

Αξιοποίηση δορυφορικών παρατηρήσεων για τη διαχείριση ακραίων φαινομένων στο φυσικό και αστικό περιβάλλον

Κωνσταντίνος Καρτάλης - Θάλεια Μαυράκου
Αναστάσιος Πολύδωρος - Ρωμανός Φωσκίνης
Τομέας Φυσικής Περιβάλλοντος, ΕΚΠΑ



- **Δορυφορική Τηλεπισκόπηση** → λήψη πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μια περιοχή ή ένα φαινόμενο από απόσταση μέσω δορυφόρων

- Η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την μελέτη:
 - Του καιρού και των ακραίων καιρικών φαινομένων
 - Των ωκεανών
 - Του αστικού περιβάλλοντος
 - Της αέριας ρύπανσης
 - Των δασών
 - Της γεωργίας
 - Των φυσικών καταστροφών

- Συνδράμει σε όλες τις φάσεις της διαχείρισης ακραίων φαινομένων
 - Πρόληψη (π.χ. εκτίμηση τρωτότητας και κινδύνου)
 - Ετοιμότητα (π.χ. σχέδια διαχείρισης, έγκαιρη προειδοποίηση)
 - Απόκριση (π.χ. άμεση εκτίμηση της κατάστασης)
 - Αποκατάσταση (π.χ. αξιολόγηση ζημιών)

Τι προσφέρει η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση;

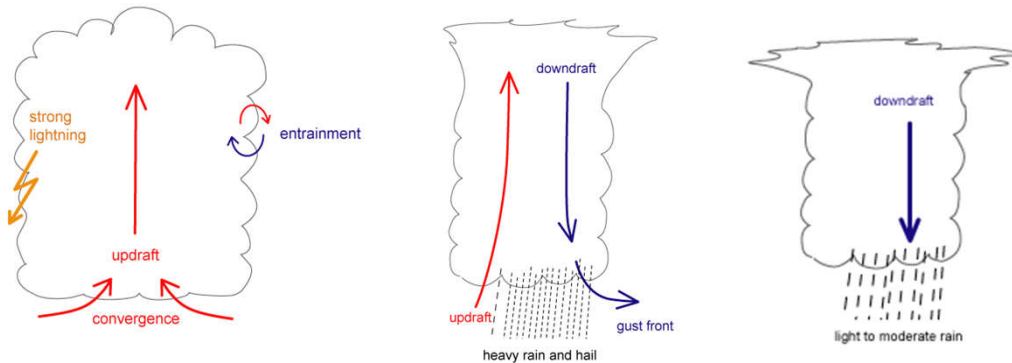
- ✓ Η συνοπτική απεικόνιση μεγάλων περιοχών
- ✓ Η γρήγορη παροχή πληροφοριών
- ✓ Η δυνατότητα διαχρονικών λήψεων
- ✓ Χαμηλό κόστος

Ακραία καιρικά φαινόμενα

«Ακραία καιρικά φαινόμενα» ορίζονται τα καιρικά φαινόμενα που όταν εκδηλώνονται στην ακραία μορφή τους έχουν το δυναμικό να προκαλέσουν φυσικές καταστροφές, απώλειες ανθρώπινων ζωών, υλικές απώλειες καθώς επίσης και επιπτώσεις στο κοινωνικό-οικονομικό σύστημα.

Ένα καιρικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως **ακραίο** είτε από την ένταση του, είτε από την διάρκεια του ή και από την συχνότητα εμφάνισης του.

Καταιγίδες



Μέσης κλίμακας συστήματα
(ΜΚΣ)

Χαρακτηριστικά των ΜΚΣ:

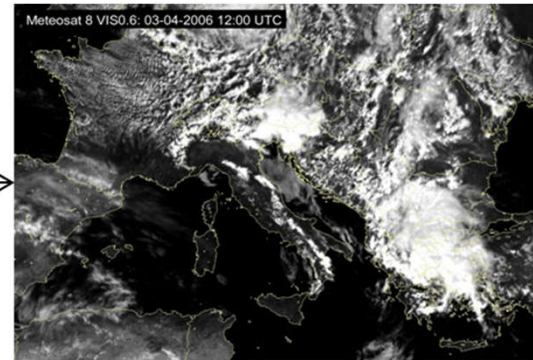
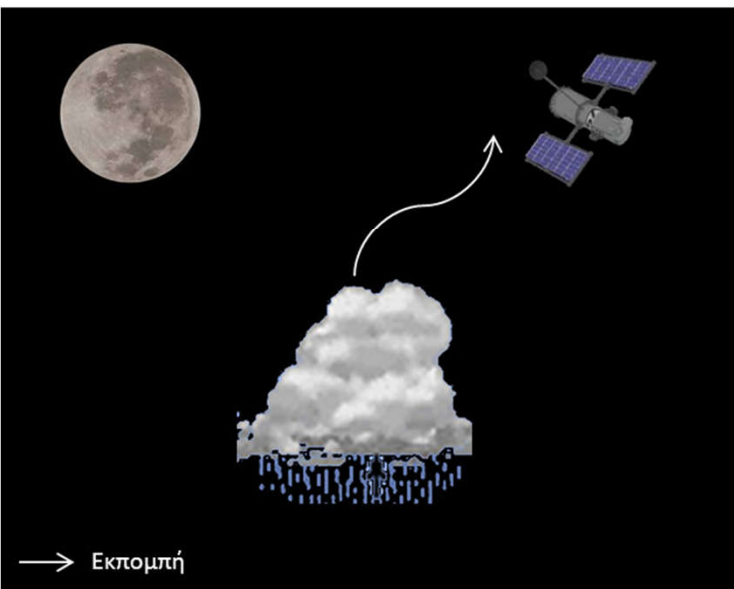
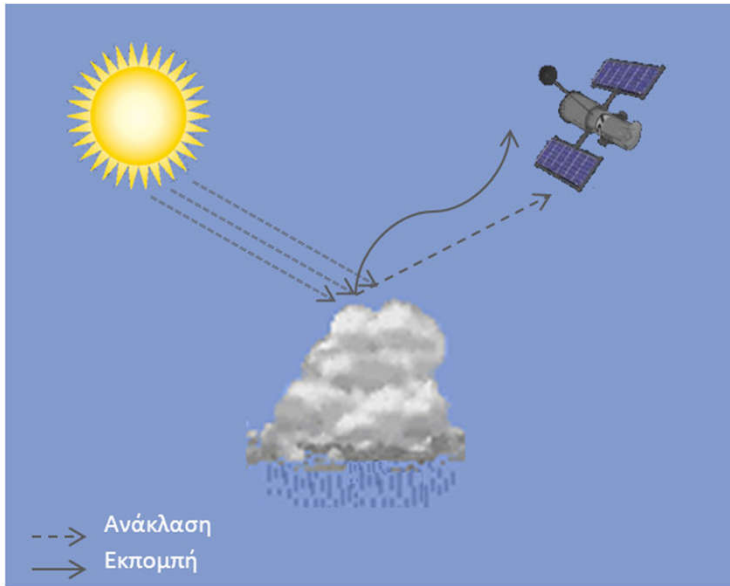
- έχουν μεγάλο χρόνο ζωής (6-12ώρες)
- προκαλούν βροχόπτωση σε ζώνη 100km
- προκαλούν πλημμύρες και καταστροφές

Ακραία καιρικά φαινόμενα

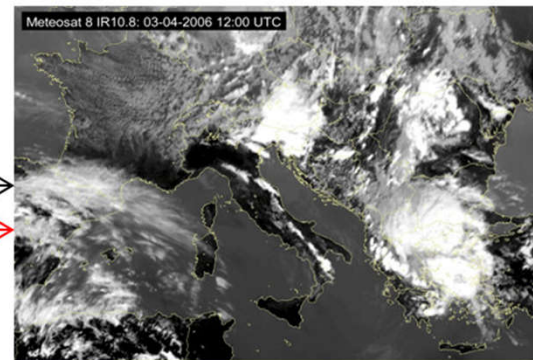
Οι καταιγίδες μπορούν να μελετηθούν με αρκετά εργαλεία. Η συμβολή της δορυφορικής τηλεπισκόπησης στη μελέτη των καταιγίδων είναι ουσιαστική, καθώς τα δορυφορικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα κάλυψης ολόκληρου του πλανήτη και χρησιμοποιούν αρκετές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο συνεχή δεδομένα διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων, ακόμη και από περιοχές απρόσιτες με άλλα μέσα.



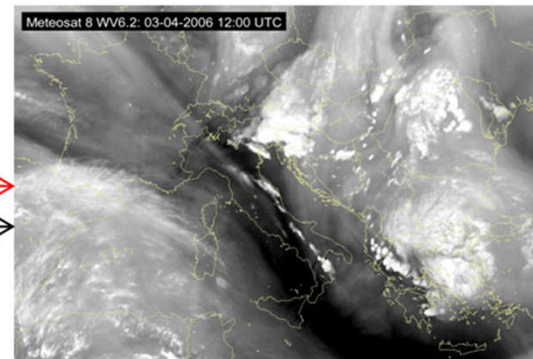
Ακραία καιρικά φαινόμενα



Εικόνα στο κανάλι του ορατού (VIS)



Εικόνα στο κανάλι του θερμικού υπέρυθρου (IR)



Εικόνα στο κανάλι των υδρατμών (WV)

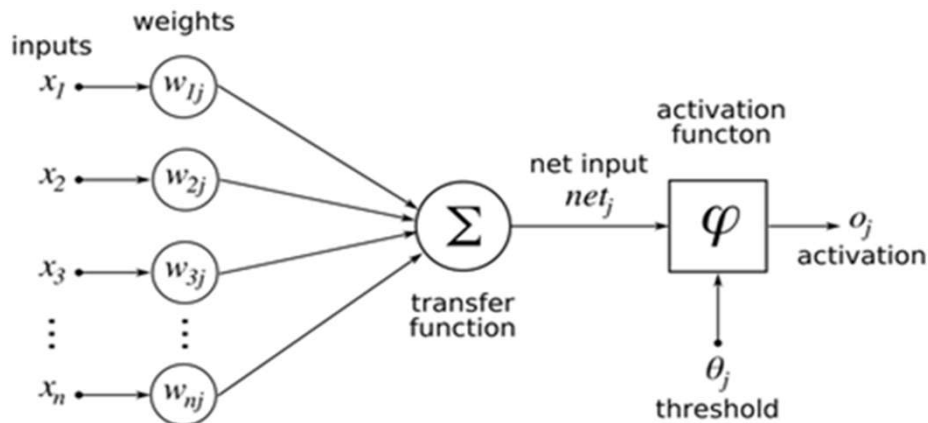
Ακραία καιρικά φαινόμενα

- Στόχος είναι να αφομοιώσουμε το σύνολο των πληροφοριών από τα δορυφορικά δεδομένα με σκοπό να εκτιμήσουμε την ένταση της βροχόπτωσης σε συνδυασμό με δεδομένα από επίγειους σταθμούς

Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ύπαρξης σχέσης μεταξύ των φυσικών ιδιοτήτων, που έχει ένα καταιγιδοφόρο νέφος στην κορυφή του με την ένταση της βροχόπτωσης κάτω από τον καταιγιδοφόρο πυρήνα.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν νευρωνικά δίκτυα στην προσπάθεια δημιουργίας ενός μοτίβου, το οποίο θα μπορεί συλλέγοντας τις παρατηρήσεις του δορυφόρου στα διάφορα φασματικά κανάλια να προβλέπει την ένταση της βροχόπτωσης.

ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ



$$f(w * X + \beta) = Y$$

Diagram illustrating the relationship between the weights w_1, \dots, w_n and the input vector $\begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$ in the equation $f(w * X + \beta) = Y$.

Δημιουργία συνάρτησης σύνδεσης μεταξύ των X και Y παραμέτρων

Ακραία καιρικά φαινόμενα

Εκτίμηση βροχόπτωσης από δορυφορικά δεδομένα με τη χρήση νευρωνικών δικτύων και δορυφορικών δεδομένων Meteosat Rapid scan.

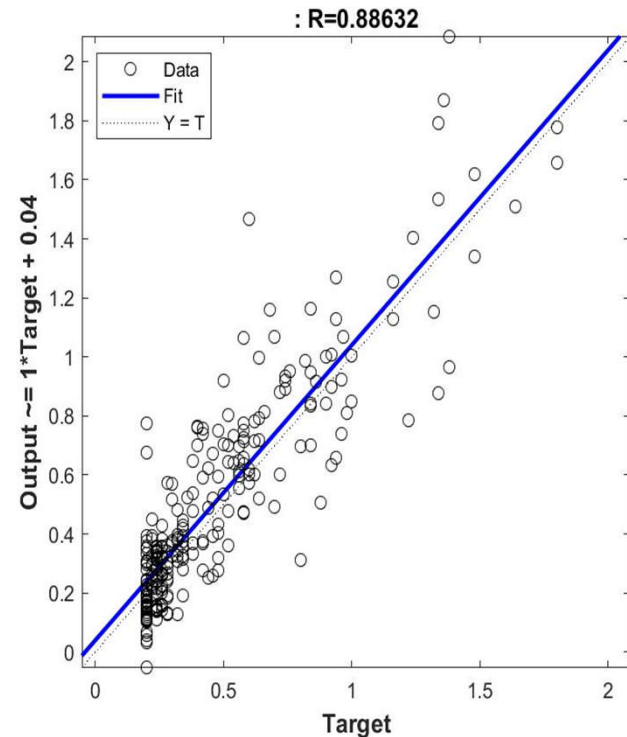
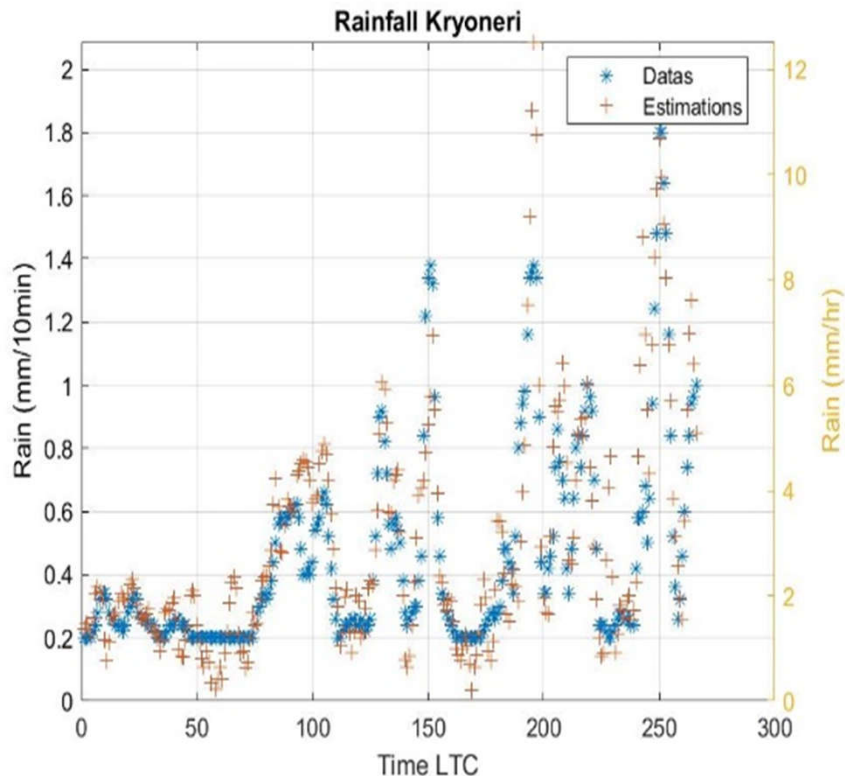
Αριθμός καναλιού	Φασματική περιοχή (μm)		Εύρος φασματικής περιοχής (μm)	Χωρική ανάλυση (km)	Χρονική Ανάλυση (min)
1	VIS0.6	ορατό (κόκκινο)	0.56-0.71	3	5
2	VIS0.8	εγγύς υπέρυθρο	0.74-0.88		
3	NIR1.6	μέσο υπέρυθρο	1.50-1.78		
4	IR3.9	θερμικό υπέρυθρο	3.48-4.36		
5	WV6.2	θερμικό υπέρυθρο	5.35-7.15		
6	WV7.3	θερμικό υπέρυθρο	6.85-7.85		
7	IR8.7	θερμικό υπέρυθρο	8.30-9.10		
8	IR9.7	θερμικό υπέρυθρο	9.38-9.94		
9	IR10.8	θερμικό υπέρυθρο	9.80-11.80		
10	IR12.0	θερμικό υπέρυθρο	11.00-13.00		
11	IR13.4	θερμικό υπέρυθρο	12.40-14.40		
12	HRV	υψηλής ανάλυσης ορατό	0.40-1.10	1	5

Ακραία καιρικά φαινόμενα

1^ο βήμα: Επιλογή 15 καταιγιδοφόρων επεισοδίων του 2017 για την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου με τη βοήθεια επίγειων σταθμών

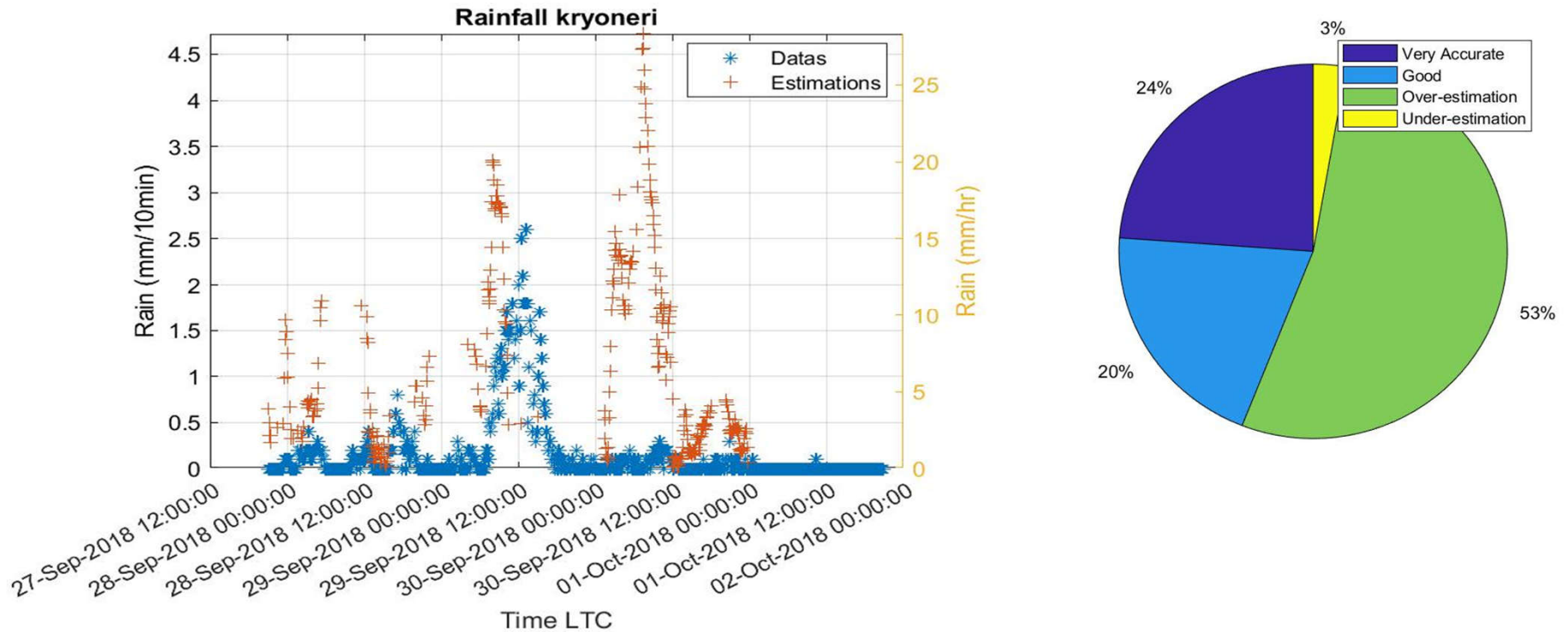
2^ο βήμα: Εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού δορυφορικών παρατηρήσεων για την πρόβλεψη της βροχόπτωσης με τη χρήση στατιστικών μεθοδολογιών

3^ο βήμα: Εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου



Ακραία καιρικά φαινόμενα

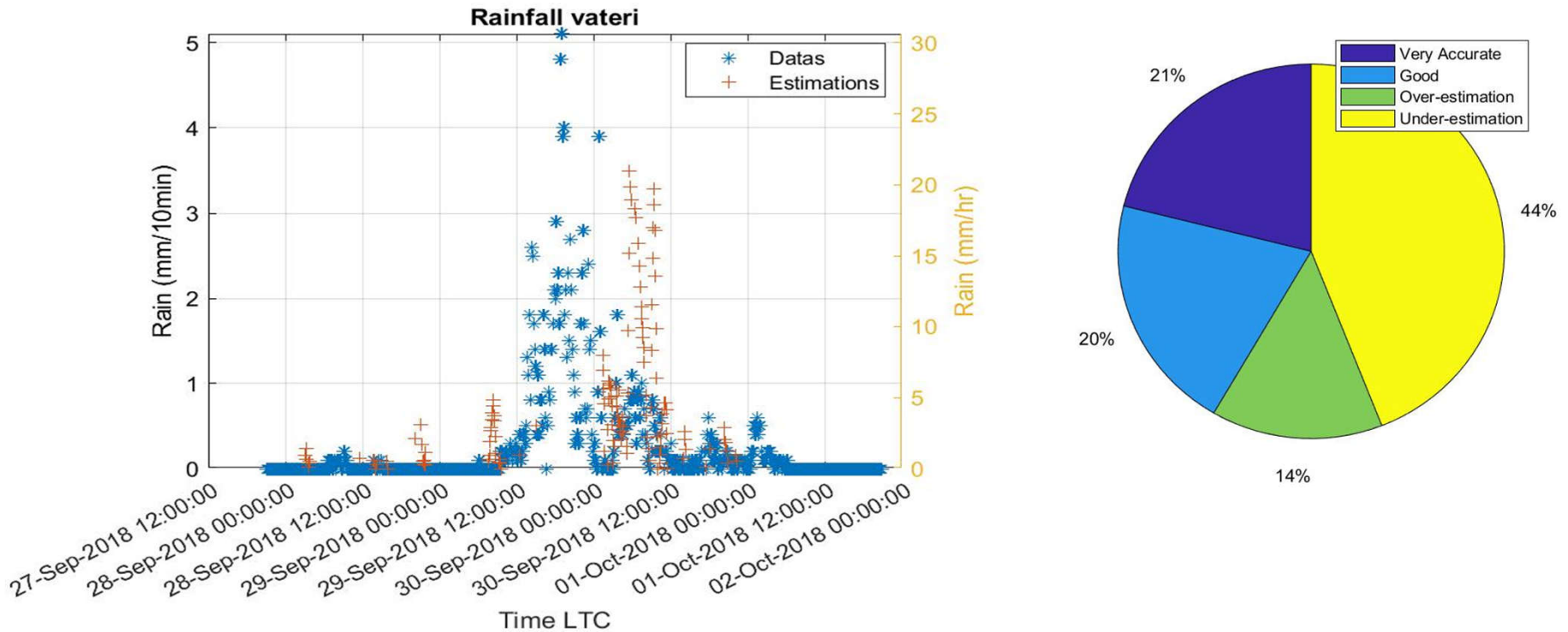
4^ο βήμα: Εφαρμογή του νευρωνικού δικτύου σε πρόσφατα καταιγιδοφόρα επεισόδια



- Σοβαρές καταστροφές σε υποδομές και κτήρια από τους ισχυρούς ανέμους σε Αττική και Μεσσηνία. Πλημμύρες και κατολισθήσεις σε Εύβοια, Φθιώτιδα, Αργολίδα, Κορινθία και Λακωνία. Ριπές ανέμου 126 km/h.

