



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΚΤΥΩΝ

**"Διαχείριση Δασικών Πυρκαγιών με
την Πλατφόρμα Προσομοίωσης
i-Protect"**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΦΙΛΙΠΠΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΒΟΛΟΣ, 10 ΙΟΥΛΙΟΥ 2012

"Στο Χρήστο, το Βαγγέλη, τη Μαρία και τη Μόρφω."

"Simplicity is the ultimate sophistication"
Leonardo da Vinci.

"Everything should be made as simple as possible,
but not simpler"
Albert Einstein.

Περίληψη

Στις μέρες μας η χρήση συστημάτων προσομοίωσης είναι πολύ διαδεδομένη σε κάθε δραστηριότητα. Τα αίτια για αυτήν την ανάπτυξη είναι κυρίως η χρησιμότητα στη λήψη απόφασης των εν λόγω συστημάτων, αλλά και η βελτίωση των επιδόσεων των συστημάτων, που επεξεργάζονται τους αλγόριθμους προσομοίωσης. Από αυτήν την γενική αρχή δεν θα μπορούσαν να εξαιρεθούν τα συστήματα προσομοίωσης πυρκαγιών.

Αν και το πλείστον των συστημάτων προσομοίωσης στηρίζονται στο αλγόριθμο του Rothermel, ο οποίος προσδιορίζει τη συμπεριφορά μιας πυρκαγιάς αλλά και τον ρυθμό επέκτασής της, εντούτοις έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για βελτίωση του και επέκτασή του σε ειδικές περιπτώσεις. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί λογισμικά προσομοίωσης πυρκαγιών, με σκοπό την πρόβλεψη, κατά κύριο λόγο, της συμπεριφοράς πυρκαγιών, και ειδικότερα την προσομοίωση παρελθοντικών, ενεργών και πιθανών πυρκαγιών. Τα περισσότερα συστήματα προσομοίωσης χρησιμοποιούν κυρίως ASCII δεδομένα για την εισαγωγή στοιχείων στο σύστημα, ώστε να εκτελέσουν τον εκάστοτε αλγόριθμο. Τα δεδομένα που πρέπει να εισαχθούν στο σύστημα προσομοίωσης χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τοπογραφικά, καύσιμη ύλη και μετεωρολογικά δεδομένα, τα οποία διαφέρουν στον τρόπο εισαγωγής και στη δομή τους, από σύστημα σε σύστημα. Δυστυχώς, κάποια από αυτά τα δεδομένα (τα μετεωρολογικά δεδομένα και τα δεδομένα καύσιμης ύλης, δηλαδή βλάστησης) δεν έχουν καμιά αξία αν δεν επικαιροποιούνται κατάλληλα στη διάσταση του χρόνου.

Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος προσομοίωσης, το οποίο θα έχει τη δυνατότητα προσομοίωσης παρελθοντικών, ενεργών και πιθανών πυρκαγιών (επιχειρησιακή προσομοίωση), αλλά και τη δυνατότητα προσομοίωσης πραγματικού χρόνου (προσομοίωση σχεδιασμού), ώστε να διευκολυνθούν οι εμπλεκόμενες υπηρεσίες στην κατάσβεση πυρκαγιάς και στην εκπαίδευση τους. Ο αλγόριθμος προσομοίωσης δεν χωρίζει το πεδίο σε στατικά κελιά, αλλά δημιουργεί δυναμικά κελιά στην κατεύθυνση της πυρκαγιάς, πράγμα που δίνει την δυνατότητα για μείωση των απαραίτητων υπολογισμών, αλλά και για συνεχή ενημέρωση των δυναμικά μεταβαλλόμενων δεδομένων. Ο χρήστης της πλατφόρμας έχει τη δυνατότητα επιλογής του σχήματος των κελιών, μεταξύ των εξαγωνικών και των τετραγωνικών.

Στο πλαίσιο του δυνατού, κυρίως λόγω τεχνικών περιορισμών, έγινε προσπάθεια για την άμεση συλλογή, όσο το δυνατόν περισσότερων αναγκαίων δεδομένων, από το πεδίο χωρίς την ενδιάμεση συνδρομή του χρήστη. Τα περισσότερα δεδομένα λαμβάνονται είτε από το πεδίο, ως

δεδομένα πραγματικού χρόνου, πχ μετεωρολογικά δεδομένα, είτε από το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, πχ τοπογραφικά δεδομένα, διαφανώς προς τον χρήστη. Εξάιρεση αποτελούν τα δεδομένα καύσιμης ύλης (βλάστησης) της περιοχής ενδιαφέροντος, τα οποία συλλέγονται από αντίστοιχες ομάδες εργασίας και εισάγονται στο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) της εφαρμογής με την μορφή στατικών ή δυναμικών επιπέδων (διαφανών - Layers).

Ευχαριστίες

Μετά από πολλά χρόνια προσπάθειας, υπάρχουν πολλοί άνθρωποι που θα ήθελα να ευχαριστήσω, οποίοι με βοήθησαν ώστε να εκπληρώσω έναν μεγάλο στόχο ζωής, την συγγραφή της διδακτορικής μου διατριβής.

Ευχαριστώ:

Τη γυναίκα μου Μόρφω, η οποία μου πρόσφερε αμέριστη συμπαράσταση και ήταν "εκεί" τις φορές, και δεν ήταν και λίγες, που χρειάστηκε να με αναπληρώσει στις υποχρεώσεις μου, ως οικογενειάρχη.

Τον καθηγητή μου Σταμούλη Γεώργιο, που με τις συνεχείς παραινέσεις και προτροπές του, καθώς και με τις άρτιες επιστημονικές του γνώσεις, που πάντα διέθετε σε εμένα, με κατεύθυνε και με καθοδήγησε μέχρι και την ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Τον αδελφικό φίλο, συνάδελφο και καθηγητή μου Κίκιρα Παναγιώτη, που αρχικά, με ενέπνευσε να ξεκινήσω και στη συνέχεια με παρότρυνε καθ' όλη την διάρκεια, αλλά κυρίως τις δύσκολες στιγμές, να ολοκληρώσω τη διατριβή μου. Ήταν καθοριστική η συνεισφορά του σε κάθε τομέα και σε κάθε φάση της εργασίας, ώστε να επιτευχθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.

Το συμφοιτητή Περλεπέ Λεωνίδα, που με βοήθησε να "εκμηδενίσω" την απόσταση μεταξύ Αθήνας και Βόλου, καθώς επίσης και για τη συμβολή του στην υλοποίηση του υποσυστήματος συλλογής των μετεωρολογικών δεδομένων και προβλέψεων από το πεδίο.

Τον αδελφικό φίλο μου Μητσόπουλο Γεώργιο, για την ηθική βοήθειά του, αλλά και τον εντοπισμό των απαραίτητων διορθώσεων στα κείμενα της διατριβής μου.

Τους φίλους και συναδέλφους Σταθάκη Δημήτριο, Μήτρου Ανδρέα και Πότσικα Θεοδώρα, που με συμβούλευσαν, ο μεν πρώτος στη δημιουργία των διαδικτυακών λειτουργικών μονάδων της εφαρμογής, ο δεύτερος στα GIS και η τρίτη στη δημιουργία των χαρτογραφικών υποβάθρων και στη διόρθωση των κειμένων της διατριβής μου.

Τους καθηγητές του τμήματος, που άκουγαν την κάθε ερώτηση μου και με την επιστημονική τους κατάρτιση, με οδηγούσαν στην κατάλληλα τεκμηριωμένη απάντηση.

Την οικογένεια Αλεξίου, που με φιλοξένησε αρκετές φορές στον Βόλο και έτσι έμμεσα βοήθησε στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Είναι για μένα αδύνατο να τους μνημονεύσω όλους, σε αυτές τις λίγες παραγράφους, τους ευχαριστώ όμως ειλικρινά, από τα βάθη της καρδιάς μου...

Ευρετήριο

| | |
|---|-----|
| Περίληψη | 4 |
| Ευχαριστίες | 7 |
| Ευρετήριο Διαγραμμάτων Ροής | 12 |
| Εισαγωγή | 13 |
| 1. Ψηφιοποιώντας την Φωτιά | 17 |
| 1.1 Φωτιά (Πυρκαγιά) | 19 |
| 1.2 Ανάλυση της Συμπεριφοράς της Πυρκαγιάς | 23 |
| 1.3 Συμπεριφορά της Πυρκαγιάς και το Περιβάλλον | 28 |
| 1.3.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα | 29 |
| 1.3.2 Καύσιμη Ύλη | 33 |
| 1.3.3 Τοπογραφία | 35 |
| 1.4 Προσομοίωση Πυρκαγιάς | 37 |
| 1.4.1 Μέθοδοι Προσομοίωσης | 41 |
| Κυψελοειδής Μέθοδος (Cellular Method) | 42 |
| Μέθοδος Ελλειπτικής Κυματομορφής (Elliptical Wave Method) | 43 |
| 2. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) (Geographic Information Systems (GIS)) | 46 |
| 2.1 Χωρική Ανάλυση | 47 |
| 2.2 GIS Βασικές Έννοιες | 48 |
| 2.3 Ομαδοποίηση Χωρικών Δεδομένων | 50 |
| 2.4 Ανάπτυξη GIS | 51 |
| 3. i-Protect Fire Simulation | 53 |
| 3.1 Πλατφόρμες ανάπτυξης του i-protect Fire Simulation | 53 |
| 3.2 i-protect Εργαλεία Ανάπτυξης | 56 |
| 3.2.1 Προσομοίωση Σχεδιασμού | 56 |
| 3.2.2 Επιχειρησιακή Προσομοίωση | 57 |
| 3.2.3 Μοντέλο Rothermel | 58 |
| 3.2.4 i-protect Κυψελοειδής Μέθοδος | 61 |
| Επιλογή Επιχειρησιακής Προσομοίωσης | 62 |
| Επιλογή Προσομοίωσης Σχεδιασμού | 68 |
| 4. Η Αρχιτεκτονική της i-protect Fire Simulation Platform | 74 |
| 4.1 Συλλέκτης Μετεωρολογικών Δεδομένων (Meteorological Data Collector) | 78 |
| 4.2 Διαχείριση Στόλου Οχημάτων (Fleet Management) | 84 |
| 4.2.1 Τμήμα Κινούμενων Οντοτήτων (Moving Object Component) | 85 |
| 4.2.2 Τμήμα Εικονικών Κινούμενων Οντοτήτων (Virtual Moving Object Component) | 88 |
| 4.3.1 Φάση Αρχικοποίησης (Initialization Phase) | 94 |
| 4.3.2 Φάση Προετοιμασίας της Προσομοίωσης (Preparation (of Simulation) Phase) | 97 |
| 4.3.3 Φάση Προσομοίωσης (Simulation Phase) | 108 |
| Ανάκτηση του Μοντέλου Καύσιμης Ύλης (GIS Get Fuel Model) | 109 |
| Ανάκτηση της Κλίσης και του Αζιμούθιου Κλίσης Εδάφους (GIS Get Slope Aspect) | 110 |
| Ανάκτηση Μετεωρολογικών Δεδομένων (GIS Meteo Data) | 111 |
| Σχέδιο Εκκένωσης (Evacuation Plan) | 114 |
| 5. Συμπεράσματα και Μελλοντικές Εργασίες | 115 |
| Παραπομπές | 118 |
| Παραρτήματα | 121 |

| | |
|--|-----|
| Παράρτημα 1ο: Σχήμα Βάσης Δεδομένων | 121 |
| Π1.1 Συλλέκτης Μετεωρολογικών Δεδομένων (Meteorological Data Collector) | 122 |
| Π1.2 Διαχείριση Στόλου Οχημάτων (Fleet Management)..... | 127 |
| Π1.3 Διεπαφή GIS Προσομοίωσης (GIS Simulation Interface)..... | 132 |
| Παράρτημα 2ο: Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα (εφαρμογή) i-protect Fire Simulation | 141 |
| Π2.1 Διαχείριση Χαρτογραφικού Υπόβαθρου..... | 143 |
| Π2.1.1 Μεγέθυνση (Zoom In) | 143 |
| Π2.1.2 Σμίκρυνση (Zoom Out)..... | 143 |
| Π2.1.3 Μετακίνηση (Pan)..... | 144 |
| Π2.1.4 Μέγιστη Κλίμακα (Pan)..... | 144 |
| Π2.1.5 Προηγούμενη Οθόνη (Previous Extent) | 145 |
| Π2.1.6 Εμφάνιση - Απόκρυψη Διαφανούς..... | 145 |
| Π2.1.7 Εμφάνιση - Απόκρυψη Ετικετών Διαφανούς..... | 147 |
| Π2.1.8 Εστίαση στο Επιλεγμένο Διαφανές | 148 |
| Π2.1.9 Κατακόρυφη Μετακίνηση των Διαφανών πάνω στο Χάρτη..... | 149 |
| Π2.1.10 Πληροφορίες (Info)..... | 150 |
| Π2.1.11 Μέτρηση Απόστασης (Measure) | 151 |
| Π2.1.12 Μέτρηση Εμβαδού (Area) | 152 |
| Π2.2 Διαχείριση Προσομοίωσης Πυρκαγιών..... | 154 |
| Π2.2.1 Επιλογές Εφαρμογής (Selection Panel)..... | 154 |
| Π2.2.2 Μοντέλα Καύσιμης Ύλης (Fuel Models) | 155 |
| Π2.2.3 Τύποι Κινούμενων Οντοτήτων (Moving Object Types) | 156 |
| Π2.2.4 Κινούμενες Οντότητες (Moving Objects) | 157 |
| Π2.2.5 Εντολές Εικονικών Κινούμενων Οντοτήτων..... | 158 |
| Π2.2.6 Εισαγωγή Δυναμικών Περιοχών Μοντέλων Καύσιμης Ύλης ή Υγρασίας (Insert Fuel Model or Humidity Territory) | 159 |
| Π2.2.7 Διαγραφή Δυναμικών Περιοχών Μοντέλων Καύσιμης Ύλης ή Υγρασίας (Delete Fuel Model or Humidity Territory)..... | 163 |
| Π2.2.8 Εισαγωγή Σημείων Ανάφλεξης (Ignition Points)..... | 164 |
| Π2.2.9 Έναρξη Προσομοίωσης (Start Simulation) (Επιχειρησιακή Προσομοίωση Operational Simulation)..... | 164 |
| Π2.2.10 Έναρξη Προσομοίωσης (Start Exercise) (Προσομοίωση Σχεδιασμού Planning Simulation) | 168 |
| Π2.2.11 Αποθήκευση Προσομοιώσεων - Χαρτών Επικινδυνότητας (Save Layer) | 170 |
| Π2.2.12 Εισαγωγή Διαφανών (Add Layer) | 170 |
| Π2.2.13 Χάρτης Επικινδυνότητας (Probability of Ignition)..... | 171 |
| Π2.2.14 Σχέδιο Εκκένωσης (Evacuation Plan)..... | 172 |

Ευρετήριο Εικόνων

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 1 Πλήθος πυρκαγιών και έκταση που κάηκε την περίοδο 2001-2010 | 17 |
| Εικόνα 2 Δομή της πυρκαγιάς..... | 23 |
| Εικόνα 3 Συμπεριφορά της φλόγας χωρίς άνεμο και χωρίς κλίση εδάφους ... | 24 |
| Εικόνα 4 Συμπεριφορά της φλόγας με κλίση εδάφους..... | 25 |
| Εικόνα 5 Συμπεριφορά της φλόγας με άνεμο..... | 25 |
| Εικόνα 6 Κατακόρυφη μεταβολή του ανέμου λόγω ορεινού όγκου | 30 |
| Εικόνα 7 Κατακόρυφη μεταβολή του ανέμου λόγω ορεινού όγκου | 31 |
| Εικόνα 8 Οριζόντια μεταβολή του ανέμου λόγω ορεινού όγκου | 31 |
| Εικόνα 9 Η ανοδική κίνηση των θερμών αερίων μαζών | 32 |
| Εικόνα 10 Μετάδοση της φωτιάς στα γειτονικά κελιά από το ήδη αναφλεγέν. | 42 |
| Εικόνα 11 Προσομοίωση με ελλειπτική κυματομορφή | 43 |
| Εικόνα 12 Προσομοίωση με ελλειπτική κυματομορφή | 44 |
| Εικόνα 13 Ελλειπτικά σχήματα φωτιάς δύο διαστάσεων (2-D) | 44 |
| Εικόνα 14 Δεδομένα εισαγωγής στο σύστημα FARSITE | 45 |
| Εικόνα 15 Κατηγοριοποίηση συστημάτων πληροφορικής | 48 |
| Εικόνα 16 Εισαγωγή δεδομένων σε ένα GIS | 49 |
| Εικόνα 17 Διαφανή (Layers) πάνω από το βασικό χαρτογραφικό υπόβαθρο | 50 |
| Εικόνα 18 Σωστή και λάθος οριοθέτηση των εικονικών κελιών στα αρχικά σημεία ανάφλεξης..... | 63 |
| Εικόνα 19 Υπολογισμός της τιμής των μετεωρολογικών δεδομένων από πολλές πηγές με την μέθοδο της στάθμισης με το αντίστροφο λόγο της απόστασης..... | 65 |
| Εικόνα 20 Τετραγωνικά κελιά πλέγματος..... | 66 |
| Εικόνα 21 Εξαγωνικά κελιά πλέγματος | 66 |
| Εικόνα 22 Χάρτης επικινδυνότητας..... | 70 |
| Εικόνα 23 Χαρτογραφική απεικόνιση μοντέλων καύσιμης ύλης..... | 71 |
| Εικόνα 24 i-Protect Fire Simulation..... | 74 |
| Εικόνα 25 Υποσυστήματα i-Protect Fire Simulation..... | 76 |
| Εικόνα 26 Υποσύστημα meteorological data collector..... | 78 |
| Εικόνα 27 Υποσύστημα fleet management..... | 84 |
| Εικόνα 28 Αισθητήρες κινούμενων οντοτήτων | 86 |
| Εικόνα 29 Υποσύστημα GIS simulation interface | 92 |
| Εικόνα 30 Γεωγραφικές συντεταγμένες και συντεταγμένες οθόνης..... | 102 |
| Εικόνα 31 Υπολογισμός κλίσης και αζιμούθιου κλίσης | 111 |
| Εικόνα 32 Περιοχές παραθύρου εφαρμογής..... | 141 |
| Εικόνα 33 Μεγέθυνση | 143 |
| Εικόνα 34 Σμίκρυνση | 144 |
| Εικόνα 35 Μετακίνηση | 144 |
| Εικόνα 36 Μέγιστη κλίμακα..... | 145 |
| Εικόνα 37 Προηγούμενη οθόνη..... | 145 |
| Εικόνα 38 Εμφάνιση - Απόκρυψη Διαφανούς..... | 146 |
| Εικόνα 39 Εμφάνιση - Απόκρυψη Ετικετών Διαφανούς | 148 |
| Εικόνα 40 Εστίαση στο Επιλεγμένο Διαφανές | 149 |
| Εικόνα 41 Κατακόρυφη Μετακίνηση των Διαφανών πάνω στο Χάρτη..... | 150 |
| Εικόνα 42 Πληροφορίες | 151 |
| Εικόνα 43 Μέτρηση Απόστασης | 152 |
| Εικόνα 44 Μέτρηση Εμβαδού | 153 |
| Εικόνα 45 Επιλογές Εφαρμογής..... | 155 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 46 Μοντέλα Καύσιμης Ύλης..... | 156 |
| Εικόνα 47 Τύποι Κινούμενων Οντοτήτων | 157 |
| Εικόνα 48 Κινούμενες Οντότητες | 158 |
| Εικόνα 49 Εντολές Εικονικών Κινούμενων Οντοτήτων | 158 |
| Εικόνα 50 Εισαγωγή Δυναμικών Περιοχών Μοντέλων Καύσιμης Ύλης..... | 161 |
| Εικόνα 51 Εισαγωγή Δυναμικών Περιοχών Υγρασίας | 162 |
| Εικόνα 52 Διαγραφή Δυναμικών Περιοχών Μοντέλων Καύσιμης Ύλης ή Υγρασίας..... | 163 |
| Εικόνα 53 Εισαγωγή Σημείων Ανάφλεξης..... | 164 |
| Εικόνα 54 Επιχειρησιακή Προσομοίωση (εξαγωνικά κελιά)..... | 166 |
| Εικόνα 55 Επιχειρησιακή Προσομοίωση (τετραγωνικά κελιά)..... | 167 |
| Εικόνα 56 Προσομοίωση Σχεδιασμού..... | 169 |
| Εικόνα 57 Αποθήκευση Προσομοιώσεων - Χαρτών Επικινδυνότητας..... | 170 |
| Εικόνα 58 Εισαγωγή Διαφανών | 171 |
| Εικόνα 59 Χάρτης Επικινδυνότητας | 172 |
| Εικόνα 60 Σχέδιο Εκκένωσης | 173 |

Ευρετήριο Διαγραμμάτων Ροής

| | |
|--|-----|
| Διάγραμμα Ροής 1 Επιχειρησιακή προσομοίωση | 62 |
| Διάγραμμα Ροής 2 Προσομοίωση σχεδιασμού | 68 |
| Διάγραμμα Ροής 3 του database interface (meteorological data collector).... | 80 |
| Διάγραμμα Ροής 4 του meteo stations interface (meteorological data collector) | 82 |
| Διάγραμμα Ροής 5 του database interface (fleet management)..... | 87 |
| Διάγραμμα Ροής 6 των virtual moving objects movements..... | 90 |
| Διάγραμμα Ροής 7 Φάση αρχικοποίησης (GIS Module) | 95 |
| Διάγραμμα Ροής 8 Διαχείριση την δυναμικών διαφανών της καύσιμης ύλης και της υγρασίας..... | 99 |
| Διάγραμμα Ροής 9 Απεικόνιση κινούμενων οντοτήτων εικονικών η πραγματικών..... | 101 |
| Διάγραμμα Ροής 10 Ιστορικό κινούμενων οντοτήτων εικονικών ή πραγματικών | 103 |
| Διάγραμμα Ροής 11 Πληροφορίες χάρτη | 104 |
| Διάγραμμα Ροής 12 Εύρεση (Find)..... | 106 |
| Διάγραμμα Ροής 13 Αποθήκευση προσομοιώσεων | 107 |
| Διάγραμμα Ροής 14 Εύρεσης καύσιμης ύλης κελιού προσομοίωσης | 109 |
| Διάγραμμα Ροής 15 Εύρεση κλίσης και αζιμούθιου κλίσης..... | 110 |
| Διάγραμμα Ροής 16 Εύρεση μετεωρολογικών δεδομένων I..... | 112 |
| Διάγραμμα Ροής 17 Εύρεση μετεωρολογικών δεδομένων II..... | 113 |

Ευρετήριο Πινάκων

| | |
|---|----|
| Πίνακας 1 Μοντέλα πρόγνωσης συμπεριφοράς επιφανειακών πυρκαγιών ... | 37 |
| Πίνακας 2 Μοντέλα πρόγνωσης συμπεριφοράς πυρκαγιών κόμης | 39 |
| Πίνακας 3 Συστήματα προσομοίωσης πυρκαγιάς..... | 39 |

Εισαγωγή

Όσοι έχουν συμμετάσχει, καθ' οιοδήποτε τρόπο, στην κατάσβεση μιας πυρκαγιάς ή την έχουν αντιμετωπίσει βρισκόμενοι πολύ κοντά της, θα συμφωνήσουν, πως είναι ένα φαινόμενο πολύ δύσκολο αντιμετώπισιμο και άκρως καταστροφικό. Ο συγγραφέας λόγω επαγγέλματος, βρέθηκε ως διοικητής στρατιωτικού τμήματος κατάσβεσης σε αρκετές πυρκαγιές χωρίς όμως να επέμβει, αφενός λόγω της μη επαρκούς εκπαίδευσης του προσωπικού και αφετέρου λόγω της έλλειψης συντονισμού και μειωμένων δυνατοτήτων ενημέρωσης των ανωτέρων κλιμακίων διοικήσεων.

Αυτή η εμπειρία, με οδήγησε πολλά χρόνια αργότερα, όταν πλέον είχα τα απαραίτητα στοιχεία μόρφωσης, στην ανάλυση και δημιουργία μιας πλατφόρμας, η οποία θα είχε ως σκοπό την υποβοήθηση των τμημάτων κατάσβεσης, κυρίως μέσω της αρτιότερης εκπαίδευσης και της καλύτερης λήψης απόφασης των διοικητών τους.

Στο πρώτο κεφάλαιο αυτής της εργασίας, δίδονται όσο το δυνατόν πιο περιληπτικά, οι παράμετροι που επηρεάζουν μια πυρκαγιά, κυρίως από μελέτες και εργασίες άλλων ερευνητών. Ταυτόχρονα όμως αναφέρονται και εισαγωγικά στοιχεία σχετικά με το πως, αυτές οι παράμετροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μια εφαρμογή, ώστε να καταλήξουμε στην προσομοίωση μιας πυρκαγιάς. Ο τίτλος του κεφαλαίου "Ψηφιοποιώντας την Φωτιά" είναι αρκετά αντιπροσωπευτικός για το τι πρέπει να γίνει, ώστε, ένα φυσικό φαινόμενο να εισαχθεί και να ερευνηθεί με τη βοήθεια των υπολογιστικών συστημάτων.

Η χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), των συστημάτων δηλαδή, που δίνουν δυνατότητες για την οπτικοποίηση σε ένα χαρτογραφικό υπόβαθρο πληροφοριών, είναι πλέον απαραίτητη στις προσομοιώσεις των πυρκαγιών. Το δεύτερο κεφάλαιο πραγματεύεται τι είναι τα GIS και αναλυτικά τις δυνατότητες που προσφέρει στους χρήστες. Η κινέζικη παροιμία "Μία εικόνα είναι χίλιες λέξεις", μπορεί να συμπεριλάβει την ώθηση στις δυνατότητες προσομοίωσης που έδωσαν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών.

Η προσομοίωση της πυρκαγιάς δεν είναι κάτι νέο, έχουν δημιουργηθεί αντίστοιχα συστήματα στο παρελθόν, όμως η προτεινόμενη πλατφόρμα εισαγάγει την έννοια της προσομοίωσης σχεδιασμού, δηλαδή την προσομοίωση που επιτρέπει τη συμμετοχή του χρήστη, στην αλλαγή των παραμέτρων που επηρεάζουν την πυρκαγιά, πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα ελέγχου, των αποφάσεων των διοικητών, της ετοιμότητας των τμημάτων και των σχεδίων για την αντιμετώπιση της

πυρκαγιάς. Η εφαρμογή βέβαια έχει τη δυνατότητα για την κλασική προσομοίωση (επιχειρησιακή) που προτείνεται και από προγενέστερα συστήματα. Μια ακόμα καινοτομία της εφαρμογής, είναι η χρήση εικονικών κελιών προσομοίωσης (Virtual cells) και όχι ολόκληρου πλέγματος για την περιοχή ενδιαφέροντος. Με την τεχνική των εικονικών κελιών, δίδεται η δυνατότητα για την αποφυγή του καθορισμού μια πεπερασμένης περιοχής προσομοίωσης, καθώς δεν είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός στατικού πλέγματος. Αυτό διευκολύνει τη συλλογή δεδομένων από το πεδίο μόνο για τα κελιά που συμμετέχουν στον αλγόριθμο προσομοίωσης, πράγμα που επιτρέπει τη συλλογή επικαιροποιημένων στοιχείων από το πεδίο, σε κάθε βήμα της προσομοίωσης. Η μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενη τεχνική, λόγω του σταθερού πλέγματος, επέτρεπε τη συλλογή δεδομένων κατά την έναρξη της προσομοίωσης και στη συνέχεια σε προκαθορισμένα ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα κατά την διάρκεια αυτής. Στις καινοτομίες της εφαρμογής, πρέπει να αναφερθεί η δυνατότητα επιλογής του σχήματος των εικονικών κελιών εάν θα είναι τετραγωνικά ή εξαγωνικά, καθώς και οι δυνατότητες παιχνίσιου προσομοίωσης. Η χρήση των εξαγωνικών κελιών προσδιορίζει με πιο ορθολογιστικό τρόπο την διάδοση της πυρκαγιάς, καθώς πρόκειται για αρτιότερο σχήμα σε σχέση με το τετράγωνο, κυρίως σε ότι αφορά τις αποστάσεις των γειτονικών κελιών.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι η εισαγωγή στην πλατφόρμα προσομοίωσης. Δίνονται τα πρώτα στοιχεία και οι τεχνικές που επιλέχθηκαν, καθώς και μια αρχική προσέγγιση στις δυνατότητες της πλατφόρμας και τον τρόπο υλοποίησης. Περιγράφεται συνοπτικά ο τρόπος με τον οποίο συνδυάζονται τα στοιχεία από τις μελέτες, για την ανάλυση της πυρκαγιάς με τη χρήση χαρτογραφικού υπόβαθρου.

Η ανάλυση της πλατφόρμας παρουσιάζεται στο τέταρτο κεφάλαιο, στο οποίο αναλύονται οι δυνατότητες της εφαρμογής. Περιγράφονται λεπτομερώς τα υποσυστήματα της πλατφόρμας που εξυπηρετούν την προσομοίωση της πυρκαγιάς. Τα υποσυστήματα αυτά, έχουν να κάνουν με τα μετεωρολογικά δεδομένα, τις μονάδες κατάσβεσης κλπ. Τα στοιχεία που παρέχουν χρησιμοποιούνται από το υποσύστημα προσομοίωσης ώστε να υπολογίσει τη διάδοση της πυρκαγιάς με όσο το δυνατό πιο αξιόπιστο τρόπο. Δίδονται τα διαγράμματα ροής των αλγορίθμων και το σχήμα της Βάσης Δεδομένων, καθώς και η ανάλυση αυτών.

Στο πρώτο παράρτημα, παρουσιάζεται το σχήμα της Βάσης Δεδομένων αναλυτικά, περιγράφονται οι πίνακες καθώς και τα πεδία τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, περιγράφονται οι δυνατότητες της εφαρμογής. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα εγχειρίδιο χρήσης της εφαρμογής, το οποίο έχει χωριστεί σε εκείνες τις ενέργειες που διαχειρίζονται το χαρτογραφικό

υπόβαθρο και εκείνες που διαχειρίζονται την προσομοίωση της πυρκαγιάς. Στην περίπτωση βέβαια της προσομοίωσης σχεδιασμού, μπορούν να γίνουν ταυτόχρονα και ενέργειες διαχείρισης της προσομοίωσης και ενέργειες διαχείρισης του χαρτογραφικού υποβάθρου.

Ολοκληρώνοντας την εργασία παρουσιάζονται, τα συμπεράσματα από την υλοποίηση και παρατίθενται οι πιθανές μελλοντικές προσπάθειες για τη βελτιστοποίηση της πλατφόρμας "i-Protect fire simulation" όπως ονομάζεται.

1. Ψηφιοποιώντας την Φωτιά

Η σημασία της φωτιάς στην εξέλιξη του ανθρώπου είναι καταλυτική και δεν θα ήταν παράλογο να ισχυριστούμε πως ήταν αναγκαία για τη διαφύλαξη της ίδιας της ύπαρξης της. Αυτή η σπουδαιότητα τονίζεται και στη μυθιστορία των αρχαίων Ελλήνων, σύμφωνα με την οποία, οι Θεοί διαφύλασαν τη φωτιά και τα μυστικά της, από τους ανθρώπους, ώστε να μην εξελιχθούν. Όμως, ένας ημίθεος, ο Προμηθέας, έκλεψε τη φωτιά και την έδωσε στους ανθρώπους, ενέργεια που εξόργισε τους θεούς και τον καταδίκασαν σε ένα απίστευτο βασανιστήριο.

Δυστυχώς όμως, παρόλα τα αγαθά που μας προσφέρει η φωτιά, σήμερα αποτελεί μια μάστιγα που καταδυναστεύει χώρες όπως οι Μεσογειακές, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, με τη μορφή πυρκαγιάς. Από τα στατιστικά στοιχεία του Πυροσβεστικού Σώματος Ελλάδος, η συνολική δασική γη που κάηκε στην Ελλάδα την περίοδο 2000 έως 2011 είναι 440.133 εκτάρια (Εικόνα 1), αριθμός που είναι πραγματικά εντυπωσιακός (Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος - Δημόσια Δεδομένα, <http://www.fireservice.gr/pyr/site/home/LC+Secondary+Menu/opendata.csp,4/4/2012>).

| Έτος | Πλήθος Πυρκαγιών | Καμένη έκταση (ha) |
|---------------|------------------|--------------------|
| 2000 | 12.980 | 110.448 |
| 2001 | 15.303 | 20.164 |
| 2002 | 8.854 | 3.918 |
| 2003 | 9.547 | 5.460 |
| 2004 | 10.815 | 8.269 |
| 2005 | 9.828 | 5.830 |
| 2006 | 8.868 | 8.093 |
| 2007 | 11.894 | 179.496 |
| 2008 | 12.035 | 28.089 |
| 2009 | 8.245 | 34.547 |
| 2010 | 8.389 | 10.674 |
| 2011 | 11.342 | 25.145 |
| Σύνολο | 128.100 | 440.133 |

Εικόνα 1 Πλήθος πυρκαγιών και έκταση που κάηκε την περίοδο 2001-2010

Αν κοιτάξουμε προσεκτικά τον πίνακα 1, θα διαπιστώσουμε πως το 2007 καήκαν 179.496 εκτάρια περίπου, δηλαδή το 45% του συνολικού αριθμού της δεκαετίας. Όπως είναι φανερό, οι ενέργειες καταπολέμησης των πυρκαγιών είναι μεγάλης σπουδαιότητας και όλοι οι φορείς πρέπει να συντονίσουν τις προσπάθειες τους προς αυτή την κατεύθυνση.

Για τη μείωση των πυρκαγιών αναγκαιούν ενέργειες πρόληψης, ενημέρωσης και καταστολής. Η ανάπτυξη των πληροφοριακών συστημάτων σε αυτές τις κατευθύνσεις είναι πολύ σημαντική. Η τεχνολογική εξέλιξη, μας επιτρέπει, να αναγνωρίζουμε σημεία ανάφλεξης, να δημιουργούμε χάρτες επικινδυνότητας πυρκαγιών, να έχουμε ακριβή πρόγνωση καιρού, έως και πέντε μέρες νωρίτερα, να προσομοιώνουμε τη συμπεριφορά πυρκαγιών κλπ.

Η προσπάθεια αναγνώρισης και ψηφιοποίησης του φαινομένου των πυρκαγιών και κατά συνέπεια της προσομοίωσης αυτών, έχει ξεκινήσει από τις αρχές της δεκαετίας του 50 και συνεχίζεται μέχρι σήμερα με αμείωτη ένταση. Βέβαια το μεγάλο βήμα έγινε το 1972 με την μελέτη του Richard C Rothermel, a Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuel, η οποία προέκυψε κυρίως από πειραματικά δεδομένα. Στη συνέχεια, έγιναν ακόμα περισσότερα βήματα και βελτιώσεις, σε ειδικές συνθήκες πυρκαγιών, όμως ουσιαστικά, το μοντέλο του Rothermel είναι ο πρωταγωνιστής στην εξομοίωση των πυρκαγιών (Fire Science Digest, March 2008).

Σε κάθε περίπτωση, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε το τι ακριβώς είναι μία πυρκαγιά, το πως εξαπλώνεται και να αναλύσουμε τα δεδομένα που την επηρεάζουν.

1.1 Φωτιά (Πυρκαγιά)

Φωτιά είναι η καύση που συνήθως συνοδεύεται από φλόγα. Ουσιαστικά, είναι μια χημική αντίδραση κατά την οποία εκλύεται ως αποτέλεσμα θερμότητα και φλόγα. Για να υπάρξει φωτιά πρέπει να συνυπάρχουν τρία στοιχεία:

- Καύσιμο
- Οξυγόνο (ή κάποιος άλλος έντονα οξειδωτικός παράγοντας)
- Φλόγα (ή άλλη πηγή θερμότητας).

Καύσιμο ορίζουμε οποιοδήποτε οργανική ή ανόργανη ένωση που αντιδρά κατά την καύση. Το καύσιμο μπορεί να βρίσκεται σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή. Στην περίπτωση των δασικών πυρκαγιών, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, τα καύσιμα είναι σε στερεή μορφή. Αυτά τα τρία στοιχεία αποτελούν το τρίγωνο της φωτιάς, όπως ονομάζεται. Για να ξεκινήσει η καύση πρέπει να υπάρχει κάποιο εύφλεκτο καύσιμο υλικό και με την παρουσία του οξυγόνου, να βρεθεί σε μια κατάλληλη θερμοκρασία, που ονομάζεται σημείο ανάφλεξης. Για τη διακοπή της καύσης αρκεί η έλλειψη ενός μόνο στοιχείου, από το προαναφερθέν τρίγωνο.

Στην περίπτωση της πυρκαγιάς το τρίγωνο αυτό υλοποιείται από:

- την καύσιμη ύλη που είναι το σύνολο της βλάστησης και τα ανόργανα υλικά σε μια συγκεκριμένη περιοχή,
- το οξυγόνο, που υπάρχει σε περίσσια και,
- η θερμότητα, που μπορεί να προκληθεί από πολλούς παράγοντες, όπως πχ τις καιρικές συνθήκες.

Η βλάστηση μιας περιοχής, δεν μπορεί να θεωρηθεί άμεσα εύφλεκτο υλικό, επειδή, περιέχει μεγάλη ποσότητα υγρασίας, η οποία περιορίζει την πιθανότητα ανάφλεξης. Αρχικά λοιπόν, πρέπει, η βλάστηση μιας περιοχής να θερμανθεί αρκετά, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο τα αποθέματα υγρασίας και στη συνέχεια, μόλις ξεπεραστεί το κατώφλι του σημείου ανάφλεξης να έχουμε καύση. Είναι προφανές, πως στην περίπτωση μεμονωμένης ανάφλεξης και μέχρι το καύσιμο να εξαντληθεί, πρέπει τα γειτνιάζοντα καύσιμα να θερμανθούν και να ξεπεράσουν τα αντίστοιχα σημεία ανάφλεξης, ώστε η καύση να γενικευθεί και να αποτελέσει την απαραίτητη πυρκαγιά. Αξίζει να αναφερθεί πως η καύση με απλά λόγια είναι η αντίστροφη

διαδικασία της φωτοσύνθεσης (Pyne & άλλοι, 1996, DeBano & άλλοι, 1998). Η διαδικασία της καύσης μπορεί να διαιρεθεί χρονικά σε τέσσερις φάσεις:

- Φάση προ της ανάφλεξης, κατά την οποία γίνεται η εξάτμιση του νερού και η θερμότητα αγγίζει το σημείο ανάφλεξης.
- Ανάφλεξη.
- Καύση, κατά την οποία αρχικά έχουμε καύση με φλόγα και στη συνέχεια χωρίς.
- Σβέση, κατά την οποία, η χημική αντίδραση εξάντλησε όλο το καύσιμο, ή για κάποιο λόγο η θερμότητα έπεσε σε επίπεδα που δεν επιτρέπουν την καύση.

Δυστυχώς, μέσα στα παράγωγα της καύσης συμπεριλαμβάνεται και η θερμότητα, με την οποία, η καύση μεταφέρεται αναδρομικά σε όλη την περιοχή, με αποτέλεσμα την εξάπλωση της πυρκαγιάς. Η μετάδοση της θερμότητας είναι καθοριστικός παράγοντας και υλοποιείται:

- Με την ακτινοβολία από τις φλόγες της φωτιάς, δίχως τα καύσιμα υλικά να έχουν επαφή μεταξύ τους.
- Με τον αέρα, όπου ο θερμαινόμενος αέρας από την καύση, είτε μετακινείται λόγω καιρικών συνθηκών, είτε αναμιγνύεται με τον μη θερμαινόμενο των γειτονικών περιοχών.
- Με την αγωγιμότητα των καύσιμων υλικών που βρίσκονται σε επαφή.
- Με τη μεταφορά αναφλεγμένων καύσιμων υλικών, λόγω ειδικών συνθηκών (εξαιρετικά δυσμενείς καιρικές συνθήκες και κυρίως μεγάλης ταχύτητας ανέμου, ή μεγάλης κατωφέρειας εδάφους).

Όπως προαναφέρθηκε, όταν κάποιο στοιχείο από το τρίγωνο της φωτιάς εκλείπει, τότε η φωτιά σβήνει. Υπάρχουν λοιπόν κάποιες ενέργειες, οι οποίες πρέπει να γίνουν από τους φορείς που συμμετέχουν στην αντιμετώπιση των πυρκαγιών, ώστε να τις περιορίσουν. Αυτές οι ενέργειες πρέπει, είτε να είναι προληπτικές, ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες εκδήλωσης πυρκαγιάς, είτε κατασταλτικές, ώστε μία πυρκαγιά να κατασβεστεί όσο το δυνατόν συντομότερα.

Με μια πρώτη ματιά, κανένα από τα στοιχεία του τριγώνου δεν είναι δυνατό να εξαιρεθεί, ώστε τουλάχιστον προληπτικά να μην υπάρξει ανάφλεξη. Αναλύοντας όμως, λίγο περισσότερο το πρόβλημα διαπιστώνουμε πως υπάρχουν ενέργειες όπως:

- Αποψίλωση των προσβάσιμων δασικών περιοχών και των γεωργικών καλλιεργειών.
- Δημιουργία αντιπυρικών ζωνών.
- Αεροπυρόσβεση.
- Χρήση εκρηκτικών μηχανισμών, κυρίως μέσω στρατιωτικών βολών.
- Περιορισμός των πιθανών εστιών ανάφλεξης, από τυχαίες αιτίες.
- Κατάσβεση με νερό και άλλα μέσα.

Όλες αυτές οι ενέργειες, πρέπει να είναι σχεδιασμένες και να καθοδηγούνται κατάλληλα, ώστε να βελτιστοποιηθούν τα αποτελέσματά τους. Στο σημείο αυτό, η χρήση των πληροφοριακών συστημάτων είναι κατ' ελάχιστον αναγκαία. Με την ανάλυση στοιχείων, όπως το έδαφος και ο καιρός, είναι δυνατή πλέον η δημιουργία χαρτών, που καταδεικνύουν τα πιθανά σημεία έναρξης της πυρκαγιάς, τουλάχιστον από φυσικούς παράγοντες. Επίσης, η ανάλυση και η καιρική πρόβλεψη, μπορεί να μας βοηθήσει στην προσομοίωση της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς. Η προσομοίωση είναι πολύ σημαντικό μέσο καταστολής της πυρκαγιάς για πάρα πολλούς λόγους, ένας εκ των οποίων είναι η κατάδειξη της πιθανής μελλοντικής κατάστασης, ώστε να κατευθυνθούν ανάλογα οι μονάδες και τα μέσα κατάσβεσης και να είναι εύκολη η δημιουργία ενός σχεδίου εκκένωσης πληθυσμού. Προληπτικά, διότι με τη χρήση υποθετικών σεναρίων, μπορούν να σχεδιαστούν ενέργειες όπως, οι αντιπυρικές ζώνες, η εξέταση της ετοιμότητας των τμημάτων και η ορθότητα των αποφάσεων των διοικητών των τμημάτων κατάσβεσης. Συμπερασματικά λοιπόν, ένα σύστημα προσομοίωσης έχει ως κύριο στόχο, την υποβοήθηση στη λήψη απόφασης κατασταλτικών ή προληπτικών ενεργειών, από τις αρμόδιες αρχές. Με τη χρήση πληροφοριακών συστημάτων μπορούμε να έχουμε:

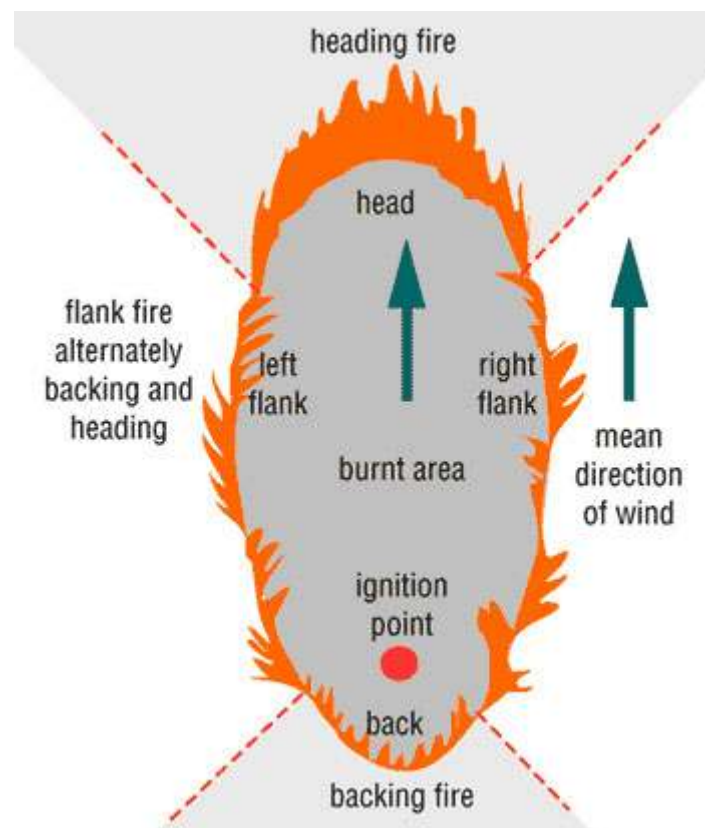
- Επίκαιρα δορυφορικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης.
- Αξιολόγηση προ-επικινδυνότητας μιας περιοχής.
- Αναλυτική αποτύπωση οδικού δικτύου-υποδομών και μέσων δασοπυρόσβεσης.
- Μετεωρολογικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και προγνώσεις.
- Χρήση γεωγραφικών δεδομένων με τη χρήση αντίστοιχων πληροφοριακών συστημάτων.
- Εποπτεία περιοχών με κάμερες και ανάλυση εικόνων με ειδικούς αλγόριθμους.
- Παρακολούθηση μέσων.
- Δημιουργία επιχειρησιακών χαρτών.

Τα παραπάνω μπορούν εύκολα να οδηγήσουν σε:

- Εντοπισμό εστίας πυρκαγιάς.
- Υπολογισμό της βέλτιστης διαδρομής για την καταπολέμηση της πυρκαγιάς, αλλά και για το σχέδιο εκκένωσης μιας περιοχής.
- Διαχείριση στόλου οχημάτων.
- Συντονισμό δυνάμεων κατάσβεσης.
- Εύρεση κοντινότερων σημείων υδροληψίας.
- Προσομοίωση πυρκαγιάς.

1.2 Ανάλυση της Συμπεριφοράς της Πυρκαγιάς

Η ανάλυση της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς, έχει γίνει κυρίως με πειραματικές μεθόδους, που οδηγούν στην παρατήρηση κάποιων σημαντικών χαρακτηριστικών της. Το σημαντικότερο είναι ότι, οι περισσότερες πυρκαγιές ξεκινούν από μια ανάφλεξη και επεκτείνονται σε κάθε κατεύθυνση του επιπέδου, δημιουργώντας ένα ελλειπτικό σχήμα στην καίομενη περιοχή (R. Rothermel, 1972).



Εικόνα 2 Δομή της πυρκαγιάς
(Salis, 2006)

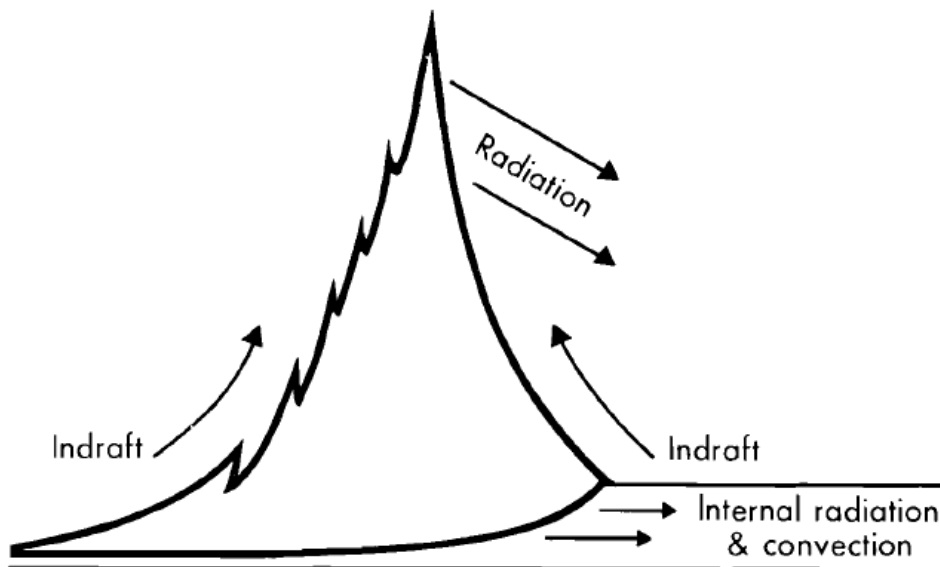
Μπορούμε να διαχωρίσουμε την περιφέρεια μιας πυρκαγιάς στα εξής τμήματα (Εικόνα 2):

- το μέτωπο της πυρκαγιάς, είναι η περιοχή που αναπτύσσεται η πυρκαγιά με μέγιστο ρυθμό. Σε αυτό συντελούν και οι καιρικές συνθήκες και η τοπογραφία, με αποτέλεσμα οι φλόγες της φωτιάς να έχουν μεγάλο ύψος και η κλίση τους είναι προς της άκαυστη περιοχή,
- τα μετόπισθεν της πυρκαγιάς, όπου ο ρυθμός καύσης είναι ο μικρότερος. Οι φλόγες έχουν κλίση προς την ήδη καμένη επιφάνεια και μικρό μέγεθος και

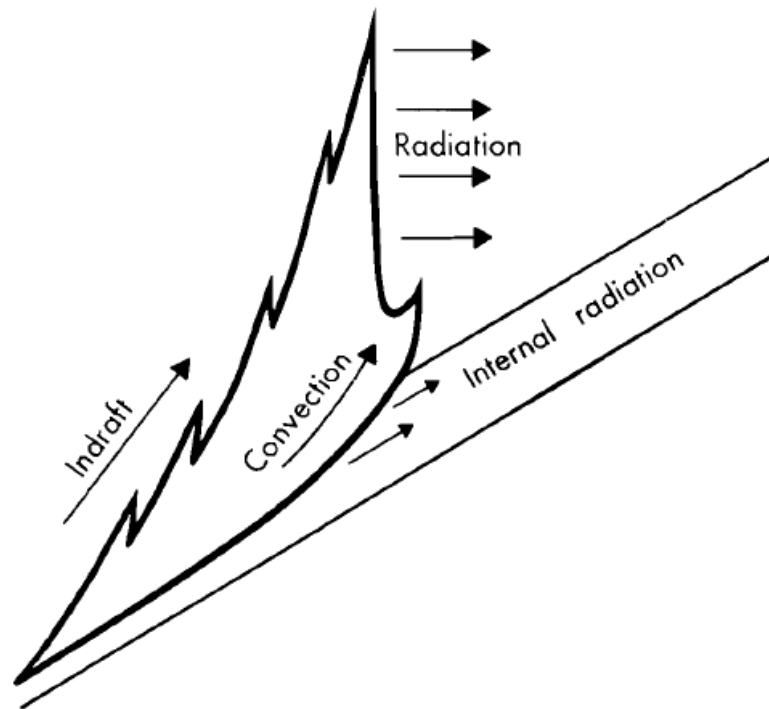
- τα πλευρά της πυρκαγιάς, όπου η κλήση από τις φλόγες συνεχώς μεταβάλλεται. Έτσι, η κατάσταση στα πλευρικά σημεία της περιφέρειας, προσομοιάζει, είτε με αυτά του μέτωπου, είτε με αυτά των μετόπισθεν ενίοτε.

Εμπειρικά, εάν βρεθούμε σε περιοχή με πυρκαγιά, οι πελώριες φλόγες με πυκνό καπνό, καταδεικνύουν ότι βρισκόμαστε στο μέτωπό της, ενώ, όσο οι φλόγες μικραίνουν, μετακινούμαστε προς τα πλευρά και τελικά στα μετόπισθεν. Στην εικόνα, γίνεται προφανές πως η ταχύτητα μετάδοσης είναι μεγαλύτερη στο μέτωπο, καθώς το σημείο ανάφλεξης βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από το μέτωπο.

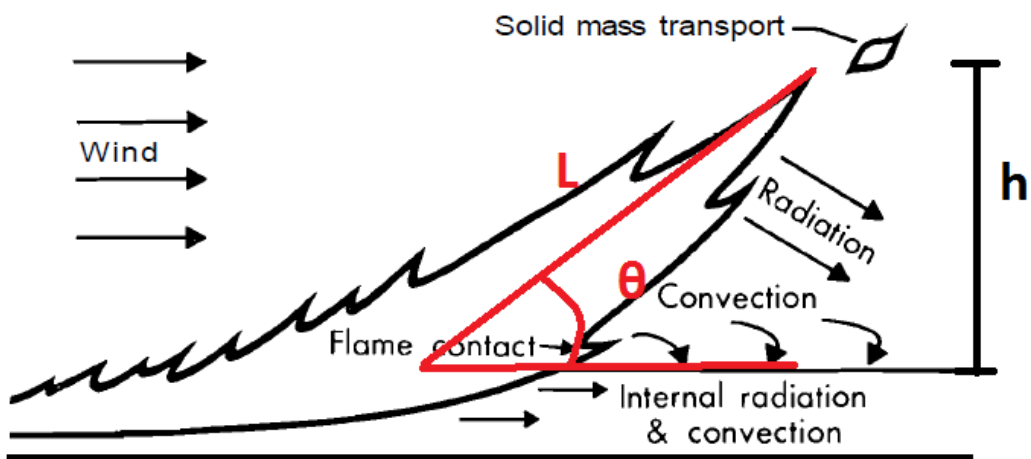
Οι εικόνες 3,4,5 δίνουν μια πολύ καλή εικόνα σχετικά με τη διαφορά στη συμπεριφορά της πυρκαγιάς, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν.



Εικόνα 3 Συμπεριφορά της φλόγας χωρίς άνεμο και χωρίς κλίση εδάφους (Rothermel, 1972)



Εικόνα 4 Συμπεριφορά της φλόγας με κλίση εδάφους
(Rothermel, 1972)



Εικόνα 5 Συμπεριφορά της φλόγας με άνεμο.
(Rothermel, 1972)

Γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι το ποσό θερμότητας, που μεταφέρεται στα γειτονικά άκαυστα τμήματα, με οποιονδήποτε τρόπο (ακτινοβολία, αγωγιμότητα κλπ), μεγιστοποιείται όταν υπάρχει άνεμος και ανωφέρεια. Όπως θα δούμε λεπτομερέστερα στη συνέχεια, το επικρατούν μαθηματικό μοντέλο αρχικά υπολογίζει τις παραμέτρους που περιγράφουν την

συμπεριφορά της πυρκαγιάς, υποθέτοντας πως δεν υπάρχει άνεμος, αλλά και οποιαδήποτε κλίση στο έδαφος, ενώ στη συνέχεια τροποποιεί αυτές τις παραμέτρους βάση του ανέμου και της κλίσης του εδάφους.

Πολύ σημαντικά στοιχεία, για την περιγραφή και τον προσδιορισμό της φωτιάς, είναι το ύψος, το μήκος, η γωνία και το βάθος της φλόγας. Το ύψος της φωτιάς, χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς των πυρκαγιών κόμης (Van Wagner, 1977), το μήκος της φλόγας και η γωνία, που εξαρτώνται από τον άνεμο, κατά κύριο λόγο, καταδεικνύουν τις δυσκολίες κατάσβεσης και τέλος το βάθος δίνει πολλαπλά στοιχεία για το είδος και τον όγκο του καιόμενου καυσίμου.

Υπάρχουν πάρα πολλά χαρακτηριστικά, που καθορίζουν τη συμπεριφορά των πυρκαγιών. Μελετώντας τα, μπορούμε να λάβουμε μια σαφή "μαθηματική" εικόνα των αποτελεσμάτων της, των πιθανών πόρων που θα είναι ικανά για την κατάσβεση κλπ. Κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς, ορισμένα χαρακτηριστικά επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση της έντασης και την ευκολία της εξάπλωσης της (Pyne & άλλοι, 1996). Αυτά τα χαρακτηριστικά, σε πολλές περιπτώσεις με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), μας δίνουν την δυνατότητα να οπτικοποιήσουμε την πυρκαγιά.

Το σημαντικότερο των χαρακτηριστικών αυτών, είναι η ταχύτητα διάδοσης. Ταχύτητα διάδοσης, είναι η απόσταση από κάποιο φλεγόμενο σημείο, έως το σημείο που θα αναφλεγεί στην μονάδα του χρόνου. Η ταχύτητα διάδοσης εξαρτάται άμεσα από τον άνεμο και την κλίση του εδάφους. Η θεώρηση της πυρκαγιάς ως μια σειρά αναφλέξεων, βοηθά στην διάσπαση του προβλήματος για την ανάλυση (Rothermel, 1972), γνωρίζοντας δε, την ταχύτητα διάδοσης σε κάθε ένα από αυτά τα σημεία, μπορούμε να την αναπαραστήσουμε σε κάποιο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Οι ακριβείς προβλέψεις του καιρού, για διάστημα πέντε ημερών, επιτρέπουν την ικανοποιητική πρόβλεψη της εξέλιξης της πυρκαγιάς. Ο υπολογισμός αυτός, διαφοροποιείται συνεχώς λόγω των μετεωρολογικών προβλέψεων, κυρίως του ανέμου, αλλά και άλλων παραγόντων, όπως οι βροχοπτώσεις κλπ, οι οποίες μεταβάλλονται αντίστοιχα στη μονάδα του χρόνου.

Η ένταση της φωτιάς, είναι η ιδιότητα που καταδεικνύει τη δυσκολία κατάσβεσης της πυρκαγιάς (Alexander, 2000), και αναφέρεται στην θερμότητα, που εκλύεται από τη φωτιά, στην μονάδα του χρόνου (Pyne & άλλοι, 1996). Γνωρίζοντας την κλιμάκωση των τιμών της έντασης της φωτιάς, μπορούμε, αντιστοιχίζοντας τις τιμές, με τις δυνάμεις κατάσβεσης, να καταλήξουμε σε αντιπροσωπευτικούς πίνακες. Αυτοί οι πίνακες, μπορούν να προσφέρουν σημαντική βοήθεια στη λήψη αποφάσεων. Αντίστοιχο χαρακτηριστικό είναι και η ένταση στην γραμμή του μετώπου, όπου εδώ

καθορίζεται η θερμότητα που εκλύεται από τη φωτιά, στο σύνολο αυτής της γραμμής.

Υπάρχουν και άλλα χρησιμοποιούμενα χαρακτηριστικά, όπως η ένταση αντίδρασης της πυρκαγιάς, που προσδιορίζει το επίπεδο απελευθερωμένης ενέργειας και η εκλυόμενη θερμότητα στην μονάδα επιφανείας.

1.3 Συμπεριφορά της Πυρκαγιάς και το Περιβάλλον

Η πυρκαγιά εξαρτάται απόλυτα από το περιβάλλον μέσα στο οποίο αναπτύσσεται. Τα τρία στοιχεία τα οποία επηρεάζουν την συμπεριφορά της πυρκαγιάς είναι η τοπογραφία, ο καιρός και το καύσιμο (Countryman 1972 and Rothermel, 1983 and Pyne & άλλοι, 1996). Όπως διαπιστώθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η τοπογραφία μεταβάλλει τον τρόπο που οι φλόγες θερμαίνουν το καύσιμο και το καίνε, περίπου το ίδιο συμβαίνει και στον τρόπο που επηρεάζουν την πυρκαγιά οι μετεωρολογικές συνθήκες.

Σε αυτές τις τρεις παραμέτρους, ίσως θα πρέπει να προστεθεί ο χρόνος και συνεπώς, πως επηρεάζονται αυτές, από τη χρονική μεταβολή (Viegas, 2005). Επίσης, ισχυρός παράγοντας στη μεταβολή των τριών περιβαλλοντικών παραμέτρων, είναι και η περιοχή εξάπλωσης της πυρκαγιάς. Ο καιρός, σαφέστατα μεταβάλλεται και στο χρόνο και στο χώρο. Αυτές οι μεταβολές, μπορεί να είναι ραγδαίες και να επηρεάσουν δραματικά την κατεύθυνση ή την ένταση της πυρκαγιάς. Κατ' αντιστοιχία, η ίδια συμπεριφορά υπάρχει και στις μεταβολές της καύσιμης ύλης, που στην περίπτωση μας, είναι κυρίως η βλάστηση της περιοχής καύσης. Εξαίρεση, αποτελεί η διαμόρφωση του εδάφους, καθώς εδώ, δεν υπάρχει μεταβολή στο χρόνο (τουλάχιστον στο χρόνο εξάπλωσης της πυρκαγιάς), αλλά υπάρχει στο χώρο. Οι τρεις παράμετροι αλληλοεπηρεάζονται και κατά συνέπεια, μεταβάλλουν η μία την άλλη. Ενδεικτικά, μια απότομη έξαρση του εδάφους μεταβάλλει την κατεύθυνση και την ένταση του ανέμου σε εκείνη την περιοχή, επίσης η βλάστηση που βρίσκεται εκεί, πιθανόν να έχει μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας, από ότι η βλάστηση που βρίσκεται στην κορυφή αυτής της έξαρσης, λόγω της μεγαλύτερης έκθεσης της στον ήλιο.

Αυτές τις μεταβολές, προσπαθεί ο αναλυτής να ελαχιστοποιήσει, διασπώντας την πυρκαγιά σε αναδρομικές μικρές αναφλέξεις. Αυτή η διάσπαση, ελαχιστοποιεί το χρόνο και το χώρο, έτσι μπορεί να υπολογίσει τις τιμές των απαραίτητων παραμέτρων, που θα προσδιορίσουν τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάσπαση, τόσο καλύτερη είναι η ανάλυση του προβλήματος και τα παραγόμενα αποτελέσματα.

1.3.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Οι καιρικές συνθήκες, επηρεάζουν πάρα πολύ την ανάφλεξη και την εξάπλωση της πυρκαγιάς. Κάποιες από τις παραμέτρους διευκολύνουν ή δυσχεραίνουν την ανάφλεξη, κάποιες τον ρυθμό ανάφλεξης και την κατεύθυνση και κάποιες και τα δύο. Οι καιρικές συνθήκες, σε πολλές περιπτώσεις, μπορεί να μεταβάλουν την επέκταση της πυρκαγιάς, με τέτοιο τρόπο, που δεν συμβαδίζει με τα δεδομένα των άλλων παραμέτρων. Αν παραδείγματος χάρη, ο άνεμος είναι πολύ μεγάλος, θα μπορούσε η πυρκαγιά να υπερπηδήσει μια περιοχή, που δεν περιέχει καθόλου καύσιμη ύλη. Αυτό το στοιχείο είναι που κάνει τις καιρικές συνθήκες πολύ επικίνδυνες κατά την ανάφλεξη, αλλά και τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς. Ένα ακόμα στοιχείο, είναι ότι οι καιρικές συνθήκες, δεν μπορούν να ελεγχθούν από τον άνθρωπο, με συνέπεια να μην υπάρχει δυνατότητα προετοιμασίας. Στον αντίποδα βέβαια, οι μετεωρολογικές συνθήκες ακολουθούν μια περιοδική συμπεριφορά ανάλογα με την περιοχή. Υπάρχει η ημερήσια περιοδική συμπεριφορά και αντίστοιχα, η ετήσια περιοδική συμπεριφορά. Ημερήσια περιοδική συμπεριφορά, σε μία υποτιθέμενη περιοχή, θα μπορούσε να ήταν η αύξηση της θερμοκρασίας τις απογευματινές ώρες και η αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου. Αντίστοιχα, ετήσια περιοδική συμπεριφορά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η εμφάνιση των βόρειων ανέμων στο Αιγαίο (Μελτέμια), τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Όλα τα παραπάνω, σε συνδυασμό με τις αξιόπιστες βραχείες μετεωρολογικές προβλέψεις, συνθέτουν ένα πολύ καλό πλαίσιο προετοιμασίας, σχεδιασμού και επαγρύπνησης.

