



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
UNIVERSITY OF PIRAEUS

Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση διαδικτυακής εφαρμογής καταχώρησης, διαχείρισης και ομαδοποίησης χωρικών δεδομένων σε Google Maps. Research, design and implementation of a web application for the storage, management and clustering of geo data on Google Maps.
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Μαρία Δουκίδου
Πατρώνυμο	Παναγιώτης
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/ 13029
Επιβλέπων	Ευθύμιος Αλέπης, Επίκουρος Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης: **Νοέμβριος 2017**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα



Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονείται στα πλαίσια των σπουδών στο τμήμα «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής» του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Αντικείμενό της είναι η μελέτη, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας διαδικτυακής εφαρμογής, η οποία θα συλλέγει χωρικά δεδομένα και θα τα αποτυπώνει ομαδοποιημένα σε Google Maps. Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος έγινε από την επιθυμία έρευνας νέων δυνατοτήτων που παρέχονται πλέον από κολοσσούς πληροφορικής, όπως είναι η Google, για την κάλυψη ολοένα και περισσότερων αναγκών οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων.

Για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Ευθύμιο Αλέπη, για την προθυμία του να καταστεί σημαντικός αρωγός σε όλη την προσπάθεια πραγμάτωσής της.

Θερμές ευχαριστίες οφείλονται σε όλους τους καθηγητές του τμήματος «Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής» για τις πολύτιμες και μείζονος σημασίας γνώσεις που παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια φοιτήσεως.

Δεν θα μπορούσα βεβαίως να παραλείψω να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή που υπέδειξαν κατά την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

«Νοέμβριος 2017»

«Δουκίδου Μαρία»



Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής, η οποία θα μπορεί να συλλέγει μεγάλο όγκο χωρικών δεδομένων και μέσω της ομαδοποίησής τους θα τα οπτικοποιεί σε Google maps. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή «mypoint.app» που αναπτύχθηκε δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργεί ή/και να εισάγει δικά του σημεία στο χάρτη, καθώς, επίσης, να τους ορίζει κάποια τιμή, που θα αντιπροσωπεύει τη βαρύτητα του σημείου αυτού. Απώτερος στόχος είναι, να μπορεί η εφαρμογή να εμφανίζει έναν μεγάλο αριθμό από σημεία στο χάρτη, σε οποιοδήποτε σημείο εστίασης, μέσω της ομαδοποίησής τους σε συστάδες, κάνοντας χρήση της τεχνικής Marker Clustering. Επιπλέον, γίνεται χρήση της τεχνικής heatmap, με σκοπό την οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων στο χάρτη, βάσει της πυκνότητας των σημείων σε μια περιοχή.

Η μελέτη και σχεδίαση μιας τέτοιας εφαρμογής αποσκοπεί στο να προσελκύσει το ενδιαφέρον του αναγνώστη, μέσω της επίδειξης των πληθώραν δυνατοτήτων που προσφέρουν πλέον τεχνολογίες, όπως αυτές των map clustering και heatmap, για την βελτιστοποίηση της διαχείρισης μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων. Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία ανοιχτού κώδικα, καθώς, επίσης, οι βιβλιοθήκες markerclusterer.js και heatmap.js από την «GMaps Utility Library». Τέλος, η εφαρμογή έχει πλήρη responsive λειτουργία.

Λέξεις κλειδιά: Google Maps API, mypoint.app, marker clustering, heatmap, Laravel.



Abstract

The aim of the current master thesis is to study, design and develop a web application, which could collect large volumes of spatial data and group them, in order to visualize them on Google maps. In particular, the «mypoint.app» application enables each individual user to create and / or import his points on Google Maps as well as to define a value that will represent the meaning of that point. The ultimate goal is for the application to display a large number of points on the map at any zoom level by grouping them in clusters using the Marker Clustering technique.

The study and design of such an application aims to attract the reader's interest by displaying the multiple capabilities that now offer technologies such as map clustering and heatmap to optimize the management of large volumes of spatial data. Open source tools were used to develop the application, as well as the markerclusterer.js and heatmap.js libraries from the GMaps Utility Library. Finally, the application has a full response mode.

Key Words: Google Maps API, mypoint.app, marker clustering, heatmap, Laravel.



Πίνακας περιεχομένων

<i>Πρόλογος</i>	<i>i</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>ii</i>
<i>Εισαγωγή</i>	<i>3</i>
<i>1. Ανασκόπηση πεδίου</i>	<i>5</i>
<i>1.1 MapBox</i>	<i>5</i>
<i>1.2 MangoMap</i>	<i>6</i>
<i>1.3 Maptive</i>	<i>7</i>
<i>1.4 CARTO</i>	<i>7</i>
<i>1.5 ArcGIS</i>	<i>8</i>
<i>1.6 ZeeMaps</i>	<i>9</i>
<i>2. Παρουσίαση και χρήση της εφαρμογής</i>	<i>10</i>
<i>2.1 Λειτουργίες της εφαρμογής mypoint.app</i>	<i>10</i>
<i>2.2 Αρχική σελίδα της εφαρμογής mypoint.app</i>	<i>10</i>
<i>2.3 Εγγραφή χρήστη</i>	<i>11</i>
<i>2.4 Authentication email</i>	<i>12</i>
<i>2.5 Σύνδεση χρήστη</i>	<i>13</i>
<i>2.6 Δημιουργία νέου marker</i>	<i>14</i>
<i>2.7 Εισαγωγή δεδομένων από εξωτερικό αρχείο</i>	<i>16</i>
<i>2.8 Clustering Button</i>	<i>19</i>
<i>2.9 Heatmap Button</i>	<i>22</i>
<i>2.9.1 Change Gradient Button</i>	<i>24</i>
<i>2.9.2 Change Radius Button</i>	<i>26</i>
<i>2.9.3 Change Opacity Button</i>	<i>28</i>
<i>2.10 Εξαγωγή δεδομένων</i>	<i>29</i>
<i>2.11 Συμβατότητα με φορητές συσκευές</i>	<i>31</i>
<i>3. Αρχιτεκτονική Συστήματος</i>	<i>33</i>



3.1 Περιγραφή απαιτήσεων	33
3.2 Back-end τεχνολογίες	34
3.2.1 Laravel PHP framework	34
3.2.2 PHP	36
3.3 Front-end τεχνολογίες	36
3.3.1 HTML	37
3.3.2 JavaScript	37
3.3.3 CSS3	38
3.3.4 Bootstrap	38
3.3.5 JQuery	39
3.4 Google Maps	39
3.4.1 Google Maps API	39
3.4.2 Διαχείριση σημείων στο χάρτη	41
3.4.3 MarkerClusterer	46
3.4.4 Heatmap	49
3.5 Βάση Δεδομένων	50
3.6 Κώδικας για τη δημιουργία marker στο χάρτη	51
4. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις	53
4.1 Συμπεράσματα	53
4.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	54
5. Βιβλιογραφικές Πηγές	55
Παράρτημα 1	56
Παράρτημα 2	57



Εισαγωγή

Η συνεχής ανάπτυξη της επιστήμης της Πληροφορικής σε συνάρτηση με την ανάγκη του ανθρώπου για απόκτηση πληροφοριών οδηγούν σε διαρκή αναζήτηση νέων ερευνητικών πεδίων. Παράλληλα, η αυξανόμενη ποσότητα συγκεντρωμένων, αποθηκευμένων και διαθέσιμων δεδομένων επιφέρει την ανάγκη της μαζικής απεικόνισής τους. Το ζήτημα αυτό τίθεται εξίσου και στην περίπτωση της λήψης πληροφοριών από γεωγραφικά σημεία. Για το λόγο αυτό, η αποτύπωση της πληροφορίας στο χάρτη είναι μια μέθοδος που ως επί το πλείστον συναντά πλέον κανείς στην καθημερινότητά του, όπως το να βρει μια τοποθεσία, μια διεύθυνση, να λάβει οδηγίες προσανατολισμού και πολλές ακόμη ενέργειες.

Η χρήση των παραδοσιακών χαρτών στις μέρες μας θεωρείται μια παρωχημένη μέθοδος λήψευς γεωγραφικών πληροφοριών, καθώς είναι στατικοί, χωρίς ερευνητική ικανότητα και δίχως τη δυνατότητα περαιτέρω ενημέρωσής τους. Από την άλλη μεριά, οι διαδραστικοί χάρτες που χρησιμοποιούνται κατά κόρον, τόσο μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, όσο και μέσω έξυπνων κινητών τηλεφώνων ή συσκευών πλοήγησης, παρέχουν μεγάλο όγκο ενημερωμένων γεω-χωρικών πληροφοριών, λόγω της δυνατότητας οπτικοποίησης γεωγραφικών δεδομένων ή, αλλιώς, γεωγραφικής οπτικοποίησης (ΓΕ-geovisualization). Συγκεκριμένα, η γεωγραφική οπτικοποίηση αναφέρεται ως ένα σύνολο εργαλείων και τεχνικών που επιτρέπουν την ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων, μέσω της χρήσης διαδραστικής οπτικοποίησης και την απεικόνισή τους σε χάρτη. Ορισμένες από τις πλέον γνωστές δυνατότητες που προσφέρει είναι η ικανότητα εξερεύνησης διαφορετικών επιπέδων εστίασης, το zoom in και zoom out, όπως και η αλλαγή της οπτικής εμφάνισης ενός χάρτη.

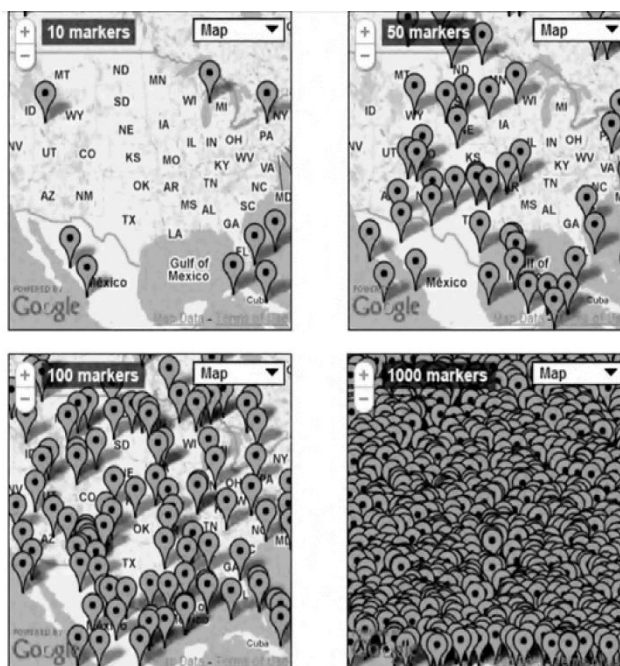
Από τα κορυφαία εμπορικά web mapping συστήματα (WMS) που ασχολούνται με την οπτικοποίηση γεωγραφικών δεδομένων είναι η Google Maps (www.google.gr/maps) της Google και έπονται αυτής οι: Bing Maps (www.bing.com/mapspreview) της Microsoft, Yellow Maps (<https://maps.yellowpages.com>) της AT&T's, Yahoo Maps (<https://maps.yahoo.com>) της Yahoo, City Search (www.citysearch.com/world) της CityGrid Media και πολλές άλλες, ελάσσονος σημαντικότητας. Η χρήση όλων αυτών αυξάνεται ραγδαία, λόγω της διαρκούς συμμετοχής σύγχρονων εφαρμογών χαρτογράφησης, σε ιδιωτικά, επαγγελματικά και ακαδημαϊκά πεδία. Ειδικότερα, η Google Maps είναι μια δυναμική εφαρμογή που χρησιμοποιεί και προσφέρει στον υπόλοιπο κόσμο το Google Maps API (Application Programming Interface), το οποίο επιτρέπει την ενσωμάτωση χαρτών σε ιστοσελίδες και εφαρμογές, χρησιμοποιώντας ένα απλό JavaScript interface.

Παρόλα αυτά, το κυριότερο πρόβλημα που παρουσιάζουν οι εφαρμογές οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων είναι ο χειρισμός του μεγάλου όγκου πληροφοριών στο χάρτη. Συγκεκριμένα, η συνήθης δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι προγραμματιστές είναι η απεικόνιση μεγάλου όγκου σημείων (markers) στο χάρτη. Σε ό,τι αφορά μικρά σύνολα δεδομένων, το συμβατικό στίγμα (marker) είναι μια επαρκής λύση διασύνδεσης. Όμως, τι συμβαίνει όταν έχουμε ένα μεγάλο όγκο σημείων (markers); Αυτό εξαρτάται από πολλές συνιστώσες. Αρχικά, υπάρχει το ζήτημα της επίδοσης: όσο περισσότερα markers προστίθενται, τόσο πιο αργός γίνεται ο χάρτης. Επιπλέον, τίθεται και το ερώτημα του κατά πόσο χρηστικός θα είναι αυτός, καθώς όσο περισσότερα markers χρησιμοποιούνται, τόσο πιο δύσκολο είναι για το χρήστη να βγάλει κάποιο πόρισμα από αυτά. Στην Εικόνα 1 παρατηρούμε ακριβώς αυτό το δαιδαλώδες ζήτημα. Στην απεικόνιση των 10 σημείων δεν εμφανίζεται κάποιο πρόβλημα, ενώ με 50 σημεία υπάρχει κίνδυνος υπερκάλυψης. Ειδικότερα δε, τα 100 σημεία μοιάζουν μη χρηστικά, πόσο μάλλον τα 1000, όπου παρουσιάζεται πλήρης σύγχυση.

Το πρόβλημα, επίσης, που προκύπτει στην προσπάθεια εξόρυξης πληροφοριών από μια web χαρτογράφηση έγκειται στο συντελεστή «zoom». Ενώ οι παλιοί μέθοδοι επικεντρώνονταν στην εμφάνιση πληροφοριών σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο zoom, οι σύγχρονες web mapping εφαρμογές επιτρέπουν στο χρήστη να κάνουν zoom in και out, προκειμένου να λάβει διαφορετικές λεπτομέρειες. Αυτό, επακόλουθα σημαίνει ότι, στο χαμηλότερο επίπεδο zoom η εφαρμογή θα πρέπει να μπορεί να απεικονίζει ένα ευρύ



γεωγραφικό τμήμα με ένα μεγάλο σύνολο χωρικών δεδομένων, ενώ σε υψηλότερο επίπεδο zoom θα πρέπει ο χρήστης να μπορεί να διακρίνει λεπτομερή χαρακτηριστικά για κάθε στοιχείο χωριστά.



Εικόνα 1. Σταδιακή αύξηση των markers στο χάρτη οδηγούν στη μη χρηστικότητα του.

Η πρόκληση που προκύπτει από τα παραπάνω είναι η εύρεση μιας μεθόδου που θα συνδυάζει παράλληλα και τις δύο τεχνικές, δηλαδή μια σταθερή πυκνότητα πληροφοριών σε χαμηλότερο επίπεδο zoom. Αυτή η πρόκληση αποτελεί και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Ήδη τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί τεχνικές για την επίλυση του προβλήματος του μεγάλου όγκου markers που παρουσιάζονται σε web εφαρμογές γεωγραφικής οπτικοποίησης. Οι πιο δημοφιλείς από αυτές είναι οι *marker clustering* και *heatmap*. Η πρώτη χρησιμοποιεί μια ομαδοποιημένη προσέγγιση: εάν η πυκνότητα των σημείων είναι πολύ υψηλή σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή, τα σημεία αυτά ομαδοποιούνται και αντικαθίστανται από μια συστάδα (cluster). Από τη άλλη, η δεύτερη μέθοδος υπολογίζει την πυκνότητα των χωρικών σημείων ανά περιοχή και εφαρμόζει σε αυτήν ένα χρώμα από ένα προκαθορισμένο εύρος χρωμάτων.

Η προκείμενη εργασία υλοποιήθηκε με στόχο τη μελέτη των παραπάνω μεθόδων ομαδοποίησης χωρικών δεδομένων, το σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας εφαρμογής που θα συλλέγει δεδομένα και θα τα αναπαριστά οπτικά σε Google Maps. Συγκεκριμένα, μέσω της εφαρμογής που αναπτύχθηκε κάθε εγγεγραμμένος χρήστης μπορεί να δημιουργεί ή / και να εισάγει ένα μεγάλο όγκο χωρικών δεδομένων, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν πληροφορίες, όπως τις συντεταγμένες του κάθε σημείου, αλλά και τη βαρύτητα που ενδέχεται να έχει αυτό, βάσει του αντικειμένου μελέτης. Στη συνέχεια, κάνοντας χρήση της βιβλιοθήκης «MarkerClusterer» από τη «GMaps Utility Library», η εφαρμογή παρουσιάζει με οπτική αναπαράσταση το ομαδοποιημένο σύνολο όλων των σημείων. Ακόμα, παρά το μεγάλο όγκο δεδομένων που πρέπει να προβληθεί στο χάρτη, η εφαρμογή παρέχει τη δυνατότητα εμφάνισης όλων των σημείων (markers) μαζί με τις τιμές τους (values) ακόμα και στο υψηλότερο επίπεδο zoom. Επιπλέον, με τη χρήση της τεχνικής «heatmap» η εφαρμογή εμφανίζει την ένταση των δεδομένων σε μορφή χρωματικής διαβάθμισης, αναπαριστώντας τα σημεία που παρουσιάζουν



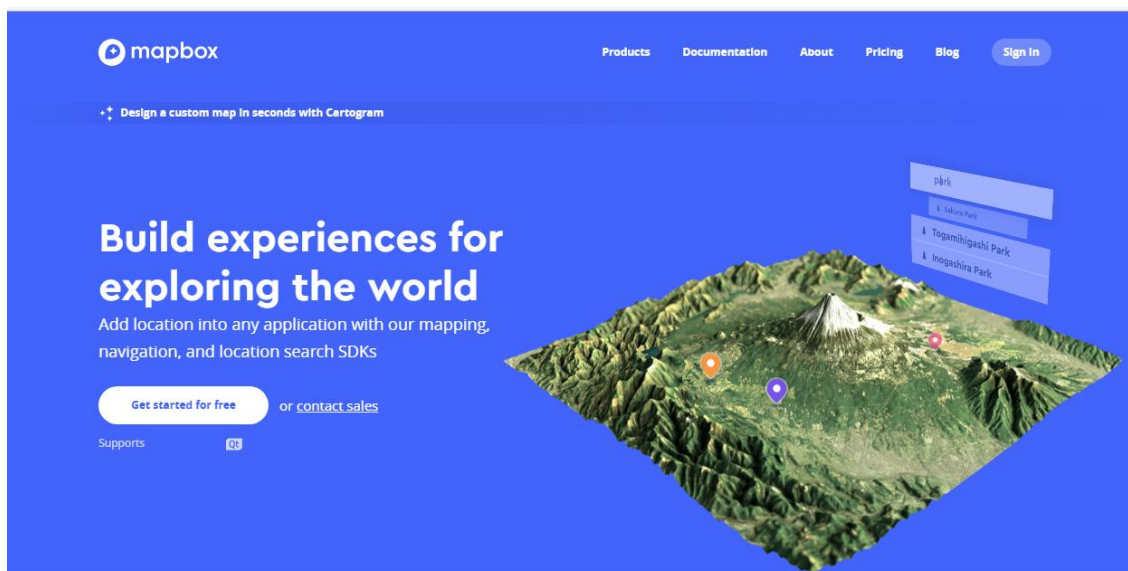
υψηλή ένταση, δηλαδή αυτά που συγκεντρώνουν περισσότερα δεδομένα, με κόκκινο χρώμα, ενώ τα σημεία χαμηλότερης έντασης με μπλε.

Η δομή της παρούσας εργασίας ακολουθεί μια κλιμακωτή σειρά. Αρχικά, γίνεται μια ανασκόπηση σε αντίστοιχες εφαρμογές χαρτογράφησης του εξωτερικού, οι οποίες παρέχουν εξίσου τις τεχνικές map clustering και heatmap ως βασικά εργαλεία τους. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται και αναλύεται λεπτομερώς η εφαρμογή που υλοποιήθηκε, μέσω screenshots. Ακολουθεί μια ανάλυση της αρχιτεκτονικής του συστήματος, με μια περιγραφή των βασικών απαιτήσεών του, την παρουσίαση όλων των τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Παρατίθενται εξίσου και τα βασικά σημεία του κώδικα της εφαρμογής με την αντίστοιχη περιγραφή τους. Εν κατακλείδι, παρουσιάζονται τα απτά αποτελέσματα από τη χρήση της εφαρμογής *mypoint.app* και πιθανές μελλοντικές εξελίξεις της.

1. Ανασκόπηση πεδίου

Η βέλτιστη οπτικοποίηση μεγάλου όγκου γεωγραφικών πληροφοριών έχει απασχολήσει κατά καιρούς πολλές εταιρείες πληροφορικής, αλλά και ανεξάρτητους προγραμματιστές. Για το λόγο αυτό, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές και λογισμικά που εστιάζουν στην παροχή τρόπων επίλυσης αυτού του προβλήματος. Κάνοντας απλά μια έρευνα στο διαδίκτυο μπορεί κανείς να βρει εφαρμογές που δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει το δικό του χάρτη, ανεβάζοντας απλά ένα αρχείο με τα δεδομένα του, να ομαδοποιήσει τα δεδομένα βάσει δικών του κριτηρίων, να προβεί σε συλλογή στατιστικών δεδομένων μέσω της αναπαράστασης του συνόλου ή του μέσου όρου μεταβλητών, αλλά και πολλές ακόμη λειτουργίες. Το ισχυρό μειονέκτημα που έχουν οι υπάρχουσες εφαρμογές έναντι της εφαρμογής που υλοποιήθηκε είναι ότι, αυτές παρέχονται επί πληρωμή.

1.1 MapBox



Εικόνα 2. Ο ιστότοπος της Mapbox.

Η [mapbox](https://www.mapbox.com/) είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα, η οποία παρέχει μια μεγάλη γκάμα εργαλείων ψηφιακής χαρτογράφησης που επιτρέπουν τη γρήγορη και εύκολη προσθήκη προσαρμοσμένων χαρτών σε εφαρμογές, χρησιμοποιώντας δεδομένα από το OpenStreetMap.



Συγκεκριμένα, απευθύνεται κυρίως σε προγραμματιστές, παρέχοντας API, SDK και άλλα εργαλεία, τα οποία χρησιμοποιούν για να ενσωματώσουν δυναμικούς χάρτες σε εφαρμογές του διαδικτύου ή/ και κινητών τηλεφώνων. Η πλατφόρμα διαθέτει, επίσης, το Mapbox Editor, έναν online editor που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν προσαρμοσμένους χάρτες, χρησιμοποιώντας τα δικά τους δεδομένα, όπως αρχεία CSV, GeoJSON, KML ή GPX. Η MapBox προσφέρει πέντε επίπεδα συνδρομής, που κυμαίνονται από ένα δωρεάν πρόγραμμα εκκίνησης σε ένα μεγάλο όγκου επιχειρηματικό σχέδιο. Ορισμένες από τις πιο γνωστές εφαρμογές που χρησιμοποιούν τη MapBox είναι η Bloomberg, η Foursquare, η Snapchat, κ.ά..

1.2 MangoMap

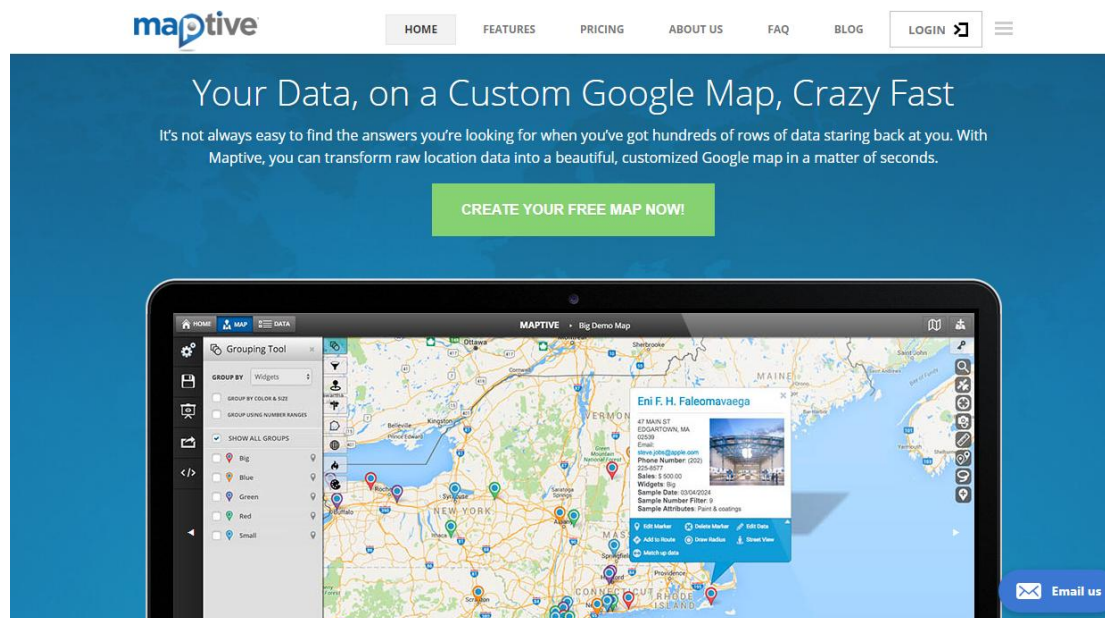


Εικόνα 3. Ο ιστότοπος της MangoMap.

Η εφαρμογή [mangoMap](#) παρέχει πληθώρα δυνατοτήτων ως προς την οπτικοποίηση και διαχείριση γεω-χωρικών πληροφοριών. Ειδικότερα, περιλαμβάνει 4 επίπεδα εξατομικευμένης χαρτογράφησης: 1. Προσαρμογή του θέματος και της δομής του χάρτη, 2. Μεταφόρτωση των δεδομένων και οπτικοποίησή τους, 3. Ενίσχυση των χαρτών με επιπλέον εργαλεία και 4. Ορισμός διαχειριστή στους χάρτες. Θεωρείται μια απλή και γρήγορη εφαρμογή, ειδικά βοηθητική για αρχάριους, καθώς δεν απαιτεί τη γνώση - χρήση κώδικα. Πρόσφατα, η mangoMap ενσωμάτωσε την πλατφόρμα ανάλυσης χαρτών, Maptiks, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η παρακολούθηση της γενικής δραστηριότητας των χρηστών στο χάρτη και η αλληλεπίδρασή τους με αυτόν. Θεωρείται εξίσου από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές της αγοράς, καθώς χρησιμοποιείται από εταιρείες όπως, η TOYOTA, η AON, αλλά και από την Ευρωπαϊκή Ένωση.



1.3 Maptive

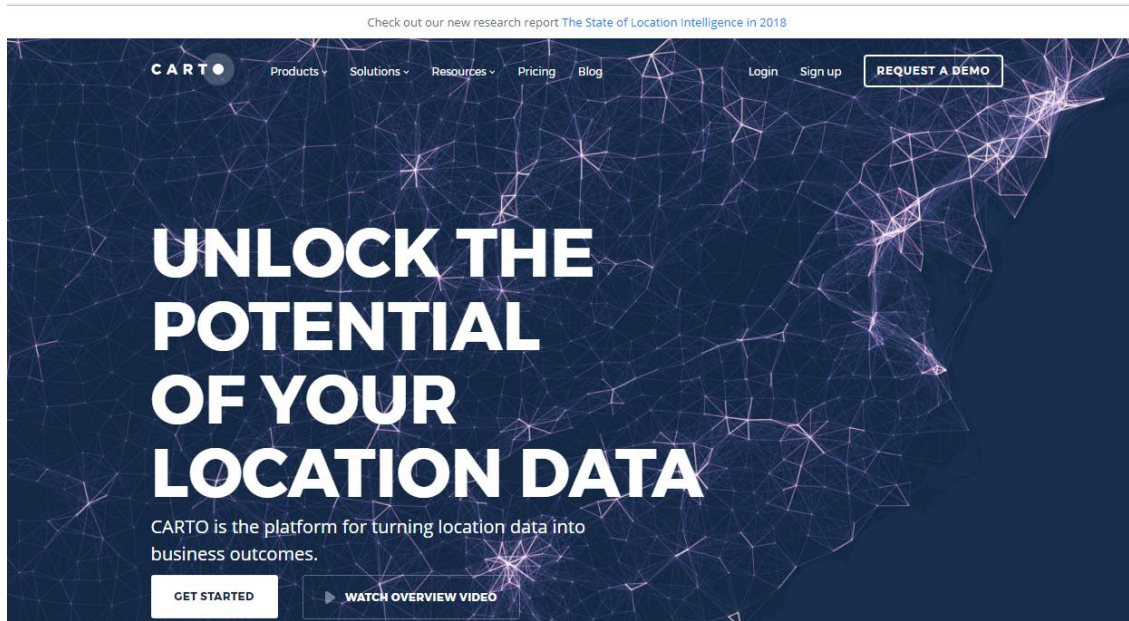


Εικόνα 4. Ο ιστότοπος της maptive.

