

Abstracts of Dissertations

Institute of Information and
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF
SCIENCES



3 / 2021



INNOVATIVE METHODS TO
SUPPORT DECISION-
MAKING IN WILDLAND
FIRES OR FLOODS

Stefan Stefanov

ИНОВАТИВНИ МЕТОДИ ЗА
ПОДПОМАГАНЕ ВЗЕМАНЕ
НА РЕШЕНИЯ ПРИ ГОРСКИ
ПОЖАРИ ИЛИ НАВОДНЕНИЯ

Стефан Стефанов

Автореферати на дисертации

Институт по информационни и
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Поредицата „Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

Редактори

Геннадий Агре

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Райна Георгиева

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Даниела Борисова

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите

*The series **Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences** presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

Editors

Gennady Agre

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Rayna Georgieva

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Daniela Borissova

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.

e-ISSN: 1314-6351

© ICT-BAS 2012

www.iict.bas.bg/dissertations



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract of PhD Thesis

INNOVATIVE METHODS TO SUPPORT DECISION-MAKING IN WILDLAND FIRES OR FLOODS

Stefan Kostadinov Stefanov

Supervisor: Assoc. Prof. Nina Dobrinkova

Approved by Supervising Committee:

Prof. Stefka Fidanova
Prof. Petia Koprinkova-Hristova
Assoc. Prof. Olimpia Roeva
Assoc. Prof. Ivan Trenchev
Assoc. Prof. Lian Nedelchev



**INSTITUTE OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Department of Cyber-Physical Systems

I. GENERAL CHARACTERISTICS OF THE PhD THESIS

Topicality of the problem

Climate-related events such as floods, storms, heat waves, snowfall and droughts account for nearly ninety percent of all major disasters in the last two decades. Bulgaria is exposed to a number of natural threats such as floods, landslides, earthquakes, forest fires, droughts, strong winds, heavy snowfall, extreme temperatures and hail. The disasters caused by these phenomena have adverse economic effects on the country. According to Bulgaria's National Statistical Institute (NSI), natural disasters and fires have caused nearly 1 billion US dollars in damage. from 2010 to 2019. Over 600 million US dollars was spent during this period for recovery, and others over 100 million US dollars are invested in rescue and emergency activities. The risks of disasters facing the country are expected to increase in view of growing urbanization and industrial development and climate change. For this reason, the development of innovative methods to support decision-making in natural disasters plays an important role in the sustainable development of the country.

According to the report of the European Commission (EC) in 2018, forest fires have affected more countries than ever before. These fires also have a significant impact on the ecological balance of the planet. The data show that with regard to some of the indicators for the occurrence of forest fires in Bulgaria, the average values typical for the Mediterranean region have been reached and even exceeded many times [1].

According to the international disaster database "EM-DAT", since 1977 45 major disasters have been registered in Bulgaria, and more than 85 percent of them are related to meteorological phenomena. These disasters cause direct damage of more than 1.4 billion US dollars. Floods and extreme temperatures are the most common, with floods being responsible for most of the direct damage and population affected. Floods cause enormous damage to public and private buildings and cultural heritage sites, destroy or damage bridges, dikes and dams, disrupt drinking water supply systems, trigger landslides and flood agricultural land.

Geographic Information Systems (GIS) are modern, multifunctional, computer-based technologies that not only visualize objects in geographical space through digital mapping, but also allow the integration and analysis of interdisciplinary attribute data in a geographical context. Thus, they become a powerful tool for planning, designing and making management decisions in all public spheres and businesses of different nature and scale. One of the applications of GIS technologies is mapping and cartographing and making specialized maps of areas at risk of floods and maps of the threat of floods, fires and more natural disasters [2].

The relevance of the topic is determined on the one hand by the presented data on the huge

damage caused by wildland fires and floods to economies, flora, fauna and human health worldwide and on the other hand by the ability of GIS to create applications to support of solutions in cases of wildland fires and floods.

Object and subject of the research

The object of research are innovative methods for creating Web GIS applications for wildland fires and floods.

The subject of research is open source software and software tools for the development of information system IS supporting decision making in case of wildland fires or floods.

Goals and tasks

The goal of the PhD thesis is:

- at the theoretical level - to study methods for developing web GIS applications and to present a methodology for developing IS, supporting decision-making in cases of wildland fires or floods.
- at the empirical level - to develop and test IP to support decision-making in cases of wildland fires or floods.

The following scientific tasks can be systematized:

1. Theoretical analysis of basic concepts related to the development of IS, supporting decision-making in wildland fires or floods - wildland fires, floods and Geographic Information Systems (GIS).
2. Presentation of a methodology for creating IS supporting decision-making in wildland fires or floods;
3. Development of IS to support decision-making in wildland fires or floods.
4. Collection, analysis, evaluation and processing of available geospatial data for wildland fires and floods;
5. Selection of appropriate software solutions for the development of web GIS applications, in connection with the available open source web GIS software products, in terms of cross-platform integration with stable interoperability of geospatial data;

6. Approbation of the developed IS, supporting decision-making in wildland fires that have occurred in the area of State forestry "Zlatograd".
7. Approbation of the developed IS, supporting decision-making for flood risk in Syunik region, Kapan city in Armenia.

Methods

As the topic of the PhD thesis requires the application of an interdisciplinary approach in conducting research, the following methods were used to perform the research tasks:

- 1) on a theoretical level:
 - bibliographic;
 - comparative;
 - descriptive;
 - mathematical methods.
- 2) at the empirical level:
 - quantitative;
 - analysis, synthesis, generalization;
 - modeling.

II. VOLUME AND STRUCTURE

The full volume of the dissertation is 122 pages. It consists of an introduction and four chapters. The list of references contains 107 items. The work includes 6 Appendices. The text of the dissertation includes 5 tables and 57 figures.

III. CONTENT

The introduction clarifies the relevance of the problem and presents the methodological parameters of the dissertation, structure, object, subject, goals and objectives.

CHAPTER 1. General information on fires and floods, statistics and similar applications

The first chapter provides a theoretical analysis of the concepts included in the dissertation research: wildland fires, floods, Geographic Information System, European Forest Fire Information System (EFFIS), Advanced Fire Information System (AFIS) and European Flood Information System (EFAS). Official statistics on fires in the period from 2009 to 2018 and floods in the period from 2010 to 2019 in Bulgaria are presented.

Main conclusions to Chapter 1:

- 1) Based on the review of forest fires and floods in Bulgaria from the report provided to the JRC on fires and the NSI on floods, it can be concluded that it is necessary to use GIS for mapping, modeling and visualization of these natural disasters.
- 2) With the development of GIS technologies, opportunities are provided for analysis and visualization of geospatial data in the event of natural disasters, in particular in the case of floods and forest fires.
- 3) From the considered systems (EFFIS, AFIS, EFAS), [3,4,5] for monitoring forest fires and floods based on satellite images, we can conclude that it is necessary to build similar systems at the local level to visualize geospatial data.

CHAPTER 2. Methodology for developing an information system to support decision-making in cases of wildland fires or floods

The second chapter presents a methodology for developing IS to support decision-making in forest fires or floods. Two models that are basic for the development of the Web GIS application are considered: "Model simulating the development of forest fires", "Empirical model with the construction of a digital terrain elevation model for the surrounding geometry of the area." An

"open source architecture for developing a web GIS application" is proposed (Figure 1).

The following components are required to develop a web GIS application (Figure 1):

- Spatial Databases that can provide random access to a huge set of data, processing queries related to spatial relationships. Software that can provide editing and visualization of data from the database, as well as management, quality control of data.
- Cartographic software that reads spatial data from the database, applying rules for formatting and displaying images.
- Server providing a software framework for customizing applications. The map server stores pre-created image tiles and maintains them quickly to make the map refresh faster.
- A web component that can provide visualization of maps in a web browser and create requests to the server.

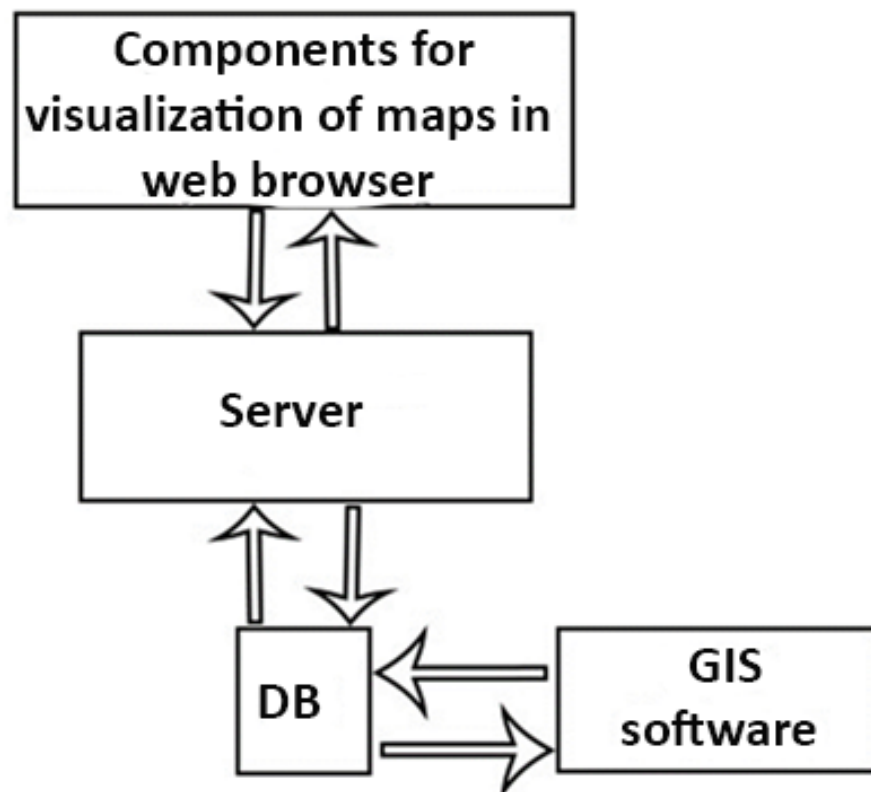


Figure 1. Open source architecture for developing a web GIS application

"Conceptual model of decision support IS in wildland fires or floods" is presented in (Figure 2).

This model is developed on the proposed open source architecture for developing Web GIS applications. It includes the following modules:

- web GIS application;
- OpenWeatherMaps connection with meteorological data;
- EFFIS / EFAS link to satellite data;
- interactive learning module.

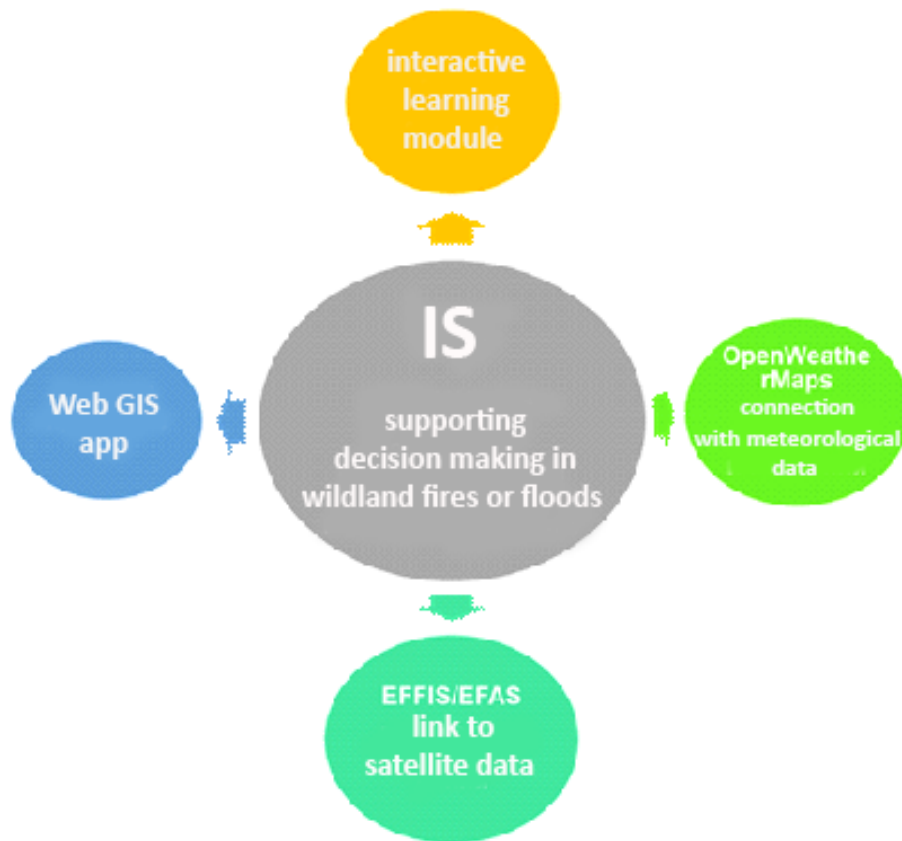


Figure 2. Conceptual model of IS supporting decision making in wildland fires or floods.

