

T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI

BALIKÇI GEMİLERİ İZLEME SİSTEMİ (BAGİS) VERİLERİNİN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ANALİZİ YOLUYLA POLİTİKA GELİŞTİRME, SİMÜLASYON VE SENARYO ÜRETİMİNİN SAĞLANMASI PROJESİ

1. Kurum Hakkında Bilgi

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Türkiye'nin deniz ve iç su kaynaklarının korunması, sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi ve su ürünleri sektörünün geliştirilmesinden sorumlu temel otoritedir. Genel müdürlük, balık stoklarının korunması adına avcılık zamanlarını, bölgelerini ve yöntemlerini düzenleyen mevzuatları hazırlar; balıkçı gemilerinin ruhsatlandırılması ve denetim süreçlerini yönetir. Aynı zamanda, su ürünleri yetiştiriciliğinin (kültür balıkçılığı) yaygınlaştırılması için teknik destek ve teşvikler sunarken, iç suların balıklandırılması gibi ekosistemi koruyucu faaliyetleri de yürütür. Kısacası, hem doğal kaynakların ekolojik dengesini koruyan hem de su ürünleri ekonomisinin uluslararası standartlarda büyümesini sağlayan bir yönetim mekanizmasıdır. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü bünyesinde, Balıkçı Gemileri İzleme Sistemi (BAGİS) ve Su Ürünleri Bilgi Sistemi'ni (SUBİS) işletmektedir.

2. Problem Tanımı

Türkiye'nin balıkçılık yönetiminde BAGİS ve SUBİS üzerinden büyük hacimli veri toplanmasına rağmen, bu veri havuzu hâlihazırda ağırlıklı olarak sadece izleme ve kayıt tutma amacıyla kullanılmaktadır. Gemi hareketlerinin kestirimi ve avcılık yoğunluğunun mekânsal-zamansal modellemesi noktasında henüz bütünlük çözümü bulunmamaktadır. Ayrıca, BAGİS veri akışındaki sinyal kesintileri ve GPS sapmaları gibi teknik kısıtlar, kesintisiz takip süreçlerinde operasyonel boşluklar yaratmaktadır. Yasa dışı, kayıt dışı ve düzenlenmemiş avcılık faaliyetlerinin anomali tespit motorları ile proaktif bir şekilde belirlenememesi ve eldeki büyük verinin stratejik politika geliştirme süreçlerinde simülasyon ve senaryo üretimi için etkin kullanılmaması, temel sektörel ihtiyacı oluşturmaktadır.

3. Mevcut Durum

Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü bünyesinde işletilen BAGİS, denizlerimizdeki avcılık faaliyetlerini takip etmek, av baskısını azaltmak, su ürünleri kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını teknolojik altyapıyla güvence altına almak ve yasa dışı, kayıt dışı, düzenlenmemiş avcılıkla etkin mücadele etmek amacıyla kurulmuştur. Sistem, ticari su ürünleri avcılığı yapan 12 metre ve üzeri boylardaki gemilerin konum, rota ve hız bilgilerinin uydu ile GSM haberleşmesi üzerinden anlık olarak izlenmesi ve bu süreçlerin merkezi olarak denetlenmesine imkân sağlamaktadır. Bu kapsamda BAGİS; gemilerin av sahalarındaki hareketlerinin takibini, mekânsal ve zamansal avlanma yasaklarına uyumun kontrolünü gerçekleştirir. Genel Müdürlüğün diğer sistemi olan SUBİS ise elektronik seyir defteri ve nakil belgeleri vasıtasıyla avlanan balık türü ile miktar verilerinin kaydına imkân sağlamaktadır.

