



Стефан Костадинов Стефанов

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

Д И С Е Р Т А Ц И Я

(за придобиване на образователната и научна степен „доктор“)

област на висше образование 4 Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.6 Информатика и компютърни науки, научна специалност „Информатика“

Научен ръководител:

доц. д-р Нина Добринкова

София, 2021 г



Съдържание

Съдържание.....	2
Списък на използвани съкращения и означения.....	5
Увод.....	7
ГЛАВА 1. Обща информация за пожари и наводнения, статистика и подобни приложения.....	11
1.1 Горски пожари общи характеристики.....	11
1.1.1. Типове и видове горски пожари.....	11
1.1.2. Причини за възникване на горски пожари.....	12
1.2. Наводнения: обща характеристика.....	15
1.2.1. Типове и видове наводнения.....	16
1.3. Географска информационна система (ГИС).....	23
1.3.1. Дефиниция.....	23
1.3.2. Принципи, методи, терминология и организация на ГИС.....	25
1.3.3. Цифрови модели за визуализация и анализ на пространствените данни.....	26
1.3.4. Сравнителен анализ на ГИС приложения.....	27
1.3.5. ГИС с отворен код.....	27
1.3.6. Сравнителен анализ между комерсиален и софтуер с отворен код за разработка на Уеб ГИС приложения.....	28
1.4. Европейска информационна система за горските пожари (EFFIS).....	30
1.5. Усъвършенствана пожарна информационна система (AFIS).....	31
1.6. Европейска информационна система за наводненията – (EFAS).....	33
Глава 2. Методология за разработване на информационна система, подпомагаща вземането на решения в случаи на горски пожари или наводнения....	35
2.1. Модел, симулиращ развитието на горски пожари.....	35
2.2. Емпиричен модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната.....	43
2.2.1. Описание на обекта на изследване.....	44
2.2.2. Хидроложко изследване:.....	44
2.2.3. Геодезическо заснемане.....	46



2.3 Архитектура с отворен код за разработване на уеб ГИС приложение ..	47
2.4. Концептуален модел на ИС, подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения.....	50
Глава 3. Архитектура на Уеб ГИС приложение.....	53
3.1. Софтуерна реализация на уеб ГИС приложението.....	54
3.2. Езици за уеб програмиране използвани при изграждане на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на горски пожари и наводнения.....	57
3.3. Езикът HTML, синтаксис, структура.....	57
3.4. CSS – език за задаване на стилове.....	58
3.5. Езикът „JavaScript“.....	60
3.6. Сървърна среда (Geoserver).....	61
3.7. Библиотека OpenLayers.....	62
Глава 4. Приложение в практиката.....	63
4.1. Приложение на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на горски пожари в ДГС „Златоград“.....	63
4.1.1. <i>Обща информация за тестовата зона ДГС „Златоград” и реализация на приложението за горски пожари</i>	63
4.1.2. <i>Описание и реализация на Уеб приложение подпомагащо вземането на решения в случаи на горски пожари</i>	66
4.1.3. Работа със слоеве.....	71
4.2. Приложение на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на наводнения.....	76
4.2.1. <i>Обща информация за тестовата зона в Армения и реализация на приложението за наводнения</i>	77
4.2.2. <i>Основни характеристики на приложението за наводнения</i>	83
Основни изводи и заключения.....	91
Апробация на резултатите и публикации.....	92
ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ОРИГИНАЛНОСТ.....	93
Благодарности.....	93
Приложения.....	94
Приложение1 eOUTLAND platform.....	94
Приложение за горски пожари файл app.js код на JavaScript:.....	94



Приложение 2 eOUTLAND platform.....	98
Приложение за горски пожари файл index.html на код HTML:.....	98
Приложение 3 eOUTLAND platform.....	99
Приложение за горски пожари файл components.min.css код на CSS:.....	99
Приложение 4 ALTER platform webgis tools.....	103
Приложение за наводнения файл app.js код на JavaScript:.....	103
Приложение 5 ALTER platform webgis tools.....	109
Приложение за наводнения файл index.html на код HTML:.....	109
Приложение 6 ALTER platform webgis tools.....	110
Приложение за наводнения файл components.min.css код на CSS:.....	110
Библиография.....	115

Списък на използвани съкращения и означения

- ГИС - Географска Информационна Система
- ГДПБЗН - Главна Дирекция "Пожарна безопасност и защита на населението"
- ДГС – Държавно горско стопанство
- ЕК - Европейската комисия
- ИКТ – Информационни и комуникационни технологии
- ИС - Информационна система
- ИАГ - Изпълнителна Агенция по Горите
- МВР - Министерството на Вътрешните Работи
- МЗХ - Министерството на земеделието и храните
- НСИ - Национален Статистически Институт
- УРБ - Управление на риска от бедствия
- Щ.Д. – Щатски долар
- ADFA - Australian Defence Force Academy
- AFIS - Advanced Fire Information System
- ALTER - Alliance for disaster Risk Reduction in Armenia'
- CFBP - Canadian Forest Fire Behaviour Prediction
- CSIR - Council of Scientific and Industrial Research
- DEM - Digital Elevation Model
- ECMWF - European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
- EFAS - European Flood Awareness System
- EFFIS - European Forest Fire Information System
- EM-DAT - Emergency Events Database
- GML - Geography Markup Language
- IUSTI - Institut Universitaire des Systemes Thermiques Industriels
- KML - Keyhole Markup Language
- LES - Large Eddy Simulation
- LEMTA - Laboratoire d'Energetique et de Mecanique Theorique et Appliquee
- SFIRE - Spread Fire behaviour module
- TIN - Triangular irregular networks



UoS - University of Salamanca

WCS - Web Coverage Service

WFS - Web Feature Service

WFDS - National Institute of Safety Technology

WMS - Web Map Service

WPS - Web Processing Service

WRF - Weather Research and Forecasting Model

eOUTLAND – 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

JRC – Joint Research Center

Увод

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.

1. 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.

2. Цел и задачи на изследването

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 при горски пожари или наводнения.
- *на емпирично ниво* - да се разработи и апробира ИС, която да подпомага вземането на решения при 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;

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

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

3. 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.

4. Структура и съдържание на дисертацията

Дисертационният труд се състои от увод, четири глави, заключение, списък с използвана литература и приложения.

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

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.



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“ и „Концептуален модел на ИС подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения“.

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.

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

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

1.1 Горски пожари общи характеристики

Горските пожари са природни катастрофи, които нанасят непоправими екологични, икономически и демографски щети в глобален мащаб. През 2018 г. в България са регистрирани 222 горски пожара, които са засегнали 1 453 ха горски територии, като само 19,7 ха от тях са опожарени от върхови пожари. За сравнение, през 2017 г. са регистрирани 513 горски пожара, засегнали 4 569 ха горски територии, от които 989 ха са опожарени от върхови пожари. [3].

Практически горските пожари могат да възникнат навсякъде. Особено опасен е летният сезон, когато стотици туристи правят излети сред природата. Потенциално застрашени са всички български планини при периоди на по-продължително засушаване. Пожари обаче могат да възникнат не само в планините, но също така и в природните паркове и резервати, каквито има в цялата страна. Един пожар там може да унищожи естествени местообитания на флората и фауната, които природата е създавала с хилядолетия. Според националното законодателство човешката намеса в такива местности е забранена, така че потенциалното възстановяване на засегнати резервати и защитени местности ще бъде оставено в ръцете на природата.

1.1.1. Типове и видове горски пожари

Основните типове пожари известни на базата на изследванията на водещите лаборатории в областта са:

- тип 1 - нисови пожари (surface fires [4, 5]);
- тип 2 - върхови пожари (crown fires [6, 7]);
- тип 3 - точковидни пожари, появяващи се на няколко огнища (spotting fires);
- тип 4 – ускорени пожари, които ускоряват горенето си (fire acceleration) [8].

Видове горски пожари според начина на разпространението им:

- Низовият тип пожари се разпространява в терени с торф/хумус, тревна, храстова и негъста растителност. При моделиране на поведението на нисови пожари от особена важност са фактори като: тип на горимите

материали, топографски и метеорологични условия, които се изследват детайлно, преди да се прилагат моделиращи методи.

- Върховият тип пожари се разпространяват в терени с предимно иглолистни дървесни видове. За появата на такъв пожар обикновено е необходимо преди това да е имало активен низов тип пожар, който да е стартирал механизма на запалване.
- Точковидните пожари възникват при горене на дървета с голямо съдържание на смоли. При тези пожари излъчената топлина нагрява дървесните смоли до степен на "избухване". По този начин горящи кълба смола могат да изпреварят от 15 до 30 метра фронта на пожара и да стартират нови огнища, които в последствие да се съединят с основния пожар.
- Ускорен тип (fire acceleration) пожари се случват в места с голям наклон, например в каньоновидни местности. При тези пожари не е толкова голямо значението на типа горим материал, защото наклонът играе роля на катализатор за разпространението на пожара [8].

1.1.2. Причини за възникване на горски пожари

Причините, предизвикващи горските пожари, могат да бъдат разделени на [9]:

1) Природни явления:

- Мълния
- Вулкани

2) Човешката намеса

- Умишлена човешка намеса- палеж - около 30% от всички горски пожари.
- Неволна човешка намеса – лагерни огньове, пушене, изгаряне на отпадъци, злополуки или повреди на машини и оборудване, автомобилните катастрофи, фойерверки и др.

1.1.3. Статически данни за възникнали горски пожари в РБългария

По данни на JRC център към доклад на Европейската Комисия за периода 2009-2018 година общия брой на регистрираните пожари на територията на РБългария са 4354, а опожарените площи са 49322 ха (Фиг.1.1).



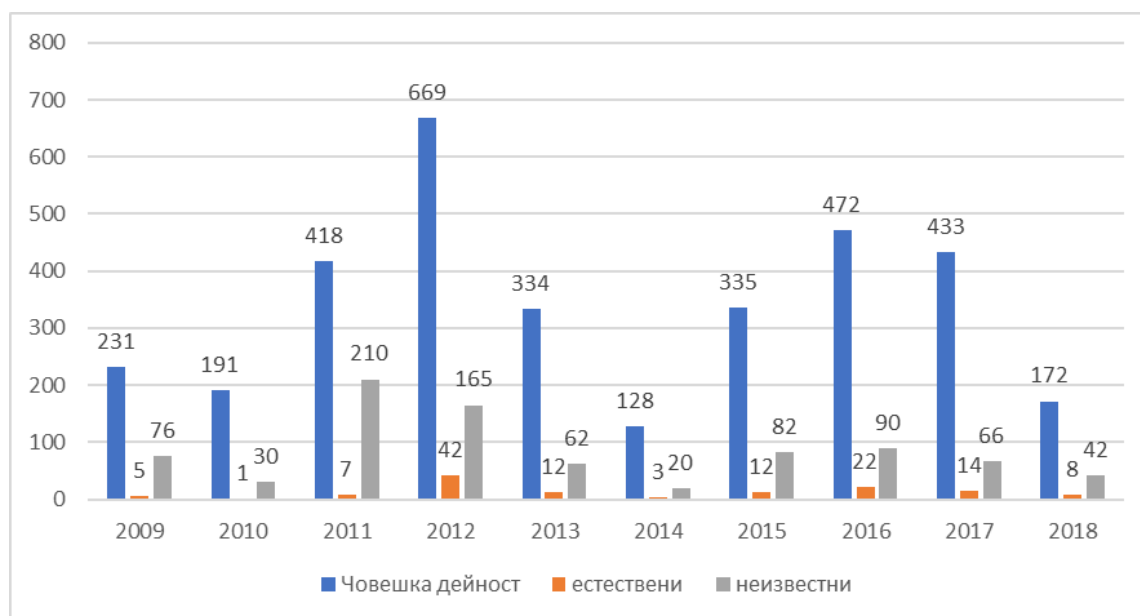
Фиг.1.1. Общ брой на пожарите в България за периода 2009-2018 година

Средно за периода опожарените площи са 4932ха, а средния брой на пожари е 435 от тях 338 са причинени от човешка дейност, 13 са по естествени причини и 84 по неизвестни причини (Таблица 1.1).

Таблица 1.1. Статистика на горските пожари в България за периода 2009-2018 година

Година	Размер (хектари)		Причини за пожар (брой)			Общ брой на пожарите
	общо	гори	Човешка дейност	естествени	неизвестни	
2009	2276	2276	231	5	76	314
2010	6526	6526	191	1	30	222
2011	6883	6883	418	7	210	635
2012	12730	12730	669	42	165	876
2013	3314	3314	334	12	62	408
2014	916	916	128	3	20	151
2015	4315	4315	335	12	82	429
2016	6340	6340	472	22	90	584
2017	4569	4569	433	14	66	513
2018	1453	1453	172	8	42	222
средно	4932	4932	338	13	84	435

Броят на възникналите пожари по естествени причини е много малък (средно-13) в сравнение с този на пожарите, възникнали след човешка грешка или умишлени действия (средно 338), както се вижда от (Фигура 1.2).



Фиг. 1.2. Брой и причини за пожарите в България за периода 2009-2018 година (по данни на НСИ)

Сред основните причини, освен метеорологичният фактор (пример: много влажно първо шестмесечие и сухо и горещо лято) е небрежността на земеделските стопани, най-вече при почистване на пасища и необработваеми земеделски земи чрез запалване.

Горните статистически данни ясно показват важността на борбата с горските пожари. В България с опазването на горските масиви са ангажирани Изпълнителна Агенция по Горите (ИАГ), Министерството на земеделието и храните (МЗХ), професионалните огнеборци, работещи в Главна Дирекция "Пожарна безопасност и защита на населението" (ГДПБЗН) към Министерството на Вътрешните Работи (МВР), както и доброволчески отряди. В годишния доклад за 2015 г. на Изпълнителна Агенция по Горите са поставени важни задачи, които следва да се изпълнят в периода 2016–2020 г., като водеща е инициативата за Стартиране и успешно изграждане на Единна система за наблюдение и автоматично откриване на пожари.

Наличната концепция представена от Министерството на земеделието и храните и Изпълнителна Агенция по Горите акцентира върху инсталирането на наблюдателни кули в пожароопасните зони на България, които да регистрират появата на дим или пламък. Тази информация се обработва в оперативни центрове и се изпращат екипи на терен в близост до координатите на потенциално засегнатият район. За съжаление концепцията на Единна система за наблюдение и автоматично откриване на пожари спира до този етап и не дава компютърно симулирани сценарии за потенциално развитие на засечения стартиращ пожар.

Настоящия труд акцентира на момента, в който при възникване на горски пожар екипите в оперативна зала или на терен получават информация за местоположението на хранилищата с наличните противопожарни материали както и да регистрират пожара (по GPS координати на устройството, което използват).

1.2. Наводнения: обща характеристика

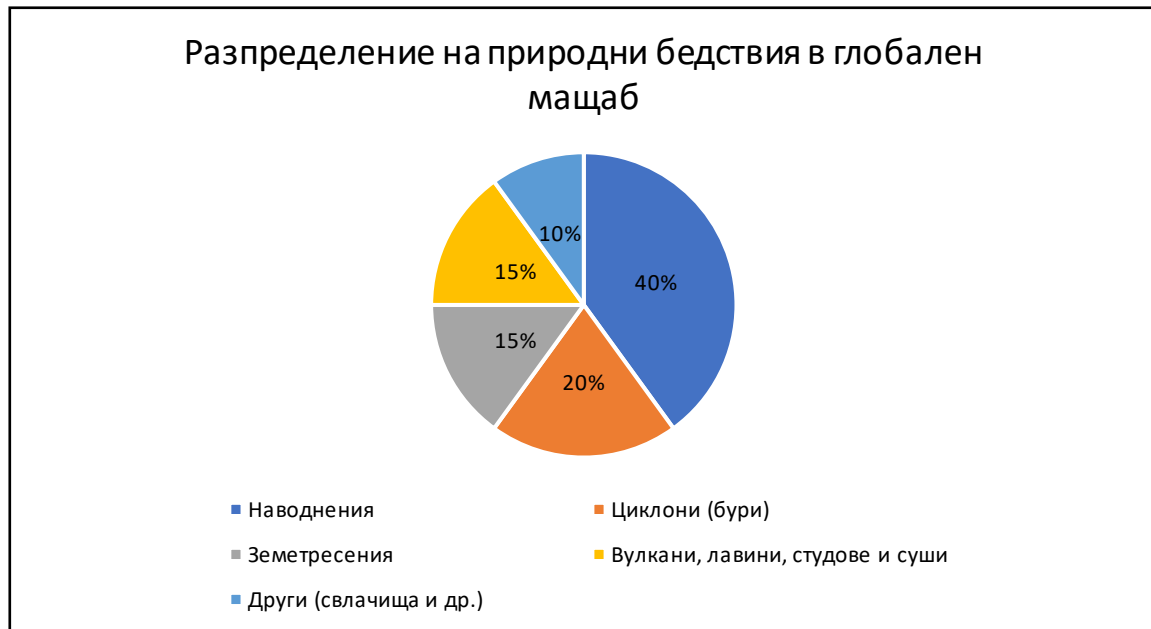
В Европа през последните двадесет години се забелязва тенденция на увеличаване на наводненията, а интензивността им във времето също се увеличава. Наводненията са най-често срещаните природни бедствия, както в световен мащаб, така и в България. Най-чести са наводненията от дъждовно-речен тип. От всички екологични катастрофи, наводненията са най-добре проучени и познати на човека [10].

Загубите които причиняват наводненията, зависят преди всичко от техните основни физични параметри: честота на повторемост, големина, скорост на покачване на водата, продължителност и сезонност [11].

По данни на ООН, ежегодно на Земята стават около 10 000 различни наводнения. В тропическите райони наводненията са свързани с комбинираното въздействие на поройните валежи и силните ветрове тайфуни и урагани, като на първо място в черната класация е ураганът “Катрина” (2005 г.).

Наводнения, причинени от проливни дъждове не са рядкост и за умерените вътрешноконтинентални територии на Европа и Азия. В повечето случаи, катастрофалният ефект се получава от комбинираното въздействие на дъждовете и топенето на снеговете. На територията на Русия през миналия век има десетина такива големи наводнения. Подобни са и наводненията през 1997 г. в Германия и Франция. От 1998 г. до сега Европа е пострадала от над 100 мащабни наводнения, включително тези по реките Дунав и Елба през 2002 г. Последвалите наводнения през 2005, 2007 и 2010 г. потвърждават нарасналата уязвимост на Европа към наводнения и необходимостта от допълнителни мерки [11].

Разпределението на природните бедствия в глобален мащаб е представено на (Фигура 1.3.)



Фиг. 1.3. Разпределение на природните бедствия в световен мащаб

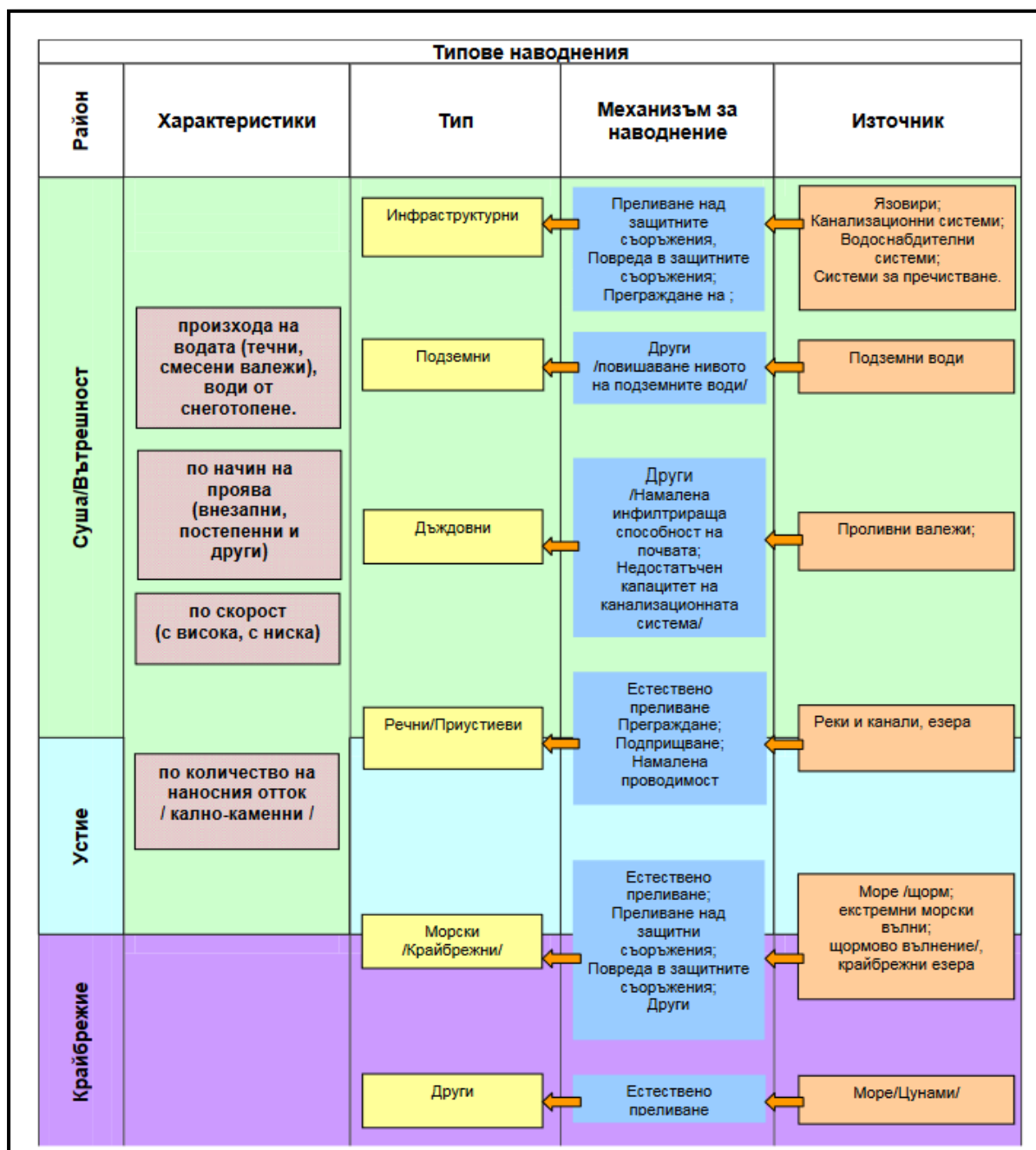
От Фигура 1.3 се вижда, че най-честото природно бедствие са наводненията.

1.2.1. Типове и видове наводнения

Основният признак по който се типизират наводненията е техният източник. В зависимост от него се определят следните типове наводнения (Таблица 1.2):

- Морски;
- Речни;
- Дъждовни;
- Наводнения от подземни води;
- Инфраструктурни.

Таблица 1.2. Концептуална схема за типове наводнения [12]



Значими за РБългария наводнения (Фигура 1.4) са речните наводнения. Техният дял съставлява 64% от общия брой на случаите. На второ място са наводненията от дъждовни води и инфраструктурните наводнения с по 15%.



Фиг. 1.4 Типове наводнения в РБългария [12]

- **Речни наводнения** – наводнения на земя от води, които излизат от естествена или модифицирана дренажна система. Този тип наводнения се причиняват от реки, отводнителни канали, планински потоци, краткотрайни еднократни и/или периодични водни течения (напр. в суходолия) и т.н.
- **Наводнения, породени от интензивни валежи** – вследствие на интензивни валежи отводнителната инфраструктура в населените места или естествените възможности на почвата извън населените места да абсорбира дъждовната вода нямат капацитет да се справи с голямото количество вода.
- **Наводнения от подземни води** – подпочвени води, които излизат на повърхността. Този процес може да се дължи на внезапно увеличение на подпочвените води, което често е свързано и с високи нива на повърхностните води.
- **Морски наводнения** – наводнения от морска вода, в устия на реки или крайбрежни езера. Такива наводнения може да се дължат на екстремно ниво на приливите, продължителен силен вятър и високо вълнение като например крайбрежно цунами и др.
- **Инфраструктурни наводнения** – те произлизат от изкуствени водозадържащи или водоотвеждащи съоръжения. Може да се дължат на авария или недостатъчен капацитет на водохранилища (язовири), пречиствателни станции, водоснабдителни и канализационни съоръжения.

- **Наводнения, причинени от снеготопене** – евентуално в комбинация с валежи или задръствания/затлачвания от лед.

Според механизма на възникване наводненията се разделят на:

- **Естествено преливане** – прииждащите води надвишават капацитета на отводнителния канал, речното корито или нивото на бреговете.
- **Преливане над защитни съоръжения** – например над язовирни стени или диги.
- **Авария на защитни или инфраструктурни съоръжения** – например, скъсване и разрушаване на язовирна стена или повреда на помпено оборудване.
- **Блокаж/Задържане на вода** – дължи се на блокиране на естествения път на оттичане на водата като например затлачване под мостове от естествени наноси или битови отпадъци.

Според скоростта на покачване на водата наводненията биха могли да се разделят на:

- **Внезапно наводнение** – възниква бързо и без възможност да бъде предвидено. Обикновено се дължи на интензивни валежи на сравнително малка територия.
- **Наводнение със среден темп на възникване** – възниква по-бавно от внезапното и има известни шансове да бъде предвидено.
- **Наводнение с бавно начало** – развива се по-продължително от средното. Може да бъде предвидено сравнително рано.

Според мащаба на обхванатата територия, наводненията се разпределят на:

- **Местни** – засягат се отделни реки или речни участъци;
- **Среднообхватни** – обхващат района на няколко реки;
- **Мащабни** – обхващат значителна територия;
- **Крупно-мащабни, повсеместни** – обхващат голяма част от страната или цялата страна [12].

В зависимост от начина, по който възникват наводненията, се наблюдават две групи:

- **Природни наводнения** (в болшинството от случаите – близо 80% от наводненията) – в резултат на обилни валежи, интензивно топене на снегове, заприщване на речни корита и др.;
- **Антропогенни (20%)**– дължащи се на аварии, скъсване на стени на изкуствени водоеми и др. [12].

1.2.2. Причини за възникване на наводнения

- **Продължителни проливни дъждове-валежите** са едни от главните фактори за наводненията. От изключителна важност са количеството, интензивността, релефът, почвата в местността, както и продължителността (времетраенето) на валежите. Някои валежи се изпаряват, други бавно проникват в почвата, но може да произведат и бърз отток върху повърхности като скали, настилка, покриви и замръзнали почви.
- **Топене на снегове** - резките покачвания на температурата могат да доведат до прииждане на реките от бързото топене на снеговете. Това се случва особено през пролетта, когато размразяването е интензивно или след силни снеговалежи в необичайни размери.
- **Цунами** - Цунами се формират най-вече по крайбрежията на Тихия океан поради по-голяма сеизмична активност. Често срещано явление са за Япония и другите острови в Тихи океан. Едно цунами може да нанесе огромни поражения на крайбрежните райони. Причините за възникването могат да бъдат земетресения, земни свличания, вулканични изригвания или сблъсък с космически обекти. Това са гигантски вълни с опустошителен ефект в засегнатите крайбрежия или острови. Приливите и отливите също могат да причинят наводнения.
- **Повдигане на дъното на реката** - една от причините за наводнение може да бъде повдигането на дъното на реката. В течение на години, постепенно се натрупват различни отлагания, особено в областта на устието и делтата. Наводнението в този случай се получава в продължение на няколко години след началото на процеса, има бавен характер, но е лесно предсказуемо и може да се отстрани и предотврати със съответните почиствателни работи.
- **Скъсани стени на водохранилища** - това се случва, когато водният резервоар или язовир (включително естествен) вече не може да задържи водата поради различни обстоятелства (като например земетресения).

Получава се силен натиск на водата, пропукване или скъсване на язовирната стена или друго преграждение. Изкуствените язовири обикновено имат специални съоръжения за аварийно изпускане на вода, за да се предотврати преливане, но при скъсване водата не може да бъде спряна. Наводненията са много силни и разрушителни (разрушителната сила на водния поток може да бъде по-силна от тази на цунами) и може да се наложи обявяване на бедствено положение. Обикновено този тип наводнение е краткотрайно.

- **Спукани водопроводи** - спукването на водопроводни тръби може да стане по различни причини – при разкопки, образуване на пукнатини поради ръжда и прогниване, при строителни работи или земетресения. Обикновено силна струя вода се издига високо във въздуха (до 3 – 4 метра) и започва да залива околността. При изригването, водата може да образува малък кратер.