Main conclusions to Chapter 2:

- 1) Based on the presented models, the methodology for building IS has been developed, supporting decision-making in the operating room or in the field in case of wildland fires or floods.
- 2) The methodology includes: creation of geospatial data, open source architecture for web GIS application development and conceptual model of IS supporting decision making in the operating room in case of wildland fires and floods.

- 3) The Rothermel model has been chosen as the theoretical basis for the wildland fire simulations, which will be presented in the next chapter.
- 4) The theoretical substantiation of the information system supporting decision-making in case of flood risk uses an empirical model with construction of a digital model of the terrain for the riverbed and surrounding geometry of the zone.

CHAPTER 3. Web GIS application architecture

The third chapter presents the architecture and software implementation of a Web GIS application, which is part of the IS supporting decision-making in wildland fires or floods.

The web GIS application is presented in Figure 3, which is part of an information system to support decision making in cases of wildland fires or floods. The application consists of six layers:

- The first layer is GIS software, which processes the data obtained after simulations by the method of Rothermel fires and floods on an empirical model with the construction of a Digital Terrain Model for the riverbed and the surrounding geometry of the area.
- The second layer is a database for storing geospatial data. The geographical database differs essentially from other databases only in that it has a spatial distinction and in this sense refers to a specific territory. The objects in it have a specific location and have spatial relationships.
- The third layer is a plugin that allows you to convert data to a GeoJson file format.
- The fourth layer is the Web GIS application development environment.
- The fifth layer is the server environment.
- Visualization in a browser is done through a library for visualization of geospatial data on the Web, which builds the sixth layer.

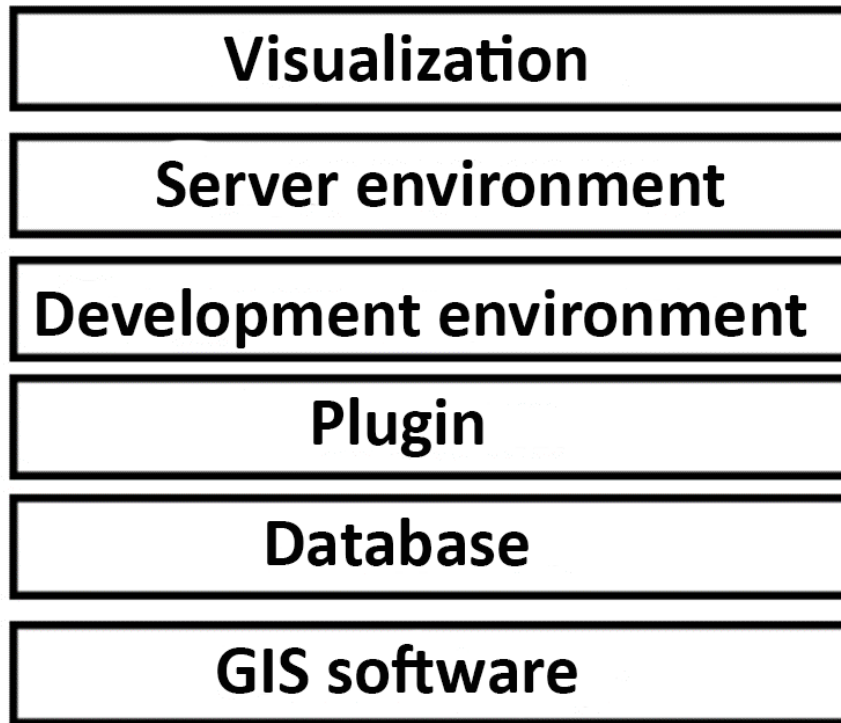


Figure 3. Web application architecture

Software implementation of the web GIS application

To implement the proposed architecture for the development of a web GIS application, which is part of the IS supporting the decision-making in the operating room in case of wildland fires and floods, the following software solutions were used (Figure 4):

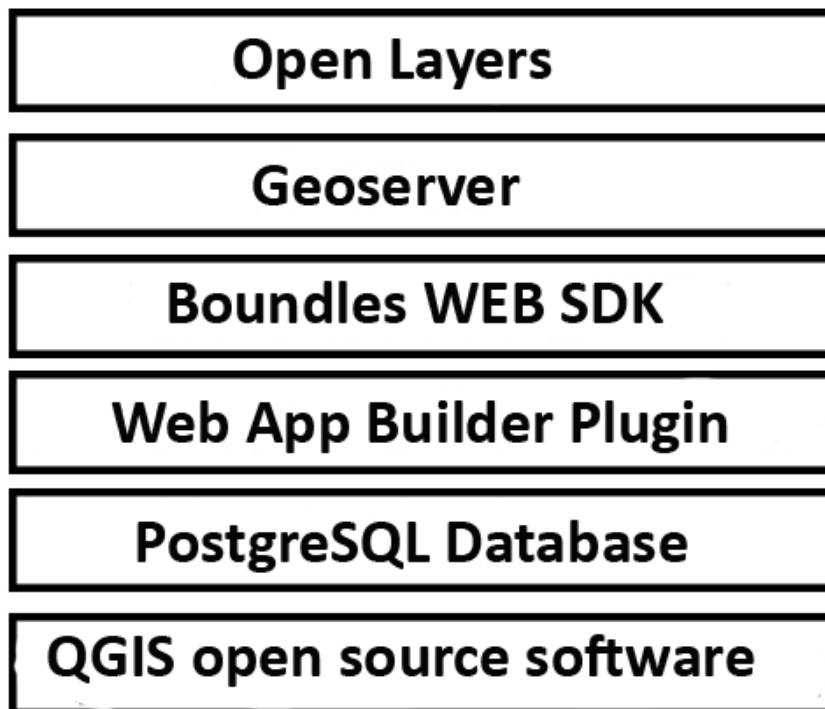


Figure 4. Software implementation of the Web GIS application

- 1) QGIS software

QGIS is open source GIS software that visualizes, manages, edits, analyzes data [6].

QGIS includes:

- analytical functionality through integration with GRASS (Geographic Resources Support System for Analysis),
- SAGA (Automated Geoscientific Analysis System),
- Orfeo Toolbox, GDAL / OGR (Abstraction Geospatial Data Library) and many other algorithm providers.

QGIS runs on Linux, Unix, Mac OSX and Windows and supports many vector, raster and database formats and functionalities.

2) Database – PostgreSQL

PostgreSQL is a powerful, object-oriented relational open source database system that uses and extends the SQL language, combined with many features that safely store and scale the most complex data loads and can store geospatial data [7]. PostgreSQL has the ability to:

- Geospatial definition of diverse types of geographical objects with different dimensions - point, line and polygon.
- Multidimensional indexing of various geo-objects for speed of access.
- Application of geospatial functions on some of the objects, in relation to inquiries about geospatial characteristics and relationships.

3) QGIS plugin WebAppBuilder

The Qgis WebAppBuilder plugin provides the ability to convert raster and vector layers into a geoJson file, which is convenient and easy to use [8].

4) IS development environment to support decision-making in the operating room in case of wildland fires and floods.

The IS development environment is Boundless WEBSDK, which provides tools and libraries for building JavaScript-based applications. Boundless WEBSDK uses the JavaScript React framework (a library of JavaScript to build user interfaces) to provide modular components that can be used to develop web-based applications [9].

Main conclusions to Chapter 3:

- 1) The architecture of the Web GIS application is described, which is part of the IS, supporting decision-making in the operating room or in the field in case of wildland fires or floods.
- 2) A software implementation of the web GIS application in question is presented
- 3) A methodology for developing a web GIS application is presented, which includes conversion of geospatial data into geoJSON file format, programming with JavaScript, HTML and CSS programming languages, which provide the full functionality of IS and visualization of data on wildland fires or floods.

CHAPTER 4. Application in practice

In the fourth chapter are presented and tested IS for decision support in forest fires in the area of State forestry "Zlatograd" (Figure 5) and in case of flood risk in the area of Syunik, Armenia (Figure 8).

Web application to support decision making in cases of forest fires

General information about the test zone State forestry "Zlatograd" and implementation of the application for wildland fires.

The application of IS, decision support in the operating room in case of wildland fires is focused on specific test areas. These areas cover Natura 2000 sites [10] located in the municipalities of Zlatograd [11], Madan [12] and Nedelino [13]. The information system was developed within the Cross-border project under INTERREG VA "Greece-Bulgaria 2014-2020", called: "Protection of biological diversity in NATURA 2000 sites and other protected areas from natural hazards through a certified framework for cross-border education, training and support of civil protection volunteers based on innovation and new technologies" with the abbreviation: eOUTLAND, (MIS CODE 5011437 and Reg. No. 1672), [14].

Description and implementation

When starting the Web application from index.html, the initial screen of the IS opens (Figure 5), which is developed with program code presented in Appendix 2 and Appendix 3.

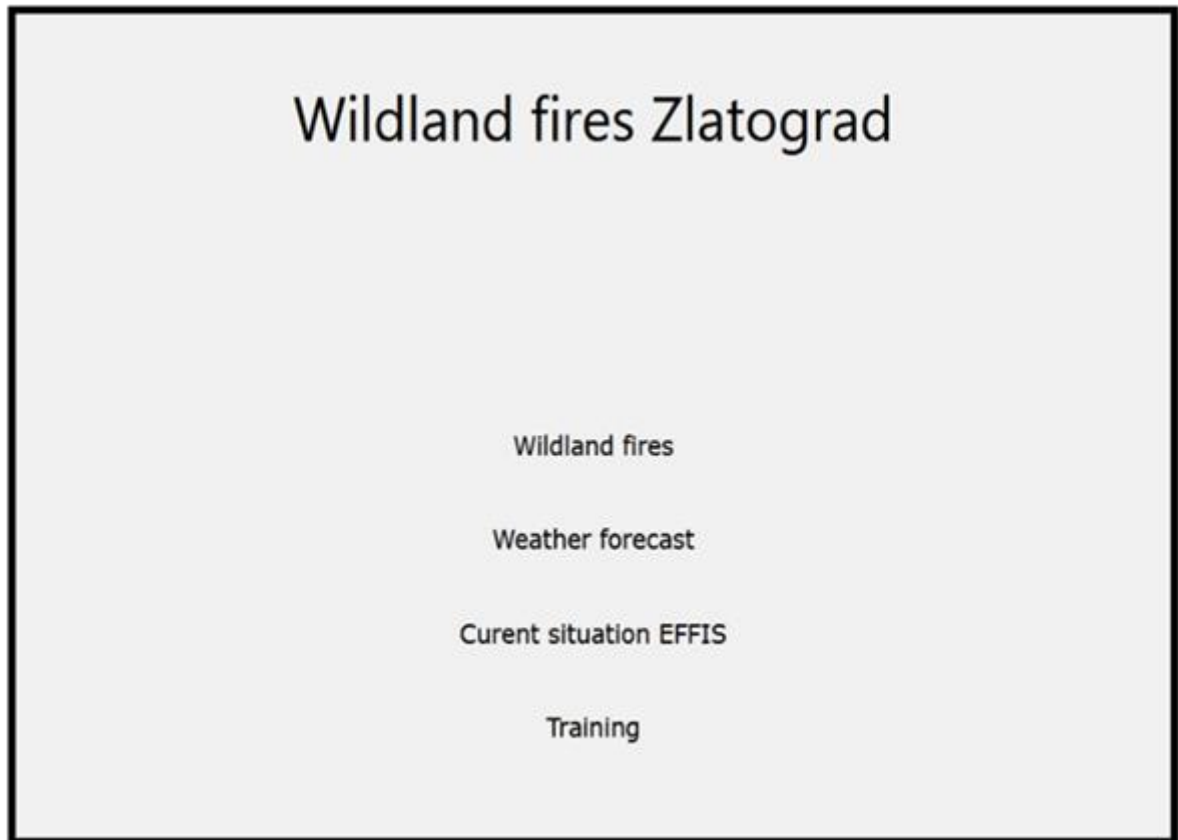


Figure 5. Main menu of the Web application

The following buttons can be selected from the main menu:

- Wildland fires;
- Weather forecast;
- Current sitation EFFIS;
- Trainig.

