτικών μονοπατιών που υποβοηθούν το αντιληπτικό και το κινητικό έργο, όπως προτείνεται στο μοντέλο αντίληψης-δράσης (Carey, 2001). Η βασική παραδοχή που εισάγεται σε αυτή την ερμηνευτική πρόταση είναι ότι οι κινήσεις περιλαμβάνουν, δύο στάδια: το στάδιο της *«αρχικής ώθησης»*, ή πιο απλά το στάδιο σχεδιασμού, και το στάδιο του *«τρέχοντος ελέγχου»*, ή πιο απλά το στάδιο εκτέλεσης. Οι Glover & Dixon (2002) υποστήριξαν ότι στο στάδιο σχεδιασμού, λαμβάνονται υπόψη όλα τα στοιχεία που συνθέτουν τη γεωμετρική πλάνη, ενώ στο στάδιο επιτέλεσης, λαμβάνονται υπόψη μόνο τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου-στόχου. Γι' αυτό η αρχικά εσφαλμένη εκτίμηση υπόκειται σε διορθώσεις κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του κινητικού έργου. Τα σχετικά ευρήματα επιβεβαιώνουν την ύπαρξη διαφοράς ως προς το μέγεθος της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών στα στάδια σχεδιασμού και επιτέλεσης του κινητικού έργου (Saling et al., 1998· Westwood et al., 2001· 2000a· Glover 2002· Glover & Dixon, 2001a· 2001b) ωστόσο, παραμένει αμφίβολο εάν αυτό οφείλεται στην ύπαρξη διακριτών οπτικών αναπαραστάσεων ή στη διαφορετική επίδραση που ασκούν τα διασπαστικά στοιχεία όσον αφορά τον εντοπισμό τους σε επίπεδο πρωταρχικού οπτικού φλοιού (Danckert et al., 2002).

Μία εντελώς διαφορετική ερμηνεία προκύπτει από την πρόταση της ύπαρξης *διαφορετικών πλαισίων αναφοράς που επιλέγουν οι συμμετέχοντες* για να προβούν στις σχετικές εκτιμήσεις (Bruno, 2001). Υποστηρίζεται ότι ο βαθμός επίδρασης των γεωμετρικών πλανών στο αντιληπτικό και στο κινητικό έργο εξαρτάται από το εάν η απόσταση του αντικειμένου-στόχου προσδιορίζεται με σημείο αναφοράς τον ίδιο το συμμετέχοντα ή το αντικείμενο. Στην πρώτη περίπτωση, οι εκτιμήσεις βασίζονται σε οπτικές πληροφορίες που εστιάζονται αποκλειστικά στο αντικείμενο-στόχο με αποτέλεσμα τη μείωση της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης ενώ, στη δεύτερη περίπτωση, περιλαμβάνονται υποχρεωτικά και τα διασπαστικά στοιχεία που

συνθέτουν τη γεωμετρική πλάνη με αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού επίδρασής της. Υποστήριξη στην παραπάνω πρόταση παρέχουν τα ευρήματα της έρευνας των Wraga et al. (2000) και van Dankelaar (1999), οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση της γεωμετρικής πλάνης Muller-Lyer και της γεωμετρικής πλάνης Ebbinghaus-Titchener, αντίστοιχα. Μία πιθανή ερμηνεία των παραπάνω αποτελεσμάτων (Bruno, 2001· Vishton et al., 1999) είναι ότι οι εκτιμήσεις που γίνονται με σημείο αναφοράς τον ίδιο το συμμετέχοντα βασίζονται σε οπτικές πληροφορίες που εστιάζονται αποκλειστικά στο αντικείμενο-στόχο και δε λαμβάνονται υπόψη τα «διασπαστικά» στοιχεία. Άρα οι συμμετέχοντες προβαίνουν σε *απόλυτη μέτρηση* του μεγέθους του αντικειμένου-στόχου. Αντίθετα, οι εκτιμήσεις που γίνονται με σημείο αναφοράς το αντικείμενο προσέγγισης περιλαμβάνουν υποχρεωτικά και τα «διασπαστικά» στοιχεία και αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι συμμετέχοντες να προβαίνουν σε *σχετική μέτρηση* του αντικειμένου-στόχου.

Τέλος, οι Smeets et al. (2002) και Smeets & Brenner (2001) υποστήριξαν ότι ο λόγος για τον οποίο αναφέρονται αντιφατικά ευρήματα σχετικά με την επίδραση των γεωμετρικών πλάνων στην επιτέλεση του αντιληπτικού έναντι του κινητικού έργου έχει να κάνει με την *a priori* παραδοχή ότι το κινητικό έργο (π.χ. το άνοιγμα μεταξύ δείκτη και αντίχειρα) εξαρτάται από την οπτική εκτίμηση του μεγέθους του αντικειμένου-στόχου. Στην πραγματικότητα, όμως, το μέγεθος είναι ένα μόνο χαρακτηριστικό της χωρικής αντίληψης που ενδεχομένως να επηρεάζεται από ορισμένες γεωμετρικές πλάνες. Επιπλέον, όλες οι γεωμετρικές πλάνες δεν επηρεάζουν με καθολικό τρόπο όλες τις πτυχές της χωρικής αντίληψης. Συνεπώς, ο λόγος για τον οποίο φαίνεται να υπάρχει διαφορετική επίδραση των γεωμετρικών πλάνων στο αντιληπτικό και στο κινητικό έργο σε ορισμένες γεωμετρικές πλάνες, οφείλεται στο γεγονός ότι τα έργα που καλούνται να επιτελέσουν οι συμμετέχοντες βασίζονται στη αντίληψη των χωρικών χαρακτηριστικών που επηρεάζουν οι συγκεκριμένες γεωμετρικές πλάνες.

Ουσιαστικά, η επισήμανση των Smeets et al. (2002) και Smeets & Brenner (2001) συνιστά περισσότερο μια μεθοδολογική επισήμανση για την ορθή αξιολόγηση των σχετικών ευρημάτων παρά μια νέα ερμηνευτική πρόταση. Συνεπώς, με εξαίρεση τις δύο πρώτες ερμηνευτικές προτάσεις οι οποίες δεν επιβεβαιώνονται πειραματικά, οι δύο επόμενες ερμηνευτικές προτάσεις, παρότι βασίζονται σε τελείως διαφορετικό

ερμηνευτικό υπόβαθρο, έχουν ένα κοινό σημείο. Εντοπίζουν την κύρια πηγή διαφοροποίησης ως προς το παραγόμενο αποτέλεσμα της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών στο αντιληπτικό και στο κινητικό έργο ανάλογα με το εάν οι συμμετέχοντες λαμβάνουν υπόψη τα διασπαστικά στοιχεία που συνθέτουν την πλάνη ή εστιάζονται αποκλειστικά και μόνο στα χαρακτηριστικά του αντικειμένου-στόχου.

Αυτό σημαίνει ότι και κατά την επιτέλεση των οδηγικών έργων είναι πιθανή η ελαχιστοποίηση της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών εάν οι εκτιμήσεις των οδηγών βασίζονται στα χαρακτηριστικά του αντικειμένου-στόχου σε σχέση με την επίδραση που θα αναμενόταν εάν λαμβάνονταν υπόψη τα διασπαστικά στοιχεία που συνθέτουν τη γεωμετρική πλάνη.

4.6 Μια νέα θεωρία οπτικής αντίληψης;

Η περιγραφή του πρωταρχικού έργου της οδήγησης ως ένα αντιληπτικό έργο χωρικής εκτίμησης το οποίο υπόκειται στις επιδράσεις των παραπάνω γεωμετρικών πλανών παρέχει ουσιαστικά τη δυνατότητα κατανόησης ενός τρόπου οργάνωσης των οπτικών ερεθισμάτων, ο οποίος είναι συμβατός με τα εμπειρικά δεδομένα όσον αφορά την οδηγική συμπεριφορά, και όχι μια νέα θεωρία οπτικής αντίληψης.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο θεωρητικός διάλογος μεταξύ των δύο κύριων σχολών σκέψης για την οπτική αντίληψη, δηλαδή, της Άμεσης Αντίληψης και της Κατασκευαστικής Αντίληψης, εστιάζεται στο ζήτημα του εάν η αντίληψη είναι προϊόν άμεσης πρόσληψης των πληροφοριών που περιέχονται στο οπτικό περιβάλλον ή είναι προϊόν επαγωγικών ερμηνευτικών υποθέσεων, όπου για την επαγωγή αυτή χρησιμοποιούνται και άλλες πληροφορίες όχι μόνο εκείνες που περιλαμβάνονται στο αμφιβληστροειδικό είδωλο. Ωστόσο, από την επισκόπηση των σχετικών ερευνών διαπιστώνουμε ότι, οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στο παραγόμενο μοντέλο οπτικής ροής (λόγω της κίνησης του παρατηρητή) ούτε επαρκούν για τον έλεγχο της μετακίνησης, ούτε επίσης, μπορούν να εξαχθούν άμεσα χωρίς δηλαδή τη διαμεσολάβηση νοητικών διεργασιών.

Η διαπίστωση αυτή έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης και την πεποίθηση ότι για κάθε οδηγικό έργο αντιστοιχεί μία και μόνο (κρίσιμη) οπτική πληροφορία, η οποία συνδέεται με την επιτέλεσή του.

Για παράδειγμα, στο ζήτημα του *προσδιορισμού του χρόνου έως τη σύγκρουση*, το γεγονός ότι ο εκτιμώμενος χρόνος δεν μπορεί να ερμηνευτεί αποκλειστικά και μόνο βάσει του ρυθμού αλλαγής του γωνιαίου μεγέθους που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή του παρατηρητή από το προσεγγιζόμενο αντικείμενο (δηλαδή, την οπτική μεταβλητή του) έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένων μελετών με σκοπό τη διερεύνηση άλλων κρίσιμων οπτικών πληροφοριών (π.χ. οπτικές ενδείξεις βάθους-απόστασης) που ενδεχομένως λαμβάνονται υπόψη. Από τις σχετικές έρευνες, ωστόσο, προκύπτει ότι καμία οπτική ένδειξη απόστασης (μεμονωμένα) δεν επηρεάζει με συστηματικό και καθολικό τρόπο τον εκτιμώμενο χρόνο έως τη σύγκρουση, αλλά αντίθετα, όσο αυξάνεται ο αριθμός των διαθέσιμων οπτικών ενδείξεων, όπως συμβαίνει στο φυσικό περιβάλλον, αυξάνεται ο βαθμός ορθότητας των εκτιμήσεων, διότι, παρέχεται η δυνατότητα αξιολόγησης των περισσότερων αξιόπιστων έναντι των λιγότερο αξιόπιστων οπτικών ενδείξεων. Εύρημα το οποίο υποδεικνύει ότι η σχέση μεταξύ των προσλαμβανόμενων οπτικών πληροφοριών και του εκτιμώμενου χρόνου έως τη σύγκρουση δεν είναι αιτιακή. Επιπλέον, από τις μελέτες πεδίου σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας έχει δειχθεί ότι στη διάρκεια προσέγγισης ενός προπορευόμενου οχήματος, οι οδηγοί επιλέγουν ουσιαστικά το βαθμό ετεροκαθορισμού της ταχύτητας του οχήματός τους, σε σχέση με την ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος, και άρα, οι οδηγοί ελέγχουν το βαθμό επίδρασης που ασκεί η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος στον τηρούμενο χρονικό διαχωρισμό ακολούθησης. Συνεπώς, η περιγραφή της διαδικασίας αποφυγής μιας επικείμενης σύγκρουσης ως ένα άθροισμα στιγμιαίων αντιδράσεων του παρατηρητή λόγω των μεταβολών των τιμών μίας οπτικής μεταβλητής είναι μάλλον «φτωχή» και αρκετά «μηχανιστική», δεδομένου ότι η προσπάθεια αποφυγής μιας επικείμενης σύγκρουσης δε συνιστά το αναπόφευκτο αποτέλεσμα της προσέγγισης και σίγουρα δεν αποτελεί ένα ξεχωριστό από τα υπόλοιπα έργα της ιχνηλάτησης οδηγικό καθήκον, με την έννοια ότι η λειτουργική ιδιότητα του χρόνου έως τη σύγκρουση δεν αφορά μόνο τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της πέδησης αλλά αφορά πρωτίστως το ρυθμό επιβράδυνσης που επιλέγουν οι οδηγοί για την

προσέγγιση ενός αντικείμενου κι αυτό είναι αλληλένδετο με τον έλεγχο της πορείας του οχήματός τους.

Αντίστοιχα, στο ζήτημα του προσδιορισμού της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή, η μη-επιβεβαίωση της δυνατότητας άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης μέσω του σημείου εξάπλωσης της οπτικής ροής, όταν η κατεύθυνση του βλέμματος του παρατηρητή αποκλίνει από αυτό, έχει οδηγήσει στο μάλλον παράδοξο συμπέρασμα ότι, ανάλογα με το αν πρόκειται για μετακίνηση του παρατηρητή σε ευθεία ή σε καμπύλη ή έστω αν πρόκειται για μετακίνηση σε ευθεία αλλά το βλέμμα του παρατηρητή δεν είναι προσηλωμένο στο σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής, η κάθε επιμέρους περίπτωση συνιστά ένα ξεχωριστό αντιληπτικό πρόβλημα, για την επίλυση του οποίου απαιτείται είτε η πρόσληψη διαφορετικής τάξης οπτικών μεταβλητών είτε/και η πρόσληψη διαφορετικών οπτικών πληροφοριών για την αποδόμηση των στοιχείων της περιστροφής και του προσανατολισμού στο μοντέλο ροής που παράγεται στον αμφιβληστροειδή του παρατηρητή. Το παράδοξο αυτό συμπέρασμα, ωστόσο, αμφισβητείται από τις σχετικές έρευνες που δείχνουν ότι η λήψη απόφασης για τη συμπερίληψη ή μη άλλων πληροφοριών (πέρα δηλαδή από τις οπτικές πληροφορίες οι οποίες είναι διαθέσιμες στην οπτική ροή, όπως η συμπερίληψη ιδεοδεκτικών πληροφοριών) εξαρτάται από την ερμηνευτική υπόθεση που εισάγουν οι παρατηρητές σχετικά με την τρισδιάστατη δομή του οπτικού περιβάλλοντος από το οποίο «προέρχεται» το δισδιάστατο αμφιβληστροειδικό είδωλο, καθώς επίσης και ότι η αύξηση του αριθμού των διαθέσιμων ενδείξεων βάθους-απόστασης συμβάλλει στην αύξηση της ορθότητας των εκτιμήσεων των παρατηρητών σχετικά με τη κατεύθυνση μετακίνησής τους.

Με άλλα λόγια, το κριτήριο διάκρισης των επιμέρους έργων της ιχνηλάτησης δε βασίζεται στον προσδιορισμό της λειτουργικής σημασίας ή/και αυτοτέλειας κάθε επιμέρους έργου στην επίτευξη του έργου της ιχνηλάτησης, αλλά σχετίζεται με τους περιορισμούς που θέτει η ανάλυση των «οικολογικών» ιδιοτήτων της ρέουσας οπτικής παράταξης (σύμφωνα με τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης), όσον αφορά τη δυνατότητα άμεσης πρόσληψης όλων των αναγκαίων οπτικών πληροφοριών μέσω της οπτικής ροής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η σύνθεση των επιμέρους έργων της ιχνηλάτησης να καθίσταται πρακτικά αδύνατη, διότι, αυτή η «τεχνητή» διάκριση

των επιμέρους έργων δεν είναι τίποτα περισσότερο παρά το προϊόν της προσπάθειας αναζήτησης post-hoc λύσεων προκειμένου να καλυφθούν τα κενά και οι αδυναμίες που διαπιστώνονται στις βασικές αρχές των θεωριών της άμεσης αντίληψης.

Σύμφωνα με την υπόθεση που υποστηρίζεται στην παρούσα μελέτη όλα τα επιμέρους οδηγικά έργα που συμπεριλαμβάνονται στο έργο της ιχνηλάτησης, μπορούν να περιγραφούν ως αντιληπτικά έργα χωρικής εκτίμησης των διαθέσιμων τμημάτων της οδού στα οποία μπορεί να κινηθεί το όχημα με ασφάλεια και της θέσης που καταλαμβάνει το όχημα επί της οδού σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, η προσπάθεια επίλυσης αυτού του διττού αντιληπτικού έργου χωρικής εκτίμησης είναι που υποκινεί την οπτική εξερεύνηση του οδικού περιβάλλοντος, καθώς επίσης και την οργάνωση των προσλαμβανομένων οπτικών πληροφοριών. Τα νέα σημαντικά ερωτήματα που ανακύπτουν για την κατανόηση του συνόλου του έργου της ιχνηλάτησης σχετίζονται με τα κριτήρια βάσει των οποίων οι παρατηρητές οργανώνουν τις προσλαμβανόμενες οπτικές πληροφορίες για τον προσδιορισμό των πιθανών μονοπατιών μετακίνησής τους και πώς προσαρμόζουν τους οδηγικούς ελιγμούς και εν γένει τον έλεγχο του οχήματός τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς του οδικού περιβάλλοντος.

Πρέπει να διευκρινίσουμε εδώ, ότι η παραπάνω περιγραφή αναφέρεται στο πρωταρχικό αντιληπτικό έργο που καλούνται να επιτελέσουν οι οδηγοί και όχι στο σύνολο των γνωστικών διεργασιών που εμπλέκονται για την επίτευξη του έργου της ιχνηλάτησης. Κι αυτό διότι, ο προσδιορισμός των πιθανών μονοπατιών μετακίνησης ή/και των οδηγικών χειρισμών που καλείται/προτίθεται να προβεί ένας οδηγός, δεν είναι ανεξάρτητος από τις προβλεπτικές εκτιμήσεις ή τα προβλεπτικά σχήματα που αναπτύσσουν οι οδηγοί σχετικά με την εξέλιξη των κυκλοφοριακών συμβάντων (Theeuwes, 1998· van Elslande & Faucher-Alberton, 1997· Theeuwes & Godthelp, 1995) όπως, για παράδειγμα η προβλεπτική εκτίμηση σχετικά με τη μελλοντική τροχιά κίνησης των υπολοίπων χρηστών της οδού (βάσει τυπικών ή άτυπων πληροφοριών) καθώς επίσης και την πιθανότητα εμφάνισης κρυμμένων ή στοχαστικών κινδύνων. Ωστόσο, σε οποιαδήποτε περίπτωση, δηλαδή, ακόμα και στην περίπτωση όπου ο προσδιορισμός των πιθανών μονοπατιών μετακίνησης επηρεάζεται από τους πιθανούς ή στοχαστικούς κινδύνους που «εγκυμονεί» το οδικό

περιβάλλον, η υλοποίηση του σχεδίου δράσης των οδηγών εξαρτάται από την ικανότητά τους να προβούν σε ορθή αντιληπτική εκτίμηση της χωρικής επάρκειας των διαθέσιμων τμημάτων της οδού σε σχέση με τα προσλαμβανόμενα όρια του περιγράμματος του οχήματός τους.

Συνεπώς, είναι χρήσιμο να διαχωρίσουμε τα δύο αυτά ζητήματα, με την έννοια ότι, η λήψη απόφασης σχετικά με το μονοπάτι μετακίνησης των οδηγών καθώς επίσης και τους οδηγικούς ελιγμούς είναι συνάρτηση περισσότερων γνωστικών διεργασιών (εξαρτάται κυρίως από το γνωστικό σχήμα των οδηγών σχετικά με την εξέλιξη των κυκλοφοριακών συμβάντων), ενώ η υλοποίηση του σχεδίου δράσης εξαρτάται αποκλειστικά από την ικανότητα επίλυσης του διττού αντιληπτικού έργου χωρικής εκτίμησης που θέτει το έργο της ιχνηλάτησης, δηλαδή την εκτίμηση της χωρικής επάρκειας των διαθέσιμων τμημάτων της οδού σε σχέση με την προσλαμβανόμενη θέση των μη ορατών τμημάτων του οχήματός τους.

4.7 Περίληψη

Σύμφωνα με την υπόθεση που υποστηρίζεται στην παρούσα μελέτη, το πρωταρχικό έργο της οδήγησης περιγράφεται ως ένα διττό αντιληπτικό έργο χωρικής εκτίμησης: α) των ορίων των διαθέσιμων τμημάτων της οδού στα οποία μπορεί να κινηθεί το όχημα με ασφάλεια, και β) της θέσης που καταλαμβάνει το όχημα του οδηγού σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος. Λόγω των περιορισμών που θέτει στον οδηγό το εσωτερικό περιβάλλον του οχήματος όσον αφορά την ορατότητα του εξωτερικού του περιγράμματος, υποστηρίζεται ότι, από τη θέση οδήγησης, η εκτίμηση της θέσης που καταλαμβάνει το όχημα σε σχέση με τα υπόλοιπα αντικείμενα του οδικού περιβάλλοντος βασίζεται στη νοερή εικόνα που αναπτύσσει ο οδηγός αναφορικά με τα μη-ορατά τμήματα του οχήματός του. Κατά συνέπεια, η χωρική εκτίμηση των διαθέσιμων τμημάτων της οδού στα οποία μπορεί να κινηθεί το όχημα με ασφάλεια υπόκειται στην επίδραση της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου για την υπονόηση του πλάτους του οχήματος και ανάλογα με το επιτελούμενο οδηγικό έργο (όπως ακολούθηση, προσπέραση) στις γεωμετρικές πλάνες της οριζόντιας-κάθετης γραμμής και των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων. Ένα συστηματικό εύρημα που έχει αναφερθεί στη μελέτη των γεωμετρικών πλάνων

σε τρισδιάστατο περιβάλλον είναι ότι ο βαθμός στρέβλωσης που προκαλούν οι γεωμετρικές πλάνες σε επίπεδο αντιληπτικών εκτιμήσεων δεν είναι ανάλογος του βαθμού στρέβλωσης που παρατηρείται σε επίπεδο κινητικών ενεργειών (Ellis, Flanagan & Lederman, 1999). Βάσει των ερμηνειών που έχουν προταθεί σχετικά με αυτό το φαινόμενο προκύπτει ότι και κατά την επιτέλεση των οδηγικών έργων είναι πιθανή η ελαχιστοποίηση της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών εάν οι εκτιμήσεις των οδηγών βασίζονται στα χαρακτηριστικά του αντικειμένου-στόχου σε σχέση με την επίδραση που θα αναμενόταν εάν λαμβάνονταν υπόψη τα διασπαστικά στοιχεία που συνθέτουν τη γεωμετρική πλάνη.

Κεφάλαιο 5:

Ερευνητικές υποθέσεις

Για τη διερεύνηση των «ανοιχτών» θεμάτων που προκύπτουν από τη σχετική βιβλιογραφία όσον αφορά τις αναγκαίες οπτικές πληροφορίες που υποκινούν την επιτέλεση των επιμέρους οδηγικών έργων, επιλέξαμε τρία οδηγικά έργα (ακολούθηση προπορευόμενου οχήματος, προσπέραση προπορευόμενου και διέλευση του οχήματος ανάμεσα από δύο στηλοθέτες) τα οποία οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να επιτελέσουν διαδοχικά στη διάρκεια της ίδιας δοκιμής. Για κάθε επιμέρους έργο προκύπτουν σύμφωνα με τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης οι ακόλουθες ερευνητικές υποθέσεις.

Ειδικότερα, για το οδηγικό έργο της **ακολούθησης** προπορευόμενου οχήματος, οι ερευνητικές υποθέσεις που εξετάζονται είναι οι εξής:

H₁: Σύμφωνα με τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης, εφόσον το συνολικό εμβαδόν της πίσω επιφάνειας των δύο προπορευόμενων οχημάτων είναι ίδιο καμία διαφορά δεν αναμένεται μεταξύ των δύο συνθηκών κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων, καθώς η πρόσληψη των χωρο-χρονικών οπτικών πληροφοριών εξαρτάται από το ρυθμό διαστολής του ειδώλου που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή από την πίσω επιφάνεια του προπορευόμενου οχήματος.

H₂: Στη συνθήκη υποβοήθησης αναμένεται ότι δεν θα υπάρχει διαφορά σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, ως προς τον τηρούμενο ΧΔ, εφόσον, οι προσλαμβανόμενες χωρο-χρονικές οπτικές πληροφορίες δε σχετίζονται με το μέσο μετακίνησης αλλά αποκλειστικά και μόνο με το ρυθμό διαστολής του ειδώλου που υποτείνεται από το προπορευόμενο όχημα, σύμφωνα με το μοντέλο του Lee (1976).

H₃: Σύμφωνα με τις θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης παρότι το συνολικό εμβαδόν της πίσω επιφάνειας των δύο προπορευόμενων οχημάτων είναι ίδιο, αναμένεται ότι θα υπάρχουν εντός-των-συνθηκών διαφορές ως προς τον τηρούμενο ΧΔ, οι οποίες οφείλονται στην αξιοποίηση της αντιληπτικής ένδειξης του οικείου μεγέθους, για την εκτίμηση της απόστασης από τα δύο προπορευόμενα οχήματα και άρα τον τηρούμενο ΧΔ. Σύμφωνα με την υπόθεση των Eberts & MacMillan, αναμένεται ότι το φαινομενικά μεγαλύτερο

προπορευόμενο όχημα θα εκτιμάται ότι βρίσκεται πιο κοντά, άρα ο τηρούμενος ΧΔ θα αυξάνεται, ενώ το φαινομενικά μικρότερο προπορευόμενο όχημα θα εκτιμάται ότι βρίσκεται πιο μακριά, άρα ο τηρούμενος ΧΔ θα μειώνεται.

H₄: Στη συνθήκη υποβοήθησης αναμένεται ότι θα υπάρχει διαφορά σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, ως προς τον τηρούμενο ΧΔ, λόγω της οπτικής υποβοήθησης που παρέχει η οριζόντια δοκός στην ορθή εκτίμηση των διαστάσεων του καπό.

Για το οδηγικό έργο της **προσπέρασης** του προπορευόμενου οχήματος, οι ερευνητικές υποθέσεις που εξετάζονται είναι οι έξης:

H₅: Σύμφωνα με τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης, εφόσον η αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης είναι άμεση μέσω του σημείου εξάπλωσης της οπτικής ροής, τότε καμία διαφορά δεν αναμένεται να υπάρχει μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών ως προς την πλευρική απόσταση του ερευνητικού οχήματος από το προσπερνόμενο, κατά τον ελιγμό της προσπέρασης.

H₆: Στη συνθήκη υποβοήθησης δεν αναμένεται να υπάρχει διαφορά σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, εφόσον η κατεύθυνση μετακίνησης και άρα η πλευρική απόσταση εξαρτάται αποκλειστικά από τις οπτικές πληροφορίες που προσλαμβάνουν οι οδηγοί από το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής και όχι από το μέσο μετακίνησης, το όχημα.

H₇: Σύμφωνα με τις θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης αναμένεται ότι θα υπάρχει διαφορά μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών ως προς την πλευρική απόσταση του ερευνητικού οχήματος από τα προσπερνόμενα οχήματα, λόγω της νοητικής διεργασίας που μεσολαβεί για τη χωρική εκτίμηση και την «οριοθέτηση» του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο μπορεί να κινηθεί το ερευνητικό όχημα κατά τον ελιγμό της προσπέρασης.

H₈: Στη συνθήκη υποβοήθησης αναμένεται ότι θα υπάρχει διαφορά σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου ανάλογα με το μέγεθος του προσπερνόμενου οχήματος. Στη συνθήκη ελέγχου το φαινομενικά μεγαλύτερο όχημα θα συμβάλλει στην αύξηση της πλευρικής μετατόπισης του ερευνητικού οχήματος προς το αριστερό άκρο της οδού, ενώ, στη συνθήκη υποβοήθησης, το βοήθημα παρέχει τη δυνατότητα στους οδηγούς να προβούν σε ορθότερη εκτίμηση της χωρικής επάρκειας του διαθέσιμου πλάτους της οδού σε σχέση με το ερευνητικό όχημα

και άρα στην υιοθέτηση μίας πιο κεντρικής πλευρικής θέσης (στο μέσο της αριστερής λωρίδας της οδού) κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων.

Τέλος, για το οδηγικό έργο της **διέλευσης του οχήματος ανάμεσα από δύο στηλοθέτες**, τα ερευνητικά ερωτήματα που εξετάζονται είναι τα εξής:

H₉: Σύμφωνα με τις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης, ο έλεγχος του ρυθμού επιβράδυνσης εξαρτάται από την άμεση πρόσληψη χωρο-χρονικών οπτικών πληροφοριών (την οπτική μεταβλητή ταυ και το χρονικό παράγωγο αυτής, την οπτική μεταβλητή ταυ-τελεία). Συνεπώς, εφόσον το διαθέσιμο πλάτος της οδού, όπως ορίζεται από τους δύο στηλοθέτες είναι σταθερό σε όλες τις συνθήκες, τότε η στιγμή έναρξης της μέγιστης επιβράδυνσης αναμένεται να συμβεί σε όλες τις συνθήκες όταν προσλαμβάνεται μία συγκεκριμένη, κρίσιμη τιμή της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία, ανεξαρτήτως της ταχύτητας του ερευνητικού οχήματος.

H₁₀: Στη συνθήκη υποβοήθησης δεν αναμένεται να υπάρχει διαφορά σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, εφόσον ο ρυθμός προσέγγισης εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από το ρυθμό διαστολής του ειδώλου που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή του οδηγού από τους δύο στηλοθέτες.

H₁₁: Σύμφωνα με τις θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης ο έλεγχος του ρυθμού επιβράδυνσης εξαρτάται από την πρόσληψη χωρικών ή χρονικών οπτικών πληροφοριών (π.χ. όπως απόσταση, χρονικός διαχωρισμός). Η πρόσληψη των πληροφοριών αυτών βασίζεται στην επεξεργασία ποικίλων αντιληπτικών ενδείξεων από το οδικό περιβάλλον, επομένως, αναμένεται ότι τουλάχιστον για κάθε συμμετέχοντα η στιγμή έναρξης της μέγιστης επιβράδυνσης θα σχετίζεται με μία κρίσιμη τιμή των χωρικών ή των χρονικών οπτικών πληροφοριών.

H₁₂: Στη συνθήκη υποβοήθησης αναμένεται ότι θα υπάρχει διαφορά σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, καθώς η ύπαρξη του βοηθήματος παρέχει στους οδηγούς τη δυνατότητα να προβούν σε ορθότερη εκτίμηση της απόστασης που απέχει το όχημα από τους στηλοθέτες κι επομένως σε ορθότερη επεξεργασία των χωρικών ή χρονικών πληροφοριών οι οποίες επηρεάζουν τον έλεγχο του ρυθμού επιβράδυνσης του οχήματος.

Κεφάλαιο 6: Έρευνα πιλότος

Στο διάστημα μεταξύ 20-27 Απριλίου 2005 και κατόπιν στο διάστημα 18-20 Μαΐου 2005, διεξήχθησαν δύο πιλοτικές έρευνες, στην ευθυγραμμία της οδού που οδηγεί στο μοναστήρι της Αγίας Αναστασίας, στα Βασιλικά Θεσσαλονίκης. Στα πλαίσια των δύο αυτών πιλοτικών ερευνών αναδείχθηκαν ορισμένες τεχνικές δυσκολίες, κυρίως όσον αφορά την καταγραφή των δεδομένων, οι οποίες αντιμετωπίστηκαν στο ενδιάμεσο διάστημα μέχρι τη διεξαγωγή της πειραματικής έρευνας (11-22 Ιουλίου 2005).

6.1 Συμμετέχοντες

Στην πρώτη πιλοτική έρευνα, 20-27 Απριλίου 2005, συνολικά, 12 συμμετέχοντες έλαβαν μέρος (9 άνδρες – 3 γυναίκες), ηλικίας από 19 έως 64 ετών (μ.ο. 34,2 έτη SD 11,4). Με εξαίρεση ένα συμμετέχοντα, όλοι οι υπόλοιποι συμμετέχοντες ήταν έμπειροι οδηγοί, πάνω από 6 έτη ενεργούς οδήγησης (μ.ο. 16 έτη SD 9,6) και πάνω από 10.000 οχηματοχιλιόμετρα ανά έτος, ενώ, κανένας από τους συμμετέχοντες δεν είχε οδηγήσει ποτέ το ερευνητικό όχημα.

Στη δεύτερη πιλοτική έρευνα, 18-20 Μαΐου 2005, συνολικά, 6 άρρενες συμμετέχοντες έλαβαν μέρος, ηλικίας από 24 έως 44 ετών (μ.ο. 29,8 έτη SD 7,5). Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν έμπειροι οδηγοί, πάνω από 5 έτη ενεργούς οδήγησης (μ.ο. 10,8 έτη SD 7,7) και πάνω από 20.000 οχηματοχιλιόμετρα ανά έτος, ενώ, κανένας από τους συμμετέχοντες δεν είχε οδηγήσει ποτέ το ερευνητικό όχημα. Όλοι οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος από αγγελία που δημοσιεύθηκε σε τοπικές εφημερίδες.

6.2 Προσδιορισμός και επίλυση τεχνικών προβλημάτων

Δύο βασικά προβλήματα που αναδείχθηκαν στη διάρκεια των δύο παραπάνω πιλοτικών ερευνών προέκυψαν αφορούσαν την καταγραφή της διαμήκους

απόστασης των αντικειμένων από το ερευνητικό όχημα στο τέλος της διαδρομής και την καταγραφή της πλευρικής θέσης του οχήματος σε σχέση με την κεντρική διαγράμμιση.

6.2.1 Προβλήματα καταγραφής της διαμήκους απόστασης

Ειδικότερα, στην αρχική σύλληψη του πειράματος, το πειραματικό έργο των συμμετεχόντων περιελάμβανε το οδηγικό έργο του *ελιγμού αποφυγής* ενός σταθερού εμποδίου (μία τριγωνική πινακίδα επισημάνσεως κινδύνου, ερυθρού χρώματος, 40εκ πλάτος κάθε πλευρά, η οποία απείχε 70εκ. από το δεξί άκρο της οδού), αντί της *διέλευσης* του οχήματος *δια μέσου δύο σταθερών εμποδίων*, το οποίο επιλέχθηκε κατόπιν. Το πρόβλημα που διαπιστώθηκε ήταν η μη-καταγραφή της διαμήκους απόστασης ανάμεσα στο ερευνητικό όχημα και το σταθερό εμπόδιο, πρόβλημα, το οποίο δεν ξεπεράστηκε ακόμα και όταν χρησιμοποιήθηκε ένα σταθμευμένο όχημα, το οποίο απείχε 1 μέτρο από το δεξί άκρο της οδού. Ο λόγος ήταν ότι το γωνιακό εύρος της οριζόντιας σάρωσης του ραντάρ ήταν πολύ μικρό, με σκοπό την αποφυγή εσφαλμένων καταγραφών επικείμενης σύγκρουσης (π.χ. περιπτώσεις σύγκρουσης με το προπορευόμενο όχημα εξαιτίας των σταθμευμένων οχημάτων), κι αυτό είχε ως αποτέλεσμα, την αδυναμία μέτρησης της διαμήκους απόστασης και όλων των βασιζόμενων σε αυτή τη μέτρηση μεταβλητών (π.χ. υπολογισμός χρονικού διαχωρισμού, τιμών οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία).

Πέρα από αυτό, η ύπαρξη του σταθμευμένου οχήματος επηρέασε αρνητικά την οδηγική συμπεριφορά τριών, τουλάχιστον, συμμετεχόντων. Πιο συγκεκριμένα, σε δύο περιπτώσεις, οι συμμετέχοντες ακύρωσαν την προσπέραση εξαιτίας του στοχαστικού κινδύνου μίας ενδεχόμενης εκκίνησης του σταθμευμένου οχήματος και εισόδου του στο ρεύμα κυκλοφορίας ή μίας ενδεχόμενης εξόδου του οδηγού από το όχημα. Σε μία άλλη περίπτωση, κι ενώ ο συμμετέχων είχε ήδη επιτελέσει σωστά το πειραματικό έργο τρεις φορές, συνέχισε να ακολουθεί το προπορευόμενο όχημα μέχρις ότου το τελευταίο προσέγγισε το σταθμευμένο όχημα και ο πειραματικός συνεργός, φυσικά, ακινητοποίησε το δικό του όχημα. Όταν ρωτήθηκε ο συμμετέχων για ποιο λόγο προέβη σε αυτή την ενέργεια, η απάντηση που έδωσε ήταν ότι ήθελε να δει εάν το προπορευόμενο όχημα θα προσπερνούσε το σταθμευμένο όχημα, έτσι

ώστε να δοκιμάσει να προσπεράσει ταυτόχρονα και τα δύο οχήματα...Σε μία οδό πλάτους 4,9 μέτρων! Εξαιτίας των παραπάνω περιστατικών, το έργο του ελιγμού αποφυγής εγκαταλείφθηκε οριστικά και επιλέχθηκε αντί αυτού, το έργο του περάσματος του οχήματος ανάμεσα από δύο σταθερά εμπόδια, στο τέλος της διαδρομής.

6.2.2 Προβλήματα καταγραφής της πλευρικής θέσης

Το δεύτερο πρόβλημα, αφορούσε την καταγραφή της πλευρικής θέσης του οχήματος σε σχέση με την κεντρική διαγράμμιση. Το συγκεκριμένο τμήμα της οδού στην οποία διεξήχθησαν τα πειράματα, φέρει μία διαχωριστική γραμμή στο κέντρο της οδού, η οποία είναι συμπαγής αρχικά και κατόπιν διακεκομμένη, υποδεικνύοντας στους οδηγούς τα αντίστοιχα σημεία στα οποία επιτρέπεται η προσπέραση. Ωστόσο, για την αξιολόγηση της επίδρασης της συσκευής υποβοήθησης εκτίμησης των ορίων του εμπρόσθιου τμήματος του οχήματος σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου, μία πολύ κρίσιμη πληροφορία κατά τον ελιγμό της προσπέρασης απορρέει από τη μέτρηση της πλευρικής μετατόπισης του οχήματος προς τα αριστερά της οδού. Ωστόσο, η χρονική στιγμή που επιτυγχάνεται η μέγιστη πλευρική μετατόπιση ποικίλει κάθε φορά, ανάλογα με τη στιγμή που επιλέγει ο κάθε συμμετέχων να πραγματοποιήσει τον ελιγμό της προσπέρασης.

Συνεπώς, ήταν αναγκαία η συνεχής καταγραφή της πλευρικής θέσης του οχήματος σε όλο το μήκος της διαδρομής, κι αυτό δεν ήταν εφικτό λόγω της διακεκομμένης διαγράμμισης. Το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε χρησιμοποιώντας ειδικές αυτοκόλλητες ταινίες λευκού χρώματος, πλάτους 12 εκ., οι οποίες κολλήθηκαν στην άσφαλτο, στα κενά μεταξύ των διακεκομμένων γραμμών, διασφαλίζοντας κατά αυτό τον τρόπο τη δυνητικά συνεχόμενη καταγραφή της πλευρικής θέσης του οχήματος σε όλο το μήκος της πειραματικής διαδρομής. Αναφέρουμε τη λέξη δυνητικά, καθώς ένας βασικός περιορισμός που απορρέει από το σχεδιασμό του λογισμικού συστήματος για τον αισθητήρα εντοπισμού λωρίδων, είναι ότι το κριτήριο για την ενεργοποίηση καταγραφής της πλευρικής θέσης του οχήματος είναι το όχημα να έχει αναπτύξει ταχύτητα άνω των 50χλμ./ώρα. Επειδή το σύστημα αυτό έχει σχεδιαστεί με σκοπό την προειδοποίηση του οδηγού σε

περίπτωση παρέκκλισης του οχήματος από τη λωρίδα κυκλοφορίας, το παραπάνω κριτήριο έχει νόημα διότι περιορίζει την πιθανότητα παροχής εσφαλμένων προειδοποιήσεων όταν ο οδηγός κινείται σε αστικές οδούς. Στην προκειμένη περίπτωση, ωστόσο, οι ταχύτητες που ανέπτυσαν οι οδηγοί σε αρκετές περιπτώσεις στη φάση ακολούθησης και κυρίως στη φάση προσέγγισης εμποδίου (στα τελευταία μέτρα πριν την έλευση του οχήματος από τους στηλοθέτες) ήταν μικρότερη των 50χλμ./ώρα, κι αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αδυναμία αξιοποίησης αυτής της μέτρησης στις φάσεις ακολούθησης και προσέγγισης εμποδίου. Ουσιαστικά, η μέτρηση της πλευρικής θέσης του οχήματος ήταν δυνατό να αξιοποιηθεί μόνο στη φάση προσπέρασης.

Κεφάλαιο 7:

Μέθοδος

Στο πείραμα που διεξήχθη χρησιμοποιήθηκε 2x2 παραγοντικό σχέδιο, εντός-των-ομάδων ($2 \times 2 = 4$ συνθήκες). Οι δύο ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες εξετάστηκαν ήταν το **μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος** με δύο τιμές (μικρό, μεγάλο), και η **υποβοήθηση εκτίμησης των ορίων** του εμπρόσθιου τμήματος του οχήματος, μέσω της οριζόντιας δοκού –η οποία ήταν τοποθετημένη στο εμπρόσθιο άκρο του οχήματος– επίσης, με δύο τιμές: *υποβοήθηση εκτίμησης* του περιγράμματος του οχήματος (μήκος οριζόντιας δοκού ίσο με το πλάτος του καπό του οχήματος από φτερό σε φτερό), *χωρίς υποβοήθηση* (συνθήκη ελέγχου).

ΑΜ: μέγεθος προπορευόμενου	ΑΜ: υποβοήθηση εκτίμησης των ορίων του οχήματος	
	Επίπεδο 1: Οπτική υποβοήθηση (οριζόντια δοκός)	Επίπεδο 2: Χωρίς υποβοήθηση (συνθήκη ελέγχου)
Επίπεδο 1: Μικρό	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2
Επίπεδο 2: Μεγάλο	Συνθήκη 3	Συνθήκη 4

Πίνακας 2: Πειραματικό σχέδιο.

Οι εξαρτημένες μεταβλητές οι οποίες μετρήθηκαν ήταν ο *χρονικός διαχωρισμός* του οχήματος από το προπορευόμενο όχημα ή το προσεγγιζόμενο εμπόδιο (δευτερόλεπτα), η *πλευρική θέση* του οχήματος σε σχέση με την κεντρική διαχωριστική γραμμή (μέτρα), η *ταχύτητα* (χιλιόμετρα ανά ώρα), ο *ρυθμός επιβράδυνσης* του οχήματος (μέτρα ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο) και οι *τιμές της οπτικής μεταβλητής ταν-τελεία* κατά την προσέγγιση των στηλοθετών. Οι τρεις πρώτες μεταβλητές (χρονικός διαχωρισμός, πλευρική θέση και ταχύτητα) υπολογίζονταν σε πραγματικό χρόνο από το λογισμικό πρόγραμμα του ερευνητικού οχήματος, ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές υπολογίστηκαν εκ των υστέρων, βάσει των μετρήσεων της διαμήκους απόστασης των αντικειμένων από το όχημα (μέτρα), και της ταχύτητας του οχήματος (χιλιόμετρα ανά ώρα). Κάθε συμμετέχων έλαβε μέρος και στις τέσσερις πειραματικές συνθήκες. Η σειρά παρουσίασης των συνθηκών παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ι.

7.1 Συμμετέχοντες

Συνολικά, 6 συμμετέχοντες (4 γυναίκες – 2 άνδρες), ηλικίας από 26 έως 35 ετών (μ.ο. 30,5 έτη SD 3,1) έλαβαν μέρος στο πείραμα. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν έμπειροι οδηγοί, πάνω από 3 έτη ενεργούς οδήγησης (μ.ο. 10 έτη SD 5,5) και πάνω από 10.000 οχηματοχιλιόμετρα ανά έτος, ενώ, κανένας από τους συμμετέχοντες δεν είχε οδηγήσει ποτέ το ερευνητικό όχημα. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων σε σχέση με το βαθμό ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του ερευνητικού οχήματος από τη θέση οδήγησης, δίνεται λεπτομερής περιγραφή στο Παράρτημα Ι. Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος από αγγελία που δημοσιεύθηκε σε τοπικές εφημερίδες και έλαβαν το ποσό των 30 ευρώ για τη συμμετοχή τους.

7.2 Πειραματικό υλικό και εξοπλισμός

Το ερευνητικό όχημα του Ινστιτούτου Μεταφορών του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (Lancia Thesis, 2.4 Emblema), το οποίο στη συνέχεια θα αναφέρεται ως ερευνητικό όχημα (Εικόνα 1), οδηγήθηκε από τους συμμετέχοντες, ενώ, δύο οχήματα ίδιου χρώματος αλλά διαφορετικών διαστάσεων (Renault Laguna: 4,576 μήκος x 1,750 πλάτος, Toyota Prius: 4,315 μήκος x 1,695 πλάτος), χρησιμοποιήθηκαν ως προπορευόμενα οχήματα, τα οποία οδηγήθηκαν από τον ίδιο πειραματικό συνεργό.



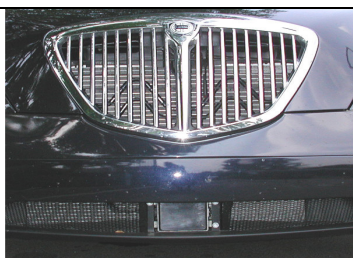
Εικόνα 1: Το ερευνητικό όχημα του Ινστιτούτου Μεταφορών / Ε.Κ.Ε.Τ.Α. (Lancia Thesis, 2.4).

7.2.1 Εξοπλισμός ερευνητικού οχήματος

Όσον αφορά τον εξοπλισμό του ερευνητικού οχήματος (Εικόνα 2), το ερευνητικό όχημα ήταν εξοπλισμένο: με ένα ραντάρ, τοποθετημένο στο κέντρο της μάσκας του οχήματος για την μέτρηση της διαμήκης απόστασης των αντικειμένων από το όχημα, και μία κάμερα, τοποθετημένη πίσω από τον κεντρικό καθρέπτη, για τη μέτρηση της πλευρικής θέσης του οχήματος από την κεντρική διαχωριστική γραμμή.

Οι πληροφορίες αυτές, προερχόμενες από τον αισθητήρα ραντάρ και τον αισθητήρα εντοπισμού λωρίδων, καθώς επίσης, οι προερχόμενες πληροφορίες από τους υπόλοιπους αισθητήρες του οχήματος (καταγραφή της ταχύτητας, της στιγμής πέδησης και της πίεσης που ασκείται στα φρένα, της ενεργοποίησης των δεικτών κατεύθυνσης (φλας) και της γωνίας στρέψης του τιμονιού), καταγράφονταν αυτόματα στο βιομηχανικό υπολογιστή LOG_PC του οχήματος, με ρυθμό καταγραφής 10Hz (0.1 δευτερόλεπτα). Λόγω της ταυτόχρονης λήψης των δεδομένων από όλους τους αισθητήρες του οχήματος στη μονάδα LOG_PC, παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (π.χ. αυτόματος υπολογισμός χρονικού διαχωρισμού) και η καταγραφή τους με τη μορφή χρονοσειράς. Η αποθήκευση των δεδομένων είναι σε μορφή αρχείου txt.

Εμπρόσθιος Ραδιοεντοπιστής (Αισθητήρας ραντάρ)



Ο αισθητήρας ραντάρ είναι ένας ανιχνευτής που μπορεί να εντοπίσει τη θέση των εμποδίων που βρίσκονται μπροστά από το όχημα. Μέσω του εμπρόσθιου ραντάρ επιτυγχάνεται η συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με το προπορευόμενο όχημα (απόσταση, σχετική ταχύτητα). Οι πληροφορίες αυτές είναι διαθέσιμες στο δίκτυο του δίαυλου ελεγχόμενης περιοχής (CAN bus).

Κατασκευαστής: FUJITSU TEN

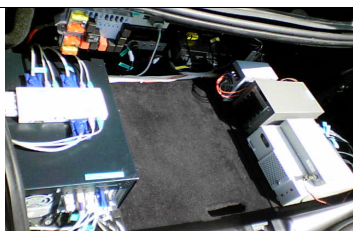
Σύστημα Εντοπισμού Λωρίδων και Προειδοποίησης για Έξοδο από τη Λωρίδα



Τα κύρια μέρη του συστήματος είναι μια κάμερα (τεχνολογίας CCD) και μια μονάδα επεξεργασίας. Το σύστημα επεξεργάζεται ένα βασικό σήμα εικόνας (βίντεο, από την κάμερα) ώστε να αναγνωρίζει τα όρια των λωρίδων και το πλάτος της λωρίδας. Βάσει αυτών των δεδομένων προβαίνει στον υπολογισμό της θέσης και του προσανατολισμού του οχήματος σε σχέση με τα όρια αυτά.

Κατασκευαστής: CRF (Κέντρο Ερευνών FIAT)

Βιομηχανικός υπολογιστής (LOG_PC)



Η μονάδα αυτή λαμβάνει εισαγωγή δεδομένων από όλους τους αισθητήρες (αισθητήρες οχήματος, αισθητήρας ραντάρ, αισθητήρας εντοπισμού λωρίδων, εντοπισμός GPS), τα επεξεργάζεται, τα αποθηκεύει και προβάλλει όλα τα δεδομένα με ειδικό πρόγραμμα για τον χρήστη, από τη CRF.

Κατασκευαστής: CONTRADATA / ICP

Οθόνη παρακολούθησης λειτουργιών οδηγού



LCD οθόνη TANGO 17"

Η οθόνη αυτή συνδέεται με την έξοδο βίντεο του LOG_PC. Η χρήση απευθύνεται κυρίως στην προβολή του προγράμματος για έλεγχο από τον αρχηγό της έρευνας. Η πειραματική κονσόλα περιλαμβάνει πληκτρολόγια και πλήκτρα αφής.

Κατασκευαστής: McPherson

Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου και επικοινωνίας



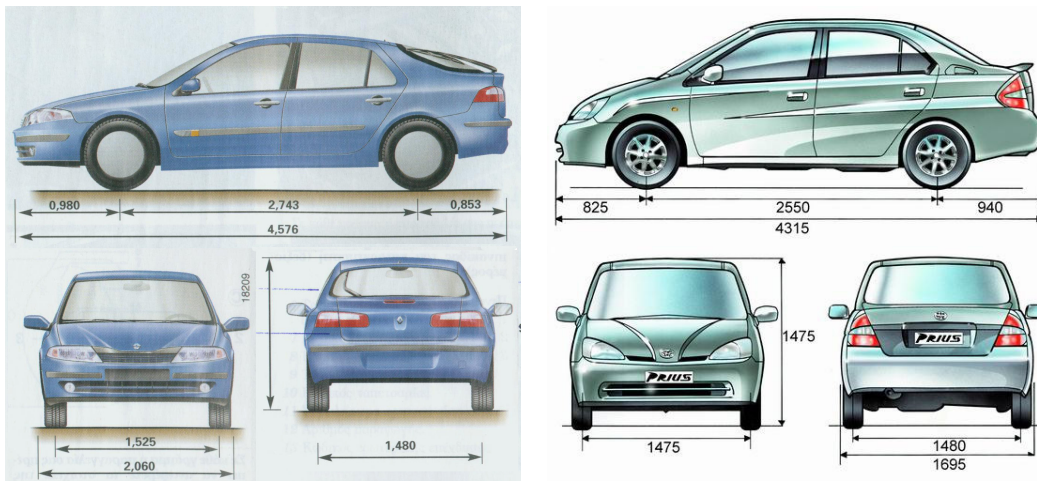
Τα κύρια μέρη του υποσυστήματος είναι: μια Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου και ένα επιπλέον ηλεκτρονικό κουτί για επικοινωνία με τον οδηγό. Το υποσύστημα παρέχει πολλές λειτουργίες, όπως διαχείριση ενέργειας για όλα τα άλλα υποσυστήματα, ανάγνωση δεδομένων από το βασικό ηλεκτρονικό κύκλωμα (CAN-bus) του οχήματος, διαχείριση των δεδομένων του οχήματος.

