



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

---

## Διπλωματική Εργασία

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ  
GOOGLE EARTH ENGINE

Παρασκευή Ηλία Γκατζιούρα

A.M. 01517

Επιβλέπων Καθηγητής:

Περάκης Κωνσταντίνος

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Περάκης Κωνσταντίνος

Ντυκέν Μαρί - Νοέλ

Σταθάκης Δημήτριος



Βόλος,  
Φεβρουάριος 2020

## Δήλωση

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

**Ημερομηνία:**

**Όνοματεπώνυμο:**

**Υπογραφή:**

## ***‘Elevatis nihil celatur’***

“Όταν ανεβαίνεις ψηλά, τίποτα δεν μπορεί να σου κρυφτεί”

Η απάντηση του εκατόνταρχου του τμήματος τηλεπισκόπησης (XIV) του Ρωμαϊκού στρατού όταν ο Ιούλιος Καίσαρας ζήτησε να μάθει τη στρατηγική που ακολουθούν

## Περίληψη

# Εντοπισμός αστικού πρασίνου με χρήση της πλατφόρμας Google Earth Engine

**Παρασκευή Η. Γκατζιούρα**

Πολυτεχνική Σχολή ΠΘ, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης, Εργαστήριο Εφαρμογών της Πληροφορικής στο Σχεδιασμό του Χώρου  
[evitagkatz@gmail.com](mailto:evitagkatz@gmail.com)

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στις σύγχρονες πόλεις, η ύπαρξη αστικού πρασίνου αποτελεί αδιαμφισβήτητο στοιχείο για την ομαλή διαβίωση των κατοίκων. Τα οφέλη από την ύπαρξη αυτού είναι πολλαπλά και επιδρούν όχι μόνο στη φυσική και ψυχολογική κατάσταση των κατοίκων, αλλά και στην κοινωνική συνοχή, την οικολογική ισορροπία και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Ωστόσο, η εντατικοποίηση του φαινομένου της αστικοποίησης κυρίως κατά την πρώτη δεκαετία του 21<sup>ο</sup> αιώνα σε συνδυασμό με την άτακτη και άναρχη δόμηση είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν εντός του αστικού ιστού εντατικά δομημένες περιοχές, όπου η ύπαρξη χώρων πρασίνου παραγκωνίστηκε.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός του αστικού πρασίνου στα 4 Δημοτικά Διαμερίσματα, σύμφωνα με τη διοικητική διαίρεση η οποία πραγματοποιήθηκε το 2006, στο Δήμο Λαρισαίων. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δορυφορικών εικόνων Landsat -5- TM και Landsat 8 OLI/TIRS και για το σωστό προσδιορισμό της αναλογίας της φυτικής κάλυψης στη συνολική υπό μελέτη επιφάνεια, υπολογίστηκε ο Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) με τη χρήση του λογισμικού της πλατφόρμας Google Earth Engine (GEE). Τέλος, προσδιορίστηκε η συσχέτιση μεταξύ των ετών μελέτης και του μέσου όρου του υπολογισθέντος NDVI για τους μήνες Μάιο και Ιούνιο, η διαχρονική σύγκριση των αποτελεσμάτων και η θεματική αξιολόγησή τους.

**Λέξεις κλειδιά:** Αστικό πράσινο; Δείκτης NDVI; Πλατφόρμα Google Earth Engine

**Abstract**

**Mapping of urban green spaces via the platform Google Earth Engine**

**Paraskevi I. Gkatzioura**

University of Thessaly, School of Engineering, Department of Planning and Regional  
Development, Laboratory of Informatics in Spatial Planning

[evitagkatz@gmail.com](mailto:evitagkatz@gmail.com)

The diploma thesis was carried out during the UnderGraduate Program at the Department of Planning and Regional Development, School of Engineering, University of Thessaly.

Nowadays in modern cities, the existence of urban green spaces plays an important role in smoothing urban living conditions of residents. Urban green spaces provide little known ecosystem services to cities including environmental (such as ecological balance, biodiversity conservation) and health benefits. However, rapid increases in global extent of urban land mainly in the first decade of the 21st century in combination with urban sprawl and physical environment have led to reductions in urban green cover.

The objective of this study is to map urban green spaces in Municipality of Larissa in the boundaries of four municipal departments, after 2006. In this study, it has been used Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI/TIRS satellite data and for the better classification process of urban green, a remote sensing index on satellite image, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Finally, an effort has been undertaken in order to correlate the average value of NDVI for May and June months of year inside the records. Indicatives conclusions are derived from the classified images concerning two the parameters, time and NDVI.

**Keywords:** Urban Green Spaces; NDVI; Google Earth Engine Platform

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>II</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>III</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>	<b>V</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....</b>	<b>VI</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>VII</b>
<b>ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΑ.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>IX</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ – ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΧΩΡΩΝ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ – ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ     ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1 Κοινωνικά Οφέλη .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.2 Οικονομικά οφέλη .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1 Περιβαλλοντικά οφέλη .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.2 Πολεοδομικά οφέλη.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 ΑΝΑΓΚΕΣ ΓΙΑ ΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ     ΕΛΛΑΔΑ7</b>	
<b>1.5 ΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ .....</b>	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 ΔΟΥΦΟΡΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΟΥΦΟΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.1 Εφαρμογές στο φυσικό περιβάλλον.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.2 Εφαρμογές στο αστικό περιβάλλον .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4.3 Εφαρμογές στο θαλάσσιο περιβάλλον, τις παράκτιες ζώνες και         νησιωτικές περιοχές .....</b>	<b>18</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ GOOGLE EARTH ENGINE ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ     ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ.....</b>	<b>20</b>

<b>3.2</b>	<b>ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ .....</b>	<b>24</b>
3.3.1	Χαρτογράφηση και παρακολούθηση της βλάστησης.....	24
3.3.2	Παρακολούθηση των καλύψεων γης .....	25
3.3.3	Παρακολούθηση γεωργικών καλλιεργειών.....	25
3.3.4	Διαχείριση φυσικών καταστροφών.....	26
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΧΡΗΣΗ GEE ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ.....</b>		<b>27</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ &amp; ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....</b>		<b>28</b>
5.1	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	28
5.2	ΟΙ ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ LANDSAT-5-TM ΚΑΙ LANDSAT 8 OLI/TIRS .....	29
5.2.1	Ο δορυφόρος Landsat-5-TM .....	29
5.2.2	Ο δορυφόρος Landsat 8 OLI/TIRS.....	30
5.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	31
5.3.1	Δείκτες βλάστησης.....	31
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ .....</b>		<b>34</b>
6.1	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΗΣ.....	34
6.2	ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ .....	36
6.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	39
6.4	ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>		<b>48</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>		<b>49</b>
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		49
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		50
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ.....		51

## **Κατάλογος εικόνων**

Εικόνα 1: Το πάρκο Αλκαζάρ εντός του αστικού ιστού της Λάρισας.....	8
Εικόνα 2: Ταξινόμηση αστικού χώρου με χρήση υπερφασματικών δεδομένων τηλεπισκόπησης για την περιοχή της Χαλκίδας.....	18
Εικόνα 3: Συνοπτική παρουσίαση των διαθέσιμων δεδομένων στην πλατφόρμα Google Earth Engine .....	22
Εικόνα 4: Το προγραμματιστικό περιβάλλον της πλατφόρμας Google Earth Engine .....	23
Εικόνα 5: Η διοικητική διαίρεση των 4 Δημοτικών Διαμερισμάτων της εντός σχεδίου περιοχής της Λάρισας .....	29
Εικόνα 6: Ο δορυφόρος Landsat-5-TM .....	29
Εικόνα 7: Ο δορυφόρος Landsat 8 OLI/TIRS .....	30
Εικόνα 8: Διαφορετικές τιμές του δείκτη NDVI μεταξύ υγιούς και ασθενούς φυτού .....	33
Εικόνα 9: Η διάκριση των Δημοτικών Διαμερισμάτων της εντός σχεδίου πόλης της Λάρισας .....	35



## **Κατάλογος πινάκων**

Πίνακας 1: Ταξινόμηση χώρων πρασίνου .....	3
Πίνακας 2: Δορυφόροι των οποίων τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού άμεσης ανάγκης .....	16
Πίνακας 3: Κύριοι δορυφόροι με μεσαία, υψηλή και πολύ υψηλή χωρική ανάλυση που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στο αστικό περιβάλλον .....	17
Πίνακας 4: Τεχνικά χαρακτηριστικά δορυφόρου Landsat-5-TM.....	30
Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά δορυφόρου Landsat 8 OLI/TIRS .....	31
Πίνακας 6: Τα βασικά χαρακτηριστικά των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν .....	35

## **Κατάλογος γραφημάτων**

Γράφημα 1: Η εξέλιξη του αριθμού των διαμοιρασμένων δεδομένων Landsat Level-1, μετά το 2008.....	21
Γράφημα 2: Τα δεδομένα για το σύνολο της έκτασης σε συνάρτηση με το χρόνο (Landsat 5) .....	36
Γράφημα 3: Τα δεδομένα για το σύνολο της έκτασης σε συνάρτηση με το χρόνο (Landsat 8) .....	37
Γράφημα 4: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για το βόρειο τομέα.....	39
Γράφημα 5: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για τον ανατολικό τομέα .....	41
Γράφημα 6: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για το νότιο τομέα.....	42
Γράφημα 7: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για το δυτικό τομέα.....	44
Γράφημα 8: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για το συνολικό ιστό της Λάρισας.....	46

## Αρτικόλεξα

ΓΟΚ	Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός
ΝΟΚ	Νέος Οικοδομικός Κανονισμός
ΟΟΣΑ	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
ΠΟΥ	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ASPRS	American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
ISPRS	International Society for Photogrammetry and Remote Sensing
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
H/Y	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ΗΠΑ	Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής
ESA	European Space Agency
TM	Thematic Mapper
EOS	Earth Observing System
SAR	Synthetic Aperture Radar
ESA	European Space Agency
ΣΓΠ	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών
USGS	United States Geological Survey
GEE	Google Earth Engine
APIs	Application Programming Interfaces
LAI	Leaf Area Index
FAPAR	Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation
FVC	Fraction Vegetation Cover
CWC	Canopy Water Content
NDV	Normalized Difference Vegetation Index
NDBI	Normalized Difference Built-up Index
MNDWI	Modified Normalized Difference Water Index
LDCM	Landsat Data Continuity Mission
OLI	Operational Land Imager
TIRS	Thermal Infrared Sensor
SR	Simple Ratio Index
VI	Vegetation Index
II	Infrared Index
MSI	Moisture Stress Index
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index
EVI	Enhanced Vegetation Index

## Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός του αστικού πρασίνου στα 4 Δημοτικά Διαμερίσματα του Δήμου Λαρισαίων μέσω δορυφορικών εικόνων Landsat και με τη χρήση της πλατφόρμας Google Earth Engine.

Ολοκληρώνοντας τη συγγραφή της πτυχιακής μου διατριβής, θα ήθελα να αναφερθώ σε όσους συνεισέφεραν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό στην περίπτωση της.

Πρώτον από όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου καθηγητή κ. Περάκη Κωνσταντίνο για την καθοδήγηση, τις συμβουλές καθώς και για το υπέρμετρο ενδιαφέρον και χρόνο που αφιέρωσε στο πλαίσιο της παρούσας.

Παράλληλα, ευχαριστώ τα Μέλη του Εργαστηρίου Εφαρμογών της Πληροφορικής στο Σχεδιασμό του Χώρου για την άψογη συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια του προπτυχιακού κύκλου σπουδών μου αλλά και κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και ιδιαιτέρως τους γονείς μου για τη συνολική τους στήριξη στον κύκλο σπουδών μου και τους ανθρώπους που στάθηκαν δίπλα μου ώστε να πραγματώνονται οι προσωπικοί μου στόχοι μέσα στο χρόνο και να την αφιερώσω στη γιαγιά μου Κωνσταντίνα...

## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Η έννοια του αστικού πρασίνου**

### **1.1 Ορισμός – Προσέγγιση της έννοιας**

Οι αστικοί υπαίθριοι χώροι αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο του δομημένου περιβάλλοντος, καθώς συμβάλλουν στη διαμόρφωση της ταυτότητας του αστικού τοπίου. Συνδέουν το δομημένο περιβάλλον και λειτουργούν είτε ως χώρος αναψυχής και διάυλος επικοινωνίας των διαφόρων τμημάτων του αστικού ιστού, είτε ως δίοδοι μετακίνησης τόσο για τους πεζούς όσο και για τους ποδηλάτες. Οι αστικοί υπαίθριοι χώροι τόσο στη διεθνή όσο και στην ελληνική βιβλιογραφία παρουσιάζονται με πολλαπλές ορολογίες όπως “αστικό πράσινο”, “ανοιχτοί χώροι”, “πράσινοι κοινόχρηστοι χώροι” κ.α.. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, θα χρησιμοποιηθεί ο όρος “αστικό πράσινο” (Αρσενίου, 2010).

Στο πλαίσιο της ελληνικής κείμενης νομοθεσίας, τα κυριότερα θεσμικά εργαλεία προστασίας των ελεύθερων αστικών χώρων πρασίνου είναι ο Ν. 998/1979 περί “Προστασίας των δασών και δασικών εν γένει εκτάσεων της χώρας” και η πολεοδομική νομοθεσία, ενώ παράλληλα έχουν εκπονηθεί ποικίλες μελέτες τόσο για το σύνολο της χώρας όσο και για μεμονωμένες χωρικές ενότητες, είτε από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς είτε από την κεντρική Διοίκηση. Στο πλαίσιο της πολεοδομικής νομοθεσίας, η έννοια του αστικού πρασίνου εμφανίζεται για πρώτη φορά ως τμήμα των κοινόχρηστων χώρων στον ΓΟΚ (Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό - ΓΟΚ/85). Σύμφωνα με τον ΓΟΚ/85, ως κοινόχρηστοι χώροι ορίζονται οι κάθε είδους ελεύθεροι χώροι, δρόμοι, πλατείες, άλση και γενικά οι προοριζόμενοι για κοινή χρήση που καθορίζονται από το εγκεκριμένο ρυμοτομικό σχέδιο του οικισμού ή έχουν τεθεί σε κοινή χρήση με οποιοδήποτε νόμιμο τρόπο. Παρόμοιοι ορισμοί, υιοθετούνται τόσο από τον ΝΟΚ (Νέο Οικοδομικό Κανονισμό -ΝΟΚ/12) όσο και από το ΠΔ 59/18 “Κατηγορίες και περιεχόμενο χρήσεων γης – Άρθρο 08”.

Στο πλαίσιο της διεθνούς βιβλιογραφίας αποδίδονται πολλαπλές ερμηνείες στην έννοια του “αστικού πρασίνου”. Οι πλέον χαρακτηριστικές είναι:

- Σύμφωνα με τους Tuzin et al. (2002), αστικοί χώροι πρασίνου είναι όλες οι δημόσιες και ιδιωτικές ανοιχτές εκτάσεις εντός αστικών χώρων, οι οποίες καλύπτονται από βλάστηση και εντός αυτών δρουν είτε έμμεσα (θετική επιρροή στο αστικό περιβάλλον) είτε άμεσα (αναψυχή) οι ομάδες πληθυσμού

➤ Σύμφωνα με τους Nicol and Blake (2000), η έννοια αστικό πράσινο περιλαμβάνει τα πάρκα, τους κήπους μικρής και μεγάλης κλίμακας που διαχειρίζεται το κράτος ή οι ιδιώτες, τους αδόμητους χώρους και άλλους μη διαμορφωμένους χώρους στους οποίους συναντάται χλωρίδα ή πανίδα

## **1.2 Κατηγοριοποίηση χώρων αστικού πρασίνου**

Η κατηγοριοποίηση των χώρων αστικού πρασίνου ποικίλει ανάλογα με την ερευνητική ομάδα που διεξάγει την εκάστοτε μελέτη, το είδος της μελέτης και τους σκοπούς που αυτή επιδιώκει να εξυπηρετήσει, δεδομένου ότι δεν υπάρχει κάποιο ενιαίο σύστημα ταξινόμησής τους στη διεθνή βιβλιογραφία. Ακολουθως, παρουσιάζεται σε μορφή Πίνακα (Πίνακας 1) μια κατηγοριοποίηση των χώρων αστικού πρασίνου, με βάση τρία κριτήρια (Λιονάτου, 2008):

- Τα στοιχεία πρασίνου - υλικό επιστρώσεων επιφανειών
- Τις χρήσεις γης – χρήστες
- Τις ειδικές χρήσεις και ιδιότητες κάθε χώρου

**Πίνακας 1: Ταξινόμηση χώρων πρασίνου**

(Πηγή: Λιονάτου, 2008)

	Βάσει τρόπου χρήσης από τους χρήστες	Βάσει ιδιοτήτων χώρων που συναντάται ως προς τη χρήση τους		
<b>ΧΩΡΟΙ ΠΡΑΣΙΝΟΥ με κύρια χρήση ΑΝΑΨΥΧΗ</b>	<b>ΠΡΑΣΙΝΟ ΑΝΑΨΥΧΗΣ</b>	Ελεύθεροι χώροι πρασίνου συνοικιών	Πάρκα Παιδικές χαρές Νησίδες πρασίνου	
		Κεντρικές λειτουργίες πόλης	Πλατείες	
		Αθλητικές εγκαταστάσεις	Γήπεδα αθλοπαιδειών, γκολφ	
		Τουριστικές εγκαταστάσεις	Ξενοδοχεία, προκουμίες, λιμάνια	
<b>ΧΩΡΟΙ ΠΡΑΣΙΝΟΥ με λειτουργική χρήση (κοινωνική, οικονομική, διοικητική, θρησκευτική)</b>	<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ</b>	Θρησκευτικά	Εκκλησίες, κοιμητήρια	
		Ιδρύματα	Εκπαιδευτικά Γηροκομεία, ορφανοτροφεία Νοσοκομεία, κλινικές	
			Κτίρια δημόσιου ενδιαφέροντος	Δημόσιες υπηρεσίες Βιομηχανικά πάρκα, ζώνες καινοτομίας Εμπορικά κέντρα Κτίρια γραφείων
		Καλλιεργούμενες εκτάσεις		Αγροτική γη, λαχανόκηποι, πειραματικές εκτάσεις
		<b>ΧΩΡΟΙ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ</b> Αδόμητοι, ανεκμετάλλευτοι	<b>ΦΥΣΙΚΑ / ΗΜΙΦΥΣΙΚΑ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΑ</b>	Δάση
Νερο-υδροβιότοποι	Λίμνες, ποτάμια, ρέματα			
Εγκαταλελειμμένοι χώροι	Βιομηχανικά συγκροτήματα, λατομεία			
Άλλα	Αδόμητοι χώροι			
<b>ΕΛΕΥΘΕΡΟΙ ΧΩΡΟΙ αναπτύσσονται παράλληλα με δίκτυα μεταφοράς</b>	<b>ΔΙΚΤΥΑ</b>	Κυκλοφοριακό	Πεζοδρόμια, Νησίδες, Δενδροστοιχίες Πρανή Λωρίδες ακάλυπτου χώρου	
		Μεταφοράς ενέργειας	Λωρίδες ακάλυπτου χώρου	
		Κανάλια	Όχθες, πρανή	

Η ταξινόμηση των χώρων πρασίνου όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 λαμβάνει υπόψη της, τόσο την ανθρώπινη δραστηριότητα όσο και τη θεσμοθετημένη χρήση γης. Η τυπολογία του πίνακα είναι ενδεικτική και εύκολα παρατηρείται πως υπάρχουν επικαλύψεις, οι οποίες με τη θέσπιση προδιαγραφών σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας δύναται να εξαλειφθούν.

