



Yapay Zeka Uygulamalarının Mavi Yüzgeçli Orkinos (*Thunnus Thynnus* (Linnaeus, 1758))'un Avcılığı ve Yetiştiriciliği'nin Rolü

Oğulcan Kemal Sagun¹ Hülya Eminçe Saygı^{2*}

Özet: Yapay Zekâ (YZ); öğrenme, problem çözme ve karar verme gibi tipik olarak insan zekası gerektiren görevleri yerine getirebilen bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması anlamına gelmektedir ve son yıllarda birçok sektörde kullanımı yaygınlaşmıştır. Yapay zeka; balık yetiştiriciliğinde balık büyümesi ve sağlığının anlaşılmasını ve yönetimini önemli ölçüde artırabilecek gerçek zamanlı izleme, veri analitiği, tahmine dayalı modelleme ve karar destek sistemleri için fırsatlar sunmaktadır. Yapay zekanın son yıllarda orkinos avcılığı ve orkinos et kalitesinin belirlenmesinde de kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Orkinos'un kalitesini değerlendiren bir YZ sistemi olan TUNA SCOPE, Cermaq ve Umitron Corporation gibi şirketlerin balık sağlığını ve refahını iyileştirmek için çeşitli girişimlerde bulundukları görülmektedir. YZ'nın su ürünleri yetiştiriciliğine entegrasyonunun, işgücü maliyetlerini ve çevresel etkileri azaltırken verimliliği ve balık refahını artıran veri odaklı kararlara olanak tanıyarak sürdürülebilir uygulamalarda devrim yaratması beklenmektedir. Çalışmamızın amacı; yapay zekanın balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğindeki kullanımı, orkinoslarda yapay zekanın kullanımının ne durumda olduğunu ortaya çıkartmaktır. Bu amaçla Su ürünlerinde Yapay Zekanın kullanımı ile ilgili yapılmış olan çalışmalar için Web of Science, Google Akademik ve Scopus'da "Artificial intelligence", "Artificial intelligence AND (fisheries OR aquaculture)", "Artificial intelligence AND Aquaculture" anahtar kelimeleri ile 2000-2024 yılları arasında yapılmış çalışmalar taranmış ve tarihsel geçmişini grafiklerle ortaya çıkartarak yorumlamaktadır. Bu çalışma sayesinde ileride yapılacak su ürünleri yetiştiriciliği çalışmalarında yapay zeka uygulamaları için bir alt yapı oluşturulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Mavi Yüzgeçli Orkinos, Su Ürünleri Yetiştiriciliği, *Thunnus thynnus*

The Role of Artificial Intelligence in the Fishing and Aquaculture of Bluefin Tuna (*Thunnus Thynnus* (Linnaeus, 1758))

Abstract: Artificial Intelligence (AI) refers to the development and implementation of computer systems that can perform tasks that typically require human intelligence, such as learning, problem solving, and decision making, and its use has become widespread in many sectors in recent years. AI offers opportunities for real-time monitoring, data analytics, predictive modeling, and decision support systems that can significantly improve the understanding and management of fish growth and health in aquaculture. In recent years, AI has also been used in tuna fishing and determining tuna meat quality. Companies such as TUNA SCOPE, an AI system that evaluates the quality of tuna, Cermaq, and Umitron Corporation have been making various initiatives to improve fish health and welfare. The integration of AI into aquaculture is expected to revolutionize sustainable practices by enabling data-driven decisions that increase efficiency and fish welfare while reducing labor costs and environmental impacts. For this purpose, studies on the use of Artificial Intelligence in Aquaculture were scanned in Web of Science, Google Scholar and Scopus with the keywords "Artificial intelligence", "Artificial intelligence AND (fisheries OR aquaculture)", "Artificial intelligence AND Aquaculture" and studies conducted between 2000-2024 were interpreted by revealing their historical background with graphics. With this study, it is aimed to create an infrastructure for artificial intelligence applications in future aquaculture studies.

Keywords: Artificial Intelligence, Bluefin Tuna, Aquaculture, *Thunnus thynnus*

Makale Bilgisi (Derleme)

1Group Sagun, Sagun Plaza, Osmangazi, Sancaktepe, İstanbul / Türkiye
2 Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, İzmir / Türkiye
*Sorumlu yazar: hulya.saygi@ege.edu.tr

Alıntı: Sagun, O. K., Eminçe Saygı, H. (2025), Yapay Zeka Uygulamalarının Mavi Yüzgeçli Orkinos (*Thunnus Thynnus* (Linnaeus, 1758))'un Avcılığı ve Yetiştiriciliğinin Rolü, Memba Su Bilimleri Dergisi, 11, (1) 96–115.
<https://doi.org/10.58626/memba.1647897>

Başvuru Tarihi: 28 Şubat 2025
Kabul Tarihi: 20 Mart 2025
Yayın Tarihi: 28 Mart 2025

1. Giriş

Yapay Zeka; öğrenme, problem çözme ve karar verme gibi tipik olarak insan zekası gerektiren görevleri yerine getirebilen bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması anlamına gelmektedir (Dellermann ve ark. 2019). Yapay zeka uygulamaları dünyada farklı alanlarda kullanılmaktadır. Son yıllarda ise özellikle mavi büyüme stratejisinde bilim odaklı bilgisayar sistemleri ve yapay zeka ile desteklenen yaklaşımların kullanıldığı görülmektedir (Şekil 1).

Yapay zekanın birçok tanımı yapılmaktadır. Örnek verilecek olursa; yapay zeka "Görsel algı, konuşma, tanıma, karar verme ve diller arası çeviri gibi normalde insan zekası gerektiren görevleri yerine getirebilen bilgisayar sistemlerinin teorisi ve geliştirilmesi" tanımlamışlardır. (Coro, 2020) günümüzde su ürünleri yetiştiriciliğine de uygulanmaya başlanmıştır (Şekil 2).

FAO; 1960'lı yıllarda kişi başına balık tüketiminin 9 kg olduğu, günümüzde ise bu rakamın 20 kg'ın üzerine çıktığını ve su ürünleri yetiştiriciliğinin dünyanın artan nüfusunu beslemek için hayati önem taşıdığını belirtmiştir (FAO, 2024). Bu büyümeye paralel olarak bazı gereksinimler gündeme gelmiş ve yapay zeka uygulamaları sektörde başlatılmıştır. Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliğine uygulanan yapay zeka tarihi, Fuzzy Mantık (Bulanık Mantık) adı verilen bir kavramla başlamıştır. 1965 yılında Zadeh (1965) "Bulanık Küme" başlıklı bir makale yayımlamıştır.

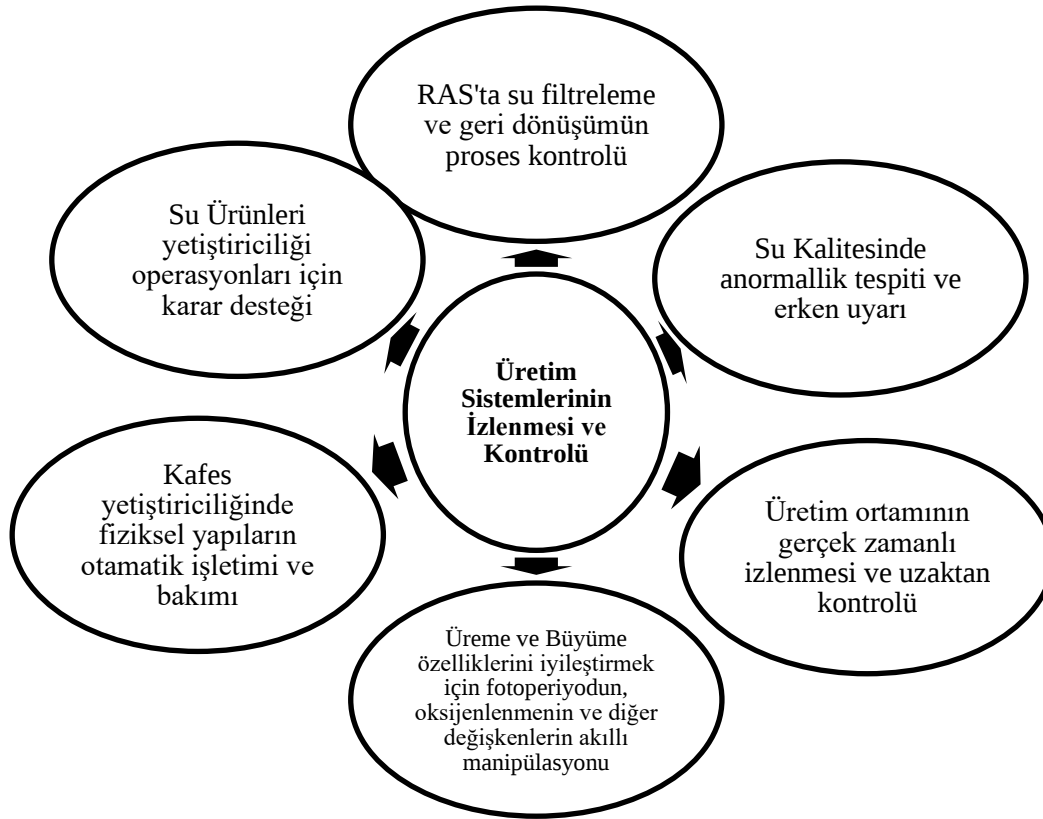


Şekil 1. Yapay zeka uygulamalarıyla Mavi Büyüme' ye verilen desteğin mantık şeması (Coro, 2020)

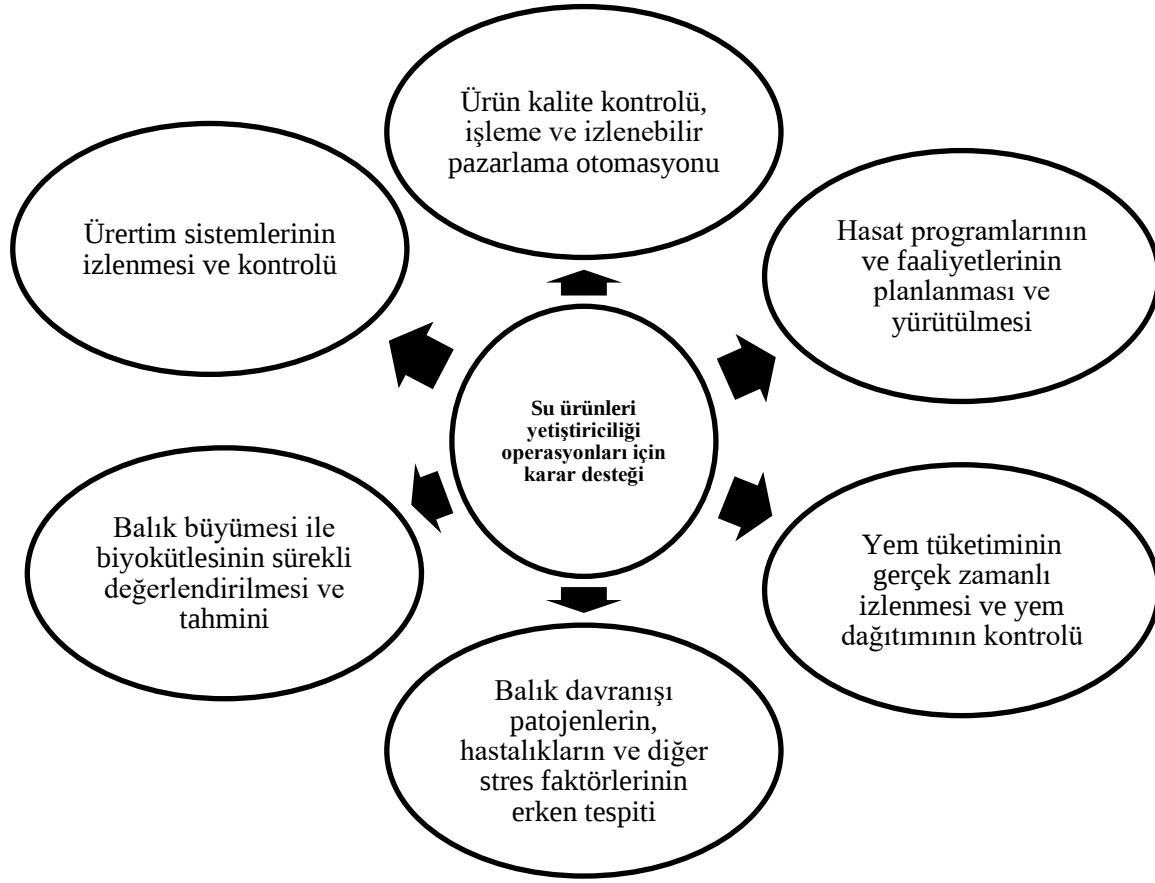
Zadeh makalesinde nesnelerin sınıflarının "üyelik derecelerinin bir süreklilik gösterdiği" yeni bir kavramı sunmuştur. Bu kavram, birçok şeyin net bir şekilde belirli bir kategoriye girmediğini vurgulayarak, bugün bulanık mantık olarak bilinen kavramın temellerini atmıştır.

