



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



TÜBİTAK



DENİZCİLİK
TEKNOLOJİLERİ
YOL HARİTASI

İTÜ



T.C. ULAŞTIRMA VE
ALTYAPI BAKANLIĞI



UDHAM

Denizcilik Sektörü Teknoloji Yol Haritası Araştırma Projesi

Akıllı Denizcilik, Dijitalleşme ve E-Navigasyon Dönüşüm

Dr.Öğr.Üyesi Esmâ Uflaz, İTÜ



Esmâ UFLAZ

Dr. Öğr. Üyesi

İTÜ Denizcilik Fakültesi

Proje Yürütücüsü / Alan Uzmanı

Tanıtım Alanı

Dr. Öğr. Üyesi Esmâ Uflaz, İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Çalışma alanları; e-navigasyon, gemi kazaları, deniz emniyeti, risk yönetimi, insan faktörü, köprüüstü simülatörü, siber riskler ve denizcilikte dijital dönüşüm üzerine yoğunlaşmaktadır.

Uzakyol İkinci Kaptan yeterliliğine sahip olan Dr. Uflaz, kimyasal tanker ve ham petrol tankerlerinde saha deneyimi kazanmış; saha tecrübesini akademik araştırmalar, risk analizi çalışmaları ve teknoloji odaklı deniz emniyeti projeleriyle bütünleştirmiştir.

Ulusal ve uluslararası düzeyde Horizon, Erasmus+, IAMU, Lloyd's Register Foundation, UDHAM, TÜBİTAK ve British Consulate destekli projelerde yürütücü, araştırmacı ve danışman olarak görev almıştır.

- ✓ **From Archives To Action: Recreating Turkish Straits Navigation Accidents** — Lloyd's Register Foundation
- ✓ **Ship Recycling Risk Framework for Turkey's Safe & Sustainable Approach** — Lloyd's Register Foundation
- ✓ **Strengthening Cyber Resilience and Navigational Safety in Turkish Straits** — British Consulate
- ✓ **Denizcilik Sektöründe Siber Güvenlik ve Acil Durum Simülasyonları Projesi** — UDHAM

Proje Ekibi ve Yetkinlik Alanları

Çalışma; alan uzmanı, araştırmacılar ve destek ekibinin katkısıyla beş tematik teknoloji alanı üzerinde yürütülecektir.

Ekip üyesi	Rol	Uzmanlık / katkı alanı
Dr. Öğr. Üyesi Esmâ Uflaz	Proje Yürütücüsü Alan Uzmanı	E-Navigasyon, risk analizi, simülatör teknolojileri
Doç. Dr. Elif Bal Beşikçi	Alan Uzmanı	E-Navigasyon, risk analizi, simülatör teknolojileri
Dr. Fatih Gülen	Araştırmacı	Dijital dönüşüm, IoT & sensör ağları, risk analizi
Furkan Gümüş	Araştırmacı	E-Navigasyon, risk analizi, akıllı denizcilik
Eda Kefeli	Araştırmacı	Yapay zekâ, dijital ikiz, simülatör teknolojileri



Yapay Zekâ & Makine Öğrenmesi



Dijital İkiz



E-Navigasyon



Büyük Veri Analitiği & Karar Destek



IoT & Sensör Ağları



DENİZCİLİK
TEKNOLOJİLERİ
YOL HARİTASI

İÇİNDEKİLER

ÖZET

Bu proje, Türkiye denizcilik sektöründe akıllı denizcilik, dijitalleşme ve e-navigasyon teknolojilerinin mevcut durumunu sistematik ve veri temelli bir yaklaşımla analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında **yapay zekâ ve makine öğrenmesi, dijital ikiz, e-navigasyon, büyük veri analitiği ve karar destek sistemleri ile IoT ve sensör ağları** olmak üzere beş temel teknoloji alanı değerlendirilecektir.

Proje; bu teknoloji alanlarının sektörel kullanım düzeyini, teknoloji olgunluk seviyesini, Ar-Ge kapasitesini, altyapı yeterliliğini, insan kaynağı ve kurumsal kapasite boyutlarını bütüncül olarak incelemeyi hedeflemektedir. Elde edilecek bulgular; SWOT analizi, TRL değerlendirmesi ve karşılaştırmalı teknoloji matrisi aracılığıyla yorumlanarak Türkiye denizcilik sektörünün dijital dönüşüm sürecine yönelik stratejik çıkarımlar sunacaktır.

01 | Alan Tanımı

02 | Projenin Amacı ve Kapsamı

03 | Yöntem ve Teknoloji Odak Alanları

04 | Küresel ve Ulusal Mevcut Durum

05 | Stratejik Etkileşimler ve Çalıştay Beklentisi

Alan Tanımı

Akıllı denizcilik, dijitalleşme ve e-navigasyon dönüşüm alanı

Denizcilik operasyonlarının dijital teknolojilerle daha güvenli, verimli, sürdürülebilir ve veri odaklı yönetilmesidir.

KAVRAM

AKILLI DENİZCİLİK

Veri, yapay zekâ, otomasyon ve karar destek sistemleriyle denizcilik operasyonlarının daha emniyetli ve verimli yönetilmesi.

Örnek: Otonom gemiler, kestirimci bakım

KAVRAM

DİJİTALLEŞME

Manuel, kâğıt tabanlı ve parçalı süreçlerin dijital veri sistemlerine aktarılması, bütünleştirilmesi ve izlenebilir hale getirilmesi.

Örnek: Bulut tabanlı yönetim sistemleri

KAVRAM

E-NAVİGASYON

Gemi-gemi/gemi-kıyı arasında seyir, haberleşme, konumlandırma ve emniyet bilgilerinin standart, dijital ve entegre biçimde paylaşılması.

Örnek: AIS, GNSS, VTS, uydu sistemleri

Bu çalışma kapsamında alan; teknoloji, veri altyapısı, insan kaynağı, kurumsal kapasite, Ar-Ge yetkinliği, mevzuat uyumu, yatırım ihtiyacı ve sektörel adaptasyon düzeyi açısından değerlendirilecektir.



Yapay Zekâ & Makine Öğrenmesi



Dijital İkiz



E-Navigasyon



Büyük Veri Analitiği & Karar Destek



IoT & Sensör Ağları

Kapsam ve Değerlendirme Boyutları

Teknoloji alanları sektörel sistem bütünlüğü içinde ele alınacaktır

KAPSAM

- Gemi, liman, tersane, filo ve gemi-kıyı operasyonları
- Dijital altyapı ve veri kullanım kapasitesi
- Teknoloji olgunluğu ve sektörel adaptasyon
- Ar-Ge, yatırım ve yerli teknoloji potansiyeli
- İnsan kaynağı ve eğitim altyapısı

Ortak değerlendirme boyutları

Politika ve strateji

Mevzuat, hedefler, yol haritası uyumu

Kurumsal kapasite

Paydaşlar, yönetim ve iş birliği

Teknolojik kapasite

TRL, altyapı, entegrasyon düzeyi

Pazar ve finansman

Teşvikler, yatırım ve rekabet gücü

İnsan kaynağı

Dijital yetkinlik ve eğitim altyapısı

Operasyonel etki

Emniyet, verimlilik, sürdürülebilirlik

Her tematik alan aynı çerçeveye değerlendirilerek karşılaştırılabilir çıktı üretilecektir.



Yapay Zekâ & Makine Öğrenmesi



Dijital İkiz



E-Navigasyon



Büyük Veri Analitiği & Karar Destek



IoT & Sensör Ağları



DENİZCİLİK
TEKNOLOJİLERİ
YOL HARİTASI

Teknoloji Başlıkları

İTÜ



UDHAM



Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları

Tahminleme, rota/operasyon optimizasyonu, performans yönetimi, karar destek, kestirimci bakım ve veriye dayalı risk analizi uygulamaları.



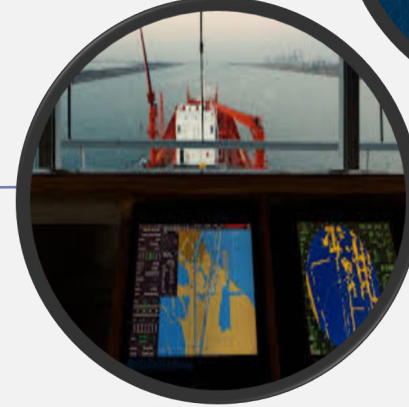
Dijital İkiz Teknolojileri

Gemi, liman ve tersane operasyonlarının sanal ortamda modellenmesi, simülasyonu, izlenmesi ve karar destek süreçlerinde kullanımı



E-Navigasyon Sistemleri

AIS, GNSS, VTS, uydu haberleşmesi, konumlandırma sistemleri ve otonom teknolojilere yönelik kıyı/kara altyapıları ile mevzuat uyumu.



Büyük Veri Analitiği ve Karar Destek Sistemleri

Gemi, filo, liman ve lojistik verilerinin analiz edilerek operasyonel verimlilik, emniyet, performans ve karar süreçlerine dönüştürülmesi.



IoT ve Sensör Ağları

Gemi, filo, liman ve tersane operasyonlarında gerçek zamanlı izleme, kontrol, veri toplama, sensör entegrasyonu ve dijital altyapı yönetimi.



TEMATİK
ALANLAR

1

2

3

4

5

Yöntem Akış Diyagramı

Yöntem; ulusal ve uluslararası mevcut durumun belirlenmesi, teknoloji alanlarının karşılaştırmalı analizi, paydaş çalıştayıyla doğrulama ve TRL/SWOT değerlendirmesi üzerine yapılandırılmıştır.



Bu yöntem sonucunda, akıllı denizcilik, dijitalleşme ve e-navigasyon teknolojilerine ilişkin mevcut durum, teknoloji olgunluk düzeyi, gelişim ihtiyaçları ve öncelikler belirlenerek bu alan için teknoloji yol haritasının oluşturulmasına yönelik analitik girdi sağlanacaktır.

01 | Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi

TANIM

Denizcilik operasyonlarında büyük hacimli verilerin analiz edilerek tahminleme, rota ve operasyon optimizasyonu, karar destek, risk analizi, performans yönetimi ve kestirimci bakım süreçlerinde kullanılmasını ifade eder.

Uluslararası Mevcut Durum

Seyir güvenliği, köprüüstü durumsal farkındalık, rota/yakıt optimizasyonu, emisyon yönetimi, filo performansı, kestirimci bakım ve otonom/yarı otonom seyir sistemlerinde ticari ve pilot uygulamalar artmaktadır.

Türkiye’de Mevcut Durum

Türkiye’de yapay zekâ uygulamaları savunma sanayii, insansız deniz araçları, durumsal farkındalık sistemleri, liman operasyonları ve Ar-Ge projeleri üzerinden gelişmektedir. Ticari sivil filoda ise rota optimizasyonu, emisyon yönetimi ve kestirimci bakım alanlarında yerli çözümlerin yaygınlığı henüz sınırlıdır.



Örnekler ve Analiz Odağı

Rota/yakıt optimizasyonu • Köprüüstü yapay zekâ destekli durumsal farkındalık • Kestirimci bakım • Emisyon ve performans yönetimi • Liman operasyon optimizasyonu • Yerli algoritma ve veri altyapısı kapasitesi

02 | Dijital İkiz Teknolojileri

TANIM

Dijital ikiz; gemi, liman, tersane, ekipman veya operasyonel süreçlerin fiziksel dünyadaki verilerle beslenen sanal kopyasının oluşturulmasıdır. Bu teknoloji; gerçek zamanlı izleme, simülasyon, senaryo analizi, performans değerlendirme, bakım planlama ve karar destek süreçlerinde kullanılır.

Uluslararası Mevcut Durum

Akıllı liman yönetimi, gemi performans izleme, enerji verimliliği, terminal simülasyonu, bakım planlama ve altyapı/yapısal bütünlük izleme alanlarında kullanılmaktadır. Singapur Maritime Digital Twin, Port of Rotterdam IoT/hydro-meteo altyapısı, Kongsberg Vessel Insight ve DNV-Bluewater hibrit dijital ikiz çalışmaları öne çıkan örneklerdir.

Türkiye’de Mevcut Durum

Liman otomasyonu, terminal operasyon sistemleri, filo takip altyapıları, tersane tasarım/simülasyon yazılımları ve sensör tabanlı veri toplama süreçleri dijital ikiz altyapısına geçiş için önemli bir zemin oluşturmaktadır. Ancak gerçek zamanlı veriyle beslenen, operasyonel karar destek süreçlerine entegre edilmiş ve sektör genelinde yaygınlaşmış dijital ikiz uygulamaları henüz sınırlıdır.



Singapore Maritime Digital Twin
Liman ölçeğinde senaryo analizi, trafik yoğunluğu, operasyonel planlama ve karar destek.



Örnekler ve Analiz Odağı

Gemi performans dijital ikizi • Liman operasyon simülasyonu • Tersane tasarım ve üretim simülasyonu • Bakım senaryoları • Altyapı/yapısal bütünlük izleme • Risk ve kapasite simülasyonu

03 | E-Navigasyon Sistemleri

TANIM

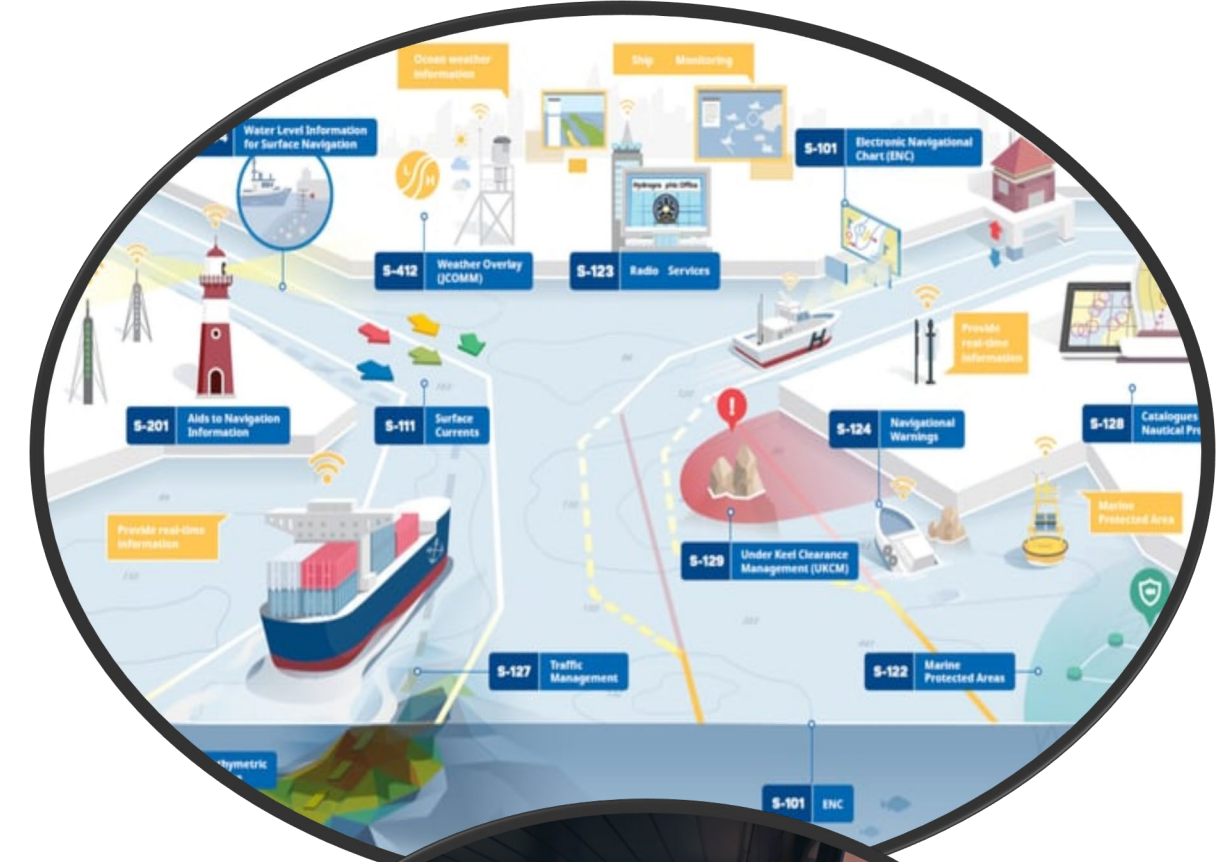
Uluslararası Denizcilik Örgütü yaklaşımına göre e-navigasyon; gemi ve kıyı birimleri arasında seyir, emniyet, haberleşme, konumlandırma ve operasyonel bilgilerin dijital, standartlaştırılmış ve entegre biçimde paylaşılmasını sağlayan sistemler bütünüdür.

Uluslararası Mevcut Durum

AIS, GNSS, VTS, uydu haberleşmesi, dijital deniz haritaları, S-100 veri modeli, VDES ve otonom gemilere yönelik kara altyapıları ile gelişmektedir

Türkiye’de Mevcut Durum

Türkiye; Türk Boğazları VTS, AIS altyapısı, kıyı emniyeti hizmetleri ve Ulusal Denizcilik Tek Pencere Sistemi ile güçlü bir operasyonel deneyime sahiptir. Gelişim alanı; mevcut altyapının VDES, S-100 uyumu, siber dayanıklılık, gemi-kıyı veri entegrasyonu ve otonom sistemlere yönelik kıyı/kara destek bileşenleriyle güçlendirilmesidir.



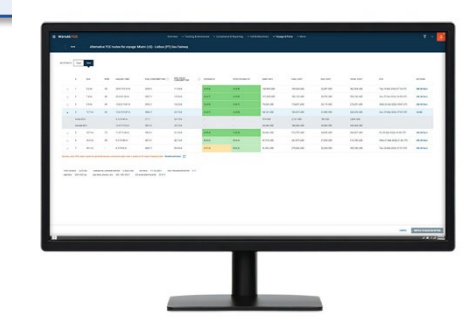
Örnekler ve Analiz Odağı

AIS • GNSS • VTS • uydu haberleşmesi • VDES • S-100 • Maritime Single Window • MASS kara altyapısı



TANIM

Gemi, filo, liman, lojistik, meteoroloji, makine, AIS ve sensör verilerinin analiz edilerek operasyonel karar süreçlerine dönüştürülmesidir.



Wärtsilä Fleet Optimisation
filo verileriyle rota, hız, yakıt, emisyon ve performans karar desteği.



Port of Rotterdam Hydro/Meteo Decision Support
Sensör ve tahmin verileriyle yanaşma-kalkış zamanı, bekleme süreleri ve operasyon planlamasının optimize edilmesi.

Uluslararası Mevcut Durum

Akıllı liman yönetimi, trafik ve seyir emniyeti, çatışmayı önleme desteği, filo performansı, yakıt ve emisyon takibi, bakım planlaması, bekleme süresi tahmini ve tedarik zinciri görünürlüğü alanlarında kullanılmaktadır.

Türkiye’de Mevcut Durum

Türkiye’de AIS/VTs, liman operasyonları, filo takip, kamu dijital sistemleri, lojistik süreçler ve terminal operasyonları önemli veri üretmektedir. Ancak verinin standartlaştırılması, paylaşılması, bütünleşik analiz altyapısına aktarılması ve karar destek sistemlerine dönüştürülmesi gelişim alanlarıdır.