### **1.3 Η σημασία της Διαχείρισης – τα οφέλη από την ύπαρξη αστικού πρασίνου**

Το αστικό πράσινο αποτελεί μια ένδειξη παρουσίας του φυσικού περιβάλλοντος στον αστικό χώρο, η οποία εξυπηρετεί πολλαπλές λειτουργίες (π.χ. αναψυχή, προστασία από φυσικές καταστροφές - πλημμύρες) και ενέχει πολλαπλά οφέλη προς τους κατοίκους αυτού (Μιχαηλίδου, 2018). Ακολούθως, παρουσιάζονται τα κυριότερα οφέλη από την ύπαρξη αστικού πρασίνου εντός των πόλεων, τα οποία διακρίνονται σε κοινωνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και πολεοδομικά.

#### **1.3.1 Κοινωνικά Οφέλη**

Η ύπαρξη αστικού πρασίνου εντός των πόλεων επιδρά στην κοινωνική ζωή των κατοίκων, καθώς τους “επιτρέπει” να βρίσκονται σε άμεση επαφή με το φυσικό περιβάλλον, δίνοντας τους τη δυνατότητα να αναπτύσσουν κοινωνικούς δεσμούς στο πλαίσιο της καθημερινότητάς τους (Μαργαρίτη, 2016). Συνεπώς, τα κυριότερα οφέλη από το αστικό πράσινο είναι η:

- **Σωματική υγεία.** Η άμεση επαφή με το αστικό πράσινο εντός των πόλεων συμβάλλει στην πνευματική ευημερία, στη μείωση του άγχους και στη διαμόρφωση ομαλής ψυχικής υγείας. Επιπλέον, η ύπαρξή του συμβάλλει καθοριστικά στην απορρόφηση αιωρημάτων της ατμόσφαιρας, γεγονός το οποίο μειώνει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ως αποτέλεσμα, μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων και αναπνευστικών νόσων, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με τις επικρατούσες ατμοσφαιρικές συνθήκες στο εκάστοτε αστικό περιβάλλον
- **Αναψυχή.** Οι χώροι αστικού πρασίνου χρησιμοποιούνται ως χώροι φιλοξενίας διαφόρων εκδηλώσεων οι οποίες σχετίζονται με τους κάτοικους μιας πόλης (π.χ. συναυλίες, φεστιβάλ), ενώ αποτελούν χώρο ξεκούρασης, άθλησης και δραστηριότητας, οι οποίες αντιτίθενται στη ψυχρότητα των κτιρίων του δομημένου περιβάλλοντος
- **Κοινωνική συναναστροφή.** Στους χώρους αστικού πρασίνου ικανής έκτασης (π.χ. πάρκα, πλατείες), όπου υπάρχει η δυνατότητα να συγκεντρωθούν ομάδες πληθυσμού διαφορετικών κοινωνικών και ηλικιακών τάξεων αναπτύσσονται κοινωνικοί δεσμοί, οι οποίοι προωθούν την έννοια της ενωμένης κοινωνίας, με γνώμονα το σεβασμό και την ανοχή προς το διαφορετικό (Μιχαηλίδου, 2018)



### 1.3.2 Οικονομικά οφέλη

Η ύπαρξη αστικών χώρων πρασίνου συμβάλλει καθοριστικά στην οικονομία μιας περιοχής, με ποικίλους τρόπους οι οποίοι σχετίζονται με την προώθηση τουριστικών δραστηριοτήτων και δραστηριοτήτων αναψυχής σε “πράσινες” περιοχές, τη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (π.χ. απομόνωση του άνθρακα, εξασθένηση των υδάτων από θύελλες), τη μείωση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης και τη μείωση των λογαριασμών υγειονομικής περίθαλψης εξαιτίας των πιο υγιεινών τρόπων ζωής που δημιουργούν (Arvanitidis et al., 2008).

Επιπλέον, τα αστικά πάρκα έχουν σημαντικό θετικό αντίκτυπο στις πλησιέστερες αξίες των ακινήτων (Bolitzer & Netusil, 2000). Οι ακίνητες περιουσίες που βρίσκονται κοντά σε χώρους πρασίνου έχουν πάντα υψηλότερη αξία εκ νέου πώλησης και οι δυνητικοί αγοραστές τοποθετούν υψηλό ασφάλιστρο σε αυτό κατά τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την επιλογή κατοικίας (Crompton, 2005).

### 1.3.1 Περιβαλλοντικά οφέλη

Αναμφισβήτητα, οι αστικοί χώροι πρασίνου αποτελούν μια εναλλακτική μορφή αναβάθμισης του αστικού ιστού, η οποία όχι μόνο προάγει τη ζωή των κατοίκων αλλά προστατεύει και το φυσικό περιβάλλον δεδομένου ότι συνοδεύονται από πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη. Ορισμένα εξ αυτών αναφέρονται στη συνέχεια:

➤ Βελτίωση του μικροκλίματος. Η κίνηση αέριων μαζών μέσω των ανοιχτών χώρων πρασίνου βελτιώνει τον δροσισμό και την ανανέωση του αέρα, ενώ σε συνδυασμό με τη σκίαση και την υδροπερατή εδαφοκάλυψη που επιτυγχάνεται σε περιοχές πρασίνου, σταθεροποιεί και μειώνει τις θερινές μεταβολές της θερμοκρασίας

➤ Διαχείριση των υδάτων. Η αποστράγγιση των υδάτων, η αποφυγή πλημμυρών, η ορθή διαχείριση των επιφανειακών υδάτων συνδυαζόμενες με τη χρήση υδροπερατών επιφανειών ενισχύονται από την παρουσία χώρων πρασίνου (Μπαγινέτας, 2012). Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι το 2010 στις ΗΠΑ (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής), οι απορροές του νερού της βροχής μειώθηκαν σε ποσοστό έως και 17% σε πόλεις οι οποίες διέθεταν επαρκές αστικό πράσινο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μειωθούν οι δαπάνες για αντιπλημμυρικά έργα, ενώ παράλληλα εξασφαλίστηκε επάρκεια ύδατος ύδρευσης και άρδευσης (Γεωργιοπούλου, 2010). Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει ως ένα βαθμό, το ότι τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι άρρηκτα

συνδεδεμένα με τα οικονομικά, και το ότι οι αστικές περιοχές πρασίνου θεωρούνται από τους ερευνητές ως ο μελλοντικός αμυντικός μηχανισμός της πόλης ενάντια στις προβλεπόμενες επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος, όπως οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, οι πλημμύρες και οι καταγίδες. Πράσινα συστήματα που είναι καλά ενσωματωμένα στα αστικά τοπία, πρόκειται να συμβάλλουν ουσιαστικά στη μείωση του μεγέθους των αναμενόμενων προβλημάτων, γεγονός το οποίο θα αποφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη

➤ Διαμόρφωση οικολογίας του τοπίου. Οι πράσινοι χώροι αποτελούν οικολογικές διαδρομές που συνδέουν τεχνητούς και φυσικούς βιότοπους και επιτρέπουν την διάχυση της χλωρίδας και πανίδας στην πόλη, ενώ συντηρούν και αυξάνουν ικανά τη βιοποικιλότητα των φυτικών και ζωικών ειδών (Μπαγινέτας, 2012)

### **1.3.2 Πολεοδομικά οφέλη**

Όπως κάθε φαινόμενο που επιδρά στο χώρο και ιδιαίτερα εντός του αστικού δομημένου περιβάλλοντος, έτσι και η ύπαρξη αστικού πρασίνου επηρεάζει όχι μόνο την ταυτότητά αλλά και τη διάρθρωσή του. Το αστικό πράσινο εντός του πολεοδομικού ιστού συμβάλλει στη:

- Δημιουργία πολλαπλών χώρων με υψηλή οικολογική ποιότητα
- Γενικότερη βελτίωση του πολεοδομικού περιβάλλοντος και την ομαλή συνύπαρξη με τις περιοχές κατοικίας (Μπελαβίλας και Βαταβάλη, 2009)
- Διευκόλυνση των μετακινήσεων. Η ύπαρξη αστικών χώρων πρασίνου σε συνδυασμό με άλλους ανοιχτούς χώρους της πόλης, δημιουργεί έναν περιβαλλοντικά ευχάριστο υπαίθριο χώρο, ο οποίος λειτουργεί ανταγωνιστικά, προτρέπει σε αειφορικές μετακινήσεις γεγονός που συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη μείωση των ρύπων. Επιπλέον, ενισχύεται η αυτονομία κίνησης ατόμων με κινητικές δυσκολίες, ενώ εξασφαλίζεται ο απαιτούμενος χώρος για τη χρήση ποδηλάτων, πράγμα το οποίο αναδεικνύει και το πρόβλημα της επαναχάραξης ή της εκ του μηδενός δημιουργίας ποδηλατοδρόμων, οι οποίοι θα εξυπηρετούν τις καθημερινές ανάγκες (Μπαγινέτας, 2012)

Γίνεται λοιπόν, εύκολα αντιληπτό ότι η παρουσία των χώρων πρασίνου εντός του αστικού ιστού συμβάλλει στο σωστό σχεδιασμό του τοπίου, στη δημιουργία σχέσεων αλληλεπίδρασης μεταξύ δομημένου και φυσικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαία η μεταξύ ορθή διαχείρισή τους αλλά και του ευρύτερου περιβάλλοντος όχι μόνο από τους χρήστες - κατοίκους, αλλά και από την Κεντρική Διοίκηση (Μπαγινέτας, 2012).

#### 1.4 Ανάγκες για αστικό πράσινο στην Ευρώπη και την Ελλάδα

Αναμφισβήτητα, η ανά κάτοικο αναλογία πρασίνου αποτελεί αν όχι τον σημαντικότερο, σαφώς έναν από τους σημαντικότερους δείκτες ποιότητας της ζωής και του περιβάλλοντος στις πόλεις. Οι πράσινες επιφάνειες και εκτάσεις μετρώνται και συγκρίνονται σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια της πόλης ή σε αναλογία ανά κάτοικο. Είναι δε εκείνες, οι οποίες έχουν θεσμοθετημένη και κατοχυρωμένη αυτή τη χρήση, είναι λειτουργικές και έχουν μάζα ικανή να συγκροτήσει ένα πάρκο ή έναν κήπο και στη μεγαλύτερη έκτασή τους διαθέτουν συμπαγείς φυτεύσεις και φυσικό έδαφος (Μπελαβίλας και Βαταβάλη, 2009).

Η εικόνα που παρουσιάζεται στις δυο μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας (Αθήνα και Θεσσαλονίκη) για την αναλογία αστικού πρασίνου ανά κάτοικο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως απογοητευτική. Σύμφωνα με την έκθεση “OECD Factbook 2014: Economic, Environmental and Social Statistics” η οποία δημοσιεύθηκε από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) στην Αθήνα και συγκεκριμένα στο αστικό κέντρο της πόλης, η αναλογία πρασίνου ανέρχεται σε μόλις 0,96 m<sup>2</sup> πρασίνου ανά κάτοικο και στη Θεσσαλονίκη σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σε 2,14 m<sup>2</sup>. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αναλογία πρασίνου ανά κάτοικο στην μεγαλύτερη πόλη της χώρας, ακολούθησε δραματική μείωση δεδομένου ότι κατά το χρονικό διάστημα 1994 – 2010 σχεδόν υποτριπλασιάστηκε (Μπελαβίλας και Βαταβάλη, 2009).

Σύμφωνα με την ελληνική κείμενη νομοθεσία, το επιθυμητό μέγεθος ελεύθερων χώρων ανά κάτοικο ανέρχεται σε 8 m<sup>2</sup>, ενώ σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) η ελάχιστη αναλογία πρασίνου στις πόλεις δεν πρέπει να είναι κάτω από 9 m<sup>2</sup>/κάτοικο. Γίνεται λοιπόν εύκολα αντιληπτό ότι η Αθήνα βρίσκεται 10 φορές κάτω από το συγκεκριμένο όριο, ενώ και οι δυο πόλεις απέχουν από τα θεσμοθετημένα επιθυμητά πρότυπα της ελληνικής κείμενης νομοθεσίας.

Όσον αφορά στην εικόνα που παρουσιάζεται στις αναλογίες αστικού πρασίνου ανά κάτοικο στις ευρωπαϊκές πόλεις διαφέρει κατά πολύ από την αντίστοιχη ελληνική, γεγονός το οποίο μαρτυρά το πόσο απέχουμε από τα ευρωπαϊκά πρότυπα για βιώσιμες πόλεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στο Άμστερνταμ αντιστοιχούν 27 m<sup>2</sup>/κάτοικο, στο Βερολίνο 13 m<sup>2</sup>, ενώ στο Λονδίνο, το Παρίσι και τη Ρώμη 9 m<sup>2</sup> (Μπελαβίλας και Βαταβάλη, 2009).

## 1.5 Το αστικό πράσινο στην πόλη της Λάρισας

Η πορεία εξέλιξης του δομημένου περιβάλλοντος δε συμπορεύεται με την αύξηση και διατήρηση των χώρων αστικού πρασίνου εντός αυτού. Ωστόσο, η ευρύτερη περιοχή της Λάρισας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως εξαίρεση πόλης στην ύπαρξη αστικού πρασίνου και ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων (πάρκα, πλατείες). Στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα, οι συνολικές ελεύθερες και δεδροφυτευμένες εκτάσεις ανέρχονταν σε 455.000 m<sup>2</sup>, αριθμός που διπλασιάστηκε από τον αντίστοιχο στις αρχές της δεκαετίας του '80, αλλά έκτοτε ακολούθησε φθίνουσα πορεία. Σύμφωνα με στοιχεία που παρατίθενται στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του Δήμου Λαρισαίων για την προγραμματική περίοδο 2015 – 2019, έναντι της συνολικής έκτασης του πολεοδομικού συγκροτήματος η οποία ανέρχεται σε περίπου 15.000 στρ., οι οργανωμένοι κοινόχρηστοι χώροι έχουν εμβαδόν περίπου 3.000 στρ., δηλαδή το 20%. Επιπλέον, σύμφωνα με τα στοιχεία που κατατέθηκαν για την πόλη της Λάρισας στο πλαίσιο της υποψηφιότητας της πόλης για την ανάδειξή της σε πράσινη πρωτεύουσα της Ευρώπης το 2016, εντός των διοικητικών της ορίων εντοπίζονταν 65.000 δέντρα και 40.000 θάμνοι, ενώ η αναλογία πρασίνου ανά κάτοικο ανερχόταν σε 8,5 m<sup>2</sup>. Η αναλογία αυτή το 2017, σύμφωνα με στοιχεία που παρατέθηκαν από τη Διεύθυνση Πρασίνου στη Στρατηγική Βιώσιμης Ανάπτυξης για το Δήμο Λαρισαίων ανερχόταν σε 8,91m<sup>2</sup> ανά κάτοικο.

Ως αποτέλεσμα των στοιχείων που αναφέρθηκαν, γίνεται σαφές ότι το ποσοστό ελεύθερων, δημόσιων και πράσινων χώρων στην πόλη της Λάρισας και η αναλογία σε m<sup>2</sup> πρασίνου ανά κάτοικο είναι πολύ υψηλή σε σχέση με τις άλλες ελληνικές πόλεις, ενώ προσεγγίζει σε απόλυτο βαθμό σχεδόν την ιδανική τιμή αναλογίας σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η οποία είναι στα 9 m<sup>2</sup>.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, τα δεδομένα τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιήθηκαν δε διακρίνονται ανάλογα με το χαρακτήρα – δημόσιο ή ιδιωτικό – του αστικού πρασίνου.



**Εικόνα 1: Το πάρκο Αλκαζάρ εντός του αστικού ιστού της Λάρισας**

Πηγή: <http://www.larissa-culturestories.gr/el/mnimeia/endiaferonta-simeia/parko-alkazar>

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης

### 2.1 Δορυφορική Τηλεπισκόπηση

Η λέξη Τηλεπισκόπηση συντίθεται από το αρχαίο επίρρημα “τήλε”(=μακρόθεν, από μακριά) το οποίο αποτελεί το πρώτο συνθετικό της λέξης, και το ρήμα “επισκοπέω-ώ”(=εξετάζω, βλέπω από ψηλά, επιθεωρώ) (Μερτίκας, 1999). Με τον όρο Τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) περιγράφεται η ικανότητα της αντίληψης αντικειμένων, φαινομένων ή περιοχών από απόσταση (Christina et al., 2018). Για την ακριβή προσέγγιση της έννοιας της Τηλεπισκόπησης έχουν δοθεί πολλαπλοί ορισμοί τόσο στην ελληνόγλωσση όσο και στη διεθνή βιβλιογραφία, ενώ ακολούθως θα παρουσιασθούν οι πιο περιγραφικοί σε χρονολογικά αύξουσα σειρά.

Όπως αναφέρεται από τον Χατζόπουλο (2012) στο Manual of Photogrammetry της American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) (4<sup>η</sup> έκδοση 1980), Τηλεπισκόπηση είναι η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία που παίρνουμε αξιόπιστη πληροφορία για φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον μέσω μιας διαδικασίας που καταγράφει, μετρά και ερμηνεύει εικόνες και πρότυπα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και άλλα φαινόμενα. Ανάλογος ορισμός κατά τον Χατζόπουλο (2012), διατυπώνεται από τη Διεθνή Φωτογραμμετρική Εταιρεία (ISPRS - International Society for Photogrammetry and Remote Sensing), ο οποίος προσεγγίζει την έννοια της Τηλεπισκόπησης ως την τέχνη, επιστήμη και τεχνολογία για τη συλλογή αξιόπιστης πληροφορίας (χάρτες, διαγράμματα) για φυσικά αντικείμενα (έδαφος, κτίρια, αρχαιολογικούς χώρους, φυσικά διαθέσιμα κ.α.) με χρήση φωτογραφίας ή με άλλους δέκτες, που λειτουργούν κυρίως από αεροπλάνα και διαστημόπλοια.

Σύμφωνα με τον Μερτίκα (1999), η Τηλεπισκόπηση ορίζεται ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας της πληροφορίας γύρω από έναν στόχο για την αναγνώριση και μέτρηση των ιδιοτήτων του, εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις του με την ηλεκτομαγνητική ακτινοβολία, χωρίς να υπάρξει απευθείας επαφή με αυτόν.

Σύμφωνα με την Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration)<sup>1</sup> των ΗΠΑ, η Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη κατά την οποία αποκτάς πληροφορία για αντικείμενα ή περιοχές από απόσταση, μέσω δορυφορικών συστημάτων ή αεροσκαφών.

---

<sup>1</sup> Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/remotesensing.html>

Η Τηλεπισκόπηση ως επιστημονικός κλάδος έχει τριπλή διάσταση, η οποία σχετίζεται άμεσα με την (Καρτάλης κ.α., 2018):

- Τους στόχους, που συνθέτουν τα υπό μελέτη αντικείμενα ή φαινόμενα μιας περιοχής
- Την τεχνική συλλογής των δεδομένων, μέσω οργάνων που βρίσκονται σε απόσταση από τους υπό μελέτη στόχους
- Την ανάλυση και την ερμηνεία των στόχων

Η τεχνική συλλογής των δεδομένων αποτελεί ουσιαστικά τη σημαντικότερη παράμετρο της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης (satellite remote sensing), η οποία έχει ως στόχο την καταγραφή δεδομένων από ανιχνευτές οι οποίοι φέρονται από δορυφόρους (sensors). Οι ανιχνευτές των δορυφορικών συστημάτων εντοπίζουν και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία αποτελεί τη βάση για την κατανόηση τη επισήμης της Τηλεπισκόπησης. Αυτό οφείλεται στο ότι με την μελέτη της συμπεριφοράς της, είτε όταν αντανακλάται είτε όταν εκπέμπεται από κάποια επιφάνεια σε διάφορες φασματικές περιοχές, μεταφέρονται και κατ' επέκταση συλλέγονται πληροφορίες για τις χημικές και φυσικές ιδιότητες τόσο της επιφάνειας της γης όσο και της ατμόσφαιρας (Καρτάλης κ.α., 2018).

