

# Klasifikacija objekata iz podataka impulsnog detektora metala primjenom strojnog učenja



Marko Šimić, mag. ing.

mentor: prof. dr. sc. Vedran Bilas

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

## 1. Uvod

Unatoč velikim naporima međunarodne zajednice koji se u posljednjih nekoliko desetljeća ulažu u proces humanitarnog razminiranja, protupješačke mine i dalje predstavljaju globalnu prijetnju za sigurnost čovjeka. Prema podatcima iz 2022. godine, za ukupno 67 država i drugih teritorija je poznato ili se sumnja da su zagađena minama. Još od prvog korištenja u Drugom svjetskom ratu do danas, primarni alat za otkrivanje mina je portabilni detektor metala čiji se rad temelji na principu elektromagnetske indukcije (EMI). Većina modernih detektora metala može samo detektirati prisutnost metalnog predmeta. S druge strane tipično više od 99% alarmova dolazi od bezopasnog metalnog otpada, što razminiranje čini sporim, skupim i opasnim procesom.

## 2. Opis problema

Detektor metala s funkcionalnošću raspoznavanja metalnih objekata bi značajno ubrzao proces razminiranja. Cilj istraživanja je razvoj klasifikacijskog postupaka za prepoznavanje metalnih objekata s naglaskom na mine s minimumom metala.

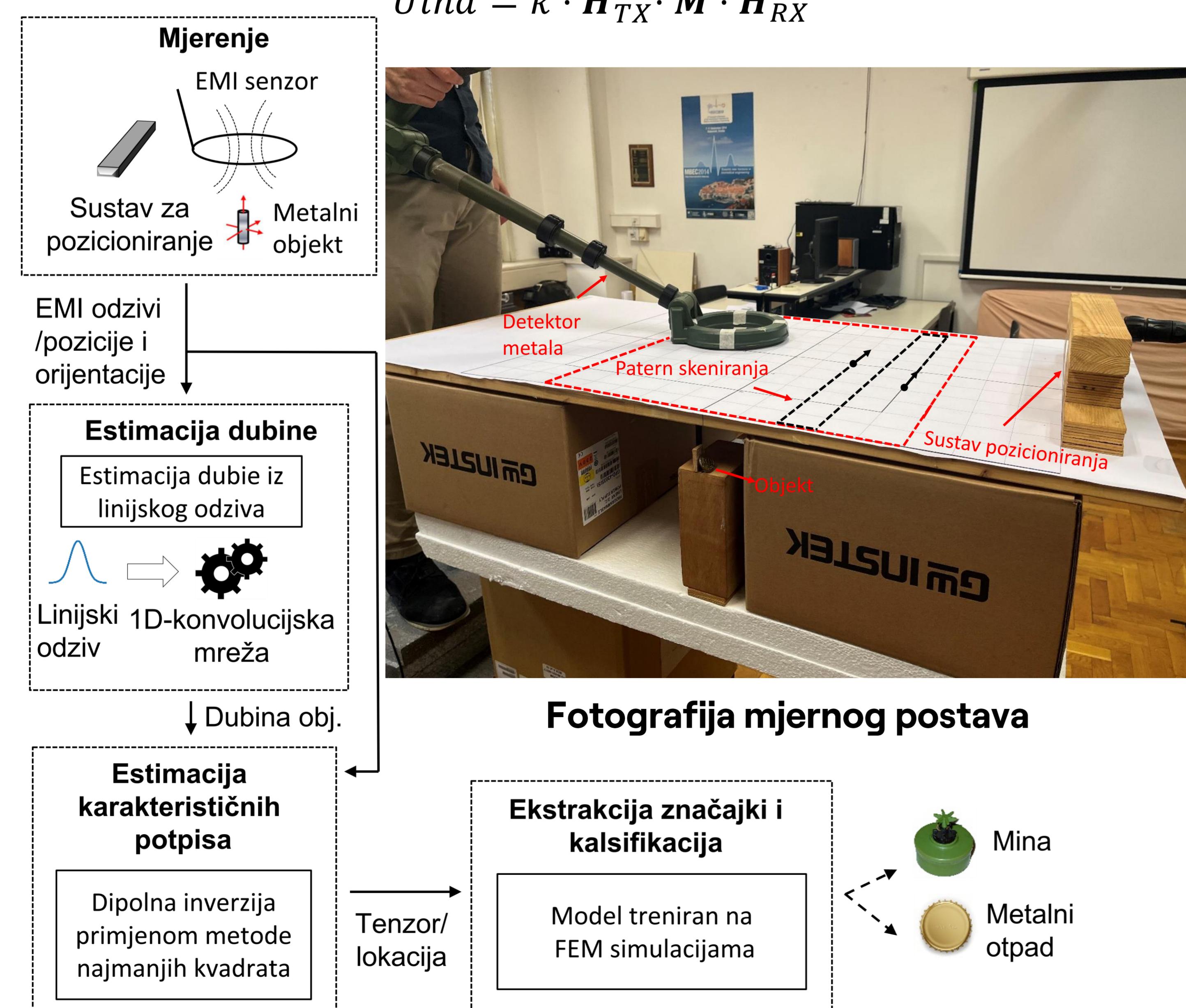
Glavni izazovi:

- o Razvoj demonstracijskog sustava za mjerjenje tenzora magnetske polarizabilnosti
- o Razvoj metode za ekstrakciju značajki iz mjerениh tenzora
- o Razvoj klasifikacijske metode temeljene na strojnom učenju koja ostvaruje (idealno) 0 lažno pozitivnih nalaza.

## 3. Metodologija

U istraživanju se koristi pretpostavka da se odziv  $U_{ind}$  metalnog objekta može aproksimirati odzivom točkastog izvora (magnetski dipol), gdje su  $\mathbf{H}_{TX/RX}$  parametri ovisni o geometriji, a  $\mathbf{M}$  tenzor magnetske polarizabilnosti koji sadrži karakteristične potpise objekata

$$U_{ind} = k \cdot \mathbf{H}_{TX}^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{H}_{RX}$$



## Zahvale

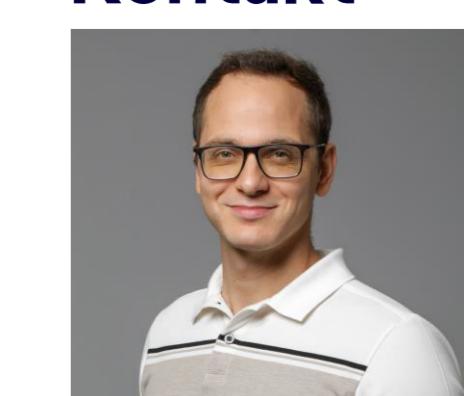
Rad je djelomično financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost u sklopu projekta "Projekt razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti" (DOK-2021-02).



## Reference

- [1] Simic, Marko; Ambrus, Davorin; Bilas, Vedran, Object Depth on From Line-Scan EMI Data Using Machine Learning. 21<sup>st</sup> IEEE Conference on Sensors, Dallas, TX, USA, 2022.
- [2] M. Simic, D. Ambrus, and V. Bilas, "Rapid Object Depth Estimation From Position-Referenced EMI Data Using Machine Learning," IEEE Sensors Journal, pp. 1-1, 2023.