Σημαντικές μετεωρολογικές παράμετροι, που επηρεάζουν την ανάφλεξη του καυσίμου είναι:

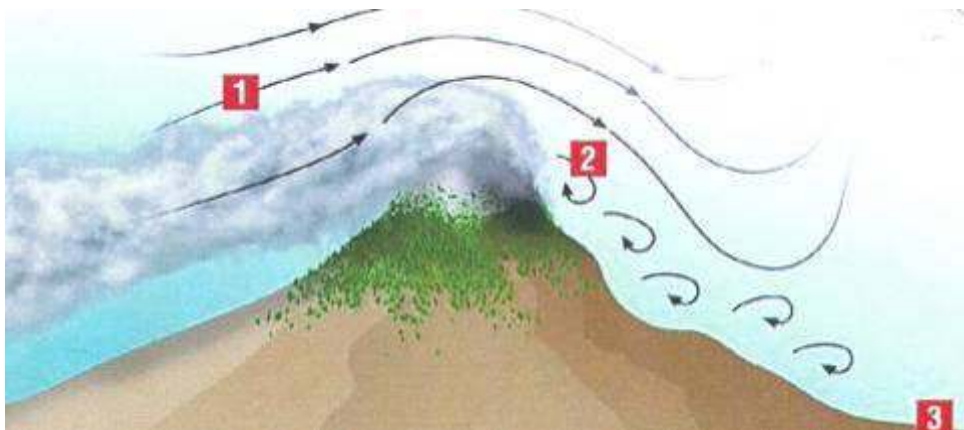
- Η ηλιακή ακτινοβολία, που επηρεάζει δραστικά την υγρασία και "ξεραίνει" τη βλάστηση, με αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η ανάφλεξη της.
- Οι βροχοπτώσεις, που στον αντίποδα υγραίνουν το περιβάλλον και κατά συνέπεια τα καύσιμα, με αποτέλεσμα την απαγόρευση εκδήλωσης της πυρκαγιάς.
- Οι κεραυνοί, που προκαλούν άμεση ανάφλεξη και σε συνδυασμό με αντίστοιχες συνθήκες που επικρατούν (δυνατός άνεμος κλπ), μπορούν να δημιουργήσουν πυρκαγιά με απρόβλεπτη εξέλιξη.
- Η θερμοκρασία αέρος, που βοηθά να υπερβεί η περιοχή το κατώφλι της θερμοκρασίας ανάφλεξης. Στην Ελλάδα, η θερμοκρασία αέρα, είναι

πολύ μεγαλύτερη, κατά το χρονικό διάστημα μετά από τις 14:00 και κυρίως το καλοκαίρι υπερβαίνει την θερμοκρασία ανάφλεξης.

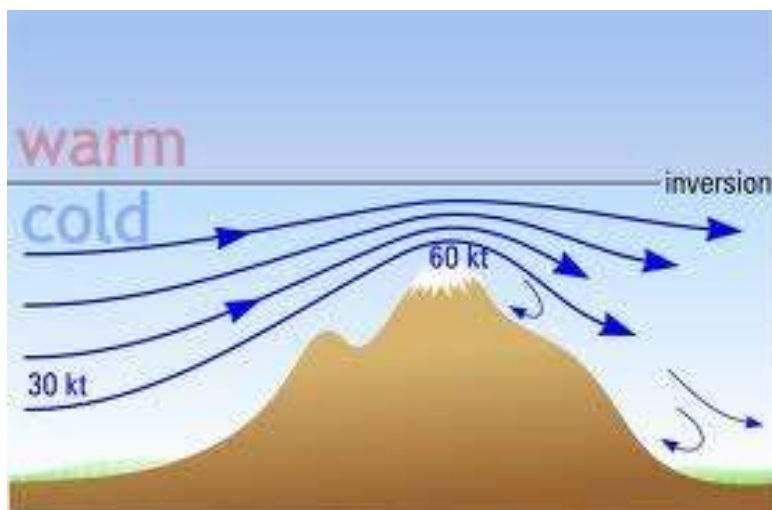
- Τέλος, η σχετική υγρασία, που τροποποιεί σημαντικά την υγρασία της καύσιμης ύλης.

Εκτός όμως από τις παραμέτρους που επηρεάζουν την ανάφλεξη, όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν και αυτές που επηρεάζουν την εξάπλωση της πυρκαγιάς, με σημαντικότερη, τον άνεμο. Η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζει, όπως είδαμε, την εξάπλωση της πυρκαγιάς. Κάποιες φορές, μπορεί να είναι σύμμαχος των δυνάμεων κατάσβεσης, ενώ κάποιες άλλες εχθρός. Σκεφτείτε λοιπόν, μια πυρκαγιά, η οποία κατά την έναρξή της ενισχύθηκε από έναν πολύ δυνατό Βόρειο άνεμο, όμως μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, ο άνεμος έγινε Νότιος. Το αποτέλεσμα θα ήταν, ο άνεμος να "σπρώχνει" τη φωτιά προς την μεριά της ήδη καμένης περιοχής, με συνεπακόλουθο η φωτιά να περιοριστεί.

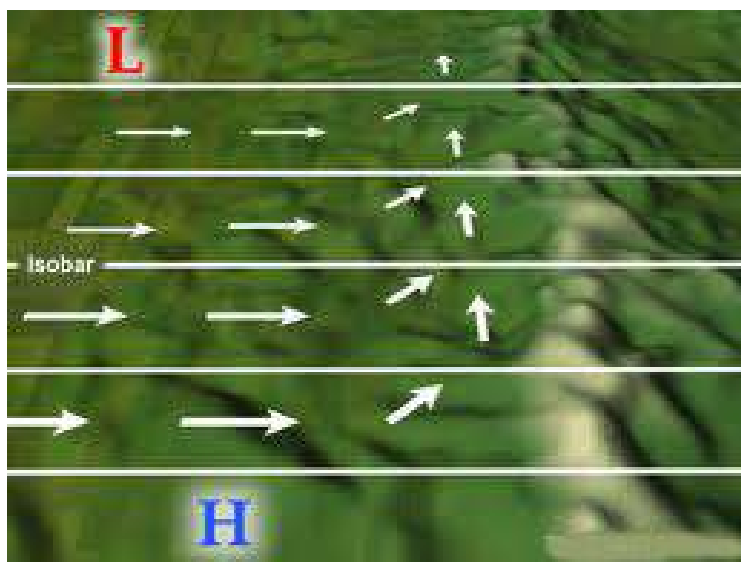
Ο άνεμος που επηρεάζει την πυρκαγιά, είναι αυτός που πνέει στο ύψος της φλόγας του μέτωπο της πυρκαγιάς και όχι αυτός που πνέει 20 μ ψηλότερα. Μια μετεωρολογική πρόγνωση, δεν είναι απαραίτητο πως καταδεικνύει τον πραγματικό άνεμο της περιοχής καύσης, εάν π.χ. η περιοχή έχει κάποιον ορεινό όγκο τότε εκεί ο άνεμος δεν έχει ούτε τη γενική κατεύθυνση ούτε τη γενική ένταση, που παρουσιάζεται σε μία μετεωρολογική πρόβλεψη. Όπως φαίνεται στις εικόνες 6, 7, 8, ο άνεμος πνέει οριζόντια ή κατακόρυφα, δημιουργώντας δύνες, ανάλογα με την διαμόρφωση του εδάφους. Αυτό, πρέπει να ληφθεί υπόψη, κατά την προσπάθεια προσομοίωσης της πυρκαγιάς. Οι μετρήσεις πρέπει, εκτός από τη γενική πρόγνωση, να γίνονται και σε τοπικούς σταθμούς ή αισθητήρες, ώστε το αποτέλεσμά τους να είναι όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστο.



Εικόνα 6 Κατακόρυφη μεταβολή του ανέμου λόγω ορεινού όγκου



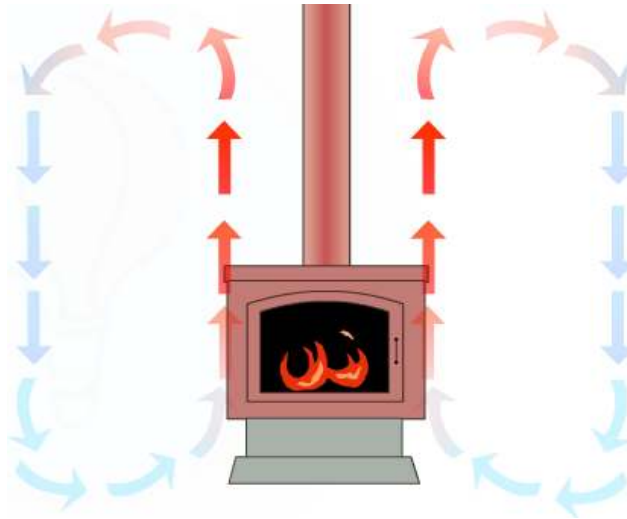
Εικόνα 7 Κατακόρυφη μεταβολή του ανέμου λόγω ορεινού όγκου



Εικόνα 8 Οριζόντια μεταβολή του ανέμου λόγω ορεινού όγκου

Σημαντικός παράγοντας στην πρόγνωση του ανέμου, είναι και η ατμοσφαιρική σταθερότητα. Όπως και τα υπόλοιπα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά στην περιοχή της Ελλάδας είναι πιο αποσταθεροποιημένη τις απογευματινές ώρες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο άνεμος να παρουσιάζει σημαντικές μεταπτώσεις αυτή τη χρονική περίοδο.

Ένα ακόμη στοιχείο που μεταβάλλει τις γενικές προβλέψεις, σε σχέση με τον άνεμο, είναι η παραγωγή θερμότητας κατά την καύση, γεγονός που τροποποιεί τη ροή του αέρα. Ο ζεστός αέρας κινείται προς τα πάνω, όπου ψύχεται και ξανακατεβαίνει, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3, δημιουργώντας μια διαφορετική κυκλική ροή, που ευνοεί την μεγιστοποίηση του ύψους της φλόγας.



Εικόνα 9 Η ανοδική κίνηση των θερμών αερίων μαζών

Οι αλλαγές που μπορεί ο άνεμος να επιφέρει στη συμπεριφορά της πυρκαγιάς, είναι ποικίλες (Salis, 2006):

- Αύξηση της ξήρανσης της βλάστησης, λόγω της εξάτμισης και της μείωσης της ατμοσφαιρικής σχετικής υγρασίας
- Αύξηση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο και επιτάχυνση της διαδικασίας καύσης.
- Μεγιστοποίηση της κλίσης της φλόγας, με αποτέλεσμα την μεγιστοποίηση μεταφοράς της θερμότητας, στις άκαυστες περιοχές.
- Μεγαλύτερη πιθανότητα δημιουργίας νέας πυρκαγιάς, από την εκτόξευση αναφλεγμένων κομματιών καύσιμης ύλης, από την καιόμενη περιοχή.

Άρα, οι μετεωρολογικές μεταβλητές χωρίζονται σε αυτές, που επηρεάζουν τη ροή του οξυγόνου και τη μετάδοση της θερμότητας και επομένως το ρυθμό εξάπλωσης, και σε αυτές που μεταβάλουν την υγρασία στη βλάστηση, ζωντανή ή νεκρή, στην περιοχή καύσης και κατά συνέπεια την πιθανότητα ανάφλεξης (Velez, 2000).

1.3.2 Καύσιμη Ύλη

Η καύσιμη ύλη στην περίπτωση των πυρκαγιών, παίζει σημαντικότερο ρόλο στην εξέλιξη της πυρκαγιάς. Επηρεάζει σημαντικά το σημείο ανάφλεξης, την ένταση της φωτιάς, το ύψος της φλόγας και την ταχύτητα εξάπλωσης, σε συνδυασμό βέβαια με τις μετεωρολογικές συνθήκες.

Για να απλουστεύσουμε το πρόβλημα, ενδείκνυται να το δούμε αντίστροφα. Η περιγραφή του είδους της βλάστησης, που υπάρχει στην περιοχή ενδιαφέροντος, δεν παρέχει κανένα στοιχείο αν δεν προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν "μαθηματικά" την εξάπλωση της πυρκαγιάς και όχι μόνο. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

- Παραγωγή θερμότητας καυσίμου (Fuel heat content).
- Πυκνότητα (Density).
- Θερμική αγωγιμότητα (Thermal conductivity).
- Ποσότητα φόρτου (Quantity of load).
- Μέγεθος και σχήμα (Size and shape).
- Συμπαγές υλικού (Compactness).
- Διευθέτηση (Arrangement).

Για να προσδιοριστούν όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, πρέπει να γίνει ένα σύνολο ενεργειών σε κάθε περιοχή. Στη συνέχεια, ανάλογα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων πεδίου γίνεται ομαδοποίηση των περιοχών, οι οποίες περιγράφονται με μοντέλα καύσιμης ύλης. Σε όλον τον κόσμο δημιουργούνται τέτοια μοντέλα, ώστε να προδιαγράψουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Η αρχή έγινε με το BEHAVE (Andrews, 1986) όπου προσδιορίστηκαν τα 13 κλασικά πλέον μοντέλα καύσιμης ύλης των ΗΠΑ.

Η προσωπική άποψη του συγγραφέα είναι πως, ο προσδιορισμός των μοντέλων καύσης είναι η κοπιαστικότερη εργασία κατά τη μελέτη και τον προσδιορισμό όλων των χαρακτηριστικών, που προκαθορίζουν την έναρξη και τον υπολογισμό της εξέλιξης μια πυρκαγιάς. Η κυριότερη δυσκολία σε αυτό είναι το ότι, η τεχνολογική εξέλιξη δεν μπορεί να υποκαταστήσει τη δειγματοληψία και την ανθρώπινη μελέτη της περιοχής, πράγμα που είναι πιο εφικτό με τις μετεωρολογικές προβλέψεις, αλλά και με την τοπογραφία (Γαβριήλ Ξανθόπουλος & άλλοι). Οι εργασίες για τη δημιουργία ενός μοντέλου καυσίμου σε μια περιοχή ενδιαφέροντος είναι:

- Ομαδοποίηση υποπεριοχών με προσομοιάζουσα βλάστηση, χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες.

- Δειγματοληπτική συλλογή όλων των τύπων βλάστησης.
- Καταγραφή και υπολογισμός αποτελεσμάτων σε κάθε περιοχή.
- Ανάλυση αποτελεσμάτων και δημιουργία στατιστικών πινάκων.
- Δημιουργία μοντέλων καύσιμης ύλης.

Τα ποσοστά υγρασίας στην καύσιμη ύλη τροποποιούν την ανάφλεξη και τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς, άρα δεν αρκεί μόνο η ποσοτικοποίηση του είδους της καύσιμης ύλης, αλλά και η ποσοτικοποίηση της υγρασίας αυτής. Όπως αναφέρθηκε, για την ανάφλεξη της καύσιμης ύλης πρέπει να προηγηθεί η εξάτμιση της υγρασίας από αυτήν.

1.3.3 Τοπογραφία

Το κύριο στοιχείο της τοπογραφίας μιας περιοχής ενδιαφέροντος είναι ότι, δεν μεταβάλλεται σχεδόν καθόλου σε σχέση με το χρόνο, ή τουλάχιστον δεν μεταβάλλεται χωρίς την ύπαρξη μεταβολών στα μετεωρολογικά δεδομένα, ή αυτά της καύσιμης ύλης. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι σε μια περιοχή, κάποια συγκεκριμένη εποχή, η υπερχειλίση ενός ποταμού προκαλεί τη δημιουργία για κάποιο χρονικό διάστημα μιας λίμνης. Είναι προφανές, πως η τοπογραφία της περιοχής δεν αλλάζει, όμως συμμετέχει στην αλλαγή των δεδομένων που επηρεάζουν την ανάπτυξη της πυρκαγιάς.

Υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά της τοπογραφίας, που επηρεάζουν άμεσα τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς, υπάρχουν αντίστοιχα δε, και άλλα έμμεσα. Μέσα από πειραματικές μεθόδους και παρατήρηση καθορίστηκε ότι, τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά που άμεσα τροποποιούν την εξέλιξη της πυρκαγιάς είναι η κλίση (slope) και το αζιμούθιο της κλίσης (aspect ratio) του εδάφους. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά, προσδιορίζουν την ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς σε σχέση με την κατεύθυνσή της. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση, στην κατεύθυνση της πυρκαγιάς, τόσο περισσότερο ανατροφοδοτείται και πολλαπλασιάζεται η ταχύτητα διάδοσης. Γίνεται ευκολότερα αντιληπτό αν σκεφτούμε πως, στην περίπτωση που ο άνεμος γέρνει τη φλόγα με μία γωνία ως προς το έδαφος, προσομοιάζει με την περίπτωση που υπάρχει κλίση στο έδαφος. Εμπειρικά, η θερμότητα που εκλύεται και στις δύο περιπτώσεις, θερμαίνει πολύ πιο γρήγορα την άκαυτη περιοχή (εικόνες 3,4,5).

Το αζιμούθιο κλίσης, εκτός από τον προσδιορισμό της κλίσης σε σχέση με την κατεύθυνση διάδοσης της πυρκαγιάς, επηρεάζει και την ποσότητα ακτινοβολίας που δέχεται η συγκεκριμένη πλαγιά του εδάφους. Μια πλαγιά που έχει πρόσωπο προς την ανατολή, δέχεται σαφώς περισσότερη ακτινοβολία, σε σχέση με μία που έχει πρόσωπο προς την δύση. Η ένταση της ακτινοβολίας του ηλίου, είναι πολύ μεγαλύτερη το χρονικό διάστημα που εκτίθεται η ανατολική πλαγιά, σε σχέση με την δυτική. Κατά συνέπεια, η μείωση της υγρασίας στην καύσιμη ύλη επηρεάζεται από τις διαφοροποιήσεις του αζιμούθιου της κλίσης του εδάφους.

Το υψόμετρο είναι χαρακτηριστικό, που δεν επηρεάζει άμεσα την πυρκαγιά, αλλά μόνο έμμεσα. Αν προσδιορίσουμε την θερμοκρασία σε κάποιο υψόμετρο, αλλά και άλλα στοιχεία, ουσιαστικά προσδιορίζουμε τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς, ανεξαρτήτως του υψομέτρου. Συμπερασματικά, παρόλο που το υψόμετρο σχετίζεται με την θερμοκρασία αέρος, τις βροχοπτώσεις και την περιεκτικότητα οξυγόνου, δεν επηρεάζει σε αξιοσημείωτο βαθμό την ανάπτυξη της πυρκαγιάς. (Velez, 2000).

Τέτοια τοπογραφικά χαρακτηριστικά, που προσδιορίζονται και ποσοτικοποιούνται από την μεταβολή άλλων χαρακτηριστικών, είναι τα φυσικά εμπόδια όπως λίμνες, ποταμοί κλπ (μηδενική καύσιμη ύλη), διαμόρφωση του εδάφους (ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου), κα.

Ο προσδιορισμός της τοπογραφίας μιας περιοχής, καθώς και η ποσοτικοποίηση των αναγκαίων χαρακτηριστικών, για την μελέτη των πυρκαγιών, πλέον στις μέρες μας, είναι μάλλον μια απλή διαδικασία. Σε αυτό συντελούν οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές φωτογραφίες, η επεξεργασία τους από αλγορίθμους σε πληροφοριακά συστήματα, καθώς και η δυνατότητα ταχύτατου σχεδιασμού τους σε Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) (Geographic Information Systems (GIS)). Σε πάρα πολλές περιοχές ενδιαφέροντος, τα τοπογραφικά δεδομένα βρίσκονται ήδη αποθηκευμένα σε γεωγραφικές βάσεις δεδομένων, που είναι προσβάσιμες στους αναλυτές. Λόγω της μη μεταβολής τους σε σχέση με το χρόνο, δεν υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις στην τροποποίηση και τη συντήρησή τους, παρά μόνο στην περίπτωση μεγαλύτερης ανάλυσης των δεδομένων. Η χρήση των GIS επιτρέπει, σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα, τον αυτοματοποιημένο υπολογισμό της κλίσης και του αζιμούθιου της κλίσης από τις ισουψείς καμπύλες εδάφους.

1.4 Προσομοίωση Πυρκαγιάς

Η προσπάθεια ανάλυσης της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς, δίνει τη δυνατότητα προσομοίωσης της σε ανάλογα πληροφοριακά συστήματα. Τα δεδομένα εισόδου των συστημάτων προσομοίωσης της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς, είναι αυτά που αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους αυτής της εργασίας, η τοπογραφία, η καύσιμη ύλη και τέλος τα μετεωρολογικά δεδομένα. Με την επεξεργασία των δεδομένων εισόδου με κατάλληλο τρόπο, προκύπτουν στοιχεία για τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς.

Για την υλοποίηση των συστημάτων προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα, που δίνουν στοιχεία για την εξάπλωση της πυρκαγιάς. Ο βασικός διαχωρισμός αυτών των μοντέλων είναι, οι προβλέψεις που κάνουν σχετικά με το είδος της πυρκαγιάς που προσομοιώνουν:

- Μοντέλα πρόβλεψης επιφανειακών πυρκαγιών. Με αυτά τα μοντέλα, προσομοιώνεται η συμπεριφορά της πυρκαγιάς σε καύσιμα, που βρίσκονται στην επιφάνεια της περιοχής ενδιαφέροντος, έως και δύο μέτρα ψηλά. Σε περιπτώσεις (όπως στην χλωρίδα της Μεσογείου), που τα δέντρα άνω των δύο μέτρων δεν είναι αρκετά ψηλά, ώστε να έχουμε μετάδοση πυρκαγιάς από την κόμη, ή ο ρυθμός εξάπλωσης από την κόμη είναι μικρότερος, από ότι ο αντίστοιχος της επιφάνειας, τα παραπάνω μοντέλα, προσομοιώνουν ικανοποιητικά την εξέλιξη της πυρκαγιάς. Διακρίνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες, τα πιθανολογικά, τα εμπειρικά, τα ημι-εμπειρικά και τα θεωρητικά. Στον πίνακα 1 (Pastor & άλλοι, 2003), παρουσιάζεται μια συνοπτική αναφορά σε αυτά τα μοντέλα.

Πίνακας 1 Μοντέλα πρόγνωσης συμπεριφοράς επιφανειακών πυρκαγιών

| ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ | ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ | ΧΩΡΑ |
|-------------------------|-----------------------|---------------|
| Fons (1946) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| Emmons (1964) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| Hottel & άλλοι (1965) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| McArthur (1966) | Εμπειρικό | Αυστραλία |
| Van Wagner (1967) | Θεωρητικό | Καναδάς |
| Thomas (1967) | Θεωρητικό | Μεγ. Βρετανία |
| McArthur (1967) | Εμπειρικό | Αυστραλία |
| Anderson (1969) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| Frandsen (1971) | Ημι-εμπειρικό | ΗΠΑ |
| Rothermel (1972) | Ημι-εμπειρικό | ΗΠΑ |
| Pagni & Peterson (1973) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |

| | | |
|--|---------------|------------|
| Telisin (1974) | Θεωρητικό | Ρωσία |
| Steward (1974) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| Konev & Sukhinin (1977) | Θεωρητικό | Ρωσία |
| Cekirge (1978) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| Noble & άλλοι (1980) | Εμπειρικό | Αυστραλία |
| Pujji & άλλοι (1980) | Θεωρητικό | Ιαπωνία |
| Grishin & άλλοι (1983) | Θεωρητικό | Ρωσία |
| Griffin & Allan (1984) | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Huang & Xie (1984) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| Stauffer (1983) | Ημι-εμπειρικό | Γερμανία |
| Sneeuwjagt & Peet (1985) | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Albini (1986) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| De Mestre & άλλοι (1989) | Θεωρητικό | Αυστραλία |
| Weber (1989) | Θεωρητικό | Αυστραλία |
| Burrows & άλλοι (1991) | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Forestry Canada Fire Danger Group (1992) | Εμπειρικό | Καναδά |
| Croba & άλλοι (1994) | Θεωρητικό | Ελλάδα |
| Marsden Sinedley & Catchpole (1995) | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Ferragut & άλλοι (1996) | Θεωρητικό | Ισπανία |
| Grishin (1997) | Θεωρητικό | Ρωσία |
| Dupuy (1997) | Θεωρητικό | Γαλλία |
| Linn (1997) | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| Santoni & Balbi (1998) | Θεωρητικό | Γαλλία |
| Catchpole & άλλοι (1998) | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Catchpole & άλλοι (1998) | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Fernandes (1998) | Ημι-εμπειρικό | Πορτογαλία |
| Vega & άλλοι (1998) | Ημι-εμπειρικό | Ισπανία |
| McCaw (1998) | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Viegas & άλλοι (1998) | Εμπειρικό | Πορτογαλία |
| Cheney & άλλοι (1998) | Εμπειρικό | Αυστραλία |
| Porterie & άλλοι (1998) | Θεωρητικό | Γαλλία |
| Lanini & άλλοι (1998) | Θεωρητικό | Γαλλία |
| Margerit & Sero Guillaume (1999) | Θεωρητικό | Γαλλία |
| Burrows (1999) | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Hargrove & άλλοι (2000) | Πιθανολογικό | ΗΠΑ |
| Morandini & άλλοι (2000, 2001) | Θεωρητικό | Γαλλία |
| Vaz & άλλοι (2002) | Ημι-εμπειρικό | Πορτογαλία |

- Μοντέλα πρόγνωσης συμπεριφοράς πυρκαγιών κόμης. Πίνακας 2 (Pastor & άλλοι, 2003). Μοντέλα που αναλύουν τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς στην κόμη των δέντρων, για βλάστηση δηλαδή που έχει ύψος πάνω δύο μέτρα. Διακρίνονται σε εμπειρικά, ημι-εμπειρικά και θεωρητικά.

Πίνακας 2 Μοντέλα πρόγνωσης συμπεριφοράς πυρκαγιών κόμης

| ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ | ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ | ΕΙΔΟΣ | ΧΩΡΑ |
|--|-------------------|---------------|-----------|
| Molchanov (1957) | Αρχική | Ημι-εμπειρικό | Ρωσία |
| Kilgore & Sando (1975) | Αρχική | Εμπειρικό | ΗΠΑ |
| Van Wagner (1977) | Αρχική | Ημι-εμπειρικό | Καναδά |
| Xanthopoulos (1990) | Αρχική | Ημι-εμπειρικό | ΗΠΑ |
| Perminov (1995) | Αρχική | Θεωρητικό | Ρωσία |
| Alexander (1998) | Αρχική | Ημι-εμπειρικό | Αυστραλία |
| Kurbatskiy & Telitsin (1977) | Διάδοσης | Θεωρητικό | Ρωσία |
| Albini & Stocks (1986) | Διάδοσης | Θεωρητικό | Καναδά |
| Van Wagner (1989) | Διάδοσης | Ημι-εμπειρικό | Καναδά |
| Rothermel (1991) | Διάδοσης | Εμπειρικό | ΗΠΑ |
| Albini (1996) | Διάδοσης | Θεωρητικό | ΗΠΑ |
| Forestry Canada Fire Danger Group (1992) | Αρχική & Διάδοσης | Εμπειρικό | Καναδά |
| Finney (1994) | Αρχική & Διάδοσης | Ημι-εμπειρικό | ΗΠΑ |
| Grishin (1997) | Αρχική & Διάδοσης | Θεωρητικό | Ρωσία |
| Gomes da Cruz (1999) | Αρχική & Διάδοσης | Εμπειρικό | Καναδά |
| Scott & Reinhardt (2001) | Αρχική & Διάδοσης | Ημι-εμπειρικό | ΗΠΑ |

- Μοντέλα πρόγνωσης σημειακών πυρκαγιών. Η σημαντικότερη προσπάθεια στην ανάλυση της εναέριας κίνησης των αναφλεγμένων καυσίμων, έχει γίνει από τον Albini (1979, 1981, 1983).
- Τέλος, μοντέλα προσομοίωσης υπεδάφινων πυρκαγιών.

Το σύνολο σχεδόν των δύο πρώτων μοντέλων, θεωρούν την ακτινοβολία ως τον κυριότερο μηχανισμό μεταφοράς της θερμότητας (Pastor & άλλοι, 2003).

Τα περισσότερα συστήματα προσομοίωσης χρησιμοποιούν το μοντέλο προσομοίωσης του Rothermel (1972). Το μοντέλο αυτό, χαρακτηρίζεται ως ημι-εμπειρικό μοντέλο προσομοίωσης πυρκαγιάς. Ο κύριος λόγος αυτού του χαρακτηρισμού, είναι η εμπειρική ανάπτυξη και εξαγωγή των μαθηματικών εξισώσεων, που περιγράφουν τη συμπεριφορά των πυρκαγιών. Ένα από τα πρωτοποριακά συστήματα, που υιοθέτησαν το μοντέλο Rothermel, είναι το BEHAVE Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System (Andrews, 1986). Μετά από την πρώτη έκδοση του προγράμματος, ήλθε το νεότερο BehavePlus το οποίο έχει φτάσει στην πέμπτη έκδοση (Andrews, 2008). Στον πίνακα 3 εμφανίζονται τα περισσότερα από τα συστήματα προσομοίωσης πυρκαγιάς.

Πίνακας 3 Συστήματα προσομοίωσης πυρκαγιάς

| ΟΝΟΜΑΣΙΑ | ΧΩΡΑ | ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ |
|----------|---------|----------------------------|---|
| Burn | ΗΠΑ | Veach & άλλοι (1994) | Επιφανείας Rothermel Κυψελοειδή Τεχνική |
| Cardin | Ισπανία | Millan & άλλοι (1991) | Επιφανείας Rothermel Κυψελοειδή Τεχνική |
| Dynfare | ΗΠΑ | Kalabokidis & άλλοι (1999) | Επιφανείας Rothermel Κυψελοειδή Τεχνική |

| | | | | | |
|--|------------------------|---|---|---|---------|
| Embyr | ΗΠΑ | Hargrove & άλλοι (2000) | Επιφανείας Hargrove | Κυψελοειδή Αρχικής Ανάφλεξης Albini | Τεχνική |
| Farsite | ΗΠΑ | Finney (1994) | Επιφανείας Rothermel Κόμης Finney | Τεχνική Κυματομορφής Αρχικής Ανάφλεξης Albini | |
| Firegis | Πορτογαλία | Almeida & άλλοι (1997) | Επιφανείας Rothermel | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| Firemap | ΗΠΑ | Ball & Guertia (1992) | Επιφανείας Rothermel | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| Firestation | Πορτογαλία | Lopes & άλλοι (1998) | Επιφανείας Rothermel | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| Geofogo | Πορτογαλία | Vasconcelos & άλλοι (1998) | Επιφανείας Rothermel | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| Integrated Inflammation Software System Mefisto Aiolos F | Ευρωπαϊκή Ένωση Ελλάδα | Viegas (2000) | Viegas & άλλοι | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| PFAS | Καναδάς | Lymberopoulos & άλλοι (1996) Anderson (2002) | Επιφανείας Croba & άλλοι Επιφανείας FCFDG Κόμης FCFDG | Κόμης FCFDG Κυψελοειδή | Τεχνική |
| Prometheys | Καναδάς | Canadian Wildland Fire Growth Model Project Team (1999) | Επιφανείας Rothermel Κόμης FCFDG | Τεχνική Κυματομορφής | |
| Pyrocart | Νέα Ζηλανδία | Perry & άλλοι (1999) | Επιφανείας Rothermel | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| SIIF Tragsatec | Ισπανία | Alvarez (1996) | Επιφανείας Rothermel | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| Sirofire | Αυστραλία | Coleman & Sullivan (1995) | Επιφανείας Rothermel | Τεχνική Κυματομορφής | |
| Sparks | Ελβετία | Schoning (1996) | Επιφανείας Rothermel | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| Spread | Πορτογαλία | Mendes - Lopez & άλλοι (2000) | Επιφανείας Rothermel | Κυψελοειδή | Τεχνική |
| Wildfire | Καναδάς | Wallace (1993) | Επιφανείας FCFDG | Κόμης FCFDG | |

Ο κύριος διαχωρισμός των συστημάτων προσομοίωσης της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς, είναι το μοντέλο, ή τα μοντέλα που χρησιμοποιούν.

Επίσης πολύ σημαντικό στοιχείο διαφοροποίησης, είναι η χρήση ή όχι ΣΓΠ (GIS). Τα ΣΓΠ (GIS) έχουν την δυνατότητα απεικόνισης χωρικών πληροφοριών. Χρησιμοποιούν διαφανή, για να απεικονίσουν και να επεξεργαστούν χωρικές πληροφορίες, όπως ακτογραμμή, ισοϋψείς καμπύλες, οδικό δίκτυο, κατοικημένες περιοχές, οικοδομικά τετράγωνα κλπ. Ένα σύστημα προσομοίωσης πυρκαγιών μπορεί να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες ενός GIS ώστε να:

- Υπάρχει χωρική απεικόνιση των αποτελεσμάτων, είτε για την επικινδυνότητα ανάφλεξης, είτε για την προσομοίωση.

- Επεξεργάζεται πληροφορίες, ώστε να παρέχει στους αλγόριθμους προσομοίωσης δεδομένα, όπως πχ την εξαγωγή του slope και του aspect.
- Υποβοηθά τη λήψη απόφασης, με αλγόριθμους εκκένωσης περιοχών κλπ.
- Βοηθά στην εποπτεία των διαθεσίμων μέσων, με την χρήση τεχνικών Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων (fleet management).
- Έχει τη δυνατότητα για άμεση οπτικοποιημένη τροποποίηση των δεδομένων εισόδου από το χρήστη.

Η χρήση των ΣΓΠ (GIS), μπορεί να δώσει ακόμα περισσότερες δυνατότητες, που εξαρτώνται από τις εκάστοτε ανάγκες των χρηστών.

1.4.1 Μέθοδοι Προσομοίωσης

Τα συστήματα προσομοίωσης πυρκαγιάς χρησιμοποιούν έναν αλγόριθμο, ώστε να κάνουν τους υπολογισμούς και να προσομοιώνουν όσο καλύτερα γίνεται την εξέλιξη της πυρκαγιάς. Υπάρχουν έως σήμερα, δύο κυρίαρχες μέθοδοι (τεχνικές), ώστε να υλοποιηθεί η προσομοίωση. Σε κάθε μια από αυτές τις δύο μεθόδους, υπάρχει μια βασική ομοιότητα. Πρέπει όλο το φαινόμενο να διασπαστεί σε όσο το δυνατόν μικρότερα κομμάτια και να επεξεργαστεί αναδρομικά για κάθε ένα δομικό κομμάτι, ώστε να είναι εύκολα διαχωρίσιμο. Η μελέτη της πυρκαγιάς, ως μια σειρά από αναφλέξεις, βοηθάει στη διάσπαση του προβλήματος της ανάλυσης (Rothermel, 1972). Αυτές οι αναφλέξεις, μπορεί να αναφέρονται σε αναφλέξεις σημείων, αναφλέξεις τετραγώνων, εξαγώνων, τριγώνων κλπ στο γεωγραφικό χώρο. Έχοντας τα δεδομένα, που αναγκαιούν στο μοντέλο για τον υπολογισμό της ταχύτητας διάδοσης, της έντασης της πυρκαγιάς, ή όποιου άλλου χαρακτηριστικού δηλώνεται στο μοντέλο, στο συγκεκριμένο κομμάτι του γεωγραφικού χώρου, μπορεί ο αλγόριθμος να κάνει τις πράξεις αναδρομικά για κάθε δομικό κομμάτι της μεθόδου.

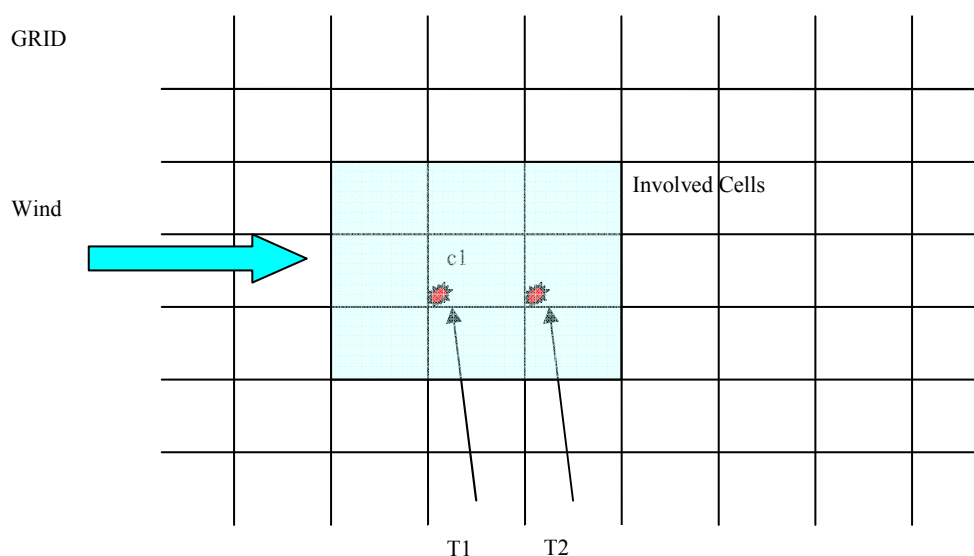
Το πως θα μεταδοθεί η πυρκαγιά, από κάθε δομικό κομμάτι του χώρου, εξαρτάται από το μοντέλο και τη θεωρητική, εμπειρική ή ημι-εμπειρική ανάλυση, που το περιγράφει. Αν χρησιμοποιείται λοιπόν η ταχύτητα διάδοσης, που όπως θα δούμε, "μεταφέρει" την πυρκαγιά, ή ένα κατώφλι εισόδου σε κάθε δομικό γεωγραφικό κομμάτι για τη θερμοκρασία, που αν ξεπεραστεί με την πάροδο του χρόνου να αναφλεγεί και το γεωγραφικό κομμάτι αυτό, ή αν υπάρχει μια στατιστική ανάλυση για τη διάδοση, δεν δημιουργεί νέα μέθοδο προσομοίωσης, αλλά νέο τρόπο υπολογισμού των δεδομένων που χρησιμοποιεί το μοντέλο.

Κυψελοειδής Μέθοδος (Cellular Method)

Η κυψελοειδής μέθοδος, είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος προσομοίωσης συμπεριφοράς της πυρκαγιάς, σύμφωνα και με τον πίνακα 3. Χρησιμοποιήθηκε από την αρχική προσπάθεια προσομοίωσης και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα. Η ελκυστικότητα αυτών των μεθόδων προσομοίωσης, έγκειται στην απλότητα προσομοίωσης, που μπορεί να προβλέψει τη συμπεριφορά και την ανάπτυξη πολύ περίπλοκων πυρκαγιών (Wolfram, 1984)

Στη γενικευμένη μορφή της, εφαρμόζουμε ένα πλέγμα πάνω στην επιφάνεια του εδάφους. Το κάθε κελί του πλέγματος, αντιστοιχεί και σε ένα δομικό κομμάτι του χώρου και έχει τιμές για τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς. Το σχήμα του κάθε κελιού, ποικίλει ανάλογα και μπορεί να είναι τετραγωνικό, εξαγωνικό κλπ.

Στην περίπτωση των τετραγωνικών κελιών κάθε "αναφλεγέν" κελί γειτνιάζει με οκτώ κελιά και μπορεί να μεταφέρει τη φωτιά, σε κάθε ένα από αυτά. Το κάθε σύστημα προσομοίωσης, εκτελεί τον αλγόριθμο προσομοίωσης για κάθε κελί, ώστε να προσδιορίσει την ταχύτητα μετάδοσης και την ένταση της φωτιάς.



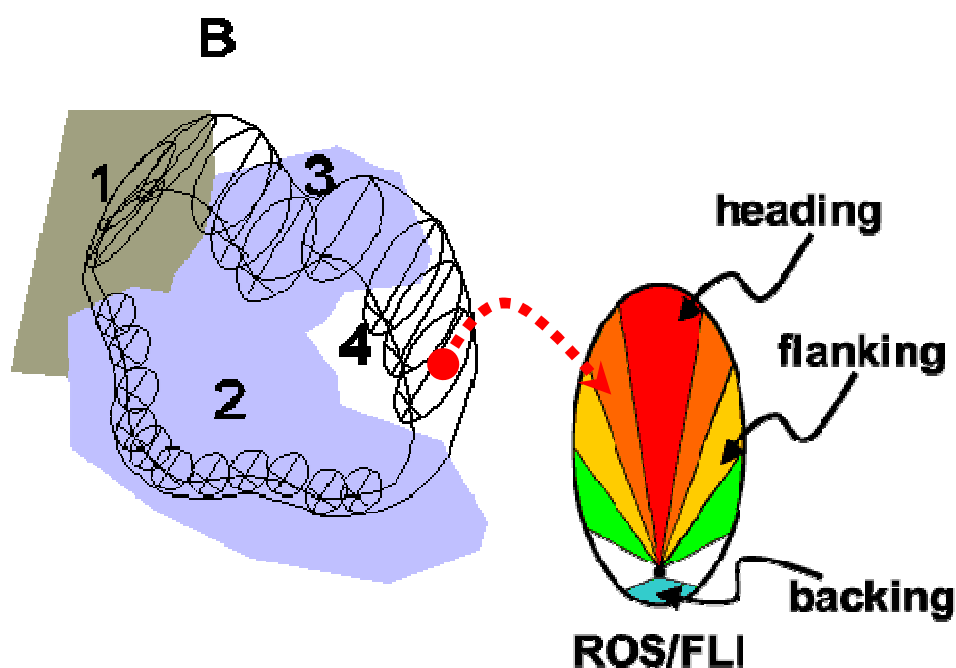
Εικόνα 10 Μετάδοση της φωτιάς στα γειτονικά κελιά από το ήδη αναφλεγέν.

Σε αυτή την μέθοδο, σημαντικότερη παράμετρος είναι το μέγεθος του κελιού του πλέγματος. Όσο μικρότερο είναι το κελί, τόσο μεγαλύτερη ανάλυση γίνεται και τόσο καλύτερη είναι η προσομοίωση. Το μέγεθος όμως του κελιού, εξαρτάται άμεσα από τις τεχνολογικές δυνατότητες που έχουν τα υπολογιστικά συστήματα, τα οποία θα τρέξουν τον αναδρομικό αλγόριθμο της προσομοίωσης. Ανάλογα με την κλίμακα που βλέπουμε το πρόβλημα, όταν το

κελί είναι πολύ μικρό, τείνει να προσομοιώσει την επεκτασιμότητα της πυρκαγιάς από σημείο σε σημείο. Σε μια τέτοια μικρότερη κλίμακα, η παρατήρηση της "καμένης" γεωγραφικής περιοχής, στην εικόνα που μας προσφέρεται σαν αποτέλεσμα της προσομοίωσης, δίνει την αίσθηση της ελλειπτικής εξάπλωσης του φαινομένου

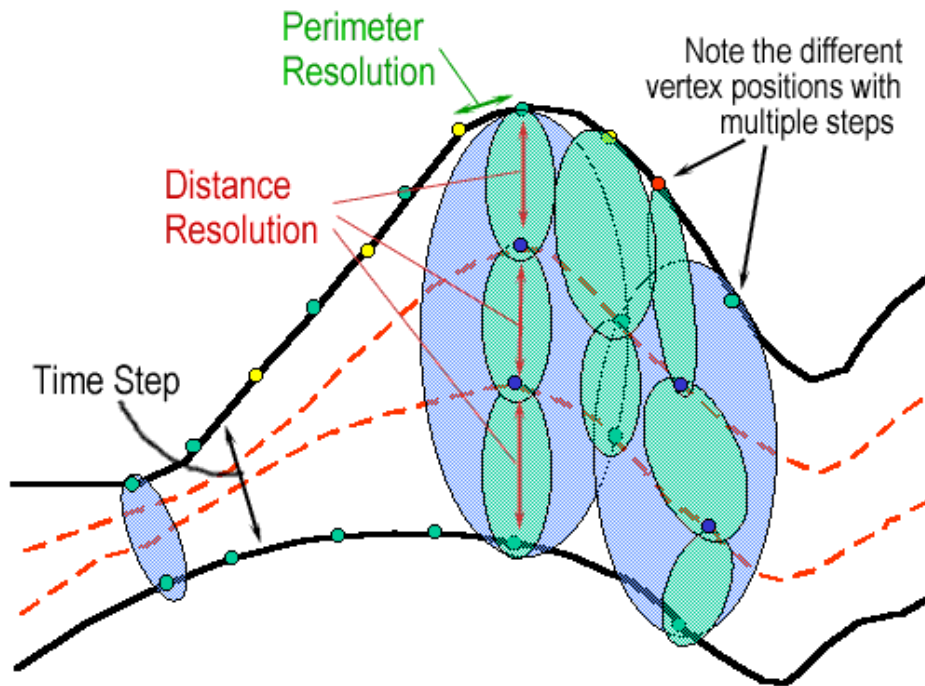
Μέθοδος Ελλειπτικής Κυματομορφής (Elliptical Wave Method)

Πολλές μελέτες έχουν δείξει πως, η διάδοση της φωτιάς σε περιοχές με ομοιόμορφη τοπογραφία και σταθερή κατάσταση των καυσίμων, καθώς και με σταθερές τις παραμέτρους της κλίσης του εδάφους, του άνεμου και της υγρασίας των καυσίμων, τείνει να έχει ένα απλό σχήμα έλλειψης (Richards, 1990). Κατά συνέπεια, κάθε μικρό δομικό κομμάτι που έχει αναφλεγεί θα δημιουργήσει μια έλλειψη γύρω του, που θα μεταδώσει την φωτιά. Όλα τα μικρά δομικά σημεία, όσο περισσότερα τόσο καλύτερα, δημιουργούν ένα ενιαίο επίπεδο, από ελλειπτικά επίπεδα καμένης περιοχής.



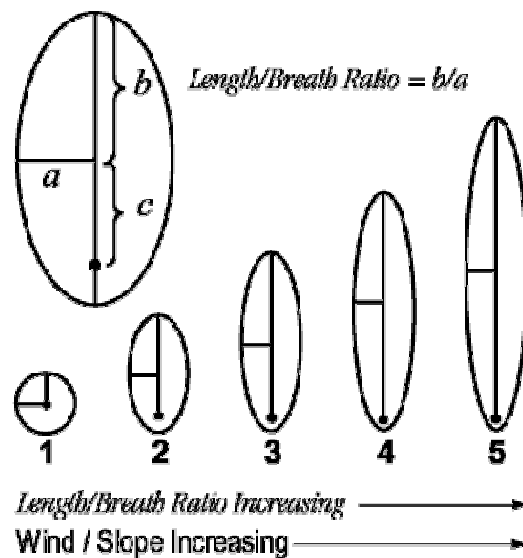
Εικόνα 11 Προσομοίωση με ελλειπτική κυματομορφή (Finney, 1998)

Αυτή η μέθοδος, χρησιμοποιήθηκε σχετικά πρόσφατα και στηρίζεται στην δημιουργία ελλείψεων σε όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία της γραμμής καύσης της πυρκαγιάς (κύμα). Μετά των υπολογισμών των ελλείψεων αυτών, η ένωση των πιο απομακρυσμένων σημείων δίνει τη νέα γραμμή καύσης της πυρκαγιάς (νέο κύμα).



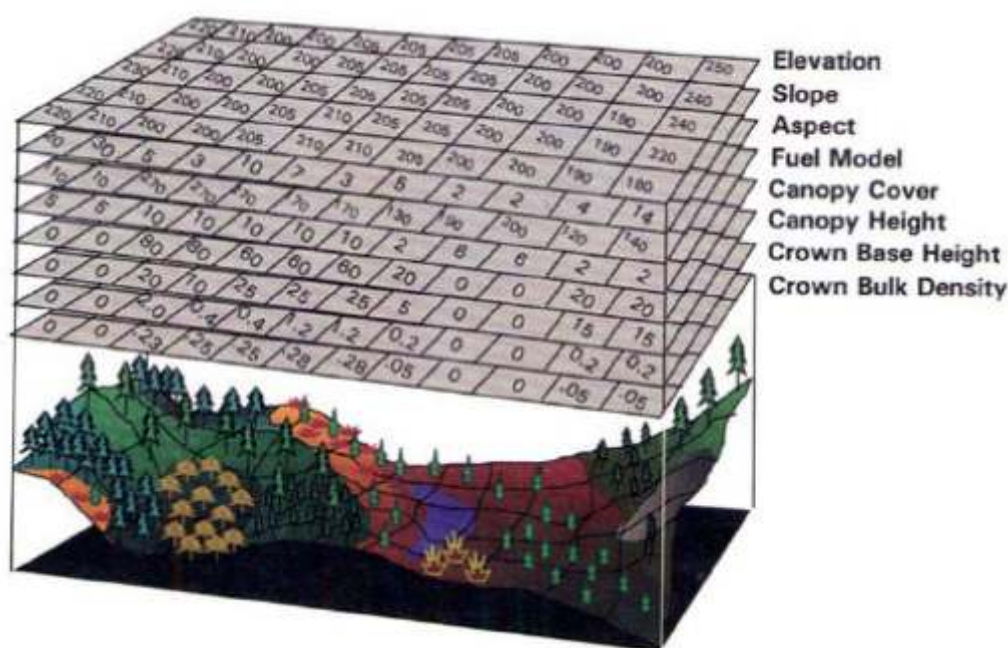
Εικόνα 12 Προσομοίωση με ελλειπτική κυματομορφή (Finney, 1998)

Ο υπολογισμός της διάστασης της έλλειψης, δηλαδή των στοιχείων a , b και c όπως φαίνονται στην εικόνα 12, γίνεται με τα δεδομένα εισόδου στο σύστημα, δηλαδή των ποσοτικοποιημένων χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων της πυρκαγιάς, χρησιμοποιώντας το επιλεγμένο μαθηματικό μοντέλο (θεωρητικό, εμπειρικό, ημί - εμπειρικό)



Εικόνα 13 Ελλειπτικά σχήματα φωτιάς δύο διαστάσεων (2-D) (Finney, 1998)

Η μέθοδος προσομοίωσης με ελλειπτική κυματομορφή, εμφανίζει την περιοχή σαν συνεχές πεδίο τιμών και όχι σαν ένα πλέγμα με κελιά (Allbright and Meisner, 1999). Παρόλα αυτά και σε αυτή την περίπτωση, οι τιμές των χαρακτηριστικών, για το κάθε σημείο που δημιουργεί την έλλειψη, στις μέχρι τώρα τουλάχιστον υλοποιήσεις δίδονται με τη μορφή πλέγματος τιμών, όπως π.χ. στο σύστημα προσομοίωσης FARSITE, για την τοπογραφία, βλάστηση και για τις μετεωρολογικές συνθήκες που εισάγονται στο σύστημα σε μορφή ASCII εικόνα 12 (Salis,2006).



Εικόνα 14 Δεδομένα εισαγωγής στο σύστημα FARSITE (Salis, 2006)

Επίσης στην περίπτωση της ελλειπτικής διάδοσης, ο αριθμός των σημείων που θα υπολογιστούν ελλείψεις, εξαρτάται άμεσα από την τεχνολογική εξέλιξη της υπολογιστικής δύναμης των συστημάτων που εκτελούν τον αναδρομικό αλγόριθμο. Όσο περισσότερα σημεία συμμετέχουν στον υπολογισμό, τόσο καλύτερη και αναλυτικότερη είναι η απεικόνιση της γραμμής καύσης (Wave)

2. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) (Geographic Information Systems (GIS))

Στις μέρες μας, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) - Geographic Information Systems (GIS) χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως από το σύνολο των απλών χρηστών. Η χρήση του αγγλικού αρκτικόλεξου (GIS) είναι ευρέως αποδεκτή και σε αυτή την εργασία θα χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των συστημάτων. Βέβαια, η αυθαίρετη χρήση του όρου GIS έχει ως αποτέλεσμα, να θεωρείται ως GIS οποιοδήποτε εφαρμογή περιέχει κάποιον ηλεκτρονικό χάρτη. Ο αυστηρός ορισμός του GIS καθορίζει ότι, πρόκειται για ένα σύστημα, που επιτρέπει τη διαχείριση χωρικών δεδομένων και των συσχετιζόμενων (με τα χωρικά) περιγραφικών δεδομένων. Είναι ένα σύστημα που επιτρέπει την συλλογή, την αποθήκευση, τη διαχείριση, την ανάκτηση, το μετασχηματισμό και την απεικόνιση χωρικών και συσχετιζόμενων περιγραφικών δεδομένων του πραγματικού κόσμου.

Το αρκτικόλεξο GIS, μερικές φορές χρησιμοποιείται ως geographical information science (Γεωγραφική Πληροφοριακή Επιστήμη) ή ως geospatial information studies (Σπουδές Γεωχωρικών Πληροφοριών), ώστε να προσδιορίσει τον τομέα ακαδημαϊκής καριέρας που πραγματεύεται τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ("Geographic Information Systems as an Integrating Technology: Context, Concepts, and Definitions". ESRI. Retrieved 9 June 2011).

Τα GIS έχουν σαν κυρίαρχο στόχο το χωρικό σχεδιασμό και αντιπροσωπεύουν ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων, για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου (Κουτσόπουλος, 2002). Τα παραπάνω, βοηθούν τους χρήστες σε οποιοδήποτε επίπεδο, για την επιλογή της καλύτερης απόφασης, είναι δηλαδή ένα εργαλείο λήψης απόφασης.

Η χρήση των GIS μπορεί να αναβαθμίσει τη μελέτη και την ανάλυση πολλών δραστηριοτήτων της κοινωνικής δομής, ενδεικτικά αναφέρονται:

- Πολεοδομικός - Χωροταξικός σχεδιασμός.
- Περιβάλλον.
- Τεχνικές υποδομές.
- Εκπαίδευση.
- Υγεία πρόνοια.
- Ασφάλεια περιοχών.
- Ανάλυση αγοράς.
- Δίκτυα διανομών, πωλήσεων κ.α.

- Πυρόσβεση.
- Τεχνικές υποδομές.
- Συγκοινωνίες, μεταφορές κλπ.

2.1 Χωρική Ανάλυση

Ο χωρικός σχεδιασμός, στον οποίο στοχεύει το GIS, προϋποθέτει την ύπαρξη της χωρικής ανάλυσης. Τα πληροφορικά συστήματα επεξεργάζονται και αναλύουν τα δεδομένα, ώστε να παραχθούν χρήσιμες πληροφορίες. Ειδικότερα τα GIS, αναλύουν και χωρικά δεδομένα για την παραγωγή χωρικών ή όχι πληροφοριών. Η χωρική ανάλυση είναι μια συνολική δυνατότητα διαχείρισης-μετασχηματισμού των χωρικών στοιχείων σε διαφορετικές μορφές, δίνοντάς τους σαν αποτέλεσμα, διαφορετική έννοια (Bailey, 1990). Στοχεύει στη σωστή περιγραφή γεγονότων στο χώρο, στη συστηματική διερεύνηση των χωρικών προτύπων και των χωρικών σχέσεων, στην αύξηση της ικανότητας πρόβλεψης και ελέγχου γεγονότων και τέλος στη χρησιμοποίησή της ως εργαλείο λήψης απόφασης για το χώρο (Haining & άλλοι, 1994). Επομένως, έχει βασικό σκοπό την τροφοδοσία με δεδομένα και πληροφορίες στο χωρικό σχεδιασμό.

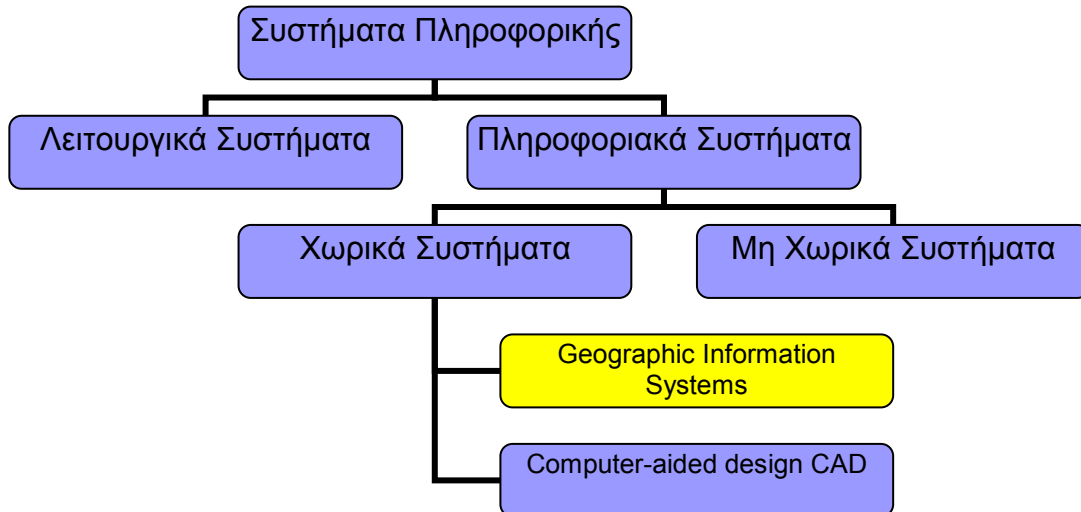
Η χωρική ανάλυση, και κατά συνέπεια το GIS, είναι επιβεβλημένη σε γεγονότα, ή δεδομένα, ή πληροφορίες, που η γεωγραφική θέση, η οποία ονομάζεται χωρική συσχέτιση, παίζει τον καθοριστικότερο ρόλο καθορισμού αυτών. Αυτά τα χωρικά δεδομένα αντιπροσωπεύουν φαινόμενα του πραγματικού κόσμου, τα οποία διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- στα συνεχή φαινόμενα, στα οποία τα δεδομένα που τα περιγράφουν έχουν διαφορετική τιμή για κάθε σημείο του γεωγραφικού χώρου, (όπως η θερμοκρασία, το υψόμετρο κλπ), και
- στα διακριτά φαινόμενα, στα οποία αντίστοιχα τα δεδομένα τους περιορίζονται σε διακριτά σημεία του γεωγραφικού χώρου (όπως πόλεις, ποτάμια κλπ).

Όπως θα δούμε στην συνέχεια τα GIS αποθηκεύουν, αναλύουν και απεικονίζουν αυτές τις κατηγορίες φαινομένων με διαφορετικό τρόπο.

2.2 GIS Βασικές Έννοιες

Τα GIS είναι πληροφορικά συστήματα, που προσφέρουν δυνατότητες αποθήκευσης, ανάλυσης, μετασχηματισμού, παρουσίασης χωρικών δεδομένων.



Εικόνα 15 Κατηγοριοποίηση συστημάτων πληροφορικής

Οι απαραίτητες δυνατότητες ενός GIS είναι η αποθήκευση, διαχείριση, ενσωμάτωση τεράστιου όγκου χωρικών ή μη δεδομένων, χωρική ανάλυση και επίλυση χωρικών προβλημάτων.

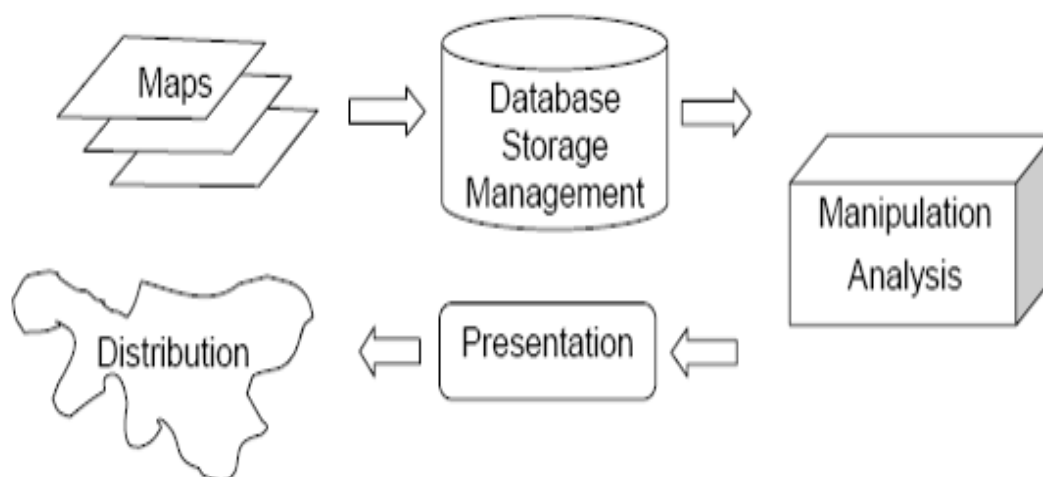
Η ανάλυση των χωρικών δεδομένων, που περιγράφουν συνεχή ή διακριτά φαινόμενα, προϋποθέτει τη μετατροπή τους με τη βοήθεια Διανυσματικών ή Ψηφιδωτών μοντέλων. Τα GIS έχουν εξελιχτεί ώστε να έχουν τη δυνατότητα να διαχειρίζονται και τα δύο είδη μοντέλων.

Στα διανυσματικά μοντέλα, τα χωρικά δεδομένα απεικονίζονται ως οντότητες που περιγράφονται από τα χαρακτηριστικά τους. Ορίζονται από τη θέση τους στο χώρο (συντεταγμένες) και οι χωρικές σχέσεις μεταξύ τους προσδιορίζονται από την τοπολογία τους. Αντίστοιχα, τα ψηφιδωτά μοντέλα προσεγγίζουν τα συνεχή πεδία μέσα από συνεχείς καρτεσιανές συντεταγμένες δύο, τριών και αν συμπεριληφθεί και ο χρόνος τεσσάρων διαστάσεων.

Η απεικόνιση των χωρικών στοιχείων στα διανυσματικά μοντέλα, γίνεται με τον ορισμό σημείων, γραμμών και πολυγώνων. Οι σημειακές οντότητες χαρακτηρίζονται με ένα ζεύγος Χ, Υ συντεταγμένων και βέβαια δεν έχουν καμία διάσταση στο χώρο. Οι γραμμικές οντότητες, στην πιο απλή μορφή, χαρακτηρίζονται από δύο ζεύγη συντεταγμένων και έχουν μία διάσταση στο χώρο. Δεν πρέπει να γίνει σύγχυση σχετικά με τις γραμμικές οντότητες, οι οποίες μπορούν να προσδιορίζονται και από περισσότερα ζεύγη

συντεταγμένων, με συνέπεια να μην είναι ευθύγραμμες, αλλά να αποτελούνται από περισσότερα ευθύγραμμα τμήματα, καθώς η ύπαρξη περισσότερων σημείων μπορεί να σημαίνει αλλαγή κατεύθυνσης. Τέλος, οι πολυγωνικές οντότητες, που καθορίζουν μια οντότητα με όλες τις διαστάσεις του δυσδιάστατου χώρου, καθορίζονται από πολλαπλές γραμμικές οντότητες, που πρέπει να καθορίζουν μια περικλειστή οντότητα. Αντίστοιχα, στην ψηφιδωτή απεικόνιση το σημείο αντιπροσωπεύεται από ένα κελί (φατνίο), η γραμμή από μια σειρά διαδοχικών κελιών (φατνίων), και η επιφάνεια από ένα σύνολο κελιών (φατνίων) που περιέχονται εντός της ακολουθίας των γραμμών που την ορίζουν. Τα ψηφιδωτά και τα διανυσματικά μοντέλα έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, σε κάθε περίπτωση όμως ένα GIS έχει τη δυνατότητα μετατροπής των δεδομένων από το ένα μοντέλο στο άλλο.

