



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:**  
**«ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΤΗ**  
**ΜΕΣΟΓΕΙΟ»**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΑΣΕΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**  
**ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΙΣΤΟΥ ΜΕ**  
**ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ.**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΠΟΥΛΙΩΝ ΣΤΟΝ**  
**ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ.**

**ΜΩΡΑΤΗΣ ΗΛΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΜΙΧΑΗΛ ΒΑΙΤΗΣ**

**Συμβουλευτική επιτροπή: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ**  
**ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΚΟΥΚΟΥΛΑΣ**

**ΜΥΤΙΛΗΝΗ ΙΟΥΝΙΟΣ 2006**

## **Πρόλογος- Ευχαριστίες**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ήταν αποτέλεσμα των προσωπικών ερευνητικών μου ενδιαφερόντων, πάνω στις εξελίξεις στο χώρο του ελεύθερου λογισμικού και των χωρικών δεδομένων, αλλά παράλληλά και αποτέλεσμα της παρακίνησης και της δημιουργικότητας κάποιων ανθρώπων που υπήρξαν απαραίτητοι για την δημιουργία της μεταπτυχιακής διατριβής και της εφαρμογής, που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου στην εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής Μιχαήλ Βαΐτη για την υποστήριξη, τις συμβουλές και τη μεθοδικότητα του, τα οποία έκαναν δυνατή την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Ακόμη θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής για την μεταπτυχιακής μου διατριβή Σωτήριο Κουκούλα και Νικόλαο Σουλακέλλη για την στήριξη και βοήθεια που μου παρείχαν, καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής.

Τέλος να ευχαριστήσω τους Τριαντάφυλλο Ακριώτη και Λευτέρη Κακάλη για την εμπιστοσύνη που έδειξαν στις δυνατότητες μου για την υλοποίηση της εφαρμογής, αλλά και την βοήθεια και πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχαν, για την δημιουργία ενός συστήματος που δημιουργήθηκε χάρη στην αφιέρωση και αγάπη τους για τα πούλια και το φυσικό περιβάλλον.

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ελεύθερο λογισμικό υλοποίησης της εφαρμογής και αντίστοιχα εμπορικά προϊόντα.....	30
--	----

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Η εφαρμογή.....	4
Εικόνα 2: Τρόπος λειτουργίας του MapServer.....	36
Εικόνα 3: Κύκλος ζωής της βάσης γεωγραφικών δεδομένων.....	43
Εικόνα 4: Μοντέλο UML βάσης γεωγραφικών δεδομένων.....	55
Εικόνα 5: Η βάση γεωγραφικών δεδομένων στο περιβάλλον pgadmin.....	59
Εικόνα 6: Μετατροπή των shapfiles με χρήση του εργαλείου LOADER.....	59
Εικόνα 7: Το μοντέλο κύκλου ζωής της εφαρμογής χρήστη.....	61
Εικόνα 8: Η αρχιτεκτονική του συστήματος.....	64
Εικόνα 9: Η αρχική ιστο-σελίδα εισαγωγής παρατηρήσεων πουλιών .....	67
Εικόνα 10: Εισαγωγής παρατήρησης: Βήμα 1 <sup>ο</sup> .....	68
Εικόνα 11: Εισαγωγής παρατήρησης: Βήμα 2 <sup>ο</sup> .....	69
Εικόνα 12: Εισαγωγής παρατήρησης: Βήμα 3 <sup>ο</sup> .....	70
Εικόνα 13: Εισαγωγής παρατήρησης: Βήμα 4 <sup>ο</sup> .....	71
Εικόνα 14: Φόρμα εγγραφής νέου χρήστη.....	75

## **Κατάλογος Ακρωνυμίων**

GPS-Global Positioning System

GIS- Geographic Information Systems

GPL-General Public Licence

OGC-Open Geospatial Consortium

WKT- Well Known Representation

GML- Geography Mark-up Language

XML- eXtensible Mark-up Language

WFS- Web Feature Services

ΣΓΠ-Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

ΕΛΛΑΚ-Ελεύθερο Λογισμικό / Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα

GIST- Generalized Search Tree

## Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
1.1	Καταγραφή παρατηρήσεων πουλιών. ....	1
1.2	Σκοπός της εργασίας.....	3
1.3	Περιοχή μελέτης. ....	7
1.4	Ερωτήματα της εργασίας.....	7
1.5	Δομή της εργασίας .....	8
<b>2</b>	<b>Ανασκόπηση βιβλιογραφίας. ....</b>	<b>9</b>
2.1	Ελεύθερο λογισμικό και λογισμικό ανοιχτού κώδικα. ....	9
2.1.1	Η φιλοσοφία του ελεύθερου λογισμικού. ....	12
2.1.2	Πλεονεκτήματα του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα. ....	14
2.2	Ελεύθερο / Ανοιχτό Λογισμικό και Γεωπληροφορική.....	17
2.2.1	Ανοιχτά πρότυπα και διαλειτουργικότητα .....	17
2.2.2	Ελεύθερο Λογισμικό διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων. ....	19
2.3	Εφαρμογές παγκόσμιου ιστού διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων .....	21
2.3.1	Παγκόσμιος ιστός και χωρικά-γεωγραφικά δεδομένα. ....	23
2.3.2	Εφαρμογές παγκόσμιου ιστού καταχώρισης παρατηρήσεων. ....	24
2.3.3	Οργάνωση του περιβάλλοντος χρήσης σε εφαρμογές καταχώρισης παρατηρήσεων .....	25
<b>3</b>	<b>Ελεύθερο λογισμικό υλοποίησης της εφαρμογής. ....</b>	<b>28</b>
3.1	Γενικά- Επιλογή του κατάλληλου λογισμικού.....	28
3.2	Το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων PostgreSQL και η χωρική του επέκταση PostGIS. ....	30
3.3	Ο εξυπηρετητής παγκόσμιου ιστού Apache. ....	34
3.4	Ο εξυπηρετητής χωρικών δεδομένων Mapserver. ....	34
3.5	Η γλώσσα προγραμματισμού PHP.....	37
3.6	Το πρότυπο χωρικών εφαρμογών FIST.....	39
<b>4</b>	<b>Μεθοδολογία ανάπτυξης της εφαρμογής. ....</b>	<b>42</b>
4.1	Σχεδιασμός της Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων.....	43
4.1.1	Ανάλυση απαιτήσεων. ....	44
4.1.2	Σχεδιασμός του Εννοιολογικού μοντέλου.....	47
4.1.3	Σχεδιασμός του Λογικού σχήματος.....	56
4.1.4	Υλοποίηση του Φυσικού σχήματος.....	58
4.2	Σχεδιασμός και Υλοποίηση του περιβάλλοντος χρήσης.....	60
4.2.1	Εφαρμογή χρήστη .....	66

4.2.2 Πολιτική διαχείρισης και ασφάλειας της εφαρμογής.....	74
<b>5 Συμπεράσματα- Συζήτηση.</b> ....	<b>76</b>
5.1 Συμπεράσματα. ....	76
5.2 Δυσκολίες που αφορούν την λειτουργία της εφαρμογής.....	78
5.3 Δυνατότητες μελλοντικής έρευνας. ....	79
<b>6. Βιβλιογραφία</b> .....	<b>82</b>
<b>7. Παραρτήματα</b> .....	<b>86</b>

## Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν η ανάδειξη και διερεύνηση των συγκριτικών πλεονεκτημάτων του ελεύθερου και ανοιχτού λογισμικού στην γεωπληροφορική και στις βάσεις γεωγραφικών δεδομένων αλλά και η παράλληλη επίλυσή του προβλήματος της απουσίας ενός κεντρικού τρόπου καταγραφής των παρατηρήσεων πουλιών στον Ελλαδικό Χώρο.

Στα πλαίσια επίλυσης του προβλήματος αυτού, υλοποιήθηκε μια Βάση Γεωγραφικών Δεδομένων και ένα απλό στη χρήση περιβάλλον πρόσβασης στη Βάση, χρησιμοποιώντας ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικά, ικανοποιώντας έτσι την ανάγκη ύπαρξης ενός συστήματος ευέλικτου, ανοιχτού και επεκτάσιμου με χαμηλό κόστος.

Η υλοποίηση του συστήματος καταχώρισης παρατηρήσεων πουλιών στηρίχθηκε στη μεθοδολογία σχεδιασμού και υλοποίησης βάσεων δεδομένων, με την πρόσθετη ανάγκη υποστήριξης χωρικών δεδομένων. Παράλληλα το γραφικό περιβάλλον χρήσης απαιτούσε την ύπαρξη δυνατοτήτων χαρτογραφικής απεικόνισης αλλά και εύκολης πρόσβασης στην εφαρμογή από οπουδήποτε. Για τους παραπάνω λόγους επιλέχθηκε η υλοποίηση του συστήματος σαν μία εφαρμογή παγκόσμιου ιστού κάτι που αποδείχθηκε μία ευέλικτη λύση ανοιχτή σε μελλοντικές επεκτάσεις.



## **Summary**

The aim of the present postgraduate thesis, was the demonstration and investigation of comparative advantages, of the free and open software in geoinformatics and in the geographical databases and also the resolution of a major problem, the absence of a central way of recording bird observations in Greece.

In this direction, a geographical database was created and an easy to use environment for accessing the database also was created, using free and open source software, satisfying thus the need of the existence of a flexible, open and low cost system.

The realization of the bird observation registration system was based in the principals of database design and creation methodology, with an additional need of spatial data support. At the same time the user graphical environment required cartographic depiction capabilities and easy application access capabilities. For all these reasons the system was designed and created as a world wide web application, a choice that was the major reason of the basic advantages of the system: flexibility and extensibility.

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Καταγραφή παρατηρήσεων πουλιών

Οι παρατηρήσεις πουλιών δίνουν τη δυνατότητα σε ερευνητές, κρατικές υπηρεσίες αλλά και σε οργανώσεις προστασίας των πουλιών να καταγράφουν λεπτομέρειες για τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα διάφορα είδη τους, να διερευνούν το τρόπο ζωής τους αλλά και να καταγράφουν τους πληθυσμούς τους. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι οι παρατηρήσεις πουλιών στο φυσικό τους περιβάλλον μπορούν να αποκαλύψουν στοιχεία που είναι αδύνατο να παρατηρηθούν σε εργαστηριακό περιβάλλον (Gaunt & Oring, 1997).

Οι παρατηρήσεις πραγματοποιούνται κυρίως από δύο μεγάλες ομάδες παρατηρητών, που προσεγγίζουν την παρατήρηση των πουλιών από δύο κύριες σκοπιές αντίστοιχα (Gaunt & Oring, 1997):

- Η βιολογική σκοπιά. Πραγματοποιείται κυρίως από βιολόγους ή γιατρούς και προσπαθεί να μελετήσει βιολογικά χαρακτηριστικά και φαινόμενα των πουλιών.
- Η ορνιθολογική σκοπιά. Πραγματοποιείται από χιλιάδες ερευνητές αλλά και ερασιτέχνες παρατηρητές και κυρίως ενδιαφέρεται για την παρουσία πουλιών σε μια περιοχή υπό το πρίσμα μιας ορνιθολογικής προσέγγισης. Αποτελεί την πιο πολυπληθή ομάδα και συχνά το κίνητρο δεν είναι η επιστημονική μελέτη των πουλιών και των συνηθειών τους, αλλά η αναψυχή των παρατηρητών.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι παρατηρήσεις δεν προέρχονται από ένα και μοναδικό φορέα, αλλά μπορεί να γίνονται

από επίσημους οργανισμούς, περιβαλλοντολογικές οργανώσεις, επιστημονικές ομάδες αλλά και από χιλιάδες απλούς παρατηρητές, οι οποίοι από απλό χόμπι ή άλλο ενδιαφέρον παρατηρούν τα πουλιά. Η πραγματοποίηση των διαφόρων αυτών παρατηρήσεων από τόσους διαφορετικούς ανθρώπους, ομάδες και υπηρεσίες, κάνουν αδύνατη την ομοιογενή καταγραφή των δεδομένων σε έναν “κοινό χώρο” και με έναν συγκεκριμένο τρόπο, ώστε να υπάρχει μια και συνολική εικόνα για κάποιον που ενδιαφέρεται να λύσει ένα πρόβλημα ή να ερευνήσει συνολικά στοιχεία για μία περιοχή ή ένα είδος πουλιού. Πολύ σημαντικό επίσης είναι το γεγονός ότι η μελέτη μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων είναι δυνατό να αναδείξει την ύπαρξη προτύπων και τάσεων στις μετακινήσεις των πουλιών (Baillie et al, 2005)

Τα δεδομένα παρατήρησης πουλιών σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, καταγράφονται με διαφορετικούς τρόπους και σε διαφορετικά μέσα που κατέχει προσωπικά ο κάθε παρατηρητής. Το παραπάνω γεγονός κάνει την πρόσβαση στα δεδομένα αυτά και τη γνώση ύπαρξης αυτών των δεδομένων αδύνατη. Στην πράξη ένας παρατηρητής μπορεί να καταγράφει τις παρατηρήσεις του σε κάποιο λογιστικό φύλλο, κάποιος άλλος σε μία μικρή βάση δεδομένων και άλλος σε ένα σημειωματάριο. Η καταγραφή αυτή γίνεται συνήθως με διαφορετικό τρόπο από τον κάθε παρατηρητή και βέβαια χωρίς να είναι δυνατό να έχει ένας παρατηρητής τα στοιχεία των άλλων παρατηρητών

Βέβαια ακόμη κι αν υπήρχε η δυνατότητα να ευρεθούν όλες αυτές οι παρατηρήσεις, είναι σίγουρο ότι θα έλειπαν πολλά σημαντικά στοιχεία, όπως η ώρα παρατήρησης από κάποιους ή το

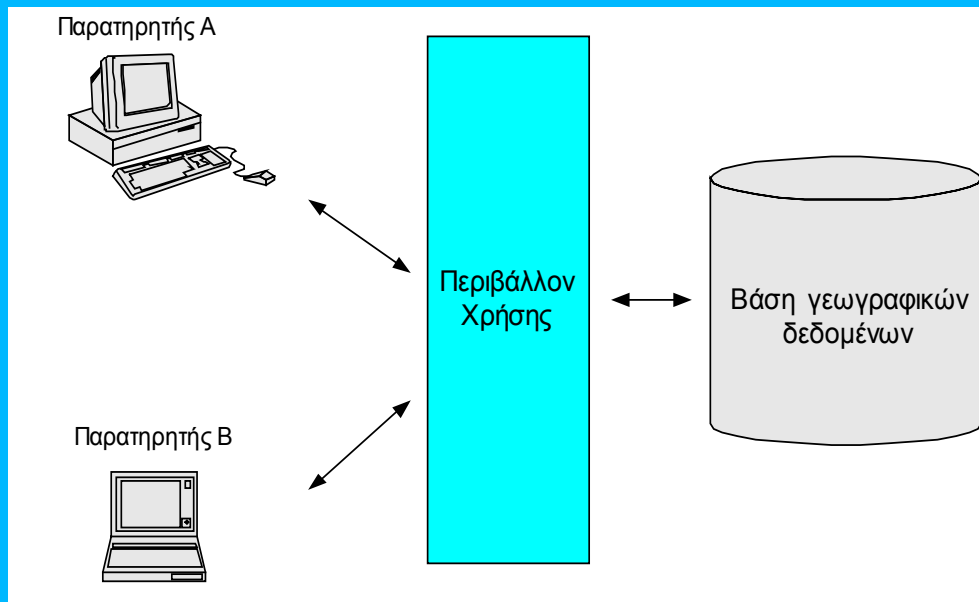
είδος της δραστηριότητας του πουλιού από κάποιους άλλους. Το παραπάνω πρόβλημα υπάρχει σε πολλές ευρωπαϊκές και μη χώρες και είναι φανερό ότι ανάλογο πρόβλημα υπάρχει και με την καταγραφή κι άλλων ζωικών πληθυσμών αλλά και φαινομένων.

## **1.2 Σκοπός της εργασίας**

Η επίλυση του παραπάνω προβλήματος στον ελλαδικό χώρο είναι ο σκοπός της παρούσας εργασίας, με την ανάπτυξη μιας εφαρμογής που θα καταχωρεί κεντρικά με έναν ενιαίο τρόπο τις παρατηρήσεις πουλιών. Παράλληλα, αποτελεί και μια πρόταση για παρόμοιες ενέργειες, ώστε να αξιοποιηθεί το δυναμικό εκατοντάδων παρατηρητών, των οποίων οι προσπάθειες μπορούν να αξιοποιηθούν μόνον με τη συστηματική καταγραφή των παρατηρήσεών τους, σε ένα προσβάσιμο από όλους τους παρατηρητές σύστημα. Σύμφωνα με τους υπεύθυνους μιας ανάλογης προσπάθειας στην Μεγάλη Βρετανία (Birdtrack, 2006), η καταγραφή αυτή δίνει επιστημονική αξία στην παρατήρηση του κάθε παρατηρητή, αφού δίνεται η δυνατότητα για εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις τάσεις μετακίνησης των πουλιών και τις συνήθειές τους, αλλά και για την ορνιθολογική αξία ευρύτερων περιοχών (Birdtrack, 2006).

Με την παρούσα εργασία προτείνεται και υλοποιείται μια τέτοια εφαρμογή, με την οποία θα πραγματοποιείται ενιαία καταγραφή και αποθήκευση των παρατηρήσεων. Η εφαρμογή αποτελείται από μία βάση δεδομένων και έναν περιβάλλον πρόσβασης σε αυτήν. Η βάση δεδομένων έχει και χωρική επέκταση για να καταχωρεί και το τόπο που έγινε η παρατήρηση. Ο γεωγραφικός χώρος αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο μιας παρατήρησης, γιατί η έννοια μιας

παρατήρησης έχει πραγματικό νόημα μόνον όταν είναι γνωστά τα στοιχεία για το που έγινε (Toivonen, 2005). Έτσι λοιπόν η βάση δεδομένων που χρειάστηκε να δημιουργηθεί υποστηρίζει την αποθήκευση δεδομένων με χωρική διάσταση. Αυτός είναι ο λόγος που υλοποιήθηκε μία βάση γεωγραφικών δεδομένων.



Εικόνα 1: Η εφαρμογή

Θα πρέπει να τονισθεί εδώ ότι και άλλοι παράμετροι είναι πολύ σημαντικοί για μια παρατήρηση, όπως ο χρόνος που έγινε, το επίπεδο ακρίβειας της παρατήρησης και η ακρίβεια προσδιορισμού του χώρου.

Ένα ακόμη πρόβλημα που προέκυψε, αποτέλεσε το γεγονός ότι η ομάδα που επιθυμούσε να χρησιμοποιήσει την παραπάνω εφαρμογή, δεν διέθετε την οικονομική δυνατότητα να καλύψει την αγορά του λογισμικού, που θα έκανε δυνατή την υλοποίηση της εφαρμογής. Έτσι επιλέχθηκε η λύση του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα, λόγω της ανάγκης να υλοποιηθεί η εφαρμογή χωρίς κόστος, αλλά και παράλληλα από την επιθυμία να διερευνηθούν οι δυνατότητες που έχει το ελεύθερο λογισμικό στο χώρο της αποθήκευσης, διαχείρισης και προβολής στο διαδίκτυο γεωγραφικών δεδομένων. Παράλληλα, η επιλογή τεχνολογικής λύσης που να εκμεταλλεύεται το διαδίκτυο ως τρόπου πρόσβασης στη βάση δεδομένων, δίνει τη δυνατότητα χρήσης της εφαρμογής από μεγάλο αριθμό παρατηρητών πουλιών, οι οποίοι μάλιστα δεν χρειάζεται να έχουν εξειδικευμένες γνώσεις στην πληροφορική.

Οι επιμέρους λοιπόν στόχοι της εργασίας είναι:

- Κεντρική ομοιογενής αποθήκευση της πληροφορίας, από οποιονδήποτε παρατηρητή και από οπουδήποτε βρίσκεται, αρκεί να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο.
- Δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων παρατήρησης, αλλά και της χωρικής πληροφορίας που περιέχει το σημείο όπου έγινε η παρατήρηση.
- Ευκολία στη χρήση της εφαρμογής και στην εισαγωγή των δεδομένων.
- Χαμηλό οικονομικό κόστος του απαιτούμενου λογισμικού.
- Δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης των λειτουργιών της εφαρμογής.

Για να ικανοποιηθούν οι παραπάνω στόχοι, η προσέγγιση που ακολουθήθηκε ήταν αφενός μεν η κλασική μεθοδολογία υλοποίησης βάσεων δεδομένων και αφετέρου μία ανοιχτή προσέγγιση, όπου η δημιουργία της εφαρμογής ολοκληρώθηκε με τη συμβολή της κοινότητας των χρηστών του ελεύθερου λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε. Η συμβολή της κοινότητας αυτής είναι δυνατή στην πράξη με τη δημοσιοποίηση κάθε προβλήματος που προκύπτει, αλλά και κάθε νέας ιδέας, στις λίστες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που αποτελούν έναν από τους χώρους “συνάντησης” της κοινότητας του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα.

Αυτή η ανοιχτή προσέγγιση με τη χρήση ελεύθερου λογισμικού, συνδέεται άμεσα και με τα επιστημονικά ενδιαφέροντα του γράφοντος και δημιουργού της εφαρμογής, αλλά και με την επιθυμία δοκιμής των πλεονεκτημάτων του ελεύθερου λογισμικού στον χώρο των γεωγραφικών βάσεων δεδομένων και των εφαρμογών παγκόσμιου ιστού.

Τέλος, η ανάγκη εύκολης πρόσβασης του χρήστη από οπουδήποτε, έκαναν φανερή την ανάγκη δημιουργίας μίας εφαρμογής παγκόσμιου ιστού, όπου ο χρήστης θα χρειάζεται απλώς μια σύνδεση στο διαδίκτυο και έναν φυλλομετρητή για να έχει πρόσβαση στη βάση γεωγραφικών δεδομένων. Πριν από την επιλογή της μεθοδολογίας και του λογισμικού υλοποίησής της, έγινε επισταμένη έρευνα στη βιβλιογραφία για θέματα και εξελίξεις που αφορούν τις βάσεις γεωγραφικών δεδομένων και το λογισμικό ανοιχτού κώδικα.

### **1.3 Περιοχή μελέτης**

Όπως αναφέρθηκε, η περιοχή για την οποία γίνεται η προσπάθεια να επιλυθεί το πρόβλημα της καταγραφής των παρατηρήσεων πουλιών, άφορα τον ελλαδικό χώρο. Στην Ελλάδα, η μεγάλη ποικιλία άγριων πουλιών αλλά και το γεγονός ότι αποτελεί ενδιάμεση στάση χιλιάδων μεταναστευτικών πουλιών κάθε χρόνο, προκαλεί Έλληνες και ξένους παρατηρητές και ερευνητές στην παρατήρησή τους. Το παραπάνω γεγονός όμως δεν συνοδεύεται, όπως προαναφέρθηκε, και από έναν ενιαίο και συστηματικό τρόπο καταχώρισης και διαχείρισης των παρατηρήσεων που πραγματοποιούνται.