## Kontakt

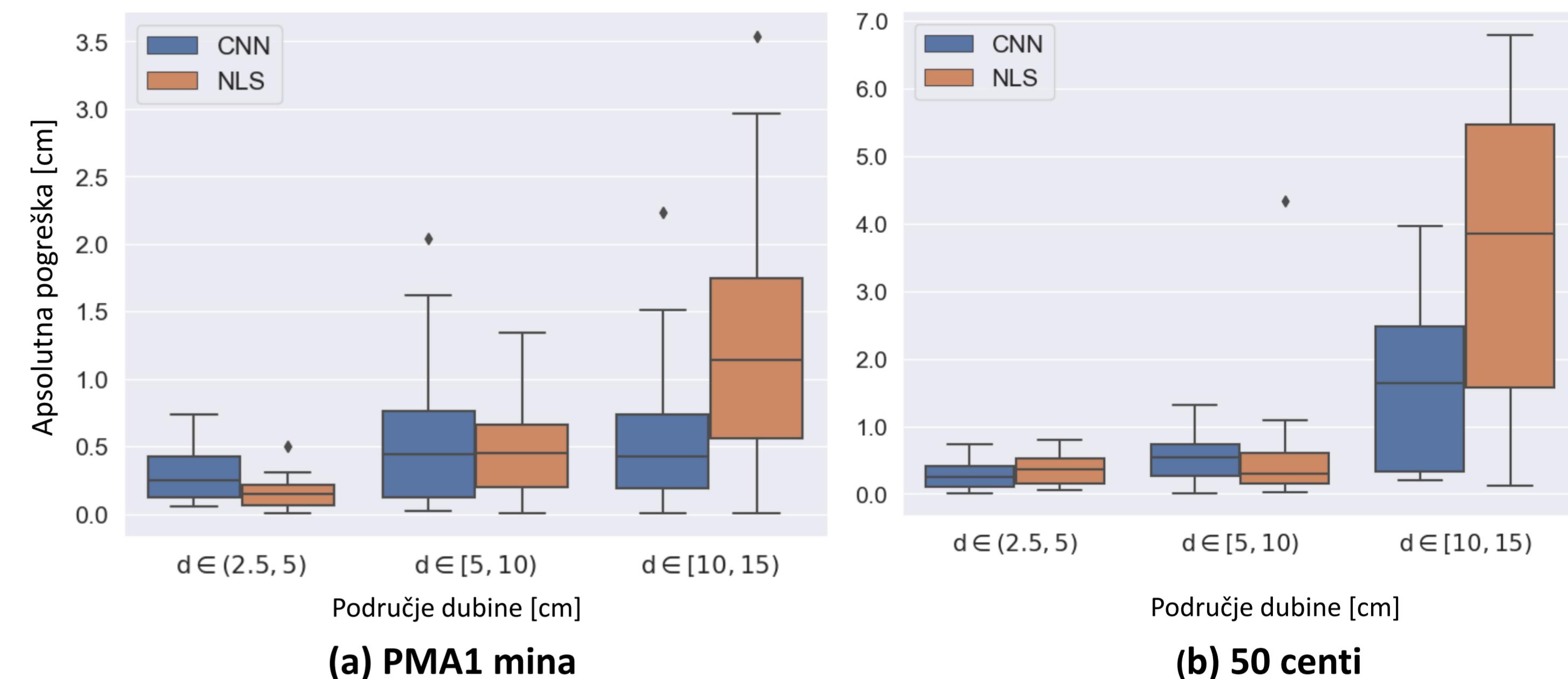


Marko Šimić, mag. ing.  
marko.simic@fer.hr  
Tel. Broj: 092 3434940

## 4. Rezultati

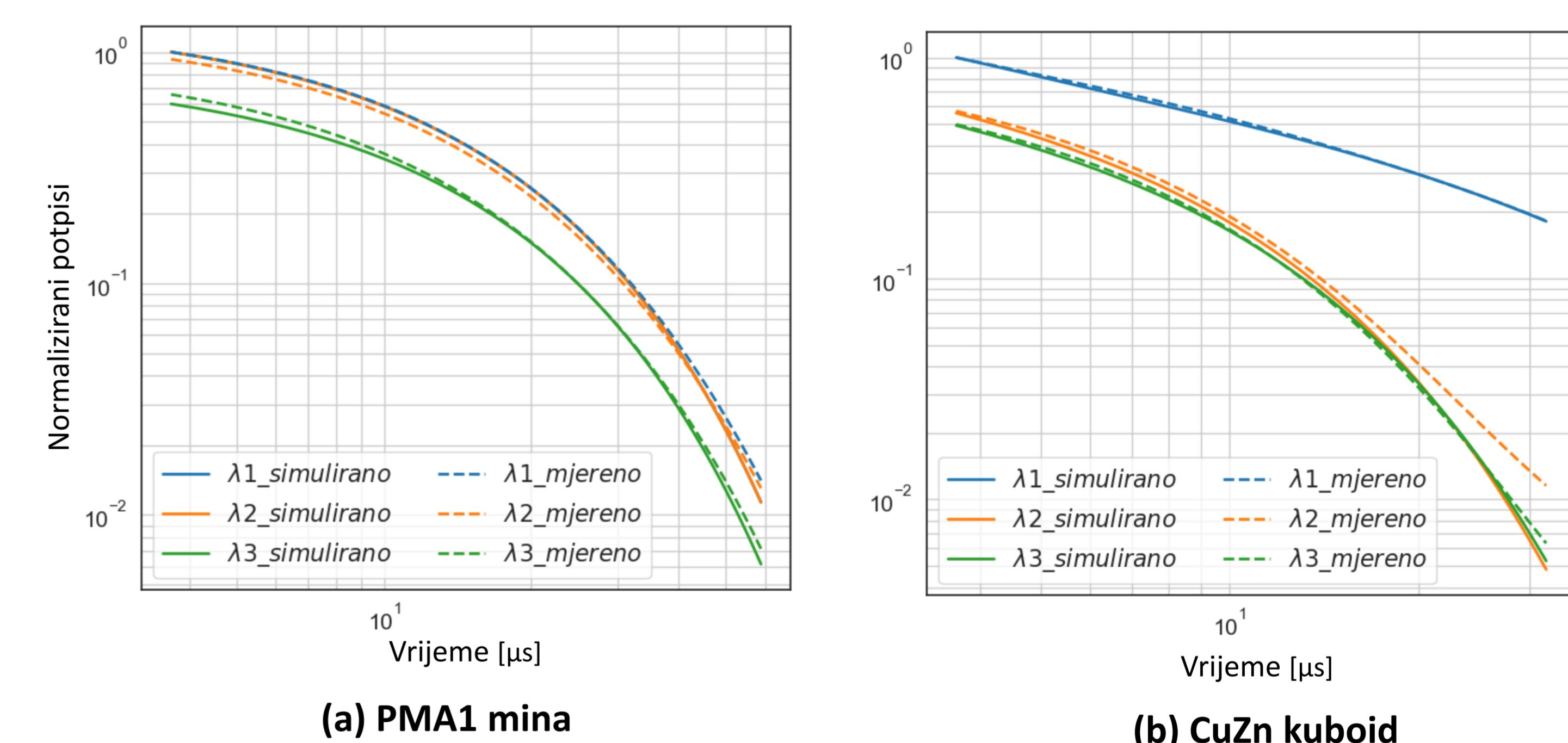
### 4.1. Estimacija dubine

Evaluacija predloženog rješenja za estimaciju dubine korištenjem konvolucijske mreže (eng. convolutional neural network (CNN)) [1], [2], napravljena je u odnosu na postupak nelinearne metode najmanjih kvadrata (eng. nonlinear least squares (NLS)).



### 4.2. Mjerenje tenzora

U nastavku su dani preliminarni rezultati mjerjenih tenzora. Mjerenja su uspoređena sa simulacijama tenzora temeljenih na metodi konačnih elemenata.



### 4.3. Klasifikacijski algoritam

Razvit će se nova klasifikacijska metoda koja uključuje model treniran na simuliranim tenzorima s glavnim zahtjevom na minimalan broj lažno negativnih nalaza. Bitno je istaknuti da u kontekstu humanitarnog razminiranja, konačnu odluku „mina ili otpad“ donosi operater, te se automatizirana klasifikacija smatra pomoćnim sustavom za donošenje odluke.

## 5. Zaključak

Predložena metoda za estimaciju dubine metalnih objekata ostvaruje značajno poboljšanje u odnosu na standardni postupak metodom najmanjih kvadrata. Mjereni tenzori pokazuju vrlo dobro podudaranje sa simuliranim tenzorima, što znači da simulacijama možemo konstruirati proizvoljno veliki skup podataka koji se onda može iskoristiti za treniranje modela strojnog učenja. Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da razvijeni sustav ima veliki potencijal da, po prvi put, iskoristi baze simuliranih tenzora za potrebe prepoznavanja protupješačkih mina.