Su ürünleri yetiştiriciliği ve su ürünleri avcılığından elde edilen üretimin 2018 yılında dünya ekonomisine 401 milyar dolar katkı sağladığı, su ürünlerinin insan gıdası olarak kullanılmasının yanı sıra dünyada 59,5 milyon insana geçim kaynağı oluşturduğu da bilinmektedir (Gladju ve ark., 2022). Bu sektörde yaşanan sürekli ve hızlı büyüme yenilikçiliğe dayalı akıllı teknolojilerin benimsenmesini zorunlu kılmakta olup balık yetiştiriciliği uygulamalarını optimize etmek ve sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğini sağlamak için bağlı yapay zeka (YZ) teknikleri ilerlemiştir (Austin ve diğ.2022).

Su ürünleri yetiştiriciliği, balık, kabuklular ve yumuşakçalar gibi suda yaşayan organizmaların belirli bir ortamda yetiştirilmesi, üretilmesi ve toplanması işlemidir. Fiziksel, biyolojik ve ekonomik ortamlar ve süreçlere sahip son derece dinamik bir sistemdir. Bu nedenle tarım ve hayvancılık sektörlerinde olduğu gibi, balık yetiştiricileri ve işletmelerinde risklerin üstesinden gelmek ve gelişiminin sağlanması açısından her gün çeşitli kararlar alması gerekmektedir. Bu yüksek riskli ortamda YZ uygulamaları ile veri madenciliği ve makine öğrenimi araçlarının uygun kullanımı, su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinin daha iyi yönetilmesi için, besleme, su kalitesinin izlenmesi ve kontrolü, balık biyokütlesi ve refahının izlenmesi, hastalık gibi tüm çiftçilik ve biyolojik süreçleri kapsayan akıllı çözümleri sağlayabilmektedir (Şekil 2, Şekil 3).



Şekil 2. Su ürünleri yetiştiriciliğinde Üretim Sistemlerinin İzlenmesi ve Kontrolü verilerinin makine teknikleri ile potansiyel uygulamalarının şematik gösterimi (Gladju ve diğ. 2022)



Şekil 3. Su ürünleri yetiştiriciliğinde operasyonları için karar desteği için gerekli verilerin makine teknikleri ile potansiyel uygulamalarının şematik gösterimi (Gladju ve diğ. 2022)

Yapay zekanın su ürünleri yetiştiriciliğine uygulanabilirliği fikrine dair yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır. Lee ve diğ.(2000), bir kapalı devirli sistemde denitrifikasyon için bulanık mantık tabanlı bir kontrol sistemi kullanımı üzerine bir makale yayınlamışlardır. Çalışmaları, biyomedikal araştırmalar için mürekkep balığı barındıran bir sistem için bilgisayar kontrollü bir denitrifikasyon biyoreaktörü geliştirmeye odaklanmıştır. Bulanık mantık; çözünmüş oksijen, redoks potansiyeli ve pH ölçen sensörlerden gelen gerçek zamanlı verileri işlemek ve sırasıyla biyoreaktöre pompa hızlarını ve karbon besleme eklemelerini kontrol etmek için kullanılmıştır.

Su ürünleri yetiştiriciliği alanında ise YZ teknikleri; balık büyümesi ve sağlığının anlaşılmasını ve yönetimini önemli ölçüde artıracak gerçek zamanlı izleme, veri analitiği, tahmine dayalı modelleme ve karar destek sistemleri için fırsatlar sunmaktadır (Mustapha ve ark., 2021). Akuakültür uygulamaları, yem girdilerini, enerji tüketimini ve çevresel etkiyi en aza indirirken balık büyüme oranlarını en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Makine öğrenimi, genetik algoritmalar ve derin öğrenme gibi yapay zeka teknikleri, yemleme stratejilerini optimize etmek, optimum çevresel koşulları belirlemek ve büyüme yörüngelerini tahmin etmek için modeller geliştirmek için kullanılmıştır (Chen ve Gu 2020).

Orkinos avcılığı Akdeniz'de M.Ö 7. yy'da başlamış (Desse ve Desse-Berset 1994) olmakla birlikte 1980'lerde dünya çapında Japonların geleneksel yemeği "suşi" ve "saşimi" ye olan ilginin artması, orkinosları daha da ekonomik ve kıymetli hale getirmiştir (Fromentin ve Ravier 2005). Buna paralel olarak yoğun avcılık baskısı nedeniyle Atlantik Ton Balıklarının Korunması Uluslararası Komisyonu (ICCAT) kurulmuş olup komisyon; Atlantik ton balıkçılığında yıllık kotalar, küçük boy balıkların avlanmasında kısıtlamalar ve belirli balıkçılık faaliyetleri için zaman, alan yasakları konusundaki koruma tedbirlerinden ve yetiştiricilik faaliyetlerinin yönetiminden sorumludur. Türkiye 2003 yılında ICCAT'a resmen üye olarak uluslararası boyutta Atlantik ve Akdeniz'deki tüm ton ve ton benzeri türlerin stok yönetimi ile türe özgü bilimsel araştırmaları yürütmekle sorumludur.

Orkinos gırgır filusunun büyümesi ile gündeme birçok zorluk gelmiştir ki bu zorluklardan en önemlileri; yakıt tüketimini ve karbon ayak izini azaltma ihtiyacıdır. Optimum Orkinos avlama alanlarını tahmin etmek için tasarlanmış araçlar; yeni uygun balıkçılık alanlarının yerini belirleyerek arama süresini azaltmakta böylece iklim değişikliği nedeniyle balık dağılımındaki değişikliklere uyum sağlamaya katkıda bulunabilmektedir. Gıda ve

Tarım Örgütü (FAO) istatistikleri, deniz balığı avcılık miktarlarının son 20 yılda sabit kaldığını göstermektedir (FAO, 2023). Buna karşın yakıt tüketimi %20 artmış ve bunun sonucunda sera gazı emisyonları ortaya çıkmıştır (Bell ve diğ. 2017). Yakıt tüketimi gemi faaliyetinin toplam yıllık maliyetinin %60-70'ini oluşturmaktadır (Rojon ve Smith, 2014; Suuronen ve ark., 2012). Balıkçılık faaliyetleri arasında, yüksek oranda göç eden büyük pelajik türleri hedefleyen filolar en yüksek ve en değişken yakıt tüketimine sahip olanlardan biridir (Parker ve Tyedmers, 2015). Yakıt tüketiminin %90'ı Orkinos sürülerini arama ve balıkçılık alanlarına ulaşmaya ayrıldığından (Basurko ve ark., 2022), arama çabasını azaltmak bu filoların yakıt tasarrufu yapmasına katkıda bulunabilmektedir (Granado ve diğ. 2021). Bu bağlamda daha yüksek dijitalleşme, balıkçılık endüstrisinin yakıt tüketimini ve gırgır teknelerinin denizde geçirdiği süreyi azaltmayı hedeflemektedir (Erauskin-Extramiana vd., 2023). Sürdürülebilir balıkçılık için balıkçı filoları zamanla daha fazla teknolojiyi kullanmaya başlamışlardır ve bu yenilik "Akıllı Balıkçılık" olarak adlandırılmıştır (Honarmand Ebrahimi ve ark., 2021). Örneğin, balıkçılık endüstrisi, yüksek düzeydeki dijitalleşmeye dayanarak, deniz alanlarının çevresel koşullarını karakterize etmek ve balıkçılık alanlarını daha az çabayla coğrafi olarak belirlemek için dünya gözlem verilerinin kullanımını artırmaktadır (McCauley ve ark., 2016).

Bu makalenin amacı "Yapay zeka uygulamalarının mavi yüzgeçli orkinos (*Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758))'un avcılığında ve besiciliğindeki rolü"nün incelendiği ve günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte ileri yıllarda daha da önem kazanacak olan yapay zekanın Group Sagun bünyesindeki orkinos besiciliğinde kullanımını sağlamaktır. Bu nedenle, öncelikle su ürünlerinde yapay zekanın kullanımı ile ilgili araştırmaları elde etmektir. Bu amaçla, çalışmada 3 farklı indekste (WoS, Google akademik ve Scopus)'ta su ürünlerinde yapay zekanın kullanımına göre yapılmış çalışmaların indekslerde 2020-2024 yılları arasında yapılmış çalışmalar ele alınarak genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada Su ürünlerinde Yapay Zekanın kullanımı ile ilgili yapılmış olan çalışmalar için Web of Science, Google Akademik ve Scopus'da "Artificial intelligence", "Artificial intelligence AND (fisheries OR aquaculture)", "Artificial intelligence AND Aquaculture)" anahtar kelimeleri ile 2000-2024 yılları arasında yapılmış çalışmalar taranmış ve özetlenmiştir. Bu makalenin bir başka amacı da orkinoslarda son yıllarda kullanılan yapay zeka yöntemlerinin belirlenmesine yöneliktir.

Scombridae familyasına ait olan *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) orkinos balığı; fusiform vücut yapısına sahip pelajik oceanodrom balıklar olup hızlı yüzücülerdir (Şekil 4). Vücut yapıları sudaki sürtünmeyi en aza indirgeyerek hızlı yüzmelerine yardımcı olmaktadır. Okyanus türleri olmakla birlikte mevsimsel olarak kıyıya yaklaşmakta ve sürü halinde yaşamaktadırlar (Froese and Pauly, 2024). Türde maksimum boy ve ağırlık sırasıyla; 458 cm ve 684 kg olarak bildirilmiştir (Claro, 1994). Orkinos için resmi olarak kaydedilmiş en büyük ağırlık ise 726 kg'dır (Mather vd. 1995). Türün sistematikteki yeri aşağıda verilmiştir.