Ακραία καιρικά φαινόμενα

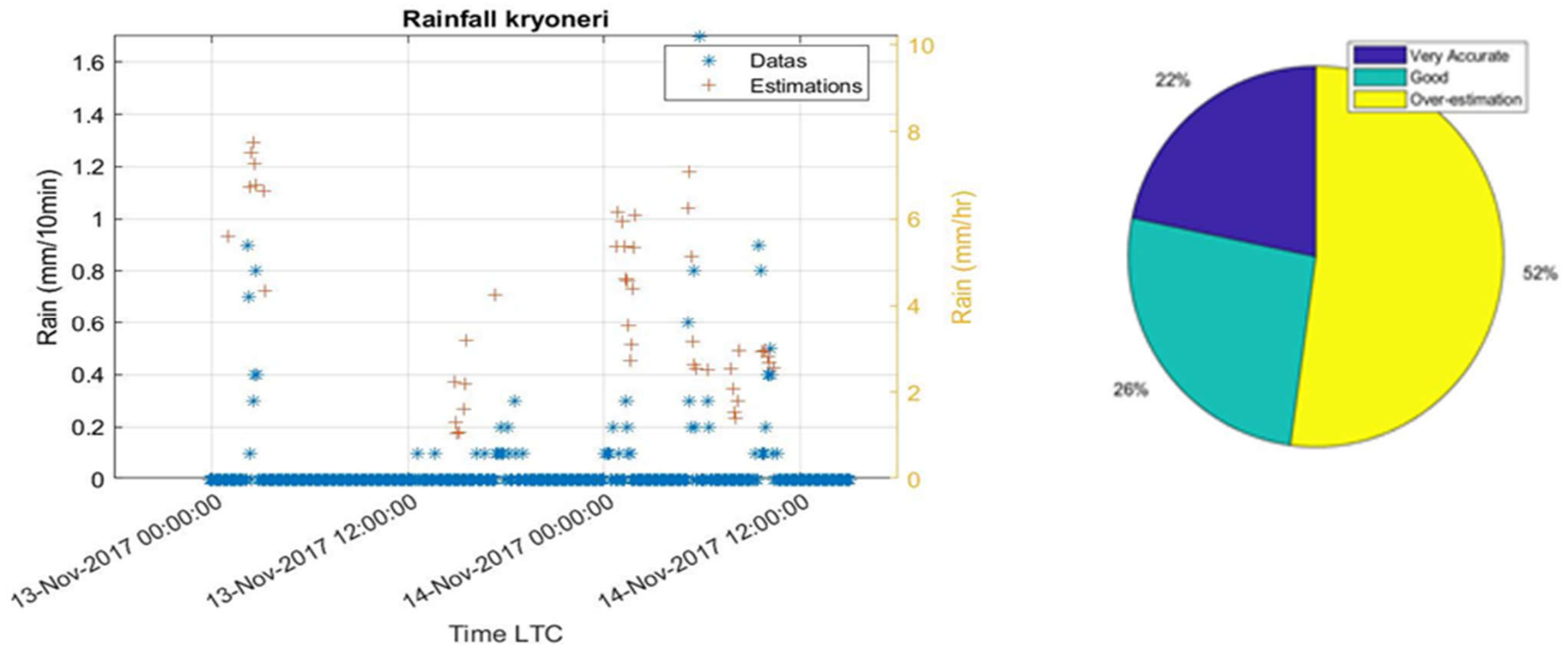
4^ο βήμα: Εφαρμογή του νευρωνικού δικτύου σε πρόσφατα καταιγιδοφόρα επεισόδια



- Η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας κήρυξε σε κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης Δήμους και Δημοτικές Ενότητες των Περιφερειών Πελοποννήσου, Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας

Ακραία καιρικά φαινόμενα

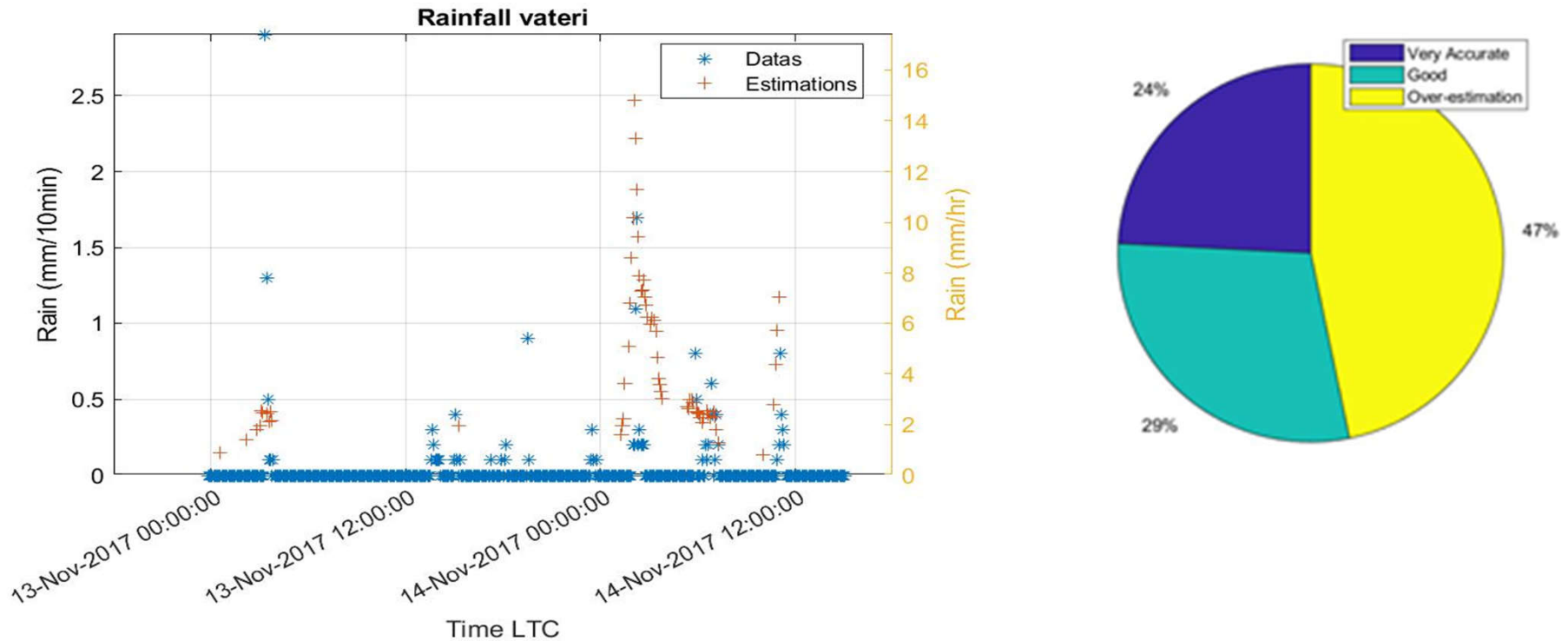
4^ο βήμα: Εφαρμογή του νευρωνικού δικτύου σε πρόσφατα καταιγιδοφόρα επεισόδια



- Απώλεια ανθρωπίνων ζωών, ισχυρές καταρακτώδεις βροχές που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της νύκτας της 14ης Νοεμβρίου και με ιδιαίτερη ένταση κατά τις πρώτες πρωινές ώρες της 15ης Νοεμβρίου 2017 είχαν ως αποτέλεσμα να προκληθούν καταστροφικά πλημμυρικά φαινόμενα στη Δυτική Αττική.

Ακραία καιρικά φαινόμενα

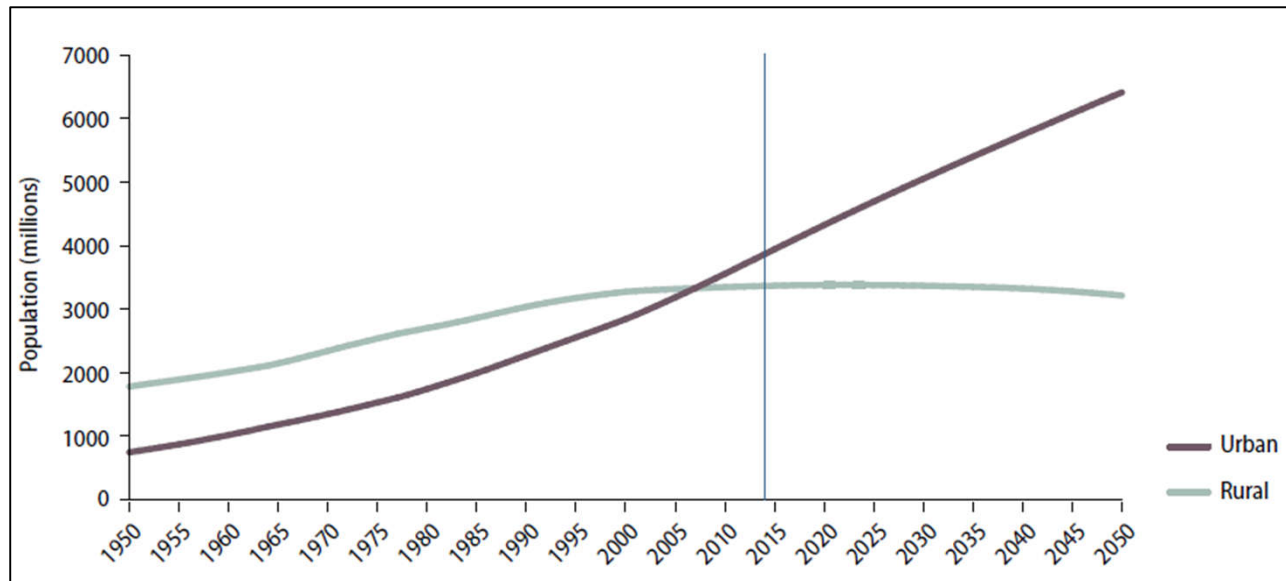
4^ο βήμα: Εφαρμογή του νευρωνικού δικτύου σε πρόσφατα καταιγιδοφόρα επεισόδια



- Τέθηκαν σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης η Σύμη και η Δ. Αττική και προκαλώντας επίσης πλημμύρες, εγκλωβισμοί ανθρώπων και σοβαρές υλικές ζημιές σε Κατερίνη, Ημαθία, Θεσσαλονίκη, Χαλκιδική, Λάρισα και Πάτρα.

