

Πολυτεχνείο Κρήτης



Σχολή
Μηχανικών
Ορυκτών
Πόρων

Εργαστήριο Γεωδαισίας &
Πληροφορικής των Γεωεπιστημών

Point Cloud Repository



Π.Μ.Σ. Γεωτεχνολογία & Περιβάλλον

**“ Δημιουργία διαδικτυακού αποθετηρίου για την
επισκόπηση και επεξεργασία τρισδιάστατων νεφών
σημείων με χρήση ελεύθερου λογισμικού
και λογισμικού ανοιχτού κώδικα ”**

Διπλωματική Εργασία

Ιωάννης Δαφέρμος
Αγρονόμος – Τοπογράφος Μηχανικός

Εξεταστική Επιτροπή

Δρ. Π. Παρτσινέβελος, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Αν. Καθηγητής (Επιβλέπων)

Δρ. Στ. Μερτίκας, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Καθηγητής

Δρ. Π. Πραστάκος, ΙΥΜ-ΙΤΕ, Τομέας Περιφερειακής Ανάλυσης, Ερευνητής Α' Βαθμίδας

Χανιά, 2019



Technical University of Crete

School of Mineral

Resources Engineering

Geotechnology and the Environment Graduate Program

Point Cloud Repository

Laboratory of Geodesy & Geomatics

**“ Development of a web repository for
visualizing and processing 3D point clouds
using free and open source software ”**

Master Thesis

Ioannis Dafermos
Rural – Surveyor Engineer

Thesis Committee

Dr. P. Partsinevelos, School of Mineral Res. Engineering, Associate Professor (Supervisor)

Dr. St. Mertikas, School of Mineral Resources Engineering, Professor

Dr. P. Prastacos, IACM-FORTH, Regional Analysis Division, Research Professor

Chania, 2019

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου
Δρ. Π. Παρτσινέβελο, τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής
Δρ. Στ. Μερτίκα και Δρ. Π. Πραστάκο, καθώς και την
Δρ. Αγγελική Δόξα, μεταδιδακτορική ερευνήτρια του ΙΥΜ-ΙΤΕ
για την υποστήριξή τους στην προσπάθειά μου
και τις πολύ χρήσιμες παρατηρήσεις

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω την Ερευνητική Ομάδα
Χωρικών Πληροφοριακών Συστημάτων – SenseLab
του Εργαστηρίου Γεωδαισίας & Πληροφορικής των
Γεωεπιστημών για την παροχή βοηθητικού υλικού και τον
Τομέα Περιφερειακής Ανάλυσης του ΙΥΜ-ΙΤΕ για
την παροχή μηχανήματος server για τις ανάγκες
ανάπτυξης της εφαρμογής “PC Repository”

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου
για την αμέριστη στήριξη που μού παρείχαν καθ’ όλη
την πορεία των σπουδών μου και να τους
αφιερώνω την εργασία αυτή

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Abstract.....	3
1. Εισαγωγή.....	5
1.1. Μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης.....	5
1.1.1. Επίγειες Ταχυμετρικές Αποτυπώσεις.....	5
1.1.2. GNSS-RTK (Παγκόσμια Συστήματα Εντοπισμού Θέσης).....	5
1.1.3. Επίγειο LiDAR ή Επίγεια Σάρωση Laser (TLS).....	5
1.1.4. Αερομεταφερόμενο LiDAR.....	6
1.1.5. Επίγεια Συμβολομετρία Radar (T-InSAR).....	6
1.1.6. Αερομεταφερόμενο InSAR.....	7
1.1.7. Δορυφορικό InSAR (Συμβολομετρία Radar Συνθετικού Ανοίγματος).....	7
1.1.8. Φωτογραμμετρικά Νέφη Σημείων.....	8
1.2. Διατύπωση του Προβλήματος – Κίνητρο.....	9
1.3. Στόχος της Εργασίας.....	10
1.4. Ερευνητική Προσέγγιση.....	10
1.5. Ακροατήριο – Εφαρμογές.....	11
1.6. Δομή της Εργασίας.....	11
2. Θεωρία & Υπάρχουσα Κατάσταση.....	13
2.1. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	13
2.1.1. Νέφη Σημείων (Point Clouds).....	13
2.1.2. Αρχεία LAS και Προδιαγραφές ASPRS.....	14
2.1.3. Η δομή δεδομένων Octree.....	15
2.1.4. Η τεχνολογία WebGL.....	17
2.1.5. Πλαίσια ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών.....	18
2.2. Υπάρχουσα Κατάσταση.....	19
2.2.1. Αποθετήρια Νεφών Σημείων.....	19
2.2.2. Βάσεις Δεδομένων με γεωχωρικές επεκτάσεις.....	20
2.2.3. Βιβλιοθήκες επεξεργασίας νεφών σημείων και γεωχωρικών δεδομένων.....	21
2.2.4. Εξυπηρετητές (servers) για εφαρμογές με γεωχωρικά δεδομένα.....	22
2.2.5. Οπτικοποιητές Νεφών Σημείων σε Περιηγητές Ιστού.....	23
2.2.6. Λογισμικά Ανάλυσης & Επεξεργασίας Νεφών Σημείων.....	25
3. Αρχιτεκτονική της Εφαρμογής.....	29
3.1. Προδιαγραφές της Εφαρμογής.....	29
3.2. Αρχιτεκτονική της Εφαρμογής.....	30
3.3. Δικαιώματα Πρόσβασης (Permissions).....	33
3.4. Μοντέλα Δεδομένων.....	34
3.5. Αρχές λειτουργίας του Django.....	36
3.6. Το Admin Site της Εφαρμογής.....	37
3.7. Εικονικό Περιβάλλον.....	38

3.8. Αρχεία Κώδικα της Εφαρμογής.....	38
3.8.1. Αρχεία του Project (θέση: “pc_repository_site”).....	39
3.8.1.1. Αρχείο “settings.py”.....	39
3.8.1.2. Αρχείο “urls.py”.....	40
3.8.1.3. Αρχείο “wsgi.py”.....	41
3.8.2. Αρχεία του Django App Scenes (θέση: “app_scenes”).....	41
3.8.2.1. Αρχείο “admin.py”.....	41
3.8.2.2. Αρχείο “apps.py”.....	42
3.8.2.3. Αρχείο “forms.py”.....	42
3.8.2.4. Αρχείο “models.py”.....	42
3.8.2.5. Αρχείο “tests.py”.....	43
3.8.2.6. Αρχείο “urls.py”.....	43
3.8.2.7. Αρχείο “views.py”.....	43
3.8.3. Templates του Django App Scenes (θέση: “app_scenes/templates”).....	48
3.8.3.1. Template “Login18_change_password.html”.....	48
3.8.3.2. Template “Login18_index.html”.....	49
3.8.3.3. Template “map_index.html”.....	49
3.8.3.4. Template “map_index_base.html”.....	49
3.8.3.5. Template “potree_index_base.html”.....	51
3.8.4. Αρχεία του φακέλλου “static”.....	53
3.8.4.1. Αρχείο “PC_Repository.css” (θέση: “static\CSS”).....	53
3.8.4.2. Αρχείο “main.css” (θέση: “static\Login_v18\css”).....	53
3.8.4.3. Αρχείο “potree.js” (θέση: “static\Potree\libs\potree”).....	54
3.8.4.4. Αρχείο “divide_z.py” (θέση: “static\py”).....	58
3.9. Λειτουργίες Παρασκηνίου.....	58
3.10. Python και Βιβλιοθήκες.....	59
3.11. Ο οπτικοποιητής Potree.....	60
3.12. Leaflet και OpenStreetMap.....	63
3.13. PostgreSQL και Extensions.....	63
3.14. Apache HTTP Server και mod_wsgi.....	64
3.15. Λοιπό Λογισμικό.....	64

4. Υλοποίηση Εφαρμογής.....	67
4.1. Εγκατάσταση απαραίτητων Λογισμικών.....	67
4.2. Εικονικό Περιβάλλον - Django & PowerShell.....	68
4.2.1. Δημιουργία Εικονικού Περιβάλλοντος.....	68
4.2.2. Ενεργοποίηση Εικονικού Περιβάλλοντος.....	69
4.2.3. Αναβάθμιση Εργαλείων Εικονικού Περιβάλλοντος.....	71
4.3. Εγκατάσταση του Django.....	71
4.4. Προσθήκη λοιπών Packages.....	72
4.5. Προσθήκη του Python Package της βιβλιοθήκης PDAL.....	73
4.6. Προσθήκη του Python Package της βιβλιοθήκης GDAL.....	75
4.7. Δημιουργία νέου Django Project.....	76
4.8. Προσθήκη του Django App “app_scenes” στο Project.....	77
4.9. Προσθήκη των φακέλλων “static”, “media” & “temp”.....	78
4.10. Δημιουργία νέας Β.Δ. μέσα στην PostgreSQL.....	79

4.11. Αρχεία Κώδικα της Εφαρμογής.....	80
4.11.1. Αρχεία του Project (θέση: “pc_repository_site”).....	81
4.11.2. Αρχεία του Django App Scenes (θέση: “app_scenes”).....	81
4.11.3. Templates του Django App Scenes (θέση: “app_scenes/templates”).....	81
4.11.4. Αρχεία του φακέλλου “static”.....	82
4.12. Εκκίνηση Development Server σε Localhost.....	82
4.13. Άνοιγμα Εφαρμογής “PC Repository” σε Web Browser.....	85
4.14. Δημοσίευση Εφαρμογής μέσω Web Server.....	86
4.14.1. Δημοσίευση μέσω του Django Development Server.....	86
4.14.2. Δημοσίευση μέσω του Apache Server.....	88
5. Λειτουργίες της Εφαρμογής.....	89
5.1. Χειριστήρια Χάρτη.....	89
5.1.1. Χειριστήρια Πλοήγησης & Πληροφοριών.....	90
5.1.2. Χειριστήριο Αναζήτησης Τοποθεσίας.....	90
5.1.3. Χειριστήριο Εισαγωγής Νέας Σκηνής.....	91
5.1.4. Χειριστήριο Αλλαγής Μυστικού Κωδικού.....	92
5.1.5. Χειριστήριο Αποσύνδεσης Χρήστη.....	92
5.2. Επεξεργασία Σκηνής.....	93
5.3. Παραμετροποιημένη Ιστοσελίδα Potree.....	98
5.3.1. Εγγενείς Λειτουργίες του Potree.....	98
5.3.1.1. Το μενού Appearance.....	99
5.3.1.2. Το μενού Tools.....	100
5.3.1.3. Το μενού Scene.....	104
5.3.1.4. Το μενού Classification Filter.....	111
5.3.1.5. Το μενού About.....	111
5.3.2. Λειτουργίες από Παραμετροποίηση του Potree.....	112
5.3.2.1. Το μενού User.....	112
5.3.2.2. Το μενού Processing.....	112
5.4. Το Admin Site της Εφαρμογής.....	118
5.4.1. Είσοδος στο Admin Site.....	118
5.4.2. Ομάδες Χρηστών (Groups).....	120
5.4.3. Χρήστες (Users).....	121
5.4.4. Πίνακες των μοντέλων δεδομένων.....	123
5.4.5. Εισαγωγή νέας εγγραφής από το Admin Site.....	124
5.4.6. Τροποποίηση υπάρχουσας εγγραφής από το Admin Site.....	125
5.4.7. Διαγραφή υπάρχουσας εγγραφής από το Admin Site.....	128
5.5. Περιεχόμενα των Πινάκων της Β.Δ. σε μορφή GeoJSON.....	129
6. Μελλοντικές Εργασίες – Συμπεράσματα.....	131
6.1. Μελλοντικές Εργασίες.....	131
6.2. Συμπεράσματα.....	133

Βιβλιογραφία – Πηγές.....	135
Παράρτημα Α': Εκδόσεις Λογισμικών.....	143
Παράρτημα Β': Δομή Φακέλλων & Προσαρτήματα.....	145
B.1. Δομή Φακέλλων.....	145
B.2. Προσαρτήματα & Σύνδεσμοι.....	145
Παράρτημα Γ': Άδεια Χρήσης του PC Repository.....	147

Χρήσιμη πληροφορία

Προσοχή / Απαιτούμενη ενέργεια

Περίληψη

Οι κλασικές αλλά και σύγχρονες μέθοδοι τοπογραφικής αποτύπωσης και γεωμετρικής τεκμηρίωσης π.χ. μέσω σαρώσεων με LiDAR, ή με φωτογραμμετρικές μεθόδους παράγουν μεγάλο όγκο δεδομένων, συνήθως με τη μορφή τρισδιάστατων νεφών σημείων (3D point clouds). Τα υπάρχοντα υπολογιστικά συστήματα και λογισμικά επεξεργασίας χωρικών δεδομένων αδυνατούν συχνά να διαχειριστούν τα νέφη σημείων λόγω του όγκου τους ή λόγω της έλλειψης επιθυμητής λειτουργικότητας για την περαιτέρω ανάλυσή τους. Υπάρχει λοιπόν ανάγκη για λογισμικά και εργαλεία επεξεργασίας τα οποία θα καλύψουν αυτό το κενό.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας διαδικτυακής εφαρμογής, στα πρότυπα χρήσης Ελεύθερου Λογισμικού & Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (ΕΛΛΑΚ), η οποία λειτουργεί ως αποθετήριο δεδομένων μορφής νέφους σημείων, παρέχοντας παράλληλα δυνατότητες τόσο επεξεργασίας όσο και οπτικοποίησής τους. Η εφαρμογή συνδέεται με μία βάση δεδομένων για την αποθήκευση και ανάκτηση των απαραίτητων για τη λειτουργία της πληροφοριών. Το περιβάλλον της είναι φιλικό προς τον χρήστη, απλοποιώντας διαδικασίες χειρισμού και επεξεργασίας των δεδομένων.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής που υλοποιήθηκε περιλαμβάνουν ένα εύχρηστο γραφικό περιβάλλον που επιτρέπει τη διαχείριση χρηστών, τη δυνατότητα μεταφόρτωσης των δεδομένων, την κατάλληλη οπτικοποίηση καθώς και σειρά εργαλείων επεξεργασίας νεφών σημείων. Η δημιουργία της εφαρμογής βασίστηκε στη χρήση του πλαισίου ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών Django και της βάσης δεδομένων PostgreSQL με τις γεωχωρικές της επεκτάσεις PostGIS και PGPointCloud. Ως γλώσσα προγραμματισμού για τη σύνδεση των επιλεγμένων λογισμικών χρησιμοποιήθηκε η Python, που είναι και η γλώσσα προγραμματισμού του Django.

Ο χειρισμός γεωχωρικών δεδομένων και δεδομένων νεφών σημείων έγινε χρησιμοποιώντας κατάλληλες βιβλιοθήκες, οι κυριότερες εκ των οποίων είναι οι Leaflet, GDAL και PDAL. Η οπτικοποίηση τρισδιάστατων δεδομένων σε περιηγητές ιστού έγινε με χρήση του λογισμικού Potree, που βασίζεται στην τεχνολογία WebGL. Η υλοποίηση της επιθυμητής πρόσθετης λειτουργικότητας του Potree επιτεύχθηκε με παραμετροποίησή του μέσω των βιβλιοθηκών PDAL & GDAL, εντός του πλαισίου ανάπτυξης Django. Επίσης, έγινε προσπάθεια για δημοσίευση της εφαρμογής στο Διαδίκτυο με τον Apache web server.

Τέλος, η εφαρμογή που αναπτύχθηκε (PC Repository) δίνει τη δυνατότητα σε χρήστες με περιορισμένους υπολογιστικούς πόρους να αποθηκεύουν, οπτικοποιούν, διαχειρίζονται και επεξεργάζονται δεδομένα νεφών σημείων χρησιμοποιώντας διαδεδομένους περιηγητές ιστού, χωρίς να χρειάζεται να διαθέτουν εξειδικευμένο λογισμικό.

Abstract

Classical as well as contemporary methods of topographic surveying and geometric documentation such as LiDAR scans or photogrammetry can produce large volumes of data, usually in the form of 3D point clouds. Existing computing systems and spatial data processing software often fail to manage point clouds due to their size, or due to lack of desired functionality for further analysis. Therefore, there is a need for software and processing tools that will bridge this gap.

The aim of this master thesis is the development, through Free & Open Source Software (FOSS), of a web application that operates as a repository of point cloud data, offering at the same time features such as processing and visualizing of such data. The application connects to a database for storing and retrieving information necessary for its operation. It engages a user-friendly environment, simplifying procedures of data handling and processing.

The basic features of the developed application include an easy to use graphical interface that allows user management, uploading, visualizing as well as some processing capabilities of point cloud data. The development of the application was based on the use of Django web framework and PostgreSQL database with PostGIS and PGPointCloud spatial extensions. Python was used as a programming language for connecting the selected software components, which is also the programming language of Django.

Spatial data and point cloud data were managed using appropriate libraries, mainly Leaflet, GDAL and PDAL. The visualization of 3D data in web browsers was accomplished using Potree software, which is based on WebGL technology. The implementation of the desired additional functionality of Potree was achieved by customizing it through libraries PDAL & GDAL, within the Django framework. Publishing the application to the Internet was attempted using the Apache web server.

Finally, the developed application (PC Repository) allows users with limited computing resources to store, visualize, manage and process point cloud data using standard web browsers, without the need for specialized software.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία σύντομη εισαγωγή στις υπάρχουσες μεθόδους αποτυπώσεων και γεωμετρικών τεκμηριώσεων, με σκοπό να φανεί πώς αυτές οδηγούν στην παραγωγή μεγάλου όγκου μετρητικών δεδομένων υπό τη μορφή νεφών σημείων. Στη συνέχεια διατυπώνεται το πρόβλημα που προκύπτει σχετικά με τον χειρισμό των δεδομένων αυτών, καθώς και ο στόχος της παρούσας εργασίας. Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά η ερευνητική προσέγγιση που ακολουθήθηκε καθώς και το αναμενόμενο ακροατήριο της εργασίας.

1.1. Μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης

Οι κλασικές αλλά και σύγχρονες μέθοδοι τοπογραφικής αποτύπωσης και γεωμετρικής τεκμηρίωσης π.χ. μέσω σαρώσεων με LiDAR (Light Detection and Ranging), ή με φωτογραμμετρικές & τηλεπισκοπικές μεθόδους παράγουν μεγάλο όγκο δεδομένων, συνήθως με τη μορφή τρισδιάστατων νεφών σημείων (3D point clouds). Ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται, ένα νέφος σημείων μπορεί να αποτελείται από εκατομμύρια σημεία. Οι κυριότερες από αυτές τις μεθόδους είναι οι παρακάτω:

1.1.1. Επίγειες Ταχυμετρικές Αποτυπώσεις

Με τις κλασικές ταχυμετρικές αποτυπώσεις μπορούν να ληφθούν σημεία με πυκνότητα επαρκή για το σχηματισμό νεφών σημείων. Όταν γίνεται χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών (Total Stations) σε συνδυασμούς με κατάλληλους ανακλαστικούς στόχους, τότε η εργασία διευκολύνεται καθώς τα όργανα αυτά διαθέτουν ενσωματωμένο ηλεκτρονικό αποστασιόμετρο (EDM). Τα πλέον σύγχρονα Total Stations διαθέτουν και δυνατότητα μέτρησης απόστασης χωρίς πρίσμα (reflectorless technology). Έτσι, με τη λήψη επαρκούς αριθμού σημείων μπορούν να σχηματισθούν νέφη σημείων. Σε κάθε περίπτωση, όμως, οι τεχνικές αυτές είναι εξαιρετικά επίπονες, χρονοβόρες και, κατά συνέπεια, υψηλού κόστους.

1.1.2. GNSS-RTK (Παγκόσμια Συστήματα Εντοπισμού Θέσης)

Οι μέθοδοι GNSS (Global Navigation Satellite Systems) κινηματικού εντοπισμού πραγματικού χρόνου (Real Time Kinematic – RTK) προσφέρουν σημαντικά μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με τις κλασικές ταχυμετρικές μεθόδους και παρέχουν αποτελέσματα με ικανοποιητικά επίπεδα ακρίβειας. Ωστόσο, δεν μπορούν από μόνες τους να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση, για παράδειγμα για λήψη σημείων σε όψεις κτηρίων. Η τεχνική αυτή, αν και είναι αποδοτικότερη από τις ταχυμετρικές αποτυπώσεις για λήψη σημείων με σκοπό την παραγωγή νεφών, δεν παύει να είναι ιδιαίτερα επίπονη, χρονοβόρα και με υψηλό κόστος.

1.1.3. Επίγειο LiDAR ή Επίγεια Σάρωση Laser (TLS)

Το Επίγειο LiDAR (T-LiDAR) ή Επίγεια Σάρωση Laser (TLS) χρησιμοποιεί την ίδια τεχνολογία και αλγορίθμους επεξεργασίας όπως το αερομεταφερόμενο LiDAR, με τη διαφορά ότι οι σαρωτές τοποθετούνται σε τρίτοδες επί του εδάφους αντί σε αεροσκάφη. Ο σαρωτής εκτελεί μετρήσεις από διάφορες οπτικές γωνίες σε αποστάσεις 100 m – 5 km από τον στόχο. Η τυπική πυκνότητα νεφών σημείων από

σαρώσεις TLS μπορεί να είναι $> 10,000$ ανά m^2 και η γεωμετρία πολλαπλών λήψεων επιτρέπει μία πιστή 3-διάστατη απεικόνιση του σαρωμένου στόχου. Επιπλέον, τα συστήματα TLS περιλαμβάνουν έγχρωμους φωτογραφικούς δέκτες υψηλής ανάλυσης, ώστε οι μετρήσεις κατά RGB σε συνδυασμό με τα νέφη σημείων να μπορούν να παράξουν φωτορεαλιστικές απεικονίσεις. Τα συστήματα αυτά είναι ευέλικτα, γρήγορα, οικονομικά και παράγουν απεικονίσεις πολύ υψηλής ανάλυσης και DEM υψηλής ακριβείας, αλλά παρέχουν σχετικά μικρή κάλυψη, της τάξης των $1-10 km^2$. (McClusky και Tregoning, 2013)

1.1.4. Αερομεταφερόμενο LiDAR

Η χαρτογράφηση μέσω Αερομεταφερόμενου LiDAR παράγει τοπογραφικούς χάρτες υψηλής ανάλυσης και πολύ υψηλής ακριβείας, με πίο ολοκληρωμένα αποτελέσματα από παραδοσιακές μεθόδους. Οι μετρήσεις αλτιμέτρου του αερομεταφερόμενου Laser χρησιμεύουν στην ακριβή μέτρηση της τοπογραφίας του εδάφους, ακόμη και με επικάλυψη πυκνής βλάστησης. Τα δεδομένα μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν στον προσδιορισμό του ύψους και της πυκνότητας της βλάστησης, καθώς και για τον χαρακτηρισμό της θέσης, του σχήματος και του ύψους των κτηρίων κ.ά. ανθρώπινων κατασκευών. Οι αποτυπώσεις με LiDAR μπορούν να προγραμματιστούν οποτεδήποτε, αρκεί να υπάρχουν καλές καιρικές συνθήκες. Οι μετρήσεις είναι δυνατές σε όλους τους τύπους εδαφών και βλάστησης. Η απόλυτη ακρίβεια κατά την κατακόρυφη έννοια είναι μειωμένη ($5 - 10 cm$), ενώ απαιτείται εξειδικευμένη επεξεργασία των δεδομένων για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ακρίβειας. (McClusky και Tregoning, 2013)



Εικ. 1.1.4-1: UAV (Unmanned Aerial Vehicle) με προσαρμοσμένο αισθητήρα LiDAR
από: <https://enterprise.dji.com/news/detail/how-lidar-is-revolutionizing-mapping-and-geospatial-data>

1.1.5. Επίγεια Συμβολομετρία Radar (T-InSAR)

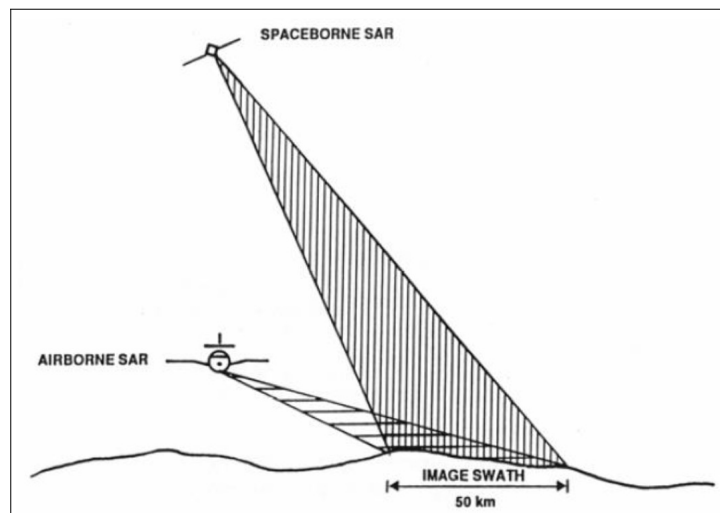
Η Επίγεια Συμβολομετρία Radar Συνθετικού Ανοίγματος (T-InSAR ή GB-InSAR) χρησιμοποιεί μικροκυματική ακτινοβολία radar για την αποτύπωση του εδάφους. Η μέθοδος αυτή είναι παρόμοια με το δορυφορικό και το αερομεταφερόμενο InSAR, με τη διαφορά ότι η απεικόνιση γίνεται από ένα radar κινούμενο επί σιδηροτροχιάς σε απόσταση λίγων χιλιομέτρων από τον στόχο, αντί από απόσταση πολλών έως εκατοντάδων χιλιομέτρων από αυτόν. Το επίγειο InSAR παρέχει οριζοντιογραφική αποτύπωση εξ'αποστάσεως, καταγραφή υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένης βροχής, συννεφιάς και ομίχλης και σχετικά υψηλή χωρική πυκνότητα παρατηρήσεων. Το οπτικό πεδίο του επίγειου InSAR, ωστόσο, είναι πολύ περιορισμένο και η εμβέλειά του είναι σχετικά μικρή, φτάνοντας τα $4 km$ σε απόσταση ορατότητας (Line-of-Sight – LoS). (McClusky και Tregoning, 2013)

1.1.6. Αερομεταφερόμενο InSAR

Το Αερομεταφερόμενο InSAR (AirSAR) χρησιμοποιεί την ίδια τεχνολογία και τους ίδιους αλγόριθμους επεξεργασίας όπως τα αντίστοιχα δορυφορικά συστήματα. Ένας αερομεταφερόμενος αισθητήρας SAR μπορεί να εκτελέσει παρατηρήσεις χωρίς πολλούς από τους περιορισμούς της δορυφορικής παρατήρησης (προγραμματισμός λήψης απεικονίσεων, εξάρτηση σε δεδομένα από διεθνείς δορυφορικές αποστολές, απεικόνιση με υψηλότερη χωρική και χρονική ανάλυση κλπ.). Η ευχέρεια προγραμματισμού πτήσεων και η χρήση αισθητήρων SAR με την καταλληλότερη γεωμετρία για κάθε εφαρμογή, καθιστούν αναμφίβολα το αερομεταφερόμενο SAR ως μία περισσότερο δυναμική μέθοδο. (McClusky και Tregoning, 2013)

1.1.7. Δορυφορικό InSAR (Συμβολομετρία Radar Συνθετικού Ανοίγματος)

Το Δορυφορικό Συμβολομετρικό Radar Συνθετικού Ανοίγματος (InSAR) είναι ένα πρωτοποριακό και οικονομικό εργαλείο για την εξ'αποστάσεως αποτύπωση της γήινης επιφάνειας από το Διάστημα. Οι αισθητήρες SAR (Synthetic Aperture Radar) των δορυφόρων Earth Observing Satellites (EOS), σε τροχιά 500 - 800 km από την επιφάνεια της Γης, έχουν τη δυνατότητα απεικόνισης μεγάλων περιοχών (χιλιάδων km²) σε τακτική βάση (κάθε 5 - 30 ημέρες). Η ανάλυση InSAR είναι εμπορική και επιστημονική τεχνική που χρησιμεύει στη μελέτη φαινομένων όπως η παραμόρφωση που προκαλείται από σεισμούς, η σταθερότητα υποδομών (π.χ. κτηρίων, πόλεων) και η εδαφική καθίζηση.



Εικ. 1.1.7-1: Τρόπος εικονοληψίας από ένα σύστημα SAR (δορυφορικό ή αερομεταφερόμενο) (Παρχαρίδης, 2015)

Πλεονεκτήματα:

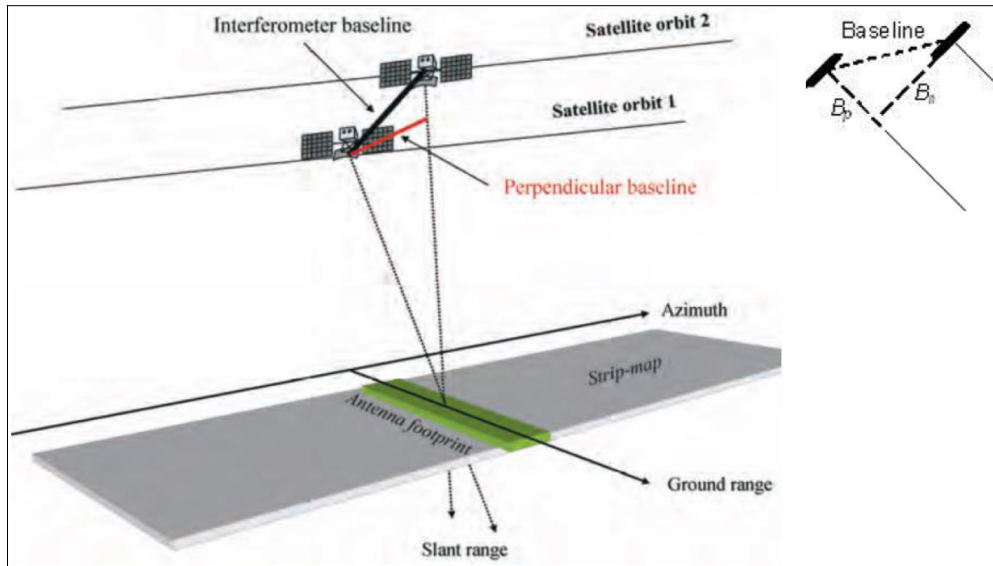
- Καλή ακρίβεια μετρήσεων.
- Απαιτείται ελάχιστος ή και καθόλου εξοπλισμός εδάφους.
- Ικανοποιητική χρονική ανάλυση δειγματοληψίας μερικών ημερών έως μερικών εβδομάδων, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη δορυφορική αποστολή.

Μειονεκτήματα:

- Διαθεσιμότητα δεδομένων. Οι αισθητήρες Radar των δορυφορικών αποστολών SAR δεν λειτουργούν αδιάκοπα.
- Για την επεξεργασία των δεδομένων της απεικόνισης απαιτείται ένα υψηλής ανάλυσης ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (DEM).
- Για την επεξεργασία των απεικονίσεων απαιτείται γνώση υψηλής ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιεχομένου υδρατμών. Σε αντίθετη περίπτωση, η καθυστέρηση των σημάτων καθώς διαδίδονται στην ατμόσφαιρα θα παράξει εσφαλμένα σήματα εδαφικών παραμορφώσεων. Πληροφορία για το

τροποσφαιρικό περιεχόμενο υδρατμών μπορεί να διατεθεί με επαρκή ακρίβεια από εκτιμήσεις σταθμών συνεχών μετρήσεων GNSS ή από αριθμητικά καιρικά μοντέλα.

Πηγή: (McClusky και Tregoning, 2013)



Εικ. 1.1.7-2: Γεωμετρία ενός συμβολομετρικού συστήματος SAR (Παρχαρίδης, 2015)

1.1.8. Φωτογραμμετρικά Νέφη Σημείων

Η φωτογραμμετρία είναι μία μετρητική τεχνική που χρησιμοποιεί το φως που αιχμαλωτίζεται από μία φωτογραφική μηχανή. Η παραγωγή φωτογραμμετρικών νεφών σημείων (stereo point clouds) απαιτεί, ουσιαστικά, δύο ή περισσότερες επικαλυπτόμενες φωτογραφίες του ίδιου αντικειμένου από διαφορετικά σημεία λήψης. Τα σύγχρονα λογισμικά ψηφιακής φωτογραμμετρίας και επεξεργασίας εικόνας χρησιμοποιούν, σε γενικές γραμμές, στερεοζεύγη φωτογραφιών. Με ειδικούς αλγόριθμους, αναγνωρίζουν αυτόματα πολλαπλά ομόλογα σημεία ανάμεσα στις δύο εικόνες για να καθορίσουν τη θέση και τον προσανατολισμό της κάμερας, καθώς και τις τρισδιάστατες συντεταγμένες των κοινών σημείων των δύο εικόνων.

Η τεχνική επεξεργασίας εικόνας “Structure from Motion” (SfM) αναπτύχθηκε αρχικά για εφαρμογές υπολογιστικής όρασης. Χρησιμοποιώντας πολλαπλές επικαλυπτόμενες εικόνες, οι αλγόριθμοι SfM μπορούν να εκτιμήσουν της παραμέτρους λήψης και να παράξουν αραιά νέφη σημείων. Περαιτέρω επεξεργασία εικόνας με τεχνική “Multiple View Stereo” (MVS), μπορεί να παράξει πυκνό νέφος σημείων, αφού έχει καθορισθεί η αντιστοίχιση ανάμεσα σε πολλαπλές θέσεις λήψεων. Οι τεχνικές SfM-MVS με χρήση πολλών φωτογραφιών (δεκάδων έως εκατοντάδων) παράγουν, τυπικά, πυκνότερα νέφη σημείων από ό,τι η φωτογραμμετρική επεξεργασία ενός στερεοζεύγους.

Μία ποιοτική φωτογραφική μηχανή μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα ακριβές όργανο αποτυπώσεων, με ακρίβεια συγκρίσιμη οργάνων βασιζόμενων σε χρήση Laser. Από λίγες φωτογραφίες μπορούν να προκύψουν εκατομμύρια σημεία. Το προϊόν της ψηφιακής φωτογραμμετρίας ή των τεχνικών επεξεργασίας SfM/MVS είναι ένα νέφος σημείων αποτελούμενο από μεγάλο αριθμό σημείων. Τα σημεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Επιφανειών σε μορφή μοντέλου τριγωνικών ακανόνιστων δικτύων (Triangulated Irregular Networks - TIN), επί του οποίου προβάλλονται (γίνονται “draped”) οι υφές των εικόνων για την παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Επιφανείας (DSM) ή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DTM). Τέλος, εφαρμόζοντας μία φωτογραφική μηχανή σε ένα UAV, μπορούν να παρακαμφθούν πολλοί από τους περιορισμούς που έχει η λήψη εικόνων από το έδαφος.

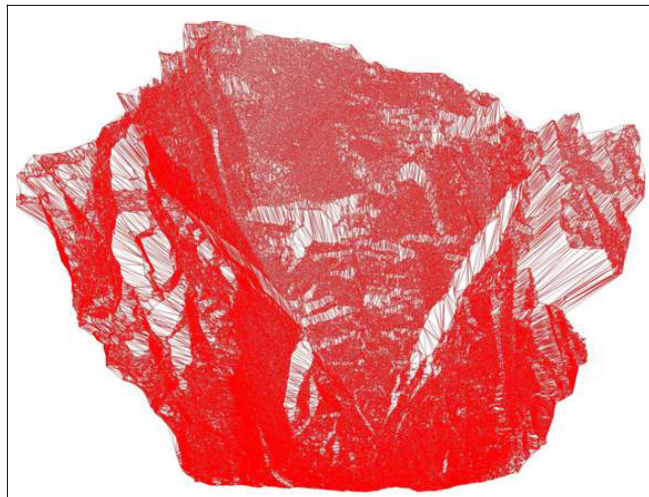
Πλεονεκτήματα:

- Η εργασία πεδίου είναι γρήγορη και οικονομική.
- Τα ψηφιακά μοντέλα που παράγονται από φωτογραφίες μπορούν να είναι πολύ λεπτομερή και ακριβή.
- Μία φωτογραφική μηχανή είναι οικονομικότερη και πιο εύχρηστη από έναν αισθητήρα LiDAR, αν και η λεπτομέρεια και η ακρίβεια των παραγόμενων δεδομένων εξαρτώνται από την ποιότητα της μηχανής και των φακών της.

Μειονεκτήματα:

- Η παρουσία βλάστησης μπορεί να αποκρύψει το φωτογραφούμενο αντικείμενο.
- Η αποτύπωση με LiDAR απαιτεί μόνο ένα σημείο τοποθέτησης του εξοπλισμού, ενώ η φωτογραμμετρική αποτύπωση απαιτεί τουλάχιστον δύο.
- Οι αλγόριθμοι αντιστοίχισης εικόνων μπορεί να μην αποδώσουν σωστά, εάν οι εικόνες έχουν ληφθεί σε αρκετά μακρινές χρονικές περιόδους, με σημαντικές διαφορές σε συνθήκες φωτισμού, σκίασης κλπ.
- Εάν τμήματα του φωτογραφούμενου αντικειμένου δεν φαίνονται από πολλαπλά σημεία λήψης, τότε δεν μπορούν να αποτυπωθούν.

Πηγή: (Tannant, 2015)



Εικ. 1.1.8-1: TIN τμήματος βράχου παραχθέν από φωτογραμμετρικό νέφος σημείων (Tannant, 2015)

1.2. Διατύπωση του Προβλήματος - Κίνητρο

Όπως φαίνεται από τα προηγούμενα, οι κλασικές αλλά και σύγχρονες μέθοδοι τοπογραφικής αποτύπωσης και γεωμετρικής τεκμηρίωσης (σαρώσεις LiDAR, φωτογραμμετρικές ή τηλεπισκοπικές μέθοδοι κλπ.) παράγουν μεγάλο όγκο δεδομένων, συνήθως με τη μορφή τρισδιάστατων νεφών σημείων (3D point clouds). Ανάλογα με τη μετρητική μέθοδο που χρησιμοποιείται, ένα νέφος σημείων μπορεί να αποτελείται από εκατομμύρια σημεία.

Τα υπάρχοντα υπολογιστικά συστήματα και λογισμικά επεξεργασίας χωρικών δεδομένων αδυνατούν συχνά να διαχειριστούν τα δεδομένα αυτά λόγω του όγκου τους ή δεν παρέχουν την επιθυμητή λειτουργικότητα για την περαιτέρω ανάλυσή τους. Επιπλέον, πολλά από τα λογισμικά που προσφέρουν τέτοιες δυνατότητες δεν είναι ελεύθερα για χρήση, αλλά απαιτούν αγορά ή συνδρομή (proprietary software).

Υπάρχει λοιπόν ανάγκη για λογισμικά και εργαλεία επεξεργασίας τα οποία θα καλύψουν αυτό το κενό. Τα λογισμικά αυτά θα πρέπει ιδανικά να είναι ελεύθερα στη χρήση τους, με φιλικό προς τον χρήστη γραφικό περιβάλλον και επαρκείς δυνατότητες επεξεργασίας νεφών σημείων. Επίσης, ως λογισμικά ανοικτού κώδικα, θα πρέπει να προσφέρονται για διαρκή εξέλιξη και βελτίωση των λειτουργιών τους.

1.3. Στόχος της Εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας διαδικτυακής εφαρμογής, στα πρότυπα χρήσης Ελεύθερου Λογισμικού & Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (ΕΛΛΑΚ), η οποία θα λειτουργεί ως αποθετήριο δεδομένων μορφής νέφους σημείων (point clouds), παρέχοντας παράλληλα δυνατότητες οπτικοποίησης, καθώς και εργαλεία επεξεργασίας των δεδομένων αυτών.

Η εφαρμογή θα πρέπει να συνδέεται σε μία βάση δεδομένων με γεωχωρικές δυνατότητες, για την αποθήκευση και ανάκτηση των απαραίτητων για τη λειτουργία της πληροφοριών. Το γραφικό της περιβάλλον θα πρέπει να είναι φιλικό προς τον χρήστη, απλοποιώντας τις διαδικασίες διαχείρισης χρηστών, μεταφόρτωσης, οπτικοποίησης, χειρισμού και επεξεργασίας των 3D δεδομένων νεφών σημείων.

Με απλά λόγια, οι χρήστες θα μπορούν να συνδέονται στην εφαρμογή με τους κωδικούς πρόσβασής τους και να ανεβάζουν τα δεδομένα νεφών σημείων που διαθέτουν. Στη συνέχεια θα μπορούν να τα βλέπουν στην οθόνη μέσα από κάποιον περιηγητή ιστού, να κάνουν μετρήσεις μηκών, εμβαδών, υψομετρικών διαφορών, να παράγουν ψηφιακά μοντέλα υψομέτρων, να προχωρούν σε ταξινόμηση σημείων εδάφους κ.α. Μελλοντικά, η εφαρμογή θα μπορούσε να υποστηρίξει την - υπό προϋποθέσεις - κοινή χρήση και λήψη των αρχείων που ανεβάζουν οι χρήστες.

1.4. Ερευνητική Προσέγγιση

Έπειτα από εκτενή έρευνα στο Διαδίκτυο, φάνηκε ότι υπάρχουν αρκετά ελεύθερα, ανοικτού κώδικα λογισμικά και εργαλεία για την επεξεργασία νεφών σημείων και χωρικών δεδομένων, τα οποία κατατάσσονται σε έξι βασικές κατηγορίες:

- **Αποθετήρια** δεδομένων νεφών σημείων
- **Βάσεις Δεδομένων** με γεωχωρικές επεκτάσεις
- **Βιβλιοθήκες** επεξεργασίας νεφών σημείων και γεωχωρικών δεδομένων
- **Εξυπηρετητές** (servers) για εφαρμογές με γεωχωρικά δεδομένα
- **Οπτικοποιητές** με δυνατότητα απεικόνισης νεφών σημείων σε περιηγητές ιστού
- **Λογισμικά Ανάλυσης & Επεξεργασίας** νεφών σημείων και γεωχωρικών δεδομένων

Αρχικά, ερευνήθηκε η πιθανότητα εύρεσης στο Διαδίκτυο υπάρχουσας εφαρμογής που να καλύπτει τις απαιτήσεις της παρούσας εργασίας, δηλ. μίας ελεύθερης και ανοικτού κώδικα εφαρμογής που να παρέχει την επιθυμητή λειτουργικότητα. Οι λίγες παρόμοιες εφαρμογές που βρέθηκαν αποτελούν είτε εμπορικά είτε κυβερνητικά λογισμικά, όπως θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Για αυτό τον λόγο κρίθηκε ότι δεν θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τις ανάγκες αυτής της εργασίας και ότι, κατά συνέπεια, θα ήταν σκόπιμη η ανάπτυξη μίας νέας εφαρμογής.

Η ανάπτυξη μίας διαδικτυακής εφαρμογής όπως αυτή της παρούσας εργασίας μπορεί να γίνει συνδέοντας λογισμικά των παραπάνω κατηγοριών μέσω μίας γλώσσας προγραμματισμού, που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη του κεντρικού της κώδικα. Αν και το κυριότερο μέρος του προγραμματισμού θα γίνει μέσω της επιλεγμένης γλώσσας, αυτό δεν αποκλείει ότι θα χρειαστεί κάποια έκτασης προγραμματισμός και σε άλλες γλώσσες, ιδίως εκείνες που χρησιμοποιούνται συχνότερα κατά την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών, όπως π.χ. οι HTML και JavaScript.

Η δημιουργία της εφαρμογής βασίζεται στη χρήση πλαισίου ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών (web framework) και μίας βάσης δεδομένων με γεωχωρικές επεκτάσεις. Ο χειρισμός γεωχωρικών δεδομένων και δεδομένων νεφών σημείων γίνεται χρησιμοποιώντας κατάλληλες open-source βιβλιοθήκες. Η οπτικοποίηση τρισδιάστατων δεδομένων σε περιηγητές ιστού γίνεται με χρήση κατάλληλου οπτικοποιητή, βασιζόμενου στην τεχνολογία WebGL. Η δημοσίευση της εφαρμογής στο Διαδίκτυο επιχειρείται με χρήση κατάλληλου εξυπηρετητή.

Η παραμετροποίηση των επιλεγμένων λογισμικών είναι απαραίτητη προκειμένου να υλοποιηθεί η επιθυμητή πρόσθετη λειτουργικότητα. Αυτό οπωσδήποτε απαιτεί σε κάποια σημεία κατανόηση της λειτουργίας του κώδικα των επιλεγμένων software components μέσω “αντίστροφης εξέλιξης” (reverse engineering). Με ανάγνωση του κώδικα επέρχεται κατανόηση του τρόπου προγραμματισμού και λειτουργίας

του επιλεγμένου λογισμικού. Στη συνέχεια, γίνονται οι απαραίτητες παρεμβάσεις. Η παραμετροποίηση ολοκληρώνεται με χρήση κατάλληλων βιβλιοθηκών χειρισμού δεδομένων νεφών σημείων και χωρικών δεδομένων, εντός του επιλεγμένου πλαισίου ανάπτυξης.

Τελικά, οι συνδυασμοί λογισμικών των παραπάνω κατηγοριών που μπορούν να γίνουν προκειμένου να δημιουργηθεί μία εφαρμογή όπως η ζητούμενη δεν είναι πάρα πολλοί, καθώς πρόκειται για μία εφαρμογή πολύ εξειδικευμένη και είναι σχετικά δύσκολο να βρεθούν ανεξάρτητα software components που να συνεργάζονται επιτυχώς μεταξύ τους, ώστε να συντελεστεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

1.5. Ακροατήριο - Εφαρμογές

Η διαδικτυακή εφαρμογή που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας (“PC Repository”) δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες της να αποθηκεύουν, οπτικοποιούν, διαχειρίζονται και επεξεργάζονται δεδομένα νεφών σημείων χρησιμοποιώντας διαδεδομένους περιηγητές ιστού. Καθώς είναι διαδικτυακή, επιτρέπει σε χρήστες με περιορισμένους υπολογιστικούς πόρους να έχουν πρόσβαση στη λειτουργικότητά της, χωρίς να χρειάζεται να διαθέτουν εξειδικευμένο λογισμικό.

Η εφαρμογή μπορεί να αξιοποιηθεί από χρήστες που δραστηριοποιούνται σε αντικείμενα όπως:

- Αποτυπώσεις Οικισμών, Κτηρίων, Μνημείων
- Παραγωγή επιφανειών (Ψηφιακών Μοντέλων Υψομέτρων)
- Έλεγχο κατασκευαστικών αποκλίσεων βιομηχανικών εξαρτημάτων
- Ιατρικές απεικονίσεις
- Διερεύνηση οδικών ατυχημάτων
- Τήρηση χρονολογικού αρχείου 3D αποτυπώσεων
- ... κ.α.

Η ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε στα πρότυπα χρήσης Ελεύθερου Λογισμικού & Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (ΕΛΛΑΚ). Η ίδια η εφαρμογή αποτελεί επίσης ελεύθερο λογισμικό ανοικτού κώδικα. Ως εκ τούτου, μπορεί να αξιοποιηθεί από χρήστες που ενδιαφέρονται για κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της, προκειμένου να αναπτύξουν δικές τους ανάλογες εφαρμογές ή να προτείνουν βελτιώσεις ή και διορθώσεις επ’ αυτής.

Η εφαρμογή “PC Repository” είναι ελεύθερο λογισμικό ανοικτού κώδικα και διατίθεται με Άδεια Χρήσης “MIT”

1.6. Δομή της Εργασίας

Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζονται θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στα νέφη σημείων, στις τεχνολογίες απεικόνισής τους σε περιηγητές ιστού κ.α. Επίσης, παρατίθεται η υπάρχουσα κατάσταση στον τομέα του λογισμικού διαχείρισης δεδομένων νεφών σημείων.

Στο **Κεφάλαιο 3** εκτίθενται οι επιθυμητές προδιαγραφές και η αρχιτεκτονική της εφαρμογής που αναπτύχθηκε (“PC Repository”). Αναλύονται τα μοντέλα δεδομένων και παρουσιάζονται σημαντικά σημεία των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο **Κεφάλαιο 4** αναλύονται τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την υλοποίηση και δημοσίευση στο Διαδίκτυο της εφαρμογής “PC Repository” και αφορούν στην εγκατάσταση των απαιτούμενων λογισμικών και στη δημιουργία του κατάλληλου Django Project.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται λεπτομερώς οι λειτουργίες της εφαρμογής που αναπτύχθηκε, ομαδοποιημένες σε τέσσερις βασικές κατηγορίες.

Στο **Κεφάλαιο 6** παρατίθενται ορισμένες μελλοντικές εργασίες, καθώς και τα συμπεράσματα που εξάγονται έπειτα από την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2

Θεωρία & Υπάρχουσα Κατάσταση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στα νέφη σημείων, στις προδιαγραφές σχετικών ηλεκτρονικών αρχείων, στις τεχνολογίες απεικόνισής τους σε περιηγητές ιστού, καθώς και στα πλαίσια ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών. Επίσης, παρατίθεται η υπάρχουσα κατάσταση στον τομέα του λογισμικού διαχείρισης δεδομένων νεφών σημείων, όπως προέκυψε έπειτα από διαδικτυακή έρευνα και εξηγούνται οι λόγοι για τους οποίους δεν επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν τα λογισμικά αυτά για την ανάπτυξη της εφαρμογής.

2.1. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η παράγραφος αυτή περιλαμβάνει θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στα νέφη σημείων και στις προδιαγραφές του κυριότερου τύπου ηλεκτρονικών αρχείων στον οποίο αποθηκεύονται δεδομένα νεφών σημείων. Επίσης, παρουσιάζονται οι τεχνολογίες Octree και WebGL που έχουν να κάνουν με την απεικόνιση 3D δεδομένων σε περιηγητές ιστού, καθώς και στοιχεία για τα πλαίσια ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών.

2.1.1. Νέφη Σημείων (Point Clouds)

Ένα **νέφος σημείων (point cloud)** είναι ένα σύνολο σημείων στον χώρο. Τα νέφη σημείων παράγονται σε γενικές γραμμές από σαρώσεις 3D (π.χ. LiDAR), κατά τις οποίες αποτυπώνονται μεγάλοι αριθμοί σημείων των εξωτερικών επιφανειών των αντικειμένων. Ως προϊόντα 3D χρησιμοποιούνται σε πληθώρα χρήσεων, όπως η δημιουργία 3D CAD μοντέλων εξαρτημάτων, η μετρολογία και ο έλεγχος ποιότητας, καθώς και για πολλές εφαρμογές απεικόνισης και κινούμενης εικόνας.

Τα νέφη σημείων συχνά ευθυγραμμίζονται με μοντέλα 3D ή με άλλα νέφη σημείων, διαδικασία γνωστή ως *point set registration*. Για βιομηχανική μετρολογία ή επιθεώρηση με χρήση υπολογιστικής τομογραφίας, το νέφος σημείων ενός εξαρτήματος ευθυγραμμίζεται με το μοντέλο αυτού και συγκρίνεται με αυτό για εντοπισμό κατασκευαστικών αποκλίσεων. Γεωμετρικές διαστάσεις και ανοχές μπορούν, επίσης, να εξαχθούν απ'ευθείας από το νέφος σημείων.

Αν και τα νέφη σημείων μπορούν να απεικονιστούν και να επιθεωρηθούν απ'ευθείας, πολύ συχνά μετατρέπονται σε πολυγωνικά ή τριγωνικά πλέγματα, μοντέλα επιφανειών NURBS ή μοντέλα CAD, μέσα από μία διαδικασία γνωστή ως ανασύσταση επιφάνειας (surface reconstruction). Τα διανυσματικά μοντέλα έχουν πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε μνήμη και περιέχουν περισσότερες γεωμετρικές ιδιότητες από τα αρχικά νέφη σημείων.

Υπάρχουν πολλές τεχνικές για τη μετατροπή ενός νέφους σημείων σε μία επιφάνεια 3D. Ορισμένες προσεγγίσεις όπως ο τριγωνισμός Delaunay, τα σχήματα alpha και ο αλγόριθμος ball pivoting χτίζουν ένα δίκτυο τριγώνων βάσει των υπάρχοντων κορυφών του νέφους. Άλλες πάλι μετατρέπουν το νέφος σε πεδίο ογκομετρικών αποστάσεων και ανασυνθέτουν την εγγενή επιφάνεια όπως ορίζεται μέσω ενός αλγορίθμου marching cubes.

Στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) τα νέφη σημείων αποτελούν μία από τις πηγές που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Υψομέτρων. Χρησιμοποιούνται ακόμη και για την παραγωγή 3D μοντέλων του αστικού περιβάλλοντος. Με χρήση drones (UAVs) συλλέγονται σειρές RGB απεικονίσεων, οι οποίες μπορούν αργότερα να επεξεργαστούν από ειδικό λογισμικό Αλγορίθμου Υπολογιστικής Όρασης (Computer Vision Algorithm) με σκοπό τη δημιουργία RGB νεφών σημείων, από τα οποία μπορούν να υπολογίζονται αποστάσεις και ογκομετρήσεις.

Τα νέφη σημείων χρησιμεύουν επίσης στην αναπαράσταση ογκομετρικών δεδομένων, όπως συμβαίνει μερικές φορές σε ιατρικές απεικονίσεις. Με τη χρήση νεφών σημείων μπορεί να επιτευχθεί πολυ-δειγματοληψία (multi-sampling) και συμπίεση δεδομένων. (Wikipedia, 2019e)

2.1.2. Αρχεία LAS και Προδιαγραφές ASPRS

Το format **LAS** (LASer) είναι ένα format αρχείων που σχεδιάστηκε για την ανταλλαγή και αρχειοθέτηση δεδομένων νεφών σημείων που λαμβάνονται από σαρώσεις LiDAR (Light Detection And Ranging). Είναι ένα ανοικτό, δυαδικό (binary) format, οι προδιαγραφές του οποίου ορίζονται από την “American Society for Photogrammetry and Remote Sensing” (ASPRS). Χρησιμοποιείται ευρέως και θεωρείται ως industry standard για τα LiDAR δεδομένα.

Ένα αρχείο τύπου LAS περιέχει τις παρακάτω πληροφορίες:

- Περιγραφή format, πλήθος σημείων, έκταση του νέφους σημείων και άλλα γενικά στοιχεία.
- VLRs (Variable Length Records) & Extended-VLRs (EVLRs από έκδοση LAS 1.3 και μετά): Προαιρετικές εγγραφές με πληροφορίες για το χρησιμοποιούμενο γεωγραφικό σύστημα αναφοράς, μεταδεδομένα, πληροφορίες κυματομορφής και δεδομένα εφαρμογών χρήστη. Κάθε VLR έχει μήκος 65.535 bytes.
- Δεδομένα για κάθε ένα εκ των σημείων του νέφους, συμπεριλαμβανομένων των συντεταγμένων, της ταξινόμησης (π.χ. σημεία εδάφους ή κτηρίων), δεδομένων πτήσης και σάρωσης κλπ.

Κάθε αρχείο LAS περιέχει εγγραφές σημείων σε ένα από τα format εγγραφών σημειακών δεδομένων που καθορίζονται από τις προδιαγραφές. Από την έκδοση 1.4 και μετά, υπάρχουν 11 τέτοια formats (0 έως 10). Όλες οι εγγραφές σημειακών δεδομένων ενός αρχείου πρέπει να είναι του ιδίου format. Οι διαφορές ανάμεσα στα formats έχουν να κάνουν με τα διαθέσιμα πεδία, όπως ο χρόνος GPS, το χρώμα RGB και NIR και οι πληροφορίες κυματομορφής.

Οι 3Δ συντεταγμένες των εγγραφών σημειακών δεδομένων αναπαριστώνται από ακεραίους των 32-bit, στους οποίους εφαρμόζεται ένας συντελεστής κλίμακας και ένας μετάθεσης, οι οποίοι αποθηκεύονται στην κεφαλίδα του αρχείου, ώστε να προκύπτουν οι πραγματικές τιμές των συντεταγμένων (αυτό γίνεται για οικονομία μνήμης).

Καθώς ο αριθμός των bytes που χρησιμοποιούνται ανά εγγραφή σημείου ορίζεται ρητά στην κεφαλίδα του αρχείου, είναι δυνατή η προσθήκη πεδίων οριζόμενων από τον χρήστη σε “extra bytes” πλέον των οριζόμενων από τις προδιαγραφές. Ένας τυποποιημένος τρόπος ερμηνείας τέτοιων “extra bytes” εισήχθη στις προδιαγραφές LAS 1.4. (Wikipedia, 2019a)

Η ταξινόμηση (σημεία εδάφους, κτηρίων κλπ.) κωδικοποιείται με ένα bit field, όπου τα πέντε πρώτα bits (0-4) αποθηκεύουν την τιμή ταξινόμησης, ενώ τα τρία τελευταία αντιστοιχούν σε flags που μπορούν να λαμβάνουν τιμή μηδέν (0) ή ένα (1). Οι ορισμοί των bits παρουσιάζονται στον Πίν. 2.1.2-1 και των τιμών ταξινόμησης στον Πίν. 2.1.2-2. (ASPRS, 2013)

Bit	Πεδίο	Περιγραφή
0-4	Ταξινόμηση	Πρότυπη ταξινόμηση σημείων κατά ASPRS από 0 – 31 (βλ. Πιν. 5.3.1.4-2)
5	Συνθετικό	0: σημείο από τεχνική LIDAR 1: σημείο από μη-LIDAR τεχνική (π.χ. ψηφιοποιημένο από στερεοσκοπική φωτογραμμετρία)
6	Σημείο-κλειδί	0: Όχι Σημείο-κλειδί 1: Σημείο-κλειδί (καλύτερα να μην παρακρατείται από αλγόριθμο αραιώσης)
7	Παρακρατημένο	0: Μη Παρακρατημένο 1: Παρακρατημένο, να μην συμπεριλαμβάνεται σε επεξεργασία (συνώνυμο του διεγραμμένου)

Πιν. 2.1.2-1: Κωδικοποίηση bit field ταξινόμησης κατά ASPRS (ASPRS, 2013)

Τιμή Ταξινόμησης (bits 0-4)	Ερμηνεία
0	Χωρίς ποτέ να έχει ταξινομηθεί
1	Μη ταξινομημένο
2	Έδαφος
3	Χαμηλή βλάστηση
4	Μεσαία βλάστηση
5	Υψηλή βλάστηση
6	Κτήριο
7	Σημείο θορύβου
8	Σημείο-κλειδί του μοντέλου (mass point)
9	Υδατα
10	Δεσμευμένο για προσδιορισμό κατά ASPRS
11	Δεσμευμένο για προσδιορισμό κατά ASPRS
12	Σημείο επικάλυψης
13-31	Δεσμευμένο για προσδιορισμό κατά ASPRS

Πιν. 2.1.2-2: Πρότυπη ταξινόμηση σημείων LiDAR κατά ASPRS (ASPRS, 2013)

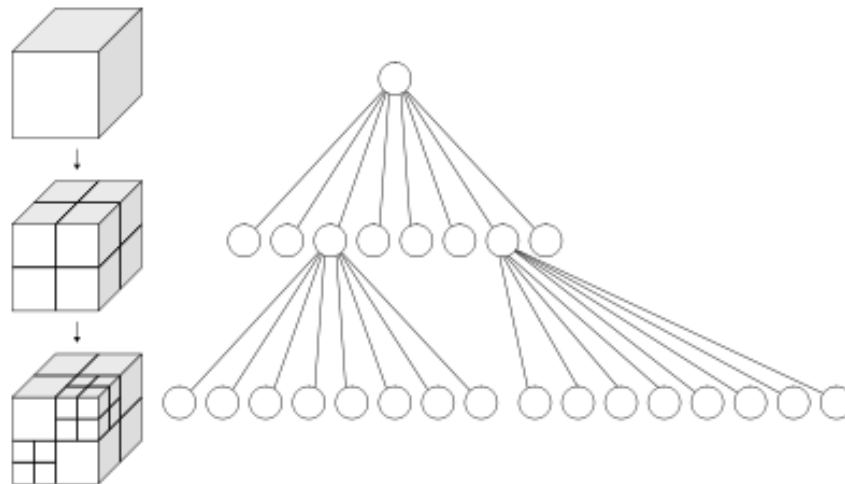
2.1.3. Η δομή δεδομένων Octree

Ένα **Octree** είναι μία δενδρική δομή δεδομένων της οποίας κάθε κόμβος έχει ακριβώς οκτώ απογόνους. Τα Octree χρησιμοποιούνται κυρίως για τη διαδοχική υποδιαίρεση ενός τρισδιάστατου χώρου σε οκτώ οκτάντες. Κάθε οκτάντας είναι μία από τις οκτώ υποδιαίρεσεις ενός ευκλείδειου ορθογωνικού συστήματος τριών αξόνων (Wikipedia, 2019b). Τα Octree είναι το τρισδιάστατο ανάλογο των Quadtree. Χρησιμοποιούνται συχνά σε 3D γραφικά και 3D game engines.

Κάθε κόμβος ενός Octree υποδιαιρεί τον χώρο που αναπαριστά σε οκτώ οκτάντες. Σε ένα Point Region (PR) Octree, ένας κόμβος αποθηκεύει ένα συγκεκριμένο τρισδιάστατο σημείο, που αποτελεί το “κέντρο” της υποδιαίρεσης του κόμβου αυτού. Το σημείο αυτό ορίζει μία από τις γωνίες για κάθε έναν από τους οκτώ απογόνους. Σε ένα Matrix Based (MX) Octree, το σημείο της υποδιαίρεσης είναι το θεωρούμενο ως κέντρο του χώρου που ο κόμβος αναπαριστά. Ο κεντρικός κόμβος ενός PR Octree μπορεί να αναπαριστά έναν άπειρο χώρο. Ο κεντρικός κόμβος ενός MX Octree, όμως, πρέπει να αναπαριστά έναν πεπερασμένο χώρο, έτσι ώστε τα θεωρούμενα κέντρα να είναι σαφώς ορισμένα.

Στις κυριότερες χρήσεις των Octree περιλαμβάνονται:

- Απεικόνιση επιπέδων λεπτομέρειας (LoD) σε υπολογιστικά γραφικά
- Χωρική δεικτοδότηση
- Αναζήτηση πλησιέστερου γείτονα
- Εντοπισμός συγκρούσεων σε τρεις διαστάσεις
- Καθαρισμός οπτικού πεδίου
- Μέθοδος fast multipole
- Μη δομημένο grid
- Ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων
- Octree αραιού voxel
- State estimation
- Set estimation

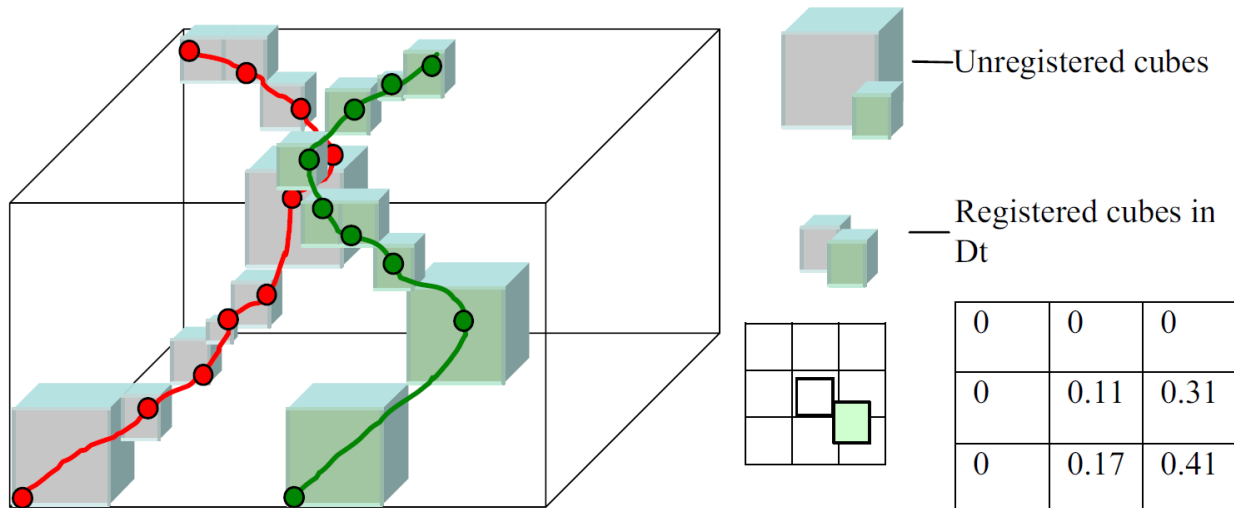


Εικ. 2.1.3-1: αριστερά: Διαδοχική υποδιαίρεση κύβου σε οκτάντες
δεξιά: Η αντίστοιχη δομή Octree (Wikipedia, 2019c)

Ο αλγόριθμος ποσοτικοποίησης χρώματος με Octree, που επινοήθηκε από τους Gervautz και Purgathofer το 1988, κωδικοποιεί τα δεδομένα των χρωμάτων μίας εικόνας σε ένα Octree με βάθος έως εννέα επιπέδων. Χρησιμοποιούνται Octree για αυτό επειδή $2^3=8$ και επειδή υπάρχουν τρεις βασικές χρωματικές συνιστώσες στο σύστημα RGB. Ο κόμβος που διακλαδίζεται από τον κεντρικό κόμβο καθορίζεται από έναν τύπο που χρησιμοποιεί τα σημαντικότερα ψηφία της κόκκινης, της πράσινης και της μπλε συνιστώσας, π.χ. $4R+2G+B$. Το αμέσως κατώτερο επίπεδο χρησιμοποιεί τα επόμενα σημαντικότερα ψηφία κ.ο.κ. Λιγότερο σημαντικά ψηφία μερικές φορές αγνοούνται, έτσι ώστε να μειώνεται το μέγεθος του δένδρου.

Ο αλγόριθμος αυτός έχει υψηλή αποδοτικότητα, επειδή το μέγεθος του δένδρου μπορεί να περιοριστεί. Το κατώτερο επίπεδο του Octree αποτελείται από κόμβους χωρίς απογόνους (leaf nodes), που συσσωρεύουν χρωματικά δεδομένα, τα οποία δεν αντιπροσωπεύονται στο δένδρο. Αυτοί οι κόμβοι αρχικά περιέχουν μεμονωμένα ψηφία. Εάν εισαχθούν στο Octree πολύ περισσότερα από τα επιθυμητά χρώματα παλέτας, τότε το μέγεθός του μπορεί διαρκώς να μειώνεται αναζητώντας έναν κόμβο κατωτέρου επιπέδου και υπολογίζοντας τον μ.ο. των ψηφίων του σε έναν leaf node, περικόπτοντας έτσι ένα μέρος του δένδρου. Με την ολοκλήρωση της δειγματοληψίας, η εξερεύνηση όλων των διαδρομών του δένδρου έως τους leaf nodes δίνοντας βάση στις τιμές των ψηφίων, παράγει προσεγγιστικά το απαιτούμενο πλήθος χρωμάτων. (Wikipedia, 2019c)

Οι δομές Octree μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην ανάλυση και διαχείριση της κίνησης σε δυναμικές σκηνές που έχουν αποτυπωθεί σε video datasets. Οι τροχιές αντικειμένων στο 3D χωροχρονικό συνεχές (3D spatiotemporal space, s-t) σχηματίζουν τοπολογικές σχέσεις χαρακτηριστικές των αντικειμένων που αναπαριστούν. Προκειμένου να απλουστευθεί η διαδικασία συσχέτισης πολύπλοκων καμπυλών, οι τροχιές s-t μοντελοποιούνται σε αντιπροσωπευτικούς ελάχιστους περιέχοντες κύβους με χρήση Octrees. Σύμφωνα με τη δομή Octree, η διαδικασία ανάλυσης του όγκου των δεδομένων λαμβάνει χώρα επαναληπτικά, βήμα προς βήμα, διαιρώντας τον χώρο σε οκτώ επιμέρους κύβους, με σκοπό τη σταδιακή προσέγγιση ενός κριτηρίου διακριτότητας. Εάν οποιοδήποτε κελλί είναι ομοιογενές, δηλ. βρίσκεται εξ'ολοκλήρου εντός ή εκτός του αντικειμένου ή πληροί το κριτήριο, τότε η υποδιαίρεση διακόπτεται. Εάν το κελλί είναι ετερογενές, τότε υποδιαιρείται περαιτέρω σε οκτώ υπό-κελλιά έως ότου εκπληρωθεί το προκαθορισμένο κριτήριο διακριτότητας. Η πληροφορία της αρχικής ακολουθίας video αναπαρίσταται περιεκτικά και οι leaf nodes αντιπροσωπεύουν το τμήμα ελάχιστης διακριτότητας. (Partsinevelos κ.ά., 2000)



Εικ. 2.1.3-2: Κύβοι ανάλυσης Octree για δύο τροχιές, τοπολογικό μοτίβο και πίνακας γινομένων (Partsinevelos κ.ά., 2000)

2.1.4. Η τεχνολογία WebGL

Το **WebGL (Web Graphics Library)** είναι ένα JavaScript API που χρησιμοποιείται για αναπαράσταση και απόδοση διαδραστικών 3D και 2D γραφικών σε οποιονδήποτε συμβατό περιηγητή ιστού χωρίς την χρήση plug-ins. Έχει ενσωματωθεί πλήρως σε όλα τα web πρότυπα των προγραμμάτων περιήγησης, επιτρέποντας στη μονάδα επεξεργασίας γραφικών του υπολογιστή (Graphics Processing Unit - GPU) να κάνει χρήση της φυσικής, της επεξεργασίας εικόνας και κάποιων εφέ ως μέρος του καμβά ιστοσελίδας.

Τα στοιχεία του WebGL μπορούν να αναμιχθούν με άλλα στοιχεία HTML και με άλλα τμήματα της σελίδας ή του φόντου της σελίδας. Τα WebGL προγράμματα αποτελούνται από κώδικα γραμμένο σε JavaScript και από κώδικα που εκτελείται στην μονάδα επεξεργασίας γραφικών του υπολογιστή (shader). Το WebGL έχει σχεδιαστεί και συντηρείται από τον μη-κερδοσκοπικό οργανισμό “Khronos Group”.

