

**Stredná priemyselná škola elektrotechnická Prešov Plzenská 1,
080 01 Prešov**

**Inteligentná triediaca nádoba na odpad s využitím
počítačového videnia na zvýšenie efektivity triedenia
komunálneho odpadu**

STROJÁR INOVÁTOR

**2026
Prešov**

riešitelia
**Matúš Jurica
Miroslav Troščák
Sebastián Šimon**

ročník štúdia: štvrtý

1 Abstrakt

Projekt sa zaoberá návrhom a realizáciou inteligentnej nádoby na odpad, ktorá automaticky rozpoznáva typ odpadu pomocou umelej inteligencie a triedi ho do správnej kategórie. Systém využíva kameru, model strojového učenia a mechanizmus riadený servomotormi. Súčasťou riešenia je aj mobilná aplikácia zobrazujúca štatistiky o triedení odpadu.

Cieľom projektu je zvýšiť efektivitu triedenia odpadu a ukázať praktické využitie AI v oblasti ekológie.

2 Úvod

Problematica odpadu patrí medzi najväčšie environmentálne výzvy súčasnosti. Veľké množstvo odpadu nie je správne vytriedené, čo znižuje efektivitu recyklácie.

Moderné technológie, ako umelá inteligencia a IoT, umožňujú tento proces automatizovať.

Cieľom nášho projektu bolo vytvoriť zariadenie, ktoré dokáže automaticky rozpoznávať a triediť odpad bez zásahu človeka.

3 Cieľ projektu

Hlavným cieľom projektu bolo:

- navrhnuť inteligentný kôš
- automaticky rozpoznávať odpad
- triediť ho do správnych kategórií

Vedľajšie ciele:

- vytvoriť používateľské rozhranie
- testovať funkčnosť systému
- vyhodnotiť výsledky

4 Návrh riešenia

Navrhované riešenie pozostáva z kombinácie hardvéru a softvéru.

Proces fungovania:

1. Kamera nasníma objekt
2. AI model určí typ odpadu
3. Systém aktivuje mechanizmus

4. Odpad je presmerovaný do správnej časti

Súčasťou systému je aj databáza a mobilná aplikácia, ktorá zobrazuje údaje o odpade.

5 Hardvérové riešenie

Systém obsahuje:

- Raspberry Pi 5 (riadiaca jednotka)
- kameru
- ultrazvukový senzor
- servomotory a krokový motor
- LED indikátory

Mechanická konštrukcia bola vytvorená z hliníkových profilov a 3D tlačných dielov.

Toto riešenie umožňuje jednoduchú montáž a úpravy systému.

6 Softvérové riešenie

Softvér bol implementovaný v jazyku Python.

Použité technológie:

- OpenCV – spracovanie obrazu
- YOLO – detekcia odpadu
- GPIO – riadenie hardvéru

Systém pracuje v reálnom čase:

- snímanie → analýza → reakcia

7 Umelá inteligencia

Na rozpoznávanie odpadu bol použitý model YOLO.

Dataset obsahoval približne 2000 obrázkov:

- plast
- papier
- kov
- komunálny odpad

Model bol trénovaný v prostredí Google Colab a dosahuje presnosť približne 92 %.

8 Testovanie a výsledky

Systém bol testovaný v reálnych podmienkach.

Testovalo sa:

- rozpoznávanie odpadu
- presnosť senzorov
- mechanická funkčnosť
- komunikácia s databázou

Výsledky:

- vysoká presnosť klasifikácie
- stabilná prevádzka
- rýchla odozva systému

9 Záver

Projekt preukázal, že kombinácia umelej inteligencie, IoT a mechaniky môže výrazne zlepšiť triedenie odpadu.

Navrhnuté riešenie je funkčné, rozširiteľné a vhodné pre praktické využitie napríklad v smart cities.

Do budúcnosti plánujeme rozšíriť systém o:

- nové typy odpadu
- váženie odpadu
- pokročilé AI modely

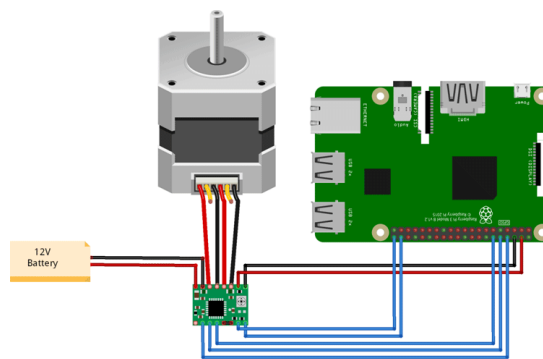
10 Zdroje

1. European Environment Agency (EEA). *Waste recycling in Europe*.
Dostupné na: <https://www.eea.europa.eu>
2. Redmon, J. et al. *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*.
Dostupné na: <https://arxiv.org/abs/1506.02640>
3. OpenCV. *Open Source Computer Vision Library*.
Dostupné na: <https://opencv.org>
4. Raspberry Pi Foundation. *Raspberry Pi 5 Documentation*.
Dostupné na: <https://www.raspberrypi.com>
5. Ultralytics. *YOLO Documentation*.
Dostupné na: <https://docs.ultralytics.com>