Türkiye'nin balıkçılık yönetiminde temel veri omurgasını oluşturan BAGİS ve SUBİS sistemleri üzerinden, halihazırda 12 metre ve üzerindeki 1629 balıkçı gemisine ait operasyonel veriler güncel, yapılandırılmış ve erişilebilir durumdadır. Mevcut veri havuzu; gemilerin av zamanı, konumu, hızı ve operasyon süresi gibi telemetrik verilerin yanı sıra; avlanan tür, miktar, karaya çıkarma noktaları ve nakil/satış zinciri gibi lojistik kayıtları uçtan uca kapsamaktadır. Ancak, bu büyük veri kütleleri şu an için ağırlıklı olarak izleme ve kayıt amaçlı kullanılmakta olup; veriler

arasındaki gizli örüntülerin keşfi, makine öğrenmesi (ML) yöntemleriyle gemi hareketlerinin kestirimi ve avcılık yoğunluğunun mekânsal-zamansal modellemesi henüz entegre bir yapay zekâ süzgecinden geçirilmemiştir.

Halihâzırda BAGİS verilerinin kontrolü ve ihlal tespiti amacıyla kullanılabilmesi için Bakanlığın merkez ve taşra teşkilatında görevli personel tarafından gemilerin sistem üzerinden anlık olarak takip edilmesi gerekmektedir. Bu süreçte, her bir geminin yasak alanlara girip girmediği, av aracının tipine göre karakteristik olan gemi hızlarına düşüp düşmediği veya geminin rotasının avcılık mı yoksa transit seyir halinde mi olduğu gibi kontroller ekran başındaki personel tarafından yapılmaktadır.

BAGİS veri tabanı uzun yıllar boyunca çok sayıda gemiden gelen operasyonel bilgileri içermektedir. Mevcut altyapı, sezonluk av tahminlerinin yapılması, ürün miktar projeksiyonlarının ve özellikle kural ihlallerinin veri analitiği yoluyla otomatik olarak tespit edilmesi noktasında ileri düzey bir dijital dönüşüm aşamasına hazırdır.

4. Projenin Amaç ve Kapsamı

Bu proje, BAGİS ve SUBİS bünyesinde yer alan büyük veri kümelerinin yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemleriyle bütünleşik analizini sağlayarak; balıkçılık yönetimindeki planlama, karar alma ve denetim süreçlerini dijital ve proaktif bir yapıya kavuşturmayı amaçlamaktadır.

Proje kapsamında, BAGİS'ten gelen anlık gemi konum ve seyir verileri ile SUBİS tabanlı elektronik seyir defteri kayıtları eşleştirilerek; hangi geminin, hangi koordinatlarda, ne kadar süreyle, hangi tür ve miktarda avcılık yaptığı ve bu ürünleri hangi barınaklardan karaya çıkardığı gibi operasyonel süreçlerin izlenebilirliği sağlanacaktır.

Mevcut BAGİS verilerinin yapay zekâ destekli analizleri yapılarak gemilerin yasak alanlardaki faaliyetleri hakkında olası ihlaller tespit edilerek ve ihlal uyarıları oluşturularak denetimlerde etkinlik artırılabilecektir.

Ancak, BAGİS cihazlarından veya veri iletim kanallarından kaynaklanan teknik arızalar ya da balıkçıların cihaza müdahale etmesi sonucu veri kesintileri oluşabilmektedir. Kesinti süresince gemiye ait konum, hız ve yön bilgileri sisteme iletilmemekte; bu durum anlık ihlal tespitini ve denetim süreçlerini sekteye uğratabilmektedir. Veri kesintisinin geminin avcılığa yasak alana yaklaştığı zaman dilimine denk gelmesi durumunda; ihlal tespiti yapılabilmesi için yapay zekâ destekli analizlerle avcılığa yasak bölgelerdeki eksik veri tamamlanacaktır. Böylece, bir geminin kesinti öncesi ve sonrasına ait seyir profili, hız değişimleri ve koordinat verileri analiz edilerek kesinti süresindeki olası konumu ve faaliyeti tahmin edilecek ve geminin yasak alanlarda yasa dışı avcılık gerçekleştirip gerçekleştirmediğine ilişkin değerlendirme yapılması ve ihlal uyarısı oluşturulması mümkün olacaktır. BAGİS verilerindeki kesintiler aynı zamanda ihlal riskine işaret eden bir sinyal olarak değerlendirilebilecek ve proaktif bir denetim modeline zemin hazırlayacaktır. Konum verilerinde kesinti olmayan gemilerin yasak alanlardaki konum ve hız verileri de aynı şekilde av aracının tipine göre analiz edilerek yasa dışı avcılık yapıp yapmadıklarına ilişkin ihlaller tespit edilerek ve ihlal uyarıları oluşturulacaktır.