Η αυτόματη διαχείριση μνήμης είναι μια λειτουργία που παρέχεται σιωπηρά, καθώς η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται είναι η JavaScript. Οι shaders στο WebGL εκφράζονται απ’ ευθείας στο GLSL και μεταβιβάζονται στο API WebGL ως κείμενο. Η εφαρμογή WebGL μεταγλωττίζει αυτές τις οδηγίες shader σε κώδικα GPU. Ο κώδικας αυτός εκτελείται για κάθε κορυφή που αποστέλλεται μέσω του API και για κάθε εικονοστοιχείο που ψηφιοποιείται στην οθόνη.

Το WebGL εξελίχθηκε από τα πειράματα 3D Canvas που ξεκίνησε ο Vladimir Vukičević στο Mozilla. Ο Vukičević παρουσίασε για πρώτη φορά το πρωτότυπο Canvas 3D το 2006. Στις αρχές του 2009, η μη κερδοσκοπική τεχνολογική κοινοπραξία Khronos Group ξεκίνησε την ομάδα εργασίας WebGL, με αρχική συμμετοχή των Apple, Google, Mozilla, Opera κ.α. Η έκδοση 1.0 της προδιαγραφής WebGL κυκλοφόρησε τον Μάρτιο του 2011. Η ανάπτυξη της προδιαγραφής WebGL 2 ξεκίνησε το 2013 και ολοκληρώθηκε τον Ιανουάριο του 2017.

Το WebGL υποστηρίζεται ευρέως σε σύγχρονα, διαδεδομένα λογισμικά περιήγησης ιστού. Ωστόσο, η διαθεσιμότητά του εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως η GPU του υπολογιστή. Ο επίσημος ιστότοπος WebGL προσφέρει μια σελίδα δοκιμής. Λεπτομερέστερες πληροφορίες, όπως το περιεχόμενο που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα περιήγησης και οι διαθέσιμες επεκτάσεις, διατίθενται σε ιστοτόπους τρίτων. (Wikipedia, 2019g)

2.1.5. Πλαίσια ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών

Ένα **πλαίσιο ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών (Web Application Framework – WAF)** είναι ένα πλαίσιο λογισμικού σχεδιασμένο για την υποστήριξη της ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων διαδικτυακών υπηρεσιών, πηγών και APIs. Παρέχουν έναν τυποποιημένο τρόπο ανάπτυξης και δημοσίευσης εφαρμογών στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web). Στόχος τους είναι η αυτοματοποίηση διαδικασιών που είναι αναγκαίες κατά την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών. Για παράδειγμα, πολλά web frameworks παρέχουν βιβλιοθήκες για πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, δημιουργία templates και διαχείριση χρηστών, πολύ συχνά προωθώντας την επαναχρησιμοποίηση κώδικα. Αν και στοχεύουν κυρίως στην ανάπτυξη δυναμικών ιστοτόπων, εφαρμόζονται και σε ανάπτυξη στατικών.

Τα περισσότερα πλαίσια ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών στηρίζονται στην αρχιτεκτονική Model-View-Controller (MVC). Η αρχιτεκτονική αυτή συντελεί στον διαχωρισμό του μοντέλου δεδομένων από την επιχειρησιακή λογική και από τη διεπαφή χρήστη. Αυτό θεωρείται, γενικά, ως μία καλή πρακτική, καθώς οργανώνει τον κώδικα σε διακριτές μονάδες (modules), προωθεί την επαναχρησιμοποίηση κώδικα και επιτρέπει την εφαρμογή πολλαπλών διεπαφών χρήστη.

Τα πλαίσια ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα τη δημιουργία διαδικτυακών εφαρμογών βάσει μίας κεντρικής γλώσσας προγραμματισμού. Ορισμένα από αυτά διαθέτουν πλαίσια πιστοποίησης χρηστών, επιτρέποντας στον εξυπηρετητή δικτύου να αναγνωρίζει τους χρήστες μίας εφαρμογής και να περιορίζει την πρόσβαση συγκεκριμένων λειτουργιών βάσει ορισμένων κριτηρίων.

Πολλά από αυτά προσφέρουν ένα ενιαίο API προς υπόβαθρα βάσεων δεδομένων, επιτρέποντας στις εφαρμογές να συνεργάζονται με πληθώρα βάσεων δεδομένων, χωρίς αλλαγές κώδικα και επιτρέποντας στους προγραμματιστές να εργάζονται με έννοιες αφαιρετικότερου επιπέδου. Επιπρόσθετα, ορισμένα αντικειμενοστρεφή frameworks διαθέτουν εργαλεία mapping που παρέχουν Object-Relational Mapping (ORM), μέσω του οποίου αντικείμενα αντιστοιχίζονται σε προγραμματιστικές δομές.

Ο μηχανισμός URL mapping ενός πλαισίου ανάπτυξης είναι αυτός μέσω του οποίου το πλαίσιο ερμηνεύει τα URLs. Ορισμένα frameworks συγκρίνουν το ζητούμενο URL με προκαθορισμένα μοτίβα χρησιμοποιώντας regular expressions, ενώ άλλα χρησιμοποιούν τεχνικές αναδιτύπωσης ώστε να μεταφράσουν το ζητούμενο URL σε ένα που μπορεί να αναγνωρισθεί από το προγραμματιστικό υπόβαθρο. Μία άλλη τεχνική είναι η graph traversal, όπου ένα URL αναλύεται σε βήματα που διατρέχουν ένα σχήμα προτύπων. Οι τεχνικές αυτές επιτρέπουν τη χρήση συντομότερων, φιλικότερων προς χρήση URLs, αυξάνοντας την απλότητα του site και επιτρέποντας τον αποδοτικότερο εντοπισμό των URLs από μηχανές αναζήτησης. (Wikipedia, 2019f)

Ορισμένα από τα πιο διαδεδομένα web frameworks που διατίθενται είναι τα εξής:

- **Angular:** Framework ανοικτού κώδικα υποστηριζόμενο από την Google, με γλώσσα προγραμματισμού JavaScript. (Google, 2010)
- **ASP.NET:** Framework ανοικτού κώδικα της Microsoft, με γλώσσα προγραμματισμού C#. (Microsoft, 2002)
- **CodeIgniter:** Framework ανοικτού κώδικα της EllisLab, με γλώσσα προγραμματισμού PHP. (EllisLab, 2006)
- **Django:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσα προγραμματισμού Python. (Django_Software_Foundation, 2005b)
- **Express:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσα προγραμματισμού JavaScript. (StrongLoop_and_others, 2010)
- **Flask:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσα προγραμματισμού Python. (Ronacher, 2010)
- **Laravel:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσα προγραμματισμού PHP. (Otwell, 2011)
- **METEOR:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσα προγραμματισμού JavaScript. (Meteor_Development_Group, 2012)
- **PLAY:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσες προγραμματισμού Scala και Java. (Lightbend κ.ά., 2007)
- **Ruby on Rails:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσα προγραμματισμού Ruby. (Hansson, 2005)
- **Spring:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσα προγραμματισμού Java. (Pivotal_Software, 2002)
- **Symfony:** Framework ανοικτού κώδικα με γλώσσα προγραμματισμού PHP. (Potencier, 2005)

Δεδομένου ότι η ανάπτυξη της εφαρμογής της παρούσας εργασίας έχει επιλεχθεί να βασιστεί σε γλώσσα Python, τα μόνα διαθέσιμα για χρήση πλαίσια ανάπτυξης από τα παραπάνω είναι το Django και το Flask. Η μεταξύ τους σύγκριση οδήγησε στην επιλογή του **Django**, καθώς διαθέτει περισσότερες ενσωματωμένες δυνατότητες, εξαιρετική τεκμηρίωση, ευρεία κοινότητα χρηστών και, επιπλέον, την GIS επέκταση GeoDjango.

2.2. Υπάρχουσα Κατάσταση

Έπειτα από εκτενή διαδικτυακή έρευνα, προέκυψε ότι υπάρχουν αρκετά λογισμικά και εργαλεία για την επεξεργασία νεφών σημείων και χωρικών δεδομένων, τόσο ελεύθερα και ανοικτού κώδικα, όσο και εμπορικά (proprietary). Τα λογισμικά αυτά κατατάσσονται σε έξι βασικές κατηγορίες:

- **Αποθετήρια** δεδομένων νεφών σημείων
- **Βάσεις Δεδομένων** με γεωχωρικές επεκτάσεις
- **Βιβλιοθήκες** επεξεργασίας νεφών σημείων και γεωχωρικών δεδομένων
- **Εξυπηρετητές** (servers) για εφαρμογές με γεωχωρικά δεδομένα
- **Οπτικοποιητές** με δυνατότητα απεικόνισης νεφών σημείων σε περιηγητές ιστού
- **Λογισμικά Ανάλυσης & Επεξεργασίας** νεφών σημείων και γεωχωρικών δεδομένων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα λογισμικά που εντοπίστηκαν και εξηγούνται οι λόγοι για τους οποίους δεν επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν αυτά για την ανάπτυξη της εφαρμογής “PC Repository”.

2.2.1. Αποθετήρια Νεφών Σημείων

Αρχικά, εξετάστηκε η πιθανότητα ύπαρξης κάποιας διαδικτυακής εφαρμογής που να καλύπτει τις απαιτήσεις της παρούσας εργασίας, δηλ. μίας ελεύθερης και ανοικτού κώδικα εφαρμογής που να παρέχει την επιθυμητή λειτουργικότητα. Από την έρευνα προέκυψαν τα ακόλουθα λογισμικά:

Το **GRiD (Geospatial Repository and Data Management System)** (CRREL και NGIA, χ.χ.) είναι ένα μέσο αποθήκευσης, διαχείρισης και διάχυσης μεγάλης κλίμακας δεδομένων από LiDAR, Sonar και επικαλυπτόμενες απεικονίσεις, τα οποία οι χρήστες μπορούν να αναζητούν, φιλτράρουν, κατατέμνουν και να επεξεργάζονται. Ανήκει στο Υπουργείο Αμύνης των Η.Π.Α. και απευθύνεται σε κατάλληλα πιστοποιημένο στρατιωτικό ή πολιτικό προσωπικό. Το GRiD αξιοποιεί την βιβλιοθήκη PDAL για την επεξεργασία, οργάνωση και συμπίεση των δεδομένων και την Oracle ως βάση δεδομένων. Οι χρήστες αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή μέσω μίας διαδικτυακής διεπαφής (web interface). Η εφαρμογή παρέχει, μεταξύ άλλων, εργαλεία για εξαγωγή και ταξινόμηση σημείων εδάφους, παραγωγή ψηφιακού μοντέλου εδάφους ή επιφανείας (DTM ή DSM), ανάλυση κλίσεων, γραμμών ορατότητας, ζωνών προσγείωσης ελικοπτέρων και γεωγραφικών μετασχηματισμών. Αυτές οι server-side παροχές επιτρέπουν σε χρήστες που διαθέτουν περιορισμένη υπολογιστική ισχύ να επιτελέσουν πολύπλοκες και απαιτητικές αναλύσεις. Το GRiD χρησιμοποιεί το plas.io για την οπτικοποίηση των δεδομένων σε περιηγητές ιστού. (Finnegan και Butler, 2015)



Το **Veesus Arena4D Point Cloud Warehouse** (Veesus, 2017) αποτελεί μέρος της εμπορικής σουίτας εφαρμογών Veesus Arena4D. Η χρήση του είναι δωρεάν, αλλά δεν είναι ανοικτό λογισμικό. Παρέχει στους χρήστες του τη δυνατότητα μεταφόρτωσης, λήψης και κοινής χρήσης αρχείων νεφών σημείων. Επιτρέπει τη δωρεάν μεταφόρτωση έως 20 GB δεδομένων (5 GB ανά αρχείο ή περίπου 400 εκατομμύρια σημεία). Η σουίτα αυτή προσφέρεται, γενικά, με 12μηνη εμπορική συνδρομή και περιλαμβάνει επιπλέον τις εξής εφαρμογές, για τις περισσότερες από τις οποίες διατίθεται δοκιμαστική έκδοση ισχύος 14 ημερών:

- **Arena4D – VPC Creator:** Μετατροπή αρχείων νεφών σημείων στο εταιρικό format Veesus Point Cloud (VPC).
- **Arena4D – Data Studio:** Λογισμικό οπτικοποίησης και επεξεργασίας μεγάλων αρχείων νεφών σημείων, καθώς και οπτικοποίησης εικόνων, πανοραμάτων, shape files, διαδρομών GPS κλπ.



Επιτρέπει την εξαγωγή των δεδομένων σε πολλά διαδεδομένα formats. Διατίθεται και σε δωρεάν βασική έκδοση με δυνατότητες οπτικοποίησης νεφών σημείων.

- **Arena4D – Point Server:** HTTP server κατάλληλος για απρόσκοπτο streaming αρχείων νεφών σημείων τύπου VPC μέσω ενός εσωτερικού δικτύου ή και μέσω του Διαδικτύου στον επιλεγμένο client. Καθώς είναι συμβατός με τα λογισμικά Arena4D Data Studio, Arena4D for Rhino, Potree Web Client και AGI Cesium 3D Tiles παρέχει τη δυνατότητα κοινής χρήσης δεδομένων νεφών σημείων από ένα κεντρικό αποθετήριο.
- **Arena4D – Rhino Plugin:** Plug-in για το λογισμικό “Rhino”, που αξιοποιεί την ισχύ της μηχανής χειρισμού νεφών σημείων “XStream” για τη φόρτωση νεφών σημείων απεριόριστου μεγέθους στο περιβάλλον του “Rhino”, εντός του οποίου προσφέρει πολλές δυνατότητες επεξεργασίας.
- **Pointfuse:** Μετατροπή νεφών σημείων σε διανυσματικά μοντέλα για χρήση σε CAD.

Πλέον των προαναφερθέντων, βρέθηκαν και τα εξής:

- **NOAA Data Access Viewer:** Υπηρεσία του Υπουργείου Εμπορίου των Η.Π.Α. για αναζήτηση και λήψη υψομετρικών δεδομένων, απεικονίσεων και χρήσεων γης για τις παράκτιες περιοχές της χώρας. Παρέχεται δυνατότητα παραμετροποίησης των δεδομένων πριν από τη λήψη τους. (NOAA_Office_for_Coastal_Management, χ.χ.)
- **The Stanford 3D Scanning Repository:** Αποθετήριο του Πανεπιστημίου του Stanford με σκοπό τη δημοσίευση 3D δεδομένων προς το ευρύ κοινό και, ιδιαίτερα, τους ενδιαφερόμενους ερευνητές. (Stanford_University, χ.χ.)
- **U.S. Interagency Elevation Inventory:** Αποθετήριο του Υπουργείου Εμπορίου των Η.Π.Α. για υψομετρικά δεδομένα, κυρίως προϊόντων υψηλής ακρίβειας από πηγές όπως LiDAR, IfSAR και βαθυμετρίας multi-beam. (US_Department_of_Commerce, χ.χ.)

➤ Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, καμία από αυτές τις λύσεις δεν είναι κατάλληλη για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Το “GRiD” είναι πολύ κοντά στο ζητούμενο, αλλά απαιτεί ειδική άδεια πρόσβασης από το Υπ. Αμύνης των Η.Π.Α. Το “Veesus Arena4D” είναι εμπορικό λογισμικό. Τα “NOAA DAV” και “U.S. Interagency Elevation Inventory” αποτελούν υπηρεσίες του Υπ. Εμπορίου των Η.Π.Α., ενώ το “The Stanford 3D Scanning Repository” είναι αποθετήριο ειδικού σκοπού του Πανεπιστημίου του Stanford. Επίσης, κανένα από αυτά δεν προσφέρεται για παραμετροποίηση. Για τους λόγους αυτούς κρίθηκε ότι καμία από αυτές τις εφαρμογές δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για τις ανάγκες αυτής της διπλωματικής εργασίας.

2.2.2. Βάσεις Δεδομένων με γεωχωρικές επεκτάσεις

Η επιλογή βάσης δεδομένων με γεωχωρικές επεκτάσεις έγινε σε συνάρτηση με τις διαθέσιμες επιλογές του πλαισίου ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών (web framework) που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Πέραν της βάσης που τελικά επιλέχθηκε (PostgreSQL), εξετάστηκε η επιλογή ενός εκ των κατωτέρω βάσεων δεδομένων:

Η **SQLite** (Hipp, 2000) είναι μία βιβλιοθήκη γραμμένη σε C, η οποία υλοποιεί μία μικρού μεγέθους, γρήγορη, αυτόνομη, υψηλής αξιοπιστίας και πλήρων δυνατοτήτων μηχανή βάσης δεδομένων SQL. Είναι η πιο διαδεδομένη Β.Δ. παγκοσμίως. Το format αρχείου της SQLite είναι σταθερό και cross-platform. Η επέκταση **Spatialite** παρέχει στην SQLite γεωχωρικές δυνατότητες. Η SQLite είναι ελεύθερο λογισμικό ανοικτού κώδικα και διατίθεται για οποιαδήποτε χρήση.



Η **MySQL** (Oracle_Corporation, 1995) στην έκδοση Community είναι ένα δωρεάν, open-source σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων (RDBMS). Είναι η δημοφιλέστερη open-source βάση δεδομένων παγκοσμίως. Διαθέτει γεωχωρικούς τύπους δεδομένων, αν και σε ό,τι αφορά τις εφαρμογές GIS δεν παρέχει τόσες δυνατότητες όσες η PostgreSQL. Ωστόσο, οι περισσότεροι cloud web servers παρέχουν τη χρήση της από διαδικτυακές εφαρμογές χωρίς χρέωση (σε δωρεάν λογαριασμούς περιορισμένων δυνατοτήτων), σε αντίθεση με την PostgreSQL.



Η **Oracle Database** (Oracle RDBMS ή Oracle) (Oracle_Corporation, 1979) είναι ένα από τα πλέον ολοκληρωμένα και εξελιγμένα εμπορικά συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Χρησιμοποιείται ευρέως για διεκπεραίωση και επεξεργασία συναλλαγών on-line, data warehousing (DW) και mixed (OLTP & DW) database workloads. Η επέκταση **Oracle Spatial and Graph** της προσδίδει γεωχωρικές δυνατότητες. Για τις ανάγκες ανάπτυξης εφαρμογών και όχι για παραγωγική χρήση, διατίθεται δωρεάν στην έκδοση **XE** (Express Edition). (Wikipedia, 2019d)



➤ Δεδομένου ότι η επιλογή της βάσης δεδομένων εξαρτάται άμεσα από το επιλεγμένο για την ανάπτυξη της εφαρμογής web framework (Django), οι παραπάνω Β.Δ. αποκλείστηκαν για τους εξής λόγους: Η **SQLite** είναι κατάλληλη μόνο για την ανάπτυξη μίας εφαρμογής και όχι για την παραγωγική της λειτουργία, η **Oracle** δεν διατίθεται δωρεάν για την παραγωγική λειτουργία εφαρμογών, ενώ η **MySQL** κρίθηκε κατώτερη σε γεωχωρικές δυνατότητες συγκριτικά με την τελικώς επιλεγθείσα (PostgreSQL).

2.2.3. Βιβλιοθήκες επεξεργασίας νεφών σημείων και γεωχωρικών δεδομένων

Ο χειρισμός γεωχωρικών δεδομένων και δεδομένων νεφών σημείων είναι απαραίτητος για την υλοποίηση της επιθυμητής λειτουργικότητας της εφαρμογής και γίνεται χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες βιβλιοθήκες. Εκτός από αυτές που τελικά επιλέχθηκαν, εξετάστηκε η επιλογή και των παρακάτω βιβλιοθηκών:

Τα **OpenLayers** (The_OpenLayers_Dev_Team, 2006) είναι μία ελεύθερη, ανοικτού κώδικα JavaScript βιβλιοθήκη με σκοπό την προώθηση της γεωχωρικής πληροφορίας. Προσφέρει εύκολη εισαγωγή δυναμικών χαρτών σε διαδικτυακές εφαρμογές. Μπορεί να προβάλει map tiles (OpenStreetMap, Bing, MapBox, Stamen κ.α.), διανυσματικά δεδομένα (GeoJSON, TopoJSON, KML, GML, MapBox vector tiles κ.α.) και markers από οποιαδήποτε πηγή γεωχωρικών δεδομένων. Είναι μία ισχυρή βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται από πολλές δημοφιλείς εφαρμογές, έχει πολλές δυνατότητες και ευρεία αποδοχή από την κοινότητα των χρηστών.



Η **PCL (Point Cloud Library)** (Willow_Garage και Open_Perception, 2009) είναι ένα ανοικτό, μεγάλης κλίμακας project για επεξεργασία 2D/3D εικόνων και νεφών σημείων. Το framework της PCL περιλαμβάνει πληθώρα αλγορίθμων τεχνολογίας αιχμής για φιλτράρισμα, αναγνώριση χαρακτηριστικών, εξαγωγή επιφανειών, χωρικούς μετασχηματισμούς, μοντελοποίηση και κατάτμηση. Ορισμένες από τις πιθανές χρήσεις της PCL είναι ο καθαρισμός δεδομένων από θόρυβο, η συνένωση 3D point clouds, η κατάτμηση μίας σκηνής σε συστατικά μέρη, η εξαγωγή σημείων-κλειδιών και προσδιοριστών για αναγνώριση πραγματικών αντικειμένων βάσει της γεωμετρίας τους, η εξαγωγή και οπτικοποίηση επιφανειών από point clouds κλπ.



Η βιβλιοθήκη PCL έχει γραφτεί σε C++, είναι cross-platform και έχει λειτουργήσει επιτυχώς σε Linux, MacOS, Windows και Android/iOS. Χάριν απλούστευσης, υποδιαιρείται σε σειρά μικρότερων βιβλιοθηκών, πράγμα σημαντικό για τη διανομή της σε πλατφόρμες με περιορισμένες υπολογιστικές δυνατότητες. Η PCL διατίθεται βάσει της Άδειας 3-clause BSD και είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα, ελεύθερο για εμπορική και ερευνητική χρήση. Αποτελεί, κατά μία έννοια, βιβλιοθήκη συμπληρωματική ως προς την PDAL. Η PCL μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μέσω της Python. Τα python bindings που υπάρχουν αυτή τη στιγμή είναι: α) το **python-pcl** (Stowers κ.ά., 2013), το οποίο είναι cross-platform και β) το **pclpy** (Caron, 2018), το οποίο προς το παρόν λειτουργεί μόνο σε Windows & Python (3.6 και άνω) 64-bit.


Επιπλέον, διερευνήθηκαν και οι εξής βιβλιοθήκες:


- **Laspy**: Python βιβλιοθήκη για ανάγνωση, τροποποίηση και δημιουργία αρχείων LiDAR τύπου LAS. (Brown και Butler, 2012)
- **Liblas**: C/C++ βιβλιοθήκη για ανάγνωση και εγγραφή αρχείων LiDAR τύπου LAS. Από το 2018 έχει, ουσιαστικά, αντικατασταθεί από τη βιβλιοθήκη PDAL. (Butler κ.ά., 2012)


➤ Σχετικά με τις παραπάνω βιβλιοθήκες, αντί για την **OpenLayers** χρησιμοποιήθηκε άλλη βιβλιοθήκη η οποία κατατάσσεται στην ίδια κατηγορία με αυτήν, αλλά είναι ελαφρύτερη και περισσότερο εύχρηστη (Leaflet). Στη θέση των **Laspy** και **Liblas** χρησιμοποιήθηκε άλλη βιβλιοθήκη (PDAL), η οποία προσφέρει όλες τις δυνατότητες αυτών αλλά και πολλές περισσότερες. Η βιβλιοθήκη **PCL**, που λειτουργεί συμπληρωματικά ως προς την PDAL, θα μπορούσε πιθανά να χρησιμοποιηθεί από την εφαρμογή “PC Repository”, χωρίς ωστόσο να είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της. Ορισμένες από τις πιθανές χρήσεις της PCL αναφέρονται στα συμπεράσματα, στο τέλος της παρούσας εργασίας.


2.2.4. Εξυπηρετητές (servers) για εφαρμογές με γεωχωρικά δεδομένα


Η δημοσίευση μίας διαδικτυακής εφαρμογής στο Διαδίκτυο αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ανάπτυξής της και μπορεί να επιτευχθεί με χρήση εξυπηρετητών (servers) που χρησιμοποιούνται γενικά για διαδικτυακές εφαρμογές, όπως π.χ. ο Apache. Εκτός αυτών, υπάρχουν υπηρεσίες web hosting, αλλά και servers ειδικευόμενοι σε δεδομένα τύπου νέφους σημείων. Ορισμένες από τις επιλογές που εξετάστηκαν είναι οι ακόλουθες:

Η υπηρεσία **PythonAnywhere** (PythonAnywhere_LL, 2012)  pythonanywhere παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) καθώς και Cloud Web Hosting για διαδικτυακές εφαρμογές. Βασίζεται στη γλώσσα προγραμματισμού Python. Παρέχει τόσο δωρεάν όσο και εμπορικούς λογαριασμούς web hosting, μέσω των οποίων μπορεί κανείς να στήσει στον server του PythonAnywhere μία διαδικτυακή εφαρμογή. Οι δωρεάν λογαριασμοί έχουν, ωστόσο, κάποιους περιορισμούς, όπως π.χ. στη χρήση βάσεων δεδομένων και στη σύνταξη αλλά και τη χρονική διάρκεια ζωής των παρεχομένων URL. Η χρήση της PostgreSQL από το PythonAnywhere δεν παρέχεται δωρεάν.

Το **AWS (Amazon Web Services)** (Amazon, 2006) είναι πλατφόρμα cloud computing, που παρέχει στους χρήστες της τη χρήση εικονικών υπολογιστών μέσω του διαδικτύου, με  σκοπό την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών. Ο δωρεάν λογαριασμός έχει ισχύ 12 μηνών, όμως η χρήση της PostgreSQL δεν παρέχεται δωρεάν.

Το **Microsoft Azure** (Microsoft, 2010) είναι ένα cloud computing service για τη δημιουργία και διαχείριση διαδικτυακών εφαρμογών. Συνδέεται με το Visual Studio και δίνει τη δυνατότητα ανεβάσματος μίας εφαρμογής που έχει χτιστεί με αυτό απ'ευθείας στον cloud server του Azure. Ο δωρεάν λογαριασμός έχει ισχύ 12 μηνών, ενώ για τις πρώτες 30 ημέρες παρέχεται ελεύθερη χρήση εμπορικών υπηρεσιών, μεταξύ των οποίων και η δυνατότητα χρήσης της PostgreSQL. Πέραν των 30 ημερών, όμως, απαιτείται πληρωμή για τις υπηρεσίες αυτές. 

Το **Heroku** (Lindenbaum κ.ά., 2007) είναι πλατφόρμα cloud computing με σκοπό  τη δημιουργία διαδικτυακών εφαρμογών. Υποστηρίζει πολλές, διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού (Python, Java κ.α.) και προσφέρει δυνατότητα χρήσης με δωρεάν λογαριασμό. Η υποστήριξη PostgreSQL παρέχεται δωρεάν στο στάδιο ανάπτυξης εφαρμογών, αλλά χρεώνεται σε στάδιο παραγωγικής λειτουργίας.

Η **Entwine** (Manning και Hobu_Inc., 2016) είναι μία βιβλιοθήκη οργάνωσης δεδομένων για πολύ μεγάλα νέφη σημείων, σχεδιασμένη να χειρίζεται datasets εκατοντάδων δισεκατομμυρίων σημείων καθώς και νεφών σημείων κλίμακας γραφείου (desktop). Η Entwine μπορεί να καταλογογραφήσει οτιδήποτε είναι αναγνώσιμο μέσω της βιβλιοθήκης PDAL και μπορεί να αναγνώσει και να γράψει από πλειάδα πηγών, όπως το S3 ή το Dropbox. Τα νέφη σημείων δεν υπόκεινται σε καμία απώλεια, ακόμα και για datasets με μέγεθος terabytes. Χρησιμοποιείται για streaming νεφών σημείων σε clients. Μπορεί να συνδυαστεί με τους clients των Potree, plas.io και CesiumJS. 

Πέρα από τους παραπάνω, διερευνήθηκαν και οι εξής εξυπηρετητές:


- **Greyhound:** Streaming server για νέφη σημείων. Θεωρείται πλέον παρωχημένος και έχει, πρακτικά, αντικατασταθεί από τη βιβλιοθήκη Entwine. (Hobu_Inc., 2017)


- **LOPoCS** (Light OpenSource PointCloud Server): Εξυπηρετητής νεφών σημείων γραμμένος σε Python, που επιτρέπει τη φόρτωση νεφών σημείων από την PostgreSQL στους οπτικοποιητές Cesium και Potree χάρη στην επέκταση PGPointCloud. (Oslandia, 2016)
- **XAMPP**: Δημοφιλές, ελεύθερο στη χρήση περιβάλλον ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών που περιλαμβάνει Apache, MariaDB, PHP και Perl. Προορίζεται για χρήση κατά το στάδιο ανάπτυξης εφαρμογών και όχι τόσο για το παραγωγικό στάδιο. Σκοπός του είναι η διευκόλυνση μετάβασης σε περιβάλλον παραγωγικού server, όπως είναι οι WAMP/LAMP. (Apache_Friends, 2002)


➤ Για τη δημοσίευση της εφαρμογής στο Διαδίκτυο αποφασίστηκε να μην επιλεγεί κάποια υπηρεσία web hosting, όπως οι **PythonAnywhere**, **AWS**, **Microsoft Azure** και **Heroku**, διότι η χρήση της PostgreSQL από αυτές σε παραγωγικό στάδιο δεν παρέχεται δωρεάν. Το περιβάλλον **XAMPP** δεν επιλέχθηκε επειδή δεν προορίζεται για παραγωγική λειτουργία εφαρμογών (αντί αυτού έγινε προσπάθεια δημοσίευσης σε περιβάλλον Apache/WAMP). Από τους εξειδικευμένους για νέφη σημείων servers, ο **Greyhound** απορρίφθηκε καθώς θεωρείται παρωχημένος, ενώ σε ό,τι αφορά τους **LOPoCS** και **Entwine** κρίνεται ότι παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη δυνατότητα streaming νεφών σημείων από τη βάση δεδομένων (PostgreSQL) απ'ευθείας στον οπτικοποιητή (Potree), μολονότι η λειτουργία αυτή δεν είναι απαραίτητη για την εφαρμογή που αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία.


2.2.5. Οπτικοποιητές Νεφών Σημείων σε Περιηγητές Ιστού

Η οπτικοποίηση δεδομένων νεφών σημείων σε περιηγητές ιστού αποτελεί κεντρικό κομμάτι της λειτουργικότητας της υπό ανάπτυξη εφαρμογής. Ανάμεσα στους οπτικοποιητές που διερευνήθηκαν συγκαταλέγονται και οι παρακάτω:

Το **plas.io** (Verma και Butler, 2014) αποτελεί ένα project ανοικτού λογισμικού των  Uday Verma και Howard Butler, το οποίο υλοποιεί τη δυνατότητα απεικόνισης point cloud δεδομένων σε WebGL-capable περιηγητές ιστού (web browsers). Συγκεκριμένα, παρέχει μία λειτουργική εφαρμογή του κατά ASPRS LAS format και δύναται να φορτώνει LASzip-compressed δεδομένα χρησιμοποιώντας το LASzip NaCl module. Ορισμένες από τις βιβλιοθήκες του project αυτού ενσωματώνονται και στον οπτικοποιητή Potree.

Το **CesiumJS** (Cesium_Consortium, 2011) είναι μία ανοικτού κώδικα γεωχωρική javascript βιβλιοθήκη παραγωγής παγκόσμιων 3D απεικονίσεων και χαρτών (3D globes & maps). Το CesiumJS αναπτύσσεται από μία κοινότητα ανοικτού κώδικα, με υποστήριξη από το Cesium Consortium.  Στόχος του είναι η δημιουργία του κορυφαίου διαδικτυακού 3D Globe και Χάρτη για στατικό αλλά και δυναμικά μεταβαλλόμενο περιεχόμενο, με τη βέλτιστη απόδοση, ακρίβεια, οπτική πιστότητα, υποστήριξη λειτουργικών συστημάτων, χρηστικότητα και υποστήριξη κοινότητας.

Το **iTowns** (iTowns_Contributors, 2016) είναι ένα ελεύθερο, ανοικτού κώδικα framework  σε JavaScript/WebGL για οπτικοποίηση τρισδιάστατων γεωχωρικών δεδομένων, το οποίο βασίζεται στη βιβλιοθήκη οπτικοποίησης 3D δεδομένων Three.js. Έχει μεγάλη επεκτασιμότητα και υποστηρίζει όλες τις δυνατότητες της Three.js, όπως π.χ. post-processing, controls, 3D models. Μπορεί να διαχειριστεί πολλούς τύπους δεδομένων, όπως: 3D tiles, DEM, OGC standards (WMTS, WMS, TMS, WFS), Νέφη Σημείων (Point Clouds), GeoJSON, Gpx, KML, 3D formats (Collada, GLTF, OBJ κλπ.). Στις αρχικές του εκδόσεις χρησιμοποιούσε το Potree για την οπτικοποίηση νεφών σημείων, αλλά αυτό άλλαξε από το 2018 και μετά, οπότε και ξεκίνησε να τα υποστηρίζει απ'ευθείας. Το iTowns προορίζεται κυρίως για ανάπτυξη εφαρμογών με οπτικοποίηση πολλών διαφορετικών τύπων γεωχωρικών δεδομένων επάνω σε Digital Globe.

Το **LASpublish** (rapidlasso, 2019a) είναι ένα εργαλείο δημιουργίας  ανεξάρτητων web portals για διαδραστική 3D επισκόπηση μεγάλων LiDAR datasets, με δυνατότητα λήψης τους (download) σε formats LAZ ή LAS. Βασίζεται στην τεχνολογία αιχμής του Potree για streaming μεγάλων point cloud datasets μέσω του διαδικτύου. Έτσι, καθένας μπορεί να δει, να

εξερευνήσει και να κατεβάσει τα δεδομένα αυτά, χρησιμοποιώντας οποιονδήποτε σύγχρονο περιηγητή ιστού. Ο 3D viewer είναι εξοπλισμένος με μετρητικά εργαλεία (αποστάσεις, επιφάνειες, τομές κλπ.), δυνατότητες λήψης αρχείων, επιλεκτικής οπτικοποίησης ανά ταξινόμηση, τύπο σήματος επιστροφής, ένταση κλπ. και διαθέτει εντυπωσιακά γραφικά με Eye Dome Lighting (EDL). Το LASpublish είναι μέρος των LAStools και δεν αποτελεί ελεύθερο λογισμικό.

Εξετάστηκαν ακόμη οι εξής οπτικοποιητές για περιηγητές ιστού:

- **Online LiDAR point cloud viewer:** Ελεύθερη, μη παραμετροποιήσιμη, υπηρεσία on-line οπτικοποίησης δεδομένων νεφών σημείων σε περιηγητές ιστού που υποστηρίζουν την τεχνολογία WebGL. Λειτουργεί χωρίς ανάγκη μεταφόρτωσης των δεδομένων. (XtSense, 2014)
- **Point Cloud Viewer:** Λιτός σε δυνατότητες, ανοικτού κώδικα, οπτικοποιητής. Λειτουργεί ως plugin της πλατφόρμας διαχείρισης δεδομένων Girder με βάση δεδομένων MongoDB. (Kitware_Inc., 2017)
- **speck.ly:** Γενικής χρήσης, ανοικτού κώδικα, διαδικτυακή διεπαφή χρηστών που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τη βιβλιοθήκη Entwine και τον οπτικοποιητή plas.io. (Hobu_Inc., 2016)

Εκτός από οπτικοποιητές για περιηγητές ιστού, διερευνήθηκαν και οι παρακάτω stand-alone οπτικοποιητές:

- **3DReshaper:** Ελεύθερης χρήσης οπτικοποιητής 3D νεφών σημείων, πλεγμάτων, πολυγράμμων και αρχείων CAD σε ορθογραφική ή προοπτική προβολή, με δυνατότητες μετρήσεων και labelling κλπ. (TECHNODIGIT, 2015)
- **Displaz:** Ελεύθερος, ανοικτού λογισμικού, cross-platform οπτικοποιητής νεφών σημείων από LiDAR (εναέρια ή και επίγεια) και από βαθυμετρικά sonar, καθώς και εξαγόμενων από αυτά δεδομένων. (Foster και Displaz_Contributors, 2012)
- **FugroViewer:** Ισχυρός, ελεύθερου λογισμικού οπτικοποιητής σχεδιασμένος για χρήση με πληθώρα τύπων ψηφιδωτών και διανυσματικών γεωχωρικών δεδομένων, όπως π.χ. δεδομένα από φωτογραμμετρία, LiDAR, IfSAR κλπ. (Fugro, 2019)
- **GeoViewer:** Εμπορικός οπτικοποιητής γεωχωρικών δεδομένων, όπως π.χ. αρχεία MrSID, raster εικόνες, LiDAR νέφη σημείων, διανυσματικά δεδομένα κ.α. Διατίθεται και σε δωρεάν έκδοση. (Extensis και Celartem_Inc., 2019)
- **LiMON Viewer:** Εύχρηστος οπτικοποιητής δεδομένων νεφών σημείων από LiDAR που αποτελούνται από δισεκατομμύρια σημεία με φίλτρα για RGB, ένταση, υψόμετρο, ταξινόμηση, παραγωγή τομών, βασικές μετρήσεις κ.α. Διατίθεται δωρεάν έκδοση με περιορισμένες δυνατότητες. (LiMON, χ.χ.)
- **LViz:** Εργαλείο σχεδιασμένο για οπτικοποίηση 3D LiDAR νεφών σημείων και προϊόντων παρεμβολής. Λειτουργεί σε πλατφόρμα Windows platforms. (Conner, χ.χ.)
- **M LiDAR:** Εύχρηστος, ελεύθερης χρήσης οπτικοποιητής τρισδιάστατων νεφών σημείων. (Triple_Water_Geo, 2016)
- **MARS FreeView:** Οπτικοποιητής για 3D LiDAR δεδομένα, με βασικές δυνατότητες και ελεύθερη χρήση. Η σουίτα αυτή διαθέτει και εμπορικές εκδόσεις με περισσότερες δυνατότητες. (Merrick_&_Company, χ.χ.)
- **PointCloudViz:** Οπτικοποιητής για μεγάλα datasets νεφών σημείων, που διατίθεται και σε δωρεάν έκδοση. Λειτουργεί σε Windows, Ubuntu Linux και MacOS-X. (Mirage, χ.χ.)
- **Pointtools View:** Οπτικοποιητής πολύ μεγάλων datasets νεφών σημείων ελεύθερης χρήσης, με δυνατότητες μετρήσεων αποστάσεων ανάμεσα σε σημεία, παραγωγή ορθογραφικών και προοπτικών εικόνων κλπ. (Bentley, χ.χ.)

➤ Όπως είναι προφανές, οι **stand-alone οπτικοποιητές** που διερευνήθηκαν δεν μπορούν να αξιοποιηθούν από την παρούσα εργασία, διότι δεν λειτουργούν διαδικτυακά, δηλ. σε περιηγητές ιστού. Από τους υπόλοιπους οπτικοποιητές, ο **Online LiDAR point cloud viewer** δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί γιατί δεν είναι παραμετροποιήσιμος. Τα **plas.io** και **speck.ly**, που αποτελούν ουσιαστικά μέλη της ίδιας ομάδας, θα μπορούσαν να αποτελέσουν εναλλακτική λύση απέναντι στον επιλεγμένο οπτικοποιητή (Potree), κρίθηκε

όμως ότι δεν προσφέρουν ούτε περισσότερες δυνατότητες ούτε και σαφέστερη τεκμηρίωση (documentation) ως προς την παραμετροποίησή τους συγκριτικά με αυτόν. Ο **Point Cloud Viewer**, εκτός του ότι είναι πολύ λιτός σε δυνατότητες, λειτουργεί ως plugin συγκεκριμένης πλατφόρμας διαχείρισης δεδομένων (Girder) και συνεργάζεται με συγκεκριμένη βάση δεδομένων (MongoDB), επομένως δεν θα μπορούσε να ενταχθεί στην λύση Django / PostgreSQL που επιλέχθηκε για την παρούσα εργασία. Το **LASpublish** των **LAStools** δεν αποτελεί ελεύθερο λογισμικό. Το **CesiumJS** θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για εμφάνιση χάρτη υποβάθρου μέσα στο Potree, αλλά οπωσδήποτε δεν μπορεί να το αντικαταστήσει, καθώς στοχεύει στη δημιουργία 3D globe και χαρτών. Τέλος, το **iTowns** φαίνεται να παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως framework ανάπτυξης εφαρμογών οπτικοποίησης τρισδιάστατων γεωχωρικών δεδομένων, ωστόσο υστερεί έναντι του Potree σε θέματα τεκμηρίωσης (documentation) ως προς την παραμετροποίησή του, καθώς και σε επιλογές οπτικοποίησης των νεφών σημείων.

2.2.6. Λογισμικά Ανάλυσης & Επεξεργασίας Νεφών Σημείων

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται λογισμικά που δεν έχουν ως μόνο ή κύριο στόχο τους την οπτικοποίηση δεδομένων νεφών σημείων και γεωχωρικών δεδομένων, αλλά επιπλέον την επεξεργασία και ανάλυσή τους. Τα κυριότερα από αυτά που εξετάστηκαν είναι τα ακόλουθα:

Τα **LAStools** (rapidlasso, 2007b) είναι το βασικό προϊόν της Rapidlasso και αποτελούν μία συλλογή υψηλής αποδοτικότητας εργαλείων με δυνατότητες αυτοματοποίησης. Περιλαμβάνουν εργαλεία ταξινόμησης, μετατροπής, φιλτραρίσματος, τριγωνισμού, αποκοπής, πολυγωνισμού, παραγωγής raster, tiles, ισοϋψών κλπ. από δεδομένα LiDAR. Όλα τα εργαλεία διαθέτουν γραφική διεπαφή (GUI), αλλά λειτουργούν και από command-line. Επιπλέον, διατίθενται και ως εργαλειοθήκες επεξεργασίας LiDAR δεδομένων για ArcGIS (9.3 ή νεότερο), QGIS (1.8 ή νεότερο) και ERDAS IMAGINE (14.0 ή νεότερο). Τα LAStools είναι η ταχύτερη και λιγότερο μνημοβόρα λύση για επεξεργασία τύπου δεσμίδας (batch-scripted multi-core LiDAR processing) και μπορούν να μετατρέψουν δισεκατομμύρια σημεία LiDAR σε χρήσιμα προϊόντα, σε υψηλές ταχύτητες και με χαμηλές απαιτήσεις σε μνήμη. Για απρόσκοπτη επεξεργασία μεγάλων LiDAR datasets διατίθεται το extension BLAST. Τα LAStools χρησιμοποιούνται εκτενώς στον εμπορικό, κυβερνητικό, ερευνητικό και εκπαιδευτικό τομέα. Ορισμένα από αυτά είναι ελεύθερα ή και ανοικτού κώδικα, κάποια άλλα ωστόσο δεν είναι και απαιτείται άδεια για οποιαδήποτε παραγωγική χρήση τους. (rapidlasso, 2019b) (rapidlasso, 2007a)

Το **Blender** (Blender_Foundation και Roosendaal, 1998) είναι μία ελεύθερη, ανοικτού κώδικα σουίτα δημιουργίας 3D γραφικών. Υποστηρίζει το σύνολο των 3D διεργασιών: μοντελοποίηση, κατασκευή, κίνηση, προσομοίωση, απεικόνιση, σύνθεση και ανίχνευση κίνησης, ακόμη και επεξεργασία βίντεο και δημιουργία παιχνιδιών. Το **Blend4Web** (Triumph, 2014) είναι μία μηχανή που στοχεύει στην αντιμετώπιση των αναγκών του σύγχρονου Διαδικτύου για 3D γραφικά. Είναι εξαιρετικά απλό στη χρήση, καθώς βασίζεται στο Blender μέσα στο οποίο μπορούν να δημιουργηθούν σκηνές 3D και στη συνέχεια να εξαχθούν, ακόμη και ως ανεξάρτητη ιστοσελίδα. Η βασική του διαφοροποίηση είναι ότι λειτουργεί απ'ευθείας μέσα σε περιηγητή ιστού (browser), χωρίς ανάγκη για οποιαδήποτε plug-ins και ότι μπορεί όχι μόνο να απεικονίζει 3D γραφικά, αλλά να ενσωματώνει επίσης ρεαλιστικά εφέ και ήχο. Διατίθεται είτε ως πλήρως λειτουργικό ανοικτό λογισμικό, είτε με εμπορική άδεια.

Το **ODM** (OpenDroneMap_Contributors, 2013a) είναι μία ανοικτού κώδικα command-line εργαλειοθήκη επεξεργασίας εναέριων απεικονίσεων. Μετατρέπει εικόνες σε γεωγραφικά δεδομένα 2D και 3D (ορθοφωτοχάρτες, ορθομωσαϊκά, 3D μοντέλα, stereo point clouds, ψηφιακά μοντέλα υψομέτρων, ισοϋψείς κλπ.), τα οποία μπορούν έπειτα να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα. Το ODM τρέχει στις βασικότερες πλατφόρμες (Windows, Mac and Linux) με χρήση Docker. Το **WebODM** (OpenDroneMap_Contributors, 2013b) παρέχει στον χρήστη ένα εύχρηστο και φιλικό γραφικό διαδικτυακό (web) περιβάλλον για το ODM με δυνατότητες οπτικοποίησης, αποθήκευσης και ανάλυσης των δεδομένων. Το backend (server-side) κομμάτι του WebODM βασίζεται σε Django και REST framework. Για τη οπτικοποίηση των παραγόμενων από εικόνες



stereo point clouds χρησιμοποιεί το Potree. Το οικοσύστημα του ODM συμπληρώνεται με τις εξής εφαρμογές:

- **NodeODM**: Ελαφρών απαιτήσεων REST API για πρόσβαση στο ODM, με στοιχειώδες γραφικό web περιβάλλον χρήσης.
- **LiveODM**: Bootable DVD/USB ISO με τα ODM, NodeODM και WebODM προεγκατεστημένα.
- **CloudODM**: Command-line εργαλείο επεξεργασίας εναέριων απεικονίσεων στο cloud.
- **PyODM**: Python SDK για προσθήκη δυνατοτήτων επεξεργασίας εναέριων απεικονίσεων σε εφαρμογές.
- **ClusterODM**: Reverse proxy συμβατό με NodeODM API, load balancer και task tracker για εύκολο horizontal scaling.

Το **Cloud Compare** (EDF_R&D_TELECOM_ParisTech_(ENST-TSI), 2013) είναι ένα ανοικτού κώδικα λογισμικό επεξεργασίας 3D point cloud και τριγωνικών πλεγμάτων. Σχεδιάστηκε αρχικά για να εκτελεί συγκρίσεις ανάμεσα σε δύο πυκνά 3D points clouds (όπως αυτά που λαμβάνονται από σαρωτές laser) ή ανάμεσα σε ένα point cloud και ένα τριγωνικό πλέγμα και βασίζεται σε μία συγκεκριμένη δομή τύπου octree, αφιερωμένη σε αυτόν ακριβώς τον σκοπό. Στη συνέχεια, εξελίχθηκε σε ένα γενικού τύπου λογισμικό επεξεργασίας point cloud, ενσωματώνοντας πολλούς προχωρημένους αλγορίθμους, όπως: μετασχηματισμών, επαναδειγματοληψίας, στατιστικών υπολογισμών, διαδραστικής ή αυτοματοποιημένης κατάτμησης, ενίσχυσης απεικόνισης κλπ. Μπορεί να διαχειριστεί μεγάλα datasets, τυπικά πάνω από 10 εκατομμύρια σημεία και έως 120 εκατομμύρια με 2 GB μνήμης. Υποστηρίζει πολλά point cloud formats (ASCII, LAS, E57, etc.) καθώς και τις πλατφόρμες Windows, Linux και Mac OS-X.



Διερευνήθηκαν επίσης και τα παρακάτω stand-alone λογισμικά ανάλυσης και επεξεργασίας:

- **3DToolKit**: Ανοικτού κώδικα λογισμικό που παρέχει αλγορίθμους και μεθόδους επεξεργασίας 3D νεφών σημείων. Περιλαμβάνει αυτοματοποιημένο registration (6D simultaneous localization and mapping – 6D SLAM), οπτικοποιητή, καθώς και υποστήριξη για αρκετά formats αρχείων. (3DTK_Contributors, 2012)
- **Fleurdela**: IDL υλοποίηση κλάσης ενός reader/writer για αρχεία LAS. Το αντικείμενο της κλάσης αυτής μπορεί να διαβάσει, γράφει και μεταχειρίζεται σημεία ή και πλήρεις κυματομορφές που περιέχονται στο δυαδικό format αρχείου LAS. (Cottin, 2014)
- **FUSION/LDV**: Σύστημα οπτικοποίησης, ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων LiDAR. Περιλαμβάνει γραφικό αλλά και command-line περιβάλλον, επιτρέποντας έτσι τη διαχείριση μεγάλων σε όγκο datasets. Υποστηρίζει διάφορους τύπους δεδομένων, όπως shapefiles, απεικονίσεις, ψηφιακά μοντέλα εδάφους, δεδομένα LIDAR κλπ. και είναι ελεύθερης χρήσης. (USDA_Forest_Service και Pacific_Northwest_Research_Station, χ.χ.)
- **MCC-LIDAR**: Λογισμικό γραμμένο σε C++ για ταξινόμηση σημείων εδάφους από δεδομένα LiDAR (αρχεία las) σε δασικές εκτάσεις με χρήση του αλγόριθμου Multiscale Curvature Classification. (Evans και Hudak, 2007)
- **MeshLab**: Σύστημα ανοικτού κώδικα και ελεύθερης χρήσης για επεξεργασία 3D τριγωνικών πλεγμάτων. Διαθέτει εργαλεία για διόρθωση, καθάρισμα, επισκόπηση, οπτικοποίηση και μετατροπή πλεγμάτων. Προσφέρει δυνατότητες επεξεργασίας ακατέργαστων δεδομένων από συσκευές 3D ψηφιοποίησης. (ISTI-CNR, 2016)
- **OPALS (Orientation and Processing of Airborne Laser Scanning data)**: Λογισμικό αποτελούμενο από modules, που προσφέρει πλήρη ροή επεξεργασίας δεδομένων εναέριων σαρώσεων με Laser (ανάλυση κυματομορφής, ποιοτικό έλεγχο, γεωαναφορά, εξαγωγή κατασκευαστικών γραμμών, ταξινόμηση νεφών σημείων, παραγωγή DTM) για πολλά πεδία εφαρμογών όπως π.χ. δασολογικές, υδρογραφικές, αστικής μοντελοποίησης και ηλεκτροδότησης. (Research_Groups_Photogrammetry_and_Remote_Sensing_TU_Wien, 2010)
- **OpenFlipper**: Multi-platform εφαρμογή ανοικτού κώδικα σχεδιασμένη για επεξεργασία, μοντελοποίηση και οπτικοποίηση γεωμετρικών δεδομένων. Διαθέτει ευέλικτη διεπαφή και ειδική γλώσσα scripting για ανάπτυξη και έλεγχο παραμετροποιημένων αλγορίθμων γεωμετρικής επεξεργασίας. (Visual_Computing_Institute_RWTH_Aachen_University, χ.χ.)

- **ParaView:** Multi-platform εφαρμογή ανοικτού κώδικα ανάλυσης και οπτικοποίησης 3D δεδομένων. Προσφέρει δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων με ποιοτικές και ποσοτικές τεχνικές, τόσο σε γραφικό περιβάλλον, όσο και με batch processing. Χρησιμοποιείται κυρίως από ερευνητικά ινστιτούτα για ανάλυση πολύ μεγάλων datasets. (Sandia_National_Laboratories κ.ά., 2000)
- **QGIS:** Το QGIS διαθέτει περιορισμένη λειτουργικότητα για δεδομένα LiDAR μέσα από κάποιες ενσωματωμένες ρουτίνες του Grass GIS, που έρχεται μαζί με το QGIS. Εκτός από αυτό, μπορούν να προστεθούν περισσότερες δυνατότητες εγκαθιστώντας πρόσθετα από το επίσημο plugin repository όπως τα: Batch Hillshader, CHM from LIDAR, FUSION for Processing, GeoMove Processing Provider, Indiana Open Data Plugin, LAStools, Lidar Slovenia Data Downloader, Lidar Tile Maker, PDALtools, qgals. Επίσης, το LIS Pro 3D διαθέτει plugin για το ελεύθερο και ανοικτού κώδικα GIS SAGA, που παρέχεται μαζί με το QGIS. (QGIS_Development_Team, 2002)
- **SlugView:** Ανοικτού κώδικα εργαλείο για οπτικοποίηση και διόρθωση 3D νεφών σημείων. (Neva_Ridge_Technologies και University_of_Santa_Cruz, 2017)

Από τα αποκλειστικά εμπορικά λογισμικά ανάλυσης και επεξεργασίας εξετάστηκαν τα ακόλουθα:

- **ArcGIS:** Το ArcGIS μπορεί να διαβάσει αρχεία LAS, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα άμεσης εισαγωγής δεδομένων LiDAR, ακόμη και αρχείων μεγάλου όγκου. Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των σημείων των νεφών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον συμβολισμό και την οπτικοποίησή τους σε 2D και 3D. Είναι δυνατή η μέτρηση υψομετρικών διαφορών και αποστάσεων ανάμεσα σε σημεία, καθώς και η παραγωγή DEMs και DSMs με χρήση των multipoint features. Προσφέρει δυνατότητες επεξεργασίας της ταξινόμησης των σημείων, ανάλυσης ορατότητας και πλημμύρας, δημιουργίας ισοϋψών και ψηφιοποίησης γεωχωρικών οντοτήτων επάνω στα σημεία των νεφών. Εργαλεία για τη διαχείριση δεδομένων LAS βρίσκονται στα LAS Dataset Toolbars και 3D Analyst Toolbars του ArcGIS. Λειτουργικότητα για νέφη σημείων μπορεί να προστεθεί στο ArcGIS και από πρόσθετα τρίτων, όπως π.χ. τα LAStools, LP360, και Feature Analyst-LIDAR Analyst. (ESRI, 1999)
- **Dielmo3D:** Παραμετροποιήσιμες υπηρεσίες LiDAR (Εναέριο LiDAR, Drone/UAV LiDAR, LiDAR mobile, Αρχειοθετημένα LiDAR) & χαρτογραφήσεων για οποιαδήποτε πλατφόρμα. (Dielmo_3D, χ.χ.)
- **Feature Analyst - LIDAR Analyst:** Plug-ins για το ArcGIS και άλλα λογισμικά GIS, για ανάλυση και οπτικοποίηση γεωχωρικών δεδομένων και δεδομένων νεφών σημείων από LiDAR αντίστοιχα. (Overwatch_Systems, 2011)
- **LiDAR360:** Σουίτα λογισμικού για αποδοτική οπτικοποίηση και επεξεργασία 3D νεφών σημείων από LiDAR. Επιτρέπει αυτοματοποιημένο strip adjustment, ταξινόμηση, διόρθωση διανυσμάτων κ.α. Ο οπτικοποιητής παρέχεται δωρεάν. (GreenValley_International, χ.χ.)
- **LIDAR Widgets:** Λογισμικό για batch μετατροπή μεγάλων αριθμών αρχείων LIDAR σε χάρτες ισοϋψών και μοντέλα 3D. (LIDAR_Widgets, χ.χ.)
- **LIS Pro 3D:** Επέκταση του ελεύθερου και ανοικτού κώδικα GIS SAGA, που παρέχει εργαλεία για εξελιγμένη επεξεργασία δεδομένων 3D νεφών σημείων. (LASERDATA, χ.χ.)
- **LP360:** Εξελιγμένο λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων LiDAR, νεφών σημείων και απεικονίσεων. Διατίθεται είτε ως standalone εφαρμογή είτε ως επέκταση για το ArcGIS. (GeoCue_Group, 2003)
- **Quick Terrain Modeler:** Λογισμικό οπτικοποίησης και επεξεργασίας δεδομένων νεφών σημείων και ψηφιακών μοντέλων υψομέτρων, με πολλές επιλογές οπτικοποίησης. (Applied_Imagery, 2015)
- **Trimble RealWorks:** Λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων 3D νεφών σημείων από οποιαδήποτε πηγή. (Trimble, χ.χ.)

➤ Από τα λογισμικά ανάλυσης και επεξεργασίας νεφών σημείων και γεωχωρικών δεδομένων που διερευνήθηκαν, τα **αποκλειστικά εμπορικά** και τα **stand-alone** λογισμικά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία, τα μεν πρώτα επειδή δεν είναι ελεύθερα, τα δε δεύτερα καθώς και το **Cloud Compare** επειδή δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε περιηγητές ιστού. Τα εργαλεία των **LAStools** δεν είναι όλα ελεύθερα ή ανοικτού κώδικα, ωστόσο η λειτουργικότητα όσων από αυτά είναι θα μπορούσε να αξιοποιηθεί μελλοντικά για προσθήκη νέων δυνατοτήτων στην εφαρμογή. Το **ODM** δεν χρησιμοποιήθηκε, επειδή οι βασικές μονάδες που αυτό επεξεργάζεται είναι οι raster απεικονίσεις και όχι τα νέφη σημείων. Τέλος, η χρήση του **Blend4Web** απαιτεί τις γνώσεις και ικανότητες ενός 3D artist.

Κεφάλαιο 3

Αρχιτεκτονική της Εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι επιθυμητές προδιαγραφές και η αρχιτεκτονική της εφαρμογής που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας (**PC Repository**). Αναλύονται τα μοντέλα δεδομένων που συνδέουν τον κεντρικό κώδικα της εφαρμογής με τη βάση δεδομένων. Παρουσιάζονται σημαντικά σημεία του πλαισίου ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών που χρησιμοποιήθηκε (**Django**), όπως οι θεμελιώδεις αρχές λειτουργίας του, ζητήματα διαχείρισης χρηστών και δικαιωμάτων πρόσβασης, καθώς και του εικονικού περιβάλλοντος εντός του οποίου έγινε η ανάπτυξη του κώδικα. Εκτίθενται τα κεντρικότερα σημεία του κώδικα της εφαρμογής, καθώς και οι λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα στο παρασκήνιο.

Τέλος, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά όλων των υπόλοιπων λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν, όπως της γλώσσας προγραμματισμού (**Python**) και των κυριότερων βιβλιοθηκών (**Leaflet**, **GDAL** και **PDAL**), του οπτικοποιητή τρισδιάστατων δεδομένων σε περιηγητές ιστού τεχνολογίας WebGL (**Potree**), της βάσης δεδομένων (**PostgreSQL**) και του εξυπηρετητή (**Apache/WAMP**) με τον οποίο έγινε προσπάθεια δημοσίευσης της εφαρμογής στο Διαδίκτυο.

3.1. Προδιαγραφές της Εφαρμογής

Η εφαρμογή που αναπτύσσεται θα πρέπει να έχει τις εξής επιθυμητές προδιαγραφές:

- Ανάπτυξη στα πρότυπα χρήσης Ελεύθερου Λογισμικού & Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (ΕΛΛΑΚ).
- Διαδικτυακή εφαρμογή, προσβάσιμη από διαδεδομένους περιηγητές ιστού.
- Σύνδεση σε βάση δεδομένων με γεωχωρικές δυνατότητες.
- Εύχρηστο γραφικό περιβάλλον, φιλικό προς τον χρήστη.
- Διαχείριση χρηστών με συγκεκριμένα δικαιώματα πρόσβασης.
- Αποθετήριο δεδομένων 3D νεφών σημείων με δυνατότητες: μεταφόρτωσης, αποθήκευσης, οπτικοποίησης, χειρισμού και επεξεργασίας των δεδομένων.

Για τις ανάγκες ανάπτυξης της εφαρμογής βάσει των ανωτέρω προδιαγραφών, χορηγήθηκαν από την **Ερευνητική Ομάδα Χωρικών Πληροφοριακών Συστημάτων - SenseLab** του Εργαστηρίου Γεωδαισίας & Πληροφορικής των Γεωεπιστημών τα παρακάτω δεδομένα:

- ✓ Νέφος σημείων του οικισμού Καμαριώτη, Μαλεβίζι Ηρακλείου
- ✓ Νέφος σημείων και ορθοφωτογραφία του Φραγκοκάστελλου, Ν. Χανίων
- ✓ Νέφος σημείων του Προμαχώνα Lando ή Schiavo ή Αγίου Δημητρίου, Χανιά

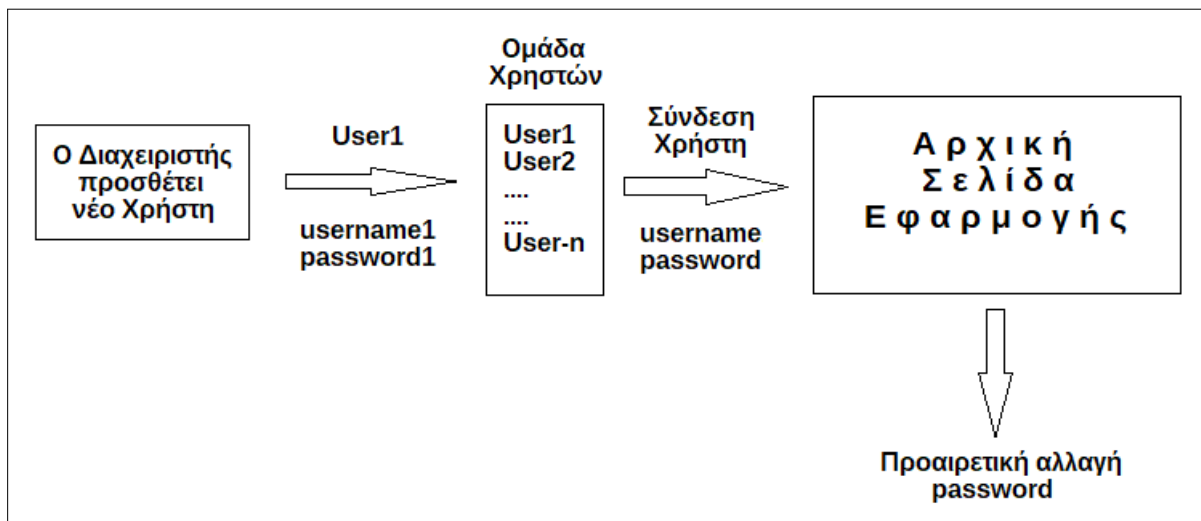
Το όνομα της εφαρμογής που αναπτύχθηκε είναι
“Point Cloud Repository” ή, για συντομία, “PC Repository”

3.2. Αρχιτεκτονική της Εφαρμογής

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε (**PC Repository**) είναι διαδικτυακή. Οι πιστοποιημένοι χρήστες μπορούν να συνδέονται σε αυτήν και να ανεβάζουν αρχεία 3D νεφών σημείων (point clouds), καθώς και άλλα βοηθητικά (auxiliary) αρχεία, π.χ. εικόνες raster ή Ψηφιακά Μοντέλα Υψομέτρων. Στη συνέχεια μπορούν να προχωρούν σε οπτικοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων νεφών σημείων.

Οι χρήστες προστίθενται στο σύστημα από τον Διαχειριστή και συνδέονται στην εφαρμογή εισάγοντας το όνομα χρήστη (**username**) και τον μυστικό κωδικό (**password**) που τους έχει χορηγηθεί. Στη συνέχεια, μέσα από ειδική φόρμα, έχουν προαιρετικά τη δυνατότητα αλλαγής του μυστικού κωδικού. Ο Διαχειριστής προσθέτει τους απλούς χρήστες σε ειδική Ομάδα (Users Group), τα μέλη της οποίας έχουν περιορισμένα δικαιώματα πρόσβασης.

Η μεταφόρτωση δεδομένων (νεφών σημείων και βοηθητικών αρχείων) γίνεται από τους χρήστες με τη λογική των **Σκηνών**. Οι σκηνές αποτελούν, ουσιαστικά, έναν εποπτικό τρόπο αποθήκευσης και οργάνωσης των αρχείων. Ο λόγος που προτιμήθηκε ο τρόπος αυτός είναι ότι ο επιλεγμένος οπτικοποιητής (Potree), μέσα στον οποίο γίνεται η οπτικοποίηση και επεξεργασία των νεφών σημείων, λειτουργεί με τη λογική των σκηνών. Κάθε σκηνή μπορεί να περιέχει πολλά νέφη σημείων, π.χ. διαφορετικών χρονολογιών για την ίδια περιοχή.



Διάγρ. 3.2-1: Ροή της Πιστοποίησης Χρηστών

Με τη σύνδεσή τους στο σύστημα, οι χρήστες εισέρχονται στην αρχική σελίδα της εφαρμογής. Σε αυτήν παρουσιάζεται ο παγκόσμιος χάρτης του **OpenStreetMap**, εστιασμένος στην Περιφέρεια Κρήτης. Ο χάρτης απεικονίζει τις θέσεις των σκηνών που έχουν ήδη προστεθεί. Κάθε χρήστης μπορεί να δει μόνο τις σκηνές που έχει προσθέσει ο ίδιος, με εξαίρεση τους Διαχειριστές οι οποίοι βλέπουν τις σκηνές όλων των χρηστών. Τα γεωγραφικά σημεία των σκηνών (δηλ. οι συντεταγμένες τους) αποθηκεύονται στον πίνακα της Β.Δ. του μοντέλου "**Scenes**".

Η αρχική σελίδα διαθέτει διάφορα εργαλεία, μεταξύ των οποίων και αυτό της προσθήκης νέας σκηνής. Ο χρήστης αναζητά την τοποθεσία στην οποία θέλει να προσθέσει μία νέα σκηνή. Αυτό μπορεί να γίνει με τα εργαλεία πλοήγησης και το ποντίκι του υπολογιστή. Επικουρικά, διατίθεται μία μπάρα αναζήτησης τοποθεσιών, στην οποία ο χρήστης μπορεί να πληκτρολογήσει την ονομασία μίας τοποθεσίας. Εφόσον αυτή εντοπιστεί στη βάση δεδομένων του OpenStreetMap, τότε ο χάρτης εστιάζεται σε αυτήν.

Οι συντεταγμένες όλων των νεφών σημείων μίας σκηνής πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο σύστημα γεωγραφικής αναφοράς, ώστε να είναι πρακτικώς δυνατή η οπτικοποίησή τους μέσα στο Potree. Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι οι συντεταγμένες χάρτη του γεωγραφικού σημείου μίας σκηνής δεν χρειάζεται να βρίσκονται απαραίτητα στο ίδιο σύστημα αναφοράς (WGS'84) με τις συντεταγμένες των αρχείων νεφών σημείων που ανήκουν σε αυτήν.

Το γεωγραφικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των γεωγραφικών σημείων των Σκηνών είναι το WGS'84 (EPSG: 4326), που είναι και το σύστημα αναφοράς των Χαρτών υποβάθρου του OpenStreetMap

Τα σημεία, ωστόσο, των Νεφών Σημείων που προστίθενται σε μία Σκηνή μπορούν να αναφέρονται σε διαφορετικό σύστημα αναφοράς

Αφού έχει προσθέσει μία νέα σκηνή, ο χρήστης μπορεί να μεταφορτώνει σε αυτήν αρχεία νεφών σημείων ή και βοηθητικά αρχεία:

- Κατά τη μεταφόρτωση νεφών σημείων, τα αρχεία αποστέλλονται στον server, στο σύστημα αρχείων του οποίου αποθηκεύονται. Αμέσως μετά και χωρίς παρέμβαση του χρήστη, το αρχείο νέφους σημείων μετατρέπεται σε μορφή κατάλληλη για οπτικοποίηση από το Potree, με παρασκηνιακή εκτέλεση του Potree Converter. Παράλληλα, καταχωρούνται στον πίνακα της Β.Δ. του μοντέλου **“PointClouds”** οι πληροφορίες που αφορούν στα αρχεία αυτά.

Η εφαρμογή “PC Repository” στην παρούσα της μορφή αναμένει ότι οι συντεταγμένες των σημείων των point clouds που μεταφορτώνονται αναφέρονται σε επίπεδη προβολή (X,Y σε m) και όχι σε γεωγραφικό σύστημα αναφοράς (φ,λ σε deg)

- Κατά τη μεταφόρτωση αρχείων raster εικόνων, δίνεται μία σειρά επιλογών (σημ: τα αρχεία εικόνων δεν μπορούν να οπτικοποιηθούν από τον Potree):
 - Ο χρήστης μπορεί απλά να μεταφορτώσει το αρχείο raster (π.χ. αρχείο Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων τύπου GeoTIFF), ώστε να το χρησιμοποιήσει αργότερα κατά τη λειτουργία “Drape”.
 - Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη μετατροπή της εικόνας σε αρχείο νέφους σημείων. Προϋπόθεση για αυτό είναι το αρχείο εικόνας να είναι τύπου RGB ή RGBA. Το παραγόμενο νέφος σημείων καταχωρείται στο σύστημα και μπορεί να οπτικοποιηθεί στον Potree.
 - Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την εκτέλεση της λειτουργίας “Drape”, κατά την οποία η εικόνα που μεταφορτώνεται μετατρέπεται σε νέφος σημείων με υψόμετρα προσαρμοσμένα στο επιλεγθέν Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων, το οποίο πρέπει να έχει μεταφορτωθεί πρωτίτερα. Το νέφος σημείων αυτό καταχωρείται στο σύστημα και μπορεί να οπτικοποιηθεί στον Potree.
- Το Drape επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας τα υψόμετρα του δοθέντος DEM επί το 1000 (χίλια), προκειμένου να διατηρηθεί η ακρίβεια χιλιοστού των υψομέτρων. Αυτό, βεβαίως, προϋποθέτει ότι τα υψόμετρα του DEM εκφράζονται σε μέτρα (m). Στη συνέχεια, το DEM αυτό μετατρέπεται σε πολυγωνικό shapefile, κάθε πολύγωνο του οποίου έχει ξεχωριστό υψόμετρο. Τέλος, τα υψόμετρα αυτά εφαρμόζονται στο point cloud που έχει προκύψει από την αρχική εικόνα, παράγοντας έτσι το επιθυμητό draped point cloud, το οποίο μπορεί να οπτικοποιηθεί μέσα από τον Potree. Η λειτουργία αυτή διατίθεται μόνο για rasters με μπάντες Red, Green, Blue και Alpha (RGB & RGBA). Αρχεία τύπου GeoTIFF (όπως τα DEM rasters) δεν μπορούν να γίνουν draped.