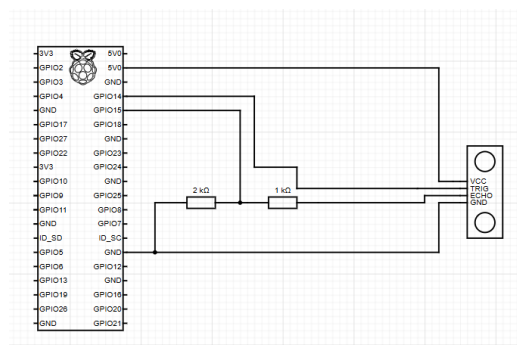
Zoznam príloh

- Príloha A: Technická schéma zapojenia komponentov
- Príloha B: 3D návrhy mechanických častí (výber)
- Príloha C: Fotodokumentácia konštrukcie prototypu
- Príloha D: Screenshotsy z mobilnej aplikácie
- Príloha E: Ukážky z datasetu – anotované fotografie odpadu
- Príloha F: Graf priebehu tréningu AI modelu (loss/accuracy)
- Príloha G: Tabuľky s kompletnými výsledkami testovania

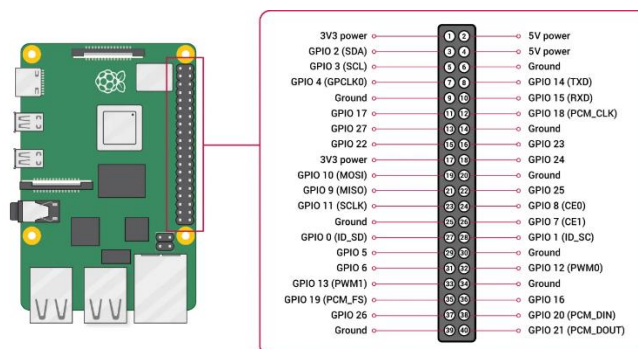
Príloha A: Technická schéma zapojenia komponentov



Obrázok A.1: Zapojenie drivera TMC2208 s krokovým motorom NEMA17

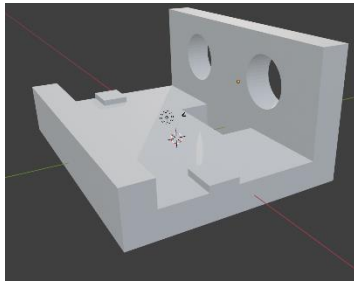


Obrázok A.2: Schéma napät'ového deliča pre ultrazvukový senzor HC-SR04

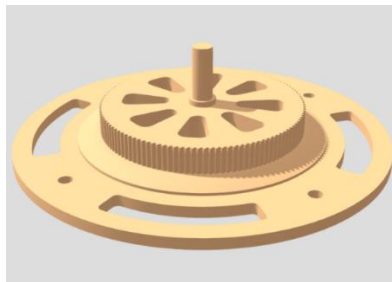


Obrázok A.3: Schéma zapojenia GPIO pinov na Raspberry Pi 5

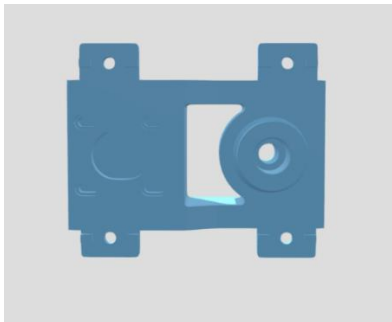
Príloha B: 3D návrhy mechanických častí



Obrázok B.1: 3D model držiaka ultrazvukového senzora

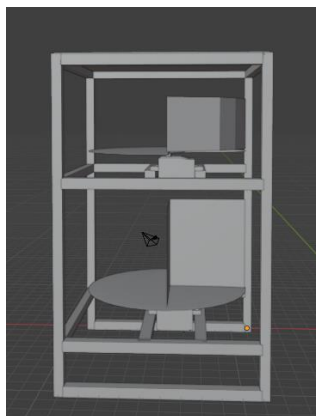


Obrázok B.2: 3D model hriadele

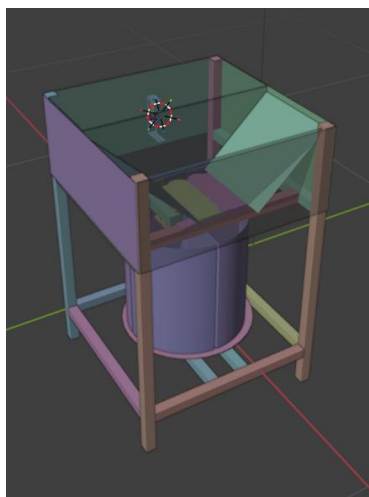


Obrázok B.3: 3D model držiaku pre krokový motor NEMA17

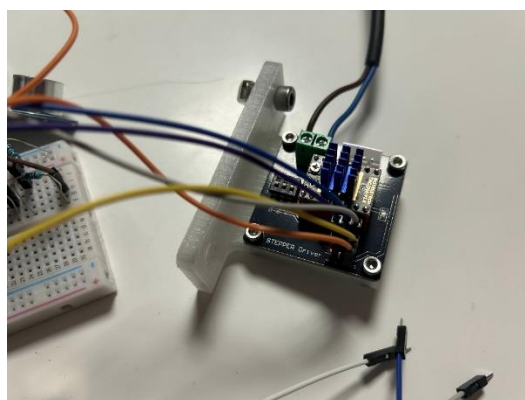
Príloha C: Fotodokumentácia konštrukcie prototypu



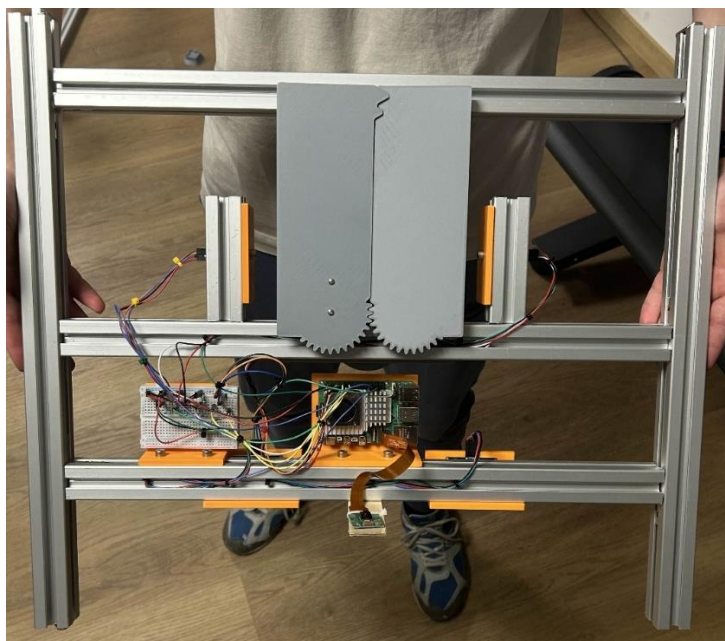
Obrázok C.1: Hliníková nosná konštrukcia