Η [maptive](#) είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή, η οποία επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει χωρικά δεδομένα από κάποιο λογιστικό φύλλο (excel) και να τα αναπαραστήσει σε Google Maps. Οι λειτουργίες που παρέχει είναι πολυάριθμες και για το λόγο αυτό το κόστος των υπηρεσιών της είναι υψηλό. Ένα από τα πιο βασικά εργαλεία που διαθέτει είναι το Grouping Tool, το οποίο ομαδοποιεί τα δεδομένα ανά στήλη ή εύρος τιμών, ώστε τα markers αυτών να εμφανίζονται με διαφορετικές αποχρώσεις. Επιπλέον, διαθέτει Heat Mapping Tool προκειμένου να μπορεί ο χρήστης να οπτικοποιεί και να διακρίνει τάσεις στην υπό εξέταση περιοχή. Η εφαρμογή maptive διαθέτει ένα ευρύ πελατολόγιο από σπουδαίες εταιρείες και οργανισμούς διεθνώς, οι οποίοι τη χρησιμοποιούν ως βασικό εργαλείο έρευνας, ανάλυσης και λήψης αποφάσεων

1.4 CARTO

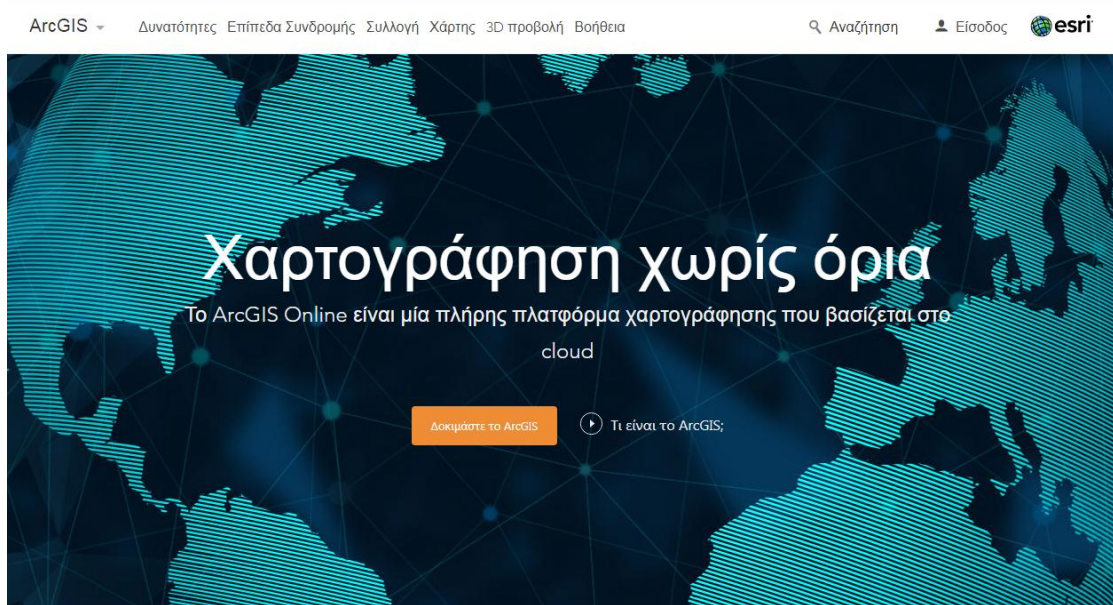
Η [CARTO](#) είναι μια SaaS (Software as a Service) αυτόνομη ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα χαρτογράφησης, που επιτρέπει στους χρήστες να μεταφορτώνουν, να διαχειρίζονται και να αναλύουν χωρικά δεδομένα, τα οποία μετά οπτικοποιούνται σε Google Maps. Η CARTO αποτελείται από δύο βασικά εργαλεία, το CARTO Builder και το CARTO Engine. Το πρώτο είναι ένα απλό drag-and-drop εργαλείο εισαγωγής, διαχείρισης και ανάλυσης χωρικών δεδομένων μέσω μιας ευρείας γκάμας τύπων αρχείου (.csv, .xls, .kml, κ.ά.) και σχεδιασμού εξατομικευμένων χαρτών. Χρησιμοποιείται κατά βάση από αρχάριους χρήστες, ώστε να παρέχεται σε αυτούς η δυνατότητα εύκολης χρήσης προηγμένων γεω-χωρικών εργαλείων. Από τη μεριά των προγραμματιστών, το CARTO Engine προσφέρει ένα σύνολο από βιβλιοθήκες και APIs, για προσθήκη χαρτών και οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων στις εφαρμογές τους. Το National Geographic, η NASA και το Twitter είναι ορισμένοι από τους χρήστες της CARTO. Ειδικότερα δε, προτιμάται από χρηματοοικονομικές εταιρείες, λόγω της δυνατότητας πρόβλεψης κινδύνων σε επενδυτικές δραστηριότητες.



Εικόνα 5. Ο ιστότοπος της Carto.

1.5 ArcGIS

Το [ArcGIS](#) είναι μια πλατφόρμα χαρτογράφησης και ανάλυσης χωρικών δεδομένων, η οποία αναπτύχθηκε από την Esri. Παρέχει ένα ολοκληρωμένο σύνολο επαγγελματικών εργαλείων για τη συλλογή, οπτικοποίηση, ανάλυση, διαχείριση και κοινή χρήση γεωγραφικών δεδομένων.



Εικόνα 6. Ο ιστότοπος της ArcGIS.



Στόχος του ArcGIS είναι να μπορεί ο κάθε χρήστης να έχει πρόσβαση στους χάρτες του όπως και σε γεωγραφικές πληροφορίες, οποιαδήποτε στιγμή, με οποιοδήποτε μέσο, ηλεκτρονικό υπολογιστή, συσκευές κινητής τηλεφωνίας ή/ και web εφαρμογές. Για το λόγο αυτό τα προϊόντα του περιλαμβάνουν εκδόσεις λογισμικών για ηλεκτρονικούς υπολογιστές (ArcGIS Desktop), εφαρμογές κινητών τηλεφώνων (ArcGIS Apps), καθώς και εργαλεία για προγραμματιστές, που παρέχουν τη δυνατότητα επέκτασης ή παραμετροποίησης υπαρχόντων εφαρμογών (ArcGIS Developer Tools). Οι λειτουργίες που παρέχει το ArcGIS είναι πολυάριθμες. Ορισμένες από τις πιο βασικές του είναι αυτές του Heatmap και του Clustering, που θα εξετάσουμε και στην παρούσα εργασία. Η χρήση του είναι θεωρείται απλή, τόσο για αυτούς που δεν έχουν εμπειρία σε GIS εφαρμογές, όσο και για τους γνώστες, για αυτό και κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό της αγοράς.

1.6 ZeeMaps

Το [ZeeMaps](#) είναι μια εφαρμογή που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να σχεδιάζει και να δημοσιεύει διαδραστικούς χάρτες σε Google Maps, μέσω της εισαγωγής δεδομένων από αρχεία excel, csv ή/ και από Google docs. Οι λειτουργίες που παρέχει για την παραμετροποίηση των χαρτών ποικίλλουν βάσει των αναγκών του κάθε χρήστη – περίπτωσης χρήσης, αλλά και της δωρεάν (demo) ή επί πληρωμή έκδοσής του. Ενδεικτικά, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μέσα από μια γκάμα εικονιδίων για να στιγματίσει τα σημεία του, να χρωματίσει τις υπό εξέταση περιοχές, να ομαδοποιήσει τα δεδομένα που έχει εισάγει, να προσθέσει πολυμέσα, κ.ά.. Οι χάρτες που έχουν δημιουργηθεί με τη χρήση του Zeemaps μπορούν να ενσωματωθούν σε ιστοσελίδες ή να προβληθούν στην ιστοσελίδα του Zeemaps. Επιπλέον, δίνεται η επιλογή να ορίζονται οι χρήστες ως διαχειριστές, στους οποίους επιτρέπεται να αλλάξουν τις ιδιότητες του χάρτη και να προσθέσουν, να τροποποιήσουν ή να διαγράψουν καταχωρήσεις, μέλη, που μπορούν να προσθέσουν, να προβάλουν και να τροποποιήσουν δεδομένα του χάρτη ή τους επισκέπτες, που μπορούν να δουν τις λεπτομέρειες των καταχωρήσεων του χάρτη, αλλά δεν μπορούν να προσθέσουν ή να τροποποιήσουν το περιεχόμενό του.

Εικόνα 7. Ο ιστότοπος του ZeeMaps.



2. Παρουσίαση και χρήση της εφαρμογής

2.1 Λειτουργίες της εφαρμογής mypoint.app

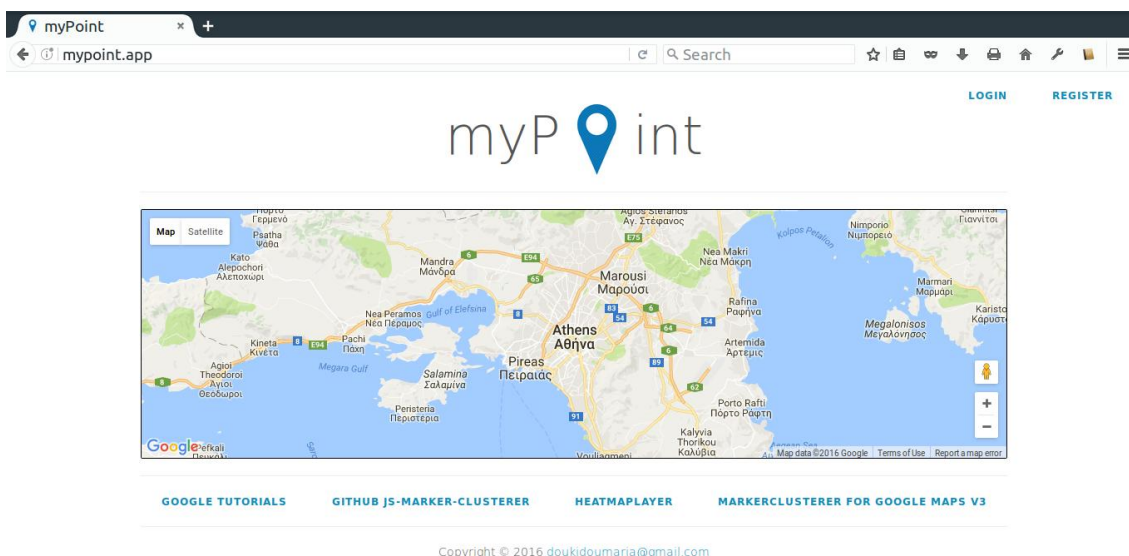
Η ανάπτυξη της εφαρμογής *mypoint.app* πραγματοποιήθηκε έχοντας λάβει ως βασικό γνώμονα τον σχεδιασμό ενός εύχρηστου, ελκυστικού και φιλικού προς τον χρήστη user interface.

Οι λειτουργίες που παρέχει η εφαρμογή και οι οποίες θα αναπτυχθούν στη συνέχεια είναι:

- Εγγραφή χρήστη με τα στοιχεία του.
- Αποστολή κωδικού ενεργοποίησης λογαριασμού στο email του χρήστη.
- Είσοδος στην εφαρμογή και ταυτοποίηση των στοιχείων του χρήστη.
- Δημιουργία σημείου στο χάρτη μέσω αναζήτησης τοποθεσίας ή μέσω της επιλογής σημείου στο χάρτη.
- Προσθήκη περιγραφής και τιμής/ βάρους στο σημείο (marker).
- Προβολή του marker στο χάρτη μαζί με την πληροφορία του.
- Εισαγωγή χωρικών δεδομένων από αρχείο μορφής csv ή xls.
- Εφαρμογή της τεχνικής marker clustering για την ομαδοποίηση των markers.
- Εφαρμογή της τεχνικής heatmap για την προβολή των δεδομένων μέσω θερμικού χάρτη.
- Εξαγωγή εξατομικευμένου χάρτη σε αρχείο μορφής CSV, XLS, XLSX.

2.2 Αρχική σελίδα της εφαρμογής mypoint.app

Η Εικόνα 8 παρουσιάζει την αρχική σελίδα της εφαρμογής *mypoint.app* που εμφανίζεται στο χρήστη κατά την περιήγηση του σε αυτήν. Από την σελίδα αυτή μπορεί να πραγματοποιήσει την εγγραφή του ή την είσοδό του καταχωρώντας τα στοιχεία του. Επιπλέον, για τις ανάγκες της εργασίας προστέθηκαν υπερσύνδεσμοι για τη γρήγορη μετάβαση σε περαιτέρω πληροφόρηση αναφορικά με τις βιβλιοθήκες Marker-Clusterer και Heatmap, που θα αναπτυχθούν στη συνέχεια.



Εικόνα 8. Αρχική σελίδα της εφαρμογής mypoint.app.

«Μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση διαδικτυακής εφαρμογής καταχώρησης, διαχείρισης και ομαδοποίησης χωρικών δεδομένων σε Google Maps»



2.3 Εγγραφή χρήστη

Κατά την πρώτη είσοδό του στην εφαρμογή, ο χρήστης καλείται να πραγματοποιήσει την εγγραφή του, καταχωρώντας τα μοναδικά του στοιχεία. Έτσι, έχοντας επιλέξει από το μενού το «Register» προβαίνει στην ακόλουθη φόρμα (Εικόνα 9).

The screenshot shows a web form titled "Register". It contains four input fields: "Name", "E-Mail Address", "Password", and "Confirm Password". The "Name" field is highlighted with a blue border. Below the fields is a blue button labeled "REGISTER".

Εικόνα 9. Φόρμα εγγραφή νέου χρήστη.

Τα υποχρεωτικά πεδία που καλείται ο χρήστης να συμπληρώσει είναι το ονοματεπώνυμό, το email του και έναν κωδικό πρόσβασης (Εικόνα 10). Σε περίπτωση που κάποιος ήδη εγγεγραμμένος χρήστης ακολουθήσει ξανά τη διαδικασία εγγραφής, τότε εμφανίζεται μήνυμα πως η διεύθυνση του email που εισήχθη είναι ήδη καταχωρημένη (Εικόνα 11).

The screenshot shows the same "Register" form as in Figure 9, but with the fields filled. The "Name" field contains "maria doukidou", the "E-Mail Address" field contains "doukidoumaria@gmail.com", the "Password" field contains six dots, and the "Confirm Password" field contains six dots. The "REGISTER" button is still present.

Εικόνα 10. Εισαγωγή στοιχείων νέου χρήστη.



Register

Name

E-Mail Address

The email has already been taken.

Password

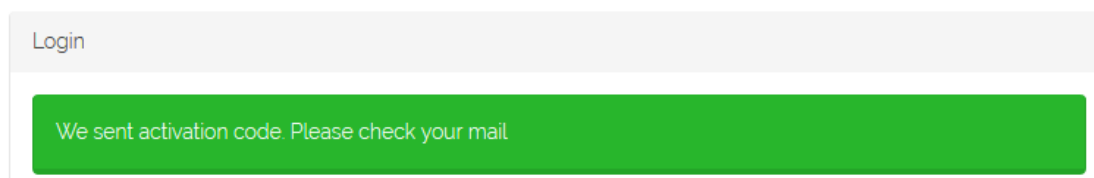
Confirm Password

REGISTER

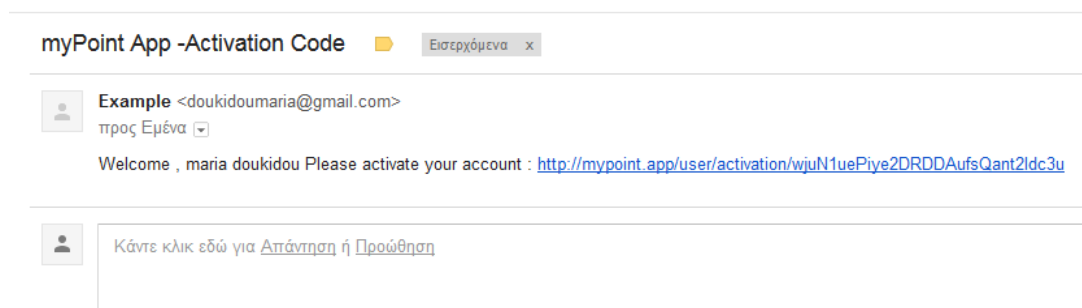
Εικόνα 11. Μήνυμα κατά την εισαγωγή ήδη εγγεγραμμένου χρήστη.

2.4 Authentication email

Αφού συμπληρωθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία της φόρμας, εμφανίζεται στο χρήστη ένα μήνυμα που τον ενημερώνει πως για την ολοκλήρωση της διαδικασίας εγγραφής θα πρέπει να μεταβεί στο λογαριασμό του email που δήλωσε, προκειμένου να λάβει τον μοναδικό κωδικό ενεργοποίησής του (Εικόνα 12 και 13).



Εικόνα 12. Ενημερωτικό μήνυμα για την αποστολή κωδικού ενεργοποίησης του νέου χρήστη.



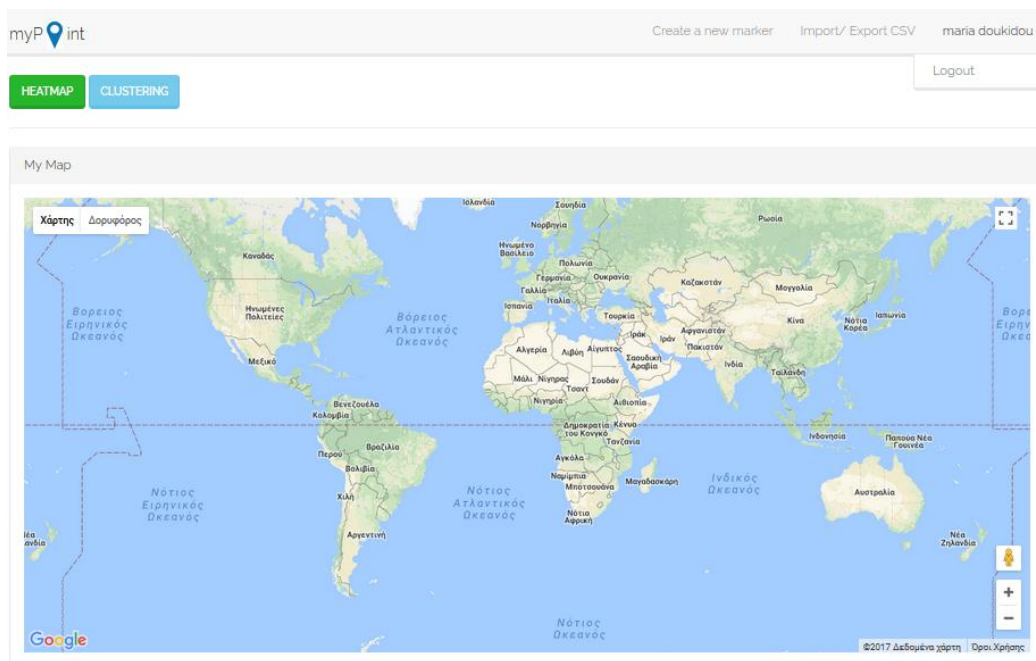
Εικόνα 13. Εισερχόμενο μήνυμα στο email για την ολοκλήρωση της διαδικασίας εγγραφής.



2.5 Σύνδεση χρήστη

Στη συνέχεια, κι ενώ ο χρήστης έχει επιλέξει τον σύνδεσμο του κωδικού ενεργοποίησης από το email του, μεταβαίνει στη φόρμα εισόδου – Login της εφαρμογής, εισάγοντας τα στοιχεία του (E-mail Address και Password). Το «Remember Me» box δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να αποθηκεύσει τα στοιχεία του στη μνήμη του φυλλομετρητή και να συνδέεται αυτόματα σε κάθε επόμενη επίσκεψή του, χωρίς να χρειάζεται να τα συμπληρώσει ξανά. Σε περίπτωση που ο χρήστης ξεχάσει τον κωδικό πρόσβασης του στην εφαρμογή, μπορεί να τον ανακτήσει μέσω του κουμπιού «Forgot Your Password?». Από εκεί του στέλνεται στο email που έχει δηλώσει ένα μήνυμα με έναν σύνδεσμο (link) ελέγχου αυθεντικοποίησης, προκειμένου να πιστοποιηθεί πως πρόκειται για τον ίδιο χρήστη. Έπειτα, μπορεί να επαναφέρει ξανά το λογαριασμό του.

Εικόνα 14. Φόρμα σύνδεσης χρήστη.



Εικόνα 15. Αρχική σελίδα εφαρμογής μετά τη σύνδεση του χρήστη.

«Μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση διαδικτυακής εφαρμογής καταχώρησης, διαχείρισης και ομαδοποίησης χωρικών δεδομένων σε Google Maps»



Αφού συνδεθεί επιτυχώς εισάγεται στην κεντρική σελίδα της εφαρμογής. Από αυτήν τη σελίδα του δίνονται όλες οι πιθανές δυνατότητες που έχει για να περιηγηθεί σε αυτήν. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 15, κεντρικά εμφανίζεται ο παγκόσμιος χάρτης μέσω του Google Maps, ο οποίος μπορεί να προσπελαστεί από τα κουμπιά zoom in (+) και zoom out (-). Επιπλέον, δύναται να εμφανιστεί και στη δορυφορική του εκδοχή. Επιπλέον, από το menu bar, του δίνονται οι εξής επιλογές: *Create a new marker*, για τη δημιουργία ενός νέου σημείου στο χάρτη, *Import/Export CSV*, για την μεταφόρτωση αρχείου με χωρικά δεδομένα στην εφαρμογή ή την εξαγωγή ενός νέου εξατομικευμένου χάρτη που δημιουργήθηκε στην εφαρμογή και *Logout*, για την έξοδο του από την εφαρμογή. Τέλος, τα κουμπιά Heatmap και Clustering, είναι δύο ακόμη επιλογές που παρέχονται στον χρήστη, αναφορικά με την ομαδοποίηση και οπτικοποίηση μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων.

2.6 Δημιουργία νέου marker

Μια από τις βασικές λειτουργίες της εφαρμογής είναι η δυνατότητα δημιουργίας ενός σημείου (marker), στο οποίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει έναν τίτλο, ο οποίος θα προσδιορίζει την ιδιότητα του σημείου αυτού και μια τιμή, η οποία θα παίζει το ρόλο της βαρύτητας του σημείου.

Στην παρούσα εργασία ως ερευνητικό πεδίο επιλέχθηκε η μελέτη της ισχύς του ανθρώπινου δυναμικού που έχει η παγκόσμια αλυσίδα καφέ, Starbucks. Συγκεκριμένα, έγινε χρήση του σεναρίου (use case) που τα Starbucks επιθυμούν να προβούν στην καταμέτρηση του συνόλου των εργαζομένων που απασχολούν στη Δυτική Αμερική. Βάσει των αποτελεσμάτων που διεξάγονται μπορούν στη συνέχεια να προβούν σε συμπεράσματα αναφορικά με την απόδοση του προσωπικού ή την ανάγκη αναδιοργάνωσής του συναρτήσει των πωλήσεων του κάθε καταστήματος.

Εικόνα 16. Δημιουργία marker στο χάρτη, με όνομα - ιδιότητα και τιμή - βαρύτητα.

Έτσι, από το κουμπί «Create a new marker» ο χρήστης μεταβαίνει στη φόρμα δημιουργίας νέου marker. Εκεί καλείται να συμπληρώσει τα πεδία (Εικόνα 16):

- *Address*: η τοποθεσία του νέου marker.



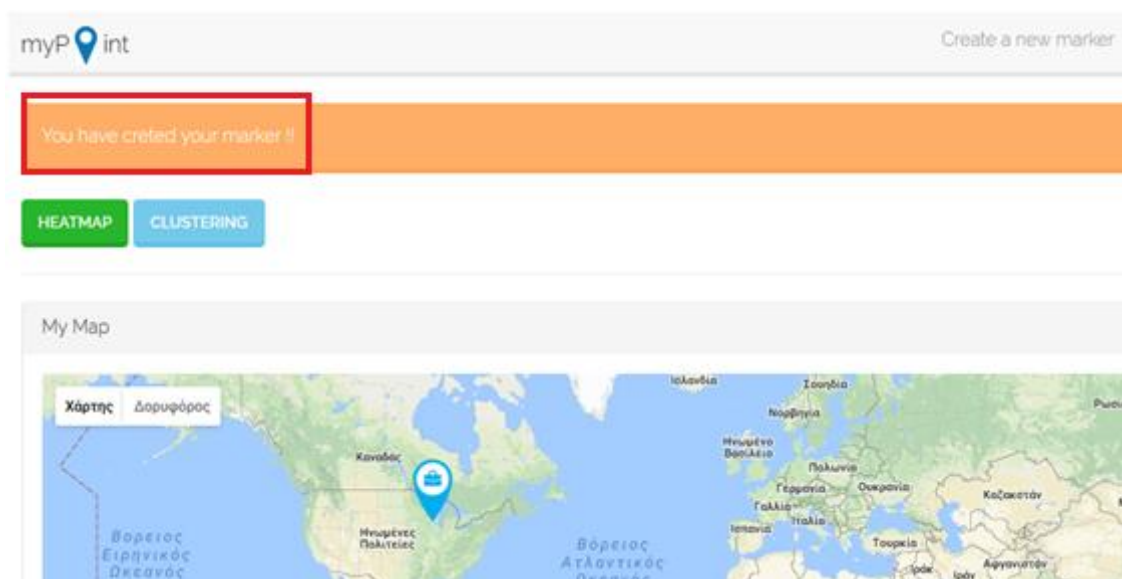
- *Title*: το όνομα ή η ιδιότητα του νέου marker.
- *Value*: η τιμή – βαρύτητα που έχει το νέο marker.

Τα πεδία *Latitude* και *Longitude* συμπληρώνονται αυτόματα μετά την επιλογή της διεύθυνσης του marker.

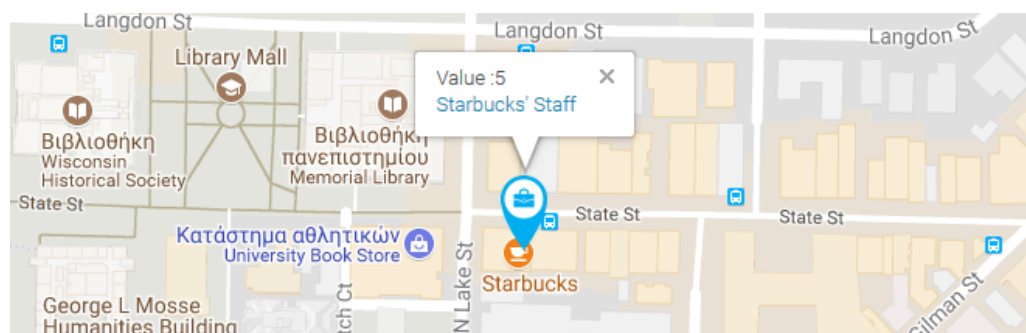
Στο συγκεκριμένο παράδειγμα εισήχθη η διεύθυνση ενός Starbucks καταστήματος που εδρεύει στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Ως τίτλο δόθηκε ο «Starbucks' Staff», μιας που, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το υπό εξέταση θέμα είναι η ισχύς του ανθρωπίνου δυναμικού των Starbucks και ως τιμή ορίστηκε ο αριθμός των ατόμων που απασχολεί το συγκεκριμένο κατάστημα.

Η δήλωση τέτοιων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων πάνω σε ένα σημείο θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική στον τομέα της χαρτογράφησης χωρικών δεδομένων, αφού με αυτόν τον τρόπο μεγάλος όγκος πληροφοριών μείζονος σημασίας μπορεί να συνοψιστεί και να οπτικοποιηθεί.