Klasis: Osteichthyes
Ordo: Scombriformes
Familya: Scombridae
Genus: *Thunnus*

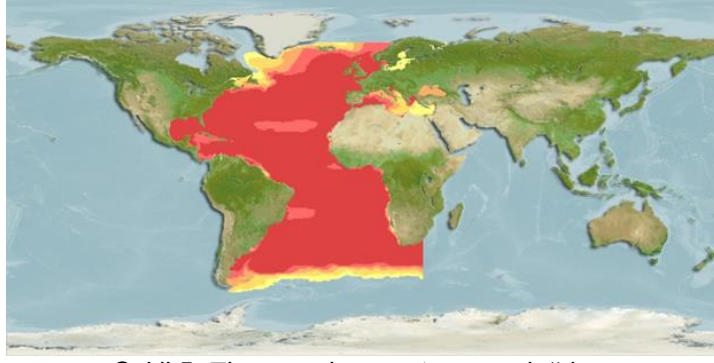
Thunnus thynnus (Linnaeus, 1758) Mavi Yüzgeçli Orkinos



Şekil 4. *Thunnus thynnus*

(<https://fishbase.mnhn.fr/summary/SpeciesSummary.php?ID=147&AT=Aleta+azul>)

Orkinoslar daha çok kuzey yarımküre sularında olmak üzere özellikle; Kuzey-Batı Pasifik Okyanusu, Kuzey-Doğu Atlantik Okyanusu ve Akdeniz'de dağılım göstermektedir (Mather vd. 1995) (Şekil 5).



Şekil 5. *Thunnus thynnus* türünün dağılımı

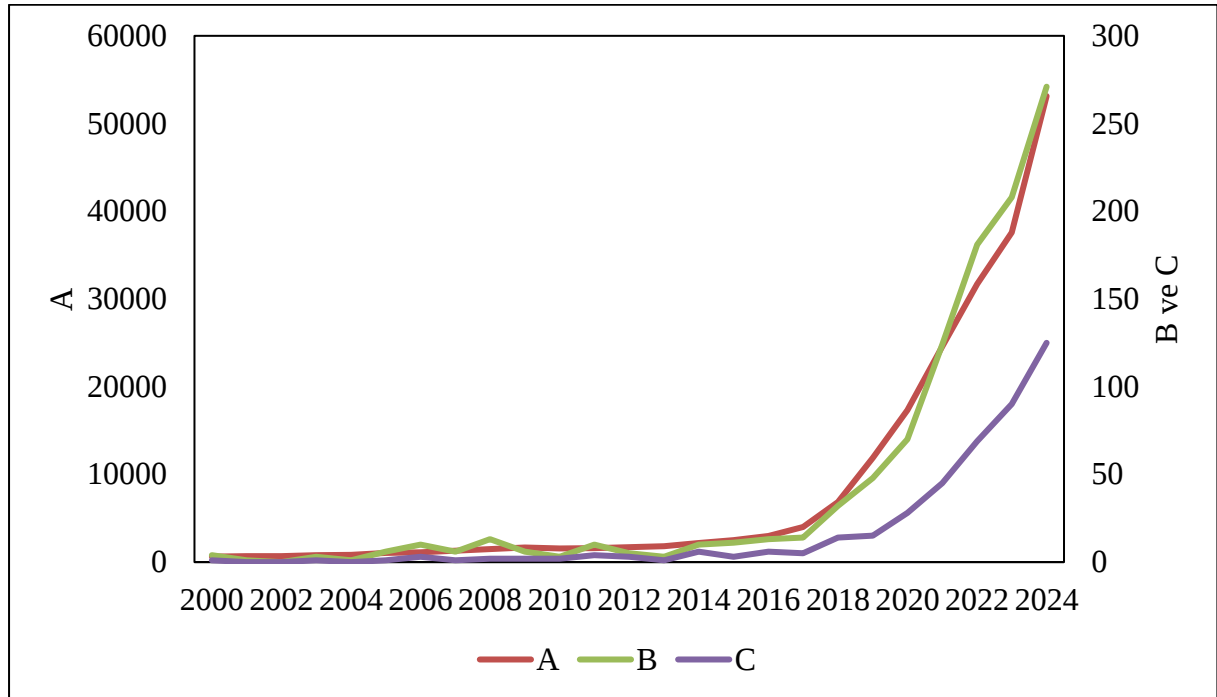
(<https://fishbase.mnhn.fr/summary/SpeciesSummary.php?ID=147&AT=Aleta+azul>)

3. Bulgular

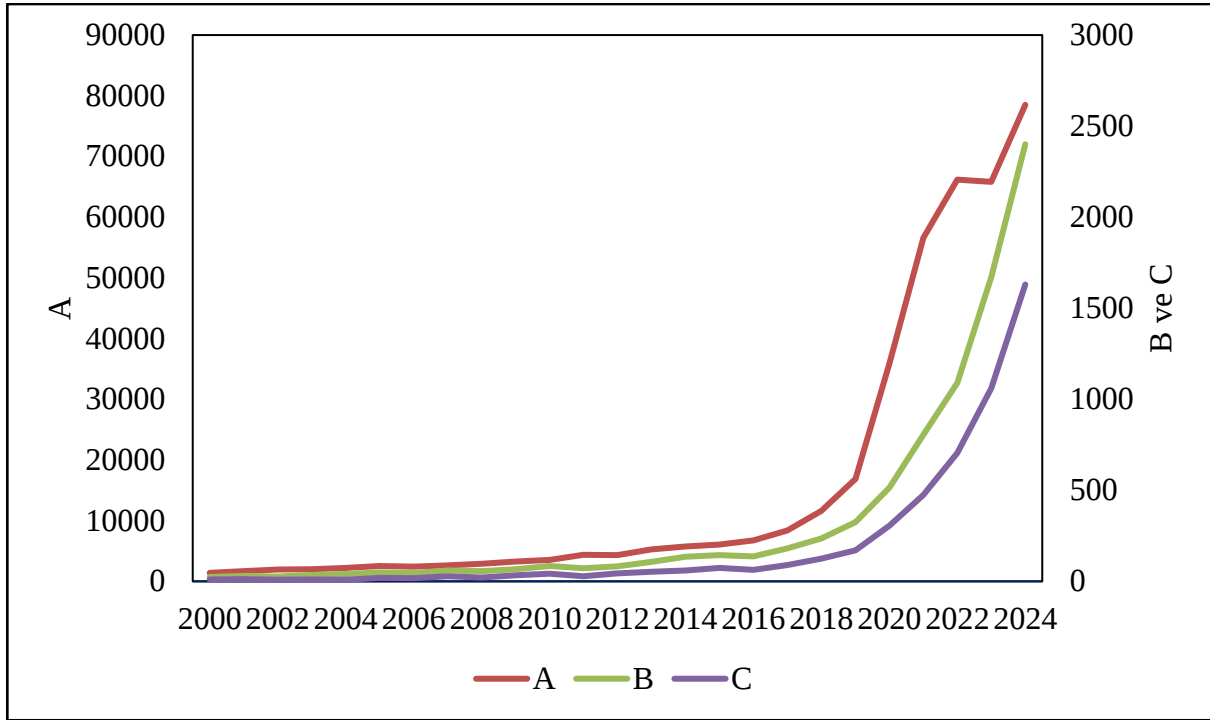
Bu çalışmada; yapay zekanın kullanımı ve gelişimi üzerine 2000-2024 arasında yapılmış çalışmalar Web of Science (WoS), Google akademik ve Scopus'da araştırılmıştır. Ayrıca daha sonra da yapay zekanın su ürünleri sektöründeki kullanımı ve su ürünleri yetiştiriciliğindeki gelişim durumu incelenmiş ve değerlendirilmiştir (Şekil 6, 7, 8).

Şekiller incelendiğinde WoS'da, Google Akademik'te ve Scopustaki sonuçlara göre yapay zeka ile ilgili çalışmaların 2019 yılından sonra hızlıca arttığı söylenebilir. Bunun yanında balıkçılık ve yetiştiricilik anahtar kelimelerinin her ikisi ile tarandığında 2021 yılında birden arttığı ve sadece Aquaculture çalışmaları incelendiğinde ise 2023 yılında bir artışa geçtiği söylenebilmektedir.

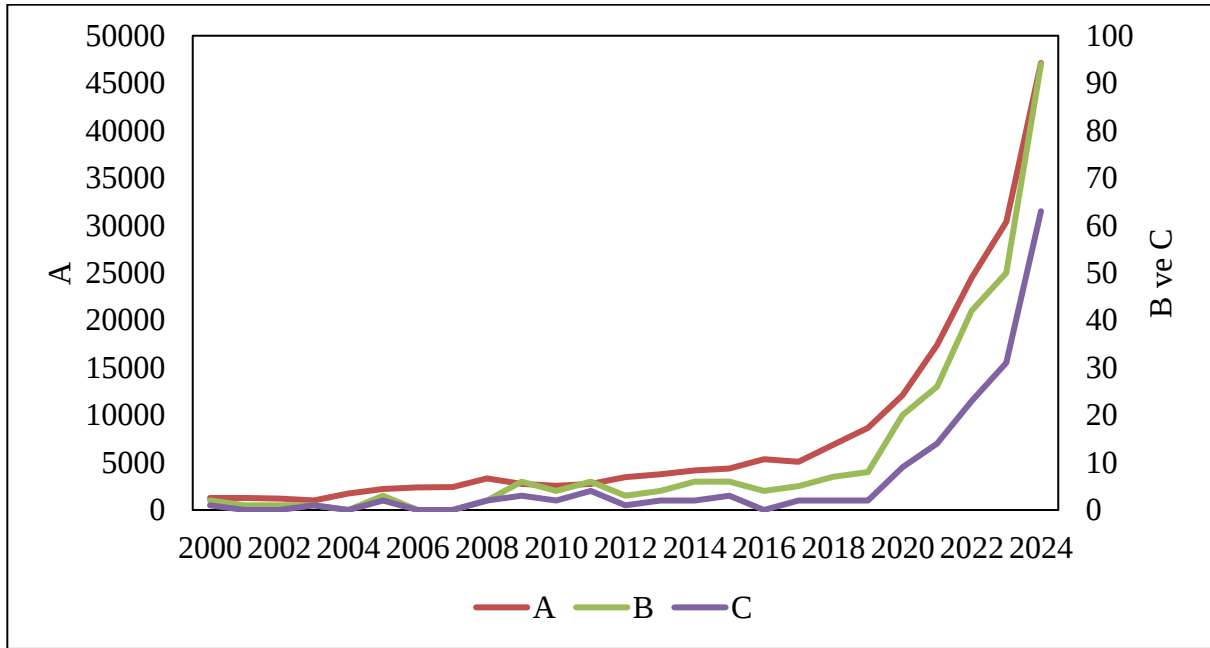
Balık yetiştiriciliği olarak da bilinen akuakültür, balıkların, kabukluların, yumuşakçaların ve diğer suda yaşayan organizmaların kontrollü ortamlarda yetiştirilmesini içermektedir (Chauhan ve Mishra 2022).



Şekil 6. WoS'da taranan yayınların sayısı (A: Artificial intelligence, B: Artificial intelligence AND (fisheries OR aquaculture), C: artificial intelligence AND aquaculture)



Şekil 7. Google Akademik'deki yayınların sayısı (A: Artificial intelligence, B: Artificial intelligence AND (fisheries OR aquaculture), C: artificial intelligence AND aquaculture)



Şekil 8. Scopus'da taranan yayınlanan sayıları (A: Artificial intelligence, B: Artificial intelligence AND (fisheries OR aquaculture), C: artificial intelligence AND aquaculture)

Su ürünlerinde kullanılan yapay zeka şekil 9'da gösterildiği gibi özetle şu şekildedir. Balık büyümesinin izlenmesinde, bilgisayarda görme ve makine öğrenimi, su kalitesi yönetiminde sensör veri analizi ve makine öğrenimi, yemleme optimizasyonunda takviye öğrenimi ve veri analizi, çevresel etki değerlendirmesi, veri madenciliği ve tahmine dayalı modelleme, erken ölüm tahmininde karar ağaçları ve veri analitiği, otomatik balık sayımında, bilgisayarlı görüntü ve görüntü işleme, hastalık salgını tahmininde, bayes ağları ve veri analitiği, büyüme tahmin modellerinde, sinir ağları ve regresyon analizi, davranış analizi ve değerlendirilmesi konusunda örüntü tanıma ve veri analitiği kullanılmaktadır.