Οι δορυφορικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και απεικόνιση της Γης και τη συλλογή δεδομένων, διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την πηγή της ακτινοβολίας που καταγράφουν: τους παθητικούς και τους ενεργητικούς.

Παθητικοί αισθητήρες (passive sensors). Πρόκειται για συστήματα ανίχνευσης και καταγραφής της ακτινοβολίας, η οποία εκπέμπεται ή αντανακλάται από το παρατηρούμενο αντικείμενο – στόχο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα παθητικών αισθητήρων είναι οι θερμικοί αισθητήρες (Thermal sensors), οι οποίοι ανιχνεύουν την εκπομπή από τη γη θερμική υπέρυθη ακτινοβολία (3μm – 15μm). Οι πρώιμοι και όχι μόνο, παθητικοί αισθητήρες αποτέλεσαν τη βάση για τη δημιουργία χαρτογραφικών υπηρεσιών όπως αυτή της Google (Christina et al., 2018).

Ενεργητικοί αισθητήρες (active sensors). Πρόκειται για συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν δική τους πηγή ακτινοβολίας την οποία κατευθύνουν προς το υπό έρευνα αντικείμενο – στόχο, στη συνέχεια αυτή αντανακλάται στο στόχο, επιστρέφει και καταγράφεται από το σύστημα (Καρτάλης κ.α., 2018). Σε αυτή την κατηγορία αισθητήρων ανήκουν τα ραντάρ, τα οποία εκπέμπουν στην περιοχή των μικροκυμάτων (Παρχαρίδης, 2015).

Τόσο οι ενεργητικοί όσο και οι παθητικοί αισθητήρες, ανάλογα με τις διεργασίες ανίχνευσης της περιοχής ενδιαφέροντος και τον τρόπο καταγραφής της ακτινοβολίας, κατατάσσονται σε δυο επιπλέον κατηγορίες. Ανάλογα με τις διεργασίες ανίχνευσης της περιοχής ενδιαφέροντος

διακρίνονται σε ανεικονιστές και απεικονιστές, ενώ ανάλογα με τον τρόπο καταγραφής της κατηγορίες σε συστήματα πλαισίου και σαρωτές.

## 2.2 Ιστορική αναδρομή

Ακολούθως, παρουσιάζονται συνοπτικά ιστορικές χρονολογίες οι οποίες επηρέασαν την εξέλιξη της Τηλεπισκόπησης με έμφαση στη Δορυφορική Τηλεπισκόπηση, η οποία εξελίχθηκε ταχύτατα κυρίως μετά το 1960 όταν πλέον άρχισαν να εξελίσσονται ταχύτατα οι τεχνικές δυνατότητες των δορυφόρων σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των δυνατοτήτων των Η/Υ (Παρχαρίδης, 2015) (Dunkin & Heather, 2000).

1826. Γεννάται η Τηλεπισκόπηση με την ανακάλυψη της φωτογραφίας, ενώ παράλληλα αναπτύσσονται νέοι τύποι φιλμ ώστε να γίνεται καταγραφή φωτογραφιών και σε ζώνες εκτός του ορατού φάσματος

1939. Κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, αναπτύσσεται η υπέρυθη φωτογραφία και το Radar

1960. Η Τηλεπισκόπηση εξελίσσεται ταχύτατα, λόγω του ανταγωνισμού που εντοπίζεται στις διαστημικές και δορυφορικές έρευνες κατά τη διάρκεια του ψυχρού πολέμου και της δημιουργίας της Αμερικανικής Αεροναυτικής και Διαστημικής Υπηρεσίας NASA (National Aeronautics and Space Administration). Η δεκαετία του 1960 αποτέλεσε σταθμό στην εξέλιξη της, καθώς το 1959 λήφθηκε η πρώτη φωτογραφία της Γης από το διάστημα μέσω του δορυφορικού συστήματος Explorer 6, ενώ ακολούθησε το Διαστημικό Πρόγραμμα Ερμής (Project Mercury) το οποίο ήταν το πρώτο επανδρωμένο διαστημικό πρόγραμμα από μέρους των ΗΠΑ (Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής) μέσω του οποίου αναδείχθηκαν οι τεχνικές δυνατότητες της Τηλεπισκόπησης για την εξερεύνηση της Γης. Το Πρόγραμμα Απόλλων που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '60, πέρα από την πρώτη επιτυχημένη προσεδάφιση ανθρώπου στην επιφάνεια άλλου ουράνιου σώματος, εξασφάλισε κατακόρυφη φωτογραφική κάλυψη της Γης και πολυφασματικά δεδομένα με 6 κάμερες των 70mm (Πρόγραμμα Απόλλων 9). Παράλληλα, αναπτύχθηκαν δορυφορικά συστήματα (TIROS-1, ITOS) για μετεωρολογικούς σκοπούς, τα οποία τέθηκαν σε τροχιά στις αρχές της δεκαετίας.

1970. Εκτοξεύονται δορυφόροι, όπως ο αμερικανικός δορυφόρος Landsat-1 (1972), για την παρατήρηση της επιφάνειας της γης. Ο Landsat-1 ή αλλιώς ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) έθεσε νέες βάσεις στην ιστορία της σύγχρονης Τηλεπισκόπησης, δεδομένου ότι διέθετε τετρακάναλο πολυφασματικό σύστημα σάρωσης (MSS) και

μαγνητόφωνο, μέσω των οποίων συγκεντρώθηκαν δεδομένα παγκόσμιας εμβέλειας. Η διαθεσιμότητα των πρώτων δεδομένων MSS χαρακτήρισε τη δεκαετία 1970-1980, λόγω της καλής γεωμετρικής και ραδιομετρικής ποιότητάς τους, το χαμηλό κόστος διάθεσης και της κάλυψης σε παγκόσμιο επίπεδο.

1975. Υπεγράφη σύμφωνο συνεργασίας μεταξύ των χωρών της Ιταλίας, Δανίας, Γερμανίας, Γαλλίας, Ισπανίας, Σουηδίας, Ελβετίας, Ολλανδίας, του Βελγίου και του Ηνωμένου Βασιλείου για την ίδρυση της ευρωπαϊκής εταιρείας διαστήματος, ESA (European Space Agency)

1980. Άλλοι δορυφόροι Τηλεπισκόπησης εκτοξεύονται από χώρες όπως η Ινδία (IRS-1a, IRS-1b), η Ιαπωνία (MOS-1, MOS-1b) και η Ρωσία (RESURS) κ.α.. Η δεκαετία του '80 αποτέλεσε σημείο καμπής στην τεχνολογική απεικόνιση των φωτογραφιών καθώς εμφανίσθηκαν οι αισθητήρες CCD/CMOS. Οι ψηφιακές κάμερες αντικατέστησαν πλήρως τα φωτογραφικά φιλμ, ενώ άρχισε να αναδύεται μια νέα τεχνολογία εκείνη των μη επανδρωμένων οχήματα UAV (Unmanned Aerial Vehicle), τα οποία διαθέτουν υψηλή χωρική ανάλυση και δύναται να εξελιχθούν ως απαραίτητο εργαλείο χαρτογράφησης και περαιτέρω μελέτης περιοχών μεγαλύτερης κλίμακας.

1982. Κατασκευάζεται η δεύτερη γενεά δεκτών και δορυφόρων Landsat με το θεματικό χαρτογράφο TM (Thematic Mapper), ο οποίος ενσωματώνεται για πρώτη φορά στο δορυφορικό σύστημα Landsat-4. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι τα επόμενα χρόνια ακολούθησε μια εξελιγμένη έκδοση του θεματικού χαρτογράφου (ETM+), ο οποίος ενσωματώθηκε το δορυφορικό σύστημα του Landsat-7. Αξίζει να τονισθεί ότι τα δορυφορικά συστήματα TM/ETM+ χρησιμοποιούνται έως και σήμερα, λόγω του αυξημένου αριθμού φασματικών καναλιών και της βελτιωμένης χωρικής ανάλυσης.

1986. Εκτοξεύεται ο γαλλικός δορυφόρος SPOT-1 και αναπτύσσονται τα εικονοληπτικά φασματόμετρα (Imaging Spectrometers) μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται τα Geoscan II (32 κανάλια), MONITEQ (288 κανάλια), CASI (288 κανάλια) της Intres Research, το MEIS FM (64 κανάλια) του καναδικού κέντρου Τηλεπισκόπησης (Canadian Centre for Remote Sensing)

1990. Δημιουργείται το EOS (Earth Observing System) στις ΗΠΑ για την παροχή δεδομένων στην παρακολούθηση παγκόσμιων μεταβολών, το Radarsat στον Καναδά και ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος Earth Resources Satellite (ERS-1) από την ευρωπαϊκή εταιρεία διαστήματος με συσκευές Radar του τύπου SAR (Synthetic Aperture Radar), τα οποία βρίσκουν άμεση εφαρμογή σε μελέτες σχετικές με τη δασοκομία και τη βλάστηση.

2000 - 2019. Κατά τη διάρκεια αυτής της εικοσαετίας, τέθηκε σε τροχιά πληθώρα δορυφορικών συστημάτων μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται οι δορυφόροι QuickBird,



Eros, Cartosat, GeoEye, Worldview, Pleiades, Sentinel κ.α.. Τα δορυφορικά συστήματα Sentinel εντάσσονται στο επιστημονικό Πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Copernicus, για την παρακολούθηση της Γης το οποίο υλοποιείται από την ευρωπαϊκή εταιρεία διαστήματος (ESA) για την Ευρωπαϊκή Ένωση και περιλαμβάνει έξι δορυφορικά συστήματα Sentinel-1, Sentinel-2 και Sentinel-3, Sentinel-4, Sentinel-5 -5P και Sentinel 6, εκ των οποίων οι τρεις πρώτοι έχουν τεθεί σε τροχιά και καθένας εξ' αυτών διαθέτει τύπο Α και Β.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι πλέον οι δορυφορικές εικόνες παρουσιάζονται για δωρεάν προβολή μέσω του Διαδικτύου και μέσω υπηρεσιών όπως το Google Earth, Here Maps, Apple Maps αλλά και το Google Earth Engine με δεδομένα εικόνες από διάφορους δορυφόρους τα οποία διατίθενται δωρεάν και είναι άμεσα επεξεργάσιμα.

### **2.3 Συγκριτικά πλεονεκτήματα Τηλεπισκόπησης**

Η Τηλεπισκόπηση είναι ευρέως διαδεδομένη πλέον, αν αναλογισθεί κανείς ότι δύναται να εφαρμοσθεί σε πολλαπλούς τομείς όπως η αρχαιολογία, ιατρική, αρχιτεκτονική, παρατήρηση της γήινης επιφάνειας κ.α. και χρησιμοποιείται όχι μόνο από ερευνητικούς οργανισμούς, αλλά και από κρατικές υπηρεσίες. Δεδομένου ότι στο πλαίσιο της παρούσης εργασίας, πραγματευόμαστε το ζήτημα της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης θα γίνει προσπάθεια να παρουσιαστούν τα οφέλη της Τηλεπισκόπησης, τα οποία μας επιτρέπουν να αναγνωρίζουμε άμεσα πλέον τις αλλαγές που παρατηρούνται στο ευρύτερο περιβάλλον, έχοντας την πληροφορία άμεσα διαθέσιμη ώστε να μεταφέρεται σε θεματικούς χάρτες, για να τη διαχείρισή του αλλά και την πρόληψη και αντιμετώπιση πιθανών περιβαλλοντικών ζητημάτων (Καρτάλης, 2018).

Τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης σχετίζονται με (Παρχαρίδης, 2015) (Χατζόπουλος, 2012):

- Τον περιορισμό των εργασιών υπαίθρου ή των in situ παρατηρήσεων. Η εντοπισμένη χωρική πληροφορία των δεδομένων των δορυφορικών εικόνων βελτιώνει την ευκολία προσέγγισης, ακόμα και περιοχών οι οποίες είτε είναι εκτατικές είτε δύσκολες στην προσέγγισή τους. Επιπλέον, η συνοπτική απεικόνιση τέτοιων περιοχών εξασφαλίζει την άμεση ταυτοποίηση ευρείας κλίμακας διαφοροποιήσεων των βιοφυσικών στοιχείων τους
- Την άμεση απόσπαση πληροφορίας χωρίς να υπάρξει απευθείας επαφή με το αντικείμενο ή φαινόμενο, το οποίο μελετάται

- Την ελεγχόμενη επιθυμητή ακρίβεια, η οποία συνδέεται με την αξιοπιστία των δεδομένων
- Τη δυνατότητα δημιουργίας μοντέλων αυτοματοποίησης για την άμεση και έγκυρη εξαγωγή συμπερασμάτων, μέσω κατάλληλων λογισμικών
- Την ελαχιστοποίηση του κόστους
- Τη δυνατότητα δημιουργίας μόνιμου αρχείου καταγραφής του περιβάλλοντος κατά τη στιγμή της λήψης της εικόνας, το οποίο συμβάλλει στην ουσιαστική διαχείριση και προστασία του
- Τη δυνατότητα αξιοποίησης μεμονωμένων σημειακών δειγμάτων πεδίου ή εργαστηρίου, τα οποία μπορούν να αποδώσουν πληροφορία για μεγαλύτερες σε επιφάνεια εκτάσεις
- Τη δυνατότητα ταυτόχρονης κάλυψης πολλών περιοχών σε μικρό χρονικό διάστημα, το οποίο εξασφαλίζει τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ ίδιων δεδομένων από διάφορες περιοχές, διαχρονικής λήψης, μελέτης και συγκρίσεων δυναμικών φαινομένων μέσα από τα συστήματα συνεχούς καταγραφής
- Τη λήψη πολυφασματικών εικόνων, η οποία συμβάλλει στον εντοπισμό διαφορών μεταξύ των βιοφυσικών στοιχείων της γήινης επιφάνειας οι οποίες δεν είναι εύκολα παρατηρήσιμες με την ανάλυση μιας μόνο φασματικής ζώνης

## **2.4 Εφαρμογές δορυφορικής τηλεπισκόπησης**

### **2.4.1 Εφαρμογές στο φυσικό περιβάλλον**

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση αποτελεί ένα αποτελεσματικό και χρήσιμο εργαλείο για την αναγνώριση, ταξινόμηση, οριοθέτηση και χαρτογράφηση των φυσικών ενδιαιτημάτων, εξασφαλίζοντας μεγάλο όγκο πληροφοριών για τα χαρακτηριστικά τους. Το πλεονέκτημα αυτό, επιτρέπει σε ερευνητικούς οργανισμούς αλλά και κρατικές υπηρεσίες, να συλλέγουν δεδομένα σε τακτά χρονικά διαστήματα δεδομένα γεγονός το οποίο θα συμβάλλει στην εκπόνηση αλλά και επικαιροποίηση ολοκληρωμένων σχεδίων για την παρακολούθηση των προστατευόμενων περιοχών.

Παράλληλα, δίνεται η δυνατότητα έγκαιρου και έγκυρου εντοπισμού των παραμέτρων (δείκτης βλάστησης, καύσιμη ύλη, κλίση εδάφους και τοπογραφία) που καθορίζουν την επικινδυνότητα της εκάστοτε περιοχής για δασικές πυρκαγιές, πλημμυρικά φαινόμενα αλλά

και βιομηχανικά ατυχήματα. Οι παράμετροι αυτοί σε συνδυασμό με επίγεια δεδομένα (υγρασία εδάφους, ανεμολογικό πεδίο) επιτρέπουν τον προσδιορισμό της χωρικής διακύμανσης της επικινδυνότητας των φαινομένων. Αξίζει να τονισθεί ότι οι δορυφορικές εικόνες οι οποίες συλλέγονται αφορούν κυρίως σε φυσικές καταστροφές (disasters)<sup>2</sup>, οι οποίες συνδέονται άμεσα ή και έμμεσα με εναλλαγές ατμοσφαιρικών συνθηκών και όχι με περιβαλλοντικούς κινδύνους (hazards)<sup>3</sup>, σεισμούς και εκρήξεις ηφαιστειών, οι οποίοι είναι γεωλογικής και όχι ατμοσφαιρικής προέλευσης.

Αναφορικά με τις φυσικές καταστροφές (πλημμύρες και δασικές πυρκαγιές), η τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη εργαλείων για την πρόγνωση, την καταγραφή και παρακολούθηση της εξέλιξής τους και καταγραφή των υλικών ζημιών κατόπιν της εκτόνωσης των φαινομένων. Απαραίτητος κρίνεται ο συνδυασμός αυτής με τα ΣΓΠ διότι απαιτούνται πέρα από δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και εξωγενείς χωρικές πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται με το οδικό δίκτυο, τα είδη βλάστησης, τις χρήσεις γης κ.α..

Όσον αφορά στα βιομηχανικά ατυχήματα, διαφοροποιούνται σαφώς από τις φυσικές καταστροφές λόγω της αβεβαιότητας για το μέγεθος και τη χρονική στιγμή της εκδήλωσής τους, του ασυνεχούς χαρακτήρα αλλά και των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να επιφέρουν στο περιβάλλον (Καρτάλης, 2013). Η δορυφορική τηλεπισκόπηση αποτελεί σημαντικό εργαλείο στη διαχείριση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης διότι εξασφαλίζει την επαναληψιμότητα λήψης των δορυφορικών εικόνων σε τακτά χρονικά διαστήματα με πολύ καλή χωρική και ραδιομετρική διακριτική ικανότητα είτε σε περιοχές εντός του αστικού ιστού είτε σε απομακρυσμένες και δυσπρόσιτες (Χρυσουλάκης, 2000).

Στον ακόλουθο Πίνακα (Πίνακας 2), παρουσιάζονται οι δορυφόροι οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη σχεδιασμού άμεσης ανάγκης το οποίο θα συμβάλλει καθοριστικά στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και των οικοσυστημάτων που αναπτύσσονται εντός αυτού.