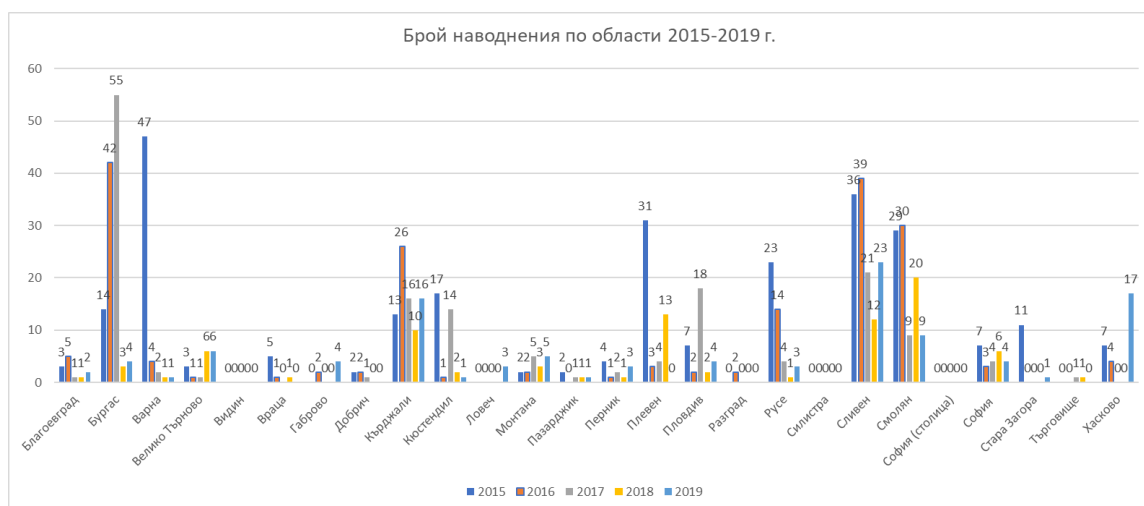
1.2.3. Статистически данни за наводнения в РБългария

Наводненията са на първо място по вид природно бедствие, случващо се в страната ни [12, 13, 14, 15, 16]. Ежегодно в страна ни стават наводнения, които нанасят сериозни икономически щети и вземат жертви в отделни случаи [16]. Близко 70 % от ставашите наводнения на територията на РБългария са следствие преливане на реки [17].

Както показват данните от Фигура 1.5, в България за периода 2010 - 2019 г. са възникнали 3433 наводнения според данни на НСИ [101]. През 2018 техният брой е 84, а през 2019 е 108 като наблюдаваме спад спрямо предходните години.



Фиг. 1.5 Брой наводнения в България 2010-2019 г. (НСИ)



Фиг. 1.6 Брой на наводненията по области 2015-2019 година (НСИ)

Броя на наводненията по области в РБългария за периода от 2015 до 2019 година е представен на Фигура 1.6. Най-голям е броят на наводнения за 2017 в област Бургас - 55 на брой, и през 2015 в област Варна - 47 на брой. За областите Видин, Силистра и София област виждаме, че няма данни за наводнения в периода 2015-2019 г.

Горните статически данни за наводненията в РБългария показват необходимостта от борба с наводненията, които причиняват материални щети за милиони (Фигура 1.7)



Фиг. 1.7. Материални щети в хил. лв. в РБългария за периода 2010-2019 година (НСИ)

Внедряването на Уеб ГИС в интегрираното управление на водните ресурси е нов подход, чиито възможности се разрастват непрекъснато. Актуализациите на

планове за управление на водните басейни, планове за управление на риска от наводнения, мерките за постигането целите на Рамковата Директива за Водите (РДВ) и Директивата за наводненията, предоставят широко поле за действие в областта на управлението на водите.

За това е необходима система базирана на ИКТ за мониторинг на зоните, застрашени от наводнения.

Настоящият труд акцентира върху уеб базирано ГИС приложение, което да спомага взимането на решения в оперативна зала или на терен, при наличието на наводнение. Приложението ще бъде разгледано по-подробно в глава 3.

1.3. Географска информационна система (ГИС)

1.3.1. Дефиниция

В първия популярен учебник по ГИС, Бъроу дефинира понятието ГИС като „пакет от инструменти за събиране, съхранение, извличане по желание, преработка и визуализация на пространствени данни от реалния свят за определена група цели“ [18,19], като залага основно на техническата страна и разбирането на ГИС най-вече като „пакет от инструменти“. Според определението на Бартелме в една от основните монографии по въпроса в германоезичното пространство, ГИС служи за „събирането, съхраняването, обработката и представянето на всички данни, които описват част от земната повърхност и разположените там технически и административни съоръжения, както и географски, икономически и еко-логични дадености“ [19,20]. Така дефинирано, понятието ГИС е изключително обвързано с конкретизираните „съоръжения“ и „дадености“, и не отразява възможностите географските информационни системи да бъдат прилагани в други сфери извън географията.

По-коректно е актуализираното схващане за ГИС като „изчислителна система, която се състои от хардуер, софтуер, данни и приложения. С нея пространствени-те данни могат да бъдат цифрово представени, съхранявани, управлявани, актуализирани, анализирани и моделирани, както и да бъдат представени в буквено-цифрен или графичен вид.“ [21].

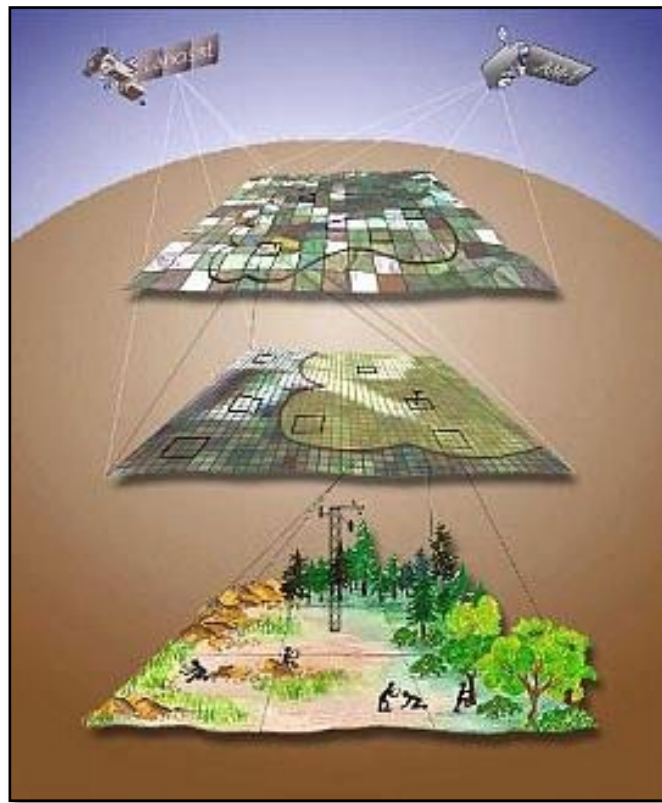
Често срещано определение принадлежи на канадския учен Ароноф, според когото „ГИС е компютърно базирана система, която осигурява следните четири набора от възможности за обработка на геореферирани данни:

1. Въвеждане;
2. Управление на данни (съхранение и извличане);

3. Обработка и анализ,

4. Извеждане“ [22].

Географските информационните системи представляват компютърно базирани инструменти, с помощта на които може да се съхраняват, обработват, извличат и представят данни по различен начин. Те могат да комбинират и интегрират данни от различни източници, като тези данни се преобразуват в полезна информация за потребителите, чрез анализиране и интерпретиране. Информационните системи обикновено функционират на специфични компютърни платформи и мрежи и изискват ползването на редица софтуерни пакети и хардуерни устройства [23].



Фиг. 1.8. Географска информационна система (Esri ArcGIS)

В концепцията за Географските информационни системи изследователите отдават равностойно значение на основните нейни компоненти, които се подразбират от самото наименование – географията, като обединяващо понятие на всички пространствено обвързани елементи, изчислителните технологии и базите данни, интегрирани в единен продукт. Така, ГИС трябва да се възприема като „вид информационна система, състояща се от компютърен хардуер и софтуер, база данни и потребители, която се използва за въвеждане, съхраняване, манипулиране анализиране и извличане на географски данни с цел решаване на разнообразни задачи в най-

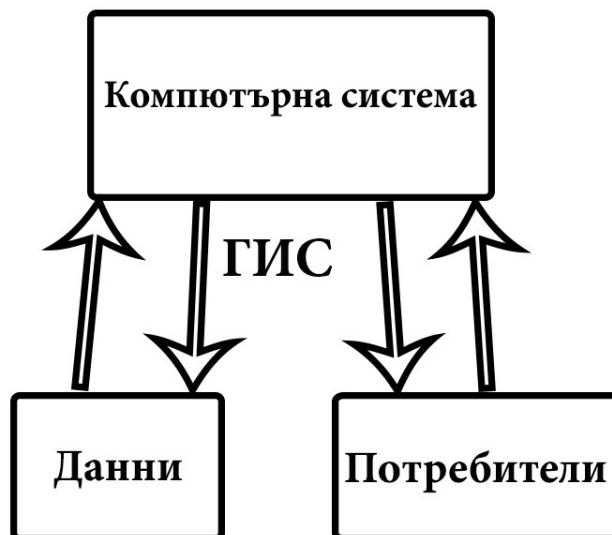
различни области“ [24] и ESRI . Това разбиране е възприето и в настоящата дисертация (Фигура 1.8).

1.3.2. Принципи, методи, терминология и организация на ГИС

В литературата се посочват няколко ключови централни компонента, обединени в повече или по-малко общи групи, без които ГИС не могат да функционират [25]: хардуер, софтуер, данни, процесите, извършвани с тях и разработчик или потребител на цялостния продукт.

Компоненти на ГИС [26]:

- компютърна система;
- геопространствени (географски) данни;
- потребители (фиг. 1.9)



Фиг. 1.9. Компоненти на ГИС

1) Компютърна система, която се състои от хардуерни и софтуерни компоненти изпълнява функциите по събиране, обработка, анализ, моделиране и извличане на информация;

2) Геопространствени данни, които включват както геометрични, така и атрибутивни (тематични) данни за обектите и явленията от реалния свят. С помощта на геометричните данни, обектите и явленията от реалния свят се представят в ГИС в растерен или векторен формат. Геометричните данни характеризират местоположението (координатите), големината, формата и ориентацията на обектите в двумерно (2-D) или тримерно (3-D) пространство. Атрибутивните данни описват свойствата на обектите и се съхраняват в т.н. атрибутивна таблица. В атрибутивната

таблица всеки обект е представен с един запис (ред) и с определен брой атрибутивни полета (колони). Геометричните и атрибутивните данни за всеки обект са свързани помежду си в географската база данни. Това означава, че географските обекти могат да бъдат идентифицирани и локализирани с помощта на техните атрибути и обратно – достъпът до атрибутивните данни за всеки обект може да става чрез геометричните данни за него.

3) Ролята на потребителите е да селектират, актуализират и анализират информацията в ГИС, която ги интересува за решаването на някакъв проблем.

Понятието „потребител“ се отнася, както до отделния специалист, работещ в областта на ГИС, така и до организации (държавни, неправителствени, образователни и др.), чиято мисия по някакъв начин е свързана с ГИС.

1.3.3. Цифрови модели за визуализация и анализ на пространствените данни

Цифровите модели в ГИС се класифицират както следва:

Модели, базирани на полета – създават се за явления с континуален характер, плавно или непрекъснато изменящи характеристиките си в моделираното пространство. Така във всяка точка в това пространство се определя стойността на дадената характеристика. Примери за такива характеристики са надморска височина, температура, атмосферно налягане[27];

Обектно-базирани модели – създават се за обекти, в което има ясно разграничени индивидуални особености, като пространството между тях потенциално се приема за празно. Примери за такива обекти са парцели в кадастъра, сгради, пътища и др. [27]. Те са дискретни модели, тъй като може да бъдат ясно идентифицирани и преброени отделните подобекти.

За представянето на моделите, базирани на полета, най-често се използва растерен подход при моделиране, а за обектно базирания модел – векторен подход, като е възможен и обратния вариант.

1.3.3.1. Източници на данни в ГИС

Източниците на изходна информация могат да бъдат:

- Съществуващи цифрови данни;
- Сканирани аналогови карти;
- Статистически данни;
- Описателни данни, съдържащи географска информация;

- Данни от теренни измервания;
- Данни от дистанционни изследвания.

1.3.4. Сравнителен анализ на ГИС приложения

1.3.5. ГИС с отворен код

ГИС програмите с отворен код се основават на различни езици за програмиране. Три основни групи GIS с отворен код (извън веб ГИС) по отношение на програмните езици са: "C" езици, Java и .NET.

В зависимост от езика за програмиране съществуват следните групи:

1. Група ГИС използваща езика "C".

Популярните базирани на езика "C" ГИС софтуерни приложения с отворен код, включват GRASS, проект стартиран през 1982 г. от американската армия, но сега е с отворен код и QGIS (иначе известен като Quantum GIS).

- GRASS
- Qgis

2. Група от ГИС използващи езика „JAVA“

Група от ГИС с отворен код, които използват езика JAVA са:

- GeoTools
- Geoserver
- OpenMap

3. Група от ГИС интегрираща приложения, които използват ".NET"

Третата и най-влиятелна група от ГИС с отворен код е тази, която интегрира приложения, които използват ".NET" като език за внедряване са:

- SharpMap
- WorldWind

4. Група от ГИС използващи JavaScript

Към тази група се отнасят:

- OpenLayers
- MapBuilder

1.3.6. Сравнителен анализ между комерсиален и софтуер с отворен код за разработка на Уеб ГИС приложения

В Таблица 1.3 е направен сравнителен анализ между комерсиалният софтуер EsriArcGIS и софтуерът с отворен код QGIS[28,29].

Таблица 1.3 Сравнителен анализ между Esri ArcGIS и Qgis

Критерии	Комерсиален софтуер Esri ArcGIS	С отворен код QGIS
1. Работа с документация	Предлага подробна и добре описваща документация относно използване на данни и работа с инструментите, което позволява лесното и използване.	Документацията не е достатъчно добра и описателна, което се счита за голям недостатък
2. Поддръжка от операционни системи	Работи единствено под операционна система Windows.	Може да бъде инсталиран на повечето от познатите операционни системи като Windows, Linux, Android, Unix и др.
3. Време за зареждане	По-бавен при инициализиране	По-бърз при инициализиране
4. Развитие	Разчита на обратна връзка с клиента за подобряване на работата и функционалността на софтуера	Разчита основно на разработчици, които са доброволци
5. Въвеждане на данни	Имат сходна функционалност	Имат сходна функционалност
6. Приставки	Разполага с богата библиотека с приставки	Разполага с по-богата библиотека с различни

		функционални приставки и дава възможност за разработване на собствени приставки
7. Мрежов анализ	По-трудно като е необходима геобаза данни	Лесно, чрез приставка
8. Картографски възможности	Могат да бъдат добавяни и свързвани различни рамки с данни и притежава много по напреднали картографски възможности	Не могат да бъдат добавяни и свързвани различни рамки с данни
9. Ниво на трудност при работа	Максимално опростен и работата с него е лесна и бърза	По – труден и по-бавен, не винаги дава един и същ резултат
10. Предоставяне на онлайн данни	Предоставя изключително богат набор от ГИС данни чрез своята платформа ArcGIS Online	Предоставя избор само от няколко основни карти
11. Предназначение	Позволява и непрофесионалисти в гео сферата да могат лесно да изпълняват сложни задачи	За професионалисти е отлична и безплатна алтернатива, която се развива много бързо

От таблица(1.3) можем да направим следните изводи:

- QGIS е безплатен има многоезична поддръжка и се развива и подобрява благодарение на усилията на доброволци. QGIS дава възможност за работа с интерактивните пивот таблици с групова статистика, лесно добавяне на CSV файлове, приятна картографска символика и възможност за създаване на етикети.
- ArcGIS е една от най-добрите инвестиции в ГИС, която постоянно се разраства. Има най-голямата потребителска общност, която е готова да помогне при всякаква трудност или за съвет. ArcGIS предоставя уроци с примерни данни за получаване на практически опит.

На база проведения анализ за целите на дисертационни труд ще използваме софтуерът с отворен код – QGIS.

1.4. Европейска информационна система за горските пожари (EFFIS)

Европейската информационна система за горските пожари (EFFIS), [30], (Фигура.1.10) е създадена от Европейската комисия (ЕК) в сътрудничество с националните противопожарни администрации за подпомагане на службите, отговарящи за защитата на горите от пожари в ЕС и съседните държави, както и за осигуряване на службите на ЕО и Европейския парламент с хармонизирана информация за горските пожари в Европа.

От 1998 г. EFFIS се поддържа от мрежа от експерти от страните в т.нар. Експертна група по горските пожари. Понастоящем тази група се състои от експерти от 43 държави от европейските, блискоизточните и северноафриканските страни.

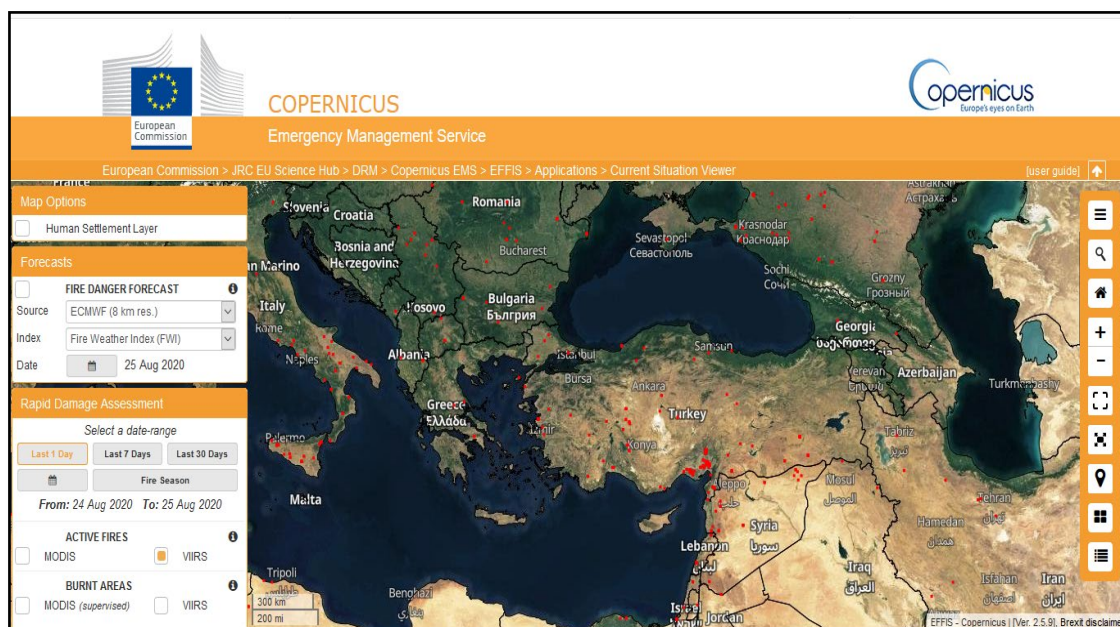
През 2015 г. EFFIS става един от компонентите на службите за управление при извънредни ситуации в програмата на ЕС „Коперник“. Европейската информационна система за горски пожари (EFFIS) се състои от модулна уеб географска информационна система, която предоставя почти в реално време и историческа информация за горските пожари и режимите на горски пожари в европейските, блискоизточните и северноафриканските региони. Мониторингът на пожарите в EFFIS включва пълния пожарен цикъл, предоставящ информация за условията преди пожара и оценка на щетите след пожара.

EFFIS включва следните модули:

- Оценка на пожарната опасност;
- Бърза оценка на щетите, която включва: активно откриване на пожар; оценка на тежестта на пожара; оценка на щетите на земната покривка; оценка на емисиите и разпръскване на дим; оценка на потенциалната загуба на почвата; регенерация на растителност.

Модулът на EFFIS Fire News отговаря за мониторинга на пожарите, той геолокира всички новини свързани с горски пожари, които се публикуват в интернет на някой от европейските езици.

В основата на EFFIS лежи така наречената База данни за пожари, която включва подробна информация за отделните пожарни записи, предоставени от страните от мрежата на EFFIS. Понастоящем данните в базата данни включват близо 2 милиона записа, предоставени от 22 държави включително и България.



Фигура 1.10. Начален екран на Европейската информационна система за горските пожари (EFFIS)

1.5. Усъвършенствана пожарна информационна система (AFIS)

Усъвършенстваната пожарна информационна система (AFIS), [31], (фигура.1.10) е сателитно базиран инструмент за пожарна информация, който предоставя информация за пожар в почти реално време на потребителите по целия свят.

Тази система предоставя на специалистите по управление на пожари по целия свят уникален инструмент за по-добро управление на риска от горски пожари в близост до инфраструктура и имоти с висока стойност, като преносни мрежи или горски масиви. AFIS предоставя на потребителите възможности за прогнозиране, откриване, наблюдение, предупреждение, планиране и докладване чрез използване на спътници за наблюдение на Земята, модели за прогноза на времето и информационни и комуникационни технологии.

Обхватът на услугите на AFIS позволява на потребителите да получават предупреждения при откриване на пожар и да преглеждат данни за пожар на живо както и исторически данни.

AFIS е онлайн ГИС система, която интегрира динамична пожарна информация с базови локализиращи набори от данни, за да помогне при планирането и анализа на текущите и историческите пожарни модели. Следващата версия на AFIS ще позволи на потребителите да качват своите слоеве данни чрез WMS.

1.5.1. Мобилното приложение AFIS

Мобилното приложение AFIS е разработено, за да подпомогне мениджърите на пожари с прогнозиране, откриване и историческа информация за пожар въз основа на текущото местоположение или определена област на интерес. Включва също прогнози за времето и вегетационни условия. Приложението е достъпно за телефони с iOS и Android и може да бъде изтеглено от магазините за приложения.

1.5.2. Платформата за предупреждение на AFIS

Платформата за предупреждение на AFIS (Фигура 1.11) е съвременна многомерна система за съобщения за предупреждения с вградена възможност за ГИС, която позволява разпространението на различни видове предупредителни съобщения. Платформата за предупреждение не само позволява основни протоколи за предупреждения, Advanced Fire Information System (AFIS) е интегрирано ИКТ решение, разработено от CSIR, за да предостави оперативна информация в реално време за предотвратяване, откриване, наблюдение и оценка на горски пожари като риск за локален, регионален и глобален мащаб, но позволяват на потребителите да получават съобщения въз основа на алгоритми, базирани на правила.



Фигура. 1.11. Начален екран на Усъвършенстваната пожарна информационна система (AFIS)

1.5.2. Порталът за данни на AFIS Statistics

Порталът за данни на AFIS Statistics предоставя оценки на изгорената площ за всяка административна граница или предварително дефинирана зона на интерес. Статистическите данни са представени в хектари на месец за обединения продукт на

MODIS (500 m), както и за продукта Landsat 8 (30 m). Всички статистически данни се изчисляват и актуализират автоматично в портала за данни.

Таблото за управление на пожари е разработено за среда на контролен център, където операторите могат да настройват, интегрират и визуализират различни източници на данни за конкретен интерес. Таблото се състои от приспособления, които представляват различни компоненти като динамична таблица, прогнози за пожарна опасност и анимирани сателитни изображения.

AFIS предоставя различни информационни продукти за пожар в подкрепа на заинтересованите страни и съдействие при управлението на пожари. AFIS използва портфолио от сателити за наблюдение на Земята GEO (геостационарна орбита) и LEO (ниска земна орбита) за откриване на горски пожари в световен мащаб. Системата предоставя четиридневни прогнози за пожарна опасност за всяко местоположение въз основа на канадския индекс на пожарната обстановка или всеки потребителски модел, посочен от потребителя, както и данни за прогноза за времето, получени от ECMWF (Европейски център за прогнозиране на времето от среден обхват). CSIR е произвел нов обединен продукт с изгорени зони чрез обединяване на стандартните продукти MCD45 и MCD64 MODIS. Продуктът Landsat Burned Area е достъпен от 2015 г.

1.6. Европейска информационна система за наводненията – (EFAS)

Европейската информационна система за наводненията (EFAS), [32] (Фигура.1.12) е една от услугите на Службата за управление на Коперник CEMS. Системата е предназначена да подпомага подготвителни мерки за наводнения в цяла Европа, особено в големите транснационални речни басейни. Тя работи напълно от есента на 2012 г. За да предоставя информация за предстоящи наводнения, EFAS разчита на хидрологична верига за прогнозиране.

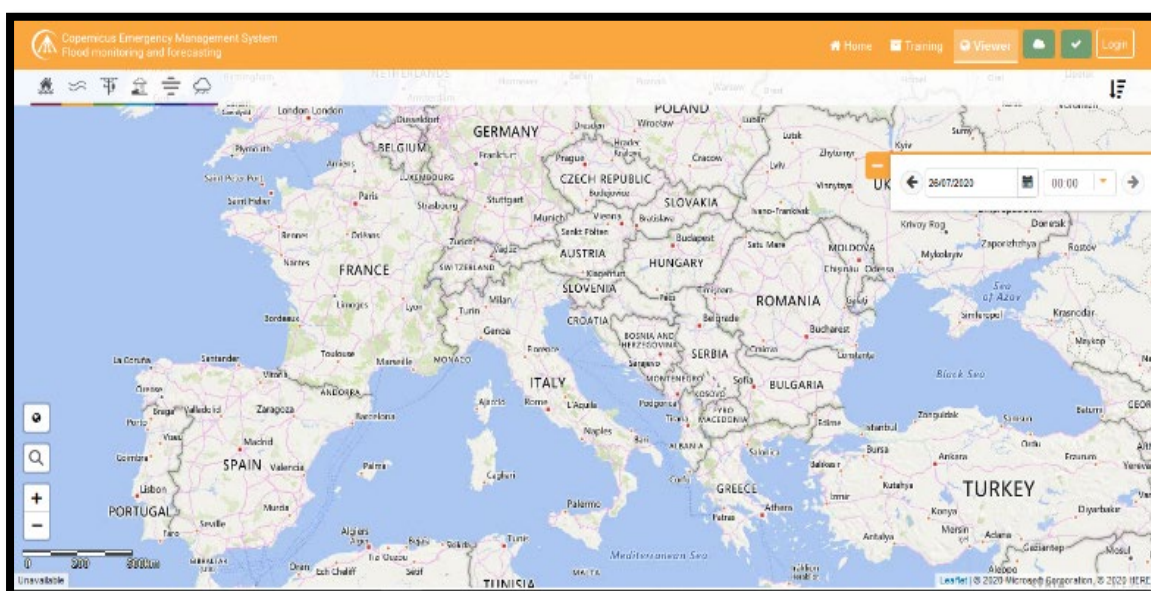
Прогнозите на EFAS се изготвят чрез налагане на хидроложкия модел LISFLOOD с набор от метеорологични прогнози.

Продуктите на EFAS представляват набор от карти и графики, които подчертават възможния бъдещ риск от наводнения от симулациите на EFAS за прогнози. Те се получават чрез сравняване на прогнозите с референтни прагове за наводнение и се категоризират в различно време за изпълнение:

- *Индикатори за светкавично наводнение:* те осигуряват индикация за риск от наводнение от наводнения до 5 дни;

- *Прогнози за наводнения със среден обхват:* те дават преглед на предстоящите рискове от наводнения за следващите 10 дни;
- *Сезонни хидрологични перспективи:* те обобщават хидрологичната ситуация през следващите 8 седмици;
- *Прогнози за въздействието на наводненията:* те подчертават региони с очаквано въздействие през следващите 10 дни.

Продуктите на EFAS се произвеждат от COMP и могат да бъдат разглеждани чрез EFAS mapviewer под категориите „Flood summary“ и „Flash Flood“.



Фигура. 1.12. Начален екран на Европейската система за информиране за наводненията (EFAS)

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.

3) От разгледаните системи (EFFIS, AFIS, EFAS) 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

Методологията за разработване на информационна система подпомагаща вземането на решения в случаи на горски пожари или наводнения използва полу-емпиричният модел на Ротермел симулиращ развитието на горски пожари, емпиричния модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната за наводнения. и модел на архитектура на информационна система подпомагаща вземането на решения в случаи на горски пожари или наводнения.

2.1. Модел, симулиращ развитието на горски пожари

С развитие на компютърните технологии, на сензорното наблюдение, на ГИС технологиите се развива и с по-бързи темпове моделирането на процесите при възникване на пожар.

Карплус (Karplus) [33] класифицира моделите, описващи развитието на горски пожари, като чисто физични (т.е. базирани на основните физични и химични закони) или чисто емпирични (т.е. базирани на статистически данни). Вебер (Weber), Пастор (Pastor) и Гришин (Grishin) [34] допринасят за класификацията, като въвеждат термини като полу-физични или полу-емпирични методи. Съливан (Sullivan) през 2007 година [35, 36, 37] предлага класификация на методите за моделиране както следва:

1. Физични и полу-физични методи;
2. Емпирични и полу-емпирични методи;
3. Математически и симулационни модели.

В описанието, което ще дадем по-долу, ще следваме последователността, която Съливан предлага. В групата на физичните модели попадат Weber-1991 [38], Aiolos-F (CINAR S.A, Гърция) [39, 40], FIRETEC (Los Alamos National Laboratory, САЩ [41], Forbes-1997 [42], Гришин (Tomsk State University, Русия) [43-44], IUSTI (Institut Universitaire des Systemes Thermiques Industriels, Франция) [45-46], PIF97 [47,48], LEMTA (Laboratoire d'Energetique et de Mecanique Theorique et Appliquee, Франция) [49], UoS (University of Salamanca, Испания) [50], WFDS (National Institute of Safety Technology, САЩ) [51].