Κατασκευαστής: CRF (Κέντρο Ερευνών FIAT)

Εικόνα 2: Εξοπλισμός ερευνητικού οχήματος.

7.2.2 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά προπορευόμενων οχημάτων

Σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δύο οχημάτων που χρησιμοποιήθηκαν ως προπορευόμενα οχήματα (Εικόνα 3), από τη σύγκριση των διαστάσεων τους (Πίνακας 3) προκύπτει ότι, με βάση τις συνολικές τους διαστάσεις (μήκος x πλάτος) το εμβαδόν επιφάνειας που καλύπτει στο οδόστρωμα το Laguna είναι κατά 1m^2 μεγαλύτερο του Prius.



Εικόνα 3: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δύο οχημάτων που χρησιμοποιήθηκαν ως προπορευόμενα οχήματα (αριστερά: Renault Laguna 1.6, δεξιά: Toyota Prius 1.6).

Ωστόσο, αυτό που έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διεξαγωγή των οδηγικών έργων της ακολουθίας και της προσπέρασης του προπορευόμενου οχήματος, είναι το γωνιαίο μέγεθος της πίσω επιφάνειας των δύο οχημάτων, δηλαδή η οπτική γωνία που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή των οδηγών. Από αυτή την άποψη, του γωνιαίου μεγέθους της πίσω επιφάνειας των δύο οχημάτων, προκύπτει ότι το συνολικό εμβαδόν της πίσω επιφάνειας στα δύο οχήματα (πλάτος x ύψος) είναι ακριβώς ίδιο. Ελάχιστες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται όσον αφορά το εμβαδόν της πίσω μεταλλικής επιφάνειας των δύο οχημάτων (πίσω προφυλακτήρας και μεταλλική επιφάνεια πορτ-μπαγκάζ) και το εμβαδόν των πίσω φανών των δύο οχημάτων, λόγω του ότι το Prius είναι ελάχιστα υψηλότερο ενώ το Laguna ελάχιστα πλατύτερο.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Renault Laguna				Toyota Prius			
	πλάτος (μ)		μήκος (μ)		πλάτος (μ)		μήκος (μ)	
Συνολικό εμβαδόν οχημάτων	1,750	x	4,576	= 8,008m ²	1,695	x	4,315	= 7,314m ²
	πλάτος (μ)		ύψος (μ)		πλάτος (μ)		ύψος (μ)	
Συνολικό εμβαδόν πίσω επιφάνειας οχημάτων	1,750	x	1,429	= 2,501m ²	1,695	x	1,475	= 2,500m ²
Εμβαδόν πίσω μεταλλικής επιφάνειας οχημάτων	1,520	x	0,734	= 1,116m ²	1,484	x	0,760	= 1,128m ²
Εμβαδόν πίσω φανών	0,46	x	0,13	= 0,06m ²	0,15	x	0,27	= 0,04m ²

Πίνακας 3: Σύγκριση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δύο προπορευόμενων οχημάτων.

Συνεπώς, από την άποψη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δύο οχημάτων, το Laguna καλύπτει μεγαλύτερο εμβαδόν επιφάνειας στο οδόστρωμα σε σχέση με το Prius, ωστόσο, κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων, το γωνιαίο μέγεθος που καταλαμβάνει στο οπτικό πεδίο των οδηγών η πίσω επιφάνειά τους είναι παρόμοιο.

7.2.3 Συσσκευή υποβοήθησης εκτίμησης των ορίων του οχήματος

Η «συσσκευή» για την υποβοήθηση της εκτίμησης των ορίων του εμπρόσθιου τμήματος του οχήματος, είναι μία μεταλλική συσκευή η οποία είναι σχεδιασμένη ώστε να τοποθετείται και να απομακρύνεται από το όχημα σε ελάχιστο χρόνο (περίπου 1') χωρίς να απαιτείται κάποια μετατροπή του οχήματος (Εικόνα 4).

Η συσκευή αποτελείται από τρία μέρη:

1. Τη *βάση στήριξης*, μία μεταλλική πλάκα (32 x 10 εκ.) η οποία τοποθετείται στη θέση της πινακίδας του εμπρόσθιου προφυλακτήρα και βιδώνεται στα αντίστοιχα σημεία στήριξης,
2. Το *πλαίσιο υποστήριξης της μεταλλικής δοκού*, μία συμπαγής μεταλλική δοκός σχήματος Π (88,5 εκ. ύψος, 14,5 εκ. πλάτος, 10 εκ. διάμετρος), τα «άκρα» της οποίας περνούν διαμέσου των δύο κυλινδρικών υποδοχέων, οι οποίοι είναι συγκολλητοί στη βάση στήριξης, και σταθεροποιούνται στο επιθυμητό ύψος χάρη στους σφικκτήρες που φέρουν οι κυλινδρικοί υποδοχείς, και τέλος,

3. Την *οριζόντια μεταλλική δοκό*, (μήκους 1,84μ) η οποία διαπερνά τον κυλινδρικό υποδοχέα που είναι συγκολλητός στο άνω οριζόντιο τμήμα του πλαισίου υποστήριξης και σταθεροποιείται σε αυτό με τη χρήση του σφιγκτήρα που φέρει.

Κατά την τοποθέτηση της συσκευής στο ερευνητικό όχημα, το ύψος της ρυθμιζόταν έτσι ώστε η μεταλλική δοκός να υπερβαίνει απλώς την οριζόντια επιφάνεια του καπό του οχήματος, ώστε να είναι ορατή για κάθε συμμετέχοντα από τη θέση οδήγησης, χωρίς να παρεμποδίζει το οπτικό πεδίο του οδηγού.



Εικόνα 4: Συσκευή υποβοήθησης εκτίμησης των εμπρόσθιων ορίων του ερευνητικού οχήματος.

7.2.4 Χαρακτηριστικά της οδού

Τέλος, όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της οδού στην οποία διεξήχθησαν οι δοκιμασίες. Πρόκειται για μία ευθυγραμμία, μήκους 1,2 χιλιομέτρων, σε επαρχιακή οδό διπλής κατεύθυνσης, η οποία οδηγεί στο Μοναστήρι της Αγίας Αναστασίας, στα Βασιλικά, Θεσσαλονίκης. Το πλάτος της οδού ήταν 4,9 μέτρα (πλάτος αριστερής λωρίδας 2,5 μ., πλάτος δεξιάς λωρίδας 2.4 μ.), με μία μόνο κεντρική διαγράμμιση (πλάτος διαγράμμισης 12 εκ.) Το συγκεκριμένο τμήμα οδού περιβάλλεται από δέντρα και από τις δύο πλευρές και χαρακτηρίζεται από ήπιο φόρτο κυκλοφορίας.

7.3 Προ-πειραματικές μετρήσεις

Πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να προβούν στις ρυθμίσεις καθίσματος, τιμονιού και καθρεπτών του πειραματικού

οχήματος, με την υπόδειξη να βρουν μία άνετη θέση οδήγησης, ανάλογη της θέσης οδήγησης που υιοθετούν στο δικό τους όχημα. Στη συνέχεια ακολούθησαν μία σειρά από επιμέρους μετρήσεις με στόχο τον προσδιορισμό:

- των ορατών τμημάτων του καπό του οχήματος από τη θέση οδήγησης, και
- του ύψους των ματιών κάθε συμμετέχοντα και του μήκους απόστασης των συμμετεχόντων από το εμπρόσθιο άκρο του οχήματος.

7.3.1 Προσδιορισμός ορατών τμημάτων του καπό

Ο πειραματιστής, ο οποίος ήταν σκυμμένος (ώστε να μην είναι ορατός από τον συμμετέχοντα) αρχικά στο αριστερό και κατόπιν στο δεξί μπροστινό «φτερό» του οχήματος, μετακλούσε με το δείκτη του χεριού έναν κύλινδρο (διαμέτρου 5εκ, με μία οπή στο κέντρο), κατά μήκος των κορυφογραμμών που σχηματίζουν τα μπροστινά «φτερά» του οχήματος. Οι συμμετέχοντες καλούνταν να υποδείξουν λεκτικά το σημείο εκείνο στο οποίο ο κύλινδρος είναι ορατός (όταν το σημείο αφετηρίας της μετακύλισης ήταν η ακμή των φτερών και των θυρών οδηγού/ συνοδηγού, με κατεύθυνση τη μάσκα του οχήματος), και αντίστοιχα το σημείο εκείνο στο οποίο ο κύλινδρος παύει να είναι ορατός, καθώς η μετακύλιση του κυλίνδρου συνεχιζόταν προς τη μάσκα του καπό. Έχει δειχθεί ωστόσο (Pheasant, 1995) ότι ανάλογα με την φορά της κατεύθυνσης των αντικειμένων (π.χ. από-πάνω-προς-τα-κάτω ή από-κάτω-προς-τα-πάνω) ο προσδιορισμός του σημείου-στόχου διαφέρει. Για παράδειγμα, σε εργονομικές μελέτες για τον προσδιορισμό του βέλτιστου ύψους (π.χ. μίας επιφάνειας εργασίας ή για την τοποθέτηση ενός χειριστηρίου ή εποπτικού οργάνου) έχει δειχθεί ότι αν η φορά κατεύθυνσης είναι από-κάτω-προς-τα-πάνω το σημείο βέλτιστου ύψους ορίζεται ελαφρώς πιο ψηλά σε σχέση με το αντίστοιχο σημείο που προσδιορίζεται από το ίδιο άτομο, ακολουθώντας την αντίθετη φορά κατεύθυνσης.

Συνεπώς, για την αποφυγή τυχόν μεροληπτικών εκτιμήσεων όσον αφορά τον ακριβή προσδιορισμό των ορατών τμημάτων του καπό του οχήματος από τη θέση οδήγησης, επιλέχθηκε η **μέθοδος των επαναληπτικών δοκιμών** (fitting trials), η οποία έχει περιγραφεί από τους Pheasant (1990) και Grandjean (1988), σύμφωνα με την οποία οι συμμετέχοντες προβαίνουν σε δύο διαδοχικές εκτιμήσεις του ίδιου

σημείου, με αντίθετη φορά κατεύθυνσης του αντικειμένου σε κάθε μέτρηση, και το σημείο-στόχος προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη μέση απόσταση μεταξύ των δύο σημείων που έχουν προσδιοριστεί από τις δύο μετρήσεις.

Αρχικά, η μετακύλιση του κυλίνδρου γινόταν με κατεύθυνση από την ακμή των φτερών και των θυρών οδηγού/ συνοδηγού προς την μάσκα του καπό, και στη συνέχεια, προς την αντίθετη κατεύθυνση. Οι λεκτικές υποδείξεις των συμμετεχόντων (και οι επακόλουθες μετρήσεις με το υποδεκάμετρο) σχετικά με τα σημεία του καπό τα οποία είναι ορατά από τη θέση οδήγησης καταγράφονταν στο φύλο απαντήσεων. Βάσει αυτών των μετρήσεων υπολογίστηκε, εκ των υστέρων, ο μέσος όρος των δύο τιμών που προκύπτουν από τις δύο διαδοχικές εκτιμήσεις του ίδιου σημείου, για τον προσδιορισμό του μήκους απόστασης που είναι ορατό (Παράρτημα Ι). Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η μέτρηση του μήκους ορατότητας του εμπρόσθιου τμήματος του οχήματος για κάθε συμμετέχοντα, εκφράζει το συνδυασμένο αποτέλεσμα μίας σειράς παραγόντων που σχετίζονται με τα ιδιαίτερα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, τη συνήθη στάση σώματος που υιοθετούν κατά την οδήγηση και τις ρυθμίσεις καθίσματος που έχουν επιλέξει.

7.3.2 Προσδιορισμός ύψους ματιών και μήκους απόστασης από το εμπρόσθιο άκρο του οχήματος

Η επόμενη προ-πειραματική μέτρηση αφορούσε τον προσδιορισμό του ύψους των ματιών κάθε συμμετέχοντα και το μήκος απόστασης ανάμεσα στον οδηγό και το εμπρόσθιο άκρο του πειραματικού οχήματος. Για την πραγματοποίηση αυτής της μέτρησης χρησιμοποιήθηκε ένα τρίποδο, στην κορυφή του οποίου υπήρχε ένα υποδεκάμετρο. Το τρίποδο ήταν τοποθετημένο εξωτερικά του οχήματος, δίπλα στην πόρτα του οδηγού. Οι συμμετέχοντες καλούνταν να σύρουν το υποδεκάμετρο έτσι ώστε η άκρη του να βρίσκεται μπροστά ακριβώς από το δεξί μάτι, και ο πειραματιστής κατέγραφε στο φύλο απαντήσεων την απόσταση μεταξύ των δύο ματιών, καθώς επίσης την απόσταση ανάμεσα στο δεξί μάτι και το σημείο στήριξης του υποδεκάμετρου στην κορυφή του τριπόδου (1). Κατόπιν, ο πειραματιστής μετρούσε διαδοχικά: το ύψος του σημείου στήριξης του υποδεκάμετρου από την επιφάνεια του εδάφους (2), το μήκος απόστασης του σημείου στήριξης του υποδεκάμετρου από την πόρτα του οδηγού (3), και το μήκος απόστασης του σημείου

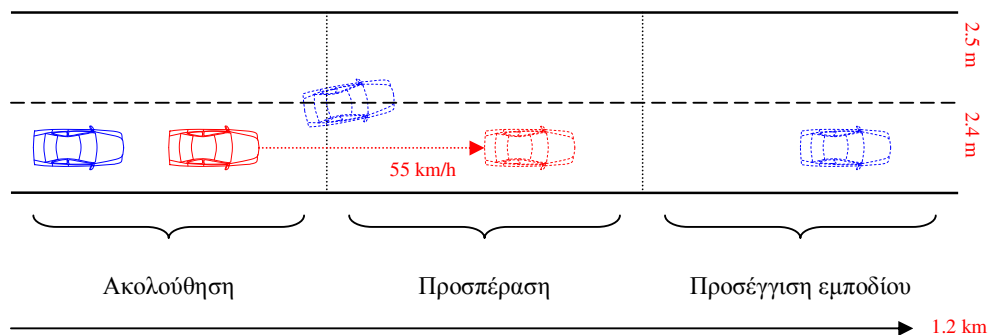
στήριξης του υποδεκάμετρου από την ακμή του αριστερού φτερού και της πόρτας του οδηγού (4).

Ουσιαστικά, οι δύο πρώτες μετρήσεις αποσκοπούσαν στον εκ των υστέρων προσδιορισμό του ύψους των ματιών των συμμετεχόντων από τη θέση οδήγησης, η τρίτη κατά σειρά μέτρηση στον προσδιορισμό της θέσης του σώματος σε σχέση με το εσωτερικό πλάτος του οχήματος, ενώ η τελευταία μέτρηση στον εκ των υστέρων προσδιορισμό της απόστασης μεταξύ του οδηγού και του εμπρόσθιου άκρου του οχήματος.

7.4 Πειραματικό έργο

Μετά τις προ-πειραματικές μετρήσεις, κάθε συμμετέχων οδηγούσε το ερευνητικό όχημα για 5 λεπτά, προκειμένου να εξοικειωθεί με αυτό, ενώ το πειραματικό έργο (Σχήμα 11), περιελάμβανε τη διαδοχική επιτέλεση τριών οδηγικών έργων με την εξής σειρά:

1. Ακολούθηση του προπορευόμενου οχήματος,
2. Προσπέραση του προπορευόμενου, και
3. Προσέγγιση κι έλευση του ερευνητικού οχήματος ανάμεσα από δύο στηλοθέτες, οι οποίοι απείχαν μεταξύ τους 2,5 μ.



Σχήμα 11: Αναπαράσταση του πειραματικού έργου. (Μπλε όχημα: το ερευνητικό όχημα, Κόκκινο όχημα: το προπορευόμενο όχημα που οδηγούσε ο πειραματικός συνεργός).

7.5 Λεκτικές υποδείξεις προς τους συμμετέχοντες

Στο ερευνητικό όχημα επέβαιναν επίσης, ο εκπαιδευτής οδήγησης (στη θέση του συνοδηγού), ο οποίος ήταν υπεύθυνος για την ασφαλή διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας και τον έλεγχο του οχήματος σε περίπτωση σύγκρουσης (κάνοντας χρήση των διπλών πεντάλ), και ο πειραματιστής, ο οποίος ήταν υπεύθυνος για το χειρισμό του υπολογιστή του οχήματος. Ο πειραματιστής ο οποίος καθόταν στο πίσω κάθισμα του οχήματος (πίσω από τη θέση του συνοδηγού), εξηγούσε προφορικά στους συμμετέχοντες το πειραματικό έργο το οποίο καλούνταν να επιτελέσουν.

7.5.1 Φάση ακολούθησης

Στη φάση 1, *φάση ακολούθησης*, οι συμμετέχοντες καλούνταν να ακολουθήσουν στενά το προπορευόμενο όχημα. Η εκκίνηση των δύο οχημάτων γινόταν ταυτόχρονα. Για να επιτευχθεί αυτό, τη στιγμή που ο συμμετέχων οδηγός ήταν έτοιμος έκανε σινιάλο, με τα φώτα, στον οδηγό του προπορευόμενου οχήματος, ώστε να ξεκινήσει. Το προπορευόμενο όχημα το οδηγούσε πάντοτε ο ίδιος πειραματικός συνεργός.

Οι οδηγίες προς τον πειραματικό συνεργό ήταν να επιταχύνει μέχρις ότου φτάσει την ταχύτητα των 55χλμ./ώρα, και στη συνέχεια διατηρώντας την ταχύτητα σταθερή, να ακολουθήσει ευθύγραμμη πορεία διατηρώντας σταθερή πλευρική απόσταση από την κεντρική διαγράμμιση (20 εκ.). Για τον έλεγχο της πλευρικής θέσης του οχήματος, στον αριστερό εξωτερικό καθρέπτη υπήρχε μία αυτοκόλλητη ταινία η οποία υποδείκνυε στον πειραματικό συνεργό την πλευρική απόσταση των 20εκ. από την κεντρική διαγράμμιση.

Οι συμμετέχοντες, από την άλλη μεριά, δε γνώριζαν ούτε την ταχύτητα με την οποία κινείται το προπορευόμενο, αλλά ούτε και την ταχύτητα με την οποία κινείται το δικό τους όχημα (το στροφόμετρο και ο χιλιομετρητής στο ερευνητικό όχημα είχαν καλυφθεί με ένα μαύρο χαρτόνι). Οι οδηγίες προς τους συμμετέχοντες ήταν: *«Ακολουθήσε το προπορευόμενο όχημα όσο πιο στενά μπορείς, αλλά σε τέτοια απόσταση ώστε να είσαι σε θέση να αποτρέψεις το ενδεχόμενο πρόσκρουσης στο*

προπορευόμενο όχημα, σε περίπτωση που το τελευταίο προβεί σε ξαφνική επιβράδυνση».

7.5.2 Φάση προσπέρασης

Στη φάση 2, *φάση προσπέρασης*, οι συμμετέχοντες καλούνταν να προβούν στην προσπέραση του προπορευόμενου οχήματος. Η λεκτική οδηγία για την έναρξη της προσπέρασης δινόταν από τον πειραματιστή, ο οποίος βρισκόταν στο πίσω κάθισμα. Το σημείο στο οποίο δινόταν η λεκτική οδηγία ήταν το ίδιο σε όλες τις μετρήσεις (ουσιαστικά, όταν το όχημα περνούσε από μία πινακίδα ενημέρωσης στη δεξιά πλευρά της οδού) ώστε να διασφαλιστεί η ίδια διαθέσιμη διαμήκης απόσταση για την πραγματοποίηση της προσπέρασης σε όλες τις μετρήσεις. Ωστόσο, αυτό δε το γνώριζαν οι συμμετέχοντες, προκειμένου να είναι απρόσκοπτοι στο έργο της ακολούθησης, κατά τη διάρκεια της φάσης 1.

Επιπλέον, για την καταγραφή της χρονικής στιγμής κατά την οποία τα δύο οχήματα βρίσκονταν σε παραλληλία, και κυρίως το συγχρονισμό αυτής της καταγραφής με τις υπόλοιπες μετρήσεις, τη στιγμή που το πίσω φανάρι του προσπερνόμενου οχήματος «περνούσε» από το μικρό ορθογώνιο τρίγωνο που σχηματίζεται στην πίσω πόρτα του ερευνητικού οχήματος, ο πειραματιστής ενεργοποιούσε δια μέσω της διεπιφάνειας του υπολογιστή του οχήματος, το πλήκτρο “On” (κατάσταση ενεργοποίησης). Οι οδηγίες προς τους συμμετέχοντες ήταν:

«Κατά τη διάρκεια της ακολούθησης θα σου δοθεί η οδηγία (από τον πειραματιστή) ότι μπορείς να προσπεράσεις. Αυτό σημαίνει ότι από εκείνη τη χρονική στιγμή και έπειτα μπορείς να ξεκινήσεις την προσπέραση, εφόσον πρώτα ελέγξεις ότι πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή ασφαλούς προσπέρασης. Επομένως, η λήψη απόφασης για την πραγματοποίηση ή την ακύρωση της προσπέρασης, εξαρτάται από τη δική σου εκτίμηση σχετικά με την επικινδυνότητα των κυκλοφοριακών συνθηκών. Εφόσον κρίνεις ότι είσαι σε θέση να προσπεράσεις, εκτελείς τον ελιγμό προσπέρασης με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που θα προσπερνούσες ένα προπορευόμενο όχημα σε ένα στενό επαρχιακό δρόμο διπλής κατεύθυνσης τηρώντας όλους τους κανόνες ασφάλειας».

7.5.3 Φάση προσέγγισης εμποδίου

Τέλος στη φάση 3, *φάση προσέγγισης-έλευσης του οχήματος ανάμεσα από δύο στηλοθέτες*, η οποία ουσιαστικά ξεκινούσε μετά την ολοκλήρωση της προσπέρασης, οι συμμετέχοντες καλούνταν να περάσουν ανάμεσα από τους δυο στηλοθέτες, οι οποίοι απείχαν μεταξύ τους 2.5μ. Ο ένας στηλοθέτης ήταν τοποθετημένος στην άκρη της δεξιάς λωρίδας και ο δεύτερος στηλοθέτης απείχε 30εκ. από την κεντρική διαχωριστική γραμμή και ήταν τοποθετημένος στην αριστερή λωρίδα.

Οι οδηγίες προς τους συμμετέχοντες ήταν:

«Αμέσως μετά την προσπέραση, επανέρχεσαι στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας και συνεχίζεις την πορεία σου, ώστε να περάσεις ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες. Το πέραςμα ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες ορίζει και το τέλος της διαδρομής. Η διαδικασία αυτή θα επαναληφθεί τέσσερις φορές».

7.6 Προβλήματα κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής έρευνας

Το πρόβλημα που προέκυψε κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής έρευνας ήταν ότι «κάηκε» ο υπολογιστής του ερευνητικού οχήματος, λόγω υψηλής θερμοκρασίας. Αυτός ήταν και ο λόγος που τελικά έλαβαν μέρος μόνο 6 συμμετέχοντες. Όταν αντικαταστάθηκε ο υπολογιστής του οχήματος, έπειτα από 3 μήνες, έγινε μία επόμενη προσπάθεια συνέχισης των πειραμάτων προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των συμμετεχόντων. Το πρόβλημα που διαπιστώθηκε ήταν ότι οι νέες μετρήσεις δεν ήταν συγκρίσιμες με τις παλαιότερες, καθώς το επίπεδο φωτεινότητας το μήνα Νοέμβριο ήταν διαφορετικό από το επίπεδο φωτεινότητας το μηνά Ιούλιο. Άρα οι αντιληπτικές ενδείξεις βάθους-απόστασης διέφεραν στις δύο σειρές πειραμάτων, εισάγοντας μία κρίσιμη παρασιτική μεταβλητή, η οποία φυσικά δε μπορούσε να ελεγχθεί.

Κεφάλαιο 8:

Παρουσίαση και ανάλυση αποτελεσμάτων

Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζεται η επίδοση των έξι συμμετεχόντων σε κάθε επιμέρους οδηγικό έργο που κλήθηκαν να επιτελέσουν, δηλαδή, του έργου: α) της ακολούθησης του προπορευόμενου οχήματος, β) της προσπέρασής του και γ) της προσέγγισης-διέλευσης του οχήματος ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες.

Η δομή που ακολουθείται στα επακόλουθα τρία υποκεφάλαια είναι η εξής. Στις δύο πρώτες ενότητες περιγράφονται τα κριτήρια που υιοθετήθηκαν κατά το χειρισμό των δεδομένων για τον προσδιορισμό των παραμέτρων αξιολόγησης της οδηγικής συμπεριφοράς σε κάθε επιμέρους οδηγικό έργο, καθώς επίσης, οι ερευνητικές υποθέσεις που απορρέουν από τη σχετική βιβλιογραφία όσον αφορά την κατεύθυνση επίδρασης των δύο κύριων μεταβλητών στην επιτέλεση των συγκεκριμένων έργων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων, βάσει των παραμέτρων αξιολόγησης που έχουν προσδιοριστεί, με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης των δύο κύριων μεταβλητών στην επίδοση των συμμετεχόντων σε κάθε επιμέρους οδηγικό έργο.

Είναι αναγκαίο να διευκρινίσουμε ότι ο πολύ μικρός αριθμός συμμετεχόντων δεν επέτρεπε ουσιαστικά τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων. Επιπλέον, η φύση των δεδομένων που συλλέχθηκαν δεν επέτρεπε την ποιοτική ανάλυσή τους με την κλασσική έννοια, δηλαδή, η ανάλυση δεν βασίζεται σε λεκτικά πρωτόκολλα ώστε να εικάσουμε το σχέδιο δράσης των οδηγών, αλλά αντίθετα βασίζεται σε ποσοτικές παραμέτρους της οδηγικής συμπεριφοράς μέσα από τις οποίες επιδιώκεται η ποιοτική επεξεργασία των αναδυόμενων μοντέλων (patterns) συμπεριφοράς στις εκάστοτε συνθήκες. Συνεπώς, το είδος ανάλυσης που επιλέχθηκε είχε ως γνώμονα την ανάδειξη της επίδοσης των συμμετεχόντων σε κάθε επιμέρους οδηγικό έργο και, ταυτόχρονα, την αναζήτηση πιθανών «στρατηγικών» ή τάσεων που αναδύονται σε διομαδικό επίπεδο ανάλογα με την εξεταζόμενη συνθήκη. Έτσι στα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια, η έμφαση δίνεται στην ατομική επίδοση των συμμετεχόντων και βάσει της συνολικής εικόνας επίδοσής τους, επιχειρείται η ανεύρεση των πιθανών «στρατηγικών» που αναδύονται σε κάθε συνθήκη.

8.1 Φάση ακολούθησης

Σύμφωνα με τις θεωρίες της άμεσης αντίληψης, η απόσταση εγγύτητας από το προπορευόμενο όχημα εξαρτάται από την άμεση πρόσληψη χωρο-χρονικών οπτικών πληροφοριών, και συγκεκριμένα της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία.

8.1.1 Κριτήρια αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης

Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι:

- Ο υπολογισμός του χρόνου-έως-την-επικείμενη-σύγκρουση με βάση το χρονικό παράγωγο του ρυθμού διαστολής του ειδώλου που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή του οδηγού από το προπορευόμενο όχημα (οπτική μεταβλητή ταυ-τελεία) είναι εφικτός μόνο εφόσον υπάρχει πέδηση του προπορευόμενου. Όταν δεν υπάρχει πέδηση, ο υπολογισμός της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία είναι πρακτικά αδύνατος, διότι δε μπορεί να οριστεί η χρονική στιγμή 0, βάσει της οποίας υπολογίζεται ο ρυθμός με τον οποίο μεταβάλλεται η οπτική μεταβλητή ταυ-τελεία.
- Αυτή εξάλλου ήταν και η συνθήκη πάνω στην οποία βασίστηκε η ανάλυση των Lee (1976) και Lee and Lishman (1977). Η συνθήκη που εξέτασαν αφορούσε τη χρονική στιγμή που αποφασίζει ένας οδηγός την έναρξη της πέδησης ή επιβράδυνσης του δικού του οχήματος, εφόσον υπάρχει πέδηση του προπορευόμενου οχήματος.
- Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι, ακόμη κι αν η επιλογή της απόστασης εγγύτητας από το προπορευόμενο όχημα εξαρτώταν από την πρόσληψη χωρο-χρονικών οπτικών πληροφοριών, εφόσον η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος είναι σταθερή, όπως στην παρούσα έρευνα, το «εργαλείο» υπολογισμού των τιμών της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία είναι ακατάλληλο.

Συνεπώς, η εξέταση της υπόθεσης της θεωρίας της άμεσης αντίληψης είναι πρακτικά αδύνατη σε αυτή την περίπτωση, καθώς η ταχύτητα του προπορευόμενου είναι σταθερή. Για αυτό, η ανάλυση της φάσης της ακολούθησης βασίστηκε αποκλειστικά και μόνο στις μεταβολές των τιμών του χρονικού διαχωρισμού (ΧΔ). Επίσης, κατά την επεξεργασία των δεδομένων κρίθηκε ως αναγκαίο το «φιλτράρισμα» των τιμών του ΧΔ, καθώς, τα δύο οχήματα ξεκινούν ταυτόχρονα κι

αυτό έχει ως συνέπεια, την ύπαρξη διακυμάνσεων στις τιμές του ΧΔ μέχρις ότου σταθεροποιηθεί η απόσταση ακολούθησης. Συνεπώς, το πρώτο κριτήριο που υιοθετήθηκε όσον αφορά το χειρισμό των αρχικών δεδομένων ήταν η συμπερίληψη των δεδομένων που αντιστοιχούν στη φάση «στενής» ακολούθησης του προπορευόμενου οχήματος ($ΧΔ \leq 1,5$ δευτ.), προκειμένου να διασφαλιστεί η εξαγωγή αντιπροσωπευτικών μέσων όρων των τιμών ΧΔ για κάθε συμμετέχοντα στις εκάστοτε συνθήκες.

Ένα επόμενο ζήτημα που πρέπει να επισημάνουμε είναι ότι προς το τέλος του έργου της ακολούθησης, καθώς ο οδηγός πλησιάζει το προπορευόμενο όχημα προκειμένου να το προσπεράσει, η απόσταση εγγύτητας φτάνει σε μία ελάχιστη τιμή και στη συνέχεια (περίπου 1-2 δευτ., πριν την ενεργοποίηση του δείκτη κατεύθυνσης) οι τιμές του ΧΔ αυξάνονται. Η αύξηση αυτή του ΧΔ, έστω και μικρή, δεν είναι ενδεικτική του ΧΔ ακολούθησης, αλλά σχετίζεται με την προετοιμασία του ερευνητικού οχήματος για την έναρξη της προσπέρασης. Συνεπώς, το δεύτερο κριτήριο που υιοθετήθηκε για την εξαγωγή των αριθμητικών μέσων όρων των τιμών ΧΔ στις εκάστοτε συνθήκες, ήταν ο αποκλεισμός των ΧΔ που σχετίζονται με την προετοιμασία του ερευνητικού οχήματος για την έναρξη της προσπέρασης, οι οποίες συμπίπτουν χρονικά με τη στιγμή κατά την οποία η ταχύτητα του οχήματος μειώνεται στιγμιαία (ουσιαστικά, είναι η στιγμή κατά την οποία ο οδηγός «κατεβάζει» ταχύτητα) και οι τιμές του ΧΔ αρχίζουν να αυξάνονται.

8.1.2 Παράμετροι που εξετάστηκαν

Για την εξέταση των παραπάνω υποθέσεων λήφθηκαν υπόψη οι μέσοι όροι των τιμών του χρονικού διαχωρισμού (ΧΔ) που αντιστοιχούν στη φάση «στενής» ακολούθησης ($ΧΔ \leq 1,5$ δευτ.), βάσει των οποίων προσδιορίστηκαν:

- Τα κρίσιμα εύρη τιμών ΧΔ στη φάση «στενής» ακολούθησης
- Το τηρούμενο εύρος τιμών ΧΔ ανά συμμετέχοντα σε σχέση με το μέγεθος του προπορευόμενου και την ύπαρξη ή μη του βοηθήματος.

8.1.3 Εύρη τιμών ΧΔ στη φάση στενής ακολούθησης

Λαμβάνοντας υπόψη τους μέσους όρους ΧΔ των συμμετεχόντων οδηγών στη φάση «στενής» ακολούθησης (Πίνακας 4), διακρίνουμε τρία εύρη τιμών ΧΔ:

- το 1^ο εύρος τιμών ΧΔ κυμαίνεται μεταξύ 0,5 έως 0,6 δευτ., και αναλογεί το 25% του συνολικού αριθμού περιπτώσεων ακολούθησης,
- το 2^ο εύρος τιμών ΧΔ κυμαίνεται μεταξύ 0,7 έως 0,8 δευτ., και αναλογεί το 42% του συνολικού αριθμού περιπτώσεων ακολούθησης, ενώ,
- στο 3^ο εύρος τιμών ΧΔ οι τιμές είναι μεγαλύτερες ή ίσες από 0,9 δευτ., και αναλογεί το 33% του συνολικού αριθμού περιπτώσεων ακολούθησης.

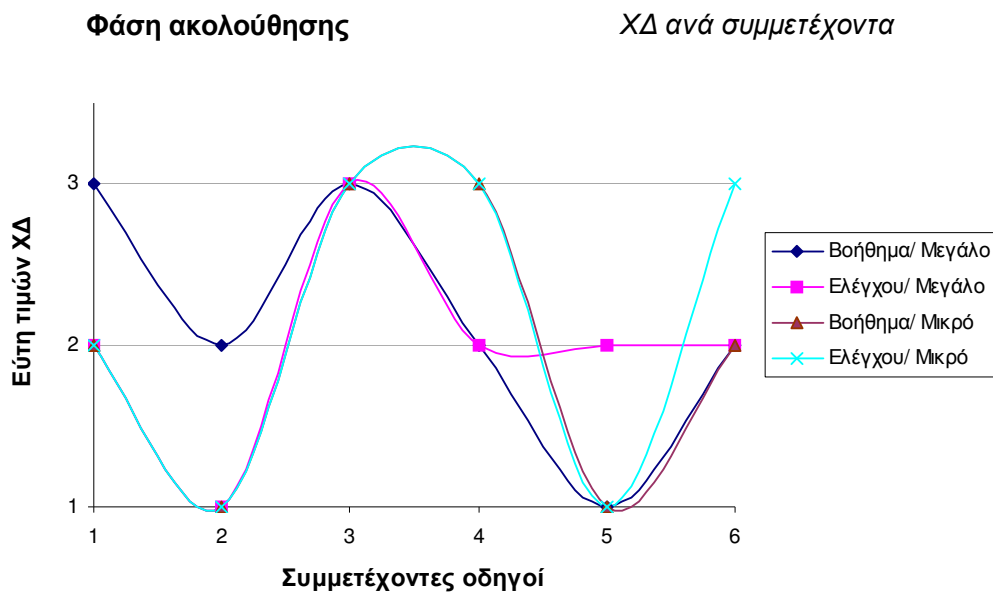
ΜΟ ΧΔ (δευτ)	Μέγεθος προπορευόμενου οχήματος						
	ΜΕΓΑΛΟ			ΜΙΚΡΟ			Σύνολο
	Βοήθημα	Χωρίς	%	Βοήθημα	Χωρίς	%	
0.5		1					
0.6	1			2	2		
0.7	1	1		1	1		
0.8	2	3		1			
0.9	1	1		2	3		
≥ 1.0	1						
0.5 – 0.6	1/6	1/6	16,7	2/6	2/6	33,3	25,0
0.7 – 0.8	3/6	4/6	58,3	2/6	1/6	25,0	41,7
≥ 0.9	2/6	1/6	25,0	2/6	3/6	41,7	33,3
Σύνολο			100,0			100,0	

Πίνακας 4: Συχνότητα τιμών ΧΔ στις τρεις συνθήκες, στη φάση «στενής» ακολούθησης.

Αξίζει να επισημάνουμε εδώ, ότι η παραπάνω διάκριση είναι σύμφωνη με τα αναφερόμενα ευρήματα στη σχετική βιβλιογραφία (Taeib-Maimon & Shinar, 2001; Rajalin, 1997) τα οποία δείχνουν ότι η συνήθης χρονική απόσταση που τηρούν οι οδηγοί από το προπορευόμενο όχημα είναι της τάξης των 0,8 δευτ., ενώ σε ακραίες περιπτώσεις ο χρονικός διαχωρισμός φτάνει έως και 0,5 δευτ. Συνεπώς, έχουμε λόγους να θεωρήσουμε ότι τα τρία εύρη τιμών ΧΔ που διακρίνονται παραπάνω, αντανakλούν ουσιαστικά τις διατομικές διαφορές μεταξύ των συμμετεχόντων οδηγών, όσον αφορά το υποκειμενικά προσλαμβανόμενο ως κρίσιμο εύρος τιμών ΧΔ, για τη «στενή» ακολούθηση του προπορευόμενου οχήματος.

8.1.4 Κρίσιμα εύρη τιμών ΧΔ ανά συμμετέχοντα

Αυτό απεικονίζεται εξάλλου και στο ακόλουθο διάγραμμα όπου δίνονται οι τιμές ΧΔ ανά συμμετέχοντα, σε όλες τις συνθήκες. Στο Σχήμα 12, παρατηρούμε ότι 2 στους 6 συμμετέχοντες (περιπτώσεις 2 και 5) τείνουν γενικά να ακολουθούν το προπορευόμενο όχημα σε μικρή χρονική απόσταση (1^ο εύρος τιμών ΧΔ), ενώ οι υπόλοιποι 4 συμμετέχοντες επιλέγουν να ακολουθούν το προπορευόμενο όχημα σε μεγαλύτερη χρονική απόσταση (2^ο και 3^ο εύρος τιμών ΧΔ).



Σχήμα 12: Εύρη τιμών ΧΔ -ανά συμμετέχοντα- σε όλες τις συνθήκες.

8.1.5 Επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος

Εξετάζοντας την επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος στον τηρούμενο ΧΔ, αρχικά λήφθηκαν υπόψη τα εύρη τιμών ΧΔ που τηρούν οι συμμετέχοντες στις δύο συνθήκες, κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 13, υπάρχει επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος ως προς το τηρούμενο εύρος τιμών ΧΔ που επιλέγουν οι οδηγοί, ωστόσο η επίδραση αυτή δεν είναι προς την ίδια κατεύθυνση σε όλους τους συμμετέχοντες.

Ειδικότερα, κατά την ακολούθηση του μικρού οχήματος:

- ο 4 στους 6 συμμετέχοντες (67%) τηρούν μικρότερο (περιπτώσεις 1, 2 και 5) ή ίδιο ΧΔ (περίπτωση 3) σε σχέση με το μεγάλο όχημα, ενώ,
- ο 2 στους 6 συμμετέχοντες (33%) ακολουθούν σε μεγαλύτερη χρονική απόσταση το μικρό όχημα (περιπτώσεις 4 και 6) σε σχέση με το μεγαλύτερο όχημα.



Σχήμα 13: Εύρη τιμών ΧΔ –ανά συμμετέχοντα- ανάλογα με το μέγεθος του προπορευόμενου.

Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι:

1. Η σειρά κατάταξης των συμμετεχόντων όπως αυτή εμφανίζεται στο Σχήμα 13, είναι σύμφωνα με το βαθμό ορατότητας του καπό που είχαν οι συμμετέχοντες οδηγοί από τη θέση οδήγησης (βλ. Παράρτημα Ι) ξεκινώντας από τον οδηγό με το μικρότερο βαθμό ορατότητας (περίπτωση 1) έως τον οδηγό με το μεγαλύτερο βαθμό ορατότητας (περίπτωση 6).
2. Οι δύο πρώτοι οδηγοί (περιπτώσεις 1 και 2) ήταν σχετικά άπειροι οδηγοί (λιγότερο από 3 χρόνια από το έτος απόκτησης άδειας οδήγησης) ενώ οι υπόλοιποι 4 ήταν έμπειροι οδηγοί (πάνω από 6 χρόνια από το έτος απόκτησης άδειας οδήγησης).
3. Οι 4 από τους 6 συμμετέχοντες (περιπτώσεις 1, 2, 4 και 5) ήταν γυναίκες και 2 από τους 6 συμμετέχοντες (περιπτώσεις 3 και 6) άνδρες.

4. Οι 4 τελευταίοι συμμετέχοντες (περιπτώσεις 3, 4, 5 και 6) είχαν παρόμοια ηλικία.

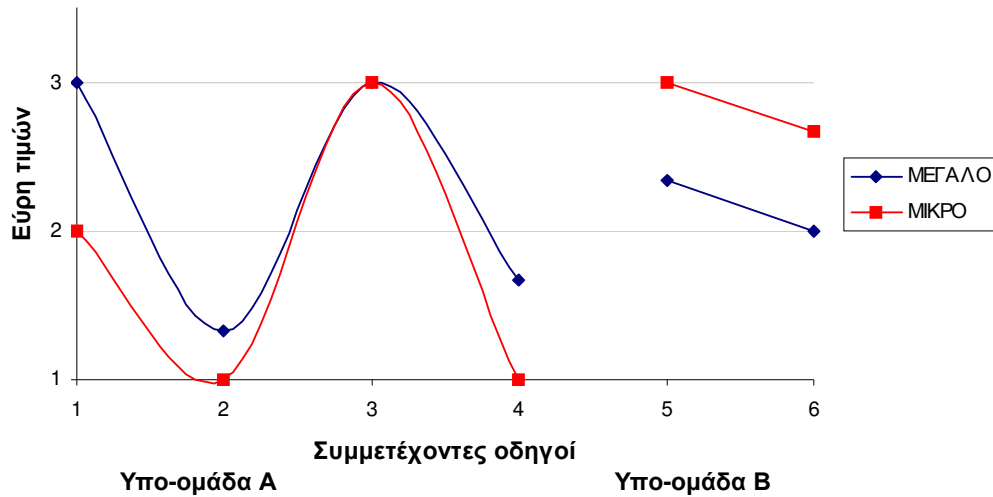
Συνεπώς από τους τέσσερις παραπάνω παράγοντες (φύλο, ηλικία, οδηγική εμπειρία, βαθμός ορατότητας του καπό από τη θέση οδήγησης) κανένας δε μπορεί να ερμηνεύσει τις διαφορές που προκύπτουν μεταξύ των 4 οδηγών που τηρούν μικρότερο ΧΔ κατά την ακολούθηση του μικρού οχήματος και των 2 οδηγών που τηρούν μικρότερο ΧΔ κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος.

Αξίζει να αναφέρουμε, ωστόσο, ότι οι 2 συμμετέχοντες (περιπτώσεις 4 και 6) συνηθίζουν να οδηγούν μεγαλύτερου μεγέθους όχημα σε σχέση με τους υπόλοιπους 4 συμμετέχοντες, καθώς επίσης, ότι οι συγκεκριμένοι 2 συμμετέχοντες είχαν αποκτήσει άδεια οδήγησης σε άλλες χώρες (ΗΠΑ και Γερμανία, αντίστοιχα) ενώ οι υπόλοιποι 4 στην Ελλάδα. Παρότι ούτε το μέγεθος του οχήματος που συνηθίζουν να οδηγούν οι συμμετέχοντες αλλά ούτε η χώρα απόκτησης άδειας οδήγησης συνιστούσαν εξαρχής κριτήρια διαφοροποίησης μεταξύ των συμμετεχόντων, με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 13, μπορούμε να διακρίνουμε τους 6 συμμετέχοντες σε δύο υπο-ομάδες: **υπο-ομάδα Α: περιπτώσεις 1, 2, 3, 5 και υπο-ομάδα Β: περιπτώσεις 4 και 6.**

Με βάση την παραπάνω διάκριση μεταξύ των συμμετεχόντων οδηγών, προκύπτουν δύο διακριτά «μοντέλα» ακολούθησης αναλόγως του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος (Σχήμα 14). Στη μία περίπτωση (υπο-ομάδα Α), η χρονική απόσταση εγγύτητας από το προπορευόμενο όχημα είναι ανάλογη του μεγέθους του, δηλαδή, οι συμμετέχοντες τείνουν να ακολουθούν πιο «στενά» το μικρό όχημα σε σχέση με το μεγαλύτερο όχημα. Στη δεύτερη περίπτωση (υπο-ομάδα Β), η χρονική απόσταση εγγύτητας είναι αντιστρόφως ανάλογη του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος.

Συνεπώς, υπάρχει επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος, ως προς τηρούμενο ΧΔ, μόνο που η κατεύθυνση της επίδρασης δε φαίνεται να εξαρτάται από παράγοντες όπως φύλο, ηλικία, οδηγική εμπειρία, βαθμός ορατότητας του καπό του οχήματος από τη θέση οδήγησης αλλά από άλλους παράγοντες.

ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων



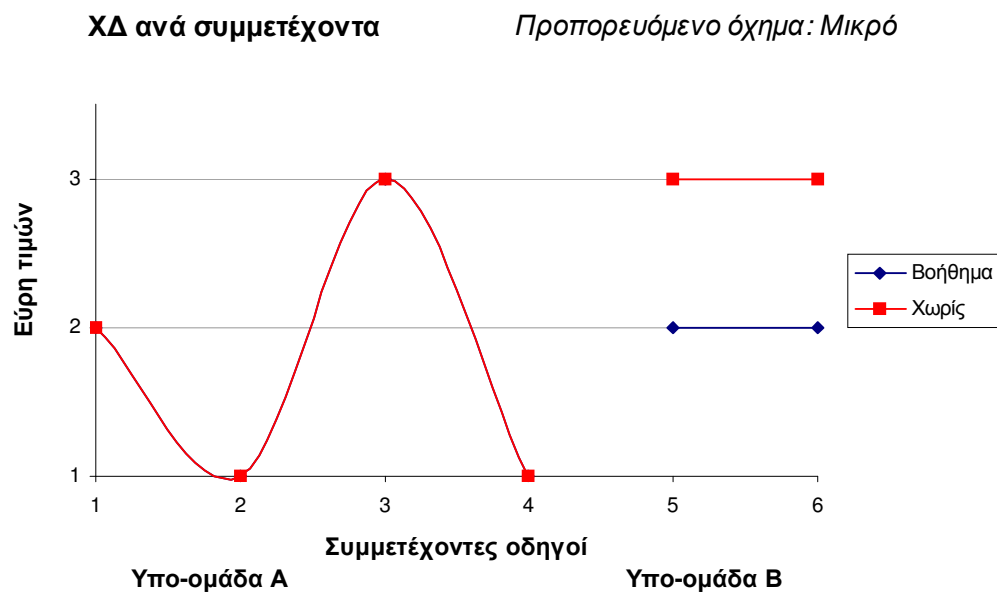
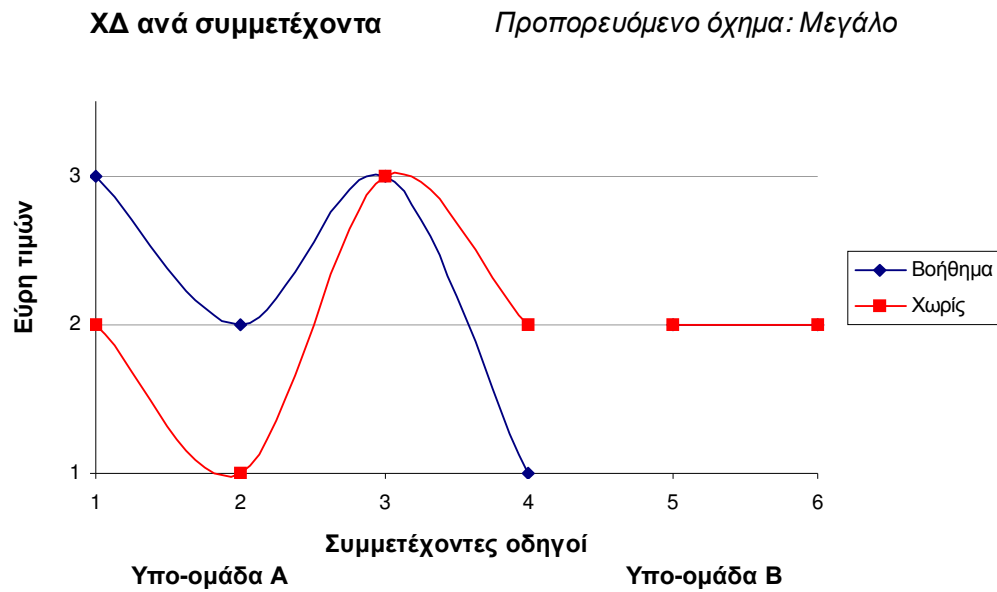
Σχήμα 14: Εύρη τιμών ΧΔ μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συμμετεχόντων σε σχέση με το μέγεθος του προπορευόμενου.

8.1.6 Επίδραση του βοηθήματος

Δεδομένης της επίδρασης που φαίνεται να ασκεί το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος ως προς τη χρονική απόσταση ακολούθησης του, το επακόλουθο ζήτημα που εξετάζεται αφορά την επίδραση του βοηθήματος στον τηρούμενο ΧΔ. Για την εξέταση αυτού του ζητήματος, αρχικά λήφθηκαν υπόψη τα εύρη τιμών ΧΔ στις δύο συνθήκες (βοήθημα – χωρίς βοήθημα) κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων και στη συνέχεια, ο βαθμός μεταβολής του τηρούμενου ΧΔ για κάθε ζεύγος συνθηκών σε σχέση με το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 15, στην υπο-ομάδα Α η κύρια πηγή διαφοροποίησης, ως προς τον τηρούμενο ΧΔ, εντοπίζεται στη συνθήκη υποβοήθησης κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος, ενώ, στην υπο-ομάδα Β, στη συνθήκη ελέγχου κατά την ακολούθηση του μικρού οχήματος. Πιο συγκεκριμένα, στην υπο-ομάδα Α, τηρείται το ίδιο εύρος τιμών ΧΔ στις δύο συνθήκες κατά την ακολούθηση του μικρού οχήματος, και αυξάνεται στη συνθήκη υποβοήθησης κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος (πλην ενός συμμετέχοντα, περίπτωση 3). Αντίθετα, στην υπο-

ομάδα Β, τηρείται το ίδιο εύρος τιμών ΧΔ στις δύο συνθήκες κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος και αυξάνεται στη συνθήκη ελέγχου κατά την ακολούθηση του μικρού οχήματος.