---

<sup>2</sup> Ως φυσική καταστροφή (disaster) νοείται η σοβαρή και επιβλαβής επίδραση που επιφέρει ένας περιβαλλοντικός κίνδυνος είτε στην ανθρώπινη ζωή είτε περιουσία ή δραστηριότητα, ο οποίος έχει ξεπεράσει ένα κρίσιμο σημείο

<sup>3</sup> Ως περιβαλλοντικός κίνδυνος (hazard) αναφέρεται η κατάσταση του περιβάλλοντος, η οποία επιδρά δυσμενώς στην ανθρώπινη ζωή, περιουσία ή δραστηριότητα

## Πίνακας 2: Δορυφόροι των οποίων τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού άμεσης ανάγκης

(Πηγή: Καρτάλης, 2008)

Εφαρμογή σε σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης	Δορυφόροι
Καθορισμός χρήσεων γης	Landsat, SPOT, ERS, IKONOS, Quickbird, Wordlview
Καθορισμός καλύψεων γης	Landsat, SPOT,NOAA, IKONOS, Quickbird, Wordlview
Χωρικός εντοπισμό αστικών περιοχών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων	Landsat, SPOT, ERS, IKONOS, Quickbird, Wordlview
Εντοπισμός του πλουμίου (όπου εμφανίζεται)	Landsat, SPOT,NOAA
Προσδιορισμός του μεγέθους του πλουμίου, της ταχύτητας και της κατεύθυνσης εξάπλωσής του	NOAA, METEOSAT
Ανίχνευση φωτιάς	NOAA,ASTER - TERRA, AATSR-ENVISAT
Λήψη τοπογραφικών στοιχείων	SPOT, ERS (SAR)
Λήψη στοιχείων για το δείκτη βλάστησης	Landsat, SPOT, IKONOS, Quickbird, NOAA/AVHRR

### 2.4.2 Εφαρμογές στο αστικό περιβάλλον

Το περιβάλλον διακρίνεται σε φυσικό και ανθρωπογενές. Το πιο χαρακτηριστικό είδος ανθρωπογενούς περιβάλλοντος αποτελεί το αστικό περιβάλλον η μελέτη του οποίου θα μας απασχολήσει στο πλαίσιο της παρούσης, δεδομένου ότι είναι αυτό που επηρεάζεται και διαμορφώνεται άμεσα και έμμεσα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Καρτάλης, 2018). Σύμφωνα με τους Barret and Curtis (1999), οι δορυφορικές εικόνες που αφορούν στο αστικό περιβάλλον παρέχουν πληροφορίες για δυο είδη φαινομένων:

- Στατικά φαινόμενα, τα οποία σχετίζονται με το μέγεθος της πόλης, τη δομή και το μέγεθος του οδικού δικτύου, το είδος και το μέγεθος των κατασκευών και το είδος των χρήσεων (π.χ. βιομηχανική, εμπορική, αστική) που εντοπίζονται σε αυτό
- Δυναμικά φαινόμενα, τα οποία συνδέονται άμεσα με μεταβλητές οι οποίες δε δύναται να παρατηρηθούν άμεσα είτε διότι μεταβάλλονται με γοργούς ρυθμούς είτε επειδή δεν είναι άμεσα ορατές και τα οποία σχετίζονται με πληθυσμιακά δεδομένα, δεδομένα κυκλοφορίας οχημάτων, επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, δεδομένα που σχετίζονται με το δημόσιο χώρο, μέρος του οποίου είναι και το αστικό πράσινο

Η βασικότερη εφαρμογή της δορυφορικής τηλεπισκόπησης στο αστικό περιβάλλον είναι ο προσδιορισμός των χρήσεων και της κάλυψης γης (land use and land cover αντίστοιχα) με τη χρήση κατάλληλων δορυφορικών εικόνων υψηλής ευκρίνειας. Η υψηλή ευκρίνεια (<1m) αποτελεί αδιαμφισβήτητο στοιχείο για τον προσδιορισμό των χρήσεων και της κάλυψης γης, δεδομένου ότι αποτυπώνει λεπτομέρειες, φυσικής και ανθρωπογενούς προέλευσης διότι απαιτούνται παγχρωματικές και πολυφασματικές εικόνες. Οι κυριότεροι δορυφορικοί αισθητήρες με δυνατότητα καταγραφής υψηλής και πολύ υψηλής χωρικής ανάλυσης που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές κάλυψης και χρήσεων γης στο αστικό περιβάλλον παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3: Κύριοι δορυφόροι με μεσαία, υψηλή και πολύ υψηλή χωρική ανάλυση που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στο αστικό περιβάλλον**

Πηγή: Καρτάλης, 2018

Δορυφόρος	Χωρική διακριτική ικανότητα (σε μέτρα)
Worldview-2	0.45
Geoeye-1	0.5
Quickbird	0.6
IKONOS	1
IRS	5
SPOT	5
Sentinel-2	10
Landsat	15
ASTER	20
MODIS (ESA)	250
NOAA/AVHRR	1100

Σύμφωνα με τα δορυφορικά συστήματα υψηλής και πολύ υψηλής χωρικής ανάλυσης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3, γίνεται σαφές ότι σε εφαρμογές που απαιτούν μικρότερη χωρική διακριτική ικανότητα και των οποίων η χωρική κλίμακα των στοιχείων που συνθέτουν το αστικό περιβάλλον είναι μικρή, τα πλέον κατάλληλα εξ' αυτών είναι τα υψηλής ανάλυσης SPOT και IRS και υψηλής χωρικής ανάλυσης IKONOS, Quickbird, Worldview και Geoeye. Αξίζει να επισημανθεί ότι η χρήση εικόνων μεσαίας (MODIS) και χαμηλής (NOAA/AVHRR) διακριτικής ικανότητας δεν ενδείκνυται για εφαρμογές χωρικά εντοπισμένες και περιορισμένες στις οποίες παρατηρείται ταχεία εναλλαγή χρήσεων ή κάλυψης γης.

Η συνεχής παρακολούθηση των αλλαγών κάλυψης/χρήσεων γης με δεδομένα δορυφορικής τηλεπισκόπησης συνδέεται άμεσα με το χωροταξικό και πολεοδομικό σχεδιασμό, καθώς εξασφαλίζει τη διαχρονική μελέτη του αστικού χώρου με μειωμένο κόστος έναντι των

συμβατικών τρόπων μελέτης και παρατήρησης (π.χ. καταγραφή και μελέτη μέσω επιτόπιας έρευνας). Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα για την αξιολόγηση και τον επαναπροσδιορισμό των ήδη υπαρχόντων, αλλά και τον καθορισμό μέτρων χωρικής πολιτικής, υποστηρίζεται η κατάρτιση χωροταξικών σχεδίων και μέτρων προστασίας του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και συνδέονται άμεσα οι αλλαγές στις χρήσεις γης με τις αλλαγές που είτε συμβαίνουν είτε πρόκειται να συμβούν στο αστικό μικροκλίμα, θέτοντας με αυτό τον τρόπο τις βάσεις για τη βιώσιμη διαχείριση του αστικού και περιαστικού χώρου.

Σε ευρωπαϊκό αλλά και εθνικό επίπεδο, η παρακολούθηση των αλλαγών στις χρήσεις γης γίνεται στο πλαίσιο του προγράμματος CORINE (Co-ordination of Information on the Environment), το οποίο περιέχει μια γεωγραφική βάση δεδομένων η οποία βασίζεται σε δορυφορικές εικόνες Landsat και ξεκίνησε το 1985. Έως σήμερα (2020), έχει γίνει αναθεώρηση – ενημέρωση – βελτιστοποίηση της βάσης δεδομένων που δημιουργήθηκε για πρώτη φορά το 1990, τρεις φορές CLC2000, CLC2006 και CLC 2012.



**Εικόνα 2: Ταξινόμηση αστικού χώρου με χρήση υπερφασματικών δεδομένων τηλεπισκόπησης για την περιοχή της Χαλκίδας**  
Πηγή: Θέμελης, 2010

### **2.4.3 Εφαρμογές στο θαλάσσιο περιβάλλον, τις παράκτιες ζώνες και νησιωτικές περιοχές**

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση παρέχει ευρύ φάσμα πληροφοριών για τη μελέτη και την παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων του θαλάσσιου περιβάλλοντος, οι οποίες σχετίζονται με το χρώμα, τη θερμοκρασία και την κατάσταση της επιφάνειας της θάλασσας, την κυκλοφορία των ωκεανών, τους ανέμους στην επιφάνεια της θάλασσας και τη ρύπανση των

θαλάσσιων υδάτων. Επιπλέον, σε συνδυασμό με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών δύναται να στηρίξει τη διαχείριση και την προστασία των παράκτιων ζωνών και των νησιωτικών περιοχών, με αξιόπιστα δεδομένα τα οποία επιτρέπουν τη χαρτογράφηση αυτών, τη διαχρονική μελέτη των αλλαγών στις χρήσεις γης, την μελέτη της ποιότητας των αβαθών νερών κ.α..

Οι παράκτιες ζώνες αλλά και οι νησιωτικές περιοχές χαρακτηρίζονται από μια σύνθετη και δυναμική αλληλεπίδραση φυσικών, δημογραφικών, οικονομικών και ανθρωπογενών παραγόντων. Προκειμένου, οι μετασχηματισμοί που δημιουργούνται μεταξύ των παραγόντων να είναι ωφέλιμοι τόσο για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και την κοινωνική – οικονομική ανάπτυξη που αναπτύσσονται εντός αυτών όσο και την ομαλή ενσωμάτωση των επιδράσεων αυτών στο ίδιο το σύστημα, η δορυφορική τηλεπισκόπηση είναι αναγκαίο εργαλείο το οποίο συμβάλλει στην αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων, τα οποία σχετίζονται με (Καρτάλης, 2018):

- Την ρύπανση θαλάσσιων και υπόγειων υδάτων
- Τη διάβρωση και απώλεια γης
- Τις πλημμύρες
- Την αλλαγή χρήσεων γης και υποβάθμιση των αστικών παράκτιων περιοχών
- Την καταστροφή των οικοσυστημάτων
- Την μετατόπιση της ακτογραμμής και απώλεια παράκτιων φυσικών μετασχηματισμών, όπως παραλίες, αμμώδης βλάστηση, αλυκές κ.α.

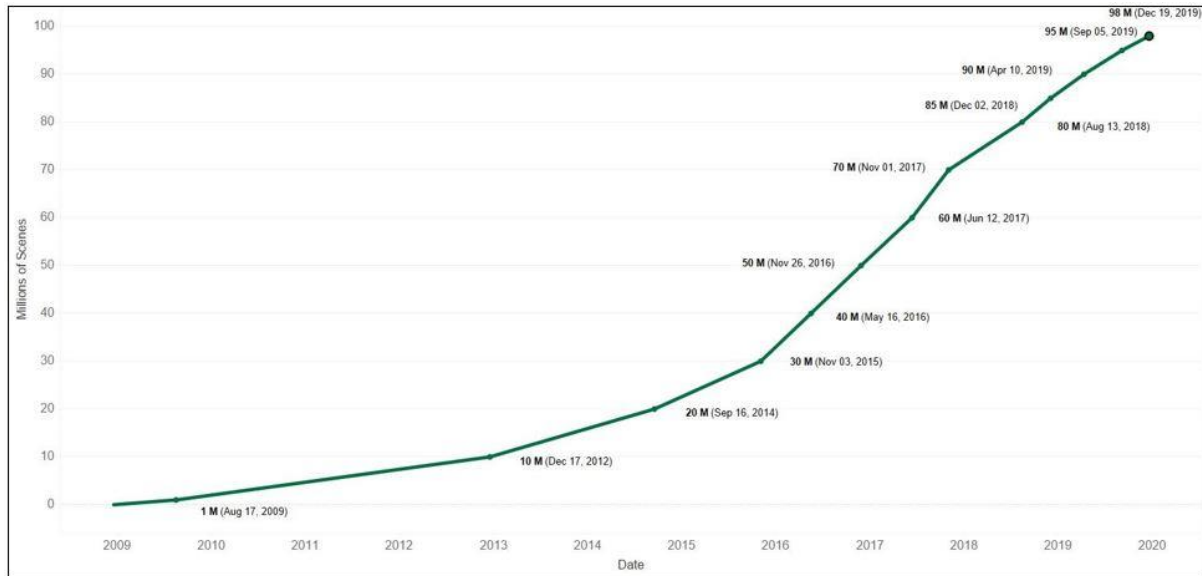
## **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Πληροφορικό περιβάλλον ανάπτυξης**

### **3.1 Η πλατφόρμα Google Earth Engine ως εργαλείο τηλεπισκόπησης**

Η δυνατότητα ελεύθερης και ανοιχτής πρόσβασης σε δορυφορικές εικόνες Landsat ξεκίνησε το 2008 από το Γεωλογικό Ινστιτούτο των Ηνωμένων Πολιτειών (USGS - United States Geological Survey). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα στη διάθεση δορυφορικών εικόνων προς στο ευρύ κοινό χωρίς κάποια οικονομική επιβάρυνση με μοναδική προϋπόθεση την πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Η εξέλιξη αυτή προκάλεσε τη δημιουργία νέων ευκαιριών και έδωσε ώθηση στην έρευνα που στηριζόταν σε δορυφορικές εικόνες. Οι δορυφορικές εικόνες ως βάση της έρευνας και απαραίτητο πληροφοριακό υλικό για την μελέτη των φαινομένων και των επιδράσεων τους σε πλανητικό επίπεδο δεν απαιτούσαν δαπάνη οικονομικών πόρων και δεν ήταν τροχοπέδη στη διαμόρφωση διαδικτυακών πλατφορμών ικανών να υποστηρίξουν το σύνολο των “Μεγάλων Γεωχωρικών Δεδομένων” ή “Earth Big Data”.

Το κόστος απόκτησης δορυφορικών εικόνων στις αρχές της πρώτης δεκαετίας του 21<sup>ου</sup> αιώνα, αποτελούσε σημαντικό εμπόδιο για την διάχυση της πληροφορίας και την επιστημονική έρευνα. Τα δορυφορικά δεδομένα κοστολογούνταν ανάλογα με την έκταση που απεικόνιζαν, ενώ το κόστος αγοράς μιας δορυφορικής εικόνας ανέρχονταν περίπου σε 4.000 δολάρια. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από αριθμητικά δεδομένα, καθώς το 2001 είχαν πωληθεί μόλις 25.000 δορυφορικές εικόνες στο σύνολο του έτους, έναντι 250.000 που διατέθηκαν ελεύθερα ανά μήνα, το 2011 (Wulder et al., 2012). Η δωρεάν λήψη των δορυφορικών δεδομένων Landsat έκτοτε αυξήθηκε με ταχύτατους ρυθμούς και το 2019 ο αριθμός των διατεθειμένων εικόνων ανήλθε σε 90 εκατομμύρια (Γράφημα 1).





**Γράφημα 1: Η εξέλιξη του αριθμού των διαμοιρασμένων δεδομένων Landsat Level-1, μετά το 2008**

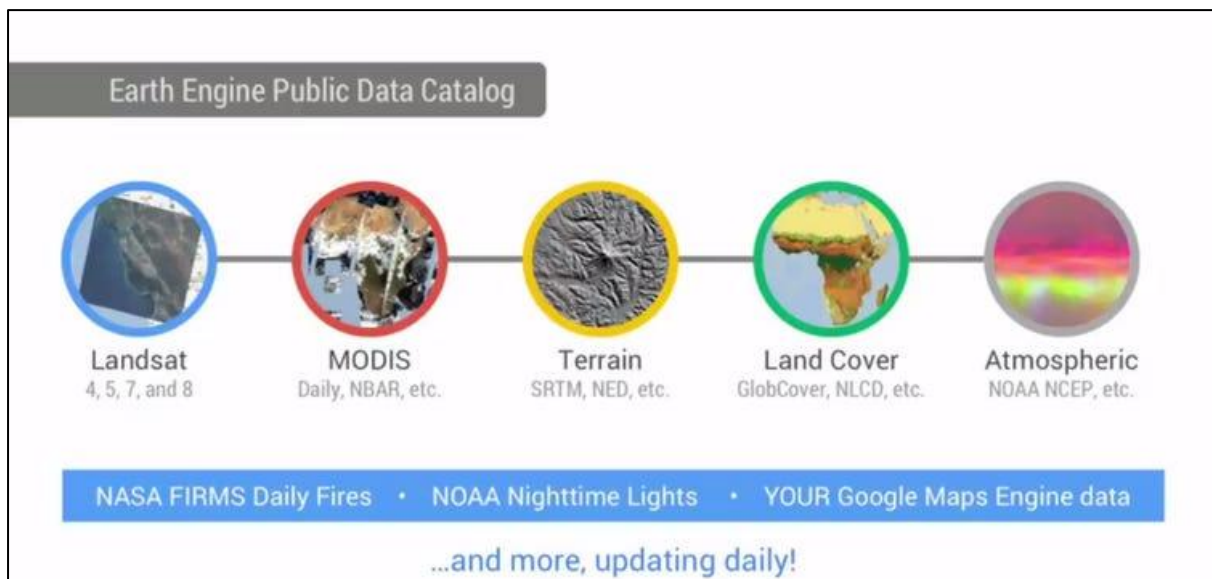
Πηγή: <https://www.usgs.gov/media/images/millions-landsat-scenes-downloaded>

Δεδομένων των συνθηκών που διαμορφώθηκαν μετά το πέρας του 2008, η μεγαλύτερη εταιρεία διαδικτυακών υπηρεσιών, η Google Inc. διαμόρφωσε από το 2010, μια web online πλατφόρμα γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων, το “*Google Earth Engine*”, η οποία βασίζεται στην τεχνολογία του cloud computing. Η δημιουργία της εν λόγω πλατφόρμας ήταν αποτέλεσμα της γενικότερης πολιτικής της Google σε ότι αφορά τη γεωγραφική πληροφορία, ενώ προηγουμένως είχε προηγηθεί και η εξαγορά της Keyhole Inc. και η δημιουργία του *Google Maps*. Η πλατφόρμα (*GEE*) επιτρέπει την πρόσβαση σε ελεύθερα διαθέσιμα δεδομένα τηλεπισκόπησης, των οποίων ο όγκος ανέρχεται στην τάξη των Petabytes ( $10^{12}$  bytes). Τα διαθέσιμα δεδομένα προέρχονται από δορυφορικές εικόνες Landsat 4 - 8, Sentinel 1 – 2 και MODIS. Σε αυτά, περιέχονται επιπλέον, κλιματικά δεδομένα, δεδομένα καλύψεων γης και τοπογραφικά δεδομένα (Gorelick et al., 2017).

Η υλοποίηση της πλατφόρμας GEE, επιβεβαίωσε το γεγονός ότι η Google Inc. δεν άφησε ανεκμετάλλευτη τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για γεωγραφική πληροφορία που είχε ήδη καταγεγραμμένη στην ομώνυμη μηχανή αναζήτησής της. Για περισσότερο από μια δεκαετία, μια στις τέσσερις αναζητήσεις αφορούσε ερωτήματα σχετικά με γεωγραφική πληροφορία. Θα μπορούσε λοιπόν η πλατφόρμα αυτή να χαρακτηριστεί ως η απάντηση της Google Inc. στην ανάγκη για ιεραρχημένο καταμερισμό της παγκόσμιας χωρικής πληροφορίας. Η πλατφόρμα παρέχει τα μέσα ώστε να είναι ελεύθερα διαθέσιμες χωρικές πληροφορίες από καταγεγραμμένα δεδομένα της επιφάνειας του πλανήτη για παραπάνω από σαράντα χρόνια παρατήρησης (Venterino, 2014). Η παροχή ελεύθερης διαθέσιμης πληροφορίας μέσα από ένα

τέτοιο εργαλείο “ανοικτής” πρόσβασης δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί πλήρως. Τα αποτελέσματα από την ανάλυση της γεωχωρικής πληροφορίας αυτής, συμβάλλουν στην ανάδειξη και εξαγωγή σχετικών συμπερασμάτων. Συνεπώς, γίνεται σαφής και ο βαθμός στον οποίο η γεωγραφική πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε είδους ανθρωπιστική, περιβαλλοντική και επιστημονική πρωτοβουλία, τόσο από ερευνητικούς οργανισμούς ή μεμονωμένους ερευνητές όσο και από ιδιωτικές επιχειρήσεις (Μανουδάκης, 2017).

Με τη χρήση της πλατφόρμας Google Earth Engine, σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν χαρτογραφηθεί σημαντικά δυναμικά χωρικά δεδομένα μεταξύ των οποίων οι προσφυγικές ροές (“The Refugee Project”, διαθέσιμο στο: <http://www.therefugeeproject.org/#/1983>), οι διαχρονικές μεταβολές στο παγκόσμιο δασικό απόθεμα -το οποίο δημιουργήθηκε σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Maryland- (“Global Forest Change”, διαθέσιμο στο: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>), η παρακολούθηση της κατάστασης των ωκεανών (“Living Oceans”, διαθέσιμο στο: <https://livingoceans.org/maps>) κ.α..