Obrázok C.2: Prototyp koša v bleneri

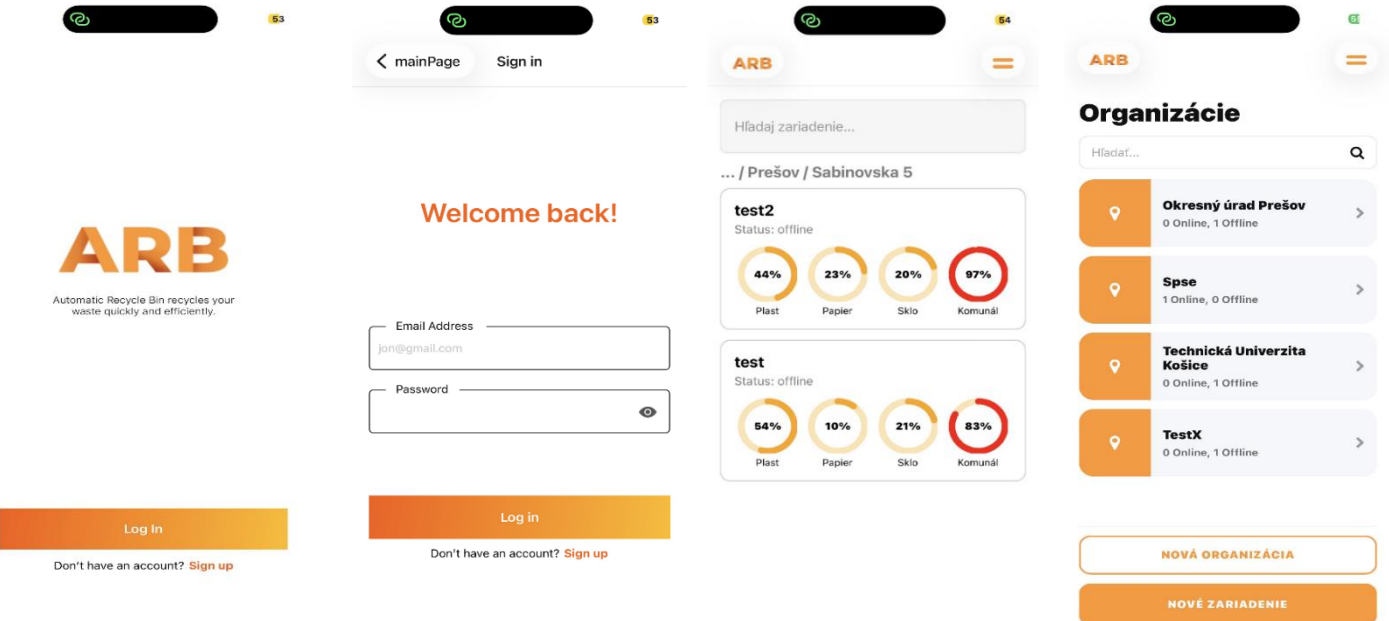


Obrázok C.3: Osadenie drivera v kryte



Obrázok C.4: Uchytenie súčiastok na konštrukciu

Príloha D: Screenshots z mobilnej aplikácie



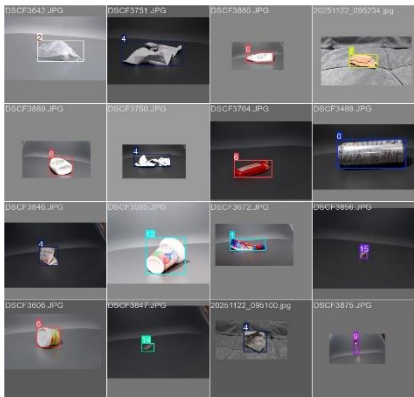
Obrázok D.1: Úvodná obrazovka

D.2: Login obrazovka

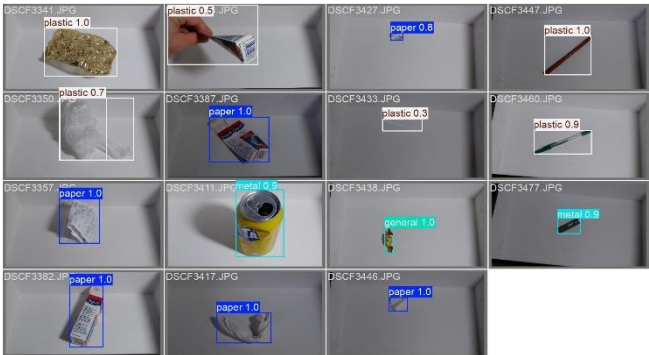
D.3: Obrazovka naplnenia grafov

Obrázok D.4: Obrazovka organizácií

Príloha E: Ukážky z datasetu – anotované fotografie odpadu



Obrázok E.1: Ukážka anotácie 1



Obrázok E.2: Ukážka anotácie 2

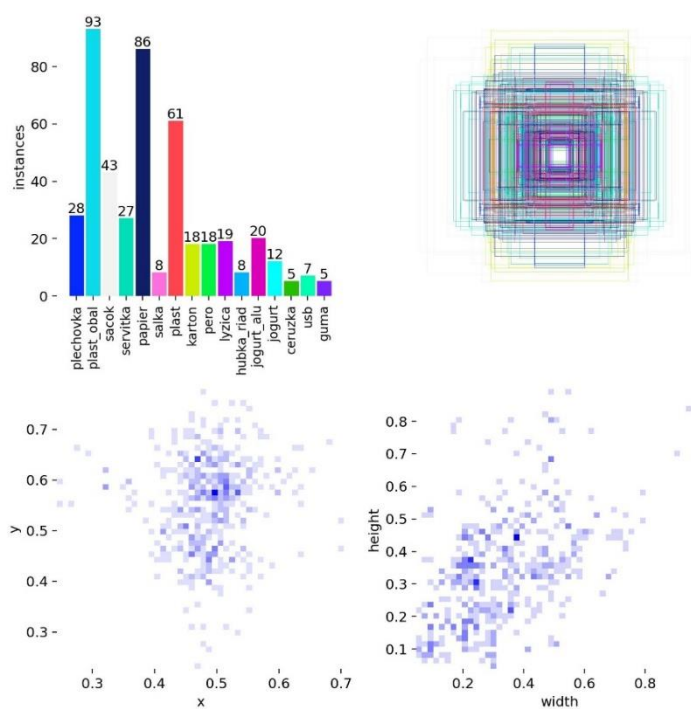


Obrázok E.3: Proces výroby datasetu

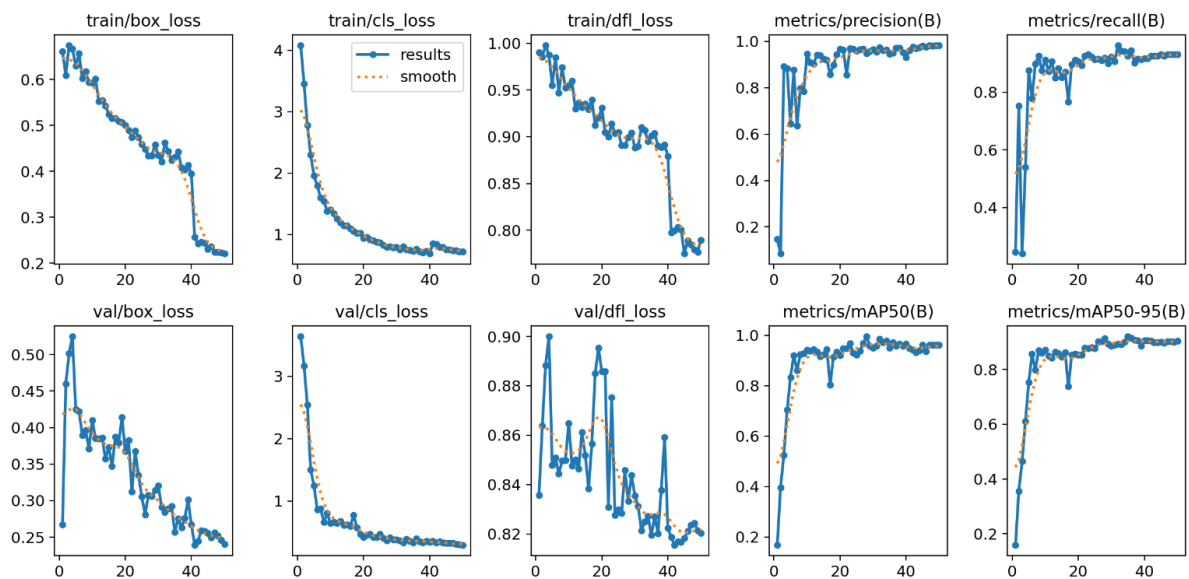


Obrázok E.4: Ukážka anotácie vreckovky

Príloha F: Graf priebehu tréningu AI modelu (loss/accuracy)



Obrázok F.1: Príklady trénovacích dát s bounding boxmi



