

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Ευχαριστίες</b>	<b>iii</b>
<b>Περίληψη</b>	<b>iv</b>
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
<b>1 Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
<b>2 Δορυφορικά συστήματα πλοήγησης: Ο άνθρωπος και τα ορόσημα</b>	<b>3</b>
2.1 Τα φορητά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης.....	3
2.2 Η ανθρώπινη χωρική συμπεριφορά.....	4
2.3 Ανάγκη για την ένταξη των οροσήμων στα συστήματα πλοήγησης. Ανεπάρκεια των POI.....	5
2.4 Τα ορόσημα.....	6
2.4.1 Τα βασικά χαρακτηριστικά των οροσήμων.....	7
2.4.2 Κατηγοριοποίηση των οροσήμων.....	8
<b>3 Μετρήσεις ποιότητας για την ανάδειξη κατάλληλων οροσήμων</b>	<b>9</b>
3.1 Πειραματικές διατάξεις.....	9
3.1.1 Πού και πότε χρησιμοποιούνται τα ορόσημα.....	9
3.1.2 Σύγκριση οροσήμων και ονομάτων δρόμων.....	9
3.1.3 Ποσοτικός προσδιορισμός της σπουδαιότητας των χαρακτηριστικών των οροσήμων.....	10
3.1.4 Προσαρμόζοντας τα επικρατέστερα χαρακτηριστικά (ορόσημα) στη διαδρομή.....	11
3.2 Προσδιορισμός «βαρών» στα ορόσημα.....	13
3.2.1 Landmark Spider: σχετική θέση οροσήμου – κόμβου – πλοηγούμενου.....	13
3.2.2 Ενσωμάτωση οροσήμων με μετρήσεις ποιότητας.....	14
<b>4 Εντοπισμός και άντληση οροσήμων</b>	<b>16</b>
4.1 Επιλογή οροσήμων.....	16
4.2 Μέθοδοι ανίχνευσης οροσήμων (Data mining methods).....	16
4.3 Ψηφιακά μοντέλα επιφάνειας και κτηματολογικοί χάρτες.....	17
<b>5 Οπτικοποίηση των οροσήμων στα φορητά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης</b>	<b>19</b>
5.1 Γενικά.....	19
5.2 Τεχνικές απεικόνισης των οροσήμων.....	20
5.3 Οι πολλαπλής ανάλυσης βάσεις δεδομένων.....	22
5.3.1 Έμφαση στα ορόσημα και στα σημεία ενδιαφέροντος.....	23

5.3.2	Έμφαση στα ορόσημα και στα σημεία ενδιαφέροντος με MRDB.....	25
5.3.3	Χάρτες μεταβλητής κλίμακας και MRDB .....	27
<b>6</b>	<b>Συστήματα πλοήγησης: Ορόσημα και μέσο πλοήγησης</b>	<b>29</b>
6.1	Γενικά.....	29
6.2	Διαφορετικό μέσο πλοήγησης απαιτεί χρήση διαφορετικών οροσήμων.....	29
6.2.1	Ελλείψεις συστημάτων πλοήγησης για τους πεζούς.....	31
<b>7</b>	<b>Η δομική σπουδαιότητα των οροσήμων στις οδηγίες πλοήγησης</b>	<b>33</b>
7.1	Εισαγωγή.....	33
7.2	Σχετική έρευνα .....	33
7.3	Το πείραμα.....	38
7.3.1	Περιγραφή του πειράματος.....	38
7.3.2	Παραδοχές.....	39
7.4	Αποτελέσματα πειράματος.....	43
7.4.1	Ανάλυση αποτελεσμάτων .....	46
7.5	Συμπεράσματα.....	48
7.6	Πρόσθετα συμπεράσματα.....	49
7.7	Σύγκριση των αποτελεσμάτων του πειράματος με την υπάρχουσα βιβλιογραφία.....	50
7.8	Επίλογος και μελλοντική Έρευνα.....	50
	<b>Αναφορές</b>	<b>52</b>
	Ξενόγλωσσες .....	52

## Ευχαριστίες

---

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την καθηγήτριά μου, κυρία Μπέσσυ Φιλιππακοπούλου για την καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της Διπλωματικής μου Εργασίας, για την υποστήριξη και την εμπύχωση της.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω όλα τα άτομα που συνεισέφεραν στην διεξαγωγή και στην ολοκλήρωση του πειράματος.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου για την υποστήριξη και την υπομονή τους όλα αυτά τα χρόνια.

## Περίληψη

---

Τα φορητά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης συνιστούν το αποτελεσματικότερο και το πιο χρήσιμο εργαλείο για την πλοήγηση του ανθρώπου στις μέρες μας, γεγονός που τα κατατάσσει υψηλά στην προτίμηση των χρηστών, κυρίως των οδηγών. Παρέχουν στο χρήστη οδηγίες υπό την μορφή χαρτών, εικονογραμμάτων και προφορικών οδηγιών, οι οποίες αφορούν αριθμητικές αποστάσεις και στροφές. Η δυσκολία των χρηστών να εκτιμήσουν μετρητικές αποστάσεις, ιδίως όταν κινούνται με μεγάλη ταχύτητα και η προσοχή τους πρέπει να είναι στραμμένη στο δρόμο, έχει επιφέρει την ανάγκη για εύρεση ενός αμεσότερου τρόπου μετάδοσης της χωρικής πληροφορίας.

Όπως έχει διαπιστωθεί, τα ορόσημα έχουν τη δυνατότητα να στηρίζουν και να ενισχύσουν τους ταξιδιώτες όταν αυτοί αναζητούν τον δρόμο τους σε ένα άγνωστο περιβάλλον. Η υπεροχή των οροσήμων έναντι πληροφοριών που αφορούν ονόματα δρόμων έχει αναδειχτεί μέσα από μελέτες. Επίσης, οι άνθρωποι έχουν εκδηλώσει την προτίμησή τους στα αντικείμενα – ορόσημα, μέσα από οδηγίες που έχουν κληθεί να δώσουν, για την περιγραφή μιας διαδρομής. Τα ορόσημα λοιπόν, ως αναπόσπαστο κομμάτι του περιβάλλοντος, διαθέτουν τα χαρακτηριστικά εκείνα που τα καθιστούν άμεσα αντιληπτά από τον άνθρωπο, καθώς συνάδουν με τις αρχές της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Ωστόσο τα υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης δεν εμπεριέχουν τα ορόσημα στα λογισμικά τους, παρά μόνο τα λεγόμενα «σημεία ενδιαφέροντος», ούτε υποστηρίζουν κάποια μορφή πλοήγησης που να βασίζεται σε αυτά. Με σκοπό λοιπόν να ενσωματωθούν επιτυχώς τα ορόσημα στις οδηγίες πλοήγησης, χρειάζεται να πραγματοποιηθούν σε πρώτο στάδιο, μια σειρά από έρευνες για τον εντοπισμό και την άντληση αντικειμένων – οροσήμων μέσα από ψηφιακές βάσεις δεδομένων, χάρτες ή αεροφωτογραφίες, και σε δεύτερο, μετρήσεις ποιότητας για την ανάδειξη των καταλληλότερων και τον αποκλεισμό των ακατάλληλων από αυτά.

Στην εργασία αυτή, έγινε ανάλυση κατ' αρχάς της σχετικής βιβλιογραφίας, παρουσιάζοντας έρευνες, πειράματα και ελέγχους ποιότητας που αφορούν τα ορόσημα. Ύστερα διεξήχθη ένα πείραμα, για την πλοήγηση 20 ατόμων σε δύο προκαθορισμένες διαδρομές ενός οικιστικού προαστίου της Αθήνας, βάσει εντολών πλοήγησης που περιείχαν ορόσημα. Η καθεμία από τις διαδρομές περιείχε ορόσημα διαφορετικής «δομικής σπουδαιότητας». Στόχος ήταν η εκτίμηση και η αξιολόγηση των δομικών χαρακτηριστικών των οροσήμων, και τέλος η ανάδειξη των πιο λειτουργικών από αυτά, βάσει των οπτικών, των σημασιολογικών τους χαρακτηριστικών και της θέσης τους σε σχέση με τον κόμβο.

# Abstract

---

Mobile navigation systems form the most effective and useful tool for humans to navigate themselves through a foreign environment. It is because of their small size and mobility, their effectiveness and usability that they are so highly rated among people and especially among car drivers. They provide driving instructions in the form of maps, pictograms and spoken language, which concern metric distances and turns. But drivers quite often find it rather difficult to estimate distances, especially when they move in a high speed and have to pay much attention on the road. For this reason, it is of utmost importance to introduce more direct and perceptible ways for providing spatial knowledge and data.

As it is shown in previous research, landmarks have great potential to support travelers in navigation tasks. The primacy of landmarks over street names has already been proved. In addition to this, when people are requested to describe routes in urban environments, they mostly refer to visual landmarks than street names, showing their preference to landmarks. Therefore, landmark – based navigation is the most natural concept for humans to navigate themselves, because it matches above all with human navigational behavior and strategies.

However, today's navigation systems do not include landmarks in their software, neither are able to support landmark – based navigation. Consequently, in order to successfully integrate landmarks in driving instructions, extensive research is needed. First of all, identifying and deriving appropriate and reliable object – landmarks from existing digital databases, maps or aerial photos is a time consuming and very demanding process. Second, quality measures must be conducted so as to consider the most suitable landmarks and exclude those of a low quality.

In this thesis, through a review of relevant literature, are presented studies, experiments and quality measures that deal with landmarks. Moreover, an experiment was conducted, in which 20 subject tests had to navigate themselves through two predefined routes, in a residential suburb of Athens, following landmark – based instructions. Each route consisted of two different types of landmarks, according to a structural taxonomy. The main goal of this experiment was to assess the structural salience of landmarks used in route directions and finally conclude to those which are most functional for the navigation task, according to their visual, semantic, structural attributes and also their visibility.

# 1 Εισαγωγή

---

Η πλοήγηση του ανθρώπου μέσω των χαρτών είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί την αφοσίωσή του για την παρατήρηση, την κατανόηση και την επεξεργασία της χωρικής πληροφορίας που του παρέχουν. Η πληροφορία αυτή μεταφέρεται από τους συμβατικούς δισδιάστατους (τυπωμένους) χάρτες, μέσω σχηματικών διαγραμμάτων, γεωμετρικών συμβόλων, χρωματικών διαβαθμίσεων, γραφημάτων κλπ. Πρόκειται για διαφορετικές τεχνικές που ανέπτυξαν οι χαρτογράφοι με το πέρασμα των αιώνων, βασιζόμενοι στην πρακτική τους εμπειρία, κατά την προσπάθειά τους να αποδώσουν και να αναπαράγουν, με τον πιο πιστό τρόπο, την χωρική πληροφορία.

Στη σύγχρονη εποχή, οι άνθρωποι, οδηγοί ή πεζοί, πλοηγούνται όλο και περισσότεροι, με την χρήση των φορητών δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης. Η χωρική πληροφορία είναι αποθηκευμένη σε ψηφιακούς χάρτες και βάσεις δεδομένων ενώ ο πλοηγούμενος κατευθύνεται στον προορισμό του με τη βοήθεια προφορικών οδηγιών, που του υποδεικνύουν, μαζί με εικονικά σύμβολα, την επόμενη κίνησή του.

Το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού (GPS) μέσω του οποίου γίνεται ο εντοπισμός της θέσης στα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης, σε συνδυασμό με το ψηφιακό χαρτογραφικό υπόβαθρο, το οποίο περιέχει και απεικονίζει σύμφωνα με τις προτιμήσεις του κάθε χρήστη, διαφορετικά επίπεδα πληροφορίας και παράλληλα έχει τη δυνατότητα για συνεχή ενημέρωση και αναβάθμιση, έχουν συμβάλλει καταλυτικά στο ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον που παρατηρείται γύρω από τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης. Επιπλέον, το μικρό μέγεθος των συσκευών, το ευκολονόητο και εύχρηστο λογισμικό τους, είναι τα εξ' ορισμού χαρακτηριστικά τους που τις καθιστούν δημοφιλείς ανάμεσα στους χρήστες.

Οι οδηγίες πλοήγησης παρέχονται στο χρήστη από τη συσκευή, είτε με τη μορφή φωνητικών εντολών που περιγράφουν το είδος της κίνησης που πρέπει να εκτελέσει και σε πόση απόσταση, είτε οπτικά με τη βοήθεια εικονικών συμβόλων και αριθμών ή ακόμα και με συνδυασμό των δύο προηγούμενων επιλογών. Η ικανότητα όμως των ανθρώπων να αντιλαμβάνονται και να εκτιμούν αριθμητικές αποστάσεις είναι περιορισμένη και ποικίλει ανάλογα με την ηλικία τους, το φύλο τους, την μόρφωσή τους, την εμπειρία τους κλπ. Πόσο μάλλον όταν κινούνται με μεγάλη ταχύτητα και πρέπει να έχουν την προσοχή τους στραμμένη στο δρόμο. Για το λόγο αυτό, ερευνητές προσπάθησαν να ενσωματώσουν στις οδηγίες πλοήγησης νέα βοηθητικά εργαλεία που θα διευκολύνουν το μέσο χρήστη, αυξάνοντας την αυτοπεποίθησή του και μειώνοντας το αίσθημα ανασφάλειας και αβεβαιότητας που του δημιουργείται όταν πλοηγείται σε ένα άγνωστο περιβάλλον. Αυτό το εργαλείο είναι τα ορόσημα.

Στόχος της παρούσας διπλωματική εργασίας είναι να επισημάνει και να αναδείξει την αναγκαιότητα της χρήσης των οροσήμων, μέσα από τα πλεονεκτήματα που μπορούν να προκύψουν από τη σωστή ενσωμάτωσή τους στα υπάρχοντα λογισμικά πλοήγησης. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, ύστερα από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, σχεδιάστηκε και οργανώθηκε ένα πείραμα με σκοπό να μελετηθούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των οροσήμων και να εκτιμηθεί ο ρόλος τους ως μέσο πλοήγησης.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη τα οποία περιλαμβάνουν τα εξής:

Στο πρώτο μέρος γίνεται μια σύντομη αναφορά στην υπεροχή των φορητών δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης έναντι των τυπωμένων χαρτών, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν. Επίσης αναπτύσσονται οι αρχές της ανθρώπινης χωρικής συμπεριφοράς και οι διαφορετικές στρατηγικές πλοήγησης του. Στη συνέχεια τονίζεται η ανάγκη για την ενσωμάτωση των οροσήμων στις οδηγίες πλοήγησης καθώς είναι άμεσα συσχετιζόμενα με την ανθρώπινη χωρική συμπεριφορά, αλλά και επειδή λειτουργούν ως μέσο βελτιστοποίησης της χρηστικότητας και της αποδοτικότητας των υπάρχοντων συστημάτων πλοήγησης. Τέλος αποσαφηνίζεται ο όρος «ορόσημο», ορίζονται τα χαρακτηριστικά ενός «καλού» οροσήμου και περιγράφεται η κατηγοριοποίηση των οροσήμων ανάλογα με τα οπτικά, σημασιολογικά και δομικά χαρακτηριστικά τους.

Στο δεύτερο μέρος γίνεται μια συνοπτική αλλά περιεκτική ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας που αφορά στις πειραματικές διατάξεις και θεωρητικές έρευνες γύρω από τα ορόσημα, μέσα από τις οποίες αναδεικνύεται η καταλληλότητα και η σπουδαιότητά τους ως μέσο πλοήγησης και θεσπίζονται κριτήρια ποιότητας γι αυτά. Στη συνέχεια παρουσιάζονται διάφοροι τρόποι για την εύρεση και την άντληση αντικειμένων – οροσήμων μέσα από ψηφιακές βάσεις δεδομένων, διανυσματικούς κτηματολογικούς χάρτες, Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας κλπ. Επίσης περιγράφονται οι διαφορετικές τεχνικές απεικόνισης των οροσήμων για την οπτικοποίησή τους στα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης, και πώς οι λύσεις που έχουν προταθεί, απαντούν στο πρόβλημα της περιορισμένης μνήμης της συσκευής, της μικρής ανάλυσης της οθόνης, παρέχοντας ένα τελικό αποτέλεσμα προσαρμοσμένο στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα του κάθε χρήστη.

Ακόμα, αναφέρονται οι παράγοντες που διαμορφώνουν τις γενικές ανάγκες των συστημάτων πλοήγησης και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανεπάρκεια που παρουσιάζουν τα συστήματα πλοήγησης για χρήση από τους πεζούς. Τέλος επεξηγείται πώς, το διαφορετικό μέσο μετακίνησης απαιτεί με τη σειρά του, την χρήση διαφορετικών οροσήμων λόγω των περιορισμών που θέτονται κάθε φορά, από την ταχύτητα κίνησης, το οπτικό πεδίο του πλοηγούμενου, την ευελιξία του για επιλογή εναλλακτικών διαδρομών κλπ.

Στο τρίτο μέρος περιγράφεται αναλυτικά έρευνα σχετική με την δομική σπουδαιότητα των οροσήμων, σύμφωνα με την οποία επιλέγονται για λεπτομερή μελέτη τα ορόσημα που βρίσκονται στα σημεία αλλαγής διεύθυνσης και άρα υπερέχουν έναντι των υπολοίπων. Στη συνέχεια, τα ορόσημα αυτά, που βρίσκονται στα σημεία λήψης αποφάσεων (choice point landmarks), αξιολογούνται και ταξινομούνται αναφορικά με τη θέση τους ως προς τον κόμβο και τους αποδίδονται τα κατάλληλα βάρη. Τέλος προσδιορίζεται η τελική σπουδαιότητα των οροσήμων, ως ο σταθμισμένος μέσος όρος όλων των χαρακτηριστικών τους (οπτικά, σημασιολογικά, δομικά, ορατότητα) και αναδεικνύονται τα βέλτιστα ορόσημα.

Στη συνέχεια διατυπώνεται ο πρωταρχικός στόχος του πειράματος. Κατόπιν γίνεται πλήρης περιγραφή του πειράματος, ορίζονται τα αντικείμενα – ορόσημα που χρησιμοποιήθηκαν, διαμορφώνονται κατάλληλα οι εντολές πλοήγησης και παραθέτονται τα αποτελέσματα. Έπειτα, γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων, εξάγονται συμπεράσματα και συγκρίνονται με αυτά της διεθνούς βιβλιογραφίας.

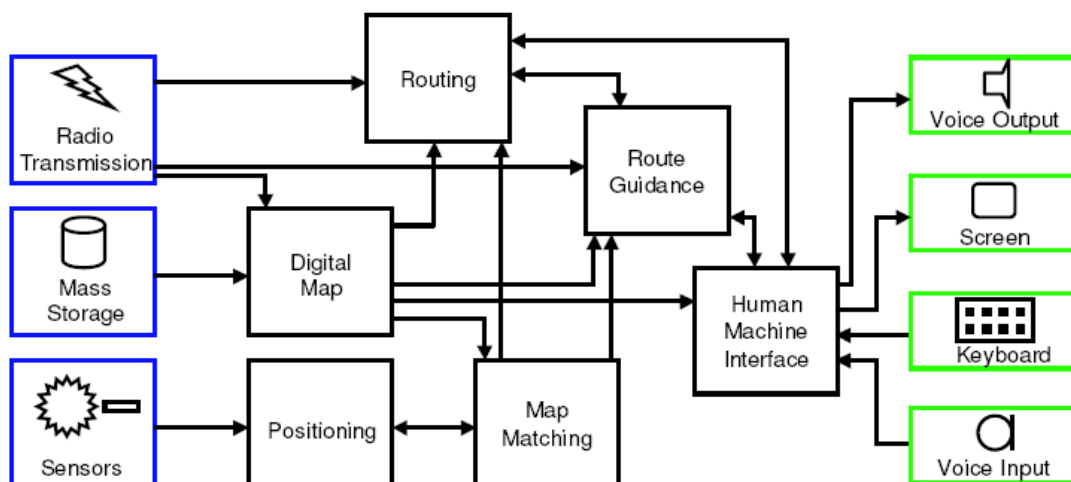
## 2 Δορυφορικά συστήματα πλοήγησης: Ο άνθρωπος και τα ορόσημα

### 2.1 Τα φορητά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης

Μελετητές ισχυρίζονται ότι η ευρεία διάδοση και η διαρκώς αυξανόμενη χρήση των φορητών συσκευών πλοήγησης, θα επιφέρουν μια σειρά από επιθυμητά αποτελέσματα (Burnett, G.E., 2000) όπως:

- Παρότρυνση των οδηγών για χρησιμοποίηση του υπάρχοντος οδικού δικτύου με συνέπεια τη μείωση της αρνητικής επίδρασης στο περιβάλλον και διατήρηση των διαθέσιμων φυσικών πόρων (OECD, 1988).
- Ανακούφιση των οδηγών από την απογοήτευση και την ανησυχία που βιώνουν στην προσπάθεια τους για την εύρεση της σωστής διαδρομής (Barrow, 1991).
- Αύξηση της οδηγητικής ασφάλειας σε αντίθεση με τις μέχρι τώρα «λιγότερο ασφαλείς» συμπεριφορές και στρατηγικές (Fastenmeier, Haller & Lerner, 1994).
- Αύξηση της αυτοπεποίθησης των οδηγών και μακροπρόθεσμα της κινητικότητας όσων ήταν επιφυλακτικοί να πλοηγηθούν σε άγνωστο περιβάλλον, όπως άνθρωποι μεγάλοι σε ηλικία ή ανάπηροι (Burns, 1997).

Επιπλέον πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα φορητά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης με τα σύγχρονα και ενημερωμένα λογισμικά σε σχέση με τους τυπωμένους χάρτες, είναι τα λιγότερα οδηγητικά λάθη και άρα ο συντομότερος χρόνος για την ολοκλήρωση ενός ταξιδιού. Σε αυτό συντελεί το γεγονός ότι τα συστήματα πλοήγησης, μέσω της φωνητικής καθοδήγησης, παρέχουν στο χρήστη πληροφορίες που αφορούν μόνο στην επερχόμενη αλλαγή κατεύθυνσης.



Εικόνα 2.1: Διάγραμμα ενός σύγχρονου συστήματος πλοήγησης αυτοκινήτου (C. Brenner και B. Elias, 2003).



Η χρηστικότητα των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης, όπως αυτή καθορίστηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO 9241 – part 11, 1997, p.2), αναφέρεται στην ποιότητα της αλληλεπίδρασης μεταξύ του χρήστη και των επιμέρους τμημάτων της συστήματος. Αφορά δηλαδή την αποτελεσματικότητα, την αποδοτικότητα και την ικανοποίηση του οδηγού και αξιολογήθηκε ως μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους για το σχεδιασμό ενός φορητού συστήματος πλοήγησης. Είναι εξίσου πιθανό, η εκτεταμένη χρήση των συστημάτων πλοήγησης κατά τη διάρκεια της οδήγησης, να αποσπάσει την προσοχή του οδηγού και να τον καταστήσει ανήμπορο να ανταπεξέλθει γρήγορα σε πιθανούς κινδύνους ή εμπόδια που βρίσκονται στην πορεία του. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο τα συστήματα πλοήγησης να παρέχουν μόνο τις κατάλληλες, ανά περίπτωση, πληροφορίες, όταν και όπου είναι απαραίτητο, χωρίς πλεονασμούς, και με τρόπο ευκολονόητο προς τους οδηγούς.

## 2.2 Η ανθρώπινη χωρική συμπεριφορά

Η ανθρώπινη χωρική συμπεριφορά αφορά, στην ουσία, την αποφασιστική, κατευθυνόμενη και παρακινούμενη μετάβαση από μια αρχική θέση σε ένα τελικό προορισμό (Allen, G., 1999). Σε αυτήν τη συμπεριφορά εμπλέκεται η συνεχής αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό, όταν πλοηγείται, επιστρατεύει ποικίλες χωρικές και γνωστικές ικανότητες. Οι ικανότητές του αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με το σκοπό της πλοήγησης και διακρίνονται σε: επεξεργασία της χωρικής πληροφορίας, αντιληπτική ικανότητα, γνώση που έχει ήδη αποκτήσει και τέλος τις δυνατότητες του μέσου που κινείται. Επίσης ο σκοπός της πλοήγησης χωρίζεται στις εξής τρεις κατηγορίες: στόχος του ταξιδιού είναι ένας γνώριμος προορισμός, εξερευνητικό ταξίδι με σκοπό την κατάληξη σε μια αρχική γνώριμη θέση και τέλος, ταξίδι με στόχο έναν καινούριο, άγνωστο προορισμό (Allen, G., 1999).

Ένα άτομο εφαρμόζει αρκετές πιθανές στρατηγικές για να βρει έναν επιθυμητό στόχο, με άλλα λόγια, να φτάσει σε έναν επιθυμητό προορισμό (A.D. Redish, 1999):

- Random Navigation: Το άτομο δεν έχει καμία πληροφόρηση, οπότε αναγκάζεται να ψάξει τυχαία.
- Taxon Navigation: Το άτομο κατευθύνεται κάθε φορά προς το αμέσως επόμενο «στοιχείο» που θα το οδηγήσει στο σημείο τερματισμού.
- Praxic Navigation: Το άτομο, είτε βρίσκεται μέσα σε κάποιο όχημα είτε όχι, ακολουθεί μια προκαθορισμένη διαδρομή, όπως αυτή του έχει υποδειχτεί μέσα από εντολές (πχ. στρίψε αριστερά σε 200 μέτρα και έπειτα στρίψε δεξιά μετά από 50 μέτρα).
- Route Navigation: Το άτομο συσχετίζει οδηγίες με οπτικά «στοιχεία» (πχ. στρίψε αριστερά μετά την εκκλησία).
- Locale Navigation: Το άτομο διαμορφώνει μια «νοητική αναπαράσταση» του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται και έτσι μπορεί να καταστρώνει πιθανές διαδρομές ανάμεσα σε διαφορετικά σημεία του περιβάλλοντος αυτού.

Επιπλέον, όταν ο άνθρωπος περιπλανείται σε ένα άγνωστο περιβάλλον, το πρώτο πράγμα που παρατηρεί είναι αντικείμενα ή δομές που κυριαρχούν στο χώρο. Τις αναπαραστάσεις των αντικειμένων αυτών είναι εύκολο να τις αποθηκεύσει στη μνήμη του (σαν μια σειρά φωτογραφιών) και να τις ανακαλέσει αργότερα για να προσανατολιστεί. Αρκετοί επιστήμονες που ανέλυσαν τα αποτελέσματα της αντίληψης, της μάθησης και του συλλογισμού του ανθρώπινου νου, γύρω από την χωρική πληροφορία, βεβαιώνουν ότι κατά την πλοήγηση τους

οι άνθρωποι, βασίζονται σε τρεις μορφές χωρικής γνώσης: α) τα ορόσημα, β) την διαδρομή αυτή καθ' αυτή και γ) την τοπογραφία της περιοχής (A. W Siegel et al., 1975),(S. Werner et al., 1997). Οι αρχές αυτές της ανθρώπινης συμπεριφοράς και αντίληψης, σε συνδυασμό με την εξέλιξη των τεχνικών της οπτικής απεικόνισης, ανέδειξαν τα ορόσημα ως τον αμεσότερο και πιο ευκολονόητο τρόπο για την μετάδοση της χωρικής πληροφορίας.

