



# Национална олимпиада по Информационни технологии

ТЕМА:

## Система за ранно предизвестяване на заметресения

*Големи обеми от данни (Big Data)*

**АВТОР:**

*Петър Димитров Иванов*

**Адрес:** ул. Безово №11, град Асеновград; 4230

**E-mail:** [petarivanov\\_q17@schoolmath.eu](mailto:petarivanov_q17@schoolmath.eu)

**Телефон:** 089 279 6124

**Училище:** МГ "Академик Кирил Попов" – Пловдив

**Клас:** *XIII*

**РЪКОВОДИТЕЛ:**

*инж. Мария Василева - Учител по информатика, МГ "Академик Кирил Попов"*

**E-mail:** [mariyavasileva@schoolmath.eu](mailto:mariyavasileva@schoolmath.eu)



## РЕЗЮМЕ

Въпреки напредъка във всички сфери на човешкото развитие всяка година хиляди животи биват изгубени в резултат на природни стихии, които са извън нашия контрол. Земетресенията са сред най-мощните такива. Непредсказуемата им същност и внезапното им настъпване най-често ни хващат неподготвени. Въпреки това, скоростното им прихващане може да ни даде ценно време за реакция.

Проектът представлява функциониращ прототип на първата система за ранно засичане и предизвестяване на земетресения в България. Комбиниращ модерни технологии от областите на интернетата на нещата, облачните технологии, разпределените уеб приложения и услуги, машинното обучение, асинхронното обработване на големи обеми от данни и т.н., той представлява автономна предупредителна система от най-ново поколение, съставена от сензорни станции следящи и анализиращи сеизмичната активност за даден регион в реално време със способност за незабавна обработка и скоростно доставяне на персонализирано предупреждение в случай на засечена опасност.

## Цели

- Постоянно измерване на сеизмичната активност и установяване на възникнало земетресение.
- Моментално измерване и класифициране на силата, ориентацията и скоростта, локализиране на епицентъра и неговата дълбочина, анализ и предвиждане на предстоящото разпространение на трусове, застрашените райони и очакваните щети в тях с помощта на изкуствен интелект.
- Предоставяне на персонализирано предупреждение на жителите на застрашените райони посредством SMS, Email или Уеб клиент средно от 15 до 30 секунди преди пристигането на първите разрушителни вълни, заедно с информация за оставащото време и очакваната сила, както и инструкции за действие в зависимост от тяхната отдалеченост от епицентъра и общите характеристики на труса.
- Изпращане на предупреждение с помощта на Уеб API към свързани външни системи, позволявайки предварителната им реакция на бедствието чрез премахването на човека като посредник (Пример: умна система за контрол на трафика, умен дом, предупредителна система на гражданска защита, автоматизирани обезопасителни системи в заводи и електроцентрали и т.н.)



- Нагледна, бърза и лесна за разбиране визуализация на измереното до момента и предполагаемото предстоящо разпространение на труса по области и населени места с помощта на интерактивна уеб среда.
- Даване на възможност на държавните служби за спешна помощ да реагират моментално и целенасочено, имайки предвид възможността за точно установяване на епицентъра и съответно пропорционалното разпространение на щетите по градове и конкретни региони без нужда от изчакване ( което иначе може да продължи повече от час ), увеличавайки шанса за успех на спасителните операции.
- Разширяване на изследванията в областта на Сеизмологията и подобряване на научните разбирания за същността на земетресенията, чрез дигитализация и предоставяне на по-голям обем от данни, генерирани, обработвани, съхранявани, визуализирани и разпространявани с помощта на модерни компютърни и мрежови технологии. Достъп до отворен за ползване и лесен за анализ онлайн архив.
- Предоставяне на достъпна предупредителна система със ново поколение възможности и значително по-ниска цена за изработка и поддръжка, благодарение на използваните модерни технологии и архитектури.

## **ЕТАПИ НА РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРОЕКТА**

### **1. Проучване на необходимостта от системата в България и в чужбина.**

Резултат: Установено е наличие на малък брой незавършени ранни разработки по света и никакви в България. Съществува силен интерес.