Αφού συμπληρωθούν όλα τα απαραίτητα πεδία της φόρμας ο χρήστης επιλέγει το κουμπί «Save» για να σώσει τα δεδομένα του. Σε περίπτωση που επιθυμεί να σβήσει ό,τι έχει καταχωρήσει ή να επαφέρει την αρχική μορφή της φόρμας, επιλέγει το κουμπί «Reset». Στην Εικόνα 17 παρουσιάζεται η επιτυχής δημιουργία του νέου marker στο χάρτη, με την τοποθέτηση ενός pin πάνω στο σημείο. Σε υψηλότερο επίπεδο zoom και πατώντας πάνω στο marker εμφανίζονται οι πληροφορίες του (Εικόνα 18).



Εικόνα 17. Επιτυχής δημιουργία marker στο χάρτη.



Εικόνα 18. Εμφάνιση δημιουργημένου σημείου στο χάρτη, μαζί με την ιδιότητα και την τιμή του.

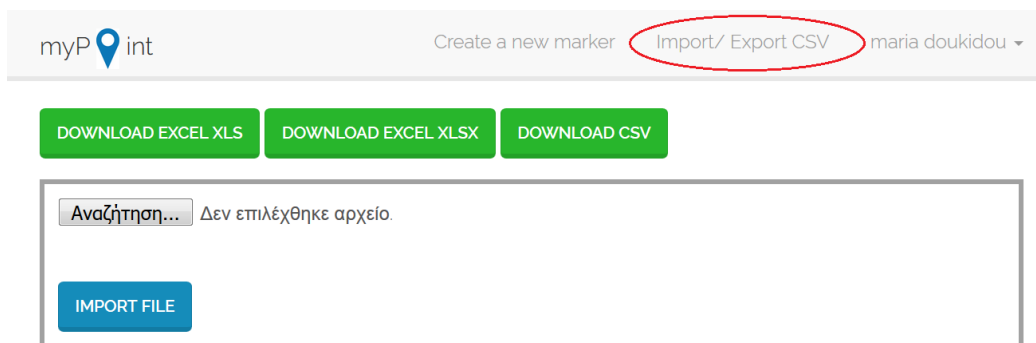


2.7 Εισαγωγή δεδομένων από εξωτερικό αρχείο

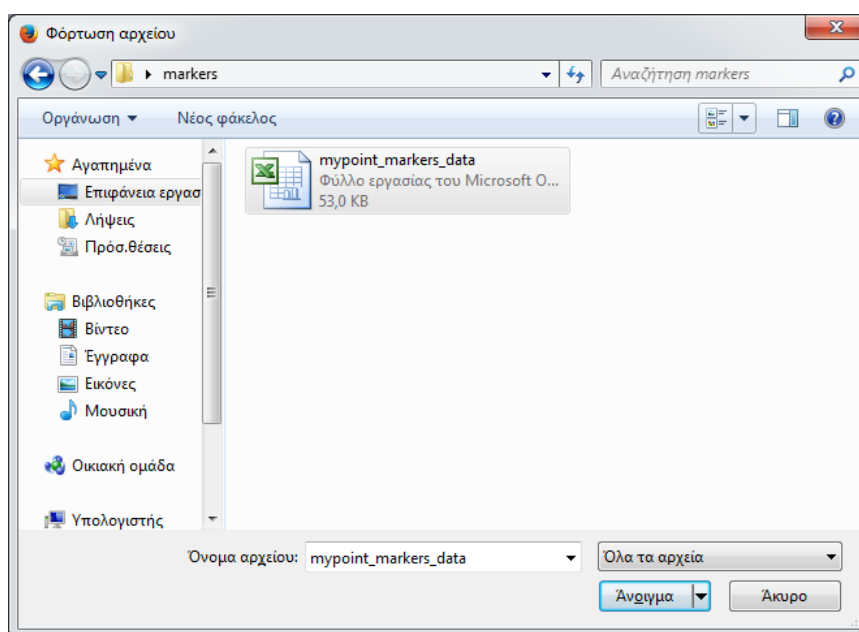
Μια επιπλέον επιλογή που δίνει η εφαρμογή είναι η εισαγωγή χωρικών δεδομένων στο χάρτη μέσω ενός αρχείου excel ή csv. Ένα τέτοιο αρχείο θα πρέπει να περιλαμβάνει βασικά πεδία, όπως αυτά των συντεταγμένων του. Πολλά είναι τα προγράμματα διαδικτυακά που δίνουν τη δυνατότητα εύρεσης συντεταγμένων βάσει διεύθυνσης ή τοποθέτησης ενός pin στο σημείο ενδιαφέροντος (π.χ. Ένα από τα πιο δημοφιλή είναι το [gps-coordinates](#)).

Στο δικό μας παράδειγμα μετά από έρευνα στο διαδίκτυο βρέθηκαν 400 σημεία που αφορούν καταστήματα Starbucks της Δυτικής Αμερικής. Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν σε ένα αρχείο excel στις στήλες Latitude και Longitude. Επιπλέον, προστέθηκαν οι στήλες «id», η οποία προσδιορίζει το id του σημείου, «title», όπου δόθηκε ένα όνομα για την ιδιότητα που θα έχει το κάθε marker, «value», στην οποία ορίζονται οι τιμές των σημείων και «user_id», το οποίο προσδιορίζει τον μοναδικό χρήστη (Εικόνα 22). Το αρχείο αυτό αποθηκεύτηκε σε μορφή .xls.

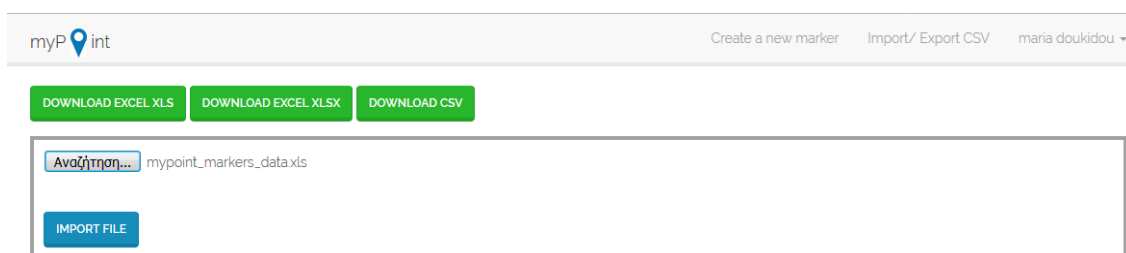
Για την εισαγωγή δεδομένων στο χάρτη μέσω αρχείου ο χρήστης επιλέγει από το μενού το κουμπί «Import/ Export CSV» και από το παράθυρο που ανοίγεται αναζητεί και επιλέγει το αρχείου του (Εικόνα 19 και Εικόνα 20).



Εικόνα 19. Αναζήτηση αρχείου δεδομένων.

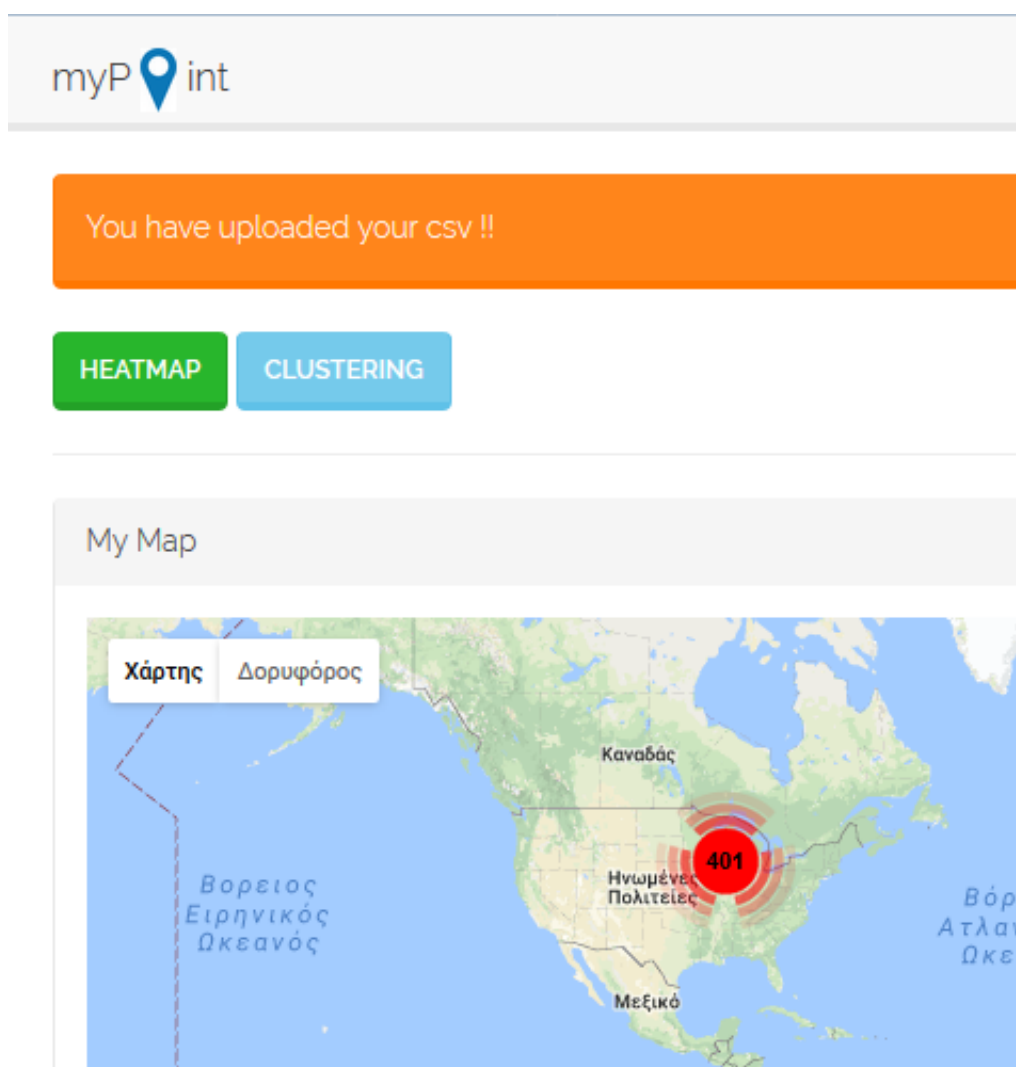


Εικόνα 20. Επιλογή αρχείου δεδομένων για μεταφόρτωσή του στην εφαρμογή.



Εικόνα 21. Ανέβασμα αρχείου δεδομένων στην εφαρμογή.

Αφού επιλεχθή το αρχείο δεδομένων και πατηθεί το κουμπί «Import File» (Εικόνα 21), τα σημεία εμφανίζονται ομαδοποιημένα στο χάρτη, σε μορφή συστάδας μαζί με έναν αριθμό που αντιπροσωπεύει το σύνολο των σημείων που την αποτελούν (Εικόνα 22).



Εικόνα 22. Εμφάνιση δεδομένων στο χάρτη.



	A	B	C	D	E	F
1	id	title	lat	lng	value	user_id
2	1	Starbucks' Staff	43,031873	-71,073203	4	3
3	2	Starbucks' Staff	42,989763	-70,932044	3	3
4	3	Starbucks' Staff	43,04871	-70,816345	5	3
5	4	Starbucks' Staff	42,882128	-70,86808	8	3
6	5	Starbucks' Staff	43,092318	-70,792327	7	3
7	6	Starbucks' Staff	43,077086	-70,758064	7	3
8	7	Starbucks' Staff	42,807206	-71,102071	4	3
9	8	Starbucks' Staff	42,811138	-70,869501	3	3
10	9	Starbucks' Staff	43,111116	-70,734091	3	3
11	10	Starbucks' Staff	42,786955	-71,115836	6	3
12	11	Starbucks' Staff	43,221256	-70,888115	7	3
13	12	Starbucks' Staff	43,232909	-70,8818	5	3
14	13	Starbucks' Staff	42,74415323	-71,15734522	2	3
15	14	Starbucks' Staff	42,764387	-71,216689	6	3
16	15	Starbucks' Staff	42,741881	-71,160069	7	3
17	16	Starbucks' Staff	42,960288	-71,438445	6	3
18	17	Starbucks' Staff	42,92709763	-71,44655693	3	3
19	18	Starbucks' Staff	42,94327	-71,4741	9	3
20	19	Starbucks' Staff	42,665865	-71,115143	3	3
21	20	Starbucks' Staff	42,656393	-71,140289	6	3
22	21	Starbucks' Staff	43,222904	-71,491969	5	3
23	22	Starbucks' Staff	42,76513	-71,49744	4	3
24	23	Starbucks' Staff	42,585366	-70,88444	6	3

Εικόνα 23. Αρχείο excel με 400 σημεία.



2.8 Clustering Button

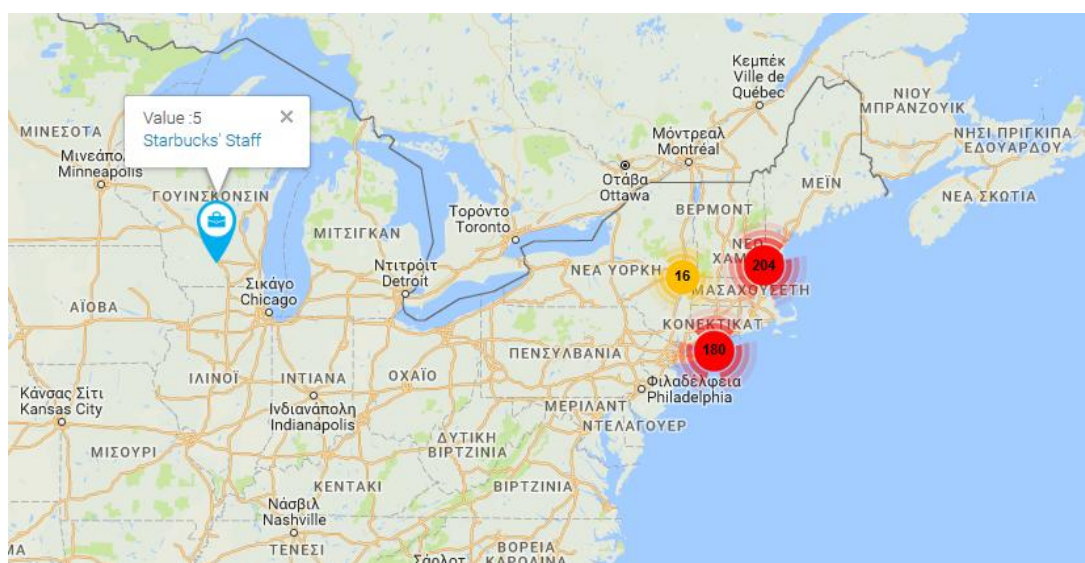
Όπως είναι λογικό, ένας τόσο μεγάλος όγκος δεδομένων είναι δύσκολο να αναπαρασταθεί στο χάρτη, καθώς το αποτέλεσμα θα είναι μη χρηστικό, λόγω της μεγάλης πυκνότητας των σημείων. Η λύση για την αντιμετώπιση ενός τέτοιου προβλήματος είναι η χρήση της βιβλιοθήκης MarkerClusterer του Google Maps API.

Η βιβλιοθήκη MarkerClusterer παρέχει μια τεχνική ομαδοποίησης που διαιρεί τον χάρτη σε πλέγμα συγκεκριμένου μεγέθους (το μέγεθος αλλάζει σε κάθε επίπεδο zoom). Τα σημεία (markers) που βρίσκονται μέσα στο ίδιο πλέγμα, δηλαδή βρίσκονται σε κοντινή απόσταση, ομαδοποιούνται μαζί σε μία συστάδα (cluster). Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται έως ότου όλα τα σημεία κατανεμηθούν στα πιο κοντινά clusters. Εάν κάποιο marker βρίσκεται στα σύνορα περισσότερων από ενός cluster, τότε η απόστασή του από το πλησιέστερο cluster είναι αυτή που το καθορίζει. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται εκτενής ανάλυση της τεχνικής αυτής.



Εικόνα 24. Άθροισμα ομαδοποιημένων markers στο υψηλότερο επίπεδο zoom.

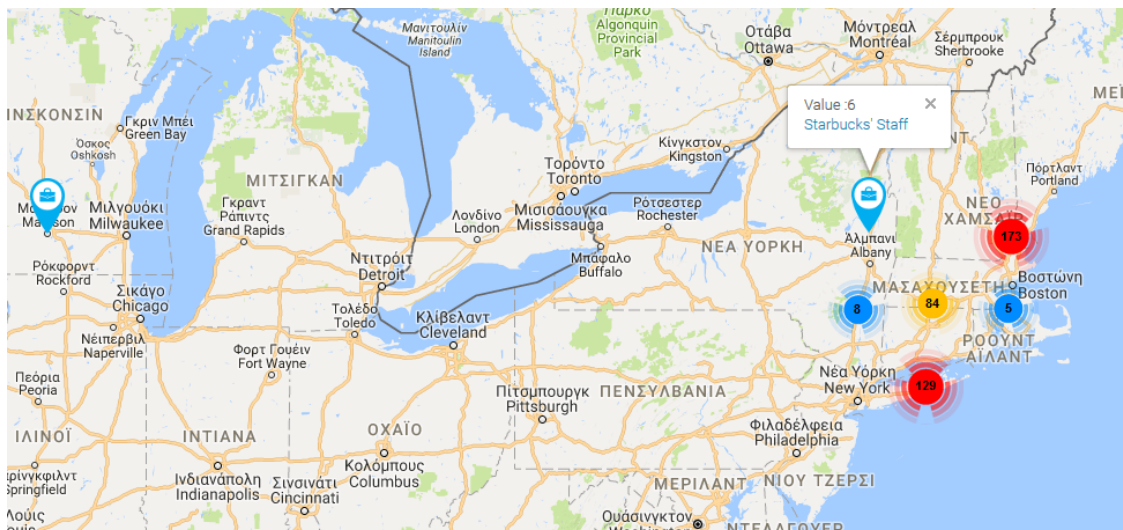
Στην υπό εξέταση εφαρμογή η ομαδοποίηση των markers πραγματοποιείται μέσω του κουμπιού «Clustering», όπου με την εφαρμογή του όλα τα markers στο χάρτη ομαδοποιούνται κάτω από ένα μεγάλο cluster (Εικόνα 24), προβάλλοντας πάνω του το άθροισμα των καταστημάτων Starbucks. Κάθε φορά που δύο ή περισσότερα σημεία είναι ομαδοποιημένα σε cluster, τότε εμφανίζεται πάνω του ο αριθμός των ομαδοποιημένων σημείων που περιέχονται σε αυτό. Το αποτέλεσμα τροποποιείται κάθε φορά που το επίπεδο του zoom μεγαλώνει. Η Εικόνα 25 παρουσιάζει την υποδιαίρεση του μεγάλου cluster σε υπο-clusters κατά το επόμενο επίπεδο zoom. Παρατηρούμε πως το άθροισμά τους είναι και πάλι 401, αλλά αυτή τη φορά διαιρεμένο σε 3 μεγάλα clusters και ένα marker, που λόγω απόστασης εμφανίζεται μόνο του.



Εικόνα 25. Άθροισμα ομαδοποιημένων markers σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

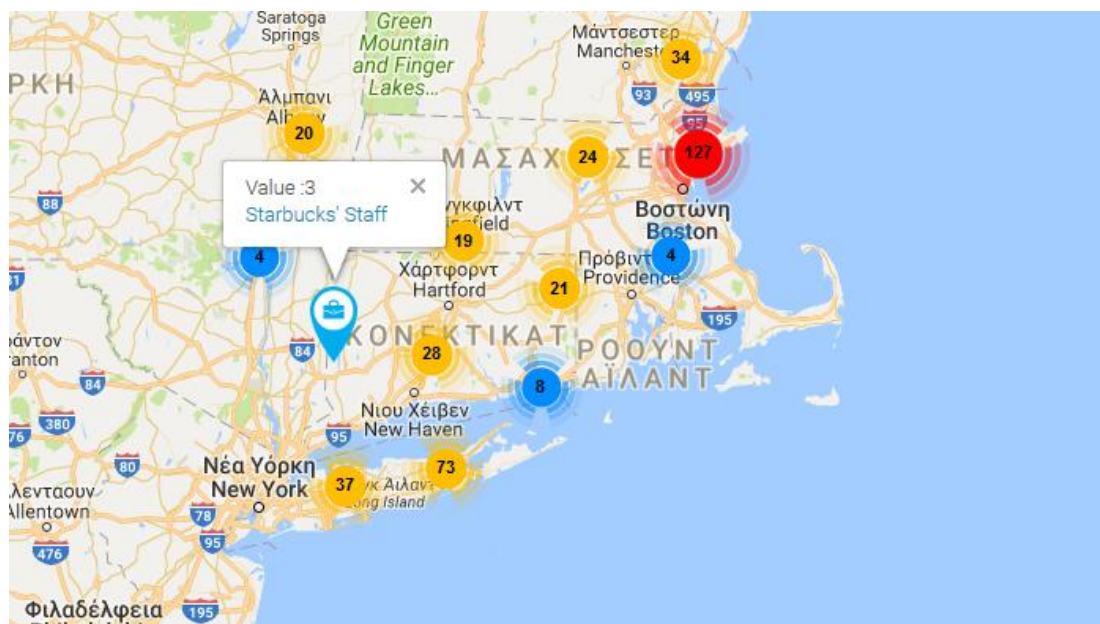


Σε υψηλότερο επίπεδο zoom τα clusters διαιρούνται ξανά σε μικρότερα, ορίζοντας την πυκνότητά τους με χρωματική διαβάθμιση.

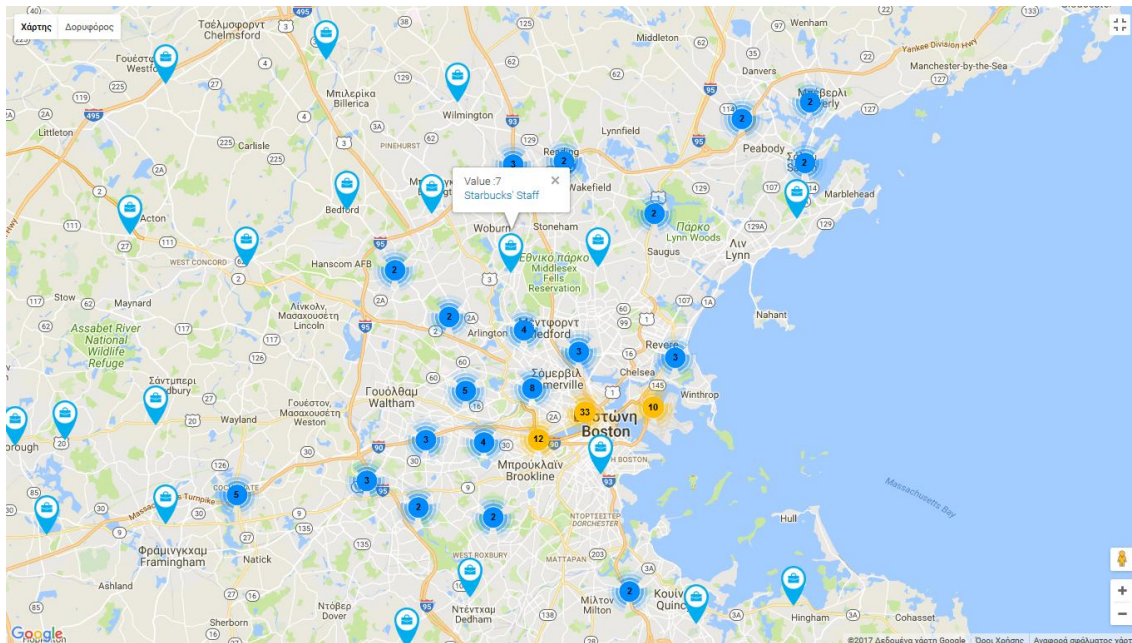


Εικόνα 26. Χρωματική διαβάθμιση clusters, βάσει πυκνότητας.

Όπως παρατηρείται από την Εικόνα 26 και 27, τα clusters που περιέχουν τα λιγότερα markers (από 2 έως 10 σημεία) αναπαριστώνται με μπλε χρώμα, εκείνα που έχουν περισσότερα (από 11 έως 100 σημεία) με κίτρινο και αυτά με τα περισσότερα markers (από 101 σημεία και πάνω) με κόκκινο χρώμα. Η ένδειξη αυτή βοηθάει το χρήστη να αναγνωρίσει άμεσα σε ποιο γεωγραφικό σημείο υπάρχουν τα περισσότερα καταστήματα Starbucks.

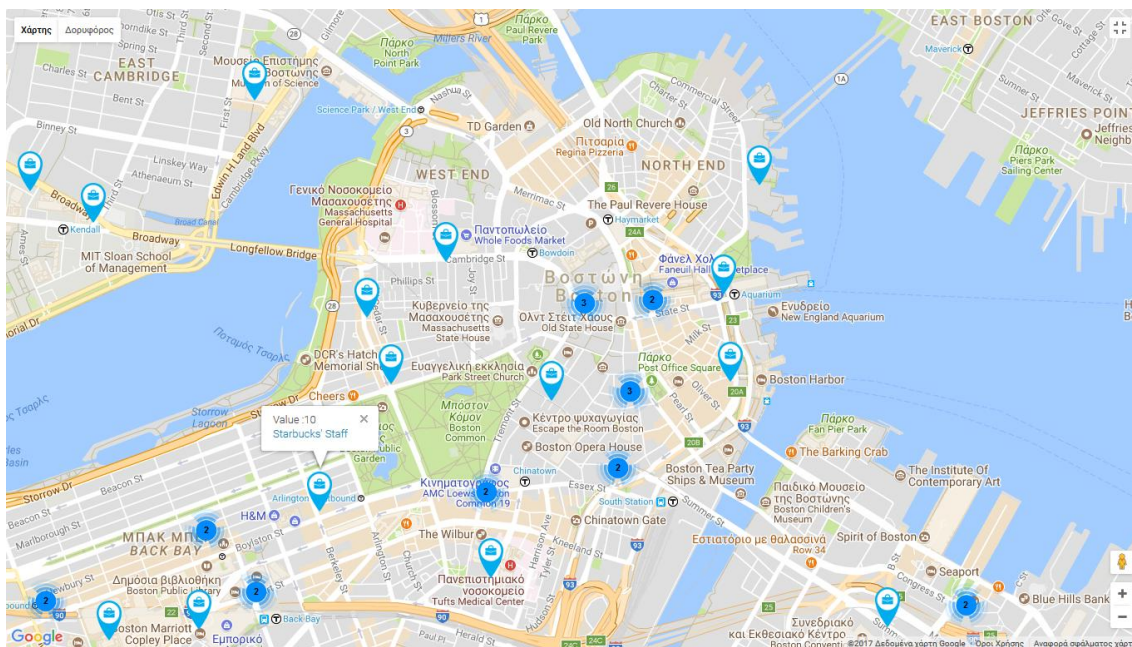


Εικόνα 27. Χρωματική διαβάθμιση clusters, βάσει πυκνότητας των markers.



Εικόνα 28. Εμφάνιση των markers σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

Στην Εικόνα 29 παρουσιάζονται τα μικρότερα αριθμητικά clusters στο προτελευταίο επίπεδο zoom, λίγο πριν εμφανιστούν όλα τα markers χωριστά. Τα clusters διασπώνται όσο αλλάζει το μέγεθος του zoom.

