

НОИТ 2023/24 - Горски изследовател

Национална олимпиада по информационни технологии

Тема:

Горски изследовател

Автор:

Име: Боян Свилев Вангелов

ЕГН: 0652071001

Имейл: tigur7777@gmail.com

Училище: МГ „Д-р Петър Берон“ – Варна

Клас: XI Ж

Ръководители:

Име: Иван Димитров

Имейл: ivan.dimitrov@mgberon.com

ръководител

Име: Сияна Николова

Имейл: siyana.nikolova@mgberon.com

Училище: МГ „Д-р Петър Берон“ – Варна

учител по Информатика

Цели на проекта

“Горски изследовател” е автономен четириног робот, който помага в дейности, свързани с обхождането на горски пътеки в различни условия. Работът разполага с камери за дълбочина, за да избягва препятствия по пътя си, видео камера с нощно виждане за навигиране по горския терен. Той е адаптиран към горската среда и е устойчив на вода и силен вятър; пригоден за кал, лед и други хълзгави повърхности.

“Горски изследовател” картографира непознати горски пътеки и оценява състоянието им. Той е способен на повторно оценяване на пътека и, чрез наблюдаване на разликите, да открива проблеми.

Друга цел на проекта е роботът да се използва в спасителни операции, като бързо обхожда горските площи в търсене на бедстващи хора. При установяване на контакт с търсените хора, роботът ще изпрати локацията им на спасителния екип и ще се стреми в това да ги успокои до неговото пристигане, като установи видео и аудио връзка между тях и спасителите.

Основни етапи в реализирането на проекта

Търсене на информация:

Започнах с разглеждането на подобни проекти и статии по темата, за да разбера какъв хардуер е нужен и възможностите на технологията. Впоследствие четох статии за алгоритми и изкуствен интелект, за да се научи как да направя свои.

Планиране на хардуер:

Развих идеи за общата структура на робота, начинът на движение, необходими сензори.

Разработка на софтуер:

Установих основните софтуерни модули, нужни за функционирането на проекта.

Ниво на сложност

Намирането на идея свързана с моите интереси беше трудно. След продължително търсене попаднах на такава, която съчетава моите интереси в програмиране, хардуер и природата. Срещнах трудности с проучването поради нивото ми на знание по темата и опитът ми досега. Други трудности срещнах при разработването на начин на движение, намирането на подходящи сензори, изучаването на изкуствен интелект, разпознаване на пътеки и обекти, установяване на връзка с робота в отдалечените условия на гората.

Логическо и функционално описание на решението

1. Описание на системата

1.1. Хардуерни компоненти

1.1.1. робот

- Мултисензор Luxonis OAK-D Pro:
 - Камери за дълбочина;
 - Видео камера с нощно виждане;
 - IMU (Inertial Measurement Unit) за измерване на специфичната сила на тялото, ъгловата скорост и ориентацията на тялото;
- и допълнителен хардуер за самото придвижване на робота.

1.1.2. мрежови възел

- LoRa модул;
- Компютър;
- Антена;
- Батерия.

1.2. Софтуерни модули

- Група изкуствени интелекти за:
 - Разпознаване на пътеки;
 - Разпознаване на хора и препятствия.
- Алгоритъм за създаване на маршрут;
- Уеб приложение за визуализиране на информацията;
- База от данни.



1.3. Събиране на данни

Роботът разполага със сензор, който комбинира:

- Двойка камери за тримерно възприятие и определяне на дълбочина от тип стерео с резолюция 1MP (1280x800) и скорост 120 FPS;
- RGB камера за заснемане на видео с резолюция 12MP (4056x3040) и скорост 60 FPS;
- Инфрачервен светодиод за нощно виждане;
- IMU за измерване на скорост и завъртане с 9 оси на завъртане.

Събраната информация се обработва от изкуствен интелект и алгоритми, като служи за навигация и вземане на решения.