**Εικόνα 3: Συνοπτική παρουσίαση των διαθέσιμων δεδομένων στην πλατφόρμα Google Earth Engine**

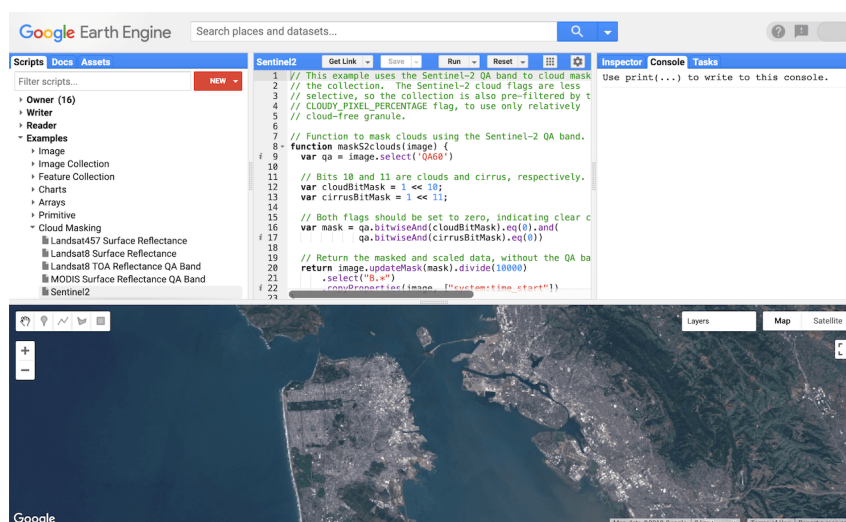
Πηγή: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets>

Όπως κάθε σύστημα διαχείρισης μεγάλων χωρικών δεδομένων, η πλατφόρμα Google Earth Engine, έχει τα δικά της πλεονεκτήματα αλλά και περιορισμούς. Το κυριότερο πλεονέκτημά της πλατφόρμας της Google είναι το γεγονός ότι η χρήση της ελαχιστοποιεί (πέρα από κάθε άλλη προηγούμενη διαδραστική εφαρμογή), το χρόνο της υπολογιστικής ανάλυσης και ψηφιακής επεξεργασίας. Τοιουτοτρόπως, ο χρήστης έχει την ευχέρεια να ανακαλεί και να διαχειρίζεται τεράστιους όγκους πληροφορίας.

Παρασκευή Η. Γκατζιούρα **Error! Use the Home tab to apply Επικεφαλίδα 1 to the text that you want to appear here.**

Συγκριτικά με την παραδοσιακή μέθοδο ανάλυσης και επεξεργασίας γεωχωρικών δεδομένων που βασιζόταν σε desktop εφαρμογές, το Google Earth Engine αποτελεί τεράστιο βήμα εξέλιξης και θέτει σαφώς νέα πρότυπα και νέες βάσεις στη διαχείριση της γεωχωρικής πληροφορίας και των δεδομένων που εξάγονται από αυτή (Μανουδάκης, 2017). Η πλατφόρμα επιτυγχάνει να συνενώσει τις διαδικασίες ανεύρεσης της πρωτογενούς πληροφορίας και της ανάλυσης των χωρικών δεδομένων. Ο μοναδικός περιορισμός, προαπαιτούμενος για τη λειτουργία της πλατφόρμας είναι η πρόσβαση στο διαδίκτυο ως web based εφαρμογή και η δημιουργία λογαριασμού ειδικά στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, της Google (Gmail), χωρίς κάποιου είδους οικονομική επιβάρυνση. Με τον τρόπο αυτό, κάθε συσκευή που μπορεί να πραγματοποιήσει “http” συνδέσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία δεδομένων. Η επεξεργασία είναι δυνατή ακόμα και με φορητές συσκευές μέσω δικτύων κινητής τηλεφωνίας σε απομακρυσμένες περιοχές (Venterino, 2014).

Παράλληλα, η Google, για την εξάπλωση της χρήσης της πλατφόρμας και του προγραμματιστικού περιβάλλοντος της, δημιούργησε την ομάδα των Google Developers. Πρόκειται για ένα εικονικό περιβάλλον διαδραστικής συζήτησης μεταξύ των εγγεγραμμένων μελών στο περιβάλλον της πλατφόρμας στο οποίο υπάρχει και η δυνατότητα να διατυπωθούν ερωτήματα σχετικά με τη χρήση του προγραμματιστικού πυρήνα. Ο προγραμματιστικός πυρήνας αποτελεί έναν “on-line” μεταφραστή γραμμένο σε κώδικα JavaScript. Ο χρήστης πρέπει -για να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει την πλατφόρμα- να σχηματοποιεί τον υπολογιστικό αλγόριθμο καλώντας μεταβλητές που αποτελούν την υλοποίηση σύνθετων κλάσεων αντικειμένων σε μορφές διασυνδεδεμένης βιβλιοθήκης. Η υλοποίηση των μεταβλητών του κώδικα διαχειρίζεται τις δορυφορικές εικόνες της βάσης δεδομένων ή σαν δεδομένα ή σαν συλλογές δεδομένων.



**Εικόνα 4:** Το προγραμματιστικό περιβάλλον της πλατφόρμας Google Earth Engine  
Πηγή: <https://developers.google.com/earth-engine/getstarted>

Οι χρήστες της πλατφόρμας έχουν επίσης, τη δυνατότητα να ελεύθερης πρόσβασης σε ολόκληρα τμήματα ή μέρος αυτών των αλγορίθμων και να θέσουν συγκεκριμένα ερωτήματα διόρθωσης επί αυτών στο σύνολο των χρηστών της πλατφόρμας (Gkatzioura, 2019).

### **3.2 Δομικά στοιχεία της πλατφόρμας**

Τα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία συνθέτουν την πλατφόρμα είναι η χωρική βάση δεδομένων, η διαθέσιμη υπολογιστική ισχύς, τα APIs (Application Programming Interfaces) και ο συντάκτης (editor) κώδικα.

Όσον αφορά στη Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών ή αλλιώς Application Programming Interface (API) της πλατφόρμας, υποστηρίζει την ανάπτυξη αλγορίθμων σε δυο γλώσσες προγραμματισμού JavaScript και Python. Αναφορικά με τον editor κώδικα, στο προγραμματιστικό περιβάλλον αυτού ο χρήστης δύναται να δημιουργήσει ερωτήματα με δυνατό συνδυασμό περισσότερων από 800 συναρτήσεις που βρίσκονται αποθηκευμένες στις βιβλιοθήκες της πλατφόρμας. Οι συναρτήσεις αυτές διαφέρουν ανάλογα με την πολυπλοκότητά τους καθώς μπορεί να είναι είτε μαθηματικές συναρτήσεις είτε σύνθετες γεωστατιστικές διεργασίες (Μανουδάκης, 2017).

### **3.3 Εφαρμογές της πλατφόρμας**

Στη διεθνή βιβλιογραφία, εντοπίζονται ήδη αναφορές σχετικά με τα κυριότερα πεδία εφαρμογών στα οποία ως περιβάλλον ανάπτυξης χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Google Earth Engine

#### **3.3.1 Χαρτογράφηση και παρακολούθηση της βλάστησης**

Οι Mutanga & Kumar (2019), σε ανασκόπηση της σχετικής αρθρογραφίας διαχώρισαν δημοσιεύσεις στις οποίες η πλατφόρμα Earth Engine έχει χρησιμοποιηθεί ως περιβάλλον ανάπτυξης αλγορίθμων για την εκτίμηση βασικών μεταβλητών βιοποικιλότητας όπως ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index - LAI), το κλάσμα απορροφούμενης φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation - FAPAR), το κλάσμα φυτικής κάλυψης (Fraction Vegetation Cover - FVC) και η περιεκτικότητα της φυτικής κόμης σε νερό (Canopy Water Content - CWC). Για τον

υπολογισμό των ως άνω αναφερόμενων δεικτών χρησιμοποιήθηκαν κατά βάση δεδομένα MODIS. Σχετικές μελέτες μέσω της πλατφόρμας και με αντικείμενο την παρακολούθηση της βλάστησης έχουν πραγματοποιηθεί για διάφορες περιοχές μελέτης, μεταξύ των οποίων εκτάσεων που χρησιμοποιούνται ως βοσκοτόπια στη Βραζιλία, με δεδομένα Terra MODIS για το χρονικό διάστημα 2000 – 2016, η χαρτογράφηση της υδάτινης βλάστησης στο Αιγαίο Πέλαγος στην Ελλάδα με δεδομένα Sentinel-2, η παρακολούθηση του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) για τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με δεδομένα Landsat κ.α..

### **3.3.2 Παρακολούθηση των καλύψεων γης**

Η παρακολούθηση των καλύψεων γης αποτελεί ένα συνεχώς εξελισσόμενο δυναμικά φαινόμενο. Το φαινόμενο αυτό απαιτεί συνεχή καταγραφή και ανάλυση δεδομένων, από ολοκληρωμένα λογισμικά χωρικών δεδομένων τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν τον όγκο των δεδομένων αυτών δίνοντας παράλληλα, δυνατότητες επεξεργασίας, ανάλυσης, σύνδεσης με άλλα χωρικά και όχι δεδομένα και χωρο-χρονικής πρόβλεψης. Η πλατφόρμα Earth Engine αναδείχθηκε στην πιο εξελισσόμενη γεωχωρική βάση δεδομένων, η οποία επιλύει προβλήματα που σχετίζονται με τη δημιουργία χρονοσειρών, δημιουργία κατάλληλων φίλτρων ώστε να εκμηδενίζονται τα επίπεδα νεφικής κάλυψης ενώ το σύνολο των δορυφορικών δεδομένων επιφανειακής ανάκλασης που διατίθενται μέσω αυτής είναι διορθωμένα από την ατμοσφαιρική επίδραση. Για την παρακολούθηση των μεταβολών στις καλύψεις γης κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται δορυφορικές εικόνες Landsat. Ωστόσο, άξια αναφοράς μελέτη αποτελεί η χαρτογραφική έκταση των υγροτόπων στην επαρχία της Νέας Γης στον Καναδά, η οποία υλοποιήθηκε με δεδομένα υψηλής ανάλυσης Sentinel – SAR και οπτικά δεδομένα με τη χρήση της πλατφόρμας αυτής.

### **3.3.3 Παρακολούθηση γεωργικών καλλιεργειών**

Η παρακολούθηση γεωργικών εφαρμογών με δεδομένα τηλεπισκόπησης αφορά στην εκτίμηση της απόδοσης των καλλιεργειών, στη χαρτογράφηση της καλυπτόμενης επιφάνειας από διάφορες καλλιέργειες, των φυτικών παρασίτων αλλά και των ασθενειών που δύναται να αναπτυχθούν σε αυτές, καθώς και στις αξιολογήσεις της καταλληλότητας των φυτών, οι οποίες είναι ιδιαίτερες χρήσιμες στην εξασφάλιση του επισιτισμού αλλά και της υψηλής

παραγωγικότητας. Σε επίπεδο παγκόσμιας κλίμακας και διαμέσου της πλατφόρμας Earth Engine έχει υλοποιηθεί σημαντικός αριθμός μελετών, κατά βάση με δεδομένα Terra MODIS και Landsat. Μεταξύ των μελετών αυτών είναι η αποτύπωση των ορεινών και μη καλλιεργούμενων εκτάσεων για το σύνολο της Αφρικής με συνδυασμό δεδομένων Landsat 16-ημερών και Sentinel 10-ημερών, η εκτίμηση της ακαθάριστης πρωτογενούς παραγωγικότητας σε 7 καλλιεργούμενες εκτάσεις στην επαρχία της Μοντάνα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, με συνδυασμό δεδομένων Terra MODIS και Landsat για το χρονικό διάστημα 2008 – 2015 κ.α..

### **3.3.4 Διαχείριση φυσικών καταστροφών**

Η δυνατότητα της πλατφόρμας να διαχειρισθεί μεγάλο όγκο δεδομένων για δυναμικά φαινόμενα τα οποία καταλαμβάνουν σημαντική έκταση στο χώρο την ανέδειξε σε σημαντικό εργαλείο διαχείρισης και πρόβλεψης φαινομένων φυσικών καταστροφών (π.χ. πλημμυρών, ξηρασίας). Η πλατφόρμα έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλαπλές μελέτες που σχετίζονται με τη διαχείριση φυσικών καταστροφών. Ενδεικτικά έχουν:

- Διαμορφωθεί μοντέλα αξιολόγησης της εμφάνισης της ξηρασίας χρησιμοποιώντας την υγρασία του εδάφους ως δείκτη για την εξαγωγή συμπερασμάτων
- Δημιουργηθεί κατάλληλες προγραμματιστικές εντολές για την παρακολούθηση επιφανειακών ιζημάτων και τη χαρτογράφηση της περιοχής εξόρυξης με τη χρήση των απαραίτητων δεδομένων ελέγχου κ.α.

#### **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Χρήση GEE για τη μελέτη του αστικού πρασίνου**

Την τελευταία δεκαετία, ερευνητές που ασχολούνται με τον εντοπισμό του αστικού πρασίνου και τη διάκρισή του από το δομημένο περιβάλλον, στράφηκαν στη χρήση της πλατφόρμας Google Earth Engine, χρησιμοποιώντας διάφορες προσεγγίσεις με διάφορους τύπους χωρικών δεδομένων για διαφορετικές περιοχές του πλανήτη (Huang et al., 2018, Sidhu et al., 2018, Huang et al., 2017).

Οι Huang et al. (2018) χρησιμοποίησαν δορυφορικές εικόνες Landsat 7 ETM+ και Landsat 8 OLI/TIRS για τον εντοπισμό του αστικού πρασίνου σε 262 πόλεις στην Κίνα, μέσω υπολογισμού δεικτών τηλεπισκόπησης (Δείκτη Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς – NDVI - Normalized Difference Vegetation Index, Κανονικοποιημένος Δείκτης Δομημένης Επιφάνειας – NDBI - Normalized Difference Built-up Index, Κανονικοποιημένος Δείκτης Υδάτινων Επιφανειών με Διαφοροποίηση – MNDWI - Modified Normalized Difference Water Index) και περαιτέρω συσχέτισης με την μορφή του αστικού ιστού.

Οι Sidhu et al. (2018) χρησιμοποίησαν δορυφορικές εικόνες MODIS και Landsat 5 καθώς και δεδομένα από τον παγκόσμιο χάρτη καλύψεων γης, Globcover για τον εντοπισμό των αλλαγών στις καλύψεις γης στην περιοχή της Σγκαπούρης. Ειδικότερα, για τον προσδιορισμό των αλλαγών στη βλάστηση χρησιμοποιήθηκε ο Βελτιστοποιημένος Δείκτης Βλάστησης, EVI.

Οι Richards & Belcher (2020), χρησιμοποίησαν δορυφορικά δεδομένα Landsat 7 ETM+ προκειμένου να μελετήσουν την αστική φυτική κάλυψη για το χρονικό διάστημα 2000 – 2015, για περιοχές στο σύνολο του πλανήτη με έκταση μεγαλύτερη των 15 km<sup>2</sup>. Η έρευνά τους βασίστηκε στον υπολογισμό του δείκτη βλάστησης NDVI και στο συσχετισμό της μέσης τιμής του δείκτη για το έτος 2000 με την αντίστοιχη μέση τιμή του δείκτη για το έτος 2014.

Διαφορετικές υπολογιστικές προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί για τη χαρτογράφηση και τον εντοπισμό του αστικού πρασίνου, μέσω της πλατφόρμας Google Earth Engine. Η εξέλιξη του δομημένου περιβάλλοντος αποτελεί ένα δυναμικό χωρικό περιβάλλον, το οποίο συνεχώς εξελίσσεται (Richards et al., 2017). Η εντατικοποίηση του φαινομένου της αστικοποίησης είχε ως αποτέλεσμα σε παγκόσμια κλίμακα, να ελαχιστοποιηθούν σημαντικά οι χώροι πρασίνου και πλέον να είναι σημειακοί και όχι εκτατικοί.

Στην Ελλάδα έως και τη συγγραφή της παρούσης, δεν έχει γίνει κάποια αντίστοιχη έρευνα με τις προαναφερόμενες.

## **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Περιοχή μελέτης, δορυφορικά δεδομένα & μεθοδολογία**

### **5.1 Περιοχή μελέτης**

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο Δήμος Λάρισας και συγκεκριμένα τα διοικητικά του όρια όπως αυτά πρόκυψαν μετά τη διαίρεση του Δήμου σε τέσσερα Δημοτικά Διαμερίσματα, το 2006 (ΦΕΚ 193/τ.Α'/12-19-2006). Αναλυτικά τα διαμερίσματα όπως προέκυψαν παρουσιάζονται ακολούθως:

➤ *1<sup>ο</sup> Δημοτικό Διαμέρισμα, το οποίο περικλείεται από τις οδούς:*

Καλοδίκη - Πάρνηθας, εσωτερική κοίτη Πηνειού, Γέφυρα Αλκαζάρ, οδοί Καλλιθέας - Φιλίππου - Σκίπη - Καραθάνου - Καραϊσκάκη - Τρικάλων - Ιωαννίνων - Αγίας Τριάδας - Μυρμιδόνων - Καρδίτσας - Περιφερειακή Αθηνών - Τρικάλων και εξωτερική κοίτη Πηνειού

➤ *2<sup>ο</sup> Δημοτικό Διαμέρισμα, το οποίο περικλείεται από τις οδούς:*

Γκύζη - Τσολάκη (εσωτερική κοίτη Πηνειού), Αεροδρομίου - Ηρώων Πολυτεχνείου - Γούναρη - Νικηταρά - 23ης Οκτώβρη - Λ. Κατσώνη - Μανδηλαρά - Μιαούλη - Ηρώων Πολυτεχνείου - Τρικάλων - Καραϊσκάκη - Καραθάνου - Σκίπη - Φιλίππου και Καλλιθέας

➤ *3<sup>ο</sup> Δημοτικό Διαμέρισμα, το οποίο περικλείεται από τις οδούς:*

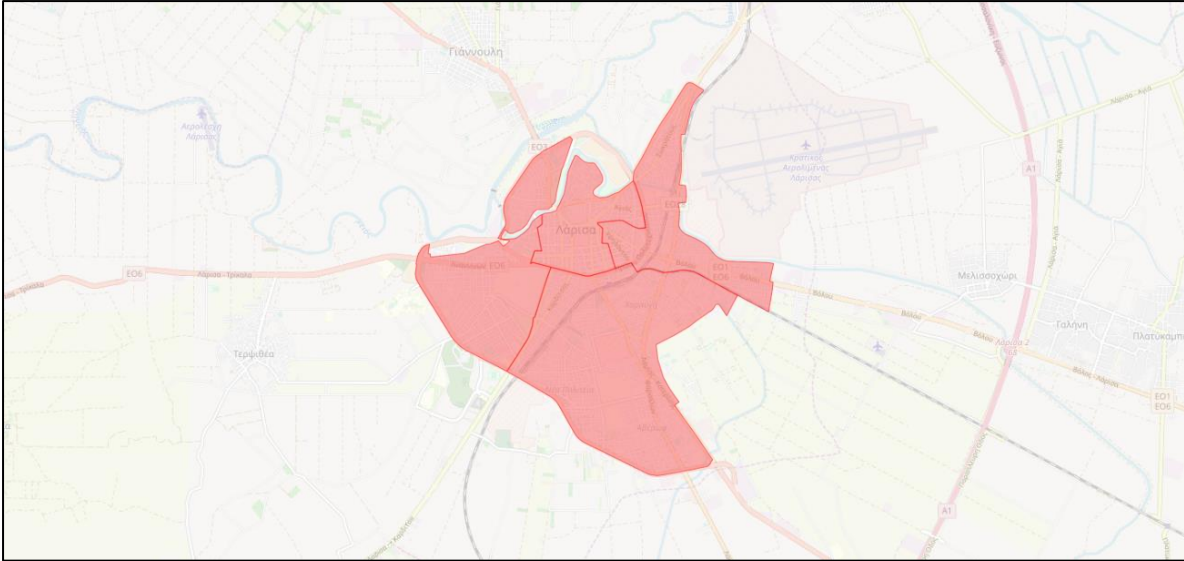
Σ. Καράγιωργα - όρια Αεροδρομίου μέχρι τέρμα Βόλου - οδός Κάρλας, σιδηροδρομικές γραμμές, Υψηλάντου - Ηρώων Πολυτεχνείου - Μιαούλη Μανδηλαρά - Λ. Κατσώνη - 23ης Οκτώβρη - Νικηταρά - Γούναρη και Ηρώων Πολυτεχνείου

➤ *4<sup>ο</sup> Δημοτικό Διαμέρισμα, το οποίο περικλείεται από τις οδούς:*

Καρδίτσας - Σαρίμβη - Ηρώων Πολυτεχνείου - Υψηλάντου - σιδηροδρομικές γραμμές, Κάρλας, όρια σχεδίου πόλης και Περιφερειακή Αθηνών - Τρικάλων

Χαρτογραφικά, η διοικητική διαίρεση των δημοτικών διαμερισμάτων αποτυπώνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 5) σε υπόβαθρο Google Maps.