Obrázok F.2: Vývoj loss funkcií a presnosti počas tréningu

Príloha G: Tabuľky s kompletnými výsledkami testovania

Testovaný parameter	Počet cyklov	Úspešných	Neúspešných	Úspešnosť
Otvorenie klapky (servo)	200	199	1	99,5 %
Zatvorenie klapky (servo)	200	198	2	99,0 %
Presun mechanizmu (krokový motor)	200	197	3	98,5 %
Celý cyklus triedenia	200	196	4	98,0 %

Tabuľka G.1: Výsledky testovania mechanického systému (200 cyklov)

Číslo pokusu	Kategória odpadu	Detekcia (Á/N)	Správna priehradka (Á/N)	Čas odozvy (s)	Poznámka
1-35	Plasty	34 / 1	33 / 2	1,2 – 2,5	1x nerozpoznaný (priehľadný plast v tieni)
36-65	Papier	29 / 1	28 / 2	1,3 – 2,8	1x zaseknutie v mechanizme (veľká krabica)
66-100	Kovy	33 / 2	32 / 3	1,4 – 3,0	2x nerozpoznaný (pokrčený alobal)
SPOLU	Všetky	96 / 4	93 / 7	priemer 2,1	

Tabuľka G.2: Výsledky komplexného testu prototypu (100 pokusov s náhodným odpadom)