Mavi yüzgeçli orkinosun varlığı ve yokluğunun tespiti, göç hareketleri, derinlik tercihleri ve biyolojisi

üzerine bazı yapay zeka uygulamaları (Uranga ve ark., 2017; Muñoz-Benavent ve ark., 2022; Block ve ark., 2001; Munoz-Benavent ve ark., 2018; Telesca, 2020; Xu ve ark., 2020; Goikoetxea ve ark., 2024) bulunmaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Akıllı su ürünleri yetiştiriciliği sistemine göre; balık çiftlikleri öncelikle verileri blok zinciri ile nesnelerin internetine yapay zeka ve sensörler olarak yüklü olan verileri robotik, dronlar, 3D baskılar olarak sonuçları balık çiftlikleri hakkındaki verileri en iyi şekilde iletmektedir (Yue ve Shen, 2022).



Şekil 9. Balık büyümesi ve sağlığının izlenmesinde yapay zeka teknikleri (Huang and Khabusi, 2025)

Veri analizi ve tahmini açısından, YZ çevresel sensörler, su kalitesi monitörleri ve yemleme sistemleri gibi çeşitli kaynaklardan toplanan büyük hacimli verileri analiz edebilmektedir. Böylece akuakültürçülerin veri odaklı kararlar almasına olanak tanımaktadır (O' Donncha ve diğ.2021). Örneğin, YZ maksimum verimlilik için optimum besleme sürelerini, büyüme oranlarını, hastalık salgınlarını ve çevresel koşulları tahmin edebilmektedir.

Su kalitesi yönetimi açısından, optimum su kalitesinin korunması, suda yaşayan organizmaların sağlığı ve büyümesi için çok önemlidir. Yapay zeka sistemleri sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve besin seviyeleri gibi parametreleri sürekli olarak izleyebilmektedir (Kaur ve diğ.2023). Su ürünleri yetiştiricileri, sensörlerden gelen verileri bütünleştirerek ve yapay zeka algoritmaları uygulayarak ideal koşullardan sapmaları tespit edebilir ve gerçek zamanlı olarak düzeltici önlemler alabilmektedir, böylece balık ölümü riskini azaltabilir ve genel üretkenliği artırabilmektedir (Gladjua ve diğ.2022).

Envanter yönetimi açısından, yapay zeka, su ürünleri yetiştiriciliği tesislerinde stok seviyelerinin ve envanterin yönetilmesine yardımcı olmaktadır. Yapay zeka algoritmaları, büyüme oranlarını, besleme düzenlerini ve pazar talebini analiz ederek optimum stoklama yoğunlukları, hasat zamanlamaları ve üretim planlamasına ilişkin bilgiler sağlayabilmektedir (Gladjua ve diğ.2022). Bu durum su ürünleri yetiştiricilerinin kaynak kullanımını optimize etmesine ve karlılığı en üst düzeye çıkarmasına yardımcı olmaktadır. Balık büyümesinin izlenmesinde Yapay zeka tabanlı görüntü analizi, balık uzunluğunu, ağırlığını ve biyokütlesini doğru bir şekilde ölçerek gerçek zamanlı büyüme izlemeyi ve optimize edilmiş besleme rejimlerini mümkün kılar. Yapay zeka modelleri geçmiş verilerden, çevresel verilerden yararlanarak büyüme oranını tahmin

edebilmektedir. Otomatik balık sayımında, Yapay zeka algoritmaları, su ürünleri tanklarında veya havuzlarda balık sayımını otomatikleştirerek doğru nüfus tahminleri sağlar ve verimli yönetimi kolaylaştırır. Büyüme tahmin modelleri çalışmalarında kullanılan Yapay zeka tabanlı büyüme modelleri, geçmiş verilere dayanarak balık büyüme yörüngelerini tahmin ederek üretim planlamasına yardımcı olur ve kaynak tahsisini optimize eder. Stok yönetimi, Yapay zeka tabanlı sistemlerde Stok yönetimi balık popülasyonlarını, büyüme oranlarını ve biyokütle dağılımını takip edip izleyerek verimli stok yönetimini ve karar almayı kolaylaştırır.

Yapay zeka uygulamaları balık büyümesi için kullanıldığı gibi balık hastalıklarının tespiti ve tanısında da kullanılmaktadır. YZ teknikleri, balıklarda hastalık tespiti ve teşhisi için etkili bir şekilde kullanılabilir; bu da su ürünleri yetiştiricileri ve araştırmacıların sağlık sorunlarını zamanında tespit edip ele almalarına yardımcı olur. Hastalık tespiti ve teşhisinde, Yapay zeka algoritmaları balık davranışı, görünümü ve yüzmesindeki ince değişiklikleri tespit eder, hastalıkların erken tanımlanmasına ve hızlı tedaviye olanak sağlayan modeller ortaya çıkartır.. Hastalık tedavisi, YZ sistemleri, semptom analizine, geçmiş verilere ve uzman bilgisine dayanarak balık hastalıkları için uygun tedavilerin belirlenmesine ve önerilmesine yardımcı olur. Erken ölüm tahmini, yapay zeka modelleri, balık ölümlerini tahmin etmek ve önlemek için su kalitesi, beslenme düzenleri ve çevre koşulları gibi çeşitli faktörleri entegre eder. Hastalık salgını tahmini, yapay zeka modelleri, hastalık salgınlarını tahmin etmek için geçmiş hastalık verilerini ve çevresel faktörleri kullanarak proaktif yönetim ve önleme sağlar. Davranış analizi ve refah değerlendirmesi, Yapay zeka sistemleri balık davranış kalıplarını izler, refah göstergelerini değerlendirir ve sağlık sorunlarına veya strese işaret edebilecek anormal davranışları belirler.

Görüntü tanıma ve bilgisayarlı görme açısından, Balık hastalıkları sıklıkla balığın vücudunda lezyonlar, renk değişikliği veya anormal davranışlar gibi görsel semptomlarla kendini gösterir. Evrimsel sinir ağları (CNN'ler) gibi derin öğrenme modellerini de içeren görüntü tanıma ve bilgisayarlı görme teknikleri, balıkların görüntülerini veya videolarını analiz etmek ve hastalık belirtilerini otomatik olarak tespit etmek için kullanılabilir (Zhang ve diğ.2020). Bu modeller, etiketlenmiş veri kümelerinden öğrenebilir ve balık görüntülerini sağlıklı veya hastalıklı kategorilere göre sınıflandırarak hastalıkların erken tespitine yardımcı olabilir.

Yapay zeka modelleri, balık ölümlerini tahmin etmek ve önlemek için su kalitesi, beslenme düzenleri ve çevre koşulları gibi çeşitli faktörleri entegre eder. Otomatik balık sayımı, Yapay zeka algoritmaları, su ürünleri tanklarında veya havuzlarda balık sayımını otomatikleştirerek doğru nüfus tahminleri sağlar ve verimli yönetimi kolaylaştırır.

Balıkların yem yönetimi ve optimizasyonunda yapay zekanın uygulanması, su ürünleri yetiştiriciliği operasyonlarında verimliliği önemli ölçüde artırabilir, maliyetleri azaltabilir ve balık büyümesini optimize edebilir. Balık yetiştiricileri, veri analizi, makine öğrenimi ve otomasyondan yararlanarak bilinçli kararlar alabilir, en iyi beslenmeyi sağlayabilir ve balık yetiştiriciliği uygulamalarının genel üretkenliğini ve sürdürülebilirliğini artırabilir.

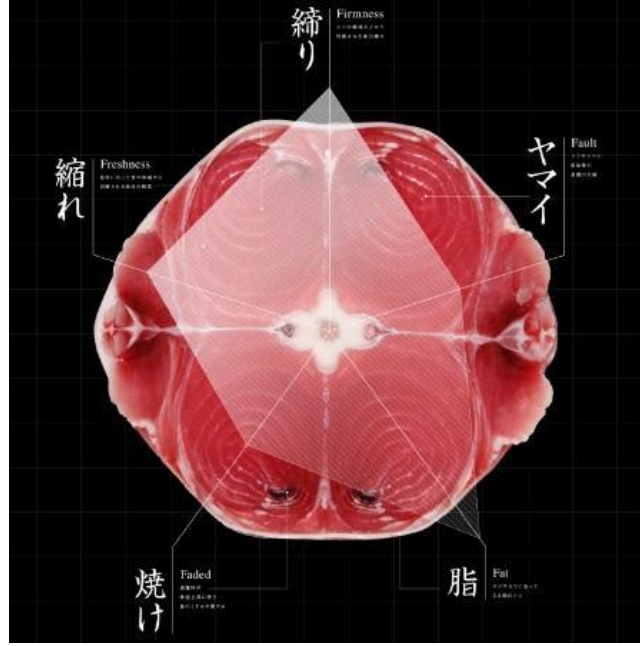
Yemleme optimizasyonu, Yapay zeka sistemleri, çevresel faktörlere, balık davranışlarına ve büyüme modellerine dayalı olarak yemleme stratejilerini öğrenip uyarlayarak yem israfını azaltır ve verimliliği artırır. Yapay zeka algoritmaları, maksimum büyüme ve verimlilik için yemin zamanlamasını, miktarını ve bileşimini optimize etmek üzere balık davranışını ve beslenme modellerini analiz eder. Yem dönüşüm oranı, YZ algoritmaları, yem dönüşüm oranını hesaplamak ve optimize etmek, israfı azaltmak ve verimliliği artırmak için besleme verilerini ve balık büyüme oranlarını analiz eder.

Çevresel etki değerlendirmesi, Yapay zeka araçları, su ürünleri yetiştiriciliği operasyonlarının çevredeki ekosistemler üzerindeki etkisini değerlendirmek için büyük veri kümelerini analiz ederek sürdürülebilir uygulamalara ve azaltma stratejilerine yardımcı olur. Su kalitesi yönetiminde, Yapay zeka modelleri, su parametrelerini izleyen sensörlerden gelen verileri tahmin etmek için işler ve balık büyümesi için en uygun koşullar, stres ve hastalık risklerinin en aza indirilmesi. YZ tabanlı sistemler, balıkların büyümesi için en uygun koşulları korumak amacıyla sıcaklık, pH, oksijen seviyeleri ve bulanıklık gibi çeşitli su parametrelerini izler. Çevresel modelleme, Yapay Zeka modelleri, sıcaklık, tuzluluk ve su akışı gibi çevresel faktörlerin balık büyümesi üzerindeki etkisini simüle edip tahmin ederek optimum çiftlik tasarımı ve yönetimine olanak tanır.

Genetik optimizasyon, Yapay Zeka algoritmaları, daha iyi büyüme oranlarına ve hastalık direncine katkıda bulunan özellikleri belirlemek için genetik verileri analiz ederek genetik seçim ve yetiştirme programlarına yardımcı olur. Hasat planlama, Yapay Zeka modelleri, büyüme oranlarına, pazar talebine ve ekonomik faktörlere dayalı olarak balık hasadı için en uygun zamanı tahmin ederek verimi ve kârlılığı optimize eder.