Най-важните полу-физични модели са Australian Defence Force Academy (ADFA) I, Австралия [52], Albini, САЩ [53], University of Corsica (UC), Франция

[54,55], ADFA II, САЩ-Австралия [56], Coimbra, Португалия [57] и др. Емпиричните модели са базирани на наблюдения при истински пожари и проведени експерименти в лабораторни условия, като изпълняват само отделни физични или химични закони. Такива са CALM Spinifex (1991) [57], Canadian Forest Fire Behaviour Prediction (CFBP) - System (1992) [58], Button (1995) [59], CALM Mallee (1997) [60], CSIRO Grass (1997) [61,62], Heath (1998) [60], PortShrub (2001) [63], CALM Jarrah I (1999) [64], CALM Jarrah II (1999) [65], Gorse (2002) [66], PortPinas (2002) [67], Maquis (2003) и др. [68].

Полу-емпиричният модел на Ротермел от 1972 година [69] има за база физичен модел и статистически данни от емпирични наблюдения и опити.

Този модел е основополагащ за редица последващи модели и затова ще се спрем на него по-подробно. Повечето пожари започват от един източник и продължават своето разпространение в пространството, като формата, която приемат, в повечето случаи е елипсовидна с главна ос по посока на вятъра, ако има такъв. С това наблюдение Ротермел започва описанието на разпространението на горски пожар.

Моделът има добра теоретична основа, което позволява прилагането му в голям брой случаи. Основни са формулировките на Франдсен (Frandsen) от 1971 г. [68], който прилага закона за запазване на енергията при преминаването ѝ в различни вещества. Ротермел предлага подход за оценяване на отделената при пиролизата енергия. Той показва как отделената енергия се поглъща от околните горими материали, които на свой ред изпаряват натрупаната в тях вода и достигат до момент, в който чрез погълнатата енергия се запалват. Това се описва чрез формулата:

$$R = \frac{\text{Heat Source}}{\text{Heat Sink}} = \frac{I_{xig} + \int_{-\infty}^0 \left(\frac{\partial I_z}{\partial z} \right)_{z_c} dx}{q_{be} Q_{ig}}, \quad (1)$$

където:

R – параметър за разпространение на пожара ROS (quasi-steady rate of spread),

I_{xig} – хоризонтално разпространяваща се топлина, която се абсорбира от заобикалящите частици,

q_{be} – гъстота на горимите материали, които се нагряват до степен на запалване,

Q_{ig} – приета енергия от незапалените материали, така че тяхното съдържание на вода да достигне степен на интензивно изпарение,

$\frac{\partial I_z}{\partial z}$ – градиент на вертикалния интензитет в равнината, където се случва освобождаването на енергията.

Хоризонталните и вертикалните координати са x и z .

За да оцени (1), Ротермел прилага експериментални и аналитични методи, като дефинира допълнителни параметри, за да изчисли R за различни метеорологични условия и горими материали.

Необходимата топлина I_{xig} зависи от: температурата на въздуха, съдържанието на влага в горимите материали и количеството горими материали, до които огънят има достъп при запалването.

Необходимото количество енергия за загряване на частиците се дефинира като функция на M_f – отношение на влажността на горимите материали към целия обем в килограми и T_{ig} – температура на запалване, т.е.

$$Q_{ig} = f(M_f, T_{ig}). \quad (2)$$

За по-добър анализ на параметъра q_{be} е въведен т. нар. ефективен параметър за загряването

$$\varepsilon = \frac{q_{be}}{q_b}. \quad (3)$$

Параметърът ε е приблизително равен на единица за тънки горими материали и намалява до стойност нула при големи по размер горими материали, т.е. можем да запишем

$$\rho_{be} = f(\text{bulk density, fuel size}). \quad (4)$$

Да разгледаме топлината на разпространение (числителят в (1)):

$$I_p = I_{xig} + \int_{-\infty}^0 \left(\frac{\partial I_z}{\partial z} \right)_{z_c} dx. \quad (5)$$

Тя се състои от две части – хоризонтален поток I_{xig} и градиент на вертикалния поток.

Ротермел показва, че вертикалното течение е по-важно при пожарите с вятър и пълзящи по склон, защото пламъците са по-близо до потенциалните горими материали, които все още не са достатъчно загреети, за да пламнат.

Предполага се, че вертикалното течение е с малки стойности за пожари без вятър и тогава $I_p = (I_p)_0$, като в модела $(I_p)_0$ се нарича базов поток на топлината.

Тогава:

$$(I_p)_0 = R_0 \rho_b \varepsilon Q_{ig}. \quad (6)$$

В случая без вятър, където R_0 е базова стойност, различна за различни видове горими материали, уравнение (1.6) позволява $(I_p)_0$ да се оцени от експерименти за разпространение на пожари в условия без вятър. Ротермел отбелязва, че топлината на разпространението се появява във фронта на пожара. Това прави $(I_p)_0$ зависимо и от интензивността на пожарния фронт.

Енергията, освободена от фронта на пожара, се произвежда от горенето на газовете, освободени от органичната материя, изграждаща горимите вещества. Освободената топлина за единица площ от фронта на пожара е наречена реакция на интензитета и се дефинира по следния начин:

$$I_R = \frac{dw}{dt} h \quad (7)$$

където:

$\frac{dw}{dt}$ е загубата на маса за единица площ при напредването на фронта на пожара, h е съдържанието на топлина за единица горим материал.

Параметърът I_R в (7) се нарича реакция на интензитета и е функция от големината на частиците, гъстотата на горимите материали, влажността и химическия състав. Реакцията на интензитета е основен източник на разпространението при пожари, където няма вятър. Главната идея на модела е, че параметрите $(I_p)_0$ и I_R могат да бъдат оценявани независимо, но да запазват свързаността помежду си, т.е.:

$$(I_p)_0 = f(I_R), \quad (8)$$

където функцията f представя горимите материали при развитието на модела и разрастването на фронта на пожара.

За да се отчете влиянието на вятъра и наклона на терена върху развитието на пожарите се дефинират допълнителни параметри: ϕ_w – за вятър и ϕ_s – за наклон, като за оценката им се използват данни от експерименти. Тогава топлината на разпространението се представя и в следния вид:

$$I_p = (I_p)_0 (1 + \phi_w + \phi_s). \quad (9)$$

От тук и от (1) получаваме:

$$R = \frac{(I_p)_0 (1 + \phi_w + \phi_s)}{\rho_b \varepsilon Q_{ig}}, \quad (10)$$

което може да се проверява чрез експериментални данни. Направени са опити с различни условия: с вятър, без вятър, с наклон и без наклон на терена, и са намерени стойности за изучаваните параметри.

2.1.1. Моделът WRF-Fire (WRF-SFIRE)

WRF-Fire е полу-емпиричен модел, базиран на формулите, представени в модела на Ротермел, като в реализацията са направени модификации, описващи по-добре метеорологичните условия на околната среда по време на пожара. Началото е поставено през 2000 г., когато се появява мезомащабен модел от ново поколение, наречен WRF (Weather Research Forecasting) [70], притежаващ богат набор от функционалности, приложими за работа с горски пожари. Отначало WRF се прилага предимно за изследователски цели, но през 2007 започва разработване на допълнителен модул към основното му ядро, наречен SFIRE (Spread Fire behaviour module), който е предназначен за симулации на низови пожари [71] и така се стига до името на модела WRF-SFIRE.

На 2 април 2010 г., WRF-Fire за първи път е приложен в САЩ като пакетен модул към кода на метеорологичния модел WRF.

SFIRE-частта се появява, като ново разширение през 2011 г. Базирана е отново на полуемпирични идеи, произхождащи от теорията на Ротермел и съответно модифицирани. SFIRE изчислява разпространението на фронта на пожара въз основа на наличието и особеностите на горивни модели, скоростта на вятъра (взета от метеорологичната част WRF) и релефа (наклона) на терена. Разпространението на пожара се представя математически от т.нар. метод за установяване (фиксиране) на нивата (level set method). Освободената топлина при горенето от фронта на пожара се отразява в динамиката на параметрите в метеорологичният модул. Това се налага, за да се отчете способността на пожарите да променят началните метеорологични условия и да създават собствена метеорологична обстановка около себе си. Кодът на модула за пожарите (SFIRE), е подчинен на метеорологичният код (т.е. е подпрограма на WRF). SFIRE използва всички вградени библиотеки на WRF, като използваният програмен език е Fortran 90, на който е написан и целият код на метеорологичният модул. Всички входно-изходни функции от SFIRE са подчинени на WRF кода, така че да се запази комуникацията (Message Passing Interface-MPI) между процесите за паралелна обработка.

Влагането на модел за изчисление на метеоданните паралелно с параметрите на реално горящ пожар дава по-добри параметри за обстановката, в която пожара се разпространява, но използва прекалено голям ресурс от процесорно време. Ето защо в дисертацията този модел е само описан, но не и тестван. Тестовете описани в [72] показват, че е възможно приложението на този модел, но изисква мощен специализиран хардуер, което е трудно за осигуряване извън изчислителни центрове.

WRF-SFIRE разглежда метеорологичната обстановка, и по-конкретно вятъра, като параметър с огромно влияние върху разпространението на горските пожари. Пожарът от своя страна влияе на метеорологичната обстановка посредством освободената топлина и изпарението на водна пара от горимите частици. Силно нагретият въздух се издига в атмосферата, което води от своя страна до промяна в движението на въздушните потоци, а оттам и предизвикването на съществени атмосферни промени. Това е т. нар. ефект на създаване на "локални метеорологични условия" около големи горски пожари, породили се от взаимодействието на освободения топъл въздух със заобикалящата атмосфера [73,74].

Както споменахме по-горе, математически моделът WRF-Fire е комбинация от Weather Research and Forecasting Model (WRF) и модифициран полу-емпиричен модел на Ротермел, така че да се апроксимира разпространението на пожара по посоката на нормалата на линията на фронта. Самото разпространение е изразено като функция на свойствата на горимите вещества, скоростта на вятъра в близост до земята и наклона на терена [73, 75]. Модифицираният модел на Ротермел апроксимира горенето на частиците като експонента във времето, а константите във формулите са получени от лабораторни опити, които са калибрирани от реално настъпили големи горски пожари в САЩ, където в началото за отчитане на метеорологичните условия е използван модела на Кларк-Хол [73,74]. Оказва се също така, че при метода за установяване на нивата (level set method), [76], функциите, описващи процеса на горене, могат да бъдат калибрирани по-лесно.

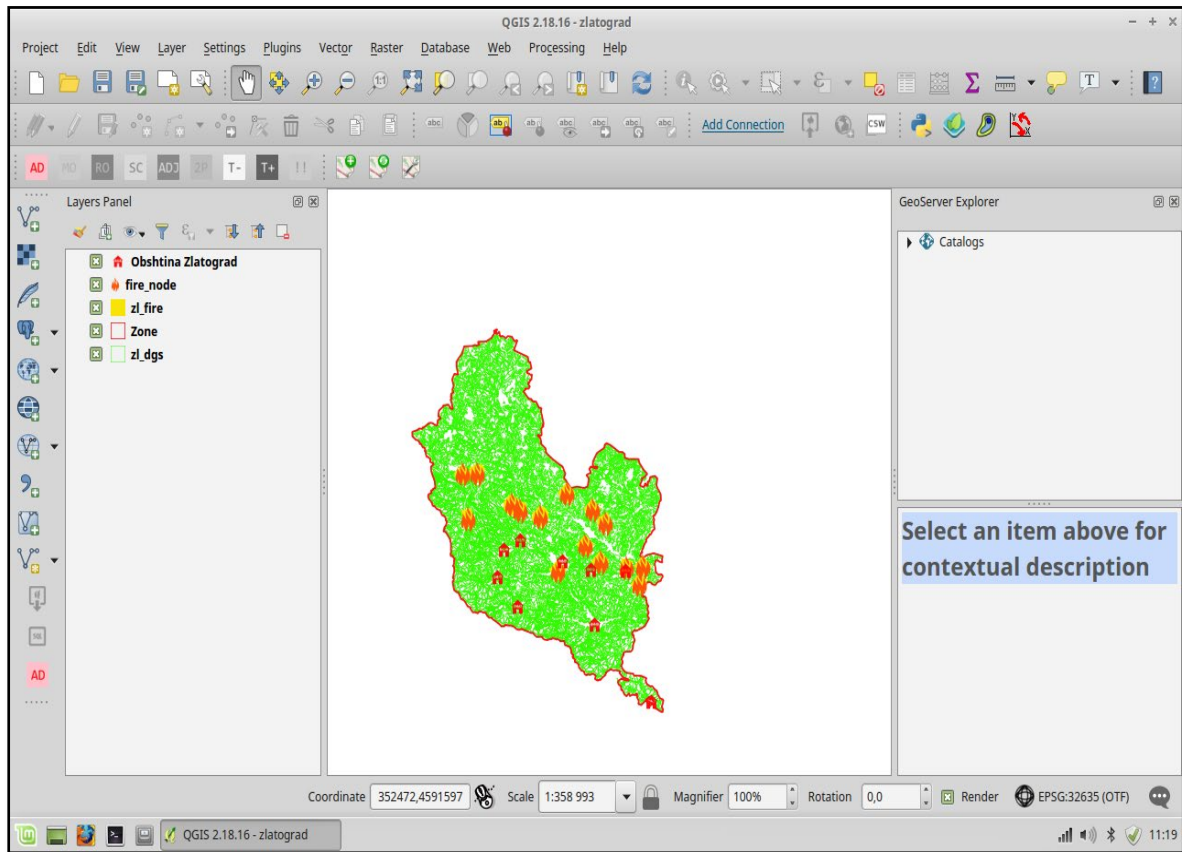
Понастоящем метеорологичната част се заменя изцяло от метеорологичния модел WRF, който е с отворен код, разработван и поддържан онлайн. WRF дава много добри възможности за вмъкване на областите за горящите площи в областите за атмосферата, което прави моделирането на поведението на пожара по-реалистично. Област или домейн е метеорологичен термин за четириъгълник, начертан от изследователя във въздушното пространство над засегнатата от пожара площ, в който да се правят предвиждания за метеорологичната обстановка. В работата с домейни е възможно във всеки един от четириъгълниците да се симулира поведение с различен модел. Ето защо на практика се използва по-голям четириъгълник и там се симулира с WRF, а в по-малкия се симулира поведението на пожара с SFIRE. Домейнът, в който се симулира пожара, използва още Large Eddy Simulation (LES) метода, при който домейнът се разделя на мрежа от квадрати с максимална резолюция 50 m^2 , така че максимално коректно да се симулира фронта на линията на пожара. Моделът WRF работи паралелно и подава данни, които WRF-SFIRE моделът използва при симулациите си за поведението на горския пожар. Важно е да се отбележи, че именно при паралелната работа на WRF и SFIRE е възможно изчислените параметри от метеорологичния домейн да влизат като изчислени параметри в домейна, изчисляващ поведението на горския пожар. Обратното също е възможно – от домейна на горския пожар да излизат параметри, които да влияят на поведението на метеорологичния домейн, така че да се отчете ефекта на локална метеорология при горенето.

За да се отчете топологията в модела WRF-SFIRE, се използва т. нар. WRF Preprocessing System (WPS), която може да използва метеорологичните данни и информацията за какво се използват парцелите от земната повърхност (земя в градска черта, полски земища, горски масиви, пасища и др.) във формати използвани от предпроцесорните системи. Също така WPS системата дава информация на модела WRF-SFIRE за вида на горимите материали според класификацията на Андерсън [77]. Тези процеси са направени автоматично за САЩ, тъй като там топологията, използването на парцелите от земната повърхност и класификацията на горимите материали могат свободно да бъдат изтеглени от сайта на NCEP (National Center for Environmental Predictions).

За всички други държави извън САЩ, тези входни данни се добавят ръчно през ГИС слоеве.

За България използваните входни параметри като горивни модели, релеф и метеорологични условия не са свободно налични. Данни за релефа и използването на земните ресурси е възможно да бъдат изтеглени от сайта на министерството на околната среда и водите, където ортофото заснеманията на България са достъпни за сверяване. Метеорологичните данни за точна локация не са достъпни свободно, поради което бяха използвани NCEP покритието за България с апроксимация за локалните метеорологични данни от местни замерващи станции в радиус от 30 до 50 километра от зоните на симулираните пожари. Горивните модели в първоначалните симулации с модела WRF-Fire (WRF-SFIRE) са направени от екипа на Ян Мандел и Нина Добринкова като са определени основните параметри на горимите материали по първия набор модели, предложен от Андерсън през 1982 [35].

Получените входни данни по описания модел симулиращ развитието на горски пожари са ГИС слоеве (Фигура 2.1), които се използват при разработване на ИС подпомагаща вземането на решения в оперативна зала и на терен при горски пожари.



Фигура. 2.1 ГИС слоеве

2.2. Емпиричен модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната

Теоретичната обосновка на информационната система подпомагаща вземането на решения в оперативна зала и на терен при наводнения използва емпиричен модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната.

Етапите на емпиричен модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната са показани (фиг. 2.2):



Фигура 2.2. Етапи на емпиричен модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната

2.2.1. Описание на обекта на изследване

Описанието включва: описание на водните басейни на територията представляваща обект на изследване, регистрираните наводнения и съществуващите защитни съоръжения.

2.2.2. Хидроложко изследване:

В хидроложкото изследване се прави хидроложка оценка на "високите" води в реката и нейните притоци като за целта се използват налични метеорологични и хидроложки данни, орохидрографски характеристики, климатична характеристика, характеристики на оттока на притоците на реката и максимални водни количества (висока вълна).

- *Орохидрографски характеристики*- /водосборна област, населени места, язовири и микроязовири/, (Таблица 2.1.).

Таблица 2.1. Орохидрографска характеристика на язовири и микроязовири

№	Наименование	Местонахождение	Година	Обем хил.м ³	Собственост	Предназначение
1						
2						

Орохидрографски характеристики на реки (Таблица 2.2.):

Таблица 2.2. Орохидрографски характеристики на реки

№	Характеристика	Мярка	Стойност
1.	Дължина на главната река в участъка	км	
2.	Дължина на притоците	км	
3.	Обща дължина на реките	км	
4.	Кота извор	м	
5.	Кота дъно на реката	м	
6.	Среден наклон на реката	-	
7.	Площ на водосборната област	км ²	
8.	Средна надморска кота на водосборна област	м.	
9.	Среден наклон на водосборната област	-	
10.	Гъстота на речната система	км/км ²	
11.	Залесеност	%	

- *Климатична характеристика*
- *Характеристики на оттока на притоците на реката*
- *Модул и норма на оттока.*

Модула на оттока на реката се определя чрез съставяне на регионална зависимост между модула на оттока и средната надморска височина на водосборните басейни на реките в региона. "Модул - надморска височина", се осредняват с експоненциална зависимост

$$\bullet \quad M_0 = 3,7522 \cdot e^{0,0011H} \text{ л/сек/км}^2 \quad (1)$$

където:

- H в м е средната надморска височина на водосборния басейн
- e – неперово число

Чрез тази формула за всички притоци от района се изчисляват модули на оттока и средногодишните водни количества в реката.

- *Максимални водни количества* (висока вълна)

Максималното водно количество е определен по два метода - по аналогия чрез регионални емпирични зависимости и чрез максималните валежи:

- *Чрез емпирични формули*

Максималните водни количества на база наличните данни в даден регион може се определят със зависимости на водното количество или на модула на оттока от площта на водосборния басейн т.е. зависимости $Q_{\max} = f(F)$ или $M_{\max} = f(F)$.

- Определяне на максималните водни нива в реката

Определяне на достигнатите коти при преминаване на „високи“ води с изследваните обезпечености в характерни точки по протежение на реката

След сравняване на достигнатото водно ниво с реалната кота на предпазната дига във всеки пункт се определя дали при преминаване на „високите“ води с определена нормативна обезпеченост те преминават безпроблемно или „преливат“. В случаите когато достигнатата кота на „високите“ води е над кота предпазна дига съществува опасност от преливане .

Получените водни нива във всеки пункт са основа за по-нататъшното моделиране за застрашените от заливане зони.

2.2.3. Геодезическо заснемане

Резултатите от геодезичното заснемане са използват за детайлизиране и прецизиране на цифровият модел на терена и ситуационните подробности извлечен от графичните данни и материали на предходния етап.

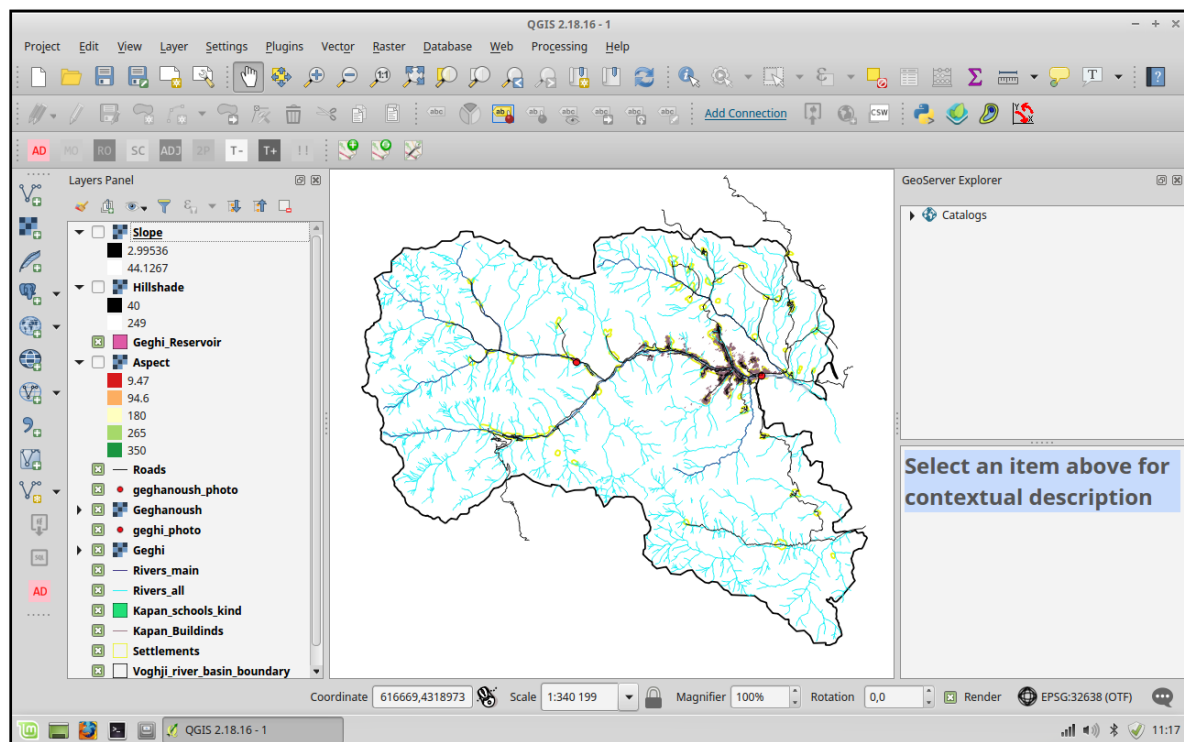
1) Създаване на Цифров модел на терена (DEM)

- Създаване на Цифров модел на терена (DEM) и триъгълна неправилна мрежа (TIN) чрез интерполация на контурни линии с помощта на *Topo to Raster* и *Create TIN tools*.
- Максималните височини на наводнение се внасят в таблиците с атрибути на слоевете с напречно сечение в ArcGIS. Използвайки тези стойности, интерполацията между напречните сечения се извършва чрез *Create TIN tools* на разширението *Spatial Analyst* за изграждане на TIN модел на водната повърхност.

- За премахване на частите с отрицателни стойности от растерния слой с дълбочина на наводнение се използва инструментът Spatial Analyst Extract by Mask за извличане на частта с положителни стойности (използвайки полигона с атрибут „Above“ и растерния слой за дълбочина като вход).

По този начин се събират растерните слоеве, които представляват потенциалните зони и дълбочини на наводненията

Получените входни данни по описания емпиричен модел с изграждане на дигитален модел на терена за речното корито и заобикаляща геометрия на зоната са ГИС слоеве (Фигура 2.3), които се използват при разработване на ИС подпомагаща вземането на решения в оперативна зала и на терен при наводнения.

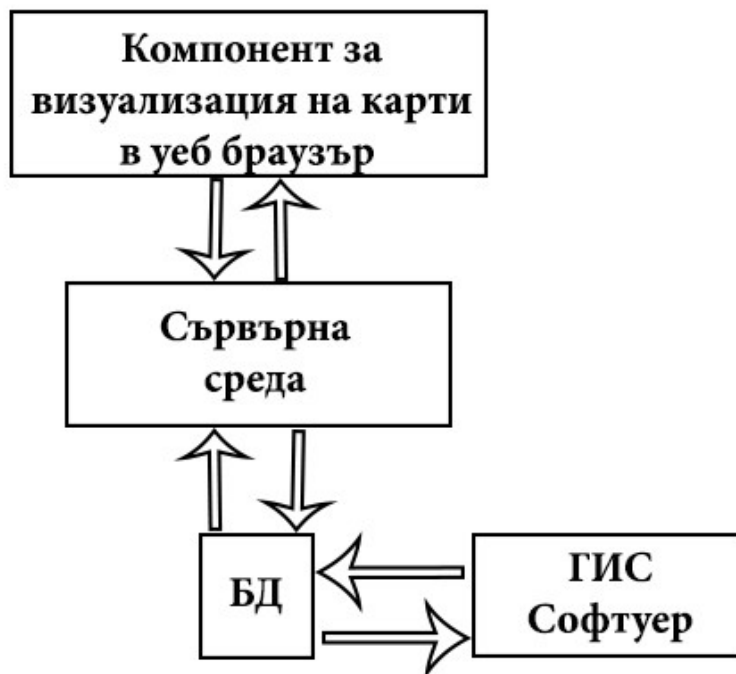


Фигура.2.3. ГИС слоеве

2.3 Архитектура с отворен код за разработване на уеб ГИС приложение

За разработването на уеб ГИС приложение са необходими следните компоненти (фигура 2.4):

- Пространствени Бази 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 2.4. Архитектура с отворен код за разработване на уеб ГИС приложение

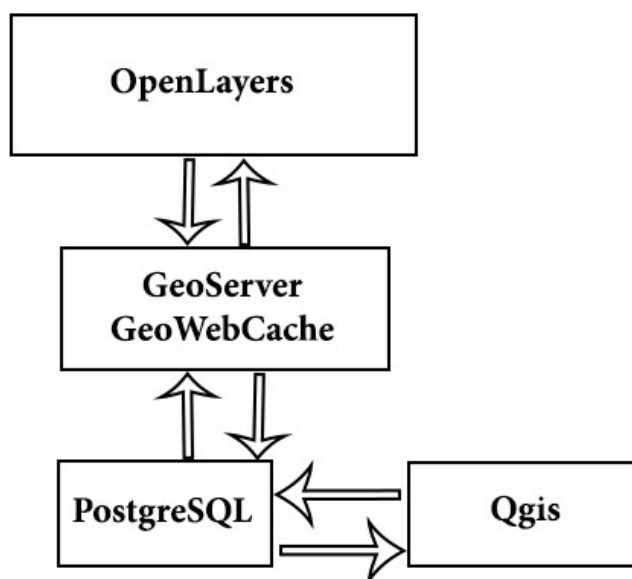
За разработването на уеб ГИС приложение са използвани следните софтуерни решения:

- QGIS(QuantumGIS) в момента е най-популярният безплатен ГИС софтуер. QGIS има версии за всички основни ОС (Windows, Linux, MacOS, Android) и многоезичен интерфейс на множество езици.

Поддържа работа с огромно разнообразие от файлови формати и данни: векторни, растерни, текстови файлове с разделители, таблици и БД, уеб-услуги и др. Притежава инструменти за управление на геопространствените данни, тяхното редактиране, филтриране, както и извеждане в редица файлови формати. Софтуерът има широки възможности за визуализация на данните, задаване на символи, цветови настройки и др. като притежава и съставител за отпечатване, който предоставя разнообразни възможности за оформление и картографски дизайн. QGIS разполага и с мощни възможности за анализ и геообработка на данните.

- PostgreSQL и PostGIS контролират създаването, поддръжката и използването на бази от данни, които съдържат пространствени и атрибутивни данни. PostgreSQL е мощна реляционна база данни с отворен код. Работи на всички основни операционни системи Линукс, Мак, Уиндоус и др.. Поддържа съхранение на големи двоични обекти, включително картини, звуци или видео.
- GeoServer е сървърен софтуер с отворен код написан на Java, който позволява на потребителите да споделят, обработват и редактират геопространствени данни. Изграден е за съвместимост между различните софтуери и може да публикува данни от всеки от големите източници на пространствени данни, използвайки отворени стандарти. GeoServer обработва заявки от уеб браузър и OpenLayers и динамично генерира географски уеб обекти.
- GeoWebCache – Картите често са статични, тъй като повечето клиентски приложения, работещи с карти рендерират WMS (Web Map Service) данни на всяка заявка, това може да доведе до много излишна обработка и удължено време за изобразяването на данните. GeoWebCache оптимизира този процес като запазва (кешира) „снимки“ на картите, или плочки, когато са заявени и играе ролята на прокси между клиентския софтуер (като OpenLayers или GoogleMaps) и сървърния софтуер (като GeoServer или всеки WMS-съвместим сървър).
- OpenLayers е JavaScript библиотека с отворен код, която служи за изобразяване на карти в уеб браузър. OpenLayers предоставя приложно-програмен интерфейс (API) за изграждането на разнообразни уеб-базирани географски приложения подобни на Google Maps и Bing Maps.