Όλες οι οντότητες και τα κελιά, ανάλογα με το μοντέλο, έχουν δεδομένα που τα ακολουθούν και τα χαρακτηρίζουν. Αυτά τα δεδομένα εισάγονται, αποθηκεύονται, διαχειρίζονται και παρουσιάζονται από το GIS (εικόνα 16).



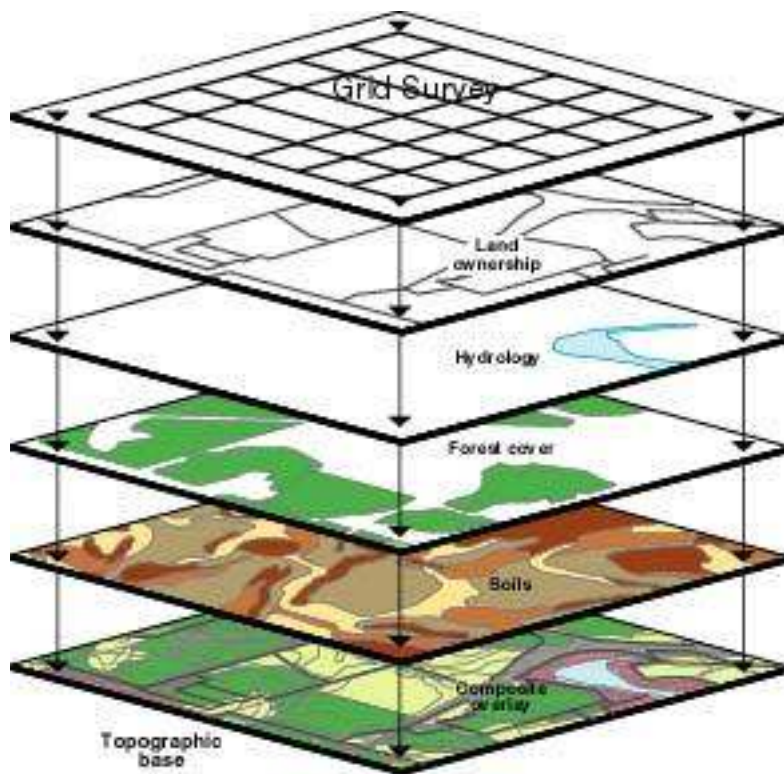
Εικόνα 16 Εισαγωγή δεδομένων σε ένα GIS
(Κουτσόπουλος, 2002)

Ένα GIS επιγραμματικά στοχεύει σε στρατηγικό επίπεδο σε:

- Έλεγχο Υποθέσεων.
- Διερεύνηση.
- Λήψη Αποφάσεων.

2.3 Ομαδοποίηση Χωρικών Δεδομένων

Τα γεωγραφικά δεδομένα, που εισάγονται και διαχειρίζονται από το GIS, ομαδοποιούνται βάση του είδους των οντοτήτων και βάση των πληροφοριών που παρέχουν. Αυτή η ομαδοποίηση δημιουργεί διαφανή με ομοειδείς οντότητες, πχ. το διανυσματικό διαφανές των οικισμών (σημειακές οντότητες), το διανυσματικό διαφανές των μετεωρολογικών σταθμών (σημειακές οντότητες), το διανυσματικό διαφανές του οδικού δικτύου (γραμμικές οντότητες), το διανυσματικό διαφανές των ποταμών (γραμμικές οντότητες), το διανυσματικό διαφανές της καύσιμης ύλης (πολυγωνικές οντότητες), του διαφανούς με την εξέλιξη της πυρκαγιάς (κάναβος ή διανυσματικές πολυγωνικές οντότητες στην περίπτωση του i-protect) κλπ. Όλα αυτά τα διαφανή, παρέχουν μια ομαδοποίηση των δεδομένων, που διευκολύνει στις λειτουργίες του GIS και κατά την εισαγωγή των δεδομένων και κατά την ανάλυση, αλλά κυρίως κατά την απεικόνιση αυτών (εικόνα 17).



Εικόνα 17 Διαφανή (Layers) πάνω από το βασικό χαρτογραφικό υπόβαθρο

Στα συστήματα λήψης απόφασης, η ομαδοποίηση σε θεματικές ενότητες και η απεικόνιση των δεδομένων και των πληροφοριών, παίζει καθοριστικό παράγοντα στην ορθή, γρήγορη και αποτελεσματική απόφαση του εκάστοτε διοικητή.

Το GIS από την οπτική της αρχιτεκτονικής μιας εφαρμογής, περιέχει ένα αντικείμενο (object), που διαχειρίζεται όλα τα χωρικά δεδομένα και που συνήθως αναφέρεται ως map or map object. Σε αυτό το αντικείμενο (object) απεικονίζονται όλα τα διαφανή (layers) με τη σειρά που επιθυμεί ο χρήστης. Από οπτικής άποψης, για να είναι ορατές όλες οι πληροφορίες, εμφανίζονται πρώτα τα διαφανή κανάβου, και στη συνέχεια τα διανυσματικά διαφανή, των οποίων η σειρά είναι πρώτα τα πολυγωνικά, στη συνέχεια τα γραμμικά και τέλος τα σημειακά. Το αντικείμενο χάρτη (map object) έχει τη δυνατότητα χειρισμού όλων των εισαχθέντων διαφανών (layer), καθώς και των χωρικών και των πληροφοριακών δεδομένων τους

2.4 Ανάπτυξη GIS

Για την υλοποίηση εφαρμογής με δυνατότητες GIS, η κοινή πρακτική και ίσως μοναδική, για μια αρκετά μεγάλη περίοδο, ήταν η χρήση ενός GIS και πάνω σε αυτό, να αναπτυχθούν οι νέες λειτουργίες, που πρέπει να υλοποιηθούν για τη διευρυμένη εφαρμογή. Σε αυτή την πρακτική, σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι ο client έπρεπε να έχει το συγκεκριμένο GIS και σχεδόν πάντα, οι εφαρμογές αυτές περιορίζονταν στη λογική του GIS. Σε αντιδιαστολή, το πλεονέκτημα είναι η μη αναγκαιότητα ανάπτυξης εκ νέου GIS λειτουργιών. Η μετεξέλιξη αυτής της πρακτικής ήταν η δημιουργία client εφαρμογών από τα GIS περιορισμένων δυνατοτήτων, η χρήση Web Applications και η χρήση Libraries με δυνατότητες GIS. Τέλος, υπάρχουν open source GIS Libraries αλλά και GIS που δίνουν τη δυνατότητα για μείωση του κόστους ανάπτυξης μιας τέτοιας εφαρμογής.

Η ανάπτυξη ενός GIS, με τη χρήση κάποιας πλατφόρμας ανάπτυξης (πχ MS Visual Studio όπως και το i-protect fire simulation) από το μηδέν, δεν είναι μια απλή διαδικασία. Οι προγραμματιστές εν γένη, επιλέγουν να μην ανακαλύπτουν από την αρχή τον τροχό, έτσι χρησιμοποιούν Libraries με δυνατότητες GIS, που τις ενσωματώνουν στον πηγαίο κώδικα, ώστε να υλοποιήσουν τις λειτουργίες που προσφέρουν τα GIS. Οι GIS Libraries θα πρέπει να παρέχουν στους προγραμματιστές κάποιες δυνατότητες, ώστε να είναι εφικτή η ανάπτυξη ενός συστήματος, όπως:

- Προβολή ψηφιακών χαρτών και δυνατότητες διαφορετικής απεικόνισης.
- Δυνατότητα εισαγωγής χωρικών πληροφοριών και των περιγραφικών που τα συνοδεύουν.
- Δυνατότητα δημιουργίας χωρικών δεδομένων.
- Εύρεσης χωρικών και περιγραφικών πληροφοριών.

- Εκτέλεσης Χωρικών αλγορίθμων και ενεργειών (εύρεσης απόστασης, Intersect, split, union κτλ.) για την ανάλυση των δεδομένων
- Προβολής των χωρικών πληροφοριών σε πολλαπλά συστήματα απεικόνισης κλπ.

Η εφαρμογή που χρησιμοποιεί αυτές τις βιβλιοθήκες, εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες τους, ώστε να υλοποιήσει όλες τις δυνατότητες ενός GIS, ή ενός μέρος των δυνατοτήτων. Αυτό εξαρτάται κυρίως, από την αναγκαιότητα υλοποίησης όλων ή μέρος των δυνατοτήτων, που καθορίζουν ένα GIS.

Σε πάρα πολλές περιπτώσεις για την υλοποίηση ενός προγράμματος (project) είναι πιθανό να επιλεγθούν περισσότερα από ένα GIS ή GIS βιβλιοθήκες (Libraries) που θα εκτελούν μία, ή περισσότερες δυνατότητες. Αν παραδείγματος χάριν, είναι γνωστό πως για τη δημιουργία δεδομένων κανάβου, είναι αποδοτικότερο το GIS A, για τη δημιουργία διανυσματικών δεδομένων το GIS B και για την ανάλυση και απεικόνιση το GIS C τότε μπορεί να επιλεγούν και τα τρία στην υλοποίηση του project. Αυτή η πρακτική, μας οδηγεί σε μια διευρυμένη έννοια ενός GIS, σύμφωνα με την οποία ένα GIS είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη". Αυτό επιτρέπει στους χρήστες του, να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις χρήση), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (Wikipedia, Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, URL: http://el.wikipedia.org/wiki/Σύστημα_Γεωγραφικών_Πληροφοριών, 21/03/2012).

3. i-Protect Fire Simulation

Η πλατφόρμα προσομοίωσης "i-protect fire simulation" είναι ένα σύστημα προσομοίωσης πυρκαγιάς, που ταυτόχρονα ενσωματώνει καινοτόμες λειτουργίες και διαλειτουργεί με άλλα υποσυστήματα όπως εκείνο της διαχείρισης στόλου οχημάτων (fleet management). Ενσωματώνει τις λειτουργίες προσομοίωσης σε ένα GIS, πράγμα που δίνει δυνατότητες οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων προσομοίωσης.

3.1 Πλατφόρμες ανάπτυξης του i-protect Fire Simulation.

Η πλατφόρμα i-protect έχει αναπτυχθεί σε .NET framework v.4.5. Το .NET Framework είναι ένα αναπόσπαστο στοιχείο του λειτουργικού συστήματος των Windows, που υποστηρίζει τη δημιουργία και την εκτέλεση εφαρμογών νέας γενιάς. Το NET Framework έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιήσει τους ακόλουθους στόχους:

- Να παρέχει ένα αντικειμενοστραφές περιβάλλον προγραμματισμού, στο οποίο ο πηγαίος κώδικας είτε αποθηκεύεται και εκτελείται τοπικά, είτε εκτελείται τοπικά και διανέμεται στο Internet, είτε εκτελείται εξ αποστάσεως.
- Να παρέχει ένα περιβάλλον εκτέλεσης κώδικα, που ελαχιστοποιεί την ανάπτυξη λογισμικού και τα προβλήματα διαφορετικών εκδόσεων.
- Να παρέχει ένα περιβάλλον εκτέλεσης κώδικα, που προάγει την ασφαλή εκτέλεση του κώδικα, συμπεριλαμβανομένου του κώδικα, ο οποίος δημιουργήθηκε από έναν άγνωστο ή ημι-έμπιστο τρίτο μέρος.
- Να παρέχει ένα περιβάλλον εκτέλεσης κώδικα, που εξαλείφει τα προβλήματα απόδοσης από Web διεπαφές.
- Να δημιουργήσει προγραμματιστές με εμπειρία, σε ποικίλους τύπους εφαρμογών, όπως οι Windows desktop και οι web-based εφαρμογές.
- Να δημιουργήσει την επικοινωνία, με τα ισχύοντα πρότυπα, ώστε να εξασφαλίσει ότι ο κώδικας που βασίζεται στο .NET Framework, μπορεί να διαλειτουργήσει με οποιοδήποτε άλλο κώδικα.

Το .NET Framework έχει δύο κύρια συστατικά: την κοινή γλώσσα χρόνου εκτέλεσης (common language runtime) και τη βιβλιοθήκη κλάσεων (class library). Η κοινή γλώσσα χρόνου εκτέλεσης είναι το θεμέλιο του .NET Framework, και ουσιαστικά είναι ένα συστατικό (component) που διαχειρίζεται κώδικα κατά το χρόνο εκτέλεσης, την παροχή βασικών υπηρεσιών όπως η

διαχείριση μνήμης, η διαχείριση των νημάτων (threads) και η απομακρυσμένη πρόσβαση, ενώ ταυτόχρονα επιβάλλει αυστηρά πρότυπα. Στην πραγματικότητα η έννοια της διαχείρισης κώδικα, αποτελεί θεμελιώδη αρχή του χρόνου εκτέλεσης. Ο κώδικας που χρησιμοποιείται στο χρόνο εκτέλεσης χαρακτηρίζεται ως διαχειρίσιμος κώδικας (managed code), σε αντίθετη περίπτωση χαρακτηρίζεται ως μη διαχειρίσιμος (unmanaged). Αντίστοιχα, η βιβλιοθήκη κλάσεων είναι το άλλο κύριο συστατικό του. NET Framework και είναι μια ολοκληρωμένη, αντικειμενοστραφής συλλογή επαναχρησιμοποιήσιμων τύπων, τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιεί ο προγραμματιστής, ώστε να αναπτύξει μια μεγάλη γκάμα εφαρμογών (Microsoft.NETFrameworkConceptualOverview, URL: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/zw4w595w.aspx>, 04/03/2012).

Το NET Framework είναι μια βιβλιοθήκη από κλάσεις και παρέχει διεπαφή χρήστη, πρόσβαση σε δεδομένα, σύνδεσης με βάσεις δεδομένων, κρυπτογράφηση, δυνατότητες ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών, αριθμητικούς αλγόριθμους και προγραμματιστική διαχείριση των δικτύων επικοινωνιών. Οι προγραμματιστές μπορούν να παράγουν λογισμικό, συνδυάζοντας το δικό τους κώδικα από το .NET Framework με άλλες βιβλιοθήκες προγραμματισμού. Το .NET Framework χρησιμοποιείται από τις περισσότερες εφαρμογές που δημιουργούνται για το λειτουργικό σύστημα των Windows. Η Microsoft παράγει επίσης ένα δημοφιλέστερο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης για το NET Framework που ονομάζεται Visual Studio. Οι περισσότεροι τεχνικοί ενδιαασμοί έχουν να κάνουν με το ότι, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το NET Framework, τείνουν να απαιτούν περισσότερους πόρους συστήματος από παρόμοιες εφαρμογές, που η πρόσβαση στους πόρους είναι πιο άμεση (Wikipedia, .NET Framework, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/.NET_Framework, 04/03/2012). Οι γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη της πλατφόρμας, ποικίλουν ανάλογα με τη βιβλιοθήκη που αναπτύχθηκε, έτσι κάποια αναπτύχθηκαν σε Visual Basic (VB.NET) και κάποια άλλα σε C sharp (C#.NET).

Οι γεωγραφικές πληροφορίες διαχειρίζονται από την GIS βιβλιοθήκη (Library) ASPMap v3.0 της εταιρίας VDS Technologies. Πρόκειται για ένα σύνολο υψηλού επιπέδου βιβλιοθηκών, που προσφέρουν στο χρήστη δυνατότητες δημιουργίας εφαρμογών στο .NET Framework. Ο προγραμματιστής μπορεί να δημιουργήσει θεματικούς χάρτες, παρακολούθηση κινητών οντοτήτων, δρομολόγηση και να τους προβάλλει στην εφαρμογή που αναπτύσσει. (VDS TECHNOLOGIES AspMap Overview, URL: <http://www.vdstech.com/aspmap.htm>, 04/03/2012). Τα δεδομένα εισόδου, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, τα μέσα κατάσβεσης που

παρακολουθούνται από το υποσύστημα του fleet management και τα διαφανή των χαρτών δίδονται έτοιμα σε αυτή την βιβλιοθήκη και παρουσιάζονται στο χρήστη ανάλογα με τις επιλογές του προγραμματιστή, αλλά και του ίδιου του χρήστη.

Για την αποθήκευση των μετεωρολογικών δεδομένων, των δεδομένων καταγραφής κινούμενων οντοτήτων, των γεωγραφικών δεδομένων καθώς και των μοντέλων, χρησιμοποιήθηκε το Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ) MySQL. Το ΣΔΒΔ MySQL είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο σε όλο τον κόσμο από τα σχεσιακά ΣΔΒΔ. Είναι μια server side εφαρμογή, που δέχεται ("ακούει") τις αιτήσεις πολλαπλών χρηστών, σε μία σειρά από Βάσεις Δεδομένων που φιλοξενεί. Πήρε το όνομά της από την κόρη του ατόμου που το ανέπτυξε Michael Widenius. Το project ανάπτυξης της MySQL την κατατάσσει στα open source projects, γεγονός που σημαίνει πως ο πηγαίος κώδικας είναι ανοικτός και διαθέσιμος στους ενδιαφερόμενους, ακολουθώντας την General Public License (GNU) κυρίως, αλλά και μια σειρά ιδιωτικών συμφωνιών. Η MySQL ανήκει και χρηματοδοτείται από την σουηδική εταιρεία MySQL AB, που τώρα είναι μέλος της Oracle Corporation. Άλλα λογισμικά ανοικτού κώδικα χρησιμοποιούν συχνά τη MySQL όταν χρειάζονται ένα πλήρως εξοπλισμένο Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων. Είναι διαθέσιμες αρκετές εκδόσεις και για εμπορική χρήση, που προσφέρουν επιπλέον λειτουργικότητα. Κάποιες από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν το ΣΔΒΔ MySQL είναι: TYPO3, Joomla, WordPress, phpBB, Drupal κ.α. Το ΣΔΒΔ MySQL χρησιμοποιείται επίσης από μεγάλα διαδικτυακά λογισμικά, όπως αυτά της Wikipedia, του Google (όχι για τις αναζητήσεις), του Facebook και του Twitter. (Wikipedia, MySQL, URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/MySQL>, 03/04/2012).

Η προσομοίωση διαχειρίζεται μεγάλο όγκο δεδομένων, που αφορούν τις συνθήκες εξάπλωσης της πυρκαγιάς (Mees, 1974). Η ανάγκη αυτή καλύπτεται ικανοποιητικά από τη χρήση του ΣΔΒΔ MySQL, ως μέσου αποθήκευσης των δεδομένων στην περίπτωση της πλατφόρμας i-Protect fire simulation.

3.2 i-protect Εργαλεία Ανάπτυξης

Η προσομοίωση πυρκαγιών, που έχει υλοποιηθεί από τα μέχρι τώρα αντίστοιχα συστήματα, επιτρέπει την:

- Προσομοίωση προηγούμενων πυρκαγιών, ώστε αφενός να υπάρχει ο έλεγχος της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων του συστήματος προσομοίωσης, αφετέρου για τη μελέτη προηγούμενων περιστατικών αναλυτικότερα, με απώτερο στόχο την βελτιστοποίηση της κατάσβεσης των πυρκαγιών. Η προσομοίωση προηγούμενων πυρκαγιών μπορεί να γίνει ακριβέστερα, αν είναι γνωστά τα μοντέλα καύσιμης ύλης που υπήρχαν στην περιοχή καύσης, διότι οι υπολογισμοί δεν στηρίζονται σε μετεωρολογικές προβλέψεις αλλά σε πραγματικές μετεωρολογικές συνθήκες, αν αυτές έχουν αποθηκευτεί.
- Προσομοίωση ενεργών πυρκαγιών, με στόχο την πρόβλεψη της εξέλιξης, ώστε οι μονάδες κατάσβεσης να είναι ένα βήμα μπροστά από την πυρκαγιά. Είναι μέγιστης σημασίας, στην περιοχή να έχει χαρτογραφηθεί η καύσιμη ύλη και βέβαια να ληφθεί υπόψη ότι, η πρόβλεψη στηρίζεται σε προβλέψεις μετεωρολογικών συνθηκών και όχι στις πραγματικές.
- Τέλος, προσομοίωση πιθανών πυρκαγιών, με στόχο τη βελτιστοποίηση της παρακολούθησης μια περιοχής με ιδιαίτερο φυσικό ενδιαφέρον αλλά και την εκπαίδευση των τμημάτων προσομοίωσης. Η υπόθεση πιθανών πυρκαγιών θα μπορούσαν να υποβοηθηθούν από τους χάρτες επικινδυνότητας, ώστε να οδηγήσουν στην ορθότερη λήψη απόφασης.

Στην περίπτωση του i-protect δύο επιλογές προσομοίωσης υφίστανται: η προσομοίωση σχεδιασμού και η επιχειρησιακή προσομοίωση. Αυτές οι δύο επιλογές εμπεριέχουν τους τρεις προαναφερόμενους τύπους προσομοίωσης, όμως με την προσομοίωση σχεδιασμού δίνεται μια άλλη διάσταση, του πραγματικού χρόνου απεικόνισης, για την αξιολόγηση των ομάδων και των σχεδίων κατάσβεσης, καθώς και των αποφάσεων των υπευθύνων κατάσβεσης.

3.2.1 Προσομοίωση Σχεδιασμού

Η προσομοίωση σχεδιασμού επιτρέπει στους χρήστες να προσομοιώνουν την πυρκαγιά σε πραγματικό χρόνο. Ο αλγόριθμος αρχικά θα

αναζητήσει τα στατικά δεδομένα εισόδου (όπως είναι τα τοπογραφικά δεδομένα) από τη βάση δεδομένων στην περιοχή ενδιαφέροντος. Στην συνέχεια, αναζητά τα επιπρόσθετα δυναμικά δεδομένα, όπως είναι τα μετεωρολογικά δεδομένα από διάφορες πηγές (πχ. δίκτυο αισθητήρων) για το κελί που έχει αναφλεγεί, αλλά και τα γειτονικά του. Το εάν η φωτιά θα μεταφερθεί ή όχι στο διπλανό κελί, εξαρτάται από τις συνθήκες, οι οποίες καθορίζονται από τα δεδομένα εισόδου. Αυτός ο υπολογισμός θα εκτελεστεί, μόνο εάν το κελί δεν έχει ήδη αναφλεγεί. Η συλλογή δεδομένων γίνεται μόνο καθορισμένες στιγμές, σύμφωνα πάντα με την ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς. Το κάθε κελί που έχει αναφλεγεί, εισάγεται σε μία συλλογή και μια επαναληπτική αναδρομική διαδικασία χρησιμοποιεί αυτά τα κελιά για τον υπολογισμό του ρυθμού εξάπλωση της πυρκαγιάς, σε σχέση πάντα με τα γειτονικά του.

Αυτή η διαδικασία μπορεί να χαρακτηριστεί βραδεία και χωρίς καμιά χρησιμότητα όταν ο χρήστης θέλει να προσομοιώσει μια πραγματική πυρκαγιά τη στιγμή που ξεκινά, ώστε να προκαταλάβει την ταχύτητα διάδοσης καθώς και την κατεύθυνσή της. Από την άλλη μεριά όμως, είναι πολύ χρήσιμη, όταν ο χρήστης θέλει να δημιουργήσει ή να αξιολογήσει ένα πλάνο δράσης, να σχεδιάσει αντιπυρικές ζώνες, να προκαθορίσει τα δρομολόγια περιπολιών κλπ. Είναι επίσης πολύ σημαντική όταν ασκούνται τμήματα που συμμετέχουν στην κατάσβεση της πυρκαγιάς, αλλά και όπως τονίστηκε ήδη, στην αξιολόγηση αυτών των τμημάτων.

3.2.2 Επιχειρησιακή Προσομοίωση

Η επιχειρησιακή προσομοίωση, επιτρέπει την προσομοίωση με δεδομένα από μετεωρολογικές προβλέψεις. Η τιμή της διάδοσης ταχύτητας, που θα υπολογιστεί με τις προβλέψεις, θα χρησιμοποιηθεί στη λήψη απόφασης. Είναι αποδεκτό ότι, εάν οι προβλέψεις των μετεωρολογικών δεδομένων δεν είναι ικανοποιητικές, τότε τα αποτελέσματα δεν θα είναι αντιστοίχως ορθά, πράγμα που συνεπάγεται λάθη στην λήψη απόφασης.

Ο αλγόριθμος δεν διαφέρει από αυτό της προσομοίωσης σχεδιασμού, μετά όμως από την αρχική συλλογή δεδομένων χρησιμοποιούνται οι μετεωρολογικές προγνώσεις στην υπόλοιπη προσομοίωση. Όταν ο αλγόριθμος δεν θα μπορεί να βρει προγνώσεις για κάποιο κελί, τότε θα επιλεγούν είτε οι μέσες τιμές για αυτό το κελί, είτε κάποιες επιλεγμένες τιμές από το χρήστη (default).

Σε αυτή την περίπτωση προσομοίωσης, όπως και στην προσομοίωση σχεδιασμού, τα δεδομένα συλλέγονται για τα κελιά που συμμετέχουν στην

προσομοίωση και μόνο, δηλαδή δεν συλλέγονται δεδομένα για όλη την περιοχή χωρίς αυτά να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια.

Τα υπάρχοντα μοντέλα αποδέχονται ότι, η εξάπλωση της πυρκαγιάς βασίζεται κυρίως στη μεταφορά της θερμότητας με ακτινοβολία και εκτιμούν ότι, η διάδοση γίνεται με σταθερό ρυθμό, επειδή θεωρούν ότι οι παράμετροι που καθορίζουν την ταχύτητα της πυρκαγιάς (τύπος καυσίμου, κλίση και άνεμος) διατηρούν σταθερές τιμές στο χρόνο. Σε πολλές περιπτώσεις όμως, αυτό δεν είναι αλήθεια. Αντίθετα, η συμπεριφορά της πυρκαγιάς επηρεάζεται εκτός των παραπάνω τριών βασικών παραμέτρων και από το χρόνο. Η ταχύτητα δηλαδή μιας πυρκαγιάς, που διαδίδεται στο ίδιο καύσιμο, με σταθερό άνεμο και κλίση, είναι διαφορετική μετά από 10 λεπτά εξάπλωσης και διαφορετική (μεγαλύτερη), μετά από μισή ώρα (Vaz & άλλοι 2004). Αυτή η διαφοροποίηση, συμβαίνει κυρίως, λόγω της αύξησης της θερμότητας που εκλύεται από την ίδια την καύση. Το i-protect με την συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από αισθητήρες, που έχουν τοποθετηθεί στην περιοχή ενδιαφέροντος, λαμβάνει τα πραγματικά δεδομένα ώστε οι υπολογισμοί να είναι αρτιότεροι και το αποτέλεσμα ρεαλιστικότερο.

Ένα σύστημα προσομοίωσης αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία (Albright & Meisner, 1999):

- ένα μοντέλο πρόβλεψης πυρκαγιάς, το οποίο αποτελεί τον πυρήνα της προσομοίωσης και προσομοιώνει την εξάπλωση πυρκαγιάς από την εξέταση των περιβαλλοντικών συνθηκών, και
- μια μέθοδο προσομοίωσης πυρκαγιάς, μέσω της οποίας οι παράμετροι που περιγράφουν την εξάπλωση της πυρκαγιάς και τη συμπεριφορά της, είναι στοιχεία κατά μήκος της περιοχής προσομοίωσης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε μια αναφορά στα μοντέλα προσομοίωσης και στις σημαντικότερες τεχνικές (μεθόδους) προσομοίωσης. Η πλατφόρμα i-protect επιλέχθηκε να ακολουθήσει το ασφαλέστερο μοντέλο προσομοίωσης, που είναι αυτό του Rothermel (1972) και όπως αυτό εξελίχθηκε μέσα από την ανάπτυξη των συστημάτων προσομοίωσης Behave (Andrews, 1986) και BehavePlus (Andrews, 2008).

3.2.3 Μοντέλο Rothermel

Πρόκειται για ένα ημι-εμπειρικό μοντέλο, διότι προέκυψε από αρκετά πειράματα, σε πειραματικές περιοχές με ομογενές έδαφος, σταθερή κλίση και χωρίς την ύπαρξη μεταβλητών ανέμων. Αν και ήταν η πρώτη ουσιαστικά ολοκληρωμένη προσπάθεια, για ανάλυση της συμπεριφοράς των πυρκαγιών,

η αποδοχή του είναι σχεδόν καθολική, πράγμα που φανερώνει και ίσως αποδεικνύει την εγκυρότητά του.

Οι βασικές συναρτήσεις που υπολογίζουν την ένταση (reaction intensity) και την ταχύτητα διάδοσης (rate of speed) είναι:

$$R = \frac{I_R \xi (1 + \phi_w + \phi_s)}{\rho_b \epsilon Q_{ig}} \quad \text{Rate of spread, ft./min.}$$

$$I_R = \Gamma' w_n h \eta_M \eta_s \quad \text{Reaction intensity, B.t.u./ft.}^2 \text{ min.}$$

where:

$$\Gamma' = \Gamma'_{\max} (\beta / \beta_{op})^A \exp[A(1 - \beta / \beta_{op})] \quad \text{Optimum reaction velocity min.}^{-1}$$

$$\Gamma'_{\max} = \sigma^{1.5} (495 + .0594 \sigma^{1.5})^{-1} \quad \text{Maximum reaction velocity min.}^{-1}$$

$$\beta_{op} = 3.348 \sigma^{-.8189} \quad \text{Optimum packing ratio}$$

$$A = 1 / (4.774 \sigma^{.1} - 7.27)$$

$$\eta_M = 1 - 2.59 \frac{M_f}{M_x} + 5.11 \left(\frac{M_f}{M_x} \right)^2 - 3.52 \left(\frac{M_f}{M_x} \right)^3 \quad \text{Moisture damping coefficient}$$

$$\eta_s = 0.174 S_e^{-.19} \quad \text{Mineral damping coefficient}$$

$$\xi = (192 + 0.2595 \sigma)^{-1} \exp[(0.792 + 0.681 \sigma^{.5})(\beta + 0.1)] \quad \text{Propagating flux ratio}$$

$$\phi_w = C U^B \left(\frac{\beta}{\beta_{op}} \right)^{-E} \quad \text{Wind coefficient}$$

$$C = 7.47 \exp(-0.133 \sigma^{.55})$$

$$B = 0.02526 \sigma^{.54}$$

$$E = 0.715 \exp(-3.59 \times 10^{-4} \sigma)$$

$$w_n = \frac{w_o}{1 + S_T} \quad \text{Net fuel loading, lb./ft}^2$$

$$\phi_s = 5.275 \beta^{-.3} (\tan \phi)^2 \quad \text{Slope factor}$$

$$\rho_b = w_o / \delta \quad \text{Ovendry bulk density, lb./ft.}^3$$

$$e = \exp(-138 / \sigma) \quad \text{Effective heating number}$$

$$Q_{ig} = 250 + 1,116 M_f \quad \text{Heat of preignition, B.t.u./lb.}$$

$$\beta = \frac{\rho_b}{\rho_p} \quad \text{Packing ratio}$$

(Rothermel, 1972)

Στην περίπτωση αυτής της συνάρτησης, μπορούμε να διακρίνουμε δύο συνιστώσες:

- τον υπολογισμό της ταχύτητα, χωρίς την επίδραση των παραγόντων της κλίσης και του ανέμου.
- και τον υπολογισμό, με την επίδραση των συνιστωσών φ_w και φ_s για τον άνεμο και την κλίση.

Η υλοποίηση στον αλγόριθμο προσομοίωσης του i-protect, γίνεται αντίστοιχα σε δύο φάσεις κατ' αντιστοιχία με τις συνιστώσες που προαναφέρθηκαν, για κάθε δομικό κελί στην περιοχή καύσης.

Τα δεδομένα εισόδου είναι:

w_o , ovendry fuel loading, lb./ft.²

δ , fuel depth, ft.

σ , fuel particle surface-area-to-volume ratio, 1/ft.

h , fuel particle low heat content, B.t.u./lb.

ρ_p , ovendry particle density, lb./ft.³

M_f , fuel particle moisture content, $\frac{\text{lb. moisture}}{\text{lb. ovendry wood}}$

S_T , fuel particle total mineral content, $\frac{\text{lb. minerals}}{\text{lb. ovendry wood}}$

S_e , fuel particle effective mineral content, $\frac{\text{lb. silica-free minerals}}{\text{lb. ovendry wood}}$

U , wind velocity at midflame height, ft./min.

$\tan \phi$, slope, vertical rise/horizontal distance

M_x , moisture content of extinction. This term needs experimental determination. We are presently using 0.30, the fiber saturation point of many dead fuels. For aerial fuels ($\beta < .02$) with low wind velocity (<5 m.p.h.) $M_x \approx 0.15$.

(Rothermel, 1972)

Όπως γίνεται προφανές, τα δεδομένα εισόδου έχουν να κάνουν με μεταβλητές που αφορούν την καύσιμη ύλη, την τοπογραφία της περιοχής και τον καιρό. Άρα, για κάθε κελί που προσομοιώνεται, πρέπει να λαμβάνονται δεδομένα από τους αισθητήρες και από τα διαφανή του GIS και να υπολογίζονται αυτές οι τιμές που θα εισαχθούν στις προαναφερόμενες συναρτήσεις, για να εξαχθούν τα αποτελέσματα, τα οποία θα αντιστοιχούν στο κάθε κελί αντίστοιχα.

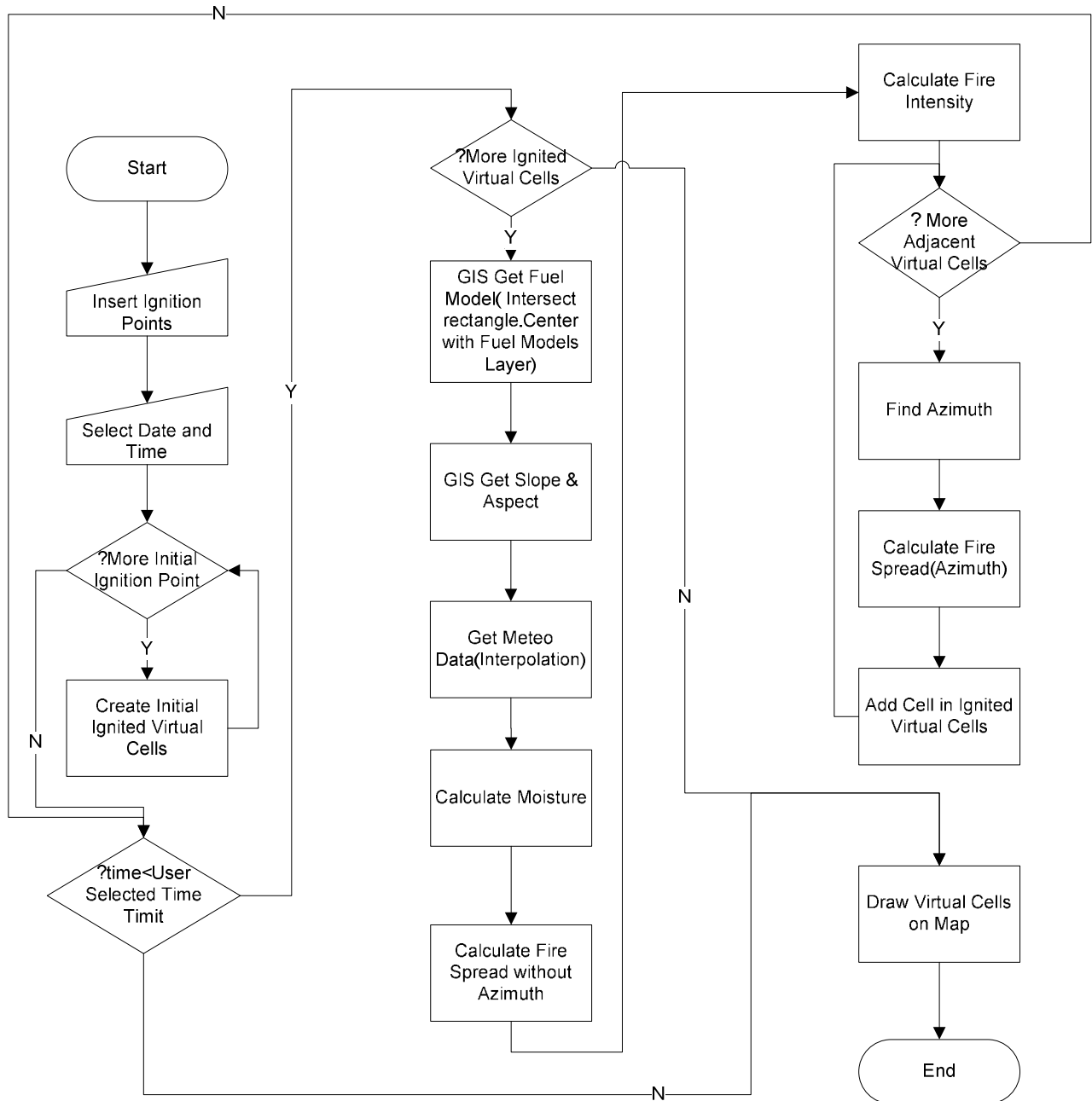
3.2.4 i-protect Κυψελοειδής Μέθοδος

Η τεχνική προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε στην πλατφόρμα i-protect, είναι η κυψελοειδής μέθοδος. Υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις σχετικά με τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων στην τεχνική αυτή, όμως οι γενικές αρχές είναι οι ίδιες.

Βασικό στοιχείο είναι ο αναδρομικός αλγόριθμος στα κελιά που έχουν αναφλεγεί, είτε στην αρχική ανάφλεξη από τον χρήστη, είτε από άλλα κελιά. Η αναδρομή πρέπει να σταματήσει όταν ξεπεράσει κάποιο όριο, συνήθως αυτό το όριο είναι χρονικό, μετά δηλαδή από 3 ώρες προσομοίωσης ή βέβαια, αν δεν υπάρχουν άλλα αναφλεγέντα κελιά.

Τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς, όπως η ταχύτητα διάδοσης, η θερμική ένταση, το ύψος της φλόγας και η εκλυόμενη ενέργεια από το μέτωπο δεν είναι σταθερά, αλλά μεταβάλλονται διαρκώς. Για το λόγο αυτό, το τρίγωνο της συμπεριφοράς της φωτιάς, πρέπει να εξετάζεται και από μία τέταρτη διάσταση, αυτήν του χρόνου (Viegas, 2006). Το i-protect για να υλοποιήσει τα κελιά, δεν χρησιμοποιεί κάποιο πλέγμα υλοποιημένο σε διαφανές πάνω σε χάρτη, αλλά μόνο υπολογιστικά χωρίζει την περιοχή ενδιαφέροντος σε εικονικά κελιά, που αντίστοιχα θα υλοποιηθεί ο αλγόριθμος. Η υλοποίηση της κυψελοειδούς μεθόδους για κάθε επιλογή του χρήστη έχει ως εξής: (Παρότι η εφαρμογή είναι event driven η χρήση λογικών διαγραμμάτων δεν είναι απαγορευτική για ευρύτερες συναρτήσεις, όταν υιοθετούνται κατάλληλες παραδοχές)

Επιλογή Επιχειρησιακής Προσομοίωσης



Διάγραμμα Ροής 1 Επιχειρησιακή προσομοίωση

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα ροής 1, αρχικά ο χρήστης της εφαρμογής, εισαγάγει το σημείο ή τα σημεία ανάφλεξης και επιλέγει την ημερομηνία έναρξης της πυρκαγιάς. Για κάθε τέτοιο σημείο δημιουργείται ένα εικονικό κελί (Virtual Cell), δηλαδή ένα cell που καθορίζεται στη μνήμη του υπολογιστή, χωρίς να δημιουργείται όλο το πλέγμα που το περιέχει. Κατά την υλοποίηση των εικονικών κελιών, σημαντικός παράγοντας είναι αυτά να είναι

εφαπτόμενα και όχι να υπερκαλύπτουν το ένα το άλλο, διότι ο αλγόριθμος θα εκτελεστεί για κάθε σημείο ανάφλεξης ξεχωριστά και όχι ταυτόχρονα (εικόνα 18).



Εικόνα 18 Σωστή και λάθος οριοθέτηση των εικονικών κελιών στα αρχικά σημεία ανάφλεξης

Το μέγεθος του κελιού προσομοίωσης καθορίζεται από τον χρήστη, είναι ανάλογο με την ταχύτητα επεξεργασίας της περιοχής ενδιαφέροντος και αντιστρόφως ανάλογο με την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Όσο μικρότερο είναι το εικονικό κελί, τόσο πλησιάζει στη σημειακή απεικόνιση, οι τιμές των παραμέτρων είναι μοναδικές και συνεπώς το αποτέλεσμα της προσομοίωσης εγκυρότερο, αυτό όμως πολλαπλασιάζει τις επαναλήψεις στο βρόγχο της αναδρομής.

Αναδρομικός αλγόριθμος, εκτελείται για κάθε κελί, το οποίο έχει αναφλεγεί. Αυτά τα εικονικά κελιά, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, μεταδίδουν τη φωτιά στα γειτονικά τους εικονικά κελιά, τα οποία προστίθενται στη συλλογή των κελιών που έχουν αναφλεγεί. Διακρίνουμε πως υπάρχει ο κίνδυνος, η αναδρομή να συνεχίζεται χωρίς να σταματήσει τουλάχιστον σε "λογικά" όρια, για να καλύψουμε αυτή την περίπτωση, ο χρήστης δηλώνει ένα χρονικό όριο εκτέλεσης, όπου και η αναδρομή σταματά.

Για κάθε αναφλεγέν εικονικό κελί, συλλέγονται πληροφορίες για να υπολογιστούν οι τιμές της ταχύτητας διάδοσης και της έντασης αλληλεπίδρασης. Με τη χρήση της δυνατότητας (GIS) της διάτμησης (intersection), μεταξύ του εικονικού κελιού και του διαφανούς (layer), που περιέχει τα μοναδικά χαρακτηριστικά (id) των μοντέλων καυσίμων, συμπεραίνεται, αν το εικονικό κελί τέμνεται με κάποιο πολύγωνο από το μοντέλο καυσίμων, αν όχι, τότε, επιλέγεται μια προκαθορισμένη (default) τιμή που έχει επιλέξει ο χρήστης πριν την έναρξη του αλγόριθμου. Στη συνέχεια, επιλέγεται το συγκεκριμένο μοντέλο από την Βάση Δεδομένων και συλλέγονται οι παράμετροι του.

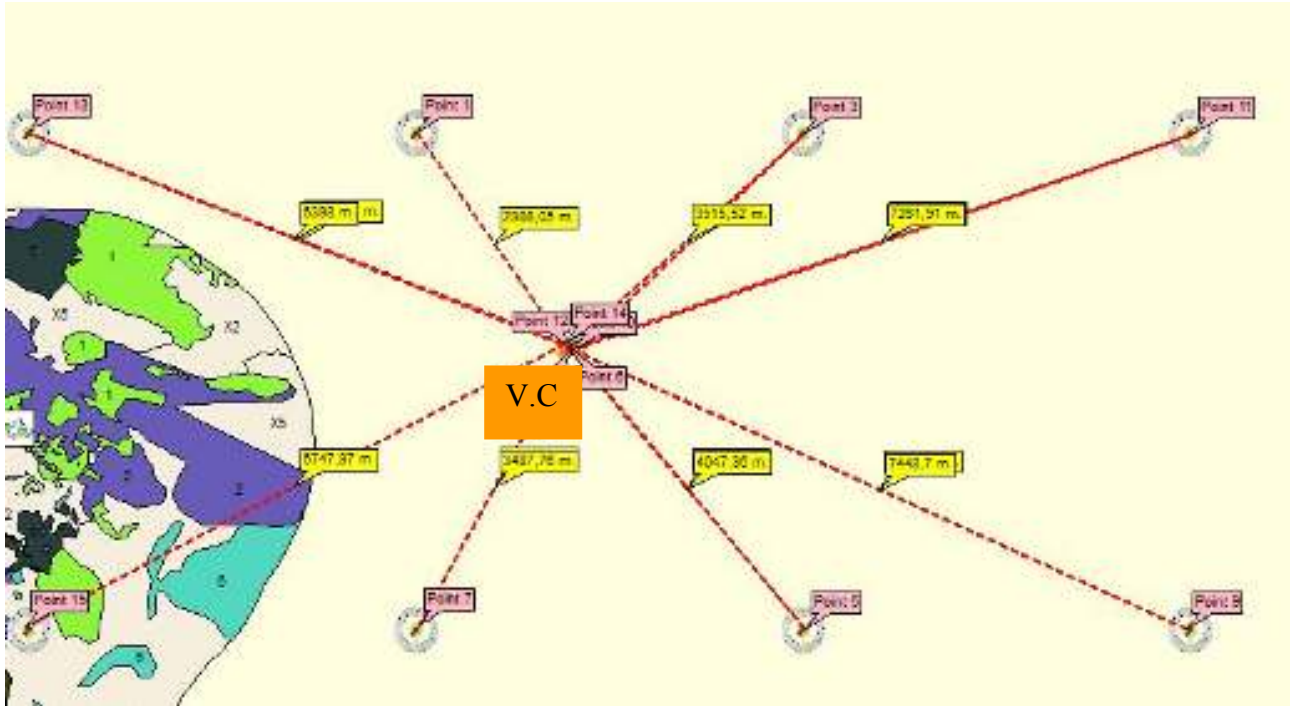
Στο επόμενο βήμα του αλγορίθμου, εξάγεται από το χάρτη, η κλίση (slope) και το αζιμούθιο της κλίσης (aspect), μεταβλητές που έχουν να κάνουν με τις ισοϋψείς καμπύλες. Η συγκεκριμένη συνάρτηση, αρχικά, αναζητά την

ύπαρξη προκατασκευασμένων διαφανών, με τιμές για αυτές τις παραμέτρους. Προκατασκευασμένα τέτοια διαφανή υλοποιούνται, αυτόματα από τα περισσότερα πακέτα GIS εφαρμογών για συγκεκριμένες περιοχές, με τη χρήση των ισοϋψών καμπυλών. Αν υπάρχουν αυτά τα διαφανή, με την μέθοδο (GIS) της διάτμησης, επιλέγονται οι αντίστοιχες τιμές, εάν δεν υπάρχουν τα διαφανή ή εάν δεν υφίστανται διατμήσεις, υπολογίζονται οι τιμές από το διαφανές των ισοϋψών καμπυλών. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει και αυτό το διαφανές, επιλέγονται οι προεπιλεγμένες τιμές που έχει ορίσει ο χρήστης.

Το επόμενο βήμα, είναι η συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων. Τα μετεωρολογικά δεδομένα βρίσκονται αποθηκευμένα σε Βάση Δεδομένων, συλλεγόμενα από το υποσύστημα μετεωρολογικών δεδομένων, που θα αναλυθεί σε άλλο κεφάλαιο. Οι τιμές από τους αισθητήρες και τους μετεωρολογικούς σταθμούς, αντιστοιχίζονται με την γεωγραφική θέση του σταθμού, ή του αισθητήρα που τις απέστειλε. Γνωρίζοντας τις συντεταγμένες του εικονικού κελιού μπορούμε, κάνοντας ένα SQL ερώτημα (query) στην Βάση Δεδομένων να ανασύρουμε τα δεδομένα για τις τιμές, από τις κοντινότερες πηγές μετεωρολογικών δεδομένων, για τη συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα που ξεκίνησε ο αλγόριθμος, συν τον χρόνο που έκανε να φτάσει εκεί η πυρκαγιά. Αν δεν υπάρχουν μετεωρολογικά δεδομένα, που έχουν συλλεχθεί από το πεδίο, χρησιμοποιούνται οι καλύτερες χρονικά προβλέψεις και αν υπάρχουν δυο προβλέψεις για μια ημερομηνία, επιλέγεται η τελευταία χρονικά. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που επιλέγονται από τη βάση, είναι διαφορετικά για κάθε εικονικό κελί και λόγω συντεταγμένων αλλά και λόγω χρόνου συλλογής, διότι διαφέρει ανάλογα με το πότε "έφτασε" στο κελί αυτό η πυρκαγιά, αν συνυπολογίσουμε επιπλέον πως μπορούμε να λάβουμε δεδομένα και από αισθητήρες, που βρίσκονται πολύ κοντά στην καιόμενη περιοχή, τότε πράγματι, αυτά τα δεδομένα είναι ακριβή και τροφοδοτώντας με αυτά τους υπολογισμούς μας, θα λάβουμε ορθότερα αποτελέσματα.

Λόγω της πιθανής συλλογής πολλών δεδομένων από πολλές πηγές μετεωρολογικών δεδομένων, είναι αναγκαία η χρήση ενός αλγορίθμου ανεύρεσης κάποιου μέσου όρου. Επιλέχθηκε η μέθοδος της στάθμισης με το αντίστροφο λόγο της απόστασης (Inverse Distance Weighting), για τον υπολογισμό των τιμών των παραμέτρων των μετεωρολογικών δεδομένων (εικόνα 19), λόγω της σπουδαιότητας της απόστασης των πηγών από το εικονικό κελί. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί ως παράγοντα στάθμισης τον αντίστροφο λόγο της απόστασης (Sarkozy, 1999):

$$\lambda_{i,0} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{d_{i,0}^p}}$$



Εικόνα 19 Υπολογισμός της τιμής των μετεωρολογικών δεδομένων από πολλές πηγές με την μέθοδο της στάθμισης με το αντίστροφο λόγο της απόστασης.

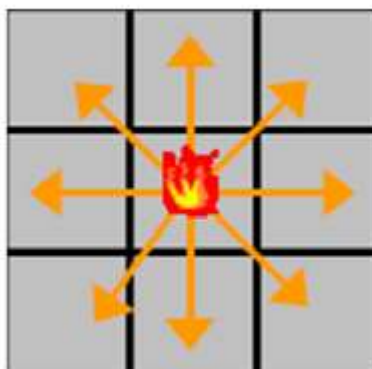
Χρησιμοποιώντας τις τιμές από τις προηγούμενες συναρτήσεις για τις μεταβλητές θερμοκρασίας (temperature), υγρασίας αέρα (humidity), κλίσης (slope), αζιμούθιο κλίσης (aspect), νεφοκάλυψης (cloudness), εάν υπάρχει υψηλή βλάστηση (High vegetation as boolean) και ημερομηνίας - ώρας (date and time), υπολογίζεται η υγρασία (moisture) της καύσιμης ύλης.

Στη συνέχεια υπολογίζονται, χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις Rothermel, η ένταση για το συγκεκριμένο εικονικό κελί και η ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς, χωρίς όμως να συνυπολογιστεί ο άνεμος και η κλίση. Αυτός ο ενδιάμεσος υπολογισμός της ταχύτητας διάδοσης, είναι αναγκαίος, για να εξοικονομηθεί χρόνος στον υπολογισμό του χρόνου ανάφλεξης των γειτονικών κελιών.

Στο τελευταίο βήμα του αναδρομικού αλγορίθμου υπολογίζεται, ο χρόνος ανάφλεξης των γειτονικών κελιών, που προκύπτει από την ταχύτητα διάδοσης σύμφωνα με το αζιμούθιο του κάθε κελιού, χρησιμοποιώντας την ενδιάμεση τιμή της προηγούμενης συνάρτησης. Το κάθε κελί από αυτά, εισάγεται στη συλλογή των αναφλεγέντων κελιών, μαζί με την τιμή του χρόνου

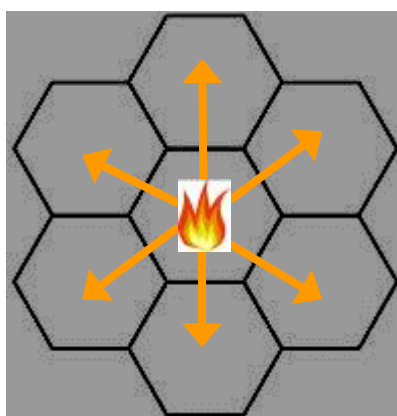
ανάφλεξης. Στην περίπτωση του i-protect χρησιμοποιούμε δύο δομές πλέγματος

- Των οκτώ (8) γειτονικών τετραγωνικών κελιών (εικόνα 20), με αζιμούθιο 0-360 μοίρες ανά 45 μοίρες, ενώ η απόσταση υπολογίζεται από το κέντρο των δύο κελιών, του ήδη αναφλεγμένου και του προς ανάφλεξη.



Εικόνα 20 Τετραγωνικά κελιά πλέγματος (Salis, 2006)

- Των έξι (6) γειτονικών εξαγωνικών κελιών, με αζιμούθιο 0-360 μοίρες ανά 60 μοίρες, ενώ η απόσταση υπολογίζεται από το κέντρο των δύο κελιών, του ήδη αναφλεγμένου και του προς ανάφλεξη όπως και στην προηγούμενη περίπτωση και είναι σταθερή. Τα εξάγωνα θεωρούνται αρτιότερα σχήματα και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές παιχνιδιών.



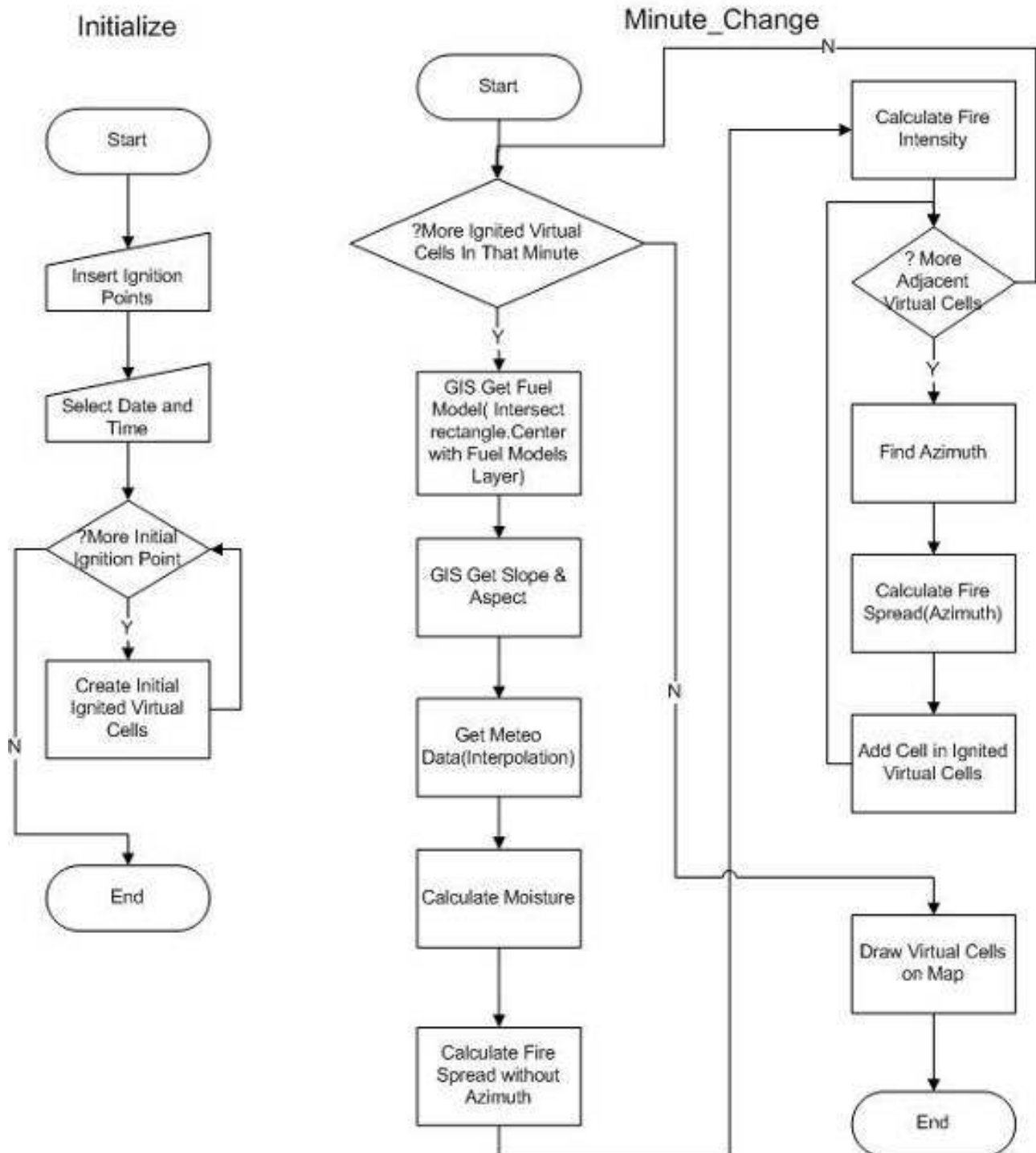
Εικόνα 21 Εξαγωνικά κελιά πλέγματος

Το τετραγωνικό πλέγμα συνήθως επιλέγεται, λόγω της συμμετρίας του ορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων και της συχνής χρήσης της κανάβου (πλέγματος) στα GIS. Τα τετραγωνικά κελιά, μπορούν εύκολα να συνδυαστούν και να παράγουν νέα πλέγματα χαμηλότερων αναλύσεων. Ωστόσο, με το εξαγωνικό πλέγμα μπορούμε να έχουμε αποτελεσματικό

συντονισμό των συστημάτων συντεταγμένων και πολλαπλής ανάλυσης κατατιμήσεις. Η προσέγγιση του πλησιέστερου γειτονικού κελιού, σε ένα εξαγωνικό πλέγμα είναι απλούστερη και λιγότερο ασαφής, από ό, τι σε ένα ορθογώνιο πλέγμα. Όταν η προσέγγιση του πλησιέστερου κελιού, διαδρομές κίνησης ή συνδεσιμότητα είναι σημαντικές, το ορθογώνιο πλέγμα μπορεί να μην είναι το καταλληλότερο για χρήση. Έχουν διερευνηθεί επίσης, σημαντικές διαφορές μεταξύ των απεικονίσεων σε εξαγωνικά και ορθογώνια πλέγματα. Μια έρευνα έδειξε πως η χρήση των ορθογώνιων (τετραγωνικών) πλεγμάτων, προτιμάται από τα εξαγωνικά πλέγματα, χωρίς ιδιαίτερη αιτιολογία. Είναι σημαντικό οι ερευνητές όταν βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο στην έρευνά τους, να επιλέξουν το πλέγμα που θα χρησιμοποιήσουν (Colin P.D & άλλοι,2007), ώστε να διευκολυνθούν στην ανάλυση των δεδομένων.

Μετά την ολοκλήρωση της αναδρομής, τα εικονικά κελιά που έχουν αναφλεγεί, με τις πληροφορίες για τον χρόνο ανάφλεξης και την ένταση της πυρκαγιάς, σχεδιάζονται στο χάρτη με τη μορφή νέου διαφανούς.

Επιλογή Προσομοίωσης Σχεδιασμού



Διάγραμμα Ροής 2 Προσομοίωση σχεδιασμού

Δεν υπάρχει καμία διαφοροποίηση στον υπολογισμό της έντασης και του ρυθμού διάδοσης της πυρκαγιάς στα αναφλεγέντα κελιά μεταξύ των δύο προσομοιώσεων (επιχειρησιακή και σχεδιασμού). Υπάρχουν όμως διαφοροποιήσεις στον αναδρομικό αλγόριθμο που καθορίζει για ποιά κελιά

πρέπει να γίνουν αυτοί οι υπολογισμοί καθώς και στο ότι, στην προσομοίωση σχεδιασμού, ο αναδρομικός αλγόριθμος δεν εκτελείται αδιάκοπα αλλά περιοδικά.

Ο χρήστης αρχικά, πρέπει να επιλέξει ένα ή περισσότερα σημεία αρχικής ανάφλεξης, ο αλγόριθμος δημιουργεί τα αρχικά εικονικά κελιά όπως και στην επιχειρησιακή προσομοίωση και σταματά (initialize). Στη συνέχεια κάθε τριάντα δευτερόλεπτα ενεργοποιείται ένα γεγονός (event), στο οποίο ελέγχεται αν υπάρχουν εικονικά κελιά που έχουν αναφλεγεί, σε εκείνο το χρονικό διάστημα. Εάν υπάρχουν, τότε ενεργοποιείται ένα νήμα (thread) που εκτελεί τις ενέργειες συλλογής πληροφοριών για τα δεδομένα που αναγκαιούν για τον υπολογισμό του ρυθμού διάδοσης και της έντασης. Μετά τη συλλογή και τον υπολογισμό του χρόνου ανάφλεξης των γειτονικών εικονικών κελιών, προστίθενται στη συλλογή με τα αναφλεγέντα κελιά, όπως γίνεται και στην επιχειρησιακή προσομοίωση. Κάθε φορά που ολοκληρώνεται ο αλγόριθμος, σχεδιάζονται τα νέα αναφλεγέντα εικονικά κελιά πάνω στον χάρτη. Μετά από τριάντα δευτερόλεπτα γίνεται πάλι ο έλεγχος στη συλλογή των κελιών και έτσι υλοποιείται η αναδρομικότητα του αλγορίθμου.