Orkinoslarda Yapay Zekanın Kullanımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde; görüntü tanıma yöntemi orkinoslarda son yıllarda kullanılan bir yöntemdir. Japonya'da bir orkinos balığının lezzeti, tazeliği ve dokusu gibi özelliklerini yalnızca gözle yılların deneyimi ve bireysel sezgiyle belirleyebilen usta zanaatkarlar bulunmaktadır. Ancak bir uzmanın yetişmesi uzun yıllar gerektirdiği ve maliyetli olduğu için orkinosun et kalitesi ve tazeliğinin belirlenmesinde yapay zeka uygulaması gündeme gelmiştir ve kullanılmaya başlanmıştır.

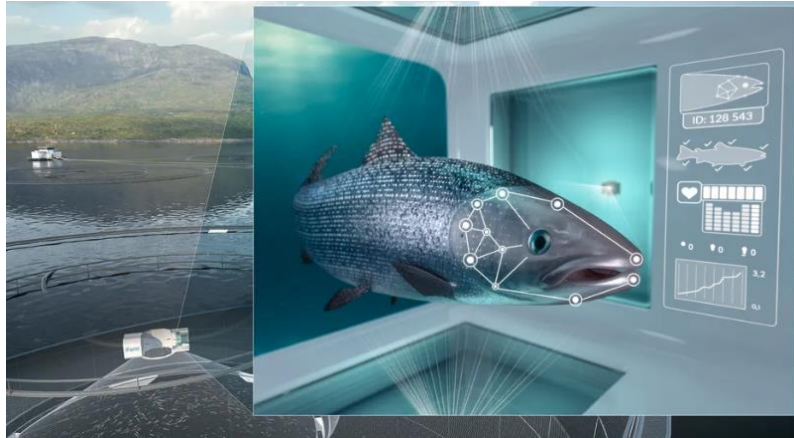
Bir orkinos balığının kuyruğunun kesiti, onun genel kalitesine ilişkin detaylı bir bilgi vermektedir (Şekil 10). Usta balık tüccarları, balığın rengi, parlaklığı, sertliği ve yağın katmanlanması gibi özelliklerini inceleyerek deneyim ve sezgileriyle birlikte balığın kalitesini anında belirleyebilmektedir. Bu uzun yıllardır Japon balık pazarlarında orkinos pazarı fiyatlarının temel belirleyicisi olmuştur.



Şekil 10. Orkinos balığının kuyruk kesiti (<https://www.brandinginasia.com/dentsus-tuna-scope-ai-program-judges-tuna-quality/how-to-judge-tuna-with-ai-tunascope-dentsu-japan-branding-in-asia/>)

Son yıllarda bir orkinosun kalitesini kuyruğunun kesitine göre anında belirleyen yapay zeka tabanlı bir sistem olan TUNA SCOPE oluşturulmuştur. Bu yapay zekanın gelişimi şu şekilde açıklanabilir. Yaizu; orkinos ve açık deniz balıkçılığı için Japonya'nın başlıca limanlarından biridir. Burada, orkinosların kuyruklarının kesit fotoğrafları çekilerek 35 yıllık deneyime sahip usta denetçiler tarafından verilen beş seviyeli ölçekte kalite derecelendirmeleriyle birlikte bir veri tabanına kaydedilmiştir. Derin öğrenme kullanılarak yapay zekaya orkinos inceleme sanatının nüansları öğretilmiştir. Böylece günün her saatinde kullanılabilecek orkinos muayenesi ile ilgili yeni bir yaklaşım doğmuştur.

Yapay zeka sistemi bir akıllı telefon uygulamasına monte edilmiştir. Japonya'nın Yaizu ve Misaki'nin yanı sıra Dalian ile Çin'deki balık işleme tesislerinde dondurulmuş Orkinos inceleme sürecine tanıtılmıştır. Uygulamanın doğruluğu Dalian'da gerçek usta denetçilerin sonuçlarıyla karşılaştırılarak test edilmiş ve uygulamanın sonuçlarının yaklaşık %90'ının insan emsalleriyle tutarlı olduğu kanıtlanmıştır.



Şekil 11. Somon balığının yapay zeka tarafından görselleştirilmesi (<https://www.salmonbusiness.com/cermaq-launches-new-ifarm-identifies-each-individual-fish-using-artificial-intelligence-and-machine-learning/>)

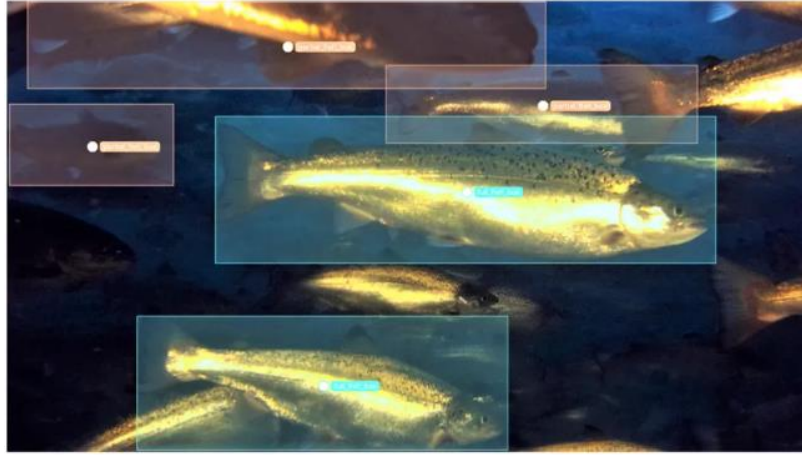
Yapay zeka teknolojisinde özellikle etkili olan iki ilerleme; derin öğrenme ve evrimsel sinir ağlarıdır. Geleneksel makine öğrenimi, sağlanan verilerle işlevleri gerçekleştirmek için algoritmalar kullanmakta olup bu geri bildirim ve ayarlamalar (kısmen insan girdisinden) yoluyla zamanla daha verimli hale gelmektedir. Derin öğrenme, algoritmaları katmanlandırarak, öz değerlendirme ve ayarlama yaparak bir adım daha ileri gitmektedir. Evrimsel sinir ağları, özellikle görüntü tanıma ve yorumlama için yararlı olan derin öğrenme

algoritmalarıdır (Şekil 11).

Yapay zeka şu anda su ürünleri yetiştiriciliğinde; besleme verimliliğini artırmak, biyokütle tahmini yapmak, büyüme takibi yapmak, hastalıkların erken teşhisini sağlamak, çevresel izleme ve kontrolü (özellikle RAS sistemlerinde) geliştirmek ve iş gücü maliyetlerini azaltmak için kullanılmaktadır. Yapay zeka modern sensör ve işleme teknolojileri ile su ürünleri yetiştiriciliğinin birçok rutin görevi daha az iş gücü ile ve hayvan refahı koşullarını iyileştirerek gerçekleştirilebilmektedir.

Yapay zekanın su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanım alanlarına ilişkin yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Balık davranışları ve dış görünüşüne dayalı ileri düzey hastalık tespitinde YZ uygulamalarının faydaları incelenmiştir. Chen ve diğ.(2022), derin öğrenme ve konvolüsyonel sinir ağı kullanarak kafeslerde yetiştirilen orfoz, lahoz gibi balıklarda üç tür anormal görünümü sınıflandıran iki aşamalı bir görüntü analiz sistemi bildirmişlerdir. Çalışmada geliştirilen dört sınıflandırma modelinden en iyisi ortalama %98,94 gibi oldukça yüksek bir doğruluk oranına ulaşmıştır.

Balık yetiştiriciliğinde YZ sistemlerinin geliştirilmesi için gerekli bileşenlerin maliyetleri hala nispeten yüksektir. Ancak maliyet eğilimleri ve yeni yaklaşımlar; en az kaynaklara sahip üreticilerin bile erişimini zamanla genişletebilecektir. Son zamanlarda, Darapaneni ve diğ.(2022), yetiştiricilerin hastalık salgınlarını erken tespit etmek amacıyla özel bir sistem önermişlerdir. Sistem; görüntüleri almak için su altı kameraları veya benzer sensörlere dayanmakta olup bu görüntüler bulut üzerinden işleme ve puanlama için aktarılmaktadır. Sonrasında, veriler bir YZ modeli aracılığıyla sınıflandırılarak analiz edilmektedir (Şekil 12). Modern bağlantı seçenekleri ile geri dönüş dakikalar içinde olabilmekte ve bu şekilde günde birkaç veya daha fazla çiftlik değerlendirilebilmektedir.



Şekil 12. Somon balığının sağlık izlemesinin yapay zekası tarafından değerlendirilmesi
(<https://thefishsite.com/articles/the-benefits-of-using-ai-in-land-based-aquaculture>)

Daha verimli besleme uygulamaları da son zamanlarda akuakültürde YZ araştırmalarının odak noktası olmuştur. Chen ve diğ.(2022), gerçek zamanlı su kalitesi verilerini kullanarak destek vektör makinesi modeli ve yapay sinir ağları ile bir biyokütle tahmin formülü kullanarak, RAS tesisinde yetiştirilen karidesler için yem gereksinimlerini ve optimum besleme miktarlarını tahmin etmişlerdir. Sonuçlar, manuel beslemenin muhtemelen ulaşabileceğinden çok daha iyi olan ortalama yüzde %3,7 hata oranının olduğunu göstermiştir.

Biyokütle izleme ve envanter kontrolü, akuakültürde YZ uygulamaları için verimli alanlardır. Gonçalves ve diğ.(2022), yavru balıkları saymak için konvolüsyonel sinir ağı kullanımı hakkında bir çalışma yapmışlardır. YZ yaklaşımı, iki veya daha fazla balık temas halinde veya üst üste geldiğinde bile balıkların sayılmasına olanak tanıyan ardışık görüntüler içermektedir ve model, yavru balık hareketlerini tahmin edebilecek şekilde uyarlanmıştır.

Bazı sektör gözlemcileri ve paydaşları, yetiştiricilikte YZ'nin geleceğinden emin olamayıp onu tamamen benimsemekte tereddüt etseler bile diğerleri büyük adımlar atmaktadır. Kanadalı firma ReelData YZ'nin karasal akuakültür operasyonları için iki önemli ürün geliştirmiştir. Bunlardan ReelAppetite, yem tüketimini ve tedarikini izler ve ayarlar, ReelBiomass ise üretim tesislerindeki boyut ve ağırlık dağılımlarının tahminlerini sağlar. Şirket, kısa süre önce A serisi finansman turunda 8 milyon USD'den fazla para toplamasıyla gündeme gelmiştir.

Küresel somon üreticisi Cermaq, birkaç yıldır bir YZ sistemi üzerinde çalışmaktadır. iFarm olarak adlandırılan bu konsept, teknoloji ortağı BioSort tarafından geliştirilmiş olup, ağ kafeslerinde balık sağlığını ve refahını iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Şekil 13, 14). Araştırma, kademeli hedefler içermektedir. Başlangıçta, şirket balıkların sistemle nasıl etkileşime girdiğine odaklanmış ve sonraki denemeler sistem bileşenlerini ve operasyonlarını uyarlamayı ve kolaylaştırmayı amaçlamıştır. Mevcut denemeler, sensör teknolojilerini, veri toplama ve işleme süreçlerini ve makine öğrenme algoritmalarını değerlendirmektedir. Ağ kafeslerinde balıkları

ayırma yöntemleri geliştirmek de bir öncelik haline gelmiştir. Amaç; benzersiz nokta desenleri ve deniz biti varlığına dayalı olarak bireysel balıkları izlemek ve tedavi etmektir.