Софтуерната реализация на архитектурата за разработване на Уеб приложение с отворен код е посочена на фигура 2.5.



Фигура 2.5. Софтуерна реализация на архитектура за разработване на уеб приложение с отворен код.

С помощта на посочената софтуерна реализация на архитектура за разработване на приложение с отворен код се дава възможност за разработването на уеб приложения, които могат да работят на различни устройства като настолни компютри, лаптопи, смартфони, таблети и др. това предоставя по-голяма гъвкавост и удобство при използването му на терен и в оперативна зала при възникване на природни бедствия.

2.4. Концептуален модел на ИС, подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения

Моделът на ИС, подпомагаща вземането на решения при горски пожари или наводнения (Фигура 2.6) включва следните модули: уеб ГИС приложение, OpenWeatherMars връзка с метеорологични данни, EFFIS/EFAS връзка към сателитни данни и модул за интерактивно обучение:



Фигура 2.6. Модел на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случай на горски пожари и наводнения

Този модел е разработен на предложената архитектура с отворен код за разработване на Уеб ГИС приложения.

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.

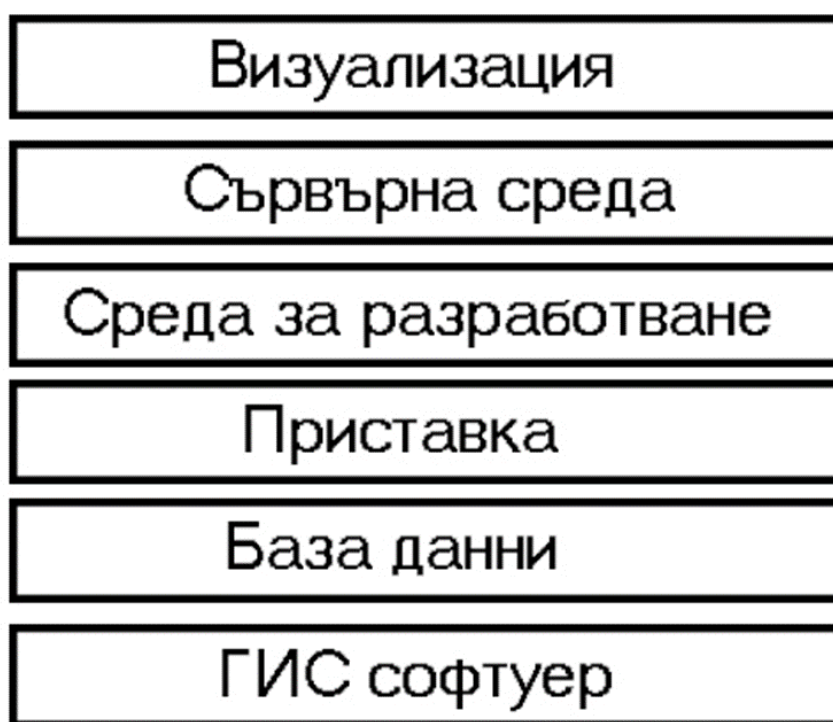
3) „Моделът на Ротермел“ е избран за теоретична основа на симулациите на горски пожари, които ще бъдат представени в следващата глава.

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

Уеб ГИС приложението (Фигура 3.1) 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 3.1 Архитектура на Уеб приложение

- Вторият слой представлява база от данни за съхранение на геопропространствени 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 [105].

3.1. 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 [106] (фиг.3.2):



Фигура 3.2. Софтуерна реализация на Уеб ГИС приложението

1) QGIS софтуер

QGIS е ГИС софтуер с отворен код ,чрез който се визуализират, управляват, редактират, анализират данни [28].

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 натовавания с данни и могат да съхраняват геопространствени данни [78]. 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.

Комбинирането на геопространствени типове данни, индекси и функции осигурява гъвкава структура за оптимизирано изпълнение и задълбочен анализ [79].

Всички обикновени бази данни притежават т.нар. „методи за достъп“ (по-известни сред масовата общественост под названието индекси), които най-често са с дървовидна структура. Най-голямо одобрение сред потребителското звено намира пространственото индексирание чрез R-дървета (т.нар. „R-trees“), които са заложили в PostGIS. Те се използват повсеместно, за да осигурят бързо посещение на произволно избран под-набор от данни. Базовите приложими операции върху основните дървовидни структури включват търсене, добавяне и изтриване, като времето за тяхното изпълнение е тясно свързано с височината на дървото. При работа с геопространствени обекти в различни измерения се създават разнообразни ситуации, при които отделни видове обекти могат да се припокриват отчасти, да се съдържат едни в други, или изобщо да не споделят обща територия.

Ето защо, за индексиранието на пространствени бази данни е прието да се използва т. нар. „пространствен индекс“. Резултатът от такъв тип пространствено запитване се изчислява значително интензивно, поради факта, че за еталонен шаблон се използва сравнително опростена геометрична фигура на правоъгълник. Дори най-сложните начупени линии и полигони могат да бъдат представени чрез използване на правоъгълник за ограждаща форма, но за сметка на това, при този метод на работа се предоставят задоволителни приблизителни първоначални резултати. Понастоящем, софтуерната имплементация на пространствени индекси варира рутинно, съобразно използването на различни видове приложения за пространствени бази данни,

благодарение на които се осигурява пълен набор от функционални операции за: анализиране на геометрични компоненти, определяне на пространствени взаимоотношения и манипулиране на разнородни геометрии. В тази връзка може да се заключи, че геопроектинг инструментариумът способства за ефективното постъпково изграждане на всеки ГИС проект. Без неговото целесъобразно прилагане, действителното постигане на съществени и достоверни междинни или крайни аналитични резултати би било практически нереализуемо, или още по-лошо – некачествено изпълнено.

На практика, стандартният начин за съхраняване, манипулиране и анализиране на геопространствени данни се извършва чрез ГИС софтуер, използващ *.shp файлове. Шейп файлът представлява колекция от задължителни файлове (*.shp–обектно местоположение, *.shx–пространствена индексация и *.dbf–обектни характеристики) и опционални (*.prj–картна проекция, *.xml–структурна организация на асоциирани с шейп файла метаданни (т.нар. данни за данните), *.sbni*.sbx–структурна индексация за оптимизиране, и *.cprg–приложна кодировка).

Наличието на SQLметод за универсален достъп до пространствени данни значително улеснява изграждането и надграждането на уеб ГИС приложения, тъй като при този подход създаваните неудобства при специализирана работа с големи набори от сегментирани данни могат лесно да бъдат преодолявани чрез съвместно диференцирано и оптимизирано съхраняване в база данни.

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 [80].

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 Bounless WEBSDK, който предоставя инструменти и библиотеки за изграждане на приложения, базирани на JavaScript. Bounless 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 [81].

3.2. Езици за уеб програмиране използвани при изграждане на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на горски пожари и наводнения

Разглежданата ИС е разработена чрез JavaScript и езикът HTML и стилизирана чрез езика CSS.

Уеб програмирането се отнася до изграждане, създаване и поддържане на уебсайтове. То включва аспекти като уеб дизайн, уеб публикуване, уеб програмиране и управление на бази данни [82].

Един от основните инструменти в уеб технологиите е уеб браузърът. Уеб браузърът (в една или друга форма) се използва в различните операционни системи. Изграждането на приложение, което се използва в средата на уеб браузър, дава възможност за лекота както при реализирането, така и при поддръжката. При това основната поддръжка се извършва на сървъра, вместо да се налага индивидуално инсталиране на клиентската страна.

Най-общо езиците за програмиране в Уеб се разделят на: технологии/езици за програмиране от страна на клиента: HTML, CSS, JavaScript, VBScript, XHTML, DHTML, WML, AJAX, FLASH, и др. и технологии/езици за програмиране от страна на сървъра: ASP, PHP, Perl, JSP, ASP.NET, JAVA, MySQL, SQL Server, и др., [83].

3.3. Езикът HTML, синтаксис, структура

Езикът за форматиране на текст HTML [84,85] е универсалният език на Интернет. Той се използва за създаване на уеб страници. Уеб-страницата е текстов документ, който почти винаги включва форматираща информация и връзки с други страници. Записването на текста във уеб-страниците става чрез специални текстови низове, наречени тагове (tags). Техният формат и значение се определят от спецификация, наречена HTML – HyperText Markup Language (Език за форматиране на хипертекст). Под хипертекст в терминологията на уеб се разбира текст който съдържа връзки. Връзката просто свързва документа (страницата) с друг документ.

1) Синтаксис на езика HTML

HTML е основната технология, контролираща това, което уеб браузърът показва на екрана. Основните категории команди на езика HTML са предназначени за:

- специфициране на стилови формати и управление на текстовия поток (Flow Control);
- включване на графични изображения (Images);

- създаване на хипервръзки (Links);
- интегриране на аудио с външни графични обекти (Sound and Maps);
- създаване на интерактивни формуляри (Forms);
- разделяне на документа на отделни полета (Frames);
- включване на външни приложения (Applet), написани на езика Java; осъществяване на връзка с външни информационни структури (CGI-script) [83].

Основната структура на HTML документа включва три задължителни елемента <html>, <head> и <body>. Документът започва с деклариране на типа на документа <!DOCTYPE html>. Този елемент указва на брауъра какъв набор от стандарти е използван в документа. Чрез <!DOCTYPE html> (няма затварящ таг) може да се валидира софтуера, като предварително се зададе версията на използвания HTML код. След него се намира отварящият таг <html>, който формира целия HTML документ. Затварящият таг </html> е последното нещо, което съдържа всеки HTML документ.

При разработване на ИС се използва HTML подход, но в частност за географски информационни слоеве, представляват отворените специфицирани географски веб услуги, намиращи своето приложение в рамките на информационно-технологичната веб-базирана трислойна архитектура, състояща се от: бази данни (PostGIS), сървърни компоненти (GeoServer и GeoWebCache) и клиентски части (GeoExplorer/GeoExt: OpenLayers и ExtJS). Те способстват за осъществяване на правите и обратните комуникационни връзки между клиент и сървър чрез използване на HTTP текстови трансферни протоколи и OGC отворени геопространствени стандарти за Open Web Services (OWS) отворени веб услуги.

3.4. CSS – език за задаване на стилове

CSS (Cascading Style Sheets) [85] е стандарт за задаване на стилове, които могат да се прилагат над каскадни списъци от елементи. Стиливе, които дефинират как да изглежда даден HTML елемент. В езика HTML има набор от елементи, като всеки се визуализира по точно определен начин.

Всяко CSS правило има две основни части: селектор и една или повече декларации. Ако трябва да сме още по-прецизни, всяка декларация се състои от комбинацията на свойство и стойност. Синтаксисът на правилото е следният (Фигура 3.3):



Фигура 3.3. Синтаксис на правило в CSS [85]

От лявата страна на правилото се намира селекторът. Това е частта от правилото, указваща частта от документа, за която трябва да се приложат стиловете. В този случай са избрани елементите h1. От дясната страна на правилото се намира декларацията. Това е комбинация от CSS свойството и стойността му. Свойството е стилев атрибут, на който задаваме стойност. Всяко свойство има стойност. CSS декларацията винаги завършва с точка и запетая, а групите от декларации са заградени от фигурни скоби.

Форматиране на текст с помощта на CSS свойствата:

- color – задава цвят на текста;
- direction – задава посоката на текста;
- letter-spacing – определя разстоянието между буквите;
- word-spacing – определя разстоянието между думите;
- text-indent – отместване на първия ред на параграфа;
- text-align – определя подравняването на текста на документа;
- text-decoration – задава подчертаването или зачертаването на текст;
- text-transform – преобразува текста в главни или малки букви;
- white-space – определя как да се обработват празните символи в елементите;
- text-shadow – използва се за задаване на сянка около текст.

Селекторите са един от най-важните аспекти на CSS, тъй като те се използват за избор на елементи от HTML страницата, така че те да бъдат стилизирани. Селекторите показват към кои елементи на HTML документа трябва да бъде прилаган съответният стил. В CSS съществуват два вида селектори: class и id.

3.5. Езикът „JavaScript“

Той е съвременен език за програмиране за World Wide Web, който осигурява възможност за разработване на интерактивни уеб страници и представлява основно средство за интегриране на Java аплети, ActiveX контроли, plug-in модули за браузери, сървърни скриптове и други [82]. Началото на JavaScript поставя „LiveScript“ – скриптов език, разработен от Netscape. Независимо от него, Sun Microsystems разработва Java (първоначално „Oak“), като език за контрол на потребителски електронни устройства. Поради своята мощ и производителност Java намира впоследствие място в Internet за писане на малки програми, наречени „аплети“.

JavaScript се възприема повече като софтуерно независима платформа за разработване на Уеб приложения [86]. Той може да бъде използван и за създаване на самостоятелни приложения. Като скриптов език, програмите написани на JavaScript се интерпретират, за разлика от Java на Sun, които се компилират.

Езиците за програмиране най-често се базират на един или няколко предходни езика, като се явяват тяхно развитие и усъвършенстване. Езикът Java, както и следващата модификация JavaScript произлиза от C [87].

Възможности на JavaScript

- Зареждане на данни чрез AJAX.
- Ефекти с изображения и HTML елементи: скриване/показване, пренареждане, влачене, слайд шоу, анимация и много други.
- Управление на прозорци и рамки.
- Разпознаване на възможностите на браузъра.
- Използване на камера и микрофон.
- Създаване на 3D графики WebGL.
- По-добър и гъвкав потребителски интерфейс.

При разработване на Уеб приложенията JS (JavaScript) служи за динамизиране на стилизираното съдържание. Аналогов пример на JS подхода, но в частност за географски информационни слоеве, представлява отвореното специфицирано приложение на GeoExplorer за изграждане на уеб ГИС приложения. Приложени са поддържаните от него JavaScript библиотеки на OpenLayers и ExtJS за дефиниране на интерактивното поведение на структурните елементи от цялата уеб страница [88, 89, 90].

В това число са включени както географските обекти на картографските слоеве, попадащи в рамковия обхват на картографираната територия, така и интерактивните инструменти на конкретното приложение (във връзка с мащабно увеличаване

и намаляване, линейно и площно измерване по картата, извличане на информация за даден обект и т.н.). За получаване на качествено картографско изображение е приет image/png формата, способстващ за неразмито обектно визуализиране в сравнение с image/jpeg формата.

3.6. Сървърна среда (Geoserver)

Софтуерът с отворен код Geoserver позволява да се обработват карти и данни от различни формати до стандартни клиенти, като уеб браузъри и настолни ГИС програми. Данните се публикуват чрез стандартно базирани интерфейси, като WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service), WCS (Web Coverage Service), WPS (Web Processing Service), кеширане на плочки и други [91].

GeoServer се предлага с базиран на браузър интерфейс за управление и се свързва към множество източници на данни в задната част. GeoServer притежава широк спектър от функционални възможности за извличане на георесурси от: бази данни, уеб услуги, локални растерни или векторни файлове. Векторните и растерните графични файлови формати могат да бъдат добавени под формата на информационни масиви, получени от: единични файлове (*.Shp, *.GeoTIFF и др.), изображения-мозайки(ImageMosaic), бази данни(PostGIS и др.) или отдалечени сървъри(WMS, WFS и др.).

За надеждно управление на множество файлове с геопространствени данни се препоръчва тяхното структуриране в база данни. За зареждане на отделен векторен или растерен файл е необходимо да се зададе само пътеката за локация, докато за конфигуриране на база данни е наложително да се окажат хостът и портът за кореспонденция, включително потребителското име и клиентската парола, а за зареждане на база данни е нужно да се премине през секцията „Data“ с подсекцията „ImportData“. Конкретното добавяне на индивидуални или групирани геоинформационни слоеве се осъществява от секцията за администриране на данни с подсекциите за дефиниране на: индивидуални слоеве (Layers), или групирани слоеве (LayerGroups) - използвани за базови картни подложки.

При необходимост от редактиране на слой, се извършва характеристична корекция в 4-те разделни полета, пряко свързани с неговото: ресурсно конфигуриране, информационно публикуване, дименционално отразяване и тайлово кеширане (Data, Publishing, Dimensions и TileCaching). Извършването на стилово оформление за публикуван слой се осъществява от секцията за администриране на данни с подсекцията за дефиниране на слоеве в „Publishing“ разделното поле на редактирания

слой [79]. GeoServer притежава универсални подходи за регистриране и анализиране на възникнали грешки.

Java-базираното картографско сървърно приложение на GeoServer осигурява възможността за точно предоставяне в уеб пространството на предварително стилизирани геопространствени данни от разнороден характер [92]. Същността на процедурното генериране на заявки с връщане на отговори се осъществява под формата на уеб услуги, визуално интерпретирани през клиентски уеб браузърни приложения от рода на OpenLayers.

3.7. Библиотека OpenLayers

OpenLayers е JavaScript библиотека с отворен код, която визуализира данните в браузъра като улеснява поставянето на динамична карта във всяка уеб страница [93]. OpenLayers може да визуализира: плочки на картата, векторни данни и маркери, заредени от всеки източник. OpenLayers е разработена за по-нататъшно използване на географска информация от всякакъв вид.

Библиотека OpenLayers поддържа GeoRSS, KML (Keyhole Markup Language), Geography Markup Language (GML), GeoJSON и картографски данни от всеки източник, използвайки OGC-стандарт като Web Map Service (WMS) или Web Feature Service (WFS).

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

ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на горски пожари и наводнения е приложена в проектите eOUTLAND в ДГС „Златоград“ и проект ALTER в Армения.

4.1. Приложение на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на горски пожари в ДГС „Златоград“

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 [94], разположени в общините Златоград, Мадан и Неделино. 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), [102].

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

Натура 2000 е общеевропейска мрежа от защитени територии, предназначена да осигури дългосрочно оцеляване на най-ценните и застрашени видове и местообитания за Европа в съответствие с основните международни договорености за опазване на околната среда и биоразнообразието [94]. Всички обекти са в рамките на екологичната мрежа и са дефинирани в съответствие с две от основните директиви на Европейския съюз за околната среда.

Община Златоград се намира в Южна България, в края на Източните Родопи, до последния родопски хълм, след което започва Беломорската равнина. Златоград е скрит в долината на река Върбица [95]. Релефът на общината е ниско и средно планински и се простира в югозападната част на Източните Родопи.

На Фигура 4.1 е представено - сателитно изображение на ДГС ”Златоград”.



Фигура 4.1. ДГС "Златоград" - сателитно изображение

Районът принадлежи към континентално-средиземноморския климатичен район, южнобългарския климатичен субрегион и нископланинския климатичен регион Източни Родопи. Температурата е континентална и преобладава в нископланинските райони, с подчертано влияние на Егейско море, докато в планинските райони има понижение на температурата, увеличаване на количеството на валежите и скоростта на вятъра.

Община Златоград се характеризира с изключително запазено биоразнообразие на флора и фауна. В горите най-разпространена е широколистната дървесна растителност - бук, габър, дъб, бреза и дрян, и иглолистни видове - смърч, ела, бял и черен бор. Животинският свят в района е свързан с централните алпийски животински видове.

Община Мадан се намира в източната част на област Смолян [96]. Релефът на общината е ниско и средно планински и се простира до крайната югозападна част на Източните Родопи и до малка част от Западните Родопи. Регионът на Мадан попада в континентално-средиземноморската зона, южнобългарският климатичен под регион,

Източните Родопи и нискоклиматичният район и частите над 1000 м надморска височина, в планински климатичен район на същия под район.

Община Мадан има непокътнати и досега природни местообитания за редица защитени растения и животни. В горите най-разпространена е широколистната дървесна растителност - бук, габър, дъб, бреза и дрян, а от иглолистните видове - смърч, ела, бял и черен бор. Животинският свят в района е свързан с централните алпийски животински видове.

Община Неделино се намира в югоизточната част на област Смолян [97]. Релефът на общината е ниско и средно планински и се простира в югозападната част на Източните Родопи. Районът принадлежи към континентално-средиземноморския климатичен район, южнобългарския климатичен субрегион и нископланинския климатичен регион Източни Родопи. Средно-континенталният климат преобладава в нископланинските райони с подчертано влияние на Егейско море, докато в планинските райони има понижение на температурата, увеличаване на количеството на валежите и скоростта на вятъра. Община Неделино се характеризира със запазено биоразнообразие, непокътнати и досега природни местообитания за редица защитени растения и животни. В горите най-разпространена е широколистната дървесна растителност - бук, габър, дъб, бреза и дрян, и иглолистни видове - смърч, ела, бял и черен бор. Животинският свят в района е свързан с централните алпийски животински видове [104].

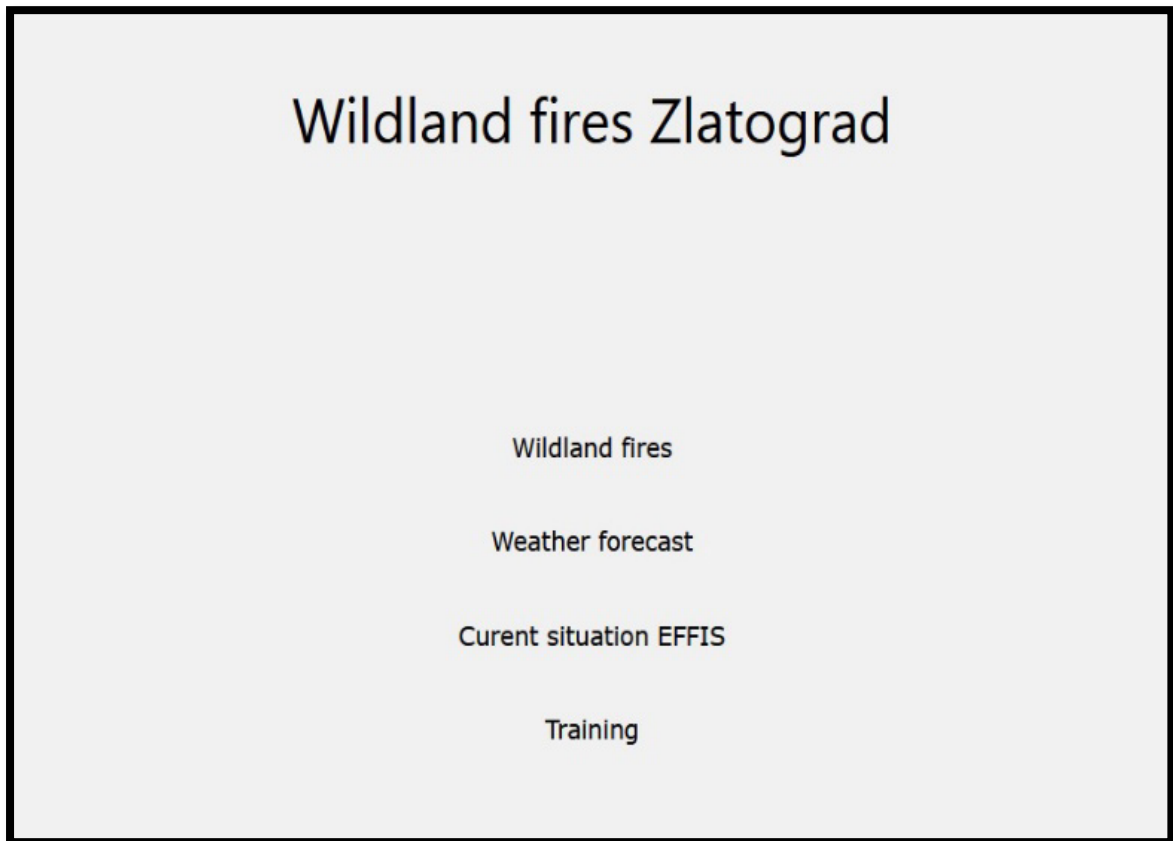
На Фигура 4.2 е показан OpenStreetMap изглед на ДГС „Златоград“.



Фигура 4.2. ДГС „Златоград“ OpenStreetMap изглед

4.1.2. Описание и реализация на Уеб приложение подпомагащо вземането на решения в случаи на горски пожари

При стартиране на Уеб приложението от index.html се отваря началният екран на ИС (Фигура 4.3), който е разработен с програмен код представен в Приложение 2 и Приложение 3.



Фигура 4.3. Главно меню на Уеб приложението

От главното меню може да се изберат следните бутони:

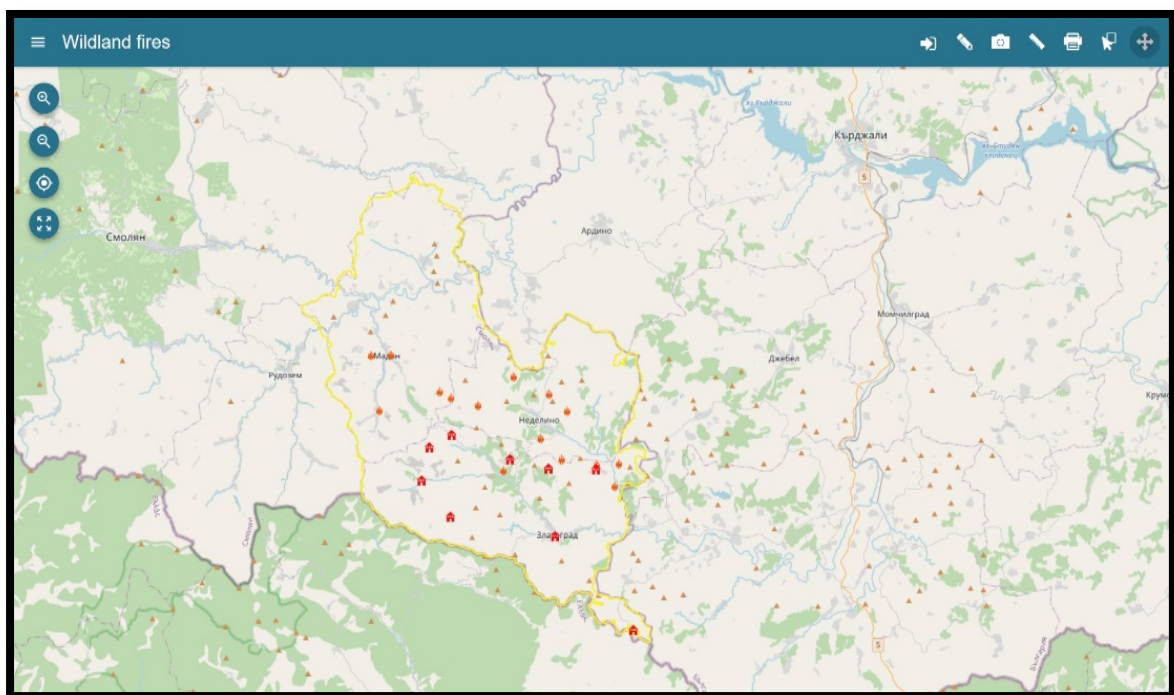
- Wildland fires;
- Weather forecast;
- Current sitiation EFFIS;
- Trainig.

От бутон „Wildland fires“ се стартира уеб приложението подпомагащо вземането на решения в случай на горски пожари Приложение 1.