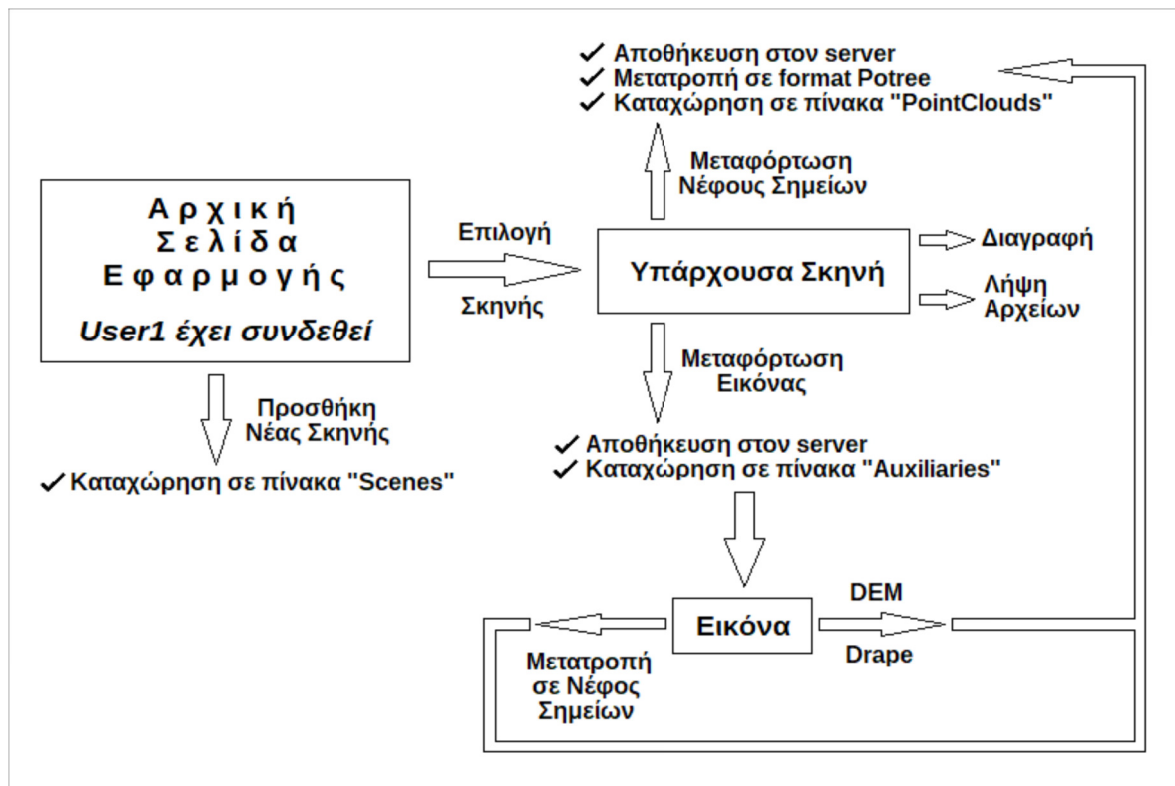
Τα αρχεία εικόνων αποστέλλονται στον server, στο σύστημα αρχείων του οποίου αποθηκεύονται. Οι πληροφορίες που αφορούν σε αυτά καταχωρούνται στον πίνακα της Β.Δ. του μοντέλου **“Auxiliaries”** (Βοηθητικά Αρχεία - Auxiliary Files).

Τα αρχεία raster εικόνων δεν οπτικοποιούνται από το Potree

Η εφαρμογή προς το παρόν υποστηρίζει τους παρακάτω τύπους αρχείων:

- Point Clouds: **las**
- Rasters: **tif, jpg, png** (τύπων RGB, RGBA και GeoTIFF)

Πέρα από τις λειτουργίες αυτές, ο χρήστης μπορεί να διαγράψει μία σκηνή που έχει προσθέσει ο ίδιος μαζί με όλα τα αρχεία που ανήκουν σε αυτήν (νέφη σημείων και βοηθητικά αρχεία). Επίσης, μπορεί να κατεβάσει σε συμπιεσμένη μορφή όλα τα αρχεία μίας σκηνής. Οι Διαχειριστές μπορούν να κατεβάζουν τα αρχεία σκηνών όλων των χρηστών.



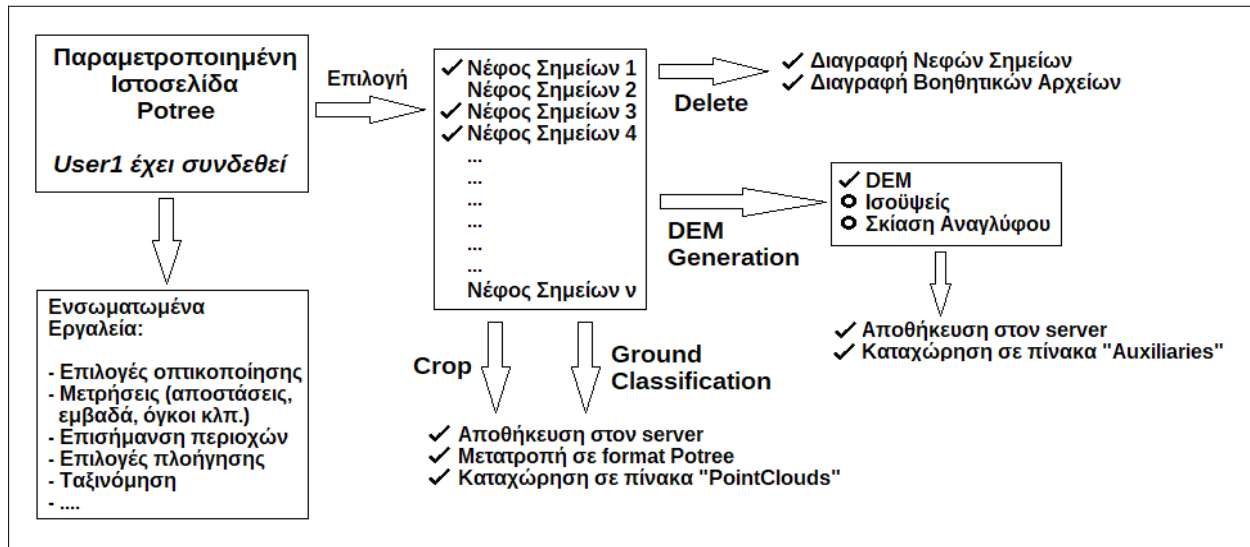
Διάγρ. 3.2-2: Ροή της Διαχείρισης Σκηνών

Μετά τη μεταφόρτωση νεφών σημείων σε μία σκηνή, ο χρήστης μπορεί να τα δει επί της οθόνης, μέσα από την παραμετροποιημένη ιστοσελίδα του **Potree**, του οπτικοποιητή ανοικτού λογισμικού που επιλέχθηκε για τις ανάγκες της εφαρμογής. Ο Potree παρέχει πληθώρα ενσωματωμένων εργαλείων για οπτικοποίηση των νεφών σημείων, εκτέλεση μετρήσεων επί αυτών (π.χ. αποστάσεων, εμβαδών, ογκομετρήσεων, μηκοτομών κλπ.), επισήμανση περιοχών, καθώς και εργαλεία πλοήγησης στη σκηνή και επιλογή οπτικοποίησης σημείων ανάλογα με την ταξινόμησή τους (π.χ. σημεία εδάφους, κτηρίων κλπ.).

Κατόπιν παραμετροποίησης του κώδικα του Potree, προστέθηκαν στην ιστοσελίδα του οι παρακάτω λειτουργίες:

- **Crop:** Επιλογή τμημάτων νεφών σημείων και εξαγωγή τους σε νέα αρχεία. Τα παραγόμενα νέφη σημείων καταχωρούνται στο σύστημα και μπορούν να οπτικοποιηθούν στον Potree.
- **Ground Classification:** Αυτοματοποιημένη ταξινόμηση σημείων εδάφους και εξαγωγή του παράγωγου νέφους σημείων σε νέο αρχείο. Το παραγόμενο νέφος σημείων καταχωρείται στο σύστημα και μπορεί να οπτικοποιηθεί στον Potree.
- **DEM Generation:** Παραγωγή Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων (DEM) με κατ'επιλογήν ταυτόχρονη παραγωγή ισουψών γραμμών ή και εικόνων σκίασης αναγλύφου. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει διάφορες παραμέτρους, όπως τη χωρική ανάλυση του παραγόμενου DEM, τη χρησιμοποίηση μόνο σημείων ταξινομημένων ως "έδαφος", τη συμπλήρωση περιοχών του παράγωγου DEM κενών από pixels (π.χ. λόγω κτηρίων), την ισοδιάσταση των ισουψών, τη γωνία κλίσης της πηγής φωτός για τη σκίαση αναγλύφου κλπ. Τα παραγόμενα αρχεία καταχωρούνται στο σύστημα ως βοηθητικά αρχεία.
- **Delete:** Διαγραφή επιλεγμένων νεφών σημείων από τη σκηνή, μαζί με όλα τα βοηθητικά αρχεία που συνδέονται με αυτά.

Τα πρόσθετα αυτά εργαλεία μπορεί να χρησιμοποιεί κάθε χρήστης μόνο σε σκηνές που έχει προσθέσει ο ίδιος. Για να λειτουργήσουν τα εργαλεία αυτά, θα πρέπει να είναι επιλεγμένο τουλάχιστον ένα νέφος σημείων της σκηνής. Η επιλογή γίνεται χρησιμοποιώντας το checkbox ορατότητας των νεφών σημείων. Ουσιαστικά, όποια νέφη σημείων είναι ορατά εκλαμβάνονται ως επιλεγμένα.



Διάγρ. 3.2-3: Ροή λειτουργίας των custom εργαλείων του Potree

Τα αρχεία που μεταφορτώνονται από τους χρήστες αποθηκεύονται σε ξεχωριστό φάκελλο για κάθε χρήστη (“**user folder**”). Ο φάκελλος κάθε χρήστη βρίσκεται μέσα στον φάκελλο “**media**” του κεντρικού καταλόγου (root directory) της εφαρμογής. Η Β.Δ. αποθηκεύει μόνο πληροφορίες για τα αρχεία. Μοναδική εξαίρεση συμβαίνει κατά τη μέτρηση του πλήθους εγγραφών των νεφών σημείων, οπότε αποθηκεύονται στη Β.Δ. προσωρινά μέσω του πρόσθετου PGPointcloud της PostgreSQL.

Η διαχείριση της εφαρμογής γίνεται μέσα από το **Admin Site**, ένα εύχρηστο γραφικό περιβάλλον, το οποίο παρέχεται έτοιμο από το web framework που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής, δηλ. το Django. Σε αυτό έχουν δικαίωμα πρόσβασης μόνο οι Διαχειριστές και όχι οι απλοί χρήστες. Οι Διαχειριστές μπορούν να προσθέτουν νέους χρήστες ή να διαγράφουν άλλους. Μπορούν, επίσης, να διαχειρίζονται τις ομάδες χρηστών.

Από το Admin Site μπορεί να γίνει επισκόπηση των περιεχομένων των πινάκων της Β.Δ. των μοντέλων της εφαρμογής, δηλ. των πινάκων Σκηνών (Scenes), Νεφών Σημείων (Point Clouds) και Βοηθητικών Αρχείων (Auxiliary Files). Μπορεί, επίσης, να γίνεται τροποποίηση των περιεχομένων των πινάκων, κάτι που δίνει στους Διαχειριστές έναν έμμεσο τρόπο παρέμβασης σε σκηνές που δεν έχουν προσθέσει οι ίδιοι (“ξένες” σκηνές). Είναι, όμως, ευθύνη τους να φροντίζουν ώστε οι παρεμβάσεις αυτές να μην προκαλούν δυσλειτουργία του συστήματος.

Οι Διαχειριστές πρέπει να φροντίζουν ώστε οι παρεμβάσεις τους στα μοντέλα δεδομένων από το Admin Site να μην προκαλούν δυσλειτουργία του συστήματος

3.3. Δικαιώματα Πρόσβασης (Permissions)

Οι Χρήστες της εφαρμογής “PC Repository” (όπως και κάθε εφαρμογής που αναπτύσσεται σε περιβάλλον Django) έχουν συγκεκριμένα **δικαιώματα πρόσβασης (permissions)**, που τους δίνουν δυνατότητα να προβαίνουν σε κάποιες ενέργειες ή που, ελλείψει αυτών, τους απαγορεύουν την πρόσβαση σε κάποιες άλλες. Τα δικαιώματα πρόσβασης αφορούν σε τέσσερεις τύπους ενεργειών:

- **Add** (Προσθήκη),
- **Change** (Μεταβολή),
- **Delete** (Διαγραφή) και
- **View** (Οπτικοποίηση)

...και εφαρμόζονται στα εξής στοιχεία:

- admin | log entry: Κατάλογος ενεργειών του Admin Site
- auth | group: Ομάδες Χρηστών
- auth | permission: Δικαιώματα πρόσβασης
- auth | user: Χρήστες
- contenttypes | content type: Content types του Django
- sessions | session: Πληροφορίες για τα Django sessions
- app_scenes | auxiliaries: Πίνακας του μοντέλου δεδομένων Βοηθητικών Αρχείων
- app_scenes | point clouds: Πίνακας του μοντέλου δεδομένων Νεφών Σημείων
- app_scenes | scenes: Πίνακας του μοντέλου δεδομένων Σκηνών

Από αυτά, τα έξι (6) πρώτα αφορούν στο σύστημα του Django, ενώ τα τρία (3) τελευταία στους πίνακες των μοντέλων δεδομένων της εφαρμογής. Επομένως, για κάθε στοιχείο υπάρχουν τέσσερα (4) διαφορετικά δικαιώματα. Για παράδειγμα, για τα Νέφη Σημείων (Point Clouds) της Β.Δ. υπάρχουν τα δικαιώματα:

- app_scenes | point clouds | Can **add** point clouds
- app_scenes | point clouds | Can **change** point clouds
- app_scenes | point clouds | Can **delete** point clouds
- app_scenes | point clouds | Can **view** point clouds

Ομοίως και για τα υπόλοιπα στοιχεία. Τα δικαιώματα πρόσβασης μπορούν να οριστούν είτε για κάθε Χρήστη ξεχωριστά, είτε για Ομάδες Χρηστών (Groups) συλλογικά.

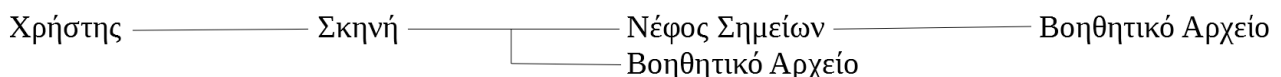
3.4. Μοντέλα Δεδομένων

Ένα μοντέλο δεδομένων αποτελεί την καθοριστική πηγή πληροφοριών για τα δεδομένα της εφαρμογής. Περιέχει τα απαραίτητα πεδία και συμπεριφορές των αποθηκευόμενων δεδομένων. Σε γενικές γραμμές κάθε μοντέλο αντιστοιχεί σε έναν συγκεκριμένο πίνακα της βάσης δεδομένων. Κάθε περιγραφικό χαρακτηριστικό (attribute) του μοντέλου αντιστοιχεί σε ένα πεδίο (στήλη) του αντίστοιχου πίνακα της Β.Δ. (Django_Software_Foundation, 2005a)

Τα μοντέλα δεδομένων της εφαρμογής “PC Repository” αποτελούνται από τρεις πίνακες στους οποίους αποθηκεύονται στοιχεία για τις εξής κατηγορίες δεδομένων:

- **Σκηνές (Scenes),**
- **Νέφη Σημείων (Point Clouds) και**
- **Βοηθητικά Αρχεία (Auxiliary Files)**

Οι πίνακες αυτοί συνδέονται μεταξύ τους μέσω των μοναδικών τους κλειδιών. Το κλειδί ενός πίνακα περιέχεται σε έναν άλλον ως “ξένο κλειδί” (foreign key). Οι πίνακες των τριών μοντέλων δεδομένων συνδέονται, επιπλέον, με τον Πίνακα Χρηστών του Django. Ουσιαστικά, η σύνδεση των τεσσάρων αυτών πινάκων ακολουθεί την εξής ιεραρχία:



Τα μοντέλα δεδομένων της εφαρμογής “PC Repository” περιέχουν τα ακόλουθα πεδία:

Scenes (γεωγραφικά σημεία σκηνών)

- SC_ID: Πρωτεύον κλειδί
- SC_Name: Ονομασία του Scene (Τύπος: “CharField”, Μήκος: 100)
- SC_PC_Cnt: Πλήθος των Point Cloud του Scene (Τύπος: “IntegerField”, Default: 0)
- SC_AUX_Cnt: Πλήθος των Auxiliaries του Scene (Τύπος: “IntegerField”, Default: 0)
- SC_Down_Cnt: Μετρητής των downloads του Scene (Τύπος: “IntegerField”, Default: 0)
- SC_Coords: Γεωγραφικό Σημείο του Scene (Τύπος: “PointField”, Γ.Σ.Α.: 4326 – WGS’84)
- SC_User: Foreign Key του Χρήστη στον οποίο ανήκει το Scene (null: True, on_delete: models.CASCADE)
- SC_UserName: Όνομα του Χρήστη στον οποίο ανήκει το Scene (Τύπος: “CharField”, Μήκος: 150, null: True)

PointClouds (πίνακας πληροφοριών των Point Clouds)

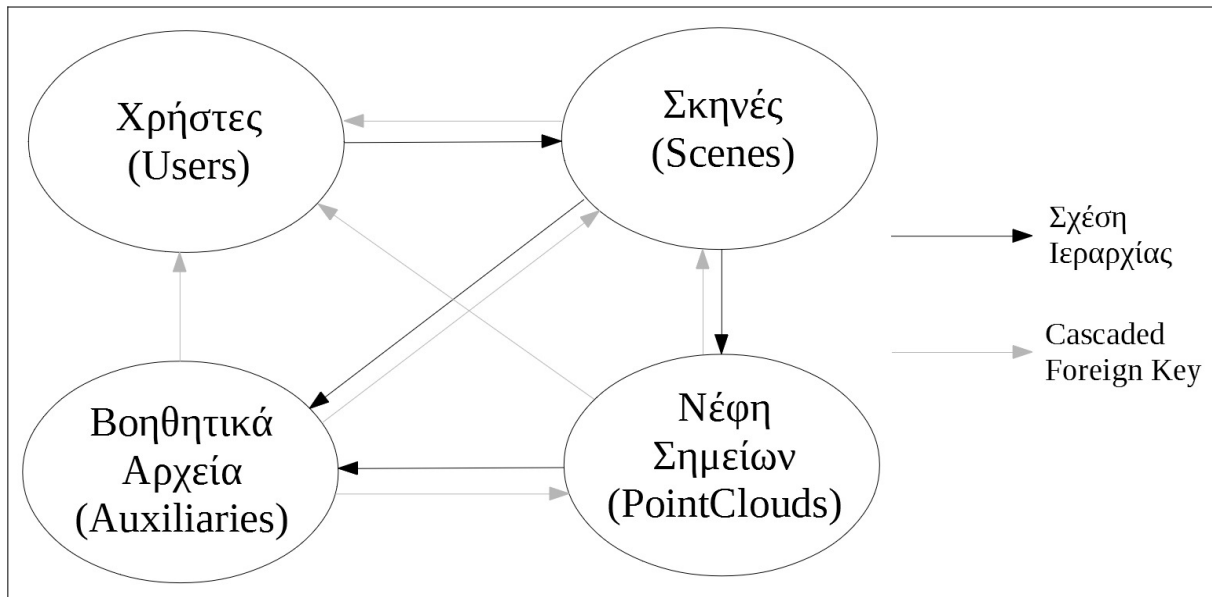
- PC_ID: Πρωτεύον κλειδί
- PC_BaseName: Όνομα αρχείου Point Cloud (Τύπος: “CharField”, Μήκος: 100)
- PC_Ext: Επέκταση αρχείου Point Cloud (Τύπος: “CharField”, Μήκος: 10)
- PC_File: Path του αρχείου μέσα στον φάκελλο “media” (Τύπος: “FileField”, Μήκος: 150, θέση μεταφόρτωσης: user_directory_path)
- PC_PVFolder: Path του φακέλλου Potree format μέσα στον φάκελλο “media” (Τύπος: “CharField”, Μήκος: 150, Default: κενό)
- PC_Scene: Foreign Key του Scene στο οποίο ανήκει το Point Cloud (null: True, on_delete: models.CASCADE)
- PC_User: Foreign Key του Χρήστη στον οποίο ανήκει το Point Cloud (null: True, on_delete: models.CASCADE)

Auxiliaries (πίνακας πληροφοριών των βοηθητικών & παράγωγων αρχείων)

- AUX_ID: Πρωτεύον κλειδί
- AUX_BaseName: Όνομα Auxiliary αρχείου (Τύπος: “CharField”, Μήκος: 100)
- AUX_Ext: Επέκταση Auxiliary αρχείου (Τύπος: “CharField”, Μήκος: 10)
- AUX_File: Path του αρχείου μέσα στον φάκελλο “media” (Τύπος: “FileField”, Μήκος: 150, θέση μεταφόρτωσης: user_directory_path)
- AUX_Uploaded: Προέλευση αρχείου από upload (Τύπος: “BooleanField”, Default: False)
- AUX_Countable: Προσμέτρηση αρχείου στο συνολικό πλήθος (Τύπος: “BooleanField”, Default: True)
- AUX_PC: Foreign Key του Point Cloud από το οποίο εξαρτάται το Auxiliary (null: True, on_delete: models.CASCADE)
- AUX_Scene: Foreign Key του Scene στο οποίο ανήκει το Auxiliary (null: True, on_delete: models.CASCADE)
- AUX_User: Foreign Key του Χρήστη στον οποίο ανήκει το Auxiliary (null: True, on_delete: models.CASCADE)

Το `on_delete=models.CASCADE` σε ένα Foreign Key σημαίνει ότι όταν διαγραφεί μία από τις οντότητες στις οποίες αυτό παραπέμπει, τότε θα διαγραφούν αυτόματα και οι αντίστοιχες οντότητες του μοντέλου που περιέχει τη δήλωση αυτή.

Για παράδειγμα, εάν διαγραφεί ένας Χρήστης, τότε θα διαγραφούν όλα τα Scenes, PointClouds και Auxiliaries που ανήκουν σε αυτόν. Εάν διαγραφεί ένα Point Cloud, τότε θα διαγραφούν όλα τα Auxiliaries που ανήκουν σε αυτό κ.ο.κ.



Διάγρ. 3.4-1: Διάγραμμα των Μοντέλων Δεδομένων της εφαρμογής

3.5. Αρχές λειτουργίας του Django

Το **Django** (Django_Software_Foundation, 2005b) είναι ένα ελεύθερο και ανοικτού κώδικα πλαίσιο ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών, γραμμένο σε Python. Παρέχει μία βάση επάνω στην οποία μπορούν να στηθούν διαδικτυακές εφαρμογές και αναλαμβάνει μεγάλο μέρος της δουλειάς που απαιτείται για τη δημιουργία ενός web site (π.χ. ζητήματα ασφαλείας), έτσι ώστε επάνω του να μπορεί να βασιστεί μία ολοένα εξελισσόμενη εφαρμογή. Με την GIS επέκτασή του, γνωστή και ως *GeoDjango*, διευκολύνει την ανάπτυξη εφαρμογών που εκμεταλλεύονται την ισχύ των χωρικών δεδομένων.



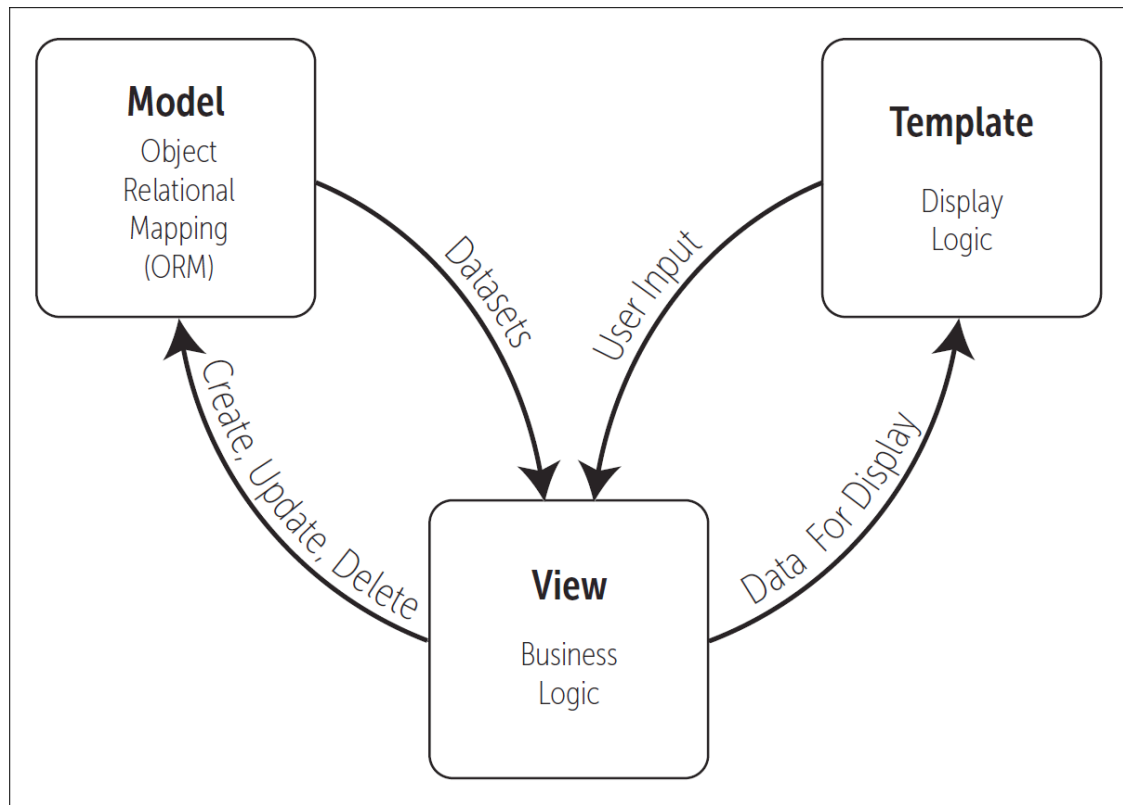
Το πλαίσιο ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών Django ακολουθεί την αρχιτεκτονική *MVC* (*Model-View-Controller*), μέσω της οποίας μία εφαρμογή διαχωρίζεται σε τρία διασυνδεδεμένα συστατικά μέρη (George, 2019):

1. Το *Model* που παρέχει τη διεπαφή διασύνδεσης με τη βάση δεδομένων.
2. Το *View* που αποφασίζει ποιά δεδομένα θα παρουσιάσει στον χρήστη και ποιά θα ζητήσει από αυτόν.
3. Τον *Controller* που χειρίζεται την επιχειρησιακή λογική της εφαρμογής και δρα ως μεσολαβητής ανάμεσα σε *Model* και *View*.

Η ορολογία που χρησιμοποιεί το Django για τη δική του υλοποίηση της αρχιτεκτονικής *MVC*, την αρχιτεκτονική *MTV* (*Model-Template-View*), είναι:

1. Το *Model* που είναι πρακτικά το ίδιο. Το Object-Relational Mapping (ORM) του Django προσφέρει τη διεπαφή διασύνδεσης με τη βάση δεδομένων.
2. Το *Template* παρέχει την απεικονιστική λογική και αποτελεί τη διεπαφή αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή.
3. Το *View* που χειρίζεται τον κύριο όγκο της προγραμματιστικής λογικής της εφαρμογής.

Η αρχιτεκτονική *MTV* επιτρέπει τη διάκριση ανάμεσα στο μοντέλο της εφαρμογής που συνδέεται με τη Β.Δ. (*Model*), τα πρότυπα παραγωγής των ιστοσελίδων (*Templates*) και του κώδικα Python που τα συνδέει μεταξύ τους (*Views*).



Εικ. 3.5-1: Η λογική του μοντέλου MTV του Django (George, 2019)

Για τη δημιουργία της εφαρμογής “PC Repository” χρησιμοποιήθηκε επίσης το πρόσθετο **Django-Cleanup** (Shalyarin, 2012), που επιτρέπει την αυτοματοποιημένη διαγραφή αρχείων τα οποία αποθηκεύονται μέσω πεδίων τύπου FileField, ImageField και παραγώγων κλάσεων, όταν επέρχεται είτε αποθήκευση νέου αρχείου είτε διαγραφή κάποιας οντότητας των μοντέλων δεδομένων.

3.6. Το Admin Site της Εφαρμογής

Το **Admin Site** είναι ένα έτοιμο γραφικό περιβάλλον που παρέχεται από το Django, μέσα από το οποίο αποκτάται πρόσβαση σε βασικά θέματα της εφαρμογής, όπως η διαχείριση **Χρηστών** (Users) και **Ομάδων** (Groups), αλλά και των μοντέλων των δεδομένων. Είναι δυνατή η επισκόπηση των εγγραφών των πινάκων, η τροποποίηση, διαγραφή ή προσθήκη νέων. Η διαχείριση των γεωγραφικών σημείων των σκηνών γίνεται μέσω του περιβάλλοντος απεικόνισης και διαχείρισης γεωγραφικών οντοτήτων της βιβλιοθήκης χειρισμού γεωχωρικών δεδομένων **Leaflet**, το οποίο παρέχει περισσότερες δυνατότητες από το default περιβάλλον.

Η πρόσβαση στο Admin Site γίνεται από χρήστες με το αντίστοιχο δικαίωμα πρόσβασης (“staff” users). Τέτοιοι χρήστες είναι οι Διαχειριστές και ο Υπερ-Χρήστης (SuperUser), που δημιουργείται μέσα από το command-line περιβάλλον του Django. Το Admin Site προσφέρεται για χρήση μόνο από την ομάδα εξέλιξης & διαχείρισης της εφαρμογής, όχι από τους απλούς χρήστες. Οι τελευταίοι θα μπορούν να αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή μέσω του γραφικού HTML interface.

Από το περιβάλλον του Admin Site μπορεί να γίνει προσθήκη ομάδων Διαχειριστών (Administrators) και Απλών Χρηστών (Users), καθώς επίσης νέων χρηστών και νέων εγγραφών στα μοντέλα δεδομένων (Scenes, PointClouds, Auxiliaries). Σε αντίθεση με τη γραφική διεπαφή (interface) της εφαρμογής, οι Διαχειριστές μπορούν να μέσω του Admin Site να επεμβαίνουν και σε “ξένες” σκηνές.

Το Admin Site προσφέρει στον Διαχειριστή έναν έμμεσο τρόπο επεξεργασίας σκηνών άλλων χρηστών (ξένων σκηνών)

Αποτελεί, ωστόσο, ευθύνη του Διαχειριστή να συμπληρώνει ορθά τους πίνακες των μοντέλων, όταν προβαίνει σε χειρωνακτικές προσθήκες. Αυτό απαιτεί πλήρη κατανόηση των μοντέλων δεδομένων και της λειτουργίας της εφαρμογής. Για παράδειγμα, εάν προσθέσει μία εγγραφή στον πίνακα “PointClouds”, θα πρέπει να αντιγράψει και στον αντίστοιχο φάκελλο το αρχείο που αντιστοιχεί σε αυτήν και να συμπληρώσει όλα τα πεδία του πίνακα. Επίσης, θα πρέπει να μετατρέψει το point cloud σε μορφή κατάλληλη για οπτικοποίηση από τον Potree χρησιμοποιώντας τον Potree Converter και να αντιγράψει και αυτήν στο σύστημα αρχείων. Το ίδιο ισχύει και για τα βοηθητικά αρχεία.

Η προσθήκη Σκηνών είναι πίο απλή διαδικασία, καθώς δεν απαιτεί αντιγραφή αρχείων. Η διαγραφή στοιχείων είναι επίσης απλή καθώς η εφαρμογή διαθέτει δύο βοηθητικούς μηχανισμούς: Αφ’ ενός οι πίνακες είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους με **cascaded foreign keys**, που σημαίνει ότι η διαγραφή ενός στοιχείου συμπαρασύρει ό,τι άλλο συνδέεται με αυτό βάσει της ιεραρχικής τους σχέσης (π.χ. η διαγραφή ενός Χρήστη επιφέρει αυτόματη διαγραφή όλων των Σκηνών, Νεφών Σημείων και Βοηθητικών Αρχείων που συνδέονται με αυτόν). Αφ’ ετέρου η εφαρμογή είναι εξοπλισμένη με την παρασκηνιακή λειτουργία “**Purge**”, η οποία αναλαμβάνει την εκκαθάριση του συστήματος αρχείων και της Β.Δ. κάθε φορά που φορτώνεται η αρχική σελίδα.

Η ορθή συμπλήρωση των πινάκων της Β.Δ. και του συστήματος αρχείων κατά τη χειρωνακτική προσθήκη στοιχείων είναι ευθύνη του Διαχειριστή

3.7. Εικονικό Περιβάλλον

Η εφαρμογή “PC Repository” δομείται μέσα σε ένα Project του Django. Η εγκατάσταση του Django επιλέγεται να γίνει μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον (virtual environment) της Python. Το Django μπορεί να εγκατασταθεί και απ’ ευθείας στο κεντρικό σύστημα της Python του εξυπηρετητή, όμως για διάφορους λόγους προτείνεται η χρήση εικονικού περιβάλλοντος.

Μετά τη δημιουργία του εικονικού περιβάλλοντος, είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της εφαρμογής η προσθήκη σε αυτό ορισμένων packages της Python: α) του “**django-leaflet**” το οποίο συνδέει το Leaflet στο Django Project που δημιουργούμε, β) του “**psycopg2**” που είναι απαραίτητο για την επικοινωνία της εφαρμογής με τη βάση δεδομένων Postgres, γ) του “**geojson**” που είναι βιβλιοθήκη χειρισμού δεδομένων του συγκεκριμένου τύπου, δ) της βιβλιοθήκης χειρισμού & ανάλυσης αντικειμένων επίπεδης γεωμετρίας “**shapely**” και ε) του πρόσθετου “**django-cleanup**” που αναλαμβάνει την αυτόματη διαγραφή αρχείων που συνδέονται με τα μοντέλα δεδομένων της εφαρμογής. Επίσης, θα πρέπει να προστεθεί στο νέο Django Project ένα καινούργιο Application (App), μέσα στο οποίο θα βρίσκεται το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα της εφαρμογής.

3.8. Αρχεία Κώδικα της Εφαρμογής

Ο κώδικας της εφαρμογής είναι οργανωμένος σε αρχεία, τα περισσότερα εκ των οποίων τοποθετούνται στον φάκελλο “**app_scenes**”, άλλα τοποθετούνται στον φάκελλο “**pc_repository_site**”, ενώ άλλα στον φάκελλο “**static**”.

Στα επόμενα γίνεται μία συνοπτική παρουσίαση των σημαντικότερων σημείων που αφορούν σε κάθε αρχείο κώδικα. Παρατίθενται ορισμένες από τις γραμμές κώδικα που αφορούν σε αυτά και δίνονται σύντομες επεξηγήσεις.

Τα αρχεία κώδικα της εφαρμογής βρίσκονται στο συμπιεσμένο αρχείο “Application_Code_Structure.7z”, που μπορεί να ληφθεί από τη θέση:
https://www.dropbox.com/s/15j9qtrj267qn71/Application_Code_Structure.7z?dl=0

Στο Παράρτημα Β’ παρατίθεται η δομή των φακέλλων, ο παραπάνω σύνδεσμος, καθώς και σύνδεσμος λήψης του κώδικα της εφαρμογής σε αρχείο κειμένου

3.8.1. Αρχεία του Project (θέση: “pc_repository_site”)

Ο φάκελλος “**pc_repository_site**” του Root Directory περιέχει αρχεία που αφορούν σε ολόκληρο το Project και όλα τα Django Apps που μπορεί αυτό να περιλαμβάνει (η εφαρμογή “PC Repository” περιλαμβάνει ένα μόνο App, το “app_scenes”). Ο φάκελλος αυτός περιέχει τα αρχεία κώδικα:

- **settings.py**,
- **urls.py** και
- **wsgi.py**

3.8.1.1. Αρχείο “settings.py”

Το αρχείο “**settings.py**” αποτελεί το αρχείο ρυθμίσεων της εφαρμογής. Εδώ ορίζεται ποιά Django Apps έχουν εγκατασταθεί, σε ποιά βάση δεδομένων συνδέεται η εφαρμογή, γενικές ρυθμίσεις όπως η ζώνη ώρας, η διαδρομή (path) του φακέλλου “static”, ειδικές ρυθμίσεις του Leaflet κλπ.

Εκτός από τα παραπάνω, στο αρχείο αυτό μπορούν να αποθηκευθούν οποιεσδήποτε ρυθμίσεις κρίνονται απαραίτητες για την εφαρμογή. Στη συνέχεια, μπορεί να γίνεται ανάκληση των ρυθμίσεων αυτών σε άλλα αρχεία κώδικα (με import). *Προϋπόθεση για αυτό είναι οι ονομασίες των οριζόμενων μεταβλητών να αποτελούνται αποκλειστικά από κεφαλαίους λατινικούς χαρακτήρες.*

Παράδειγμα τέτοιων παραμετροποιημένων ρυθμίσεων της εφαρμογής “PC Repository” είναι οι ετικέτες των κλειδιών του λεξικού (dictionary) καθώς και οι default τιμές που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση διεργασιών των custom εργαλείων που έχουν προστεθεί στον οπτικοποιητή Potree.

Στο αρχείο “settings.py” που παράγεται αυτόματα από το Django κατά τη δημιουργία του νέου Project χρειάζεται να γίνουν οι παρακάτω τροποποιήσεις:

- Η λίστα “INSTALLED_APPS” πρέπει να συμπληρωθεί στο τέλος της με τις γραμμές:

```
'django.contrib.gis',
'django_cleanup.apps.CleanupConfig',
'leaflet',
'app_scenes',
```

Αυτό θα ενεργοποιήσει το GIS module του Django (δηλαδή το “Geo” στο “GeoDjango”), τα πρόσθετα “django-cleanup” και “django-leaflet” και το “app_scenes” που έχει προστεθεί.

- Το λεξικό (python dictionary) “DATABASES” πρέπει να αντικατασταθεί ως εξής, προκειμένου να συνδεθεί η εφαρμογή με τη Β.Δ.:

```
DATABASES = {
    'default': {
        'ENGINE': 'django.contrib.gis.db.backends.postgis',
        'NAME': 'PC_Repository',
        'USER': 'postgres',
        'PASSWORD': 'my_password',
        'HOST': 'localhost',
        'PORT': '5432',
    }
}
```

όπου, φυσικά, στις αντίστοιχες θέσεις συμπληρώνονται τα στοιχεία που δηλώνονται κατά την εγκατάσταση και τη δημιουργία της Β.Δ.

- Στο τμήμα “Internationalization” τίθεται:

```
TIME_ZONE = 'Europe/Athens'
```

- Διαγράφεται η default ρύθμιση για το `STATIC_ROOT`:

```
STATIC_ROOT = posixpath.join(*(BASE_DIR.split(os.path.sep)+['static']))
```

και προστίθεται η παρακάτω tuple για ορισμό της θέσης του φακέλλου “static”:

```
STATICFILES_DIRS = (
    os.path.join(BASE_DIR, 'static'),
)
```

ακολουθούμενη από τη ρύθμιση του “`STATIC_URL`”:

```
STATIC_URL = '/static/'
```

- Ρυθμίζεται η θέση και το URL των media files (των αρχείων που μεταφορτώνουν οι χρήστες):

```
MEDIA_ROOT = os.path.join(BASE_DIR, 'media')
MEDIA_URL = '/media/'
```

- Προστίθενται custom ρυθμίσεις για:
 - Προσωρινά αρχεία
 - Redirect URLs για τις φόρμες Login & Logout
 - Θέση και ονομασίες των HTML Templates της εφαρμογής
 - Σταθερές & μεταβλητές που χρησιμοποιούνται από τον υπόλοιπο κώδικα
 - Ετικέτες των κλειδιών του λεξικού επιλογών του Custom Menu "Processing" που προστίθεται στον οπτικοποιητή Potree
 - Default τιμές που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση διεργασιών των custom εργαλείων που προστίθενται στον Potree
 - Ετικέτες των κλειδιών του λεξικού παραμέτρων του Custom Menu "Processing"
 - Τα paths φακέλλων και εκτελέσιμων αρχείων που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή
- Τέλος, προστίθεται το λεξικό ρυθμίσεων του Leaflet:

```
LEAFLET_CONFIG = {
    'DEFAULT_CENTER': (35.25, 24.85),
    'SPATIAL_EXTENT': (23.35, 34.75, 26.55, 35.75),
    'DEFAULT_ZOOM': 9,
    'MAX_ZOOM': 25,
    'MIN_ZOOM': 3,
    'SCALE': 'both',
    'ATtribution_PREFIX': 'Point Cloud Repository, Thesis, ©
    Ioannis Dafermos 2018-19',
}
```

όπου ορίζονται η ενεργός περιοχή του παγκόσμιου χάρτη του OpenStreetMap που θα αξιοποιεί η εφαρμογή (δηλ. η Κρήτη), το κεντράρισμα του χάρτη, τα επίπεδα εστίασης, ο τύπος της κλίμακας που θα εμφανίζεται και ένα σύντομο κείμενο πληροφοριών.

3.8.1.2. Αρχείο “*urls.py*”

Σε αυτό το αρχείο “**urls.py**” (υπάρχει και συνώνυμό του στη θέση “`app_scenes`” με το οποίο δεν πρέπει να συγχέεται) ορίζονται τα urls του Project και, επίσης, γίνεται η ενεργοποίηση του Admin Site της εφαρμογής.

- Για να ενεργοποιηθεί το Admin Site, απαιτείται η γραμμή:

```
from django.contrib import admin
```

και, μέσα στη λίστα “urlpatterns”, προστίθεται η γραμμή:

```
path('admin/', admin.site.urls),
```

- Επίσης, στο τέλος της λίστας “urlpatterns” προστίθεται η γραμμή:

```
path('', include('app_scenes.urls')),
```

η οποία θα συμπεριλάβει τα urls που ορίζονται στο αρχείο “urls.py” του “app_scenes”.

- Τέλος, αμέσως μετά την αγκύλη κλεισίματος της λίστας “urlpatterns” συμπληρώνουμε:

```
] + static(settings.MEDIA_URL, document_root=settings.MEDIA_ROOT)
```

ώστε το Django να αναλάβει το serving των media files κατά τη διάρκεια εξέλιξης της εφαρμογής, δηλ. όσο η ρύθμιση “DEBUG” του αρχείου “settings.py” έχει τιμή “True”.

3.8.1.3. Αρχείο “wsgi.py”

Το αρχείο “wsgi.py” αποτελεί το αρχείο ρυθμίσεων της βασικής πλατφόρμας που χρησιμοποιεί το Django για το ανέβασμα του site σε server, δηλ. του WSGI (Web Server Gateway Interface). Το WSGI λειτουργεί ως μεσολαβητής ανάμεσα στον Web Server και το Django (ή άλλης Python εφαρμογής). (Django_Software_Foundation, 2005a)

3.8.2. Αρχεία του Django App Scenes (θέση: “app_scenes”)

Ο φάκελλος “app_scenes” του Root Directory περιέχει αρχεία που περιλαμβάνονται στο μοναδικό Django App της εφαρμογής, το “app_scenes”. Ο φάκελλος αυτός περιέχει τα αρχεία κώδικα:

- **admin.py,**
- **apps.py,**
- **forms.py,**
- **models.py,**
- **tests.py,**
- **urls.py** και
- **views.py**

3.8.2.1. Αρχείο “admin.py”

Στο αρχείο “admin.py” γίνεται η καταχώρηση των μοντέλων δεδομένων στο Admin Site, ώστε να είναι εφικτή η διαχείριση των μοντέλων από εκεί (προσθήκη, διαγραφή, τροποποίηση εγγραφών). Επίσης, ορίζουμε ως περιβάλλον απεικόνισης και διαχείρισης των γεωγραφικών οντοτήτων αυτό του Leaflet, το οποίο παρέχει περισσότερες δυνατότητες από το default περιβάλλον και, επιπλέον, ταιριάζει περισσότερο με την υπόλοιπη εφαρμογή.

- Για παράδειγμα, ο κώδικας:

```
class ScenesAdmin(LeafletGeoAdmin):
    list_display = ('SC_ID', 'SC_Name', 'SC_PC_Cnt', 'SC_AUX_Cnt',
                   'SC_Down_Cnt', 'SC_Coords', 'SC_User')
admin.site.register(Scenes, ScenesAdmin)
```

ορίζει ότι για το μοντέλο των Scenes θα χρησιμοποιείται μέσα στο Admin Site το γραφικό περιβάλλον του Leaflet (αντί για το default γραφικό περιβάλλον) και καθορίζεται ποιά από τα περιγραφικά χαρακτηριστικά (attributes) του μοντέλου θα εμφανίζονται (“SC_Name”, “SC_Coords” κλπ.)

3.8.2.2. Αρχείο “apps.py”

Το αρχείο “**apps.py**” χρησιμεύει στον ορισμό κάποιων από τις ρυθμίσεις του Django App, όπως η ονομασία της. Άλλες ρυθμίσεις ορίζονται από το ίδιο το Django και είναι μόνο για ανάγνωση. (Django_Software_Foundation, 2005a)

3.8.2.3. Αρχείο “forms.py”

Το αρχείο “**forms.py**” δεν προστίθεται αυτόματα κατά τη δημιουργία του νέου Project, αλλά θα πρέπει να το προστεθεί μετέπειτα. Στο αρχείο αυτό ορίζονται φόρμες δομημένες επάνω στα μοντέλα δεδομένων (ModelForms), οι οποίες χρησιμεύουν στο να γίνεται η σύνδεση ανάμεσα σε δεδομένα που εισάγονται από τους χρήστες της εφαρμογής (νέες σκηνές, αρχεία point cloud κλπ.) και στα ίδια τα μοντέλα και τη βάση δεδομένων. Μέσω αυτών μπορούν, για παράδειγμα, να αποθηκευθούν σημεία νέων Scenes στη βάση δεδομένων.

- Ο κώδικας:

```
class ScenesForm(forms.ModelForm):
    class Meta:
        model = Scenes
        fields = ()
```

ορίζει την κλάση ScenesForm, η οποία κληρονομεί την ModelForm και περιέχει την inner class Meta, με την οποία ορίζονται ως μεταδεδομένα το μοντέλο με το οποίο θα συνδέεται η ScenesForm (δηλ. το μοντέλο των Scenes) καθώς και τα πεδία (attributes) του μοντέλου που θα χρησιμοποιούνται από αυτήν (σε αυτή την περίπτωση όλα).

3.8.2.4. Αρχείο “models.py”

Το αρχείο “**models.py**” περιέχει τα μοντέλα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή. Κάθε μοντέλο αντιστοιχεί σε έναν συγκεκριμένο πίνακα της βάσης δεδομένων και είναι μία κλάση της Python, η οποία κληρονομεί την κλάση *django.db.models.Model*. Κάθε περιγραφικό χαρακτηριστικό (attribute) του μοντέλου αντιστοιχεί σε ένα πεδίο (στήλη) του πίνακα της Β.Δ. Έτσι, το Django καταφέρνει να παρέχει ένα αυτόματα παραγόμενο API πρόσβασης στη Β.Δ. (Django_Software_Foundation, 2005a)

- Σε κάθε ορισμό μοντέλου υπάρχει ο κώδικας (παράδειγμα από “Scenes”):

```
def __str__(self):
    return self.SC_Name

class Meta:
    verbose_name_plural = 'Scenes'
```

Το πρώτο σκέλος έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση των περιεχομένων του πεδίου “SC_Name” κάθε φορά που ζητείται μία περιγραφή κειμένου του Scene (π.χ. όταν γίνεται κλικ σε μία σκηνή επάνω στον Χάρτη). Το δεύτερο σκέλος εμφανίζει την πληθυντικού αριθμού ονομασία του μοντέλου στο περιβάλλον του Admin Site της εφαρμογής όπως ορίζεται εδώ (π.χ. “Scenes”) χωρίς πρόσθετο τελικό “s” (δηλ. “Sceness”), χρησιμοποιώντας την (προαιρετική) inner class “Meta” εισαγωγής μεταδεδομένων στο μοντέλο.

- Τέλος, το αρχείο περιλαμβάνει τον κώδικα:

```
def user_directory_path(instance, filename):
    # file will be uploaded to MEDIA_ROOT/user<id>/<filename>
    if type(instance).__name__ == "PointClouds":
        return 'user{0}/{1}'.format(instance.PC_User.id, filename)
    elif type(instance).__name__ == "Auxiliaries":
        return 'user{0}/{1}'.format(instance.AUX_User.id, filename)
```

Εδώ ορίζεται η συνάρτηση “user_directory_path” η οποία αναλαμβάνει να αποθηκεύσει το αρχείο που μεταφορτώνει ο Χρήστης στον κατάλληλο υποφάκελλο του φακέλλου “media”. Είτε το αρχείο είναι Point Cloud είτε είναι Auxiliary, ο υποφάκελλος είναι ο ίδιος. Αυτό που αλλάζει, ωστόσο, είναι το μοντέλο από το οποίο η συνάρτηση αντλεί το ID του Χρήστη. Πρέπει να δίνεται το ID αυτό από το αντίστοιχο μοντέλο, αλλιώς θα παράγεται μήνυμα σφάλματος. Αυτό ελέγχεται από τη δομή ελέγχου if-elif της συνάρτησης.

3.8.2.5. Αρχείο “tests.py”

Το αρχείο “tests.py” προστίθεται αυτόματα από το Django και έχει ως σκοπό να βοηθήσει στην αποσφαλμάτωση (debugging) και τον έλεγχο της εφαρμογής. Στην παρούσα εργασία δεν χρησιμοποιείται.

3.8.2.6. Αρχείο “urls.py”

Στο αρχείο “urls.py” ορίζονται τα URLs του “app_scenes” μέσω των οποίων εκτελούνται οι σημαντικότερες λειτουργίες της εφαρμογής, όπως τα login & logout, η ανακατεύθυνση στην κεντρική σελίδα, τη σελίδα οπτικοποίησης των point clouds κλπ. Τα URLs παραπέμπουν σε κλάσεις και συναρτήσεις είτε προκαθορισμένες του Django είτε εξειδικευμένες για τις ανάγκες της εφαρμογής, ο κώδικας των οποίων βρίσκεται στο αρχείο “views.py”.

3.8.2.7. Αρχείο “views.py”

Το αρχείο “views.py” είναι αυτό που περιέχει το σημαντικότερο μέρος του κώδικα της εφαρμογής. Εδώ βρίσκονται οι κλάσεις και οι συναρτήσεις μέσω των οποίων λαμβάνει χώρα η αλληλεπίδραση με τα μοντέλα δεδομένων, τη βάση δεδομένων και τη φυσική υπόσταση των αρχείων που αποθηκεύονται στο σύστημα αρχείων του server.

Γενικά χαρακτηριστικά του κώδικα:

- **Imports:** Στην αρχή του κώδικα γίνεται συμπερίληψη εξωτερικών πακέτων που χρησιμοποιούνται μέσα στο “views.py”. Ανάμεσά τους είναι τα packages των βιβλιοθηκών OSGeo, GDAL και PDAL. Συμπεριλαμβάνονται επίσης οι κλάσεις των αρχείων “models.py” και “forms.py”.
- **NeverCacheMixin:** Κλάση τύπου mixin που αποτρέπει κλάσεις-απογόνους της από το να γίνουν τα περιεχόμενα των ιστοσελίδων τους cached από web browsers.
- **LoginRequiredMixin:** Κλάση τύπου mixin που όταν κληρονομείται από άλλη κλάση, διασφαλίζει ότι μόνο ένας πιστοποιημένος (authenticated) Χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στη σελίδα που φορτώνεται μέσω της παραγώγου κλάσης. Αν ο Χρήστης δεν έχει πιστοποιηθεί, τότε οδηγείται υποχρεωτικά στην σελίδα πιστοποίησης (Login).
- **@login_required:** Decorator ο οποίος κάνει για τις συναρτήσεις στις οποίες επισυνάπτεται ό,τι και η κλάση “LoginRequiredMixin” για τις παραγωγές αυτής κλάσης.

Κλάσεις (class-based views):

- **HomePageView:** Είναι η κλάση μέσω της οποίας καλείται η κεντρική σελίδα (Home Page) της εφαρμογής, δηλ. η σελίδα του Χάρτη ("map_index.html"). Σε κάθε κλήση της εκτελείται η συνάρτηση "initApp", η οποία εκκαθαρίζει βάση δεδομένων και σύστημα αρχείων από "ορφανά" αρχεία ή και καταχωρίσεις. Επίσης, φορτώνεται το template της κεντρικής σελίδας, στο οποίο αποστέλλονται:
 - η λίστα όλων των αποδεκτών τύπων αρχείων για μεταφόρτωση,
 - λεξικό με τα DEM raster αρχεία που έχει ανεβάσει ο Χρήστης,
 - οι αποδεκτοί τύποι raster αρχείων για μεταφόρτωση και
 - το προεπιλεγμένο επίθεμα των αρχείων που παράγονται από το εργαλείο "Drape"
- **PotreePageView:** Είναι η κλάση μέσω της οποίας καλείται η σελίδα οπτικοποίησης Σκηνών του Potree. Με την κλήση της φορτώνεται το template της ιστοσελίδας, δηλ. το "potree_index.html", στο οποίο αποστέλλονται τα προεπιλεγμένα επιθέματα των αρχείων που παράγονται από τα custom εργαλεία της εφαρμογής (Crop, Ground Classification & DEM Generation).

Συναρτήσεις (function views):

- **ScenesDatasetView:** Επιστρέφει σε format GeoJSON τα αντικείμενα του πίνακα "Scenes" της Β.Δ., δηλ. τα σημεία των Σκηνών με την περιγραφική τους πληροφορία, ανάλογα με τα δικαιώματα πρόσβασης του Χρήστη.
- **PointCloudsDatasetView:** Επιστρέφει σε format GeoJSON τα περιεχόμενα του πίνακα "PointClouds" της Β.Δ., δηλ. τις εγγραφές των Αρχείων Νεφών Σημείων με την περιγραφική τους πληροφορία, ανάλογα με τα δικαιώματα πρόσβασης του Χρήστη.
- **AuxiliariesDatasetView:** Επιστρέφει σε format GeoJSON τα περιεχόμενα του πίνακα "Auxiliaries" της Β.Δ., δηλ. τις εγγραφές των Βοηθητικών Αρχείων με την περιγραφική τους πληροφορία, ανάλογα με τα δικαιώματα πρόσβασης του Χρήστη.
- **FSNPopupView:** Εισάγει στη Β.Δ. τα σημεία νέων Σκηνών που προσθέτει ο Χρήστης, αποθηκεύοντάς τα στον πίνακα "Scenes". Χρησιμοποιεί γι' αυτό τον σκοπό τα δεδομένα που εισήγαγε ο Χρήστης στην αντίστοιχη φόρμα της ιστοσελίδας του Χάρτη.
- **FSEPopupView:** Διαχειρίζεται υπάρχουσες Σκηνές της Β.Δ., χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που εισάγει ο Χρήστης στην αντίστοιχη popup φόρμα της ιστοσελίδας του Χάρτη. Ανάλογα με τη λειτουργία που επιλέγεται, εκτελεί τα εξής:
 - Επιλογή 1 – **"Upload File"**: Ανεβάζει στην επιλεγμένη Σκηνή το αρχείο που έχει επιλέξει ο Χρήστης. Εάν το αρχείο είναι point cloud, τότε μετατρέπεται αυτόματα και σε format του Potree, για να είναι δυνατή η θέασή του σε browser. Εάν είναι raster αρχείο (εικόνα), τότε ο Χρήστης μπορεί να επιλέξει τη μετατροπή της σε point cloud. Επίσης, μπορεί να εκτελέσει τη λειτουργία "Drape", την προσαρμογή δηλ. της εικόνας επάνω σε ένα DEM αρχείο που έχει ήδη ανεβάσει. Οι περιγραφικές πληροφορίες των αρχείων αποθηκεύονται στη Β.Δ., στον πίνακα "PointClouds" για τα point cloud και στον πίνακα "Auxiliaries" για τα αρχεία εικόνων. Τα ίδια τα αρχεία αποθηκεύονται στο σύστημα αρχείων του server.
 - Επιλογή 2 – **"View Scene"**: Χτίζει και καλεί το HTML template μέσω του οποίου γίνεται οπτικοποίηση της επιλεγμένης Σκηνής από το Potree ("potree_index.html").
 - Επιλογή 3 – **"Delete Scene"**: Διαγράφει από τη βάση δεδομένων και το σύστημα αρχείων όλα τα Point Cloud & Auxiliary αρχεία που ανήκουν στην επιλεγμένη Σκηνή, μαζί με αυτήν.
 - Επιλογή 4 – **"Download Files"**: Τοποθετεί όλα τα Point Cloud & Auxiliary αρχεία που ανήκουν στην επιλεγμένη Σκηνή μέσα σε ένα συμπίεσμένο αρχείο τύπου "7z", το οποίο στη συνέχεια παρέχει στον Χρήστη για λήψη.

- **FormMenuProcessingView:** Διαχειρίζεται το custom menu “Processing” που έχει προστεθεί στο Potree. Από αυτή τη συνάρτηση γίνεται η εκτέλεση των εργαλείων του μενού, τα οποία εκτελούνται μόνον εφ’όσον ο Χρήστης έχει επιλέξει τουλάχιστον ένα point cloud (θέτοντάς το ως ορατό):
 - Εργαλείο **"Crop"**: Κόβει το(τα) επιλεγμένο(α) point cloud(s) με το(τα) πολύγωνα που έχει σχεδιάσει ο Χρήστης. Το εργαλείο λειτουργεί μόνο εφ’όσον ο Χρήστης έχει σχεδιάσει τουλάχιστον ένα πολύγωνο.
 - Εργαλείο **"Ground Classification"**: Ταξινομεί αυτοματοποιημένα τα σημεία του(των) επιλεγμένου(ων) point cloud(s), ακολουθώντας την τυποποιημένη ταξινόμηση ASPRS, σε: α) σημεία εδάφους [κατ. ASPRS 2], β) σημεία θορύβου [κατ. ASPRS 7] και γ) μη ταξινομημένα σημεία [κατ. ASPRS 1].
 - Εργαλείο **"DEM Generation"**: Παράγει Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρων (Ψ.Μ.Υ.) για το(τα) επιλεγμένο(α) point cloud(s). Εφ’όσον αυτό(ά) περιέχει(ουν) σημεία ταξινομημένα ως σημεία εδάφους, τότε το προκύπτον μοντέλο μπορεί να είναι Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Ψ.Μ.Ε.). Για τον σκοπό αυτό, υπάρχει η δυνατότητα παρεμβολής για το “γέμισμα” κενών περιοχών του μοντέλου. Παράλληλα με τη δημιουργία του μοντέλου, μπορούν - προαιρετικά - να παραχθούν: α) Shapefile Ισοϋψών Καμπυλών και β) μοντέλο σκίασης αναγλύφου (Hillshade).
 - Εργαλείο **"Delete"**: Διαγράφει το(τα) επιλεγμένο(α) point cloud(s) μαζί με όλα τα βοηθητικά (Auxiliary) αρχεία που ανήκουν σε αυτό(ά).

Βοηθητικές Συναρτήσεις (auxiliary functions):

- **addSceneObject:** Προσθέτει νέο αντικείμενο Σκηνής στον πίνακα “Scenes” της Β.Δ.
- **addPointCloudObject:** Προσθέτει νέο αντικείμενο Point Cloud στον πίνακα “PointClouds” της Β.Δ. Το ίδιο το αρχείο δεν αντιγράφεται στη Β.Δ., αλλά στο σύστημα αρχείων του server.
- **addAuxiliaryObject:** Προσθέτει νέο αντικείμενο Βοηθητικού Αρχείου στον πίνακα “Auxiliaries” της Β.Δ. Το ίδιο το αρχείο δεν αντιγράφεται στη Β.Δ., αλλά στο σύστημα αρχείων του server.
- **getSceneObject:** Επιστρέφει αντικείμενο Σκηνής βάσει του ID της.
- **getSceneUser:** Επιστρέφει αντικείμενο Χρήστη που πρόσθεσε μία Σκηνή βάσει του ID της.
- **getSceneName:** Επιστρέφει ονομασία Σκηνής βάσει του ID της.
- **getSceneDownloads:** Επιστρέφει τον μετρητή των downloads Σκηνής βάσει του ID της.
- **updateSceneDownloads:** Ενημερώνει τον μετρητή των downloads Σκηνής βάσει του ID της.
- **getPointCloudObject:** Επιστρέφει αντικείμενο Point Cloud βάσει του ID του.
- **getAuxiliaryObject:** Επιστρέφει αντικείμενο Βοηθητικού Αρχείου βάσει του ID του.
- **queryScenesByUser:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Σκηνών που ανήκουν σε Χρήστη.
- **queryPointCloudsByUser:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Point Cloud που ανήκουν σε Χρήστη.
- **queryPointCloudsByScene:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Point Cloud που ανήκουν σε Σκηνή.
- **queryPointCloudsByBasename:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Point Cloud που έχουν κοινό όνομα αρχείου, εξαιρουμένης της επέκτασης αρχείου (extension), για έναν Χρήστη.
- **queryPointCloudsByFilename:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Point Cloud που έχουν κοινή διαδρομή αρχείου εντός του φακέλλου “media” (media path), συμπεριλαμβανομένης της επέκτασης αρχείου (extension), για έναν Χρήστη.
- **queryAuxiliariesByUser:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Βοηθητικών Αρχείων που ανήκουν σε Χρήστη.
- **queryAuxiliariesByScene:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Βοηθητικών Αρχείων που ανήκουν σε Σκηνή.
- **queryAuxiliariesByPointCloud:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Βοηθητικών Αρχείων που ανήκουν σε Point Cloud.
- **queryAuxiliariesCountableByScene:** Επιστρέφει κατάλογο προσμετρήσιμων στο σύνολο αντικειμένων Βοηθητικών Αρχείων που ανήκουν σε Σκηνή.

- **queryAuxiliariesByBasename:** Επιστρέφει κατάλογο αντικειμένων Βοηθητικών Αρχείων που έχουν κοινό όνομα αρχείου, εξαιρουμένης της επέκτασης αρχείου (extension), για έναν Χρήστη.
- **deletePointCloud:** Διαγράφει Point Cloud από Β.Δ. και σύστημα αρχείων (το Point Cloud αρχείο και τον αντίστοιχο φάκελλο του Potree format).
- **deleteAuxiliary:** Διαγράφει Βοηθητικό Αρχείο από Β.Δ. και σύστημα αρχείων.
- **collectDEMsPerUser:** Επιστρέφει λεξικό που περιέχει τα αρχεία DEM των Σκημών ενός Χρήστη. Το λεξικό έχει τη δομή:
 Scene1_ID: {Aux1ID: Aux1Name, Aux2ID: Aux2Name, Aux3ID: Aux3Name, ...},
 Scene2_ID: {Aux1ID: Aux1Name, Aux2ID: Aux2Name, ...},
 ...

- **runPotreeConverter:** Εκτελεί τον Potree Converter στο παρασκήνιο για να μετατρέψει ένα αρχείο Point Cloud σε HTML format του Potree.
- **buildPotreeIndexPage:** Χτίζει το HTML template της ιστοσελίδας του Potree ("potree_index.html"), μέσω της οποίας γίνεται η οπτικοποίηση Σκημής σε περιηγητή ιστού (web browser). Η ιστοσελίδα βασίζεται στο template "potree_index_base.html".

Η συνάρτηση "loadGUI" συμπληρώνεται ως εξής:

- Προστίθενται τα ID της Σκημής και του Χρήστη που έχει εισάγει τη Σκημή.
- Καθορίζονται τα περιεχόμενα και η σειρά εμφάνισης στο Potree Toolbar των custom menus "User" & "Processing".

Τέλος, για κάθε Point Cloud της Σκημής προστίθεται ο κώδικας που το φορτώνει στον PotreeViewer:

```
<!-- INCLUDE POINT CLOUDS HERE -->
var thePCFile = "/media/user1/pointclouds/
kamariotis-ground/cloud.js";
var thePCName = "kamariotis-ground";
Potree.loadPointCloud(thePCFile, thePCName, e => {
    let pointcloud = e.pointcloud;
    let material = pointcloud.material;
    viewer.scene.addPointCloud(pointcloud);
    material.pointColorType = Potree.PointColorType.RGB;
    material.size = 1;
    material.pointSizeType = Potree.PointSizeType.ADAPTIVE;
    material.shape = Potree.PointShape.SQUARE;
    pointcloud.visible = true;
    viewer.fitToScreen();
});
...
...
...

```

- **generatePDALPipelineCrop:** Παράγει το PDAL Pipeline που χρειάζεται για τη λειτουργία "Crop", δηλαδή την αποκοπή τμήματος ενός Point Cloud που εμπίπτει εντός ενός πολυγώνου.
- **generatePDALPipelineGroundClassification:** Παράγει το PDAL Pipeline που χρειάζεται για τη λειτουργία "Ground Classification", η οποία ταξινομεί με αυτοματοποιημένο τρόπο τα σημεία ενός Point Cloud σε σημεία εδάφους, θορύβου και μη ταξινομημένα.
- **generatePDALPipelineDEM:** Παράγει το PDAL Pipeline που χρειάζεται για τη λειτουργία "DEM Generation", η οποία δημιουργεί ένα DEM raster αρχείο από ένα Point Cloud.
- **generatePDALPipelineClassIsolation:** Παράγει το PDAL Pipeline που χρειάζεται για την απομόνωση μίας κατηγορίας σημείων σε ξεχωριστό αρχείο Point Cloud.
- **generatePDALPipelinePGPCLoad:** Παράγει το PDAL Pipeline που χρειάζεται για τη φόρτωση ενός αρχείου Point Cloud σε πίνακα της PostgreSQL, μέσω του extension "PG-PointCloud".
- **generatePDALPipelineRasterToPC:** Παράγει το PDAL Pipeline που χρειάζεται για τη μετατροπή ενός raster αρχείου εικόνας σε αρχείο Point Cloud.
- **generatePDALPipelineDrapePCToDEM:** Παράγει το PDAL Pipeline που χρειάζεται για τη λειτουργία "Drape", η οποία προσαρμόζει ένα "επίπεδο" Point Cloud, που έχει προκύψει από raster εικόνα, επάνω σε ένα DEM.

- **executePDALPipeline:** Εκτελεί ένα PDAL Pipeline.
- **runGDALFillNoData:** Καλεί τη μέθοδο “FillNoData” της GDAL για να γεμίσει με παρεμβολή τα “κενά” περιοχών χωρίς δεδομένα (“no data”) ενός raster αρχείου εικόνας.
- **runGDALGenerateContour:** Καλεί τη μέθοδο “ContourGenerate” της GDAL για να παράξει ένα shapefile ισοϋψών καμπυλών από ένα raster αρχείο DEM.
- **runGDALPolygonize:** Καλεί τη μέθοδο “Polygonize” της GDAL για να παράξει ένα πολυγωνικό shapefile από ένα raster αρχείο εικόνας.
- **runGDALRasterCalculatorMultiply:** Χρησιμοποιεί την GDAL για να πολλαπλασιάσει τις τιμές ενός raster αρχείου εικόνας με μία σταθερά.
- **getRasterBandCount:** Επιστρέφει μέσω της GDAL το πλήθος των Bands ενός raster αρχείου εικόνας.
- **getWKTAreaPolygonsFromGeoJSONFeatures:** Επιστρέφει μία λίστα με όλα τα πολύγωνα (αντικείμενα “Area-Polygon”) που ενυπάρχουν σε δοθέντα GeoJSON Features.
- **generateUniqueFileName:** Παράγει ένα μοναδικό όνομα αρχείου, τυπικής μορφής: <theBaseName><theSuffix>.<theExtension>. Η συνάρτηση ελέγχει αν υπάρχει ήδη στη Β.Δ. άλλο αρχείο με το ίδιο όνομα για τον Χρήστη. Αν ναι, τότε προσθέτει διαδοχικά αριθμητικά επιθέματα (1,2,3,...) μέχρι να παραχθεί ένα μοναδικό όνομα, το οποίο και επιστρέφει.
- **isRasterGeoTiff:** Διαπιστώνει μέσω της GDAL εάν το δοθέν raster αρχείο εικόνας είναι τύπου “GeoTiff”.
- **isUserAdmin:** Διαπιστώνει εάν ένας Χρήστης είναι “Superuser” ή εάν ανήκει σε ομάδα Διαχειριστών (Administrators). Ο έλεγχος γίνεται βάσει της ονομασίας της ομάδας. Εάν αυτή περιέχει το λεκτικό “admin” (με πεζά), τότε θεωρείται ότι πρόκειται για ομάδα Administrators.
- **generateUserFolderName:** Παράγει την ονομασία του Φακέλλου Χρήστη εντός του φακέλλου “media” (π.χ. “user4”).
- **addPath:** Προσθέτει έναν φάκελλο στο σύστημα αρχείων του server.
- **removePath:** Διαγράφει φάκελλο ή αρχείο από το σύστημα αρχείων του server. Οι φάκελλοι διαγράφονται μαζί με όλα τους τα περιεχόμενα.
- **removeShapefile:** Διαγράφει ένα shapefile (αρχεία shp, dbf, shx κλπ.) από το σύστημα αρχείων του server.
- **convertStringToFilename:** Μετατρέπει μία συμβολοσειρά σε όνομα αρχείου και επιστρέφει ξεχωριστά την επέκταση (extension) από το υπόλοιπο όνομα.
- **convertStringToList:** Μετατρέπει μία συμβολοσειρά σε λίστα βάσει ενός διαχωριστικού χαρακτήρα.
- **convertListToDict:** Μετατρέπει μία λίστα σε λεξικό με το ακόλουθο σκεπτικό:
 - ▷ Τα στοιχεία της λίστας ομαδοποιούνται ανά n στοιχεία.
 - ▷ Το πρώτο στοιχείο κάθε ομάδας θεωρείται το κλειδί της.
 - ▷ Τα υπόλοιπα στοιχεία της ομάδας ανατίθενται σε μία ετικέτα με τη σειρά της λίστας ετικετών που έχει δοθεί από τον Χρήστη.