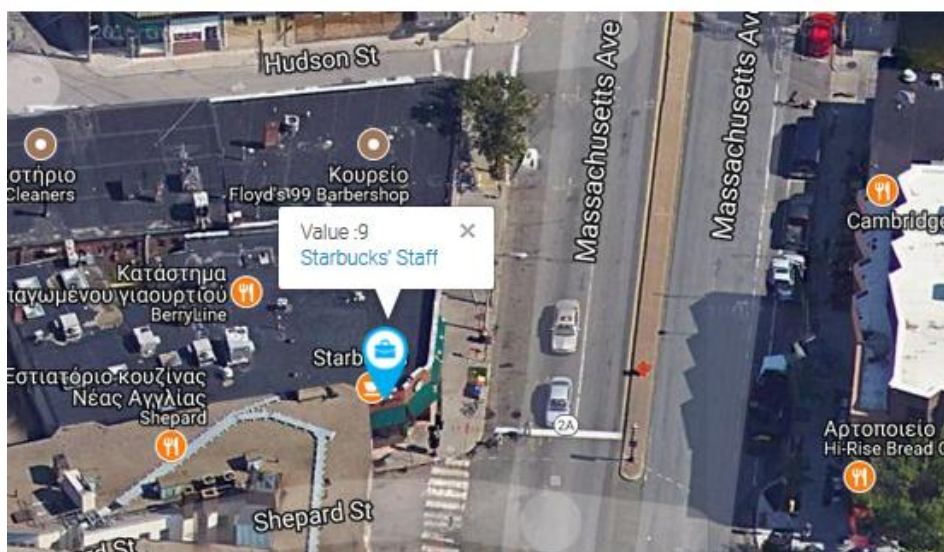


Εικόνα 29. Διάσπαση των clusters σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

Στο μέγιστο επίπεδο zoom οι συστάδες παύουν να υπάρχουν και τα σημεία εμφανίζονται ξεχωριστά το καθένα. Αυτό βέβαια μπορεί να συμβεί και σε υψηλότερο επίπεδο



(Εικόνα 28), σε σημεία που απέχουν σε απόσταση μεταξύ τους και δεν μπορούν να καλυφθούν στο συγκεκριμένο επίπεδο zoom. Ο χρήστης επιλέγοντας ένα από τα μεμονωμένα σημεία μπορεί να εμφανίσει περισσότερες πληροφορίες για αυτό. Οι πληροφορίες αυτές εμφανίζονται σε ένα αναδυόμενο παράθυρο, το οποίο περιλαμβάνει την περιγραφή που έχει δώσει στο marker, καθώς και την τιμή του. Ενδεικτικά, η πληροφορία που μας δίνεται στην Εικόνα 30 αφορά ένα από τα καταστήματα Starbucks που βρίσκεται στη Massachusetts Avenue στο Cambridge και το οποίο απασχολεί 9 άτομα προσωπικό.



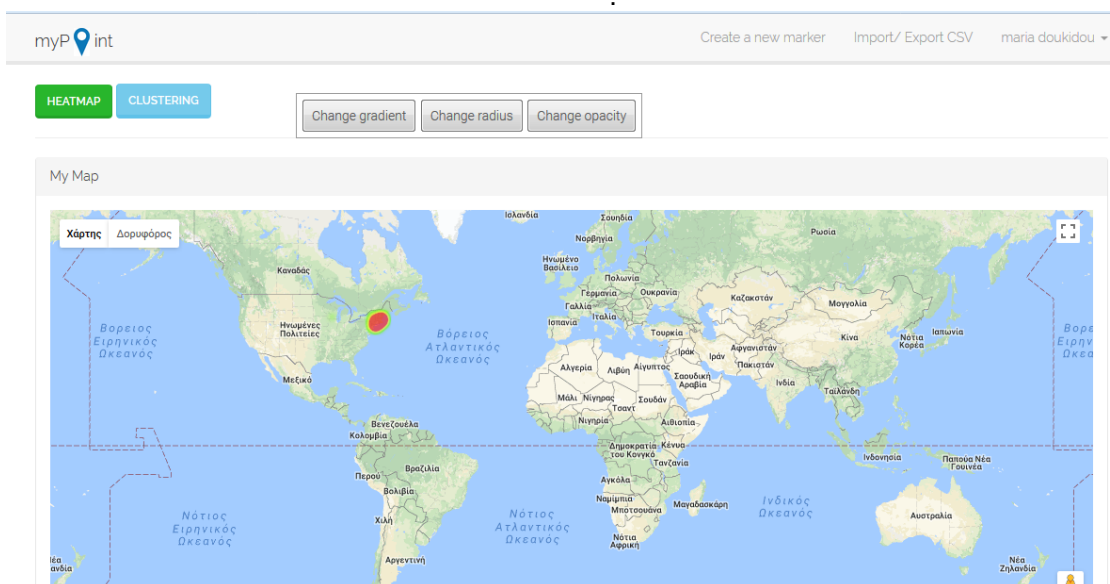
Εικόνα 30. Εμφάνιση marker στο υψηλότερο επίπεδο zoom μαζί με την πληροφορία του.

2.9 Heatmap Button

Μια επιπλέον τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως για την οπτικοποίηση μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων είναι αυτή της Heatmap (Θερμικός χάρτης). Πρόκειται για ένα ακόμα Google Maps API layer, το οποίο απεικονίζει στο χάρτη την πυκνότητα των σημείων μέσω της χρωματικής τους κλιμάκωσης. Συγκεκριμένα, οι περιοχές με τη μεγαλύτερη πυκνότητα σε σημεία αναπαριστώνται με κόκκινο χρώμα, εκείνες με λιγότερη ένταση με κίτρινο και η πιο αραιή σε ένταση με πράσινο. Η αναπαράσταση τέτοιων σημείων μπορεί να εκπροσωπή περιπτώσεις όπως, νοσοκομεία, σεισμικές μετρήσεις, περιβαλλοντικές μελέτες, κ.ά., τις οποίες δεν ενδιαφέρει τόσο ο αριθμός των σημείων, αλλά σε ποιες περιοχές είναι τα περισσότερα τοποθετημένα.

Στην εφαρμογή *mypoint.app* η επιλογή αυτή παρέχεται μέσω του κουμπιού «Heatmap». Ο χρήστης έχοντας ανεβάσει – δημιουργήσει ήδη τα δεδομένα του με τον τρόπο που αναφέρθηκε στις ενότητες [2.6](#) και [2.7](#) μπορεί με την ενεργοποίηση του κουμπιού Heatmap να τα οπτικοποιήσει σε χρωματική κλιμάκωση.

Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 31, η περιοχή με τη περισσότερη συγκέντρωση δεδομένων αναπαριστάται με κόκκινο χρώμα, ενώ εκείνη με τη λιγότερη συγκέντρωση πληροφοριών με πράσινο.



Εικόνα 31. Heatmap Layer – Χρωματική αναπαράσταση της πυκνότητας των σημείων.



Εικόνα 32. Η εφαρμογή του Heatmap Layer σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

Στην Εικόνα 32 απεικονίζεται εντονότερα η χρωματική κλιμάκωση, καθώς μεγαλώνει το επίπεδο εστίασης, έως ότου στα τελευταία επίπεδα επικρατήσει το πράσινο χρώμα, το οποίο προσδιορίζει περιοχές με ένα ή μικρό αριθμό σημείων (Εικόνα 33).

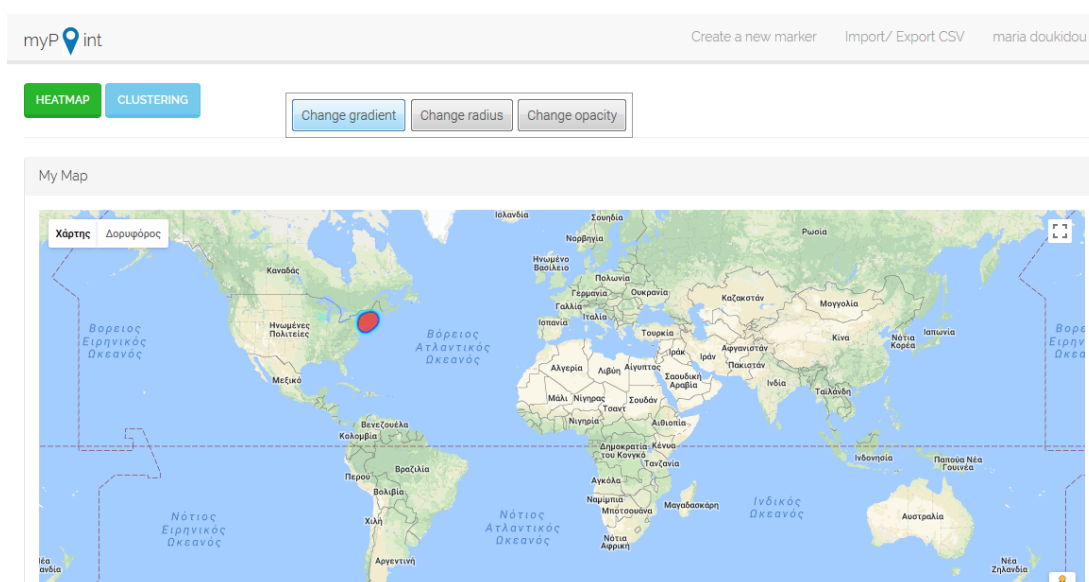


Εικόνα 33. Η εφαρμογή του Heatmap Layer με zoom in στην περιοχή με την μεγαλύτερη πυκνότητα σε δεδομένα.

2.9.1 Change Gradient Button

Μια περαιτέρω προσέγγιση ως προς την τεχνική Heatmap είναι η δυνατότητα παραμετροποίησης του τρόπου με τον οποίο θα απεικονίζεται. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν οι ιδιότητες Gradient, Radius και Opacity, οι οποίες προσφέρουν διαφορετικό οπτικό αποτέλεσμα.

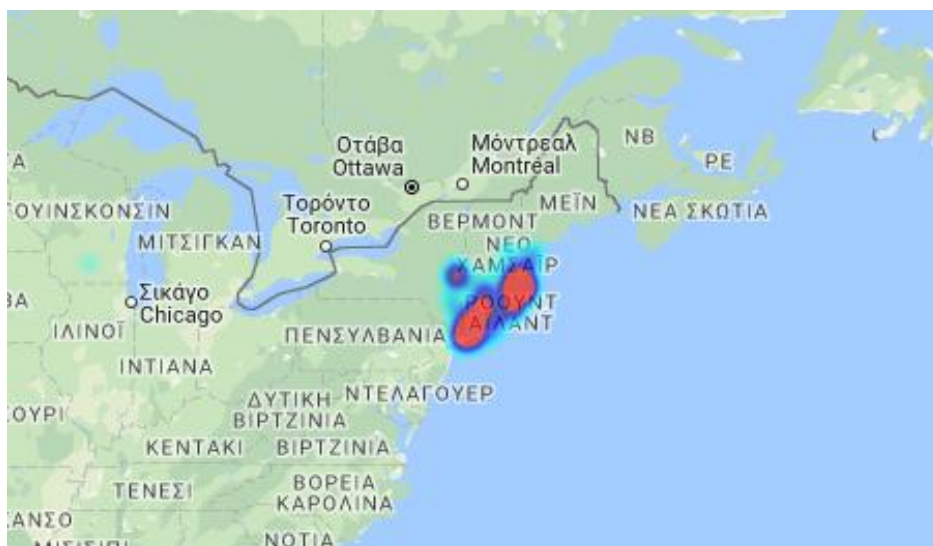
Στην Εικόνα 34 παρατηρείται η εφαρμογή της τεχνικής Gradient.



Εικόνα 34. Heatmap «Change Gradient» επιλογή.

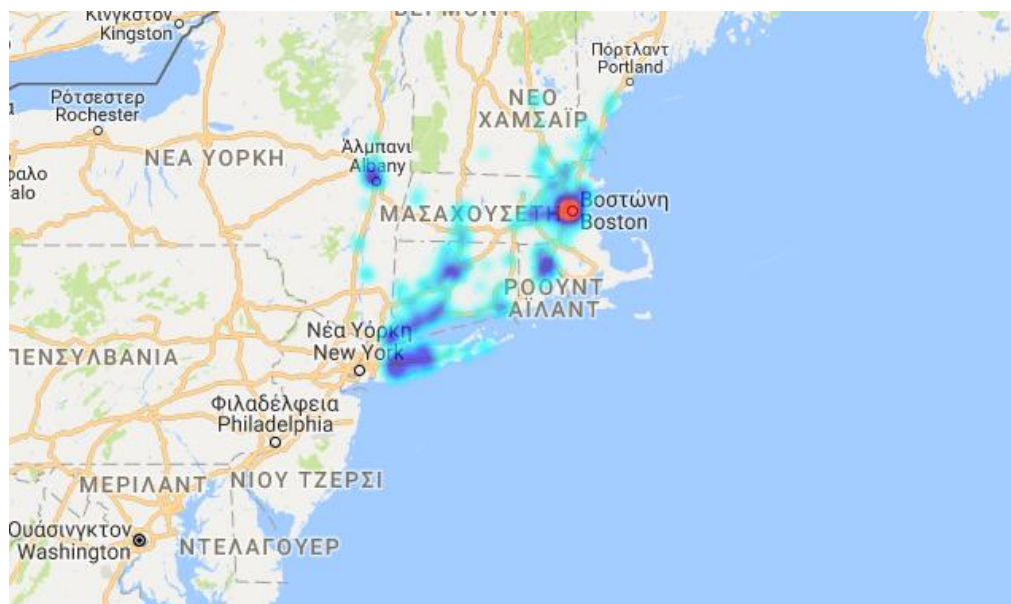


Με την επιλογή αυτή η χρωματική κλιμάκωση οπτικοποιείται με κόκκινο χρώμα για τις πιο πυκνές σε σημεία περιοχές, με μπλε για τις αμέσως επόμενες σε πυκνότητα και με γαλάζιο για τις πιο αραιές (Εικόνα 35).



Εικόνα 35. Heatmap «Change Gradient» - Χρωματική διαβάθμιση σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

Στην Εικόνα 36 γίνεται αντιληπτό ότι, η χρωματική διαβάθμιση είναι εντονότερη καθώς σε επίπεδο εστίασης μεγαλώνει.



Εικόνα 36. Heatmap «Change Gradient» - Χρωματική διαβάθμιση σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

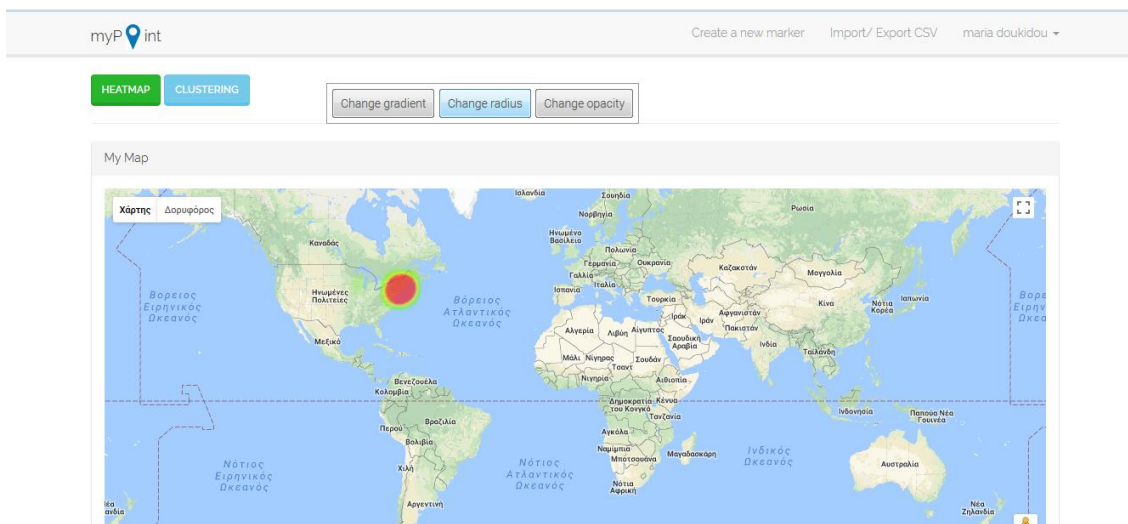
Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 37, σε υψηλότερο επίπεδο zoom το χρώμα που επικρατεί είναι το γαλάζιο, καθώς πλέον μικραίνει η πυκνότητα των σημείων, όσο ο χρήστης εστιάζει σε συγκεκριμένη περιοχή ή σημείο.



Εικόνα 37. Heatmap «Change Gradient» - Χρωματική διαβάθμιση σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

2.9.2 Change Radius Button

Στην Εικόνα 38 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της επιλογής του κουμπιού «Change Radius». Πιο συγκεκριμένα, η ιδιότητα Radius αντιπροσωπεύει την ακτίνα επιρροής κάθε datapoint στο χάρτη αναπαριστάμενη σε pixels. Η χρωματική της διαβάθμιση είναι ίδια, όπως αυτή της κανονικής τεχνικής Heatmap (κόκκινο – κίτρινο - πράσινο, για υψηλή, μεσαία ή χαμηλή πυκνότητα σημείων, αντίστοιχα).



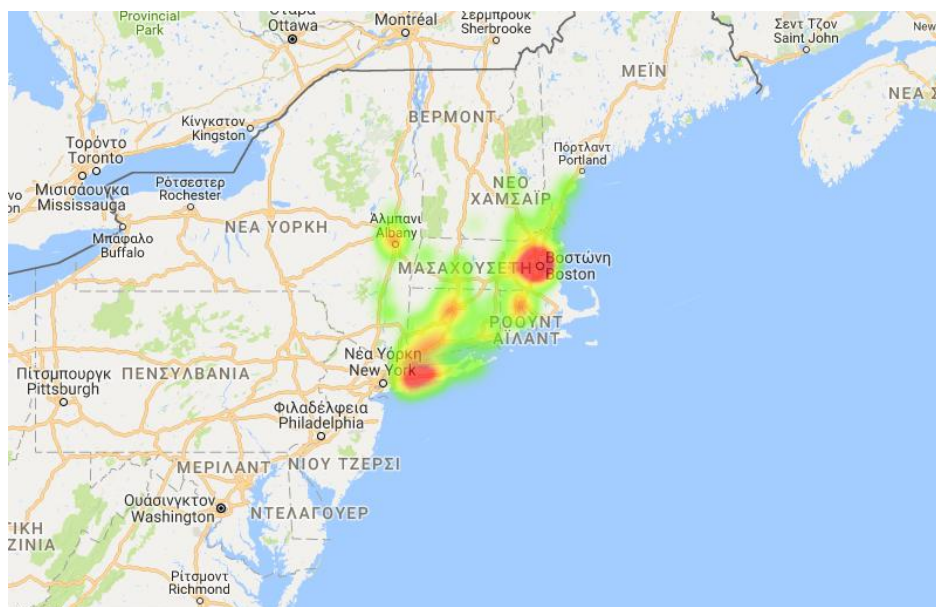
Εικόνα 38. Heatmap «Change Radius» επιλογή.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι, τα τρία κουμπιά προσαρμοσμένης εμφάνισης της τεχνικής Heatmap λειτουργούν ως toggle buttons, δηλαδή η επιλογή ενεργοποιείται με το ένα πάτημα του κουμπιού και απενεργοποιείται με το δεύτερο. Συνεπώς, η λειτουργία και των τριών ταυτόχρονα μπορεί να εμφανίσει έναν συνδυασμό των ιδιοτήτων τους.



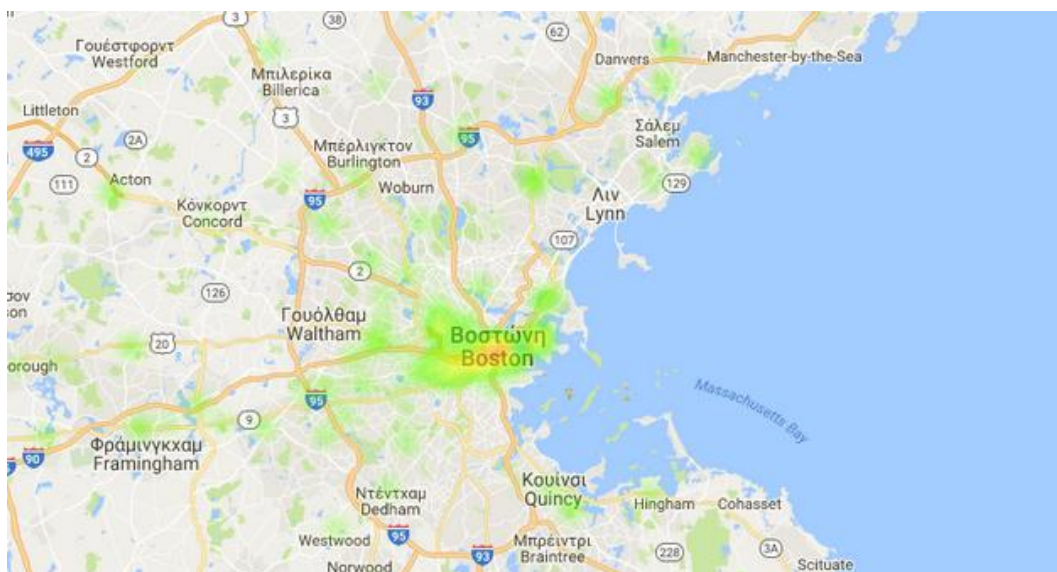
Εικόνα 39. Heatmap «Change Radius» - Χρωματική διαβάθμιση σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

Από τις Εικόνες 38, 39 και 40 παρατηρείται πως, η οπτικοποίηση της τεχνικής Radius καλύπτει μεγαλύτερη έκταση (ακτίνα) των περιοχών με τη μεγαλύτερη πυκνότητα σε χωρικά δεδομένα. Για το λόγο αυτό η μορφή της εμφανίζεται να είναι πιο πυκνή και ωοειδής.



Εικόνα 40. Heatmap «Change Radius» - Χρωματική διαβάθμιση σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

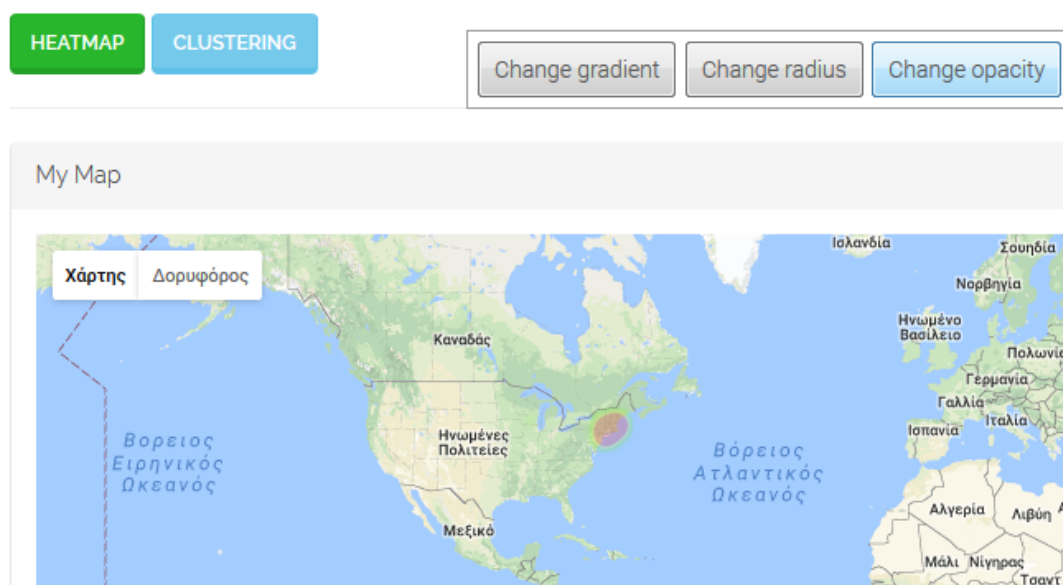
Όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 41, σε υψηλότερο επίπεδο zoom το χρώμα που επικρατεί είναι το πράσινο, καθώς πλέον μικραίνει η πυκνότητα των σημείων, όσο ο χρήστης εστιάζει σε συγκεκριμένη περιοχή ή σημείο.



Εικόνα 41. Heatmap «Change Radius» - Χρωματική διαβάθμιση σε υψηλότερο επίπεδο zoom.

2.9.3 Change Opacity Button

Η τελευταία επιλογή διαφορετικής απεικόνισης της τεχνικής Heatmap είναι αυτή του Opacity. Η ιδιότητα αυτή επιτρέπει στον χρήστη να ορίσει τη διαφάνεια/ αδιαφάνεια των χρωμάτων του heatmap layer, εκφράζοντάς την σε 0 και 1 (στο 0 ο θερμικός χάρτης είναι πλήρως διαφανής, ενώ στο 1 εμφανίζεται συμπαγής, χωρίς διαφάνεια). Έτσι, στην Εικόνα 42 παρατηρείται πως, με την ενεργοποίηση του κουμπιού «Change Opacity» ο θερμικός χάρτης παρουσιάζεται σε μία διαφανή μορφή.



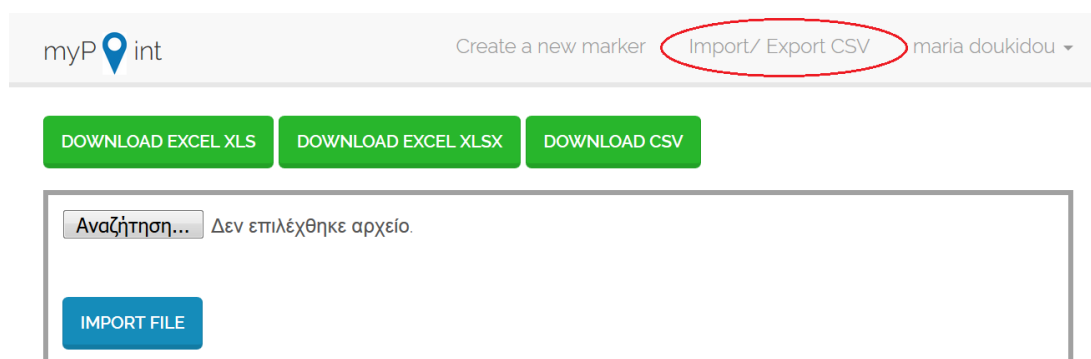
Εικόνα 42. Heatmap «Change Opacity» επιλογή.

Η μορφή αυτή φυσικά απεικονίζεται σε οποιοδήποτε επίπεδο zoom.



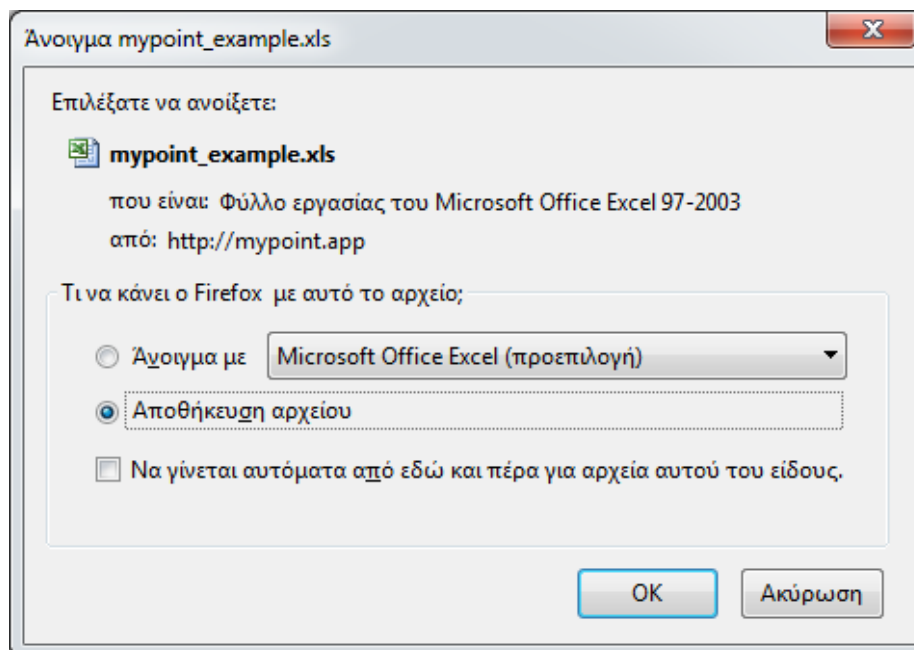
2.10 Εξαγωγή δεδομένων

Εφόσον ο χρήστης έχει δημιουργήσει όλα τα δεδομένα που χρειάζεται στο χάρτη του, μπορεί να τα εξάγει σε αρχείο και να τα σώσει τοπικά, προκειμένου να τα έχει είτε ως αντίγραφο ασφαλείας, ή να τα χρησιμοποιήσει μελλοντικά στην εφαρμογή. Το αρχείο αυτό μπορεί να αποθηκευτεί σε μορφή επέκτασης .xls, .xlsx και .csv. Οι επιλογές αυτές βρίσκονται στο tab «Import/Export» της μπάρας περιήγησης. Από εκεί και μέσω των κουμπιών «Download excel xls», «Download Excel xls» και «Download CSV» πραγματοποιείται το κατέβασμα του εξατομικευμένου χάρτη.