### **1.4 Ερωτήματα της εργασίας**

Τα βασικά ερωτήματα που τέθηκαν είναι:

1. Είναι δυνατή η συνολική διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων και η υλοποίηση μιας αξιόπιστης βάσης γεωγραφικών δεδομένων με χρήση αποκλειστικά ελεύθερου λογισμικού ανοικτού κώδικα, με εφάμιλλα αποτελέσματα όπως του εμπορικού λογισμικού;
2. Η υλοποίηση μιας εφαρμογής παγκόσμιου ιστού, με δυνατότητες χαρτογραφικής απεικόνισης και εισαγωγής γεωγραφικών δεδομένων, με χρήση ελεύθερου λογισμικού ανοικτού κώδικα θα είναι γρήγορη στην υλοποίηση της, ή λόγω των πολλών τμημάτων λογισμικού αλλά και δημιουργών που εμπλέκονται δεν θα έχει την υποστήριξη υλοποίησης, που έχει το δοκιμασμένο εμπορικό λογισμικό;



## **1.5 Δομή της εργασίας**

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια:

Στο κεφάλαιο 1 περιγράφεται το πρόβλημα, ο σκοπός της εργασίας και οι επιμέρους στόχοι αυτής, η περιοχή μελέτης και τα βασικά ερωτήματα της εργασίας.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας όσο αφορά τις εφαρμογές παγκόσμιου ιστού, το ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα και την γεωπληροφορική, αλλά και τις εφαρμογές παγκόσμιου ιστού διαχείρισης και καταχώρισης γεωγραφικών δεδομένων.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια εκτεταμένη εισαγωγή του αναγνώστη στο λογισμικό και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής.

Στο κεφάλαιο 4 περιγράφεται η μεθοδολογία υλοποίησης της εφαρμογής.

Στο κεφάλαιο 5 περιέχονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την υλοποίηση και δοκιμή της εφαρμογής, και παρατίθενται διάφορα θέματα που προέκυψαν. Τέλος, αναφέρονται κάποιες δυνατότητες μελλοντικής έρευνας σε σχέση με την υπάρχουσα εφαρμογή και τις δυνατές επεκτάσεις αυτής.

## **2 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας**

### **2.1 Ελεύθερο λογισμικό και λογισμικό ανοιχτού κώδικα**

Το λογισμικό ανοιχτού κώδικα είναι το λογισμικό του οποίου ο πηγαίος κώδικας παρέχεται μαζί με το λογισμικό και είναι διαφανής προς τον χρήστη.

Προχωρώντας περισσότερο αυτή την ιδέα, ο οργανισμός Open Source Initiative όρισε το λογισμικό ανοιχτού κώδικα ως το λογισμικό που διανέμεται με μια άδεια, η οποία επιτρέπει στον καθένα να το χρησιμοποιεί, να το μεταβάλλει και να το αναδιανείμει ελεύθερα. Αυτό σημαίνει ότι το λογισμικό αυτό διανέμεται με τον πηγαίο κώδικά του και παράλληλα η άδεια χρήσης του προστατεύει νομικά τον χρήστη, ώστε να μπορεί να μεταβάλλει και αναδιανείμει το λογισμικό, χωρίς να διωχθεί από κάποιο νόμο (Open Source Initiative, 2006). Αυτός ο ορισμός όμως δεν είναι ευρύτατα αποδεκτός.

Παρά λοιπόν τον παραπάνω ορισμό του Open Source Initiative, στην πράξη έχει επικρατήσει το λογισμικό ανοιχτού κώδικα να αναφέρεται σε λογισμικό με διαφανή πηγαίο κώδικα, ενώ όταν αναφέρεται κανείς στην ελεύθερη μεταβολή και αναδιανομή του λογισμικού, η έννοια του ελεύθερου λογισμικού που θα αναφερθεί παρακάτω είναι συνήθως προτιμότερη και πιο συγκεκριμένη.

Το ελεύθερο λογισμικό ορίζεται και αυτό με παρόμοιο τρόπο με το λογισμικό ανοιχτού κώδικα, αλλά με έναν πιο έντονο και ισχυρό τρόπο, ως το λογισμικό που μπορεί να χρησιμοποιήσει, αντιγράψει μετατρέψει και να αναδιανείμει κανείς, χωρίς κανένα περιορισμό (Free Software Foundation, 2006).

Αν και οι δύο παραπάνω ορισμοί φαίνεται να συμπίπτουν, δεν σημαίνει πάντα ότι κάποιο λογισμικό με τον κώδικά του ανοιχτό είναι ταυτόχρονα και ελεύθερο προς αναδιανομή με αλλαγές στον κώδικά του. Στην πραγματικότητα υπάρχουν και λογισμικά - προϊόντα εταιριών, που διανέμονται με τον πηγαίο κώδικά τους ανοιχτό, αλλά μπορεί να έχουν άλλους περιορισμούς, όπως η απόλυτη απαγόρευση της διανομής του σε άλλους, ή η απαγόρευση αναδιανομής του, όταν ο πηγαίος κώδικας έχει αλλαχθεί.

Ολοκληρώνοντας με τους ορισμούς, να σημειωθεί ότι ο πιο ασφαλής τρόπος χαρακτηρισμού ώστε να περιγράφεται κάποιο λογισμικό, το οποίο έχει και τον πηγαίο κώδικά του ανοιχτό αλλά και επιτρέπεται η ελεύθερη επεξεργασία και αναδιανομή του, είναι να χαρακτηρίζεται αυτό ως: Ελεύθερο Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικά (ΕΛ/ΑΚ).

Σε κάθε περίπτωση και με όποιον τρόπο και αν χαρακτηρίζεται κάποιο λογισμικό, θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην άδεια χρήσης που το συνοδεύει. Η άδεια χρήσης καθορίζει τις ενέργειες που έχει δικαίωμα να κάνει ο χρήστης στο λογισμικό. Η πιο διαδεδομένη άδεια που ορίζει ένα λογισμικό ως ελεύθερο και ανοιχτού κώδικα, είναι η GNU General Public License, ή αλλιώς GNU GPL. Η GNU GPL δημιουργήθηκε από το Free Software Foundation και το χαρακτηριστικό της είναι ότι δίνει πλήρη ελευθερία στον χρήστη του λογισμικού για τη χρήση, μετατροπή και αναδιανομή του.

Αν και στη πράξη το μεγάλο μέρος του λογισμικού ανοιχτού κώδικά είναι και ελεύθερο, οι πολλές κατηγορίες λογισμικού και τα διαφορετικά δικαιώματα που ορίζει η κάθε κατηγορία, συχνά μπορούν να προκαλέσουν σύγχυση. Για παράδειγμα, το λεγόμενο

Freeware λογισμικό, είναι λογισμικό το οποίο ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει αλλά όχι να τροποποιήσει, διανείμει ή να δει τον πηγαίο κώδικά του, αρά και το συνθετικό free που χρησιμοποιείται στο όνομά του αφορά μόνον τη δωρεάν χρήση του λογισμικού (Free Software Foundation, 2006). Είναι λοιπόν αναγκαίο στο σημείο αυτό να αναφερθούν οι βασικές κατηγορίες λογισμικού (Free Software Foundation, 2006):

- Εμπορικό λογισμικό. Είναι το λογισμικό που αναπτύχθηκε από μια εταιρία ή ιδιώτη, με σκοπό την εμπορική εκμετάλλευσή του και την απόκτηση κερδών από αυτό.
- Ιδιωτικό λογισμικό. Είναι το λογισμικό που ανήκει σε ένα ιδιώτη ή εταιρία και αυτός μόνον έχει όλα τα δικαιώματα πάνω του.
- Ελεύθερο λογισμικό. Είναι το λογισμικό που παρέχεται με μια άδεια που δίνει στον καθένα το δικαίωμα χρήσης, μεταβολής και αναδιανομής του, είτε αναλλοίωτου είτε με μετατροπές. Όπως προαναφέρθηκε, ο όρος Ελεύθερο Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα είναι πιο πλήρης.
- Λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Είναι το λογισμικό του οποίου ο πηγαίος κώδικάς είναι διαφανής και προσπελάσιμος από τον χρήστη. Υπάρχουν και πιο “ελεύθεροι” ορισμοί, όπως αυτός του οργανισμού Open Source Initiative που αναφέρθηκε, που του δίνουν τα χαρακτηριστικά του ελεύθερου λογισμικού.
- Δημόσιο λογισμικό. Είναι το λογισμικό που δεν υπόκειται σε απαγόρευση αντιγραφής (copyright).

- Δωρεάν (Freeware) λογισμικό. Είναι το λογισμικό που συνήθως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αναδιανεμηθεί ελεύθερα, αλλά χωρίς μεταβολή του, αφού δεν είναι διαθέσιμος ο πηγαίος κώδικάς του.

### **2.1.1 Η φιλοσοφία του ελεύθερου λογισμικού**

Δεκάδες οργανισμοί, δίκτυα και ομάδες έχουν ως σκοπό την υποστήριξη και διάδοση του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα. Από τους χρήστες του διάσημου Λειτουργικού Συστήματος Linux έως τους προγραμματιστές που χρησιμοποιούν τη γλώσσα php ή το ΣΓΠ grass, έχει αναδυθεί μια τεράστια κοινότητα απλών χρηστών, επιστημόνων, προγραμματιστών αλλά και πολιτικών ακτιβιστών που προωθούν τις ιδέες του ΕΛ/ΛΑΚ .

Ένας από τους σημαντικότερους οργανισμούς που υποστηρίζει το ελεύθερο λογισμικό είναι το Free Software Foundation, το οποίο μαζί με το GNU project γεννήθηκαν από την ιδέα για τη δημιουργία ενός ελεύθερου λογισμικού συστήματος.

Οι δύο αυτοί οργανισμοί παράγουν διάφορους μηχανισμούς (όπως η GNU άδεια χρήσης που αναφέρθηκε παραπάνω), οι οποίοι προστατεύουν τους χρήστες και το λογισμικό με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην μπορεί κανείς να άρει τον ελεύθερο χαρακτήρα του. Εδώ να σημειωθεί ότι μια εταιρία μπορεί να δημιουργήσει μια βελτιωμένη μορφή κάποιου ελεύθερου λογισμικού, ώστε να το διαθέσει προς πώληση, αλλά δεν μπορεί να άρει το δικαίωμα των χρηστών να αποκτούν την απλή, αρχική μορφή του λογισμικού δωρεάν.

Προχωρώντας λίγο παραπάνω τη σκέψη του ελεύθερου λογισμικού (ΕΛ/ΛΑΚ), πολλοί από τους υποστηρικτές του το ανάγουν σε ένα πιο φιλοσοφικό-πολιτικό πλαίσιο, πέρα από τα τεχνικά ή

οικονομικά του χαρακτηριστικά. Ένα πλαίσιο που φιλοδοξεί να αναδείξει τα δικαιώματα των χρηστών λογισμικού. Τέτοια δικαιώματα αφορούν την ελεύθερη χρήση, δημιουργία και μετατροπή του λογισμικού, αλλά και την ελεύθερη επικοινωνία και ελεύθερη κυκλοφορία της γνώσης μέσα από δίκτυα και συστήματα πληροφορικής. Έτσι, για το Ίδρυμα Ελεύθερου Λογισμικού (Free Software Foundation):

*“Το `Ελεύθερο Λογισμικό” είναι ζήτημα ελευθερίας, όχι κόστους. Για να κατανοήσετε τον όρο αυτό δεν θα πρέπει να θεωρείται το “free” όπως η “δωρεάν μπίρα” αλλά όπως ο “ελεύθερος λόγος”.*

*(ΣΤΜ: Στα αγγλικά, οι λέξεις “δωρεάν” και “ελεύθερο” ταυτίζονται. Το “ελεύθερο” λογισμικό αναφέρεται στην ελευθερία, όχι στο κόστος).*

Άρα, το ελεύθερο λογισμικό αποτελεί σημαντικό ζήτημα ελευθερίας σε μια κοινωνία, όπου η γνώση και η πληροφορία αποτελούν κινητήριο μοχλό της και δείκτη εξέλιξής της. Η γνώση που είναι εγκλωβισμένη σε δικαιώματα χρήσης (copyright) και άδειες οι οποίες καθιστούν το κάθε άτομο απλό χρήστη ενός μαύρου κουτιού και όχι ελεύθερο να μάθει και να δημιουργήσει, είναι ουσιώδες κοινωνικό ζήτημα και όχι άπλα ζήτημα δωρεάν ή όχι λογισμικού και προϊόντων.

Το σύνολο του λογισμικού που επιλέχθηκε για την υλοποίηση της εφαρμογής αποτελείται από ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα, δημοσιευμένο υπό την GNU GPL άδεια.

### 2.1.2 Πλεονεκτήματα του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικά

Τα πλεονεκτήματα του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα προέρχονται κυρίως από τη δυνατότητα επικοινωνίας χιλιάδων χρηστών και προγραμματιστών μεταξύ τους, είτε για τη λύση οποιουδήποτε προβλήματος που προκύπτει είτε για τη δημοσιοποίηση νέων ιδεών και ανακαλύψεων, χωρίς καμιά οικονομική επιβάρυνση.

Τα κύρια πλεονεκτήματα του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα είναι:

- **Γρήγορη ανάπτυξη:** Μια μεγάλη κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών δίνουν λύσεις και ιδέες άμεσα και γρηγορότερα από το κλειστό περιβάλλον μίας εταιρίας. Αντίθετα, κατά την υλοποίηση εμπορικού λογισμικού, μια μικρή ομάδα προγραμματιστών προσπαθεί να αναπτύξει λογισμικό προσέχοντας παράλληλα να μην διαρρεύσει ο κώδικας της εφαρμογής, ώστε η εφαρμογή να πουληθεί ακριβά και να παράγει υψηλά κέρδη. Έτσι υπάρχει αδυναμία εύρεσης λύσεων και δημιουργούνται μεγάλες καθυστερήσεις, γεγονός που συχνά κάνει την βασική ιδέα της εφαρμογής να μοιάζει ήδη παλιά, όταν παρόμοια εφαρμογή μπορεί ήδη να υπάρχει στο χώρο του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα.
- **Διαφάνεια:** Καθένας μπορεί να δει τι συμβαίνει μέσα σε μία εφαρμογή και πώς αυτή λειτουργεί, αλλά είναι επίσης δυνατό να

γνωρίσει τη διαδικασία με την οποία αυτή δημιουργήθηκε (Fischer &, 2004).

- Ανοιχτά πρότυπα: Στο χώρο του ΕΛ/ΛΑΚ επιδιώκεται να χρησιμοποιούνται ανοιχτά πρότυπα. Με τα ανοιχτά πρότυπα η υλοποίηση συστημάτων και εφαρμογών είναι πολύ πιο εύκολη, υπάρχει γρηγορότερη κατανόηση των προβλημάτων, ευκολότερη επικοινωνία των συστημάτων και άρα αυξημένη διαλειτουργικότητα (Fischer & Stabel, 2005).
- Το δικαίωμα μετατροπής του κώδικα κάνει δυνατή τη προσαρμογή στις ανάγκες της εκάστοτε ομάδας, οργανισμού ή εταιρίας και παράλληλα είναι δυνατή η χρήση του κώδικα που έχει αλλαχθεί δημόσια, χωρίς να χρειαστεί να αποζημιωθεί οικονομικά ο αρχικός δημιουργός του (Mueschen, 2003).
- Η πολιτική ελευθερία του καθένα που χρησιμοποιεί το ελεύθερο λογισμικό είναι εξασφαλισμένη, ώστε ο χρήστης ή ο προγραμματιστής να μην υπόκειται σε πολιτικές ή οικονομικές πιέσεις, σε ποινικές διώξεις και αλλαγές σε τιμές και φόρους.
- Η δωρεάν διανομή του ελεύθερου λογισμικού δίνει τη δυνατότητα σε πανεπιστήμια, ερευνητές και ιδιώτες να χρησιμοποιήσουν τα ελεύθερα αυτά προγράμματα και να δημιουργήσουν εφαρμογές, των όποιων το κόστος θα ήταν απαγορευτικό με αντίστοιχα εμπορικά λογισμικά. Το ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα έχει λοιπόν το πλεονέκτημα να παρέχει τεχνολογία υψηλού επιπέδου σε χαμηλό κόστος, ώστε να είναι προσιτή σε οργανώσεις και ερευνητές με περιορισμένους οικονομικούς πόρους (CSIC, 2005).



- Ανεξαρτησία από συγκεκριμένες πλατφόρμες, εταιρίες και αρχιτεκτονικές, που μπορούν να περιορίσουν μια εφαρμογή σε λιγοστές επιλογές, όσο αφορά την επικοινωνία με άλλα συστήματα κι εφαρμογές. Δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο εφαρμογών που μπορούν να επικοινωνήσουν μόνον με εφαρμογές της ίδιας αρχιτεκτονικής.
- Προάγεται η επιστημονική γνώση, η έρευνα, η δημιουργικότητα αλλά και η συνεργασία, λόγω της εύκολης απόκτησης του λογισμικού, των ανοιχτών προτύπων του αλλά και τη διαφάνεια του κώδικά του (Fischer-Stabel, 2005).

Εδώ γεννιέται το ερώτημα: Γιατί το ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικά έχει μέλλον στον κόσμο της αγοράς και για ποιους λόγους οι διαφορές εταιρίες ανάπτυξης λογισμικού θα υποστήριζαν, ή υποστηρίζουν, την υλοποίηση τέτοιου λογισμικού, χωρίς την εξασφάλιση κερδών από αυτό;

Η απάντηση στο παραπάνω ερώτημα σχετίζεται με την έννοια της “υποστήριξης” (support). Οι εταιρίες μπορούν να προσφέρουν τεχνική υποστήριξη, εκπαίδευση, τεκμηρίωση αλλά και εξειδικευμένες εκδόσεις και διανομές του λογισμικού, οι οποίες προσφέρουν ειδικές υπηρεσίες. Τέτοιες υπηρεσίες προσφέρει για παράδειγμα μια εμπορική εφαρμογή, η οποία επιτρέπει τη δημιουργία φορμών και αναφορών από μια βάση δεδομένων της PostgreSQL. Η PostgreSQL ανήκει στο ΕΛ/ΛΑΚ, αλλά η παραπάνω εφαρμογή μπορεί να πωλείται.

Τέτοιες εταιρίες υπάρχουν πολλές σήμερα. Το ελεύθερο λογισμικό προσφέρει σε αυτές πολλά συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το “μη ελεύθερο”. Ένα βασικό πλεονέκτημα είναι το ότι το ΕΛ/ΛΑΚ δεν χρειάζεται διαφήμιση, αφού συνήθως χρησιμοποιείται ήδη από χιλιάδες χρήστες. Ακόμη, η εξέλιξή του είναι γρήγορη και εγγυημένη από την κοινότητα των προγραμματιστών που αφιλοκερδώς το αναπτύσσουν.

## **2.2 Ελεύθερο / Ανοιχτό Λογισμικό και Γεωπληροφορική**

Αν και δεν υπάρχει ένας ευρέως αποδεκτός ορισμός για τον όρο Γεωπληροφορική θα μπορούσε να ειπωθεί ότι αποτελεί το επιστημονικό πεδίο που εξειδικεύεται σε θέματα που αφορούν την χρήση, αποθήκευση και διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων (Longley et al., 2001). Η Γεωπληροφορική συνδέεται στενά με την ανάπτυξη των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και πολύ συχνά συγχέεται με την εκμάθηση και χρήση αυτών κάτι που είναι λανθασμένο αφού η Γεωπληροφορική είναι ένα ευρύτερο επιστημονικό πεδίο με το οποίο επιδιώκεται ο επαναπροσδιορισμός των γεωγραφικών εννοιών με τη χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Τα πλεονεκτήματα χρήσης ελεύθερου λογισμικού στο ευρύτερο χώρο της Γεωπληροφορικής και των γεωγραφικών δεδομένων είναι πολλά και συνδέονται στενά με την έννοια της διαλειτουργικότητας και της ομαλής επικοινωνίας συστημάτων που διαχειρίζονται γεωγραφικά δεδομένα.

### **2.2.1 Ανοιχτά πρότυπα και διαλειτουργικότητα**

Χιλιάδες χρήστες χρησιμοποιούν σήμερα γεωγραφικά δεδομένα και ΣΓΠ για πολιτικούς, οικονομικούς, αναπτυξιακούς, ερευνητικούς,

εμπορικούς και άλλους σκοπούς. Υπολογίζεται ότι το 80% της πληροφορίας που διακινείται από κυβερνητικούς οργανισμούς ή επιχειρήσεις έχει κάποια αναφορά στο χώρο. Η ομαλή επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται αλλά και η υποστήριξη κοινών τύπων δεδομένων, χωρίς ο κάθε χρήστης να χρειάζεται να γνωρίζει πολλές λεπτομέρειες για αυτήν την επικοινωνία, ορίζεται και ως διαλειτουργικότητα των εφαρμογών. Αυτή την διαλειτουργικότητα προσπαθούν να υποστηρίξουν στον χώρο των γεωγραφικών δεδομένων και συστημάτων κυβερνήσεις, εταιρίες, πανεπιστήμια αλλά και απλοί χρήστες.

Το Open Geospatial Consortium (OGC) αποτελεί το αποτέλεσμα μιας τέτοιας προσπάθειας και σήμερα είναι ο πιο αξιόπιστος και ευρέως αποδεκτός οργανισμός ο οποίος επιδιώκει τη διαλειτουργικότητα και δημιουργεί ανοιχτά πρότυπα στο χώρο της γεωπληροφορικής και των γεωγραφικών δεδομένων. Η έλλειψη λοιπόν της διαλειτουργικότητας στο χώρο των γεωγραφικών δεδομένων και συστημάτων ήταν ο βασικός λόγος δημιουργίας του OGC (OGC Reference Model, 2003).

*“Το όραμα του OGC είναι ένας κόσμος όπου όλοι μπορούν να επωφελοούνται από τη γεωγραφική πληροφορία και η δυνατότητα αυτή είναι διαθέσιμη σε κάθε δίκτυο, εφαρμογή και πλατφόρμα.”* (OGC Reference Model, 2003).

Το OGC αποτελείται από 272 επιχειρήσεις, οργανώσεις και πανεπιστήμια και σκοπός του είναι να προάγει την διαλειτουργικότητα στο χώρο των χωρικών δεδομένων, δημιουργώντας παράλληλα ανοιχτά πρότυπα διαθέσιμα προς το ευρύ κοινό (OGC, 2003). Επίσης, είναι πολύ σημαντικό το ότι οι

προδιαγραφές που εκδίδει είναι ανοιχτές να χρησιμοποιηθούν από οποιονδήποτε και αρά προωθούν μία ανοιχτή αντίληψη για το λογισμικό.

Τις προδιαγραφές που δημιουργεί το OGC προσπαθούν να ακολουθούν εξίσου και οι εταιρίες άλλα και οι μη κερδοσκοπικές ομάδες δημιουργίας ελεύθερου λογισμικού. Έτσι, τόσο το λογισμικό της ESRI, όσο και ο Mapserver και το PostGIS ακολουθούν τις προδιαγραφές του OGC, οι οποίες περιγράφονται και από τον όρο «OpenGIS προδιαγραφές». Θα πρέπει να παρατηρηθεί εδώ ότι δεν πρέπει να συγχέονται τα ανοιχτά πρότυπα με τον ανοιχτό κώδικα, αφού το ένα μπορεί να υπάρχει χωρίς την ύπαρξη του αλλού. Για παράδειγμα, ο δημιουργός ενός προγράμματος ΣΓΠ ανοιχτού κώδικ, μπορεί να επιλέξει να μην χρησιμοποιήσει ανοιχτά πρότυπα (κάτι που συμβαίνει συχνά), αν και κάτι τέτοιο είναι εις βάρος του λογισμικού (OGC:The Importance of Going “Open”, 2005).

Επιδιώκοντας το μέγιστο βαθμό διαλειτουργικότητας αλλά και τη δυνατότητα εξέλιξης της εφαρμογής μας, το σύνολο του λογισμικού που επιλέχθηκε είναι συμβατό με τις προδιαγραφές του OGC.