Σημαντικές διαφορές με την επιχειρησιακή προσομοίωση είναι ότι:

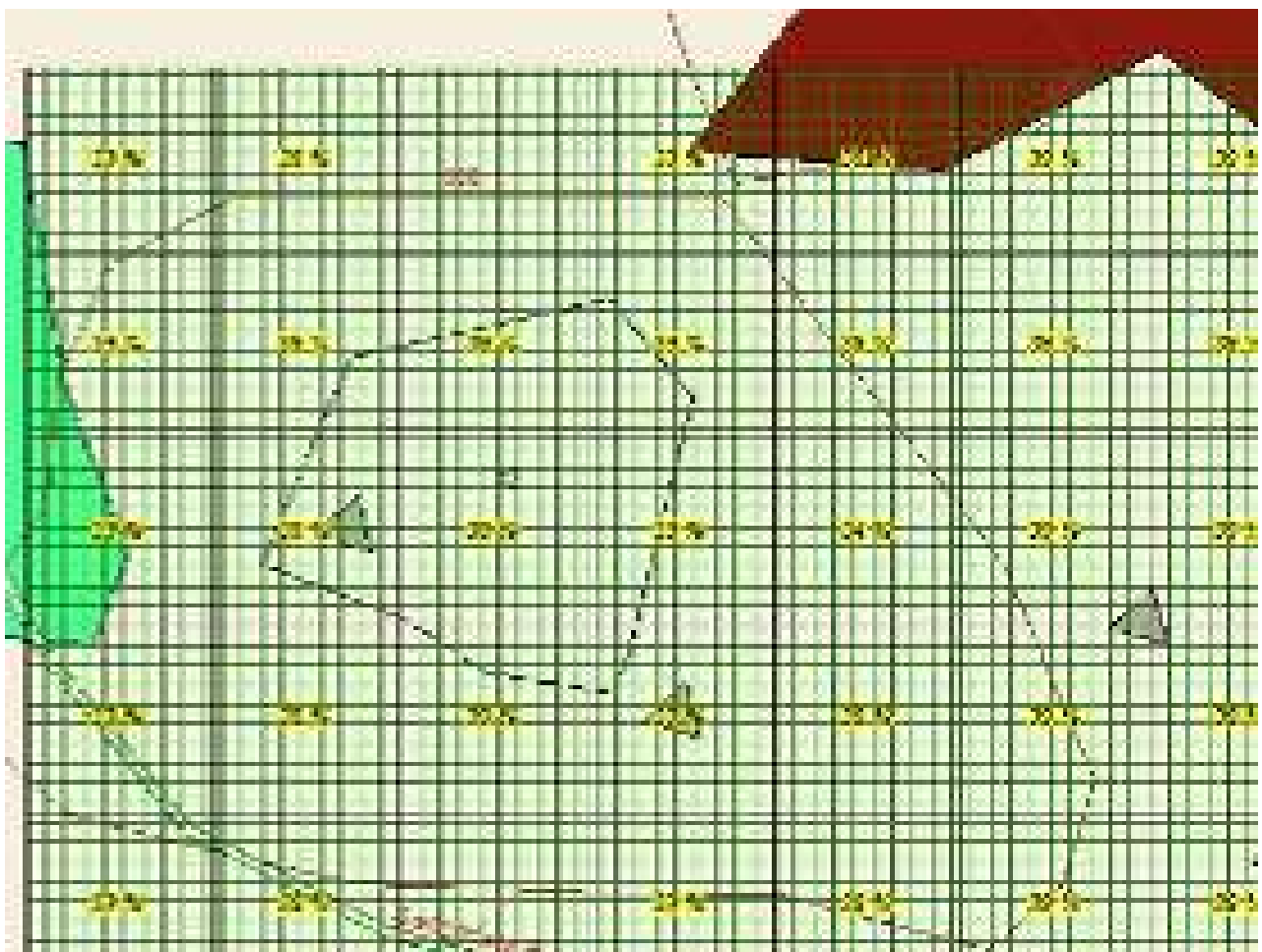
- Για να σταματήσει ο αλγόριθμος, πρέπει να το επιλέξει ο χρήστης και αυτό μπορεί να συμβεί σε οποιαδήποτε στιγμή εκτέλεσης του αλγορίθμου.
- Ο αλγόριθμος υπολογισμού (Minute_Change) εκτελείται σε νήματα διεργασιών (threads).
- Ο χρήστης μπορεί να εκτελεί οποιεσδήποτε εργασίες ενώ εκτελείται ο αλγόριθμος, η εφαρμογή ανανεώνει τα δεδομένα της διαχείρισης των κινούμενων οντοτήτων και όλων των αλλαγών στα μετεωρολογικά δεδομένα. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα τροποποίησης της εξέλιξης της πυρκαγιάς, δημιουργώντας αντιπυρικές περιοχές κλπ, ώστε να καταλήξουμε σε πολύτιμα συμπεράσματα σχετικά με το σχεδιασμό και την ορθότητα των αποφάσεων.

Σε πολλές υλοποιήσεις σε αντίστοιχες πλατφόρμες προσομοίωσης, εξ αρχής δημιουργείται μία συλλογή από πλέγματα, στη συντριπτική πλειονότητα τετραγωνικά και το κάθε κελί του πλέγματος, περιέχει μία τιμή από μια μεταβλητή εισόδου στον αλγόριθμο. Έτσι δημιουργείται ένα πλέγμα, με την κατεύθυνση του ανέμου, την ταχύτητα κλπ, σε κάθε κελί. Ο αλγόριθμος προσομοίωσης λαμβάνει από το κάθε κελί τις τιμές αυτές και υπολογίζει τις τιμές που καθορίζουν την διάδοση της πυρκαγιάς. Με αυτό τον τρόπο, γίνεται

μία μόνο φορά η συλλογή των δεδομένων από το πεδίο για όλη την περιοχή προσομοίωσης και δεν θα μπορούσε να γίνει και διαφορετικά, διότι η καθυστέρηση του αλγορίθμου θα ήταν απαγορευτική. Αντίθετα στην περίπτωση χρήσης εικονικών κελιών, σε κάθε υπολογισμό για κάθε εικονικό κελί, η βάση δίνει τα νεότερα δεδομένα, είτε πρόκειται για ζωντανά δεδομένα πεδίου, είτε πρόκειται για τις τελευταίες προβλέψεις.

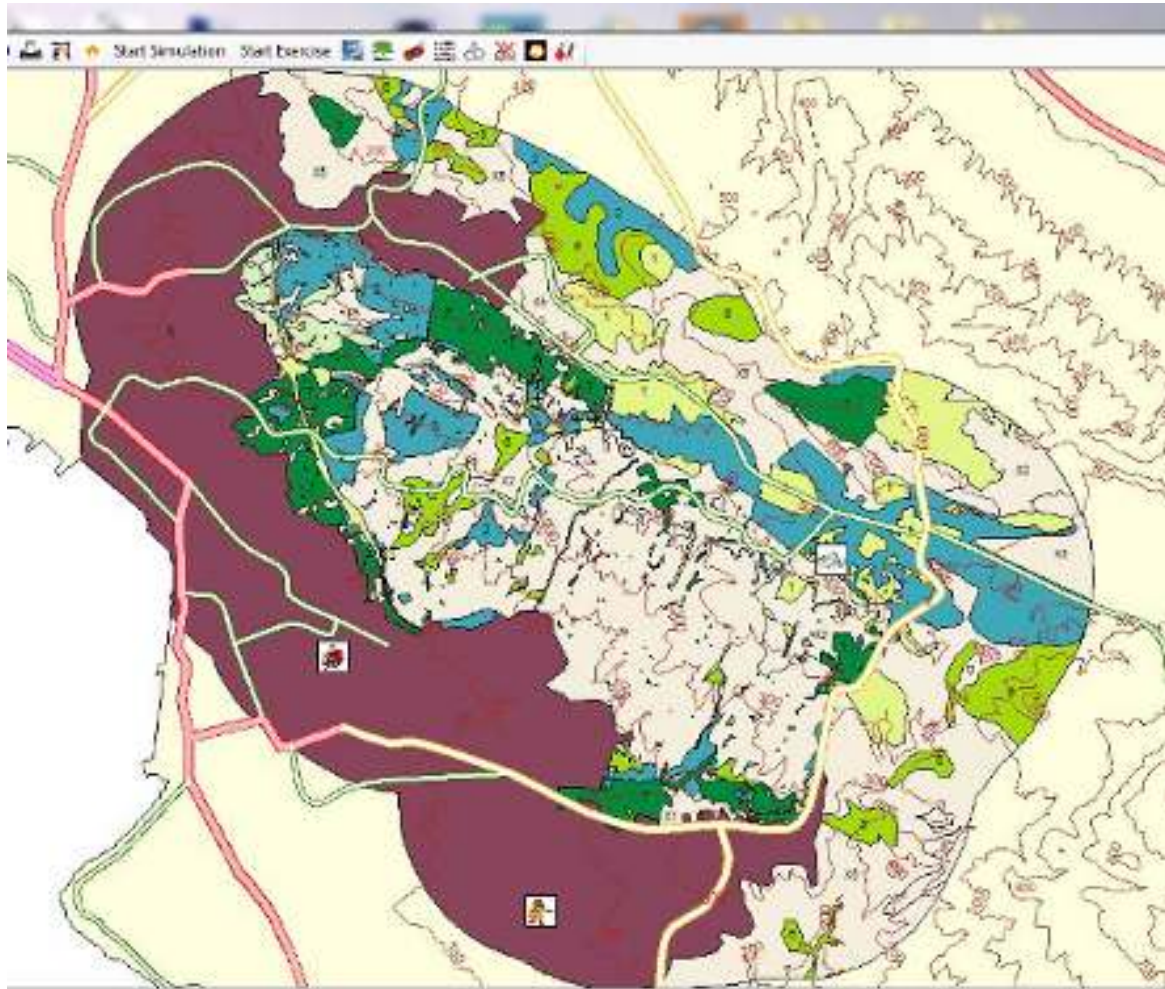
Το i-protect δίνει τις δυνατότητες στο χρήστη να εκτελέσει όλες τις λειτουργίες που προσφέρουν και τα υπόλοιπα συστήματα προσομοίωσης, όπως:

- Δημιουργία χαρτών πιθανότητας ανάφλεξης (Χάρτης επικινδυνότητας ανάφλεξης) (εικόνα 22).



Εικόνα 22 Χάρτης επικινδυνότητας

- Υπολογισμός της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς υπολογίζοντας τις αντίστοιχες παραμέτρους.
- Δημιουργίας μοντέλων καύσιμης ύλης (εικόνα 23).



Εικόνα 23 Χαρτογραφική απεικόνιση μοντέλων καύσιμης ύλης

Επιπλέον όμως προσφέρει:

- Δυνατότητες GIS. Ο χρήστης, έχει τη δυνατότητα να τροποποιεί το μοντέλο καύσιμης ύλης σε πραγματικό χρόνο. Τα μοντέλα καύσιμης ύλης σχεδιάζονται ως διαφανές, πάνω στο υπόβαθρο της εφαρμογής. Στην πλατφόρμα υπάρχουν τα δεκατρία (13) αρχικά μοντέλα καύσιμης ύλης, που αναπτύχθηκαν για το σύστημα πρόβλεψης BEHAVE (Anderson, 1982, Burgan and Rothermel, 1984, Andrews, 1986) καθώς και άλλα μεταγενέστερα μοντέλα (Γαβριήλ Ξανθόπουλος & άλλοι, 1999), που ανταποκρίνονται καλύτερα στην περιοχή της Μεσογείου, δίνει όμως και τη δυνατότητα δημιουργίας νέων μοντέλων καύσιμης ύλης, εισάγοντας τις αντίστοιχες τιμές στα:
 - Βάθος στρώσης (Bed Depth) (ft)
 - Εξάλειψη υγρασίας (Moisture Of Extinction) (dl)

- Συντελεστής προσαρμογής διάδοσης (Spread Adjustment Factor) (dl)
- Υψηλή Βλάστηση (High Vegetation)
- Είδος Ζούσας Καύσιμης ύλης (Life Type)
- Φορτίο καυσίμου (Fuel Load) (lbs/ft²)
- Λόγος Επιφανείας όγκου (Surface Area To Volume Ratio) (ft²/ft³)
- Πυκνότητα (Density) (lbs/ft³)
- Παρεχόμενη ενέργεια (Heat Of Combustion) (btus/lb)
- Συνολική περιεκτικότητα σε διοξείδιο του πυριτίου (Total Silica Content) (lb/lb)
- Αποδοτική περιεκτικότητα σε διοξείδιο του πυριτίου (Effective Silica Content) (lb/lb)

(στην παρένθεση είναι οι μονάδες μέτρησης) από επιτόπιες μετρήσεις της καύσιμης ύλης, στην περιοχή ενδιαφέροντος. Όλα αυτά είναι αποθηκευμένα στην Βάση Δεδομένων της εφαρμογής και είναι προσβάσιμα από όλους τους παλαιούς ή νέους χρήστες. Το διαφανές αυτό, αφού σχεδιαστεί, εισάγεται στην εφαρμογή και έτσι δημιουργείται ένα μωσαϊκό, όπως φαίνεται στην εικόνα 23, μοντέλων καύσιμης ύλης στο οποίο σε κάθε σημείο της περιοχής ενδιαφέροντος αντιστοιχεί και ένα μοντέλο.

Στην περίπτωση της προσομοίωσης σχεδιασμού, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει δυναμικά πάνω στο χάρτη μια περιοχή με "νέο" μοντέλο καύσιμης ύλης. Για να καταλάβουμε τη σπουδαιότητα αυτής της επιλογής ας κάνουμε μια υπόθεση εργασίας. Σε μια υποθετική πραγματικού χρόνου προσομοίωση, ο διοικητής των ομάδων κατάσβεσης δίνει εντολή για τη δημιουργία μιας αντιπυρικής ζώνης, ώστε να αναχαιτιστεί η ορμή της πυρκαγιάς. Στα παραδοσιακά συστήματα προσομοίωσης, ακόμα και με δυνατότητες GIS, αυτή η τροποποίηση των δεδομένων εισόδου δεν θα μπορούσε να ληφθεί υπόψη. Στην περίπτωση του i-protect fire simulation, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει δυναμικά μια περιοχή, χωρίς καύσιμη ύλη και να διαπιστώσει το πώς αυτό θα επηρεάσει την εξέλιξη της πυρκαγιάς

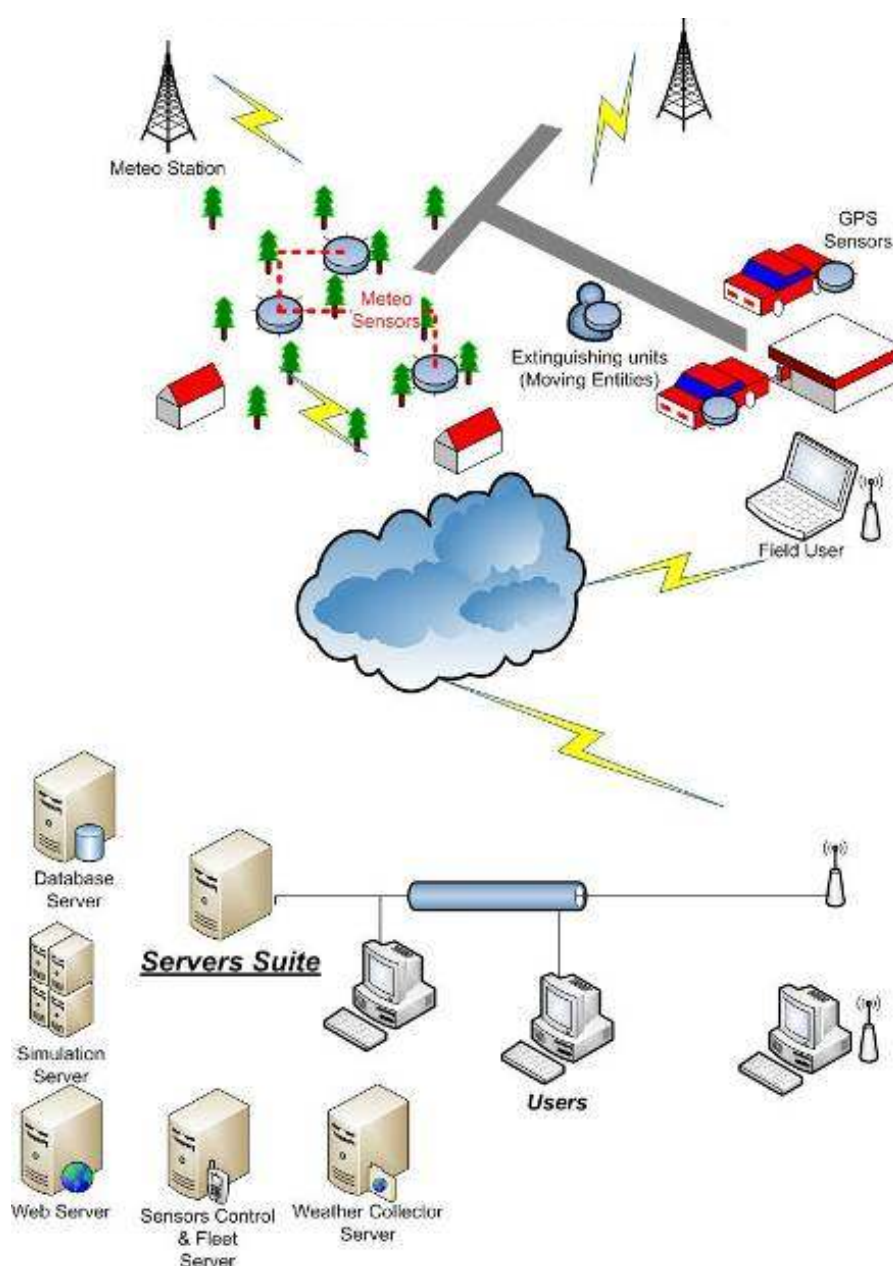
Ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, μπορεί να προσομοιωθεί και ο ψεκασμός περιοχών, αλλάζοντας την υγρασία της περιοχής. Εάν υπάρχει "τοπικός" αισθητήρας θα αποστείλει τη διαφοροποίηση της υγρασίας, λόγω του ψεκασμού, όμως εάν δεν υπάρχει, ή εάν ο ψεκασμός είναι μόνο για λόγους σχεδιασμού, ο χρήστης μπορεί να

δημιουργήσει μια περιοχή με δεδομένη υγρασία, ώστε να προσομοιάσει τον ψεκασμό.

- Διαχείριση στόλου κινουμένων οντοτήτων. Η απεικόνιση των μέσων κατάσβεσης πάνω σε χάρτη είναι ουσιώδης, για λόγους σχεδιασμού κατάσβεσης, αλλά και για λόγους ασφάλειας. Με την χρήση GPS και μέσω της αποστολής της θέσης της κινούμενης οντότητας (πεζοπόρα περίπολα, οχήματα κατάσβεσης κλπ) στο αντίστοιχο υποσύστημα, έχουμε τη δυνατότητα παρακολούθησης αυτών. Ο χρήστης (υπεύθυνος κατάσβεσης) έχει την δυνατότητα, να λάβει ορθότερη απόφαση βάση της πραγματικής κατάστασης των μέσων και των υλικών κατάσβεσης.
- Σχέδιο εκκένωσης. Σε περιπτώσεις που η πυρκαγιά απειλεί κατοικημένες περιοχές, ή τμήματα κινδυνεύουν να εγκλωβιστούν, η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα στον χρήστη, με την επιλογή Σχέδιο Εκκένωσης (Evacuation plan), να του υποδείξει τον καλύτερο τρόπο διαφυγής από την πυρκαγιά στο βέλτιστο χρόνο.

4. Η Αρχιτεκτονική της i-protect Fire Simulation Platform

Η πλατφόρμα i-protect έχει σχεδιαστεί, ώστε να έχει δυνατότητες στη συλλογή πληροφοριών, για την υποβοήθηση του ελέγχου και του σχεδιασμού των ενεργειών, για την κατάσβεση των πυρκαγιών. Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας, για την συλλογή των δεδομένων και την δικτύωση του hardware, συνδυάζει ενσύρματες και ασύρματες επικοινωνίες και εκμεταλλεύεται σε απόλυτο βαθμό το διαδίκτυο (internet), καθώς και τις πληροφορίες που παρέχονται (εικόνα 24).



Εικόνα 24 i-Protect Fire Simulation

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί, που βρίσκονται στις περιοχές ενδιαφέροντος, ή "κοντά" σε αυτές, αποστέλλουν δεδομένα, τα οποία αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων του i-protect μέσω του Weather Collector Server. Αντίστοιχα, αποστέλλουν δεδομένα και οι αισθητήρες, οι οποίοι πιθανόν να έχουν τοποθετηθεί σε συγκεκριμένες ελεγχόμενες περιοχές ενδιαφέροντος, που αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων μέσω του Sensors Control & Fleet Server. Τα δεδομένα που συλλέγονται, έχουν σχέση με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν, αλλά και με μετεωρολογικές προβλέψεις όταν πρόκειται για μετεωρολογικούς σταθμούς.

Η πλατφόρμα i-protect λαμβάνει δεδομένα επίσης, από τους κινητούς αισθητήρες (mobile sensors) που είναι εγκατεστημένοι πάνω σε κινούμενες οντότητες. Τα δεδομένα αυτά παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την θέση των κινούμενων οντοτήτων, χρησιμοποιώντας ένα ενσωματωμένο GPS, συλλέγονται από το Sensors Control & Fleet Server και αποθηκεύονται στη Βάση Δεδομένων. Η διεπαφή μεταξύ του κινητού αισθητήρα και του Sensors Control & Fleet Server, υλοποιείται είτε με UTP είτε με TCP Listeners και την υλοποιεί, όπως θα δούμε στην συνέχεια αναλυτικότερα, ο Web Server μέσω ιστοσελίδων, που καλούνται από τον κινητό αισθητήρα. Το ποιά θα είναι η τεχνική υλοποίησης, εξαρτάται από τις δυνατότητες που παρέχει ο κινητός αισθητήρας.

Πληροφορίες επίσης, λαμβάνονται και από χρήστες πεδίου, οι οποίοι σχεδιάζουν τα μοντέλα καύσιμης ύλης και τα αποθηκεύουν στην βάση ως δυναμικά μοντέλα. Οι χρήστες αυτοί, μπορούν να εισάγουν και πληροφορίες σχετικά με σημεία ανάφλεξης ώστε ο αλγόριθμος να εκτελεστεί για νέα εικονικά. Η αλληλεπίδραση αυτών των χρηστών με την Βάση Δεδομένων γίνεται μέσω της κεντρικής εφαρμογής προσομοίωσης του i-protect.

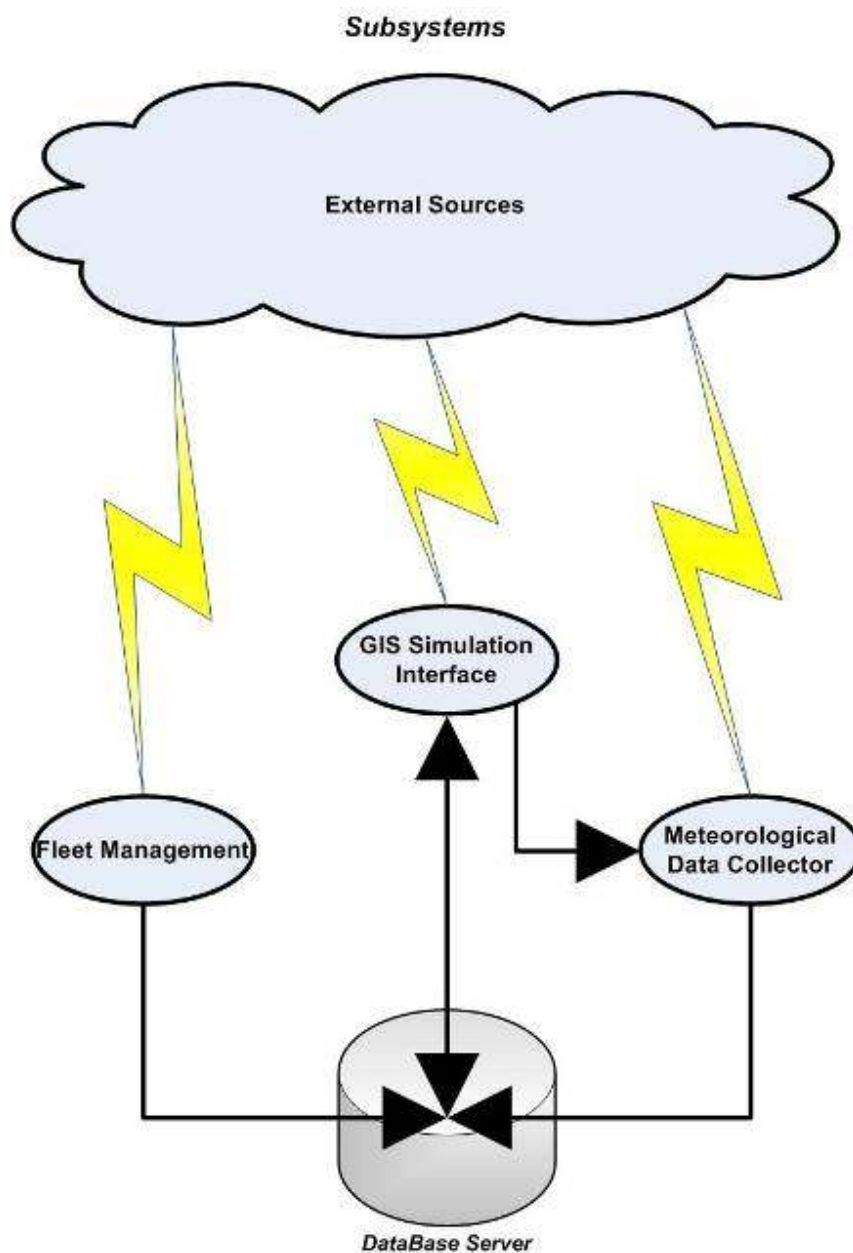
Τέλος, δεδομένα και πληροφορίες εισαγάγουν και οι χρήστες του εσωτερικού δικτύου, που χειρίζονται την πλατφόρμα i-protect κυρίως μέσω του Simulation Server. Οι πληροφορίες συνήθως είναι:

- Νέα μοντέλα καύσιμης ύλης.
- Δημιουργία διαφανών καύσιμης ύλης μιας περιοχής.
- Πιθανά ή πραγματικά σημεία ανάφλεξης.
- Εισαγωγή, διαγραφή και καταγραφή δυνατοτήτων κινούμενων οντοτήτων πραγματικών ή εικονικών.
- Εντολές προσομοίωσης προς τις υποθετικές μονάδες κατάσβεσης.
- Δημιουργία και διαγραφή δυναμικών περιοχών με νέα μοντέλα καύσιμης ύλης (όπως αντιπυρικές ζώνες)

- Δημιουργία και διαγραφή δυναμικών περιοχών με τροποποιημένη την υγρασία τους λόγω ενεργειών των μονάδων πυρόσβεσης.

Το i-protect Fire Simulation, εμπεριέχει τρία αλληλένδετα υποσυστήματα (εικόνα 25). Αυτό που συνδέει τα τρία συστήματα, είναι η αποθήκευση των δεδομένων στη Βάση Δεδομένων και η χρήση τους από τον αλγόριθμο προσομοίωσης. Αυτά τα υποσυστήματα είναι:

- Metrological Data Collector.
- Fleet Management.
- GIS simulation Interface .



Εικόνα 25 Υποσυστήματα i-Protect Fire Simulation

Το υποσύστημα των μετεωρολογικών δεδομένων, συλλέγει πληροφορίες και δεδομένα από το πεδίο, με διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με τις συσκευές που αλληλεπιδρά και τις τεχνολογίες που αυτές υποστηρίζουν. Αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται στην Βάση Δεδομένων, ώστε να είναι προσβάσιμες από το υποσύστημα GIS Simulation Interface.

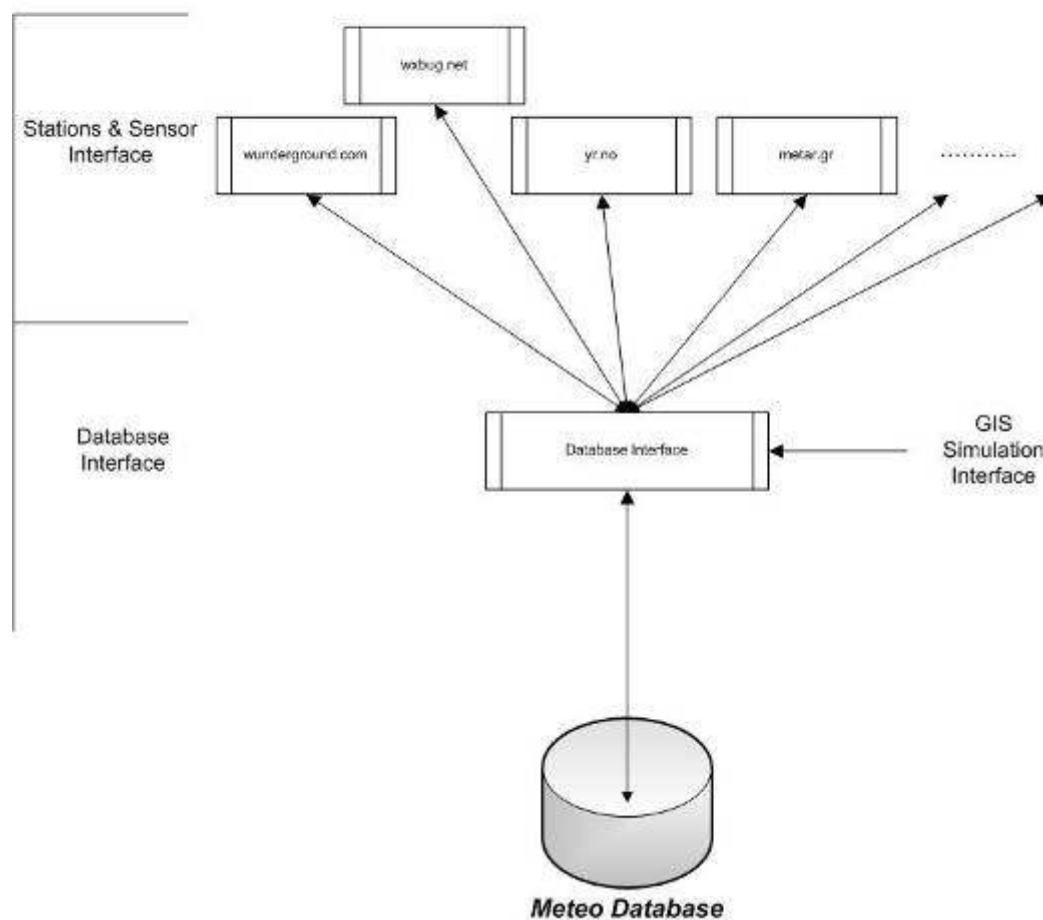
Κατ' αντιστοιχία, το ίδιο συμβαίνει και με το υποσύστημα Fleet Management, μόνο που τα δεδομένα έχουν σχέση με τις κινούμενες οντότητες. Όπως θα διαπιστώσουμε στη συνέχεια, υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην υλοποίηση των δύο αυτών συστημάτων και σε αυτό συντελούν οι διαφοροποιήσεις στις πηγές δεδομένων του καθενός.

Το υποσύστημα GIS Simulation Interface αποθηκεύει δεδομένα και πληροφορίες, που κυρίως προέρχονται από τους χρήστες του συστήματος. Εκτός όμως από την αποθήκευση ανασύρει δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων, ώστε να εκτελέσει τις αναγκαίες λειτουργίες και να παρουσιάσει τις πληροφορίες που παράγονται στο GIS. Για τη συλλογή επικαιροποιημένων πληροφοριών από την Βάση Δεδομένων, σε σχέση με τα μετεωρολογικά δεδομένα, καλεί το αντίστοιχο υποσύστημα, ώστε να λάβει δεδομένα από το πεδίο. Τα δεδομένα συλλέγονται από το πεδίο, από το υποσύστημα συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων, μόνο εάν υπάρχουν αντίστοιχα επικαιροποιημένα δεδομένα στους σταθμούς που πρέπει να συλλεχθούν.

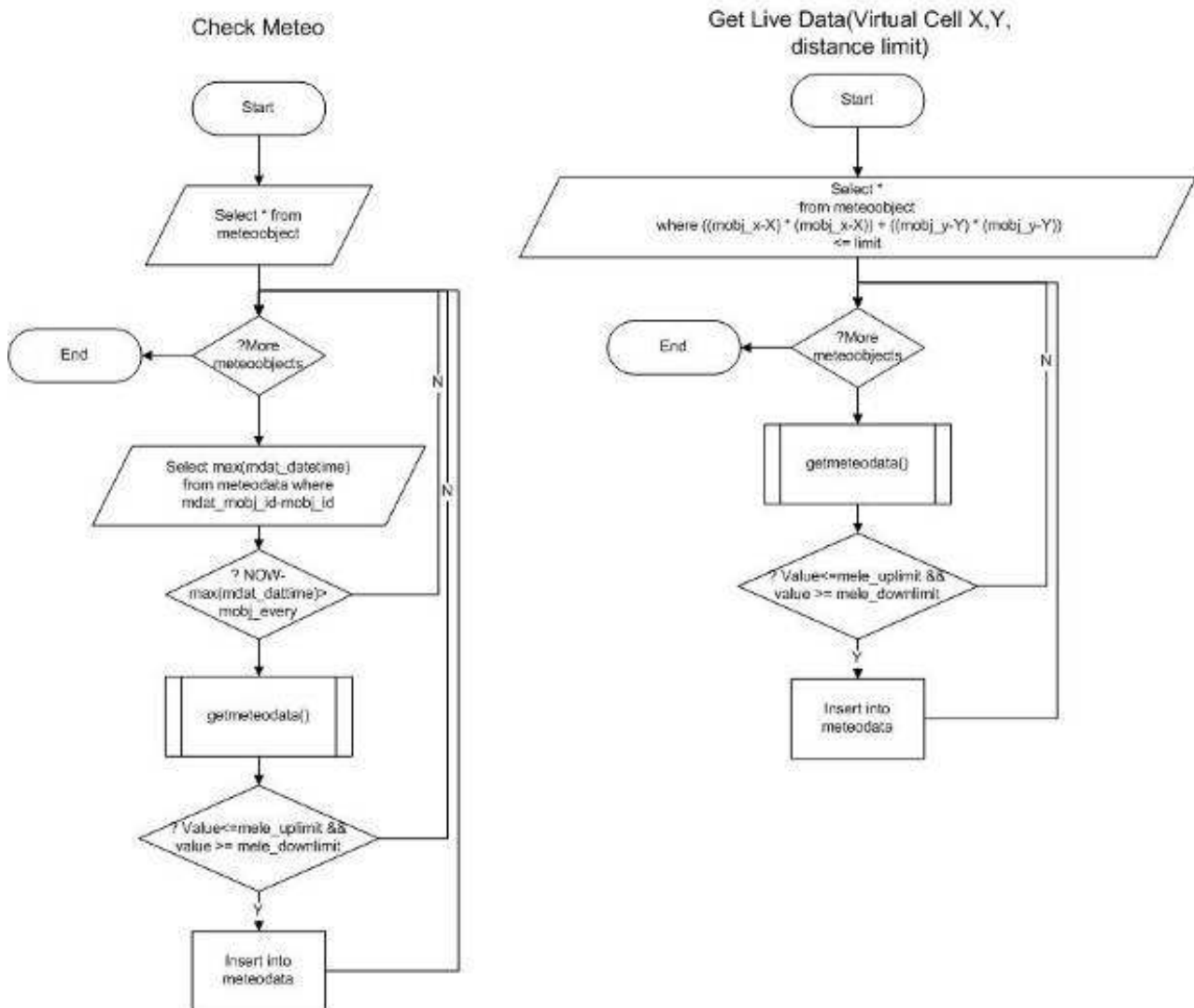
4.1 Συλλέκτης Μετεωρολογικών Δεδομένων (Meteorological Data Collector)

Το υποσύστημα Meteorological Data Collector έχει ως κύριο σκοπό, τη συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων από τους μετεωρολογικούς σταθμούς και τους αισθητήρες. Στην εργασία αυτή, γίνεται προσπάθεια για μια γενικευμένη συλλογή δεδομένων, ανεξάρτητη από το είδος και τον κατασκευαστή του σταθμού συλλογής δεδομένων, έτσι τα μέρη του υποσυστήματος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (εικόνα 26), η μία είναι αυτή της Database Interface που αποτελείται από ένα κύριο μέρος και η άλλη της Stations & Sensors Interfaces, που αποτελείται από πολλά μέρη ανάλογα τις διεπαφές των σταθμών που εξυπηρετεί .

Meteorological Data Collector Subsystem



Εικόνα 26 Υποσύστημα meteorological data collector



Διάγραμμα Ροής 3 του database interface (meteorological data collector)

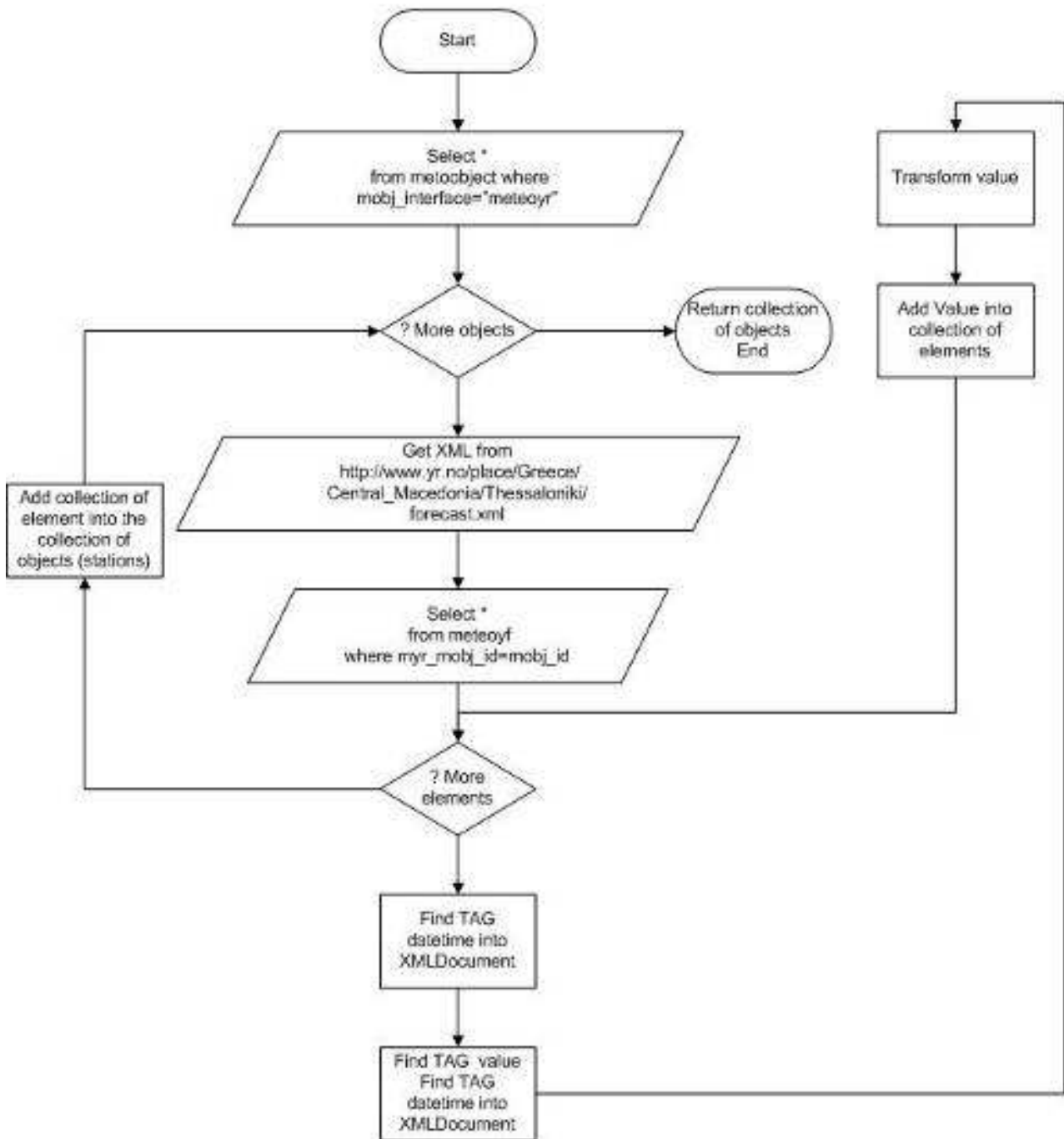
Αναλυτικότερα, στην περίπτωση της περιοδικής λήψης δεδομένων, ο αλγόριθμος αρχικά ανασύρει από τη βάση όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς και την τελευταία ημερομηνία των δεδομένων για κάθε μετεωρολογική παράμετρο. Εάν η διαφορά της ημερομηνίας έναρξης του αλγορίθμου (NOW) και της τελευταίας ημερομηνίας των δεδομένων σε λεπτά, είναι μεγαλύτερη από την τιμή every των σταθμών, τότε συλλέγονται τα δεδομένα από το κατάλληλο μέρος, ανάλογα με τη διεπαφή του σταθμού. Το μέρος αυτό επιστρέφει τις τιμές και αφού ελεγχθούν για την εγκυρότητά τους, αν δηλαδή η τιμή τους είναι ανάμεσα σε κάποια όρια, εισάγονται στη βάση δεδομένων. Ο αλγόριθμος είναι σχεδόν ο ίδιος και στην περίπτωση που λαμβάνονται προβλέψεις από τους σταθμούς που το επιτρέπουν. Η μοναδική διαφορά είναι πως εάν στον πίνακα meteoforecastdata υπάρχει για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή (timestamp) η τιμή από προηγούμενη πρόβλεψη, διαγράφεται και μπαίνει η νέα τιμή.

Αντίστοιχα, όταν το GIS Simulation Interface Subsystem καλεί το υποσύστημα Meteorological Data Collector, δίνοντας τις συντεταγμένες του εικονικού κελιού που επεξεργάζεται εκείνη τη στιγμή, καθώς και το όριο τις απόστασης από τους σταθμούς, ανασύρονται από την Βάση Δεδομένων τα δεδομένα μόνο εκείνων των σταθμών, που πληρούν το κριτήριο της απόστασης. Για κάθε σταθμό συλλέγονται τα δεδομένα από το αντίστοιχο component και αφού ελεγχθούν εισάγονται στην Βάση Δεδομένων. Η συγκεκριμένη δυνατότητα εκτελείται μόνο αν έχει επιλεγεί να εκτελείται, είτε για προσομοίωση σχεδιασμού, είτε για επιχειρησιακή προσομοίωση διότι καθυστερεί την εκτέλεση του αλγορίθμου, περιμένοντας δεδομένα από το πεδίο εκείνη τη στιγμή. Είναι προφανές και πρέπει να τονιστεί πως, πλην αυτής της εξαίρεσης, η μοναδική διασύνδεση των συστημάτων είναι στην βάση δεδομένων, ώστε να μην είναι αναγκαία συνθήκη για την λειτουργία της πλατφόρμας, έστω και με μειωμένη απόδοση, η λειτουργία όλων των υποσυστημάτων.

Η τελευταία λειτουργία του Database Interface Component είναι η περιοδική (κάθε μήνα) εισαγωγή του μέσου όρου των τιμών που συλλέχτηκαν για κάθε μετεωρολογική μεταβλητή του κάθε μετεωρολογικού σταθμού, τη συγκεκριμένη ώρα της ημέρας (εξαίρεση αποτελούν οι μεταβλητές για τον άνεμο, όπου δεν έχει αξία ο μέσος όρος, λόγω των συνεχών μεταβολών). Ο αλγόριθμος διαβάζει τα δεδομένα για κάθε ημέρα του προηγούμενου μήνα και αφού τα ομαδοποιήσει (group by) τα εισάγει στην Βάση Δεδομένων. Αυτή η λειτουργία θα μπορούσε να γίνεται κατευθείαν, εκτελώντας τις παραπάνω ενέργειες από το GIS Simulation Interface, όμως αυτό θα δημιουργούσε μια επιπλέον καθυστέρηση στην υλοποίηση της προσομοίωσης. Η αποθήκευση αυτών των δεδομένων επιτρέπει τη χρήση μετεωρολογικών δεδομένων από το GIS Simulation Interface που δεν συλλέγονται από το πεδίο, αλλά είναι πολύ κοντά στην "στατιστική" πραγματικότητα. Έτσι, όταν δεν υπάρχουν ούτε δεδομένα πεδίου, ούτε προβλέψεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μέσοι όροι, είτε από τον πίνακα meteomonthly, είτε οι τιμές που βρίσκονται στον πίνακα meteodata.

Τα τμήματα (components) που αντιστοιχούν σε κάθε σταθμό ή ομάδα σταθμών με κοινή διεπαφή, υλοποιούνται με σκοπό τη συλλογή των αναγκαίων δεδομένων. Οι υπογραφές των συναρτήσεων (Function's signatures) είναι ίδιες για το κάθε τμήμα, ώστε η αλληλεπίδραση με το Database Interface να μη συνεπάγεται και την τροποποίηση του κυρίως κώδικα, αλλά μόνο του ενδιάμεσου τμήματος (component) (3-tier architecture).

Στο διάγραμμα ροής 4, παρουσιάζεται ενδεικτικά ο αλγόριθμος για τη συλλογή των δεδομένων με τους σταθμούς, που παρακολουθούνται από το api του Website "http://www.yr.no".



Διάγραμμα Ροής 4 του meteo stations interface (meteorological data collector)

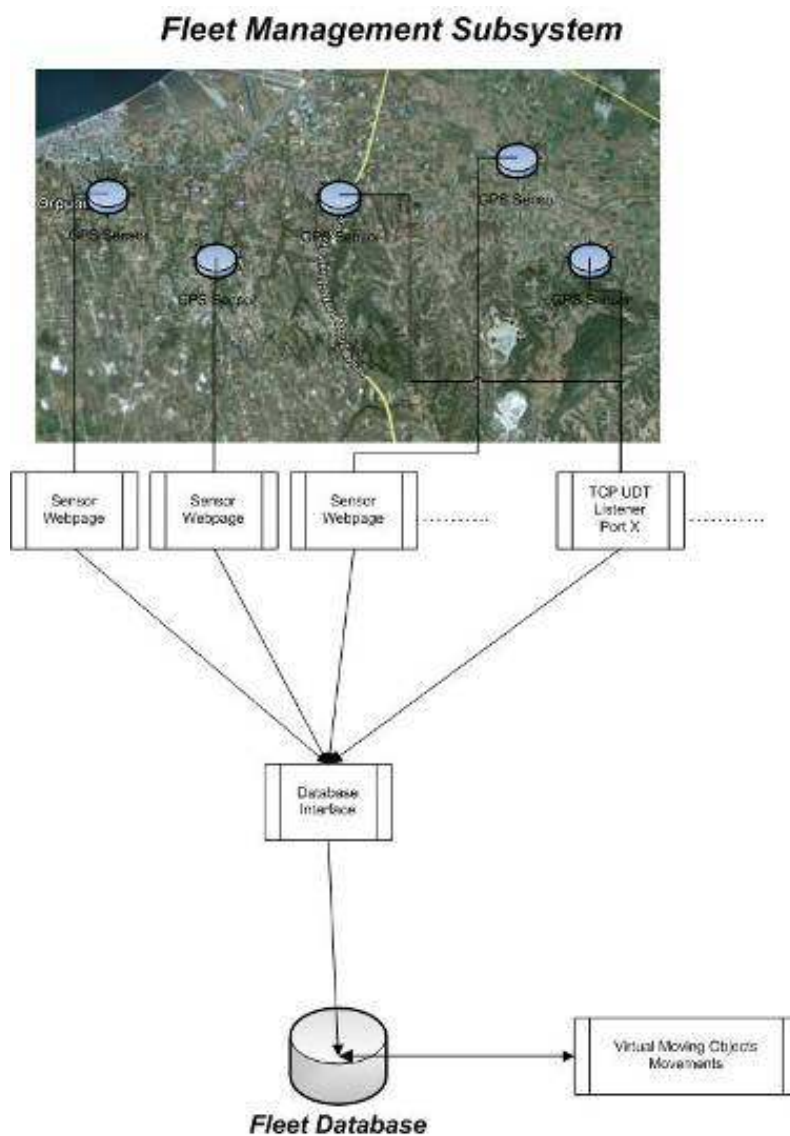
Στον αλγόριθμο εισάγονται ως παράμετροι οι σταθμοί, ή ο πίνακας που περιέχει τα στοιχεία της διεπαφής, που ενδεικτικά στην περίπτωση μας είναι ο πίνακας meteoyr. Ανακτώνται αρχικά από τη Βάση Δεδομένων οι σταθμοί και για κάθε σταθμό το XML που επιστρέφει η διεπαφή. Ο

αλγόριθμος αναζητά στο XML των μετρήσεων το XML TAG που προσδιορίζεται από το πεδίο `myr_valuetag` για κάθε μετεωρολογική παράμετρο. Εάν στο XML των μετρήσεων του σταθμού, υπάρχουν πολλαπλές μετρήσεις για κάθε μετεωρολογική παράμετρο ανάλογα με το χρόνο λήψης, τότε ο αλγόριθμος αναγνωρίζει το XML TAG που περιέχει την ημερομηνία και ώρα λήψης από την τιμή του πεδίου `myr_datetimetag`. Οι συλλεγόμενες τιμές μετατρέπονται από τις μονάδες μέτρησης λήψης στις μονάδες μέτρησης αποθήκευσης, στη συνέχεια ελέγχονται για την ακεραιότητά τους και προστίθενται στη συλλογή των παραμέτρων για κάθε μετεωρολογική μεταβλητή. Αυτή η συλλογή προστίθεται στη συλλογή των μετεωρολογικών σταθμών, η οποία επιστρέφεται κατά την ολοκλήρωση του αλγορίθμου στο Database Interface, που όπως προαναφέρθηκε, κάνει την εισαγωγή στην Βάση Δεδομένων.

4.2 Διαχείριση Στόλου Οχημάτων (Fleet Management)

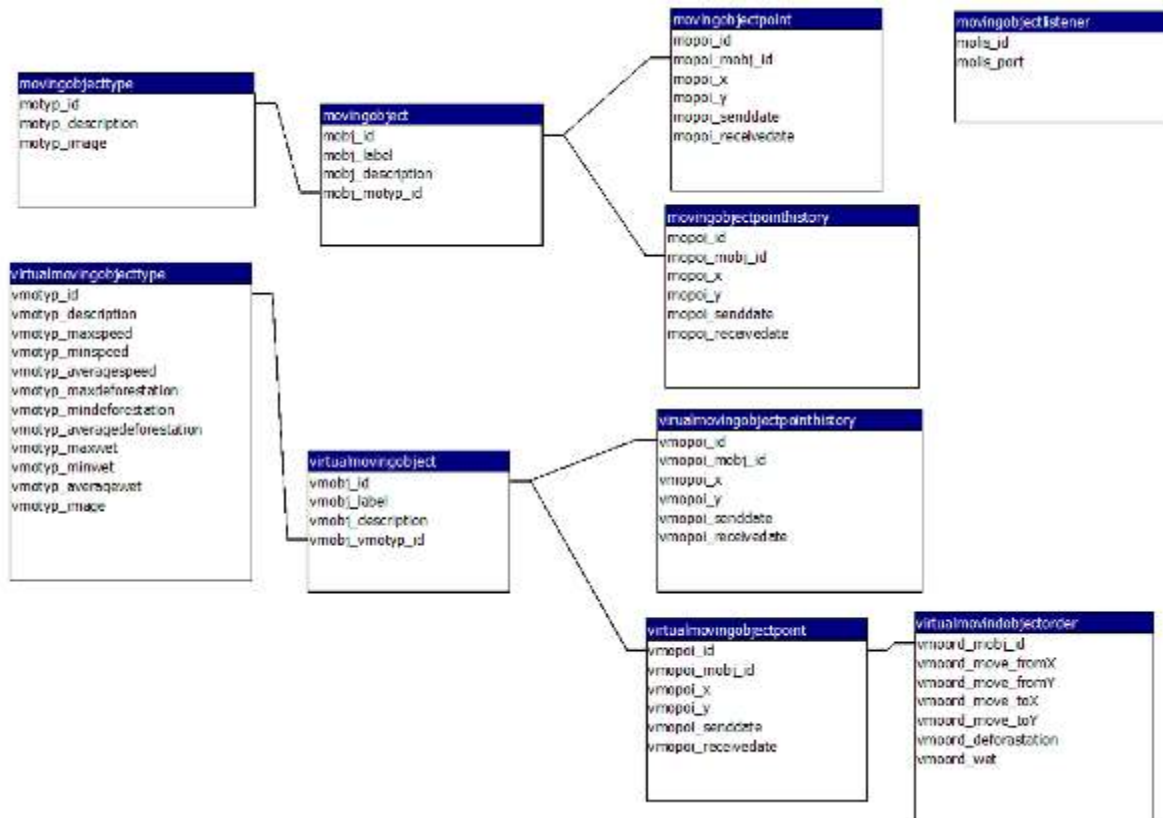
Το υποσύστημα Fleet Management, είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες αποθήκευσης των δεδομένων, που έχουν να κάνουν με τις κινούμενες οντότητες, που στην περίπτωση μας είναι οι μονάδες κατάσβεσης, τα περίπολα ασφαλείας κ.α. Το υποσύστημα χωρίζεται σε δύο μέρη (εικόνα 27):

- Συλλογής και αποθήκευσης των γεωγραφικών θέσεων των μονάδων κατάσβεσης (Moving Objects).
- Δημιουργία και αποθήκευση στην βάση των εικονικών θέσεων των εικονικών κινούμενων οντοτήτων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, τις οδηγίες του χρήστη και των διαφανών του οδικού δικτύου στο χάρτη (Virtual Moving Objects).



Εικόνα 27 Υποσύστημα fleet management

Το σχήμα της Βάσης Δεδομένων αποτελείται από πίνακες που αποθηκεύουν τις θέσεις των κινούμενων οντοτήτων (εικονικές ή όχι) και άλλες απαραίτητες πληροφορίες για το GIS Simulation Subsystem.



Σχήμα ΒΔ 2 του υποσυστήματος fleet management

4.2.1 Τμήμα Κινούμενων Οντοτήτων (Moving Object Component)

Για την καταγραφή της θέσης των κινούμενων οντοτήτων (moving objects), χρησιμοποιούνται συσκευές, που έχουν ένα GPS module και συνήθως αποστέλλουν τις πληροφορίες τους διαμέσου του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Πολυπλοκότερες συσκευές περιέχουν και άλλα modules για να αποστέλλουν την ένδειξη στάθμης καυσίμου, το άνοιγμα κάποιας πόρτας κλπ. Στο i-protect fire simulation platform χρησιμοποιήθηκαν συσκευές με δυνατότητα αποστολής της θέσης τους μόνο.

Οι συσκευές αυτές μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με το πως αποστέλλουν τα δεδομένα. Υπάρχουν οι συσκευές που χρησιμοποιούν το δίκτυο GSM και αποστέλλουν τα δεδομένα με SMS σε κάποια άλλη συσκευή. Άλλες συσκευές χρησιμοποιούν το δίκτυο GPRS ή το UMTS και αποστέλλουν τα δεδομένα είτε σε μία Web page, είτε σε κάποιο TCP ή UTP Listener



GlobalTrack G200X/G300X (Cybergraphi Technology Inc.)



GX-101 GPS/GSM/GPRS Vehicle Tracker (SANAV)



GT 300, GT 310

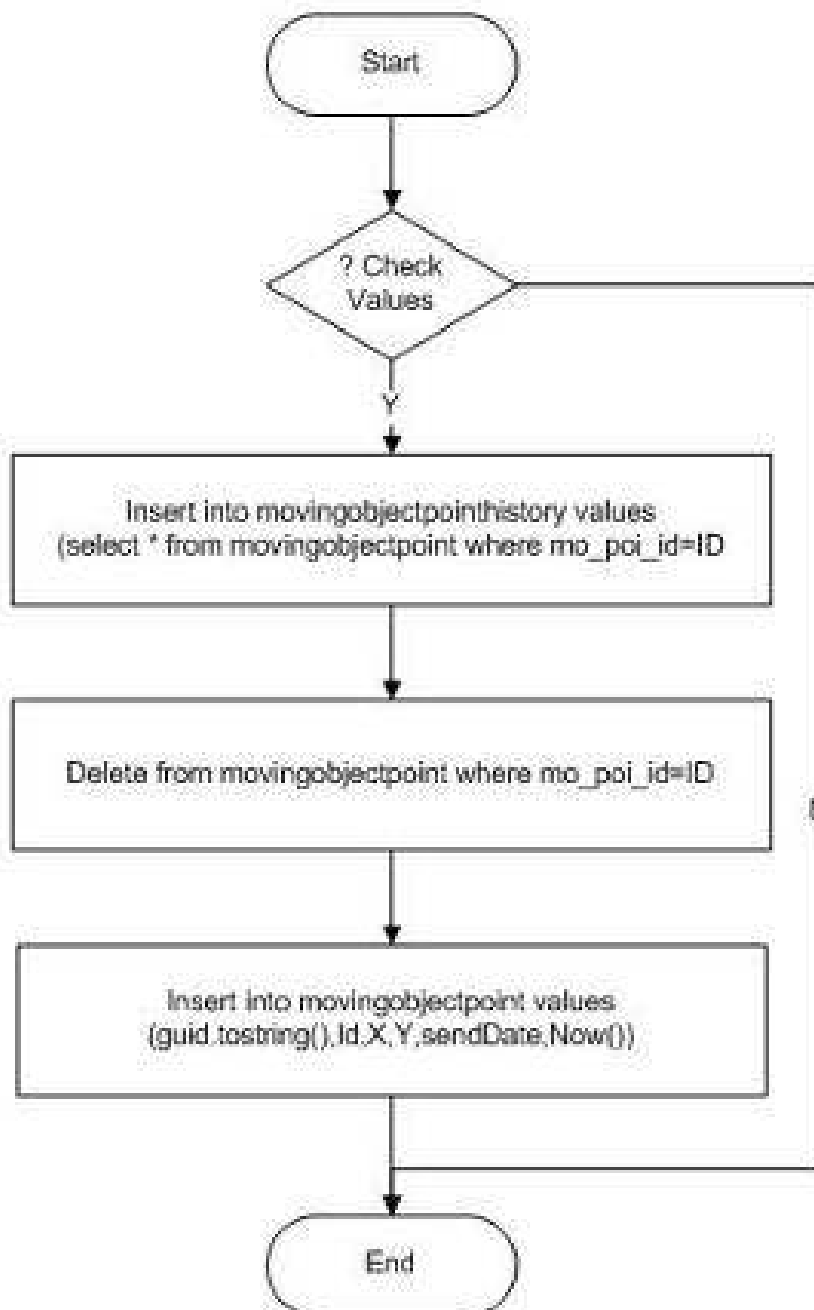
Εικόνα 28 Αισθητήρες κινούμενων οντοτήτων

Τέλος, υπάρχουν και εκείνες που αποστέλλουν τα δεδομένα με έναν οι περισσότερους τρόπους. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ρυθμιστεί η συσκευή και να δημιουργηθεί η διεπαφή από την πλευρά του server που θα την "παρακολουθεί". Είναι η ανάποδη διαδικασία από ότι με τους μετεωρολογικούς σταθμούς, που έπρεπε ο server να παραλάβει τα δεδομένα καλώντας κάποια διεπαφή. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και "έξυπνα" κινητά τηλέφωνα (smart phones), στα οποία όμως θα πρέπει να δημιουργηθούν κατάλληλες εφαρμογές, ώστε να αποστέλλουν τα δεδομένα με την κατάλληλη μορφοποίηση.

Σε κάθε περίπτωση, το μοναδικό χαρακτηριστικό (id) των συσκευών αυτών πρέπει να εισαχθεί στην Βάση Δεδομένων, καθώς και οι πληροφορίες που καθορίζουν την εμφάνιση τους πάνω στο χάρτη. Εάν η συσκευή δεν έχει καταγραφεί στον πίνακα movingobject το στίγμα της δεν θα αποθηκευτεί στο πίνακα movingobjectpoint.

Το Database Interface χρησιμοποιείται για την αλληλεπίδραση με τη Βάση Δεδομένων (Διάγραμμα Ροής 5).

InsertDB(MovingObjectX, MovingObjectY, MovingObject ID, sendDate)



Διάγραμμα Ροής 5 του database interface (fleet management)

Οι υπάρχοντες λειτουργικές μονάδες που δέχονται τις κλήσεις από τις συσκευές των κινητών οχημάτων, καλούν το Database Interface. Ο αλγόριθμος αφού ελέγξει τη ορθότητα των τιμών και στην περίπτωση που αυτές είναι σωστές, μεταφέρει την τιμή της συγκεκριμένης κινητής οντότητας από τον πίνακα movingobjectpoint που είναι ο πίνακας με τις τρέχουσες θέσεις των κινούμενων οχημάτων, στον πίνακα movingobjectpointhistory που

περιέχει όλες τις παρελθούσες θέσεις των κινούμενων οντοτήτων. Στη συνέχεια διαγράφει αυτή την τιμή από τον πίνακα `movingobjectpoint` και κάνει εισαγωγή τις καινούργιες τιμές. Το σχήμα της Βάσης Δεδομένων θα μπορούσε να σχεδιαστεί με έναν πίνακα, που διατηρεί τις τιμές για τις θέσεις των οντοτήτων, χωρίς δηλαδή πίνακα με τις τρέχουσες θέσεις αυτών, και το GIS Simulation Interface να έφερνε την τελευταία τιμή της κάθε οντότητας, με αυτόν τον τρόπο όμως, διευκολύνουμε την ανάκτηση της τιμής αυτής και την ταχύτητα εκτέλεσης του αλγορίθμου.

Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την παρακολούθηση, έχει την δυνατότητα να αποστέλλει τη θέση της και τον κωδικό της σε τακτά χρονικά διαστήματα σε μία ιστοσελίδα (`webpage`) της επιλογής μας. Μπορούμε να ρυθμίσουμε τη συσκευή να αποστέλλει στη σελίδα `http://[webserver]/[webpage].aspx` (τυχαία URL διεύθυνση) τις πληροφορίες γεωγραφικής θέσης της κινούμενης οντότητας με τη μορφή `query string` `?id=[sensorid]&x= [sensorx]&y= [sensory]` (`[sensorid]`= το μοναδικό χαρακτηριστικό του αισθητήρα, `[sensorx]` η τετμημένη που βρίσκεται ο αισθητήρας, `[sensory]` η τεταγμένη που βρίσκεται ο αισθητήρας). Η σελίδα αφού ανακτήσει τις πληροφορίες από το `query string` (`id,x,y`), καλεί το Database Interface δίνοντας ως παραμέτρους τα στοιχεία `[sensorid]`, `[sensorx]`, `[sensory]` και αυτό με την σειρά του τα αποθηκεύει στη βάση δεδομένων. Εάν οι αισθητήρες που θα χρησιμοποιηθούν δεν επιτρέπουν την δυναμική δόμηση του `query string` από τον χρήστη, ώστε να έχει τις ίδιες ονομασίες των μεταβλητών που αποστέλλει (`id,x,y`), τότε πρέπει να δημιουργηθούν πολλαπλές διαφορετικές ιστοσελίδες (`webpages`) πάνω στο Web Server, που θα καλούν το Database Interface.