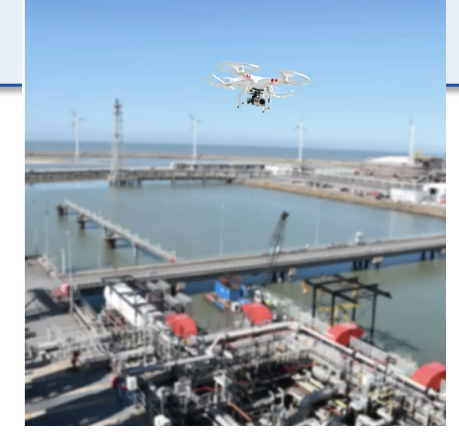
Örnekler ve Analiz Odağı

AIS/VTs veri analitiği • Liman operasyon verileri • Filo/sefer performans yönetimi • Yakıt ve emisyon takibi • Trafik yoğunluğu ve risk tahmini • Bekleme süresi optimizasyonu • Veri paylaşımı ve yönetim • Karar destek sistemleri

05 | IoT ve Sensör Ağları

TANIM

IoT ve sensör ağları; gemi, filo, liman, tersane ve denizcilik altyapılarından gerçek zamanlı veri toplayan; izleme, kontrol, entegrasyon ve karar destek süreçlerini besleyen dijital altyapı bileşenleridir.



Port of Antwerp-Bruges – APICA ve radar/kamera ağı
Radar, kamera, drone ve sensör verileri entegre edilerek gemi trafiği, operasyonel farkındalık ve emniyet için ortak görünüm oluşturulur.



Kongsberg Vessel Insight
Gemi üzerindeki IoT ve edge cihazlarından gelen veriler buluta aktarılarak yakıt verimliliği, makine durumu, filo yönetimi ve performans analizi desteklenir.

Uluslararası Mevcut Durum

Makine izleme, yakıt/enerji yönetimi, liman ekipman kontrolü, hidro-meteo veri toplama, vessel-to-cloud entegrasyonu ve kestirimci bakımda kullanılmaktadır.

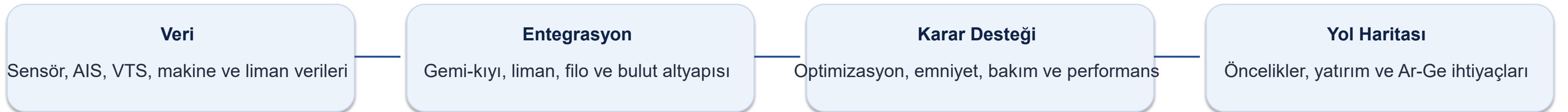
Türkiye’de Mevcut Durum

Liman otomasyonu, kamera/radar, makine verisi, filo takip ve çevresel izleme alanlarında örnekler vardır. Entegrasyon, veri paylaşımı, standartlaşma ve karar destek bağlantısı analiz edilmelidir.

Örnekler ve Analiz Odağı

Makine sağlığı izleme • Filo performans takibi • Yakıt/enerji tüketimi izleme • Liman ekipman sensörleri • Hidro-meteorolojik izleme • Kamera/radar entegrasyonu • Vessel-to-cloud veri aktarımı • Kestirimci bakım • Gerçek zamanlı operasyon kontrolü

Stratejik Etkileşimler



Çalıştaydan Beklenen Katkı ve Beklenen Çıktılar

Çalıştaydan Beklenen Katkı

- Mevcut kapasitenin saha deneyimiyle doğrulanması
- Güçlü yönler ve gelişime açık alanların belirlenmesi
- Teknoloji boşluklarının ve öncelikli ihtiyaçların ortaya konulması
- SWOT analizi için paydaş görüşlerinin alınması
- Kamu–sektör–akademi ortak değerlendirmesinin oluşturulması



Beklenen Çıktılar

- Mevcut durum analiz raporu
- SWOT ve TRL değerlendirmesi
- Karşılaştırmalı teknoloji matrisi
- Teknoloji boşlukları ve gelişim ihtiyaçları
- Öncelikli Ar-Ge, yatırım ve mevzuat ihtiyaçları
- Teknoloji yol haritası girdileri

Türkiye denizcilik sektöründe akıllı denizcilik, dijitalleşme ve e-navigasyon dönüşümüne yönelik teknoloji yol haritasına analitik ve saha temelli girdi sağlamak.



DENİZCİLİK
TEKNOLOJİLERİ
YOL HARİTASI

TEŞEKKÜRLER

Dr. Öğr. Üyesi Esmâ Uflaz
İstanbul Teknik Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi
uflaz16@itu.edu.tr