### **2.2.2 Ελεύθερο Λογισμικό διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων**

Παραδοσιακά η διαχείριση και οπτικοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων ήταν δυνατή με τη χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ). Ένα ΣΓΠ είναι ένα πληροφοριακό σύστημα που κάνει δυνατή την αποθήκευση, διαχείριση, και ανάλυση δεδομένων που έχουν κάποια χωρική αναφορά.

Σήμερα υπάρχουν δύο κατηγορίες Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών:

- Τα ΣΓΠ με μορφή αυτόνομης εφαρμογής (Desktop GIS). Αποτελούν την “παραδοσιακή” μορφή ΣΓΠ και αποτελούν την πλειονότητα των υπαρχόντων εφαρμογών. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα είναι εμπορικά, όπως το ArcGIS της εταιρίας ESRI. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια έχουν αναδειχθεί και ΣΓΠ τα οποία ανήκουν στο ΕΛΛΑΚ και λόγω κυρίως του μεγάλου κόστους των αντίστοιχων εμπορικών, κερδίζουν συνεχώς έδαφος. Τα ΣΓΠ που ανήκουν στο ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα αποτελούν μια αξιόπιστη εναλλακτική λύση σε σχέση με τα εμπορικά συστήματα και μπορούν να επιτελέσουν όλες τις λειτουργίες που επιτελούν και τα υπάρχοντα εμπορικά (Ramsey, 2004). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ελεύθερου και ανοιχτού κώδικα ΣΓΠ είναι το Grass.
- Τα ΣΓΠ παγκόσμιου ιστού (Web GIS). Τα συστήματα αυτά είναι συνήθως εφαρμογές παγκόσμιου ιστού με χαρτογραφικές δυνατότητες, οι οποίες κάνουν επιπλέον δυνατή τη χρήση εργαλείων και δυνατοτήτων που κανονικά προσφέρουν τα παραδοσιακά ΣΓΠ . Τέτοιες δυνατότητες είναι για παράδειγμα η εκτέλεση χωρικών ερωτημάτων, η εστίαση σε κάποιο σημείο ενός χάρτη και η εμφάνιση ή η απόκρυψη διαφόρων χωρικών χαρακτηριστικών. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι τα ΣΓΠ παγκοσμίου ιστού δίνουν πρόσβαση για τέτοιες δυνατότητες σε χρήστες οι οποίοι δε διαθέτουν ανάλογο λογισμικό, παρά μόνον έναν φυλλομετρητή ιστού (Halim, 2004). Οι δυνατότητες που συνήθως δίνονται από τέτοιες εφαρμογές αποτελούν ένα μέρος

των δυνατοτήτων ενός παραδοσιακού ΣΓΠ. Είναι δυνατόν δηλαδή να υπάρχουν δυνατότητες μεγέθυνσης και μέτρησης αποστάσεων πάνω σε ένα χάρτη, αλλά όχι και η εισαγωγή ή η επεξεργασία δεδομένων. Λόγω της μερικής υποστήριξης των δυνατοτήτων ενός ΣΓΠ, οι εφαρμογές αυτές αναφέρονται συχνά σαν εφαρμογές παγκοσμίου ιστού με χαρτογραφικές δυνατότητες (web mapping applications) και με άλλες παρόμοιες περιγραφικές ονομασίες που τονίζουν το γεγονός ότι αποτελούν εφαρμογές παγκοσμίου ιστού. Παρακάτω αναλύονται λεπτομερέστερα αυτές οι εφαρμογές.

### **2.3 Εφαρμογές παγκόσμιου ιστού διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων**

Τα τελευταία χρόνια η διάδοση και ανάπτυξη του διαδικτύου και των τεχνολογιών που συνδέονται με αυτό άνοιξε ένα νέο πεδίο δημιουργίας εφαρμογών που εκμεταλλεύονται την ύπαρξη του παγκόσμιου ιστού και αναπτύσσονται με σκοπό την προσφορά υπηρεσιών στους χρήστες του. Οι εφαρμογές αυτές ονομάζονται εφαρμογές παγκόσμιου ιστού (web applications), γιατί χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες του παγκόσμιου ιστού για την υλοποίηση και λειτουργία τους.

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από τις εφαρμογές παγκόσμιου ιστού είναι διαφόρων μορφών και αφορούν πολλούς τομείς, όπως το εμπόριο, η εκπαίδευση κ.ά. Οι εφαρμογές παγκόσμιου ιστού πλεονεκτούν σε σχέση με τις παραδοσιακές εφαρμογές γιατί (Cajthaml, 2004):

- Δίνουν τη δυνατότητα διαμοιρασμού δεδομένων κάθε μορφής. Μάλιστα, ο διαμοιρασμός των δεδομένων γίνεται ταχύτατα και χωρίς γεωγραφικούς περιορισμούς, κάτι που παλαιότερα ήταν ανέφικτο.
- Τα δεδομένα είναι δυνατό να επεξεργάζονται από πολλούς χρήστες.
- Τα δεδομένα μπορούν να αποθηκεύονται με μία μοναδική και ομοιογενή μορφή.

Πολύ συχνά οι εφαρμογές παγκόσμιου ιστού συνδέονται με βάσεις δεδομένων, ώστε να είναι δυνατή η αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων, ενώ ο χρήστης βρίσκεται οπουδήποτε στον κόσμο. Αυτή η διασύνδεση των εφαρμογών με βάσεις δεδομένων είναι πολύ διαδεδομένη, γιατί επιτρέπει τη δημιουργία δυναμικών ιστοσελίδων, προσαρμοσμένων στις ανάγκες των χρηστών και κάνει εύκολα υλοποιήσιμες διάφορες εφαρμογές, όπως οι εφαρμογές ηλεκτρονικών συναλλαγών και ηλεκτρονικού εμπορίου.

Για την ανάπτυξη εφαρμογών παγκόσμιου ιστού χρησιμοποιείται σήμερα είτε εμπορικό λογισμικό, είτε ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα, με το τελευταίο να αυξάνει συνεχώς τον αριθμό των προγραμματιστών αλλά και χρηστών που το προτιμούν. Ο πιο διαδεδομένος συνδυασμός βάσεων δεδομένων και λογισμικού υλοποίησης εφαρμογών παγκόσμιου ιστού είναι σήμερα ο συνδυασμός του συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων MySQL και της γλώσσας προγραμματισμού php.

Μια κατηγορία εφαρμογών παγκόσμιου ιστού οι οποίες προσφέρουν εξειδικευμένες υπηρεσίες, είναι αυτές που προσφέρουν

υπηρεσίες απεικόνισης και καταχώρισης χωρικών-γεωγραφικών δεδομένων.

### **2.3.1 Παγκόσμιος ιστός και χωρικά / γεωγραφικά δεδομένα**

Ο παγκόσμιος ιστός με το τεράστιο γεωγραφικό εύρος και πλήθος χρηστών που καλύπτει, άλλα και με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιεί και την απήχηση που αυτές έχουν, δίνει λύση σε ένα μεγάλο πρόβλημα των γεωγραφικών δεδομένων, αυτό της “απομόνωσης” και της έλλειψης διαλειτουργικότητας (OGC: The spatial web, 2004). Η απουσία διαλειτουργικότητας αφορά:

1. Την τεχνολογική διαλειτουργικότητα: Οι διαφορετικές μορφές δεδομένων, συστημάτων και πρωτοκόλλων των διαφόρων εταιριών, προκαλούν την αδυναμία επικοινωνίας των συστημάτων.
2. Την σημασιολογική διαλειτουργικότητα: Οι διαφορετικοί παραγωγοί γεωγραφικών δεδομένων χρησιμοποιούν διαφορετικό τρόπο ονοματολογίας των αρχείων, αλλά και δομής των μεταδεδομένων, με αποτέλεσμα λειτουργίες όπως η αναζήτηση και η ταξινόμηση να είναι δύσκολες από σύστημα σε σύστημα, ακόμη κι αν χρησιμοποιείται η ίδια μορφή δεδομένων (OGC: The spatial web, 2004).

Ο παγκόσμιος ιστός προσφέρει ένα κοινό “τόπο” όπου μπορούν να λυθούν αυτά τα προβλήματα, αφού αποτελεί μια παγκόσμια κοινή πλατφόρμα, με κοινά πρωτοκόλλα, μέσα στην οποία μπορεί να επιτευχθεί η “τεχνική” επικοινωνία διαφορετικών συστημάτων, αλλά και να δομηθούν τρόποι ονοματολογίας και οργάνωσης μεταδεδομένων με κοινές γλώσσες, όπως για παράδειγμα η XML.



Η επιλογή λοιπόν του παγκόσμιου ιστού ως περιβάλλοντος υλοποίησης μιας εφαρμογής καταχώρισης παρατηρήσεων πλεονεκτεί σε ευελιξία και συμβατότητα από οποιαδήποτε άλλη προσέγγιση.

### **2.3.2 Εφαρμογές παγκόσμιου ιστού καταχώρισης παρατηρήσεων**

Οι περισσότερες εφαρμογές παγκόσμιου ιστού που αφορούν υπηρεσίες χωρικής και χαρτογραφικής απεικόνισης, είναι συνήθως μίας κατεύθυνσης (Halim, 2004). Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης “ζητά” από την εφαρμογή κάποιους χάρτες ή κάποιες χωρικές πληροφορίες και τις βλέπει στην οθόνη του, αλλά δεν μπορεί να στείλει ο ίδιος κάποια δεδομένα με χωρική αναφορά. Ένα σοβαρό πρόβλημα είναι το κόστος των συστημάτων και του λογισμικού που απαιτείται ώστε να αναπτυχθούν τέτοιες εφαρμογές χωρικής/γεωγραφικής απεικόνισης (Halim, 2004).

Τα τελευταία χρόνια αρκετές χωρικές εφαρμογές παγκόσμιου ιστού δίνουν τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με το χρήστη. Μια τέτοια προσπάθεια για παράδειγμα αποτελεί το Webdg framework, το οποίο δίνει τη δυνατότητα σε χρήστες να ρωτούν, εισάγουν και να διαγράφουν γεωγραφικά δεδομένα από μια γεωγραφική βάση δεδομένων (Halim, 2004). Παράλληλα, το Webdg δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας διεπαφών χρήστη με τη μορφή ιστοσελίδων για την πρόσβαση σε μια γεωγραφική βάση δεδομένων. Το Webdg χρησιμοποιεί ελεύθερο λογισμικό και συγκεκριμένα την PostgreSQL και τον MapServer, για την αξιοπιστία, τη διαλειτουργικότητα και την συγκριτική υπεροχή τους στη διαχείριση

γεωγραφικών δεδομένων, σε σχέση με παρόμοιο λογισμικό, όπως η MySQL.

Βέβαια, πολλές παρόμοιες εφαρμογές λειτουργούν με εμπορικό λογισμικό, όπως για παράδειγμα το σύστημα που καταγράφει παρατηρήσεις πουλιών στην Μ. Βρετανία και έχει δημιουργηθεί από την ορνιθολογική εταιρία Μ. Βρετανίας, γνωστό και ως Birdtrack. Η βάση δεδομένων υλοποιήθηκε με την Oracle, ενώ παράλληλα η πρόσβαση σε αυτήν και η υλοποίηση του περιβάλλοντος χρήσης γίνονται με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Java. Εμπορικό λογισμικό χρησιμοποιήθηκε και κατά την πρώτη προσπάθεια δημιουργίας του Webdg, πριν δηλαδή χρησιμοποιηθεί ελεύθερο ανοιχτό λογισμικό. Η προσέγγιση εκείνη βασίζονταν στην εφαρμογή ArcIMS της εταιρίας ESRI για την οπτικοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων και της τεχνολογίας asp.net της Microsoft για τη δημιουργία του περιβάλλοντος χρήσης. Στη συνέχεια όμως, η προσέγγιση αυτή εγκαταλείφθηκε και επιλέχθηκε το ελεύθερο λογισμικό.

Σε πολλές εφαρμογές παγκόσμιου ιστού εκτός από την εισαγωγή δεδομένων, παρέχεται στους χρήστες και η δυνατότητα εξαγωγής στατιστικών στοιχείων, διαγραμμάτων και θεματικών χαρτών.

### **2.3.3 Οργάνωση του περιβάλλοντος χρήστη σε εφαρμογές καταχώρισης παρατηρήσεων**

Στις εφαρμογές που καταχωρούν παρατηρήσεις θα πρέπει να δίνεται μεγάλο βάρος στον τρόπο καταχώρισης των δεδομένων, ώστε να υπάρχει η μεγαλύτερη δυνατή εμπιστοσύνη σε αυτά. Πολλές

φορές ο τρόπος που είναι οργανωμένο το περιβάλλον πρόσβασης στη βάση δεδομένων αλλά και η ίδια η βάση γεωγραφικών δεδομένων έχουν ως αποτέλεσμα την αποθήκευση συνόλων δεδομένων που δύσκολα στη συνέχεια αξιοποιούνται και αναλύονται. Για παράδειγμα, πολλές εφαρμογές παγκόσμιου ιστού, στις οποίες καταχωρούνται διάφορα είδη ζώων ή φυτών, επιτρέπουν την ελεύθερη πληκτρολόγηση κειμένου κατά την εισαγωγή του ονόματος του είδους. Η παραπάνω προσέγγιση είναι λανθασμένη, αφού η εισαγωγή των ονομάτων δεν βασίζεται σε έναν ολοκληρωμένο κατάλογο ειδών, από όπου ο χρήστης επιλέγει ένα είδος. Η ύπαρξη ενός τέτοιου καταλόγου αποτελεί μια αξιόπιστη και δοκιμασμένη λύση (ENBI, 2005).

Ένα πρόβλημα που αφορά τη χωρική διάσταση των δεδομένων, αποτελεί και το ποιο σημείο πρέπει να ζητείται από τους παρατηρητές κάποιου αντικειμένου παρατήρησης: το σημείο που βρίσκεται ο παρατηρητής, ή το σημείο που βρίσκεται το αντικείμενο; (Toivonen, 2005).

Ακόμη, σημαντικό για μία εφαρμογή καταχώρισης παρατηρήσεων είναι να οριστούν επαρκώς τα δεδομένα που απαιτούνται, ώστε η καταχώριση των παρατηρήσεων να γίνεται με τρόπο που καλύπτει όλες τις μετέπειτα ανάγκες χρήσης των δεδομένων. Ο ορισμός αυτών των απαιτούμενων δεδομένων θα πρέπει να γίνεται με:

1. Επαφή και συζητήσεις με την ερευνητική ομάδα ή φορέα που απαιτεί την υλοποίηση της εφαρμογής.
2. Ενδελεχή έρευνα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας.

Εδώ θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι η επιτυχία μιας τέτοιας προσπάθειας θα προέλθει από τον συνδυασμό της ορθής υλοποίησης της εφαρμογής και της λεπτομερούς ενημέρωσης των χρηστών για τη σωστή χρήση της. Ακόμη, θα πρέπει κατά τον σχεδιασμό του περιβάλλοντος χρήστη μιας εφαρμογής, θα πρέπει να τεθούν ερωτήματα ουσιώδη για το προφίλ και τις υλικοτεχνικές δυνατότητες και γνώσεις αυτών στους οποίους απευθύνεται, όπως:

- Πόσο εξοικειωμένοι είναι οι παρατηρητές πουλιών με τη χρήση Η/Υ;
- Έχουν όλοι οι παρατηρητές πουλιών πρόσβαση στο διαδίκτυο;

Αν και χρήση του GPS είναι ο πιο ακριβής τρόπος παροχής από τους χρήστες του σημείου που έγινε μια παρατήρηση, δεν είναι ρεαλιστικό να θεωρηθεί ότι χιλιάδες ερασιτέχνες παρατηρητές θα διαθέτουν τέτοια συσκευή, το αντίθετο μάλιστα (Nonentity, 2005). Έτσι, συνήθως η πιο ενδεδειγμένη λύση που χρησιμοποιείται σε παρόμοιες εφαρμογές, είναι η ύπαρξη ενός χάρτη όπου ο χρήστης εισάγει με ένα κλικ του ποντικιού την παρατήρησή του (Nonentity, 2005).

## **3 Ελεύθερο λογισμικό υλοποίησης της εφαρμογής**

### **3.1 Γενικά- Επιλογή του κατάλληλου λογισμικού**

Η εφαρμογή εκμεταλλεύεται τη δυνατότητα διασύνδεσης του DBMS PostgreSQL με μια σειρά άλλων εφαρμογών που κάνουν εύκολη τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος χρήστη, αλλά και της οπτικοποίησης των δεδομένων όταν αυτά έχουν και χωρική διάσταση.

Η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού έγινε έπειτα από έρευνα στη βιβλιογραφία και κυρίως στο διαδίκτυο. Τα κριτήρια επιλογής του κατάλληλου λογισμικού αφορούν κυρίως στη διαλειτουργικότητα και το βαθμό που το λογισμικό υποστηρίζει ανοιχτά πρότυπα, αλλά και την αξιοπιστία του λογισμικού. Ειδικότερα:

- Το λογισμικό πρέπει να είναι ελεύθερο και ανοιχτού κώδικά.
- Το λογισμικό πρέπει να έχει δοκιμαστεί σε πλήθος υπαρχόντων εφαρμογών και να έχει αποδειχθεί αξιόπιστο και ποιοτικό.
- Το λογισμικό πρέπει να υποστηρίζει ανοιχτά πρότυπα, να ακολουθεί προδιαγραφές, όπως αυτές του Open Geospatial Consortium και να χαρακτηρίζεται από δυνατότητες διαλειτουργικότητας και εύκολης διασύνδεσης με εμπορικό αλλά και με ελεύθερο λογισμικό.
- Να υποστηρίζεται από ισχυρή κοινότητα ανάπτυξης, ώστε να υπάρχει ισχυρή υποστήριξη, αλλά ταυτόχρονα να υπάρχει συνεχής εξέλιξη και βελτίωση του λογισμικού.

Το λογισμικό που επιλέχθηκε για την εφαρμογή πληροί τα παραπάνω κριτήρια, τα οποία εξασφαλίζουν μια εγγυημένη απόδοση της εφαρμογής στο παρόν, αλλά και μια σιγουριά ότι η εφαρμογή θα βρίσκεται κοντά σε μελλοντικά επιτεύγματα στο χώρο των διαδικτυακών και γεωγραφικών εφαρμογών.

Ο κύριος τρόπος απόκτησης του ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα είναι το διαδίκτυο, από όπου μπορεί ο κάθε χρήστης να το αποκτήσει, συνοδευόμενο από μια άδεια χρήσης που ορίζει τα δικαιώματα του χρήστη πάνω σε αυτό. Παράλληλα, ο χρήστης μπορεί να αναζητήσει τεκμηρίωση, υποστήριξη και διάφορες βοηθητικές εφαρμογές για τη χρήση του λογισμικού, είτε από τον επίσημο δικτυακό τόπο, είτε από ιστοσελίδες της κοινότητας των χρηστών και προγραμματιστών, είτε τέλος από λίστες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, όπου μπορεί να εγγραφεί και να στέλνει απορίες και προβλήματά του, αλλά και να βοηθά ο ίδιος άλλους χρήστες.

Οι παραπάνω τρόποι χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό για την υλοποίηση της εφαρμογής. Τον ρόλο της υποστήριξης στα διάφορα προβλήματα που παρουσιάστηκαν δεν ανέλαβε κάποια εταιρία, αλλά χρήστες από διάφορες χώρες, που απάντησαν αφιλοκερδώς σε αυτά, κάνοντας την εφαρμογή να έχει ένα χαρακτήρα ανοιχτό, που δείχνει στην πράξη τα πλεονεκτήματα του ελεύθερου ανοιχτού λογισμικού.

Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εφαρμογής:

Όνομασία	Κατηγορία	Παράδειγμα αντίστοιχου εμπορικού λογισμικού
PostgreSQL / PostGIS	Συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων και γεωγραφικών δεδομένων	Oracle spatial
MapServer	Οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων	ESRI ArcIMS
Php	Γλώσσες προγραμματισμού για την δημιουργία δυναμικών ιστοσελίδων	Microsoft Asp
Apache	Εξυπηρετητής παγκόσμιου Ιστού.	Microsoft IIS

Πίνακας 1: Ελεύθερο λογισμικό υλοποίησης της εφαρμογής και αντίστοιχα εμπορικά προϊόντα

### 3.2 Το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων PostgreSQL και η χωρική του επέκταση PostGIS

Ένας βασικός λόγος επιλογής της PostgreSQL είναι η δημοφιλής χωρική της επέκταση, το PostGIS. Το PostGIS δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων με χωρική αναφορά στην PostgreSQL.

Το PostGIS, αν και είναι δημιούργημα της εταιρίας Refrations Research, αποτελεί ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα και εκτός

από τη δυνατότητα αποθήκευσης, δίνει και τη δυνατότητα ανάλυσης χωρικών δεδομένων και επιπλέον βασίζεται στην προτυποποίηση του OGC “Simple Feature Specification for SQL”. Η προτυποποίηση αυτή αποτελεί μία επέκταση της SQL, ώστε να υποστηρίζει και χωρικά δεδομένα. Η προτυποποίηση αυτή ορίζει επακριβώς:

- ο τις χωρικές οντότητες που υποστηρίζονται.
- ο τις χωρικές συναρτήσεις που υποστηρίζονται.
- ο τον τρόπο αποθήκευσης των χωρικών δεδομένων με τη χρήση ενός πεδίου, που καταχωρεί τη χωρική πληροφορία, αλλά και με τη χρήση πινάκων μεταδεδομένων που περιέχουν μεταδεδομένα για τους πίνακες όπου αποθηκεύονται τα χωρικά δεδομένα.

Το PostGIS υποστηρίζει με πολύ ικανοποιητικό τρόπο τους τύπους δεδομένων και τις λειτουργίες που ορίζει το OGC, κάτι που αυξάνει τη διαλειτουργικότητα, επεκτασιμότητα και τη δυνατότητα επικοινωνίας με την πλειονότητα των συστημάτων. Παράλληλα, υπάρχει συνεχής έρευνα και ανάπτυξη της PostgreSQL και του PostGIS από πολλές ομάδες και προγραμματιστές, λόγω του ανοιχτού τους κώδικά και του ανοιχτού τρόπου ανάπτυξής τους.

Η απόφαση επιλογής του συστήματος βάσεων δεδομένων ήταν και η πιο κρίσιμη, αφού η βάση γεωγραφικών δεδομένων και ο τρόπος οργάνωσής της αποτελεί την καρδιά της εφαρμογής. Από τα προαναφερθέντα (τα οποία προέκυψαν από τη μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας), αλλά και από την ευρεία αποδοχή της PostgreSQL και του PostGIS, διασφαλίστηκε ότι η επιλογή μας πληροί όλες τις προϋποθέσεις που τέθηκαν αρχικά, και αυτό γιατί:



1. Ανήκουν στο ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα.
2. Είναι επεκτάσιμα, υποστηρίζουν τα πρότυπα του OGC και προσφέρουν υψηλή διαλειτουργικότητα.

Ο παραπάνω συνδυασμός φαίνεται να αποτελεί την καλύτερη επιλογή συστήματος αποθήκευσης γεωγραφικών δεδομένων στο χώρο του ελεύθερου λογισμικού.

