



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Διπλωματική Εργασία

Smart Cities & Περιβάλλον: Διαδραστικός χάρτης αναφορών
προβλημάτων βιοποικιλότητας

Ιωάννης Γούσιος

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αικατερίνη Καμπάση

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («Ιωάννη Γούσιου») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Smart Cities & Περιβάλλον: Διαδραστικός χάρτης αναφορών
προβλημάτων βιοποικιλότητας

Ιωάννης Γούσιος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αικατερίνη Καμπάση

Καθηγήτρια του Τμήματος Περιβάλλοντος
και μέλος του Συμβουλίου Διοίκησης του
Ιόνιου Πανεπιστημίου

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Νικόλαος Σηφάκης

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές και την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη διαρκή στήριξη, την υπομονή και την ενθάρρυνση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον πατέρα μου, ο οποίος, παρότι δεν είχε σχέση με την τεχνολογία, αναγνώρισε από νωρίς την αγάπη μου για αυτήν και φρόντισε, με όσα μέσα διέθετε, να με βοηθήσει να την καλλιεργήσω.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τη σύζυγό μου, Μαρία, της οποίας η πίστη σε εμένα, η αμέριστη συμπαράσταση και η καθοριστική συμβολή της με βοήθησαν να κάνω τα πρώτα μου βήματα στον χώρο της Πληροφορικής. Χάρη και στη δική της ενθάρρυνση, ακολουθώ σήμερα ένα επάγγελμα που εκφράζει απόλυτα την προσωπικότητά μου και αποτελεί πηγή δημιουργίας και εξέλιξης.

Τέλος, τις πιο ιδιαίτερες ευχαριστίες τις οφείλω στην κόρη μου. Απλώς και μόνο η ύπαρξή της στη ζωή μου έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο βλέπω τον κόσμο, δίνοντας νέο νόημα, αισιοδοξία και χρώμα στην καθημερινότητά μου. Αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή δύναμης και έμπνευσης σε κάθε μου προσπάθεια.

Τέλος, ευχαριστώ όλους όσοι συνέβαλαν, άμεσα ή έμμεσα, στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Περίληψη

Η προστασία της βιοποικιλότητας και η αποτελεσματική διαχείριση περιβαλλοντικών περιστατικών αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για τις σύγχρονες έξυπνες πόλεις (Smart Cities). Η αξιοποίηση τεχνολογιών πληροφορικής και γεωχωρικών συστημάτων μπορεί να συμβάλει στην έγκαιρη καταγραφή και αξιολόγηση τέτοιων περιστατικών, ενισχύοντας παράλληλα τη συμμετοχή των πολιτών και υποστηρίζοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων από τους αρμόδιους φορείς.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός διαδικτυακού πληροφοριακού συστήματος για την καταγραφή, αξιολόγηση και διαχείριση αναφορών που σχετίζονται με τη βιοποικιλότητα. Οι πολίτες μπορούν να καταχωρούν περιβαλλοντικά περιστατικά, προσδιορίζοντας την κατηγορία, την περιγραφή και τη γεωγραφική τους θέση και επισυνάπτοντας προαιρετικά φωτογραφικό υλικό. Οι αναφορές απεικονίζονται σε διαδραστικό χάρτη, ενώ το σύστημα υποστηρίζει τον εντοπισμό κοντινών περιστατικών και τη γεωγραφική απεικόνιση της συγκέντρωσής τους.

Βασικό χαρακτηριστικό της εφαρμογής αποτελεί η αυτοματοποιημένη αξιολόγηση και προτεραιοποίηση των αναφορών. Τα κριτήρια αξιολόγησης υπολογίζονται αυτόματα και αξιοποιούνται σε μια διαδικασία πολυκριτήριας ανάλυσης, στην οποία η μέθοδος Analytic Hierarchy Process (AHP) χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων και η Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) για τον υπολογισμό της προτεραιότητας και την κατάταξη των περιστατικών. Παράλληλα, ο διαχειριστής μπορεί να διαχειρίζεται τις αναφορές, να μεταβάλλει την κατάστασή τους, να προσαρμόζει τη σειρά προτεραιότητας και να τις αναθέτει στις αρμόδιες υπηρεσίες, ενώ παρέχονται Dashboard, στατιστικά στοιχεία και γεωγραφικό heatmap.

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε με ASP.NET Core MVC (.NET 8), C#, SQL Server, Dapper, Leaflet και OpenStreetMap. Η υλοποίηση καταδεικνύει ότι ο συνδυασμός διαδικτυακών και γεωχωρικών τεχνολογιών με μεθόδους πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων μπορεί να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο εργαλείο υποστήριξης της περιβαλλοντικής διαχείρισης, διευκολύνοντας την ιεράρχηση των περιστατικών και την αποτελεσματικότερη απόκριση των αρμόδιων φορέων.

Λέξεις – Κλειδιά

- Έξυπνες Πόλεις
- Βιοποικιλότητα
- Περιβαλλοντικά Πληροφοριακά Συστήματα
- Γεωχωρικά Δεδομένα
- Web Εφαρμογή
- NET 8 MVC
- Dapper
- SQL Server
- Leaflet
- OpenStreetMap
- AHP
- TOPSIS
- Πολυκριτήρια Λήψη Αποφάσεων
- Citizen Science

Smart Cities & Environment: Interactive Map for Biodiversity Issue Reporting

Ioannis Gousios

Abstract

The protection of biodiversity and the effective management of environmental incidents have become significant challenges for modern Smart Cities. The exploitation of Information and Communication Technologies (ICT), Geographic Information Systems (GIS), and web-based information systems can substantially improve the monitoring, assessment, and management of environmental issues while encouraging active citizen participation in environmental protection.

The aim of this thesis is the design and development of a web-based information system for biodiversity incident reporting and management. The proposed application enables citizens to report environmental incidents through an intuitive user interface by providing a description, category, geographical location, and optional photographic evidence. The reported incidents are visualized on an interactive map using Leaflet and OpenStreetMap technologies.

The application was developed using ASP.NET Core MVC (.NET 8), the C# programming language, SQL Server as the database management system, and Dapper as the data access library. The overall architecture follows the Model–View–Controller (MVC) design pattern, providing a clear separation of concerns, maintainability, and extensibility.

A key feature of the proposed system is the automated evaluation and prioritization of reported incidents. The evaluation criteria are automatically calculated based on the incident category, geographical location, and the existence of nearby reports. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is employed to determine the weights of the evaluation criteria, while the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) is applied to calculate the Priority Score and the corresponding Priority Rank of each incident.

A dedicated administrator interface has been implemented to support the management of reported incidents. The administrator is able to review all reports, update their status, assign incidents to the appropriate public authority (Police, Fire Department, National Emergency Aid Centre, Coast Guard, and Civil Protection Authority), manually adjust the priority ranking when necessary, and monitor the complete status history of each incident. Furthermore, the system provides a comprehensive dashboard featuring statistical charts, key performance indicators, geographical heatmaps, and data export functionality in Microsoft Excel format.

The developed application demonstrates that the integration of GIS technologies, Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), and modern web technologies can provide an effective Decision Support System (DSS) for biodiversity incident management. The proposed solution enhances environmental governance, facilitates citizen participation, supports public authorities in prioritizing environmental incidents, and contributes to the sustainable management of biodiversity within the context of Smart Cities.

Keywords

- Smart Cities
- Biodiversity
- Geospatial Data
- Environmental Information Systems
- Geographic Information Systems (GIS)
- NET 8 MVC
- SQL Server
- Dapper
- Leaflet
- Web Application
- OpenStreetMap
- Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)
- Analytic Hierarchy Process (AHP)
- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
- Decision Support System (DSS)
- Citizen Science

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	iv
Περίληψη.....	v
Abstract	vii
Κατάλογος Σχημάτων	xii
Κατάλογος Πινάκων	xiii
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xiv
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας	1
1.2 Κίνητρο και Σημασία της Εργασίας.....	2
1.3 Δομή της Εργασίας	2
2 Θεωρητικό Υπόβαθρο	3
2.1 Έξυπνες Πόλεις (Smart Cities)	3
2.2 Γεωπληροφορική και Γεωχωρικά Δεδομένα (GIS)	5
2.3 Βιοποικιλότητα και Περιβαλλοντική Προστασία	5
2.4 Επιστήμη των Πολιτών (Citizen Science).....	6
2.5 Διαδικτυακές Εφαρμογές και Σύγχρονες Τεχνολογίες	6
2.6 Σχετικές Εργασίες	7
2.7 Έξυπνες Πόλεις και Περιβαλλοντική Παρακολούθηση	7
2.8 Επιστήμη των Πολιτών και Συλλογή Δεδομένων.....	7
2.9 Πλατφόρμες Καταγραφής Βιοποικιλότητας και Αστικών Αναφορών	7
2.10 Συνδυασμός Γεωχωρικών και Περιβαλλοντικών Δεδομένων	9
2.11 Σύγχρονες Τεχνολογίες και Μελλοντικές Τάσεις	9
2.12 Συγκριτική Ανάλυση Υφιστάμενων Πλατφορμών	10
2.13 Improve My City	10
3 Ανάλυση Συστήματος και Απαιτήσεις.....	12
3.1 Περιγραφή Συστήματος	12
3.2 Χρήστες Συστήματος (Actors).....	13
3.3 Λειτουργικές Απαιτήσεις (Functional Requirements)	14
3.4 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις (Non-Functional Requirements)	14
3.5 Περιπτώσεις Χρήσης (Use Cases)	16
3.6 Περιορισμοί Συστήματος	17
3.7 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	17
4 Σχεδίαση Συστήματος	18
4.1 Εισαγωγή.....	18
4.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	18
4.3 Χρήστες και ρόλοι.....	19
4.4 Sequence Diagrams	23
4.5 Class Diagrams.....	26
4.6 ER Diagram.....	28
4.7 Κριτήρια Πολυκριτήριας Αξιολόγησης	29
4.8 Πολυκριτήρια αξιολόγηση με AHP και TOPSIS.....	30
4.8.1 Προσδιορισμός των Βαρών με τη Μέθοδο AHP.....	30

4.8.2	Προέλευση των κρίσεων	31
4.8.3	Πίνακας Ζευγαρωτών Συγκρίσεων	32
4.8.4	Αιτιολόγηση των Ζευγαρωτών Συγκρίσεων	32
4.9	Συμπεράσματα Κεφαλαίου	38
5	Υλοποίηση του Συστήματος	39
5.1	Εισαγωγή	39
5.2	Τεχνολογίες Υλοποίησης	39
5.3	Αρχιτεκτονική MVC	40
5.4	Υλοποίηση Βάσης Δεδομένων	41
5.5	Πρόσβαση στη Βάση με Dapper	41
5.6	Υποβολή Αναφοράς	42
5.7	Διαχείριση Φωτογραφιών	42
5.8	Αυτόματος Υπολογισμός Κριτηρίων	43
5.9	Υπολογισμός Προτεραιοτήτων	43
5.10	Διαχείριση Αναφορών	44
5.11	Ανάθεση Υπηρεσίας	44
5.12	Ιστορικό Κατάστασης	44
5.13	Διαχείριση Προτεραιότητας	45
5.14	Dashboard και Στατιστικά	45
5.15	Γεωχωρική Οπτικοποίηση	45
5.16	Εξαγωγή Δεδομένων	46
5.17	Υλοποίηση Μηχανισμού Διαχειριστή	46
5.18	Συμπεράσματα Κεφαλαίου	47
6	Παρουσίαση και Αξιολόγηση της Υλοποίησης	48
6.1	Εισαγωγή	48
6.2	Αρχική Σελίδα Εφαρμογής	48
6.3	Δημιουργία Νέας Αναφοράς	49
6.4	Ανίχνευση Κοντινών Αναφορών	50
6.5	Αυτόματος Υπολογισμός Κριτηρίων	50
6.6	Λίστα Αναφορών Διαχειριστή	51
6.7	Γεωχωρική Απεικόνιση Αναφορών	52
6.8	Heatmap Περιστατικών	52
6.9	Dashboard Διαχείρισης	53
6.10	Στατιστικά Γραφήματα	54
6.11	Προβολή Λεπτομερειών Αναφοράς	54
6.12	Ανάθεση Υπηρεσίας	55
6.13	Ιστορικό Κατάστασης	56
6.14	Διαχείριση Προτεραιότητας	56
6.15	Εξαγωγή Δεδομένων σε Excel	57
6.16	Αριθμητικό παράδειγμα προτεραιοποίησης με TOPSIS	58
6.16.1	Δεδομένα των αναφορών	59
6.16.2	Υπολογισμός των βαθμολογιών	59
6.16.3	Κανονικοποίηση	60
6.16.4	Εφαρμογή των βαρών	61
6.16.5	Προσδιορισμός των ιδανικών λύσεων	62
6.16.6	Υπολογισμός αποστάσεων	62

6.16.7 Υπολογισμός PriorityScore και κατάταξη	63
6.17 Σημείο αναφοράς αποστάσεων και παραμετροποίηση της βαθμολόγησης.....	64
6.18 Αξιολόγηση Υλοποίησης	66
6.19 Συμπεράσματα Κεφαλαίου	67
7 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις	68
7.1 Εισαγωγή.....	68
7.2 Επίτευξη Στόχων της Εργασίας	68
7.3 Περιορισμοί της Υλοποίησης.....	69
7.4 Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	69
7.5 Συνεισφορά της Εργασίας.....	70
7.6 Τελικό Συμπέρασμα	72
Βιβλιογραφία.....	73
Παράρτημα Α: Συμπληρωματικό Υλικό Υλοποίησης.....	76
A.1 Εισαγωγή.....	76
A.2 Δομή Βάσης Δεδομένων	76
A.3 Ενδεικτικά Αποσπάσματα Πηγαίου Κώδικα.....	77
A.4 Τελικές Παρατηρήσεις	81

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης	17
Σχήμα 4.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος	19
Σχήμα 4.2 Activity Diagram Υποβολής Αναφοράς	20
Σχήμα 4.3 Activity Diagram Διαχείρισης Αναφοράς από Διαχειριστή	21
Σχήμα 4.4 Activity Diagram Υπολογισμού AHP-TOPSIS	22
Σχήμα 4.5 Sequence Diagram Υποβολής Αναφοράς	23
Σχήμα 4.6 Sequence Diagram Ανάθεσης Υπηρεσίας	24
Σχήμα 4.7 Sequence Diagram Εξαγωγής Excel	25
Σχήμα 4.8 Class Diagram χωρίς μεθόδους	26
Σχήμα 4.9 Class Diagram με μεθόδους	27
Σχήμα 4.10 ER Diagram	28
Σχήμα 6.1 Αρχική Σελίδα Εφαρμογής	48
Σχήμα 6.2 Φόρμα Δημιουργίας Αναφοράς	49
Σχήμα 6.3 Έλεγχος Κοντινών Αναφορών	50
Σχήμα 6.4 Λίστα Αναφορών	51
Σχήμα 6.5 Χάρτης Αναφορών	52
Σχήμα 6.6 Heatmap Αναφορών	52
Σχήμα 6.7 Dashboard	53
Σχήμα 6.8 Στατιστικά Γραφήματα	54
Σχήμα 6.9 Λεπτομέρειες Αναφοράς	55
Σχήμα 6.10 Ανάθεση Υπηρεσίας	56
Σχήμα 6.11 Ιστορικό Κατάστασης	56
Σχήμα 6.12 Μεταβολή Priority Rank	57
Σχήμα 6.13 Εξαγωγή Excel	57

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Σύγκριση πλατφορμών	11
Πίνακας 4.1 Κριτήρια αξιολόγησης και κανόνες βαθμολόγησης	29
Πίνακας 4.2 Ερμηνεία κλίμακας	30
Πίνακας 4.3 Πίνακας Ζευγαρωτών Συγκρίσεων ΑΗΡ	32
Πίνακας 4.4 Υπολογισμός Βαρών ΑΗΡ	34
Πίνακας 4.5 Benefit criteria	36
Πίνακας 5.1 Τεχνολογίες Υλοποίησης	39
Πίνακας 5.2 Πίνακες Βάσης Δεδομένων	41
Πίνακας 5.3 Κριτήρια Αυτόματου Υπολογισμού	43
Πίνακας 6.1 Πίνακας λειτουργικών δοκιμών	58
Πίνακας 6.2 Αποστάσεις και πλήθος αναφορών παραδείγματος	59
Πίνακας 6.3 Τιμές αναφοράς Α βάσει κανόνων	60
Πίνακας 6.4 Πίνακας βαρών	60
Πίνακας 6.5 Πίνακας κανονικοποίησης	61
Πίνακας 6.6 Σταθμισμένος κανονικοποιημένος πίνακας	61
Πίνακας 6.7 Πίνακας ιδανικών λύσεων	62
Πίνακας 6.8 Πίνακας αποστάσεων	62
Πίνακας 6.9 Πίνακας κατάταξης	63
Πίνακας 6.10 Βαθμολογία βάσει απόστασης	64
Πίνακας 6.11 Βαθμολογία κριτηρίου C5 βάσει απόστασης	65

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

AHP	Analytic Hierarchy Process
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
ICT	Information and Communication Technologies
SQL	Structured Query Language
MVC	Model View Controller
API	Application Programming Interface
CRUD	Create Read Update Delete
OSM	OpenStreetMap

1. Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών έχει συμβάλει σημαντικά στη διαμόρφωση των λεγόμενων «έξυπνων πόλεων» (Smart Cities), όπου η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων και δεδομένων επιτρέπει τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών και τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων. Στο πλαίσιο αυτό, η προστασία του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας αναδεικνύεται ως κρίσιμος παράγοντας για την ανάπτυξη βιώσιμων αστικών και ημιαστικών οικοσυστημάτων.

Η συνεχής υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, λόγω φαινομένων όπως οι πυρκαγιές, η ρύπανση και η ανθρώπινη παρέμβαση, καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη συστημάτων που επιτρέπουν την έγκαιρη καταγραφή και διαχείριση περιβαλλοντικών περιστατικών. Παράλληλα, η ενεργός συμμετοχή των πολιτών μέσω της αναφοράς συμβάντων μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τη συλλογή δεδομένων και την αποτελεσματικότητα των αρμόδιων φορέων.

Η παρούσα εργασία προτείνει την ανάπτυξη μίας διαδικτυακής εφαρμογής που επιτρέπει στους πολίτες να αναφέρουν περιστατικά που επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα μέσω ενός διαδραστικού χάρτη, συμβάλλοντας στην περιβαλλοντική παρακολούθηση και προστασία.

1.1 Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας

Ο βασικός σκοπός της εργασίας είναι η σχεδίαση και υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος, το οποίο επιτρέπει την καταγραφή, διαχείριση και παρακολούθηση περιβαλλοντικών περιστατικών που επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα.

Οι επιμέρους στόχοι της εργασίας περιλαμβάνουν:

- Την ανάπτυξη μίας web εφαρμογής με διαδραστικό χάρτη για την υποβολή αναφορών από πολίτες.
- Τη δυνατότητα καταγραφής περιστατικών όπως φωτιές, εμπρησμοί, μόλυνση περιβάλλοντος, επικίνδυνες υποδομές σε φυσικές περιοχές και παρατηρήσεις άγριας ζωής.
- Την αποθήκευση και διαχείριση γεωχωρικών δεδομένων για την ακριβή τοποθέτηση των αναφορών.

- Την υλοποίηση μηχανισμού παρακολούθησης της κατάστασης των περιστατικών από αρμόδιες υπηρεσίες.
- Την ενίσχυση της συμμετοχικότητας των πολιτών μέσω της αξιοποίησης της επιστήμης των πολιτών (citizen science).

1.2 Κίνητρο και Σημασία της Εργασίας

Η αυξανόμενη ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας, σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, καθιστούν απαραίτητη την ανάπτυξη σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων για την παρακολούθηση και διαχείριση περιβαλλοντικών δεδομένων.

Τα παραδοσιακά συστήματα καταγραφής περιστατικών συχνά παρουσιάζουν περιορισμούς, όπως καθυστερήσεις στην ενημέρωση και έλλειψη άμεσης συμμετοχής των πολιτών. Αντίθετα, η αξιοποίηση διαδικτυακών εφαρμογών και γεωχωρικών τεχνολογιών επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την απόκριση των αρμόδιων φορέων.

Η συμβολή των πολιτών στην καταγραφή δεδομένων αποτελεί βασικό στοιχείο της σύγχρονης επιστημονικής προσέγγισης, καθώς ενισχύει τη διαθεσιμότητα πληροφοριών και υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων σε περιβαλλοντικά ζητήματα.

1.3 Δομή της Εργασίας

Η παρούσα εργασία οργανώνεται σε επιμέρους κεφάλαια, τα οποία καλύπτουν τόσο το θεωρητικό υπόβαθρο όσο και την υλοποίηση του προτεινόμενου συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο, με αναφορά στις έννοιες των έξυπνων πόλεων, της γεωπληροφορικής και της επιστήμης των πολιτών. Αναλύονται σχετικές εργασίες και υπάρχουσες εφαρμογές στον τομέα της καταγραφής περιβαλλοντικών δεδομένων.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις και η ανάλυση του συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται η αρχιτεκτονική και η σχεδίαση της εφαρμογής.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η υλοποίηση του συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 6 γίνεται αξιολόγηση της εφαρμογής.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 παρατίθενται τα συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική εργασία.

2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε ένα διεπιστημονικό πεδίο που συνδυάζει τεχνολογίες πληροφορικής, γεωπληροφορική, περιβαλλοντική επιστήμη και μεθόδους πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες που σχετίζονται με τις έξυπνες πόλεις, τη γεωπληροφορική, τη βιοποικιλότητα, τη συμμετοχή των πολιτών στη συλλογή δεδομένων, καθώς και την πολυκριτήρια ανάλυση ως μέσο αξιολόγησης και ιεράρχησης εναλλακτικών επιλογών.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις μεθόδους Analytic Hierarchy Process (AHP) και Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), οι οποίες αξιοποιούνται στην παρούσα εργασία για τον καθορισμό της σχετικής βαρύτητας των κριτηρίων και την προτεραιοποίηση των περιβαλλοντικών αναφορών.

2.1 Έξυπνες Πόλεις (Smart Cities)

Οι έξυπνες πόλεις (Smart Cities) αποτελούν ένα σύγχρονο μοντέλο αστικής ανάπτυξης το οποίο αξιοποιεί τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (Information and Communication Technologies – ICT) για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών, τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των δημοσίων υπηρεσιών και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων [1], [2]. Η έννοια των Smart Cities δεν περιορίζεται μόνο στη χρήση τεχνολογικών λύσεων, αλλά περιλαμβάνει μια ολιστική προσέγγιση που συνδυάζει την τεχνολογία, τη βιωσιμότητα, τη συμμετοχή των πολιτών και τη βελτίωση της αστικής διακυβέρνησης [3].

Η ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου αστικού πληθυσμού δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις για τις σύγχρονες πόλεις. Ζητήματα όπως η περιβαλλοντική υποβάθμιση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η διαχείριση αποβλήτων, η ενεργειακή κατανάλωση και η προστασία των φυσικών πόρων απαιτούν νέες προσεγγίσεις διαχείρισης και λήψης αποφάσεων [2], [4]. Στο πλαίσιο αυτό, οι έξυπνες πόλεις αξιοποιούν δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες, πληροφοριακά συστήματα, κινητές συσκευές και ψηφιακές πλατφόρμες, ώστε να υποστηρίζουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο [5].

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι έξυπνες πόλεις βασίζονται σε έξι κύριες διαστάσεις: την έξυπνη οικονομία (Smart Economy), την έξυπνη κινητικότητα (Smart Mobility), το έξυπνο περιβάλλον (Smart Environment), τους έξυπνους ανθρώπους (Smart People), την έξυπνη διαβίωση (Smart Living) και τη έξυπνη διακυβέρνηση (Smart Governance) [22]. Η

διάσταση του έξυπνου περιβάλλοντος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την παρούσα εργασία, καθώς επικεντρώνεται στη βιώσιμη διαχείριση φυσικών πόρων, στην προστασία των οικοσυστημάτων και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων [23].

Η προστασία της βιοποικιλότητας αποτελεί σημαντικό τμήμα της περιβαλλοντικής διάστασης των έξυπνων πόλεων. Η βιοποικιλότητα περιλαμβάνει το σύνολο των φυτικών και ζωικών οργανισμών, καθώς και τα οικοσυστήματα στα οποία αυτοί αναπτύσσονται. Η απώλεια βιοποικιλότητας αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα και συνδέεται με την αστικοποίηση, τη ρύπανση, την κλιματική αλλαγή και την καταστροφή φυσικών οικοτόπων [24]. Για τον λόγο αυτό, η αξιοποίηση ψηφιακών τεχνολογιών για την παρακολούθηση και προστασία του φυσικού περιβάλλοντος αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες εφαρμογές έξυπνων πόλεων που επιτρέπουν στους πολίτες να συμμετέχουν ενεργά στον εντοπισμό και την αναφορά προβλημάτων του αστικού και φυσικού περιβάλλοντος [25]. Η προσέγγιση αυτή είναι γνωστή ως συμμετοχική διακυβέρνηση (participatory governance) και βασίζεται στη συνεργασία πολιτών και δημόσιων φορέων για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση τοπικών προβλημάτων [26]. Μέσω τέτοιων συστημάτων οι πολίτες μπορούν να καταγράφουν περιστατικά, να επισυνάπτουν φωτογραφίες, να προσδιορίζουν τη γεωγραφική τους θέση και να συμβάλλουν στη δημιουργία μιας διαρκώς ενημερωμένης βάσης περιβαλλοντικών δεδομένων.

Παράλληλα, η αξιοποίηση γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (Geographic Information Systems – GIS) και διαδραστικών χαρτών επιτρέπει την οπτικοποίηση των αναφορών και την ανάλυση της χωρικής κατανομής των περιβαλλοντικών προβλημάτων [27]. Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους αρμόδιους φορείς, καθώς διευκολύνει τον εντοπισμό περιοχών αυξημένου κινδύνου και τη βέλτιστη κατανομή των διαθέσιμων πόρων.

Στην παρούσα εργασία υιοθετείται η φιλοσοφία των έξυπνων πόλεων μέσω της ανάπτυξης μίας διαδικτυακής εφαρμογής αναφοράς περιστατικών βιοποικιλότητας. Η εφαρμογή επιτρέπει τη συμμετοχή των πολιτών στην καταγραφή περιβαλλοντικών προβλημάτων, αξιοποιεί γεωχωρικά δεδομένα για την απεικόνιση των περιστατικών και εφαρμόζει

τεχνικές πολυκριτήριας ανάλυσης για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Με τον τρόπο αυτό συμβάλλει στη βελτίωση της περιβαλλοντικής διαχείρισης και ευθυγραμμίζεται με τις βασικές αρχές των έξυπνων και βιώσιμων πόλεων [3], [23], [26].

2.2 Γεωπληροφορική και Γεωχωρικά Δεδομένα (GIS)

Η γεωπληροφορική (Geographic Information Systems – GIS) αφορά τη συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση και απεικόνιση δεδομένων που σχετίζονται με γεωγραφικές τοποθεσίες [4], [5]. Τα γεωχωρικά δεδομένα αποτελούν βασικό στοιχείο για την κατανόηση και παρακολούθηση φαινομένων που εξελίσσονται στον χώρο.

Τα GIS χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές περιβαλλοντικής παρακολούθησης [4], [6], καθώς επιτρέπουν την απεικόνιση δεδομένων σε χάρτες και τη συσχέτισή τους με άλλες μεταβλητές. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, τα γεωχωρικά δεδομένα χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της τοποθεσίας των αναφερόμενων περιστατικών, διευκολύνοντας την ανάλυση και τη διαχείρισή τους.

Η χρήση διαδραστικών χαρτών σε web εφαρμογές επιτρέπει στους χρήστες να επιλέγουν με ακρίβεια το σημείο αναφοράς, βελτιώνοντας την ποιότητα των συλλεγόμενων δεδομένων.

2.3 Βιοποικιλότητα και Περιβαλλοντική Προστασία

Η βιοποικιλότητα αναφέρεται στην ποικιλία των μορφών ζωής στη Γη, συμπεριλαμβανομένων των οικοσυστημάτων, των ειδών και των γενετικών διαφορών. Η διατήρηση της βιοποικιλότητας είναι κρίσιμη για τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων και τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος [7], [8], [11].

Ωστόσο, η βιοποικιλότητα απειλείται από διάφορους παράγοντες, όπως οι πυρκαγιές, η ρύπανση, η καταστροφή φυσικών οικοτόπων και η ανθρώπινη δραστηριότητα. Η έγκαιρη καταγραφή και διαχείριση τέτοιων περιστατικών είναι απαραίτητη για την προστασία του περιβάλλοντος [11].

Οι σύγχρονες τεχνολογίες επιτρέπουν την ανάπτυξη συστημάτων που υποστηρίζουν την παρακολούθηση περιβαλλοντικών φαινομένων, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα των αρμόδιων φορέων.

2.4 Επιστήμη των Πολιτών (Citizen Science)

Η επιστήμη των πολιτών (citizen science) αποτελεί μία προσέγγιση κατά την οποία οι πολίτες συμμετέχουν ενεργά στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων για επιστημονικούς σκοπούς [11], [13]. Η συμμετοχή αυτή μπορεί να λάβει τη μορφή καταγραφής παρατηρήσεων, αναφοράς περιστατικών ή συλλογής δεδομένων μέσω ψηφιακών εφαρμογών.

Η αξιοποίηση των πολιτών ως πηγή δεδομένων είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιβαλλοντικά ζητήματα, όπου η γεωγραφική κάλυψη και η συχνότητα των παρατηρήσεων παίζουν καθοριστικό ρόλο. Μέσω της χρήσης web εφαρμογών, οι πολίτες μπορούν να συνεισφέρουν άμεσα και σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας την ποσότητα και την ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων [11], [12].

Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη συμμετοχικότητα, την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και τη συνεργασία μεταξύ πολιτών και αρμόδιων φορέων.

2.5 Διαδικτυακές Εφαρμογές και Σύγχρονες Τεχνολογίες

Οι διαδικτυακές εφαρμογές αποτελούν βασικό εργαλείο για την παροχή υπηρεσιών σε ευρύ κοινό, καθώς είναι προσβάσιμες από οποιαδήποτε συσκευή με σύνδεση στο διαδίκτυο. Η ανάπτυξη σύγχρονων web εφαρμογών βασίζεται σε τεχνολογίες frontend και backend, καθώς και σε βάσεις δεδομένων για την αποθήκευση πληροφοριών.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η εφαρμογή αξιοποιεί τεχνολογίες ιστού για την υλοποίηση ενός συστήματος καταγραφής και διαχείρισης περιβαλλοντικών περιστατικών. Η ενσωμάτωση χαρτογραφικών υπηρεσιών επιτρέπει την απεικόνιση των δεδομένων σε διαδραστικό χάρτη, ενώ η χρήση βάσεων δεδομένων εξασφαλίζει την αποθήκευση και ανάκτησή τους.

Η συνδυαστική χρήση αυτών των τεχνολογιών επιτρέπει την ανάπτυξη αποδοτικών και επεκτάσιμων συστημάτων, ικανών να υποστηρίξουν τις ανάγκες των έξυπνων πόλεων.

2.6 Σχετικές Εργασίες

Η ανάπτυξη συστημάτων για την καταγραφή και διαχείριση περιβαλλοντικών δεδομένων αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων και της βιώσιμης ανάπτυξης. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται σχετικές μελέτες και υφιστάμενες πλατφόρμες που αξιοποιούν τεχνολογίες γεωπληροφορικής και συμμετοχικών συστημάτων για την παρακολούθηση της βιοποικιλότητας και περιβαλλοντικών φαινομένων.

2.7 Έξυπνες Πόλεις και Περιβαλλοντική Παρακολούθηση

Σύγχρονες μελέτες αναδεικνύουν τη σημασία της ενσωμάτωσης της βιοποικιλότητας στον σχεδιασμό των έξυπνων πόλεων. Η χρήση πληροφοριακών συστημάτων και γεωχωρικών δεδομένων επιτρέπει την παρακολούθηση περιβαλλοντικών μεταβολών και τη βελτίωση της διαχείρισης των φυσικών πόρων.

Επιπλέον, η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων για την καταγραφή περιβαλλοντικών περιστατικών συμβάλλει στη δημιουργία βιώσιμων αστικών οικοσυστημάτων και ενισχύει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων από τις αρμόδιες αρχές [1], [3].

2.8 Επιστήμη των Πολιτών και Συλλογή Δεδομένων

Η επιστήμη των πολιτών (citizen science) έχει αναδειχθεί ως σημαντικός παράγοντας στη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων. Έρευνες δείχνουν ότι η συμμετοχή των πολιτών μπορεί να καλύψει σημαντικά κενά δεδομένων και να ενισχύσει τη διαθεσιμότητα πληροφοριών για περιβαλλοντικά ζητήματα [11], [13].

Η χρήση web εφαρμογών και κινητών συσκευών επιτρέπει την άμεση καταγραφή περιστατικών σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την ακρίβεια και την πληρότητα των δεδομένων [12]. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ πολιτών και φορέων, συμβάλλοντας στην αποτελεσματικότερη διαχείριση περιβαλλοντικών προβλημάτων.

2.9 Πλατφόρμες Καταγραφής Βιοποικιλότητας και Αστικών Αναφορών

Υπάρχουν ήδη αρκετές πλατφόρμες που αξιοποιούν τη συμμετοχή των πολιτών για τη συλλογή γεωγραφικά προσδιορισμένων δεδομένων, είτε με επίκεντρο τη βιοποικιλότητα είτε με στόχο την καταγραφή και διαχείριση προβλημάτων του αστικού περιβάλλοντος. Μία από τις πλέον γνωστές πλατφόρμες στον χώρο της βιοποικιλότητας είναι το iNaturalist,

μέσω του οποίου οι χρήστες μπορούν να καταγράφουν παρατηρήσεις φυτικών και ζωικών ειδών, να τις συνοδεύουν με φωτογραφικό υλικό και γεωγραφική θέση και να συνεισφέρουν στη δημιουργία ενός εκτεταμένου συνόλου δεδομένων παρατήρησης της φύσης. Αντίστοιχη φιλοσοφία ακολουθεί το Observation.org, το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να καταχωρούν παρατηρήσεις ειδών και να συμβάλλουν στη συγκέντρωση δεδομένων βιοποικιλότητας μεγάλης κλίμακας [12].

Σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση και διάθεση δεδομένων βιοποικιλότητας διαδραματίζει επίσης το Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Σε αντίθεση με τις παραπάνω εφαρμογές, το GBIF λειτουργεί κυρίως ως διεθνής υποδομή συγκέντρωσης, ενοποίησης και ανοικτής διάθεσης δεδομένων βιοποικιλότητας που προέρχονται από επιστημονικούς οργανισμούς, μουσεία, ερευνητικά ιδρύματα και προγράμματα Citizen Science. Παράλληλα, πρωτοβουλίες όπως το City Nature Challenge αξιοποιούν εφαρμογές συμμετοχικής καταγραφής και ενθαρρύνουν τους πολίτες να παρατηρούν και να καταγράφουν είδη σε αστικά περιβάλλοντα, ενισχύοντας τόσο την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση όσο και την επιστημονική έρευνα.

Μια δεύτερη κατηγορία συστημάτων αφορά την καταγραφή προβλημάτων και περιστατικών του αστικού χώρου. Το FixMyStreet επιτρέπει στους πολίτες να καταχωρούν προβλήματα που εντοπίζουν στο αστικό περιβάλλον, να προσδιορίζουν τη θέση τους σε χάρτη και να προωθούν την αναφορά προς τον κατάλληλο αρμόδιο φορέα. Αντίστοιχα, το Improve My City υποστηρίζει την ηλεκτρονική υποβολή γεωγραφικά προσδιορισμένων αιτημάτων και τη διαχείρισή τους από τις υπηρεσίες της τοπικής αυτοδιοίκησης, παρέχοντας μηχανισμούς παρακολούθησης της εξέλιξής τους. Στην ίδια κατεύθυνση κινείται και το Novonville, το οποίο παρέχει ένα ψηφιακό κανάλι επικοινωνίας μεταξύ πολιτών και δήμων και επιτρέπει την υποβολή αιτημάτων ή προβλημάτων, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να δρομολογηθούν στις αντίστοιχες δημοτικές υπηρεσίες.

Οι παραπάνω πλατφόρμες αναδεικνύουν δύο βασικές προσεγγίσεις. Από τη μία πλευρά, συστήματα όπως το iNaturalist, το Observation.org και το GBIF επικεντρώνονται κυρίως στη συλλογή, γεωγραφική καταγραφή και αξιοποίηση δεδομένων βιοποικιλότητας, ενώ από την άλλη πλατφόρμες όπως το FixMyStreet, το Improve My City και το Novonville εστιάζουν περισσότερο στη διαχείριση αναφορών και στη διασύνδεση του πολίτη με τις αρμόδιες υπηρεσίες. Ωστόσο, οι λειτουργίες αυτές δεν συνδυάζονται απαραίτητα με μηχανισμούς αυτοματοποιημένης πολυκριτήριας αξιολόγησης και ιεράρχησης των

περιστατικών. Το συγκεκριμένο στοιχείο αποτελεί βασικό σημείο διαφοροποίησης της προτεινόμενης εφαρμογής, η οποία επιχειρεί να συνδυάσει τη συμμετοχική καταγραφή, τη γεωχωρική απεικόνιση, την αξιολόγηση και προτεραιοποίηση των αναφορών και την ανάθεσή τους σε αρμόδιους φορείς στο πλαίσιο ενός ενιαίου πληροφοριακού συστήματος [21].

Για την πληρέστερη αποτύπωση των διαφορών μεταξύ των παραπάνω προσεγγίσεων, στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζεται συγκριτική αξιολόγηση των βασικών λειτουργιών που παρέχει κάθε πλατφόρμα σε σχέση με το προτεινόμενο σύστημα.

2.10 Συνδυασμός Γεωχωρικών και Περιβαλλοντικών Δεδομένων

Σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες έχουν εστιάσει στον συνδυασμό δεδομένων από διαφορετικές πηγές, όπως τηλεπισκόπηση και δεδομένα πολιτών. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε αστικά περιβάλλοντα, όπως στην Αθήνα, δείχνουν ότι η συνδυαστική χρήση τέτοιων δεδομένων μπορεί να προσφέρει πιο ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης της βιοποικιλότητας.

Η αξιοποίηση πολλαπλών πηγών δεδομένων ενισχύει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των περιβαλλοντικών φαινομένων [5], [6].

2.11 Σύγχρονες Τεχνολογίες και Μελλοντικές Τάσεις

Η χρήση τεχνητής νοημοσύνης και προηγμένων τεχνολογιών ανάλυσης δεδομένων προτείνεται ως μία από τις βασικές κατευθύνσεις για τη βελτίωση των συστημάτων περιβαλλοντικής παρακολούθησης [5]. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη περιβαλλοντικών κινδύνων και την αυτοματοποιημένη ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων..

Οι εξελίξεις αυτές ανοίγουν νέες δυνατότητες για την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων που συνδυάζουν δεδομένα πολιτών, γεωχωρικές πληροφορίες και τεχνητή νοημοσύνη.

2.12 Συγκριτική Ανάλυση Υφιστάμενων Πλατφορμών

Οι πλατφόρμες που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη ενότητα καλύπτουν διαφορετικές πτυχές της συμμετοχικής συλλογής δεδομένων και της διαχείρισης αναφορών. Πλατφόρμες όπως το iNaturalist και το Observation.org επικεντρώνονται κυρίως στη συλλογή και γεωγραφική καταγραφή παρατηρήσεων βιοποικιλότητας από πολίτες. Το iNaturalist επιτρέπει την υποβολή παρατηρήσεων με φωτογραφίες και γεωγραφική θέση και παρέχει χαρτογραφική απεικόνισή τους, ενώ αντίστοιχες δυνατότητες παρέχει και το Observation.org.

Το GBIF διαφοροποιείται, καθώς αποτελεί κυρίως διεθνή υποδομή συγκέντρωσης και διάθεσης δεδομένων βιοποικιλότητας. Δεν λειτουργεί ως σύστημα άμεσης υποβολής περιστατικών από μεμονωμένους πολίτες, καθώς η δημοσίευση δεδομένων πραγματοποιείται μέσω αναγνωρισμένων οργανισμών και παρόχων δεδομένων, αν και δεδομένα Citizen Science μπορούν να καταλήγουν σε αυτό μέσω άλλων πλατφορμών.

Αντίθετα, εφαρμογές όπως το FixMyStreet, το Improve My City και το Novonville εστιάζουν περισσότερο στη σχέση πολίτη-τοπικής αυτοδιοίκησης. Το FixMyStreet προωθεί τις αναφορές στον φορέα που είναι υπεύθυνος για την αντιμετώπισή τους, ενώ το Improve My City υποστηρίζει αναφορές μέσω χάρτη, δρομολόγηση στις κατάλληλες δημοτικές υπηρεσίες, ροές εργασίας και διαχείριση προτεραιότητας. Αντίστοιχα, μέσω του Novonville οι πολίτες υποβάλλουν γεωγραφικά προσδιορισμένα αιτήματα, τα οποία ο δήμος δρομολογεί στις αρμόδιες υπηρεσίες.

2.13 Improve My City

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την παρούσα εργασία παρουσιάζει η ελληνική πλατφόρμα **Improve My City**, η οποία αναπτύχθηκε με τη συμμετοχή του Ινστιτούτου Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών του ΕΚΕΤΑ και εφαρμόστηκε πιλοτικά στον Δήμο Θέρμης. Η πλατφόρμα επιτρέπει στους πολίτες να καταγράφουν προβλήματα του αστικού περιβάλλοντος, όπως φθορές οδοστρώματος, προβλήματα φωτισμού ή απορρίμματα, προσδιορίζοντας τη γεωγραφική τους θέση και επισυνάπτοντας φωτογραφικό υλικό. Οι αναφορές απεικονίζονται σε χάρτη και προωθούνται στις αρμόδιες υπηρεσίες του δήμου, ενώ οι πολίτες μπορούν να παρακολουθούν την εξέλιξη της διαχείρισής τους. Με τον τρόπο αυτό, το Improve My City αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιοποίησης τεχνολογιών Smart City για την ενίσχυση της άμεσης επικοινωνίας μεταξύ πολιτών και τοπικής

αυτοδιοίκησης. Παρότι η πλατφόρμα υποστηρίζει την καταγραφή, γεωγραφική απεικόνιση και δρομολόγηση των αιτημάτων, η προσέγγισή της διαφοροποιείται από την προτεινόμενη εφαρμογή, καθώς δεν βασίζεται σε ενσωματωμένη πολυκριτήρια αξιολόγηση με μεθόδους όπως AHP και TOPSIS για την αυτοματοποιημένη κατάταξη των περιστατικών.

Πίνακας 2.1 Σύγκριση πλατφορμών

Πλατφόρμα	Υποβολή από πολίτες	Γεωχωρική απεικόνιση	Ιεράρχηση περιστατικών	Ανάθεση σε φορέα	MCDA
iNaturalist	✓	✓	—	—	—
Observation.org	✓	✓	—	—	—
GBIF	●	✓	—	—	—
FixMyStreet	✓	✓	—	✓	—
Improve My City	✓	✓	●	✓	—
Novoville	✓	✓	—	✓	—
Προτεινόμενο σύστημα	✓	✓	✓	✓	✓

✓ = υποστηρίζεται, ● = υποστηρίζεται μερικώς ή με διαφορετικό τρόπο, — = δεν αποτελεί τεκμηριωμένη βασική λειτουργία της πλατφόρμας.

3 Ανάλυση Συστήματος και Απαιτήσεις

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η ανάλυση του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος, καθώς και οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του. Η ανάλυση βασίζεται στις ανάγκες διαχείρισης περιβαλλοντικών περιστατικών που επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα, με στόχο τη δημιουργία μιας εφαρμογής που να διευκολύνει τόσο τη συμμετοχή των πολιτών όσο και τη λήψη αποφάσεων από τους αρμόδιους φορείς.

Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να υποστηρίζει την καταχώρηση αναφορών, τη γεωχωρική απεικόνισή τους, την αξιολόγηση και ιεράρχησή τους μέσω πολυκριτήριας ανάλυσης, καθώς και τη διαχείρισή τους από διαχειριστές.

3.1 Περιγραφή Συστήματος

Το προτεινόμενο σύστημα αποτελεί μία διαδικτυακή εφαρμογή αναφοράς και διαχείρισης περιβαλλοντικών περιστατικών που σχετίζονται με ζητήματα βιοποικιλότητας.

Οι πολίτες μπορούν να καταχωρούν αναφορές για περιστατικά όπως:

- πυρκαγιές ή ενδείξεις εμπρησμού,
- περιβαλλοντική ρύπανση,
- παράνομη απόρριψη αποβλήτων,
- επικίνδυνες υποδομές σε φυσικές περιοχές,
- τραυματισμένα ή νεκρά ζώα,
- περιστατικά που επηρεάζουν προστατευόμενα οικοσυστήματα.

Κάθε αναφορά περιλαμβάνει:

- τίτλο,
- περιγραφή,
- κατηγορία περιστατικού,
- γεωγραφική τοποθεσία μέσω χάρτη,
- προαιρετική φωτογραφία.

Μετά την υποβολή της αναφοράς, το σύστημα υπολογίζει αυτόματα τα κριτήρια αξιολόγησης και κατατάσσει το περιστατικό μέσω των μεθόδων AHP και TOPSIS.

Οι διαχειριστές μπορούν να διαχειρίζονται τις αναφορές, να αλλάζουν την κατάστασή τους, να τις αναθέτουν σε αρμόδιες υπηρεσίες και να παρακολουθούν στατιστικά στοιχεία μέσω dashboard.

3.2 Χρήστες Συστήματος (Actors)

Οι βασικοί χρήστες του συστήματος είναι οι Πολίτης και Διαχειριστής / Φορέας (Admin):

3.2.1.1 Πολίτης

Ο πολίτης αποτελεί τον βασικό χρήστη του συστήματος και έχει τη δυνατότητα:

- δημιουργίας νέας αναφοράς,
- επιλογής τοποθεσίας μέσω διαδραστικού χάρτη,
- μεταφόρτωσης φωτογραφιών,
- ενημέρωσης για πιθανές κοντινές αναφορές κατά την καταχώρηση.

Ο πολίτης δεν έχει πρόσβαση στις λειτουργίες διαχείρισης και στις καταχωρημένες αναφορές του συστήματος.

3.2.1.2 Διαχειριστής / Φορέας (Admin)

Ο διαχειριστής είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των περιστατικών και διαθέτει πρόσβαση στις ακόλουθες λειτουργίες:

- προβολή όλων των αναφορών,
- φιλτράρισμα και αναζήτηση αναφορών,
- επεξεργασία αναφορών,
- διαγραφή αναφορών,
- αλλαγή κατάστασης περιστατικών,
- ανάθεση περιστατικών σε αρμόδιες υπηρεσίες,
- παρακολούθηση ιστορικού κατάστασης,
- χειροκίνητη τροποποίηση της σειράς προτεραιότητας,
- εξαγωγή δεδομένων σε Excel,
- προβολή dashboard και στατιστικών στοιχείων.

3.2.1.3 Σύστημα

Το πληροφοριακό σύστημα εκτελεί αυτόματα λειτουργίες όπως:

- αποθήκευση δεδομένων,
- διαχείριση γεωχωρικών πληροφοριών,
- υπολογισμός κριτηρίων αξιολόγησης,

- εκτέλεση του αλγορίθμου TOPSIS,
- ενημέρωση προτεραιοτήτων,
- έλεγχος ύπαρξης κοντινών αναφορών,
- παραγωγή στατιστικών δεδομένων.

3.3 Λειτουργικές Απαιτήσεις (Functional Requirements)

Το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει τις ακόλουθες λειτουργίες:

FR1 – Υποβολή Αναφοράς

Ο πολίτης πρέπει να μπορεί να καταχωρεί νέα αναφορά, επιλέγοντας τη γεωγραφική τοποθεσία μέσω διαδραστικού χάρτη και επισυνάπτοντας, εφόσον επιθυμεί, σχετική φωτογραφία.

FR2 – Αυτόματη Αξιολόγηση και Προτεραιοποίηση

Το σύστημα πρέπει να αξιολογεί αυτόματα τις αναφορές με βάση τα καθορισμένα κριτήρια C1–C7 και να υπολογίζει την προτεραιότητά τους με χρήση των μεθόδων AHP και TOPSIS. Στο πλαίσιο της αξιολόγησης λαμβάνεται επίσης υπόψη η ύπαρξη κοντινών αναφορών.

FR3 – Διαχείριση Αναφορών

Ο διαχειριστής πρέπει να μπορεί να προβάλλει και να διαχειρίζεται τις καταχωρημένες αναφορές. Η διαχείριση περιλαμβάνει την επεξεργασία ή διαγραφή μιας αναφοράς, τη μεταβολή της κατάστασής της, την ανάθεσή της σε αρμόδια υπηρεσία και, όπου απαιτείται, τη χειροκίνητη μεταβολή της προτεραιότητάς της.

FR4 – Dashboard και Γεωγραφική Απεικόνιση

Το σύστημα πρέπει να παρέχει στον διαχειριστή συγκεντρωτικά στατιστικά στοιχεία και δείκτες μέσω dashboard, καθώς και γεωγραφική απεικόνιση της συγκέντρωσης των αναφορών μέσω heatmap.

FR5 – Εξαγωγή Δεδομένων

Ο διαχειριστής πρέπει να μπορεί να εξάγει τα δεδομένα των αναφορών σε αρχείο Excel.

3.4 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις (Non-Functional Requirements)

Απόδοση (Performance)

- Η εφαρμογή πρέπει να αποκρίνεται γρήγορα στις ενέργειες των χρηστών και να υποστηρίζει μεγάλο αριθμό αναφορών.

Αξιοπιστία (Reliability)

- Τα δεδομένα πρέπει να αποθηκεύονται με ασφαλή τρόπο χωρίς απώλειες.

Ασφάλεια (Security)

- Οι λειτουργίες διαχείρισης πρέπει να είναι διαθέσιμες μόνο στον διαχειριστή.

Ευχρηστία (Usability)

- Το περιβάλλον χρήστη πρέπει να είναι απλό και εύχρηστο.

Επεκτασιμότητα (Scalability)

- Η εφαρμογή πρέπει να μπορεί να επεκταθεί με νέες λειτουργίες και νέους ρόλους χρηστών.

Διαθεσιμότητα (Availability)

- Το σύστημα πρέπει να είναι διαθέσιμο στους χρήστες οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

Συντηρησιμότητα (Maintainability)

- Ο πηγαίος κώδικας πρέπει να ακολουθεί δομημένη αρχιτεκτονική ώστε να είναι εύκολη η μελλοντική συντήρηση και επέκταση.

3.5 Περιπτώσεις Χρήσης (Use Cases)

Οι βασικές περιπτώσεις χρήσης του συστήματος είναι οι ακόλουθες:

UC1 – Υποβολή Αναφοράς

Ο πολίτης καταχωρεί μία νέα αναφορά, συμπληρώνοντας τα στοιχεία του περιστατικού και επιλέγοντας τη γεωγραφική τοποθεσία στον διαδραστικό χάρτη.

UC2 – Αυτόματος Υπολογισμός Προτεραιότητας

Μετά την υποβολή της αναφοράς, το σύστημα υπολογίζει αυτόματα τα κριτήρια αξιολόγησης και εφαρμόζει τη μέθοδο TOPSIS για τον προσδιορισμό της προτεραιότητας του περιστατικού.

UC3 – Προβολή Αναφορών

Ο διαχειριστής προβάλλει τις καταχωρημένες αναφορές σε μορφή λίστας και στον χάρτη.

UC4 – Διαχείριση Αναφοράς

Ο διαχειριστής επεξεργάζεται ή διαγράφει μία αναφορά.

UC5 – Αλλαγή Κατάστασης

Ο διαχειριστής ενημερώνει την κατάσταση ενός περιστατικού.

UC6 – Ανάθεση Υπηρεσίας

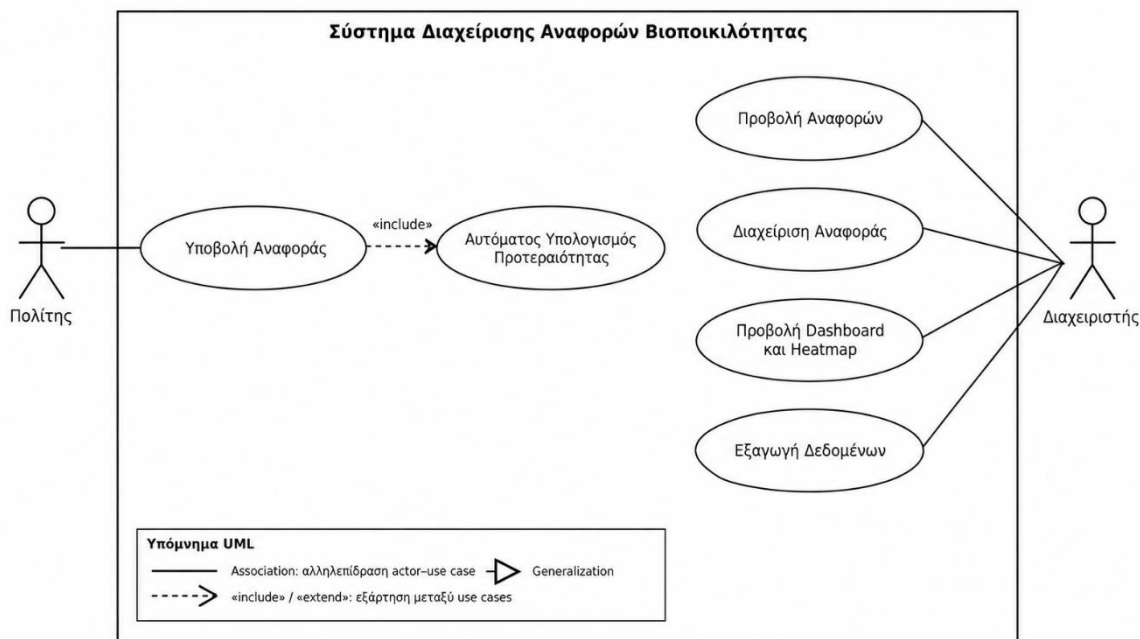
Ο διαχειριστής αναθέτει το περιστατικό στην αρμόδια υπηρεσία.

UC7 – Προβολή Dashboard

Ο διαχειριστής παρακολουθεί στατιστικά στοιχεία και δείκτες απόδοσης μέσω του dashboard.

UC8 – Εξαγωγή Δεδομένων

Ο διαχειριστής εξαγει τις αναφορές σε αρχείο Excel.



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης

3.6 Περιορισμοί Συστήματος

- Εξάρτηση από υπηρεσίες χαρτογράφησης OpenStreetMap.
- Απαιτείται σύνδεση στο διαδίκτυο.
- Οι τιμές των κριτηρίων υπολογίζονται βάσει προκαθορισμένων κανόνων και όχι πραγματικών GIS δεδομένων.
- Η υλοποίηση του μηχανισμού αυθεντικοποίησης είναι απλοποιημένη και βασίζεται σε session.
- Η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί ως πρωτότυπο σύστημα και δεν έχει αξιολογηθεί σε πραγματικό περιβάλλον μεγάλης κλίμακας.

3.7 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν οι απαιτήσεις και τα βασικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου συστήματος. Καθορίστηκαν οι χρήστες, οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις, οι κύριες περιπτώσεις χρήσης και οι περιορισμοί της εφαρμογής. Η ανάλυση αυτή αποτέλεσε τη βάση για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του συστήματος που παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

4 Σχεδίαση Συστήματος

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η σχεδίαση του προτεινόμενου συστήματος. Η εφαρμογή αφορά την καταγραφή, διαχείριση και αξιολόγηση περιβαλλοντικών αναφορών που σχετίζονται με ζητήματα βιοποικιλότητας. Η σχεδίαση βασίζεται σε μία απλή αλλά επεκτάσιμη αρχιτεκτονική, ώστε να υποστηρίζεται η υποβολή αναφορών από πολίτες, η διαχείρισή τους από διαχειριστή, η ανάθεση σε αρμόδιες υπηρεσίες και η ιεράρχηση των περιστατικών με πολυκριτήρια ανάλυση.

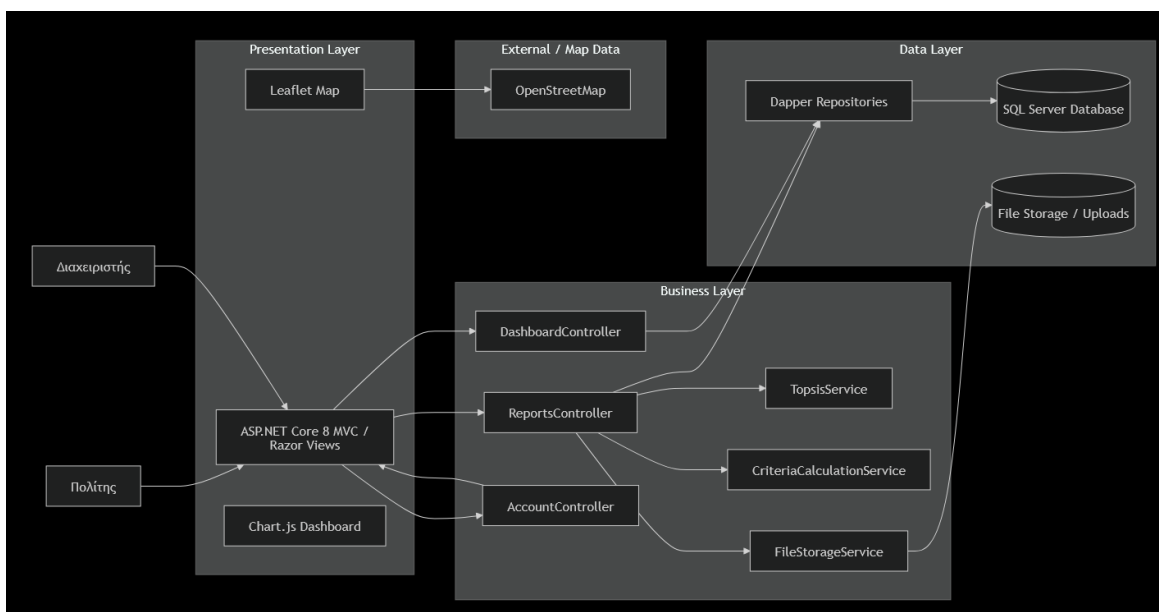
Η εφαρμογή υλοποιεί διακριτούς ρόλους χρηστών. Ο απλός χρήστης μπορεί να υποβάλει αναφορά μέσω διαδραστικού χάρτη, ενώ ο διαχειριστής μπορεί να διαχειρίζεται τις αναφορές, να αλλάζει την κατάστασή τους, να τις αναθέτει σε υπηρεσίες, να εξάγει δεδομένα και να παρακολουθεί στατιστικά στοιχεία.

4.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος

Η εφαρμογή ακολουθεί αρχιτεκτονική τριών επιπέδων:

- Επίπεδο παρουσίασης
- Επίπεδο επιχειρησιακής λογικής
- Επίπεδο δεδομένων

Η υλοποίηση βασίζεται σε ASP.NET Core MVC (.NET 8), Razor Views, Dapper και SQL Server. Για την απεικόνιση των γεωχωρικών δεδομένων χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη Leaflet με OpenStreetMap, ενώ για τα γραφήματα χρησιμοποιείται Chart.js.



Σχήμα 4.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος

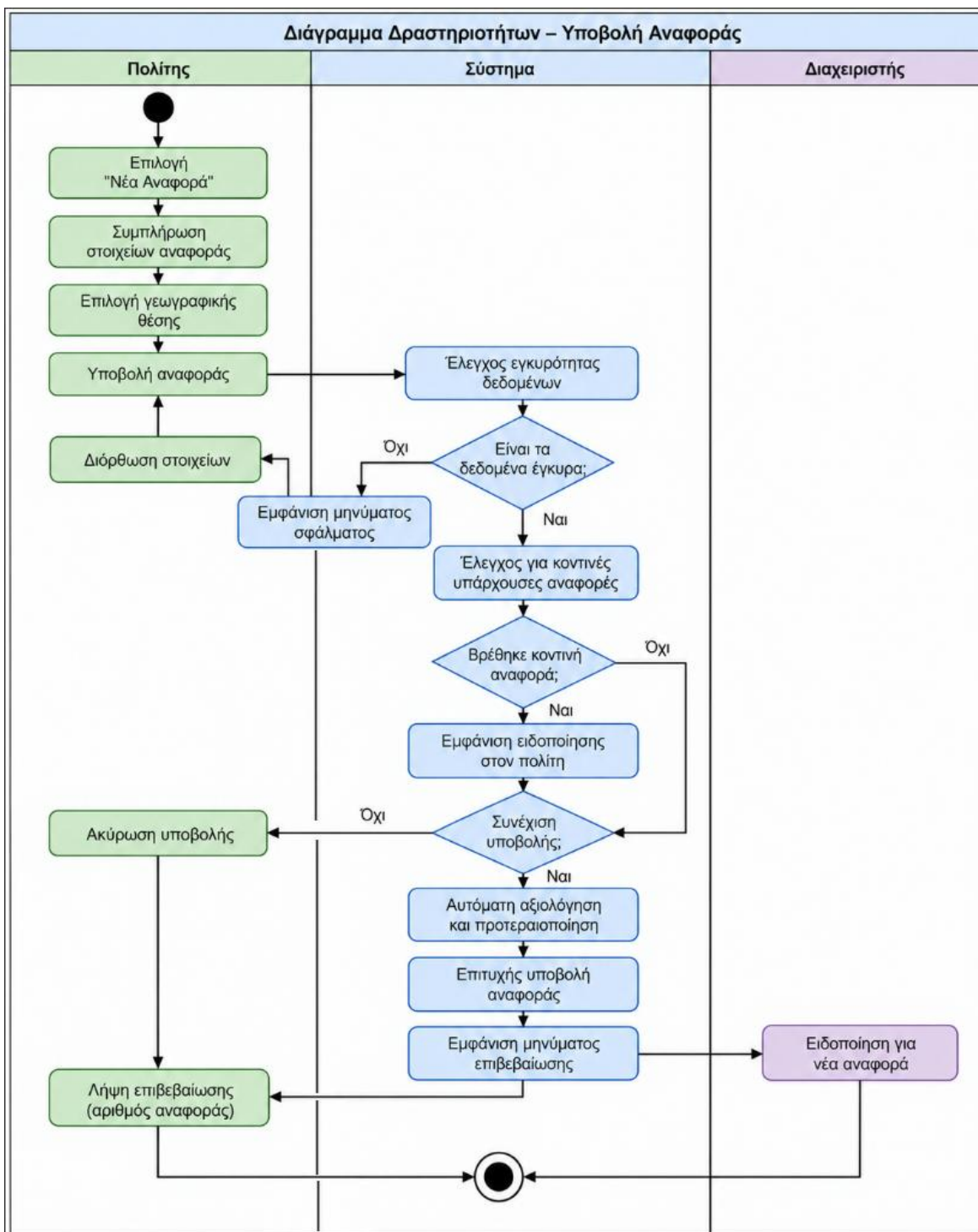
4.3 Χρήστες και ρόλοι

Το σύστημα υποστηρίζει δύο βασικούς ρόλους:

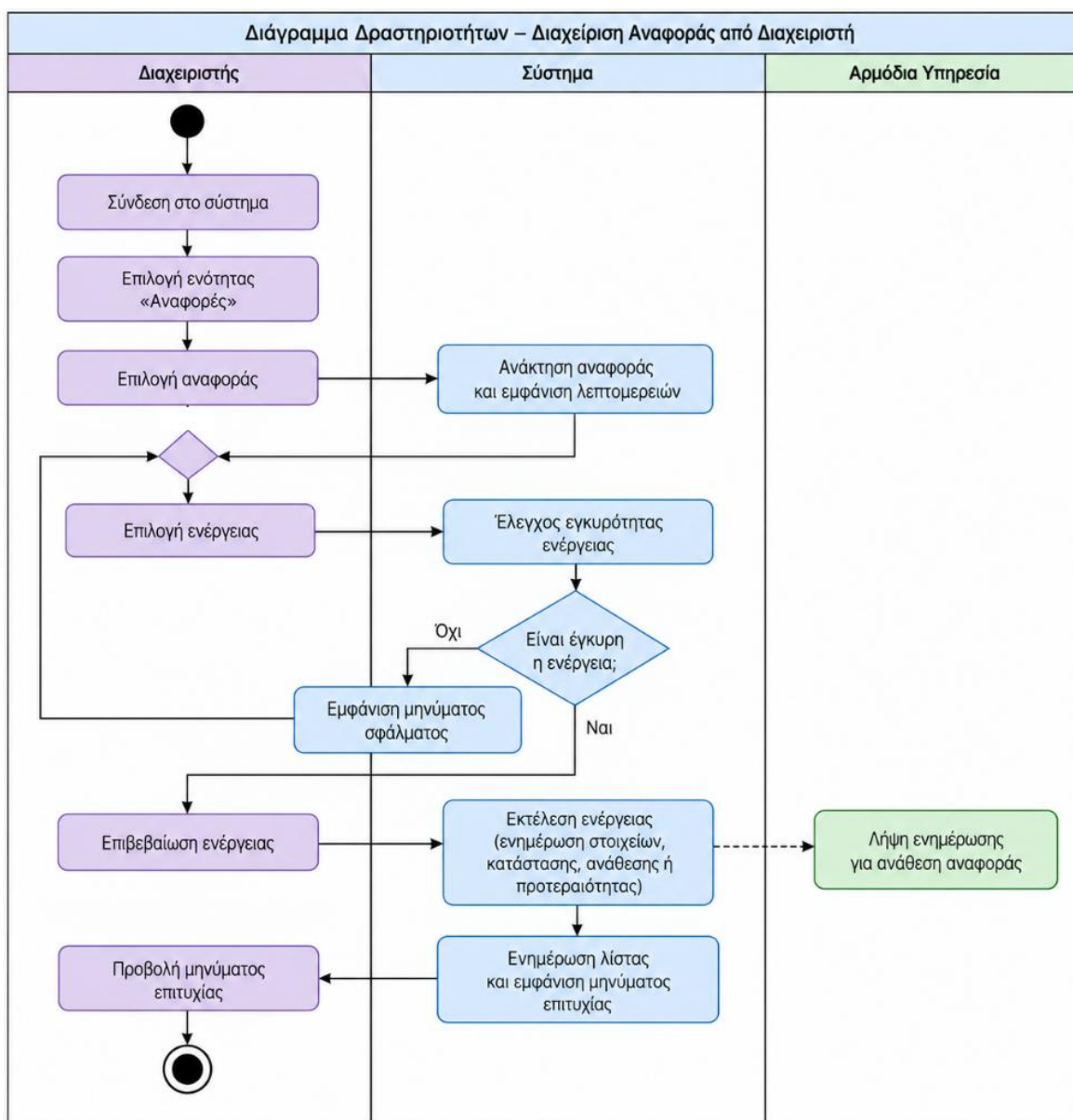
Οι κύριες οντότητες του συστήματος είναι:

Ρόλος	Περιγραφή
Πολίτης	Υποβάλλει νέα αναφορά μέσω φόρμας και διαδραστικού χάρτη.
Διαχειριστής	Διαχειρίζεται αναφορές, αλλάζει κατάσταση, αναθέτει υπηρεσία, βλέπει dashboard και εξάγει δεδομένα.

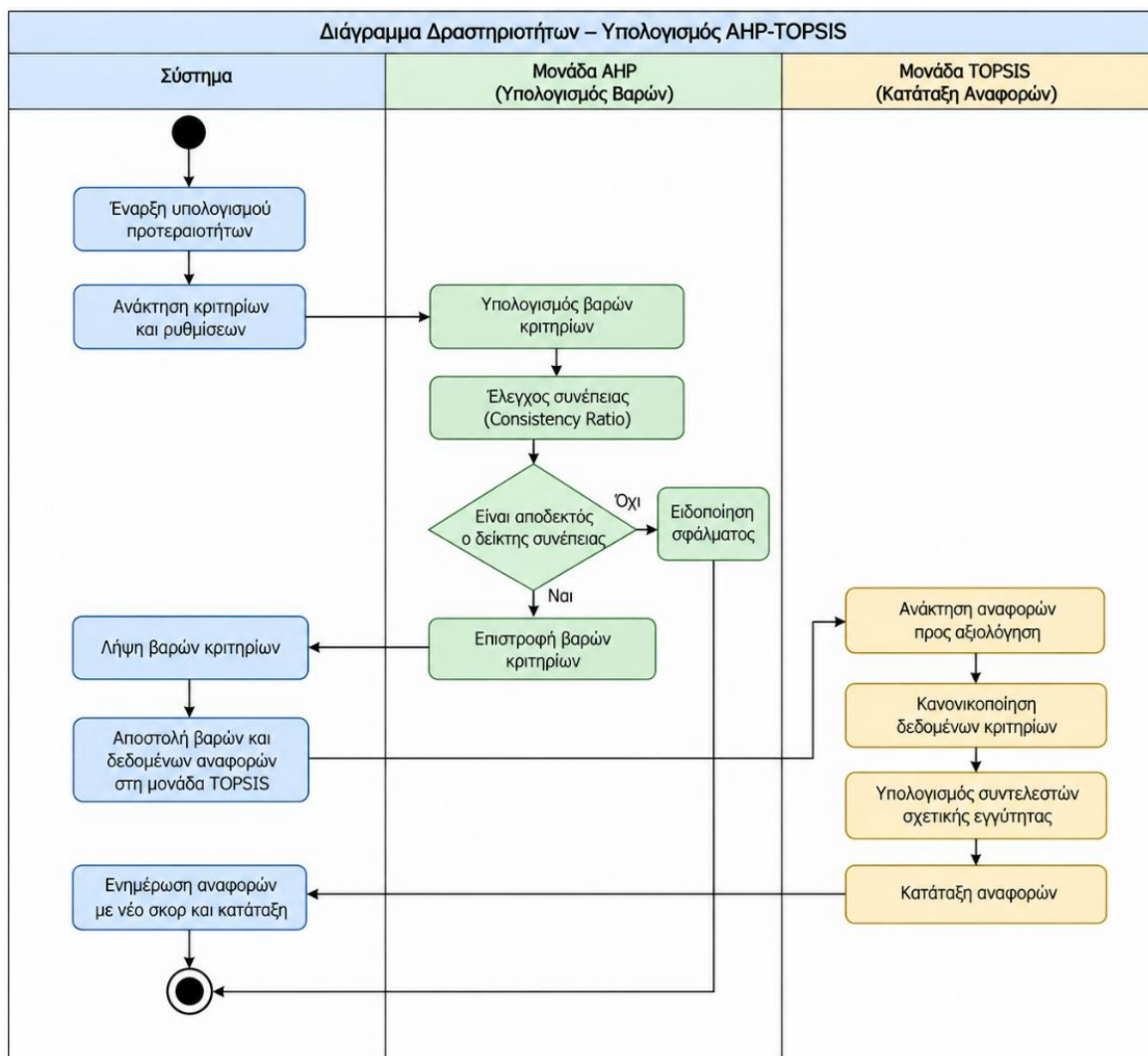
Για λόγους απλοποίησης, δεν χρησιμοποιείται πλήρες σύστημα αυθεντικοποίησης τύπου ASP.NET Identity. Αντίθετα, υλοποιείται υποτυπώδης είσοδος διαχειριστή με χρήση session.



Σχήμα 4.2 Activity Diagram Υποβολής Αναφοράς

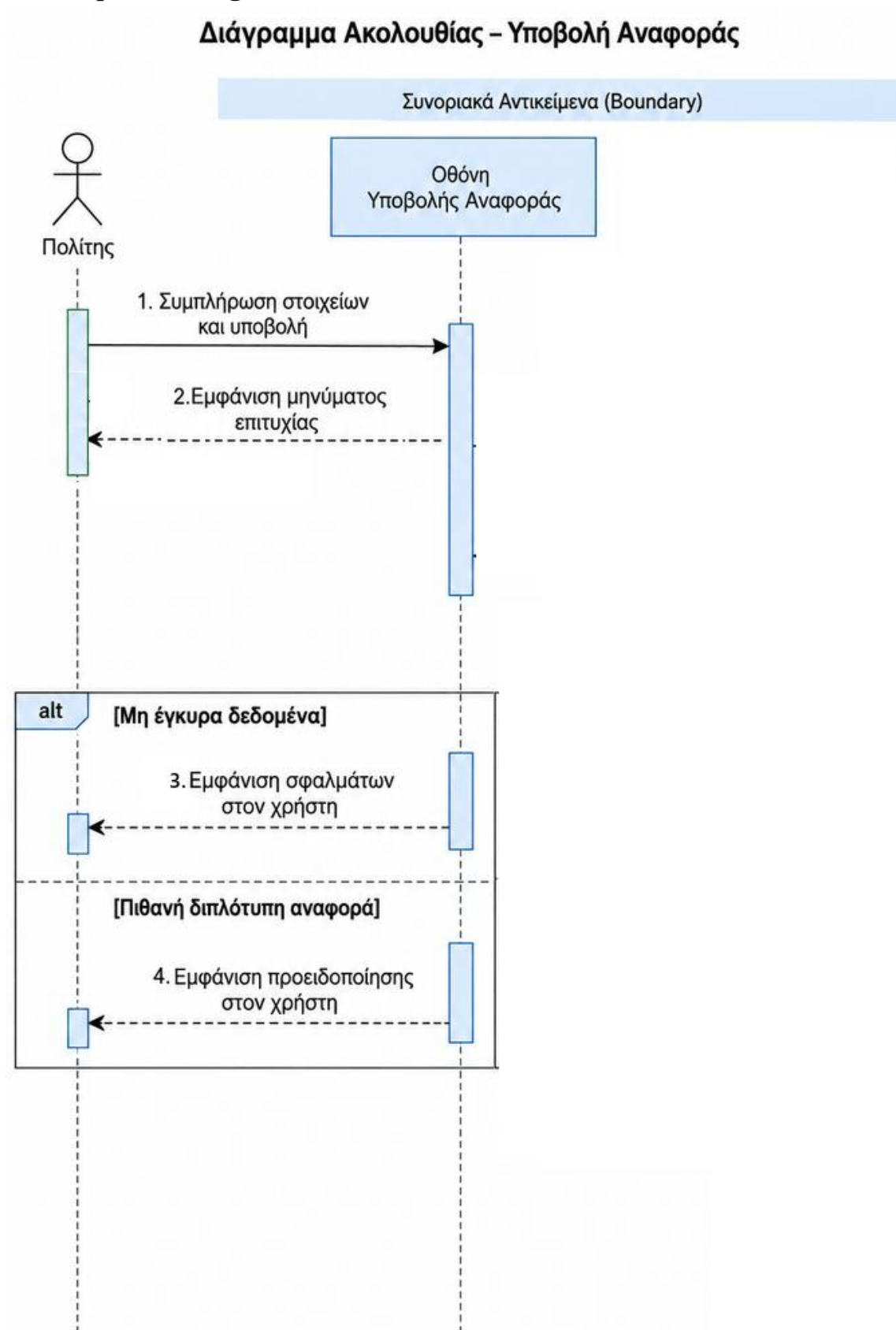


Σχήμα 4.3 Activity Diagram Διαχείρισης Αναφοράς από Διαχειριστή

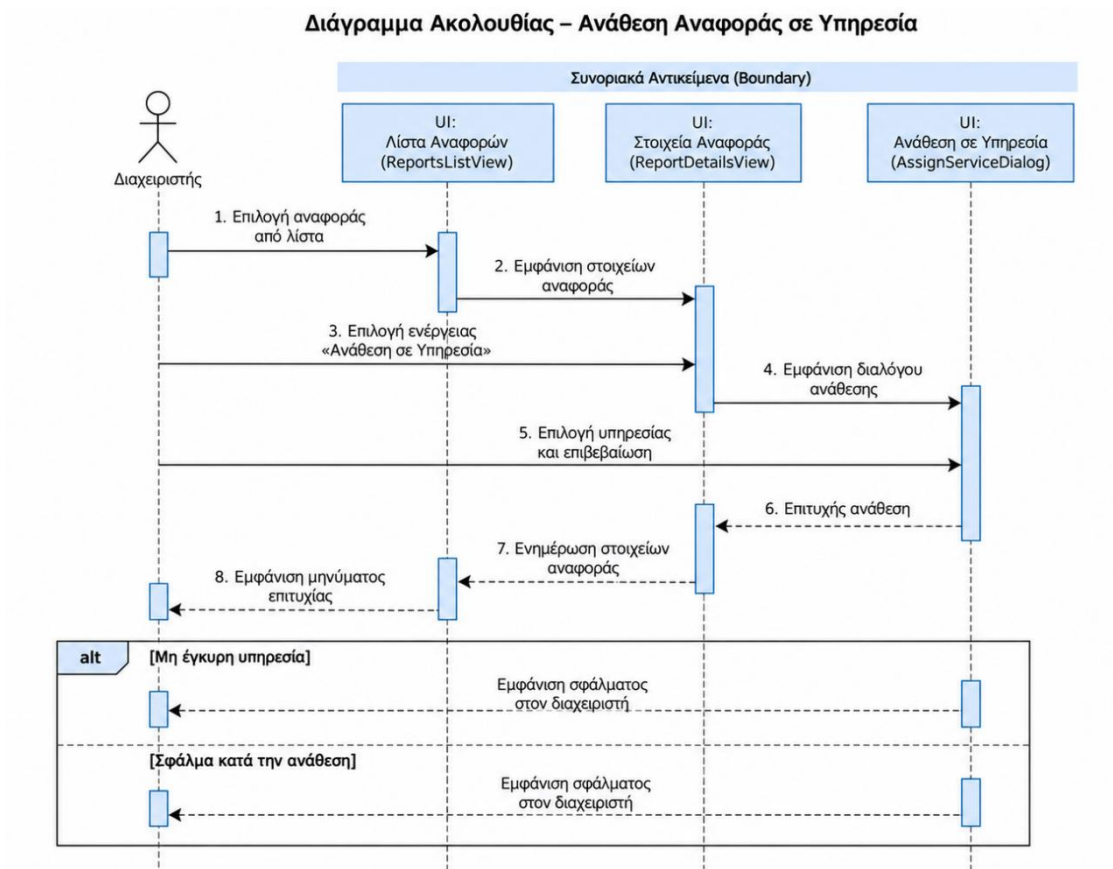


Σχήμα 4.4 Activity Diagram Υπολογισμού AHP-TOPSIS

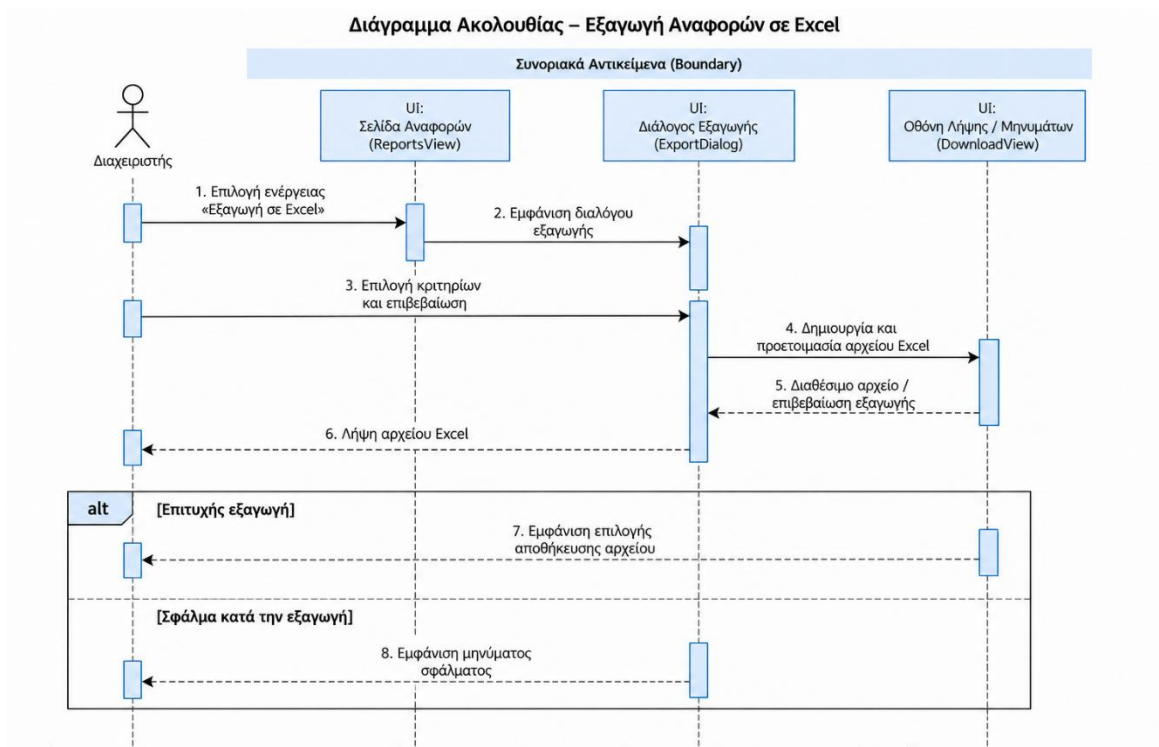
4.4 Sequence Diagrams



Σχήμα 4.5 Sequence Diagram Υποβολής Αναφοράς

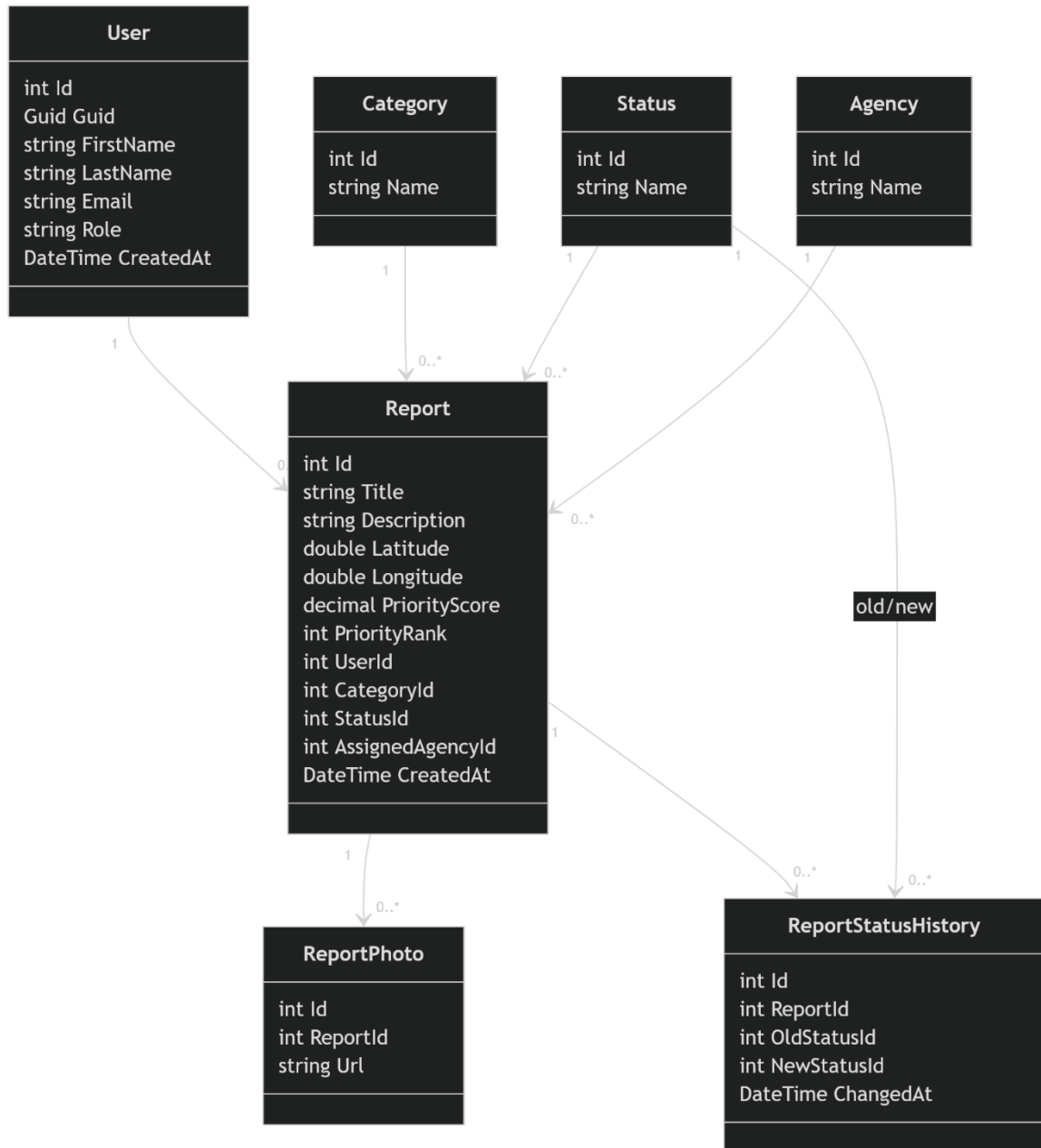


Σχήμα 4.6 Sequence Diagram Ανάθεσης Υπηρεσίας

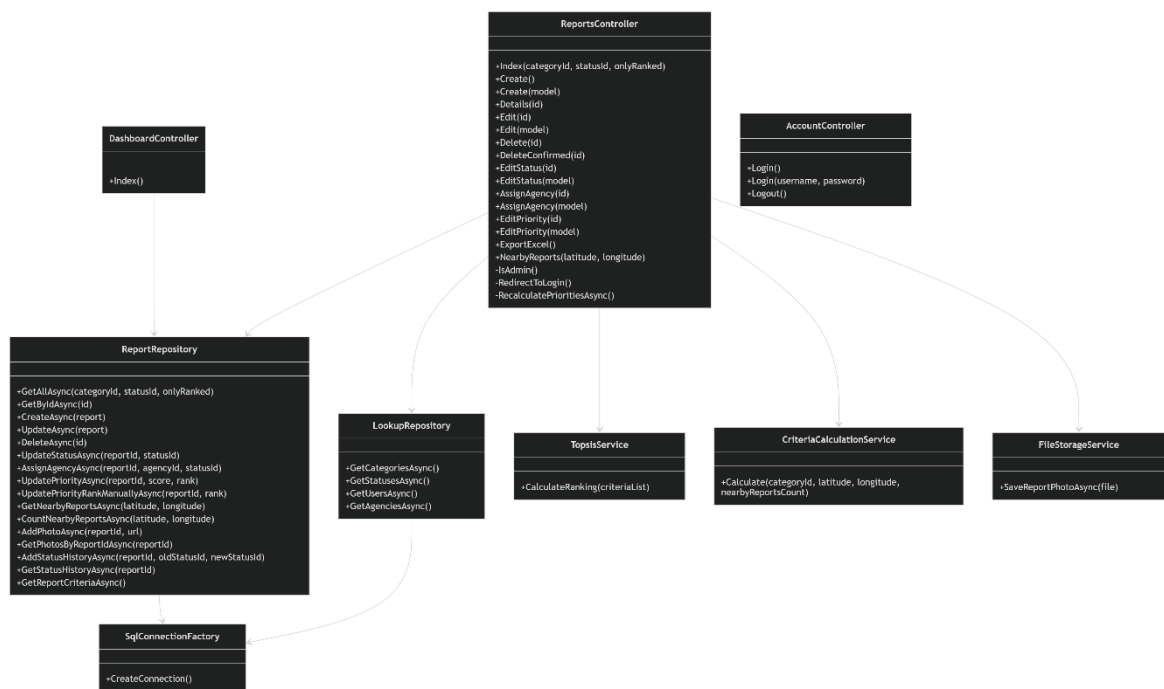


Σχήμα 4.7 Sequence Diagram Εξαγωγής Excel

4.5 Class Diagrams

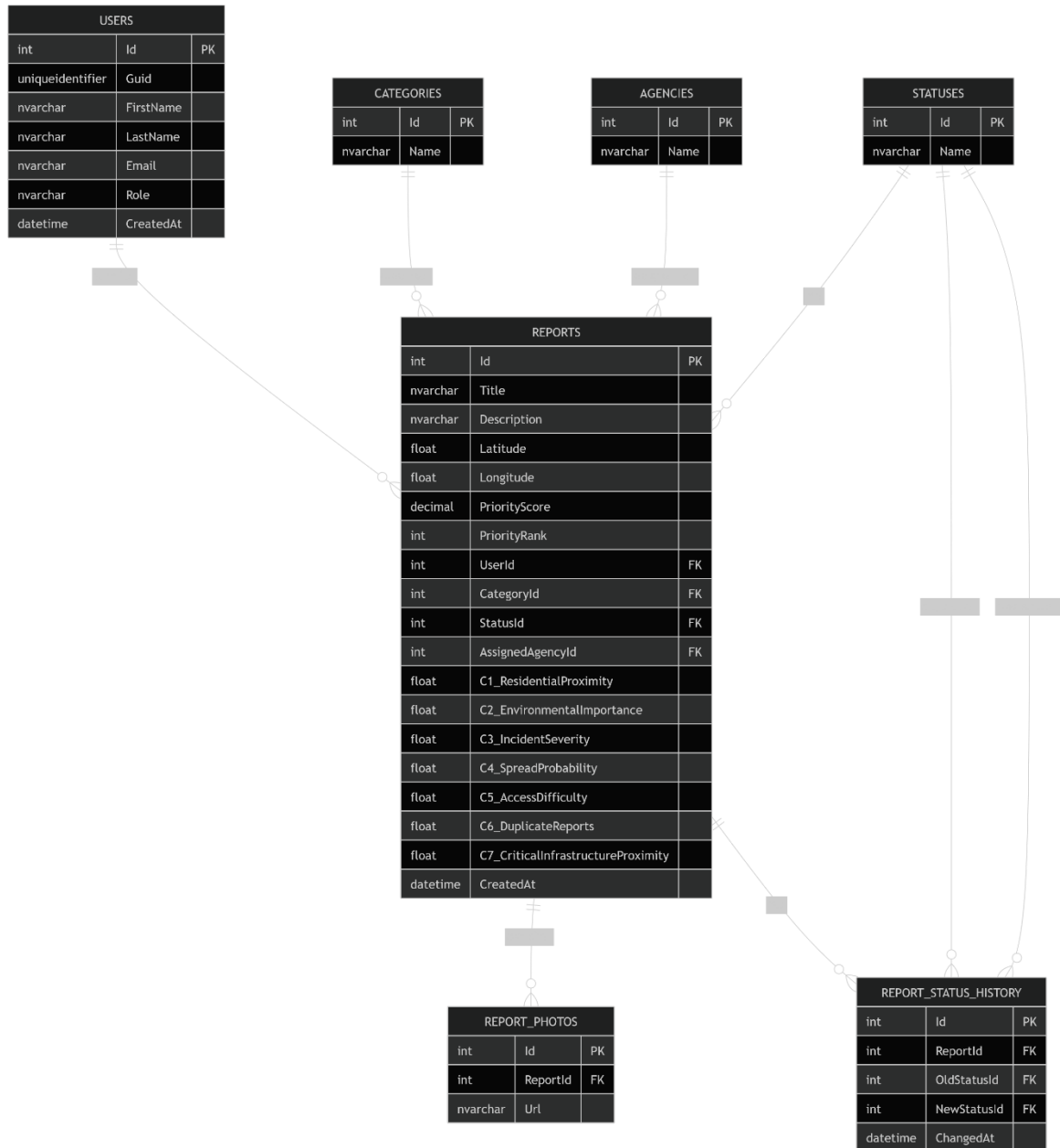


Σχήμα 4.8 Class Diagram χωρίς μεθόδους



Σχήμα 4.9 Class Diagram με μεθόδους

4.6 ER Diagram



Σχήμα 4.10 ER Diagram

4.7 Κριτήρια Πολυκριτήριας Αξιολόγησης

Η αξιολόγηση των αναφορών βασίζεται σε επτά κριτήρια. Οι τιμές των κριτηρίων υπολογίζονται αυτόματα για τις αναφορές πολιτών, ώστε να μην απαιτείται τεχνική γνώση από τον χρήστη.

Για την ποσοτικοποίηση των κριτηρίων χρησιμοποιείται διακριτή αριθμητική κλίμακα από 1 έως 5, όπου υψηλότερη τιμή αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη επίδραση του συγκεκριμένου κριτηρίου στην προτεραιότητα της αναφοράς. Οι τιμές δεν εισάγονται από τον πολίτη, αλλά υπολογίζονται αυτόματα από το σύστημα μέσω προκαθορισμένων κανόνων. Οι κανόνες λαμβάνουν υπόψη την κατηγορία του περιστατικού, τη γεωγραφική απόσταση της αναφοράς από προκαθορισμένο σημείο αναφοράς και το πλήθος κοντινών αναφορών. Η απόσταση υπολογίζεται σε χιλιόμετρα μέσω γεωγραφικού υπολογισμού μεταξύ των συντεταγμένων της αναφοράς και του σημείου αναφοράς.

Κριτήριο	Περιγραφή	Κανόνας υπολογισμού / βαθμολόγησης
C1	Εγγύτητα σε κατοικημένη περιοχή	Απόσταση $\leq 0,5$ km $\rightarrow$ 5, ≤ 1 km $\rightarrow$ 4, ≤ 2 km $\rightarrow$ 3, ≤ 5 km $\rightarrow$ 2, > 5 km $\rightarrow$ 1
C2	Περιβαλλοντική σημαντικότητα	Κατηγορίες 1, 2, 7 $\rightarrow$ 5. Κατηγορίες 3, 4 $\rightarrow$ 4. Για τις λοιπές κατηγορίες: απόσταση > 5 km $\rightarrow$ 3, διαφορετικά $\rightarrow$ 2
C3	Σοβαρότητα συμβάντος	Πυρκαγιά $\rightarrow$ 5, Ύποπτος εμπρησμός $\rightarrow$ 5, Περιβαλλοντική μόλυνση $\rightarrow$ 5, Κομμένα καλώδια $\rightarrow$ 4, Απειλούμενο είδος $\rightarrow$ 4, Άρρωστο ζώο $\rightarrow$ 3, Νεκρό ζώο $\rightarrow$ 2, λοιπές κατηγορίες $\rightarrow$ 1
C4	Πιθανότητα εξάπλωσης	Πυρκαγιά $\rightarrow$ 5, Ύποπτος εμπρησμός $\rightarrow$ 5, Κομμένα καλώδια $\rightarrow$ 4, Περιβαλλοντική μόλυνση $\rightarrow$ 3, λοιπές κατηγορίες $\rightarrow$ 2
C5	Δυσκολία πρόσβασης	Απόσταση ≤ 1 km $\rightarrow$ 1, ≤ 2 km $\rightarrow$ 2, ≤ 5 km $\rightarrow$ 3, ≤ 10 km $\rightarrow$ 4, > 10 km $\rightarrow$ 5
C6	Πλήθος κοντινών αναφορών	0–1 αναφορές $\rightarrow$ 1, 2–3 $\rightarrow$ 2, 4–5 $\rightarrow$ 3, 6–10 $\rightarrow$ 4, > 10 $\rightarrow$ 5
C7	Εγγύτητα σε κρίσιμες υποδομές	Κομμένα καλώδια $\rightarrow$ 5, Πυρκαγιά ή Ύποπτος εμπρησμός $\rightarrow$ 4, Περιβαλλοντική μόλυνση $\rightarrow$ 3, λοιπές κατηγορίες $\rightarrow$ 2

Πίνακας 4.1 Κριτήρια αξιολόγησης και κανόνες βαθμολόγησης

Ο διαχειριστής μπορεί να τροποποιήσει το Priority Rank μιας αναφοράς σε ειδικές περιπτώσεις, χωρίς να μεταβάλλει το Priority Score που έχει προκύψει από τον αλγόριθμο TOPSIS.

4.8 Πολυκριτήρια αξιολόγηση με AHP και TOPSIS

Για την αξιολόγηση και την ιεράρχηση των περιβαλλοντικών αναφορών χρησιμοποιείται συνδυασμός των μεθόδων Analytic Hierarchy Process (AHP) και Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) [16],[17].

Η AHP χρησιμοποιείται στη φάση σχεδιασμού του συστήματος για τον προσδιορισμό της σχετικής βαρύτητας των επτά κριτηρίων αξιολόγησης C1–C7. Η διαδικασία αυτή δεν εκτελείται δυναμικά για κάθε νέα αναφορά. Αντίθετα, τα βάρη που προκύπτουν από την AHP αποθηκεύονται ως σταθερές παράμετροι της εφαρμογής και χρησιμοποιούνται από τη μέθοδο TOPSIS κατά τον επαναυπολογισμό της προτεραιότητας των αναφορών [19],[20].

Η TOPSIS εφαρμόζεται πάνω στις πραγματικές τιμές των κριτηρίων κάθε αναφοράς και παράγει τον δείκτη προτεραιότητας PriorityScore. Στη συνέχεια, οι αναφορές ταξινομούνται κατά φθίνουσα σειρά του δείκτη αυτού και προκύπτει το PriorityRank [18].

4.8.1 Προσδιορισμός των Βαρών με τη Μέθοδο AHP

Η μέθοδος Analytic Hierarchy Process (AHP) βασίζεται στη σύγκριση των κριτηρίων ανά δύο. Για κάθε ζεύγος κριτηρίων εκτιμάται η σχετική σημασία του ενός ως προς το άλλο χρησιμοποιώντας την κλίμακα του Saaty από 1 έως 9 [14],[15].

Η βασική ερμηνεία της κλίμακας παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Τιμή	Ερμηνεία
1	Ίση σημασία
2	Ενδιάμεση τιμή
3	Μέτρια υπεροχή
4	Ενδιάμεση τιμή
5	Ισχυρή υπεροχή
6	Ενδιάμεση τιμή
7	Πολύ ισχυρή υπεροχή
8	Ενδιάμεση τιμή
9	Απόλυτη υπεροχή

Πίνακας 4.2 Ερμηνεία κλίμακας

Όταν ένα κριτήριο CiC_i θεωρείται λιγότερο σημαντικό από ένα κριτήριο CjC_j , χρησιμοποιείται η αντίστροφη τιμή της αντίστοιχης σύγκρισης. Για παράδειγμα, εάν το CjC_j θεωρείται τρεις φορές σημαντικότερο από το CiC_i , τότε:

$$A_{ji} = 3$$

και:

$$A_{ji} = 1/3$$

4.8.2 Προέλευση των κρίσεων

Οι ζευγαρωτές συγκρίσεις των κριτηρίων πραγματοποιήθηκαν από τον συγγραφέα της παρούσας εργασίας στο πλαίσιο της σχεδίασης και παραμετροποίησης της πρωτότυπης εφαρμογής.

Οι συγκρίσεις βασίστηκαν στην επιχειρησιακή λογική του συστήματος και στη σχετική επίδραση που θεωρήθηκε ότι έχει κάθε κριτήριο στην κρισιμότητα ενός περιβαλλοντικού περιστατικού. Η βιβλιογραφία χρησιμοποιήθηκε για τη μεθοδολογία εφαρμογής της AHP και την κλίμακα Saaty και όχι για τον καθορισμό των συγκεκριμένων αριθμητικών κρίσεων.

Κατά συνέπεια, τα βάρη που προκύπτουν δεν πρέπει να θεωρηθούν ως καθολικά αποδεκτά βάρη για κάθε εφαρμογή περιβαλλοντικής διαχείρισης, αλλά ως παραμετροποίηση της συγκεκριμένης πρωτότυπης εφαρμογής. Σε μία παραγωγική εφαρμογή, η διαδικασία θα μπορούσε να επαναληφθεί με συμμετοχή ειδικών επιστημόνων, στελεχών πολιτικής προστασίας και αρμόδιων περιβαλλοντικών φορέων.

4.8.3 Πίνακας Ζευγαρωτών Συγκρίσεων

Με βάση τις παραπάνω κρίσεις σχηματίστηκε ο ακόλουθος πίνακας ζευγαρωτών συγκρίσεων:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	1/2	1/3	1	2	5	3
C2	2	1	1/2	1	2	7	2
C3	3	2	1	2	3	5	2
C4	1	1	1/2	1	2	4	1
C5	1/2	1/2	1/3	1/2	1	2	1/2
C6	1/5	1/7	1/5	1/4	1/2	1	1/2
C7	1/3	1/2	1/2	1	2	2	1

Πίνακας 4.3 Πίνακας Ζευγαρωτών Συγκρίσεων ΑΗΡ

Ο πίνακας είναι αμοιβαίος, επομένως ισχύει:

$$A_{ji} = 1/a_{ji}$$

και όλα τα στοιχεία της κύριας διαγωνίου είναι ίσα με 1.

4.8.4 Αιτιολόγηση των Ζευγαρωτών Συγκρίσεων

Το κριτήριο C3 – Σοβαρότητα συμβάντος θεωρήθηκε το σημαντικότερο κριτήριο, καθώς η άμεση επικινδυνότητα ενός περιστατικού αποτελεί βασικό παράγοντα για την προτεραιοποίησή του. Για τον λόγο αυτό αξιολογείται ως περισσότερο σημαντικό από τα C1, C2, C4, C5, C6 και C7.

Το C2 – Περιβαλλοντική σημαντικότητα λαμβάνει επίσης υψηλή βαρύτητα, καθώς ένα περιστατικό που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το φυσικό περιβάλλον ή είδη αυξημένης περιβαλλοντικής σημασίας πρέπει να αντιμετωπίζεται με αυξημένη προτεραιότητα.

Τα κριτήρια C1 – Εγγύτητα σε κατοικημένη περιοχή και C4 – Πιθανότητα εξάπλωσης αξιολογούνται ως σημαντικά, χωρίς όμως να υπερισχύουν της σοβαρότητας του ίδιου του περιστατικού.

Το C7 – Συσχέτιση με κρίσιμες υποδομές λαμβάνει ενδιάμεση βαρύτητα, επειδή μπορεί να αυξήσει την επιχειρησιακή σημασία ενός περιστατικού, αλλά δεν αποτελεί από μόνο του επαρκή ένδειξη της συνολικής κρισιμότητάς του.

Η C5 – Δυσκολία πρόσβασης θεωρείται μικρότερης σχετικής σημασίας, καθώς επηρεάζει κυρίως τη δυνατότητα επιχειρησιακής αντιμετώπισης και όχι άμεσα τη σοβαρότητα του περιστατικού.

Τέλος, το C6 – Πλήθος κοντινών αναφορών λαμβάνει το μικρότερο βάρος. Η ύπαρξη πολλαπλών αναφορών στην ίδια περιοχή αποτελεί χρήσιμη ένδειξη επιβεβαίωσης ή αυξημένης συγκέντρωσης περιστατικών, ωστόσο θεωρείται δευτερεύων παράγοντας σε σχέση με τη σοβαρότητα, την περιβαλλοντική σημασία και την πιθανότητα εξάπλωσης.

4.8.4.1 Υπολογισμός του Διανύσματος Βαρών

Για τον υπολογισμό του διανύσματος προτεραιοτήτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του κανονικοποιημένου γεωμετρικού μέσου.

Για κάθε γραμμή i του πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων υπολογίζεται αρχικά ο γεωμετρικός μέσος:

$$GM_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}$$

όπου στην παρούσα εφαρμογή: $n = 7$

Στη συνέχεια οι γεωμετρικοί μέσοι κανονικοποιούνται:

$$w_i = \frac{GM_i}{\sum_{k=1}^n GM_k}$$

Όστε να ισχύει:

$$\sum_{i=1}^7 w_i = 1$$

Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Κριτήριο	Γεωμετρικός Μέσος GM_i	Κανονικοποιημένο βάρος	Βάρος εφαρμογής
C1	1.2585	0.1532	0.15
C2	1.6097	0.1959	0.20

C3	2.3184	0.2821	0.28
C4	1.2190	0.1483	0.15
C5	0.6351	0.0773	0.08
C6	0.3218	0.0392	0.04
C7	0.8548	0.1040	0.10

Πίνακας 4.4 Υπολογισμός Βαρών ΑHP

Το άθροισμα των γεωμετρικών μέσων είναι:

$$\sum GM_i = 8.2172$$

και το κανονικοποιημένο διάνυσμα βαρών είναι:

$$W = (0.1532, 0.1959, 0.2821, 0.1483, 0.0773, 0.0392, 0.1040)$$

Με στρογγυλοποίηση δύο δεκαδικών ψηφίων προκύπτει:

$$W = (0.15, 0.20, 0.28, 0.15, 0.08, 0.04, 0.10)$$

το οποίο είναι το διάνυσμα βαρών που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή.

4.8.4.2 Έλεγχος Συνέπειας των Κρίσεων

Η ΑHP προβλέπει έλεγχο της συνέπειας των ζευγαρωτών συγκρίσεων, καθώς οι ανθρώπινες κρίσεις δεν είναι απαραίτητα πλήρως συνεπείς.

Για τον έλεγχο υπολογίζεται αρχικά η μέγιστη ιδιοτιμή του πίνακα:

$$\lambda_{\max} \approx 7.29$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index – CI):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Για $n = 7$ προκύπτει:

$$CI = \frac{7.29 - 7}{6} \approx 0.049$$

Για πίνακα επτά κριτηρίων, ο δείκτης τυχαιότητας είναι:

$$RI = 1.32$$

και επομένως ο Λόγος Συνέπειας (Consistency Ratio – CR) είναι:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$
$$CR = \frac{0.049}{1.32} \approx 0.037$$

Δηλαδή περίπου $CR = 3.7\%$. Καθώς $CR < 0.10$

ο πίνακας ζευγαρωτών συγκρίσεων θεωρείται ότι παρουσιάζει αποδεκτό επίπεδο συνέπειας και οι κρίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των βαρών.

4.8.4.3 Μαθηματική Διατύπωση της Μεθόδου TOPSIS

Έστω ότι υπάρχουν m εναλλακτικές λύσεις και n κριτήρια αξιολόγησης.

Το αρχικό πρόβλημα περιγράφεται από τον πίνακα αποφάσεων:

$$X = [x_{ij}]$$

όπου:

x_{ij} = τιμή του κριτηρίου j για την εναλλακτική i .

Βήμα 1: Κανονικοποίηση του πίνακα αποφάσεων

Η κανονικοποίηση πραγματοποιείται με τη μέθοδο του διανύσματος:

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum x_{ij}^2}$$

για $i = 1, \dots, m$ και $j = 1, \dots, n$.

Με τον τρόπο αυτό όλες οι τιμές μετατρέπονται σε αδιάστατες ποσότητες και καθίστανται συγκρίσιμες.

Βήμα 2: Δημιουργία σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα

Οι κανονικοποιημένες τιμές πολλαπλασιάζονται με τα βάρη των κριτηρίων που έχουν προκύψει από τη μέθοδο AHP:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$$

όπου:

w_j = βάρος του κριτηρίου j .

Κατεύθυνση των κριτηρίων αξιολόγησης

Στην παρούσα εφαρμογή, και τα επτά κριτήρια C1–C7 αντιμετωπίζονται ως κριτήρια μεγιστοποίησης (benefit criteria). Η συγκεκριμένη επιλογή προκύπτει από τον τρόπο με τον οποίο έχει οριστεί η κλίμακα βαθμολόγησης των κριτηρίων: σε όλες τις περιπτώσεις, μεγαλύτερη αριθμητική τιμή αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη κρισιμότητα του περιστατικού και, κατά συνέπεια, σε ισχυρότερη ανάγκη προτεραιοποίησης της αναφοράς. Επομένως, κατά την εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS, για όλα τα κριτήρια ως θετική ιδανική τιμή χρησιμοποιείται η μέγιστη τιμή του σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα, ενώ ως αρνητική ιδανική τιμή χρησιμοποιείται η αντίστοιχη ελάχιστη τιμή. Στο συγκεκριμένο μοντέλο δεν χρησιμοποιούνται κριτήρια κόστους (cost criteria).

Κριτήριο	Περιγραφή	Τύπος
C1	Εγγύτητα σε κατοικημένη περιοχή	Benefit
C2	Περιβαλλοντική σημαντικότητα	Benefit
C3	Σοβαρότητα συμβάντος	Benefit
C4	Πιθανότητα εξάπλωσης	Benefit
C5	Δυσκολία πρόσβασης	Benefit
C6	Πλήθος κοντινών αναφορών	Benefit
C7	Συσχέτιση / εγγύτητα με κρίσιμες υποδομές	Benefit

Πίνακας 4.5 Benefit criteria

Να σχολιάσουμε ότι ο όρος benefit criterion χρησιμοποιείται με τη μαθηματική έννοια του κριτηρίου μεγιστοποίησης και όχι με την έννοια ενός επιθυμητού ή θετικού χαρακτηριστικού.

Βήμα 3: Προσδιορισμός ιδανικής και αντι-ιδανικής λύσης

Η θετική ιδανική λύση ορίζεται ως:

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

όπου:

$$v_j^+ = \max(v_{ij})$$

Η αρνητική ιδανική λύση ορίζεται ως:

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

όπου:

$$v_j^- = \min(v_{ij})$$

Βήμα 4: Υπολογισμός Ευκλείδειας Απόστασης

Για κάθε εναλλακτική υπολογίζεται η απόσταση από την ιδανική λύση:

$$S_i^+ = \sqrt{(\sum (v_{ij} - v_j^+)^2)}$$

και η απόσταση από την αντι-ιδανική λύση:

$$S_i^- = \sqrt{(\sum (v_{ij} - v_j^-)^2)}$$

Βήμα 5: Υπολογισμός Συντελεστή Εγγύτητας

Ο συντελεστής εγγύτητας (Closeness Coefficient) δίνεται από:

$$CC_i = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-)$$

Η τιμή του CC_i ανήκει στο διάστημα $[0,1]$.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του CC_i τόσο πλησιέστερη βρίσκεται η εναλλακτική στην ιδανική λύση.

Βήμα 6: Κατάταξη Εναλλακτικών

Οι εναλλακτικές ταξινομούνται κατά φθίνουσα σειρά ως προς την τιμή του CC_i .

Η εναλλακτική με τη μεγαλύτερη τιμή λαμβάνει την υψηλότερη προτεραιότητα.

4.8.4.4 Εφαρμογή της TOPSIS στο Προτεινόμενο Σύστημα

Στην παρούσα εφαρμογή κάθε αναφορά αντιμετωπίζεται ως μία εναλλακτική λύση της μεθόδου TOPSIS. Τα επτά κριτήρια αξιολόγησης (C1–C7) αποτελούν τις μεταβλητές του πίνακα αποφάσεων.

Για κάθε νέα αναφορά το σύστημα υπολογίζει αυτόματα τις τιμές των κριτηρίων και ενημερώνει τον πίνακα αποφάσεων. Στη συνέχεια εφαρμόζεται η διαδικασία κανονικοποίησης, στάθμισης και υπολογισμού του συντελεστή εγγύτητας.

Η παραγόμενη τιμή αποθηκεύεται στο πεδίο PriorityScore της βάσης δεδομένων. Έπειτα όλες οι αναφορές ταξινομούνται κατά φθίνουσα σειρά PriorityScore και παράγεται το πεδίο PriorityRank.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε φορά που δημιουργείται, τροποποιείται ή διαγράφεται μία αναφορά, ώστε η κατάταξη να αντανakλά πάντοτε την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος.

Παρότι το σύστημα υπολογίζει αυτόματα την προτεραιότητα μέσω της TOPSIS, παρέχεται στον διαχειριστή η δυνατότητα χειροκίνητης μεταβολής του PriorityRank σε ειδικές περιπτώσεις επιχειρησιακής ανάγκης. Η παρέμβαση αυτή δεν τροποποιεί τον υπολογισμένο δείκτη PriorityScore, διατηρώντας έτσι το αποτέλεσμα της πολυκριτήριας αξιολόγησης.

4.9 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε η σχεδίαση του συστήματος, οι βασικές οντότητες, η αρχιτεκτονική και τα κύρια διαγράμματα λογισμικού. Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να υποστηρίζει τόσο τη συμμετοχή πολιτών όσο και τη διαχείριση από αρμόδιο διαχειριστή. Η χρήση AHP και TOPSIS επιτρέπει την αντικειμενική ιεράρχηση των αναφορών, ενώ οι πρόσθετες λειτουργίες, όπως η ανάθεση υπηρεσίας, το ιστορικό κατάστασης, το dashboard, το heatmap και η εξαγωγή Excel, ενισχύουν την πρακτική αξία της εφαρμογής.

5 Υλοποίηση του Συστήματος

5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η υλοποίηση του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης αναφορών βιοποικιλότητας. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε με χρήση σύγχρονων τεχνολογιών ανάπτυξης λογισμικού και ακολουθεί την αρχιτεκτονική MVC (Model-View-Controller).

Βασικός στόχος της υλοποίησης ήταν η δημιουργία μιας απλής αλλά λειτουργικής πλατφόρμας που να επιτρέπει την υποβολή αναφορών από πολίτες, τη διαχείριση των αναφορών από διαχειριστές, την αξιολόγησή τους μέσω πολυκριτήριας ανάλυσης και την οπτικοποίηση των δεδομένων σε διαδραστικό χάρτη.

5.2 Τεχνολογίες Υλοποίησης

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες τεχνολογίες:

Τεχνολογία	Περιγραφή
ASP.NET Core MVC (.NET 8)	Backend framework
C#	Γλώσσα προγραμματισμού
SQL Server	Σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων
Dapper	Micro ORM για πρόσβαση στα δεδομένα
Razor Views	Δημιουργία δυναμικών ιστοσελίδων
Bootstrap 5	Responsive σχεδίαση περιβάλλοντος χρήστη
Leaflet	Διαδραστικοί χάρτες
OpenStreetMap	Παροχή χαρτογραφικών δεδομένων
Chart.js	Οπτικοποίηση στατιστικών δεδομένων
ClosedXML	Εξαγωγή δεδομένων σε Excel

Πίνακας 5.1 Τεχνολογίες Υλοποίησης

Η επιλογή των παραπάνω τεχνολογιών πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την απλότητα ανάπτυξης, την απόδοση και την ευκολία συντήρησης του συστήματος [9],[10].

5.3 Αρχιτεκτονική MVC

Η εφαρμογή ακολουθεί το πρότυπο σχεδίασης MVC (Model-View-Controller).

Models

Τα Models αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα του συστήματος και αντιστοιχούν στις οντότητες της βάσης δεδομένων.

Κύρια models:

- User
- Report
- Category
- Status
- Agency
- ReportPhoto
- ReportStatusHistory

Views

Οι Views αποτελούν το επίπεδο παρουσίασης και υλοποιούνται μέσω Razor Pages.

Κύριες προβολές:

- Dashboard
- Αναφορές
- Νέα Αναφορά
- Λεπτομέρειες Αναφοράς
- Ανάθεση Υπηρεσίας
- Αλλαγή Προτεραιότητας
- Είσοδος Διαχειριστή

Controllers

Οι Controllers διαχειρίζονται τη ροή της εφαρμογής.

Κύριοι controllers:

- ReportsController
- DashboardController
- AccountController

5.4 Υλοποίηση Βάσης Δεδομένων

Η βάση δεδομένων αναπτύχθηκε στον SQL Server.

Οι βασικοί πίνακες είναι:

Πίνακας	Περιγραφή
Users	Χρήστες συστήματος
Reports	Αναφορές περιστατικών
Categories	Κατηγορίες περιστατικών
Statuses	Καταστάσεις αναφορών
Agencies	Αρμόδιες υπηρεσίες
ReportPhotos	Φωτογραφίες αναφορών
ReportStatusHistory	Ιστορικό αλλαγών κατάστασης

Πίνακας 5.2 Πίνακες Βάσης Δεδομένων

Οι σχέσεις μεταξύ των πινάκων υλοποιούνται μέσω ξένων κλειδιών (Foreign Keys).

5.5 Πρόσβαση στη Βάση με Dapper

Για την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη Dapper.

Η Dapper επιλέχθηκε αντί του Entity Framework λόγω:

- απλούστερης χρήσης
- υψηλότερης απόδοσης
- άμεσου ελέγχου των SQL ερωτημάτων

Η πρόσβαση στα δεδομένα υλοποιείται μέσω repositories.

Κύρια repositories:

- ReportRepository
- LookupRepository

5.6 Υποβολή Αναφοράς

Ο πολίτης μπορεί να δημιουργήσει νέα αναφορά συμπληρώνοντας:

- τίτλο
- περιγραφή
- κατηγορία
- γεωγραφική θέση
- φωτογραφία

Η επιλογή τοποθεσίας πραγματοποιείται μέσω διαδραστικού χάρτη Leaflet.

Κατά την επιλογή τοποθεσίας το σύστημα ελέγχει αυτόματα εάν υπάρχουν ήδη αναφορές σε ακτίνα 500 μέτρων και ενημερώνει τον χρήστη.

Μετά την υποβολή:

1. Αποθηκεύεται η αναφορά.
2. Υπολογίζονται αυτόματα τα κριτήρια C1-C7.
3. Εκτελείται ο αλγόριθμος TOPSIS.
4. Υπολογίζονται τα PriorityScore και PriorityRank.

5.7 Διαχείριση Φωτογραφιών

Οι φωτογραφίες δεν αποθηκεύονται απευθείας στη βάση δεδομένων.

Αποθηκεύονται στο σύστημα αρχείων του διακομιστή και στη βάση δεδομένων καταχωρείται μόνο το URL της φωτογραφίας.

Η προσέγγιση αυτή μειώνει το μέγεθος της βάσης δεδομένων και βελτιώνει την απόδοση του συστήματος.

5.8 Αυτόματος Υπολογισμός Κριτηρίων

Για τη διευκόλυνση των πολιτών και κυρίως για την αξιοπιστία της αξιολόγησης της βαρύτητας του εκάστοτε περιστατικού τα κριτήρια αξιολόγησης δεν εισάγονται χειροκίνητα.

Το σύστημα υπολογίζει αυτόματα:

Κριτήριο	Εύρος παραγόμενων τιμών	Παράμετροι υλοποίησης
C1	1–5	Απόσταση από το σημείο αναφοράς
C2	2–5	Κατηγορία και, για ορισμένες κατηγορίες, απόσταση
C3	1–5	Κατηγορία περιστατικού
C4	2–5	Κατηγορία περιστατικού
C5	1–5	Απόσταση από το σημείο αναφοράς
C6	1–5	Πλήθος κοντινών αναφορών
C7	2–5	Κατηγορία περιστατικού

Πίνακας 5.3 Κριτήρια Αυτόματου Υπολογισμού

Οι αναλυτικοί κανόνες μετατροπής των παραπάνω παραμέτρων σε αριθμητικές βαθμολογίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1. Η υλοποίηση πραγματοποιείται από την υπηρεσία CriteriaCalculationService, η οποία υπολογίζει αυτόματα τις τιμές C1–C7 πριν από την εφαρμογή της διαδικασίας προτεραιοποίησης.

Οι τιμές παράγονται βάσει της κατηγορίας του περιστατικού, της τοποθεσίας και των υπαρχουσών αναφορών.

5.9 Υπολογισμός Προτεραιοτήτων

Η αξιολόγηση των αναφορών πραγματοποιείται με συνδυασμό των μεθόδων AHP και TOPSIS.

Η AHP χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων.

Η TOPSIS χρησιμοποιείται για:

- κανονικοποίηση δεδομένων
- υπολογισμό ιδανικής λύσης

- υπολογισμό αντι-ιδανικής λύσης
- υπολογισμό συντελεστή εγγύτητας

Το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στο πεδίο PriorityScore.

Στη συνέχεια δημιουργείται η σειρά κατάταξης PriorityRank.

5.10 Διαχείριση Αναφορών

Οι λειτουργίες διαχείρισης είναι διαθέσιμες μόνο στον διαχειριστή.

Οι δυνατότητες περιλαμβάνουν:

- προβολή όλων των αναφορών
- επεξεργασία αναφοράς
- διαγραφή αναφοράς
- αλλαγή κατάστασης
- αλλαγή προτεραιότητας
- ανάθεση υπηρεσίας

5.11 Ανάθεση Υπηρεσίας

Ο διαχειριστής μπορεί να αναθέσει ένα περιστατικό σε αρμόδια υπηρεσία.

Οι διαθέσιμες υπηρεσίες είναι:

- Αστυνομία
- Πυροσβεστική
- ΕΚΑΒ
- Λιμενικό
- ΥΚΚΠΠ

Με την ανάθεση:

1. Αποθηκεύεται η επιλεγμένη υπηρεσία.
2. Η κατάσταση αλλάζει αυτόματα σε «Υπό Εξέταση».
3. Καταγράφεται σχετική εγγραφή στο ιστορικό κατάστασης.

5.12 Ιστορικό Κατάστασης

Κάθε αλλαγή κατάστασης καταγράφεται στον πίνακα ReportStatusHistory.

Για κάθε μεταβολή αποθηκεύονται:

- παλιά κατάσταση

- νέα κατάσταση
- ημερομηνία αλλαγής

Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η πλήρης παρακολούθηση του κύκλου ζωής κάθε αναφοράς.

5.13 Διαχείριση Προτεραιότητας

Το σύστημα υπολογίζει αυτόματα την προτεραιότητα μέσω TOPSIS.

Ωστόσο, ο διαχειριστής έχει τη δυνατότητα χειροκίνητης τροποποίησης του PriorityRank σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

Το PriorityScore παραμένει αμετάβλητο ώστε να διατηρείται το αποτέλεσμα της πολυκριτήριας αξιολόγησης.

5.14 Dashboard και Στατιστικά

Η εφαρμογή διαθέτει dashboard διαχείρισης.

Το dashboard περιλαμβάνει:

- συνολικό αριθμό αναφορών
- ενεργές αναφορές
- ολοκληρωμένες αναφορές
- μέσο Priority Score
- αναφορά υψηλότερης προτεραιότητας

Παράλληλα εμφανίζονται γραφήματα που παρουσιάζουν:

- αναφορές ανά κατηγορία
- αναφορές ανά κατάσταση

5.15 Γεωχωρική Οπτικοποίηση

Οι αναφορές προβάλλονται σε διαδραστικό χάρτη. Κάθε αναφορά εμφανίζεται ως marker.

Επιπλέον υποστηρίζονται:

- popup πληροφοριών
- προεπισκόπηση φωτογραφίας
- χρωματισμός βάσει προτεραιότητας
- heatmap συγκέντρωσης περιστατικών

Το heatmap επιτρέπει τον γρήγορο εντοπισμό περιοχών με αυξημένο αριθμό αναφορών [8],[9][10].

5.16 Εξαγωγή Δεδομένων

Ο διαχειριστής μπορεί να εξάγει όλες τις αναφορές σε μορφή Excel.

Η λειτουργία υλοποιείται μέσω της βιβλιοθήκης ClosedXML.

Το παραγόμενο αρχείο περιλαμβάνει:

- στοιχεία αναφοράς
- κατάσταση
- κατηγορία
- προτεραιότητα
- χρήστη
- ημερομηνία δημιουργίας

5.17 Υλοποίηση Μηχανισμού Διαχειριστή

Για λόγους απλοποίησης δεν χρησιμοποιήθηκε πλήρες σύστημα αυθεντικοποίησης.

Αντί αυτού υλοποιήθηκε απλός μηχανισμός σύνδεσης διαχειριστή μέσω session.

Μετά την επιτυχή σύνδεση ενεργοποιούνται:

- Dashboard
- Διαχείριση Αναφορών
- Ανάθεση Υπηρεσιών
- Εξαγωγή Excel
- Διαχείριση Προτεραιοτήτων

Οι λειτουργίες αυτές δεν είναι προσβάσιμες από τους απλούς χρήστες.

5.18 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε η υλοποίηση της εφαρμογής διαχείρισης αναφορών βιοποικιλότητας. Αναλύθηκαν οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν, η αρχιτεκτονική MVC, η δομή της βάσης δεδομένων και οι βασικές λειτουργίες του συστήματος. Η εφαρμογή συνδυάζει γεωχωρική απεικόνιση, πολυκριτήρια αξιολόγηση και λειτουργίες διαχείρισης περιστατικών, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για περιβαλλοντικά ζητήματα.

6 Παρουσίαση και Αξιολόγηση της Υλοποίησης

6.1 Εισαγωγή

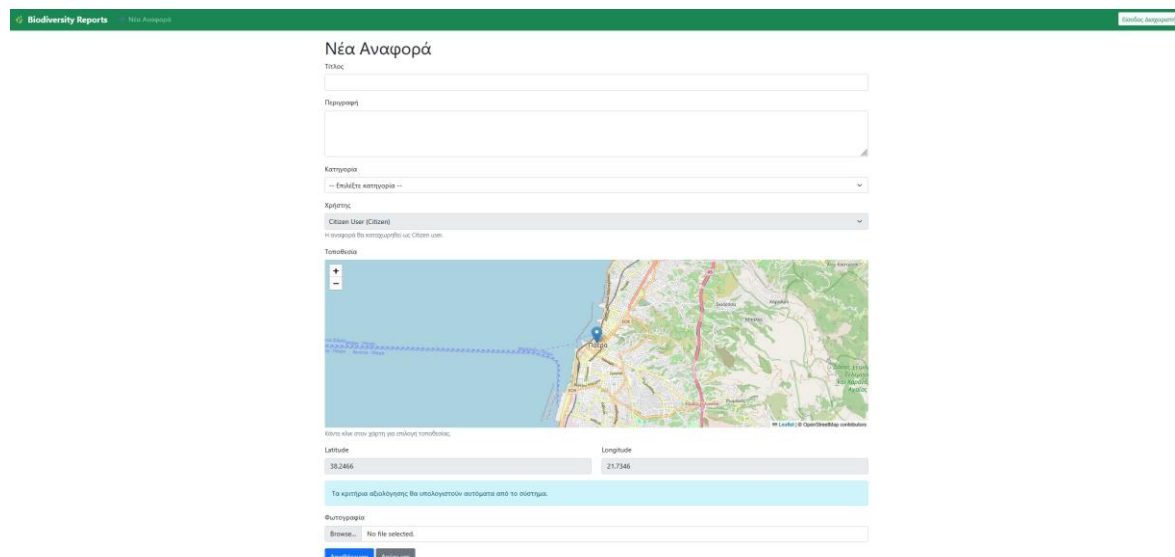
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η τελική υλοποίηση της εφαρμογής διαχείρισης αναφορών βιοποικιλότητας. Παρουσιάζονται οι βασικές λειτουργίες που αναπτύχθηκαν, καθώς και παραδείγματα χρήσης του συστήματος μέσω στιγμιότυπων οθόνης.

Η εφαρμογή επιτρέπει την καταχώρηση περιβαλλοντικών περιστατικών από πολίτες, την αυτόματη αξιολόγησή τους μέσω πολυκριτήριας ανάλυσης και τη διαχείρισή τους από διαχειριστές. Επιπλέον παρέχει δυνατότητες γεωχωρικής απεικόνισης, στατιστικής ανάλυσης και εξαγωγής δεδομένων.

6.2 Αρχική Σελίδα Εφαρμογής

Με την εκκίνηση της εφαρμογής εμφανίζεται η φόρμα δημιουργίας νέας αναφοράς.

Ο απλός χρήστης δεν έχει πρόσβαση στη λίστα των αναφορών ούτε στις λειτουργίες διαχείρισης. Μπορεί αποκλειστικά να δημιουργήσει νέα αναφορά και να καταχωρήσει πληροφορίες σχετικά με κάποιο περιστατικό βιοποικιλότητας.



The screenshot shows the 'New Report' form in the 'Biodiversity Reports' application. The form is titled 'Νέα Αναφορά' (New Report). It contains the following fields and elements:

- Title:** A text input field.
- Description:** A larger text area for detailed information.
- Category:** A dropdown menu with the option 'Επιλέξτε κατηγορία...' (Select category...).
- User:** A dropdown menu with the option 'Citizen User (Citizen)' and a note 'Η αναφορά θα καταγραφεί ως Citizen user.' (The report will be recorded as Citizen user).
- Location:** A map showing the location of the report. Below the map, there are input fields for 'Latitude' (38.2466) and 'Longitude' (23.7346).
- Submit/Cancel:** Two buttons at the bottom: 'Αποστολή' (Submit) and 'Ακύρωση' (Cancel).

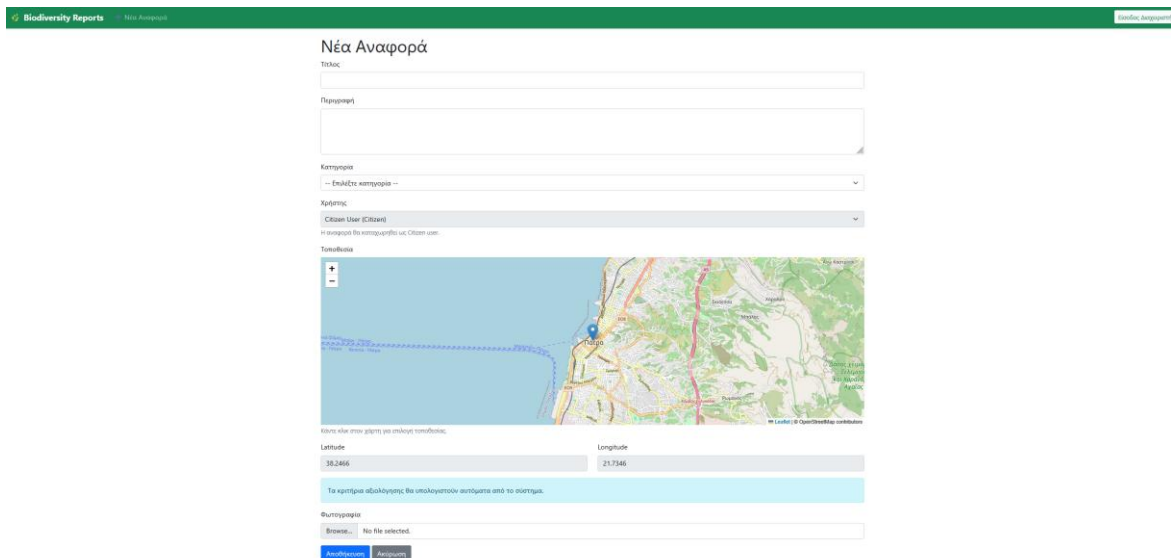
Σχήμα 6.1 Αρχική Σελίδα Εφαρμογής

6.3 Δημιουργία Νέας Αναφοράς

Η φόρμα δημιουργίας αναφοράς περιλαμβάνει:

- τίτλο αναφοράς
- περιγραφή περιστατικού
- κατηγορία συμβάντος
- επιλογή τοποθεσίας μέσω χάρτη
- μεταφόρτωση φωτογραφίας

Η χρήση διαδραστικού χάρτη επιτρέπει την ακριβή γεωγραφική καταγραφή του περιστατικού.



Βiodiversity Reports [Μέτα Αναφοράς](#) [Εγγραφή](#)

Νέα Αναφορά

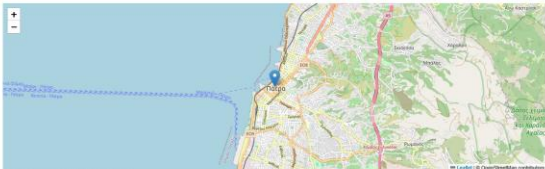
Τίτλος:

Περιγραφή:

Κατηγορία:

Χρήστης: Η αναφορά θα καταγραφεί ως Citizen user.

Τοποθεσία



Είναι κλικ στον χάρτη για ανάλογη τοποθεσία.

Latitude: Longitude:

Τα κριτήρια αξιολόγησης θα υπολογιστούν αυτόματα από το σύστημα.

Φωτογραφία

Βρείτε...

Σχήμα 6.2 Φόρμα Δημιουργίας Αναφοράς

6.4 Ανίχνευση Κοντινών Αναφορών

Κατά την επιλογή τοποθεσίας το σύστημα πραγματοποιεί έλεγχο ύπαρξης άλλων αναφορών σε ακτίνα 500 μέτρων.

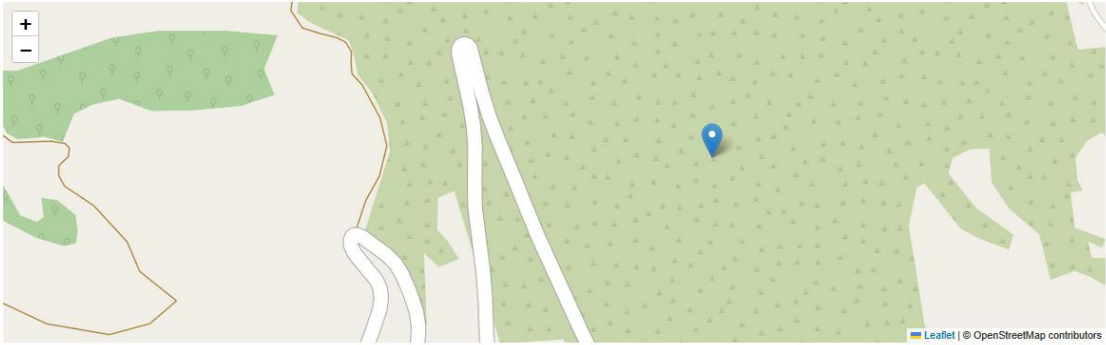
Σε περίπτωση εντοπισμού παρόμοιων αναφορών εμφανίζεται σχετική ειδοποίηση στον χρήστη.

Η λειτουργία αυτή συμβάλλει στον περιορισμό διπλών καταχωρήσεων.

Κατηγορία
Πυρκαγιά

Χρήστης
Citizen User (Citizen)

Τοποθεσία



Κάντε κλικ στον χάρτη για επιλογή τοποθεσίας.

Βρέθηκαν 1 κοντινές αναφορές σε ακτίνα 500m.
#17 - Φωτιά 2 (Πυρκαγιά, Υπό Εξέταση)

Latitude
38.2261280830

Longitude
21.8076851962

Κριτήρια Αξιολόγησης

1. Εύρος σε εκατοστά ποταμού 2. Προβλεπόμενα αποτελέσματα

Σχήμα 6.3 Έλεγχος Κοντινών Αναφορών

6.5 Αυτόματος Υπολογισμός Κριτηρίων

Με την καταχώρηση της αναφοράς το σύστημα υπολογίζει αυτόματα τα επτά κριτήρια αξιολόγησης.

Τα κριτήρια βασίζονται:

- στην κατηγορία του συμβάντος
- στη γεωγραφική θέση
- στο πλήθος κοντινών αναφορών

Ο χρήστης δεν απαιτείται να γνωρίζει τη διαδικασία αξιολόγησης, καθώς αυτή εκτελείται αυτόματα από το σύστημα.

6.6 Λίστα Αναφορών Διαχειριστή

Η λίστα αναφορών είναι διαθέσιμη αποκλειστικά στον διαχειριστή.

Παρέχονται δυνατότητες:

- αναζήτησης
- φιλτραρίσματος
- ταξινόμησης
- προβολής χάρτη

Η σελίδα εμφανίζει τις σημαντικότερες πληροφορίες κάθε αναφοράς.

Αναφορές

Νέα Αναφορά
Υπολογισμός Προτεραιότητας
Εξαγωγή Excel

Φίλτρα

Κατηγορία: Όλες οι κατηγορίες

Κατάσταση: Όλες οι καταστάσεις

☐ Μόνο με υπολογισμένη προτεραιότητα

Αναζήτηση Καθαρισμός

Χάρτης Αναφορών

Υψηλή συγκέντρωση / υψηλή προτεραιότητα Μεσαία προτεραιότητα Χαμηλότερη προτεραιότητα

Rank 1-3 Rank 4-6 Rank 7+ Χωρίς κατάσταση

Id	Τίτλος	Κατηγορία	Κατάσταση	Priority Score	Προτεραιότητα	Ημερομηνία	
16	Φωτια	Πυρκαγιά	Υπό Εξέταση	0.7777	#1	10/06/2026 11:41	Λεπτομέρειες
18	Πλημμυρα	Περιβαλλοντική μόλυνση	Σε Εξέλιξη	0.6091	#2	10/06/2026 11:43	Λεπτομέρειες
17	Φωτια 2	Πυρκαγιά	Υπό Εξέταση	0.3909	#3	10/06/2026 11:42	Λεπτομέρειες
19	fotia	Πυρκαγιά	Νέα	0.3909	#4	20/06/2026 14:31	Λεπτομέρειες
20	fotia 2	Πυρκαγιά	Νέα	0.3909	#5	20/06/2026 14:32	Λεπτομέρειες

Σχήμα 6.4 Λίστα Αναφορών

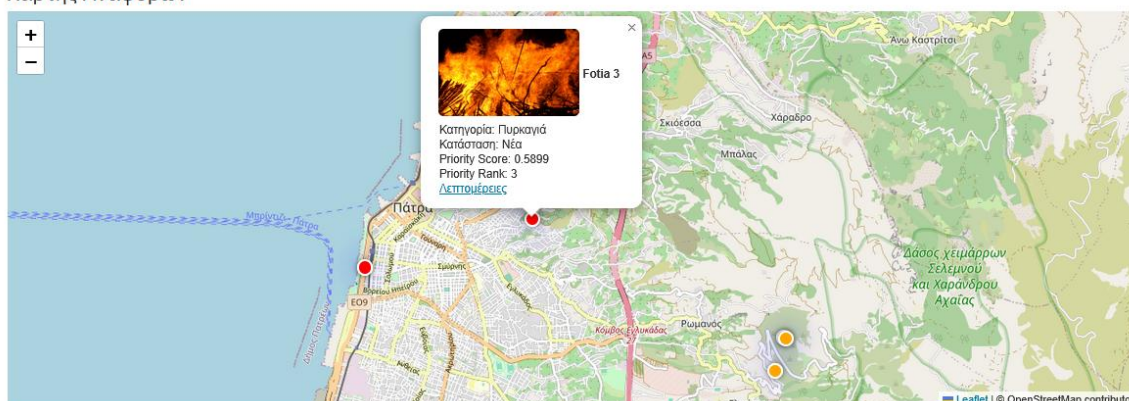
6.7 Γεωχωρική Απεικόνιση Αναφορών

Οι αναφορές απεικονίζονται σε διαδραστικό χάρτη μέσω της βιβλιοθήκης Leaflet.

Για κάθε αναφορά εμφανίζεται marker που περιλαμβάνει:

- τίτλο
- κατάσταση
- προτεραιότητα
- μικρογραφία φωτογραφίας

Χάρτης Αναφορών



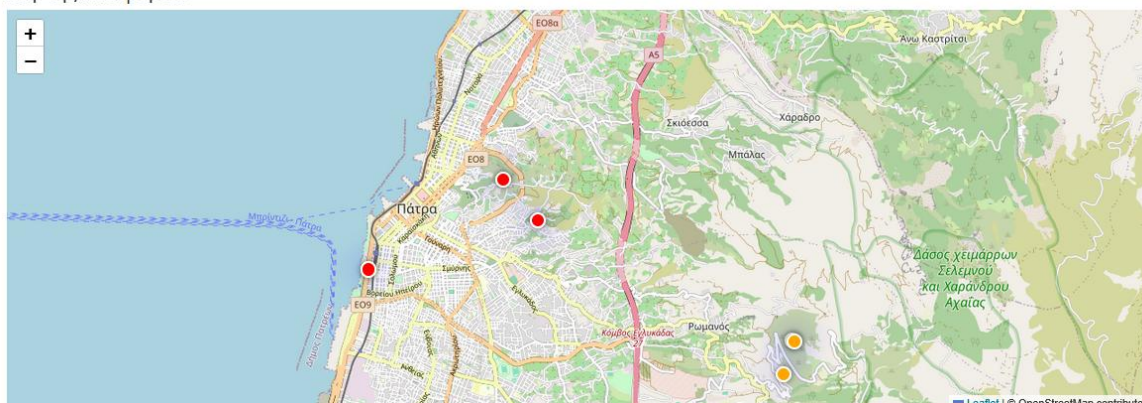
Σχήμα 6.5 Χάρτης Αναφορών

6.8 Heatmap Περιστατικών

Επιπλέον των markers, η εφαρμογή δημιουργεί heatmap που παρουσιάζει τη συγκέντρωση περιστατικών στον χώρο.

Οι περιοχές υψηλής συγκέντρωσης εμφανίζονται με μεγαλύτερη ένταση χρώματος, επιτρέποντας την άμεση αναγνώριση περιοχών αυξημένου ενδιαφέροντος.

Χάρτης Αναφορών



Σχήμα 6.6 Heatmap Αναφορών

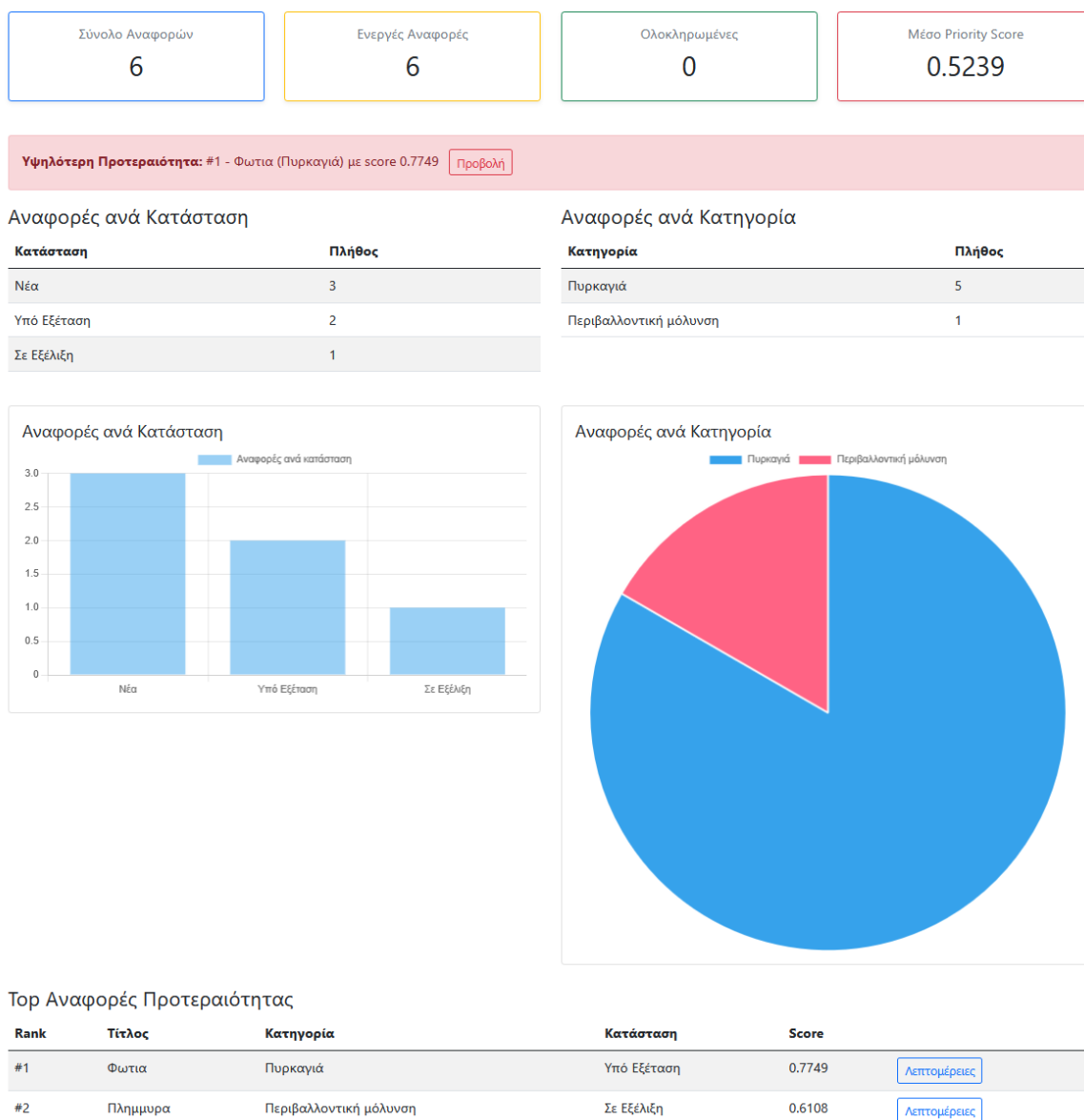
6.9 Dashboard Διαχείρισης

Η εφαρμογή παρέχει dashboard αποκλειστικά για τον διαχειριστή.

Το dashboard εμφανίζει:

- συνολικό αριθμό αναφορών
- ενεργές αναφορές
- ολοκληρωμένες αναφορές
- μέσο Priority Score
- αναφορά υψηλότερης προτεραιότητας

Dashboard



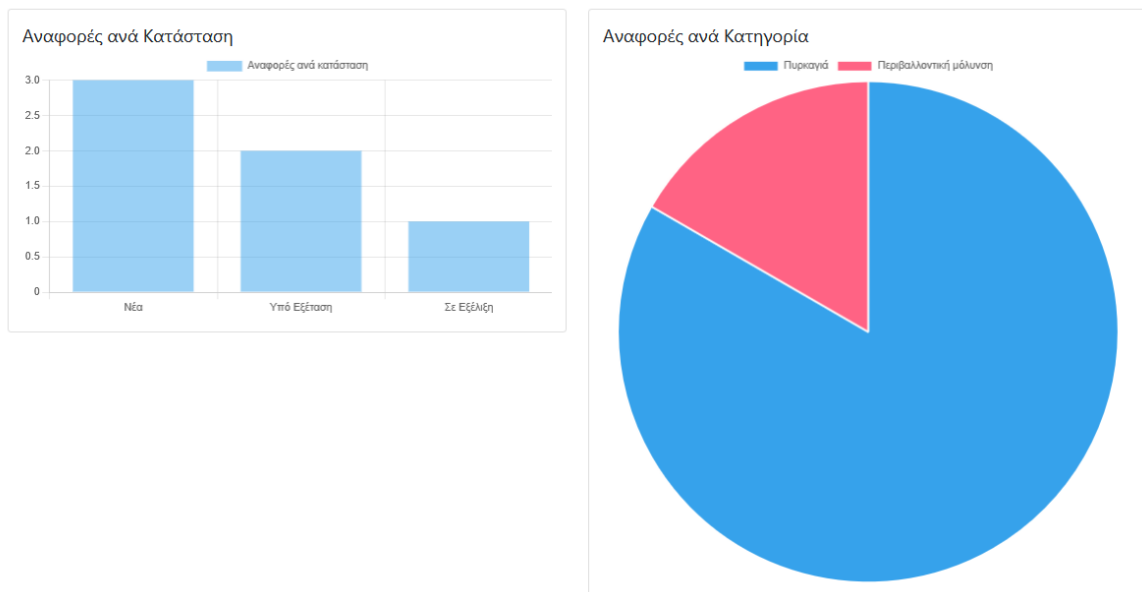
Σχήμα 6.7 Dashboard

6.10 Στατιστικά Γραφήματα

Το dashboard περιλαμβάνει γραφήματα που παρουσιάζουν:

- αναφορές ανά κατάσταση
- αναφορές ανά κατηγορία

Τα γραφήματα παρέχουν συνοπτική εικόνα της τρέχουσας κατάστασης του συστήματος.



Σχήμα 6.8 Στατιστικά Γραφήματα

6.11 Προβολή Λεπτομερειών Αναφοράς

Η σελίδα λεπτομερειών παρέχει πλήρη εικόνα για το περιστατικό.

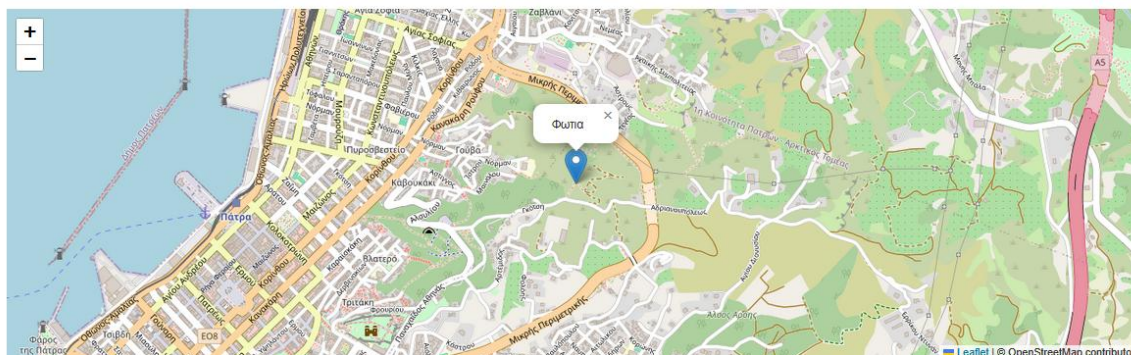
Εμφανίζονται:

- στοιχεία αναφοράς
- φωτογραφίες
- τοποθεσία στον χάρτη
- κατάσταση
- κατηγορία
- προτεραιότητα
- ανατεθειμένη υπηρεσία

Λεπτομέρειες Αναφοράς

Φωτία
Περιγραφή: Φωτία
Κατηγορία: Πυρκαγιά
Κατάσταση: Υπό Εξέταση
Χρήστης: Admin User
Latitude: 38.2505834683
Longitude: 21.7517280579
Priority Score: 0.7749
Priority Rank: 1
Ημερομηνία: 10/06/2026 11:41
Ανατεθειμένη Υπηρεσία: Δεν έχει ανατεθεί

Τοποθεσία



Φωτογραφίες



Ιστορικό Κατάστασης

Παλιά Κατάσταση	Νέα Κατάσταση	Ημερομηνία
Νέα	Υπό Εξέταση	10/06/2026 11:49

[Πίσω](#)
[Επεξεργασία](#)
[Αλλαγή Κατάστασης](#)
[Ανάθεση Υπηρεσίας](#)
[Αλλαγή Προτεραιότητας](#)
[Διαγραφή](#)

Σχήμα 6.9 Λεπτομέρειες Αναφοράς

6.12 Ανάθεση Υπηρεσίας

Ο διαχειριστής μπορεί να αναθέσει μία αναφορά σε αρμόδια υπηρεσία.

Οι διαθέσιμες υπηρεσίες είναι:

- Αστυνομία
- Πυροσβεστική
- ΕΚΑΒ
- Λιμενικό
- ΥΚΑΠΠ

Με την ανάθεση το περιστατικό μεταφέρεται αυτόματα στην κατάσταση «Υπό Εξέταση».

Ανάθεση Υπηρεσίας

ΦΩΤΙΑ

Με την ανάθεση, η κατάσταση θα αλλάξει αυτόματα σε "Υπό Εξέταση".

Υπηρεσία

-- Επιλέξτε υπηρεσία --

-- Επιλέξτε υπηρεσία --

Αστυνομία

ΕΚΑΒ

Λιμενικό

Πυροσβεστική

ΥΚΚΠΠ

Σχήμα 6.10 Ανάθεση Υπηρεσίας

6.13 Ιστορικό Κατάστασης

- Κάθε αλλαγή κατάστασης αποθηκεύεται στο σύστημα.
- Ο διαχειριστής μπορεί να παρακολουθεί:
- προηγούμενη κατάσταση
- νέα κατάσταση
- ημερομηνία μεταβολής
- Με τον τρόπο αυτό διατηρείται πλήρες ιστορικό ενεργειών.

Ιστορικό Κατάστασης

Παλιά Κατάσταση	Νέα Κατάσταση	Ημερομηνία
Ολοκληρωμένη	Σε Εξέλιξη	20/06/2026 11:41
Νέα	Ολοκληρωμένη	10/06/2026 11:51

Πίσω

Επεξεργασία

Αλλαγή Κατάστασης

Ανάθεση Υπηρεσίας

Αλλαγή Προτεραιότητας

Διαγραφή

Σχήμα 6.11 Ιστορικό Κατάστασης

6.14 Διαχείριση Προτεραιότητας

Η εφαρμογή υπολογίζει αυτόματα την προτεραιότητα μέσω TOPSIS.

Παράλληλα παρέχεται στον διαχειριστή η δυνατότητα μεταβολής του Priority Rank σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει την αντιμετώπιση περιστατικών έκτακτης ανάγκης χωρίς να αλλοιώνεται ο υπολογισμένος δείκτης Priority Score.

Αλλαγή Προτεραιότητας

Πλημμυρα

Priority Score: 0.6108

Το Priority Score προκύπτει από τον υπολογισμό TOPSIS και δεν τροποποιείται χειροκίνητα. Ο διαχειριστής μπορεί να αλλάξει μόνο τη σειρά προτεραιότητας.

Priority Rank

2

Αποθήκευση

Ακύρωση

Σχήμα 6.12 Μεταβολή Priority Rank

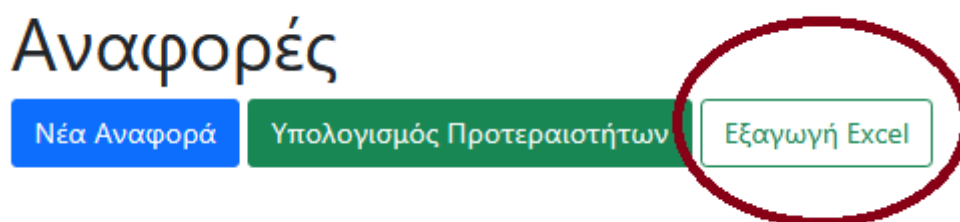
6.15 Εξαγωγή Δεδομένων σε Excel

Η εφαρμογή υποστηρίζει εξαγωγή των αναφορών σε αρχείο Excel.

Το παραγόμενο αρχείο περιλαμβάνει:

- τίτλο
- περιγραφή
- κατηγορία
- κατάσταση
- Priority Score
- Priority Rank
- ημερομηνία δημιουργίας

Η λειτουργία διευκολύνει τη μεταφορά δεδομένων και τη δημιουργία αναφορών.



Σχήμα 6.13 Εξαγωγή Excel

Δοκιμή	Ενέργεια / δεδομένα εισόδου	Αναμενόμενο αποτέλεσμα	Πραγματικό αποτέλεσμα
Υποβολή αναφοράς	Συμπλήρωση των υποχρεωτικών πεδίων και επιλογή θέσης	Αποθήκευση και εμφάνιση της αναφοράς	Αποθήκευση και εμφάνιση της αναφοράς
Έλεγχος υποχρεωτικών πεδίων	Υποβολή χωρίς κάποιο υποχρεωτικό πεδίο	Εμφάνιση μηνύματος και αποτροπή αποθήκευσης	Εμφάνιση μηνύματος και αποτροπή αποθήκευσης
Εντοπισμός κοντινών αναφορών	Επιλογή θέσης κοντά σε υπάρχουσα αναφορά	Εμφάνιση της κοντινής αναφοράς	Εμφάνιση της κοντινής αναφοράς
Αλλαγή κατάστασης	Μεταβολή της κατάστασης μιας αναφοράς	Ενημέρωση κατάστασης και καταγραφή στο ιστορικό	Ενημέρωση κατάστασης και καταγραφή στο ιστορικό
Υπολογισμός προτεραιότητας	Εισαγωγή αναφορών με συγκεκριμένες τιμές κριτηρίων	Score και κατάταξη σύμφωνα με τον υπολογισμό TOPSIS	Score και κατάταξη σύμφωνα με τον υπολογισμό TOPSIS

Πίνακας 6.1 Πίνακας λειτουργικών δοκιμών

6.16 Αριθμητικό παράδειγμα προτεραιοποίησης με TOPSIS

Για την παρουσίαση της διαδικασίας προτεραιοποίησης εξετάζονται τρεις υποθετικές αναφορές, Α, Β και Γ. Οι βαθμολογίες των κριτηρίων υπολογίζονται σύμφωνα με τους κανόνες της υπηρεσίας CriteriaCalculationService και λαμβάνουν τιμές από 1 έως 5.

Το παράδειγμα αποτελεί αναλυτικό υπολογισμό με υποθετικά δεδομένα εισόδου.

Στους υπολογισμούς, ο συμβολισμός $\sqrt{...}$ δηλώνει την τετραγωνική ρίζα και το ^{2} δηλώνει ύψωση στο τετράγωνο.

6.16.1 Δεδομένα των αναφορών

Ως σημείο αναφοράς των αποστάσεων χρησιμοποιείται το σταθερό σημείο με συντεταγμένες 38.2466, 21.7346, το οποίο στην υλοποίηση αντιπροσωπεύει ενδεικτικά το κέντρο της Πάτρας.

Για το παράδειγμα θεωρούνται οι ακόλουθες αποστάσεις και τιμές πλήθους κοντινών αναφορών:

Αναφορά	Κατηγορία	Κωδικός κατηγορίας	Απόσταση από το σημείο αναφοράς	Πλήθος κοντινών αναφορών
A	Πυρκαγιά	1	0,4 km	2
B	Κομμένα καλώδια	4	3 km	4
Γ	Άρρωστο ζώο	5	7 km	1

Πίνακας 6.2 Αποστάσεις και πλήθος αναφορών παραδείγματος

Οι αποστάσεις θεωρούνται δεδομένες για τις ανάγκες του αριθμητικού παραδείγματος. Το πλήθος κοντινών αναφορών αντιστοιχεί στην παράμετρο `nearbyReportsCount` που δέχεται η υπηρεσία υπολογισμού κριτηρίων.

6.16.2 Υπολογισμός των βαθμολογιών

Τα επτά κριτήρια είναι:

- C1: Εγγύτητα σε κατοικημένη περιοχή, με προσεγγιστικό δείκτη την απόσταση από το σημείο αναφοράς.
- C2: Περιβαλλοντική σημαντικότητα.
- C3: Σοβαρότητα συμβάντος.
- C4: Πιθανότητα εξάπλωσης.
- C5: Δυσκολία πρόσβασης, με προσεγγιστικό δείκτη την απόσταση από το σημείο αναφοράς.
- C6: Πλήθος κοντινών αναφορών.
- C7: Εκτιμώμενη συσχέτιση με κρίσιμες υποδομές βάσει κατηγορίας.

Για την αναφορά Α, οι κανόνες της υπηρεσίας δίνουν:

Κριτήριο	Εφαρμογή κανόνα	Βαθμολογία
C1	Απόσταση 0,4 km, δηλαδή έως και 0,5 km	5
C2	Κατηγορία «Πυρκαγιά»	5
C3	Κατηγορία «Πυρκαγιά»	5
C4	Κατηγορία «Πυρκαγιά»	5
C5	Απόσταση έως και 1 km	1
C6	Δύο κοντινές αναφορές	2
C7	Κατηγορία «Πυρκαγιά»	4

Πίνακας 6.3 Τιμές αναφοράς Α βάσει κανόνων

Για την αναφορά Β, η απόσταση των 3 km δίνει C1 = 2 και C5 = 3. Η κατηγορία «Κομμένα καλώδια» δίνει C2 = 4, C3 = 4, C4 = 4 και C7 = 5. Οι τέσσερις κοντινές αναφορές δίνουν C6 = 3.

Για την αναφορά Γ, η απόσταση των 7 km δίνει C1 = 1 και C5 = 4. Η κατηγορία «Άρρωστο ζώο» δίνει C3 = 3, C4 = 2 και C7 = 2. Για το C2 εφαρμόζεται ο κανόνας απόστασης άνω των 5 km και προκύπτει βαθμολογία 3. Η μία κοντινή αναφορά δίνει C6 = 1.

Ο αρχικός πίνακας αποφάσεων και τα βάρη είναι:

Αναφορά / Βάρη	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A	5	5	5	5	1	2	4
B	2	4	4	4	3	3	5
Γ	1	3	3	2	4	1	2
Βάρος	0,15	0,20	0,28	0,15	0,08	0,04	0,10

Πίνακας 6.4 Πίνακας βαρών

Τα βάρη αθροίζονται στη μονάδα. Όλα τα κριτήρια αντιμετωπίζονται ως κριτήρια μεγιστοποίησης, καθώς μεγαλύτερη βαθμολογία εκφράζει αυξημένη ανάγκη προτεραιοποίησης στο συγκεκριμένο μοντέλο.

6.16.3 Κανονικοποίηση

Η κανονικοποίηση πραγματοποιείται ξεχωριστά για κάθε κριτήριο:

$$\Delta\text{ιαιρέτης}(j) = \sqrt{\text{τιμή}(A,j)^2 + \text{τιμή}(B,j)^2 + \text{τιμή}(Γ,j)^2}$$

$$\text{Κανονικοποιημένη τιμή}(i,j) = \text{Αρχική τιμή}(i,j) / \Delta\text{ιαιρέτης}(j)$$

Για το C1:

$$\text{Διαιρέτης}(C1) = \sqrt{5^2 + 2^2 + 1^2}$$

$$\text{Διαιρέτης}(C1) = \sqrt{30} \approx 5,477226$$

Επομένως, για την αναφορά Α:

$$\text{Κανονικοποιημένη τιμή}(A,C1) = 5 / \sqrt{30} \approx 0,912871$$

Με την ίδια διαδικασία προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

Αναφορ	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
ά							
A	0,91287 1	0,70710 7	0,70710 7	0,74535 6	0,19611 6	0,53452 2	0,59628 5
B	0,36514 8	0,56568 5	0,56568 5	0,59628 5	0,58834 8	0,80178 4	0,74535 6
Γ	0,18257 4	0,42426 4	0,42426 4	0,29814 2	0,78446 5	0,26726 1	0,29814 2

Πίνακας 6.5 Πίνακας κανονικοποίησης

6.16.4 Εφαρμογή των βαρών

Κάθε κανονικοποιημένη τιμή πολλαπλασιάζεται με το βάρος του αντίστοιχου κριτηρίου:

$$\text{Σταθμισμένη τιμή}(i,j) = \text{Κανονικοποιημένη τιμή}(i,j) \times \text{Βάρος}(j)$$

Για την αναφορά Α και το C1:

$$\text{Σταθμισμένη τιμή}(A,C1) \approx 0,912871 \times 0,15 \approx 0,136931$$

Ο σταθμισμένος κανονικοποιημένος πίνακας είναι:

Αναφορ	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
ά							
A	0,13693 1	0,14142 1	0,19799 0	0,11180 3	0,01568 9	0,02138 1	0,05962 8
B	0,05477 2	0,11313 7	0,15839 2	0,08944 3	0,04706 8	0,03207 1	0,07453 6
Γ	0,02738 6	0,08485 3	0,11879 4	0,04472 1	0,06275 7	0,01069 0	0,02981 4

Πίνακας 6.6 Σταθμισμένος κανονικοποιημένος πίνακας

6.16.5 Προσδιορισμός των ιδανικών λύσεων

Επειδή όλα τα κριτήρια είναι μεγιστοποίησης, η θετική ιδανική λύση περιλαμβάνει τη μέγιστη τιμή κάθε στήλης, ενώ η αρνητική ιδανική λύση την ελάχιστη.

Ιδανική λύση	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Θετική	0,13693	0,14142	0,19799	0,11180	0,06275	0,03207	0,07453
	1	1	0	3	7	1	6
Αρνητική	0,02738	0,08485	0,11879	0,04472	0,01568	0,01069	0,02981
ή	6	3	4	1	9	0	4

Πίνακας 6.7 Πίνακας ιδανικών λύσεων

Η θετική ιδανική λύση συνδυάζει τις τιμές της Α στα C1–C4, της Γ στο C5 και της Β στα C6–C7. Αποτελεί συνεπώς υποθετικό πρότυπο μέγιστης προτεραιότητας και δεν ταυτίζεται με κάποια από τις τρεις αναφορές.

6.16.6 Υπολογισμός αποστάσεων

Για κάθε αναφορά υπολογίζονται δύο ευκλείδειες αποστάσεις:

- d^+ : Απόσταση από τη θετική ιδανική λύση.
- d^- : Απόσταση από την αρνητική ιδανική λύση.

Για κάθε απόσταση, υπολογίζονται οι διαφορές των σταθμισμένων τιμών από την αντίστοιχη ιδανική λύση. Στη συνέχεια, οι διαφορές υψώνονται στο τετράγωνο, αθροίζονται και υπολογίζεται η τετραγωνική ρίζα:

$$\text{Απόσταση} = \sqrt{\text{διαφορά}(C1)^2 + \text{διαφορά}(C2)^2 + \dots + \text{διαφορά}(C7)^2}$$

Για την αναφορά Α, οι διαφορές είναι:

Κριτήριο	Διαφορά από τη θετική ιδανική λύση	Διαφορά από την αρνητική ιδανική λύση
C1	0,000000	0,109545
C2	0,000000	0,056569
C3	0,000000	0,079196
C4	0,000000	0,067082
C5	–0,047068	0,000000
C6	–0,010690	0,010690
C7	–0,014907	0,029814

Πίνακας 6.8 Πίνακας αποστάσεων

Επομένως:

$$d+(A) \approx \sqrt{(-0,047068)^2 + (-0,010690)^2 + (-0,014907)^2}$$

$$d+(A) \approx 0,050516$$

Αντίστοιχα:

$$d-(A) \approx \sqrt{0,109545^2 + 0,056569^2 + 0,079196^2 + 0,067082^2 + 0,010690^2 + 0,029814^2}$$

$$d-(A) \approx 0,164241$$

Οι μηδενικές διαφορές παραλείπονται από τις παραπάνω πράξεις.

Οι αποστάσεις αυτές αφορούν τις βαθμολογίες στον χώρο των κριτηρίων. Δεν είναι γεωγραφικές αποστάσεις σε χιλιόμετρα.

6.16.7 Υπολογισμός PriorityScore και κατάταξη

Ο δείκτης προτεραιότητας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{PriorityScore} = d- / (d+ + d-)$$

Για την αναφορά A:

$$\text{PriorityScore}(A) \approx 0,164241 / (0,050516 + 0,164241)$$

$$\text{PriorityScore}(A) \approx 0,764775$$

Με την ίδια διαδικασία υπολογίζονται τα αποτελέσματα των αναφορών B και Γ:

Αναφορά	d+	d-	PriorityScore	PriorityRank
A	0,050516	0,164241	0,764775	1
B	0,099318	0,092519	0,482278	2
Γ	0,168609	0,047068	0,218233	3

Πίνακας 6.9 Πίνακας κατάταξης

Η κατάταξη προκύπτει με φθίνουσα ταξινόμηση του PriorityScore, χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση στο PriorityRank. Η τελική σειρά είναι:

1. Αναφορά A — Πυρκαγιά.
2. Αναφορά B — Κομμένα καλώδια.
3. Αναφορά Γ — Άρρωστο ζώο.

Η αναφορά A λαμβάνει την υψηλότερη προτεραιότητα στο συγκεκριμένο παράδειγμα. Οι υψηλές βαθμολογίες της στα C1–C4, και ιδιαίτερα στην περιβαλλοντική σημαντικότητα και στη σοβαρότητα, συμβάλλουν στο αποτέλεσμα λόγω των αντίστοιχων βαρών.

Η αναφορά Γ έχει τη μεγαλύτερη βαθμολογία δυσκολίας πρόσβασης, αλλά αυτό δεν αρκεί για να υπερισχύσει στον συνδυασμό όλων των κριτηρίων.

Το παράδειγμα αποτυπώνει συστηματική ιεράρχηση βάσει επιλεγμένων κριτηρίων και βαρών. Η συγκεκριμένη σειρά αφορά τα δεδομένα του παραδείγματος και δεν αποτελεί γενικό κανόνα κατάταξης των κατηγοριών περιστατικών. Το PriorityScore εκφράζει σχετική προτεραιότητα μεταξύ των αναφορών που συγκρίνονται και δεν αποτελεί πιθανότητα κινδύνου.

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν χωρίς ενδιάμεση στρογγυλοποίηση. Οι εμφανιζόμενες τιμές έχουν στρογγυλοποιηθεί σε έξι δεκαδικά ψηφία, επομένως η επανάληψη των πράξεων με αυτές μπορεί να δώσει μικρές αποκλίσεις στα τελευταία δεκαδικά ψηφία.

6.17 Σημείο αναφοράς αποστάσεων και παραμετροποίηση της βαθμολόγησης

Στην παρούσα πρωτότυπη υλοποίηση, οι γεωγραφικές αποστάσεις υπολογίζονται μεταξύ της θέσης του περιστατικού, όπως την επιλέγει ο χρήστης στον χάρτη, και ενός σταθερού σημείου αναφοράς με γεωγραφικό πλάτος 38.2466 και γεωγραφικό μήκος 21.7346. Το σημείο αυτό χρησιμοποιείται ως ενδεικτικό κέντρο της Πάτρας.

Ο υπολογισμός πραγματοποιείται με τον τύπο Haversine, θεωρώντας σφαιρική Γη με ακτίνα 6.371 χιλιομέτρων. Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε χιλιόμετρα και αφορά την απόσταση πάνω στη σφαιρική επιφάνεια μεταξύ των δύο θέσεων. Δεν αποτελεί απόσταση οδικής διαδρομής ούτε εκτίμηση χρόνου πρόσβασης.

Η ίδια απόσταση χρησιμοποιείται για τη βαθμολόγηση των κριτηρίων C1 και C5 και, υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, του C2.

Για το C1, η απόσταση από το κέντρο χρησιμοποιείται ως προσεγγιστικός δείκτης εγγύτητας σε κατοικημένη περιοχή. Η βαθμολογία μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα.

Απόσταση από το σημείο αναφοράς	Βαθμολογία C1
Έως και 0,5 km	5
Πάνω από 0,5 έως και 1 km	4
Πάνω από 1 έως και 2 km	3
Πάνω από 2 έως και 5 km	2
Πάνω από 5 km	1

Πίνακας 6.10 Βαθμολογία βάσει απόστασης

Η προσέγγιση αυτή δεν εντοπίζει την πλησιέστερη κατοικημένη περιοχή και δεν υπολογίζει απόσταση από τα πραγματικά όρια οικισμών. Αποτελεί απλοποίηση για τις ανάγκες του πρωτοτύπου. Κατά συνέπεια, ένα περιστατικό που βρίσκεται μακριά από το επιλεγμένο κέντρο μπορεί να βρίσκεται κοντά σε άλλη κατοικημένη περιοχή, χωρίς αυτό να αποτυπώνεται στον συγκεκριμένο υπολογισμό.

Για το C5, η απόσταση από το ίδιο σημείο χρησιμοποιείται ως προσεγγιστικός δείκτης δυσκολίας πρόσβασης. Εφαρμόζεται η υπόθεση ότι μεγαλύτερη απόσταση από το κέντρο συνδέεται με αυξημένη δυσκολία προσέγγισης.

Απόσταση από το σημείο αναφοράς	Βαθμολογία C5
Έως και 1 km	1
Πάνω από 1 έως και 2 km	2
Πάνω από 2 έως και 5 km	3
Πάνω από 5 έως και 10 km	4
Πάνω από 10 km	5

Πίνακας 6.11 Βαθμολογία κριτηρίου C5 βάσει απόστασης

Η βαθμολογία αυτή δεν προκύπτει από ανάλυση του οδικού δικτύου, του ανάγλυφου ή της πραγματικής προσβασιμότητας. Η απόσταση από το κέντρο χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως απλοποιημένη ένδειξη και δεν επαρκεί για ασφαλές συμπέρασμα σχετικά με την πραγματική δυσκολία πρόσβασης.

Τα όρια βαθμολόγησης επιλέχθηκαν από τον συγγραφέα ως ενδεικτικές παράμετροι της πρωτότυπης εφαρμογής. Διαμορφώνουν διαδοχικές ζώνες απόστασης, ώστε να μετατρέπεται μια συνεχής αριθμητική τιμή σε διακριτή βαθμολογία από 1 έως 5. Τα μικρότερα διαστήματα κοντά στο σημείο αναφοράς επιτρέπουν λεπτομερέστερη διαφοροποίηση των κοντινών περιστατικών, ενώ τα μεγαλύτερα διαστήματα ομαδοποιούν τις πιο απομακρυσμένες θέσεις.

Τα συγκεκριμένα αριθμητικά όρια δεν αποτελούν θεσμοθετημένα όρια επικινδυνότητας ή εμπειρικά επικυρωμένα κατώφλια. Η παραπάνω λογική εξηγεί τη δομή της παραμετροποίησης, χωρίς να αποδεικνύει ότι οι συγκεκριμένες τιμές είναι οι καταλληλότερες για επιχειρησιακή χρήση. Η εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες θα απαιτούσε αξιολόγηση και προσαρμογή τους με πραγματικά γεωχωρικά δεδομένα και συμμετοχή ειδικών.

Στο κριτήριο C2, η κατηγορία του περιστατικού έχει προτεραιότητα στη βαθμολόγηση. Οι κατηγορίες «Πυρκαγιά», «Υπόπτος εμπρησμός» και «Απειλούμενο είδος» λαμβάνουν βαθμολογία 5, ενώ οι κατηγορίες «Περιβαλλοντική μόλυνση» και «Κομμένα καλώδια» λαμβάνουν βαθμολογία 4. Μόνο για τις υπόλοιπες κατηγορίες εξετάζεται η απόσταση: αποδίδεται βαθμολογία 3 όταν αυτή υπερβαίνει τα 5 km και βαθμολογία 2 διαφορετικά. Ο κανόνας αυτός αποτελεί επίσης ενδεικτική παραμετροποίηση και δεν βασίζεται σε πραγματική χαρτογράφηση οικολογικά σημαντικών ή προστατευόμενων περιοχών.

Επιπλέον, το C7 δεν υπολογίζεται από την πραγματική γεωγραφική εγγύτητα σε κρίσιμες υποδομές. Στην παρούσα υλοποίηση εκτιμάται από την κατηγορία του περιστατικού: τα κομμένα καλώδια λαμβάνουν βαθμολογία 5, η πυρκαγιά και ο ύποπτος εμπρησμός βαθμολογία 4, η περιβαλλοντική μόλυνση βαθμολογία 3 και οι υπόλοιπες κατηγορίες βαθμολογία 2. Επομένως, στην περιγραφή του πρωτοτύπου το κριτήριο αποδίδεται ακριβέστερα ως «Εκτιμώμενη συσχέτιση με κρίσιμες υποδομές βάσει κατηγορίας».

Με βάση αυτές τις παραδοχές, το σύστημα υποστηρίζει συστηματική ιεράρχηση βάσει επιλεγμένων κριτηρίων και βαρών. Η κατάταξη εξαρτάται από τους κανόνες βαθμολόγησης, τα βάρη και τα διαθέσιμα δεδομένα και λειτουργεί υποστηρικτικά προς την κρίση του διαχειριστή.

6.18 Αξιολόγηση Υλοποίησης

Η εφαρμογή ικανοποιεί τις λειτουργικές απαιτήσεις που τέθηκαν κατά τη φάση ανάλυσης και σχεδίασης.

Συγκεκριμένα:

- Υποστηρίζεται η καταχώρηση αναφορών από πολίτες.
- Υποστηρίζεται η γεωχωρική απεικόνιση περιστατικών.
- Υποστηρίζεται η πολυκριτήρια αξιολόγηση μέσω AHP-TOPSIS.
- Υποστηρίζεται η διαχείριση αναφορών από διαχειριστή.
- Υποστηρίζεται η ανάθεση περιστατικών σε υπηρεσίες.
- Υποστηρίζεται η καταγραφή ιστορικού ενεργειών.
- Υποστηρίζεται η εξαγωγή δεδομένων και η στατιστική ανάλυση.

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η προτεινόμενη λύση μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για τη διαχείριση περιβαλλοντικών περιστατικών στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων.

6.19 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε η τελική υλοποίηση της εφαρμογής και οι βασικές λειτουργίες που αναπτύχθηκαν. Μέσα από τα στιγμιότυπα οθόνης αποδείχθηκε η πρακτική λειτουργία του συστήματος και η δυνατότητά του να υποστηρίζει ολόκληρο τον κύκλο ζωής μιας περιβαλλοντικής αναφοράς, από την καταχώρηση έως τη διαχείριση και την αξιολόγησή της.

7 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις

7.1 Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως αντικείμενο τη σχεδίαση και ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος καταγραφής, αξιολόγησης και διαχείρισης αναφορών βιοποικιλότητας στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων (Smart Cities).

Η ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση περιβαλλοντικών προβλημάτων καθίσταται ολοένα και σημαντικότερη, καθώς οι σύγχρονες πόλεις καλούνται να αντιμετωπίσουν ζητήματα που σχετίζονται με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε μία διαδικτυακή εφαρμογή η οποία επιτρέπει στους πολίτες να αναφέρουν περιβαλλοντικά περιστατικά, ενώ παράλληλα παρέχει στους αρμόδιους διαχειριστές εργαλεία παρακολούθησης, αξιολόγησης και διαχείρισης των αναφορών.

7.2 Επίτευξη Στόχων της Εργασίας

Ο βασικός στόχος της εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος που να υποστηρίζει ολόκληρο τον κύκλο ζωής μιας περιβαλλοντικής αναφοράς.

Ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε επιτυχώς μέσω της ανάπτυξης εφαρμογής η οποία υποστηρίζει:

- καταχώρηση νέων αναφορών από πολίτες,
- γεωγραφική καταγραφή περιστατικών μέσω διαδραστικού χάρτη,
- μεταφόρτωση φωτογραφιών,
- αυτόματο εντοπισμό κοντινών αναφορών,
- αυτόματο υπολογισμό κριτηρίων αξιολόγησης,
- πολυκριτήρια αξιολόγηση μέσω AHP και TOPSIS,
- ανάθεση περιστατικών σε αρμόδιες υπηρεσίες,
- διαχείριση κατάστασης αναφορών,
- παρακολούθηση ιστορικού ενεργειών,
- στατιστική ανάλυση δεδομένων,
- εξαγωγή αναφορών σε αρχεία Excel.

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε με χρήση τεχνολογιών ανοικτού λογισμικού και σύγχρονων εργαλείων ανάπτυξης, διατηρώντας παράλληλα χαμηλή πολυπλοκότητα και ευκολία συντήρησης.

7.3 Περιορισμοί της Υλοποίησης

Παρότι η εφαρμογή καλύπτει πλήρως τους στόχους της εργασίας, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί.

Αρχικά, η υλοποίηση του μηχανισμού διαχείρισης χρηστών πραγματοποιήθηκε με απλό session-based login και όχι με ολοκληρωμένο σύστημα αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης.

Επιπλέον, οι τιμές των κριτηρίων αξιολόγησης παράγονται μέσω προκαθορισμένων κανόνων και όχι μέσω πραγματικών περιβαλλοντικών δεδομένων από εξωτερικές πηγές.

Ένας επιπλέον περιορισμός αφορά τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων μέσω της AHP. Οι ζευγαρωτές συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν από τον συγγραφέα στο πλαίσιο της πρωτότυπης υλοποίησης και δεν βασίστηκαν σε συλλογική αξιολόγηση ομάδας εμπειρογνομόνων. Παρότι ο έλεγχος συνέπειας έδειξε αποδεκτό λόγο συνέπειας, τα συγκεκριμένα βάρη αποτελούν παραμετροποίηση του πρωτοτύπου. Σε μελλοντική εφαρμογή μεγάλης κλίμακας προτείνεται η επανάληψη της διαδικασίας AHP με συμμετοχή ειδικών από τους τομείς της περιβαλλοντικής επιστήμης, της πολιτικής προστασίας και της τοπικής αυτοδιοίκησης.

Τέλος, η εφαρμογή σχεδιάστηκε ως πρωτότυπο σύστημα και δεν έχει δοκιμαστεί σε πραγματικό περιβάλλον μεγάλης κλίμακας με μεγάλο αριθμό χρηστών, αναφορών και διασύνδεσης με τις αντίστοιχες τρίτες υπηρεσίες.

7.4 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η εφαρμογή μπορεί να επεκταθεί σημαντικά στο μέλλον.

Ενσωμάτωση Πραγματικών Γεωχωρικών Δεδομένων

Θα μπορούσε να συνδεθεί με γεωχωρικές υπηρεσίες GIS και δημόσια ανοικτά δεδομένα για ακριβέστερο υπολογισμό των κριτηρίων αξιολόγησης.

Υποστήριξη Πολλαπλών Ρόλων

Θα μπορούσαν να προστεθούν διαφορετικοί ρόλοι χρηστών, όπως:

- υπάλληλος δήμου,
- υπεύθυνος υπηρεσίας,
- περιφερειακός διαχειριστής.

Ειδοποιήσεις σε Πραγματικό Χρόνο

Η εφαρμογή θα μπορούσε να υποστηρίζει:

- αποστολή email,
- SMS,
- push notifications.
- Mobile Application

Θα μπορούσε να αναπτυχθεί εφαρμογή για Android και iOS ώστε οι πολίτες να υποβάλλουν αναφορές απευθείας από κινητές συσκευές.

Τεχνητή Νοημοσύνη

Η χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης θα μπορούσε να επιτρέψει:

- αυτόματη αναγνώριση του τύπου του περιστατικού από φωτογραφίες,
- πρόβλεψη της σοβαρότητας ενός συμβάντος,
- βελτιστοποίηση της διαδικασίας ιεράρχησης.

Διασύνδεση με Δημόσιους Φορείς

Μελλοντικά το σύστημα θα μπορούσε να διασυνδεθεί με υπηρεσίες δήμων, περιφερειών ή φορέων πολιτικής προστασίας ώστε οι αναφορές να διαβιβάζονται αυτόματα στους αρμόδιους οργανισμούς.

7.5 Συνεισφορά της Εργασίας

Η κύρια συνεισφορά της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός διαδικτυακού συστήματος που συνδυάζει την καταγραφή περιβαλλοντικών περιστατικών από πολίτες, τη γεωχωρική απεικόνιση και την πολυκριτήρια αξιολόγηση των αναφορών. Η συμβολή της εντοπίζεται στην ενσωμάτωση αυτών των λειτουργιών σε μία ενιαία εφαρμογή για την υποστήριξη της διαχείρισης περιστατικών που σχετίζονται με τη βιοποικιλότητα.

Το σύστημα, το οποίο αναπτύχθηκε με ASP.NET Core MVC, επιτρέπει στους πολίτες να καταχωρίζουν αναφορές και να προσδιορίζουν τη γεωγραφική θέση των περιστατικών. Με αυτόν τον τρόπο υποστηρίζει τη συμμετοχική συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων, παρέχοντας έναν διάυλο καταγραφής παρατηρήσεων που μπορούν να αξιοποιηθούν από τους αρμόδιους διαχειριστές. Η διαδικασία καταχώρησης έχει σχεδιαστεί ώστε να μην απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις γεωπληροφορικής ή πολυκριτήριας ανάλυσης.

Η γεωχωρική διάσταση της εφαρμογής επιτρέπει την προβολή των αναφορών σε διαδραστικό χάρτη και την εξέταση της χωρικής κατανομής τους. Οι δείκτες θέσης και ο χάρτης θερμότητας (heatmap) διευκολύνουν τον εντοπισμό συγκεντρώσεων καταγεγραμμένων περιστατικών και τη διερεύνηση γειτονικών αναφορών. Οι συγκεντρώσεις αυτές αποτελούν ενδείξεις προς περαιτέρω αξιολόγηση και δεν ταυτίζονται κατ' ανάγκη με περιοχές μεγαλύτερης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, καθώς επηρεάζονται και από την ένταση συμμετοχής των πολιτών.

Στο επίπεδο της αξιολόγησης, η εργασία παρουσιάζει ένα συνδυαστικό μοντέλο AHP–TOPSIS. Η AHP παρέχει τη διαδικασία προσδιορισμού της σχετικής βαρύτητας των κριτηρίων μέσω ζευγαρωτών συγκρίσεων, ενώ η TOPSIS υπολογίζει τη σχετική προτεραιότητα των αναφορών βάσει των βαθμολογιών και των επιλεγμένων βαρών. Η συνεισφορά της προσέγγισης είναι ότι καθιστά σαφείς τις παραδοχές στάθμισης και εφαρμόζει έναν ενιαίο, αναπαραγώγιμο τρόπο κατάταξης. Η αξιολόγηση εξακολουθεί να εξαρτάται από τις επιλογές του μοντέλου και την ποιότητα των δεδομένων και δεν υποκαθιστά την κρίση των αρμόδιων φορέων.

Παράλληλα, ο αυτοματοποιημένος υπολογισμός των κριτηρίων από τα δεδομένα της αναφοράς περιορίζει την ανάγκη εισαγωγής πρόσθετων βαθμολογιών από τον πολίτη. Η αξιοποίηση στοιχείων όπως η κατηγορία, η γεωγραφική θέση και η παρουσία κοντινών αναφορών επιτρέπει την εφαρμογή κοινών κανόνων αξιολόγησης. Ο επανυπολογισμός της κατάταξης μετά από μεταβολές στις αναφορές υποστηρίζει την ενημέρωση της σειράς προτεραιότητας με βάση το εκάστοτε σύνολο δεδομένων.

Για τους διαχειριστές, η εφαρμογή συγκεντρώνει λειτουργίες εποπτείας και διαχείρισης. Ο πίνακας ελέγχου (dashboard), τα στατιστικά γραφήματα και οι χαρτογραφικές απεικονίσεις παρέχουν συνοπτική εικόνα των καταγεγραμμένων περιστατικών. Επιπλέον, η δυνατότητα ανάθεσης μιας αναφοράς σε αρμόδια υπηρεσία, η ενημέρωση της κατάστασής της και η

τήρηση ιστορικού μεταβολών υποστηρίζουν την οργάνωση της διαχείρισης και την ιχνηλασιμότητα της εξέλιξής της. Η ανάθεση πραγματοποιείται από τον διαχειριστή μέσα στην εφαρμογή και δεν συνεπάγεται από μόνη της αυτόματη ειδοποίηση ή ενεργοποίηση εξωτερικού φορέα.

Τέλος, η εξαγωγή των δεδομένων σε Excel διευκολύνει την περαιτέρω επεξεργασία τους και τη σύνταξη συγκεντρωτικών αναφορών. Η εφαρμογή αποτελεί έτσι ένα λειτουργικό πρωτότυπο υποστήριξης αποφάσεων στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων, το οποίο συνδέει τη συμμετοχή των πολιτών με τη συστηματική αξιολόγηση και παρακολούθηση περιβαλλοντικών περιστατικών. Η αποτελεσματικότητά του σε πραγματικές επιχειρησιακές συνθήκες μπορεί να διερευνηθεί μελλοντικά μέσω πιλοτικής χρήσης και αξιολόγησης από αρμόδιους φορείς.

7.6 Τελικό Συμπέρασμα

Η παρούσα εργασία απέδειξε ότι είναι εφικτή η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης αναφορών βιοποικιλότητας αξιοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες διαδικτύου και τεχνικές πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων.

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε συνδυάζει γεωχωρική απεικόνιση, αυτοματοποιημένη αξιολόγηση περιστατικών, εργαλεία διαχείρισης και στατιστική ανάλυση, παρέχοντας μία ολοκληρωμένη λύση για την υποστήριξη περιβαλλοντικών δράσεων σε έξυπνες πόλεις.

Τα αποτελέσματα της εργασίας δείχνουν ότι η αξιοποίηση τεχνολογιών πληροφορικής μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη συμμετοχή των πολιτών, στη βελτίωση της περιβαλλοντικής διαχείρισης και στην αποτελεσματικότερη λήψη αποφάσεων από τους αρμόδιους φορείς.

Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

- [1] Toli A. M. και Murtagh N., (2020). The concept of sustainability in smart city definitions. *Frontiers in Built Environment*, 6, άρθρο 77. DOI: [10.3389/fbuil.2020.00077](https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00077).
- [2] Moura F. και de Abreu e Silva J., (2021). Smart cities: Definitions, evolution of the concept, and examples of initiatives. Στο *Industry, Innovation and Infrastructure*. Springer. DOI: [10.1007/978-3-319-95873-6_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95873-6_6).
- [3] Bifulco F., Tregua M., Amitrano C. C. και D'Auria A., (2016). ICT and sustainability in smart cities management. *International Journal of Public Sector Management*, 29(2), σσ. 132–147.
- [4] Salem B. B., (2003). Application of GIS to biodiversity monitoring. *Journal of Arid Environments*, 54(1), σσ. 91–114. DOI: [10.1006/jare.2001.0887](https://doi.org/10.1006/jare.2001.0887).
- [5] Calka B., (2025). GIS-based environmental monitoring and analysis. *Applied Sciences*, 15(6), άρθρο 3155. DOI: [10.3390/app15063155](https://doi.org/10.3390/app15063155).
- [6] Avaniidou K. και συν., (2023). Development of a multi scale interactive web-GIS system to support agricultural environmental management. *Smart Agricultural Technology*.
- [7] European Environment Agency, (χ.χ.). *Natura 2000 data — the European network of protected sites*. Ανακτήθηκε στις 11 Σεπτεμβρίου 2026 από την [πύλη δεδομένων του European Environment Agency](#).
- [8] European Environment Agency, “Natura 2000 Viewer,” 2026. Ανακτήθηκε στις 11 Σεπτεμβρίου 2026 από το [Natura 2000 Viewer](#).
- [9] OpenStreetMap contributors, (χ.χ.). *OpenStreetMap*. Ανακτήθηκε στις 11 Σεπτεμβρίου 2026 από το [OpenStreetMap](#).
- [10] Leaflet, (χ.χ.). *Leaflet: An open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps*. Ανακτήθηκε στις 11 Σεπτεμβρίου 2026 από τον [επίσημο ιστότοπο του Leaflet](#).
- [11] Chandler M. και συν., (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, 213, σσ. 280–294. DOI: [10.1016/j.biocon.2016.09.024](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.024).

- [12] Della Rocca F. και συν., (2024). Improving online citizen science platforms for biodiversity monitoring. *Journal of Biogeography*. DOI: [10.1111/jbi.15000](https://doi.org/10.1111/jbi.15000).
- [13] Jansen M. και συν., (2024). Engaging citizen scientists in biodiversity monitoring. *Citizen Science: Theory and Practice*.
- [14] T. L. Saaty (1980), *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.
- [15] Saaty R. W., (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), σσ. 161–176. DOI: [10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).
- [16] Hwang C.-L. και Yoon K., (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications — A State-of-the-Art Survey*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [10.1007/978-3-642-48318-9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9).
- [17] Hanine M., Boutkhoul O., Tikniouine A. και Agouti T., (2016). Application of an integrated multi-criteria decision making AHP-TOPSIS methodology for ETL software selection. *SpringerPlus*, 5, άρθρο 263. DOI: [10.1186/s40064-016-1888-z](https://doi.org/10.1186/s40064-016-1888-z).
- [18] Behzadian M., Otaghsara S. K., Yazdani M. και Ignatius J., (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), σσ. 13051–13069.
- [19] Zavadskas E. K., Turskis Z. και Kildienė S., (2014). State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(1), σσ. 165–179.
- [20] Mardani A. και συν., (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications — A review of the literature from 2000 to 2014. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), σσ. 516–571.
- [21] Park C., (2025). TOPSIS and AHP-based multi-criteria decision-making approach for urban redevelopment. *Sustainability*, 17(15), άρθρο 7072.
- [22] Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanović N. και Meijers E., (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities*.
- [23] Caragliu A., Del Bo C. και Nijkamp P., (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), σσ. 65–82.

- [24] United Nations. (2023). Sustainable Development Goals Report. (25/07/2026). Ανακτήθηκε από τον [ιστότοπο της Στατιστικής Διεύθυνσης των Ηνωμένων Εθνών](#).
- [25] Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions.
- [26] Meijer A. και Rodríguez Bolívar M. P., (2016). Governing the smart city: A review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*. DOI: [10.1177/0020852314564308](#).
- [27] Longley P., Goodchild M., Maguire D. και Rhind D., (2015). *Geographic Information Systems and Science*.

Παράρτημα Α: Συμπληρωματικό Υλικό Υλοποίησης

A.1 Εισαγωγή

Στο παρόν παράρτημα παρουσιάζεται συμπληρωματικό τεχνικό υλικό που υποστηρίζει την ανάπτυξη και την υλοποίηση του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος. Το υλικό αυτό δεν συμπεριλήφθηκε αναλυτικά στα προηγούμενα κεφάλαια, καθώς η παρουσίασή του θα επιβάρυνε την ομαλή ροή του κειμένου. Ωστόσο, κρίνεται χρήσιμο για την πληρέστερη τεκμηρίωση της εφαρμογής και της τεχνικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε.

Το παράρτημα περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με τη δομή της βάσης δεδομένων, ενδεικτικά αποσπάσματα πηγαίου κώδικα, καθώς και επιπλέον στιγμιότυπα οθόνης της εφαρμογής.

A.2 Δομή Βάσης Δεδομένων

Η βάση δεδομένων του πληροφοριακού συστήματος σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στον Microsoft SQL Server με στόχο την ασφαλή αποθήκευση, διαχείριση και ανάκτηση των δεδομένων που σχετίζονται με τις αναφορές περιβαλλοντικών περιστατικών. Η σχεδίαση ακολουθεί τις αρχές της κανονικοποίησης, εξασφαλίζοντας την αποφυγή πλεονασμού δεδομένων, τη διατήρηση της ακεραιότητας των πληροφοριών και την αποτελεσματική διαχείριση των σχέσεων μεταξύ των οντοτήτων.

Ο κεντρικός πίνακας της βάσης δεδομένων είναι ο πίνακας **Reports**, ο οποίος αποθηκεύει όλες τις πληροφορίες που αφορούν κάθε περιβαλλοντικό περιστατικό, όπως τον τίτλο, την περιγραφή, τη γεωγραφική θέση, την κατηγορία, την κατάσταση, τα κριτήρια αξιολόγησης, τον δείκτη προτεραιότητας (Priority Score), τη σειρά προτεραιότητας (Priority Rank), την αρμόδια υπηρεσία και την ημερομηνία δημιουργίας της αναφοράς.

Η εφαρμογή υποστηρίζει την κατηγοριοποίηση των περιστατικών μέσω του πίνακα **Categories**, ενώ οι πιθανές καταστάσεις κάθε αναφοράς αποθηκεύονται στον πίνακα **Statuses**. Η ανάθεση των περιστατικών στους αρμόδιους φορείς υλοποιείται μέσω του πίνακα **Agencies**, ο οποίος περιλαμβάνει υπηρεσίες όπως η Αστυνομία, η Πυροσβεστική, το ΕΚΑΒ, το Λιμενικό και το Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας (<https://civilprotection.gov.gr/>).

Οι φωτογραφίες που συνοδεύουν κάθε αναφορά αποθηκεύονται στον πίνακα **ReportPhotos**, ο οποίος συνδέεται με τον πίνακα **Reports** μέσω σχέσης ένα-προς-πολλά

(One-to-Many). Με τον τρόπο αυτό κάθε περιστατικό μπορεί να συνοδεύεται από μία ή περισσότερες φωτογραφίες, χωρίς να αυξάνεται το μέγεθος του βασικού πίνακα αναφορών.

Για την παρακολούθηση της εξέλιξης κάθε περιστατικού χρησιμοποιείται ο πίνακας **ReportStatusHistory**, στον οποίο καταγράφονται όλες οι μεταβολές της κατάστασης μιας αναφοράς, καθώς και ο χρόνος πραγματοποίησής τους. Η ύπαρξη ιστορικού επιτρέπει την πλήρη ιχνηλασιμότητα των ενεργειών που πραγματοποιούνται κατά τον κύκλο ζωής κάθε περιστατικού.

Τέλος, ο πίνακας **Users** αποθηκεύει τα στοιχεία των χρηστών της εφαρμογής, ενώ η σύνδεσή του με τον πίνακα **Reports** επιτρέπει την αντιστοίχιση κάθε αναφοράς με τον χρήστη που την υπέβαλε.

Η συνολική σχεδίαση της βάσης δεδομένων υποστηρίζει αποτελεσματικά όλες τις λειτουργίες της εφαρμογής, όπως την καταχώρηση νέων αναφορών, τον αυτόματο υπολογισμό των κριτηρίων αξιολόγησης, την εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS για την ιεράρχηση των περιστατικών, την ανάθεση σε αρμόδιες υπηρεσίες, την καταγραφή ιστορικού ενεργειών, την παραγωγή στατιστικών στοιχείων και την εξαγωγή δεδομένων.

A.3 Ενδεικτικά Αποσπάσματα Πηγαίου Κώδικα

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης της εφαρμογής υλοποιήθηκαν διάφορες λειτουργικές ενότητες που καλύπτουν τόσο τη διαχείριση των αναφορών όσο και τη διαδικασία αξιολόγησης και προτεραιοποίησής τους. Για λόγους συντομίας, στο κυρίως σώμα της εργασίας δεν παρουσιάστηκε ο πλήρης πηγαίος κώδικας της εφαρμογής. Στο παρόν παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά αποσπάσματα τα οποία παρουσιάζουν βασικά τμήματα της υλοποίησης.

Τα σημαντικότερα αποσπάσματα κώδικα αφορούν:

- την αυτόματη δημιουργία και αποθήκευση νέων αναφορών,
- τον αυτόματο υπολογισμό των επτά κριτηρίων αξιολόγησης (C1–C7),
- την υλοποίηση της μεθόδου Analytic Hierarchy Process (AHP) για τον καθορισμό των βαρών των κριτηρίων,
- την υλοποίηση της μεθόδου Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) για τον υπολογισμό του δείκτη προτεραιότητας (Priority Score) και της σειράς κατάταξης (Priority Rank),

- τη διαχείριση των καταστάσεων (Status Management) και την καταγραφή του ιστορικού μεταβολών,
- την ανάθεση περιστατικών στις αρμόδιες υπηρεσίες,
- την παραγωγή στατιστικών στοιχείων και την εξαγωγή δεδομένων σε μορφή Microsoft Excel.

Τα αποσπάσματα αυτά παρουσιάζονται αποκλειστικά για σκοπούς τεκμηρίωσης της υλοποίησης και αποτυπώνουν τη βασική λογική λειτουργίας του πληροφοριακού συστήματος. Η αρχιτεκτονική της εφαρμογής ακολουθεί το πρότυπο Model–View–Controller (MVC), ενώ για την πρόσβαση στη βάση δεδομένων χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη Dapper, η οποία παρέχει γρήγορη και αποδοτική εκτέλεση εντολών SQL.

Τα βασικότερα τμήματα του πηγαίου κώδικα παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες του παραρτήματος.

Αυτόματος Υπολογισμός Κριτηρίων Αξιολόγησης

```
public class CriteriaCalculationService
{
    // Demo city center: Patras
    private const double CityCenterLat = 38.2466;
    private const double CityCenterLng = 21.7346;

    1 reference
    public ReportCriteriaValues Calculate(
        int categoryId,
        double latitude,
        double longitude,
        int nearbyReportsCount)
    {
        var distanceFromCenterKm = CalculateDistanceKm(
            latitude,
            longitude,
            CityCenterLat,
            CityCenterLng);

        return new ReportCriteriaValues
        {
            C1_ResidentialProximity = CalculateResidentialProximity(distanceFromCenterKm),
            C2_EnvironmentalImportance = CalculateEnvironmentalImportance(categoryId, distanceFromCenterKm),
            C3_IncidentSeverity = CalculateIncidentSeverity(categoryId),
            C4_SpreadProbability = CalculateSpreadProbability(categoryId),
            C5_AccessDifficulty = CalculateAccessDifficulty(distanceFromCenterKm),
            C6_DuplicateReports = CalculateDuplicateReports(nearbyReportsCount),
            C7_CriticalInfrastructureProximity = CalculateCriticalInfrastructureProximity(categoryId)
        };
    }

    1 reference
    private static double CalculateResidentialProximity(double distanceKm)
    {
        if (distanceKm <= 0.5) return 5;
        if (distanceKm <= 1) return 4;
        if (distanceKm <= 2) return 3;
        if (distanceKm <= 5) return 2;
        return 1;
    }
}
```

```

1 reference
private static double CalculateEnvironmentalImportance(int categoryId, double distanceKm)
{
    // Demo approach:
    // Categories 1,2,7 are considered higher environmental risk.
    if (categoryId is 1 or 2 or 7) return 5;
    if (categoryId is 3 or 4) return 4;
    if (distanceKm > 8) return 3;
    return 2;
}

: matrix[i][j] / denominator;
}
}

var weighted = new double[rowCount][];
for (var i = 0; i < rowCount; i++)
{
    weighted[i] = new double[columnCount];
    for (var j = 0; j < columnCount; j++)
    {
        weighted[i][j] = normalized[i][j] * _weights[j];
    }
}

var idealBest = new double[columnCount];
var idealWorst = new double[columnCount];
for (var j = 0; j < columnCount; j++)
{
    idealBest[j] = weighted.Max(row => row[j]);
    idealWorst[j] = weighted.Min(row => row[j]);
}

var results = new List<(int ReportId, double Score)>();
for (var i = 0; i < rowCount; i++)
{
    var distanceFromBest = 0.0;
    var distanceFromWorst = 0.0;
    for (var j = 0; j < columnCount; j++)
    {
        distanceFromBest += Math.Pow(weighted[i][j] - idealBest[j], 2);
        distanceFromWorst += Math.Pow(weighted[i][j] - idealWorst[j], 2);
    }
    distanceFromBest = Math.Sqrt(distanceFromBest);
    distanceFromWorst = Math.Sqrt(distanceFromWorst);
    var score = distanceFromBest + distanceFromWorst == 0
        ? 0
        : distanceFromWorst / (distanceFromBest + distanceFromWorst);
    results.Add((categoryId, ReportId, score));
}

return results
    .OrderByDescending(x => x.Score)
    .Select((x, index) => (x.ReportId, x.Score, Rank: index + 1))
    .ToList();
}

1 reference
private static double CalculateIncidentSeverity(int categoryId)
{
    return categoryId switch
    {
        1 => 5, // Πυρκαγιά
        2 => 5, // Υποτοκ εμπρησμός
        3 => 5, // Περιβαλλοντική μόλυνση
        4 => 4, // Κομμένο καλώδιο
        7 => 4, // Απείλημένο είδος
        5 => 3, // Αρρωστο ζώο
        6 => 2, // Νεκρό ζώο
        _ => 1
    };
}

1 reference
private static double CalculateSpreadProbability(int categoryId)
{
    return categoryId switch
    {
        1 => 5, // Πυρκαγιά
        2 => 5, // Υποτοκ εμπρησμός
        4 => 4, // Κομμένο καλώδιο
        3 => 3, // Μόλυνση
        _ => 2
    };
}

1 reference
private static double CalculateAccessDifficulty(double distanceKm)
{
    if (distanceKm <= 1) return 1;
    if (distanceKm <= 2) return 2;
    if (distanceKm <= 5) return 3;
    if (distanceKm <= 10) return 4;
    return 5;
}

1 reference
private static double CalculateDuplicateReports(int nearbyReportsCount)
{
    if (nearbyReportsCount <= 1) return 1;
    if (nearbyReportsCount <= 3) return 2;
    if (nearbyReportsCount <= 5) return 3;
    if (nearbyReportsCount <= 10) return 4;
    return 5;
}

1 reference
private static double CalculateCriticalInfrastructureProximity(int categoryId)
{
    return categoryId switch
    {
        4 => 5, // Κομμένο καλώδιο
        1 => 4, // Πυρκαγιά
        2 => 4, // Υποτοκ εμπρησμός
        3 => 3, // Μόλυνση
        _ => 2
    };
}

1 reference
private static double CalculateDistanceKm(
    double lat1,
    double lon1,
    double lat2,
    double lon2)
{
    const double earthRadiusKm = 6371;
    var dLat = ToRadians(lat2 - lat1);
    var dLon = ToRadians(lon2 - lon1);
    var a =
        Math.Sin(dLat / 2) * Math.Sin(dLat / 2) +
        Math.Cos(ToRadians(lat1)) *
        Math.Cos(ToRadians(lat2)) *
        Math.Sin(dLon / 2) *
        Math.Sin(dLon / 2);
    var c = 2 * Math.Atan2(Math.Sqrt(a), Math.Sqrt(1 - a));
    return earthRadiusKm * c;
}

4 references
private static double ToRadians(double degrees)
{
    return degrees * Math.PI / 180;
}

```

Υπολογισμός TOPSIS

```
public class TopsisService
{
    private readonly double[] _weights =
    [
        0.15, // C1
        0.20, // C2
        0.28, // C3
        0.15, // C4
        0.08, // C5
        0.04, // C6
        0.10 // C7
    ];

    1 reference
    public List<int ReportId, double Score, int Rank> CalculateRanking(List<ReportCriteria> criteriaList)
    {
        if (criteriaList == null || criteriaList.Count == 0)
        {
            return [];
        }

        if (criteriaList.Count == 1)
        {
            return [(criteriaList[0].ReportId, 1.0, 1)];
        }

        var matrix = criteriaList
            .Select(x => new[]
            {
                x.C1, x.C2, x.C3, x.C4, x.C5, x.C6, x.C7
            })
            .ToArray();

        var rowCount = matrix.Length;
        var columnCount = _weights.Length;

        var normalized = new double[rowCount][];

        for (var i = 0; i < rowCount; i++)
        {
            normalized[i] = new double[columnCount];
        }

        for (var j = 0; j < columnCount; j++)
        {
            var denominator = Math.Sqrt(matrix.Sum(row => row[j] * row[j]));

            for (var i = 0; i < rowCount; i++)
            {
                normalized[i][j] = denominator == 0
                    ? 0
                    : matrix[i][j] / denominator;
            }
        }

        var weighted = new double[rowCount][];

        for (var i = 0; i < rowCount; i++)
        {
            weighted[i] = new double[columnCount];

            for (var j = 0; j < columnCount; j++)
            {
                weighted[i][j] = normalized[i][j] * _weights[j];
            }
        }

        var idealBest = new double[columnCount];
        var idealWorst = new double[columnCount];

        for (var j = 0; j < columnCount; j++)
        {
            idealBest[j] = weighted.Max(row => row[j]);
            idealWorst[j] = weighted.Min(row => row[j]);
        }

        var results = new List<int ReportId, double Score>();

        for (var i = 0; i < rowCount; i++)
        {
            var distanceFromBest = 0.0;
            var distanceFromWorst = 0.0;

            for (var j = 0; j < columnCount; j++)
            {
                distanceFromBest += Math.Pow(weighted[i][j] - idealBest[j], 2);
                distanceFromWorst += Math.Pow(weighted[i][j] - idealWorst[j], 2);
            }

            distanceFromBest = Math.Sqrt(distanceFromBest);
            distanceFromWorst = Math.Sqrt(distanceFromWorst);

            var score = distanceFromBest + distanceFromWorst == 0
                ? 0
                : distanceFromWorst / (distanceFromBest + distanceFromWorst);

            results.Add((criteriaList[i].ReportId, score));
        }

        return results
            .OrderByDescending(x => x.Score)
            .Select((x, index) => (x.ReportId, x.Score, Rank: index + 1))
            .ToList();
    }
}
```

Ανάθεση Περιστατικού σε Υπηρεσία

```
[HttpPost]
public async Task<IActionResult> AssignAgency(int reportId, int agencyId)
{
    await _reportRepository.AssignAgencyAsync(reportId, agencyId);

    await _reportRepository.UpdateStatusAsync(
        reportId,
        Statuses.UnderInvestigation);

    return RedirectToAction(nameof(Details), new { id = reportId });
}
```

Dashboard

```
public async Task<IActionResult> Index()
{
    var model = new DashboardViewModel
    {
        TotalReports =
            await _reportRepository.GetTotalReportsAsync(),

        PendingReports =
            await _reportRepository.GetPendingReportsAsync(),

        ResolvedReports =
            await _reportRepository.GetResolvedReportsAsync(),

        TopPriorityReports =
            await _reportRepository.GetTopPriorityReportsAsync()
    };

    return View(model);
}
```

A.4 Τελικές Παρατηρήσεις

Το υλικό που παρουσιάστηκε στο παρόν παράρτημα συμπληρώνει την τεχνική τεκμηρίωση της προτεινόμενης εφαρμογής και παρέχει επιπλέον πληροφορίες σχετικά με την υλοποίησή της. Η παρουσίαση της δομής της βάσης δεδομένων, των βασικών διαγραμμάτων και των ενδεικτικών αποσπασμάτων πηγαίου κώδικα επιτρέπει την πληρέστερη κατανόηση της αρχιτεκτονικής και των μηχανισμών λειτουργίας του συστήματος.

Η ανάπτυξη της εφαρμογής βασίστηκε σε σύγχρονες τεχνολογίες ανάπτυξης διαδικτυακών πληροφοριακών συστημάτων και ακολούθησε αρχές ορθού σχεδιασμού λογισμικού, με έμφαση στη modular αρχιτεκτονική, στον διαχωρισμό των επιπέδων της εφαρμογής και στην ευκολία συντήρησης και μελλοντικής επέκτασης.

Παράλληλα, η ενσωμάτωση γεωχωρικών τεχνολογιών (GIS), μεθόδων πολυκριτήριας λήψης αποφάσεων (MCDA), καθώς και λειτουργιών υποστήριξης αποφάσεων, όπως η αυτόματη αξιολόγηση των αναφορών, η προτεραιοποίησή τους μέσω των μεθόδων AHP και TOPSIS, η ανάθεση περιστατικών στις αρμόδιες υπηρεσίες και η παραγωγή στατιστικών στοιχείων, αναδεικνύει τον ολοκληρωμένο χαρακτήρα της προτεινόμενης λύσης.

Συνολικά, το πληροφοριακό σύστημα που αναπτύχθηκε αποδεικνύει ότι η αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών λογισμικού, σε συνδυασμό με τεχνικές γεωχωρικής ανάλυσης και πολυκριτήριας αξιολόγησης, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην αποτελεσματικότερη διαχείριση περιβαλλοντικών περιστατικών και στην προστασία της βιοποικιλότητας στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.