Σχήμα 15: Εύρη τιμών ΧΔ ανά συμμετέχοντα και συνθήκη κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων.

Συγκρίνοντας, ωστόσο, τη μεταβολή του εύρους των τιμών ΧΔ για κάθε ζεύγος συνθηκών (Σχήμα 16), προκύπτει ότι:

Στη συνθήκη ελέγχου,

- ο Στην υπο-ομάδα Α, το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος δεν επηρεάζει τον τηρούμενο ΧΔ (πλην ενός συμμετέχοντα, περίπτωση 4), ενώ,
- ο Στην υπο-ομάδα Β, υπάρχει επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος στον τηρούμενο ΧΔ, και μάλιστα, προς την αντίθετη κατεύθυνση σε σχέση με την περίπτωση 4. Οι συμμετέχοντες δηλαδή της υπο-ομάδας Β ακολουθούν πιο στενά το μεγαλύτερο προπορευόμενο όχημα ενώ στην περίπτωση της συμμετέχουσας της υπο-ομάδας Α, τηρείται μικρότερο εύρος τιμών κατά την ακολούθηση του μικρού οχήματος.

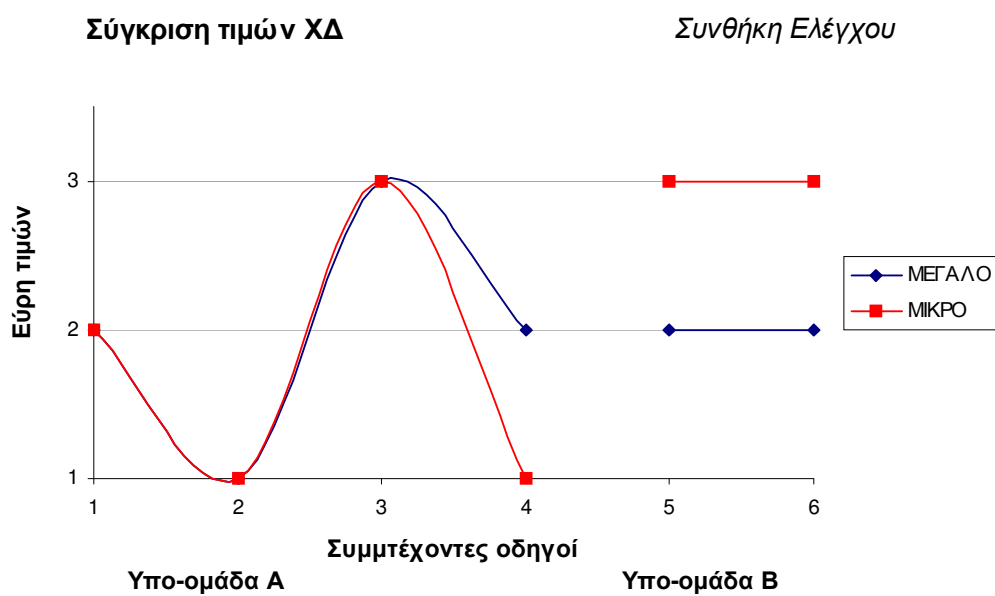
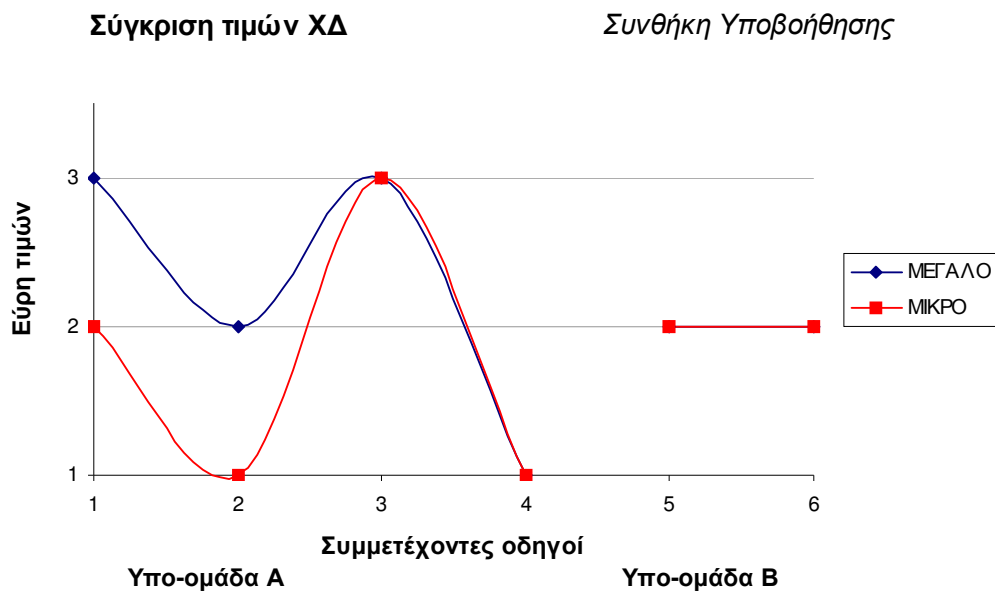
Στη συνθήκη υποβοήθησης,

- ο Στην υπο-ομάδα Α, το βοήθημα δεν επηρεάζει τον τηρούμενο ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων σε δύο περιπτώσεις συμμετεχόντων (περιπτώσεις 3 και 4), ενώ σε δύο περιπτώσεις (περιπτώσεις 1 και 2), συμβάλλει στην αύξηση του τηρούμενου ΧΔ κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος
- ο Στην υπο-ομάδα Β, το βοήθημα συμβάλλει στην εξάλειψη της επίδρασης του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος (συνθήκη ελέγχου) και τήρηση ίδιου εύρους τιμών ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων.

Επομένως, η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συμμετεχόντων συνίσταται στο γεγονός ότι στην υπο-ομάδα Β υπάρχει επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος στον τηρούμενο ΧΔ η οποία εξαλείφεται στη συνθήκη υποβοήθησης, ενώ στην υπο-ομάδα Α, υπάρχει επίδραση του βοηθήματος η οποία προκαλεί την αύξηση του ΧΔ κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος.

Επιπλέον, μεταξύ των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α, προκύπτει μια επιπλέον διαφοροποίηση η οποία συνίσταται στο γεγονός ότι για τους δύο πρώτους συμμετέχοντες (περιπτώσεις 1 και 2) το βοήθημα δυσχεραίνει τη δυνατότητα διατήρησης ίδιου εύρους τιμών ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων, ενώ για τους άλλους δύο συμμετέχοντες (περιπτώσεις 3 και 4) το βοήθημα είτε δεν ασκεί

καμία επίδραση (περίπτωση 3) είτε συμβάλλει στην εξάλειψη της αρχικής επίδρασης του μεγέθους του προπορευόμενου (περίπτωση 4).



Σχήμα 16: Σύγκριση τιμών ΧΔ ανά ζεύγη συνθηκών και ανά συμμετέχοντα.

Ο λόγος για τον οποίο η τελευταία συμμετέχουσα (περίπτωση 4) συμπεριλαμβάνεται στην υπο-ομάδα Α και όχι στην υπο-ομάδα Β, παρότι υπάρχει

επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου στη συνθήκη ελέγχου, είναι ότι η επίδραση που φαίνεται να ασκεί το μέγεθος του προπορευόμενου είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση σε σχέση με την υπο-ομάδα Β αλλά προς την ίδια κατεύθυνση σε σχέση με την υπο-ομάδα Α.

8.1.7 Αλληλεπίδραση μεταβλητών στις δύο υπο-ομάδες

Συνέπεια των παραπάνω διαφοροποιήσεων είναι η ανάδυση των δύο διακριτών μοντέλων ακολούθησης, όπως επισημαίνεται στην αρχή, μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συμμετεχόντων σε σχέση με το μέγεθος του προπορευόμενου. Το σημαντικό σημείο που προκύπτει από τα αποτελέσματα σχετικά με την επίδραση του βοηθήματος είναι ότι η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι, ανεξαρτήτως της ύπαρξης ή μη του βοηθήματος, στην υπο-ομάδα Α ο μικρότερος ΧΔ τηρείται κατά την ακολούθηση του μικρού οχήματος, ενώ, στην υπο-ομάδα Β, κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος (Πίνακας 5). Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση του 3^{ου} συμμετέχοντα, στον οποίο ούτε το βοήθημα ούτε το μέγεθος του προπορευόμενου επηρεάζει τον τηρούμενο ΧΔ.

Μέγεθος προπορευόμενου	Συμμετέχοντες					
	1	2	3	4	5	6
Μικρό	O	O	O	O	–	–
Μεγάλο	+	+	O	–	O	O

Πίνακας 5: Σύγκριση εύρους τιμών ΧΔ, ανά συμμετέχοντα, στη συνθήκη υποβοήθησης κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου (+: αύξηση ΧΔ σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, -: μείωση ΧΔ σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, ο: διατήρηση ίδιου εύρους τιμών ΧΔ στις δύο συνθήκες).

Βάσει αυτής της διαφοροποίησης μεταξύ των δύο υπο-ομάδων, το επακόλουθο εύρημα που προκύπτει είναι ότι το βοήθημα συμβάλλει στην αύξηση του ΧΔ κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος σε 2 από τους 4 συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, και στη μείωση του ΧΔ κατά την ακολούθηση του μικρού οχήματος στην υπο-ομάδα Β. Επομένως, η κατεύθυνση της επίδρασης του βοηθήματος φαίνεται ότι εξαρτάται από την κατεύθυνση της αρχικής επίδρασης που ασκεί στους συμμετέχοντες το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος, ως προς τον τηρούμενο ΧΔ, και άρα υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Εξαίρεση

αποτελούν οι περιπτώσεις της 4^{ης} συμμετέχουσας, στην οποία η κατεύθυνση της επίδρασης του βοηθήματος είναι αντίθετη συγκριτικά με τους άλλους συμμετέχοντες, και του 3^{ου} συμμετέχοντα, στον οποίο ούτε το βοήθημα ούτε το μέγεθος του προπορευόμενου επηρεάζει τον τηρούμενο ΧΔ.

8.1.8 Σύνοψη ευρημάτων στη φάση ακολούθησης

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα αναφορικά με την επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος ή/ και του βοηθήματος στον τηρούμενο ΧΔ, στη **φάση της ακολούθησης**, προκύπτουν δύο κύρια ευρήματα. Το πρώτο αφορά την επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος ως προς τον τηρούμενο ΧΔ και το δεύτερο την επίδραση του βοηθήματος.

1. Όσον αφορά το πρώτο εύρημα, την **επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος**, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι υπάρχουν δύο διακριτά «μοντέλα» ακολούθησης μεταξύ των δύο υπο-ομάδων. Στην πρώτη περίπτωση (υπο-ομάδα Α), η χρονική απόσταση εγγύτητας από το προπορευόμενο όχημα δεν επηρεάζεται από το μέγεθός του, δηλαδή, οι συμμετέχοντες τηρούν ίδιο εύρος τιμών ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων, στη συνθήκη ελέγχου. Στη δεύτερη περίπτωση (υπο-ομάδα Β), η χρονική απόσταση εγγύτητας είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος, δηλαδή, στη συνθήκη ελέγχου οι συμμετέχοντες ακολουθούν πιο «στενά» το μεγαλύτερο σε σχέση με το μικρότερο όχημα.
2. Όσον αφορά το δεύτερο εύρημα **την επίδραση του βοηθήματος**, η κύρια πηγή διαφοροποίησης μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συνίσταται στο γεγονός ότι, στην υπο-ομάδα Α, το βοήθημα συμβάλει στη μεταβολή του ΧΔ σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου μόνο κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος, ενώ στην υπο-ομάδα Β, το βοήθημα συμβάλει στην εξάλειψη της επίδρασης του μεγέθους του προπορευόμενου, η οποία παρατηρείται στη συνθήκη ελέγχου.

8.1.9 Έλεγχος υποθέσεων

Τα αποτελέσματα τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δεν επιβεβαιώνουν με καθολικό τρόπο καμία από τις αρχικές υποθέσεις, καθώς, η χρονική απόσταση

εγγύτητας που τηρείται σε κάθε συνθήκη δε μπορεί να ερμηνευθεί βάσει της μεμονωμένης επίδρασης που ασκεί είτε το φαινομενικό μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος είτε το φαινομενικό μέγεθος του οχήματος που ακολουθεί.

Ειδικότερα, εξετάζοντας την επίδοση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α στη συνθήκη ελέγχου, τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την υπόθεση H_1 , σύμφωνα με την οποία, καμία διαφορά δεν αναμένεται ως προς τον τηρούμενο ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων, καθώς, το συνολικό εμβαδόν της πίσω επιφάνειας των δύο οχημάτων είναι ίδιο. Το πρόβλημα ωστόσο σε αυτή την περίπτωση είναι ότι το βοήθημα επηρεάζει τη χρονική απόσταση εγγύτητας που τηρούν οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων και αυτό είναι αντίθετο με τις προβλέψεις της υπόθεσης H_2 . Με άλλα λόγια, ακόμη κι αν θεωρήσουμε ότι η οπτική πληροφόρηση που παρέχει το βοήθημα λαμβάνεται υπόψη από τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α για τον προσδιορισμό της χρονικής απόστασης εγγύτητας από το προπορευόμενο, τότε, δεδομένου ότι στη συνθήκη ελέγχου δεν υπάρχει διαφορά ως προς τον τηρούμενο ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων, η όποια επίδραση ασκεί το βοήθημα θα έπρεπε να προκαλεί τη μεταβολή των τιμών του ΧΔ κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο, κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων. Κάτι το οποίο δεν ισχύει.

Συνεπώς, το γεγονός ότι στην υπο-ομάδα Α στη συνθήκη υποβοήθησης, ο ΧΔ μεταβάλλεται μόνο κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος, άρα υπάρχει επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου παρότι το συνολικό εμβαδόν της πίσω επιφάνειας των δύο οχημάτων είναι ίδιο, σαφώς, δε μπορεί να ερμηνευτεί σύμφωνα με τις υποθέσεις των θεωριών της Άμεσης Αντίληψης. Επίσης, θέτει υπό αμφισβήτηση την αποδοχή της υπόθεσης H_1 , σχετικά με τη διατήρηση της χρονικής απόστασης εγγύτητας από το προπορευόμενο όχημα βάσει του ρυθμού διαστολής του ειδώλου που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή του οδηγού, καθώς, έχουμε λόγους να θεωρήσουμε ότι ο ρυθμός διαστολής του ειδώλου δε συνιστά τη μόνη αναγκαία και επαρκή πηγή οπτικής πληροφόρησης για την εκτίμηση της χρονικής απόστασης εγγύτητας από το προπορευόμενο.

Εξετάζοντας, από την άλλη πλευρά, την επίδοση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας B στη συνθήκη ελέγχου, τα αποτελέσματα φαίνεται ότι επιβεβαιώνουν την υπόθεση H₃, σύμφωνα με την οποία αναμένεται ότι, στη συνθήκη ελέγχου θα υπάρχουν διαφορές στον τηρούμενο ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων. Ωστόσο, η κατεύθυνση της επίδρασης του προσλαμβανόμενου μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος δεν είναι σύμφωνη με τις αρχικές υποθέσεις. Σύμφωνα με την υπόθεση των Eberts & MacMillan, το φαινομενικά μεγαλύτερο όχημα εκτιμάται ότι είναι πιο κοντά, με αποτέλεσμα ο ΧΔ να αυξάνεται, ενώ, το φαινομενικά μικρότερο όχημα εκτιμάται ότι είναι πιο μακριά με αποτέλεσμα ο ΧΔ να μειώνεται. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, ωστόσο, δείχνουν ότι για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας B, ο ΧΔ αυξάνεται κατά την ακολούθηση του φαινομενικά μικρότερου οχήματος και αντίθετα μειώνεται κατά την ακολούθηση του φαινομενικά μεγαλύτερου οχήματος.

Μια αναθεώρηση των αρχικών προβλέψεων όσον αφορά την κατεύθυνση επίδρασης του προσλαμβανόμενου μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος, θα μπορούσε να μας οδηγήσει στην περαιτέρω υπόθεση ότι η συμπεριφορά ακολούθησης των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας B, ενδεχομένως να αποτελεί προϊόν μιας συμπεριφοράς αντιστάθμισης της επίδρασης του προσλαμβανόμενου μεγέθους του προπορευόμενου, η οποία βασίζεται στην αντιληπτική ένδειξη του οικείου ή τυπικού μεγέθους. Η «λογική» που υποστηρίζεται σε αυτή την υπόθεση είναι, επειδή το γνωστικό σύστημα «γνωρίζει» ότι τα μικρότερα (βάσει του οικείου ή τυπικού μεγέθους) αντικείμενα φαίνονται πιο απομακρυσμένα, άρα, «γνωρίζει» ότι η προσλαμβανόμενη ως μεγαλύτερη χρονική απόσταση εγγύτητας ενδεχομένως είναι εσφαλμένη, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ΧΔ προκειμένου να τηρηθεί η επιθυμητή χρονική απόσταση εγγύτητας από το προπορευόμενο ή απλώς μια ασφαλή απόσταση. Αντίστοιχα, κατά την ακολούθηση του μεγάλου οχήματος, επειδή το γνωστικό σύστημα «γνωρίζει» ότι τα μεγαλύτερα αντικείμενα φαίνονται ότι βρίσκονται πιο κοντά, άρα, «γνωρίζει» ότι η προσλαμβανόμενη ως μικρότερη χρονική απόσταση ενδεχομένως είναι μεροληπτική, οι οδηγοί προβαίνουν σε μείωση του ΧΔ προκειμένου να τηρήσουν την επιθυμητή χρονική απόσταση εγγύτητας.

Το πρόβλημα, ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση είναι ότι αν οι οδηγοί προβαίνουν σε αυτή την αντισταθμιστική συμπεριφορά προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν την

εσφαλμένη αντιληπτική εκτίμηση απόστασης που προκαλείται λόγω του φαινομενικού μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος, τότε, στη συνθήκη υποβοήθησης η επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου θα έπρεπε να εξακολουθεί να υφίσταται, και όχι να εξαλείφεται, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Β. Καθώς, το βοήθημα δεν επηρεάζει, κατά κανένα τρόπο, το προσλαμβανόμενο μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος. Επιπλέον, η εγγενής αντίφαση σε αυτή την υπόθεση, είναι ότι προϋποθέτουμε πως οι οδηγοί έχουν επίγνωση της πηγής πρόκλησης των εσφαλμένων εκτιμήσεων που προβαίνουν και γιαυτό αντισταθμίζουν τη συμπεριφορά τους με την αύξηση ή τη μείωση του τηρούμενου ΧΔ, αλλά αδυνατούν τελικά να τηρήσουν το ίδιο εύρος τιμών ΧΔ κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων, παρότι, αυτός είναι ο επιδιωκόμενος στόχος της συμπεριφοράς αντιστάθμισης.

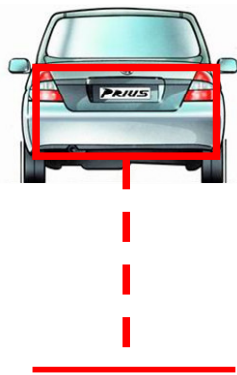
Συνεπώς, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δεν επιβεβαιώνουν καμία από τις αρχικές υποθέσεις, καθώς, η χρονική απόσταση εγγύτητας που τηρείται σε κάθε συνθήκη δε μπορεί να ερμηνευθεί βάσει της μεμονωμένης επίδρασης που ασκεί είτε το φαινομενικό μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος είτε το φαινομενικό μέγεθος του οχήματος που ακολουθεί. Αυτό καταδεικνύει εξάλλου και τη βασική αδυναμία των υφισταμένων θεωρητικών υποθέσεων. Επιχειρείται, δηλαδή, η κατανόηση της συμπεριφοράς ακολούθησης απομονώνοντας έναν μόνο παράγοντα, ενώ, απουσιάζει ένα θεωρητικό πλαίσιο που θα λαμβάνει υπόψη την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων.

8.1.10 Συζήτηση

Ακολουθώντας το θεωρητικό πλαίσιο που προτείνεται στην παρούσα διατριβή, η κατανόηση της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων στην εκτίμηση της χρονικής απόστασης εγγύτητας από το προπορευόμενο όχημα, καθίσταται εφικτή μέσω της αντιληπτικής διεργασίας εξάλειψης ή έστω ελαχιστοποίησης της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών του πλαισίου και της οριζόντιας-κάθετης γραμμής.

Σύμφωνα με την υπόθεση που υποστηρίζεται στην παρούσα μελέτη, στη φάση της ακολούθησης του προπορευόμενου οχήματος το αντιληπτικό έργο που καλείται να επιτελέσει ο οδηγός για τον προσδιορισμό του επιθυμητού ΧΔ, είναι η επίλυση

της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου και της οριζόντιας-κάθετης γραμμής (Εικόνα 5). Το πλαίσιο (το οποίο ορίζεται με βάση το προσλαμβανόμενο μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος) συνιστά την πιο σημαντική αντιληπτική ένδειξη για την εκτίμηση της διαμήκης απόστασης, καθώς αποτελεί το σημείο αναφοράς για την εκτίμηση του μήκους της οριζόντιας γραμμής (η οποία ορίζει το πλάτος του οχήματος που ακολουθεί) και κατ' επέκταση την εκτίμηση του μήκους της κάθετης γραμμής (η οποία ορίζει τη διαμήκη απόσταση μεταξύ των δύο οχημάτων).



Κατά την επιτέλεση του έργου της ακολούθησης, το αντιληπτικό έργο που καλείται να επιτελέσει το γνωστικό σύστημα, για την εκτίμηση της χρονικής απόστασης εγγύτητας από το προπορευόμενο, σχετίζεται με την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών του πλαισίου και της οριζόντιας-κάθετης γραμμής.

Εικόνα 5: Αναπαράσταση του αντιληπτικού έργου κατά την ακολούθηση προπορευόμενου οχήματος.

Σύμφωνα με τη γεωμετρική πλάνη της οριζόντιας-κάθετης γραμμής, η κάθετη γραμμή φαίνεται μεγαλύτερη από την οριζόντια, έστω και αν οι δύο γραμμές είναι ισομήκεις. Όσο μειώνεται το μήκος της οριζόντιας γραμμής το μήκος της κάθετης γραμμής φαίνεται ακόμη μεγαλύτερο, ενώ όσο αυξάνεται το μήκος της οριζόντιας γραμμής το μήκος της κάθετης γραμμής φαίνεται ίσο ή μικρότερο της οριζόντιας γραμμής. Άρα, το εκτιμώμενο μήκος της οριζόντιας γραμμής (ουσιαστικά το εκτιμώμενο πλάτος του οχήματος) το οποίο είναι προϊόν επίδρασης του πλαισίου (σύμφωνα με τη γεωμετρική πλάνη της επίδρασης του πλαισίου, όσο αυξάνεται το μέγεθος του πλαισίου το μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής υποεκτιμάται, ενώ όσο μειώνεται, το μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής υπερεκτιμάται),

επηρεάζει σημαντικά την εκτίμηση της κάθετης γραμμής (της διαμήκης απόστασης μεταξύ των δύο οχημάτων).

Συνεπώς, στη συνθήκη ελέγχου, όπου η εκτίμηση του πλάτους του οχήματος βασίζεται αποκλειστικά στη νοερή εικόνα του οδηγού όσον αφορά τα όρια του περιγράμματος του οχήματος του, αναμένεται ότι, στο βαθμό που η νοερή εικόνα των οδηγών είναι εσφαλμένη, η επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος θα είναι μεγαλύτερη, διότι, το προπορευόμενο όχημα αποτελεί το σημείο αναφοράς του οδηγού για την υπονόηση του πλάτους του δικού του οχήματος του. Έτσι, θεωρητικά, το φαινομενικά μεγαλύτερο όχημα θα συμβάλλει στην υποεκτίμηση του μήκους της οριζόντιας γραμμής, (λόγω της επίδρασης του πλαισίου στην εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής), άρα, στην υπερεκτίμηση του μήκους της κάθετης γραμμής (λόγω της επίδρασης της οριζόντιας-κάθετης γραμμής), κι επομένως, στη μείωση του ΧΔ ως αποτέλεσμα της αντισταθμιστικής συμπεριφοράς που προβαίνουν οι οδηγοί προκειμένου να τηρήσουν τον ίδιο υποκειμενικά ΧΔ από τα δύο προπορευόμενα οχήματα.

Αυτό ακριβώς συμβαίνει, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, στην περίπτωση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Β. Το φαινομενικά μεγαλύτερο όχημα συμβάλλει στη μείωση του τηρούμενου ΧΔ στη συνθήκη ελέγχου, ενώ στη συνθήκη υποβοήθησης η επίδραση του προπορευόμενου οχήματος εξαλείφεται. Αντίθετα, στην περίπτωση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α, το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος δεν επηρεάζει τον τηρούμενο ΧΔ στη συνθήκη ελέγχου (πλην μίας συμμετέχουσας, περίπτωση 4), κι αυτό υποδεικνύει ότι, το προπορευόμενο όχημα δεν αποτελεί το σημαντικό σημείο αναφοράς των οδηγών για την υπονόηση του πλάτους του δικού τους οχήματος, πιθανότατα λόγω του ότι, η διαδικασία υπονόησης ή η νοερή εικόνα που εμπειρικά έχουν μάθει να αναπτύσσουν, προκειμένου να υπονοήσουν τα όρια του περιγράμματος του οχήματος τους, είναι πιο ισχυρή. Το επιχείρημα αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι, στη συνθήκη υποβοήθησης, στους δυο λιγότερο έμπειρους οδηγούς της υπο-ομάδας Α (περιπτώσεις 1 και 2, οι οποίοι συμπτωματικά έχουν και τη μικρότερη ποσοστιαία αναλογία ορατότητας του καπό του ερευνητικού οχήματος), ο ΧΔ αυξάνεται ανάλογα με το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος, πιθανότατα λόγω του ότι η ύπαρξη της δοκού παράγει μία ασυμφωνία σε σχέση με τη νοερή τους εικόνα όσον

αφορά τα όρια του περιγράμματος του οχήματός τους, κι αυτό τους καθιστά περισσότερο επιρρεπείς να απομακρυνθούν από το μεγαλύτερο όχημα σε μία προσπάθεια επίλυσης της ασυμφωνίας, διατηρώντας μια απόσταση ασφαλείας. Ενώ, στους δύο περισσότερο έμπειρους οδηγούς της υπο-ομάδας Α (περιπτώσεις 3 και 4), ο ΧΔ δε μεταβάλλεται κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων στη συνθήκη υποβοήθησης, πιθανότατα λόγω του ότι οι δύο συγκεκριμένοι συμμετέχοντες έχουν διπλάσια ή/ και τριπλάσια χρόνια οδηγικής εμπειρίας σε σχέση με τους υπόλοιπους συμμετέχοντες, κι αυτό τους καθιστά λιγότερο επιρρεπείς στην αλλαγή της αντιληπτικής διεργασίας που έχουν μάθει να επιτελούν ώστε να προσδιορίσουν τη χρονική απόσταση εγγύτητας από το προπορευόμενο όχημα.

Επομένως, η κύρια διαφορά μεταξύ των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α σε σχέση με τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, δεν είναι ότι η νοερή εικόνα των οδηγών της υπο-ομάδας Α σχετικά με τα μη ορατά εμπρόσθια τμήματα του οχήματος είναι λιγότερο εσφαλμένη, με αποτέλεσμα την αποδυνάμωση της επίδρασης του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος στη συνθήκη ελέγχου. Είναι πιο ισχυρή η διαδικασία υπονόησης των ορίων του περιγράμματος του οχήματος που εμπειρικά έχουν μάθει να αναπτύσσουν, κι αυτό τους καθιστά λιγότερο επιρρεπείς στην επίδραση της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου για την εκτίμηση του πλάτους του δικού τους οχήματος. Αυτό με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα, η ύπαρξη της δοκού, είτε να αυξάνει το βαθμό δυσκολίας των δύο λιγότερο έμπειρων οδηγών της υπο-ομάδας Α (περιπτώσεις 1 και 2), ώστε να αξιοποιήσουν την οπτική υποβοήθηση που τους παρέχει η δοκός στον προσδιορισμό των ορίων του καπό, καθώς, η ύπαρξη της δοκού «αλλοιώνει» τη νοερή τους εικόνα, είτε να μη λαμβάνεται καθόλου υπόψη από τους δύο περισσότερο έμπειρους οδηγούς (περιπτώσεις 3 και 4). Αντίθετα, στην περίπτωση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Β (περιπτώσεις 5 και 6), των οποίων η συμπεριφορά ακολούθησης υπόκειται στην επίδραση των γεωμετρικών πλανών του πλαισίου και της οριζόντιας-κάθετης γραμμής, στη συνθήκη ελέγχου ο ΧΔ που τηρούν να είναι αντιστρόφως ανάλογος του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος, ενώ στη συνθήκη υποβοήθησης, η ύπαρξη της δοκού τους βοηθά να βελτιώσουν τη νοερή τους εικόνα σχετικά με τα όρια του καπό του οχήματος, κι επομένως, η αξιοποίηση του βοηθήματος έχει ως αποτέλεσμα την εξάλειψη της επίδρασης του πλαισίου κατά την ακολούθηση των δύο οχημάτων.

8.2 Φάση προσπέρασης

Στη φάση προσπέρασης, η οποία προσδιορίστηκε από τη στιγμή που ο δεξιός τροχός του ερευνητικού οχήματος βρίσκεται πάνω στην κεντρική διαχωριστική γραμμή της οδού έως τη στιγμή που ο αριστερός τροχός βρίσκεται στην κεντρική διαχωριστική γραμμή (κατά την επαναφορά του οχήματος στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας), εξετάστηκαν οι πλευρικές αποστάσεις του ερευνητικού οχήματος από το μέσο της αριστερής λωρίδας, κατά τον ελιγμό της προσπέρασης.

8.2.1 Κριτήρια αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων, διαπιστώθηκε ότι στη διάρκεια του ελιγμού της προσπέρασης διακρίνονται τρία επιμέρους συμβάντα:

- η στιγμή που το ερευνητικό όχημα εισέρχεται στην αριστερή λωρίδα καταγράφοντας τη μέγιστη πλευρική μετατόπισή του προς τα αριστερά της οδού (ΜΠΜΑ),
- η στιγμή που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (//), και
- η στιγμή που το ερευνητικό όχημα επανέρχεται στη δεξιά λωρίδα.

Για τη διερεύνηση της επίδρασης των βοηθημάτων ή/ και του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος στην επιτέλεση του ελιγμού της προσπέρασης, από τα τρία επιμέρους συμβάντα λήφθηκαν υπόψη μόνο τα δύο πρώτα.

Ο λόγος για τον οποίο η ανάλυση εστιάστηκε σε αυτά τα δύο συμβάντα έχει να κάνει με το γεγονός ότι τα δύο συμβάντα, τα οποία είναι αλληλένδετα μεταξύ τους, μπορούν να θεωρηθούν, ουσιαστικά, ως δείκτες σχετικά με την τακτική που υιοθετούν οι συμμετέχοντες, σε κάθε δοκιμασία, προκειμένου προβούν στον ελιγμό της προσπέρασης. Δηλαδή, η αρχική μετατόπιση του οχήματος προς τα αριστερά της οδού έχει να κάνει με την «οριοθέτηση» του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο πρόκειται να ελιχθεί το όχημα, ενώ, η πλευρική απόσταση του οχήματος από την κεντρική γραμμή, τη στιγμή της παραλληλίας των δύο οχημάτων, έχει να κάνει με την επιθυμητή πλευρική θέση που επιλέγουν οι συμμετέχοντες σε κάθε δοκιμασία, βάσει των χωρικών περιορισμών που θέτουν το διαθέσιμο τμήμα της οδού και το προσπερνόμενο όχημα.

8.2.2 Παράμετροι που εξετάστηκαν

Για την εξέταση των παραπάνω υποθέσεων λήφθηκαν υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι:

- πλευρική απόσταση του οχήματος από το μέσο της αριστερής λωρίδας τη στιγμή που καταγράφεται η μέγιστη πλευρική μετατόπισή του προς τα αριστερά της οδού (ΜΠΜΑ) και τη στιγμή που τα οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (/),
- ποσοστιαία μεταβολή της πλευρικής απόστασης μεταξύ της ΜΠΜΑ και της παραλληλίας (/) των δύο οχημάτων,
- ποσοστιαία πλευρική απόκλιση του ερευνητικού οχήματος από το μέσο της αριστερής λωρίδας κυκλοφορίας τη στιγμή της παραλληλίας των δύο οχημάτων,
- ταχύτητα του ερευνητικού οχήματος στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές.

8.2.3 Πλευρική απόσταση οχήματος

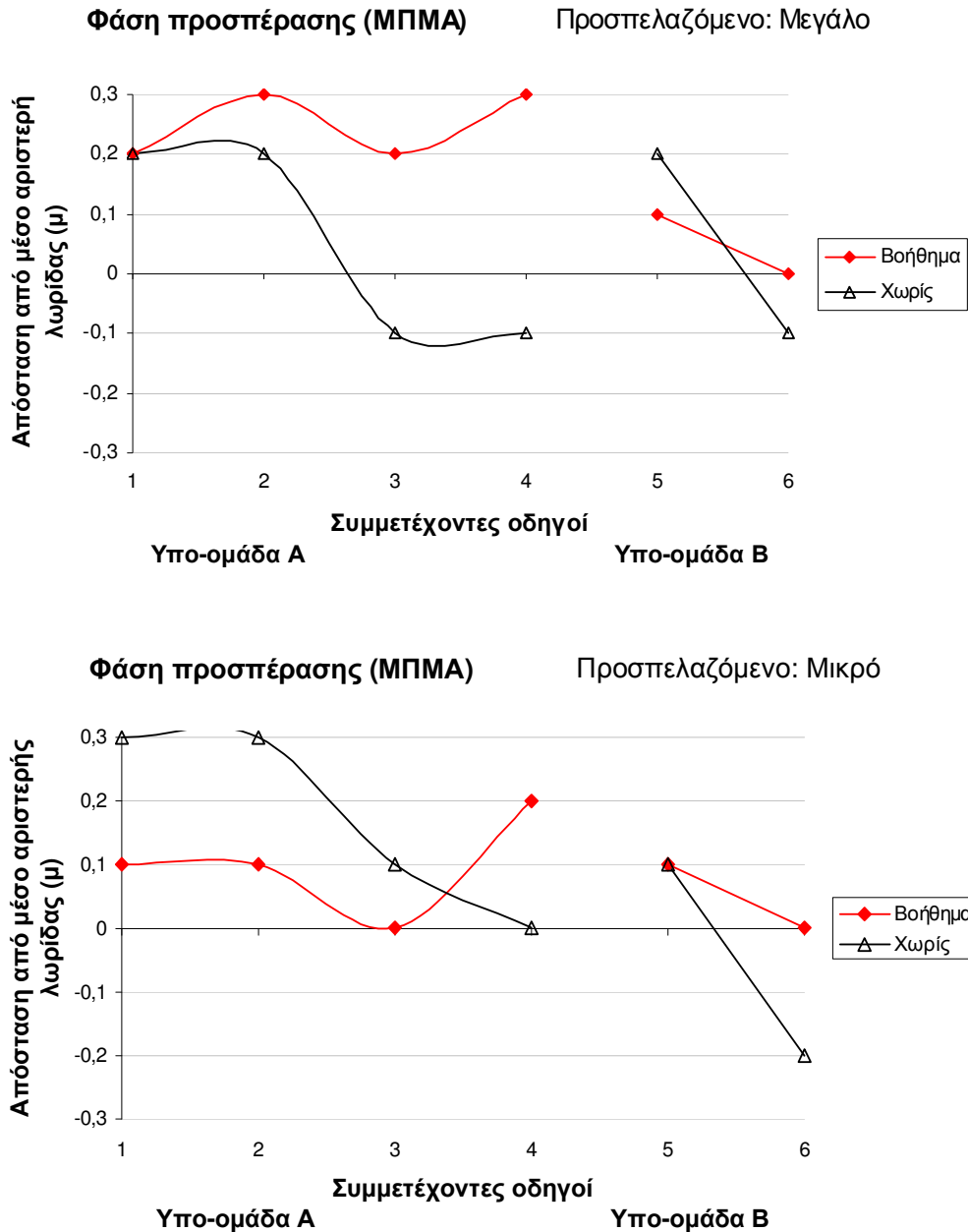
Ξεκινώντας από την πλευρική απόσταση του οχήματος από το μέσο της αριστερής λωρίδας της οδού, εξετάστηκαν διαδοχικά οι πλευρικές αποστάσεις: α) τη στιγμή που καταγράφεται η μέγιστη πλευρική μετατόπιση του οχήματος προς τα αριστερά της οδού (ΜΠΜΑ) και β) τη στιγμή που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία.

8.2.3.1 Μέγιστη πλευρική απόσταση (ΜΠΜΑ)

Για λόγους συνέπειας, η διάκριση των συμμετεχόντων σε δύο υπο-ομάδες που υιοθετήθηκε στη φάση της ακολούθησης, διατηρήθηκε και στη φάση προσπέρασης. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 17, η διάκριση μεταξύ των δύο υπο-ομάδων εξακολουθεί να υφίσταται και στον ελιγμό της προσπέρασης, καθώς, στην υπο-ομάδα Α, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών ως προς τη ΜΠΜΑ (ιδιαίτερα όταν το προσπερνόμενο όχημα είναι μεγάλο), ενώ, στην υπο-ομάδα Β οι μεταξύ των συνθηκών διαφορές αμβλύνονται.

Ειδικότερα, στην υπο-ομάδα Α, στη συνθήκη υποβοήθησης η πλευρική απόσταση από το προσπερνόμενο όχημα αυξάνεται (έως και 0,2 μ.) όταν το προσπερνόμενο όχημα είναι μεγάλο, και αντίστοιχα στη συνθήκη ελέγχου, η πλευρική απόσταση αυξάνεται (κατά 0,2 μ.) όταν το προσπερνόμενο όχημα είναι μικρό. Αντίθετα, στην

υπο-ομάδα Β, η πλευρική απόσταση από το προσπερνόμενο όχημα αυξάνεται (κατά 0,1 μ.) στη συνθήκη ελέγχου όταν το προσπερνόμενο όχημα είναι μικρό, ενώ στη συνθήκη υποβοήθησης, τηρείται ίδια ακριβώς πλευρική απόσταση κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων.



Σχήμα 17: ΜΠΜΑ κατά τον ελιγμό της προσπέρασης, ανά συμμετέχοντα.

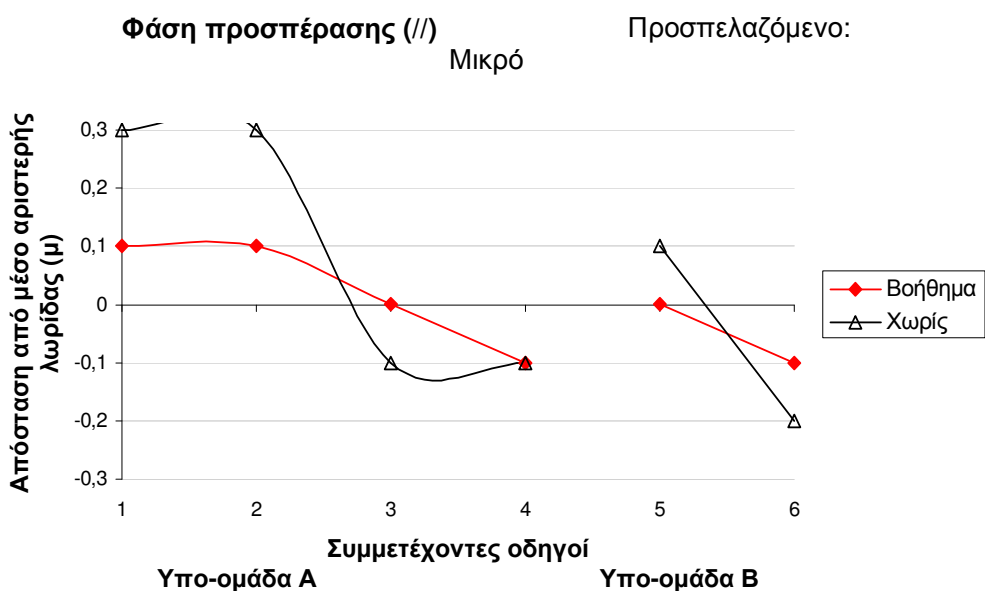
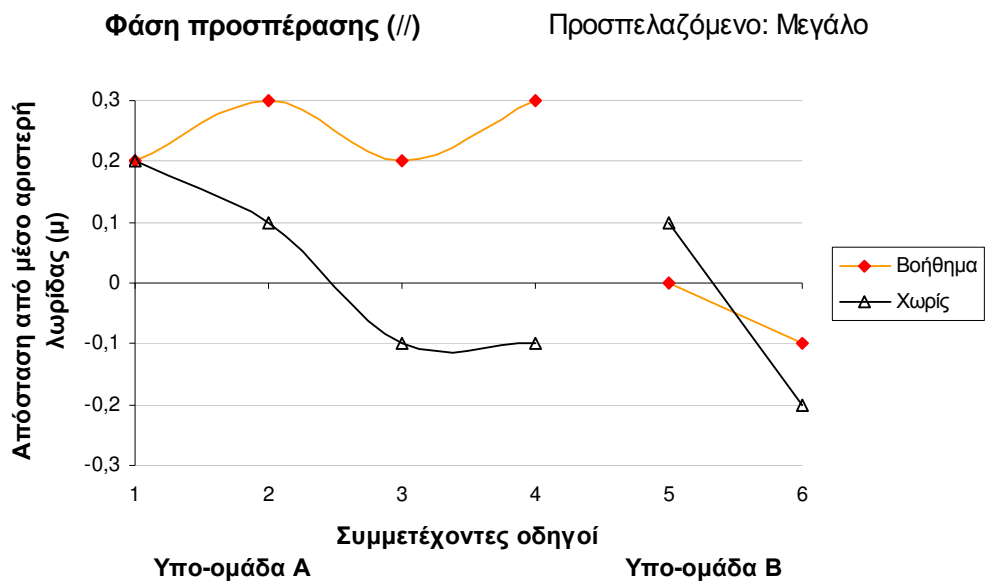
8.2.3.2 Πλευρική απόσταση κατά την παραλληλία των οχημάτων

Ακολουθώντας, εξετάζοντας την πλευρική απόσταση του οχήματος από το προσπερνόμενο όχημα (Σχήμα 18), τη στιγμή που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (//), παρατηρούμε ότι:

- ο Στην υπο-ομάδα Α, η τάση αύξησης της πλευρικής απόστασης από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα, στη συνθήκη υποβοήθησης, διατηρείται. Ενώ, στη συνθήκη ελέγχου, οι 2 από τους 4 συμμετέχοντες (περιπτώσεις 3 και 4) διαφοροποιούνται, καθώς, η πλευρική απόσταση από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα μειώνεται, με αποτέλεσμα την τήρηση ίδιας πλευρικής απόστασης κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων.
- ο Όσον αφορά την υπο-ομάδα Β, οι συμμετέχοντες διατηρούν την ίδια πλευρική απόσταση στις δύο συνθήκες κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων.

Από την παράθεση των παραπάνω αποτελεσμάτων φαίνεται ότι αναδύονται **δύο διαφορετικές στρατηγικές** μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συμμετεχόντων και οι στρατηγικές αυτές είναι περισσότερο εμφανείς **στο στάδιο σχεδιασμού** του έργου. Σύμφωνα με την πρώτη στρατηγική, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α επιλέγουν να απομακρυνθούν από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα στη συνθήκη υποβοήθησης και να συγκλίνουν προς αυτό στη συνθήκη ελέγχου. Αντίθετα, σύμφωνα με τη δεύτερη στρατηγική, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β επιλέγουν να συγκλίνουν προς το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα στη συνθήκη υποβοήθησης και να απομακρυνθούν από αυτό στη συνθήκη ελέγχου.

Κάνουμε λόγο για δύο διαφορετικές στρατηγικές, διότι στο επόμενο στάδιο, **στο στάδιο επιτέλεσης** του έργου, προκύπτει ότι ο επιδιωκόμενος στόχος των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Β είναι η επίτευξη τήρησης ίδιας ακριβώς πλευρικής απόστασης –ανά συνθήκη– κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων. Αντίθετα, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, προβαίνουν στο στάδιο επιτέλεσης είτε σε μεγαλύτερη (περιπτώσεις 3 και 4) είτε σε μικρότερη (περιπτώσεις 1 και 2) μείωση της αρχικής πλευρικής απόστασης, χωρίς όμως να διατηρούν ίδια πλευρική απόσταση κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων.



Σχήμα 18: Απόκλιση δεξιού τροχού από το μέσο της αριστερής λωρίδας, τη στιγμή που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (//).

8.2.4 Σύγκριση πλευρικών αποστάσεων

Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω διαφοροποιήσεων και την αξιολόγηση της επίδρασης των βοηθημάτων ή/και του μεγέθους του προσπελαζομένου στην πλευρική μετατόπιση του ερευνητικού οχήματος κατά τον ελιγμό της προσπέρασης,

προβήκαμε στη σύγκριση των πλευρικών αποστάσεων, τη στιγμή που καταγράφεται η μέγιστη πλευρική μετατόπιση προς τα αριστερά της οδού (ΜΠΜΑ) και τη στιγμή τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (//) για κάθε ζεύγος μετρήσεων.

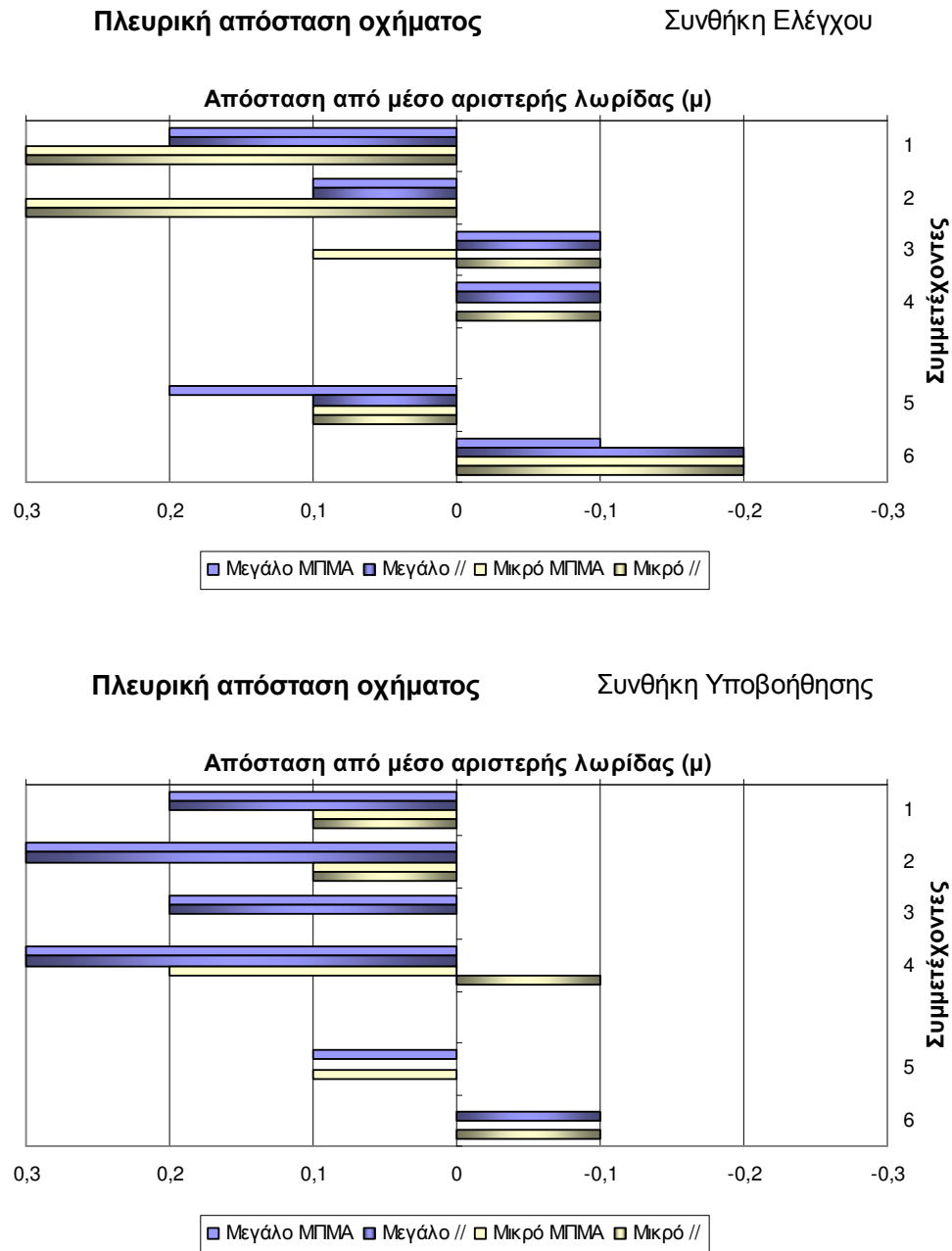
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 19, στην υπο-ομάδα Α:

- Κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος, οι συμμετέχοντες οριοθετούν με διαφορετικό τρόπο το διαθέσιμο τμήμα της οδού, στο οποίο πρόκειται να ελιχθεί το ερευνητικό όχημα, στις δύο συνθήκες. Στη συνθήκη υποβοήθησης αυξάνουν την πλευρική απόσταση σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου (έως και 0,3μ.) και διατηρούν αυτή την πλευρική απόσταση έως τη στιγμή που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (//).
- Κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος, ωστόσο, οι συμμετέχοντες αυξάνουν την πλευρική απόσταση στη συνθήκη ελέγχου σε σχέση με τη συνθήκη υποβοήθησης (έως και 0,2μ.) –πλην της περίπτωσης 4, και σε δύο περιπτώσεις (περιπτώσεις 3 και 4) η αρχική πλευρική απόσταση μειώνεται τη στιγμή που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (//), ενώ, στη συνθήκη υποβοήθησης, η αρχική πλευρική απόσταση παραμένει αμετάβλητη.

Επομένως, στην υπο-ομάδα Α η κύρια διαφορά σε σχέση με το μέγεθος του προσπελαζόμενου οχήματος έγκειται στο γεγονός ότι στο στάδιο επιτέλεσης, κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος, η πλευρική μετατόπιση είναι μικρότερη σε σχέση με το μικρό όχημα, κι αυτό συμβαίνει, χωρίς να υπάρχει μεταβολή της αρχικής οριοθέτησης (στάδιο σχεδιασμού), σε σχέση με την επιθυμητή ή εφικτή πλευρική θέση του οχήματος στο στάδιο επιτέλεσης. Αντίθετα, κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος, η πλευρική μετατόπιση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το μεγάλο όχημα, και στις μισές περιπτώσεις, η αρχική οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού (στάδιο σχεδιασμού) υπερβαίνει την επιθυμητή πλευρική θέση στο στάδιο επιτέλεσης.

Όσον αφορά την επίδραση του βοηθήματος, το βοήθημα συμβάλλει στη συγκέντρωση των τιμών της πλευρικής μετατόπισης γύρω από δύο ακραίες τιμές κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων (οι συμμετέχοντες κινούνται είτε προς το αριστερό άκρο της οδού κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος, είτε προς το μέσο της αριστερής λωρίδας κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος) και στη

μείωση των διαφορών μεταξύ της αρχικής οριοθέτησης του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο στάδιο σχεδιασμού και της επιθυμητής ή εφικτής πλευρικής θέσης στο στάδιο επιτέλεσης.



Σχήμα 19: Σύγκριση πλευρικών αποστάσεων από το μέσο της αριστερής λωρίδας μεταξύ των δύο επιμέρους σταδίων του ελιγμού της προσπέρασης στις τέσσερις συνθήκες.

Έχει σημασία να επισημάνουμε, ωστόσο, ότι παρότι η επίδραση του μεγέθους του προσπελαζομένου ως προς την πλευρική θέση του ερευνητικού οχήματος είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση στη συνθήκη υποβοήθησης σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, το βοήθημα συμβάλλει, ουσιαστικά, στην ανάδειξη των μεταξύ των συνθηκών διαφορών που προκύπτουν στη συνθήκη ελέγχου, και όχι στην πρόκληση ενός νέου μοντέλου οριοθέτησης του διαθέσιμου τμήματος της οδού. Δηλαδή, στη συνθήκη ελέγχου κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος, η ευχέρεια πλευρικής μετατόπισης του οχήματος κατά πλάτος της οδού μειώνεται, συγκριτικά με την περίπτωση προσπέρασης του μικρού οχήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α να φαίνεται ότι καταβάλλουν μεγαλύτερη προσπάθεια για τη διατήρηση της πλευρικής θέσης του οχήματος στο μέσο της αριστερής λωρίδας. Στη συνθήκη υποβοήθησης, επίσης, η ευχέρεια πλευρικής μετατόπισης του οχήματος κατά πλάτος της οδού είναι μικρότερη, συγκριτικά με την περίπτωση προσπέρασης του μικρού οχήματος, όμως, η «πίεση» που ασκεί το βοήθημα στους συμμετέχοντες έχει ως αποτέλεσμα τη μη-καταβολή μεγαλύτερης προσπάθειας, απλώς, την αύξηση της πλευρικής μετατόπισης προς το αριστερό άκρο της οδού. Αντίστοιχα, στη συνθήκη ελέγχου, κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος η ευχέρεια πλευρικής μετατόπισης κατά πλάτος της οδού είναι μεγαλύτερη. Αυτό έχει ως συνέπεια, στη συνθήκη υποβοήθησης, όπου η ευχέρεια πλευρικής μετατόπισης μειώνεται λόγω της πίεσης που ασκεί το βοήθημα, οι συμμετέχοντες να είναι σε θέση καταβάλλουν μεγαλύτερη προσπάθεια για τη διατήρηση της πλευρικής θέσης του οχήματος στο μέσο της αριστερής λωρίδας υιοθετώντας ουσιαστικά το ίδιο μοντέλο συμπεριφοράς όπως και στη συνθήκη ελέγχου κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος.

Με άλλα λόγια, για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, το βοήθημα φαίνεται ότι αυξάνει το βαθμό δυσκολίας των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α, όσον αφορά τη χωρική εκτίμηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού, με αποτέλεσμα την απομάκρυνση του ερευνητικού οχήματος προς το αριστερό άκρο της οδού κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος. Αυτός είναι ο λόγος, η αλληλεπίδραση δηλαδή των δύο παραγόντων, του βοηθήματος και του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος, για τον οποίο η αύξηση της πλευρικής απόστασης στη συνθήκη υποβοήθησης είναι ανάλογη του μεγέθους του προσπελαζομένου οχήματος, ενώ στη συνθήκη ελέγχου συμβαίνει το αντίθετο.

Αντίθετα, στην υπο-ομάδα Β, ανεξαρτήτως του μεγέθους του προσπελαζομένου οχήματος, στο στάδιο σχεδιασμού τηρείται ανά συνθήκη ίδια ακριβώς πλευρική απόσταση από το προσπερνόμενο, μόνο που:

- ο Στη συνθήκη υποβοήθησης αυτό επιτυγχάνεται με μείωση της αρχικής πλευρικής κατά 0,1 μ., κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων, ενώ,
- ο Στη συνθήκη ελέγχου, αυτό επιτυγχάνεται με μείωση της αρχικής πλευρικής κατά 0,1 μ., μόνο κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος.

Επομένως, το κύριο εύρημα για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδα Β, είναι ότι η ύπαρξη της δοκού συμβάλλει στη μείωση της αρχικής πλευρικής μετατόπισης και στη διατήρηση ίδιας πλευρικής θέσης, ανά συμμετέχοντα, κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων. Όσον αφορά την επίδραση του μεγέθους του προσπελαζομένου οχήματος, η μόνη διαφοροποίηση προκύπτει στη συνθήκη ελέγχου, όπου, κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος η αρχική οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού υπερβαίνει (στάδιο σχεδιασμού) την επιθυμητή πλευρική θέση στο στάδιο επιτέλεσης, ενώ, κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος, η αρχική οριοθέτηση (στάδιο σχεδιασμού), δε μεταβάλλεται σε σχέση με την επιθυμητή ή εφικτή πλευρική θέση στο στάδιο επιτέλεσης. Λαμβάνοντας ωστόσο, υπόψη τη συνολική επίδοση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Β, κατά την επιτέλεση του ελιγμού της προσπέρασης, καθίσταται σαφές ότι επιδιωκόμενος στόχος των συμμετεχόντων είναι η διατήρηση κεντρικής πλευρικής θέσης (στο μέσο της αριστερής λωρίδας). Το βοήθημα συμβάλλει εμφανώς στην επίτευξη αυτού του στόχου, ενώ, η απουσία του βοηθήματος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πλευρικής απόκλισης παραπλεύρως από το μέσο της οδού. Σε αντίθεση δηλαδή με τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, στην υπο-ομάδα Β το βοήθημα διευκολύνει τους συμμετέχοντες ώστε να επιτύχουν τον επιδιωκόμενο στόχο κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα τόσο τη μείωση του εύρους των τιμών της πλευρικής μετατόπισης, σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, όσο και την εξάλειψη της επίδρασης του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος. Αντίθετα, στην υπο-ομάδα Α, το βοήθημα αυξάνει το βαθμό δυσκολίας των συμμετεχόντων ως προς τη χωρική εκτίμηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού, με αποτέλεσμα, οι διαφορές που παρατηρούνται στη συνθήκη ελέγχου ως προς την πλευρική μετατόπιση του οχήματος ανάλογα με το μέγεθος του προσπελαζομένου να υπερτονίζονται στη συνθήκη υποβοήθησης.

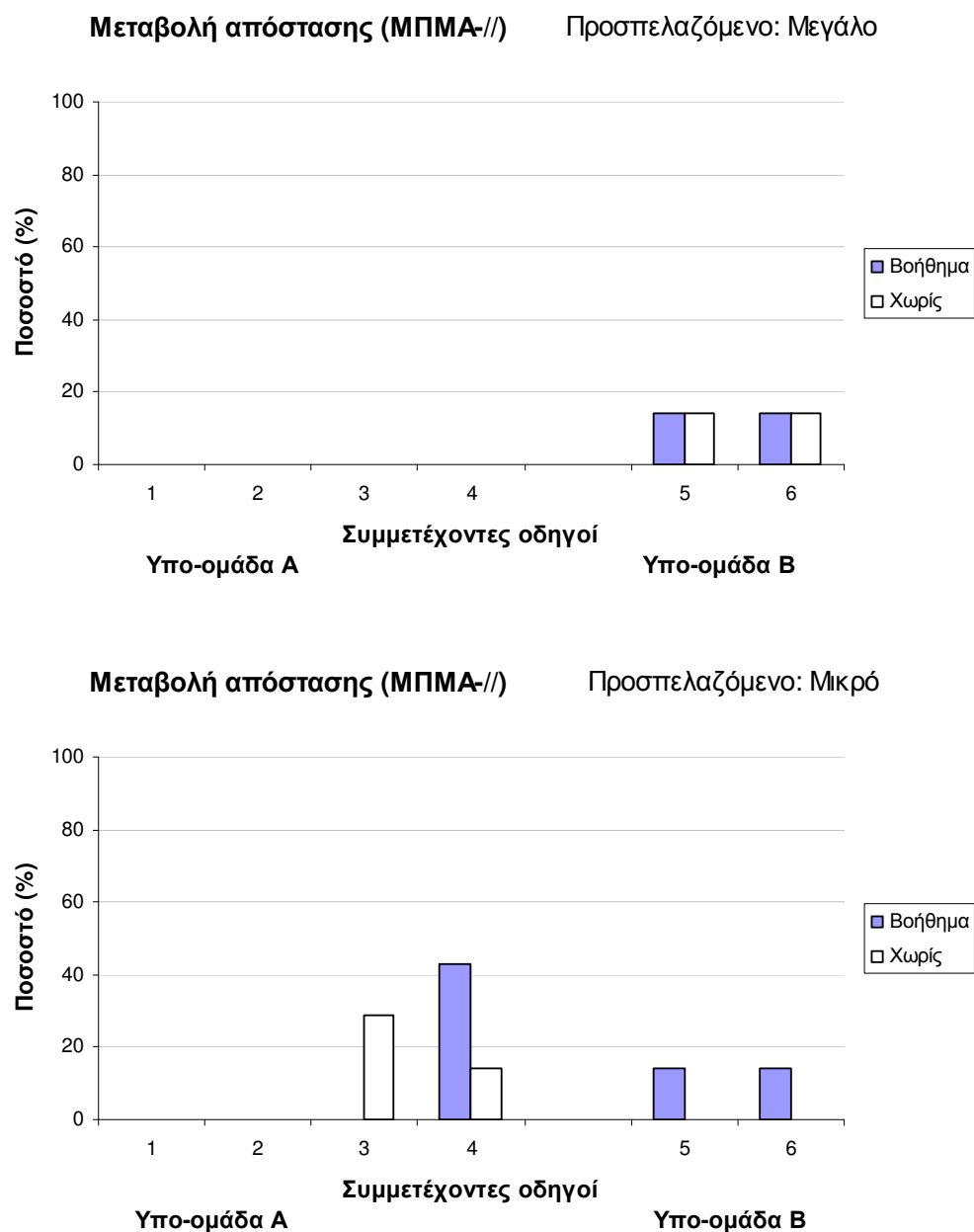
8.2.5 Ποσοστιαία μεταβολή πλευρικής απόστασης (ΜΠΜΑ -//)

Σε έναν επακόλουθο έλεγχο της επίδρασης που ασκεί το μέγεθος το προσπελαζομένου οχήματος ή/ και το βοήθημα στην οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού στις δύο επιμέρους φάσεις του ελιγμού της προσπέρασης προβήκαμε στη σύγκριση της ποσοστιαίας μεταβολής της πλευρικής απόστασης στις δύο αυτές φάσεις. Όπως εξηγήθηκε στην αρχή, αν θεωρήσουμε ότι η αρχική πλευρική μετατόπιση του οχήματος προς τα αριστερά της οδού σχετίζεται με το **στάδιο σχεδιασμού** επιτέλεσης του ελιγμού της προσπέρασης, και η στιγμή της παραλληλίας των δύο οχημάτων με τη **στάδιο επιτέλεσης του έργου**, συγκρίνοντας την ποσοστιαία μεταβολή της πλευρικής απόστασης μεταξύ των δύο αυτών φάσεων της προσπέρασης, μπορούμε να προσδιορίζουμε το βαθμό επίδρασης που ασκούν οι δύο μεταβλητές στους οδηγούς στην οριοθέτηση της πλευρικής θέσης του οχήματος τους. Προβαίνοντας σε αυτή τη σύγκριση (Σχήμα 20) προκύπτει ότι:

- Κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, μειώνουν στο στάδιο επιτέλεσης την αρχική πλευρική μετατόπιση, κατά 14,3%, τόσο στη συνθήκη υποβοήθησης όσο και στη συνθήκη ελέγχου, ενώ, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, διατηρούν αμετάβλητη την αρχική πλευρική μετατόπιση στις δύο συνθήκες.
- Κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, μειώνουν την αρχική πλευρική μετατόπιση κατά 14,3%, μόνο στη συνθήκη υποβοήθησης, ενώ μόνο δύο συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α (περιπτώσεις 3 και 4), προβαίνουν σε μείωση της αρχικής πλευρικής μετατόπισης στη συνθήκη ελέγχου (κατά 28,6% και 14,3 %, αντίστοιχα), και σε μία περίπτωση (περίπτωση 4) στη συνθήκη υποβοήθησης (κατά 42,9%).

Συνεπώς, με βάση την ποσοστιαία μεταβολή της πλευρικής απόστασης στις δύο επιμέρους φάσεις του ελιγμού της προσπέρασης, προκύπτει ότι, στη συνθήκη ελέγχου, οι δυο υπο-ομάδες συμμετεχόντων οριοθετούν με διαφορετικό τρόπο το διαθέσιμο τμήμα της οδού σε σχέση με το μέγεθος του προσπελαζομένου οχήματος. Δηλαδή, οι μισοί συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α υπερβαίνουν (στο στάδιο σχεδιασμού) την επιθυμητή πλευρική απόσταση κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος, ενώ, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος. Στη συνθήκη υποβοήθησης, αντίθετα, η επίδραση του μεγέθους

του προσπελαζομένου οχήματος εξαλείφεται. Καθώς, στην υπο-ομάδα Α, ανεξαρτήτως του μεγέθους του προσπελαζομένου δεν υπάρχει μεταβολή της αρχικής πλευρικής απόστασης στο στάδιο επιτέλεσης, ενώ στην υπο-ομάδα Β η αρχική πλευρική απόσταση μεταβάλλεται εξίσου κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων.



Σχήμα 20: Ποσοστιαία μεταβολή πλευρικής απόστασης από την κεντρική γραμμή της οδού μεταξύ της ΜΠΜΑ και της παραλληλίας των δύο οχημάτων.

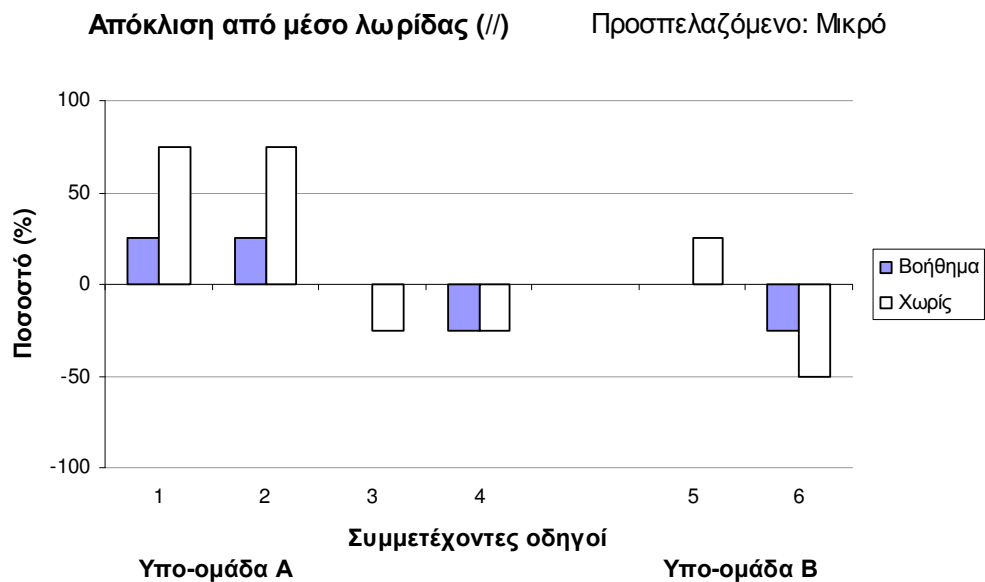
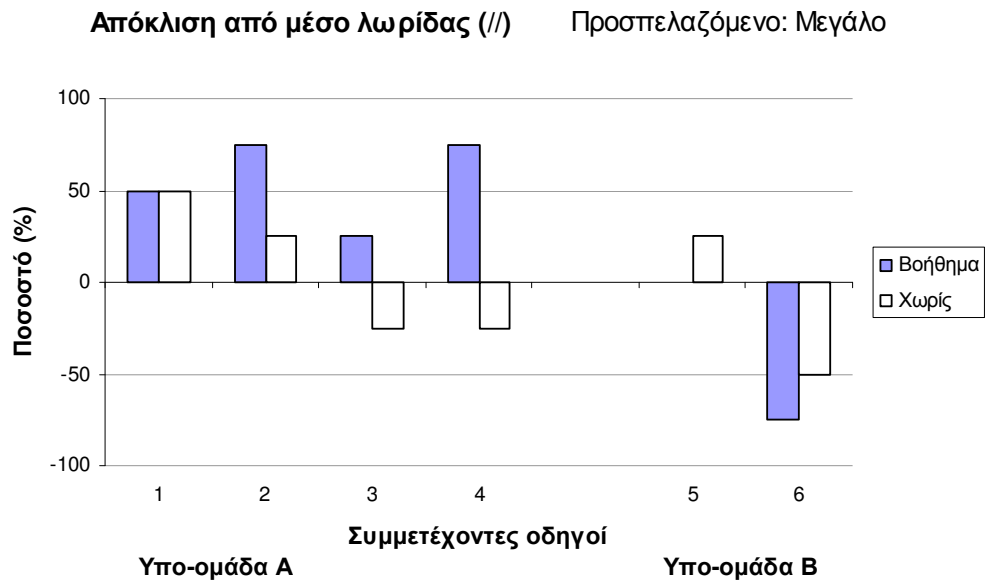
8.2.6 Ποσοστιαία πλευρική απόκλιση (//)

Ακολουθώντας, εξετάζοντας την ποσοστιαία πλευρική απόκλιση του οχήματος από το μέσο της αριστερής λωρίδας στο **στάδιο επιτέλεσης** του ελιγμού της προσπέρασης, τη στιγμή δηλαδή της παραλληλίας των δύο οχημάτων (Σχήμα 21), προκύπτει ότι, στην **υπο-ομάδα Α**, η μεταβολή της αρχικής πλευρικής μετατόπισης σχετίζεται με την ευχέρεια των συμμετεχόντων να κινηθούν σε όλο το πλάτος της αριστερής λωρίδας της οδού, και όχι με την προσπάθειά τους να επιτύχουν μία κεντρική πλευρική θέση στο μέσο της αριστερής λωρίδας. Έτσι,

- Στη συνθήκη ελέγχου, όπου κυρίως κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος υπάρχει μεταβολή της πλευρικής απόστασης μεταξύ των δύο επιμέρους φάσεων της προσπέρασης, η μεταβολή αυτή οδηγεί σε αύξηση της πλευρικής απόκλισης από το μέσο της αριστερής λωρίδας, σε σχέση με την προσπέραση του μεγάλου οχήματος, στη φάση παραλληλίας των δύο οχημάτων.
- Αντίθετα, στη συνθήκη υποβοήθησης, όπου δεν υπάρχει μεταβολή της πλευρικής απόστασης, η απόκλιση από το μέσο της αριστερής λωρίδας, είναι μικρότερη κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος, ενώ και μεγαλύτερη κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος.

Επομένως, η «πίεση» που ασκεί στους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α το μεγάλο όχημα ως προς την ευχέρειά τους να κινηθούν σε όλο το πλάτος της αριστερής λωρίδας της οδού, τους οδηγεί στην τήρηση μίας κεντρικής πλευρικής θέσης κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος, ενώ, η επιπρόσθετη «πίεση» που φαίνεται ότι τους ασκεί το βοήθημα, επιλύεται είτε με την τήρηση κεντρικής πλευρικής θέσης στη συνθήκη μικρότερης πίεσης (προσπέραση μικρότερου οχήματος) είτε με την απομάκρυνση προς το αριστερό άκρο της οδού στη συνθήκη μεγαλύτερης πίεσης (προσπέραση μεγαλύτερου οχήματος).

Αντίθετα, στην υπο-ομάδα Β, η μεταβολή της αρχικής πλευρικής μετατόπισης σχετίζεται με την επίδραση που ασκεί στους οδηγούς το μέγεθος του προσπελαζομένου οχήματος προκειμένου να επιτύχουν μία κεντρική πλευρική θέση στο μέσο της αριστερής λωρίδας. Έτσι,



Σχήμα 21: Ποσοστιαία απόκλιση οχήματος από το μέσο της αριστερής λωρίδας κατά την παραλληλία των δύο οχημάτων (//).

- Στη συνθήκη ελέγχου, η «πίεση» που ασκεί το μεγάλο όχημα στην οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού, τους οδηγεί αρχικά σε αύξηση της πλευρικής μετατόπισης, ωστόσο, στη φάση παραλληλίας των οχημάτων, η πλευρική απόκλιση από το μέσο της αριστερής λωρίδας είναι ακριβώς ίδια τόσο κατά την προσπέραση του μικρού όσο και κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος.

- ο Στη συνθήκη υποβοήθησης, αντίθετα, το μέγεθος του προσπελαζομένου οχήματος όχι μόνο δεν επηρεάζει την τηρούμενη πλευρική θέση, αλλά και η αρχική αύξηση της πλευρικής μετατόπισης οδηγεί στην τήρηση κεντρικής πλευρικής θέσης, στο μέσο της αριστερής λωρίδας της οδού.

Επομένως, για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας B, η «πίεση» που ασκεί το μεγάλο όχημα ως προς την οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού επιλύεται (σε αντίθεση με τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας A) με αύξηση της πλευρικής μετατόπισης από το μέσο της αριστερής λωρίδας. Η δεύτερη και πιο σημαντική διαφορά σε σχέση με τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας A, είναι ότι για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας B, το βοήθημα δε συνιστά πηγή επιπρόσθετης πίεσης αλλά διευκόλυνσης επίτευξης του επιδιωκόμενου στόχου. Αυτό έχει ως συνέπεια την τήρηση κεντρικής πλευρικής θέσης (στο μέσο της αριστερής λωρίδας της οδού) στη συνθήκη υποβοήθησης, ανεξαρτήτως του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος.

8.2.7 Ταχύτητα

Σε έναν τελευταίο έλεγχο, εξετάστηκε κατά πόσο η πλευρική απόσταση που τηρείται σε κάθε συνθήκη σχετίζεται με την ταχύτητα που έχουν αναπτύξει οι οδηγοί τη στιγμή που καταγράφεται η μέγιστη πλευρική μετατόπιση του οχήματος προς τα αριστερά της οδού ή/ και τη στιγμή που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία. Προβαίνοντας σε αυτό τον έλεγχο προκύπτει ότι η διαφορά ταχύτητας στις δύο συνθήκες (ανά συμμετέχοντα) είναι πολύ μικρή (της τάξεως: ± 3 χιλ./ώρα), κι επομένως, οι διαφορές που παρατηρούνται ως προς το μέγεθος της πλευρικής μετατόπισης στις δύο συνθήκες δε φαίνεται να οφείλονται ή έστω να επηρεάζονται από το μέγεθος της ταχύτητας που έχουν αναπτύξει οι οδηγοί στα δύο αυτά επιμέρους συμβάντα κατά τον ελιγμό της προσπέρασης.

8.2.8 Σύνοψη ευρημάτων στη φάση προσπέρασης

Συνοψίζοντας τις μέχρι τώρα επισημάνσεις αναφορικά με την επίδραση του μεγέθους του προσπελαζομένου ή/και του βοηθήματος στην πλευρική απόσταση του ερευνητικού οχήματος κατά τον **ελιγμό της προσπέρασης**, θα πρέπει να τονίσουμε

καταρχήν ότι, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν κατ' αρχήν τη διάκριση μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συμμετεχόντων που προέκυψε στη φάση της ακολούθησης, καθώς, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο υπο-ομάδων ως προς τη στρατηγική που υιοθετούν σχετικά με την «οριοθέτηση» του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο πρόκειται να ελιχθεί το ερευνητικό όχημα. Τα κύρια ευρήματα αναφορικά με την επίδραση του μεγέθους του προσπελαζομένου οχήματος και του βοηθήματος ως προς την πλευρική μετατόπιση του ερευνητικού οχήματος, συνοψίζονται ως εξής:

1. Όσον αφορά την **επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος**, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δείχνουν ότι μεταξύ των δύο υπο-ομάδων διακρίνονται δύο «μοντέλα» οριοθέτησης του διαθέσιμου τμήματος της οδού, ανάλογα με το μέγεθος του προσπελαζομένου οχήματος. Στο πρώτο «μοντέλο» (υπο-ομάδα Α), η πλευρική απόσταση από το μεγάλο προσπερνόμενο όχημα μειώνεται έως και 0,2 μ. σε σχέση με το μικρότερο όχημα, στο στάδιο σχεδιασμού, και μάλιστα, η αρχική οριοθέτηση (στάδιο σχεδιασμού) παραμένει αμετάβλητη στο στάδιο επιτέλεσης. Στο δεύτερο «μοντέλο» (υπο-ομάδα Β), η πλευρική απόσταση από το μεγάλο προσπερνόμενο όχημα αυξάνεται κατά 0,1 μ. σε σχέση με το μικρότερο όχημα, στο στάδιο σχεδιασμού, αλλά στη συνέχεια η διαφορά αυτή εξαλείφεται, και επιτυγχάνεται η διατήρηση ίσης πλευρικής απόστασης κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων, στο στάδιο επιτέλεσης.
2. Επίσης, από τη σύγκριση της ποσοστιαίας μεταβολής της πλευρικής απόστασης στις δύο επιμέρους φάσεις του ελιγμού της προσπέρασης το επακόλουθο εύρημα που προκύπτει είναι ότι, στο στάδιο σχεδιασμού, 2 από τους 4 συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α υπερβαίνουν την επιθυμητή πλευρική απόσταση (στάδιο επιτέλεσης) κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος, ενώ, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος.
3. Όσον αφορά **την επίδραση του βοηθήματος**, στην υπο-ομάδα Α η πλευρική απόσταση από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα αυξάνεται έως και 0,2 μ., σε σχέση με το μικρό όχημα, και αυτή η αρχική οριοθέτηση παραμένει σχεδόν αμετάβλητη στο στάδιο επιτέλεσης. Αντίθετα, στην υπο-ομάδα Β, τηρείται ίδια ακριβώς πλευρική απόσταση από τα δύο προσπερνόμενα οχήματα στα στάδια σχεδιασμού και επιτέλεσης, αλλά, μεταξύ των δύο σταδίων η πλευρική απόσταση μειώνεται κατά 0,1μ.

8.2.9 Έλεγχος υποθέσεων

Σε σχέση με τις αρχικές υποθέσεις αναφορικά με την επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος ή/και του βοηθήματος στην αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης, τα αποτελέσματα δεν επιβεβαιώνουν την υπόθεση H_5 , αναφορικά με τη δυνατότητα άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης, καθώς, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών και στα δύο επιμέρους στάδια της προσπέρασης. Αντίθετα, επιβεβαιώνουν την υπόθεση H_7 , σύμφωνα με την οποία, αναμένεται ότι θα υπάρχουν διαφορές μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών ως προς την πλευρική απόσταση του ερευνητικού οχήματος από τα προσπερνόμενα οχήματα, λόγω της νοητικής διεργασίας που μεσολαβεί για τη χωρική εκτίμηση και την «οριοθέτηση» του διαθέσιμου τμήματος της οδού, στο οποίο πρόκειται να ελιχθεί το ερευνητικό όχημα. με την οποία, καμία διαφορά δεν αναμένεται να υπάρξει μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών.

Η «λογική» που υποστηρίζεται στην υπόθεση H_5 είναι ότι η αντίληψη της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή είναι άμεση και ότι όλες οι αναγκαίες οπτικές πληροφορίες προσλαμβάνονται από το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής. Αυτό σημαίνει ότι εφόσον η πλευρική απόσταση του προσπελαζόμενου οχήματος από την κεντρική διαγράμμιση της οδού είναι σταθερή (30 εκ.) και το συνολικό εμβαδόν της πίσω επιφάνειας των δύο προσπελαζόμενων οχημάτων είναι ίδιο, τότε, τη στιγμή έναρξης του ελιγμού της προσπέρασης (προσδιορίστηκε από τη στιγμή που ο δεξιός τροχός του ερευνητικού οχήματος βρίσκεται πάνω στην κεντρική γραμμή της οδού) τα δύο προσπερνόμενα οχήματα θα αποκρύπτουν το ίδιο, αναλογικά, τμήμα του συνόλου της οπτικής παράταξης. Επομένως, ακόμη και αν η αρχική απόκρυψη ενός τμήματος του συνόλου της οπτικής παράταξης (στάδιο σχεδιασμού) παρεμποδίζει την πρόσληψη των οπτικών πληροφοριών σχετικά με την κατεύθυνση μετακίνησης από το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής, αυτό θα έχει ως συνέπεια, η αρχική πλευρική απόσταση από το προσπερνόμενο να διαφέρει από την πλευρική απόσταση που τηρείται τη στιγμή που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (στάδιο επιτέλεσης), τη στιγμή δηλαδή που οι οδηγοί εκτίθενται στο σύνολο της οπτικής παράταξης, όμως, μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών καμία διαφορά δεν αναμένεται να υπάρξει στα επιμέρους στάδια του ελιγμού της προσπέρασης. Κάτι το οποίο δεν υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα της έρευνας.

Δεδομένου ότι, οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών δεν είναι προϊόν άμεσης αντίληψης της κατεύθυνσης μετακίνησης αλλά προϊόν διαμεσολάβησης νοητικών διεργασιών, σύμφωνα με την υπόθεση H_7 , η διερεύνησή τους (των διεργασιών) επιχειρείται μέσα από την εξέταση των «μοντέλων» οριοθέτησης του διαθέσιμου τμήματος της οδού που διακρίνονται μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συμμετεχόντων, ανάλογα με το μέγεθος του προσπελαζομένου οχήματος ή/ και του βοηθήματος.

Όσον αφορά τις υποθέσεις H_6 και H_8 , αναφορικά με την επίδραση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος ή/και του βοηθήματος στην τηρούμενη πλευρική απόσταση από το προσπερνόμενο όχημα, τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την υπόθεση H_8 , μόνο στην περίπτωση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας B.

Δηλαδή, στη συνθήκη ελέγχου, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας B αυξάνουν (κατά 0,1 μ.) την αρχική πλευρική μετατόπιση του ερευνητικού οχήματος (στάδιο σχεδιασμού) κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος και διατηρούν ίση πλευρική απόσταση από τα δύο προσπερνόμενα οχήματα (στάδιο επιτέλεσης). Αντίθετα, στη συνθήκη υποβοήθησης τηρούν ίση πλευρική απόσταση από τα δύο προσπερνόμενα οχήματα στα δύο επιμέρους στάδια της προσπέρασης, με αποτέλεσμα, η αρχική πλευρική μετατόπιση (στάδιο σχεδιασμού) να μειώνεται εξίσου (κατά 0,1 μ.) κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων (στάδιο επιτέλεσης). Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι παρότι το συνολικό εμβαδόν της πίσω επιφάνειας των δύο προσπερνόμενων οχημάτων είναι ίδιο, η διάκριση της επίδρασης των δύο οχημάτων σε σχέση με το μέγεθος τους, βασίζεται στις αρχές της γνωστικής προσέγγισης, σύμφωνα με την οποία η εκτίμηση του μεγέθους και της απόστασης των αντικειμένων βασίζεται στην αξιοποίηση ποικίλων αντιληπτικών ενδείξεων. Στην προκειμένη περίπτωση, η εκτίμηση βασίζεται στην αντιληπτική ένδειξη του οικείου ή τυπικού μεγέθους των προσπελαζομένων οχημάτων, όπως άλλωστε υποστηρίχθηκε και στη φάση της ακολούθησης.

Αντίθετα, στην υπο-ομάδα A, παρότι η πλευρική απόσταση από το προσπερνόμενο όχημα διαφοροποιείται κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων, κι αυτό είναι σύμφωνα με τις προβλέψεις της υπόθεσης H_8 , η επίδοση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση σε σχέση με τις

αρχικές προβλέψεις. Δηλαδή, στη συνθήκη ελέγχου οι συμμετέχοντες μειώνουν (έως και 0,2 μ.) την αρχική πλευρική μετατόπιση (στάδιο σχεδιασμού) κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος ενώ, στη συνθήκη υποβοήθησης, οι συμμετέχοντες αυξάνουν (έως και 0,2 μ.) την αρχική πλευρική μετατόπιση κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος και μάλιστα, η αρχική οριοθέτηση στο στάδιο σχεδιασμού παραμένει αμετάβλητη στο στάδιο επιτέλεσης και στις δύο συνθήκες. Επιπλέον, μεταξύ των τεσσάρων συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α, προκύπτει μία περαιτέρω διαφοροποίηση, η οποία συνίσταται στο γεγονός ότι στη συνθήκη ελέγχου, δύο συμμετέχοντες (περιπτώσεις 3 και 4) τηρούν ίση πλευρική απόσταση από τα προσπερνόμενα οχήματα, στο στάδιο επιτέλεσης.

Συνεπώς, το «μοντέλο» οριοθέτησης του διαθέσιμου τμήματος της οδού που υιοθετούν οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α δεν επιβεβαιώνει τις αρχικές υποθέσεις. Λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη ότι η πηγή διαφοροποίησης ως προς τις στρατηγικές «οριοθέτησης» του διαθέσιμου τμήματος της οδού, προέρχεται από τα ίδια ζευγάρια συμμετεχόντων που ταυτοποιήθηκαν στη φάση της ακολούθησης, ενισχύει την άποψη ότι η κατανόηση των νοητικών διεργασιών ή/και των κρίσιμων οπτικών πληροφοριών που αξιοποιούν οι οδηγοί, δε μπορεί να ερμηνευθεί βάσει της μεμονωμένης επίδρασης κάποιας οπτικής μεταβλητής (όπως υποστηρίζεται στις υφιστάμενες θεωρητικές υποθέσεις) αλλά βάσει της αλληλεπίδρασης των διαθέσιμων οπτικών ενδείξεων περιβαλλοντικών στην οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού κατά τον ελιγμό της προσπέρασης.

8.2.10 Συζήτηση

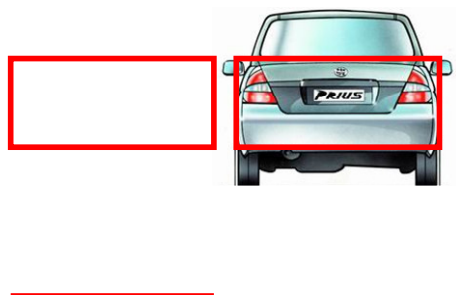
Ακολουθώντας το θεωρητικό πλαίσιο που προτείνεται στην παρούσα διατριβή, η κατανόηση της αλληλεπίδρασης των δύο παραγόντων (του βοηθήματος και του μεγέθους του προσπερνόμενου οχήματος) στην οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού κατά τον ελιγμό της προσπέρασης, καθίσταται εφικτή μέσω της αντιληπτικής διεργασίας που μεσολαβεί για την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων και κατόπιν της επίδρασης του πλαισίου την εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης

Σύμφωνα με την υπόθεση που υποστηρίζεται στην παρούσα μελέτη, κατά τον ελιγμό της προσπέρασης, το αντιληπτικό έργο που καλείται να επιτελέσει ο οδηγός για την εκτίμηση της χωρικής επάρκειας του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο μπορεί να ελιχθεί το όχημα με ασφάλεια¹², είναι η εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων –για τον προσδιορισμό του διαθέσιμου πλάτους της οδού στο οποίο μπορεί να κινηθεί το όχημα- και βάσει αυτής, η εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης του πλαισίου στην εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής –για τον προσδιορισμό της πλευρικής απόστασης από το προσπερνόμενο όχημα.

Σχετικά με την ανάδυση της γεωμετρικής πλάνης των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων, τα δύο πλαίσια ορίζονται: α) από την πίσω επιφάνεια του προσπελαζομένου οχήματος και β) από το διαθέσιμο πλάτος της οδού –πέραν του προσπελαζομένου– στο οποίο μπορεί να κινηθεί το ερευνητικό όχημα. Σύμφωνα με τη γεωμετρική πλάνη των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων (Εικόνα 6), το μεγαλύτερο σε μέγεθος πλαίσιο εντείνει την υποεκτίμηση του μικρότερου πλαισίου και κατ' επέκταση, την υπερεκτίμηση της ενδιάμεσης οριζόντιας (ουσιαστικά την ενδιάμεση απόσταση από το προσπερνόμενο όχημα). Πρέπει να σημειώσουμε ότι, στην προκειμένη περίπτωση, το σταθερό ερέθισμα αποτελεί το πλαίσιο το οποίο ορίζεται από το πλάτος της οδού στην αριστερή λωρίδα κυκλοφορίας, ενώ το μεταβαλλόμενο ερέθισμα αποτελεί το πλαίσιο το οποίο ορίζεται βάσει του προσλαμβανόμενου μεγέθους του προσπελαζομένου. Συνεπώς, στη συνθήκη ελέγχου, εφόσον η εκτίμηση του σχετικού μεγέθους του προσπελαζομένου οχήματος βασίζεται στην αξιοποίηση της αντιληπτικής ένδειξης του οικείου ή τυπικού μεγέθους, αναμένεται ότι το φαινομενικά μεγαλύτερο όχημα θα προκαλεί μεγαλύτερη «πίεση» στους συμμετέχοντες οδηγούς, ως προς την οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο μπορεί να ελιχθεί το ερευνητικό όχημα, σε σχέση με το φαινομενικά μικρότερο προσπερνόμενο όχημα.

¹² Θεωρητικά αυτό επιτυγχάνεται με τη διατήρηση της ελάχιστης δυνατής πλευρικής απόστασης από το προσπερνόμενο, μειώνοντας κατά αυτό τον τρόπο τόσο το χρόνο παραμονής του οχήματος στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας όσο και το χώρο που καταλαμβάνει το όχημα στην οδό, περιορίζοντας έτσι την πιθανότητα μετωπικής σύγκρουσης με ένα αντίθετο διερχόμενο όχημα.

Επίσης, το πλαίσιο το οποίο ορίζεται βάσει του εκτιμώμενου διαθέσιμου πλάτους της οδού, επηρεάζει την εκτίμηση της απαιτούμενης πλευρικής μετατόπισης του ερευνητικού οχήματος προς το αριστερό άκρο της οδού.



Κατά την επιτέλεση του ελιγμού της προσπέρασης, το αντιληπτικό έργο που καλείται να επιτελέσει το γνωστικό σύστημα, για την εκτίμηση της χωρικής επάρκειας του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο μπορεί να ελιχθεί με ασφάλεια το ερευνητικό όχημα, σχετίζεται με την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων, και της επίδρασης του πλαισίου στην εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής.

Εικόνα 6: Αναπαράσταση του αντιληπτικού έργου κατά την προσπέραση.

Σύμφωνα με την επίδραση του πλαισίου στην εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής (η οποία ορίζει το πλάτος του ερευνητικού οχήματος) όσο αυξάνεται το μέγεθος το πλαισίου το μήκος της οριζόντιας γραμμής υποεκτιμάται, ενώ όσο μειώνεται το μέγεθος του πλαισίου το μήκος της οριζόντιας γραμμής υπερεκτιμάται. Συνεπώς, στη συνθήκη ελέγχου, όπου η εκτίμηση του πλάτους του οχήματος βασίζεται αποκλειστικά στη νοερή εικόνα του οδηγού όσον αφορά τα όρια του περιγράμματος του οχήματός του, αναμένεται ότι, στο βαθμό που η νοερή εικόνα των οδηγών είναι εσφαλμένη η επίδραση του πλαισίου στη συνθήκη «πίεσης» (προσπέραση φαινομενικά μεγαλύτερου οχήματος) θα είναι μεγαλύτερη. Έτσι, θεωρητικά, στο στάδιο σχεδιασμού, το φαινομενικά μεγαλύτερο όχημα θα συμβάλλει στην υπερεκτίμηση του μήκους της οριζόντιας γραμμής (λόγω της υποεκτίμησης του διαθέσιμου πλάτους της οδού) και άρα στην αύξηση του βαθμού δυσκολίας των συμμετεχόντων ως προς την ευχέρεια πλευρικής μετατόπισης του οχήματος σε όλο το πλάτος της οδού. Αντίθετα, το φαινομενικά μικρότερο όχημα θα

συμβάλλει στην υποεκτίμηση του μήκους της οριζόντιας γραμμής (λόγω της υπερεκτίμησης του διαθέσιμου πλάτους της οδού) και άρα στην αύξηση του βαθμού ευχέρειας των συμμετεχόντων να κινηθούν σε όλο το πλάτος της οδού.

Αυτό ακριβώς δείχνουν τα αποτελέσματα της έρευνας. Ουσιαστικά, τα δύο μοντέλα οριοθέτησης που διακρίνονται μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συνιστούν, απλώς, δύο πιθανές «τακτικές» αντιστάθμισης της πίεσης που προκαλεί το φαινομενικά μεγαλύτερο όχημα στην οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού. Έτσι, στη συνθήκη ελέγχου στην υπο-ομάδα Α, στο στάδιο σχεδιασμού, οι συμμετέχοντες μειώνουν την πλευρική απόσταση από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα σε σχέση με το μικρότερο όχημα, ενώ οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, προβαίνουν σε μικρή αύξηση της πλευρικής απόστασης από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα σε σχέση με το μικρότερο όχημα.

Σε συνέχεια των όσων υποστηρίχθηκαν στη φάση της ακολούθησης σχετικά με τα χαρακτηριστικά των δύο υπο-ομάδων, οι δύο αυτές τακτικές αντιστάθμισης είναι συνεπείς με τα χαρακτηριστικά κάθε υπο-ομάδας. Δηλαδή, στους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, στους οποίους η διεργασία που εμπειρικά έχουν μάθει να αναπτύσσουν για την υπονόηση των ορίων του καπό του οχήματός τους, είναι πιο ισχυρή, άρα είναι λιγότερο επιρρεπείς στην επίδραση του πλαισίου, η πίεση που ασκεί το φαινομενικά μεγαλύτερο όχημα επιλύεται με τη σύγκλιση προς αυτό, ενώ, η ευχέρεια που τους παρέχει το φαινομενικά μικρότερο όχημα, ως προς την οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού, τους παρέχει τη δυνατότητα να απομακρυνθούν από το προσπερνόμενο εξαλείφοντας ουσιαστικά την επίδραση του πλαισίου. Αντίθετα, στους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, οι οποίοι σαφώς υπόκεινται στην επίδραση του πλαισίου όσον αφορά τον προσδιορισμό του περιγράμματος των ορίων του καπό του οχήματός τους, η μικρή αύξηση της πλευρικής απόστασης από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα, και κυρίως η τάση σύγκλισης προς το μικρότερο προσπερνόμενο όχημα είναι σύμφωνη ακριβώς με την κατεύθυνση της επίδρασης του πλαισίου. Με άλλα λόγια, στην υπο-ομάδα Β, η επίτευξη του επιδιωκόμενου στόχου, της τήρησης κεντρικής πλευρικής θέσης (στο μέσο της αριστερής λωρίδας) είναι προϊόν της επίδρασης του πλαισίου.

Επιπλέον, στο στάδιο επιτέλεσης, όπου η επίδραση των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων εξαλείφεται, άρα το μέγεθος του πλαισίου (το διαθέσιμο πλάτος της οδού) επανεκτιμάται, αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τη μείωση της πλευρικής απόστασης από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα στην υπο-ομάδα Β, η οποία ήταν προϊόν της επίδρασης του πλαισίου, ενώ στην υπο-ομάδα Α, η μόνη μεταβολή παρατηρείται στους δύο πιο έμπειρους συμμετέχοντες κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος, όπου η αύξηση της πλευρικής απόστασης στο στάδιο σχεδιασμού ήταν προϊόν εξάλειψης και μάλιστα.

Συνεπώς, στη συνθήκη ελέγχου η «πίεση» που ασκεί το μεγάλο όχημα ως προς τη χωρική οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού επιλύεται στην πρώτη περίπτωση (υπο-ομάδα Α), με μείωση της πλευρικής απόκλισης από το μέσο της αριστερής λωρίδας της οδού, συγκριτικά με την προσπέραση του μικρού οχήματος, ενώ, στη δεύτερη περίπτωση (υπο-ομάδα Β), με αύξηση της πλευρικής απόκλισης από το μέσο της αριστερής λωρίδας της οδού σε σχέση με την προσπέραση του μικρού οχήματος.

Όσον αφορά τη συνθήκη υποβοήθησης, όπως έχει ήδη αναφερθεί στη φάση ακολούθησης, ο βαθμός συμβολής του βοηθήματος φαίνεται να εξαρτάται από το βαθμό στον οποίο οι συμμετέχοντες υπόκεινται στην επίδραση του πλαισίου για τον προσδιορισμό των ορίων του καπó του οχήματός τους. Αυτό με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα, η ύπαρξη της δοκού, είτε να αυξάνει το βαθμό δυσκολίας των οδηγών, όπως στην περίπτωση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α, ώστε να αξιοποιήσουν την οπτική υποβοήθηση που τους παρέχει η δοκός στον προσδιορισμό των ορίων του καπó, είτε να τους βοηθά βελτιώσουν τη νοερή τους εικόνα σχετικά με τα όρια του καπó του οχήματός τους, όπως στην περίπτωση των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Β, με αποτέλεσμα την εξάλειψη της επίδρασης του πλαισίου.

Συνεπώς, η δεύτερη σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συμμετεχόντων έγκειται στην ευχέρειά τους να αξιοποιήσουν την υποβοήθηση που τους παρέχει η οριζόντια δοκός στην οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι, στη συνθήκη υποβοήθησης, για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, το βοήθημα αυξάνει το βαθμό δυσκολίας τους, όσον αφορά τη χωρική εκτίμηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού, ενώ για

τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, τους διευκολύνει να επιτύχουν την τήρηση κεντρικής πλευρικής θέσης, στο μέσο της αριστερής λωρίδας της οδού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην υπο-ομάδα Α, τη διατήρηση αντίστοιχης πλευρικής θέσης στη συνθήκη υποβοήθησης κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος με τη συνθήκη ελέγχου κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος (συνθήκη μικρότερης σχετικά «πίεσης»), και αντίθετα, την απομάκρυνση προς το αριστερό άκρο της οδού στη συνθήκη υποβοήθησης κατά την προσπέραση του μεγάλου μέγεθος (συνθήκη υψηλότερης σχετικά «πίεσης»). Αντίθετα στην υπο-ομάδα Β, η αρχική αύξηση της πλευρικής μετατόπισης στη συνθήκη υποβοήθησης οδηγεί στη διατήρηση κεντρικής πλευρικής θέσης κατά την προσπέραση των δύο οχημάτων, ενώ, στη συνθήκη ελέγχου η αρχική αύξηση της πλευρικής μετατόπισης κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος στη διατήρηση ίδιας πλευρικής θέσης.

Τέλος, από τη σύγκριση της ποσοστιαίας μεταβολής της πλευρικής μετατόπισης του οχήματος στα στάδια σχεδιασμού και επιτέλεσης, προκύπτει ότι ο βαθμός ποσοστιαίας μεταβολής της πλευρικής απόστασης μεταξύ των δύο επιμέρους φάσεων δε συνιστά προβλεπτικό δείκτη σχετικά με την πλευρική θέση του οχήματος στο στάδιο επιτέλεσης, αλλά έμμεσο δείκτη σχετικά με την ευχέρεια επίτευξης του επιδιωκόμενου στόχου των συμμετεχόντων όσον αφορά την επιθυμητή τροχιά του οχήματος κατά τον ελιγμό της προσπέρασης. Με αυτή την έννοια, ο βαθμός ποσοστιαίας μεταβολής της πλευρικής απόστασης μεταξύ των δύο επιμέρους φάσεων δεν είναι πάντοτε ανάλογος με το βαθμό απόκλισης του οχήματος από το μέσο της αριστερής λωρίδας, αλλά είναι ενδεικτικός του βαθμού ευχέρειας/δυσκολίας που αντιμετωπίζουν οι συμμετέχοντες στην οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο πρόκειται να ελιχθεί το όχημα τους.

Επομένως, με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β δείχνουν ότι εμπιστεύονται την υποβοήθηση που τους παρέχει το βοήθημα, κι αυτό έχει ως συνέπεια τη διατήρηση της ίδιας ακριβώς πλευρικής απόστασης από το προσπερνόμενο (στο μέσο της αριστερής λωρίδας της οδού) ανεξαρτήτως του μεγέθους του προσπελαζόμενου. Αντίθετα, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α δείχνουν ότι εμπιστεύονται λιγότερο την υποβοήθηση που τους παρέχει το βοήθημα, κι αυτό έχει ως συνέπεια στη συνθήκη πίεσης (κατά την προσπέραση του μεγάλου οχήματος) να απομακρύνονται προς το πιο αριστερό άκρο

της οδού, λόγω της δυσκολίας προσδιορισμού της χωρικής επάρκειας του διαθέσιμου τμήματος της οδού, ενώ, κατά την προσπέραση του μικρού οχήματος να διατηρούν κεντρική πλευρική θέση.

8.3 Φάση προσέγγισης εμποδίου

Για την εξέταση του τρίτου κατά σειρά οδηγικού έργου, τη διέλευση του οχήματος ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες, λήφθηκε υπόψη ο ρυθμός επιβράδυνσης του ερευνητικού οχήματος στη διάρκεια των τελευταίων 100μ., πριν την προσέγγιση των στηλοθετών, και βάσει της στιγμής που καταγράφεται η μέγιστη επιβράδυνση στη διάρκεια των τελευταίων 100μ, προσδιορίστηκαν:

- ο χρόνος-έως-την-επικείμενη σύγκρουση (οπτική μεταβλητή ταυ-τελεία) από τους δύο στηλοθέτες,
- ο χρονικός διαχωρισμός (ΧΔ) από τους δύο στηλοθέτες, και
- η απόσταση του ερευνητικού οχήματος από τους δύο στηλοθέτες.