*“Η αληθινή δύναμη του PostGIS είναι ότι έχει γίνει ένα standard εργαλείο αποθήκευσης χωρικών δεδομένων για όλα τα προγράμματα και συστήματα ανοιχτού κώδικα και όχι μόνο.”* (Ramsey, 2004)

Ο τρόπος που αποθηκεύονται τα χωρικά δεδομένα στην PostgreSQL βασίζεται στην προτυποποίηση “Simple Feature Specification for SQL” του OGC. Αυτό σημαίνει ότι για την αποθήκευση των χωρικών δεδομένων υπάρχει ένα πεδίο στους πίνακες με χωρική διάσταση, το οποίο περιέχει την γεωμετρία, τις συντεταγμένες και το σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων που αναφέρονται οι συγκεκριμένες συντεταγμένες. Παράλληλα, υπάρχουν κάποιοι άλλοι πίνακες μεταδεδομένων που υποστηρίζουν την ολοκληρωμένη αποθήκευση των χωρικών δεδομένων και την υποστήριξη των γεωγραφικών συστημάτων αναφοράς. Οι πίνακες αυτοί είναι οι εξής δύο:

1. Ο πίνακας spatial\_ref\_sys, ο οποίος αποθηκεύει λεπτομέρειες για όλα τα υπάρχοντα σήμερα συστήματα γεωγραφικών συντεταγμένων.
2. Ο πίνακας GEOMETRY\_COLUMNS, ο οποίος καταχωρεί διάφορα μεταδεδομένα και πληροφορίες για όλους τους χωρικούς πίνακες, ώστε οι βάσεις γεωγραφικών δεδομένων να μένουν

ενήμερες και οι διαδικασίες καταχώρισης και ανάλυσης των χωρικών δεδομένων να γίνονται σύμφωνα με την προτυποποίηση του OGC.

Υπάρχουν επίσης δεκάδες συναρτήσεις χωρικής επεξεργασίας και ανάλυσης, οι οποίες δίνουν όλες τις δυνατότητες που θα έδινε ένα ΣΓΠ, όπως για παράδειγμα η ένωση και η τομή πολυγώνων και η δημιουργία ζωνών (buffers). Τέλος, υποστηρίζεται η δημιουργία και χρήση ειδικών δεικτών (ευρετηρίων) που επιταχύνουν την εκτέλεση χωρικών ερωτημάτων, όπως ο δείκτης GIST (Generalized Search Tree).

Όλα τα παραπάνω, όπως οι πίνακες, οι δείκτες και οι συναρτήσεις, δεν προέκυψαν από μια αυθαίρετη διαδικασία, αλλά ορίζονται επακριβώς από την “Simple Feature Specification” για την SQL που ορίζει η προτυποποίηση του OGC.

Κατά τη διαδικασία έρευνας για την επιλογή του κατάλληλου λογισμικού, προέκυψαν και άλλες επιλογές συστημάτων βάσεων δεδομένων ανοιχτού κώδικα, όπως η MySQL. Η MySQL, αν και δημοφιλής στο χώρο των εφαρμογών παγκόσμιου ιστού, διαφάνηκε γρήγορα ότι δεν αποτελεί ένα σίγουρο και αξιόπιστο σύστημα για την υποστήριξη της εφαρμογής. Για παράδειγμα, οι χωρικές δυνατότητες και οι υπάρχουσες συναρτήσεις της MySQL, είναι ακόμα πολύ περιορισμένες (CSIC, 2004). Γενικότερα οι δυνατότητες υποστήριξης δεδομένων με χωρική αναφορά της MySQL είναι ακόμα σε πρόωρη φάση (CSIC, 2004).

### **3.3 Ο εξυπηρετητής παγκόσμιου ιστού Apache**

Ο Apache είναι ένας εξυπηρετητής παγκόσμιου ιστού και ανήκει στο ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικά. Ο τρόπος που λειτουργεί ο Apache και κάθε παρόμοιος εξυπηρετητής, είναι να “ακούει” συνεχώς κάποιες θύρες (ports) του υπολογιστικού συστήματος και όταν παρουσιαστεί σε κάποιες από αυτές κάποια αίτηση από κάποια εφαρμογή-πελάτη, την εξυπηρετεί.

Έτσι λοιπόν, όταν δέχεται μια αίτηση από το φυλλομετρητή ενός χρήστη για να αποδώσει κάποια ιστοσελίδα,,απάντα δίνοντας στο φυλλομετρητή τον κώδικα HTML, τον οποίο οπτικοποιεί ο φυλλομετρητής. Το αποτέλεσμα είναι ότι ο χρήστης βλέπει τα περιεχόμενα της ιστοσελίδας που ζήτησε. Ο Apache είναι σήμερα ο πιο δημοφιλής εξυπηρετητής και χρησιμοποιείται σχεδόν από το 69% των δικτυακών τόπων. Ο Apache επιλέχθηκε γιατί ανήκει στο ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα, αλλά και επιπροσθέτως γιατί είναι ο πιο αξιόπιστος και δοκιμασμένος εξυπηρετητής σήμερα, με συνεχή ανάπτυξη και βελτίωση της απόδοσής του.

### **3.4 Ο εξυπηρετητής χωρικών δεδομένων Mapserver**

Ο Mapserver είναι μία εφαρμογή η οποία ανήκει στο ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα και η οποία αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο της Minnesota. Η βασική λειτουργία του Mapserver είναι η οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων και αποτελεί σήμερα τον πιο δημοφιλή εξυπηρετητή χωρικών δεδομένων στο χώρο του ελεύθερου λογισμικού.

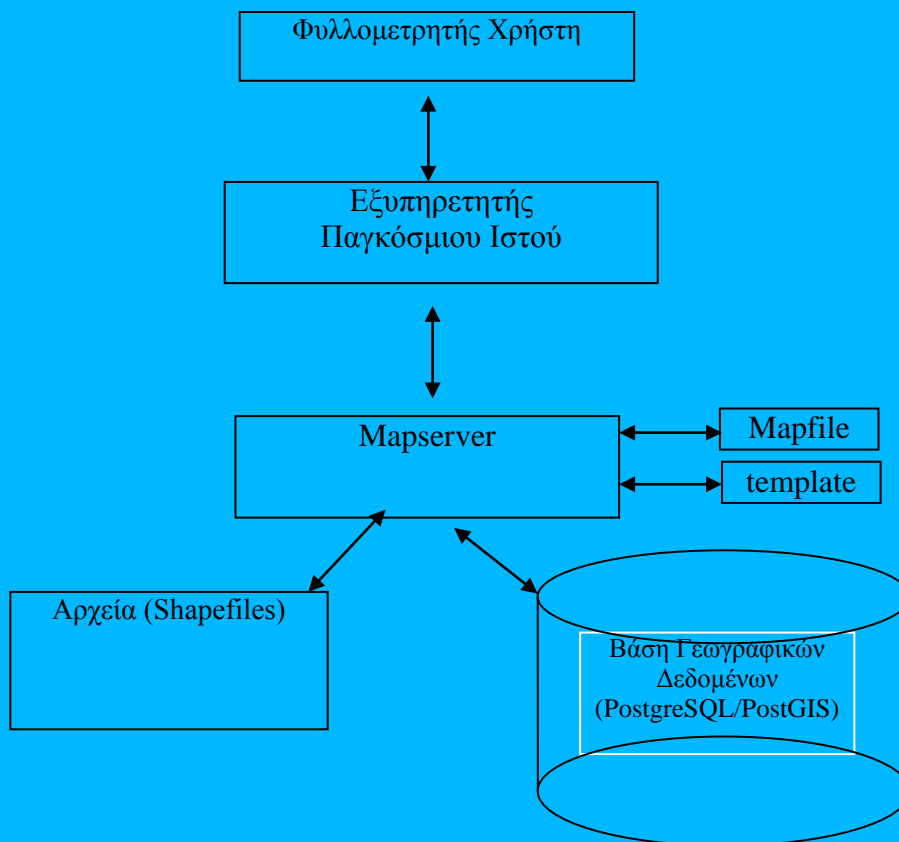
Ο MapServer είναι στην πραγματικότητα μία CGI εφαρμογή σε έναν εξυπηρετητή παγκόσμιου ιστού (Apache, στην περίπτωση της

παρούσας εφαρμογής). Οι εφαρμογές CGI είναι προγράμματα που βρίσκονται σε έναν ειδικό φάκελο του εξυπηρετητή και εκτελούνται από αυτόν όταν του ζητηθεί από τις εφαρμογές- πελάτες.

Ο Mapserver μπορεί να οπτικοποιεί χωρικά δεδομένα, χρησιμοποιώντας ως πηγή αυτών κάποια βάση γεωγραφικών δεδομένων (υλοποιημένη σε PostgreSQL/ PostGIS στην περίπτωση της παρούσας εφαρμογής), ή ακόμη και αρχεία, όπως τα shapefiles της εταιρίας ESRI.

Αποτελείται από τρία μέρη:

- Την ίδια την εφαρμογή του Mapserver, η οποία ανήκει στην κατηγορία των CGI εφαρμογών.
- Το mapfile, το οποίο είναι ένα αρχείο παραμετροποίησης που περιέχει οδηγίες για τον MapServer, γραμμένες στη γλώσσα παραμετροποίησης του Mapserver. Οι οδηγίες αυτές καθορίζουν σχεδόν τα πάντα. Έτσι μπορεί να καθοριστεί από το πόσα και ποια επίπεδα (layers) θα εμφανιστούν και ποια χρώματα θα έχουν, έως τα γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων που θα χρησιμοποιηθούν.
- Το πρότυπο αρχείο (template file). Είναι ένα αρχείο HTML το οποίο περιγράφει κάποιες επιμέρους λεπτομέρειες για το πως θα βλέπει ο χρήστης την ιστοσελίδα.



Εικόνα 2: Τρόπος λειτουργίας του MapServer.

Ο συνδυασμός του MapServer και του PostGIS δίνουν στις εφαρμογές παγκοσμίου ιστού δυνατότητες που έχουν τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (Adams & Garand, 2004). Η άριστη συνεργασία της PostgreSQL και του PostGIS με τον MapServer, έκαναν απαραίτητη την επιλογή του ως το λογισμικό οπτικοποίησης της χωρικής πληροφορίας, που αποθηκεύεται στη βάση γεωγραφικών δεδομένων. Εδώ να σημειωθεί ότι υπάρχει και ένας ακόμη εξυπηρετητής ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται (και αυτός) σε πλήθος εφαρμογών, ο Geoserver (Millin, 2006). Η επιλογή

του mapserver έγινε λόγω της άριστης συμβατότητας και συνεργασίας με το PostGIS.

### **3.5 Η γλώσσα προγραμματισμού php**

Η php είναι μια γλώσσα προγραμματισμού ανοιχτού κώδικα, για τη συγγραφή προγραμμάτων στην μεριά του εξυπηρετητή. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η php μπορεί να επιτελέσει διάφορες λειτουργίες, οι οποίες κάνουν τις ιστοσελίδες δυναμικές και δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης σε βάσεις δεδομένων μέσω ιστοσελίδων.

Η php έχει συνήθως τη μορφή μικρών τμημάτων κώδικα (scripts), ενδιάμεσα του κώδικά HTML, τα οποία εκτελεί ο εξυπηρετητής πριν αποδώσει (στον φυλλομετρητή του χρήστη) την αιτούμενη ιστοσελίδα. Ο κώδικας μπορεί να περιέχει, για παράδειγμα, κάποιες εντολές σύνδεσης με κάποια βάση δεδομένων και έτσι οι σελίδες μπορούν να είναι δυναμικές και προσαρμοσμένες στο χρήστη και τις ανάγκες του.

Οι εφαρμογές που χρησιμοποιείται η php είναι πάρα πολλές, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, η εγγραφή μελών σε δικτυακούς τόπους κ.ά. Η δυνατότητα σύνδεσης με βάσεις δεδομένων είναι από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της php και υποστηρίζει πολλά συστήματα, όπως η Oracle, η MySQL κ.ά.

Η εύκολη διασύνδεση με την PostgreSQL, η αξιοπιστία της αλλά και η χρήση από το πρότυπο FIST (που θα αναφερθεί παρακάτω), την καθιστούν κατάλληλη για τις ανάγκες της εφαρμογής μας. Έτσι, με τη χρήση της php έγινε δυνατή:

1. Η σύνδεση με την βάση γεωγραφικών δεδομένων.
2. Η εισαγωγή σημειακών παρατηρήσεων πουλιών σε αυτή.

3. Η εμφάνιση χαρτών για τον προσανατολισμό του χρήστη και την εύκολη εισαγωγή των παρατηρήσεων.

Οι ιστοσελίδες της εφαρμογής αποτελούνται από κώδικα HTML οπού παρεμβάλλεται κώδικας php. Η έναρξη του κώδικα php σηματοδοτείται πάντοτε με την ετικέτα “<?php “ και τερματίζεται με την ετικέτα “?>”, ώστε να τον αναγνωρίζει και να τον εκτελεί ο μεταγλωττιστής της php.

Για τη σύνδεσή με την PostgreSQL χρησιμοποιούνται κάποιες συναρτήσεις της php, όπως η pg-connect, με την οποία γίνεται η σύνδεση με τη βάση δεδομένων.

Παρακάτω παρατίθεται ένα παράδειγμα του τρόπου σύνδεσης της php με την βάση γεωγραφικών δεδομένων:

A) Αρχικά γίνεται σύνδεση με τη γεωγραφική βάση δεδομένων ώστε να εισαχθούν τα στοιχεία ενός νέου χρήστη από μια HTML φόρμα:

```
pg_connect('host=localhost      dbname=Birds      user=postgres
password=iliaskoz');
```

B) Έπειτα, κάθε μεταβλητή της φόρμας περνά σε μια μεταβλητή της php:

```
$surname = pg_escape_string($_POST['surname']);
$firstname = pg_escape_string($_POST['firstname']);
$fathersname = pg_escape_string($_POST['fathersname']);
$loginname = pg_escape_string($_POST['loginname']);
$address = pg_escape_string($_POST['address']);
```

```

$city = pg_escape_string($_POST['city']);
$county = pg_escape_string($_POST['county']);
$phonenumber = pg_escape_string($_POST['phonenumber']);
$mobilephone = pg_escape_string($_POST['mobilephone']);
$email = pg_escape_string($_POST['email']);
$password = pg_escape_string($_POST['password']);

```

Γ) Τέλος, οι μεταβλητές της ρηρ εισάγονται στον ανάλογο πίνακα για τους χρήστες ως ορίσματα ενός sql query που εκτελείται με τη συνάρτηση “pg\_query()”.

```

$query = "INSERT INTO public.users(surname, firstname,
fathers_name, login_name, address, city, county, phone_number,
mobile_number, email, password, country ) VALUES(" . $surname . ", " .
$firstname . ", " . $fathersname . ", " . $loginname . ", " . $address . ",
" . $city . ", " . $county . ", " . $phonenumber . ", " . $mobilephone . ", " .
$email . ", " . $password . ", " . $country . ")";

$result = pg_query($query);

```

Με ανάλογο τρόπο γίνεται η εισαγωγή, αλλά και ανάγνωση δεδομένων και για τους άλλους πίνακες της βάσης γεωγραφικών δεδομένων .

### **3.6 Το πρότυπο χωρικών εφαρμογών FIST**

Το FIST (Flexible Internet Spatial Template) είναι ένα πρότυπο για τη δημιουργία εύχρηστων εφαρμογών παγκόσμιου ιστού με χωρικές δυνατότητες.



Το FIST αποτελείται από ρηρ σελίδες ανοιχτού κώδικα με αντικειμενοστραφή χαρακτήρα, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας ευέλικτων περιβαλλόντων χρήστη με τη μορφή εφαρμογών παγκόσμιου ιστού. Ο κώδικας της εφαρμογής ενσωματώνει αρκετές λειτουργίες αναπαράστασης και επεξεργασίας χωρικών – γεωγραφικών δεδομένων μέσα από εφαρμογές παγκόσμιου ιστού. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι αν και ο κύριος όγκος του κώδικα έχει υλοποιηθεί με την ρηρ η εφαρμογή του FIST εμπεριέχει και κώδικά HTML αφού στην πράξη η εφαρμογή δημιουργεί μία σειρά από δυναμικές ιστοσελίδες με δυνατότητες αναπαράστασης δεδομένων με χωρική υπόσταση. Τέλος στο κώδικα του FIST γίνεται και χρήση της Javascript η οποία είναι μια γλώσσα προγραμματισμού από την μεριά του «πελάτη» ο οποίος στην πράξη είναι ο φυλλομετρητή του χρήστη. Η javascript χρησιμοποιείται για κάποιες λειτουργίες όπως είναι η δημιουργία αναδυόμενων παραθύρων.

Το FIST δεν δημιουργήθηκε για τη χρήση του με μία πηγή δεδομένων αλλά για την χρήση του με διαφορετικές πηγές δεδομένων και διαφορετικούς εξυπηρετητές γεωγραφικών δεδομένων αφού ο κώδικας του είναι ανεξάρτητος από συγκεκριμένες τεχνολογίες εξυπηρετητών και δεδομένων ενώ η σύνδεση με συγκεκριμένο εξυπηρετητή γίνεται με τη χρήση ειδικών τμημάτων κώδικα (modules) που αφορούν κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία (UNBC DataShare, 2006). Βέβαια έως σήμερα παρέχεται υποστήριξη μόνον για τον mapserver αλλά προβλέπεται ότι σύντομα θα υποστηριχθούν και άλλα πρωτόκολλα και εξυπηρετητές όπως για το ArcIMS της ESRI και τα πρωτόκολλα WMS και WFS

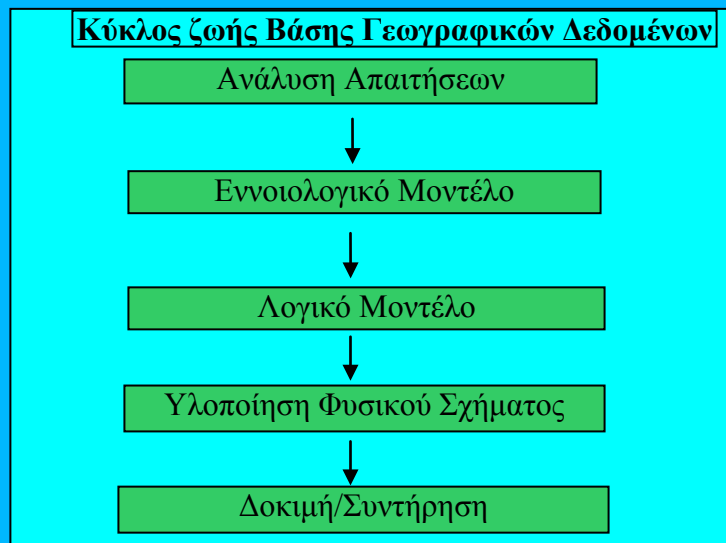
Ενα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του FIST, είναι το γεγονός ότι ο ανοιχτός κώδικας του δίνει τη δυνατότητα, επέκτασης των δυνατοτήτων που παρέχει και προσαρμογής του κώδικα στις εκάστοτε ανάγκες. του φορέα που υλοποιεί την εφαρμογή. Το FIST διανέμεται (όπως και το υπόλοιπο λογισμικό της εφαρμογής) κάτω από την άδεια GNU GPL (UNBC DataShare, 2006).

#### **4 Μεθοδολογία ανάπτυξης της εφαρμογής.**

Η υλοποίηση της εφαρμογής περιλαμβάνει:

- I. Τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της βάσης γεωγραφικών δεδομένων,
- II. Τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της εφαρμογής χρήστη,
- III. Την δοκιμή και συντήρηση της εφαρμογής, κάτι που στην πραγματικότητα ξεκίνα από τη στιγμή που αποδίδεται στους χρήστες και τερματίζεται με την απόσυρση της εφαρμογής.

Αναλυτικότερα, η ανάπτυξη της βάσης γεωγραφικών δεδομένων περιελάμβανε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων, αλλά παράλληλα ήταν αναγκαία η υλοποίηση κάποιων ειδικών πινάκων και δεικτών για να υποστηρίζεται και ο χωρικός χαρακτήρας των δεδομένων. Παρακάτω φαίνεται ο κύκλος ζωής της βάσης γεωγραφικών δεδομένων που υλοποιήθηκε:



Εικόνα 3 : Κύκλος ζωής της βάσης γεωγραφικών δεδομένων

Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στο στάδιο του σχεδιασμού της γεωγραφικής βάσης δεδομένων, γιατί ο σωστός σχεδιασμός βοηθά να αποφευχθούν προβλήματα, διορθώσεις και ασυμφωνίες των δεδομένων στο μέλλον (Morris, 2005), κάτι που θα έκανε την εφαρμογή δύσχρηστη και μη συντηρήσιμη.

#### 4.1 Σχεδιασμός της Βάσης Γεωγραφικών Δεδομένων

Η μεθοδολογία σχεδιασμού της βάσης γεωγραφικών δεδομένων περιλαμβάνει τα βασικά βήματα σχεδιασμού βάσεων δεδομένων, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τον χωρικό χαρακτήρα της δεδομένων. Τα βήματα λοιπόν που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής:

- I. Η ανάλυση απαιτήσεων.
- II. Η δημιουργία του εννοιολογικού μοντέλου της βάσης γεωγραφικών δεδομένων με τη γλώσσα UML.

III. Η σχεδίαση του λογικού σχήματος. Το λογικό σχήμα προέκυψε από το μετασχηματισμό του UML μοντέλου στο σχεσιακό μοντέλο της PostgreSQL..

#### 4.1.1 Ανάλυση Απαιτήσεων.

Στο στάδιο αυτό καταγράφηκαν οι στόχοι που έπρεπε να ικανοποιεί η βάση γεωγραφικών δεδομένων και η εφαρμογή, οι ανάγκες των χρηστών της βάσης και το είδος των δεδομένων που θα καταχωρούνται σε αυτή. Για να γίνει αυτό, έπρεπε να απαντηθούν ερωτήματα, όπως:

- τι θα χρειάζεται να αποθηκεύει η βάση δεδομένων και πως;
- ποιες κατηγορίες δεδομένων θα υφίστανται στη βάση;
- τι προϊόντα και όψεις των δεδομένων θα παράγονται;
- ποιες κατηγορίες χρηστών θα χρησιμοποιούν τη βάση και κατ' επέκταση την εφαρμογή;

Για να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα χρειάστηκε συστηματική διερεύνηση και συνομιλίες με πιθανούς χρήστες, αλλά και με την ομάδα που επιθυμούσε την υλοποίηση της εφαρμογής.

Η ανίχνευση των αναγκών αποκάλυψε τις βασικές κατηγορίες δεδομένων, οι οποίες είναι:

1. Τα δεδομένα με χωρική υπόσταση. Τα δεδομένα με χωρική υπόσταση αποτελούν οι σημειακές παρατηρήσεις πουλιών αλλά και οι επικαλύψεις που σχηματίζουν το βασικό χάρτη της εφαρμογής(πόλεις, ακτογραμμή, ποτάμια).
2. Τα σχεσιακά δεδομένα με μη χωρική υπόσταση. Τα δεδομένα με μη χωρική υπόσταση αποτελούνται από

πίνακες που περιγράφουν και καταχωρούν βασικές οντότητες της εφαρμογής όπως οι χρήστες της εφαρμογής (πίνακας users), είτε βοηθητικοί πίνακες που κάνουν πληρέστερη την καταχώριση των παρατηρήσεων όπως ο πίνακας που περιέχει όλα τα διαφορετικά είδη πουλιών που είναι δυνατόν να παρατηρηθούν στον ελλαδικό χώρο.

Οι χρήστες ανήκουν σε δύο ομάδες. Η πρώτη είναι οι απλοί παρατηρητές πουλιών, που αρχικά έχουν μόνον δικαίωμα ανάγνωσης και εισαγωγής δεδομένων και εκτέλεσης χωρικών ερωτημάτων σε αυτά, με τη βοήθεια της εφαρμογής χρήστη. Οι δυνατότητες μπορούν να επαναπροσδιοριστούν στο μέλλον, αν αυτό αποφασιστεί από τους διαχειριστές και οι χρήστες θα μπορούν ίσως να έχουν και άλλα δικαιώματα, όπως η τροποποίηση των παρατηρήσεων που έχουν εισάγει στο παρελθόν. Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από τους διαχειριστές του συστήματος, οι οποίοι έχουν όλα τα δικαιώματα πάνω στα δεδομένα της βάσης.