2. Реализация

2.1. Общ поглед върху навигацията

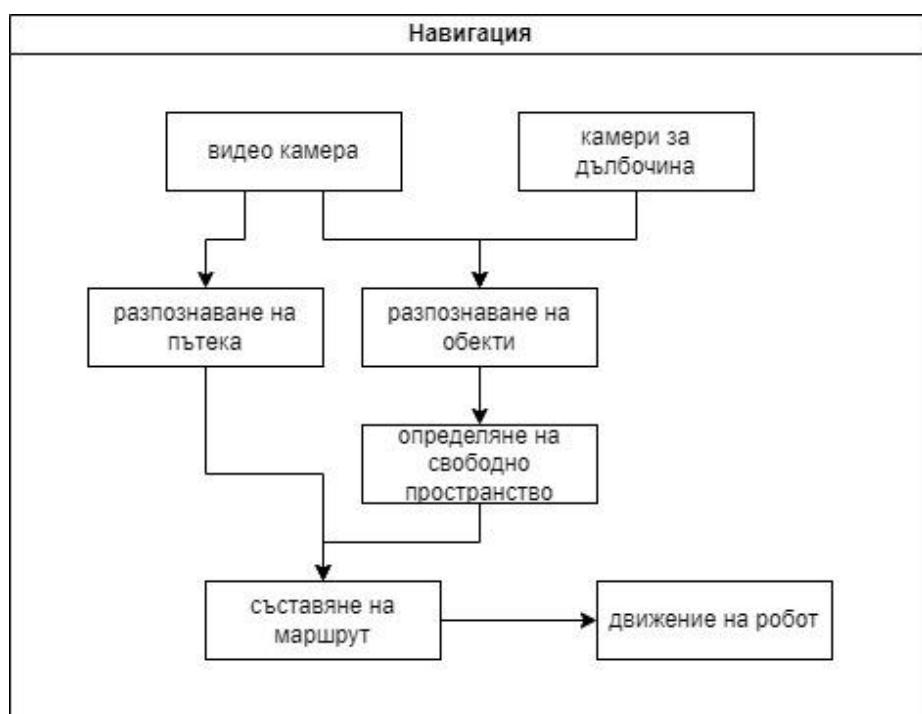
Роботът събира информация от видео камерата и я обработва с изкуствен интелект, за да разпознае пътеката. Това е задача, която е трудна не само за програмиране, но и за човек, като в някои случаи дори и той не се справя. Една пътека се оформя от продължително потъпкване от хора и/или преминаване на автомобили, като това оставя уникален отпечатък върху земята. Изкуствен интелект е трениран да

разпознае тези особености, за да отбележи пътеката.

Друг изкуствен интелект е трениран да разпознава обекти от околната среда, с цел да подпомогне ориентирането на робота и избягването на препятствия.

Показанията на камерите за дълбочина се използват, за да се разпознаят вертикални обекти, които стоят на пътя на робота. Алгоритъм обединява тази информация, за да създаде карта на свободното пространство.

Друг алгоритъм взима разположението на пътеката в пространството и налага върху нея картата на свободното пространство. След това той намира най-бързият път за стигане до края на видимата пътека и го предава на съответните функции за движение на робота.



2.2. Разпознаване на обекти

За разпознаване на обекти избрах You Only Look Once (YOLO) - съвременен алгоритъм за разпознаване в реално време. Негови предимства са бързината, точността, отвореният код. Той разделя снимката на клетки с възможност да съдържат обект и след това ги класифицира. Следващата стъпка е да обедини групите от клетки с един и същи клас и да начертава правоъгълник около тях, който се връща като изход.

За основа избрах моделът YOLOv7 X, предварително трениран върху MS COCO dataset, който съдържа повече от 200 000 анотирани изображения в 80 категории. Тези категории не включват горски обекти и затова се наложи да настрой модела, като го тренирах с FinnWoodlands dataset за 1200 епохи. Той съдържа изображения, с

отбелоязани върху тях обекти от следните класове:

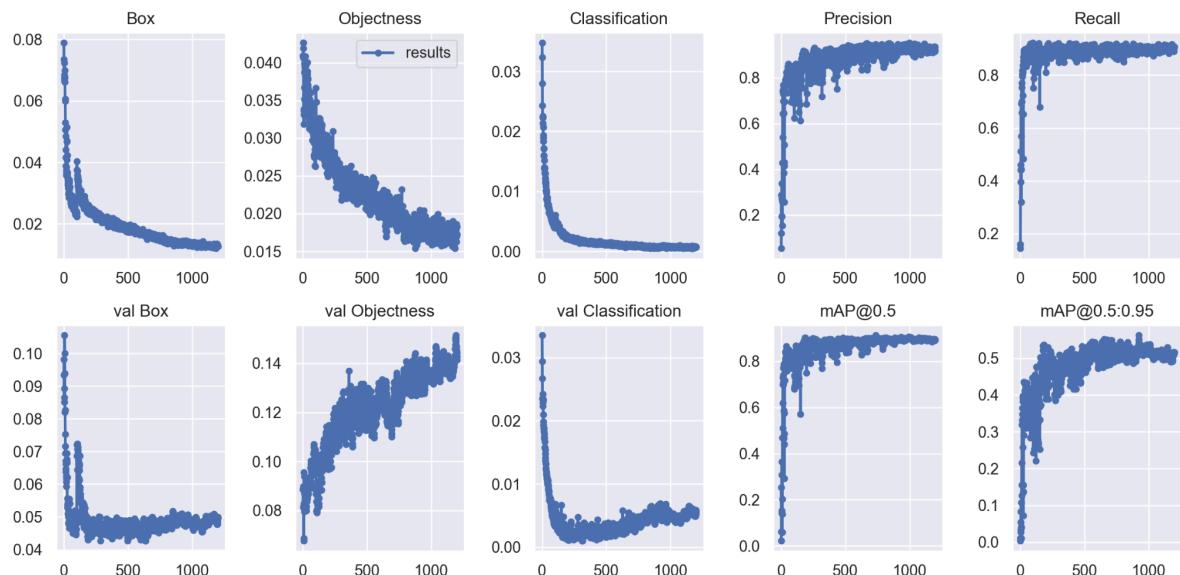
- Езеро
- Препятствие
- Земя
- Пътека
- Дърво
- Смърч
- Бреза
- Бор

Впоследствие тренирах модела с ForTrunkDet dataset за 1000 епохи за по-добро разпознаване на дървета.

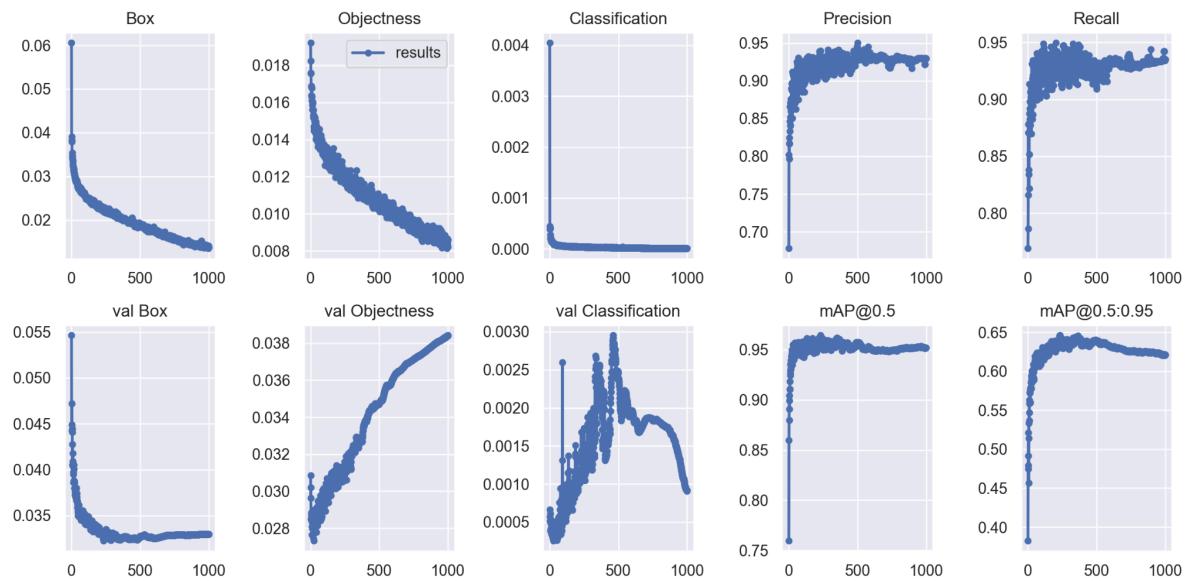
Резултатите от това са:

Моделът разпознава дървета с голяма точност, но главно от типовете върху, които е бил трениран, и изпитва затруднения с други. Той разпознава и препятствия, но с много ниска точност.

