

GÖRÜŞ ÖTESİ

NON LINE OF SIGHT (NLOS)
ARAŞTIRMA VE ANALİZ ÇALIŞTAYI

09 ŞUBAT 2026

ELAZIĞ



İnsanı Görmeden Yön Tespiti: NLOS Ortamlarda Yönelim Tespiti için Lazer- Akustik Füzyon

Görüş Hattı Dışındaki İnsan Yönünün Belirlenmesi

Ferdi DOĞAN

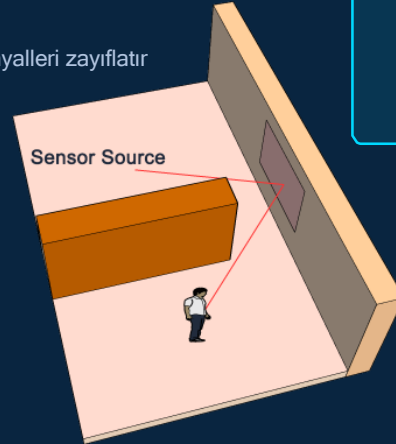
Adıyaman Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

Araştırmanın Önemi

Görüş hattı dışındaki (NLOS) ortamlarda insan varlığını tespit etmek kadar yönünü belirlemek de kritik öneme sahiptir

- ◆ **Arama-Kurtarma:** Enkaz altındaki kişilere doğru müdahale için yön bilgisi gerekli
- ◆ **Güvenlik Sistemleri:** İç mekân güvenliğinde insan yönelimi önemli
- ◆ **Otonom Sistemler:** Sürücüsüz araçlar için kritik bilgi
- ◆ **Zorluklar:** Duvarlar, sütunlar, beton bloklar gibi engeller sinyalleri zayıflatır



NLOS Ortamı

Engeller: Duvarlar, Sütunlar, Beton Bloklar

Sinyal Zayıflaması ve Yansıma

Araştırma Sorusu ve Hedef

Engel arkasındaki bir kişinin yönelimini (arkası, önü, solu, sağı) lazer ve akustik sinyallerin veri füzyonu ile tahmin etmek

Problem

NLOS ortamlarda insan yönü tespiti sınırlı çalışılmış bir alan

Yaklaşım

Çoklu sensör kullanarak tek sensöre göre performans artışı

Yöntemler

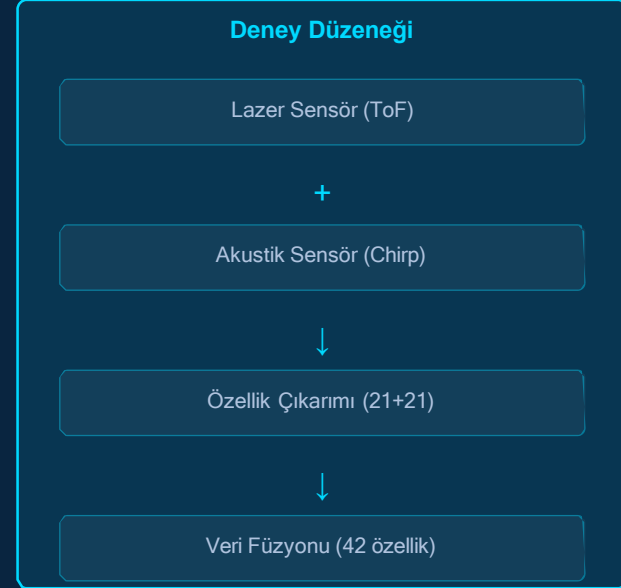
Makine Öğrenmesi, Yapay Zeka ve önerilen LAO-Net modeli