Αστικό περιβάλλον

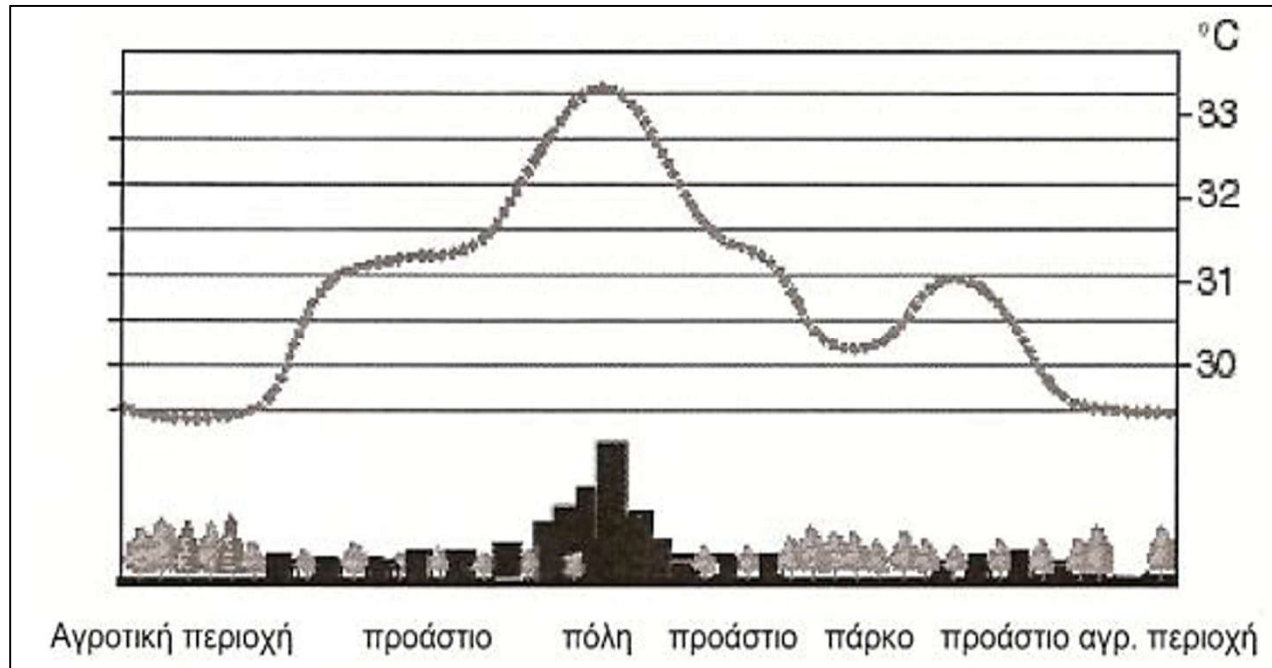
- Η αύξηση της αστικών περιοχών επιδεινώνει τα περιβαλλοντικά προβλήματα σε μία πόλη. Παράλληλα η έλλειψη αποτελεσματικού ελέγχου και σχεδιασμού του τρόπου δόμησης έχει σημαντικές επιπτώσεις στο αστικό μικροκλίμα. Η αντικατάσταση της βλάστησης και των φυσικών υλικών του εδάφους με κτήρια, δρόμους και ανθρωπογενή υλικά οδηγεί σε αλλαγή του θερμικού ισοζυγίου με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και του εδάφους στις πόλεις, ειδικά στις πυκνοδομημένες περιοχές.



Αστικός και αγροτικός πληθυσμός μεταξύ 1950 και 2050

Αστικό περιβάλλον

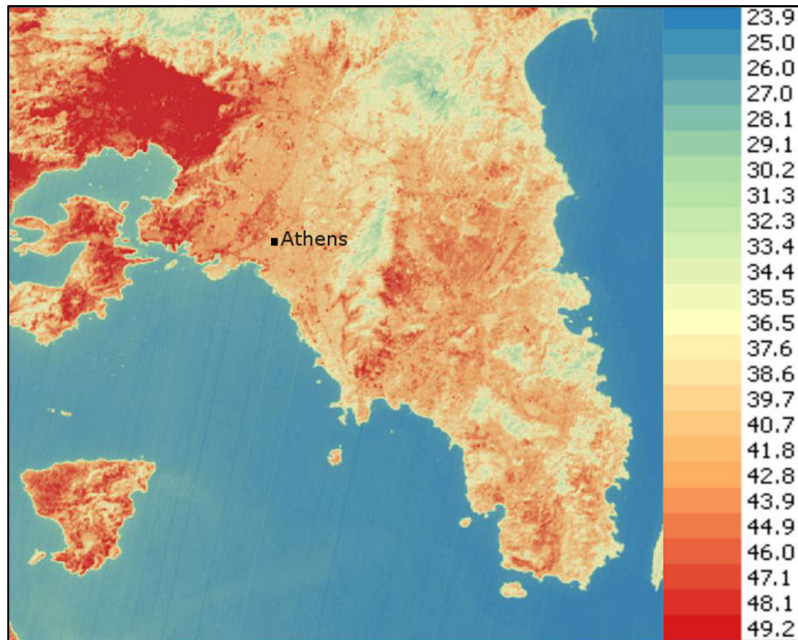
- Το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα στις αστικές περιοχές είναι γνωστό ως «αστική θερμική νησίδα»



- **Επιπτώσεις της Αστικής Θερμικής Νησίδας**
 - Αυξημένη κατανάλωση ενέργειας
 - Αυξημένες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου
 - Έκθεση της υγείας και άνεσης των ανθρώπων σε κίνδυνο

Αστικό περιβάλλον

- Με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων μπορούμε να υπολογίσουμε την επιφανειακή θερμοκρασία σε καλύτερη χωρική ανάλυση σε σύγκριση με ένα δίκτυο επίγειων μετρήσεων. Ανάλογα με το σκοπό της μελέτης μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα υψηλής χωρικής ανάλυσης (30 ~ 100 μέτρα) με μικρή χρονική ανάλυση (~ κάθε 15 ημέρες) είτε δεδομένα μικρής χωρικής ανάλυσης (1000 μέτρα) με υψηλή χρονική ανάλυση (λήψη 2 φορές την ημέρα).
- Για την εξαγωγή της επιφανειακής θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται τα κανάλια που καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο φάσμα του θερμικού υπέρυθρου και ειδικότερα στα μήκη κύματος 8-14 μm .



Επιφανειακές θερμοκρασίες ($^{\circ}\text{C}$) με χρήση του δορυφόρου Landsat 8 (χωρικής ανάλυσης 60 x 60 μέτρα) για τυπική ημέρα του καλοκαιριού.