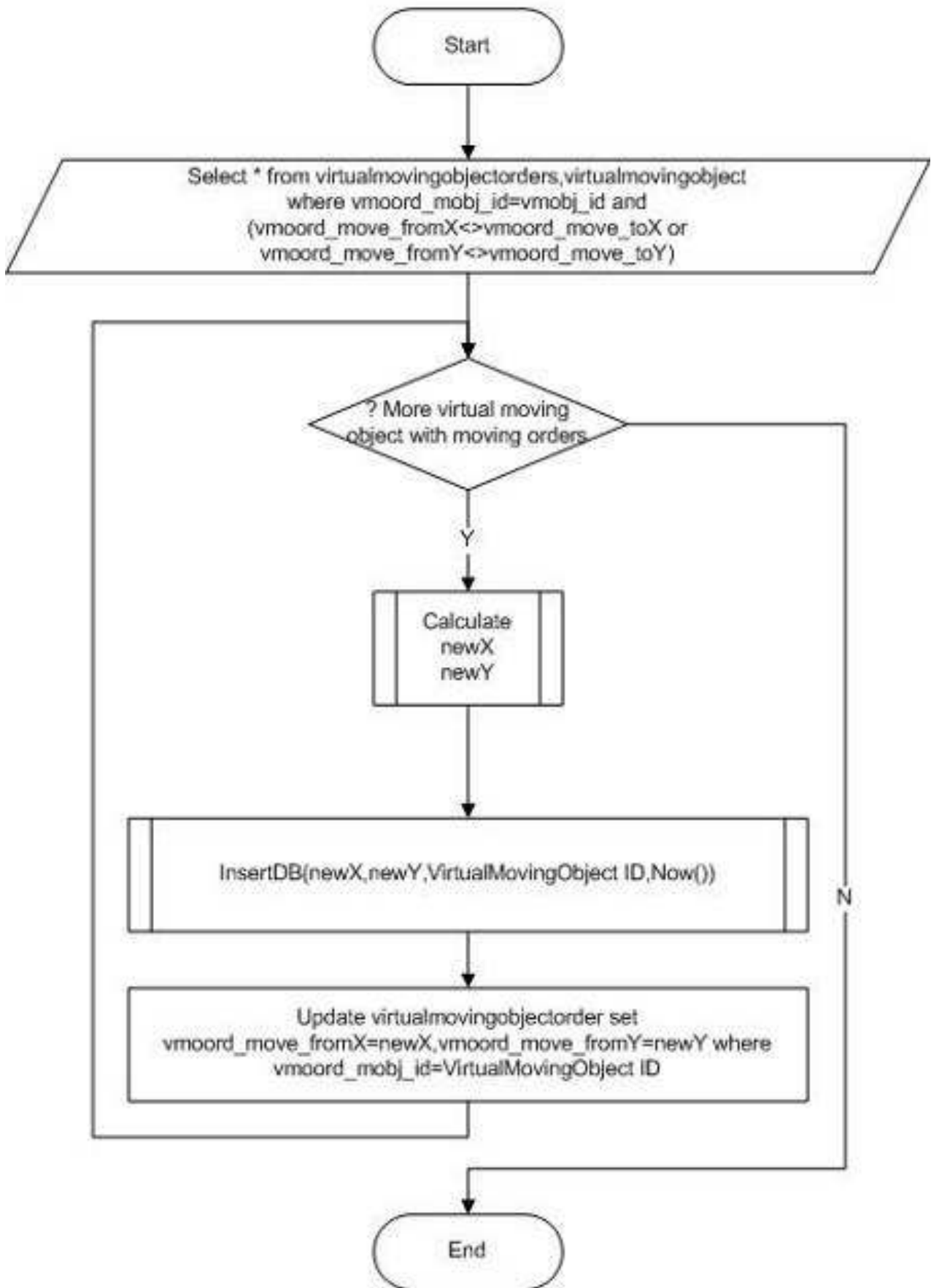
Αντίστοιχη είναι η διαδικασία όταν οι συσκευές αποστέλλουν τα δεδομένα τους χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα τρίτου επιπέδου TCP ή UDP. Σε αυτή την περίπτωση αναγκαστεί ένας Listener σε μια συγκεκριμένη πόρτα, που θα λαμβάνει τα δεδομένα στη μορφή που τα αποστέλλει η συσκευή. Στη συνέχεια τροποποιούνται σε κατάλληλη μορφή και καλώντας το Database Interface, τα "περνά" ως παραμέτρους. Τέλος, το Database Interface τα αποθηκεύει στη Βάση Δεδομένων.

4.2.2 Τμήμα Εικονικών Κινούμενων Οντοτήτων (Virtual Moving Object Component)

Το μέρος αυτό έχει ως σκοπό, την εισαγωγή στην Βάση Δεδομένων τις "κινήσεις" των εικονικών κινητών οντοτήτων. Σχεδιάστηκε να προσομοιώνει την κίνηση των εικονικών οντοτήτων ώστε να είναι δυνατός ο καλύτερος έλεγχος των αποφάσεων, για την κατάσβεση της πυρκαγιάς. Ουσιαστικά

πρόκειται για μια εφαρμογή με δυνατότητες παιχνίσιου, που δέχεται εντολές από το χρήστη για την κίνηση και τις ενέργειες των μέσων πυρόσβεσης.

Το κομμάτι του σχήματος της Βάσης Δεδομένων είναι αντίστοιχο με αυτό των πραγματικών κινούμενων οντοτήτων. Όμως έχει ακόμα έναν πίνακα `virtualmovingobjectorder`, ο οποίος καταχωρεί τις εντολές του χρήστη, για κάθε οντότητα και το `virtual moving object component` τις ανασύρει από την Βάση Δεδομένων, ώστε να το μετακινήσει αντίστοιχα (Διάγραμμα Ροής 6).



Διάγραμμα Ροής 6 των virtual moving objects movements

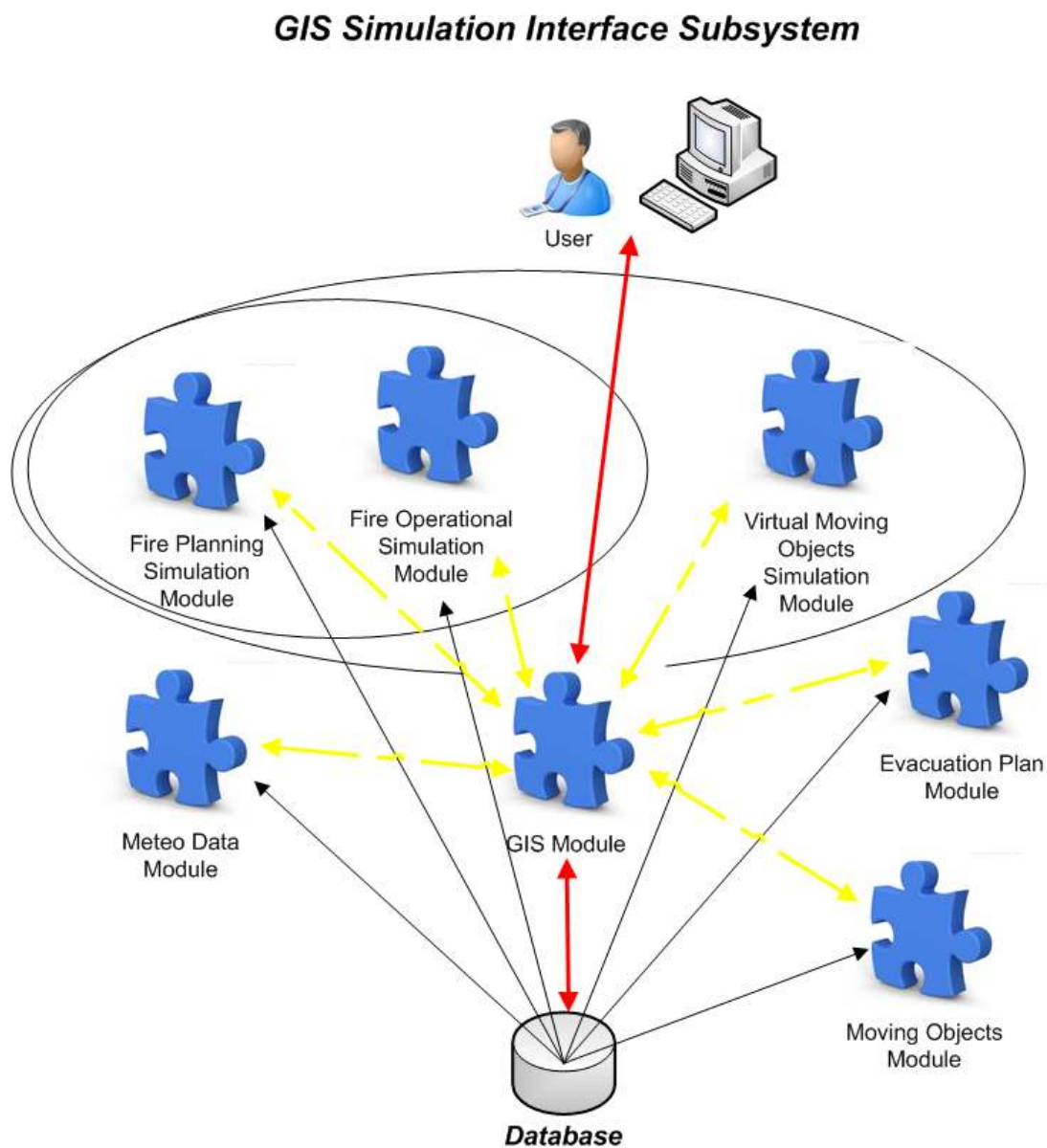
Ο αλγόριθμος εκτελείται περιοδικά ανά Χ λεπτά σύμφωνα με την επιλογή του διαχειριστή. Αρχικά επιλέγει από τη Βάση Δεδομένων τις εικονικές κινούμενες οντότητες που έχουν εντολές για κίνηση. Για κάθε εικονική κινούμενη οντότητα υπολογίζει τη νέα θέση του. Ο υπολογισμός γίνεται σε συνάρτηση με την ταχύτητα του οχήματος, που είναι αποθηκευμένη στη Βάση Δεδομένων. Γνωρίζοντας το σημείο της αρχής και το σημείο του τέλους, δηλαδή την ευθεία που πρέπει να κινηθεί, υπολογίζει το νέο σημείο που θα βρίσκεται μετά το χρονικό διάστημα των Χ λεπτών. Αυτό το νέο σημείο, το εισαγάγει στην Βάση Δεδομένων με την διαδικασία που έχει ήδη περιγραφεί και ανανεώνει τα πεδία `vmoord_move_fromX` και `vmoord_move_fromY` στον πίνακα `virtualmovingobjectorder`. Με αυτό τον τρόπο το GIS Simulation Interface στην ανανέωση του χάρτη, θα απεικονίζει τις νέες θέσεις των εικονικών κινούμενων οντοτήτων. Και σε αυτή την περίπτωση η λειτουργία είναι ανεξάρτητη από το GIS Simulation Interface το οποίο με τον τερματισμό του, διαγράφει τις εγγραφές που έχει εισάγει ο χρήστης στον πίνακα `virtualmovingobjectorder`.

Σε μια πιο εξελιγμένη μορφή της λειτουργίας εύρεσης της επόμενης θέσης, αυτή θα καθορίζεται με βάση το οδικό δίκτυο. Ο αλγόριθμος αρχικά διακρίνει αν η εικονική κινούμενη οντότητα βρίσκεται πάνω σε κάποιο δρόμο, εάν όχι μετακινείται με τη μικρότερη ταχύτητα προς το πλησιέστερο δρόμο και στη συνέχεια ακολουθεί, με τη μέγιστη ταχύτητα, τη διαδρομή που θα το οδηγήσει στο σημείο τερματισμού.

4.3 Διεπαφή GIS Προσομοίωσης (GIS Simulation Interface)

Στα υποσυστήματα που εξετάστηκαν μέχρι τώρα δεν υπήρχε καμία διεπαφή με το χρήστη, παρά μόνο με το διαχειριστή της πλατφόρμας, ούτως ώστε να ρυθμιστούν παράμετροι για τη λειτουργία αυτών. Στο υποσύστημα GIS Simulation Interface, ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει όλες εκείνες τις ενέργειες με σκοπό να ρυθμίσει παραμέτρους, ώστε να έχει αποτελέσματα που θα τον βοηθήσουν και θα τον καθοδηγήσουν στην ορθή λήψη απόφασης.

Είναι το σημαντικότερο υποσύστημα της πλατφόρμας i-protect Fire Simulation, κυρίως διότι παρέχει τη Γραφική Διεπαφή Χρήστη (Graphical Users Interface (GUI)). Αν και πρόκειται για μια ενιαία εφαρμογή μπορεί να διαχωριστεί σε λειτουργικές μονάδες (modules) (εικόνα 29):



Εικόνα 29 Υποσύστημα GIS simulation interface

- GIS.
- Προσομοίωσης (Simulation).
 - Προσομοίωσης Πυρκαγιάς (Fire Simulation).
 - Προσομοίωσης Σχεδιασμού (Planning Simulation).
 - Επιχειρησιακής Προσομοίωσης (Operational Simulation).
 - Εικονικών Κινούμενων Οντοτήτων (Virtual Moving Objects Simulation).
- Σχεδίου Εκκένωσης (Evacuation Plan).
- Μετεωρολογικών Δεδομένων (Meteo Data).
- Κινούμενων Οντοτήτων (Moving Objects).

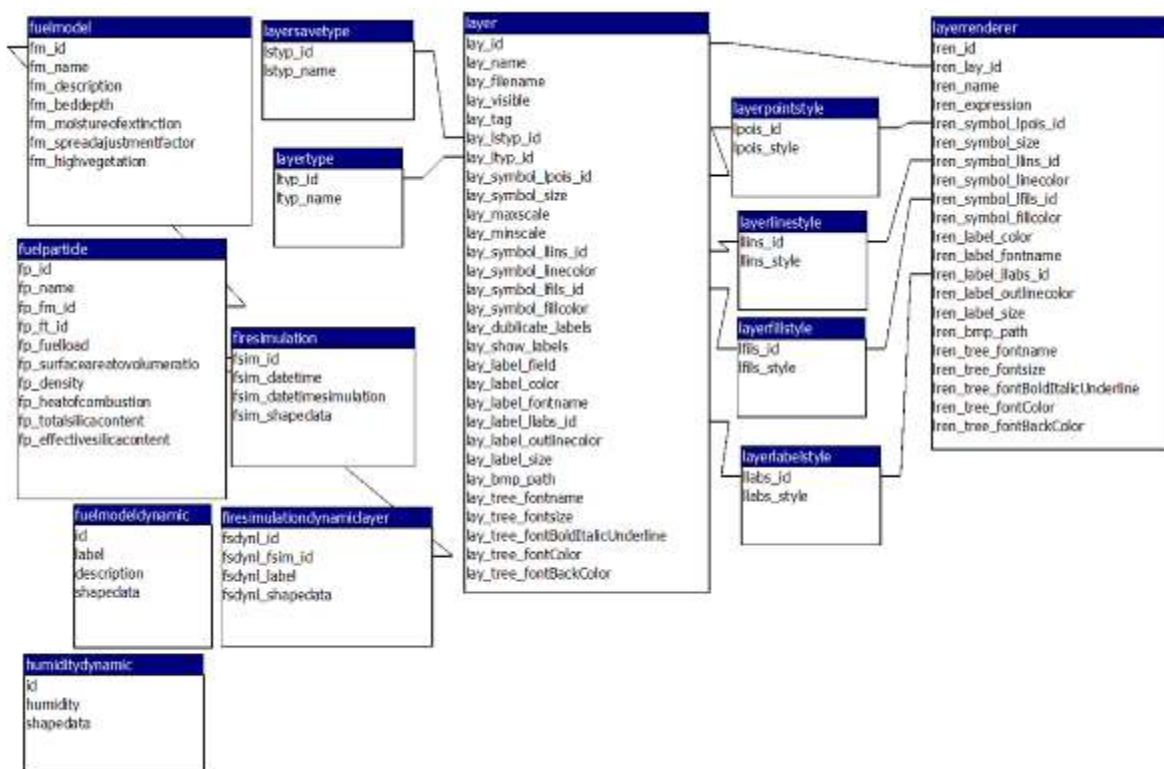
Ο διαχωρισμός μεταξύ τους δεν είναι επακριβώς καθορισμένος, όμως η υιοθέτηση αυτών των λογικών κομματιών θα διευκολύνει την περιγραφή του συνόλου της πλατφόρμας. Ο χρήστης, χρησιμοποιώντας κατά κύριο λόγο τα αντικείμενα της GIS λειτουργικότητας, αλληλεπιδρά με την εφαρμογή για να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες, ώστε να λάβει τα καλύτερα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις.

Από την ονομασία τους είναι προφανές πως τα Meteo, Moving Object, Simulation και Evacuation Modules, διαχειρίζονται τα αντίστοιχα δεδομένα και αποτελούνται από αλγορίθμους, που χρησιμοποιούν αυτά τα δεδομένα, ώστε να παράγουν αποτελέσματα που θα προβληθούν από το GIS Module. Το GIS Module είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση του χάρτη και των ενεργειών, πάνω σε αυτό. Η εισαγωγή και η διαγραφή διαφανών στο χάρτη, η γεωγραφική υποστήριξη που αφορά την εύρεση συντεταγμένων και άλλων χαρακτηριστικών, είναι κάποιες από τις λειτουργίες του Module. Ειδικότερα για τη διαχείριση των διαφανών, το GIS Module τα διαχωρίζει σε τρεις κατηγορίες:

- Στατικά, στα οποία τα δεδομένα και τα σχήματα δεν μεταβάλλονται, τέτοια διαφανή είναι η ακτογραμμή του Ελλαδικού χώρου, οι ισοϋψείς, οι κλίσεις κλπ. Σε αυτά τα διαφανή, δεν υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής, τροποποίησης και διαγραφής σχήματος, αλλά πρέπει να αφαιρεθεί και το νέο τροποποιημένο να τοποθετηθεί πάνω στο χάρτη.
- Δυναμικά, στα οποία τα δεδομένα και τα σχήματα μεταβάλλονται τακτικά, τέτοιο διαφανές είναι αυτό της καύσιμης ύλης, που τροποποιείται από το χρήστη. Σε αυτά τα διαφανή, μπορούν να τροποποιηθούν τα δεδομένα και τα σχήματα και στη συνέχεια πρέπει να ξανασχεδιαστούν πάνω στο χάρτη.
- Τέλος, συνεχώς μεταβλητά, στα οποία οι αλλαγές είναι συνεχιζόμενες και πρέπει να προβληθούν στο τοπογραφικό

υπόβαθρο χωρίς αυτό να μεταβάλλεται, τέτοιο διαφανές είναι αυτό των κινούμενων οντοτήτων. Τα συγκεκριμένα διαφανή σχεδιάζονται συνεχώς "πάνω" από τον χάρτη και δεν αποτελούν μέρος αυτού. Η τεχνική που χρησιμοποιείται, είναι η σχεδίαση μια εικόνας πάνω από το map object στο σημείο που καθορίζεται από τις συντεταγμένες του κινούμενου αντικειμένου, σε σχέση με τις συντεταγμένες της πάνω δεξιά γωνίας του map object και την αντιστοιχία pixel οθόνης και γεωγραφικών συντεταγμένων.

Το σχήμα της Βάσης Δεδομένων, αποτελείται από ένα σύνολο πινάκων που διαχειρίζονται τα διαφανή και την εμφάνιση που θα έχουν πάνω στο χάρτη, ένα δεύτερο σύνολο διαχειρίζονται τα καταγεγραμμένα μοντέλα καυσίμου (fuel models), ένα τρίτο τα δυναμικά διαφανή που προστίθενται από το χρήστη και τέλος, το σύνολο εκείνο που αποθηκεύει τις προσομοιώσεις που έχουν γίνει, ώστε να είναι προσβάσιμες από το χρήστη οποτεδήποτε.



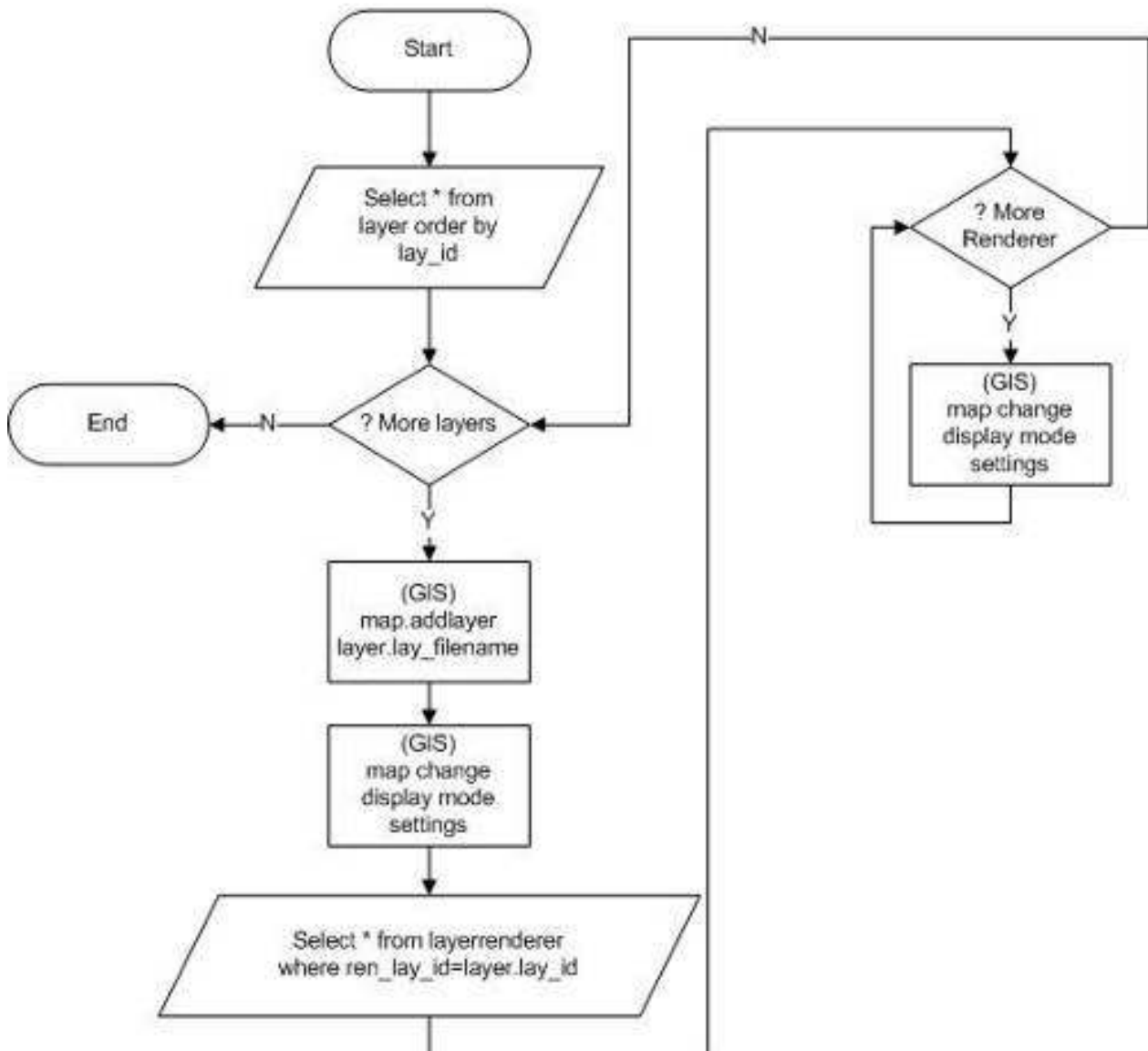
Σχήμα ΒΑ 3 του GIS simulation interface

4.3.1 Φάση Αρχικοποίησης (Initialization Phase)

Κατά την αρχικοποίηση, το GIS module δημιουργεί τον αρχικό χάρτη. Όλες οι λειτουργικές μονάδες (modules), συλλέγουν τις πληροφορίες που

διαχειρίζονται από τη Βάση Δεδομένων, για να τις μεταβιβάσουν στο GIS module. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την απεικόνιση του χάρτη σε συγκεκριμένη περιοχή και με συγκεκριμένο τρόπο σύμφωνα με τις επιλογές του διαχειριστή.

Το GIS module, ανασύρει από τη Βάση Δεδομένων όλα τα διαφανή (αρχεία) και τα εμφανίζει πάνω στον χάρτη, ανάλογα των επιλογών που είναι αποθηκευμένες στους πίνακες layer και renderer (Διάγραμμα Ροής 7)



Διάγραμμα Ροής 7 Φάση αρχικοποίησης (GIS Module)

Στο πρώτο βήμα του αλγόριθμου, ανασύρονται από τη Βάση Δεδομένων τα διαφανή από τον πίνακα layer. Με μια επαναληπτική διαδικασία, φορτώνονται τα διαφανή πάνω στο χάρτη, στα οποία ρυθμίζεται ο τρόπος εμφάνισης. Το μοναδικό χαρακτηριστικό (id) του κάθε διαφανούς

καθορίζει και τη σειρά και τον τρόπο εμφάνισης. Η σειρά εμφάνισης σε έναν χάρτη είναι πολύ σημαντική. Ο γενικός κανόνας είναι, πως στη σειρά εμφάνισης από το χρήστη προς τα κάτω, προηγούνται τα σημειακά διαφανή, πχ. κινούμενες οντότητες, μετεωρολογικοί σταθμοί κ.α., μετά τα γραμμικά, πχ. οδικό δίκτυο, ισοϋψείς κ.α. και τέλος τα πολυγωνικά layer, πχ. ηπειρωτική Ελλάδα, μοντέλο καυσίμου κ.α. Σε αντίθετη περίπτωση, αν ένα πολυγωνικό ήταν το πρώτο προς το χρήστη θα έκρυβε όλα τα υπόλοιπα διαφανή. Όσο αφορά τον τρόπο εμφάνισης ενός διαφανούς, οι πληροφορίες του πίνακα Layer το διαμορφώνουν ομοιόμορφα, για κάθε σχήμα του εκάστοτε διαφανούς που περιγράφει. Για παράδειγμα, οι γραμμές στις ισοϋψείς καμπύλες, στην περίπτωση της περιγραφόμενης πλατφόρμας, επιλέχτηκε να είναι κόκκινες και συνεχόμενες, με μέτριο πάχος, οι ετικέτες διπλές κλπ. Η εμφάνιση του κάθε διαφανούς μπορεί να είναι διαφορετική από τα άλλα διαφανή, όμως είναι ενιαία για όλα τα σχήματα του διαφανούς. Για να τροποποιηθεί ο τρόπος εμφάνισης των σχημάτων του κάθε διαφανούς, χρησιμοποιείται η απεικόνιση (renderer). Γίνεται μια ομαδοποίηση των σχημάτων του κάθε διαφανούς χρησιμοποιώντας μια έκφραση, που προσομοιάζει με δήλωση where σε ένα SQL ερώτημα. Αν θέλουμε για παράδειγμα, τις ισοϋψείς καμπύλες κάθε 100 μέτρα να είναι μεγαλύτερου πάχους και με μπλε χρώμα, τότε στην έκφραση απεικόνισης πρέπει να ισχύει $\text{mod}(X,100)=0$, όπου X είναι η τιμή της ισοϋψούς και όπου mod το υπόλοιπο της διαίρεσης. Ο πίνακας `rendererlayer` περιέχει όλες αυτές τις πληροφορίες για τα διαφανή, που έχει επιλέξει ο διαχειριστής να έχουν διαφορετική απεικόνιση. Το κάθε διαφανές μπορεί να έχει περισσότερες από μία, ώστε να τροποποιηθεί κατάλληλα η εμφάνισή του στο χάρτη.

Δύο διαφανή που είναι αποθηκευμένα ως σχήματα στη Βάση Δεδομένων, είναι τα δυναμικά διαφανή που έχουν σχεδιαστεί από το χρήστη της πλατφόρμας και αφορούν την καύσιμη ύλη και την υγρασία. Το GIS module παίρνει τα δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων και δημιουργεί τα δύο δυναμικά διαφανή και τα προσθέτει στο χάρτη. Αντίστοιχα δυναμικό διαφανές είναι και αυτό που περιέχει τις σημειακές αναφλέξεις, που έχει επιλέξει ο χρήστης.

Το `Meteo Module` κατά την αρχικοποίηση, συλλέγει από τη βάση δεδομένων τα δεδομένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς και τους αισθητήρες από τον πίνακα `meteoobject` και `meteoobjecttype`. Όλα τα δεδομένα τα περνά στο GIS Module, το οποίο δημιουργεί ένα διαφανές και το προσθέτει στο χάρτη, ώστε να εμφανίζεται στο χρήστη.

Το `Moving Objects Module` αντίστοιχα, λαμβάνει δεδομένα από τους πίνακες `movingobject`, `movingobjecttype` και `movingobjectpoint` και τα δίνει στο GIS module, ώστε να τα τοποθετήσει "πάνω" από το `map object` ως

συνεχώς μεταβλητό διαφανές. Η ιδιαιτερότητα του module είναι πως, με ένα χρονοδιακόπτη που ενεργοποιείται κάθε τρία λεπτά, σε μία αναδρομική διεργασία, επαναλαμβάνονται τα δεδομένα και ξαναδίνονται στο GIS module, ώστε να επανατοποθετηθούν στο χάρτη. Σε αυτή την περίπτωση δεν ξαναδημιουργείται όλο το διαφανές αλλά προστίθενται, διαγράφονται ή τροποποιούνται σχήματα από αυτό.

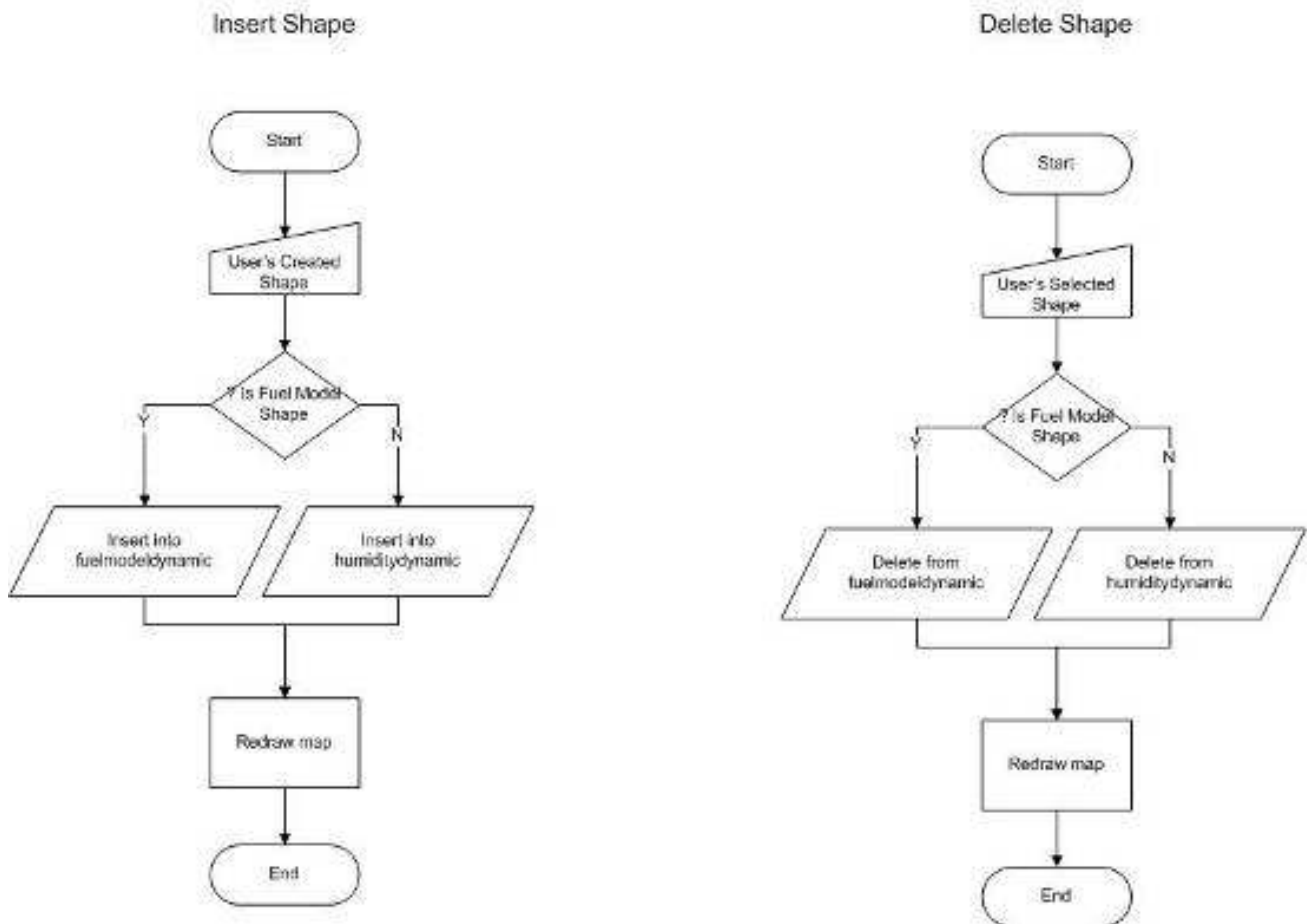
4.3.2 Φάση Προετοιμασίας της Προσομοίωσης (Preparation (of Simulation) Phase)

Μετά την αρχικοποίηση, ο χρήστης του συστήματος μπορεί να εκτελέσει διάφορες ενέργειες, είτε σε σχέση με το χαρτογραφικό υπόβαθρο είτε όχι. Οι οδηγίες χρήσης αυτών των ενεργειών αναφέρονται αναλυτικά στο δεύτερο παράρτημα. Εκτός όμως από αυτές τις ενέργειες, υπάρχουν και άλλες που γίνονται αυτοματοποιημένα κατά την διάρκεια αυτής της φάσης. Διαγράμματα ροής παρουσιάζονται μόνο για τους πιο περίπλοκους αλγορίθμους αυτής της φάσης αυτής, είτε πρόκειται για αλγορίθμους που εκτελούνται λόγω ενεργειών του χρήστη, είτε είναι αυτοματοποιημένοι, και είναι:

- Διαχείριση Χαρτογραφικού Υποβάθρου, που περιλαμβάνει τις ενέργειες μεγέθυνση (Zoom In), σμίκρυνση (Zoom Out), μετακίνηση (Pan), προηγούμενη οθόνη (Previous Extend). Ο αλγόριθμος εκτελείται αποκλειστικά από το GIS Module, που λαμβάνει τα δεδομένα από τον χάρτη και τον επανασχεδιάζει σύμφωνα με αυτά. Σε αυτές τις ενέργειες μπορούν να προστεθούν η εμφάνιση, η απόκρυψη και η μετακίνηση της σειράς εμφάνισης κάποιου διαφανούς. Από την τελευταία δυνατότητα εξαιρούνται τα συνεχώς μεταβλητά διαφανή, που όπως αναφέρθηκε βρίσκονται "πάνω" από το map object.
- Μέτρηση Αποστάσεων και Εμβαδομετρήσεις. Συνεχόμενη εισαγωγή σημείων από το χρήστη και υπολογισμός από το GIS Module της απόστασης και του εμβαδού. Ειδικά για την εμβαδομέτρηση μπορεί να επιλεγθεί κάποιο πολυγωνικό σχήμα και υπολογισθεί το εμβαδόν του.
- Εισαγωγή Σημείων Ανάφλεξης. Εισαγωγή σημείων από το χρήστη, που αποθηκεύονται από το GIS Module στο διαφανές των αναφλέξεων, το οποίο έχει ήδη τοποθετηθεί πάνω στο χάρτη κατά την αρχικοποίηση κενό. Τα συγκεκριμένα σημεία, θα

χρησιμοποιηθούν από τους αλγόριθμους προσομοίωσης κατά την έναρξή τους.

- Εκτύπωση (Print). Εκτυπώνεται ο χάρτης από το GIS Module.
- Εισαγωγή Στατικών Διαφανών. Επιλογή από το χρήστη της διαδρομής που είναι αποθηκευμένα τα αρχεία διαφανών και επιλογή της κατηγορίας τους (κλίσης, αζιμούθιου κλίσης, μοντέλων καύσιμης ύλης, ισουψών κλπ), τα οποία αναλύονται και φορτώνονται πάνω στον map object από το GIS Module.
- Διαχείριση κινητών οντοτήτων και των αντίστοιχων εικονικών, καθώς και των κατηγοριών τους. Με αντίστοιχες φόρμες, εισάγονται από το χρήστη οι απαιτούμενες πληροφορίες, τις οποίες το Moving Objects Module και το Virtual Moving Objects Simulation Module αποθηκεύουν στη Βάση Δεδομένων στους πίνακες movingobject, movingobjecttype, virtualmovingobject και virtualmovingobjecttype. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται από τον αλγόριθμο (Moving Object Display), που σε τακτά χρονικά διαστήματα τα ανασύρει ώστε να φορτωθούν στο map object.
- Διαχείριση των μοντέλων καυσίμων. Με τη χρήση αντίστοιχης φόρμας, ο χρήστης διαχειρίζεται δεδομένα που αφορούν τα μοντέλα καύσιμης ύλης, που αποθηκεύονται στη Βάση Δεδομένων στους πίνακες fuelmodel, fuelparticle και fuelmodelimages.
- Διαχείριση των δυναμικών διαφανών της καύσιμης ύλης και της υγρασίας. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα για την εισαγωγή και τη διαγραφή σχημάτων στα παραπάνω δυναμικά διαφανή (dynamic layer).



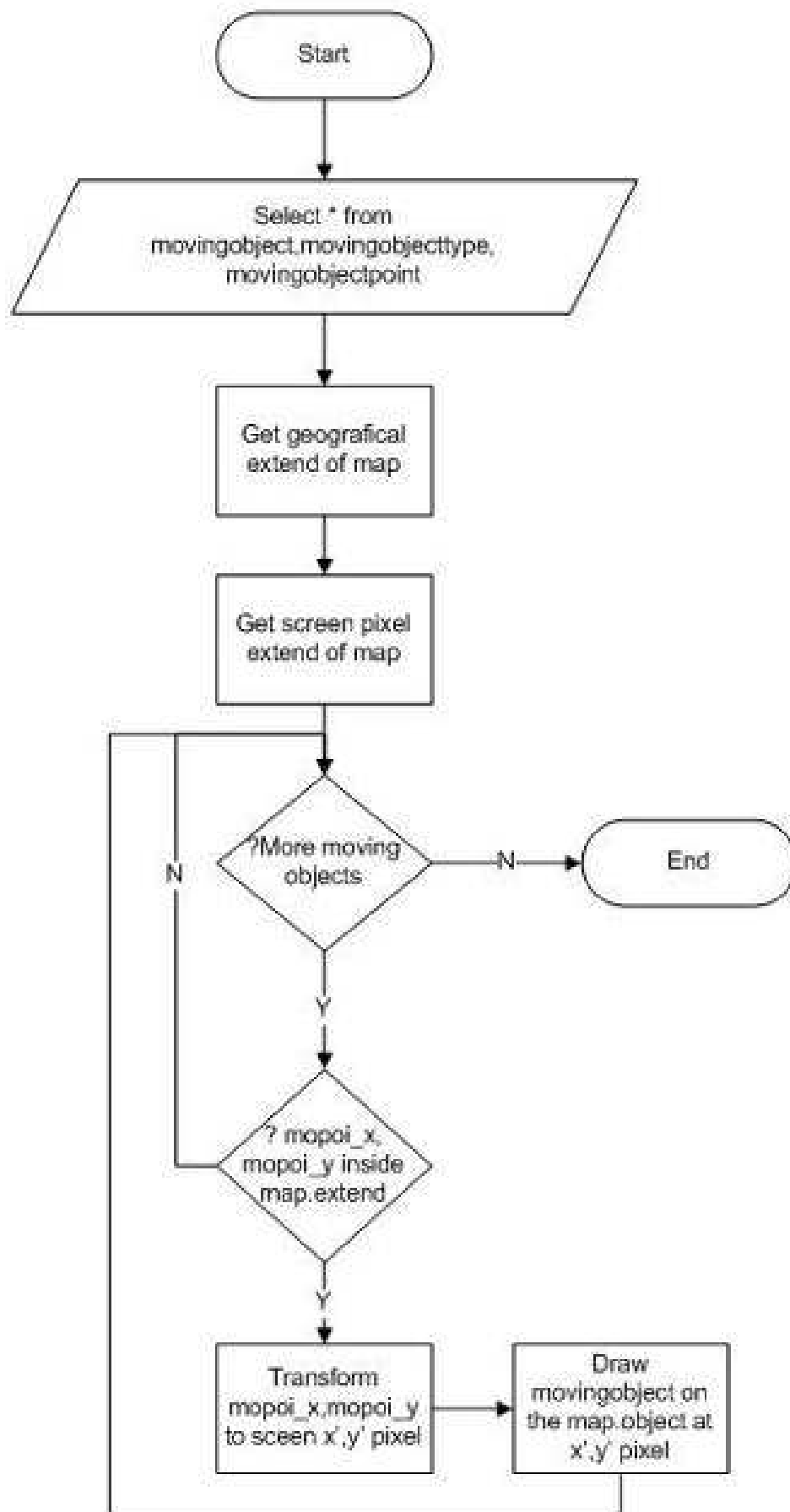
Διάγραμμα Ροής 8 Διαχείριση των δυναμικών διαφανών της καύσιμης ύλης και της υγρασίας

Κατά την εισαγωγή, ο χρήστης σχεδιάζει το σχήμα πάνω στο χάρτη και επιλέγει τις παραμέτρους (τα δεδομένα που συνοδεύουν το σχήμα). Οι επιλογές έχουν να κάνουν σχετικά με το είδος του σχήματος, αν είναι σχήμα μοντέλου καύσιμης ύλης, ή υγρασίας και των τιμών του. Στην πρώτη περίπτωση, τον κωδικό του μοντέλου καύσιμης ύλης που αντιπροσωπεύει, ενώ στη δεύτερη την τιμή της υγρασίας στην περιοχή του σχήματος. Στη συνέχεια, το δημιουργημένο σχήμα εισάγεται στη Βάση Δεδομένων και τέλος, επανασχεδιάζεται ο χάρτης με τα ανανεωμένα δεδομένα.

Κατά τη διαγραφή, ο χρήστης επιλέγει το σχήμα της διαγραφής από τον χάρτη, το GIS Module αναγνωρίζει αν πρόκειται για σχήμα καύσιμης ύλης, ή υγρασίας και το διαγράφει από τον αντίστοιχο πίνακα. Τέλος, επανασχεδιάζεται ο τροποποιημένος χάρτης. Η δυνατότητα εισαγωγής, διαγραφής και τροποποίησης στοιχείων υπάρχει μόνο για τα δυναμικά και τα συνεχώς μεταβαλλόμενα διαφανή και όχι για τα στατικά. Για να γίνει κάτι τέτοιο, στα στατικά πρέπει να αφαιρεθεί το διαφανές από το map object, να

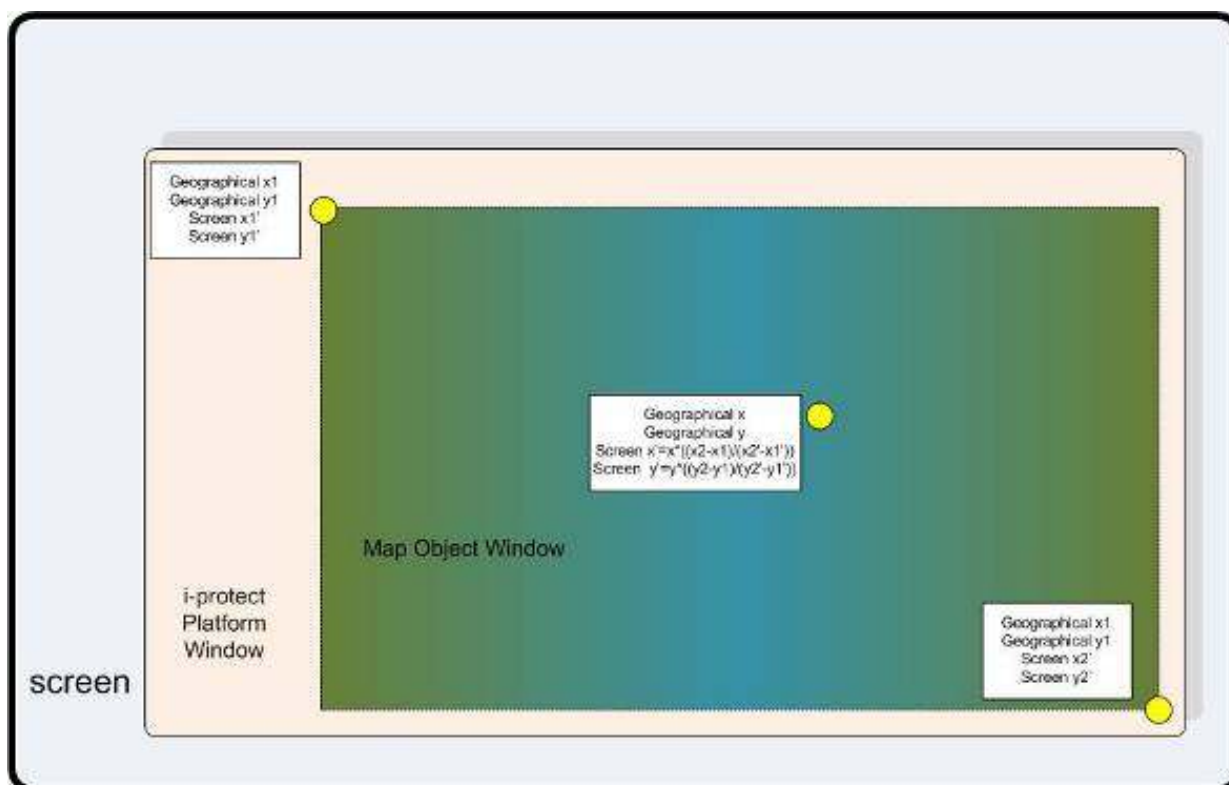
τροποποιηθεί και να ξαναεισαχθεί στο map object, είναι δηλαδή μια πιο χρονοβόρα ενέργεια.

- Διαχείριση Μεταβλητών. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα σε ειδική φόρμα, να τροποποιεί μεταβλητές που καθορίζουν τη λειτουργία της πλατφόρμας. Μπορεί να καθορίσει, το χρονικό διάστημα που θα ανασύρονται και θα σχεδιάζονται πάνω στο χάρτη οι κινούμενες οντότητες, το μέγεθος και το είδος (τετραγωνικό ή εξαγωνικό) του κελιού προσομοίωσης, κλπ. Οι επιλογές αποθηκεύονται και χρησιμοποιούνται από τα υποσυστήματα και τις λειτουργικές μονάδες, ώστε να εκτελέσουν ανάλογα τους αλγόριθμους.
- Απεικόνιση κινούμενων οντοτήτων πραγματικών ή εικονικών. Αυτός ο αλγόριθμος είναι επαναλαμβανόμενος και εκτελείται σε τακτά χρονικά διαστήματα από το Moving Object Module και το Virtual Moving Object Simulation Module, όταν εκτελείται η προσομοίωση σχεδιασμού. Λόγω του ότι αυτά τα διαφανή είναι συνεχώς μεταβαλλόμενα και δεν εισάγονται εντός του map object αλλά σχεδιάζονται από το GIS module πάνω από αυτό, εκτελείται ο αλγόριθμος κάθε φορά που αλλάζει κλίμακα ή θέση ο χάρτης.



Διάγραμμα Ροής 9 Απεικόνιση κινούμενων οντοτήτων εικονικών η πραγματικών

Το Moving Object Module (ή το Virtual Moving Object Simulation Module), ανασύρει από τους πίνακες movingobject, movingobjecttype και movingobjectpoint της Βάσης Δεδομένων και περνάει στο GIS module τις κινούμενες οντότητες (πραγματικές ή εικονικές). Το GIS module υπολογίζει τη γεωγραφική έκταση του αντικείμενου του χάρτη (map object), δηλαδή τις γεωγραφικές συντεταγμένες των ορίων του χάρτη (πάνω τετμημένη, κάτω τετμημένη, δεξιά τεταγμένη και αριστερά τεταγμένη). Στη συνέχεια υπολογίζει τις συντεταγμένες οθόνης, που καλύπτει το αντικείμενο χάρτη και συνδυάζει τις τιμές, ώστε να αντιστοιχίσει κάθε συντεταγμένη της οθόνης σε συντεταγμένη χάρτη (εικόνα 30).

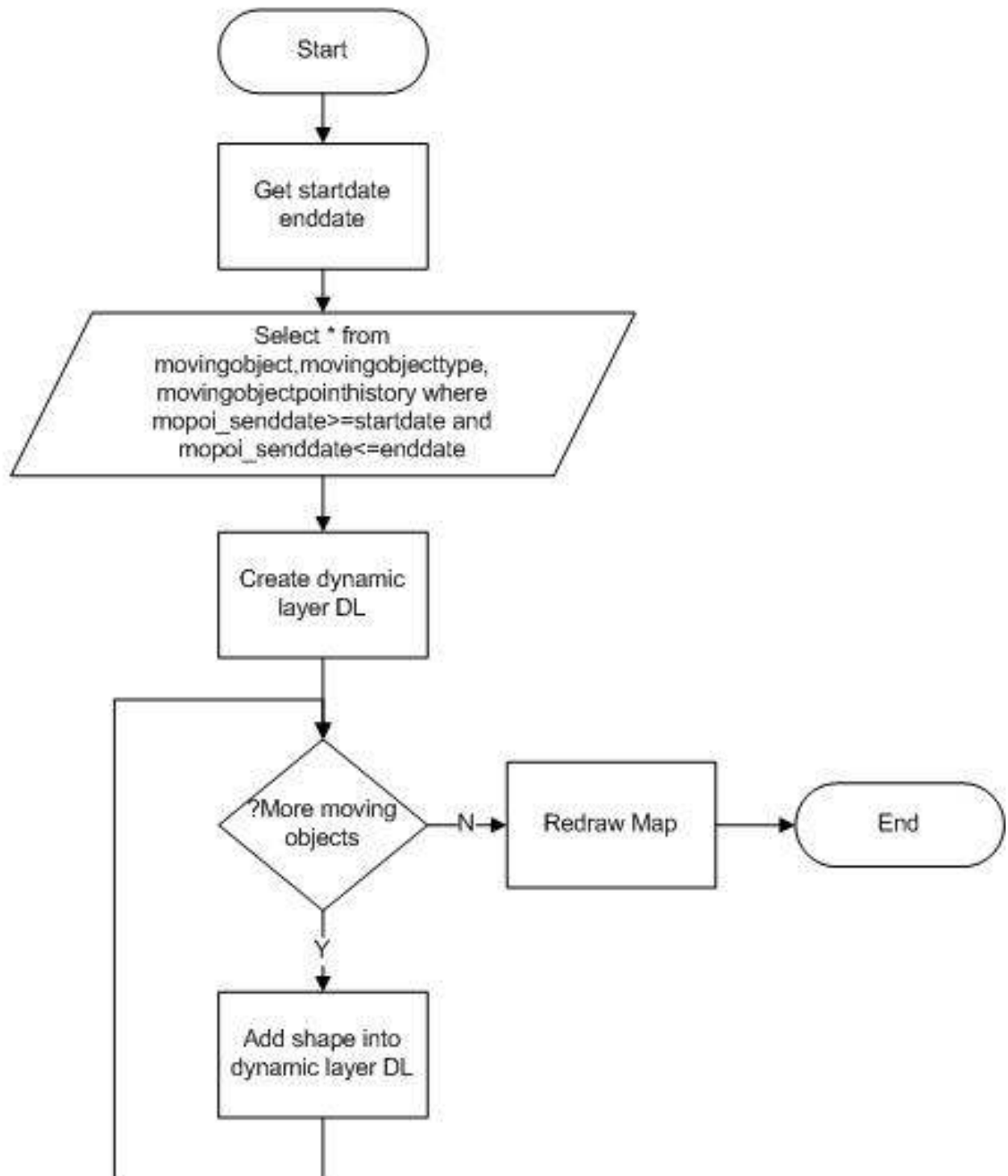


Εικόνα 30 Γεωγραφικές συντεταγμένες και συντεταγμένες οθόνης

Αν υπάρχουν πραγματικές κινούμενες οντότητες (ή εικονικές), για κάθε ένα από αυτά, ελέγχεται αν οι συντεταγμένες του είναι μέσα στη γεωγραφική έκταση του χάρτη και αν είναι, τότε υπολογίζονται οι αντίστοιχες συντεταγμένες οθόνης του σημείου και σχεδιάζεται αυτό με την εικόνα που πρέπει στο αντίστοιχο σημείο (εικόνα 30).

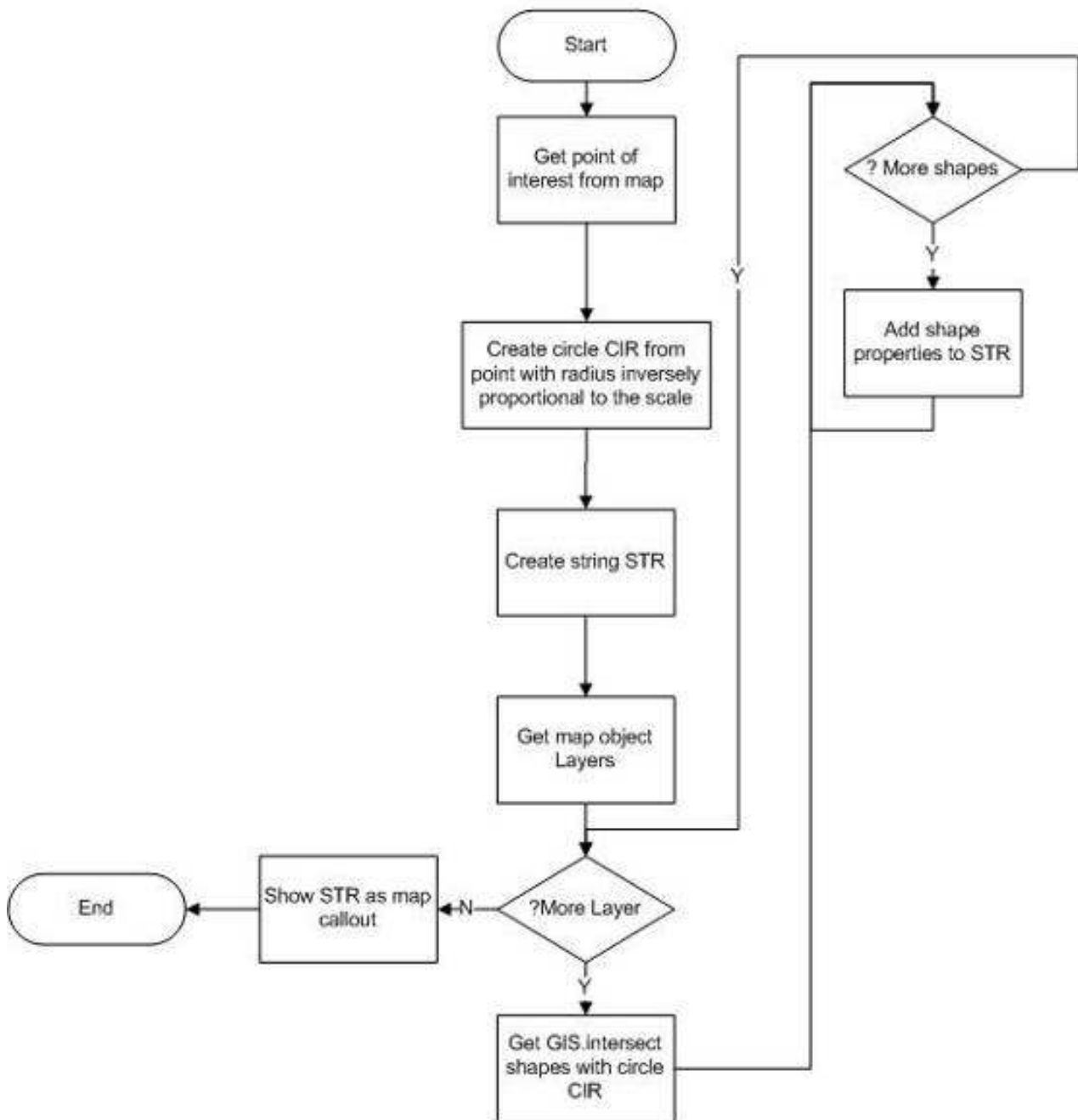
- Απεικόνιση ιστορικού κινουμένων οντοτήτων. Ο χρήστης επιλέγοντας ένα χρονικό διάστημα το GIS Module, απεικονίζει πάνω στο χάρτη τα στίγματα των κινούμενων οντοτήτων, γι αυτό το

χρονικό διάστημα. Ο αλγόριθμος αρχικά επιλέγει τις εγγραφές που αντιστοιχούν σε αυτό το χρονικό διάστημα από τους πίνακες `movingobject`, `movingobjecttype` και `movingobjectpointhistory`, δημιουργεί ένα δυναμικό διαφανές, το φορτώνει πάνω στο χάρτη και τον ξανασχεδιάζει (διάγραμμα ροής 10)



Διάγραμμα Ροής 10 Ιστορικό κινούμενων οντοτήτων εικονικών ή πραγματικών

- Πληροφορίες Χάρτη (Info). Η πληροφόρηση από το χάρτη γίνεται με την επιλογή από το χρήστη ενός σημείου πάνω σε αυτόν. Ο αλγόριθμος για κάθε ένα διαφανές, είτε είναι στατικό, είτε δυναμικό, είτε συνεχώς μεταβαλλόμενο, ψάχνει να αναγνωρίσει σχήματα που βρίσκονται "κοντά" σε αυτό το σημείο (διάγραμμα ροής 11).

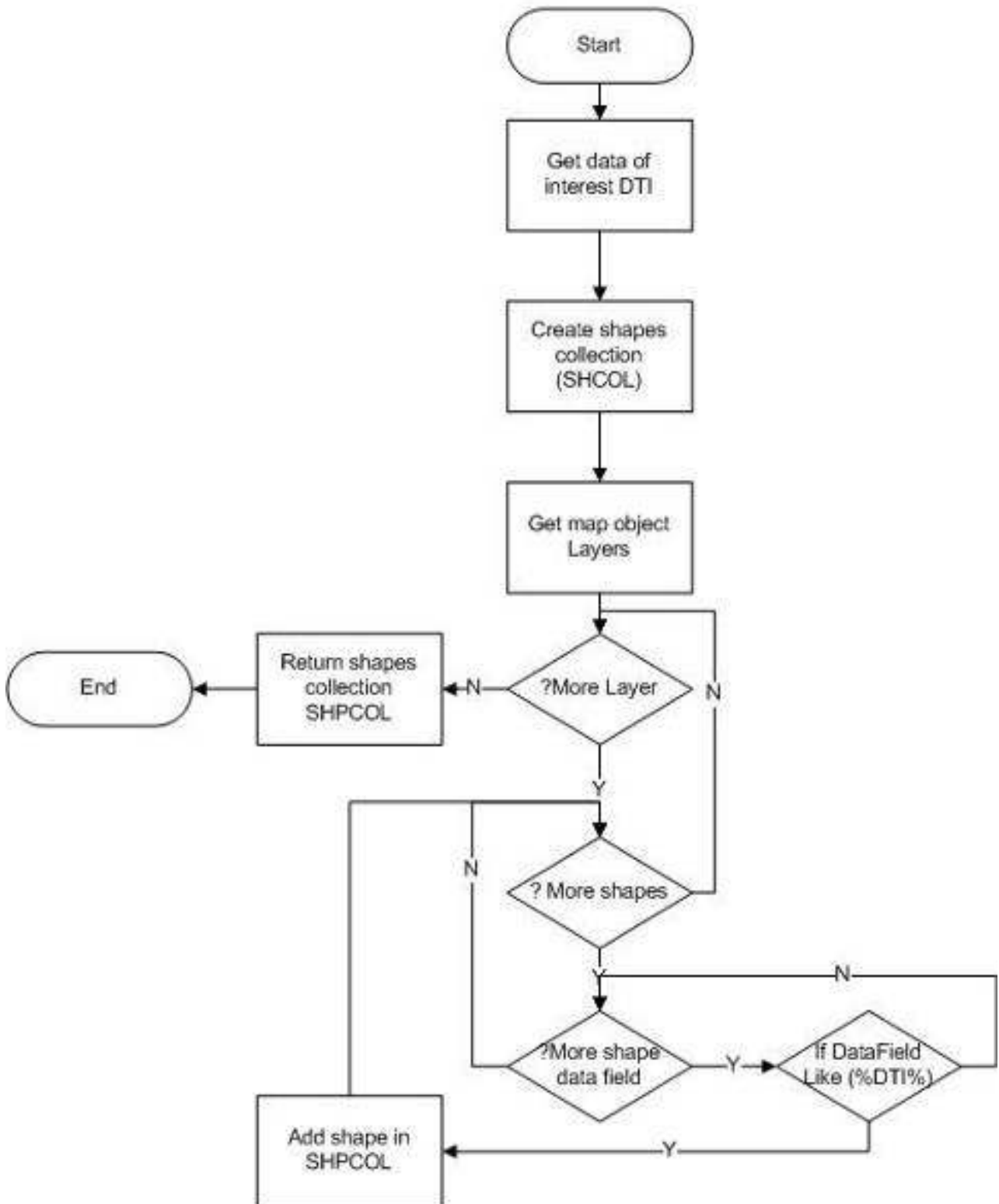


Διάγραμμα Ροής 11 Πληροφορίες χάρτη

Σε κάθε περίπτωση του είδους του διαφανούς (σημειακό, πολυγωνικό και γραμμικό), το σημείο μετατρέπεται σε κύκλο με μεταβαλλόμενη ακτίνα ανάλογα με την κλίμακα του χάρτη. Με την

GIS εντολή intersect για κάθε διαφανές, βρίσκονται τα σχήματα που τέμνονται (intersect) με τον κύκλο και παρουσιάζονται οι πληροφορίες που περιέχουν. Για παράδειγμα, στο διαφανές κλίσεων (slope), αν υπάρχει κάποιο σχήμα που τέμνεται με τον κύκλο, παρουσιάζεται στο χρήστη η τιμή της κλίσης σε αυτό το σχήμα. Όλες οι πληροφορίες από όλα τα διαφανή για όλα τα τεμνόμενα σχήματα, δημιουργούν ένα κείμενο (string) στη μνήμη, που παρουσιάζεται στο χρήστη. Στην περίπτωση που η επιλογή του σημείου γίνει πάνω σε ένα κινούμενο αντικείμενο, δεν θα εκτελεστεί ο αλγόριθμος του info, διότι δεν θα πυροδοτηθεί το ανάλογο event mouse click στο map object και έτσι θα ληφθεί αρχικά μόνο πληροφόρηση για την κινητή οντότητα. Στην συνέχεια θα γίνει εικονική κλίση στο event mouse click στο map object, ώστε να ληφθούν πληροφορίες για όλα τα διαφανή.

- Εύρεση (Find). Η δυνατότητα εύρεσης δίνεται στο χρήστη που εισάγει κάποια στοιχεία και ο αλγόριθμος ψάχνει όλες τις πληροφορίες (πεδία πληροφοριών), σε όλα τα σχήματα των επιλεγμένων για εύρεση διαφανών, να τα βρει. Ο αλγόριθμος προσομοιάζει με τον αλγόριθμο του info, αλλά είναι πιο χρονοβόρος, διότι πρέπει να ελεγχθούν όλα τα πεδία πληροφοριών σε όλα τα σχήματα (διάγραμμα ροής 12).

