



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ  
ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΓΟΡΑΣ ΜΕ  
ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ**

Διατριβή που υπεβλήθη για τη μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την  
απόκτηση μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης

**Υπό**

**ΚΑΡΑΝΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ**

**ΧΑΝΙΑ 2005**

© Copyright υπό Καρναστάση Αναστασία

2005

Η διατριβή της Καραναστάση Αναστασίας εγκρίνεται

Όνομα	Υπογραφή
Ματσατσίνης Νικόλαος	
Ζοπουνίδης Κωνσταντίνος	
Γρηγορούδης Ευάγγελος	

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....</b>	<b>iv</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....</b>	<b>vi</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>vi</b>
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>vii</b>
<b>ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ .....</b>	<b>viii</b>
Σεμινάρια – Συνέδρια .....	ix
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>xi</b>
<b>Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή .....</b>	<b>1</b>
1.1 Αναγκαιότητα .....	1
1.2 Στόχοι της διπλωματικής εργασίας .....	2
1.3 Δομή της εργασίας .....	2
<b>Κεφάλαιο 2 – Θεωρητικό Υπόβαθρο και Επισκόπηση Σχετικής Έρευνας .....</b>	<b>4</b>
2.1 Φυσική Γλώσσα .....	4
2.1.1 Προκαταρκτικά .....	4
2.1.2 Συστήματα Διαλόγου .....	5
2.1.3 Δομές Ιδιοτήτων και Ενοποίηση .....	6
2.1.4 Γραμματικοί φορμαλισμοί και συντακτική ανάλυση .....	8
2.1.4.1 Γραμματική χωρίς συμφραζόμενα .....	8
2.1.4.2 Φορμαλισμός PATTERN-II .....	10
2.1.4.3 Ανάλυση Διαγραμματών (Chart Parsing) .....	12
2.1.4.4 Λεξικό και Γραμματική .....	14
2.2 ChartParser .....	15
2.3 Εφαρμογές Συστημάτων Διαλόγου σε ερωτηματολόγια .....	20
Ανακεφαλαίωση .....	22
<b>Κεφάλαιο 3 – Ανάλυση Συμπεριφοράς και Ικανοποίησης Καταναλωτών .....</b>	<b>23</b>
3.1 Η ανάγκη γνώσεως της συμπεριφοράς του καταναλωτή .....	23
3.1.1 Η έρευνα .....	24
3.1.2 Ο προσδιορισμός των παραγόντων .....	24
3.2 Γενικά για την Μέτρηση Ικανοποίησης των Πελατών .....	28
3.3 Το πρότυπο ISO 9001:2000 .....	29
3.4 Σχεδιασμός Ερωτηματολογίου .....	30
Ανακεφαλαίωση .....	33
<b>Κεφάλαιο 4 – Το μοντέλο φυσικής γλώσσας .....</b>	<b>34</b>
4.1 Προτεινόμενο Ερωτηματολόγιο για την Μέτρηση Ικανοποίησης Πελατών .....	34

4.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Χρήσης Ερωτηματολογίου διαδικτυακά και με χρήση κινητών συσκευών .....	37
4.3 Μεθοδολογία.....	37
4.4 Προδιαγραφές Απαιτήσεων .....	39
4.5 Κύριο σώμα εργασίας (Corpus Work).....	40
4.5.1 Εισαγωγικές Φράσεις.....	40
4.5.2 Φράσεις Πληροφορίας.....	41
4.5.3 Χρονικές Φράσεις.....	42
4.6 Σχεδιασμός (Design).....	44
4.6.1 Το μεταμοντέλο των εκφράσεων της φυσικής γλώσσας.....	44
4.6.2 Απεικόνιση πληροφορίας.....	44
4.7 Λειτουργικότητα .....	46
4.7.1 Σύνταξη φράσεων για παροχή λειτουργικότητας .....	46
4.7.2 Ταξινόμηση πληροφορίας από το σύστημα.....	47
4.7.3 Αλγόριθμος για την επίλυση ασαφειών .....	51
4.8 Θεμελιώδης σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του μοντέλου Φυσικής Γλώσσας .....	53
Ανακεφαλαίωση .....	54
<b>Κεφάλαιο 5 – Υλοποίηση μοντέλου φυσικής γλώσσας.....</b>	<b>56</b>
5.1 Γενική Αρχιτεκτονική .....	56
5.2 Η Υπομονάδα Ανάλυσης Διαγραμμάτων (Chartparser Module) .....	57
5.2.2 Λεξιλόγιο .....	57
5.2.3 Γραμματική.....	60
5.3 Η Υπομονάδα Διαχείρισης Διαλόγου (Dialogue Manager Module) .....	63
5.4 Η Υπομονάδα Επίλυσης Ασαφειών (Ambiguities Resolver Module) .....	65
5.4.1 Date/Time Resolver .....	66
5.4.2 Semantics Resolver.....	66
5.5 Η Υπομονάδα Διαχείρισης Απόκρισης (Response Manager Module) .....	67
Ανακεφαλαίωση .....	68
<b>Κεφάλαιο 6 – Σχεδιασμός και Υλοποίηση εφαρμογής .....</b>	<b>69</b>
6.1 Τεχνολογία Java για κινητές συσκευές.....	69
6.1 Αρχιτεκτονική και Υλοποίηση της σχεδίασης της εφαρμογής.....	70
6.2 Λειτουργικότητα .....	73
6.3 Γραφικός Σχεδιασμός.....	73
6.4 Παρουσίαση της λειτουργικότητας του συστήματος μιας πραγματικής εφαρμογής.....	75
Ανακεφαλαίωση .....	79
<b>Κεφάλαιο 7 – Ανακεφαλαίωση &amp; Μελλοντικές επεκτάσεις .....</b>	<b>80</b>
7.1 Ανακεφαλαίωση Διπλωματικής εργασίας .....	80
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	83

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κατάταξη συστημάτων διαλόγου ανάλογα με το βαθμό πολυπλοκότητας	5
Πίνακας 2: Σύμπλεγμα επιρροών αγοράς κατά τον P. Chisnall [24]	25
Πίνακας 3: Σύμπλεγμα επιρροών αγοράς κατά τον K. Μαγνήσαλη [23]	26
Πίνακας 4: Μοντέλο διαδικασίας απόφασης ενός ατόμου (Hill Nigel, 1996)	27
Πίνακας 5: Ερωτήσεις συμπεριφοράς – πολλαπλής επιλογής, μοναδικής απάντησης	31
Πίνακας 6: Ερωτήσεις ταξινόμησης	32
Πίνακας 7: Περίληψη τύπων ερωτηματολογίων [25]	33

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Μία απλή δομή ιδιοτήτων με ατομικές τιμές, που παριστάνεται με έναν πίνακα με τιμές ιδιοτήτων.....	6
Σχήμα 2: Μία δομή ιδιοτήτων που περιέχει υπο-δομές.....	7
Σχήμα 3: Η δομή ιδιοτήτων σαν Κατευθυνόμενος Ακυκλικός Γράφος (ΚΑΓ).....	7
Σχήμα 4: Η δομή ιδιοτήτων σαν εξίσωση. Το '0' αναφέρεται στην κορυφή της δομής.....	7
Σχήμα 5: Ενοποίηση δύο δομών ιδιοτήτων σε μία που περιέχει την ένωση της πληροφορίας.....	8
Σχήμα 6: Δείγμα γραμματικής χωρίς συμφραζόμενα για τη φράση 'John likes football' 9	
Σχήμα 7: Ένα συντακτικό δέντρο που παράγεται από μία γραμματική χωρίς συμφραζόμενα.....	10
Σχήμα 8: Γραμματική χωρίς συμφραζόμενα με περιορισμούς ενοποίησης PATR-II.....	11
Σχήμα 9: Αμφίδρομη διαδικασία επικοινωνίας μέσω του ερωτηματολογίου [27].....	30
Σχήμα 10: Το διάγραμμα εργασίας για την ανάπτυξη του συστήματος (Degerstedt & Johnsson, 2001).....	38
Σχήμα 11: Λειτουργικότητα Συστήματος.....	39
Σχήμα 12: Δομή ιδιοτήτων που παράγεται από τον αναλυτή διαγραμμάτων του συστήματος.....	45
Σχήμα 13: Στοιχεία και πίνακες βάσεως δεδομένων.....	49
Σχήμα 14: Αλληλουχία διαδικασιών σε περίπτωση ασαφούς απόκρισης.....	52
Σχήμα 15: Θεμελιώδης σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του μοντέλου.....	53
Σχήμα 16: Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	56
Σχήμα 17: Παράδειγμα του mini λεξικού με τις κατάλληλεις κατηγορίας ρημάτων.....	59
Σχήμα 18: Παράδειγμα του λεξικού με τις ρίζες των λέξεων.....	59
Σχήμα 19: Παράδειγμα από την γραμματική.....	60
Σχήμα 20: Δομές ιδιοτήτων που παράγονται από τον αναλυτή διαγραμμάτων.....	62
Σχήμα 21: Δομή ιδιοτήτων για χρονική φράση με ασάφεια.....	64
Σχήμα 22: Επίπεδα λογισμικού κατά την εφαρμογή στην πλατφόρμα J2ME.....	70
Σχήμα 23: Η αρχιτεκτονική client-server.....	71
Σχήμα 24: Παράδειγμα ακολουθίας μηνυμάτων σε περίπτωση εισαγωγής του χρήστη στο σύστημα.....	72
Σχήμα 25: Ο σχεδιασμός της υλοποίησης της εφαρμογής.....	72
Σχήμα 26: Ο γραφικός σχεδιασμός της οθόνης του κινητού τηλεφώνου.....	75
Σχήμα 27: Ένα παράδειγμα μέσα από στιγμιότυπα της εφαρμογής σε ένα κινητό τηλέφωνο.....	78

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διατριβή αυτή είναι το αποτέλεσμα έρευνας, η οποία πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο χρόνων. Κατά το χρονικό αυτό διάστημα αμέριστη υπήρξε η υποστήριξη του επιβλέποντα κ. Νικόλαου Ματσατσίνη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η υποστήριξη και η συνεχής καθοδήγηση που μου παρείχε αποτέλεσε τη βάση μιας άριστης συνεργασίας, η οποία συνετέλεσε τα μέγιστα στην επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας ερευνητικής διατριβής.

Οφείλω παράλληλα να ευχαριστήσω τον κ. Κωνσταντίνο Ζοπουνίδη, Καθηγητή και Πρόεδρο του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης και τον κ. Ευάγγελο Γρηγορούδη, Λέκτορα του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης, για τον χρόνο που διέθεσαν στην ανάγνωση της διατριβής και τις κριτικές παρατηρήσεις τους.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και κυρίως τον σύζυγό μου, Νίκο, για την ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν σε όλη τη χρονική διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής διατριβής.

## ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Η Αναστασία Καρναυστάση γεννήθηκε το 1980 στη Χαλκίδα Ευβοίας. Το 1998 ξεκίνησε τις σπουδές της στο Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης, από όπου και αποφοίτησε τον Σεπτέμβριο του 2003. Τον Οκτώβριο του 2003 ξεκίνησε τις μεταπτυχιακές της σπουδές στο Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης στον τομέα Οργάνωσης και Διοίκησης.

Έχει δημοσιεύσει ερευνητικές εργασίες σε περιοδικά και διεθνή συνέδρια, ενώ είναι project manager στο WP3 και WP4 του Network of Excellence DELOS II.

Τέλος, έχει συμμετάσχει σε διεθνή επιστημονικά συνέδρια σε θέματα επεξεργασίας φυσικού λόγου και ανάκτησης πληροφορίας και σε θέματα διαχείρισης ψηφιακών βιβλιοθηκών, χώροι στους οποίους επικεντρώνονται τα βασικά ερευνητικά της ενδιαφέροντα. Αναλυτικά, οι μέχρι τώρα δημοσιεύσεις και συμμετοχή σε επιστημονικά συνέδρια παρουσιάζονται παρακάτω:

### Δημοσιεύσεις

1. Deliverable “D7.1 – UP-TV MOBILE APPLICATIONS” για το ερευνητικό πρόγραμμα UP-TV Ιανουάριος, 2003
2. F.G. Kazasis, N. Moumoutzis, N. Pappas, A. Karanastasi, S.Christodoulakis: "Designing Ubiquitous Personalized TV-Anytime Services" International Workshop on Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems (UMICS), Klagenfurt/Velden, Austria, June 2003
3. A. Karanastasi, F.G. Kazasis, S. Christodoulakis: “A Natural Language Model for Managing TV-Anytime Information in Mobile Environments” International Workshop on Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems (UMICS), Riga, Latvia, June 2004
4. A. Karanastasi, F.G. Kazasis, S. Christodoulakis: “A Natural Language Model and a System for Managing TV-Anytime Information” 9th International Conference



- on Applications of Natural Language to Information Systems (NLDB' 04), Manchester, UK, June 2004
5. State of the Art in Audiovisual content-based retrieval, information universal access and interaction including datamodels and languages: Context Modeling, Multimodal Interfaces, Modeling of Contexts & Histories in Ubiquitous Environments, Natural Language Interfaces for the EU Network of Excellence DELOS (2004)
  6. WP3, Task 5: Report on the Audiovisual Data and Metadata Management state of the art: Context and History Management for the EU Network of Excellence DELOS (2004)
  7. A. Karanastasi, S. Christodoulakis: "OntoNL: An Ontology-based Natural Language Interface Generator for Multimedia Repositories", to be appeared in AVIVDiLib Seventh International Workshop of the EU Network of Excellence DELOS on Audio-Visual Content and Information Visualization in Digital Libraries (AVIVDiLib 2005)
  8. A. Karanastasi, F.G. Kazasis, S. Christodoulakis: "A Natural Language Model for Managing TV-Anytime Information in Mobile Environments" Special Issue on Personal and Ubiquitous Computing International Journal published by ACM-Springer Verlag.
  9. A. Karanastasi, N. Matsatsinhs: "A Natural Language System for Customer Satisfaction Measurement using Mobile Devices", Journal of Electronic Commerce Research and Applications (submitted).

### **Σεμινάρια – Συνέδρια**

1. International Workshop on Multimedia in Digital Libraries, Chania, Greece, June 2003
2. 1st International Workshop on Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems, at CAiSE 2004, the 16th International Conference on

Advanced Information Systems Engineering, Klagenfurt, Austria 16 - 17 June, 2003

3. Technical University of Crete “Multicriteria Decision Analysis” Conference, Chania, Greece (2003).
4. 2nd International Workshop on Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems, at CAiSE 2004, the 16th International Conference on Advanced Information Systems Engineering, Riga, Latvia, June 7-11, 2004
5. 9th International Conference on Applications of Natural Language to Information Systems (NLDB' 04), Manchester, UK, June 2004
6. Seventh International Workshop of the EU Network of Excellence DELOS on AUDIO-VISUAL CONTENT AND INFORMATION VISUALIZATION IN DIGITAL LIBRARIES (AVIVDiLib'05) Cortona, Italy, May 4-6, 2005

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μέτρηση ικανοποίησης πελατών αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που απασχολούν επιχειρήσεις και οργανισμούς, με βάση το πελατοκεντρικό χαρακτήρα των σύγχρονων επιχειρήσεων. Σε αρκετά προβλήματα αξιολόγησης της ποιότητας των υπηρεσιών ενός οργανισμού ζητούνται από τους άμεσους χρήστες των υπηρεσιών αυτών (εσωτερικούς ή εξωτερικούς πελάτες) οι προτιμήσεις, όσον αφορά τη σημαντικότητα των ποιοτικών χαρακτηριστικών και στην ολική εκτίμηση των χαρακτηριστικών της υπηρεσίας αυτής.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται ένα μοντέλο φυσικής γλώσσας και η υλοποίησή του, για τη διαχείριση ερωτηματολογίων για την μέτρηση ικανοποίησης πελατών, ώστε ο χρήστης να μπορεί, χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα, να απαντά σε όλες τις μορφές ερωτήσεων που παρέχονται μέσα από αυτά. Το μοντέλο που παρουσιάζεται είναι πλήρες σε σχέση με το πρότυπο ανάπτυξης ερωτηματολογίων μέτρησης ικανοποίησης πελατών και είναι επεκτάσιμο σε νέες δομές και κατηγορίες ερωτήσεων.

Μέχρι σήμερα στην βιβλιογραφία, δεν έχουν αναφερθεί παραδείγματα ανάπτυξης μοντέλων διεπαφών φυσικής γλώσσας για την συμπλήρωση ερωτηματολογίων, παρά μόνο ερωτηματολόγια που προσφέρουν στον χρήστη πιθανές απαντήσεις μέσα από τις οποίες καλείται να εκφράσει τις προτιμήσεις του και τον βαθμό ικανοποίησής του. Η παρουσίαση των ερωτηματολογίων αυτών με χρήση κινητών συσκευών αποτελεί ακόμα μία καινοτομία του συστήματος που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διατριβής αυτής και ερευνά τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες μίας τέτοιας πλατφόρμας στη διενέργεια ποιοτικών ερευνών.

Το σύστημα που αναπτύχθηκε, υλοποιεί τις παραπάνω μεθοδολογίες και εξασφαλίζει την επικοινωνία του χρήστη με το υπόλοιπο σύστημα για την εισαγωγή των δεδομένων (έρευνα αγοράς). Τα στοιχεία αυτά απορρέουν μέσα από κατάλληλα ερωτηματολόγια που

αναπτύχθηκαν και παρέχονται μέσω οποιουδήποτε μέσου. Η συγκέντρωση των πληροφοριών (απαντήσεις) γίνεται με χρήση φυσικής γλώσσας.

Στο σύστημα που αναπτύχθηκε χρησιμοποιήθηκαν διευκρινιστικοί διάλογοι για την αποσαφήνιση των απαντήσεων των χρηστών, στην περίπτωση που δεν μπορούσε το σύστημα να εξάγει συμπέρασμα λόγω προγενέστερης απάντησης. Στη γενική περίπτωση όπου η εισαγωγή του χρήστη παρουσιάζει ασάφεια, την επίλυσή της αναλαμβάνει ένας αλγόριθμος που αναπτύχθηκε και εξετάζει τις καλύτερες δυνατές συσχετίσεις και το περιβάλλον της λέξης ή της πρότασης με την ασάφεια.

Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, το περιβάλλον παροχής των ερωτηματολογίων επιλέγεται να είναι αυτό των κινητών συσκευών (mobile phones, PDAs) για τα οποία οι διεπαφές παρουσιάζουν ερευνητικό ενδιαφέρον λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων πόρων.

Το σύστημα που αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε στα πλαίσια της διατριβής αυτής παρουσιάζει συνοπτικά πλεονεκτήματα χρήσης που αφορούν στην βελτίωση της ακρίβειας της χειροκίνητης ανάλυσης, στην καλύτερη διαχείριση αδόμητων δεδομένων, στην βελτίωση της μέχρι τώρα μεθοδολογίας για την έρευνα, στην μείωση του κόστους της χειροκίνητης ανάλυσης και στην εξαγωγή αναφοράς σε πραγματικό χρόνο.

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Αναγκαιότητα

Η μέτρηση ικανοποίησης πελατών αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που απασχολούν επιχειρήσεις και οργανισμούς, με βάση το πελατοκεντρικό χαρακτήρα των σύγχρονων επιχειρήσεων. Σε αρκετά προβλήματα αξιολόγησης της ποιότητας των υπηρεσιών ενός οργανισμού ζητούνται από τους άμεσους χρήστες των υπηρεσιών αυτών (εσωτερικούς ή εξωτερικούς πελάτες) οι προτιμήσεις, όσον αφορά τη σημαντικότητα των ποιοτικών χαρακτηριστικών και στην ολική εκτίμηση των χαρακτηριστικών της υπηρεσίας αυτής. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την συμπλήρωση κατάλληλων ερωτηματολογίων, όπου ο χρήστης καλείται να επιλέξει μέσα από έναν πολύ συγκεκριμένο αριθμό απαντήσεων αυτήν που προσεγγίζει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την δική του άποψη.

Μιας και η παρουσία και η χρήση της πληροφορικής στη ζωή μας συνεχώς αυξάνει, υπάρχει μία αναπτυσσόμενη ανάγκη για αξιόπιστη αλληλεπίδραση και ευκολία στη χρήση της. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη για την ύπαρξη διεπαφών φυσικής γλώσσας. Στην περίπτωση της μέτρησης ικανοποίησης πελατών, γεννιέται η ανάγκη ύπαρξης μίας διεπαφής που θα επιτρέπει στον χρήστη κάνοντας χρήση οποιασδήποτε συσκευής, είτε αυτή είναι η τηλεόρασή του, είτε ο υπολογιστής του, είτε η κινητή του συσκευή (mobile phone, PDA) να συμπληρώνει κατάλληλα τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιούνται σε έρευνες. Με τον τρόπο αυτό θα μπορεί να απαντά με ακρίβεια την κάθε ερώτηση και η απάντησή του θα τον αντιπροσωπεύει πλήρως..

Τα παραπάνω εξυπηρετούν τον χρήστη αλλά και το ίδιο το σύστημα, δεδομένου ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει την πληροφορία αυτή για να κάνει καλύτερη δρομολόγηση των πόρων του. Η ανάπτυξη ενός μοντέλου φυσικής γλώσσας για την εφαρμογή του σε ερωτηματολόγια, επιλύει και το πρόβλημα της αυξημένης πολυπλοκότητας που υπάρχει στην ανάπτυξη ενός γραφικού σχεδιασμού (user interface), που να καλύπτει την παραπάνω λειτουργικότητα.

## 1.2 Στόχοι της διπλωματικής εργασίας

Η εφαρμογή του μοντέλου φυσικής γλώσσας γίνεται πάνω σε κινητές συσκευές, που κάνοντας χρήση ενός HTTP πρωτοκόλλου θα επικοινωνούν με το σύστημα και θα αποτελούν το μέσο εισαγωγής των απαντήσεων του χρήστη.

Οι βασικές αρχές που ακολουθήθηκαν για τους δύο στόχους που μόλις αναφέρθηκαν, είναι οι εξής:

**- Ως προς το μοντέλο της φυσικής γλώσσας, πρέπει αυτό να**

- Υποστηρίζει το σύνολο της δομής των εκφράσεων της αγγλικής γλώσσας.
- «Κρύβει» την πολυπλοκότητα της εφαρμογής από τον χρήστη και του παρουσιάζει μία κατανοητή εικόνα.
- Είναι αξιόπιστο και ανθεκτικό σε πιθανά λάθη του χρήστη.
- Εξασφαλίζει ανάκτηση πληροφορίας σε περίπτωση κατάρρευσης του συστήματος.

**-Ως προς τον Server, το μοντέλο πρέπει να**

- Ενσωματώνει τις οντότητες του μοντέλου δεδομένων.
- Εξασφαλίζει την ασφάλεια των δεδομένων που αποθηκεύει.
- Είναι όσο το δυνατόν πιο αποδοτικό και γρήγορο στην ανάκτηση και αποθήκευση της πληροφορίας.

**-Ως προς την εφαρμογή σε κινητές συσκευές, πρέπει αυτή να**

- Είναι εύχρηστη και να ακολουθεί τις βασικές αρχές σχεδίασης και ανάπτυξης User Interface, ώστε να μην κουράζει τον χρήστη αλλά να τον βοηθά όσο το δυνατόν περισσότερο στην αλληλεπίδρασή του με το σύστημα.

## 1.3 Δομή της εργασίας

Μετά το τρέχον –πρώτο- κεφάλαιο, το οποίο αποτελεί και την εισαγωγή του συγγράμματος, ακολουθούν πέντε ακόμα κεφάλαια. Συνοπτικά, αναφέρονται το αντικείμενο του καθενός:

- **Κεφάλαιο 2 – Επισκόπηση σχετικής έρευνας:** παρουσιάζει το θεωρητικό υπόβαθρο της ανάπτυξης πρωτοτύπων φυσικής γλώσσας, τον αναλυτή διαγραμμάτων (chart parser) που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας και σχετική έρευνα που κυμαίνεται στους χώρους της ανάπτυξης ερωτηματολογίων για την μέτρηση της ικανοποίησης πελατών, χρησιμοποιώντας μοντέλα φυσικής γλώσσας.
- **Κεφάλαιο 3 – Η Ανάπτυξη Ερωτηματολογίου για την Μέτρηση της Ικανοποίησης Πελατών** αφορά στην παρουσίαση των αρχών που ακολουθήθηκαν για την σωστή κατασκευή ερωτηματολογίου για την μέτρηση της ικανοποίησης πελατών καθώς και το ίδιο το ερωτηματολόγιο.
- **Κεφάλαιο 4 – Το μοντέλο φυσικής γλώσσας:** παρουσιάζει το θεωρητικό μοντέλο της φυσικής γλώσσας και την σχεδίαση του συστήματος, πάνω στα οποία στηρίχθηκε η περαιτέρω υλοποίησή του. Επίσης παρουσιάζεται η μεθοδολογία που καθορίζει την συμπεριφορά του συστήματος στην περίπτωση εμφάνισης ασαφειών στην πρόταση του χρήστη.
- **Κεφάλαιο 5 – Υλοποίηση μοντέλου φυσικής γλώσσας:** αναλύει λεπτομερώς την υλοποίηση του μοντέλου και της επικοινωνίας του με το υπόλοιπο σύστημα.
- **Κεφάλαιο 6 – Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογής:** αναλύει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της εφαρμογής για κινητές συσκευές και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν.
- **Κεφάλαιο 7 – Ανακεφαλαίωση, συμπεράσματα, μελλοντικές επεκτάσεις:** συνοψίζει αυτήν την εργασία και προτείνει κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις.

## Κεφάλαιο 2

### Θεωρητικό Υπόβαθρο και Επισκόπηση Σχετικής Έρευνας

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται έννοιες και ορισμοί που αφορούν στον τομέα της ανάπτυξης διεπαφών σε φυσική γλώσσα. Έτσι, ο αναγνώστης αποκτά μια οικειότητα με την αιχμή της τεχνολογίας (state of the art) πάνω σε θέματα φυσικής γλώσσας, σε συστήματα διαλόγων και στις δομές που διαχειρίζονται τέτοια συστήματα. Επίσης, γίνεται μία αναλυτική παρουσίαση του συντακτικού αναλυτή ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση του μοντέλου της φυσικής γλώσσας (chartparser).

#### 2.1 Φυσική Γλώσσα

##### 2.1.1 Προκαταρκτικά

Η εργασία αυτή, εξετάζει τις πτυχές της γλωσσικής τεχνολογίας, και όχι τη λεκτική τεχνολογία. Η λεκτική τεχνολογία αναφέρεται στην επεξεργασία γλωσσών στο επίπεδο της φωνολογίας και της φωνητικής και θεμελιώνεται στην Ακουστική, την Ηλεκτρομηχανική και την Πληροφορική.

Η γλωσσική τεχνολογία είναι η διαδικασία της ανάλυσης της εισαγωγής κειμένου από την άποψη της σύνταξης, της μορφολογίας, και της σημασιολογίας. Τα θεμέλια για αυτήν βρίσκονται στην υπολογιστική γλωσσολογία, την ψυχολογία και την πληροφορική. Τα συστήματα που περιγράφονται εδώ είναι συστήματα διαλόγου που περιορίζονται στην επεξεργασία της γραπτής - ή δακτυλογραφημένης αλληλεπίδρασης [4].

Έκφραση (utterance) είναι ένας γενικός όρος που αναφέρεται σε οποιοδήποτε τρόπο επικοινωνίας. Δηλαδή, για παράδειγμα, μια έκφραση μπορεί να δακτυλογραφηθεί ή να υπαγορευτεί [19].

Διάλογος (dialogue) είναι μια κοινή αλληλεπιδραστική δραστηριότητα μεταξύ δύο οντοτήτων (π.χ. ένας χρήστης και ένα σύστημα υπολογιστή). Αυτό που καθιστά τους διάλογους διαφορετικούς από άλλους τύπους ομιλιών είναι ότι αφορούν στην εγκατάσταση μιας βάσης

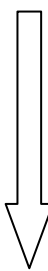


αμοιβαίας συνεννόησης. Σε αυτήν την εργασία, η αλληλεπίδραση από την μεριά του χρήστη δακτυλογραφείται σε ένα πληκτρολόγιο, και το σύστημα που περιγράφεται επιβάλλει την αυστηρή αλληλεπίδραση, δηλαδή οι διακοπές στη συνομιλία και οι παράλληλες εκφράσεις δεν επιτρέπονται.

Η έννοια της φυσικής γλώσσας (natural language) αφορά στις ανθρώπινες γλώσσες που μπορούν να γραφτούν ή/και να μιληθούν (π.χ. Αγγλικά, Ελληνικά, ...)