Αστικό περιβάλλον

ΔΟΡΥΔΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

LANDSAT

TERRA

16 days



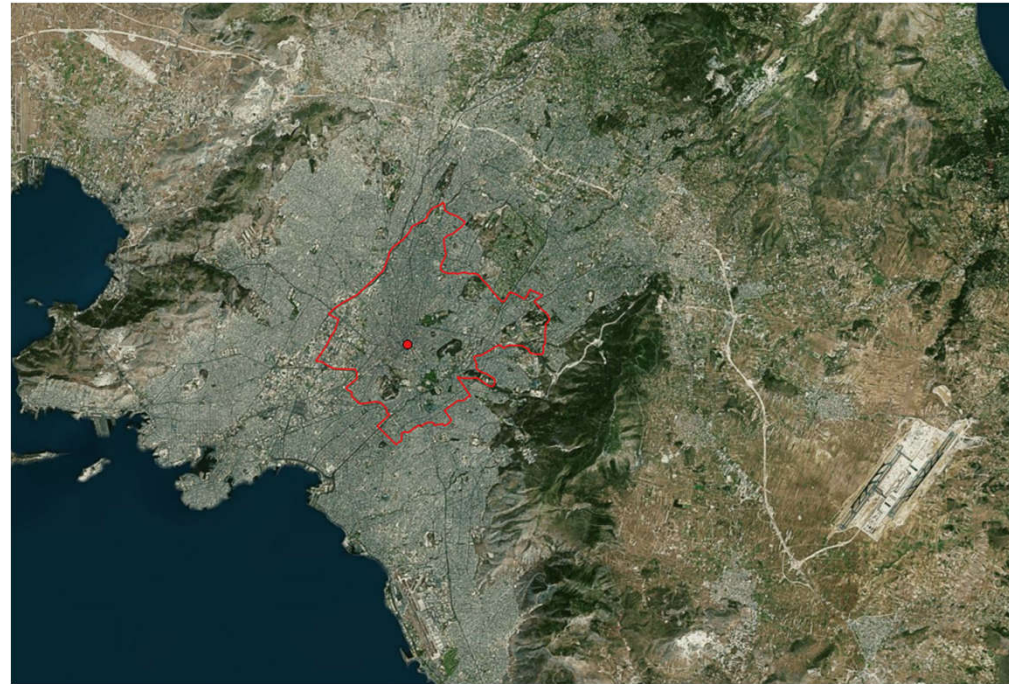
Daily

60 m

1x1km

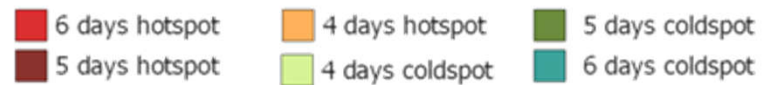
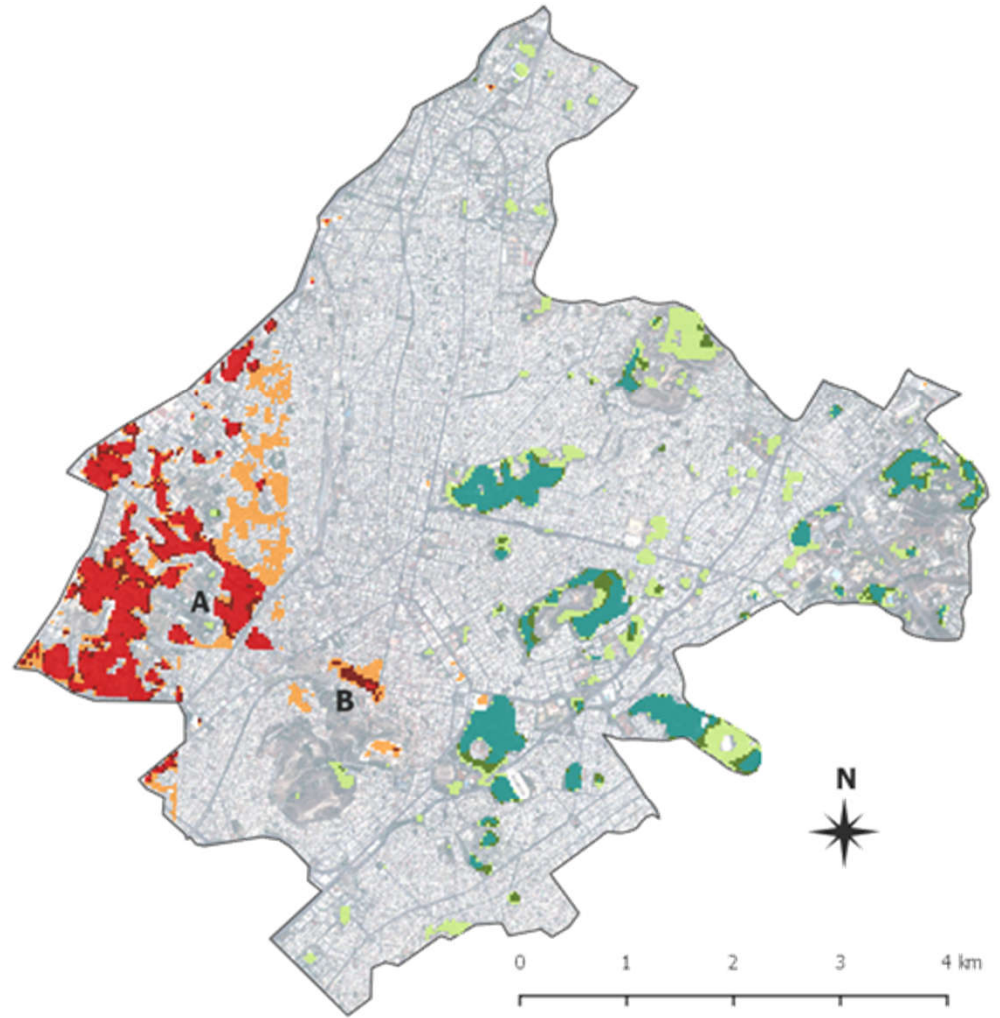
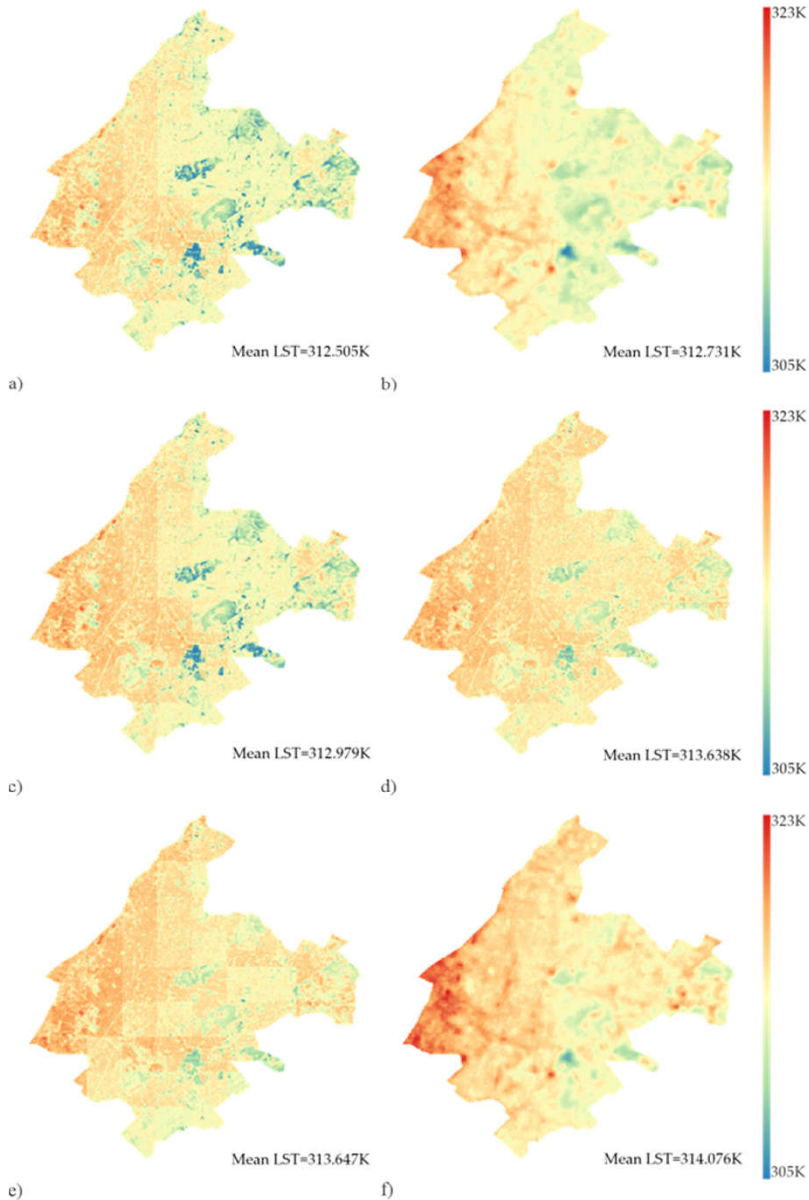
60 m

Daily



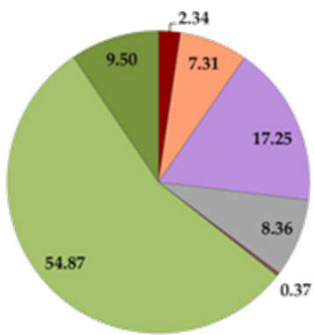
- Η ανάλυση δεν μπορεί να βασιστεί μόνο σε δεδομένα Landsat (16 ημέρες).
- Δεδομένα από τον αισθητήρα MODIS παρέχουν καθημερινή πληροφορία για το LST
- Με συνδυασμό των παραπάνω και κατάλληλες τεχνικές υποβιβασμού κλίμακας επιτυγχάνουμε τον υπολογισμό της επιφανειακής θερμοκρασίας σε καλή χωρική και χρονική ανάλυση

Αστικό περιβάλλον

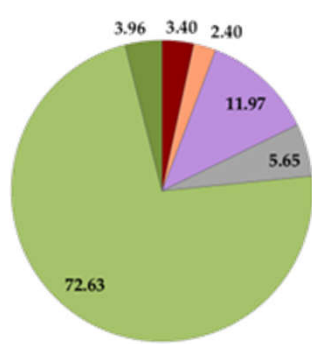


Αστικό περιβάλλον

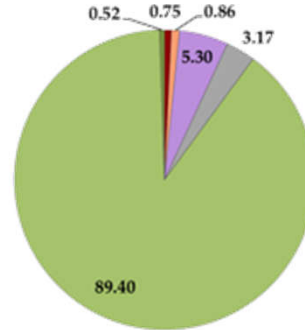
4-days Cold Spots



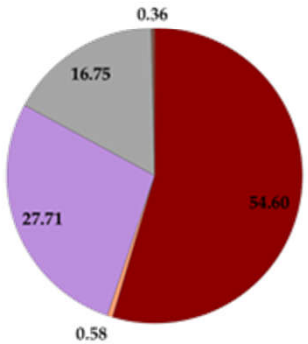
5-days Cold Spots



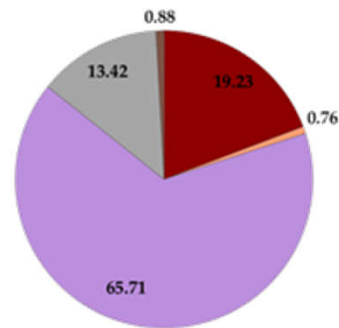
6-days Cold Spots



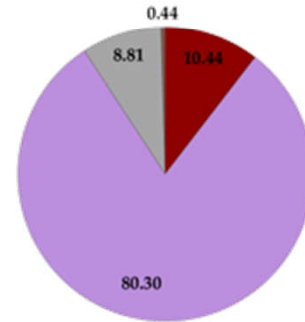
4-days Hot Spots



5-days Hot Spots



6-days Hot Spots

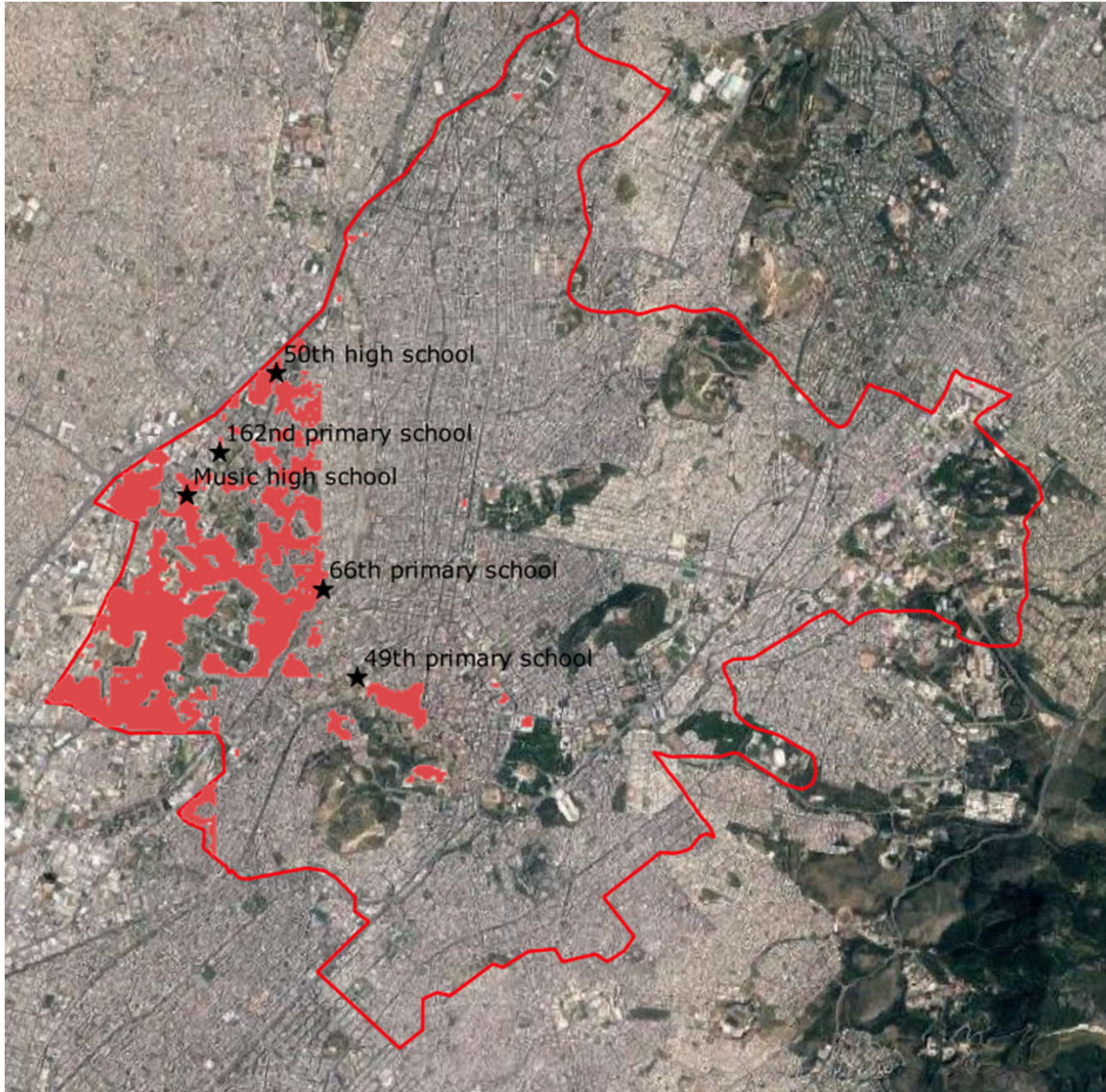


- Continuous urban fabric (S.L. : > 80%)
- Industrial, commercial, public, military and private units
- Construction sites/Land without current use
- Sports and leisure facilities
- Discontinuous dense urban fabric <80%
- Other roads and associated land
- Green urban areas

Διαπιστώθηκε στενή σύνδεση μεταξύ χρήσεων γης και θερμών σημείων.

