

# Sustav za snimanje radarom sa sintetičkom aperturom i integriranom klasifikacijom objekata

Filip Turčinović, mag. ing.

mentor: izv. prof. dr. sc. Marko Bosiljevac  
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

## 1. Uvod

Radarskim prodiranjem milimetarskih valova može se promatrati prostor iza prepreka što znači da model strojnog učenja treniran na skupu slika generiranih radarom može klasificirati objekte koji se nalaze u tom prostoru. Odnosno, kombinacijom radara i strojnog učenja moguće je raspoznavati objekte koji se nalaze izvan vidljivog područja.

U sklopu doktorskog rada razvijen je sustav temeljen na mikroračunalu koje objedinjava radar sa sintetičkom aperturom i model strojnog učenja. Budući da su povezani, model može postići bolju točnost klasifikacije objekata prilagodbom parametara radara, a sustav njihovom optimizacijom energetsku učinkovitost.



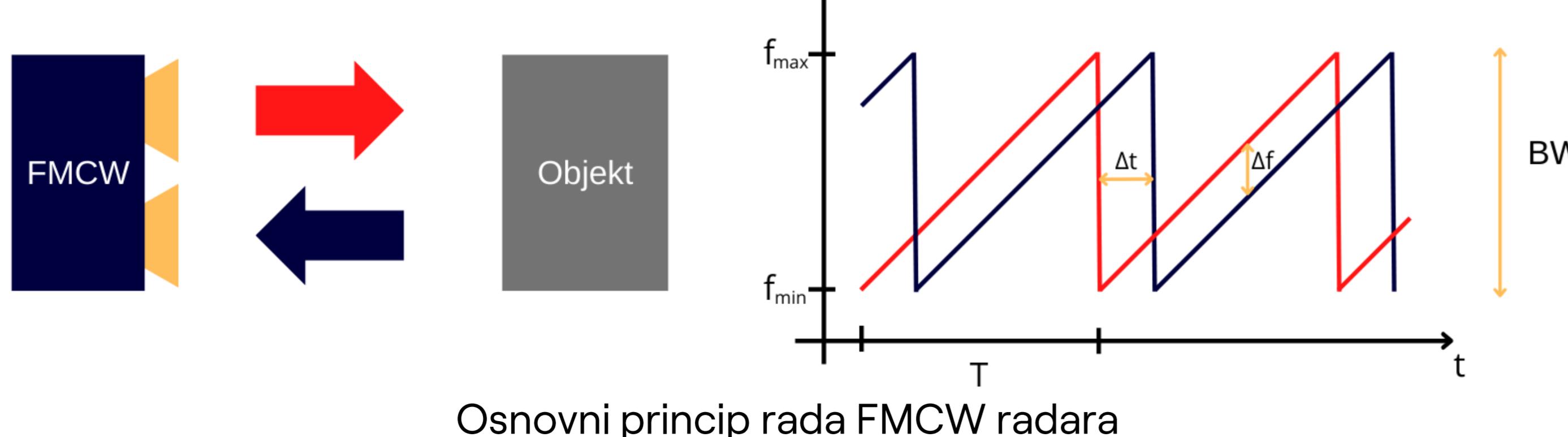
Radarska platforma i primjer promatranih objekata

## 2. Radar sa sintetičkom aperturom

Radar sa sintetičkom aperturom (**Synthetic Aperture Radar, SAR**) koristi pomicanje senzora po prostoru kako bi umjetno povećao efektivnu površinu (aperturu) antene. Senzor u svakom koraku na svojoj putanji spremi informaciju o udaljenosti do objekta koji se nalazi u promatranom području. U implementiranom radarskom sustavu **FMCW** senzor (Frequency Modulated Continuous Wave) odašilje i prima signale čija se frekvencija mijenja u vremenu. Razlika između frekvencija poslanog i primljenog signala  $\Delta f$  proporcionalna je vremenskoj razlici  $\Delta t$  što znači da se njome može izračunati udaljenost između senzora i objekta:

$$R = \frac{\Delta f \cdot c \cdot T}{2BW}$$

gdje je  $BW$  širina pojasa (bandwidth),  $T$  period trajanja signala, a  $c$  brzina svjetlosti. FMCW senzor se nakon svakog mjerjenja mehanički pomiče na sljedeću poziciju. Rezolucija radarske slike, između ostalog, ovisi o širini pojasa FMCW signala i broju koraka u kojem SAR pokriva aperturu.