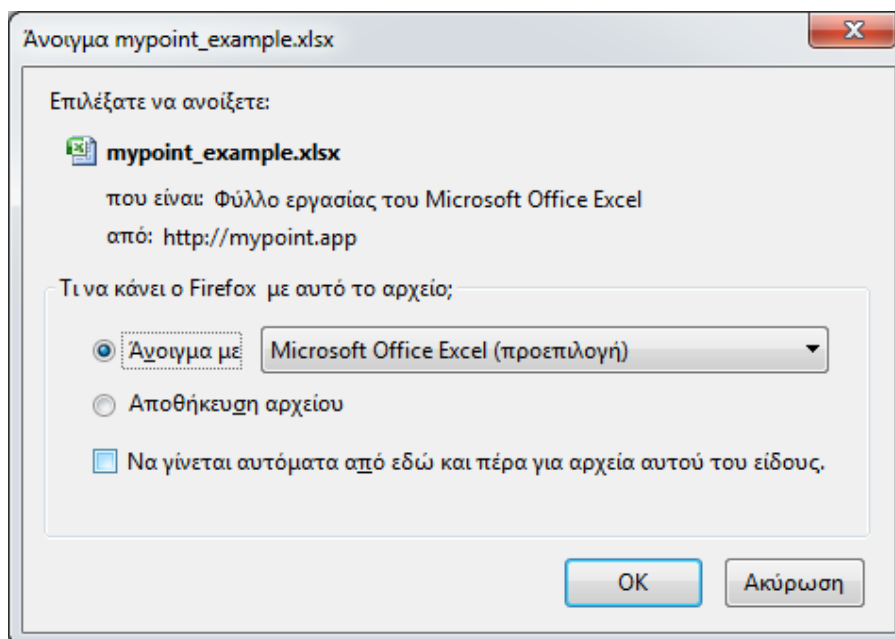


Εικόνα 43. «Import/ Export» tab για την αποθήκευση του αρχείου με τα ατομικά χωρικά δεδομένα.

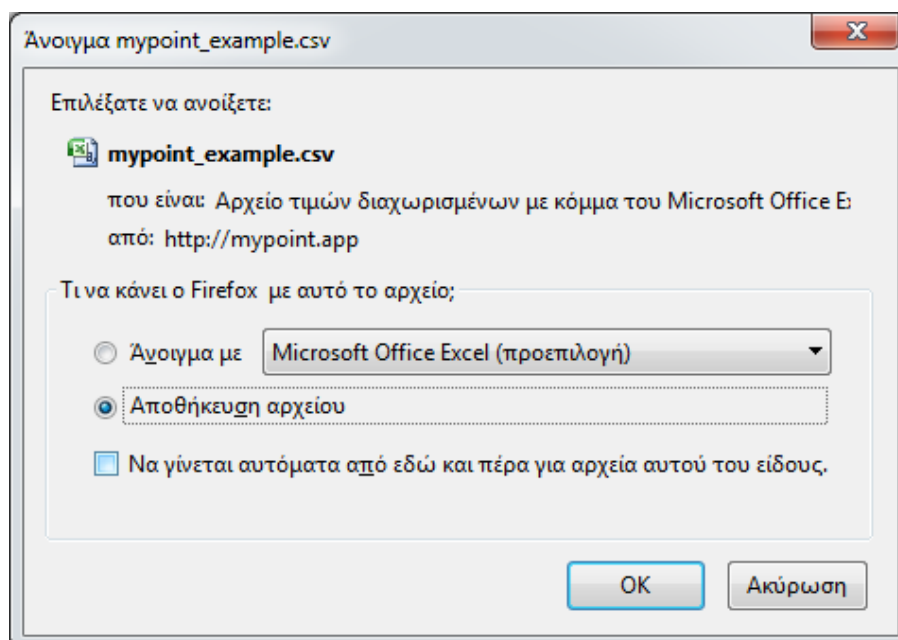
Κατά το πάτημα ενός από τα τρία κουμπιά ανοίγει ένα αναδυόμενο παράθυρο, στο οποίο αναγράφεται το όνομα του αρχείου με την επέκτασή του (.xls, .xlsx, .csv) και στη συνέχεια παρέχονται μια από τις δύο δυνατότητες, ή του ανοίγματος του αρχείου δεδομένων ή της αποθήκευσής του (Εικόνες 44, 45 και 46).



Εικόνα 44. Εξαγωγή αρχείου χωρικών δεδομένων σε επέκταση .xls.



Εικόνα 45. Άνοιγμα του αρχείου χωρικών δεδομένων μέσω λογιστικών φύλλων Excel.



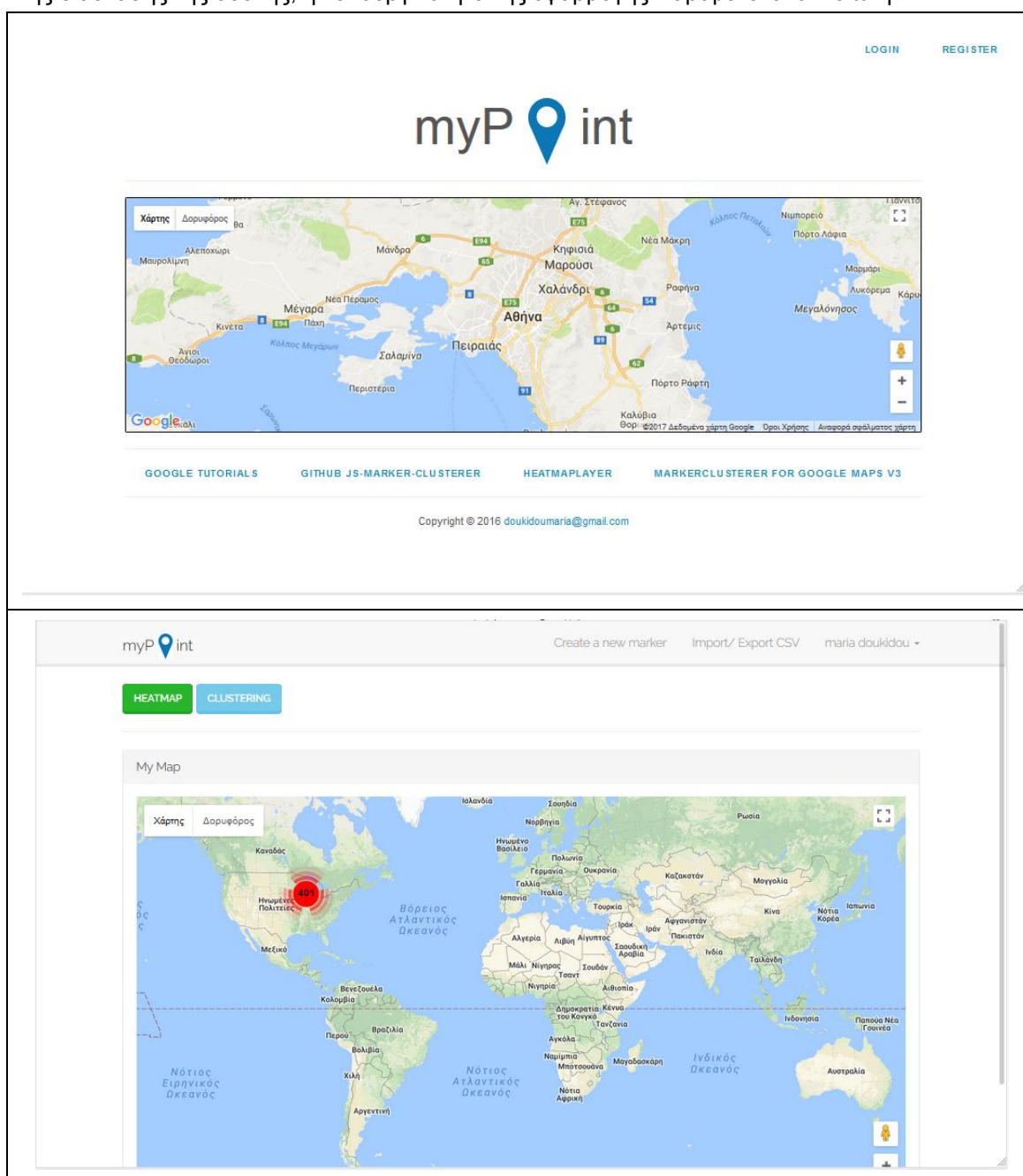
Εικόνα 46. Εξαγωγή αρχείου χωρικών δεδομένων σε επέκταση .csv.



2.11 Συμβατότητα με φορητές συσκευές

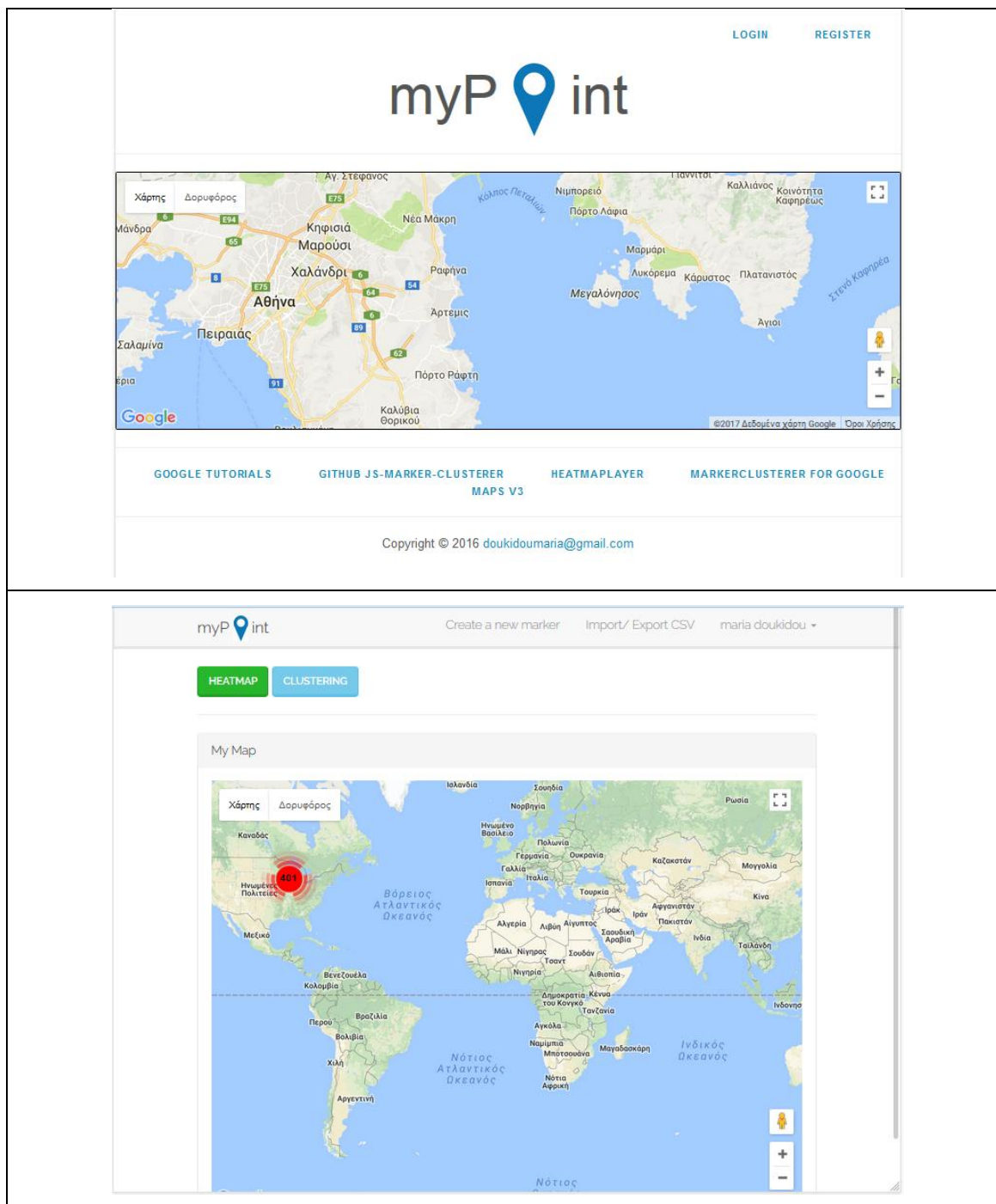
Η εφαρμογή *mypoint.app* προσφέρει πλήρως συμβατή λειτουργία. Προσαρμόζεται δυναμικά και “on the fly” (άμεσα) σε κάθε διάσταση και προσανατολισμό οθόνης. Έτσι, ο χρήστης της εφαρμογής μπορεί να πλοηγηθεί από οποιαδήποτε φορητή συσκευή, χωρίς να χρειάζεται να κάνει μεγέθυνση ή πλάγιο σκρολ για να διαβάσει με ευκολία το περιεχόμενό της.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της πλοήγησης στην εφαρμογή μέσω ενός laptop, ενός tablet και μιας smartphone συσκευής. Όπως φαίνεται, παρά την αλλαγή της διάστασης της οθόνης, η λειτουργικότητα της εφαρμογής παραμένει αναλλοίωτη.

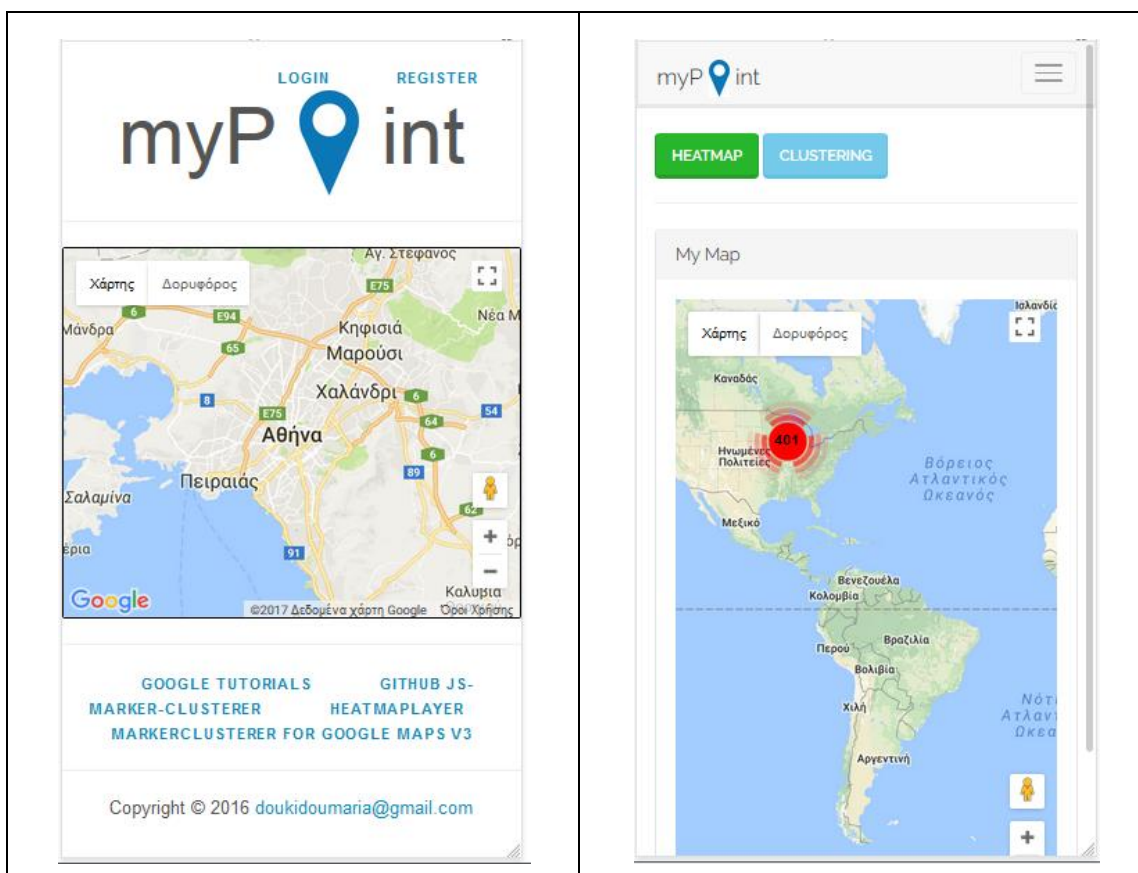


Εικόνα 47. Συμβατότητα της εφαρμογής σε συσκευή laptop ανάλυσης 1366x768.

«Μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση διαδικτυακής εφαρμογής καταχώρησης, διαχείρισης και ομαδοποίησης χωρικών δεδομένων σε Google Maps»



Εικόνα 48. Συμβατότητα της εφαρμογής σε συσκευή tablet.



Εικόνα 49. Συμβατότητα της εφαρμογής σε συσκευή smartphone.

3. Αρχιτεκτονική Συστήματος

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση των βασικών απαιτήσεων, των εργαλείων, των γλωσσών προγραμματισμού (front end και back end), των βιβλιοθηκών και της βάσης δεδομένων που χρειάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής. Επιπλέον, αναλύονται οι βιβλιοθήκες του Google Maps API που χρησιμοποιήθηκαν για την οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων πάνω στο χάρτη.

3.1 Περιγραφή απαιτήσεων

Η εφαρμογή *mypoint.app* καλείται να πληροί βασικές απαιτήσεις, αναφορικά με τη λειτουργικότητά της προς τον χρήστη. Ουσιαστικά πρόκειται για τις ανάγκες του χρήστη που καλύπτονται μέσω του καλύτερου δυνατού οπτικού αποτελέσματος και τις λειτουργίες που παρέχει σε αυτόν.

Όσον αφορά τις απαιτήσεις οπτικής απεικόνισης της εφαρμογής, τέθηκε ως στόχος ο σχεδιασμός ενός όσο το δυνατόν πιο λιτού και φιλικού προς τον χρήστη περιβάλλοντος, τόσο για την αρχική σελίδα, όσο και για τις υπόλοιπες σελίδες περιαγωγής του σε αυτήν. Ταυτόχρονα, η ευχρηστία της εφαρμογής γίνεται αντιληπτή από το κατά πόσο εύκολα και γρήγορα ο χρήστης βρίσκει την πληροφορία που χρειάζεται, όταν τη χρειάζεται. Επιπλέον, κρίθηκε αναγκαίο η εφαρμογή να υποστηρίζεται από οποιοδήποτε φυλλομετρητή ιστοσελίδων (web browser). Μια ακόμα από τις απαιτήσεις ήταν να μπορεί ο χρήστης να προσεγγίσει την



εφαρμογή από οποιαδήποτε φορητή συσκευή διαθέτει, χωρίς να αλλοιώνεται η λειτουργικότητά της. Αυτό επετεύχθη με τον σχεδιασμό της σε responsive λειτουργία. Έτσι, ανεξαρτήτως ανάλυσης οθόνης ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση χωρίς να χρειάζεται να κάνει μεγέθυνση ή σκρολ για να προσπελάσει το περιεχόμενο μιας σελίδας. Η υιοθέτηση όλων των παραπάνω απαιτήσεων από οποιαδήποτε διαδικτυακή εφαρμογή αποτελεί μια από τις βασικές προϋποθέσεις που ο χρήστης μπορεί να κρίνει ικανοποιητική την επίσκεψή του σε αυτήν, έχοντας πάντα εκπληρώσει το σκοπό της περιήγησής του.

Από τη σκοπιά των λειτουργικών απαιτήσεων, έπειτα από ανάλυση και έρευνα, κρίθηκε απαραίτητο η εφαρμογή να μπορεί να υποστηρίξει τις εξής λειτουργίες:

- *Εγγραφή χρήστη με τα στοιχεία του:* Ο χρήστης να μπορεί να κάνει εγγραφή στην εφαρμογή εισάγοντας τα στοιχεία του (Όνομ/νυμο, email, password).
- *Αποστολή κωδικού ενεργοποίησης λογαριασμού στο email του χρήστη:* Ο χρήστης, αφού συμπληρώσει τα στοιχεία του κατά τη διαδικασία εγγραφής, να λαμβάνει στο email του έναν κωδικό ταυτοποίησης – ενεργοποίησης του λογαριασμού του.
- *Είσοδος στην εφαρμογή και ταυτοποίηση των στοιχείων του χρήστη:* Εφόσον ολοκληρωθεί η διαδικασία εγγραφής, ο χρήστης να μπορεί να εισέλθει στην εφαρμογή εισάγοντας το email και τον κωδικό πρόσβασής του (password).
- *Δημιουργία σημείου στο χάρτη μέσω αναζήτησης τοποθεσίας ή μέσω της επιλογής σημείου από το χάρτη:* Να παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα δημιουργίας νέου σημείου (marker) στο χάρτη, κάνοντας αναζήτηση της διεύθυνσης που επιθυμεί ή επιλέγοντας από τον χάρτη το σημείο που τον ενδιαφέρει.
- *Προσθήκη περιγραφής και τιμής / βάρους στο σημείο (marker):* Ο χρήστης να μπορεί να εισάγει μια περιγραφή του marker, καθώς και μια τιμή που το χαρακτηρίζει.
- *Προβολή του marker στο χάρτη μαζί με την πληροφορία του:* Αφού δημιουργηθεί ένα νέο marker, να προβάλλεται στο χάρτη μαζί με την πληροφορία που του έχει εισαχθεί.
- *Εισαγωγή χωρικών δεδομένων από αρχείο μορφής csv ή xls:* Να μπορεί ο χρήστης να εισάγει δικά του χωρικά δεδομένα μέσω ενός αρχείου csv ή xls.
- *Εφαρμογή της τεχνικής marker clustering για την ομαδοποίηση των markers:* Να μπορεί το σύνολο των δεδομένων να προβάλλεται στο χάρτη μέσω της ομαδοποίησής τους σε συστάδες (clusters) και να απεικονίζεται πάνω σε αυτή το σύνολο των σημείων που περιέχει. Επίσης, στο υψηλότερο επίπεδο zoom να εμφανίζονται τα markers μεμονωμένα μαζί με την πληροφορία τους.
- *Εφαρμογή της τεχνικής heatmap για την προβολή των δεδομένων μέσω θερμικού χάρτη:* Να γίνεται οπτικοποίηση της πυκνότητας των σημείων στο χάρτη μέσω της χρωματικής διαβάθμισής του.
- *Εξαγωγή εξατομικευμένου χάρτη σε αρχείο μορφής CSV, XLS, XLSX.:* Να μπορεί ο χρήστης να εξαγάγει τον χάρτη με τα δεδομένα που δημιούργησε σε ένα αρχείο επέκτασης .csv, .xls, .xlsx.
- *Έξοδος από την εφαρμογή:* Να παρέχεται στο χρήστη η δυνατότητα εξόδου από την εφαρμογή.

3.2 Back-end τεχνολογίες

3.2.1 Laravel PHP framework

Η ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε με τη χρήση του PHP framework Laravel έκδοσης 5.3. Το Laravel είναι ένα δωρεάν, ανοιχτού κώδικα PHP web framework, το οποίο χρησιμοποιείται στην κατασκευή διαδικτυακών εφαρμογών. Δημιουργήθηκε από τον Taylor Otwell τον Ιούνιο του 2011, ενώ τον Αύγουστο του 2016 κυκλοφόρησε η έκδοση 5.3. Οι προγραμματιστές το προτιμούν έναντι οποιουδήποτε άλλου framework, λόγω των επιδόσεών του, των χαρακτηριστικών και της επεκτασιμότητας που προσφέρει μέσω του αρχείου migration.



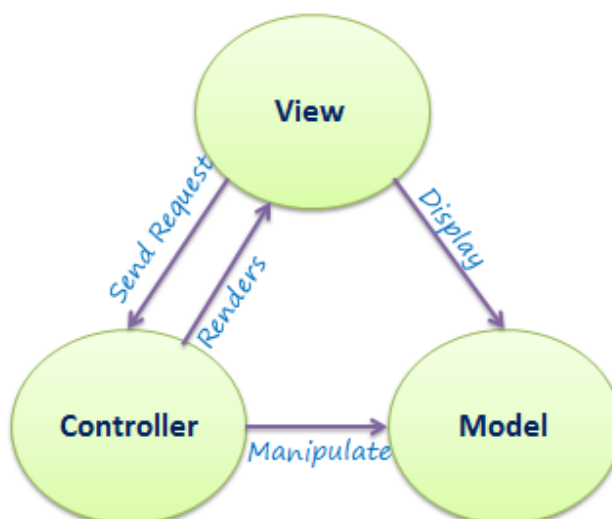
Ένας επιπλέον λόγος που προτιμάται το Laravel είναι ότι, βασίζεται στην αρχιτεκτονική του μοντέλου MVC (Model – View – Controller). Η αρχιτεκτονική αυτή χωρίζει την εφαρμογή σε τρία συστατικά, στο Model, στο View και στον Controller.

Model: Το αντικείμενο μοντέλου διαχειρίζεται την ανάκτηση και αποθήκευση δεδομένων στη βάση και απαντά στα αιτήματα που δέχεται από τον Controller. Εδώ αντίστοιχα έγιναν οι ρυθμίσεις για τους πίνακες της βάσης δεδομένων της εφαρμογής που αναπτύχθηκε (\app\place.php, \app\user.php).

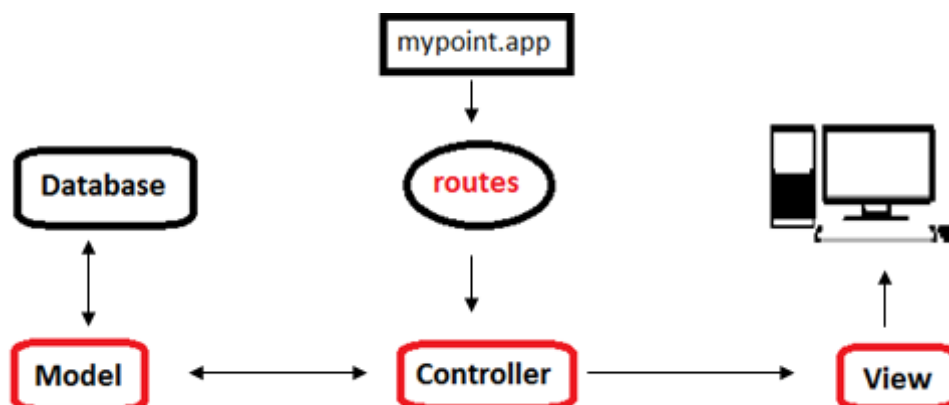
View: Το αντικείμενο απεικόνισης χρησιμοποιείται μόνο για να παρουσιάζεται η πληροφορία στο χρήστη. Στην εφαρμογή mypoint είναι ο αντίστοιχος φάκελος views (\resources/views), ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα εικαστικά αρχεία της εφαρμογής.

Controller: Το αντικείμενο ελεγκτή χειρίζεται τα αιτήματα του χρήστη και στέλνει με τη σειρά του αίτημα στο Model και στο View για να εκτελέσουν τις απαραίτητες ενέργειες. Στην υπό εξέταση εφαρμογή αναπτύχθηκαν δυο controllers, ο HomeController.php και ο PlaceController.php (\app\Http\Controllers\...).

Στην Εικόνα 50 αναπαριστάται η αλληλεπίδραση των τριών αυτών αντικειμένων.



Εικόνα 50. Το Μοντέλο αρχιτεκτονικής MVC.



Εικόνα 51. Αναπαράσταση της εφαρμογής mypoint.app βάσει της αρχιτεκτονικής MVC που ακολούθησε.



Στην Εικόνα 51 απεικονίζεται η αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής MVC με τον τρόπο που χρησιμοποιήθηκε στην υπό μελέτη εφαρμογή. Το αντικείμενο *routes* χρησιμοποιείται για το mapping των URLs, τα οποία ορίζουν τις συναρτήσεις για τις δράσεις του controller. Εκτελείται μέσω του αρχείου *routes.php*, το οποίο ορίζεται στο φάκελο *app* του Laravel (*app/routes.php*).

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που προσφέρει το Laravel είναι το *data migration*, το οποίο επιτρέπει την εύκολη μετατροπή ή μεταφορά του σχήματος της βάσης δεδομένων. Επιπλέον, παρέχει πολλαπλά backends για *session* και *cache storage*, για την αποθήκευση των πληροφοριών (σε μορφή μεταβλητών), ώστε να γίνουν χρήση σε διάφορες σελίδες της εφαρμογής ή την αποθήκευσή τους για γρηγορότερα αποτελέσματα σε μελλοντική αναζήτηση.