Katkı

Literatürde özgün bir çalışma

Deneysel Kurulum ve Veri Seti

- ◆ **Sensörler:** Lazer tabanlı ToF ölçümleri + Akustik chirp sinyalleri
- ◆ **Senaryolar:** İnsan yönü tespiti (arkası, önü, solu, sağı)
- ◆ **Özellik Çıkarımı:** Her sensörden 21 özellik (toplam 42 özellik)
- ◆ **Veri Füzyonu:** Erken füzyon ile özellik seviyesinde korelasyon
- ◆ **Orijinal Veri Seti:** Deneyel ortamda oluşturulmuş özgün veri



Lazer Sensör Sistemi (ToF)

Time-of-Flight (ToF) Ölçüm Prensipleri

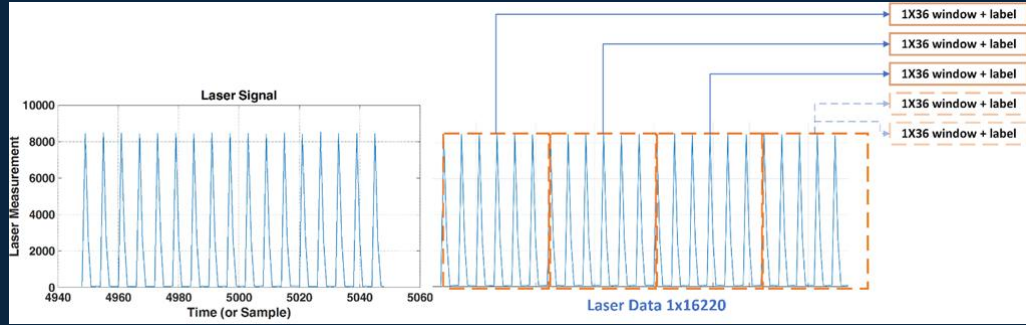
Özellik Çıkarımı

21 Özellik: ToF ölçümlerinden türetildi

İstatistiksel Özellikler: Ortalama, standart sapma, varyans

Zaman Alanı: Sinyal genliği ve gecikme değerleri

Lazer sinyalleri engellere çarparak dolaylı yansımalar oluşturur. Bu yansımaların analizi ile insan yönü hakkında bilgi elde edilir.



Akustik Sensör Sistemi (Chirp)

Chirp Sinyal Analizi

- Chirp Sinyali:** Frekansı zamanla değişen akustik sinyal
- Yayılm:** Ses dalgaları ortamda yayılır
- Yansım Analizi:** İnsan vücudundan ve engellerden yansımalar
- Doppler Etkisi:** Hareket ve yönelim bilgisi

Özellik Çıkarımı

- 21 Özellik:** Akustik sinyal analizinden elde edildi
- Frekans Alanı:** Spektral analiz ve güç yoğunluğu
- Zaman-Frekans:** Kısa zamanlı Fourier dönüşümü
- Enerji Dağılımı:** Sinyal enerjisinin zamansal dağılımı

Akustik chirp sinyalleri, insan vücudunun farklı yüzeylerinden farklı şekilde yansır. Bu yansım paternleri yön tespiti için kritik bilgi sağlar.