- Τα θερμά σημεία εντοπίζονται σε βιομηχανικές και πυκνοδομημένες αστικές περιοχές

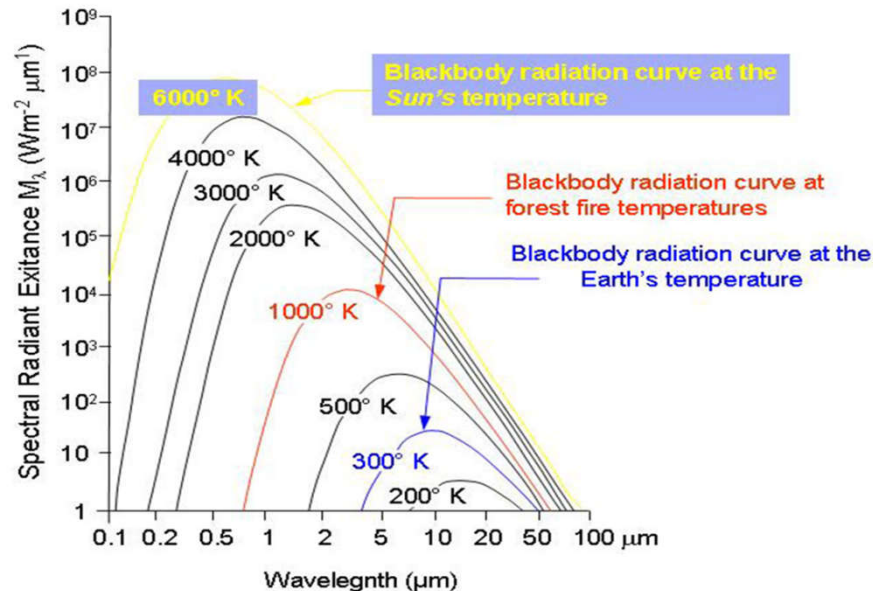
Αστικό περιβάλλον



Σχολεία του δήμου Αθηναίων που εντοπίζονται σε hot spot

Δασικές πυρκαγιές

- Το κυρίαρχο μήκος κύματος θα καθορίσει σε ποια περιοχή του φάσματος θα αναζητήσουμε πληροφορίες.
- Για παράδειγμα, δασικές πυρκαγιές που φτάνουν τους **800 °K** έχουν κυρίαρχο μήκος κύματος περίπου στα **3.62 μm** οπότε η κατάλληλη περιοχή του φάσματος που πρέπει να βλέπει ο δορυφόρος είναι τα **3-5 μm** του θερμικού υπέρυθρου.
- Αν ενδιαφερόμαστε να παρατηρήσουμε **το έδαφος ή το νερό που έχουν θερμοκρασία περίπου 300 °K** και κυρίαρχο μήκος κύματος τα **9.66 μm**, τότε ο δορυφορικός ανιχνευτής πρέπει να καταγράφει στη περιοχή των **8 - 14 μm**.



Δασικές πυρκαγιές

VISIBLE

July 23, 2018

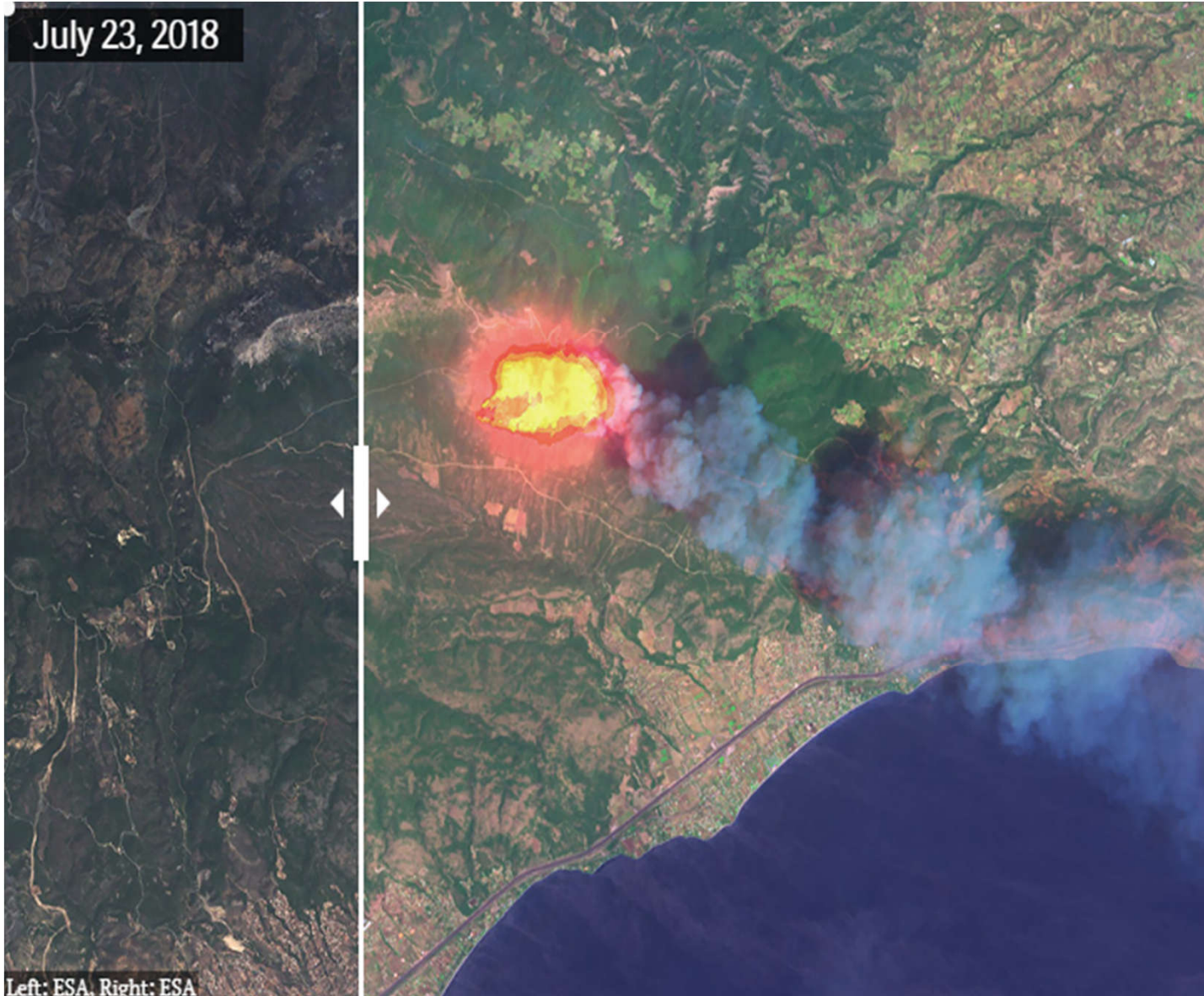


ESA

Δασικές πυρκαγιές

MID INFRARED

July 23, 2018



Δασικές πυρκαγιές

Η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση μπορεί να συνεισφέρει και στις τρεις περιόδους μια πυρκαγιάς:

- **Προκαταστροφικό στάδιο (ΠΡΟΛΗΨΗ – ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑ):**

Χαρτογράφηση κινδύνων, εκτίμηση τρωτότητας περιοχής, κάλυψη γης, καύσιμη ύλη, περιεχόμενη υγρασία βλάστησης

- **Συνκαταστροφικό στάδιο (ΑΠΟΚΡΙΣΗ – ΕΠΕΜΒΑΣΗ):**

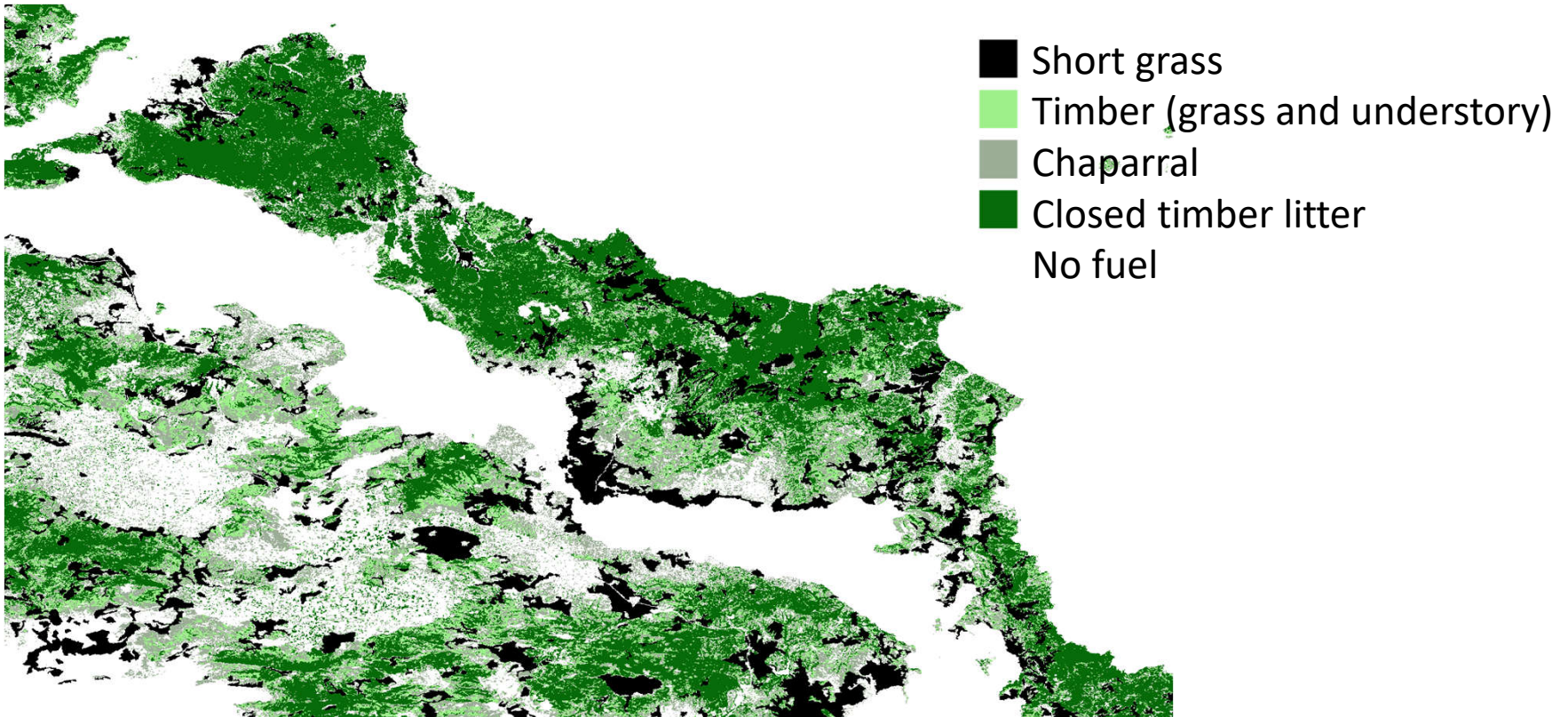
Ανίχνευση και παρακολούθηση – εκτίμηση εξέλιξης φαινομένου

- **Μετακαταστροφικό στάδιο (ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ – ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ):**

Καμένη έκταση και σφοδρότητα πυρκαγιάς

Πριν τη πυρκαγιά

Το σύνολο του δάσους αποτελεί καύσιμη ύλη, καθώς όλα τα μέρη του (χόρτα, μικροί και μεγάλοι θάμνοι, δένδρα) είναι αναφλέξιμα υλικά. Ο τρόπος όμως που τα υλικά αυτά αναφλέγονται και η επίδρασή τους στη συμπεριφορά της φωτιάς ποικίλει ανάλογα με τη διάταξή τους στο χώρο, την ποσότητά τους, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, τη θερμοκρασία τους και την περιεχόμενη σε αυτά υγρασία.