### **2. Търсене на информация в областта на сеизмологията.**

Резултат: Намерена е информация за често прилаганите методи за анализ, както и база от данни за обучение на изкуствения интелект. Придобито е цялостно разбиране на същността на явленията.



**3. Проучване на най-подходящите хардуерни и софтуерни технологии за избраната задача.**

Резултат: Избрани са технологии наблягащи върху скоростта и точността на изпълнение, с цел предоставяне на най-много време за реакция.

**4. Техническа реализация.**

Резултат: Изградена е хардуерна част, мрежова архитектура, уеб приложение, сървърна логика, база данни и регистър, трениране на модела на машинно обучение.

**5. Тестване.**

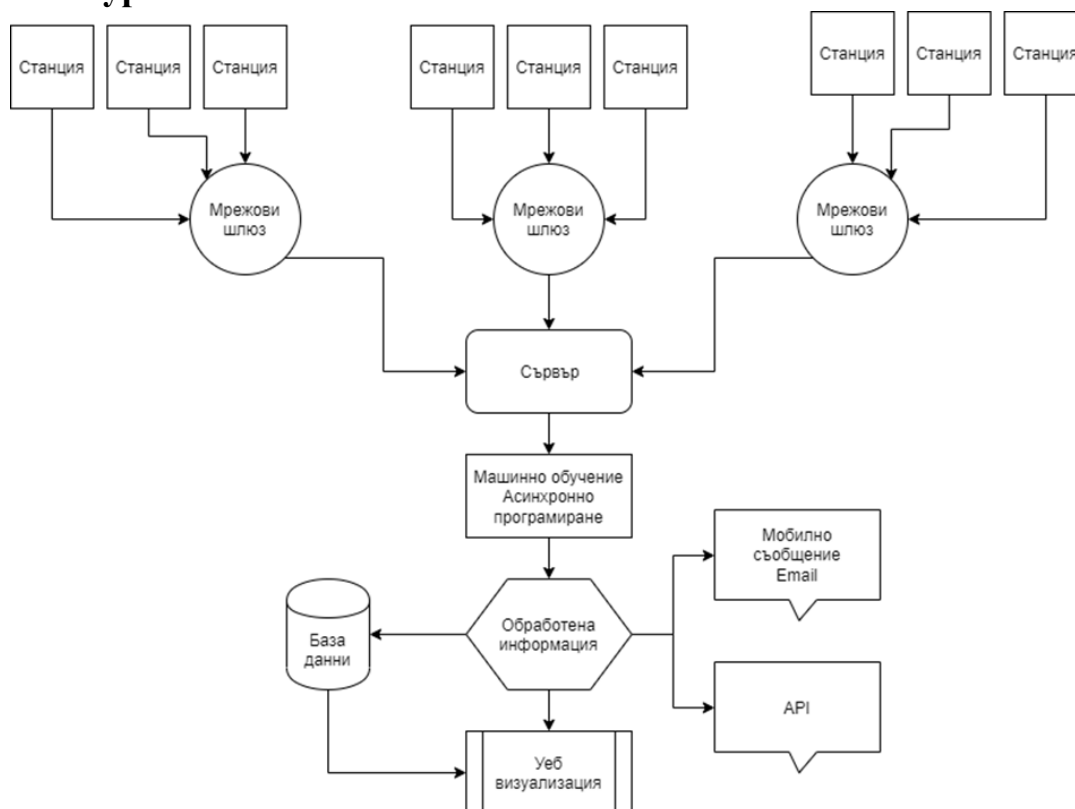
Резултат: Отстранени са редица проблеми, значително подобрени са точността и бързодействието. Използвани са практически и Unit тестове.

**6. Приключване.**

Резултат: Компонентите и слоевете са свързани в единна система. Оценени са възможностите за бъдещо развитие.

**Избрани технологии, ниво на сложност на проекта и реализация (принцип на работа)**

**Архитектура**





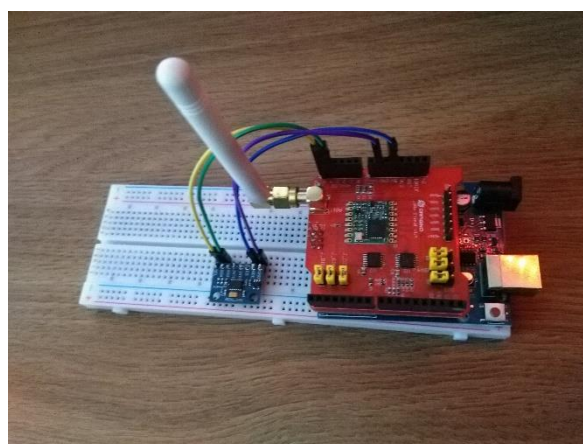
## 1. Измервателни станции

Измервателната станция е основното хардуерно устройство в системата. Всяка една има за цел да събира сензорната информация за сеизмологичната активност в учредения регион и GPS координатите си и да я преработва, използвайки установените математически формули за работа със скалата на

Instrumental Intensity	Acceleration (g)	Velocity (cm/s)	Perceived shaking	Potential damage
I	< 0.0017	< 0.1	Not felt	None
II–III	0.0017 – 0.014	0.1 – 1.1	Weak	None
IV	0.014 – 0.039	1.1 – 3.4	Light	None
V	0.039 – 0.092	3.4 – 8.1	Moderate	Very light
VI	0.092 – 0.18	8.1 – 16	Strong	Light
VII	0.18 – 0.34	16 – 31	Very strong	Moderate
VIII	0.34 – 0.65	31 – 60	Severe	Moderate to heavy
IX	0.65 – 1.24	60 – 116	Violent	Heavy
X+	> 1.24	> 116	Extreme	Very heavy

Рихтер и с географска ширина и дължина върху сфера с цел изнасяне на част от изчисленията извън централния сървър и към периферията за да се намали натоварването върху него, да се осъществи по-бърза реакция на станцията и да се намали размера на пренасяните от мрежовия протокол пакети с информация. Станцията излъчва информация към останалите устройства директно с помощта на радио комуникация в локална мрежа използвана само от системата, която позволява използването и в региони със слабо покритие на интернет и мобилни услуги и подsigурява нисък мрежови трафик и максимална скорост.

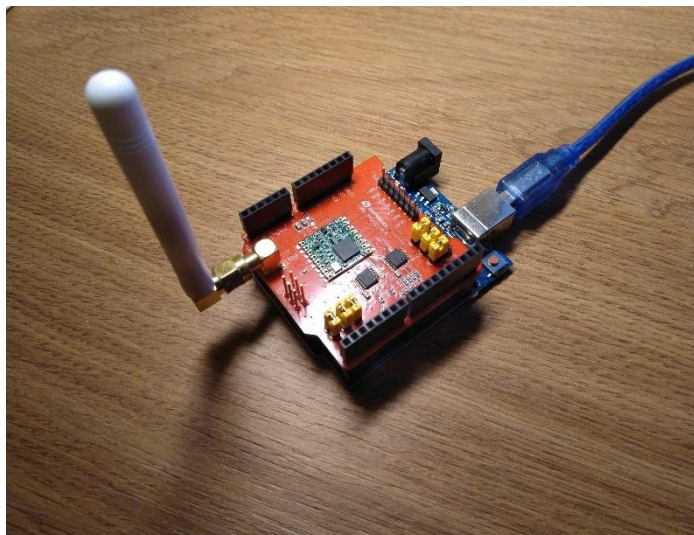
Основата на станцията е базирана на Arduino Uno Rev.3 платка работеща с Atmega328P микроконтролер, която успява да покрие изискванията за бързодействие и предоставя възможност за безпроблемна модификация на достъпна цена. Измерванията се провеждат с помощта на триосов акселерометър, предоставящ висока точност в измерването на приложените върху него сили (в земни атмосфери) и тяхната посока, което позволява не само определяне на степента по скалата на Рихтер, но и ориентацията на земетресението, която може да има силно влияние върху разрушителността. Местоположението може да се зададе ръчно от администратор посредством уеб средата или да се измери с GY-NEO6MV2 GPS модул с едва няколко сантиметра отклонение. Изпращането и приемането на информация става чрез 868 MHz Dragino LoRa Shield с голям обхват от 2 до 20 километра в зависимост от антената и нейното разположение спрямо околната среда.



## 2. Мрежови шлюз

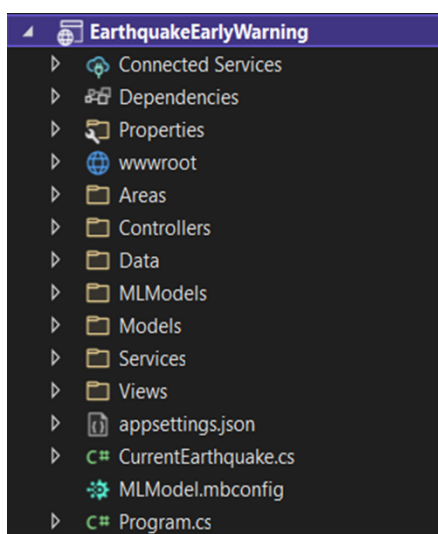
Измервателните станции в системата са организирани в локални радио групи с диаметър средно от 20км. като за да може всяка една от тях да обменя информация със сървъра е нужно устройство, което да служи за преход между радио и веб средата - мрежови шлюз. Той също така се занимава и с преразпределянето на пакетите с данни по зададените им адреси и в определената последователност.

За реализацията са използвани Arduino Uno Rev.3 платка работеща с Atmega328P микроконтролер и 868 MHz Dragino LoRa Shield за комуникация с радио мрежата. Устройството е свързано с веб средата посредством връзка с компютър (Serial Port).



*Кодът на хардуерната част е реализиран с програмния език C в средата Arduino IDE.*

## 3. Уеб сървър



Уеб сървърът свързва хардуерната част с базата данни. Тук се извършва и финалната обработка и преразпределение на данните. Важни задачи са бързина, сигурност и точност. След финализиране на измерванията персонално за всеки потребител в застрашения регион се изпращат предупреждения под формата на SMS, Email и машинно четим JSON (като веб API), както и се генерира детайлна интерактивна веб визуализация.

За реализацията е избрана ASP.NET Core технологията – изключително бързоразработено и модерно решение от Microsoft за създаването на съвременни интернет базирани приложения, поддържащи най-високи стандарти за сигурност и работещи с всички от най-използваните

операционни системи и браузъри. Архитектурата е трислойно разпределена. Използван е MVC моделът.

Обработката на данните е оптимизирана чрез асинхронни изчисления с цел пълноценната употреба на изчислителния ресурс. Приложени са Unit тестове, за проверка на определени сценарии.





#### 4. Машинно обучение

С цел максимално бързодействие е необходимо възможно най-скоро след началното измерване да се достигне до крайни резултати. Ето защо системата има за основна цел да генерира точно предположение за предстоящото

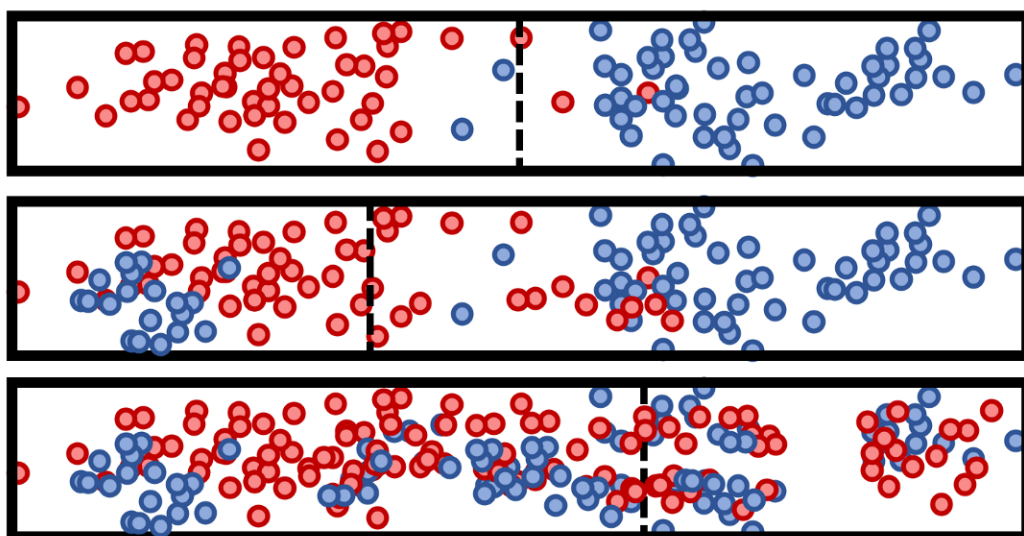
разпространение на труса по региони (в които все още е прекалено рано да се направи замерване), използвайки измерванията само на станциите непосредствено до епицентъра. Това е силно абстрактна задача заради липсата на конкретни математически формули и нуждата от намиране на скрити корелации сред голям обем от параметри. За целта е употребено машинно обучение.

##### Training results

Best accuracy:	0.98
Best model:	LbfgsMaximumEntropyMulti
Training time:	21.94 seconds
Models explored (total):	43

$$\sum_{i=1}^n \Pr(x_i) f_k(x_i) \geq F_k \quad k = 1, \dots, m. \quad H_c = - \int p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)} dx$$

Създаден е модел, чрез ML.NET, трениран върху характеристиките на вече измерени 20 000 земетресения, който извършва анализ на данните от системата и е способен с 98% точност да предвиди развитието на земетресението в отделните застрашени региони (вероятни щети, интензитет, разпространение). Изпробвани са 43 различни модела. Като за най-ефективен е избран LbfgsMaximumEntropyMulti, работещ върху принципа на максималната ентропия



Condition 1

Condition 2

Condition 3



## 5. База данни

Базата данни е релационна, реализирана чрез SQL и свързана с приложението с помощта на Entity Framework. Чувствителната информация в потребителските регистрации е криптирана. Имплементирана е двуфакторна аутентикация с помощта на мобилни приложения като Microsoft и

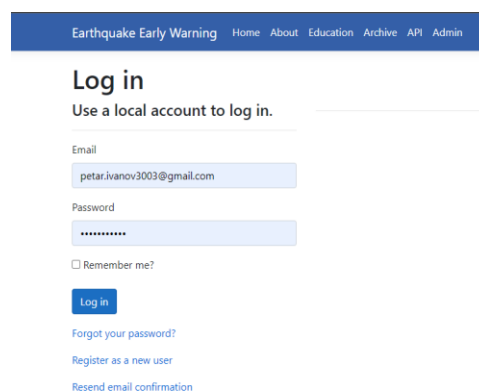
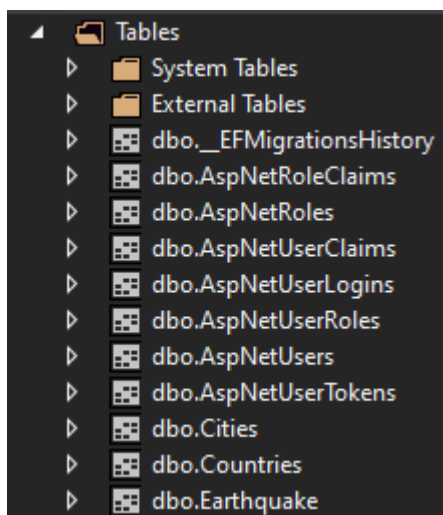
Google Authenticator.

Основните роли за достъп са потребител и администратор.

Администраторите могат да извършват CRUD операции

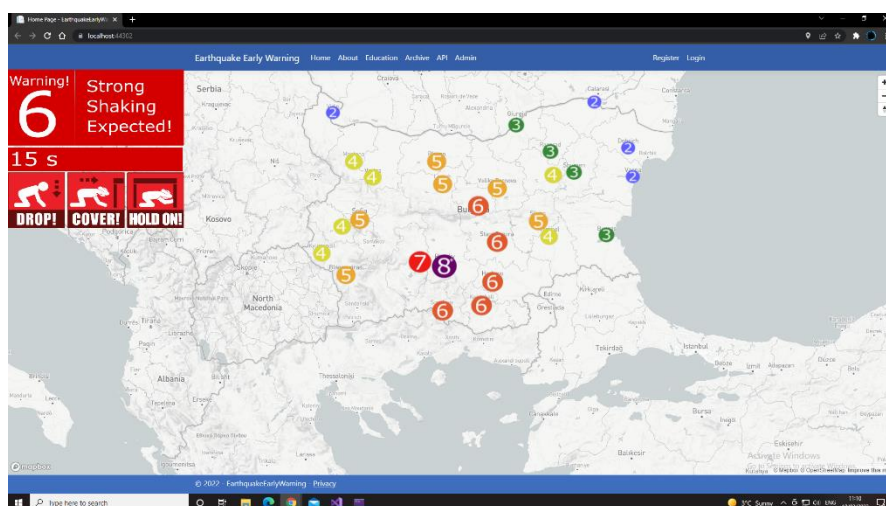
върху данните, както и да наблюдават

дистанционно състоянието на свързаните станции с цел поддръжка на системата. Още се съхраняват данните за земетресенията, станциите, географските и административни области, както и градовете в наблюдавания регион



## 6. Интерфейс

Използван е уеб интерфейс с адаптивен дизайн, правещ го подходящ за множество различни устройства и платформи. Той предлага преглеждане на сеизмичната активност на живо чрез интерактивна карта, предоставя достъп до архивираните данни, допълнителна информация за платформата, портал за регистрация, уеб услуга за комуникиране на данните в машинно четим JSON формат с цел автоматизация и изключване на човешкия елемент при необходимост и средства за администраторите директно да управляват и следят сензорите отново чрез същата уеб среда.



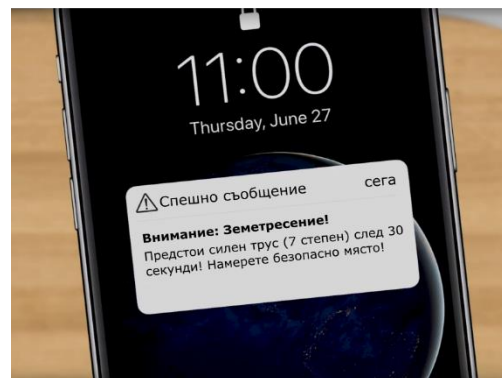




## 7. Предупреждения

След като системата изчисли и предположи за всеки потребител дали ще бъде засегнат, какво ще е проявлението на земетресението при него, кога ще пристигне и в зависимост от обстоятелствата кои ще са най-правилните действия. Информацията се изпраща моментално (до 2 секунди след възникването на началния тряс при епицентъра) към потребителя чрез SMS, Email, машинно четим JSON (като уеб API), както и се генерира детайлна интерактивна уеб визуализация.

*Основни езици използвани в Уеб са HTML, CSS, JavaScript и C#.*



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системите за ранно предизвестяване предлагат обещаваща перспектива за намаляване на загубата на човешки животи в случай на силни земетресения. Те представят ново поколение автономни предупредителни системи, способни сами да замерват необходимите стойности, да извличат ценна абстрактна и персонализирана информация и да доставят моментални предупреждения до повече хора. Допълнителното усъвършенстване на технологията би позволило широката и практическа реализация, спомагайки за осъществяването на едно по-сигурно бъдеще.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

За привеждане на системата в действие е нужно стартиране на сървъра, стартиране на мрежовите шлюзове и дистанционна активация на станциите чрез специалния администраторски интерфейс в уеб приложението.

За управление и поддръжка на системата се използва същият интерфейс, достъпен само за администратори, даващ достъп до важна информация за състоянието на сензорите, както и достъп до важни параметри за настройване.

За използване на системата потребителите единствено трябва да се регистрират и да предоставят данни, които да бъдат използвани като начин за свързване на системата с тях в случай на нужда.

### *Външни препратки*

- <https://github.com/Petar-Ivanov>
- <http://theearlywarning.com/>
- <https://drive.google.com/drive/folders/1lkVOErNxq6cmHtysO5cwvGM1wCptO7-J?usp=sharing>

## БИБЛИОГРАФИЯ

- Основи на програмирането с JavaScript, Светлин Наков и колектив, 2018, ISBN 978-619-00-0702
- Programming Arduino: Getting Started with Sketches, Second Edition (Tab) 2nd Edition by Simon M.
- CS50's Web Programming with Python and JavaScript