Akustik Özellik Kategorileri

Zaman Alanı Özellikleri

Sinyal genliği, enerji, sıfır geçiş oranı

Frekans Alanı Özellikleri

Spektral merkez, bant genişliği, tepe frekansı

Zaman-Frekans Özellikleri

STFT katsayıları, spektrogram özellikleri

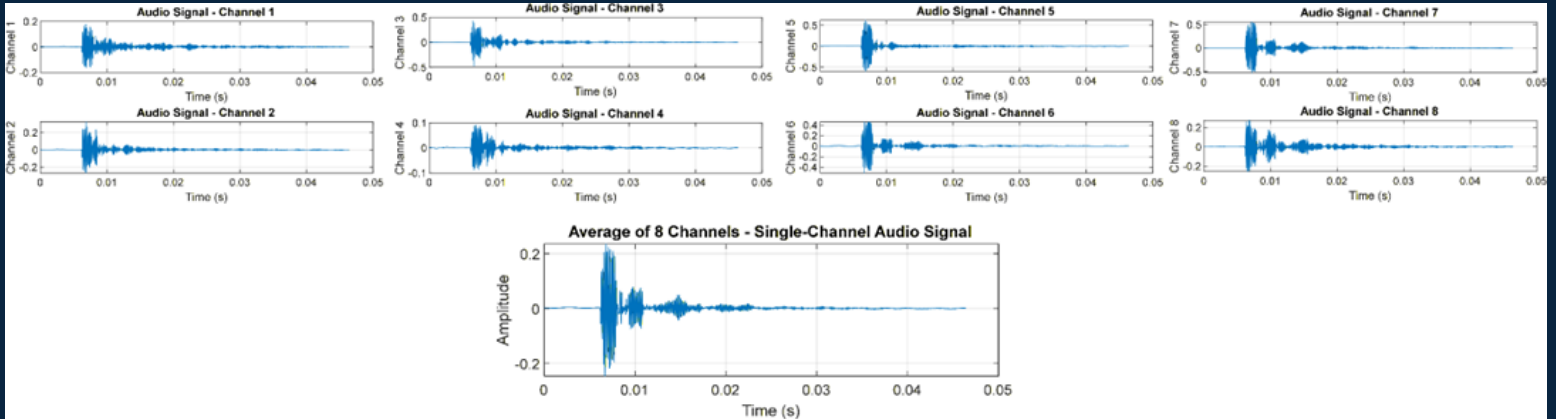
İstatistiksel Özellikler

Ortalama, varyans, çarpıklık, basıklık

Yansıma Özellikleri

Yankı gecikme süresi, yansıma şiddeti

Akustik Sensör Sistemi (Chirp)



Veri Füzyon Stratejisi: Erken Füzyon

Erken füzyon yaklaşımı ile sensör verileri özellik seviyesinde birleştirildi

Düşük Seviye Füzyon

Ham veri seviyesinde birleştirme

Erken Füzyon ✓

Özellik seviyesinde birleştirme (Kullanılan Yöntem)