Υπολογισμός καύσιμης ύλης από τον δορυφόρο Landsat (30 μ.).

Παρακολούθηση πυρκαγιών

1) Δορυφορικά δεδομένα από γεωστάσιμους δορυφόρους (π.χ. MSG)

- Το Active Fire Monitoring (FIR) προϊόν παράγεται επιχειρησιακά από την EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) σε δύο εκδοχές:
 - **MPER FIR Full Earth disc** κάθε 15 λεπτά με χωρική ανάλυση ~5 km
 - **MPER FIR Rapid scan** κάθε 5 λεπτά (~5 km), καλύπτοντας όμως μικρότερη γεωγραφική περιοχή.
- Επίσης το προϊόν FRP-PIXEL της EUMETSAT – LSA SAF παρέχει πληροφορίες για τις υπάρχουσες πυρκαγιές αλλά και για την ισχύ της ακτινοβολίας της πυρκαγιάς (**Fire Radiative Power**) όπως αυτή συναρτάται με την καύσιμη ύλη που καταναλώνεται (κάθε 15 λεπτά στην ίδια χωρική ανάλυση, ~5 km).

2) Δορυφορικά δεδομένα από δορυφόρους πολικής τροχιάς (π.χ. Aqua/Terra, Suomi NPP, NOAA)

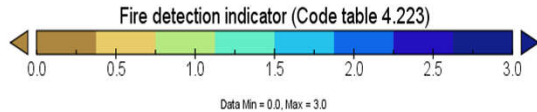
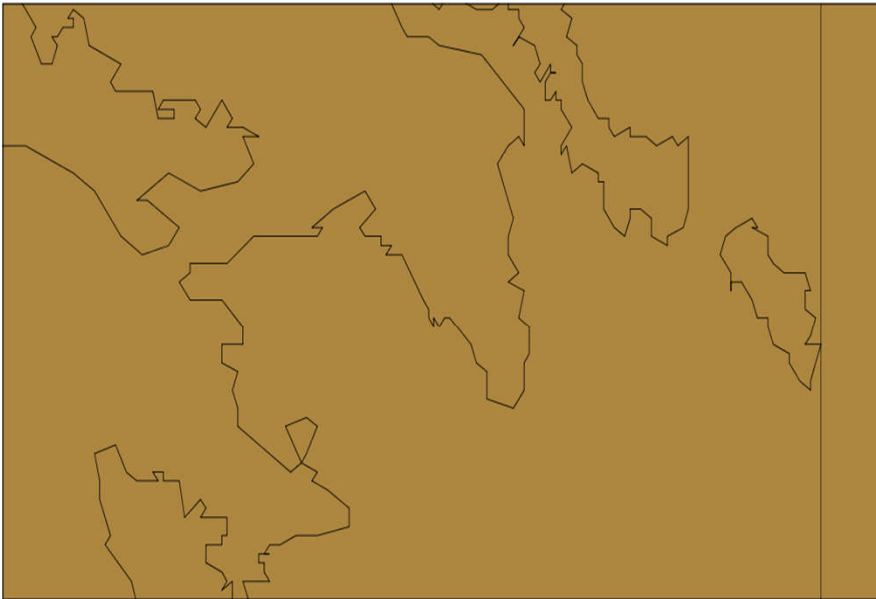
- Έχουν καλύτερη χωρική ανάλυση (~1 km) αλλά χειρότερη χρονική (4 μόνο λήψεις την ημέρα). Χρησιμοποιούνται κυρίως για την επαλήθευση της επιτυχίας των γεωστάσιμων δορυφόρων.

Παρακολούθηση πυρκαγιών

Πυρκαγιές στην Αττική στις 23/7/2018 (Κινέττα και Μάτι)

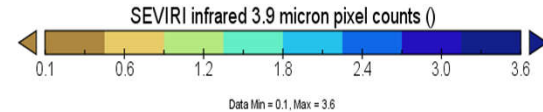
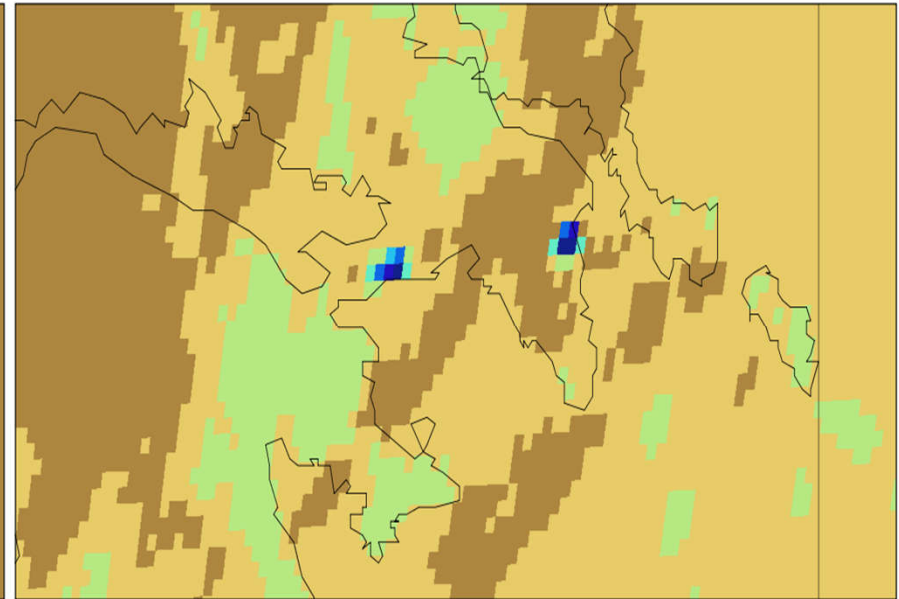
Προϊόν FIR