HTML кодът, който зарежда Уеб приложението от (Фигура 4.4) е:

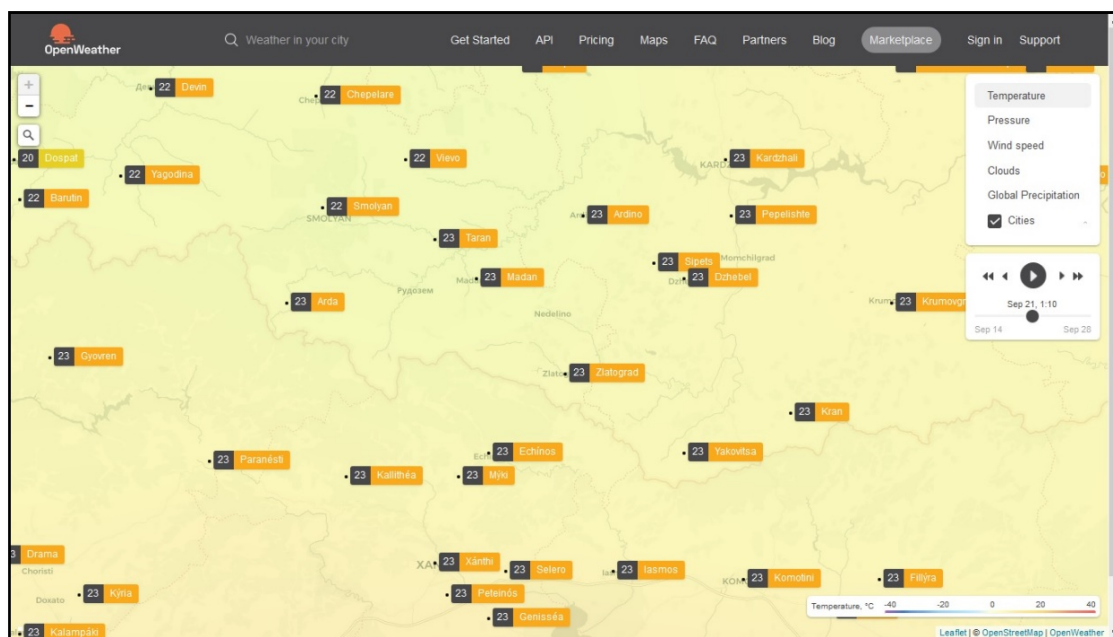
```
<!DOCTYPE html>
```

```
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>Wildland fires Zlatograd</title>
  <link rel="stylesheet" href="css/components.min.css">
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="app.css">
  <script
src="https://cdn.polyfill.io/v2/polyfill.min.js?features=Intl.~locale.en,Object.assign,Array.
prototype.find"></script>
</head>
<body>
  <div id='main'></div>
  <script src="app.js"></script>
</body>
</html>
```



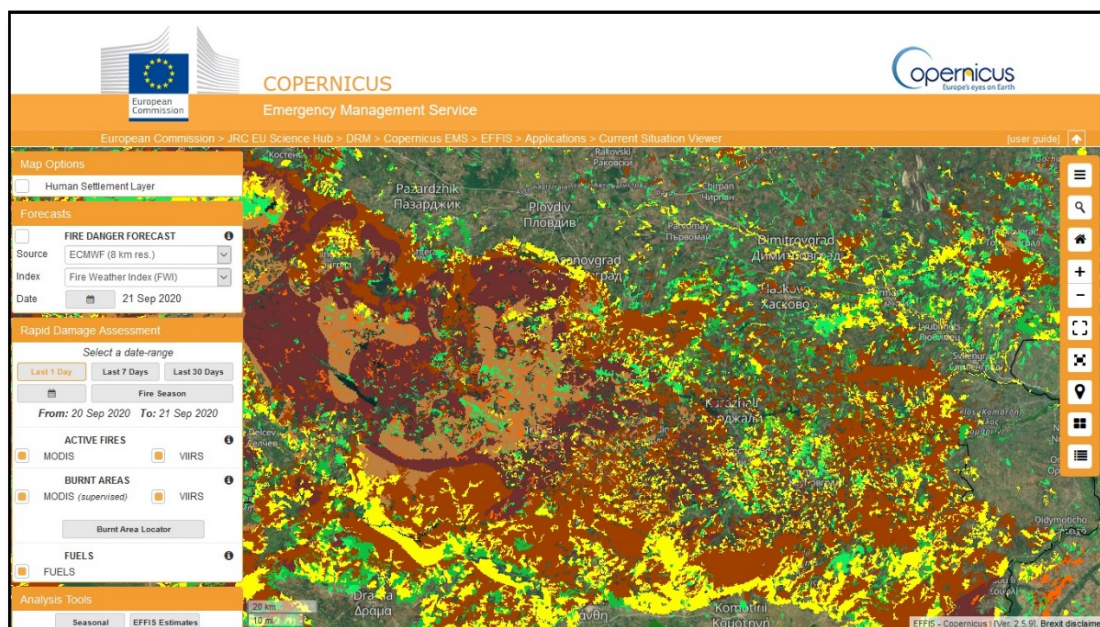
Фигура 4.4. Основен екран на Уеб приложението „Wildland fires“

Бутон „Weather forecast“ предоставя информация за времето, както и различни прогнози, посредством платформата OpenWeatherMaps (Фигура 4.5), [98].



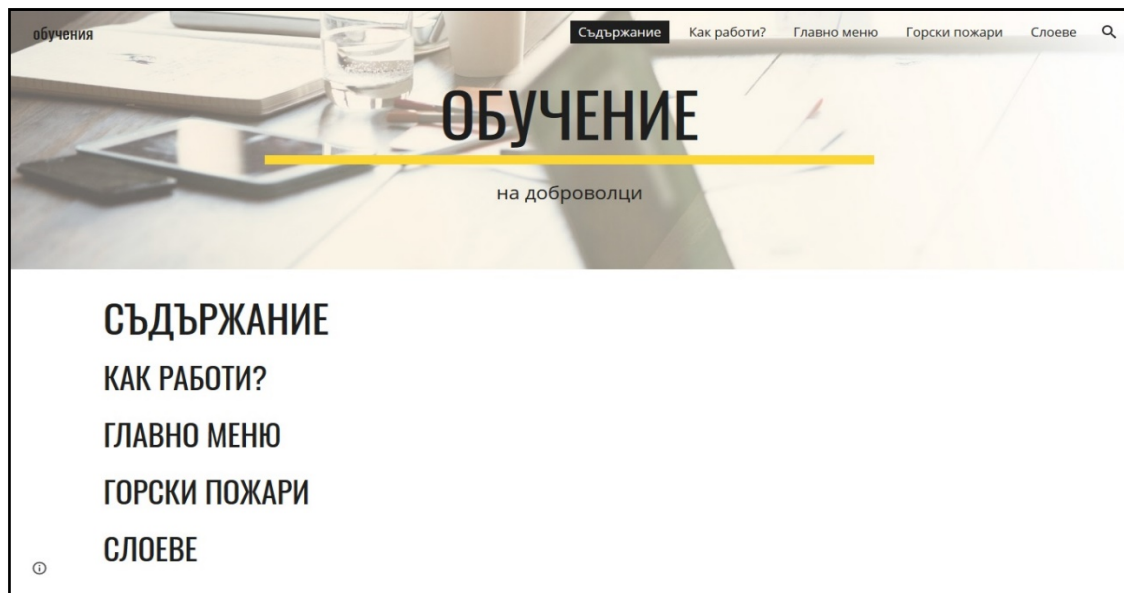
Фигура 4.5. Начален екран на OpenWeatherMaps

Бутон “*Current situation EFFIS*” води към Европейската информационна система за горските пожари (EFFIS) за детайлна информация за положението базирано на спътникови снимки (Фигура 4.6).



Фигура 4.6. Начален екран на Европейската информационна система за горските пожари (EFFIS)

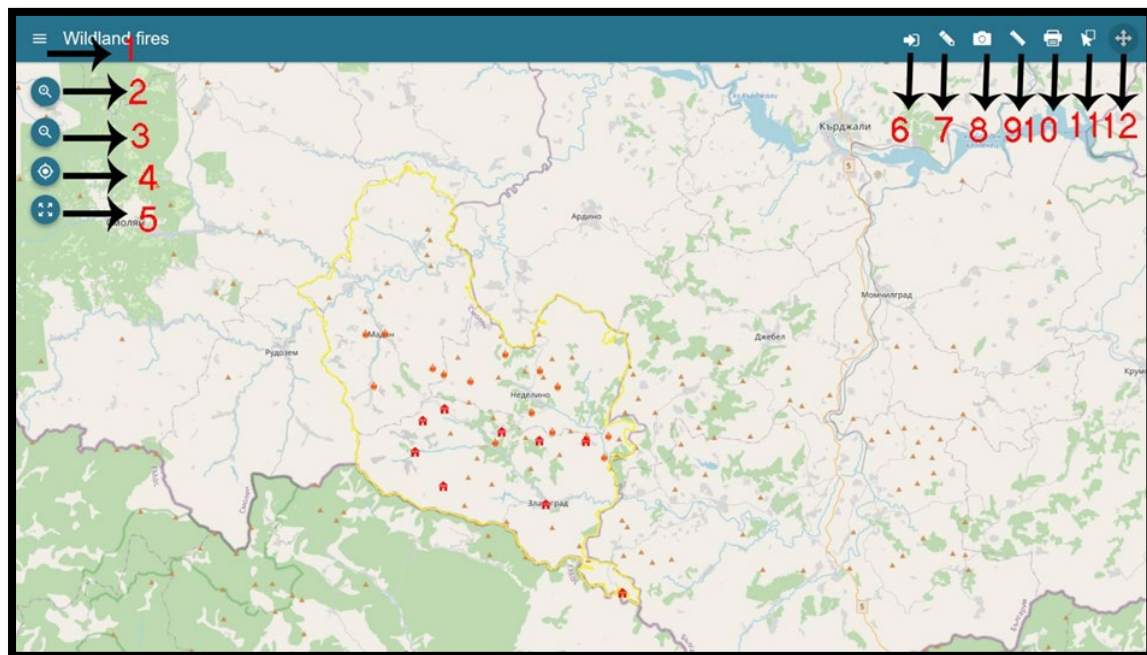
Бутон „Training“ дава достъп на потребителите до интерактивни материали и уроци за начина по който функционира приложението за горски пожари (Фигура 4.7).



Фигура 4.7. Начален екран на веб страницата с разработените обучителни материали

4.1.2.1. Основни функционалности на Уеб приложението за горски пожари

Основни функционалности на Уеб приложението за горски пожари (Фигура 4.8):



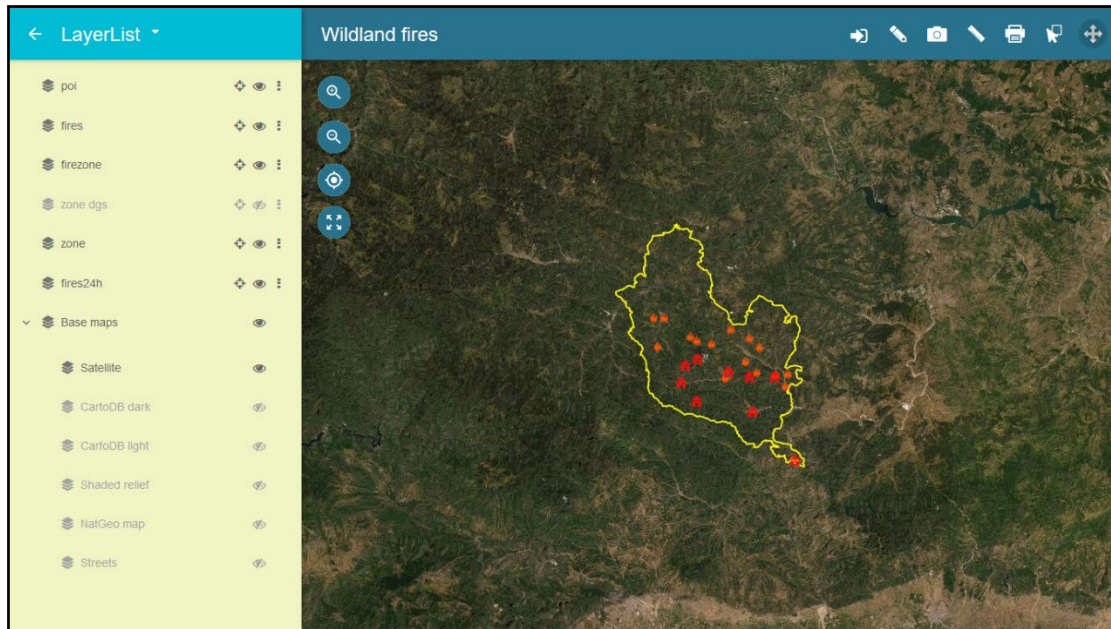
Фигура 4.8. Основни функции на Уеб приложението за горски пожари

- **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

4.1.3. Работа със слоеве

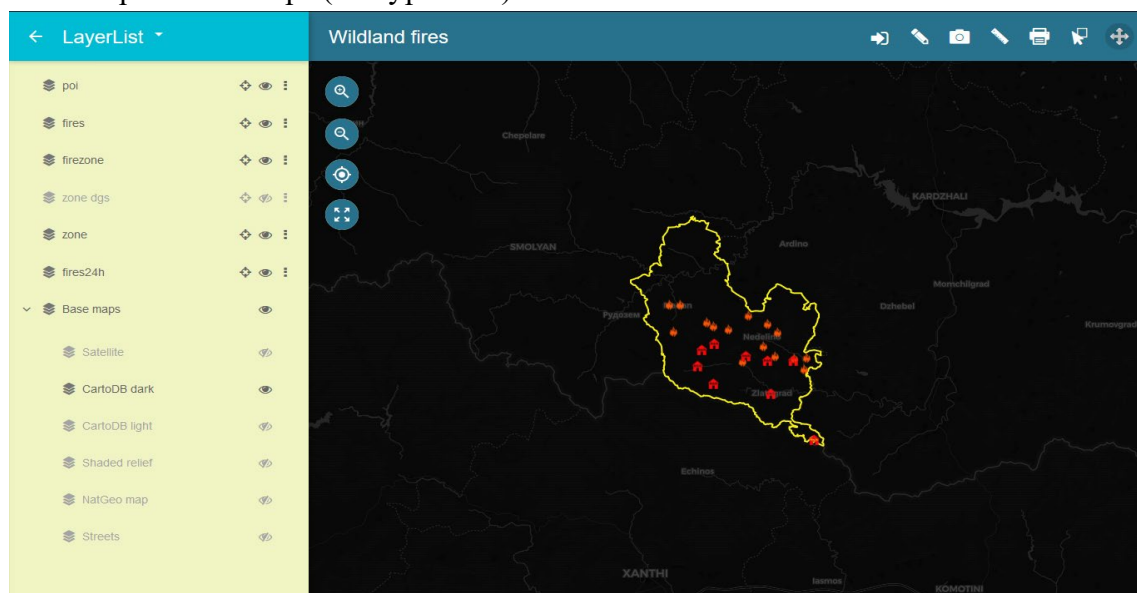
Работа със слоеве включва избор на подложка /базов слой/ като базовите слоеве могат да бъдат избирани от потребителя.

- Първият слой е сателитно изображение на карта (Фигура 4.9) и се предоставя с отворен код от Esri ArcGIS open data [99].



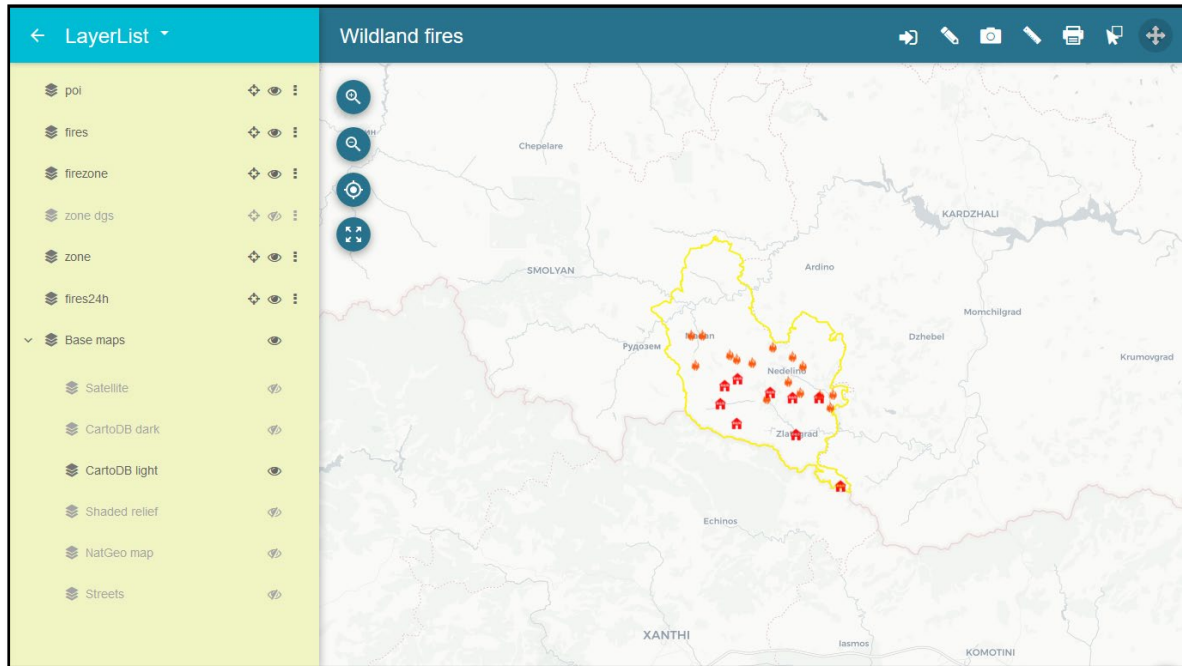
Фигура 4.9. Карта - сателитно изображение

- Вторият слой е вариант на пътна карта в тъмен цвят се предоставя от OpenStreetMaps (Фигура 4.10):



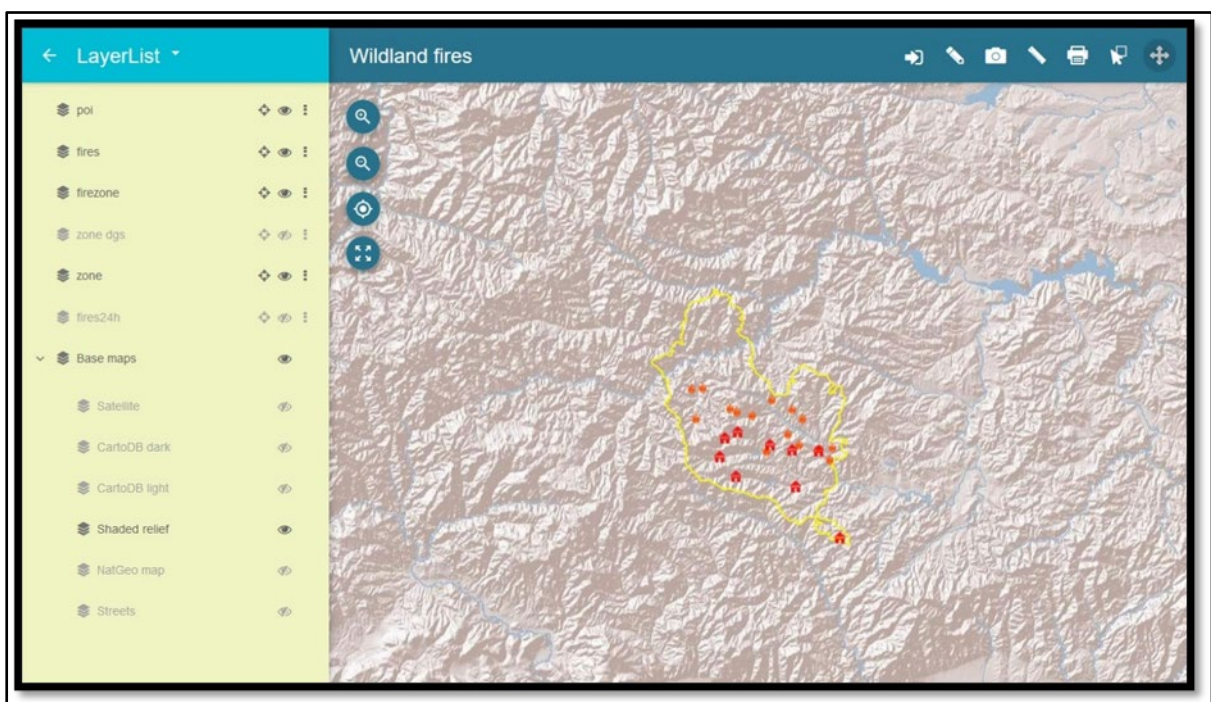
Фигура 4.10. Пътна карта в тъмен цвят

- Третият слой е вариант на пътна карта в светъл цвят (Фигура 4.11) и се предоставя от OpenStreetMaps [100];



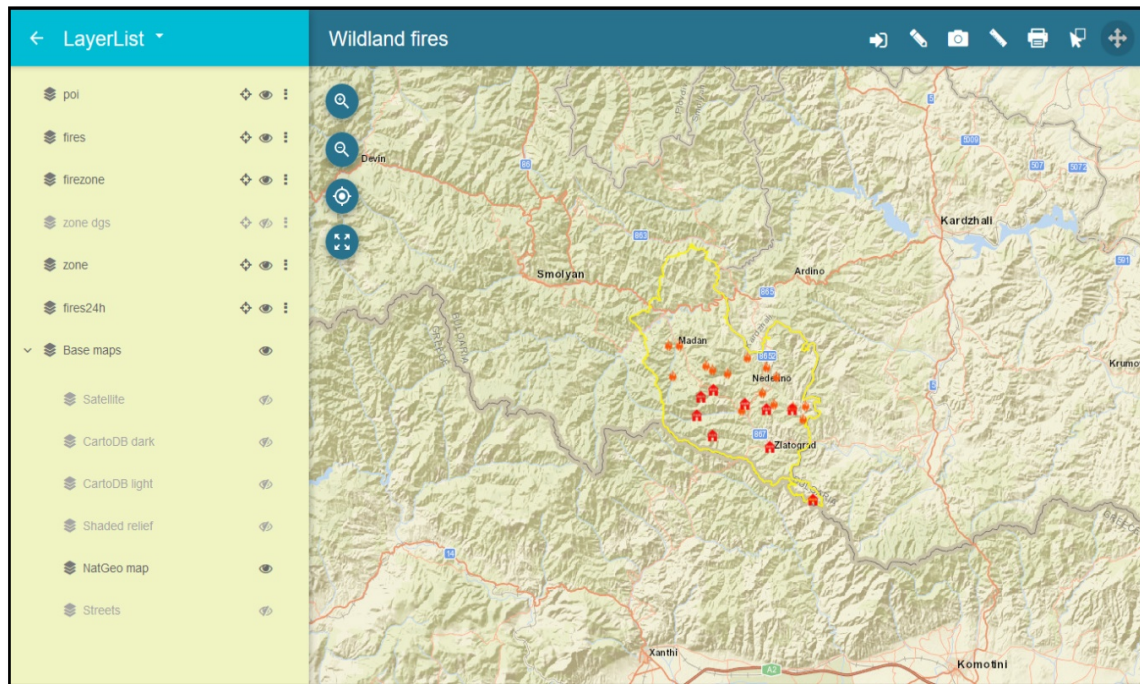
Фигура 4.11. Пътна карта в светъл цвят (OpenStreetMaps)

- Четвъртият слой е карта на релефа (Фигура 4.12) и се предоставя с отворен код от Esri ArcGIS open data;



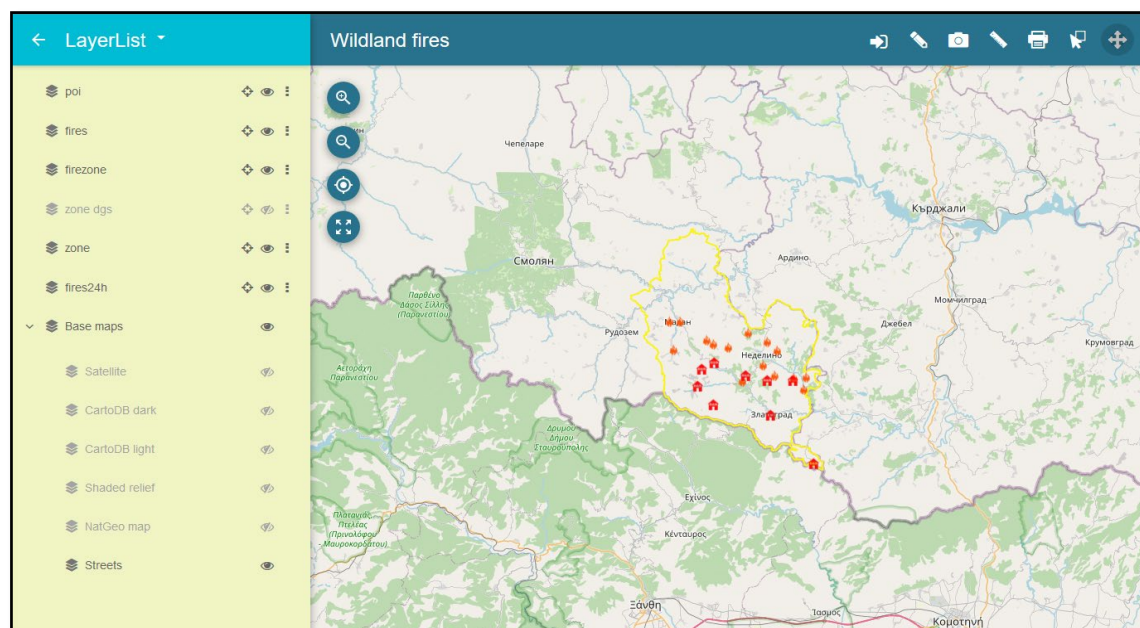
Фигура 4.12. Базов слой - карта на релефа (Esri ArcGIS open data)

- Петият слой е вариант на пътна карта разработена от National Geographic (Фигура 4.13) и се предоставя с отворен код от Esri ArcGIS open data;



Фигура 4.13. Пътна карта разработена (от National Geographic, Esri ArcGIS open data)

- Шестият слой е стандартна пътна карта (Фигура 4.14) и се предоставя от OpenStreetMaps;

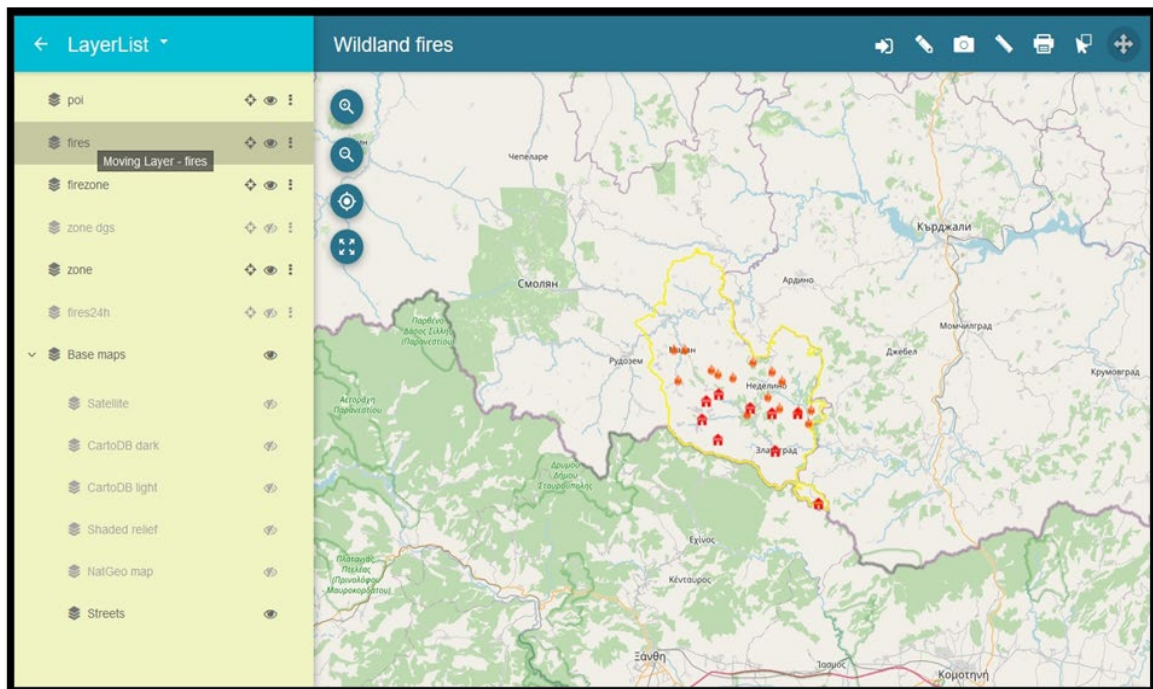


Фигура 4.14. Пътна карта от OpenStreetMaps

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 (Фигура 4.15).



Фигура 4.15. Смяна на реда на слой

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 (Фигура 4.16):

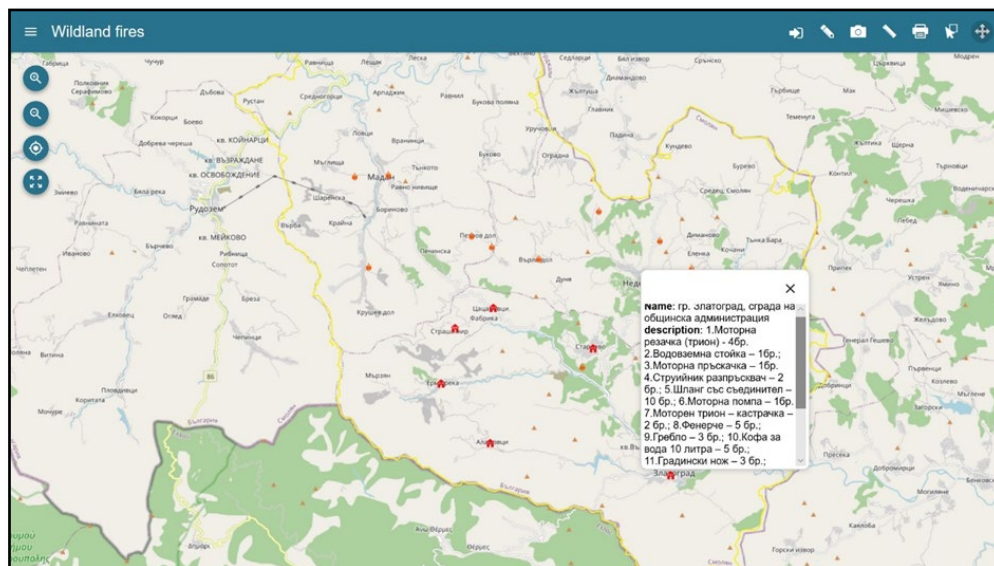
1. Приближение – бутонът дава възможност на потребителя да навигира до избрания слой, като при натискане екранът максимално детайлно се приближава до избрания слой;
2. Включване – този бутон позволява на потребителя да включва или изключва даден слой в зависимост от нуждите;
3. Допълнително меню – бутонът 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 свали 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.