The Wildland fires button launches the decision support web application in the operating room in case of forest fires (Figure 6).

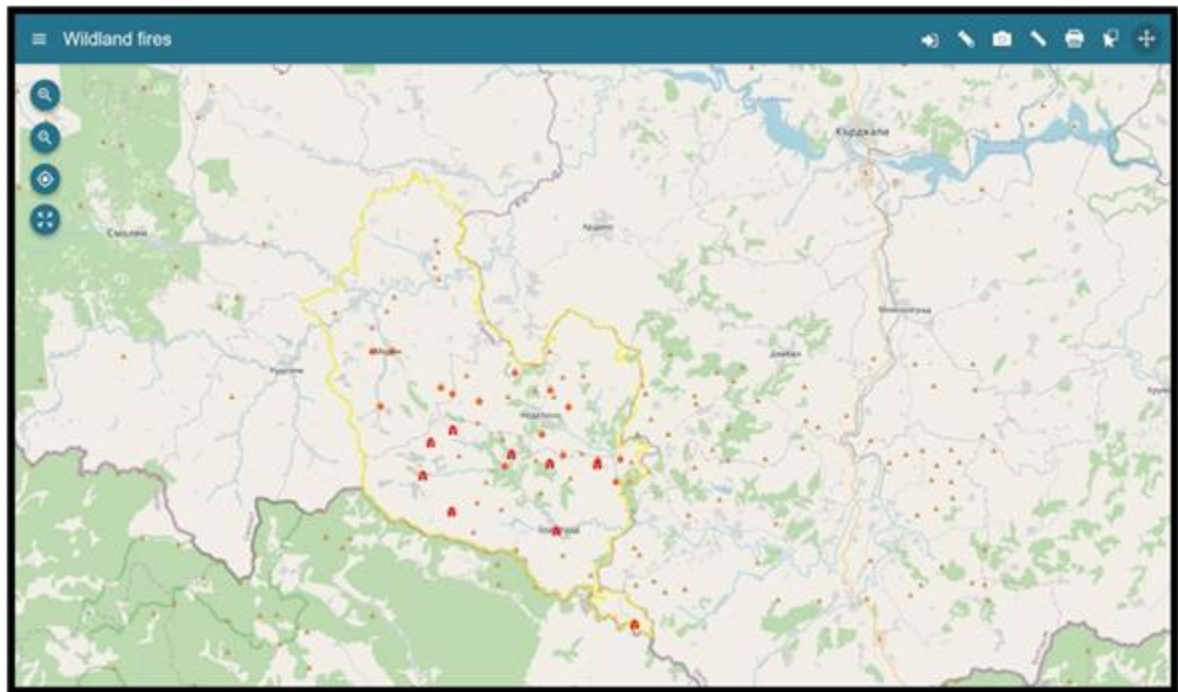


Figure 6. Wildland fires application main screen

Main functionalities of the Web application for wildland fires:

- **Main menu** - the various predefined layers are displayed, which are displayed in the application. They can be turned on, off, their transparency can be changed, the location of the selected layer can be approached, their order can be changed and a new user-defined layer can be displayed by dragging and dropping. The application has a function for searching objects, places, settlements, etc. The application has built-in Base layers that are open source, such as OpenStreet maps, satellite maps, etc., and can be switched according to user requirements.
- **Zoom in function** - with the help of the button the user has the opportunity to zoom in on the object of his interest.
- **Zoom out function** - with the help of the button the user has the opportunity to move away from the object of his interest.
- **Geolocation function** - based on the location of the network, this function visualizes the location of the device that uses the application.
- **Scaling** - this feature allows the user to return to the original scale set in the application.
- **Login function** - allows the user to log in and upload new files containing GIS layers.

- **Drawing function** - allows the user to quickly add a new point (fire) object or polygon (fire zone) to an existing layer to be displayed in real time.
- **Function for exporting a map in .png format**
- **Measurement function** - allows the user to measure the distance between two or more points as well as to calculate the size of the selected study area.
- **Print function** - allows you to quickly print a map on paper.
- **Selection function** - allows the user to choose from the various functions of the layers as well as to remove the selection.
- **Navigation feature** - This feature makes it easier to zoom in, out, and move maps on mobile devices.

Working with layers involves selecting a substrate / base layer / as the base layers can be selected by the user.

The web application has a set of predefined layers that provide different types of data that can help users get information about previous fires in the area as well as fire zones.

In addition, the web application provides information on storage facilities for fire-fighting materials, as well as what tools are included in them to fight fires.

The order of the layers can be changed in real time by dragging.

Predefined layers can be turned off or on according to different user needs. Their transparency can also be changed.

Working with layers includes:

- 1) **Zoom** - the button allows the user to navigate to the selected layer, and when pressed the screen is as close as possible to the selected layer;
- 2) **On/Off** - this button allows the user to turn on or off a layer depending on the needs;
- 3) **Additional menu** - the button opens additional functionalities when working with layers, opening a menu consisting of:
 - **Transparency** - the button allows the user to specify the transparency of the layers;
 - **Download** - the button allows the user to download the selected layer, using the

drawing function to register a new fire on his device;

- **Filter** - the button allows the user to choose exactly what data he wants to visualize from the given layer.

The Web application has a Pop up function (Figure 7) and when marking an object (storage of fire-fighting materials and tools) the necessary data of the groups of firefighters or volunteers operating in the field or in the operating room are visualized from the map.

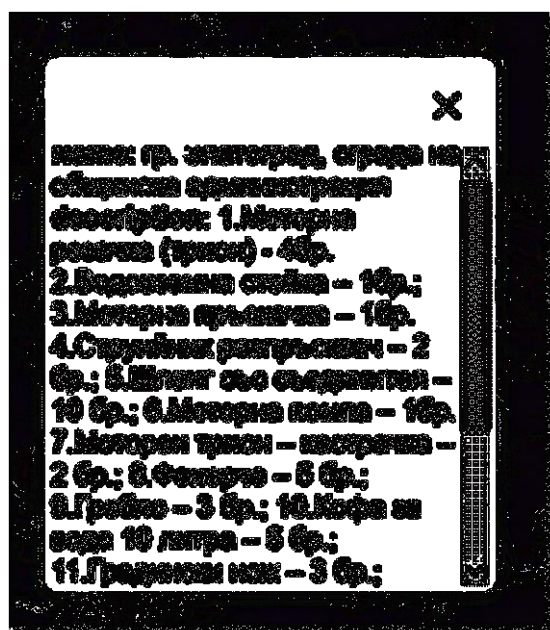


Figure 7. Storage for materials and tools

These data provide more detailed information on the location, type of materials and tools and their availability, so that teams of volunteers and firefighters working in the field can see the nearest storage to the site of the fire.

Figure 7 visualizes information about the location, materials and tools for wildland fire fighting, which are stored in the selected repository.

Working with IS to support decision-making in the operating room and in the field in case of forest fires allows firefighters or volunteer teams in the event of a wildland fire to obtain information about the location of storage facilities with available firefighting materials. The IS allows the registration of a fire through a drawing function and for greater accuracy the GPS coordinates of the device they use are used.

The Web GIS application part of IS for decision support in the operating room in case of floods is focused on specific test areas. They cover the Gegi Dam and the Geganush tailings pond in Armenia. It was developed within the framework of DG ECHO project: “Alliance for disaster Risk

Reduction in Armenia” with acronym: ALTER and Grand Number: 783214 [15].

The data for the development of decision support IS in the case of floods in the Syunik region of Armenia were provided by the American University of Armenia and the Institute of Geological Sciences (Armenia), and are also available in their databases.

When starting the IS from index.html, the initial screen of the IS opens (Figure 8).

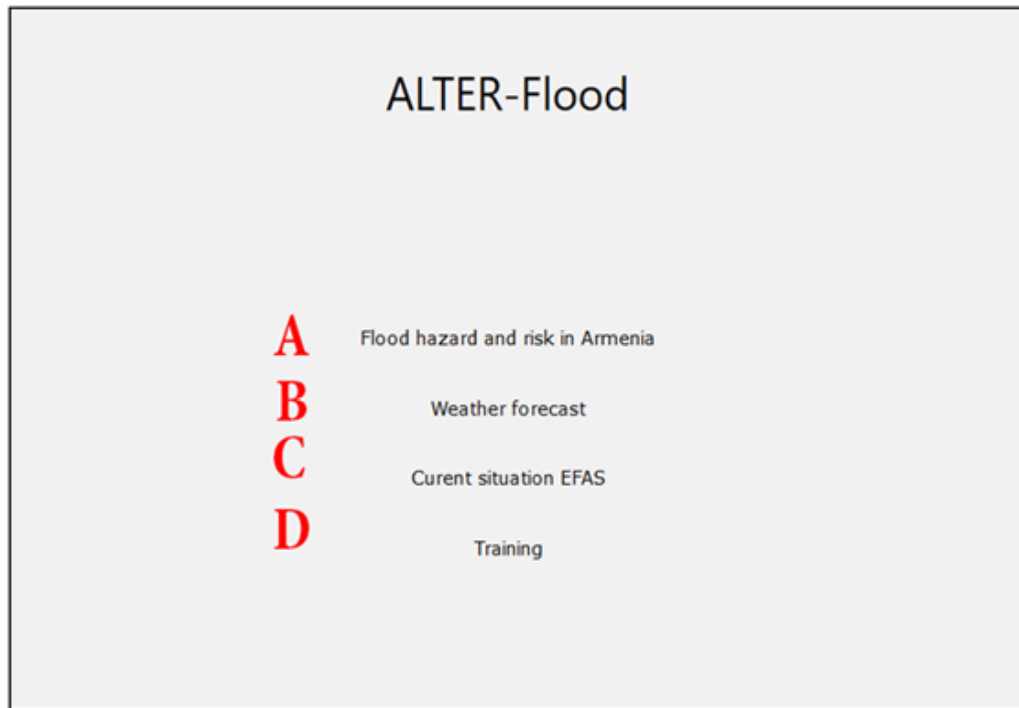


Figure 8. Home screen of the Flood Web Application

The following buttons can be selected from the main menu:

- Flood hazard and risk in Armenia;
- Weather forecast;
- Current situation EFAS;
- Training.

The "Flood hazard and risk in Armenia" button launches the decision support application in the operating room in case of flooding.