Ένα από τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει το Laravel είναι η δυσκολία εγκατάστασής του, καθώς θεωρείται μια διαδικασία χρονοβόρα και περίπλοκη. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή *mypoint* εκτελέστηκε με τη χρήση του Laragon, ενός Localhost Server που βοηθά να γίνει η εγκατάσταση του Laravel άμεσα, γρήγορα, δίχως επιπλέον φόρτο που να επηρεάζει το λειτουργικό σύστημα (Windows). Ο φάκελός του μπορεί να μετακινηθεί σε άλλο δίσκο, σε φορητό υπολογιστή, να συγχρονιστεί στο Cloud, χωρίς να επηρεάσει τη λειτουργία του ή την αποδοτικότητά του. Είναι παρόμοιο με τα WAMP/ XAMPP (Windows, Apache, MySQL, PHP), πακέτα προγραμμάτων ελεύθερου λογισμικού, ανοιχτού κώδικα. Επίσης, το Laragon παράγει τον κώδικα τοπικά και όχι μέσω κάποιου Virtual box (π.χ. Homestead), προσφέροντας, έτσι, μεγαλύτερη ταχύτητα και απλότητα.

3.2.2 PHP

Ως γλώσσα προγραμματισμού για την ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής *mypoint* χρησιμοποιήθηκε η PHP (Hypertext Preprocessor) και συγκεκριμένα η έκδοση 7.0.12. Η PHP είναι μια ανοιχτού κώδικα γλώσσα προγραμματισμού που αναπτύσσεται στον server (server side scripting language), καθώς ο κώδικάς της επεξεργάζεται από ένα συμβατό διακομιστή (π.χ. Apache), πριν πάρει την τελική του μορφή και σταλεί είτε στο πρόγραμμα περιήγησης των επισκεπτών σε μορφή HTML, ή μεταβεί σε κάποιο άλλο PHP script. Η χρήση της θεωρείται απλή τόσο στην παραγωγή όσο και στην ανάγνωση του κώδικα.

Ο λόγος που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού για την ανάπτυξη της εφαρμογής είναι, διότι προσφέρει δυνατότητες, όπως:

- *Μεταφερσιμότητα*, η ιδιότητά της να μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα σε HTML. Το γεγονός αυτό καθιστά εύκολη την μετατροπή μιας στατικής σελίδας σε δυναμική.
- *Υποστήριξη πολλαπλών πλατφορμών*, η ικανότητά της να μπορεί να λειτουργεί σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα, όπως Windows, Linux, Unix, Mac OS.
- *Αλληλεπίδραση με οποιαδήποτε μορφής βάσεως δεδομένων*.
- *Υψηλή απόδοση*, καθώς χρησιμοποιεί τον δικό της χώρο μνήμης, μειώνοντας το χρόνο φόρτωσης και εργασίας του διακομιστή.
- *Υποστήριξη από μια μεγάλη κοινότητα προγραμματιστών, συνεργατών ή χρηστών της*, οι οποίοι ενημερώνουν τακτικά τα tutorials, απαντούν σε συχνές ερωτήσεις και παρουσιάζουν τις νέες εκδόσεις της.

Τα πολυάριθμα αυτά πλεονεκτήματά της την καθιστούν παγκοσμίως ως μία από τις καλύτερες γλώσσες προγραμματισμού.

3.3 Front-end τεχνολογίες

Για την ανάπτυξη του λογισμικού της εφαρμογής από την μεριά του χρήστη (client side ή αλλιώς front-end) χρησιμοποιήθηκαν οι γλώσσες HTML5, JavaScript και CSS3.



3.3.1 HTML

Η HTML (Hypertext Markup Language ή αλλιώς γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου) είναι η βασική γλώσσα σήμανσης για τις ιστοσελίδες και τα στοιχεία της είναι τα δομικά υλικά τους. Αποτελεί ένα υποσύνολο της γλώσσας SGML (Standard Generalized Markup Language) που επινοήθηκε από την IBM με σκοπό να λυθεί το πρόβλημα της μη τυποποιημένης εμφάνισης κειμένων στα διάφορα συστήματα υπολογιστών. Με την HTML ο φυλλομετρητής (browser) αναγνωρίζει τον τρόπο γραφής της και εν συνεχεία εκτελεί τις εντολές της, διαμορφώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την εμφάνιση και το περιεχόμενο μιας ιστοσελίδας. Ουσιαστικά, δεν θεωρείται γλώσσα προγραμματισμού, αλλά μια γλώσσα περιγραφής ιδιοτήτων των στοιχείων που αποτελούν μία ιστοσελίδα.

Η HTML γράφεται υπό μορφή στοιχείων HTML, τα οποία περιλαμβάνουν έναν αριθμό από ετικέτες (tags) που χρησιμοποιούνται για την μορφοποίηση κειμένου, τη δημιουργία συνδέσμων (links) μετάβασης σε άλλη σελίδα ή και στην ίδια, την εισαγωγή εικόνων ή άλλων πολυμέσων, κ.ά. Έτσι, όταν ένας web browser διαβάζει ένα αρχείο HTML μεταφράζει αυτά τα στοιχεία (tags) και εμφανίζει το αποτέλεσμα στην οθόνη του χρήστη.

Η δημιουργία ενός αρχείου HTML είναι πολύ απλή και εκτελείται μέσω ενός οποιουδήποτε διορθωτή κειμένου text, όπως το Notepad των Windows. Τα αρχεία της αποθηκεύονται με κατάληξη .htm ή .html.

Κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η πιο πρόσφατη έκδοσή της, HTML5, η οποία παρέχει περαιτέρω λειτουργίες από την προηγούμενη έκδοση 4.01, με βασικότερη τη μείωση της ανάγκης χρήσης plug-ins. Πλέον μπορεί και αναπαράγει βίντεο χωρίς τη χρήση του Flash, δίνοντας έτσι την δυνατότητα να χρησιμοποιείται και στη δημιουργία εφαρμογών για κινητές συσκευές. Ακόμα, η HTML5 διαθέτει ενσωματωμένα tags για χάρτες.

3.3.2 JavaScript

Η JavaScript είναι μια client-side γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση διαδραστικότητας στις html σελίδες, με σκοπό την παραγωγή δυναμικού περιεχομένου σε μια ιστοσελίδα. Ορισμένες από τις δυνατότητες που προσφέρει η χρήση της είναι:

- Η επικύρωση των δεδομένων μιας φόρμας (validation) προτού να υποβληθούν στον server για επεξεργασία.
- Η προσθήκη μηνυμάτων που κυλούν ή αλλάζουν στη γραμμή κατάστασης του φυλλομετρητή.
- Η εμφάνιση μηνυμάτων στο χρήστη, είτε ως μέρος της ιστοσελίδας, είτε στα πλαίσια προειδοποίησης.
- Η ανίχνευση εγκατεστημένων plug-ins και η επισήμανση στο χρήστη για το ποιο plug-in απαιτείται για την εκτέλεση μιας εφαρμογής.
- Η δημιουργία cookies, δηλαδή η αποθήκευση πληροφοριών στον υπολογιστή του επισκέπτη.
- Η αναγνώριση της έκδοσης του φυλλομετρητή που χρησιμοποιείται από τον χρήστη, ώστε το ίδιο το περιεχόμενο της σελίδας να εμφανίζεται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με τον φυλλομετρητή.

Όλα τα παραπάνω γεγονότα εκτελούνται για μικρό χρονικό διάστημα και παράγονται μέσω συναρτήσεων στον κώδικα.

Στην υπό εξέταση εφαρμογή η JavaScript χρησιμοποιήθηκε για την εμφάνιση ενημερωτικών μηνυμάτων ή μηνυμάτων σφάλματος προς τον χρήστη, την επικύρωση των δεδομένων της φόρμας κατά τη διαδικασία εγγραφής του, καθώς, επίσης, και για τις ανακατευθύνσεις σελίδων.



3.3.3 CSS3

Το CSS (Cascading Style Sheets) είναι μια γλώσσα διαδοχικών φύλλων στυλ που χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση της εμφάνισης ενός εγγράφου που έχει δημιουργηθεί με μια γλώσσα σήμανσης, όπως η HTML5. Ουσιαστικά, διαθέτει μεγαλύτερη ευελιξία σε μορφοποιήσεις απ' ό,τι θα μπορούσε να προσφέρει από μόνη της η HTML. Επιπλέον, με το CSS η συντήρηση των ιστοσελίδων είναι ευκολότερη, καθώς οποιαδήποτε αλλαγή στο στυλ μιας σελίδας μπορεί να γίνει με μια μοναδική αλλαγή σε αυτό το αρχείο, αντί για την επεξεργασία πολλών σημείων της κάθε σελίδας του ιστοτόπου. Ακόμη, η χρήση ενός εξωτερικού αρχείου CSS προσφέρει γρηγορότερη απόδοση στις ιστοσελίδες, καθώς ο φυλλομετρητής την πρώτη φορά που θα φορτώσει κάποια σελίδα του ιστοτόπου το αποθηκεύει στην προσωρινή του μνήμη και το καλεί στην επόμενη επίσκεψη, χωρίς να χρειάζεται να το κατεβάσει ξανά. Ο κώδικάς του εκτελείται είτε μέσα στο head ενός αρχείου html, ή σε ξεχωριστό αρχείο επέκτασης .css.

Στην εφαρμογή *mypoint* έγινε χρήση της έκδοσης CSS3, η οποία υποστηρίζει περισσότερες εντολές και επεκτείνει τη λειτουργία των προηγούμενων εκδόσεων. Καθώς οι ανάγκες του διαδικτύου και των χρηστών συνεχώς αυξάνονται, είναι απαραίτητο η ανάπτυξη των διαδικτυακών εφαρμογών να γίνεται με *responsive design* για τη σωστή εμφάνισή τους από οποιαδήποτε συσκευή (laptop, tablet, smartphone). Το CSS3 είναι σχεδιασμένο για να μπορεί να υποστηρίξει τέτοιες προϋποθέσεις, επιτρέποντας τον διαχωρισμό του κώδικα σε ορίσματα, καθένα από τα οποία έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά και δυνατότητες. Το όρισμα που αποτελεί βασικό πυλώνα για τον *responsive* σχεδιασμό είναι τα ερωτήματα μέσων (*media queries*), τα οποία επιτρέπουν την εφαρμογή προτάσεων υπό όρους (*conditional statement*), ώστε ανάλογα με την ανάλυση της οθόνης η ιστοσελίδα να προσαρμόζεται με διαφορετικά στυλ.

3.3.4 Bootstrap

Η ανάπτυξη μια ιστοσελίδας μπορεί να αποβεί εξαιρετικά χρονοβόρα, καθώς οι απαιτήσεις ως προς τις νέες τεχνολογίες ολοένα και αυξάνονται. Στις περιπτώσεις αυτές η χρήση πακέτων με έτοιμα εργαλεία και λειτουργίες θεωρείται σωτήρια. Τα πακέτα αυτά, γνωστά ως *front-end frameworks*, χαρίζουν έτοιμα *style* και βοηθητικά εργαλεία (π.χ. *buttons*, *navigation bars*, *tabs* κ.ά.), τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα σε οποιαδήποτε ιστοσελίδα. Στην υπό εξέταση εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε το *framework Bootstrap*.

Το *Bootstrap* είναι ένα ισχυρό ανοιχτού κώδικα *front-end framework* που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία *responsive* ιστοσελίδων και διαδικτυακών εφαρμογών. Παρέχει ένα σύνολο στυλ, όπως θέματα, εικονίδια, φόρμες, κουμπιά πλοήγησης και διάφορα δομικά χαρακτηριστικά που βοηθούν στη δόμηση του περιβάλλοντος μιας σελίδας. Αναπτύχθηκε από τους *Mark Otto* και *Jacob Thornton* για λογαριασμό του *Twitter*, ως ένα *framework* για την εξασφάλιση μιας ενιαίας αισθητικής στις διάφορες λειτουργίες του. Τον Ιούνιο του 2014 αναδείχθηκε το πιο δημοφιλές έργο ανάπτυξης στο *GitHub*.

Η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη περιέχει HTML και CSS πρότυπα σχεδιασμού για τη τυπογραφία. Επιδέχεται παραμετροποίηση και είναι επεκτάσιμη με τη βοήθεια των *JavaScript plug-ins* που διαθέτει. Έτσι, οι προγραμματιστές μπορούν να προσαρμόσουν το αρχείο *Bootstrap*, επιλέγοντας τα στοιχεία που θέλουν να χρησιμοποιήσουν στο έργο τους. Επιπλέον, είναι συμβατή με όλους τους *web browsers*.

Για να γίνει χρήση του *Bootstrap* σε μία HTML σελίδα απαραίτητη είναι η λήψη και εγκατάσταση του CSS (*bootstrap.min.css*) και της βιβλιοθήκης *Jquery* (*bootstrap.min.js*) από τη [σελίδα](#) του.



3.3.5 JQuery

Η JQuery είναι μια ανοιχτού κώδικα βιβλιοθήκη JavaScript υπό τις άδειες MIT License και GNU General Public License, που χρησιμοποιείται για τη γρήγορη ανάπτυξη δυναμικών και responsive διαδικτυακών εφαρμογών. Με τη βοήθεια ενός εύχρηστου συνόλου εντολών (API - Application Interface) περιλαμβάνει λειτουργίες για προσπέλαση και διαχείριση εγγράφων HTML, διαμόρφωση CSS στοιχείων, προσθήκη εφέ και animation, χειρισμό γεγονότων, κ.ά. σε ιστοσελίδες. Είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένη, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιείται από όλους τους browsers και να απλοποιεί τον client-side scripting προγραμματισμό της HTML.

Ορισμένα από τα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η βιβλιοθήκη JQuery και που οδήγησαν στη χρήση της στην εφαρμογή είναι ότι:

- Υποστηρίζεται από μια μεγάλη ενεργή κοινότητα.
- Είναι επεκτάσιμη μέσω plug-ins.
- Έχει μικρό μέγεθος, μόλις 20kb.
- Διαθέτει ποικιλία χαρακτηριστικών, δίνοντας τη δυνατότητα να γίνει χρήση λειτουργιών που προσφέρει η JavaScript.
- Παρέχει πλήρη και αναλυτική τεκμηρίωση με τη βοήθεια ηλεκτρονικών βοηθημάτων.

3.4 Google Maps

Η Google, στην προσπάθειά της να προσφέρει ολοένα και πιο εκσυγχρονισμένες δυνατότητες, έχει αποτελέσει αναπόσπαστο κομμάτι πολλών διαδικτυακών εφαρμογών ή εφαρμογών για κινητές συσκευές, μέσω της παροχής ενσωμάτωσης των χαρτών της σε αυτές. Οι χάρτες αυτοί, γνωστοί ως Google Maps, είναι σχεδιασμένοι με τέτοιο τρόπο, που να μπορούν να προσαρμόζονται σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη. Συγκεκριμένα, οι χάρτες μπορούν να προβληθούν με έναν από τους τρεις διαθέσιμους τύπους: *χάρτης*, με τον οποίο εμφανίζονται οι δρόμοι της περιοχής, *δορυφόρος*, με τον οποίο προβάλλεται η δορυφορική λήψη και μορφολογία εδάφους και *έδαφος* με την επιλογή του οποίου εμφανίζεται το έδαφος. Επιπλέον, το Google Maps λειτουργούν εξατομικευμένα από τη μεριά του χρήστη, καθώς αναγνωρίζει τη γλώσσα του φυλλομετρητή με αποτέλεσμα να εμφανίζει ομοίως τις πληροφορίες κειμένου, τα ονόματα χωρών, περιοχών, πόλεων, διευθύνσεων, κτλ. Τέλος, παρέχει τη δυνατότητα ρύθμισης του επιπέδου εστίασης (zoom) στο χάρτη, αλλά και ρύθμισης το επίκεντρό του.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία διαθέτουν πλήρως παραμετροποιήσιμη συμπεριφορά από τη μεριά του προγραμματιστή. Στην υπό εξέταση εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ως προεπιλογή το «χάρτης» ως τύπος χάρτη, ώστε να εμφανίζονται οι δρόμοι, ενώ ο χρήστης μπορεί να μεταβεί εξίσου και στους άλλους δύο τύπους. Ακόμα, μέσω της ρύθμισης του επιπέδου zoom ορίστηκε ποιο κομμάτι του χάρτη θα εμφανίζεται κατά την περιήγηση του χρήστη στην εφαρμογή, καθώς και η κλίμακα της εστίασης.

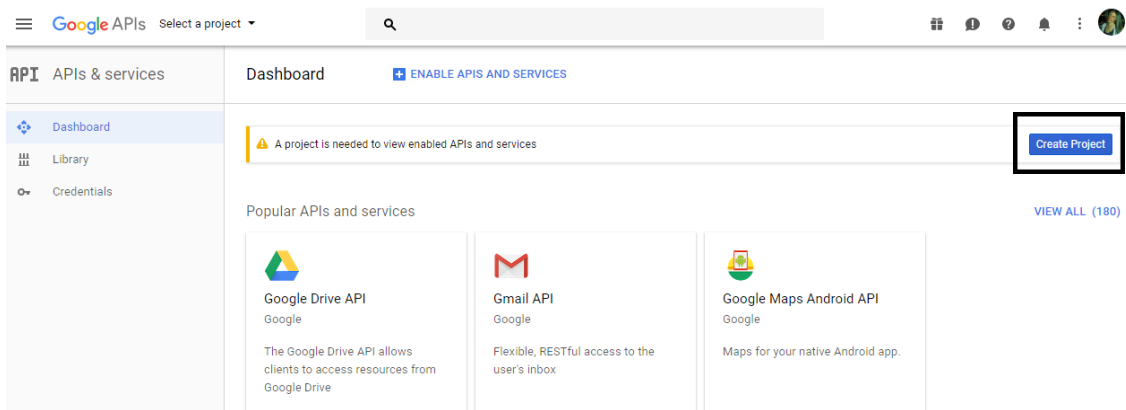
3.4.1 Google Maps API

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η Google παρέχει στους προγραμματιστές τη δυνατότητα να ενσωματώνουν χάρτες στις ιστοσελίδες τους. Η ενσωμάτωση αυτή διενεργείται μέσω του Google Maps API (Application Programming Interface). Πρόκειται για μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών της Google, η οποία δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης ενός δυναμικού χάρτη Google σε διαδικτυακές εφαρμογές με τη χρήση JavaScript ή Flash. Έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί τόσο στις κινητές συσκευές, όσο και στις παραδοσιακές εφαρμογές για υπολογιστές. Το API περιλαμβάνει εντοπισμό γλώσσας για περισσότερες από 50 γλώσσες, εντοπισμό περιοχής και γεω-κωδικοποίηση, καθώς, επίσης, και μηχανισμούς για επιχειρηματίες προγραμματιστές που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν το Google Maps API μέσα σε ένα intranet.

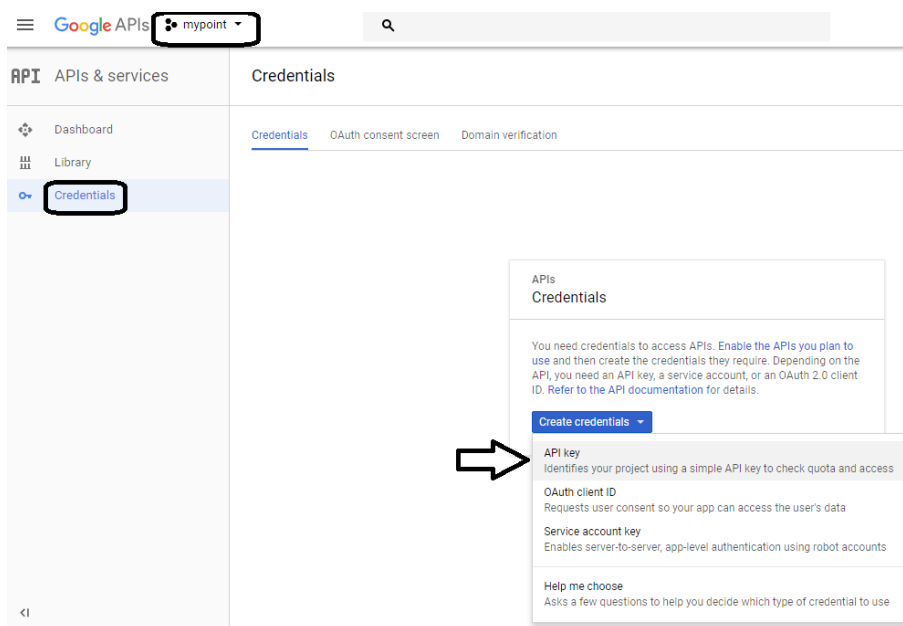


Η χρήση του Google Maps API είναι δωρεάν. Το μόνο που χρειάζεται είναι η απόκτηση ενός κλειδιού API (API key), το οποίο μπορεί να ζητηθεί, με την προϋπόθεση να υπάρχει λογαριασμός στη Google. Κάθε κλειδί είναι μοναδικό και έγκυρο μόνο για ένα συγκεκριμένο όνομα project.

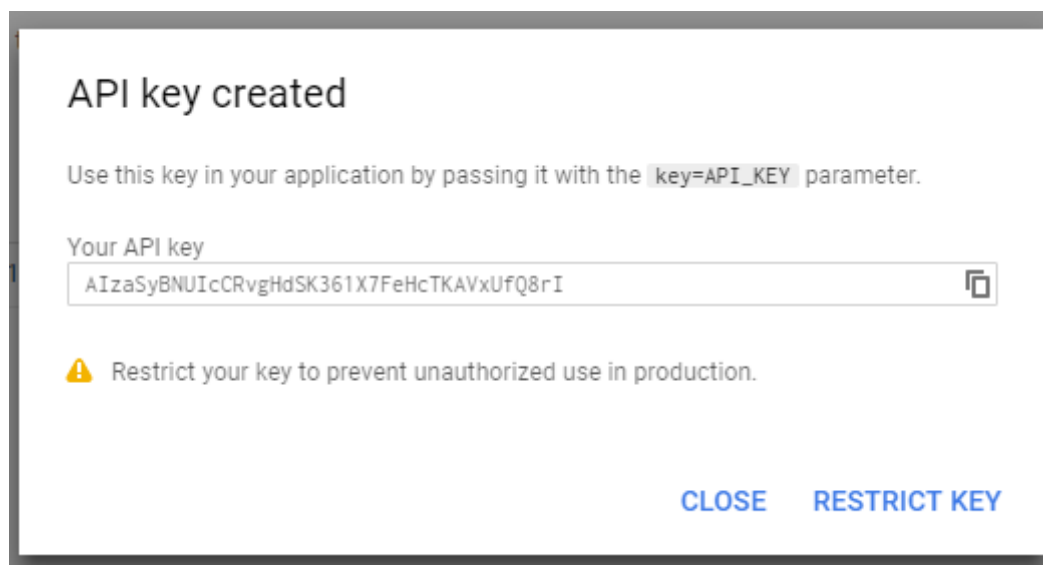
Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε η απόκτηση του API key ζητήθηκε μέσω του [Google API Console](#). Συγκεκριμένα, από τη σελίδα αυτή επιλέχθηκε το κουμπί «Create Project» προκειμένου να δημιουργηθεί ένα νέο project με το όνομα της εφαρμογής (Εικόνα 52).



Εικόνα 52. Google API Console – Δημιουργία Project.



Εικόνα 53. Google API Console – Αίτημα για API key.



Εικόνα 54. Google API Console – Απόκτηση API key.

Εν συνεχεία, αφού δημιουργήθηκε το API key, ενεργοποιήθηκαν, μέσω του APIs Library, οι βιβλιοθήκες που χρειάστηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Ο αριθμός των βιβλιοθηκών που προσφέρει η APIs Library είναι μεγάλος, καθώς καλύπτει οποιαδήποτε τεχνολογία επιθυμεί ο προγραμματιστής να εντάξει στο χάρτη της εφαρμογής του. Στην παρούσα εφαρμογή οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι «Google Map JavaScript API», μέσω της οποίας λαμβάνονται οι πληροφορίες για τους χάρτες, και «Google Places API Web Service», η οποία επιστρέφει τις διευθύνσεις κατά την αναζήτησή τους. Επίσης, το API key τοποθετήθηκε στο αρχείο `.env`.

Για την απεικόνιση σημείων στο χάρτη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη «Google Map JavaScript API». Τα σημεία αυτά αποκαλούνται πλέον *markers* και χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση μιας τοποθεσίας. Ξεχωρίζονται μέσω ενός προεπιλεγμένου εικονιδίου, το οποίο μπορεί να παραμετροποιηθεί, κατηγοριοποιώντας τα σημεία μέσω της εμφάνισής τους με διαφορετικά εικονίδια. Επιπλέον, τα *markers* που εισάγονται στο χάρτη είναι διαδραστικά, καθώς με τη χρήση ενός *event listener* μπορεί και εμφανίζεται ένα αναδυόμενο παράθυρο πάνω στο σημείο, το οποίο περιέχει τις πληροφορίες που το ξεχωρίζουν.

3.4.2 Διαχείριση σημείων στο χάρτη

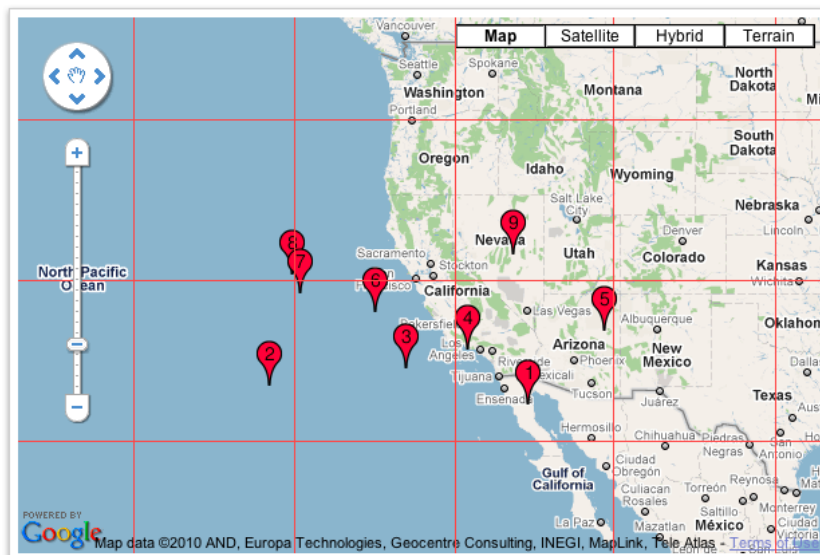
Σκοπός της εφαρμογής *mypoint* είναι να μπορεί να εμφανίζει στο χάρτη έναν μεγάλο αριθμό σημείων (*markers*). Το γεγονός αυτό από μόνο του αποτελεί μια πρόκληση, καθώς η απεικόνιση εκατοντάδων ή και χιλιάδων τέτοιων σημείων σε μια περιοχή του χάρτη έχει ως αποτέλεσμα να μειώσει την επίδοσή της εφαρμογής, τόσο οπτικά όσο και λειτουργικά. Μεγαλύτερο βέβαια είναι το πρόβλημα για τα σημεία που βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους και φτάνουν να επικαλύπτουν το ένα το άλλο, σε βαθμό που καθίσταται δύσκολος ή και αδύνατος ο διαχωρισμός τους.

Οι προσεγγίσεις που έχουν γίνει κατά καιρούς για τη λύση αυτού του προβλήματος είναι πολυάριθμες, παρουσιάζοντας διαφορετικές τεχνικές. Ορισμένες από τις πιο γνωστές είναι:

- *Grid-Based Clustering* (Ομαδοποίηση με βάση το πλέγμα): Η τεχνική αυτή λειτουργεί διαιρώντας το χάρτη σε τετράγωνα ενός συγκεκριμένου μεγέθους, το οποίο αλλάζει σε

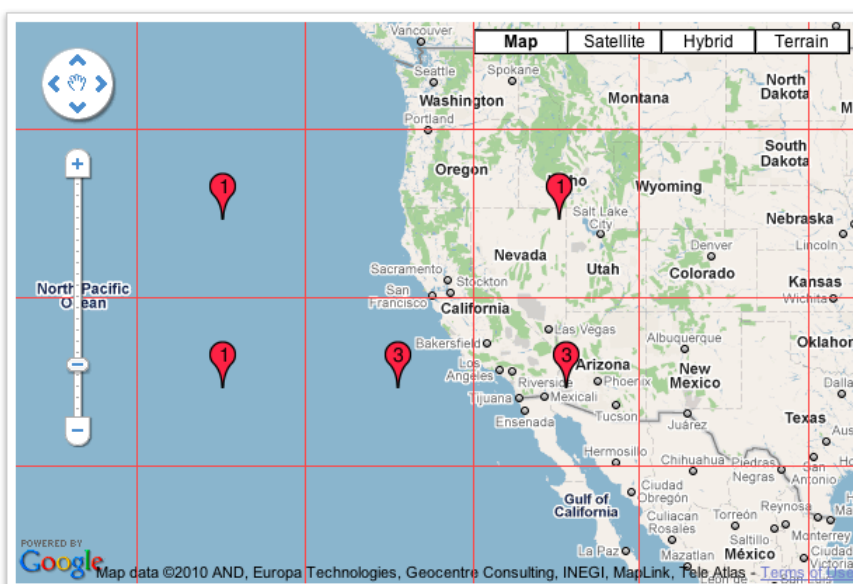


κάθε επίπεδο zoom και στη συνέχεια, ομαδοποιώντας τα markers μέσα σε κάθε τετράγωνο του πλέγματος.



Εικόνα 55. Τεχνική Grid-based clustering, πριν την ομαδοποίηση των markers.

Η Εικόνα 55 παρουσιάζει τα σημεία πριν την ομαδοποίησή τους με βάση το πλέγμα. Αυτή η τεχνική θεωρείται γρήγορη, καθώς δεν απαιτεί κάποιον υπολογισμό απόστασης ανάμεσα στα σημεία, αλλά ελέγχει απλά τις συντεταγμένες τους. Ωστόσο, παρουσιάζει σημαντικούς περιορισμούς, όσον αφορά την ομαδοποίηση σημείων που βρίσκονται πολύ κοντά. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 55, τα σημεία 7 και 8, παρόλο που είναι κοντά μεταξύ τους, δεν ομαδοποιούνται, καθώς ανήκουν σε διαφορετικά τετράγωνα του πλέγματος.

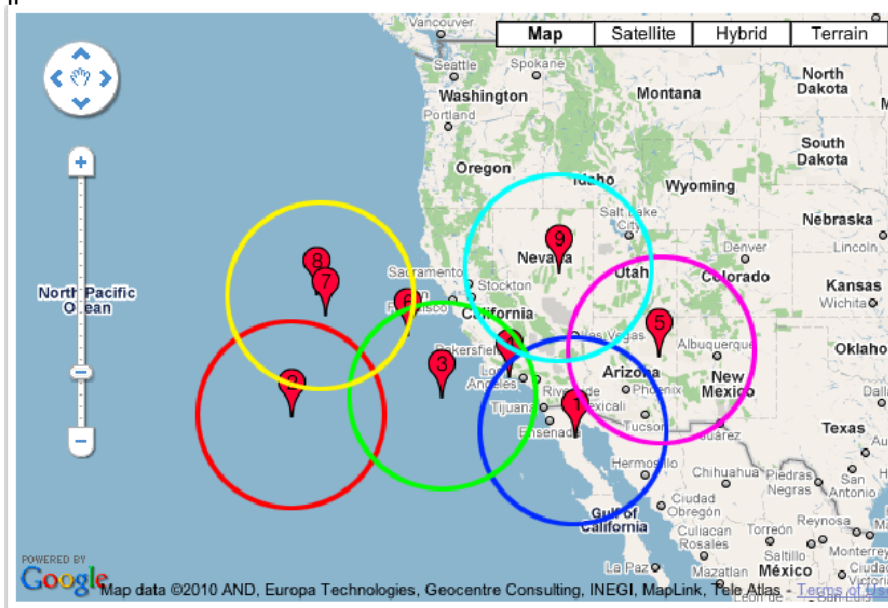


Εικόνα 56. Τεχνική Grid-based clustering, μετά την ομαδοποίηση των markers.

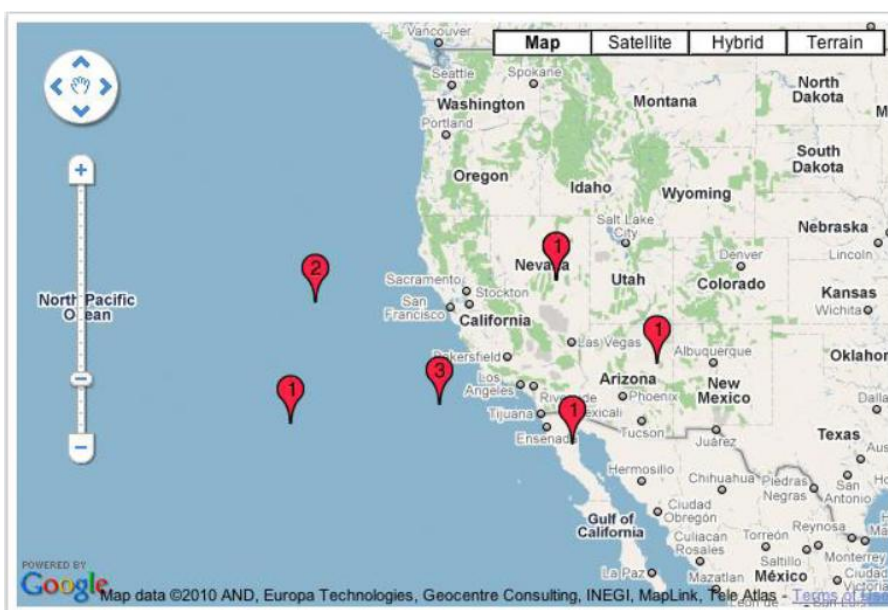


Στην Εικόνα 56 φαίνεται το αποτέλεσμα μετά την ομαδοποίηση των σημείων βάσει του πλέγματος που ανήκουν. Όπως παρατηρείται, τα markers έχουν αντικατασταθεί από ένα μοναδικό marker στο κέντρο του πλέγματος, που πάνω του προβάλλεται ένας αριθμός με το σύνολο των σημείων που αντιπροσωπεύει.

- *Distance-Based Clustering* (Ομαδοποίηση με βάση την απόσταση): Είναι παρόμοια με την Grid-Based τεχνική, με τη διαφορά ότι, οι συστάδες δημιουργούνται βάσει της απόστασης του σημείου κι ενός κεντρικού συμπλέγματος. Το κεντρικό αυτό σύμπλεγμα καθορίζεται αλγοριθμικά μέσω της επανάληψης των τοποθεσιών των υπαρχόντων σημείων.



Εικόνα 57. Τεχνική Distance-based clustering, πριν την ομαδοποίηση των markers.



Εικόνα 58. Τεχνική Distance-based clustering, μετά την ομαδοποίηση των markers.



Στην Εικόνα 57 παρουσιάζεται ο χάρτης με τα σημεία πριν την ομαδοποίησή τους. Για κάθε σημείο πραγματοποιείται έλεγχος της απόστασής του από την κεντρική συστάδα. Η απόσταση αυτή καθορίζεται από τον προγραμματιστή. Έτσι, εάν η απόσταση του σημείου είναι μικρότερη από την προκαθορισμένη, τότε το σημείο προστίθεται στη συστάδα. Εάν, όμως, το σημείο δεν αφομοιωθεί από οποιαδήποτε συστάδα, τότε δημιουργείται μια νέα που να το περιέχει. Η Εικόνα 58 παρουσιάζει το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης αυτής. Βέβαια, το πρόβλημα εμφανίζεται όταν απαιτείται η ομαδοποίηση μεγάλου όγκου σημείων. Για την περίπτωση αυτή δεν υπάρχει κάποιος αποδοτικός αλγόριθμος που να την υποστηρίζει αποδοτικά.

- *Viewpoint marker management* (Διαχείριση σημείων προβολής): Ομαδοποιεί τα σημεία βάσει ενός παραθύρου εστίασης που οριοθετεί ο χρήστης.



Εικόνα 59. Παράθυρο εστίασης προβολής σημείων στο χάρτη.



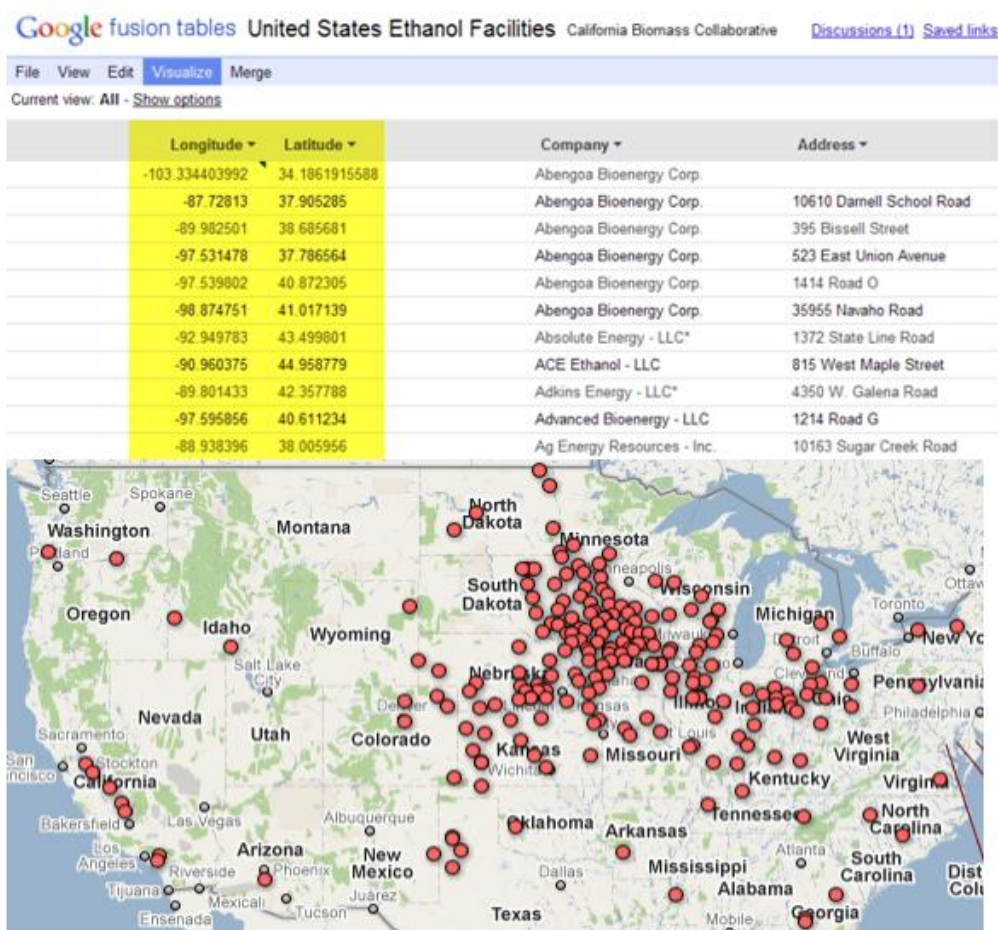
Εικόνα 60. Αποτέλεσμα από την εστίαση παραθύρου προβολής σημείων στο χάρτη.



Η διαχείριση σημείων σε ένα παράθυρο προβολής λειτουργεί παίρνοντας τα όρια του χάρτη που είναι ορατά στο χρήστη και βάσει αυτών στέλνεται στον server αίτημα να επιστρέψει όλα τα σημεία που βρίσκονται εντός αυτών των ορίων. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε φορά που ο χρήστης μετακινείται στο χάρτη ή αλλάζει το επίπεδο zoom.

Η λειτουργία της γίνεται αντιληπτή από την αναπαράστασή της στις Εικόνες 59 και 60. Η συγκεκριμένη διαδικασία δεν θεωρείται τεχνική ομαδοποίησης, αλλά μπορεί να συνδυαστεί με οποιαδήποτε άλλη από τις αναφερθείσες τεχνικές.

- *Fusion Tables (Πίνακες Συγχώνευσης)*: Πρόκειται για μια υπηρεσία που παρέχεται από τη βιβλιοθήκη Google Maps JavaScript API. Οι πίνακες συγχώνευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή, την οπτικοποίηση και την κοινή χρήση πινάκων που αποτελούνται από δεδομένα. Τα δεδομένα των πινάκων εμφανίζονται ως ένας στρώμα στο χάρτη, χρησιμοποιώντας το αντικείμενο FusionTablesLayer. Ένας πίνακας συγχώνευσης είναι ένας πίνακας βάσης δεδομένων, όπου κάθε σειρά περιέχει δεδομένα σχετικά με ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Στην περίπτωση των χωρικών δεδομένων, κάθε σειρά ενός τέτοιου πίνακα περιέχει τα δεδομένα της τοποθεσίας, αποθηκεύοντας την πληροφορία για τη θέση ενός χαρακτηριστικού. Η μέθοδος αυτή βελτιώνει αισθητά την απόδοση του χάρτη, καθώς η διαδικασία απεικόνισης των σημείων πραγματοποιείται στους server της Google και όχι στον browser του χρήστη.



Εικόνα 61. Google Fusion Tables, για την προβολή μεγάλου αριθμού σημείων στο χάρτη.



Στην Εικόνα 61 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσης ενός πίνακα συγχώνευσης. Όπως παρατηρείται, με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται η προβολή μεγάλου αριθμού σημείων, η οποία θα ήταν αδύνατη εάν καλούνταν από τον φυλλομετρητή του χρήστη. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που παρουσιάζουν οι πίνακες συγχώνευσης είναι η δυνατότητα διεξαγωγής ερωτημάτων μορφής SQL στα δεδομένα που περιέχουν. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης μπορεί να φιλτράρει όποιο χαρακτηριστικό του πίνακα επιθυμεί να προβάλλει στο χάρτη.

Η μέθοδος των πινάκων συγχώνευσης βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, για αυτό και δεν αποτελεί ασφαλή επιλογή για την υποστήριξη μεγάλου όγκου χωρικών δεδομένων. Παρόλα αυτά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά με οποιαδήποτε άλλη τεχνική, βελτιστοποιώντας το αποτέλεσμά της.

- *Marker Clustering (Σύμπλεγμα σημείων)*: Χρησιμοποιεί μια προσέγγιση ομαδοποίησης: εάν η πυκνότητα των σημείων στο χάρτη είναι πολύ υψηλή σε μια συγκεκριμένη περιοχή, τα σημεία ομαδοποιούνται και αντικαθίστανται από μία συστάδα. Πρόκειται για τη πιο διαδεδομένη σε χρήση client-side βιβλιοθήκη, η οποία παρέχεται μέσω του Google Maps JavaScript API Library. Στην εφαρμογή *mypoint* χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη τεχνική για την διαχείριση των σημείων στο χάρτη μέσω της βιβλιοθήκης *markerclusterer.js* που αποκτήθηκε δωρεάν από τη GitHub.

3.4.3 MarkerClusterer

Το MarkerClusterer είναι μια grid-based τεχνική γραμμένη από τον Xiaoxi Wu και αποτελεί μέρος της βιβλιοθήκης Utility Open Source του Google Maps. Η λειτουργία της εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλος όγκος δεδομένων στο χάρτη και χρήζεται η περίπτωση της ομαδοποίησής τους. Στην περίπτωση αυτή, η τεχνική διαιρεί το χάρτη σε πλέγματα συγκεκριμένου μεγέθους και στη συνέχεια προσπελάζει κάθε σημείο (marker) του χάρτη χωριστά και τα ομαδοποιεί σε συστάδες (clusters), φέροντας πάνω τους μια ετικέτα με τον αριθμό των markers που εμπεριέχουν. Στην ουσία, δημιουργεί ένα cluster σε ένα συγκεκριμένο marker και προσθέτει σε αυτό άλλα markers που βρίσκονται στο ίδιο πλέγμα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου όλα τα markers να έχουν κατανεμηθεί στο πιο κοντινό cluster. Εάν κάποιο marker βρίσκεται στα σύνορα περισσότερων από μίας συστάδας, τότε το Maps JavaScript API καθορίζει τη απόσταση του marker από κάθε cluster και το προσθέτει στο πλησιέστερό του, ενώ εάν δεν βρίσκεται στα όρια κανενός από τα υπάρχοντα clusters, τότε δημιουργείται ως ένα νέο cluster.

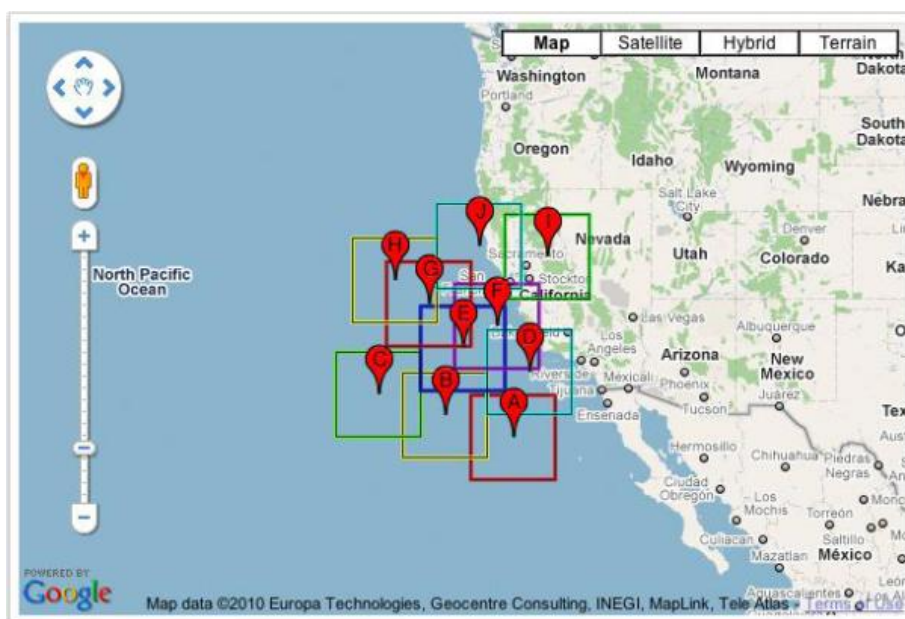
Η ομαδοποίηση των markers αλλάζει κάθε φορά που ο χρήστης μεταβάλλει το επίπεδο της εστίασης στο χάρτη. Επειδή τα clusters έχουν σταθερό μέγεθος σε κάθε επίπεδο zoom, υπάρχει κατά μέσο όρο σχεδόν ο ίδιος αριθμός cluster στο viewport.

Στις Εικόνες 62, 63 και 64 παρουσιάζεται ένα οπτικό παράδειγμα της τεχνικής Marker Clustering. Συγκεκριμένα, στην Εικόνα 62 απεικονίζονται δέκα διασκορπισμένα σημεία στο χάρτη (A-J), πριν ομαδοποιηθούν. Ορισμένα από αυτά είναι κοντά μεταξύ τους, ενώ άλλα πιο απομακρυσμένα. Ο αλγόριθμος ομαδοποίησης εφαρμόζεται σε αυτά τα σημεία όταν όλα περαστούν στο MarkerCluster ως πίνακας σημείων. Τότε, ξεκινά από το σημείο A και ελέγχει αν αυτό βρίσκεται μέσα στα όρια οποιασδήποτε συστάδας. Επειδή, όμως αυτό είναι το πρώτο σημείο, δεν υφίσταται καμία συστάδα ακόμα. Συνεπώς, δημιουργείται μία νέα συστάδα που θα περιέχει το σημείο A και θέτει το κέντρο της ίσο με την τοποθεσία που βρίσκεται το σημείο αυτό. Το MarkerCluster εκτελεί την ίδια διαδικασία και για τα σημεία B, C και D.

Στο σημείο E υπάρχουν ήδη δύο συστάδες, μέσα στα όρια των οποίων βρίσκεται το σημείο αυτό. Στην περίπτωση αυτή ο αλγόριθμος υπολογίζει την απόσταση του σημείου από την κάθε συστάδα και το προσθέτει στην κοντινότερή του. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για όλα τα επόμενα σημεία, έως ότου προστεθούν όλα σε κάποιο cluster.

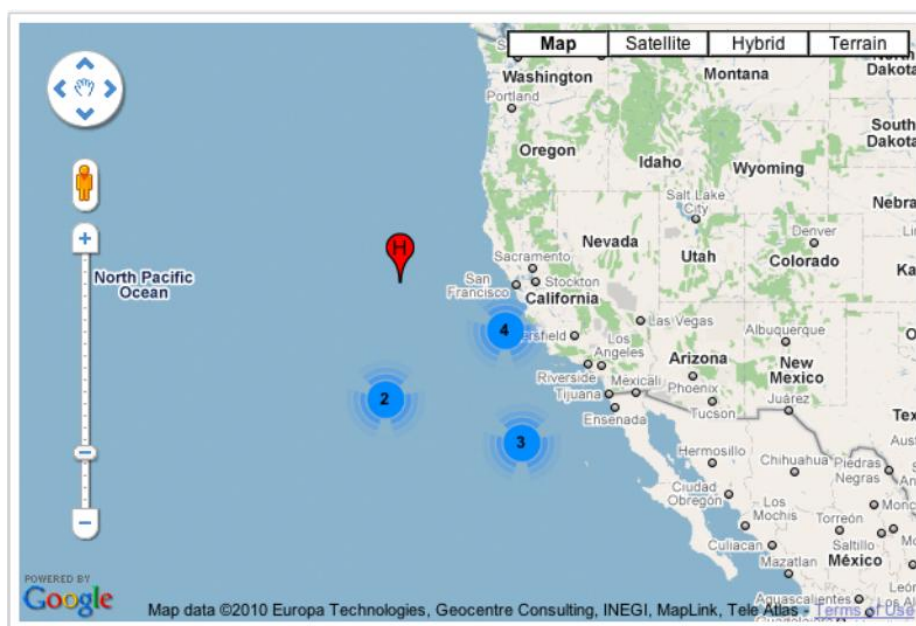


Εικόνα 62. Σημεία στο χάρτη πριν την ομαδοποίησή τους από το MarkerClusterer.



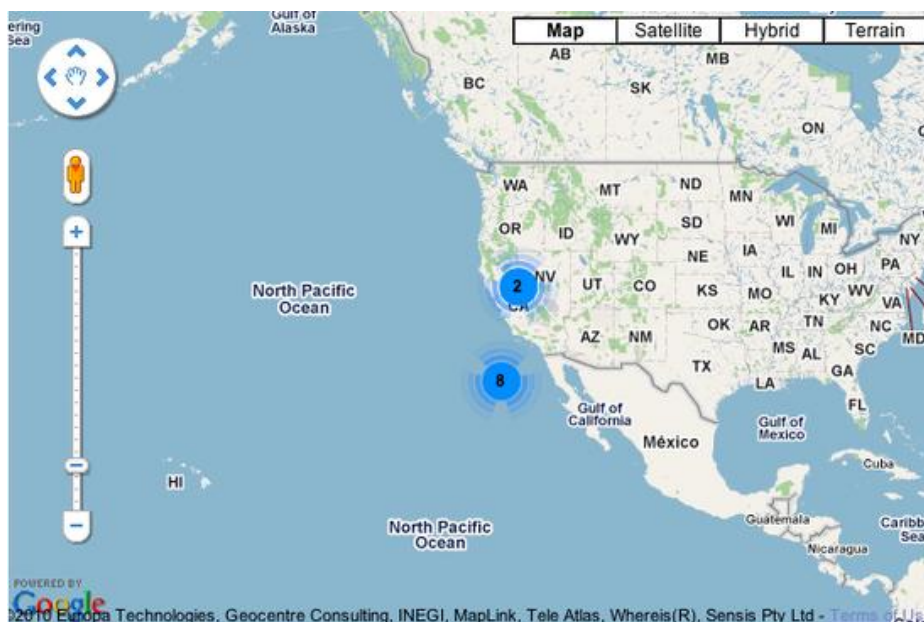
Εικόνα 63. Σημεία στο χάρτη μέσα στα όρια κάθε συστάδας.

Στην Εικόνα 64 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης των σημείων. Όπως παρατηρείται, δημιουργήθηκαν τέσσερα clusters: το ένα αποτελείται από τα σημεία A, B και D το δεύτερο από τα σημεία C και E, το τρίτο από τα σημεία F, G και I. Το σημείο H δημιουργήθηκε μόνο του σε ένα cluster, μιας που λόγω απόστασης δεν μπόρεσε να ενταχθεί σε κανένα από τα υπόλοιπα. Κάθε συστάδα που περιέχει περισσότερα από ένα σημεία φέρει πάνω της ετικέτα με το αριθμό των σημείων που αποτελείται, ενώ αν η συστάδα αποτελείται από ένα μόνο σημείο, τότε το σημείο εμφανίζεται μόνο με το σύνηθες εικονίδιο.

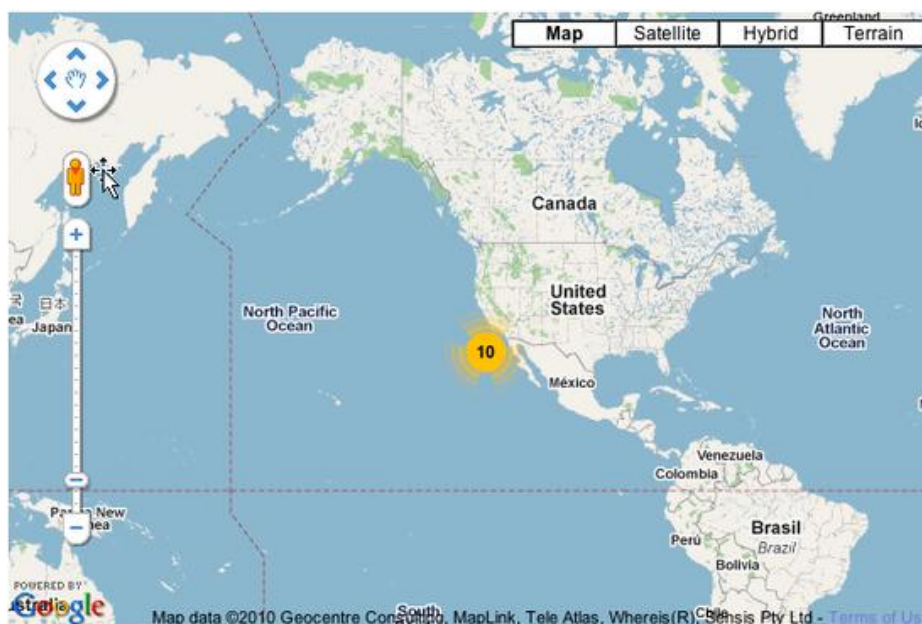


Εικόνα 64. Ομαδοποίηση σημείων σε clusters, μετά την εφαρμογή του MarkerClusterer.

Το αποτέλεσμα της ομαδοποίησης των σημείων σε clusters αλλάζει κάθε φορά που μεταβάλλεται το επίπεδο εστίασης, καθώς το MarkerClusterer εκτελεί ξανά τον αλγόριθμο ομαδοποίησης. Στην Εικόνα 64 στο καθορισμένο επίπεδο zoom εμφανίστηκαν τα σημεία ομαδοποιημένα σε τέσσερα clusters. Σε χαμηλότερο, όμως, επίπεδο zoom (Εικόνες 65 και 66) εμφανίζονται λιγότερα clusters, αυξάνοντας αναλογικά τον αριθμό που φέρουν πάνω τους.



Εικόνα 65. Μείωση αριθμού συστάδων κατά το επίπεδο εστίασης 3.



Εικόνα 66. Μεγαλύτερη μείωση συστάδων κατά το επίπεδο εστίασης 4.