- първо трениране



- второ трениране



2.3. Далечина на дървата

След разпознаване на дървата от кадър, обхващащите ги кутии се налагат върху карта на дълбочините. Избира се точка от дървото, която е на нивото на камерата и се взима нейната далечина, за да може далечината да е най-точна. Понякога може да се случи така, че тази точка да няма данни за дълбочина (показва се далечина от 0 mm) и тогава се търси най-близката точка с данни.



2.4. Генериране на терен

За да бъде тренирано движението на робота е необходимо съставянето на терен подобен на този в реални условия, като за целта използвам Unity. Генерацията се

извършва по следния начин. Първо се създава Perlin Noise map и върху него се налагат други Perlin Noise maps, за да се получи по-голяма детайлност. След това крайният map се прилага в 3D пространството, като спрямо това дали дадена стойност е по-близо до 1 или -1, се получават възвищения и понижения. В крайна сметка се получава хълмист терен, върху който роботът може да се обучава.

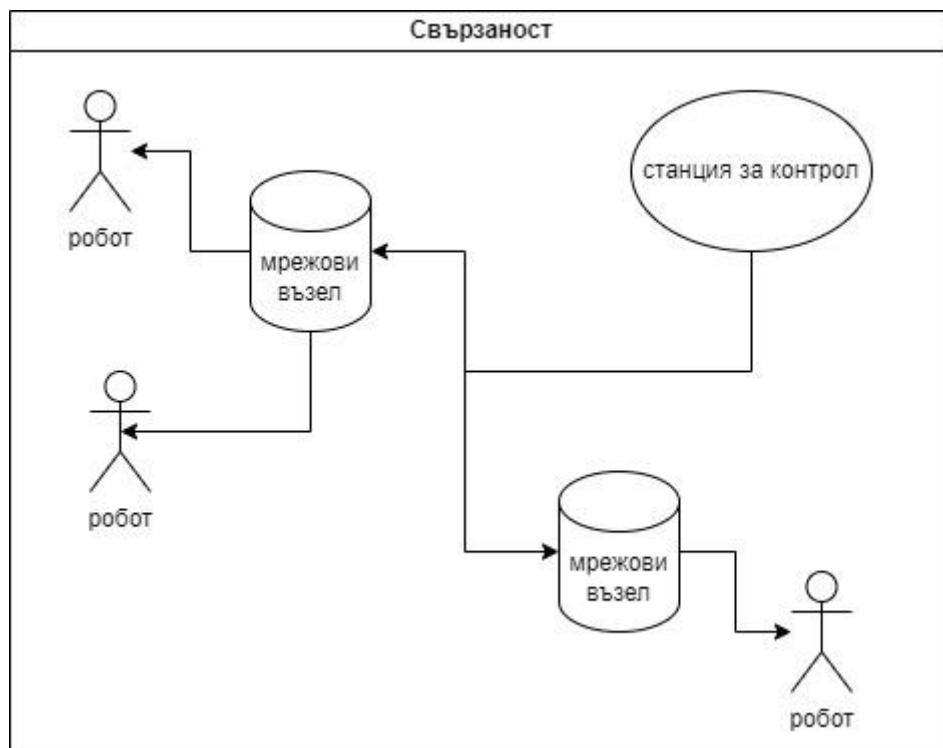
2.5. Тяло на робота и движение

Роботът е физически адаптиран за условията на горската среда. Краката му имат голяма площ за добро сцепление със земята, подходящо за кални и хълзгави райони. Техниката в робота е водоизолирана, за да позволи операцията му по време на валежи и бури. Има система за охлаждане, за да се предотврати прегряване при по-високи температури.