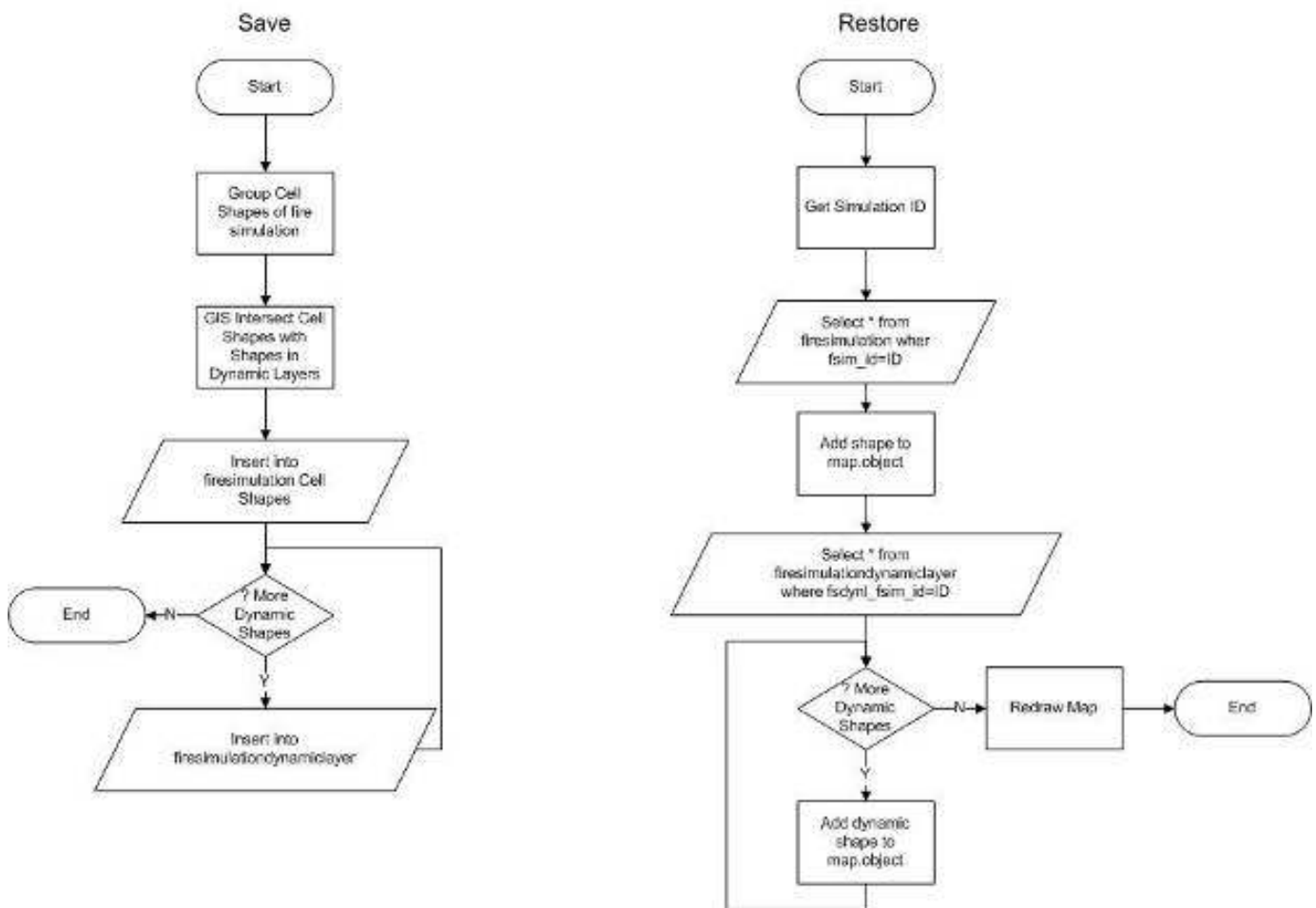


Διάγραμμα Ροής 12 Εύρεση (Find)

Τα εισαγόμενα από το χρήστη δεδομένα αναζητούνται μέσα στα δεδομένα των διαφανών, που βρίσκονται φορτωμένα στο χάρτη (και έχουν επιλεγεί από το χρήστη). Γίνεται μια αλληλουχία τριών for στον αλγόριθμο, ένα για κάθε διαφανές, ένα για κάθε σχήμα στο

διαφανές και ένα για κάθε πεδίο πληροφορίας σε κάθε σχήμα σε κάθε διαφανές. Ο χρονοβόρος αλγόριθμος σταματά να ψάχνει την πληροφορία στα πεδία, μόλις βρεθεί μέσα σε ένα από αυτά, διότι ανασύρονται τα σχήματα που περιέχουν την πληροφορία. Η συλλογή των σχημάτων επιστρέφει στο χρήστη, ο οποίος μπορεί να επιλέξει πιο σχήμα τον ενδιαφέρει.

- Αποθήκευση και Εμφάνιση Προηγούμενων Προσομοιώσεων. Η δυνατότητα αποθήκευση προηγούμενων προσομοιώσεων, δίνει την δυνατότητα περαιτέρω μελέτης τους. Με την αποθήκευση μιας προσομοίωσης, αποθηκεύονται και όλα τα συμβάντα που την επηρέασαν (διάγραμμα ροής 13).



Διάγραμμα Ροής 13 Αποθήκευση προσομοιώσεων

Όταν ο χρήστης επιλέξει την αποθήκευση της προσομοίωσης, δίνει μια γενική περιγραφή και ο αλγόριθμος, μέσω του GIS Module, αποθηκεύει αρχικά τα κελιά, που είναι πλέον σχήματα, από το διαφανές των προσομοιώσεων (simulation layer), που περιγράφουν την εξέλιξη της πυρκαγιάς στον πίνακα firesimulation. Στη συνέχεια

υπολογίζει το μέγεθος των κελιών και χρησιμοποιώντας την GIS συνάρτηση (function) intersect, βρίσκει τα δυναμικά σχήματα από τα δυναμικά διαφανή της καύσιμης ύλης και της υγρασίας. Τα σχήματα αυτά τέλος, αποθηκεύονται στον πίνακα firesimulationdynamiclayer.

Στην αντίστροφη διαδικασία, ο χρήστης επιλέγει την προσομοίωση που επιθυμεί. Ο αλγόριθμος ανασύρει από τη Βάση Δεδομένων και τους προαναφερόμενους πίνακες τα κελιά (σχήματα) προσομοίωσης και τα δυναμικά σχήματα.

4.3.3 Φάση Προσομοίωσης (Simulation Phase)

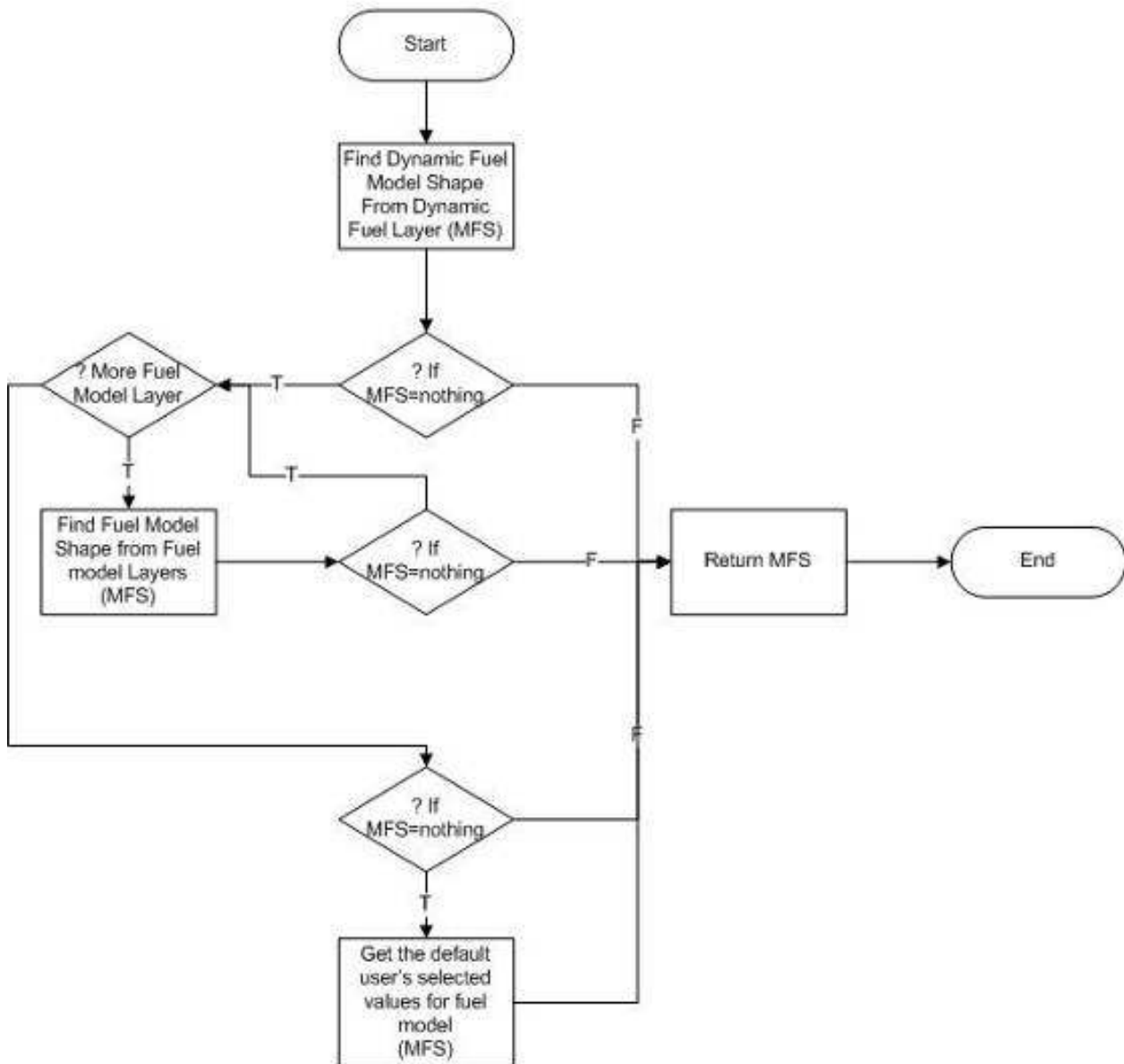
Στην i-protect fire simulation platform, η προσομοίωση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την προσομοίωση σχεδιασμού και την επιχειρησιακή προσομοίωση. Οι αλγόριθμοι των δύο προσομοιώσεων προσομοιάζουν σε πάρα πολλά σημεία, αλλά έχουν και πολύ σημαντικές διαφορές. Στην περίπτωση της προσομοίωσης σχεδιασμού, η εκτέλεση του κώδικά είναι σταδιακή, ανάλογα με τον πραγματικό χρόνο, ενώ στην επιχειρησιακή προσομοίωση, προϋπολογίζεται η εξέλιξη της πυρκαγιάς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το διαφορετικό τρόπο συλλογής των μετεωρολογικών δεδομένων. Ο αλγόριθμος προσομοίωσης έχει περιγραφεί στο προηγούμενο κεφάλαιο (διαγράμματα ροής 1 και 2). Υπάρχουν όμως κάποια σημεία, συναρτήσεις όπως η εύρεση:

- του μοντέλου καυσίμου που αντιστοιχεί στο κελί (GIS Get Fuel Model),
- της κλίσης και του αζιμούθιου αυτής (GIS Get Slope Aspect),
- των μετεωρολογικών δεδομένων (GIS Meteo Data).

που χρίζουν περαιτέρω ανάλυσης. Ο αλγόριθμος προσομοίωσης εκτελείται από τις αντίστοιχες λειτουργικές μονάδες (modules) των προσομοιώσεων (Fire Planning and Operational Simulation Modules), σε συνδυασμό με πληροφορίες που λαμβάνουν και από άλλες. Οι εργασίες με το γεωγραφικό υπόβαθρο, εκτελούνται διαμέσου του GIS Module, όπως και σε κάθε άλλη περίπτωση. Στην συνάρτηση εύρεσης των μετεωρολογικών δεδομένων (GIS Meteo Data), όλες οι συλλογές από τη Βάση Δεδομένων γίνονται από το Meteo Data Module, το οποίο μεταφέρει τα δεδομένα στους Fire Planning and Fire Operational Simulation Modules, που δημιουργούν τα αποτελέσματα τα οποία εμφανίζονται στο χάρτη μέσω του GIS Module.

Ανάκτηση του Μοντέλου Καύσιμης Ύλης (GIS Get Fuel Model)

Ο αλγόριθμος είναι κοινός και για τις δύο επιλογές προσομοίωσης, σχεδιασμού και επιχειρησιακής (planning και operational) (διάγραμμα ροής 14).



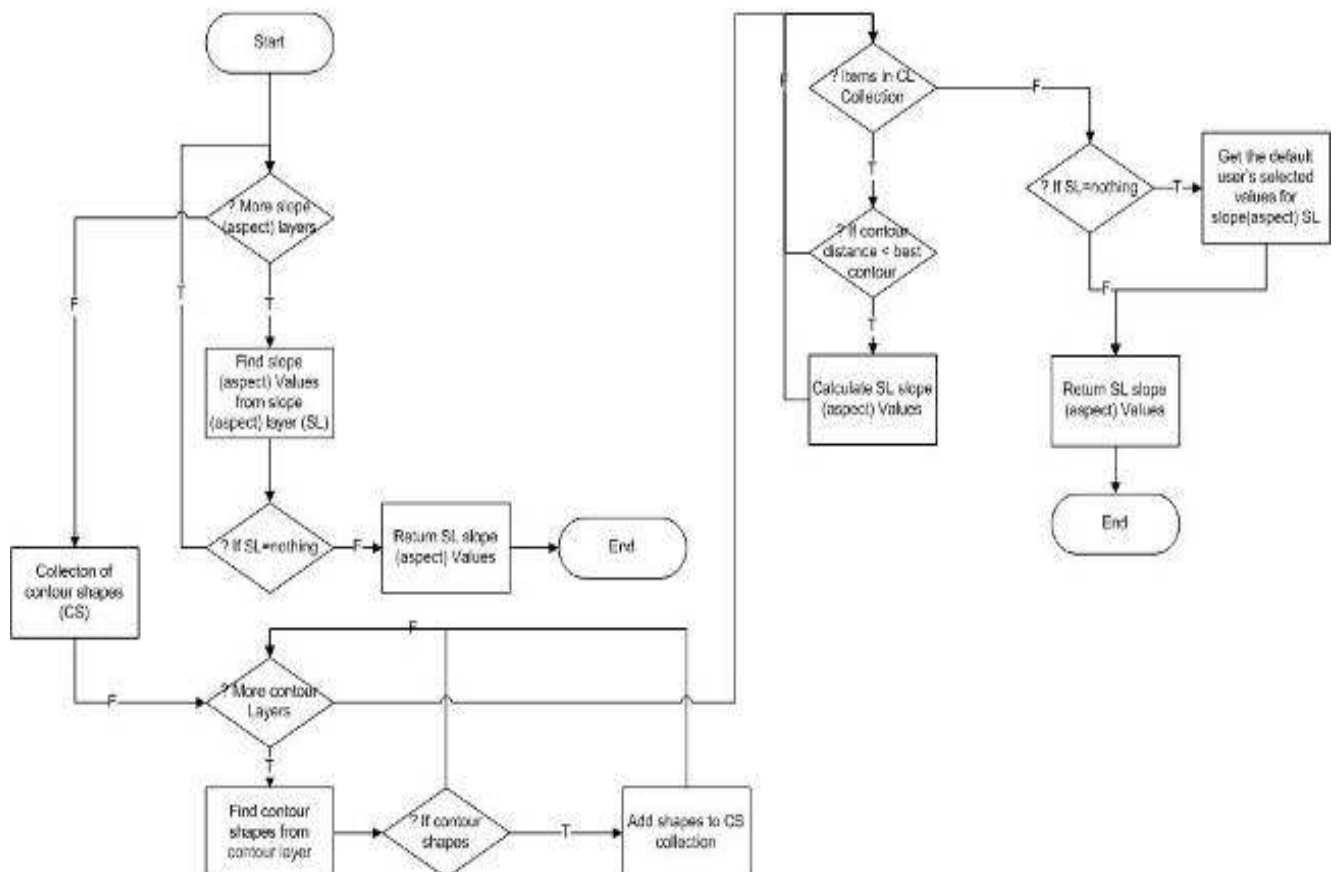
Διάγραμμα Ροής 14 Εύρεσης καύσιμης ύλης κελιού προσομοίωσης

Η συνάρτηση Find του αλγορίθμου, ακολουθεί τη λογική της συνάρτησης Εύρεσης (Find), που αναλύσαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Γνωρίζοντας τις συντεταγμένες του εικονικού κελιού, ο αλγόριθμος αρχικά ελέγχει το διαφανές των δυναμικών σχημάτων καύσιμης ύλης. Το συγκεκριμένο διαφανές περιέχει όλα τα σχήματα που έχει σχεδιάσει ο χρήστης, με διαφορετική καύσιμη ύλη από ότι τα στατικά διαφανή με την

καύσιμη ύλη. Με αυτό τον τρόπο, μπορεί να προσομοιωθεί μια περιοχή που αποψιλώθηκε κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς, ή μια αλλαγή που έγινε λόγω προηγούμενης πυρκαγιάς κλπ. Εάν βρεθεί κάποιο σχήμα, τότε ο αλγόριθμος επιστρέφει αυτό το σχήμα και δεν συνεχίζει, εάν δεν βρεθεί, τότε ψάχνει τα αντίστοιχα στατικά διαφανή. Μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα διαφανή, είτε διότι ο διαχειριστής εισήγαγε νέα, είτε διότι ο χρήστης φόρτωσε στον χάρτη κάποια με δικά του δεδομένα. Ο αλγόριθμος ψάχνει αυτά τα διαφανή και εάν σε κάποιο από αυτά βρει κάποιο σχήμα, τότε σταματάει και το επιστρέφει, εάν δεν βρει, τότε επιστρέφει την τιμή που έχει επιλέξει ο χρήστης ως προεπιλεγμένη τιμή για την καύσιμη ύλη. Αυτή η προεπιλεγμένη τιμή είναι σημαντική, διότι καλύπτει περιπτώσεις που δεν έχει προβλεφτεί διαφανές, είτε λόγω λάθους, είτε λόγω μη ύπαρξης δεδομένων και επιτρέπει στον αλγόριθμο να συνεχίσει για όλη την περιοχή και να δώσει κάποιο αποτέλεσμα.

Ανάκτηση της Κλίσης και του Αζιμούθιου Κλίσης Εδάφους (GIS Get Slope Aspect)

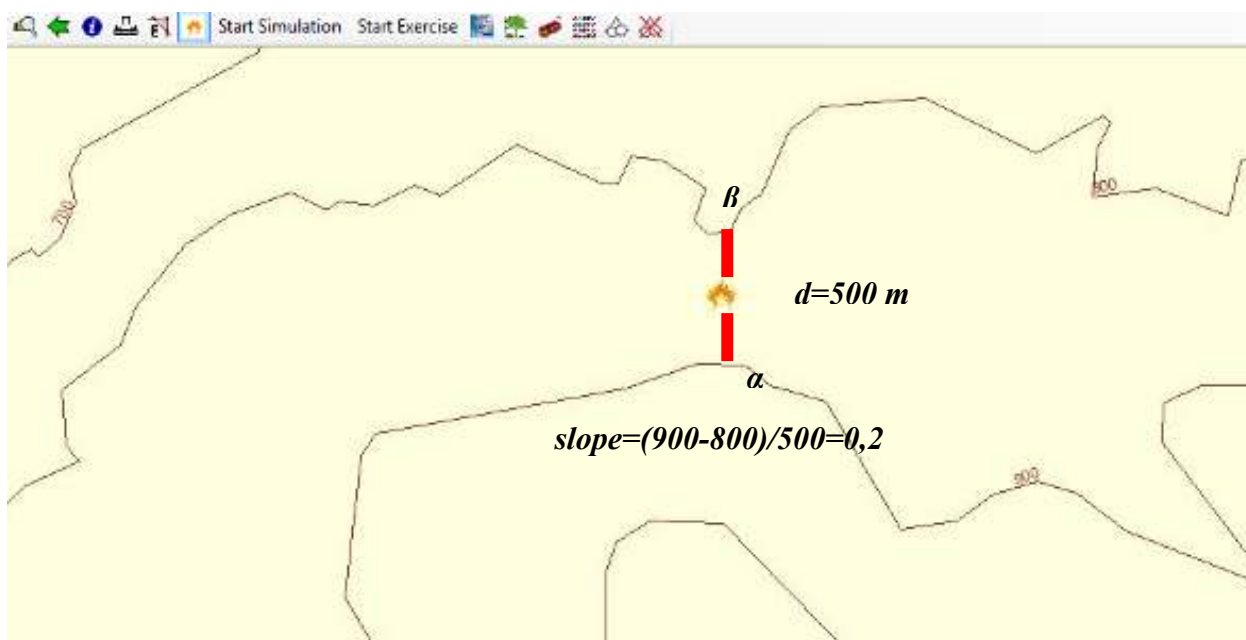
Για την κλίση (Slope) και το αζιμούθιο κλίσης (Aspect) ενός εικονικού κελιού ο αλγόριθμος είναι κοινός και για τις δύο επιλογές προσομοίωσης (διάγραμμα ροής 15).



Διάγραμμα Ροής 15 Εύρεση κλίσης και αζιμούθιου κλίσης

Ο αλγόριθμος ξεκινώντας, ψάχνει να βρει αν υπάρχουν φορτωμένα στο χάρτη διαφανή που έχουν πληροφόρηση για την κλίση και το αζιμούθιο αυτής. Σε κάθε τέτοιο διαφανές, αναζητούνται οι τιμές των δεδομένων αυτών, στις συντεταγμένες του εικονικού κελιού. Εάν βρεθεί τιμή, επιστρέφεται και ο αλγόριθμος σταματά, εάν όχι ο αλγόριθμος για κάθε διαφανές με ισοϋψείς καμπύλες, βρίσκει τις δύο συνεχείς καμπύλες που περιέχουν το σημείο και τις εισαγάγει σε μία συλλογή από σχήματα. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος βρίσκει πιο διαφανές ισοϋψών θα χρησιμοποιήσει και αυτό εξαρτάται από την απόσταση ύψους που έχουν οι καμπύλες μεταξύ τους (ισοδιάσταση). Ένα διαφανές με ισοδιάσταση 10 μέτρων, θα προτιμηθεί από ένα διαφανές με ισοδιάσταση των 100 μέτρων, διότι θα δώσει ορθότερα αποτελέσματα στους υπολογισμούς. Μετά την επιλογή του διαφανούς, ο αλγόριθμος υπολογίζει τις τιμές της κλίσης και του αζιμούθιου και τερματίζεται.

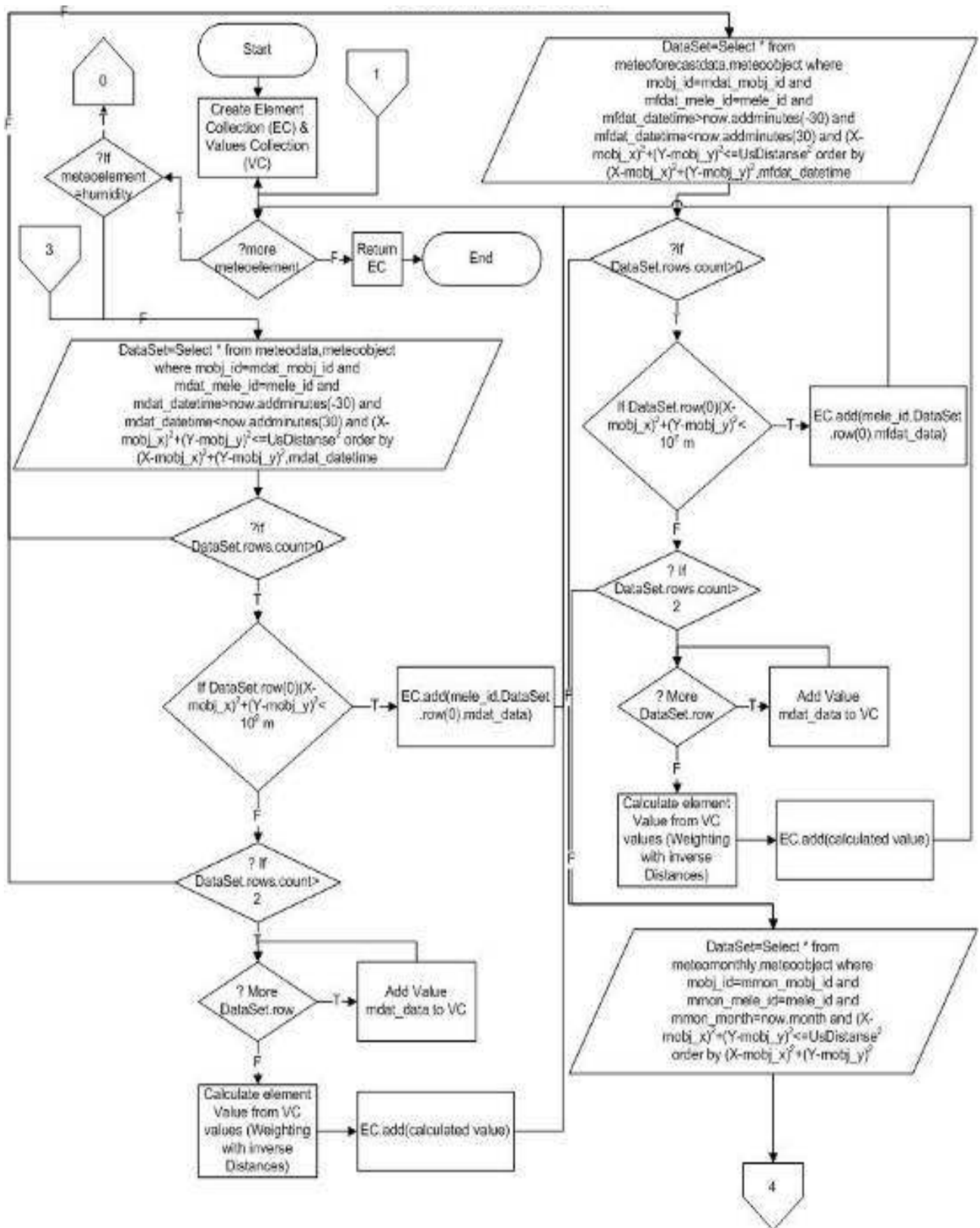
Ο υπολογισμός των τιμών αυτών σε κάποιο σημείο (στο κέντρο του εικονικού κελιού), γίνεται με εύρεση της ευθείας, με την μικρότερη απόσταση από τις δύο κοντινότερων ισοϋψών που περικλείουν το σημείο (εικόνα 31).



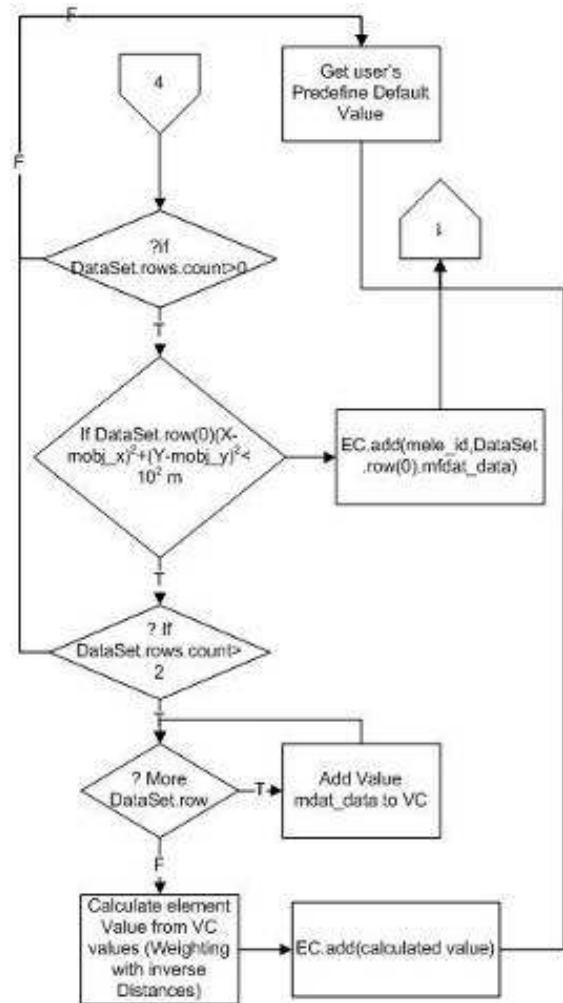
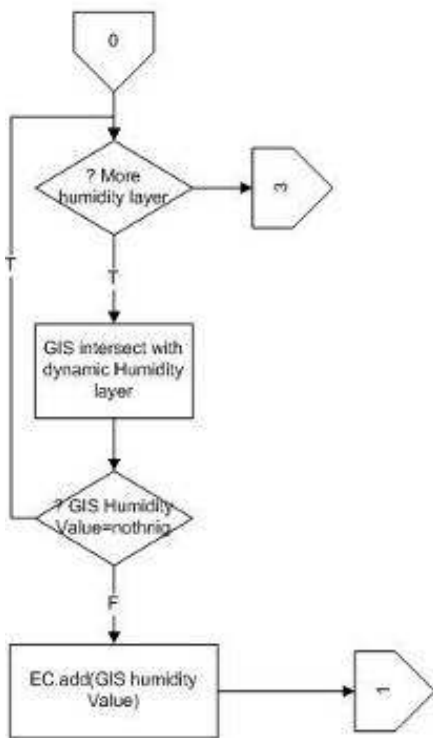
Εικόνα 31 Υπολογισμός κλίσης και αζιμούθιου κλίσης

Ανάκτηση Μετεωρολογικών Δεδομένων (GIS Meteo Data)

Ο αλγόριθμος συλλέγει και χρησιμοποιεί τα δεδομένα που ελήφθησαν από το πεδίο (διαγράμματα ροής 16 και 17). Σε περίπτωση που η προσομοίωση απαιτεί δεδομένα για μελλοντικές χρονικές περιόδους χρησιμοποιούνται τα δεδομένα μετεωρολογικών προβλέψεων.



Διάγραμμα Ροής 16 Εύρεση μετεωρολογικών δεδομένων I



Διάγραμμα Ροής 17 Εύρεση μετεωρολογικών δεδομένων II

Ο αλγόριθμος για τη συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων είναι περίπλοκος, κυρίως διότι πρέπει να συνδυαστούν πληροφορίες και απαιτήσεις. Ο χρήστης έχει ήδη δηλώσει στις παραμέτρους της πλατφόρμας, τη μέγιστη απόσταση που είναι επιτρεπόμενο να λαμβάνονται οι μετρήσεις σταθμών. Αν η απόσταση της μέτρησης από το εικονικό κελί, ξεπερνά αυτό το όριο, τότε δεν θα ληφθεί υπόψη. Αν αυτή η απόσταση είναι μεγάλη, τότε οι μετρήσεις προφανώς θα είναι πολλές, πράγμα το οποίο ίσως να παράγει καλύτερο αποτέλεσμα. Όμως αν αυτή η απόσταση είναι τόσο μεγάλη, που οι μετρήσεις είναι εκτός της περιοχής ενδιαφέροντος, τότε το παραγόμενο αποτέλεσμα δεν θα είναι ικανοποιητικό. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να βρεθεί η χρυσή τομή για τον καθορισμό αυτής της απόστασης του μετεωρολογικού σταθμού και του εικονικού κελιού.

Ο αλγόριθμος στην πρώτη φάση, συλλέγει δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων από τον πίνακα meteodata, για μετρήσεις πραγματικού χρόνου από το πεδίο. Οι μετρήσεις λαμβάνονται για κάθε μια μετεωρολογική μεταβλητή (meteo element) ξεχωριστά και είναι ταξινομημένες (order by) από

την κοντινότερη προς την πιο μεμακρυσμένη. Εάν υπάρχουν εγγραφές, ελέγχεται, αν η πρώτη από αυτές βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των δέκα μέτρων, οπότε χρησιμοποιείται μόνο αυτή ως ακριβέστερη τοπική μέτρηση. Εάν δεν υπάρχει τέτοια μέτρηση, τότε όλες οι μετρήσεις, αν είναι πάνω από δύο, χρησιμοποιούνται για την εύρεση της τιμής με τη μέθοδο της στάθμισης με το αντίστροφο λόγο της (Inverse Distance Weighting). Αν οι τιμές είναι λιγότερες από δύο, τότε για τη συγκεκριμένη μετεωρολογική μεταβλητή λαμβάνονται οι προβλέψεις από τον πίνακα `meteoforecastdata`. Ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία για τον υπολογισμό της τιμής, αν και πάλι δεν είναι ικανός ο αλγόριθμος να προσδιορίσει την τιμή της μεταβλητής, χρησιμοποιείται η μέση τιμή που βρίσκεται στον πίνακα `meteomonthly`, για κάθε μεταβλητή (`meteo element`), εξαιρουμένων αυτών του ανέμου λόγω της συνεχής μεταβολής, για κάθε σταθμό, ή αισθητήρα (`meteo object`), για κάθε ώρα της ημέρας. Αν και πάλι δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός της τιμής για την μεταβλητή, τότε επιλέγεται η τιμή από τις προκαθορισμένες τιμές του χρήστη για αυτή τη μεταβλητή.

Στην περίπτωση που η υπολογιζόμενη μετεωρολογική μεταβλητή είναι η υγρασία τότε, κατά την εκκίνηση ο αλγόριθμος ελέγχει, εάν υπάρχουν σχήματα από το δυναμικό αντίστοιχο διαφανές, που καθορίζουν διαφορετική υγρασία σε σχέση με αυτή που καταγράφουν οι μετεωρολογικοί σταθμοί. Αν υπάρχει τέτοιο σχήμα, ο αλγόριθμος δεν συνεχίζει και επιστρέφει την τιμή του για την υγρασία.

Σχέδιο Εκκένωσης (Evacuation Plan)

Πολύ σημαντική λειτουργία, που σχετίζεται με την προσομοίωση, είναι το σχέδιο εκκένωσης. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει δύο σημεία, το ένα είναι (σημείο α), αυτό που βρίσκονται τώρα τα τμήματα, που θέλουμε να απεμπλακούν και να μην κινδυνεύσουν από την πυρκαγιά και το άλλο (σημείο β), που θέλουμε τα τμήματα αυτά να φτάσουν. Το Evacuation Plan Module αναγνωρίζει την περιοχή καύσης, υπολογίζει τη διαδρομή που πρέπει να κινηθούν τα τμήματα, ώστε να μην κινδυνεύσουν από την πυρκαγιά. Αυτή η δρομολόγηση, πρέπει να συνυπολογίσει μια περιοχή ασφαλείας, εάν αυτό είναι εφικτό, γύρω από την περιοχή που έχει καεί, την ταχύτητα κίνησης των τμημάτων και τα υπάρχοντα δρομολόγια από τα διαφανή που βρίσκονται πάνω στο χάρτη. Ο υπολογισμός που πρέπει να γίνει, είναι να βρεθούν τα δρομολόγια εκείνα, που οδηγούν από το σημείο α στο σημείο β και δεν τέμνονται με τα σχήματα των κελιών καύσης.

5. Συμπεράσματα και Μελλοντικές Εργασίες

Αυτή η εργασία, χρησιμοποιώντας προϋπάρχουσα γνώση, περιέγραψε τη δημιουργία μιας πλατφόρμας που επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων, την παρακολούθηση τμημάτων κατάσβεσης και λοιπών κινούμενων τμημάτων, ώστε να υλοποιήσει μια ολοκληρωμένη λύση στην προσομοίωση των πυρκαγιών. Η ανάπτυξη του λογισμικού περιείχε πολλά στοιχεία από διαφορετικούς τομείς έρευνας. Αρκεί να αναφερθεί, πως η διαχείριση στόλου οχημάτων, η συλλογή δεδομένων από κπλ έγγραφα κλπ, αποτελούν υλοποιημένες εφαρμογές που εξυπηρετούν τις συγκεκριμένες ανάγκες. Στην περίπτωση του i-protect fire simulation, όλες αυτές οι εφαρμογές ενοποιήθηκαν και δημιούργησαν (και ταυτόχρονα δικαιολόγησαν) τον όρο πλατφόρμα. Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, είναι η τεχνική διασύνδεσης αυτών των υποσυστημάτων. Επιλέχθηκε η διασύνδεσή τους στο επίπεδο των δεδομένων, με μία μικρή μόνο απόκλιση που έχει να κάνει με τη συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων από το πεδίο. Αυτό διευκολύνει την ανεξάρτητη λειτουργία των υποσυστημάτων, χωρίς την αναγκαιότητα λειτουργίας μεταξύ τους.

Υπάρχουν δύο αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με τη χρησιμότητα των συστημάτων προσομοίωσης. Η μία υποστηρίζει πως η προσομοίωση συμβάλει αποδοτικότερα στο σχεδιασμό κατάσβεσης, δηλαδή στις προληπτικές ενέργειες, ενώ η άλλη, στην κατάσβεση αυτή καθαυτή, δηλαδή στις κατασταλτικές ενέργειες. Η πλατφόρμα "i-protect fire simulation" με τις δύο επιλογές προσομοίωσης (επιχειρησιακής και σχεδιασμού), καλύπτει και τις δύο απόψεις και δίνει τη δυνατότητα στις διοικήσεις των μονάδων κατάσβεσης να επιλέξουν την αποδοτικότερη.

Συνοπτικά, η πλατφόρμα δίνει νέες δυνατότητες στις δυνάμεις που συμμετέχουν στην πυρόσβεση. Η χρήση της πλατφόρμας, τόσο στο κέντρο δασοπυρόσβεσης, όσο και στα στρατηγεία σχηματισμών στρατιωτικών μονάδων, με τις δυνατότητες διαχείρισης στόλου οχημάτων και την κατηγοριοποίηση των κινούμενων τμημάτων, θα συνέβαλε στην ορθή παρακολούθηση των τμημάτων και στην υποβοήθηση των διοικητών. Ο σχεδιασμός της δασοπροστασίας με τη χρήση περιπόλων γίνεται πιο εύκολος, καθώς η αναπαράσταση της κίνησης των περιπόλων πάνω στο χάρτη σε πραγματικό χρόνο αποκαλύπτει τυχόν νεκρές ζώνες παρατήρησης, ή άλλων κενών διαστημάτων. Επίσης, με την άμεση ενημέρωση της πλατφόρμας σε περίπτωση πυρκαγιάς, δίδεται άμεση αντίστοιχη ενημέρωση όλων των εμπλεκόμενων διοικητών και τμημάτων.

Όσον αφορά, τον σχεδιασμό για την δημιουργία αντιπυρικών περιοχών, καθώς και τη θέση τμημάτων επιφυλακής πυρόσβεσης, η χρήση της πλατφόρμας, πάλι λόγω της χρήσης του χάρτη του εδάφους, θα ήταν σαφώς ευκολότερος και αποδοτικότερος. Μετά την υλοποίηση του σχεδιασμού, μια εικονική προσομοίωση πυρκαγιάς, με τη συμμετοχή εικονικών τμημάτων κατάσβεσης, συμβάλει αποφασιστικά στην αξιολόγηση του σχεδίου και την αναμόρφωσή του.

Οι εικονικές προσομοιώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και για την εκπαίδευση - αξιολόγηση των διοικητών των τμημάτων κατάσβεσης, στρατιωτικών ή όχι. Με την προσομοίωση σχεδιασμού, μπορούν οι αντίστοιχες υπηρεσίες, να εκπαιδεύσουν ανώτερα στελέχη στην ορθή λήψη απόφασης και να αξιολογήσουν τις αποφάσεις και διαταγές τους.

Συμπερασματικά λοιπόν, η πλατφόρμα i-protect Fire simulation δεν είναι ένας μηχανισμός προσομοίωσης, που δέχεται δεδομένα εισόδου και αναπαριστά αποτελέσματα, αλλά, μια ολοκληρωμένη εφαρμογή που έχει πολύ περισσότερες δυνατότητες. Εκτός από την προσομοίωση της πυρκαγιάς, είναι πλέον προφανές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στον σχεδιασμό προληπτικών ενεργειών, όπως ο σχεδιασμός των αντιπυρικών ζωνών, αλλά και στο σχεδιασμό των κατασταλτικών ενεργειών, όπως ποια μονάδα πρέπει να συμμετέχει στη δασοπυρόσβεση.

Δίνοντας μια νέα δυναμική προοπτική στο πως μπορεί να συμβάλει η πληροφορική στην αντιμετώπιση της μάστιγας των πυρκαγιών, προσδιόρισε καινοτόμες δυνατότητες. Τίποτα όμως σε αυτό τον κόσμο δεν είναι τέλειο και τα πάντα επιδέχονται βελτίωση και τροποποίηση, έτσι και αυτή η εφαρμογή μελλοντικά θα μπορούσε με μια νέα έκδοση να:

- βελτιωθεί το υποσύστημα των εικονικών κινούμενων οντοτήτων (τμημάτων κατάσβεσης), με ουσιαστικότερες και πιο καθορισμένες εικονικές δυνατότητες και καλύτερες γραφικές απεικονίσεις,
- δημιουργηθεί αλγόριθμος, για την εύρεση εξόδων διαφυγής εγκλωβισμένων τμημάτων από την πυρκαγιά,
- χρησιμοποιηθεί μια γλώσσα προγραμματισμού, πιο κοντά στο υλικό (hardware), για την υλοποίηση του αλγορίθμου προσομοίωσης, ώστε να είναι ταχύτερη η εξαγωγή των αποτελεσμάτων,
- δημιουργηθεί ένας αλγόριθμος, που θα υποδεικνύει τον τρόπο επέμβασης των μονάδων κατάσβεσης στην πυρκαγιά,
- υλοποιηθεί η δυνατότητα, αύξηση ή μείωση της ταχύτητας προσομοίωσης στην περίπτωση της προσομοίωσης σχεδιασμού.

Αν όλα τα παραπάνω, συνδυαστούν και με έναν αλγόριθμο άμεσης αναγνώρισης του μοντέλου καυσίμου της κάθε περιοχής, τότε θα μπορούσαμε να έχουμε μια πλατφόρμα, που θα μπορούσε να προσομοιώσει πυρκαγιά σε κάθε περιοχή, χωρίς την αναγκαιότητα για επιτόπιες μετρήσεις και παρατηρήσεις.

Παραπομπές

- R. C. Rothermel, "A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels", 1972
- C. Countryman, "The Fire Environment Concept", 1972.
- Romain Mees "An Algorithm to Help Design Fire Simulation and Other Data Base Work", 1974.
- F.A. Albini, R.G. Baughman, "Estimating Windspeeds for Predicting Wildland Fire Behaviour", 1979.
- F.A. Albini, "Spot Fire Distance from Isolated Sources. Extensions of a Predictive Model", 1981.
- R. C. Rothermel, "How to Predict the spread and Intensity of Forest and Range Fires", 1983.
- F.A. Albini, "Potential Spotting Distance from Wind-Driven Surface Fires", 1983.
- S. Wolfram, "Cellular Automata as Model of Complexity", 1984.
- P. L. Andrews, 1986, "BEHAVE Fire Behaviour Prediction and Fuel Modeling System, Part 1", 1986.
- F.A. Albini, B.J. Stocks, "Predicted and Observed Rates of Spread of Crown Fires in Immature Jack Pine", 1986.
- Πρακτικά Συνεδρίων SSD (Symposium on Large Spatial Databases), 1989, 1991, 1993, 1995.
- H. Samet, "The Design and Analysis of Spatial Data Structures", Addison-Wesley, 1989.
- O. Gunther and A. Buchmann, "Research Issues in Spatial Databases", SIGMOD Record, 19(4), 1990.
- Richards G.D., "An elliptical growth model of forest fire fronts and its numerical solution", 1990.
- C. D. Richards, "An elliptical Growth Model of Forest Fire Fronts and its numerical Solution", 1990.
- R.C. Bailey, R.C., "Trapping of aqueous fluids in the deep crust", 1990.
- Ξανθόπουλος, Γ., "Δυνατότητες πρόβλεψης συμπεριφοράς της πυρκαγιάς στα δάση της Ελλάδας", 1990.
- R. Laurini and D. Thompson, "Fundamentals of Spatial Information Systems", Academic Press, 1992.
- C. E. Van Wanger, "Condition for the Start and Spread of Crownfire", Canadian Journal of Forest Research, 1993.
- Καϊλίδης Δ., Δασικές Πυρκαγιές, τρίτη έκδοση. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, 1993.
- R.H. Guting, "An Introduction to Spatial Database Systems", VLDB Journal, 3(4), 1994.
- Robert Haining, Ruth Kerry, Margaret Oliver, "Geographical Analysis", 1994.
- Gagary, P., "Fuel Modeling and Fire Behaviour Simulation of Maquis - type Vegetation in Crete", Greece. M.Sc. Thesis. Mediterranean Agronomic Institute of Chania. Chania, Greece, 1994.
- S. Pyne, P. Andrews, A. Laven, "Introduction to Wild Fire, 1996.

- L. DeBano, D. Neary, D. Ffolliott, "Fire's Effects on Ecosystems", 1998.
- F.A Albini, B.N. Meisner, "Classification of Numerical Fire Simulation Systems", 1998.
- Mark A. Finney, "FARSITE: Fire Area Simulation Model - Development and Evaluation", 1998.
- D. Albright, B. N. Meisner, "Classification of Fire Simulation System", 1999.
- D. Albright, B. N. Meisner, "Classification of Fire Simulation Systems", 1999.
- Γαβριήλ Ξανθόπουλος, Στέφανος Δόσης, Αθηνά Καρπή, Ελένη Παναγιωτίδου, Δημήτρης Σουφλής, "Αντιπροσωπευτικά μοντέλα καύσιμης ύλης για την περιφέρεια Αττικής: Δημιουργία και λογισμικό αξιολόγησης", 1999.
- Ferenc Sarkozy, "GIS Functions - Interpolation", 1999.
- F.A Albini, B.N. Meisner, "Classification of Fire Simulation Systems", 1999.
- Dimitrakopoulos, A. P., G. Xanthopoulos, and V. Mateeva., "Statistical classification of Mediterranean fuel types in Greece", 1999.
- M. Alexander, "Fire Behavior as a Factor in Forest and Rural Fire Suppression", 2000.
- R. Velez, "La Defensa contra Incendios Forestales. Fundamentos y Experiencias", 2000.
- Βασιλάκος Χ., Χατζόπουλος Ι., Καλαμποκίδης Κ., Παπαπαναγιώτου Ευ, "Σχεδιασμός δικτύου ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών". Ελληνική Εταιρεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – Δυνατότητες και Εφαρμογές, Προοπτικές και Προκλήσεις", 2001.
- Γήτας Ι., "Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Τηλεπισκόπηση στη Δασική Πράξη", 2001.
- Ξανθόπουλος Γ., Μανάση Μ., "Μεθοδολογία δημιουργίας μοντέλων καύσιμης ύλης για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των δασικών πυρκαγιών", 2001.
- Pellizzaro G., Ventura A., Zara P., "Influence of seasonal weather variations on fuel status for some shrubs typical of Mediterranean Basin", 2001.
- Κωστής Κουτσόπουλος, "Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου", εκδ. Παπασωτηρίου, 2002, ISBN: 960-7530-20-9
- Εμμανουήλ Στεφανάκης, "Βάσεις Δεδομένων και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών", εκδ. Παπασωτηρίου, 2003, ISBN: 960-7530-46-2
- E. Pastor, L. Zarate, E. Planas, J. Arnaldos, "Mathimatical Models and Calculation Systems for the Study of Wildland Fire Behaviour", 2003.
- G. Vaz, J. C. S. André, D. X. Viegas "Fire Spread Model For A Linear Front In A Horizontal Solid Porous Fuel Bed In Still Air. Combustion Science And Technology", 2004.
- Scott J.H., Burgan R.E., "Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermels surface fire spread model", 2005.

- D. Viegas, "A Mathematical Model for Forest Fires Blow-up", 2005.
- Ιωάννης Κ. Καπαγερίδης, "Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών", 2006
- M. Salis, Fire Behavior Simulation in Mediterranean Marquis Using Site (Fire Area Simulation), 2006.
- Viegas D.X., "Parametric study of an eruptive fire behaviour model .International Journal of Wildland Fire", 2006.
- Sun L., Zhou X., Mahalingam S., Weise D.R., "Comparison of burning characteristics of live and dead chaparral fuels. Combustion and Flame", 2006.
- Colin P.D. Birch, Sander P. Oom, Jonathan A. Beecham, "Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology", 2007.
- Βακάλης Δ., "Μοντέλα για την πρόβλεψη της ταχύτητας διάδοσης δασικών πυρκαγιών και δημιουργία σεναρίων", 2007.
- Fire Science Digest, "The Rothermel Fire-Spread Model: Still Running Like a Champ", March 2008.
- Marie-Aurelie Nef, Ioannis Filippopoulos, Eleftherios Voumvourakis, Aggelos Aggelis, Leonidas Perlepes, Georgios Stamoulis, Panayotis Kikiras i-Protect: An Open Source Emergency Management Framework", 15th Panhellenic Conference on Informatics 30 Sep-2 Oct 2011 Kastoria, Greece.

Παραρτήματα

Παράρτημα 1ο: Σχήμα Βάσης Δεδομένων

Ανάλυση Πινάκων:

| Field Name | Field Type | Description |
|-----------------------|--------------|--|
| meteobject | | Αποθηκεύονται από το διαχειριστή του συστήματος όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί και οι sensors. |
| mobj_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| mobj_description | varchar(255) | Μία περιγραφή για να είναι αναγνωρίσιμος και στο GIS περιβάλλον αλλά και στο διαχειριστή του συστήματος. |
| mobj_x | double | Η τετμημένη του. |
| mobj_y | double | Η τεταγμένη του. |
| <i>mobj_motyp_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί ως προς τον πίνακα meteobjecttype. |
| mobj_source | varchar(255) | Από που συλλέγονται τα δεδομένα των live μετρήσεων. Στις εξεταζόμενες περιπτώσεις είναι URL με XML ή HTML documents. |
| mobj_forecastsource | varchar(255) | Από που συλλέγονται τα forecast δεδομένα. Στις εξεταζόμενες περιπτώσεις είναι URL με XML ή HTML documents. |
| mobj_every | int | Το χρονικό διάστημα της επανάληψης σε λεπτά. Κάθε πότε θα λαμβάνονται τα δεδομένα από το σταθμό. |
| mobj_interfacetable | varchar(50) | Ποιός πίνακας περιέχει τις πληροφορίες για να ανασυρθούν τα δεδομένα από τα έγγραφα που τα περιέχουν. |
| meteobjecttype | | Τροποποιείται από το διαχειριστή του συστήματος. Περιέχει τις κατηγορίες των σταθμών (meteo station, sensor κλπ). |
| motyp_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί |

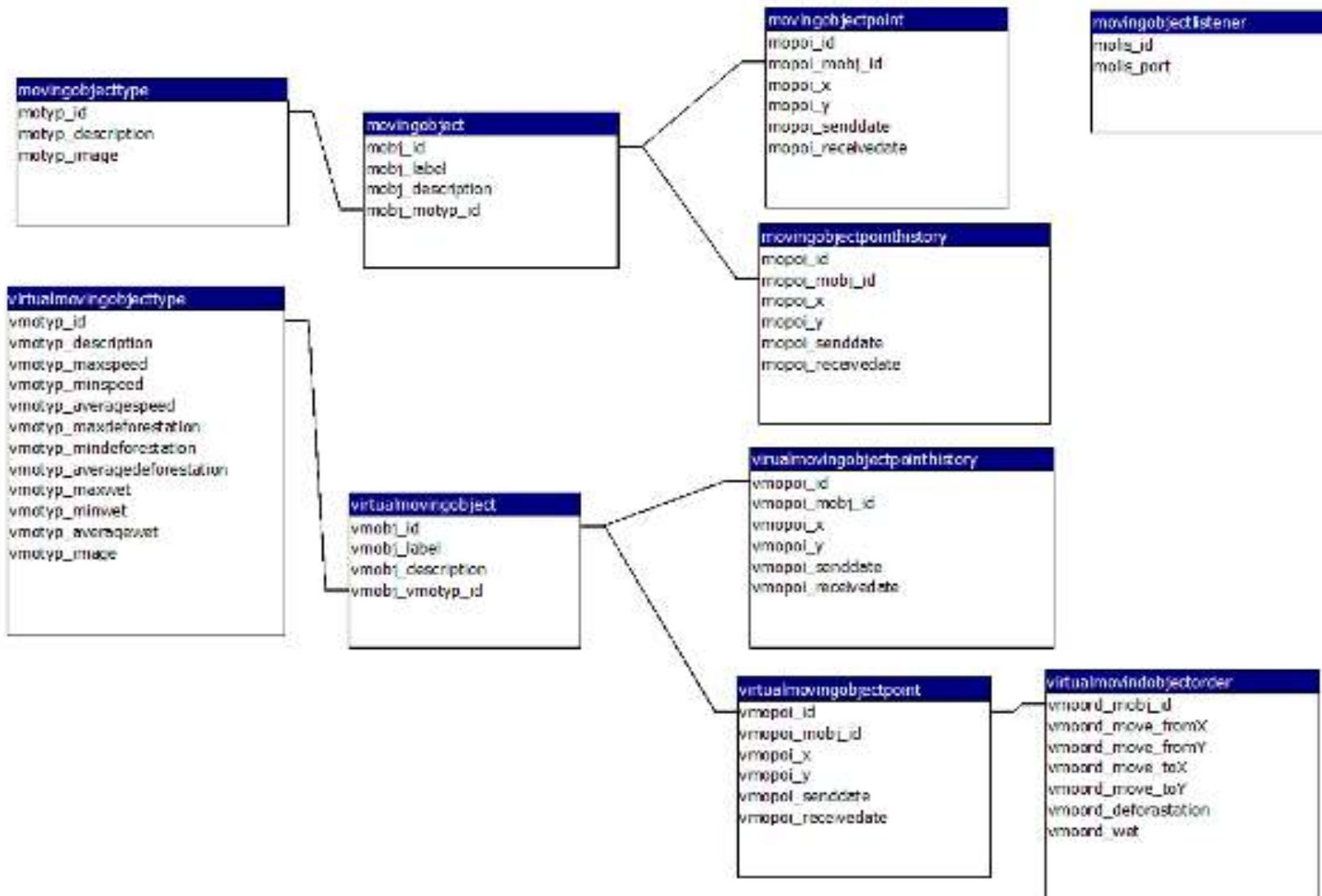
| Field Name | Field Type | Description |
|-------------------------|--------------|---|
| | | πίνακα). |
| motyp_description | varchar(255) | Μία περιγραφή για να είναι αναγνωρίσιμη η κατηγορία και στο GIS περιβάλλον αλλά και στο διαχειριστή του συστήματος. |
| motyp_image | blob | Η εικόνα που θα εμφανίζεται στο GIS περιβάλλον της πλατφόρμας. |
| meteoelement | | Αποθηκεύονται από το διαχειριστή του συστήματος όλα τα στοιχεία σχετικά με τα μετεωρολογικά δεδομένα που μας ενδιαφέρουν. |
| mele_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| mele_name | varchar(255) | Το όνομα του στοιχείου (πχ temperature etc). |
| mele_details | varchar(255) | Πληροφόρηση σχετικά με το στοιχείο. |
| mele_measurmentunits | varchar(50) | Μονάδες μέτρησης (πχ °C for temprature etc). |
| mele_downlimit | double | Το κάτω όριο των τιμών ώστε να υπάρχει έλεγχος για την τιμή εισόδου του στοιχείου και κατά συνέπεια την αποφυγή λανθασμένων στοιχείων. |
| mele_uplimit | double | Αντίστοιχα με το mele_downlimit. |
| mele_motyp_id | varchar(50) | Ξένο κλειδί ως προς τον πίνακα meteoelementtype. |
| meteoelementtype | | Τροποποιείται από το διαχειριστή του συστήματος. Περιέχει τις κατηγορίες των μετεωρολογικών δεδομένων. Ο πίνακας προβλέφθηκε για μελλοντική χρήση που καθορίζει ποια elements χρησιμοποιούνται σε πολλαπλά μοντέλα υπολογισμού. |
| metyp_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| metyp_type | varchar(50) | Ο τύπος της μεταβλητής που |

| Field Name | Field Type | Description |
|--------------------------|--------------|---|
| | | αναφέρεται στον πίνακα meteoelement. |
| metyp_description | varchar(255) | Λεπτομερέστερη περιγραφή του type. |
| meteodata | | Εισαγωγή live μετεωρολογικών δεδομένων από το meteorological data collector subsystem. |
| mdat_datetime | timestamp | Η ημερομηνία που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| mdat_data | double | Η τιμή του ενός element για κάποιο σταθμό. |
| mdat_mele_id | varchar(50) | Το element που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| mdat_mobj_id | varchar(50) | Το object που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| meteoforecastdata | | Εισαγωγή προβλέψεων μετεωρολογικών δεδομένων από το meteorological data collector subsystem. |
| mfdat_datetime | timestamp | Η ημερομηνία που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| mfdat_data | double | Η τιμή του ενός element για κάποιο σταθμό. |
| mfdat_mele_id | varchar(50) | Το element που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| mfdat_mobj_id | varchar(50) | Το object που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| meteomonthly | | Οι μηνιαίες μέσες τιμές για κάθε στοιχείο ενός σταθμού. Κάθε αρχή του μήνα γίνεται η νέα καταγραφή των μέσων τιμών για τις μετεωρολογικών παραμέτρων. |
| mmon_mobj_id | varchar(50) | Το object που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| mmon_mele_id | varchar(50) | Το element που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| mmon_hour | integer | Για ποια ώρα της ημέρας αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί |

| Field Name | Field Type | Description |
|--------------------------|-------------|--|
| | | πίνακα). |
| mmon_month | integer | Για ποιόν μήνα αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| mmon_year | integer | Για ποιο έτος αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| mmon_data | double | Η μέση τιμή του ενός element για κάποιο σταθμό. |
| meteoyr | | Είναι ενδεικτικά ένας από τους πίνακες που καθορίζουν το που βρίσκονται τα δεδομένα μέσα στο document που επιστρέφει η διεπαφή του σταθμού (Σε αυτή την περίπτωση το document είναι XML αρχείο). |
| myr_mobj_id | varchar(50) | Το object που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| myr_mele_id | varchar(50) | Το element που αναφέρεται η τιμή (σύνθετο κλειδί πίνακα). |
| myr_datetimetag | varchar(50) | Ποιό είναι το TAG του XML που περιέχει το στοιχείο της ημερομηνίας. |
| myr_valuetag | varchar(50) | Ποιό είναι το TAG του XML που περιέχει το μετεωρολογικό στοιχείο. |
| myr_transform | varchar(50) | Η τροποποίηση της τιμής που λαμβάνεται από το XML αρχείο ώστε να εισαχθεί ανάλογα στην βάση δεδομένων (πχ στην περίπτωση που θέτω να μετατρέψω Fahrenheit to Celsius εισάγω την τιμή $(5/9)*(x-32)$). |
| meteowunderground | | Αντίστοιχοι υποβοηθητικοί πίνακες που καθορίζουν το που βρίσκονται τα δεδομένα μέσα στο document που επιστρέφει η διεπαφή του σταθμού. |
| meteowxbug | | |
| meteometar | | |

Π1.2 Διαχείριση Στόλου Οχημάτων (Fleet Management)

Σχήμα ΒΔ:



Ανάλυση Πινάκων:

| Field Name | Field Type | Description |
|--------------------------|--------------|---|
| movingobject | | Αποθηκεύονται από το διαχειριστή του συστήματος όλες οι κινητές οντότητες (ουσιαστικά οι sensors που υπάρχουν πάνω στα τμήματα κατάσβεσης). |
| mobj_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| mobj_label | varchar(255) | Είναι το label της κινητής οντότητας. |
| mobj_description | varchar(255) | Μία περιγραφή για να είναι αναγνωρίσιμη και στο GIS περιβάλλον αλλά και στο διαχειριστή του συστήματος. |
| <i>mobj_motyp_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί ως προς τον πίνακα movingobjecttype. |
| movingobjecttype | | Τροποποιείται από το διαχειριστή του συστήματος. Περιέχει τις κατηγορίες των κινούμενων οντοτήτων. |
| motyp_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| motyp_description | varchar(255) | Μία περιγραφή για να είναι αναγνωρίσιμη η κατηγορία και στο GIS περιβάλλον αλλά και στο διαχειριστή του συστήματος. |
| motyp_image | blob | Η εικόνα που θα εμφανίζεται στο GIS περιβάλλον της πλατφόρμας. |
| movingobjectpoint | | Εισάγεται η θέση που βρίσκεται η κινούμενη οντότητα. |
| mopoi_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| <i>mopoi_mobj_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί ως προς το πίνακα |