Τα προϊόντα και οι όψεις της βάσης είναι στην πράξη χωρικά δεδομένα και φόρμες εισαγωγής στοιχείων. Αυτά τα χωρικά δεδομένα είναι ο βασικός χάρτης της εφαρμογής και οι σημειακές παρατηρήσεις των χρηστών της εφαρμογής. Η εφαρμογή θα καταχωρεί απλά τις παρατηρήσεις χωρίς καμιά επεξεργασία αυτών. Υπάρχει όμως η δυνατότητα μελλοντικής τροποποίησης της εφαρμογής, ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία ειδικών αναφορών και στατιστικών στοιχείων. Για παράδειγμα θα μπορούσε να παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να μαθαίνει πόσες παρατηρήσεις ενός συγκεκριμένου είδους πουλιού έγιναν σε μια περιοχή κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Από την ανάλυση απαιτήσεων διαφάνηκαν τα κύρια χαρακτηριστικά της βάσης γεωγραφικών δεδομένων τα οποία είναι:

- Ένα βασικό χαρακτηριστικό που διαφάνηκε από την ανάλυση απαιτήσεων ήταν ο ταυτόχρονος σχεσιακός και χωρικός χαρακτήρας της βάσης γεωγραφικών δεδομένων. Οι χρήστες και διαχειριστές του συστήματος εξέφρασαν την ανάγκη να καταχωρούνται παρατηρήσεις, στις οποίες θα διασυνδέονται οντότητες, όπως ο χρήστης, η παρατήρηση που έκανε ο χρήστης αυτός και το σημείο που πραγματοποιήθηκε η παρατήρηση. Αυτό σημαίνει στην πράξη ότι οι θα χρειαστούν σχεσιακοί πίνακες όπως ο πίνακας των χρηστών και των παρατηρήσεων και οι πίνακες αυτοί θα συνδέονται με συσχετίσεις. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα να καταχωρείται η χωρική πληροφορία που πληροφορεί για το σημείο που έγινε η παρατήρηση, ώστε να υπάρχει η μελλοντική δυνατότητα περαιτέρω ανάλυσης, όπως για παράδειγμα η ανίχνευση ύπαρξης χωρικών προτύπων τα οποία είναι δυνατό να σχηματίζουν τα σημεία των παρατηρήσεων και η ανάλυση της σημασίας των προτύπων αυτών.
- Το ελάχιστο δυνατό κόστος για την υλοποίησή της. Η δημιουργία της βάσης δεδομένων δημιουργήθηκε από ομάδα εθελοντών χωρίς οικονομικούς πόρους και έτσι έπρεπε να αναζητηθούν λύσεις που δεν θα απαιτούσαν κάποιο οικονομικό κόστος. Μεγάλο μέρος όμως του κόστους ανάπτυξης μιας εφαρμογής αποτελεί η αγορά του λογισμικού υλοποίησης και υποστήριξης της εφαρμογής. Η λύση που φάνηκε να λύνει το πρόβλημα αυτό ήταν η υλοποίηση της βάσης γεωγραφικών

δεδομένων και της συνολικής εφαρμογής με ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα.

- Η εύκολη πρόσβαση στην βάση δεδομένων από οπουδήποτε, αλλά και από χρήστες που δεν έχουν κάποιο εξειδικευμένο λογισμικό ή κάποιο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, αλλά και επιπλέον δεν έχουν ιδιαίτερες γνώσεις πάνω σε θέματα χωρικών δεδομένων ή βάσεων δεδομένων. Η λύση της εφαρμογής παγκόσμιου ιστού προσφέρει τα παραπάνω με επαρκή τρόπο.

#### 4.1.2 Σχεδιασμός του Εννοιολογικού μοντέλου

Ο σχεδιασμός του εννοιολογικού μοντέλου αναφέρεται συνήθως και ως μοντελοποίηση της βάσης δεδομένων. Η μοντελοποίηση αυτή στηρίχθηκε στις ανάγκες των χρηστών, έπειτα από ανιχνευτικές συζητήσεις και πολλαπλές διορθωτικές επεμβάσεις, ακολουθώντας μια διαδικασία συνεχούς επανεξέτασης. Η μοντελοποίηση έγινε με χρήση της UML, λόγω της πληρότητάς της ως τρόπου μοντελοποίησης, αλλά και λόγω του αντικειμενοστραφούς χαρακτήρα της PostgreSQL. Οι βασικές κλάσεις που προέκυψαν από την ανάλυση απαιτήσεων, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις βασικές υποομάδες:

- ο Τις κλάσεις με χωρικό χαρακτήρα (spatial classes). Αυτές οι κλάσεις όταν υλοποιηθούν ως πινάκες της PostgreSQL, θα έχουν και ένα πεδίο (geometry column) όπου αποθηκεύεται η γεωμετρία τους.
- ο Τις κλάσεις με μη χωρικό χαρακτήρα (object classes). Σε αυτές θα αποθηκεύονται διάφορες λεπτομέρειες για την κάθε παρατήρηση, αλλά και άλλα δεδομένα.



Στο μοντέλο της γεωγραφικής βάσης δεδομένων θα εμφανίζονται και οι κλάσεις μεταδεδομένων του PostGIS (PostGIS classes). Οι κλάσεις αυτές δεν προέκυψαν από τις ανάγκες των χρηστών αλλά υπάρχουν σε κάθε βάση PostGIS-PostgreSQL για την υποστήριξη του χωρικού χαρακτήρα της βάσης.

Αναλυτικότερα, οι βασικές οντότητες-κλάσεις που διαφάνηκαν από τις ανάγκες των χρηστών και από την ανάλυση των απαιτήσεων είναι:

➤ Η κλάση “observations”. Αποτελεί την βασική οντότητα της βάσης δεδομένων. Αναπαριστά τις παρατηρήσεις που καταχωρούνται και ανήκει στις κλάσεις με χωρικό χαρακτήρα. Παρακάτω, στην υλοποίηση του λογικού μοντέλου θα γίνει πιο κατανοητός ο χωρικός χαρακτήρας της κλάσης αυτής. Τα πεδία της κλάσης είναι:

- `gid`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int`, δηλαδή ακέραιος αριθμός και καταχωρεί τον κωδικό που χαρακτηρίζει μοναδικά την κάθε παρατήρηση.
- `observation_date`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `date` και περιγράφει την ημερομηνία που πραγματοποιήθηκε η κάθε παρατήρηση.
- `observation_hour`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `date` περιγράφει την ώρα που πραγματοποιήθηκε η κάθε παρατήρηση.
- `observation_duration`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και περιγράφει τη διάρκεια κάθε παρατήρησης σε ώρες.

- `observation_media`: το πεδίο αυτό περιγράφει τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την κάθε παρατήρηση όπως για παράδειγμα τα κιάλια.
- `temperature`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί την θερμοκρασία σε βαθμούς κελσίου κατά την στιγμή πραγματοποίησης κάθε παρατήρησης.
- `wind_direction`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string`, δηλαδή συμβολοσειρά, και αναφέρεται στην κατεύθυνση του ανέμου κατά τη στιγμή πραγματοποίησης της παρατήρησης. Για παράδειγμα Βορειοανατολικός άνεμος το οποίο ο χρήστης καταχωρεί ως BA.
- `elevation`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και περιγράφει το υψόμετρο σε μέτρα που πραγματοποιήθηκε κάθε παρατήρηση.
- `the_geom`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `geometry`. Είναι δηλαδή τύπος του PostGIS που καταχωρεί τις συντεταγμένες του σημείου παρατήρησης, αλλά και το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων αυτών.
- `user_id`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και αναφέρεται στο κωδικό όνομα του χρήστη που πραγματοποίησε την παρατήρηση.
- `protection_category`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και περιγράφει το καθεστώς προστασίας της περιοχής που πραγματοποιήθηκε κάθε παρατήρηση. Για παράδειγμα: Μη Προστατευόμενη Περιοχή.
- `county`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και αναφέρεται στο όνομα του Νομού που ανήκει η περιοχή όπου έγινε η παρατήρηση.

- town: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και αναφέρεται στο όνομα του Δήμου που ανήκει η περιοχή όπου έγινε η παρατήρηση.
  
- Η κλάση “users”. Αναπαριστά τους χρήστες της εφαρμογής. Οι χρήστες κάνουν τις παρατηρήσεις. Οι χρήστες συνδέονται με την κλάση «παρατηρήσεις» με δυαδική συσχέτιση. Τα πεδία της κλάσης αυτής είναι:
  - login\_name: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και αναφέρεται στο όνομα σύνδεσης στο σύστημα του χρήστη (κωδικό όνομα) που έκανε την παρατήρηση.
  - password: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και αναφέρεται στον μυστικό κωδικό του χρήστη
  - surname: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και καταχωρεί το επώνυμο του χρήστη που έκανε την παρατήρηση.
  - firstname: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και καταχωρεί το μικρό όνομα του χρήστη που έκανε την παρατήρηση.
  - fathers\_name: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και καταχωρεί το πατρώνυμο του χρήστη που έκανε την παρατήρηση.
  - address: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και καταχωρεί την διεύθυνση του χρήστη που έκανε την παρατήρηση.
  - county: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και καταχωρεί το Νομό που κατοικεί ο χρήστης που έκανε την παρατήρηση.
  - country: το πεδίο αυτό είναι τύπου string και καταχωρεί τη χώρα που κατοικεί ο χρήστης που έκανε την παρατήρηση.

- `phone_number`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί το τηλέφωνο του χρήστη που έκανε την παρατήρηση.
  - `mobile_number`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί το κινητό τηλέφωνο του χρήστη που έκανε την παρατήρηση.
  - `email`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και καταχωρεί την ηλεκτρονική διεύθυνση αλληλογραφίας του χρήστη που έκανε την παρατήρηση.
- Η κλάση `"birds_in_greece"`. Αναπαριστά όλα τα δυνατά πτηνά που θα μπορούσαν να καταχωρηθούν στα πλαίσια μιας παρατήρησης. Τα πεδία της κλάσης αυτής είναι:
- `bird_id`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί τον μοναδικό κωδικό αριθμό του κάθε είδους πουλιού.
  - `scientific_name`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και καταχωρεί την επιστημονική ονομασία του κάθε πουλιού.
  - `english_name`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και καταχωρεί την αγγλική ονομασία του κάθε πουλιού.
  - `greek_name`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και καταχωρεί την ελληνική (κοινή) ονομασία του κάθε πουλιού.
- Η κλάση `"coast"`. Ανήκει στην ομάδα των κλάσεων με χωρικό χαρακτήρα, αναπαριστά την ακτογραμμή της Ελλάδος και είναι αναγκαία για τη δημιουργία του χάρτη πάνω στον οποίο ο χρήστης αναζητεί τον τόπο που πραγματοποίησε την παρατήρηση. Τα πεδία της κλάσης αυτής είναι:
- `gid`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί τον μοναδικό κωδικό του κάθε πολυγώνου της ακτογραμμής.

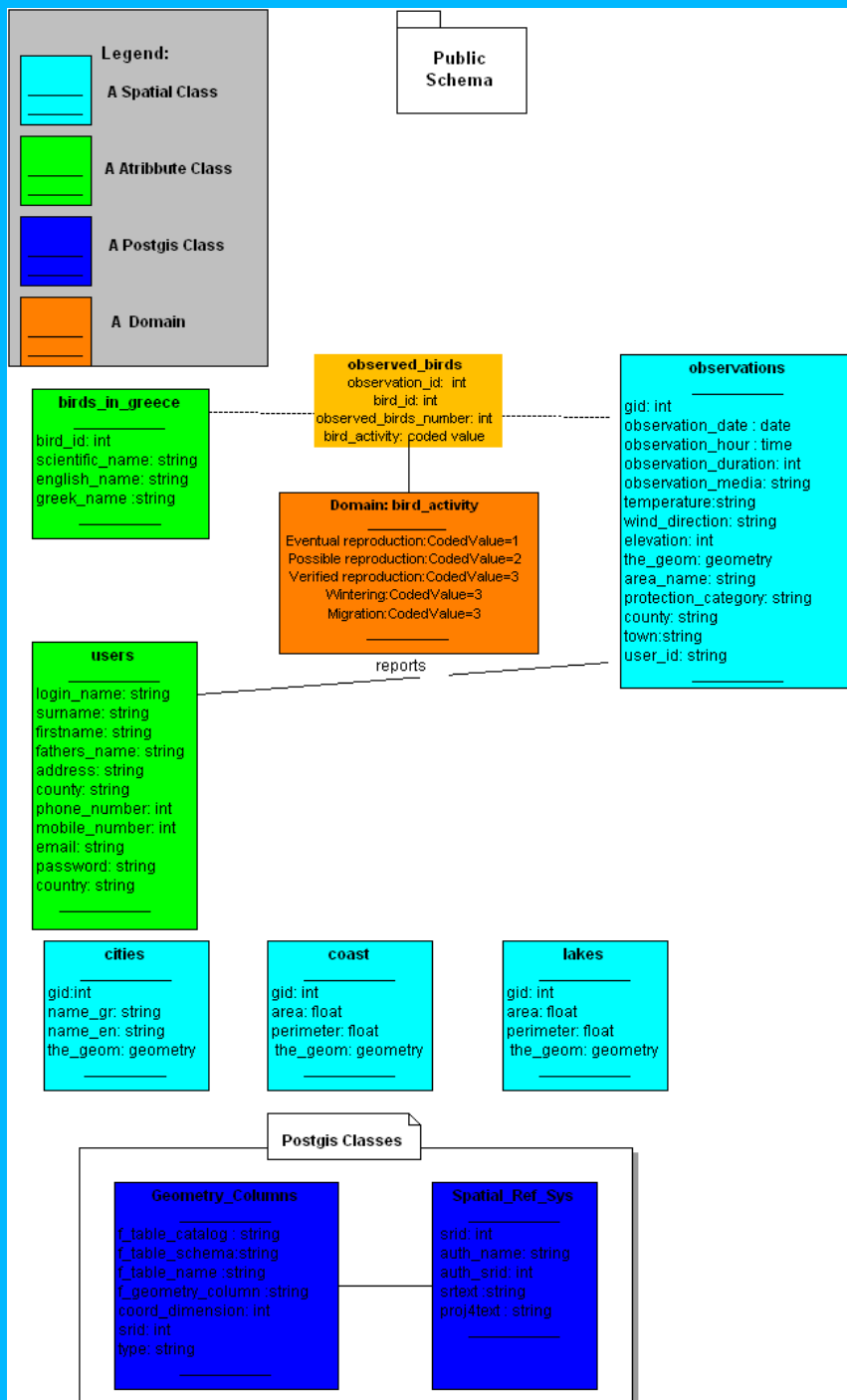
- `area`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `float`, δηλαδή πραγματικός αριθμός, και αναφέρεται στην επιφάνεια σε τετραγωνικά μέτρα που καλύπτει το κάθε πολύγωνο της ακτογραμμής.
  - `perimeter`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `float` και αναφέρεται στην περίμετρο σε μέτρα του κάθε πολυγώνου.
  - `the_geom`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `geometry`. Είναι δηλαδή τύπος του PostGIS που καταχωρεί τις συντεταγμένες των κορυφών του πολυγώνου της ακτογραμμής, αλλά και το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων αυτών.
- Η κλάση “lakes”. Ανήκει στην ομάδα των κλάσεων με χωρικό χαρακτήρα και αναπαριστά τις λίμνες της Ελλάδος. Τα πεδία της κλάσης αυτής είναι:
- `gid`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί τον μοναδικό κωδικό αριθμό της κάθε λίμνης.
  - `area`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `float` και αναφέρεται στην επιφάνεια σε τετραγωνικά μέτρα που καλύπτει η κάθε λίμνη.
  - `perimeter`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `float` και αναφέρεται στην περίμετρο σε μέτρα της κάθε λίμνης.
  - `the_geom`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `geometry`. Είναι δηλαδή, τύπος του PostGIS που καταχωρεί τις συντεταγμένες των κορυφών του πολύγωνου της κάθε λίμνης και το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων αυτών.
- Η κλάση “cities”. Ανήκει στην ομάδα των κλάσεων με χωρικό χαρακτήρα και αναπαριστά τις πόλεις της Ελλάδος. Τα πεδία της κλάσης αυτής είναι:

- `gid`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί τον μοναδικό κωδικό της κάθε πόλης.
- `the_geom`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `geometry`. Είναι δηλαδή, τύπος του PostGIS που καταχωρεί τις συντεταγμένες του σημείου παρατήρησης, τον αριθμό των διαστάσεων και το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων αυτών.
- `name_gr`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και καταχωρεί την ελληνική ονομασία της κάθε πόλης..
- `name_en`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `string` και καταχωρεί την αγγλική ονομασία της κάθε πόλης.

Οι συσχετίσεις που συνδέουν τις κλάσεις είναι οι εξής:

- Η συσχέτιση `reports` η οποία συνδέει με σχέση ένα προς πολλά την κλάση `users` με την κλάση `observations`.
- Η συσχέτιση η οποία συνδέει με σχέση πολλά προς πολλά την κλάση `observations` με την κλάση `birds_in_greece`. Η συσχέτιση αυτή έχει κάποια δικά της χαρακτηριστικά γι' αυτό και κατά την μοντελοποίηση προστέθηκε και μία κλάση συσχέτισης με τα εξής πεδία:
  - ▲ `observation_id`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και αναφέρεται στον κωδικό της παρατήρησης.
  - ▲ `bird_id`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί τον μοναδικό κωδικό αριθμό του κάθε είδους πουλιού.
  - ▲ `observed_birds_number`: το πεδίο αυτό είναι τύπου `int` και καταχωρεί τον αριθμό των πουλιών που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια της παρατήρησης.

^ bird\_activity: στο πεδίο αυτό καταχωρείται η δραστηριότητα του κάθε πουλιού που παρατηρείται και μάλιστα οι δραστηριότητες αυτές είναι αυστηρά καθορισμένες με κωδικοποιημένες τιμές που η καθεμία τους αντιστοιχεί σε κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα.



Εικόνα 4: Μοντέλο UML της βάσης γεωγραφικών δεδομένων.



### 4.1.3 Σχεδιασμός του Λογικού Σχήματος

Κατά τον σχεδιασμό του λογικού σχήματος μετασχηματίζεται το UML μοντέλο στο σχεσιακό μοντέλο δεδομένων του συγκεκριμένου συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί (Ramakrishnan & Gehrke, 2002), δηλαδή της PostgreSQL. Αυτό σημαίνει ότι οι κλάσεις μετατρέπονται σε πίνακες (σχέσεις) και δημιουργούνται επιπλέον πίνακες για ορισμένες εκ των συσχετίσεων. Αναλυτικότερα σχεδιάστηκαν οι πίνακες:

#### 1. Χωρικοί πίνακες

- **Observations.** Προέρχεται από την κλάση observations και αναπαριστά την κάθε σημειακή παρατήρηση. Η χωρική πληροφορία για το που συνέβη η παρατήρηση αποθηκεύεται στο πεδίο "the\_geom", γνωστό και ως "στήλη γεωμετρίας" (geometry column). Στην πράξη αυτή την πληροφορία την δίνει το κλικ του χρήστη πάνω στο χάρτη του περιβάλλοντος χρήστη. Ακόμη στο πίνακα αποθηκεύονται οι μη χωρικές πληροφορίες για κάθε παρατήρηση, σύμφωνα με την κλάση στο UML μοντέλο. Το πρωτεύων κλειδί του πίνακα είναι το πεδίο "gid", το οποίο είναι ο κωδικός της παρατήρησης. Η πληροφορία για το ποιος χρήστης έκανε την παρατήρησή, περιλαμβάνεται στον πίνακα με τη χρήση του κωδικού χρήστη (πεδίο user\_id) ως ξένο κλειδί.
- **Coast.** Αναπαριστά το επικάλυψη (layer) της ακτογραμμής της Ελλάδος. Το πεδίο "the\_geom" καταχωρεί τη χωρική πληροφορία. Πρωτεύων κλειδί του πίνακα είναι το πεδίο "gid".

- Lakes. Αναπαριστά το επικάλυψη (layer) που απεικονίζει τις λίμνες της Ελλάδος. Το πεδίο “the\_geom” καταχωρεί τη χωρική πληροφορία. Πρωτεύων κλειδί του πίνακα είναι το πεδίο “gid”.
- Cities. Αναπαριστά το επικάλυψη (layer) των πόλεων Ελλάδος. Το πεδίο “the\_geom” καταχωρεί τη χωρική πληροφορία. Πρωτεύων κλειδί του πίνακα είναι το πεδίο “gid”.

## 2. Μη χωρικοί πίνακες

- Users. Είναι ο πίνακας στον οποίο θα αποθηκεύονται τα στοιχεία του κάθε χρήστη. Ο πίνακας αυτός προέρχεται από την κλάση “users”.
- Birds\_in\_greece. Ο πίνακας αυτός προέρχεται από την αντίστοιχη κλάση και περιέχει προ-καταχωρήμενα όλα τα πουλιά που μπορούν να παρατηρηθούν στον ελλαδικό χώρο, ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει κάποια από αυτά κατά την εισαγωγή μιας παρατήρησης. Πρωτεύων κλειδί του πίνακα είναι το πεδίο “bird\_id”.
- Observed\_birds. Ο πίνακας αυτός δεν προέρχεται από απλή κλάση αλλά από μια κλάση συσχέτισης με το όνομα observed\_birds. Καταχωρεί την πληροφορία για το ποια πουλιά και πόσα παρατηρήθηκαν σε κάθε παρατήρηση. Έχει ως ξένα κλειδιά τον κωδικό παρατήρησης και τον κωδικό πουλιού από τους πίνακες “observations” και “birds\_in\_greece”, αντίστοιχα.

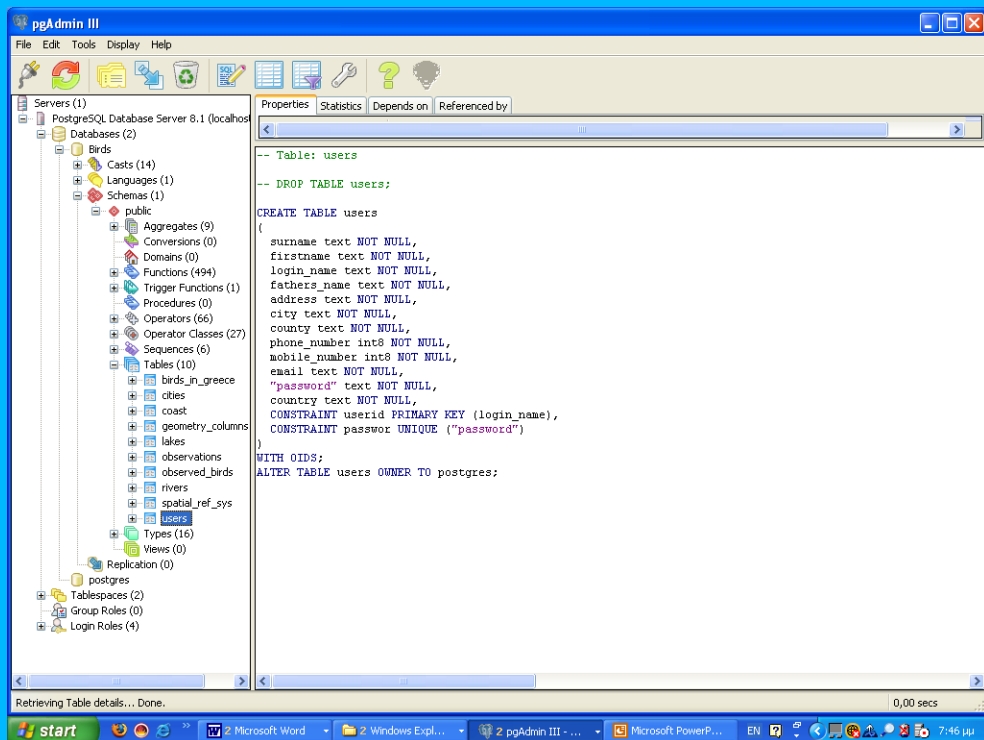
## 3. Χωρικοί πίνακες του PostGIS

- `geometry_columns`. Περιέχει χωρικά μεταδεδομένα αναγκαία για την αποθήκευση των χωρικών δεδομένων στο σύστημα PostgreSQL-PostGIS.
- `spatial_ref_sys`. Ο πίνακας αυτός αποθηκεύει όλα τα υπάρχοντα γεωγραφικά συστήματα αναφοράς.