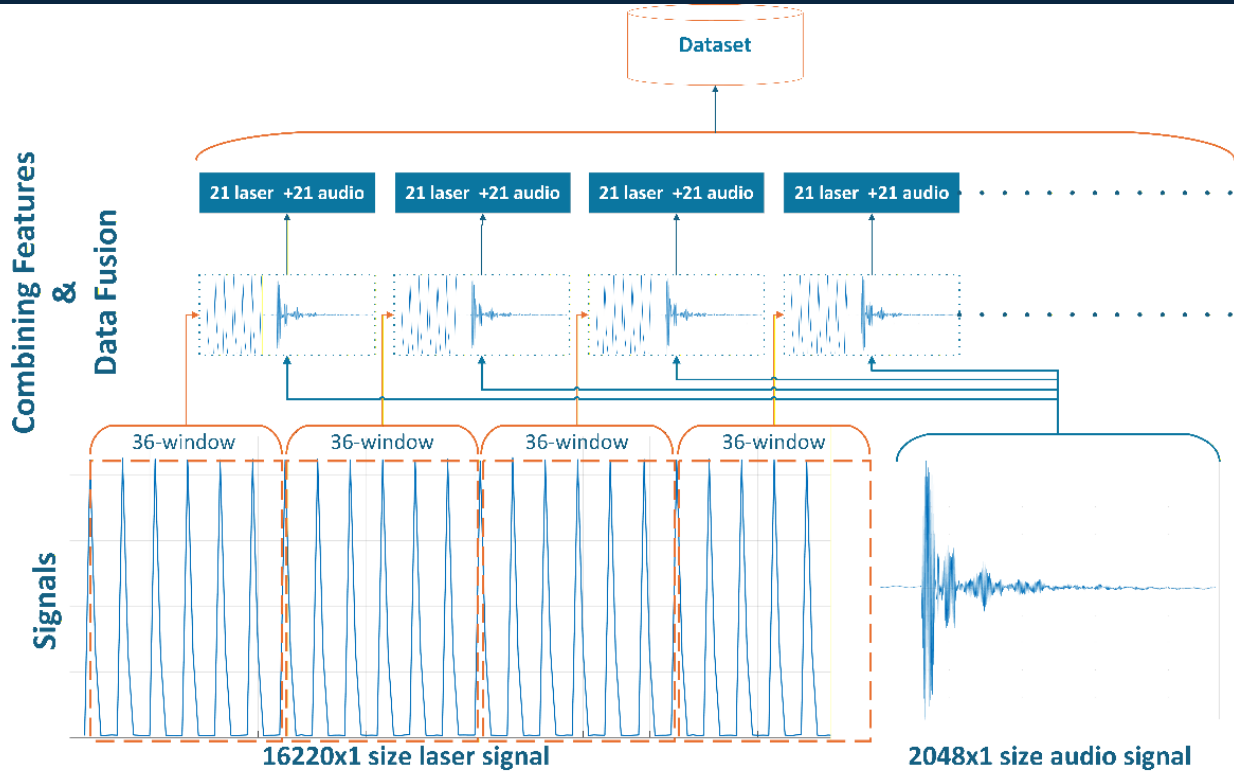
Geç Füzyon

Karar seviyesinde birleştirme

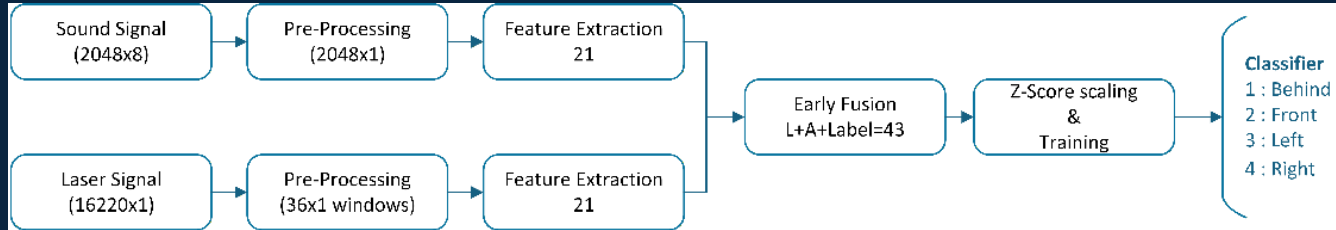
Erken Füzyonun Avantajları

- ✓ Sensörler arası korelasyonlar korunur
- ✓ Zengin özellik uzayı oluşturulur
- ✓ Tamamlayıcı bilgiler birleştirilir
- ✓ Tek bir sınıflandırıcı ile eğitim
- ✓ Performans artışı sağlanır
- ✓ Hesaplama verimliliği yüksektir

Veri Füzyon Stratejisi: Erken Füzyon



Veri Füzyon Stratejisi: Erken Füzyon



LAO-Net Model Mimarisi

LAO-Net: Lazer-Akustik yön tespiti için özel olarak tasarlanmış sinir ağı modeli

Model Özellikleri

- Girdi Katmanı:** 42 özellik (21 lazer + 21 akustik)
- Gizli Katmanlar:** Çok katmanlı derin mimari
- Aktivasyon:** ReLU ve Softmax fonksiyonları
- Düzenleme:** Dropout ve batch normalization
- Çıktı:** 4 sınıf (arkası, önü, solu, sağı)

Eğitim Parametreleri

- Optimizasyon:** Adam optimizer
- Kayıp Fonksiyonu:** Categorical crossentropy
- Veri Bölümlenme:** Eğitim-doğrulama-test

LAO-Net Ağ Mimarisi

Girdi Katmanı

42 özellik (Füzyon verisi)