Για παράδειγμα έστω λίστα με 12 στοιχεία (0-11), μήκος ομάδας “4” και λίστα ετικετών ['label1', 'label2' and 'label3']. Το παραγόμενο λεξικό θα έχει τη δομή:

```
{ 'elm0': {'label1': elm1, 'label2': elm2, 'label3': elm3},
  'elm4': {'label1': elm5, 'label2': elm6, 'label3': elm7},
  'elm8': {'label1': elm9, 'label2': elm10, 'label3': elm11} }
```
- **convertListToString:** Μετατρέπει μία λίστα σε συμβολοσειρά βάσει ενός διαχωριστικού χαρακτήρα.
- **refreshPCCount:** Ανανεώνει τον μετρητή των Point Cloud μίας Σκηνης.
- **refreshAUXCount:** Ανανεώνει τον μετρητή των Βοηθητικών Αρχείων μίας Σκηνης.
- **initApp:** Καλείται κάθε φορά που φορτώνεται η αρχική σελίδα και εκτελεί τις ακόλουθες εργασίες αρχικοποίησης της εφαρμογής:
 - ▷ Καλεί τις συναρτήσεις “purgeUsers”, “purgeMedia” και “purgeTemps” για να διασφαλίσει τη σωστή αντιστοιχία Χρηστών, Αρχείων και Φακέλλων ανάμεσα σε Β.Δ. και σύστημα αρχείων του server και για να εκκαθαρίσει προσωρινά αρχεία.
 - ▷ Ανανεώνει τους μετρητές των Point Cloud και των Βοηθητικών Αρχείων όλων των Σκηνών.

- **purgeUsers:** Διασφαλίζει τη σωστή αντιστοιχία Χρηστών και Φακέλλων Χρηστών (User Folders) ανάμεσα σε Β.Δ. και σύστημα αρχείων του server. Ψάχνει για “ορφανούς” Φακέλλους Χρηστών και τους διαγράφει. Τέτοιοι φάκελλοι μπορεί να έχουν παραμείνει ύστερα από διαγραφή μέσα από το περιβάλλον “Admin” του Django ή απ’ευθείας από το λειτουργικό σύστημα. Επίσης, διασφαλίζει ότι για κάθε Χρήστη θα υπάρχει ο αντίστοιχος Φάκελλος Χρήστη.
- **purgeMedia:** Διασφαλίζει τη σωστή αντιστοιχία Αρχείων & Φακέλλων Media ανάμεσα σε Β.Δ. και σύστημα αρχείων του server. Ψάχνει για “ορφανά” αρχεία, φακέλλους ή και εγγραφές της Β.Δ. και τα διαγράφει. Τέτοια αντικείμενα μπορεί να έχουν παραμείνει ύστερα από διαγραφή μέσα από το περιβάλλον “Admin” του Django ή απ’ευθείας από το λειτουργικό σύστημα. Το πρόσθετο “Django-Cleanup” διαγράφει αυτόματα αρχεία που συνδέονται με τη Β.Δ. μέσω πεδίων τύπου “FileField” ή “ImageField”, αλλά όχι και φακέλλους.
- **purgeTemps:** Εκκαθαρίζει τον φάκελλο αποθήκευσης προσωρινών αρχείων.
- **runMenuProcessingTool:** Εκτελεί τα εργαλεία “Crop”, “Ground Classification” και “DEM Generation” του custom menu “Processing” που έχει προστεθεί στην ιστοσελίδα του Potree.

3.8.3. Templates του Django App Scenes (θέση: “app_scenes/templates”)

Ο φάκελλος “**app_scenes/templates**” του Root Directory περιέχει τα αρχεία των HTML templates που χρησιμοποιούνται από το Django App “app_scenes”. Ο φάκελλος αυτός περιέχει τα αρχεία κώδικα:

- **Login18_change_password.html,**
- **Login18_index.html,**
- **map_index.html,**
- **map_index_base.html** και
- **potree_index_base.html**

3.8.3.1. Template “Login18_change_password.html”

Το αρχείο “**Login18_change_password.html**” είναι το template της σελίδας αλλαγής μυστικού κωδικού Χρήστη. Αποτελεί προσαρμογή του Colorlib Template “Login v18”. Για να λειτουργήσει με τα έτοιμα class-based views του Authentication System του Django, εισάγονται στο template οι μεταβλητές αυθεντικοποίησης Χρήστη των views αυτών, όπως φαίνεται στο παρακάτω απόσπασμα του κώδικα:

```
<form class="login100-form validate-form" method="post">
    {% csrf_token %}

    <span class="login100-form-title p-b-43">
        Welcome <i>{{ user.get_username }}</i><br>
        Change your Password
    </span>

    ...
    <div class="wrap-input100 validate-input" data-validate="Old
    Password is required">
        <input class="input100" type="password"
        name="{{ form.old_password.html_name }}">
        <span class="focus-input100"></span>
        <span class="label-input100">Old Password</span>
    </div>

    <div class="wrap-input100 validate-input" data-validate="New
    Password is required">
        <input class="input100" type="password"
        name="{{ form.new_password1.html_name }}">
        <span class="focus-input100"></span>
```

```

        <span class="label-input100">New Password</span>
    </div>
    ...
</form>

```

3.8.3.2. Template “Login18_index.html”

Όπως το αρχείο “Login18_change_password.html” έτσι και το “**Login18_index.html**” αποτελεί προσαρμογή του Colorlib Template “Login v18”. Είναι το template της σελίδας εισόδου (login) Χρήστη. Λειτουργεί με τρόπο όμοιο του “Login18_change_password.html” και ισχύουν και γι’ αυτό οι ίδιες παρατηρήσεις.

3.8.3.3. Template “map_index.html”

Το αρχείο “**map_index.html**” αποτελεί το κεντρικό template της εφαρμογής, αυτό από το οποίο φορτώνεται η κεντρική ιστοσελίδα του “PC Repository”. Ωστόσο, το ίδιο δεν περιέχει ουσιαστικά κώδικα. Τον κληρονομεί από το template “map_index_base.html” μέσα από την ειδική μεταβλητή του Django “**{{ content }}**”.

3.8.3.4. Template “map_index_base.html”

Το αρχείο “**map_index_base.html**” είναι αυτό που περιέχει τον HTML κώδικα της κεντρικής ιστοσελίδας (Home Page) της εφαρμογής. Ο κώδικάς του κληρονομείται από το template “map_index.html”, μέσω του οποίου φορτώνεται η κεντρική σελίδα. Τα σημαντικότερα σημεία του κώδικα είναι τα παρακάτω:

- Οι πρώτες γραμμές του κώδικα παράγουν τα απόλυτα URL των αρχείων του φακέλλου “static”, φορτώνουν το πρόσθετο “django-leaflet” και εμφανίζουν alerts με τυχόν μηνύματα:

```

<html>
    {% load static %}
    {% load leaflet_tags %}

    {% if messages %}
        {% for message in messages %}
            <script>alert('{{ message }}');

```

- Οι επόμενες γραμμές ορίζουν τον τίτλο της ιστοσελίδας, το στυλ εμφάνισης του Χάρτη και φορτώνουν τα στοιχεία του φακέλλου “static”:

```

<title>Point Cloud Repository</title>

<style type="text/css">
    #gis {position: absolute; width:100%; height:100%; margin:0;
    padding:0; top:0; bottom:0; right:0; left:0;}
</style>

<link rel="stylesheet" type="text/css" href="{% static
'CSS/PC_Repository.css' %}" />
...

<script type="text/javascript" src="{% static
'leaflet_ajax/leaflet.ajax.js' %}"> </script>
...

```

- Ακολουθεί ο javascript κώδικας των συναρτήσεων:
 - **onFSNSCNameInput**: Ενεργοποιεί το πλήκτρο “Add” με το οποίο προστίθεται νέο Scene, εφόσον ο χρήστης έχει πληκτρολογήσει ένα όνομα.
 - **onFSEFileChange**: Ενεργοποιεί το πλήκτρο “Upload File” με το οποίο ανεβαίνει στο σύστημα ένα αρχείο, εφόσον ο χρήστης έχει επιλέξει ένα. Εάν το επιλεγμένο αρχείο είναι αρχείο εικόνας, τότε ενεργοποιούνται και τα checkboxes για μετατροπή της εικόνας σε point cloud καθώς και η επιλογή “drape”.
 - **onFSEConvertImageToPCClick**: καθορίζει την τιμή του “Convert Image to Point Cloud” checkbox, ανάλογα με το αν είναι επιλεγμένο ή όχι
 - **onFSEDrapeImageClick**: καθορίζει την τιμή του “Drape Image to DEM” checkbox, ανάλογα με το αν είναι επιλεγμένο ή όχι. Επίσης ενεργοποιεί / απενεργοποιεί το πλαίσιο εισόδου ονομασίας του draped image και το πλαίσιο επιλογής DEM αρχείου.
- Έπειτα έχουμε την κεντρική συνάρτηση **ShowLayers**, μέσα στην οποία λαμβάνουν χώρα οι κεντρικότερες διεργασίες της ιστοσελίδας.

```
<script type="text/javascript">
    function ShowLayers(theMap, theOptions) {
        ( ..... )
    }
</script>
```

Κατά την κλήση της συνάρτησης “ShowLayers”, εκτελούνται συνοπτικά τα εξής:

- Ορίζονται τα μηνύματα & tooltips των συνδέσμων για logout και αλλαγή password.
- Προστίθεται ο σύνδεσμος (link) αλλαγής password.
- Ορίζονται τα στυλ εμφάνισης markers για: νέα σημεία και Scenes.
- Ανακτώνται από τη Β.Δ. και εμφανίζονται στον χάρτη οι υπάρχουσες εγγραφές Scenes.
- Χτίζεται η φόρμα διαχείρισης υπάρχοντος Scene. Μέσω αυτής γίνεται:
 - να ανεβαίνουν αρχεία point cloud ή και εικόνων raster στο σύστημα
 - να μετατρέπονται raster αρχεία σε point clouds
 - drape raster αρχείων επάνω σε DEMs
 - οπτικοποίηση ενός Scene στο Potree
 - διαγραφή ενός Scene και όλων των σχετιζόμενων αρχείων
 - κατέβασμα (download) των αρχείων ενός Scene σε συμπιεσμένο αρχείο
- Προστίθεται το χειριστήριο παρουσίασης συντεταγμένων κέρσορα.
- Προστίθεται το χειριστήριο αναζήτησης τοποθεσίας στον χάρτη.
- Προστίθεται το πλήκτρο εισαγωγής νέου Scene στη Β.Δ.
- Ορίζεται η συνάρτηση “addNewMarker” κατά την κλήση της οποίας:
 - τοποθετείται ο marker νέου σημείου,
 - ενεργοποιείται η ιδιότητα “dragging” του marker,
 - χτίζεται η popup φόρμα εισαγωγής νέου Scene,
 - καθορίζονται συμβάντα για το πάτημα του marker νέου σημείου, του πλήκτρου “Remove” και του πλήκτρου “Close” της popup φόρμας.
- Προστίθεται το πλήκτρο του Logout.

Εάν ο χρησιμοποιούμενος browser δεν δέχεται την αλλαγή του δείκτη του ποντικιού σε σταυρόνημα κατά το πάτημα του πλήκτρου “Add Scene”, τότε θα πρέπει να απενεργοποιηθεί (με σχολιασμό – remark) η γραμμή:

```
$('.leaflet-container').css('cursor','crosshair');
```


- Τέλος, ακολουθεί η κλήση της συνάρτησης “ShowLayers” από τον χάρτη του Leaflet:

```
{% leaflet_map "gis" callback="window.ShowLayers" %}
```

Το κεντράρισμα των εικονιδίων των πλήκτρων “Add Scene” και “Logout”, ανάλογα με τον χρησιμοποιούμενο browser, ίσως χρειαστεί ενεργοποίηση (με αφαίρεση σχολιασμού – remark) μόνο της μίας ή και των δύο παρακάτω γραμμών:

```
the<...>Button.button.style.display = "flex";  
the<...>Button.button.style.display = "center";
```

3.8.3.5. Template “potree_index_base.html”

Το template “**potree_index_base.html**” είναι αυτό στο οποίο βασίζεται η παραγωγή του template “potree_index.html”, μέσω του οποίου φορτώνεται η σελίδα του Potree για την οπτικοποίηση των Σκηνών. Τα σημαντικότερα σημεία του κώδικα είναι τα παρακάτω:

- Οι πρώτες γραμμές του κώδικα παράγουν τα απόλυτα URL των αρχείων του φακέλλου “static” και εμφανίζουν alerts με τυχόν μηνύματα:

```
<html lang="en">  
  {% load static %}  
  
  {% if messages %}  
    {% for message in messages %}  
      <script>alert('{{ message }}');    {% endfor %}  
  {% endif %}
```

- Οι επόμενες γραμμές ορίζουν τον τίτλο και κάποια μεταδεδομένα της ιστοσελίδας και φορτώνουν τα στοιχεία του φακέλλου “static”:

```
<head>  
  <meta charset="utf-8">  
  ...  
  <title>Potree Viewer</title>  
  
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="{% static  
  'CSS/PC_Repository.css' %}" />  
  ...
```

- Έπειτα, φορτώνονται τα (τυπικά) επιθέματα των αρχείων που παράγονται από τα custom εργαλεία της εφαρμογής. Τα επιθέματα αυτά παρέχονται στο template από το σύστημα του Django όταν γίνεται η κλήση του μέσα από το “views.py”:

```
var theSystemSuffixCrop = "{{ theSystemSuffixCrop }}";  
var theSystemSuffixGround = "{{ theSystemSuffixGround }}";  
var theSystemSuffixDEM = "{{ theSystemSuffixDEM }}";  
var theSystemSuffixContour = "{{ theSystemSuffixContour }}";  
var theSystemSuffixHillshade = "{{ theSystemSuffixHillshade }}";
```

- Ακολουθεί ο javascript κώδικας των custom συναρτήσεων:
 - **onPageLoadExecute**: Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τα custom εργαλεία της εφαρμογής, ανάλογα με τον Χρήστη που έχει φορτώσει τη Σκηνή. Εκτελείται κάθε φορά που φορτώνεται η σελίδα του Potree, αλλά και σε κάθε πέρασμα του δείκτη του ποντικιού πάνω από τον τίτλο του custom menu “Processing”.
 - **onMenuProcessingItemClick**: Λαμβάνει τη λίστα των επιλεγμένων από τον Χρήστη (δηλ. ορατών) point clouds της Σκηνής. Η λίστα περιλαμβάνει και τις ιδιότητες των custom εργαλείων όπως έχουν οριστεί για κάθε point cloud μέσα από το Properties Panel αυτού. Εκτελείται όταν ο Χρήστης τρέξει ένα από τα custom εργαλεία του menu “Processing”.
 - **onMenuProcessingItemCropClick**: Εκτελείται όταν ο Χρήστης τρέξει το custom εργαλείο “Crop” του menu “Processing”. Λαμβάνει σε μορφή GeoJSON τα αντικείμενα μετρήσεων που έχει σχεδιάσει ο Χρήστης στην οθόνη. Μεταξύ αυτών βρίσκονται και τα απαραίτητα για τη λειτουργία του “Crop” πολύγωνα. Στο τέλος καλείται η συνάρτηση “onMenuProcessingItemClick”.
 - **onMenuProcessingItemGroundClick**: Εκτελείται όταν ο Χρήστης τρέξει το custom εργαλείο “Ground Classification” του menu “Processing”. Καλεί τη συνάρτηση “onMenuProcessingItemClick”.
 - **onMenuProcessingItemDEMClick**: Εκτελείται όταν ο Χρήστης τρέξει το custom εργαλείο “DEM Generation” του menu “Processing”. Καλεί τη συνάρτηση “onMenuProcessingItemClick”.
 - **onMenuProcessingItemDeleteClick**: Εκτελείται όταν ο Χρήστης τρέξει το custom εργαλείο “Delete” του menu “Processing”. Καλεί τη συνάρτηση “onMenuProcessingItemClick”.
- Οι επόμενες γραμμές φορτώνουν επιπλέον στοιχεία του φακέλλου “static” και ορίζουν βασικές παραμέτρους του Potree:

```
<!-- INCLUDE ADDITIONAL DEPENDENCIES HERE -->
<body onload="onPageLoadExecute()">
  <script src="{% static 'Potree/libs/jquery/
  jquery-3.1.1.min.js' %}"></script>
  ...
  ...
<!-- INCLUDE POTREE SETTINGS HERE -->
document.title = "";
viewer.setEDLEnabled(false);
viewer.setBackground("gradient");
viewer.setDescription("");

<div class="potree_container" style="position: absolute;
width: 100%; height: 100%; left: 0px; top: 0px; ">
  <div id="potree_render_area"></div>
  <div id="potree_sidebar_container"> </div>
</div>

<script>
  window.viewer = new Potree.Viewer(document.getElementById
  ("potree_render_area"));

  viewer.setEDLEnabled(true);
  viewer.setFOV(60);
  viewer.setPointBudget(1*1000*1000);
  document.title = "";
  viewer.setEDLEnabled(false);
  viewer.setBackground("gradient");
  viewer.setDescription("");
  viewer.loadSettingsFromURL();
```

- Ακολουθεί ο κώδικας της συναρτήσης **loadGUI**. Μέσα σε αυτήν προστίθενται στο Potree τα custom menu της εφαρμογής, δηλ. τα menu “User” & “Processing”:

```
viewer.loadGUI(() => {
    viewer.setLanguage('en');
    //$("#menu_appearance").next().show();
    //$("#menu_tools").next().show();
    $("#menu_scene").next().show();
    viewer.toggleSidebar();

    let MenuUserSection = $(`
        <h3 id="menu_user" class="accordion-header
        ui-widget"><span>User</span></h3>
        <div class="accordion-content ui-widget
        pv-menu-list"></div>
    `);
    let MenuUserContent = MenuUserSection.last();

    let MenuProcessingSection = $(`
        <h3 id="menu_processing" class="accordion-header
        ui-widget" onmouseover="onPageLoadExecute()">
        <span>Processing</span></h3>
        <div class="accordion-content ui-widget
        pv-menu-list"></div>
    `);
    let MenuProcessingContent = MenuProcessingSection.last();
```

➤ Το υπόλοιπο του κώδικα του “potree_index.html” παράγεται αυτοματοποιημένα μέσα από το αρχείο “views.py” και προστίθεται σε συνέχεια του παρόντος. Μέσω αυτού συμπληρώνονται τα περιεχόμενα των custom menus της εφαρμογής και φορτώνονται στη Σκηνή τα point clouds που της ανήκουν.

3.8.4. Αρχεία του φακέλλου “static”

Ο φάκελλος “static” του Root Directory περιέχει αρχεία διαφόρων plugins, τα περισσότερα εκ των οποίων χρησιμοποιούνται απ’ευθείας όπως τα προμηθευόμαστε. Υπάρχουν, ωστόσο, ορισμένα που χρειάζονται κάποιες απαραίτητες τροποποιήσεις, καθώς και άλλα που τα δημιουργούμε εμείς εξ’αρχής:

- **PC_Repository.css** (νέο αρχείο),
- **main.css** (τροποποιούμενο),
- **potree.js** (τροποποιούμενο) και
- **divide_z.py** (νέο αρχείο)

3.8.4.1. Αρχείο “PC_Repository.css” (θέση: “static\CSS”)

Το αρχείο “PC_Repository.css” περιέχει το css styling που χρησιμοποιείται από τα HTML Templates της εφαρμογής. Κάποιες από τις κλάσεις είναι σχεδιασμένες εξ’αρχής, ενώ ορισμένες προέρχονται από το css αρχείο του Potree και έχουν τροποποιηθεί.

3.8.4.2. Αρχείο “main.css” (θέση: “static>Login_v18\css”)

Το αρχείο “main.css” περιέχει το css styling που χρησιμοποιείται από το Colorlib Login_v18 HTML Template, το οποίο χρησιμοποιείται από την εφαρμογή ως φόρμα Login & Password Change. Στο αρχείο έχουν γίνει μικρές τροποποιήσεις.

3.8.4.3. Αρχείο “potree.js” (θέση: “static\Potree\libs\potree”)

Το αρχείο “**potree.js**” περιέχει τον βασικό javascript κώδικα του Potree. Το σημαντικότερο μέρος της λειτουργικότητας του Potree βρίσκεται σε αυτό το αρχείο. Ως εκ τούτου και η παραμετροποίηση που έχει γίνει στον Potree στα πλαίσια της εφαρμογής “PC_Repository” περνάει υποχρεωτικά από αυτό.

Ο κώδικας του Potree στην έκδοση 1.6 είναι αντικειμενοστρεφής. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα στοιχεία που αποτελούν την ιστοσελίδα του είναι οργανωμένα σε κλάσεις δεδομένων από τις οποίες παράγονται τα κατάλληλα αντικείμενα. Επομένως και η παραμετροποίησή του για τις ανάγκες της εφαρμογής έπρεπε να ακολουθήσει αυτό το μοντέλο.

Γι’αυτό χρειάστηκε πρώτα κατανόηση του κώδικα και “αντίστροφη εξέλιξη” (reverse engineering). Δηλαδή, μελετώντας τον τρόπο λειτουργίας κάποιων από τα εργαλεία του Potree και τον κώδικα που τους αντιστοιχεί επήλθε κατανόηση της αντικειμενοστρεφούς αρχιτεκτονικής του κώδικα. Έπειτα από αυτό έγιναν οι κατάλληλες παρεμβάσεις και προσθήκες στον κώδικα του αρχείου, ώστε να υλοποιηθούν τα custom εργαλεία της εφαρμογής “PC Repository”.

Ο κώδικας του αρχείου “potree.js” στο μεγαλύτερό του μέρος παρέμεινε αναλλοίωτος. Τα μόνα σημεία στα οποία έγιναν παρεμβάσεις είναι τα:

- Κλάση **PointCloudOctree**,
- Συνάρτηση **loadPointCloud** και
- Κλάση **PropertiesPanel**

PointCloudOctree (κλάση)

Η κλάση “PointCloudOctree” κληρονομεί την κλάση “PointCloudTree” και είναι αυτή που δημιουργεί αντικείμενα τύπου Point Cloud, με όλες τις ιδιότητες που απαιτούνται για τη χρήση τους από τον Potree. Σε αυτές πρέπει να προστεθούν και εκείνες που αφορούν στα custom εργαλεία της εφαρμογής “PC Repository”. Ο κώδικας που έχει προστεθεί στην κλάση είναι ο εξής (παρατίθεται συντομευμένος):

```
// "PC_Repository" Menus - Start -----

// Add Properties necessary for the "PC_Repository" Menus

// Crop Tool
this.toolCropOutputName = '';

// Ground Classification Tool
this.toolGroundOutputName = '';

// DEM Tool
this.toolDEMOutputName = '';
this.toolDEMResolution = '';
this.toolDEMGroundOnly = '';
this.toolDEMGroundOnlyChecked = '';
...
this.toolDEMSmoothingIterations = '';
this.toolDEMSmoothingIterationsClass = '';
this.toolDEMSmoothingIterationsDisabled = '';
this.toolDEMSmoothingIterationsLabelClass = '';

// DEM Tool - Generate Contours
this.toolDEMGenerateContours = '';
this.toolDEMGenerateContoursChecked = '';
...
```

```

this.toolDEMContoursInterval = '';
this.toolDEMContoursIntervalClass = '';
this.toolDEMContoursIntervalDisabled = '';
this.toolDEMContoursIntervalLabelClass = '';

// DEM Tool - Generate Hillshade
this.toolDEMGenerateHillshade = '';
this.toolDEMGenerateHillshadeChecked = '';
...
this.toolDEMHillshadeCombined = '';
this.toolDEMHillshadeCombinedChecked = '';
this.toolDEMHillshadeCombinedDisabled = '';
this.toolDEMHillshadeCombinedLabelClass = '';

// "PC_Repository" Menus - End -----

```

Για κάθε custom εργαλείο (Crop Tool, Ground Classification Tool & DEM Tool) έχουν ομαδοποιηθεί οι απαραίτητες πρόσθετες ιδιότητες με ομοιόμορφη ονοματοδοσία. Ο σκοπός αυτού του κώδικα είναι η προσθήκη των ιδιοτήτων αυτών σε κάθε νέο αντικείμενο Point Cloud που δημιουργείται. Όλες αυτές οι ιδιότητες είναι τύπου string και προστίθενται στην κλάση με τιμή “κενό”. Αφορούν τόσο σε τιμές διαφόρων μεγεθών όσο και στον τρόπο απεικόνισής τους στην ιστοσελίδα του Potree. Ο τελεστής “this” καταχωρεί τις ιδιότητες στο αντικείμενο που δημιουργείται κάθε φορά, δηλ. κάθε αντικείμενο Point Cloud έχει τις δικές του ιδιότητες.

loadPointCloud (συνάρτηση)

Η συνάρτηση “loadPointCloud” καλείται όταν φορτώνεται για πρώτη φορά στον Potree ένα αντικείμενο Point Cloud. Ο κώδικας που έχει προστεθεί στη συνάρτηση και αφορά στα custom εργαλεία της εφαρμογής είναι ο εξής (παρατίθεται συντομευμένος):

```

// "PC_Repository" Menus - Start -----

// Initialize properties of the <pointcloud> necessary for the
"PC_Repository" Menus

// Crop Tool
pointcloud.toolCropOutputName = pointcloud.name + "_" +
theSystemSuffixCrop;

// Ground Classification Tool
pointcloud.toolGroundOutputName = pointcloud.name + "_" +
theSystemSuffixGround;

// DEM Tool
pointcloud.toolDEMOutputName = pointcloud.name + "_" +
theSystemSuffixDEM;
pointcloud.toolDEMResolution = '0.5';
pointcloud.toolDEMGroundOnly = 'True';
pointcloud.toolDEMGroundOnlyChecked = 'checked';
...
pointcloud.toolDEMSmoothingIterations = '0';
pointcloud.toolDEMSmoothingIterationsClass = 'class="TextInput"';
pointcloud.toolDEMSmoothingIterationsDisabled = '';
pointcloud.toolDEMSmoothingIterationsLabelClass =
'class="LabelIndented"';

// DEM Tool - Generate Contours

```

```

pointcloud.toolDEMGenerateContours = 'True';
pointcloud.toolDEMGenerateContoursChecked = 'checked';
...
pointcloud.toolDEMContoursInterval = '1.0';
pointcloud.toolDEMContoursIntervalClass = 'class="TextInput"';
pointcloud.toolDEMContoursIntervalDisabled = '';
pointcloud.toolDEMContoursIntervalLabelClass =
'class="LabelIndented"';

// DEM Tool - Generate Hillshade
pointcloud.toolDEMGenerateHillshade = 'True';
pointcloud.toolDEMGenerateHillshadeChecked = 'checked';
...
pointcloud.toolDEMHillshadeCombined = 'False';
pointcloud.toolDEMHillshadeCombinedChecked = '';
pointcloud.toolDEMHillshadeCombinedDisabled = '';
pointcloud.toolDEMHillshadeCombinedLabelClass =
'class="LabelNormal"';

// "PC_Repository" Menus - End -----

```

Στον κώδικα αυτό αρχικοποιούνται οι τιμές των πρόσθετων ιδιοτήτων των custom εργαλείων (Crop Tool, Ground Classification Tool & DEM Tool) με διάφορες default τιμές. Η αρχικοποίηση γίνεται ξεχωριστά για κάθε αντικείμενο Point Cloud που έχει προστεθεί. Η πρόσβαση στο αντικείμενο γίνεται με τον όρο “pointcloud”, που συμβολίζει το αντικείμενο τύπου Point Cloud που έχει προστεθεί.

PropertiesPanel (κλάση)

Η κλάση “PropertiesPanel” δημιουργεί τα αντικείμενα στα οποία παρουσιάζονται με γραφικό τρόπο οι ιδιότητες κάθε Point Cloud, δηλ. τα Panel Ιδιοτήτων. Κάθε Point Cloud έχει το δικό του Panel Ιδιοτήτων, από το οποίο μπορεί ο Χρήστης να ρυθμίζει ξεχωριστά τις ιδιότητες καθενός. Έτσι, επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη εκτέλεση των custom εργαλείων της εφαρμογής “PC Repository” για περισσότερα του ενός Point Cloud, με διαφορετικές επιλογές για το καθένα. Ο κώδικας που έχει προστεθεί στην κλάση είναι ο εξής (παρατίθεται συντομευμένος):

- Στη μεταβλητή “panel” της συνάρτησης “setPointCloud” συμπληρώνεται:

```

<!-- PC-REPOSITORY CUSTOM MENU -->
<div class="divider">
    <span>Processing Options</span>
</div>

<div id="MenuProcessing_ItemOutputNames_ID">
    <div class="DivContainerPotree">
        <p><i>Enter filenames <b>without</b> extensions:</i></p>
    </div>
    ...
</div>

<div class="DivContainerPotree" id="MenuProcessing_ItemDEM
ToolOptions_ID">
    <fieldset>
        <legend class="pv-select-label">DEM Tool Options:</legend>
        <label for="MenuProcessing_FldOutputNameDEM_ID" class="pv-
select-label">DEM Raster Output Name:</label><br>
        ...
    </fieldset>

```

```

        ...
    </fieldset>
</div>

```

- Μετά τη μεταβλητή “panel” της συνάρτησης “setPointCloud” προστίθεται:

```

// "PC_Repository" Custom Menus - Start -----

// Add a jQuery function for toggling the <disabled> property of
elements

(function($) {
    $.fn.toggleDisabled = function(){
        return this.each(function(){
            this.disabled = !this.disabled;
        });
    };
})(jQuery);

// Add a listener for updating the <Crop Output Name> each time
the User gives some input
document.getElementById('MenuProcessing_FldOutputNameCrop_ID').
oninput = function(){
    let theFldOutputNameCrop = document.getElementById(
        'MenuProcessing_FldOutputNameCrop_ID').value;
    pointcloud.toolCropOutputName = theFldOutputNameCrop;
};

...
...
...

// Add a listener for updating the <Hillshade Combined> each time
the User gives some input
document.getElementById('MenuProcessing_FldHillshadeCombined_ID').
onclick = function(){
    let theFldToolDEMHillshadeCombined = pointcloud.toolDEM
    HillshadeCombined;

    if ( theFldToolDEMHillshadeCombined == 'True' ) {
        pointcloud.toolDEMHillshadeCombined = 'False';
        pointcloud.toolDEMHillshadeCombinedChecked = '';
    } else if ( theFldToolDEMHillshadeCombined == 'False' ) {
        pointcloud.toolDEMHillshadeCombined = 'True';
        pointcloud.toolDEMHillshadeCombinedChecked = 'checked';
    }
};

// "PC_Repository" Custom Menus - End -----

```

Στο πρώτο τμήμα του κώδικα υλοποιείται η γραφική διεπαφή των custom εργαλείων (Crop Tool, Ground Classification Tool & DEM Tool). Στο δεύτερο τμήμα τοποθετούνται οι listeners που αναλαμβάνουν την εκτέλεση των εργαλείων, ανάλογα με τις επιλογές του Χρήστη.

3.8.4.4. Αρχείο “divide_z.py” (θέση: “static\py”)

Το αρχείο “**divide_z.py**” περιέχει μία συνάρτηση της Python, την “divide_z”, η οποία χρησιμοποιείται από τη βιβλιοθήκη PDAL για να διαιρούνται τα υψόμετρα δοθέντος point cloud με μία σταθερά. Η σταθερά αυτή παρέχεται στη συνάρτηση μέσω ενός λεξικού ονόματι “pdalargs”. Η συνάρτηση “divide_z” χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία “Drape”, όταν μία γεωαναφερμένη εικόνα πρέπει να “προσαρμοστεί” επάνω στο ανάγλυφο της περιοχής που απεικονίζει.

3.9. Λειτουργίες Παρασκήνιου

Η εφαρμογή “PC Repository” διαθέτει ορισμένες βοηθητικές λειτουργίες που εκτελούνται στο παρασκήνιο, χωρίς επέμβαση των Χρηστών:

- Οι διευθύνσεις (URLs) της εφαρμογής είναι προσβάσιμες μόνο από πιστοποιημένους χρήστες, διαφορετικά εκτελείται ανακατεύθυνση στη σελίδα πιστοποίησης (login page).
- Οι ονομασίες αρχείων που δίνονται από τους Χρήστες, είτε κατά τη μεταφόρτωση είτε κατά την εκτέλεση των πρόσθετων εργαλείων, πρέπει να είναι μοναδικές για κάθε Χρήστη. Η εφαρμογή ελέγχει αν υπάρχει ήδη στη Β.Δ. καταχωρημένο άλλο αρχείο με το ίδιο όνομα για τον Χρήστη. Αν ναι, τότε προσθέτει διαδοχικά αριθμητικά επιθέματα (1,2,3,...) μέχρι να παραχθεί ένα μοναδικό όνομα. Αυτό χρειάζεται διότι τα αρχεία τοποθετούνται σε ξεχωριστό φάκελλο ανά Χρήστη και οι ονομασίες τους πρέπει να διαφέρουν.
- Ένας Χρήστης που είναι Διαχειριστής (Administrator) μπορεί να βλέπει τις Σκηνές όλων των Χρηστών (και να “κατεβάζει” τα αρχεία τους), σε αντίθεση με τους απλούς Χρήστες που μπορούν να βλέπουν μόνο τις δικές τους. Κάθε Χρήστης όμως μπορεί να χρησιμοποιεί το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής για να επεμβαίνει & να επεξεργάζεται με τα πρόσθετα εργαλεία μόνο δικές του Σκηνές.
- Μόνο Χρήστες που είναι Διαχειριστές (Administrators) μπορούν να εισέρχονται στο Admin Site. Οι απλοί Χρήστες δεν έχουν αυτό το δικαίωμα.
- Η εφαρμογή διαθέτει αρκετούς τρόπους εκκαθάρισης του συστήματος αρχείων και της Β.Δ. από “ορφανά” αρχεία και εγγραφές αντίστοιχα:
 - ▷ **Cascaded Foreign Keys:** Οι πίνακες των μοντέλων δεδομένων συνδέονται μεταξύ τους με foreign keys, στα οποία έχει ενεργοποιηθεί η ιδιότητα “Cascade”. Αυτό σημαίνει ότι όταν διαγραφεί μία από τις οντότητες στις οποίες αυτό παραπέμπει, τότε θα διαγραφούν αυτόματα και οι αντίστοιχες οντότητες του μοντέλου που περιέχει τη δήλωση αυτή. Για παράδειγμα, εάν διαγραφεί ένας Χρήστης, τότε θα διαγραφούν όλα τα Scenes, PointClouds και Auxiliaries που ανήκουν σε αυτόν. Εάν διαγραφεί ένα Point Cloud, τότε θα διαγραφούν όλα τα Auxiliaries που εξαρτώνται από αυτό κ.ο.κ.
 - ▷ **Django-Cleanup:** Το πρόσθετο “Django-Cleanup” (Shalyapin, 2012) επιτρέπει την αυτοματοποιημένη διαγραφή αρχείων (όχι όμως και φακέλλων) τα οποία αποθηκεύονται μέσω πεδίων τύπου FileField, ImageField και παραγώγων κλάσεων, όταν επέρχεται είτε αποθήκευση νέου αρχείου είτε διαγραφή οντότητας των μοντέλων δεδομένων.
 - ▷ **Purge Users:** Διασφαλίζει τη σωστή αντιστοιχία Χρηστών και Φακέλλων Χρηστών (User Folders) ανάμεσα σε Β.Δ. και σύστημα αρχείων του server. Ψάχνει για “ορφανούς” Φακέλλους Χρηστών και τους διαγράφει. Τέτοιοι φάκελλοι μπορεί να έχουν παραμείνει ύστερα από διαγραφή μέσα από το περιβάλλον “Admin” του Django ή απ’ευθείας από το λειτουργικό σύστημα. Επίσης, διασφαλίζει ότι για κάθε Χρήστη θα υπάρχει ο αντίστοιχος Φάκελλος Χρήστη.
 - ▷ **Purge Media:** Διασφαλίζει τη σωστή αντιστοιχία αρχείων & φακέλλων media ανάμεσα σε Β.Δ. και σύστημα αρχείων του server. Ψάχνει για “ορφανά” αρχεία, φακέλλους ή και εγγραφές της Β.Δ. και τα διαγράφει. Τέτοια αντικείμενα μπορεί να έχουν παραμείνει ύστερα από διαγραφή μέσα από το περιβάλλον “Admin” του Django ή απ’ευθείας από το λειτουργικό σύστημα.
 - ▷ **Purge Temps:** Εκκαθαρίζει τον φάκελλο αποθήκευσης προσωρινών αρχείων.

- Κάθε φορά που φορτώνεται η αρχική σελίδα της εφαρμογής, εκτελούνται αυτόματα οι συναρτήσεις Purge (Users, Media & Temps) και ανανεώνονται οι καταμετρήσεις των Point Clouds και των Βοηθητικών Αρχείων όλων των Σκηνών. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο, ιδιαίτερα κατά την εξέλιξη ή και αποσφαλμάτωση της εφαρμογής, οπότε και χρειάζεται ένας εύκολος και γρήγορος τρόπος διαγραφής περιττών αρχείων με ταυτόχρονη ενημέρωση της Β.Δ. - αρκεί μία ανανέωση της αρχικής σελίδας!
- Τα Βοηθητικά Αρχεία (Auxiliaries) επισημαίνονται ως απαριθμούμενα ή όχι, ούτως ώστε στοιχεία που αποτελούνται από περισσότερα του ενός αρχεία (π.χ. τα shapefiles) να απαριθμούνται άπαξ.
- Πριν συμπειστούν τα αρχεία μίας Σκηνής για αποστολή στον Χρήστη κατόπιν αιτήματος λήψης, εκκαθαρίζονται τα αρχεία media με εκτέλεση της ρουτίνας "Purge Media".

3.10. Python και Βιβλιοθήκες

Η **Python** (Guido van Rossum, 1990) είναι μία δωρεάν, open-source γλώσσα προγραμματισμού, που προσφέρεται ακόμη και για ανάπτυξη εμπορικών εφαρμογών. Είναι ισχυρή και εύκολη στην εκμάθηση, με φιλική προς τον άνθρωπο σύνταξη. Λειτουργεί σε μία ευρεία γκάμα λειτουργικών συστημάτων και διαθέτει πολλές έτοιμες βιβλιοθήκες. Για τη δημιουργία του "PC Repository" χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον οι ακόλουθες βιβλιοθήκες:



- **Numpy**: θεμελιώδης βιβλιοθήκη επιστημονικών υπολογισμών (NumPy_Developers, 2005)
- **GeoJSON**: χειρισμός δεδομένων μορφής GeoJSON (Python-GeoJSON_Contributors, 2014)
- **Shapely**: χειρισμός & ανάλυση αντικειμένων επίπεδης γεωμετρίας (Gillies, 2007)
- **Cython**: C-extensions για τη γλώσσα Python (Robert Bradshaw et al., 2004)
- **Packaging**: βασικά εργαλεία για packages της Python (Stuft, 2014)

Το **OSGeo** (Open Source Geospatial Foundation) (OSGeo, 2006) είναι ένας μη κερδοσκοπικός, μη κυβερνητικός οργανισμός που σκοπό έχει την προώθηση των ανοικτών γεωχωρικών τεχνολογιών και δεδομένων. Μέσα στα υποστηριζόμενα από αυτό projects συγκαταλέγονται και οι βιβλιοθήκες **GDAL**, **GEOS** και **PROJ.4**, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη διασύνδεση γεωχωρικών βάσεων δεδομένων με το GeoDjango, καθώς και η **PDAL** που είναι βιβλιοθήκη διαχείρισης point cloud δεδομένων. Το πρόγραμμα εγκατάστασης του OSGeo διευκολύνει κατά πολύ την εγκατάσταση αυτών των βιβλιοθηκών.



Η **GDAL** (Geospatial Data Abstraction Library) (Open_Source_Geospatial_Foundation, 2000) είναι μία βιβλιοθήκη ανάγνωσης και εγγραφής γεωχωρικών δεδομένων τύπου raster και vector. Αποτελεί δωρεάν λογισμικό ανοικτού κώδικα. Διαθέτει επίσης πληθώρα χρήσιμων command-line εργαλείων. Χαρτογραφικές προβολές και μετασχηματισμοί υποστηρίζονται μέσω της βιβλιοθήκης PROJ.4. Η GDAL σχετίζεται στενά με τη βιβλιοθήκη OGR, η οποία αφορά σε vector δεδομένα (η GDAL αφορά σε raster) και αποτελεί τμήμα του πηγαίου κώδικα της GDAL. Πολύ συχνά αναφέρονται ως GDAL/OGR.



Η **PDAL** (Point Data Abstraction Library) (Hobu_Inc., 2019) είναι μία δωρεάν και ανοικτού κώδικα C/C++ βιβλιοθήκη ανάγνωσης, εγγραφής και επεξεργασίας νεφών σημείων (point clouds). Μπορεί να θεωρηθεί ως το αντίστοιχο της GDAL για τα point cloud δεδομένα. Παρέχει τη δυνατότητα χειρισμού και μετασχηματισμού πολλών διαφορετικών τύπων point cloud δεδομένων, μέσω εξειδικευμένων command-line εργαλείων, αλλά και μέσω συμπερίληψης σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού, όπως π.χ. η Python. Η PDAL παρέχει σύνδεση με τη βιβλιοθήκη PCL, η οποία είναι επίσης μία πλούσια σε ρουτίνες βιβλιοθήκη C/C++ που εστιάζει κυρίως στην επεξεργασία νεφών σημείων.



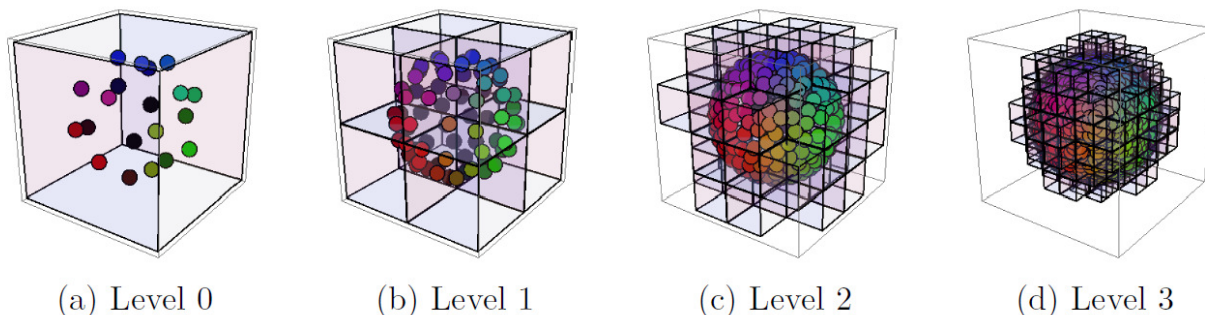
Η PDAL λειτουργεί μόνο με την 64-bit έκδοση του OSGeo4W

3.11. Ο οπτικοποιητής Potree

Το **Potree** (Schütz, 2011) είναι ένας δωρεάν, ανοικτού λογισμικού οπτικοποιητής για μεγάλα νέφη σημείων, ο οποίος βασίζεται στην τεχνολογία WebGL και, μεταξύ άλλων, στη βιβλιοθήκη οπτικοποίησης 3D δεδομένων Three.js και σε OpenLayers3. Δημιουργός του είναι ο Markus Schütz. Αναπτύχθηκε στο Ινστιτούτο Γραφικών Υπολογιστών και Αλγορίθμων του Πολυτεχνείου της Βιέννης βάσει του “TU Wien Scanopy Project” (<https://www.cg.tuwien.ac.at/research/projects/Scanopy/>) και υπήρξε μέρος του “Harvest4D Project” (<https://harvest4d.org/>). Επιτρέπει στους χρήστες την οπτικοποίηση και ανάλυση νεφών σημείων (point clouds) αποτελούμενων από δισεκατομμύρια σημεία, που προέρχονται από πηγές όπως π.χ. LiDAR ή φωτογραμμετρία, σε διαδεδομένους περιηγητές ιστού και σε πραγματικό χρόνο. Έχει δοκιμαστεί έως και με dataset 640 δισεκατομμυρίων σημείων.

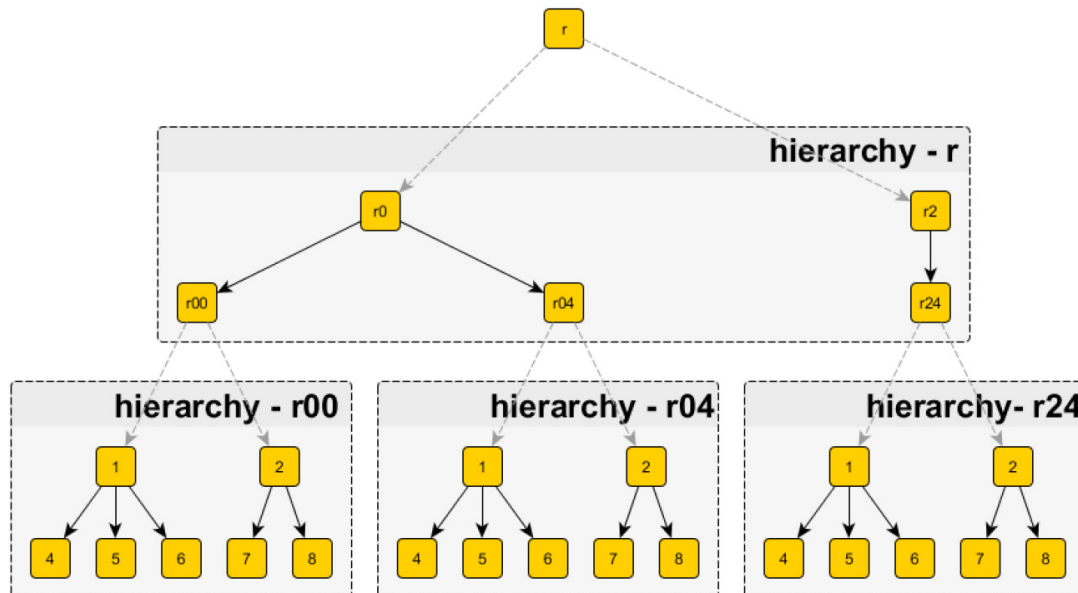
Πρόκειται για έναν εξαιρετικό WebGL Viewer για οπτικοποίηση μεγάλων datasets, με πάρα πολλές ενσωματωμένες δυνατότητες. Καθώς είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα, είναι δυνατή η παραμετροποίησή του, π.χ. με προσθήκη custom εργαλείων. Το Potree είναι αποκλειστικά client-side εφαρμογή. Ο server απλώς αποθηκεύει αρχεία, αλλά δεν εκτελεί καθόλου κώδικα.

Η **δομή χωρικής ιεράρχησης** που χρησιμοποιεί το Potree για την αποθήκευση των σημείων ενός τρισδιάστατου νέφους σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας, βασίζεται σε μία ελαφρώς τροποποιημένη δομή τύπου Modifiable Nested Octree (MNO). Η δομή αυτή επιτρέπει την ταχεία φόρτωση και απεικόνιση απαιτητών τμημάτων του νέφους σημείων. Περιοχές πλησιέστερα προς την κάμερα απεικονίζονται σε επίπεδο μεγαλύτερης λεπτομέρειας από τις πιο μακρινές, ενώ όσες είναι εκτός του οπτικού πεδίου παραλείπονται εντελώς. Η δομή Octree του Potree υποδιαίρει το αρχικό νέφος χωρίς να δημιουργεί νέα σημεία, επιτρέποντας έτσι στους χρήστες να εκτελούν επιλογές και μετρήσεις επάνω στα πρωτότυπα, αναλλοίωτα δεδομένα.



Εικ. 3.11-1: Με κάθε επόμενο επίπεδο λεπτομέρειας (LoD) αυξάνονται εκθετικά τα απεικονιζόμενα σημεία και λεπτομέρειες (Schütz, 2016)

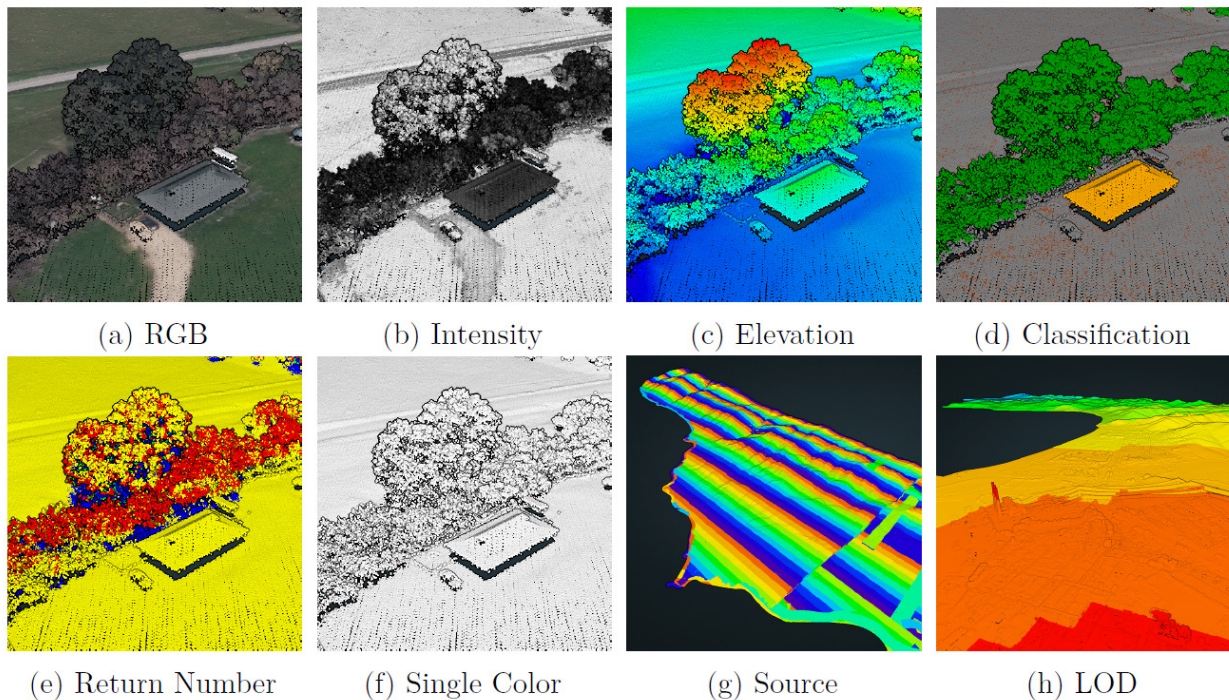
Η δομή **Octree του Potree** λειτουργεί ως εξής: Το αρχικό νέφος σημείων υποδιαιρείται σε οκτώ κόμβους (nodes). Κάθε κόμβος περιέχει άλλους οκτώ. Κόμβοι χαμηλού επιπέδου (level) έχουν χαμηλή πυκνότητα σημείων. Σε κάθε επόμενο επίπεδο, μειώνεται το μέγεθος του κόμβου, ενώ παράλληλα αυξάνεται η πυκνότητα των σημείων. Κάθε σημείο του αρχικού νέφους ανατίθεται σε ακριβώς έναν κόμβο του Octree.



Εικ. 3.11-2: Η ιεράρχηση της δομής Octree του Potree (Schütz, 2016)

Ο **χρωματισμός** των σημείων από το Potree γίνεται βάσει των περιγραφικών τους χαρακτηριστικών (attributes):

- **RGB:** Το φυσικό χρώμα ενός σημείου, όπως αποτυπώνεται σε μία εικόνα. Οι σαρώσεις laser δεν περιλαμβάνουν το χρώμα, αλλά αυτό μπορεί να τους αποδοθεί έπειτα από υπέρθεση φωτογραφιών του αντικείμενου. Ωστόσο και άλλα χαρακτηριστικά μπορούν να αντιστοιχισθούν στις συνιστώσες RGB, όπως π.χ. η ένταση του σήματος επιστροφής laser.
- **Ένταση:** Η ένταση (intensity) του σήματος επιστροφής μίας σάρωσης laser, δηλαδή της ανακλώμενης ακτινοβολίας.
- **Υψόμετρο:** Η τρίτη διάσταση (Z) των σημείων του νέφους.
- **Ταξινόμηση:** Τα σημεία ταξινομούνται βάσει άλλων ιδιοτήτων τους ή βάσει γεωαναφερμένων φωτογραφιών. Υποδεικνύει αν ένα σημείο ανήκει στο έδαφος, σε κτήριο, σε βλάστηση κ.ο.κ.
- **Αριθμός Επιστροφής:** Αντικείμενα όπως το φύλλωμα των δένδρων μπορούν να επιτρέψουν σε ένα μέρος του εκπεμπόμενου παλμού να συνεχίσει την πορεία του διερχόμενος μέσα από αυτά, χτυπώντας ένα άλλο αντικείμενο κ.ο.κ. Ορισμένοι σαρωτές μπορούν να καταγράψουν τη σειρά (1,2, ...) με την οποία ανακλάται ο ίδιος παλμός από διαδοχικά αντικείμενα.
- **Πηγή Σημείου:** Αποτυπώνει από ποιο αρχείο ή πηγή προέρχεται ένα σημείο. Σε περίπτωση εναέριων σαρώσεων laser, η πηγή υποδεικνύει συνήθως τη γραμμή πτήσης.
- **LoD:** Το LoD (Επίπεδο Λεπτομέρειας) υπολογίζεται σε πραγματικό χρόνο κατά την απεικόνιση ενός νέφους. Ισούται με το επίπεδο του λεπτομερέστερου ορατού κόμβου μίας περιοχής και είναι ένας ακέραιος αριθμός ανάμεσα στο μηδέν (0) και το βάθος της ορατής ιεραρχίας.

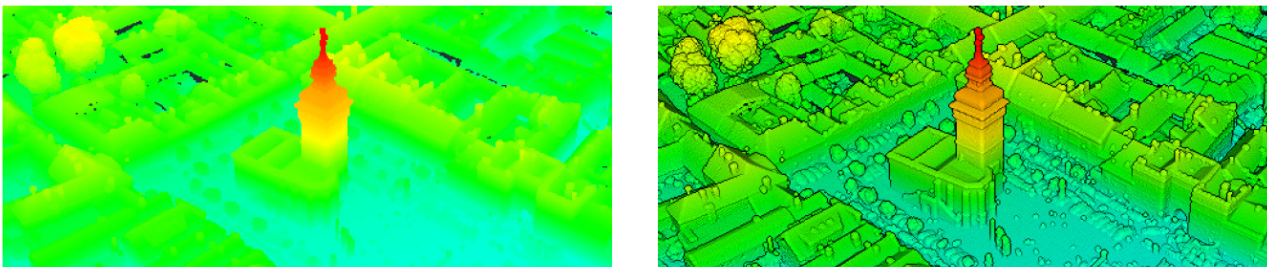


Εικ. 3.11-3: Χρωματισμός point cloud βάσει διαφόρων attributes (Schütz, 2016)

Το **μέγεθος** των σημείων έχει μεγάλη σημασία για την ταχύτητα και την ποιότητα της απεικόνισης. Μικρό μέγεθος σημαίνει μεγαλύτερη ταχύτητα και λιγότερες επικαλύψεις μεταξύ σημείων, αλλά έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία οπών. Μεγαλύτερο μέγεθος σημαίνει μικρότερες οπές, αλλά μικρότερη ταχύτητα και μεγαλύτερες επικαλύψεις. Το μέγεθος καθορίζεται με τις τρεις παρακάτω μεθόδους:

1. *Μέγεθος Σταθερό ως προς Οθόνη:* Το μέγεθος του pixel είναι το ίδιο για όλα τα σημεία σε όλα τα επίπεδα λεπτομέρειας.
2. *Μέγεθος Σταθερό ως προς Αντικείμενο:* Το μέγεθος του pixel είναι μεγαλύτερο για τα πλησιέστερα προς την κάμερα σημεία και μικρότερο για τα πιο απομακρυσμένα.
3. *Μεταβλητό Μέγεθος:* Μέθοδος ανεπτυγμένη ειδικά για το Potree, που προσαρμόζει το μέγεθος σημείου ανάλογα με το επίπεδο λεπτομέρειας (LoD).

Το Potree διαθέτει επίσης τη μέθοδο **Eye-Dome Lighting (EDL)** για την απεικόνιση των νεφών σημείων. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί φωτιζόμενες επιφάνειες και περιγράμματα κατά μήκος των ακμών τους, ενισχύοντας έτσι την αντίληψη του βάθους και των υψομετρικών διαφορών μίας σκηνής και βελτιώνοντας την εμφάνισή της.



Εικ. 3.11-4: Point cloud χρωματισμένο βάσει υψομέτρου χωρίς EDL (αριστερά) και με EDL (δεξιά) (Schütz, 2016)

Το Potree διαθέτει επιπλέον εργαλεία για: πλοήγηση εντός της σκηνής, επισήμανση περιοχών, μετρήσεις αποστάσεων, επιφανειών, γωνιών, μηκοτομές κλπ. Τα εργαλεία αυτά αναλύονται στη συνέχεια στην παρουσίαση των λειτουργιών της εφαρμογής “PC Repository”. Τέλος, το Potree συνοδεύεται από το εργαλείο **Potree Converter**, το οποίο μετατρέπει αρχεία νεφών σημείων τύπου “las” σε potree file format, το οποίο δύναται να αναγνωσθεί από περιηγητές ιστών (web browsers). (Schütz, 2016)

3.12. Leaflet και OpenStreetMap

Το **Leaflet** (Agafonkin, 2011) είναι μία open-source JavaScript βιβλιοθήκη που υποστηρίζει τη δημιουργία διαδραστικών χαρτογραφικών εφαρμογών. Έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την απλότητα, τη λειτουργικότητα και τη χρηστικότητα. Λειτουργεί σε μία πληθώρα λειτουργικών συστημάτων και διαθέτει μία μεγάλη βιβλιοθήκη έτοιμων πρόσθετων (plugins), η οποία προασαυξάνει κατά πολύ τη λειτουργικότητά του. Στη βασική του μορφή, χρησιμοποιεί ως υπόβαθρο τους χάρτες του OpenStreetMap Project. Για τη δημιουργία της παρούσας εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον τα ακόλουθα πρόσθετα του Leaflet:



- **Django-Leaflet**: επιτρέπει τη χρήση του Leaflet μέσα από το Django (MakinaCorpus, 2012)
- **Leaflet-Ajax**: επιτρέπει την κλήση JSON μέσω κλήσης Ajax (Metcalf, 2012)
- **Leaflet-Awesome Markers**: όμορφοι, χρωματιστοί markers σημείων (Voogdt, 2013) με **Font Awesome**: γραμματοσειρές εικόνων για markers σημείων (Gandy, 2012)
- **Leaflet-Mouse Position**: ένδειξη συντεταγμένων του κέρσορα (Lukianto, 2012)
- **Leaflet-EasyButton**: εύκολη προσθήκη πλήκτρων στην εφαρμογή (Montague, 2014)
- **Leaflet-Search**: αναζήτηση τοποθεσιών στον χάρτη (Cudini, 2013)

Ο παγκόσμιος χάρτης του **OpenStreetMap** Project (OpenStreetMap_Contributors, 2004) έχει αρχίσει να αναπτύσσεται από το έτος 2004. Βασίζεται στη συνεισφορά χιλιάδων ανά τον κόσμο χρηστών. Τα δεδομένα που τον αποτελούν διατίθενται ελεύθερα και ενημερώνονται διαρκώς από την κοινότητα των χρηστών του. Περιλαμβάνει στοιχεία όπως οδικούς άξονες, περιγράμματα κτηρίων και χώρων πρασίνου, σημεία ενδιαφέροντος, τοπωνύμια, ονομασίες οδών και πολλά άλλα. Μέσω του API του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο για άλλες χαρτογραφικές εφαρμογές.



3.13. PostgreSQL και Extensions

Η **PostgreSQL** (ή απλούστερα Postgres) (PostgreSQL_Global_Development_Group, 1996) είναι ένα δωρεάν, open-source σύστημα διαχείρισης αντικειμενο-σχεσιακών βάσεων δεδομένων (ORDBMS). Έχει να επιδείξει ισχυρή αρχιτεκτονική και φημίζεται για την αξιοπιστία, την ακεραιότητα δεδομένων και την ορθότητά της. Υποστηρίζει όλα τα σημαντικότερα λειτουργικά περιβάλλοντα και μπορεί να διαχειριστεί από απλές, τοπικές εφαρμογές μέχρι μεγάλες διαδικτυακές εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων. Για τον χειρισμό point cloud δεδομένων εντός της Postgres χρησιμοποιήθηκε το πρόσθετο (extension) **Pointcloud (PGPointcloud)** (Natural_Resources_Canada, 2013) που, σε συνεργασία με το πρόσθετο **Pointcloud_Postgis**, επιτρέπει την αποθήκευση point cloud δεδομένων στην Postgres. Η Postgres είναι η προτεινόμενη από το Django βάση δεδομένων. Οι επεκτάσεις **PostGIS** και **PGPointcloud** της προσδίδουν πληθώρα γεωχωρικών δυνατοτήτων.



PostgreSQL

Το **PostGIS** (PostGIS_Contributors_Group, 2001) είναι μία open-source επέκταση **PostGIS** γεωχωρικών δεδομένων για την PostgreSQL. Προσθέτει υποστήριξη γεωγραφικών αντικειμένων, επιτρέποντας την εκτέλεση χωρικών SQL αναζητήσεων στην Postgres. Εκτός από τη βασική γεωχωρική υποστήριξη, παρέχει και μία πληθώρα γεωγραφικών λειτουργιών και συναρτήσεων, που της παρέχουν ακόμα περισσότερη ισχύ και αποδοχή από την κοινότητα των χρηστών.



Το **Psycopp** (Varrazzo, 2010) είναι ένας προσαρμογέας που επιτρέπει την πρόσβαση στη βάση δεδομένων PostgreSQL μέσα από την Python. Είναι ο δημοφιλέστερος προσαρμογέας του είδους αυτού. Υλοποιεί πλήρως τις προδιαγραφές του Python DB API 2.0. Διατίθεται ελεύθερα τόσο για δωρεάν όσο και για εμπορικές εφαρμογές.



3.14. Apache HTTP Server και mod_wsgi

Ο **Apache HTTP** (The Apache Software Foundation, 1997) γνωστός και απλά ως “Apache” είναι ένας από τους δημοφιλέστερους εξυπηρετητές του παγκόσμιου ιστού. Λειτουργεί σε διάφορες πλατφόρμες όπως τα Windows, το Linux, το Unix και το Mac OS-X. Κυκλοφόρησε υπό την άδεια λογισμικού Apache και είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Συντηρείται από μια κοινότητα ανοικτού κώδικα με επιτήρηση από το Ίδρυμα Λογισμικού Apache (Apache Software Foundation). Ο Apache χρησιμοποιείται και σε τοπικά δίκτυα ως διακομιστής συνεργαζόμενος με συστήματα διαχείρισης Βάσης Δεδομένων π.χ. Oracle, MySQL και αποτελεί τον προτεινόμενο για χρήση server από το Django. (Βικιπαίδεια, 2019)



Το **mod_wsgi** (Dumpleton, 2007) αποτελεί ένα απλό στη χρήση module που μπορεί να εξυπηρετήσει οποιαδήποτε Python διαδικτυακή εφαρμογή η οποία υποστηρίζει την προδιαγραφή WSGI (όπως το Django). Μπορεί να εγκατασταθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους: α) Ο πρώτος είναι ως ένα κλασικό Apache module μέσα σε μία υπάρχουσα εγκατάσταση του Apache και β) Ο δεύτερος είναι από το PyPi με την εντολή “pip” της Python, οπότε και προστίθεται στην κεντρική εγκατάσταση ή σε εικονικό περιβάλλον της Python. Η δεύτερη προσέγγιση, χάρη στο πρόγραμμα “mod_wsgi-express”, απαλάσσει τον χρήστη από χειρωνακτική παραμετροποίηση του Apache και προτιμάται όταν χρειάζεται να λειτουργεί μία εφαρμογή τοπικά (σε localhost) κατά την ανάπτυξή της.

mod_wsgi

Ο **WampServer** (Bourdon, 2019) ή αλλιώς **WAMP** είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών. Επιτρέπει την ανάπτυξη εφαρμογών στα Windows με Apache2, MySQL database και PHP-Python-PERL, από τα αρχικά των οποίων προέρχεται και το ακρωνύμιο. Κατ’επέκταση, το PhpMyAdmin επιτρέπει την εύκολη διαχείριση των βάσεων δεδομένων. Προσφέρει, δηλαδή, εργαλεία ανοικτού κώδικα που χρησιμεύουν στην ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών σε λειτουργικό σύστημα Windows, με τον Apache ως web server, τη MySQL ως βάση δεδομένων και τις PHP, Python ή PERL ως δυναμικές scripting γλώσσες. Ο WAMP αποτελεί το Windows alter ego του LAMP (όπου L=Linux) (Webopedia, 2019)



3.15. Λοιπό Λογισμικό

Η **HTML** είναι η κατ’εξοχήν γλώσσα προγραμματισμού ιστοσελίδων και διαδικτυακών εφαρμογών. Μαζί με τα Cascading Style Sheets (**CSS**) και την **JavaScript** αποτελούν μία τριάδα θεμελιωδών τεχνολογιών του παγκόσμιου ιστού. Τα CSS αφορούν στον τρόπο εμφάνισης των ιστοσελίδων, ενώ η JavaScript είναι μία scripting γλώσσα προγραμματισμού που αφορά στην αυτοματοποίηση διαδικασιών σχετικών με τη συμπεριφορά και το περιεχόμενο των ιστοσελίδων. (Wikipedia, 2017)



Η **jQuery** (jQuery Team, 2006) είναι μία γρήγορη, μικρή σε μέγεθος και πλούσια σε δυνατότητες βιβλιοθήκη JavaScript. Διευκολύνει τον χειρισμό εγγράφων HTML, συμβάντων, Ajax κλπ. Υποστηρίζει πολλαπλές πλατφόρμες, είναι δωρεάν και open-source.



Το **7-Zip** (Pavlov, 1999) είναι μία δωρεάν και ανοικτού κώδικα εφαρμογή συμπίεσης αρχείων. Λειτουργεί με τη μορφή αρχείων 7z, αλλά μπορεί να διαβάσει και να γράψει πολλές άλλες μορφές συμπιεσμένων αρχείων. Το πρόγραμμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη διεπαφή γραμμής εντολών, τη γραφική διεπαφή χρήστη, ή με μία ενσωμάτωση κελύφους με βάση το παράθυρο.



Το **Colorlib** (Silkalns, 2013) είναι ένας ιστότοπος ο οποίος παρέχει έτοιμα θέματα WordPress για την παραγωγή ιστοσελίδων. Ιδρύθηκε το 2013 από τον Aigars Silkalns χρησιμεύοντας ως ένα πειραματικό αποθετήριο αποτελεσμάτων από εκμάθηση ανάπτυξης δικτυακών εφαρμογών. Από το Colorlib προέρχεται η φόρμα εισόδου (login page) της εφαρμογής PC Repository, η οποία έχει παραμετροποιηθεί καταλλήλως και χρησιμοποιείται ως login page αλλά και ως σελίδα αλλαγής κωδικού πρόσβασης (password).



Η σουίτα **Visual Studio** (Microsoft, 2019) παρέχει ένα ολοκληρωμένο γραφικό περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών (IDE) με υποστήριξη για πολλές γλώσσες προγραμματισμού. Στις τελευταίες του εκδόσεις υποστηρίζει τόσο την Python όσο και το Django framework. Με το Visual Studio είναι εφικτή η ανάπτυξη και διαδικτυακών εφαρμογών. Η έκδοση με την ονομασία Community Edition παρέχεται δωρεάν. Το Visual Studio συνοδεύεται και από διάφορα εργαλεία και επεκτάσεις, όπως είναι τα **“Build Tools”**, τα οποία επιτρέπουν το χτίσιμο Visual Studio εφαρμογών από περιβάλλον command-line.



Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση της Εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την υλοποίηση της εφαρμογής “PC Repository”. Αρχικά, εγκαθίστανται στον υπολογιστή που θα λειτουργήσει ως server τα απαραίτητα λογισμικά. Στη συνέχεια, δημιουργείται ένα εικονικό περιβάλλον της Python, μέσα στο οποίο εγκαθίσταται το Django μαζί με τα απαραίτητα packages. Έπειτα, δημιουργείται ένα νέο Django Project, στο οποίο προστίθεται το Django App “app_scenes”. Ο κεντρικός κατάλογος (root directory) του Project συμπληρώνεται με τους φακέλλους “static”, “media” & “temp”. Ακολουθεί η δημιουργία νέας βάσης δεδομένων μέσα στην PostgreSQL και τοποθετούνται τα αρχεία του κώδικα της εφαρμογής στις κατάλληλες θέσεις. Μετά από αυτά τα βήματα, η εφαρμογή λειτουργεί τοπικά σε μία διεύθυνση του localhost μέσω του Development Server του Django. Τέλος, επιχειρείται δημοσίευση της εφαρμογής στο Διαδίκτυο με τον εξυπηρετητή Apache.