The flood app aims to visualize how the tidal wave will propagate in the event of a flood. It shows the most vulnerable buildings such as schools, kindergartens, etc. The application provides information about the nearest and endangered buildings. It thus provides the necessary data and

information to on-site groups that will be useful in responding to and deciding in the event of a flood.

The main features of the flood application are shown in Figure 9.



Figure 9. Main window of the flood application

1. **Zoom in function** - with the help of the button the user has the opportunity to zoom in on the object of his interest.
2. **Zoom out function** - with the help of the button the user has the opportunity to zoom out from the object of his interest.
3. **Geolocation function** - based on the location of the network, this function visualizes the location of the device that uses the application.
4. **Scaling** - this feature allows the user to return to the original scale set in the application.
5. **Main menu** - here are the various predefined layers that are displayed in the application. They can be turned on, off, their transparency can be changed, the location of the selected layer can be approached, their order can be changed, and a new user-defined layer can be displayed by dragging and dropping. The application has a function for searching objects, places, settlements, etc.
6. **Drawing function** - allows the user to quickly add a new object (flood area) to an existing layer to be displayed in real time or to be saved for later analysis.

7. **Photo function** - allows you to export a map in photo format.
8. **Measurement function** - allows the user to measure the distance between two or more points, as well as to calculate the size of the selected study area.
9. **Selection function** - allows the user to choose from the various functions of the layers and also to deselect.
10. **Easy navigation feature** - this feature allows you to easily zoom in, out and move maps on mobile devices

The base layers can be changed according to the user's requirements. Predefined layers: they can be turned off or on according to different user needs. Their transparency can be changed. The application has a rich set of predefined layers that provide different types of data that can help users to analyze the current situation or review different scenarios for the development of the tidal wave in case of a dam failure. The order of the layers can be changed in real time by dragging.

Working with layers (Figure 10):

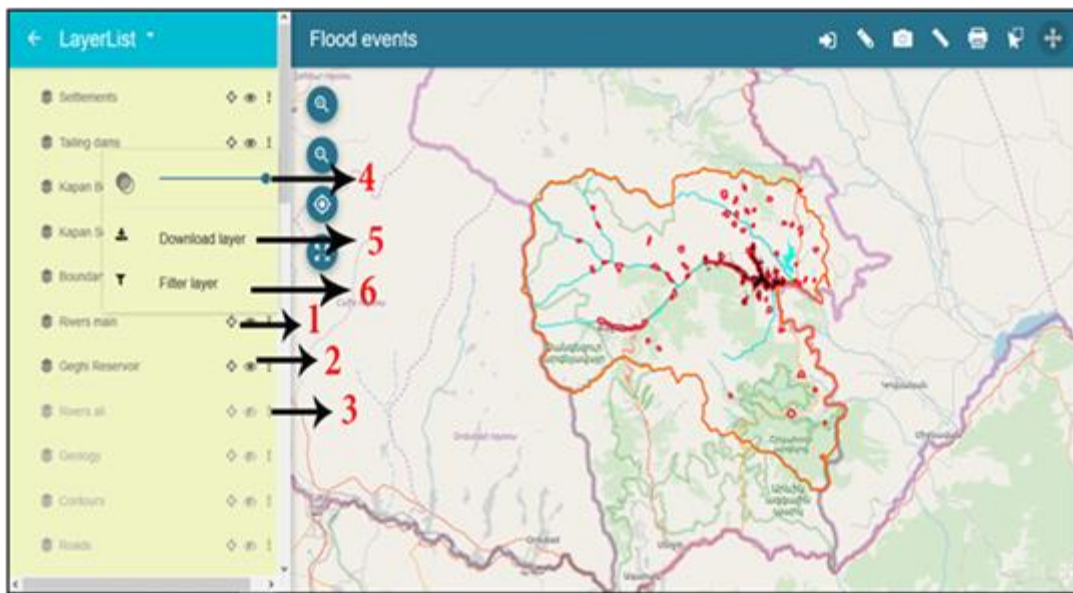


Figure 10. Working with layers

- 4) **Zoom** - the button allows the user to navigate to the selected layer, and when pressed the screen is as close as possible to the selected layer;
- 5) **On/Off** - this button allows the user to turn on or off a layer depending on the needs;
- 6) **Additional menu** - the button opens additional functionalities when working with

layers, opening a menu consisting of:

- **Transparency** - the button allows the user to specify the transparency of the layers;
- **Download** - the button allows the user to download the selected layer, using the drawing function to register a new fire on his device;
- **Filter** - the button allows the user to choose exactly what data he wants to visualize from the given layer.

IS, decision support in the operating room in case of floods has a function to pop up an information window when marking an object on the map as the most vulnerable buildings in case of floods such as schools, kindergartens and others.

The information window displays detailed information about the location and type of the building so that the field teams can assess which is the closest vulnerable point in case of flooding.

Main conclusions to Chapter 4:

- 1) The information systems supporting decision-making in cases of wildland fires - State forestry "Zlatograd" and in case of flood risk in the "Syunik" region of Armenia have been tested.
- 2) The functionalities and capabilities of the IS supporting decision-making in cases of forest fires or floods are presented.

IV. Main deductions and conclusions

Scientific and scientific-applied contributions

Main scientific contributions in the PhD thesis:

- 1) *An analysis* of existing GIS was made, as well as a comparative analysis of open source software - QGIS and commercial software - Esri ArcGIS;
- 2) *An algorithm* for development of Information systems supporting decision making in wildland fires or floods with open source is presented;

Main scientific-applied contributions in the PhD thesis:

- 1) *A methodology* for working with real data has been proposed to visualize parameters for relief, meteorology, plant species and water resources;
- 2) *The architecture* of a web GIS application is applied, which is realized with open source software products and tools.
- 3) *Information Systems (IS)* have been developed and tested to support decision-making in wildland fires and floods.

Guidelines for future research

The results achieved in the PhD thesis outline the following guidelines for future research:

- 1) *Study of* the opportunities provided by the European program Copernicus for satellite monitoring in its part for Emergency Management Services.
- 2) *Complementing* open source software applications with risk assessment algorithms for: critical infrastructure and points of interest (Points of Interest) for different hazard criteria (vulnerability index assessment).
- 3) *Development of a GIS application* for visualization of meteorological data generated by the system for overlay and correction of forecast data via GRIB, WRF, ECMF, EURO4 for forecasts and measurement of microclimatic features applied in the operational mode of MOS schemes and NOWCASTING in forecast data.

V. APPROVAL OF RESULTS AND PUBLICATIONS

The main results obtained in the development of the dissertation are reported in four publications at specialized international conferences:

докладвани в четири публикации на специализирани международни конференции:

1. Dobrinkova N., Stefanov S. Open source GIS for civil protection response in cases of wildland fires or flood events. The 12th International Conference on Large-Scale Scientific Computations LSSC'19, (June 10 - 14, 2019, Sozopol, Bulgaria), Institute of Information and Communication Technologies Bulgarian Academy of Sciences, Large-Scale Scientific Computing. LSSC, 2019. Lecture Notes in Computer Science Springer, 11958, Springer, 2020, ISBN:978-3-030-41032-2, ISSN:1611-3349, DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-030-41032-2_35, 309-314, **SJR: 0.427**;
2. Dobrinkova N., Stefanov S. Desktop application developed by open source tools for optimizations in cases of natural hazards and field response. Studies in Computational Intelligence, 838, Springer, Cham, 2020, ISBN:978-3-030-22722-7, ISSN:1860-949X, DOI:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-22723-4>, 17-30, **SJR: 0.215**;
3. Dobrinkova N., Stefanov S., Hadjitodorov S., Arakelyan A., Amirkhanian A., Barseghyan A., Mnatsakanian S., Drakatos G., Evangelidis Ch., Katsaros V., Boustras G.. Emergency planning and optimizations based on dam break flood risk maps visualized with open source web-GIS tool. 14th FEDERATED CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION SYSTEMS FedCSIS 2019, (1-4 September, 2019, Leipzig, Germany), Leipzig University, Polish Information Processing Society, 2019, ISBN:978-83-955416-1-2, ISSN: 2300-5963, DOI: <http://dx.doi.org/10.15439/978-83-955416-1-2>, 309-314.
4. Stefanov S. Open source data for developing desktop application as part of eOUTLAND project. Proceedings of International Conference on Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering BdKCSE'2018, (21-22 November 2018), John Atanasoff Society of Automatics and Informatics, 2018, ISSN:2367-6450, p.71-p.79.

The research in the dissertation is part of the results of two international research projects:

1. The Project is co-funded by the European Regional Development Fund (ERDF) and by national funds of the countries participating in the Interreg V-A “Greece-Bulgaria 2014-2020” Cooperation Programme: „Protecting biodiversity at NATURA 2000 sites and other protected areas from natural hazards through a certified framework for cross-border education, training and support of civil protection volunteers based on innovation and new technologies” with acronym: eOUTLAND, (MIS CODE 5011437

and reg. number 1672;

2. DG ECHO project: “Alliance for disaster Risk Reduction in Armenia” with acronym: ALTER and Grand Number: 783214.

VI. ACKNOWLEDGMENTS


I express my sincere gratitude and appreciation to my supervisor Assoc. Prof. Dr. Nina Dobrinkova for valuable guidance, professional competence and assistance in the preparation of the dissertation. Thank you also for your invaluable moral support and patience.

VII. REFERENCES

- [1] JRS Technical report. Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2018, ISBN 978-92-76-11234-1 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/1128.
- [2] Георгиева, А., Приложение на географски информационни системи за превенция на горски пожари. ВСУ „Черноризец Храбър“, <https://ejournal.vfu.bg/pdfs/Doklad%20A.%20Georgieva.pdf>
- [3] Европейската информационна система за горските пожари (EFFIS) - <https://effis.jrc.ec.europa.eu/>.
- [4] Усъвършенстваната пожарна информационна система (AFIS) - <https://www.afis.co.za/>.
- [5] Европейска информационна система за наводненията – (EFAS) - <https://www.efas.eu/>.
- [6] Qgis - <https://www.qgis.org/en/site/>
- [7] Postgresql - <https://www.postgresql.org/>
- [8] Webappbuilder - <https://github.com/planetfederal/qgis-webappbuilder-plugin>
- [9] WEBSDK - <https://github.com/planetfederal/sdk>
- [10] Natura 2000 - <http://natura2000.moew.government.bg/>
- [11] Община Златоград - <https://www.zlatograd.bg/>
- [12] Община Мадан - <https://www.madan.bg/>
- [13] Община Неделино - www.nedelino.bg
- [14] eOUTLAND - <https://eoutland.eu/>
- [15] ALTER - <http://alter-project.eu/>

VIII. DECLARATION OF ORIGINALITY

Hereby, I declare that I have composed the presented thesis independently on my own and without any other resources than the ones indicated. All thoughts taken directly or indirectly from external sources are properly denoted as such. This work has neither been previously submitted to another authority nor has it been published yet.

Signature: 



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по научна специалност “Информатика“

ИНОВАТИВНИ МЕТОДИ ЗА ПОДПОМАГАНЕ ВЗЕМАНЕ НА РЕШЕНИЯ ПРИ ГОРСКИ ПОЖАРИ ИЛИ НАВОДНЕНИЯ

Стефан Костадинов Стефанов

Ръководител: Доц. Нина Добринкова

Научно жури:

Проф. Стефка Фиданова
Проф. Петя Копринкова-Христова
Доц. Олимпия Роева
Доц. Иван Тренчев
Доц. Лиан Неделчев



**Институт по информационни и
комуникационни технологии**

Секция „Кибер-физични системи“

І.ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Актуалност на проблема

Свързани с климата събития като наводнения, бури, горещи вълни, снеговалежи и суши представляват близо деветдесет процента от всички големи бедствия през последните две десетилетия. България е изложена на редица природни заплахи като наводнения, свлачища, земетресения, горски пожари, суши, силни ветрове, силни снеговалежи, екстремни температури и градушки. Причинените от тези явления бедствия имат неблагоприятни икономически въздействия върху страната. Съгласно Националния статистически институт (НСИ) на България, природни бедствия и пожари са причинили щети за близо 1 млрд. щ.д. от 2010 г. до 2019 г. В рамките на този период са изразходвани над 600 млн. щ.д. за възстановяване, а други над 100 млн. щ.д. са вложени за спасителни и аварийни дейности. Очаква се рисковете от бедствия, пред които е изправена страната, да се увеличат предвид нарастващата урбанизация и индустриално развитие и изменението на климата. По тази причина разработването на иновативни методи за подпомагане вземане на решения при природни бедствия играе важна роля за устойчивото развитие на страната.