### **2.3 Ανάγκη για την ένταξη των οροσήμων στα συστήματα πλοήγησης. Ανεπάρκεια των POI**

Τα λογισμικά των φορητών δορυφορικών συσκευών πλοήγησης υπολογίζουν μια διαδρομή, η οποία είναι η βέλτιστη διαδρομή σε σχέση πάντα με κάποια ορισμένα κριτήρια (ταχύτητα, χρόνος, κόστος, ευκολία). Παρέχουν μια αλληλουχία εντολών για κάθε διαδρομή. Κάθε μοναδική εντολή καθοδηγεί τον χρήστη από το ένα σημείο προσανατολισμού, στο επόμενο. Κατά κύριο λόγο οι εντολές αυτές βασίζονται στην γεωμετρία του οδικού δικτύου καθώς και σε ορισμένα άλλα χαρακτηριστικά αυτού, όπως για παράδειγμα ονομασίες πλατειών. Μερικές φορές, οι εντολές εμπλουτίζονται με «σημεία ενδιαφέροντος» (Points Of Interest). Τα σημεία ενδιαφέροντος είναι γεο-αναφερόμενα σημεία μέσα στις χωρικές βάσεις δεδομένων και χρησιμεύουν σαν υποκατάστατα των οροσήμων στα υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης, παρόλο αυτά, υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (M. Raubal et al., 2002).

Πρώτα απ' όλα, είναι ασαφές κάτω από ποια οπτική, είναι «ενδιαφέροντα» τα σημεία αυτά. Το ενδιαφέρον του χρήστη εξαρτάται πρωτίστως από το σκοπό και το μέσο της πλοήγησης. Για παράδειγμα, μια παγκόσμια λίστα από σημεία ενδιαφέροντος, δεν μπορεί να κάνει διακρίσεις μεταξύ οδηγιών που απευθύνονται σε οδηγούς και σε αυτές που απευθύνονται σε πεζούς (C. Nothegger et al., 2004). Επίσης, δεν είναι τελείως ξεκάθαρο ποια χαρακτηριστικά επιλέγονται ως POIs. Συχνά αυτή η επιλογή διαμορφώνεται από εμπορικά συμφέροντα και όχι από γνωστικά κριτήρια που έχουν να κάνουν με την χωρική συμπεριφορά του ανθρώπου (C. Nothegger et al., 2004). Ακόμα, δεν υπάρχει κάποια καθιερωμένη μέθοδος που να μετράει την ελκυστικότητα των POIs για μια συγκεκριμένη διαδρομή. Επιπλέον, ο προκαθορισμένος αριθμός των POIs μέσα σε κάθε λογισμικό, δεν καλύπτει τις απαιτήσεις όλων των πιθανών εναλλακτικών διαδρομών μιας περιοχής. Για όλους τους παραπάνω λόγους, τα «σημεία ενδιαφέροντος» είναι ανεπαρκή στο να αντικαταστήσουν τα ορόσημα μέσα στις οδηγίες πλοήγησης.

Τα ορόσημα από την άλλη, συμφωνούν με τις βασικές ανθρώπινες στρατηγικές πλοήγησης. Αποτελούν τον πυρήνα των νοητικών αναπαραστάσεων που διαμορφώνουν στο μυαλό τους οι άνθρωποι για τον χώρο, καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία κατανόησης του περιβάλλοντος (Evans et al., 1984). Η θεμελιώδης ανάγκη των ανθρώπων για χρήση ευδιάκριτων οροσήμων κατά την πλοήγησή τους υποδεικνύεται σε περιβάλλοντα όπως για παράδειγμα οι λαβύρινθοι, όπου η ολοκληρωτική έλλειψη δομών με ξεχωριστά και αναγνωρίσιμα χαρακτηριστικά προκαλεί τον αποπροσανατολισμό και τη δυσφορία τους (Passini, 1992).

Επίσης, μια έρευνα που διεξήχθη στη Μεγάλη Βρετανία στην οποία συμμετείχαν 1158 οδηγοί ανέδειξε για πολλοστή φορά την σημαντικότητα των οροσήμων. Οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν για τη μορφή της πληροφορίας (ονόματα δρόμων, αριθμούς δρόμων, ορόσημα, αποστάσεις σε μονάδες μήκους, κλπ.) που θα ήθελαν να τους παρέχει ο συνεπιβάτης τους με

σκοπό να τους βοηθήσει στην πλοήγηση. Τα συμπεράσματα της έρευνας κατέταξαν τα ορόσημα δεύτερα στην προτίμηση των οδηγών (Burns, 1997).

Τέλος, έχει αποδειχτεί μέσα από μελέτες ότι τα ορόσημα έχουν την ικανότητα να βελτιώσουν την χρηστικότητα των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης. Η χρηστικότητα όπως ορίστηκε παραπάνω, συνδυάζει την αποδοτικότητα, την αποτελεσματικότητα και την ικανοποίηση. Αναλυτικότερα, η αποτελεσματικότητα αφορά την επίτευξη του στόχου της πλοήγησης που δεν είναι άλλος από την εύρεση ενός συγκεκριμένου προορισμού. Η αποδοτικότητα αφορά τα μέσα που «ξοδεύει» ο χρήστης για να επιτύχει το στόχο του και σχετίζεται σε μέγιστο βαθμό με την οδηγητική ασφάλεια. Δηλαδή αναφέρεται στο χρόνο που αφιερώνει ο οδηγός για να κοιτάξει την οθόνη της συσκευής πλοήγησης και να επεξεργαστεί τα όποια δεδομένα και κατ' επέκταση στον τρόπο που οδηγεί και στον αν υπακούει στους κανονισμούς της κυκλοφορίας. Η ικανοποίηση των οδηγών, όπως αυτή αξιολογήθηκε μέσα από πειράματα (Alm et al., 1992, Green et al., 1993), αποτελεί ίσως το σημαντικότερο πειστήριο για τα οφέλη που προσφέρει η χρήση των οροσήμων.

Πιο αναλυτικά, οι συμμετέχοντες ακολούθησαν κάποιες διαδρομές χρησιμοποιώντας φορητές δορυφορικές συσκευές πλοήγησης, τεσσάρων διαφορετικών λογισμικών. Τα λογισμικά αυτά ήταν σχεδιασμένα έτσι ώστε να παρέχουν πληροφορίες για οπτική πλοήγηση μόνο, για οπτική πλοήγηση με ορόσημα, για πλοήγηση υποβοηθούμενη από φωνητικές εντολές, και τέλος συνδυασμό φωνητικών εντολών με ορόσημα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε την εμφανή προτίμηση των χρηστών στην καθοδήγηση με χρήση φωνητικών εντολών και οροσήμων.

Συνεπώς, η χρησιμότητα πιθανών οροσήμων στη διαδικασία της πλοήγησης, είναι αδιαμφισβήτητη. Πρέπει να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των χαρτογραφικών εφαρμογών στα φορητά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης, διότι μέσω αυτών, ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το περιβάλλον γύρω του και προσανατολίζεται πολύ πιο εύκολα και γρήγορα. Την τελευταία δεκαετία έχουν γίνει πολλές μελέτες και προσπάθειες για την ενσωμάτωση των οροσήμων στα φορητά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης, με σκοπό αυτά να παρέχουν στον χρήστη μια συλλογική (ενοποιημένη) πληροφορία σε συνδυασμό με τις προφορικές οδηγίες που αφορούν αποστάσεις και στρέφουσες κινήσεις.

Παρόλο αυτά, είναι ιδιαίτερα επίπονο το έργο για το συνυπολογισμό των οροσήμων στα λογισμικά των φορητών συσκευών πλοήγησης διότι υπάρχουν πάρα πολλές κατηγορίες πιθανών οροσήμων και οι σχεδιαστές χρειάζονται καθοδήγηση ώστε να επιλέξουν τα καταλληλότερα από αυτά και ύστερα να αποφασίσουν για τον τρόπο απεικόνισής τους. Μπορούν όμως τα ορόσημα να αντικαταστήσουν πλήρως τις προφορικές οδηγίες που αφορούν αποστάσεις και στροφές και να αποκτήσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη διαδικασία της πλοήγησης;

## **2.4 Τα ορόσημα**

Στα λεξικά, η λέξη «ορόσημο» ορίζεται ως ένα προεξέχον, έντονο και εμφανές αντικείμενο ή δομή, που προσδιορίζει μια συγκεκριμένη περιοχή και χρησιμεύει ως οδηγός ή ως σημείο αναφοράς.

Επιστήμονες από το χώρο της ψυχολογίας, της γεωγραφίας, του αστικού σχεδιασμού, έχουν διατυπώσει κατά καιρούς διάφορους ορισμούς για τη λέξη «ορόσημο», δίνοντάς μας έτσι την δυνατότητα να αντιληφθούμε την πολλαπλή ερμηνεία αυτής της λέξης. Τα ορόσημα είναι φυσικά ή τεχνητά αντικείμενα τα οποία διαθέτουν συγκεκριμένα και ευδιάκριτα χαρακτηριστικά, που τα κάνουν να ξεχωρίζουν και να διαφοροποιούνται από τα υπόλοιπα αντικείμενα που τα περιβάλλουν και άρα μπορούν να χρησιμεύσουν στον προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης του ανθρώπου. Βοηθούν στην οργάνωση του χώρου επειδή χρησιμοποιούνται ως σημεία αναφοράς. Βρίσκονται σε καίριες θέσεις και εξυπηρετούν μοναδικό σκοπό. Μερικά παραδείγματα οροσήμων είναι τα εξής: Φωτεινοί σηματοδότες, πρατήρια καυσίμων, εκκλησίες, μνημεία, σχολεία, πλατείες, γέφυρες, σιδηροδρομικοί σταθμοί, πάρκα, γνωστές αλυσίδες καταστημάτων κλπ.

#### 2.4.1 Τα βασικά χαρακτηριστικά των οροσήμων

Τα ορόσημα είναι εξωτερικά σημεία αναφοράς, που δεν αποτελούν κομμάτι μιας διαδρομής, ή τμήμα του οδικού δικτύου (Lynch, 1960). Σύμφωνα με την ίδια θεωρία, η ποιότητα ενός οροσήμου χαρακτηρίζεται από την μοναδικότητά του, όπου η μοναδικότητα έγκειται σε μια «καθαρή μορφή», στην αντίθεση ως προς τον περίγυρο και σε μια ευδιάκριτη θέση. Ο κύριος παράγοντας είναι η αντίθεση αντικειμένου – περιγύρου (Wertheimer, 1925 και Metzger, 1936). Η αντιπαραβολή δηλαδή ενός χαρακτηριστικού με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του γειτονικού περιβάλλοντος. Η αντίθεση μπορεί να παραχθεί από οποιοδήποτε χαρακτηριστικό γνώρισμα, όπως η μοναδικότητα στο σχήμα, στη λειτουργία, κλπ.

Οι άνθρωποι θεωρούν ότι ορισμένα ορόσημα είναι πιο χρήσιμα από κάποια άλλα για τον σκοπό της πλοήγησης, κυρίως λόγω της μεγάλης συχνότητας εμφάνισής τους στις αστικές περιοχές. Επίσης, τα πιο δημοφιλή ορόσημα (στην προτίμηση των χρηστών) τείνουν να είναι ορατά από μακρινή απόσταση και να διαχωρίζονται εύκολα από τον περίγυρό τους (Alm, 1990). Επιπλέον τα «καλά» ορόσημα είναι αυτά που φαίνονται από μακριά και κάτω από οποιοδήποτε συνθήκες, βρίσκονται κοντά στους δρόμους σε σταυροδρόμια και τέλος είναι σχετικά μόνιμα (Green et al., 1995).

Τα βασικά χαρακτηριστικά λοιπόν που πρέπει να διαθέτει ένα «καλό» ορόσημο, έτσι ώστε αυτό να μπορεί να επιδρά θετικά στη διαδικασία της πλοήγησης και κατ' επέκταση να την διευκολύνει, έχουν προκύψει από πειράματα στα οποία έχουν συμμετάσχει απλοί πολίτες (των δύο φύλων και ανεξαρτήτου ηλικίας) και από ερωτηματολόγια που κλήθηκαν στη συνέχεια να συμπληρώσουν. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα ακόλουθα (Burnett et al., 2001):

- **Η μονιμότητα.** Η πιθανότητα δηλαδή να είναι παρόν το συγκεκριμένο ορόσημο, λόγω σχήματος αλλά και ονομασίας.
- **Η καλή ορατότητα.** Αφορά στο πόσο ξεκάθαρα αλλά και γρήγορα γίνεται αντιληπτό το ορόσημο, κάτω από διαφορετικές συνθήκες.
- **Η χρησιμότητα της θέσης.** Αν δηλαδή το ορόσημο βρίσκεται κοντά σε σημεία που λαμβάνονται αποφάσεις (αλλαγή κατεύθυνσης ή επιβεβαίωσης της θέσης).
- **Η μοναδικότητα.** Η ικανότητα του οροσήμου να διαφοροποιείται από τα γύρω αντικείμενα λόγω των μοναδικών του χαρακτηριστικών και να μην συγχέεται με άλλα παρόμοια που βρίσκονται σε κοντινές θέσεις.

- **Η συντομία στην περιγραφή.** Η χρησιμοποίηση όσο το δυνατόν λιγότερης επιπλέον πληροφορίας για την περιγραφή του οροσήμου.

#### 2.4.2 Κατηγοριοποίηση των οροσήμων

Η κατηγοριοποίηση των οροσήμων είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον τρόπο που γίνονται αντιληπτά από τον χρήστη (δηλαδή βάσει ποιων χαρακτηριστικών τους αναγνωρίζονται άμεσα), με το σκοπό που αυτά εξυπηρετούν κατά τη διαδικασία της πλοήγησης αλλά και με τη θέση στην οποία βρίσκονται σε σχέση με την προεπιλεγμένη διαδρομή.

Αρχικά, τα ορόσημα μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: τα οπτικά, τα «γνωστικά», και τα δομικά (M. Sorrows & S. Hirtle, 1999).

- Τα οπτικά ορόσημα είναι αντικείμενα που πάνω απ' όλα διαθέτουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (σχήμα, χρώμα, μέγεθος, θέση) τα οποία τραβούν την προσοχή του πλοηγούμενου.
- Τα «γνωστικά» ορόσημα είναι αυτά που η σημαντικότητά τους προέρχεται από το νόημα και τη χρήση τους ή την διαφοροποίησή τους ως προς την σημασιολογία τους μέσα σε ένα, κατά τα άλλα, ομοιόμορφο περιβάλλον. Συνήθως απευθύνονται σε χρήστες που είναι γνώστες της περιοχής και είναι πιθανό να παραλειφτούν από άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα με το συγκεκριμένο περιβάλλον, εκτός κι αν διαθέτουν κατάλληλη σήμανση, όπως για παράδειγμα, ταχυδρομεία ή αστυνομικά τμήματα.
- Τα δομικά ορόσημα ξεχωρίζουν λόγω του ρόλου ή της θέσης που έχουν μέσα στο δομημένο περιβάλλον και συνήθως είναι εύκολα προσβάσιμα, όπως για παράδειγμα πολυσύχναστοι κόμβοι ή πλατείες.

Μια άλλη σημαντική μελέτη (Lovelace, Hegarty & Montello, 1999) απαντά στα βασικά ερωτήματα, πού και γιατί χρησιμοποιούνται τα ορόσημα:

- **Choice-point landmarks:** Τα ορόσημα που συναντάμε στα σημεία λήψης αποφάσεων (κυρίως εκεί που απαιτείται αλλαγή κατεύθυνσης στην πορεία μας).
- **Potential choice-point landmarks:** Αυτά που βρίσκονται σε πιθανά σημεία λήψης αποφάσεων (διασχίζοντας διαβάσεις ή αναζητώντας ένα σύνδεσμο για το επόμενο κομμάτι της διαδρομής).
- **On-route landmarks:** Αυτά που βρίσκονται κατά μήκος της διαδρομής που διανύουμε (χρησιμεύουν κυρίως για επαναπροσδιορισμό της θέσης μας και επιβεβαίωση ότι κινούμαστε στη σωστή κατεύθυνση).
- **Off-route landmarks:** Κάποια που εντοπίζονται σε μακρινή απόσταση αλλά παρόλα αυτά είναι ορατά (παίζουν το ρόλο της πυξίδας στα πλαίσια μιας συνολικής καθοδήγησης).

Τέλος, σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη, τα σημαντικότερα και επικρατέστερα ορόσημα για την καθοδήγηση ενός ατόμου είναι αυτά που βρίσκονται στα σημεία λήψης αποφάσεων (choice point landmarks) και αυτά κατά μήκος της διαδρομής (on-route landmarks). Χαρακτηριστικά, ορόσημα όπως πρατήρια καυσίμων, διαβάσεις πεζών και φωτεινοί σηματοδότες, που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά την πλοήγηση με αυτοκίνητο, έχουν αποκαλεστεί ως «επίπλωση των δρόμων» (road furniture) με σκοπό να δοθεί έμφαση στη σημαντικότητα του ρόλου τους (Burnett et al., 2001). Παρόλο αυτά όμως, δεν έχουν όλα τα ορόσημα την ίδια αξία.

## 3 Μετρήσεις ποιότητας για την ανάδειξη κατάλληλων οροσήμων

---

### 3.1 Πειραματικές διατάξεις

#### 3.1.1 Πού και πότε χρησιμοποιούνται τα ορόσημα

Οι P. Michon και M. Denis διεξήγαγαν το 2001 δύο συμπληρωματικές έρευνες στις οποίες ζήτησαν από τους συμμετέχοντες την πρώτη φορά να παράγουν οδηγίες για μια προεπιλεγμένη διαδρομή, που θα βοηθούσαν ένα άτομο να πλοηγηθεί σε ένα παντελώς άγνωστο αστικό περιβάλλον (στην συγκεκριμένη περίπτωση, το Παρίσι) και τη δεύτερη να ακολουθήσουν την ίδια διαδρομή βασίζόμενοι σε λιγιστές οδηγίες που αφορούσαν μόνο ονόματα δρόμων (στους οποίους περπατούσαν ή έπρεπε να στρίψουν) και τέλος να εμπλουτίσουν τις ελλείψεις αυτές οδηγίες όπου αυτοί έκριναν σκόπιμο. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Κατ' αρχάς τα ορόσημα κατηγοριοποιήθηκαν σε δισδιάστατα (2D), όπως οι δρόμοι, οι λεωφόροι και οι πλατείες και τρισδιάστατα (3D), δηλαδή κτίρια, καταστήματα, αγάλματα, δημόσιοι κήποι κλπ. Κατόπιν διαπιστώθηκε ότι οι δύο παραπάνω κατηγορίες οροσήμων αναλαμβάνουν διαφορετική λειτουργία μέσα στις κατευθυντήριες οδηγίες.
2. Η χωρική κατανομή των οροσήμων κατά μήκος των διαδρομών, αν και φαινομενικά τυχαία, επιβεβαίωσε τη θεωρία που θέλει τα ορόσημα να χρησιμεύουν σαν «ραδιοφάροι» μέσα σε αυτές. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, οι πεζοί κατευθύνονται προς ένα ορόσημο και μόλις το εντοπίσουν βαδίζουν προς το επόμενο και ούτω καθ' εξής, μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους. Τα ορόσημα λοιπόν μπορούν να θεωρηθούν ως «υπο-στόχοι» μέσα σε μια διαδρομή (c.f. Allen, 2000).
3. Η συχνότητα εμφάνισης των οροσήμων μέσα σε μία διαδρομή είναι, απροσδόκητα, μεγαλύτερη κοντά στο σημείο έναρξης καθώς επίσης και γύρω από το σημείο τερματισμού. Στην ενδιάμεση διαδρομή, χρήση οροσήμων έγινε, όπου πραγματοποιήθηκε αλλαγή πορείας ή σε ανοιχτές περιοχές που δημιουργούνταν από διασταυρώσεις κεντρικών αρτηριών ή από πλατείες και που ήταν πιθανόν να συμβούν λάθη κατά τον προσανατολισμό.
4. Επιπλέον, η αναφορά των συμμετεχόντων σε τρισδιάστατα ορόσημα σε γωνίες οικοδομικών τετραγώνων, που πρέπει να εντοπιστούν για να τα προσπεράσουν ή απλά για να προσανατολιστούν, ήταν συχνή πριν από κάθε επόμενη κίνηση.

#### 3.1.2 Σύγκριση οροσήμων και ονομάτων δρόμων

Οι A. Tom και M. Denis διεξήγαγαν το 2003 δύο ακόμη έρευνες μέσα από τις οποίες διαπιστώθηκε η αξία των οροσήμων και της χωρικής πληροφορίας που παρέχουν ως μέσο πλοήγησης σε σχέση με αυτή των δρόμων. Τα συμπεράσματα ήταν τα εξής:

1. Οδηγίες που βασίστηκαν σε ονομασίες δρόμων ήταν λιγότερο αποτελεσματικές από άλλες που βασίστηκαν σε ορόσημα, για την πλοήγηση ενός ατόμου σε ένα άγνωστο αστικό περιβάλλον.
2. Η συχνότητα των λαθών που έκανε ο πλοηγούμενος σε σχέση με την επιλογή της κατάλληλης πορείας ήταν άσχετη με την χρήση ή μη, οροσήμων ή ονομάτων δρόμων.
3. Στάσεις και έλεγχοι για επαναπροσδιορισμό και επιβεβαίωση της θέσης ήταν πολύ πιο συχνοί και μεγάλοι σε διάρκεια όταν επρόκειτο για καθοδήγηση βασισμένη σε ονόματα δρόμων. Εφόσον τα ορόσημα είναι εκ των πραγμάτων μεγαλύτερα από τις πινακίδες των δρόμων, ο πλοηγούμενος τα αναζητά και τα αναγνωρίζει ταχύτερα και συνεπώς συμβουλεύεται έγκαιρα την επόμενη οδηγία.

Το γενικό συμπέρασμα έδειξε ότι παρόλο που οι ονομασίες των δρόμων προσφέρουν μια ιδανική λύση σε πολλά προβλήματα εντοπισμού της θέσης, είναι «φτωχοί» οδηγοί όταν πρόκειται για την καθοδήγηση ενός ατόμου μέσα σε ένα τελείως άγνωστο περιβάλλον.

### **3.1.3 Ποσοτικός προσδιορισμός της σπουδαιότητας των χαρακτηριστικών των οροσήμων**

Το 2004 παρουσιάστηκε από τους C. Nothegger, S. Winter και M Raubal ένα μοντέλο για τον αριθμητικό υπολογισμό της σπουδαιότητας των οροσήμων, με την μέτρηση ορισμένων χαρακτηριστικών τους. Στην προσπάθεια να καθοριστεί αν ένα «χαρακτηριστικό γνώρισμα» διαθέτει ή όχι τα κατάλληλα προσόντα ενός οροσήμου, βασίστηκαν στην κατηγοριοποίηση που έγινε από τους Sorrows και Hirtle. Η οπτική, η σημασιολογική (γνωστική) και η δομική ελκυστικότητα ενός «χαρακτηριστικού γνωρίσματος», καθορίζει την χρήση του ως ορόσημο. Η συγκεκριμένη μελέτη αφορούσε τις προσόψεις των κτιρίων και καταπιάστηκε μόνο με τα οπτικά και τα σημασιολογικά χαρακτηριστικά τους, ενώ δεν συμπεριέλαβε τα δομικά.

Όσον αφορά τον υπολογισμό της οπτικής ελκυστικότητας, προσδιορίστηκαν οι ακόλουθες μεταβλητές:

1. Η επιφάνεια της πρόσοψης. Οι άνθρωποι τείνουν να παρατηρούν πιο εύκολα, χαρακτηριστικά των οποίων το μέγεθος αποκλίνει από το μέσο όρο. Για ορθογώνιες προσόψεις, ο υπολογισμό της συνολικής επιφάνειας έγινε πολλαπλασιάζοντας το ύψος επί το πλάτος. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις προσδιορίστηκε μέσα από ορθοφωτογραφίες, μετρώντας τον αριθμό των pixels που απαρτίζουν την πρόσοψη και ύστερα πολλαπλασιάζοντάς τον με τον συντελεστή κλίμακας της εικόνας. Ωστόσο, η παραπάνω διαδικασία γίνεται αρκετά επίπονη όταν πρόκειται για παραγωγή και η αυτόματη επεξεργασία ορθοφωτογραφιών σε στενούς δρόμους και με ψηλά κτίσματα.
2. Το σχήμα. Ασυνήθιστα σχήματα τραβούν την προσοχή του ματιού του ανθρώπου γρηγορότερα από ότι τα συμβατικά ορθογώνια σχήματα. Η αναλογία ύψους – πλάτους καθορίζει το σχήμα της πρόσοψης, και η απόκλιση του από το γενικό μέσο όρο της περιοχής μπορεί να υπολογιστεί από ορθοφωτογραφίες ή από τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, εφόσον είναι διαθέσιμα.
3. Το χρώμα της πρόσοψης κάθε κτιρίου. Προσδιόρισαν το μέσο όρο βασιζόμενοι στο χρωματικό μοντέλο RGB και ύστερα εφαρμόζοντας το κατάλληλο λογισμικό το μετέτρεψαν στο μοντέλο HSB (Hue – Saturation – Brightness), διότι έτσι θα μπορούσαν να αξιολογήσουν σωστότερα τα διαφορετικά συστατικά του χρώματος και να αποδώσουν βάρη.

4. Η ορατότητα προς κάθε πρόσοψη από το αντίστοιχο εισερχόμενο τμήμα του οδικού δικτύου και ανάλογα με την φορά της κίνησης, δηλαδή το ποσοστό της επιφάνειας που ήταν ορατό από δεδομένη απόσταση. Ο υπολογισμός της ορατότητας έγινε με βάση δύο σημεία στο έδαφος, που ισαπέχουν από τις γωνίες της πρόσοψης κάθε κτιρίου καθώς και ένα ενδιάμεσο τρίτο σημείο για τις περιπτώσεις που δεν ήταν ορατές τα δύο άκρα. Εφαρμόστηκε ύστερα ο κατάλληλος αλγόριθμος (line – of sight algorithm) ο οποίος έλαβε υπ' όψη του περιορισμούς για τη μέγιστη απόσταση από την οποία γίνεται αντιληπτή η πρόσοψη, την συγκεκριμένη οπτική γωνία θέασης και το ποσοστό της επιφάνειας της πρόσοψης που έπρεπε να είναι ορατό.

Όσον αφορά την σημασιολογική ελκυστικότητα, τα κτίρια κατηγοριοποιήθηκαν, με βαθμολογία από 0 έως και 3, ανάλογα με την πολιτιστική, την ιστορική, την εμπορική τους σημασία και την αναγνωρισιμότητά τους.