Движението на четириног робот е вече разработено от други изследователи и не е фокус на този проект, затова ще го обясня по-абстрактно с цел разбиране на целостта на проекта. При работата на робота алгоритъм определя позицията в триизмерното пространство, на която трябва да се преместят краката. С помощта на обратни кинематични уравнения, тази позиция се превръща в ъгли, с които се завъртат моторите. Допълнително има сензори, които отчитат дали моторът се е завъртял напълно или е срещнал трудност, като така се разпознават неравности по терена и се отчита триенето със земята. Като установи своята ориентация, роботът може да разпознае, дали пада, или е стъпил на хълзгава повърхност и да се стабилизира.

2.6. Връзка с робота

Гората е отдалечно от града пространство, в което липсват клетъчни кули за връзка към интернет. Това прави наблюдението на данните на робота невъзможно и затова решението е да се направи нова мрежа ексклузивно за ползване от него. Специални модули с LoRa свързаност и собствено захранване ще бъдат поставени на стратегически избрани места за максимална големина на обхват. Технологията LoRa (Long Range) предоставя връзка на дълги разстояния с ниска консумация на ток. Тези модули се свързват помежду си и със станция поставена от потребителя, която вече има връзка с интернет и хоства уеб приложението.



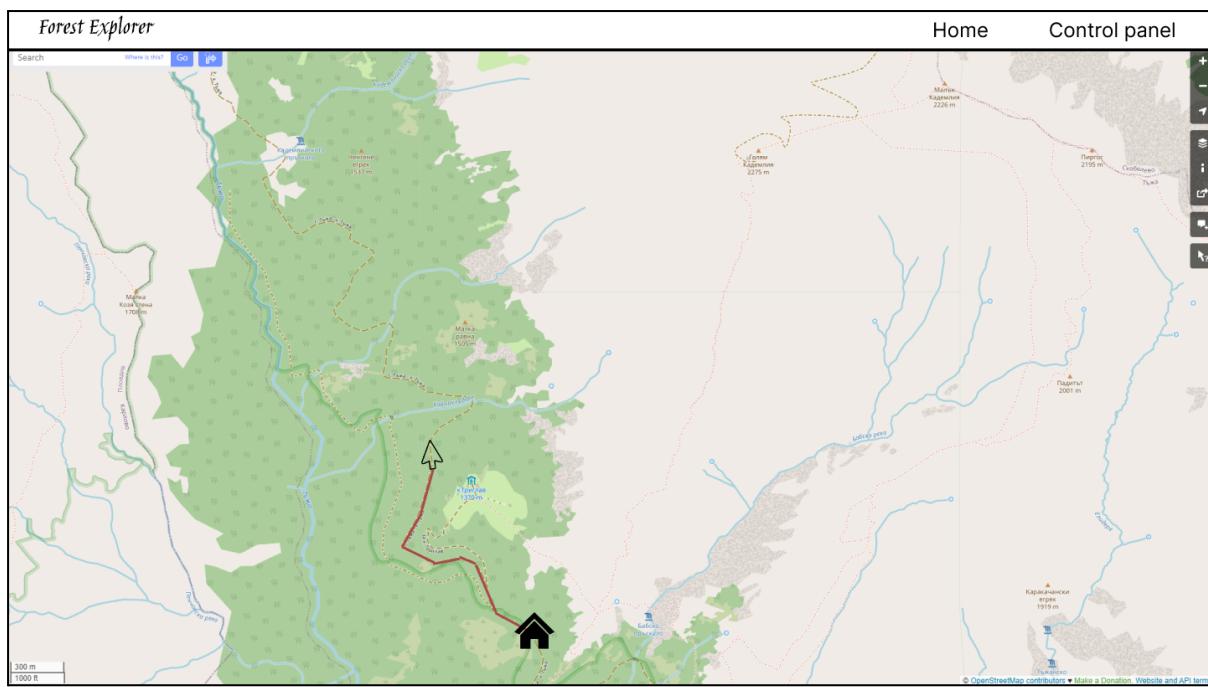
3. Описание на приложението

3.1. Функционално описание на уеб приложение за:

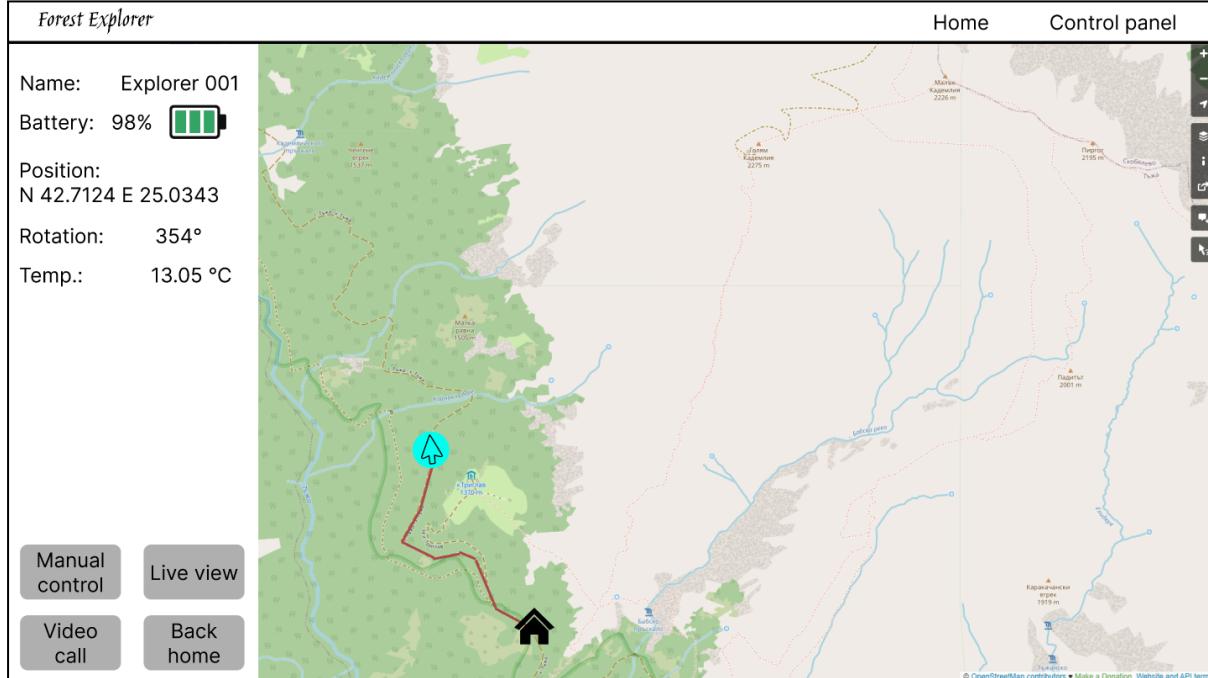
3.1.1. спасителни операции

Карта на уеб приложението:





В началната страница потребителя вижда карта на активните роботи. На нея са отбелязани: точката на тръгване (с къщичка), изминалият път (с начупена линия) и текущата позиция и посока на движение на робота (със стрелка).



При натискане върху робота, той се откроява със син кръг и се показва меню с основна информация (координати, посока, ниво на батерия и др.) и контроли (ръчно управление, гледане на видео, започване на видео разговор, връщане в началната точка и други).

Forest Explorer			
			Home
			Control panel
			Add
Name	Battery	Status	•••
Explorer 001		Active	•••
Explorer 036		Idle	•••
Explorer 213		Offline	•••

От “Control panel” потребителят вижда списък със своите роботи и статусът им (активен, незает, изключен). Има опции за: добавяне, премахване и настройване на роботи.

При откриване на хората в спасителна операция, в приложението изкача уведомление с техните координатите и се предлага опцията за започване на видео разговор.

3.1.2. показване на картографирани пътеки

Карта на уеб приложението:



Autonomous forest mapping

We make previously uncharted trails accessible worldwide on an easy to use map with basic features.



Our goal is to automate the mapping of forest trails and save time and effort!