От доклада на Европейската комисия (ЕК) през 2018 г. горските пожари са засегнали повече държави от когато и да било. Тези пожари в значителна степен се отразяват и върху екологичното равновесие на планета. Данните показват, че по отношение на някои от индикаторите за възникване на горски пожари в България са достигнати и дори превишени многократно средните стойности, характерни за Средиземноморския район [1].

Съгласно международната база данни на бедствията „EM-DAT“, от 1977 г. насам в България са регистрирани 45 големи бедствия, като повече от 85 процента от тях са свързани с метеорологични явления. Тези бедствия причиняват преки щети в размер на над 1,4 млрд. щ.д. Наводненията и екстремните температури са най-често срещани, като наводненията са отговорни за най-големия дял преки щети и засегнато население. Наводненията причиняват огромни щети върху обществени и частни сгради и обекти на културното наследство, разрушават или повреждат мостове, диги и язовирни стени, нарушават системите за доставка на питейна вода, задействат свлачища и заливат земеделски земи.

Географските Информационни Системи (ГИС) са модерни, многофункционални, компютърно базирани технологии, които не само визуализират обекти от географското пространство чрез цифрово картографиране, но и позволяват интегриране и анализ на интердисциплинарни атрибути данни в географски контекст. Така се превръщат в мощен инструмент при планиране, проектиране и вземане на управленски решения във всички обществени сфери и бизнес с различен характер и мащаб. Едно от приложенията на ГИС технологиите е картиране и картографиране и изработване на специализирани карти на районите с риск от наводнения и карти на заплахата от наводнения, пожари и др. природни бедствия [2].

Актуалността на темата се обуславя от една страна от представените данните за огромните щети, които нанасят горските пожари и наводнения на икономиките, флората, фауната и човешкото здраве в световен мащаб и от друга страна от възможностите на ГИС за създаване на приложения, които да подпомагат вземането на решения в случаи на горски пожари и наводнения.

Обект и предмет на изследването

Обектът на изследване са иновативни методи за създаване на Уеб ГИС приложения за горски пожари и наводнения.

Предмет на изследване са софтуер и софтуерни инструменти с отворен код за разработване на информационна система ИС подпомагаща вземането на решения в случай на горски пожари или наводнения.

Цели и задачи

Целта на дисертационната работа е:

- *на теоретично ниво* - да се проучат методи за разработване на уеб ГИС приложения и се представи методология за разработване на ИС, подпомагаща вземането на решения в случаи на горски пожари или наводнения.
- *на емпирично ниво* - да се разработи и апробира ИС, която да подпомага вземането на решения в случаи на горски пожари или наводнения.

Могат да се систематизират следните научни задачи:

1. Теоретичен анализ на основни понятия свързани с разработване на ИС, подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения - горски пожари, наводнения и Географски информационни системи (ГИС).
2. Представяне на методология за създаване на ИС подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения;
3. Разработване на ИС, подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения.
4. Събиране, анализиране, оценяване и обработване на наличните геопространствени данни за горски пожари и наводнения;
5. Избор на подходящи софтуерни решения за разработване на уеб ГИС приложения, във връзка с наличните уеб ГИС софтуерни продукти с отворен код, по отношение на между-

платформено интегриране със стабилно осигуряване на оперативна съвместимост на геопространствени данни;

6. Апробиране на разработената ИС, подпомагаща вземането на решения при горски пожари възникнали в района на ДГС „Златоград“ .

7. Апробиране на разработената ИС, подпомагаща вземането на решения за риск от наводнения в район Сюник, град Капан в Армения.

Методи

Тъй като темата на дисертационния труд налага прилагането на интердисциплинарен подход при провеждане на изследванията, за изпълнение на изследователските задачи са използвани следните методи:

1) *на теоретично равнище:*

- библиографичен;
- сравнителен;
- описателен;
- математически методи.

2) *на емпирично равнище:*

- количествен;
- анализ, синтез, обобщение;
- моделиране.

II. ОБЕМ И СТРУКТУРА

Дисертационният труд е структуриран в увод, изложение от четири глави, заключение, декларация за оригиналност на резултатите, списък на публикациите по дисертационния труд и библиография. Дисертационният труд е в обем от 122 страници, 57 фигури и 5 таблици, 107 цитирани литературни източника и 6 приложения.

III. СЪДЪРЖАНИЕ

В увода е изяснена актуалността на проблема и са представени методическите параметри на дисертационния труд, структурата, обектът, предметът, целите и задачите.

ГЛАВА 1. Обща информация за пожари и наводнения, статистика и подобни приложения

В първа глава е направен теоретичен анализ на понятията, включени в дисертационното изследване: горски пожари, наводнения, Географска информационна система, Европейската информационна система за горските пожари (EFFIS), Усъвършенстваната пожарна информационна система (AFIS) и Европейска информационна система за наводненията (EFAS). Представени са официални статистически данни за пожари в периода от 2009 до 2018 година и за наводнения в периода от 2010 до 2019 година в България.

Основни изводи към глава 1:

1) Въз основа на направения обзор на горските пожари и наводнения в България от предоставения доклад на JRC за пожарите и НСИ за наводненията може да се направи заключението, че се налага използване на ГИС за картографиране, моделиране и визуализиране на тези природни бедствия.

2) С развитието на ГИС технологиите се предоставят възможности за анализ и визуализация на геопространствени данни при възникване на природни бедствия, в частен случай на наводнения и горски пожари.

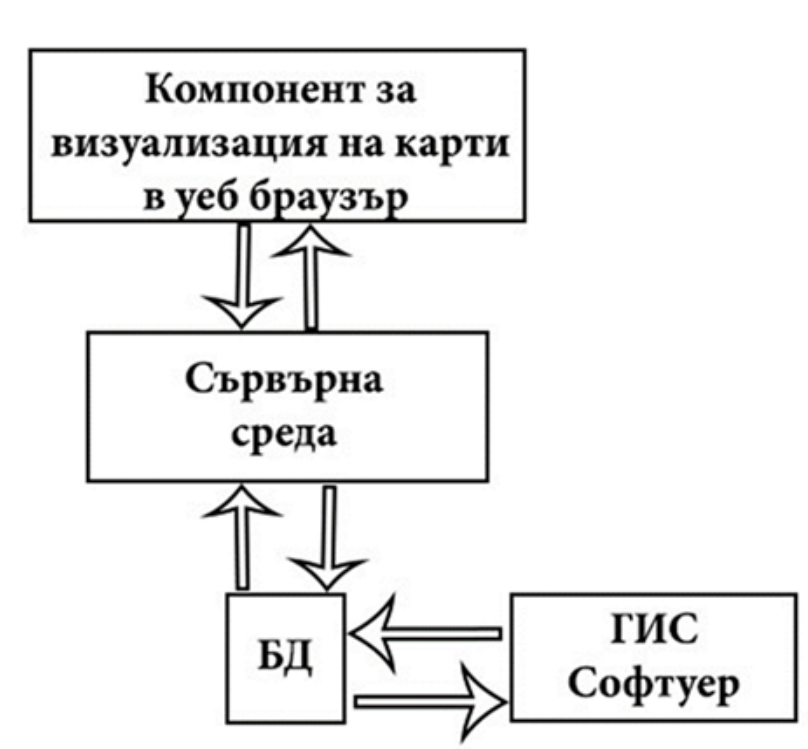
От разгледаните системи (EFFIS, AFIS, EFAS), [3,4,5] за следене на горски пожари и наводнения базирани на сателитни изображения, може да направим заключение, че е необходимо изграждането на подобни системи и на локално ниво, за визуализиране на геопространствени данни.

ГЛАВА 2. Методология за разработване на информационна система, подпомагаща вземането на решения в случаи на горски пожари или наводнения

Във втора глава е представена методология за разработване на ИС подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения. Разгледани са два модела, които са базови за разработване на Уеб ГИС приложението: „Модел симулиращ развитието на горски пожари“, „Емпиричен модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната“. Предложени са „Архитектура с отворен код за разработване на уеб ГИС приложение“ (Фигура 1).

За разработването на уеб ГИС приложение са необходими следните компоненти (Фигура 1):

- Пространствени Базии от данни, които могат да осигурят случаен достъп до огромен набор от данни, обработка на заявки свързани с пространствените взаимовръзки. Софтуер, който може да осигури редактиране и визуализиране на данни от базата данни, както и управление, качествен контрол на данните.
- Картографски софтуер, четящ пространствени данни от базата данни, прилагащ правила за оформяне и извеждане на картинни изображения.
- Сървър, предоставящ програмна рамка за персонализиране на приложения. Сървърът на картата съхранява предварително създадените плочки от изображения и ги обслужва бързо, за да направи опресняването на картата по-бързо.
- Уеб компонент, който може да осигури визуализация на картите в уеб браузъра и да създава заявки към сървъра.



Фигура 1. Архитектура с отворен код за разработване на уеб ГИС приложение

„Концептуален модел на ИС подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения“ е представен на (Фигура 2).

Този модел е разработен на предложената архитектура с отворен код за разработване на Уеб ГИС приложения. Той включва следните модули:

- уеб ГИС приложение;
- OpenWeatherMaps връзка с метеорологични данни;
- EFFIS/EFAS връзка към сателитни данни;
- модул за интерактивно обучение.



Фигура 2. Концептуален модел на ИС подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения

Основни изводи към глава 2:

1) Въз основа на представените модели е разработена методологията за изграждане на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала или на терен при горски пожари или наводнения.

2) Методологията включва: създаване на геопространствени данни, архитектура с отворен код за разработване на уеб ГИС приложение и концептуален модел на ИС подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случай на горски пожари и наводнения.

3) „Моделът на Ротермел“ е избран за теоретична основа на симулациите на горски пожари, които ще бъдат представени в следващата глава.

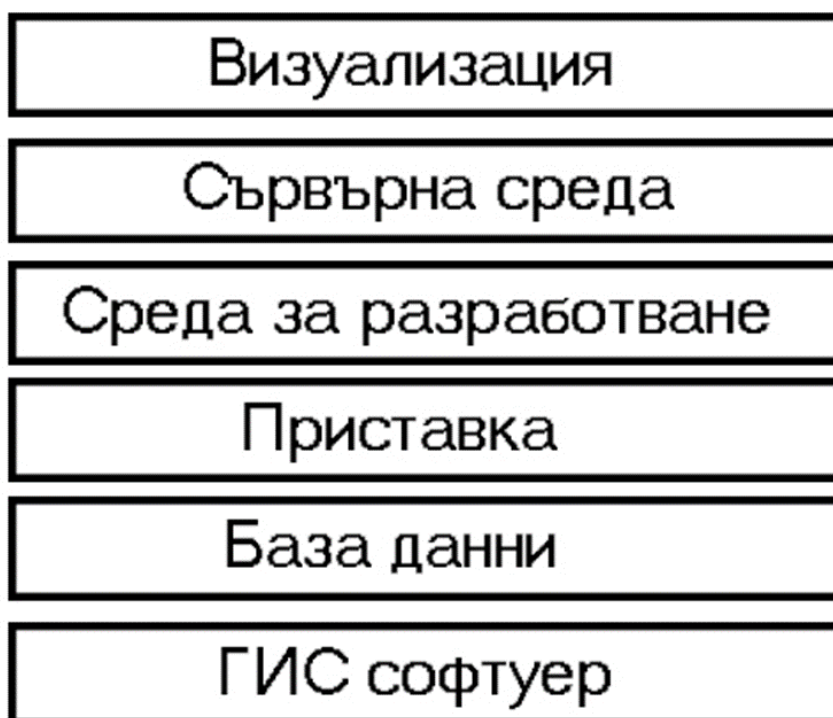
4) Теоретичната обосновка на информационната система подпомагаща вземането на решения при риск от наводнения използва емпиричен модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната.