Фигура 4.16. Работа със слоеве

В Уеб приложението има Pop up функция (Фигура 4.17) 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 4.17. Pop up функция

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



Фигура 4.18. Хранилище за материали и инструменти

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.

4.2. Приложение на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на наводнения

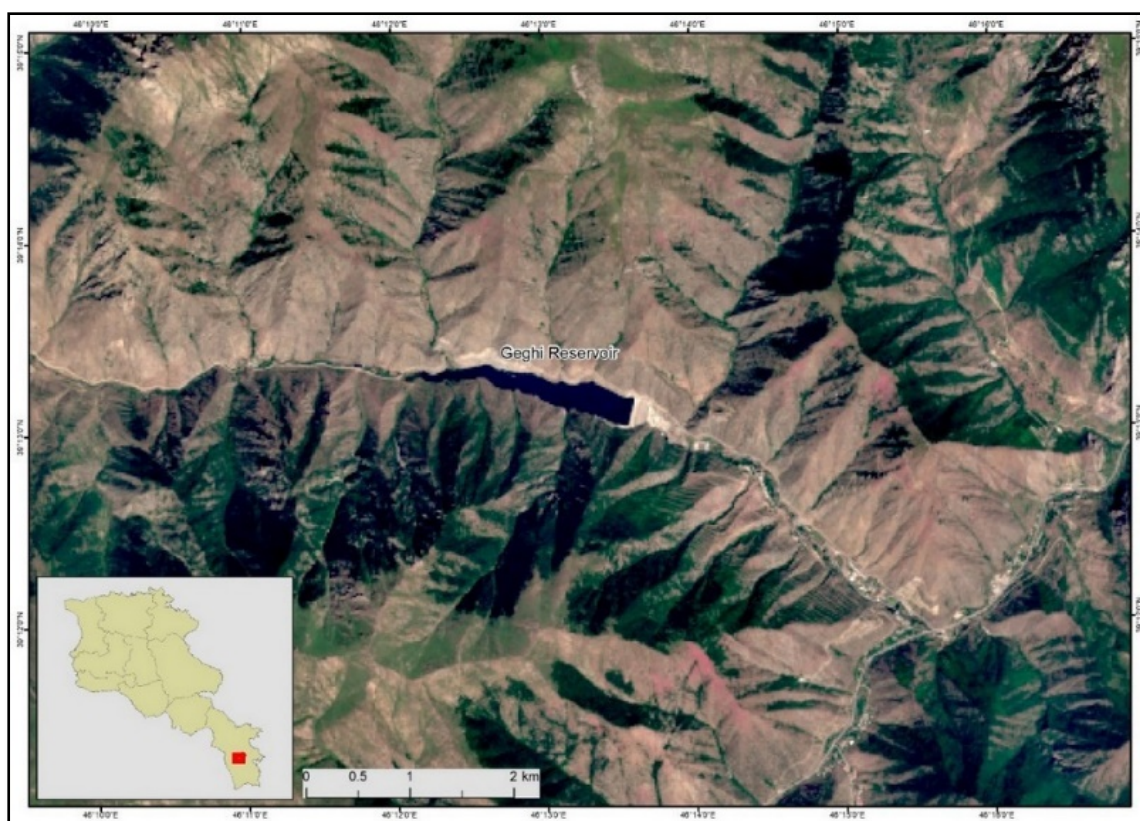
Уеб приложението на ИС, подпомагаща вземането на решения в оперативна зала в случаи на наводнения е фокусирано върху специфични тестови зони. Те обхващат язовирът Геги и хвостохранилището Гегануш в Армения. То е разработено в рамките на DG ECHO проект: “Alliance for disaster Risk Reduction in Armenia” with acronym: ALTER and Grand Number: 783214 [103].

4.2.1. Обща информация за тестовата зона в Армения и реализация на приложението за наводнения

Тестовата зона на ИС, подпомагаща вземането на решения в случаи на наводнения е район „Сюник“ в Армения. Този район се намира на около 300 км югоизточно от Ереван и има население от около 45 000 души. В него са разположени някои от най-интензивните минни дейности в Армения и две от най-големите хвостохранилища в Армения – „Арцваник“ и „Гегануш“.

Язовирът „Геги“ се намира в района „Сюник.“ Водоемът е разположен на река Геги, ляв приток на река Вогджи. Максималното заустване на нивото на водата се случва през пролетта. Поради височината на района, топенето на снега се увеличава постепенно, както и нивото на реката и язовира. Снежното топене обикновено продължава от март до август (официално използвани източници на Арменската държавна служба по хидрометеорологични и мониторингови наблюдения).

На Фигура 4.19 е показана картата на Язовир „Геги“, Армения.



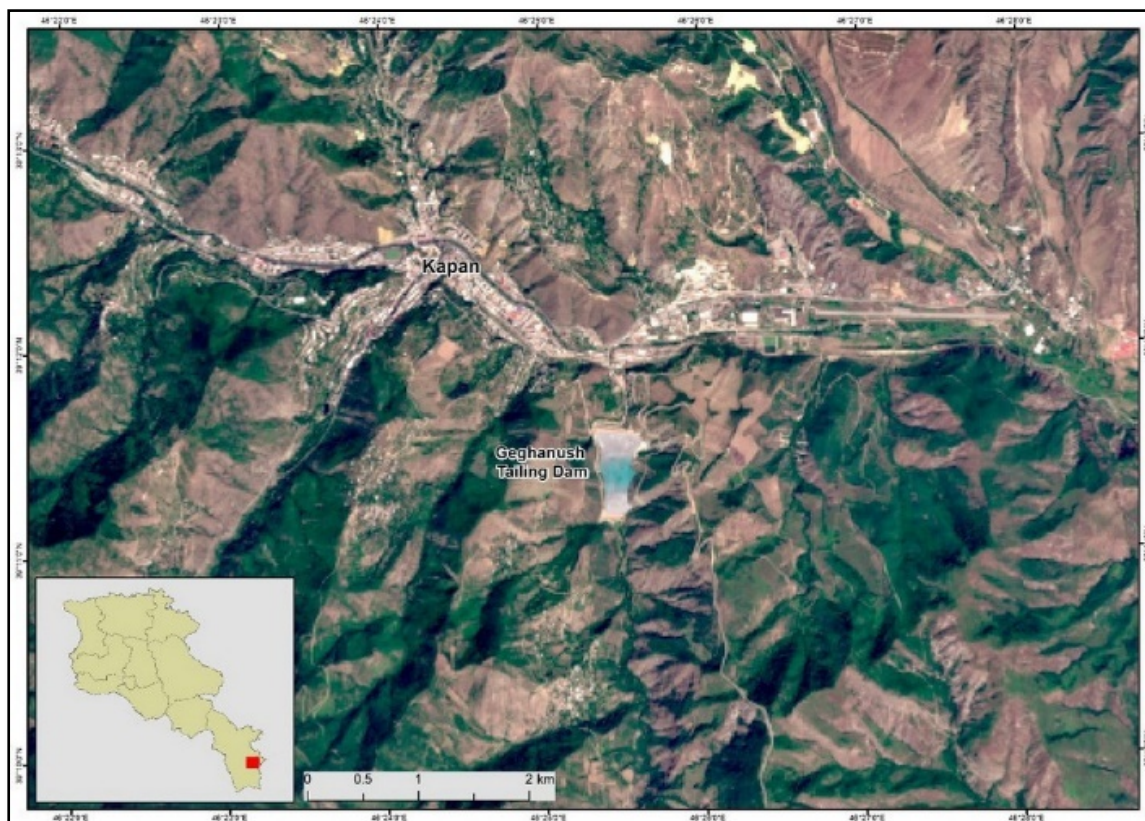
Фигура 4.19. Карта –Язовир „Геги“, Армения

Повърхността на резервоара „Геги“ е 50 хектара, а надморската височина е близо 1400 м. Височината на язовирната стена е 70 м, а дължината по гребена е 270 м. Общият обем на резервоара е 15 милиона кубически метра, но ефективният обем е

около 12 милиона кубически метра. Близко 4300 души ще бъдат засегнати в случай на разкъсване на язовирната стена.

Хвостохранилището „Гегануш“ се намира в дефилето на река „Гегануш“, в южната част на град Капан. Разликата в относителните височини между хвостохранилището, от една страна, и градските сгради и транспортната инфраструктура, от друга страна, е 75 метра. В случай на разкъсване на язовирната стена поради земетресение, плъзгащата се маса може да покрие индустриални и жилищни сгради, а в резултат на бараж замърсената вода може да наводни централните квартали на града. Съществуващото хвостохранилище „Гегануш“ е проектирано в началото на 60-те години и е експлоатирано между 1962 и 1983 г., когато е пуснато в експлоатация хвостохранилище Кайран. Хвостохранилището Гегануш е въведено отново в експлоатация през 2006 г. след приключване на диверсионните работи и продължава да се използва и днес, заедно с разширение нагоре по течението, което е в процес на изграждане. Обемът на хвостохранилището е 5,4 милиона м³, а височината на язовирната стена е 21,5 м.

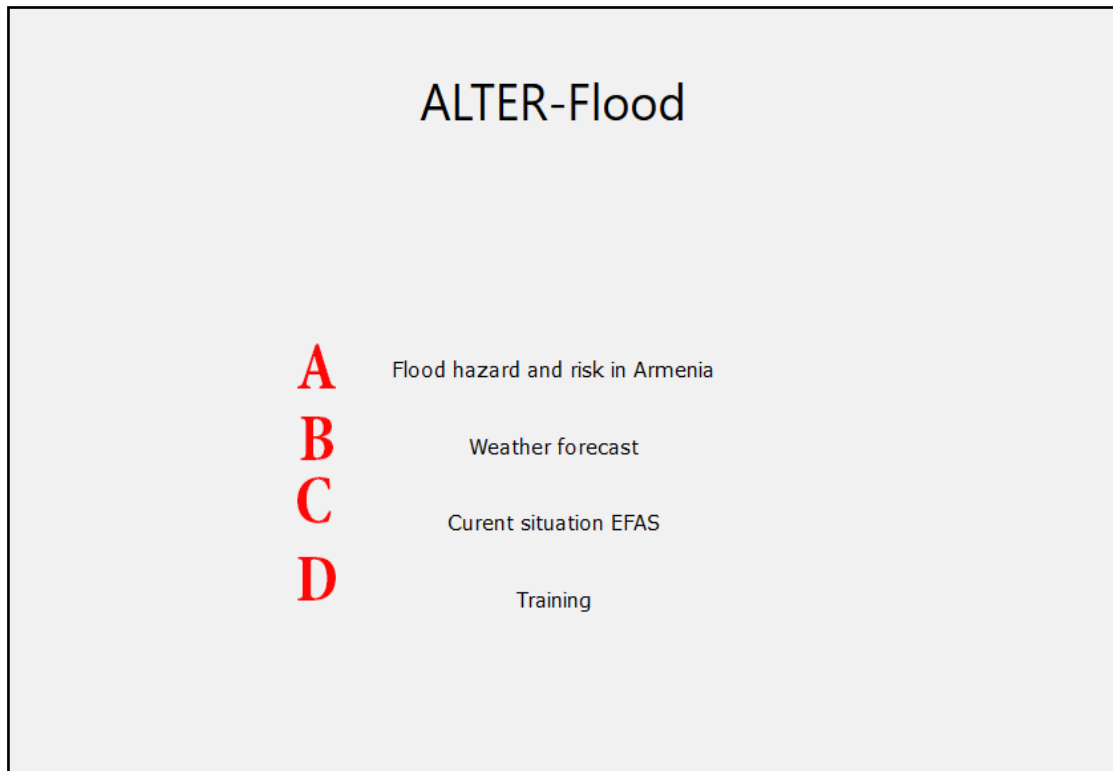
На Фигура 4.20 е показана картата на хвостохранилище „Гегануш“.



Фигура 4.20. Хвостохранилище „Гегануш“

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 [107].

При стартиране на ИС от index.html се отваря началният екран на ИС (Фигура 4.21). Тя е разработена с програмен код представен в Приложение 5 и Приложение 6.



Фигура 4.21. Начален екран на Уеб приложението за наводнения

От главното меню може да се избера следните бутони:

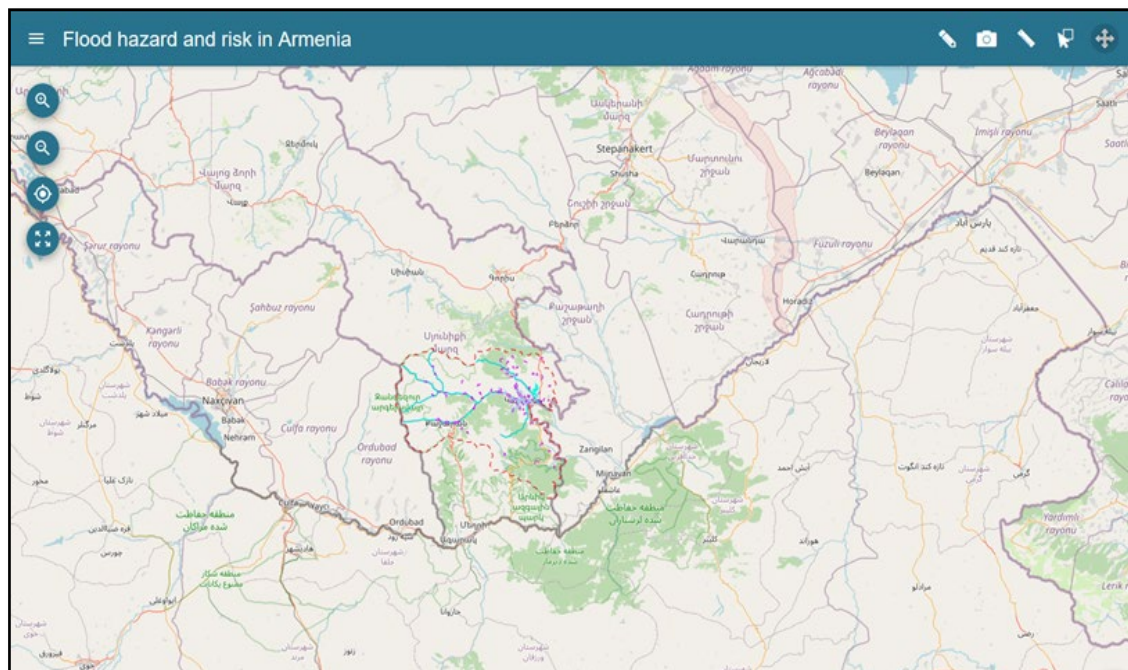
- Flood hazard and risk in Armenia;
- Weather forecast;
- Current situation EFAS;
- Training.

От бутон „Flood hazard and risk in Armenia“ се стартира уеб приложението, подпомагащо вземането на решения в оперативна зала в случаи на наводнение, Приложение 4.

HTML кодът, който зарежда Уеб приложението (Фигура 4.22) е:

```
<!DOCTYPE html>
```

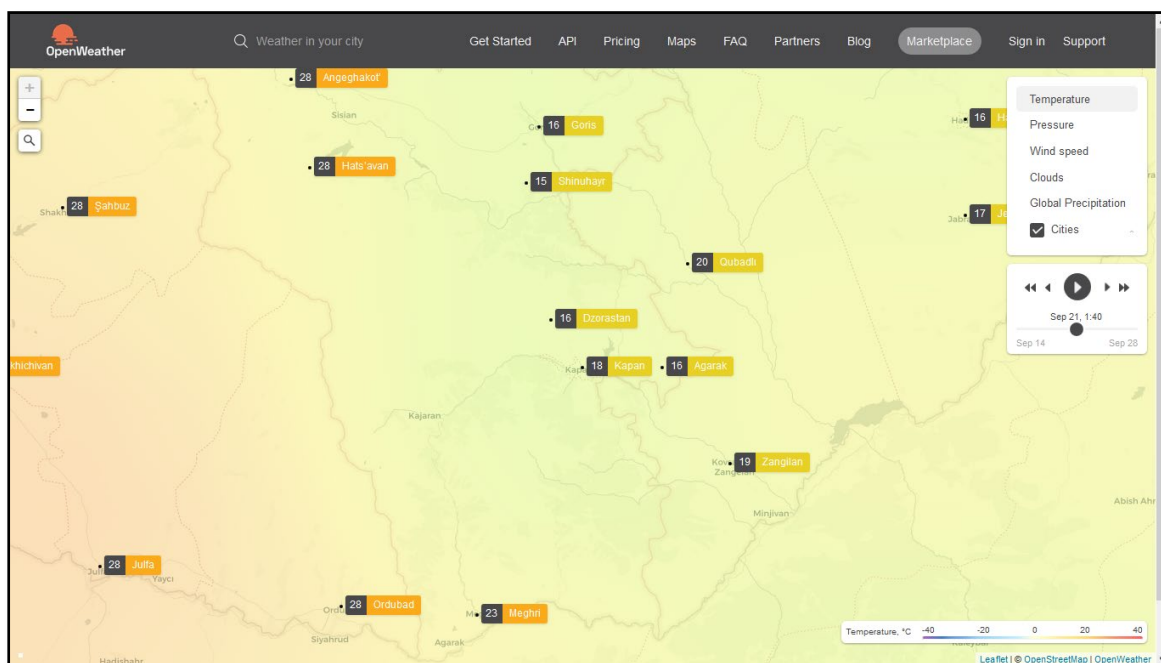
```
<html lang="en">  
<head>  
  <meta charset="UTF-8">  
  <title>Flood hazard and risk in Armenia</title>  
  <link rel="stylesheet" href="css/components.min.css">  
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="app.css">  
  <script  
src="https://cdn.polyfill.io/v2/polyfill.min.js?features=Intl.~locale.en,Object  
.assign,Array.prototype.find"></script>  
</head>  
<body>  
  <div id='main'></div>  
  <script src="app.js"></script>  
</body>  
</html>
```



Фигура 4.22. Начален екран на Уеб приложението „Flood hazard and risk in Armenia“

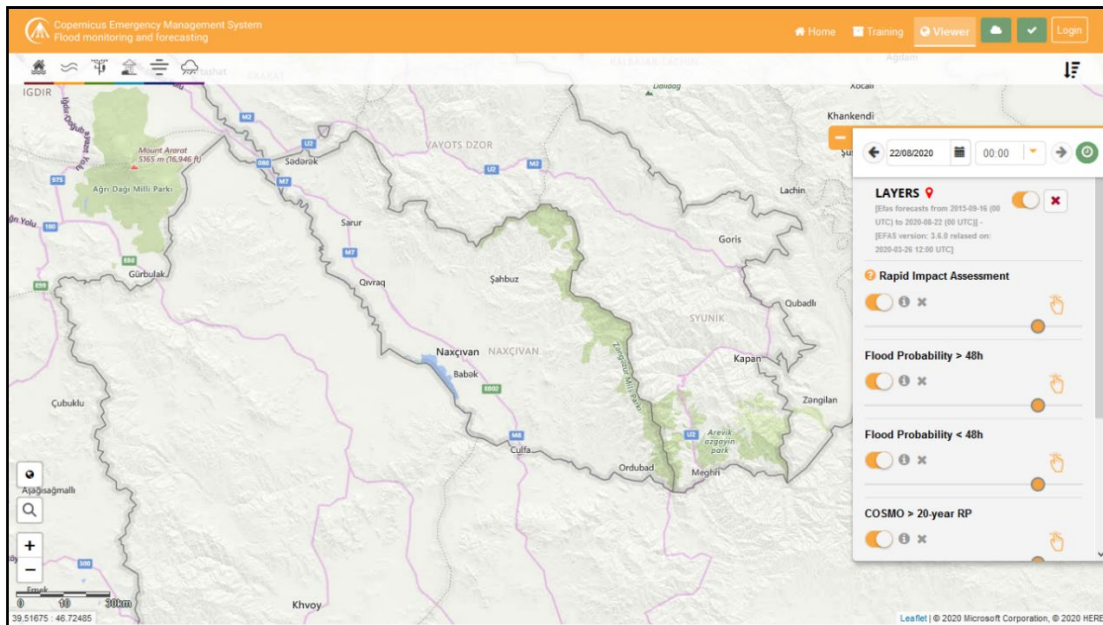
Приложението за наводнения има за цел да визуализира как ще се разпространи приливната вълна в случай на наводнение. То показва най-уязвимите сгради като училища, детски градини и т.н. Приложението предоставя информация за най-близките и застрашени сгради. Така то предоставя необходимите данни и информация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

Бутон „*Weather forecast*“ предоставя информация за времето както и различни прогнози (Фигура 4.23).



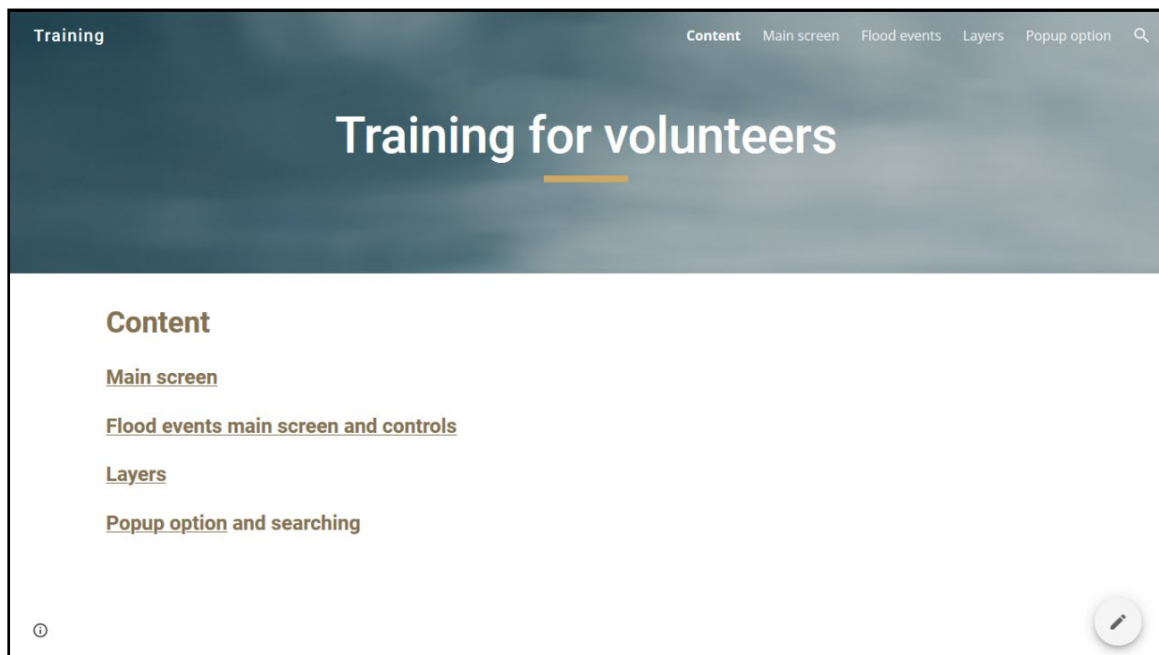
Фигура 4.23. Начален екран на OpenWeatherMaps

Бутон „*Current situation EFAS*“ прераща към началния екран на Европейската информационна система за наводненията – (EFAS)(Фигура 4.24) за детайлна информация за положението, базирано на спътникови снимки.



Фигура 4.24. Начален екран на Европейската информационна система за наводненията – (EFAS)

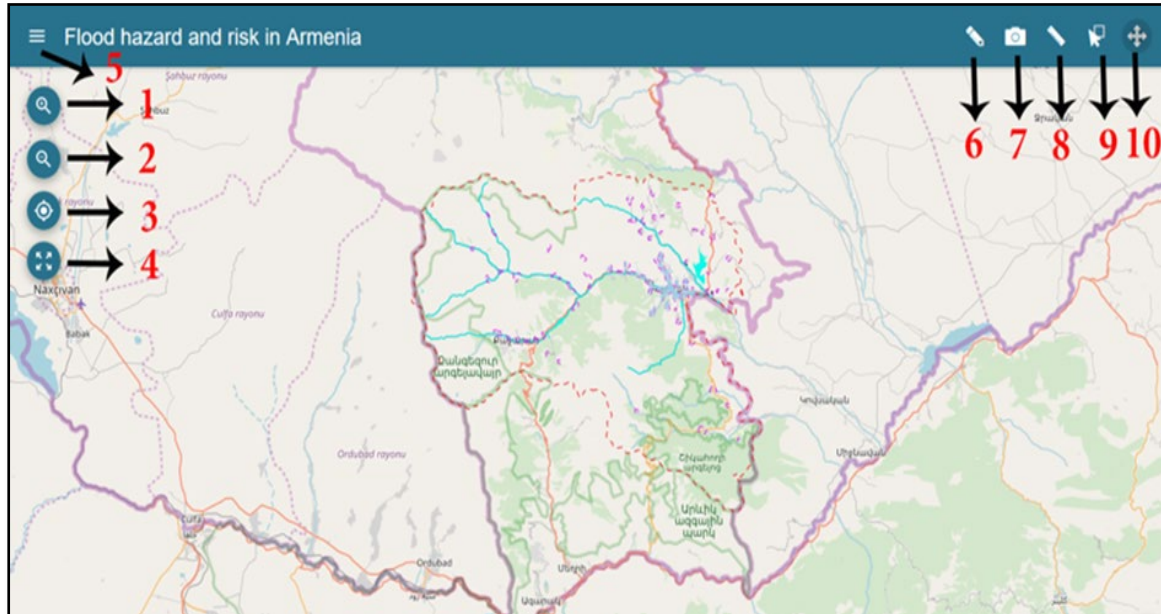
„Бутонът *Training*“ дава достъп на потребителите до интерактивни материали и уроци показана на Фигура 4.25.



Фигура 4.25. Начален екран на уеб страницата с разработените обучителни материали

4.2.2. Основни характеристики на приложението за наводнения

Основни характеристики на приложението за наводнения е показано на Фигура 4.26.



Фигура 4.26. 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.