BAGİS ve SUBİS verilerinin entegrasyonu üzerinden geliştirilecek analitik modeller sayesinde, projeksiyonlar ve avcılık tahminleri yapılarak geleceğe yönelik stratejik çıkarımlar elde edilecek; aynı zamanda veri setleri arasındaki tutarsızlıkların yapay zekâ tarafından tespitiyle yasadışı avcılığın önlenmesine yönelik akıllı erken uyarı mekanizmaları hayata geçirilecektir. Bu model, bölgesel ve zamansal olarak filo yoğunluğu, av operasyonları ve avcılık eğilimlerinin yanı sıra; günlük, haftalık ve aylık avlanan tür, miktar ve barınak bazlı karaya çıkarmaları tahminleyebilecektir. Karaya çıkarılacak ürün miktarına ilişkin tahminler; denizde avcılık yapan aktif gemileri kullandıkları av aracı ve avlandığı bölgeye göre sınıflandırılarak, bu gemilerin önceki yıllardaki av verilerine göre belirlenen periyotta avlayabilecekleri ortalama av miktarlarının tahmin edilmesi şeklinde yapılacaktır.

Analizlerden elde edilen çıktılarla; avcılık faaliyetlerinin izlenmesi, bölgesel balıkçılık yönetimi, denetim planlaması, tür bazlı kota uygulamaları ve kural ihlallerinin takibi gibi

sürdürülebilir balıkçılık politikalarının kurgulanmasında karar vericilere yardımcı olacak veri destekli bir mekanizma sağlanacaktır.

5. Teknik İsterler

1. Geliştirilecek sistemin temelini; 2016'dan itibaren BAGİS sisteminde toplanan gemilerin konum, rota, hız verileri ve 2008'den itibaren SUBİS sisteminde toplanan gemi nitelikleri, avcılık türü, avcılık zamanı, avlanan balık miktarı ve karaya çıkarma kayıtları verileri oluşturmaktadır. BAGİS'te 12 metre ve üzeri boya sahip yıllık ortalama 1.600 civarı balıkçı gemisinin çoğunlukla av sezonun açık olduğu 01 Eylül-15 Nisan tarihleri arasındaki anlık konum, hız, yön bilgileri bulunmaktadır. Gemiler ortalama 10 dakikada 1 kez konum bilgisi göndermektedir. SUBİS'te ise bu gemilerin 01 Eylül-15 Nisan tarihleri arasında avcılık yapılan her gün için avlanan türler, av miktarları ve nereden karaya çıkarıldığına dair seyir defteri verileri bulunmaktadır. BAGİS ve SUBİS verileri birbirleri ile entegre bir şekilde çalışır hale getirilecek; veriler arasındaki çapraz sorgularla operasyonel süreçlerin tam izlenebilirliği sağlanacaktır. Proje kapsamında İDARE (Tarım ve Orman Bakanlığı) tarafından sağlanacak olan ücretsiz şekilde erişilebilecek veriler kullanılacak ve proje başlangıcında YÜKLENİCİ ile paylaşılacaktır.
2. Geliştirilecek çözüm; BAGİS veri akışındaki sinyal kesintilerini onaran bir modül içerecek; GPS verilerindeki kesintilerinde ve sapmalarda ihlal yapmış olma potansiyeli içeren gemilerin eksik-sapmış hareket rotalarını tahmin ederek balıkçılığa yasak alanlardaki rota verilerini onaracaktır.
3. Geliştirilecek çözüm, onarılmış konum verileri üzerinden gırgır, dip trolü ve ortasu trolü tipindeki av araçlarının operasyonel davranışlarını ve BAGİS veri kesintilerini analiz ederek yasak bölge, derinlik ve zaman ihlalleri yapan gemileri tespit eden bir anomali tespit algoritması içerecektir. Oluşturulacak anomali uyarıları ve tahminleme çıktıları API servisleri aracılığıyla doğrudan BAGİS'e iletilecektir.
4. Yasak bölge, derinlik, zaman ve illegal av aracı kullanımı ihlallerinin tespitine yönelik yapılan sınıflandırmanın F1-skoru en az %65 olacaktır. İhlal geçmişi olan ve ihlal şüphesi tespit edilen gemiler otomatik olarak gruplandırılarak takip listesine alınabilecektir.
5. İDARE tarafından sağlanan verilerle; makine öğrenmesi tabanlı bir projeksiyon modeli geliştirilecektir. Bu model, önceki maddelerde tesis edilen veri entegrasyonu ve analiz altyapısını kullanarak, bölgesel bazda filo yoğunluğu, operasyonel eğilimler ve av baskısı trendlerini analiz edecektir. Model; günlük, haftalık ve aylık periyotlarda, belirlenen av sahaları ve barınaklar bazında avlanan türleri ve miktarları tahminleyecektir. Tahminlenen av saha yoğunlukları ve av baskısının periyodik değişimleri kullanılarak, dinamik ısı haritaları ve yoğunluk analizleri oluşturulacaktır. Av miktar tahmini, İDARE ve YÜKLENİCİ tarafından belirlenen test veri setinde maksimum %20 ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) oranına sahip olacaktır. Üretilen çıktılar bir API servisi aracılığıyla doğrudan BAGİS'e iletilecektir.
6. Geliştirilecek çözümün projeksiyon katmanına dair, sistemin tahmin periyodu ve çözünürlüğü, operatör tarafından ayarlanabilir (parametrik) bir yapıda tasarlanacaktır.
7. Geliştirilecek sistem, İDARE'nin kurumsal altyapısıyla uyumlu olacak şekilde açık kaynak teknolojilerle geliştirilecektir. Makine öğrenmesi, veri işleme ve model eğitimi gerektiren bileşenler Python dilinde geliştirilecek; web uygulaması, API ve servis katmanlarında C#, veya İDARE'nin uygun göreceği açık kaynak teknolojiler kullanılacaktır. Nihai teknoloji seçimi, İDARE'nin altyapı, güvenlik, bakım ve sürdürülebilirlik gereksinimleri dikkate alınarak belirlenecektir.
8. YÜKLENİCİ (Proje Yürütücüsü Kuruluş), yapay zekâ modellerinin MLOps araçları ile eğitimlerinin izlenebilirliğini, versiyonlandırılmasını ve performans metriklerinin izlenmesini sağlayacak; modellerin yıllık periyotlarla otomatik bir şekilde yeniden eğitimlerini destekleyecektir.

9. YÜKLENİCİ, proje takviminin sonuna kadar yazılım geliştirme süreçlerinde hata payını minimize etmek ve sürekli güncellenebilir bir yapı sunmak amacıyla uygulama kodları İDARE versiyon kontrol sistemine (Team Foundation Server / Azure DevOps Server) entegre edecektir, CI/CD (Sürekli Entegrasyon / Sürekli Dağıtım) süreçleri tamamlanacak ve detayları İDARE ile paylaşacaktır.
10. YÜKLENİCİ, uygulamaların ve servislerin farklı ortamlarda (Geliştirme, Test, Üretim) tutarlı çalışmasını sağlamak amacıyla İDARE onayıyla konteyner teknolojisini kullanabilir, bu servislerin ölçeklenebilir yönetimini Kubernetes ile gerçekleştirmelidir. Proje süresince gerekli geliştirme ortamı ve altyapı İDARE tarafından kurum içinde çalışılacak şekilde ve uzaktan erişim (VPN) şeklinde sağlanacaktır.
11. Geliştirilecek sistem için gerekli olan donanım ve altyapı özellikleri, YÜKLENİCİ tarafından belirlenecek ve sözleşmenin imzalanma tarihinden itibaren en geç 3 ay içinde İDARE'ye sunulacaktır. Gerekli donanımlar ve altyapı, İDARE tarafından proje takvimine uygun olarak temin edecektir.
12. Geliştirilecek sistem kurum içi kapalı devre (on-premise) olarak çalışacaktır.
13. Geliştirilecek sistem 6698 sayılı KVKK mevzuatına uyumlu olacaktır.
14. Geliştirilecek sistem canlıya alınmadan önce bağımsız bir kurum veya İDARE tarafından yapılacak Sızma Testi'nden başarıyla geçecektir.
15. Geliştirilecek sistemdeki tüm kullanıcı işlemleri ve sistem hataları, değiştirilemez bir merkezi loglama yapısında tutulacak; CPU/RAM/GPU kullanımı gerçek zamanlı bir izleme ve arayüz üzerinden izlenebilir olacaktır.
16. Geliştirilecek sistem, 50 eş zamanlı kullanıcı sayısı altında yük ve stres testi süreçlerinden geçmeli ve sonuçlar raporlanmalıdır.
17. YÜKLENİCİ; geliştirilen algoritmaların ve genel yönetim yapısının ISO/IEC 42001 Yapay Zekâ Yönetim Sistemi prensipleriyle tam uyumlu olacağını taahhüt edilecektir.
18. Proje kapsamındaki tüm veri işleme, saklama ve model geliştirme süreçleri TS ISO/IEC 27001 Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi standartlarına uygun olarak yürütülmelidir.
19. YÜKLENİCİ; sistem mimari dokümanı, veri sözlüğü, API dokümantasyonu, kurulum kılavuzu ve kullanıcı kılavuzlarını İDARE'ye teslim edecektir.
20. Proje kapsamında geliştirilecek uygulamanın backend katmanı için İDARE tarafından belirlenen kurumsal mimari standardı olan .NET Core kullanılacaktır. Projenin başlangıcında, kurumsal katmanlı mimari yapısı ve merkezi NuGet paket referansları İDARE iç ortamındaki özel araçlar ile oluşturularak hazır bir iskelet proje (template) halinde YÜKLENİCİ'ye teslim edilecektir. YÜKLENİCİ, İDARE tarafından sağlanan bu temel mimari şablonu ve katman yapısını bozmadan geliştirmeyi sürdürmekle yükümlüdür.
21. Veri tabanı yönetim sistemi (VTYS) sağlayıcısı olarak kurumsal standartlar gereği MS SQL Server kullanılacaktır. Coğrafi veri ve çeşitli analizler için ihtiyaç duyulması halinde PostgreSQL veri tabanı da kullanılabilir olacaktır.
22. Uygulamanın kullanıcı arayüzü (Frontend) süreçleri React (TypeScript) teknolojisi kullanılarak inşa edilecektir. YÜKLENİCİ, İDARE'nin onayını almak şartıyla farklı bir teknoloji kullanabilecektir.
23. Uygulamanın kullanıcı yönetimi, kimlik doğrulama (Authentication) ve yetkilendirme (Authorization) süreçleri Bakanlık merkezi kimlik doğrulama sistemi olan "Avlu" üzerinden LDAP protokolü ile yürütülecektir. Avlu sistemi OAuth2.0 ve OpenID Connect (OIDC) standartlarında çalışmakta olup, Rol Tabanlı Erişim Kontrolünü (RBAC) doğrudan desteklemektedir. Bu doğrultuda, kurumsal altyapıyı kullanan uygulamalarda kullanıcı yönetimi ve ekran yetkilendirmeleri merkezi olarak çözüleceğinden, YÜKLENİCİ backend tarafında ekstra bir yetkilendirme veya rol yönetim kodlaması yapmayacaktır.
24. Projede ihtiyaç duyulacak ara katman, mesajlaşma ve performans servisleri için İDARE kurumsal framework'ünde hazır bulunan entegrasyonlar kullanılacaktır. Bu kapsamda; asenkron veri hatları ve kuyruk yönetimi için RabbitMQ, veri önbellekleme süreçleri için Redis

Cache ve dosya transfer/saklama süreçleri için MinIO Dosya İşlemleri altyapısı İDARE tarafından hazır olarak sunulacaktır.

25. Uygulamanın güvenlik, denetim ve performans izleme süreçleri için gerekli olan loglama mimarisi kurumsal altyapı tarafından otomatik olarak işletilecektir. Sistem üzerinden gerçekleştirilen tüm CRUD (Ekle/Sil/Güncelle) ve kullanıcı hareketleri; altyapının sağladığı AccessLog (Erişim), PerformanceLog (Performans) ve AuditLog (Değiştirilemez Değişiklik/İşlem Takibi) yapıları üzerinden arka planda otomatik olarak kayıt altına alınacaktır.
26. İDARE kurumsal altyapısının doğrudan desteklemediği veya yapay zekâ / Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) süreçlerinde kullanılması zorunlu olan spesifik fonksiyonlar için, ticari lisans bağımlılığı barındırmayan üçüncü parti (third-party) açık kaynaklı kütüphane ve ürünleri İDARE onayına tabi olmak şartıyla kullanılabilir olacaktır.
27. Uygulamanın dış servis entegrasyonları, test ortamı erişimleri, firewall (güvenlik duvarı) tanımlamaları, WAF konumlandırmaları ve Avlu entegrasyon parametreleri (Client ID, Secret Key vb.) YÜKLENİCİ'nin resmi başvurusu ve analizi doğrultusunda İDARE Sistem ve Network ekibi tarafından koordineli bir şekilde tanımlanarak sağlanacaktır.

6. Ek (Dokümanlar)

Proje kapsamında aşağıda belirtilen raporlar hazırlanacak ve İDARE ile proje planında belirtilen tarihlerde paylaşılacaktır. İDARE gerekli görmesi durumunda ek raporlar talep edebilecektir.

- Üst Düzey Sistem Tasarımı Dokümanı

Geliştirilecek sistemin genel yapısı ve işleyişi tanımlanacak, sistem mimarisi detaylı şekilde açıklanacaktır. Ana bileşenlerin işlevleri ve bunlar arasındaki etkileşimler belirlenecek, veri akışı ve süreçler netleştirilecektir. Performans, ölçeklenebilirlik ve güvenlik gibi teknik gereksinimler ele alınacak ve riskler ile varsayımlar ortaya konulacaktır. Bu doküman, sistemin başarılı şekilde tasarlanıp uygulanabilmesi için yol gösterici bir rehber olacaktır.

- Analiz ve Tasarım Dokümanı

Sistemin mevcut durumu analiz edilecek ve ihtiyaç duyulan özellikler belirlenecektir. Teknik gereksinimlerden tasarım ilkelerine kadar olan süreç açık bir şekilde sunulacak, kullanıcı deneyimini iyileştirmek için arayüz tasarımı yapılacaktır. Ayrıca, veri tabanı yapısı ve sistemin mimari çözümü detaylandırılacaktır.

- Veri Analiz Raporu

Bu raporda, analiz edilen veri setleri ve kullanılan yöntemler açıklanacak, veri setinin temel özellikleri tanımlanacaktır. Bulgular, grafikler ve tablolarla görselleştirilecek ve analizden elde edilen sonuçlar yorumlanacaktır. Stratejik kararlar için öneriler geliştirilecek ve sonraki adımlar belirlenecektir. Rapor, veri temelli karar alma süreçlerine rehberlik edecektir.

- Test Raporları

Test süreçleri ve sonuçları detaylı şekilde sunulacaktır. Test amaçları ve kapsamı netleştirilecek, uygulanan test senaryoları ve kullanılan yöntemler, performans ve hedeflenen çıktılarla uyum açıklanacaktır.

- Kılavuzlar ve Teknik Dokümantasyonlar

Sistemin farklı kullanıcı rollerine göre etkin bir şekilde işletilebilmesi, yönetilebilmesi ve diğer sistemlerle entegre edilebilmesi için gerekli tüm belgeler ve kılavuzlar hazırlanacaktır. Bu kapsamda;

son kullanıcılar için sistemin fonksiyonel kullanımını adım adım açıklayan Kullanıcı Kılavuzu, sistem yöneticileri için kurulum, yapılandırma ve bakım süreçlerini içeren Sistem Kılavuzu sunulacaktır. Ayrıca, sistemin sunduğu servislerin ve veri yapılarının teknik detaylarını içeren kapsamlı bir API Dokümantasyonu hazırlanacaktır. Tüm dokümanlar güncel olacak, görsel öğelerle desteklenecektir.