Gizli Katman 1

Tam bağlı + ReLU + Dropout



Gizli Katman 2

Tam bağlı + ReLU + Batch Norm



Gizli Katman 3

Tam bağlı + ReLU + Dropout



Gizli Katman N

Çoklu Sensör Veri Füzyonu

Erken füzyon stratejisi ile lazer ve akustik veriler özellik seviyesinde birleştirildi

Lazer Özellikleri

21 özellik (ToF ölçümleri)



Akustik Özellikleri

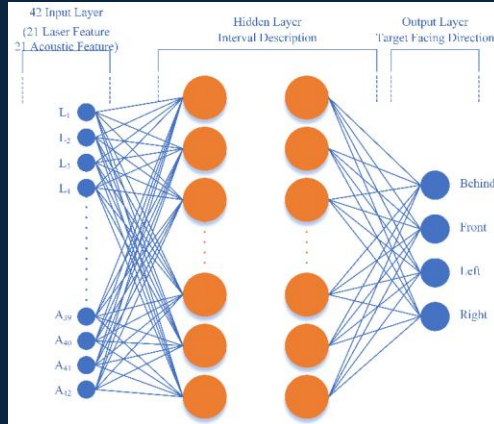
21 özellik (Chirp sinyal analizi)



Erken Füzyon

42 özellikli birleştirilmiş veri seti

Özellik seviyesinde veri füzyonu (Feature-level Fusion) ile her iki sensörden elde edilen bilgiler birleştirilerek daha zengin bir özellik uzayı oluşturuldu



Kullanılan Makine Öğrenmesi ve Yapay Zeka Modelleri

Makine Öğrenmesi

k-NN, Kernel Logistic Regression, SVM, Karar Ağaçları ve topluluk yöntemleri

Yapay Sinir Ağları

Farklı katman ve nöron yapılandırmaları ile derin öğrenme modelleri

LAO-Net (Laser-Acoustic Orientation Network)

Önerilen özgün model mimarisi: Lazer ve akustik veriler için özel olarak tasarlanmış derin sinir ağı

Değerlendirme Metrikleri: Doğruluk, Kesinlik, Duyarlılık, F1-Skoru

DeneySEL Sonuçlar ve Model Performansları

LAO-Net ve diğer modeller yüksek doğrulukla insan yönü tespiti gerçekleştirdi

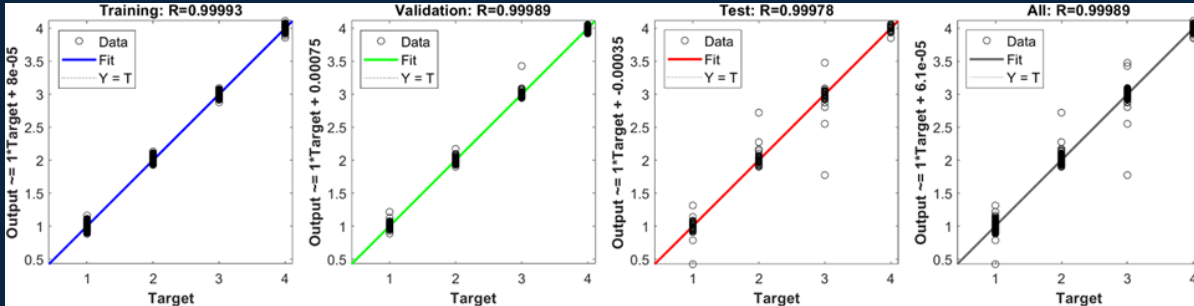
✓ Çoklu sensör kullanımı tek sensöre göre performansını artırdı

✓ LAO-Net modeli önerilen özgün mimari olarak öne çıktı

✓ Makine öğrenmesi ve yapay zeka yöntemleri başarılı sonuçlar verdi

✓ Yüksek doğruluk oranları elde edildi (4 yön sınıflandırması)

Veri füzyonu yaklaşımı, tek bir sensör kullanımına kıyasla insan yönü tespitinde önemli performans artışı sağladı



Özellik Önem Analizi (XAI)