3.4.4 Heatmap

Ένας heatmap χάρτης ή αλλιώς, χάρτης θερμότητας αποτελεί μια οπτικοποίηση της έντασης των δεδομένων σε γεωγραφικά σημεία. Συγκεκριμένα, από προεπιλογή, οι περιοχές με υψηλή ένταση σε χωρικά δεδομένα παρουσιάζονται με κόκκινο χρώμα, ενώ εκείνες με χαμηλότερη ένταση με πράσινο. Η χρήση της τεχνικής Heatmap ενεργοποιείται μέσω του Google Maps JavaScript API, ενώ η βιβλιοθήκη της, heatmap.js, αποκτάται δωρεάν μέσω του GitHub. Η Google Maps JavaScript API μπορεί να αποδώσει δεδομένα με θερμική απεικόνιση είτε από τη πλευρά του πελάτη, μέσω του Heatmap Layer, είτε από τη μεριά του διακομιστή, μέσω των πινάκων συγχώνευσης (Fusion Tables), που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

Ορισμένες από τις βασικές διαφορές που παρουσιάζουν οι δύο αυτοί μέθοδοι περιλαμβάνουν:

Heatmap Layer	Fusion Table Layer
Ένας μεγάλος αριθμός χωρικών δεδομένων στο χάρτη μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη απόδοσή του.	Ένας μεγάλος αριθμός χωρικών δεδομένων στο χάρτη θα έχει μικρή επίδραση στην απόδοσή του.
Παρέχει τη δυνατότητα παραμετροποίησης της εμφάνισης του θερμικού χάρτη, μέσα από τις επιλογές: gradient, radius και opacity.	Δεν παρέχει δυνατότητα προσαρμογής της εμφάνισης του θερμικού χάρτη.
Παρέχει τη δυνατότητα επιλογής εάν τα δεδομένα θα διασκορπίζονται σε υψηλότερα επίπεδα zoom, ή όχι.	Όλα τα δεδομένα θερμότητας θα εξαφανίζονται, καθώς μεγαλώνει τα επίπεδα zoom.
Τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν σε HTML μορφή ή στο διακομιστή, ή να υπολογιστούν άμεσα.	Όλα τα δεδομένα πρέπει να αποθηκεύονται σε ένα Fusion Table. Τα δεδομένα δεν μπορούν να αλλάξουν εύκολα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εφαρμογής.



Με βάση τη σύγκριση των χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν οι δύο μέθοδοι, αναφορικά με την επεξεργασία δεδομένων ενός heatmap, μπορεί κανείς να συμπεράνει πως, η χρήση του Fusion Table Layer φέρει ένα σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα, καθώς προσφέρει σταθερή απόδοση στο χάρτη της εφαρμογής, ανεξαρτήτως της ποσότητας των σημείων που αυτός εμπεριέχει. Παρόλα αυτά, το Fusion Table layer βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, κάτι που δημιουργεί αμφιβολίες για το πόσο αποδοτική είναι όντως η λειτουργία του. Επιπλέον, οι σημαντικές ελλείψεις που παρουσιάζει ως προς τη δυνατότητα παραμετροποίησης της εμφάνισης του heatmap, της επιλογής εάν τα δεδομένα θα διασκορπίζονται σε υψηλότερα επίπεδα zoom και της αλλαγής των δεδομένων κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της εφαρμογής αποτελούν κριτήρια στο να μην θεωρηθεί κατάλληλη για τη χρήση στην εφαρμογή *mypoint*.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, η εφαρμογή υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το Heatmap Layer. Επιπλέον, παρουσιάστηκαν οι επιλογές παραμετροποίησης του heatmap, μέσω των *gradient*, *radius* και *opacity* επιλογών. Η ενεργοποίηση της επιλογής *gradient* επιφέρει την αλλαγή των χρωμάτων του heatmap, βάσει μιας συστοιχίας χρωμάτων CSS και RGBA. Από την άλλη, η ενεργοποίηση της επιλογής *radius* απεικονίζει την ακτίνα που έχει κάθε datapoint, εκφρασμένο σε pixels. Τέλος, η επιλογή *opacity* καθορίζει τη διαφάνεια/ αδιαφάνεια των χρωμάτων του heatmap layer.

3.5 Βάση Δεδομένων

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής *mypoint* χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων MySQL. Η MySQL αποτελεί ένα από τα πιο βασικά συστήματα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων (Relational Database Management System - RDBMS) ανοιχτού κώδικα. Τα αρχικά «SQL» (Structured Query Language) που περιλαμβάνονται στο όνομά της αντιστοιχούν στη γλώσσα προγραμματισμού SQL που χρησιμοποιεί. Σε μία MySQL βάση δεδομένων τα δεδομένα αποθηκεύονται σε πίνακες, που αποτελούνται από στήλες και γραμμές. Τα δεδομένα αυτά καλούνται μέσω κάποιων ερωτημάτων (queries), τα οποία χρησιμοποιούνται για την προσθήκη, αφαίρεση και τροποποίηση πληροφοριών στη βάση δεδομένων. Οι εντολές της AQL μπορούν να ενσωματωθούν στον κώδικα της PHP, επιτρέποντας ένα μέρος ή το σύνολο της ιστοσελίδας να δημιουργείται από τις πληροφορίες που θα αντλούνται από τη βάση δεδομένων.

Η MySQL είναι γνωστή κυρίως για την ταχύτητα, την αξιοπιστία, και την ευελιξία που παρέχει. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε το γεγονός ότι, αποτελεί μία από τις πρώτες επιλογές για χρήση σε web εφαρμογές, καθώς προσφέρει πολλές δυνατότητες και το βασικότερο, διατίθεται δωρεάν. Πολλές γνωστές εφαρμογές είναι βασισμένες στη MySQL, όπως το Joomla, το Wordpress, το Drupal, το phpBB, όπως, επίσης, και πολλά μεγάλα websites, όπως η Google, το Facebook, το Twitter, το Youtube κ.ά. Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα της MySQL είναι ότι, μπορεί να λειτουργήσει αποδοτικά στα περισσότερα λειτουργικά συστήματα, όπως Windows, Linux, Mac OS, Solaris κ.ά δίνοντας τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να τη χρησιμοποιήσει σε διαφορετικές πλατφόρμες, χωρίς να χρειάζεται να παράγει επιπλέον κώδικα. Για την ανάπτυξη της εφαρμογής *mypoint* η MySQL χρησιμοποιήθηκε σε περιβάλλον Windows.

Επιπλέον, στην παρούσα εργασία έγινε χρήση της επέκτασης *mysqli* για την επικοινωνία με τη βάση. Το extension *mysqli* είναι η βελτιωμένη έκδοση του MySQL extension (MySQL improved extension) και σχεδιάστηκε για να εκμεταλλεύεται τα νέα χαρακτηριστικά των βάσεων δεδομένων MySQL της έκδοσης 4.1.3 και μετά. Το extension αυτό είναι ενσωματωμένο από την PHP5 και έπειτα. Ορισμένες από τις κυριότερες βελτιώσεις που παρέχει το extension *mysqli* από το αρχικό είναι:

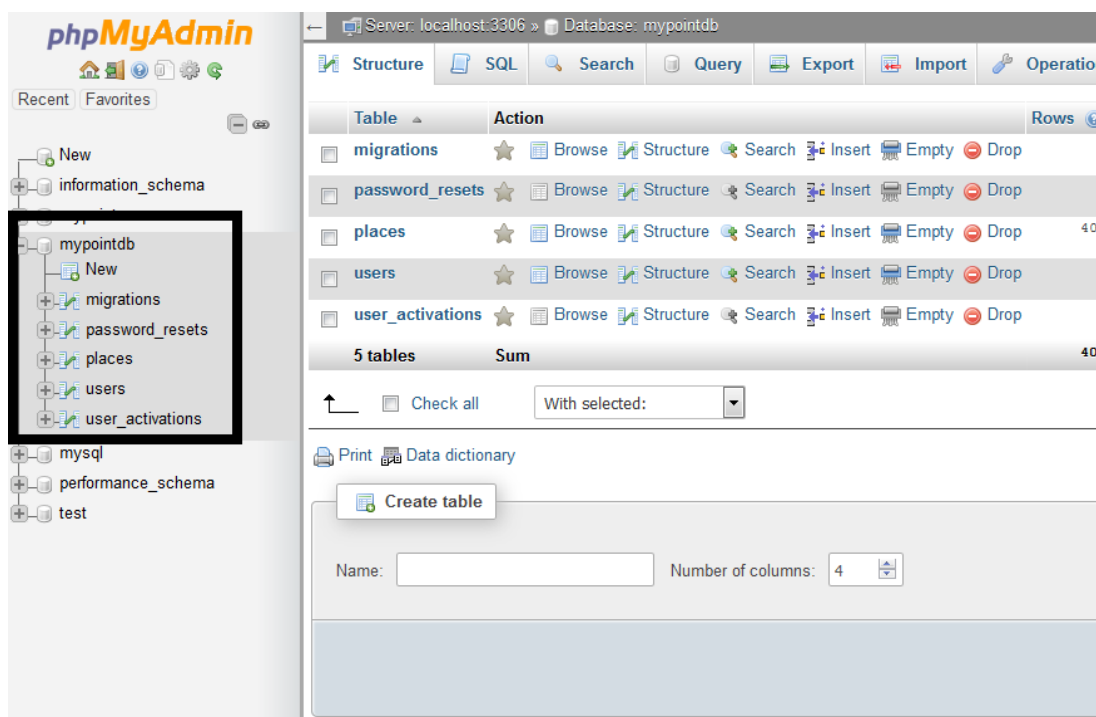
- Η Αντικειμενοστραφής διεπαφή που διαθέτει.
- Η δυνατότητα υποστήριξης transactions.
- Οι ενισχυμένες δυνατότητες εντοπισμού σφαλμάτων.
- Η ενσωματωμένη υποστήριξη διακομιστή.



Οι πίνακες που δημιουργήθηκαν στη βάση δεδομένων της εφαρμογής mypoint είναι οι:

- *Migrations*: ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει όλους τους πίνακες της βάσης και μέσω αυτού δίνεται η δυνατότητα στον προγραμματιστή να αλλάζει το σχήμα της βάσης σε οποιαδήποτε στιγμή ενός project.
- *Password_resets*: αυτός ο πίνακας αποθηκεύει τις διευθύνσεις email των χρηστών που αιτούν επαναφορά κωδικού εισόδου, μέσω του Request button «Forgot Your Password? ».
- *Places*: σε αυτόν τον πίνακα αποθηκεύονται όλα τα σημεία που δημιουργούνται ή εισάγονται στο χάρτη, περιλαμβάνοντας στις στήλες του το id του σημείου, τις συντεταγμένες Lat και Lng, τη τιμή του σημείου και το user_id.
- *Users*: Εδώ αποθηκεύονται όλα τα στοιχεία του νέου χρήστη κατά την εγγραφή του στην εφαρμογή. Οι στήλες του πίνακα αυτού περιλαμβάνουν το id, το όνομα, το email και το password (κρυπτογραφημένα) του χρήστη.
- *User_activations*: Στον πίνακα αυτόν καταχωρείται το id του χρήστη κατά τη διαδικασία ενεργοποίησης του λογαριασμού του μέσω συνδέσμου που λαμβάνει στο email του.

Οι σχέσεις των πινάκων αυτών παρουσιάζονται στο [Παράρτημα 1](#) της εργασίας.



Εικόνα 67. Οι πίνακες της Βάσης Δεδομένων.

3.6 Κώδικας για τη δημιουργία marker στο χάρτη

Η συγγραφή του κώδικα της εφαρμογής έγινε μέσω του *Sublime Text Editor* έκδοσης 3. Παρατίθεται ενδεικτικά ο κώδικας για τη δημιουργία ενός νέου σημείου στο χάρτη, θέτοντας σε αυτό όνομα και τιμή. Ο κώδικας αυτός βρίσκεται μέσα στο αρχείο `\create.blade` και καλείται κάθε φορά που ο χρήστης ενεργεί στη σελίδα της δημιουργίας ενός νέου marker.



```

@extends('layouts.app')

@section('content')
<script type="text/javascript" src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key={{
env('GOOGLEAPI')}}&libraries=places"></script>

<div class="container">
  <div class="row">
    <div class="col-md-10">
      <form action="{{ route('place.store') }}" method="POST" role="form">
        <input name="_token" type="hidden" value="{!! csrf_token() !!}" />
        <legend>Add a new Marker</legend>
      </div>
      <div class="col-md-6">
        <div class="form-group">
          <label for="">Address</label>
          <input type="text" id="searchmap">
          <br>
          <div id="map-canvas"></div>
        </div>
      </div>
    <div class="col-md-4">
      <div class="form-group">
        <label for="title">Title</label>
        <input type="text" class="form-control" name="title" id="title"
          required="true" >
      </div>
      <div class="form-group">
        <label for="lat">Latitude</label>
        <input type="text" class="form-control" name="lat" id="lat" value=""
          >
      </div>
      <div class="form-group">
        <label for="lng">Longitude</label>
        <input type="text" class="form-control" name="lng" id="lng" value=""
          >
      </div>
      <div class="form-group">
        <label for="value">Value</label>
        <input type="number" class="form-control" name="value" id="value"
          required="true" min="1" max="10">
      </div>
    </div>
    <div class="col-md-10">
      <hr>
      <button type="submit" class="btn btn-primary">Save</button>
      <button type="reset" class="btn btn-warning">Reset</button>
    </div>
  </div>
</div>

</div>
</div>

@include('layouts.googleplaces')
@endsection

```

Εικόνα 68. Ο κώδικας για τη δημιουργία ενός νέου σημείου με δεδομένα στο χάρτη.



4. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

4.1 Συμπεράσματα

Κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη, η ανάλυση, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας διαδικτυακής εφαρμογής που θα μπορεί να διαχειρίζεται και να οπτικοποιεί μεγάλο όγκο χωρικών δεδομένων σε Google Maps. Η εφαρμογή που υλοποιήθηκε είναι η *mypoint*, και στην οποία αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνικές απεικόνισης της πληροφορίας στο χάρτη. Ως αντικείμενο μελέτης της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η περίπτωση των Starbucks cafe στην προσπάθεια να ερευνηθεί ο αριθμός των εργαζομένων που απασχολείται στα καταστήματα της Δυτικής Αμερικής, πληροφορία που μπορεί να κριθεί αναγκαία στη λήψη αποφάσεων από την εταιρεία ως προς την αναβάθμιση του προσωπικού, σε σχέση με τις πωλήσεις του κάθε καταστήματος.

Μια από τις βασικές λειτουργίες που παρέχει η εφαρμογή στο χρήστη είναι η δυνατότητα δημιουργίας και οπτικοποίησης ενός σημείου στο χάρτη, δίνοντάς του πληροφορίες, όπως κάποιο όνομα/ ιδιότητα και μια τιμή. Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να εισάγει στην εφαρμογή ένα δικό του αρχείο με χωρικά δεδομένα και αυτά εν συνεχεία να οπτικοποιηθούν στο χάρτη. Λόγω της φύσης της υπηρεσίας *mypoint*, αποτυπώνονται εκατοντάδες ή και χιλιάδες σημεία επάνω σε ένα μικρό τμήμα του χάρτη, οδηγώντας στην μεταξύ τους επικάλυψη. Το γεγονός αυτό δυσκολεύει την επιλογή ενός σημείου ενδιαφέροντος. Για τη λύση αυτού του προβλήματος έγινε χρήση των τεχνικών *marker clustering* και *heatmap*.

Το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξης και λειτουργίας της εφαρμογής *mypoint* κάνει χρήση του Google Maps API, μέσα από το οποίο ο προγραμματιστής μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα μεγάλο εύρος βιβλιοθηκών για την ενσωμάτωση των Google Maps σε μια εφαρμογή. Από εκεί ενεργοποιήθηκαν τα «Google Maps Javascript API» και «Google Places API Web Services» εργαλεία για τη χρήση τους στην εφαρμογή, στα οποία βρίσκονται οι βιβλιοθήκες *MarkerClusterer* και *Heatmap*. Μέσω της βιβλιοθήκης *MarkerClusterer* επιτεύχθηκε η ομαδοποίηση των χωρικών δεδομένων σε συστάδες, βάσει του πλέγματος στο οποίο ανήκει το σημείο και είναι χωρισμένος ο χάρτης. Σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι το γεγονός ότι, οι συστάδες συνεχίζουν να δημιουργούνται για οποιοδήποτε επίπεδο εστίασης, αλλάζοντας απλά τον αριθμό που φέρουν πάνω τους και το οποίο αντιπροσωπεύει το σύνολο των σημείων που αποτελείται. Από την άλλη, μέσω της τεχνικής *heatmap* πραγματοποιήθηκε η οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων μέσω της χρωματικής κλιμάκωσης που λαμβάνει ο θερμικός χάρτης, ανάλογα με την πυκνότητα των σημείων που συγκεντρώνει μια περιοχή.

Όπως αποδεικνύεται με τη χρήση της εφαρμογής *mypoint*, η βιβλιοθήκη *MarkerClusterer* είναι μια από τις σημαντικότερες και πιο εύχρηστες προσθήκες του Google Maps API, καθώς παρέχει τη δυνατότητα να απεικονίζεται ένας μεγάλος αριθμός σημείων στο χάρτη, χωρίς ιδιαίτερη επεξεργαστική ισχύ. Συνεπώς, αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για εφαρμογές που χρησιμοποιούν χάρτες της Google και απεικονίζουν σημεία πάνω σε αυτούς. Ειδικότερα δε, η αυξανόμενη χρήση των συσκευών *smartphones* είναι καθιστούν απαραίτητη την υποστήριξη τέτοιων τεχνολογιών.

Συμπερασματικά, οι χάρτες της Google προβλέπεται να χρησιμοποιούνται από ολοένα και περισσότερες εφαρμογές στο μέλλον. Για το λόγο αυτό, οι τεχνικές και λειτουργίες που προσφέρει αυξάνονται και ενημερώνονται διαρκώς. Στα πλαίσια της διατριβής έγινε σαφής η ευκολία χρήσης τέτοιων τεχνικών, όπως αυτών της βιβλιοθήκης *MarkerClusterer* και *Heatmap*, καθώς και το πόσο χρήσιμες είναι οι δυνατότητες που προσφέρουν. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε το γεγονός ότι, χρησιμοποιούνται ήδη από πολύ μεγάλες εταιρείες πληροφορικής και εταιρείες παροχής υπηρεσιών, δίνοντας λύσεις σε περιβαλλοντικά, επιχειρηματικά, ανθρωπιστικά ή ακόμα και επιστημονικά θέματα. Είναι βέβαιο πως στο μέλλον θα χρησιμοποιηθούν από περισσότερες εφαρμογές, λύνοντας το πρόβλημα της οπτικοποίησης μεγάλου όγκου πληροφορίας στο χάρτη.



4.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η εφαρμογή mypoint είναι σε πειραματικό επίπεδο (beta) και σίγουρα επιδέχεται περαιτέρω προσθήκες. Στην παρούσα μελέτη αξιοποιήθηκαν πλήρως οι δυνατότητες που παρέχουν οι βιβλιοθήκες Marker Clusterer και Heatmap. Στο μέλλον πρόκειται να προστεθεί η λειτουργία της εμφάνισης του μέσου όρου των σημείων. Συγκεκριμένα, να δίνεται η επιλογή στον χρήστη να παρουσιάζει πάνω στα clusters το μέσο όρο των τιμών τους, αντί του αθροίσματος των σημείων. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούν να εξαγονται συμπεράσματα για τη βαρύτητα που έχει μια περιοχή ως κάποιο χαρακτηριστικό.

Μια επιπλέον λειτουργία που θα προστεθεί είναι η χρήση κουμπιού κοινοποίησης (Share) και Εκτύπωσης, με σκοπό να μπορεί ο χρήστης, όχι μόνο να εξαγει το χάρτη του σε αρχείο, όπως αναπτύχθηκε, αλλά και να τον διαμοιράζεται σε άλλα μέσα, όπως σε Google Drive, iCloud, One Drive, κλπ., ή να τον εκτυπώνει. Ακόμα, θα προστεθεί η δυνατότητα αλλαγής εικονιδίων των markers στο χάρτη, ώστε να μπορεί ο χρήστης να κατηγοριοποιεί τα δεδομένα θέτοντας διαφορετικού είδους ή χρώματος icons.

Επιπρόσθετα, προβλέπεται η φόρμα για τη δημιουργία νέου σημείου στο χάρτη να επεκταθεί, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να προσθέτει εικόνα στις πληροφορίες του σημείου. Ακόμη, θα ενταχθεί ένα range tab, μέσω του οποίου ο χρήστης, αντί της τιμής, θα μπορεί να επιλέγει μεταξύ ενός εύρους τιμών (π.χ. 1-5, 6-11, 12-16, κλπ), το οποίο θα αντιπροσωπεύει τη βαρύτητά του. Μια επιπλέον λειτουργία που πρόκειται να ενταχθεί είναι το κουμπί *Screenshot*, προκειμένου να μπορεί ο χρήστης να αποτυπώσει και να αποθηκεύσει οποιαδήποτε πληροφορία πάνω στο χάρτη, οποιαδήποτε στιγμή.

Ακόμα, προβλέπεται να δημιουργηθούν διαφορετικές φόρμες για την εγγραφή χρήστη βάσει ρόλου. Συγκεκριμένα, να μπορούν να ορίζονται οι χρήστες ως διαχειριστές, στους οποίους επιτρέπεται να αλλάζουν τις ιδιότητες του χάρτη και να προσθέσουν, να τροποποιήσουν ή να διαγράψουν καταχωρήσεις, μέλη, που μπορούν να προσθέσουν, να προβάλουν και να τροποποιήσουν δεδομένα του χάρτη ή τους επισκέπτες, που μπορούν να δουν τις λεπτομέρειες των καταχωρήσεων του χάρτη, αλλά δεν μπορούν να προσθέσουν ή να τροποποιήσουν το περιεχόμενό του.

Τέλος, για περαιτέρω υποστήριξη του χρήστη θα εισαχθεί ένα Help button, μέσω του οποίου θα μπορεί να ανατρέξει σε βοήθεια ή επιπλέον πληροφόρηση, ή να χρησιμοποιήσει τα FAQs ως πιο άμεση λύση.



5. Βιβλιογραφικές Πηγές

Επιστημονικά Άρθρα

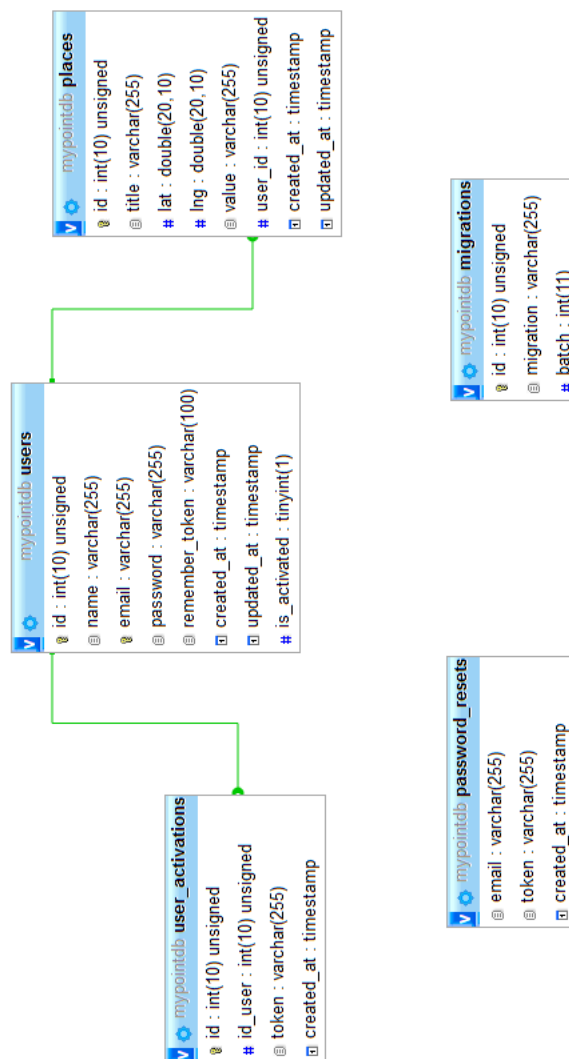
1. Jean-Yves Delort Macquarie University and Capital Markets CRC (2010), *Hierarchical Cluster Visualization in Web Mapping Systems*, Sydney, Australia.
2. Meier Sebastian, *The Marker Cluster- A critical analysis and a new approach to a common web-based cartographic interface pattern*, Germany.
3. Shuguang Wand and Chao Jiang (2016), *K-means Parallelization Algorithm Based on MapReduce*, China.
4. Huang, H. & Gartner, G.,(2012), *A Technical Survey on Decluttering of Icons in Online Map-based Mashups*, Austria.
5. Leland Wilinon & Michael Friendly (2008), *The History of the Cluster Heat Map*, U.S.
6. Gabriel Svennerberg, *Dealing with Massive Numbers of Markers*, U.S, Apress.
7. W. Zonghu (2012), *Research on the key technology of clustering analysis and optimization*, Xian Electronic and Science University.
8. X. Yupeng (2015), *Study on spatial clustering analysis*, Harbin University of Science and Technology.

Ηλεκτρονικές Πηγές

1. Google Maps API blog, *MarkerClusterer: A solution to the too many markers problem*, <https://maps-apis.googleblog.com/2009/04/markerclusterer-solution-to-too-many.html>
2. Mica Tuupala, 2017, *Introduction to Marker Clusterer with Google Maps*, <https://appelsiini.net/2008/introduction-to-marker-clustering-with-google-maps/>
3. GitHub, Inc, <https://github.com/googlemaps/v3-utility-library>, US.
4. Google Maps Javascript API, <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/>
5. Google Places API, <https://developers.google.com/places/web-service/>
6. Marker Clustering, <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/heatmaplayer>
7. Heatmap Layer, <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/heatmaplayer>
8. Fusion Tables, <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/fusiontableslayer>
9. W3schools.com, <https://www.w3schools.com/>
10. Laravel, <https://laravel.com/>



Παράρτημα 1



Εικόνα 69. Το σχήμα της βάσης της εφαρμογής mypoint.



Παράρτημα 2

Παρατίθεται ο πηγαίος κώδικας για την ομαδοποίηση σημείων με τη χρήση της τεχνικής MarkerClusterer. Ο κώδικας αυτός καλείται κάθε φορά που ο χρήστης επιλέγει να κάνει ομαδοποίηση των δεδομένων του στο χάρτη μέσω του κουμπιού «Clustering».

```
<script async defer src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key={{
env('GOOGLEAPI')}}&libraries=visualization&callback=initialize"></script>
<script src="{{ url('/js/markerclusterer.js') }}"></script>
<script>
function initialize() {
document.getElementById("floating-panel").style.display = "none";
var mapOptions = {
center: new google.maps.LatLng(0, 0),
zoom: 2,
minZoom: 2
};
var map = new
google.maps.Map(document.getElementById('map'),mapOptions );
var allowedBounds = new google.maps.LatLngBounds(
new google.maps.LatLng(85, -180)
// top left corner of map
new google.maps.LatLng(-85, 180)
// bottom right corner
);
var k = 5.0;
var n = allowedBounds .getNorthEast().lat() - k;
var e = allowedBounds .getNorthEast().lng() - k;
var s = allowedBounds .getSouthWest().lat() + k;
var w = allowedBounds .getSouthWest().lng() + k;
var neNew = new google.maps.LatLng( n, e );
var swNew = new google.maps.LatLng( s, w );
boundsNew = new google.maps.LatLngBounds( swNew, neNew
);
```



```
        map .fitBounds(boundsNew);

/*var map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
    zoom:4,
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
});
*/

var markers = [];

        //var bounds = new google.maps.LatLngBounds();
        var infowindow = null;

    @foreach ($places as $place)
        infowindow = new google.maps.InfoWindow({
            content: "{{ $place->title }}"
        });

        var image = "{{ url('/img/pinmypoint.png') }}";
        var value= {{ $place->value }};
        var latLng = new google.maps.LatLng({{$place->lat}},{{$place->lng}});
        var marker = new google.maps.Marker({
            position: latLng,
            title:"{{ $place->title }}",
            icon:image
        });

        google.maps.event.addListener(marker, 'click', function () {
            infowindow.setContent(" Value :{{ $place->value }}<br/><a href='place/{{ $place->id }}'>{{ $place->title }}</a>");
            infowindow.setOptions({maxWidth:250});
            infowindow.open(map, this);
        });

        //bounds.extend(marker.position);

        markers.push(marker);

    @endforeach

    var markerCluster = new MarkerClusterer(map, markers, {imagePath: '../img/m'});

        map.fitBounds(boundsNew);
```



```
var listener = google.maps.event.addListener(map, "idle", function () {  
    map.setZoom(2);  
    google.maps.event.removeListener(listener);  
    });  
  
}  
  
</script>
```