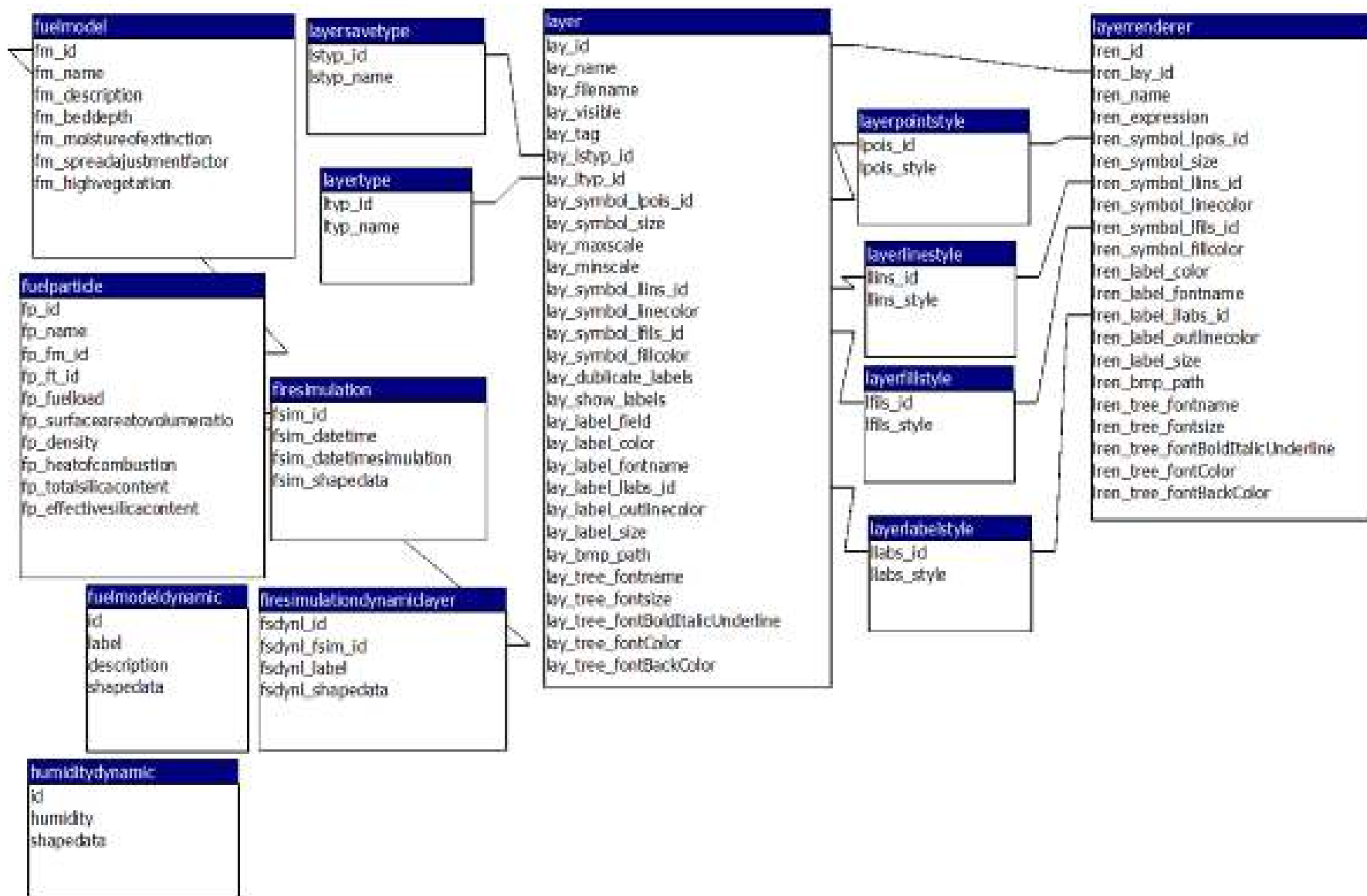
| Field Name | Field Type | Description |
|---------------------------------|--------------|---|
| | | movingobject. |
| mopoi_x | double | Η τετμημένη που βρίσκεται η κινούμενη οντότητα. |
| mopoi_y | double | Η τεταγμένη που βρίσκεται η κινούμενη οντότητα. |
| mopoi_senddate | timestamp | Πότε στάλθηκε το στίγμα από τη συσκευή. |
| mopoi_receivedate | timestamp | Πότε λήφθηκε το στίγμα στον server. |
| movingobjectpointhistory | | Κρατάει το ιστορικό με τις θέσεις που έχει βρεθεί η κινούμενη οντότητα. |
| mopoi_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| <i>mopoi_mobj_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί ως προς τον πίνακα movingobject. |
| mopoi_x | double | Η τετμημένη που βρισκόταν η κινούμενη οντότητα. |
| mopoi_y | double | Η τεταγμένη που βρισκόταν η κινούμενη οντότητα. |
| mopoi_senddate | timestamp | Πότε στάλθηκε το στίγμα από τη συσκευή. |
| mopoi_receivedate | timestamp | Πότε λήφθηκε το στίγμα στον server. |
| virtualmovingobject | | Αποθηκεύονται από το διαχειριστή του συστήματος όλοι οι virtual κινητές οντότητες. |
| vmobj_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| vmobj_label | varchar(255) | Είναι το label της Virtual κινητής οντότητας. |
| vmobj_description | varchar(255) | Μία περιγραφή για να είναι αναγνωρίσιμη και στο GIS περιβάλλον αλλά και στο διαχειριστή του συστήματος. |
| <i>vmobj_motyp_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί ως προς τον πίνακα |

| Field Name | Field Type | Description |
|---------------------------------|--------------|---|
| | | virtualmovingobjecttype. |
| vmobj_enable | boolean | Εάν η Virtual κινούμενη οντότητα είναι ενεργή. |
| virtualmovingobjecttype | | Τροποποιείται από το διαχειριστή του συστήματος. Περιέχει τις κατηγορίες των Virtual κινούμενων οντοτήτων καθώς και τα χαρακτηριστικά τους. |
| vmotyp_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| vmotyp_description | varchar(255) | Μία περιγραφή για να είναι αναγνωρίσιμη η Virtual κατηγορία και στο GIS περιβάλλον αλλά και στο διαχειριστή του συστήματος. |
| vmotyp_maxspeed | double | Η ταχύτητα κίνησης της Virtual Moving Category (km/h). |
| vmotyp_minspeed | double | |
| vmotyp_maxdeforestation | double | Η δυνατότητα αποψίλωσης (m ² /min). |
| vmotyp_mindeforestation | double | |
| vmotyp_maxwet | double | The wetting capability (ποσοστό αύξησης της υγρασίας) % / m ² / min. |
| vmotyp_minwet | double | |
| vmotyp_image | blob | Η εικόνα που θα εμφανίζεται στο GIS περιβάλλον της πλατφόρμας. |
| virtualmovingobjectpoint | | Εισάγεται η θέση που βρίσκεται η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmopoi_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| <i>vmopoi_vmobj_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί ως προς τον πίνακα virtualmovingobject. |
| vmopoi_x | double | Η τετμημένη που βρίσκεται η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmopoi_y | double | Η τεταγμένη που βρίσκεται η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmopoi_date | timestamp | Πότε καταγράφηκε το στίγμα |

| Field Name | Field Type | Description |
|---------------------------------|-------------|---|
| | | στη Βάση Δεδομένων. |
| movingobjectpointhistory | | Κρατάει το ιστορικό με τις θέσεις που έχει βρεθεί η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmopoi_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| <i>vmopoi_vmobj_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί ως προς τον πίνακα virtualmovingobject. |
| vmopoi_x | double | Η τετμημένη που βρισκόταν η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmopoi_y | double | Η τεταγμένη που βρισκόταν η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmopoi_date | timestamp | Πότε καταγράφηκε το στίγμα στη Βάση Δεδομένων. |
| virtualmovingobjectorder | | Οι εντολές του χρήστη προς την virtual κινούμενη οντότητα. |
| <i>vmoord_mobj_id</i> | varchar(50) | Ποιά είναι η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmoord_move_fromx | double | Η τετμημένη που ξεκινά η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmoord_move_fromy | double | Η τεταγμένη που ξεκινά η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmoord_move_tox | double | Η τετμημένη που θα φτάσει η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmoord_move_toy | double | Η τεταγμένη που θα φτάσει η Virtual κινούμενη οντότητα. |
| vmoord_deforestation | boolean | Εάν η Virtual κινούμενη οντότητα κάνει deforestation. |
| vmoord_wet | boolean | Εάν η Virtual κινούμενη οντότητα κάνει wetting. |

Π1.3 Διεπαφή GIS Προσομοίωσης (GIS Simulation Interface)

Σχήμα ΒΔ:



Ανάλυση Πινάκων:

| Field Name | Field Type | Description |
|-----------------------------|--------------|--|
| fuelmodel | | Περιέχει τα δεδομένα εκείνα που περιγράφουν την καύσιμη ύλη. Τροποποιείται από το χρήστη της πλατφόρμας. |
| fm_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό, που αντίστοιχα υπάρχει σε κάθε σχήμα στα layer με τα fuel model (κλειδί πίνακα). |
| fm_name | varchar(255) | Η ονομασία του fuel model. |
| fm_description | varchar(255) | Μια περιγραφή του fuel model. |
| fm_beddepth | double | Bed Depth. |
| fm_moistureofextinction | double | Moisture of Extinction. |
| fm_spreadadustmentfactor | double | Spread Adustment Factor. |
| fm_highvegetation | boolean | High Vegetation (moisture calculation and crown fires). |
| fuelparticle | | Describes the particles of a fuel model. Τροποποιείται από το χρήστη της πλατφόρμας. |
| fp_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| fp_name | varchar(50) | Ονομασία του particle. |
| fp_fm_id | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα fuel model. Σε ποίο fuel model αντιστοιχεί το particle. |
| fp_ft_id | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα firetype. Το particle είναι dead,woody or herb. |
| fp_fuelload | double | Particle's fuel load. |
| fp_surfaceareatovolumeratio | double | Particle's surface area to volume ratio. |

| Field Name | Field Type | Description |
|---------------------------|--------------|--|
| fp_density | double | Particle's density. |
| fp_heatofcombustion | double | Particle's heat of combustion. |
| fp_totalsilicacontent | double | Particle's total silica content. |
| fp_effectivesilicacontent | double | Particle's effective silica content. |
| firetype | | Περιέχει τις κατηγορίες βλάστησης ως καύσιμης ύλης. |
| ft_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| ft_name | varchar(50) | (dead,woody or herb). |
| fuelmodelimages | | Περιέχει όλες τις εικόνες που αντιστοιχούν στα μοντέλα. |
| fmimg_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| fmimg_fm_id | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα fuel model. |
| fmimg_image | blob | Οι εικόνες. |
| fuelmodeldynamic | | Περιέχει όλα τα σχήματα που έχει σχεδιάσει ο χρήστης και έχουν τροποποιήσει το fuel model layer. Τροποποιείτε από το χρήστη. |
| id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| label | varchar(50) | Η ετικέτα που εμφανίζεται στο χάρτη. |
| description | varchar(255) | Η περαιτέρω περιγραφή των σχημάτων. |
| shapedata | blob | Τα γεωγραφικά δεδομένα του κάθε σχήματος. |
| humiditydynamic | | Περιέχει όλα τα σχήματα που έχει σχεδιάσει ο χρήστης και έχουν τροποποιήσει την υγρασία |

| Field Name | Field Type | Description |
|-----------------------------------|-------------|---|
| | | της περιοχής. Τροποποιείται από το χρήστη. |
| id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| humidity | double | Η υγρασία της περιοχής που έχει σχεδιαστεί. Είναι και η ετικέτα στο χάρτη. |
| shapedata | blob | Τα γεωγραφικά δεδομένα του κάθε σχήματος. |
| firesimulation | | Περιέχει τις προσομοιώσεις που έχει δημιουργήσει ο χρήστης και τις έχει αποθηκεύσει. |
| fsim_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| fsim_datetime | timestamp | Η ημερομηνία που έγινε η προσομοίωση. |
| fsim_datetimesimulation | timestamp | Η ημερομηνία που επιλέχθηκε ώστε να συλλεχθούν τα στοιχεία για την προσομοίωση. |
| fsim_shapedata | blob | Τα γεωγραφικά δεδομένα του κάθε σχήματος. |
| firesimulationdynamiclayer | | Τα δυναμικά layer από τους πίνακες fuelmodeldynamic και humiditydynamic που επηρέασαν τις προσομοιώσεις του χρήστη που έχουν αποθηκευτεί. |
| fsdynl_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| <i>fsdynl_fsim_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα firesimulation. |
| fsdynl_label | varchar(50) | Η ετικέτα που εμφανίζεται στο χάρτη. |
| fsdynl_shapedata | blob | Τα γεωγραφικά δεδομένα του κάθε σχήματος. |

| Field Name | Field Type | Description |
|----------------------------|--------------|---|
| layer | | Περιέχει πληροφορίες για το ποιά layer θα τοποθετηθούν στο χάρτη και πως αυτά θα εμφανίζονται. |
| lay_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| lay_name | varchar(50) | Το όνομα εμφάνισης στην φόρμα επιλογής. |
| lay_filename | varchar(255) | Το path του αρχείου layer. |
| lay_visible | boolean | Εάν είναι ορατό στην αρχή. |
| lay_tag | varchar(255) | Επιπλέον πληροφορίες για το layer. |
| <i>lay_lstyp_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layersavetype. Πως είναι αποθηκευμένο το αρχείο του layer (shape file, xml κλπ). |
| <i>lay_ltyp_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layertype. Τι πληροφορίες περιέχει ο πίνακας σχετικά με τα δεδομένα προσομοίωσης (slope, aspect, contour κλπ). |
| <i>lay_symbol_lpois_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layerpointstyle. Πως θα εμφανίζονται τα σημεία στο χάρτη αν το layer είναι σημειακό. |
| lay_symbol_size | double | Το μέγεθος εμφάνισης στο χάρτη των σημείων. |
| lay_maxscale | double | Το μέγιστο scale που εμφανίζεται το layer. |
| lay_minscale | double | Το μέγιστο scale που εμφανίζεται το layer. |
| <i>lay_symbol_llins_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layerlinestyle. Πως θα εμφανίζονται οι γραμμές στο χάρτη αν το layer είναι γραμμικό. |

| Field Name | Field Type | Description |
|----------------------------------|--------------|--|
| lay_symbol_linecolor | varchar(50) | Το χρώμα εμφάνισης στο χάρτη των γραμμών. |
| lay_symbol_lfills_id | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layefillstyle. Πως θα εμφανίζονται τα πολυγωνικά layer στο χάρτη. |
| lay_symbol_fillcolor | varchar(50) | Το χρώμα των πολυγωνικών layer. |
| lay_duplicate_labels | boolean | Αν οι ετικέτες που είναι ίδιες θα εμφανίζονται δύο ή περισσότερες φορές. |
| lay_show_labels | boolean | Αν θα εμφανίζονται οι ετικέτες. |
| lay_label_field | varchar(50) | Πιο πεδίο από το αρχείο του layer περιέχει τις ετικέτες. |
| lay_label_color | varchar(50) | Το χρώμα των ετικετών. |
| lay_label_fontname | varchar(50) | Η γραμματοσειρά των ετικετών. |
| lay_label_llabs_id | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layerlabelstyle. Το στυλ εμφάνισης των ετικετών στο χάρτη. |
| lay_label_outlinecolor | varchar(50) | Το χρώμα των outline στις ετικέτες. |
| lay_label_size | double | Το μέγεθος της γραμματοσειράς στις ετικέτες. |
| lay_bmp_path | varchar(255) | Το path του αρχείου bmp που θα χρησιμοποιηθεί για την εμφάνιση των πολυγωνικών layer. |
| lay_tree_fontname | varchar(50) | Η γραμματοσειρά στο πίνακα επιλογών layer. |
| lay_tree_fontsize | double | Το μέγεθος της γραμματοσειράς στο πίνακα επιλογών layer. |
| lay_tree_fontbolditalicunderline | varchar(50) | Οι ιδιαιτερότητες εμφάνισης (B,I,U) της γραμματοσειράς |

| Field Name | Field Type | Description |
|-----------------------------|--------------|---|
| | | στον πίνακα επιλογών layer. |
| lay_fontcolor | varchar(50) | Το χρώμα της γραμματοσειράς. |
| lay_fontbackcolor | varchar(50) | Το bgcolor της γραμματοσειράς. |
| layerrenderer | | Είναι ο πίνακας που διαφοροποιεί την εμφάνιση ενός layer σύμφωνα με τα renderer που έχει. |
| lren_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| lren_lay_id | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layer. Σε ποιο layer αντιστοιχεί το renderer. |
| lren_name | varchar(50) | Το όνομα του renderer. |
| lren_expression | varchar(255) | Ο τύπος που διαχωρίζει τις τιμές ενός πεδίου του layer. |
| <i>lren_symbol_lpois_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layerpointstyle. Πως θα εμφανίζονται τα σημεία στο χάρτη αν το layer είναι σημειακό. |
| lren_symbol_size | double | Το μέγεθος εμφάνισης στο χάρτη των σημείων. |
| <i>lren_symbol_llins_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layerlinestyle. Πως θα εμφανίζονται οι γραμμές στο χάρτη αν το layer είναι γραμμικό. |
| lren_symbol_linecolor | varchar(50) | Το χρώμα εμφάνισης στο χάρτη των γραμμών. |
| <i>lren_symbol_lfils_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layerfillstyle. Πως θα εμφανίζονται τα πολυγωνικά layer στο χάρτη. |
| lren_symbol_fillcolor | varchar(50) | Το χρώμα των πολυγωνικών layer. |
| lren_label_color | varchar(50) | Το χρώμα των ετικετών. |

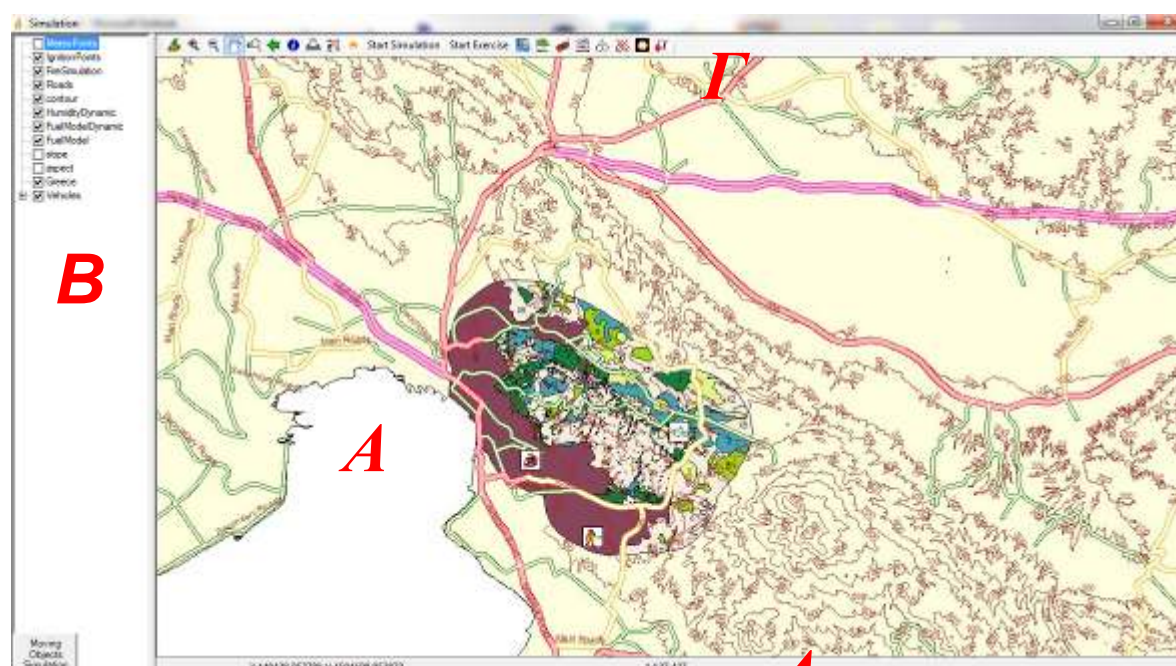
| Field Name | Field Type | Description |
|-----------------------------------|-------------|---|
| lren_label_fontname | varchar(50) | Η γραμματοσειρά των ετικετών. |
| <i>lren_label_llabs_id</i> | varchar(50) | Ξένο κλειδί από τον πίνακα layerlabelstyle. Το στυλ εμφάνισης των ετικετών στο χάρτη. |
| lren_label_outlinecolor | varchar(50) | Το χρώμα των outline στις επικέτες. |
| lren_label_size | double | Το μέγεθος της γραμματοσειράς στις επικέτες. |
| lren_bmp_path | varchar(50) | Το path του αρχείου bmp που θα χρησιμοποιηθεί για την εμφάνιση των πολυγωνικών layer. |
| lren_tree_fontname | varchar(50) | Η γραμματοσειρά στο πίνακα επιλογών layer. |
| lren_tree_fontsize | double | Το μέγεθος της γραμματοσειράς στο πίνακα επιλογών layer. |
| lren_tree_fontbolditalicunderline | varchar(50) | Οι ιδιαιτερότητες εμφάνισης (B,I,U) της γραμματοσειράς στον πίνακα επιλογών layer. |
| lren_fontcolor | varchar(50) | Το χρώμα της γραμματοσειράς. |
| lren_fontbackcolor | varchar(50) | Το backcolor της γραμματοσειράς. |
| layersavetype | | Look up table που περιέχει τον τύπο των αποθηκευμένων αρχείων των layer. |
| lstyp_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| lstyp_style | varchar(50) | Περιγραφή. |
| layertype | | Look up table που περιέχει το είδος των layer. |
| ltyp_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |

| Field Name | Field Type | Description |
|------------------------|-------------|---|
| ltyp_style | varchar(50) | Περιγραφή. |
| layerpointstyle | | Look up table που περιέχει τα στυλ εμφάνισης των σημείων στο χάρτη. |
| lpois_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| lpois_style | varchar(50) | Περιγραφή. |
| layerlinestyle | | Look up table που περιέχει τα στυλ εμφάνισης των γραμμών στο χάρτη. |
| llins_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| llins_style | varchar(50) | Περιγραφή. |
| layerfillstyle | | Look up table που περιέχει τα στυλ εμφάνισης των πολυγώνων στο χάρτη. |
| lfils_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| lfils_style | varchar(50) | Περιγραφή. |
| layerlabelstyle | | Look up table που περιέχει τα στυλ εμφάνισης των ετικετών στο χάρτη. |
| llabs_id | varchar(50) | Το μοναδικό χαρακτηριστικό (κλειδί πίνακα). |
| llabs_style | varchar(50) | Περιγραφή. |

Παράρτημα 2ο: Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα (εφαρμογή) i-protect Fire Simulation

Το παράθυρο της εφαρμογής (εικόνα 32) i-protect Fire Simulation αποτελείται από τις περιοχές:

- του χάρτη (Α), που περιέχει την οπτικοποιημένη κατάσταση του χάρτη,
- της εργαλειοθήκης (Β), που έχει κουμπιά που διεγείρουν ενέργειες πάνω στο χάρτη,
- διαχείρισης των διαφανών του χάρτη (Γ), που περιέχει ονομαστικά τα διαφανή του χάρτη και
- πληροφοριών (Δ), που δίνει πληροφόρηση σχετικά με τις συντεταγμένες του χάρτη, την κλίμακα, τη διεργασία προσομοίωσης και σχεδίασης που εκτελείται κλπ.



Εικόνα 32 Περιοχές παραθύρου εφαρμογής

Η αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή, γίνεται με τις επιλογές του στην εργαλειοθήκη, στην περιοχή διαχείρισης των διαφανών και φυσικά πάνω στο χάρτη. Οι επιλογές του χρήστη μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Διαχείριση Χαρτογραφικού Υπόβαθρου.
- Διαχείριση Προσομοίωσης Πυρκαγιών.

Τα κουμπιά, αλλά και οι υπόλοιπες επιλογές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

- Κουμπιά εναλλαγής, τα οποία επιλέγονται και παραμένουν επιλεγμένα, ώστε να γίνουν ενέργειες σε κάποια άλλη περιοχή της εφαρμογής, συνηθέστερα στην περιοχή του χάρτη.
- Κουμπιά ενέργειας, τα οποία με την επιλογή τους εκτελούν μια συγκεκριμένη ενέργεια, είτε με την μορφή λειτουργίας που περιμένει η εφαρμογή την ολοκλήρωσή της, είτε με την μορφή λειτουργίας νήματος, που εκτελείται ψευδοπαράλληλα με άλλες λειτουργίες της εφαρμογής.

Οι παράγραφοι που ακολουθούν, περιγράφουν αναλυτικά αυτές τις λειτουργίες και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση της εφαρμογής.

Π2.1 Διαχείριση Χαρτογραφικού Υπόβαθρου.

Οι ενέργειες διαχείρισης χαρτογραφικού υπόβαθρου, είναι οι ενέργειες του χρήστη, πάνω στην εφαρμογή, που καθορίζουν τον τρόπο παρουσίασης αλλά και την επιλογή των χαρτογραφικών δεδομένων.

Π2.1.1 Μεγέθυνση (Zoom In)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής Zoom



In το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα. Στη συνέχεια, επιλέγει μία ορθογώνια περιοχή πάνω στον χάρτη, οδηγώντας το ποντίκι διαγώνια και κρατώντας το αριστερό πλήκτρο του πατημένο (drag 'n' drop), την οποία θέλει να μεγεθύνει, η επιλεγμένη περιοχή σημαδεύεται με ένα αντίστοιχο κόκκινο πλαίσιο.



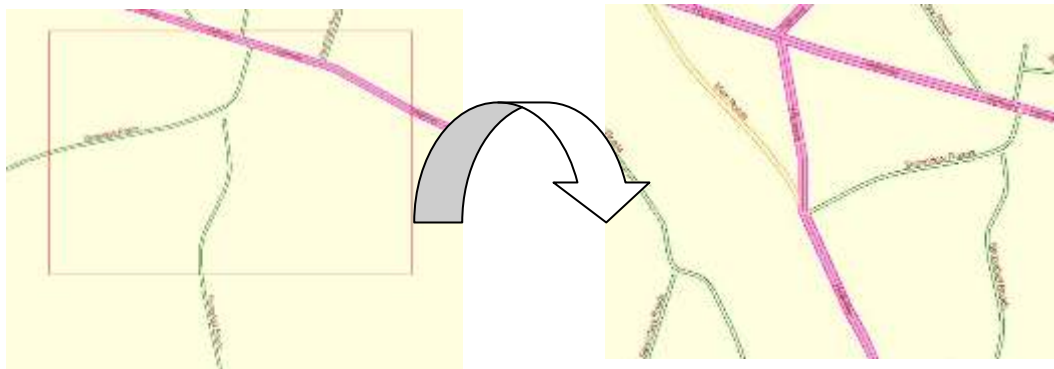
Εικόνα 33 Μεγέθυνση

Π2.1.2 Σμίκρυνση (Zoom Out)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής Zoom



Out το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα. Στη συνέχεια, επιλέγει μία ορθογώνια περιοχή, της οποίας το μέγεθος καθορίζει την κλίμακα σμίκρυνσης του χάρτη, στο κέντρο της επιλεγμένης περιοχής, οδηγώντας το ποντίκι διαγώνια και κρατώντας το αριστερό πλήκτρο του πατημένο (drag 'n' drop). Αντίστοιχα, με την ενέργεια Zoom In η επιλεγμένη περιοχή σημαδεύεται με ένα αντίστοιχο κόκκινο πλαίσιο.



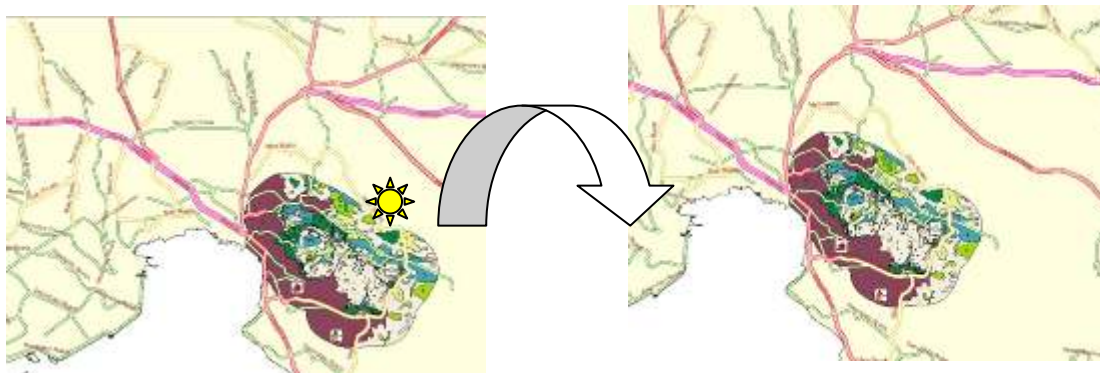
Εικόνα 34 Σμίκρυνση

Π2.1.3 Μετακίνηση (Pan)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής Pan



το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα. Στη συνέχεια επιλέγει ένα σημείο του χάρτη, το οποίο μετακινείται με κέντρο αυτό το σημείο.



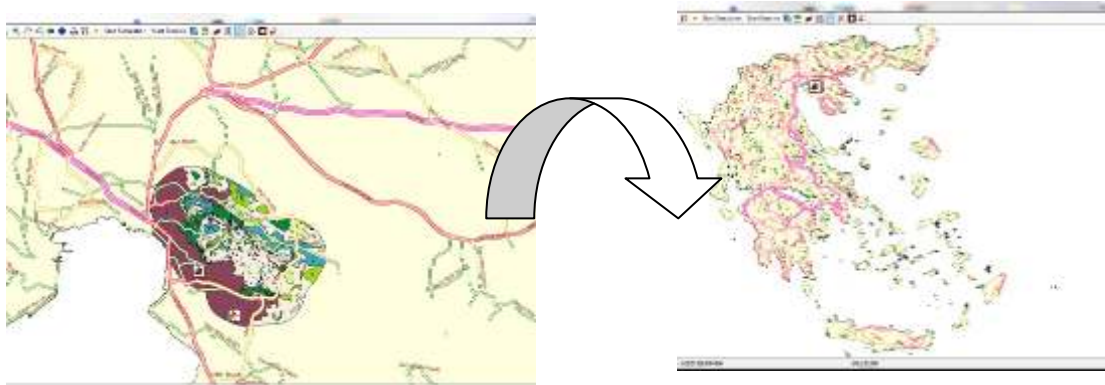
Εικόνα 35 Μετακίνηση

Π2.1.4 Μέγιστη Κλίμακα (Pan)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί ενέργειας Zoom



Full και η κλίμακα του χάρτη μετατρέπεται στη μικρότερη δυνατή, σύμφωνα με τα διαφανή που έχουν φορτωθεί πάνω σε αυτόν.



Εικόνα 36 Μέγιστη κλίμακα

Π2.1.5 Προηγούμενη Οθόνη (Previous Extent)

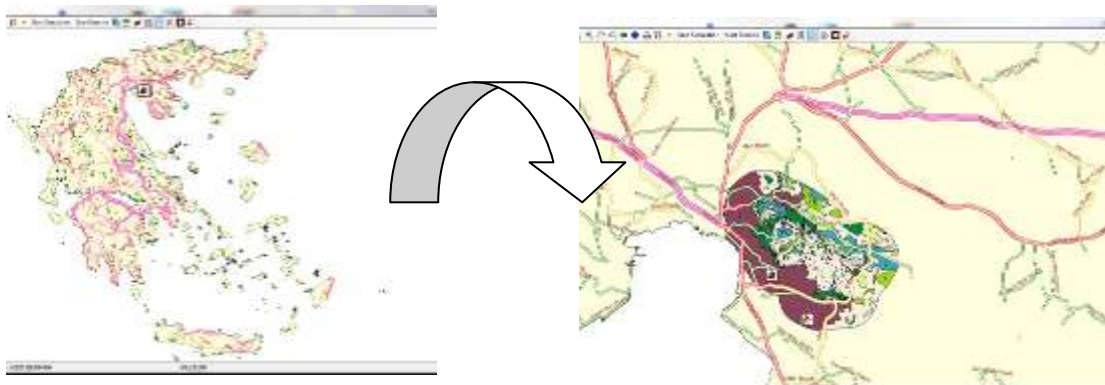
Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί ενέργειας



Previous Extent

και η απεικόνιση του

χάρτη επιστρέφει στην αμέσως προηγούμενη κατάσταση.



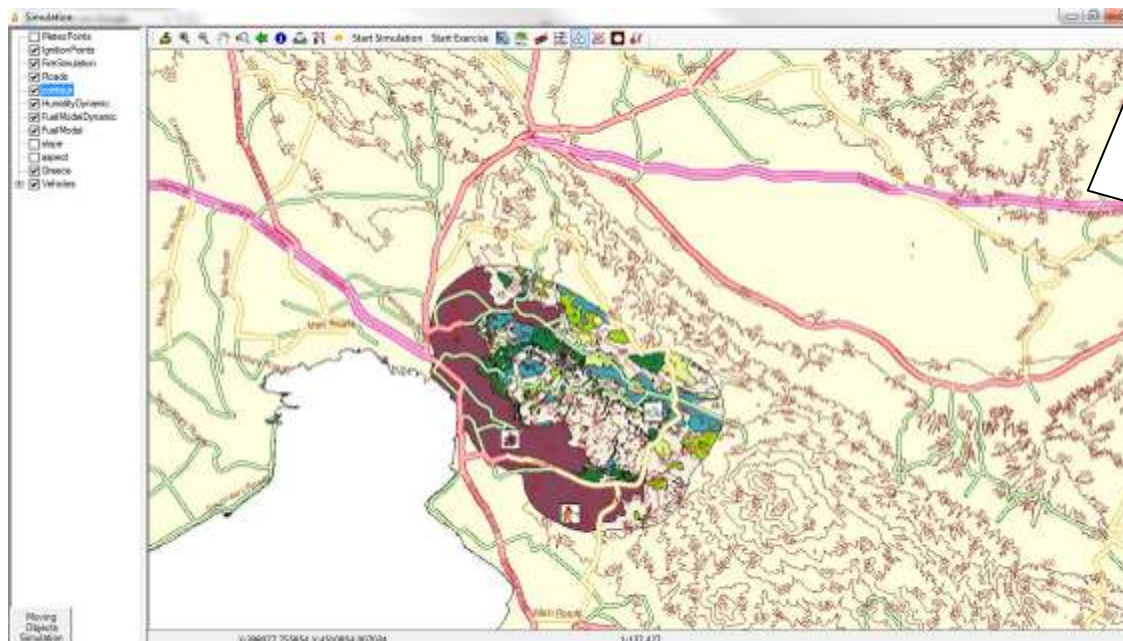
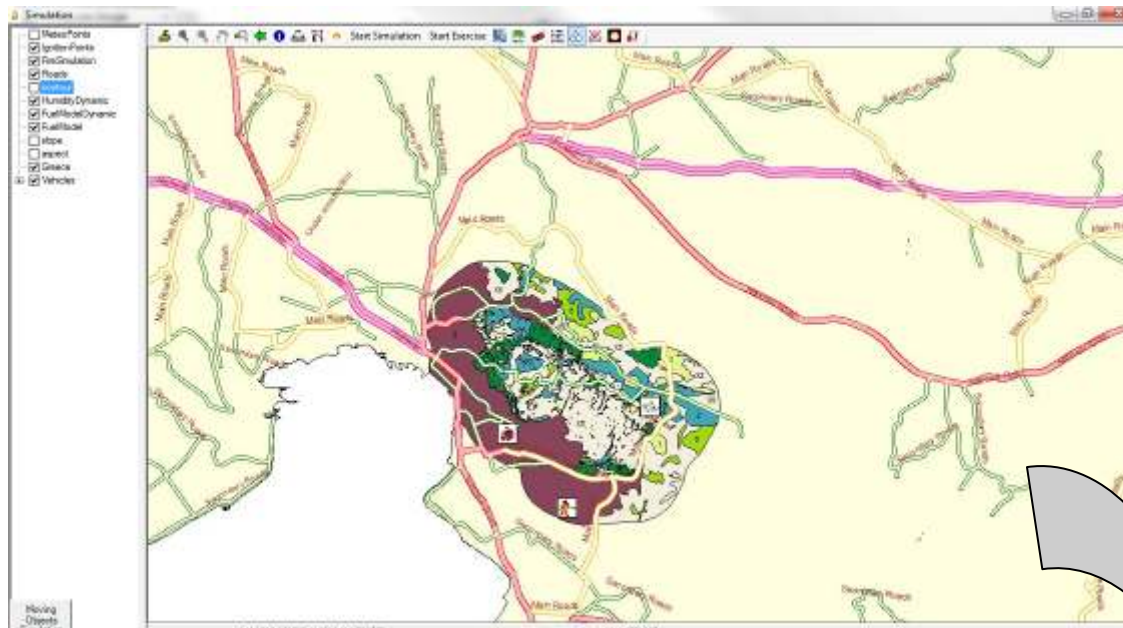
Εικόνα 37 Προηγούμενη οθόνη

Π2.1.6 Εμφάνιση - Απόκρυψη Διαφανούς

Η περιοχή διαχείρισης διαφανών του χάρτη, εμφανίζει το κάθε διαφανές ονομαστικά και τη σειρά απεικόνισης του πάνω στο χάρτη.



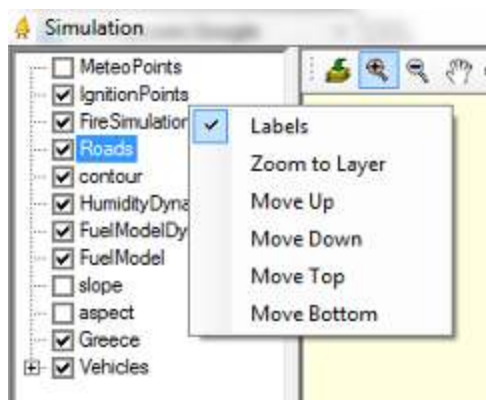
Το επιλεγμένο διαφανές, είναι αυτό που έχει διαφορετικό χρώμα στο πίσω μέρος του κειμένου. Τα εμφανή διαφανή είναι αυτά, που έχουν το πλαίσιο επιλογής επιλεγμένο. Ο χρήστης επιλέγοντας, ή αποεπιλέγοντας, το αντίστοιχο σε κάθε διαφανές πλαίσιο, εμφανίζει στο χάρτη το αντίστοιχο διαφανές. Στο παράδειγμα που ακολουθεί έχει επιλεχθεί από το χρήστη το πλαίσιο του διαφανούς contour (ισοϋψείς καμπύλες).



Εικόνα 38 Εμφάνιση - Απόκρυψη Διαφανούς

Π2.1.7 Εμφάνιση - Απόκρυψη Ετικετών Διαφανούς

Στην περιοχή διαχείρισης διαφανών του χάρτη, ο χρήστης κάνοντας δεξί κλικ στο ποντίκι, εμφανίζεται η δυνατότητα εμφάνισης ή απόκρυψης των ετικετών (Labels) του επιλεγμένου διαφανούς, σε ένα αναδυόμενο κατάλογο επιλογών.



Όταν στο επιλεγμένο διαφανές Roads (Οδικό δίκτυο), ο χρήστης κάνει δεξί κλικ πάνω στην περιοχή διαχείρισης των διαφανών, εμφανίζεται η πρώτη επιλογή Labels, που είναι επιλεγμένη ή όχι, ανάλογα με το εάν εμφανίζονται οι ετικέτες στο συγκεκριμένο διαφανές.



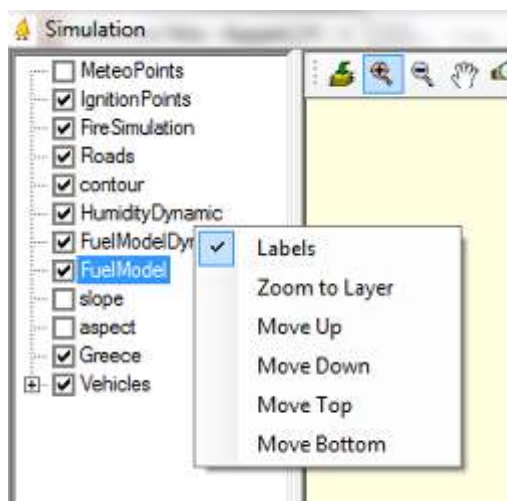
Όταν ο χρήστης επιλέξει την επιλογή Labels στον αναδυόμενο κατάλογο επιλογών, μεταβάλλει αντίστοιχα την εμφάνιση του χάρτη, σε σχέση με τις ετικέτες του συγκεκριμένου διαφανούς.



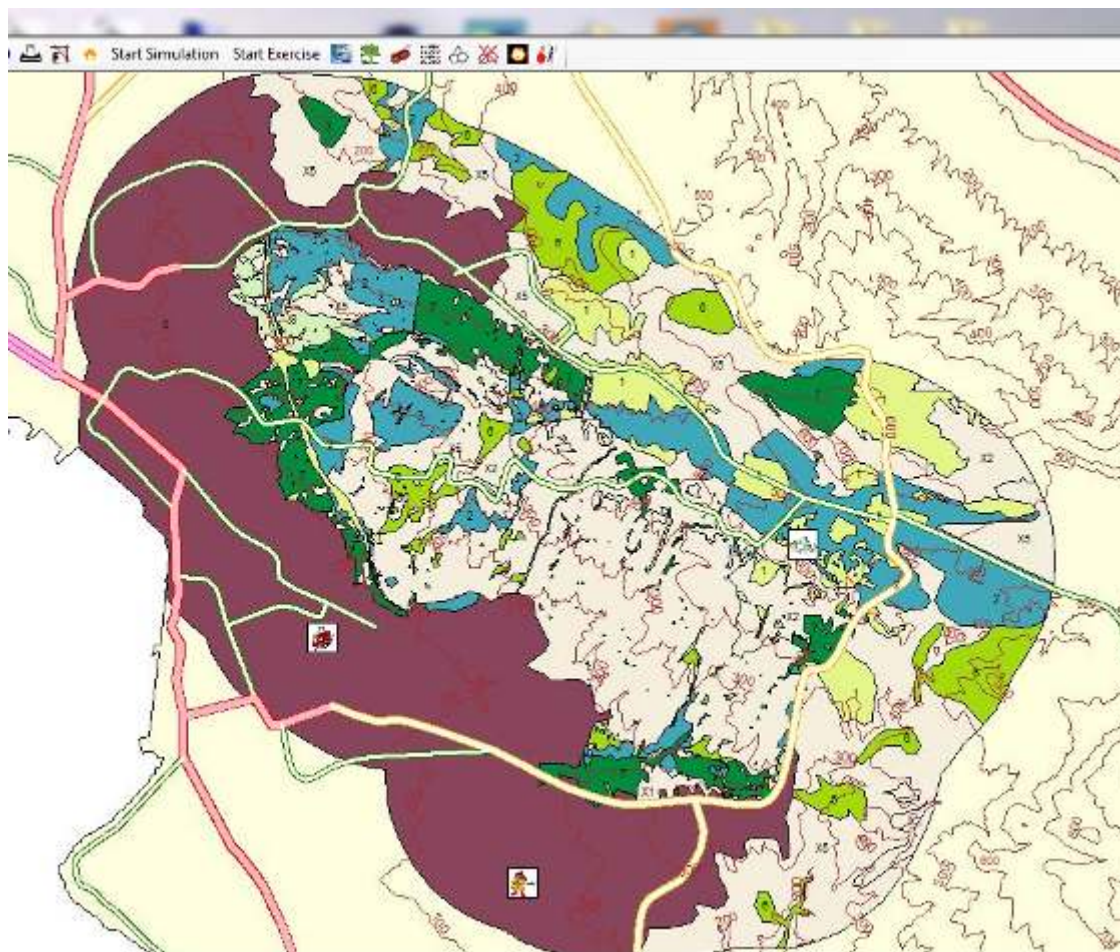
Εικόνα 39 Εμφάνιση - Απόκρυψη Ετικετών Διαφανούς

Π2.1.8 Εστίαση στο Επιλεγμένο Διαφανές

Στην περιοχή διαχείρισης διαφανών του χάρτη, ο χρήστης κάνοντας δεξί κλικ στο ποντίκι, εμφανίζεται η δυνατότητα εστίασης στο επιλεγμένο διαφανές (Zoom to Layer), σε ένα αναδυόμενο κατάλογο επιλογών.



Όταν ο χρήστης επιλέξει το Zoom to Layer στο αναδυόμενο κατάλογο επιλογών (που εμφανίζεται με δεξί κλικ πάνω στην διαχείριση των διαφανών), τότε ο χάρτης εστιάζει στο επιλεγμένο διαφανές, στην περίπτωση του παραδείγματος στο FuelModel.



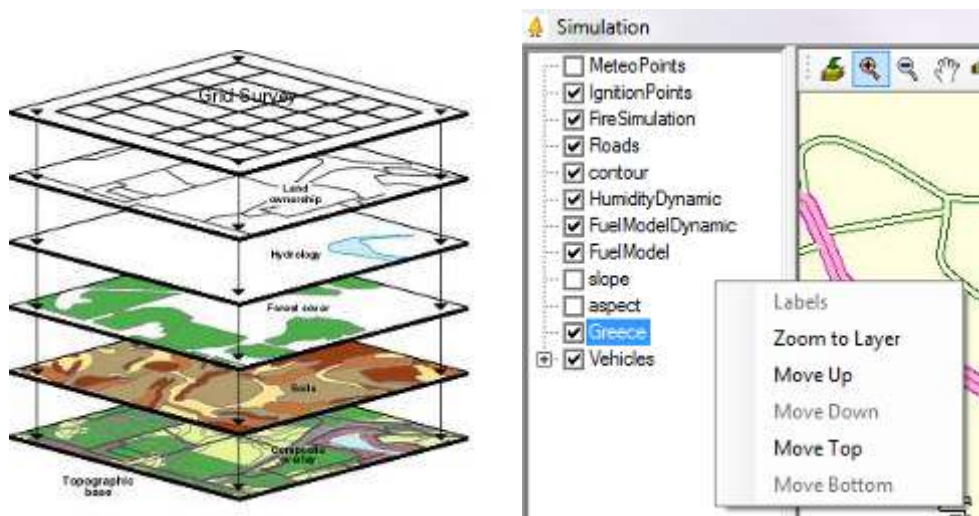
Εικόνα 40 Εστίαση στο Επιλεγμένο Διαφανές

Π2.1.9 Κατακόρυφη Μετακίνηση των Διαφανών πάνω στο Χάρτη

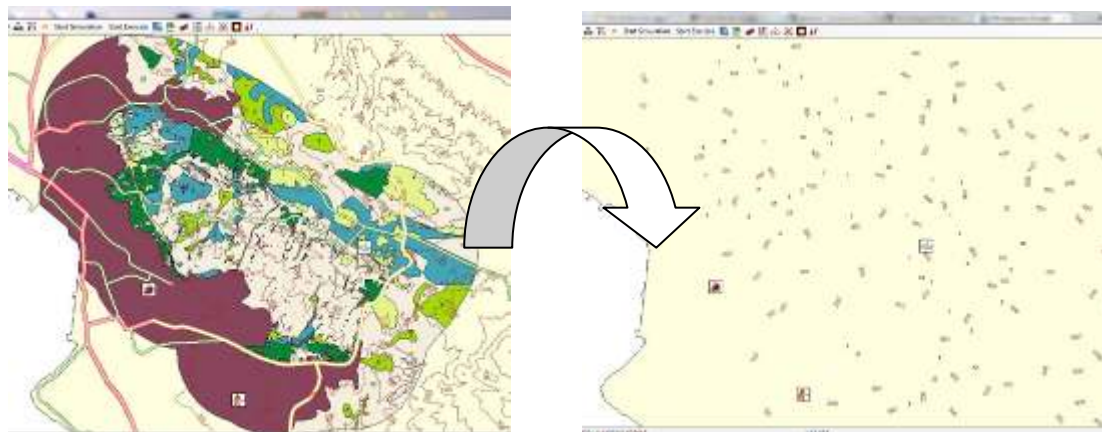
Όπως έχει αναφερθεί αναλυτικότερα, τα διαφανή πάνω στο χάρτη τοποθετούνται με μία συγκεκριμένη σειρά. Στην περιοχή διαχείρισης των διαφανών, στην i-protect fire simulation εφαρμογή, εμφανίζονται τα διαφανή με την κατακόρυφη σειρά που βρίσκονται πάνω στο χάρτη. Κάνοντας δεξί κλικ πάνω σε αυτή την περιοχή ο χρήστης, εμφανίζεται ένας αναδυόμενος κατάλογος επιλογών, που εκτός από τις υπόλοιπες υπάρχουν οι επιλογές:

- Move Up, μετακίνηση του διαφανούς μια θέση προς τα πάνω.
- Move Down, μετακίνηση του διαφανούς μια θέση προς τα κάτω.

- Move Top, μετακίνηση του διαφανούς στην κορυφή της λίστας.
- Move Bottom, μετακίνηση του διαφανούς στον πυθμένα της λίστας.




Όταν ο χρήστης επιλέξει το Move Top, με επιλεγμένο το διαφανές Greece, τότε το πολυγωνικό διαφανές καλύπτει όλα τα υπόλοιπα διαφανή που υπάρχουν στο χάρτη.

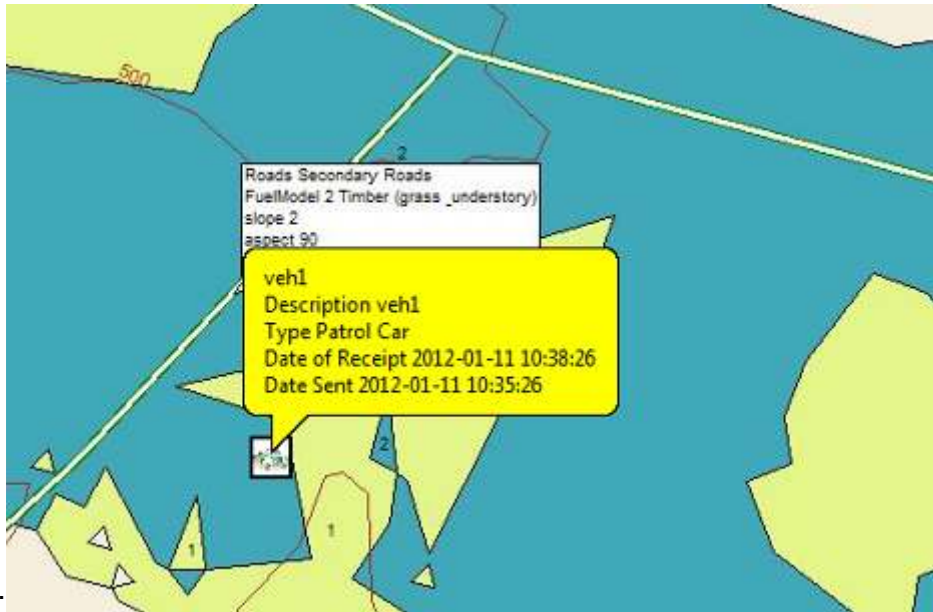


Εικόνα 41 Κατακόρυφη Μετακίνηση των Διαφανών πάνω στο Χάρτη

Π2.1.10 Πληροφορίες (Info)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής Zoom

Out  το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα. Στη συνέχεια, επιλέγει ένα σημείο πάνω στον χάρτη και η εφαρμογή επιστρέφει την πληροφόρηση από τα δεδομένα των διαφανών, που βρίσκονται σε εκείνο το σημείο.




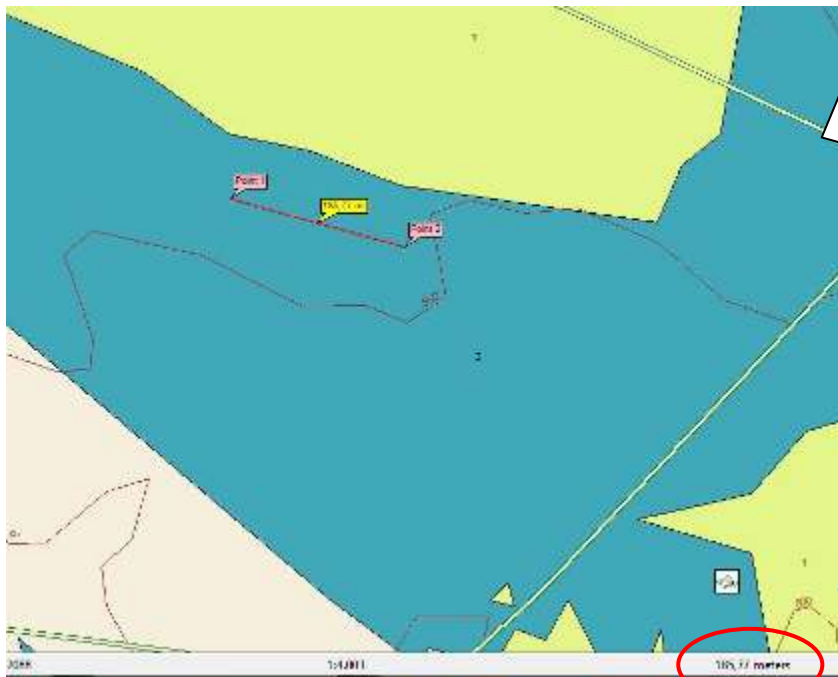
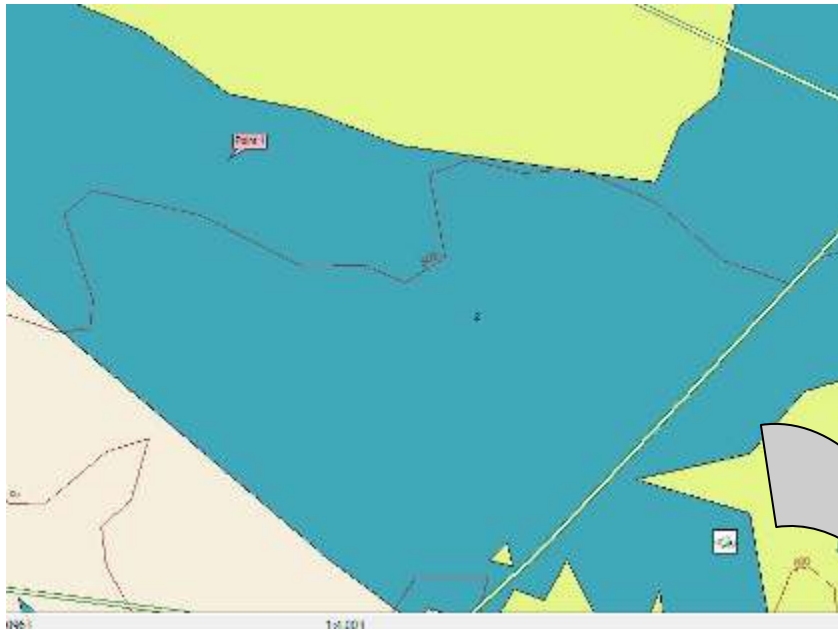
Εικόνα 42 Πληροφορίες

Η πληροφόρηση που έχει κίτρινο πλαίσιο, είναι από τις κινούμενες οντότητες, εικονικές ή όχι, ενώ σε άσπρο πλαίσιο είναι από τα γεωγραφικά δεδομένα, ή τα δεδομένα που προέκυψαν από την προσομοίωση που πιθανόν να προηγήθηκε σε αυτό το σημείο.

Π2.1.11 Μέτρηση Απόστασης (Measure)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής

Distance  το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα. Στη συνέχεια επιλέγει συνεχή σημεία πάνω στον χάρτη και η εφαρμογή εμφανίζει την απόσταση μεταξύ των σημείων, τα οποία συνενώνει με μία διακεκομμένη κόκκινη γραμμή και τη συνολική απόσταση στην περιοχή πληροφόρησης, στο κάτω μέρος του παραθύρου της εφαρμογής.








Εικόνα 43 Μέτρηση Απόστασης

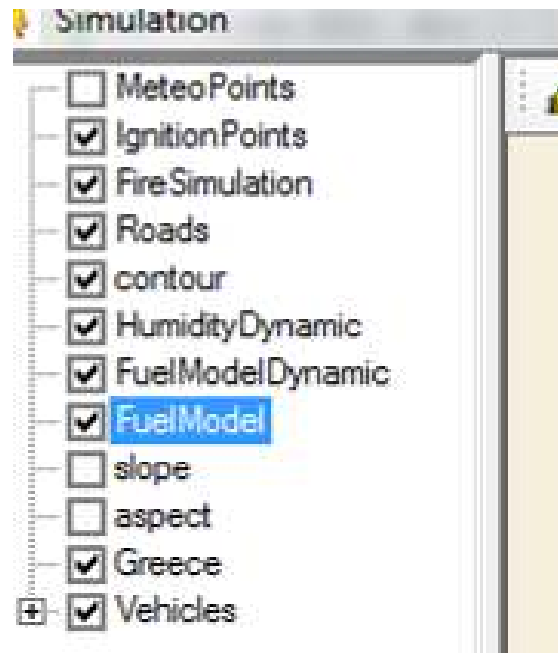
Π2.1.12 Μέτρηση Εμβαδού (Area)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής

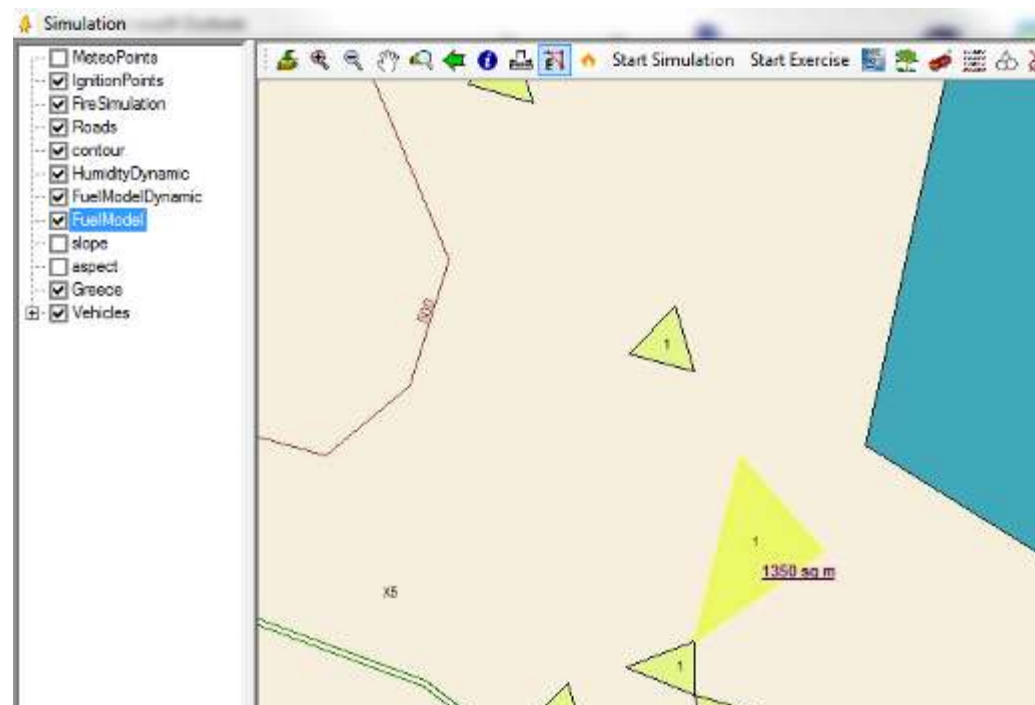


Distance      το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα και από την περιοχή

διαχείριση διαφανών ένα πολυγωνικό διαφανές των σχημάτων, του οποίου θέλει να μετρήσει το εμβαδό.



Ακολούθως ο χρήστης, επιλέγει ένα σημείο πάνω στο χάρτη και η εφαρμογή εμβαδομετρεί το σχήμα που περικλείει αυτό το σημείο, από το διαφανές που είναι επιλεγμένο, αν το περικλείει κάποιο σχήμα.



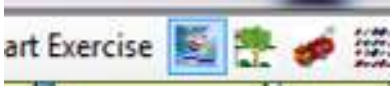
Εικόνα 44 Μέτρηση Εμβαδού

Π2.2 Διαχείριση Προσομοίωσης Πυρκαγιών.

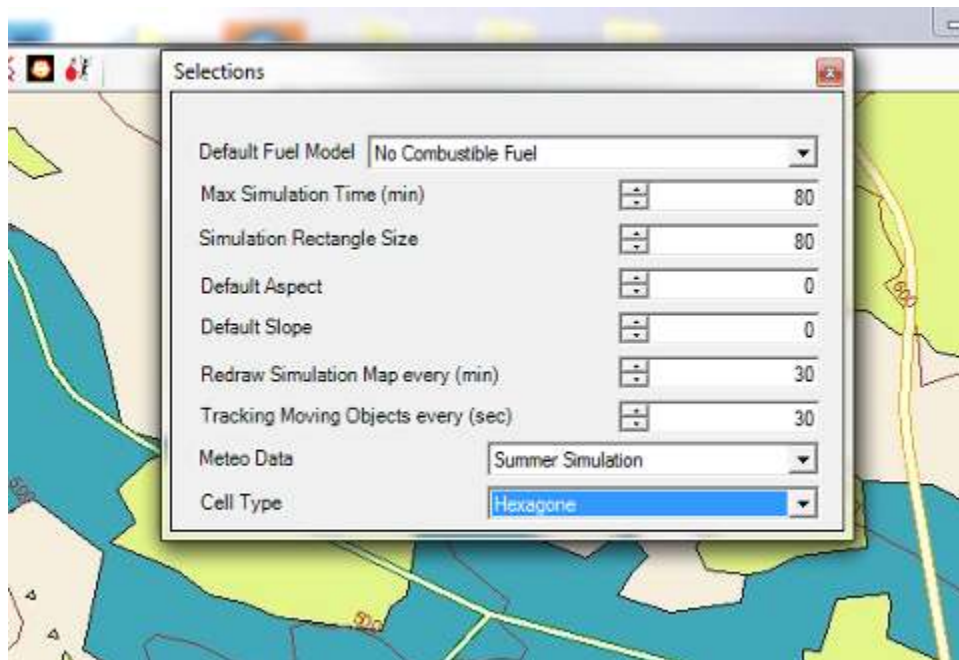
Οι ενέργειες διαχείρισης προσομοίωσης πυρκαγιών, είναι οι ενέργειες του χρήστη στην εφαρμογή, που καθορίζουν και τροποποιούν την προσομοίωση της πυρκαγιάς από τη εφαρμογή.

Π2.2.1 Επιλογές Εφαρμογής (Selection Panel)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί ενέργειας

Selection Panel  και εμφανίζεται μια οθόνη επιλογών, που επηρεάζουν τον τρόπο υπολογισμού της προσομοίωσης από την εφαρμογή. Οι επιλογές στην φόρμα αυτή είναι:.

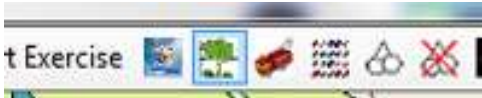
- Default Fuel Model, το μοντέλο που θα χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος προσομοίωσης, αν στο κελί που υπολογίζει δεν υπάρχουν στοιχεία από τα διαφανή των στατικών των δυναμικών μοντέλων καυσίμων.
- Max Simulation Time (min), ο μέγιστος χρόνος προσομοίωσης στην περίπτωση του επιχειρησιακού σχεδιασμού. Μετά από αυτό το χρονικό περιθώριο δεν υπολογίζονται τα κελιά που έχουν αναφλεγεί.
- Simulation Cell Size (meters), το μέγεθος των κελιών σε μέτρα, είτε πρόκειται για τετραγωνικά είτε για εξαγωνικά κελιά.
- Default Aspect, η τιμή που θα χρησιμοποιήσει ο αλγόριθμος προσομοίωσης αν δεν υπάρχουν διαφανή, είτε με τιμές για την γωνία (aspect) είτε με τις ισοϋψείς καμπύλες (contour), από τις οποίες μπορεί να υπολογιστεί η τιμή.
- Default Slope, η τιμή που θα χρησιμοποιήσει ο αλγόριθμος προσομοίωσης, αν δεν υπάρχουν διαφανή, είτε με τιμές για την κλίση (slope), είτε με τις ισοϋψείς καμπύλες (contour), από τις οποίες μπορεί να υπολογιστεί η τιμή.
- Redraw Simulation Map (min), το χρονικό διάστημα προσομοίωσης, σε λεπτά, που μεσολαβεί μεταξύ του επανασχεδιασμού των αναφλεγέντων κελιών
- Tracking Moving Objects (min), το χρονικό διάστημα, σε λεπτά, που μεσολαβεί στον επανασχεδιασμό των κινούμενων οντοτήτων.
- Meteo Data, τα μετεωρολογικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν από τον αλγόριθμο προσομοίωσης, σε περίπτωση έλλειψης στοιχείων, από το πεδίο και από τις μέσες τιμές προηγούμενων μετρήσεων.
- Cell Type, ο τύπος των κελιών προσομοίωσης, αν είναι τετράγωνα ή εξαγωνα.



Εικόνα 45 Επιλογές Εφαρμογής

Π2.2.2 Μοντέλα Καύσιμης Ύλης (Fuel Models)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί ενέργειας Fuel

Models  και εμφανίζεται μια οθόνη που δίνει την δυνατότητα εισαγωγής των δεδομένων, που αναγκαιούν για τον αλγόριθμο προσομοίωσης, όσον αφορά στα μοντέλα καύσιμης ύλης. Οι επιλογές στη φόρμα αυτή είναι:

- Name.
- Description.
- Bed Depth (ft).
- Moisture of Extinction (dl).
- Spread Adjustment Factor (dl)
- High Vegetation
- Particle Name.
- Fuel Load (lbs/ft²).
- Surface Area To Volume Ration (ft²/ft³).
- Heat Of Combustion (btus/lb).
- Total Silica Content (lb/lb).
- Life Type.

Στην ίδια φόρμα, μπορούν να προστεθούν και εικόνες που παρουσιάζουν τη βλάστηση, ώστε να είναι ευκολότερα αναγνωρίσιμη από το χρήστη.