Şekil 13. Cermaq'ın yapay zeka destekli iFarm'ı (<https://thefishsite.com/articles/cermaq-stocks-third-fish-cohort-in-ifarm>)

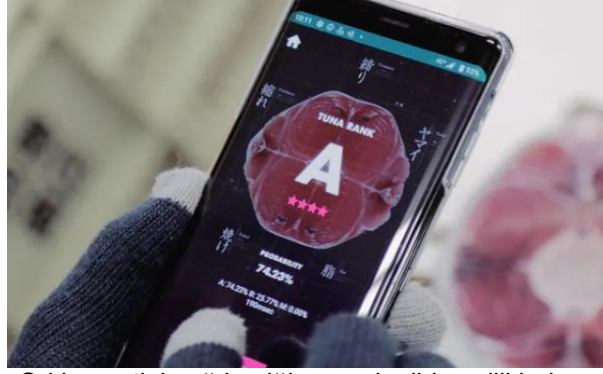


Şekil 14. Cermaq'ın iFarm'ı şu anda üçüncü balık grubunu yetiştirmesi (<https://thefishsite.com/articles/cermaq-stocks-third-fish-cohort-in-ifarm>)

Tokyo merkezli Umitron Corporation, akuakültür uygulamaları için YZ teknolojisini uyarlamaya odaklanmıştır. Kura Sushi restoran zinciri, Umitron tarafından geliştirilen YZ sistemlerini kullanarak Kura Osakana üretim sahasında Orkinos yetiştirmektedir. Umitron'un sistemi, her bir balık kafesine ne zaman ve ne kadar yem verileceğine dair kararlar almak için yüzme davranışlarının gerçek zamanlı izlenmesini kullanmaktadır. Bu yaklaşım, yem dönüşüm verimliliğini önemli ölçüde artırırken atıkları azaltır ve geleneksel günlük beslemeyle ilişkili nakliye/lojistik gereksinimlerini büyük ölçüde azaltmaktadır.

The Verge firması 8 yıldır balıkların kalitesini (yağ içeriği ve renk gibi) değerlendirmek için yapay zekayı kullanmaktadır (Şekil 15).

Orkinos'un et kalitesini değerlendirmek; sushi hazırlığının en önemli adımı olmakla birlikte bu et kalitesini değerlendirebilecek deneyimli zanaatkarların yetişmesi uzun yıllar gerektiren bir eğitim sürecini içermektedir. Bir Japon sushi restoran zinciri, Orkinos'un kalitesini değerlendirmek için yapay zeka destekli bir uygulama kullanmaktadır. Ancak yapay zekanın gerçekten bir insanın balık duyusunun yerini alabilir mi? sorusu hala tartışma konusudur.



Şekil 15. Uygulamanın Orkinos etini yağ içeriği ve renk gibi özellikleri açısından değerlendirmesi
(<https://www.nippon.com/en/japan-topics/q00984/>)

Tuna Scope adlı uygulama, Japon reklam firması "Dentsu" tarafından geliştirilmiştir. Uygulama; bir balığın yapısı hakkında çok şey ortaya koyabilen Orkinos kuyruklarının enine kesitlerinin binlerce görüntüsü üzerinde eğitilmiş makine öğrenimi algoritmalarını kullanmaktadır (Şekil 8). Uygulama tek bir fotoğraftan, Orkinos etini parlaklığı ve yağ tabakası gibi görsel özelliklere dayanarak beş puanlık bir ölçekle değerlendirmektedir. Deneyimli bir balık değerlendirmesi için bu özellikler, balığın nasıl bir yaşam sürdüğünü ne yediğini ve ne kadar aktif olduğunu göstermektedir, dolayısıyla ortaya çıkan lezzeti belirlemektedir. Dentsu, yapay zekasının "Orkinos inceleme sanatının açıklanamaz nüanslarını" yakaladığını iddia etmektedir. Uygulama ile zanaatkarlar arasında gerçekleştirilen karşılaştırmalı testlerde, uygulama ile kişilerin aynı notu verdiği gözlenmiştir. Ancak yine de sushi uzmanları ve balıkçıların özellikle yüksek kaliteli sushi ve sashimi için et satın alanların, Tuna Scope'un balık değerlendiricilerin yerini alabilme yeteneği konusunda biraz daha temkinli olduğu görünmektedir.

Londra'da yaşayan şef ve sushi eğitmeni Keiko Yamamoto; yalnızca görsellere dayanarak ton balığını değerlendirebilmenin kesinlikle mümkün olduğunu ifade etmiştir (<https://tuna-scope.com/en/>). Ürün kalitesi genellikle dokunarak değerlendirilmesine rağmen, Yamamoto'ya göre ton balığında görünüm her şeydir. Yüksek kaliteli ton balığını tanımlamak zordur, ancak şeflerin gördüklerinde bunu bilebilecekleri, alıcıların aradığı nitelikleri kelimelerle ifade etmenin zor olabileceğini, ancak eğitilmiş bir göz için bu niteliklerin açıkça fark edilebilir olduğunu ifade etmektedir. Yamamoto'ya göre en yüksek kaliteli ton balığı; yoğun parlak kırmızı bir renge sahip olup ipeksi ve parlaktır. Ayrıca Yamamoto Japonya'nın bu teknolojiyi takip etmesine şaşırmadığını, çünkü yaşlanan nüfus nedeniyle geleneksel becerilerin her zaman genç nesillere aktarılamadığını belirtmektedir (<https://tuna-scope.com/en/>).

The Asahi Shimbun'a göre, Tuna Scope'un yalnızca Kura Sushi adlı restoran zinciri için balık değerlendirmede kullanıldığını ifade etmektedir. Bu restoran zincirinde robotik bulaşık makineleri gibi diğer maliyet tasarrufu sağlayan cihazlar kullanılıyor olmasından dolayı ucuz sushi sunulduğu görülmektedir. Yine Kura Sushi'nin sushi için balıklarının yüzde 70'ini yurtdışından satın aldığı ve pandemi sırasında alıcılarının seyahat etmesi konusunda temkinli olduğunu ve pandemide bu uygulama sayesinde riske girmeden iyi değerlendirmeler yapılabildiğini ifade etmektedirler (Şekil 16).



Şekil 16. Şefler ve balıkçılar Orkinos'un kalitesini etin parlaklığı ve rengi üzerinden değerlendirirler
(<https://inbusiness.kz/ru/last/samyj-dorogoj-delikates-prodali-na-aukcione-za-1-3-mln-dollarov>)

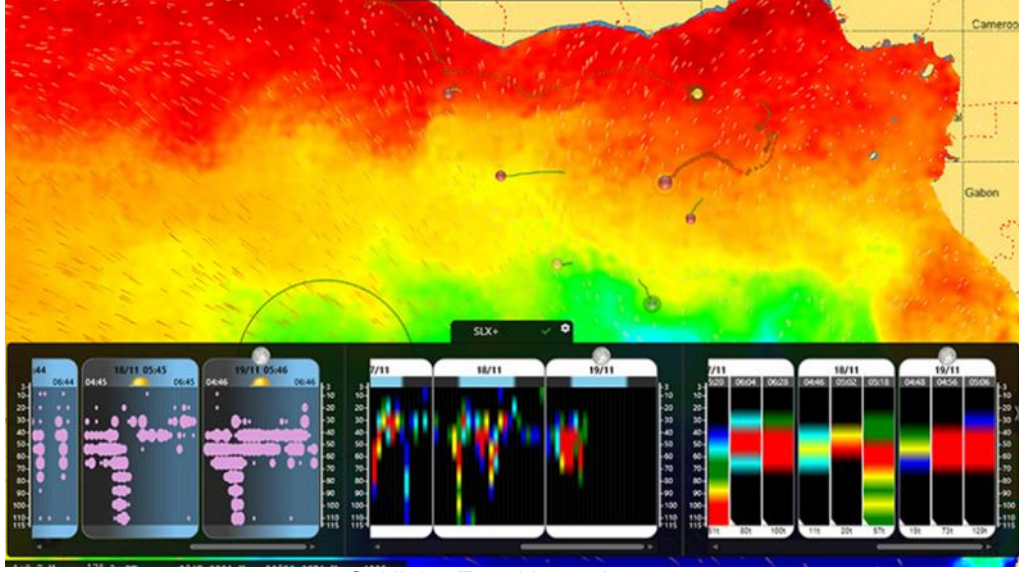
İspanya'daki Cádiz Üniversitesi ve Carlos III Üniversitesi ile iş birliği içinde Komorebi YZ'daki bir araştırmacı ekibiyle ortaklık kurarak "Tun-AI" adını verdikleri benzersiz bir yapay zeka aracı geliştirmişlerdir. Tun-AI; GPS ve uydu iletişimleriyle birleştirilen şamandıralardan gelen Orkinos bilgilerini işleyen bir yapay zeka aracıdır. Yüzyıllardır balıkçılar; tonlar da dahil olmak üzere bazı balık türlerinin okyanus yüzeyinde sürüklenen nesnelerin etrafında toplandığını bilmektedirler. Günümüzde, genellikle yüksek teknoloji yankı seslendirme şamandıralarıyla donatılmış, sürüklenen balık toplama cihazları (dFAD-Fish Aggregating Devices) adı verilen insan yapımı yüzen nesneler, balıkçılık endüstrisi için olmazsa olmaz bir araç haline gelmiş olup, küresel Orkinos avlarının %36'sına kadarını oluşturmaktadır. dFAD'ler, uzaktan Orkinos bolluğu ve konumu hakkında bilgi sağlayan yüksek teknoloji yankılı şamandıralarla donatılmış olup okyanuslara yerleştirilmiştir ve konumlarını günde en az bir kez bildirmektedirler. Ayrıca, temel olarak Orkinos ve diğer balık türleri olmak üzere, altlarındaki su sütununu periyodik olarak biyokütle için örnekleyebilecekleri bir yankı seslendirmesi içerirler. Bu bilgi, balıkçılık endüstrisi için balıkçılık verimliliğini artırmak, işletme maliyetlerini ve karbon emisyonlarını azaltmak açısından son derece yararlı olmakla birlikte aynı zamanda bilimsel olarak ta oldukça faydalıdır. Her dFAD, sürekli olarak altındaki balık biyokütlesinin konumu ile varlığı veya yokluğu hakkında bilgi iletmektedir dolayısıyla yüzen bir örnekleme istasyonu olarak düşünülebilir (Şekil 17).



Şekil 17. dFAD şamandırası

[\(https://www.openaccessgovernment.org/article/how-tun-ai-technology-can-be-used-to-estimate-tuna-biomass/174598/\)](https://www.openaccessgovernment.org/article/how-tun-ai-technology-can-be-used-to-estimate-tuna-biomass/174598/)

dFAD'lere bağlı uydu bağlantılı yankı seslendirme şamandıralarından gelen okyanus akıntıları, su sıcaklığı ve fitoplankton varlığı gibi biyolojik ve oşinografik veriler birleştirilmektedir. Şamandıraların sağladığı bilgilerin doğruluğunu ve tahminlerin güvenilirliğini daha da artırmak için bu yapay zeka aracı balıkçılık sektörü tarafından sağlanan on yıllık av verileriyle donatılmıştır. Testlerde Tun-AI, dFAD altında Orkinos'un varlığı veya yokluğu arasında ayırım yaparken %92'nin üzerinde doğruluk elde etmiştir. Gerçek ölçümlerle karşılaştırıldığında ve sahada doğrulandığında, aracın şamandıranın altındaki Orkinos miktarını tahmin ederken ortalama %28'lik bir hatasının olduğu görülmüştür. Böylece Orkinos biyokütlesini çok doğru bir şekilde tanımladığı ve şamandıranın altında bulunabilecek diğer balık türlerinden ayırt edebildiği için de; balıkçı teknelerinin ticari açıdan daha az önemli türlerin avını azaltmasına yardımcı olabileceği de görülmüştür. Görevi aynı olan insanlarla karşılaştırıldığında Tun-AI'nın, otomatik bir şekilde Orkinos biyokütlesinin güvenilir tahminlerini elde ederek muadillerinden daha iyi performans gösterdiği saptanmıştır. Bu performans ve kullanım kolaylığı, Tun-AI'ı dFAD şamandıralarının sağladığı bilgilerden en iyi şekilde yararlanmak isteyen araştırmacılar için güçlü bir araç haline getirmektedir.