#### **4.1.4 Υλοποίηση του Φυσικού Σχήματος**

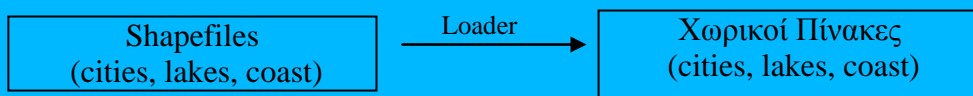
Κατά το σχεδιασμό του φυσικού σχήματος έπρεπε να ληφθούν αποφάσεις για το υλικό που θα υποστηρίξει τη βάση γεωγραφικών δεδομένων και να διερευνηθεί η ύπαρξη τεχνικών περιορισμών για το υλικό αυτό. Έτσι:

I. Η βάση γεωγραφικών δεδομένων υλοποιήθηκε στο ΣΔΒΔ της PostgreSQL με την υποστήριξη του γραφικού περιβάλλοντος διαχείρισης pgadmin.



Εικόνα 5: Η βάση γεωγραφικών δεδομένων στο περιβάλλον pgadmin

II. Πραγματοποιήθηκε εισαγωγή και μετασχηματισμός δεδομένων. Οι διάφορες πίνακες υλοποιήθηκαν με χρήση SQL. Επίσης κάποιοι πίνακες με χωρική αναφορά, όπως ο πίνακας coast, προέρχονται από shapefiles τα οποία μετατράπηκαν σε πίνακες με χρήση του εργαλείου LOADER της PostgreSQL.



Εικόνα 6: Μετατροπή των shapefiles σε πίνακες με χρήση του εργαλείου LOADER  
 Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η υλοποίηση του πίνακα των παρατηρήσεων (observations) με χρήση SQL, η οποία με τις

συναρτήσεις και επεκτάσεις του PostGIS κάνει δυνατή τη δημιουργία πινάκων με χωρική διάσταση. Παρακάτω παρατίθεται ο αντίστοιχος κώδικας σε SQL:

```
BEGIN;
```

```
CREATE TABLE "observations" (gad serial PRIMARY KEY,  
"observation_date" date, "observation_hour" time, "observation duration"  
int8, "userid" int8, "observation_media" text, "temperature" float4,  
"wind_direction" varchar, "wind_intension" float4, "height" int4, "area_name"  
text, "protection_level" text, "municipality" text, "country" text) WITH OIDS;
```

```
SELECT
```

```
AddGeometryColumn('','observations','the_geom','2100','POINT',2);
```

```
END;
```

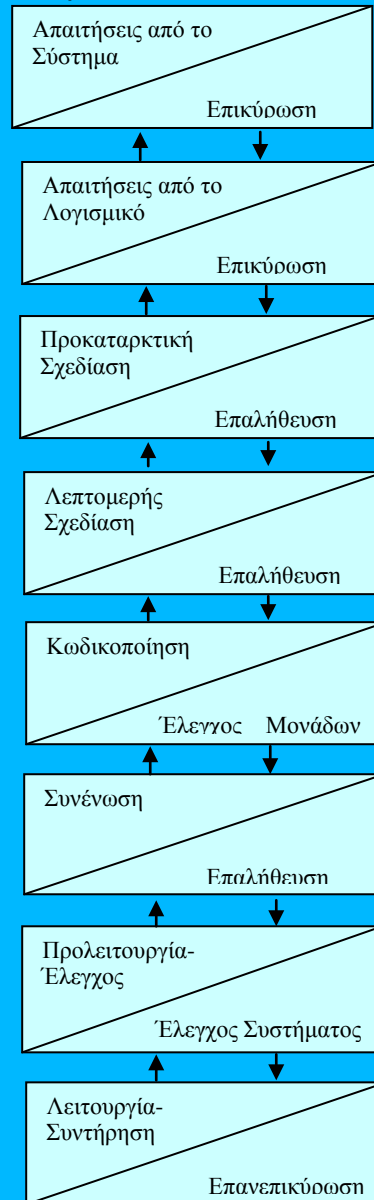
III. Δημιουργήθηκαν διάφοροι δείκτες για την καλύτερη απόδοση του συστήματος. Για την αποφυγή αργοποριών στη αναζήτηση δεδομένων στους χωρικούς πίνακες από τον Mapserver, δημιουργήθηκαν ειδικοί δείκτες GIST (Generalized Search Tree) σε κάθε χωρικό πίνακα οι οποίοι. Να σημειωθεί εδώ ότι οι δείκτες R-tree δεν χρησιμοποιούνται πια στο PostGIS. Ένα παράδειγμα δημιουργίας ενός τέτοιου δείκτη με κώδικα SQL φαίνεται παρακάτω:

```
“CREATE INDEX observations_ ON observations USING GIST  
(the_geom);”
```

#### **4.2 Σχεδιασμός και Υλοποίηση της εφαρμογής Χρήστη**

Η εφαρμογή χρήστη είναι στην πραγματικότητα μία εφαρμογή παγκόσμιου ιστού, η οποία αποτελεί το αποτέλεσμα της συνεργασίας μίας σειράς εφαρμογών ανοιχτού κώδικα. Για το σχεδιασμό της εφαρμογής χρήστη χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο του καταρράκτη το

οποίο επιλέχθηκε λόγω του μικρού μεγέθους της εφαρμογής, αλλά και των απαιτήσεων της οι οποίες ήταν εύκολα καθορίσιμες από την αρχή οπότε η ακολουθιακή δομή του μοντέλου του καταρράκτη θα έδινε έναν γρήγορο σχεδιασμό.



Εικόνα 7: Το μοντέλο κύκλου ζωής της εφαρμογής χρήστη

I. Απαιτήσεις από το σύστημα. Παρόμοια με το στάδιο της ανάλυσης απαιτήσεων για τον σχεδιασμό της Βάσης Γεωγραφικών Δεδομένων, σε αυτό το στάδιο διερευνήθηκαν με τη χρήση συζητήσεων με τους χρήστες, οι απαιτήσεις και οι ανάγκες αυτών σε σχέση με την εφαρμογή που επρόκειτο να υλοποιηθεί. Τα συμπεράσματα από αυτό το στάδιο παρατίθενται παρακάτω. Έτσι λοιπόν η εφαρμογή θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά.

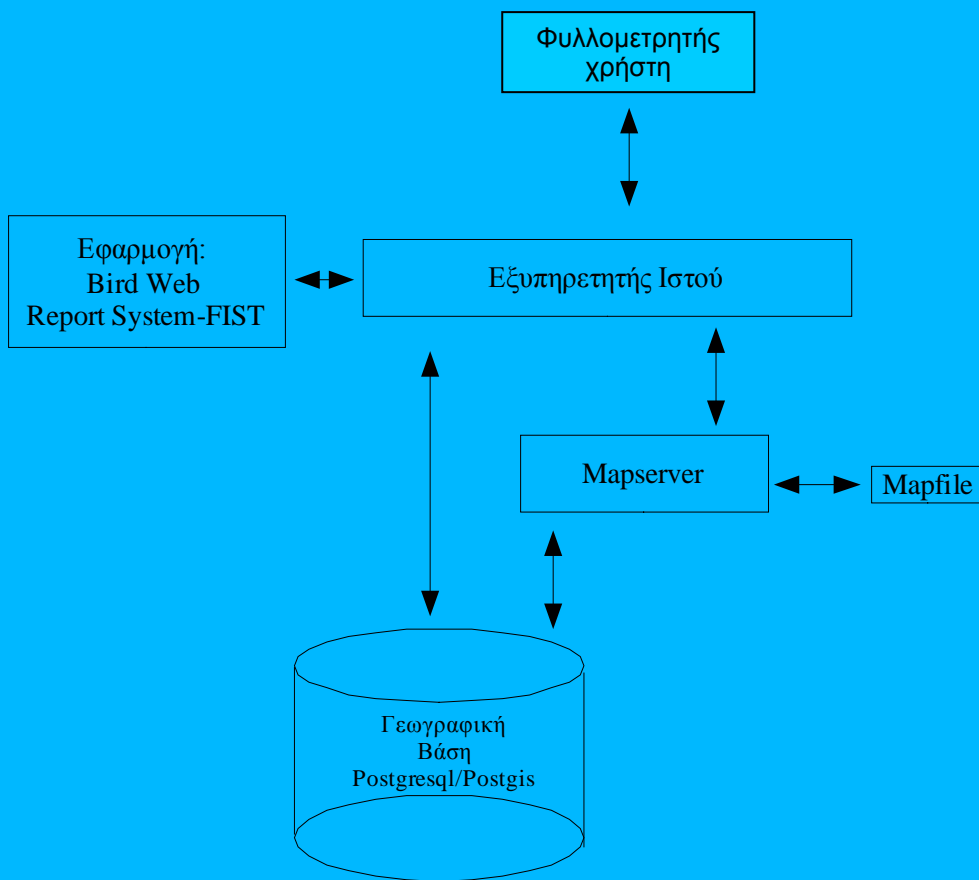
- Την επεκτασιμότητα. Να υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης των δυνατοτήτων της εφαρμογής και της βάσης δεδομένων, αλλά και πολλαπλές επιλογές ως προς τη μορφή και το τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων, τώρα και στο μέλλον. Αυτά τα χαρακτηριστικά καλύφθηκαν στο μεγαλύτερο μέρος από την επιλογή της PostgreSQL και του PostGIS.
- Την διαλειτουργικότητα. Η εφαρμογή πρέπει να είναι δυνατό να διασυνδέεται με διάφορα και διαφορετικής αρχιτεκτονικής συστήματα, εμπορικά αλλά και ελεύθερα, ακολουθώντας τα πρότυπα και τις διεθνείς τυποποιήσεις τόσο στο χώρο των βάσεων δεδομένων, όσο και στο χώρο των χωρικών δεδομένων και των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών.
- Την φιλικότητα προς το χρήστη. Η εφαρμογή χρήστη πρέπει να είναι απλή στην χρήση και εύκολα κατανοητή.

II. Απαιτήσεις από το λογισμικό. Οι απαιτήσεις από το λογισμικό αφορούν καταρχήν την αξιοπιστία και αποδοτικότητα της εφαρμογής κάτι που συνδέεται άμεσα με την αξιοπιστία του ελεύθερου λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της και αναφέρθηκε διεξοδικά σε προηγούμενο κεφάλαιο. Μία από

τις απαιτήσεις είναι βέβαια και το μικρό κόστος απόκτησης του λογισμικού όπως επίσης έχει προαναφερθεί.

III. Προκαταρκτική σχεδίαση. Στο στάδιο αυτό καθορίστηκε ποιες θα είναι οι μονάδες που θα αποτελούν την εφαρμογή και με ποιον τρόπο θα συνδέονται. Πολλές τέτοιες μονάδες ήταν τμήματα του FIST. Στην εικόνα 8 βλέπουμε την αρχιτεκτονική του συστήματος και τη λειτουργία του. Ο φυλλομετρητής του χρήστη ζητά μία σελίδα από τον εξυπηρετητή. Για παράδειγμα, ζητά μια περιοχή της Χίου σε μεγέθυνση, ώστε να εισαχθεί μια παρατήρηση κάπου στη Χίο. Ο εξυπηρετητής Apache θα επιστρέψει τη σελίδα, αφού πρώτα εκτελέσει τον κώδικά PHP αυτής και με τη βοήθεια του MapServer θα αποδοθεί η μεγενθυμένη εικόνα. Ο MapServer για να αποδώσει την εικόνα αυτή, θα πρέπει να επικοινωνήσει με τη βάση γεωγραφικών δεδομένων, αφού πρώτα διαβάσει το mapfile με τις λεπτομερείς οδηγίες για το όνομα της βάσης, τον τρόπο σύνδεσης σε αυτή και τον τρόπο απόδοσης των δεδομένων.





Εικόνα 8: Αρχιτεκτονική του συστήματος

- **Φυλλομετρητής:** Χρησιμοποιείται από τον χρήστη της εφαρμογής
- **Εξυπηρετητής ιστού:** Αποδίδει τις σελίδες της εφαρμογής στον φυλλομετρητή του χρήστη. Έπειτα από κάθε αίτηση του φυλλομετρητή, διαβάζει τον κώδικα php της εφαρμογής και επικοινωνεί απευθείας με τη βάση δεδομένων, όταν ζητούνται χωρικά δεδομένα (όπως για παράδειγμα ο κατάλογος των πουλιών), ενώ καλεί την εφαρμογή του MapServer όταν απαιτούνται χωρικά δεδομένα.
- **MapServer:** Αποδίδει στον εξυπηρετητή ιστού τα χωρικά δεδομένα, αφού διαβάσει το mapfile και συνδεθεί με τη

γεωγραφική βάση για να γίνει ανάγνωση των χωρικών δεδομένων.

- **Mapfile:** Περιέχει πληροφορίες για το ποια βάση δεδομένων περιέχει τα δεδομένα και για το πώς αυτά θα οπτικοποιηθούν.

Με ανάλογο τρόπο γίνεται και η καταχώριση της παρατήρησης με τη βοήθεια της rhr. Ο χρήστης, αφού κάνει κλικ στο σημείο που επιθυμεί να εισάγει την παρατήρησή του, συμπληρώνει διάφορες λεπτομέρειες σε μια φόρμα, που αφορούν την παρατήρηση που πραγματοποιήσε.

IV. Λεπτομερής σχεδίαση. Κατά την λεπτομερή σχεδίαση έπρεπε να γίνει ο σχεδιασμός της εσωτερικής δομής κάθε μονάδας της εφαρμογής. Στην πράξη πολλές μονάδες ήταν τμήματα του FIST τα οποία έπρεπε να υποστούν αλλαγές ώστε να εξυπηρετούν τις ανάγκες της εφαρμογής.

V. Κωδικοποίηση. Στο στάδιο αυτό έγινε η συγγραφή του κώδικα σε γλώσσα rhr, που ήταν αναγκαίος για την λειτουργία της εφαρμογής και τροποποιήθηκαν αρκετά τμήματα του FIST, ώστε να είναι δυνατή η ομαλή λειτουργία της εφαρμογής. Παράλληλα σε αυτό το στάδιο για την υλοποίηση της εφαρμογής που κωδικοποιήθηκε έπρεπε να βρεθεί το απαιτούμενο λογισμικό για την πρόσβαση στη βάση δεδομένων και οπτικοποίηση των δεδομένων μέσω διαδικτύου. Το λογισμικό αυτό αποτελείται από:

- Τον εξυπηρετητή παγκόσμιου ιστού Apache
- Τον MapServer
- Το πρότυπο FIST για τη δημιουργία του διαδικτυακού περιβάλλοντος χρήσης

- ο Την γλώσσα προγραμματισμού PHP

Το παραπάνω λογισμικό αποκτήθηκε μέσω διαδικτύου και εγκαταστάθηκε στο υπολογιστικό σύστημα υλοποίησης της εφαρμογής. Το λογισμικό συνοδεύεται από επαρκή τεκμηρίωση και τις κατάλληλες άδειες χρήσης που δίνουν το δικαίωμα ελεύθερης χρήσης και μετατροπής του.

VI. Συνένωση. Στο στάδιο αυτό έγινε η συνένωση των διάφορων μονάδων, για την οποία χρειάστηκαν διορθωτικές παρεμβάσεις στον κώδικά που καθορίζει τον τρόπο επικοινωνίας των μονάδων. Ακόμη χρειάστηκε να γίνει λεπτομερής παραμετροποίηση του λογισμικού οπτικοποίησης της χωρικής πληροφορίας (MapServer).

VII. Προλειτουργία. Στο στάδιο αυτό έγινε δοκιμαστική λειτουργία της εφαρμογής ώστε να ανιχνευθούν ατέλειες και σφάλματα.

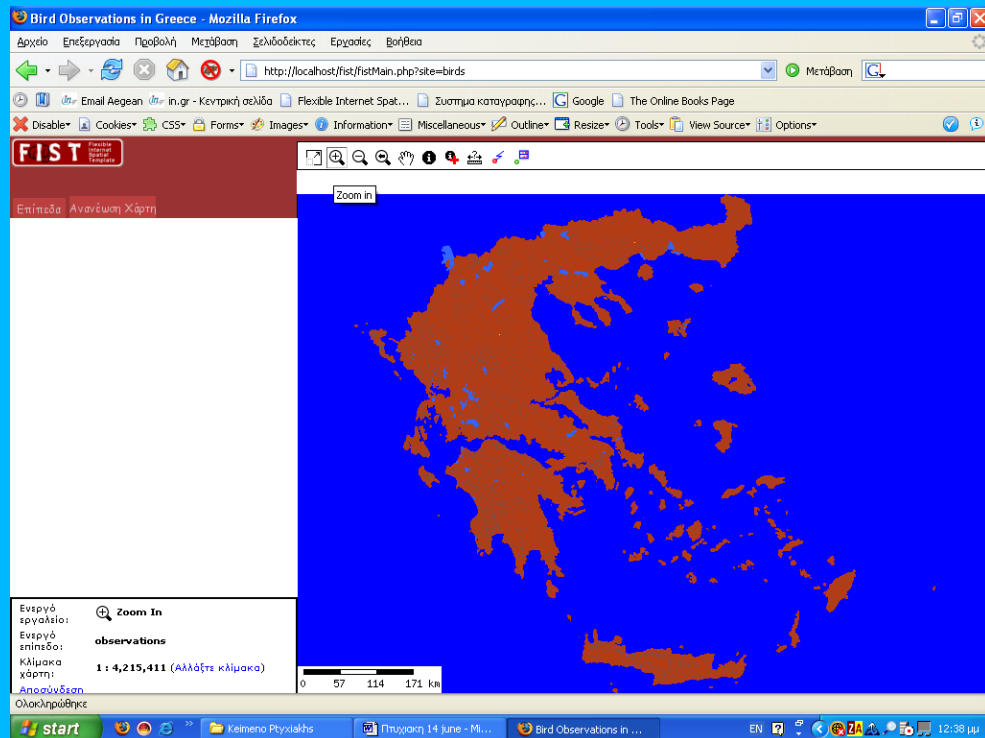
VIII. Λειτουργία. Η εφαρμογή στο στάδιο αυτό έχει πλήρη λειτουργικότητα και έχει δοκιμαστεί ώστε να μην παρουσιάζει προβλήματα.

#### **4.2.1 Εφαρμογή χρήστη.**

Όπως σε κάθε εφαρμογή παγκόσμιου ιστού, έτσι και στην παρούσα, ακολουθείται η προσέγγιση πελάτη-εξυπηρετητή για την εξυπηρέτηση ενός αιτήματος του χρήστη. Η κάθε σελίδα που ζητά ο φυλλομετρητής του χρήστη αποδίδεται σε αυτόν, αφού πρώτα εκτελεστεί από τον εξυπηρετητή Apache ο κώδικας PHP που περιέχει η ιστοσελίδα.

Παράλληλα όμως, υπάρχει και η ανάγκη για οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων, δεδομένου του γεγονότος ότι ο τρόπος που επιλέχθηκε για την εισαγωγή δεδομένων είναι ένας χάρτης της

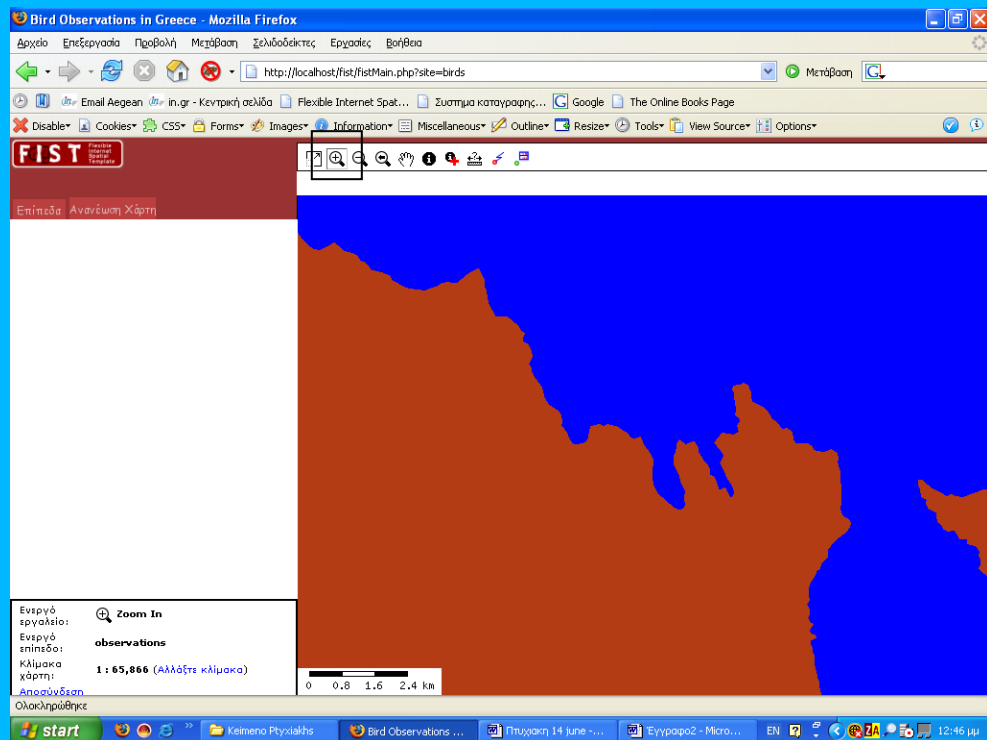
Ελλάδος. Στο χάρτη αυτό ο χρήστης βρίσκει την τοποθεσία όπου έκανε την παρατήρηση και έπειτα από κατάλληλες εστιάσεις (zoom), εισάγει την παρατήρηση με ένα κλικ στον χάρτη.



Εικόνα 9: Η αρχική ιστο-σελίδα εισαγωγής παρατηρήσεων πουλιών

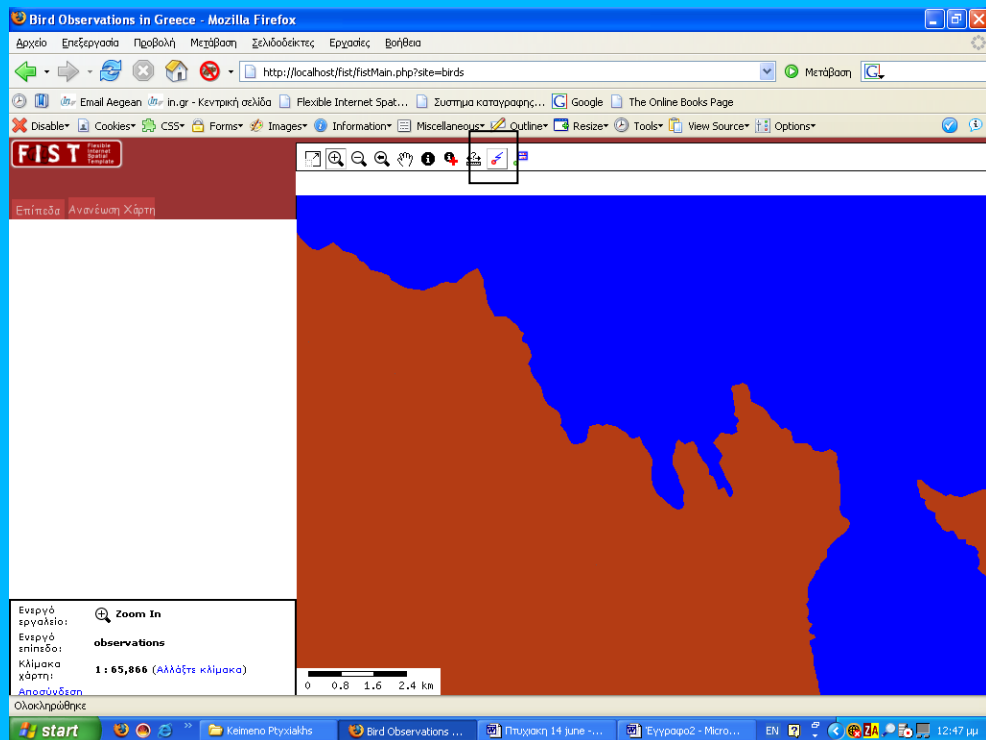
Αναλυτικότερα ο χρήστης:

1. Εστιάζει με το εργαλείο εστίασης στο σημείο που επιθυμεί να εισάγει την παρατήρηση (Βήμα 1<sup>ο</sup>).



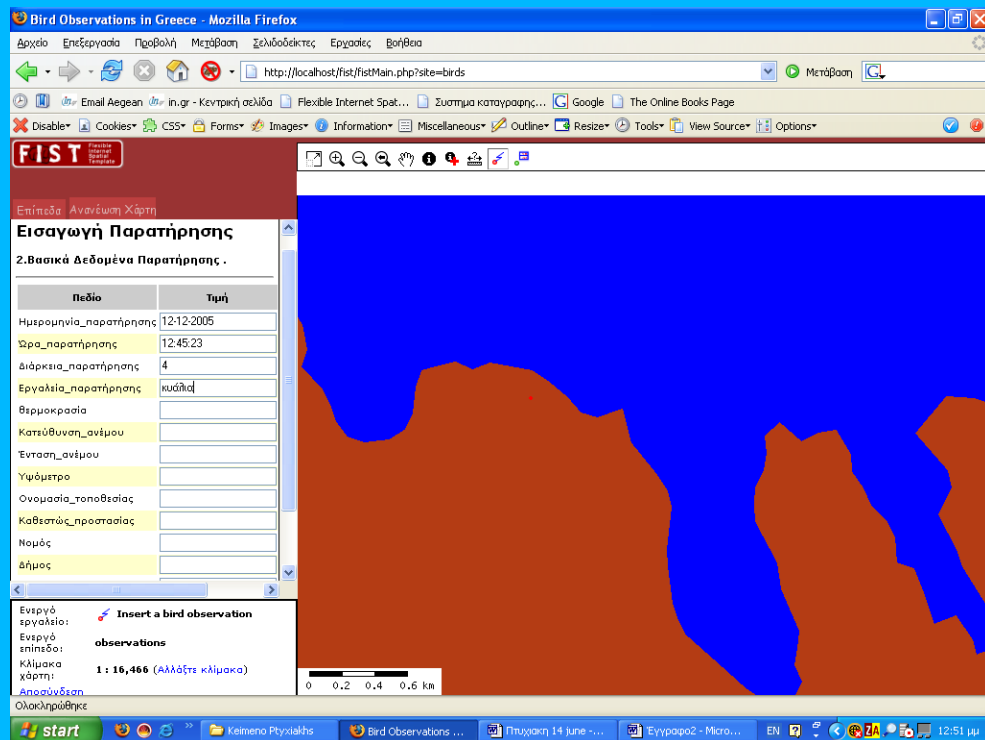
Εικόνα 10: Εισαγωγής παρατήρησης: Βήμα 1<sup>ο</sup>

2. Επιλέγει το εργαλείο εισαγωγής παρατήρησης και κάνει κλικ στο σημείο αυτό (Βήμα 2<sup>ο</sup>).



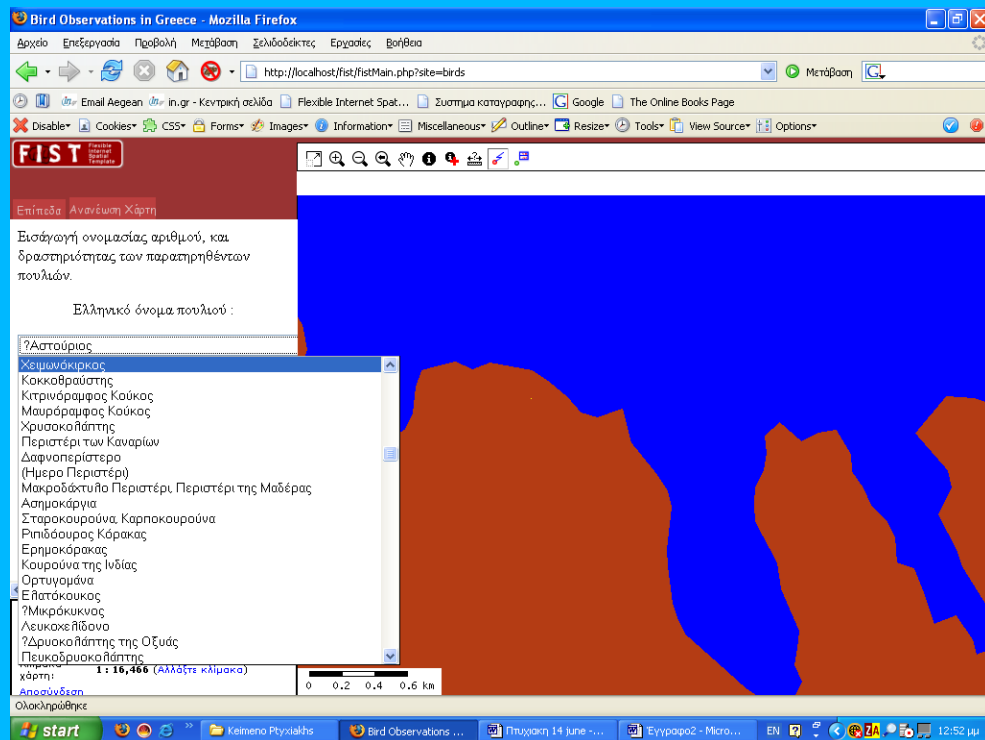
Εικόνα 11: Εισαγωγής παρατήρησης: Βήμα 2<sup>ο</sup>

3. Έπειτα, στο αριστερό μέρος της οθόνης μπορεί να εισάγει τα βασικά δεδομένα για τις συνθήκες και την περιοχή της παρατήρησης (Βήμα 3<sup>ο</sup>).



Εικόνα 12 : Εισαγωγής παρατήρησης: Βήμα 3<sup>ο</sup>

4. Στο επόμενο βήμα επιλέγει το είδος και αριθμό των παρατηρηθέντων πουλιών, αλλά και τη δραστηριότητα αυτών. Αυτό το βήμα μπορεί να επαναλαμβάνεται, μέχρι να εισαχθούν όλα τα διαφορετικά είδη πουλιών που παρατηρήθηκαν και ο χρήστης να επιλέξει έξοδο από τη διαδικασία εισαγωγής της παρατήρησης. (Βήμα 4<sup>ο</sup>)



Εικόνα 13: Εισαγωγής παρατήρησης: Βήμα 4<sup>ο</sup>

Εδώ θα πρέπει να παρατηρηθεί ότι ένα σημαντικό ζήτημα που προέκυψε κατά το σχεδιασμό, είναι ο βαθμός ακρίβειας και η κλίμακα της χωρικής πληροφορίας. Οι δυο προσεγγίσεις που κυριαρχούν είναι:

1. Ο χώρος να διαιρείται σε ισομεγέθη τμήματα διαστάσεων λίγο χιλιομέτρων (Birdtrack, 2006). Η παρατήρηση του χρήστη θα βρίσκεται μέσα σε ένα τετράγωνο και έτσι λύνεται το πρόβλημα της διαφορετικής θέσης του παρατηρητή και ενός πτηνού. Με αυτή την προσέγγιση παρουσιάζεται όμως πρόβλημα, λόγω μη ικανοποιητικού επιπέδου ανάλυσης της χωρικής πληροφορίας. Αυτό συμβαίνει γιατί το επικάλυψη ανάλυσης έχει ως όριο το



τετράγωνο που επιλέγεται, ενώ μπορεί να απαιτείται πολύ μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

2. Σύμφωνα με τη δεύτερη προσέγγιση, η οποία και επιλέχθηκε τελικά, οι χρήστες εισάγουν προσεγγιστικά την ακριβή κατά αυτούς θέση της παρατήρησης. Αυτό γίνεται είτε επιλέγοντας το σημείο της παρατήρησης από έναν χάρτη, είτε εισάγοντας τις συντεταγμένες της παρατήρησης που γνωρίζουν από κάποια συσκευή GPS. Βεβαία υπάρχει ο κίνδυνος ο χρήστης να σφάλει ως προς το σημείο που επέλεξε στο χάρτη και μόνον η χρήση του GPS θα έδινε μια πολύ πιο μεγάλης ακρίβειας πληροφορία, αλλά δυστυχώς λίγοι χρήστες χρησιμοποιούν τέτοιες συσκευές ακόμη.

Ο MapServer καλύπτει την ανάγκη παρουσίασης διαφόρων επικαλύψεων χωρικής πληροφορίας (όπως είναι η ακτογραμμή και τα ποτάμια) που βοηθούν τον χρήστη στο προσδιορισμό του σημείου παρατήρησης, καθώς και οπτικοποίησης του ίδιου του σημείου παρατήρησης.

Η παραμετροποίησή του MapServer γίνεται με τη βοήθεια μιας ιδιότυπης γλώσσας με την οποία καθορίζεται το πως θα οπτικοποιηθούν τα επίπεδα, από που θα αντληθούν τα δεδομένα και ποια γραφικά αντικείμενα θα εμφανιστούν. Οι οδηγίες αυτές βρίσκονται καταχωρημένες στο ειδικό αρχείο παραμετροποίησης `mapfile`. Κάθε φορά που ζητείται από τον MapServer η οπτική απόδοση χωρικών δεδομένων, γίνεται ανάγνωση του `mapfile` και έπειτα ο MapServer συνδέεται με την πηγή των δεδομένων. Για παράδειγμα, προκειμένου να οριστεί και να οπτικοποιηθεί το επικάλυψη «παρατηρήσεις» (`observations`) στο χάρτη της εφαρμογής, δημιουργήθηκε ο παρακάτω κώδικας στο `mapfile`.

LAYER

NAME "observations"

STATUS ON

DATA "the\_geom from public.observations USING srid=2100"

TYPE POINT

CONNECTIONTYPE POSTGIS

CONNECTION "user=postgres password=iliaskoz dbname=Birds  
host=localhost port=5432"

CLASSITEM "gid"

UNITS METERS

SIZEUNITS PIXELS

TOLERANCE 0

TOLERANCEUNITS PIXELS

TEMPLATE "nepas.html"

CLASS

NAME "gid"

STYLE

SYMBOL "circle"

COLOR 120 80 80

SIZE 1

MINSIZE 1

MAXSIZE 100

END

END

END

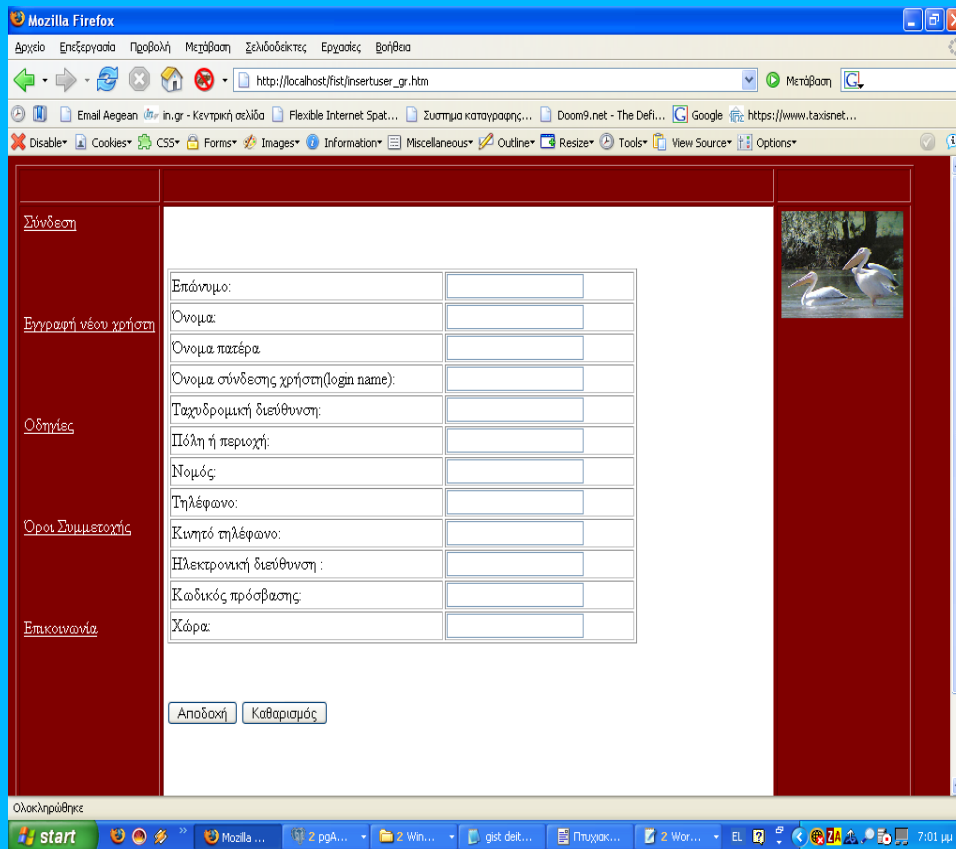
Το παραπάνω απόσπασμα του mapfile ερμηνεύεται ως εξής:

*“Ο MapServer θα οπτικοποιεί τις παρατηρήσεις διαβάζοντας την χωρική στήλη the\_geom του πίνακα observations, της γεωγραφικής βάσης Birds”*

Η παρατήρηση λοιπόν είναι ένα σημείο στο χάρτη και αποθηκεύεται στην PostgreSQL ως ένας πίνακας-επικάλυψη του PostGIS. Σε αυτό τον πίνακα, η χωρική πληροφορία αποθηκεύεται στο πεδίο με το όνομα “the\_geom” και ο χωρικός του τύπος είναι σημείο (point).

#### **4.2.2 Πολιτική διαχείρισης και ασφάλειας της εφαρμογής**

Κάθε χρήστης της εφαρμογής θα πρέπει να εγγραφεί την πρώτη φορά, ώστε να του επιτραπεί η εισαγωγή παρατηρήσεων. Η εγγραφή του χρήστη γίνεται σε μια φόρμα την οποία συμπληρώνει, τα δεδομένα της οποίας αποθηκεύονται στον πίνακα users της βάσης δεδομένων. Η εγγραφή του χρήστη και η επικοινωνία της σελίδας εγγραφής με την PostgreSQL, γίνεται με τη χρήση της php.



Εικόνα 14: Φόρμα εγγραφής νέου χρήστη

Πολύ σημαντική είναι σε αυτή τη φάση υλοποίησης, η δυνατότητα διασύνδεσης της rhp με την PostgreSQL, κάνοντας δυνατή την εισαγωγή δεδομένων μέσω φορμών HTML, τις οποίες διαχειρίζεται ανάλογος κώδικας σε rhp. Όπως έχει προαναφερθεί, οι διάφορες μεταβλητές της φόρμας που περιέχουν τα δεδομένα, όπως για παράδειγμα το όνομα του χρήστη, “στέλνονται” μέσω της φόρμας σε μια σελίδα rhp, η οποία μετατρέπει τις μεταβλητές σε ορίσματα SQL κώδικα, ώστε να εισαχθούν στη βάση γεωγραφικών δεδομένων.

## 5 Συμπεράσματα-Συζήτηση

### 5.1 Συμπεράσματα.

Με την υλοποίηση της εφαρμογής απαντήθηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν αρχικά. Το πρόβλημα της απουσίας ενός συστήματος καταγραφής παρατηρήσεων πουλιών στον Ελλαδικό χώρο, λύθηκε χωρίς την ανάγκη αγοράς ακριβού λογισμικού, ενώ παράλληλα η εφαρμογή που δημιουργήθηκε είναι εύκολη στη χρήση και προσβάσιμη σε οποιονδήποτε παρατηρητή έχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Ακόμη, ικανοποιήθηκε το ερώτημα της διερεύνησης της αποτελεσματικότητας και αξιοπιστίας του ελεύθερου λογισμικού στο χώρο των βάσεων γεωγραφικών δεδομένων. Εδώ να σημειωθεί ότι η υποστήριξη της προσπάθειάς μας από άλλους χρηστές της κοινότητας του ΕΛΛΑΚ, ήταν εντυπωσιακή. Συνήθως αυτή η υποστήριξη γινόταν με τη χρήση των λιστών ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (mailing lists), όπου δημοσιεύαμε προβλήματα που συναντούσαμε κατά τη διάρκεια υλοποίησης και ατέλειες (bugs) του λογισμικού. Η μεγάλη ανταπόκριση που υπήρξε αποδεικνύει το δυναμικό και δημιουργικό χαρακτήρα του ελεύθερου λογισμικού, που επιτρέπει τη γρήγορη λύση, προβλημάτων, αφού η δημοσιοποίηση μιας ατέλειας από μέρος μας ή από άλλους χρήστες, κινητοποιούσε μεγάλο αριθμό προγραμματιστών που έδιναν μια ή και περισσότερες λύσεις γι' αυτήν. Κάτι τέτοιο θα ήταν αδύνατο να συμβεί στο κλειστό περιβάλλον μιας εταιρίας, η οποία πρέπει να διατηρήσει τον κώδικά που παράγεται μυστικό.

Μέσα από τη διαδικασία ανάπτυξης, προέκυψαν νέες ιδέες ενώ παράλληλα ο ανοιχτός χαρακτήρας της εφαρμογής άνοιγε δημιουργικούς δρόμους υλοποίησης των ιδεών αυτών. Να

παρατηρηθεί εδώ ότι η εφαρμογή αποτελεί από μόνη της ένα παράδειγμα εφαρμογής ανοιχτού κώδικα ελεύθερου σε μετατροπές και αναδιανομή.

Συνοψίζοντας, μέσα από τη διαδικασία σχεδίασης και υλοποίησης της εφαρμογής προέκυψε ότι:

- Η ολοκληρωμένη διαχείριση γεωγραφικών δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει την εισαγωγή, αποθήκευση, επεξεργασία και προβολή αυτών, είναι δυνατή με τη χρήση ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα.
- Ο χρόνος υλοποίησης μιας τέτοιας εφαρμογής δεν είναι μεγάλος σε σχέση με παρόμοιο εμπορικό λογισμικό. Η συνεργασία μεταξύ των διαφόρων πακέτων λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν πολύ ικανοποιητική.
- Υπάρχει μεγάλη υποστήριξη από μια πολυπληθή κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών, που κάνουν δυνατή την υπερπήδηση των εμποδίων που παρουσιάζονται.
- Η επιλογή υλοποίησης της εφαρμογής για την καταγραφή παρατηρήσεων πουλιών ως εφαρμογής παγκόσμιου ιστού, κρίθηκε επιτυχής και εύχρηστη.
- Η ίδια η εφαρμογή αποτελεί μια συνέχεια του ανοιχτού χαρακτήρα του ελεύθερου λογισμικού στο οποίο βασίστηκε. Έτσι, η ίδια η εφαρμογή δημοσιεύεται με το σύνολο του πηγαίου κώδικα και των αλλαγών σε αυτόν κάτω από την GNU GPL άδεια.

- Η εφαρμογή έχει δυνατότητες μελλοντικής επέκτασης, εκμεταλλευόμενη τις δυνατότητες της php να επικοινωνεί με την PostgreSQL.
- Η εφαρμογή θα πετύχει πλήρως τους στόχους της μόνον εάν θα επιτευχθεί η επικοινωνία με τους τελικούς χρήστες. Η οποιαδήποτε βελτίωση των λειτουργιών του γραφικού περιβάλλοντος θα πρέπει απορρέει απ' τις απαιτήσεις των χρηστών (μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, συναντήσεων και συνεντεύξεων).

### **5.2 Δυσκολίες που αφορούν τη λειτουργία της εφαρμογής**

Δουλεύοντας με το ΣΔΒΣ PostgreSQL, έγινε δυνατό να αναδειχτούν οι δυνατότητες αλλά και οι ατέλειες του συγκεκριμένου συστήματος, το οποίο βρίσκεται βεβαίως σε εξέλιξη.

Έτσι, η απουσία υποστήριξης raster δεδομένων από την PostgreSQL, δεν δίνει τη δυνατότητα χρήσης αυτών για μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση των χαρτών. Να σημειωθεί βέβαια ότι η χρήση των raster δεδομένων συνάντα και αλλά εμπόδια, όπως η αργή «φόρτωση» των εικόνων από τους φυλλομετρητές ιστού, κάτι που σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, με τη μικρή ακόμα χρήση των ευρυζωνικών συνδέσεων, αποτελεί σοβαρό παράγοντα, άρα και λόγο επιλογής του κατάλληλου τύπου γεωγραφικών δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν.

Ακόμη, το σύστημα της PostgreSQL αποτελεί κάτι το καινούριο για τους διαχειριστές, οι οποίοι θα είναι πιθανώς εξοικειωμένοι με άλλο εμπορικό λογισμικό διαχείρισης βάσεων δεδομένων, όπως η Microsoft Accesss. Προκύπτει λοιπόν θέμα εκπαίδευσης των

διαχειριστών, αλλά και κάτι ποιοτικά πιο σημαντικό: αυτό της “μύησής” τους στο κόσμο του ελεύθερου λογισμικού, ώστε να αποκτηθεί η επικοινωνία με την κοινότητα των χρηστών. Με αυτό τον τρόπο, η δημιουργία παρόμοιων εφαρμογών μπορεί να αποτελέσει ένα ποιοτικό βήμα για την «είσοδο» στην κοινότητα του ελεύθερου λογισμικού.

### **5.3 Δυνατότητες μελλοντικής έρευνας**

Το σύστημα αυτό αποτελεί ένα βήμα στο χώρο της συλλογής και διαχείρισης περιβαλλοντολογικών και οικολογικών δεδομένων στον ελλαδικό χώρο. Τα δεδομένα που καταχωρούνται αφορούν μόνον πουλιά. Έτσι, οποιαδήποτε έρευνα η οποία θα απαιτεί δεδομένα από άλλους ζωικούς ή φυτικούς πληθυσμούς, δεν θα μπορεί να βασιστεί μόνο στα δεδομένα της παρούσης εφαρμογής.

Μια οριζόντια επέκταση της εφαρμογής μας είναι ένα σύστημα ελεύθερου λογισμικού το οποίο θα δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής, επεξεργασίας και οπτικοποίησης πλήθους διαφορετικών δεδομένων, όπως παρατηρήσεις πουλιών, ζώων και φυτικών οργανισμών, αλλά παράλληλα και περιβαλλοντολογικών και μετεωρολογικών δεδομένων και δεικτών. Το παραπάνω σύστημα θα αποτελούσε ένα πολύπλευρο και χρήσιμο εργαλείο στα χέρια επιστημόνων, οργανισμών προστασίας της χλωρίδας και πανίδας και κρατικών υπηρεσιών. Προτείνεται λοιπόν ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος για τον Ελλαδικό χώρο, το οποίο θα αποτελέσει παράλληλα ένα σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων. Το πληροφοριακό αυτό σύστημα θα μπορούσε να έχει την μορφή εφαρμογής παγκόσμιου ιστού, ώστε να είναι δυνατή η εύκολη πρόσβαση σε αυτό με τη χρήση φυλλομετρητών. Τα



μετεωρολογικά δεδομένα είναι δυνατό να παρέχονται από την επικοινωνία του πληροφοριακού συστήματος με δεδομένα από άλλα μετεωρολογικά πληροφοριακά συστήματα και σταθμούς μέτρησης.

Ένα τέτοιο πληροφοριακό σύστημα θα επέτρεπε την μεγαλύτερη αλληλεπίδραση και επικοινωνία ερευνητών και ομάδων στους τομείς του περιβάλλοντος, της οικολογίας, της βιολογίας και της γεωγραφίας, με διαχείριση πλήθους δεδομένων, τα οποία σε άλλη περίπτωση θα έμεναν μόνον στην εκάστοτε ομάδα η ερευνητή. Ακόμη, θα επέτρεπε τη πραγματοποίηση συγκρίσεων, ανάλυσης της αλληλεπίδρασης φαινομένων και την παρακολούθηση φαινομένων μέσα από μια συνολική σκοπιά.

Περαιτέρω τεχνολογικά θέματα σχετικά με το παραπάνω σύστημα, είναι ο καλύτερος ορισμός του επίπεδου ανάλυσης και η χρήση raster δεδομένων (δορυφορικών εικόνων), τα οποία δίνουν πολύ καλύτερα οπτικά αποτελέσματα. Ακόμη, πολύ σημαντική θα ήταν και η εκμετάλλευση των χωρικών εργαλείων ανάλυσης του PostGIS για τη χωρική ανάλυση των δεδομένων, όπως και η διερεύνηση χρήσης νέων μορφών δεδομένων, όπως τα χωρικά δεδομένα πολλών διαστάσεων (multidimensional). Τέλος, η προσθήκη της δυνατότητας το σύστημα να παραδίδει τα δεδομένα σε διαδεδομένες μορφές προτυποποίησης, όπως η GML (Geography Markup Language) θα έδινε στο σύστημα τη δυνατότητα επικοινωνίας με πλήθος συστημάτων και εφαρμογών που χρησιμοποιούν αυτά τα πρότυπα. Θα μπορούσε λοιπόν να χρησιμοποιηθεί η προτυποποίηση WFS (Web Feature Server) του OGC (OGC: Web Feature Service Implementation Specification, 2002), η οποία ορίζει επακριβώς τον τρόπο επικοινωνίας εφαρμογών

στο διαδίκτυο, οι οποίες επικοινωνούν βάσει του μοντέλου πελάτη-εξυπηρετητή και ανταλλάσσουν χωρικά δεδομένα σε μορφή GML.

Ειδικότερα, το σύστημα θα μπορούσε να λειτουργεί ως WFS εξυπηρετητής, έτσι ώστε να είναι δυνατό να αποδίδει χωρικά δεδομένα σε μορφή GML, σε άλλες εφαρμογές (WFS πελάτες).

Το παραπάνω σύστημα, αν και εξαιρετικά σύνθετο, είναι υλοποιήσιμο. Η δυνατότητα δημιουργίας του εξαρτάται κυρίως από τη διάθεση, δημιουργικότητα και δυνατότητα σύνθεσης διαφορετικών επιστημονικών πεδίων των ερευνητών της ερευνητικής ομάδας που θα αναλάμβανε την υλοποίηση του.

## 6. Βιβλιογραφία

Adams, T., Garand, M. (2004). Free Software: The Open (GIS) Source Solution for Local Governments A Case Study: Perspectives, Experience and Possibilities for the City of Frankfurt (Oder). Στο 9th international symposium on information and communication technologies in urban and spatial planning and impacts of ICT on physical space. Vienna 25 - 27/2 2004 ([http://corp.mmp.kosnet.com/CORP\\_CD\\_2004/archiv/papers/CORP2004\\_ADAMS\\_GARAND.PDF](http://corp.mmp.kosnet.com/CORP_CD_2004/archiv/papers/CORP2004_ADAMS_GARAND.PDF)).

Baillie, S. R., Balmer, D. E., Downie, I. S., Wright, K. (2005). Quantifying migration patterns and phenology at large spatial scales using internet-based surveys. Στο Final Conference: Migration in the life-history of birds. Wilhelmshaven, Germany 16 - 20/02/2005.

Bisby, F.A. (2000). The quiet revolution: biodiversity informatics and the Internet. Science No. 289, pp 2309-2312.

Cajthaml, J. (2004). The present state of geographic information systems for towns and cities in Czech Republic.

([klobouk.fsv.cvut.cz/~cajthaml/publikace/OvaGIS05.pdf](http://klobouk.fsv.cvut.cz/~cajthaml/publikace/OvaGIS05.pdf))

CSIC (2005). Report of existing GIS standards and software – Deliverable 3.6.1. Madrid: CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

([www.biocase.org/products/geo\\_services/core\\_gis/files/Report\\_Deliverable3\\_6\\_1.pdf](http://www.biocase.org/products/geo_services/core_gis/files/Report_Deliverable3_6_1.pdf) )

Fischer-Stabel, P., Wannemacher, S. (2004). Open Source GIS – Architecture sharing Data and Knowledge in an UNESCO MAB Biosphere Reserve. Στο Proceedings of the 18th International Conference Informatics for Environmental Protection, Geneva October 21 – 23/2004, pp.624 – 633.

Free Software Foundation (2005). The Free Software Definition. Boston: Free Software Foundation.  
(<http://www.fsf.org/licensing/essays/free-sw.html>)

International Organization for Standardization (ISO) Committee (1999). Geographic Information—Terminology. Draft CD 19104, ISO/TC 211. Geneva: International Organization for Standardization  
([www.isotc211.org/opendoc/211n886/211n886e.PDF](http://www.isotc211.org/opendoc/211n886/211n886e.PDF))

Gaunt, A. S., Oring, L. W. et al (1997). Guidelines to the Use of Wild Birds in Research. Washington DC: The Ornithological Council.  
(<http://www.nmnh.si.edu/BIRDNET/GuideToUse>)

Halim, S. (2004). Design and Implementation of WebGD Framework. Στο Student Papers of Univercity Concorcium of Geographic Information Science Summer Assembly 2005. Snow King Resort Wyoming 28/06 – 01/07/2005.

Ingensand, J., Caloz, R., Pythoud, K. (2005). Creating an Interactive Network for Wine-cultivation. Στο The Inaugural Nordic Geographers Meeting. Lund 10-14/05/2005.

European Network for Biodiversity Information (ENBI) (2005). Definition of Methodologies Linking Taxonomic, Collection and Specimen Databases with Observational Databases. End user's point of view. ([http://enbi.utu.fi/Documents/ENBI\\_WP7\\_D7.4.pdf](http://enbi.utu.fi/Documents/ENBI_WP7_D7.4.pdf)).

Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., Rhind, D. (2001). Geographic Information Systems and Science. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

Millin, G. (2006). Developing OGC Compliant Web Mapping for the UK Satellite Image Data Service. Στο AutoCarto 2006 Conference,

Vancouver 26–28/06/2006.

([http://www.landmap.ac.uk/docs/AutoCartoPaper\\_GMillin.pdf](http://www.landmap.ac.uk/docs/AutoCartoPaper_GMillin.pdf))

Mueschen, B. (2003). Setup of an Internet Accessible Database and Spatially Enabled Internet Applications for Water Resources Management. Στο 30th International Symposium on Remote Sensing of Environment. Honolulu 10-14/11/2003.

Raghavan, V., Santitamnont, P., Masumoto, S., Honda, K. (2003). Open Source Software Solutions in Geoinformatics – Implications for Greater Mekong Sub-Region. Στο Proceedings of Regional Conference on Digital GMS: Closing Gaps in the Digital Divide. Bangkok, Thailand 26-28/02/2003.

Ramsey, P., (2004). The State of Open Source GIS.

(<http://www.refractions.net/whitepapers/2005-02-OSS-Briefing.pdf>)

Open Geospatial Consortium (OGC) (2005). White Paper: The Importance of Going “Open”. Wayland: OGC

([http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=6211](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6211)).

Open Geospatial Consortium (OGC) (2003). OGC Reference Model

Reference number: OGC 03-040 Version: 0.1.3. Wayland: OGC

(<http://www.opengeospatial.org/specs/?page=orm>).

Morris, P. J. (2005). Relational Database Design and Implementation for Biodiversity Informatics. Phyloinformatics No. 07, pp 1-63.

British Trust for Ornithology (BTO) (2006). Σύστημα καταγραφής παρατηρήσεων πουλιών: Birdtrack. Thetford: BTO.

([http://www.bto.org/birdtrack/bird\\_recording/index.htm](http://www.bto.org/birdtrack/bird_recording/index.htm)).

Open Geospatial Consortium (OGC) (2004). The Spatial Web: An Open GIS Consortium (OGC) White Paper. Wayland: OGC ([http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=3859&version=2&format=htm](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=3859&version=2&format=htm)).

Open Geospatial Consortium (OGC) (2002). Web Feature Service Implementation Specification. Wayland: OGC ([https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=8339](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339)).

Ramakrishnan, R., Gehrke J. (2002). Συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

Toivonen, T. (2005). Managing and Analysing Observational Species Data Using Gis and Remote Sensing. University of Turku – Laboratory of Computer Cartography Publications.

No. 9 pp 56-66.

UNBC DataShare (2006). Flexible Internet Spatial Template. British Columbia: University of Northern British Columbia DataShare. Northern British Columbia: UNBC (<http://datashare.gis.unbc.ca/fist/index.htm>)

## 7. Παραρτήματα

### Παράρτημα Ι. Κώδικας SQL υλοποίησης πινάκων

#### 1. Πίνακας `birds_in_greece`

```
CREATE TABLE birds_in_greece
(
    scientific_name varchar(255),
    english_name varchar(255),
    greek_name varchar(255),
    bird_id int4 NOT NULL DEFAULT
nextval('birds_in_greece2_bird_id_seq'::regclass),
    CONSTRAINT bird_prime PRIMARY KEY (bird_id)
)
WITHOUT OIDS;
ALTER TABLE birds_in_greece OWNER TO postgres;
```

#### 2. Πίνακας `Cities`

```
CREATE TABLE cities
(
    gid int4 NOT NULL DEFAULT nextval('cities_gid_seq'::regclass),
    name_gr varchar,
    name_en varchar,
    the_geom geometry,
    CONSTRAINT cities_pkey PRIMARY KEY (gid),
    CONSTRAINT enforce_dims_the_geom CHECK (ndims(the_geom) = 2),
```

```
    CONSTRAINT enforce_geotype_the_geom CHECK (geometrytype(the_geom) =
'POINT'::text OR the_geom IS NULL),
    CONSTRAINT enforce_srid_the_geom CHECK (srid(the_geom) = 2100)
)
WITH OIDS;
ALTER TABLE cities OWNER TO postgres;
```

```
-- Index: gist_cities
```

```
-- DROP INDEX gist_cities;
```

```
CREATE INDEX gist_cities
ON cities
USING gist
(the_geom);
```

```
-- Index: oid_cities
```

```
-- DROP INDEX oid_cities;
```

```
CREATE INDEX oid_cities
ON cities
USING btree
(oid);
```



### 3. Πίνακας coast

```
CREATE TABLE coast
(
  gid int4 NOT NULL DEFAULT nextval('coastline_gid_seq'::regclass),
  objectid int4,
  area numeric,
  perimeter numeric,
  the_geom geometry,
  CONSTRAINT enforce_dims_the_geom CHECK (ndims(the_geom) = 2),
  CONSTRAINT enforce_geotype_the_geom CHECK (geometrytype(the_geom) =
'MULTIPOLYGON'::text OR the_geom IS NULL),
  CONSTRAINT enforce_srid_the_geom CHECK (srid(the_geom) = 2100)
)
WITH OIDS;
ALTER TABLE coast OWNER TO postgres;

-- Index: gist_coast

-- DROP INDEX gist_coast;

CREATE INDEX gist_coast
ON coast
USING gist
```

```

(the_geom);

-- Index: oid_coast

-- DROP INDEX oid_coast;

CREATE INDEX oid_coast
ON coast
USING btree
(oid);

```

#### 4. Πίνακας lakes

```

CREATE TABLE lakes
(
gid int4 NOT NULL DEFAULT nextval('lakes_gid_seq'::regclass),
objectid int4,
area numeric,
perimeter numeric,
the_geom geometry,
CONSTRAINT lakes_pkey PRIMARY KEY (gid),
CONSTRAINT enforce_dims_the_geom CHECK (ndims(the_geom) = 2),
CONSTRAINT enforce_geotype_the_geom CHECK (geometrytype(the_geom) =
'MULTIPOLYGON'::text OR the_geom IS NULL),
CONSTRAINT enforce_srid_the_geom CHECK (srid(the_geom) = 2100)
)

```

```
WITH OIDS;  
ALTER TABLE lakes OWNER TO postgres;
```

```
-- Index: gist_lakes
```

```
-- DROP INDEX gist_lakes;
```

```
CREATE INDEX gist_lakes  
ON lakes  
USING gist  
(the_geom);
```

```
-- Index: oid_lakes
```

```
-- DROP INDEX oid_lakes;
```

```
CREATE INDEX oid_lakes  
ON lakes  
USING btree  
(oid);
```

## **5. Πίνακας observations**

```
CREATE TABLE observations
```

```

(
gid int4 NOT NULL DEFAULT nextval('observations_gid_seq'::regclass),
"Ημερομηνία_παρατήρησης" date,
"Ωρα_παρατήρησης" time,
"Διάρκεια_παρατήρησης" int8,
"Εργαλεία_παρατήρησης" text,
"θερμοκρασία" int8,
"Κατεύθυνση_ανέμου" varchar,
"Ένταση_ανέμου" int8,
the_geom geometry,
"Υψόμετρο" int8,
"Όνομασία_τοποθεσίας" text,
"Καθεστώς_προστασίας" text,
"Νομός" text,
"Δήμος" text,
"Κωδικός_χρήστη" text,
CONSTRAINT observations_prime PRIMARY KEY (gid),
CONSTRAINT userid FOREIGN KEY ("Κωδικός_χρήστη")
REFERENCES users ("password") MATCH SIMPLE
ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
CONSTRAINT enforce_dims_the_geom CHECK (ndims(the_geom) = 2),
CONSTRAINT enforce_geotype_the_geom CHECK (geometrytype(the_geom) =
'POINT'::text OR the_geom IS NULL),
CONSTRAINT enforce_srid_the_geom CHECK (srid(the_geom) = 2100)
)

```

```
WITH OIDS;  
ALTER TABLE observations OWNER TO postgres;
```

```
-- Index: fki_userid
```

```
-- DROP INDEX fki_userid;
```

```
CREATE INDEX fki_userid  
ON observations  
USING btree  
("Κωδικός_χρήστη");
```

```
-- Index: gist_observaitons
```

```
-- DROP INDEX gist_observaitons;
```

```
CREATE INDEX gist_observaitons  
ON observations  
USING gist  
(the_geom);
```

```
-- Index: oid_observations
```

```
-- DROP INDEX oid_observations;
```

```
CREATE INDEX oid_observations
ON observations
USING btree
(oid);
```

## 6. Πίνακας **observed\_birds**

```
CREATE TABLE observed_birds
(
  observation_id int4 NOT NULL,
  bird_id int4 NOT NULL,
  observed_birds_number int4,
  bird_activity int4,
  CONSTRAINT birdid FOREIGN KEY (bird_id)
    REFERENCES birds_in_greece (bird_id) MATCH SIMPLE
    ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
  CONSTRAINT observationid FOREIGN KEY (observation_id)
    REFERENCES observations (gid) MATCH SIMPLE
    ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
  CONSTRAINT activity_check CHECK (bird_activity = 1 OR bird_activity = 2 OR
bird_activity = 3 OR bird_activity = 4 OR bird_activity = 5 OR bird_activity = 6)
)
WITH OIDS;

ALTER TABLE observed_birds OWNER TO postgres;
```

```
-- Index: fki_birdid
```

```
-- DROP INDEX fki_birdid;
```

```
CREATE INDEX fki_birdid  
ON observed_birds  
USING btree  
(bird_id);
```

```
-- Index: fki_birdid1
```

```
-- DROP INDEX fki_birdid1;
```

```
CREATE INDEX fki_birdid1  
ON observed_birds  
USING btree  
(bird_id);
```

```
-- Index: fki_observationid
```

```
-- DROP INDEX fki_observationid;
```

```
CREATE INDEX fki_observationid  
ON observed_birds
```

```
USING btree
(observation_id);
```

## 7. Πίνακας users

```
CREATE TABLE users
(
  surname text NOT NULL,
  firstname text NOT NULL,
  login_name text NOT NULL,
  fathers_name text NOT NULL,
  address text NOT NULL,
  city text NOT NULL,
  county text NOT NULL,
  phone_number int8 NOT NULL,
  mobile_number int8 NOT NULL,
  email text NOT NULL,
  "password" text NOT NULL,
  country text NOT NULL,
  CONSTRAINT userid PRIMARY KEY (login_name),
  CONSTRAINT passwor UNIQUE ("password")
)
WITH OIDS;
ALTER TABLE users OWNER TO postgres;
```



## Παράρτημα II. Το mapfile της εφαρμογής

```
MAP
  NAME "coast"
  STATUS ON
  EXTENT 104467.297394 3850716.249360 1004302.999481
4624009.500640
  SIZE 600 400
  IMAGETYPE PNG
  IMAGECOLOR 0 0 255
  UNITS METERS
  WEB
  IMAGEPATH "c:\ms4w\apps\fist\htdocs\tmp\"
  IMAGEURL "/tmp/"
END
QUERYMAP
  COLOR 255 255 0
  STYLE HILITE
END
# ----- MAP ELEMENTS -----
# -----
PROJECTION
  "init=epsg:2100"
END
LEGEND
  STATUS ON
END
SCALEBAR
  STATUS on
  OUTLINECOLOR 0 0 0
  UNITS kilometers
  INTERVALS 3
  SIZE 150 5
```

```

    LABEL
      SIZE small
    END
  END
  SYMBOL
    NAME "circle"
    TYPE ELLIPSE
    FILLED TRUE
    POINTS
      1 1
    END
  END
  OUTPUTFORMAT
    NAME "png"
    MIMETYPE "image/png"
    DRIVER "GD/PNG"
    EXTENSION "png"
    IMAGEMODE RGB
  END
  LAYER
    NAME "coast"
    STATUS ON
    DATA "the_geom from public.coast USING srid=2100"
    TYPE POLYGON
    CONNECTIONTYPE POSTGIS
    CONNECTION "user=postgres password=iliaskoz dbname=Birds
host=localhost port=5432"
    CLASSITEM "objectid"
    UNITS METERS
    SIZEUNITS PIXELS
    TOLERANCE 0
    TOLERANCEUNITS PIXELS
    TEMPLATE "nepas.html"

```

```

CLASS
  NAME "objectid"
  STYLE
    SYMBOL "circle"
    COLOR 180 60 20
    OUTLINECOLOR 180 60 20
    BACKGROUNDCOLOR 180 60 20
    SIZE 2
    MINSIZE 1
    MAXSIZE 100
  END
END
END
LAYER
  NAME "observations"
  STATUS ON
  DATA "the_geom from public.observations USING srid=2100"
  TYPE POINT
  CONNECTIONTYPE POSTGIS
  CONNECTION "user=postgres password=iliaskoz dbname=Birds
host=localhost port=5432"
  CLASSITEM "gid"
  UNITS METERS
  SIZEUNITS PIXELS
  TOLERANCE 0
  TOLERANCEUNITS PIXELS
  TEMPLATE "nepas.html"
  CLASS
    NAME "gid"
    STYLE
      SYMBOL "circle"
      COLOR 255 255 0
      SIZE 1

```

```

        MINSIZE 1
        MAXSIZE 100
    END
END
END

LAYER
    NAME "cities"
    STATUS ON
    DATA "the_geom from public.cities USING srid=2100"
    TYPE POINT
    CONNECTIONTYPE POSTGIS
    CONNECTION "user=postgres password=iliaskoz dbname=Birds
host=localhost port=5432"
    CLASSITEM "gid"
    UNITS METERS
    SIZEUNITS PIXELS
    TOLERANCE 0
    TOLERANCEUNITS PIXELS
    TEMPLATE "nepas.html"
    CLASS
        NAME "gid"
        STYLE
            SYMBOL "circle"
            COLOR 120 80 80
            SIZE 1
            MINSIZE 1
            MAXSIZE 100
        END
    END
END
LAYER

```

```

NAME "lakes"
STATUS ON
DATA "the_geom from public.lakes USING srid=2100"
TYPE POLYGON
CONNECTIONTYPE POSTGIS
CONNECTION "user=postgres password=iliaskoz dbname=Birds
host=localhost port=5432"
CLASSITEM "gid"
UNITS METERS
SIZEUNITS PIXELS
TOLERANCE 0
TOLERANCEUNITS PIXELS
TEMPLATE "nepas.html"
CLASS
  NAME "gid"
  STYLE
    SYMBOL "circle"
    COLOR 50 100 255
    OUTLINECOLOR 50 100 255
    BACKGROUNDCOLOR 50 100 255
    SIZE 1
    MINSIZE 1
    MAXSIZE 100
  END
END
END
END

```

### Παράρτημα III. Παράδειγμα κώδικα php στην εφαρμογή: Εγγραφή νέου χρήστη στο σύστημα.

```
<?php
    $db = pg_connect('host=localhost dbname=Birds user=postgres password=iliaskoz');

    $surname = pg_escape_string($_POST['surname']);
    $firstname = pg_escape_string($_POST['firstname']);
    $fathersname =
pg_escape_string($_POST['fathersname']);
    $loginname = pg_escape_string($_POST['loginname']);
    $address = pg_escape_string($_POST['address']);
    $city = pg_escape_string($_POST['city']);
```

```

        $county = pg_escape_string($_POST['county']);
        $phonenumber =
pg_escape_string($_POST['phonenumber']);
        $mobilephone =
pg_escape_string($_POST['mobilephone']);
        $email = pg_escape_string($_POST['email']);
        $password = pg_escape_string($_POST['password']);
        $country = pg_escape_string($_POST['country']);

        $query = "INSERT INTO public.users(surname, first-
name, fathers_name, login_name, address, city, county,
phone_number, mobile_number, email, password, country )
                VALUES('" . $surname . "', '" . $first-
name . "', '" . $fathersname . "', '" . $loginname . "',
'" . $address . "', '" . $city . "', '" . $county . "', '"
. $phonenumber . "', '" . $mobilephone . "', '" . $email .
"', '" . $password . "', '" . $country . "')";
        $result = pg_query($query);
        if (!$result) {
            $errorMessage = pg_last_error();
            echo "Error with query: " . $errorMessage;
            exit();
        }
        printf ("Τα στοιχεία σας εισηχθησαν επιτυχώς! - %s %s
", $surname, $firstname);
        pg_close();
        print "<script>";
        print " self.location='login.php';"; // Comment this
line if you don't want to redirect
        print "</script>";

?>

```