Fire detection indicator
23-07-2018 14:30:00 +0000



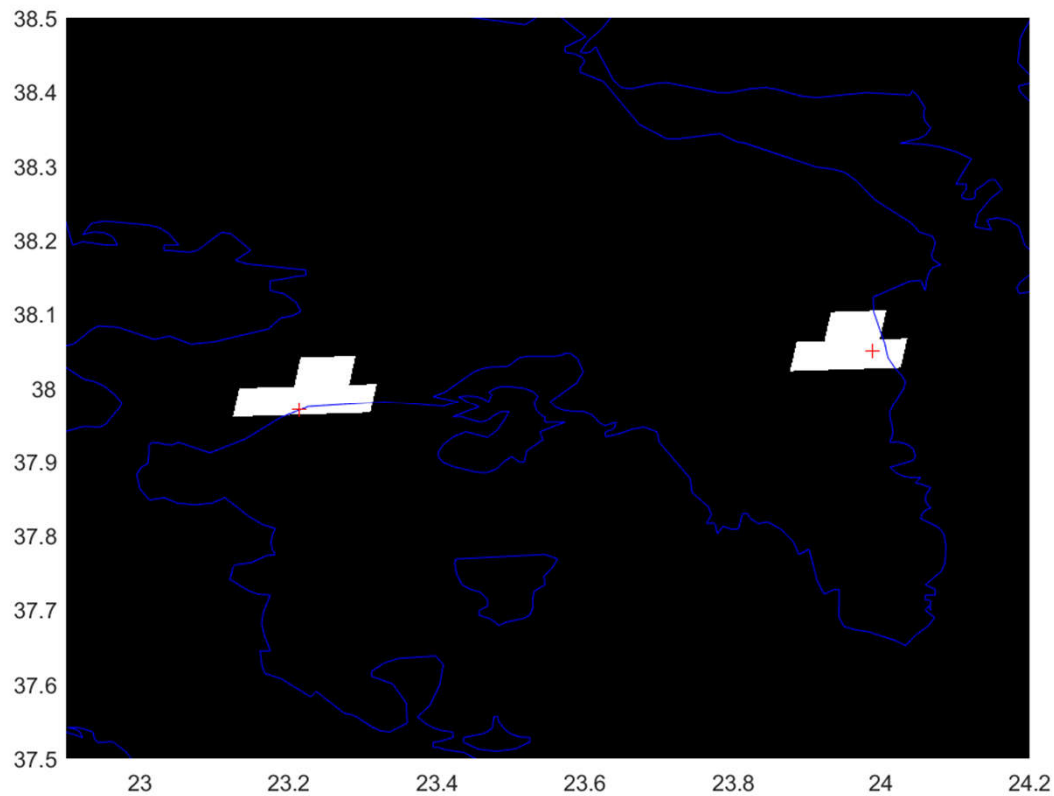
Ένδειξη από το κανάλι στα 3.9μm

SEVIRI infrared 3.9 micron pixel counts
23-07-2018 14:30 +0000



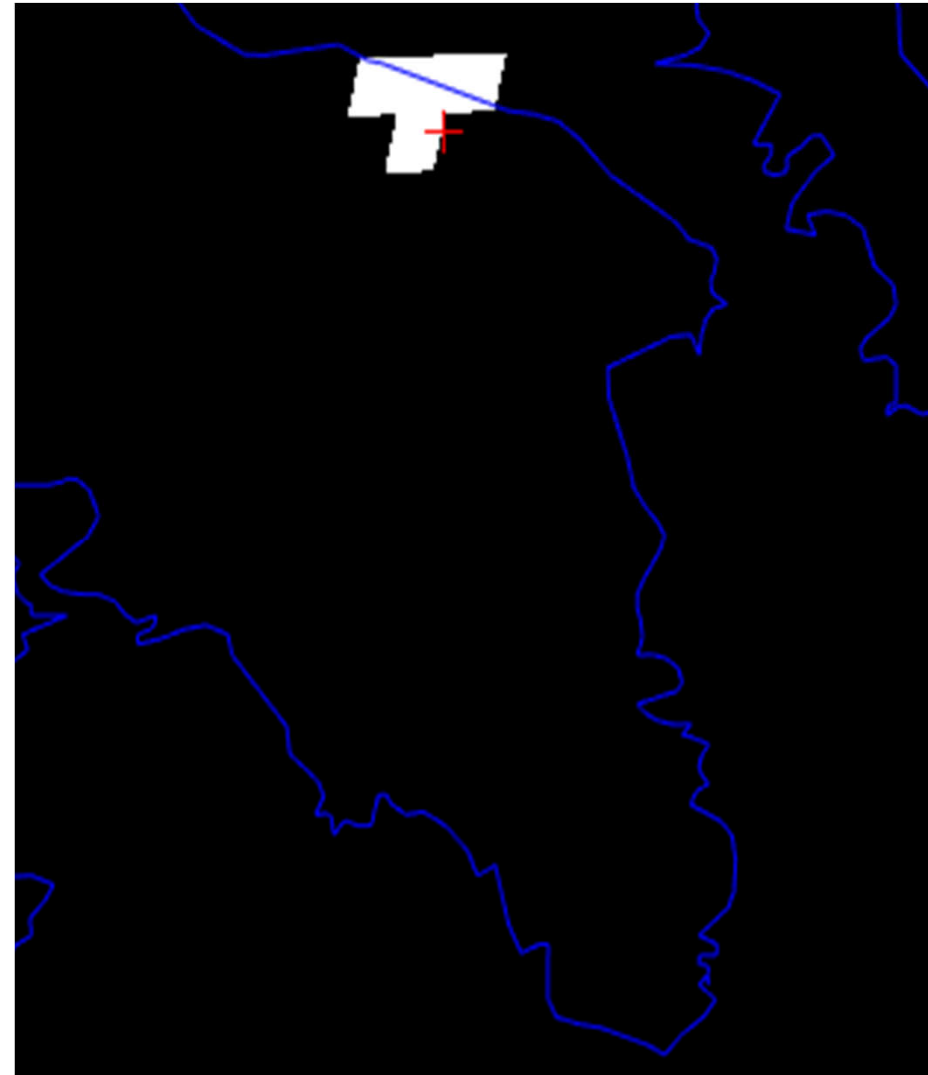
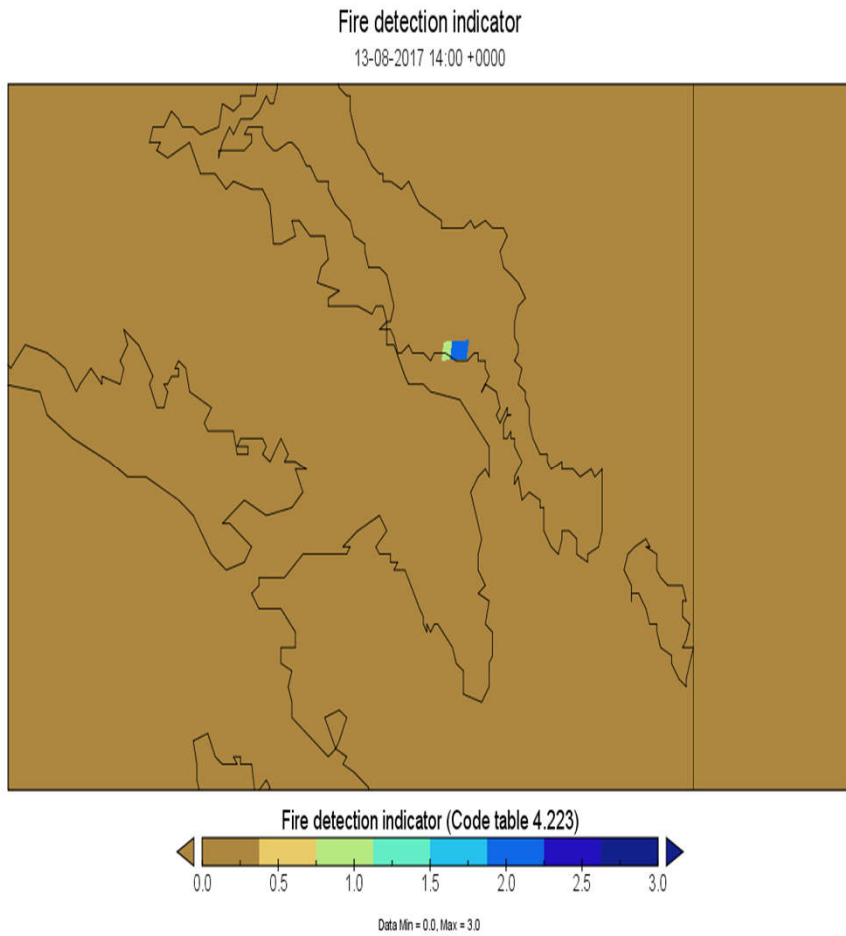
Παρακολούθηση πυρκαγιών

Πυρκαγιές Αττικής (Κινέττα και Μάτι στις 23/7/2018)



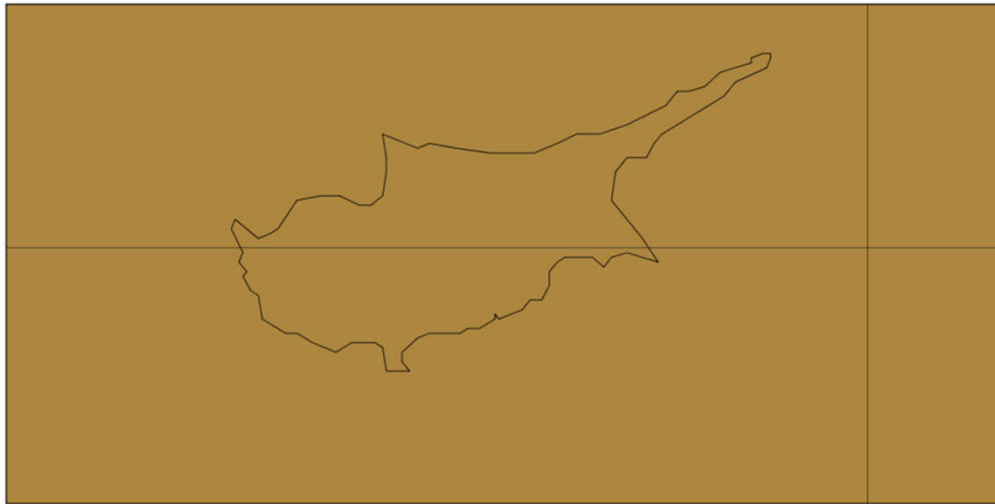
Παρακολούθηση πυρκαγιών

Πυρκαγιά στον Καλάμο (13/8/2017).



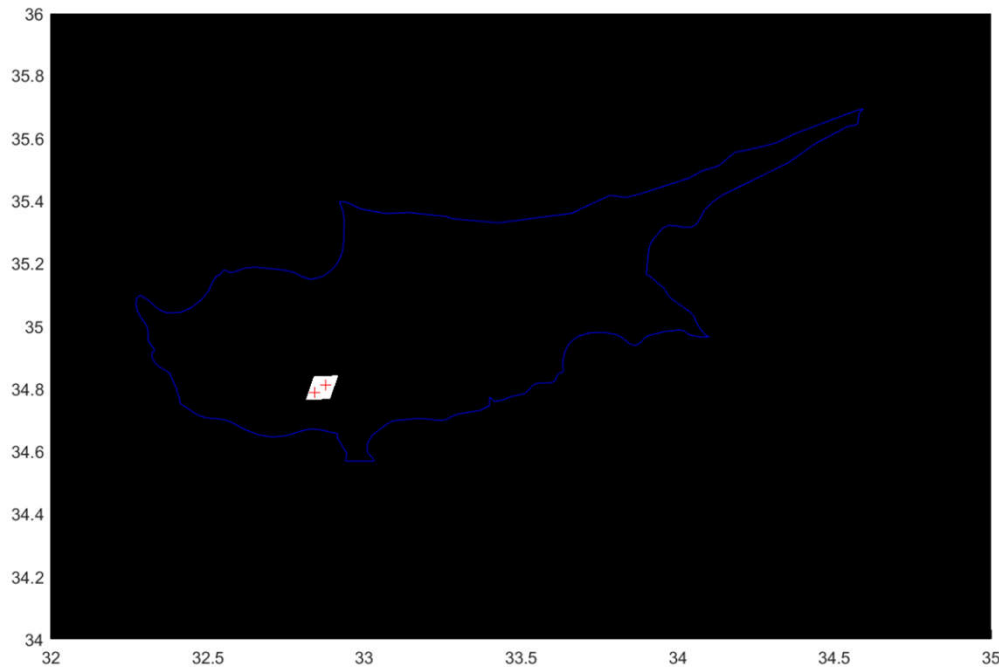
Παρακολούθηση πυρκαγιών

Fire detection indicator
MSG3-SEVI-MSGFIRG-0100-0100-20181103213500



Πυρκαγιά στη Κύπρο
03/11/2018
21:35UTC (23:35 Local)

Fire detection indicator (Code table 4.223)



Μετά τη πυρκαγιά

1) Υπολογισμός της καμένης έκτασης

Η δυνατότητα για τον ακριβή υπολογισμό της καμένης περιοχής βασίζεται στη:

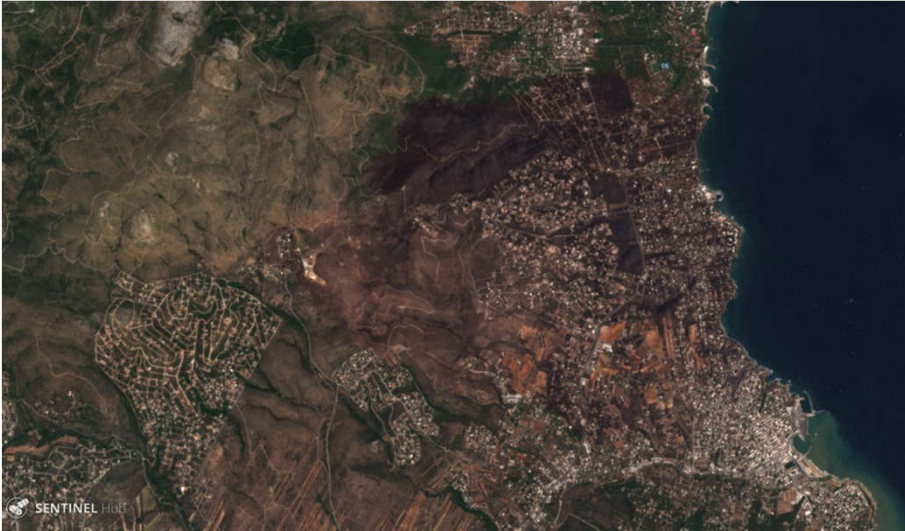
- Αλλαγή της κάλυψης γης από βλάστηση σε χώμα
- Εναπόθεση των υπολειμμάτων της πυρκαγιάς στο έδαφος
- Αυξημένη θερμοκρασία του εδάφους σε σχέση με τις μη καμένες περιοχές

2) Εκτίμηση σφοδρότητας της πυρκαγιάς

Οι διαφορετικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή δρουν ως παράγοντες μεταβολής της έντασης της φωτιάς, είτε ενισχυτικά είτε ανασταλτικά, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μετά το πέρας της φωτιάς ενός χωρικά πολύπλοκου μωσαϊκού που χαρακτηρίζεται από διαφορετικό βαθμό σφοδρότητας καύσης. **Η χωρική ανομοιομορφία της σφοδρότητας καύσης, θεωρείται ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν τη μεταπυρική αντίδραση της βλάστησης και τη σύνθεση των ειδών.**

Μετά τη πυρκαγιά

Πυρκαγιά στο Μάτι (23/7/2018)



Η καμένη έκταση είναι ορατή στην εικόνα του δορυφόρου Sentinel-2 4/8/2018.

12600 στρέμματα



Με ελάχιστη επεξεργασία η καμένη έκταση είναι ακόμα πιο ορατή.

Ευχαριστώ για τη προσοχή σας!!!