8.3.1 Κριτήρια αξιολόγησης οδηγικής επίδοσης

Ο λόγος για τον οποίο η ανάλυση εστιάζεται στα τελευταία 100μ, πριν την προσέγγιση των στηλοθετών είναι ότι από την απόσταση των 100μ κι έπειτα έχουμε τρισδιάστατη όραση (Gregory, 1998). Αυτό σημαίνει ότι η εκτίμηση της απόστασης και κατ' επέκταση ο ρυθμός προσέγγισης των στηλοθετών, δεν εξαρτάται από τις ερμηνευτικές υποθέσεις που εισάγει ο οδηγός προκειμένου να υπονοήσει την τρισδιάστατη δομή του περιβάλλοντος και να εξάγει συμπεράσματα σχετικά με τη θέση και την απόσταση των αντικειμένων, αλλά βασίζεται στην πρόσληψη όλων των διαθέσιμων ενδείξεων βάθους-απόστασης για την ορθή εκτίμηση της απόστασης από τους στηλοθέτες.

Πέρα από αυτό, από την εξέταση των δεδομένων προέκυψε ότι για την ασφαλή διέλευση του οχήματος ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες δεν ήταν αναγκαία σε όλες τις δοκιμασίες η πέδηση του οχήματος. Γι' αυτό το λόγο, εφόσον δεν υπήρχε πέδηση σε όλες τις μετρήσεις, δε λήφθηκε υπόψη η στιγμή έναρξης της πέδησης του οχήματος αλλά η στιγμή που καταγράφεται η μέγιστη επιβράδυνση του οχήματος, στη διάρκεια των τελευταίων 100μ, για να έχει νόημα η σύγκριση των αποτελεσμάτων.

8.3.2 Διάκριση δύο επιμέρους φάσεων επιβράδυνσης

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή, για την εξέταση των υποθέσεων αναφορικά με την προσέγγιση και διέλευση του ερευνητικού οχήματος από τους δύο στηλοθέτες, υπολογίστηκε αρχικά ο ρυθμός επιβράδυνσης του οχήματος στη διάρκεια των τελευταίων 100μ, πριν την προσέγγιση των στηλοθετών, προκειμένου να προσδιοριστεί η στιγμή έναρξης της μέγιστης επιβράδυνσης. Όπως φαίνεται στο Παράρτημα ΙΙΙ, κατά τη διάρκεια της προσέγγισης διακρίνονται όχι μία αλλά δύο φάσεις όπου καταγράφονται οι υψηλότερες τιμές επιβράδυνσης. Οι δύο αυτές φάσεις αντιστοιχούν:

- (α) στην *αρχική φάση επιβράδυνσης* (φάση α') η οποία αποσκοπεί στη ρύθμιση της ταχύτητας του οχήματος προκειμένου να προετοιμάσει ο οδηγός τη μελλοντική τροχιά του οχήματος, και
- (β) στην *κύρια φάση επιβράδυνσης* (φάση β') η οποία αποσκοπεί στην ελάττωση της ταχύτητας προκειμένου να καταστεί εφικτή η ασφαλής διέλευση του οχήματος ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες.

Κατ' αντιστοιχία με τη φάση προσπέρασης, όπου διακρίναμε μεταξύ της στιγμής που καταγράφεται η μέγιστη πλευρική μετατόπιση του οχήματος προς τα αριστερά της οδού (ΜΠΜΑ) και της στιγμής που τα δύο οχήματα βρίσκονται σε παραλληλία (//), στη φάση προσέγγισης των στηλοθετών, τα επιμέρους στάδια σχεδιασμού και επιτέλεσης του έργου, προσδιορίστηκαν βάσει των δύο επιμέρους φάσεων ρύθμισης της επιβράδυνσης. Ουσιαστικά, η αρχική φάση επιβράδυνσης (φάση α') συνδέεται με το στάδιο σχεδιασμού προσέγγισης των στηλοθετών, ενώ, η κύρια φάση επιβράδυνσης (φάση β') συνδέεται με το στάδιο επιτέλεσης του έργου, τη διέλευση δηλαδή του οχήματος ανάμεσα από τους στηλοθέτες.

Ακολουθώντας την παραπάνω διάκριση, το πρώτο ζήτημα που εξετάζεται αφορά τον προσδιορισμό των κρίσιμων τιμών των χωρικών, χρονικών ή/και χωρο-χρονικών οπτικών πληροφοριών που αντιστοιχούν σε κάθε επιμέρους φάση ρύθμισης της επιβράδυνσης (στις δύο μετρήσεις ανά συνθήκη), προκειμένου να διερευνηθεί το είδος των οπτικών πληροφοριών που αξιοποιούν οι οδηγοί για τον έλεγχο της επιβράδυνσης, ενώ το δεύτερο ζήτημα αφορά την ποσοστιαία μεταβολή αυτών των

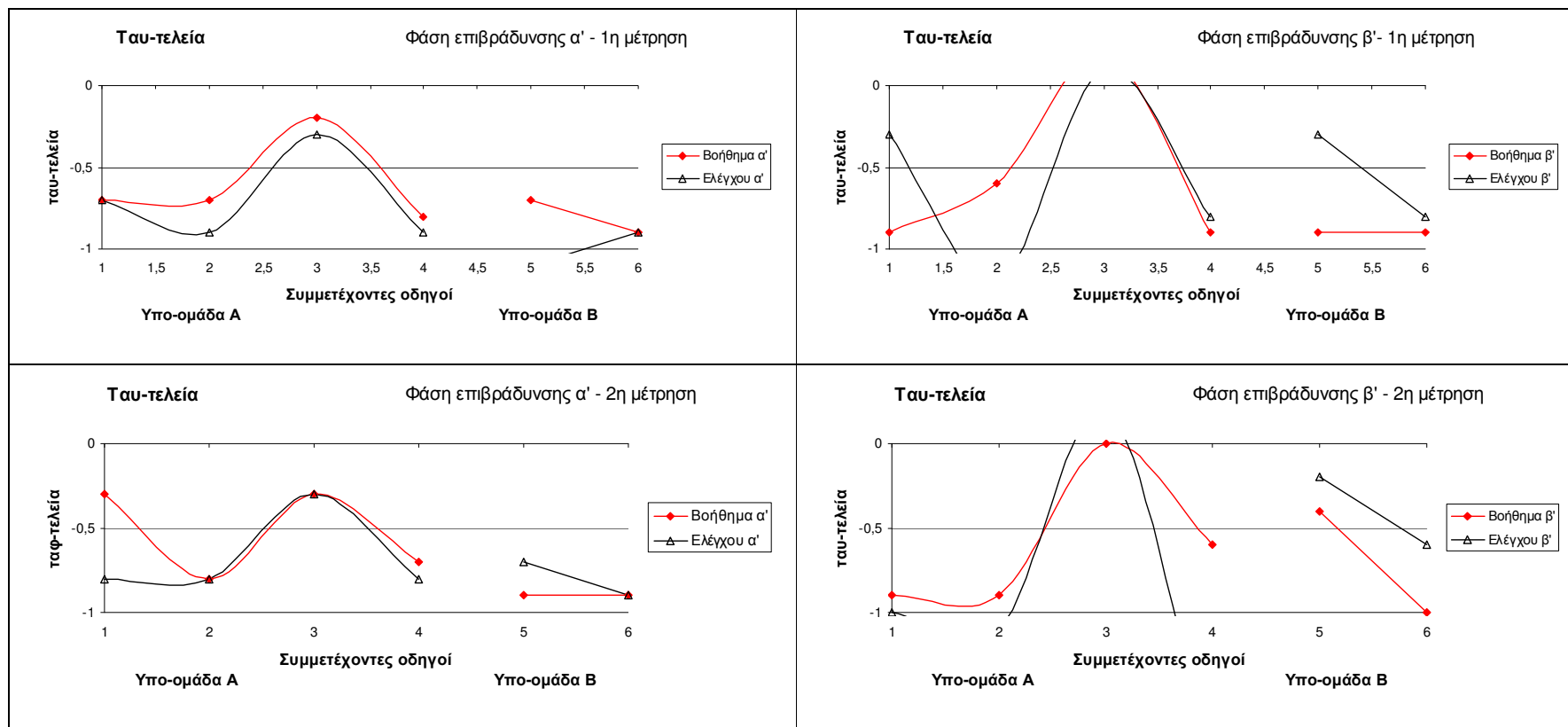
τιμών στα επιμέρους στάδια σχεδιασμού και επιτέλεσης του έργου, προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση του βοηθήματος στον έλεγχο της επιβράδυνσης.

8.3.2.1 Ταυ-τελεία τιμές

Ξεκινώντας από τις τιμές της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία, στις δύο επιμέρους φάσεις ρύθμισης της επιβράδυνση (Σχήμα 22) προκύπτει ότι:

- ο Στην *αρχική φάση επιβράδυνσης* (φάση α'), σε 5 από τους 6 συμμετέχοντες τα εύρη τιμών της μεταβλητής ταυ-τελεία που υποκινούν την έναρξη της επιβράδυνσης κυμαίνονται μεταξύ -0,7 έως -1,0 κάτω δηλαδή από την κρίσιμη τιμή -0,5. Και μάλιστα, η απόκλιση των ταυ-τελεία τιμών –ανά συμμετέχοντα– στις δύο συνθήκες είναι μικρή (sd 0,25). Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση του 3^{ου} συμμετέχοντα, στον οποίο η έναρξη της επιβράδυνσης συμβαίνει συστηματικά ενώ η τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία υπερβαίνει την κρίσιμη τιμή -0,5 (οι ταυ-τελεία τιμές κυμαίνεται μεταξύ -0,2 έως -0,3), ενώ, στην περίπτωση του 1^{ου} συμμετέχοντα η έναρξη της επιβράδυνσης συμβαίνει σε μία μόνο περίπτωση (συνθήκη υποβοήθησης, 2^η μέτρηση) ενώ η ταυ-τελεία τιμή υπερβαίνει τη θεωρητικά κρίσιμη τιμή. Αντίθετα,
- ο Στην *κύρια φάση επιβράδυνσης* (φάση β'), αφενός το εύρος τιμών της μεταβλητής ταυ-τελεία υπερβαίνει την κρίσιμη τιμή -0,5 σε μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων (περιπτώσεις 2, 3, 4, 5 και 6) αφετέρου, η απόκλιση των ταυ-τελεία τιμών, ανά συμμετέχοντα, είναι μεγαλύτερη (sd 0,42).

Σε σχέση με τις αρχικές προβλέψεις που προκύπτουν από την ανάλυση των Lee (1976) και Lee & Lishman (1977) αναφορικά με τη στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης για την αποφυγή μιας επικείμενης σύγκρουσης, τα παραπάνω αποτελέσματα είναι σύμφωνα σε μεγάλο βαθμό με την αρχική υπόθεση ότι η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης καταγράφεται όταν η τιμή της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία κυμαίνεται μεταξύ -1 και -0,5.



Σχήμα 22: Τιμές οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία –ανά συμμετέχοντα– στις δυο επιμέρους φάσεις ρύθμισης της επιβράδυνσης του οχήματος.

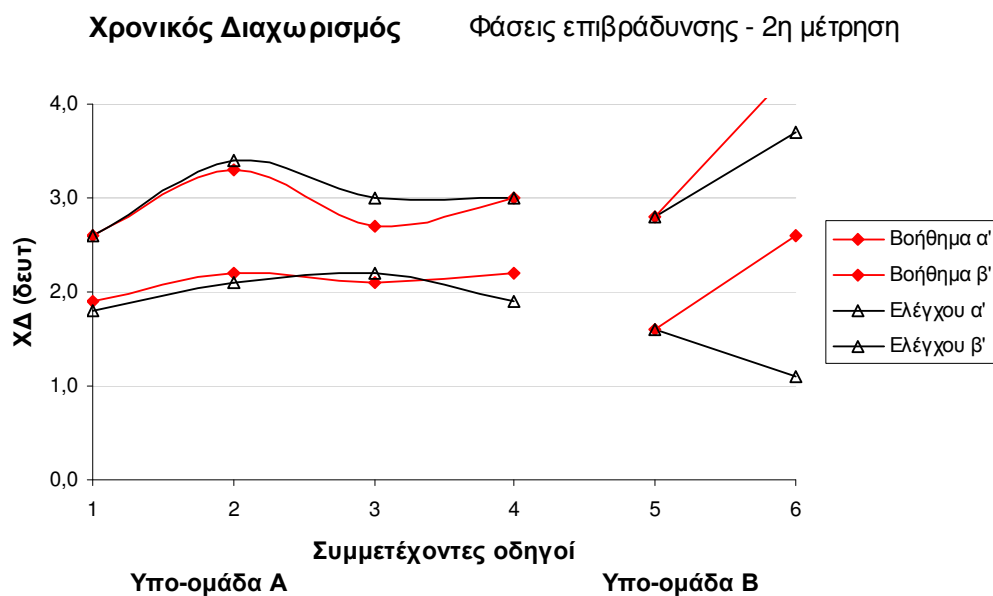
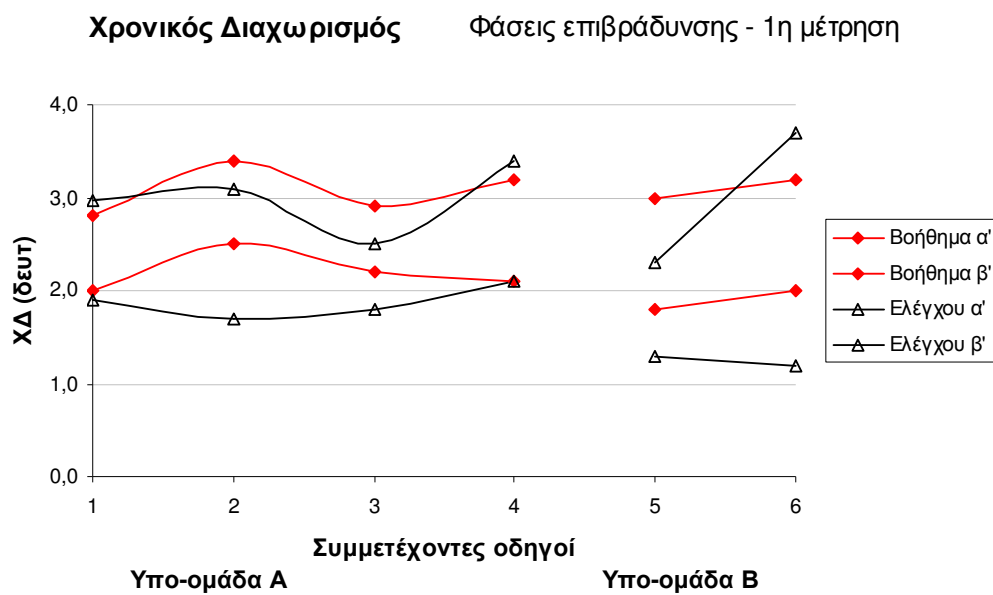
Θα πρέπει να επισημάνουμε, ωστόσο, αφενός ότι η τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία δεν είναι σταθερή στις δύο συνθήκες, κι αυτό δεν είναι αναμενόμενο σύμφωνα με τις αρχικές προβλέψεις, αφετέρου ότι στην ανάλυση των Lee (1976) και Lee & Lishman (1977), **το κριτήριο ασφαλούς επιβράδυνσης του οχήματος** –διατηρώντας τις ταυ-τελεία τιμές κάτω από την κρίσιμη τιμή $-0,5$ (από $-1,0$ έως $-0,5$)– **αφορά την περίπτωση πέδησης του οχήματος με σκοπό την αποφυγή μιας επικείμενης σύγκρουσης**. Αυτό σημαίνει ότι, διατηρώντας το ρυθμό επιβράδυνσης έτσι ώστε η μεταβλητή ταυ-τελεία να μην υπερβαίνει την κρίσιμη τιμή $-0,5$, αποσκοπεί στην ακινητοποίηση του οχήματος πριν από τους στηλοθέτες. Το έργο των συμμετεχόντων, όμως, στην προκειμένη περίπτωση, ήταν η διέλευση του οχήματος ανάμεσα από τους στηλοθέτες. Αυτός, είναι και ο λόγος που στην κύρια φάση επιβράδυνσης σε κάποιες συνθήκες η τιμή της μεταβλητής ταυ-τελεία είναι μεγαλύτερη από $-0,5$. Δεν ισχύει, ωστόσο, σε όλες τις συνθήκες.

Συνεπώς, η μεγαλύτερη ασάφεια που προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αναφορικά με την καταλληλότητα της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία για τον έλεγχο της επιβράδυνσης, εντοπίζεται στην κύρια φάση επιβράδυνσης (φάση β') όπου, η διέλευση του οχήματος ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες είναι δυνατό να επιτευχθεί είτε διατηρώντας τις ταυ-τελεία τιμές κάτω από την κρίσιμη τιμή $-0,5$ (από $-1,0$ έως $-0,5$) είτε πάνω από αυτή την κρίσιμη τιμή. Αυτό σημαίνει ότι η διατήρηση της επιβράδυνσης κάτω από τη θεωρητικά κρίσιμη ταυ-τελεία τιμή $-0,5$ δε συνιστά το μόνο αναγκαίο και επαρκές κριτήριο για τη διασφάλιση της ακινητοποίησης του οχήματος μπροστά από ένα εμπόδιο. Επομένως, έχουμε λόγους να αμφισβητήσουμε ότι ο έλεγχος της επιβράδυνσης του οχήματος από τους συμμετέχοντες της παρούσας έρευνας βασίζεται στην πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία.

8.3.2.2 Χρονικός Διαχωρισμός

Προχωρώντας στην εξέταση των χρονικών οπτικών πληροφοριών και συγκεκριμένα των τιμών ΧΔ στις αντίστοιχες δύο φάσεις επιβράδυνσης (Σχήμα 23), παρατηρούμε ότι στην υπο-ομάδα Α, οι διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών σχεδόν εξαλείφονται στη 2^η μέτρηση, ενώ, στην υπο-ομάδα Β, αυτό ισχύει μόνο στην περίπτωση ενός

συμμετέχοντα (περίπτωση 5). Επίσης, στην υπο-ομάδα Α, παρατηρείται μια τάση μείωσης του ΧΔ στη συνθήκη υποβοήθησης σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, στη 2^η μέτρηση ενώ, στην υπο-ομάδα Β ο τηρούμενος ΧΔ είναι μεγαλύτερος στη συνθήκη υποβοήθησης.



Σχήμα 23: Τιμές ΧΔ –ανά συμμετέχοντα– στις δύο φάσεις ρύθμισης της επιβράδυνσης.

Ειδικότερα, στην αρχική φάση της επιβράδυνσης:

- ο στην υπο-ομάδα Α, η διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών ως προς τις τιμές του ΧΔ είναι κατά μ.ο. 0,3 δευτ. στην 1^η μέτρηση και 0,1 δευτ. στη 2^η μέτρηση, ενώ,
- ο στην υπο-ομάδα Β, η διαφορά μεταξύ των τιμών ΧΔ στις δύο συνθήκες είναι κατά μ.ο. 0,6 δευτ. στην 1^η και 0,4 δευτ. στη 2^η μέτρηση

Αντίστοιχα, στην κύρια φάση της επιβράδυνσης:

- ο στην υπο-ομάδα Α, η διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών ως προς τις τιμές του ΧΔ είναι κατά μ.ο. 0,3 δευτ. στην 1^η και 0,2 δευτ. στη 2^η μέτρηση, ενώ,
- ο στην υπο-ομάδα Β, η διαφορά μεταξύ των τιμών ΧΔ στις δύο συνθήκες είναι κατά μ.ο. 0,7 δευτ. στην 1^η και 0,8 δευτ. στη 2^η μέτρηση

Επιπλέον, μεταξύ των δύο υπο-ομάδων υπάρχει διαφοροποίηση ως προς το εύρος των τιμών ΧΔ, τη στιγμή έναρξης της αρχικής και της κύριας επιβράδυνσης.

Τη στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης:

- ο στην υπο-ομάδα Α, το εύρος των τιμών ΧΔ κυμαίνεται μεταξύ 2,5 έως 3,4 δευτ. (SD 0,3), ενώ,
- ο στην υπο-ομάδα Β, το αντίστοιχο εύρος τιμών κυμαίνεται μεταξύ 2,3 έως 4,4 δευτ. (SD 0,7).

Τη στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης:

- ο στην υπο-ομάδα Α, το εύρος των τιμών ΧΔ κυμαίνεται μεταξύ 1,7 έως 2,5 δευτ. (SD 0,2), ενώ,
- ο στην υπο-ομάδα Β, το αντίστοιχο εύρος τιμών κυμαίνεται μεταξύ 1,1 έως 2,6 δευτ. (SD 0,5).

Τα δύο αυτά γεγονότα μαζί υποδεικνύουν ότι η στρατηγική προσέγγισης που υιοθετούν οι συμμετέχοντες στην υπο-ομάδα Α διαφοροποιείται σε σχέση με τη στρατηγική που υιοθετούν οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β και η πηγή διαφοροποίησής τους φαίνεται να σχετίζεται με το γεγονός ότι το κριτήριο του ΧΔ ίσως να μη συνιστά για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β την πιο κρίσιμη οπτική πληροφορία για τον καθορισμό της στιγμής έναρξης της επιβράδυνσης, δεδομένου ότι, υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο υπο-ομάδων ως προς τα εύρη τιμών ΧΔ όπου συμβαίνει η έναρξη της κύριας επιβράδυνσης.

8.3.2.3 Απόσταση

Τέλος, εξετάζοντας τις τιμές των χωρικών οπτικών πληροφοριών, και συγκεκριμένα τις αποστάσεις στις οποίες συμβαίνει η έναρξη της επιβράδυνσης (Σχήμα 24), παρατηρούμε επίσης, όπως στην περίπτωση του ΧΔ, ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών σχεδόν εξαλείφονται στην υπο-ομάδα Α στη 2^η μέτρηση, ενώ, στην υπο-ομάδα Β, αμβλύνονται σε μεγάλο βαθμό και στους δύο συμμετέχοντες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το εύρος απόστασης έναρξης της επιβράδυνσης στις δύο φάσεις να είναι παρόμοιο στις δύο υπο-ομάδες συμμετεχόντων. Ειδικότερα,

Τη στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης:

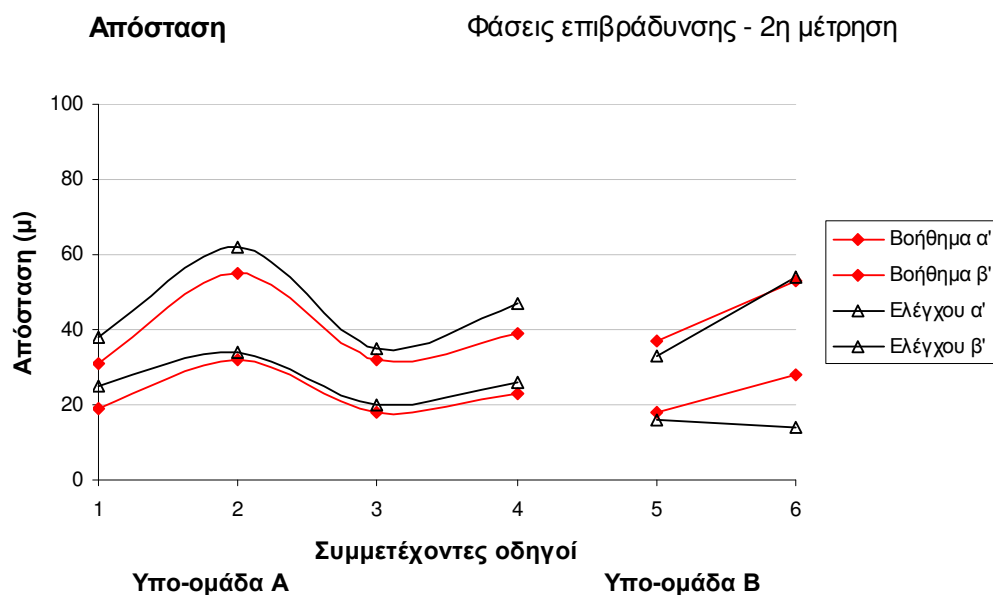
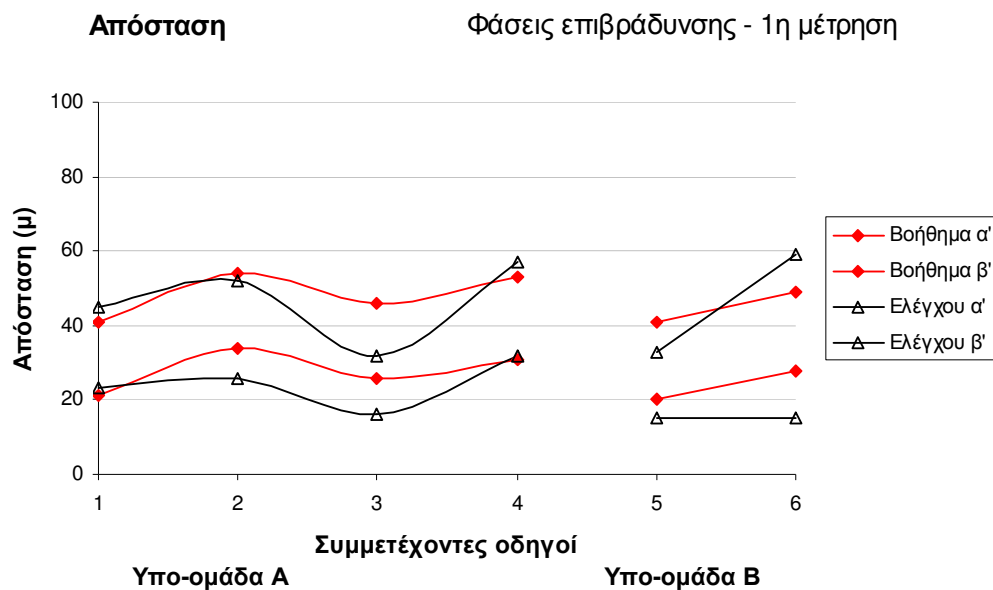
- ο στην υπο-ομάδα Α, το εύρος της απόστασης από τους δύο στηλοθέτες κυμαίνεται από 31 έως 62 μ. (SD 9,9), ενώ,
- ο στην υπο-ομάδα Β, το αντίστοιχο εύρος απόστασης κυμαίνεται από 33 έως 59 μ. (SD 10,2).

Τη στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης:

- ο στην υπο-ομάδα Α, το εύρος απόστασης κυμαίνεται από 16 έως 34 μ (SD 5,8),
- ο στην υπο-ομάδα Β, κυμαίνεται από 14 έως 28 μ. (SD 5,7).

Επίσης, με βάση το κριτήριο της απόστασης, η τάση μείωσης (υπο-ομάδα Α) ή αύξησης (υπο-ομάδα Β) της απόστασης έναρξης της επιβράδυνσης από τους στηλοθέτες στη συνθήκη υποβοήθησης σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, στη 2^η μέτρηση είναι περισσότερο εμφανής συγκριτικά με το κριτήριο του ΧΔ.

Επομένως, η κύρια διαφορά σε σχέση με το κριτήριο του ΧΔ συνίσταται στο γεγονός ότι, οι διαφορές ως προς την απόσταση έναρξης των επιμέρους φάσεων επιβράδυνσης αμβλύνονται στη 2^η σειρά μετρήσεων και στις δύο υπο-ομάδες συμμετεχόντων. Αυτό επιβεβαιώνει έμμεσα την προηγούμενη επισήμανση ότι για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, η κρίσιμη οπτική πληροφορία για τον καθορισμό της στιγμής έναρξης της κύριας επιβράδυνσης (φάση β') δε φαίνεται να βασίζεται στην πρόσληψη της χρονικής οπτικής πληροφορίας του ΧΔ αλλά στην πρόσληψη της χωρικής οπτικής πληροφορίας της απόστασης.



Σχήμα 24: Απόσταση οχήματος από στηλοθέτες στις δύο φάσεις ρύθμισης της επιβράδυνσης.

Όσον αφορά την επίδραση της μεταφοράς μάθησης, από τη σύγκριση της επίδοσης των συμμετεχόντων στις δύο συνθήκες, στις δύο σειρές μετρήσεων, προκύπτει ότι η εξοικείωση των συμμετεχόντων με το επιτελούμενο έργο συμβάλλει στην άμβλυνση των διαφορών μεταξύ των δύο συνθηκών κι αυτό επιβεβαιώνεται τόσο σύμφωνα με το κριτήριο του ΧΔ όσο και με το κριτήριο της απόστασης.

8.3.3 Επίδραση βοηθήματος

Σύμφωνα με τα προηγούμενα αποτελέσματα τα οποία δείχνουν ότι, ο έλεγχος της κύριας επιβράδυνσης βασίζεται στην πρόσληψη είτε χωρικών (απόσταση) είτε χρονικών (ΧΔ) οπτικών πληροφοριών και όχι στην πρόσληψη χωρο-χρονικών οπτικών πληροφοριών (ταυ-τελεία), σε έναν επακόλουθο έλεγχο προβήκαμε στη σύγκριση των τιμών ΧΔ και των αποστάσεων από τους στηλοθέτες, για κάθε ζεύγος συνθηκών, προκειμένου να διευκρινιστεί η επίδραση του βοηθήματος στον καθορισμό της στιγμής έναρξης των δύο επιμέρους φάσεων της επιβράδυνσης.

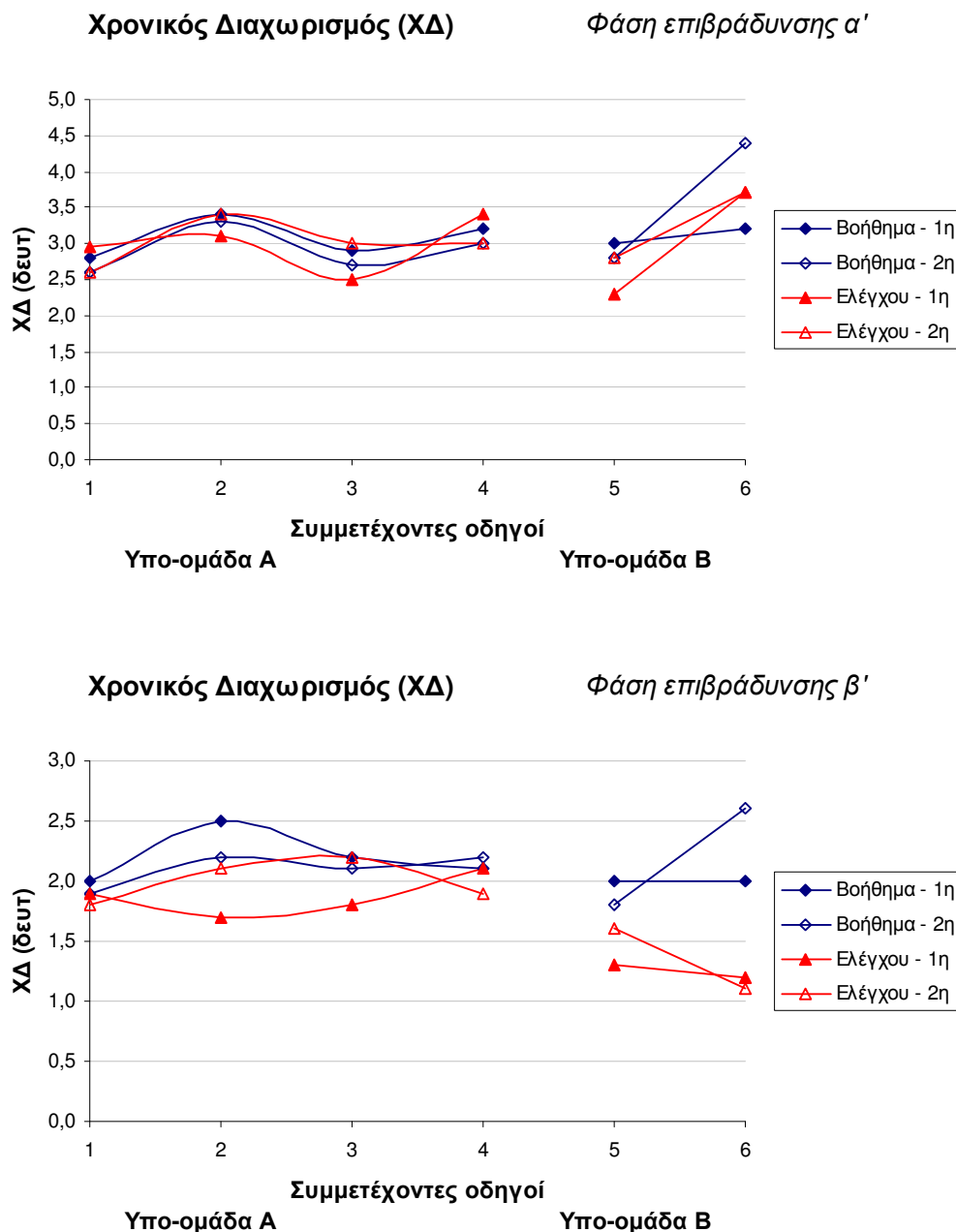
8.3.3.1 Σύγκριση τιμών ΧΔ ανά ζεύγη συνθηκών

Συγκρίνοντας τις τιμές του ΧΔ, σε κάθε ζεύγος συνθηκών, τη στιγμή έναρξης της αρχικής και της κύριας επιβράδυνσης (Σχήμα 25), παρατηρούμε ότι μεταξύ των δύο φάσεων επιβράδυνσης υπάρχουν διαφοροποιήσεις ως προς τη στιγμή έναρξης της κύρια επιβράδυνση ανάλογα με την ύπαρξη του βοηθήματος.

Ειδικότερα, συγκρίνοντας τις εντός-των-συνθηκών-διαφορές στις δύο μετρήσεις ως προς τον τηρούμενο ΧΔ (Πίνακας 6) προκύπτει ότι, στην υπο-ομάδα Α στη συνθήκη υποβοήθησης οι συμμετέχοντες προβαίνουν τόσο στην αρχική όσο και στην κύρια φάση της επιβράδυνσης τηρώντας παρόμοιο εύρος τιμών ΧΔ στις 2 μετρήσεις (κατά μ.ο. 0,2 δευτ.), ενώ στη συνθήκη ελέγχου οι διαφορές μεταξύ της 1^{ης} και της 2^{ης} μέτρησης ως προς τον τηρούμενο ΧΔ είναι μεγαλύτερες (κατά μ.ο. 0,4 δευτ στη φάση αρχικής επιβράδυνσης, και 0,3 δευτ. στη φάση κύριας επιβράδυνσης). Αντίθετα, στην υπο-ομάδα Β οι διαφορές μεταξύ της 1^{ης} και της 2^{ης} μέτρησης ως προς τον τηρούμενο ΧΔ είναι μεγαλύτερες στη συνθήκη υποβοήθησης (κατά μ.ο. 0,7 δευτ στη φάση αρχικής επιβράδυνσης, και 0,4 δευτ. στη φάση κύριας επιβράδυνσης), κι ελαχιστοποιούνται στη συνθήκη ελέγχου (κατά μ.ο. 0,3 δευτ στη φάση αρχικής επιβράδυνσης, και 0,2 δευτ. στη φάση κύριας επιβράδυνσης).

Επίσης, στην κύρια φάση επιβράδυνσης το εύρος των τιμών ΧΔ που τηρείται στη συνθήκη υποβοήθησης διαφοροποιείται σε σχέση με το τηρούμενο εύρος τιμών ΧΔ στη συνθήκη ελέγχου. Έτσι στην υπο-ομάδα Α, ενώ η αρχική επιβράδυνση (φάση α') στη συνθήκη υποβοήθησης συμβαίνει εντός του εύρους των τιμών ΧΔ που επιλέγουν

οι συμμετέχοντες για την έναρξη της επιβράδυνσης στη συνθήκη ελέγχου, η κύρια επιβράδυνση (φάση β') συμβαίνει στη συνθήκη υποβοήθησης σε υψηλότερο εύρος τιμών ΧΔ σε σχέση με τη συνθήκη έλεγχου. Το ίδιο ισχύει και στην υπο-ομάδα Β με τη διαφορά ότι στην αρχική επιβράδυνση το εύρος τιμών ΧΔ στη συνθήκη υποβοήθησης δεν είναι αντίστοιχο του εύρους τιμών ΧΔ στη συνθήκη ελέγχου.



Σχήμα 25: Σύγκριση τιμών ΧΔ τη στιγμή έναρξης της αρχικής και της κύριας επιβράδυνσης, ανά συμμετέχοντα, στις δύο σειρές μετρήσεων.

Φάσεις επιβράδυνσης ΧΔ (δευτ)		Συμμετέχοντες οδηγοί							
		Υπο-ομάδα Α					Υπο-ομάδα Β		
		1	2	3	4	ΜΟ	5	6	ΜΟ
Φάση α'	Βοήθημα	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	1,2	0,7
	Συνθήκη Ελέγχου	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,0	0,3
Φάση β'	Βοήθημα	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,6	0,4
	Συνθήκη Ελέγχου	0,1	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2

Πίνακας 6: Διαφορές μεταξύ 1^{ης} και 2^{ης} μέτρησης, ανά συνθήκη, ως προς τον τηρούμενο ΧΔ στις δύο επιμέρους φάσεις ρυθμίσεις της επιβράδυνσης του οχήματος.

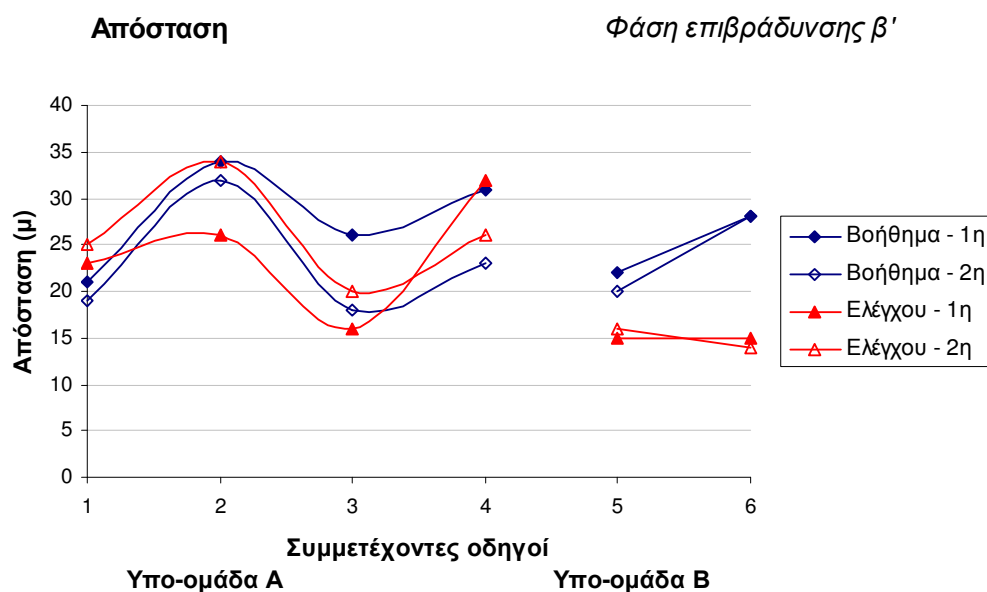
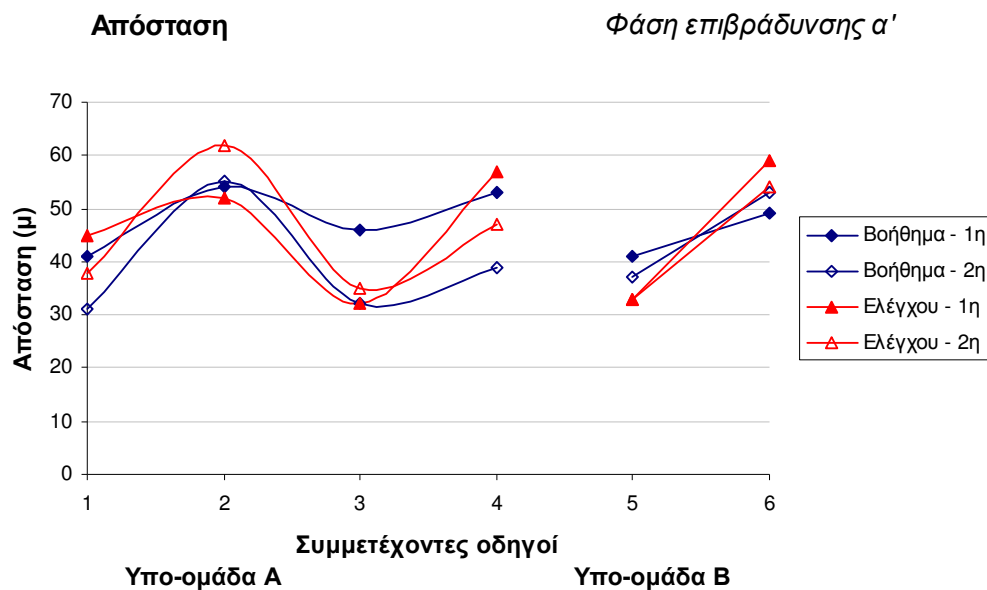
Επομένως, τουλάχιστον όσον αφορά την υπο-ομάδα Α, το βοήθημα συμβάλλει στη μεγαλύτερη σταθεροποίηση του τηρούμενου ΧΔ σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου ως προς τη στιγμή έναρξης των δύο φάσεων της επιβράδυνσης. Ωστόσο, και στις δύο υπο-ομάδες το βοήθημα συμβάλλει στην αύξηση της χρονικής απόστασης εγγύτητας (ΧΔ) από τους στηλοθέτες τη στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης (φάση β') σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, ενώ, οι τιμές του ΧΔ κατά τη στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης δε φαίνεται να επηρεάζονται κατά ανάλογο τρόπο από την ύπαρξη ή όχι του βοηθήματος.

8.3.3.2 Σύγκριση αποστάσεων ανά ζεύγη συνθηκών

Ακολούθως, λαμβάνοντας υπόψη την απόσταση από τους δύο στηλοθέτες τη στιγμή έναρξης της αρχικής και της κύριας επιβράδυνσης, σε κάθε ζεύγος συνθηκών (Σχήμα 26), παρατηρούμε ότι κατά μέσο όρο οι διαφορές μεταξύ των δύο σειρών μετρήσεων ως προς την έναρξη της αρχικής επιβράδυνσης (φάση α') είναι μεγαλύτερες στη συνθήκη υποβοήθησης σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, ενώ τη στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης (φάση β'), οι διαφορές είναι σχετικά σταθερές και πιο συστηματικές στις δύο υπο-ομάδες (Πίνακας 7).

Φάσεις επιβράδυνσης Απόσταση (μ)		Συμμετέχοντες οδηγοί							
		Υπο-ομάδα Α					Υπο-ομάδα Β		
		1	2	3	4	ΜΟ	5	6	ΜΟ
Φάση α'	Βοήθημα	10,0	1,0	14,0	14,0	9,8	4,0	4,0	4,0
	Συνθήκη Ελέγχου	7,0	10,0	3,0	10,0	7,5	0,0	5,0	2,5
Φάση β'	Βοήθημα	2,0	2,0	8,0	8,0	5,0	2,0	0,0	1,0
	Συνθήκη Ελέγχου	2,0	8,0	4,0	6,0	5,0	1,0	1,0	1,0

Πίνακας 7: Διαφορές μεταξύ 1^{ης} και 2^{ης} σειράς μετρήσεων ως προς την απόσταση από τους στηλοθέτες, στις δύο επιμέρους φάσεις ρύθμισης της επιβράδυνσης του οχήματος.



Σχήμα 26: Σύγκριση αποστάσεων από τους στηλοθέτες τη στιγμή έναρξης της αρχικής και της κύριας επιβράδυνσης, ανά συμμετέχοντα, στις δύο σειρές μετρήσεων.

Ειδικότερα, κατά την έναρξη των δύο επιμέρους φάσεων επιβράδυνσης στην υπο-ομάδα Α, η κύρια πηγή διαφοροποίησης μεταξύ των δύο συνθηκών εντοπίζεται σε δύο συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α (περιπτώσεις 3 και 4), οι οποίοι τηρούν συστηματικά μικρότερη απόσταση από τους στηλοθέτες στη συνθήκη υποβοήθησης στη 2^η μέτρηση (κατά 14 μ στη φάση αρχικής επιβράδυνσης και 8μ φάση κύριας

επιβράδυνσης), ενώ οι άλλοι δύο συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α (περιπτώσεις 1 και 2), τηρούν μεγαλύτερη απόσταση από τους στηλοθέτες στη συνθήκη ελέγχου στη 2^η μέτρηση (κατά 8,5 μ στη φάση αρχικής επιβράδυνσης και 5μ φάση κύριας επιβράδυνσης). Το ενδιαφέρον είναι ότι στις δύο συγκεκριμένες συνθήκες οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α επιτυγχάνουν την τήρηση παρόμοιου ΧΔ, κι αυτό υποδεικνύει ότι ο επιδιωκόμενος στόχος των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α είναι η τήρηση μίας υποκειμενικά ασφαλούς χρονικής απόστασης εγγύτητας από τους στηλοθέτες, η οποία υποκινεί την έναρξη της επιβράδυνσης και όχι μίας υποκειμενικά ασφαλούς απόστασης.

Το αντίθετο συμβαίνει στους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β. Στους συγκεκριμένους οδηγούς (περιπτώσεις 5 και 6) ο επιδιωκόμενος στόχος είναι η τήρηση μίας υποκειμενικά ασφαλούς απόστασης από τους στηλοθέτες, η οποία υποκινεί την έναρξη της επιβράδυνσης, με αποτέλεσμα την άμβλυνση των εντός-των-συνθηκών διαφορών μεταξύ της 1^{ης} και της 2^{ης} μέτρησης, κι αυτό είναι συνεπές με την υπόθεση που έχουμε εισάγει αναφορικά με το είδος των οπτικών πληροφοριών που φαίνεται να λαμβάνουν υπόψη οι συγκεκριμένοι συμμετέχοντες για τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της επιβράδυνσης του οχήματος.

8.4 Σύνοψη ευρημάτων στη φάση προσέγγισης εμποδίου

Συνοψίζοντας τις μέχρι τώρα επισημάνσεις αναφορικά με το είδος των οπτικών πληροφοριών που αξιοποιούν οι οδηγοί για τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης των δύο φάσεων επιβράδυνσης του οχήματος στη διάρκεια της προσέγγισης των στηλοθετών, καθώς επίσης της επίδρασης του βοηθήματος αναφορικά με τις κρίσιμες οπτικές πληροφορίες που υποκινούν την έναρξη της επιβράδυνσης του οχήματος κατά την προσέγγιση των στηλοθετών, προκύπτουν δύο κύρια ευρήματα.

1. Όσον αφορά το πρώτο εύρημα, αναφορικά με το είδος των οπτικών πληροφοριών που αξιοποιούν οι οδηγοί, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο έλεγχος του ρυθμού επιβράδυνσης και κατ' επέκταση ο προσδιορισμός της στιγμής έναρξης της κύριας επιβράδυνσης του οχήματος, δε βασίζεται στην άμεση πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία, αλλά στην πρόσληψη είτε χωρικών (απόσταση)

είτε χρονικών (ΧΔ) οπτικών πληροφοριών. Μάλιστα, οι δύο υπο-ομάδες συμμετεχόντων διαφοροποιούνται μεταξύ τους, καθώς, για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης φαίνεται ότι βασίζεται στην πρόσληψη των χρονικών οπτικών πληροφοριών (ΧΔ), ενώ για τους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, στην πρόσληψη των χωρικών οπτικών πληροφοριών (απόσταση). Συνεπώς, η διάκριση των συμμετεχόντων σε δύο υπο-ομάδες όπως προέκυψε στη φάση της ακολούθησης και κατόπιν στη φάση της προσπέρασης, επιβεβαιώνεται και στο τρίτο κατά σειρά οδηγικό έργο, στη φάση της προσέγγισης και διέλευσης του οχήματος ανάμεσα από δύο στηλοθέτες.

2. Όσον αφορά την επίδραση του βοηθήματος, τα αποτελέσματα της σύγκρισης των τιμών ΧΔ και των αποστάσεων ανά ζεύγη συνθηκών, δείχνουν ότι το βοήθημα συμβάλει στην αύξηση του τηρούμενου ΧΔ ή της απόστασης από τους στηλοθέτες κατά τη στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης (φάση β') αλλά δεν επηρεάζει κατά ανάλογο τρόπο τις τιμές του ΧΔ ή της απόστασης κατά τη στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης (φάση α'). Επίσης, ανάλογα με το είδος των οπτικών πληροφοριών που λαμβάνουν υπόψη οι οδηγοί για τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της επιβράδυνσης το βοήθημα συμβάλλει στη μεγαλύτερη σταθεροποίηση των τιμών των χωρικών ή χρονικών οπτικών πληροφοριών σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου.

8.5 Έλεγχος υποθέσεων

Σε σχέση με τις αρχικές υποθέσεις αναφορικά με το είδος των οπτικών πληροφοριών που αξιοποιούν οι οδηγοί για τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της επιβράδυνσης του οχήματος, τα αποτελέσματα δεν επιβεβαιώνουν την υπόθεση H_0 σύμφωνα με την οποία ο έλεγχος της επιβράδυνσης βασίζεται στην άμεση πρόσληψη της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία, αλλά την υπόθεση H_{11} σύμφωνα με την οποία ο έλεγχος της επιβράδυνσης βασίζεται στην επεξεργασία των χωρικών ή των χρονικών οπτικών πληροφοριών.

Όπως έχει αναφερθεί, το ουσιαστικό ζήτημα που προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έχει να κάνει με την αποδοχή της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία ως μία κατάλληλη και επαρκή οπτική πληροφορία για τον έλεγχο της

επιβράδυνσης του οχήματος. Κι αυτό διότι τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι στην κύρια φάση επιβράδυνσης (φάση β') η διέλευση του οχήματος ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες είναι δυνατό να επιτευχθεί είτε διατηρώντας τις τιμές της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία κάτω από τη θεωρητικά κρίσιμη τιμή -0,5 (από -1,0 έως -0,5) είτε πάνω από αυτή την κρίσιμη τιμή. Πρακτικά, ωστόσο, αυτό σημαίνει ότι η διατήρηση του ρυθμού επιβράδυνσης του οχήματος κάτω από τη θεωρητικά κρίσιμη ταυ-τελεία τιμή -0,5 –το κριτήριο ασφαλούς πέδησης, σύμφωνα με την ανάλυση των Lee & Lishman (1977)– δεν διασφαλίζει πάντοτε την ακινητοποίηση του οχήματος μπροστά από ένα εμπόδιο.