### 2.1.2 Συστήματα Διαλόγου

Ο γενικός ορισμός ενός συστήματος διαλόγου (μερικές φορές αποκαλούμενου συνομιλητικό σύστημα) αφορά σε ένα σύστημα με μια διεπαφή φυσικής γλώσσας, που επιτρέπει στο χρήστη να επικοινωνήσει στη φυσική γλώσσα του/της, και περιλαμβάνει λιγότερο ή περισσότερο σύνθετους διαλόγους [6]. Τα συστήματα διαλόγου, ανάλογα με τον βαθμό της πολυπλοκότητάς τους μπορούν να ταξινομηθούν, όπως φαίνεται στο σχήμα 1:

Τεχνική	Παράδειγμα Εργασίας	Πολυπλοκότητα Εργασίας	Φαινόμενα Διαλόγου που αντιμετωπίζονται
Κείμενο Πεπερασμένων Καταστάσεων (Finite-state Script)	Υπεραστική συνδιάλεξη		Ο χρήστης απαντά σε ερωτήσεις
Βασισμένη σε πλαίσια (Frame-based)	Πληροφορία για την άφιξη και την αναχώρηση ενός τρένου		Ο χρήστης κάνει ερωτήσεις που διευκρινίζει το σύστημα, με απλό τρόπο
Σύνολο από πλαίσια (Sets of Contexts)	Ταξιδιωτικό πρακτορείο		Μεταθέσεις ανάμεσα σε προκαθορισμένα θέματα
Μοντέλα βασισμένα σε σχέδιο (Plan-based)	Σύμβουλος στο σχεδιασμό κουζινών		Θεματικές δομές, δυναμικά παραγόμενες, συνεργατικοί υπο-διάλογοι για διαπραγματεύσεις.
Μοντέλα βασισμένα σε πράκτορες (Agent-based)	Διαχείριση φυσικών καταστροφών	μεγάλη πολυπλοκότητα	Διαφορετικές υποστάσεις (π.χ. πραγματικός κόσμος και ιδεατός κόσμος)

Πίνακας 1: Κατάταξη συστημάτων διαλόγου ανάλογα με το βαθμό πολυπλοκότητας [6]

Τα περισσότερα συστήματα διαλόγου που κατασκευάζονται μέχρι σήμερα ανήκουν στις δύο πρώτες κατηγορίες, όπως και το σύστημα που υλοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Επιπλέον, το χάσμα μεταξύ των θεωρητικών (δηλ. μη-υλοποιημένων) συστημάτων διαλόγου και των

υπαρχόντων συστημάτων διαλόγου είναι απέραντο. Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες που τα συστήματα των διάφορων πολυπλοκοτήτων θα έπρεπε να υποστηρίζουν, όπως η παραγωγή απάντησης. Δυστυχώς, είναι πολύ λίγα εφαρμοσμένα συστήματα διαλόγου που μέχρι σήμερα παρέχουν όλες τις παραπάνω δυνατότητες. Μπορεί επομένως να φανεί ότι τα συστήματα διαλόγου μικρής πολυπλοκότητας δεν αξίζουν το όνομα συστήματα διαλόγου, τουλάχιστον όχι υπό την έννοια "διάλογος" κανονικά χρησιμοποιημένης. Επίσης, δεδομένου ότι υπάρχει ένας διαχωρισμός μεταξύ της γλωσσικής τεχνολογίας και της λεκτικής τεχνολογίας, το σύστημα διαλόγου άλλες φορές υποδεικνύει προφορική, άλλες φορές γραπτή, και μερικές φορές πολύμορφη αλληλεπίδραση. Σε αυτή την εργασία συζητάμε μόνο για δακτυλογραφημένη αλληλεπίδραση.

### 2.1.3 Δομές Ιδιοτήτων και Ενοποίηση

Δύο κεντρικές έννοιες της υπολογιστικής γλωσσολογίας (computational linguistics) είναι οι δομές ιδιοτήτων και η ενοποίηση (feature structures and unification). Γενικά, ανήκουν σε μια προσέγγιση υπεραπλούστευσης, που επιτρέπει την εξήγηση της συμπεριφοράς μιας μεγάλης δομής ως λειτουργία των συνδυασμένων συμπεριφορών των υποδομών της [4]. Μια δομή μπορεί να θεωρηθεί ως αντιπροσώπευση ενός αντικειμένου, το οποίο μπορεί να έχει σύνθετα σύνολα ιδιοτήτων συνημμένα. Τα πρότυπα που χρησιμοποιούν τέτοιες δομές καλούνται φορμαλισμοί βασισμένοι σε περιορισμούς.

Όταν εφαρμόζεται ένας φορμαλισμός βασισμένος σε περιορισμούς, τότε χρησιμοποιείται ένα πίνακας με τιμές ιδιοτήτων, που ονομάζεται δομή ιδιοτήτων. Το σχήμα 2 παρουσιάζει ένα παράδειγμα μιας απλής δομής ιδιοτήτων:

$$\begin{pmatrix} \text{ΙΔΙΟΤΗΤΑ}_1 & \text{ΤΙΜΗ}_1 \\ \text{ΙΔΙΟΤΗΤΑ}_2 & \text{ΤΙΜΗ}_2 \\ \vdots & \vdots \\ \text{ΙΔΙΟΤΗΤΑ}_n & \text{ΤΙΜΗ}_n \end{pmatrix}$$

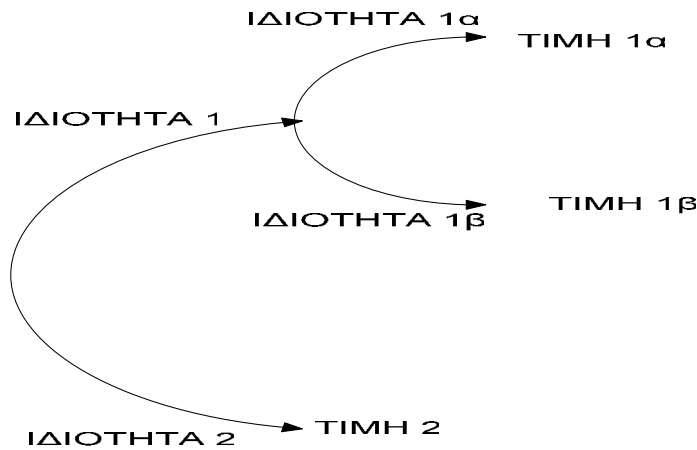
Σχήμα 1: Μία απλή δομή ιδιοτήτων με ατομικές τιμές, που παριστάνεται με έναν πίνακα με τιμές ιδιοτήτων

Τα πεδία των τιμών στο προηγούμενο σχήμα μπορούν να είναι και υποδομές, όπως στο σχήμα 2.

$$\left[ \begin{array}{cc} \text{ΙΔΙΟΤΗΤΑ}_1 & \left[ \begin{array}{cc} \text{ΙΔΙΟΤΗΤΑ}_{1\alpha} & \text{ΤΙΜΗ}_{1\alpha} \\ \text{ΙΔΙΟΤΗΤΑ}_{2\beta} & \text{ΤΙΜΗ}_{2\beta} \end{array} \right] \\ \text{ΙΔΙΟΤΗΤΑ}_2 & \text{ΤΙΜΗ}_2 \end{array} \right]$$

Σχήμα 2: Μια δομή ιδιοτήτων που περιέχει υπο-δομές

Μια δομή ιδιοτήτων μπορεί να παρασταθεί με γράφο, που θα παριστάνει ένα χαρακτηριστικό μονοπάτι μέσα στη δομή. Αυτός ονομάζεται Κατευθυνόμενος Ακυκλικός Γράφος (ΚΑΓ) και φαίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3: Η δομή ιδιοτήτων σαν Κατευθυνόμενος Ακυκλικός Γράφος (ΚΑΓ)

Ένας τρίτος τρόπος για την αναπαράσταση μίας δομής ιδιοτήτων είναι με τη μορφή εξίσωσης, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4. Χρήση αυτής της αναπαράστασης γίνεται, όταν θέλουμε να συνενώσουμε τη δομή με ανεξάρτητους από συμφραζόμενα γραμματικούς κανόνες.

$$\begin{aligned} \text{Ιδιότητα}_1 \text{ Ιδιότητα}_{1\alpha} &= \text{Τιμή}_{1\alpha} \\ \text{Ιδιότητα}_1 \text{ Ιδιότητα}_{1\beta} &= \text{Τιμή}_{1\beta} \\ \text{Ιδιότητα}_2 &= \text{Τιμή}_2 \end{aligned}$$

Σχήμα 4: Η δομή ιδιοτήτων σαν εξίσωση.

Οι δομές ιδιοτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση της πληροφορίας για ένα αντικείμενο και τις ιδιότητές του. Στην γλωσσική τεχνολογία, οι δομές ιδιοτήτων χρησιμοποιούνται και στην ανάλυση και στην λογική του πεδίου ορισμού.

Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης δομών ιδιοτήτων είναι ότι πολλές τέτοιες δομές μπορούν να συνενωθούν μέσω της ενοποίησης. Η διαδικασία της ενοποίησης συγκρίνει δύο δομές ιδιοτήτων και επιστρέφει, αν είναι δυνατό, μία ενοποιημένη δομή. Δύο δομές ιδιοτήτων μπορούν να ενοποιηθούν αν οι δομές που περιέχουν είναι συμβατές. Για παράδειγμα

$$[\text{ιδιοτηταB τιμη2}] \cup [\text{ιδιοτηταB τιμη2}] = [\text{ιδιοτηταB τιμη2}]$$

$$[\text{ιδιοτηταB τιμη2}] \cup [\text{ιδιοτηταB []}] = [\text{ιδιοτηταB τιμη2}]$$

Στο σχήμα 5 φαίνεται μία επιτυχημένη ενοποίηση 2 δομών ιδιοτήτων.

$$\begin{pmatrix} \text{ιδιοτηταA τιμη1} \\ \text{ιδιοτηταB τιμη2} \end{pmatrix} \cup \begin{pmatrix} \text{ιδιοτηταB τιμη2} \\ \text{ιδιοτηταΓ τιμη3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{ιδιοτηταA τιμη1} \\ \text{ιδιοτηταB τιμη2} \\ \text{ιδιοτηταΓ τιμη3} \end{pmatrix}$$

Σχήμα 5: Ενοποίηση δύο δομών ιδιοτήτων σε μία που περιέχει την ένωση της πληροφορίας.

## 2.1.4 Γραμματικοί φορμαλισμοί και συντακτική ανάλυση

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός από διαφορετικούς γραμματικούς φορμαλισμούς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα διαλόγου για φυσική γλώσσα. Για να δώσουμε ένα υπόβαθρο ώστε να προσεγγίσουμε την ανάλυση διαγραμμαμάτων θα αναφερθούμε σε δύο γραμματικούς φορμαλισμούς, στη γραμματική χωρίς συμφραζόμενα και στον φορμαλισμό PATR-II.

### 2.1.4.1 Γραμματική χωρίς συμφραζόμενα

Η γραμματική χωρίς συμφραζόμενα (Context Free Grammar (CFG)) είναι ένα πεπερασμένο σύνολο από κανόνες της μορφής

$$\alpha \rightarrow \beta$$

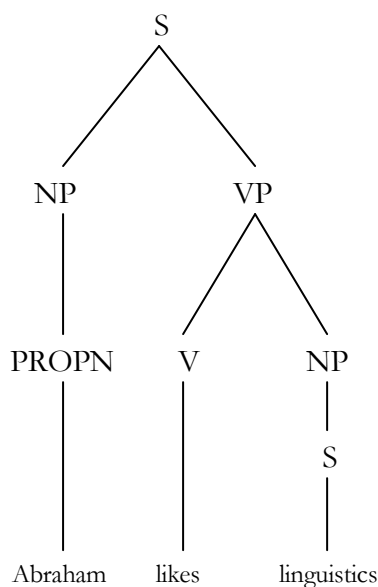
όπου  $a \in V_N$  και  $\beta \in (V_N \cup V_T)^*$  με  $V_N$  ένα πεπερασμένο σύνολο από μη τερματικά (non-terminal) σύμβολα, ή συντακτικές κατηγορίες,  $V_T$  ένα πεπερασμένο σύνολο από τερματικά (terminal) σύμβολα ή πρωταρχικά (primitive) σύμβολα. Οι γραμματικές χωρίς συμφραζόμενα είναι σημαντικές γιατί είναι αρκετά δυνατές, για να περιγράψουν την σύνταξη των γλωσσών προγραμματισμού, και αρκετά απλές για να επιτρέψουν την κατασκευή αξιόπιστων αλγορίθμων ανάλυσης, ώστε για μία συμβολοσειρά να καθοριστεί το κατά πόσο και πως μπορεί να παραχθεί από την γραμματική.

Η ιδέα της γραμματικής χωρίς συμφραζόμενα τυποποιήθηκε από τον Τσόμσκι [4] και περιέχει ένα σύνολο από κανόνες για προκαθορισμένες κατηγορίες. Κάθε κανόνας εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο οι κατηγορίες ομαδοποιούνται και διατάσσονται. Στο σχήμα 6 βλέπουμε μία απλή γραμματική χωρίς συμφραζόμενα.

$S \rightarrow NP VP$	Abbreviations:
$NP \rightarrow N$	S = sentence
$NP \rightarrow PROP N$	P = phrase
$VP \rightarrow V NP$	N = noun
$N \rightarrow \text{Linguistics}$	V = verb
$PROP N \rightarrow \text{Abraham}$	PROP N = proper noun
$V \rightarrow \text{likes}$	

Σχήμα 6: Δείγμα γραμματικής χωρίς συμφραζόμενα για τη φράση 'Abraham likes linguistics'

Η πρόταση «Abraham likes linguistics» αναλύεται σαν μία πρόταση που ανήκει στην κατηγορία S, αφού περιέχει μία φράση ουσιαστικού (κατηγορία NP), με κύριο όνομα (PROP N) «Abraham», και μία φράση ρήματος (κατηγορία VP), που περιέχει ένα ρήμα (κατηγορία V) «likes» και το ουσιαστικό (κατηγορία N) «linguistics». Αυτό μπορεί να παρασταθεί σε ένα συντακτικό δέντρο, όπως στο σχήμα 8.



Σχήμα 7: Ένα συντακτικό δέντρο που παράγεται από μία γραμματική χωρίς συμφραζόμενα

#### 2.1.4.2 Φορμαλισμός PATR-II

Ο φορμαλισμός PATR-II μπορεί να θεωρηθεί ως μία γλώσσα υπολογιστή για κωδικοποίηση γλωσσολογικής πληροφορίας, χωρίς να προϋποθέτει κάποια συγκεκριμένη θεωρία για την σύνταξη. Αναπτύχθηκε από τον Stuart M. Shieber στο πανεπιστήμιο του Stanford, στις αρχές της δεκαετίας του '80 [17]. Μία γραμματική PATR-II περιέχει ένα σύνολο από κανόνες και ένα λεξικό. Κάθε κανόνας περιέχει έναν κανόνα χωρίς συμφραζόμενα για τη δομή της φράσης και ένα σύνολο από περιορισμούς βασισμένους στην ενοποίηση, που αναφέρονται στις δομές ιδιοτήτων, που σχετίζονται με τις συνιστώσες των κανόνων για τη δομή των φράσεων. Το λεξικό παρέχει τα αντικείμενα που μπορούν να αντικαταστήσουν τα τερματικά σύμβολα των κανόνων για τη δομή των φράσεων. Ουσιαστικά είναι μία γραμματική χωρίς συμφραζόμενα με δομές ιδιοτήτων σαν κατηγορίες. Αυτό σημαίνει ότι οι κατηγορίες δε χρειάζεται να είναι ατομικές, αλλά μπορεί να αποτελούνται από ιδιότητες με συνημμένες τιμές. Η γενική, λοιπόν, σημειογραφία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την γραμματική PATR-II, είναι η εξής:

$$\beta_0 \rightarrow \beta_1 \dots \beta_n$$

{σύνολο από περιορισμούς με μορφή Κατευθυνόμενου Ακυκλικού Γράφου σε μορφή εξίσωσης}

Οι καθορισμένοι περιορισμοί έχουν μία από τις ακόλουθες μορφές

$\langle \beta_i \text{ χαρακτηριστικό μονοπάτι} \rangle = \text{ατομική τιμή}$

$\langle \beta_i \text{ χαρακτηριστικό μονοπάτι} \rangle = \langle \beta_j \text{ χαρακτηριστικό μονοπάτι} \rangle$

Η σημειογραφία  $\langle \beta_i \text{ χαρακτηριστικό μονοπάτι} \rangle$  δηλώνει ένα χαρακτηριστικό μονοπάτι μέσα από μία δομή ιδιοτήτων, που σχετίζεται με το στοιχείο  $\beta_i$  του μέρους του κανόνα, χωρίς συμφραζόμενα. Στην πρώτη μορφή των περιορισμών έχουμε ότι η τιμή που βρίσκεται στο τέλος του δοσμένου μονοπατιού πρέπει να ενοποιηθεί με την συγκεκριμένη ατομική τιμή. Η δεύτερη μορφή δηλώνει ότι οι τιμές που βρίσκονται στο τέλος των δύο δοσμένων μονοπατιών πρέπει να μπορούν να ενοποιηθούν [4].

Εφόσον λοιπόν, η χρήση των δομών ιδιοτήτων επιτρέπει την ενοποίηση, μας είναι πολύ χρήσιμη όταν θέλουμε να συγχωνεύσουμε μονομερείς δομές πληροφορίας. Αυτό σημαίνει ότι η νέα πληροφορία μπορεί να προστεθεί στη δομή αρκεί να είναι συμβατή. Στο σχήμα 9 βλέπουμε μία απλή γραμματική, με ένα λεξικό, που συνδέει λέξεις με Κατευθυνόμενους Ακυκλικούς Γράφους (Κ.Α.Γ.), δείγμα από κανόνα PATR-II.

$S \rightarrow NP VP$

$$\langle VP \text{ agr} \rangle = \langle NP \text{ agr} \rangle$$

$VP \rightarrow V NP$

$$\langle VP \text{ agr} \rangle = \langle V \text{ agr} \rangle$$

*Uther* :

$$\langle cat \rangle = np$$

$$\langle agr \text{ number} \rangle = \text{sin gular}$$

$$\langle agr \text{ person} \rangle = \text{third}$$

*Arthur* :

$$\langle cat \rangle = np$$

$$\langle agr \text{ number} \rangle = \text{sin gular}$$

$$\langle agr \text{ person} \rangle = \text{third}$$

*knights* :

$$\langle cat \rangle = v$$

$$\langle agr \text{ number} \rangle = \text{sin gular}$$

$$\langle agr \text{ person} \rangle = \text{third}$$

Σχήμα 8: Γραμματική χωρίς συμφραζόμενα με περιορισμούς ενοποίησης PATR-II.

Αυτή η γραμματική, μαζί με το λεξικό, αφορά στις δύο προτάσεις “Uther knights Arthur” και “Arthur knights Uther” με cat σαν κατηγορία, το number να υποδηλώνει τον ενικό ή πληθυντικό αριθμό και το person το πρόσωπο. Αν θεωρήσουμε ότι έχουμε την πρώτη από τις δύο προτάσεις, η δομή της φράσης (bracketed notation) έχει ως εξής:

$$[s[NP \text{ Uther}][VP[v \text{ knights }][NP \text{ Arthur}]]]$$

Ο κανόνας VP απαιτεί ότι ο Κ.Α.Γ. που αφορά στο VP, πρέπει να είναι ο ίδιος (να μπορεί να ενοποιηθεί) με το V. Έτσι, το VP θα έχει σαν τιμή τον ίδιο κόμβο με το V, και επακόλουθα τις ίδιες τιμές για το person και το number. Ομοίως, για την ενοποίηση που αφορά στον κανόνα S, το NP θα έχει τις ίδιες τιμές με το VP, και επακόλουθα με το V. Θα πρέπει να επισημάνουμε εδώ, ότι η διαδικασία της ενοποίησης είναι ανεξάρτητη από σειρά (order-independent). Δηλαδή, θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα, είτε η διαδικασία της ενοποίησης ξεκινήσει από τη ρίζα του αναλυμένου δέντρου, είτε από τα φύλλα του. Και στις δύο περιπτώσεις ο Κ.Α.Γ. που αφορά, για παράδειγμα, στον κόμβο VP θα είναι ο παρακάτω:

```
[cat :   vp
agr :   [person : third
         number : singular]]
```

### 2.1.4.3 Ανάλυση Διαγραμμάτων (Chart Parsing)

Όπως αναφέραμε νωρίτερα, ανάλυση (parsing) είναι η διαδικασία εκείνη της ανάθεσης μέρους ιδιοτήτων του λόγου σε κάθε λέξη, μέσα σε μία πρόταση [19]. Αυτό σημαίνει την αυτόματη ανάλυση ενός κειμένου, με δεδομένο ένα λεξικό και ένα σύνολο από γραμματικούς κανόνες. Ο στόχος μιας υπο-μονάδας ανάλυσης είναι να λάβει την εισαγωγή του χρήστη, να την ερμηνεύσει και να παράγει μία δομή δεδομένων για την αναπαράστασή της.

Η ανάλυση διαγραμμάτων είναι ένα αλγοριθμικό σχήμα για την ανάλυση των φορμαλισμών σχετικών με τις ανεξάρτητες από τα συμφραζόμενα γραμματικές. Ουσιαστικά, η ανάλυση διαγραμμάτων νοείται σαν μια μέθοδος εξαντλητικής ανάλυσης, που αποτελεί το σύνολο από επιμέρους αναλύσεις που λειτουργούν για όλες τις πιθανές εισαγωγές. Οι επιμέρους αυτές αναλύσεις συγκεντρώνονται σε ένα, αποκαλούμενο, διάγραμμα [16].



Ο βασικός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την ανάλυση διαγράμμάτων είναι ο αλγόριθμος Early [5]. Ο πυρήνας του αλγορίθμου αυτού είναι το πέρασμα από αριστερά προς τα δεξιά που γεμίζει έναν πίνακα, δηλαδή το διάγραμμα μας (chart), με  $N+1$  εισαγωγές. Για κάθε λέξη στην αναλυμένη πρόταση, το διάγραμμα περιέχει μία λίστα από καταστάσεις που απεικονίζουν τα μερικώς αναλυμένα δέντρα, που παράγονται μέχρι εκείνη τη στιγμή. Στόχος του αλγορίθμου είναι να αποτρέψει την επαναλαμβανόμενη ανάλυση της ίδιας συμβολοσειράς. Οι ανεξάρτητες καταστάσεις που περιέχονται σε κάθε εισαγωγή στο διάγραμμα περιέχουν τρία είδη πληροφορίας: ένα υπο-δέντρο σχετικό με έναν γραμματικό κανόνα, πληροφορία για την πρόοδο που έχει γίνει για την ολοκλήρωση του υπο-δέντρου, και την θέση του υπο-δέντρου σε σχέση με την είσοδο. Γραφικά, θα χρησιμοποιήσουμε μία τελεία (dot) στη δεξιά πλευρά της κατάστασης ενός γραμματικού κανόνα για να δηλώσουμε την πρόοδο στην αναγνώρισή του. Η δομή που προκύπτει ονομάζεται κανόνας τελείας (dotted rule). Η θέση μιας κατάστασης, εξαρτημένη από την είσοδο, απεικονίζεται με δύο αριθμούς, που δηλώνουν το που ξεκινά η κατάσταση και το που βρίσκεται η τελεία. Ας το δούμε όμως, μέσα από ένα παράδειγμα καταστάσεων:

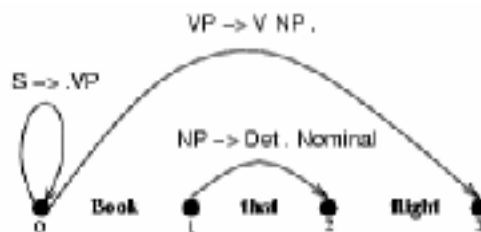
'Book that flight'

$$S \rightarrow \bullet VP, [0,0]$$

$$NP \rightarrow Det \bullet No\ min\ al, [1,2]$$

$$VP \rightarrow V\ NP\bullet, [0,3]$$

Η πρώτη κατάσταση, με την τελεία στα αριστερά της συνιστώσας, παριστά μία καθοδική πρόβλεψη για το συγκεκριμένο είδος του S. Το πρώτο 0 δηλώνει ότι η συνιστώσα, που προβλέπεται σε αυτή την κατάσταση, πρέπει να ξεκινά από την αρχή της εισόδου. Η δεύτερη κατάσταση, που δημιουργείται σε επόμενο στάδιο στην επεξεργασία αυτής της πρότασης, δηλώνει ότι ένα NP ξεκινά από την θέση 1, ότι ένα Det έχει αναλυθεί επιτυχώς και ότι αναμένεται ένα Nominal. Η τρίτη κατάσταση, με την τελεία στα δεξιά των δύο συνιστωσών της, παριστά την επιτυχημένη ανακάλυψη ενός δέντρου, που αντιστοιχεί σε ένα VP, που καλύπτει όλη την είσοδο. Αυτές οι καταστάσεις μπορούν να αναπαρασταθούν γραφικά, σε ένα σχήμα όπου οι καταστάσεις είναι κορυφές ή τόξα, ενώ το διάγραμμα (chart) είναι ένας Κατευθυνόμενος Ακυκλικός Γράφος (Κ.Α.Γ.) [4].



Όπως είπαμε, η βασική λειτουργία ενός αναλυτή Earley, είναι να καλύψει  $N+1$  σύνολα από καταστάσεις στο διάγραμμα από τα αριστερά προς τα δεξιά, και να επεξεργαστεί με τη σειρά, αυτές τις καταστάσεις, μέσα σε κάθε σύνολο. Ο αλγόριθμος κινείται μέσα στο διάγραμμα και δεν επιστρέφει σε καταστάσεις και σε εισαγωγές του διαγράμματος, από τις οποίες έχει περάσει. Η παρουσία της κατάστασης  $S \rightarrow \alpha \bullet, [0, N]$  στη λίστα των καταστάσεων στην τελευταία εισαγωγή στο διάγραμμα δηλώνει την επιτυχημένη ανάλυση.

#### 2.1.4.4 Λεξικό και Γραμματική

Ο αναλυτής χρησιμοποιεί μία λίστα από λέξεις, το λεξικό. Το λεξικό πρέπει θεωρητικά να αποτελείται από όλους τους λεξικολογικούς όρους που εμφανίζονται στην γλώσσα [4], πράγμα αδύνατο, εφόσον κάτι τέτοιο απαιτεί μεγάλο όγκο πληροφορίας και υπολογιστική δύναμη.

Ένα πρόβλημα κατά την κατασκευή των λεξικών στα αγγλικά είναι η έννοια των ανοικτών ονομαστικών ενώσεων (open nominal compounds), όπως "action movie", και τα φραστικά ρήματα (phrasal verbs), όπως "write down". Θα ήταν επιθυμητό μέσα από το λεξικό να μπορούν να υποστηριχθούν ονομαστικές ενώσεις και κύρια ονόματα (proper nouns), αλλιώς κάτι τέτοιο θα πρέπει να υποστηρίζεται μέσα από γραμματικούς κανόνες.

Το απλούστερο, αλλά ταυτοχρόνως, το μεγαλύτερο πιθανό λεξικό για μία φυσική γλώσσα, θα ήταν ένας κατάλογος όλων των υπαρχουσών λέξεων. Αυτό θα ήταν ένας πολύ μεγάλος κατάλογος λέξεων, ο οποίος δεν θα απεικόνιζε τη μορφολογική δομή της γλώσσας, και τις δυναμικές πτυχές της, όπως οι παραγωγές και οι ενώσεις. Για την αντιμετώπιση, ιδιαίτερα του τελευταίου, ένα υπολογιστικό λεξικό ή μίνι-λεξικό συστήνεται από τους Jurafsky και Martin. Το υπολογιστικό λεξικό αποτελείται από έναν κατάλογο με τις ρίζες των λέξεων, και καθολικούς μορφολογικούς κανόνες για την συγκεκριμένη φυσική γλώσσα. Το κύριο πλεονέκτημα αυτού είναι το γεγονός ότι όλες οι λέξεις που ανήκουν σε έναν ορισμένο τύπο λέξης που συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την

οικοδόμηση του λεξικού. Παραδείγματος χάριν, όλα τα ουσιαστικά που τελειώνουν με ένα 'y' στον ενικό αριθμό (π.χ. "sky", "city") συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο όταν μετασχηματίζονται στον πληθυντικό, παίρνοντας την κατάληξη '-ies' ("skies", "cities"). Έτσι, αντί μιας λίστας από όλα τα πιθανά παράγωγα από μια ρίζα λέξης, το υπολογιστικό λεξικό περιέχει μόνο τη ρίζα, μαζί με τις πληροφορίες για το τι τύπος λέξης είναι. Η γραμματική στην ανάλυση διαγραμμάτων ακολουθεί τον φορμαλισμό βασισμένο στην ενοποίηση και αποτελείται από τους κανόνες που αποφασίζει πώς οι Κατευθυνόμενοι Ακυκλικοί Γράφοι που συνδέονται με τις λέξεις στο λεξικό πρέπει να ομαδοποιηθούν και να ενοποιηθούν.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της μείωσης του μεγέθους του λεξικού και της γραμματικής είναι ότι ο χρόνος ανάπτυξης και ο χρόνος υπολογισμού, μειώνονται [20].

## 2.2 ChartParser

Ο αναλυτής διαγραμμάτων ChartParser, δημιουργήθηκε για την ικανοποίηση των νέων αναγκών, που προκύπτουν σε συστήματα διαλόγων, όπως

- ενοποίηση με εφαρμογές Java και open-source λογισμικό,
- μια ευέλικτη διεπαφή εφαρμογής, που απλοποιεί την αλληλεπίδραση με την υπο-μονάδα ChartParser server και
- μία τυποποιημένη, μερική ανάλυση σημασιολογίας με εφαρμογές που ικανοποιούν τον ανεπίσημο τρόπο που χρησιμοποιείται μία φυσική γλώσσα, όπως ημερομηνίες, ακέραιοι αριθμοί, άγνωστα κύρια ονόματα κ.τ.λ.

Η ιδέα για τον συγκεκριμένο αναλυτή προέρχεται από έναν αναλυτή βασισμένο σε LISP, τον Flexchart, που δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας (NLPLAB), του πανεπιστημίου Linköping της Σουηδίας (<http://www.ida.liu.se/~nlplab/>) Το εργαστήριο αυτό, ανήκει στο τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών και Πληροφορικής, και ασχολείται με την επεξεργασία φυσικής γλώσσας και με τομείς σχετικούς με την Υπολογιστική Γλωσσολογία και την Γλωσσική Επιστήμη.

Ο γραμματικός φορμαλισμός που χρησιμοποιείται και από τους δύο είναι ο PATR-II, τον οποίο αναλύσαμε σε προηγούμενη παράγραφο. Ο τύπος του λεξικού που χρησιμοποιεί ο ChartParser είναι βασισμένο στο αποκαλούμενο μοντέλο mini lexicon, στο οποίο το λεξικό

χωρίζεται σε δύο μέρη, στο λεξικό που περιέχει τις ρίζες των λέξεων και σε ένα που περιέχει καταλήξεις.

**Τυπική Σύνταξη:** Σαν κατηγορία ονομάζουμε ένα γραμματικά συμβολικό όνομα. Τα μονοπάτια ιδιοτήτων (feature paths) και οι τιμές ιδιοτήτων (feature values) μαζί, ονομάζονται έκφραση ιδιοτήτων. Μία εξίσωση ιδιοτήτων  $f_1 = f_2$  είναι μία εξίσωση που περιέχει δύο εκφράσεις ιδιοτήτων  $f_1$  και  $f_2$ . Η εμφάνιση μιας κατηγορίας  $c(n)$  είναι το ζεύγος μιας κατηγορίας  $c$  και ενός μη-αρνητικού αριθμού  $n$ . Ένας γραμματικός κανόνας βασισμένος σε ιδιότητες (feature-based), της μορφής  $h \rightarrow B, E$ , περιέχει την εμφάνιση μιας κατηγορίας  $h$ , μία όχι άδεια αλληλουχία από εμφανίσεις κατηγοριών  $B = b_1, \dots, b_n$  και μία, ίσως και άδεια, αλληλουχία από εξισώσεις ιδιοτήτων. Μία λεξιλογική είσοδος  $l$  της μορφής  $(c = t, E)$  είναι μία τριάδα από μία κατηγορία  $c$ , ένα σύμβολο (token) και μία αλληλουχία από εξισώσεις ιδιοτήτων  $E$ .

**Απεικόνιση του Διαγράμματος:** Μια ακμή ((chart) edge) είναι μία τετράδα  $(i_s, i_e, r, F)$ , όπου  $i_s$  και  $i_e$  είναι ακέραιοι αριθμοί, είναι ένας κανόνας τελείας (dotted rule), όπως τον περιγράψαμε στην παράγραφο 2.1.4.3. και  $F$  είναι μία δομή ιδιοτήτων (feature structure), όπως την περιγράψαμε στην παράγραφο 2.1.3.

**Στρατηγική Bottom-Up:** Το σχήμα της ανάλυσης διαγραμμάτων είναι μία εξαντλητική διαδικασία βασισμένη σε τρεις διαδικασίες: σάρωση, πρόβλεψη και συνδυασμός. Ο αλγόριθμος είναι ο εξής, ακολουθώντας την στρατηγική Bottom-Up:

Είσοδος: Μία ακολουθία από σύμβολα (tokens).

Έξοδος: Ένα διάγραμμα.

Μέθοδος: Επανάλαβε τα ακόλουθα βήματα για κάθε θέση  $i = 1, \dots, n + 1$  μέχρι να μη μπορούν να προστεθούν στο διάγραμμα άλλες ακμές.

Σάρωση: Για κάθε λεξιλογική είσοδο της μορφής  $(c = t_i, E)$ , πρόσθεσε μία ακμή  $(i, i + 1, c \rightarrow t_i, E)$ .

Πρόβλεψη: Για κάθε ακμή της μορφής  $(i, j, c- > B_1, E)$  και για κάθε κανόνα της μορφής  $h- > cB_2, E$ , πρόσθεσε την ακμή  $(i, j, h- > cB_2, E)$ , αν η ακμή είναι καινούρια.

Συνδυασμός: Για κάθε ακμή της μορφής  $(i, j, h- > B_1 \cdot b(n)B_2, E_1)$  και για κάθε ακμή της μορφής  $(j, k, b(0)- > B, E_2)$ , πρόσθεσε την ακμή  $i, k, h- > B_1 b \cdot B_2, \text{unify}(E_1, \{b(n): E_2(b(0))\})$ , αν πετύχει η ενοποίηση και η ακμή είναι καινούρια.

Το σύστημα ChartParser περιέχει έναν μεταγλωττιστή `jchartc` που παίρνει μία γραμματική (feature-based grammar), ένα ή περισσότερα λεξικά που περιέχουν ρίζες των λέξεων, και ένα ονομαζόμενο μίνι-λεξικό, που περιέχει τις καταλήξεις, που συμπληρώνουν τις ρίζες και δημιουργούν τις λέξεις. Ο μεταγλωττιστής παράγει ‘αφηρημένο κώδικα’ σε αρχείο που χρησιμοποιείται από τον εκτελεστή, που υλοποιεί τον βασικό αλγόριθμο ανάλυσης διαγραμμάτων. Ο εκτελεστής έχει δύο διεπαφές, μία μέσω γραμμής εντολών και μία μέσω ενός Java API. Και οι δύο διεπαφές παίρνουν σαν είσοδο μία έκφραση. Για το παρόν παράδειγμα χρησιμοποιούμε την διεπαφή μέσω γραμμής εντολών.

Παρακάτω βλέπουμε μία απλή γραμματική, που χρησιμοποιεί σύνταξη ChartParser:

```
s -> np vp : 0 cat = s :
              0 components np = 1 :
              0 components vp = 2 .

np -> arg *{0,1}: 0 cat = np :
                  0 components = 1 .

vp -> v np : 0 cat = vp :
              0 components v = 1 :
              0 components np = 2 .
```

Στη γραμματική αυτή υπάρχουν 3 γραμματικοί κανόνες που ακολουθούνται από αντίστοιχους κατευθυνόμενους ακυκλικούς γράφους (Κ.Α.Γ.), οι οποίοι ορίζουν και τους κανόνες της ενοποίησης. Η τελεία στο τέλος κάθε Κ.Α.Γ υπονοεί το τέλος κάθε γραμματικού κανόνα. Η έκφραση  $*\{0,1\}$  σημαίνει ότι στο τέλος του np κανόνα χρειάζεται το λιγότερο 0 και το περισσότερο 1 ανώνυμη λέξη.

- ✓ Ο πρώτος κανόνας δηλώνει ότι μία πρόταση s μπορεί να περιέχει μία φράση ουσιαστικού (np) και μία φράση ρήματος. Οι ακέρατοι θετικοί στα δεξιά του κανόνα

ορίζουν τις θέσεις μέσα στον γραμματικό κανόνα και αναφέρονται στη δομή που θα παραχθεί όταν μία πρόταση εισαχθεί στο σύστημα και αναλυθεί από τον αναλυτή διαγραμματών. Για την πρόταση *s* ορίζεται ότι είναι τύπου κατηγορίας (cat) που περιέχει ως συστατικά στοιχεία μία φράση ουσιαστικού, που ορίζεται από την αντίστοιχη φράση μέσα στον κανόνα και είναι στην θέση 1, και μία φράση ρήματος, που ορίζεται πάλι από την αντίστοιχη φράση μέσα στον κανόνα και είναι στη θέση 2.

- ✓ Ο δεύτερος γραμματικός κανόνας ορίζει ότι μία φράση ουσιαστικού μπορεί να περιέχει ένα ή δύο ορίσματα, είναι κατηγορίας φράση ουσιαστικού ( $0 \text{ cat} = \text{np}$ ) και τα συστατικά στοιχεία της ορίζονται από τα ορίσματα αυτά.
- ✓ Ο τρίτος γραμματικός κανόνας αναφέρεται στη φράση ρήματος, η οποία αποτελείται από ένα όρισμα κατηγορίας *v*, δηλαδή ένα ρήμα και από μία φράση ρήματος. Η κατηγορία της φράσης είναι φράση ρήματος ( $0 \text{ cat} = \text{vp}$ ) και τα συστατικά στοιχεία της είναι ένα ρήμα που προέρχεται από την θέση ένα μέσα στον κανόνα και μία φράση ρήματος, που ο αναλυτής διαγραμματών θα αναζητήσει στη θέση 2.

Ακολουθεί ένα λεξικό, που χρησιμοποιεί σύνταξη JavaChart:

```
pelle = arg (stop) :    0 lex = pelle .
maja = arg (stop) :    0 lex = maja .
like = v (v1) :        0 lex = like .
```

Στην προκειμένη περίπτωση υπάρχουν δύο ορίσματα, *pelle* και *maja* (arguments) και ένα ρήμα *like* (verb). Σε ένα λεξικό με σύνταξη JavaChart ορίζονται οι κατηγορίες στις οποίες ομαδοποιούνται οι λέξεις, όπως γίνεται και εδώ (*arg* και *v*), ενώ στα δεξιά βλέπουμε σε ποια λέξη αντιστοιχίζεται η εισαγωγή του χρήστη μέσα στο λεξικό (*lex*).

Τέλος, υπάρχει και ένα μινι-λεξικό με σύνταξη JavaChart :

```
v1
_ = * (stop):          0 vform = pres :
                       0 active = yes .

ing = * (stop):        0 vform = pres :
                       0 active = yes .

s = * (stop):          0 vform = pres :
                       0 active = no .

ed = * (stop):         0 vform = pret .
@
```

Μετά από κάθε κατηγορία καταλήξεων όπως αυτή ορίζεται να ξεκινά με το όνομα (V1) και να τελειώνει με το σύμβολο @ υπάρχει η κατάληξη, η οποία μπορεί να αντιστοιχηθεί με την ρίζα λέξης. Στην προκειμένη περίπτωση διακρίνονται οι εξής καταλήξεις:

- ✓ το σύμβολο ‘\_’ χρησιμοποιείται όταν δε χρειάζεται να υπάρξει κατάληξη στη λέξη γιατί ορίζεται ήδη από την ρίζα της, για παράδειγμα το ρήμα ‘tell’, όπου στον ενεστώτα δεν έχει άλλη διακριτική κατάληξη,
- ✓ η κατάληξη ‘-ing’ που υποδηλώνει γερούνδιο
- ✓ η κατάληξη ‘-s’ για το τρίτο πρόσωπο ενικού
- ✓ η κατάληξη ‘-ed’ για τους παρελθοντικούς χρόνους.

Ο αστερίσκος με τη λέξη stop εντός παρενθέσεως δηλώνει ότι η κατάληξη θα είναι αυτή και μόνο αυτή. Η πληροφορία που ακολουθεί δεξιά αφορά στον χρόνο και τη φωνή που χαρακτηρίζουν την κάθε κατάληξη.

Αυτά τα αρχεία μπορούν να τρέξουν από τη γραμμή εντολών (Unix) ως εξής. Έστω η ενδεχόμενη πρόταση ‘maja likes pelle’

```
% jchartc.sh -g ex_grammar.jcg -l ex_lexicon.jcl -m ex_minilexicon.jcm
Lexicon saved to file: lexicon.obj
Mini lexicon saved to file: minilexicon.obj
Grammar saved to file: grammar.obj
```

```
% jchart.sh -cat s maja likes pelle
s:
[[cat: s ]
 [components: [vp: [cat: vp ]
                   [components: [v: [lex: like]]
                                   [vform: pres]
                                   [active: no]
                                   [$token: likes]]]
 [np: [components: [lex: pelle]
                   [$token: pelle]]
       [cat: np ]]]]
 [np: [cat: np ]
       [components: [lex: maja]
                     [$token: maja]]]]]
```

Παράγεται μία δομή ιδιοτήτων η οποία παράγεται από τους κανόνες ενοποίησης που ορίζονται στη γραμματική και τα λεξικά. Έχει τη μορφή λίστας και περιέχει τις κατηγορίες στις οποίες ανήκουν τα συστατικά μέλη της πρότασης, δηλαδή την πρόταση s με τα συστατικά της στοιχεία, τα οποία είναι η φράση ρήματος και ουσιαστικού. Ανάλογα με την πληροφορία

που ενοποιείται στη γραμματική και φθάνει μέχρι το μίνι-λεξικό, που περιέχει τις καταλήξεις των λέξεων, φθάνει σε βάθος και η δομή ιδιοτήτων.

## 2.3 Εφαρμογές Συστημάτων Διαλόγου σε ερωτηματολόγια

Τα πλεονεκτήματα των διεπαφών φυσικής γλώσσας είναι πολλά και ξεκινούν από το γεγονός ότι είναι εύκολα στην μάθηση των χρηστών, δεδομένου ότι οι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να μιλήσουν στη γλώσσα τους. Είναι εύκολο μεν στη χρήση από απλοϊκούς χρήστες αλλά η ευκολία εξαρτάται από την σημασιολογία των απαιτήσεων της εφαρμογής: όταν η σημασιολογία δεν είναι «φυσική» τότε είναι πιο δύσκολο για τους χρήστες να θυμούνται, που στην παρούσα εργασία είναι απλή μίας και ο χρήστης κατευθύνεται από την ερώτηση και έχει την ελευθερία της όποιας μορφής απάντησης. Οι διεπαφές φυσικής γλώσσας είναι ισχυρές, αν και αυτό εξαρτάται από την λειτουργική περιοχή της εφαρμογής, δηλαδή όσο ευρύτερη η περιοχή λειτουργίας, τόσο μεγαλύτερη η εκφραστικότητα της εφαρμογής.

Στην μέχρι τώρα βιβλιογραφία δεν υπάρχει πληροφορία για την ενοποίηση των τεχνολογιών φυσικής γλώσσας και ερωτηματολογίων μέτρησης ικανοποίησης πελατών. Υπάρχει ενδεικτικά μια εφαρμογή παρόμοιας διαδικασίας, δηλαδή ένα σύστημα που εξάγει πληροφορία χρήσιμη για το σύστημα από τα σχόλια των χρηστών του συστήματος το Insight RT™ (<http://www.islanddata.com/solutions/irtoverview.asp>). Το Insight RT™ εξάγει τιμή από τις πληροφορίες που δίνουν οι χρήστες με την αυτοματοποίηση της διαδικασίας της κατηγοριοποίησης του κειμένου και της ποιοτικής ανάλυσης. Το Insight RT™ μεταφράζει αυτόματα τις αδόμετες εισαγωγές των χρηστών σε δομημένες και ενεργές πληροφορίες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση των πωλήσεων, την ικανοποίηση πελατών και την καταναλωτική πίστη και τελικά να κερδίσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα ο οργανισμός που θα το χρησιμοποιήσει. Ο μηχανισμός φαίνεται στο επόμενο σχήμα.





Εικόνα 1: Διαδικασία λειτουργίας συστήματος Insight RT. (<http://www.islanddata.com/solutions/irtoverview.asp>)

To Insight RT™:

- Επεξεργάζεται μία ροή δεδομένων συνδιαλλαγής σε πραγματικό χρόνο
- Αναλύει όλα τα σχόλια των πελατών (όχι απλά ένα δείγμα)
- Παρέχει την δυνατότητα να γίνουν άμεσες ενέργειες πάνω στα αποτελέσματα (με την αποστολή ενός e-mail ή μίας φόρμας στο διαδίκτυο)

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Insight RT™ αφορούν στην βελτίωση της ακρίβειας της χειροκίνητης ανάλυσης, στην καλύτερη διαχείριση αδόμητων δεδομένων, στην βελτίωση της μέχρι τώρα μεθοδολογίας για την έρευνα, στην μείωση του κόστους της χειροκίνητης ανάλυσης και στην εξαγωγή αναφοράς σε πραγματικό χρόνο.

Ένα άλλο σύστημα που εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα της φυσικής γλώσσας είναι το Metafaq (<http://transversal.com/html/products/metafaq.php>). Το Metafaq είναι μία έξυπνη και διαισθητική λύση ηλεκτρονικής υπηρεσίας που βελτιώνει την διατήρηση πελατών, με την παροχή απαντήσεων και βοήθειας, διαδικτυακά την ώρα του ενδιαφέροντος. Το Metafaq είναι ένας μηχανισμός απόκρισης πελατών που γρήγορα και εύκολα παρέχει τις συμβουλές και τις πληροφορίες που χρειάζονται οι πελάτες για να πάρουν αποφάσεις για αγορά ή να επιλύσουν προβλήματα στη χρήση μίας υπηρεσίας. Κάθε ερώτηση που ερωτάται μέσω του Metafaq αναγνωρίζει την ανάγκη του πελάτη και την χρησιμοποιεί για να καταλάβει την συμπεριφορά του. Αυτή η επίγνωση μπορεί και αναγνωρίζει τις ευκαιρίες για νέα προϊόντα και υπηρεσίες ή τις ελλείψεις σε μία υπηρεσία. Το εργαλείο αυτό κάνει χρήση τεχνολογιών από την τεχνητή νοημοσύνη για να καταλάβει την έννοια των ερωτήσεων, και τους διαφορετικούς τρόπους που οι χρήστες ρωτούν και αποκρίνεται με μία συγκεκριμένη απάντηση ή λειτουργία. Μέσω της δυναμικής διαδικασίας αποκρίσεων στις ερωτήσεις, το Metafaq μαθαίνει από τον τρόπο που χρησιμοποιείται και δημιουργεί μία αυτό-οργανωτική, βάση γνώσης φυσικής γλώσσας που διατηρεί την γνώση, παρέχοντας στους πελάτες πληροφορία για την υπηρεσία που πραγματικά χρειάζονται.

## Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο μελετήσαμε αρχές, ορισμούς και αλγορίθμους που εφαρμόζονται σε συστήματα επεξεργασίας φυσικής γλώσσας. Έγινε εκτενής παρουσίαση του αναλυτή διαγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση του συστήματός μας (ChartParser) και τέλος, παρουσιάστηκαν τα υπάρχοντα συστήματα φυσικής γλώσσας, εφαρμοσμένα σε περιβάλλοντα ικανοποίησης πελατών. Στο επόμενο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την παρουσίαση και σχολιασμό του πρότυπου ερωτηματολογίου μέτρησης ικανοποίησης πελατών και πως αυτό προσαρμόζεται ανάλογα με τις απαντήσεις των χρηστών.

## Κεφάλαιο 3

### Ανάλυση Συμπεριφοράς και Ικανοποίησης Καταναλωτών

Ο βασικός στόχος της εργασίας αυτής είναι η δημιουργία ενός μοντέλου φυσικής γλώσσας για ερωτηματολόγια που αφορούν στην μέτρηση της ικανοποίησης πελατών. Το βασικό αντικείμενο για έναν οργανισμό όταν παράγει ένα ερωτηματολόγιο για την ικανοποίηση πελατών, είναι να παρακολουθήσει την πληροφορία που αφορά στην αντίληψη των πελατών για το αν ο οργανισμός πληρεί τις προϋποθέσεις για την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών. Οι μέθοδοι για την απόκτηση και χρήση αυτής της πληροφορίας θα καθοριστούν από τον ίδιο τον οργανισμό.

#### 3.1 Η ανάγκη γνώσεως της συμπεριφοράς του καταναλωτή

Η γνώση της συμπεριφοράς του καταναλωτή από τις επιχειρήσεις είναι μία αναγκασία προϋπόθεση για την επιτυχία τους [23]. Με τον όρο «Συμπεριφορά Καταναλωτή» νοείται η συμπεριφορά που διαμορφώνει ένα άτομο ή μια ομάδα σε κατάσταση αγοράς η οποία μπορεί να παρατηρηθεί ή να καταγραφεί. Η σύγχρονη διοίκηση των επιχειρήσεων έχει εκτιμήσει πολύ, την ανάγκη γνώσεως της συμπεριφοράς του καταναλωτή και προσπαθεί να την καλύψει όσο το δυνατόν καλύτερα. Η κάλυψη αυτή επιτρέπει την εξασφάλιση των δεδομένων του προσανατολισμού πάνω στα οποία θα προγραμματιστεί, θα εφαρμοστεί και θα αξιολογηθεί η επιχειρηματική δραστηριότητα.

Σήμερα με τις εξελίξεις και τα δεδομένα των συχνών αλλαγών και ανακατατάξεων στο χώρο της αγοράς, τόσο σε διεθνή όσο και σε εθνικό επίπεδο, η ανάγκη αυτή παρουσιάζεται εντονότερη. Όμως, η αντιμετώπιση της ανάγκης αυτής απαιτεί έρευνα, ανάλυση, δημιουργικό προσανατολισμό, προγραμματισμό και έλεγχο, ζωτικά στοιχεία για την επιτυχία των σκοπών μιας οργάνωσης είτε αυτή είναι μία εμπορική ή βιομηχανική ή κοινής ωφελείας επιχείρηση.

Με τη γνώση και την ανάλυση της συμπεριφοράς του καταναλωτή ασχολείται η Καταναλωτική. Η διαδικασία εφαρμογής της Καταναλωτικής διακρίνεται σε τρία στάδια που είναι τα εξής [23]:

1. Το στάδιο της έρευνας και του προσδιορισμού των παραγόντων διαμορφώσεως της συμπεριφοράς του καταναλωτή.
2. Το στάδιο της αναλύσεως των επιρροών των παραγόντων διαμορφώσεως της συμπεριφοράς του καταναλωτή.
3. Το στάδιο της προτυποποίησης της συμπεριφοράς του καταναλωτή.

### 3.1.1 Η έρευνα

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας θα ασχοληθούμε με το πρώτο στάδιο της διαδικασίας εφαρμογής της Καταναλωτικής που περιέχει δύο ενέργειες:

1. Την έρευνα, και
2. Τον προσδιορισμό των παραγόντων.

Η γνώση των επιδράσεων της συμπεριφοράς του καταναλωτή απαιτεί έρευνα. Σκοπός της έρευνας αυτής θα είναι η γνώση και κατανόηση όλων των πλευρών της συμπεριφοράς του καταναλωτή όσον αφορά τις ανάγκες του σε αγαθά, υπηρεσίες και οργάνωση. Βέβαια, η έρευνα αυτή δεν πρέπει να είναι μονομερής, δηλαδή να αντιμετωπίζεται από την σκοπιά ενός μόνου παράγοντα, αλλά να επεκτείνεται σε όλους τους παράγοντες που την επηρεάζουν. Για παράδειγμα η αντιμετώπιση του καταναλωτή μόνο από τη σκοπιά του οικονομικού παράγοντα δεν είναι αρκετή και απαιτείται και η κάλυψη από τους άλλους παράγοντες, όπως ατομικούς, κοινωνικούς, πολιτιστικούς, επικοινωνιακούς κ.τ.λ. Η έρευνα λοιπόν πρέπει να είναι πολυδιάστατη, μιας και μόνο μια τέτοια μορφή της μπορεί να είναι αποτελεσματική στην αναγνώριση της πολυπλοκότητας της συμπεριφοράς του καταναλωτή.

### 3.1.2 Ο προσδιορισμός των παραγόντων

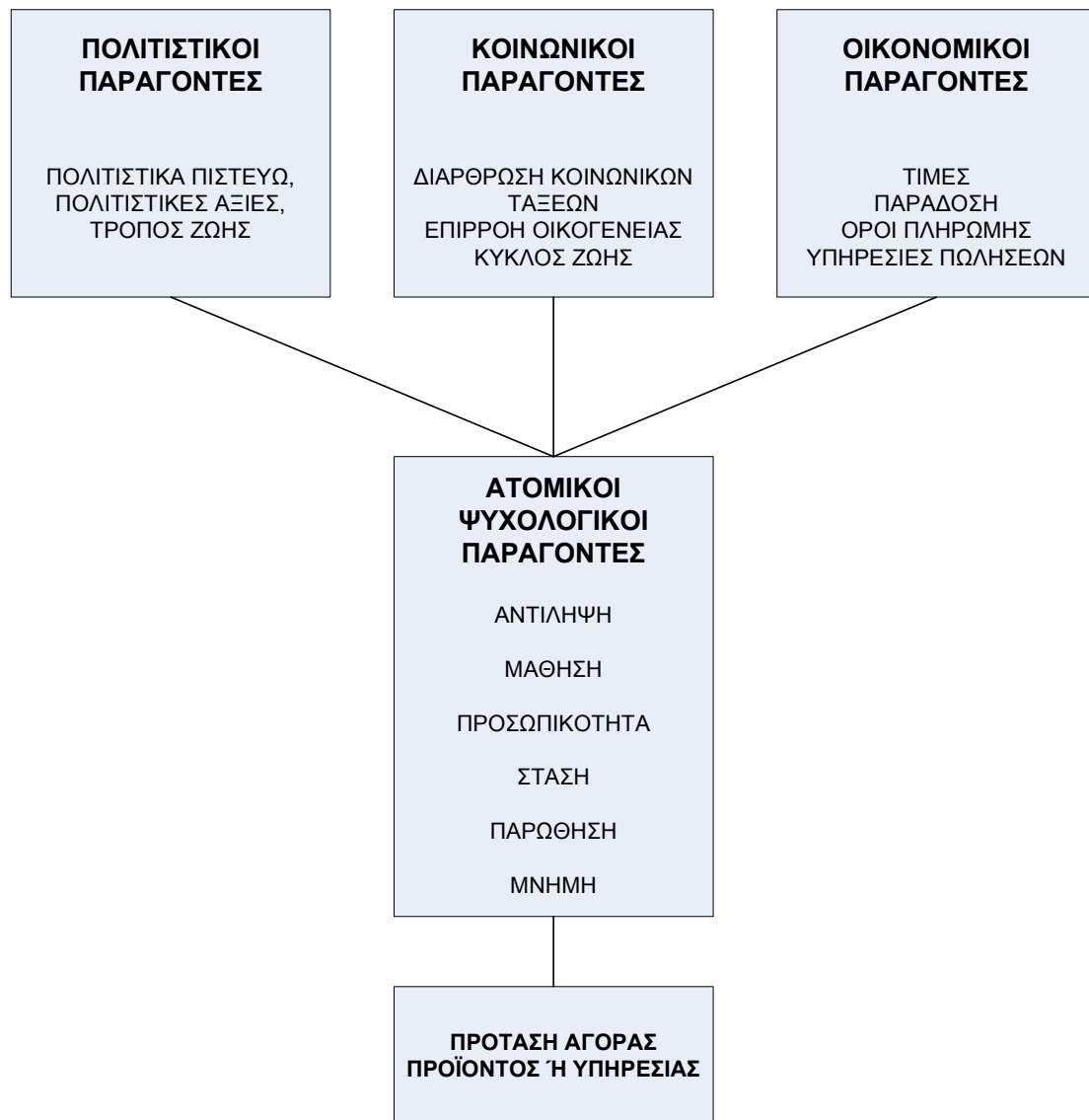
Η έρευνα της συμπεριφοράς του καταναλωτή οδηγεί στον προσδιορισμό των παραγόντων που την επηρεάζουν. Ο προσδιορισμός των παραγόντων είναι αναγκαίος γιατί επιτρέπει τη γνώση των συντελεστών διαμόρφωσης και επιρροής, αλλά και στη συνέχεια την εκτίμηση και αξιολόγησή τους ανάλογα με κάθε περίπτωση. Σε σχέση με τον καταναλωτή άτομο θα μπορούσαμε να ταξινομήσουμε τους παράγοντες επιρροής της συμπεριφοράς του σε δύο κατηγορίες:

1. Στους εσωτερικούς παράγοντες και
2. Στους εξωτερικούς παράγοντες.

Οι εσωτερικοί παράγοντες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στους φυσιολογικούς παράγοντες και
- Στους ψυχολογικούς παράγοντες

Η φυσιολογική δομή ενός ατόμου και η ψυχολογική του υπόσταση είναι πραγματικά αποφασιστικοί παράγοντες στην διαμόρφωση της συμπεριφοράς του.



Πίνακας 2: Σύμπλεγμα επιρροών αγοράς κατά τον Chisnall [24]

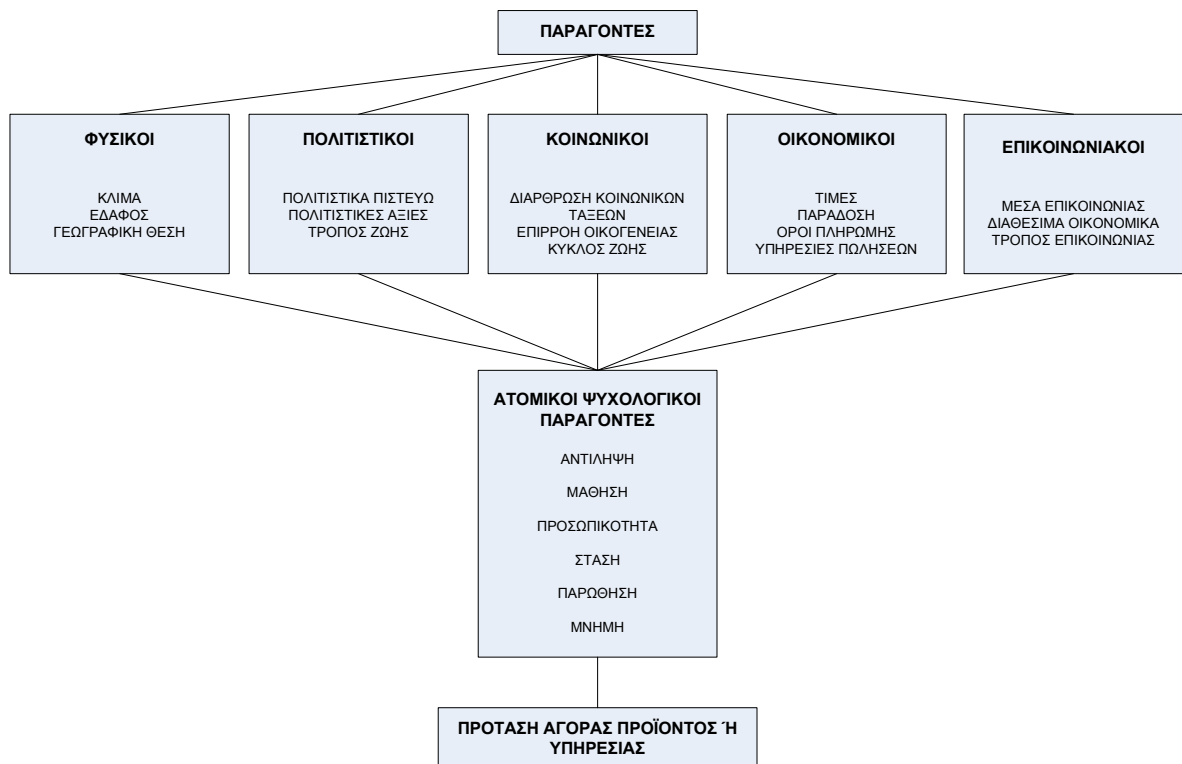
Οι εξωτερικοί παράγοντες είναι εκείνοι που προέρχονται από τον «έξω κόσμο» του ατόμου. Οι παράγοντες αυτοί είναι εκείνοι που δημιουργούνται από το περιβάλλον του ατόμου. Οι εξωτερικοί παράγοντες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες.

- Στους φυσικούς παράγοντες

- Στους κοινωνικούς παράγοντες

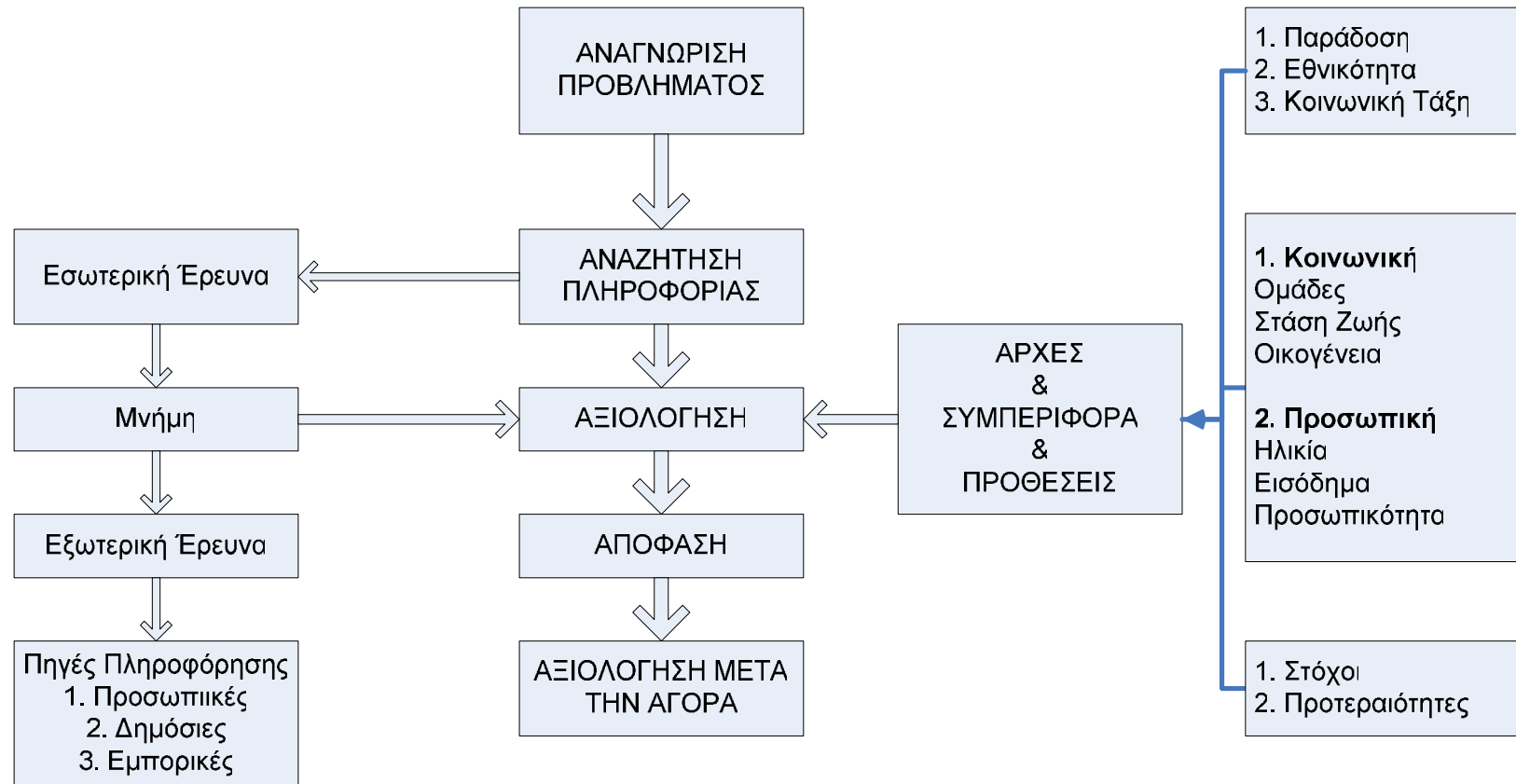
Το φυσικό περιβάλλον και η κοινωνική οργάνωση είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες επιρροής της συμπεριφοράς του.

Ο Πίνακας 2 δίνει μία εικόνα των πολλαπλών επιρροών που παρουσιάζονται κατά την πραγμάτωση μιας αγοράς σύμφωνα με την άποψη του P. Chisnall. Σε συμπλήρωση του πίνακα αυτού παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας που θεωρείται πιο ολοκληρωμένος αφού προστίθενται και οι φυσικοί και επικοινωνιακοί παράγοντες.



Πίνακας 3: Σύμπλεγμα επιρροών αγοράς κατά τον Μαγνήσαλη [23]

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η ακολουθία των βημάτων που οδηγούν σε μια απόφαση αγοράς ενός καταναλωτή, ενώ φαίνονται αναλυτικά οι παράγοντες και ο τρόπος που επηρεάζουν μια τέτοια απόφαση



Πίνακας 4: Μοντέλο διαδικασίας απόφασης ενός ατόμου (Hill Nigel, 1996)

### 3.2 Γενικά για την Μέτρηση Ικανοποίησης των Πελατών

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, οι οργανισμοί όλων των ειδών και μεγεθών έχουν αντιληφθεί την ιδιαίτερη σημασία της παραμέτρου που λέγεται ικανοποίηση πελατών. Ένας ορισμός για την ικανοποίηση πελατών είναι ο εξής:

*Ικανοποίηση πελατών είναι η εντύπωση ή αντίληψη που έχει δημιουργηθεί στους πελάτες σχετικά με το αν ένας προμηθευτής έχει εκπληρώσει ή ξεπεράσει τις προσδοκίες τους [25].*

Η λέξη «εντύπωση» είναι το κλειδί για την κατανόηση του παραπάνω ορισμού. Η ικανοποίηση πελατών βρίσκεται μέσα στο μυαλό των πελατών και μπορεί να συμφωνεί ή όχι με την πραγματικότητα. Είναι γνωστό ότι οι άνθρωποι δημιουργούν ή υιοθετούν συμπεριφορές γρήγορα αλλά τις αλλάζουν με πολύ αργούς ρυθμούς. Οι πελάτες μπορεί να έχουν λανθασμένη εντύπωση για την ποιότητα και την εξυπηρέτηση που ένας οργανισμός παρέχει. Παρόλα αυτά, σε αυτή την εντύπωση βασίζονται εκατομμύρια αγορών, κάθε μέρα. Έτσι, η μέτρηση της ικανοποίησης πελατών αφορά την μέτρηση του πως οι πελάτες αντιλαμβάνονται την απόδοση – σε σχέση με την ποιότητα και την εξυπηρετικότητα του προμηθευτή τους.

Με βάση τα όσα αναφέρονται πιο πάνω, γίνεται αντιληπτό το πόσο σημαντική, για έναν οργανισμό, είναι η κατανόηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών και της μέτρησης της ικανοποίησής των. Συγκεντρωτικά, τα βασικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα παρακάτω [25]:

1. Ο πιο σίγουρος τρόπος για την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας ενός οργανισμού στην αγορά, είναι το να δίνει στους πελάτες του αυτό που πραγματικά ζητούν. Η αναλυτική μέτρηση της ικανοποίησης των πελατών είναι ο μοναδικός τρόπος της μέτρησης των επιδόσεων ενός οργανισμού σε αυτό τον καίριο τομέα.
2. Είναι πιο επικερδές να χιτιστεί ένας οργανισμός, διατηρώντας την ήδη υπάρχουσα πελατεία (ή ελαττώνοντας την μείωση της πελατείας), παρά με την αναζήτηση καινούριων πελατών. Όσο υψηλότεροι είναι οι δείκτες διατήρησης πελατείας μιας επιχείρησης, τόσο πιο επικερδής είναι.
3. Οι έρευνες αγοράς, που σχετίζονται με τους πελάτες μιας επιχείρησης και τον βαθμό ικανοποίησης των, παρέχουν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο διατήρησης του κέντρου βάρους των προσπαθειών ενός οργανισμού στην ικανοποίηση των πελατών. Πάντως, υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες για την σωστή εκμείευση αποτελεσμάτων από μια



- δημοσκοπήση. Οι δύο σημαντικότεροι είναι η εφαρμογή μιας επαγγελματικής μεθοδολογίας και η σωστή επιλογή ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος πελατών.
4. Μια πιο πλήρης κατανόηση των αναγκών και προτεραιοτήτων των πελατών παρέχει την βάση για τις περισσότερες διοικητικές αποφάσεις. Εταιρίες που πληρούν τις ανάγκες των πελατών στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, μπορούν να αυξάνουν τις τιμές των προϊόντων τους (σε σχέση με τους ανταγωνιστές τους), γιατί οι περισσότεροι πελάτες πληρώνουν περισσότερο για ένα προϊόν ή μια υπηρεσία που πληροί τις ανάγκες τους στο έπακρο.
  5. Ο πιο σημαντικός στόχος μιας επιχείρησης είναι η αύξηση του κέρδους. Η σωστή και επισταμένη μέτρηση της ικανοποίησης των πελατών και η λήψη ανάλογων μέτρων αυξάνει το περιθώριο κέρδους μιας επιχείρησης, όπως διαφαίνεται και από τα παραπάνω.

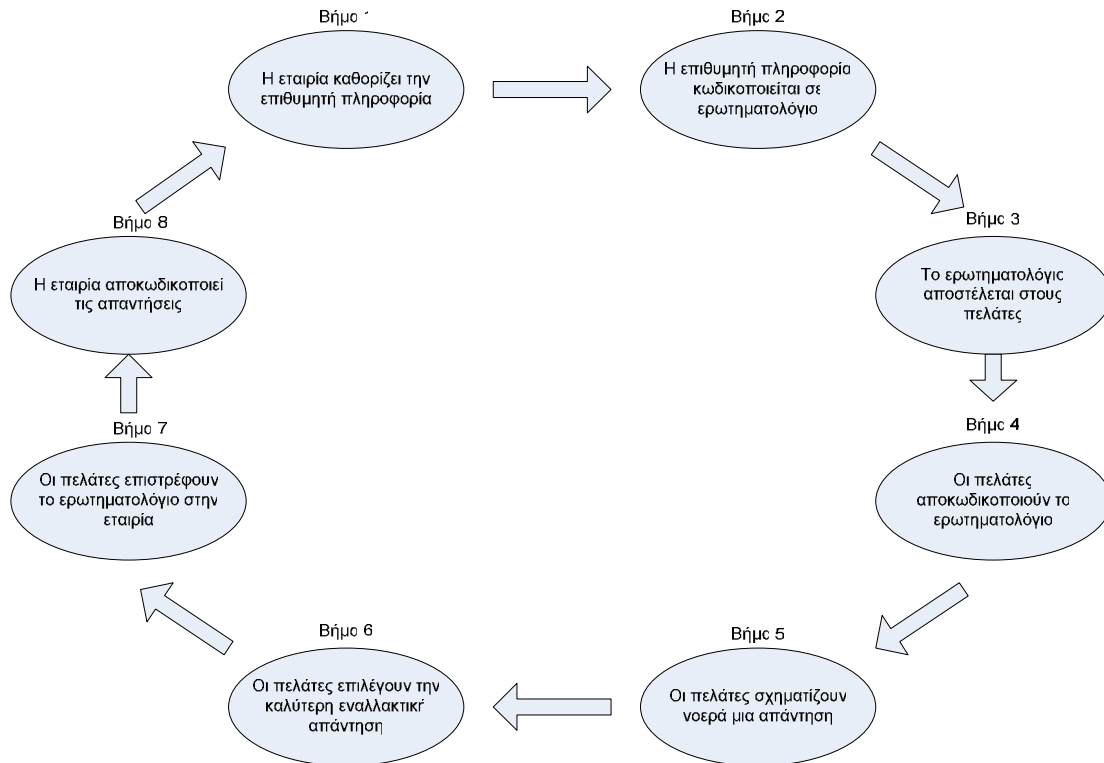
### 3.3 Το πρότυπο ISO 9001:2000

Το πρότυπο ερωτηματολόγιο που δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε για την εργασία αυτή συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις για την μέτρηση της ικανοποίησης πελατών του προτύπου ISO 9001:2000 [29] και περιλαμβάνει ερωτήσεις που αφορούν στην ικανοποίηση στο πρώτο τμήμα και ερωτήσεις ταξινόμησης στο τέλος του.

Το πρότυπο ISO δεν αναφέρει κάποια συγκεκριμένη μεθοδολογία από τεχνικής άποψης, για την κατασκευή του ερωτηματολογίου. Τα μόνα στοιχεία που δίνει, βρίσκονται στο τμήμα «monitoring and measurement» και στο άρθρο 8.2.1. για την ικανοποίηση πελατών: “*As one of the measurements of QMS performance, the organization shall monitor information relating to customer perception as to whether the organization has met customer requirements. The methods for obtaining and using this information shall be determined*”. Ο οργανισμός πρέπει να μετρήσει αν ικανοποιεί τις απαιτήσεις των πελατών του και αυτό έχει διπλή προέκταση στην σχεδίαση του ερωτηματολογίου. Πρώτα, οι απαιτήσεις των πελατών πρέπει να διαπιστωθούν μέσα από μια διερευνητική διαδικασία. Έπειτα, το ερωτηματολόγιο πρέπει να καλύπτει την σημαντικότητα και την ικανοποίηση.

### 3.4 Σχεδιασμός Ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο της έρευνας ικανοποίησης πελατών είναι ένα βασικό εργαλείο αμφίδρομης επικοινωνίας της επιχείρησης με τους πελάτες [26].



Σχήμα 9: Αμφίδρομη διαδικασία επικοινωνίας μέσω του ερωτηματολογίου [27]

Οι βασικοί κανόνες, που πρέπει να πληρούν οι ερωτήσεις σε ένα ερωτηματολόγιο είναι οι παρακάτω:

- θα έχει την γνώση ο ερωτώμενος να απαντήσει;
- θα καταλάβει ο ερωτώμενος την ερώτηση;
- υπάρχει περίπτωση ο χρήστης να δώσει αληθή απάντηση;
- η ερώτηση κατευθύνει την απάντηση;

Ο κόσμος πιστεύει ότι πρέπει να έχει άποψη σε θέματα για τα οποία ερωτάται. Ο στόχος μιας έρευνας είναι να μπορεί να απευθύνεται στο κατάλληλο κοινό. Όσον αφορά στο θέμα της κατανόησης, υπάρχουν τρία προβλήματα. Αρχικά, το πρόβλημα της ασάφειας που

παρουσιάζουν κάποιες λέξεις ανάλογα με το πως χρησιμοποιούνται. Το δεύτερο πρόβλημα είναι οι διπλές ερωτήσεις, όπως για παράδειγμα «Το απορρυπαντικό Χ καθαρίζει τέλεια τα ρούχα χωρίς να καταστρέφει τα χρώματα;». Αυτή η ερώτηση θα έπρεπε να σπάσει σε δύο ξεχωριστές ερωτήσεις για να εξυπηρετήσει όλες τις πιθανές απόψεις. Άλλο ένα λάθος που μπορεί να γίνει σε μία ερώτηση είναι να συμπεριλάβει δύο παρόμοια επίθετα, όπου για να μη μπερδευτεί ο χρήστης θα έπρεπε να απαλειφθεί το ένα. Το τρίτο και τελευταίο πρόβλημα είναι οι πολύ μεγάλες ερωτήσεις, όπου ο χρήστης στη βιασύνη του δεν διαβάζει προσεκτικά όλη την ερώτηση. Η απάντηση, τώρα του χρήστη μπορεί να μην είναι αληθής επειδή ο χρήστης δε θέλει να απαντήσει την αλήθεια ή επειδή η μνήμη του τον απατά ή επειδή το εύρος των απαντήσεων δεν τον καλύπτει ή επειδή δεν θέλει να δείξει ότι δεν την γνωρίζει.

Οι τύποι των ερωτήσεων είναι δύο: Οι ‘κλειστές ερωτήσεις’ και οι ‘ανοιχτές ερωτήσεις’. Οι κλειστές δίνουν στον χρήστη ένα συγκεκριμένο σύνολο από πιθανές απαντήσεις, ενώ οι ανοιχτές δίνουν την ευκαιρία στον χρήστη να εισάγει ελεύθερα την ακριβή γνώμη του. Ανεξάρτητα από το αν οι ερωτήσεις είναι ‘ανοιχτές’ ή ‘κλειστές’ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς, όπως για την συμπεριφορά των αποκρινόμενων, για να καταλάβουν την στάση τους ή για να μαζέψουν πληροφορίες για σκοπούς ταξινόμησης.

**Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι κατηγορίες των ‘κλειστών’ ερωτήσεων που μπορεί να συναντήσουμε σε ένα ερωτηματολόγιο.**

### Ερωτήσεις Συμπεριφοράς

Αφορούν στο τι είχε κάνει ή δεν είχε κάνει ο χρήστης στο παρελθόν

«Πότε φάγατε τελευταία φορά σε Κινέζικο εστιατόριο;»

Μέσα στην προηγούμενη εβδομάδα	
Μέσα στον προηγούμενο μήνα	
Μέσα στους τρεις προηγούμενους μήνες	
Πριν από τους τρεις τελευταίους μήνες	
Ποτέ	

Πίνακας 5: Ερωτήσεις συμπεριφοράς – πολλαπλής επιλογής, μοναδικής απάντησης

### Υποκειμενικές Ερωτήσεις

Αφορούν σε ερωτήσεις που απαιτούν περισσότερη σκέψη και πρέπει να ακολουθούν και όχι να προηγούνται των ερωτήσεων συμπεριφοράς. Η μέτρηση της ικανοποίησης πελατών στηρίζεται κυρίως σε υποκειμενικές ερωτήσεις. Η στάση πριν την αγορά και την επιλογή προμηθευτή, η στάση απέναντι στην απόδοση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας και του προμηθευτή και το

πιο σημαντικό, η στάση για την εικόνα του προμηθευτή αφορούν σε αυτή την κατηγορία ερωτήσεων.

### Ερωτήσεις Ταξινόμησης

Αφορούν στις ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται για κατάτμηση.

Φύλο	Άντρας		Γυναίκα	
Ηλικία	18 – 24	25 – 34	35 – 44	45 – 54
Οικογενειακή Κατάσταση	Εργένης	Παντρεμένος Δεσμευμένος	Χήρος	Χωρισμένος
Επάγγελμα				

Πίνακας 6: Ερωτήσεις ταξινόμησης

Εφόσον η μέτρηση της ικανοποίησης πελατών αφορά στην μέτρηση της διάθεσης, ο τρόπος που χρησιμοποιείται για αυτή την μέτρηση είναι εξαιρετικά σημαντικός. Ερευνητές αγοράς έχουν αναπτύξει διάφορους διαφορετικούς τρόπους ή βαθμολογημένες κλίμακες για την μέτρηση αυτή, όπως σκάλες προτίμησης, σημασιολογικές διαφορικές σκάλες, αριθμητικές βαθμολογημένες σκάλες. Συνδυασμός αριθμού σειράς με αριθμό πλήθους και σκάλες SIMALTO (<http://www.worcestershire.gov.uk/home/print/cs-con/cs-con-toolkit/cs-con-toolkit-stage5-a-simalto.htm>). Αυτές οι σκάλες χρησιμοποιούνται για να συγκεντρώσουν δεδομένα για τις προτεραιότητες και για το εύρος των προσδοκιών τους, από τα ιδανικά στα μη-αποδεκτά επίπεδα υπηρεσίας.

Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει και παρουσιάζει όλα τα στοιχεία για τους τύπους των ερωτηματολογίων σε σχέση με το είδος συγκέντρωσης των απαντήσεων.

Βήματα	Στόχος μέτρησης ικανοποίησης πελατών	Προσωπικές Συνεντεύξεις	Τηλεφωνικές συνεντεύξεις	Ατομική Συμπλήρωση
1	Ερωτήσεις εξοικείωσης	X		
2	Επίγνωση ανταγωνιστικών προμηθευτών	X	X	
3	Ανοιχτές ερωτήσεις στις προτεραιότητες πελατών	X	X	
4	Αριθμός σειράς + αριθμός πλήθους ορισμένες προτεραιότητες πελατών	X	X	
5	Κλειστές ερωτήσεις στις	X	X	X

	προτεραιότητες πελατών			
6	Κλειστές ερωτήσεις σε κλίμακες απόδοσης προμηθευτών	X	X	X
7	Προβολικές ερωτήσεις σε σχήματα	X		
8	Ανοιχτές ερωτήσεις σε μελλοντικές αλλαγές κατεύθυνσης	X	X	X
9	Ανοιχτές ερωτήσεις	X		
10	Δεδομένα Ταξινόμησης	X	X	X

Πίνακας 7: Περίληψη τύπων ερωτηματολογίων [25]

## Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι αρχές που ακολουθήθηκαν για την σχεδίαση και ανάπτυξη του ερωτηματολογίου, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης του, μέσω κινητών συσκευών και με χρήση φυσικής γλώσσας. Στο τέλος παρουσιάστηκε το πρότυπο ερωτηματολόγιο της εφαρμογής μας. Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί αναλυτικά το μοντέλο της φυσικής γλώσσας και η συμπεριφορά του συστήματος σε περίπτωση ασαφειών στην εισαγωγή του χρήστη.

## Κεφάλαιο 4

### Το μοντέλο φυσικής γλώσσας

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζουμε το πρότυπο ερωτηματολόγιο μέτρησης ικανοποίησης πελατών και το μοντέλο της φυσικής γλώσσας που σχεδιάστηκε, ποιες απαιτήσεις όρισαν τις παραμέτρους σχεδιασμού και πως μέσα από τον σχεδιασμό καλύπτεται η προτεινόμενη λειτουργικότητα. Επίσης, αναλύεται και η συμπεριφορά του συστήματος στην περίπτωση που παρουσιάζονται ασάφειες στην εισαγωγή του χρήστη. Μέσα από την παρουσίαση της δομής της πληροφορίας γίνεται και η σύνδεση με το πρότυπο ερωτηματολόγιο.

#### 4.1 Προτεινόμενο Ερωτηματολόγιο για την Μέτρηση Ικανοποίησης Πελατών

Το ερωτηματολόγιο της παρούσας εφαρμογής αφορά στην μέτρηση της ικανοποίησης πελατών, από τις υπηρεσίες που παρέχονται από παροχείς κινητών υπηρεσιών στην Ελλάδα. Βασικός παράγοντας απόφασης, στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο βαθμός ικανοποίησης πελατών. Οι απαντήσεις για τον βαθμό ικανοποίησης μεταφράζονται, στην συλλογή αποτελεσμάτων από την βάση δεδομένων, σε αριθμητική κλίμακα, εφόσον είναι ιδανική για την περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων είναι πολύ εύκολος στην κατανόηση από κάθε είδους χρήστη και δίνει μία σαφέστατη εικόνα των αποτελεσμάτων και των επιπτώσεών τους.

Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν αναλύονται στα παρακάτω:

1. **Δίκτυο:** Σε κινητές υπηρεσίες το δίκτυο αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα για την ποιότητα υπηρεσιών που προσφέρεται στον χρήστη και παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο στην απόφαση του καταναλωτή για αγορά ή όχι.
2. **Παροχή Υπηρεσιών:** Κάθε φορέας παρέχει ένα σύνολο υπηρεσιών, εκτός από την συνομιλία και την αποστολή μηνυμάτων, στους πελάτες του. Έτσι, αναλόγως το φορέα εξετάζεται η ικανοποίηση για τις υπηρεσίες και το κόστος αυτών.
3. **Δίκτυο Καταστημάτων:** Η εξυπηρέτηση πελατών στα κατά τόπους καταστήματα του φορέα κινητής τηλεφωνίας εξετάζεται στο κριτήριο αυτό. Τα επιμέρους κριτήρια

αφορούν στην ύπαρξη των καταστημάτων αυτών, στην εξυπηρέτηση και το γνωστικό επίπεδο των εργαζομένων εκεί και γενικότερα στην αξιοπιστία.

4. **Τεχνική Υποστήριξη:** Αφορά στην εξυπηρέτηση βάσει των αναγκών στην τεχνική υποστήριξη των κινητών συσκευών και του λογισμικού των τηλεφώνων.
5. **Τιμές:** Η τιμή των παρεχόμενων υπηρεσιών είναι ιδιαίτερα σημαντική μιας και καθορίζει την συχνότητα χρήσης αυτών, την ικανοποίηση στη σχέση χρήση – κόστους και την διάθεση του χρήστη να πληρώσει για την χρήση αυτή.
6. **Συνολική Ικανοποίηση:** Τελικά, κάθε καταναλωτής που συμπληρώνει το ερωτηματολόγιο δίνει τον βαθμό της ολικής ικανοποίησης, σχετικά με τις υπηρεσίες και τα προϊόντα της εταιρείας.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το ερωτηματολόγιο που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εφαρμογής: και αφορά στην ενδεχόμενη απάντηση του χρήστη ότι ο φορέας του είναι η Cosmote:

#### **Δίκτυο**

1. How satisfied are you with your current network coverage?
2. How satisfied are you with the quality of your package?
3. How satisfied are you with the network during peak hours?
4. Overall, how satisfied are you with the services provided by Cosmote?

#### **Παροχή Υπηρεσιών**

1. How satisfied are you with the entertainment features offered by MyCosmos?
2. How satisfied are you with the information services provided by MyCosmos?
3. How satisfied are you with the communication technology features (internet, e-mail) offered by MyCosmos?
4. How satisfied are you with the cost of the services provided by MyCosmos?
5. Overall, how satisfied are you with the services provided?

#### **Δίκτυο Καταστημάτων**

1. How satisfied are you with the availability of customer service shops in your area?
2. How satisfied are you with the level of customer service provided by the sales personnel?
3. How satisfied are you with the technical expertise of the sales personnel?
4. How satisfied are you with efficiency and expediency of the sales personnel?
5. Overall, how satisfied are you with the service and retail stores of Cosmote?

**Τεχνική Υποστήριξη**

1. How satisfied are you with the time required to solve technical problems involving your cell phone?
2. How satisfied are you with the cost of repairing technical problems involving your cell phone?
3. How satisfied are you with the choices by which you can pay for the use of your cell phone?
4. How satisfied are you with the availability of the 24-hour customer service number.
5. Overall, how satisfied are you with the technical support offered to you by Cosmote?

**Τιμές**

1. How satisfied are you with the bonus features of your package?
2. How satisfied are you with cost of the package in your contract plan?
3. How satisfied are you with the amount of free airtime and the number of free messages offered by your plan?
4. How satisfied are you with the cost of sending written messages?
5. How satisfied are you with the cost of using the MMS feature?
6. How satisfied are you with the airtime cost?
7. How satisfied are you with the number of programme options offered in your plan?
8. Overall, how satisfied are you with your contract plan?

**Συνολική Ικανοποίηση**

1. Based on your previous answers, what is your overall satisfaction?

**Γενικές Ερωτήσεις**

1. Does your package include a prepaid phone card or a contract agreement?
2. Who is your carrier?
3. Did you use another cell phone carrier before choosing Cosmote?
4. Who was your previous carrier?
5. For how long did you use the services of your previous carrier?
6. Why did you decide to change carriers and choose Cosmote?

**Στοιχεία Ερωτώμενου**

1. First Name
2. Last Name
3. Age
4. Sex
5. Level of Education
6. Type of Employment



## 4.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Χρήσης Ερωτηματολογίου διαδικτυακά και με χρήση κινητών συσκευών

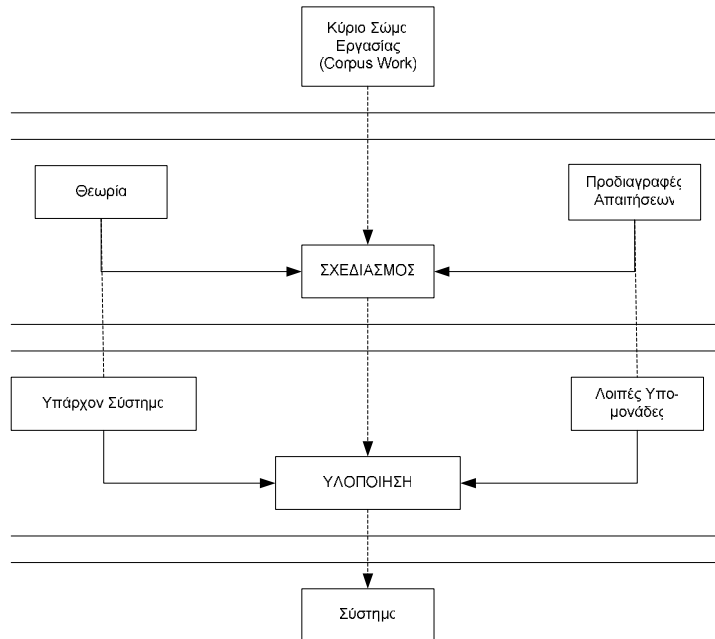
Τα ερωτηματολόγια σε ηλεκτρονική μορφή εμφανίζουν πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και σημαντικά μειονεκτήματα σε σχέση με άλλες μορφές παρουσίασης. Όσον αφορά στα πλεονεκτήματα, θα επικεντρωθούμε στα διαδικτυακά ερωτηματολόγια, μέσω κινητών συσκευών, με χρήση φυσικής γλώσσας που συνοψίζουν τα πλεονεκτήματα των τηλεφωνικών, αλλά χωρίς να σπαταλάται χρόνος από το προσωπικό. Επιπρόσθετα, μετά την ολοκλήρωση της έρευνας με χρήση ερωτηματολογίων, τα αποτελέσματα βρίσκονται ήδη σε ηλεκτρονική μορφή έτοιμα για επεξεργασία. Το κόστος αναδιαμόρφωσης του ερωτηματολογίου είναι μηδαμινό σε σχέση με το κόστος επανεκτύπωσής του, αλλά το κόστος για την απάντηση είναι μεγαλύτερο μιας και ο χρήστης θα πρέπει να συνδεθεί στο δίκτυο. Τα ερωτηματολόγια όπου οι απαντήσεις είναι σε φυσική γλώσσα παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι ο χρήστης μπορεί να εκφραστεί ελεύθερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια, αλλά και το μειονέκτημα ότι καταναλώνεται περισσότερος χρόνος για τις αποκρίσεις.

Τα μειονεκτήματα σε μία τέτοια εφαρμογή αφορούν κυρίως στο κόστος από πλευράς χρήστη, το οποίο αυξάνεται όταν η συνδιαλλαγή γίνεται σε περιβάλλον κινητών συσκευών. Άλλο ένα μειονέκτημα είναι το μέγεθος της οθόνης των κινητών συσκευών το οποίο είναι αρκετά μικρό για την εισαγωγή δεδομένων άλλα το πρόβλημα αυτό επιλύεται με την σειριακή παρουσίαση των ερωτήσεων. Οι ανοιχτές ερωτήσεις μπορεί να παράγουν πολύ μεγάλα ποσά δεδομένων που θα πάρουν ώρα για επεξεργασία και ανάλυση. Επίλυση στο πρόβλημα αυτό αποτελεί η χρήση φυσικής γλώσσας, όπου η επεξεργασία γίνεται με αυτοματοποιημένο τρόπο, χωρίς να καταλήγεις σε λύσεις του τύπου να μικραίνεις το πλαίσιο εισαγωγής δεδομένων του χρήστη.

## 4.3 Μεθοδολογία

Σε συνέχεια της θεωρίας που παρουσιάστηκε στο δεύτερο κεφάλαιο και προχωρώντας στην υλοποίηση, ένα σύστημα διαλόγου για μία νέα εφαρμογή, μπορεί να χωριστεί σε δύο ανεξάρτητα βήματα: στον θεμελιώδη σχεδιασμό και στην προσαρμογή της δομής (Degerstedt & Johnsson, 2001). Ο σχεδιασμός και ο κώδικας, αποτελούν βήματα πάνω στη

διαδικασία της ανάπτυξης, και θεωρείται ότι γίνονται το ένα μετά το άλλο, ξεκινώντας από τον σχεδιασμό. Συνοπτικά, μπορούμε στο παρακάτω σχήμα να δούμε το διάγραμμα ροής για την ανάπτυξη του συστήματος της συγκεκριμένης εργασίας.



Σχήμα 10: Το διάγραμμα εργασίας για την ανάπτυξη του συστήματος (Degerstedt & Johnsson, 2001)

Στο πρώτο στάδιο, τον θεμελιώδη σχεδιασμό, εμπλέκεται το θεωρητικό υπόβαθρο και οι προτεινόμενες τεχνολογίες από την αιχμή της τεχνολογίας (state of the art) πάνω σε φυσικές γλώσσες και οι προδιαγραφές των απαιτήσεων του συστήματος. Σε συνδυασμό με το κύριο σώμα εργασίας της φυσικής γλώσσας (δηλαδή το σύνολο της γραμματικής και των λεξικών) οδηγούμαστε στο σχεδιασμό του μοντέλου. Στο δεύτερο στάδιο, το στάδιο της υλοποίησης έχουμε την ενοποίηση του μοντέλου με το υπάρχον σύστημα και με υπο-μονάδες που προσαρτώνται σε αυτό.

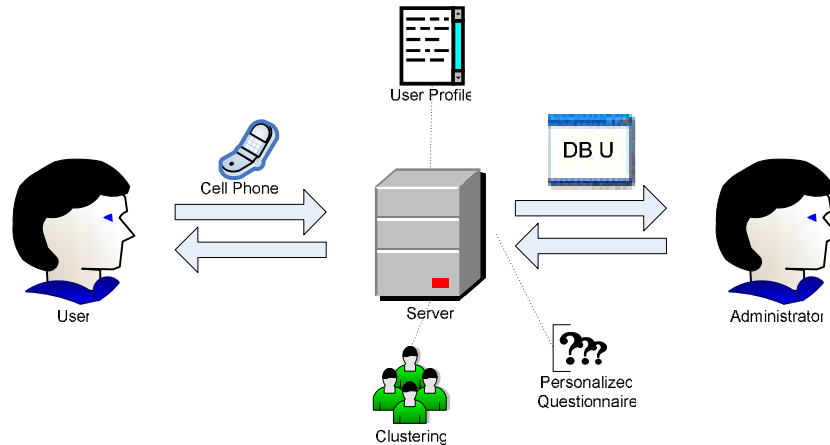
Παρακάτω συνοψίζουμε τις προδιαγραφές:

- Η αλληλεπίδραση είναι πληκτρολογημένη και είναι στα Αγγλικά
- Στην παρούσα του μορφή υποστηρίζεται η διαχείριση διαλόγου σε αρχική μορφή.
- Το ερωτηματολόγιο προσαρμόζεται ανάλογα με τις απαντήσεις του χρήστη.

Η πολυπλοκότητα του συστήματος βρίσκεται ανάμεσα στα δύο επίπεδα του πίνακα 1, μιας και το σύστημα δεν υποστηρίζει διασαφηνιστικές ερωτήσεις.

## 4.4 Προδιαγραφές Απαιτήσεων

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στην εργασία αυτή, καλύπτει μία σειρά από απαιτήσεις, που προσδιορίζουν την τελική του λειτουργικότητα. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζουμε τις λειτουργίες που θα πρέπει το σύστημα να ικανοποιεί:



Σχήμα 11: Λειτουργικότητα Συστήματος

Επιγραμματικά θα αναφέρουμε τις απαιτήσεις του συστήματος, εφόσον αυτές αναλύονται σε βάθος στην παράγραφο της λειτουργικότητας του παρόντος κεφαλαίου. Έτσι, λοιπόν το σύστημα θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της εφαρμογής για:

- Ανάκτηση εξατομικευμένης πληροφορίας περιεχομένου που αφορά στο ερωτηματολόγιο
- Παραγωγή εξατομικευμένου ερωτηματολογίου μέσω ανάδρασης του συστήματος με τον χρήστη
- Δημιουργία ομάδων χρηστών, βάση των προτιμήσεων τους, με κατάλληλη ταξινόμηση σε πίνακες της βάσης δεδομένων
- Κατάλληλη παρουσίαση για εύκολη χρήση των αποτελεσμάτων, με σκοπό την διαχείριση της πληροφορίας χρήστη και ομάδων χρηστών.

## 4.5 Κύριο σώμα εργασίας (Corpus Work)

Σε αυτό το σημείο θα καθορίσουμε το κύριο σώμα της φυσικής γλώσσας που υλοποιήθηκε και μέσα από εδώ θα φανούν και οι προδιαγραφές του συστήματος. Η συλλογή του διαλόγου περιέχει έναν αριθμό από εκφράσεις, τις οποίες θα πρέπει το σύστημα να είναι σε θέση να απαντήσει. Τα συστατικά των εκφράσεων αυτών μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Εισαγωγικές φράσεις (Introduction phrases)
- Φράσεις πληροφορίας (Information phrases)
- Χρονικές φράσεις (Temporal phrases)

Ο στόχος στο σημείο αυτό, είναι μέσα από τις εκφράσεις αυτές να μοντελοποιήσουμε την λειτουργικότητα που μας παρέχεται μέσα από το πρότυπο ερωτηματολόγιο, αλλά και σε τυχόν προεκτάσεις του να μπορούμε εύκολα και χωρίς να επεμβούμε στη δομή, να επεκτείνουμε το παρόν μοντέλο. Η μικρότερη έκφραση περιέχει μία φράση πληροφορίας. Οι εισαγωγικές φράσεις παρέχουν πληροφορία μη χρησιμοποιήσιμη από το σύστημα, αλλά που κατευθύνουν το σύστημα στην κατάλληλη κατηγορία ερωτήσεων. Από το μπλοκ της φράσης πληροφορίας μπορούμε και εξάγουμε την κυρίως πληροφορία. Είναι υποχρεωτικό να υπάρχει τουλάχιστον μία φράση πληροφορίας. Ανάλογα με το πόσο συγκεκριμένος μπορεί να είναι ένας χρήστης, η πληροφορία μπορεί να εξαχθεί από όσες φράσεις πληροφορίας θέλει ο χρήστης. Οι φράσεις πληροφορίας αφορούν στην ίδια ερώτηση ή στην ίδια κατηγορία ερωτήσεων.

### 4.5.1 Εισαγωγικές Φράσεις

Οι εισαγωγικές φράσεις παρέχουν πληροφορία μόνο για την ενέργεια που θα πρέπει να γίνει από την πλευρά του συστήματος για την αποθήκευση της πληροφορίας που ανακτάται από την φράση πληροφορίας και την κατηγορία των ερωτήσεων στην οποία καλείται να απαντήσει ο χρήστης. Έτσι, μπορούμε και υποστηρίζουμε την σημαντικότητα του προτύπου ερωτηματολογίου. Στην ανάπτυξη της γραμματικής υπάρχουν οχτώ είδη εισαγωγικών φράσεων:

- **Τύπος 1:** Δεν περιέχει πληροφορία χρήσιμη για το σύστημα.
- **Τύπος 2:** Ο χρήστης ξεινά μία δήλωση για το τι είδους πακέτο χρησιμοποιεί, προπληρωμένη κάρτα ή συμβόλαιο.
- **Τύπος 3:** Ο χρήστης ξεινά μία δήλωση που αφορά στην εκπαίδευσή του.
- **Τύπος 4:** Ο χρήστης ξεινά μία δήλωση που αφορά στο επάγγελμά του.
- **Τύπος 5:** Ο χρήστης ξεινά μία δήλωση για τον ποιο παροχέα χρησιμοποιεί.
- **Τύπος 6:** Ο χρήστης απαντά καταφατικά ή αρνητικά στην χρήση άλλου παροχέα.
- **Τύπος 7:** Ο χρήστης ξεινά μία δήλωση για τυχόν χρήση προηγούμενου παροχέα.
- **Τύπος 8:** Ο χρήστης ξεινά μία δήλωση για τον χρόνο χρήσης της υπηρεσίας.

#### 4.5.2 Φράσεις Πληροφορίας

Από το μπλοκ της φράσης αυτής μπορούμε και εξάγουμε την κυρίως πληροφορία. Είναι υποχρεωτικό να υπάρχει τουλάχιστον μία φράση πληροφορίας. Ανάλογα με το πόσο συγκεκριμένος μπορεί να είναι ένας χρήστης, η πληροφορία μπορεί να εξαχθεί από όσες φράσεις πληροφορίας θέλει ο χρήστης. Οι φράσεις πληροφορίας αφορούν στην ίδια ερώτηση ή στην ίδια κατηγορία ερωτήσεων. Για τον τύπο των φράσεων αυτών χρησιμοποιήθηκαν 7 κύριες κατηγορίες ανάλογα τις ζητούμενης πληροφορίας, χωρίς αυτό να αποκλείει τη χρήση και άλλων κατηγοριών. Κάθε τέτοια φράση σε διαφορετική κατηγορία πληροφορίας, αντιστοιχίζεται με την πληροφορία που ζητάται από τις κατηγορίες ερωτήσεων που είδαμε στο κεφάλαιο 3. Αναλυτικά:

- **Τύπος 1:** Περιέχει πληροφορία για το φύλο του χρήστη ο οποίος απαντά στις ερωτήσεις.
- **Τύπος 2:** Περιέχει πληροφορία για την ηλικία του χρήστη ο οποίος απαντά στις ερωτήσεις.

- **Τύπος 3:** Περιέχει πληροφορία για την εργασία του χρήστη ο οποίος απαντά στις ερωτήσεις.
- **Τύπος 4:** Περιέχει πληροφορία για την μόρφωση του χρήστη ο οποίος απαντά στις ερωτήσεις.
- **Τύπος 5:** Περιέχει γενική πληροφορία που αντιστοιχίζεται σε ερώτηση ή κατηγορία ερωτήσεων που υποδηλώνεται από την εισαγωγική φράση.
- **Τύπος 6:** Περιέχει πληροφορία για τον παροχέα υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας.
- **Τύπος 7:** Περιέχει πληροφορία για το πακέτο σύνδεσης του χρήστη με κάποιον παροχέα.
- **Τύπος 8:** Περιέχει πληροφορία για την διάρκεια ενός γεγονότος.
- **Τύπος 9:** Περιέχει πληροφορία για τον βαθμό ικανοποίησης του χρήστη.

#### 4.5.3 Χρονικές Φράσεις

Οι χρονικές φράσεις που χρησιμοποιούνται στο σώμα της αίτησης του χρήστη, αφορούν στον χρόνο χρήσης υπηρεσιών και φορέων κινητής τηλεφωνίας. Στην περίπτωση του συστήματός μας, μοντελοποιούμε γενικά την πληροφορία που αφορά σε χρόνο γιατί θέλουμε το σύστημά μας να είναι ανεξάρτητο της δομής του ερωτηματολογίου. Οι περιπτώσεις που καλύπτονται μέσα από τη συγκεκριμένη κατηγορία φράσεων είναι οι παρακάτω:

- **Τύπος 1:** Η πληροφορία που δίνει ο χρήστης αφορά στο συγκεκριμένο χρονικό στιγμιότυπο.
  - ✓ **Day:** Αναφέρεται στην ημέρα της εβδομάδος (π.χ. on Monday).
  - ✓ **Month:** Αναφέρεται στον μήνα του χρόνου (π.χ. in August).

- ✓ **Year:** Αναφέρεται στην χρονολογία (π.χ. in 1995)
  - ✓ **Time:** Αναφέρεται στην ώρα της μέρας (π.χ. at 6).
  - ✓ **Date:** Αναφέρεται στην ημερομηνία, μέσα από έναν αριθμό και προηγείται πάντα φράσης, που αφορά σε μήνα, Month (π.χ. at 6 November).
  - ✓ **Time Indicator:** Αναφέρεται στον δείκτη της ώρας όταν αυτή παρέχεται με αριθμό ανάμεσα στο 1 και το 12 (π.χ. at 6 am).
  - ✓ **Day Indicator:** Αναφέρεται σε επαναλήψεις μίας δεδομένης χρονικής στιγμής (π.χ. every Monday).
  - ✓ **Other:** Αναφέρεται σε ασαφείς περιγραφές του χρόνου, που αποκωδικοποιούνται και δίνουν τιμές σε κάποιες από τις παραπάνω κατηγορίες. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης δώσει τη φράση 'tonight', τότε αυτό θα αποκωδικοποιηθεί σε φράση τύπου 4 και θα δώσει τιμή στην κατηγορία 'after' και 'time', 5 και στην κατηγορία 'before' και 'time', 12 και στην κατηγορία 'time indicator' την τιμή *pm*, θεωρώντας ότι η φράση 'tonight' χρονικά αντιστοιχίζεται ανάμεσα στις 5 – 12 μ.μ.
- **Τύπος 2:** Η πληροφορία που δίνει ο χρήστης αφορά σε οποιοδήποτε χρονικό στιγμιότυπο πριν τη δοσμένη χρονική στιγμή. Στον συγκεκριμένο τύπο δεν υπάρχει έννοια του day indicator. Για παράδειγμα η φράση 'before 5 pm'.
  - **Τύπος 3:** Η πληροφορία που δίνει ο χρήστης αφορά σε οποιοδήποτε χρονικό στιγμιότυπο μετά τη δοσμένη χρονική στιγμή. Στον συγκεκριμένο τύπο δεν υπάρχει έννοια του day indicator. Για παράδειγμα η φράση 'after 5 pm'.
  - **Τύπος 4:** Η πληροφορία που δίνει ο χρήστης αφορά σε οποιοδήποτε χρονικό στιγμιότυπο ανάμεσα σε δύο χρονικές στιγμές. Στον συγκεκριμένο τύπο δεν υπάρχει έννοια του day indicator. Για παράδειγμα η φράση 'between 5 and 12 pm'.

## 4.6 Σχεδιασμός (Design)

Κατά τον σχεδιασμό του μοντέλου οι δύο αντικειμενικοί στόχοι ήταν ο ορισμός της συμπεριφοράς του συστήματος ανάλογα με την πληροφορία που συλλέγεται από την εισαγωγή της έκφρασης του χρήστη και μέσα από αυτό, η σχεδίαση των υπο-μονάδων του συστήματος και ο καθορισμός του ρόλου της καθεμιάς.

### 4.6.1 Το μεταμοντέλο των εκφράσεων της φυσικής γλώσσας

Όταν ο χρήστης εισάγει μία έκφραση, το σύστημα προσπαθεί μέσα από τον συνδυασμό των φράσεων που έχει χρησιμοποιήσει ο χρήστης, να οργανώσει την πληροφορία που δίνεται. Από την εισαγωγή της έκφρασης του χρήστη στο σύστημα δημιουργείται μία δομή ιδιοτήτων, που περιέχει όλη την πληροφορία σε μορφή, που το υπόλοιπο σύστημα μπορεί να επεξεργαστεί.

Στην προσπάθεια να δοθεί μία γενική δομή σε όλες τις πιθανές εκφράσεις, που μπορεί να χρησιμοποιήσει ένας χρήστης, δημιουργήθηκε το παρακάτω μοντέλο, που ουσιαστικά αποτελεί το μεταμοντέλο για τη δημιουργία των τύπων ή των επιτρεπτών εκφράσεων της φυσικής γλώσσας. Μία έκφραση μπορεί να αποτελεί μία ή περισσότερες οντότητες (entities), καθεμία από τις οποίες έχει διαφορετικά πεδία (fields), οι τιμές (values) των οποίων προέρχονται από την είσοδο του χρήστη. Ο τύπος των φράσεων, ουσιαστικά, ορίζει τον τύπο του αντικειμένου (entity), και αναλόγως αυτού ορίζονται τα πεδία που το αποτελούν.

### 4.6.2 Απεικόνιση πληροφορίας

Αναλυτικά, η δομή ιδιοτήτων που δημιουργείται και περιέχει μία ή περισσότερες παραμέτρους, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Όπως παρατηρούμε αποτελείται από τις οντότητες (Element), τα πεδία (Element Type) και τις τιμές (Element Value). Στις οντότητες γίνεται ο διαχωρισμός σε κατηγορίες που περιλαμβάνουν πληροφορία προερχόμενη από το πρότυπο ερωτηματολόγιο (properties) και κατηγορίες που περιλαμβάνουν πληροφορία για να κατευθύνουν το σύστημα στη σωστή διαχείριση του προτύπου και της υπόλοιπης πληροφορίας (markers). Η κατηγορία temporal περιέχει πληροφορία που αφορά σε χρονικές φράσεις που θα μπορούσαν να είχαν συμπεριληφθεί στα properties, αλλά λόγω της ιδιαιτερότητας στη διαχείριση των χρονικών φράσεων στις φυσικές γλώσσες, αποτελεί ξεχωριστή κατηγορία. Τα



πεδία ανανεώνονται δυναμικά ανάλογα με το ερωτηματολόγιο, ούτως ώστε να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί το σύστημα ανεξάρτητα από το περιεχόμενο ενός ερωτηματολογίου ικανοποίησης πελατών, αντιστοιχίζουν τις τιμές με τις κατηγορίες της πληροφορίας που προέρχεται από το ερωτηματολόγιο στην περίπτωση της οντότητας properties και γενικότερα κάνουν συγκεκριμένη την πληροφορία και βοηθούν στη διαχείρισή της. Το πεδίο τιμή περιλαμβάνει όλες τις πιθανές τιμές που περιέχονται στις φράσεις, που εισάγονται από τον χρήστη, σύμφωνα με τις κατηγορίες φράσεων που αναφέρθηκαν πριν.

Element	Element Type		Element Value
markers	target		package education occupation carrier history previous carrier duration
	aspect		yes/no
properties	sex		Male/female
	provider		String of arbitrary length
	semantic		String of arbitrary length
	age		number
	level		3 or 4 or 5
	mark		plus or minus
	job		String of arbitrary length
	education		String of arbitrary length
	package		contract or prepaid card
	duration		-
temporal	time		1 ... 24
	day		Monday ... Sunday
	month		January ... December
	year		YYYY
	before	time	1 ... 24
		day	Monday ... Sunday
		month	January ... December
		year	YYYY
	after	time	1 ... 24
		day	Monday ... Sunday
		month	January ... December
		year	YYYY

Σχήμα 12: Δομή ιδιοτήτων που παράγεται από τον αναλυτή διαγραμμάτων του συστήματος

Στο πεδίο οντότητες, παρατηρούμε τρία βασικά αντικείμενα με ονόματα markers, temporal και properties. Η οντότητα markers ορίζεται και παίρνει τιμές από τις εισαγωγικές φράσεις.

Συγκεκριμένα, από τις εισαγωγικές φράσεις αναζητούμε πληροφορία για το που απευθύνεται η απάντηση, σε ποια κατηγορία ερωτήσεων ή σε ποια ερώτηση.

## 4.7 Λειτουργικότητα

Σε αυτή την ενότητα θα δώσουμε αναλυτικά, την πλήρη λειτουργικότητα που προσφέρεται στον χρήστη.

### 4.7.1 Σύνταξη φράσεων για παροχή λειτουργικότητας

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται οι τέσσερις βασικές λειτουργίες που επιτελεί το σύστημά μας, ξεκινώντας από την ανάκτηση εξατομικευμένης πληροφορίας περιεχομένου που αφορά στα κριτήρια του ερωτηματολογίου. Αυτό επιτυγχάνεται με template έκφρασης του χρήστη που περιλαμβάνει τις παρακάτω επιμέρους φράσεις.

- Introduction Phrase + \* Semantic Phrase
- Introduction Phrase + \* Semantic Phrase + Temporal Phrase

Ο συνδυασμός των φράσεων αυτών αποτελεί το σύνολο των πιθανών απαντήσεων που ένας χρήστης μπορεί να δίνει σε μία ενδεχόμενη ερώτηση του ερωτηματολογίου. Ο αστερίσκος (\*) συμβολίζει το πλήθος των σημασιολογικών φράσεων, που μπορεί να είναι περισσότερες από μία.

Λόγω των διαφορετικών υπηρεσιών και αναγκών που ένας χρήστης μπορεί να έχει και βασισμένο στις απαντήσεις του χρήστη το μοντέλο παρέχει την δυνατότητα της παραγωγής εξατομικευμένου ερωτηματολογίου. Αυτό γίνεται με τον εξής τρόπο: Υπάρχουν ερωτήσεις των οποίων η απάντηση καθορίζει το σύνολο των ερωτήσεων που θα επακολουθήσει. Για παράδειγμα, μια ερώτηση του τύπου

- Does your package include a prepaid phone card or a contract agreement? ή
- Who is your carrier?

μπορεί να καθορίσει την συνέχεια του ερωτηματολογίου που αφορά στον συγκεκριμένο χρήστη, μιας και οι ανάγκες και οι προτιμήσεις του στην περίπτωση που χρησιμοποιεί προπληρωμένη κάρτα είναι διαφορετικές από αυτές του συμβολαίου και μιας και ο κάθε φορέας παρέχει ένα σύνολο από διαφορετικές υπηρεσίες.

Από την πλευρά του συστήματος, υπάρχει η δυνατότητα της ομαδοποίησης των χρηστών ανάλογα με τον φορέα που χρησιμοποιούν, το είδος του συμβολαίου τους, τη χρήση ή όχι περαιτέρω υπηρεσιών, οπότε να γίνει μία εξειδικευμένη ανάλυση αναλόγως την ομάδα των χρηστών που επιθυμεί ο διαχειριστής του συστήματος. Η ομαδοποίηση μπορεί να γίνει και βάση δημογραφικών στοιχείων για να εξεταστούν οι παράμετροι με τους οποίους αποφασίζουν διαφορετικές ομάδες χρηστών. Μέσα από μία τέτοια διαδικασία εξάγεται και το συμπέρασμα για τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν την κάθε ομάδα χρηστών. Έχει μοντελοποιηθεί και υλοποιηθεί ένα API (Application Program Interface) για να παρέχει αυτή την ομαδοποίηση, με συναρτήσεις που παίρνουν σαν παράμετρο το κριτήριο ομαδοποίησης (φορέας, βαθμός ικανοποίησης, κ.τ.λ.).

Η τελευταία λειτουργία που μπορεί να υποστηριχθεί από το σύστημα και μοντελοποιήθηκε είναι η διαχείριση της πληροφορίας χρήστη και ομάδων χρηστών. Με την χρήση του API μπορεί κάποιος να εξάγει την πληροφορία που χρειάζεται από το σύστημα βάσης δεδομένων και να την διαχειριστεί όπως αυτός θέλει.

#### 4.7.2 Ταξινόμηση πληροφορίας από το σύστημα

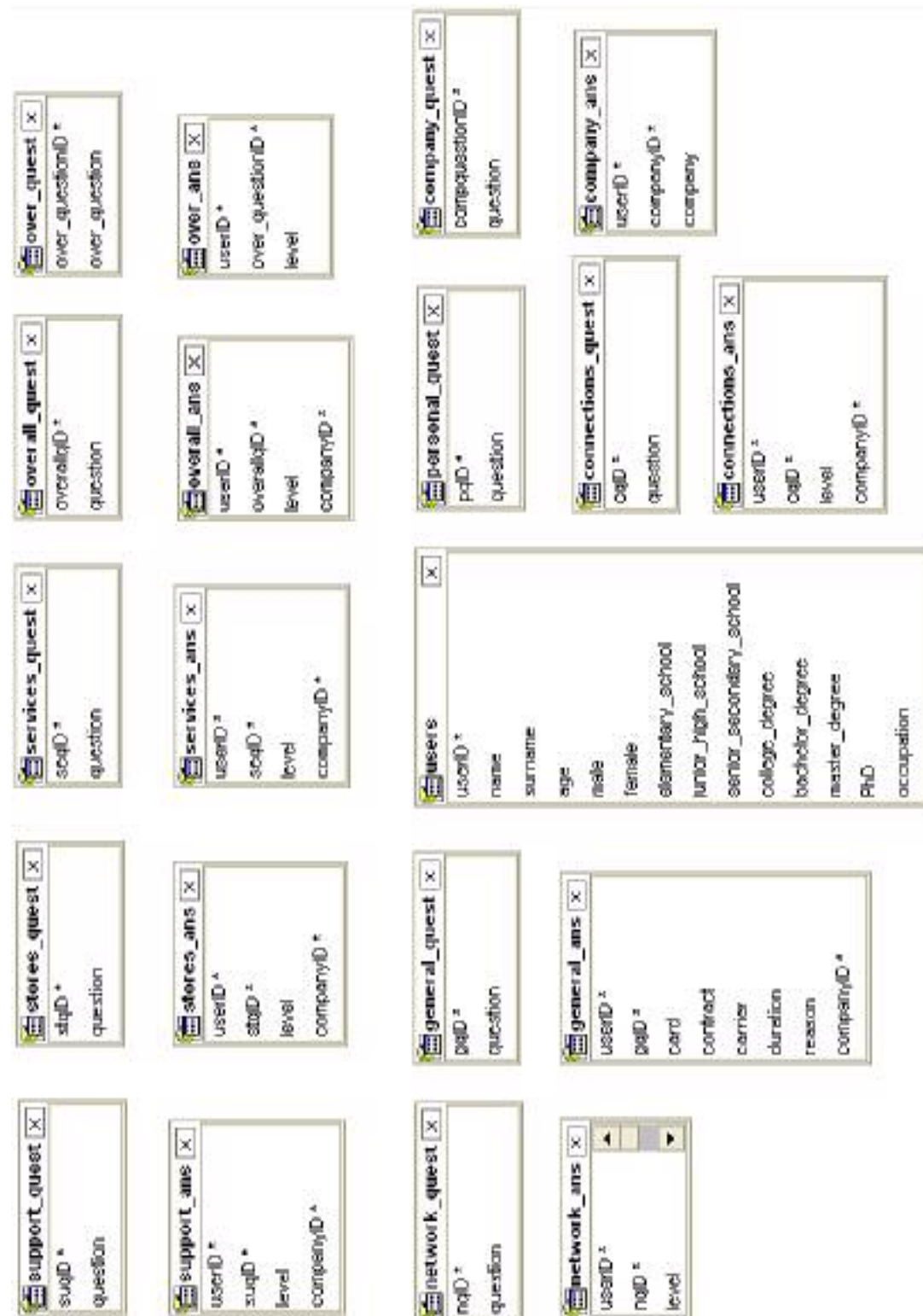
Οι ερωτήσεις που απαρτίζουν το ερωτηματολόγιο υπάρχουν σε μία βάση δεδομένων και χωρίζονται σε κατηγορίες, που αποτελούν τα κριτήρια βάσης των οποίων 'χτίστηκε' το ερωτηματολόγιο. Οι ερωτήσεις αυτές παρουσιάζονται σειριακά στον χρήστη ανάλογα με την κατηγορία στην οποία αυτός ανήκει και αντίστοιχα καλείται ο χρήστης να απαντήσει.

Όταν θα γίνει ανάλυση από το σύστημα της εισαγωγής του χρήστη, η πληροφορία που ανακτάται θα εισαχθεί στην βάση δεδομένων για να γίνει η απαραίτητη εκτέλεση λειτουργίας σε περίπτωση ασαφειών και ταξινόμηση της πληροφορίας στο κατάλληλο πεδίο του κατάλληλου πίνακα.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η βάση δεδομένων, υπό μορφή πινάκων. Μπορούμε και διακρίνουμε τα στοιχεία που απαρτίζουν τον κάθε πίνακα και θα αναλύσουμε παρακάτω. Ο σημαντικότερος πίνακας της βάσης δεδομένων είναι ο πίνακας users. Ο πίνακας αυτός περιέχει όλα τα προσωπικά στοιχεία των χρηστών του συστήματος, όπως ονοματεπώνυμο, ηλικία, φύλο, μορφωτικό επίπεδο και επάγγελμα. Ο πίνακας αυτός εμπλουτίζεται με πληροφορία που αποτελεί απάντηση στις ερωτήσεις που περιέχονται στον πίνακα personal\_questions και αυτόματα δημιουργεί ένα αναγνωριστικό (id) που ακολουθεί τον

χρήστη σε όλες τις απαντήσεις του. Επειδή οι ερωτήσεις αυτές παρουσιάζονται τελευταίες στον χρήστη, το αναγνωριστικό δημιουργείται όταν ο χρήστης εισάγει το όνομα του στην αρχή και ο πίνακας συμπληρώνεται στο τέλος με τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Ο πίνακας `general_questions` περιέχει ερωτήσεις που αφορούν στο είδος του συμβολαίου του κάθε χρήστη, για τον φορέα του και τον χρόνο διατήρησης του συμβολαίου και για ερωτήσεις για προηγούμενα συμβόλαια. Σημαντική ερώτηση αποτελεί και ο λόγος που ο χρήστης μπορεί να αλλάξει το συμβόλαιο και τον φορέα του. Ο πίνακας `general_answers` αποτελεί τον αποθηκευτή της πληροφορίας που προέρχεται από τις ερωτήσεις που μόλις αναλύσαμε.



Σχήμα 13: Στοιχεία και πίνακες βάσεως δεδομένων

Οι πίνακες

- company\_question

- connections\_question
- support\_questions
- services\_questions
- stores\_questions
- network\_questions

περιέχουν ερωτήσεις που αφορούν στα κριτήρια τα οποία αποτελούν τις θεματικές ενότητες των ερωτήσεων μας. Ενδεικτικά, ο πίνακας services\_question έχει δύο πεδία, το seqID και το question. Το πρώτο πεδίο αποτελεί το αναγνωριστικό που ακολουθεί την κάθε ερώτηση, ούτως ώστε να μπορεί το σύστημα ανα πάσα στιγμή να γνωρίζει την ροή του ερωτηματολογίου και το που απευθύνεται η απάντηση του χρήστη. Το πεδίο question περιέχει τις ερωτήσεις του συγκεκριμένου κριτηρίου. Αυτή η λογική ακολουθείται σε όλους τους πίνακες αυτής της κατηγορίας. Αντιστοίχως, υπάρχουν και οι πίνακες που περιέχουν τα στοιχεία που συλλέγονται από την απόκριση του χρήστη:

- company\_answers
- connections\_answers
- support\_answers
- services\_answers
- stores\_answers
- network\_answers

Οι πίνακες αυτοί περιέχουν του ίδιου είδους πεδία. Κληρονομούν την πληροφορία για το αναγνωριστικό του χρήστη από τον πίνακα users (userID), το αναγνωριστικό για την ερώτηση που οδήγησε σε αυτή την απάντηση, το αναγνωριστικό της εταιρίας στην οποία αναφέρεται ο χρήστης (companyID) από τον πίνακα general\_answers και περιέχουν άλλο ένα πεδίο ονόματι level που αφορά στο επίπεδο ικανοποίησης του χρήστη, που παίρνει τιμές 1 – 5 στο σύστημα μας, παράμετρος που μπορεί να αλλάξει ανάλογα τις απαιτήσεις του συστήματος.

Ο πίνακας overall\_question περιέχει τις ερωτήσεις που καταλήγουν την κάθε κατηγορία ερωτήσεων – κριτήριο στην γενική ικανοποίηση. Ο πίνακας overall\_answers αποθηκεύει την πληροφορία. Οι πίνακες overall\_satisfaction\_question και overall\_satisfaction\_answer αφορούν στην ολική ικανοποίηση του χρήστη του φορέα κινητής τηλεφωνίας.

Τα περιεχόμενα των πινάκων αυτών εξάγονται από το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιείται σε πίνακες του Microsoft Office Excell, για την εύκολη

χρήση τους, με πληροφορία που αφορά σε όλες τις ερωτήσεις που περιλαμβάνει το ερωτηματολόγιο.

### 4.7.3 Αλγόριθμος για την επίλυση ασαφειών

Με τη χρήση της φυσικής γλώσσας, ο χρήστης μπορεί να παρέχει στο σύστημα πληροφορία που αφορά σε περισσότερες από μία ερωτήσεις. Το σύστημα, χρησιμοποιώντας τις δομές που παρέχονται από το μοντέλο της φυσικής γλώσσας, ταξινομεί την κατάλληλη πληροφορία σαν απάντηση στις κατάλληλες ερωτήσεις. Για παράδειγμα, αν στην ερώτηση

- How satisfied are you with the availability of customer service shops in your area?  
δηλαδή, 'Πόσο ικανοποιημένος είστε από την διαθεσιμότητα των καταστημάτων εξυπηρέτησης στην περιοχή σας'

ο χρήστης απαντήσει:

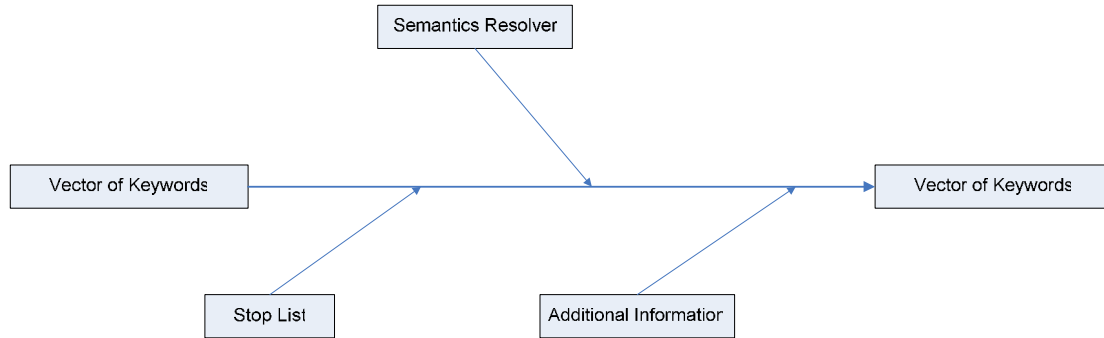
- I am quite satisfied but the customer service is not very good

τότε ο χρήστης έχει δώσει εμμέσως απάντηση και στην ερώτηση που ακολουθεί

- How satisfied are you with the level of customer service provided by the sales personnel?

οπότε παραλείπεται από το σύστημα η παρουσίασή της

Το σύστημα μπορεί και αναγνωρίζει ένα σύνολο λέξεων που υπάρχει μέσα στο λεξικό για όλα τα επίπεδα της ικανοποίησης. Αν κάποια απάντηση δεν παρέχει την απαιτούμενη πληροφορία για την επεξεργασία από το σύστημα και την ταξινόμηση στην σωστή κατηγορία βαθμού ικανοποίησης, τότε ένας μηχανισμός ανάλυσης αναλαμβάνει για την διαχείριση της έκφρασης του χρήστη. Στην περίπτωση που δεν δίνεται σαφής απάντηση για την γενική ικανοποίηση βάσει του κριτηρίου τότε το σύστημα ελέγχει προηγούμενες απαντήσεις που ικανοποιούν το ίδιο κριτήριο ικανοποίησης. Αν ο βαθμός ικανοποίησης έχει διαφορά μία μονάδα σε αριθμητική σκάλα και αν όλες οι ερωτήσεις που αφορούν στο συγκεκριμένο κριτήριο ληφθούν υπόψιν, τότε ο βαθμός ικανοποίησης για την ερώτηση της ολικής ικανοποίησης βάσει του κριτηρίου θα πάρει την αμέριστη τιμή που βρίσκεται πιο κοντά στον μέσο όρο των βαθμών των προηγούμενων ειδικότερων ερωτήσεων. Αν ο βαθμός ικανοποίησης δεν έχει διαφορά μία μόνο μονάδα σε αριθμητική σκάλα, τότε ο χρήστης καλείται να απαντήσει σε ερώτηση που παρέχεται από το σύστημα τον βαθμό ικανοποίησης σε αριθμητική σκάλα που θα έδινε στην παρεχόμενη υπηρεσία.



Σχήμα 14: Αλληλουχία διαδικασιών σε περίπτωση ασάφους απόκρισης

Ο γενικότερος μηχανισμός φαίνεται στο σχήμα 14. Συλλέγονται οι λέξεις που δεν αναγνωρίζονται αρχικά από τον αναλυτή διαγραμμάτων και επιστρέφονται σαν άγνωστες λέξεις (keywords). Οι λέξεις αυτές φιλτράρονται από μία λίστα λέξεων που κόβει τυχόν λέξεις χωρίς σημασιολογικό ενδιαφέρον για το σύστημα μας, όπως προθέσεις, συνδέσεις κ.τ.λ. Έπειτα, το σύστημα προσπαθεί να ανακτήσει πληροφορία για τις λέξεις που παρουσιάζουν τις ασάφειες από προϋπάρχουσα πληροφορία μέσα στη βάση δεδομένων και να γίνει συσχετισμός ανάλογα με το κριτήριο στο οποίο αναφέρεται η απάντηση και προηγούμενες απαντήσεις στο ίδιο κριτήριο. Αν πάλι δεν υπάρχει αρκική πληροφορία, ο χρήστης καλείται να ορίσει σε αριθμητική σκάλα τον βαθμό ικανοποίησης και τότε σε μια δομή κρατείται η βαθμολογία του σε συνδυασμό με τις λέξεις με την ασάφεια, ούτως ώστε να χρησιμοποιηθεί η πληροφορία αυτή σε κάποιο άλλο μεταγενέστερο βήμα.

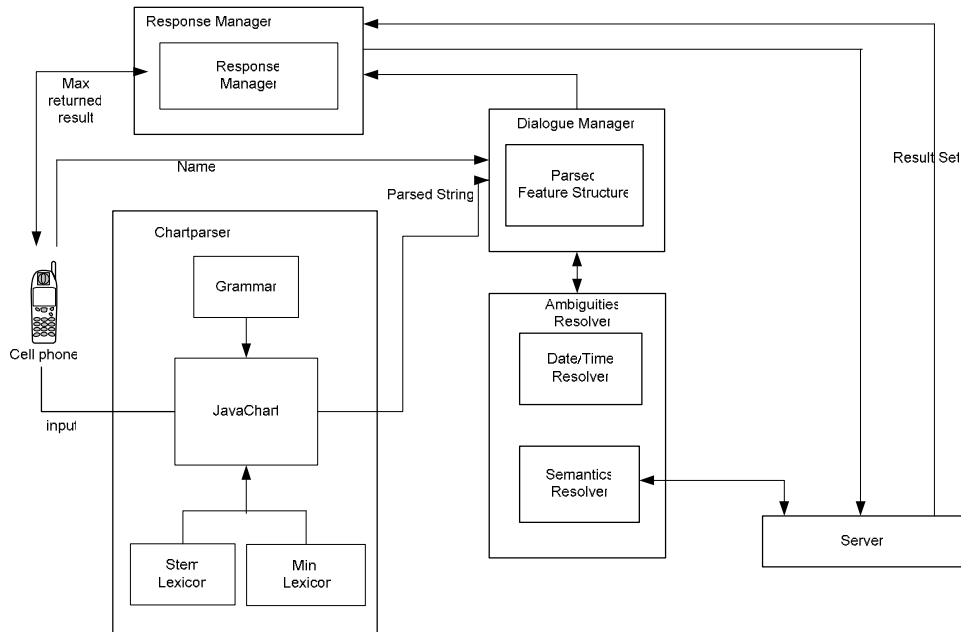
Αν η ασάφεια παρουσιάζεται σε μία ερώτηση ικανοποίησης και το σύστημα δεν μπορεί να παρέχει ένα επαρκές συμπέρασμα βάσει προηγούμενων απαντήσεων τότε το σύστημα παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να εισάγει έναν βαθμό σε μία αριθμημένη σκάλα από το 1 έως το 5, που θα ανταποκρίνεται στον βαθμό ικανοποίησής του.

Επιπρόσθετα, αν ο βαθμός της ικανοποίησης του χρήστη είναι μικρότερος από την μέση ικανοποίηση, το σύστημα ελέγχει την απόκριση του χρήστη για λόγους που μπορεί να έχει δώσει για να δικαιολογήσει το βαθμό αυτό και αν δεν υπάρχει σαφής απάντηση παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να δώσει τους λόγους του για την απόφαση αυτή.



## 4.8 Θεμελιώδης σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του μοντέλου Φυσικής Γλώσσας

Ο καθορισμός των υπο-μονάδων του συστήματος απαιτεί και τον απόλυτο καθορισμό των αρμοδιοτήτων της καθεμίας και της επικοινωνίας μεταξύ αυτών. Οι υπο-μονάδες που σχεδιάστηκαν για το μοντέλο της φυσικής γλώσσας παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 15: Θεμελιώδης σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του μοντέλου

Η έκφραση που εισάγει ο χρήστης αποτελεί την είσοδο στον αναλυτή διαγραμμάτων (**Chart Parser**). Ο αναλυτής διαγραμμάτων χρησιμοποιείται για να παράγει σαν έξοδο τη δομή ιδιοτήτων που παρουσιάσαμε παραπάνω, την οποία θα πάρει για να επεξεργαστεί το σύστημα, και κάνει χρήση ενός δεδομένου λεξικού και μίας γραμματικής.

Ο διαχειριστής διαλόγου (**Dialogue Manager**) παίρνει σαν είσοδο τη δομή ιδιοτήτων από τον αναλυτή διαγραμμάτων και τα προσωπικά στοιχεία του χρήστη από την εισαγωγή του στο σύστημα, τη διαμορφώνει κατάλληλα, ώστε να μπορούν να τη διαχειριστούν ανάλογα όλες οι υπο-μονάδες του συστήματος και χρησιμοποιώντας την υπο-μονάδα, που είναι υπεύθυνη για την επίλυση ασαφειών (**Ambiguities Resolver**), επικοινωνεί με τον **server**. Ο **server** ενημερώνεται με πληροφορία που ανακτάται από μία σχεσιακή βάση δεδομένων με πληροφορία από τον σχεδιαστή του ερωτηματολογίου και από προ-υπάρχουσα πληροφορία.

Η υπο-μονάδα **Ambiguities Resolver** περιέχει διαδικασίες οι οποίες αναλαμβάνουν η καθεμία να επιλύσουν ασάφειες ανάλογα της εισαγωγής του χρήστη. Ο **Date/Time Resolver** παίρνει ως είσοδο τη δομημένη πληροφορία χρονικών φράσεων όπως έρχεται από τη δομή ιδιοτήτων και τροφοδοτεί τον διαχειριστή διαλόγου με την πληροφορία αυτή διαμορφωμένη κατάλληλα (με σύνταξη όπως ορίζει το πρότυπο του συστήματος). Ο **Semantics Resolver** αναλαμβάνει να αποδώσει σημασιολογία σε ένα σύνολο από συμβολοσειρές για τις οποίες δεν υπήρξε αντιστοίχιση με κάποια κατηγορία και επιστρέφει τις συμβολοσειρές και τις κατηγορίες στις οποίες βρέθηκε αντιστοίχιση για κάθε μία από αυτές.

Ο **Server**, στον οποίο θα αναφερθούμε διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο, επιστρέφει τα αποτελέσματα στην υπο-μονάδα **Response Manager**, που αναλαμβάνει τη μορφοποίηση των αποτελεσμάτων έτσι ώστε να μπορούν να παρουσιαστούν στον χρήστη. Επίσης, προσαρμόζει και ένα πρότυπο μηνύματος, που σε συνδυασμό με πληροφορία που του προσφέρει η υπο-μονάδα **Dialogue Manager**, το παρέχει μαζί με το σετ των αποτελεσμάτων όταν αυτό υπάρχει.

## Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο, μελετήθηκε διεξοδικά το μοντέλο της φυσικής γλώσσας ξεκινώντας από τις προδιαγραφές των απαιτήσεων σε ένα περιβάλλον μέτρησης ικανοποίησης πελατών με χρήση ερωτηματολογίων. Ακολούθησε η ανάπτυξη του κύριου σώματος εργασίας της φυσικής γλώσσας, που αφορά στη σύνταξη των φράσεων και οδήγησε στην παρουσίαση του μεταμοντέλου και την απεικόνιση της πληροφορίας, όπως αυτή εξάγεται στη δομή ιδιοτήτων από τον αναλυτή διαγραμμάτων. Στην συνέχεια, έγινε παρουσίαση της λειτουργικότητας που παρέχει το σύστημα, που αφορά στο συνδυασμό των φράσεων με τελικό στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων, στην ταξινόμηση της πληροφορίας βάση του προτύπου ερωτηματολογίου που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 3 και ανάλυση της στρατηγικής και του βασικού αλγορίθμου που ακολουθείται στην περίπτωση ασαφούς πληροφορίας από το χρήστη, όπου δε μπορούμε να έχουμε ταξινόμηση σε κάποια από τις κατηγορίες-κριτήρια του ερωτηματολογίου. Στη συνέχεια παρουσιάστηκε ο θεμελιώδης σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής για την

υποστήριξη του μοντέλου της φυσικής γλώσσας. Στο επόμενο κεφάλαιο, θα αναπτυχθεί η υλοποίηση του μοντέλου της φυσικής γλώσσας.

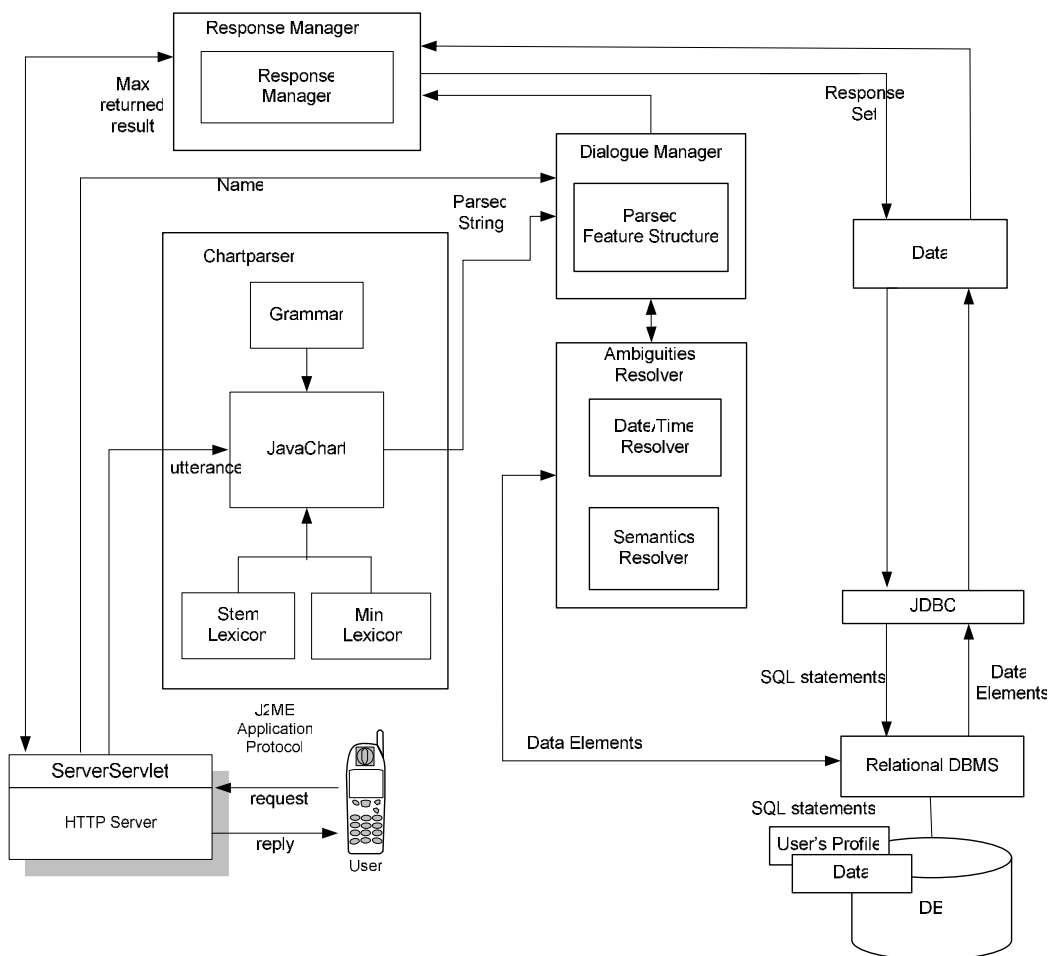
## Κεφάλαιο 5

### Υλοποίηση μοντέλου φυσικής γλώσσας

Στο κεφάλαιο αυτό ασχολούμαστε διεξοδικά με την επεξήγηση της υλοποίησης της αρχιτεκτονικής του μοντέλου της φυσικής γλώσσας, μέσα από την ανάλυση των υπο-μονάδων της και του τρόπου που αυτές επικοινωνούν μεταξύ τους.

#### 5.1 Γενική Αρχιτεκτονική

Όπως είχαμε δείξει και στην παράγραφο 4.6, στο θεμελιώδη σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής του μοντέλου της φυσικής γλώσσας, καταλήγουμε στην παρακάτω:



Σχήμα 16: Αρχιτεκτονική Συστήματος

Η αρχιτεκτονική αυτή ακολουθεί μία πολυεπίπεδη (multi-tier) προσέγγιση και έχει τρία διαφορετικά επίπεδα. Το κατώτερο επίπεδο ασχολείται με τη διαχείριση των δεδομένων. Το μεσαίο επίπεδο περιέχει όλη τη λογική για την επικοινωνία του συστήματος με τον έξω κόσμο. Το επίπεδο της εφαρμογής ή της χρήσης ενεργοποιεί την συναλλαγή ανάμεσα στον server και στους ετερογενείς clients, μέσω διαφορετικών διόδων.

Για την υλοποίηση της αρχιτεκτονικής του πρώτου επιπέδου, δηλαδή της επικοινωνίας του χρήστη, μέσω κινητής συσκευής, με το υπόλοιπο σύστημα, θα μιλήσουμε αναλυτικά στο επόμενο, 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο, Σχεδιασμός και Υλοποίησης εφαρμογής.

Η σχεσιακή βάση δεδομένων του συστήματος περιέχει όλη την πληροφορία που ανταλλάσσεται ανάμεσα στο σύστημα και τους χρήστες. Το RDBMS διαχειρίζεται την προσπέλαση των συνδιαλλαγών στην βάση.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε την υλοποίηση του πρωτότυπου της φυσικής γλώσσας με την περιγραφή κάθε υπο-μονάδας. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η υλοποίηση όλου του μοντέλου φυσικής γλώσσας, εκτός από τα λεξικά και την γραμματική που είναι αρχεία τύπου txt, η επικοινωνία με τη βάση δεδομένων και η εφαρμογή μέσω κινητών συσκευών έγινε με χρήση της Java γλώσσας [10], [14].

## 5.2 Η Υπομονάδα Ανάλυσης Διαγραμμάτων (Chartparser Module)

Η υπο-μονάδα ανάλυσης διαγραμμάτων περιέχει τον αναλυτή JavaChart, για τον οποίο μιλήσαμε σε εισαγωγικό κεφάλαιο, το stem lexicon και το mini lexicon και την γραμματική, και είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία μίας δομής που θα απεικονίζει την εισαγωγή του χρήστη στο σύστημα.

### 5.2.2 Λεξικό

Το λεξικό που ακολουθεί την σύνταξη του ChartParser, όπως αναφέραμε και νωρίτερα, αποτελείται από δύο επιμέρους λεξικά. Το stem lexicon, περιέχει τις ρίζες των λέξεων και λέξεις που βοηθούν στο να αποδοθούν σωστά οι τιμές στις κατηγορίες των ερωτήσεων. Όταν εισάγουμε μία λέξη στο stem lexicon ορίζουμε σε ποια κατηγορία λέξεων ανήκει, ούτως ώστε

όταν συντάσσουμε την γραμματική μας να αναφερόμαστε σε λέξεις παρόμοιες όπως αυτή με το όνομα της κατηγορίας της.

Ας εξηγήσουμε την σύνταξη μέσα στο λεξικό για να μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τα παραδείγματα που ακολουθούν. Αυτό που γίνεται μέσα στο λεξικό με τις ρίζες των λέξεων (stem lexicon) είναι μία κατηγοριοποίηση των λέξεων που περιέχονται, με χαρακτηριστικά ονόματα, συν τον τύπο από την κατάληξη ο οποίος ταιριάζει με κάθε λέξη, και περιέχεται στο mini lexicon, ώστε να αναγνωρίζονται αργότερα μέσα από τους γραμματικούς κανόνες. Ας δούμε μία κατηγορία λέξεων μέσα από το stem lexicon

//\*\* PREFERENCE VERBS \*\*//

interest = pv (V1) :	0 lex = interest .
prefer = pv (V1) :	0 lex = prefer .
lik = pv (V2) :	0 lex = like .
want = pv (V1) :	0 lex = want .
choos = pv (V2) :	0 lex = choose .
hav = pv (V2) :	0 lex = have .
has = pv (stop) :	0 lex = has .
do = pv (V2) :	0 lex = do .
did = pv (stop) :	0 lex = did .

Εδώ βλέπουμε ρίζες ρημάτων τα οποία, ουσιαστικά χρησιμοποιούνται στη διαχείριση της πληροφορίας του χρήστη, που αφορά στο βαθμό ικανοποίησής του, όπου αντιστοιχίζονται με ένα χαρακτηριστικό όνομα (π.χ. like) με το οποίο χρησιμοποιούνται μέσα στους γραμματικούς κανόνες. Μετά το όνομα που τους δίνουμε έχουμε τον τύπο της κατάληξης, που ταιριάζει με την κάθε λέξη. Ο ακέραιος 0 υποδηλώνει τη θέση της λέξης στην κύρια σχέση που περιγράφεται. Για παράδειγμα, στην πρώτη περίπτωση το 0 αφορά στο lik και αυτό που θέλει να δηλώσει η σχέση είναι ότι για κάθε λέξη που ξεκινά από lik και ανήκει σε αυτές που ικανοποιούν τον κανόνα lik + V2, ο αναλυτής θα την αντιλαμβάνεται σαν τη λέξη like. Ας δούμε, όμως, λίγο τι συμβαίνει στο mini lexicon και για παράδειγμα, ας εξετάσουμε τον τύπο V2, ο οποίος περιγράφεται ως εξής:

V2

e = * (stop):	0 vform = pres :
	0 active = yes .

ing = * (stop):	0 vform = pres :
-----------------	------------------

0 finite = yes :  
0 active = yes .

es = \* (stop): 0 vform = pres :  
0 finite = yes :  
0 active = no .

ed = \* (stop): 0 vform = past :  
0 finite = yes .

@

Σχήμα 17: Παράδειγμα του mini λεξικού με τις καταλήξεις κατηγορίας ρημάτων

Εδώ, λοιπόν φαίνονται οι καταλήξεις που μπορούν να αντιστοιχηθούν με τη ρίζα του ρήματος lik. Ο αστερίσκος με τη λέξη stop σημαίνει ότι η κατάληξη θα είναι αυτή και μόνο αυτή. Η πληροφορία που ακολουθεί δεξιά αφορά στον χρόνο και τη φωνή που χαρακτηρίζουν αυτήν την κατάληξη. Για παράδειγμα το e ανήκει στον ενεστώτα (present) και έχει ενεργητική φωνή (active). Το γεγονός ότι ο τύπος αυτός ξεκινά με το όνομα της κατηγορίας και τελειώνει με το σύμβολο @, επιβάλλεται από την JavaChart σύνταξη για το mini lexicon.

Μέσα από το λεξικό δίνονται και τιμές σε κάποιες από τις παραμέτρους της δομής ιδιοτήτων, που προκύπτει μετά τη διέλευση της πρότασης από την υπο-μονάδα της ανάλυσης. Για παράδειγμα, από το entity markers, το field aspect παίρνει τιμή μέσα από το λεξικό και ο τρόπος που δηλώνεται αυτό φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα, που αποτελεί μέρος του λεξικού με τις ρίζες των λέξεων:

yes = yes (stop) : 0 lex = yes :  
0 markers aspect = yes .

Σχήμα 18: Παράδειγμα του λεξικού με τις ρίζες των λέξεων

Το stop υποδηλώνει ότι η λέξη yes πρόκειται να εμφανιστεί με άλλο τρόπο ή άλλη κατάληξη, ώστε να αντιστοιχιστεί με κάποια κατηγορία του mini lexicon.

### 5.2.3 Γραμματική

Η γραμματική λειτουργεί σαν ένα δέντρο με ρίζα την πρόταση, τα πρώτα φύλλα τους κύριους κανόνες που μπορούν να ικανοποιούν μία πρόταση και τα υπόλοιπα φύλλα τους πολλούς επιμέρους κανόνες που ικανοποιούν τα μικρότερα μέρη που απαρτίζουν οι κύριοι κανόνες. Αρχικά, έχουμε τις πράξεις του λόγου, που αναφέρουν πως μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους οι 4 μεγάλες κατηγορίες φράσεων που αναλύσαμε και παραπάνω, και ανάλογα σε ποιο entity αντιστοιχεί η καθεμία, γίνεται και η αντίστοιχη ανάθεση.

//Yes I did use another cell phone carrier before Cosmote

hintro -> yes perp pv adj gen key gen:

0 markers target = history :

0 markers aspect = 1 markers aspect .

Σχήμα 19: Παράδειγμα από την γραμματική

Για παράδειγμα, ο κανόνας στο παραπάνω σχήμα (σχήμα 19) αναφέρεται στις εκφράσεις που αφορούν σε πληροφορία με εισαγωγική φράση και μία φράση σημασιολογική. Θα πρέπει επομένως να εξηγήσουμε εν συντομία το πως λειτουργεί η σύνταξη στην γραμματική. Οτιδήποτε υπάρχει αριστερά από το βέλος αφορά σε κατηγορία φράσεων, εκτός από ένα σύμβολο s που είναι ακόμα γενικότερο και αφορά σε κατηγορία έκφρασης. Δεξιά από το βέλος μπορούμε να έχουμε είτε κατηγορία φράσεων που στη συνέχεια, θα περιγραφεί από άλλον γραμματικό κανόνα είτε κατηγορία από το λεξικό (stem lexicon) και η ανάλυση της θα περάσει στον έλεγχο του λεξικού. Μετά από την αντιστοίχιση ακολουθεί μία ανάθεση για τα αντικείμενα και τα πεδία αυτών. Στο παραπάνω παράδειγμα, αυτό που βλέπουμε είναι ότι η συγκεκριμένη έκφραση θα χαρακτηρίζεται από τα αντικείμενα markers target και markers aspect και τα πεδία του καθενός από αυτά, θα πάρουν τιμές με τον εξής τρόπο. Το αντικείμενο markers που θα χαρακτηρίσει αυτήν την έκφραση θα συμπληρώσει αντίστοιχα, τα διάφορα πεδία του από τις κατηγορίες φράσεων hintro και yes. Έτσι φαίνεται και ο ρόλος των ακεραίων αριθμών στην αντιστοίχιση

Στην περίπτωση που θέλουμε να επιτρέπεται μία σειρά από φράσεις του ίδιου είδους, όπως γίνεται και στην περίπτωση των φράσεων αναζήτησης, αυτό γίνεται από το συνδυασμό των δύο παρακάτω κανόνων:

multisemantic -> multisemantic multisemantic :

0 properties = 1 properties :



0 properties = 2 properties .

multisemantic -> semantic :

0 properties = 1 properties .

όπου το semantic αποτελεί κατηγορία φράσης. Η ανάθεση των τιμών στα διάφορα πεδία γίνεται από λέξεις ή σειρά λέξεων που εισάγει ο χρήστης.

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ανάλογα με την φράση που έχουμε από τον χρήστη και την ακολουθία των λέξεων που την χαρακτηρίζει δηλώνουμε τα πεδία για κάθε αντικείμενο, τα οποία ουσιαστικά ανήκουν σε αυτά που περιγράψαμε στην παράγραφο 4.4.2- Απεικόνιση της πληροφορίας.

Όπως είπαμε, όταν υπάρχει πεδίο που παίρνει την τιμή του από λέξη που υπάρχει στο λεξικό και ο χρήστης εισάγει κάποια άλλη λέξη, τότε ο χρήστης ενημερώνεται κατάλληλα.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε στην γραμματική είναι ότι μπορεί μία έκφραση του χρήστη να ικανοποιείται από περισσότερους από έναν γραμματικούς κανόνες και κυρίως, λόγω του κανόνα που ικανοποιεί την κατηγορία για τα keywords. Όπως παρατηρούμε, ο γραμματικός κανόνας που αντιστοιχίζεται σε αυτά είναι:

search -> ByKeyword :

0 properties = 1 properties .

ByKeyword -> pr keyword:

0 properties keyword = 2 properties value .

keyword -> \* :

0 properties value = 1 \$tokens .

Ας δούμε πως δουλεύει αυτός ο γραμματικός κανόνας. Σε μία φράση αναζήτησης, που ξεκινά από επίρρημα (κατηγορία pr από το λεξικό με τις ρίζες των λέξεων) και ακολουθείται από ένα σύνολο συμβολοσειρών (\*), οι συμβολοσειρές αυτές αναγνωρίζονται από το σύστημα και εισάγονται σαν τιμές στο πεδίο keyword της οντότητας properties (Κεφ. 4).

Αντίστοιχα, ο γραμματικός κανόνας που ικανοποιεί, για παράδειγμα φράσεις σημασιολογίας βασισμένες στο παροχέα υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας είναι ο ακόλουθος.

semantic -> ByCarrier : 0 properties = 1 properties .

ByCarrier -> pr provider : 0 properties provider = 1 lex .

Η διαφορά με τον προηγούμενο γραμματικό κανόνα είναι ότι η φράση αναζήτησης μετά το επίρρημα ακολουθείται από την λέξη 'provider', την οποία αναγνωρίζει η γραμματική μας, οπότε η ακολουθία των συμβολοσειρών μετά την λέξη 'provider', γίνεται τιμή στο πεδίο 'provider' της οντότητας properties.

Έτσι, για την απλή πρόταση 'I am very satisfied' η έξοδος από τον αναλυτή είναι οι δύο παρακάτω δομές ιδιοτήτων:

[[[markers: [target: null]]	→ δεν υπάρχει τιμή στο πεδίο target
[properties: [level: 5]	→ το επίπεδο ικανοποίησης είναι 5
[mark: plus]],	→ το πρόσημο της τιμής ικανοποίησης είναι +
[[properties: [semantic: [3: satisfied]	→ όλη η απάντηση αναγνωρίζεται σαν άγνωστη λέξη
[2: very]	
[0: i]	
[1: am]]]],	
[[[markers: [target: null]]	→ δεν υπάρχει τιμή στο πεδίο target
[properties: [semantic: [0: very]	→ το μέρος της απάντησης «very satisfied»
[1: satisfied]]]]]	→ αναγνωρίζεται σαν άγνωστη λέξη από το σύστημα

Σχήμα 20: Δομές ιδιοτήτων που παράγονται από τον αναλυτή διαγραμμάτων

Ας εξηγήσουμε λίγο τη σύνταξη της δομής ιδιοτήτων. Αυτό που παράγεται από τον αναλυτή διαγραμμάτων έχει τη μορφή λίστας και περιέχει τα αντικείμενα που ορίζονται από τον τύπο της έκφρασης. Κάθε αντικείμενο περιέχει μία άλλη λίστα από τα πεδία τα οποία αναγνωρίστηκαν από τις επιμέρους φράσεις και αποτελούν τις διάφορες κατηγορίες του μοντέλου μας. Κάθε πεδίο περιέχει μία λίστα με την τιμή ή τις τιμές του. Στην περίπτωση που οι τιμές προέρχονται από την έκφραση του χρήστη αυτή καθεαυτή και λαμβάνονται από το σύστημα με τον τρόπο που δείξαμε πριν (\$tokens) τότε η εισαγωγή αυτή σπάει σε ένα σύνολο από συμβολοσειρές, που με την κατάλληλη αρίθμηση απαρτίζουν την τιμή. Έτσι, στη δεύτερη δομή ιδιοτήτων βλέπουμε ότι η φράση 'I am very satisfied' σπάει σε τέσσερις συμβολοσειρές, την 0: I, την 1: am, την 2: very, την 3: satisfied, όπου οι ακεραίοι υποδηλώνουν τη σειρά μέσα στη φράση. Στην τρίτη δομή ιδιοτήτων αναγνωρίζεται το I am σαν εισαγωγική φράση χωρίς κάποιο ενδιαφέρον και η φράση 'very satisfied' σπάει σε δύο συμβολοσειρές, την 0: very και την 1: satisfied.

Αυτό που παρατηρούμε εδώ είναι ότι στην τρίτη δομή ιδιοτήτων την υπο-πρόταση ‘very satisfied’ την έλαβε ως keyword, ενώ στην πρώτη, σωστά έλαβε ως level την φράση ‘satisfied’ και τη συμβολοσειρά ‘very’ την ανέθεσε στο mark με value plus. Τέτοιου είδους προβλήματα αντιμετωπίζονται όταν οι δομές ιδιοτήτων, εισέρχονται στην επόμενη υπο-μονάδα, διαχείρισης διαλόγου.

### 5.3 Η Υπομονάδα Διαχείρισης Διαλόγου (Dialogue Manager Module)

Η υπο-μονάδα διαχείρισης διαλόγου αποτελεί τον κορμό του συστήματος και είναι εξαιρετικής σημασίας. Επικοινωνεί με όλες τις υπο-μονάδες, αναλαμβάνει να φέρει στην κατάλληλη μορφή την δομή ιδιοτήτων που προέρχεται από την εισαγωγή του χρήστη, να λύσει τυχόν ασάφειες με τον καλύτερο δυνατό τρόπο χρησιμοποιώντας την υπο-μονάδα επίλυσης ασαφειών, να αλληλεπιδράσει με τον server για την ανάκτηση αποτελεσμάτων και να τροφοδοτήσει την υπο-μονάδα απόκρισης πληροφορία για την σύνταξη μηνυμάτων προς τον χρήστη.

Όπως είπαμε και στην προηγούμενη παράγραφο, μία λίστα από μία ή περισσότερες δομές ιδιοτήτων έρχεται στον διαχειριστή διαλόγου από τον αναλυτή. Ο πρώτος στόχος είναι μέσα από μία σειρά ελέγχων να μπορέσουμε να περιορίσουμε την λίστα αυτή σε μία δομή ιδιοτήτων με την πληροφορία του χρήστη. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ακόλουθη: Πρώτα κοιτάμε αν η λίστα περιέχει έστω και μία δομή ιδιοτήτων με το entity properties. Αν δεν υπάρχει τότε ο χρήστης έχει δώσει πληροφορία άρνησης ή κατάφασης. Αν υπάρχει παίρνουμε την λίστα και για κάθε μία δομή ιδιοτήτων κοιτάμε αν υπάρχει, για παράδειγμα το πεδίο ‘sex’. Αν για κάποιες από αυτές υπάρχει, τότε διαγράφουμε αυτές στις οποίες δεν υπάρχει, γιατί σε αυτές θα έχει συμπεριλάβει τη λέξη ‘sex’ στη σειρά λέξεων του ‘keyword’. Έτσι, μέσα από έλεγχους για διάφορες κατηγορίες καταλήγουμε σε μία δομή ιδιοτήτων.

Όταν υπάρχει χρονική φράση στην εισαγωγή του χρήστη, τότε γίνεται χρήση ενός αντικειμένου Calendar, για να τεθούν οι αντίστοιχες τιμές στα κατάλληλα πεδία του και, έπειτα, καλείται η κλάση του επιλυτή ασαφειών που είναι υπεύθυνη να δώσει την κατάλληλη μορφή στις τιμές των πεδίων αυτών (Date/Time Resolver), ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον server του συστήματος. Για παράδειγμα, όταν η εισαγωγή του χρήστη είναι ‘tonight’ η δομή ιδιοτήτων για το entity temporal θα είναι η εξής:

```
[ temporal : [ timeind : pm ]
               [ before : [ time : 12 ] ]
               [ after : [ time : 5 ] ] ]
```

Σχήμα 21: Δομή ιδιοτήτων για χρονική φράση με ασάφεια

Ο διαχειριστής διαλόγου θα θέσει στο αντικείμενο Calendar σαν ημερομηνία, την ημερομηνία του συστήματος, σαν ώρα την τιμή 17 και θα κρατήσει και μία τιμή για το duration σε λεπτά, τον χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στις 5 και στις 12. Σε περίπτωση που ο χρήστης εισάγει σαν χρονική φράση ‘after 5’ στην οποία δεν υπάρχει time indicator, τότε το σύστημα λαμβάνει υπόψη του ότι η εισαγωγή του χρήστη περιείχε σαν τιμή το 5 και όχι το 17, που υποδηλώνει pm.

Στην περίπτωση που η εισαγωγή του χρήστη έγινε κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υπάρχουν στοιχεία για τις κατηγορίες στις οποίες αναφέρεται και να υπάρχει στο entity properties πεδίο keyword με μία λίστα από μία ή περισσότερες λέξεις, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία: Δημιουργείται ένα διάνυσμα από τις λέξεις αυτές. Έπειτα, περνιέται από την stop list. Επιστρέφεται το νέο διάνυσμα με τις ‘ουσιαστικές’ λέξεις για το σύστημα. Καλείται από την υπο-μονάδα επίλυσης ασαφειών η κλάση που είναι υπεύθυνη για την απόδοση σημασιολογίας (Semantics Resolver). Από την διαδικασία αυτή επιστρέφεται η σημασιολογία για κάθε συμβολοσειρά του διανύσματος μέσα από την σύνδεση του συστήματος με έναν θησαυρό και με χρήση συνωνύμων. Όπως, είπαμε και στην αρχή του κεφαλαίου η σχεσιακή βάση του συστήματος περιέχει οντολογίες με όλη την υπάρχουσα πληροφορία σε περιβάλλον της ικανοποίησης πελατών. Έτσι, κατά την αναζήτηση της σημασιολογίας υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να επιστραφούν αποτελέσματα. Στην περίπτωση που δεν επιστραφούν αποτελέσματα επιστρατεύεται ο Διαχειριστής Αποκρίσεων που θα αναλύσουμε αργότερα στο κεφάλαιο.

Στο σημείο αυτό ο διαχειριστής διαλόγου προσπαθεί μέσα από ένα σύνολο ενεργειών να χρησιμοποιήσει τα στοιχεία που συγκέντρωσε για την καλύτερη ταξινόμηση των αποτελεσμάτων. Αρχικά περνάει το διάνυσμα με τις λέξεις που παρουσιάζουν ασάφεια από την stop list όπου και διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

**-Δε κόβονται λέξεις από το stop list**

Η ανάκτηση από την βάση δεδομένων του συστήματος της σημασιολογίας των λέξεων γίνεται για κάθε μία λέξη και οι πίνακες με αποτελέσματα από ίδια κατηγορία ερώτησης ενώνονται σε έναν με αποτελέσματα που ήταν κοινά στους πίνακες αυτούς.

**-Κόβονται λέξεις από το stop list, αλλά δεν υπάρχει ανάμεσά τους το ‘and’ ή το ‘or’**

Γίνεται ανάκτηση πληροφορίας και συντάσσεται μία δομή με την πληροφορία που μπορεί να αφορά σε διαφορετικές κατηγορίες ερωτήσεων.

**-Κόβονται λέξεις από το stop list και υπάρχει ανάμεσά τους το ‘and’ ή το ‘or’**

Από τα αποτελέσματα που ανακτώνται υπάρχει πάλι η ενοποίηση όλων των πινάκων που περιέχεται πληροφορία ίδιας κατηγορίας ερώτησης. Οι συζευκτικοί όροι αντιπροσωπεύουν απαντήσεις που αφορούν στην ίδια ερώτηση ή σε ερωτήσεις τις ίδιας κατηγορίας. μιας και αφορά σε συγκεκριμένο θέμα προς συζήτηση με το σύστημα. Ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα αντιλαμβάνεται σε ποια ερώτηση της κατηγορίας αναφέρεται κάθε φορά ο χρήστης αφορά στην αναγνώριση συνώνυμων λέξεων με αυτές που αναγνωρίζονται στο πεδίο target της οντότητας markers.

Έπειτα, ο διαχειριστής διαλόγου διαμορφώνει την πληροφορία σε κατάλληλη μορφή για να μπορεί να την διαχειριστεί σε αλληλεπίδραση με τον server. Η δομή αυτή περιέχει δύο strings, που παίρνουν τιμές από το entity markers και τα πεδία aspect, target και μία περισσότερες δομές με την ειδικότερη πληροφορία που αφορά στις κατηγορίες ερωτήσεων. Η δομή αυτή που δημιουργείται, σε συνδυασμό με πληροφορία για τον προσωπικό λογαριασμό του χρήστη (username, password), χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της πληροφορίας στον server.

## **5.4 Η Υπομονάδα Επίλυσης Ασαφειών (Ambiguities Resolver Module)**

Η υπο-μονάδα αυτή περιέχει δύο κλάσεις, την Date/Time Resolver και την Semantics Resolver, τις οποίες θα αναλύσουμε λεπτομερώς.

### 5.4.1 Date/Time Resolver

Από το πρότυπο του συστήματός μας ορίζεται ότι στην περίπτωση που αναφερόμαστε σε χρόνους, υπάρχει υποχρεωτικά τιμή στα πεδία χρόνου με τον τρόπο που αυτά μπορούν να διαχειριστούν από το σύστημα. Από τον διαχειριστή διαλόγου έρχεται ένα αντικείμενο Calendar και στο σημείο αυτό γίνεται η μετατροπή της πληροφορίας που υπάρχει σε αυτό σε μορφή συμβατής με το πρότυπο MPEG-7 [28], που ακολουθεί και το σύστημά μας για την αντιμετώπιση του χρόνου.

Δηλαδή για την ημερομηνία '1 January 2003' και ώρα '14:00' η τελική μορφή είναι η εξής:  
01-01-2003T14:00:00

Η ίδια διαδικασία εκτελείται και στην περίπτωση του Duration

Δηλαδή, για χρονική περίοδο 1501 λεπτά, η τελική μορφή είναι η εξής:

P1DT1H1M

δηλαδή μία μέρα, μία ώρα και ένα λεπτό.

### 5.4.2 Semantics Resolver

Όταν επιστρέφεται το νέο διάνυσμα με τις λέξεις που δεν κόπηκαν από το stop list, είχαμε δει ότι η επόμενη κίνηση από τον διαχειριστή διαλόγου είναι να βρει τη σημασιολογία των λέξεων κάνοντας χρήση του Semantics Resolver. Για κάθε μία από τις λέξεις γίνεται μία αναζήτηση μέσω αντίστοιχων SQL Queries και στο τέλος επιστρέφεται ένας διάνυσμα από επιμέρους διανύσματα, που το κάθε ένα από αυτό περιέχει πληροφορία για την τιμή σε διαφορετική κατηγορία, όπως αυτή προέρχεται από τη βάση.

Οι κύριες κατηγορίες στις οποίες ψάχνουμε να αποδώσουμε σημασιολογία στις ασαφείς αυτές λέξεις είναι οι εξής: Provider και Semantic. Δεν συμπεριλάβαμε άλλες κατηγορίες επειδή στη μορφή των φράσεων που εισάγει ο χρήστης δε θα μπορούσε να αποδοθεί κάποιου άλλου είδους σημασιολογία στις λέξεις αυτές. Σε περίπτωση, όμως επέκτασης του μοντέλου μας με προσθήκη και άλλων ειδών φράσεων η διαδικασία μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες κατηγορίες.

Ο Semantics Resolver περιέχει συναρτήσεις για την αναζήτηση στην βάση κατηγοριών πέρα από αυτές τις δύο που χρησιμοποιούνται για τις ασαφείς λέξεις και , που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ορθότητας της εισαγωγής του χρήστη. Για παράδειγμα αν ο χρήστης εισάγει την πρόταση 'I am very please' η SQL ερώτηση θα ψάξει στη βάση χώρες παραγωγής δραματικών ταινιών με το string '%please%', που υπολογίζει ότι μπροστά και πίσω από το string μπορεί να υπάρχουν και άλλοι χαρακτήρες, οπότε στα αποτελέσματα θα υπάρχει η σωστή πληροφορία για την χώρα που είναι pleased, και ας έκανε λάθος ο χρήστης.

## 5.5 Η Υπομονάδα Διαχείρισης Απόκρισης (Response Manager Module)

Ο διαχειριστής αποκρίσεων είναι υπεύθυνος για την διαχείριση των ερωτήσεων που ακολουθούν μία απάντηση και τη δημιουργία μηνυμάτων σε περίπτωση ασάφειας που δεν επιλύθηκε με σημασιολογική ανάλυση με τα οποία τροφοδοτεί τελικώς, τον χρήστη. Τα μηνύματα πρέπει να είναι τέτοια ώστε ο χρήστης να καταλάβει τι ακριβώς πήγε ή δεν πήγε καλά στην προσπάθειά του να αλληλεπιδράσει με το σύστημα, και εμπλουτίζονται, όποτε χρειάζεται, με πληροφορία που παρέχει ο διαχειριστής διαλόγου. Τα μηνύματα θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

**Τύπος 1:** Ο χρήστης εισάγει πληροφορία για απάντηση σε ερώτηση αποτελεσμάτων βάσης μιας κατηγορίας του ερωτηματολογίου και το σύστημα την αποθηκεύει κανονικά. Η απόκριση του συστήματος τότε είναι η επόμενη ερώτηση που ανακτά από την βάση δεδομένων.

**Τύπος 2:** Ο χρήστης εισάγει πληροφορία για βαθμό ικανοποίησης βάσης μιας κατηγορίας ερωτήσεων και το σύστημα δε μπορεί να κάνει την ανάθεση στη βάση την τιμή που έθεσε ο χρήστης για την συγκεκριμένη κατηγορία, τότε το σύστημα καθοδηγεί τον χρήστη ζητώντας του να απαντήσει δηλώνοντας νούμερο σε καθορισμένη αριθμητική κλίμακα.

**Τύπος 3:** Ο χρήστης εισάγει πληροφορία για μη ικανοποίηση σε κάποια κατηγορία. Το σύστημα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να παραθέσει τους λόγους της δυσανεξίας αυτής.

Όπως είχαμε τονίσει και στην ανάλυση του διαχειριστή διαλόγου, όταν η τιμή που έχει αποδοθεί σε μία κατηγορία από τον χρήστη δεν υπάρχει στη βάση, τότε η πληροφορία αυτή περνάει αμέσως στον διαχειριστή αποκρίσεων ο οποίος τροφοδοτεί τον χρήστη με μήνυμα τύπου 1.

## Ανακεφαλαίωση

Μέσα από την ανάλυση της υλοποίησης του συστήματος, γίνεται φανερός ο τρόπος με τον οποίο επικοινωνούν όλες οι υπο-μονάδες και ο τρόπος που μετασχηματίζεται η πληροφορία ανάλογα με τις ανάγκες του εισαγωγής του χρήστη. Ανάλογα με τη δομή της πληροφορίας, αναλύονται όλοι οι τρόποι με τους οποίους αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που προκύπτουν, όπως στην περίπτωση με την εξαγωγή δύο ή περισσότερων δομών ιδιοτήτων από τον αναλυτή διαγραμμάτων (Chart Parser), ενώ αναλυτικά παρουσιάστηκε και ο βασικός αλγόριθμος και η στρατηγική που ακολουθείται για την καλύτερη αντιμετώπιση των ασαφειών της εισαγωγής του χρήστη. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ανεξάρτητα από την ασαφή εισαγωγή του χρήστη, λόγω της χρήσης προϋπάρχουσας πληροφορίας και της δήλωσης του χρήστη σε αριθμητική σκάλα του βαθμού ικανοποίησης υπάρχει πάντα συνεχής ροή της παρουσίασης των ερωτήσεων στο χρήστη. Στο τέλος παρουσιάστηκε ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα απαντά με ερώτηση στον χρήστη, ανάλογα με την 'ορθότητα' ή όχι των απαντήσεών του και η επιλογή που γίνεται στην ταξινόμηση των αποτελεσμάτων. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε πως εφαρμόζεται το σύστημα σε περιβάλλον κινητών συσκευών.



## Κεφάλαιο 6

### Σχεδιασμός και Υλοποίηση εφαρμογής

Το μοντέλο της φυσικής γλώσσας που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της ερευνητικής αυτής εργασίας μπορεί να έχει διάφορες εφαρμογές και σε διαφορετικές πλατφόρμες. Η εφαρμογή όμως, σε κινητές συσκευές αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη, λόγω της έλλειψης χώρου και πόρων των συσκευών αυτών. Έτσι, ένα απαιτητικό σε μέγεθος γραφικό περιβάλλον για ψηφιακή τηλεόραση μπορεί και συνοψίζεται στις ελάχιστες προδιαγραφές κινητών συσκευών μέσω ενός συστήματος φυσικής γλώσσας. Παρακάτω, παρουσιάζεται η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής, η αρχιτεκτονική και η υλοποίηση, η λειτουργικότητα που παρέχεται και τέλος ο γραφικός σχεδιασμός της εφαρμογής.

#### 6.1 Τεχνολογία Java για κινητές συσκευές

Όπως έχουμε αναφέρει σε πολλά σημεία της εργασίας αυτής, η εφαρμογή που επιλέξαμε να συνδέσει τον τελικό χρήστη με το υπόλοιπο σύστημα, που του προσφέρει την συνδιαλλαγή του μέσω φυσικής γλώσσας, αφορά σε κινητές συσκευές. Με την εισαγωγή της πλατφόρμας J2ME [14], ο ρόλος των κινητών ασύρματων συσκευών αναβαθμίστηκε από συσκευές φωνητικής επικοινωνίας με περιορισμένη λειτουργικότητα, σε συσκευές με επεκτάσιμη λειτουργικότητα σε υπηρεσίες προσφερόμενες από το internet. Με την χρήση της τεχνολογίας Java σε κινητές συσκευές, μπορούμε μέσα από την εφαρμογή να παραδώσουμε δυναμικά περιεχόμενο, ενώ έχουμε ικανοποιητική αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Επίσης, διαφυλάσσουμε την συμβατότητα ανάμεσα στις πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται από το σύστημα.

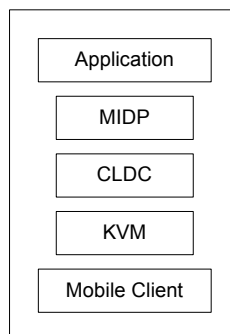
Από το J2ME περιβάλλον ορίζονται δύο θεμελιώδεις αρχές πάνω στις οποίες στηρίχθηκε η υλοποίηση της εφαρμογής :

- **Configuration:** Το configuration προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά της γλώσσας προγραμματισμού Java, που υποστηρίζεται, της εικονικής μηχανής (virtual machine) και των βασικών βιβλιοθηκών και σύνολο από APIs. Το CLDC (Connected, Limited Device Configuration) αφορά σε low-end συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα,

organizers και PDAs. Αυτό το configuration περιλαμβάνει κάποιες νέες κλάσεις, που δεν προέρχονται από το J2SE API, αλλά είναι σχεδιασμένες αποκλειστικά για να ικανοποιούν τις ανάγκες μικρών, σε μέγεθος, συσκευών.

- **Profile:** Το profile εξυπηρετεί, κυρίως, στο να παρέχει ένα ολοκληρωμένο εργαλείο για την υλοποίηση των εφαρμογών σε συγκεκριμένες συσκευές, όπως τα κινητά τηλέφωνα. Το MIDP (Mobile Information Device Profile) είναι μία αρχιτεκτονική και ένα σύνολο από Java βιβλιοθήκες, που δημιουργούν ένα ανοιχτό, third-party περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών για μικρές, περιορισμένες από πηγή λειτουργίας κινητές συσκευές πληροφορίας, τις MIDs. Επίσης, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η βασική μονάδα εκτέλεσης ενός MIDP, είναι η κλάση MIDlet.

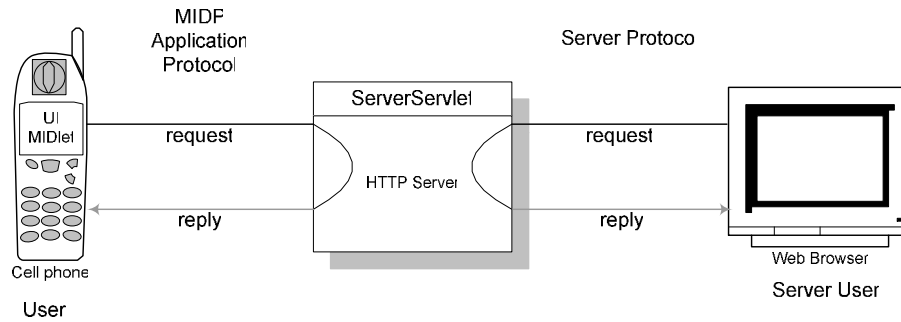
Συνοψίζοντας, στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 22) βλέπουμε πως τα παραπάνω ιεραρχούνται σε μία εφαρμογή. Το KVM αποτελεί το Virtual Machine της Java για πλατφόρμες κινητής τηλεφωνίας.



Σχήμα 22: Επίπεδα λογισμικού κατά την εφαρμογή στην πλατφόρμα J2ME

## 6.1 Αρχιτεκτονική και Υλοποίηση της σχεδίασης της εφαρμογής

Η εφαρμογή είναι βασισμένη στην αρχιτεκτονική client-server, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 23).

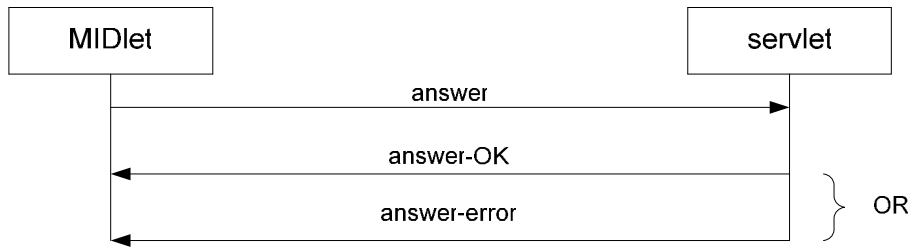


Σχήμα 23: Η αρχιτεκτονική client-server

Στην παρούσα αρχιτεκτονική βλέπουμε έναν client με κινητό τηλέφωνο και έναν server βασισμένο σε Java Servlet, που παίζει το ρόλο της διαπαφής ανάμεσα στα χρήστες και στον database server ή στο PDR. Αναλυτικότερα, τα δύο βασικά components της αρχιτεκτονικής είναι τα:

- *UIMIDlet*: ο client τρέχει σε ένα MIDP-enabled κινητό τηλέφωνο. Παρέχει ένα γραφικό σχεδιασμό (user interface) στον χρήστη, ώστε να συνδέεται, μέσω του προσωπικού του λογαριασμού στο PDR του ή σε κάποιον συγκεκριμένο V server.
- *MobileServlet*: ο server βασισμένος σε Java Servlet τρέχει σε μία μηχανή βασισμένη στο HTTP πρωτόκολλο, όπως ο Apache's Jakarta Tomcat.

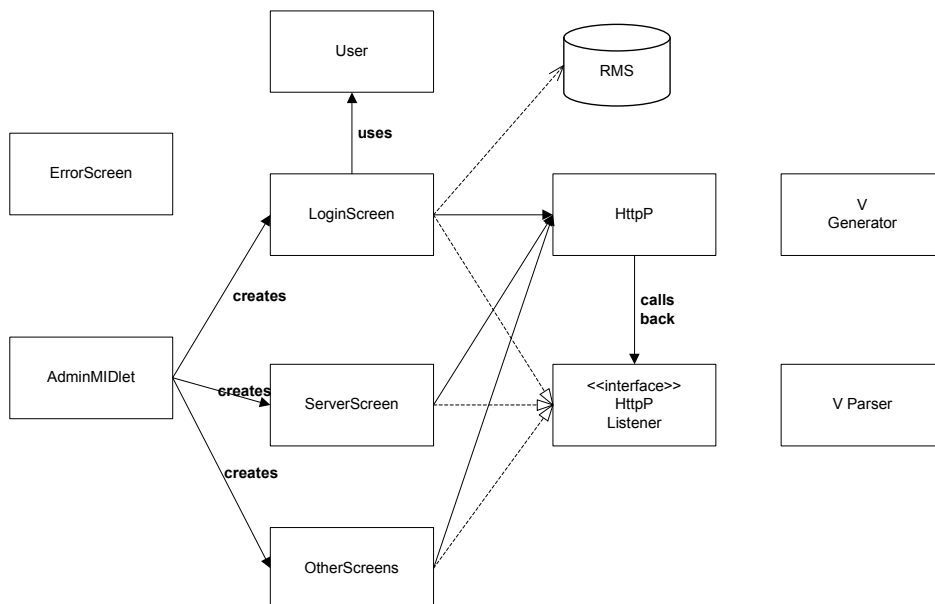
Το πρωτόκολλο της εφαρμογής που χρησιμοποιείται από το MobileServlet είναι ένα τυπικό πρωτόκολλο, υλοποιημένο πάνω στο HTTP. Η επικοινωνία ανάμεσα στο MIDlet και στο Servlet, γίνεται με μηνύματα που μεταφέρονται στο σώμα των HTTP αιτήσεων και αποκρίσεων. Αυτό το σώμα έχει τη μορφή ενός byte stream, οπότε και το MIDlet και το Servlet πρέπει να συμφωνούν στον τρόπο διερμηνείας αυτών των bytes. Η μορφή του μηνύματος που χρησιμοποιείται, είναι τέτοια ώστε να τελειώνει κάθε μέρος του μηνύματος με έναν χαρακτήρα νέας γραμμής. Για παράδειγμα, μια αλληλουχία μηνυμάτων έχει την παρακάτω μορφή.



Σχήμα 24: Παράδειγμα ακολουθίας μηνυμάτων σε περίπτωση εισαγωγής του χρήστη στο σύστημα

Όταν ξεκινά το MIDlet και ο χρήστης εισάγει την απάντησή του (answer) στην αντίστοιχη οθόνη, το MIDlet στέλνει μία αίτηση answer στο servlet, το οποίο επιβεβαιώνει τη λήψη και κατοχύρωση της απάντησης και στέλνει ένα μήνυμα απόκρισης, είτε answer-OK για επιτυχία είτε answer-error για αποτυχία.

Η εφαρμογή, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, χρησιμοποιεί το MIDP Record Store API (RMS) για την αποθήκευση πληροφορίας, όπως τα στοιχεία του λογαριασμού του χρήστη. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή το MIDlet δεν αποθηκεύει πολλαπλούς λογαριασμούς χρηστών. Οι κλάσεις που αναλαμβάνουν να πιάσουν αυτή την πληροφορία έχουν υλοποιηθεί βάση του Singleton design pattern (<http://www.csc.calpoly.edu/~dbutler/tutorials/winter96/patterns/tutorial.html>).



Σχήμα 25: Ο σχεδιασμός της υλοποίησης της εφαρμογής

Το UIMIDlet χρησιμοποιεί μία διαδικασία βασισμένη σε sockets για να επικοινωνήσει με το MobileServlet, δημιουργώντας ένα αντικείμενο HttpP και χρησιμοποιώντας το σαν αναφορά πίσω στον εαυτό του (callbacks). Ένα αντικείμενο HttpP, δημιουργημένο από το MIDlet περνιέται σαν παράμετρος στον constructor όλων των οθονών, εκτός της WelcomeScreen. Κάθε οθόνη καλεί το αντικείμενο HttpP, ώστε να στείλει μία αίτηση στο servlet και κάθε οθόνη περνά, επίσης, στο αντικείμενο HttpP μία αναφορά πίσω στον εαυτό του, με τον HttpPListener. Αυτό επιτρέπει στο αντικείμενο HttpP να χρησιμοποιεί τα callbacks (<http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/api/javax/security/auth/callback/Callback.html>) όταν φθάνει η απόκριση. Όλες οι οθόνες που χρησιμοποιούν το αντικείμενο HttpP, χρησιμοποιούν και ένα αντικείμενο VGenerator για να δημιουργήσουν ένα τις αιτήσεις με το πρωτόκολλο που δείξαμε προηγουμένως, για να τις στείλουν στο servlet. Επίσης, χρησιμοποιούν ένα αντικείμενο VParser, ώστε να αναλύσουν τις αποκρίσεις του servlet.

## 6.2 Λειτουργικότητα

Ο παρακάτω πίνακας περιγράφει την λειτουργικότητα που παρέχεται από την εφαρμογή.

<b>Connect to</b>	<b>A Remote Server</b>	Σύνδεση με έναν server κάνοντας χρήση συγκεκριμένου URL.
<b>Login</b>	<b>Username</b>	Ο χρήστης απαντά στην πρώτη ερώτηση που αφορά στο όνομά του και ταυτόχρονα δημιουργεί το profile του και τον λογαριασμό του.
	<b>Password</b>	
<b>Question - Answer</b>		Ο χρήστης εισάγει απάντηση στην φυσική του γλώσσα.

## 6.3 Γραφικός Σχεδιασμός

Στη συνέχεια, θα δώσουμε τις λεπτομέρειες που αφορούν στον γραφικό σχεδιασμό της εφαρμογής. Αρχικά θα αναφέρουμε κάποιες από τις βασικές αρχές σχεδιασμού, τις οποίες λάβαμε υπόψη μας κατά τον σχεδιασμό και θα παραθέσουμε και κάποια στιγμιότυπα από συγκεκριμένη παρεχόμενη υπηρεσία.

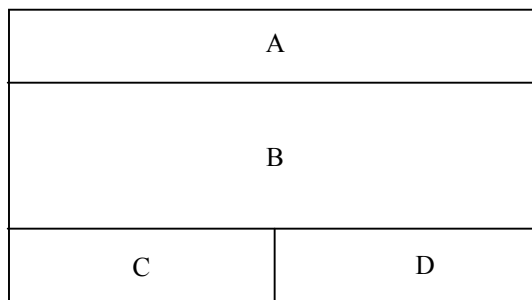
*Γραφικός σχεδιασμός συσκευής κινητού τηλεφώνου*

Συγκεκριμένες βασικές αρχές σχεδιασμού για κινητές συσκευές και ειδικότερα για κινητά τηλέφωνα που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται παρακάτω:

- **Keep soft key labels to 7 characters or less:** Πολλές συσκευές δεν μπορούν να απεικονίσουν στην οθόνη τους ονόματα για τα κουμπιά τους πάνω από 7 χαρακτήρες, με αποτέλεσμα να περικόβουν τους παραπάνω χαρακτήρες ή να συντομεύουν τα ονόματα με αυθαίρετο τρόπο.
- **Keep the content that appears above select and input fields to 1 or 2 lines max:** Περιεχόμενο που ξεπερνά τις 2 γραμμές μπορεί να κοπεί από μικρότερες συσκευές, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με πεδία για εισαγωγή κειμένου ή πεδία για επιλογή. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια πολύτιμης πληροφορίας.
- **Reliability:** Οι οθόνες πρέπει να δουλεύουν μαζί. Για παράδειγμα, σε μία εφαρμογή όταν πληροφορία επιστρέφεται σε μία οθόνη, θα πρέπει να μπορεί να συνεχιστεί η πλοήγηση του χρήστη στις επόμενες οθόνες χωρίς να χρειάζεται να επιστρέψει στην συγκεκριμένη οθόνη για να πάρει ξανά την πληροφορία. Κάτι τέτοιο είναι αναποτελεσματικό και πολύπλοκο για έναν χρήστη να χρειάζεται να εισάγει από μόνος του πληροφορία που η εφαρμογή θα έπρεπε να είχε κρατήσει από μόνη της. Οι χρήστες θα πρέπει να μπορούν να προβλέψουν τι θα γίνει στη συνέχεια όταν κάνουν κάποια ενέργεια, γιατί σπάνια κοιτούν στις οδηγίες χρήσης κάποιας εφαρμογής.
- **Functionality Versus Simplicity:** Χρησιμοποιείται ο κανόνας 80/20, δηλαδή προσδιόρισε το 20% της λειτουργικότητας που συναντά το 80% των αναγκών του χρήστη και βελτιστοποίησε ανάλογα τον σχεδιασμό. Αφού το 20% έχει υποστηριχθεί μπορεί μετά να αποφασιστεί, αν κάποιο από το υπόλοιπο 80% της λειτουργικότητας θα υποστηριχθεί, βάση άλλων κριτηρίων. Μην αλλάζεις τον σχεδιασμό ώστε να παρέχεις τον ίδιο βαθμό προσπέλασης σε αυτές τις λειτουργίες πάνω από το κρίσιμο 20%.
- **Make Everything Interruptible:** Πρέπει να παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα να μπορεί να διακόπτει την εφαρμογή, ανεξάρτητα σε ποια κατάσταση βρίσκεται.
- **Implications of the MIDP Environment:** Δημιούργησε και σχεδίασε τα συνιστώμενα μέρη του MIDP γραφικού σχεδιασμού με τέτοιο τρόπο ώστε τα MIDlets να μοιάζουν σαν φυσικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι μία

συσκευή έχει έναν συγκεκριμένο τρόπο να παριστά μία λίστα στον χρήστη. Ο MIDP υλοποιητής πρέπει να διασφαλίσει ότι η MIDP υλοποίηση παριστά τη λίστα με τον ίδιο τρόπο (μέσα στα όρια του MIDP specification).

Το επόμενο σχήμα παριστά την σχεδίαση του γραφικού σχεδιασμού για την προσπέλαση από απόσταση. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί έναν ομοιόμορφο σχεδιασμό για όλες τις οθόνες, στις οποίες παριστάνεται η λειτουργικότητα που αναφέραμε πιο πάνω. Κάθε οθόνη χωρίζεται σε 4 μέρη. Το μέρος A χρησιμοποιείται για τον τίτλο της τρέχουσας οθόνης, το μέρος B για την παρουσίαση των περιεχομένων που σχετίζονται με την λειτουργικότητα που προσφέρεται από την τρέχουσα οθόνη, το μέρος C για εντολές πλοήγησης ('continue', 'back', 'quit') και το μέρος D περιέχει εντολές για την επιλογή του περιεχομένου της οθόνης, που περιέχεται στο μέρος B. Για παράδειγμα, αν στο μέρος B έχουμε μία λίστα, τότε το μέρος D είναι η εντολή select.



Σχήμα 26: Ο γραφικός σχεδιασμός της οθόνης του κινητού τηλεφώνου

## 6.4 Παρουσίαση της λειτουργικότητας του συστήματος μιας πραγματικής εφαρμογής

Ας θεωρήσουμε το παρακάτω σενάριο: Ένας χρήστης χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο που είναι συμβατό με Java, για να συμπληρώσει ένα ερωτηματολόγιο. Στην πρώτη οθόνη ο χρήστης συνδέεται στον server του συστήματος, έστω της Cosmote. Στην δεύτερη οθόνη το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιεί το κινητό και ο server του συστήματος ζητά από τον χρήστη την επιβεβαίωση της συνδιαλλαγής για λόγους ασφαλείας. Στην τρίτη οθόνη ο

χρήστης παρέχει τις πρώτες πληροφορίες για τα προσωπικά του στοιχεία και στην βάση δεδομένων δημιουργείται ένας λογαριασμός για τον χρήστη με συγκεκριμένο UserID.



Οθόνη 1

Οθόνη 2

Οθόνη 3





Οθόνη 4

Οθόνη 5

Οθόνη 6



Οθόνη 7

Οθόνη 8

Σχήμα 27: Ένα παράδειγμα μέσα από στιγμιότυπα της εφαρμογής σε ένα κινητό τηλέφωνο

Στην Οθόνη 4 φαίνεται η ευελιξία του συστήματος και το γεγονός ότι δεν εξαρτάται από την εφαρμογή και την ερώτηση, όπου στην ερώτηση για την ηλικία του χρήστη, αν αυτός απαντήσει για παράδειγμα το επάγγελμά του, τότε το σύστημα αποθηκεύει στην βάση δεδομένων το επάγγελμα του χρήστη και προχωρά στην επόμενη ερώτηση. Στην Οθόνη 5 βρισκόμαστε στις ερωτήσεις που αφορούν την ικανοποίηση των πελατών συγκεκριμένων υπηρεσιών, όπου ο χρήστης απαντά απόλυτα ικανοποιημένος στην συγκεκριμένη ερώτηση. Στην Οθόνη 6 ο χρήστης δίνει μία απάντηση η οποία δεν έχει νόημα για το σύστημα μας και δεν μπορεί να την επεξεργαστεί κάνοντας χρήση του λεξικού και της γραμματικής που διαθέτει. Τότε το σύστημα (Οθόνη 7), παρουσιάζει στον χρήστη αποσαφηνιστική ερώτηση, καλώντας τον να εισάγει σε αριθμητική σκάλα την ικανοποίησή του. Αν ο χρήστης δηλώσει

δυσαρέσκεια στην χρήση της υπηρεσίας, τότε το σύστημα του δίνει την δυνατότητα να απαντήσει τον λόγο της δυσαρέσκειας αυτής. (Οθόνη 8)

## **Ανακεφαλαίωση**

Η επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα φυσικής γλώσσας, γίνεται μέσω κινητών συσκευών και συγκεκριμένα κινητών τηλεφώνων, συμβατών με το MIDP προφίλ της J2ME πλατφόρμας. Έγινε μία παρουσίαση της αλληλεπίδρασης της εφαρμογής με το υπόλοιπο σύστημα και πως σχεδιάστηκε αυτή ώστε να ικανοποιεί τη λειτουργικότητα που παρέχει το σύστημα φυσικής γλώσσας στο χρήστη, καθώς επίσης και ο τρόπος με τον οποίο έγινε ο γραφικός σχεδιασμός της εφαρμογής και των κανόνων στους οποίους αυτός έγκειται. Στο επόμενο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζουμε την διπλωματική αυτή εργασία, τονίζοντας τις δυσκολίες και τις συνεισφορές αυτής, προτείνοντας και κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις.

## Κεφάλαιο 7

### Ανακεφαλαίωση & Μελλοντικές επεκτάσεις

#### 7.1 Ανακεφαλαίωση Διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτέλεσε μία πρόταση για τη δημιουργία μίας φυσικής γλώσσας σε περιβάλλοντα μέτρησης ικανοποίησης, που θα επιτρέπει στον χρήστη, κάνοντας χρήση οποιαδήποτε συσκευής, να επικοινωνεί με έναν server, με σκοπό:

- την ανάκτηση εξατομικευμένης πληροφορίας περιεχομένου που αφορά στο ερωτηματολόγιο,
- την παραγωγή εξατομικευμένης ερωτηματολογίου από σχέση ανάδρασης του συστήματος με τον χρήστη.
- την δημιουργία ομάδων χρηστών, βάση των προτιμήσεων τους,
- την διαχείριση της πληροφορίας χρήστη και ομάδων χρηστών.

Για την ομαλή εισαγωγή του αναγνώστη σε έννοιες και ορισμούς της φυσικής γλώσσας έγινε μία επισκόπηση σχετικής έρευνας με μελέτη αλγορίθμων και τεχνολογιών, που εφαρμόζονται σε συστήματα επεξεργασίας φυσικής γλώσσας. Έγινε εκτενής παρουσίαση του αναλυτή διαγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση του συστήματός μας (JavaChart) και τέλος, περιγράφηκε η μεθοδολογία της ενοποίησης φυσικής γλώσσας σε περιβάλλοντα έρευνας και μέτρησης ικανοποίησης πελατών.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στηρίχθηκε σε ένα πρότυπο ερωτηματολόγιο και συγκεκριμένα, με τη διαχείριση της πληροφορίας πάνω στις διάφορες κατηγορίες - κριτήρια που αφορούν στην παροχή υπηρεσιών κινητής τεχνολογίας. Το πρότυπο ερωτηματολόγιο καθορίζει δομές από κριτήρια, που περιγράφουν τον βαθμό ικανοποίησης, καθώς και δομές για πληροφορία όπως δημογραφικά στοιχεία και στοιχεία που αφορούν στον φορέα της κινητής τηλεφωνίας.

Παρουσιάστηκε, λοιπόν, μία εισαγωγή για την έρευνα και τους παράγοντες που καθορίζουν την συμπεριφορά ενός καταναλωτή και οι βασικοί στόχοι ενός οργανισμού ή επιχείρησης με γνώμονα την κατανόηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών και της μέτρησης ικανοποίησης των. Στη συνέχεια, έγινε μία αναφορά στο πρότυπο ISO 9001:2000, που θέτει τις

προδιαγραφές για την μέτρηση της ικανοποίησης πελατών του προτύπου. Μετά την ανάλυση του σχεδιασμού του ερωτηματολογίου και την παρουσίαση του, έγινε αναφορά στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης του στο διαδίκτυο και με την χρήση κινητών συσκευών.

Στη συνέχεια, μελετήθηκε διεξοδικά το μοντέλο της φυσικής γλώσσας ξεινώνοντας από τις προδιαγραφές των απαιτήσεων σε ένα περιβάλλον όπως αυτό που διαπραγματεύεται η παρούσα διατριβή. Μείζονος σημασίας η ανάπτυξη του κύριου σώματος εργασίας της φυσικής γλώσσας, που αφορά στη σύνταξη και κατηγοριοποίηση των φράσεων και οδήγησε στην παρουσίαση του μεταμοντέλου της φυσικής γλώσσας και την απεικόνιση της πληροφορίας, όπως αυτή εξάγεται στη δομή ιδιοτήτων από τον αναλυτή διαγραμμάτων. Η κατηγοριοποίηση των φράσεων έγινε με γνώμονα τις προδιαγραφές των απαιτήσεων και αφορούν σε:

- ✓ Εισαγωγικές φράσεις, για καθορισμό της λειτουργίας του συστήματος.
- ✓ Σημασιολογικές φράσεις, για τον καθορισμό της πληροφορίας.
- ✓ Χρονικές φράσεις, για καθορισμό γενικά χρονικών φράσεων.

Όσον αφορά στο μεταμοντέλο της φυσικής γλώσσας, για τη δημιουργία των επιτρεπτών εκφράσεων του χρήστη, αποφασίστηκε ότι μία έκφραση μπορεί να αποτελεί μία ή περισσότερες οντότητες. Οι οντότητες αυτές διαχωρίζουν την πληροφορία, συμβατή με την πληροφορία που θέλουμε να συγκεντρώσουμε, από τις λειτουργίες που πρέπει να διατελέσει το σύστημα για την οργάνωση αυτής. Στην συνέχεια, έγινε παρουσίαση της λειτουργικότητας που παρέχει το σύστημα, που αφορά στο συνδυασμό των φράσεων με τελικό στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων, στην ταξινόμηση της πληροφορίας βάση του προτύπου ερωτηματολογίου και ανάλυση της στρατηγικής και του βασικού αλγορίθμου που ακολουθείται στην περίπτωση ασαφούς πληροφορίας από το χρήστη, όπου δε μπορούμε να έχουμε ταξινόμηση σε κάποια από τις κατηγορίες ερωτήσεων.

Το μοντέλο που παρουσιάστηκε είναι πλήρες σε σχέση με ένα ερωτηματολόγιο μέτρησης ικανοποίησης, εφόσον διαχειρίζεται όλες τις δομές και τις κατηγορίες δεδομένων αυτής. Το μοντέλο είναι, επίσης, επεκτάσιμο και μπορεί να εκμεταλλευθεί περισσότερες κατηγορίες, που μπορεί να δημιουργηθούν στο μέλλον, εφόσον στην απεικόνιση της πληροφορίας η πληροφορία που αφορά στο ερωτηματολόγιο, σχετίζεται με συγκεκριμένη οντότητα, και

ενδεχόμενες επεκτάσεις σε αυτό, προσθέτουν πεδία, που αντιστοιχίζουν σε κατηγορίες ερωτήσεων στην οντότητα αυτή.

Το θέμα της επίλυσης των ασαφειών από μία φράση του χρήστη, αποτελεί πολύ σημαντικό κομμάτι για την εργασία αυτή. Στη γενική περίπτωση, λοιπόν, που μια μερική φράση από την ερώτηση του χρήστη μπορεί να πάρει περισσότερες από μία σημασίες στην ιεραρχία των κατηγοριών των ερωτήσεων, το σύστημα δε χρησιμοποιεί διευκρινιστικούς διαλόγους για την αποσαφήνιση των ερωτήσεων των χρηστών και όλα τα πιθανά αποτελέσματα επιστρέφονται στον χρήστη. Αντί των διευκρινιστικών διαλόγων, γίνεται μία αναζήτηση σε υπάρχουσες οντολογίες με πληροφορία σχετική μέσα στο σύστημα και αποδίδεται σημασιολογία στις ασαφείς φράσεις αυτές. Στην περίπτωση που δεν μπορεί να γίνει ανάκτηση της πληροφορίας μέσα από την ήδη υπάρχουσα πληροφορία του συστήματος, ο χρήστης καλείται να δηλώσει την προτίμησή του μέσω αριθμημένης σκάλας. Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε εξετάζει τις καλύτερες δυνατές συσχετίσεις και ενοποιεί τα αποτελέσματα αναθέτοντας το κανονικοποιημένο βάρος στις τιμές των χαρακτηριστικών κατηγοριών.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκε ο θεμελιώδης σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής για την υποστήριξη του μοντέλου της φυσικής γλώσσας με συνοπτική ανάλυση των υπο-μονάδων που την απαρτίζουν.

Μέσα από την ανάλυση της υλοποίησης του συστήματος, γίνεται φανερός ο τρόπος με τον οποίο επικοινωνούν όλες οι υπο-μονάδες και ο τρόπος που μετασχηματίζεται η πληροφορία ανάλογα με τις ανάγκες του εισαγωγής του χρήστη. Παρουσιάζεται το σύνολο των γραμματικών κανόνων βασισμένο στο μοντέλο της φυσικής γλώσσας και το σύνολο των λεξικών, δηλαδή ενός λεξικού που περιέχει ρίζες λέξεων (stem lexicon) και ενός που περιέχει καταλήξεις για κατηγορίες λέξεων (mini-lexicon) με τελικό στόχο την μείωση του όγκου της πληροφορίας μέσα στο λεξικό. Ανάλογα με τη δομή της πληροφορίας, αναλύονται όλοι οι τρόποι με τους οποίους αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που προκύπτουν, όπως στην περίπτωση με την εξαγωγή δύο ή περισσότερων δομών ιδιοτήτων από τον αναλυτή διαγραμμάτων (Chart Parser), ενώ αναλυτικά παρουσιάστηκε και ο βασικός αλγόριθμος από την πλευρά της υλοποίησης και η στρατηγική που ακολουθείται για την καλύτερη αντιμετώπιση των ασαφειών της εισαγωγής του χρήστη. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ανεξάρτητα από την ασαφή εισαγωγή του χρήστη, λόγω της χρήσης προϋπάρχουσας πληροφορίας για την ταξινόμηση δεδομένων υπάρχουν πάντα αποτελέσματα προς διαχείριση

ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του ερωτηματολογίου. Στο τέλος παρουσιάστηκε ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα αποκρίνεται στον χρήστη, ανάλογα με την ορθότητα ή όχι των ερωτήσεών του.

Οι βασικοί στόχοι της εργασίας μας ήταν αφενός να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί το μοντέλο με αξιοπιστία ως προς τα δεδομένα του χρήστη, αφετέρου να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί μία εφαρμογή που θα αναλαμβάνει την επικοινωνία του χρήστη με το υπόλοιπο σύστημα για την εισαγωγή των αιτήσεων και την σωστή απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Έτσι, το μοντέλο φυσικής γλώσσας που κατασκευάστηκε, χρησιμοποιήθηκε και για τη δημιουργία μιας διεπαφής (interface) για τη διαχείριση της πληροφορίας από κινητές συσκευές (mobile phones, PDA), για τα οποία οι διεπαφές με φυσική γλώσσα είναι ιδιαίτερα σημαντικές, λόγω των περιοριστικών τους πόρων. Η Java τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι συμβατή με την J2ME πλατφόρμα για κινητές συσκευές και το MIDP προφίλ, που ορίζεται από αυτή. Έτσι, ένα απαιτητικό σε μέγεθος γραφικό περιβάλλον για ψηφιακή τηλεόραση μπορεί και συνοψίζεται στις ελάχιστες προδιαγραφές κινητών συσκευών μέσω ενός συστήματος φυσικής γλώσσας.

## 7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Το μοντέλο της φυσικής γλώσσας που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας, όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 2, ανήκει σε βαθμό πολυπλοκότητας ανάμεσα στις 2 πρώτες κατηγορίες του σχήματος 1, λόγω του ότι δεν υποστηρίζονται διευκρινιστικοί διάλογοι ανάμεσα στο χρήστη και το σύστημα. Ένας μελλοντικός στόχος, λοιπόν αποτελεί η υποστήριξη τέτοιου είδους διαλόγων με στόχο την μερική άρση της ασάφειας σε επίπεδο φυσικής γλώσσας και όχι σε επίπεδο επεξεργασίας της δομής ιδιοτήτων που παράγεται από την επεξεργασία της εισαγωγής του χρήστη, από τον αναλυτή διαγραμμάτων.

Από πλευράς λειτουργικότητας, μελλοντική επέκταση αποτελεί η ενοποίηση του συστήματος φυσικής γλώσσας με ένα αυτόματο σύστημα φωνητικής αναγνώρισης για την ταχύτερη μετάδοση της πληροφορίας. Μέσω της πληροφορίας που μπορεί να πάρει ένα σύστημα κάνοντας χρήση των μεγεθών που χαρακτηρίζουν την ανθρώπινη φωνή, όπως η ένταση, η χροιά, η συχνότητα και σε συνδυασμό με το ύψος και τα επιφωνήματα που μπορεί να

χρησιμοποιήσει ένας ερωτώμενος, μπορεί να γίνει πιστότερη καταγραφή του βαθμού ικανοποίησης.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στηρίχθηκε στο πρότυπο ερωτηματολόγιο και συγκεκριμένα, με τη διαχείριση της πληροφορίας πάνω στις διάφορες κατηγορίες-κριτήρια που μπορούν να εξαχθούν μέσα από τις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Προέκταση αυτού, αποτελεί η υποστήριξη μέσα από το μοντέλο όλων των πιθανών ειδών ερωτηματολογίων, χωρίς χρήση συγκεκριμένων λέξεων-κλειδιών αλλά με την επικοινωνία του συστήματος με ένα θησαυρό λέξεων, όπου κάθε λέξη μπορεί να έχει πολλές ερμηνείες και το αντίστροφο. Έτσι, η αντιμετώπιση των ασαφειών θα ήταν από το πρώτο επίπεδο ανάλυσης μίας και δε θα υπήρχε γνώση μέσα στο σύστημα για την ερμηνεία των λέξεων.



## Βιβλιογραφία

- [1] Johansson, P., Degerstedt, L., Jönsson, A. (2002). *Iterative Development of an Information-Providing Dialogue System*. In Proceedings of the 7th Workshop on User Interfaces for All. Chantilly, France.
- [2] Ibrahim, A., Johansson, P. (2002). *Multimodal Dialogue Systems: A Case Study for Interactive TV*. In Proceedings of the 7th Workshop on User Interfaces for All. Chantilly, France.
- [3] Ibrahim, A., Johansson, P. (2002). *Multimodal Dialogue Systems for Interactive TV Applications*. In Proceedings of 4th IEEE International Conference on Multimodal Interfaces, Pittsburgh, USA. pp. 117-222.
- [4] Jurafsky, D., Martin, J.H. (2000). *Speech and Language Processing. An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*. New Jersey: Prentice Hall.
- [5] Early, J. (1970). *An efficient context-free parsing algorithm*. Communications of the ACM, 6, 451-455.
- [6] Allen, J., Byron, D., Dzikovska, M., Ferguson, G., Galescu, L., Stent, A. (1998). *An Architecture for a Generic Dialogue Shell*. In Natural Language Engineering, 1, 1-15.
- [7] Allen, J., Ferguson, G., Stent, A. (2001a). *An Architecture For More Realistic Conversational Systems*. In Proceedings of UII '01, 14-17. Santa Fe, New Mexico, USA.
- [8] Allen, J.F., Byron, D.K., Dzikovska, M., Ferguson, G., Galescu, L., Stent, A. (2001b). *Towards Conversational Human-Computer Interaction*. In AI Magazine, 2001, 1-9.
- [9] Kazasis, F.G., Moumoutzis, N., Pappas, N., Karanastasi, A., Christodoulakis, S. (2003). *Designing Ubiquitous Personalized TV-Anytime Services*. In the International Workshop on Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems (UMICS), Klagenfurt/Velden, Austria.
- [10] Riggs, Roger., Taivalssari, A., VandenBrink, M., (2001). *Programming Wireless Devices with the Java™ 2 Platform, Micro Edition*. Addison-Wesley.
- [11] TV-Anytime Specification Series: S3 on Metadata (Normative). <http://www.tv-anytime.org>
- [12] MPEG Group, MPEG-7 (Multimedia Content Description Interface). <http://mpeg.telecomitalia.com/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>
- [13] Fowler, M., Scott, K. (1997). *UML Distilled Applying the Standard Object Modelling Language*, ADDISON-WESLEY.

- [14] Java™ 2 Platform – *Standard Edition*, v. 1.4.1 *API Specification*,  
<http://java.sun.com/j2se/1.4.1/docs/api/>
- [15] Degerstedt, L. (2002). *JavaChart User Manual*,  
<http://nlpfarm.sourceforge.net/javachart/>
- [16] Arnold, D. (2002). *Chart Parsing*, Computational Linguistics I, University Of Essex.
- [17] Shieber, S. M. (1985), *The design of a Computer Language for Linguistic Information*. In Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics.
- [18] Flycht-Eriksson, A., Jonsson, A. (2000). *Dialogue and Domain Knowledge Management in Dialogue Systems*. In Proceedings of the 1<sup>st</sup> SigDial Workshop, Hong-Kong.
- [19] Russel, S., Norvig, P. (1995). *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. New Jersey : Prentice Hall.
- [20] Jonsson, A., Stromback, L. (1998). *Robust Interaction through Partial Interpretation and Dialogue Management*. In Proceedings of Coling-ACL '98, Montreal, Canada.
- [21] Multimodal Interaction for Information Appliances (MIINA Project).  
<http://www.ida.liu.se/~nlplab/miina/>
- [22] NOKIA – Talkative TV-Guide, Program Guide Information System.  
<http://www.nokia.com/nokia/0,,27727,00.html>
- [23] Μαγνήσαλης, Κ. Γ. (1981), Καταναλωτική – Η τεχνική γνώσεως της συμπεριφοράς του καταναλωτή. Εκδόσεις Τυροβόλα
- [24] Chisnall, P. Marketing Research. Analysis and measurement. London, Mc Graw Hill, 1973
- [25] Hill, N. (1996) Handbook of customer satisfaction measurement, Gower.
- [26] Γρηγορούδης Β., Σίσκος Γ., Ποιότητα Υπηρεσιών και Μέτρηση Ικανοποίησης Πελατών – Το σύστημα MUSA.(2000) Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών
- [27] Naumann E., Giel, K. (1995) Creating Customer Value. Thomson Executive Press, Cincinnati
- [28] Salembier, P., *MPEG-7 Multimedia Description Schemes*, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 11, No. 6, 2001
- [29] ISO <http://www.iso.org/iso/en/iso9000-14000/iso9000/iso9000index.html>