ГЛАВА 3. Архитектура на Уеб ГИС приложение

В трета глава е представена архитектура и софтуерна реализация на Уеб ГИС приложение, което е част от ИС подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения.

Уеб ГИС приложението е представено на Фигура 3, което е част от информационна система, подпомагаща вземането на решения в случаи на горски пожари или наводнения. Приложението се състои от шест слоя:

- Първият слой е ГИС софтуер, чрез който се обработват данните, получени след направени симулации по метода за пожарите на Ротермел и за наводнения по емпиричен модел с изграждане на Digital Terrain Model за речното корито и заобикалящата геометрия на зоната.



Фигура 3 Архитектура на Уеб приложение

- Вторият слой представлява база от данни за съхранение на геопространствени данни. Географската база данни по същество се различава от другите бази данни единствено по това че притежава пространствена обособеност и в този

смисъл се отнася към конкретна територия. Обектите в нея имат конкретно местоположение и притежават и пространствени взаимовръзки.

- Третият слой е приставка, позволяваща конвертиране на данни във GeoJson файлов формат.
- Четвъртият слой е среда за разработка на Уеб ГИС приложението.
- Петият слой е сървърната среда.

Визуализацията в браузър се осъществява чрез библиотека за визуализация на геопространствени данни в Уеб, което изгражда шестият слой.

Софтуерна реализация на уеб ГИС приложението

За реализиране на предложената архитектура за разработване на уеб ГИС приложението, което е част от ИС подпомагаща, вземането на решения в оперативна зала в случаи на горски пожари и наводнения са използвани следните софтуерни решения (Фигура 4):



Фигура 4. Софтуерна реализация на Уеб ГИС приложението

1) QGIS софтуер

QGIS е ГИС софтуер с отворен код ,чрез който се визуализират, управляват, редактират, анализират данни [6].

QGIS включва:

- аналитична функционалност чрез интеграция с GRASS (Система за поддръжка на географски ресурси за анализ),
- SAGA (Система за автоматизирани геонаучни анализи),
- Orfeo Toolbox, GDAL / OGR (Библиотека за геопространствени данни за абстракция) и много други доставчици на алгоритми.

QGIS работи под Linux, Unix, Mac OSX и Windows и поддържа множество векторни, растерни и бази данни формати и функционалности.

2) База данни - PostgreSQL

PostgreSQL е мощна, обектна релационна система с база данни с отворен код, която използва и разширява езика на SQL, комбиниран с много функции, които безопасно съхраняват и мащабират най-сложните натоварвания с данни и могат да съхраняват геопространствени данни [7]. PostgreSQL има възможност за:

- Геопространствено дефиниране на разнородни типове географски обекти с различна размерност -точка, линия и полигон.
- Многоизмерно индексирание на разнотипни геообекти с цел бързина на достъпа.
- Прилагане на геопространствени функции върху част от обектите, по отношение на запитвания за геопространствени характеристики и взаимоотношения.

3) Приставка за Qgis WebAppBuilder

Приставката за Qgis WebAppBuilder предоставя възможност за конвертиране на растерни и векторни слоеве в geoJson файл, който е удобен и лек за използване [8].

4) Среда за разработване на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на горски пожари и наводнения

Средата за разработка на ИС е Boundless WEBSDK, който предоставя инструменти и библиотеки за изграждане на приложения, базирани на JavaScript. Boundless WEBSDK използва рамката на JavaScript React (библиотека на JavaScript за изграждане на потребителски интерфейси), за да предостави модулни компоненти, които могат да се използват за разработка на уеб базирани приложения [9].

Основни изводи към глава 3:

- 1) Описана е архитектурата на Уеб ГИС приложението, което е част от ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала или на терен при горски пожари или наводнения.
- 2) Представена е софтуерна реализация на въпросното уеб ГИС приложение

- 3) Представена е методика за изграждане на уеб ГИС приложение, която включва конвертиране на геопространствени данни в geoJSON файлов формат, програмиране с програмните езици JavaScript, HTML и CSS, които осигуряват цялостната функционалност на ИС както и визуализация на данни за горски пожари или наводнения.

ГЛАВА 4. Приложение в практиката

В четвърта глава са представени и апробирани ИС за подпомагане вземането на решения при горски пожари в района на ДГС „Златоград“ (Фигура 5) и при риск от наводнения в района Сюник, Армения (Фигура 8).

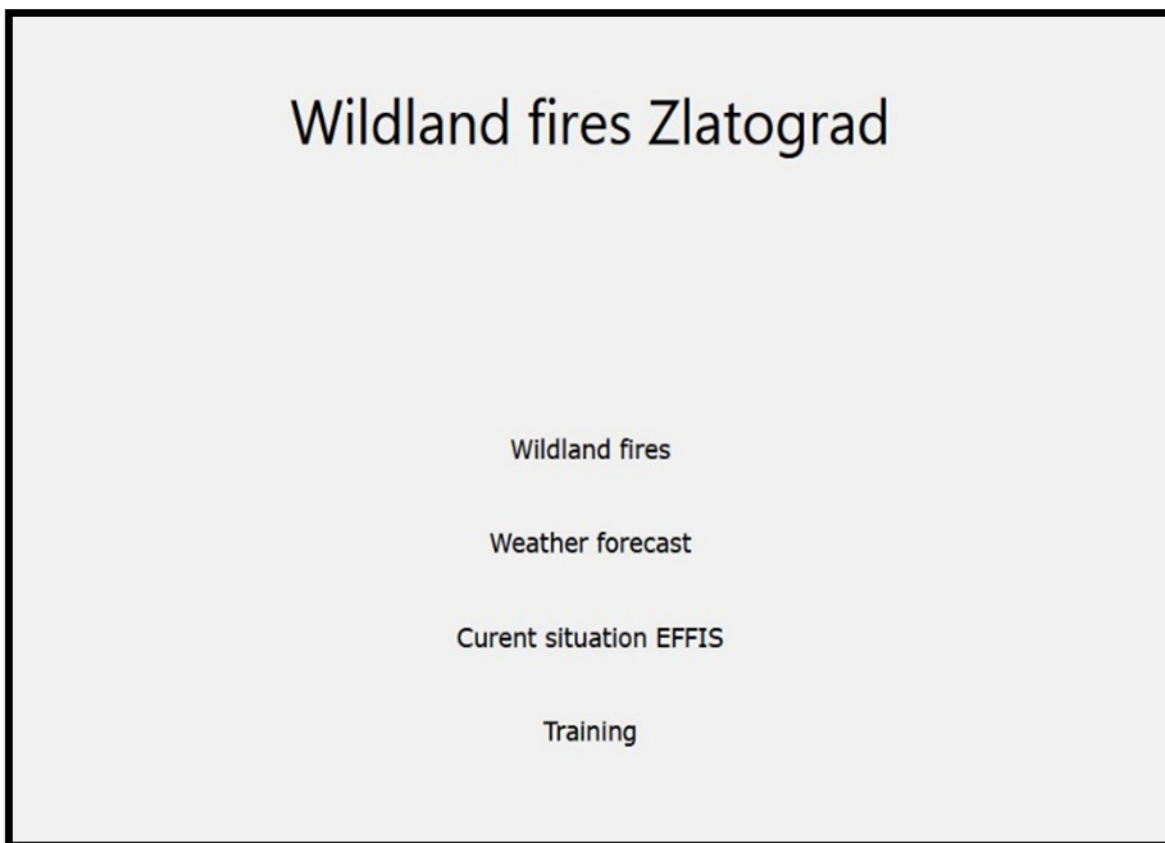
Уеб приложение подпомагащо вземането на решения в случаи на горски пожари

Обща информация за тестовата зона ДГС „Златоград“ и реализация на приложението за горски пожари

Приложението на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на горски пожари е фокусирано върху специфични тестови зони. Тези зони обхващат територии от Натура 2000 [10], разположени в общините Златоград [11], Мадан [12] и Неделино [13]. Информационната система е разработена в рамките на Трансграничен проект по INTERREG V-A „Гърция-България 2014-2020“, наречен: „Защита на биологичното разнообразие в обектите на НАТУРА 2000 и други защитени зони от природни опасности чрез сертифицирана рамка за трансгранично образование, обучение и подкрепа на доброволци от гражданската защита, базирани на иновации и нови технологии “ със съкращение: eOUTLAND, (МИС КОД 5011437 и рег. номер 1672), [14].

Описание и реализация

При стартиране на Уеб приложението от index.html се отваря началният екран на ИС (Фигура 5), който е разработен с програмен код представен в Приложение 2 и Приложение 3.

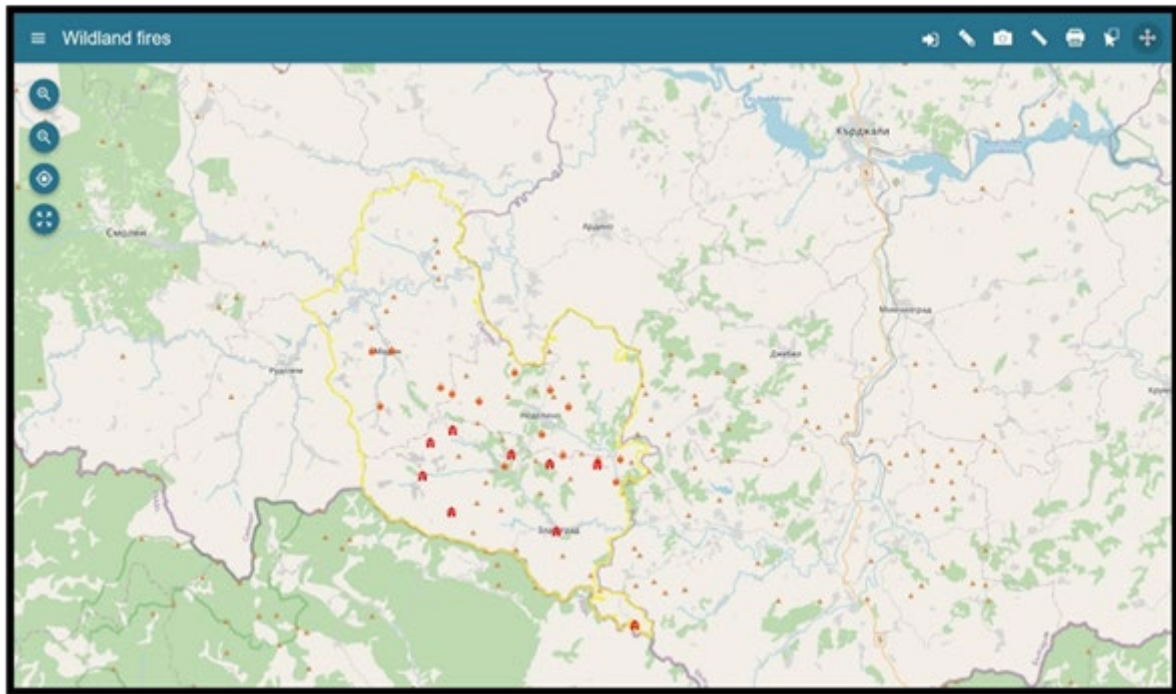


Фигура 5. Главно меню на Уеб приложението

От главното меню може да се изберат следните бутони:

- Wildland fires;
- Weather forecast;
- Current situation EFFIS;
- Training.