0
Trails mapped

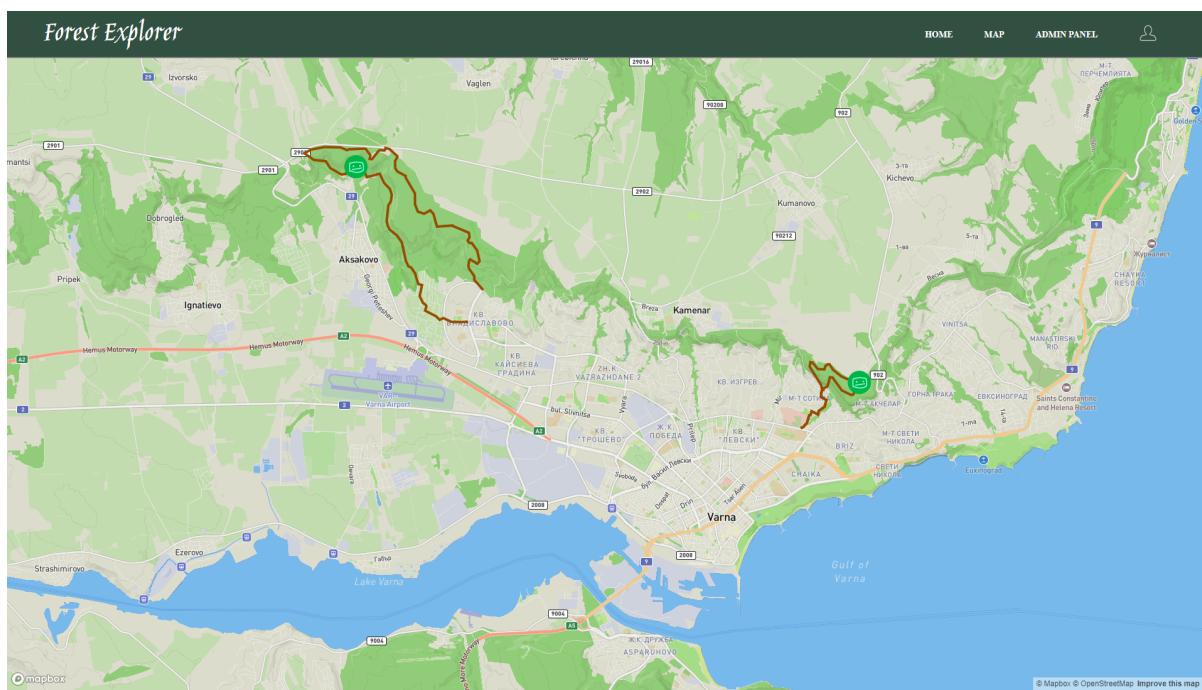
0
Robots produced

0
Active users

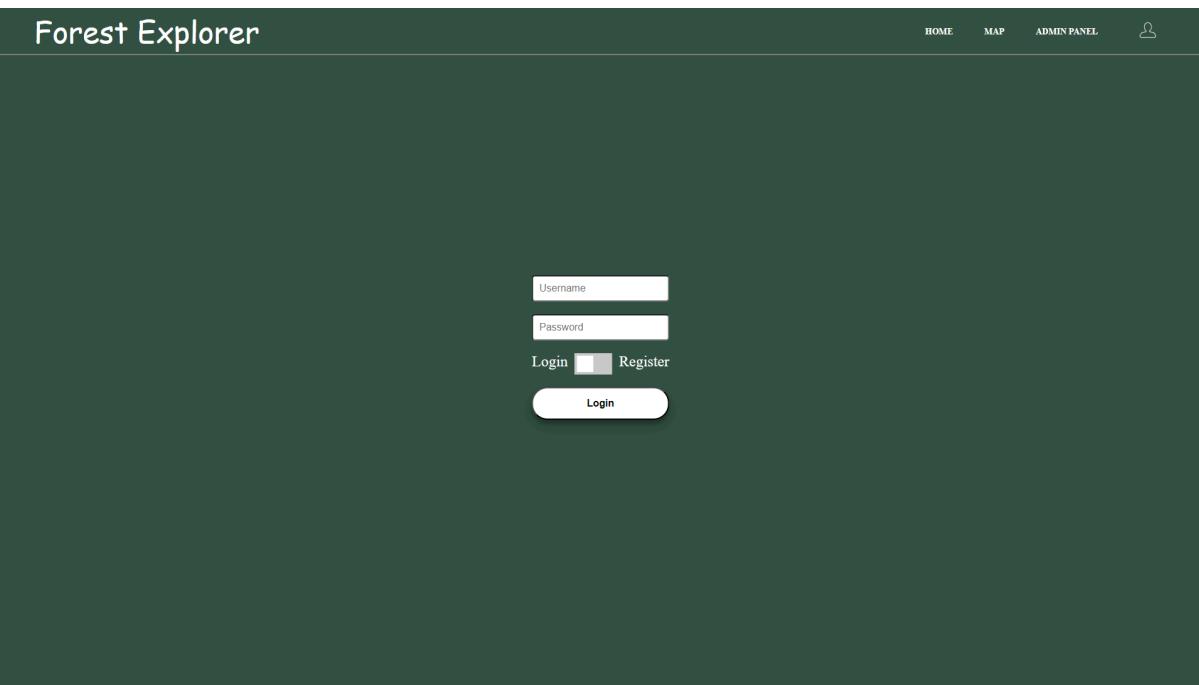
В началната страница потребителя получава кратко описание на дейността на проекта и неговите цели.