## Zahvale

Projekt finansira Hrvatska zaklada za znanost pod brojem IP-2019-04-1064

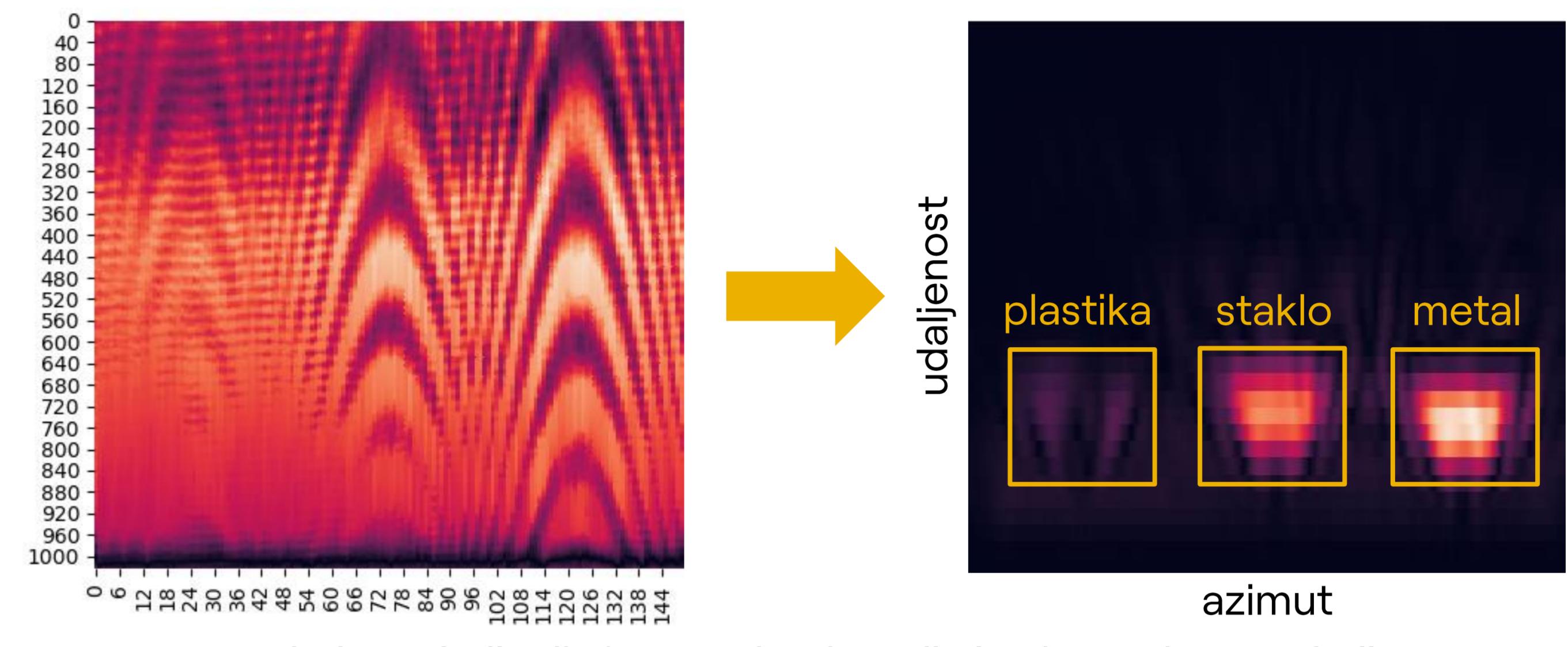
## Reference

- [1] Kačan M, Turčinović F, Bojanjac D, Bosiljevac M. Deep Learning Approach for Object Classification on Raw and Reconstructed GBSAR Data. *Remote Sensing*. 2022;
- [2] Turčinović F, Kačan M, Bojanjac D, Bosiljevac M. Deep Learning Approach Based on GBSAR Data for Detection of Defects in Packed Objects. *EuCAP*. 2023;