От бутон „Wildland fires“ се стартира уеб приложението подпомагащо вземането на решения в оперативна зала в случай на горски пожари (Фигура 6).



Фигура 6. Основен екран на Уеб приложението „Wildland fires“

Основни функционалности на Уеб приложението за горски пожари:

- **Основно меню** –разположени са различните предефинирани слоеве, които се визуализират в приложението. Те може да бъдат включвани, изключвани, сваляни, да се променя тяхната прозрачност, да се приближава до местоположението на избрания слой, да се променя редът им и чрез влачене и пускане може да се визуализира нов слой предефиниран от потребителя. Приложението разполага с функция за търсене обекти, места, населени места и др. В приложението са вградени Базови слоеве, които са с отворен код, като OpenStreet карти, сателитни карти и др., като могат да бъдат превключвани спрямо изискванията на потребителя.
- **Функция за приближение** – с помощта на бутона потребителя има възможност да приближава към обекта на неговия интерес.
- **Функция за отдалечаване** – с помощта на бутона потребителя има възможност да се отдалечава от обекта на неговия интерес.
- **Функция за геолокация** - въз основа на местоположението на мрежата, тази функция визуализира местоположението на устройството, което използва приложението.
- **Мащабиране** – тази функция дава възможност на потребителя да се върне към оригиналния мащаб, зададен в приложението.
- **Функция за вход** – дава възможност на потребителя да влезе в системата и да качва нови файлове, съдържащи ГИС слоеве.

- **Функция за чертане** – дава възможност на потребителя бързо да добави нов обект точка (пожар) или полигон (зона на пожара) към съществуващ слой, който да се изобрази в реално време.
- **Функция за експортиране на карта в .png формат**
- **Функция за измерване** – дава възможност на потребителя да измерва разстоянието между две или повече точки както и да пресмята размера на избраната зона на изследване.
- **Функция за печат** – дава възможност за бързо разпечатване на карта на хартиен носител.
- **Функция за избиране** – дава възможност на потребителя да избира от различните функции на слоевете както и да премахва избора.
- **Функция за навигиране** – тази функция позволява по-лесно приближение, отдалечаване и местене на картите при мобилни устройства.

Работа със слоеве включва избор на подложка /базов слой/ като базовите слоеве могат да бъдат избирани от потребителя.

Уеб приложението разполага с набор от предварително дефинирани слоеве, които предоставят различен вид данни, които могат да помогнат на потребителите да получат информация за предишни пожари в района както и пожарните зони.

Освен това уеб приложението предоставя информация за хранилища за противопожарни материали, както и какви инструменти са включени в тях за борба с пожари. Редът на слоевете може да бъде променен в реално време, чрез влачене.

Предварително дефинирани слоеве могат да бъдат изключени или включени според различните нужди на потребителите. Прозрачността им също може да бъде променена.

Работата със слоеве включва:

1. Приближение – бутонът дава възможност на потребителя да навигира до избрания слой, като при натискане екранът максимално детайлно се приближава до избрания слой;

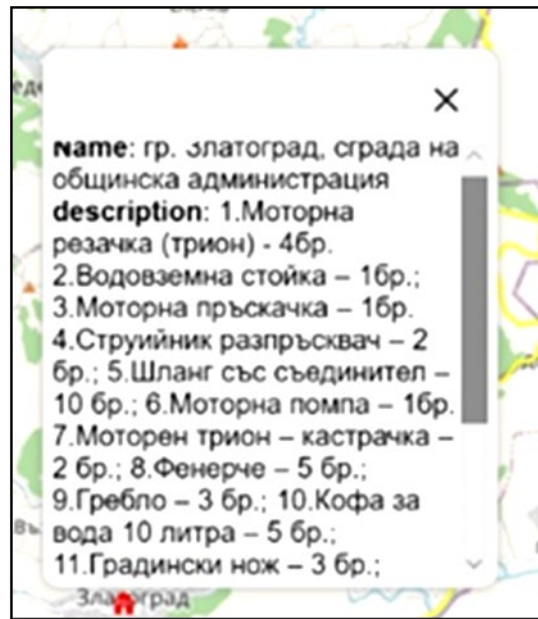
2. Включване – този бутон позволява на потребителя да включва или изключва даден слой в зависимост от нуждите;

3. Допълнително меню – бутонът отваря допълнителни функционалности при работата със слоеве, отваряйки под меню състоящо се от:

- **Прозрачност** – бутонът дава възможност на потребителя да определя прозрачността на слоевете;
- **Сваляне** – бутонът дава възможност на потребителя да сваля избраният слой, като използва функцията за чертане за регистриране на нов пожар на устройството си;
- **Филтриране** - бутонът дава възможност на потребителя да избира точно какви данни иска да визуализира от дадения слой.

В Уеб приложението има Pop up функция (Фигура 7) като при маркиране на обект

(хранилище за противопожарни материали и инструменти) от картата се визуализират необходимите данни на групите огнеборци или доброволци, опериращи на терен или в оперативна зала.



Фигура 7. Хранилище за материали и инструменти

Тези данни дават по детайлна информация за местоположението, вида на материалите и инструментите и наличността им, за да могат екипите от доброволци и пожарникари работещи на терен да видят най-близкото хранилище до мястото на пожара.

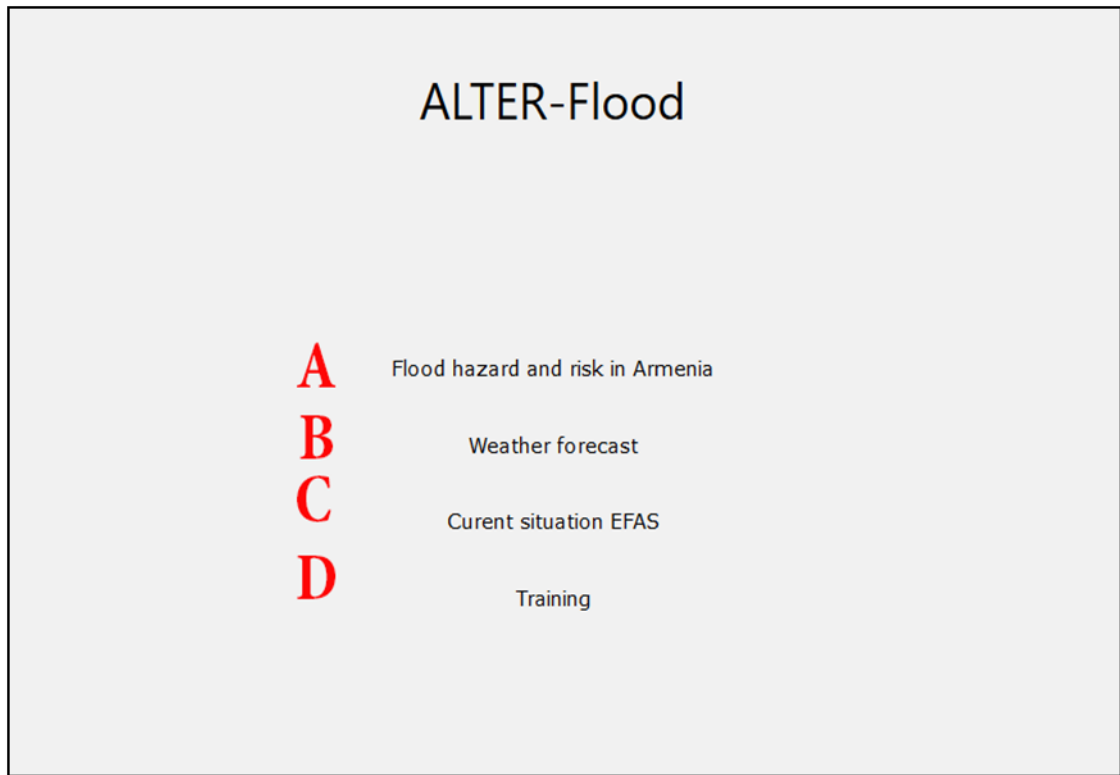
На Фигура 7 се визуализира информация за местоположението, материалите и инструментите за борба с горски пожари, които се съхраняват в избраното хранилище.

Работата с ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала и на терен в случаи на горски пожари позволява на огнеборците или доброволческите отряди при възникване на горски пожар да получават информация за местоположението на хранилищата с наличните противопожарни материали. ИС позволява регистриране на пожар чрез функция за чертане като за по-голяма точност се използват GPS координати на устройството, което използват.

Уеб приложението на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на наводнения е фокусирано върху специфични тестови зони. Те обхващат язовирът Геги и хвостохранилището Гегануш в Армения. То е разработено в рамките на DG ECHO проект: “Alliance for disaster Risk Reduction in Armenia” with acronym: ALTER and Grand Number: 783214 [15].

Данните за разработване на ИС, подпомагаща вземането на решения в случаи на наводнения в район „Сюник“ в Армения са предоставени от Американският университет в Армения и Институтът по Геоложки науки (Армения), те са налични и в техните бази данни.

При стартиране на ИС от index.html се отваря началният екран на ИС (Фигура 8).



Фигура 8. Начален екран на Уеб приложението за наводнения

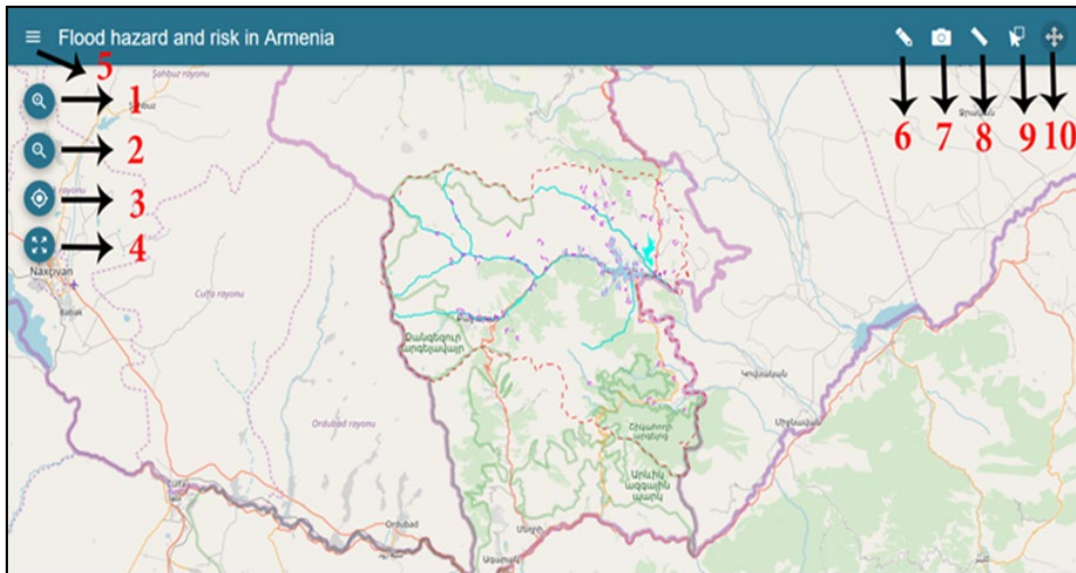
От главното меню може да се изберат следните бутони:

- Flood hazard and risk in Armenia;
- Weather forecast;
- Current situation EFAS;
- Training.

От бутон „Flood hazard and risk in Armenia“ се стартира уеб приложението, подпомагащо вземането на решения в оперативна зала в случаи на наводнение

Приложението за наводнения има за цел да визуализира как ще се разпространи приливната вълна в случай на наводнение. То показва най-уязвимите сгради като училища, детски градини и т.н. Приложението предоставя информация за най-близките и застрашени сгради. Така то предоставя необходимите данни и информация на групите на място, които ще им бъдат от полза при реагиране и вземане на решения в случай на наводнение.

Основни характеристики на приложението за наводнения е показано на Фигура 9.