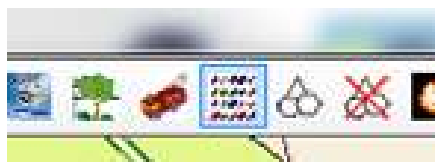
| Name | Description | Bed Depth (ft) | Moisture Of Extinction (d) | Spread Adjustment Factor (d) | High Vegetation |
|------|--------------------------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 0 | No Combustible Fuel | 1 | 0.01 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 1 | Short Grass (1 ft) | 1 | 0.12 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Tall Grass (2.5 ft) | 1 | 0.15 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Tall Grass (2.5 ft) | 2.5 | 0.25 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Chaparral (5 ft) | 6 | 0.2 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Bush (2 ft) | 2 | 0.2 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Domestc Bush & Hardwood Slash | 2.5 | 0.25 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Southern Rough | 2.5 | 0.4 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Closed Timber Litter | 0.2 | 0.3 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Hardwood Litter | 0.2 | 0.25 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Timber Litter (understory) | 1 | 0.25 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 11 | Light Logging Slash | 1 | 0.15 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 12 | Medium Logging Slash | 2.3 | 0.2 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 13 | Heavy Logging Slash | 3 | 0.25 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| X1 | MEDITERRANEAN SHRUBS LESS THAN 1.5 M | 3.351832 | 34 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| X2 | MEDITERRANEAN SHRUBS 1.5 TO 3.0 M | 6.877434 | 34 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| X3 | QUERCUS CROCIFERA LESS THAN 2.0 M | 3.743464 | 34 | 1 | <input type="checkbox"/> |

| Particle Name | Fuel Load (lb/ft ²) | Surface Area To Volume Ratio (ft ² /ft ³) | Density (lb/ft ³) | Heat Of Combustion (Btu/lb) | Total Silioc Content (Btu/lb) | Effective Silioc Content (Btu/lb) | Life Type |
|---------------|---------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| 21 | 0.052 | 3000 | 32 | 8000 | 0.2555 | 0.01 | DEAD |
| 22 | 0.048 | 100 | 32 | 8000 | 0.2555 | 0.01 | DEAD |
| 23 | 0.033 | 30 | 32 | 8000 | 0.2555 | 0.01 | DEAD |
| 24 | 0.033 | 1500 | 32 | 8000 | 0.2555 | 0.01 | HERB |

Εικόνα 46 Μοντέλα Καύσιμης Ύλης

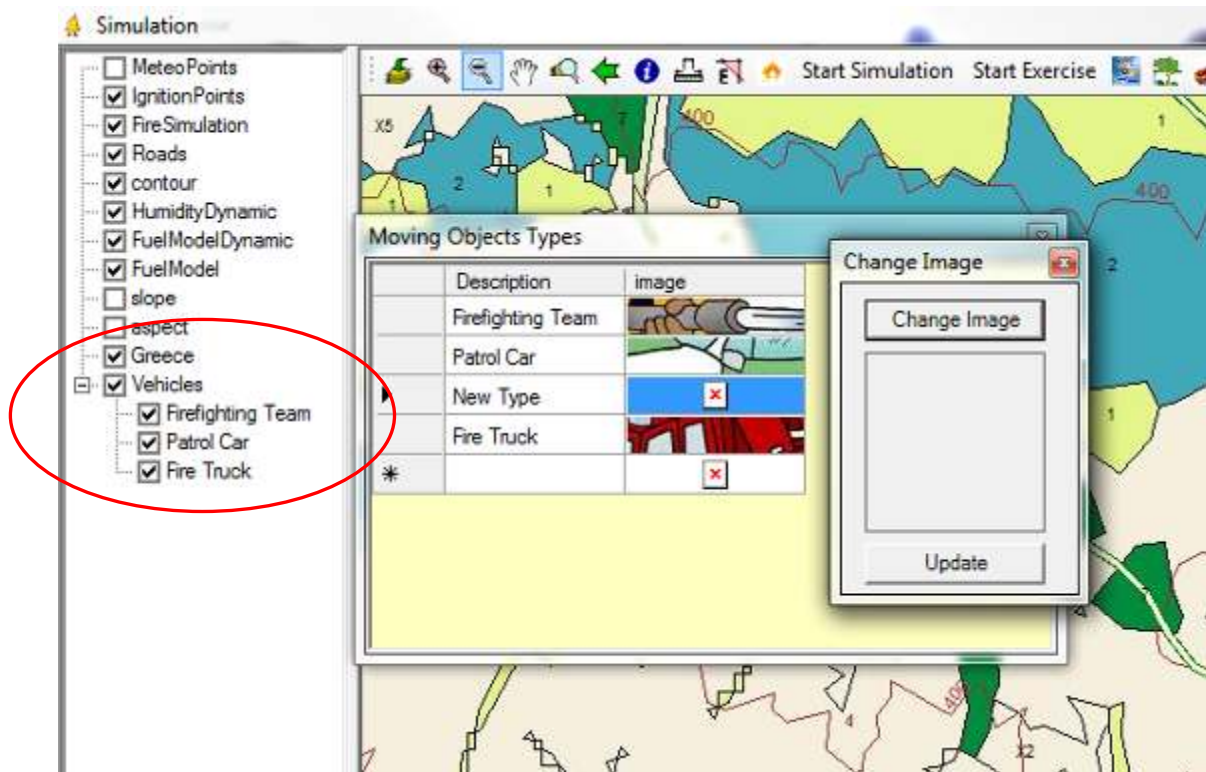
Π2.2.3 Τύποι Κινούμενων Οντοτήτων (Moving Object Types)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί ενέργειας Moving



Object Type και εμφανίζεται μια οθόνη, που δίνει την δυνατότητα εισαγωγής των τύπων (κατηγοριών) των κινούμενων οντοτήτων υπαρκτών ή εικονικών. Η επιλογές στην φόρμα αυτή είναι:

- Description.
- Image.



Εικόνα 47 Τύποι Κινούμενων Οντοτήτων

Η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση, εμφανίζεται και στην περιοχή διαχείρισης των διαφανών, κάτω από αυτό με την ονομασία Vehicles. Η εικόνα που επιλέγεται στο Image, είναι αυτή που εμφανίζεται πάνω στο χάρτη για τις κινούμενες οντότητες που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

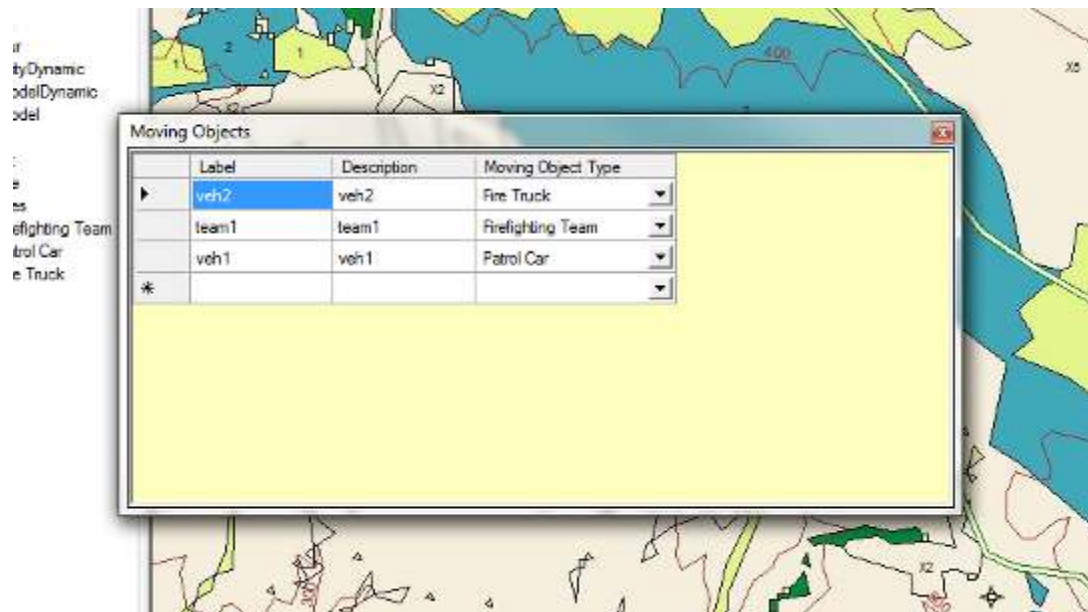
Π2.2.4 Κινούμενες Οντότητες (Moving Objects)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί ενέργειας Moving



Objects Type και εμφανίζεται μια οθόνη, που δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής των κινούμενων οντοτήτων, υπαρκτών ή εικονικών. Οι επιλογές στην φόρμα αυτή είναι:

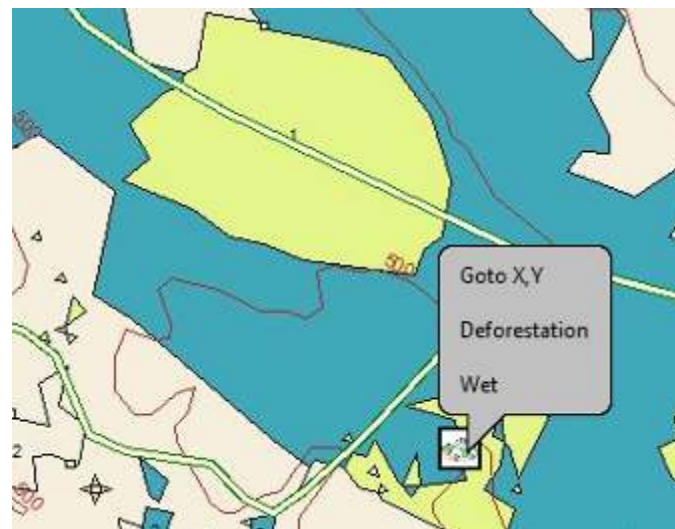
- Label.
- Description.
- Moving Object Type.



Εικόνα 48 Κινούμενες Οντότητες

Π2.2.5 Εντολές Εικονικών Κινούμενων Οντοτήτων

Ο χρήστης κάνοντας δεξί κλικ πάνω σε μία εικονική κινούμενη οντότητα, έχει τη δυνατότητα να επιλέξει:



Εικόνα 49 Εντολές Εικονικών Κινούμενων Οντοτήτων

- Goto X,Y, ώστε κάνοντας στην συνέχεια κλικ σε κάποιο σημείο του χάρτη, η εικονική κινούμενη οντότητα μετακινείται σταδιακά, με ανάλογη ταχύτητα, που προσδιορίζεται κυρίως από την κατηγορία του δρόμου, προς εκείνο το σημείο.
- Deforestation, επιλογή που εμφανίζεται αν η εικονική οντότητα έχει τη δυνατότητα αποψίλωσης σε περιοχή και την επιλέγει ο χρήστης αν

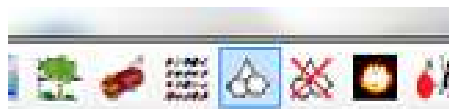
θέλει στο σημείο στάσης, δηλαδή αν δεν βρίσκεται σε κίνηση, θέλει να κάνει αποψίλωση.

- Wet, αντίστοιχα, αν επιθυμεί ο χρήστης στο σημείο στάσης, να καταβρέχει την περιοχή, αν έχει τη συγκεκριμένη δυνατότητα, η εικονική κινούμενη οντότητα.

Π2.2.6 Εισαγωγή Δυναμικών Περιοχών Μοντέλων Καύσιμης Ύλης ή Υγρασίας (Insert Fuel Model or Humidity Territory)

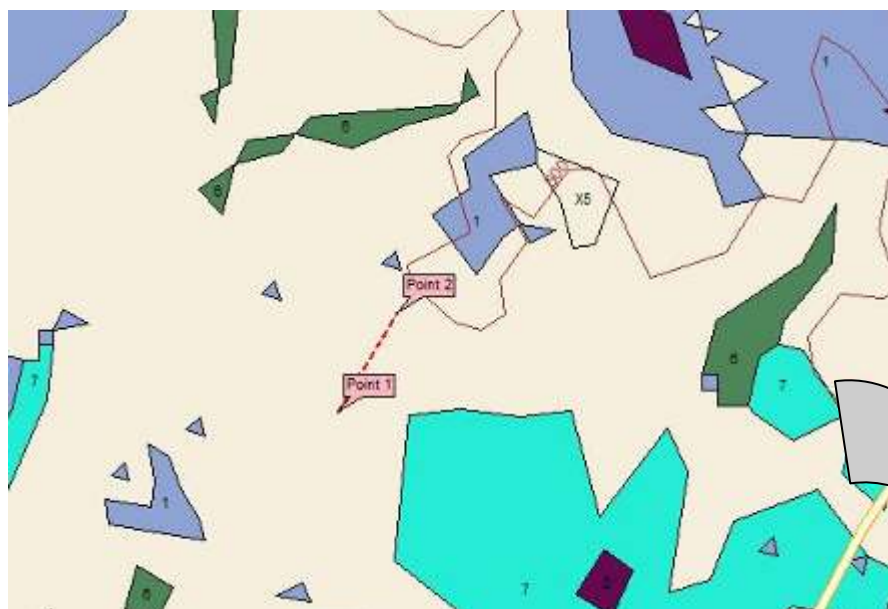
Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής Insert

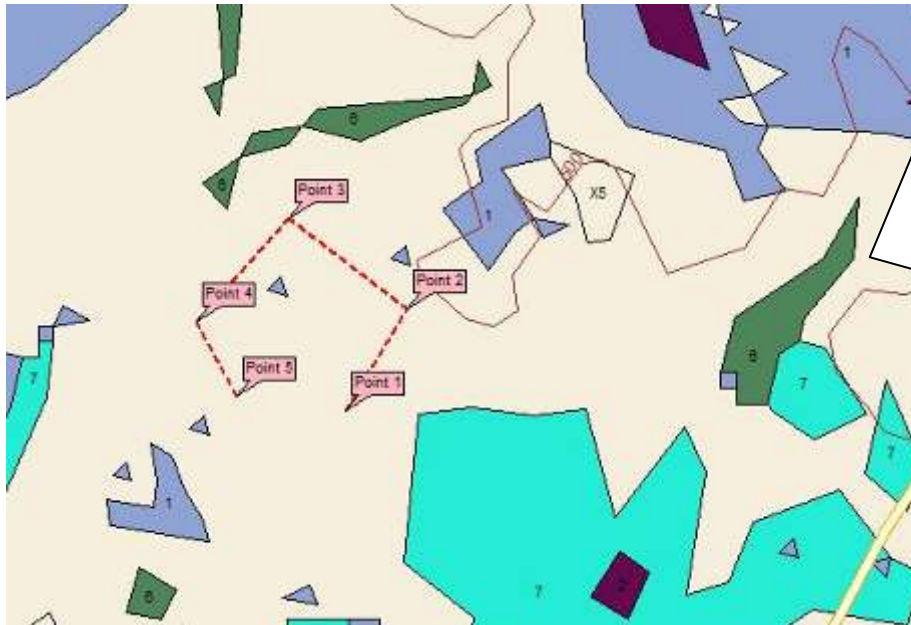
Fuel Model or Humidity Territory



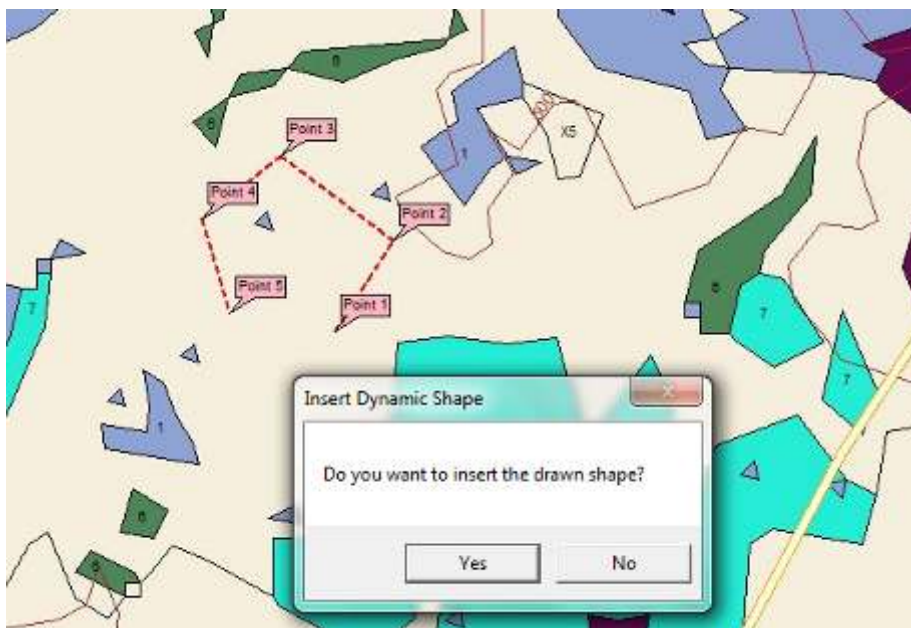
το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα.

Ακολούθως, ο χρήστης επιλέγει συνεχόμενα σημεία πάνω στο χάρτη, με τα οποία οριοθετεί ένα πολυγωνικό σχήμα. Το τελευταίο σημείο του σχήματος, που σχεδιάζει ο χρήστης, πρέπει να βρίσκεται "πολύ κοντά" με το πρώτο σημείο του σχήματος, ώστε να ολοκληρωθεί η διαδικασία. Τα σημεία που σχεδιάζει ο χρήστης, συνενώνονται με μια κόκκινη διακεκομμένη γραμμή που βοηθά στο σχεδιασμό του.



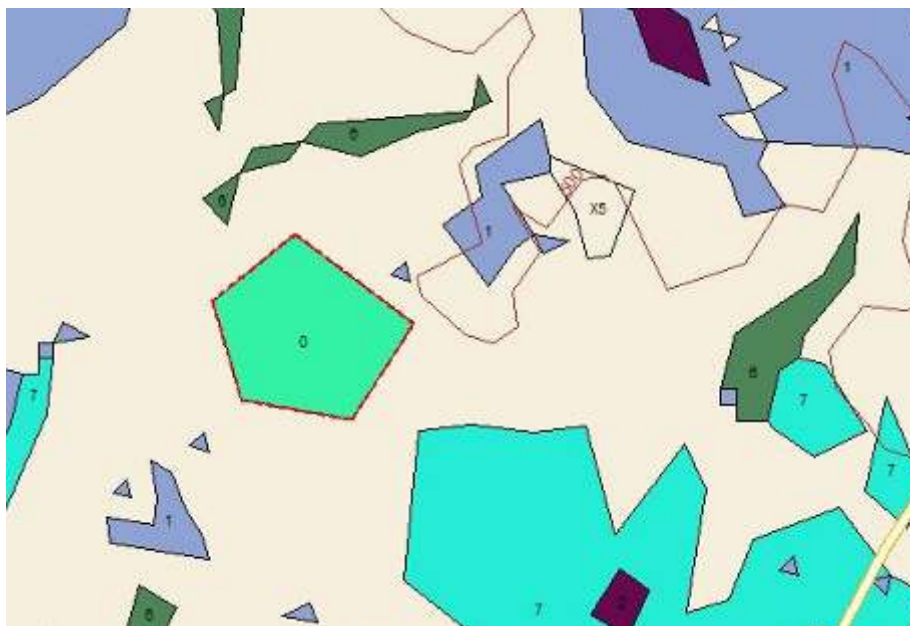
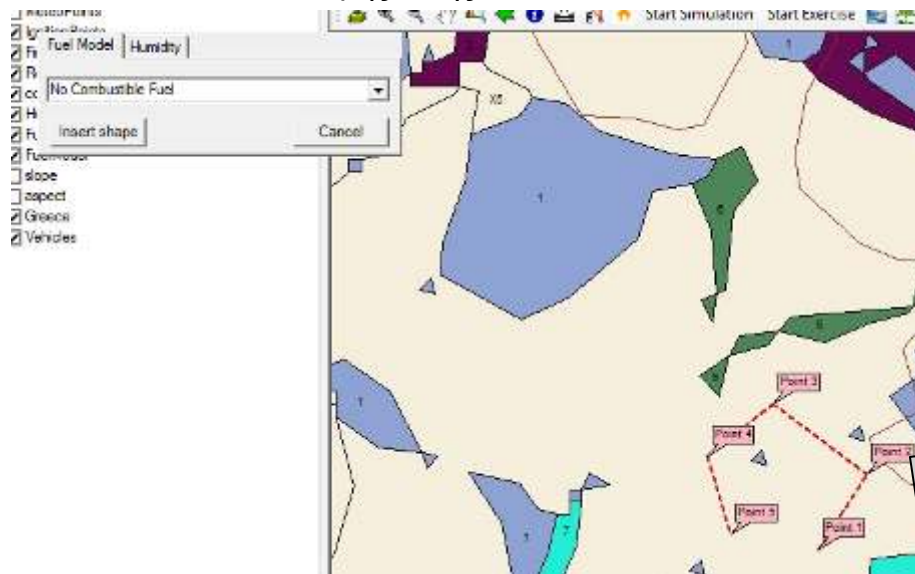


Μετά από την ολοκλήρωση του σχήματος ο χρήστης επιβεβαιώνει την εισαγωγή του νέου δυναμικού σχήματος.



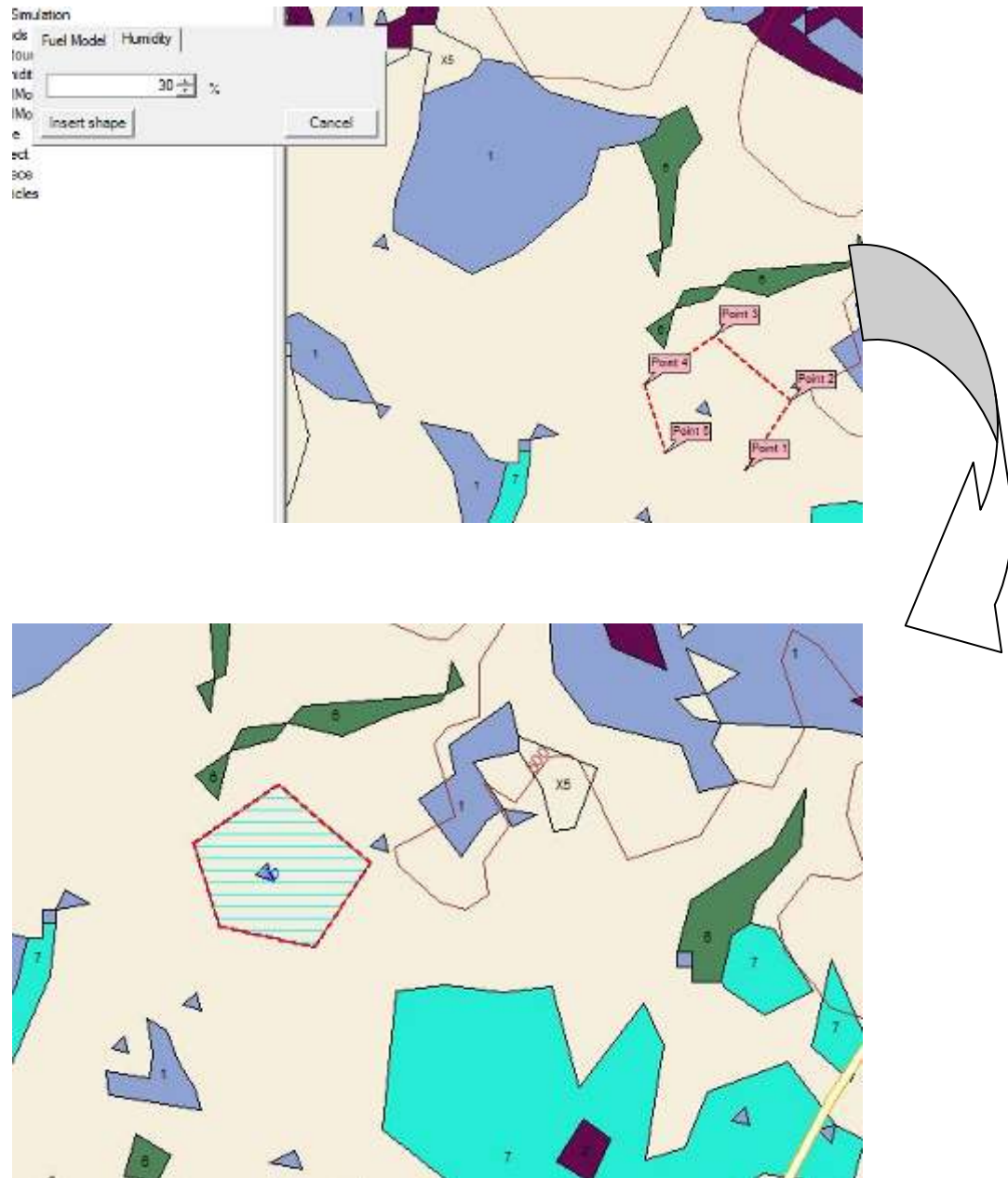
Και στη συνέχεια καθορίζει αν πρόκειται για δυναμικό σχήμα:

- Μοντέλου Καύσιμης Ύλης



Εικόνα 50 Εισαγωγή Δυναμικών Περιοχών Μοντέλων Καύσιμης Ύλης

- Υγρασίας




Εικόνα 51 Εισαγωγή Δυναμικών Περιοχών Υγρασίας

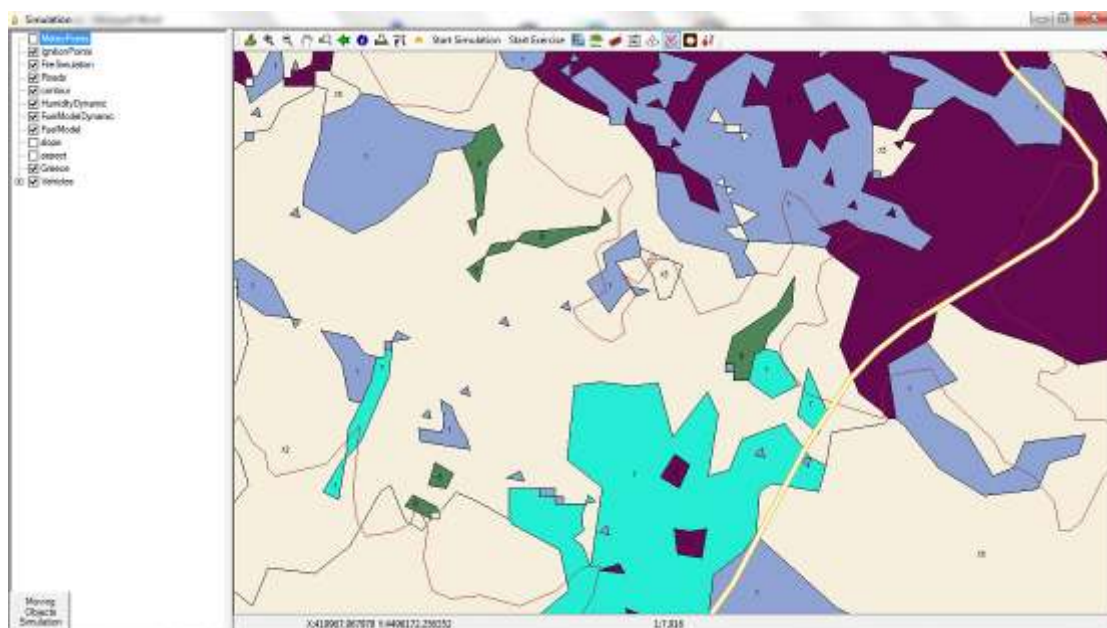
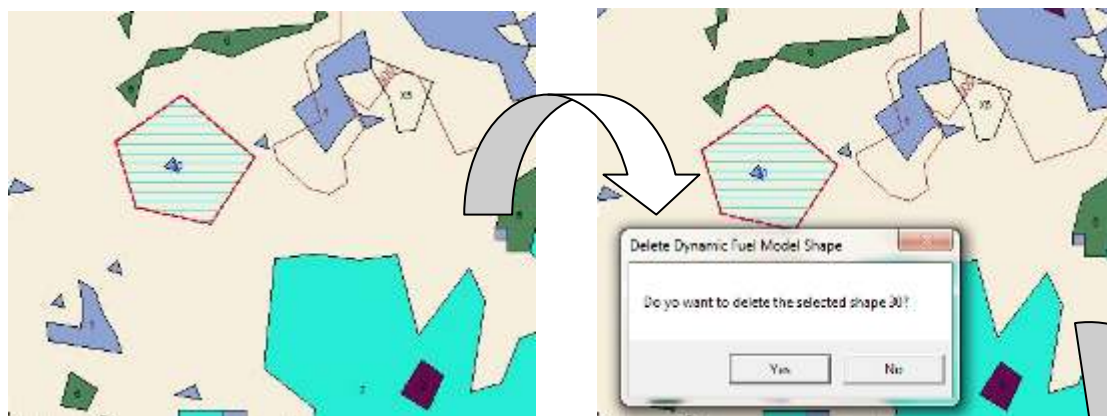
Σε κάθε περίπτωση, αυτά τα σχήματα, επηρεάζουν πρωτίστως τον αλγόριθμο προσομοίωσης, καθώς όταν υπάρχουν, ο αλγόριθμος αγνοεί στατικές πληροφορίες που υπερκαλύπτονται από τις δυναμικές.

Π2.2.7 Διαγραφή Δυναμικών Περιοχών Μοντέλων Καύσιμης Ύλης ή Υγρασίας (Delete Fuel Model or Humidity Territory)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής

Distance  το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα.

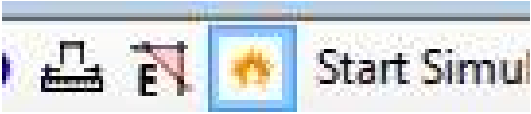
Ο χρήστης στη συνέχεια, κάνει κλικ (επιλέγει) το δυναμικό σχήμα που θέλει να διαγραφεί, είτε αυτό είναι σχήμα μοντέλου καύσιμης ύλης, είτε υγρασίας. Αφού επιβεβαιώσει τη διαγραφή, το σχήμα απομακρύνεται από τη βάση δεδομένων και από το χάρτη.



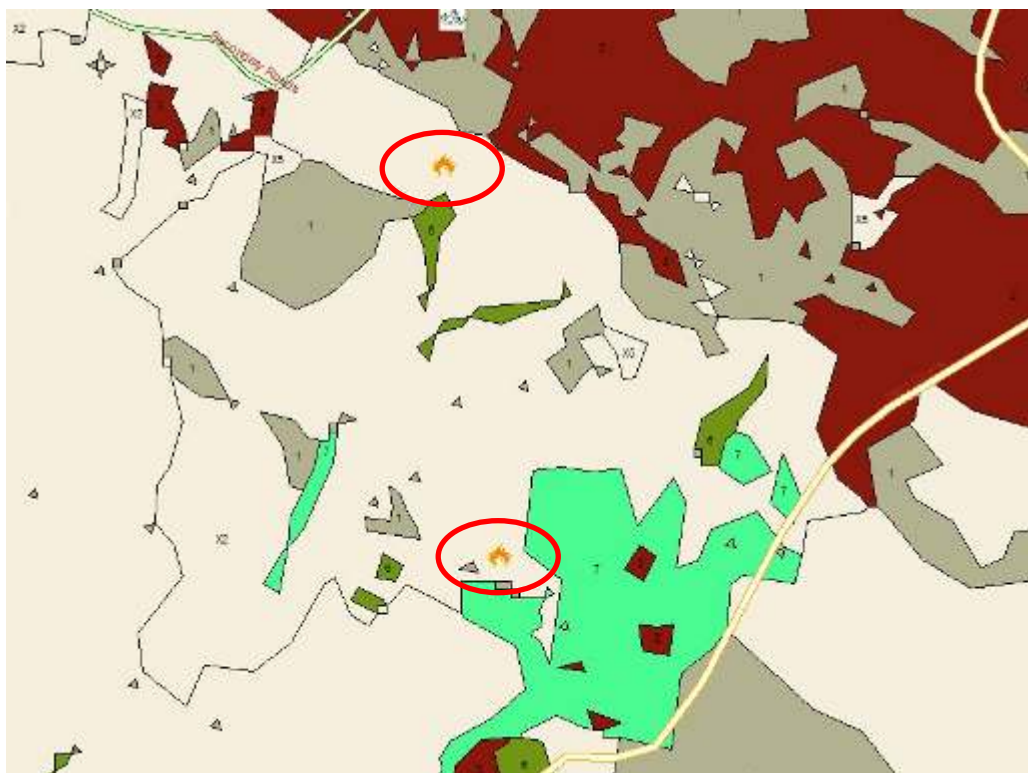
Εικόνα 52 Διαγραφή Δυναμικών Περιοχών Μοντέλων Καύσιμης Ύλης ή Υγρασίας

Π2.2.8 Εισαγωγή Σημείων Ανάφλεξης (*Ignition Points*)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής

Ignition Points  το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα.

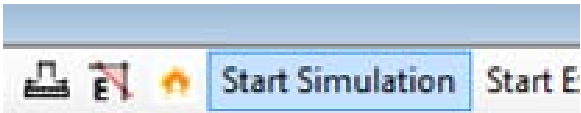
Ακολούθως ο χρήστης, επιλέγει πάνω στο χάρτη τα σημεία στα οποία έχει εντοπισθεί η έναρξη μια πραγματικής, ή εικονικής πυρκαγιάς, ώστε στη συνέχεια να εκτελεστεί ο αλγόριθμος που θα προσομοιώσει την πυρκαγιά.



Εικόνα 53 Εισαγωγή Σημείων Ανάφλεξης

Π2.2.9 Έναρξη Προσομοίωσης (*Start Simulation*) (Επιχειρησιακή Προσομοίωση *Operational Simulation*)

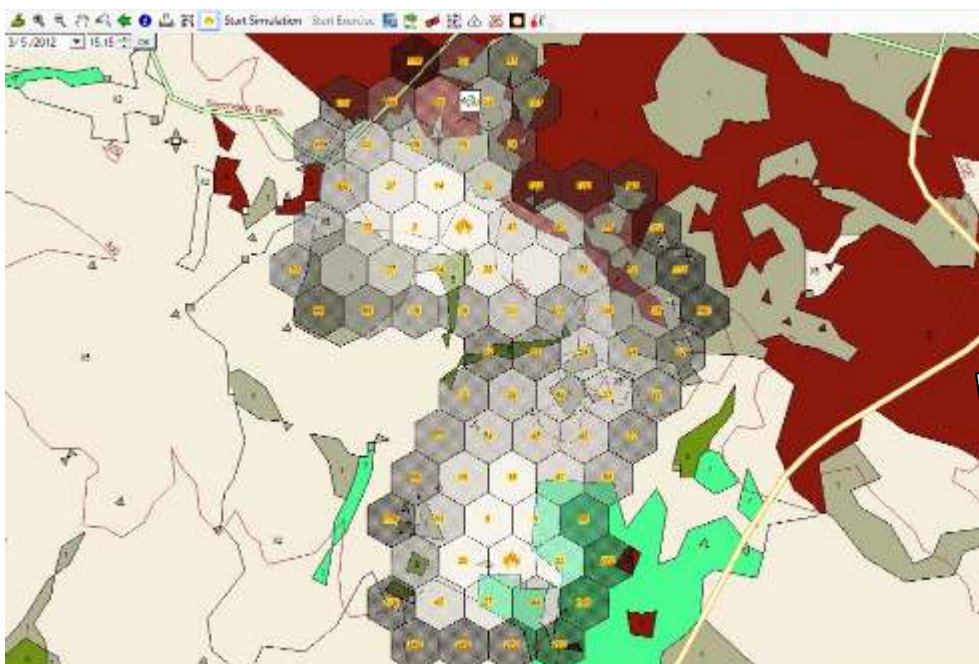
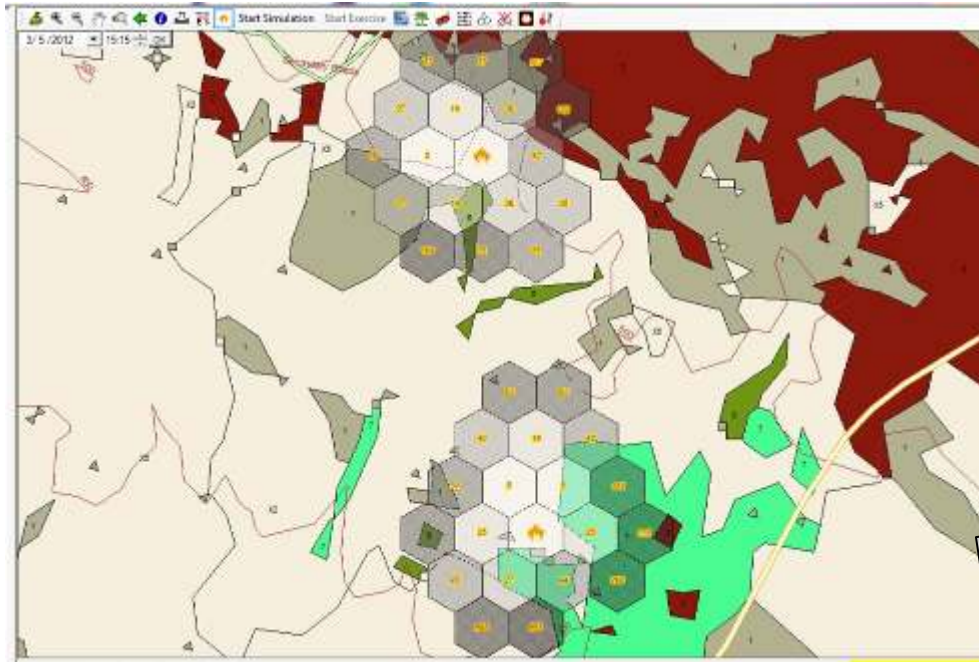
Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί *Start Simulation*

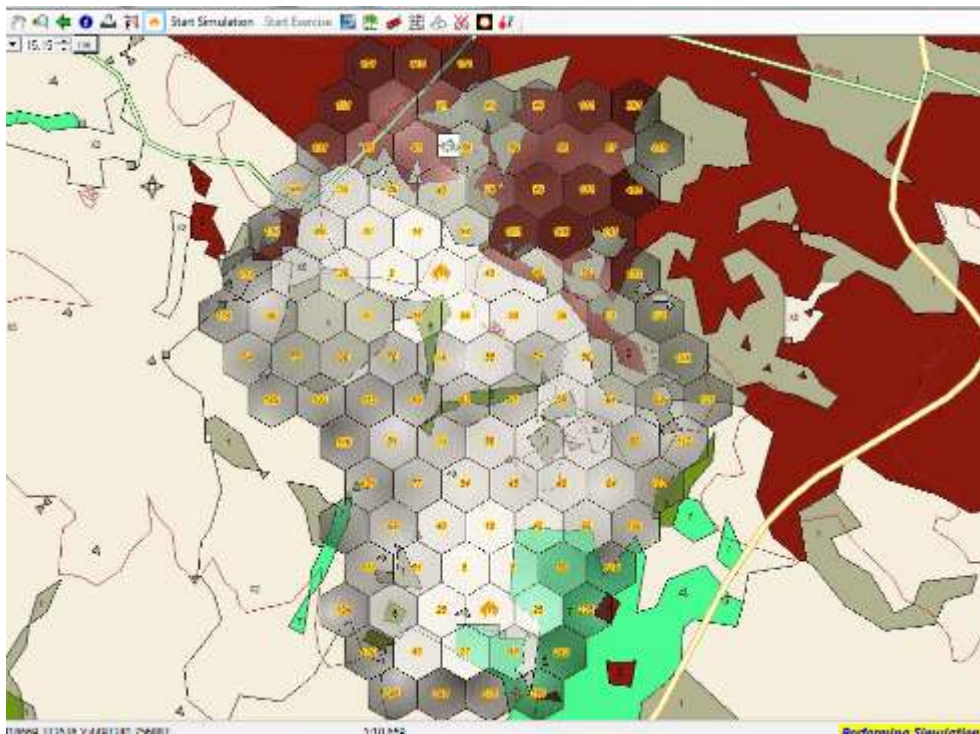
 . Στην πάνω αριστερή γωνία του χάρτη, εμφανίζεται η τρέχουσα ημερομηνία και η ώρα, την οποία ο χρήστης μπορεί να αλλάξει στην επιθυμητή ημερομηνία και ώρα



. Ο χρήστης πατώντας το κουμπί "OK", δίπλα από την ημερομηνία, ενεργοποιεί τη λειτουργία της προσομοίωσης. Η εξέλιξη της πυρκαγιάς μπορεί να απεικονιστεί με:

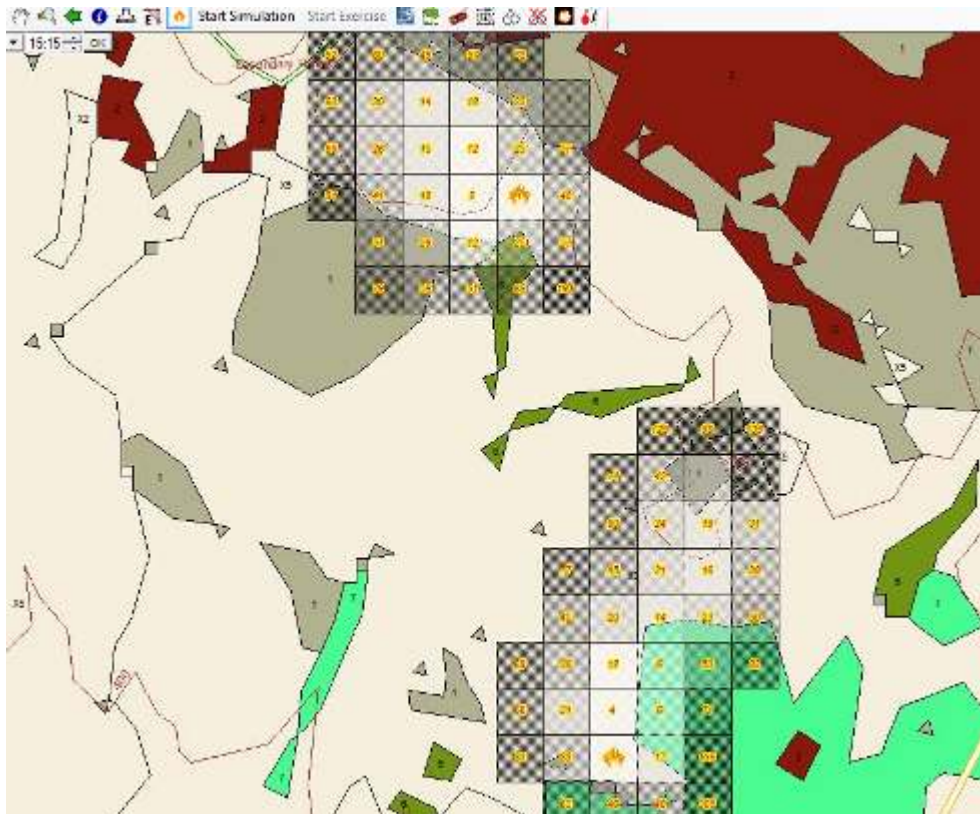
- Εξαγωνικά κελιά

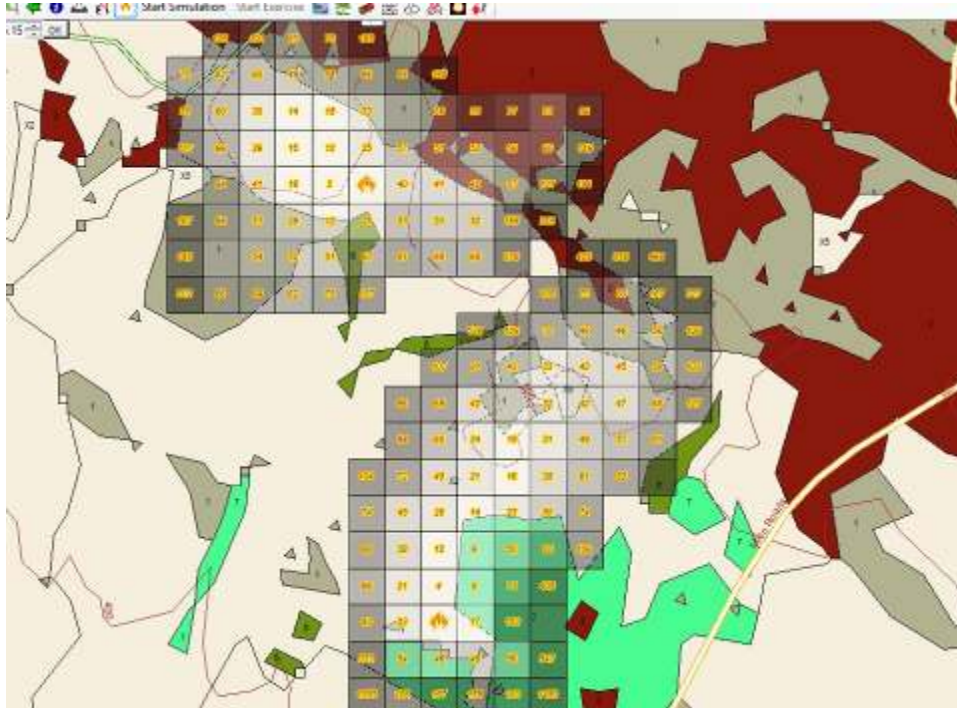




Εικόνα 54 Επιχειρησιακή Προσομοίωση (εξαγωνικά κελιά)

- Τετραγωνικά κελιά



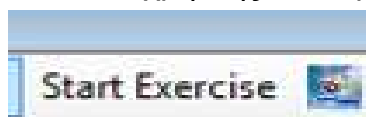


Εικόνα 55 Επιχειρησιακή Προσομοίωση (τετραγωνικά κελιά)

Ανάλογα με την επιλογή του χρήστη. Στο κέντρο κάθε κελιού τετραγωνικού ή εξαγωνικού, αναγράφεται ο χρόνος ανάφλεξης του.

Π2.2.10 Έναρξη Προσομοίωσης (Start Exercise) (Προσομοίωση Σχεδιασμού Planning Simulation)

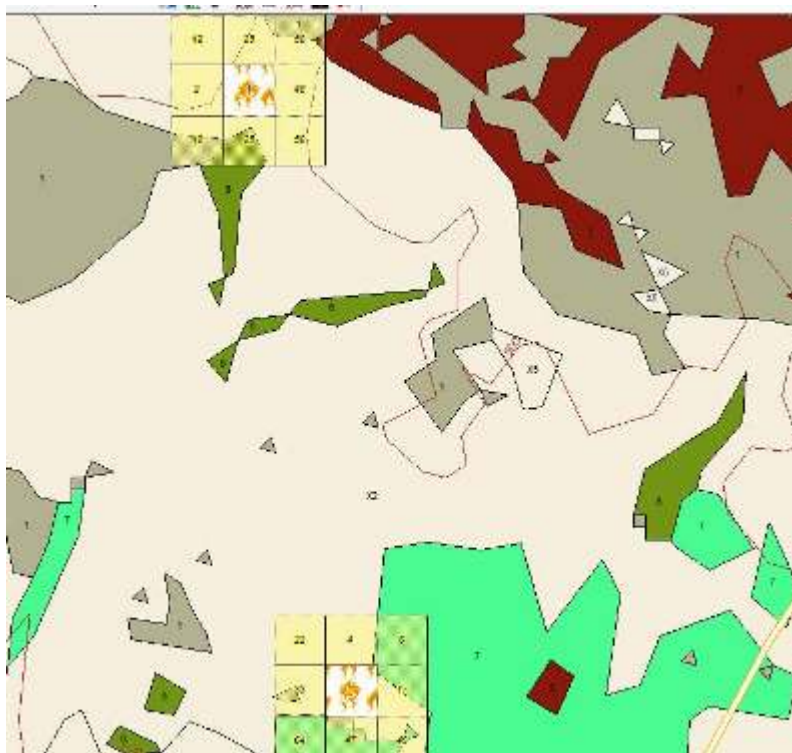
Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί Start Exercise



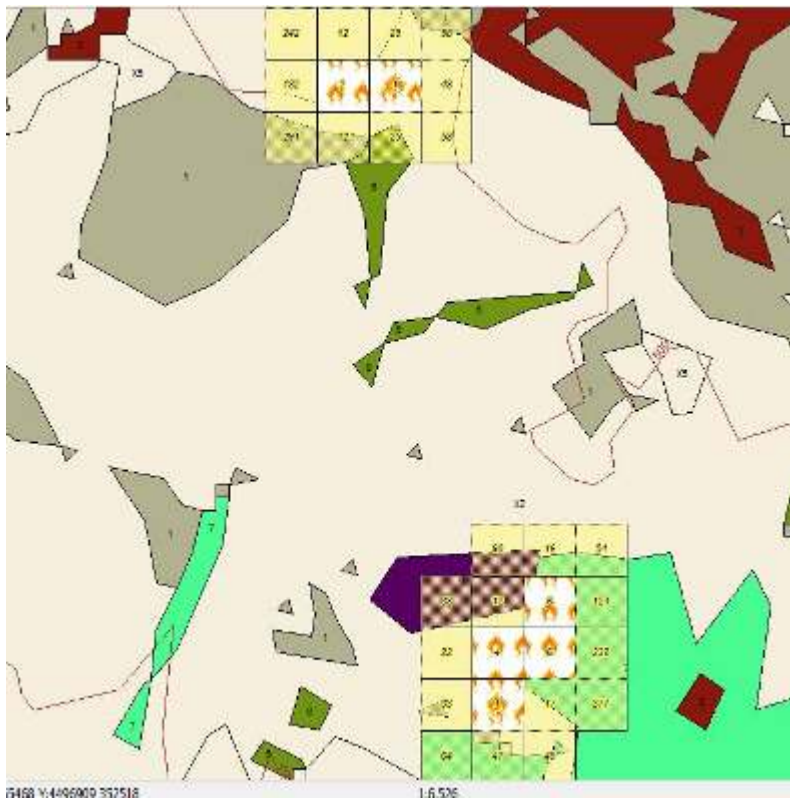
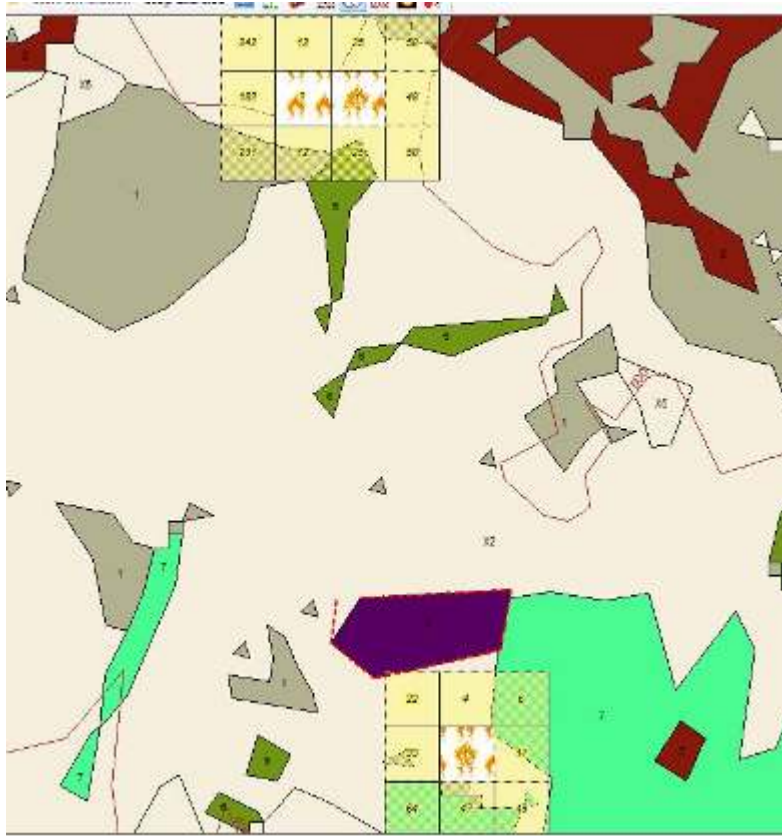
και αυτόματα ξεκινάει ο αλγόριθμος, που όμως δεν εκτελεί άμεσα όλα τα βήματα του, αλλά ανάλογα με το χρόνο ανάφλεξης του κάθε κελιού σε πραγματικό χρόνο. Στο μενού εμφανίζεται αυτόματα το κουμπί



Stop Exercise με το οποίο ο χρήστης σταματά την προσομοίωση.



Κατά την διάρκεια της προσομοίωσης, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί την πλατφόρμα και να εκτελεί άλλες διεργασίες. Στο παράδειγμά αυτό, έχει δημιουργήσει μια αντιπυρική ζώνη, ένα σχήμα δηλαδή χωρίς καύσιμη ύλη.



Εικόνα 56 Προσομίωση Σχεδιασμού

Π2.2.11 Αποθήκευση Προσομοιώσεων - Χαρτών Επικινδυνότητας (Save Layer)

Ο χρήστης επιλέγει από την περιοχή διαχείρισης των διαφανών, το διαφανές Fire Simulation και κάνοντας δεξί κλικ στην ίδια περιοχή, χρησιμοποιεί την επιλογή Save Layer, που εμφανίζεται μόνο σε αυτό το διαφανές.



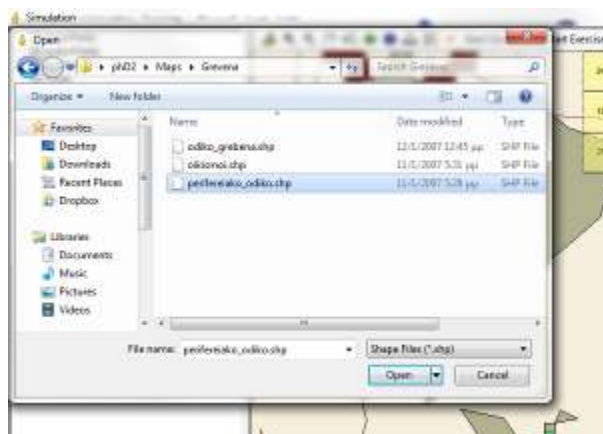
Εικόνα 57 Αποθήκευση Προσομοιώσεων - Χαρτών Επικινδυνότητας

Π2.2.12 Εισαγωγή Διαφανών (Add Layer)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη το κουμπί ενέργειας Add

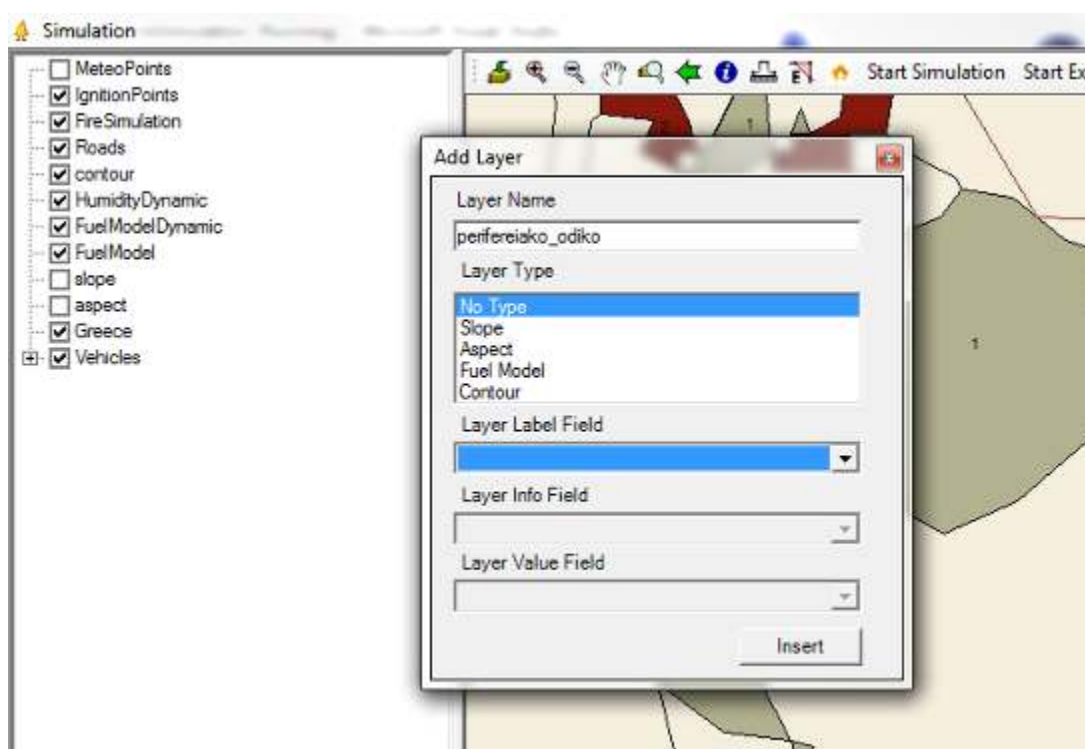


Layer. Ακολούθως ο χρήστης επιλέγει το διαφανές που θέλει να εισαγάγει πάνω στο χάρτη.



Με την επιλογή του διαφανούς εισάγει πληροφορίες σχετικά με:

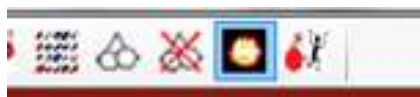
- την ονομασία του.
- τον τύπο του, αν έχει δηλαδή πληροφορίες σχετικά με την καύσιμη ύλη, τις ισοϋψείς, την κλίση στην περιοχή που καλύπτει.
- το ποιο πεδίο του αρχείου διαφανούς θα χρησιμοποιηθεί ως ετικέτα.
- το ποιο πεδίο του αρχείου διαφανούς θα χρησιμοποιηθεί ως πεδίο εμφάνισης στις πληροφορίες
- το ποιο πεδίου του αρχείου διαφανούς που περιέχει τις τιμές που θα χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς του αλγορίθμου.



Εικόνα 58 Εισαγωγή Διαφανών

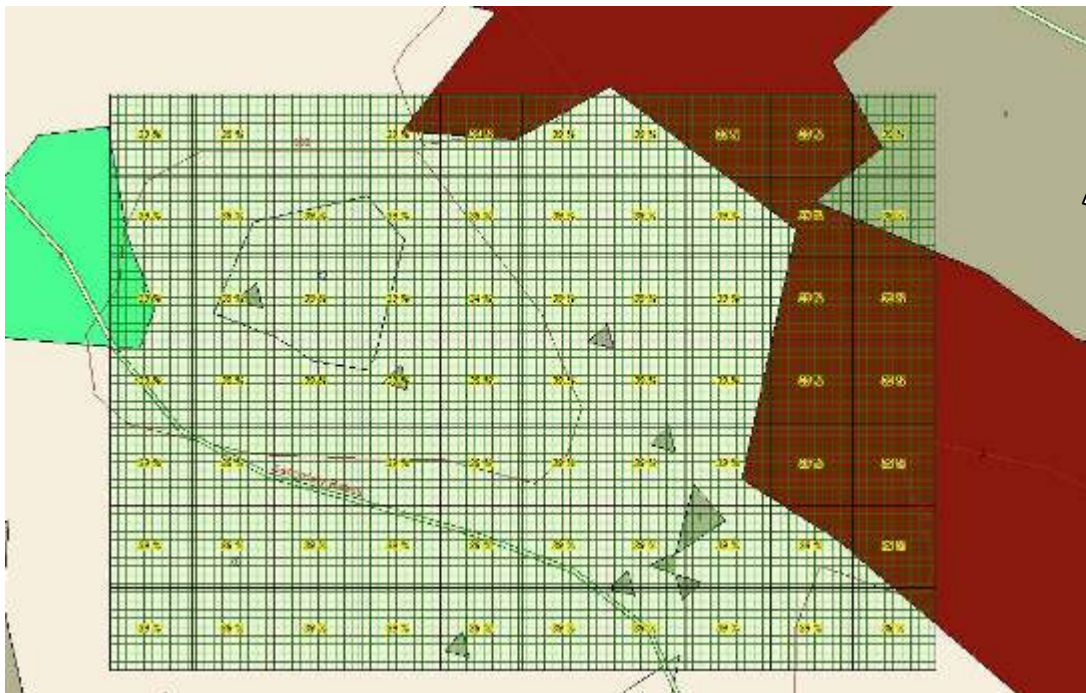
Π2.2.13 Χάρτης Επικινδυνότητας (Probability of Ignition)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής



Probability of Ignition το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα.


Ακολούθως ο χρήστης, επιλέγει πάνω στο χάρτη ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο και η εφαρμογή επιστρέφει την πιθανότητα ανάφλεξης .



Εικόνα 59 Χάρτης Επικινδυνότητας

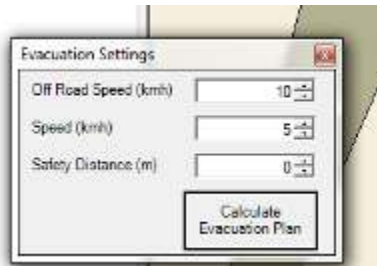
Π2.2.14 Σχέδιο Εκκένωσης (Evacuation Plan)

Ο χρήστης επιλέγει από την εργαλειοθήκη, το κουμπί εναλλαγής Evacuation

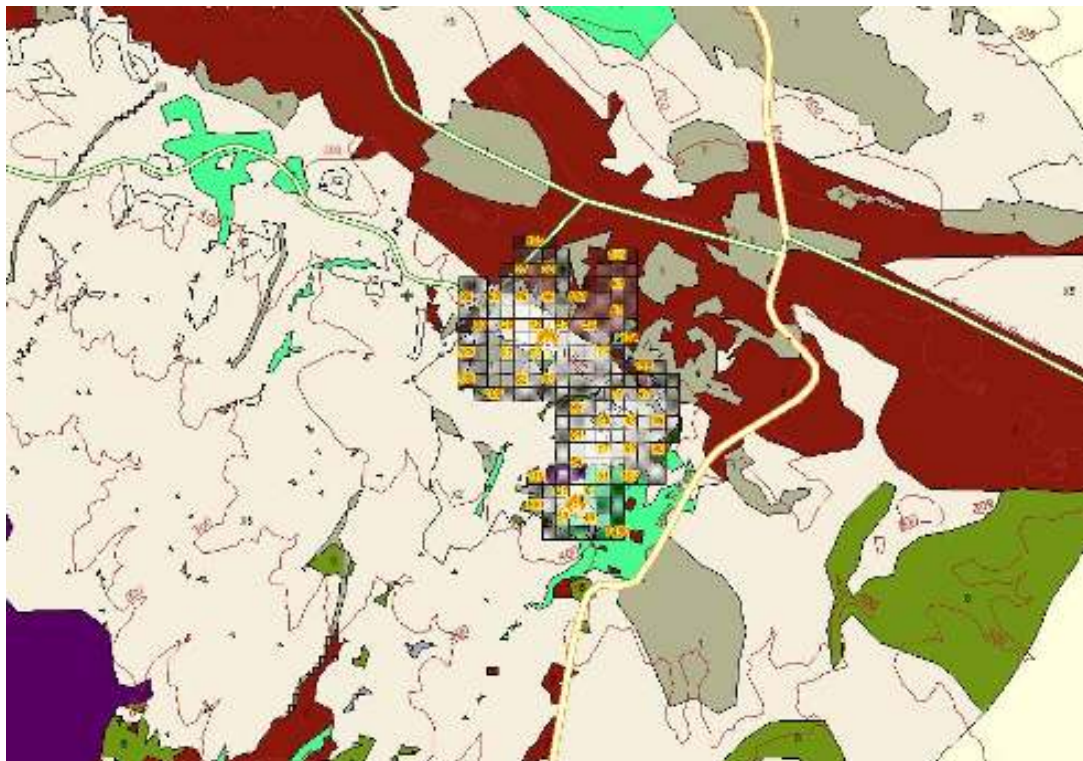
Plan  το οποίο επιλέγεται χαρακτηριστικά με ένα περίγραμμα, όπως στην προηγούμενη εικόνα.

Στη συνέχεια ο χρήστης στην φόρμα που εμφανίζεται με τίτλο Evacuation Setting επιλέγει:

- την ταχύτητα κίνησης εκτός οδικού δικτύου, ,
- τη μέση ταχύτητα εντός δικτύου,
- την απόσταση ασφαλείας που επιθυμεί ο χρήστης από την πυρκαγιά.



Τέλος, επιλέγει το σημείο έναρξης της κίνησης και το σημείο προορισμού και η εφαρμογή επιστρέφει το βέλτιστο δρομολόγιο κίνησης.



Εικόνα 60 Σχέδιο Εκκένωσης

"Now this is not the end. It is not even the beginning of the end. But it is, perhaps, the end of the beginning"
Sir Winston Churchill.