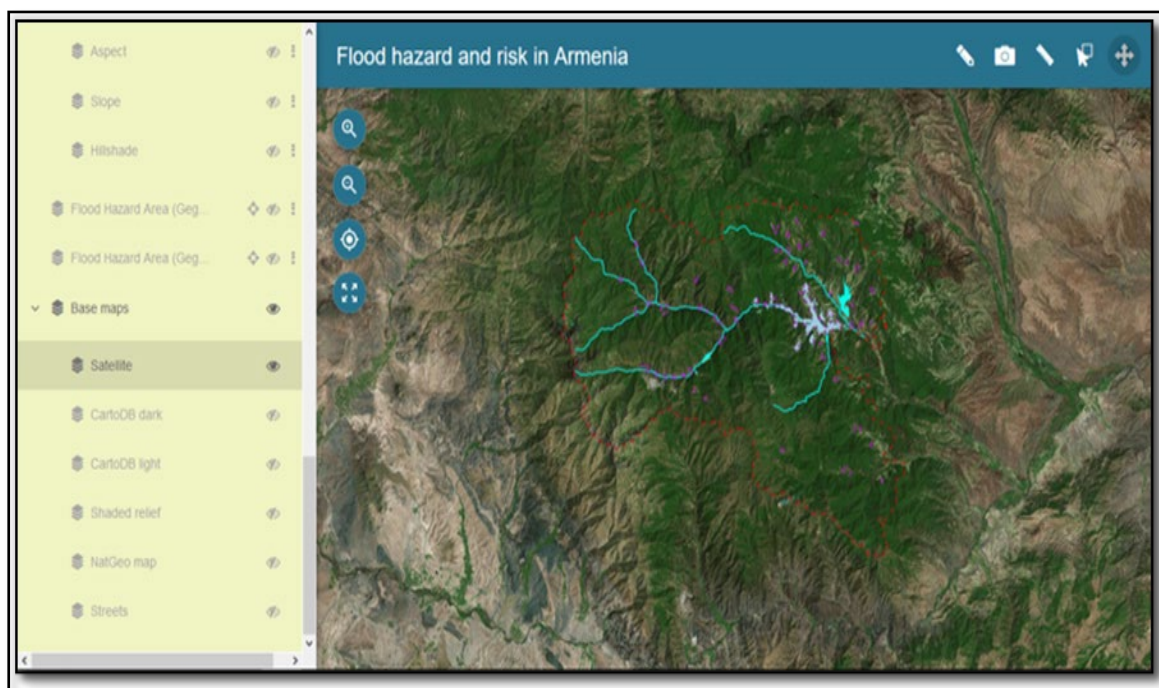
6. Функция за чертане – дава възможност на потребителя бързо да добави нов обект (заливна зона) към съществуващ слой, който да се изобрази в реално време или да бъде запаметен за по-късни анализи.
7. Функция за снимка – дава възможност за експортиране на карта във формат на снимка.
8. Функция за измерване – 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

Работа със слоеве

Базови ГИС слоеве в приложението:

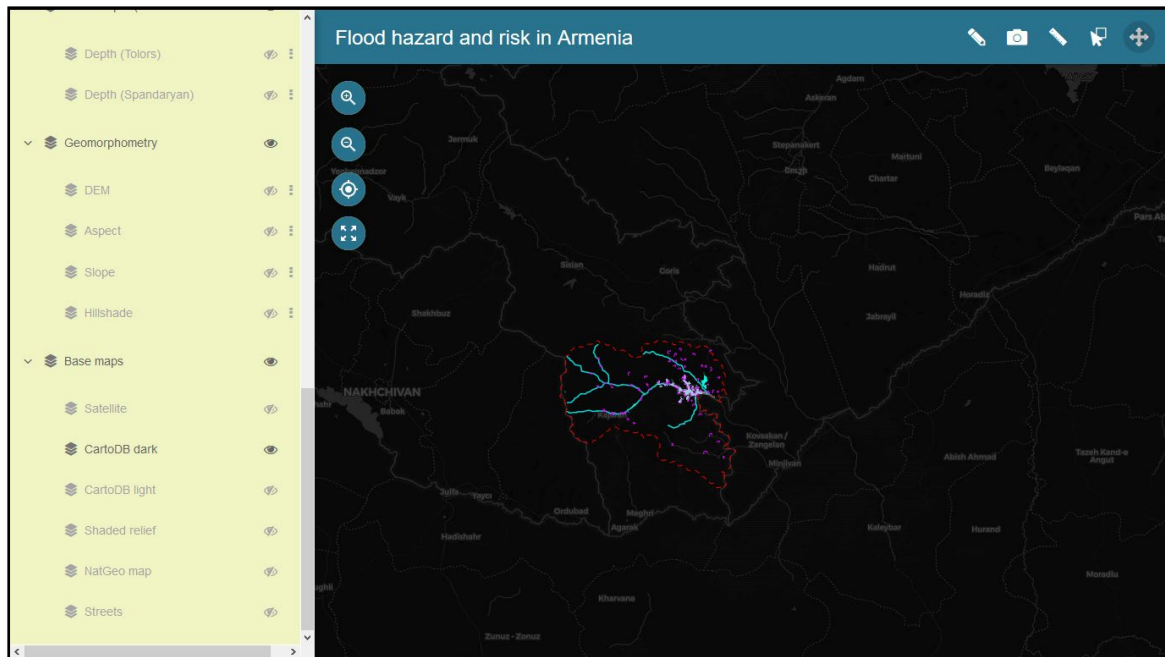
Базовите слоеве могат да бъдат променяни спрямо изискванията на потребителя. Те са шест на брой:

- Първият слой е карта със сателитно изображение и се предоставя с отворен код от Esri ArcGIS open data (Фигура 4.27);



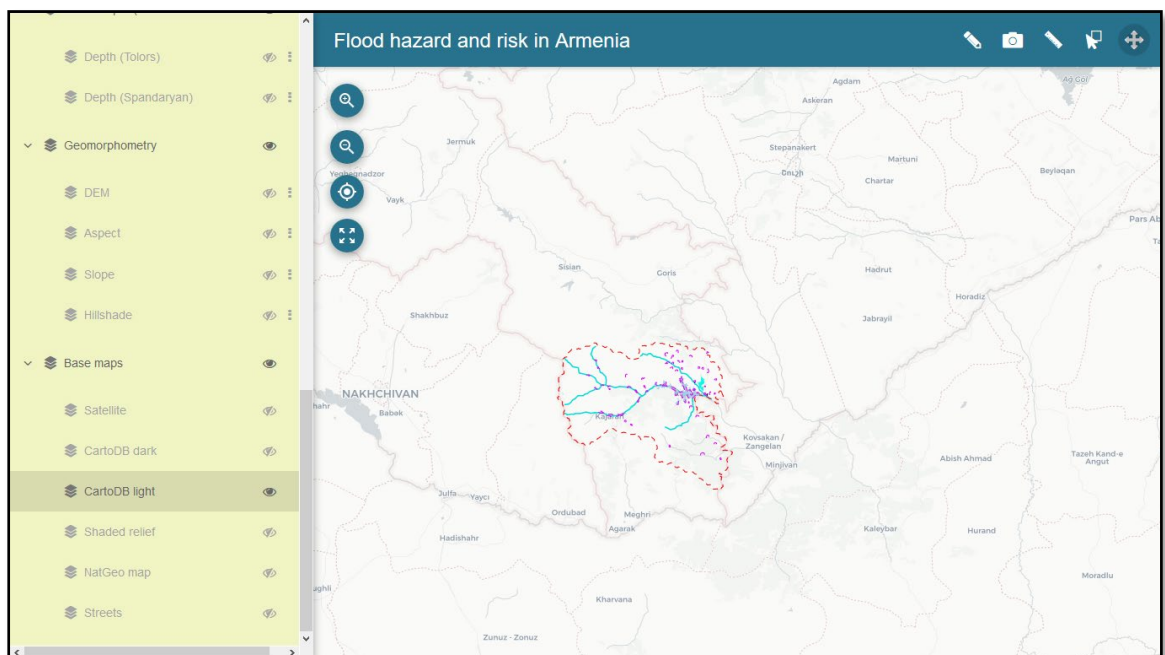
Фигура 4.27. Карта със сателитно изображение (от Esri ArcGIS open data)

- Вторият слой е вариант на пътна карта в тъмен цвят и се предоставя от OpenStreetMaps (Фигура 4.28);



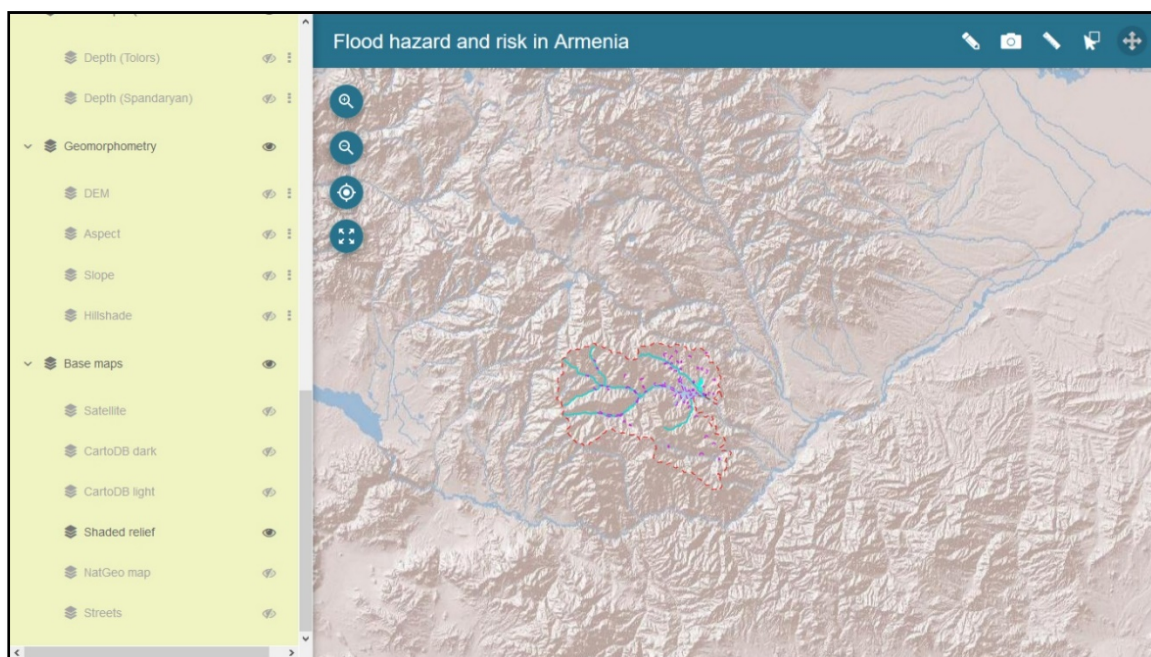
Фигура 4.28. Пътна карта в тъмен цвят (от OpenStreetMaps)

- Третият слой е вариант на пътна карта в светъл цвят и се предоставя от OpenStreetMaps (Фигура 4.29);



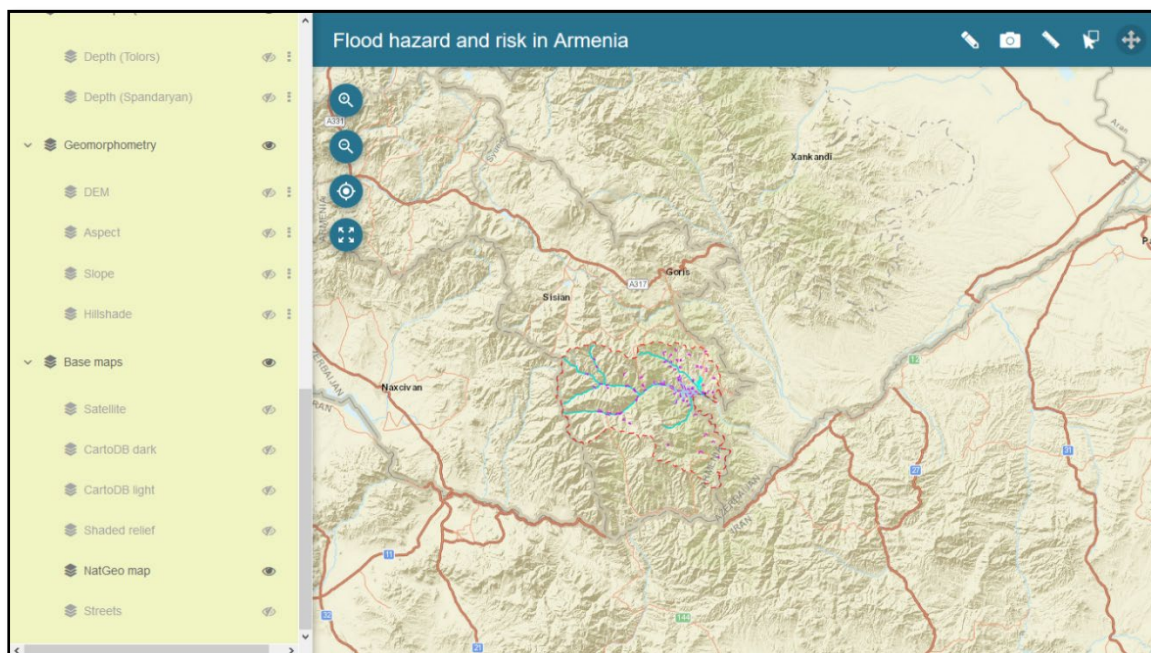
Фигура 4.29 Пътна карта в светъл цвят (от OpenStreetMaps)

- Четвъртият слой е карта на релефа и се предоставя с отворен код от Esri ArcGIS open data (Фигура 4.30);



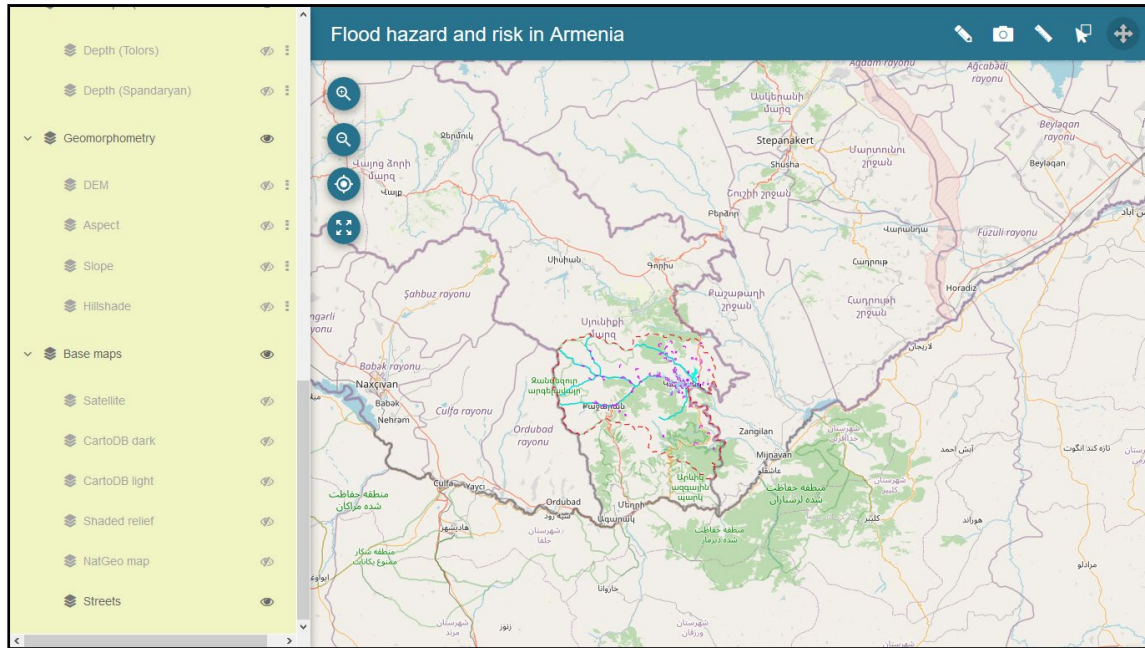
Фигура 4.30. карта на релефа (от Esri ArcGIS open data)

- Петият слой е вариант на пътна карта разработена от National Geographic и се предоставя с отворен код от Esri ArcGIS open data (фигура 4.31);



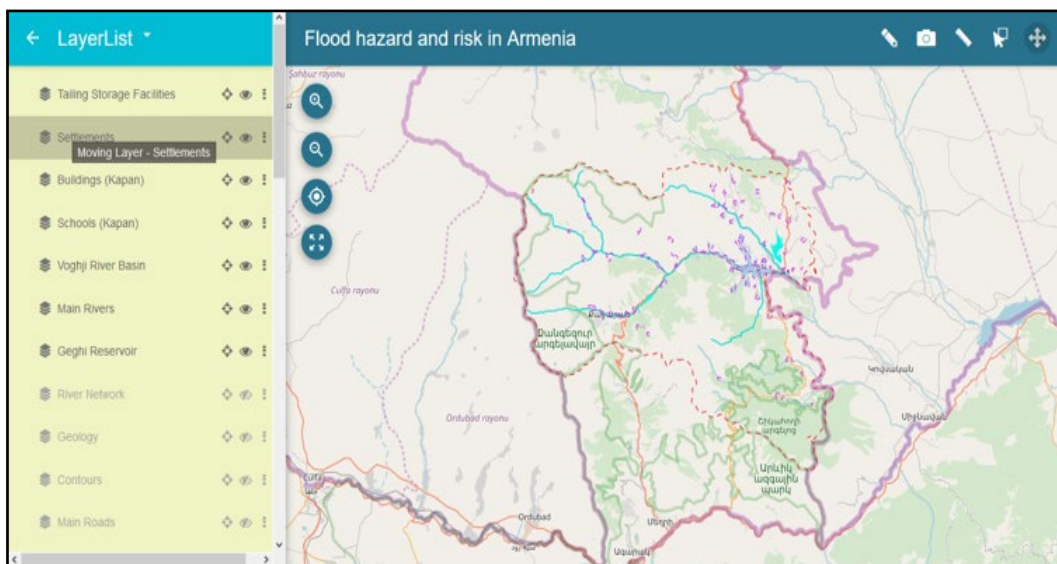
Фигура 4.31. Пътна карта разработена от National Geographic (от Esri ArcGIS open data)

- Шестият слой е стандартна пътна карта и се предоставя от OpenStreetMaps (Фигура 4.32);



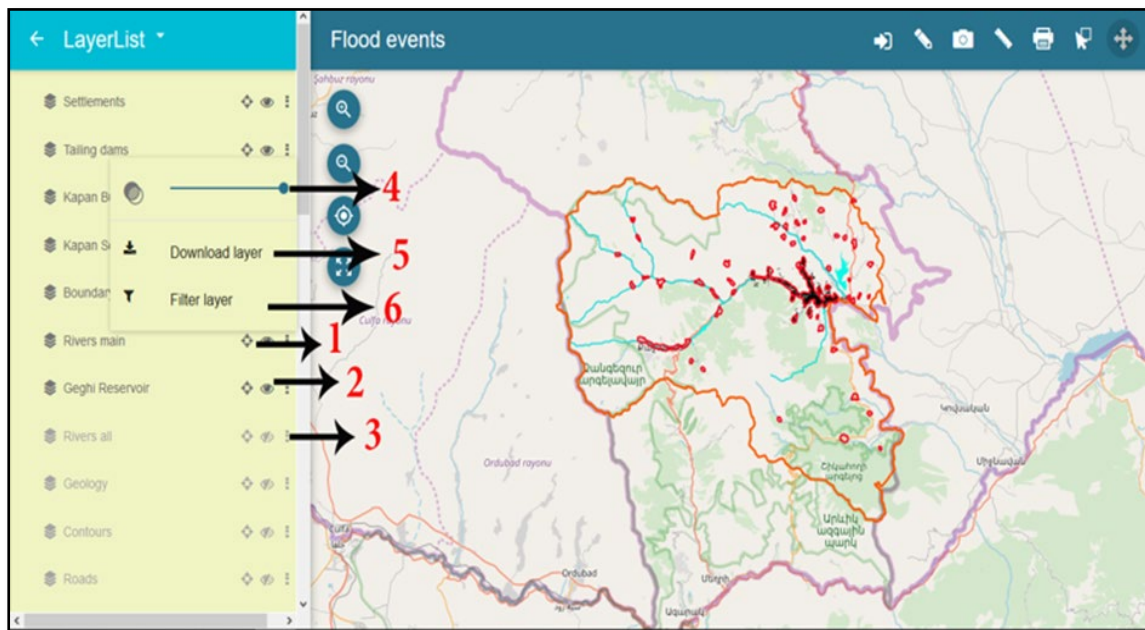
Фигура 4.32. Стандартна пътна карта (от OpenStreetMaps)

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 (Фигура 4.33).



Фигура 4.33. Промяна реда на слой

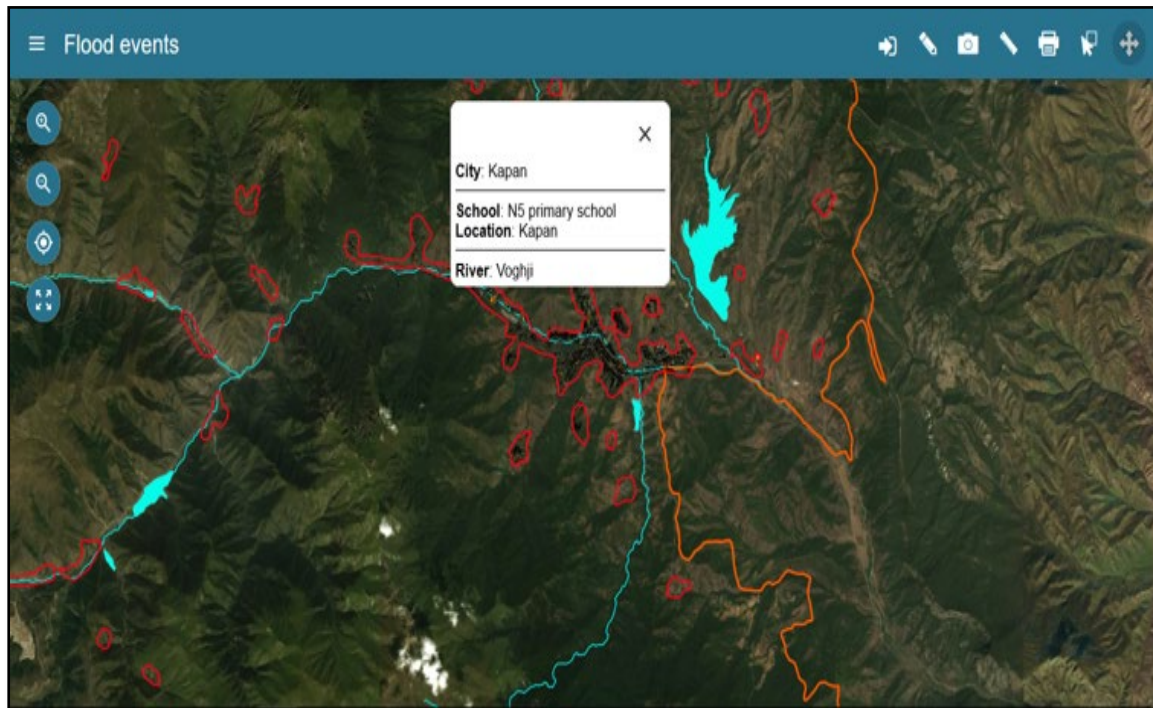
Работа със слоеве (Фигура 4.34):



Фигура 4.34. Работа със слоеве

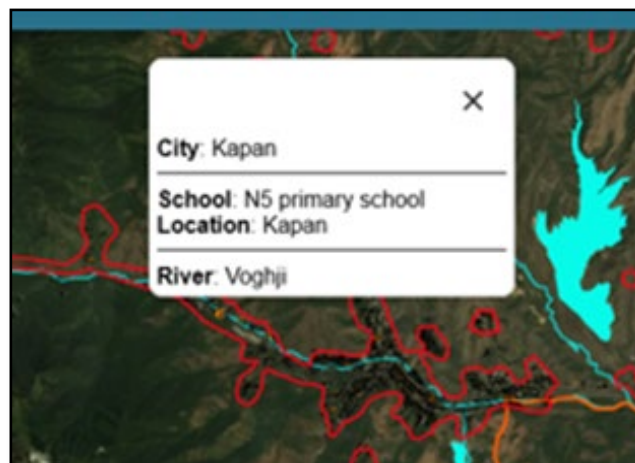
1. Приближение – бутонът дава възможност на потребителя да навигира до избрания слой, чрез приближаване до него.
2. Включване – този бутон позволява на потребителя да включва или изключва даден слой в зависимост от нуждите.
3. Допълнително меню – бутонът отваря допълнителни функционалности при работата със слоеве, отваряйки под меню състоящо се от:
 - a. Прозрачност – бутонът дава възможност на потребителя да определя прозрачността на слоевете;
 - b. Свлячане – бутонът дава възможност на потребителя да свали избраният слой, като използва функцията за чертане за очертаване на наводнена зона на устройството си;
 - c. 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 (Фигура 4.35, 4.36) като най-уязвимите сгради в случаи на наводнения като училища, детски градини и др.



Фигура 4.35 Функция за изкачване на информационен прозорец при маркиране на обект от картата

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.



Фигура 4.36. Информационният прозорец, в който се визуализира детайлна информация за най-уязвимите сгради в района на наводнението



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.

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 метеорологични данни генерирани от 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.

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 Интеррег „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 неocenимата морална подкрепа и проявено търпение.

Приложения

Приложение 1 eOUTLAND platform

Приложение за горски пожари файл app.js код на JavaScript:

```
var defaultFill = new ol.style.Fill({
  color: 'rgba(255,255,255,0.4)'
});
var defaultStroke = new ol.style.Stroke({
  color: '#3399CC',
  width: 1.25
});
var defaultSelectionFill = new ol.style.Fill({
  color: 'rgba(255,255,0,0.4)'
});
var defaultSelectionStroke = new ol.style.Stroke({
  color: '#FFFF00',
  width: 1.25
});

var textStyleCache_zl_dgs = {}
var clusterStyleCache_zl_dgs = {}
var style_zl_dgs = function(feature, resolution) {

  var value = "";

  var style = [new ol.style.Style({
    stroke: new ol.style.Stroke({
      color: "rgba(49,249,0,1.0)",
      lineDash: null,
      width: 0
```

```
    }},
    fill: new ol.style.Fill({
      color: "rgba(43,142,240,0.0)"
    })
  });

var selectionStyle_fire_node = function(feature, resolution) {
  var value = "";
  var style = [new ol.style.Style({
    image: new ol.style.Icon({
      scale: 0.037000,
      anchorOrigin: 'top-left',
      anchorXUnits: 'fraction',
      anchorYUnits: 'fraction',
      anchor: [0.5, 0.5],
      src: "./data/styles/amenity_firestation25520401.svg",
      rotation: 0.000000
    })
  })]
  allStyles = [];
  allStyles.push.apply(allStyles, style);
  return allStyles;
};

var baseLayers = [new ol.layer.Tile({
  type: 'base',
  title: 'No base layer'
}), new ol.layer.Tile({
  type: 'base',
  title: 'ESRI world shaded relief',
```

```
source: new ol.source.XYZ({
  attributions: [new ol.Attribution({
    html: ['Tiles &copy; Esri &mdash; Source: Esri']
  })],
  url: 'http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Shaded_Relief/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}'
}),
var lyr_zl_dgs = new ol.layer.Vector({
  opacity: 1.0,
  source: new ol.source.Vector({
    format: new ol.format.GeoJSON(),
    url: './data/lyr_zl_dgs.json'
  }),
  style: style_zl_dgs,
  selectedStyle: selectionStyle_zl_dgs,
  title: "zl_dgs",
  id: "zl_dgs20181008140215147",
  filters: [],
  timeInfo: null,
  isSelectable: true,
  popupInfo: ""
});
var lyr_zl_fire = new ol.layer.Vector({
  opacity: 1.0,
  source: new ol.source.Vector({
    format: new ol.format.GeoJSON(),
    url: './data/lyr_zl_fire.json'
  }),
  style: style_zl_fire,
```



```
selectedStyle: selectionStyle_zl_fire,  
title: "zl_fire",  
id: "zl_fire20181008140632238",  
filters: [],  
timeInfo: null,  
isSelectable: true,  
popupInfo: ""  
});  
lyr_zl_dgs.setVisible(true);  
lyr_zl_fire.setVisible(true);  
lyr_fire_node.setVisible(true);  
lyr_obshtinazlatograd.setVisible(true);  
for (var i = 0; i < baseLayers.length; i++) {  
    baseLayers[i].setVisible(false);  
}  
baseLayers[1].setVisible(true);  
var layersList = [lyr_zl_dgs, lyr_zl_fire, lyr_fire_node, lyr_obshtinazlatograd];  
layersList.unshift(baseLayersGroup);  
layersList.push(overlaysGroup);  
var printLayouts = [];  
var view = new ol.View({  
    extent: [2756753.687302, 5058612.953737, 2833477.429430,  
5112594.031214],  
    maxZoom: 16,  
    minZoom: 1,  
    projection: 'EPSG:3857'  
});  
var originalExtent = [2756753.687302, 5058612.953737, 2833477.429430,  
5112594.031214];
```

```
var map = new ol.Map({
  layers: layersList,
  view: view,
  controls: [new ol.control.FullScreen(),
    new ol.control.Rotate({autoHide: false}),
    new ol.control.Zoom({"zoomOutTipLabel": "Zoom out", "zoomInTipLabel":
"Zoom in", "delta": 1.2, "duration": 250, "zoomInLabel": "+", "zoomOutLabel": "-"})]
});
```

Приложение 2 eOUTLAND platform

Приложение за горски пожари файл index.html на код HTML:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<title>Main screen</title>
<meta charset="UTF-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<link rel="stylesheet" href="https://www.w3schools.com/w3css/4/w3.css">
<body class="w3-content" style="max-width:1300px">
<div class="w3-row">
  <div class="w3-full w3-light-grey w3-container w3-center"
style="height:700px">
    <div class="w3-padding-64">
      <h1>Wildland fires Zlatograd</h1>
    </div>
    <div class="w3-padding-64">
      <a href="wildland_fires/index.html" target="_blank" class="w3-button w3-
light-grey w3-block w3-hover-orange w3-padding-16">Wildland fires</a>
      <a href="https://openweathermap.org/weathermap?basemap=map&cit-
ies=true&layer=temperature&lat=41.4067&lon=25.0887&zoom=10" target="_blank"
```

```
class="w3-button w3-light-grey w3-block w3-hover-teal w3-padding-16">Weather fore-  
cast</a>
```

```
<a href="http://effis.jrc.ec.europa.eu/static/effis_current_situation/public/in-  
dex.html" target="_blank" class="w3-button w3-light-grey w3-block w3-hover-red w3-  
padding-16">Curent situation EFFIS</a>
```

```
<a  
href="https://sites.google.com/u/0/s/1rYD5MxjeKFzySKChZqH7FR87gHKPjTmM/p/1  
OCHI73eQtqvrWj6M96L-jB_zRvKL_e7e/preview" target="_blank" class="w3-button  
w3-light-grey w3-block w3-hover-blue w3-padding-16">Training</a>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

Приложение 3 eOUTLAND platform

Приложение за горски пожари файл components.min.css код на CSS:

```
html {  
  font-family: sans-serif;  
  -webkit-text-size-adjust: 100%;  
  -ms-text-size-adjust: 100%;  
}  
body {  
  margin: 0;  
}  
article,  
aside,  
details,  
figcaption,  
figure,
```

```
footer,  
header,  
hgroup,  
main,  
menu,  
nav,  
section,  
summary {  
    display: block;  
}  
audio,  
canvas,  
progress,  
video {  
    display: inline-block;  
    vertical-align: baseline;  
}  
audio:not([controls]) {  
    display: none;  
    height: 0;  
}  
[hidden],  
template {  
    display: none;  
}  
a {  
    background-color: transparent;  
}
```

```
a:active,
a:hover {
    outline: 0;
}
abbr[title] {
    border-bottom: 1px dotted;
}
b,
strong {
    font-weight: bold;
}
dfn {
    font-style: italic;
}
h1 {
    margin: .67em 0;
    font-size: 2em;
}
mark {
    color: #000;
    background: #ff0;
}
small {
    font-size: 80%;
}
sub,
sup {
    position: relative;
```

```
font-size: 75%;  
line-height: 0;  
vertical-align: baseline;  
}  
sup {  
  top: -.5em;  
}  
sub {  
  bottom: -.25em;  
}  
img {  
  border: 0;  
}  
svg:not(:root) {  
  overflow: hidden;  
}  
figure {  
  margin: 1em 40px;  
}  
hr {  
  height: 0;  
  -webkit-box-sizing: content-box;  
  -moz-box-sizing: content-box;  
  box-sizing: content-box;  
}  
pre {  
  overflow: auto;  
}
```

```
code,  
kbd,  
pre,  
samp {  
    font-family: monospace, monospace;  
    font-size: 1em;  
}  
button,  
input,  
optgroup,  
select,  
textarea {  
    margin: 0;  
    font: inherit;  
    color: inherit;  
}  
button {  
    overflow: visible;  
}  
button,  
select {  
    text-transform: none;  
}
```

Приложение 4 ALTER platform webgis tools

Приложение за наводнения файл app.js код на JavaScript:

```
injectTapEventPlugin();  
addLocaleData(  
    nlLocaleData
```

```
);  
addLocaleData(  
  enLocaleData  
);  
var textStyleCache_Zone = {}  
var clusterStyleCache_Zone = {}  
var style_Zone = function(feature, resolution) {  
  var value = "";  
  var style = [new ol.style.Style({  
    stroke: new ol.style.Stroke({  
      color: "rgba(236,0,0,1.0)",  
      lineDash: [6],  
      width: 1  
    }),  
    fill: new ol.style.Fill({  
      color: "rgba(210,165,150,0.0)"  
    })  
  })];  
  var allStyles = [];  
  allStyles.push.apply(allStyles, style);  
  return allStyles;  
};  
var selectionStyle_Zone = function(feature, resolution) {  
  
  var value = "";  
  var style = [new ol.style.Style({  
    stroke: new ol.style.Stroke({  
      color: "rgba(255, 204, 0, 1)",
```



```
        lineDash: [6],
        width: 1
    }},
    fill: new ol.style.Fill({
        color: "rgba(255, 204, 0, 1)"
    })
})]
var allStyles = [];
allStyles.push.apply(allStyles, style);
return allStyles;
};

var textStyleCache_geghaniush_depth = {}
var clusterStyleCache_geghaniush_depth = {}
var style_geghaniush_depth = function(feature, resolution) {

    var value = feature.get("Depth");
    var style = categories_geghaniush_depth[value];
    var allStyles = [];
    allStyles.push.apply(allStyles, style);
    return allStyles;
};

var selectionStyle_geghaniush_depth = function(feature, resolution) {

    var value = feature.get("Depth");
    var style = categoriesSelected_geghaniush_depth[value]
    var allStyles = [];
    allStyles.push.apply(allStyles, style);
    return allStyles;
```

```
};  
var map = new ol.Map({  
  controls: [],  
  layers: [  
    new ol.layer.Group({  
      type: 'base-group',  
      title: 'Base maps',  
      layers: [  
        new ol.layer.Tile({  
          type: 'base',  
          title: 'Streets',  
          source: new ol.source.OSM()  
        }),  
        new ol.layer.Tile({  
          type: 'base',  
          title: 'NatGeo map',  
          visible: false,  
          source: new ol.source.XYZ({  
            url: 'http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Street_Map/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}',  
            attributions: [  
              new ol.Attribution({  
                html: 'Tiles &copy;               })  
            ]  
          })  
        }],  
      })  
    ]  
  })  
});
```

```
new ol.layer.Group({
  type: 'Geomorphometry-group',
  title: 'Geomorphometry',
  layers: [
    new ol.layer.Image({
      opacity: 1.0,
      type: 'Geomorphometry',
      title: 'Hillshade',
      id: 'lyr25',
      isSelectable: true,
      visible: false,
      source: new ol.source.ImageStatic({
        url: "./data/hillshade.jpg",
        projection: "EPSG:3857",
        alwaysInRange: true,
        imageSize: [6496, 1944],
        imageExtent: [5134326.273011, 4745556.137431, 5176374.802703,
4757527.783911]
      })
    }),
    new ol.layer.Image({
      opacity: 1.0,
      type: 'Geomorphometry',
      title: 'Slope',
      id: 'lyr24',
      isSelectable: true,
      visible: false,
      source: new ol.source.ImageStatic({
        url: "./data/slope.jpg",
```

```
projection: "EPSG:3857",
alwaysInRange: true,
imageSize: [6496, 1944],
imageExtent: [5134326.273011, 4745556.137431, 5176374.802703,
4757527.783911]
})
}),
new ol.layer.Vector({
  id: 'lyr01',
  popupInfo: '<b>City</b>: [NameEng]<br>',
  isSelectable: true,
  geometryType: 'Polygon',
  title: 'Settlements',
  attributes: ['NameEng'],
  style: style_Set,
  source: new ol.source.Vector({
    format: new ol.format.GeoJSON(),
    url: './data/lyr_settlements.json'
  })
})
],
view: new ol.View({
  center: [5184209.22, 4762054.43],
  zoom: 9
}));
```

Приложение 5 ALTER platform webgis tools

Приложение за наводнения файл index.html на код HTML:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<title>Main screen</title>
<meta charset="UTF-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<link rel="stylesheet" href="https://www.w3schools.com/w3css/4/w3.css">
<body class="w3-content" style="max-width:1300px">

  <div class="w3-row">
    <div class="w3-full w3-light-grey w3-container w3-center"
style="height:700px">
      <div class="w3-padding-64">
        <h1>ALTER-Flood</h1>
      </div>
      <div class="w3-padding-64">
        <a href="ALTER-Flood/index.html" target="_blank" class="w3-button w3-
light-grey w3-block w3-hover-teal w3-padding-16">Flood hazard and risk in Armenia</a>
        <a
href="https://openweathermap.org/weathermap?basemap=map&cities=true&layer=tempe
rature&lat=39.0661&lon=46.1755&zoom=9" target="_blank" class="w3-button w3-light-
grey w3-block w3-hover-orange w3-padding-16">Weather forecast</a>
        <a href="https://www.efas.eu/efas_frontend/#/home" target="_blank"
class="w3-button w3-light-grey w3-block w3-hover-red w3-padding-16">Curent situation
EFAS</a>
        <a href="https://sites.google.com/view/training-of-volunteers" target="_blank"
class="w3-button w3-light-grey w3-block w3-hover-blue w3-padding-16">Training</a>
      </div>
    </div>
  </div>
```

```
</div>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

Приложение 6 ALTER platform webgis tools

Приложение за наводнения файл components.min.css код на CSS:

```
.panel {  
  margin-bottom: 20px;  
  background-color: #fff;  
  border: 1px solid transparent;  
  border-radius: 4px;  
  -webkit-box-shadow: 0 1px 1px rgba(0, 0, 0, .05);  
  box-shadow: 0 1px 1px rgba(0, 0, 0, .05);  
}  
.panel-body {  
  padding: 15px;  
}  
.panel-heading {  
  padding: 10px 15px;  
  border-bottom: 1px solid transparent;  
  border-top-left-radius: 3px;  
  border-top-right-radius: 3px;  
}  
.panel-heading > .dropdown .dropdown-toggle {  
  color: inherit;  
}  
.panel-title {  
  margin-top: 0;  
  margin-bottom: 0;
```

```
font-size: 16px;
color: inherit;
}
.panel-title > a,
.panel-title > small,
.panel-title > .small,
.panel-title > small > a,
.panel-title > .small > a {
color: inherit;
}
.panel-footer {
padding: 10px 15px;
background-color: #f5f5f5;
border-top: 1px solid #ddd;
border-bottom-right-radius: 3px;
border-bottom-left-radius: 3px;
}
.panel > .list-group,
.panel > .panel-collapse > .list-group {
margin-bottom: 0;
}
.panel > .list-group .list-group-item,
.panel > .panel-collapse > .list-group .list-group-item {
border-width: 1px 0;
border-radius: 0;
}
.panel > .list-group:first-child .list-group-item:first-child,
.panel > .panel-collapse > .list-group:first-child .list-group-item:first-child {
```

```
border-top: 0;
border-top-left-radius: 3px;
border-top-right-radius: 3px;
}
.panel > .list-group:last-child .list-group-item:last-child,
.panel > .panel-collapse > .list-group:last-child .list-group-item:last-child {
border-bottom: 0;
border-bottom-right-radius: 3px;
border-bottom-left-radius: 3px;
}
.panel > .panel-heading + .panel-collapse > .list-group .list-group-item:first-child {
border-top-left-radius: 0;
border-top-right-radius: 0;
}
.panel-heading + .list-group .list-group-item:first-child {
border-top-width: 0;
}
.list-group + .panel-footer {
border-top-width: 0;
}
.panel > .table,
.panel > .table-responsive > .table,
.panel > .panel-collapse > .table {
margin-bottom: 0;
}
.panel > .table caption,
.panel > .table-responsive > .table caption,
.panel > .panel-collapse > .table caption {
```



```
padding-right: 15px;
padding-left: 15px;
}
.panel > .table:first-child,
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child {
border-top-left-radius: 3px;
border-top-right-radius: 3px;
}
.panel > .table:first-child > thead:first-child > tr:first-child,
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > thead:first-child > tr:
first-child,
.panel > .table:first-child > tbody:first-child > tr:first-child,
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > tbody:first-child > tr:
first-child {
border-top-left-radius: 3px;
border-top-right-radius: 3px;
}
.panel > .table:first-child > thead:first-child > tr:first-child td:first-child,
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > thead:first-child > tr:
first-child td:first-child,
.panel > .table:first-child > tbody:first-child > tr:first-child td:first-child,
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > tbody:first-child > tr:
first-child td:first-child,
.panel > .table:first-child > thead:first-child > tr:first-child th:first-child,
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > thead:first-child > tr:
first-child th:first-child,
.panel > .table:first-child > tbody:first-child > tr:first-child th:first-child,
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > tbody:first-child > tr:
first-child th:first-child {
border-top-left-radius: 3px;
```

```
}  
.panel > .table:first-child > thead:first-child > tr:first-child td:last-child,  
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > thead:first-child > tr:first-  
child td:last-child,  
.panel > .table:first-child > tbody:first-child > tr:first-child td:last-child,  
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > tbody:first-child > tr:first-  
child td:last-child,  
.panel > .table:first-child > thead:first-child > tr:first-child th:last-child,  
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > thead:first-child > tr:first-  
child th:last-child,  
.panel > .table:first-child > tbody:first-child > tr:first-child th:last-child,  
.panel > .table-responsive:first-child > .table:first-child > tbody:first-child > tr:first-  
child th:last-child {  
    border-top-right-radius: 3px;  
}  
.panel > .table:last-child,  
.panel > .table-responsive:last-child > .table:last-child {  
    border-bottom-right-radius: 3px;  
    border-bottom-left-radius: 3px;  
}  
.panel > .table:last-child > tbody:last-child > tr:last-child,  
.panel > .table-responsive:last-child > .table:last-child > tbody:last-child > tr:last-  
child,  
.panel > .table:last-child > tfoot:last-child > tr:last-child,  
.panel > .table-responsive:last-child > .table:last-child > tfoot:last-child > tr:last-  
child {  
    border-bottom-right-radius: 3px;  
    border-bottom-left-radius: 3px;  
}
```

Библиография

- [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] Аграрен доклад `2019, МИНИСТЕРСТВО НА ЗЕМЕДЕЛИЕТО, ХРАНИТЕ И ГОРИТЕ.
https://www.mzh.government.bg/media/filer_public/2019/11/29/agraren_doklad_2019.pdf
- [4] Rothermel, R. C. (1972) A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Research Paper INT-115. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, p. 1- p. 40.
- [5] Albin, Frank A. 1976. Estimating wildfire behavior and effects. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-30, 92 pages report. Intermt. For. and Range Exp. Stn., Ogden, Utah.
- [6] Grishin, A., Gruzin, A., and Zverev, V. (1983). Mathematical modelling of the spreading of high-level forest fires. Soviet Physics Doklady, 28(4): p. 328 – p. 330.
- [7] Perminov V.: Mathematical Modeling of Crown Forest Fires Initiation, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 2667, p. 549 – p.557, 2003.
- [8] Добринкова, Н., Информационни системи за симулиране на поведението на горски пожари. Европейски институт за развитие, стр. 8. Хасково.2013.
- [9] Горски пожари, Проект EVANDE, технически доклад, 2016. http://www.cei-bg.org/sites/default/files/Горски_пожари_технически_доклад_по_проекта_EVANDE.pdf
- [10] Владиславов, И. ,2015, Десетте основни причини за наводненията у нас. <https://www.10te.bg/lyubopitno/10-te-osnovni-prichini-za-navodneniyata-u-nas/>
- [11] Романова, Хр., Радева Н., Маринова И., Маринов М., Бозова Т. Наводненията най-честото бедствие. Причини, последици, организационни мерки, Екология. Известия на съюза на учените - варна 2`2012 / . том XVII.
- [12] Типове наводнения. http://wald-corbe.de/extranet2/upload/report_draft/part_A/A6/A6_SU_tipove_navodnenia.pdf
- [13] Берберова, Р., Г. Петров, Л. Ласков. 2013. Мониторинг и превенция от екологични бедствия чрез изследване на земно-насипни съоръжения наречни крайбрежия и микроязовири чрез георадар. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS`2012. БАН. 413-419

- [14] Берберова, Р. 2012. Анализ на природните бедствия в България за периода 2004-2008 г. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011. БАН. 267-275.
- [15] Берберова, Р., 2012. Уязвимост на България от природни бедствия, Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011. БАН. 276-282.
- [16] Берберова, Р. 2008. Аналитичен обзор на природните бедствия в България за 2006 г. Сборник с доклади VII международен научен симпозиум “Екология-устойчиво развитие”. СУ-Враца. 126-130.
- [17] Берберова, Р., 2012. Рисковете от природни бедствия за РБългария. Сборник с доклади Международна научна конференция „Екологизация 2011”. НБУ. I 123-128.
- [18] Иванова, И., Р. Недков, Н. Станкова, М. Захарина, М. Димитрова, С. Николова, К. Радева, 2013. Анализ на наводнението от месец февруари 2012 г. На територията на с. Бисерна базата на съпътникови GPS данни в среда на ГИС. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2012. БАН. 432-442.
- [19] Burrough, P. 2008. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Geocarto International journal.
- [20] Bartelme 1989: Bartelme, n. GIS Technologie: Geoinformationssysteme, Landinformationssysteme und ihre Grundlagen. Berlin–heidelberg 1989. Bartelme 2005.
- [21] Bartelme, n. Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen, 4. überarbeitete auf- lage. Berlin–heidelberg 2005.
- [22] Lange 2013: Lange, n. de. Geoinformatik: in Theorie und Praxis, 2013.
- [23] Попов, А., 2012. Географски информационни системи. Основи на геоинформационното моделиране. София 2012.
- [24] Longley et al. 2015: longley, P. a., Goodchild, M. F., Maguire, d. J., Rhind, d. W. Geographic Information Science and Systems, 4th ed. 2015.
- [25] Делинска Боряна. Кратък обзор на съвременните ГИС. ResearchGate, <https://www.researchgate.net/publication/326261944> *Kratk obzor na svremennite GIS*, 2007.
- [26] Цветкова, Ю., 2018. ГИС и Тракология. Университетско издателство „Св. Климент Охридски. ISBN 978-954-07-4502-2 (print), ISBN 978-954-07-4503-9 (online).
- [27] Георгиева, А., Приложение на Географски информационни системи за превенция на горски пожари, ВСУ „Черноризец Храбър“. <https://ejournal.vfu.bg/pdfs/Doklad%20A.%20Georgieva.pdf/>.
- [28] Qgis - <https://www.qgis.org/en/site/>.

- [29] Esri ArcGIS - <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview/>.
- [30] Европейската информационна система за горските пожари (EFFIS) - <https://effis.jrc.ec.europa.eu/>.
- [31] Усъвършенстваната пожарна информационна система (AFIS) - <https://www.afis.co.za/>.
- [32] Европейска информационна система за наводненията – (EFAS) - <https://www.efas.eu/>.
- [33] Karplus, W. J. , 1977. The spectrum of mathematical modeling and systems simulation. *Mathematics and Computers in Simulation*, 19(1):p. 3–p. 10.
- [34] Croba, D., Lalas, D., Papadopoulos, C., and Tryfonopoulos, D., 1994. Numerical simulation of forest fire propagation in complex terrain. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Forest Fire Research, Coimbra, Portugal, Nov. 1994. Vol 1., p. 491– p.500.*
- [35] Sullivan, A.L, 2007. A review of a wildland fire spread modelling, 1990-present, 3: Mathematical analogues and simulation models. arXiv:0706.4130v1[physics.geo-ph]. 29 pages report.
- [36] Sullivan, A.L, 2007. A review of a wildland fire spread modelling, 1990-present, 1: Physical and quasi-physical models. arXiv:0706.3074v1[physics.geo-ph]. 46 pages report.
- [37] Sullivan, A.L 2007. A review of a wildland fire spread modelling, 1990-present, 2: Empirical and quasi-empirical models. arXiv:0706.4128v1[physics.geo-ph]. 32 pages report.
- [38] Weber, R., 1991. Toward a comprehensive wildfire spread model. *International Journal of Wildland Fire*, 1(4): p. 245–p. 248.
- [39] Lymberopoulos, N., Tryfonopoulos, T., and Lockwood, F. (1998). The study of small and meso-scale wind field-forest fire interaction and buoyancy effects using the aiolos-f simulator. In *III International Conference on Forest Fire Research, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology, Luso, Portugal, 16-20 November 1998. Vol 1., p. 405–p.418.*
- [40] Linn, R. R., 1997. A transport model for prediction of wildfire behaviour. PhD Thesis LA-13334-T, Los Alamos National Laboratory. Reissue of PhD Thesis accepted by Department of Mechanical Engineering, New Mexico State University.
- [41] Forbes, L. K., 1997. A two-dimensional model for large-scale bushfire spread. *Journal of the Australian Mathematical Society, Series B (Applied Mathematics)*, 39(2):p.171–p.194.
- [42] Grishin, A., Gruzin, A., and Zverev, V., 1983. Mathematical modeling of the spreading of high-level forest fires. *Soviet Physics Doklady*, 28(4): p.328 p. 330.

- [43] Grishin, A. , 1997. Mathematical modeling of forest fires and new methods of fighting them. Publishing House of Tomsk State University, Tomsk, Russia, english translation edition. Translated from Russian by Marek Czuma, L Chikina and L Smokotina.
- [44] Larini, M., Giroud, F., Porterie, B., and Loraud, J., 1998. A multiphase formulation for fire propagation in heterogeneous combustible media. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 41(6-7): p. 881–p. 897.
- [45] Morvan, D. and Larini, M. 2001. Modeling of one dimensional fire spread in pine needles with opposing air flow. *Combustion Science and Technology*, 164(1): p. 37–p. 64.
- [46] Dupuy, J. and Larini, M. (1999). Fire spread through a porous forest fuel bed: a radiative and convective model including fire-induced flow effects. *International Journal of Wildland Fire*, 9(3): p. 155–p. 172.
- [47] Morvan, D. and Dupuy, J., 2001. Modeling of fire spread through a forest fuel bed using a multiphase formulation. *Combustion and Flame*, 127(1-2): p. 1981– p. 1994.
- [48] Sero-Guillaume, O. and Margerit, J., 2002. Modelling forest fires. Part I: A complete set of equations derived by extended irreversible thermodynamics. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45(8): p. 1705–p. 1722.
- [49] Asensio, M. and Ferragut, L., 2002. On a wildland fire model with radiation. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 54(1):p. 137– p. 157.
- [50] Mell, W., Jenkins, M., Gould, J., and Cheney, P. (2006). A physics based approach to modeling grassland fires. *International Journal of Wildland Fire*, 15(4).
- [51] de Mestre, N., Catchpole, E., Anderson, D., and Rothermel, R. (1989). Uniform propagation of a planar fire front without wind. *Combustion Science and Technology*, 65: p. 231– p. 244.
- [52] Carrier, G., Fendell, F., and Wolff, M., 1991. Wind-aided firespread across arrays of discrete fuel elements. I. Theory. *Combustion Science and Technology*, 75: p. 31–p. 51.
- [53] Butler, B., Finney, M., Andrews, P., and Albini, F., 2004. A radiation-driven model for crown fire spread. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(8): p. 1588–p.1599.
- [54] Santoni, P. and Balbi, J. (1998a). Modelling of two-dimensional flame spread across a sloping fuel bed. *Fire Safety Journal*, 31(3): p. 201–p. 225.
- [55] Santoni, P. and Balbi, J. (1998b). Numerical simulation of a fire spread model. In III International Conference on Forest Fire Research, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology, Luso, Portugal, 16-20 November 1998. Vol 1., p. 295– p. 310.
- [56] Catchpole, W., Catchpole, E., Tate, A., Butler, B., and Rothermel, R. (2002). A model for the steady spread of fire through a homogeneous fuel bed. In Viegas (2002), 106 pages report. Proceedings of the IV International Conference on Forest Fire Research, Luso, Coimbra, Portugal 18-23 November 2002.

- [57] Vaz, G., Andre, J., and Viegas, D. (2004). Fire spread model for a linear front in a horizontal solid porous fuel bed in still air. *Combustion Science and Technology*, 176(2): p. 135– p. 182.
- [58] Fernandes, P. (2001). Fire spread prediction in shrub fuels in Portugal. *Forest Ecology and Management*, 144(1-3): p. 67–p. 74.
- [59] Burrows, N. (1999a). Fire behaviour in jarrah forest fuels: 1. Laboratory experiments. *CALMScience*, 3(1): p. 31– p. 56.
- [60] Burrows, N. (1999b). Fire behaviour in jarrah forest fuels: 2. Field experiments. *CALMScience*, 3(1): p. 57– p. 84.
- [61] Baeza, M., De Lu'is, M., Ravent'os, J., and Escarr'e, A. (2002). Factors influencing fire behaviour in shrublands of different stand ages and the implications for using prescribed burning to reduce wildfire risk. *Journal of Environmental Management*, 65(2): p. 199–p. 208.
- [62] Fernandes, P., Botelho, H., and Loureiro, C. (2002). Models for the sustained ignition and behaviour of low-to-moderately intense fires in maritime pine stands. page 98, Rotterdam, Netherlands. Millpress. Proceedings of the IV International Conference on Forest Fire Research, Luso, Coimbra, Portugal 18-23 November 2002.
- [63] Bilgili, E. and Saglam, B. (2003). Fire behavior in maquis fuels in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 184(1-3): p. 201–p. 207.
- [64] Frandsen, W. H., 1971. Fire spread through porous fuels from the conservation of energy. *Combust. and Flame* vol. 16, p. 9- p.16.
- [65] Wolff, M., Carrier, G., and Fendell, F. (1991). Wind-aided firespread across arrays of discrete fuel elements. II. Experiment. *Combustion Science and Technology*, 77: p. 261– p. 289.
- [66] Beer, T. (1991). The interaction of wind and fire. *Boundary-Layer Meteorology*, 54(2): p. 287– p.308.
- [67] Beer, T. (1993b). The speed of a fire front and its dependence on wind speed. *International Journal of Wildland Fire*, 3(4): p. 193– p. 202.
- [68] Catchpole, W., Catchpole, E., Butler, B., Rothermel, R., Morris, G., and Latham, D. (1998b). Rate of spread of free-burning fires in woody fuels in a wind tunnel. *Combustion Science and Technology*, 131: p. 1– p. 37.
- [69] Rothermel, R. C. (1972) A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Research Paper INT-115. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, p. 1- p. 40.
- [70] Michalakes, J., S. Chen, J. Dudhia, L. Hart, J. Klemp, J. Middlecoff, W. Skamarock, 2000: Development of a next-generation regional weather research and forecast model.

Proceedings 9th ECMWF Workshop on the use of Parallel Processors in Meteorology. Reading, U.K., November 13-16. Argonne National Laboratory Preprint ANL/MCS-P868-0101.

[71] Mandel, J., Jonathan D. Beezley, Janice L. Coen, Minjeong Kim, Data Assimilation for Wildland Fires: Ensemble Kalman filters in coupled atmosphere-surface models, IEEE Control Systems Magazine 29, Issue 3, June 2009, p. 47- p. 65. Preprint at arXiv:0712.3965, December 2007.

[72] N. Dobrinkova, 2013. "Information systems for simulation of field and wildland fires" ISBN: 978-619-90047-1-5, published 2013, book (in Bulgarian).

[73] Clark, T. L., Coen, J., Latham, D.: Description of a coupled atmosphere-fire model. International Journal of Wildland Fire 13 (2004) 4964.

[74] Coen, J. L., 2005. Simulation of the Big Elk Fire using coupled atmosphere-fire modeling. International Journal of Wildland Fire.

[75] WRF Working Group: Weather Research Forecasting (WRF) Model. <http://wrf-model.org> (visited July 2010).

[76] Osher, S., Fedkiw, R.: Level set methods and dynamic implicit surfaces. Springer-Verlag, New York (2003)

[77] Anderson, H., 1982 Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Research Report INT-122.

[78] Postgresql - <https://www.postgresql.org/>

[79] Köbben B. and Ivánová I., 2015. Defining Styles for WMS. http://www2.fct.unesp.br/docentes/carto/ivanova/workshops/Modern%20Web-Cartography/Day%202/morning/exercise_style.pdf.

[80] Webappbuilder - <https://github.com/planetfederal/qgis-webappbuilder-plugin>

[81] WEBSDK - <https://github.com/planetfederal/sdk>

[82] Томс Ж., Програмиране на Web дизайн, ISBN : 9789542907220, 2012.

[83] Борисова, Д., 2014. Основи на уеб програмирането, Издателство „За буквите – О писменехъ“, ISBN 978-619-185-052-5.

[84] Mark Pilgrim, HTML5: Up and Running, O'Reilly Media, 2010, ISBN 10: 0596806027.

[85] Денис Колисниченко, 2014, "HTML 5 & CSS 3 - Практическо програмиране за начинаещи", Асеновци., ISBN: 9789548898225.

[86] Наков, С., 2018. Основи на програмирането с JavaScript. Faber Publishing, София. ISBN: 978-619-00-0702-9.

- [87] Nicholas C. Zakas, The Principles of Object-Oriented JavaScript, No Starch Press, 2014, ISBN 10: 1593275404.
- [88] Köbben, B., 2015. OpenLayers A JavaScript Map client API. Available at: <http://www2.fct.unesp.br/docentes/carto/ivanova/workshops/Modern%20Web-Cartography/Day%203/morning/5-%20OpenLayers.pdf>.
- [89] Ivánová, I. (2015) OGC Web Services. Available at: http://www2.fct.unesp.br/docentes/carto/ivanova/workshops/Modern%20Web-Cartography/Day%201/afternoon/lecture_GeoServer_intro_print.pdf.
- [90] Sencha (2011) Web Applications Come of Age. Available at: <http://www2.fct.unesp.br/docentes/carto/ivanova/workshops/Modern%20Web-Cartography/Sencha-WP-Web-Applications-Come-of-Age.pdf>.
- [91] Köbben, B., 2010 A SHORT INTRODUCTION TO GEO-WEBSERVICES. Lecture note on the history and principles of geo-webservices. Available at: http://www2.fct.unesp.br/docentes/carto/ivanova/workshops/Modern%20Web-Cartography/Geo-webservices_1.0.pdf.
- [92] Geoserver - <http://geoserver.org/>
- [93] Openlayers - <https://openlayers.org/>
- [94] Natura 2000 - <http://natura2000.moew.government.bg/>
- [95] Община Златоград - <https://www.zlatograd.bg/>
- [96] Община Мадан - <https://www.madan.bg/>
- [97] Община Неделино - www.nedelino.bg
- [98] OpenWeatherMaps - <https://openweathermap.org/>
- [99] Esri ArcGIS open data – <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-open-data>
- [100] OpenStreetMaps - <https://www.openstreetmap.org>
- [101] Националният статистически институт (НСИ) - <https://www.nsi.bg/bg>
- [102] eOUTLAND - <https://eoutland.eu/>
- [103] ALTER - <http://alter-project.eu/>
- [104] 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.
- [105] 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;



[106]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;

[107]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.