Στη συνέχεια αθροίστηκαν οι επιμέρους μετρήσεις και υπολογίστηκε η συνολική βαθμολογία καθώς και η τυπική απόκλιση από το μέσο όρο, για κάθε πρόσοψη, χρησιμοποιώντας στοιχεία της στατιστικής και ακολουθώντας την κανονική κατανομή.

Τέλος, με σκοπό να ελεγχθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών, ζητήθηκε από 40 άτομα η συμπλήρωση ερωτηματολογίου στο οποίο θα φαίνονταν οι προτιμήσεις τους για τις εν λόγω προσόψεις κτιρίων. Το γενικό συμπέρασμα ήταν ότι το προτεινόμενο μοντέλο υπολογισμού της σπουδαιότητας των οροσήμεων (εδώ, των προσόψεων) στα σημεία αλλαγής διεύθυνσης, είναι υψηλά συσχετιζόμενο με τις αντίστοιχες επιλογές και προτιμήσεις των ανθρώπων για τους συγκεκριμένους κόμβους.

### **3.1.4 Προσαρμόζοντας τα επικρατέστερα χαρακτηριστικά (ορόσημα) στη διαδρομή**

Ο S. Winter (2003) προεκτείνοντας προηγούμενη σχετική έρευνα, συνέχισε τη μελέτη των προσόψεων των κτιρίων. Αυτή τη φορά έγινε προσπάθεια να προσαρμοστούν τα επικρατέστερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των οροσήμεων σε μια δεδομένη διαδρομή. Για τον λόγο αυτό εισήχθη η έννοια της «εκ των προτέρων ορατότητας» (advance visibility), που αφορά το πόσο γρήγορα γίνεται αντιληπτό ένα ορόσημο κατά μήκος μιας διαδρομής. Η «εκ των προτέρων ορατότητα» ολοκληρώνει τον προσδιορισμό της σπουδαιότητας ενός οροσήμου και άρα μειώνει τον πνευματικό κόπο των πλοηγούμενων, ενισχύοντας ταυτόχρονα την αποτελεσματικότητα των συσκευών πλοήγησης. Η έρευνα περιορίστηκε στα ορόσημα που βρίσκονται σε κόμβους (σημεία λήψης αποφάσεων), οι οποίοι παρέχουν παραπάνω από μία εναλλακτικές για συνέχιση.

Η θεωρία του βασίστηκε στον υπολογισμό του οπτικού πεδίου «isovist» και στα διαγράμματα ορατότητας. Το οπτικό πεδίο «isovist» ορίζεται ως το μέγεθος της περιοχής που είναι ορατό από μία δεδομένη θέση. Τα διαγράμματα ορατότητας αφορούν τον επίπεδο χώρο, και αναπαριστούν τις σχέσεις ορατότητας για κάθε ένα ζευγάρι κορυφών. Συνήθως τα διαγράμματα ορατότητας κατασκευάζονται για την εύρεση της συντομότερης διαδρομής (διότι είναι η διαδρομή που ακολουθεί μια φωτεινή ακτίνα). Έτσι, για την περίπτωση των προσόψεων, θεωρήθηκε το ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει τις δύο γωνίες της πρόσοψης στο έδαφος και από την διασταύρωση των δύο οπτικών πεδίων (isovists) προκύπτει μια



συντηρητική, διανυσματική, μέτρηση για την ορατότητα, η οποία όμως δεν επαρκεί διότι αυτό που έχει σημασία είναι η μέτρηση της ορατότητας σχετικά με το εισερχόμενο τμήμα μιας διαδρομής. Στην συνέχεια περιγράφηκε η εισερχόμενη διαδρομή, ως ένα ανοιχτό πολύγωνο με αρχική και τελική πλευρά, μια εξερχόμενη διαδρομή με αρχή τον προηγούμενο κόμβο και μια εισερχόμενη με αρχή τον επόμενο κόμβο. Για τον προσδιορισμό της «εκ των προτέρων ορατότητας», υπολογίστηκαν δύο παράμετροι.

Αρχικά, η «κάλυψη της διαδρομής» που είναι το συνολικό ποσοστό της εισερχόμενης διαδρομής που καλύπτεται από την περιοχή ορατότητας ενός χαρακτηριστικού (οροσήμου), η οποία είναι αναλογική του χρόνου θέασης του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού, και δίνεται από τον τύπο:

$$c = (|p_i p_e| / |p_s p_e|)$$

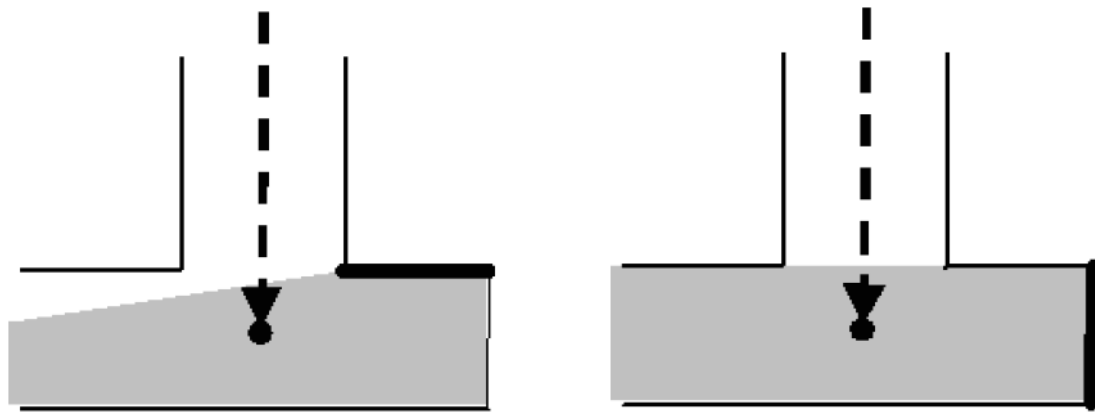


Εικόνα 3.1: Ένα χαρακτηριστικό (πρόσοψη κτιρίου) σε ένα σημείο λήψης αποφάσεων με μικρή (αριστερά) και μεγάλη (δεξιά) «εκ των προτέρων ορατότητα» (S. Winter, 2003).

Όπου  $p_s$ ,  $p_e$  η αρχή και το τέλος του εισερχόμενου τμήματος της διαδρομής, και  $p_i$ , το σημείο που η διαδρομή τέμνει την περιοχή ορατότητας του χαρακτηριστικού.

Έπειτα προσδιορίστηκε ο «προσανατολισμός του χαρακτηριστικού», υπολογίζοντας κατ' αρχάς τη διεύθυνση του διανύσματος της πρόσοψης  $d_f$  που εφάπτεται του εδάφους και σε δεύτερο στάδιο η διεύθυνση της εισερχόμενης διαδρομής  $d_r$ . Ο υπολογισμός αυτός είναι πιο δύσκολος εφόσον η εισερχόμενη διαδρομή είναι ένα ανοιχτό πολύγωνο. Η τιμή του «προσανατολισμού του χαρακτηριστικού» είναι,  $o = 1$ , στην περίπτωση που και τα δύο διανύσματα είναι προσανατολισμένα στην ίδια διεύθυνση, ή  $o = 0$  για την ακριβώς αντίθετη περίπτωση, και δίνεται από τον τύπο:

$$o = (|d_f - d_r| / 180)$$



Εικόνα 3.2: Ένα χαρακτηριστικό (πρόσοψη κτιρίου) σε ένα σημείο λήψης αποφάσεων και ο προσανατολισμός του ως προς την εισερχόμενη διαδρομή (S. Winter, 2003).

Όταν τα χαρακτηριστικά έχουν «εκ των προτέρων ορατότητα» με τιμή περίπου,  $u = 1$  τότε σημαίνει ότι είναι προσανατολισμένα προς τον πλοηγούμενο, και ορατά αρκετά νωρίς, ακόμα και από τον προηγούμενο κόμβο. Η τιμή της προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$u = c * o$$

Η δυσκολία στην μεθοδολογία που περιγράφηκε είναι ο προσδιορισμός της περιοχής ορατότητας του κάθε χαρακτηριστικού. Ύστερα, βάσει του σχήματος του οπτικού πεδίου, εφαρμόζεται ο κατάλληλος αλγόριθμος (sweep – line algorithm) για τον υπολογισμό της «κάλυψης της διαδρομής» και για τον υπολογισμό «του προσανατολισμού του χαρακτηριστικού», ο κανόνας του δεξιού χεριού.

## 3.2 Προσδιορισμός «βαρών» στα ορόσημα

Περαιτέρω μελέτες ερευνούν πώς το κάθε ορόσημο ξεχωριστά, αποκτά «βάρος» με συγκεκριμένες μετρήσεις ποιότητας και πώς αυτό μπορεί να επιβραδύνει ή να επισπεύσει τη διαδικασία της πλοήγησης. Το «βάρος» αυτό προσδιορίζεται όχι μόνο από τη σχέση του οροσήμου με τον πλοηγούμενο αλλά και από την αλληλεξάρτησή του με την επιλεγμένη διαδρομή. Δηλαδή, τον προσανατολισμό που έχει σε σχέση με την φορά κίνησης του ατόμου, άρα κατά πόσο και από ποια πλευρά είναι ορατό, καθώς και την απόσταση του από πιθανό σημείο στροφής. Προηγούμενες έρευνες απέδειξαν ότι ο προσανατολισμός του ταξιδιώτη είναι εξαρτώμενος από την διαδρομή που διανύει. Ειδικότερα, η κατεύθυνση του κεφαλιού του, και άρα το οπτικό του πεδίο, είναι ευθυγραμμισμένο με την διανυόμενη διαδρομή (Steck & Mallot, 1997). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ορόσημα που βρίσκονται μπροστά από τον ταξιδιώτη να έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να χρησιμοποιηθούν σαν «ορόσημα αναφοράς» από αυτά που βρίσκονται πίσω του (Zimmermann & Freska, 1996).

### 3.2.1 Landmark Spider: σχετική θέση οροσήμου – κόμβου – πλοηγούμενου

Η μέθοδος «Landmark Spider» είναι μία πρώτη προσέγγιση για την ενσωμάτωση των οροσήμων στην διαδικασία της πλοήγησης (D. Caduff & S. Timpf, 2005). Αναλύει σε θεωρητική βάση τη διμερή σχέση που ορίζεται από τον πλοηγούμενο και το κάθε ορόσημο στα σημεία λήψης αποφάσεων. Για την απλοποίηση αυτής της διμερούς σχέσης τα ορόσημα

παρουσιάστηκαν ως σημειακά αντικείμενα και η συσχέτιση των πλοηγούμενων με αυτά αφορούσε μόνο τη μεταξύ τους απόσταση και τον προσανατολισμό.

Για τον υπολογισμό της βέλτιστης διαδρομής, επιλέχθηκε η «σαφέστερη» ανάμεσα από ένα δίκτυο εναλλακτικών διαδρομών, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις «έμφυτες» χωρικές ιδιότητες του κάθε ορόσημου. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν μια αναθεωρημένη έκδοση του αλγόριθμου Dijkstra, ο οποίος εντοπίζει το μονοπάτι με το μικρότερο «κόστος» (ή βάρος), μεταξύ του σημείου εκκίνησης και όλων των επερχόμενων κόμβων, μέχρι το σημείο τερματισμού. Όταν επισκεφτούν όλοι οι κόμβοι και υπολογιστεί το άθροισμα των βαρών των επιμέρους διαδρομών, η διαδικασία ολοκληρώνεται. Η θέση των οροσήμων σε κάθε κόμβο και ο προσανατολισμός τους ως προς τον ταξιδιώτη είναι οι μόνοι παράγοντες που διαμορφώνουν το αποτέλεσμα, δεν υπεισέρχονται μετρήσεις αποστάσεων.

Στη μέθοδο «Landmark Spider» τα βάρη που αποδόθηκαν στα ορόσημα, είναι στην ουσία το άθροισμα των παραγόντων που ορίζουν τη διμερή σχέση ταξιδιώτη - οροσήμου. Αυτά είναι: η απόσταση του οροσήμου από τον κόμβο (δηλαδή από τη θέση του πλοηγούμενου), ο προσανατολισμός του πλοηγούμενου σε σχέση με το ορόσημο και τέλος η κυριότητα του ίδιου του οροσήμου, εκφρασμένη αριθμητικά. Συμπεριλαμβάνονται ακόμα τρεις παράμετροι που εκφράζουν τις προσωπικές προτιμήσεις του χρήστη. Το βάρος λοιπόν του κάθε οροσήμου προσδιορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$w_i = a \times Distance + b \times Orientation + c \times Saliency$$

### 3.2.2 Ενσωμάτωση οροσήμων με μετρήσεις ποιότητας

Μια άλλη έρευνα για την ανάδειξη της σημαντικότητας των οροσήμων και την ενσωμάτωση τους στη διαδικασία της πλοήγησης έγινε από την B. Elias και την M. Sester (2005).

Οι περισσότερες φορητές συσκευές πλοήγησης της εποχής βασίζονταν στο διαθέσιμο οδικό δίκτυο για την εύρεση της συντομότερης διαδρομής. Μελέτες όμως έχουν δείξει ότι ο άνθρωπος κατά την πλοήγησή του προτιμάει την χρήση οροσήμων και επίσης λαμβάνει υπ' όψιν του παράγοντες όπως ο ελάχιστος χρόνος και οι λιγότερες στροφές. Έγινε προσπάθεια λοιπόν να μειωθεί ο όγκος των «λεκτικών» οδηγιών και η περιπλοκότητα της περιγραφής με σκοπό να διευκολυνθεί το πλοηγούμενο άτομο. Για το λόγο αυτό διεξήχθη ένα πολύ ενδιαφέρον πείραμα στο οποίο ενσωματώθηκαν ορόσημα και μετρήσεις ποιότητας, στη διαδικασία της πλοήγησης, που αφορούσαν στην εύρεση της βέλτιστης διαδρομής μεταξύ πολλαπλών εναλλακτικών διαδρομών. Για να απλουστευθεί η διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν τα κτίρια ως μοναδικό είδος οροσήμων. Οι μετρήσεις ποιότητας αφορούσαν στην ποιότητα των οροσήμων ως αντικείμενα, στην αλληλεξάρτησή τους με τη διαδρομή (όσον αφορά την ορατότητα), και τέλος στην ποιότητα του κάθε οροσήμου σε σχέση με μια στροφή. Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων, αποδόθηκαν αντίστοιχα βάρη στα ορόσημα. Επίσης οι εναλλακτικές διαδρομές παρουσιάστηκαν με τη μορφή διαγράμματος που αποτελείτο από διανύσματα και κόμβους. Σε κάθε κόμβο υπήρχαν παραπάνω από ένα ορόσημα μεταξύ των οποίων μπορούσε να επιλέξει ο χρήστης. Στη συνέχεια, έγινε προσπάθεια μοντελοποίησης όλων των αποστάσεων και των βαρών των οροσήμων, με την μετατροπή τους σε δευτερόλεπτα (χρονική καθυστέρηση), όπως για παράδειγμα πόση ώρα διένυσε ένα άτομο για να καλύψει μια μετρημένη απόσταση αλλά και πόση ώρα διήρκεσε μια πιθανή στάση για επαναπροσδιορισμό της θέσης του, ή αναζήτηση του οροσήμου. Τέλος, με

τη χρήση του αλγόριθμου Dijkstra, ο οποίος συνεχίζει να «τρέχει» έως ότου υπολογιστούν όλες οι πιθανές διαδρομές από όλα τα άκρα του διαγράμματος και διαμέσου όλων των κόμβων, υπολογίστηκε η βέλτιστη διαδρομή. Πρέπει να τονιστεί πως σε καμία περίπτωση δεν υπολογίστηκαν αποστάσεις (σε μονάδες μήκους) για τη λειτουργία του αλγορίθμου.

Η σημαντικότητα αυτού του πειράματος έγκειται στην ικανότητά του να παρουσιάσει ένα ενοποιημένο, μετρητικό αποτέλεσμα που συνδυάζει τις δύο σημαντικότερες μεταβλητές που υπεισέρχονται στο «πρόβλημα» της πλοήγησης με τη χρήση των οροσήμων, τη συντομότερη διαδρομή σε συνδυασμό με την ποιότητα των εναλλακτικών, διαθέσιμων οροσήμων.

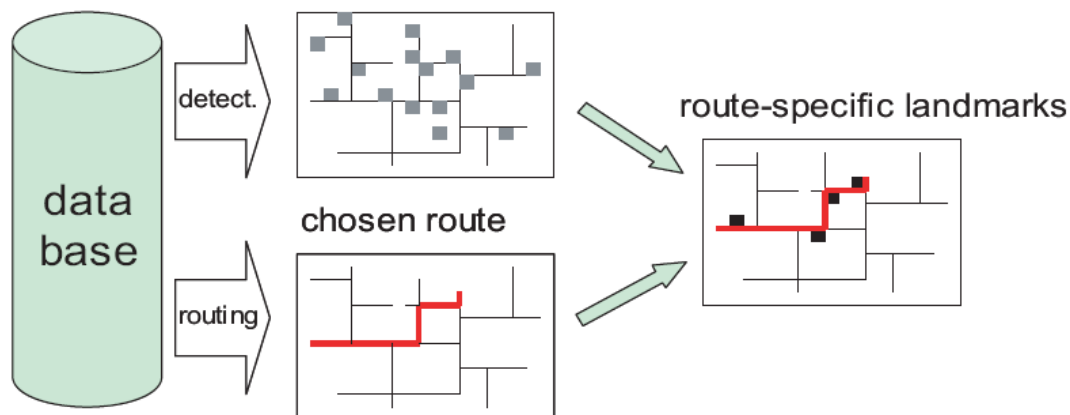
## 4 Εντοπισμός και άντληση οροσήμων

### 4.1 Επιλογή οροσήμων

Γεννάται λοιπόν το ερώτημα για το ποια είναι τα εναλλακτικά διαθέσιμα ορόσημα, πού θα εντοπισθούν και τέλος πώς θα προκύψουν αυτά που θα συμπεριληφθούν στην πλοήγηση και σε αυτά που θα αποκλεισθούν.

Ο προσδιορισμός των οροσήμων ολοκληρώνεται σε δύο διαφορετικά στάδια. Κατ' αρχάς, πραγματοποιείται ο εντοπισμός των πιθανών οροσήμων μέσα στις ψηφιακές βάσεις δεδομένων. Αναζητούνται αντικείμενα τα οποία πληρούν τις βασικές προϋποθέσεις του ορισμού των οροσήμων. Δηλαδή να διαθέτουν τα μοναδικά αυτά χαρακτηριστικά, σε σχέση πάντα με το γειτονικό τους περιβάλλον, που θα τους επιτρέπουν να είναι ευδιάκριτα, σαφή, κάνοντάς τα έτσι να ξεχωρίζουν. Στο πρώτο αυτό στάδιο, ο εντοπισμός των οροσήμων είναι τελείως ανεξάρτητος από την επιλεγμένη διαδρομή, καταλήγοντας με αυτόν τον τρόπο στη συλλογή όλων των υποψήφιων εναλλακτικών οροσήμων (B. Elias, 2003).

Στο δεύτερο στάδιο ερευνάται ποια από αυτά συσχετίζονται καλύτερα με την διαδρομή που έχει επιλεγεί. Εξετάζονται κριτήρια όπως η ορατότητα, η απόσταση από τη διαδρομή, ο προσανατολισμός, η μοναδικότητα και η αξιοπιστία του οροσήμου, για να αποφευχθεί η σύγχυση και η παραπλανητική καθοδήγηση λόγω ύπαρξης οροσήμων διαφορετικής σημασίας.



Εικόνα 4.1: Προσδιορισμός των οροσήμων (B. Elias, 2003).

### 4.2 Μέθοδοι ανίχνευσης οροσήμων (Data mining methods)

Η διαδικασία ανίχνευσης των πιθανών οροσήμων επιτυγχάνεται με την ανάλυση των υπάρχουσών βάσεων δεδομένων, με διαφορετικές μεθόδους άντλησης πληροφοριών (Data mining methods), με σκοπό την ανάδειξη «μοναδικών» αντικειμένων. Πρόκειται για αλγορίθμους, σχεδιασμένοι να αναλύουν, ή να εξάγουν δεδομένα και να τα ομαδοποιούν σε κατηγορίες, ταυτίζοντας τα πρώτα με συγκεκριμένα πρότυπα. Τα βασικότερα μοντέλα

άντλησης δεδομένων που χρησιμοποιούνται, είναι αθροιστικά, παλινδρόμησης και ταξινόμησης (Fayyad et al., 1996).

Οι μέθοδοι αυτές εφαρμόζονται σε πακέτα δεδομένων που αποτελούνται από το σύνολο των χαρακτηριστικών και των μεταξύ σχέσεων των αντικειμένων, μιας κατηγορίας. Για παράδειγμα, όταν πρόκειται για κτίρια, όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες για αυτά πρέπει να αναλυθούν. Αυτές μπορεί να αφορούν τη χρήση και τη λειτουργία τους, την γεωμετρία τους ως αντικείμενα, τον προσανατολισμό τους σε σχέση με το βορρά ή το οδικό δίκτυο, τη συσχέτιση τους με τα περιβάλλοντα αντικείμενα (τοπολογία της περιοχής).

Οι αλγόριθμοι για την ανίχνευση των δεδομένων (εδώ, οροσήμων) μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, σχετικά με την αρχή της λειτουργίας τους:

- **Μάθηση από παραδείγματα (επιβλεπόμενη μάθηση):** Χρειάζεται ένα σύνολο ταξινομημένων παραδειγμάτων και αντί-παραδειγμάτων με σκοπό να ταξινομήσει τα άγνωστα παραδείγματα. Η μέθοδος αυτή ασχολείται με πλήρη και ονομαστικά σύνολα δεδομένων τα οποία χωρίζει σε επιμέρους ομογενή σύνολα, μέσα από τη σύγκριση κάποιων χαρακτηριστικών (Koperski et al., 1996). Προεκτάσεις του αλγορίθμου αυτού επιτρέπουν επίσης την μεταχείριση ποσοτικών χαρακτηριστικών
- **Μάθηση από παρατήρηση (μη επιβλεπόμενη μάθηση):** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι αλγόριθμοι ομαδοποίησης οι οποίοι χωρίζουν τα παραδείγματα σε φυσικές ομάδες με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Η Β. Elias. (2003) αναζητώντας ορόσημα ανάμεσα σε κτίρια, χρησιμοποίησε τον αλγόριθμο Cobweb, που είναι ένας αλγόριθμος «ιεραρχικής ομαδοποίησης» και άρα μη επιβλεπόμενη μέθοδος μάθησης. Στη συνέχεια, για κάθε πιθανό σημείο λήψης αποφάσεων της προεπιλεγμένης διαδρομής, οριοθετήθηκε το τοπικό περιβάλλον μέσα στο οποίο θα διεξαχθεί η αναζήτηση για την τελική επιλογή οροσήμων, είτε καθορίζοντας τη μέγιστη απόσταση από τον κόμβο με τη μορφή κύκλου συγκεκριμένης ακτίνας, είτε διεξάγοντας ανάλυση ορατότητας 360 μοιρών. Όλα τα υπονήφια ορόσημα (πχ. κτίρια) που απαρτίζουν το τοπικό περιβάλλον που ήδη ορίστηκε, υπεισέρχονται στη διαδικασία άντλησης δεδομένων. Από τη μεταξύ τους σύγκριση, αναδεικνύονται τα αντικείμενα εκείνα που διαθέτουν ιδιαίτερα ή μοναδικά χαρακτηριστικά και διαφοροποιούνται έτσι από τον περίγυρό τους. Το αποτέλεσμα της μεθόδου, δίνει ένα, ή περισσότερα από ένα πιθανά ορόσημα για κάθε κόμβο. Είναι εξίσου πιθανό να μην βρεθεί κάποιο αντικείμενο που να πληροί τις προϋποθέσεις, οπότε δεν θα υπάρξει ορόσημο για το συγκεκριμένο κόμβο (B. Elias, 2003).

### 4.3 Ψηφιακά μοντέλα επιφάνειας και κτηματολογικοί χάρτες

Για την περάτωση του παραπάνω ελέγχου όμως, η γνώση από τις ψηφιακές βάσεις δεδομένων και τους δισδιάστατους χάρτες δεν είναι επαρκής. Αναζητείται λοιπόν ένα νέφος τρισδιάστατων σημείων (Point Cloud), ή ένα Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας (DSM), τα οποία αποτελούν προϊόντα σάρωσης με συστήματα laser. Ένα Point Cloud μπορεί να αφορά μικρές ή μεγάλες επιφάνειες, πχ. προσόψεις κτιρίων, ενώ ένα DSM ολόκληρες πόλεις ή αγροτικές εκτάσεις. Το DSM μπορεί να παραχθεί με εναέρια σάρωση και το Point Cloud με επίγεια (κατακόρυφη ή πλευρική) ανάλογα με τον σκοπό που πρόκειται να εξυπηρετήσει. Το DSM παρέχει υψομετρική πληροφορία, όχι όμως ευκρινή τρισδιάστατη αναπαράσταση του χώρου.

Παρόλο αυτά, προσφέρει μια καλή εκτίμηση για το ποια ορόσημα είναι ορατά, από το κάθε ζητούμενο σημείο λήψης αποφάσεων.

Επίσης, εξελίσσονται έρευνες σχετικά με την προσπάθεια εξαγωγής οροσήμων μέσα από τη μελέτη DSM αστικών περιοχών σε συνδυασμό με αεροφωτογραφίες και επίγειες φωτογραφίες. Μελλοντικά αυτό θα μπορεί να πραγματοποιείται μέσα από τρισδιάστατες ψηφιακές βάσεις δεδομένων αλλά και από ενημερωμένα ψηφιακά μοντέλα πόλεων.

Οι ψηφιακοί, διανυσματικοί κτηματολογικοί χάρτες απεικονίζουν κυρίως το οδικό δίκτυο, τα γεωτεμάχια (ιδιοκτησίες), τις χρήσεις γης και τα κτίρια. Έχουν μετρητική αξιοπιστία και μπορούν να συνεισφέρουν με τη σειρά τους στην διαδικασία προσδιορισμού οροσήμων παρέχοντας πληροφορίες πέρα από την γεωμετρία των αντικειμένων και εμπλουτίζοντας τα χαρακτηριστικά τους. Τέτοιες επιπλέον πληροφορίες είναι οι ακόλουθες (C. Brenner et al., 2003):

- Χρήση κτιρίου: δημόσιο, κατοικία, υπόγειο
- Χρήση γης: δημόσιες υπηρεσίες, οικιστικές περιοχές, βιομηχανικές ζώνες, πάρκα
- Πινακίδες κτιρίων: όνομα ή λειτουργία του κτιρίου (πχ. δημαρχείο, σχολείο)
- Συγκεκριμένα τμήματα κτιρίων με ξεχωριστή χρήση (πχ. οροφή): κήπος, χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων.