## Kontakt

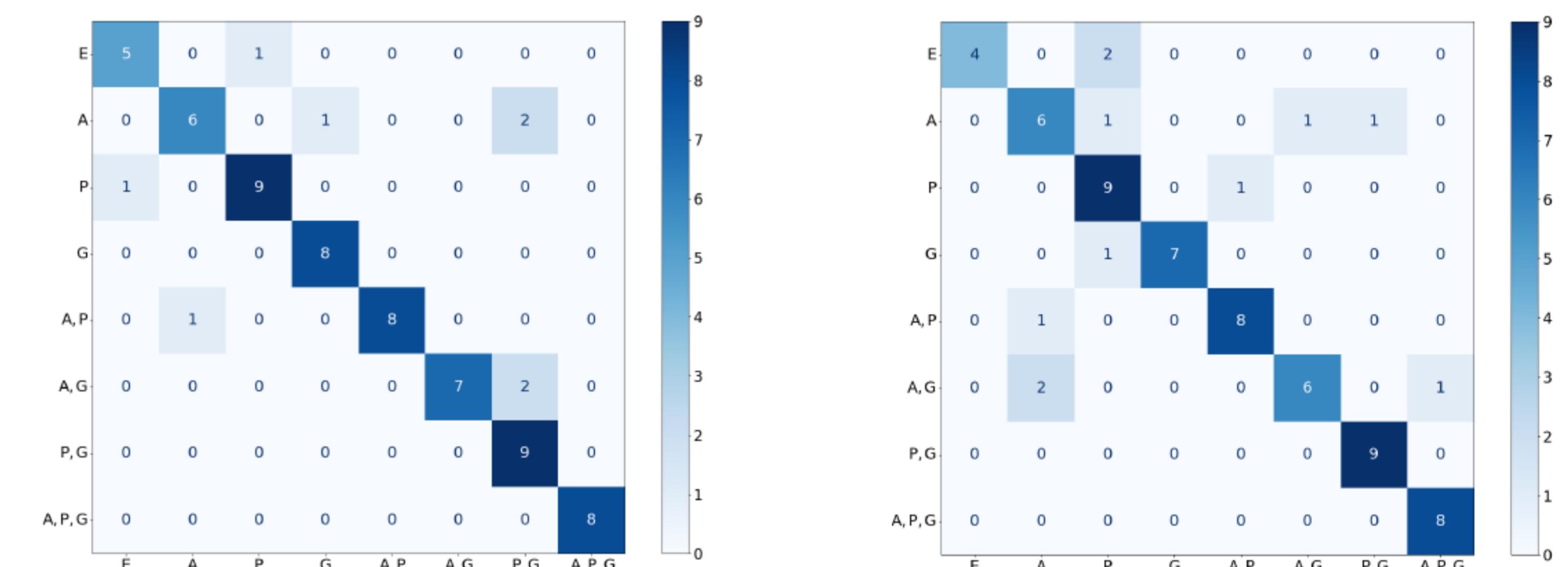
Filip Turčinović, mag. ing.  
filip.turcinovic@fer.hr  
095/912-0316