При отиване до края на страницата се вижда форма за контакт със собственика на уеб приложението.



В страницата "Map" се намира карта, върху която са показани картографираните от "Горски изследовател" пътеки. На нея могат и да се видят роботи, които в дадения момент обхождат пътеки. За картата използвам Mapbox, заради лесния за ползване интерфейс и множеството опции за персонализиране.



При избиране на менюто “ADMIN PANEL” се отваря страница за влизане в профил.

A screenshot of the "ADMIN PANEL" interface. It features two main sections: "Robots" on the left and "Customer messages" on the right. The "Robots" section lists two entries: "Explorer 01" and "Steve", each with a small circular icon containing a robot face and a three-dot menu button. The "Customer messages" section shows two messages with subjects and dates: "Subject: Job search Date: 2024-04-13 00:08:53" and "Subject: Research Date: 2024-04-13 00:10:45", also accompanied by three-dot menu buttons.

При успешно влизане се вижда менюто със свързаните към приложението роботи (отляво) и менюто за отговор на клиенти (отдясно).

Използвани технологии и източници

- Организирах времето си и създадох план за изпълнение в Trello.
- За 3D моделиране използвах Fusion 360.
- Използвах Python за трениране на изкуствения интелект.
- Използвах Figma за създаването на прототип на уеб приложението.
- За изготвяне на документация, брошура и презентация, използвах MS Word, MS PowerPoint, CorelDraw.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

“Горски изследовател” ще предостави нов и ефикасен начин както за картографиране на горски пътеки, така и за спасителни операции в гористи и планински местности. Със своята бързина и заменимост, роботът ще може да бъде изпращан в опасни условия, за да спаси човешки живот.

Уеб приложението е достъпно и просто за използване, като улеснява в пъти работата на неговите потребители.

Възможности за развитие:

- Създаване на изкуствен интелект и алгоритми;
- Създаване на уеб приложение за визуализация;
- Създаване на прототип на робота;
- Нови функционалности:
 - свързване на множество роботи в подобие на “маяк”, за общо изпълнение на задачи;
 - добавяне на нови сензори за събиране на повече информация за околната среда.

Използвани материали

- Redmon, Joseph, et al. "You only look once: Unified, real-time object detection." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016.
- Lin, Tsung-Yi, et al. "Microsoft coco: Common objects in context." *Computer Vision–ECCV 2014: 13th European Conference, Zurich, Switzerland, September 6–12, 2014, Proceedings, Part V 13*. Springer International Publishing, 2014.
- Lagos, Juan, Urho Lempio, and Esa Rahtu. "FinnWoodlands Dataset." *Scandinavian Conference on Image Analysis*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023.
- Daniel Queirós da Silva, & Filipe Neves dos Santos. (2021). ForTrunkDet - Forest dataset of visible and thermal annotated images for object detection (1.0.0) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5213825>