Όλα αυτά τα επιπλέον χαρακτηριστικά μπορούν να εισαχθούν σαν παράμετροι, στους αλγόριθμους άντλησης δεδομένων. Από την άλλη, ένα σημαντικό μειονέκτημα που παρουσιάζουν οι κτηματολογικοί χάρτες, είναι η έλλειψη υψομετρικής πληροφορίας του δομημένου (τεχνητού) περιβάλλοντος, που είναι όμως δυνατό να παρέχεται από τα συστήματα laser και τα DSM.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι βάσεις δεδομένων των φορητών δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης περιέχουν ολοένα και μεγαλύτερο αριθμό σημείων ενδιαφέροντος (Points Of Interest). Κατά κύριο λόγο πρόκειται για κτίρια, που εξυπηρετούν μια συγκεκριμένη λειτουργία, και χρησιμοποιούνται ως προορισμοί στους οποίους έχει τη δυνατότητα να οδηγηθεί ο χρήστης. Πιθανώς, πολλά από αυτά, είναι κατάλληλα να χρησιμεύσουν στη διαδικασία της πλοήγησης, παίζοντας τον ρόλο των οροσήμων, ύστερα από τις απαιτούμενες μετρήσεις ποιότητας και τον απαραίτητο έλεγχο ορατότητας.

## 5 Οπτικοποίηση των οροσήμων στα φορητά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης

---

### 5.1 Γενικά

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που απασχολεί τους χαρτογράφους, είναι η ενσωμάτωση και ο τρόπος οπτικοποίησης των οροσήμων στα υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης. Οι σχεδιαστικές αρχές που θα εφαρμοστούν πρέπει να έχουν ως κύριο στόχο τη μετάδοση της χωρικής πληροφορίας, που μεταφέρουν τα ορόσημα, με τον αμεσότερο και πιο κατανοητό τρόπο. Μερικοί επιστήμονες έχουν εξετάσει την επίδραση των οπτικών απεικονίσεων στις εφαρμογές πλοήγησης καταλήγοντας στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Ο Deakin το 1996 διεξήγαγε ένα πείραμα βασιζόμενος σε δύο διαφορετικούς τρόπους απεικόνισης των οροσήμων και εξέτασε τι επίπτωση είχε ο καθένας χωριστά στην διαδικασία της πλοήγησης. Στον πρώτο, αυτά παρουσιάστηκαν ως απλά γεωμετρικά σχήματα και στο δεύτερο ως συνηθισμένα σκίτσα. Υποτέθηκε ότι ο χρήστης θα αναγνώριζε και θα ερμήνευε άμεσα το νόημα των σκίτσων, ενώ θα τον δυσκόλευαν τα αφαιρετικά γεωμετρικά σύμβολα. Αντιθέτως, δεν εντοπίστηκε κάποια ιδιαίτερη προτίμηση ή διαφορά ανάμεσα στα δύο είδη.

Σε άλλη έρευνα (Pauzie et al., 1997) εξετάστηκαν δύο τύποι εικονογραφημένων σχεδίων, τα γενικά και τα ειδικευμένα κατά περίπτωση. Τα γενικά αφορούσαν τον ίδιο τρόπο απεικόνισης για κάθε κατηγορία (πχ. εκκλησίες, καταστήματα, πάρκα) και τα ειδικευμένα αναπαριστούσαν με ρεαλιστικό τρόπο το κάθε ορόσημο που βρίσκονταν στην επιλεγμένη διαδρομή. Η ανάλυση έδειξε ότι οι χρήστες προτιμούν μια γενική απεικόνιση για κάποιες κατηγορίες αντικειμένων (πχ. εκκλησίες, φαρμακεία, bars, γέφυρες) ενώ για άλλες (τράπεζες, supermarkets, fast foods) προτιμούν τις ρεαλιστικές απεικονίσεις. Η κύρια διαφορά οφείλεται στη χρήση λογότυπων (ή εμπορικών σημάτων), που αποτελούν άμεσα αναγνωρίσιμα γραφικά. Το γενικό συμπέρασμα της μελέτης ανέφερε ότι η αναγνώριση και η κατανόηση ενός οροσήμου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την οικειότητα του χρήστη προς αυτό (ανεξάρτητα από τα γενικά ή ειδικά χαρακτηριστικά της απεικόνισής του).

Διατυπώθηκε ακόμα μια νέα, για την εποχή, σχεδιαστική πρόταση που αφορούσε ένα πρωτότυπο τρόπο πλοήγησης, την οπτική πλοήγηση, χρησιμοποιώντας χάρτες πολυμέσων (Lee et al., 2001). Η εφαρμογή αυτή αντιστοιχίζε ρεαλιστικές φωτογραφίες των οροσήμων για κάθε διαφορετική προοπτική του χάρτη. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν πανοραμικές φωτογραφίες κόμβων και διαδοχικές λήψεις κατά μήκος των διαδρομών για την παροχή της οπτικής πληροφορίας. Η αξιολόγηση της μεθόδου αυτής έδειξε ότι οι φωτογραφίες των οροσήμων πρέπει να λαμβάνονται από την κατεύθυνση που αυτό προσεγγίζεται κάθε φορά και για να είναι αποτελεσματικές πρέπει να απεικονίζουν μόνο το ορόσημο και όχι γειτονικά αντικείμενα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρειάζονται πολλαπλές λήψεις για κάθε ορόσημο, πράγμα που συνεπάγεται μεγάλο όγκο εργασιών.



Της ίδιας φιλοσοφίας είναι η θεωρία που προτείνει την χρήση φωτογραφιών για την αναπαράσταση των οροσήμων, επειδή δεν χρειάζονται περαιτέρω διαδικασίες γενίκευσης (Radoczky 2003). Το πρόβλημα που προκύπτει εδώ, είναι η ανάγκη για συνέπεια ως προς το περιβάλλον, απαιτώντας διαφορετικές φωτογραφίες για κάθε εποχή του χρόνου αλλά και συνεχή ενημέρωση όταν κάποια δομική αλλαγή πραγματοποιείται στο αντικείμενο που χρησιμεύει ως ορόσημο.

Επιπλέον πληροφορίες για τον τρόπο που ερμηνεύουν οι χρήστες αυτό που βλέπουν, μας παρέχονται από τον κλάδο της ψυχολογίας, όπου επιστήμονες προβληματίστηκαν για το πώς αντιλαμβάνεται και επεξεργάζεται τις εικόνες ο ανθρώπινος νους. Οι δύο κυριότερες θεωρίες που ανέπτυξαν για την οπτική αναγνώριση των αντικειμένων είναι οι εξής:

- **Αναγνώριση βάσει της εικόνας.** Η θεωρία αυτή υποστηρίζει ότι αναγνωρίζουμε ένα αντικείμενο που βλέπουμε επειδή το αντιστοιχούμε σε κάποια εικόνα (στιγμιότυπο) αποθηκευμένη στη μνήμη μας.
- **Αναγνώριση βάσει της δομής.** Η θεωρία αυτή ακολουθεί τον ισχυρισμό ότι τα αντικείμενα αναλύονται από τον ανθρώπινο εγκέφαλο σε απλές τρισδιάστατες δομές και γεωμετρικές συσχετίσεις (Ware, 2004).

Οι Ryan and Schwartz (1956) εξέτασαν την ταχύτητα αντίληψης σχετικών λεπτομερειών σε διάφορες μορφές απεικόνισης. Οι τέσσερις βασικές τεχνικές εικονογράφησης που αναλύθηκαν ήταν φωτογραφίες των αντικειμένων, απλά σχέδια με γραμμές, σκίτσα, σκιασμένα σχέδια. Μετρώντας το χρόνο που χρειάστηκε για την κατανόηση των λεπτομερειών, διαπιστώθηκε ότι τα σκίτσα (cartoons) ήταν τα πιο γρήγορα αντιληπτά σχέδια, ενώ τα σχέδια με γραμμές, τα πιο αργά. Οι φωτογραφίες και τα σκιασμένα σχέδια ήταν περίπου ίσης σημαντικότητας και βρίσκονταν κάπου ενδιάμεσα στην κατάταξη.

Συνεπώς, είναι κοινώς αποδεκτό ότι ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται και επεξεργάζεται την πληροφορία πιο γρήγορα, όταν αυτή μεταδίδεται με τη μορφή συμβόλων παρά με γραπτό κείμενο. Οι εικονογραφήσεις περιέχουν συμπυκνωμένη πληροφορία, πράγμα που καθιστά επιθυμητή τη χρήση τους, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπως αυτή που εξετάζουμε, όπου η περιορισμένης ανάλυσης οθόνη των φορητών συσκευών πλοήγησης είναι κύριος περιοριστικός παράγοντας για τη μετάδοσή της. Είναι απαραίτητο όμως, να προβάλλονται μόνο τα ουσιώδη χαρακτηριστικά των αντικειμένων διότι πλεονάζουσα λεπτομέρεια μπορεί να επιφέρει ασάφεια και σύγχυση.

## 5.2 Τεχνικές απεικόνισης των οροσήμων

Μέχρι σήμερα, έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές σχεδιασμού των οροσήμων. Οι περισσότερες από αυτές εστιάζουν στον τρόπο απεικόνισης των κτιρίων. Αυτό συμβαίνει διότι από όλα τα αντικείμενα που πιθανώς να χρησιμεύσουν ως ορόσημα σε μια κοινή διαδικασία πλοήγησης, το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 50%) κατέχουν τα κτίρια (B. Elias et al., 2005).

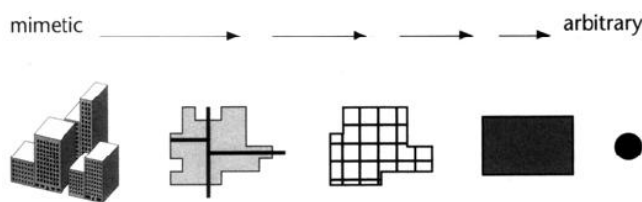
Μια τεχνική που έχει ήδη εφαρμοστεί, χρησιμοποιεί μη φωτορεαλιστικές εικόνες κτιρίων, που έχουν παραχθεί με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών, για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων πόλεων και την απεικόνισή τους με τη μορφή κόμικς (Döllner et al., 2005). Το συγκεκριμένο είδος σχεδιασμού απαντάται ευρέως σε τουριστικούς χάρτες

(συνήθως για ιστορικά κέντρα πόλεων) όπου τα σημαντικά τουριστικά αξιοθέατα και μνημεία απεικονίζονται ως 3D αναπαραστάσεις σε 2D υπόβαθρο.

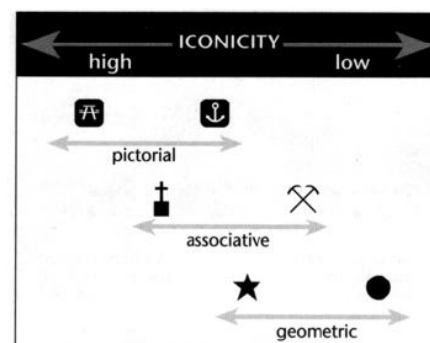


Εικόνα 5.1: Τουριστικός χάρτης με 3D τουριστικά αξιοθέατα (B. Elias et al., 2005).

Σε διαφορετική χαρτογραφική τεχνική, προτείνεται η αντικατάσταση των πρωτότυπων αντικειμένων από σύμβολα, το ύφος των οποίων μπορεί να ποικίλει από πολύ συγκεκριμένο (πχ. 3D σκίτσο ενός κτιρίου), σε αφαιρετικό (πχ. μια κουκίδα). Στην περίπτωση των σημειακών συμβόλων, πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να απεικονιστούν. Η εικονικότητά (αναγνωρισιμότητά) τους είναι πολύ μεγάλη αν πρόκειται για εικονογραφημένα σύμβολα και πολύ μικρή όταν πρόκειται για αφηρημένα γεωμετρικά σημεία (MacEachren 1995). Για τον λόγο αυτό, τα λογότυπα γνωστών αλυσίδων καταστημάτων, που είναι άμεσα αναγνωρίσιμα, μπορούν να χαρακτηριστούν ως εικονογραφημένα σημειακά σύμβολα και να αναπαραστήσουν συγκεκριμένα ορόσημα (B. Elias et al., 2005).



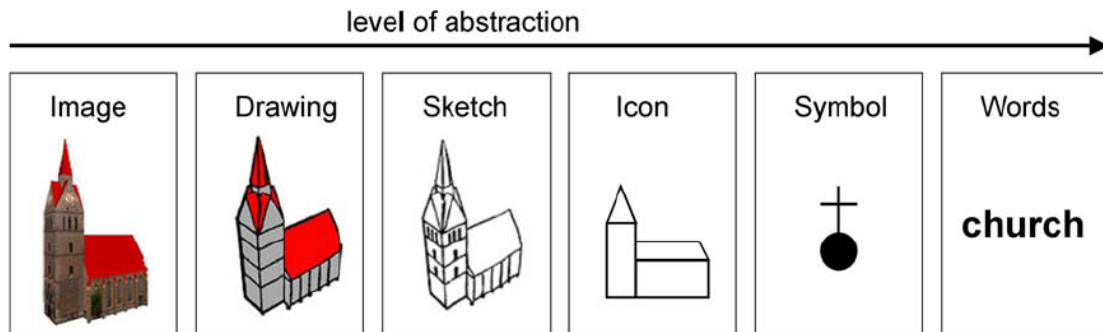
Εικόνα 5.2: Το συνεχές από μιμητικό σε αυθαίρετο, για τα σύμβολα του χάρτη (MacEachren 1995).



Εικόνα 5.3: Αφαιρετικότητα των σημειακών συμβόλων (MacEachren, 1995).

Μερικές φορές, ειδικά όταν πρόκειται για κτίριο ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής και μεγέθους (πχ. μουσείο, κοινοβούλιο) αρκεί ένα σκίτσο με το περίγραμμα (τη σιλουέτα) του για να καταλάβουμε τη λειτουργία του. Σε γενική βάση όμως, λεπτομέρειες που έχουν να κάνουν με το πώς αυτό εμφανίζεται στο ρεαλιστικό περιβάλλον δεν έχουν καμία σημασία για το σχεδιασμό του αντίστοιχου οροσήμου.

Όλοι οι παραπάνω διαφορετικοί τρόποι απεικόνισης των οροσήμων, συγκροτούν τα διάφορα επίπεδα αφαιρετικότητας που συναντάμε στο σχεδιασμό. Διακρίνεται η προοδευτική μετάβαση από μια ρεαλιστική εικόνα σε ένα σημειακό σύμβολο και τέλος σε απλή λεκτική περιγραφή (B. Elias et al., 2005).



Εικόνα 5.4: Επίπεδο αφαιρετικότητας για την οπτικοποίηση (B. Elias et al., 2005).

Η πρόκληση για τους χαρτογράφους επομένως, είναι η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής απεικόνισης ανάλογα με το είδος του οροσήμου (πχ. κτίριο → εκκλησία, ή κτίριο → πρατήριο καυσίμων) λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπ' όψιν τους οποιουσδήποτε σχεδιαστικούς περιορισμούς. Οι κοινές παραδοχές της χαρτογραφίας που αφορούν την σχεδίαση (πχ. οπτικές μεταβλητές), η ανάγκη για χαρτογραφική γενίκευση, η περιορισμένου μεγέθους και μικρής ανάλυσης οθόνη των φορητών συσκευών πλοήγησης επιδρούν με τη σειρά τους στην οπτικοποίηση των οροσήμων.

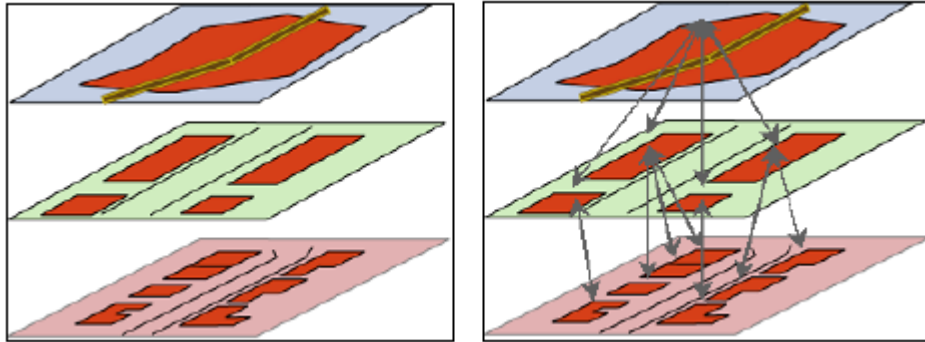
### 5.3 Οι πολλαπλής ανάλυσης βάσεις δεδομένων

Οι αδυναμίες που παρουσιάζουν οι φορητές συσκευές πλοήγησης οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μέγεθός τους. Η μικρής ανάλυσης οθόνη τους και η περιορισμένη χωρητικότητά τους σε όγκο δεδομένων, είναι οι κύριες διαφορές τους από τους συμβατικούς (τυπωμένους) χάρτες, με αποτέλεσμα οι κανόνες της χαρτογραφίας για την απεικόνιση της χωρικής πληροφορίας να μην μπορούν να υιοθετηθούν εδώ. Για τον λόγο αυτό γίνεται προσπάθεια για την δημιουργία «εξατομικευμένων» χαρτών, που παρέχουν πληροφορίες επιλεκτικά, ανάλογα με τις προτιμήσεις και τις απαιτήσεις του κάθε χρήστη. Έτσι θα δίνεται έμφαση σε ορισμένα αντικείμενα, και θα παραλείπονται άλλα που δεν ενδιαφέρουν το χρήστη. Κάτι τέτοιο όμως, επιφέρει την ανάγκη για γενίκευση σε «πραγματικό χρόνο», διαδικασία περίπλοκη και χρονοβόρα που δεν έχει να κάνει μόνο με την επιλογή και των αποκλεισμό αντικειμένων, αλλά και με την απλοποίηση γεωμετριών, ενίσχυση άλλων, συγχώνευση δεδομένων κλπ. Η χρήση των Πολλαπλής Ανάλυσης (Απεικόνισης) Βάσεων Δεδομένων συνεισφέρει κατά πολύ στη μείωση του προβλήματος αυτού.

Οι Πολλαπλής Ανάλυσης (Απεικόνισης) Βάσεις Δεδομένων (MRDB) μπορούν να περιγραφούν ως χωρικές βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση οντοτήτων του «πραγματικού κόσμου» σε διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας, λεπτομέρειας και ανάλυσης (Devolege et al., 1996, Weibbel & Dutton, 1999). Δύο είναι τα γνωρίσματα που χαρακτηρίζουν μια MRDB:

- Διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας (LoD) αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων.
- Τα αντικείμενα που βρίσκονται στα διαφορετικά επίπεδα συνδέονται μεταξύ τους.

Δύο αντικείμενα αντιστοιχίζονται όταν αναπαριστούν το ίδιο φαινόμενο του «πραγματικού κόσμου». Τα αντικείμενα αυτά είναι ρητά συνδεδεμένα μέσα στην MRDB. Οι σύνδεσμοί αυτοί αξιοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη για αλλαγή στον τρόπο εμφάνισης ενός αντικειμένου ή όταν χρειάζεται να αναζητήσουμε πιο λεπτομερείς πληροφορίες για το αντικείμενο αυτό, σε άλλες κλίμακες (B. Elias, M. Hampe, M. Sester, 2005). Η δυνατότητα να έχουμε πρόσβαση σε πολλά επίπεδα λεπτομέρειας ταυτόχρονα, αποτελεί και το σημαντικότερο πλεονέκτημα των MRDB.



Εικόνα 5.5: Χαρακτηριστικά μιας MRDB: Αποθηκεύει πολλαπλές αναπαραστάσεις (αριστερά), συνδέει αντίστοιχα αντικείμενα (δεξιά) (M. Hampe et al., 2004).

Η δομή και η λειτουργία των MRDB περιγράφονται αναλυτικά στην έρευνα των Mark Hampe, Karl Anders και Monika Sester (2003).

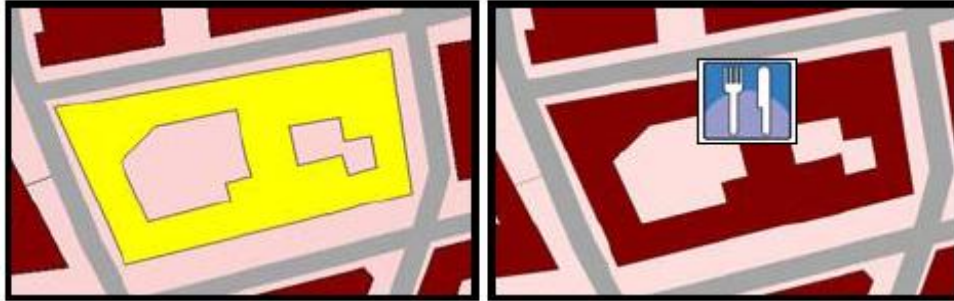
Η έννοια των MRDB συναντάται για πρώτη φορά στο πρόγραμμα GIMODIG (Geospatial Info Mobility Service by real time Data Integration and Generalization) όπου χρησιμοποιήθηκαν για την αποθήκευση διαφόρων επιπέδων ανάλυσης, τοπογραφικών δεδομένων. Το πρόγραμμα αυτό έχει ως πρωταρχικό στόχο την παροχή ενοποιημένης τοπογραφικής πληροφορίας με επιπλέον δεδομένα όπως σημεία ενδιαφέροντος ή ορόσημα. Απευθύνεται σε χρήστες που ταξιδεύουν μέσα στα σύνορα της Ευρώπης, χρησιμοποιώντας φορητές συσκευές για την πλοήγησή τους, και που θέλουν να έχουν πρόσβαση σε on-line πληροφορίες για το περιβάλλον που βρίσκονται ανά πάσα στιγμή, έχοντας ταυτόχρονα την ευελιξία για επιλογή ή απόρριψη πλεονάζουσας πληροφορίας (Nissen et al., 2003).

Τα πεδία όπου εφαρμόζονται οι MRDB, αφορούν μεταξύ άλλων, τη δημιουργία χαρτών μεταβλητής κλίμακας (variable scale maps) και τον τρόπο απεικόνισης των οροσήμεων και των σημείων ενδιαφέροντος (POIs) στους χάρτες των φορητών δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης (M. Hampe, M. Sester και L. Harrie (2004).

### 5.3.1 Έμφαση στα ορόσημα και στα σημεία ενδιαφέροντος

Στους χάρτες γενικής χρήσης, που εξυπηρετούν το μεγαλύτερο αριθμό των ανθρώπων, επικρατεί η βασική αρχή σύμφωνα με την οποία, όμοια αντικείμενα, απεικονίζονται με όμοιο τρόπο (Hake et al., 2002). Το πλεονέκτημα των μη τυπωμένων (ψηφιακών) χαρτών είναι ότι μπορούν να λαμβάνουν υπ' όψιν τους τις προτιμήσεις των χρηστών. Για παράδειγμα, το πλοηγούμενο άτομο μπορεί να αναζητά συγκεκριμένα ορόσημα για την επιβεβαίωση της θέσης του ή να κατευθύνεται προς κάποια σημεία ενδιαφέροντος.

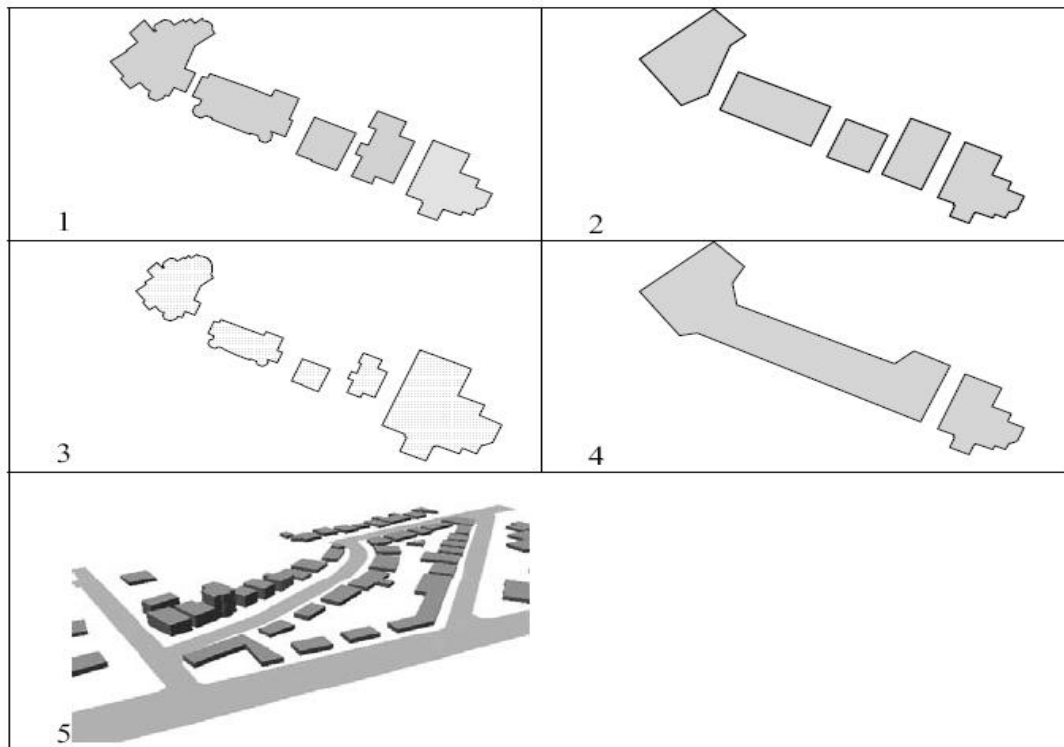
Για τον τρόπο απεικόνισης των οροσήμων έχουν ήδη διατυπωθεί αρκετές θεωρίες. Σε μικρή κλίμακα όμως τα αντικείμενα παρουσιάζονται γενικευμένα, συναθροίζονται, χάνουν το αρχικό τους μέγεθος και σχήμα με αποτέλεσμα να μην μπορεί ο χρήστης να τα εντοπίσει ως μεμονωμένες οντότητες και να βασιστεί σε αυτά για τον προσανατολισμό του.



Εικόνα 5.6: Έμφαση σε POI με τη χρήση χρώματος (αριστερά) ή συμβόλου (δεξιά) (M. Hampre et al., 2004).

Μια συνήθης μεθοδολογία για να τονίσουμε σημαντικά αντικείμενα, όπως τα ορόσημα, χρησιμοποιώντας οπτικές μεταβλητές ή λειτουργίες γενίκευσης, είναι η εξής (M. Sester, 2002):

1. Χρησιμοποιούμε χρώμα για δώσουμε έμφαση στο αντικείμενο – ορόσημο.
2. Απλοποιούμε τα αντικείμενα που απαρτίζουν το υποβάθρο, διατηρώντας το ορόσημο στο αρχικό σχήμα του.
3. Μεγεθύνουμε το ορόσημο και μειώνουμε το μέγεθος των αντικειμένων του υποβάθρου.
4. Συγχωνεύουμε τα υπόλοιπα αντικείμενα, αφήνοντας το ορόσημο χωριστά.
5. Δίνουμε ύψος στο ορόσημο και παρουσιάζουμε τα αντικείμενα του υποβάθρου με χαμηλότερα ύψη που διαδοχικά μειώνονται ανάλογα με την απομάκρυνση.

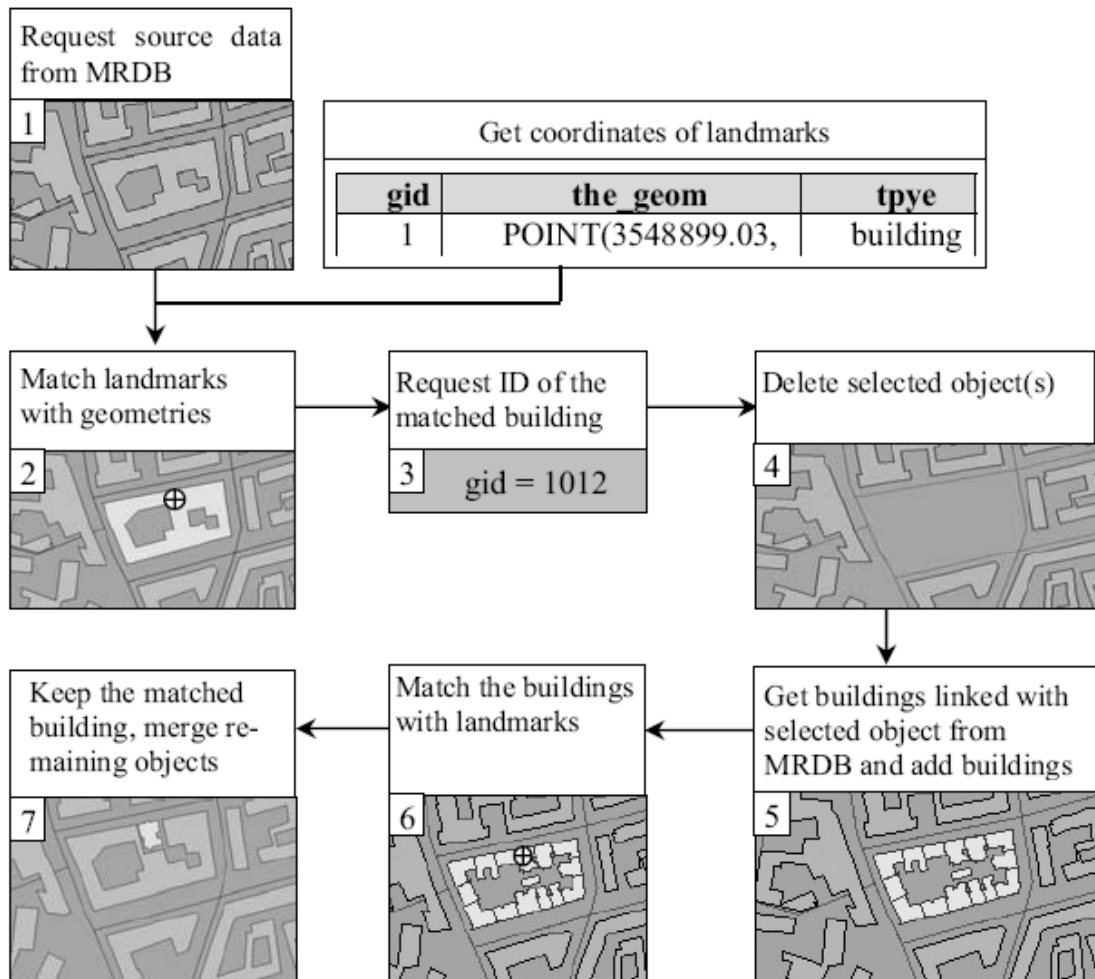


Εικόνα 5.7: Οπτικοποίηση με διάφορες εναλλακτικές για την ενίσχυση μεμονομένων αντικειμένων: χρήση χρώματος, απλοποίηση αντικειμένων φόντου, μεγέθυνση αντικειμένου – οροσήμου, γενίκευση αντικειμένων φόντου, χρήση ύψους ως ένδειξη σημαντικότητας (M. Sester, 2002).

Οι παραπάνω οπτικοποιήσεις μπορούν να παραχθούν μέσα από απλές διαδικασίες γενίκευσης. Εφόσον οι διαδικασίες αυτές εφαρμόζονται σε μικρό αριθμό αντικειμένων που περιβάλλουν το ορόσημο, μπορούν να εκτελεστούν γρήγορα και σε συνθήκες «πραγματικού χρόνου» (M. Sester, 2000).

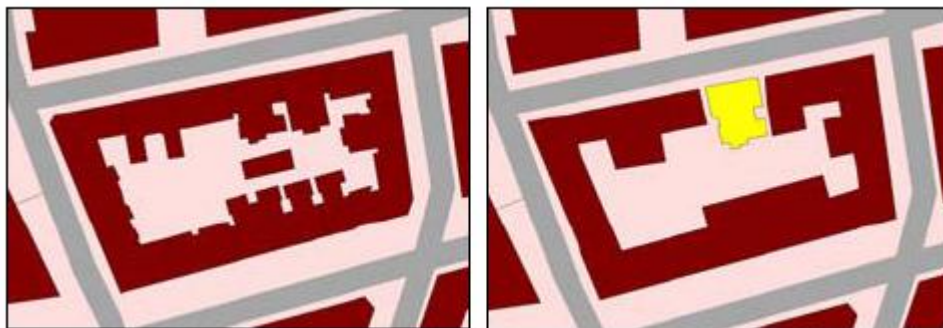
### 5.3.2 Έμφαση στα ορόσημα και στα σημεία ενδιαφέροντος με MRDB

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στις MRDB μπορούν να αποθηκευτούν και να συνδεθούν διαφορετικές «απόψεις» του ίδιου αντικειμένου ή φαινομένου. Στην περίπτωση των οροσήμων, η διαδικασία που ακολουθείται (πολύ συνοπτικά) είναι η εξής: Το ορόσημο αντιστοιχίζεται με την πραγματική του απεικόνιση στο χάρτη, στην κλίμακα που επιθυμούμε και με την χρήση συντεταγμένων υποδεικνύεται η ακριβής θέση του. Χρησιμοποιώντας τους συνδέσμους της MRDB, το ζητούμενο ορόσημο αντικαθίσταται από την απεικόνιση του, στο μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας. Τα υπόλοιπα αντικείμενα, που δεν ταιριάζουν με το ορόσημο, μπορούν να παρουσιαστούν σε μικρότερο επίπεδο λεπτομέρειας από αυτό.



Εικόνα 5.8: Ροή εργασιών για την οπτικοποίηση οροσέμων χρησιμοποιώντας το αρχικό σχήμα των κτιρίων (B. Elias et al., 2004).

Γίνεται δυνατό με τον τρόπο αυτό να επιτευχθεί μια λεπτομερής περιγραφή και αναπαράσταση των αντικειμένων που μας ενδιαφέρουν και συγχρόνως, μια γενικευμένη απεικόνιση της εναπομένουσας χωρικής πληροφορίας, που είναι επαρκής όμως για την επιλεγμένη κλίμακα και την ανάλυση της οθόνης της εκάστοτε φορητής συσκευής πλοήγησης.



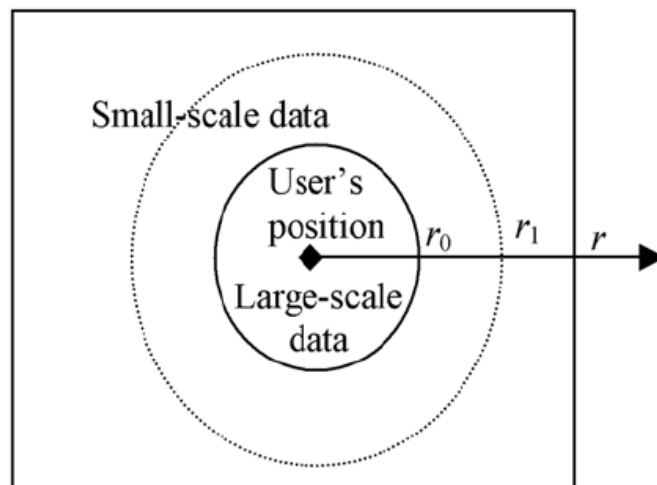
Εικόνα 5.9: Έμφαση σε POI με τη χρήση MRDB: Μη γενικευμένα κτίρια (αριστερά). POI σε πλήρως λεπτομερή μορφή, επανα-γενίκευση των υπόλοιπων κτιρίων (M. Hampe et al., 2004).

Τέλος, το κύριο όφελος που προκύπτει από τη χρήση των MRDB στα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης, είναι ότι εξαλείφεται η ανάγκη για αποθήκευση όλων των δεδομένων σε μια φορητή συσκευή, ενώ ταυτόχρονα ο κάθε χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε όλα τα διαθέσιμα δεδομένα που εμπεριέχονται στη βάση δεδομένων.

### 5.3.3 Χάρτες μεταβλητής κλίμακας και MRDB

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ένα από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι χρήστες των φορητών δορυφορικών συσκευών πλοήγησης είναι η μικρή ανάλυση της οθόνης τους και άρα η χαρτογραφική πληροφορία που θα απεικονίζεται ανάλογα με την κατάσταση. Πολλές φορές άλλωστε δημιουργείται η ανάγκη για λεπτομερή απεικόνιση της κοντινής, γύρω από το χρήστη, περιοχής και για γενικευμένη παρουσίαση της ευρύτερης περιοχής. Δηλαδή είναι απαραίτητη η ύπαρξη χαρτογραφικών δεδομένων μικρής και μεγάλης κλίμακας. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη δημιουργία χαρτών μεταβλητής κλίμακας.

Το βασικό χαρακτηριστικό ενός χάρτη μεταβλητής κλίμακας είναι ότι δεν χρησιμοποιεί ομοιόμορφη κλίμακα σε όλο το εύρος του χάρτη. Μέσα στον κυκλικό δακτύλιο που καθορίζεται από το κέντρο του χάρτη (που συμπίπτει με την θέση του πλοηγούμενου) και μία προκαθορισμένη ακτίνα  $r_0$  απεικονίζονται τα δεδομένα σε μεγάλη κλίμακα. Εξωτερικά του δακτυλίου, η κλίμακα μειώνεται ακολουθώντας ορισμένους κανόνες. Η λειτουργία και η δομή των χαρτών μεταβλητής κλίμακας αναφέρονται αναλυτικά στην μελέτη των L. Harrie, Tina Sarjakoski και L. Lehto (2002).



Εικόνα 5.10: Στον κυκλικό δακτύλιο (ακτίνας  $r_0$ ) απεικονίζονται μεγάλης κλίμακας δεδομένα με ενιαία κλίμακα. Στην περιοχή εξωτερικά του δακτυλίου απεικονίζονται δεδομένα μικρής κλίμακας, γενικευμένα (Harrie et al., 2003).

Το κύριο πρόβλημα που συναντάται κατά τη δημιουργία ενός τέτοιου χάρτη είναι το διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτείται στο κέντρο και στα άκρα της οθόνης. Εδώ φαίνεται για ακόμη μια φορά η χρησιμότητα των MRDB. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας του δεσμούς της MRDB αντικαθίστανται οι γενικευμένες δομημένες περιοχές από τα αντίστοιχα μεμονωμένα κτίρια που μας ενδιαφέρουν. Η δημιουργία του χάρτη ολοκληρώνεται με το μετασχηματισμό των συντεταγμένων. Η διαδικασία για την δημιουργία ενός χάρτη μεταβλητής κλίμακας είναι σχετικά σύντομη, αυτό που απαιτεί περισσότερο χρόνο είναι η on-line μεταφορά δεδομένων από τον κεντρικό server στον πελάτη (M. Hampe et al., 2004).





Εικόνα 5.11: Χάρτης μεταβλητής κλίμακας με τη χρήση MRDB (Harrie et al., 2003).

Τέλος, αξίζει να σημειωθούν τρία σημαντικά μειονεκτήματα αυτών των χαρτών:

1. Εφόσον δεν πρόκειται για σύμμορφες προβολές, δεν διατηρούνται οι γνωστές γεωμετρίες των αντικειμένων και δημιουργούνται επίσης γραμμικές και γωνιακές παραμορφώσεις.
2. Η διακριτή και απότομη μετάβαση από τη μία κλίμακα στην άλλη κατά μήκος του δακτυλίου, ιδίως όταν το ίδιο αντικείμενο βρίσκεται και στις δύο πλευρές, και πώς οι χρήστες θα επηρεάζονται από τέτοιες απεικονίσεις.
3. Η παραπάνω έρευνα (L. Harrie et al., 2002) αφορά μόνο διανυσματικούς χάρτες πράγμα που σημαίνει ότι αεροφωτογραφίες και κατ' επέκταση η οποιαδήποτε χωρική πληροφορία (πχ. ορόσημα) που εξάγεται από αυτές, δεν μπορεί να απεικονιστεί σε χάρτες μεταβλητής κλίμακας (τουλάχιστον μέχρι τη στιγμή που πραγματοποιήθηκε η μελέτη).

## 6 Συστήματα πλοήγησης: Ορόσημα και μέσο πλοήγησης

---

### 6.1 Γενικά

Οι γενικές ανάγκες των συστημάτων πλοήγησης διαμορφώνονται από διαφορετικούς, κάθε φορά, παράγοντες όπως οι ικανότητες του χρήστη, η εμπειρία του, το μέσο μετακίνησης, ο σκοπός της μετακίνησης, η ώρα της ημέρας κλπ (Elias and Hampe, 2003).

- Δεξιότητες και εμπειρία:
  - Εξοικείωση με χάρτες.
  - Γνώση του περιβάλλοντος.
  - Οικειότητα με τα χαρακτηριστικά του χάρτη (πχ. τυπικά σύμβολα για εκκλησίες κλπ.)
- Τρόπος κίνησης:
  - Αυτοκίνητο.
  - Ποδήλατο.
  - Πεζή.
- Σκοπός μετακίνησης:
  - Απ' ευθείας μετάβαση στον προορισμό (συντομότερη, γρηγορότερη διαδρομή).
  - Τουριστικός περίπατος (πιο γραφική διαδρομή, πιο εύκολη ή ασφαλής διαδρομή).
- Εξωτερικοί παράγοντες:
  - Ώρα αιχμής, κυκλοφοριακή συμφόρηση, πιθανά ατυχήματα, αργίες.
  - Περιορισμοί και απαγορεύσεις για το κάθε μέσο κίνησης ( πχ. πεζόδρομοι, ποδηλατοδρόμοι).
  - Ώρα ημέρας. (πχ. ορισμένα αντικείμενα δεν είναι ορατά στο σκοτάδι, ενώ άλλα αντανακλούν ή είναι φωτισμένα)
  - Εποχή. (πχ. περιορισμένη ορατότητα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω έξαρσης της βλάστησης, ομίχλη τα πρωινά του χειμώνα λόγω έντονης υγρασίας)

Οι πολλαπλές αυτές παράμετροι παίζουν σημαντικό ρόλο κατά το σχεδιασμό των λογισμικών για τις φορητές συσκευές πλοήγησης.

### 6.2 Διαφορετικό μέσο πλοήγησης απαιτεί χρήση διαφορετικών οροσήμων

Ο τρόπος μετακίνησης του πλοηγούμενου, επηρεάζει με τη σειρά του τα ορόσημα που θα χρησιμοποιήσει σε κάθε περίπτωση, διότι η ελευθερία της κίνησης του μέσα στο χώρο μεταβάλλεται κάθε φορά.

Αν το πλοηγούμενο άτομο μετακινείται με αυτοκίνητο σημαίνει ότι είναι «προσκολλημένο» στο οδικό δίκτυο. Η κίνησή του είναι εξαρτημένη από την οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση καθώς και από άλλους περιορισμούς (πχ. μονόδρομοι, πεζόδρομοι, αδιέξοδα). Επίσης το οπτικό του πεδίο είναι περιορισμένο από τη φορά κίνησης ενώ η υψηλή ταχύτητα επιβάλλει την λήψη γρήγορων αποφάσεων και δεν αφήνει πολλά περιθώρια για διεξοδική παρατήρηση του περιβάλλοντος ούτε για την μελέτη του χάρτη. Τέλος, κατά την οδήγηση, τα δύο χέρια πρέπει να είναι τοποθετημένα στο τιμόνι, γεγονός που δεν επιτρέπει την αλληλοεπίδραση με το σύστημα πλοήγησης. Για τους λόγους αυτούς οι οδηγοί αυτοκινήτων επιλέγουν κυρίως ορόσημα που είναι ορατά από μακρινή απόσταση, δεν απαιτείται πολύς χρόνος για την περιγραφή τους και βρίσκονται εκατέρωθεν του οδικού δικτύου, όπως φανάρια, διαβάσεις πεζών, πρατήρια καυσίμων (Burnett et al., 2001). Διαφημιστικές πινακίδες και επωνυμίες καταστημάτων, προσκολλημένες στα παράπλευρα κτίρια γίνονται πιο δύσκολα αντιληπτές (Mark Hampe και Birgit Elias, 2003).



Εικόνα 6.1: Σχέδιο πόλης (πάνω αριστερά). Επιλογή διαδρομών ανάλογα με το μέσο κίνησης: με αυτοκίνητο (πάνω δεξιά), με ποδήλατο (κάτω αριστερά), πεζή (κάτω δεξιά).

Οι ποδηλάτες συνήθως έχουν μεγαλύτερη ευελιξία στις κινήσεις τους και κατ' επέκταση περισσότερες δυνατές επιλογές. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα το οδικό δίκτυο και ποδηλατοδρόμους ή άλλα μονοπάτια, από την άλλη μεριά όμως δεν έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν σε αυτοκινητόδρομους. Η ταχύτητά τους είναι σαφώς μειωμένη σε σχέση με αυτή των αυτοκινήτων, άρα διαθέτουν περισσότερο χρόνο για τον προσανατολισμό τους και πιθανώς την αναζήτηση οροσήμων. Τέλος, το οπτικό τους πεδίο είναι διευρυμένο, αλλά η διαδραστικότητα τους με τη συσκευή πλοήγησης παραμένει περιορισμένη.

Οι πεζοί διαθέτουν τις περισσότερες εναλλακτικές αφού μπορούν να κινηθούν προς όλες τις κατευθύνσεις και οι μόνοι περιορισμοί θέτονται από φυσικά ή τεχνητά εμπόδια. Ωστόσο απαγορεύεται η κίνησή τους σε εθνικές οδούς και αυτοκινητοδρόμους. Παρόλο που το οπτικό τους πεδίο είναι προσανατολισμένο στη φορά της κίνησης, έχουν ανά πάσα στιγμή την ευχέρεια για επί τόπου στάση, περιστροφή και «εξερεύνηση» όλου του γύρω χώρου. Οι πεζοί

ταξιδεύουν με πολύ μικρή ταχύτητα, άρα αντιλαμβάνονται περισσότερες λεπτομέρειες του περιβάλλοντος και παρατηρούν αντικείμενα που βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις, που ενδεχομένως να μην γίνονταν αντιληπτά υπό άλλες συνθήκες κίνησης. Τέλος, κατά την αναζήτηση της σωστής διαδρομής, δείχνουν προτίμηση στη χρήση οροσήμων όπως πλατείες, κτίρια, καταστήματα, ονόματα δρόμων και πάρκα (P. Michon and M. Denis, 2001).

Αναλυτικότερα, οι γυναίκες συνηθίζουν να βασίζονται περισσότερο σε τρισδιάστατα αντικείμενα, όπως κτίρια και μνημεία, ενώ οι άντρες προτιμούν τα δισδιάστατα, όπως είναι οι δρόμοι και οι πλατείες (S. Fontaine and M. Denis, 1999). Η άποψη αυτή όμως έρχεται σε αντίθεση με μια μεταγενέστερη μελέτη (P. Michon and M. Denis, 2001) η οποία έδειξε ότι οι γυναίκες έχουν την τάση να επιλέγουν κυρίως δισδιάστατα ορόσημα σε αντίθεση με τους άντρες, ενώ δεν παρατηρήθηκε κάποια ιδιαίτερη διαφορά ως προς την προτίμηση των τρισδιάστατων οροσήμων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι αναγκαίο να προσαρμόσουμε την επιλογή των οροσήμων στον τρόπο κίνησης. Η καλή ορατότητα (η χρονική της διάρκεια) και γενικότερα η ποιότητα ενός οροσήμου δεν παραμένει αμετάβλητη. Σχετίζεται άμεσα από την από την κατεύθυνση και από την ταχύτητα με την οποία αυτό προσεγγίζεται. Για το λόγο αυτό, πρέπει όλοι οι παράμετροι να συνυπολογίζονται, για κάθε διαφορετικό σενάριο έτσι ώστε το σύστημα πλοήγησης να αναγγέλλει τις φωνητικές οδηγίες έγκαιρα, δίνοντας στον ταξιδιώτη επαρκή χρόνο να τις επεξεργαστεί και να αντιδράσει κατάλληλα.

### **6.2.1 Ελλείψεις συστημάτων πλοήγησης για τους πεζούς**

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην εποχή μας, οι πιο διαδεδομένες χαρτογραφικές εφαρμογές για τις φορητές συσκευές πλοήγησης, σχεδιάζονται με κύριο γνώμονα την πλοήγηση με αυτοκίνητο. Η χωρική συμπεριφορά των πεζών όμως, διαφοροποιείται από αυτή των οδηγών πράγμα που σημαίνει ότι οι κοινές παραδοχές που έχουν γίνει, δεν προσαρμόζονται στις ανάγκες τους.

Κατ' αρχάς, ο εντοπισμός της θέσης τους πρέπει να γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, η υπάρχουσα τεχνολογία φαίνεται να είναι ανεπαρκής, μιας και ο προσδιορισμός της θέσης μέσω των GPS είναι της τάξης των 5 - 30 μέτρων. Το πρόβλημα αυτό εντείνεται στις μεγαλουπόλεις, όπου η ύπαρξη ψηλών κτιρίων και των λεγόμενων «αστικών φαραγγιών» καθιστά δύσκολη την συνεχή επαφή με τους δορυφόρους. Επιπλέον, όταν οι πεζοί κινούνται σε υπόγειους σταθμούς, ή σε μεγάλα πολυκαταστήματα, ο εντοπισμός τους είναι τελείως αδύνατος (Alexandra Millonig and Katja Schechtner, 2005). Ιδιαίτερα για την τελευταία περίπτωση, η λύση αναζητείται σε συνδυασμένες μεθόδους που στοχεύουν στον τρισδιάστατο εντοπισμό με τη χρήση GPS, υποβοηθούμενο από το μεγαλύτερο παγκόσμιο ασύρματο δίκτυο τηλεπικοινωνιών, GSM, που επιτρέπει παράλληλα την αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω της υπηρεσίας GPRS.

Τα υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης καθοδηγούν το χρήστη μέσω φωνητικών εντολών οι οποίες βασίζονται σε μετρικές αποστάσεις. Η ικανότητα όμως των ανθρώπων να εκτιμούν αποστάσεις είναι μικρή και ποικίλει ανάλογα με την εμπειρία ή την ηλικία του κάθε ατόμου. Η απεικόνιση ορισμένων σημείων ενδιαφέροντος (POIs) είναι περισσότερο αφαιρετική και δεν φαίνεται να παρέχει κάποια ουσιαστική βοήθεια στην πλοήγηση των πεζών. Εδώ φαίνεται και η σημαντικότητα των οροσήμων.

Επίσης η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής δεν περιορίζεται από την επιλογή της συντομότερης ή της γρηγορότερης, όπως δηλαδή γίνεται κατά την πλοήγηση με αυτοκίνητο. Κριτήρια για την επιλογή αυτή είναι μεταξύ άλλων, η ασφάλεια, η άνεση, η ελκυστικότητα ενός τοπίου σε σχέση με άλλο.

Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι οι πεζοί τείνουν να αποφεύγουν τις πολύπλοκες διαδρομές με μεγάλο αριθμό σημείων αλλαγής κατεύθυνσης, παρόλο που μπορεί να είναι συντομότερες. Προτιμούν αυτές που είναι απλούστερες και με λιγότερα σημεία λήψης αποφάσεων, όντως διατεθειμένοι να διανύσουν μεγαλύτερες αποστάσεις (J. M. Wiener et al., 2004).

Η ανθρώπινη χωρική συμπεριφορά διαμορφώνεται από πολλούς παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, το κοινωνικό και πολιτιστικό υπόβαθρο (Millonig, 2005). Συνεπώς, οι άνθρωποι αναπτύσσουν διαφορετικές στρατηγικές για την επίλυση του προβλήματος της πλοήγησης. Γίνεται κατανοητό λοιπόν πως αποτελεί πρόκληση η κατασκευή ενός δικτύου βέλτιστων διαδρομών για πεζούς. Μια πιθανή λύση για την εύρεση των διαδρομών που προτιμά ποσοστό των ανθρώπων, μεγαλύτερο του μέσου όρου, είναι η παρατήρηση της «ροής» των πεζών με σκοπό να καταγραφούν τα πιο πολυσύχναστα μονοπάτια (Alexandra Millonig and Katja Schechtner, 2005).

## 7 Η δομική σπουδαιότητα των οροσλήμων στις οδηγίες πλοήγησης

---

### 7.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί γύρω από τα ορόσημα και που επισημαίνουν την αναγκαιότητα της χρήσης τους. Επίσης περιγράφηκαν συνοπτικά οι μέχρι τώρα έρευνες που αποδεικνύουν θεωρητικά είτε πρακτικά: την αποτελεσματικότητα των οροσλήμων ως μέσο πλοήγησης σε ένα ξένο περιβάλλον καθώς και την εμφανή προτίμησή τους από τους χρήστες, κριτήρια ποιότητας που πρέπει να θεσπιστούν για αυτά, τρόπους αυτόματης ή μη αναζήτησης αντικειμένων μέσα σε υπάρχουσες βάσεις δεδομένων και ψηφιακούς χάρτες για μελλοντική χρήση ως ορόσημα από τα λογισμικά πλοήγησης, βέλτιστες τεχνικές απεικόνισης των οροσλήμων κλπ.

Η ανάλυση της βιβλιογραφίας ωστόσο, πέρα από τις απαντήσεις που έδωσε σε πολλά ερωτήματα, δημιούργησε νέες απορίες και καλλιέργησε το έδαφος για περαιτέρω έρευνα. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας επιλέχτηκε να δοθεί έμφαση στη δομική σημασία των οροσλήμων, δείχνοντας μεγαλύτερο ενδιαφέρον και αναλύοντας εκτενέστερα σχετικές έρευνες και καταστρώνοντας τέλος ένα πείραμα, με σκοπό να εξετασθεί η σχετική θέση οροσλήμου – κόμβου – πλοηγούμενου και να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα.

### 7.2 Σχετική έρευνα

Οι A. Klippel και S. Winter (2005) συνοψίζουν τα συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί από τις έρευνες και τα πειράματα που αφορούν τα ορόσημα, και την ενσωμάτωση της χρήσης τους στα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης:

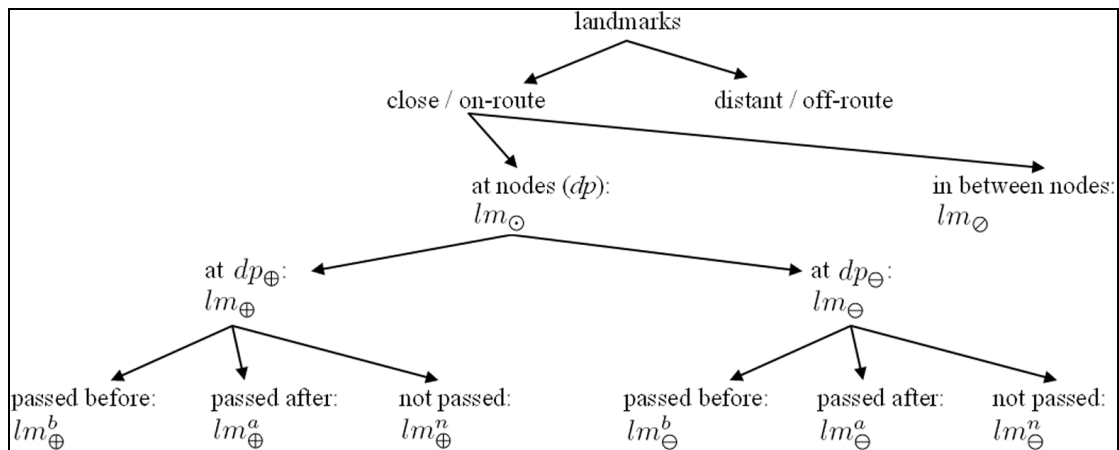
- Οτιδήποτε ξεχωρίζει μέσα σε ένα τοπίο, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ορόσημο (Presson et al., 1988).
- Κάτω από ορισμένες συνθήκες, όπως για παράδειγμα η πλοήγηση σε μια διαδρομή, ακόμα και οι διασταυρώσεις δρόμων μπορούν να χρησιμεύσουν ως ορόσημα.
- Τα ορόσημα είναι άμεσα συσχετιζόμενα και απαραίτητα για να «βρει κάποιος το δρόμο του».
- Τα ορόσημα γίνονται αντιληπτά γρήγορα και αποθηκεύονται στη μνήμη του ανθρώπου (Siegel et al., 1975).
- Τα ορόσημα χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της χωρικής πληροφορίας, λεκτικά και εικονικά (Denis, 1997).
- Τα ορόσημα ενσωματώνονται στις οδηγίες πλοήγησης σε διαφορετικό βαθμό, με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στην αρχή, στο τέλος και στα διάφορα σημεία «λήψης αποφάσεων» κατά μήκος μιας διαδρομής (Michon and Denis, 2001).

- Η χρήση των οροσήμων που βρίσκονται στις διασταυρώσεις οδών (σημεία λήψης αποφάσεων), είναι κυρίως αναγκαία, όταν απαιτείται αλλαγή κατεύθυνσης (Lee et al., 2003).
- Τα ορόσημα, γενικά, λειτουργούν πιο αποτελεσματικά από ότι οι ονομασίες δρόμων (Tom and Denis, 2003).

Έχει ήδη γίνει αναφορά στην ταξινόμηση των οροσήμων ανάλογα με την σπουδαιότητά τους (όπως διατυπώθηκε από τους M. Sorrows και S. Hirtle το 1999) που προκύπτει ως η συνισταμένη της οπτικής, της σημασιολογικής και της δομικής τους σημασίας. Επιπλέον, έγινε αναφορά και στη σχετική έρευνα που έχει γίνει (από τους Nothgger, S. Winter και M. Raubal το 2004) στη οποία παρουσιάστηκε ένα μοντέλο για τον ποσοτικό προσδιορισμό της σπουδαιότητας αυτής, η οποία όμως δεν συμπεριλαμβάνει την δομική σημασία των οροσήμων.

Η δομική σημασία των οροσήμων προέρχεται από την σημαντικότητα της θέσης τους μέσα σε μια διαδρομή, σε σχέση με την φορά της κίνησης, τα σημεία όπου απαιτείται αναπροσανατολισμός και γενικότερα από τη σχέση τους με το οδικό δίκτυο.

Οι θέσεις που μπορούν να καταλάβουν τα ορόσημα μέσα σε μια προεπιλεγμένη διαδρομή του οδικού δικτύου σύμφωνα με την μελέτη των A. Klippel και S. Winter (2005) απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 7.1: Δομική ταξινόμηση των οροσήμων (A. Klippel et al., 2005).

Διαχωρίζονται λοιπόν τα ορόσημα, σε αυτά που βρίσκονται εκατέρωθεν της διαδρομής (on-route) και σε αυτά που είναι πιο απόμακρα (distant). Από αυτά που βρίσκονται κατά μήκος της διαδρομής, ορισμένα βρίσκονται στους κόμβους ή αλλιώς τα σημεία λήψης αποφάσεων (at nodes, decision points) και άλλα στα ενδιάμεσα τμήματα της διαδρομής (in between nodes). Επιπλέον, στους κόμβους αυτούς άλλοτε απαιτείται αλλαγή πορείας και άλλοτε όχι.

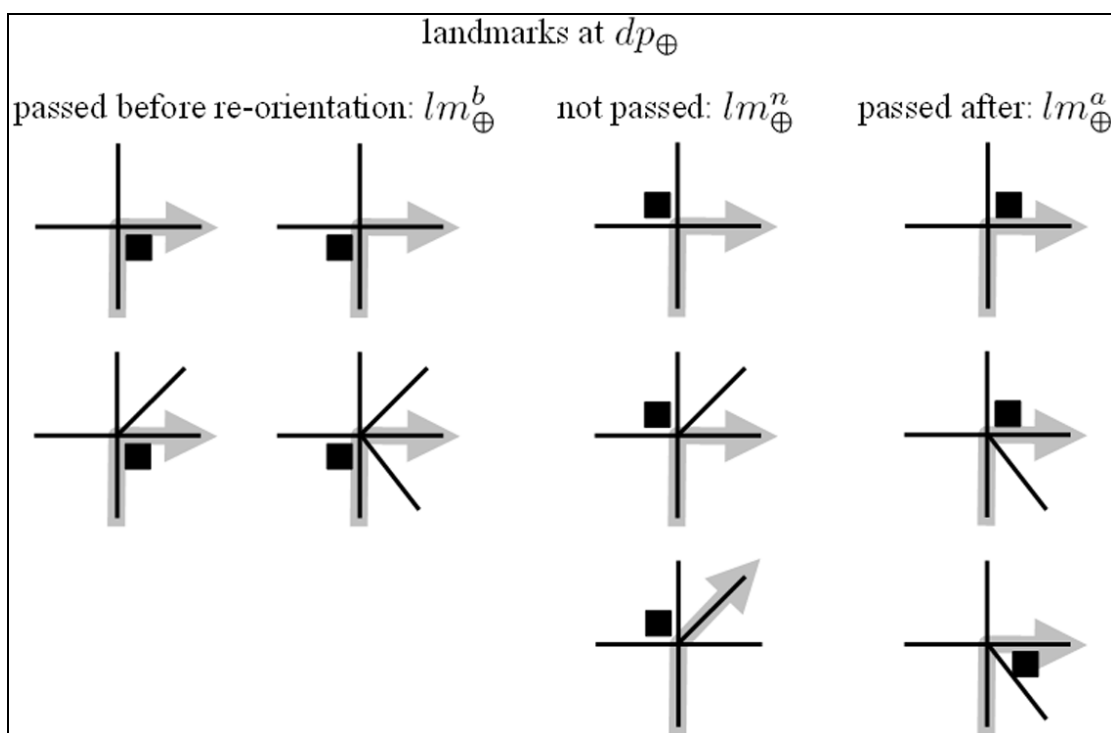
Αυτές οι κατηγορίες οροσήμων έχουν διαφορετικούς βαθμούς ελευθερίας σε σχέση με τον διδιάστατο προσδιορισμό της θέσης τους. Έτσι, ένα απόμακρο ορόσημο δεν μπορεί να εντοπιστεί επακριβώς στο διδιάστατο χώρο, διότι σαν σημείο αναφοράς έχουμε μόνο την απόσταση ή την ορατότητά του από τον πλοηγούμενο. Η θέση του γίνεται αντιληπτή σε μια ευρύτερη περιοχή καθώς ο πλοηγούμενος το αναζητά. Ένα ορόσημο κατά μήκος της διαδρομής, μπορεί να εντοπιστεί μόνο στη μία διάσταση, η οποία ορίζεται από το

ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ των δύο κόμβων, πάνω στο οποίο βρίσκεται το ορόσημο. Τέλος τα ορόσημα στα σημεία λήψης αποφάσεων, είναι «περιορισμένα» στην περιοχή του κόμβου και η θέση τους μπορεί να προσδιορισθεί με ακρίβεια μέσα στο οδικό δίκτυο.

Επίσης, είναι κατανοητό ότι τα ορόσημα κατά μήκος μιας διαδρομής (segment landmarks) χρησιμοποιούνται μόνο για επιβεβαίωση και καθησυχασμό του πλοηγούμενου, γεγονός που τα καθιστά λιγότερο σημαντικά ή προαιρετικά. Αντιθέτως, ο ρόλος των οροσήμων στους κόμβους (decision point landmarks) δεν μπορεί να αμφισβητηθεί εφόσον στην ουσία αυτά υποδεικνύουν την επόμενη κίνηση. Συνεπώς, οι όποιες οδηγίες πλοήγησης, μπορούν να παραλείψουν εντολές επιβεβαίωσης που αφορούν την κίνηση, σε καμία περίπτωση όμως δεν μπορούν να αμελήσουν εντολές για την αλλαγή της πορείας.

Από τον παραπάνω διαχωρισμό υπάρχει μια πρώτη ένδειξη για την «δομική υπεροχή» των οροσήμων που βρίσκονται σε κόμβους όπου απαιτείται επαναπροσδιορισμός της θέσης μας, έναντι όλων των υπολοίπων.

Στη συνέχεια, οι A. Klippel και S. Winter (2005), αναλύουν τις πιθανές θέσεις των οροσήμων μόνο για τους κόμβους όπου απαιτείται αλλαγή κατεύθυνσης. Οι διαφορετικές θέσεις καταλήγουν στο διαφορετικό τρόπο με τον οποίο ο χρήστης τα αντιλαμβάνεται καθώς δεν λειτουργούν όλες οι θέσεις το ίδιο αποτελεσματικά στην υπόδειξη της επόμενης κίνησης.



Εικόνα 7.2: Πιθανές θέσεις οροσήμων που βρίσκονται σε κόμβους όπου απαιτείται επαναπροσανατολισμός. Οι διαφορετικές θέσεις αντιλαμβάνονται διαφορετικά από τους χρήστες. Δεν λειτουργούν όλες οι θέσεις το ίδιο αποτελεσματικά για την απαιτούμενη απόφαση (A. Klippel et al., 2005).

Υπάρχουν τα ορόσημα τα οποία ο χρήστης προσπερνάει ακριβώς πριν εκτελέσει την πράξη προσανατολισμού, δηλαδή πριν πραγματοποιήσει μια στροφή. Τα ορόσημα αυτής της κατηγορίας μπορεί να είναι τοποθετημένα δεξιά είτε αριστερά της διαδρομής, ανεξάρτητα



από την κατεύθυνση της στροφής. Ακόμα υπάρχουν τα ορόσημα που συναντάει μπροστά του αλλά προσπερνάει μόνο εφόσον εκτελέσει την στροφή. Τέλος υπάρχουν τα ορόσημα τα οποία ο χρήστης δεν προσπερνάει άμεσα.

Στην ταξινόμηση αυτή των οροσήμων, λαμβάνεται υπ' όψη μόνο η «δομική τους σημασία» και δεν συμπεριλαμβάνεται καθόλου η οπτική και η σημασιολογική τους.

Συνοψίζοντας οι A. Klippel και S. Winter (2005) για τα δομικά χαρακτηριστικά των οροσήμων, έφτασαν στα εξής συμπεράσματα:

1. Οι δομικές ιδιότητες των αντικειμένων συν-καθορίζουν την καταλληλότητα τους ως ορόσημα.
2. Οι δομικές ιδιότητες είναι, αν όχι ποσοτικές, ιεραρχημένες με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορεί για κάθε ξεχωριστή περίπτωση να προσδίδεται κάποιο βάρος μέσα από μια βαθμολογημένη κλίμακα.
3. Οι δομικές ιδιότητες των οροσήμων καθορίζονται από τη δομή του οδικού δικτύου και τοπικά, από την διαδρομή, πράγμα που σημαίνει ότι είναι μετρήσιμες και σταθερές.

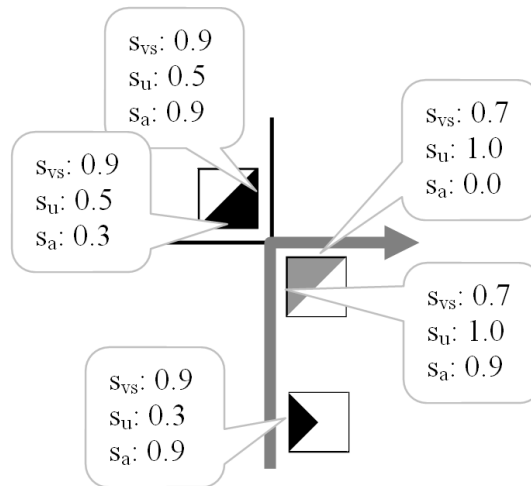
Πιο αναλυτικά, τα βάρη που θα ανατεθούν πρέπει να αντανακλούν την ιεραρχία του πρώτου σχήματος, καθώς και τις διακρίσεις του δεύτερου σχήματος. Στη παρούσα μελέτη, μετέτρεψαν τις μετρήσεις για την δομική σπουδαιότητα από μια απλή αριθμητική κλίμακα (ordinal scale), σε μια αναλογική κλίμακα (ratio scale), ταιριάζοντας ίσα χωρισμένα διαστήματα από το 0 μέχρι το 1.

Το τρίτο συμπέρασμα, υπονοεί ότι οι μετρήσεις μπορούν να αποθηκευτούν ως ιδιότητες για το κάθε αντικείμενο. Εφόσον εξαρτώνται από τη διαδρομή και το δίκτυο, έχουν μεγαλύτερη συνδυαστική πολυπλοκότητα, από ότι, για παράδειγμα, η ορατότητα. Για τα ορόσημα στους κόμβους, η πολυπλοκότητα είναι  $n * (n - 1)$ , όπου  $n$ , ο βαθμός του κόμβου από τη σκοπιά των διασταυρώσεων, διότι συμπεριλαμβάνεται όχι μόνο η εισερχόμενη κατεύθυνση αλλά και η εξερχόμενη. Αυτό σημαίνει ότι για κόμβους όχι μεγαλύτερους 4 δρόμων, η πολυπλοκότητα είναι το πολύ 12. Η παραπάνω μέτρηση της δομικής σπουδαιότητας ενσωματώνεται κι αυτή στο γενικό μοντέλο.

Στην μελέτη των A. Klippel και S. Winter (2005), περιγράφεται το μαθηματικό μοντέλο που υπολογίζει την συνολική σπουδαιότητα ενός οροσήμου βάσει των οπτικών, των σημασιολογικών και των δομικών του χαρακτηριστικών:

$$s_o = w_v s_v + w_s s_s + w_u s_u \quad \text{και} \quad w_v + w_s + w_u = 1$$

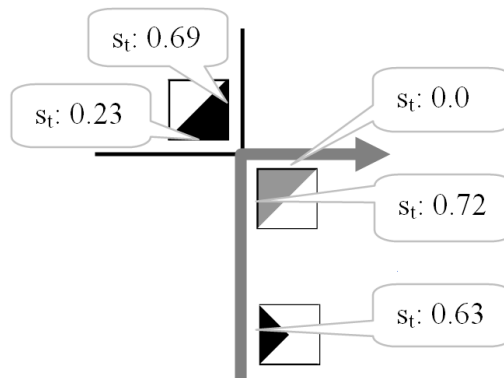
Όπου  $s_o$  η συνολική σπουδαιότητα (ως σταθμισμένος μέσος όρος),  $s_v$  η οπτική σπουδαιότητα,  $s_s$  η σημασιολογική σπουδαιότητα,  $s_u$  η δομική σπουδαιότητα, που παίρνουν τιμές από 0 έως 1 και  $w_v, w_s, w_u$  τα αντίστοιχα βάρη.



Εικόνα 7.3: Μια διαδρομή, σε ένα σημείο λήψης αποφάσεων όπου απαιτείται αλλαγή διεύθυνσης, και οι αντίστοιχες μετρήσεις για την σπουδαιότητα ορισμένων προσόψεων ( $s_{vs}$ : οπτική και σημασιολογική σπουδαιότητα,  $s_u$ : δομική,  $s_a$ : ορατότητα) (A. Klippel et al., 2005).

Επίσης, υποτέθηκε ότι η ορατότητα ήταν ίση για όλες τις προσόψεις εκατέρωθεν του δρόμου στον οποίο κινείται ο πλοηγούμενος πριν τον κόμβο, μικρότερη για την πρόσοψη που βρίσκεται και «κοιτάει» προς τον κάθετο δρόμο που εισέρχεται, και μηδέν για αυτές που βρίσκονται στον κάθετο δρόμο αλλά «κοιτάν» προς άλλη κατεύθυνση. Τέλος, υπολογίζεται η παράμετρος της ορατότητας και υπεισέρχεται στην γενική εξίσωση της σπουδαιότητας για κάθε ορόσημο, εξισορροπώντας το τελικό αποτέλεσμα:

$$s_t = s_o * s_a$$



Εικόνα 7.4: Η τελική σπουδαιότητα για τις προσόψεις (A. Klippel et al., 2005).

Όπου  $s_t$  η τελική σπουδαιότητα,  $s_a$  η ορατότητα και  $s_o$  η υπολογισμένη συνολική σπουδαιότητα.

Να σημειωθεί ότι εξετάστηκε μόνο η περίπτωση των προσόψεων των κτιρίων ως χαρακτηριστικό γνώρισμα που θα λειτουργούσε ως ορόσημο.

Με άλλα λόγια, μπορεί ένα ορόσημο να μην διαθέτει πολύ μεγάλη βαθμολογία ως προς την οπτική ή τη σημασιολογική του σπουδαιότητα, αλλά όταν συνυπολογιστεί η θέση του ως προς τη διαδρομή και το οδικό δίκτυο, να φανεί η υπεροχή του.

Με αφορμή την παραπάνω σχετική έρευνα, σχεδιάστηκε ένα πείραμα για να μελετηθεί η δομική σπουδαιότητα των οροσήμων, λαμβάνοντας εξίσου υπ' όψη τα οπτικά και τα σημασιολογικά τους χαρακτηριστικά. Συμπεριλήφθηκαν διαφορετικά είδη οροσήμων, και όχι μόνο προσόψεις κτιρίων, θέλοντας έτσι να παρουσιαστεί μια ρεαλιστική εικόνα της πλοήγησης με ορόσημα σε μια προκαθορισμένη διαδρομή και να μελετηθούν οι όποιες δυσκολίες συναντούσαν τα υποκείμενα της έρευνας.

### **7.3 Το πείραμα**

Το πείραμα είχε ως στόχο την αξιολόγηση της θέσης των αντικειμένων – οροσήμων ως προς τον κάθε κόμβο (σημείο λήψης αποφάσεων) αλλά και ως προς τον πλοηγούμενο και την εξαγωγή κάποιου συμπεράσματος για την δομική τους σπουδαιότητα και πως αυτή μπορεί να συνεισφέρει στην διαδικασία της πλοήγησης. Επαναλήφθηκαν οι ίδιες διαδρομές κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας έτσι ώστε να διαπιστωθεί πως ανταποκρίνονται τα επιλεγμένα ορόσημα στις δύο περιπτώσεις καθώς και τι είδους δυσκολίες αντιμετώπισαν οι χρήστες.

#### **7.3.1 Περιγραφή του πειράματος**

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε τον Μάιο του 2010 στην περιοχή του Νέου Ψυχικού και διήρκεσε περίπου δύο εβδομάδες. Συμμετείχαν 20 υποκείμενα έρευνας, εκ των οποίων 10 άνδρες και 10 γυναίκες. Ίσος αριθμός ανδρών και γυναικών, επιλέχθηκε να εκτελέσει τις εντολές κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και της νύχτας. Σε κάθε άτομο ζητήθηκε να πλοηγηθεί σε δύο διαφορετικές προκαθορισμένες διαδρομές, είτε ημέρα είτε νύχτα, ακολουθώντας τις οδηγίες πλοήγησης που του έδινε ο συνοδηγός (υποδυόμενος το ρόλο του δορυφορικού συστήματος πλοήγησης), και να πράττει κατάλληλα. Οι οδηγίες πλοήγησης δεν αναφέρονταν σε μετρητικές αποστάσεις ή ονόματα οδών, αλλά σε αντικείμενα - ορόσημα.

Το κάθε υποκείμενο, που έπρεπε να έχει δίπλωμα οδήγησης και μια σχετική εμπειρία, καθόταν στην θέση του οδηγού και λάμβανε τις εντολές από τον συνοδηγό, ο οποίος ήταν γνώστης της περιοχής. Το πείραμα εκτελούνταν ξεχωριστά για κάθε άτομο που πλοηγούνταν στις δύο διαδρομές και η συνολική του διάρκεια δεν ξεπερνούσε τα 25 με 30 λεπτά.

Οι δύο διαδρομές ήταν ίσου μήκους, περίπου 2,5 χιλιόμετρα η καθεμία και περιλάμβαναν 10 διαφορετικά ορόσημα η καθεμία, τα οποία βρίσκονταν σε κόμβους όπου απαιτούνταν αλλαγή διεύθυνσης. Η πρώτη διαδρομή περιλάμβανε ορόσημα τα οποία ο χρήστης προσπερνούσε πριν εκτελέσει την πράξη προσανατολισμού. Η δεύτερη διαδρομή περιείχε ορόσημα τα οποία ο χρήστης συναντούσε μπροστά του αλλά δεν προσπερνούσε, παρά μόνο όταν εκτελούσε την στρέφουσα κίνηση, ή δεν προσπερνούσε άμεσα.

Επίσης, με την ολοκλήρωση κάθε διαδρομής, ζητήθηκε από τα υποκείμενα έρευνας να σχολιάσουν ελεύθερα οτιδήποτε σχετικό με την διαδρομή, τα ορόσημα και τις εντολές που τους δόθηκαν. Έτσι, πέρα από την αξιολόγηση των οροσήμων ως προς τα δομικά τους χαρακτηριστικά, προέκυψαν και ορισμένα πρόσθετα συμπεράσματα που αφορούν τις προτιμήσεις των πλοηγούμενων και τις όποιες δυσκολίες συνάντησαν κατά την διεξαγωγή του πειράματος.



Εικόνα 7.5: Δήμος Ν. Ψυχικού. Οι δύο διαδρομές του πειράματος και τα αντίστοιχα ορόσημα.

### 7.3.2 Παραδοχές

#### Αντικείμενα – Ορόσημα

Κατά την καθοδήγησή στην περιοχή του Νέου Ψυχικού παρατηρήθηκε ότι συχνά ήταν δύσκολο να επιλεγθούν κατάλληλα ορόσημα για κάθε κόμβο όπου απαιτούνταν αλλαγή διεύθυνσης. Η περιοχή αυτή που κατά κύριο λόγο είναι οικιστική δεν εμπεριέχει μεγάλο αριθμό αντικειμένων με τα απαιτούμενα μοναδικά ή διακριτά χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως ορόσημα για την εν λόγω πλοήγησή. Για παράδειγμα, κτίρια ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής όπως μουσεία, μεγάλα πολυκαταστήματα, δημαρχεία, θέατρα βρίσκονται συνήθως στο κέντρο των πόλεων, όπου αποτελούν και τον κύριο πόλο έλξης. Για το λόγο αυτό έπρεπε να επιλεγούν ορόσημα όπως για παράδειγμα τράπεζες, κτίρια, πάρκα κλπ.

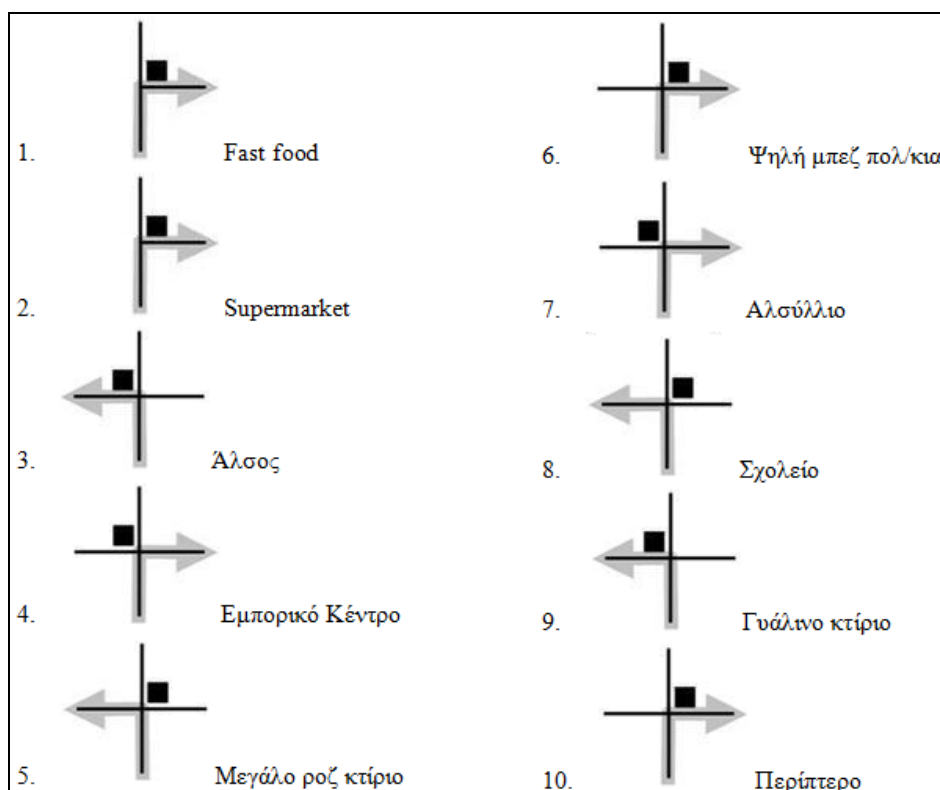
Τα αντικείμενα επιλέχτηκαν με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να πληρούν τα πέντε βασικά κριτήρια ενός «καλού» οροσήμου, όπως αυτά θεσπίστηκαν από τον G. Burnett (2001). Δηλαδή να είναι μόνιμα, μοναδικά ως προς το κοντινό τους περίγυρο, να περιγράφονται με συντομία, να έχουν καλή θέαση και τέλος να βρίσκονται σε χρήσιμη θέση, για παράδειγμα κοντά σε κάποιο σημείο λήψης αποφάσεων.

Αντί λοιπόν να επιλεγεί μια διαδρομή που θα ξεκινάει από μια αφετηρία και θα καταλήγει σε ένα συγκεκριμένο προορισμό, και έπειτα να βρεθεί ποια από τα διαθέσιμα ορόσημα, χρησιμεύουν ως μέσο πλοήγησης για τη διαδρομή αυτή, ακολουθήθηκε η ακριβώς αντίστροφη διαδικασία. Αφήνοντας το σημείο εκκίνησης, αναζητήθηκε το ορόσημο που θα συνέδεε το επόμενο τμήμα της διαδρομής. Ψάχνοντας κάθε φορά, στα σημεία λήψης αποφάσεων, πιθανά χρήσιμα ορόσημα που θα μπορούσαν να υποδείξουν την επόμενη κίνηση,

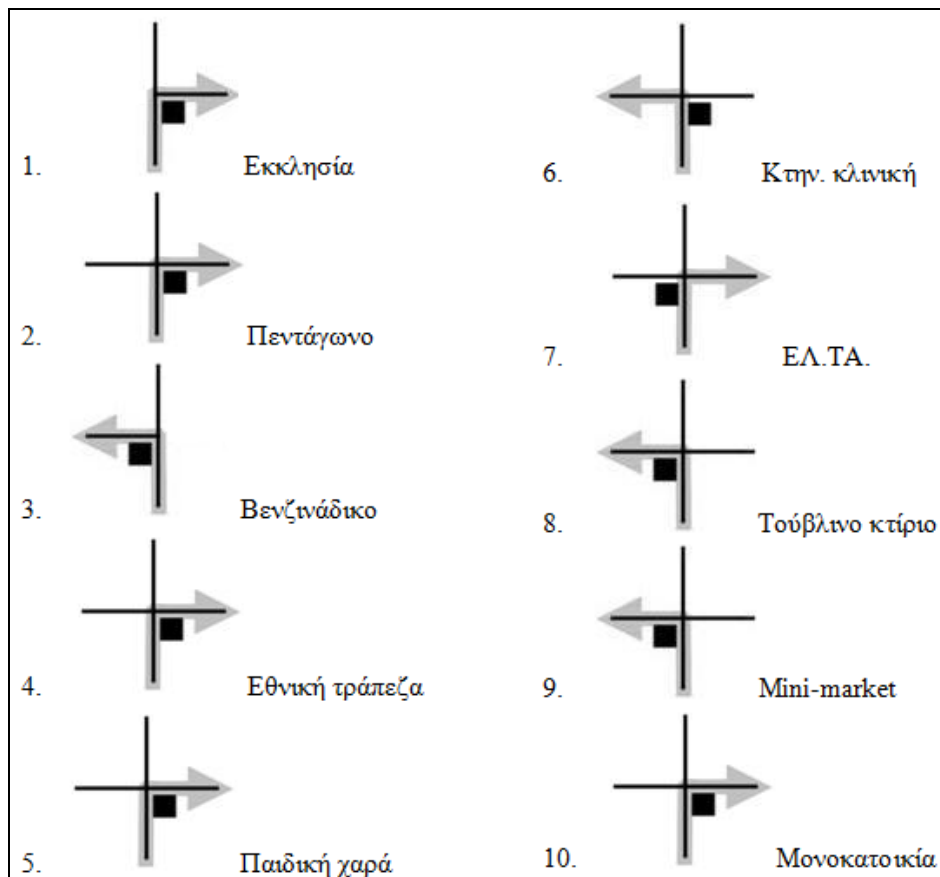
προέκυψε σταδιακά ένας τυχαίος τελικός προορισμός. Χρησιμοποιήθηκαν μόνο τρισδιάστατα αντικείμενα - ορόσημα και το 70% αυτών ήταν κτίρια.

### Ορατότητα - Θέση οροσήμων

Ο έλεγχος ορατότητας που πραγματοποιήθηκε για τα ορόσημα που χρησιμοποιήθηκαν, αφορούσε μόνο την συγκεκριμένη κατεύθυνση που ακολουθήθηκε κατά την διεξαγωγή του πειράματος. Επίσης, στην προσπάθεια να μειωθεί η επίδραση της «κακής θέασης» ενός οροσήμου, στο τελικό αποτέλεσμα του πειράματος, επιλέχθηκαν κτίρια – ορόσημα των οποίων η πρόσοψη αντίκριζε την οδό που πραγματοποιούνταν η κίνηση. Επιπλέον, λήφθηκε υπ' όψη η θέση τους ως προς κάθε κόμβο καθώς και η χρονική διάρκεια που ήταν ορατά από τα υποκείμενα της έρευνας καθώς αυτά προσέγγιζαν τον κόμβο και έπρεπε να τα αναζητήσουν.



Εικόνα 7.6: Σχετική θέση οροσήμων – κόμβου στην 1<sup>η</sup> διαδρομή.



Εικόνα 7.7: Σχετική θέση οροσήμου - κόμβου στην 2<sup>η</sup> διαδρομή.

### Διαμόρφωση εντολών

Οι εντολές που αφορούσαν την πρώτη διαδρομή ήταν της μορφής: Μετά το «ορόσημο» στα δεξιά σας (ή στα αριστερά), στρίψτε δεξιά (ή αριστερά).

Οι εντολές που αφορούσαν την δεύτερη διαδρομή ήταν της μορφής: Πριν το «ορόσημο» στα δεξιά σας (ή στα αριστερά), στρίψτε δεξιά (ή αριστερά).

Σε κάθε εντολή γινόταν σαφής η θέση του οροσήμου ως προς το χρήστη, εάν δηλαδή αυτό βρίσκεται στα δεξιά ή στα αριστερά του, με σκοπό να μην αναλώνεται στην διαδικασία εντοπισμού του και αφαιρείται η προσοχή του από την οδήγηση και το δρόμο. Οι εντολές διαβάζονταν στον πλοηγούμενο από το συνοδηγό έγκαιρα ώστε να έχει επαρκή χρόνο στην διάθεση του να αντιδράσει, αλλά όχι πολύ νωρίς, ούτως ώστε να μην δημιουργηθεί σύγχυση για το που βρίσκεται το κάθε αντικείμενο – ορόσημο.

Τα ορόσημα που επιλέχθηκαν δεν ήταν τοποθετημένα πάντα σε διαδοχικούς κόμβους, αλλά κατανομημένα στο σύνολο τις διαδρομής. Για το λόγο αυτό έπρεπε να εμπλουτισθούν οι εντολές, με επιπλέον οδηγίες, στις οποίες όμως δεν θα αξιολογούνταν τα υποκείμενα έρευνας, έτσι ώστε να μην υπάρχουν κενά στην καθοδήγηση τους και να ολοκληρώνεται ομαλά η διαδικασία της πλοήγησης:

## 1<sup>η</sup> Διαδρομή

Αφετηρία: Νέο Ψυχικό, Δημητρίου Βασιλείου και Περικλέους

1. *Συνεχίστε ευθεία και εισέλθετε στην πλατεία.*
2. *Συνεχίστε να κινείστε στην πλατεία.*
3. Μετά την εκκλησία στα δεξιά σας, στρίψτε δεξιά (Άγγελου Σικελιανού). Έξοδος από την πλατεία.
4. *Συνεχίστε ευθεία.*
5. Στην γωνία του στρατοπέδου στα δεξιά σας, στρίψτε δεξιά (Λ. Δημοκρατίας).
6. *Συνεχίστε ευθεία.*
7. Μετά το βενζινάδικο (jet oil) στα αριστερά σας, στρίψτε αριστερά (Υψηλάντου).
8. *Στον επόμενο δρόμο στρίψτε αριστερά (Παρίση).*
9. *Συνεχίστε ευθεία.*
10. Μετά την (Εθνική) Τράπεζα στα δεξιά σας, στρίψτε δεξιά (25<sup>ης</sup> Μαρτίου).
11. *Συνεχίστε ευθεία.*
12. Μετά την παιδική χαρά στα δεξιά σας, στρίψτε δεξιά (Ξάνθου).
13. Στην κτηνιατρική κλινική στα δεξιά σας, στρίψτε αριστερά (Καραϊσκάκη).
14. Στο ΕΛ.ΤΑ. στα αριστερά σας, στρίψτε δεξιά (Τζαβέλα).
15. Μετά το «τούβλινο κτίριο» στα αριστερά σας, στρίψτε αριστερά (Περικλέους).
16. Μετά το minimarket στα αριστερά σας, στρίψτε αριστερά (Σφακτηρίας).
17. Μετά την μονοκατοικία με τον πέτρινο μαντρότοιχο στα δεξιά σας, στρίψτε αριστερά (Αρκαδίου). Τέλος

## 2<sup>η</sup> Διαδρομή

Αφετηρία: Νέο Ψυχικό, Άγγελου Σικελιανού και Περικλέους.

1. *Συνεχίστε ευθεία.*
2. *Εισέλθετε στην πλατεία.*
3. Πριν από το fast food (σουβλατζίδικο) στα δεξιά σας, στρίψτε δεξιά (Άγγελου Σικελιανού).
4. *Στη διχάλα στρίψτε δεξιά (Αδριανού).*
5. *Στα φανάρια στρίψτε δεξιά (Λ. Κηφισίας).*
6. *Συνεχίστε ευθεία.*
7. Πριν το supermarket (Α.Β.) στα δεξιά σας, στρίψτε δεξιά (Λυκούργου).
8. *Στον επόμενο δρόμο στρίψτε δεξιά (Δημητρίου Βασιλείου).*
9. Πριν το άλσος στα αριστερά σας, στρίψτε αριστερά (Περικλέους).
10. *Στον επόμενο δρόμο στρίψτε αριστερά (Καλαβρύτων).*
11. *Συνεχίστε ευθεία και στον δεύτερο δρόμο στρίψτε αριστερά (Σολωμού).*
12. Πριν το Εμπορικό Κέντρο στα αριστερά σας, στρίψτε δεξιά (Γ. Στρατήγη).
13. *Στον επόμενο δρόμο στρίψτε δεξιά (Ομήρου).*
14. Πριν από το «μεγάλο σομόν κτίριο» στα δεξιά σας, στρίψτε αριστερά (Καλαβρύτων).
15. Πριν την «μεγάλη μπεζ πολυκατοικία» στα δεξιά σας, στρίψτε δεξιά (Λ. Δημοκρατίας).
16. Πριν από το αλσύλλιο στα αριστερά σας, στρίψτε δεξιά (Γεωργίου Σεφέρη).
17. Πριν το σχολείο στα δεξιά σας, στρίψτε αριστερά (Ομήρου).
18. *Στο τέλος του δρόμου στρίψτε αριστερά και στον επόμενο δρόμο, δεξιά.*

19. Συνεχίστε ευθεία και στα δεύτερα φανάρια στρίψτε αριστερά.
20. Πριν το γυάλινο κτίριο στα αριστερά σας, στρίψτε αριστερά (Αγίου Γεωργίου).
21. Πριν το περίπτερο στα δεξιά σας, στρίψτε δεξιά (Χρυσοστόμου Σμύρνης). Τέλος

### **Μέση ταχύτητα**

Το κάθε υποκείμενο έρευνας δεν έπρεπε να υπερβεί την ταχύτητα των 50 χιλιομέτρων/ώρα διότι επρόκειτο για κατοικημένη περιοχή. Επίσης, με τη βοήθεια ενός gps χειρός μετρήθηκε η μέση ταχύτητα με την οποία κινούταν κάθε ένας από τους 20 συμμετέχοντες σε κάθε μία από τις δύο διαδρομές και ύστερα υπολογίστηκε ο γενικός μέσος όρος για κάθε διαδρομή. Η τιμή που προέκυψε ήταν περίπου 20 χιλιόμετρα/ώρα και για τις δύο διαδρομές.

Αν και ιδιαίτερα χαμηλή η τιμή της μέσης ταχύτητας, πρέπει να τονισθεί ότι δεν οφείλεται σε αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο, αλλά στις συχνές στάσεις που γίνονταν για παραχώρηση προτεραιότητας και στις διαδοχικές στροφές που απαιτούσε το πείραμα.

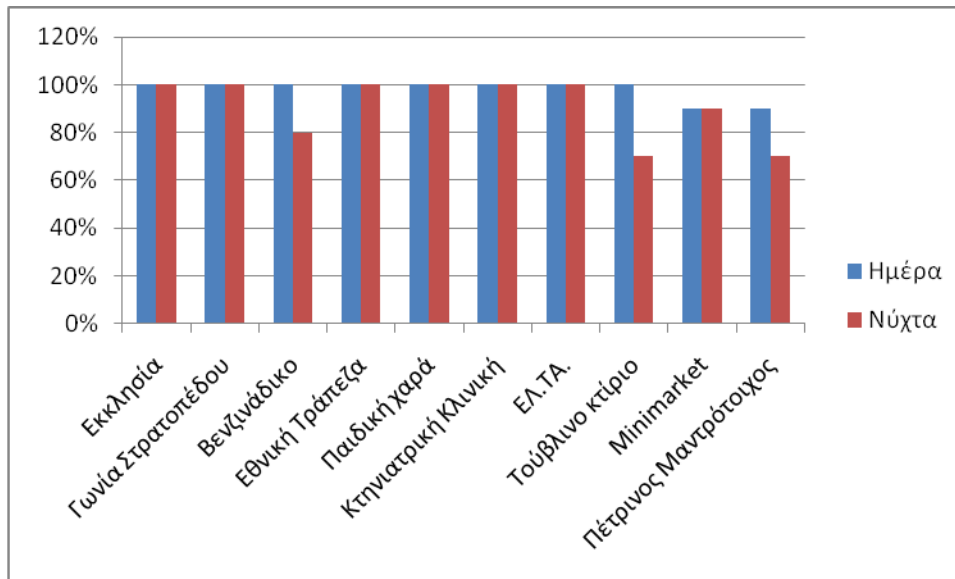
Για την εκφώνηση των εντολών λήφθηκε υπ' όψη η «απόσταση ορατότητας για λήψη απόφασης». Είναι η απόσταση που χρειάζεται ένας οδηγός για να αντιληφθεί και να επεξεργαστεί μια απρόσμενη πληροφορία, ή μια κατάσταση, σε περιβάλλον οδήγησης, που μπορεί να μην είναι οπτικά ξεκάθαρη, και να επιλέξει τη σωστή ταχύτητα και λωρίδα ώστε να ξεκινήσει και να ολοκληρώσει τον ελιγμό του με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Η «απόσταση ορατότητας για λήψη απόφασης» για τις συνθήκες του πειράματος, δηλαδή για αστικό δρόμο με ταχύτητα σχεδιασμού 50 χιλιομέτρων/ώρα, όπου απαιτείται αλλαγή ταχύτητας ή κατεύθυνσης έχει προκύψει εμπειρικά και είναι ίση με 195 μέτρα. Ο συνολικός χρόνος δε, για την εκτέλεση του ελιγμού ποικίλει από 14 έως 14.5 δευτερόλεπτα. Ωστόσο η μέση ταχύτητα κίνησης των πλοηγούμενων ήταν πολύ μικρότερη και οι αλλαγές στην κατεύθυνση συνέβαιναν συχνότερα των 195 μέτρων. Επίσης τα υποκείμενα της έρευνας γνώριζαν ότι θα τους δοθούν κάποιες εντολές και άρα ο χρόνος αντίδρασης τους ήταν μικρότερος. Συνεπώς, οι παραπάνω παραδοχές δεν ήταν δυνατόν να εφαρμοστούν για όλα τα ορόσημα.

### **7.4 Αποτελέσματα πειράματος**

Κάθε υποκείμενο έρευνας αξιολογήθηκε για την «ΕΠΙΤΥΧΙΑ» ή την «ΑΠΟΤΥΧΙΑ» του ως προς τον εντοπισμό του κάθε οροσήμου και για την έγκαιρη και ασφαλή εκτέλεση της αντίστοιχης εντολής. Σε περίπτωση που για να εντοπίσει ένα ορόσημο, άλλαζε ξαφνικά την οδηγική του συμπεριφορά, φρενάροντας απότομα την τελευταία στιγμή ή μειώνοντας δραματικά την ταχύτητα του για να το αναζητήσει, αυτό σημειωνόταν δίπλα στην αντίστοιχη εντολή, ως «ΜΕΤΡΙΑ» επίδοση.

Τα ποσοστά επιτυχίας για τον εντοπισμό των οροσήμων, για τις δύο διαδρομές, φαίνονται στα ακόλουθα γραφήματα. Επίσης αντιπαρατάσσονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της ημέρας με αυτά της νύχτας. Ακόμα, παρουσιάζονται τα ποσοστά επί των επιτυχόντων, των υποκειμένων που δυσκολεύτηκαν να εντοπίσουν συγκεκριμένα ορόσημα.

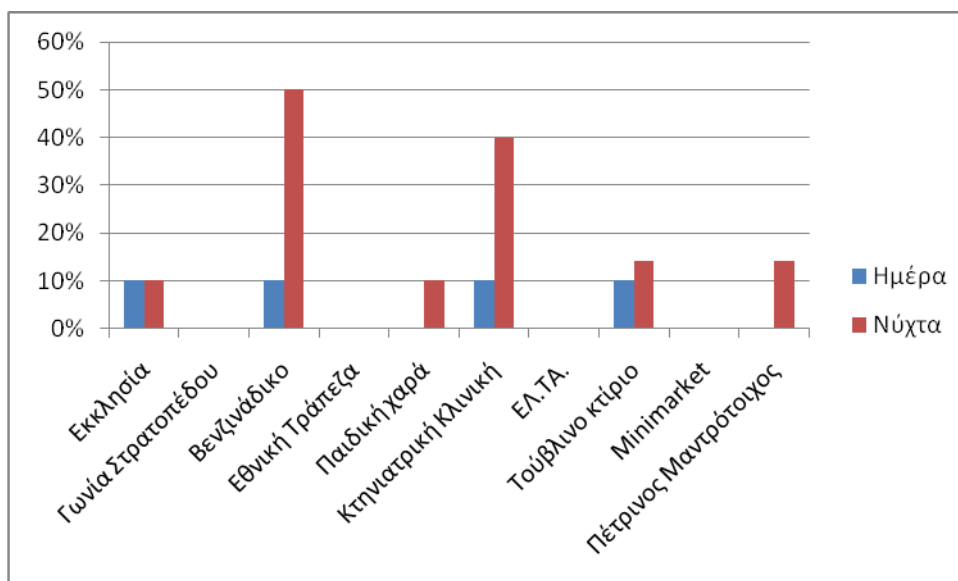




Γράφημα 7.1: Ποσοστό επιτυχίας εντοπισμού οροσήμων, ημέρα και νύχτα, για την 1<sup>η</sup> διαδρομή.

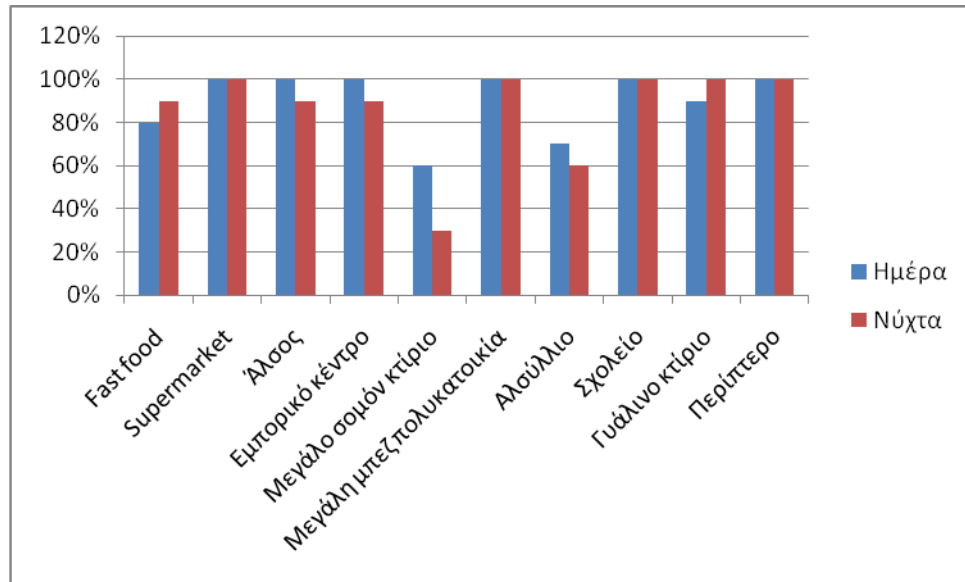
Όπως φαίνεται στο γράφημα 7.1, τα περισσότερα από τα ορόσημα που βρίσκονται πριν την πράξη προσανατολισμού, δηλαδή που προσπερνάει ο πλοηγούμενος και έπειτα στρίβει, συγκεντρώνουν το μέγιστο δυνατό ποσοστό επιτυχίας, 100%, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου ο εντοπισμός τους πραγματοποιείται χωρίς προβλήματα. Συγκεκριμένα, μόνο δύο ορόσημα, το «minimarket» και ο «πέτρινος μαντρότοιχος» συγκέντρωσαν ποσοστό επιτυχίας 90% και αυτό, όπως θα επεξηγηθεί παρακάτω, συνέβη λόγω μειωμένης προσοχής του υποκειμένου έρευνας και όχι μικρής δομικής σημασίας του οροσήμου.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας, έξι στα δέκα ορόσημα συγκέντρωσαν ποσοστό επιτυχίας 100%, ενώ τα υπόλοιπα τέσσερα, το «βενζινάδικο», το «τούβλινο κτίριο», το «minimarket» και ο «πέτρινος μαντρότοιχος», συγκέντρωσαν 80%, 70%, 90% και 70% αντίστοιχα.



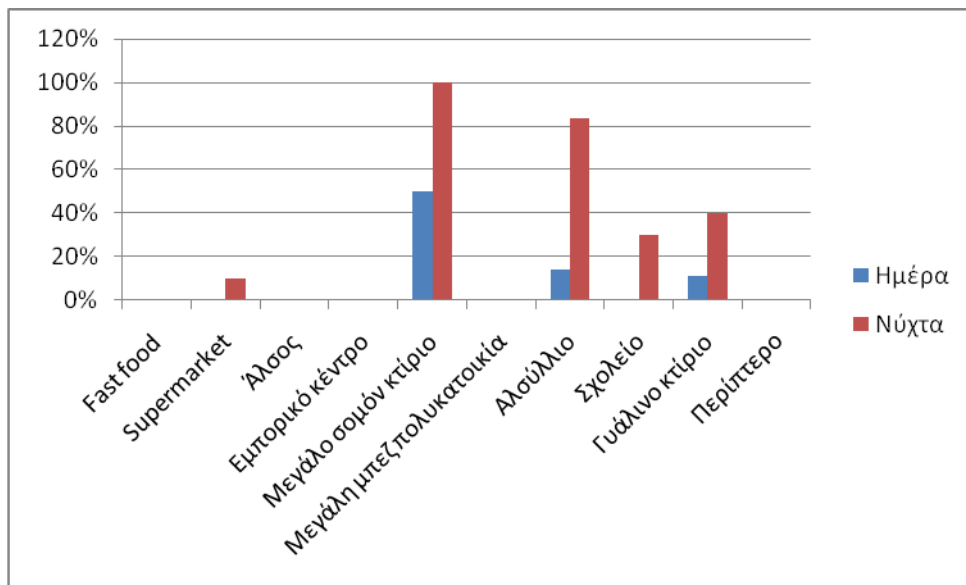
Γράφημα 7.2: Ποσοστό επί των επιτυχόντων που αντιμετώπισαν δυσκολία στον εντοπισμό των οροσήμων, στην 1<sup>η</sup> διαδρομή.

Στο γράφημα 7.2 διακρίνεται το ποσοστό των επιτυχόντων που εντόπισαν με δυσκολία κάποιο ορόσημο. Όπως φαίνεται, η «εκκλησία», το «βενζινάδικο», η «κτηνιατρική κλινική» και το «τούβλινο κτίριο» δυσκόλεψαν το 10% των επιτυχόντων, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Την νύχτα όμως, τα ποσοστά των υποκειμένων που δυσκολεύτηκαν αυξήθηκαν κατά 40% για το «βενζινάδικο», 30% για την «κτηνιατρική κλινική» και μόλις 5% για το «τούβλινο κτίριο». Επίσης προστέθηκαν η «παιδική χαρά» και ο «πέτρινος μαντρότοιχος» με ποσοστά 10% και 15%, αντίστοιχα.



Γράφημα 7.3: Ποσοστό επιτυχίας εντοπισμού οροσήμων, ημέρα και νύχτα, για την 2<sup>η</sup> διαδρομή.

Στο γράφημα 7.3 φαίνεται ξεκάθαρα σε σχέση με το πρώτο, ότι τα ορόσημα που το υποκείμενο δεν προσπερνούσε παρά μόνο εάν έστριβε, ή δεν προσπερνούσε άμεσα, συγκέντρωσαν στο σύνολο τους, μικρότερα ποσοστά επιτυχίας κατά τη διάρκεια της μέρας και της νύχτας. Στη διαδρομή αυτή, έξι στα δέκα ορόσημα συγκέντρωσαν 100% ποσοστό επιτυχίας, κατά τη διάρκεια της ημέρας και πέντε στα δέκα, κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αντίθετα με το 1<sup>ο</sup> γράφημα, τα ποσοστά επιτυχίας ανά ορόσημο, ιδιαίτερα για τις βραδινές ώρες, ποικίλουν πολύ, παρουσιάζοντας μεγάλο εύρος τιμών, από 30% έως 100% και από 60% έως 100% για την ημέρα.



Γράφημα 7.4: Ποσοστό επί των επιτυχόντων που αντιμετώπισαν δυσκολία στον εντοπισμό των οροσήμων, στην 2<sup>η</sup> διαδρομή.

Στο γράφημα 7.4 γίνεται αντιληπτό ότι τα ποσοστά των υποκειμένων που, παρόλο την επιτυχία τους, αντιμετώπισαν δυσκολία στη δεύτερη διαδρομή, είναι αισθητά αυξημένα σε σχέση με αυτά της πρώτης, ιδίως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αναλυτικότερα, το «μεγάλο σομόν κτίριο» συγκέντρωσε ποσοστό της τάξης του 100%. Ακολούθησαν με διαφορά, το «αλσύλλιο», το «γυάλινο κτίριο», το «σχολείο» και τέλος το «supermarket», με ποσοστά 80%, 40%, 30% και 10%, αντίστοιχα. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα παραπάνω ποσοστά παρέμειναν είτε σε χαμηλότερα, είτε σε μηδενικά επίπεδα.

#### 7.4.1 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Κατ' αρχάς, το «βενζινάδικο» παρόλο που είναι τοποθετημένο στο οικοδομικό τετράγωνο πριν το σημείο αλλαγής κατεύθυνσης, δεν βρίσκεται ακριβώς στην γωνία του κόμβου, με αποτέλεσμα το 50% των υποκειμένων που το εντόπισαν, να δυσκολευτούν και να μην μπορούν να αποφασίσουν για το που ακριβώς έπρεπε να στρίψουν. Αυτό παρατηρήθηκε κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου παρόλο το μεγάλο μέγεθος του εν λόγω οροσήμου, η παρουσία του υποδηλωνόταν μόνο από την φωτεινή επιγραφή της επωνυμίας του. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τα υποκείμενα εντόπιζαν από αρκετά μακριά την πινακίδα, η οποία όμως ήταν τοποθετημένη στην πρώτη γωνία του οροσήμου και πλησιέστερα στην προηγούμενη οδό, παρά στην επόμενη που έπρεπε να στρίψουν, οπότε δημιουργούνταν μια σχετική ανασφάλεια. Αντίθετα, την ημέρα δεν υπήρξε παρόμοιο πρόβλημα.

Η «κτηνιατρική κλινική» αν και συγκέντρωσε 100% ποσοστό επιτυχίας και στις δύο περιπτώσεις, δυσκόλεψε το 40% των επιτυχόντων κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα υποκείμενα πλησίαζαν αρκετά κοντά με σκοπό να αναγνωρίσουν και να βεβαιωθούν ότι πρόκειται για το σωστό κτίριο και έπειτα να στρίψουν. Παρόλο που η θέση του οροσήμου, δηλαδή η δομική του σπουδαιότητα, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, είναι μεγάλη και η χρήση του ήταν εμφανής κατά τη διάρκεια της ημέρας, την νύχτα λόγω ανεπαρκούς φωτεινής σήμανσης δεν ξεχώριζε άμεσα η λειτουργία του.

Το «τούβλινο κτίριο» συγκέντρωσε 70% ποσοστό επιτυχίας κατά τη διάρκεια της νύχτας, δυσκολεύοντας παράλληλα το 15% των επιτυχόντων. Η σχετικά μειωμένη αποτελεσματικότητα του παραπάνω οροσήμου, οφείλεται σε τρεις λόγους κυρίως. Κατ' αρχάς, όπως συνέβη με το «βενζινάδικο» έτσι και εδώ, το «τούβλινο κτίριο» δεν βρισκόταν ακριβώς στην γωνία του κόμβου όπου έπρεπε να πραγματοποιηθεί η στροφή, ωστόσο ξεχώριζε από τα περιβάλλοντα κτίρια εξαιτίας των ισχυρών οπτικών του χαρακτηριστικών. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της νύχτας, η «τούβλινη» πρόσοψη δεν ήταν ευδιάκριτη καθώς τα υποκείμενα έπρεπε να ελαττώσουν ταχύτητα και να την αναζητήσουν, αποσπώντας την προσοχή τους από το δρόμο. Τέλος, το γεγονός ότι ήταν τοποθετημένο στα αριστερά των υποκειμένων, σε δρόμο διπλής κατεύθυνσης, συνετέλεσε στην ελαφρώς μειωμένη καλή λειτουργία του ως ορόσημο.

Στο «μεγάλο σομόν κτίριο» παρατηρήθηκαν τα μικρότερα ποσοστά επιτυχίας, 60% για την ημέρα και 30% για την νύχτα καθώς και τα μεγαλύτερα ποσοστά δυσκολίας, 50% και 100% για την ημέρα και την νύχτα, αντίστοιχα. Παρόλο που το «μεγάλο σομόν κτίριο» πληρούσε τα κριτήρια ορατότητας και διέθετε φαινομενικά, τα κατάλληλα οπτικά χαρακτηριστικά, λόγω μεγέθους και χρώματος, τα δομικά του χαρακτηριστικά ήταν αυτά που το κατέταξαν τελευταίο ως προς τη λειτουργικότητα του ως ορόσημο. Αναλυτικότερα, από τα υποκείμενα έρευνας ζητήθηκε να στρίψουν πριν το «μεγάλο σομόν κτίριο», το οποίο βρισκόταν μεν μπροστά τους, όχι όμως στη γωνία του κόμβου. Έτσι οι περισσότεροι από τους πλοηγούμενους θεώρησαν ότι υπάρχει κάποιος άλλος, πιο κοντινός στο κτίριο, δρόμος που έπρεπε να στρίψουν και συνέχιζαν ευθεία. Επίσης, τις νυχτερινές ώρες το χρώμα του κτιρίου δεν γινόταν αντιληπτό.

Το «αλσύλλιο» λειτούργησε ως καλό ορόσημο για το 70% των υποκειμένων που πλοηγήθηκαν ημέρα και για το 60% όσων πλοηγήθηκαν νύχτα. Επίσης από αυτούς δυσκολεύτηκαν περίπου το 15% κατά τη διάρκεια της ημέρας και το 85% κατά τη διάρκεια της νύχτας. Δύο ήταν και σε αυτήν την περίπτωση οι λόγοι που οδήγησαν στην ανεπαρκή λειτουργία του οροσήμου αυτού και έδρασαν συνδυαστικά. Αρχικά, η εντολή που εκφωνούταν στα υποκείμενα έρευνας ήταν: «πριν το αλσύλλιο στα αριστερά σας, στρίψτε δεξιά». Εξ' ορισμού η εντολή απαιτούσε όλη την προσοχή των χρηστών ώστε να καταφέρουν να εντοπίσουν νωρίς το «αλσύλλιο στα αριστερά τους, να μην το προσπεράσουν και να προλάβουν έγκαιρα να στρίψουν δεξιά. Η διατύπωση της εντολής, αν και είχε ήδη επαναληφθεί για άλλα ορόσημα, ήταν αυτό που δημιούργησε τη μεγαλύτερη σύγχυση στους πλοηγούμενους, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι παρόλο που εντόπιζαν το αλσύλλιο ως αντικείμενο, δεν ήταν σίγουροι ως προς τη σημασιολογία του.

Το «fast food» και το «σχολείο» ήταν ακόμα δύο ορόσημα που προκάλεσαν μικρή σύγχυση στους πλοηγούμενους εξαιτίας της σημασιολογίας τους. Το «fast food» συγκέντρωσε πολύ μικρά ποσοστά αποτυχίας για την ημέρα και την νύχτα, 20% και 10% αντίστοιχα, ενώ το «σχολείο» συγκέντρωσε μηδενικά ποσοστά αποτυχίας. Ωστόσο, τις νυχτερινές ώρες δυσκόλεψε το 30% των επιτυχόντων. Από την μία, τα υποκείμενα στο άκουσμα της εντολής «στρίψτε πριν το fast food» περίμεναν να αντικρύσουν κάποιο κατάστημα γνωστής αλυσίδας γρήγορου φαγητού (πχ. McDonald's) και όχι το «σουβλατζίδικο» που υπήρχε εκεί, αλλά που ανήκει στην ευρύτερη κατηγορία του γρήγορου φαγητού. Από την άλλη, το «σχολείο» εντοπιζόνταν από τα υποκείμενα, λόγω των διακριτών οπτικών χαρακτηριστικών του, αλλά από την άποψη των σημασιολογικών, η έλλειψη σήμανσης τους δημιουργούσε αμφιβολίες κατά τις νυχτερινές ώρες.

Το «γυάλινο κτίριο» προκάλεσε δυσκολία την νύχτα, στο 40% των επιτυχόντων και στο 10% την ημέρα, κυρίως λόγω της θέσης του. Πληρώνοντας όλα τα υπόλοιπα κριτήρια, το γεγονός ότι ήταν τοποθετημένο στα αριστερά των πλοηγούμενων, σε δρόμο διπλής κατεύθυνσης και ότι όφειλαν να στρίψουν πριν από αυτό, οδήγησε αρκετά υποκείμενα να μειώσουν απότομα ταχύτητα στο άκουσμα της εντολής, ακόμα και να προσπαθήσουν να στρίψουν σε δρόμο που απαγορευόταν, από άγχος να μην το προσπεράσουν.

## 7.5 Συμπεράσματα

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από το πείραμα και αφορούν τόσο τα ορόσημα που χρησιμοποιήθηκαν, όσο και τις προτιμήσεις των υποκειμένων της έρευνας, είναι τα εξής ακόλουθα:

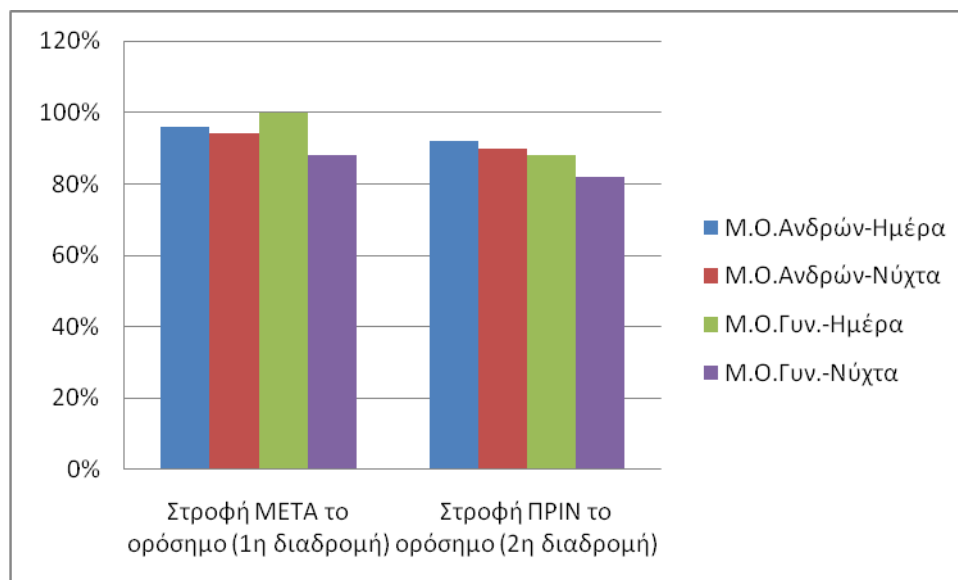
- Συνολικά, τα υποκείμενα της έρευνας εκτέλεσαν αποτελεσματικότερα την πρώτη διαδρομή και έδειξαν μεγαλύτερη προτίμηση στις εντολές της μορφής «στρίψτε, μετά το ορόσημο» διότι κατ' αυτόν τον τρόπο θεωρούσαν μηδαμινό το ενδεχόμενο να μην παρατηρήσουν κάποιο ορόσημο και να προσπεράσουν τον δρόμο που έπρεπε να στρίψουν. Μάλιστα, όπως ανέφεραν κάποιοι από τους συμμετέχοντες, ακόμα και να εντοπίσεις το ορόσημο την τελευταία στιγμή, προλαβαίνεις να εκτελέσεις την εντολή, εφόσον η πράξη προσανατολισμού εκτελείται αφότου το προσπεράσεις.
- Γενικά, τα υποκείμενα αντιδρούσαν περισσότερο νευρικά και με μεγαλύτερη ανασφάλεια ή άγχος στο άκουσμα της εντολής «στρίψτε, πριν το ορόσημο», διότι είχαν στο νου τους να εντοπίσουν το ορόσημο σύντομα και να στρίψουν έγκαιρα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μερικές φορές, να μην εκτελούν σωστά την εντολή, είτε επειδή βιάστηκαν και προσπάθησαν να στρίψουν σε λάθος δρόμο, είτε επειδή μείωσαν αισθητά την ταχύτητα τους, στην προσπάθεια να μην χάσουν το ορόσημο.
- Ορόσημα που δεν βρίσκονταν ακριβώς στην διασταύρωση των οδών που θα τελούταν η πράξη προσανατολισμού αλλά ήταν τοποθετημένα πριν ή μετά από αυτή, δεν λειτούργησαν το ίδιο αποτελεσματικά με τα υπόλοιπα, παρόλο τα ισχυρά οπτικά χαρακτηριστικά τους.
- Οι εντολές της μορφής «στο ορόσημο στα δεξιά σας (ή αριστερά σας), στρίψτε αριστερά (ή δεξιά)», που το ορόσημο δηλαδή βρισκόταν στην απέναντι μεριά του δρόμου από όπου έπρεπε να στρίψει το υποκείμενο, ήταν πιο δύσκολο να επεξεργαστούν και να αφομοιωθούν αμέσως εφόσον απαιτούσαν την πλήρη προσοχή του. Όπως ήδη είπαμε, η αναζήτηση των οροσήμων δεν πρέπει να γίνεται αυτοσκοπός, ούτε η οδήγηση να αντιμετωπίζεται ως δευτερεύων στόχος. Γι αυτό άλλωστε είναι σημαντικό, η θέση του κάθε οροσήμου που πρόκειται να συναντήσει ο πλοηγούμενος, να προσδιορίζεται επακριβώς μέσα από τις εντολές.
- Ορισμένα οπτικά χαρακτηριστικά των οροσήμων που χρησιμοποιήθηκαν (πχ. χρώμα, υλικό πρόσοψης κτιρίων) λειτουργούν περισσότερο αποτελεσματικά για την ημέρα παρά για την νύχτα. Επίσης, ιδίως την νύχτα, η παρουσία ορισμένων οροσήμων (πχ. καταστημάτων, υπηρεσιών) υποδηλώνεται μόνο από φωτεινές πινακίδες (που αφορούν στην σημασιολογία τους), χωρίς την βοήθεια των οποίων θα ήταν πιο χρονοβόρος ο εντοπισμός τους, και όχι από τα οπτικά τους χαρακτηριστικά. Αυτό μπορεί να συνεισφέρει είτε θετικά, είτε αρνητικά στην διαδικασία της πλοήγησης, εφόσον η

φωτεινή πινακίδα είναι η μοναδική ένδειξη που παρέχεται για το ορόσημο και δεν είναι αντιπροσωπευτική του μεγέθους ή της ακριβούς θέσης του.

Συνολικά, την μεγαλύτερη αδυναμία εντοπισμού οροσήμων παρουσίασαν τα υποκείμενα στην περίπτωση που έπρεπε να πλοηγηθούν νύχτα, να εντοπίσουν το ορόσημο σε απόσταση από τον κόμβο και στην αντίθετη πλευρά του δρόμου από αυτή που θα έστριβαν και τέλος να εκτελέσουν σωστά και με ασφάλεια την πράξη προσανατολισμού πριν συναντήσουν το ορόσημο.

## 7.6 Πρόσθετα συμπεράσματα

Στο πείραμα συμμετείχαν συνολικά 20 υποκείμενα, 10 από κάθε φύλο. Το δείγμα είναι ιδιαίτερα μικρό για να γίνει ποσοτική ανάλυση ως προς την συμπεριφορά και τις αντιδράσεις των δύο φύλων. Ωστόσο, το ακόλουθο γράφημα δίνει μια εικόνα για τα ποσοστά επιτυχίας του μέσου όρου των ανδρών και γυναικών για την ημέρα και την νύχτα, στις δύο διαδρομές, ανεξάρτητα από τα ποσοστά δυσκολίας που εκφράστηκαν στα γραφήματα 7.2 και 7.4.



Γράφημα 7.5: Ποσοστό επιτυχίας για το μέσο όρο ανδρών και γυναικών, ανά περίπτωση.

Χωρίς να είναι εφικτό να εξαχθεί ένα καθολικό συμπέρασμα, με βάση το παραπάνω γράφημα, μπορούν να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Τα ποσοστά επιτυχίας μεταξύ τους παρουσιάζουν πολύ μικρές διαφορές, διακρίνεται όμως μια σταθερή πτωτική τάση από την ημέρα στην νύχτα και στα δύο φύλα.
- Τα ποσοστά επιτυχίας των μέσων όρων των ανδρών και των γυναικών, για την ημέρα και την νύχτα, που αφορούν την πρώτη διαδρομή, και άρα τις εντολές της μορφής «στρίψτε μετά το ορόσημο», είναι υψηλότεροι από αυτούς της δεύτερης.
- Με εξαίρεση το 100% επιτυχίας που σημείωσε ο μέσος όρος των γυναικών την ημέρα στην πρώτη διαδρομή, τα ποσοστά επιτυχίας του μέσου όρου των ανδρών είναι υψηλότερα από αυτά των γυναικών περίπου κατά 6%.

Επιπλέον, αρκετά από τα υποκείμενα της έρευνας δήλωσαν πως παρόλο που η πλοήγηση με την βοήθεια των αντικειμένων - οροσήμων τους διευκόλυνε, η προσοχή τους στο δρόμο και

την οδήγηση μειώθηκε λίγο, με σκοπό να αναζητήσουν τα ορόσημα αυτά, ειδικότερα την νύχτα όπου έπρεπε να αναζητήσουν συγκεκριμένα σημασιολογικά ή οπτικά χαρακτηριστικά κτιρίων.

## **7.7 Σύγκριση των αποτελεσμάτων του πειράματος με την υπάρχουσα βιβλιογραφία**

Για ακόμη μία φορά φαίνεται η υπεροχή των οροσήμων ως μέσο πλοήγησης, διότι πάνω από όλα συμφωνούν με τις αρχές της ανθρώπινης χωρικής συμπεριφοράς και κατ' επέκταση με τις βασικές στρατηγικές πλοήγησης που υιοθετούν οι άνθρωποι. Παρέχουν μια αίσθηση ασφάλειας στον πλοηγούμενο, ανεβάζοντας την αυτοπεποίθησή του και επιβεβαιώνοντας την θέση του όταν αυτός κινείται σε ένα ξένο περιβάλλον.

Επίσης επιβεβαιώνεται η θεωρία που τονίζει ότι τα σημαντικότερα ορόσημα κατά μήκος μιας διαδρομής, είναι αναγκαίο να βρίσκονται στα «σημεία λήψης αποφάσεων», σε όλους τους κόμβους δηλαδή που απαιτείται αλλαγή στην κατεύθυνση της πορείας.

Σύμφωνα με τους M. Sorrows και S. Hirtle (1999) και την κατηγοριοποίηση των οροσήμων που πρότειναν (οπτικά, γνωστικά και δομικά), τα γνωστικά ορόσημα, δηλαδή αυτά, των οποίων η σπουδαιότητα προέρχεται από την σημασιολογία τους, απευθύνονται σε χρήστες που είναι γνώστες της συγκεκριμένης περιοχής, ενώ μπορεί να παραληφθούν από άλλους χρήστες μη εξοικειωμένους, όταν δεν υπάρχει η κατάλληλη σήμανση.

Τα οπτικά, τα σημασιολογικά, τα δομικά χαρακτηριστικά ενός οροσήμου και η «εκ των προτέρων ορατότητά του» από τον πλοηγούμενο, είναι παράγοντες που όντως λειτουργούν συνδυαστικά και αθροιστικά στην συνολική «βαθμολογία» ενός καλού οροσήμου και όχι ανεξάρτητα.

Όπως επισημάνθηκε σε σχετική έρευνα, δεν είναι πάντα εύκολος ο εντοπισμός αντικειμένων – οροσήμων σε όλα τα περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, σε ένα προάστιο που αποτελείται κυρίως από κατοικίες, η κατανομή διακριτών ή ξεχωριστών χαρακτηριστικών έχει μικρή διακύμανση και ελάχιστες ακραίες τιμές. Άρα το να επιλεγθεί το επικρατέστερο ή σπουδαιότερο αντικείμενο κατά μήκος ενός τμήματος μιας διαδρομής είναι μεν πιθανό αλλά όχι πάντα χρήσιμο. Το ίδιο συνέβη και σε αυτήν την περίπτωση.

## **7.8 Επίλογος και μελλοντική Έρευνα**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάστηκαν τα ορόσημα, ως αναπόσπαστο κομμάτι του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζει και κινείται ο άνθρωπος. Στη συνέχεια, έγινε προσπάθεια να δοθεί μια συνοπτική και περιεκτική εικόνα γύρω από τις έρευνες και τις πειραματικές διαδικασίες που έχουν διεξαχθεί, κυρίως την τελευταία δεκαετία, σε παγκόσμιο επίπεδο και αφορούν την ενσωμάτωση των οροσήμων στις οδηγίες πλοήγησης. Μέσα από την επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας έγινε αντιληπτό το εύρος των παραμέτρων που πρέπει να εξεταστούν και των παραγόντων που πρέπει να συνυπολογιστούν έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η ενσωμάτωση και η άρτια λειτουργία των οροσήμων στα μελλοντικά δορυφορικά συστήματα πλοήγησης. Τέλος, μέσα από το πείραμα που διεξήχθη, εξετάστηκε η παράμετρος της θέσης των οροσήμων μέσα σε μια προκαθορισμένη διαδρομή του

υφιστάμενου οδικού δικτύου, αξιολογήθηκε η δομική τους σπουδαιότητα και εξήχθησαν ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα.

Μελλοντικές έρευνες πρέπει να ασχοληθούν με την διαμόρφωση των εντολών πλοήγησης, ούτως ώστε να περιέχουν όλη την απαραίτητη πληροφορία για το ορόσημο χωρίς όμως να είναι δυσνόητες για το χρήστη. Επίσης θα πρέπει να αναπτυχθεί ο λογάριθμος βάσει του οποίου οι εντολές αυτές θα δίνονται στο σωστό χρόνο λαμβάνοντας πάντα υπ' όψη την θέση και την ταχύτητα κίνησης του πλοηγούμενου. Ακόμα, ίσως θα πρέπει να αποκλειστούν τελείως ορισμένες κατηγορίες αντικείμενων από το ενδεχόμενο να χρησιμοποιηθούν ως ορόσημα, επιστρέφοντας στον αρχικό συλλογισμό ότι ορόσημα όπως οι φωτεινοί σηματοδότες και η σήμανση της τροχαίας («road furniture») γίνονται γρηγορότερα αντιληπτά από τους οδηγούς. Τέλος, ένα από τα σημαντικότερα αναπάντητα ερωτήματα αφορά την ενιαία σχεδιαστική αρχή των οροσήμων και τον τρόπο απεικόνισης τους στις οθόνες των φορητών συσκευών πλοήγησης.



# Αναφορές

---

## Ξενογλωσσες

Burnett, G. E., Smith, D., & May, A. J. (2001). *Supporting the navigation task: Characteristics of 'good' landmarks*. In M. Hanson (Ed.), *Contemporary ergonomics 2001* (pp. 441–446). London: Taylor & Francis.

Elias, B. (2003). *Extracting landmarks with data mining methods*. In W. Kuhn, M. Worboys, & S. Timpf (Eds.), *Spatial information theory, Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer.

Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Cambridge: MIT Press.

Michon, P.-E., & Denis, M. (2001). *When and why are visual landmarks used in giving directions?* In D. R. Montello (Ed.), *Spatial information theory, Vol. 2205 of Lecture Notes in Computer Science* (pp. 292–305). Berlin: Springer.

Raubal, M., & Winter, S. (2002). *Enriching wayfinding instructions with local landmarks*. In M. J. Egenhofer, & D. M. Mark (Eds.), *Geographic information science, Vol. 2478 of Lecture Notes in Computer Science* (pp. 243–259). Berlin: Springer.

Sorrows, M. E., & Hirtle, S. C. (1999). *The nature of landmarks for real and electronic spaces*. In C. Freksa, & D. M. Mark (Eds.), *Spatial information theory, Vol. 1661 of Lecture Notes in Computer Science* (pp. 37–50). Berlin: Springer.

Winter, S. (2003). *Route adaptive selection of salient features*. In W. Kuhn, M. Worboys, & S. Timpf (Eds.), *Spatial information theory, Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer.

A. Tom, M. Denis (2003). *Referring to Landmark or Street Information in Route Directions: What Difference Does It Make?* in *Spatial Information Theory. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2825*, W. Kuhn, M. Worboys, S. Timpf, Eds., Heidelberg: Springer, pp. 384-397.

B. Elias (2003). *Determination of Landmarks and Reliability Criteria for Landmarks*, Technical Paper, ICA Commission on Map Generalization, 5th Workshop on Progress in Automated Map Generalization, IGN, Paris, France

C. Brenner, B. Elias (2003). *Extracting landmarks for car navigation systems using existing GIS databases and laser scanning*, in *ISPRS Archives, Vol. XXXIV, Part 3/W8*, Munich, Germany

Harrie, L., L. T. Sarjakoski and L. Lehto (2002). *A variable-scale map for small-display cartography*. Proceedings of the Joint International Symposium on "GeoSpatial Theory, Processing and Applications" (ISPRS/Commission IV, SDH2002), Ottawa, Canada

Hampe, M., Anders, K.-H., and Sester, M. (2003). *MRDB Applications for Data Revision and Real-Time Generalisation*, Proceedings of 21st International Cartographic Conference, 10. - 16. August 2003, Durban/South Africa

Elias, B., Hampe, M. & Sester, M., (2004). *Adaptive visualisation of landmarks using an MRDB*. To be published 2004, Springer-Verlag.

Elias, B., Brenner, C (2004). *Automatic generation and application of landmarks in navigation data sets*. In Fisher, P., ed.: *Developments in Spatial Data Handling*. Springer, Berlin, pp. 469–480

Nothegger, C., Winter, S., Raubal, M. (2004). *Computation of the salience of features*. Technical report, Institute for Geoinformation, Technical University Vienna

Elias B., Paelke V., Kuhnt S. (2005). *Concepts for the Cartographic Visualization of Landmarks*. ikg Institute of Cartography and Geoinformatics, Unniversity of Hannover

Hampe M., Elias B. (2003). *Integrating topographic information and landmarks for mobile navigation*. In *LBS & TeleCartography*, G. Gartner, Ed. *Geowissenschaftliche Mitteilungen*, vol. 66, 2003, pp. 147 – 157

Klippel, A. and S. Winter (2005). *Structural Salience of Landmarks for Route Directions*, In: Cohn, A.G.; Mark, D.M. (Eds), *COSIT 2005. Lecture Notes in Computer Science*, 3693. Springer, Berlin, pp. 347 – 362.

Nissen, F., A. Hvas, J. Münster-Swendsen & L. Brodersen (2003). *Small-Display Cartography. GiMoDig-Project*, IST-2000-30090, Deliverable D3.1.1, Public EC report, 2003. <http://gimodig.fgi.fi/deliverables.php>.

Burnett, G.E. (2000), "Turn right at the traffic lights": The requirement for landmarks in vehicle navigation systems, *The Journal of Navigation*, 53(3), 499-510

Burnett, G., (1998). *Turn Right at the King's Head*. Drivers' Requirements for Route Guidance Information. Ph.D., Loughborough University.

Deakin, A. (1996). *Landmarks as Navigational Aids on Street Maps*. *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 23 (1), pp. 21-36, 1996.

Lovelace, K. L., Hegarty, M., and Montello, D. R. (1999). *Elements of Good Route Directions in Familiar and Unfamiliar Environments*. In *Spatial Information Theory*, vol. 1661, Lecture Notes in Computer Science, Freksa, C. and Mark, D. M., Eds. Berlin: Springer, 1999, pp. 65-82.

Caduff D., Timpf S. (2005). *The Landmark Spider: Representing Landmark Knowledge for Wayfinding Tasks*. In T. Barkowsky, C. Freska, M.H., Lowe, R., eds.: *Reasoning with mental*

and external diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance, AAAI Press, Stanford, CA, USA, pp. 30-35

Millonig A., Schechtner K. (2005). *Developing Landmark-based Pedestrian Navigation Systems*. A Res, HCM Technol, Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems Vienna, Austria

AASHTO, *Geometric Design of Highways and Streets*, Washington, DC, 2001, pp. 115-117

Hampe M., Sester M., Harrie L. (2004). *Multiple Representation Databases to support visualization on mobile devices*. International Archives of Photogrammetry, Citeseer

Elias B., Sester M. (2006). *Incorporating Landmarks with Quality Measures in Routing Procedures*, Geographic Information Science, vol. 4197, Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin, pp. 65-80