## 3. Istraživanje



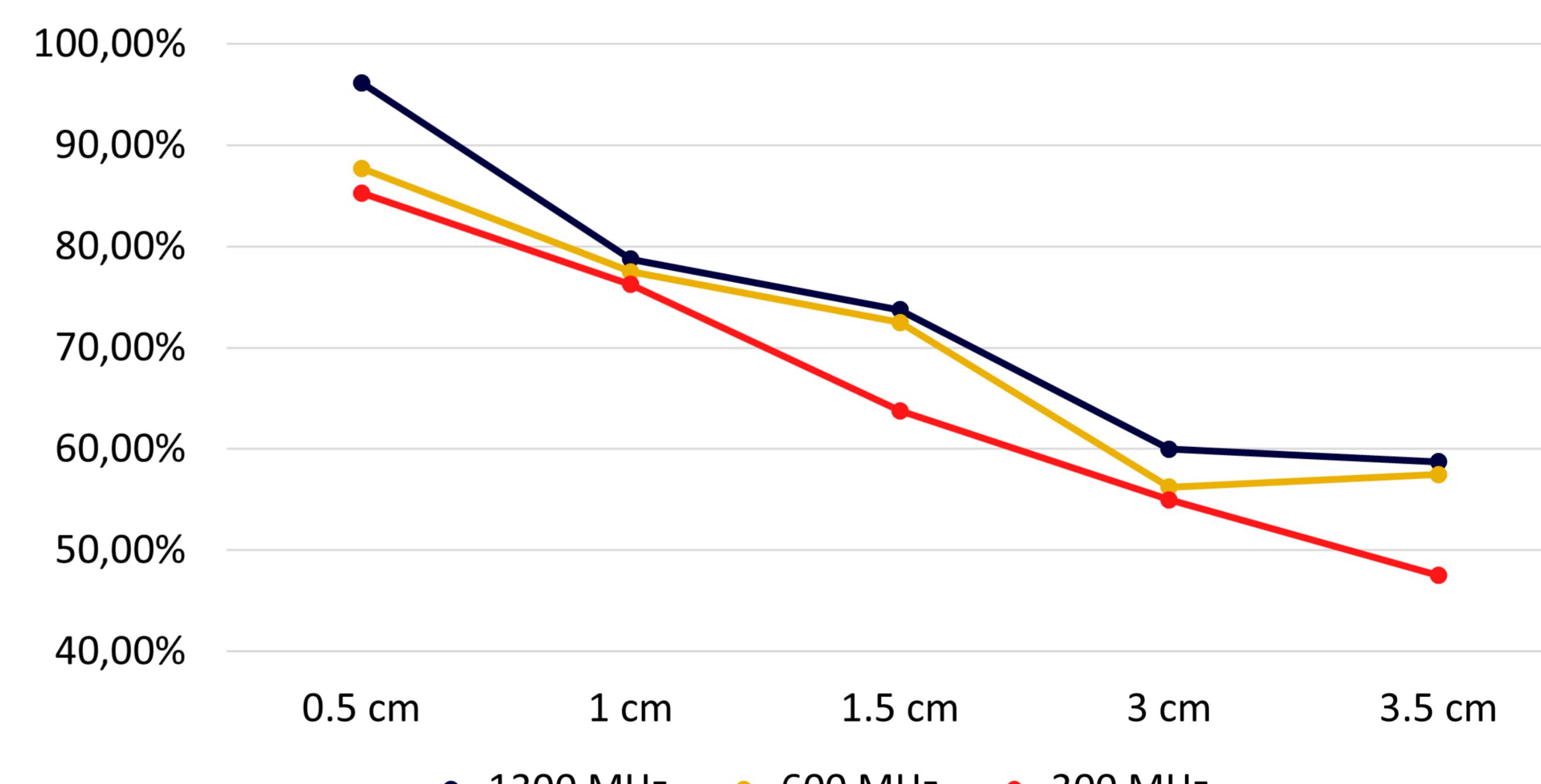
Primjer snimljenih SAR podataka prije i nakon rekonstrukcije

SAR koristi rezultate mjerjenja senzora na svim pozicijama kako bi pomoću algoritma za rekonstrukciju generirao dvodimenzionalnu radarsku sliku snimljenog prostora. Lako je radarsku sliku jednostavnije interpretirati, takvi algoritmi kroz aproksimacije i interpolacije uvode određenu razinu šuma koji negativno utječe na klasifikaciju. Kako bismo testirali njihov utjecaj, usporedili smo rezultate modela treniranih sirovim podacima s rezultatima modela treniranih radarskim slikama [1]:



Konfuzijske matrice modela sa sirovim podacima i rekonstruiranim slikama

Razvijeni sustav omogućio je i testiranje utjecaja parametara radara na snimljene podatke. Reduciranjem broja koraka smanjili smo rezoluciju u smjeru azimuta, a sužavanjem širine pojasa u smjeru udaljenosti.



Utjecaj parametara radara (duljina koraka i širina pojasa) na točnost klasifikacije

## 4. Zaključak

Implementirani sustav za snimanje radarskih slika i klasifikaciju objekata omogućio je kreiranje javno dostupne baze sirovih i rekonstruiranih radarskih podataka dobivenih različitim kombinacijama parametara radara. Osim ranije predstavljenih istraživanja, takve su baze omogućile detekciju defekata u pakiranim objektima [2] i praćenje vitalnih znakova.