Şekil 18. Tun-AI uygulaması

(<https://www.openaccessgovernment.org/article/how-tun-ai-technology-can-be-used-to-estimate-tuna-biomass/174598/>)

Orkinos'un bir dFAD etrafında kümelenmeye başlamasının ne kadar sürdüğünü izlemek ve bu kümelenmenin ne kadar süre devam edeceğine bakmak için Tun-AI tarafından sağlanan tahminler kullanılmaktadır. Tun-AI, dünya çapında Orkinos türlerinin incelenmesini uygun maliyetli bir şekilde mümkün kılacak sağlam ve sürekli verilere erişim imkânı sunmaktadır (Gómez-Ullate Oteiza, 2023) (Şekil 18).

Orkinosların et kalitesinin belirlenmesinde de yapay zekadan yararlanılmaktadır. TUNA SCOPE; orkinosların et kalitesini tespit etmeye yarayan bir yapay zeka aracı olup uygulama Japonya ve denizaşırı ülkelerdeki çeşitli yerlerde tanıtılmıştır. Daha sonra, teknoloji mavi yüzgeçli Orkinos konusunda uzman olmayı hedeflemiştir. Mavi yüzgeçli Orkinos'un değeri yalnızca kırmızı etin kalitesine değil, aynı zamanda yağ içeriğine de bağlıdır. Kaliteyi bu iki farklı noktada değerlendirmek, yıllarca deneyime sahip profesyonel kişiler için bile oldukça zordur. Ayrıca, hızlı dondurulmuş Orkinos'un aksine, çiğ Orkinos kuyruğunun enine kesitinin yüzeyindeki en ufak bir fark, enine kesitin görünümünü değiştirebilmektedir. Bu zorluğun üstesinden gelebilecek yeni bir YZ modeli geliştirmek için çok miktarda veri gerekmektedir (Şekil 19).



Şekil 19. Tuna SCOPE uygulaması (<https://tuna-scope.com/en/>)

Japonya'nın en büyük toptan deniz ürünleri pazarı olan Toyosu Pazarı'na hergün gelen mavi yüzgeçli orkinos kuyruklarının kesit görüntüleri ve uzman denetçilerin sonuçları sürekli olarak toplanarak sisteme iletilmiştir. Yaklaşık iki yıllık veri toplamının ardından "yağ içeriği ve kırmızı et kalitesi" olmak üzere iki noktaya dayalı bir yapay zeka kalite değerlendirme algoritması oluşturulmuştur.

Mart 2023'te Nagasaki Eyaleti, Takashima'da, Sojitz Tuna Çiftliği Takashima'da yeni TUNA SCOPE AI modeli piyasaya sürülmüştür. Doğal mavi yüzgeçli orkinosların aksine, çiftliklerde yetiştirilen orkinosların yetiştirilme koşulları, besleme miktarı ile besleme zamanı, su sıcaklığı gibi faktörler sıkı bir şekilde kontrol edilmektedir. Orkinos tek tek yakalanıp hazırlandığından, kalite veya tazelikte neredeyse hiçbir değişiklik olmamakta ve yıl boyunca lezzetli Orkinos'un istikrarlı bir şekilde tedarik edilmesi sağlanmaktadır. TUNA SCOPE'un YZ değerlendirme teknolojisi, çiftliklerde yetiştirilen Orkinos'un işlenmesi ve gönderilmesinde kullanılmıştır. Çiftlik ton balıkları; yağ içeriği ve kırmızı et kalitesi açısından en yüksek kalitede olduğu değerlendirilenler "YZ Mavi Yüzgeçli Orkinos" olarak etiketlenmektedir.

Akuakültür için YZ tabanlı izleme ve kontrolün her alanında teknoloji hızla ilerlemektedir. Modern cihazlar

artık balık ve karideslerin boyut, şekil, pozisyon ve davranışlarının stereoskopik gözlemini mümkün kılmaktadır. “Sonar kameralar” ses yankılarını video görüntülerine dönüştürerek karanlık veya bulanık ortamlarda kullanılabilir. Su kalitesi izleme, otonom araçlar kullanılarak kafeslerde ve büyük tanklarda üç boyutlu veri profilleri oluşturmak için sensörlerin yükseltilip alçaltılmasıyla üç boyutta yapılabilir.

Wu ve diğ.(2022), YZ'nin akuakültürdeki ve potansiyel kullanımlarını detaylı bir şekilde araştırmışlardır. Birçok cihazın manuel aktivitelerden mekanizasyona, otomasyona ve nihayetinde akıllı ekipmanlara olan teknolojik evrimini özetlemişlerdir. Araştırmacıların yaptığı önemli bir gözlem, insansız ekipman kullanımıyla geliştirilmiş biyogüvenlik potansiyelidir ve otonom robotların geliştirilmesi ağ kafes çiftliği sektöründe hızla genişlemektedir. Bu birimler; ölümleri, yenmemiş yemleri ve birikmiş atıkları toplamak ve çıkarmak, ayrıca ağ temizliği yapmak suretiyle hijyenik koşulların korunmasında büyük potansiyele sahiptir. Maliyetler bazı operasyonlar için hala biraz yüksek olsada, önümüzdeki yıllarda düşmesi beklenmektedir.

Sagun orkinos besiciliği 1 ve 2 olarak Gerence Körfezi'nde kurulmuş olup 5000 ton kapasiteye sahip bir çiftliktir. Bir kafeste ortalama 1500 adet balık bulunmaktadır. Besi yapılan balık boyları 50-500 kg arasında değişmekte ve hergün yaklaşık olarak 150 ton sardalya, uskumru, ringa vb balıklardan oluşan yem balığı orkinoslara verilmektedir (Şekil 20). Bu çalışma; ileride Türkiye’de yapılacak uygulama çalışmalarına ışık tutma niteliği taşımaktadır.



Şekil 20. Sagun Group orkinos çiftliği (Orijinal)

Etkili izleme teknikleri, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği uygulamaları için hayati önem taşır; hastalıkların erken tespit edilmesini, besleme stratejilerinin optimize edilmesini ve çevresel etkilerin en aza indirilmesini sağlar (Wang ve ark. 2021). Su ürünleri yetiştiriciliğinde geleneksel izleme yöntemleri genellikle manuel gözlemlere dayanır; bu da zaman alıcı, emek yoğun ve insan hatasına açık olabilir. Ayrıca, bu yöntemler gerçek zamanlı veri sağlayamayabilir, bu da değişen koşullara ve potansiyel sağlık sorunlarına anında yanıt verme yeteneğini sınırlar (Wu ve ark. 2022). Bu nedenle, akuakültürde balık büyümesini ve sağlığının izlenmesini geliştirmek için gelişmiş teknolojilere duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Yapay zeka (YZ), su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarında devrim yaratma potansiyeline sahip dönüştürücü bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. YZ, makinelerin insan zekasını taklit etmesini, verilerden öğrenmesini ve otonom

kararlar almasını sağlayan bir dizi tekniği kapsamaktadır (Janiesch ve ark. 2021). Akuakültür operatörleri, YZ'den yararlanarak gerçek zamanlı verilere, tahmine dayalı analitiklere ve karar destek sistemlerine erişebilir ve bu da üretkenliği, sürdürülebilirliği ve kârlılığı artırabilir (Panudju ve ark. 2023).

Genel olarak yapay zeka, su ürünleri yetiştiriciliğinde verimliliği, sürdürülebilirliği ve üretkenliği artırma potansiyeline sahiptir. Gelişmiş analitik, gerçek zamanlı izleme ve tahmin yeteneklerinden yararlanan yapay zeka, su ürünleri yetiştiricilerini bilinçli kararlar almaları ve balık çiftliği operasyonlarındaki riskleri azaltmaları için değerli bilgiler ve araçlarla güçlendirebilmektedir.

Sonuç olarak, yapay zekanın balık büyümesi ve sağlık durumunun izlenmesindeki rolü, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarında devrim yaratmaya hazırlanıyor. Yapay zeka teknikleri, balık çiftliği operasyonlarını optimize etmek, üretkenliği artırmak ve çevresel etkileri en aza indirirken balık refahını artırmak için önemli bir potansiyel sunar. Yapay zeka, makine öğreniminin, veri analizinin ve otomasyonun gücünden yararlanarak, optimum balık sağlığı ve büyümesini sağlamak için gerçek zamanlı izlemeye, hastalıkların erken tespiti, hassas besleme stratejilerine ve proaktif müdahalelere olanak tanır.

Su ürünleri yetiştiriciliği araştırma ve üretiminde yapay zeka (YZ); hem yeni kurulan şirketlerin hem de köklü şirketlerin sektör için yeni YZ tabanlı uygulamalar geliştirmesiyle son yıllarda daha önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada ortaya çıkarılan genel sonuç son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğinde yapay zekanın kullanımının artırılması ve verimli kullanılmasına dair çalışmalar bulunmaktadır.

5. Etik Standartlara Uygunluk

a) Yazarların Katkıları: Yazar OKS çalışmayı tasarladı, HES makalenin ilk taslağını yazdı, HES istatistiksel analizleri gerçekleştirdi ve yönetti. Tüm yazarlar son makaleyi okudu ve onayladı.

b) Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

c) Hayvanların Refahına İlişkin Beyan, Etik onay: Bu tür bir çalışma için resmi onay gerekli değildir.

d) İnsan Hakları Beyanı, Etik onay: Bu tür bir çalışma için resmi onay gerekli değildir.

e) Yapay Zeka Kullanmadıkları Beyanı: Yazar(lar), bu makalenin yazımında, görsellerin, grafiklerin, tabloların ya da bunlara karşılık gelen başlıkların oluşturulmasında herhangi bir tür üretken yapay zeka kullanmadıklarını beyan eder(ler).

6. Kaynakça

- Austin, B., Lawrence, A., Can, E., Carboni, C., Crockett, J., Demirtas, N., Schleder, D., Adolfo, J., Kayis, S., Karacalar, U., Kizak, V., Kop, A., Thompson, K., Ruiz, C., AM., Serdar, O., Seyhaneyildiz, Can S., Watts, S., Yucel Gier, G. 2022. Selected topics in sustainable aquaculture research: Current and future focus: Sustainable Aquaculture Research. *Sustain Aquat Res* 1(2):74–125. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7032804>.
- Basurko, O.C., Gabina, G., Lopez, J., Granado, I., Murua, H., Fernandes, J.A., Krug, I., Ruiz, J., Uriondo, Z., 2022. Fuel consumption of free-swimming school versus FAD strategies in tropical tuna purse seine fishing. *Fish. Res.* 245 <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106139>.
- Bell, J.D., Watson, R.A., Ye, Y. (2017). Global fishing capacity and fishing effort from 1950 to 2012. *Fish Fish.* 18(3), 489-505.
- Block, B. A., Dewar, H., Blackwell, S. B., Williams, T. D., Prince, E. D., Farwell, C. J., Fudge, D. (2001). Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. *Science*, 293(5533), 1310-1314.
- Chauhan, R.S., Mishra, A. 2022. New innovative technologies for sustainable aqua production. In *Biodiversity*. CRC Press, pp 97–111.
- Chen, C.T., Gu, G.X. 2020. Generative deep neural networks for inverse materials design using backpropagation and active learning. *Adv Sci* 7(5):1902607.
- Chen, F., Sun, M., Du, Y., Xu, J., Zhou, L., Qiu, T., Sun, J. (2022). Intelligent feeding technique based on predicting shrimp growth in recirculating aquaculture system. *Aquaculture Research*, 53(12), 4401-4413.

- Chen, J. C., Chen, T. L., Wang, H. L., Chang, P. C. (2022). Underwater abnormal classification system based on deep learning: A case study on aquaculture fish farm in Taiwan. *Aquacultural Engineering*, 99, 102290.
- Claro, R., 1994. Características generales de la ictiofauna. p. 55-70. In R. Claro (ed.) *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba and Centro de Investigaciones de Quintana Roo.
- Coro G., Large S., Magliozzi C., Pagano P., (2016b), Analysing and forecasting fisheries time series: purse seine in Indian Ocean as a case study, *ICES Journal of Marine Science*, 73, 2552-2571.
- Coro G., Magliozzi C., Berghe E.V., Bailly N., Ellenbroek A., Pagano P., (2016a), Estimating absence locations of marine species from data of scientific surveys in OBIS, *Ecological Modelling*, 323, 61-76.
- Coro G., Pagano P., Ellenbroek A., (2013a), Combining simulated expert knowledge with neural networks to produce ecological niche models for *Latimeria chalumnae*, *Ecological Modelling*, 268, 55-63.
- Coro G., Pagano P., Ellenbroek A., (2018a), Detecting patterns of climate change in long-term forecasts of marine environmental parameters, *International Journal of Digital Earth*, 13, 1-19.
- Coro G., Palma M., Ellenbroek A., Panichi G., Nair T., Pagano P., (2019), Reconstructing 3D virtual environments within a collaborative e-infrastructure, *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 31, e5028.
- Coro G., Vilas L.G., Magliozzi C., Ellenbroek A., Scarponi P., Pagano P., (2018b), Forecasting the ongoing invasion of *Lagocephalus sceleratus* in the Mediterranean Sea, *Ecological Modelling*, 371, 37-49.
- Coro, G. (2020). Open Science and Artificial Intelligence Supporting Blue Growth. *Environmental Engineering and Management Journal*, 19(10), 1719-1729.
- Darapaneni, N., Sreekanth, S., Paduri, A. R., Roche, A. S., Murugappan, V., Singha, K. K., & Shenwai, A. V. (2022). AI based farm fish disease detection system to help micro and small fish farmers. In 2022 Interdisciplinary Research in Technology and Management (IRTM) (pp. 1-5). IEEE.
- Dellermann, D., Ebel, P., Söllner, M., Leimeister, J.M. 2019. Hybrid intelligence. *Bus Inf Syst Eng* 61:637–643.
- Desse J. and Desse-Berset, N 1994. Stratégies de pêche au 8ème millénaire les poissons de Cap AndreasKastros (Chypre). In: Le Brun A (eds) *Fouilles récentes à Khirokitia*, Editions Recherche Sur Civilisations.Vol. 3; pp. 335-360. Paris, France.
- Erauskin-Extramiana, M., Chust, G., Arrizabalaga, H., Cheung, W.W., Santiago, J., Merino, G., Fernandes-Salvador, J.A., 2023. Implications for the global tuna fishing industry of climate change-driven alterations in productivity and body sizes. *Glob. Planet. Chang.* 222, 104055 <https://doi.org/10.2139/ssrn.4059543>.
- FAO, (2020a), The Protected Areas Impact Maps Virtual Research Environment, i-Marine Gateway, On line at: <https://imarine.d4science.org/web/protectedareaimpactmaps>.
- FAO. 2023. Using artificial intelligence to assess FAO's knowledge base on the technology accelerator. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc6724en>
- FAO, 2024. Food And Agricultural Commodity Systems, <https://www.undp.org/facs?> (Erişim tarihi: 15.06.2024).
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2024. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (06/2024).
- Fromentin, J.M. and C. Ravier. 2005. The East Atlantic and Mediterranean bluefin tuna stock: looking for sustainability in a context of large uncertainties and strong political pressures. *Bulletin of Marine Science* Vol.76; pp. 353-362.
- Gladjua, J., Kamalamb, B.K., Kanagara, A. 2022. Applications of data mining and machine learning framework in aquaculture and fisheries: A review, *Smart Agricultural Technology*, 2, 100061.
- Goikoetxea, N., Goienetxea, I., Fernandes-Salvador, J. A., Goñi, N., Granado, I., Quincoces, I., Caballero, A. (2024). Machine-learning aiding sustainable Indian Ocean tuna purse seine fishery. *Ecological Informatics*, 81, 102577.

- Gonçalves, D. N., Acosta, P. R., Ramos, A. P. M., Osco, L. P., Furuya, D. E. G., Furuya, M. T. G., Gonçalves, W. N. (2022). Using a convolutional neural network for fingerling counting: A multi-task learning approach. *Aquaculture*, 557, 738334.
- Granado, I., Hernando, L., Galparsoro, I., Gabina, ~ G., Groba, C., Prellezo, R., Fernandes, J.A., (2021). Towards a framework for fishing route optimization decision support systems: review of the state-of-the-art and challenges. *J. Clean. Prod.* 320, 128661 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128661>.
- Honarmand Ebrahimi, S., Ossewaarde, M., Need, A., 2021. Smart fishery: a systematic review and research agenda for sustainable fisheries in the age of AI. *Sustainability* 13 (11), 6037. <https://doi.org/10.3390/su13116037>.
- Huang, Y. P., & Khabusi, S. P. (2025). Artificial Intelligence of Things (AIoT) Advances in Aquaculture: A Review. *Processes*, 13(1), 73.
- Janiesch, C., Zschech, P., Heinrich, K. 2021. Machine learning and deep learning. *Electron Mark* 31(3):685–695.
- Kaur, R., Kumar, R., Gupta, M. 2023. Deep neural network for food image classification and nutrient identification: A systematic review. *Rev Endocr Metab Disord* 1–21.
- Lee, P. G., Lea, R. N., Dohmann, E., Prebilsky, W., Turk, P. E., Ying, H., Whitson, J. L. (2000). Denitrification in aquaculture systems: an example of a fuzzy logic control problem. *Aquacultural Engineering*, 23(1-3), 37-59.
- Magliozzi C., Coro G., Grabowski R.C., Packman A.I., Krause S., (2019), A multiscale statistical method to identify potential areas of hyporheic exchange for river restoration planning, *Environmental Modelling and Software*, 111, 311-323.
- Magliozzi, C., Coro, G., Grabowski, R. C., Packman, A. I., & Krause, S. (2019). A multiscale statistical method to identify potential areas of hyporheic exchange for river restoration planning. *Environmental Modelling & Software*, 111, 311-323. Coro ve diğ., 2015
- Mather F.J, Mason J.M. and Jones A.C. (1995). Historical document: life history and fisheries of Atlantic bluefin tuna. Miami: NOAA Technical Memorandum 370, USA.
- McCauley, D. J., Woods, P., Sullivan, B., Bergman, B., Jablonicky, C., Roan, A., ... & Worm, B. (2016). Ending hide and seek at sea. *Science*, 351(6278), 1148-1150.
- Munoz-Benavent, P., Andreu-García, G., Valiente-González, J. M., Atienza-Vanacloig, V., Puig-Pons, V., & Espinosa, V. (2018). Automatic Bluefin Tuna sizing using a stereoscopic vision system. *ICES Journal of Marine Science*, 75(1), 390-401.
- Muñoz-Benavent, P., Martínez-Peiró, J., Andreu-García, G., Puig-Pons, V., Espinosa, V., Pérez-Arjona, I., Ortega, A. (2022). Impact evaluation of deep learning on image segmentation for automatic bluefin tuna sizing. *Aquacultural Engineering*, 99, 102299.
- Mustapha, U.F., Alhassan, A.W., Jiang, D.N., Li, G.L. 2021. Sustainable aquaculture development: a review on the roles of cloud computing, internet of things and artificial intelligence (CIA). *Rev Aquac* 13(4):2076–2091.
- O'Donncha, F., Stockwell, C.L., Planellas, S.R., Micallef, G., Palmes, P., Webb, C., Grant, J. 2021. Data driven insight into fsh behaviour and their use for precision aquaculture. *Front Anim Sci* 2:695054.
- Panudju, A.T., Rahardja, S., Nurilmala, M. 2023. Decision support system in fsheries industry: Current state and future agenda. *Int J Adv Sci Eng Inf Technol* 13(2).
- Parker, R. W., & Tyedmers, P. H. (2015). Fuel consumption of global fishing fleets: current understanding and knowledge gaps. *Fish and Fisheries*, 16(4), 684-696.
- Rojon, I., & Smith, T. W. P. (2014). On the attitudes and opportunities of fuel consumption monitoring and measurement within the shipping industry and the identification and validation of energy efficiency and performance interventions. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1472842/>
- Suuronen, P., Chopin, F., Glass, C., Løkkeborg, S., Matsushita, Y., Queirolo, D., & Rihan, D. (2012). Low impact and fuel efficient fishing—Looking beyond the horizon. *Fisheries research*, 119, 135-146.
- Telesca, J. E. (2020). *Red gold: The managed extinction of the giant Bluefin Tuna*. U of Minnesota Press.

https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=VhbaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&ots=00vbQdD1IT&sig=cq9xNZGokX_QGwRq6t0pLcRyM9Q&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Tilve, M., Rastogi, S., Gautam, R. S. (2024). Role of Artificial Intelligence in the Healthcare Sector in India: A Futuristic Study. In 2024 ASU International Conference in Emerging Technologies for Sustainability and Intelligent Systems (ICETSIS) (pp. 1787-1791). IEEE.
- West, DM and Allen, JR (2018) How artificial intelligence is transforming the world. Center for Technology Innovation, The Brookings Institution
- Uranga, J., Arrizabalaga, H., Boyra, G., Hernandez, M. C., Goni, N., Arregui, I, Santiago, J. (2017). Detecting the presence-absence of bluefin tuna by automated analysis of medium-range sonars on fishing vessels. *PloS one*, 12(2), e0171382.
- Wang, C., Li, Z., Wang, T., Xu, X., Zhang, X., Li, D. 2021. Intelligent fish farm—The future of aquaculture. *Aquacult Int* 1–31.
- Wu, Y., Duan, Y., Wei, Y., An, D., Liu, J. (2022). Application of intelligent and unmanned equipment in aquaculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 199, 107201.
- Xu, G., Chen, Q., Yoshida, T., Teravama, K., Mizukami, Y., Li, Q., & Kitazawa, D. (2020). Detection of bluefin tuna by cascade classifier and deep learning for monitoring fish resources. In *Global Oceans 2020: Singapore–US Gulf Coast* (pp. 1-4). IEEE.
- Yue, K., Shen, Y. (2022). An overview of disruptive technologies for aquaculture. *Aquacult Fish* 7(2):111–120.
- Zadeh, LA (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, 8:338-353 <https://tuna-scope.com/en/> (Erişim tarihi: 15.04.2024).
- Zhang, S., Yang, X., Wang, Y., Zhao, Z., Liu, J., Liu, Y., Zhou, C. 2020. Automatic fish population counting by machine vision and a hybrid deep neural network model. *Animals* 10(2):364.