Фигура 9. Основен прозорец на приложението за наводнения

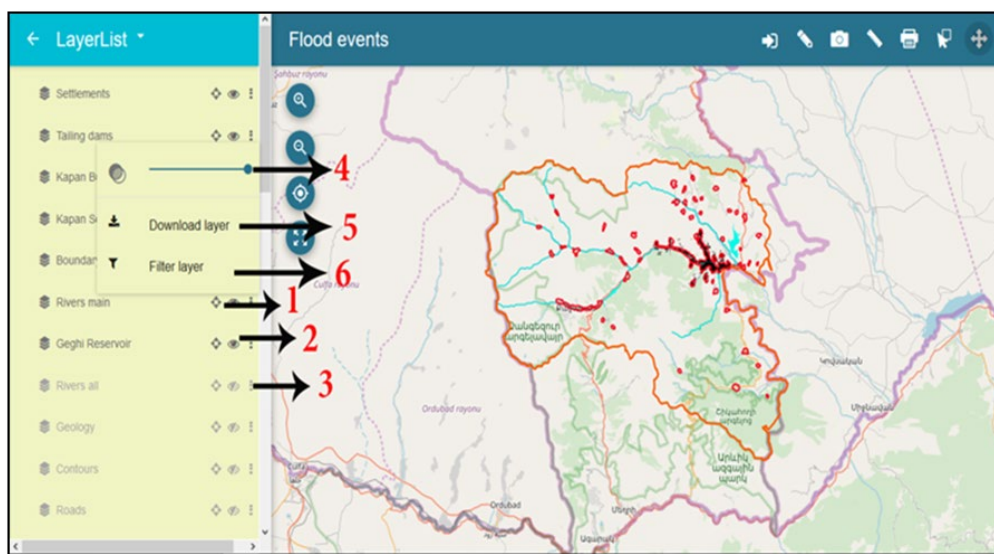
1. Функция за приближение – с помощта на бутона потребителя има възможност да приближава към обекта на неговия интерес.
2. Функция за отдалечаване – с помощта на бутона потребителя има възможност да се отдалечава от обекта на неговия интерес.
3. Функция за геолокация - въз основа на местоположението на мрежата, тази функция визуализира местоположението на устройството, което използва приложението.
4. Мащабиране – тази функция дава възможност на потребителя да се върне към оригиналния мащаб зададен в приложението.
5. Основно меню – тук са разположени различните предефинирани слоеве които се визуализират в приложението. Те може да бъдат включвани, изключвани, сваляни, да се променя тяхната прозрачност, да се приближава до местоположението на избрания слой, да се променя редът им и чрез влачене и пускане може да се визуализира нов слой, предефиниран от потребителя. Приложението разполага с функция за търсене обекти, места, населени места и др.
6. Функция за чертане – дава възможност на потребителя бързо да добави нов обект (заливна зона) към съществуващ слой, който да се изобрази в реално време или да бъде запаметен за по-късни анализи.
7. Функция за снимка – дава възможност за експортиране на карта във формат на снимка.
8. Функция за измерване – дава възможност на потребителя да измерва разстоянието между две или повече точки, както и да пресмята размера на избраната зона на изследване.

9. Функция за избиране – дава възможност на потребителя да избира от различните функции на слоевете и също и да премахва избора.

10. Функция за лесно навигиране – тази функция позволява по-лесно приближение, отдалечаване и местене на картите при мобилни устройства

Базовите слоеве могат да бъдат променяни спрямо изискванията на потребителя. Предварително дефинирани слоеве: те могат да бъдат изключени или включени според различните нужди на потребителите. Прозрачността им може да бъде променяна. Приложението разполага с богат набор от предварително дефинирани слоеве, които предоставят различен вид данни, които могат да помогнат на потребителите да анализира текущата ситуация или да прегледат различни сценарии за развитието на приливната вълна в случай на разкъсване на язовирна стена. Редът на слоевете може да бъде променен в реално време, чрез влачене.

Работа със слоеве (Фигура 10):



Фигура 10. Работа със слоеве

1. Приближение – бутонът дава възможност на потребителя да навигира до избрания слой, чрез приближаване до него.
2. Включване – този бутон позволява на потребителя да включва или изключва даден слой в зависимост от нуждите.
3. Допълнително меню – бутонът отваря допълнителни функционалности при работата със слоеве, отваряйки под меню състоящо се от:
 - a. Прозрачност – бутонът дава възможност на потребителя да определя прозрачността на слоевете;
 - b. Сваляне – бутонът дава възможност на потребителя да сваля избраният слой, като използва функцията за чертане за очертаване на наводнена зона на устройството си;

- с. Филтриране - бутонът дава възможност на потребителя да избира точно какви данни иска да визуализира от дадения слой.

ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на наводнения разполага с функция за изскачане на информационен прозорец при маркиране на обект от картата като най-уязвимите сгради в случаи на наводнения като училища, детски градини и др.

В информационният прозорец се визуализира детайлна информация за местоположението и вида на сградата, за да могат екипите на терен да преценят коя е най-близката уязвима точка в случай на наводнение.

Основни изводи към глава 4:

- 1) Апробирани са информационните системи, подпомагащи вземането на решения в случаи на горски пожари - ДГС „Златоград” и при риск от наводнения в район „Сюник“ в Армения.
- 2) Представени са функционалностите и възможностите на ИС, подпомагаща вземането на решения в случаи на горски пожари или наводнения.

IV. ОСНОВНИ ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Научни и научно-приложни приноси

Основни научни приноси:

- 1) *Направен е анализ* на съществуващи Географски Информационни Системи (ГИС), както и сравнителен анализ на софтуер с отворен код - QGIS и комерсиален софтуер – Esri ArcGIS;
- 2) *Разработен е алгоритъм* за разработване на Информационни системи подпомагащи вземането на решения при горски пожари или наводнения с отворен код;

Основни научно-приложни приноси:

- 1) *Разработена и апробирана е методология* за работа с реални данни, които да визуализират параметри за релеф, метеорология, растителни видове и водни ресурси;
- 2) *Приложена е архитектура на уеб ГИС приложение*, което е реализирано със софтуерни продукти и инструменти с отворен код;
- 3) *Разработени и апробирани са Информационни Системи (ИС)* за подпомагане вземането на решения при горски пожари и наводнения.

Насоки за бъдещи изследвания

Постигнатите резултати в дисертационната работа очертават следните насоки за бъдещи изследвания:

- 1) *Изследване на възможностите* предоставени от европейската програма Коперникус за сателитно наблюдение в частта ѝ за Emergency Management Services (Услуги за реакция при кризи).
- 2) *Допълване на софтуерните приложения* с отворен код, с алгоритми за оценка на риска при: критична инфраструктура и точки от интерес (Points of Interest) при различни критерии за опасност (vulnerability index assessment).
- 3) *Разработване на ГИС приложение* за визуализация на метео данни генерирани от чрез системата за наслагване и корекция на прогностични данни чрез GRIB, WRF, ECMF, EURO4 за прогнози и измерване на микроклиматични особености, прилагани в оперативен режим на MOS схеми и NOWCASTING при прогностични данни.

V. АПРОБАЦИЯ НА РЕЗУЛТАТИТЕ И ПУБЛИКАЦИИ

Основните резултати, получени при разработката на дисертационната работа, са докладвани в четири публикации на специализирани международни конференции:

1. Dobrinkova N., Stefanov S. Open source GIS for civil protection response in cases of wildland fires or flood events. The 12th International Conference on Large-Scale Scientific Computations LSSC'19, (June 10 - 14, 2019, Sozopol, Bulgaria), Institute of Information and Communication Technologies Bulgarian Academy of Sciences, Large-Scale Scientific Computing. LSSC, 2019. Lecture Notes in Computer Science Springer, 11958, Springer, 2020, ISBN:978-3-030-41032-2, ISSN:1611-3349, DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-030-41032-2_35, 309-314, **SJR: 0.427**;

2. Dobrinkova N., Stefanov S. Desktop application developed by open source tools for optimizations in cases of natural hazards and field response. Studies in Computational Intelligence, 838, Springer, Cham, 2020, ISBN:978-3-030-22722-7, ISSN:1860-949X, DOI:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-22723-4>, 17-30, **SJR: 0.215**;

3. Dobrinkova N., Stefanov S., Hadjitodorov S., Arakelyan A., Amirkhanian A., Barseghyan A., Mnatsakanian S., Drakatos G., Evangelidis Ch., Katsaros V., Boustras G. Emergency planning and optimizations based on dam break flood risk maps visualized with open source web-GIS tool. 14th FEDERATED CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION SYSTEMS FedCSIS 2019, (1-4 September, 2019, Leipzig, Germany), Leipzig University, Polish Information Processing Society, 2019, ISBN:978-83-955416-1-2, ISSN: 2300-5963, DOI: <http://dx.doi.org/10.15439/978-83-955416-1-2>, 309-314.

4. Stefanov S. Open source data for developing desktop application as part of eOUTLAND project. Proceedings of International Conference on Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering BdKCSE'2018, (21-22 November 2018), John Atanasoff Society of Automatics and Informatics, 2018, ISSN:2367-6450, p.71-p.79.

Изследванията в дисертационния труд са част от получените резултати на два международни научно-изследователски проекта:

1. Международен проект по програма за трансгранично сътрудничество по схемата на Интерперг „ТГС Гърция – България 2014-2020”: „Protecting biodiversity at NATURA 2000 sites and other protected areas from natural hazards through a certified framework for cross-border education, training and support of civil protection volunteers based on innovation and new technologies” with acronym: eOUTLAND, (MIS CODE 5011437 and reg. number 1672;


2. DG ECHO проект: “Alliance for disaster Risk Reduction in Armenia” with acronym: ALTER and Grand Number: 783214.

ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ОРИГИНАЛНОСТ

Декларирам, че дисертацията съдържа оригинални резултати, получени при проведени от мен научни изследвания с подкрепата и съдействието на научния ми ръководител.

Резултатите, които са получени, описани и/или публикувани от други учени са коректно и подробно цитирани в библиографията.

Настоящият дисертационен труд не е прилаган за придобиване на научна степен в друго висше училище, университет или научен институт.

Подпис: 

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам своята искрена признателност и благодарност на научният си ръководител доц. д-р Нина Добринкова, за ценни напътствия, професионална компетентност и съдействие при подготовката на дисертационния труд. Благодаря и за неопенимата морална подкрепа и проявено търпение.

VII. ЛИТЕРАТУРА

- [1] JRS Technical report. Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2018, ISBN 978-92-76-11234-1 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/1128.
- [2] Георгиева, А., Приложение на географски информационни системи за превенция на горски пожари. ВСУ „Черноризец Храбър“, <https://ejournal.vfu.bg/pdfs/Doklad%20A.%20Georgieva.pdf>
- [3] Европейската информационна система за горските пожари (EFFIS) - <https://effis.jrc.ec.europa.eu/>.
- [4] Усъвършенстваната пожарна информационна система (AFIS) - <https://www.afis.co.za/>.
- [5] Европейска информационна система за наводненията – (EFAS) - <https://www.efas.eu/>.
- [6] Qgis - <https://www.qgis.org/en/site/>
- [7] Postgresql - <https://www.postgresql.org/>
- [8] Webappbuilder - <https://github.com/planetfederal/qgis-webappbuilder-plugin>
- [9] WEBSDK - <https://github.com/planetfederal/sdk>
- [10] Natura 2000 - <http://natura2000.moew.government.bg/>
- [11] Община Златоград - <https://www.zlatograd.bg/>
- [12] Община Мадан - <https://www.madan.bg/>
- [13] Община Неделино - www.nedelino.bg
- [14] eOUTLAND - <https://eoutland.eu/>
- [15] ALTER - <http://alter-project.eu/>

Abstracts of Dissertations

Number 3, 2021

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 3, 2021

Автореферати на дисертации