Το εννοιολογικό παράδοξο σχετικά με την οπτική μεταβλητή ταυ-τελεία, έχει να κάνει με το γεγονός ότι το είδος των πληροφοριών που προσλαμβάνει ο οδηγός μέσω αυτής της οπτικής μεταβλητής είναι περιοριστικό ως προς το είδος των συμπεριφορικών αντιδράσεων στις οποίες μπορεί να προβεί (ουσιαστικά, έναρξη της επιβράδυνσης ή εξακολούθηση της πορείας του οχήματος). Έτσι, στην προκειμένη περίπτωση όπου το έργο των συμμετεχόντων ήταν η διέλευση του οχήματος ανάμεσα από τους στηλοθέτες, και όχι απλώς η ακινητοποίησή του μπροστά από τους στηλοθέτες (άρα η έναρξη της επιβράδυνσης αποτελεί ένα μέρος μόνο του σχεδίου δράσης του οδηγού και όχι το καθοριστικό συμβάν για τον τερματισμό της δράσης), τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο έλεγχος της επιβράδυνσης επιτυγχάνεται μέσω δύο διαδοχικών φάσεων ρύθμισης της επιβράδυνσης. Και μάλιστα, οι δύο αυτές φάσεις δε συνιστούν δύο ανεξάρτητα γεγονότα, δηλαδή, η αρχική επιβράδυνση δεν είναι προϊόν της στιγμιαίας μεταβολής των τιμών της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία με αποτέλεσμα, την εξακολούθηση της πορείας του οχήματος μέχρι την επόμενη μεταβολή των ταυ-τελεία τιμών βάσει της οποίας υποκινείται η κύρια επιβράδυνση.

Στην πραγματικότητα, αυτό που συμβαίνει όσον αφορά τη μεταβολή των τιμών της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία κατά τη διάρκεια της προσέγγισης, είναι ότι μέχρι τη στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης (φάση α') οι ταυ-τελεία τιμές είναι σχεδόν σταθερές, ενώ από τη στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης κι έπειτα, οι ταυ-τελεία τιμές μεταβάλλονται διαρκώς. Συνεπώς, εφόσον μόνο μέχρι τη στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης οι τιμές της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία διατηρούνται σχετικά σταθερές, ακόμη και αν θεωρήσουμε ότι η στιγμή έναρξής της καθορίζεται από τις τιμές της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία, τότε βάσει ποιου

κριτηρίου ή ποιας άλλης οπτικής μεταβλητής καθορίζεται η στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης;

Το εννοιολογικό αυτό παράδοξο ισχύει και στην περίπτωση των χωρικών ή χρονικών οπτικών πληροφοριών, παρότι τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης σχετίζεται περισσότερο με κάποια κρίσιμη τιμή των οπτικών αυτών πληροφοριών. Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι αν υπάρχει κάποια κρίσιμη τιμή των χωρικών ή χρονικών οπτικών πληροφοριών, το αναφερόμενο στη σχετική βιβλιογραφία (Brown, 1990) και ως *υποκειμενικό ή επιθυμητό όριο ασφαλούς απόστασης* (safety margin), βάσει της οποίας προσδιορίζεται η κρίσιμη στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης, τότε βάσει ποιου κριτηρίου καθορίζεται η στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης και κατόπιν της κύριας επιβράδυνσης; Υπάρχουν άραγε δύο υποκειμενικά ή επιθυμητά όρια ασφαλούς απόστασης; Το πρόβλημα ενισχύεται ακόμη περισσότερο αν λάβουμε υπόψη ότι στη συνθήκη οπτικής υποβοήθησης των οδηγών για την εκτίμηση των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματός τους υπάρχει σαφής διαφοροποίηση ως προς το τηρούμενο εύρος τιμών ΧΔ και της απόστασης από τους στηλοθέτες, σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου κατά την έναρξη της κύριας επιβράδυνσης, αλλά όχι κατά την έναρξη της αρχικής επιβράδυνσης. Αν θεωρήσουμε ότι η διαφοροποίηση μεταξύ της συνθήκης υποβοήθησης και της συνθήκης ελέγχου οφείλεται, σύμφωνα με την υπόθεση H₁₂, στη δυνατότητα που παρέχεται στους οδηγούς να προβούν σε ορθότερη εκτίμηση των ορίων του καπό του οχήματός τους με αποτέλεσμα την αύξηση της χωρικής ή χρονικής απόστασης εγγύτητας από τους στηλοθέτες στη φάση κύριας επιβράδυνσης, τότε για ποιο λόγο η χωρική ή χρονική απόσταση εγγύτητας δεν αυξάνεται επίσης και στην αρχική φάση επιβράδυνσης;

Τα ζητήματα αυτά δεν έχουν συζητηθεί στην απαιτούμενη έκτασή τους στη σχετική βιβλιογραφία, διότι το πειραματικό έργο που συνήθως καλούνται να επιτελέσουν οι συμμετέχοντες στις σχετικές έρευνες είναι η αποφυγή της επικείμενης σύγκρουσης με ένα εμπόδιο. Γι' αυτό και ο διάλογος που αναπτύσσεται, εστιάζεται γύρω από το εάν υπάρχει μία κρίσιμη ταυ-τελεία τιμή, η οποία υποκινεί τη στιγμή έναρξης της πέδησης. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προκαλούν αυτή τη «μηχανική» αντίληψη που διέπει τη θεώρηση της οδηγικής συμπεριφοράς, υποθέτοντας ότι η συμπεριφορά προσέγγισης ενός εμποδίου συνίσταται σε μια σειρά

από συμπεριφορικές αντιδράσεις του οδηγού στις φυσικές μεταβολές του ερεθίσματος-στόχου και αναδεικνύουν την έλλειψη ενός συνεκτικού θεωρητικού πλαισίου σχετικά με την αντιληπτική διεργασία που υποκινεί το σχέδιο δράσης των οδηγών για την επίτευξη της ρύθμισης της επιβράδυνσης του οχήματος και την αποφυγή της επικείμενης σύγκρουσης.

8.6 Συζήτηση

Ακολουθώντας το θεωρητικό πλαίσιο που προτείνεται στην παρούσα διατριβή, η κατανόηση των διεργασιών οπτικού ελέγχου του ρυθμού επιβράδυνσης του οχήματος και η λήψη απόφασης σχετικά με τη στιγμή έναρξης των επιμέρους φάσεων επιβράδυνσης, καθίσταται εφικτή μέσω των νοητικών διεργασιών που μεσολαβούν για την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου όσον αφορά την εκτίμηση του μεγέθους του προσεγγιζόμενου αντικειμένου και του μήκους της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής.

Σύμφωνα με την υπόθεση που υποστηρίζεται στην παρούσα μελέτη, το αντιληπτικό έργο που καλείται να επιτελέσει το γνωστικό σύστημα για τον προσδιορισμό των στιγμών έναρξης της επιβράδυνσης του οχήματος κατά την προσέγγιση των στηλοθετών, σχετίζεται αρχικά με την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης του πλαισίου στην εκτίμηση του μεγέθους του προσεγγιζόμενου αντικειμένου και στη συνέχεια με την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης του πλαισίου στην εκτίμηση του μήκους της γραμμής (Εικόνα 7).

Το πλαίσιο, το μέγεθος του οποίου ορίζεται από το «άνοιγμα» ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες, συγκρίνεται με το μήκος της οριζόντιας γραμμής (το πλάτος του ερευνητικού οχήματος) προκειμένου να προσδιοριστεί η χωρική επάρκεια του διαθέσιμου «ανοίγματος» της οδού συγκριτικά με το πλάτος του οχήματος. Ωστόσο, στην αρχική φάση της προσέγγισης, το πλαίσιο που ορίζεται από τους δύο στηλοθέτες αποτελεί μέρος του ευρύτερου πλαισίου που ορίζεται από το υπόλοιπο οδικό περιβάλλον. Συνεπώς, στην αρχική φάση της προσέγγισης το μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής (ουσιαστικά, το μήκος του «ανοίγματος») ανάμεσα

από τους δύο στηλοθέτες) υπόκειται στην επίδραση της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου (που ορίζεται από το εύρος θέασης του οπτικού πεδίου).



Κατά την προσέγγιση των στηλοθετών, το αντιληπτικό έργο που καλείται να επιτελέσει το γνωστικό σύστημα για τον προσδιορισμό της κρίσιμης στιγμής έναρξης της επιβράδυνσης, σχετίζεται με την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης του πλαισίου στην εκτίμηση του μεγέθους του προσεγγιζόμενου αντικειμένου και στη συνέχεια με την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση της επίδρασης του πλαισίου στην εκτίμηση του μήκους της γραμμής.

Εικόνα 7: Αναπαράσταση του αντιληπτικού έργου κατά την προσέγγιση των στηλοθετών.

Σταδιακά, καθώς οι οδηγοί πλησιάζουν προς τους δύο στηλοθέτες, οι στηλοθέτες καταλαμβάνουν όλο και μεγαλύτερο μέρος του οπτικού πεδίου των οδηγών, συνεπώς, απομονώνονται τα περιβάλλοντα στοιχεία της οδού γύρω από τους στηλοθέτες και η επίδραση της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου ως προς την εκτίμηση του μεγέθους του προσεγγιζόμενου αντικειμένου εξαιρείται. Άρα, η εκτίμηση της χωρικής επάρκειας του διαθέσιμου «ανοίγματος» ανάμεσα από τους δύο στηλοθέτες σε σχέση με το πλάτος του οχήματος αρχίζει να υπόκειται στην επίδραση του πλαισίου.

Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι οι δύο επιμέρους φάσεις της επιβράδυνσης που εμφανίζονται συστηματικά σε όλους τους συμμετέχοντες στη διάρκεια της προσέγγισης των στηλοθετών, σχετίζονται με τα οπτικά γεγονότα της απομόνωσης των περιβαλλόντων στοιχείων της οδού γύρω από τους δύο στηλοθέτες (φάση αρχικής επιβράδυνσης, φάση α') και της ανάδυσης της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου στην εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης γραμμής (φάση κύριας επιβράδυνσης, φάση β'). Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο, ο προσδιορισμός της στιγμής έναρξης των δύο διαδοχικών φάσεων επιβράδυνσης δεν βασίζεται στις ίδιες

οπτικές πληροφορίες. Δηλαδή, η φάση της αρχικής επιβράδυνσης συνδέεται με τη στιγμή όπου οι δύο στηλοθέτες απομονώνονται από τα περιβάλλοντα στοιχεία της οδού και το ερέθισμα-στόχος (το διαθέσιμο «άνοιγμα» της οδού) αρχίζει να καταλαμβάνει όλο και μεγαλύτερο μέρος του οπτικού πεδίου των οδηγών. Σε αυτή τη φάση, η εκτίμηση των ορίων του περιγράμματος του οχήματός τους, είναι ελάσσονος σημασίας, γι' αυτό η ύπαρξη της δοκού δεν επηρεάζει με συστηματικό τρόπο τη χωρική ή χρονική απόσταση εγγύτητας που τηρούν οι συμμετέχοντες από τους στηλοθέτες σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Αντίθετα, στη φάση της κύριας επιβράδυνσης όπου η χωρική εκτίμηση τόσο του διαθέσιμου «ανοίγματος» της οδού όσο και του πλάτους του οχήματος είναι μείζονος σημασίας, το εύρος των τιμών του ΧΔ ή της απόστασης διαφοροποιείται συστηματικά στη συνθήκη υποβοήθησης, σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, λόγω της επίδρασης της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου στο φαινομενικό μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής (το πλάτος του ερευνητικού οχήματος).

Αυτό συμβαίνει διότι, σύμφωνα με την επίδραση της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου στο φαινομενικό μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής, όσο αυξάνεται το μήκος της γραμμής (και το πλαίσιο είναι σταθερό) το μέγεθος το πλαισίου υποεκτιμάται, ενώ, όσο μειώνεται το μήκος της γραμμής (και το πλαίσιο είναι σταθερό) το μέγεθος του πλαισίου υπερεκτιμάται. Στην προκειμένη περίπτωση το σταθερό ερέθισμα είναι το πλαίσιο (το διαθέσιμο «άνοιγμα» της οδού) και το μεταβαλλόμενο ερέθισμα είναι το προσλαμβανόμενο πλάτος του οχήματος (στη συνθήκη υποβοήθησης λόγω της ύπαρξης της οριζόντιας δοκού, στη συνθήκη ελέγχου λόγω της νοερής εικόνας των οδηγών όσον αφορά το πλάτος του οχήματός τους). Συνεπώς, στη συνθήκη ελέγχου, αναμένεται ότι στο βαθμό που η νοερή εικόνα των οδηγών είναι εσφαλμένη, η επίδραση του πλαισίου θα είναι μεγαλύτερη (ως προς τον προσδιορισμό των ορίων του καπó του οχήματος) και, άρα, το μέγεθος του πλαισίου θα υπερεκτιμάται. Επομένως, η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης θα συμβαίνει σε μικρότερη απόσταση σε σχέση με τη συνθήκη υποβοήθησης, αφενός λόγω της επίδρασης του πλαισίου, αφετέρου για να καταστεί δυνατή η οπτική σύγκριση του διαθέσιμου «ανοίγματος» της οδού σε σχέση με το πλάτος του οχήματος. Στη συνθήκη υποβοήθησης, αντίθετα, όπου παρέχεται η δυνατότητα στους οδηγούς να προσδιορίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα όρια του περιγράμματος του οχήματός τους, η επίδραση του πλαισίου θα μειώνεται. Επομένως, η στιγμή έναρξης

της επιβράδυνσης θα συμβαίνει σε μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου.

Αυτό επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Οι επιμέρους διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται μεταξύ των δύο υπο-ομάδων συμμετεχόντων ως προς τις κρίσιμες τιμές των χωρικών ή χρονικών οπτικών πληροφοριών και ως προς το βαθμό αύξησης της απόστασης σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, σχετίζονται με το υποκειμενικά κρίσιμο ή επιθυμητό όριο ασφαλούς απόστασης κάθε συμμετέχοντα, καθώς επίσης και με τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων ως προς τη μαθημένη διεργασία υπονόησης των ορίων του περιγράμματος του οχήματός τους. Ειδικότερα, σύμφωνα με τις προηγούμενες επισημάνσεις, στις φάσεις της ακολούθησης και της προσπέρασης, σχετικά με τα χαρακτηριστικά των δύο υπο-ομάδων, προκύπτει η κύρια διάκριση των συμμετεχόντων σε δύο υπο-ομάδες είναι συνεπής με τα χαρακτηριστικά τους. Καθώς, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β οι οποίοι υπόκεινται περισσότερο στην επίδραση του πλαισίου από τους υπόλοιπους συμμετέχοντες, όσον αφορά τον προσδιορισμό των ορίων του καπό του οχήματός τους, προβαίνουν στη συνθήκη υποβοήθησης σε μεγαλύτερη υποεκτίμηση του διαθέσιμου ανοίγματος της οδού, με αποτέλεσμα, η στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης στη συνθήκη υποβοήθησης να συμβαίνει σε μεγαλύτερη απόσταση από τους στηλοθέτες σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Αντίθετα, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α, στους οποίους η μαθημένη διεργασία για την υπονόηση των ορίων του οχήματός τους είναι πιο ισχυρή (άρα είναι λιγότερο επιρρεπείς στην επίδραση του πλαισίου για την υπονόηση των ορίων του καπό του οχήματός τους), η ύπαρξη της οριζόντια δοκού τους παρέχει τη δυνατότητα ουσιαστικά να συγκρίνουν το αποτέλεσμα της χωρικής εκτίμησης του πλάτους του οχήματος που προκύπτει με βάση την οπτική υποβοήθηση, σε σχέση με τη νοερή τους εικόνα. Κατά συνέπεια, στην υπο-ομάδα Α η στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης στη συνθήκη υποβοήθησης επηρεάζεται περισσότερο από την ορθότητα της εκτίμησης του πλάτους του οχήματος και λιγότερο από το προσλαμβανόμενο μέγεθος του πλαισίου (το διαθέσιμο άνοιγμα της οδού).

Το ενδιαφέρον, ωστόσο, μεταξύ των συμμετεχόντων της υπο-ομάδας Α είναι ότι ανάλογα με το βαθμό της οδηγικής τους εμπειρίας, το δυνητικό όφελος του βοηθήματος αξιοποιείται με διαφορετικό τρόπο. Έτσι, οι δύο συμμετέχοντες με το

μικρότερο βαθμό οδηγικής εμπειρίας αλλά και με το μικρότερο βαθμό ορατότητας του καπό (περιπτώσεις 1 και 2) υπόκεινται στην επίδραση του πλαισίου λόγω της οπτικής υποβοήθησης που τους παρέχει η οριζόντια δοκός, κι αυτό εκφράζεται με την αύξηση τόσο της χωρικής όσο και της χρονικής απόστασης εγγύτητας από τους στηλοθέτες σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι οι συγκεκριμένοι συμμετέχοντες έχουν επίγνωση της πιθανά εσφαλμένης χωρικής εκτίμησης που προβαίνουν όσον αφορά τα όρια του καπό του οχήματος (τόσο λόγω της μικρότερης οδηγικής εμπειρίας όσο και της μικρότερης ορατότητας του καπό), κι έτσι η ασυμφωνία που προκαλείται λόγω της ύπαρξης της δοκού σε σχέση με τη νοερή τους εικόνα επιλύεται με την προσαρμογή της επιβράδυνσης του οχήματος σύμφωνα με την επίδραση του πλαισίου. Ουσιαστικά, δεν ενσωματώνουν αυτή την πηγή οπτικής πληροφόρησης ώστε να βελτιώσουν την αρχική τους εκτίμηση που προκύπτει σύμφωνα με τη νοερή τους εικόνα σχετικά με τα όρια του περιγράμματος του οχήματος. Αντίθετα, οι δύο συμμετέχοντες με το μεγαλύτερο βαθμό οδηγικής εμπειρίας (περιπτώσεις 3 και 4) είναι λιγότερο επιρρεπείς στην αλλαγή της αντιληπτικής διεργασίας που έχουν μάθει να επιτελούν ώστε να προβούν στη χωρική εκτίμηση του πλάτους του οχήματός τους και ουσιαστικά ενσωματώνουν ως ένα βαθμό την υποβοήθηση που τους παρέχει η οριζόντια δοκός, κι αυτό εκφράζεται με την οριακή αύξηση της χρονικής και χωρικής απόστασης εγγύτητας από τους στηλοθέτες σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου.

Πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι η διαφορά που παρατηρείται στους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α ως προς την αξιοποίηση της οπτικής υποβοήθησης κατά την επιτέλεση του έργου της προσέγγισης των στηλοθετών σε σχέση με το έργο της ακολούθησης, οφείλεται στο γεγονός ότι, στο έργο της ακολούθησης, η εξάλειψη της επίδρασης του πλαισίου αποτελεί προϋπόθεση για την εκτίμηση του μήκους της κάθετης γραμμής (δηλαδή την εκτίμηση της διαμήκους απόστασης μεταξύ των δύο οχημάτων), ενώ στο έργο της προσέγγισης των στηλοθετών, για την εκτίμηση της χωρικής επάρκειας του διαθέσιμου τμήματος της οδού μεταξύ των δύο στηλοθετών. Από προηγούμενες έρευνες (Summala et al., 1998) έχειδειχθεί ότι η εκτίμηση της διαμήκους απόστασης μεταξύ των οχημάτων συνιστά μια αντιληπτική δεξιότητα η οποία δε βελτιώνεται με την αύξηση της οδηγικής εμπειρίας, ενώ η εκτίμηση της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τα όρια της οδού αποτελεί μια δεξιότητα η οποία βελτιώνεται με την αύξηση της οδηγικής εμπειρίας. Αυτό έμμεσα

επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα δεδομένου ότι, τόσο στη φάση της ακολούθησης όσο και στη φάση της προσέγγισης η «στρέβλωση» της νοερής εικόνας των δύο λιγότερο έμπειρων οδηγών, που προκαλεί η ύπαρξη του βοηθήματος, επιφέρει την αύξηση του τηρούμενου ΧΔ σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου σε μία προσπάθεια επίλυσης της ασυμφωνίας (αυξάνοντας ουσιαστικά το όριο ασφαλούς απόστασης). Για τους δύο περισσότερο έμπειρους οδηγούς, αντίθετα, η ύπαρξη του βοηθήματος μπορεί να μην επηρεάζει το υποκειμενικό όριο ασφαλούς απόστασης (τον τηρούμενο ΧΔ) στις δύο συνθήκες κατά την επιτέλεση του έργου της ακολούθησης, όμως, επηρεάζει τον τηρούμενο ΧΔ σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου κατά την επιτέλεση του έργου της προσέγγισης, λόγω του ότι η εκτίμηση της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τα όρια της οδού αποτελεί μια δεξιότητα η οποία βελτιώνεται με την αύξηση της οδηγικής εμπειρίας. Επομένως, οι δύο περισσότερο έμπειροι οδηγοί έχουν μεγαλύτερη ευχέρεια ώστε να συμπεριλάβουν αυτή την πηγή οπτικής πληροφόρησης ώστε να βελτιώσουν την αρχική τους εκτίμηση που προκύπτει σύμφωνα με τη νοερή τους εικόνα σχετικά με τα όρια του περιγράμματος του οχήματός τους.

Επίσης, έχουμε λόγους να θεωρήσουμε ότι σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας και στη φάση ακολούθησης (όπως στη φάση προσέγγισης) υπάρχουν δύο επιμέρους στάδια ρύθμισης της επιβράδυνσης του οχήματος κατά την προσέγγιση του προπορευόμενου οχήματος, τα οποία συμβαίνουν λόγω της αρχικής επίδρασης του πλαισίου (του ευρύτερου οδικού περιβάλλοντος) στην εκτίμηση της απόστασης που απέχει το προπορευόμενο όχημα, και στη συνέχεια λόγω της επίδρασης του πλαισίου (του προπορευόμενου οχήματος) στην εκτίμηση του μήκους της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής (του πλάτους του οχήματος που ακολουθεί). Ωστόσο, αυτό δεν κατέστη δυνατό να διερευνηθεί στην παρούσα έρευνα, αφενός, λόγω του περιορισμένου μήκους της ευθυγραμμίας όπου διεξήχθη η έρευνά μας, αφετέρου λόγω της ταυτόχρονης εκκίνησης των δύο οχημάτων κατά την έναρξη των μετρήσεων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι συμμετέχοντες να μην έχουν τη δυνατότητα να προσεγγίσουν το προπορευόμενο όχημα από απόσταση, γι' αυτό και στη φάση της ακολούθησης δεν διακρίναμε δύο επιμέρους στάδια στη διαδικασία προσέγγισης και ακολούθησης του προπορευόμενου οχήματος.

Κεφάλαιο 9:

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η έρευνα που παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη διαφέρει από τις κλασικές πειραματικές έρευνες που αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία, με την έννοια ότι, δεν επιχειρείται η διερεύνηση της επίδρασης μίας μεμονωμένης μεταβλητής στην επιτέλεση ενός μεμονωμένου έργου της ιχνηλάτησης, αλλά αντίθετα, επιχειρείται η διερεύνηση των αντιληπτικών διεργασιών που εμπλέκονται όσον αφορά την οργάνωση των προσλαμβανομένων οπτικών πληροφοριών, καθώς επίσης και την προετοιμασία των οδηγών για την επίτευξη του συνόλου των έργων της ιχνηλάτησης.

Η ιδιαιτερότητα της έρευνάς μας έγκειται στο γεγονός ότι η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν όσο το δυνατό λιγότερο κατευθυντική ως προς την οργάνωση του σχεδίου δράσης των οδηγών, προσεγγίζοντας, κατά αυτό τον τρόπο, τις φυσικές συνθήκες στις οποίες εκτυλίσσεται η οδηγική συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, η πιο κρίσιμη, ίσως, απόφαση που λήφθηκε κατά το σχεδιασμό του πειράματος, αφορούσε την επιλογή μεταξύ της διαδοχικής επιτέλεσης των τριών οδηγικών έργων που εξετάστηκαν, στη διάρκεια της ίδιας δοκιμής, αντί της επιτέλεσης κάθε οδηγικού έργου ξεχωριστά σε διαφορετικές δοκιμές, όπως συμβαίνει συνήθως σε αντίστοιχα πειράματα.

Το πλεονέκτημα στην τελευταία περίπτωση είναι ότι εξετάζοντας ξεχωριστά κάθε επιμέρους οδηγικό έργο, παρέχεται η δυνατότητα μεγαλύτερου ελέγχου ή έστω ελαχιστοποίησης των παρεμβαλλόμενων μεταβλητών, επομένως, αυξάνεται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Αντίθετα, στην πρώτη περίπτωση, η διαδοχική επιτέλεση των τριών οδηγικών έργων στην ίδια δοκιμή, μειώνει την παρέμβαση του πειραματιστή ως προς το σημείο εστίασης της προσοχής των συμμετεχόντων σε κάθε επιμέρους έργο, κι αυξάνεται ο βαθμός ελευθερίας των συμμετεχόντων ως προς την οργάνωση του σχεδίου δράσης τους, επομένως, αυξάνεται η οικολογική εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Μπορεί όμως κάποιος να ισχυρισθεί ότι υπάρχει ο κίνδυνος η «τυχαία» επίδοση ενός οδηγού σε ένα έργο, να επηρεάζει την επίδοσή του στο επόμενο.

Ο αντίλογος σε αυτόν τον ισχυρισμό είναι ότι ένας τέτοιος κίνδυνος υφίσταται, εφόσον ο στόχος της ανάλυσης είναι η εξέταση της μεμονωμένης επίδρασης μιας μεταβλητής ή κάποιας παραμέτρου που θεωρητικά σχετίζονται με την επίδοση των συμμετεχόντων σε ένα μεμονωμένο οδηγικό έργο. Σε μία τέτοια περίπτωση, πράγματι, είναι πιθανό η επίδοση των συμμετεχόντων σε κάποιο από τα τρία διαδοχικά επιτελούμενα έργα (π.χ. η πλευρική απόσταση από το προσπερνόμενο ή η στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης πριν τους στηλοθέτες) να αποκλίνει από την ιδεατή επίδοση των συμμετεχόντων, εάν οι τελευταίοι επιτελούσαν κάθε μεμονωμένο οδηγικό έργο ξεχωριστά. Από την άποψη της οικολογικής εγκυρότητας όμως, αυτό δεν υποβαθμίζει την αξία των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, καθώς, εάν υπάρχει διαφορά στην επίδοση των συμμετεχόντων λόγω της διαδοχικής επιτέλεσης των οδηγικών έργων, τότε αυτή η διαφορά υφίσταται και στο πραγματικό πλαίσιο διεξαγωγής της οδήγησης. Αφού, σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας, ένας οδηγός δεν επιτελεί ποτέ τα επιμέρους οδηγικά έργα ως ανεξάρτητα μεταξύ τους. Αυτό περαιτέρω σημαίνει ότι, η γνώση που αποκομίζουμε από τις προηγούμενες έρευνες όσον αφορά την επίδοση των συμμετεχόντων κατά την επιτέλεση ενός μόνο οδηγικού έργου, εμπεριέχει ένα μεγαλύτερο και πολύ πιο σημαντικό κίνδυνο. Τον κίνδυνο να θεωρήσουμε το έργο της ιχνηλάτησης ως το άθροισμα επιμέρους επιτελούμενων οδηγικών έργων για τα οποία γνωρίζουμε το βέλτιστο δυνατό επίπεδο επίδοσης των συμμετεχόντων, αγνοώντας, όμως, την αλληλεπίδραση των επιμέρους έργων στην επίδοση των συμμετεχόντων.

Κυριότερα, το όφελος από την επιλογή της διαδοχικής επιτέλεσης των οδηγικών έργων σε μία δοκιμή, αντί της αποσπασματικής επιτέλεσής τους σε διαδοχικές δοκιμές, έγκειται στο γεγονός ότι καθίσταται δυνατή η απομάκρυνση από τη «λογική» της μονοδιάστατης εξέτασης κάποιων θεωρητικά κρίσιμων μεταβλητών που σχετίζονται με την επίτευξη ενός έργου, και παρέχεται η δυνατότητα προσδιορισμού των «κρυμμένων» μεταβλητών που υποκινούν το συνολικό σχέδιο δράσης του οδηγού, βάσει του οποίου εκτυλίσσονται τα μεμονωμένα συμβάντα. Πράγματι, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων κατά την επιτέλεση των τριών οδηγικών έργων που εξετάστηκαν (της ακολούθησης, της προσπέρασης και της διέλευσης του οχήματος ανάμεσα από δύο στηλοθέτες), προκύπτει ότι, τουλάχιστον στις φάσεις προσπέρασης και διέλευσης του οχήματος από τους στηλοθέτες, διακρίνονται δύο στάδια ελέγχου

της πορείας του οχήματος¹³. Στη φάση προσπέρασης, διακρίναμε το στάδιο της αρχικής οριοθέτησης του διαθέσιμου τμήματος της οδού, και κατόπιν το στάδιο της επιθυμητής ή εφικτής πλευρικής απόστασης από το προσπερνόμενο όχημα. Στη φάση της διέλευσης του οχήματος από τους στηλοθέτες, αντίστοιχα, διακρίναμε δύο διαδοχικά στάδια ρύθμισης της επιβράδυνσης του ερευνητικού οχήματος. Επιπλέον, σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων, προκύπτει ότι μεταξύ των δύο σταδίων επιτέλεσης κάθε έργου στις δύο αυτές φάσεις, όχι μόνο δεν επιδιώκεται η εξομάλυνση των θεωρητικά κρίσιμων τιμών των οπτικών μεταβλητών που συνδέονται με κάθε έργο [π.χ. το ρυθμό αλλαγής της γωνιαίας κατεύθυνσης του βλέμματος του παρατηρητή από το άκρο της οδού για τη διατήρηση σταθερής τροχιάς του οχήματος κατά τη μετακίνηση σε καμπύλη, σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο των Wann & Land (2001· 2000) ή το χρονικό παράγωγο του ρυθμού αλλαγής του γωνιαίου μεγέθους του προσεγγιζόμενου αντικειμένου, την οπτική μεταβλητή ταυ-τελεία, για τον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της επιβράδυνσης ή της πέδησης, σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο των Lee & Lishman (1977)], αλλά, το κάθε στάδιο έχει διαφορετική σκοπιμότητα στον έλεγχο της πορείας του οχήματος. Ουσιαστικά, στο πρώτο στάδιο οι οδηγοί ελέγχουν την τροχιά κίνησης ή/και την ταχύτητα του οχήματος, ενώ στο δεύτερο στάδιο προβαίνουν σε πιο ακριβείς ρυθμιστικές ενέργειες, ώστε να επιτύχουν τον επιδιωκόμενο στόχο.

Με άλλα λόγια, πριν το τελικό στάδιο επιτέλεσης ενός έργου προηγείται μια διεργασία προετοιμασίας του οδηγού ή/και του οχήματός του, η οποία δεν βασίζεται αλλά ούτε υπαγορεύεται από τις άμεσα προσλαμβανόμενες οπτικές μεταβλητές. Στη φάση προσέγγισης των στηλοθετών, για παράδειγμα, η αρχική στιγμή έναρξης της επιβράδυνσης δεν υπαγορεύεται από τις μεταβολές των ταυ-τελεία τιμών, καθώς, σε όλη τη διάρκεια των τελευταίων 100μ της προσέγγισης έως τη στιγμή έναρξης της αρχικής επιβράδυνσης, οι ταυ-τελεία τιμές είναι σταθερές, άρα, η λήψη απόφασης για την έναρξη της αρχικής επιβράδυνσης δεν σχετίζεται με την οπτική μεταβλητή ταυ. Αντίστοιχα, στη φάση προσπέρασης, η αρχική οριοθέτηση του διαθέσιμου τμήματος της οδού δεν στοχεύει στη διατήρηση μίας σταθερής πλευρικής απόστασης από το άκρο της οδού ή το προσπερνόμενο όχημα, αλλά ούτε αποτελεί προβλεπτικό δείκτη

¹³ Θεωρούμε ότι το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση της ακολούθησης ενός προπορευόμενου οχήματος, όμως, αυτό δεν ήταν εφικτό να ελεγχθεί στην παρούσα έρευνα, λόγω της ταυτόχρονης εκκίνησης των δύο οχημάτων και του περιορισμένου μήκους της ευθυγραμμίας στην οποία διεξήχθη το πείραμα.

σχετικά με τη μελλοντική τροχιά κίνησης του οχήματος, συνεπώς, η λήψη απόφασης σχετικά με το εύρος της αρχικής πλευρικής μετατόπισης του οχήματος προς το αριστερό άκρο της οδού δεν σχετίζεται με το ρυθμό αλλαγής της γωνιαίας κατεύθυνσης του βλέμματος του παρατηρητή από το άκρο της οδού. Αυτό περαιτέρω σημαίνει ότι, ακόμη και αν οι οδηγοί έχουν μάθει μέσω της εμπειρίας τους να προσδιορίζουν την κρίσιμη τιμή μιας οπτικής μεταβλητής, η διεργασία προετοιμασίας του οδηγού ή/και του οχήματός του δεν θα μπορούσε να βασίζεται στην άμεση πρόσληψη αυτής της μεταβλητής (Abelson, 1981). Καθώς, η λειτουργική ιδιότητα των άμεσα(;) προσλαμβανόμενων οπτικών μεταβλητών συνίσταται στον προσδιορισμό των αναγκαίων διορθωτικών κινήσεων ελέγχου του οχήματος για την αποφυγή μιας επικείμενης σύγκρουσης ή μιας επικείμενης παρέκκλισης από την επιθυμητή τροχιά κίνησης και όχι στον προβλεπτικό έλεγχο της πορείας του οχήματος.

Επομένως, η επιλογή του μεθοδολογικού παραδείγματος που εισάγεται στην παρούσα έρευνα δημιουργεί τις προϋποθέσεις διερεύνησης και ανάδειξης άλλων «κρυμμένων» παραγόντων που σχετίζονται με την προετοιμασία του οδηγού για την επιτέλεση ενός οδηγικού έργου. Κάνουμε λόγο για «κρυμμένους» παράγοντες, διότι, οι επικρατούσες θεωρίες σχετικά με τον αντιληπτικό έλεγχο των έργων της ιχνηλάτησης εστιάζονται αποκλειστικά και μόνο στις προσλαμβανόμενες οπτικές πληροφορίες οι οποίες «καθοδηγούν» τη μετακίνηση του παρατηρητή, ενώ, ελάχιστη έμφαση δίνεται στον τρόπο αντιληπτικής οργάνωσης των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών σχετικά με την προετοιμασία του σχεδίου δράσης των οδηγών. Έτσι, τα «ανοιχτά» θέματα που προκύπτουν στη σχετική βιβλιογραφία αναφορικά με την επάρκεια ή μη των οπτικών πληροφοριών για την επίτευξη ενός έργου (π.χ. εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης), αναδιατυπώνονται, υπό το φως των ευρημάτων της παρούσας έρευνας, ως εξής: *τι είναι αυτό που υποκινεί έναν οδηγό, ανεξαρτήτως του οδηγικού έργου που επιτελεί, να προβεί σε δύο διαδοχικά στάδια ελέγχου της πορείας του οχήματός του, και βάσει ποιών κριτηρίων οργανώνονται οι διαθέσιμες οπτικές πληροφορίες σε κάθε επιμέρους έργο;*

Πάνω σε αυτή τη βάση, διαπιστώνουμε την έλλειψη μιας αμιγώς οδηγικής αντιληπτικής θεωρίας και την ανεπάρκεια των υφιστάμενων θεωρητικών προσεγγίσεων να ερμηνεύσουν τα ευρήματα της παρούσας έρευνας. Ο κυριότερος

λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό, οφείλεται στο γεγονός ότι οι δύο κύριες σχολές σκέψεις στην επιστήμη της ψυχολογίας αναφορικά με την οπτική αντίληψη, δηλαδή οι θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης και οι θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης, έχουν ως αφετηρία τους τελείως διαφορετικά παραδείγματα μετακίνησης του παρατηρητή, και κατά συνέπεια, δομής του οπτικού περιβάλλοντος. Στις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης, αφετηρία αποτελεί η περίπτωση πρόσληψης οπτικών πληροφοριών σε ένα «ανοικτό» οπτικό περιβάλλον, έχοντας ως παράδειγμα την περίπτωση εναέριας μετακίνησης του παρατηρητή με τη διαμεσολάβηση κάποιου μέσου, ενώ, στις θεωρίες της Κατασκευαστικής Αντίληψης, αφετηρία αποτελεί η περίπτωση πρόσληψης οπτικών πληροφοριών σε ένα «άτακτα» δομημένο οπτικό περιβάλλον, όπου ο παρατηρητής βρίσκεται σε στατική θέση, χωρίς τη διαμεσολάβηση κάποιου μέσου μετακίνησης. Συνέπεια ή εξαιτίας αυτού είναι να μην έχει μελετηθεί ποτέ μέχρι σήμερα, εάν οι διαθέσιμες ενδείξεις του οπτικού περιβάλλοντος παρέχουν τις μόνες αναγκαίες οπτικές πληροφορίες για την επίτευξη του έργου της ιχνηλάτησης, στην περίπτωση μετακίνησης του παρατηρητή με ένα όχημα και, πάνω σε αυτή τη βάση, εάν θεμελιώνεται η ύπαρξη αιτιακής σχέσης ανάμεσα στις προσλαμβανόμενες οπτικές πληροφορίες και της οδηγικής συμπεριφοράς.

Ας εξετάσουμε, για παράδειγμα, τα λογικά «σφάλματα» που απορρέουν από το θεμελιώδες αξίωμα των θεωριών της Άμεσης Αντίληψης. Η βασική θέση είναι ότι η αντίληψη είναι άμεση και ότι καμία γνωστική διεργασία δεν εμπλέκεται στην πρόσληψη και αξιοποίηση των οπτικών μεταβλητών. Συνεπώς, όλες οι αναγκαίες οπτικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες στην οπτική παράταξη, και το μόνο που χρειάζεται από την πλευρά του οδηγού είναι να προσλάβει τις πληροφορίες αυτές, ανάλογα κάθε φορά με τον επιδιωκόμενο στόχο.

Αν ίσχυε αυτή η πρόταση, τότε το πρώτο θέμα που προκύπτει είναι μέσω ποιας διαδικασίας οι οδηγοί μαθαίνουν να ορίζουν την κρίσιμη τιμή κάθε οπτικής μεταβλητής, όπως, για παράδειγμα, ο χρόνος έως την επικείμενη σύγκρουση με ένα κινούμενο ή στατικό αντικείμενο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένας παρατηρητής δεν είναι μόνο οδηγός ενός οχήματος αλλά επίσης και πεζός, κι ενδεχομένως οδηγός ενός δικύκλου, ο παρατηρητής σε κάθε περίπτωση προσλαμβάνει τις ίδιες ακριβώς οπτικές μεταβλητές, όμως στη μία περίπτωση μετακίνησης, για παράδειγμα για τον

έλεγχου της κίνησης του οχήματος, οι πληροφορίες για την επικείμενη σύγκρουση των αντικειμένων από τον παρατηρητή θα πρέπει να μετεγγραφούν σε χρηστικές (λειτουργικές) πληροφορίες αναφορικά με την επικείμενη σύγκρουση των αντικειμένων με το όχημα, ενώ στην άλλη περίπτωση μετακίνησης, για παράδειγμα για τον έλεγχο της κίνησης του σώματός του, οι πληροφορίες αυτές είναι δυνητικά επαρκείς. Συνεπώς, υπάρχει εξαρχής ανάγκη διαμεσολάβησης κάποιας νοητικής διεργασίας προκειμένου να έχουν νόημα οι προσλαμβανόμενες οπτικές μεταβλητές ανάλογα με το είδος ή/ και το μέσο μετακίνησης.

Το δεύτερο θέμα που προκύπτει είναι ότι, ακόμη και αν οι οδηγοί έχουν μάθει μέσω της εμπειρίας τους να προσδιορίζουν την κρίσιμη τιμή μιας οπτικής μεταβλητής (π.χ. της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία), σε αυτή την περίπτωση το οδηγικό έργο της ακολουθούσης ή προσέγγισης ενός αντικειμένου περιγράφεται αναπόφευκτα ως ένα άθροισμα στιγμιαίων αντιδράσεων πέδησης ή επιβράδυνσης για την αποφυγή της επικείμενης σύγκρουσης. Λαμβάνοντας υπόψη, ωστόσο, ότι η κίνηση του οχήματος στο κυκλοφοριακό περιβάλλον προϋποθέτει τη γνώση των προθετικών ενεργειών των υπολοίπων χρηστών της οδού, μέσω της πρόσληψης τυπικών ή άτυπων ενδείξεων [όπως άλλωστε αναφέρεται και από τους υποστηρικτές των θεωριών της άμεσης αντίληψης, βλ. για παράδειγμα τη μελέτη πεδίου των Gibson & Crooks (1938) και την ανάλυση της περίπτωσης διάσχισης διασταύρωσης με άλλα οχήματα της Berthelon (1993)], είναι προφανές ότι οι πληροφορίες αυτές ούτε μπορούν να εξαχθούν άμεσα από το οπτικό περιβάλλον, ούτε επίσης μπορούν να συμπεριληφθούν στον προσδιορισμό της στιγμής έναρξης της πέδησης του οχήματος χωρίς τη διαμεσολάβηση κάποιας νοητικής διεργασίας. Το ίδιο επίσης ισχύει και για τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης μετακίνησης του παρατηρητή. Όταν πρόκειται για μετακίνηση σε καμπύλη, το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής δεν επαρκεί για την ορθή εκτίμηση της κατεύθυνσης μετακίνησης, καθώς οι μετασχηματισμοί του αμφιβληστροειδικού ειδώλου είναι υποκείμενοι στις εναλλαγές της κατεύθυνσης του βλέμματος. Επομένως, το οπτικό σύστημα είναι αναγκαίο να συμπεριλάβει κι άλλες οπτικές ενδείξεις, ώστε να επιλύσει την ασυμφωνία που προκύπτει ανάμεσα στο παραγόμενο μοντέλο ροής της οπτικής παράταξης και στο προσλαμβανόμενο μοντέλο ροής που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή. Εφόσον όμως το μόνο αντικείμενο άμεσης αντίληψης είναι το ακατέργαστο μοντέλο ροής, τότε, μέσω ποιας διεργασίας το οπτικό σύστημα αντιλαμβάνεται ότι υπάρχει ασυμφωνία ανάμεσα στο

μοντέλο ροής της οπτικής παράταξης και στο ακατέργαστο αμφιβληστροειδικό μοντέλο ροής; Επιπλέον, αν από το ακατέργαστο μοντέλο ροής καθίσταται δυνατή η άμεση πρόσληψη πρώτης ή/και δεύτερης τάξης οπτικών μεταβλητών (π.χ. οπτική ταχύτητα αντικειμένων, χρόνος έως την επικείμενη σύγκρουση), τότε μέσω ποιας διεργασίας καθίσταται ταυτόχρονα δυνατή η αντίληψη και άλλων χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος τα οποία δεν είναι φαινομενολογικά προσβάσιμα στο ακατέργαστο μοντέλο ροής, όπως οι προσφερόμενες δυνατότητες των αντικειμένων (π.χ. η προβλεπτική γνώση σχετικά με τη μελλοντική τροχιά κίνησης των υπόλοιπων χρηστών της οδού, βάσει της οποίας προσδιορίζονται οι πιθανοί οδηγικοί ελιγμοί και τα πιθανά μονοπάτια μετακίνησης).

Με άλλα λόγια, τα λογικά «σφάλματα» στις θεωρίες της Άμεσης Αντίληψης απορρέουν από το γεγονός ότι δεν υπάρχει συνέπεια ως προς το επίπεδο ανάλυσης των αντιληπτικών πληροφοριών που θεωρητικά προσλαμβάνονται μέσω του παραγόμενου μοντέλου οπτικής ροής λόγω της κίνησης του παρατηρητή, με αποτέλεσμα, η ανάλυση να βασίζεται στον *post-hoc* προσδιορισμό των δυνητικά κρίσιμων οπτικών μεταβλητών που «καθοδηγούν» τη μετακίνηση του παρατηρητή, ανάλογα με το εάν τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος (άλλοτε φαινομενολογικά προσβάσιμα, κι άλλοτε όχι) μπορούν να υποστηρίξουν κατά περίπτωση το «αξίωμα» της άμεσης αντίληψης.

Για τους υποστηρικτές των θεωριών της Κατασκευαστικής Αντίληψης, αντίθετα, η βασική θέση είναι ότι η ερμηνεία των προσλαμβανόμενων οπτικών ερεθισμάτων, σύμφωνα με τις επαγωγικές υποθέσεις που εισάγει ο παρατηρητής σχετικά το αντίλημμα, αποτελεί προϋπόθεση για την υπονόηση της τρισδιάστατης δομής του οπτικού περιβάλλοντος από το οποίο προέρχεται το αμφιβληστροειδικό είδωλο κι αυτό, είναι σαφέστατα προϊόν νοητικής διεργασίας. Ωστόσο, οι νοητικές διεργασίες που εμπλέκονται στην επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων, και κυρίως, στην οργάνωση των οπτικών πληροφοριών που προσλαμβάνονται από το κυκλοφοριακό περιβάλλον δεν έχουν περιγραφεί ποτέ έως τώρα σε σχέση με το όχημα και το πρωταρχικό έργο της οδήγησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να έχουμε σειρά πειραματικών ευρημάτων, προερχόμενα από μελέτες εργαστηρίου, τα οποία υποδεικνύουν ότι το γνωστικό σύστημα «προβαίνει» σε σχετικές –και όχι απόλυτες– εκτιμήσεις της θέσης και της απόστασης των αντικειμένων, αξιοποιώντας ποικίλες

ενδείξεις απόστασης, όπως εικονικές ή μονοφθάλμιες ενδείξεις απόστασης, οφθαλμοκινητικές ενδείξεις απόστασης και ενδείξεις απόστασης λόγω κίνησης). Στην περίπτωση της οδήγησης, όμως, η κατεύθυνση της επίδρασης των ενδείξεων απόστασης στην οδηγική συμπεριφορά δεν είναι το άμεσο αποτέλεσμα των σχετικών εκτιμήσεων απόστασης που προβαίνουν οι οδηγοί.

Στην έρευνα μας, για παράδειγμα, στη φάση της ακολούθησης, τα αποτελέσματα δείχνουν πως το προσλαμβανόμενο μέγεθος των δύο προπορευόμενων οχημάτων που χρησιμοποιήθηκαν επηρέασε τον τηρούμενο χρονικό διαχωρισμό, παρότι το συνολικό εμβαδόν της πίσω επιφάνειας ή των φανών πέδησης των δύο προπορευόμενων οχημάτων ήταν ίδιο. Το εύρημα αυτό, παρέχει σαφή στήριξη στη θεωρία της Κατασκευαστικής Αντίληψης, σχετικά με τη διαμεσολάβηση γνωστικών διεργασιών για την υπονόηση του σχετικού μεγέθους των αντικειμένων (στην προκειμένη περίπτωση του μεγέθους του προπορευόμενου οχήματος) βάσει της *εικονικής ένδειξης του οικείου ή τυπικού μεγέθους* και, κατ' επέκταση, την αντιληπτική εκτίμηση της διαμήκους απόστασης μεταξύ των δύο οχημάτων. Από την άλλη πλευρά, τα αποτελέσματα στη φάση της ακολούθησης δείχνουν, επίσης, ότι και η ύπαρξη του βοηθήματος (της οριζόντιας δοκού) επηρέασε τον τηρούμενο χρονικό διαχωρισμό, εύρημα το οποίο θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως αποτέλεσμα της επίδρασης της *εικονικής ένδειξης της επικάλυψης* όσον αφορά τη σχετική εκτίμηση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Δηλαδή, σύμφωνα με την εικονική ένδειξη της επικάλυψης, εφόσον η ύπαρξη της δοκού επικαλύπτει μεγαλύτερο τμήμα του προπορευόμενου οχήματος, συγκριτικά με το τμήμα του προπορευόμενου οχήματος που επικαλύπτουν τα ορατά από τη θέση οδήγησης σημεία του καπό του ερευνητικού οχήματος, η σχετική απόσταση από το προπορευόμενο όχημα υποεκτιμάται στη συνθήκη υποβοήθησης σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Το πρόβλημα, ωστόσο, είναι ότι η κατεύθυνση της επίδρασης των δύο παραπάνω εικονικών ενδείξεων απόστασης ως προς τον τηρούμενο ΧΔ δεν είναι ίδια σε όλους τους συμμετέχοντες. Επιπλέον, μεταξύ των συμμετεχόντων δε δίνεται η ίδια βαρύτητα στις ενδείξεις απόστασης που σχετίζονται με το φαινομενικό μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος και το φαινομενικό μήκος του ερευνητικού οχήματος.

Αντίστοιχα, στη φάση προσπέρασης, το γεγονός ότι κατά την προσπέραση του μεγαλύτερου οχήματος παρατηρείται μια τάση σύγκλισης (υπο-ομάδα Β) ή

απομάκρυνσης από αυτό (υπο-ομάδα Α) σε σχέση με την προσπέραση του μικρού οχήματος, παρότι η πλευρική απόσταση των δύο προσπερνόμενων οχημάτων από την κεντρική διαχωριστική γραμμή ήταν ίδια, υποδεικνύει επίσης ότι η *εικονική ένδειξη του οικείου ή τυπικού μεγέθους* επηρεάζει την αντιληπτική εκτίμηση των οδηγών σχετικά με τη θέση ή το χώρο που καταλαμβάνει το προσπερνόμενο όχημα στη δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας και, κατ' επέκταση, την αντιληπτική τους εκτίμηση σχετικά με το πλάτος του διαθέσιμου τμήματος της οδού στο οποίο μπορεί να κινηθεί το ερευνητικό όχημα κατά τον ελιγμό της προσπέρασης. Από την άλλη πλευρά, το γεγονός ότι η ύπαρξη της δοκού συμβάλλει στην αύξηση της πλευρικής απόστασης από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα (υπο-ομάδα Α) ή στη διατήρηση κεντρικής πλευρικής θέσης (υπο-ομάδα Β) σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως αποτέλεσμα της επίδρασης των *οφθαλμοκινητικών ενδείξεων απόστασης*. Δηλαδή, η σύγκριση του μήκους της απόστασης που διατρέχουν οι οφθαλμοί από το δεξί άκρο της δοκού έως το άκρο του προσπερνόμενου οχήματος να επιφέρει την εξάλειψη της επίδρασης του μεγέθους του προσπερνόμενου, όπως συμβαίνει στην υπο-ομάδα Β, ή την ενίσχυση της επίδρασης του μεγέθους του προσπερνόμενου, με αποτέλεσμα την αύξηση της πλευρικής απόστασης από το μεγαλύτερο προσπερνόμενο όχημα, όπως συμβαίνει στην υπο-ομάδα Α. Συνεπώς, και σε αυτό το οδηγικό έργο, η κατεύθυνση της επίδρασης των εικονικών ή/και των οφθαλμικών ενδείξεων απόστασης ως προς την πλευρική μετατόπιση του ερευνητικού οχήματος προς το αριστερό άκρο της οδού δεν είναι ίδια σε όλους τους συμμετέχοντες, ενώ, μεταξύ των συμμετεχόντων δε δίνεται ίδια βαρύτητα στις εικονικές ή τις οφθαλμικές ενδείξεις απόστασης.

Τέλος, στη φάση προσέγγισης των στηλοθετών, το γεγονός ότι στη συνθήκη υποβοήθησης παρατηρείται μια τάση αύξησης (υπο-ομάδα Β) ή μείωσης (υπο-ομάδα Α) της χωρο-χρονικής απόστασης εγγύτητας από τους στηλοθέτες τη στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης, σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, επίσης θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως αποτέλεσμα της επίδρασης της *εικονικής ένδειξης της επικάλυψης* όσον αφορά την εκτίμηση της διαμήκους απόστασης του οχήματος από τους στηλοθέτες, επηρεάζοντας κατ' επέκταση τη στιγμή έναρξης της κύριας επιβράδυνσης, χωρίς ωστόσο αυτό να σημαίνει ότι η κατεύθυνση της επίδρασης της εικονικής ένδειξης της επικάλυψης είναι ίδια σε όλους τους συμμετέχοντες.

Επομένως, όλα τα κύρια ευρήματα της έρευνάς μας είναι σύμφωνα με τη θεωρία της Κατασκευαστικής Αντίληψης, σχετικά με τη διαμεσολάβηση γνωστικών διεργασιών για την υπονόηση της τρισδιάστατης δομής του οπτικού περιβάλλοντος, καθώς επίσης και την αντιληπτική εκτίμηση του βάθους και της απόστασης που απέχουν τα αντικείμενα από τον παρατηρητή αξιοποιώντας ποικίλες ενδείξεις απόστασης. Το πρόβλημα, ωστόσο, είναι ότι το ποιος ακριβώς ενδείξεις απόστασης υποθέτουμε ότι επηρεάζουν κάθε φορά τις εκτιμήσεις των συμμετεχόντων, βασίζεται ουσιαστικά στην post-hoc ερμηνεία των αποτελεσμάτων αναφορικά με την επίδοση των συμμετεχόντων, ενώ, παραμένει ανοιχτό το ερώτημα, γιατί οι ίδιες ενδείξεις απόστασης επηρεάζουν προς την αντίθετη κατεύθυνση την οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων. Με άλλα λόγια, οι επαγωγικές υποθέσεις που εισάγουμε αναφορικά με την πρόσληψη και την αξιοποίηση των διαθέσιμων ενδείξεων απόστασης, εκφράζουν ορθά τη δυνητική επίδρασή τους στις αντιληπτικές εκτιμήσεις που προβαίνουν οι παρατηρητές, όμως, η αξιοποίηση των ενδείξεων απόστασης δεν αποτελεί πανάκεια και σίγουρα δεν αποτελεί τη μοναδική πηγή πληροφόρησης των οδηγών βάσει της οποίας καθίσταται δυνατή η κατανόηση ή/και ερμηνεία του τρόπου επιτέλεσης των επιμέρους έργων της ιχνηλάτησης.

Σε αντιδιαστολή προς τις υφιστάμενες θεωρητικές προτάσεις σχετικά με τον αντιληπτικό έλεγχο των επιμέρους έργων της ιχνηλάτησης, στην υπόθεση που προτείνεται στην παρούσα μελέτη, υποστηρίζεται σαφώς ότι η αντίληψη δεν είναι άμεση ή τουλάχιστον ότι η επιτέλεση των οδηγικών έργων δε βασίζεται στην άμεση πρόσληψη οπτικών μεταβλητών, καθώς επίσης και ότι προϋπόθεση για την επίτευξη των οδηγικών έργων αποτελεί η επεξεργασία του αντιλήμματος για την ερμηνεία των ερεθισμάτων. Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι *κάθε επιμέρους έργο που συμπεριλαμβάνεται στο έργο της ιχνηλάτησης δε συνεπάγεται και την ύπαρξη διαφορετικής αντιληπτικής διεργασίας. Αντιθέτως, όλα τα επιμέρους έργα μπορούν να περιγραφούν ως αντιληπτικά έργα χωρικής εκτίμησης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οχήματος.* Βάσει αυτής της περιγραφής, προκύπτει και ο αντίστοιχος τρόπος οργάνωσης των οπτικών πληροφοριών που προσλαμβάνονται από το κυκλοφοριακό περιβάλλον. Δηλαδή, όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες που αξιοποιούν οι οδηγοί για τον προσδιορισμό της τρέχουσας ή μελλοντικής θέσης των αντικειμένων του κυκλοφοριακού περιβάλλοντος

(ουσιαστικά, οι πληροφορίες δεν αφορούν μόνο τα προσλαμβανόμενα οπτικά ερεθίσματα από το οπτικό περιβάλλον, αλλά και τις τυπικές ή άτυπες ενδείξεις που χρησιμοποιούν οι οδηγοί για τον πρόβλεψη των προθετικών ενεργειών των υπολοίπων χρηστών της οδού) οργανώνονται, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να προσδιοριστούν οι οδηγοί τα πεδία των πιθανών μονοπατιών μέσω των οποίων το όχημά τους μπορεί να κινηθεί με ασφάλεια.

Πρόκειται, ουσιαστικά, για τα «*πεδία ασφαλούς μετακίνησης*», όπως τα είχαν αποκαλέσει οι Gibson & Crooks, το 1938, στην πρώτη μελέτη πεδίου που έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία σχετικά με την οδήγηση οχήματος, όπου κάθε πεδίο οριοθετείται βάσει των «*ζωνών ελάχιστης απόστασης πέδησης*». Η βασική διαφορά αυτής της περιγραφής σε σχέση με την υπόθεση που υποστηρίζουμε στην παρούσα έρευνα, συνίσταται στο γεγονός ότι για την εκτίμηση της χωρικής επάρκειας των πιθανών μονοπατιών μέσω των οποίων μπορεί να κινηθεί το όχημα με ασφάλεια, προϋπόθεση αποτελεί η ικανότητα ορθής χωρικής εκτίμησης των ορίων του εξωτερικού περιγράμματος του μέσου μετακίνησης των οδηγών, δηλαδή του οχήματός τους. Κι αυτό το ζήτημα, της ικανότητας δηλαδή νοερής εκτίμησης των μη-ορατών τμημάτων του οχήματος από τη θέση οδήγησης, δεν έχει εξεταστεί ποτέ μέχρι σήμερα στις σχετικές με την οδήγηση έρευνες. Ενδεικτικά, αναφέρουμε την πρόταση των Gibson & Crooks (1938) για το συγκεκριμένο θέμα, οι οποίοι διατύπωσαν την άποψη ότι *η οδήγηση μπορεί να θεωρηθεί ως ψυχολογικά ανάλογη διαδικασία με το περπάτημα, και το όχημα ανάλογο του μαστουριού*. Από την ανάλυση, ωστόσο, των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, έχουμε λόγους να υποστηρίξουμε ότι η νοερή εικόνα που έχει μάθει εμπειρικά να αναπτύσσει ένας οδηγός, σχετικά με τα μη-ορατά (από τη θέση οδήγησης) τμήματα του περιγράμματος του οχήματός του, αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα που καθορίζει την επιλογή των διαθέσιμων πληροφοριών του οπτικού περιβάλλοντος και τη βαρύτητα που δίνουν οι οδηγοί σε αυτές, ώστε να προβούν στο διττό αντιληπτικό έργο χωρικής εκτίμησης των διαθέσιμων τμημάτων της οδού σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οχήματός τους.

Κι αυτό διότι, από τη θέση οδήγησης τα όρια του εξωτερικού περιγράμματος του οχήματος δεν είναι ορατά, κατά συνέπεια, η εκτίμηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του οχήματος είναι προϊόν της νοερής εκτίμησης των οδηγών σχετικά με τη θέση που κατέχει το όχημά τους στην οδό. Θεωρητικά, όσο

περισσότερο εσφαλμένη είναι η νοερή εκτίμηση των οδηγών (σχετικά με τα όρια του εξωτερικού περιγράμματος του οχήματός τους), το διττό έργο χωρικής εκτίμησης της επάρκειας του διαθέσιμου τμήματος της οδού σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οχήματος, προκαλεί τη νοητή αναπαραγωγή της γεωμετρικής πλάνης του πλαισίου στο φαινομενικό μήκος της περιεχόμενης οριζόντιας γραμμής (δηλαδή, το πλάτος του οχήματος), με αποτέλεσμα, όλες οι επιμέρους αντιληπτικές εκτιμήσεις (π.χ. χρονική απόσταση εγγύτητας από το προπορευόμενο όχημα ή τους στηλοθέτες, βαθμός πλευρικής απόκλισης από το μέσο της λωρίδας κατά τον ελιγμό της προσπέρασης), να υπόκεινται, κατά περίπτωση, στην επίδραση των γεωμετρικών πλανών του πλαισίου, της οριζοντίου και της καθέτου και των αντιπαραβαλλόμενων πλαισίων, ανάλογα με τη «φύση» της αντιληπτικής εκτίμησης που απαιτείται σε κάθε επιμέρους οδηγικό έργο. Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας, ωστόσο, υποδεικνύουν ότι *δεν είναι ο βαθμός ορθότητας της νοερής εκτίμησης των οδηγών σχετικά με το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματός τους, αλλά, το πόσο ισχυρά εδραιωμένη είναι η διεργασία υπονόησης των μη ορατών τμημάτων του οχήματός τους η οποία τους καθιστά λιγότερο επιρρεπείς στην επίδραση των γεωμετρικών πλανών.*

Εδώ, το κρίσιμο εύρημα είναι ότι, στην περίπτωση που οι οδηγοί βασίζονται στη νοερή τους εικόνα σχετικά με το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματός τους ώστε να προβούν στη χωρική εκτίμηση των διαθέσιμων τμημάτων της οδού (όπως συμβαίνει στους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Α), ανεξαρτήτως της ορθότητας ή μη της νοερής εικόνας των οδηγών, η επίδοσή τους στην πειραματική συνθήκη είναι υποδεέστερη συγκριτικά με την επίδοσή τους στη συνθήκη ελέγχου, διότι, η υποβοήθηση που τους παρέχει η οριζόντια δοκός «αλλοιώνει» ουσιαστικά τις εκτιμήσεις που απορρέουν βάσει της νοερής τους εικόνας. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της έρευνάς μας υποδεικνύουν ότι, η αύξηση της οδηγικής εμπειρίας δε συνεπάγεται κατ' ανάγκη και την αύξηση της ορθότητας της νοερής εικόνας των οδηγών σχετικά με το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματός τους, ωστόσο, η αύξηση της οδηγικής εμπειρίας συνδέεται με την ελαχιστοποίηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών του οπτικού περιβάλλοντος, συγκριτικά με τους λιγότερο έμπειρους οδηγούς. Αντίθετα, στην περίπτωση που οι οδηγοί έχουν επίγνωση των περιορισμών που υφίστανται όσον αφορά την εκτίμηση των ορίων του εξωτερικού περιγράμματος του οχήματός τους (όπως συμβαίνει στους συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β), είναι περισσότερο επιρρεπείς στην επίδραση των χαρακτηριστικών του οπτικού

περιβάλλοντος, ενώ, η ύπαρξη της οριζόντιας δοκού συμβάλλει στη βελτίωση της επίδοσής τους συγκριτικά με την συνθήκη ελέγχου, διότι, ελαχιστοποιείται η επίδραση των γεωμετρικών πλανών.

Συνεπώς, το σημείο-κλειδί για την κατανόηση της διαφορετικής κατεύθυνσης της επίδρασης των γεωμετρικών πλανών στην επίδοση των συμμετεχόντων, σχετίζεται με το πόσο ισχυρά εδραιωμένη είναι η διεργασία υπονόησης των μη ορατών εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματός τους, μέσω της νοερής εικόνας που εμπειρικά έχουν μάθει να δομούν σχετικά με το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματος, ενώ η συσσώρευση οδηγικής εμπειρίας δεν συνδέεται κατ' ανάγκη με την κατάκτηση αυτής της επιτηδειότητας.

Αυτό μας οδηγεί στο περαιτέρω συμπέρασμα, ότι ο κύριος παράγοντας που υποκινεί τους οδηγούς να επιλέγουν ως σημείο αναφοράς των εκτιμήσεών τους είτε τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά είτε το ίδιο το μέσο μετακίνησής τους (το αποκαλούμενο εγω-κεντρικό πλαίσιο αναφοράς), είναι η εμπιστοσύνη των οδηγών όσον αφορά την ικανότητα νοερής εκτίμησης της θέσης του οχήματός τους στην οδό. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση των δύο περισσότερο έμπειρων οδηγών της υπο-ομάδας Α, οι οποίοι τείνουν να αγνοούν τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά (συμπεριλαμβανομένης και της οριζόντιας δοκού), ενώ οι δύο λιγότερο έμπειροι οδηγοί της υπο-ομάδας Α, επηρεάζονται σε κάποιο βαθμό από τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά (κυρίως από την ύπαρξη της οριζόντιας δοκού). Αντίθετα, οι συμμετέχοντες της υπο-ομάδας Β, παρότι είναι έμπειροι οδηγοί, επιλέγουν ως πλαίσιο αναφοράς τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά προκειμένου να προβούν στην εκτίμηση της σχετικής θέσης του οχήματός τους. Το εύρημα αυτό, μπορεί να συμβάλλει στην κατανόηση ενός ευρύτερου ζητήματος που δεν έχει διερευνηθεί ποτέ μέχρι σήμερα, και είναι πολύ σημαντικό για την κατανόηση των αναγκών των διαφόρων χρηστών της οδού: *τη διαδικασία μετάβασης ενός οδηγού από το status του άπειρου στο status του έμπειρου οδηγού.*

Ειδικότερα, η διάκριση μεταξύ των έμπειρων και των άπειρων οδηγών συνήθως βασίζεται είτε στον αριθμό ετών από την απόκτηση άδειας οδήγησης, είτε στον αριθμό οχηματοχλιομέτρων που διανύει ένας οδηγός ανά έτος. Βάσει αυτής της διάκρισης γνωρίζουμε, για παράδειγμα, ότι οι άπειροι οδηγοί τείνουν να εστιάζουν

στα κοντινά σημεία της οδού, κυρίως, στα τμήματα της οδού μπροστά από το όχημα και στο δεξί άκρο της οδού, ενώ οι έμπειροι οδηγοί (πάνω από τρία χρόνια οδήγησης) εστιάζουν στα μακρινά σημεία της οδού (Mourant & Rockwell, 1972). Επίσης, μεταξύ των άπειρων (<3.000 οχηματοχιλιόμετρα) και των έμπειρων (>50.000 οχηματοχιλιόμετρα) οδηγών έχει αναφερθεί σημαντική διαφορά ως προς την ικανότητα διατήρησης της πλευρικής θέσης του οχήματος μέσω της περιφερειακής όρασης (Summala, 1998). Τα ευρήματα αυτά, όσον αφορά τους έμπειρους οδηγούς, συχνά αναφέρονται ως υποστηρικτικά της θεωρίας της άμεσης αντίληψης, σχετικά με την πρόσληψη όλων των αναγκαίων οπτικών πληροφοριών από το σημείο εξάπλωσης της οπτικής ροής. Όμως, ποτέ μέχρι σήμερα δεν έχει εξεταστεί, πώς επιτυγχάνεται ο έλεγχος του οχήματος στο ενδιάμεσο διάστημα που μεσολαβεί, κατά τη μετάβαση, δηλαδή, ενός οδηγού από το status του άπειρου στο status του έμπειρου οδηγού, καθώς επίσης και γιατί η αύξηση της οδηγικής εμπειρίας δεν συνεπάγεται πάντοτε επαρκή κατάκτηση των απαιτούμενων επιτηδειοτήτων για την επίτευξη του πρωταρχικού έργου της οδήγησης (Duncan, 1990). Η υπόθεση που προτείνεται στην παρούσα μελέτη σχετικά με την εξελικτική διαδικασία δόμησης νοερής εικόνας όσον αφορά το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματος, καθιστά περισσότερο εύληπτες τόσο τις παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των άπειρων και των έμπειρων οδηγών, όσο και τις διαφορές μεταξύ των έμπειρων οδηγών ως προς την κατάκτηση αυτής της επιτηδειότητας.

Μία επόμενη ένδειξη η οποία υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι ότι *η ύπαρξη δύο διακριτών σταδίων ελέγχου της πορείας του οχήματος, συνδέεται με την αντιληπτική διεργασία προετοιμασίας των οδηγών για την επίτευξη ενός έργου, βάσει της επικαιροποίησης των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών στο οδικό περιβάλλον*. Η επισήμανση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι, «γεφυρώνει» ουσιαστικά το χάσμα μεταξύ των θεωριών της άμεσης αντίληψης και των θεωριών της κατασκευαστικής αντίληψης, ως προς τον έλεγχο της πορείας του οχήματος. Ειδικότερα, το συγκριτικό πλεονέκτημα των θεωριών της άμεσης αντίληψης έναντι των θεωριών της κατασκευαστικής αντίληψης είναι ότι λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι στη διάρκεια της οδήγησης υπάρχει συνεχής μεταβολή των προσλαμβανόμενων πληροφοριών από το οδικό περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι, οι αντιληπτικές εκτιμήσεις στις οποίες προβαίνουν οι οδηγοί, δεν μπορούν να ερμηνευθούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που ερμηνεύεται η αντιληπτική διεργασία εκτίμησης βάθους-

απόστασης των αντικειμένων από τον παρατηρητή σε ένα στατικό περιβάλλον, όπως συμβαίνει στις θεωρίες της κατασκευαστικής αντίληψης. Αυτό δεν συνεπάγεται, βέβαια, ότι οι παρατηρητές καθοδηγούνται από τις προσλαμβανόμενες οπτικές πληροφορίες, όπως συμβαίνει στις θεωρίες της άμεσης αντίληψης, περιγράφοντας στην ουσία το έργο της οδήγησης ως ένα άθροισμα συμπεριφοριστικών αντιδράσεων στις μεταβολές του οπτικού περιβάλλοντος.

Αντίθετα, τα αποτελέσματα της έρευνάς μας υποδεικνύουν ότι, στη διάρκεια επιτέλεσης ενός έργου, τα δύο διακριτά στάδια ελέγχου της πορείας του οχήματος συνδέονται με τις ρυθμιστικές ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι οδηγοί, βάσει της επικαιροποίησης των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών, ώστε, να επιτύχουν το σχέδιο δράσης τους. Έτσι, για παράδειγμα, κατά τον ελιγμό της προσπέρασης, η αρχική πλευρική μετατόπιση του οχήματος προς το αριστερό άκρο της οδού συνδέεται με τις αρχικά διαθέσιμες οπτικές πληροφορίες σχετικά με το πλάτος της οδού στο οποίο μπορεί να κινηθεί το όχημα (οι οποίες επηρεάζονται κυρίως από τα χαρακτηριστικά του προσπερνόμενου οχήματος), ενώ η πλευρική θέση του οχήματος τη στιγμή της παραλληλίας των δύο οχημάτων συνδέεται με την επικαιροποίηση των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών σχετικά με το πλάτος της οδού. Αντίστοιχα, στις φάσεις προσέγγισης ενός στατικού αντικειμένου ή/και ακολούθησης ενός προπορευόμενου οχήματος, η αρχική ρύθμιση της επιβράδυνσης συνδέεται με τις αρχικά διαθέσιμες οπτικές πληροφορίες σχετικά με την απόσταση των προσεγγιζόμενων αντικειμένων (πρόκειται ουσιαστικά για τη στιγμή κατά την οποία το προσεγγιζόμενο αντικείμενο απομονώνεται από τα υπόλοιπα αντικείμενα και καταλαμβάνει μεγαλύτερο μέρος του οπτικού πεδίου του οδηγού), ενώ, η τελική ρύθμιση της επιβράδυνσης συνδέεται με την επικαιροποίηση των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά του προσεγγιζόμενου αντικειμένου και τον προσδιορισμό της ασφαλούς απόστασης πέδησης ή/και χρονικής απόστασης ακολούθησης. Από εκεί κι έπειτα, βάσει της επικαιροποίησης των διαθέσιμων οπτικών πληροφοριών, και ανάλογα με το πόσο ισχυρή είναι η διεργασία υπονόησης των μη ορατών εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματός τους, μέσω της νοερής τους εικόνας σχετικά με το εξωτερικό περίγραμμα του οχήματός τους, οι αντιληπτικές εκτιμήσεις των οδηγών υπόκεινται στην επίδραση των αναφερόμενων γεωμετρικών πλανών.

Θεωρούμε ότι οι παραπάνω ενδείξεις που απορρέουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, αποτελούν τα καίρια ζητήματα για την κατανόηση των παραγόντων που υποκινούν το σχέδιο δράσης του οδηγού και, κατ' επέκταση, την αξιολόγηση του αντίκτυπου των μέτρων βελτίωσης ή/και των συστημάτων υποβοήθησης των οδηγών. Πρέπει να επισημάνουμε, ωστόσο, ότι ο πολύ μικρός αριθμός συμμετεχόντων που έλαβε μέρος στο συγκεκριμένο πείραμα δεν επιτρέπει σε καμία περίπτωση τη γενίκευση των ευρημάτων, συνεπώς, τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, είναι αναγκαίο να διερευνηθούν σε μεγαλύτερη έκταση και με πολύ μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων σε μία μελλοντική έρευνα.

Ζητήματα, που αφορούν το σχεδιασμό των οχημάτων με σκοπό τη μείωση των τυφλών σημείων από τη θέση οδήγησης, το σχεδιασμό της διεπιφάνειας των συστημάτων υποβοήθησης των οδηγών τόσο ως προς το είδος των πληροφοριών που είναι αναγκαίες στους διάφορους χρήστες όσο και ως προς τον τρόπο παρουσίασης των πληροφοριών ή ζητήματα που αφορούν τη μελέτη της εσφαλμένης εκτίμησης της ικανότητας ελέγχου του οχήματος κατά την οδήγηση υπό την επίδραση αλκοόλης, καθώς επίσης και τη μελέτη των διαφορών που παρατηρούνται στην επίδοση των οδηγών κατά την οδήγηση σε προσομοιωτή και σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας, αποτελούν μερικά από τα πεδία ερευνητικού ενδιαφέροντος που μπορούν να διερευνηθούν σε μεγαλύτερο βάθος υπό το φως των ευρημάτων της παρούσας έρευνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abelson, R.P. (1981). Psychological status of the script concept. *American Psychologist*, 36(7), 715-729.
- Adams, W.J., Banks, M.S. & van Ee, R. (2001). Adaptation to three-dimensional distortions in human vision. *Nature Neuroscience*, 4(11), 1063-1064.
- Aglioti, S., DeSouza, J.F.X. & Goodale, M.A. (1995). Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand. *Current Biology*, 5(6), 679-685.
- Andersen, G.J., Cisneros, J., Atchley, P. & Saidpour, A. (1999). Speed, size and egde-rate information for the detection of collision events. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(1), 256-269.
- Avery, G.C. & Day, R.H. (1969). Basis of the horizontal-vertical illusion. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 376-380.
- Banks, M.S., Ehrlich, S.M., Backus, B.T. & Crowell, J.A. (1996). Estimating heading during real and simualted eye movements. *Vision Research*, 36(3), 431-443.
- Bartelt, R. & Darling, W.G. (2002). Opposite effects on perception and action induced by Ponzo illusion. *Experimental Brain Research*, 146, 433-440.
- Ben-Yaakov, A., Maltz, M. & Shinar, D. (2002). Effects of an in-vehicle collision avoidance warning system on short- and long-term driving performance. *Human Factors*, 44(2), 335-342.
- Berthelon, C. & Mestre, D. (1993). Curvilinear approach to an intersection and visual detection of a collision. *Human Factors*, 35(3), 521-534.
- Berthelon, C., Mestre, D. & Nachtergaele, C. (1999). Road environment and visual anticipation of a collision during self-motion. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles – VII* (Amsterdam: Elesvier), pp. 355-362.
- Berthelon, C., Mestre, D., Pottier, A., Pons, R. & Cavallo, V. (1998). Role of environmental complexity and perceptual style in the visual anticipation of a collision during driving. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles – VI* (Amsterdam: Elsevier), pp.73-79.
- Bootsma, R.J. & Oudejans, R.R.D. (1993). Visual information about time-to-collision between two objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 1041-1052.
- Bridgeman, B., Kirch, M. & Sperling, A. (1981). Segregation of cognitive and motor aspects of visual function using induced motion. *Perception and Psychophysics*, 29, 336-342.
- Brown, I.D. (1990). Drivers' margins of safety considered as a focus for research on error. *Ergonomics*, 33(10/11), 1307-1314.
- Bruce, V., Green, P.R. & Georgeson, M.A. (1996). *Visual perception – Physiology, psychology and ecology*, 3rd edition (East Sussex: Psychology Press).
- Bruno, N. (2001). When does action resist visual illusions? *Trends in Cognitive Sciences*, 5(9), 379-382.
- Carey, D.P. (2001). Do action systems resist visual illusions? *Trends in Cognitive Sciences*, 5(3), 109-113.
- Cavallo, V., Berthellon, C., Mestre, D. & Pottier, A. (1998). Visual information and perceptual style in time-to-collision estimation. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles – VI* (Amsterdam: Elsevier), pp. 81-89.
- Cavallo, V., Brun-Dei, M., Laya, O. & Neboit, M. (1988). Perception and anticipation in negotiating curves: the role of driving experience. In A.G. Gale et al. (Eds.) *Vision in Vehicles – II* (Amsterdam: Elsevier), pp. 365-374.
- Cavallo, V., Mestre, D. & Berthelon, C. (1997). Time-to-collision judgments: visual and spatio-temporal aspects. In T. Rothengatter and E.C. Vaya (Eds.) *Traffic and Transoprt Psychology – Theory and application* (Amsterdam: Pergamon), pp. 97-101.
- Cavallo, V. & Laurent, M. (1988). Visual information and skill-level in time-to-collision estimation. *Perception*, 17, 623-632.

- Chipman, M., Lebovic, G., Persaud, B., Bhim, R., Gou, M., Dufort, J. (2005). Vehicle Size and Risk of Side-Impact Collisions : a Case-Control Study in Toronto and Montreal. *Traffic Safety on 4 Continents Conference*.
- Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P.R. (1998). How much do novice drivers see? The effects of demand on visual search strategies in novice and experienced drivers. In G. Underwood (ed.) *Eye guidance in reading and scene perception* (Amsterdam: Elsevier), pp. 395-417.
- Cutting, J.E., Vishton, P.M., Fluckiger, M., Baumberger, B. & Gerndt, J.D. (1997). Heading and path information from retinal flow in naturalistic environments. *Perception and Psychophysics*, 59, 426-441.
- Cutting, J.E. (1996). Wayfinding from multiple sources of local information in retinal flow. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 1299-1313.
- Cutting, J.E., Springer, K., Braren, P.A. & Johnson, S.H. (1992). Wayfinding on foot from information in retinal, not optical, flow. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 41-72.
- Danckert, J.A., Sharif, N., Haffenden, A.M., Schiff, K.C. & Goodale, M.A. (2002). A temporal analysis of grasping in the Ebbinghaus illusion: planning versus online control. *Experimental Brain Research*, 144, 275-280.
- DeLucia, P.R. (1991). Pictorial and motion-based information for depth perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(3), 738-748.
- DeLucia, P.R., Bleckley, M.K., Meyer, L.E. & Bush, J.M. (2003). Judgments about collision in younger and older drivers. *Transportation Research Part F, Traffic Psychology and Behavior*, 6, 63-80.
- DeLucia, P.R. & Meyer, L.E. (1999). Judgments about the time to contact between two objects during simulated self-motion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(6), 1813-1833.
- DeLucia, P.R. & Warren, R. (1994). Pictorial and motion-based depth information during active control of self-motion: Size-arrival effects on collision avoidance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(4), 783-798.
- De Waard, D., Jessurun, M., Steyvers, F.J.J.M., Raggatt, P.T.F., & Brookhuis, K.A. (1995). Effects of road layout and road environment on driving performance, drivers' physiology and road appreciation. *Ergonomics*, 38(7), 1395-1407.
- Dishart, D.C. & Land, M.F. (1998). The development of the eye movement strategies of learner drivers. In G. Underwood (Ed.) *Eye guidance in reading and scene perception* (Amsterdam: Elsevier), pp. 419-429.
- Dognes, E. (1978). A two-level model of driver steering behavior. *Human Factors*, 20(6), 691-707.
- Domini, F., Adams, W. & Banks, M.S. (2001). 3D after-effects are due to shape and not disparity adaptation. *Vision Research*, 41, 2733-2739.
- Domini, F. & Braunstein, M.L. (1998). Recovery of 3-D structure from motion is neither Euclidean nor affine. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1273-1295.
- Domini, F. & Caudec, C. (2003). 3-D structure perceived from dynamic information: a new theory. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(10), 444-449.
- Domini, F. & Caudec, C. (1999). Perceiving surface slant from deformation of optic flow. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(2), 426-444.
- Domini, F., Caudec, C. & Richman, S. (1998). Distortions of depth order relations and parallelism in structure from motion. *Perception and Psychophysics*, 60(7), 1164-1174.
- Duncan, J., Williams, P. & Brown, I. (1991). Components of driving skill: experience does not mean expertise. *Ergonomics*, 34(7), 919-937.
- Eberts, R.E. & MacMillan, A.G. (1985). Misperception of small cars. In R.E. Eberts and C.G. Eberts (Eds.) *Trends in Ergonomics/ Human Factors II* (Amsterdam: Elsevier), pp. 33-39.

- Edwards, M. & Badcock, D.R. (2003). Motion distorts perceived depth. *Vision Research*, 43, 1799-1804.
- Ellis, R.R., Flanagan, J.R. & Lederman, S.J. (1999). The influence of visual illusions on grasp position. *Experimental Brain Research*, 125, 109-114.
- Ehrlich, S.M., Beck, D.M., Crowell, J.A., Freeman, T.C.A. & Banks, M.S. (1998). Depth information and perceived self-motion during simulated gaze rotations. *Vision Research*, 38, 3129-3145.
- Evans, L. & Rothery, R. (1976). The influence of forward vision and target size on apparent inter-vehicular spacing. *Transportation Science*, 10, 85-101.
- Evans, L. & Wasielewski, P. (1983). Risky driving related to driver and vehicle characteristics. *Accident Analysis and Prevention*, 15(2), 121-136.
- Fajen, B.R. & Warren, W.H. (2000). Go with the flow. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(10), 369-370.
- Flash, J.M. & Warren, R. (1995). Low-altitude flight. In P. Hancock et al (Eds.) *Local applications of the ecological approach to human-machine systems* (Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associations), pp. 65-103.
- Fodor, J.A. & Pylyshyn, Z.W. (1981). How direct is visual perception? Some reflections on Gibson's "ecological approach". *Cognition*, 9, 139-196.
- Franz, V.H. (2001). Action does not resist visual illusions. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(11), 457-459.
- Franz, V.H., Gegenfurtner, K.R., Bulthoff, H.H. & Fahle, M. (2000). Grasping visual illusions: no evidence for a dissociation between perception and action. *Psychological Science*, 11, 20-25.
- Frenz, H., Bremmer, F. & Lappe, M. (2003). Discrimination of travel distances from "situated" optic flow. *Vision Research*, 43, 2173-2183.
- Gentilucci, M., Chieffi, S., Darpati, E., Saetti, C.M. & Toni, I. (1996). Visual illusion and action. *Neuropsychologia*, 34(5), 369-376.
- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Gibson, J.J. (1998/1958). Visually controlled locomotion and visual orientation in animals. *Ecological Psychology*, 10(3/4), 161-176.
- Gibson, J.J., Olum, P. & Rosenblatt, F. (1955). Parallax and perspective during aircraft landings. *The American Journal of Psychology*, 68(3), 372-385.
- Gibson, J.J. and Crooks, L.E. (1938). A theoretical field-analysis of automobile-driving. *The American Journal of Psychology*, 51(3), 453-471.
- Glover, S. (2002). Visual illusions affect planning but not control. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(7), 288-292.
- Glover, S. & Dixon, P. (2002). Dynamic effects of the Ebbinghaus illusion in grasping: support for a planning/control model of action. *Perception and Psychophysics*, 64, 266-278.
- Glover, S.R. & Dixon, P. (2001a). Dynamic illusion effects in a reaching task: evidence for separate visual representations in the planning and control of reaching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(3), 560-572.
- Glover, S. & Dixon, P. (2001b). Motor adaptation to an optical illusion. *Experimental Brain Research*, 137, 254-258.
- Godthelp, H. (1986). Vehicle control during curve driving. *Human Factors*, 28(2), 211-221.
- Godthelp, H. (1985). Precognitive control: open- and close-loop steering in a lane change manoeuvre. *Ergonomics*, 28(10), 1419-1438.
- Goodale, M.A. & Milner, A.D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends Neuroscience*, 15, 97-112.
- Granjean, E. (1988). *Fitting the Task to the Man – An Ergonomic Approach*, 4th edition (London: Taylor & Francis).
- Gray, R. & Regan, D. (2000a). Estimating time-to-collision with a rotating nonspherical object. *Vision Research*, 40, 49-63.

- Gray, R. & Regan, D. (2000b). Simulated self-motion alters perceived time to collision. *Current Biology*, 10, 587-590.
- Gray, R. & Regan, D. (2000c). Risky driving behavior: a consequence of motion adaptation for visually guided motor action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(6), 1721-1732.
- Gray, R. & Regan, D. (1999). Adapting to expansion increases perceived time-to-collision. *Vision Research*, 39, 3602-3607.
- Gray, R. & Regan, D. (1998). Accuracy of estimating time to collision using binocular and monocular information. *Vision Research*, 38(4), 499-512.
- Grayson, G.B. (1997). Theories and models in traffic psychology – a contrary view. In T. Rothengatter and E.C. Vaya (Eds.) *Traffic and transport psychology – Theory and application* (Amsterdam: Pergamon), pp.93-96.
- Gregory, R.L. (1998). *Eye and brain – The psychology of seeing*, 5th edition (Tokyo: Oxford University Press).
- Grigo, A. & Lappe, M. (1998). Interaction of stereo vision and optic flow processing revealed by an illusory stimulus. *Vision Research*, 38(2), 281-290.
- Groeger, J.A. (2002). Trafficking in cognition: applying cognitive psychology to driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 5(4), 235-248.
- Groeger, J.A. (2000). *Understanding driving – Applying cognitive psychology to a complex everyday task*. (London: Taylor & Francis – Psychology Press).
- Groeger, J.A. & Comte, S.L. (1999). Time estimation in the time-to-collision task: the impact of a simultaneous secondary task. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles – VII* (Amsterdam: Elsevier), pp. 363-371.
- Harris, J.M. (2001). The future of flow? *Trends in Cognitive Sciences*, 5(1), 7-8.
- Harris, J.M. & Bonas, W. (2002). Optic flow and scene structure do not always contribute to the control of human walking. *Vision Research*, 42, 1619-1626.
- Harris, J.M. & Rogers, B.J. (1999). Going against the flow. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(12), 449-450.
- Herman, R., Lam, T. & Rothery, R. (1973). An experiment on car size effects in traffic. *Traffic Engineering and Control*, 15, 90-93.
- Hildreth, E.C., Beusmans, J.M.H., Boer, E.R. & Royden, C.S. (2000). From vision to action: experiments and models of steering control during driving. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(3), 1106-1132.
- Hollnagel, E. (2006). A function-centred approach to joint driver-vehicle system design. *Cognition, technology & Work*, 8(3), 169-175.
- Hollnagel, E., Nabo, A., and Lau, I. (2003). *A systemic model for Driver-in-Control*. Public City, UT: Public Policy Center, University of Iowa.
- Huguenin, R.D. (1997). Do we need traffic psychology models? In T. Rothengatter and E.C. Vaya (Eds.) *Traffic and transport psychology – Theory and application* (Oxford: Pergamon), pp.31-39.
- Jacobs, R.A. (2002). What determines visual cue reliability? *Trends in Cognitive Sciences*, 6(8), 345-350.
- Jacobs, R.A. (1999). Optimal integration of texture and motion cues to depth. *Vision Research*, 39, 3621-3629.
- Jacobs, R.A. & Fine, I. (1999). Experience-dependent integration of texture and motion cues to depth. *Vision Research*, 39, 4062-4075.
- Kaizer, M.K. & Mowafy, L. (1993). Optical specification of time-to-passage: observers' sensitivity to global tau. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 1028-1040.
- Kourtzi, Z. (2004). "But still, it moves". *Trends in Cognitive Sciences*, 8(2), 47-49.
- Kunnapas, T.M. (1955a). An analysis of the "vertical-horizontal illusion". *Journal of Experimental Psychology*, 49, 134-140.
- Kunnapas, T.M. (1955b). Influence of frame size on apparent length of a line. *Journal of Experimental Psychology*, 50(3), 168-170.

- Lamm, R., Psarianos, B., & Mailaender, T. (1999). *Highway design and traffic safety engineering handbook* (New York: McGraw-Hill).
- Land, M.F. & Horwood, J. (1996). The relations between head and eye movements during driving. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles – V* (Amsterdam: Elsevier), pp. 153-160.
- Lapple, M., Bremmer, F. & van den Berg, A.V. (1999a). Perception of self-motion from visual flow. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(9), 329-336.
- Lapple, M., Bremmer, F. & van der Berg, A.V. (1999b). Reply to Harris and Rogers. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(12), 450.
- Lee, D.N. (1980). The optic flow field: The foundation of vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, 290, 169-179.
- Lee, D.N. (1976). A theory of visual control of braking based on information about time to collision. *Perception*, 5, 437-459.
- Lee, D.N., & Lishman, R. (1977). Visual control of locomotion. *Scandinavian Journal of Psychology*, 18, 224-230.
- Lee, D.N. & Young, (1985). Visual timing of interceptive action. In D. Ingle, M. Jeannerod & D.N. Lee (Eds.) *Brain mechanisms and spatial vision* (Dordrecht: Martinus Nijhoff), pp. 1-30.
- Li, L. & Warren, W.H. (2002). Retinal flow is sufficient for steering during observer rotation. *Psychological Science*, 13, 485-491.
- Li, L. & Warren, W.H. (2000). Perception of heading during rotation: sufficiency of dense motion parallax and reference objects. *Vision Research*, 40, 3873-3894.
- Luckiesh, M. (1965). *Visual illusions – Their causes, characteristics and applications*. (New York: Dover Publications)
- Manser, M.P. & Hancock, P.A. (1996). The influence of approach angle on estimates of time-to-collision. *Ecological Psychology*, 8, 71-99.
- McDonald, M., Brackstone, M.A., Sultan, B. & Roach, C. (1999). Close following on the motorway: initial findings of an instrumented vehicle study. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles – VII* (Amsterdam: Elsevier), pp. 381-389.
- McLeod, R.W. & Ross, H.E. (1983). Optic flow and cognitive factors in time-to-collision estimates. *Perception*, 12, 417-423.
- McRuer, D.T., Allen, R.W., Weir, D.H., and Klein, R.H. (1977). New results in driver steering control. *Human Factors*, 19, 381-397.
- Mershon, D.H., Jones, T.A. & Taylor, M.E. (1993). Organizational factors and the perception of motion in depth. *Perception and Psychophysics*, 54, 240-249.
- Michael, P.G., Leeming, F.C. & Dwyer, W.O. (2000). Headway on urban streets: observational data and an intervention to decrease tailgating. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 3, 55-64.
- Michon, J.A. (1985). A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? In L. Evans and R.C. Schwing (Eds.), *Human behavior and traffic safety* (London: Plenum Press), pp.485-520.
- Miura, T. (1990). Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting. In R. Groner, G. d'Ydewalle, & R. Parham (Eds.), *From eye to mind: Information acquisition in perception, search and reading* (pp. 119-127). Amsterdam: Elsevier.
- Mourant, R.R., & Rockwell, T.H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14, 325-335.
- Murakami, I. (2001). A flash-lag effect in random motion. *Vision Research*, 41, 3101-3119.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality* (San Francisco: W.H. Freeman).
- Nilsson, R. (2000). Drivers' impression of front and rear gaps in queues. *Ergonomics*, 43(12), 1985-2000.
- Nishida, S. & Joshton, A. (1999). Influence of motion signals on the perceived position of spatial pattern. *Nature*, 397, 610-612.
- Otto-de Haart, E.G., Carey, D.P. & Milner, A.B. (1999). More thoughts on perceiving and grasping the Muller-Lyer illusion. *Neuropsychologia*, 37, 1437-1444.

- Pavani, F., Boscagli, I., Benvenuti, F., Raduffetti, M. & Farne, A. (1999). Are perception and action affected differently by the Titchener circles illusion? *Experimental Brain Research*, 127, 95-101.
- Πετρουλάκη, Κ. (2004). *Πειραματική Ψυχολογία εν τάξει*. (Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα).
- Pheasant, S.T. (1995). Anthropometry and the design of workspaces. In J. R. Wilson and E.N. Corlett (Eds.) *Evaluation of Human Work*, 2nd edition (London: Taylor & Francis), pp. 557-573.
- Pheasant, S.T. (1990). *Anthropometrics – An Introduction*, 2nd edition (London: British Standards Institution).
- Poom, L. & Boerjesson, E. (1999). Perceptual depth synthesis in the visual system as revealed by selective adaptation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 504-517.
- Priest, H.F. & Cutting, J.E. (1985). Visual flow and direction of locomotion. *Science*, 227, 1063-1064.
- Rajalin, S., Hassel, S. & Summala, H. (1997). Close-following drivers on two-lane highways. *Accident Analysis and Prevention*, 29(6), 723-729.
- Ranney, T.A. (1994). Models of driving behavior: a review of their evolution. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 733-750.
- Recarte, M.A. & Nunes, L.M. (1998). Effects of distance and speed on time to arrival estimation in automobile: two class of time? In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in vehicles – VI* (Amsterdam: Elsevier), pp. 63-71.
- Recarte, M.A., Nunes, L.M. & Lillo, J. (1996). Estimation of time to arrival in a real vehicle and in a simulation task: effects of sex, driving experience, speed and distance. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in vehicles – V* (Amsterdam: Elsevier), pp. 135-144.
- Regan, D. (1995). Spatial orientation in aviation: visual contributions. *Journal of Vestibular Research*, 5, 455-471.
- Regan, D. (1985). Visual flow and direction of locomotion. *Science*, 227, 1064-1065.
- Regan, D. & Beverley, K.I. (1982). How do we avoid confounding the direction we are looking and the direction we are moving? *Science*, 215, 194-196.
- Regan, D. & Beverley, K.I. (1979). Visually guided locomotion: psychophysical evidence for a neural mechanism sensitive to flow patterns. *Science*, 205, 311-313.
- Regan, D. & Gray, R. (2001). Hitting what one wants to hit and missing what one wants to miss. *Vision Research*, 41, 3321-3329.
- Regan, D. & Gray, R. (2000). Visually guided collision avoidance and collision achievement. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(3), 99-107.
- Rock, I. (1984). *Perception* (NY: Scientific American Library).
- Rock, I., Auster, M., Schiffman, M. & Wheeler, D. (1980). Induced movement based on subtraction of motion from the inducing object. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6(3), 391-403.
- Royden, C.S., Crowell, J.A. & Banks, M.S. (1994). Estimating heading during eye movements. *Vision Research*, 34, 3197-3214.
- Royden, C.S., Banks, M.S. & Crowell, J.A. (1992). The perception of heading during eye movements. *Nature*, 360, 583-585.
- Rumar, K. (1988). Collective risk but individual safety. *Ergonomics*, 31(4), 507-518.
- Rushton, S.K. & Salvucci, D.D. (2001). An egocentric account of the visual guidance of locomotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(1), 6-7.
- Rushton, S.K., Harris, J.M., Lloyd, M. & Wann, J.P. (1998). Guidance of locomotion on foot uses perceived target location rather than optic flow. *Current Biology*, 8(21), 1191-1194.
- Saad, F. (2005). Studying behavioral adaptations to new driver support systems. In L. Macchi, C. Re, and P. C. Cacciabue (Eds.) *Proceedings of the International Workshop on Modelling Driver Behaviour in Automotive Environments*. Ispra, May 25-27. European Commission, Joint Research Centre (JRC). Institute for the Protection and Security of the Citizen. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities, ISBN: 92-894-9628-2, pp. 63-73.

- Saad, F. (1996). Driver strategies in car-following situations. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles – V* (Amsterdam: Elsevier), pp. 61-70.
- Saling, M., Alberts, J., Stelmach, G.E. & Bloedel, J.R. (1998). Reach-to-grasp movements during obstacle avoidance. *Experimental Brain Research*, 118, 251-258.
- Schiff, W., & Arnone, W. (1995). Perceiving and driving: Where parallel roads meet. In P. Hancock et al. (eds.), *Local Applications of the Ecological Approach to Human-Machine Systems* (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates), pp. 1-35.
- Schiff, W. & Oldak, R. (1990). Accuracy of judging time to arrival: effects of modality, trajectory and gender. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(2), 303-316.
- Sekuler, R., & Blake, R. (1994). *Perception*, 3rd edition (New York: McGraw-Hill).
- Shalev, L., & Tsal, Y. (2002). Detecting gaps with and without attention: further evidence for attentional receptive fields. *European Journal of Cognitive Psychology*, 14(1), 3-26.
- Shinar, D., Meir, M. & Ben-Shoham, I. (1998). How automatic is manual gear shifting? *Human Factors*, 40(4), 647-654.
- Shinar, D. & Schechtman, E. (2002). Headway feedback improves intervehicular distance: a field study. *Human Factors*, 44(3), 474-481.
- Sidaway, B., Fairweather, M., Sekiya, H. & McNitt-Gray, J. (1996). Time-to-collision estimation in a simulated driving task. *Human Factors*, 38, 101-113.
- Smeets, J.B.J., Brenner, E., De Grave, D.D.J. & Cuijpers, R.H. (2002). Illusions in action: consequences of inconsistent processing of spatial attributes. *Experimental Brain Research*, 147, 135-144.
- Smeets, J.B.J. & Brenner, E. (2001). Action beyond grasp. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(7), 287.
- Smiley, A., Reid, L.D. & Fraser, M. (1980). Changes in driver steering control with learning. *Human Factors*, 22(4), 401-416.
- Stewart, D., Cudworth, C.J. & Lishman, J.R. (1993). Misperception of time-to-collision by drivers in pedestrian accidents. *Perception*, 22(10), 1227-1244.
- Stone, L.S. & Perrone, J.A. (1997). Human heading estimation during visually simulated curvilinear motion. *Vision Research*, 37(5), 573-590.
- Summala, H. (1998). Forced peripheral vision driving paradigm: evidence for the hypothesis that car drivers learn to keep in lane with peripheral vision. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles – VI* (Amsterdam: Elsevier), pp. 51-60.
- Summala, H., Lamble, D., & Laakso, M. (1998). Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets. *Accident Analysis and Prevention*, 30(4), 401-407.
- Summala, H., Nieminen, T., Punto, M. (1996). Maintaining lane position with peripheral vision during in-vehicle tasks. *Human Factors*, 38(3), 442-451.
- Taeib-Maimon, M. & Shinar, D. (2001). Minimum and comfortable driving headways: Reality versus perception. *Human Factors*, 43(1), 159-172.
- Theeuwes, J. (1998). Self-explaining roads: subjective categorization of road environments. In A.G. Gale et al (Eds.) *Vision in Vehicles –VI* (Amsterdam: Elsevier), pp. 279-287.
- Theeuwes, J. & Godthelp, H. (1995). Self-explaining roads. *Safety Science*, 19, 217-225.
- Tittle, J.S., Todd, J.T., Perroti, V.J. & Norman, J.F. (1995). Systematic distortion of perceived three-dimensional structure from motion and binocular stereopsis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(3), 663-678.
- Torrey, C.C. (1985). Visual flow and direction of locomotion. *Science*, 227, 1064.
- Treat, J.R. (1980). A study of precrash factors involved in traffic accidents. *The HSRI Research Review*, 10/11, 6/1, Highway Safety Research Institute, Ann Arbor, MI.
- Tresilian, J.R. (1999). Visually timed action: time-out for “tau”? *Trends in Cognitive Sciences*, 3(8), 301-310.
- Tresilian, J.R. (1997). A revised tau hypothesis: consideration of Wann's analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(4), 1272-1281.
- Tresilian, J.R. (1994). Approximate information sources and perceptual variables in interceptive timing. *Perception*, 22, 653-680.

- Tresilian, J.R. (1991). Empirical and theoretical issues in the perception of time to contact. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(3), 865-876.
- van Dankelaar, P. (1999). Pointing movements are affected by size-contrast illusions. *Experimental Brain Research*, 125, 517-520.
- van den Berg, A.V. (1993). Perception of heading. *Nature*, 365, 497-498.
- van den Berg, A.V. (1992). Robustness of perception of heading from optic flow. *Vision Research*, 32, 1285-1296.
- van den Berg, A.V. & Brenner, E. (1994a). Why two eyes are better than one for judgments of heading. *Nature*, 371, 700-702.
- van den Berg, A.V. & Brenner, E. (1994b). Humans combine the optic flow with static depth cues for robust perception of heading. *Vision Research*, 34, 2153-2167.
- van der Hulst, M., Meijman, T. & Rothengatter, T. (1999). Anticipation and the adaptive control of safety margins in driving. *Ergonomics*, 42(2), 336-345.
- van Driel, C.J.G., Davidse, R.J., & Maarseveen, M.F.A.M. (2004). The effects of an edgeline on speed and lateral position: a meta-analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 671-682.
- van Elslande, P. & Faucher-Alberton, L. (1997). When expectancies become certainties: a potential adverse effect of experience. In T. Rothengatter and E.C. Vaya (Eds.) *Traffic and Transport Psychology – theory and application* (Oxford: Pergamon), pp. 147-159.
- van Winsum, W., de Waard, D. & Brookhuis, K.A. (1999). Lane change manoeuvres and safety margins. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 2, 139-149.
- van Winsum, W. & Heino, A. (1996). Choice of time-headway in car-following and the role of time-to-collision information in braking. *Ergonomics*, 39(4), 579-592.
- Villard, E., Garcia-Moreno, F.C., Peter, N. & Clement, G. (2005). Geometric visual illusions in microgravity during parabolic flight. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, 16(12), 1395-1398.
- Vishton, P.M., Rea, J.C., Cutting, J.E. & Nunez, L.N. (1999). Comparing effects of the horizontal-vertical illusion on grip scaling and judgment: relative versus absolute, not perception versus action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(6), 1659-1672.
- Vogel, K. (2003). A comparison of headway and time to collision as safety indicators. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 427-433.
- Wang, R.F. & Cutting, J.E. (1999). Where we go with a little good information. *Psychological Science*, 10(1), 71-75.
- Wann, J.P. (1996). Anticipating arrival: is the tau margin a specious theory? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(4), 1031-1048.
- Wann, J.P., Edgar, P. & Blair, D. (1993). Time to contact judgments in the locomotion of adults and pre-school children. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 1053-1065.
- Wann, J. & Land, M. (2001). Heading in the wrong direction. Reply to Fajen and Warren. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(1), 8-9.
- Wann, J. & Land, M. (2000). Steering with or without the flow: is the retrieval of heading necessary? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(8), 319-324.
- Wann, J.P. & Swapp, D. (2000). Why you should look where you are going? *Nature Neuroscience*, 3, 647-648.
- Wann, J.P., Swapp, D. & Rushton, S.K. (2000). Heading perception and the allocation of attention. *Vision Research*, 40, 2533-2543.
- Warren, W.H., Kay, B.A., Zosh, W.D., Duchon, A.P. & Sahuc, S. (2001). Optic flow is used to control human walking. *Nature Neuroscience*, 4, 213-216.
- Warren, W.H., Mestre, D.R., Blackwell, A.W. & Morris, M.W. (1991). Perception of circular heading from optical flow. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(1), 28-43.

- Warren, W.H., Morris, M.W. & Kalish, M.L. (1988). Perception of translational heading from optical flow. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 646-660.
- Warren, W.H. & Hannon, D.J. (1988). Direction of self-motion is perceived from optical flow. *Nature*, 336, 162-163.
- Westwood, D.A., McEachern, T. & Roy, E.A. (2001). Delayed grasping of a Muller-Lyer figure. *Experimental Brain Research*, 141, 166-173.
- Westwood, D.A., Heath, M. & Roy, E.A. (2000a). The effect of a pictorial illusion on closed-loop and open-loop prehension. *Experimental Brain Research*, 134, 456-463.
- Wexler, M. (2002). More to 3-D vision than meets the eye. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(12), 497-498.
- Whitney, D. (2002). The influence of visual motion on perceived position. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(5), 211-216.
- Whitney, D. & Cavanagh, P. (2000). Motion distorts visual space: shifting the perceived position of remote stationary objects. *Nature Neuroscience*, 3, 954-959.
- Wickens, C.D., Gordon, S.E. & Liu, Y. (1998). *An introduction to human factors engineering*, (NY: Longman).
- Wierwille, W.W. (1993). Visual and manual demands of in-car controls and displays. In B. Peacock and W. Karwowski (Eds.), *Automotive Ergonomics*, (London: Taylor & Francis), pp.229-320.
- Wood, R.M., Harvey, M.A., Young, C.E., Beedie, A. & Wilson, T. (2000). Weighting to go with the flow? *Current Biology*, 10(15), 545-546.
- Wraga, M., Creem, S.H. & Proffitt, D.R. (2000). Perception-action dissociations of a walkable Muller-Lyer configuration. *Psychological Science*, 11, 239-243.
- Yilmaz, E.H. & Warren, W.H. (1995). Visual control of braking: a test of the tau hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(5), 996-1014.
- Young, K.R., Mershon, D.H. & Hicks, L.J. (2002). The far-anchor effect: errors in the perception of motion and implications for aviation safety. *Human Factors*, 44(1), 133-143.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι:

Χαρακτηριστικά δείγματος

(Η αρίθμηση των συμμετεχόντων γίνεται σύμφωνα με τη σειρά που έλαβαν μέρος στο πείραμα)

1^{ος} κατά σειρά συμμετέχων

Στην πρώτη κατά σειρά μέτρηση έλαβε μέρος μία γυναίκα 26 ετών, σχετικά έμπειρη οδηγός (6 χρόνια από το έτος απόκτησης άδεια οδήγησης, και αντίστοιχα χρόνια ενεργός οδηγός), διανύοντας περίπου 10.000 οχηματοχιλιόμετρα το χρόνο και κινείται κυρίως σε αστικές οδούς.

Οι μετρήσεις έγιναν στις 11/07/2005 και διήρκησαν 35 λεπτά από τις 17:58-18:33.

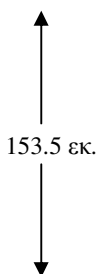
Στις δύο πρώτες μετρήσεις το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος ήταν αντίστοιχο του ερευνητικού οχήματος, ενώ η σειρά διαδοχής των συνθηκών ήταν η εξής:

	Μέτρηση 1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η
Προπορευόμενο Όχημα	ΜΕΓΑΛΟ		ΜΙΚΡΟ	
Οπτική Υποβοήθηση	Βοήθημα	Χωρίς	Βοήθημα	Χωρίς

Προ-πειραματικές μετρήσεις

Από τις προ-πειραματικές μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό των ορατών τμημάτων του καπό από τη θέση οδήγησης, προκύπτει ότι στη συγκεκριμένη οδηγό το ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος είναι 40,7% στη δεξιά πλευρά του οχήματος και 27,7% στην αριστερή πλευρά.

Μήκος καπό



Δεξιά

⊥ : 10.0 εκ.

⌢ : 16.5 εκ.

⊥ : 88.5 εκ.

⌢ : 93.5 εκ.

M.O.

13.3 εκ.

91.0 εκ.

M.O.

29.0 εκ.

111.0 εκ.

Αριστερά

⊥ : 31.5 εκ.

⌢ : 26.5 εκ.

⊥ : 110.5 εκ.

⌢ : 111.5 εκ.

Ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος από τη θέση οδήγησης

40,7 %

27,7 %

2^{ος} κατά σειρά συμμετέχων

Στη δεύτερη μέτρηση έλαβε μέρος ένας άνδρας ηλικίας 35 ετών, πολύ έμπειρος οδηγός (17 χρόνια από το έτος απόκτησης άδειας οδήγησης, και αντίστοιχα χρόνια ενεργός οδηγός) διανύοντας περίπου 30.000 οχηματοχιλιόμετρα το χρόνο, κυρίως, σε αστικές οδούς.

Οι μετρήσεις έγιναν στις 12/07/2005 και διήρκεσαν 27 λεπτά από τις 17:52-18:19.

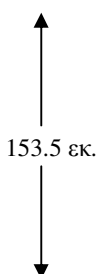
Στις δύο πρώτες μετρήσεις το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος ήταν αντίστοιχο του μεγέθους του ερευνητικού οχήματος, ενώ η σειρά διαδοχής των συνθηκών ήταν η εξής:

	Μέτρηση 1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η
Προπορευόμενο Όχημα	ΜΕΓΑΛΟ		ΜΙΚΡΟ	
Οπτική Υποβοήθηση	Βοήθημα	Χωρίς	Βοήθημα	Χωρίς

Προ-πειραματικές μετρήσεις

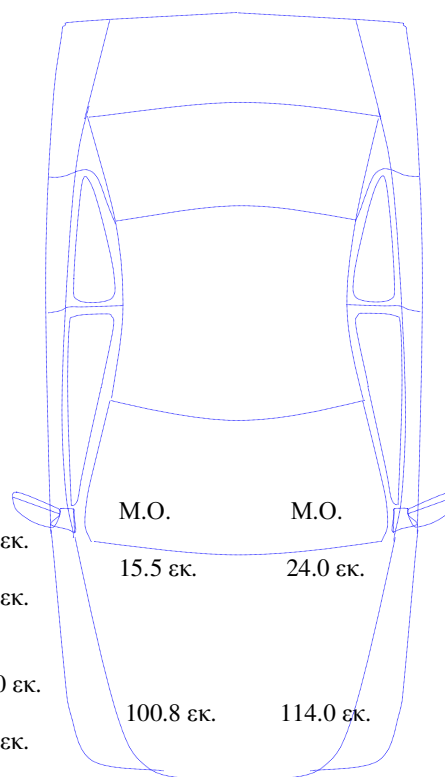
Από τις προ-πειραματικές μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό των ορατών τμημάτων του καπό από τη θέση οδήγησης, προκύπτει ότι στο συγκεκριμένο οδηγό το ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος είναι 34,3% στη δεξιά πλευρά του οχήματος και 25,7% στην αριστερή πλευρά.

Μήκος καπό



Δεξιά

⊥ : 18.0 εκ.
 ⊞ : 13.0 εκ.
 ⊥ : 104.0 εκ.
 ⊞ : 97.5 εκ.



Αριστερά

⊥ : 25.5 εκ.
 ⊞ : 22.5 εκ.
 ⊥ : 116.0 εκ.
 ⊞ : 112.0 εκ.

Ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος από τη θέση οδήγησης

34,3 %

25,7 %

3^{ος} κατά σειρά συμμετέχων

Στην τρίτη κατά σειρά μέτρηση έλαβε μέρος ένας άνδρας 30 ετών, αρκετά έμπειρος οδηγός (7 χρόνια από το έτος απόκτησης άδεια οδήγησης και αντίστοιχα χρόνια ενεργός οδηγός) διανύοντας περίπου 25.000 οχηματοχιλιόμετρα το χρόνο, και κινείται σε αστικές οδούς και αυτοκινητοδρόμους ταχείας κυκλοφορίας.

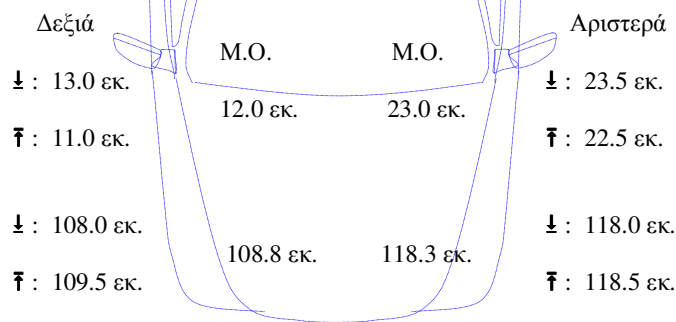
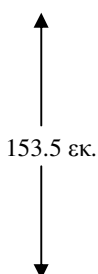
Οι μετρήσεις έγιναν στις 12/07/2005 και διήρκησαν 32 λεπτά από τις 19:54-20:26. Στις τρεις πρώτες μετρήσεις το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος ήταν αντίστοιχο του ερευνητικού οχήματος, ενώ η σειρά διαδοχής των συνθηκών ήταν η εξής:

	Μέτρηση 1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η
Προπορευόμενο Όχημα	ΜΕΓΑΛΟ		ΜΙΚΡΟ	
Οπτική Υποβοήθηση	Χωρίς	Βοήθημα	Χωρίς	Βοήθημα

Προ-πειραματικές μετρήσεις

Από τις προ-πειραματικές μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό των ορατών τμημάτων του καπό από τη θέση οδήγησης, προκύπτει ότι στο συγκεκριμένο οδηγό το ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος είναι 29,1% στη δεξιά πλευρά του οχήματος και 23,1% στην αριστερή πλευρά.

Μήκος καπό



Ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος από τη θέση οδήγησης

29,1 %

23,1 %

4^{ος} κατά σειρά συμμετέχων

Στην τέταρτη κατά σειρά μέτρηση έλαβε μέρος μία γυναίκα 30 ετών, πολύ έμπειρη οδηγός (12 χρόνια από το έτος απόκτησης άδεια οδήγησης, και αντίστοιχα χρόνια ενεργός οδηγός), διανύοντας περίπου 90.000 οχηματοχιλιόμετρα το χρόνο και κινείται κυρίως σε αστικές οδούς.

Οι μετρήσεις έγιναν στις 13/07/2005 και διήρκησαν 30 λεπτά από τις 09:14-09:43.

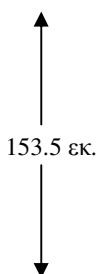
Στις δύο πρώτες μετρήσεις το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος ήταν αντίστοιχο του ερευνητικού οχήματος, ενώ η σειρά διαδοχής των συνθηκών ήταν η εξής:

	Μέτρηση 1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η
Προπορευόμενο Όχημα	ΜΕΓΑΛΟ		ΜΙΚΡΟ	
Οπτική Υποβοήθηση	Χωρίς	Βοήθημα	Χωρίς	Βοήθημα

Προ-πειραματικές μετρήσεις

Από τις προ-πειραματικές μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό των ορατών τμημάτων του καπό από τη θέση οδήγησης, προκύπτει ότι στη συγκεκριμένη οδηγό το ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος είναι 30,9% στη δεξιά πλευρά του οχήματος και 25,1% στην αριστερή πλευρά.

Μήκος καπό



Δεξιά

⊥ : 16.0 εκ.
⌞ : 19.5 εκ.
⊥ : 107.5 εκ.
⌞ : 104.5 εκ.

M.O.

17.8 εκ.

106.0 εκ.

M.O.

30.5 εκ.

115.0 εκ.

Αριστερά

⊥ : 29.0 εκ.
⌞ : 32.0 εκ.
⊥ : 112.5 εκ.
⌞ : 117.5 εκ.

Ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος από τη θέση οδήγησης

30,9 %

25,1 %

5^{ος} κατά σειρά συμμετέχων

Στην πέμπτη κατά σειρά μέτρηση έλαβε μέρος μια γυναίκα ηλικίας 33 ετών, πολύ έμπειρη οδηγός (15 χρόνια από το έτος απόκτησης άδειας οδήγησης, και αντίστοιχα χρόνια ενεργή οδηγός) διανύοντας περίπου 60.000 οχηματοχιλιόμετρα το χρόνο, κυρίως, σε αυτοκινητοδρόμους ταχείας κυκλοφορίας.

Οι μετρήσεις έγιναν στις 13/07/2005 και διήρκησαν 20 λεπτά από τις 17:43-18:03.

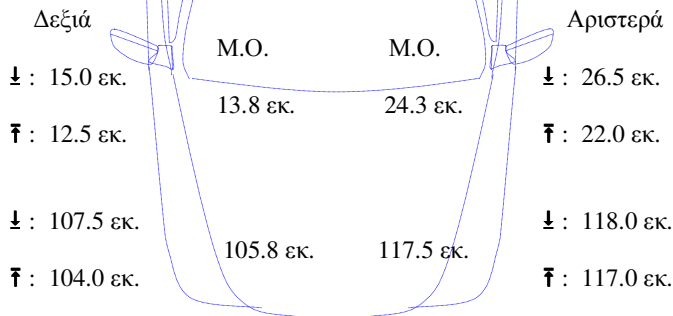
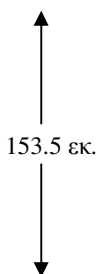
Στις δύο πρώτες μετρήσεις το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος ήταν αντίστοιχο του ερευνητικού οχήματος, ενώ η σειρά διαδοχής των συνθηκών ήταν η εξής:

	Μέτρηση 1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η
Προπορευόμενο Όχημα	ΜΕΓΑΛΟ		ΜΙΚΡΟ	
Οπτική Υποβοήθηση	Βοήθημα	Χωρίς	Βοήθημα	Χωρίς

Προ-πειραματικές μετρήσεις

Από τις προ-πειραματικές μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό των ορατών τμημάτων του καπό από τη θέση οδήγησης, προκύπτει ότι στη συγκεκριμένη οδηγό το ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος είναι 31,1% στη δεξιά πλευρά του οχήματος και 23,5% στην αριστερή πλευρά.

Μήκος καπό



Ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος από τη θέση οδήγησης

31,1 %

23,5 %

6^{ος} κατά σειρά συμμετέχων

Τέλος, στην έκτη κατά σειρά μέτρηση έλαβε μέρος μια γυναίκα 29 ετών, σχετικά έμπειρη οδηγός (9 χρόνια άδεια οδήγησης, αλλά μόνο τα τελευταία 3 χρόνια δηλώνει ενεργός οδηγός) διανύοντας περίπου 10.000 οχηματοχιλιόμετρα το χρόνο και κινείται κυρίως σε αστικές οδούς.

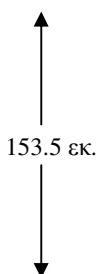
Οι μετρήσεις έγιναν στις 13/07/2005 και διήρκησαν 20 λεπτά από τις 18:47-19:07. Στις δύο πρώτες μετρήσεις το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος ήταν μικρότερο του ερευνητικού οχήματος, ενώ η σειρά διαδοχής των συνθηκών ήταν η εξής:

	Μέτρηση 1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η
Προπορευόμενο Όχημα	ΜΙΚΡΟ		ΜΕΓΑΛΟ	
Οπτική Υποβοήθηση	Βοήθημα	Χωρίς	Βοήθημα	Χωρίς

Προ-πειραματικές μετρήσεις

Από τις προ-πειραματικές μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό των ορατών τμημάτων του καπό από τη θέση οδήγησης, προκύπτει ότι στη συγκεκριμένη οδηγό το ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος είναι 36,5% στη δεξιά πλευρά του οχήματος και 24,9% στην αριστερή πλευρά.

Μήκος καπό



Δεξιά

⊥ : 16.0 εκ.
 ⊞ : 14.5 εκ.
 ⊥ : 99.0 εκ.
 ⊞ : 96.0 εκ.

M.O.

15.3 εκ.

M.O.

27.0 εκ.

Αριστερά

⊥ : 28.5 εκ.
 ⊞ : 22.5 εκ.
 ⊥ : 116.0 εκ.
 ⊞ : 114.5 εκ.

97.5 εκ.

117.5 εκ.

Ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος από τη θέση οδήγησης

36,5 %

24,9 %

Οδηγική εμπειρία

Για την αξιολόγηση της οδηγικής εμπειρίας τα συνήθη κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη είναι είτε ο αριθμός των ετών ενεργούς οδήγησης είτε ο αριθμός των οχηματοχιλιομέτρων που διανύει ένας οδηγός ανά έτος. Συνδυάζοντας τα δύο αυτά κριτήρια, ένας πρακτικός κανόνας που έχει προκριθεί τα τελευταία χρόνια για τη διάκριση μεταξύ έμπειρων και λιγότερο έμπειρων οδηγών, είναι ο συνολικός αριθμός οχηματοχιλιομέτρων που έχει διανύσει ένας οδηγός στη διάρκεια όλων των ετών ενεργούς οδήγησης.

Σύμφωνα με αυτόν τον κανόνα, οι οδηγοί οι οποίοι έχουν διανύσει έως 3.000 οχηματοχιλιόμετρα θεωρούνται άπειροι οδηγοί, έως 50.000 οχηματοχιλιόμετρα σχετικά έμπειροι οδηγοί, ενώ οι οδηγοί οι οποίοι έχουν διανύσει πάνω από 100.000 οχηματοχιλιόμετρα θεωρούνται πολύ έμπειροι.

Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη το συνολικό αριθμό οχηματοχιλιομέτρων που έχουν διανύσει οι έξι συμμετέχοντες στη διάρκεια όλων των ετών ενεργούς οδήγησης, προκύπτει ότι:

- οι τέσσερις από τους έξι συμμετέχοντες (περιπτώσεις 2, 3, 4 και 5) είναι πολύ έμπειροι οδηγοί (>100.000 οχηματοχιλιόμετρα), ενώ,
- οι δύο από τους έξι συμμετέχοντες (περιπτώσεις 1 και 6) είναι λιγότερο έμπειροι οδηγοί (έως 60.000 οχηματοχιλιόμετρα).

Βαθμός ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος

Ακολουθώντας λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος, το οποίο εκφράζει το συνδυασμένο αποτέλεσμα των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων και της θέσης οδήγησης που υιοθετούν στο ερευνητικό όχημα, προκύπτει ότι:

- οι τρεις από τους έξι συμμετέχοντες (περιπτώσεις 1, 2, και 6) έχουν σχετικά μικρό βαθμό ορατότητας (>30% η ποσοστιαία αναλογία μη-ορατών τμημάτων του καπό στη δεξιά πλευρά και αντίστοιχα >25% στην αριστερή πλευρά του καπό), ενώ,
- οι υπόλοιποι τρεις συμμετέχοντες (περιπτώσεις 3, 4, και 5) έχουν σαφώς μεγαλύτερο βαθμό ορατότητας (έως 30% η ποσοστιαία αναλογία μη-ορατών τμημάτων του καπό στη δεξιά πλευρά και αντίστοιχα, έως 25% στην αριστερή πλευρά του καπό).

Σειρά κατάταξης συμμετεχόντων

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, παρατηρούμε ότι οι έξι συμμετέχοντες διαφέρουν μεταξύ τους τόσο από την άποψη της οδηγικής τους εμπειρίας όσο και από την άποψη των σωματομετρικών τους χαρακτηριστικών, τα οποία επηρεάζουν το βαθμό ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος. Με βάση το ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος, προκύπτει η ακόλουθη σειρά κατάταξης των συμμετεχόντων, όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα, ενώ μια περαιτέρω διάκριση μεταξύ των συμμετεχόντων προκύπτει βάσει της οδηγικής τους εμπειρίας.

Ουσιαστικά, η κύρια διάκριση μεταξύ των συμμετεχόντων γίνεται ανάμεσα στους δύο λιγότερο έμπειρους οδηγούς (περιπτώσεις 1 και 6), οι οποίοι συμπτωματικά έχουν το

μικρότερο βαθμό ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος από τη θέση οδήγησης, και τους περισσότερους έμπειρους οδηγούς, ενώ μεταξύ των τεσσάρων έμπειρων οδηγών οι διαφοροποιήσεις από την άποψη της οδηγικής τους εμπειρίας και από την άποψη των σωματομετρικών τους χαρακτηριστικών δεν είναι συστηματικές.

	Ποσοστό απώλειας ορατότητας των εμπρόσθιων τμημάτων του οχήματος		Μ.Ο. μήκους ορατότητας καπό	Οδηγική εμπειρία	
	Αριστερά	Δεξιά		Ενεργός οδηγός	Οχηματοχίλ./έτος
	(%)	(%)	(εκ.)	(έτη)	(χιλ.)
1	27,7	40,7	101,0	6	10.000
6	24,9	36,5	107,5	3	10.000
2	25,7	34,3	107,4	17	30.000
4	25,1	30,9	110,5	12	90.000
5	23,5	31,1	111,7	15	60.000
3	23,1	29,1	113,7	7	25.000

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II:

Διαδικασία υπολογισμού μεταβλητών

Η κύρια διαφορά μεταξύ των μεταβλητών του χρονικού διαχωρισμού και του χρόνου-έως-την-επικείμενη-σύγκρουση είναι ότι, ο **χρονικός διαχωρισμός** εκφράζει το φυσικό μέγεθος του ρυθμού προσέγγισης ενός εμποδίου και προσδιορίζεται βάσει της απόστασης που απέχει το όχημα από το εμπόδιο δια της ταχύτητας του οχήματος, ενώ, ο **χρόνος έως την επικείμενη σύγκρουση** εκφράζει τον οπτικά προσλαμβανόμενο ρυθμό προσέγγισης του εμποδίου, και προσδιορίζεται βάσει του ρυθμού διαστολής του οπτικού ειδώλου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή του οδηγού από το εμπόδιο (τους δύο στηλοθέτες) κατά τη διάρκεια της προσέγγισής τους.

Υπολογισμός χρονικού διαχωρισμού

Όσον αφορά τον υπολογισμό του χρονικού διαχωρισμού, η μέτρηση αυτή γίνεται αυτόματα από τον υπολογιστή του οχήματος, και καταγράφεται στο αρχείο txt., με ρυθμό καταγραφής 10Hz (0,1 δευτερόλεπτα). Στην πράξη, ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι η εμβέλεια μέτρησης της απόστασης που απέχουν τα προπορευόμενα αντικείμενα από το ραντάρ του ερευνητικού οχήματος, ποικίλει σημαντικά ανάλογα με το μέγεθος των αντικειμένων. Για παράδειγμα, όταν το πλάτος των αντικειμένων είναι μεγάλο (π.χ. φορτηγά), η εμβέλεια μέτρησης της απόστασης που απέχει το προπορευόμενο όχημα από το ερευνητικό όχημα, μπορεί να κυμαίνεται από 100 έως 150 μ. Αντίθετα, όσο μικρότερο είναι το πλάτος των αντικειμένων (π.χ. μηχανάκια) η εμβέλεια μέτρησης της απόστασης μπορεί να κυμαίνεται από 40 έως 60 μ. Στην προκειμένη περίπτωση, η μέγιστη απόσταση ή ορθότερα το κατώφλι ενεργοποίησης του ραντάρ του ερευνητικού οχήματος για την καταγραφή της απόστασης που απέχει το ερευνητικό όχημα από τους δύο στηλοθέτες ήταν, μόλις, 30 μέτρα!

Συνεπώς, για τον υπολογισμό του χρονικού διαχωρισμού του οχήματος από το προσεγγιζόμενο εμπόδιο, καθ'ολη τη διάρκεια της προσέγγισης του, πέραν δηλαδή των τελευταίων 30 μ., προβήκαμε κατ'αρχήν στον υπολογισμό της φυσικής απόστασης που απέχει το όχημα από τους δύο στηλοθέτες, στα τελευταία 100 μ. της προσέγγισης, εφαρμόζοντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$S = V_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t^2 \quad (1)$$

Όπου: S : Απόσταση
 V_1 : ταχύτητα οχήματος για κάθε 0,1 δευτερόλεπτο που προηγείται από την τελευταία μέτρηση απόστασης από το ραντάρ του οχήματος
 γ επιτάχυνση οχήματος για κάθε V_1

Ουσιαστικά, με βάση την ταχύτητα του οχήματος για κάθε 0,1 δευτ που προηγείται από την τελευταία μέτρηση της απόστασης από το ραντάρ του οχήματος, υπολογίσαμε αρχικά το μέγεθος της επιτάχυνσης για κάθε 0,1 δευτ., και κατόπιν εφαρμόζοντας την εξίσωση (1), την εκτιμώμενη απόσταση που απέχει το όχημα από τους στηλοθέτες (έως την απόσταση των 100 μ.).

Ακολουθώντας, με βάση την εκτιμώμενη απόσταση του οχήματος από τους δύο στηλοθέτες κατά τη διάρκεια προσέγγισης τους, καθώς επίσης και της ταχύτητας

(μ/δευτ) του οχήματος για κάθε αντίστοιχο 0,1 δευτ, εφαρμόζοντας την εξίσωση (1), ο χρονικός διαχωρισμός υπολογίστηκε εφαρμόζοντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$TH = S / V \quad (2)$$

Όπου: TH : Χρονικός Διαχωρισμός (time headway)
 S : Απόσταση
 V : Ταχύτητα οχήματος για κάθε V_i

Ουσιαστικά, ο χρονικός διαχωρισμός (TH) εκφράζει το πηλίκο της απόστασης που απέχει το όχημα από τους στηλοθέτες δια της ταχύτητας προσέγγισής τους, για κάθε 0,1 δευτ, και το μέγεθος του χρονικού διαχωρισμού εκφράζεται σε μονάδα χρόνου και, πιο συγκεκριμένα, σε δευτερόλεπτα.

Υπολογισμός χρόνου έως την επικείμενη σύγκρουση

Όσον αφορά τον υπολογισμό του χρόνου έως την επικείμενη σύγκρουση, αρχικά υπολογίστηκε η γωνία του ειδώλου που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή του οδηγού βάσει των εσωτερικών άκρων που ορίζουν οι δύο στηλοθέτες κατά την προσέγγισή τους, και στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι τιμές των οπτικών μεταβλητών τ και τ_{∞} (τ και τ-τελεία).

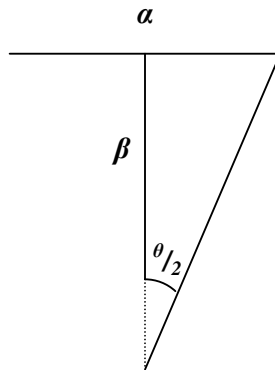
Ειδικότερα, για τον προσδιορισμό της οπτικής γωνίας που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή του οδηγού από τα εσωτερικά άκρα των στηλοθετών κατά την προσέγγισή τους, υπολογίστηκε ουσιαστικά το τόξο εφαπτομένης της γωνίας που σχηματίζεται στο σημείο παρατήρησης από τα εσωτερικά άκρα των δύο στηλοθετών, εφαρμόζοντας τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\varepsilon\varphi^{\theta/2} = (a/2) / \beta \quad (3)$$

$$\theta = 2 \cdot \varepsilon\varphi [(a/2) / \beta] \quad (4)$$

όπου: θ : γωνία που σχηματίζεται από τα εσωτερικά άκρα των δύο στηλοθετών στον αμφιβληστροειδή του οδηγού
 $\varepsilon\varphi^{\theta/2}$: τόξο εφαπτομένης γωνίας $\theta/2$
 a : πλάτος εμποδίου όπως ορίζεται από τα εσωτερικά άκρα των δύο στηλοθετών
 β : μήκος απόστασης μεταξύ οδηγού και προσεγγιζομένου εμποδίου

Όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα, αν a το πλάτος του προσεγγιζομένου εμποδίου, βάσει των εσωτερικών άκρων των δύο στηλοθετών, και β το μήκος της απόστασης από το σημείο παρατήρησης (τον αμφιβληστροειδή του οδηγού) έως την ευθυγραμμία που ορίζουν οι δύο στηλοθέτες, τότε, το τόξο εφαπτομένης της γωνίας $\theta/2$ που υποτείνεται στο σημείο παρατήρησης δίνεται από την εξίσωση (3), ενώ, η γωνία θ προκύπτει από την εξίσωση (4).



Θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι:

1. Το μήκος της απόστασης από το σημείο παρατήρησης (τον αμφιβληστροειδή του οδηγού) έως την ευθυγραμμία που ορίζουν οι δύο στηλοθέτες (β), εκφράζει το άθροισμα της εκτιμώμενης απόστασης που απέχει το εμπρόσθιο άκρο του οχήματος από τους στηλοθέτες (σύμφωνα με τις μετρήσεις από το ραντάρ εντοπισμού εμποδίου) και τις απόστασης που απέχει κάθε συμμετέχων οδηγός από το εμπρόσθιο άκρο του οχήματος (σύμφωνα με τις προπειραματικές μετρήσεις).
2. Η τιμή που προκύπτει από την εξίσωση 4, ισούται με το τόξο εφαπτομένης της γωνίας θ και μετράται σε ακτίνια. Για να υπολογίσουμε πόσες μοίρες είναι η γωνία θ , μετατρέψαμε τα ακτίνια σε μοίρες, εφαρμόζοντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{Γωνία } \theta = \text{Ακτίνια} \times 180^\circ/\pi \quad (5)$$

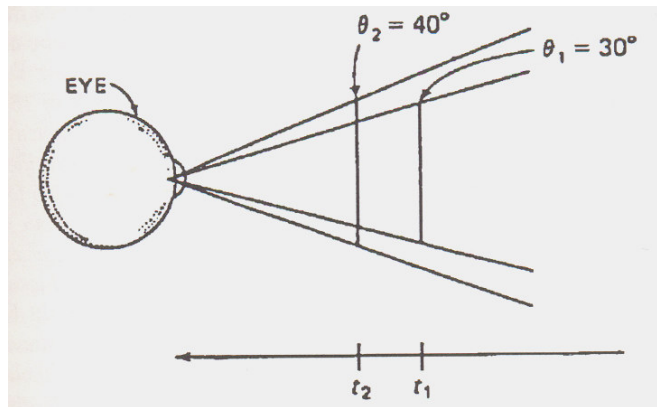
3. Όσον αφορά τον υπολογισμό της οπτικής μεταβλητής ταυ-τελεία, εφαρμόσαμε την ακόλουθη εξίσωση:

$$\mathfrak{A} = \theta_1 / [(\theta_2 - \theta_1) / t_2 - t_1] \quad (6)$$

Για να κατανοήσουμε τη «λογική» βάσει της οποίας προκύπτει η εξίσωση 6 θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τα εξής.

Όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα, ο υπολογισμός της οπτικής μεταβλητής ταυ, βασίζεται στην ιδέα ότι, καθώς ένας παρατηρητής προσεγγίζει ένα αντικείμενο, ο ρυθμός διαστολής του προσεγγιζόμενου αντικειμένου, ή πιο ορθά, ο ρυθμός του γωνιαίου διαχωρισμού δύο σημείων της επιφάνειας του προσεγγιζόμενου αυξάνεται.

Σύμφωνα με την ανάλυση του Lee (1976), η μεταβλητή ταυ είναι αντιστρόφως ανάλογη του ρυθμού διαστολής του αντικειμένου, ενώ η μεταβλητή ταυ-τελεία εκφράζει το χρονικό παράγωγο της μεταβλητής ταυ.



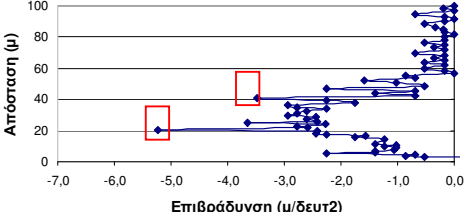
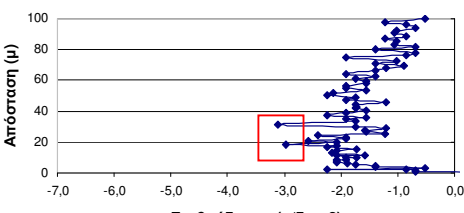
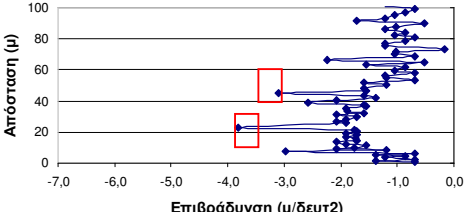
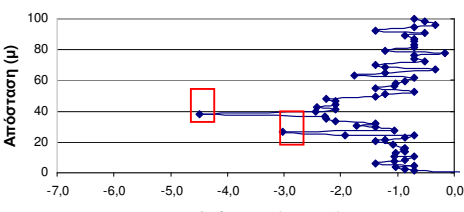
Άρα, για τον υπολογισμό της μεταβλητής ταυ-τελεία κατά την προσέγγιση των δύο στηλοθετών, αφού υπολογίσαμε τη γωνία θ που υποτείνεται στον αμφιβληστροειδή του οδηγού από τα δύο άκρα των στηλοθέτων για κάθε 0,1 δευτ, στα τελευταία 100μ της προσέγγισης (βάσει των εξισώσεων 3, 4 και 5), διαιρέσαμε την τιμή της γωνίας θ για κάθε 0,1 δευτ της προσέγγισης προς το πηλίκο της διαφοράς μεταξύ της γωνίας θ για κάθε 0,1 δευτ της προσέγγισης και της γωνίας θ τη στιγμή που το όχημα περνά ανάμεσα προς την αντίστοιχη διαφορά χρόνου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ:

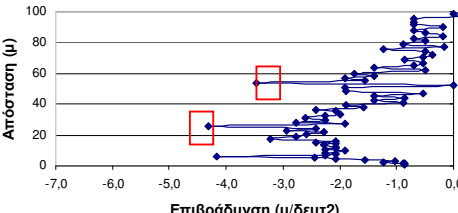
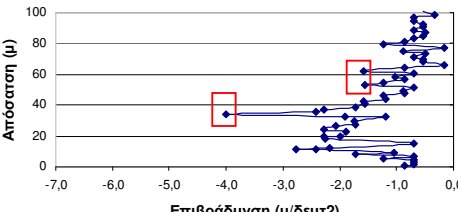
Προσδιορισμός χρονικής στιγμής μέγιστης επιβράδυνσης κατά την προσέγγιση των στηλοθετών

(Η αρίθμηση των συμμετεχόντων γίνεται σύμφωνα με το κριτήριο ομαδοποίησης τους που υιοθετήθηκε στην ανάλυση των αποτελεσμάτων)

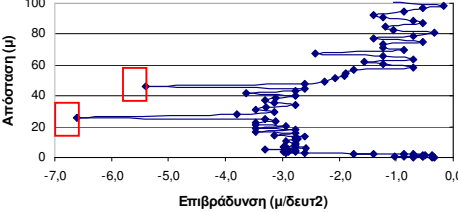
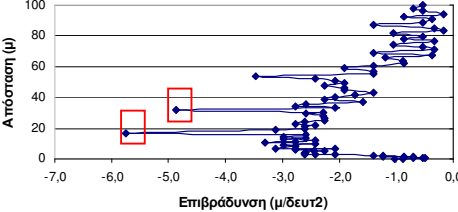
Περίπτωση 1^η

Σ1 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 1η μέτρηση 	<table><tr><th colspan="2">Φάσεις επιβράδυνσης</th><th>Απόσταση (μ)</th><th>ΧΔ (δευτ.)</th><th>ταυ-τελεία</th></tr><tr><td rowspan="3">1^η μέτρηση</td><td></td><td>100</td><td>5,9</td><td>-0,8</td></tr><tr><td>Φάση α'</td><td>41</td><td>2,8</td><td>-0,7</td></tr><tr><td>Φάση β'</td><td>21</td><td>2,0</td><td>-0,9</td></tr></table>	Φάσεις επιβράδυνσης		Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία	1 ^η μέτρηση		100	5,9	-0,8	Φάση α'	41	2,8	-0,7	Φάση β'	21	2,0	-0,9
Φάσεις επιβράδυνσης		Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία															
1 ^η μέτρηση		100	5,9	-0,8															
	Φάση α'	41	2,8	-0,7															
	Φάση β'	21	2,0	-0,9															
Σ1 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 2η μέτρηση 	<table><tr><th colspan="2">Φάσεις επιβράδυνσης</th><th>Απόσταση (μ)</th><th>ΧΔ (δευτ.)</th><th>ταυ-τελεία</th></tr><tr><td rowspan="3">2^η μέτρηση</td><td></td><td>100</td><td>5,4</td><td>-0,7</td></tr><tr><td>Φάση α'</td><td>31</td><td>2,6</td><td>-0,3</td></tr><tr><td>Φάση β'</td><td>19</td><td>1,9</td><td>-0,9</td></tr></table>	Φάσεις επιβράδυνσης		Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία	2 ^η μέτρηση		100	5,4	-0,7	Φάση α'	31	2,6	-0,3	Φάση β'	19	1,9	-0,9
Φάσεις επιβράδυνσης		Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία															
2 ^η μέτρηση		100	5,4	-0,7															
	Φάση α'	31	2,6	-0,3															
	Φάση β'	19	1,9	-0,9															
Σ1 - Συνθήκη Ελέγχου - 1η μέτρηση 	<table><tr><th colspan="2">Φάσεις επιβράδυνσης</th><th>Απόσταση (μ)</th><th>ΧΔ (δευτ.)</th><th>ταυ-τελεία</th></tr><tr><td rowspan="3">1^η μέτρηση</td><td></td><td>101</td><td>5,3</td><td>-0,7</td></tr><tr><td>Φάση α'</td><td>45</td><td>3,0</td><td>-0,7</td></tr><tr><td>Φάση β'</td><td>23</td><td>1,9</td><td>-0,3</td></tr></table>	Φάσεις επιβράδυνσης		Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία	1 ^η μέτρηση		101	5,3	-0,7	Φάση α'	45	3,0	-0,7	Φάση β'	23	1,9	-0,3
Φάσεις επιβράδυνσης		Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία															
1 ^η μέτρηση		101	5,3	-0,7															
	Φάση α'	45	3,0	-0,7															
	Φάση β'	23	1,9	-0,3															
Σ1 - Συνθήκη Ελέγχου - 2η μέτρηση 	<table><tr><th colspan="2">Φάσεις επιβράδυνσης</th><th>Απόσταση (μ)</th><th>ΧΔ (δευτ.)</th><th>ταυ-τελεία</th></tr><tr><td rowspan="3">2^η μέτρηση</td><td></td><td>100</td><td>5,2</td><td>-0,8</td></tr><tr><td>Φάση α'</td><td>38</td><td>2,6</td><td>-0,8</td></tr><tr><td>Φάση β'</td><td>26</td><td>2,0</td><td>-1,0</td></tr></table>	Φάσεις επιβράδυνσης		Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία	2 ^η μέτρηση		100	5,2	-0,8	Φάση α'	38	2,6	-0,8	Φάση β'	26	2,0	-1,0
Φάσεις επιβράδυνσης		Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία															
2 ^η μέτρηση		100	5,2	-0,8															
	Φάση α'	38	2,6	-0,8															
	Φάση β'	26	2,0	-1,0															

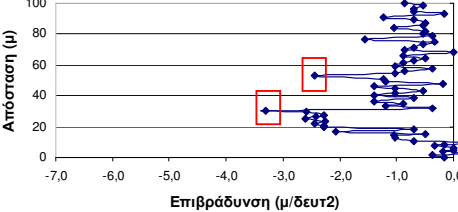
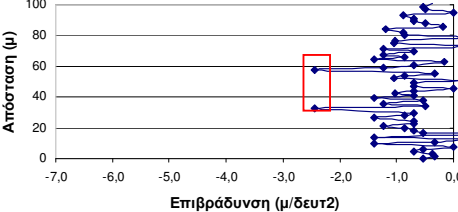
Περίπτωση 2^η

Σ2 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 1η μέτρηση 	Φάσεις επιβράδυνσης 1^η μέτρηση	Απόσταση (μ) 101	ΧΔ (δευτ.) 5,6	ταυ- τελεία -0,7
		Φάση α' 54	3,4	-0,7
		Φάση β' 34	2,5	-0,6
Σ2 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 2η μέτρηση 	Φάσεις επιβράδυνσης 2^η μέτρηση	Απόσταση (μ) 101	ΧΔ (δευτ.) 5,4	ταυ- τελεία -0,8
		Φάση α' 55	3,3	-0,8
		Φάση β' 32	2,2	-0,9
Σ2 - Συνθήκη Ελέγχου - 1η μέτρηση	Φάσεις επιβράδυνσης 1^η μέτρηση	Απόσταση (μ) 101	ΧΔ (δευτ.) 5,4	ταυ- τελεία -0,9
		Φάση α' 52	3,1	-0,9
		Φάση β' 26	1,7	-1,2
Σ2 - Συνθήκη Ελέγχου - 2η μέτρηση	Φάσεις επιβράδυνσης 2^η μέτρηση	Απόσταση (μ) 101	ΧΔ (δευτ.) 5,1	ταυ- τελεία -0,9
		Φάση α' 62	3,4	-0,8
		Φάση β' 34	2,1	-0,9

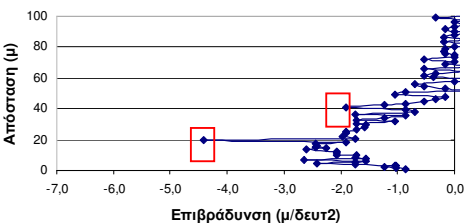
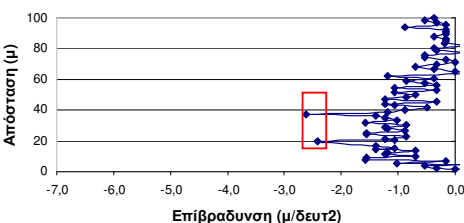
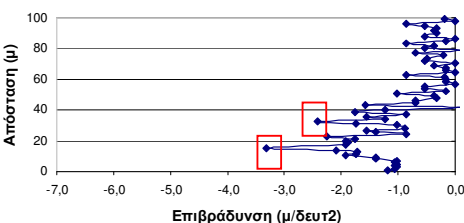
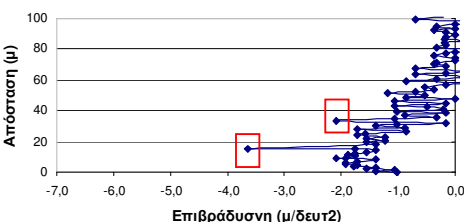
Περίπτωση 3''

Σ3 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 1η μέτρηση 	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ- τελεία
1^η μέτρηση		101	5,0	-0,4
	Φάση α'	46	2,9	-0,2
	Φάση β'	26	2,2	0,2
Σ3 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 2η μέτρηση 	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ- τελεία
2^η μέτρηση		100	5,8	-0,5
	Φάση α'	32	2,7	-0,3
	Φάση β'	18	2,1	0,0
Σ3 - Συνθήκη Ελέγχου - 1η μέτρηση 	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ- τελεία
1^η μέτρηση		100	5,4	-0,5
	Φάση α'	32	2,5	-0,3
	Φάση β'	16	1,8	0,1
Σ3 - Συνθήκη Ελέγχου - 2η μέτρηση	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ- τελεία
2^η μέτρηση		101	5,9	-0,4
	Φάση α'	35	3,0	-0,3
	Φάση β'	20	2,2	0,2

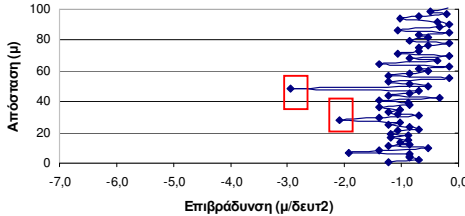
Περίπτωση 4^η

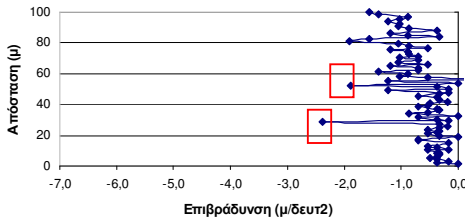
Σ4 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 1η μέτρηση 	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ- τελεία
1^η μέτρηση		100	5,4	-0,8
	Φάση α'	53	3,2	-0,8
	Φάση β'	31	2,1	-0,9
Σ4 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 2η μέτρηση 	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ- τελεία
2^η μέτρηση		101	5,5	-0,7
	Φάση α'	39	3,0	-0,7
	Φάση β'	23	2,2	-0,6
Σ4 - Συνθήκη Ελέγχου - 1η μέτρηση 	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ- τελεία
1^η μέτρηση		101	5,4	-0,9
	Φάση α'	57	3,4	-0,9
	Φάση β'	32	2,1	-0,8
Σ4 - Συνθήκη Ελέγχου - 2η μέτρηση	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ- τελεία
2^η μέτρηση		101	5,4	-0,8
	Φάση α'	47	3,0	-0,8
	Φάση β'	26	1,9	-1,9

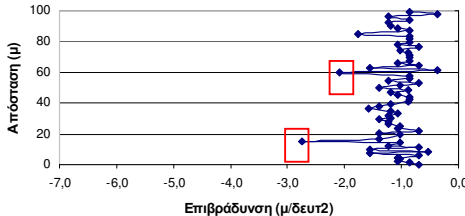
Περίπτωση 5^η

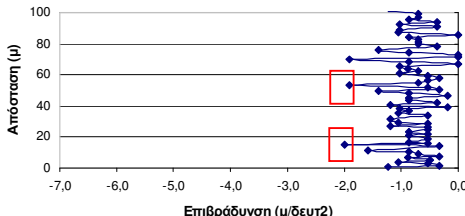
Σ5 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 1η μέτρηση 	<table><tr><th>Φάσεις επιβράδυνσης</th><th>Απόσταση (μ)</th><th>ΧΔ (δευτ.)</th><th>ταυ-τελεία</th></tr><tr><td rowspan="3">1^η μέτρηση</td><td></td><td>101</td><td>7,0</td><td>-0,8</td></tr><tr><td>Φάση α'</td><td>41</td><td>3,0</td><td>-0,7</td></tr><tr><td>Φάση β'</td><td>20</td><td>1,8</td><td>-0,9</td></tr></table>	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία	1 ^η μέτρηση		101	7,0	-0,8	Φάση α'	41	3,0	-0,7	Φάση β'	20	1,8	-0,9
Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία															
1 ^η μέτρηση		101	7,0	-0,8														
	Φάση α'	41	3,0	-0,7														
	Φάση β'	20	1,8	-0,9														
Σ5 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 2η μέτρηση 	<table><tr><th>Φάσεις επιβράδυνσης</th><th>Απόσταση (μ)</th><th>ΧΔ (δευτ.)</th><th>ταυ-τελεία</th></tr><tr><td rowspan="3">2^η μέτρηση</td><td></td><td>100</td><td>6,4</td><td>-0,9</td></tr><tr><td>Φάση α'</td><td>37</td><td>2,8</td><td>-0,9</td></tr><tr><td>Φάση β'</td><td>18</td><td>1,6</td><td>-0,4</td></tr></table>	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία	2 ^η μέτρηση		100	6,4	-0,9	Φάση α'	37	2,8	-0,9	Φάση β'	18	1,6	-0,4
Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία															
2 ^η μέτρηση		100	6,4	-0,9														
	Φάση α'	37	2,8	-0,9														
	Φάση β'	18	1,6	-0,4														
Σ5 - Συνθήκη Ελέγχου - 1η μέτρηση 	<table><tr><th>Φάσεις επιβράδυνσης</th><th>Απόσταση (μ)</th><th>ΧΔ (δευτ.)</th><th>ταυ-τελεία</th></tr><tr><td rowspan="3">1^η μέτρηση</td><td></td><td>100</td><td>6,1</td><td>-0,9</td></tr><tr><td>Φάση α'</td><td>33</td><td>2,3</td><td>-1,1</td></tr><tr><td>Φάση β'</td><td>15</td><td>1,3</td><td>-0,3</td></tr></table>	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία	1 ^η μέτρηση		100	6,1	-0,9	Φάση α'	33	2,3	-1,1	Φάση β'	15	1,3	-0,3
Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία															
1 ^η μέτρηση		100	6,1	-0,9														
	Φάση α'	33	2,3	-1,1														
	Φάση β'	15	1,3	-0,3														
Σ5 - Συνθήκη Ελέγχου - 2η μέτρηση 	<table><tr><th>Φάσεις επιβράδυνσης</th><th>Απόσταση (μ)</th><th>ΧΔ (δευτ.)</th><th>ταυ-τελεία</th></tr><tr><td rowspan="3">2^η μέτρηση</td><td></td><td>100</td><td>7,2</td><td>-0,8</td></tr><tr><td>Φάση α'</td><td>33</td><td>2,8</td><td>-0,7</td></tr><tr><td>Φάση β'</td><td>15</td><td>1,6</td><td>-0,2</td></tr></table>	Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία	2 ^η μέτρηση		100	7,2	-0,8	Φάση α'	33	2,8	-0,7	Φάση β'	15	1,6	-0,2
Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία															
2 ^η μέτρηση		100	7,2	-0,8														
	Φάση α'	33	2,8	-0,7														
	Φάση β'	15	1,6	-0,2														

Περίπτωση 6^η

Σ6 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 1η μέτρηση 		Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία
1 ^η μέτρηση		101	5,7	-0,9	
	Φάση α'	49	3,2	-0,9	
	Φάση β'	28	2,0	-0,9	

Σ6 - Συνθήκη Υποβοήθησης - 2η μέτρηση 		Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία
2 ^η μέτρηση		100	6,6	-0,8	
	Φάση α'	53	4,4	-0,9	
	Φάση β'	28	2,6	-1,0	

Σ6 - Συνθήκη Ελέγχου - 1η μέτρηση 		Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία
1 ^η μέτρηση		100	5,4	-0,8	
	Φάση α'	59	3,7	-0,9	
	Φάση β'	15	1,2	-0,8	

Σ6 - Συνθήκη Ελέγχου - 2η μέτρηση 		Φάσεις επιβράδυνσης	Απόσταση (μ)	ΧΔ (δευτ.)	ταυ-τελεία
2 ^η μέτρηση		101	6,0	-0,9	
	Φάση α'	54	3,7	-0,9	
	Φάση β'	14	1,1	-0,6	