**Η ανάπτυξη της εφαρμογής “PC Repository” γίνεται σε περιβάλλον
Microsoft Windows 10 64-bit**

**Στο Παράρτημα Α’ υπάρχει πίνακας με τις εκδόσεις όλων των λογισμικών
που απαιτούνται για την ανάπτυξη της εφαρμογής**

4.1. Εγκατάσταση απαραίτητων Λογισμικών

Τα λογισμικά που πρέπει να εγκατασταθούν για την ανάπτυξη της εφαρμογής είναι:

- Η γλώσσα προγραμματισμού **Python 3.7.2**, 64-bit
- Η βάση δεδομένων **PostgreSQL** με το extension **PostGIS**
- Οι απαραίτητες βιβλιοθήκες του OSGeo4W (**GDAL**, **GEOS**, **PROJ.4** και **PDAL**)
- Το πρόγραμμα συμπίεσης αρχείων **7-Zip**
- Τα **Visual Studio Build Tools** με τα components:
 - C++ Build Tools
 - MSBuild Tools
 - C++ Build Tools Core Features
 - C++ 2019 Redistributable Update
 - MSVC v142
 - Windows 10 SDK
 - C++ Cmake Tools for Windows
 - Testing Tools Core Features
 - MSVC v140 (VS 2015 C++ Build Tools)

**Στο Παράρτημα Β’ παρατίθεται σύνδεσμος λήψης αρχείου κειμένου
με λεπτομερείς οδηγίες για την εγκατάσταση των απαραίτητων λογισμικών**

**Η εφαρμογή “PC Repository” είναι 64-bit. Επομένως, όπου υπάρχει επιλογή ανάμεσα
σε 32-bit και 64-bit έκδοση, επιλέγουμε οπωσδήποτε την 64-bit**

Προσοχή! Σημειώνουμε τις ρυθμίσεις για “Host”, “Port”, “User” και “Password” που δηλώνουμε κατά την εγκατάσταση της PostgreSQL, γιατί θα μας χρειαστούν αργότερα (συνήθως τα τρία πρώτα είναι “localhost”, “5432” και “postgres” αντίστοιχα)

4.2. Εικονικό Περιβάλλον - Django & PowerShell

Η εγκατάσταση του Django μέσα σε εικονικό περιβάλλον της Python μπορεί να γίνει μέσω του PowerShell των Windows. Για χρήστες των MS Windows, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας του νέου Django Project μέσα στο Visual Studio Community Edition (VS), το οποίο παρέχεται δωρεάν. Το VS αναλαμβάνει αυτόματα τη δημιουργία όλων των απαραίτητων φακέλων καθώς και του εικονικού περιβάλλοντος Python, που απαιτούνται για ένα νέο Django Project. Επίσης, προσφέρει ένα εύχρηστο γραφικό περιβάλλον με πολλές ευκολίες για τη σύνταξη του κώδικα.

Ωστόσο, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, κρίθηκε ως καταλληλότερη μέθοδος η δημιουργία του νέου Project χειροκίνητα μέσω του PowerShell και ως εκ τούτου δεν θα γίνει περαιτέρω αναφορά στη χρήση του γραφικού περιβάλλοντος του VS για το Django. Για το θέμα αυτό μπορεί να βρεθεί επαρκέστατη βοήθεια στο Διαδίκτυο, όπως π.χ. στις παρακάτω ιστοσελίδες:

- <https://docs.microsoft.com/en-us/visualstudio/python/learn-django-in-visual-studio-step-01-project-and-solution?view=vs-2019> (Microsoft, χ.χ.)
- <https://djangobook.com/developing-django-visual-studio/> (Holovaty κ.ά., 2008)

Μπορούμε να ανοίγουμε το PowerShell ως Διαχειριστές (Administrator Mode) με shift+δεξί κλικ στο πλήκτρο της Έναρξης των Windows

4.2.1. Δημιουργία Εικονικού Περιβάλλοντος

Ξεκινάμε δημιουργώντας ένα νέο εικονικό περιβάλλον της Python μέσα στο οποίο θα γίνει η ανάπτυξη της εφαρμογής. Το πρώτο βήμα είναι η δημιουργία του φακέλλου στο σύστημα αποθήκευσης του υπολογιστή, που θα φιλοξενήσει το project μας. Θεωρητικά, ο φάκελλος αυτός μπορεί να βρίσκεται σε οποιαδήποτε θέση, ωστόσο για αποφυγή προβλημάτων που σχετίζονται με δικαιώματα πρόσβασης, προτείνεται να δημιουργηθεί μέσα στον φάκελλο Χρήστη του συστήματος των Windows. Έστω λοιπόν ότι:

- Όνομα φακέλλου = “PC_Repository” και
 - Φάκελλος Χρήστη = “C:\Users\UserName\”
- Τότε ο φάκελλος του νέου project θα είναι: “C:\Users\UserName\PC_Repository”

Για να αποφύγουμε προβλήματα με δικαιώματα πρόσβασης, θα πρέπει ο φάκελλος του Project να βρίσκεται μέσα στον φάκελλο Χρήστη του συστήματος

Στη συνέχεια, ανοίγουμε το PowerShell σε Administrator Mode (με shift+δεξί κλικ στο πλήκτρο της “Έναρξης”), μεταβαίνουμε στον φάκελλο του project και δίνουμε την εντολή δημιουργίας του εικονικού περιβάλλοντος:

- `cd “C:\Users\UserName\PC_Repository”`
- `python -m venv pc_repository_env`

Αυτό θα δημιουργήσει το εικονικό περιβάλλον μέσα σε έναν υποφάκελλο με όνομα “pc_repository_env”, ο οποίος θα βρίσκεται μέσα στον φάκελλο του Project. Όλα τα απαραίτητα αρχεία για τη λειτουργία του εικονικού περιβάλλοντος με τη δομή των φακέλλων τους εγκαθίστανται αυτόματα.

Ένας εύκολος τρόπος για να αλλάζουμε φάκελλο μέσα στο περιβάλλον του PowerShell είναι να αντιγράψουμε την πλήρη διαδρομή (path) του φακέλλου από το πλαίσιο διεύθυνσης του Windows Explorer με Ctrl+C και να την επικολλούμε στην εντολή cd του PowerShell με Ctrl+V μέσα σε διπλά εισαγωγικά (cd “...path...”)

```

Administrator: Windows PowerShell
PS C:\WINDOWS\system32> cd "C:\Users\iym2008d\PC_Repository"
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> dir
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> python -m venv pc_repository_env
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> dir

Directory: C:\Users\iym2008d\PC_Repository

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
d-----          18/6/2019   11:18             pc_repository_env

PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository>
  
```

Εικ. 4.2.1-1: Η δημιουργία του εικονικού περιβάλλοντος

Εάν αντί για το “venv” χρησιμοποιηθεί το παλαιότερο module “virtualenv”, τότε αυτό θα πρέπει πρώτα να εγκατασταθεί στην Python του συστήματος, να ενημερωθεί το Path και, τέλος, να δημιουργηθεί το εικονικό περιβάλλον:

- pip install virtualenv --user
- Start Menu \ Αυτός ο Υπολογιστής \ δεξί κλικ \ Ιδιότητες \ Ρυθμίσεις συστήματος για προχωρημένους \ Tab “Για προχωρημένους” \ Μεταβλητές περιβάλλοντος...
- Στις “Μεταβλητές Χρήστη & Συστήματος, Path” προσθέτουμε τη διαδρομή όπου εγκαταστάθηκε το virtualenv.exe: “C:\Users\UserName\AppData\Roaming\Python\Python37\Scripts”. Δεν πειράζουμε τα υπόλοιπα στοιχεία του Path.

Ωστόσο, εφόσον δεν απαιτείται συμβατότητα με εκδόσεις της Python παλαιότερες της 3.3, προτείνεται η χρήση του νεότερου module “venv”.

Με την κυκλοφορία της Python 3.3 προστέθηκε το module “venv” στην standard library, το οποίο ουσιαστικά υποκαθιστά το παλαιότερο “virtualenv”

4.2.2. Ενεργοποίηση Εικονικού Περιβάλλοντος

Για να ενεργοποιήσουμε το εικονικό περιβάλλον που δημιουργήσαμε, όντες πάντα σε Administrator Mode PowerShell, μεταβαίνουμε στον υποφάκελλο “Scripts” του εικονικού περιβάλλοντος (δλδ. του φακέλλου “pc_repository_env”) και τρέχουμε το script ενεργοποίησης του εικονικού περιβάλλοντος “activate.bat” με την εντολή: **.activate**

```

Administrator: Windows PowerShell
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> cd "C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts"
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts> dir

Directory: C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
-a----            18/6/2019    11:18             2331 activate
-a----            18/6/2019    11:18             1059 activate.bat
-a----            18/6/2019    11:18             1530 Activate.ps1
-a----            18/6/2019    11:18              368 deactivate.bat
-a----            18/6/2019    11:19          102807 easy_install-3.7.exe
-a----            18/6/2019    11:19          102807 pip.exe
-a----            18/6/2019    11:20          102789 pip3.7.exe
-a----            18/6/2019    11:20          102789 pip3.exe
-a----            18/6/2019    11:18          522768 python.exe
-a----            18/6/2019    11:18          522256 pythonw.exe

PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts> .\activate
.\activate : File C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts\Activate.ps1 cannot be load
ed because running scripts is disabled on this system. For more information, see about_Execution_Poli
cies at https://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=135170.
At line:1 char:1
+ .\activate
+ ~~~~~
+ CategoryInfo          : SecurityError: (:) [], PSSecurityException
+ FullyQualifiedErrorId : UnauthorizedAccess
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts>

```

Εικ. 4.2.2-1: Αποτροπή εκτέλεσης του script “activate.bat” από το PowerShell λόγω “Execution Policy”

Σε αυτό το σημείο ενδέχεται τα Windows για λόγους ασφαλείας να αποτρέψουν την εκτέλεση του script. Αυτό οφείλεται στην τιμή της μεταβλητής συστήματος “Execution Policy”, η οποία καθορίζει ποιά scripts επιτρέπεται να τρέχουν στο PowerShell, αποκλείοντας πιθανώς κακόβουλα scripts. Η μεταβλητή αυτή μπορεί να αποτρέψει την εκτέλεση του script που ενεργοποιεί το εικονικό περιβάλλον της Python.

Δίνοντας την εντολή “Get-ExecutionPolicy” ενημερωνόμαστε για την τρέχουσα τιμή της μεταβλητής. Με την εντολή “Get-ExecutionPolicy -List” λαμβάνουμε μία λεπτομερέστερη αναφορά:

```

Administrator: Windows PowerShell
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts> Get-ExecutionPolicy
Restricted
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts> Get-ExecutionPolicy -List

Scope ExecutionPolicy
-----
MachinePolicy Undefined
UserPolicy Undefined
Process Undefined
CurrentUser Undefined
LocalMachine Undefined

PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts>

```

Εικ. 4.2.2-2: Η τιμή της μεταβλητής “Execution Policy”

Αν η τιμή της μεταβλητής είναι “Restricted”, τότε θα πρέπει να την αλλάξουμε σε μία άλλη που θα επιτρέπει την εκτέλεση scripts, π.χ. την “RemoteSigned”. Αυτό γίνεται με την εντολή Set-ExecutionPolicy -ExecutionPolicy RemoteSigned:

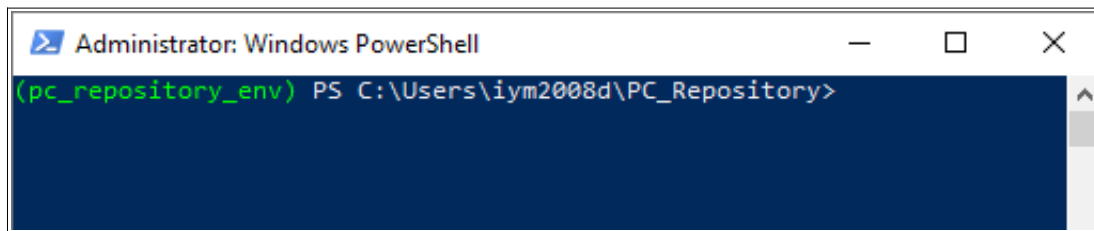
```

Administrator: Windows PowerShell
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts> Set-ExecutionPolicy -ExecutionPolicy RemoteSigned
Execution Policy Change
The execution policy helps protect you from scripts that you do not trust. Changing the execution
policy might expose you to the security risks described in the about_Execution_Policies help topic at
https://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=135170. Do you want to change the execution policy?
[Y] Yes [A] Yes to All [N] No [L] No to All [S] Suspend [?] Help (default is "N"): y
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts> Get-ExecutionPolicy
RemoteSigned
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\env\Scripts>

```

Εικ. 4.2.2-3: Αλλαγή της μεταβλητής “Execution Policy” σε “RemoteSigned”

Μετά την αλλαγή του Execution Policy ξαναδίνουμε την εντολή ενεργοποίησης (.**activate**) και το εικονικό μας περιβάλλον ενεργοποιείται. Οι εντολές που θα δίνουμε από εδώ και πέρα θα εκτελούνται εντός του εικονικού περιβάλλοντος:



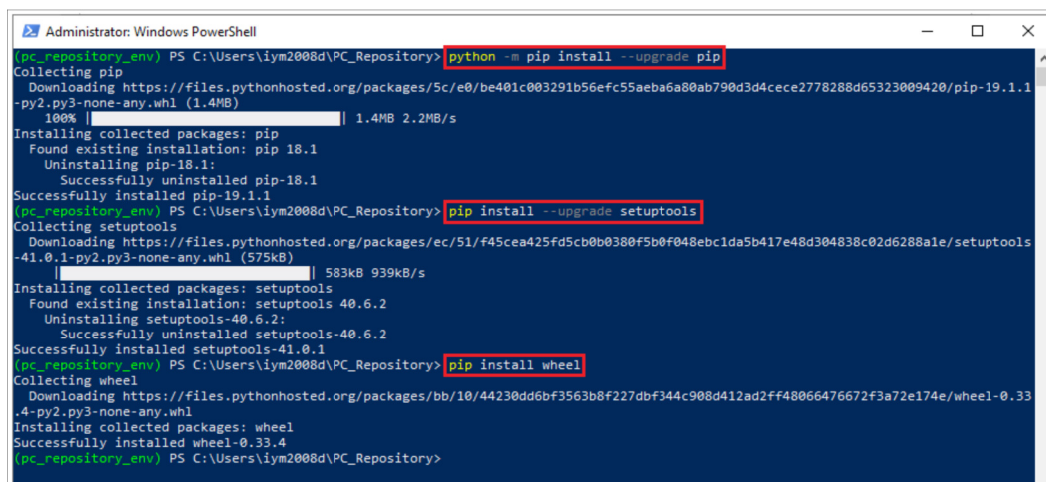
Εικ. 4.2.2-4: Ενεργοποιημένο εικονικό περιβάλλον

4.2.3. Αναβάθμιση Εργαλείων Εικονικού Περιβάλλοντος

Για να μπορέσουμε να εγκαταστήσουμε τα πρόσθετα (packages) που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή “PC Repository” θα πρέπει πρώτα να αναβαθμίσουμε τα εργαλεία εκείνα του εικονικού περιβάλλοντος που τα εγκαθιστούν. Με ενεργοποιημένο το εικονικό περιβάλλον δίνουμε τις εντολές:

- (pc_repository_env)...> **python -m pip install --upgrade pip**
- (pc_repository_env)...> **pip install --upgrade setuptools**
- (pc_repository_env)...> **pip install wheel**

Η ένδειξη (pc_repository_env) μπροστά από το prompt του PowerShell σημαίνει ότι το εικονικό περιβάλλον είναι ενεργοποιημένο



Εικ. 4.2.3-1: Αναβάθμιση εργαλείων εικονικού περιβάλλοντος

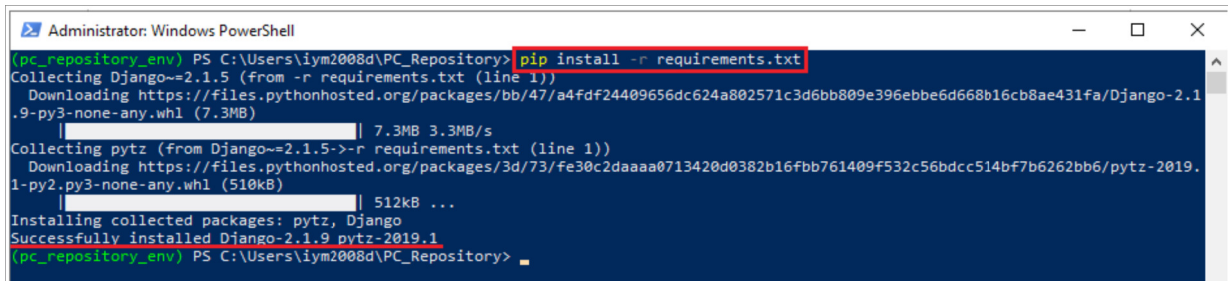
4.3. Εγκατάσταση του Django

- Για να εγκαταστήσουμε το Django στο εικονικό μας περιβάλλον δίνουμε την εντολή:
(pc_repository_env)...> **pip install django**

Η εντολή “pip install django” θα εγκαταστήσει την τελευταία έκδοση του Django

Αν θέλουμε να εγκαταστήσουμε συγκεκριμένη έκδοση (π.χ. την 2.1.5), τότε:

- Δημιουργούμε αρχείο «requirements.txt» στον φάκελλο του Project (“PC_Repository”), το οποίο θα περιέχει μόνο τη γραμμή: **Django~=2.1.5**
- Μέσα από τον ίδιο φάκελλο (“PC_Repository”) δίνουμε την εντολή:
(pc_repository_env)...> **pip install -r requirements.txt**



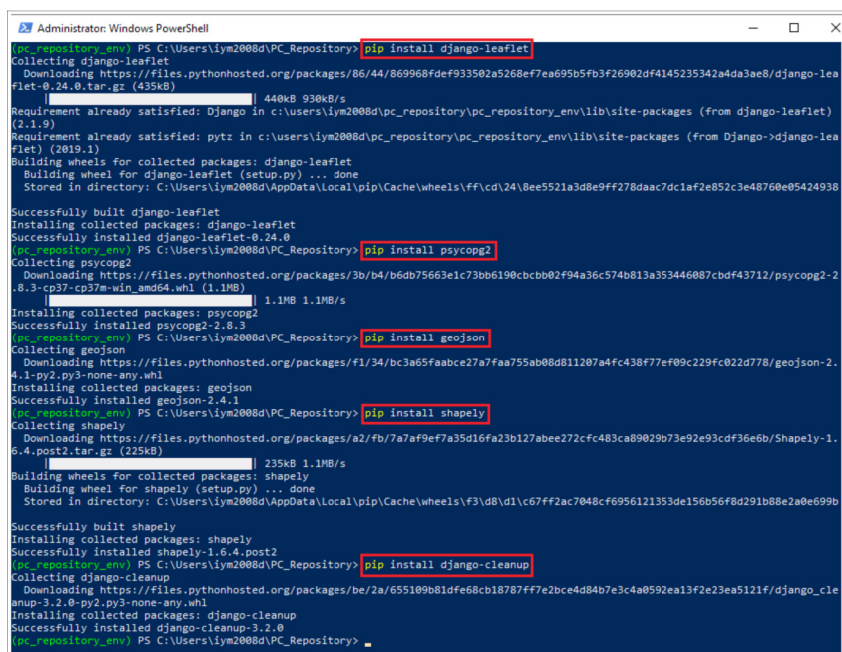
```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> pip install -r requirements.txt
Collecting Django~=2.1.5 (from -r requirements.txt (line 1))
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/bb/47/a4fd24409656dc624a802571c3d6bb809e396ebbe6d668b16cb8ae431fa/Django-2.1.9-py3-none-any.whl (7.3MB)
    | 7.3MB 3.3MB/s
Collecting pytz (from Django~=2.1.5->-r requirements.txt (line 1))
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/3d/73/fe30c2daaaa0713420d0382b16fbb761409f532c56bdcc514bf7b6262bb6/pytz-2019.1-py2.py3-none-any.whl (510kB)
    | 512kB ...
Installing collected packages: pytz, Django
Successfully installed Django-2.1.9 pytz-2019.1
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository>
```

Εικ. 4.3-1: Η εγκατάσταση του Django στο εικονικό περιβάλλον με “requirements.txt”

4.4. Προσθήκη λυτών Packages

Στη συνέχεια, πρέπει να προσθέσουμε στο εικονικό περιβάλλον ορισμένα απαραίτητα για την εφαρμογή packages της Python: α) το “**django-leaflet**”, β) το “**psycopg2**”, γ) το “**geojson**”, δ) τη βιβλιοθήκη “**shapely**” και ε) το πρόσθετο “**django-cleanup**”. Η εγκατάσταση όλων αυτών γίνεται αυτοματοποιημένα με “pip install”:

- (pc_repository_env)...> **pip install django-leaflet**
- (pc_repository_env)...> **pip install psycopg2**
- (pc_repository_env)...> **pip install geojson**
- (pc_repository_env)...> **pip install shapely**
- (pc_repository_env)...> **pip install django-cleanup**



```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> pip install django-leaflet
Collecting django-leaflet
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/86/44/b69968fdef933502a5268ef7ea695b5fb3f26902df4145235342a4da3ae8/django-leaflet-0.24.0.tar.gz (435kB)
    | 440kB 930kB/s
Requirement already satisfied: Django in c:\users\iym2008d\pc_repository\pc_repository_env\lib\site-packages (from django-leaflet) (2.1.9)
Requirement already satisfied: pytz in c:\users\iym2008d\pc_repository\pc_repository_env\lib\site-packages (from Django->django-leaflet) (2019.1)
Building wheels for collected packages: django-leaflet
  Building wheel for django-leaflet (setup.py) ... done
  Stored in directory: C:\Users\iym2008d\AppData\Local\pip\Cache\wheels\ff\cd\24\8ee5521a3d8e9ff278daac\dc1af2e852c3e48760e05424938
Successfully built django-leaflet
Installing collected packages: django-leaflet
Successfully installed django-leaflet-0.24.0
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> pip install psycopg2
Collecting psycopg2
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/3b/b4/b6db75663e1c73bb6190cbb02f94a36c574b813a353446087cbdf43712f/psycopg2-2.8.3-cp37-cp37m-win_amd64.whl (1.1MB)
    | 1.1MB 1.1MB/s
Installing collected packages: psycopg2
Successfully installed psycopg2-2.8.3
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> pip install geojson
Collecting geojson
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/f1/34/bc3a65faabce27a7faa755ab08d11207a4fc438f77ef09c229cf022d778/geojson-2.4.1-py2.py3-none-any.whl
Installing collected packages: geojson
Successfully installed geojson-2.4.1
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> pip install shapely
Collecting shapely
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/a2/fb/7a7af9ef7a35d16fa23b127abec272cfc483ca89029b73e92e93cdf35e6b/Shapely-1.6.4.post2.tar.gz (225kB)
    | 225kB 1.1MB/s
Building wheels for collected packages: shapely
  Building wheel for shapely (setup.py) ... done
  Stored in directory: C:\Users\iym2008d\AppData\Local\pip\Cache\wheels\ff\d8\1c\c67ff2ac7848cf6956121353de156b56f8d291b88e2a0e699b
Successfully built shapely
Installing collected packages: shapely
Successfully installed shapely-1.6.4.post2
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> pip install django-cleanup
Collecting django-cleanup
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/be/2a/655109b81dfe68cb1878ff7e2bce4d84b7e3c4a8592ea13f2e23ea5121f/django-cleanup-3.2.0-py2.py3-none-any.whl
Installing collected packages: django-cleanup
Successfully installed django-cleanup-3.2.0
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository>
```

Εικ. 4.4-1: Προσθήκη packages στο εικονικό περιβάλλον

4.5. Προσθήκη του Python Package της βιβλιοθήκης PDAL

Έχουμε ήδη εγκαταστήσει στον υπολογιστή τη βιβλιοθήκη PDAL μέσα από την εγκατάσταση του OSGeo4W. Πρέπει, ωστόσο να εγκατασταθεί και το αντίστοιχο Python Package στο εικονικό μας περιβάλλον, ώστε να συνδεθεί η εφαρμογή μας με τη βιβλιοθήκη.

Η εγκατάσταση του PDAL Package μπορεί να αποδειχθεί αρκετά δύσκολη!

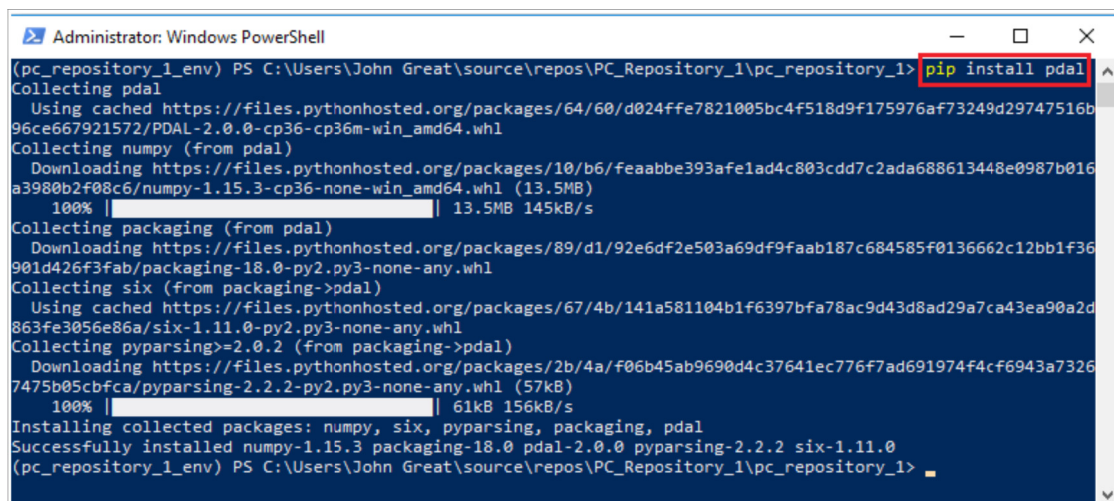
Το PDAL Package εγκαθίσταται, κατά τα γνωστά, μέσα σε Admin PowerShell ως εξής:

- (pc_repository_env)...> **pip install pdal**

Εάν απαιτηθούν τα packages: *Numpy* (απαραίτητο για το module “filters.python” της PDAL), *Cython* και *Packaging*, τότε τα εγκαθιστούμε με:

- (pc_repository_env)...> **pip install numpy**
- (pc_repository_env)...> **pip install cython**
- (pc_repository_env)...> **pip install packaging**

... και επαναλαμβάνουμε την εγκατάσταση του PDAL Package:



```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_1_env) PS C:\Users\John Great\source\repos\PC_Repository_1\pc_repository_1> pip install pdal
Collecting pdal
  Using cached https://files.pythonhosted.org/packages/64/60/d024ffe7821005bc4f518d9f175976af73249d29747516b96ce667921572/PDAL-2.0.0-cp36-cp36m-win_amd64.whl
Collecting numpy (from pdal)
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/10/b6/feaabbe393afe1ad4c803cdd7c2ada688613448e0987b016a3980b2f08c6/numpy-1.15.3-cp36-none-win_amd64.whl (13.5MB)
    100% |#####| 13.5MB 145kB/s
Collecting packaging (from pdal)
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/89/d1/92e6df2e503a69df9faab187c684585f0136662c12bb1f36901d426f3fab/packaging-18.0-py2.py3-none-any.whl
Collecting six (from packaging->pdal)
  Using cached https://files.pythonhosted.org/packages/67/4b/141a581104b1f6397bfa78ac9d43d8ad29a7ca43ea90a2d863fe3056e86a/six-1.11.0-py2.py3-none-any.whl
Collecting pyparsing>=2.0.2 (from packaging->pdal)
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/2b/4a/f06b45ab9690d4c37641ec7767fad691974f4cf6943a73267475b05cbfca/pyparsing-2.2.2-py2.py3-none-any.whl (57kB)
    100% |#####| 61kB 156kB/s
Installing collected packages: numpy, six, pyparsing, packaging, pdal
Successfully installed numpy-1.15.3 packaging-18.0 pdal-2.0.0 pyparsing-2.2.2 six-1.11.0
(pc_repository_1_env) PS C:\Users\John Great\source\repos\PC_Repository_1\pc_repository_1>
```

Εικ. 4.5-1: Προσθήκη του PDAL Package στο εικονικό περιβάλλον

Εάν πάρουμε το μήνυμα σφάλματος “error: Microsoft Visual C++ 14.0 is required”, τότε θα πρέπει να επαναλάβουμε / συμπληρώσουμε την εγκατάσταση των VS Build Tools με το component “MSVC v140 (VS 2015 C++ Build Tools)”

Εάν η εγκατάσταση του PDAL Package δώσει κάποιο από τα σφάλματα:

- “error: command ‘cl.exe’ failed: No such file or directory” ή και
- “LINK: fatal error LNK1158: cannot run ‘rc.exe’ - error: command ‘C:\\Program Files (x86)\\Microsoft Visual Studio 14.0\\VC\\BIN\\x86_amd64\\link.exe’ failed with exit status 1158”

... τότε υπάρχουν τρεις επιλογές:

Επιλογή 1η:

Με τα VS Build Tools εγκατεστημένα, ανοίγουμε το “x64Native Tools Command Prompt for VS 2019” από την αντίστοιχη ομάδα συντομεύσεων του “Μενού Έναρξη” του υπολογιστή και στο command line αυτών, αφού ενεργοποιήσουμε το εικονικό μας περιβάλλον, δίνουμε την εντολή “**pip install pdal**”:

```

x64 Native Tools Command Prompt for VS 2019
** Visual Studio 2019 Developer Command Prompt v16.0
** Copyright (c) 2019 Microsoft Corporation
[vcvarsall.bat] Environment initialized for: 'x64'

C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\BuildTools>cd "C:\Users\iym2008d\PC_Repository\pc_repository_env\Scripts"

C:\Users\iym2008d\PC_Repository\pc_repository_env\Scripts>. \activate

C:\Users\iym2008d\PC_Repository\pc_repository_env\Scripts>pip install pdal
Collecting pdal
  Using cached https://files.pythonhosted.org/packages/e4/67/338c4164a02b1bb0ecb34adca254b29e88c6c3ed874402d2cd67f5c611a5/PDAL-2.1.8.tar.gz
Requirement already satisfied: numpy in c:\users\iym2008d\pc_repository\pc_repository_env\lib\site-packages (from pdal) (1.16.4)
Requirement already satisfied: packaging in c:\users\iym2008d\pc_repository\pc_repository_env\lib\site-packages (from pdal) (19.0)
Requirement already satisfied: cython in c:\users\iym2008d\pc_repository\pc_repository_env\lib\site-packages (from pdal) (0.29.10)
Requirement already satisfied: pyparsing>=2.0.2 in c:\users\iym2008d\pc_repository\pc_repository_env\lib\site-packages (from packaging->pdal) (2.4.0)
Requirement already satisfied: six in c:\users\iym2008d\pc_repository\pc_repository_env\lib\site-packages (from packaging->pdal) (1.12.0)
Building wheels for collected packages: pdal
  Building wheel for pdal (setup.py) ... done
  Stored in directory: C:\Users\iym2008d\AppData\Local\pip\Cache\wheels\b6\fa\f4\c96b2cfa8e5bc38f641cfbaad9431b7977a049729f6663b20
Successfully built pdal
Installing collected packages: pdal
Successfully installed pdal-2.1.8

(pc_repository_env) C:\Users\iym2008d\PC_Repository\pc_repository_env\Scripts>

```

Εικ. 4.5-2: Προσθήκη του PDAL Package στο εικονικό μας περιβάλλον μέσω των “x64Native Tools” του Visual Studio

Επιλογή 2η:

Εφ’όσον έχουμε εγκαταστήσει τα VS Build Tools και μέσα σε Administrator Mode PowerShell, μεταβαίνουμε στον φάκελλο: “C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\BuildTools\VC\Auxiliary\Build”. Εκεί, τρέχουμε το script “vcvarsall.bat” για να αρχικοποιηθούν οι μεταβλητές περιβάλλοντος αρχιτεκτονικής συστήματος 64-bit, δίνοντας την εντολή:

- **.\vcvarsall.bat amd64**

Έπειτα, επιστρέφουμε στο εικονικό μας περιβάλλον και επιχειρούμε πάλι να εγκαταστήσουμε το PDAL Package με “**pip install pdal**”.

```

Administrator: Windows PowerShell
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

PS C:\WINDOWS\system32>cd "C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\BuildTools\VC\Auxiliary\Build"
PS C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\BuildTools\VC\Auxiliary\Build> dir

Directory: C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\BuildTools\VC\Auxiliary\Build

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
-a----            18/6/2019   15:23             13 Microsoft.VCRedistVersion.default.txt
-a----            18/6/2019   15:23            401 Microsoft.VCToolsVersion.default.props
-a----            18/6/2019   15:23             13 Microsoft.VCToolsVersion.default.txt
-a----            18/6/2019   15:23            401 Microsoft.VCToolsVersion.v142.default.props
-a----            18/6/2019   15:23             13 Microsoft.VCToolsVersion.v142.default.txt
-a----            18/6/2019   15:23             39 vcvars32.bat
-a----            18/6/2019   15:23             39 vcvars64.bat
-a----            18/6/2019   15:23            9889 vcvarsall.bat
-a----            18/6/2019   15:23             43 vcvarsamd64_x86.bat
-a----            18/6/2019   15:23             43 vcvarsx86_amd64.bat

PS C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\BuildTools\VC\Auxiliary\Build> .\vcvarsall.bat amd64
** Visual Studio 2019 Developer Command Prompt v16.0
** Copyright (c) 2019 Microsoft Corporation
[vcvarsall.bat] Environment initialized for: 'x64'
PS C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\BuildTools\VC\Auxiliary\Build>

```

Εικ. 4.5-3: Αρχικοποίηση μεταβλητών περιβάλλοντος 64-bit

Το αρχείο “cl.exe” (64-bit) βρίσκεται στη θέση: C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2019\BuildTools\VC\Tools\MSVC\14.21.27702\bin\Hostx64\x64

Για το πρόβλημα που σχετίζεται με το αρχείο “rc.exe”
περισσότερη βοήθεια μπορεί να βρεθεί στον σύνδεσμο:
<https://stackoverflow.com/questions/14372706/visual-studio-cant-build-due-to-rc-exe>

Επιλογή 3η:

Εάν η εγκατάσταση του PDAL Package εξακολουθεί να αποτυγχάνει, τότε: από τον φάκελλο “site_packages” ενός περιβάλλοντος Python (εικονικού ή μη) όπου η εγκατάσταση του PDAL Package έχει επιτύχει αντιγράφουμε στον αντίστοιχο φάκελλο “site-packages” του δικού μας περιβάλλοντος τους φακέλλους και τα αρχεία που αντιστοιχούν στο PDAL Package:

- φάκελλος “pdal” και
- φάκελλος “PDAL-2.1.8.dist-info”

Η τρίτη επιλογή απαιτεί την ύπαρξη ενός περιβάλλοντος Python
όπου η εγκατάσταση του PDAL Package έχει επιτύχει ...

4.6. Προσθήκη του Python Package της βιβλιοθήκης GDAL

Έχουμε ήδη εγκαταστήσει στον υπολογιστή τη βιβλιοθήκη GDAL/OGR μέσα από την εγκατάσταση του OSGeo4W. Πρέπει, ωστόσο να εγκατασταθούν και τα αντίστοιχα Python Packages (GDAL/OGR & OSGeo) στο εικονικό μας περιβάλλον, ώστε να συνδεθεί η εφαρμογή μας με αυτήν.

Η εγκατάσταση των GDAL/OGR και OSGeo Packages γίνεται, κατά τα γνωστά, μέσα σε Admin PowerShell ως εξής:

- (pc_repository_env)...> **pip install GDAL**

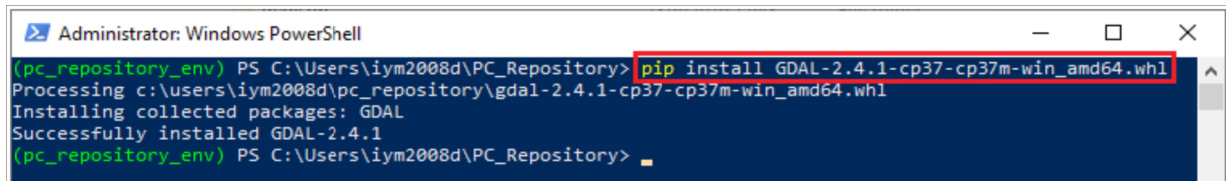
Εάν, ωστόσο, η εγκατάσταση με “pip install” εντός του εικονικού περιβάλλοντος αποτύχει παράγοντας μηνύματα σφάλματος όπως:

- Για την GDAL:
 - extensions/gdal_wrap.cpp(3173): fatal error C1083: Cannot open include file: 'cpl_port.h': No such file or directory
 - error: command 'C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio 14.0\VC\BIN\x86_amd64\cl.exe' failed with exit status 2
- Για το OSGeo:
 - ERROR: Could not find a version that satisfies the requirement osgeo (from versions: none)
 - ERROR: No matching distribution found for osgeo

... τότε μπορούμε να κατεβάσουμε το αρχείο εγκατάστασης (wheel) της GDAL από την ιστοσελίδα “Unofficial Windows Binaries for Python Extension Packages” (<https://www.lfd.uci.edu/~gohlke/pythonlibs/>) (Gohlke, 2019)

Επιλέγουμε την 64-bit έκδοση της GDAL που αντιστοιχεί σε αυτήν που έχει ήδη εγκατασταθεί στον υπολογιστή από το OSGeo4W. Κατεβάζουμε το αρχείο wheel (π.χ. το “GDAL-2.4.1-cp37-cp37m-win_amd64.whl”), το αποθηκεύουμε σε έναν φάκελλο, π.χ. το Root Directory του Django Project και από εκεί δίνουμε την εντολή:

- (pc_repository_env)...> **pip install GDAL-2.4.1-cp37-cp37m-win_amd64.whl**



Εικ. 4.6-1: Εγκατάσταση των GDAL/OGR & OSGeo Packages

Το αρχείο wheel της GDAL μπορεί να διαγραφεί μετά την εγκατάσταση

Εάν και αυτό αποτύχει, τότε προσπαθούμε να το αντιμετωπίσουμε με τους ίδιους τρόπους που αναφέρθηκαν παραπάνω στην εγκατάσταση του αντίστοιχου PDAL Package. Εάν, τελικά, καταφύγουμε στην **“Επιλογή 3η”** (αντιγραφή αρχείων και φακέλλων που αντιστοιχούν σε GDAL/OGR & OSGeo απ’ευθείας στον φάκελλο “site_packages” του εικονικού μας περιβάλλοντος), τότε από τον φάκελλο “site_packages” του περιβάλλοντος της Python 3.7 του OSGeo4W αντιγράφουμε τα:

- φάκελλος “GDAL-2.4.1-py3.7.egg-info”,
- φάκελλος “osgeo”,
- αρχείο “gdal.py”,
- αρχείο “gdalconst.py”,
- αρχείο “gdalnumeric.py” και
- αρχείο “ogr.py”
- αρχείο “osr.py”

**Τα “site_packages” του περιβάλλοντος Python του OSGeo4W βρίσκονται στη θέση:
C:\OSGeo4W64\apps\Python37\lib\site-packages**

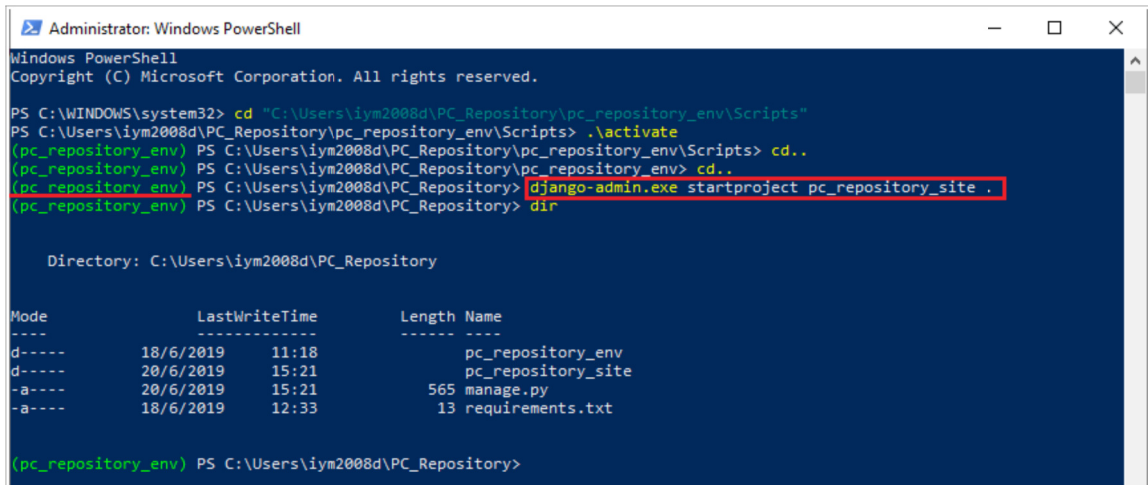
4.7. Δημιουργία νέου Django Project

Η δημιουργία νέου Project του Django είναι πολύ απλή. Μέσα στον φάκελλο “PC_Repository” σε Administrator Mode PowerShell και με ενεργοποιημένο το εικονικό μας περιβάλλον, δίνουμε την εντολή:

- (pc_repository_env)...> **django-admin.exe startproject pc_repository_site .**

Προσοχή! Η τελεία (“.”) στο τέλος της εντολής χρειάζεται ώστε η δομή φακέλλων και αρχείων του νέου Project να δημιουργηθεί απ’ευθείας μέσα στον φάκελλο “PC_Repository”

Η εντολή αυτή θα τοποθετήσει τον φάκελλο “pc_repository_site” με τα απαραίτητα του περιεχόμενα, καθώς και το αρχείο διαχείρισης του Django “manage.py” μέσα στον φάκελλο “PC_Repository”.



```
Administrator: Windows PowerShell
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

PS C:\WINDOWS\system32> cd "C:\Users\iym2008d\PC_Repository\pc_repository_env\Scripts"
PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\pc_repository_env\Scripts> .\activate
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\pc_repository_env\Scripts> cd..
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository\pc_repository_env> cd..
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> django-admin.exe startproject pc_repository_site .
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> dir

Directory: C:\Users\iym2008d\PC_Repository

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
d-----          18/6/2019      11:18         pc_repository_env
d-----          20/6/2019      15:21         pc_repository_site
-a----          20/6/2019      15:21           565 manage.py
-a----          18/6/2019      12:33           13 requirements.txt

(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository>
```

Εικ. 4.7-1: Δημιουργία νέου Django Project

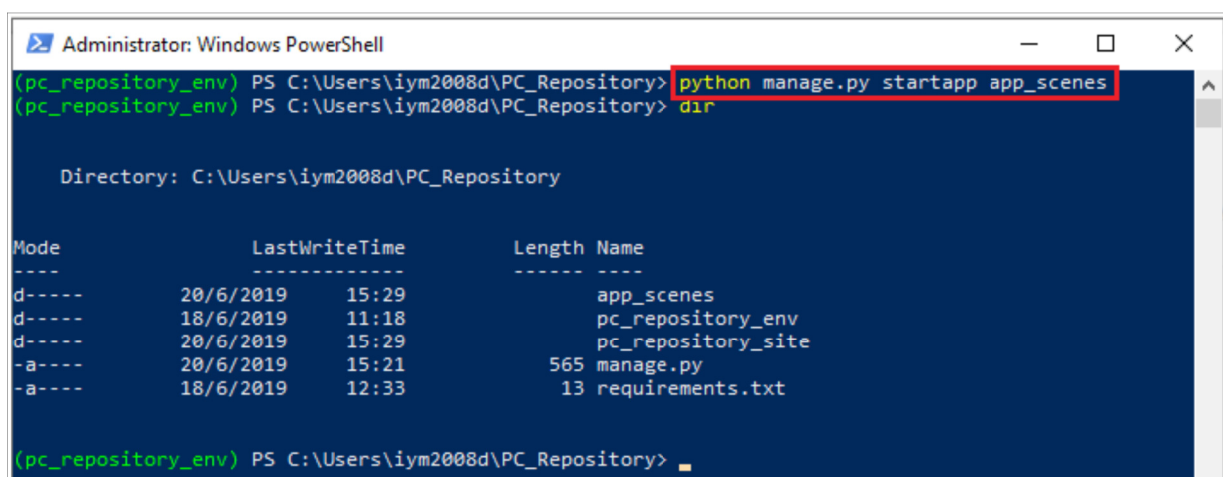
4.8. Προσθήκη του Django App “app_scenes” στο Project

Για να συνεχίσουμε με τη δημιουργία της εφαρμογής, θα πρέπει να προσθέσουμε στο νέο Django Project που μόλις δημιουργήσαμε ένα καινούργιο Application (App), μέσα στο οποίο θα βρίσκεται το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα της εφαρμογής. Αυτό γίνεται πολύ εύκολα χρησιμοποιώντας το αρχείο διαχείρισης “manage.py”. Μέσα στο Root Directory του Django Project μας, σε Administrator Mode PowerShell και με ενεργοποιημένο το εικονικό περιβάλλον, δίνουμε την εντολή:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py startapp app_scenes**

Το Root Directory του Django Project είναι αυτό που περιέχει το αρχείο “manage.py”, δηλ. στην παρούσα εφαρμογή ο φάκελλος “PC_Repository”

Αυτό θα προσθέσει τον φάκελλο “app_scenes” στο Root Directory του Project μαζί με όλα τα απαραίτητα περιεχόμενα & δομή.



```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> python manage.py startapp app_scenes
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> dir

Directory: C:\Users\iym2008d\PC_Repository

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
d-----          20/6/2019      15:29         app_scenes
d-----          18/6/2019      11:18         pc_repository_env
d-----          20/6/2019      15:29         pc_repository_site
-a----          20/6/2019      15:21           565 manage.py
-a----          18/6/2019      12:33           13 requirements.txt

(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository>
```

Εικ. 4.8-1: Προσθήκη του Django App “app_scenes” στο Project

4.9. Προσθήκη των φακέλλων “static”, “media” & “temp”

Η εφαρμογή “PC Repository” χρειάζεται ορισμένα πρόσθετα (plugins) για τη λειτουργία της, η εγκατάσταση των οποίων γίνεται εύκολα, αλλά όχι αυτοματοποιημένα. Απαιτείται η αντιγραφή των λειτουργικών αρχείων των πρόσθετων αυτών μέσα σε υποφακέλλους, οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται μέσα σε έναν φάκελλο με το όνομα “static”. Στη συνέχεια, θα περιληφθούν τα λειτουργικά αυτά αρχεία μέσα στον HTML κώδικα της κεντρικής σελίδας της εφαρμογής ή και όπου αλλού χρειαστεί.

Στην παράγραφο αυτή καλύπτεται το σκέλος της τοποθέτησης των αρχείων σε υποφακέλλους. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να κατεβάσουμε το συμπιεσμένο αρχείο που περιέχει τα αρχεία του κώδικα καθώς και ορισμένα από τα αρχεία του φακέλλου “static” της εφαρμογής “PC Repository” από τον σύνδεσμο:

- https://www.dropbox.com/s/15j9qtrj267qn71/Application_Code_Structure.7z?dl=0

Το συμπιεσμένο αρχείο “Application_Code_Structure.7z” περιέχει τα αρχεία κώδικα καθώς και ορισμένα από τα static αρχεία της εφαρμογής.
Η θέση τους στο αρχείο ακολουθεί τη δομή των φακέλλων του Project

Η δομή των φακέλλων παρατίθεται στο Παράρτημα Β’

Προσθέτουμε έναν κενό φάκελλο με ονομασία “static” μέσα στο Root Directory της εφαρμογής. Κατεβάζουμε από το Διαδίκτυο και αντιγράφουμε σε υποφακέλλους του “static” τα λειτουργικά αρχεία των παρακάτω πρόσθετων:

- **Font Awesome:** Κατεβάζουμε το συμπιεσμένο αρχείο (zip file) του πρόσθετου (θέση: <https://github.com/FortAwesome/Font-Awesome/releases/tag/v4.7.0>) και το αποσυμπίεζουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “font_awesome”.
- **Leaflet-Ajax:** Κατεβάζουμε τα αρχεία του φακέλλου “dist” του πρόσθετου (θέση: <https://github.com/calvinmetcalf/leaflet-ajax/tree/gh-pages/dist>) και τα αντιγράφουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “leaflet_ajax”.
- **Leaflet-Awesome Markers:** Κατεβάζουμε τα αρχεία του φακέλλου “dist” του πρόσθετου (θέση: <https://github.com/lvoogdt/Leaflet.awesome-markers/tree/2.0/develop/dist>) και τα αντιγράφουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “leaflet_awesome_markers”.
- **Leaflet-Mouse Position:** Κατεβάζουμε τα αρχεία του φακέλλου “src” του πρόσθετου (θέση: <https://github.com/ardhi/Leaflet.MousePosition/tree/master/src>) και τα αντιγράφουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “leaflet_mouse_position”.
- **Leaflet-Easy Button:** Κατεβάζουμε τα αρχεία του φακέλλου “src” του πρόσθετου (θέση: <https://github.com/CliffCloud/Leaflet.EasyButton/tree/master/src>) και τα αντιγράφουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “leaflet_easy_button”.
- **Leaflet-Search:** Κατεβάζουμε τα αρχεία του φακέλλου “src” του πρόσθετου (θέση: <https://github.com/stefanocudini/leaflet-search/tree/master/src>) και τα αντιγράφουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “leaflet_search”. Επίσης, αντιγράφουμε τα αρχεία του φακέλλου “images” του πρόσθετου (θέση: <https://github.com/stefanocudini/leaflet-search/tree/master/images>) και τα αντιγράφουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “images” (προσοχή! διατηρούμε ίδια την ονομασία αυτού του υποφακέλλου).
- **jQuery:** Κατεβάζουμε το “compressed production” αρχείο της jQuery (θέση: <http://jquery.com/download/>) και το αντιγράφουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “jquery”.

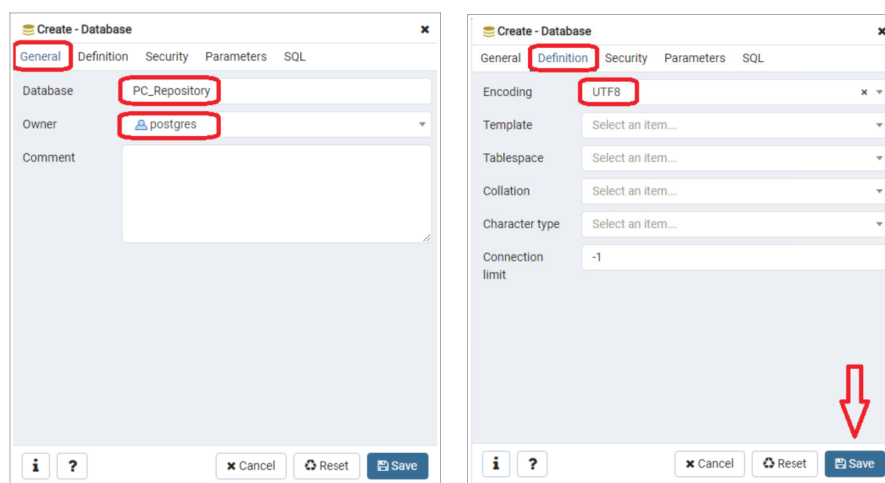
Συνεχίζουμε την ίδια διαδικασία, αυτή τη φορά αντιγράφοντας και ορισμένα από τα αρχεία του archive “Application_Code_Structure.7z” που έχουμε ήδη κατεβάσει:

- **Login_v18:** Κατεβάζουμε το συμπιεσμένο αρχείο του login template (θέση: <https://colorlib.com/wp/template/login-form-v18/>) και το αποσυμπιέζουμε σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “Login_v18”. Διαγράφουμε από τον υποφάκελλο το αρχείο “index.html”. Το html template δίνεται τροποποιημένο στο Παράρτημα Β’ και πρόκειται να τοποθετηθεί σε άλλο φάκελλο του Project, όπως θα περιγραφεί παρακάτω. Από τα αρχεία που βρίσκονται στο archive “Application_Code_Structure.7z”:
 - α) αντικαθιστούμε το αρχείο “main.css” του φακέλλου “css” του πρόσθετου και
 - β) τοποθετούμε το αρχείο “PC_Repo_Logo.png” και τη συνοδευούσα άδειά του “PC_Repo_Logo_License_CCBY30.txt” στον φάκελλο “images” του πρόσθετου.
- **PC Repository CSS:** Τοποθετούμε το αρχείο “PC_Repository.css”, που βρίσκεται στο archive “Application_Code_Structure.7z”, μέσα σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “CSS”. Το αρχείο αυτό περιέχει το styling διαφόρων HTML components της εφαρμογής.
- **Python Scripts:** Τοποθετούμε το αρχείο “divide_z.py”, που βρίσκεται στο archive “Application_Code_Structure.7z”, μέσα σε έναν υποφάκελλο του φακέλλου “static” ονόματι “py”.
- **Potree:** Κατεβάζουμε το συμπιεσμένο αρχείο του Potree Converter 1.6 64-bit (θέση: https://github.com/potree/PotreeConverter/releases/tag/1.6_2018_07_29). Προσθέτουμε έναν υποφάκελλο ονόματι “Potree” στον φάκελλο “static” και αποσυμπιέζουμε το archive του Potree Converter (αρχείο “PotreeConverter_1.6_2018_07_29_windows_x64.zip”) μέσα σε αυτόν. Τώρα θα πρέπει να έχει προστεθεί ο ομώνυμος φάκελλος μέσα στον φάκελλο “Potree”. Πλοηγούμαστε στον υποφάκελλο “..resources\page_template” αυτού και αντιγράφουμε τον φάκελλο “libs” πίσω στον φάκελλο “Potree” που έχουμε προσθέσει. Αντικαθιστούμε το αρχείο “potree.js” του υποφακέλλου “libs\potree\” (αυτού που μόλις αντιγράψαμε) με το αντίστοιχο αρχείο που βρίσκεται στο archive “Application_Code_Structure.7z”.

Τέλος, προσθέτουμε τους κενούς φακέλλους “**media**” και “**temp**” στο Root Directory. Αυτοί είναι φάκελλοι στους οποίους θα αποθηκεύει η εφαρμογή αρχεία κατά τη λειτουργία της: στον φάκελλο “media” αρχεία που θα ανεβάζουν οι χρήστες και στον φάκελλο “temp” προσωρινά αρχεία που θα διαγράφονται αμέσως μετά τη χρήση τους.

4.10. Δημιουργία νέας Β.Δ. μέσα στην PostgreSQL

Ανοίγουμε το περιβάλλον διαχείρισης “PgAdmin” της PostgreSQL και προχωρούμε στη δημιουργία μίας νέας βάσης δεδομένων με ονομασία “**PC_Repository**”. Φροντίζουμε ώστε η νέα βάση να έχει κωδικοποίηση “UTF-8” και αποθηκεύουμε τη νέα Β.Δ. πατώντας το πλήκτρο “Save”:

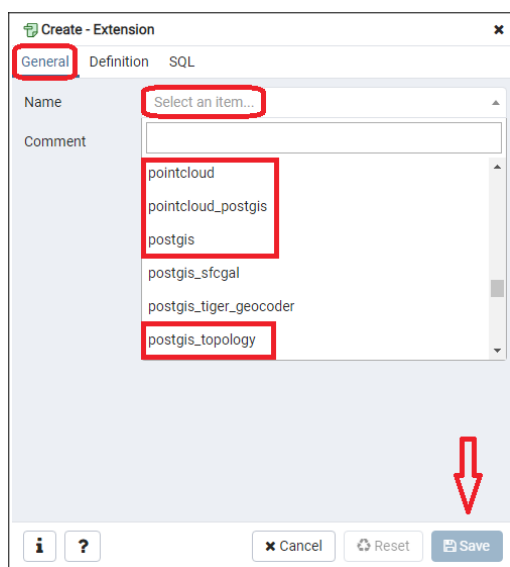


Εικ. 4.10-1: Δημιουργία νέας Β.Δ. στην PostgreSQL

Προκειμένου να ενεργοποιηθούν οι γεωχωρικές δυνατότητες της νέας Β.Δ., που χρειάζονται για την εφαρμογή “PC Repository”, θα πρέπει να προστεθούν σε αυτήν τα extensions:

- **postgis**,
- **postgis_topology**,
- **pointcloud** και
- **pointcloud_postgis**

Για να επιτευχθεί αυτό, αναπτύσσουμε (expand) τον κατάλογο της Β.Δ. πατώντας το βελάκι στα αριστερά της ονομασίας της. Έπειτα κάνουμε δεξί κλικ στα “Extensions” και επιλέγουμε “Create\ Extension”. Από το drop-down menu επιλέγουμε το extension που θέλουμε και πατάμε “Save” (η διαδικασία αυτή πρέπει να επαναληφθεί για κάθε ένα extension):



Εικ. 4.10-2: Προσθήκη extensions στη νέα Β.Δ.

4.11. Αρχεία Κώδικα της Εφαρμογής

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να εισάγουμε των απαραίτητο κώδικα για τη λειτουργία της εφαρμογής. Ο κώδικας είναι οργανωμένος σε αρχεία, τα περισσότερα εκ των οποίων τοποθετούνται στον φάκελλο “app_scenes”, άλλα - όπως το αρχείο ρυθμίσεων - τοποθετούνται στον φάκελλο “pc_repository_site”, ενώ άλλα στον φάκελλο “static”.

Τα αρχεία κώδικα της εφαρμογής βρίσκονται στο συμπιεσμένο αρχείο “Application_Code_Structure.7z”, που μπορεί να ληφθεί από τη θέση:
https://www.dropbox.com/s/rg1ya2k94v9jcp7/Application_Code_Structure.7z?dl=0

Στο Παράρτημα Β’ παρατίθεται η δομή των φακέλλων, ο παραπάνω σύνδεσμος, καθώς και σύνδεσμος λήψης του κώδικα της εφαρμογής σε αρχείο κειμένου

Μπορούμε να αντιγράψουμε κάθε αρχείο κώδικα από το συμπιεσμένο αρχείο μέσα στον φάκελλο που αντιστοιχεί. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το αρχείο ρυθμίσεων “settings.py”, όπως περιγράφεται παρακάτω.

4.11.1. Αρχεία του Project (θέση: “pc_repository_site”)

Ο φάκελλος “**pc_repository_site**” του Root Directory περιέχει αρχεία που αφορούν σε ολόκληρο το Project και όλα τα Django Apps που μπορεί αυτό να περιλαμβάνει (η εφαρμογή “PC Repository” περιλαμβάνει ένα μόνο App, το “app_scenes”). Στον φάκελλο αυτόν τοποθετούνται τα αρχεία κώδικα:

- **settings.py**,
- **urls.py** και
- **wsgi.py**

Προσοχή! Ο κώδικας του αρχείου “settings.py” δεν πρέπει να αντικατασταθεί συνολικά, αλλά να τροποποιηθεί όπου απαιτείται, όπως έχει περιγραφεί κατά τα προηγούμενα, διότι περιέχει στοιχεία όπως το “SECRET_KEY” που παράγονται αυτόματα από το Django κάθε φορά που δημιουργείται ένα νέο Project

Το αρχείο “urls.py” δεν πρέπει να συγχέεται με το συνώνυμό του που τοποθετείται στη θέση: “app_scenes”

4.11.2. Αρχεία του Django App Scenes (θέση: “app_scenes”)

Ο φάκελλος “**app_scenes**” του Root Directory περιέχει αρχεία που περιλαμβάνονται στο μοναδικό Django App της εφαρμογής, το “app_scenes”. Στον φάκελλο αυτόν τοποθετούνται τα αρχεία κώδικα:

- **admin.py**,
- **apps.py**,
- **forms.py**,
- **models.py**,
- **tests.py**,
- **urls.py** και
- **views.py**

Προσοχή! Το αρχείο “urls.py” δεν πρέπει να συγχέεται με το συνώνυμό του που τοποθετείται στη θέση: “pc_repository_site”

4.11.3. Templates του Django App Scenes (θέση: “app_scenes/templates”)

Ο φάκελλος “**app_scenes/templates**” του Root Directory περιέχει τα αρχεία των HTML templates που χρησιμοποιούνται από το Django App “app_scenes”. Στον φάκελλο αυτόν τοποθετούνται τα αρχεία κώδικα:

- **Login18_change_password.html**,
- **Login18_index.html**,
- **map_index.html**,
- **map_index_base.html** και
- **potree_index_base.html**

Σε περίπτωση που κάποια από τα static αρχεία που κατεβάσαμε έχουν αλλάξει ονομασία σε σχέση με τις αναγραφόμενες στα αρχεία των templates, τότε θα πρέπει να διορθωθούν τα αντίστοιχα include statements των templates

4.11.4. Αρχεία του φακέλλου “static”

Ο φάκελλος “static” του Root Directory περιέχει αρχεία διαφόρων plugins, τα περισσότερα εκ των οποίων χρησιμοποιούνται απ’ευθείας όπως τα προμηθευόμαστε. Υπάρχουν, ωστόσο, ορισμένα που χρειάζονται κάποιες απαραίτητες τροποποιήσεις, καθώς και άλλα που τα δημιουργούμε εμείς εξ’αρχής:

- **PC_Repository.css** (νέο αρχείο, θέση: “static\CSS”),
- **main.css** (τροποποιούμενο, θέση: “static\Login_v18\css”),
- **potree.js** (τροποποιούμενο, θέση: “static\Potree\libs\potree”) και
- **divide_z.py** (νέο αρχείο, θέση: “static\py”)

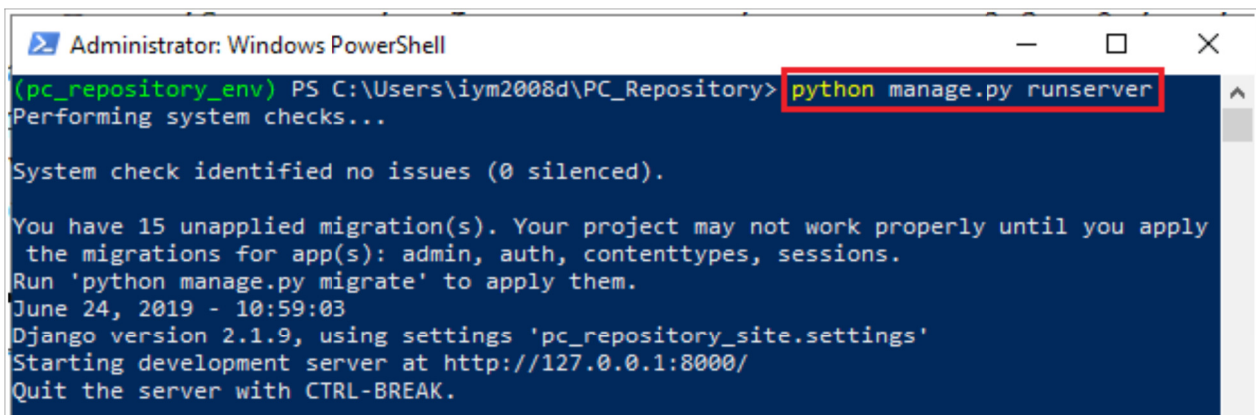
4.12. Εκκίνηση Development Server σε Localhost

Στο στάδιο της ανάπτυξης της εφαρμογής και για να βεβαιωθούμε ότι αυτή λειτουργεί σωστά, την τρέχουμε τοπικά σε Localhost. Το Django διαθέτει Development Server, ο οποίος υπάρχει για αυτόν ακριβώς τον σκοπό.

**Ο Development Server του Django δεν είναι κατάλληλος για παραγωγική λειτουργία.
Χρησιμεύει μόνο για την ανάπτυξη της εφαρμογής**

Για να ξεκινήσει ο Development Server ενεργοποιούμε το εικονικό περιβάλλον της εφαρμογής σε Administrator PowerShell και, μέσα από το Root Directory, δίνουμε την εντολή:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py runserver**



```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> python manage.py runserver
Performing system checks...

System check identified no issues (0 silenced).

You have 15 unapplied migration(s). Your project may not work properly until you apply
the migrations for app(s): admin, auth, contenttypes, sessions.
Run 'python manage.py migrate' to apply them.
June 24, 2019 - 10:59:03
Django version 2.1.9, using settings 'pc_repository_site.settings'
Starting development server at http://127.0.0.1:8000/
Quit the server with CTRL-BREAK.
```

Εικ. 4.12-1: Ειδοποίηση για “unapplied migrations” κατά την
πρώτη έναρξη του development server

Εάν παρουσιαστεί το μήνυμα σφάλματος: “Error: [WinError 10013] Έγινε προσπάθεια πρόσβασης σε υποδοχή με τρόπο που δεν επιτρέπεται από τα δικαιώματα πρόσβασης”, τότε αλλάζουμε τη θύρα σε π.χ. 5000:

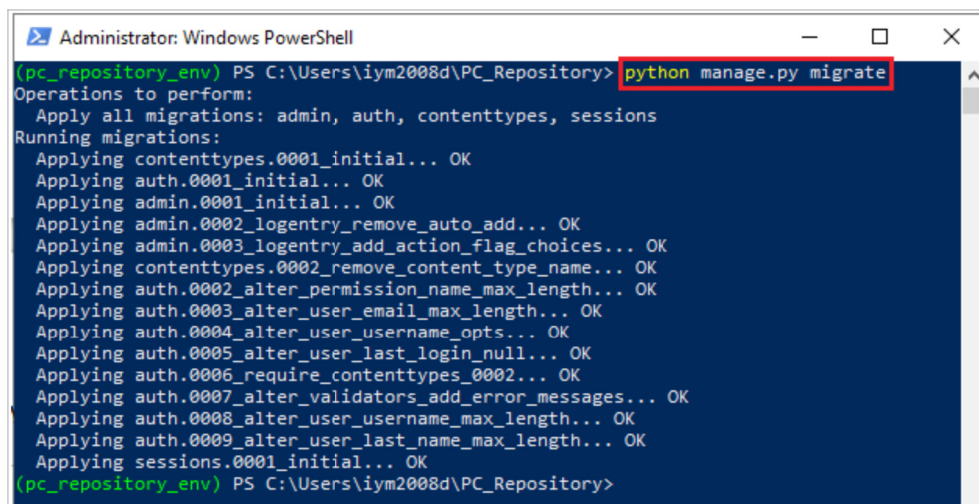
- (pc_repository_env)...> python manage.py runserver 5000

**Το σφάλμα αυτό οφείλεται στο ότι η default θύρα υπ’αριθμόν 8000
είναι κατειλημμένη από κάποια άλλη διεργασία**

Κατά την πρώτη έναρξη του Development Server ενημερωνόμαστε ότι υπάρχουν “*unapplied migrations*” και ότι η εφαρμογή μπορεί να μη λειτουργεί σωστά. Για να συγχρονισθεί η Β.Δ. με τα μοντέλα δεδομένων όπως αυτά έχουν ορισθεί στον κώδικα της εφαρμογής, θα πρέπει να εφαρμοσθούν τα “*unapplied migrations*”. Αρχικά, το Django παράγει τα migrations που αφορούν στην ίδια τη λειτουργία του (π.χ. το σύστημα πιστοποίησης χρηστών). Τα πρώτα αυτά migrations εφαρμόζονται με την εντολή:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py migrate**

Ο Development Server του Django διακόπτεται με Ctrl+C

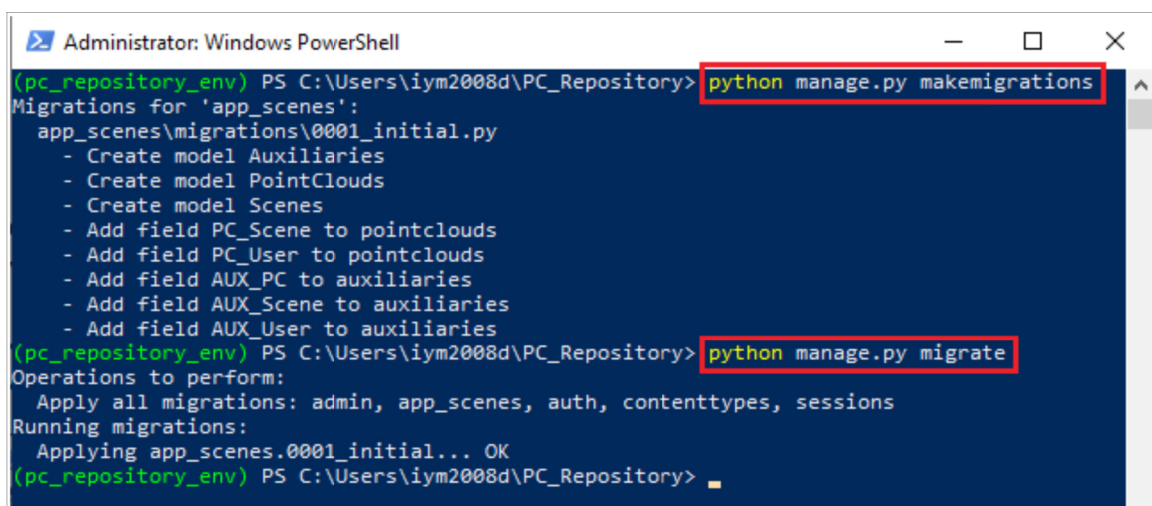


```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> python manage.py migrate
Operations to perform:
  Apply all migrations: admin, auth, contenttypes, sessions
Running migrations:
  Applying contenttypes.0001_initial... OK
  Applying auth.0001_initial... OK
  Applying admin.0001_initial... OK
  Applying admin.0002_logentry_remove_auto_add... OK
  Applying admin.0003_logentry_add_action_flag_choices... OK
  Applying contenttypes.0002_remove_content_type_name... OK
  Applying auth.0002_alter_permission_name_max_length... OK
  Applying auth.0003_alter_user_email_max_length... OK
  Applying auth.0004_alter_user_username_opts... OK
  Applying auth.0005_alter_user_last_login_null... OK
  Applying auth.0006_require_contenttypes_0002... OK
  Applying auth.0007_alter_validators_add_error_messages... OK
  Applying auth.0008_alter_user_username_max_length... OK
  Applying auth.0009_alter_user_last_name_max_length... OK
  Applying sessions.0001_initial... OK
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository>
```

Εικ. 4.12-2: Εφαρμόζοντας τα αρχικά migrations του Django

Σε αυτά τα migrations πρέπει να προστεθούν και αυτά που αφορούν στα μοντέλα δεδομένων της εφαρμογής μας, τα οποία έχουν οριστεί στο αρχείο “models.py”. Αυτό γίνεται δίνοντας τις εντολές:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py makemigrations**
- (pc_repository_env)...> **python manage.py migrate**



```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> python manage.py makemigrations
Migrations for 'app_scenes':
  app_scenes\migrations\0001_initial.py
    - Create model Auxiliaries
    - Create model PointClouds
    - Create model Scenes
    - Add field PC_Scene to pointclouds
    - Add field PC_User to pointclouds
    - Add field AUX_PC to auxiliaries
    - Add field AUX_Scene to auxiliaries
    - Add field AUX_User to auxiliaries
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> python manage.py migrate
Operations to perform:
  Apply all migrations: admin, app_scenes, auth, contenttypes, sessions
Running migrations:
  Applying app_scenes.0001_initial... OK
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository>
```

Εικ. 4.12-3: Εφαρμογή των model migrations της εφαρμογής

Εναλλακτικά, θα μπορούσαμε πρώτα να έχουμε προσθέσει τα **model migrations** στα αρχικά και στη συνέχεια να τα εφαρμόσουμε όλα μαζί με:

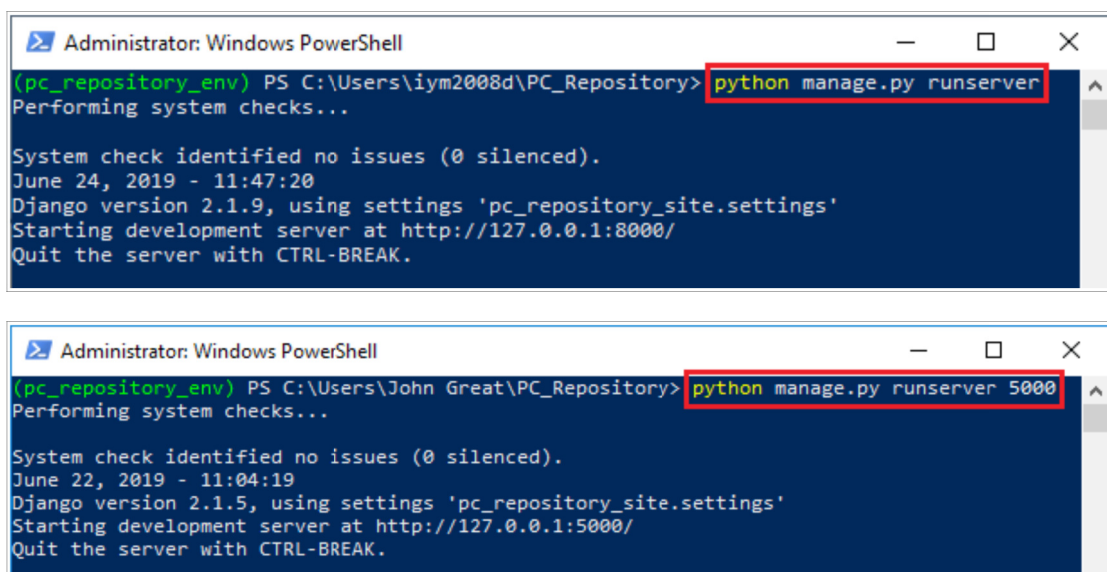
- **python manage.py makemigrations**
- **python manage.py migrate**

Ο Development Server τρέχει πλέον κανονικά σε localhost (127.0.0.1), δίνοντας την εντολή:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py runserver**

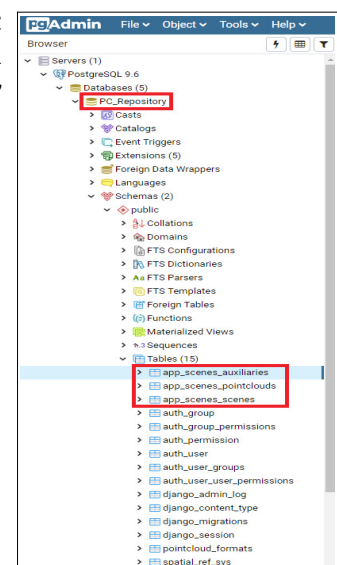
... ή εφ'όσον υπάρχει διένεξη με την default θύρα 8000 και επιλέξουμε την θύρα 5000:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py runserver 5000**



Εικ. 4.12-4: Επιτυχής εκκίνηση του Development Server

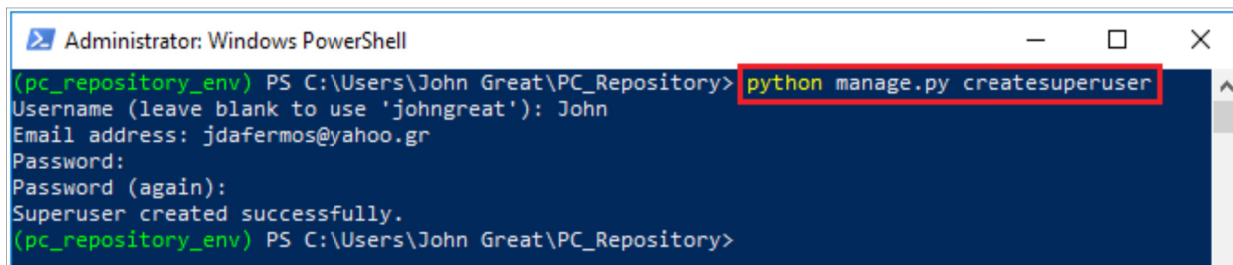
Μετά την εφαρμογή και των model migrations μπορούμε να ελέγξουμε ότι οι πίνακες των μοντέλων δεδομένων έχουν προστεθεί στη Β.Δ. Πρόκειται για τους πίνακες “Scenes”, “PointClouds” και “Auxiliaries”, που αποθηκεύουν πληροφορίες για Σκηνές, Νέφη Σημείων και Βοηθητικά Αρχεία αντίστοιχα:



Εικ. 4.12-5: Επιτυχής προσθήκη των πινάκων των μοντέλων δεδομένων στη Β.Δ.

Τέλος, για να έχουμε πρόσβαση στην εφαρμογή χρειαζόμαστε έναν Χρήστη με τα κατάλληλα δικαιώματα. Αυτός ο Χρήστης είναι τύπου “SuperUser” και έχει δικαίωμα να προβεί σε οποιαδήποτε ενέργεια, καθώς διαθέτει όλα τα δικαιώματα πρόσβασης. Η δημιουργία του γίνεται δίνοντας ένα όνομα χρήστη, ένα e-mail και έναν κωδικό πρόσβασης με την εντολή:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py createsuperuser**

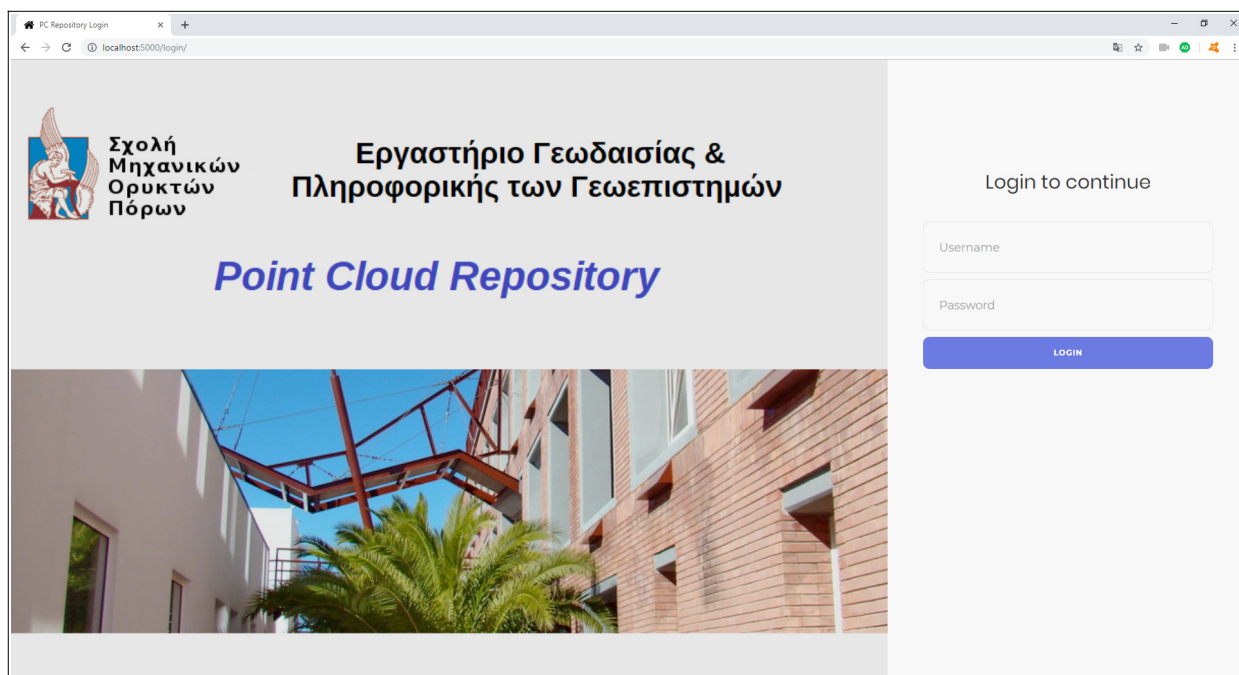


```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_env) PS C:\Users\John Great\PC_Repository> python manage.py createsuperuser
Username (leave blank to use 'johnngreat'): John
Email address: jdafermos@yahoo.gr
Password:
Password (again):
Superuser created successfully.
(pc_repository_env) PS C:\Users\John Great\PC_Repository>
```

Εικ. 4.12-6: Δημιουργία SuperUser

4.13. Άνοιγμα Εφαρμογής “PC Repository” σε Web Browser

Τώρα που ο Development Server τρέχει κανονικά, μπορούμε να ανοίξουμε την εφαρμογή “PC Repository” μέσα από έναν περιηγητή ιστού (web browser). Πληκτρολογώντας τη διεύθυνση “<http://localhost:8000/>” (ή “<http://localhost:5000/>” εφόσον έχουμε αλλάξει τη default θύρα σε 5000), εισερχόμαστε στη σελίδα πιστοποίησης χρήστη (login page):



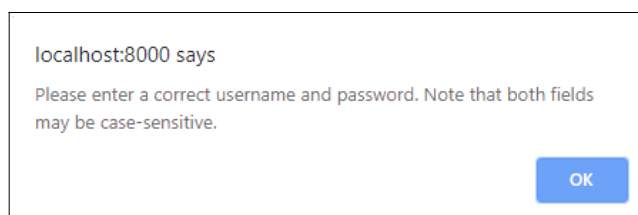
Εικ. 4.13-1: Η ιστοσελίδα πιστοποίησης χρήστη (Login Page) της εφαρμογής “PC Repository”

Κατά τη χρήση της εφαρμογής ίσως χρειαστεί καθαρισμός της προσωρινής μνήμης (Clear Browser Cache) του περιηγητή που χρησιμοποιούμε, ώστε να μπορέσουμε να δούμε τα αποτελέσματα παραμετροποιήσεων που πιθανώς κάνουμε

Για να εισέλθουμε στην εφαρμογή δίνουμε τα στοιχεία πιστοποίησης (username & password) του SuperUser που έχουμε ορίσει. Ο Χρήστης πιστοποιείται από το Django και μεταφερόμαστε στην αρχική σελίδα της εφαρμογής:

Εικ. 4.13-2: Η αρχική ιστοσελίδα της εφαρμογής “PC Repository”

Σε περίπτωση εισαγωγής εσφαλμένων στοιχείων πιστοποίησης θα λάβουμε το ακόλουθο μήνυμα:



Εικ. 4.13-3: Σφάλμα κατά την πιστοποίηση Χρήστη

4.14. Δημοσίευση Εφαρμογής μέσω Web Server

Μέχρι τώρα έχουμε δει την εφαρμογή “PC Repository” να λειτουργεί τοπικά σε localhost, δηλ. μόνο στον υπολογιστή όπου έχει εγκατασταθεί. Προκειμένου να γίνει δυνατή η απομακρυσμένη πρόσβαση σε αυτήν, θα πρέπει η εφαρμογή να “ανέβει” σε έναν εξυπηρετητή δικτύου (web server).

Για να χρησιμοποιηθεί ο υπολογιστής στον οποίο έχει εγκατασταθεί η εφαρμογή ως web server, θα πρέπει να είναι συνδεδεμένος στο Διαδίκτυο με σταθερό IP

4.14.1. Δημοσίευση μέσω του Django Development Server

Ένας τρόπος δημοσίευσης της εφαρμογής είναι μέσω του Development Server του Django. Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί έχει ως εξής:

1. Διαπιστώνουμε το **σταθερό IP** του υπολογιστή στον οποίο έχει εγκατασταθεί η εφαρμογή, επισκεπτόμενοι την ιστοσελίδα “<https://www.whatismyip.com/>” ή πληκτρολογώντας τον όρο “what is my ip” σε μία μηχανή αναζήτησης. Έστω ότι αυτό είναι: **111.111.111.111**

2. Τροποποιούμε το αρχείο ρυθμίσεων “**settings.py**” της εφαρμογής ως εξής:

- **ALLOWED_HOSTS = ['111.111.111.111', 'localhost']**

Για την παραγωγική λειτουργία της εφαρμογής απαιτείται για λόγους ασφαλείας να τεθεί στο αρχείο “**settings.py**”: **Debug=False**
Αυτό έχει ως συνέπεια να πρέπει να δηλωθούν στη λίστα “**ALLOWED_HOSTS**” οι διευθύνσεις των χρησιμοποιούμενων servers, καμία από τις οποίες δεν επιτρέπεται να είναι “**localhost**”: **ALLOWED_HOSTS = ['111.111.111.111']**

Ωστόσο, η ρύθμιση “**Debug=False**” αποτρέπει τον Development Server του Django από το να εξυπηρετεί τα static αρχεία της εφαρμογής, οπότε για να μπορέσουμε να τον χρησιμοποιήσουμε την αφήνουμε στην τιμή “**True**”

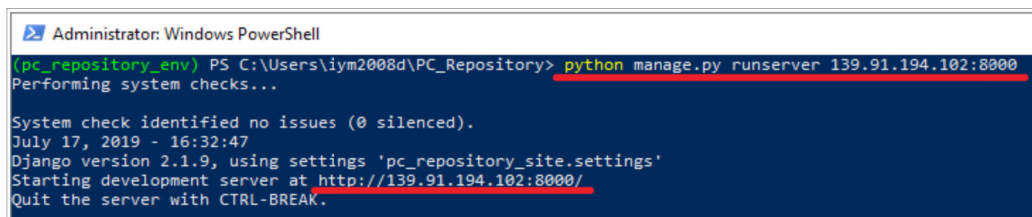
3. Ενεργοποιούμε το εικονικό περιβάλλον της εφαρμογής σε Administrator PowerShell και, μέσα από το Root Directory, ξεκινούμε τον Development Server δίνοντας την εντολή:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py runserver 111.111.111.111:8000**

... ή εφ’ όσον υπάρχει διένεξη με την default θύρα 8000 και επιλέξουμε την θύρα 5000:

- (pc_repository_env)...> **python manage.py runserver 111.111.111.111:5000**

Ο Development Server του Django δεν προορίζεται για παραγωγική λειτουργία, αλλά μόνο για την ανάπτυξη μίας εφαρμογής

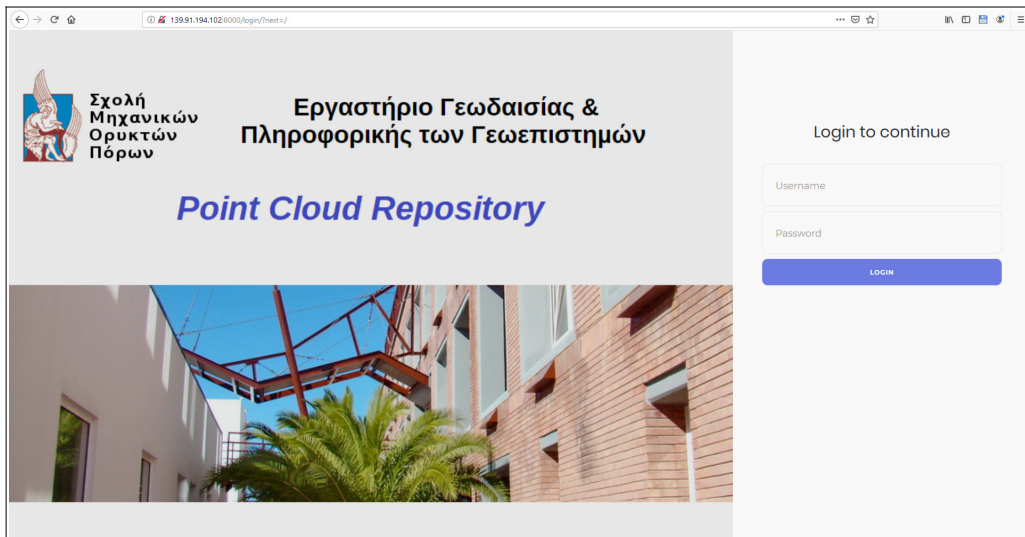


```
Administrator: Windows PowerShell
(pc_repository_env) PS C:\Users\iym2008d\PC_Repository> python manage.py runserver 139.91.194.102:8000
Performing system checks...

System check identified no issues (0 silenced).
July 17, 2019 - 16:32:47
Django version 2.1.9, using settings 'pc_repository_site.settings'
Starting development server at http://139.91.194.102:8000/
Quit the server with CTRL-BREAK.
```

Εικ. 4.14.1-1: Δημοσίευση της εφαρμογής “PC Repository” σε Static IP μέσω του Django Development Server

Το firewall του antivirus ή του συστήματος ενδέχεται να μπλοκάρει την πρόσβαση του Development Server από το Διαδίκτυο



Εικ. 4.14.1-2: Η εφαρμογή “PC Repository” δημοσιευμένη σε Static IP μέσω του Django Development Server

4.14.2. Δημοσίευση μέσω του Apache Server

Ένας ενδελεχμένος τρόπος δημοσίευσης Django εφαρμογών, όπως το “PC Repository”, σε παραγωγική λειτουργία είναι μέσω του “Apache Web Server” και του “mod_wsgi”. Το mod_wsgi είναι ένα Apache module το οποίο μπορεί να φιλοξενήσει κάθε Python WSGI εφαρμογή, συμπεριλαμβανομένου και του Django. Το Django λειτουργεί με κάθε έκδοση του Apache που υποστηρίζει το mod_wsgi. (Django_Software_Foundation, 2005c)

Για την εγκατάσταση του Apache Server προτιμήθηκε η λύση του “WAMPServer” ή απλούστερα “WAMP” (Windows, Apache, MySQL και PHP). Ο WAMP εγκαθιστά τον Apache Server με την MySQL και την PHP σε περιβάλλον Windows. Μαζί με το module “mod_wsgi” μπορούν να επιτρέψουν το ανέβασμα μίας Django εφαρμογής στο Διαδίκτυο.

Ωστόσο, αν και έγιναν επίμονες προσπάθειες, αυτό δεν κατέστη δυνατό. Παρουσιάστηκαν πολλά τεχνικής φύσεως προβλήματα. Η αντιμετώπιση του ενός οδηγούσε στο επόμενο, ώστε τελικά δεν έγινε δυνατή η λειτουργία της εφαρμογής μέσω του WAMP. Λόγω στενότητας χρονικών περιθωρίων δεν δοκιμάστηκαν εναλλακτικοί τρόποι εγκατάστασης του Apache Server (π.χ. Apache Lounge, XAMPP). Οι κυριότερες πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν πληροφορίες για τη λειτουργία του WAMP είναι οι παρακάτω:

- https://www.codementor.io/aswinmurugesh/deploying-a-django-application-in-windows-with-apache-and-mod_wsgi-uhl2xq09e
- <http://myembeddedlinux.blogspot.com/2017/11/host-django-app-in-apache-windows.html>
- <https://www.metaltoad.com/blog/hosting-django-sites-apache>
- <https://andersguide.com/2013/04/03/how-to-deploy-a-django-page-on-the-apache-http-server-on-windows/>
- <https://gist.github.com/paulpenezc/a44d58222664195fb40f075103541ac3>
- <https://docs.djangoproject.com/en/2.2/howto/deployment/wsgi/modwsgi/>

**Η λειτουργία της εφαρμογής “PC Repository” μέσω του Apache Server δεν επιτεύχθηκε
Παραμένει σε εκκρεμότητα ως μελλοντική εργασία**

Κεφάλαιο 5

Λειτουργίες της Εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι λειτουργίες της εφαρμογής “PC Repository”, οι οποίες ομαδοποιούνται σε τέσσερις κατηγορίες:

- **Χειριστήρια Χάρτη** (Εισαγωγή νέας Σκηνής κλπ.),
- **Επεξεργασία Σκηνής** (Υπάρχουσας),
- **Παραμετροποιημένη Ιστοσελίδα Potree** και
- **To Admin Site** της Εφαρμογής

5.1. Χειριστήρια Χάρτη

Όταν γίνεται η φόρτωση της αρχικής ιστοσελίδας της εφαρμογής εμφανίζεται στον περιηγητή ο παγκόσμιος χάρτης του OpenStreetMap, κεντραρισμένος και περιορισμένος γύρω από την Κρήτη. Τα χειριστήρια του χάρτη είναι τα εξής:

+

Μεγέθυνση

−

Σμίκρυνση

□

Επαναφορά Χάρτη

Q

Αναζήτηση Τοποθεσίας

✎

Νέα Σκηνή

➡

Αποσύνδεση Χρήστη

20 km
10 mi

Κλίμακα Χάρτη

Αλλαγή Μυστικού Κωδικού

Welcome John, [change password](#) | © [OpenStreetMap](#) contributors

Συντεταγμένες Κέρσορα σε WGS'84

WGS'84 Lon/Lat: 26°58'27".1 / 34°20'28".2

Copyright / Πληροφορίες

Point Cloud Repository, Thesis, © Ioannis Dafermos 2018-19 | © [OpenStreetMap](#) contributors

Λειτουργίες ποντικιού:

- ✓ Αριστερό πλήκτρο πατημένο: Μετακίνηση Χάρτη
- ✓ Ροδέλλα εμπρός / πίσω: Μεγέθυνση / Σμίκρυνση Χάρτη
- ✓ Ροδέλλα πατημένη: Μετακίνηση Χάρτη

5.1.1. Χειριστήρια Πλοήγησης & Πληροφοριών

Τα χειριστήρια πλοήγησης του Leaflet (Agafonkin, 2011) είναι απλά στη λειτουργία και κατανόησή τους. Η μετακίνηση του Χάρτη γίνεται κρατώντας το αριστερό πλήκτρο ή τη ροδέλλα του ποντικιού πατημένα (drag). Οι λειτουργίες των χειριστηρίων πλοήγησης έχουν ως εξής:



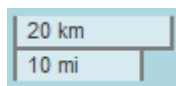
Πατώντας το πλήκτρο αυτό γίνεται μεγέθυνση του Χάρτη (Zoom In). Το ίδιο επιτυγχάνεται κυλώντας τη ροδέλλα του ποντικιού προς τα εμπρός. Αποτελεί standard χειριστήριο του Leaflet.



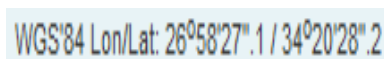
Πατώντας το πλήκτρο αυτό γίνεται σμίκρυνση του Χάρτη (Zoom Out). Το ίδιο επιτυγχάνεται κυλώντας τη ροδέλλα του ποντικιού προς τα πίσω. Αποτελεί standard χειριστήριο του Leaflet.



Επαναφέρει τον Χάρτη στην αρχική του θέση & εστίαση (Reset View). Αποτελεί standard χειριστήριο του Leaflet.



Παρουσιάζει την κλίμακα του Χάρτη (Map Scale). Αλλάζει ανάλογα με την εστίαση (zoom level) και αναφέρεται σε χιλιόμετρα (km) και σε μίλια (mi). Αποτελεί standard χειριστήριο του Leaflet.



Παρουσιάζει τις συντεταγμένες Χάρτη του κέρσορα σε WGS'84. Αλλάζει καθώς μετακινείται ο κέρσορας. Αποτελεί plugin του Leaflet (Lukianto, 2012).

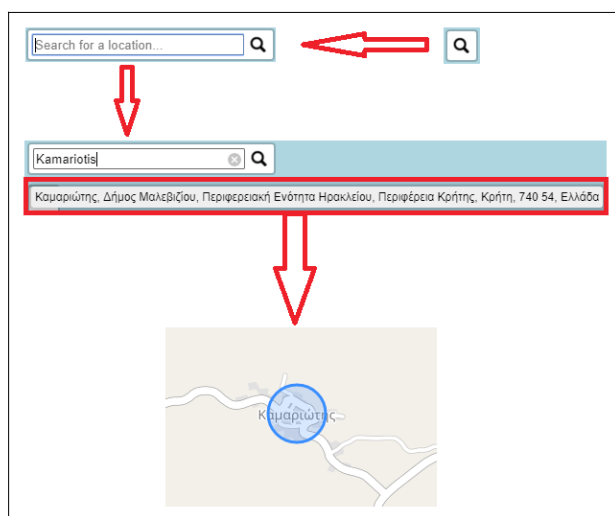


Η ονομασία και το copyright της εφαρμογής “PC Repository”, καθώς και του Χάρτη του OpenStreetMap. Αποτελεί standard χειριστήριο του Leaflet.

5.1.2. Χειριστήριο Αναζήτησης Τοποθεσίας



Το χειριστήριο αναζήτησης τοποθεσίας επιτρέπει την πληκτρολόγηση ονομασιών τοποθεσιών και την αναζήτησή τους στη βάση δεδομένων του OpenStreetMap. Εάν η τοποθεσία βρεθεί τότε, κάνοντας κλικ επάνω στην αναδυόμενη περιγραφή της, γίνεται αυτόματη εστίαση του Χάρτη σε αυτήν. Αποτελεί plugin του Leaflet (Cudini, 2013).

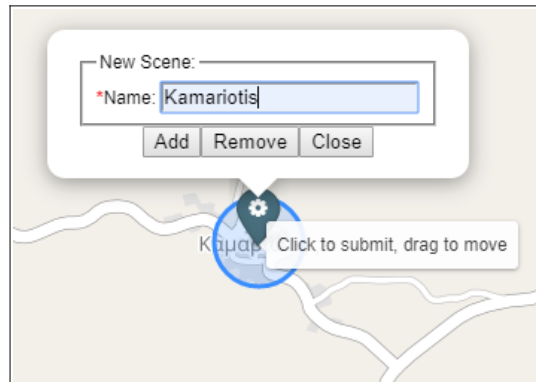


Εικ. 5.1.2-1: Το χειριστήριο Αναζήτησης Τοποθεσίας

5.1.3. Χειριστήριο Εισαγωγής Νέας Σκηνής



Πατώντας το πλήκτρο εισαγωγής νέας Σκηνής, ο κέρσορας αλλάζει σε σταυρόνημα και το ίδιο το πλήκτρο απενεργοποιείται, καθώς επιτρέπεται η εισαγωγή μίας Σκηνής κάθε φορά. Με το σταυρόνημα και πλοηγούμενοι στον χάρτη με τα χειριστήρια πλοήγησης, κάνουμε κλικ στην επιθυμητή θέση όπου και εμφανίζεται ο marker νέου σημείου, με σύμβολο το γρανάκι.

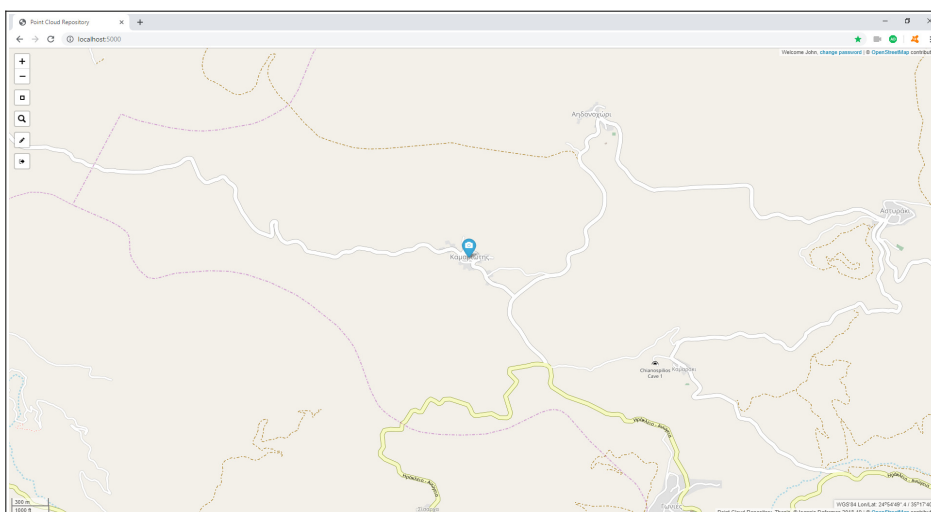


Εικ. 5.1.3-1: Φόρμα εισαγωγής νέας Σκηνής στη Β.Δ.

Ο marker μπορεί να μετακινηθεί στον χάρτη, κρατώντας πατημένο το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού και μετακινώντας ταυτόχρονα το ποντίκι (drag). Κάνοντας αριστερό κλικ επάνω στον marker αναδύεται η popup φόρμα εισαγωγής νέας Σκηνής, που μάς παρέχει τις εξής δυνατότητες:

- Πλαίσιο **Name**: Εισαγωγή ονομασίας νέας Σκηνής (απαραίτητο πεδίο).
- Πλήκτρο **Add**: Υποβολή φόρμας και εισαγωγή νέας Σκηνής στον πίνακα “Scenes” της Β.Δ. Παραμένει ανενεργό εφ’όσον δεν έχει πληκτρολογηθεί ονομασία Σκηνής.
- Πλήκτρο **Remove**: Αφαιρεί τον marker, ο κέρσορας επανέρχεται σε “χεράκι” και το πλήκτρο εισαγωγής νέας Σκηνής επανενεργοποιείται.
- Πλήκτρο **Close**: Κλείνει την popup φόρμα.

Πληκτρολογώντας την ονομασία της νέας Σκηνής ενεργοποιείται το πλήκτρο “Add” και η φόρμα μπορεί να υποβληθεί. Πατώντας το “Add” η φόρμα υποβάλλεται και η νέα Σκηνή προστίθεται στον πίνακα “Scenes” της Β.Δ. Αμέσως μετά, εκτελείται ανακατεύθυνση στην αρχική σελίδα, δηλ. ουσιαστικά η εφαρμογή επανεκκινείται και η νέα Σκηνή εμφανίζεται στον χάρτη:



Marker νέου Σημείου



Marker Σκηνής

Εικ. 5.1.3-2: Ο Χάρτης με τη Σκηνή που προστέθηκε και οι συμβολισμοί των markers

	SC_ID [PK] integer	SC_Name character varying (100)	SC_PC_Cnt integer	SC_AUX_Cnt integer	SC_Down_Cnt integer	SC_Coords geometry	SC_UserName character varying (150)	SC_User_id integer
1	2	Fragokastello	3	2	0	0101000020E6100...	John	1
2	1	Kamariotis	3	6	1	0101000020E6100...	John	1
3	3	Agios Nikolaos	1	0	1	0101000020E6100...	Aggelikh	2

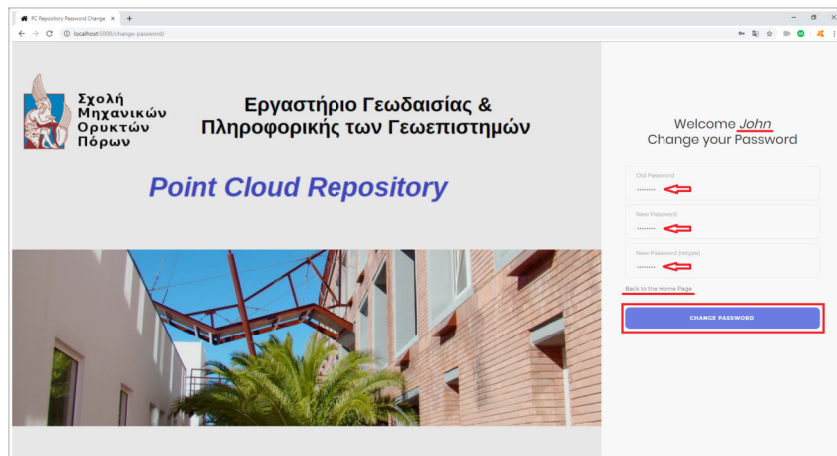
Εικ. 5.1.3-3: Ο πίνακας “Scenes” της Β.Δ. έπειτα από προσθήκη εγγραφών

5.1.4. Χειριστήριο Αλλαγής Μυστικού Κωδικού

Πατώντας τον σύνδεσμο αλλαγής μυστικού κωδικού (password) μεταφερόμαστε στην αντίστοιχη φόρμα. Πρόκειται για παραλλαγή της σελίδας πιστοποίησης Χρήστη και βασίζεται, ομοίως, στο “Login v18” HTML template του Colorlib (Silkalns, 2013). Η φόρμα έχει τα ακόλουθα πλαίσια:

- Πλαίσιο **Old Password**: Εισαγωγή του τρέχοντος μυστικού κωδικού.
- Πλαίσιο **New Password**: Εισαγωγή του νέου μυστικού κωδικού.
- Πλαίσιο **New Password (retype)**: Επιβεβαίωση του νέου μυστικού κωδικού.
- Σύνδεσμος **Back to the Home Page**: Επιστροφή στην αρχική σελίδα, χωρίς αλλαγή του μυστικού κωδικού.
- Πλήκτρο **Change Password**: Αλλαγή του μυστικού κωδικού.

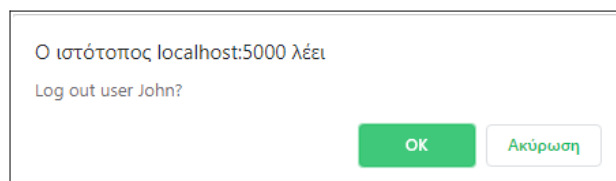
Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει η αλλαγή του μυστικού κωδικού είναι να πληκτρολογηθούν ορθά ο τρέχων κωδικός, ο νέος κωδικός και η επιβεβαίωσή του. Σε αντίθετη περίπτωση, η αλλαγή δεν εκτελείται και η φόρμα ανανεώνεται.



Εικ. 5.1.4-1: Η φόρμα αλλαγής μυστικού κωδικού (password)

5.1.5. Χειριστήριο Αποσύνδεσης Χρήστη

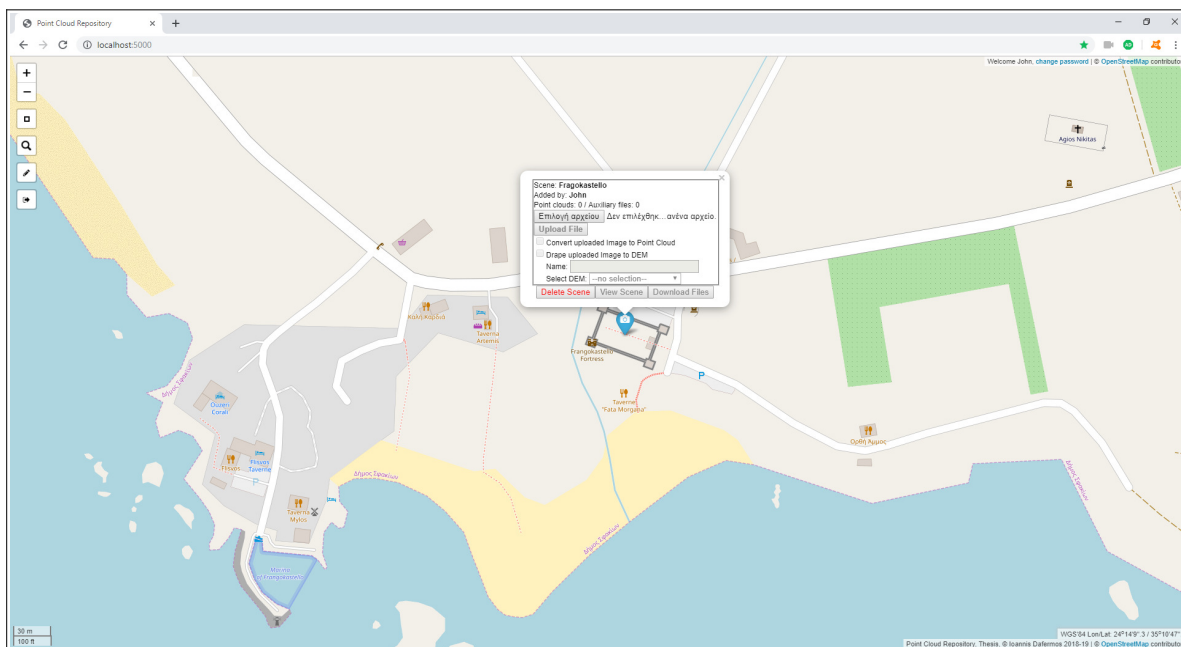
Πατώντας το πλήκτρο αποσύνδεσης (logout) Χρήστη εμφανίζεται η φόρμα επιβεβαίωσης. Εάν ο Χρήστης πατήσει “OK” στη φόρμα αυτή, τότε αποσυνδέεται από την εφαρμογή και ανακατευθύνεται στη φόρμα πιστοποίησης (login) Χρήστη:



Εικ. 5.1.5-1: Φόρμα επιβεβαίωσης αποσύνδεσης Χρήστη

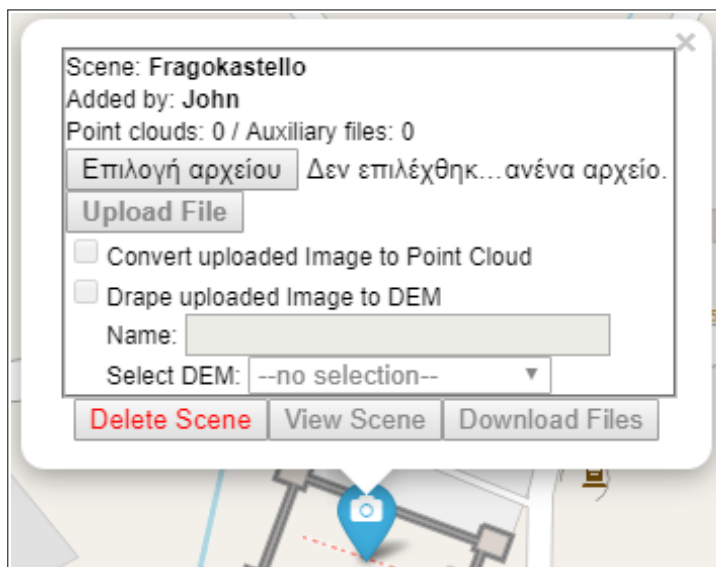
5.2. Επεξεργασία Σκηνής

Κεντρικό κομμάτι της εφαρμογής “PC Repository” είναι η επεξεργασία των Σκηνών που έχουν προστεθεί στη Β.Δ. Οι Σκηνές είναι ο τρόπος οργάνωσης των αρχείων της εφαρμογής. Σε αυτές μεταφορτώνονται από τους Χρήστες αρχεία νεφών σημείων (point cloud) και εικόνων (raster images), τα οποία μπορούν στη συνέχεια να οπτικοποιηθούν στο Potree.



Εικ. 5.2-1: Η Σκηνή του Φραγκοκάστελλου

Η φόρμα επεξεργασίας Σκηνής εμφανίζεται ως αναδυόμενο popup, κάνοντας κλικ επάνω σε μία υπάρχουσα Σκηνή. Η φόρμα αυτή παρέχει στον Χρήστη χρήσιμες πληροφορίες, καθώς και τις πλέον θεμελιώδεις λειτουργίες της εφαρμογής:



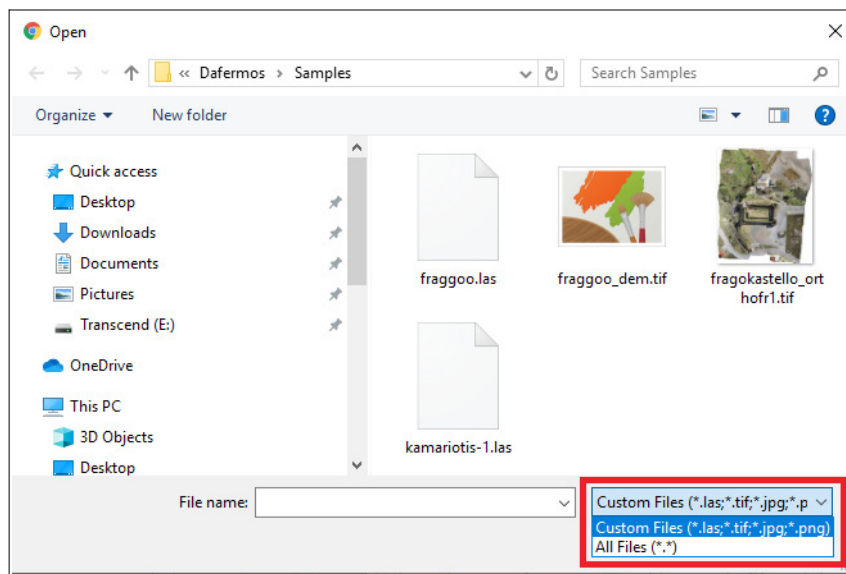
Εικ. 5.2-2: Φόρμα επεξεργασίας Σκηνής

Ο Χρήστης πληροφορείται από τη φόρμα για τα παρακάτω:

- Ετικέττα **Scene**: η ονομασία της Σκηνής
- Ετικέττα **Added by**: το username του Χρήστη που πρόσθεσε τη Σκηνή
- Ετικέττα **Point clouds**: το πλήθος των point clouds που περιέχονται στη Σκηνή
- Ετικέττα **Auxiliary files**: το πλήθος των βοηθητικών αρχείων που περιέχονται στη Σκηνή

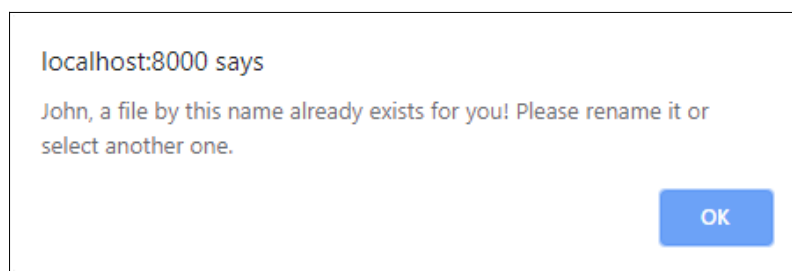
Η φόρμα διαθέτει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Πλήκτρο **Select File**: Πατώντας το πλήκτρο αυτό, εμφανίζεται η φόρμα επιλογής αρχείου και ο Χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα αρχείο για μεταφόρτωση (upload) στο σύστημα. Το αρχείο μπορεί να είναι είτε νέφος σημείων (point cloud) είτε εικόνα (raster image). Στη φόρμα παρουσιάζονται μόνο οι επιτρεπόμενοι τύποι αρχείων, εκτός εάν ο Χρήστης επιλέξει όλους τους τύπους.



Εικ. 5.2-3: Η φόρμα επιλογής αρχείου για μεταφόρτωση (upload)

- Πλήκτρο **Upload File**: Με το πλήκτρο αυτό γίνεται η μεταφόρτωση του επιλεγμένου αρχείου στο σύστημα. Ενεργοποιείται μόνο εφ'όσον έχει επιλεγθεί ένα αρχείο. Όλα τα αρχεία που μεταφορτώνονται στο σύστημα (point clouds & εικόνες) αποθηκεύονται σε ιδιαίτερο φάκελλο για κάθε Χρήστη. Για αυτόν τον λόγο, πρέπει η ονομασία κάθε αρχείου να είναι μοναδική. Εάν ο Χρήστης επιλέξει αρχείο με ονομασία όμοια ενός ήδη μεταφορτωμένου (για τον ίδιο Χρήστη), τότε θα λάβει σχετικό μήνυμα σφάλματος και θα πρέπει να το μετονομάσει προκειμένου να το μεταφορτώσει:



Εικ. 5.2-4: Σφάλμα ονομασίας αρχείου

Κατά τη μεταφόρτωση αρχείου διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- Εάν το προς μεταφόρτωση αρχείο είναι **νέφος σημείων (point cloud)**, τότε αποθηκεύεται στον φάκελλο Χρήστη και ταυτόχρονα μετατρέπεται σε μορφή κατάλληλη για οπτικοποίηση μέσω του Potree. Μία νέα εγγραφή προστίθεται στον πίνακα “PointClouds” της Β.Δ. με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το αρχείο αυτό.

	PC_ID [PK] integer	PC_BaseName character varying (100)	PC_Ext character varying (10)	PC_File character varying (150)	PC_PVFolder character varying (150)	PC_Scene_id integer	PC_User_id integer
1	1	kamariotis-1	las	user1/kamariotis-1.las	user1/pointclouds/kamariotis-1	1	1
2	3	fraggoo	las	user1/fraggoo.las	user1/pointclouds/fraggoo	2	1
3	4	fragokastello_orthofr1	las	user1/fragokastello_orthofr1.las	user1/pointclouds/fragokastello_orthofr1	2	1
4	5	fragokastello_orthofr1_draped	las	user1/fragokastello_orthofr1_draped.las	user1/pointclouds/fragokastello_orthofr1_draped	2	1
5	6	kamariotis-1_ground	las	user1/kamariotis-1_ground.las	user1/pointclouds/kamariotis-1_ground	1	1
6	7	kamariotis-1_cropped	las	user1/kamariotis-1_cropped.las	user1/pointclouds/kamariotis-1_cropped	1	1
7	8	hobu-1	las	user2/hobu-1.las	user2/pointclouds/hobu-1	3	2
8	9	fragokastello_orthofr1	las	user2/fragokastello_orthofr1.las	user2/pointclouds/fragokastello_orthofr1	4	2
9	10	fragokastello_orthofr1_draped	las	user2/fragokastello_orthofr1_draped.las	user2/pointclouds/fragokastello_orthofr1_draped	4	2

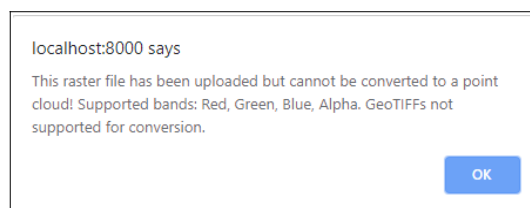
Εικ. 5.2-5: Ο πίνακας “PointClouds” της Β.Δ. έπειτα από προσθήκη εγγραφών

- Εάν το προς μεταφόρτωση αρχείο είναι **εικόνα (raster image)**, τότε ο Χρήστης έχει τις εξής επιλογές:
 - ▷ Απλή μεταφόρτωση του αρχείου, οπότε και αυτό αποθηκεύεται στον φάκελλο Χρήστη και μία νέα εγγραφή προστίθεται στον πίνακα “Auxiliaries” της Β.Δ. με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για αυτό. Το αρχείο δύναται να είναι π.χ. DEM raster, το οποίο στη συνέχεια θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη λειτουργία “Drape”.

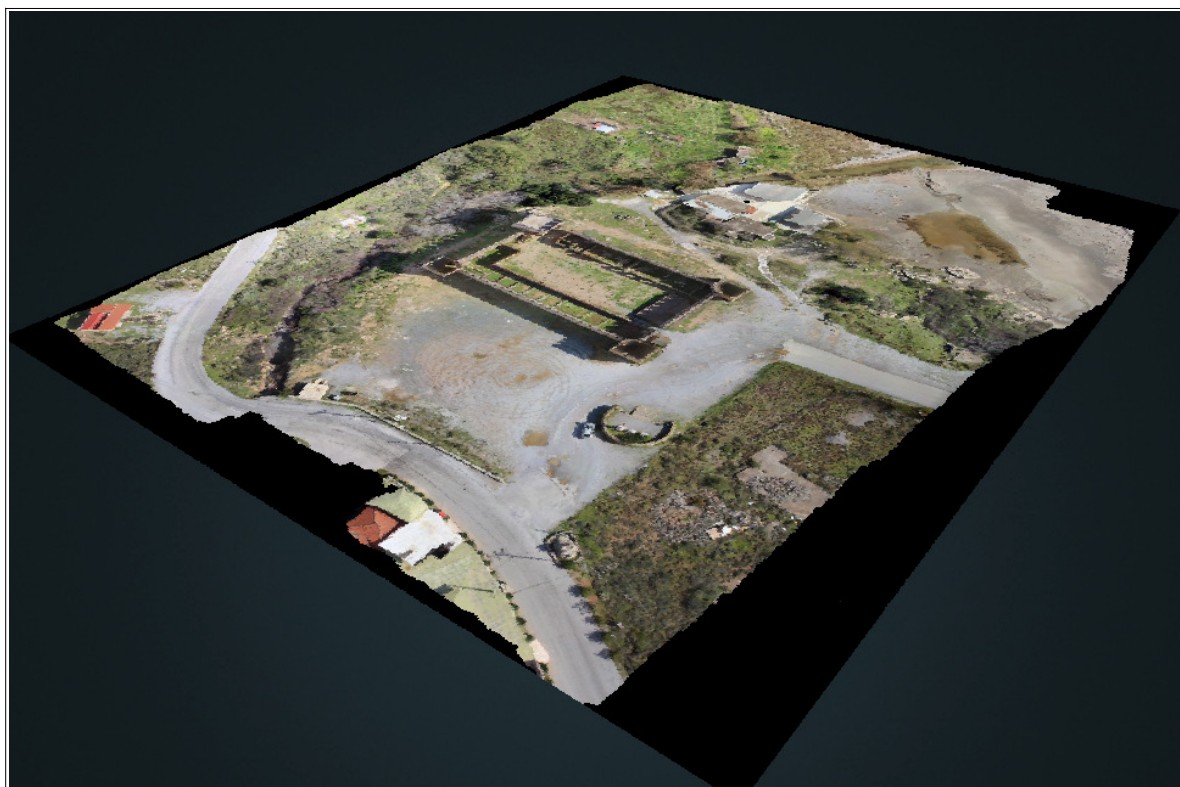
	AUX_ID [PK] integer	AUX_BaseName character varying (100)	AUX_Ext character varying (10)	AUX_File character varying (150)	AUX_Uploaded boolean	AUX_Countable boolean	AUX_PC_id integer	AUX_Scene_id integer	AUX_User_id integer
1	2	fragokastello_orthofr1	tif	user1/fragokastello_orthofr1.tif	true	true	5	2	1
2	3	kamariotis-1_ground_dtm	tif	user1/kamariotis-1_ground_dtm.tif	false	true	6	1	1
3	4	kamariotis-1_ground_contour	dbf	user1/kamariotis-1_ground_contour.dbf	false	false	6	1	1
4	5	kamariotis-1_ground_contour	shp	user1/kamariotis-1_ground_contour.shp	false	true	6	1	1
5	6	kamariotis-1_ground_contour	shx	user1/kamariotis-1_ground_contour.shx	false	false	6	1	1
6	7	kamariotis-1_ground_hillshade	tif	user1/kamariotis-1_ground_hillshade.tif	false	true	6	1	1
7	8	kamariotis-1_dsm	tif	user1/kamariotis-1_dsm.tif	false	true	1	1	1
8	9	kamariotis-1_contour	dbf	user1/kamariotis-1_contour.dbf	false	false	1	1	1
9	10	kamariotis-1_contour	shp	user1/kamariotis-1_contour.shp	false	true	1	1	1
10	11	kamariotis-1_contour	shx	user1/kamariotis-1_contour.shx	false	false	1	1	1
11	12	kamariotis-1_hillshade	tif	user1/kamariotis-1_hillshade.tif	false	true	1	1	1
12	13	fraggoo_dem	tif	user2/fraggoo_dem.tif	true	true	[null]	4	2
13	14	fragokastello_orthofr1	tif	user2/fragokastello_orthofr1.tif	true	true	10	4	2
14	15	fraggoo_dem	tif	user1/fraggoo_dem.tif	true	true	[null]	2	1

Εικ. 5.2-6: Ο πίνακας “Auxiliaries” της Β.Δ. έπειτα από προσθήκη εγγραφών

- ▷ Μεταφόρτωση με ενεργοποίηση του checkbox **Convert uploaded Image to Point Cloud**: Σε αυτή την περίπτωση, το raster αρχείο μεταφορτώνεται στο σύστημα, αποθηκεύεται στον φάκελλο Χρήστη, προστίθεται στη Β.Δ. και, επιπλέον, μετατρέπεται σε μορφή point cloud ώστε να μπορεί να οπτικοποιηθεί μέσα από το Potree. Η μετατροπή αυτή υποστηρίζεται μόνο για rasters με μπάντες Red, Green, Blue και Alpha (RGB & RGBA). Αρχεία τύπου GeoTIFF (όπως τα DEM rasters) δεν υποστηρίζονται για μετατροπή σε point cloud.



Εικ. 5.2-7: Αδυναμία μετατροπής raster αρχείου σε point cloud



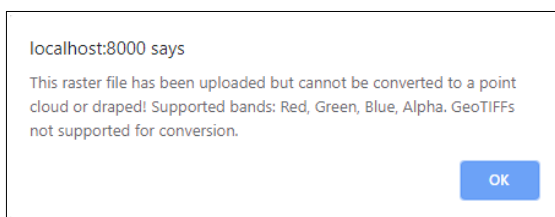
Εικ. 5.2-8: οπτικοποίηση μέσα σε Potree ορθοφωτογραφίας του Φραγκοκάστελλου που έχει μετατραπεί σε point cloud

- ▷ Μεταφόρτωση με ενεργοποίηση του checkbox **Drape uploaded Image to DEM**: Σε αυτή την περίπτωση, το raster αρχείο μεταφορτώνεται στο σύστημα, αποθηκεύεται στον φάκελλο Χρήστη, προστίθεται στη Β.Δ. και, επιπλέον, μετατρέπεται σε μορφή point cloud προσαρμοσμένου στο ανάγλυφο δοθέντος DEM raster. Το DEM θα πρέπει προηγουμένως να έχει μεταφορτωθεί στο σύστημα, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το Drape. Με την ενεργοποίηση του checkbox αυτού ενεργοποιούνται και τα βοηθητικά χειριστήρια:

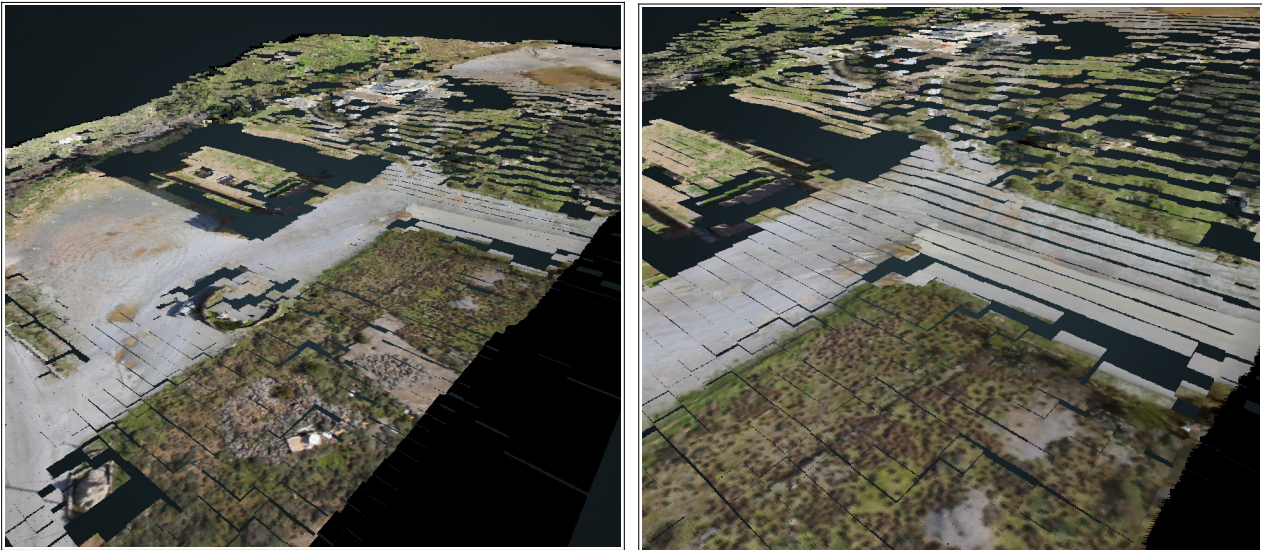
Πλαίσιο **Name**: Εισαγωγή ονομασίας draped αρχείου. Το σύστημα προτείνει ένα όνομα όμοιο με της επιλεγμένης εικόνας με το επίθεμα “_draped”, ωστόσο ο Χρήστης μπορεί να το αλλάξει. Σε κάθε περίπτωση, ελέγχεται η μοναδικότητά του και αν χρειαστεί συμπληρώνεται με αριθμητικό επίθεμα (“_1”, “_2” κ.ο.κ.) μέχρις ότου παραχθεί ένα μοναδικό όνομα (για τον τρέχοντα Χρήστη).

Dropbox **Select DEM**: Επιλέγεται το DEM raster επί του οποίου θα γίνει το drape. Στο dropdown παρουσιάζονται όλα τα raster αρχεία του Χρήστη (ακόμη και όσα δεν είναι DEM), ευθύνη του οποίου είναι η επιλογή του σωστού.

Η λειτουργία Drape διατίθεται μόνο για rasters με μπάντες Red, Green, Blue και Alpha (RGB & RGBA). Αρχεία τύπου GeoTIFF (όπως τα DEM rasters) δεν μπορούν να γίνουν draped.

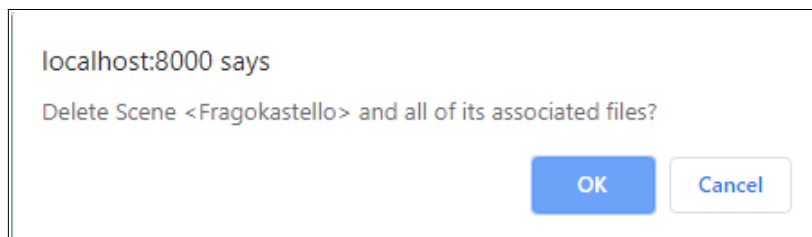


Εικ. 5.2-9: Σφάλμα κατά το drape raster αρχείου



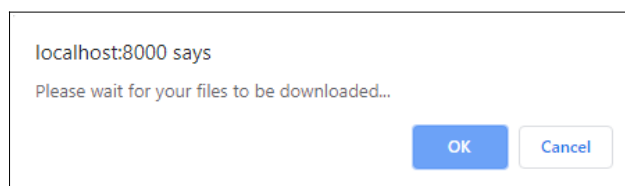
Εικ. 5.2-10: Ορθοφωτογραφία του Φραγκοκάστελλου που έχει γίνει draped επάνω σε DEM, το οποίο έχει παραχθεί από το αντίστοιχο Point Cloud μέσα από την εφαρμογή “PC Repository”

- Πλήκτρο **Delete Scene**: Το πλήκτρο αυτό διαγράφει από το σύστημα αρχείων και από τη Β.Δ. την επιλεγμένη Σκηνή και όλα τα αρχεία που συνδέονται με αυτήν (Point Clouds & Auxiliaries). Ο Χρήστης καλείται να επιβεβαιώσει τη διαγραφή:



Εικ. 5.2-11: Μήνυμα επιβεβαίωσης διαγραφής Σκηνής

- Πλήκτρο **View Scene**: Το πλήκτρο αυτό μας οδηγεί στο Potree όπου μπορεί να γίνει οπτικοποίηση των point clouds της Σκηνής. Παραμένει απενεργοποιημένο εάν η Σκηνή δεν περιέχει point clouds. Πατώντας το, καλείται η συνάρτηση δημιουργίας της HTML ιστοσελίδας του Potree και εκτελείται ανακατεύθυνση σε αυτήν. Η οπτικοποίηση Σκηνών αναλύεται στην παράγραφο “5.3. Παραμετροποιημένη Ιστοσελίδα Potree”.
- Πλήκτρο **Download Files**: Με το πλήκτρο αυτό είναι δυνατή η λήψη όλων των αρχείων (Point Clouds & Auxiliaries) μίας Σκηνής. Τα αρχεία συμπιέζονται σε ένα archive με χρήση του 7-Zip. Ο Χρήστης παροτρύνεται να περιμένει για τη δημιουργία & λήψη του συμπιεσμένου αρχείου, πριν συνεχίσει να χρησιμοποιεί την εφαρμογή:



Εικ. 5.2-12: Μήνυμα επιβεβαίωσης λήψης αρχείων Σκηνής

Κάθε Χρήστης έχει δικαίωμα να χρησιμοποιεί τη φόρμα επεξεργασίας Σκηνής για να προσθέτει ή να διαγράφει στοιχεία μόνο δικών του Σκηνών

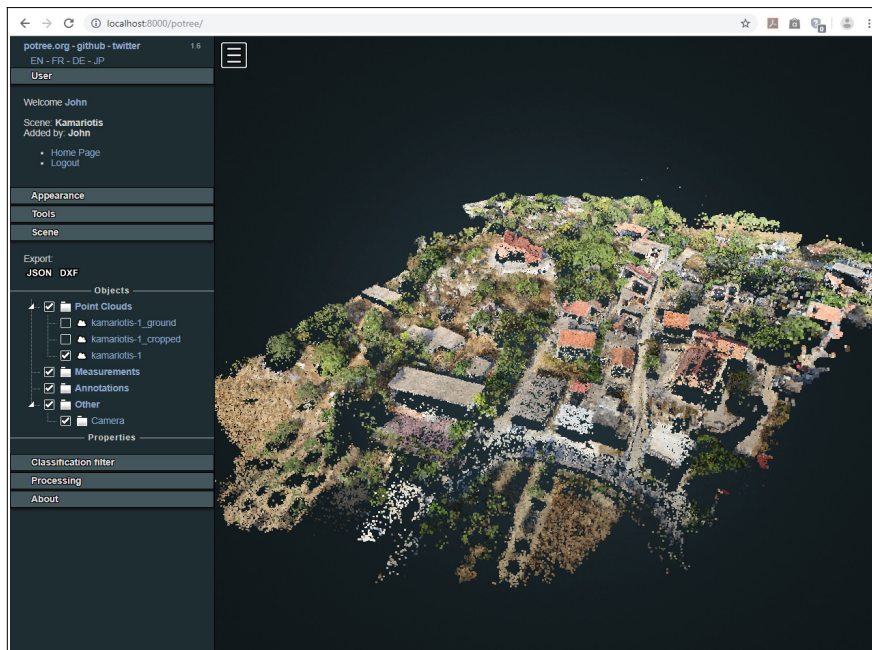
Χρήστης που ανήκει σε ομάδα Διαχειριστών (Administrator) ή που είναι Υπερ-Χρήστης (SuperUser), έχει δικαίωμα θέασης & λήψης ακόμη και ξένων Σκηνών

“Ξένες” χαρακτηρίζονται οι Σκηνές που έχουν προστεθεί από άλλους Χρήστες

5.3. Παραμετροποιημένη Ιστοσελίδα Potree

Η εφαρμογή “PC Repository” χρησιμοποιεί την έκδοση 1.6 του Potree για οπτικοποίηση και επεξεργασία των Point Clouds που μεταφορτώνουν οι Χρήστες. Οι λειτουργίες που επιτελούνται μέσα από την παραμετροποιημένη ιστοσελίδα διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- στις εγγενείς λειτουργίες του Potree και
- σε αυτές που προέρχονται από παραμετροποίηση



Εικ. 5.3-1: Η παραμετροποιημένη ιστοσελίδα του Potree με point cloud του Καμαριώτη

5.3.1. Εγγενείς Λειτουργίες του Potree



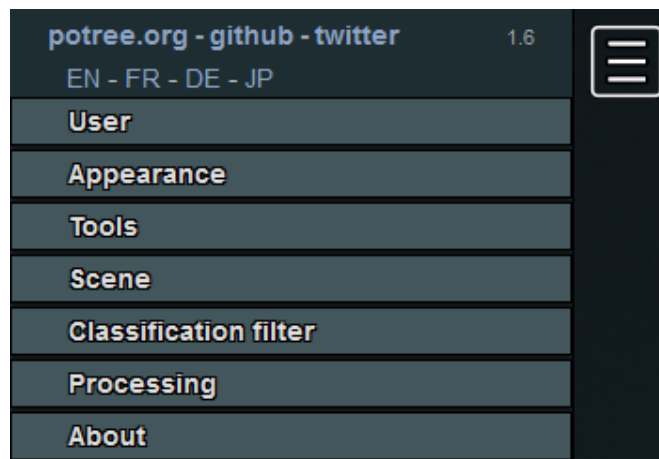
Το διπλανό πλήκτρο εμφανίζει ή αποκρύπτει την πλευρική μπάρα των μενού του Potree. Στην πρώτη γραμμή της πλευρικής μπάρας βρίσκονται τρεις σύνδεσμοι: “**potree.org**”, “**github**” και “**twitter**” οι οποίοι ανακατευθύνουν τον Χρήστη στην κεντρική σελίδα, το GitHub Repository και τον λογαριασμό Twitter του δημιουργού του Potree αντίστοιχα. Δίπλα σε αυτούς υπάρχει η ένδειξη της έκδοσης του Potree (“**1.6**”). Ακριβώς από κάτω υπάρχουν οι τέσσερις σύνδεσμοι “**EN**”, “**FR**”, “**DE**” και “**JP**”, οι οποίοι αλλάζουν τη γλώσσα στην οποία παρουσιάζονται τα μενού σε Αγγλικά, Γαλλικά, Γερμανικά και Ιαπωνικά αντίστοιχα.

Αλλαγή γλώσσας υποστηρίζεται μόνο για τα εγγενή μενού του Potree και όχι για τα προερχόμενα από παραμετροποίηση, τα οποία είναι μόνο στα Αγγλικά

Τα εγγενή μενού της ιστοσελίδας του Potree είναι τα:

- **Appearance,**
- **Tools,**
- **Scene,**
- **Classification filter** και
- **About**

Τα μενού “User” και “Processing” προέρχονται από την παραμετροποίηση της εφαρμογής και αναλύονται στην παρ. 5.3.2. Τα μενού αναπτύσσονται ή συμπύσσονται πατώντας επάνω στους τίτλους τους, αποκαλύπτοντας ή αποκρύπτοντας αντίστοιχα τις επιλογές που περιέχουν.



Εικ. 5.3.1-1: Τα βασικά μενού και χειριστήρια του Potree

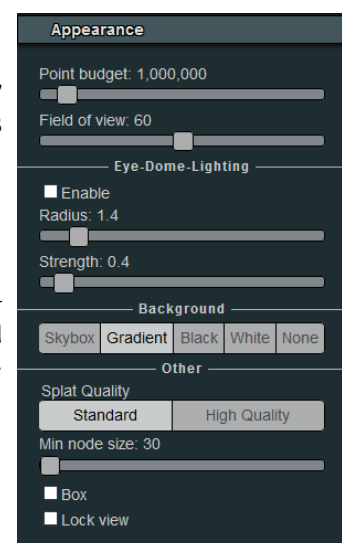
Default λειτουργίες ποντικιού (επηρεάζονται από τα επιλεγμένα εργαλεία πλοήγησης):

- Αριστερό πλήκτρο πατημένο: αλλαγή γωνίας οπτικοποίησης (περιστροφή)
- Δεξί πλήκτρο πατημένο: μετατόπιση αντικειμένου
- Ροδέλλα εμπρός / πίσω: προσέγγιση / απομάκρυνση (zoom in / zoom out)
- Αριστερό διτλό κλικ: γρήγορη προσέγγιση (quick zoom in)

5.3.1.1. Το μενού Appearance

Το μενού Appearance χρησιμεύει στον καθορισμό των παραμέτρων σχεδίασης μίας Σκηνής. Οι παράμετροι αυτές επηρεάζουν όλα τα point clouds που περιέχονται στη Σκηνή:

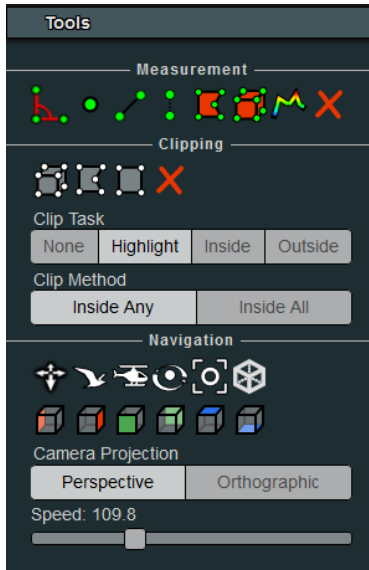
- **Point budget:** Μέγιστο πλήθος σχεδιαζόμενων σημείων
- **Field of view:** Μέγεθος παρατηρούμενης έκτασης
- **Panel Eye-Dome-Lighting:** Η τεχνική Eye-Dome Lighting (EDL) είναι μία μη-φωτορεαλιστική τεχνική σκίασης εικόνας, που έχει σκοπό τη βελτίωση της αντίληψης του βάθους, ενισχύοντας τις ακμές της εικόνας. (Boucheny και Ribes, 2011)
 - **Enable:** EDL on/off
 - **Radius:** Ακτίνα ενίσχυσης ακμών (όταν EDL=on)
 - **Strength:** Ένταση ενίσχυσης ακμών (όταν EDL=on)



Εικ. 5.3.1.1-1: Το μενού Appearance

- **Panel Background:** Επιλογή υποβάθρου Σκηνής (Skybox, Gradient, Black, White, None)
- **Panel Other:**
 - **Splat Quality:** Ποιότητα σχεδίασης (Standard, High)
 - **Min node size:** Ελάχιστο μέγεθος σημείου
 - **Box:** Εμφάνιση / απόκρυψη πλέγματος
 - **Lock view:** Κλείδωμα (σταθεροποίηση) ρυθμίσεων (on / off)

5.3.1.2. Το μενού Tools



Το μενού Tools είναι υποδιαιρεμένο σε τρία panel: **α) Measurement (Μετρήσεων)**, **β) Clipping (Επισήμανσης)** και **γ) Navigation (Πλοήγησης)**:

- **Panel Measurement (Μέτρηση):** Οι μετρήσεις γίνονται με χρήση του ποντικιού και τοποθετούνται ως γραφικά αντικείμενα επί της Σκηνής. Ταυτόχρονα, προστίθενται στην ομάδα “Measurements” του μενού “Scene”, όπου μπορεί να γίνει επιλογή και επισκόπηση των χαρακτηριστικών τους. Τα διατιθέμενα εργαλεία είναι:

- **Angle:** Μέτρηση γωνίας
- **Point:** Συντεταγμένες σημείου
- **Distance:** Μέτρηση απόστασης
- **Height:** Μέτρηση υψομετρικής διαφοράς
- **Area:** Μέτρηση επιφάνειας
- **Volume:** Μέτρηση όγκου
- **Height Profile:** Παραγωγή μηκοτομής
- **Remove All:** Διαγραφή όλων των μετρήσεων

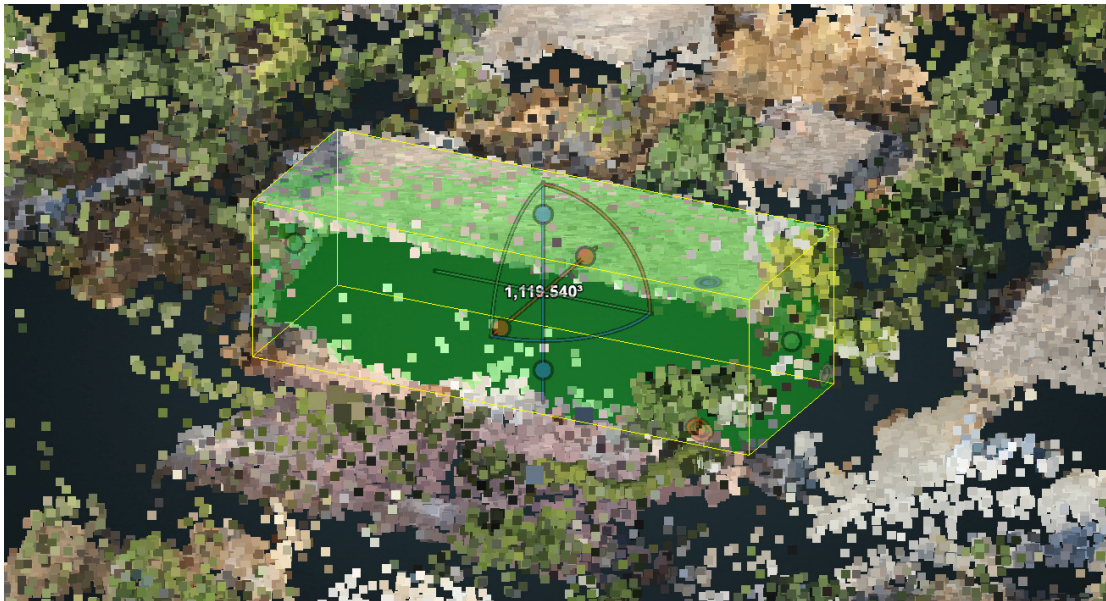
Εικ. 5.3.1.2-1: Το μενού Tools

Οι μετρήσεις γίνονται επιλέγοντας σημεία με αριστερό κλικ του ποντικιού. Με δεξί κλικ γίνεται κλείσιμο σχημάτων (π.χ. πολυγώνων εμβαδομετρήσεων). Τα σημεία των μετρήσεων επισημαίνονται με κόκκινες κυκλικές λαβές (grips) από τις οποίες μπορούν να μετακινηθούν, ώστε να διορθώνονται οι μετρήσεις όπου χρειάζεται.



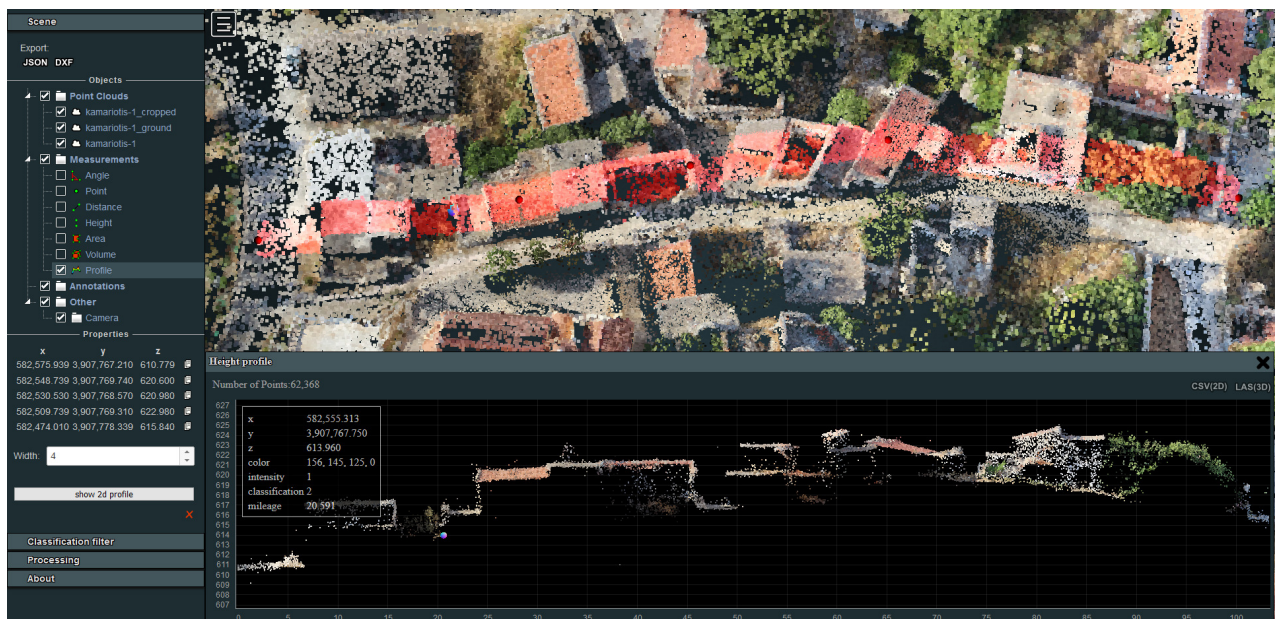
Εικ. 5.3.1.2-2: Διάφορες μετρήσεις γωνιών, σημείων, αποστάσεων, υψομετρικών διαφορών και επιφανειών σε point cloud του Καμαριώτη

Το εργαλείο μέτρησης όγκου διαθέτει λαβές (grips) για τη ρύθμιση των διαστάσεων του σχήματος, την θέση και την κλίση των τριών αξόνων. Χρησιμοποιώντας αυτά τα χειριστήρια, προσαρμόζουμε το σχήμα επάνω στο μετρούμενο αντικείμενο.



Εικ. 5.3.1.2-3: Ογκομέτρηση κτηρίου στο Potree

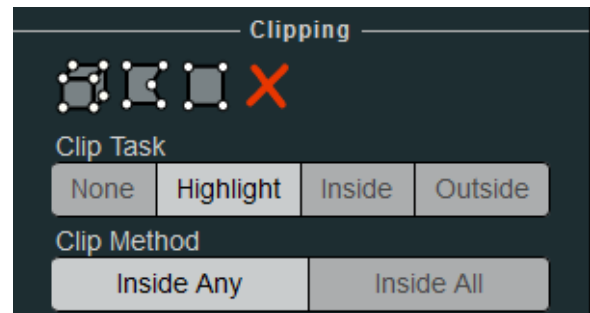
Με το εργαλείο παραγωγής μηκοτομής σημαδεύουμε τα σημεία που ορίζουν τον άξονά της. Κατόπιν, την επιλέγουμε από την ομάδα “Measurements” του μενού “Scene”, όπου μπορούμε να ορίσουμε το εύρος της. Πατώντας το πλήκτρο “show 2d profile” εμφανίζεται το παράθυρο της μηκοτομής. Πλοηγούμενοι σε αυτό, λαμβάνουμε πληροφορίες για το σημείο που βρίσκεται στη θέση του δείκτη του ποντικιού (συντεταγμένες, χρώμα, φωτεινότητα, κατηγορία, θέση επί της μηκοτομής). Στον άξονα των X παρουσιάζεται το μήκος και στον άξονα των Y το υψόμετρο. Επάνω αριστερά εμφανίζεται το πλήθος των σημείων που μετέχουν στη μηκοτομή, ενώ επάνω δεξιά υπάρχουν οι σύνδεσμοι “CSV(2D)” και “LAS(3D)”, από τους οποίους μπορούμε να κατεβάσουμε (download) τα σημεία της μηκοτομής σε αρχείο κειμένου και σε αρχείο point cloud αντίστοιχα.



Εικ. 5.3.1.2-4: Παραγωγή μηκοτομής στο Potree

Λεπτομερή στοιχεία και περισσότερες επιλογές για τις μετρήσεις μπορούμε να βρούμε στην ομάδα “Measurements” του μενού “Scene” (βλ. παρ. 5.3.1.3.).

- **Panel Clipping (Επισήμανση):** Πρόκειται για εργαλείο επισήμανσης περιοχών. Ο Χρήστης δίνει τα όρια της περιοχής που θέλει να επισημάνει και το εργαλείο αποκόπτει προσωρινά την περιοχή αυτή από το υπόλοιπο point cloud. Τα όρια των περιοχών δίνονται με το ποντίκι (δεξί κλικ για κλείσιμο σχημάτων). Ταυτόχρονα, προστίθενται στην ομάδα “Measurements” του μενού “Scene”, όπου μπορεί να γίνει επιλογή και επισκόπηση των χαρακτηριστικών τους. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι:

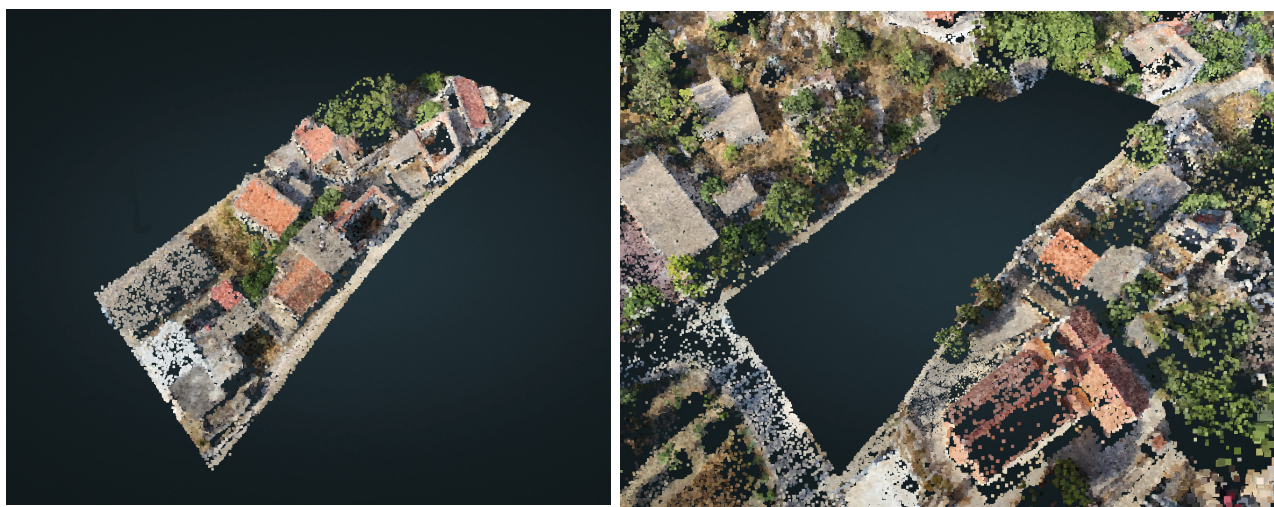


Εικ. 5.3.1.2-5: To Clipping Panel

- **Volume Clip:** Επισήμανση περιοχής με σχήμα 3Δ (στερεό)
- **Polygon Clip:** Επισήμανση περιοχής με σχήμα 2Δ (πολύγωνο)
- **Selection Box Clip:** Επισήμανση περιοχής με σχήμα 3Δ (στερεό), αλλά μόνο σε “Orthographic Mode” (Ορθογραφική Προβολή Κάμερας)
- **Remove All:** Διαγραφή όλων των επισημάνσεων
- **Clip Task:** Τρόπος επισήμανσης: α) None (καμία), β) Highlight (φωτισμός), γ) Inside (επισήμανση εσωτερικού) και δ) Outside (επισήμανση εξωτερικού)
- **Clip Method:** Μέθοδος επισήμανσης (Inside Any, Inside All)

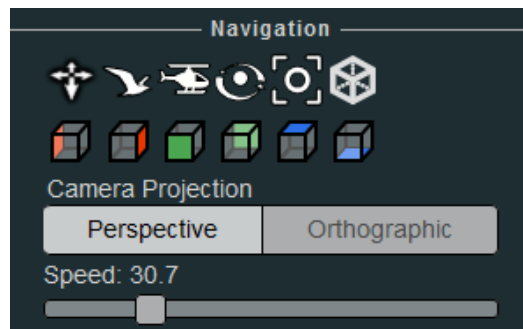


Εικ. 5.3.1.2-6α: Το εργαλείο Clipping του μενού Tools με “Polygon Clip” με: Highlight

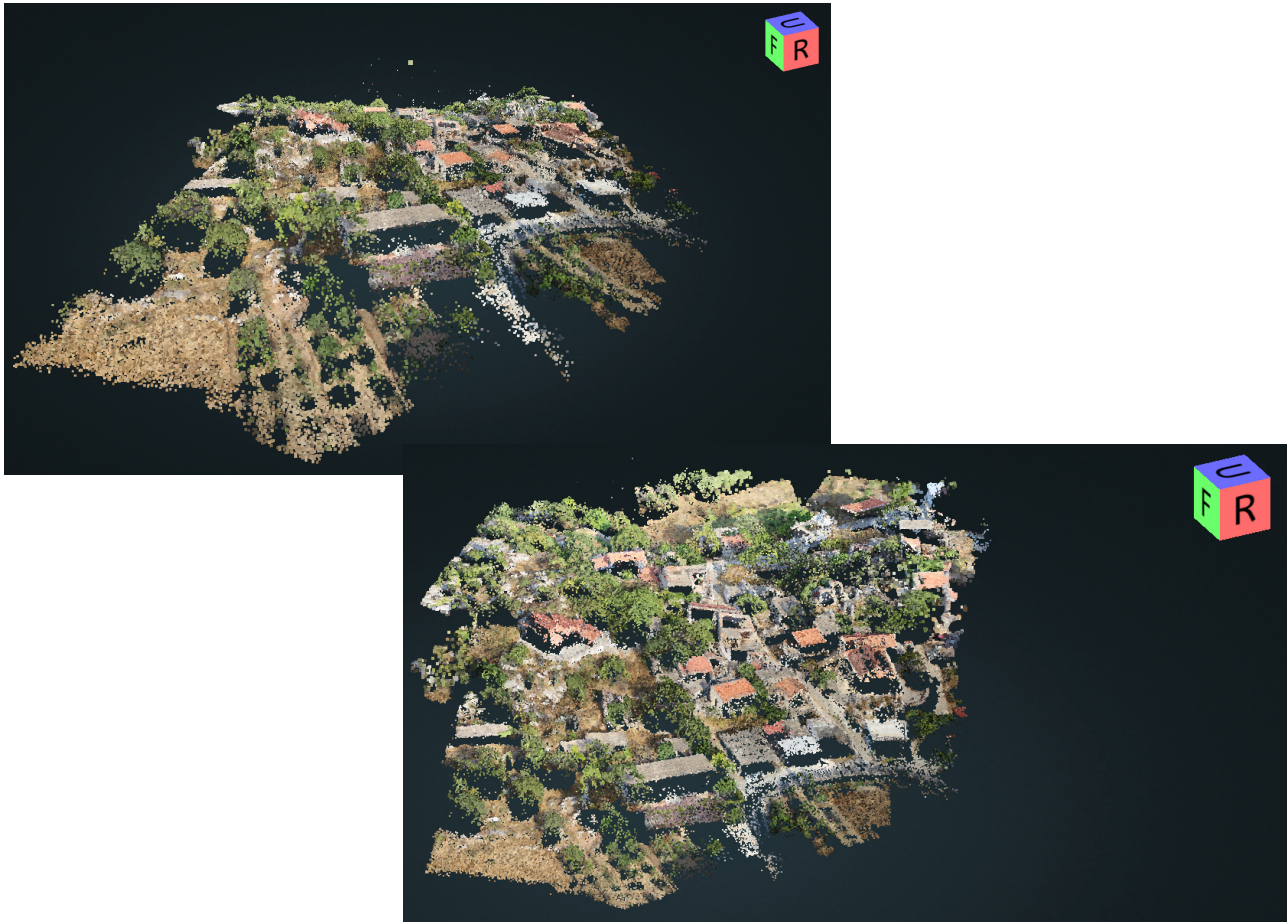


Εικ. 5.3.1.2-6β: Το εργαλείο Clipping του μενού Tools με “Polygon Clip”
αριστερά: Inside, δεξιά: Outside

- **Panel Navigation (Πλοήγηση):** Στο panel αυτό βρίσκονται τα εργαλεία πλοήγησης και προβολής του Potree:
 - **Earth Control:** Πλοήγηση τύπου βάδισης
 - **Fly Control:** Πλοήγηση τύπου πτήσης πουλιού
 - **Helicopter Control:** Πλοήγηση τύπου πτήσης ελικοπτέρου
 - **Orbit Control:** Πλοήγηση τύπου τροχιάς (default)
 - **Full Extent:** Πλήρης έκταση Σκηνής
 - **Navigation Cube:** Εμφάνιση κύβου πλοήγησης στην επάνω δεξιά γωνία της Σκηνής
 - **Left View:** Αριστερή όψη Σκηνής
 - **Right View:** Δεξιά όψη Σκηνής
 - **Front View:** Εμπρόσθια όψη Σκηνής (πρόσοψη)
 - **Back View:** Οπίσθια όψη Σκηνής
 - **Top View:** Κάτοψη Σκηνής
 - **Bottom View:** Άνοψη Σκηνής
 - **Camera Projection:** Προβολή Κάμερας.
Προοπτική (Perspective),
Ορθογραφική (Orthographic)
 - **Speed:** Ταχύτητα πλοήγησης



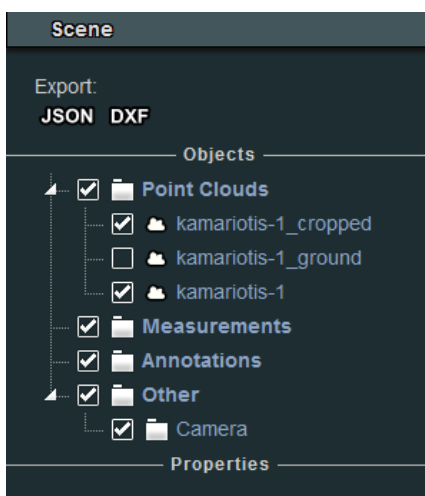
Εικ. 5.3.1.2-7: To Navigation Panel



Εικ. 5.3.1.2-8: Αλλαγή προβολής κάμερας του ίδιου πλάνου (φαίνεται ο κύβος πλοήγησης):
επάνω: *Perspective (Προοπτική)*, κάτω: *Orthographic (Ορθογραφική)*

5.3.1.3. Το μενού Scene

Από το μενού Scene μπορεί να γίνει επισκόπηση και διαχείριση όλων των αντικειμένων μίας Σκηνής. Ο Χρήστης μπορεί να ρυθμίσει την ορατότητα (visibility) των αντικειμένων καθώς και πολλές άλλες ιδιότητές τους, να αντιγράψει στην προσωρινή μνήμη (clipboard) τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά κ.α.



Το μενού Scene είναι υποδιαιρεμένο σε τέσσερα (4) panel: **α)** *Objects (Αντικείμενα)*, **β)** *Properties (Ιδιότητες)*, **γ)** *Attribute (Χαρακτηριστικό Γνώρισμα)* και **δ)** *Processing Options (Επιλογές Επεξεργασίας)*. Από αυτά:

- το (α) είναι σταθερό,
- το (β) εμφανίζεται όταν έχει επιλεγθεί κάποιο από τα αντικείμενα του (α),
- τα (γ) και (δ) εμφανίζονται όταν το επιλεγμένο αντικείμενο είναι point cloud και
- το (δ) αποτελεί προϊόν παραμετροποίησης για τις ανάγκες της εφαρμογής “PC Repository”.

Στην κορυφή του μενού υπάρχουν δύο σύνδεσμοι για την εξαγωγή των αντικειμένων μετρήσεων (measurements), που σχεδιάζονται με τα εργαλεία του μενού Tools, σε μορφή **JSON** και σε μορφή **DXF**.

Εικ. 5.3.1.3-1: Το μενού Scene

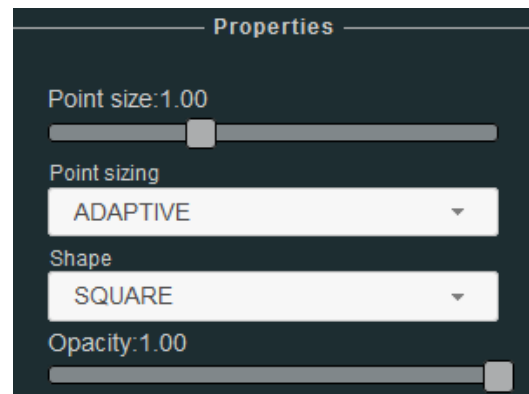
Στο panel Objects (Αντικείμενα) εμφανίζονται όλα τα αντικείμενα που περιέχονται στη Σκηνή. Τα αντικείμενα οργανώνονται σε τέσσερεις (4) ομάδες: **i) Point Clouds** (Νέφη Σημείων), **ii) Measurements** (Μετρήσεις), **iii) Annotations** (Αναγραφές) και **iv) Other** (Άλλο).

i) Ομάδα Point Clouds (Νέφη Σημείων):

Επιλέγοντας ένα point cloud εμφανίζονται τα panel: *Properties* (Ιδιότητες), *Attribute* (Χαρακτηριστικό Γνώρισμα) και *Processing Options* (Επιλογές Επεξεργασίας):

- **Properties Panel (Ιδιότητες):** Από το panel αυτό ρυθμίζονται βασικές ιδιότητες απεικόνισης για κάθε point cloud της Σκηνής:

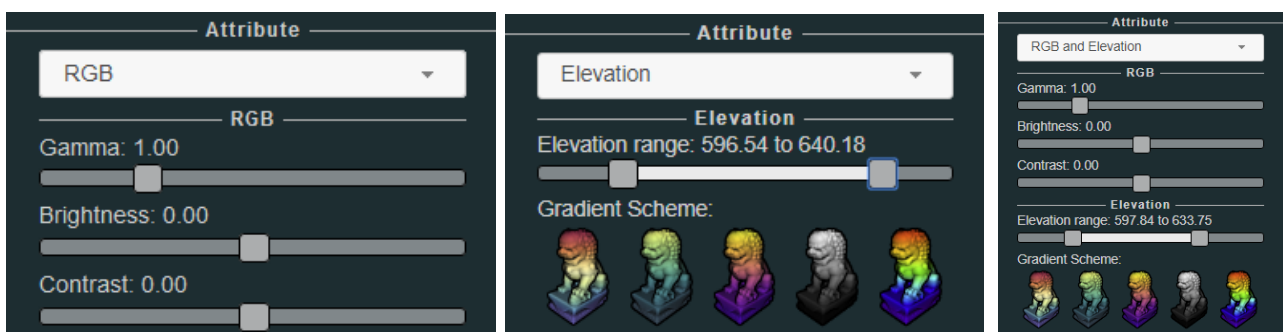
- **Point size:** Μέγεθος σημείων
- **Point sizing:** Διαστασιολόγηση σημείων (Fixed - Σταθερή, Attenuated - Μετριαζόμενη, Adaptive - Ευπροσάρμοστη)
- **Shape:** Σχήμα σημείων (Square - Τετραγωνικό, Circle - Κυκλικό, Paraboloid - Παραβολοειδές)
- **Opacity:** Αδιαφάνεια (0.00-1.00, default: 1.00)



Εικ. 5.3.1.3-2: To Properties Panel

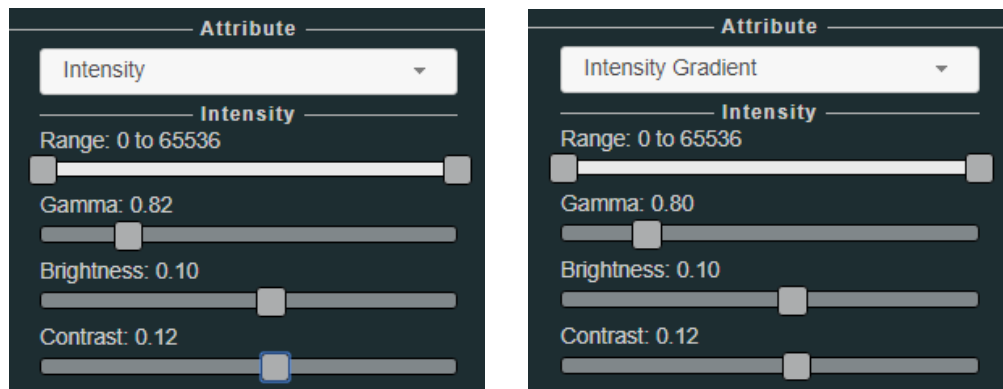
- **Attribute Panel (Χαρακτηριστικό Γνώρισμα):** Από το panel αυτό εξειδικεύεται η απεικόνιση ενός point cloud ανάλογα με τα περιγραφικά του χαρακτηριστικά (attributes). Τα διατιθέμενα attributes είναι τα: RGB, RGB and Elevation, Color, Elevation, Intensity, Intensity Gradient, Classification, Return Number, Source, Index, Level of Detail και Composite.

- **RGB:** Μεταβολή της Διόρθωσης Γάμμα (Gamma), της Φωτεινότητας (Brightness) και της Αντίθεσης (Contrast) για τη σύνθεση των τριών βασικών χρωμάτων (Red - Κόκκινο, Green - Πράσινο, Blue - Μπλε).
- **Elevation:** Απεικόνιση βάσει του attribute Elevation (Υψόμετρο). Δίνεται ένα slider επιλογής εύρους και πέντε προκαθορισμένα σχήματα χρωματικών διαβαθμίσεων.
- **RGB and Elevation:** Συνδυασμός των επιλογών για RGB & Elevation.



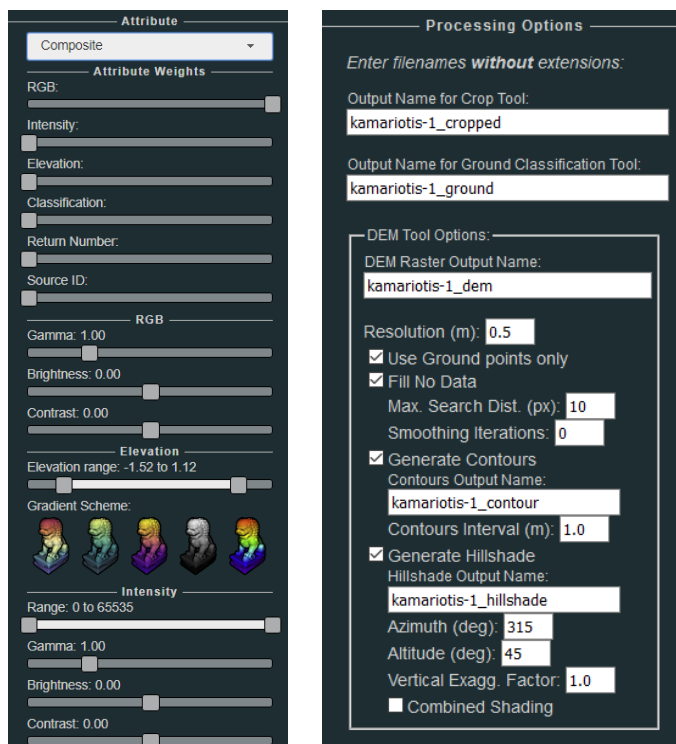
Εικ. 5.3.1.3-3: To Attribute Panel για RGB & Elevation
(αριστερά: RGB, κέντρο: Elevation, δεξιά: RGB and Elevation)

- **Intensity:** Απεικόνιση βάσει της έντασης της ανακλώμενης ακτινοβολίας με slider επιλογής εύρους, ρύθμιση gamma, φωτεινότητας & αντίθεσης, σε αποχρώσεις του γκρι.
- **Intensity Gradient:** Όπως το Intensity, αλλά με απεικόνιση χρωματικής διαβάθμισης.

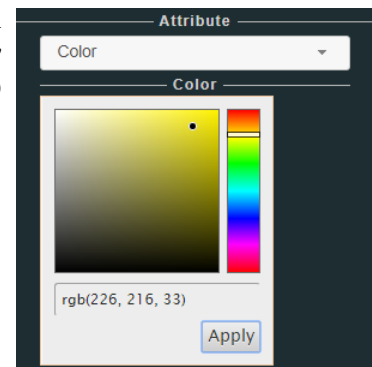


Εικ. 5.3.1.3-4: To Attribute Panel για Intensity (αριστερά: Intensity, δεξιά: Intensity Gradient)

- **Classification:** Απεικόνιση βάσει της πρότυπης κατά ASPRS κατηγοριοποίησης.
 - **Return Number:** Απεικόνιση βάσει του αριθμού επιστροφής της ανακλώμενης ακτινοβολίας.
 - **Source:** Απεικόνιση βάσει του ID της πηγής των σημείων.
 - **Index:** Απεικόνιση βάσει δείκτη των σημείων.
 - **Level of Detail:** Απεικόνιση βάσει του επιπέδου λεπτομέρειας (LoD).
 - **Color:** Μονοχρωματική απεικόνιση του point cloud. Το χρώμα επιλέγεται από παλέττα.
 - **Composite:** Σύνθετη απεικόνιση βάσει όλων των προαναφερθέντων ρυθμίσεων.
- **Processing Options Panel (Επιλογές Επεξεργασίας):** Από το panel αυτό ρυθμίζονται οι επιλογές επεξεργασίας των πρόσθετων εργαλείων που προέρχονται από παραμετροποίηση της εφαρμογής. Το panel αυτό αναλύεται στην παράγραφο “5.3.2.2. To μενού Processing”.



Εικ. 5.3.1.3-6: To Attribute Panel για Composite (αριστερά) και το Processing Options Panel (δεξιά)



Εικ. 5.3.1.3-5: To Attribute Panel για Color

ii) Ομάδα Measurements (Μετρήσεις):

Επιλέγοντας μία μέτρηση (measurement) εμφανίζεται το panel *Properties* (Ιδιότητες):

- **Properties Panel (Ιδιότητες):** Από το panel αυτό γίνεται επισκόπηση των ιδιοτήτων μίας μέτρησης. Παράλληλα παρέχονται οι παρακάτω δυνατότητες:

- **Copy** (για όλα): Αντιγραφή μετρητικών στοιχείων στην προσωρινή μνήμη (clipboard).
- **Remove** (για όλα): Διαγραφή μέτρησης.
- **Width** (Profile): Εύρος μηκοτομής.
- **Show 2D profile** (Profile): Εμφάνιση παραθύρου μηκοτομής.
- **Make clip volume** (Volume): Χρήση μέτρησης όγκου από το εργαλείο Clipping.
- **Reset orientation** (Volume): Επαναφορά αρχικού προσανατολισμού μέτρησης Όγκου.

Η ομάδα "Measurements"

Μέτρηση απόστασης

Μέτρηση γωνίας

Μέτρηση μηκοτομής

Μέτρηση επιφάνειας

Μέτρηση όγκου

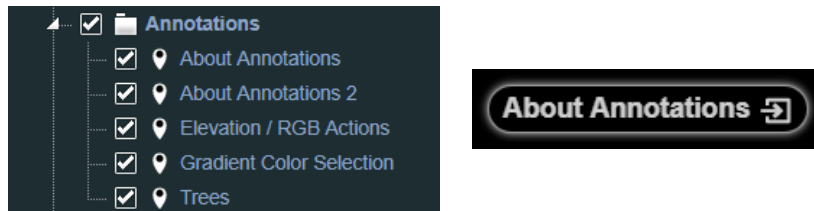
Μέτρηση σημείου

Μέτρηση υψομ. διαφοράς

Εικ. 5.3.1.3-7: Το Properties Panel της ομάδας Measurements για τους διατιθέμενους τύπους μετρήσεων

iii) Ομάδα Annotations (Αναγραφές):

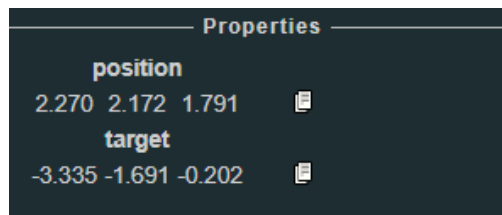
Οι αναγραφές (annotations) χρησιμοποιούνται για την επισήμανση και περιγραφή τοποθεσιών, τη μετακίνηση της κάμερας σε ένα προκαθορισμένο σημείο οπτικοποίησης με ένα κλικ και για την εισαγωγή προγραμματιζόμενων πλήκτρων σε συγκεκριμένες θέσης της Σκηνής. Κάνοντας κλικ στην αναγραφή, μετακινείται η κάμερα. Κάνοντας κλικ στο εικονίδιο που μπορεί να υπάρχει δίπλα στην αναγραφή, εκτελείται μία προκαθορισμένη ενέργεια (π.χ. η μετάβαση σε μία άλλη Σκηνή που περιέχει διαφορετικά point clouds). (βλ. <http://potree.org/potree/examples/annotations.html>)



Εικ. 5.3.1.3-8: Η ομάδα των Annotations (αριστερά) και ένα Annotation με προγραμματιζόμενο πλήκτρο (δεξιά)

iv) Ομάδα Other (Άλλο):

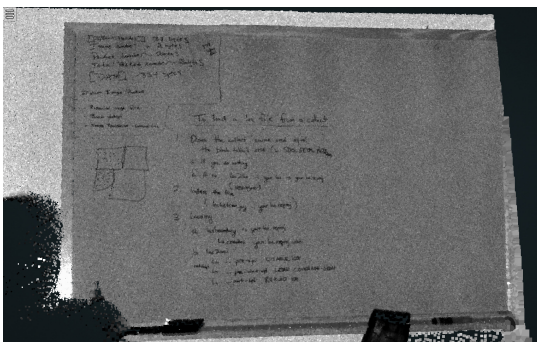
Στην ομάδα αυτή εντάσσονται άλλα αντικείμενα της Σκηνής, όπως π.χ. η Κάμερα:



Εικ. 5.3.1.3-9: Το Properties Panel της Κάμερας



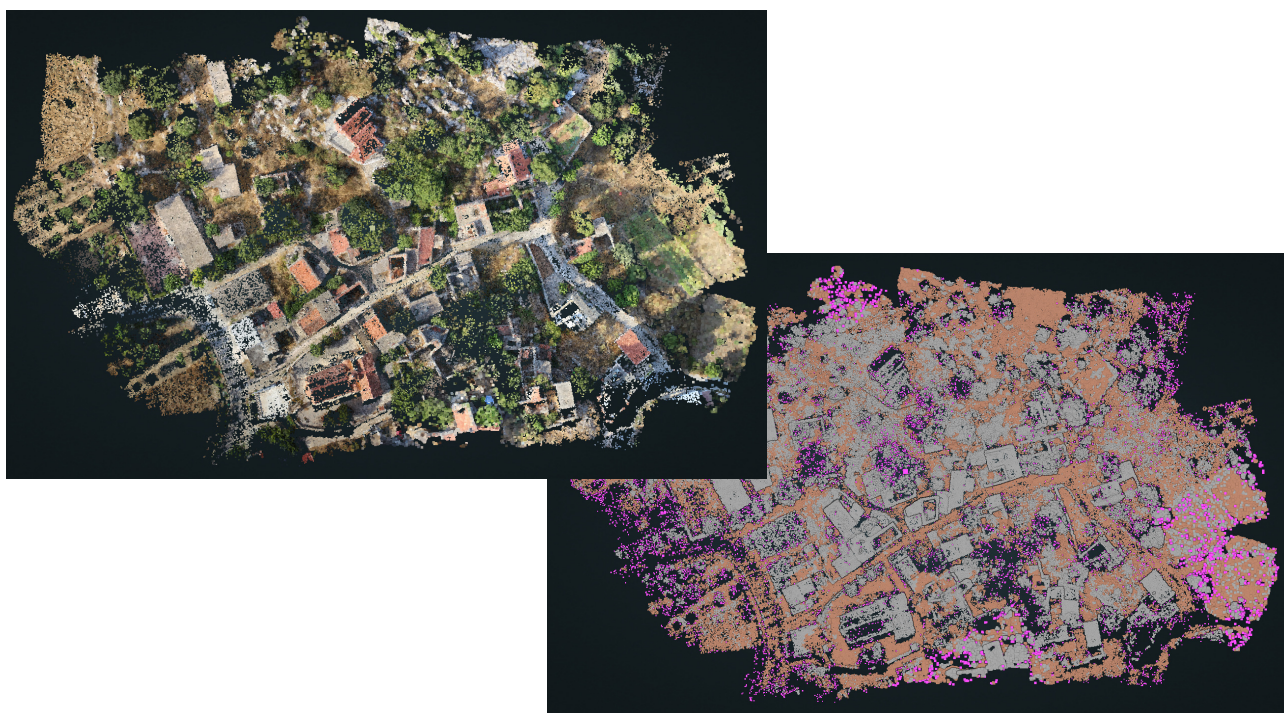
Εικ. 5.3.1.3-10: Point cloud του Προμαχώνα Lando ή Schiavo ή Αγίου Δημητρίου, Χανιά
αριστερά: χωρίς επεξεργασία, δεξιά: με EDL on & Composite για RGB, Intensity, Elevation



Εικ. 5.3.1.3-11: Point cloud “hobu.las” (downloaded από το διαδίκτυο)
επάνω: χωρίς επεξεργασία, κέντρο: με EDL on & Composite για RGB, Intensity, Elevation
κάτω: με τις κατάλληλες ρυθμίσεις μπορεί σχεδόν να διαβαστεί ο πίνακας!



Εικ. 5.3.1.3-12: Point cloud του Φραγκοκάστελλου, επάνω: χωρίς επεξεργασία, κάτω: με EDL on τονίζονται οι ακμές και οι υψομετρικές διαφορές των αντικειμένων

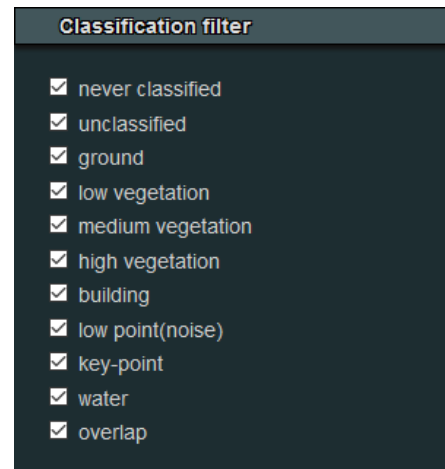


Εικ. 5.3.1.3-13: Ταξινομημένο point cloud του Καμαριώτη σε ορθογραφική προβολή επάνω: χωρίς επεξεργασία, κάτω: με EDL on & Composite για RGB, Intensity, Classification καφέ: σημεία εδάφους [κατ. 2], γκρι: μη ταξινομημένα [κατ. 1], ροζ: σημεία θορύβου [κατ. 7]

5.3.1.4. Το μενού *Classification Filter*

Το μενού *Classification Filter* χρησιμεύει στο φιλτράρισμα των σημείων που φαίνονται επί της οθόνης. Προκειμένου να έχει αποτέλεσμα, θα πρέπει τα σημεία του point cloud να έχουν ταξινομηθεί κατά την πρότυπη ταξινόμηση σημείων “ASPRS”. Ο Χρήστης μπορεί να εμφανίζει ή να αποκρύπτει σημεία χρησιμοποιώντας το checkbox στα αριστερά της επιθυμητής κατηγορίας.

Εάν ένα σημείο δεν έχει ταξινομηθεί ποτέ, τότε έχει τιμή ταξινόμησης “μηδέν” (“0” - χωρίς ποτέ να έχει ταξινομηθεί). Εάν έχει περάσει διαδικασία ταξινόμησης, αλλά δεν έχει ταξινομηθεί σε κάποια κατηγορία, τότε έχει τιμή ταξινόμησης “ένα” (“1” - μη ταξινομημένο).



Εικ. 5.3.1.4-1: Το μενού *Classification Filter*

5.3.1.5. Το μενού *About*

Το μενού *About* παρουσιάζει σύντομες πληροφορίες και συνδέσμους για τον δημιουργό, την άδεια χρήσης, τα συστατικά μέρη, τους δωρητές και τους συντελεστές του Potree.



Εικ. 5.3.1.5-1: Το μενού *About*

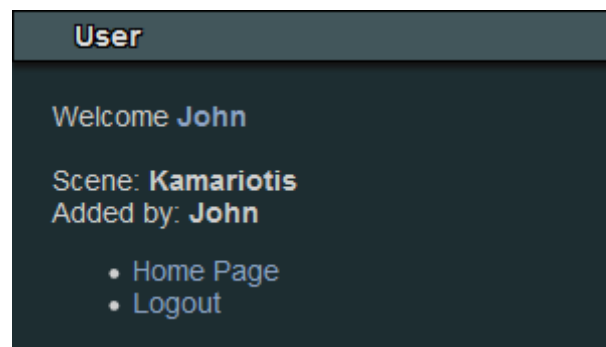
5.3.2. Λειτουργίες από Παραμετροποίηση του Potree

Για τις ανάγκες της εφαρμογής “PC Repository” έχουν προστεθεί στην πλευρική μπάρα του Potree δύο νέα μενού, τα “**User**” και “**Processing**”. Το μενού “User” περιέχει πληροφορίες σχετικά με τον συνδεδεμένο Χρήστη, ενώ το μενού “Processing” περιέχει τα πρόσθετα εργαλεία της εφαρμογής (**Crop**, **Ground Classification**, **DEM Generation** και **Delete**). Επιπλέον, για τη σωστή λειτουργία των πρόσθετων εργαλείων έχει παραμετροποιηθεί και το Properties Panel του μενού Scene, ώστε να καθορίζονται διαφορετικές παράμετροι εκτέλεσης των πρόσθετων εργαλείων για κάθε point cloud της Σκηνής.

5.3.2.1. Το μενού User

Το μενού “User” παρέχει στον Χρήστη τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Ετικέτα **Scene**: Η ονομασία της Σκηνής.
- Ετικέτα **Added by**: Το username του Χρήστη που πρόσθεσε τη Σκηνή.
- Σύνδεσμος **Home Page**: Επιστροφή στην αρχική σελίδα της εφαρμογής.
- Σύνδεσμος **Logout** ή **Όνομα Χρήστη** (δίπλα στο “Welcome”): Αποσύνδεση Χρήστη.



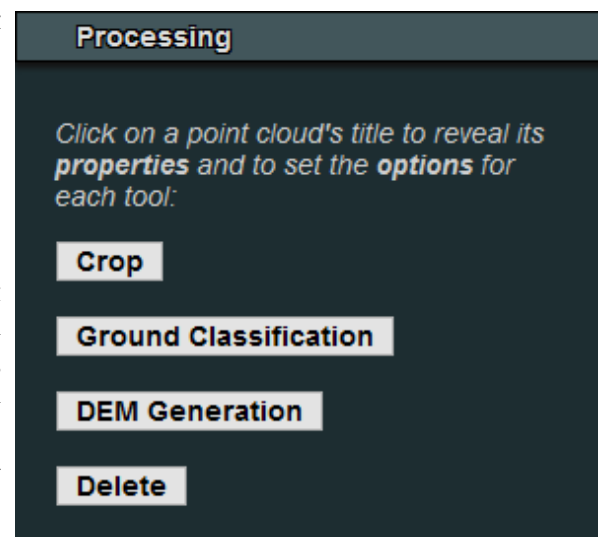
Εικ. 5.3.2.1-1: Το μενού User

5.3.2.2. Το μενού Processing

Το μενού “Processing” περιέχει τα πρόσθετα εργαλεία της εφαρμογής, που είναι τα:

- **Crop**,
- **Ground Classification**,
- **DEM Generation** και
- **Delete**

Τα πρόσθετα εργαλεία είναι σχεδιασμένα να τρέχουν ταυτόχρονα για όλα τα επιλεγμένα point cloud της Σκηνής. Ο Χρήστης μπορεί να ορίζει τις παραμέτρους των εργαλείων για κάθε point cloud ξεχωριστά, μέσω του custom Properties Panel του μενού “Scene” (Processing Options). Ακολουθούν οι περιγραφές των πρόσθετων εργαλείων:



Εικ. 5.3.2.2-1: Το μενού Processing

To custom Properties Panel (Processing Options) εμφανίζεται στο μενού “Scene” κάνοντας κλικ επάνω στον τίτλο ενός point cloud

- **Crop:** Το εργαλείο αυτό αποκόπτει τμήματα από τα επιλεγμένα point cloud και τα αποθηκεύει σε ξεχωριστά αρχεία. Τα αρχεία αυτά προστίθενται στο σύστημα αρχείων και στη Β.Δ. και μπορούν να οπτικοποιηθούν στο Potree, όπως όλα τα point cloud. Η επιλογή των αποκοπτόμενων τμημάτων γίνεται γραφικά από τον Χρήστη, με σχεδιασμό ενός ή περισσότερων πολυγώνων επάνω στα point cloud. Η σχεδίαση πολυγώνων γίνεται με το εργαλείο “Area” των μετρητικών εργαλείων του μενού “Tools”. Ο Χρήστης μπορεί να ορίσει το όνομα του παραγόμενου αρχείου από τα Processing Options του custom Properties Panel. Το σύστημα προτείνει ένα default όνομα, προσθέτοντας το επίθεμα “_cropped” στην ονομασία του point cloud.

Output Name for Crop Tool:

kamariotis-1_cropped

Το εργαλείο “Crop” χρησιμοποιεί όλα τα πολύγωνα που έχει σχεδιάσει ο Χρήστης



Εικ. 5.3.2.2-2: Τμήμα point cloud του Καμαριώτη που έχει προκύψει από αποκοπή με χρήση του εργαλείου “Crop”

localhost:8000 says

You must draw at least one polygon! Please note that all polygons you draw will be used.

OK

Εικ. 5.3.2.2-3: Μήνυμα σφάλματος του εργαλείου “Crop” όταν δεν έχει σχεδιαστεί κανένα πολύγωνο

- Ground Classification:** Το εργαλείο αυτό ταξινομεί με αυτοματοποιημένο τρόπο τα σημεία των επιλεγμένων point cloud, με σκοπό τον χαρακτηρισμό των σημείων εδάφους. Η κατηγοριοποίηση γίνεται σύμφωνα με την πρότυπη ταξινόμηση κατά ASPRS. Τα παραγόμενα αρχεία προστίθενται στο σύστημα αρχείων και στη Β.Δ. και μπορούν να οπτικοποιηθούν στο Potree, όπως όλα τα point cloud. Ο Χρήστης μπορεί να ορίσει το όνομα του παραγόμενου αρχείου από τα Processing Options του custom Properties Panel. Το σύστημα προτείνει ένα default όνομα, προσθέτοντας το επίθεμα “_ground” στην ονομασία του point cloud.

Output Name for Ground Classification Tool:
kamariotis-1_ground

0	Χωρίς ποτέ να έχει ταξινομηθεί
1	Μη ταξινομημένο
2	Έδαφος
7	Σημείο θορύβου

Πιν. 5.3.2.2-1: Οι κατηγορίες ταξινόμησης κατά ASPRS που αποδίδονται από το εργαλείο “Ground Classification”

Ο αλγόριθμος του εργαλείου αποδίδει, αρχικά, την κατηγορία “0” σε όλα τα σημεία του παραγόμενου point cloud. Αυτό σημαίνει ότι κάθε άλλη κατηγοριοποίηση του αρχείου προέλευσης αγνοείται. Στη συνέχεια, με χρήση των φίλτρων “elm” και “outliers” της PDAL, κατηγοριοποιούνται τα σημεία θορύβου (κατηγορία “7”). Τέλος, με το φίλτρο SMRF (Simple Morphological Filter), κατηγοριοποιούνται τα σημεία εδάφους (κατηγορία “2”). Όλα τα υπόλοιπα σημεία ανατίθενται στην κατηγορία “1” (μη ταξινομημένο).



Εικ. 5.3.2.2-4: Αυτοματοποιημένη ταξινόμηση σημείων εδάφους από το εργαλείο “Ground Classification” σε point cloud του Καμαριώτη. Η εμφάνιση / απόκρυψη κατηγοριών γίνεται από το μενού “Classification Filter”

- **DEM Generation:** Το εργαλείο αυτό παράγει raster αρχεία Ψηφιακού Μοντέλου Υψομέτρων (Digital Elevations Model - DEM) από τα επιλεγμένα point cloud. Ταυτόχρονα με την παραγωγή του DEM, μπορεί να επιλεγθεί η εξαγωγή ισοϋψών καμπυλών σε shapefile καθώς και raster σκίασης αναγλύφου.

Εάν το πηγαίο point cloud διαθέτει κατηγοριοποίηση σημείων εδάφους, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο τα σημεία αυτά. Σε αυτή την περίπτωση θα παραχθεί Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model – DTM). Εάν δεν υπάρχει τέτοια κατηγοριοποίηση ή δεν αξιοποιηθεί, τότε θα έχει παραχθεί Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας (Digital Surface Model – DSM).

Ο Χρήστης μπορεί να ορίσει τα ονόματα των παραγόμενων αρχείων από τα Processing Options του custom Properties Panel, μαζί με αρκετές άλλες ρυθμίσεις. Η εφαρμογή προτείνει default τιμές σε όλες τις διαθέσιμες επιλογές, τις οποίες ο Χρήστης μπορεί να τροποποιήσει. Τα προτεινόμενα επιθέματα για τα παραγόμενα αρχεία είναι: “_dem” για το DEM raster, “_contour” για το shapefile ισοϋψών και “_hillshade” για το raster σκίασης αναγλύφου.

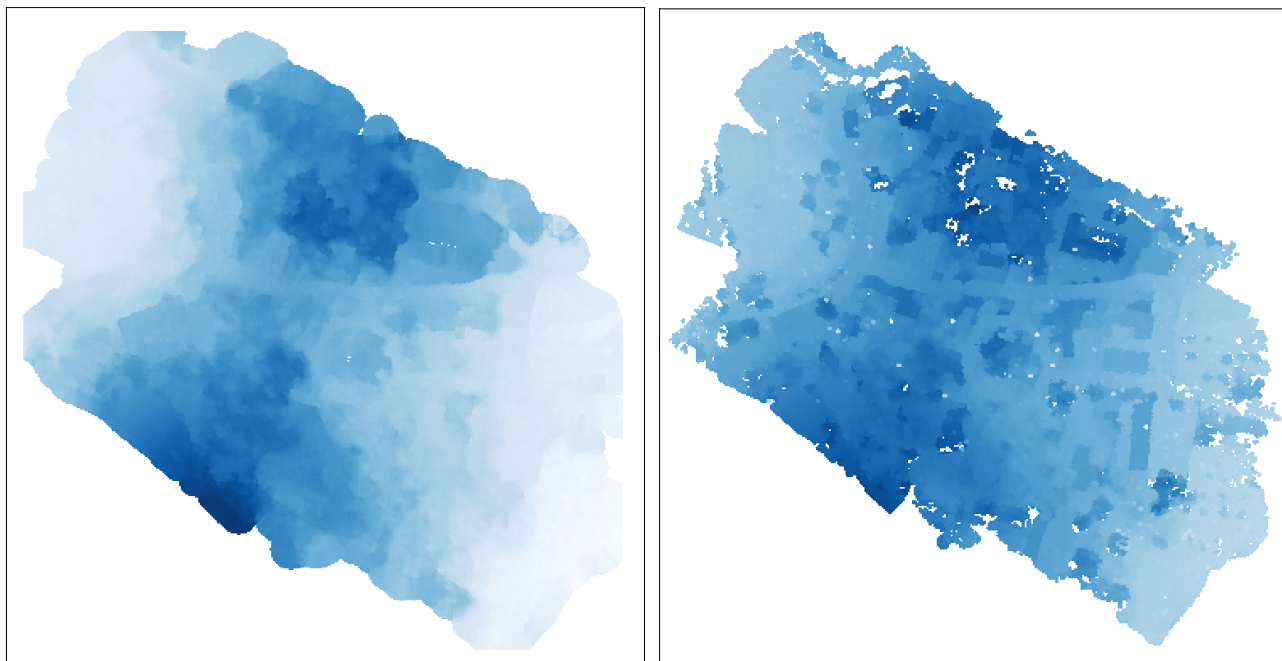
Εικ. 5.3.2.2-5: Οι επιλογές του εργαλείου DEM

Τα παραγόμενα αρχεία προστίθενται στο σύστημα αρχείων και στη Β.Δ. Δεν μπορούν, ωστόσο, να οπτικοποιηθούν στο Potree, καθώς δεν αποτελούν point clouds.

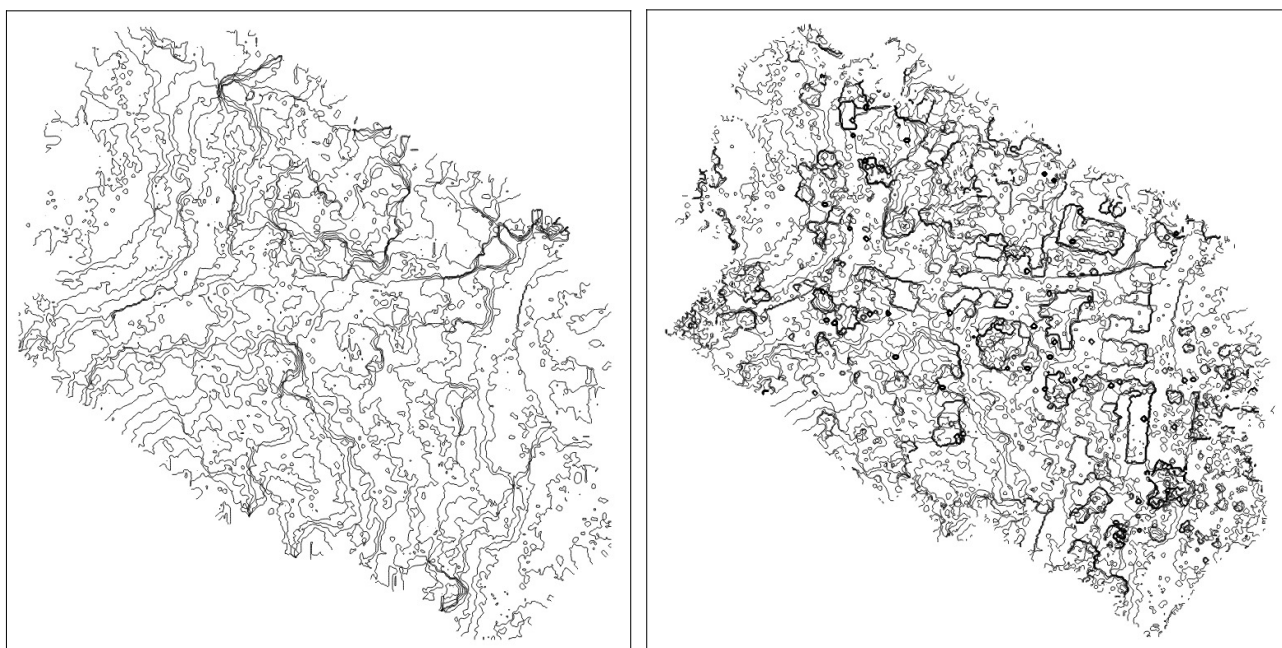
Τα παράγωγα του εργαλείου “DEM Generation” μπορούν να οπτικοποιηθούν σε ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, όπως είναι το ελεύθερο λογισμικό QGIS

Το εργαλείο DEM Generation διαθέτει τις παρακάτω επιλογές:

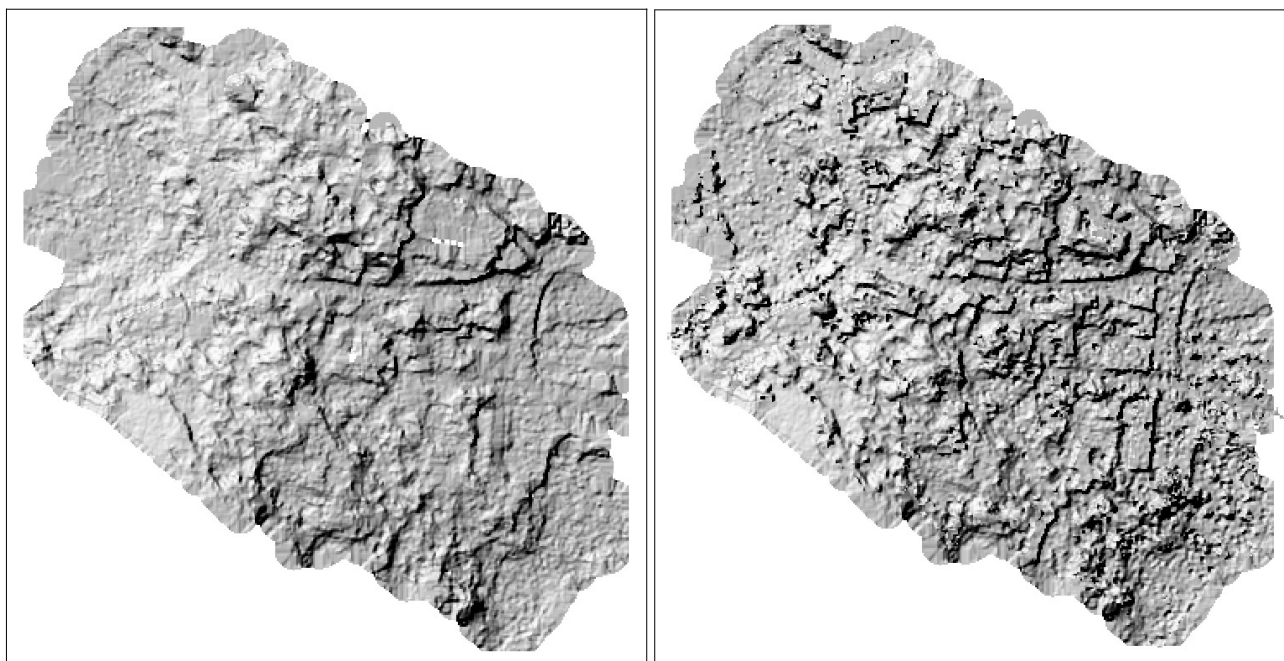
- **DEM Raster Output Name:** Το όνομα του παραγόμενου DEM raster αρχείου.
- **Resolution:** Η χωρική ανάλυση του παραγόμενου DEM raster σε μέτρα.
- **Use Ground points only:** Χρήση μόνον των σημείων εδάφους, εφ’όσον υπάρχουν τέτοια χαρακτηρισμένα με την κατηγορία ASPRS “2-Εδαφος”. Εάν δεν υπάρχουν, τότε χρησιμοποιούνται όλα τα σημεία (on/off).
- **Fill No Data:** Πλήρωση κενών περιοχών του παραγόμενου DEM raster με παρεμβολή από γειτονικά pixels (on/off). Τα κενά μπορεί να προκύψουν αν έχει χρησιμοποιηθεί π.χ. η δυνατότητα “Use Ground points only”. Παράμετροι:
 - **Max. Search Dist.:** Μέγιστη απόσταση (σε pixels) όπου θα γίνεται αναζήτηση γειτονικών για παρεμβολή.
 - **Smoothing Iterations:** Πλήθος επαναλήψεων εξομάλυνσης με φίλτρο 3x3.
- **Generate Contours:** Δημιουργία shapefile ισοϋψών γραμμών από το παραγόμενο DEM (on/off) με παραμέτρους:
 - **Contours Output Name:** Το όνομα του παραγόμενου shapefile ισοϋψών καμπυλών.
 - **Contours Interval:** Η ισοδιάσταση των ισοϋψών (σε μέτρα).
- **Generate Hillshade:** Δημιουργία raster σκίασης αναγλύφου από το παραγόμενο DEM (on/off) με παραμέτρους:
 - **Hillshade Output Name:** Το όνομα του παραγόμενου raster σκίασης αναγλύφου.
 - **Azimuth:** Γωνία πηγής φωτός (0: από κορυφή του DEM, 90: από τα ανατολικά κ.ο.κ.).
 - **Altitude:** Υψόμετρο πηγής φωτός, σε μοίρες (90: πάνω από το DEM, 0: από τον ορίζοντα).
 - **Vertical Exagg. Factor:** Συντελεστής τονισμού (πολλαπλασιασμού) υψομέτρων.
 - **Combined Shading:** Συνδυασμός κεκλιμένης (slope) και λοξής (oblique) σκίασης.



Εικ. 5.3.2.2-6: DEM από point cloud του Καμαριώτη
αριστερά: από σημεία εδάφους μόνο (DTM), δεξιά: από όλα τα σημεία (DSM)

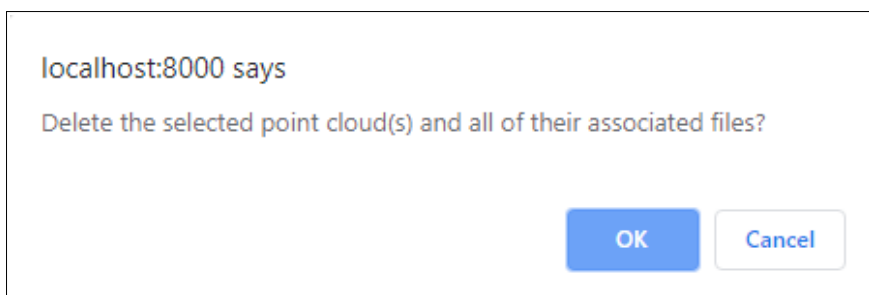


Εικ. 5.3.2.2-7: Shapefiles ισοϋψών ισοδιάστασης 1 m από point cloud του Καμαριώτη
αριστερά: από DEM με σημεία εδάφους μόνο (DTM), δεξιά: από DEM με όλα τα σημεία (DSM)



Εικ. 5.3.2.2-8: Raster σκίασης αναγλύφου (hillshade) από point cloud του Καμαριώτη
αριστερά: από DEM με σημεία εδάφους μόνο (DTM), δεξιά: από DEM με όλα τα σημεία (DSM)

- **Delete:** Το εργαλείο αυτό διαγράφει τα επιλεγμένα point cloud από το σύστημα αρχείων και τη Β.Δ., μαζί με όλα τα συνδεδεμένα βοηθητικά τους αρχεία (auxiliary files). Ο Χρήστης καλείται να επιβεβαιώσει τη διαγραφή:



Εικ. 5.3.2.2-9: Διαγραφή point cloud και των συνδεδεμένων τους αρχείων

Τα πρόσθετα εργαλεία της εφαρμογής τρέχουν για όλα τα επιλεγμένα point cloud της Σκηνής

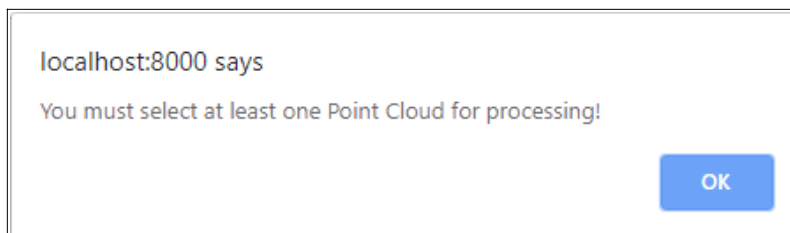
Επιλεγμένο είναι ένα point cloud όταν είναι τσεκαρισμένο το visibility checkbox του στο μενού “Scene” και είναι, συνεπώς, ορατό

Κάθε Χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί τα πρόσθετα εργαλεία μόνο για Σκηνές που έχει προσθέσει ο ίδιος

Οι ονομασίες που δίνει ο Χρήστης για τα παραγόμενα αρχεία των πρόσθετων εργαλείων ελέγχονται από την εφαρμογή για τη μοναδικότητά τους (για τον συγκεκριμένο Χρήστη). Σε κάθε περίπτωση, το σύστημα διασφαλίζει τη μοναδικότητα των ονομασιών, προσθέτοντας αριθμητικά επιθέματα (“_1”, “_2” κ.ο.κ.) όπου αυτό απαιτείται.

Τα ονόματα παραγόμενων αρχείων στα Processing Options των πρόσθετων εργαλείων πρέπει να δίνονται ΧΩΡΙΣ επεκτάσεις (extensions)

Εάν ο Χρήστης επιχειρήσει να τρέξει κάποιο από τα πρόσθετα εργαλεία χωρίς να έχει επιλέξει κανένα από τα point cloud της Σκηνης, τότε λαμβάνει το ακόλουθο μήνυμα:



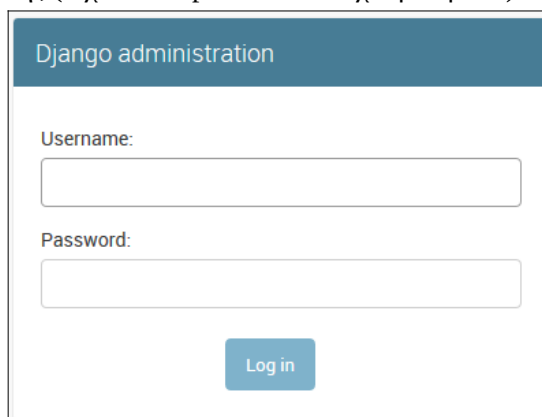
Εικ. 5.3.2.2-10: Μήνυμα σφάλματος όταν δεν έχει επιλεγθεί κανένα point cloud για processing

5.4. Το Admin Site της Εφαρμογής

Το Admin Site είναι ένα έτοιμο γραφικό περιβάλλον που παρέχεται από το Django, μέσα από το οποίο αποκτούμε πρόσβαση σε βασικά θέματα του site μας, όπως η διαχείριση Χρηστών (Users) και Ομάδων (Groups), αλλά και των μοντέλων των δεδομένων. Η πρόσβαση στο Admin Site γίνεται από Χρήστες με το αντίστοιχο δικαίωμα πρόσβασης (“staff” users). Ένας τέτοιος Χρήστης είναι και ο Υπερ-Χρήστης (SuperUser) που δημιουργήσαμε. Το Admin Site προσφέρεται για χρήση από την ομάδα εξέλιξης & διαχείρισης της εφαρμογής, όχι από τους απλούς χρήστες. Οι τελευταίοι θα μπορούν να αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή μέσω του γραφικού HTML interface.

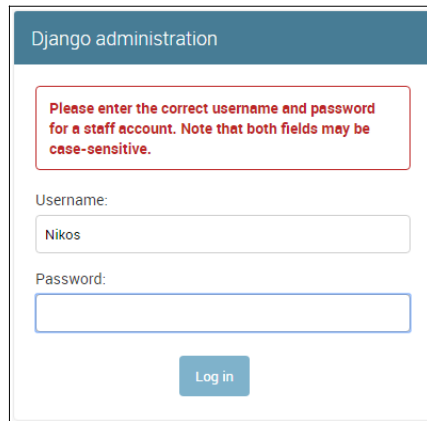
5.4.1. Είσοδος στο Admin Site

Για να εισέλθουμε στο Admin Site πληκτρολογούμε στον browser τη διεύθυνση “/admin/” (π.χ. <http://localhost:8000/admin/>), και δίνουμε το όνομα χρήστη και τον κωδικό πρόσβασης του Χρήστη με το απαιτούμενο δικαίωμα πρόσβασης (π.χ. του SuperUser που έχουμε ορίσει):



Εικ. 5.4.1-1: Η φόρμα εισόδου του Admin Site

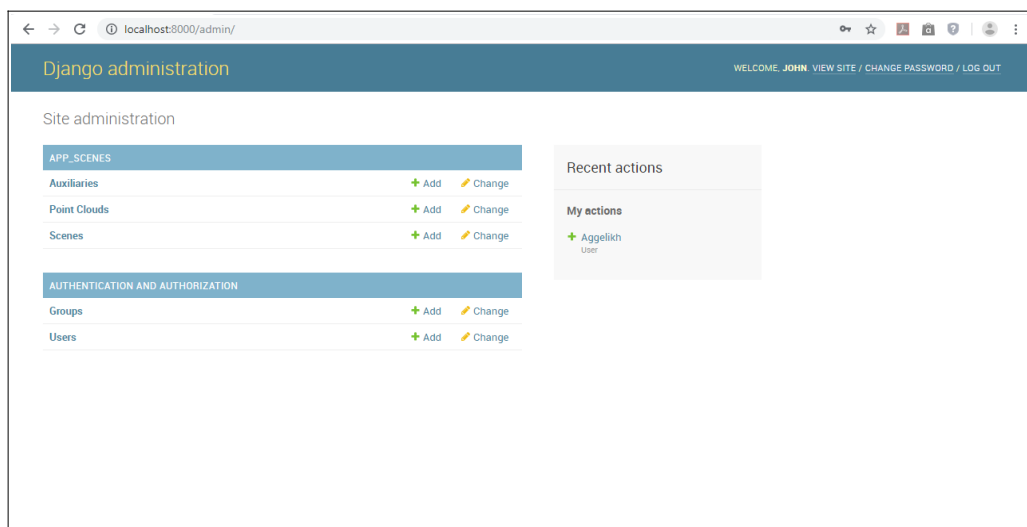
Εάν ο Χρήστης που επιχειρεί να εισέλθει στο Admin Site δεν έχει το απαιτούμενο δικαίωμα, τότε λαμβάνει το παρακάτω μήνυμα:



Εικ. 5.4.1-2: Άρνηση εισόδου σε Χρήστη χωρίς δικαίωμα πρόσβασης

Με την επιτυχή πιστοποίηση του Χρήστη, εισερχόμαστε στην αρχική σελίδα του Admin Site, στην οποία είναι διαθέσιμα τα παρακάτω στοιχεία:

- Πάνω δεξιά στην έγχρωμη λωρίδα βρίσκονται οι επιλογές:
 - **View Site:** Μετάβαση στην αρχική σελίδα της εφαρμογής,
 - **Change Password:** Αλλαγή μυστικού κωδικού του Χρήστη και
 - **Log Out:** Αποσύνδεση Χρήστη.
- Κάτω από την ετικέτα “APP_SCENES” βρίσκονται σύνδεσμοι προς τους πίνακες των μοντέλων δεδομένων:
 - **Auxiliaries:** Ο πίνακας των Βοηθητικών Αρχείων,
 - **Point Clouds:** Ο πίνακας των Point Cloud και
 - **Scenes:** Ο πίνακας των Σκηνών.
- Κάτω από την ετικέτα “AUTHENTICATION AND AUTHORIZATION” βρίσκονται σύνδεσμοι προς:
 - **Groups:** Ομάδες Χρηστών και
 - **Users:** Χρήστες.



Εικ. 5.4.1-3: Η αρχική σελίδα του Admin Site

5.4.2. Ομάδες Χρηστών (Groups)

Ένας πρακτικός τρόπος ορισμού των δικαιωμάτων πρόσβασης είναι μέσα από τον ορισμό Ομάδων Χρηστών. Κάθε Ομάδα έχει συγκεκριμένα δικαιώματα, τα οποία αποδίδονται σε όλα τα μέλη της. Έτσι, ορίζοντας μία φορά τις Ομάδες, μπορούμε εύκολα να προσθέτουμε νέους Χρήστες, χωρίς να χρειάζεται ορισμός δικαιωμάτων για κάθε έναν ξεχωριστά. Επίσης, η τροποποίηση των δικαιωμάτων μίας Ομάδας επηρεάζει αυτόματα όλους τους Χρήστες που είναι μέλη της.

Για να προσθέσουμε μία Ομάδα, πατάμε τον σύνδεσμο “Groups” από την αρχική σελίδα του Admin Site και στην εμφανιζόμενη σελίδα πατάμε το πλήκτρο “Add Group”. Στην επόμενη φόρμα συμπληρώνουμε την ονομασία της νέας Ομάδας, επιλέγουμε τα δικαιώματα πρόσβασης (permissions) και πατάμε το πλήκτρο “Save”.

ADD GROUP +

The screenshot shows the Django administration interface for adding a new group. The 'Name' field is filled with 'Administrators'. Under 'Permissions', the 'Available permissions' list includes various actions like 'admin | log entry | Can add log entry', 'app_scenes | auxiliaries | Can add auxiliaries', etc. The 'Choose all' button at the bottom of this list is highlighted with a red box. The 'Chosen permissions' list is currently empty. At the bottom right, the 'SAVE' button is highlighted with a red box.

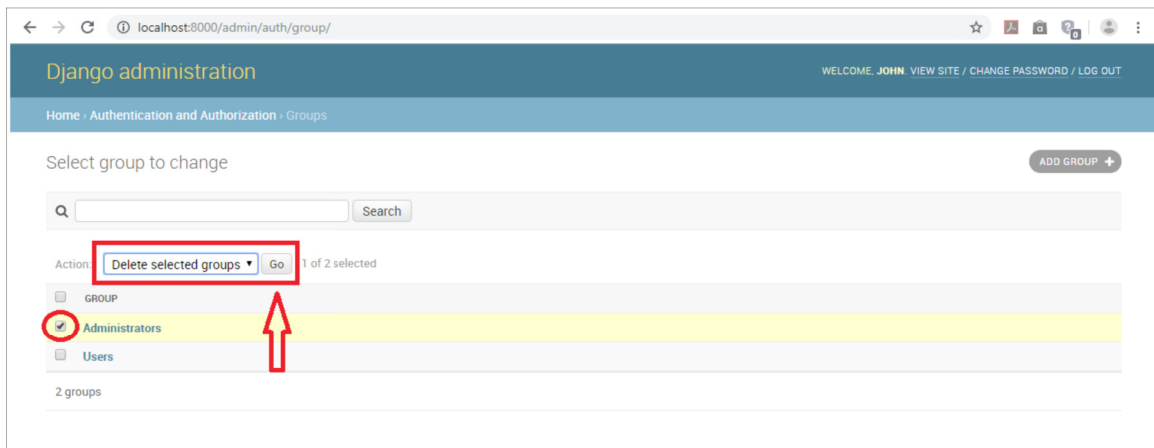
Εικ. 5.4.2-1: Προσθήκη της Ομάδας “Administrators”
Η ομάδα αυτή έχει όλα τα διατιθέμενα δικαιώματα (permissions)

The screenshot shows the Django administration interface for adding a new group. The 'Name' field is filled with 'Users'. Under 'Permissions', the 'Available permissions' list includes various actions like 'admin | log entry | Can add log entry', 'auth | group | Can add group', etc. The 'Choose all' button at the bottom of this list is highlighted with a red box. The 'Chosen permissions' list is currently empty. At the bottom right, the 'SAVE' button is highlighted with a red box.

Εικ. 5.4.2-2: Προσθήκη της Ομάδας “Users”
Η ομάδα αυτή έχει δικαιώματα πρόσβασης μόνο στα μοντέλα δεδομένων

Η εφαρμογή “PC Repository” χρησιμοποιεί δύο Ομάδες: την “Administrators” για τους Διαχειριστές και την “Users” για τους απλούς Χρήστες

Για να διαγράψουμε μία Ομάδα, πατάμε τον σύνδεσμο “Groups” από την αρχική σελίδα του Admin Site και στην εμφανιζόμενη σελίδα επιλέγουμε την Ομάδα, από το drop-down “Action” επιλέγουμε το “Delete selected groups” και πατάμε το πλήκτρο “Go”. Στο μήνυμα επιβεβαίωσης που ακολουθεί επιλέγουμε “Yes, I’m sure” ή “No, take me back” για ακύρωση αν δεν είμαστε σίγουροι.

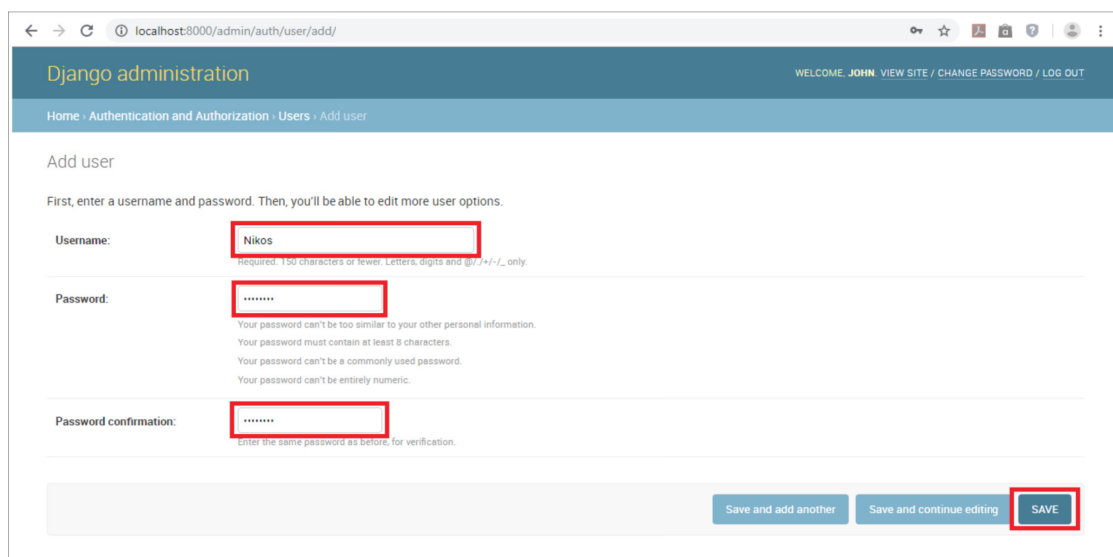


Εικ. 5.4.2-3: Διαγραφή Ομάδας

Η ονομασία “Administrators” έχει λειτουργική σημασία για την εφαρμογή, καθώς από την ύπαρξη ή όχι των χαρακτήρων “admin” στην ονομασία μίας ομάδας τεκμαίρεται εάν ο Χρήστης είναι Διαχειριστής ή όχι

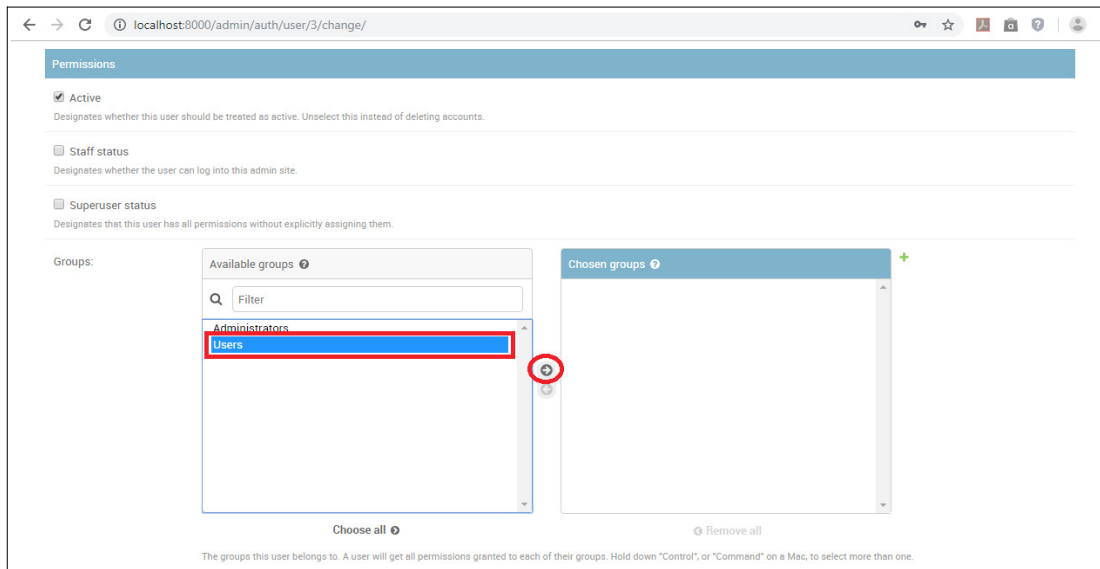
5.4.3. Χρήστες (Users)

Για να προσθέσουμε έναν Χρήστη, πατάμε τον σύνδεσμο “Users” από την αρχική σελίδα του Admin Site και στην εμφανιζόμενη σελίδα πατάμε το πλήκτρο “Add User”. Στην επόμενη φόρμα συμπληρώνουμε το username και τον μυστικό κωδικό πρόσβασης (password) του νέου Χρήστη και πατάμε το πλήκτρο “Save”.



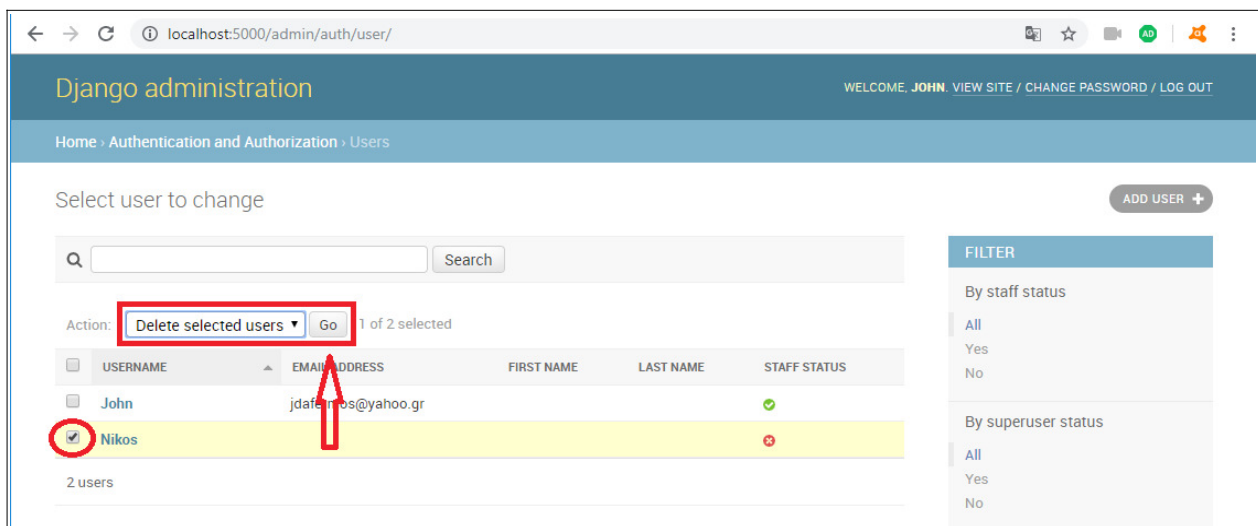
Εικ. 5.4.3-1: Προσθήκη νέου Χρήστη

Μετά την προσθήκη του νέου Χρήστη, μεταφερόμαστε στη φόρμα αλλαγής στοιχείων (Change user). Από εδώ μπορούμε να τροποποιήσουμε στοιχεία όπως: *username*, *password*, *όνομα*, *επώνυμο*, *e-mail*, *δικαιώματα πρόσβασης* (*ενεργός*, *staff status*, *superuser status*). Στα δικαιώματα πρόσβασης μπορούμε να επιλέξουμε τις Ομάδες στις οποίες θα ανήκει ο Χρήστης ή να ορίσουμε ένα προς ένα τα επιθυμητά δικαιώματα. Αποθηκεύουμε τις αλλαγές πατώντας το πλήκτρο **“Save”** στο τέλος της φόρμας. Με το πλήκτρο **“Delete”** μπορούμε να διαγράψουμε τον Χρήστη.



Εικ. 5.4.3-2: Αλλαγή στοιχείων Χρήστη

Για να τροποποιήσουμε τα στοιχεία ενός Χρήστη, πατάμε τον σύνδεσμο “Users” από την αρχική σελίδα του Admin Site. Στην εμφανιζόμενη σελίδα επιλέγουμε τον Χρήστη και μεταφερόμαστε στη φόρμα αλλαγής στοιχείων (Change user), όπως προηγουμένως. Για να διαγράψουμε έναν Χρήστη, πατάμε τον σύνδεσμο “Users” από την αρχική σελίδα του Admin Site και στην εμφανιζόμενη σελίδα επιλέγουμε τον Χρήστη, από το drop-down “Action” επιλέγουμε το **“Delete selected users”** και πατάμε το πλήκτρο **“Go”**. Στο μήνυμα επιβεβαίωσης που ακολουθεί επιλέγουμε **“Yes, I’m sure”** ή **“No, take me back”** για ακύρωση αν δεν είμαστε σίγουροι.



Εικ. 5.4.3-3: Διαγραφή Χρήστη

5.4.4. Πίνακες των μοντέλων δεδομένων

Από την αρχική σελίδα του Admin Site και κάτω από την ετικέτα “APP_SCENES” μπορούμε να επιλέξουμε τους πίνακες των μοντέλων δεδομένων (*Scenes*, *Point Clouds* & *Auxiliaries*). Πατώντας επάνω στην ονομασία ενός πίνακα οδηγούμαστε στον κατάλογο των εγγραφών που περιέχει, οι οποίες είναι αποθηκευμένες στη Β.Δ. Από εδώ μπορούμε να τροποποιήσουμε ή να διαγράψουμε εγγραφές ή να προσθέσουμε καινούργιες.

SC ID	SC NAME	SC PC CNT	SC AUX CNT	SC DOWN CNT	SC COORDS	SC USER
6	trouli	1	0	0	SRID=4326;POINT (23.7359619140625 35.64613722880242)	John
5	hobu	1	0	0	SRID=4326;POINT (23.631591796875 35.40696093270201)	John
4	fragokastello	2	2	1	SRID=4326;POINT (24.93072509765625 35.04573815523954)	Aggelikh
3	Agios Nikolaos	0	0	1	SRID=4326;POINT (25.64208984375 35.16931803601131)	Aggelikh
2	Fragokastello	3	2	0	SRID=4326;POINT (24.23411518335342 35.18205812620585)	John
1	Kamariotis	6	6	1	SRID=4326;POINT (24.90973949432373 35.31272640290097)	John

6 Scenes

Εικ. 5.4.4-1: Ο Πίνακας “Scenes” της Β.Δ. από το Admin Site

PC ID	PC BASENAME	PC EXT	PC FILE	PC PVFOLDER	PC SCENE	PC USER
16	Trouli_Point_Cloud	las	user1/Trouli_Point_Cloud.las	user1/pointclouds/Trouli_Point_Cloud	trouli	John
15	hobu-1	las	user1/hobu-1.las	user1/pointclouds/hobu-1	hobu	John
14	kamariotis-1_ground_cropped_2	las	user1/kamariotis-1_ground_cropped_2.las	user1/pointclouds/kamariotis-1_ground_cropped_2	Kamariotis	John
13	kamariotis-1_ground_cropped_1	las	user1/kamariotis-1_ground_cropped_1.las	user1/pointclouds/kamariotis-1_ground_cropped_1	Kamariotis	John
12	kamariotis-1_ground_cropped	las	user1/kamariotis-1_ground_cropped.las	user1/pointclouds/kamariotis-1_ground_cropped	Kamariotis	John
11	fragokastello_orthofr1_draped_1	las	user1/fragokastello_orthofr1_draped_1.las	user1/pointclouds/fragokastello_orthofr1_draped_1	Fragokastello	John
10	fragokastello_orthofr1_draped	las	user2/fragokastello_orthofr1_draped.las	user2/pointclouds/fragokastello_orthofr1_draped	fragokastello	Aggelikh
9	fragokastello_orthofr1	las	user2/fragokastello_orthofr1.las	user2/pointclouds/fragokastello_orthofr1	fragokastello	Aggelikh
7	kamariotis-1_cropped	las	user1/kamariotis-1_cropped.las	user1/pointclouds/kamariotis-1_cropped	Kamariotis	John
6	kamariotis-1_ground	las	user1/kamariotis-1_ground.las	user1/pointclouds/kamariotis-1_ground	Kamariotis	John
5	fragokastello_orthofr1_draped	las	user1/fragokastello_orthofr1_draped.las	user1/pointclouds/fragokastello_orthofr1_draped	Fragokastello	John
3	fraggoo	las	user1/fraggoo.las	user1/pointclouds/fraggoo	Fragokastello	John
1	kamariotis-1	las	user1/kamariotis-1.las	user1/pointclouds/kamariotis-1	Kamariotis	John

13 Point Clouds

Εικ. 5.4.4-2: Ο Πίνακας “Point Clouds” της Β.Δ. από το Admin Site

Django administration

WELCOME, JOHN VIEW SITE / CHANGE PASSWORD / LOG OUT

Home : App_Scenes : Auxiliaries

Select auxiliaries to change

ADD AUXILIARIES +

Action: ----- Go 0 of 14 selected

AUX ID	AUX BASENAME	AUX EXT	AUX FILE	AUX UPLOADED	AUX COUNTABLE	AUX PC	AUX SCENE	AUX USER
18	fragokastello_orthofr1	tif	user1/fragokastello_orthofr1.tif	✓	✓	fragokastello_orthofr1_draped_1	Fragokastello	John
15	fraggoo_dem	tif	user1/fraggoo_dem.tif	✓	✓	-	Fragokastello	John
14	fragokastello_orthofr1	tif	user2/fragokastello_orthofr1.tif	✓	✓	fragokastello_orthofr1_draped	fragokastello	Aggelikh
13	fraggoo_dem	tif	user2/fraggoo_dem.tif	✓	✓	-	fragokastello	Aggelikh
12	kamariotis-1_hillshade	tif	user1/kamariotis-1_hillshade.tif	✗	✓	kamariotis-1	Kamariotis	John
11	kamariotis-1_contour	shx	user1/kamariotis-1_contour.shx	✗	✗	kamariotis-1	Kamariotis	John
10	kamariotis-1_contour	shp	user1/kamariotis-1_contour.shp	✗	✓	kamariotis-1	Kamariotis	John
9	kamariotis-1_contour	dbf	user1/kamariotis-1_contour.dbf	✗	✗	kamariotis-1	Kamariotis	John
8	kamariotis-1_dsm	tif	user1/kamariotis-1_dsm.tif	✗	✓	kamariotis-1	Kamariotis	John
7	kamariotis-1_ground_hillshade	tif	user1/kamariotis-1_ground_hillshade.tif	✗	✓	kamariotis-1_ground	Kamariotis	John
6	kamariotis-1_ground_contour	shx	user1/kamariotis-1_ground_contour.shx	✗	✗	kamariotis-1_ground	Kamariotis	John
5	kamariotis-1_ground_contour	shp	user1/kamariotis-1_ground_contour.shp	✗	✓	kamariotis-1_ground	Kamariotis	John
4	kamariotis-1_ground_contour	dbf	user1/kamariotis-1_ground_contour.dbf	✗	✗	kamariotis-1_ground	Kamariotis	John
3	kamariotis-1_ground_dtm	tif	user1/kamariotis-1_ground_dtm.tif	✗	✓	kamariotis-1_ground	Kamariotis	John

14 Auxiliaries

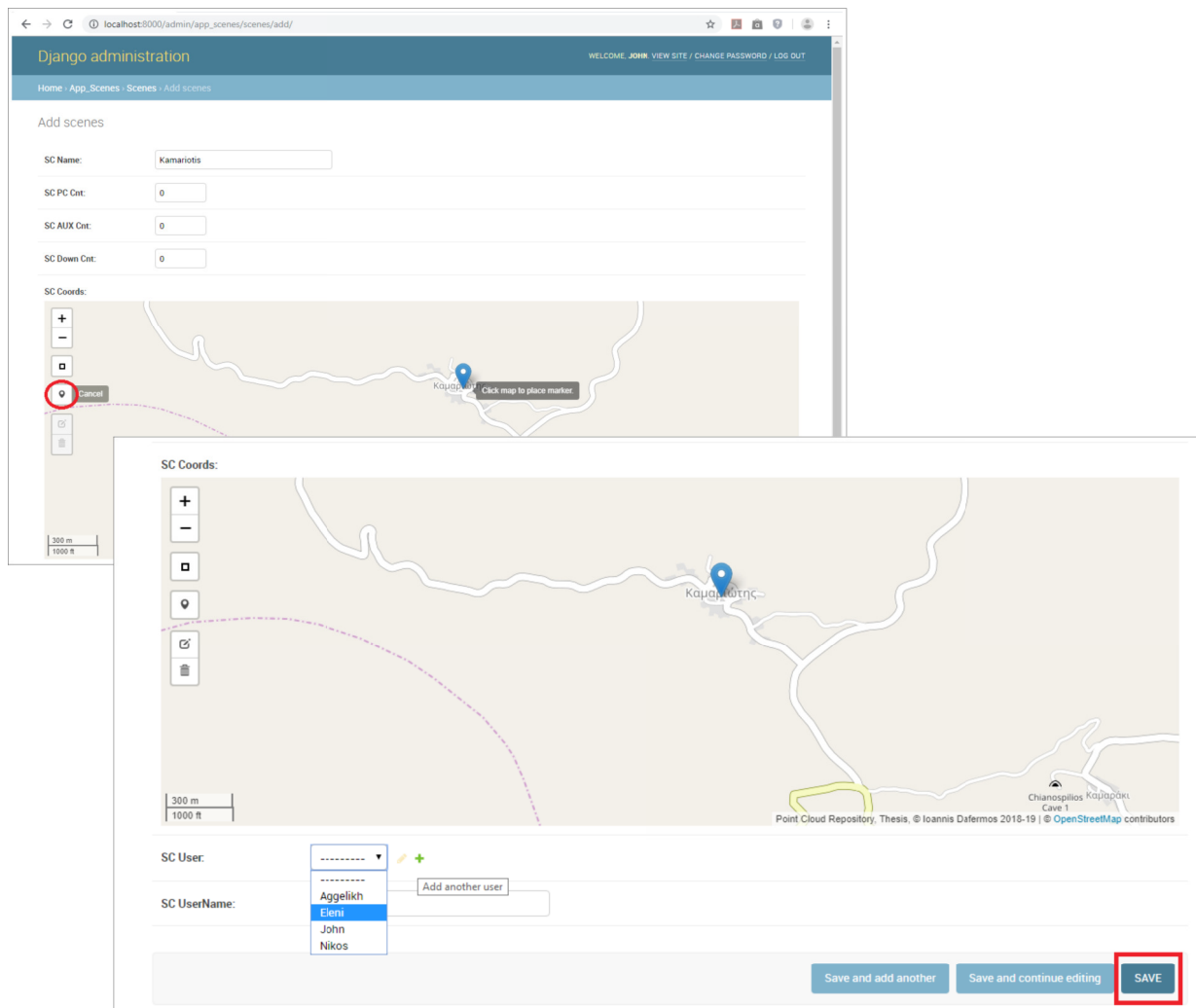
Εικ. 5.4.4-3: Ο Πίνακας “Auxiliaries” της Β.Δ. από το Admin Site

5.4.5. Εισαγωγή νέας εγγραφής από το Admin Site

Από τον κατάλογο των εγγραφών ενός πίνακα μπορούμε να εισάγουμε μία νέα εγγραφή, πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο “Add” που βρίσκεται πάνω-δεξιά. Στο παράθυρο που θα ανοίξει συμπληρώνουμε όλα τα απαιτούμενα πεδία. Ειδικά για τις Σκηνές (Scenes), που αποτελούν γεωμετρικά αντικείμενα σημείων, θα πρέπει επιπλέον να ορίσουμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες του νέου σημείου. Αυτό γίνεται εύκολα με γραφικό τρόπο, πατώντας το πλήκτρο εισαγωγής νέου σημείου (“Draw a marker”) στο χειριστήριο χάρτη που προστίθεται στο Admin Site μέσω του Leaflet. Αφού τοποθετήσουμε το σημείο στον χάρτη και το αποθηκεύσουμε (πλήκτρο “Save” του χειριστηρίου χάρτη), πατάμε το πλήκτρο “Save” στην κάτω-δεξιά γωνία του παραθύρου. Η νέα εγγραφή εισάγεται στη Β.Δ.



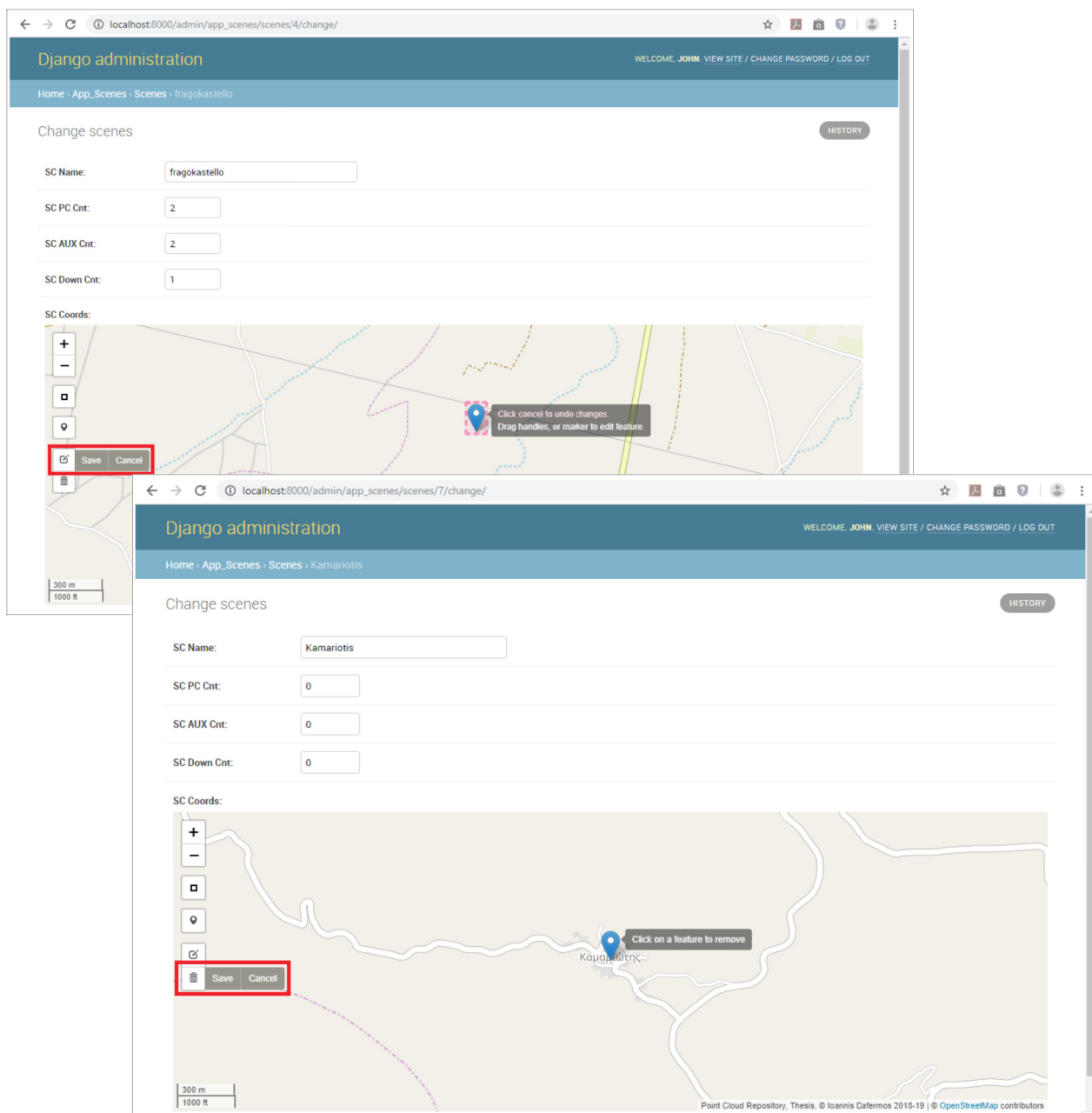
Η ορθή συμπλήρωση των πινάκων της Β.Δ. και του συστήματος αρχείων κατά τη χειρωνακτική προσθήκη στοιχείων είναι ευθύνη του Διαχειριστή



Εικ. 5.4.5-1: Εισαγωγή νέας Σκηνής (Scene) από το Admin Site

5.4.6. Τροποποίηση υπάρχουσας εγγραφής από το Admin Site

Από τον κατάλογο των εγγραφών ενός πίνακα μπορούμε να τροποποιήσουμε μία υπάρχουσα εγγραφή. Κάνοντας κλικ στην επιθυμητή εγγραφή ανοίγει το παράθυρο τροποποίησης. Εδώ μπορούμε να μεταβάλλουμε τα περιεχόμενα όλων των πεδίων. Ειδικά για τις Σκηνές (Scenes), μπορούμε να αλλάξουμε τη θέση του σημείου πατώντας το πλήκτρο **“Draw a marker”** ή το πλήκτρο **“Edit layers”** του χειριστηρίου χάρτη. Αντίστοιχα, μπορούμε να διαγράψουμε ένα σημείο με το πλήκτρο **“Delete layers”**. Για να αποθηκεύσουμε τις τροποποιήσεις των δύο τελευταίων πλήκτρων, θα πρέπει να πατήσουμε το πλήκτρο **“Save”** που εμφανίζεται δίπλα σε αυτά.



Εικ. 5.4.6-1: Αλλαγή γεωγραφικής θέσης Σκηνής με το “Edit layers” (επάνω)
και διαγραφή σημείου με το “Delete layers” (κάτω)

Αφού ολοκληρώσουμε τις τροποποιήσεις, αποθηκεύουμε την εγγραφή πατώντας το πλήκτρο **“Save”** στην κάτω-δεξιά γωνία του παραθύρου. Μπορούμε επίσης να διαγράψουμε την εγγραφή πατώντας το πλήκτρο **“Delete”** που βρίσκεται κάτω-αριστερά. Η Β.Δ. ενημερώνεται για τις μεταβολές.

The screenshot shows a web browser window at the URL `localhost:5000/admin/app_scenes/scenes/8/change/`. The page title is 'Change scenes'. The breadcrumb trail is 'Home > App_Scenes > Scenes > Fragokastello'. The form contains the following fields:

- SC Name:
- SC PC Cnt:
- SC AUX Cnt:
- SC Down Cnt:
- SC Coords: A map showing a coastal area with a blue pin. A scale bar indicates 300 m and 1000 ft. Attribution text at the bottom right of the map reads: 'Point Cloud Repository, Thesis, © Ioannis Dafermos 2018-19 | © OpenStreetMap contributors'.
- SC User: A dropdown menu showing 'John' with edit and add icons.
- SC UserName:

At the bottom of the form are four buttons: 'Delete' (red), 'Save and add another', 'Save and continue editing', and 'SAVE'.

Εικ. 5.4.6-2: Τροποποίηση Σκηνής (Scene) από το Admin Site

The screenshot shows a web browser window at the URL `localhost:5000/admin/app_scenes/pointclouds/53/change/`. The page title is 'Django administration'. The breadcrumb trail is 'Home > App_Scenes > Point Clouds > kamariotis_1'. The form contains the following fields:

- PC BaseName:
- PC Ext:
- PC File: Currently: `user5/kamariotis_1.las`
Change: Δεν επιλεχθηκε κανένα αρχείο.
- PC PVFolder:
- PC Scene: A dropdown menu showing 'Kamariotis' with edit and add icons.
- PC User: A dropdown menu showing 'John' with edit and add icons.

At the bottom of the form are four buttons: 'Delete' (red), 'Save and add another', 'Save and continue editing', and 'SAVE'.

Εικ. 5.4.6-3: Τροποποίηση Point Cloud από το Admin Site

Εικ. 5.4.6-4: Τροποποίηση Βοηθητικού Αρχείου από το Admin Site

5.4.7. Διαγραφή υπάρχουσας εγγραφής από το Admin Site

Από τον κατάλογο των εγγραφών ενός πίνακα μπορούμε να διαγράψουμε εγγραφές επιλέγοντάς τις, διαλέγοντας “**Delete Selected**” από το drop-down menu και πατώντας το πλήκτρο “**Go**” στα δεξιά του. Στο μήνυμα επιβεβαίωσης που ακολουθεί επιλέγουμε “Yes, I’m sure” ή “No, take me back” για ακύρωση αν δεν είμαστε σίγουροι. Η σύνδεση των πινάκων του μοντέλου με cascaded foreign keys έχει ως συνέπεια τη διαγραφή όλων των αντικειμένων που συνδέονται με τα διαγραφόμενα.

SC ID	SC NAME	SC	Run the selected action	SC DOWN CNT	SC COORDS	SC USER
7	Kamariotis	0	0	0	SRID=4326,POINT (24.909739 35.312569)	Eleni
6	trouli	1				
5	hobu	1				
4	fragokastello	2				
3	Agios Nikolaos	0				
2	Fragokastello	3				
1	Kamariotis	6				

7 Scenes

Summary

- Scenes: 4
- Point Clouds: 4
- Auxiliaries: 2

Objects

- Scenes: Kamariotis
- Scenes: trouli
 - Point clouds: Trouli_Point_Cloud
- Scenes: Agios Nikolaos
- Scenes: Fragokastello
 - Point clouds: fraggao
 - Point clouds: fragokastello_orthof11_draped
 - Point clouds: fragokastello_orthof11_draped_1
 - Auxiliaries: fragokastello_orthof1
 - Auxiliaries: fraggao_dem

Are you sure?

Are you sure you want to delete the selected Scenes? All of the following objects and their related items will be deleted:

Yes, I'm sure No, take me back

Εικ. 5.4.7-1: Διαγραφή εγγραφών Πίνακα από το Admin Site

5.5. Περιεχόμενα των Πινάκων της Β.Δ. σε μορφή GeoJSON

Υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής των περιεχομένων των πινάκων των μοντέλων δεδομένων της Β.Δ. (Scenes, Point Clouds & Auxiliary Files) σε μορφή GeoJSON. Αυτό χρειάζεται εσωτερικά στην εφαρμογή προκειμένου να εμφανίζονται στην αρχική σελίδα τα σημεία των υπαρχουσών Σκηνών. Μπορούμε να δούμε και να αντιγράψουμε από τον browser τα δεδομένα σε αυτή τη μορφή στα παρακάτω URLs (εάν ο development server του Django δεν τρέχει στη θύρα “8000” του localhost αλλά σε άλλη, τότε αντικαθιστούμε αναλόγως):

- Σκηνές (Scenes): <http://localhost:8000/scenes/>
- Νέφη Σημείων (Point Clouds): <http://localhost:8000/pointclouds/>
- Βοηθητικά Αρχεία (Auxiliary Files): <http://localhost:8000/auxiliaries/>

Η λήψη σε μορφή GeoJSON αφορά στα περιεχόμενα των πινάκων της Β.Δ. και όχι στα ίδια τα αρχεία, τα οποία βρίσκονται αποθηκευμένα στο σύστημα αρχείων



**Εικ. 5.5-1: Τα περιεχόμενα των πινάκων των μοντέλων δεδομένων σε μορφή GeoJSON
επάνω: Scenes, κέντρο: Point Clouds, κάτω: Auxiliary Files**

Κεφάλαιο 6

Μελλοντικές Εργασίες - Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ορισμένες ενέργειες που είτε δεν συντελέστηκαν είτε δεν ολοκληρώθηκαν και χαρακτηρίζονται ως μελλοντικές εργασίες, καθώς και τα συμπεράσματα που εξάγονται έπειτα από την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

6.1. Μελλοντικές Εργασίες

Παρακάτω ακολουθεί μία λίστα εργασιών που δεν συντελέστηκαν ή δεν ολοκληρώθηκαν, των οποίων κρίνεται ενδιαφέρουσα και χρήσιμη η μελλοντική υλοποίηση. Οι εργασίες αυτές είναι χωρισμένες σε κατηγορίες και αναγράφονται με σειρά σημαντικότητας, από την περισσότερη προς την λιγότερη σημαντική. Οι σημαντικότερες όλων αναγράφονται με **έντονη** γραμματοσειρά:

- *Παραγωγική Λειτουργία:*
 - **Λειτουργία της εφαρμογής “PC Repository” μέσω Apache Server & mod_wsgi:** Όπως έχει προαναφερθεί υπήρξε επίμονη προσπάθεια υλοποίησης, η οποία απέβη άκαρπη.
 - **Ρύθμιση διαφόρων ζητημάτων ασφαλείας του Django** (deployment checklist): <https://docs.djangoproject.com/en/2.2/howto/deployment/checklist/>
- *Διαχείριση Αρχείων:*
 - **Να ζητείται η γεωγραφική αναφορά (spatial reference) κατά τη μεταφόρτωση αρχείων νεφών σημείων ή και εικόνων.**
 - **Αλλαγή του τρόπου αποθήκευσης αρχείων από user-based σε scene-based:** Τα αρχεία των σκηνών αποθηκεύονται σε έναν φάκελλο ανά χρήστη (user folder). Θα ήταν προτιμότερο να αποθηκεύονταν και σε ιδιαίτερο υποφάκελλο ανά σκηνή, πράγμα που είναι περισσότερο διαισθητικό και πρακτικό.
 - **Υποστήριξη περισσότερων formats δεδομένων νεφών σημείων (txt, laz, ply κλπ.) και raster εικόνων.** Προς το παρόν υποστηρίζονται μόνο αρχεία νεφών σημείων τύπου *las* και raster εικόνες τύπων *tif*, *jpg* και *png*.
 - Υποστήριξη κοινής χρήσης και λήψης των αρχείων που μεταφορτώνουν οι χρήστες.
- *Πιστοποίηση Χρηστών:*
 - Να προστεθεί δυνατότητα ανάκτησης μυστικού κωδικού (reset password) σε περίπτωση που ο χρήστης τον έχει ξεχάσει (προϋποθέτει υποχρεωτική καταχώρηση e-mail κατά την εγγραφή).
 - Να προστεθεί δυνατότητα εγγραφής νέων χρηστών (registration) με ειδική φόρμα.
- *Λειτουργία “Drape”:*
 - Το “Drape” να γίνεται επάνω σε TIN αντί για DEM.
 - Τοποθέτηση φίλτρου στα επιλέξιμα DEMs ώστε να επιλέγονται μόνο από τα ανήκοντα στη σκηνή που επιλέγει ο χρήστης.

- *Αρχική Σελίδα:*
 - **Να προστεθεί πλήκτρο εμφάνισης credits όλων των συστατικών λογισμικών, καθώς και της συνολικής άδειας της εφαρμογής.**
 - Επιλογή από διαφορετικά basemaps στην αρχική σελίδα (π.χ. Bing, Stamen), πέραν του OpenStreetMap.
 - Να εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα οι σκηνές ενός χρήστη από τις ξένες σκηνές (αφορά τους Διαχειριστές που βλέπουν όλες τις σκηνές).
- *Σχετικά με τις Σκηνές:*
 - Η λήψη των αρχείων μίας σκηνής να περιλαμβάνει και τον φάκελλο των αρχείων που παράγει το Potree Converter (μαζί με το html και τα libs), ώστε να μπορεί ένας χρήστης να φορτώνει τα point clouds σε περιηγητή ιστού και εκτός της εφαρμογής.
 - Κάθε σκηνή να έχει ως label επάνω στον χάρτη την ονομασία της.
- *Ιστοσελίδα Potree:*
 - **Εμφάνιση χάρτη υποβάθρου και minimap**, για το οποίο απαιτείται η μεταφόρτωση αρχείων νεφών σημείων με γεωγραφική αναφορά - spatial reference (βλ. http://www.potree.org/potree/examples/cesium_sorvilier.html)
 - Οπτικοποίηση νεφών σημείων με real-time streaming από PostgreSQL.
 - Διόρθωση των πλήκτρων “all on/off” των Ομάδων του panel “Objects” του μενού “Scene”, τα οποία υπάρχουν αλλά δεν λειτουργούν.
 - Εμφάνιση συντεταγμένων δείκτη ποντικιού.
 - Τοποθέτηση συνδέσμου αλλαγής password δίπλα στο όνομα χρήστη, το οποίο τώρα χρησιμεύει ως σύνδεσμος logout, ενώ υπάρχει και ξεχωριστός σύνδεσμος για logout.
 - Τοποθέτηση γραφικών frames γύρω από τις επιλογές των πρόσθετων εργαλείων “Crop” & “Ground Classification”, για ομοιομορφία με το “DEM Generation”.
- *Βελτιώσεις σε υπάρχοντα εργαλεία:*
 - Οι Διαχειριστές να μπορούν να χρησιμοποιούν τα εργαλεία ξένων σκηνών, εκτός από αυτά που διαγράφουν σκηνές και αρχεία.
 - Προσθήκη δυνατότητας στο εργαλείο “Ground Classification” για χρήση είτε του PMF (Progressive Morphological Filter) είτε του SMRF (Simple Morphological Filter).
 - Εμφάνιση προειδοποίησης ότι η εκτέλεση των πρόσθετων εργαλείων μπορεί να διαρκέσει αρκετό χρόνο, όταν είναι επιλεγμένα όλα τα νέφη σημείων μίας σκηνής.
- *Επιπλέον εργαλεία βασιζόμενα σε PDAL:*
 - **Λήψη πληροφοριών (info) για ένα νέφος σημείων.**
 - **Αλλαγή προβολής νέφους σημείων ανάμεσα σε διαφορετικά συστήματα γεωγραφικής αναφοράς** (σημ: η PDAL λειτουργεί με planar data).
 - **Μετατροπές αρχείων νεφών σημείων ανάμεσα σε διάφορα formats.**
 - Απομάκρυνση σημείων θορύβου (η επισήμανσή τους αποτελεί ήδη μέρος της διαδικασίας αυτόματης ταξινόμησης εδάφους “Ground Classification”).
 - Συνένωση ή κατακερματισμός δεδομένων (merge or split data).
- *Άλλα:*
 - **Εγκατάσταση & λειτουργία εφαρμογής σε περιβάλλον Linux.**
 - Να χρησιμοποιηθεί Bootstrap για το styling των φορμών της εφαρμογής.

6.2. Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής “**PC Repository**” έγινε στα πρότυπα χρήσης Ελεύθερου Λογισμικού & Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (ΕΛΛΑΚ). Ακολουθήθηκε η λύση του προγραμματισμού με γλώσσα **Python**, μέσα στο πλαίσιο ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών **Django**. Για τη διαχείριση και οπτικοποίηση των γεωχωρικών δεδομένων αξιοποιήθηκε η GIS επέκταση του τελευταίου, το **Geodjango** και η open-source JavaScript βιβλιοθήκη **Leaflet** με τον παγκόσμιο χάρτη του **OpenStreetMap**.

Η οπτικοποίηση και επεξεργασία των νεφών σημείων υλοποιήθηκε με το **Potree**, έναν εξαιρετικό WebGL Viewer με πάρα πολλές ενσωματωμένες δυνατότητες. Επιπλέον, συντελέστηκε πλήρως η επιθυμητή παραμετροποίησή του με την προσθήκη custom εργαλείων, που λειτουργούν βασιζόμενα στις βιβλιοθήκες **PDAL** και **GDAL**. Τελικά, η επιλογή του Potree ως οπτικοποιητή κρίνεται άκρως επιτυχημένη.

Ως βάση δεδομένων επιλέχθηκε η **PostgreSQL**, που είναι και η προτεινόμενη από το Django. Στην παρούσα της μορφή η εφαρμογή θα μπορούσε, με λίγες τροποποιήσεις του κώδικα, να λειτουργήσει και με μία άλλη Β.Δ. Ωστόσο, η επιλογή της PostgreSQL κρίνεται ορθή, από την άποψη ότι ανοίγει τον δρόμο σε μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιώσεις της εφαρμογής, αξιοποιώντας τις γεωχωρικές δυνατότητες των επεκτάσεων **PostGIS** και **PGPointcloud** της PostgreSQL.

Σε ό,τι αφορά την παραγωγική λειτουργία της εφαρμογής σε Web Server έγινε επίμονη προσπάθεια χρησιμοποίησης του **Apache** μέσω του **WAMP** και του **mod_wsgi**. Δυστυχώς όμως δεν κατέστη τελικά δυνατό, λόγω των πολλών και επαναλαμβανόμενων προβλημάτων που προέκυπταν. Ενδεχομένως να μπορούσε να στηθεί η εφαρμογή σε κάποιο cloud web service (όπως π.χ. τα **PythonAnywhere**, **AWS**, **Microsoft Azure** ή **Heroku**). Όμως, η χρήση της PostgreSQL σε αυτούς τους servers παρέχεται με χρέωση. Αυτό, σε συνδυασμό με τη στενότητα χρόνου, οδήγησε στην απόφαση να μην δοκιμαστεί αυτή η οδός.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, εφ’όσον η εφαρμογή λειτουργεί με τον Development Server του Django, θα πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει τρόπος να λειτουργήσει και με έναν server κατάλληλο για παραγωγική λειτουργία. Ίσως, μάλιστα, αυτό να ήταν ακόμη ευκολότερο εάν η ανάπτυξη της εφαρμογής είχε γίνει σε περιβάλλον **Linux** αντί για **Windows**, δεδομένου ότι η σύνδεση του Django με τον Apache μέσω του **mod_wsgi** έχει αρχικά σχεδιαστεί και ελεγχθεί για λειτουργία σε περιβάλλον Linux.

Τα κριτήρια που οδήγησαν στην επιλογή των παραπάνω λογισμικών, καθώς και όσων άλλων χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής είναι:

- ο σκοπός της εφαρμογής,
- τα διαθέσιμα δεδομένα,
- η διαθέσιμη τεκμηρίωση (documentation),
- τα ενημερωτικά, βοηθητικά και εκπαιδευτικά κείμενα, videos κλπ. (tutorials),
- η επιθυμητή αισθητική της εφαρμογής και
- οι διαθέσιμες προγραμματιστικές γνώσεις και ικανότητες

Εναλλακτικά ή και συμπληρωματικά προς αυτά, θα μπορούσαν να δοκιμαστούν:

- Για την οπτικοποίηση νεφών σημείων τα **plas.io/speck.ly** και **Blender/Blend4Web**.
- Για τη διαχείριση και οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων η βιβλιοθήκη **OpenLayers**.
- Κάποια από τα ανοικτού κώδικα εργαλεία των **LAStools** (π.χ. για μετατροπή txt αρχείων με συντεταγμένες σημείων σε las αρχεία).
- Το **CesiumJS** θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για εμφάνιση χάρτη υποβάθρου μέσα στο Potree.
- Οι εξειδικευμένοι για νέφη σημείων servers, **LOPoCS** και **Entwine** θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την προσθήκη δυνατότητας streaming νεφών σημείων από τη βάση δεδομένων

(PostgreSQL) απ'ευθείας στον οπτικοποιητή (Potree), χωρίς τη μεσολάβηση του Potree Converter για μετατροπή των νεφών σημείων σε κατάλληλο HTML format.

- Η βιβλιοθήκη **PCL**, η οποία λειτουργεί συμπληρωματικά ως προς την PDAL, θα μπορούσε πιθανά να χρησιμοποιηθεί από την εφαρμογή “PC Repository” στα παρακάτω σημεία:
 - φιλτράρισμα σημείων (προσθήκη, διαγραφή),
 - κατάτμηση νεφών σημείων,
 - χωρικούς μετασχηματισμούς,
 - τριγωνισμούς και παραγωγή επιφανειών,
 - παραγωγή 2D range images,
 - εξαγωγή σημείων-κλειδιών τύπου NARF (Normal Aligned Radial Feature) από range images,
 - αναγνώριση χαρακτηριστικών,
 - πραγματικού χρόνου streaming και οπτικοποίηση νεφών σημείων σε κινητές συσκευές.

Οι χρήστες της εφαρμογής μπορούν να συνδέονται με τους κωδικούς πρόσβασής τους και να ανεβάζουν τα δεδομένα νεφών σημείων που διαθέτουν. Στη συνέχεια μπορούν να τα βλέπουν στην οθόνη μέσα από κάποιον περιηγητή ιστού, να κάνουν μετρήσεις μηκών, εμβαδών, υψομετρικών διαφορών, να παράγουν ψηφιακά μοντέλα υψομέτρων, να προχωρούν σε ταξινόμηση σημείων εδάφους κ.α. Μελλοντικά, η εφαρμογή θα μπορούσε να υποστηρίξει την - υπό προϋποθέσεις - κοινή χρήση και λήψη των αρχείων που ανεβάζουν οι χρήστες.

Η εφαρμογή μπορεί να αξιοποιηθεί από χρήστες που δραστηριοποιούνται σε αντικείμενα όπως:

- Αποτυπώσεις Οικισμών, Κτηρίων, Μνημείων
- Παραγωγή επιφανειών (Ψηφιακών Μοντέλων Υψομέτρων)
- Έλεγχο κατασκευαστικών αποκλίσεων βιομηχανικών εξαρτημάτων
- Ιατρικές απεικονίσεις
- Διερεύνηση οδικών ατυχημάτων
- Τήρηση χρονολογικού αρχείου 3D αποτυπώσεων
- ... κ.α.

Εν κατακλείδι, κρίνεται ότι ο στόχος της δημιουργίας ενός **“Διαδικτυακού αποθετηρίου για την επισκόπηση και επεξεργασία τρισδιάστατων νεφών σημείων με χρήση ελεύθερου λογισμικού και λογισμικού ανοιχτού κώδικα”** έχει επιτευχθεί. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το τελευταίο στάδιο, δηλαδή αυτό της δημοσίευσης της εφαρμογής σε web server για την παραγωγική της λειτουργία. Ακόμα και αυτό όμως, όπως προαναφέρθηκε, θεωρείται βέβαιο ότι υπάρχει τρόπος για να γίνει.

Η υλοποίηση της εφαρμογής **“PC Repository”** αποδεικνύει ότι αξιοποιώντας την πληθώρα διατιθέμενων λύσεων και εργαλείων ανοικτού λογισμικού, αλλά και την πολύτιμη βοήθεια που παρέχεται από ιστοσελίδες, φόρουμ, κοινότητες κλπ. και, φυσικά, σε συνδυασμό με επαρκείς γνώσεις προγραμματισμού, μπορεί κανείς να δημιουργήσει χρήσιμες διαδικτυακές εφαρμογές.

Βιβλιογραφία - Πηγές

3DTK_Contributors: 3DToolkit, 2012.

Agafonkin, V.: Leaflet, 2011.

Aggarwal, S.: How do I make a download button in my web page work with Django?, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://www.quora.com/How-do-I-make-a-download-button-in-my-web-page-work-with-Django>, 2016.

Amazon: Amazon Web Services, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://aws.amazon.com/>, 2006.

Apache_Friends: XAMPP, 2002.

Applied_Imagery: Quick Terrain Modeler, 2015.

ASPRS: LAS SPECIFICATION VERSION 1.4, 2013.

Atwood, J. και Spolsky, J.: GIS Stack Exchange, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://gis.stackexchange.com/>, 2009.

Bentley: Pointools View, χ.χ.

Blender_Foundation και Roosendaal, T.: Blender, 1998.

Boucheny, C. και Ribes, A.: Eye-Dome Lighting: a non-photorealistic shading technique, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://blog.kitware.com/eye-dome-lighting-a-non-photorealistic-shading-technique/>, 2011.

Bourdon, R.: WampServer, 2019.

Brown, G. και Butler, H.: Laspy, 2012.

Butler, H., Loskot, M., Vachon, P., Vales, M. και Warmerdam, F.: libLAS, 2012.

Caron, D.: pclpy, 2018.

Cesium_Consortium: CesiumJS, 2011.

Conner, J.: LViz, χ.χ.

Cottin, A.: Fleurdelas, 2014.

CRREL και NGIA: GRiD, χ.χ.

Cudini, S.: Leaflet-Search, 2013.

Dielmo_3D: Dielmo3D, χ.χ.

Django_Software_Foundation: Django Documentation, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://docs.djangoproject.com/el/2.2/>, 2005a.

Django_Software_Foundation: Django Web Framework, 2005b.

Django_Software_Foundation: Πως να χρησιμοποιήσετε το Django με τον Apache και το mod_wsgi, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://docs.djangoproject.com/el/2.2/howto/deployment/wsgi/modwsgi/>, 2005c.

DLLme: DLLme, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://www.dllme.com/>, 2019.

Dumpleton, G.: mod_wsgi, 2007.

EDF_R&D_TELECOM_ParisTech_(ENST-TSI): Cloud Compare, 2013.

EllisLab: CodeIgniter, 2006.

ESRI: ArcGIS, 1999.

Evans, J. και Hudak, A.: MCC-LIDAR, 2007.

Extensis και Celartem_Inc.: GeoViewer, 2019.

Finnegan, D. και Butler, H.: The GRiD Management System, 2015.

Foster, C. και Displaz_Contributors: Displaz, 2012.

Fugro: FugroViewer, 2019.

Gandy, D.: Font Awesome, 2012.

GeoCue_Group: LP360, 2003.

George, N.: Build a Website with Django 2., 2019.

Giedrius1991_and_others: Need help customizing potree sidebar, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://github.com/potree/potree/issues/445>, 2017.

Gillies, S. C.: Shapely, 2007.

Gohlke, C.: Unofficial Windows Binaries for Python Extension Packages, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://www.lfd.uci.edu/~gohlke/pythonlibs/>, 2019.

Goodridge, M.: Django Tutorial, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://www.youtube.com/watch?v=Fc2O3_2kax8, 2016.

Google: Angular, 2010.

GreenValley_International: LiDAR360, χ.χ.

Guido van Rossum: Python, 1990.

Guimmara, S. και Chambers, B.: Using Crop with a WKT polygon, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <http://osgeo-org.1560.x6.nabble.com/pdal-filters-Using-Crop-with-a-WKT-polygon-td5333508.html>, 2017.

Hansson, D. H.: Ruby, 2005.

Hipp, D. R.: SQLite, 2000.

Hobu_Inc.: speck.ly, 2016.

Hobu_Inc.: Greyhound, 2017.

Hobu_Inc.: PDAL, 2019.

Holovaty, A., Kaplan-Moss, J. και Contributors: The Django Book, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://djangobook.com/the-django-book/>, 2008.

Hurley, C., Chen, S. και Karim, J.: YouTube, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://www.youtube.com/>, 2005.

ISTI-CNR: MeshLab, 2016.

iTowns_Contributors: iTowns, 2016.

JQuery_Team: jQuery, 2006.

Kibui, W.: GeoDjango Tutorial Series, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://www.youtube.com/watch?v=QiLO3MQxvds&index=1&list=PL7amXK4vKqATa_KrfQ3_tEF_ywAgAqWeJ, 2017.

Kitware_Inc.: Point Cloud Viewer, 2017.

LASERDATA: LIS Pro 3D, χ.χ.

LIDAR_Widgets: LIDAR Widgets, χ.χ.

Lightbend, Zengularity και Community: Play, 2007.

LiMON: LiMON, χ.χ.

Lindenbaum, J., Wiggins, A. και Henry, O.: Heroku, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://www.heroku.com/home>, 2007.

Lukianto, A.: Leaflet-Mouse Position, 2012.

MakinaCorpus: Django Leaflet, 2012.

Manning, C. και Hobu_Inc.: Entwine, 2016.

McClusky, S. και Tregoning, P.: Background paper on subsidence monitoring and measurement with a focus on coal seam gas (CSG) activities Paper prepared for the NSW Chief Scientist and Engineer, , (June), 1–43, 2013.

Merrick_&_Company: MARS FreeView, χ.χ.

Metcalf, C.: Leaflet-Ajax, 2012.

Meteor_Development_Group: Meteor, 2012.

Microsoft: ASP.NET, 2002.

Microsoft: Microsoft Azure, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://azure.microsoft.com/en-us/>, 2010.

Microsoft: Visual Studio CE2019, 2019.

Microsoft: Microsoft Docs, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://docs.microsoft.com/el-gr/>, χ.χ.

Mirage: PointCloudViz, χ.χ.

Montague, D.: Leaflet-EasyButton, 2014.

Natural_Resources_Canada: PG Pointcloud, 2013.

Neva_Ridge_Technologies και University_of_Santa_Cruz: SlugView, 2017.

NOAA_Office_for_Coastal_Management: NOAA Data Access Viewer, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή]
Available from: <https://coast.noaa.gov/dataviewer/#/>, χ.χ.

NumPy_Developers: NumPy, 2005.

Open_Source_Geospatial_Foundation: GDAL, 2000.

OpenDroneMap_Contributors: ODM, 2013a.

OpenDroneMap_Contributors: WebODM, 2013b.

OpenStreetMap_Contributors: Open Street Map, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from:
<http://www.openstreetmap.org/>, 2004.

Oracle_Corporation: Oracle Database, 1979.

Oracle_Corporation: MySQL, 1995.

OSGeo: OSGeo, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <http://www.osgeo.org/>, 2006.

Oslandia: LOPoCS, 2016.

Otwell, T.: Laravel, 2011.

OverIQ.com: Handling Media Files in Django, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from:
<https://overiq.com/django-1-10/handling-media-files-in-django/>, 2019.

Overwatch_Systems: Feature Analyst - LIDAR Analyst, 2011.

Partsinevelos, P., Agouris, P. και Stefanidis, A.: MODELING MOVEMENT RELATIONS IN DYNAMIC
URBAN SCENES., 2000.

Pavlov, I.: 7-Zip, 1999.

Pivotal_Software: Spring, 2002.

PostGIS_Contributors_Group: PostGIS, 2001.

PostgreSQL_Global_Development_Group: PostgreSQL, 1996.

Potencier, F.: Symfony, 2005.

Potree.org: Adding a custom section to the sidebar, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from:
http://potree.org/potree/examples/custom_sidebar_section.html, χ.χ.

Python-GeoJSON_Contributors: GeoJSON, 2014.

PythonAnywhere_LLPG: PythonAnywhere, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from:
<https://www.pythonanywhere.com/>, 2012.

QGIS_Development_Team: QGIS, 2002.

Rab, A.: Django: Saving Form Data into Database, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=KknQkOLmq6A>, 2014.

rapidlasso: LAStools-GitHub, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://github.com/LAStools/LAStools>, 2007a.

rapidlasso: LAStools, 2007b.

rapidlasso: LASpublish, 2019a.

rapidlasso: rapidlasso, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://rapidlasso.com/>, 2019b.

Research_Groups_Photogrammetry_and_Remote_Sensing_TU_Wien: OPALS, 2010.

Robert Bradshaw et al.: Cython, 2004.

Ronacher, A.: Flask, 2010.

Sandia_National_Laboratories, Kitware_Inc. και Los_Alamos_National_Laboratory: ParaView, 2000.

Schütz, M.: Potree, 2011.

Schütz, M.: Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers., 2016.

Shalyapin, I.: Django Cleanup, 2012.

Silkalns, A.: Colorlib, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://colorlib.com/>, 2013.

Sitarska, O. και Sendeccka, O.: Django Girls Tutorial, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://tutorial.djangogirls.org/en/>, 2014.

Spolsky, J. και Atwood, J.: Stack Overflow, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://stackoverflow.com/>, 2008.

Stanford_University: The Stanford 3D Scanning Repository, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <http://graphics.stanford.edu/data/3Dscanrep/>, χ.χ.

Stowers, J., Strawlab και Netherlands_eScience_Center: python-pcl, 2013.

StrongLoop_and_others: Express, 2010.

STS: STS, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://www.sts-tutorial.com/>, χ.χ.

Stufft, D.: Packaging, 2014.

Tannant, D.: Review of Photogrammetry-Based Techniques for Characterization and Hazard Assessment of Rock Faces, Int. J. Geohazards Environ., 2015.

TECHNODIGIT: 3DReshaper, 2015.

The_Apache_Software_Foundation: Apache HTTP Server Project, 1997.

The_OpenLayers_Dev_Team: OpenLayers, 2006.

Trimble: Trimble RealWorks, χ.χ.

Triple_Water_Geo: M LiDAR, 2016.

Triumph: Blend4Web, 2014.

U/Shok3001_and_others: pyvenv vs virtualenv, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://www.reddit.com/r/learnpython/comments/4hsudz/pyvenv_vs_virtualenv/, 2016.

US_Department_of_Commerce: U.S. Interagency Elevation Inventory, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://coast.noaa.gov/inventory/>, χ.χ.

USDA_Forest_Service και Pacific_Northwest_Research_Station: FUSION/LDV, χ.χ.

Varrazzo, D.: Psycopg2, 2010.

Veesus: Veesus Arena4D Point Cloud Warehouse, 2017.

Verma, U. και Butler, H.: plas.io, 2014.

Visual_Computing_Institute_RWTH_Aachen_University: OpenFlipper, χ.χ.

Voogdt, L.: Leaflet-Awesome Markers, 2013.

Webopedia: WAMP, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://www.webopedia.com/TERM/W/WAMP.html>, 2019.

Wikimedia_Foundation: Wikipedia, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page, 2001.

Wikipedia: HTML-CSS-JS, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/HTML>, 2017.

Wikipedia: LAS file format, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/LAS_file_format, 2019a.

Wikipedia: Octant (solid geometry), [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Octant_\(solid_geometry\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Octant_(solid_geometry)), 2019b.

Wikipedia: Octree, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Octree>, 2019c.

Wikipedia: Oracle Database, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Oracle_Database, 2019d.

Wikipedia: Point Cloud, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud, 2019e.

Wikipedia: Web framework, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Web_framework, 2019f.

Wikipedia: WebGL, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <https://el.wikipedia.org/wiki/WebGL>, 2019g.

Willow_Garage και Open_Perception: PCL, 2009.

XtSense: Online LiDAR point cloud viewer, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: <http://lidarview.com/>, 2014.

Βικιπαίδεια: Apache HTTP εξυπηρετητής, [έκδοση σε ψηφιακή μορφή] Available from: https://el.wikipedia.org/wiki/Apache_HTTP_εξυπηρετητής, 2019.

Παρχαρίδης, Ι.: Αρχές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης Θεωρία και εφαρμογές, ΣΕΑΒ, ΕΜΠ, Ζωγράφου - Αθήνα., 2015.

Τμήμα_Επιστήμης_Υπολογιστών: 1ο Σχολείο Κώδικα, 2014.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες (σε αλφαβητική σειρά):

1^ο Σχολείο Κώδικα (Τμήμα_Επιστήμης_Υπολογιστών, 2014)

Adding a custom section to the sidebar (Potree.org, χ.χ.)

Build a Website with Django 2 (George, 2019)

Django Girls Tutorial (Sitarska και Senddecka, 2014)

Django: Saving Form Data into Database (Rab, 2014)

Django Tutorial (Goodridge, 2016)

DLLme (DLLme, 2019)

GeoDjango Tutorial Series (Kibui, 2017)

GIS Stack Exchange (Atwood και Spolsky, 2009)

How do I make a download button in my web page work with Django? (Aggarwal, 2016)

Need help customizing potree sidebar (Giedrius1991_and_others, 2017)

OverIQ.com: Handling Media Files in Django (OverIQ.com, 2019)

Pyvenv vs virtualenv (U/Shok3001_and_others, 2016)

Stack Overflow (Spolsky και Atwood, 2008)

STS (STS, χ.χ.)

The Django Book (Holovaty κ.ά., 2008)

Using Crop with a WKT polygon (Guimmara και Chambers, 2017)

Wikipedia (Wikimedia_Foundation, 2001)

YouTube (Hurley κ.ά., 2005)

Παράρτημα Α': Εκδόσεις Λογισμικών

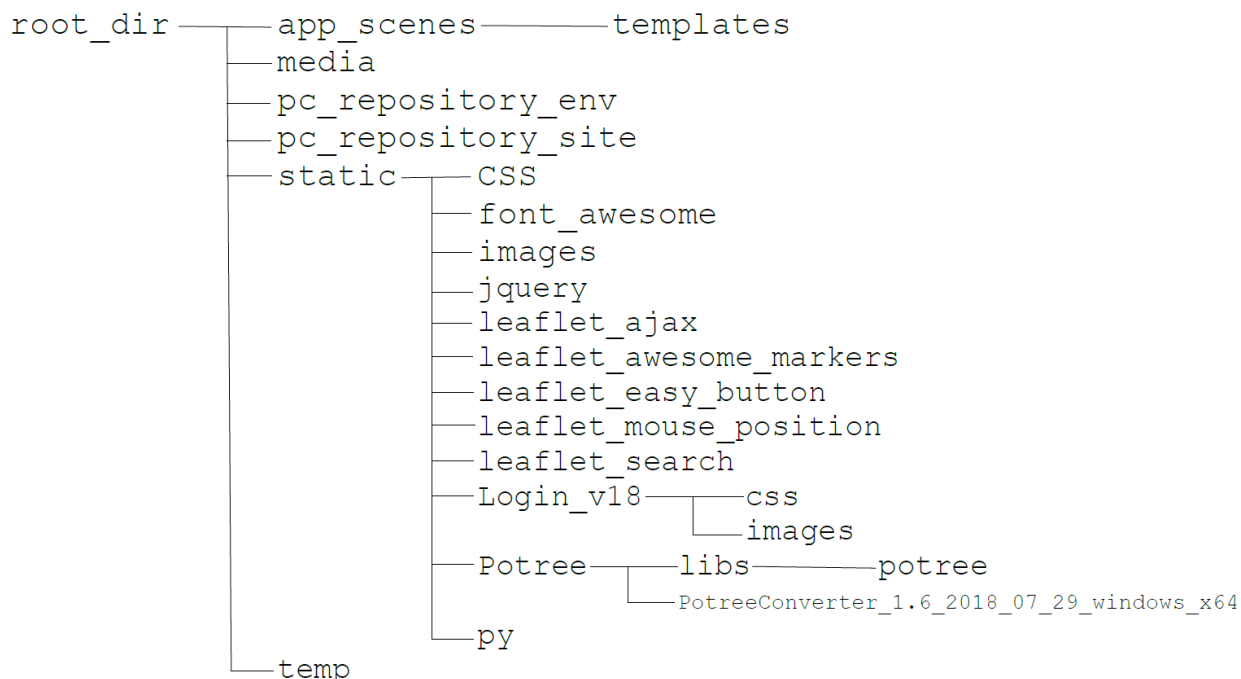
Λογισμικό	Έκδοση	Download URL
7-Zip	19.00 64-bit	https://www.7-zip.org/
Apache HTTP Server	2.4.39	Εγκαθίσταται με τον WampServer
Colorlib Login Form	v18	https://colorlib.com/wp/template/login-form-v18/
Cython	0.29.10	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
Django	2.1.9	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
Django Cleanup	3.2.0	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
Django Leaflet	0.24.0	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
Font Awesome	4.7.0	https://fontawesome.com/v4.7.0/
GDAL	2.4.1	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
GeoJSON	2.4.1	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
HTML-CSS-JavaScript	---	Βασικές τεχνολογίες ανάπτυξης ιστοσελίδων
jQuery	3.4.1	https://jquery.com/
Leaflet	1.3.1	Εγκαθίσταται με το Django Leaflet
Leaflet-Ajax	2.1.0	https://github.com/calvinmetcalf/leaflet-ajax
Leaflet-Awesome Markers	2.0.2	https://github.com/lvoogdt/Leaflet.awesome-markers
Leaflet-EasyButton	2.4.0	https://github.com/CliffCloud/Leaflet.EasyButton
Leaflet-Mouse Position	---	https://github.com/ardhi/Leaflet.MousePosition
Leaflet-Search	2.9.8	https://github.com/stefanocudini/leaflet-search
mod_wsgi	4.6.7 64-bit	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
Numpy	1.16.4	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
OpenStreetMap (Χάρτης)	---	Χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο από το Leaflet
OSGeo	64-bit for Windows	https://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html
Packaging	19.0	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
PDAL	2.1.8	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
PGPointcloud	---	Εγκαθίσταται με την PostgreSQL
Postgis	2.5.2 64-bit	Εγκαθίσταται με την PostgreSQL
PostgreSQL	10.6 64-bit	https://www.postgresql.org/
Potree & Potree Converter	1.6 64-bit	https://github.com/potree/PotreeConverter
Psycpg2	2.8.3	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
Python	3.7.2 64-bit	https://www.python.org/
Shapely	1.6.4	Εγκαθίσταται στο περιβάλλον της Python
Visual Studio – VS Build Tools (C++ Build Tools)	2019 Community Edition	https://visualstudio.microsoft.com/downloads/
WampServer (WAMP)	3.1.9 64-bit	http://www.wampserver.com/en/

Πίν. Α.1: Εκδόσεις χρησιμοποιούμενων Λογισμικών σε αλφαβητική σειρά.
Όπου δεν αναφέρεται συγκεκριμένη έκδοση, νοείται η πιο πρόσφατη.

Παράρτημα Β': Δομή Φακέλλων & Προσαρτήματα

Β.1. Δομή Φακέλλων

root_dir = C:\Users\UserName\PC_Repository



Β.2. Προσαρτήματα & Σύνδεσμοι

- Archive αρχείων κώδικα “Application_Code_Structure.7z”

https://www.dropbox.com/s/15j9qtrj267qn71/Application_Code_Structure.7z?dl=0

- Προσάρτημα εγκατάστασης λογισμικών:

https://www.dropbox.com/s/3ct550hrz9rtwlv/PC_Repository_Installations_Appendix.pdf?dl=0

- Προσάρτημα κώδικα σε μορφή κειμένου:

https://www.dropbox.com/s/z7oafq9srkfl47x/PC_Repository_Code_Appendix.pdf?dl=0

- Στοιχεία επικοινωνίας συγγραφέα:

Γιάννης Δαφέρμος

e-mail: jdafermos@yahoo.gr

Παράρτημα Γ': Άδεια Χρήσης του PC Repository

MIT License

Copyright (c) 2018-2019 Ioannis Dafermos

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.