Açıklanabilir yapay zeka analizi ile insan yönü tespitinde etkili olan özellikler belirlendi

- ◆ **XAI Yöntemi:** Explainable AI analizi uygulandı
- ◆ **Özellik Önemi:** Hangi sensör verilerinin daha etkili olduğu ortaya çıkarıldı
- ◆ **Şeffaflık:** Modelin karar verme süreci anlaşılır hale getirildi
- ◆ **Pratik Değer:** Gelecek çalışmalar için yol gösterici

Özellik Önem Dağılımı (Örnek)

Lazer ToF Özellikleri



Akustik Chirp Özellikleri



Füzyon Özellikleri

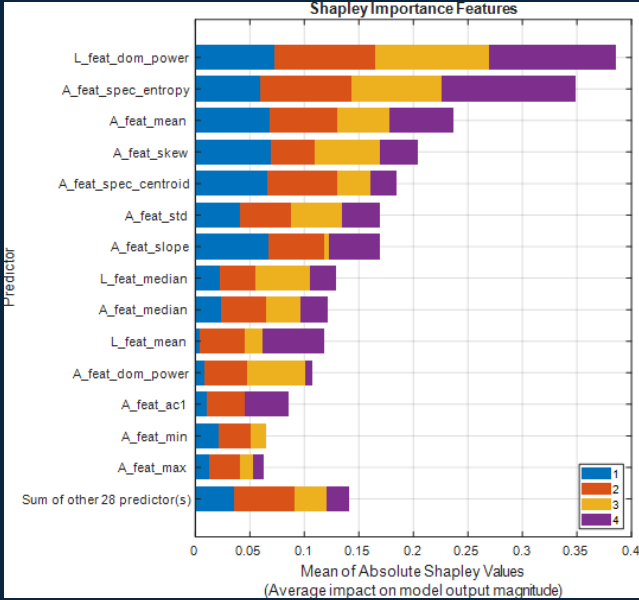


Zaman Alanı Özellikleri



Özellik Önem Analizi (XAI)

Açıklanabilir yapay zeka analizi ile insan yönü tespiti için etkili özellikler belirlendi



Özellik Önem Dağılımı (Örnek)

Lazer ToF Özellikleri



Akustik Chirp Özellikleri



Füzyon Özellikleri



Zaman Alanı Özellikleri

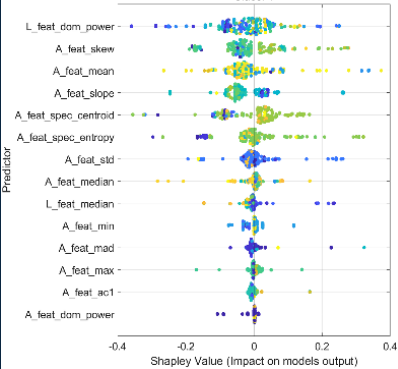


Özellik Önem Analizi (XAI)

Açıklanabilir yapay zeka analizi ile insan yönü tespitinde etkili olan özellikler belirlendi