**Εικόνα 5:** Η διοικητική διαίρεση των 4 Δημοτικών Διαμερισμάτων της εντός σχεδίου περιοχής της Λάρισας

Πηγή: Google Maps

## 5.2 Οι δορυφόροι Landsat-5-TM και Landsat 8 OLI/TIRS

### 5.2.1 Ο δορυφόρος Landsat-5-TM



**Εικόνα 6:** Ο δορυφόρος Landsat-5-TM

Πηγή: <https://spacenews.com/nasas-landsat-5-satellite-sets-guinness-world-record/>

Ο δορυφόρος Landsat-5-TM εκτοξεύθηκε στις 1 Μαρτίου 1984, ζύγισε 2.200 κιλά και λειτούργησε έως τις 5 Ιουνίου του 2013. Πρόκειται για το μακροβιότερο δορυφόρο παρατήρησης της γης από τον οποίο εξασφαλίσθηκαν δεδομένα υψηλής χωρικής ανάλυσης για 29 χρόνια. Χρειαζόταν 16 μέρες για μια πλήρη περιστροφή γύρω από τη γη σε υψόμετρο

Παρασκευή Η. Γκατζιούρα **Error! Use the Home tab to apply Επικεφαλίδα 1 to the text that you want to appear here.**

705 χιλιομέτρων. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δορυφόρου Landsat-5-TM παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 (<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-5/>).

**Πίνακας 4: Τεχνικά χαρακτηριστικά δορυφόρου Landsat-5-TM**

Πηγή: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-5/>

<b>Χωρική Διακριτική Ικανότητα (Spatial Resolution)</b>	
Θεματικός Χαρτογράφος (Thematic Mapper)	30 m
Οπτικά Πολυφασματικά (Multispectral Sensor)	80 m
Έκταση Κάλυψης (Swath Width)	185 km
Mission Life Expected	3 years
Revisit Time	16 days
Στοιχεία Τροχιάς (Orbital Altitude)	705 km

### 5.2.2 Ο δορυφόρος Landsat 8 OLI/TIRS



**Εικόνα 7: Ο δορυφόρος Landsat 8 OLI/TIRS**

Πηγή: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/landsat-8/>

Ο δορυφόρος Landsat 8 OLI/TIRS εκτοξεύθηκε στις 11 Φεβρουαρίου 2013 και ζυγίζει 2.071 κιλά. Πρόκειται για τον πιο σύγχρονο δορυφόρο παρατήρησης της γης, ο οποίος είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ της NASA (National Aeronautics and Space Administration) και της Γεωλογικής Υπηρεσίας των Ηνωμένων Πολιτειών (United States

Geological Survey – USGS) Αμερικής στο πλαίσιο του Προγράμματος Landsat Data Continuity Mission (LDCM). Έχει ηλιοσύγχρονη τροχιά και χρειάζεται 16 μέρες για μια πλήρη περιστροφή γύρω από τη γη σε υψόμετρο 705 χιλιομέτρων. Μεταφέρει δυο όργανα καταγραφής:

- το Operational Land Imager (OLI), που καταγράφει την ανάκλαση του ορατού και εγγύς υπερύθρου
- το Thermal Infrared Sensor (TIRS), που ανιχνεύει την θερμική ακτινοβολία σε μήκη κύματος 10.300 -12.500 nm

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δορυφόρου Landsat 8 OLI/TIRS δίνονται στον Πίνακα 5 (<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>).

### Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά δορυφόρου Landsat 8 OLI/TIRS

Πηγή: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>

<b>Χωρική Διακριτική Ικανότητα (Spatial Resolution)</b>	
Οπτικά Παγχρωματικά OLI (Panchromatic Sensor)	15 m
Οπτικά Πολυφασματικά OLI (Multispectral Sensor)	30 m
TIRS Φασματικά Κανάλια 10-11 (TIRS bands 10-11)	100 m
Έκταση Κάλυψης (Swath Width)	185 km
Mission Life Expected	3 years
Revisit Time	16 days
Στοιχεία Τροχιάς (Orbital Altitude)	705

## 5.3 Μεθοδολογία

### 5.3.1 Δείκτες βλάστησης

Οι δείκτες βλάστησης αποτελούν μέτρο για την εκτίμηση της βιομάζας ή της υγείας της βλάστησης και τη χαρτογράφηση περιοχών με διαφοροποιημένη πυκνότητα φυτοκάλυψης. Κάθε δείκτης βλάστησης προκύπτει από το συνδυασμό των ψηφιακών τιμών σε φασματικά κανάλια του ερυθρού και του εγγύς υπέρυθρου, οι οποίες προστίθενται, διαιρούνται ή πολλαπλασιάζονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγεται μια τιμή για κάθε

εικονοστοιχείο της εικόνας το οποίο υποδεικνύει την ποσότητα και την ποιότητα της υγιούς βλάστησης (Καρτάλης κ.α., 2018).

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί πολλαπλοί δείκτες βλάστησης που χρησιμοποιούνται στη δορυφορική τηλεπισκόπηση, ενώ καθένας εξ' αυτών δίνει έμφαση στις διαφορές της ραδιομετρίας ανάλογα με τα φυσικά χαρακτηριστικά (πυκνότητα βιομάζας, υγρασία) της υπό μελέτη βλάστησης. Ενδεικτικά, οι βασικότεροι δείκτες είναι ο απλός λόγος SR ή VI (Simple Ratio Index ή Vegetation Index), ο Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς NDVI (Normalized Different Vegetation Index), ο δείκτης υπέρυθρου II (Infrared Index) και ο δείκτης έλλειψης υγρασίας MSI (Moisture Stress Index), ο Διορθωμένος Δείκτης Εδαφών SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), ο βελτιωμένος δείκτης βλάστησης EVI (Enhanced Vegetation Index). Οι δείκτες που αναφέρθηκαν αποτελούν συνδυασμό κατά βάση δυο φασματικών καναλιών (Sileos et al., 2006).

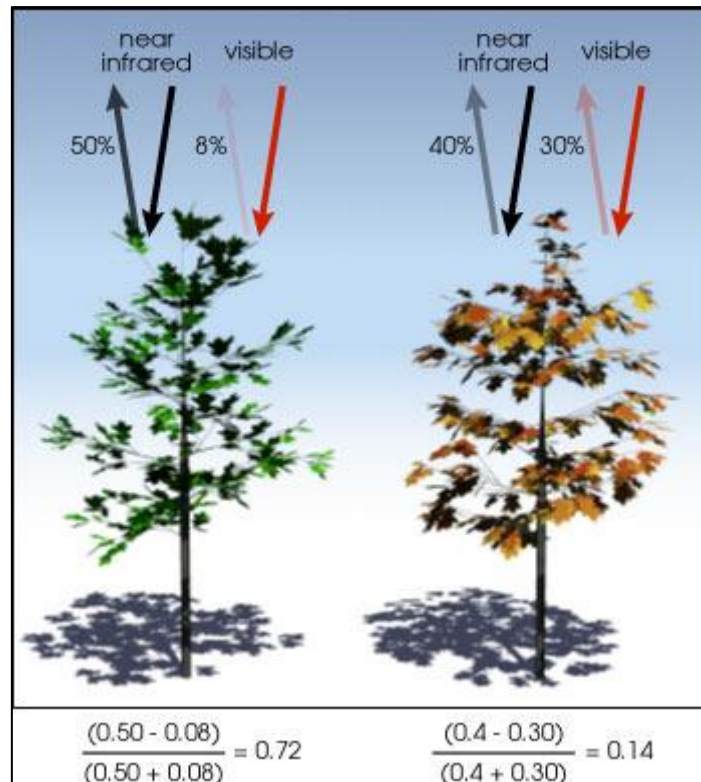
Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας για την μελέτη του αστικού πρασίνου στην εντός σχεδίου περιοχή του Δήμου Λάρισας χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς NDVI (Normalized Different Vegetation Index) (Kriegler, 1969; Rouse et al., 1973). Ο Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς NDVI, προκύπτει από το λόγο:

$$NDVI = \frac{LTM4 - LTM3}{LTM4 + LTM3}$$

όπου LTM4 και LTM3 είναι οι φασματικές ακτινοβολίες στο κοντινό υπέρυθρο κανάλι (0,76 – 0,90 μm) και στο κόκκινο κανάλι (0,63 – 0,69 μm) αντίστοιχα.

Αποτελεί τον πιο ευρέως διαδεδομένο δείκτη για την εκτίμηση της βιομάζας, τον εντοπισμό των μεταβολών της βλάστησης τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο, τον εντοπισμό περιοχών οικολογικού ενδιαφέροντος και την εκτίμηση της διάρκειας των χρονικών περιόδων ξηρασίας (Καρτάλης κ.α., 2018).

Επιπλέον, συμβάλλει στην εξομάλυνση διαφόρων παραγόντων, οι οποίοι σχετίζονται με τις συνθήκες φωτισμού, την επιφανειακή κλίση και την έκθεση στον ήλιο (Γαλιώνης, 2013).



**Εικόνα 8:** Διαφορετικές τιμές του δείκτη NDVI μεταξύ υγιούς και ασθενούς φυτού

Πηγή: [https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring\\_vegetation\\_2.php](https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php)

Οι διαχρονικές εικόνες του δείκτη βλάστησης NDVI απεικονίζουν τις περιοχές με έντονη, αραιή ή καθόλου βλάστηση, ενώ οι αριθμητικές τιμές του κυμαίνονται από -1,0 (καθόλου βλάστηση) έως 1,0 (πλούσια και υγιής βλάστηση) (Νικολάου, 2000). Ως δείκτης βασίζεται στο ότι η υγιής βλάστηση έχει χαμηλή ανάκλαση στο κόκκινο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, διότι απορροφάται η χλωροφύλλη και υψηλή στο εγγύς υπέρυθρο λόγω της εσωτερικής δομής των υγιών πράσινων φύλλων. Οι τιμές του δείκτη αυξάνονται όσο αυξάνεται το ποσοστό χλωροφύλλης στην επιφάνεια παρατήρησης (0,1: γυμνό έδαφος, -0,2 – 0,4: αραιή βλάστηση – θαμνώδη, >0,5: δάση), ενώ οι μηδενικές τιμές συνδέονται με παρουσία υδατινού στοιχείου (<https://www.sentinel-hub.com/eoproducts/ndvi-normalized-difference-vegetation-index>).

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Εφαρμογή μελέτης περίπτωσης

### 6.1 Περιοχή μελέτης και σκοπιμότητα επιλογής της

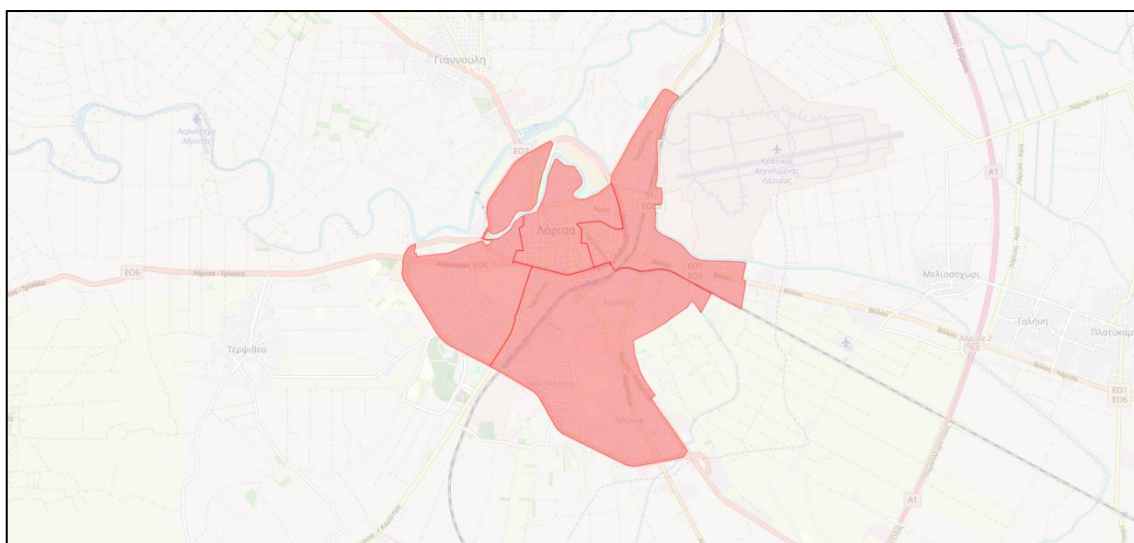
Η διαμόρφωση απαντήσεων στα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη δυνατότητα συνάθροισης δεδομένων που προέρχονται από δεδομένα τηλεπισκόπησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ογκώδη δεδομένα τηλεπισκόπησης είναι σχεδόν η μοναδική πηγή οργανωμένων, δομημένων και “αψευδών” πληροφοριών για την επιφάνεια του πλανήτη, με χρονική βάση πριν από 40 έτη. Φαινόμενα που συνδέονται με ανθρωπογενείς δράσεις των οποίων άμεση απόρροια είναι οι διάφορες οικονομικές δραστηριότητες, έχουν έντονο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και μπορούν να εκτιμηθούν τόσο προς την ένταση όσο και έκταση, με τη χρήση δορυφορικών εικόνων.

Η μεγάλη συνεισφορά σε ανάλογους κλάδους έρευνας της πλατφόρμας GEE είναι η δυνατότητα ανάκλησης μεγάλων όγκων δεδομένων με πολύ μικρή οικονομική προσπάθεια. Ακολουθώντας μεθοδολογίες προγραμματισμού σε επίπεδο JavaScript, η παρούσα εργασία παρέχει την απάντηση σε ερωτήματα που αφορούν το αστικό περιβάλλον. Χρησιμοποιώντας την GEE σαν κύρια πλατφόρμα ανάκλησης και επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων, το ερευνητικό ερώτημα είναι:

Σε ποιο βαθμό μπορούν να βγουν συμπεράσματα για τη χρονική μεταβολή της κάλυψης αστικού πρασίνου, χρησιμοποιώντας σαν δείκτη εκτίμησης τον NDVI;

Αντικειμενικά, η έρευνα αφορά στο αστικό πράσινο για μια περιοχή της οποίας οι κύριες συνιστώσες περιλαμβάνουν την εξέλιξη του φαινομένου της αστικοποίησης μέσα στο χρόνο, με τις ανάλογες φάσεις ανάπτυξης ενός αστικού κέντρου. Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα GEE, αρχικά συγκεντρώθηκε μια συλλογή από εικόνες Landsat -5- TM και LandSat 8 OLI/TIRS με χρονικό ορίζοντα μελέτης από “1/1/1984” έως “31/12/2019”. Η περίοδος αυτή καλύπτει το διάστημα από την έναρξη λειτουργίας του Landsat 5 μέχρι το τέλος της λειτουργίας του το 2013. Παράλληλα, το χρονικό διάστημα αυτό καλύπτεται από την έναρξη της λειτουργίας και της λήψης δορυφορικών εικόνων από το Landsat 8, για το 2013. Η συλλογή των εικόνων φιλτράρεται επιπλέον για νεφοκάλυψη μικρότερη του 10%. Ακολουθεί, ο γεωγραφικός εντοπισμός της συλλογής με αυτούς τους περιορισμούς και η περικοπή της στα όρια του οικιστικού συγκροτήματος της πόλης της

Λάρισα. Για τον ακριβή γεωγραφικό καθορισμό της συλλογής των δορυφορικών εικόνων χρησιμοποιήθηκε shape file που παραχωρήθηκε από την Τεχνική Διεύθυνση του Δήμου Λάρισας, μετά από σχετική αίτηση. Με τον τρόπο αυτό, τα γεωγραφικά σύνορα της περιοχής μελέτης συνέπεσαν με τα επίσημα θεσμικά κατοχυρωμένα όρια της πόλης. Στην Εικόνα 9 δίνονται τα ως άνω αναφερόμενα όρια και η σκιαγράφιση της υπό μελέτη περιοχής. Προκειμένου να ολοκληρωθεί γεωγραφικός καταμερισμός, το σύνολο του αστικού ιστού διαιρείται επιμέρους σε τέσσερις τομείς, αναφορικά: Βόρειος (1), Ανατολικός (2), Νότιος (3) και Δυτικός (4). Οι διαχωριστικές γραμμές μεταξύ των τομέων διακρίνονται επίσης, στην Εικόνα 9.



**Εικόνα 9: Η διάκριση των Δημοτικών Διαμερισμάτων της εντός σχεδίου πόλης της Λάρισας**  
Πηγή: Google Maps

Για κάθε ένα από τους τομείς της περιοχής μελέτης, διαμορφώθηκε μια συλλογή από εικόνες ώστε η εκτίμηση του αστικού πρασίνου να είναι δυνατόν να γίνει τμηματικά. Η δυνατότητα αυτή εξυπηρετεί τον λεπτομερέστερο υπολογισμό παράλληλα με τους άξονες στους οποίους η πόλη αναπτύσσεται. Τα τελικά δεδομένα, κατ' αυτόν τον τρόπο, αποτελούνται από τέσσερις συλλογές εικόνων Landsat 5 από το διάστημα “1984 – 2013” και τέσσερις συλλογές εικόνων Landsat 8 στο διάστημα “2013 – 2019 σήμερα”.

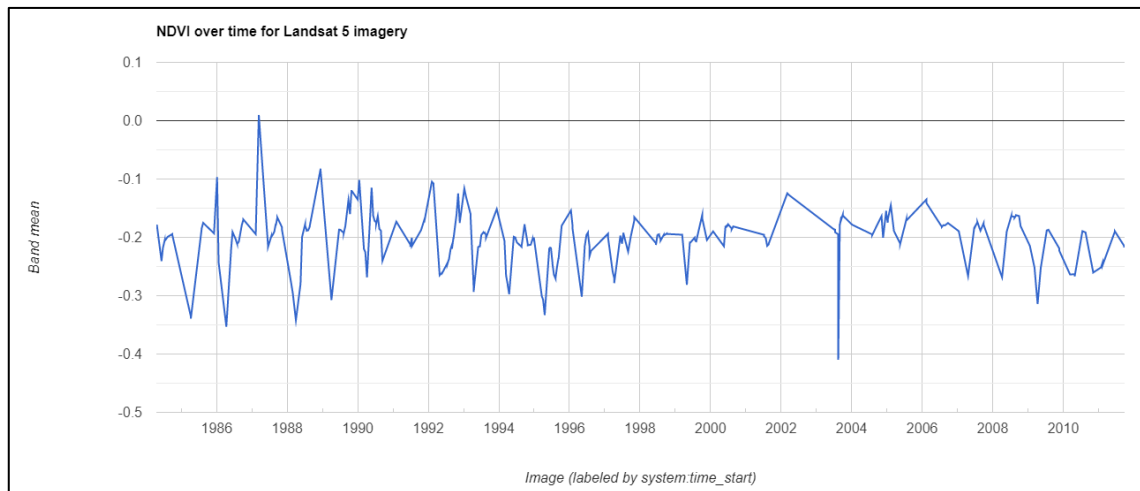
**Πίνακας 6: Τα βασικά χαρακτηριστικά των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν**

Δορυφόρος	Τομείς	Διάστημα
LandSat5	4	1/1/1984 – 31/12/2013
LandSat8	4	1/1/2013 – 31/12/2019

Με τον τρόπο αυτό, συγκεντρώνονται 337 εικόνες Landsat 5 και 98 εικόνες Landsat 8 για κάθε ένα από τους τέσσερις τομείς.

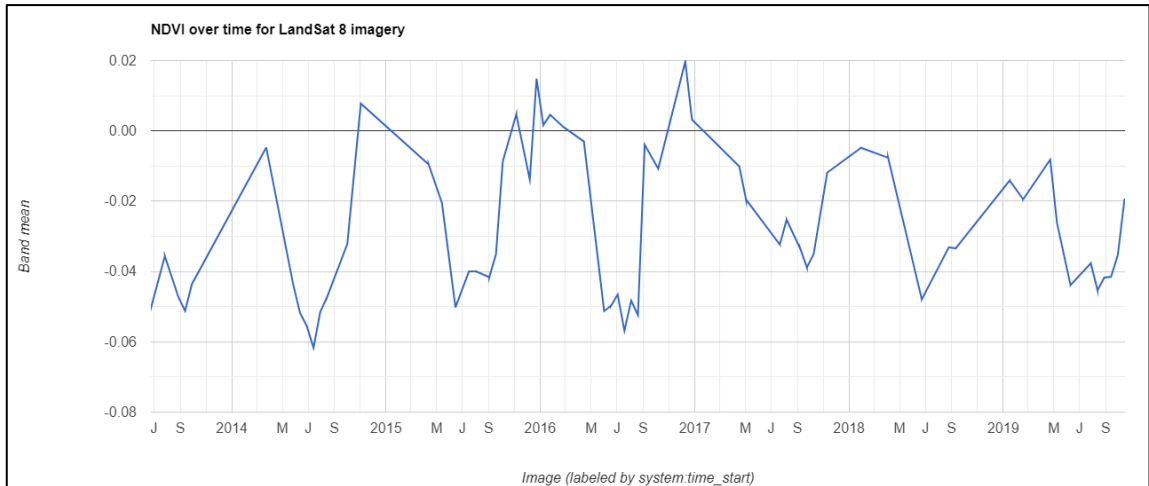
## 6.2 Δομή και τμήματα του κώδικα

Αν μετά τον καθορισμό των συλλογών των βασικών εικόνων αρχίζει η βασική επεξεργασία των δεδομένων για την συλλογή αποτελεσμάτων, τότε η πρώτη διαμόρφωση είναι η παραγωγή ενός νέου σύνθετου επιπέδου NDVI που προέρχεται από κάθε μια από τις βασικές εικόνες. Δημιουργείται έτσι μια συλλογή από συνθετικές εικόνες NDVI για κάθε μια από τις βασικές εικόνες για κάθε βασική συλλογή. Στη συνέχεια, κάθε συμπέρασμα θα προέρχεται από τις δύο συλλογές συνθετικών εικόνων NDVI για κάθε μια από τις συλλογές των δύο δορυφόρων Landsat. Για κάθε μια από αυτές τις εικόνες υπολογίζεται ο μέσος όρος του NDVI. Παράγονται μετά την διαδικασία αυτή, ένα πλήθος από μέσες τιμές NDVI για κάθε τμήμα του αστικού ιστού. Βασική ερευνητική ερώτηση είναι να διαπιστωθεί ο βαθμός που οι τιμές των μέσων αυτών, εξαρτώνται από το χρόνο. Οι τιμές των σειρών αυτών, για συνολικά την έκταση της περιοχής μελέτης δίνονται στα γραφήματα 2 και 3.



**Γράφημα 2: Τα δεδομένα για το σύνολο της έκτασης σε συνάρτηση με το χρόνο (Landsat 5)**





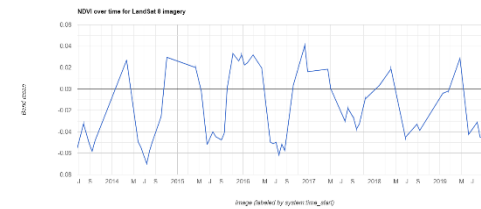
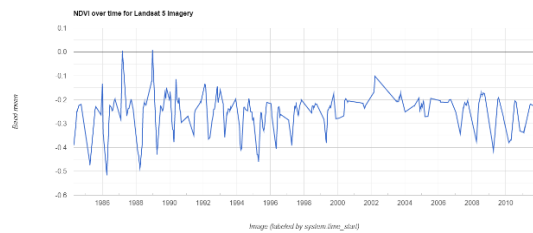
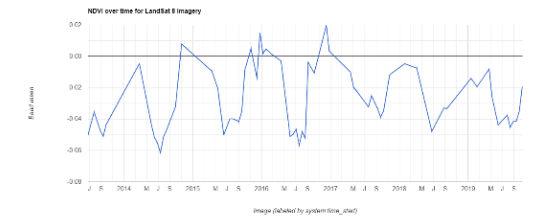
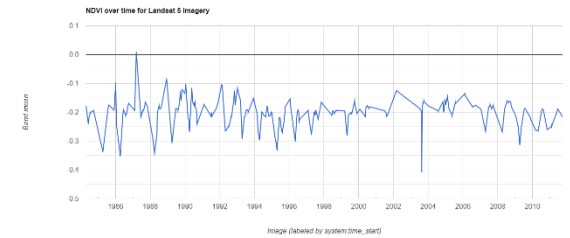
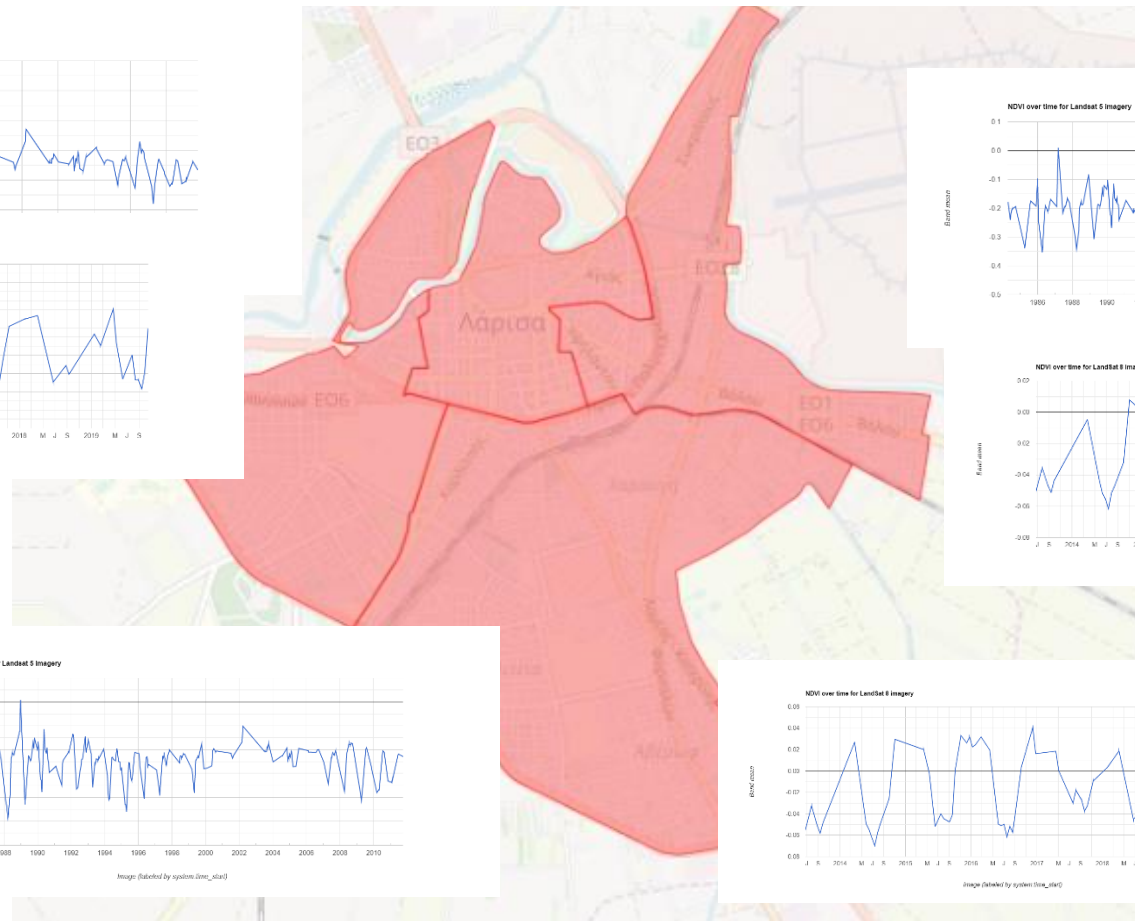
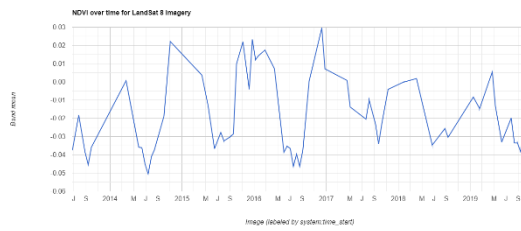
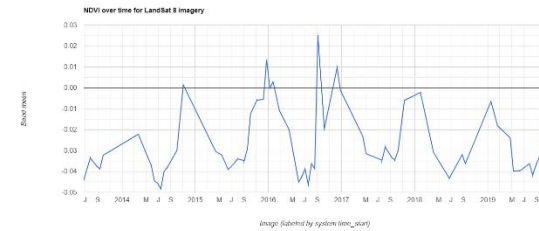
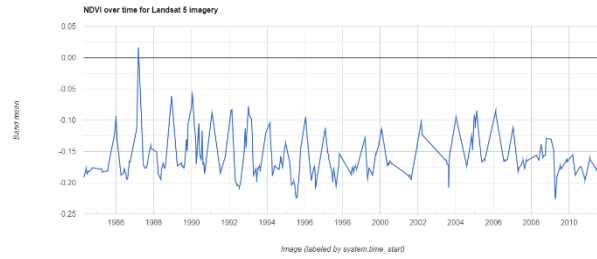
**Γράφημα 3: Τα δεδομένα για το σύνολο της έκτασης σε συνάρτηση με το χρόνο (Landsat 8)**

Από τα γραφήματα των κατανομών των τιμών, μπορούν να εξαχθούν μερικές γενικεύσεις.

- Το μέγιστο πλήθος των τιμών του NDVI είναι αρνητικές. Αυτό δεν είναι ασυνήθιστο για μέσες τιμές NDVI που προέρχονται από αστικές ζώνες καθώς η πλειοψηφία των pixels προέρχονται από επιφάνειες δομημένες με έλλειψη πρασίνου
- Υπάρχει σημαντική διακύμανση του μέσου NDVI ανάλογα με την εποχή του χρόνου που προέρχεται η σχετική εικόνα. Του χειμερινούς μήνες, ακόμα και οι εκτάσεις που καλύπτονται από φυλλοβόλα βλάστηση, χάνουν το πράσινο περιεχόμενο τους με αποτέλεσμα να αποδίδουν το ραδιομετρικό αποτύπωμα γυμνής ζώνης
- Η καλύτερη εκτίμηση των pixels με κάλυψη αστικό πράσινο γίνεται από εικόνες που προέρχονται στο διάστημα Μάιος – Ιούνιος κάθε έτους

Μια συνολική αίσθηση των βασικών δεδομένων ανά γεωγραφική ενότητα δίνεται στην Εικόνα 2.

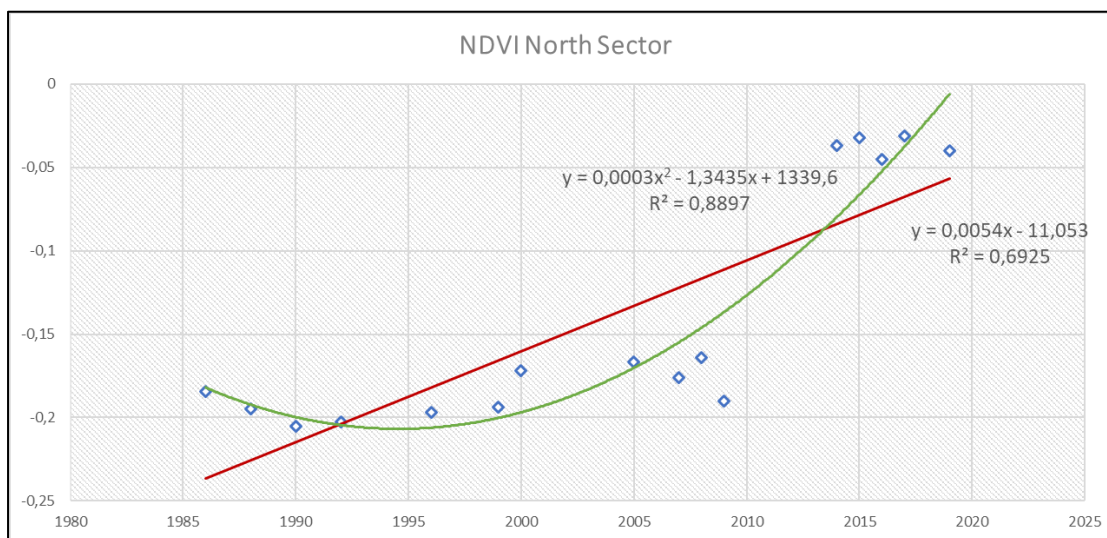
Μετά από ένα σύνολο από δοκιμές με αυτά τα δεδομένα, κρίθηκε πως η καλύτερη προσέγγιση δείχνει να είναι η συσχέτιση των μέσων τιμών του NDVI ανά εικόνα που προέρχονται από τους μήνες 5 - 6 (Μάιο-Ιούνιο)



### 6.3 Αποτελέσματα

Η εξαγωγή αποτελεσμάτων στηρίχτηκε σε ένα σύνολο από δοκιμές προσαρμογής μοντέλων παλινδρόμησης με ανεξάρτητη μεταβλητή τα έτη παρατήρησης και εξαρτημένη την μέση τιμή του NDVI προερχόμενη από το επιλεγμένο διάστημα Μαΐου – Ιουνίου κάθε έτους. Υπολογίστηκαν 16 τιμές μέσου NDVI, μια για κάθε έτος αναφοράς. Η υπεραπλουστευμένη αυτή προσέγγιση παρουσίασε την δυνατότητα να εκτιμηθούν τάσεις και δυναμικές ενός εξελισσόμενου συστήματος με κατανοητό τρόπο.

Εκτιμήθηκαν τα βασικά γραμμικά υποδείγματα ελαχίστων τετραγώνων για κάθε περιοχή, καθώς και τα αντίστοιχα πολυωνμικά υποδείγματα που γενικά παρουσίασαν καλύτερη προσαρμογή. Παρατίθενται οι αντίστοιχοι πίνακες με τις εκτιμήσεις των παραμέτρων κάθε υποδείγματος και των συντελεστών προσδιορισμού.



Γράφημα 4: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για το βόρειο τομέα

#### Γραμμικό μοντέλο

Model Summary			
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,832	,693	,671	,042

The independent variable is Year.

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	,054	1	,054	31,534	,000
Residual	,024	14	,002		
Total	,079	15			

The independent variable is Year.

### Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Year	,005	,001	,832	5,616	,000
(Constant)	-11,053	1,943		-5,687	,000

### Τετραγωνικό μοντέλο

#### Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,833	,694	,672	,041

The independent variable is Year.

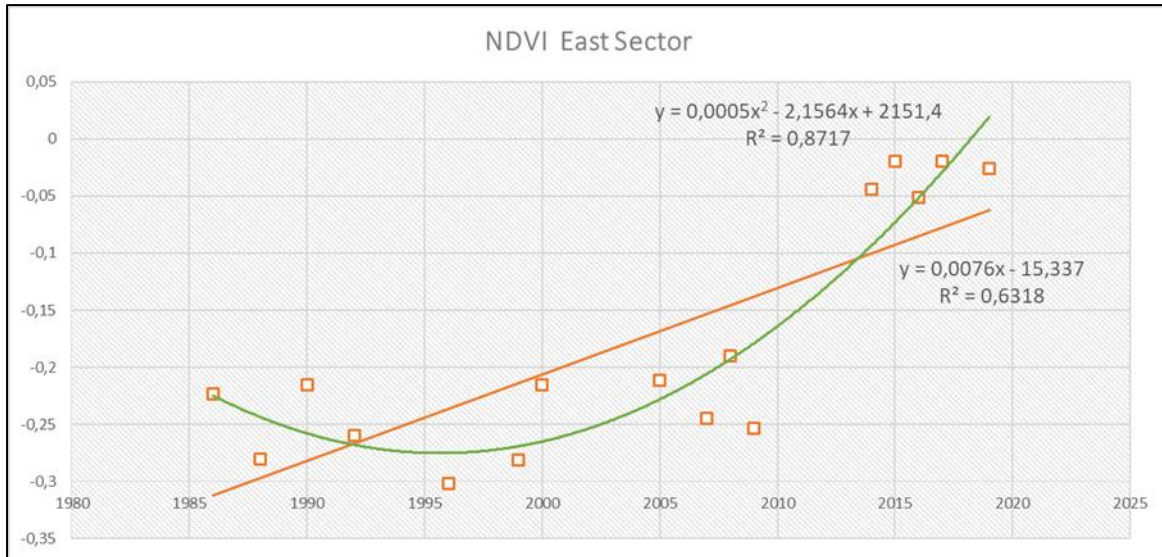
### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	,055	1	,055	31,771	,000
Residual	,024	14	,002		
Total	,079	15			

The independent variable is Year.

### Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Year ** 2	1,361E-6	,000	,833	5,637	,000
(Constant)	-5,606	,970		-5,780	,000



**Γράφημα 5:** Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για τον ανατολικό τομέα

### Γραμμικό μοντέλο

#### Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,795	,632	,606	,066

The independent variable is Year.

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	,105	1	,105	24,026	,000
Residual	,061	14	,004		
Total	,166	15			

The independent variable is Year.

#### Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Year	,008	,002	,795	4,902	,000
(Constant)	-15,337	3,093		-4,959	,000

## Τετραγωνικό μοντέλο

### Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,796	,634	,607	,066

The independent variable is Year.

### ANOVA

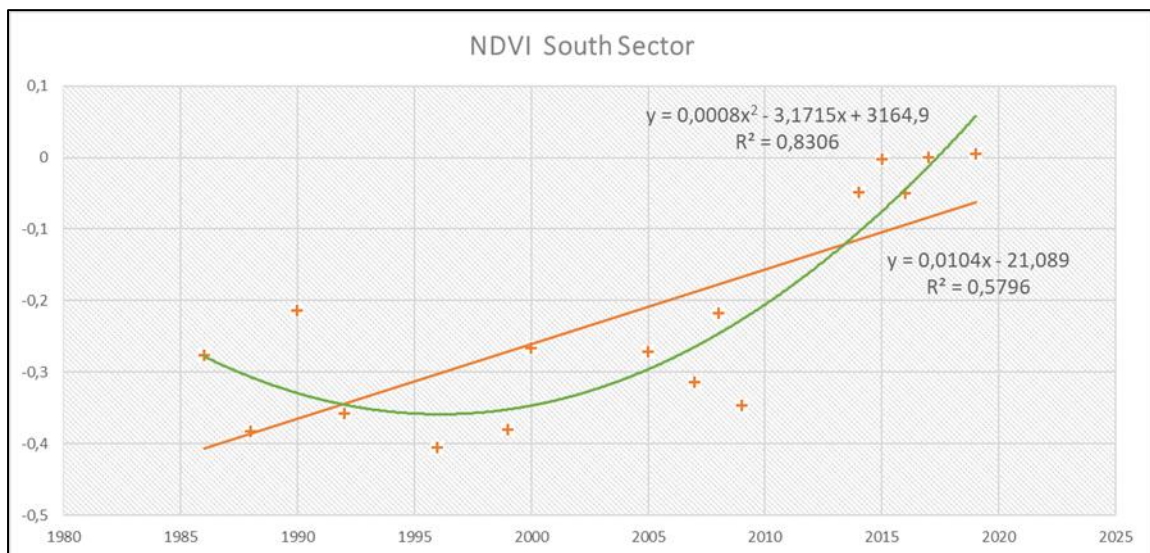
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	,105	1	,105	24,199	,000
Residual	,061	14	,004		
Total	,166	15			

The independent variable is Year.

### Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Year ** 2	1,891E-6	,000	,796	4,919	,000
(Constant)	-7,772	1,544		-5,034	,000

## Νότιος Τομέας



Γράφημα 6: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για το νότιο τομέα

## Γραμμικό μοντέλο

### Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,761	,580	,550	,102

The independent variable is Year.

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	,199	1	,199	19,298	,001
Residual	,144	14	,010		
Total	,343	15			

The independent variable is Year.

### Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Year	,010	,002	,761	4,393	,001
(Constant)	-21,089	4,750		-4,439	,001

## Τετραγωνικό μοντέλο

### Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,762	,581	,551	,101

The independent variable is Year.

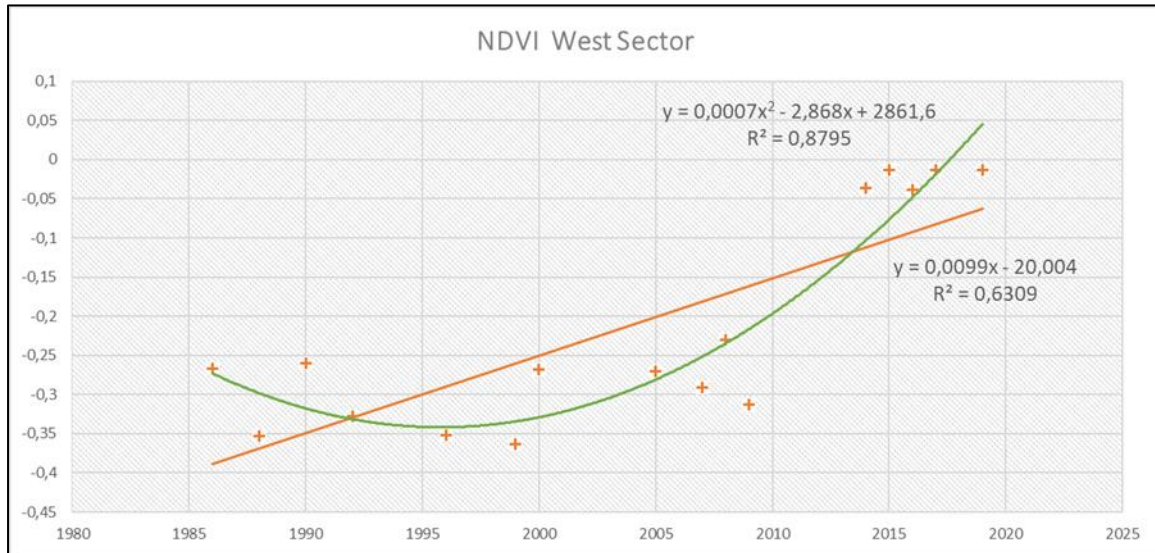
### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	,200	1	,200	19,429	,001
Residual	,144	14	,010		
Total	,343	15			

The independent variable is Year.

### Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Year ** 2	2,604E-6	,000	,762	4,408	,001
(Constant)	-10,676	2,372		-4,501	,000



Γράφημα 7: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για το δυτικό τομέα

### Γραμμικό μοντέλο

#### Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,794	,631	,605	,086

The independent variable is Year.

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	,179	1	,179	23,930	,000
Residual	,105	14	,007		
Total	,284	15			

The independent variable is Year.

### Coefficients



Παρασκευή Η. Γκατζιούρα **Error! Use the Home tab to apply Επικεφαλίδα 1 to the text that you want to appear here.**

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Year	,010	,002	,794	4,892	,000
(Constant)	-20,004	4,046		-4,944	,000

### Τετραγωνικό μοντέλο

#### Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,795	,633	,606	,086

The independent variable is Year.

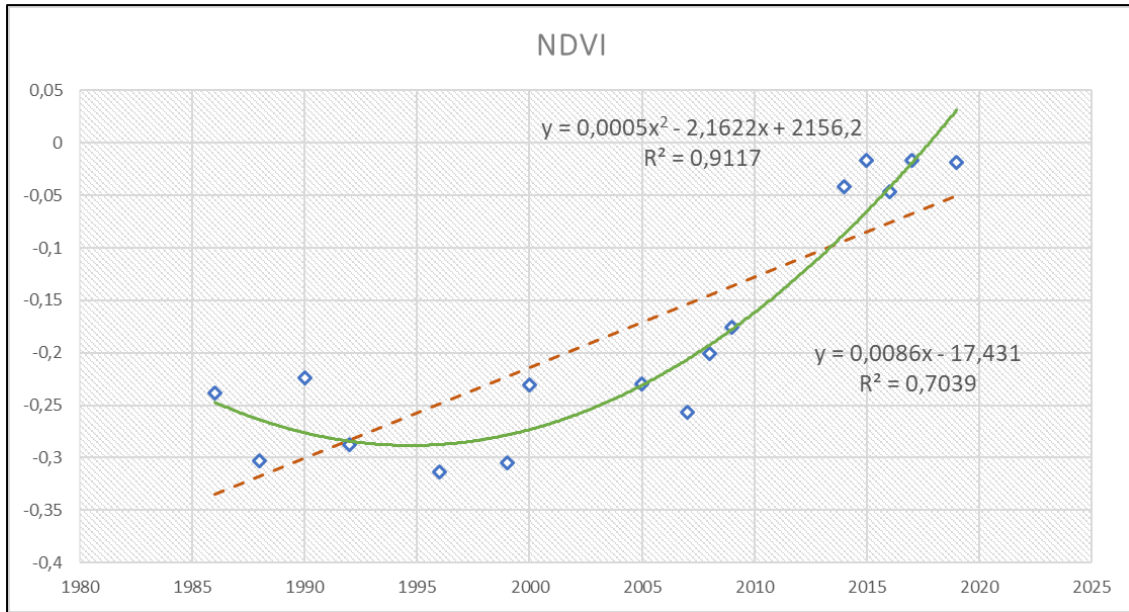
#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	,179	1	,179	24,106	,000
Residual	,104	14	,007		
Total	,284	15			

The independent variable is Year.

#### Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Year ** 2	2,469E-6	,000	,795	4,910	,000
(Constant)	-10,128	2,019		-5,015	,000



**Γράφημα 8: Το διάγραμμα συσχέτισης του δείκτη NDVI με τα έτη για το συνολικό ιστό της Λάρισας**

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,839 <sup>a</sup>	,704	,683	,06390

a. Predictors: (Constant), Year

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,136	1	,136	33,289	,000 <sup>b</sup>
	Residual	,057	14	,004		
	Total	,193	15			

a. Dependent Variable: NDVI

b. Predictors: (Constant), Year

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error				Lower Bound	Upper Bound
1 (Constant)	-17,431	2,990		-5,830	,000	-23,843	-11,019
Year	,009	,001	,839	5,770	,000	,005	,012

a. Dependent Variable: NDVI

## 6.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Σε κάθε περίπτωση, τα υποδείγματα των μεταβολών του MDVI, κάτω από τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν, έδειξαν τάση αύξηση της μέσης τιμής του, με το πέρασμα των ετών. Βασικές επιδράσεις ήταν η διεύρυνση του πολεοδομικού σχεδίου στην δεκαετία του '90 και η οργάνωση και επαναφύτευση από τη μεριά των δημοτικών αρχών των κοινόχρηστων χώρων πρασίνου.

Μπορούμε γενικά, με την αφαιρετική προσέγγιση υπολογισμού μέσω όρων, να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως το μέσο πράσινο κατά τους μήνες της άνοιξης δείχνει να έχει αυξητική τάση μέσα στο χρόνο. Τα μοντέλα που υπολογίστηκαν βέβαια, έχουν περισσότερο ενδεικτική παρά προβλεπτική αξία.

Βασική διαπίστωση είναι πως η πλατφόρμα της GEE αποδείχτηκε ιδανικά οικονομική λύση για τη διαχείριση τεράστιου όγκου δεδομένων και πραγματοποίηση μαζικών υπολογισμών, ώστε να παραχθούν τα βασικά αποτελέσματα.

Μια ακόμα ενδιαφέρουσα προσέγγιση που ίσως αξίζει να διερευνηθεί, είναι η διαφοροποίηση της μεθόδου του υπολογισμού των μέσων τιμών του NDVI. Όπως αναφέρθηκε, ο NDVI, υπολογίστηκε σαν μέση τιμή πολλών εκτιμήσεων του – μια από κάθε εικόνα στη συλλογή. Η προσέγγιση αυτή παριστάνεται αλγεβρικά στην παρακάτω σχέση, όπου B3 και B4 τα ανάλογα κανάλια κάθε εικόνας  $i$  και  $N$  το πλήθος των εικόνων στη συλλογή.

$$\frac{\sum_1^N \left( \frac{B4_i - B3_i}{B4_i + B3_i} \right)}{N}$$

Εναλλακτικά, θα μπορούσε να υπολογίζεται μια “μέση εικόνα”, προερχόμενη από όλη την συλλογή των εικόνων. Η εκτίμηση του NDVI θα μπορούσε να προέρχεται από αυτή την “μέση εικόνα”. Η έκφραση αυτής της εκτίμησης δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\frac{\frac{\sum_1^N B4_i}{N} - \frac{\sum_1^N B3_i}{N}}{\frac{\sum_1^N B4_i}{N} + \frac{\sum_1^N B3_i}{N}} = \frac{\sum_1^N B4_i - \sum_1^N B3_i}{\sum_1^N B4_i + \sum_1^N B3_i}$$

## **Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα – Συζήτηση**

Η βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων αναδεικνύει την αναγκαιότητα της ύπαρξης αστικού πρασίνου εντός αυτών, διότι συμβάλλει όχι μόνο στην αναβάθμιση του ευρύτερου αστικού ιστού αλλά και στην ποιότητα ζωής των κατοίκων και γενικότερα των δρώντων. Η βιωσιμότητα των πόλεων και η ύπαρξη αστικών πράσινων χώρων πλέον αποτελούν προϋπόθεση και περιλαμβάνονται σχεδόν σε κάθε ευρωπαϊκή νομοθεσία που σχετίζεται με το περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, περιλαμβάνονται και στην ελληνική κείμενη νομοθεσία.

Τα οφέλη από το αστικό πράσινο όπως ήδη αναφέρθηκαν είναι πολλαπλά και αδιαμφισβήτητα. Συνεπώς, η απουσία του από τον αστικό ιστό πρέπει να αποτελεί ζητούμενο και διαχρονικό βασικό στόχο του σχεδιασμού και της ευρύτερης διαχείρισης του δημόσιου χώρου και της αστικής διακυβέρνησης.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε σύνταξη και παρουσίαση σε μορφή power point στο 15<sup>ο</sup> Διεθνές Επιστημονικό Συνέδριο για το Διάστημα, την Οικολογία, την Ασφάλεια (SES) 2019 και συντάχθηκε η εργασία για τα πρακτικά του συνεδρίου:

Gkatzioura, P., Gitsakis, N. and Perakis, K. (2019). Exploring Remote Sensing Trends And Opportunities: Google Earth Engine Application On Urban Green Areas, at the Fifteenth International Scientific Conference: Space, Ecology, Safety. Sofia, Bulgaria, 6 – 8 November.

## **Βιβλιογραφία**

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

Tuzin, B., Leeuwen, E., Rodenburg, C. and Peter, N., (2002). *Development and Management of Green Spaces in European Cities: A Comparative Analysis*, at the International Conference ISOCARP - The Pulsar Effect. Athens, Greece, 21-26 September.

Nicol, C. and Blake, R. (2000). Classification and use of open space in the context of increasing urban capacity. *Planning Practice and Research*, 15(3):193-210.

Arvanitidis, P. and Skouras, D. (2008). *Urban green, housing and property taxes: exploring the links in major English cities*, Department of Planning and Regional Development, University of Thessaly, Volos.

Bolitzer, B. and Netusil, N.R. (2000). The impact of open spaces on property values in Portland Oregon, *Journal of Environmental Management*, 59:185-193.

Crompton, L. (2005). The impact of parks on property values: empirical evidence from the past two decades in the United States, *Managing Leisure*, 10:203-218.

Cristina, S., Fragoso, Br., Icely, J. and Grant, J. (2018). *Remote Sensing for Marine Spatial Planning and Aquaculture*, Aquaspace project document, Sagaremisco, Portugal.

Dunkin, S.K. and Heather, D.J. (2000). *Remote sensing of the moon: the past, present and future*, in: ICEUM 4. The Netherlands, 10 - 15th July.

Barrett, E. and Curtis, L. (1999). *Introduction to Environmental Remote Sensing*. Psychology Press, England.

Wulder, A., Masek, G., Cohen, B., Loveland, R. and Woodcock, E. (2012). Opening the archive - How free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat. *Remote Sensing of Environment*, 122: 2-10.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thaub, D. and Moore, R. (2017). Google Earth Engine - Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*.

Venterino, R., Schall, M., and Solichin, J. (2014). Google Earth Engine as a remote sensing tool. *International Journal of Remote Sensing and Geoscience*.

Gkatzioura, P., Gitsakis, N. and Perakis, K. (2019). *Exploring Remote Sensing Trends And Opportunities: Google Earth Engine Application On Urban Green Areas*, at the Fifteenth International Scientific Conference: Space, Ecology, Safety. Sofia, Bulgaria, 6 – 8 November.

- Mutanga, O. and Kumar, L. (2019). Google Earth Engine Applications. *Remote Sensing*.
- Huang, C., Yang, J. and Jiang, P. (2018). Assessing impacts of urban form on landscape structure of urban green spaces in China using Landsat images based on Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 10: 1569-1582.
- Sidhu, N., Pebesma, E. & Câmara, G. (2018). Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. *European Journal of Remote Sensing*, 51:1, 486-500.
- Richards, R. and Belcher, N. (2020). Global Changes in Urban Vegetation Cover. *Remote Sensing*.
- Richards, R., Passy, P. and R.Y. Oh., R., Impacts of population density and wealth on the quantity and structure of urban green space in tropical Southeast Asia. *Landscape Urban Planning*, 157: 553–560.
- Huang, C., Yang, J., Lu, H., Huang, H. and Yu, L. (2017). Green Spaces as an Indicator of Urban Health: Evaluating Its Changes in 28 Mega-Cities. *Remote Sensing*.
- Silleos, N., Alexandridis, T., Gitas, I. and Perakis K. (2006). Vegetation indices: 30 years advances in biomass estimation and vegetation monitoring. *Geocarto International*.
- Kriegler, J., Malila, A., Nalepka, F. and Richardson, W. (1969). *Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition*, at the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment from University of Michigan.
- Rouse, W., Haas, H., Schell, A. and Deering, W., (1973). *Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS*, at the 3<sup>rd</sup> ERTS Symposium of NASA.

### **Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία**

- Αρσενίου, Δ. (2010). *Αστικό πράσινο & Δίκτυα πρασίνου στις σύγχρονες πόλεις: Πιλοτική εφαρμογή δικτύου πρασίνου στην πόλη του Βόλου*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Λιονάτου, Μ. (2008). *Αρχιτεκτονική τοπίου και Δίκτυα πρασίνου στα σύγχρονα αστικά κέντρα: Δυνατότητες και Προοπτικές – Μεθοδολογία και Εφαρμογή: Το παράδειγμα της Λάρισας*. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Μιχαηλίδου, Ι. (2018). *Η Συμβολή των Χώρων Αστικού Πρασίνου στη Βιώσιμη Ανάπτυξη και η Επιρροή τους στην Εκτίμηση Αξίας των Ακινήτων*. Ερευνητική Εργασία. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Μπελαβίλας, Ν. και Βαταβάλη, Φ. (επ.) (2009). *Πράσινο και ελεύθεροι χώροι στην πόλη*, Αθήνα: WWF Ελλάς.

Μερτίκας, Στ. (1999). *Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας*, Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.

Χατζόπουλος, Ι. (2012). *Γεωχωροπληροφορική Τοπογραφία*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα  
Καρτάλης, Κ. και Φειδάς, Χ. (2018). *Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα

Παρχαρίδης, Ι. (2015). *Αρχές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης* [ηλεκτρ. βιβλ.], Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/3960>

Χρυσουλάκης, Ν. (2000). Ανάπτυξη πρότυπου αλγόριθμου για την ανίχνευση και παρακολούθηση μετώπων φωτιάς και λοφίων που προκαλούνται από βιομηχανικά ατυχήματα με χρήση Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Φυσικής, Τομέας Φυσικής Εφαρμογών, Εργαστήριο Μετεωρολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Θέμελης, Αθ. (2010). *Ταξινόμηση Αστικού Χώρου με χρήση Υπερφασματικής Τηλεπισκόπησης*. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Μανουδάκης, Στ. (2018). *Διαχείριση δορυφορικών δεδομένων Sentinel στην πλατφόρμα του Google Earth Engine*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Γαλιώνης, Δ. (2013). *Περιβαλλοντικές Εφαρμογές με Λογισμικά Ανοικτού Κώδικα*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς.

Νικολάου, Ε., Γκανάς, Α., Αθανασίου, Ε. και Ρετάλης, Α. (2000). Χρήση δεικτών βλάστησης για τη διαχρονική χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων στην περιοχή του όρους Πεντέλη. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, σειρά II, τόμος 11, τεύχος 3/2000, 258-271.

## Ηλεκτρονικές διευθύνσεις διαδικτύου

Μαργαρίτη, Λ. (2016). Τα αστικά πάρκα και η συμβολή τους στην αστική αειφορία, Διαθέσιμο στο:

<http://www.diktuo.org/wp/2016/02/11/%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%80%CE%AC%CF%81%CE%BA%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B7-%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%>

Παρασκευή Η. Γκατζιούρα **Error! Use the Home tab to apply Επικεφαλίδα 1 to the text that you want to appear here.**

---

[BF%CE%BB%CE%AE-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82-](#)

[%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD/](#) [Προσπελάστηκε στις 10 Μαΐου 2019]

Μπαγινέτας, Κ. (2012). Η αξία και ο ρόλος του αστικού πρασίνου, Διαθέσιμο στο: <http://bagnetas.com/?p=98> [Προσπελάστηκε στις 8 Ιουνίου 2019]

Γεωργιοπούλου, Τ. (2010). Η έλλειψη πρασίνου μάς κοστίζει, Διαθέσιμο στο: <http://www.kathimerini.gr/409784/article/epikairothta/ellada/h-elleiyh-prasinoy-maskostizei> [Προσπελάστηκε στις 8 Ιουνίου 2019]

Ηλεκτρονική Ιστοσελίδα Landsat Science για το δορυφόρο Landsat - 5 - TM, Διαθέσιμο στο: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-5/> [Προσπελάστηκε στις 13 Ιανουαρίου 2020]

Ηλεκτρονική Ιστοσελίδα Landsat Science για το δορυφόρο Landsat 8 OLI/TIRS, Διαθέσιμο στο: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/> [Προσπελάστηκε στις 13 Ιανουαρίου 2020]