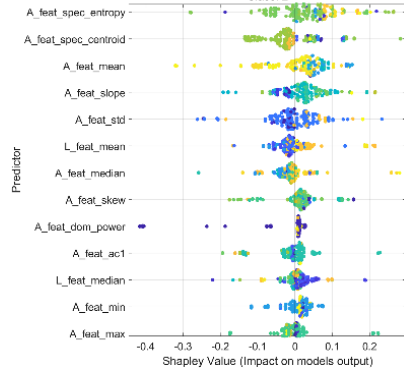
Shapley Summary

Class: 1



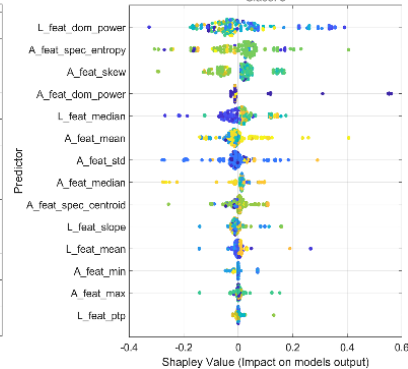
Shapley Summary

Class: 2



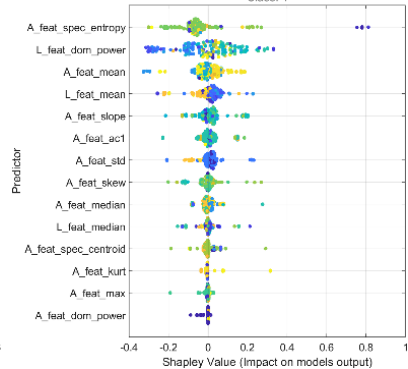
Shapley Summary

Class: 3



Shapley Summary

Class: 4



Çalışmanın Ana Bulguları ve Katkıları

Bu çalışma, NLOS ortamlarda insan yönü tespiti için özgün bir yaklaşım sunmaktadır

Başarı

Yüksek doğrulukla insan yönü tespiti gerçekleştirildi

Çoklu Sensör Avantajı

Veri füzyonu performansı artırdı

Özgün Veri Seti

Lazer ve akustik verilerle yeni veri seti oluşturuldu

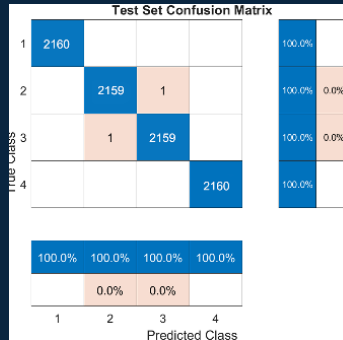
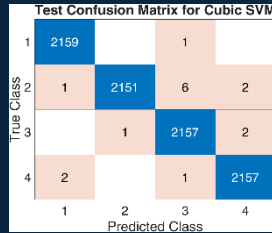
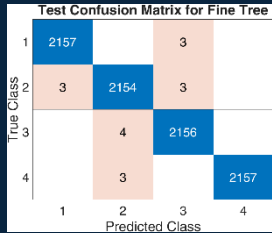
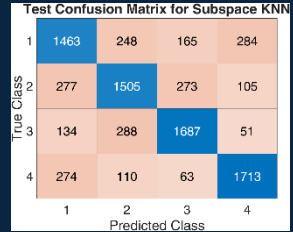
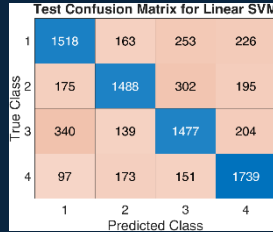
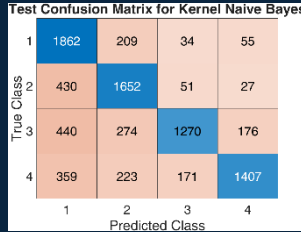
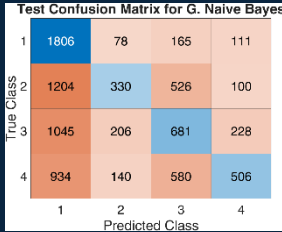
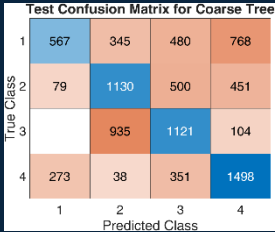
Literatüre Katkı

NLOS insan yönü tespiti alanında özgün çalışma

Uygulama Alanları

Arama-Kurtarma • Güvenlik Sistemleri • Otonom Sistemler

Çalışmanın Ana Bulguları ve Katkıları



Teşekkür Ederiz

Dinlediğiniz için teşekkür ederiz
Sorularınızı bekliyoruz

İletişim

Ferdi DOĞAN

fdogan@adiyaman.edu.tr

Adıyaman Üniversitesi

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü