

Dijital (Hassas) Teknolojiler ve Süt Sığırcılığında Kullanımı

Derleme
10.32707/ercivet.1809972

Künye:
Cilt: 23(1)
Yıl: 2026
Sayfa: 95-109

İbrahim KILIÇKAYA^a
Savaş SARIÖZKAN^b
Umut Kamil DANACI^{c*}

^a Yük. Lis. Öğr., Erciyes Üniversitesi,
ibrahimkilickaya@gmail.com
^b Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi,
ssariozkan@erciyes.edu.tr
^c Dok. Öğr., Erciyes Üniversitesi,
umutdanaci099@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi: 24/10/2025
Kabul Tarihi: 22/04/2026

Atıf:
Kılıçkaya İ, Sarıözkan S, Danacı UK.
Dijital (hassas) teknolojiler ve süt
sığırcılığında kullanımı. Erciyes Univ
Vet Fak Derg 2026; 23(1), 95-109.
<https://doi.org/10.32707/ercivet.1809972>

Screened by

for Authors & Researchers



Except where otherwise noted, content
in this article is licensed under a
Creative Commons 4.0 International
license. Icons by Font Awesome.

Öz

Bu çalışmada dijital (hassas) teknolojilerin hayvancılık sektöründe özellikle süt sığırcılığında kullanım durumunun değerlendirilmesi ve sağladığı avantajların ortaya konulması amaçlanmıştır. Hayvanların bireysel olarak kimliklendirilmesiyle başlayan takip ve kontrol süreci, günümüzde elektronik kulak küpeleri, sanal çitler, bilgisayarla görme, sensörler ve yapay zekâ seviyelerine kadar ulaşmıştır. Sonuçta, bahsedilen teknolojiler hayvan sağlığına, refahına, verimliliğe ve kaliteli üretime imkân vererek hayvansal üretimin ekonomik şartlarda sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlama potansiyeline sahiptir.

Anahtar kelimeler: Biyosensörler, erken teşhis, hassas süt hayvancılığı, sensör teknolojisi



Digital (Precision) Technologies and Their Usage in Dairy Farming

Abstract

This study aims to evaluate the usage of digital (precision) technologies in the livestock sector, particularly in dairy farming, and to highlight the advantages they offer. Starting with the individual identification of animals, the following control process has now reached the levels of electronic ear tags, virtual fences, computer vision, sensors, and artificial intelligence. Consequently, these technologies have the potential to make significant contributions to the economic sustainability of livestock production by improving animal health, welfare, productivity, and quality of production.

Keywords: Biosensors, early diagnosis, precision dairy farming, sensor technology



Giriş

Tarih öncesi dönem incelendiğinde insanoglu varlığını avcılık ve toplayıcılık ile sürdürmüştür. Daha sonra yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte hayvanlar evcilleştirilmiş, üretim ve yetiştiricilik aşamaları başlamıştır (Yurtseven, 2023). Tüm bu aşamalarda takip, gözlem ve analize ihtiyaç duyulmuştur. Hayvanların günlük yaşamlarını görsel ve işitsel olarak takip edip ihtiyaçlarını öğrenerek ve gözlemlenmeyle başlayan bu süreç, zamanla onların sorunlarını ve rahatsızlıklarını tespit etmek, ampirik çözümler üretmek yönünde evrilmiştir. İlerleyen yıllarda artan insan nüfusu ile birlikte (beslenme ihtiyacı) doğal olarak yetiştirilen hayvan sayısının da artışı ile üretim maliyetlerini kontrol etme ihtiyacı ve kalifiye insan gücü bulunmasının zorluğu gibi nedenler hayvanların takip/gözlem aşamalarında teknolojik

gelişmelerden faydalanmayı gerektirmiştir (Gezici ve ark., 2023).

Hayvanların bireysel numaralar ile kayıt altına alınması ile başlayan takip ve gözlem süreci, günümüzde hayvan bazında anlık takip ve geri bildirim sistemleri, sürü takip sistemleri, yapay zekâ, robotik sistemler gibi ileri otomasyonlar seviyesine gelmiştir. Günümüzde bu yollarla hayvanlardan toplanan veriler artık manuel, görsel/işitsel veya basit otomasyonlarla kısa süreli değil, ileri teknoloji ve süreklilik gerektiren ve yoğun bilginin, sanal ortamlar yardımıyla kayıt altına alınıp simüle edilebildiği sistemlerle yönetilmektedir. İşte bu birikim ve dijitalleşme, dijital teknolojiler (DT) olarak tanımlanmaktadır. DT'nin yaygınlaşmasıyla birlikte kulak küpeleri, robotlar, sensörler, coğrafi konumlandırma sistemleri (GPS), hayvan takip sistemleri, sanal çitler gibi yetiştiriciye yardımcı olma gayesiyle teknoloji destekli ekipman ve iletişim araçları geliştirilmiştir (Odintsov Vaintrub ve ark., 2021).

Günümüzde kullanımı yaygınlaşan Endüstri/Sanayi 5.0 kavramını (insan merkezli teknoloji kullanımı) hayvancılığa uyarlıysak, i) ilkel (avcılık-toplayıcılık), ii) ekstansif/göçer, iii) entansif/yoğun ve iv) modern hayvancılık olarak özetleyebileceğimiz gelişim aşamaları, Hayvancılık 4.0 olarak değerlendirilebilirken, güncel ilerlemelerle birlikte yapay zekâ ve hassas tekniklerin sektörde kullanılmasıyla birlikte artık 5. dönem (v) olarak "Hayvancılık 5.0" kavramından söz edilebilir. Bu gelişmeler teknolojinin hayvansal üretime sağladığı katkı şeklinde nitelendirilebilir ve gelişime çok yakın bir alan olarak değerlendirilmektedir (Yaman ve ark., 2021).

Mevcut çalışmada daha önce hassas teknolojilerin hayvancılık sektöründe kullanımı üzerine yürütülen farklı tekniklerin bir araya getirilerek daha kapsamlı halde sunulması amaçlanmıştır.

Süt Sığırcılığında Dijital Teknolojilerin Gelişimi ve Yaygınlaşma Süreci

Süt sığırcılığında DT'ye geçişin ilk örneği olarak, 1970'li yıllarda başlayan hayvanlara bireysel bir kimlik numarasının verilmesi gösterilebilir (Günlü ve Barıt, 2025). Dijital tarım uygulamaları çerçevesinde, 1980'li yıllarda hayvan hastalıklarının belirlenmesi için kullanılan sensör teknolojileri ve 1990'lı yıllarda otomatik süt sağım sistemi üzerine çalışmalar yürütülmüş, ancak bu çabalar büyük ölçekli olarak uygulanmamıştır. Sütçü işletmelerde otomatik sistemlerin bireysel hayvan takibine yönelmesi ve yaygınlaşması, özellikle 2000'li yıllardan sonra sensör teknolojisinin güncellenmesi ve etkin kullanılmaya başlaması ile hayata geçmiştir (Kaya ve Örs, 2015).

Sensör sistemlerinin daha ulaşılabilir hale gelmesi ile tetiklenen bireysel bazda sürü takip sistemleri yaygınlaşmış ve neticede gelişimi hızlanmıştır.

Süt çiftliklerinde dijital teknolojilerin benimsenme düzeyi incelendiğinde, büyük ölçekli işletmeler kısmen istisna tutulmakla birlikte genel olarak ilerlemenin sınırlı ve görece yavaş olduğu söylenebilir. Dijital teknolojilerin benimsenmesi ve bu teknolojilere etkin biçimde adaptasyonun istenilen hızda gerçekleşmemesinin olası nedenleri aşağıda özetlenmiştir (Bewley, 2010; Dolecheck ve Bewley, 2013):

- ♣ Hassas teknolojileri tanımama,
- ♣ Fayda-Maliyet oranının beklentinin altında olması,
- ♣ Teknoloji öğrenimi ve kullanımındaki güçlükler, çekince ve korkular
- ♣ Teknolojinin, üreticiye nasıl kullanacağını bilemediği çok fazla bilgi sunması,
- ♣ Teknoloji kullanımıyla ilgili önceki kötü deneyimler,
- ♣ Üretim aşamalarında kullanılan kaynakların etki seviyesi,
- ♣ Teknoloji kullanımı ve uygulanmasında gerekli olan yönetim düzeyi,
- ♣ Teknolojinin barındırdığı riskler,
- ♣ Üreticinin hedefleri, motivasyonu, mevcut teknolojiye ilgili olma olarak sıralanabilir.

Hayvancılıkta kullanılan dijital teknolojiler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir;

Elektronik Kulak Küpeleri

En yaygın kullanılan uygulama yöntemidir. Hayvanların bireysel olarak sürü içinde takip ve yönetilmesini sağlamakla birlikte, kızgınlık, gebelik, verim ve hastalık gibi verilerin hızlı ve kesintisiz elde edilmesini kolaylaştırır (Anonim, 2022). Kullanım/uygulama kolaylığı ve nispeten düşük maliyetli olması, çiftçiler için bu teknolojiyi çekici kılmaktadır. Bununla birlikte, birkaç soruna yol açabilecek dezavantajları bulunmaktadır.

Elektronik kulak küpelerinin kulağa takılması, çalı, ağaç ve çit gibi nesnelere takılma riski sebebiyle hayvanların kaybolma ihtimalini artırır. Ayrıca, hayvan kimliklendirmeye ilgili farklı dolandırıcılık faaliyetlerinde kullanılan künyenin kolayca çıkarılması da sorun teşkil edebilir. Bu sorunlar, değiştirilemez hayvan etiketleme sistemleri kullanılarak önlenabilir (Odintsov Vaintrub ve ark., 2021).

Sanal Çitler

Çiftliklerde kullanılan çitler, hayvanların belirlenen sınırları aşmaması için oluşturulan bariyerlerdir. Bu bariyerler sabit olabildiği gibi, geçici veya güncel teknolojilerinin sağladığı avantajlar kullanılarak sanal da olabilir. Hayvanların tasmaına uyumlu hale getirilmiş sesli ve şok sistemiyle sanal şekilde oluşturulmuş çit sınırı geçildiğinde uyarı yaparak hayvanın yönünü değiştirmesi sağlanmaktadır. Çift aşamalı uyarı sistemine sahip olan bu tasma ilk aşamada çit sınırı geçildiğinde sesli uyarı yapar. İkinci aşamada hayvan sesli uyarıyı dikkate almaz ve çiti aşmaya çalışırsa, ona zarar vermeyecek seviyede bir elektrikli şok vererek yönünün değiştirmesini sağlamaktadır (Jachowski, ve ark., 2014; McSweeney ve ark., 2020). Sanal çitler sayesinde, mera ve otlakların kontrollü otlatılması sağlanmakla birlikte çevre açısından önem arz eden bazı alanların korunarak biyolojik çeşitliliğin devamına da katkı sağlanmaktadır (Stampa ve ark., 2020). Sanal çitlerin kullanımıyla fiziki ve yüksek maliyetli sabit yatırımlar yerine geçici, amaca uygun ve hızlıca değiştirilebilen sistem sayesinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca bu sayede, fiziksel bariyerlerin çevre ve yaban hayatına verilen zararlar ortadan kaldırıldığı gibi, komşu işletmeler arasında iyi ilişkilerin oluşmasına da katkı sağlanmaktadır (Jachowski ve ark., 2014).

Bilgisayarla Görme

Hayvanların bireysel ve anlık takip edilip karar mekanizmalarının oluşturulması, son yıllarda hızla gelişme gösteren ve depolama kapasitesi artan bilgisayar teknolojileri yardımıyla mümkün olabilmektedir. Son yıllarda hayvancılık işletmelerinde veri toplama, analiz etme ve karar destek mekanizmaları oluşturmada bilgisayarla görme özellikle sığır, koyun/keçi, domuzlar ve kümes hayvanlarında görüntü sınıflama, nesnelere tespiti, görüntü bölütleme, poz tahmini ve izleme gibi amaçlar için kullanılmaktadır (Li ve ark., 2021). Bu sistemin ana bileşenleri arasında kameralar, kayıt birimleri, işleme birimleri ve modemler yer alır. Hayvanlar, ahırların tavan, köşe gibi sabit yerlere kurulan kameralar yardımıyla veya raylı sistemler, robot ve dronlar gibi hareketli cihazlar kullanılarak tasarlanan bilgisayarla görme sistemleri ile izlenebilmektedir. Dijital video ve ağ video kaydedicileri gibi cihazlar yardımıyla, farklı açılardan görünümde (üstten, yandan veya önden görünüm) ve biçimlerde (derinlik, termal, vb.) görüntüleri veya videoları yakalanıp kaydedilerek ileri işleme için işlem birimlerine gönderilir. Bilgisayarlar veya bulut bilgi işlem sunucuları işlem birimleri olarak kullanılır. İşlem sonucu elde edilen görüntülerden makine öğrenmesi algoritmaları yardımı ile tanımlama, sınıflama gibi modellemeler yapılmaktadır (Li ve ark., 2021; Shu ve ark., 2021).

Bilgisayarla görme teknolojileri, hayvan davranışlarının otomatik olarak belirlenmesi, vücut kondisyonunun tahmini, topallık tespiti ve sürü yönetimi gibi birçok uygulamada başarılı sonuçlar verdiği bilinmektedir. Özellikle derin öğrenme tabanlı algoritmaların kullanılmasıyla birlikte görüntü analizi doğruluğunun önemli ölçüde artmasıyla birlikte, görüntü kalitesinin ışık koşulları, hayvan yoğunluğu veya çevresel faktörlerden etkilenmesi analiz doğruluğunu azaltabilmektedir. Ayrıca büyük hacimli görüntü verilerinin işlenmesi yüksek işlem kapasitesi ve veri depolama gereksinimi doğurabilmektedir. Buna rağmen bilgisayarla görme teknolojileri, temassız ve sürekli veri

sağlayabilmeleri nedeniyle hayvan izleme sistemleri arasında önemli bir potansiyele sahip yöntemler arasında değerlendirilebilir.

Kızılötesi Algılama Teknolojisi

Kızılötesi algılama, ölçüm sonuçlarına dayalı olarak kızılötesi nokta ölçümü ve kızılötesi termografi (IRT) olarak ikiye ayrılır. Her ikisi de kızılötesi radyasyonu algılamak üzerine kurulan sistemlerdir. IRT, çiftliklerde daha yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. IRT, pasif, uzaktan, temassız bir ısı görselleştirme tekniği olup, bir nesnenin yüzey sıcaklığını ölçer ve bunu termal renkli bir harita (renk skalası) olarak gösterir. Bu şekilde, IRT, insanlara nesnenin yüzeyindeki sıcaklık dağılımını "görme" imkânı tanır. Kızılötesi teknoloji ilk olarak askeri gözetleme, endüstriyel denetim ve tıbbi teşhis alanlarında kullanılmıştır. Son yıllarda, tarım/hayvancılık alanında uygulanmaya başlanmış ve hayvan metabolizması, hastalık tespiti ile kızgınlık ve doğum tespiti gibi alanlarda sürekli olarak araştırılmış ve geliştirilmiştir (Aydın ve ark., 2018).

Bu yöntem temassız ölçüm imkânı sağlama, hayvan refahını etkilememesi ve hızlı veri elde edilmesine olanak tanınması gibi önemli avantajlara sahip olmakla birlikte, ölçüm sonuçları çevresel sıcaklık, nem, rüzgâr ve hayvanın vücut yüzeyinin temizliği gibi faktörlerden etkilenebilmektedir. Doğru sonuçlar elde edebilmek için kamera kalibrasyonu ve ölçüm mesafesi gibi teknik parametrelerin dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir.

Mikrodalga Algılama Teknolojisi

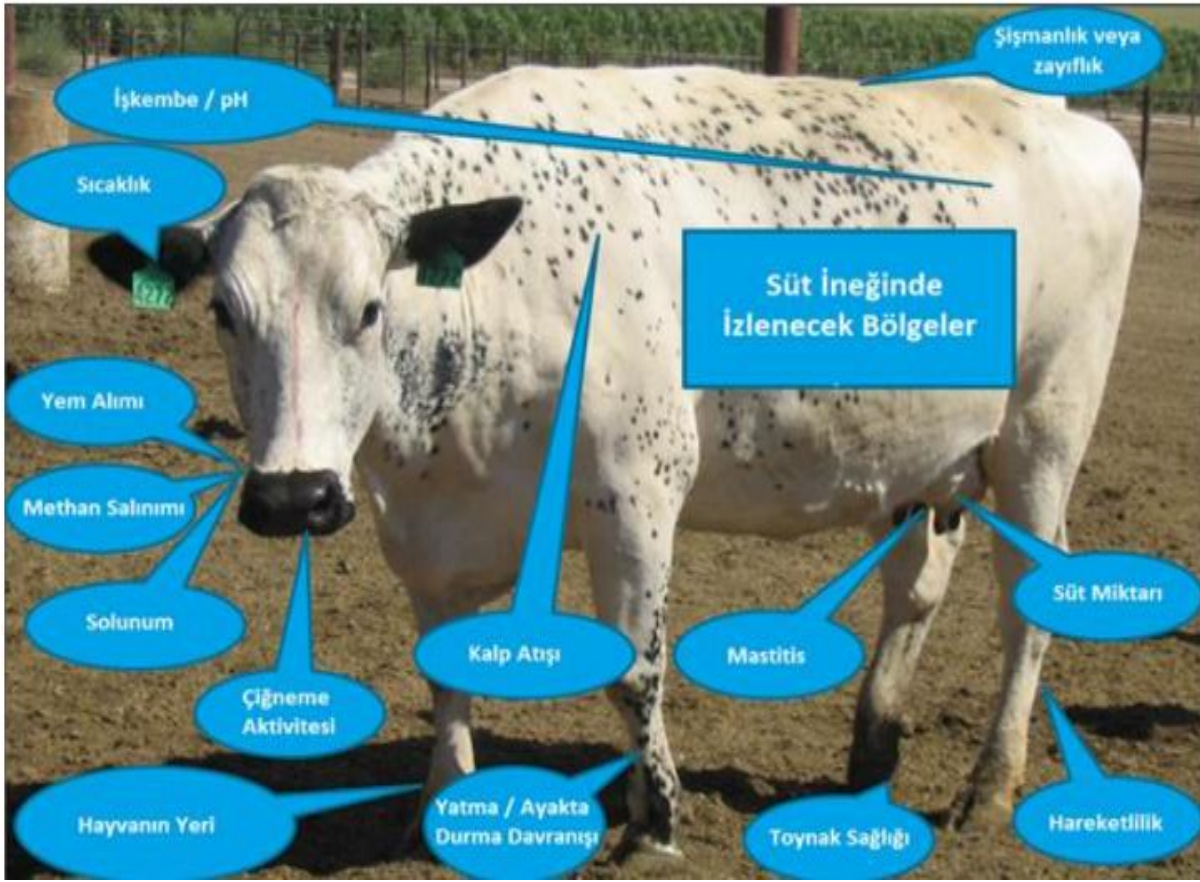
Mikrodalga frekansları 300 MHz-300 GHz arasında değişen elektromanyetik bir dalgadır. Mikrodalga inceleme teknolojisi, mikrodalga sinyallerini tespit ve ölçüm için kullanan bir teknoloji olup, tıbbi teşhis ve malzeme tespiti gibi birçok alanda kullanılabilir. Radar, mikrodalga algılama teknolojisine ait cihazlardan biridir. Radarlar, ışık, nem veya tozdan etkilenmeyen sinyalleri nedeniyle, ince duvarlardan ve engellerden kolayca geçebilmeleri sayesinde uzaktan hayati belirtilerin izlenmesi için kullanılmıştır. Merada yayılan hayvanların takibinde kullanılmış ancak daha sonra yerini drone ve GPS gibi teknolojiler almıştır (Demir ve Aydın, 2021).

Bu sistemler ışık koşullarından bağımsız çalışabilmekte ve görüş hattı sınırlamalarına daha az bağımlı olabilmektedir. Ayrıca bazı radar tabanlı sistemler hareket ve solunum gibi küçük biyolojik sinyalleri algılayabilme potansiyeline sahiptir. Ancak hayvancılık işletmelerinde pratik uygulamaların sınırlı olması ve sistemlerin karmaşık altyapı gereksinimleri nedeniyle bu teknolojinin kullanımı diğer izleme teknolojilerine kıyasla daha sınırlı kalmaktadır.

Sensörler

Geçmişten günümüze süt üreticileri hayvanlardaki sorunları belirlemek için geçmiş tecrübelerini ve sezgilerini kullanmaktadırlar. Dijitalleşen güncel teknolojiler, çok değerli olan bu özelliklerin yerini alamayacaktır. Ancak, tecrübe ve sezgiler yardımıyla verilen kararlar doğal olarak hataya açıktır. Kolayca gözlemlenebilen birçok klinik semptom, insan gözü ile fark edilemeyecek fizyolojik değişimler (sıcaklık, nabız, solunum değişimi gibi) meydana getirir.

Sütçü ineklerin fizyolojik değerlerindeki fark edilir değişimlerin izlenmesi, üreticinin daha erken tedbir almasına imkân verir. 1980'den itibaren, çeşitli göstergeleri ölçen sensörlerin geliştirilmesi için birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu sistemler, veri toplama yöntemlerine göre giyilebilir (takılı) ve çevresel (takılı olmayan) sensörler olarak iki temel yaklaşımla ele alınmaktadır. Takılı sensörler hayvanın üzerinde veya vücudu içinde (mide içi bolus vb.) yer alarak bireysel bazda sürekli ve hassas veri sağlama avantajına sahipken; takılı olmayan çevresel sensörler (sağımhane veya geçiş yollarına kurulan sistemler) hayvanlara fiziksel bir müdahale gerektirmeden sürü bazlı genel izleme imkânı sunmaktadır (Kopuzlu, 2023) Sütçü ineklerde sensör teknolojisi ile izlenen bölgeler Şekil 1'te gösterilmiştir.



Şekil 1. Süt ineğinde dijital sistemlerle takip edilecek bölgeler (Bewley, 2013)

Sensör sistemleri geliştirme aşamaları 4 seviyede tanımlanabilir:

1. Hayvanla ilgili değişkenlerin hesaplanması metodu (hareket vb.),
2. Sensörlerin topladığı verilerdeki değişimin (örneğin hareket artışı), ineğin durumu hakkında bilgiye dönüştürülmesi (kızgınlık),
3. Tavsiye üretmek üzere, sensör verilerinin diğer verilerle desteklenerek birleştirilmesi (ineğin tohumlanıp, tohumlanmayacağı gibi),
4. Karar vermenin üreticiye veya sensör sistemi tarafından otomatik olarak verilmesinin sağlanması olarak özetlenebilir.

Sensör sisteminin ilk basamağı sensörün kendisi iken, ikinci basamak sensör verisinin ineklerin bireysel olarak sağlığı hakkında bilgi veren bir algoritma tarafından kullanılmasıdır. Bu basamakta sensör verisinin, sensör dışı diğer verilerle birleştirilmesi de mümkündür. Hayvan sağlığının tespiti için kullanılan cihazlar, genellikle topladıkları ölçüm verilerini kablosuz bir şekilde işletmede yer alan alıcılara gönderen teknolojilerdir (Neethirajan ve ark., 2017).

Mastitis Tespit Cihazları

Mastitis, çoğunlukla bakterilerin neden olduğu ve meme bezlerini etkileyen bulaşıcı bir hastalıktır. İneklere süt kalitesi doğrudan meme bezinin sağlığıyla bağlantılıdır. Bu nedenle, mastitis süt endüstrisine büyük ekonomik yük getiren hastalıklardan biridir (Hogeveen ve ark., 2011). Mastitisin erken teşhisi olduğu meme lobundan diğer meme loblarına ve diğer hayvanlara çevrenin, sağımhane ekipmanlarının ve sağımhane elemanlarının kontaminasyonu yoluyla bulaşmasını önlemek açısından önemlidir. Ayrıca erken teşhis tedavi masraflarını azaltmakla birlikte, antibiyotik

kullanımı sonucu zayıf olacak süt miktarını, ineğin laktasyon veriminde oluşacak uzun dönem kaybını ve antimikrobiyal direnç gelişme ihtimalini azaltacaktır.

Klinik mastitisin çiftlikteki teşhisi genellikle meme ve sütün görsel gözlemine dayanır. Öte yandan, subklinik mastitisin teşhisi daha karmaşıktır çünkü hem süt hem de meme, yüksek sayıda somatik hücre olmasına rağmen anormallik belirtisi göstermez.

Sağımda sütün elektrik iletkenliği sürekli takip edilerek başlangıç aşamasındaki mastitis tespiti yapılabilmektedir. Sağım sistemine eklenen yeni mastitis cihazları ile, sütler karışmadan önce ölçüm yapılarak hangi memede mastitis olduğu doğrudan belirlenir ve cihazın uyarı lambaları ile kullanıcı uyarılır. Eski sistemlerin aksine, yeni tekniklerle her hayvanın memelerini birbiri ile karşılaştıran mastitis cihazları, bu sayede ölçülen değerleri daha hassas değerlendirir (Kaya ve Örs, 2015).

Pedometre

İneklerde hareketlerin izlenmesi esasına dayanarak çalışan pilli elektronik bir alettir ve bacakta metatarsal ekleme yakın olarak konumlandırılır. Sistemin tasarımına bağlı olarak belirli aralıklarda hareket verilerini kaydeder ve bu verileri geçiş veya sağım esnasında alıcıya aktarır. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, sadece pedometre kullanarak sürüdeki topallıkların yaklaşık %55'i, subklinik mastitis vakalarının yaklaşık %50'si pedometre ile tespit edilmiştir (Mazrier ve ark., 2006). Östrus davranışlarının tespitinde doğruluk oranı artmasına rağmen subklinik östruslarda yine pedometreler yeterince verimli olamamaktadır. Bu durum, yalnızca hareket takibi ile yeterli veri elde edilemeyeceğini göstermektedir.

Sıcaklık Ölçen Cihazlar

İneklerde kulak, rumen, vajina veya sütte yapılan sıcaklık ölçümleri ile kızgınlık, buzağılama, stres ve hayvanın genel sağlık durumu tespit edilir. Rumen için kablosuz hassas teknolojiler kullanılmaktadır. Hap şeklinde hayvana yutturulan vericiler sayesinde rumen sıcaklığı, kablosuz olarak alıcılara iletilmektedir. Rumende kullanılan sıcaklık ölçüm cihazının benzerleri, kulak ve vajina sıcaklığını ölçmek için de kullanılmaktadır. Sistem benzer şekilde ilgili bölgeye yerleştirilen vericiden belirli aralıklarla sıcaklık ölçümlerini alır ve kablosuz olarak alıcıya iletir. Alıcı tarafından bilgisayara aktarılan sıcaklıklar özel hazırlanmış yazılımlar ile değerlendirilir (Uzmay ve ark., 2010).

Baş/Ağızlık ve Burun Bandı Sensörleri

Sığırların beslenme davranışını tanımak için üç farklı biyosensör türü kullanılabilir. Bunlar elektromiyografi sensörleri (kas hareketi), mekanik/basınç sensörleri (ağız hareketi) ve akustik (geviş sesi) sensörlerdir (Neethirajan ve ark., 2017). Sığırların beslenme davranışı, her ineğin durumu, duruşu ve özellikle yürüme hareketi ile çene hareketlerinin analizi temel alınarak yakından gözlemlenmesini gerektirir (Andriamandroso ve ark., 2016). Bir hayvanın başını aşağıda tutarak geçirdiği süre, sensör tarafından kaydedilen verilere eklenir ve beslenme süresi hesaplanır. Örneğin, çene hareketlerinin sürekli gözlemi, gündüz beslenme alışkanlıkları, hayvan sağlığı bozuklukları ve beslenme eksiklikleri hakkında bilgi verebilir (Antanaitis ve ark., 2022). Uygun çıktı yorumlamaları ile birleştiğinde, giyilebilir sensör teknolojileri, büyük ölçekli bir sürüde gerçek zamanlı fizyolojik parametrelerin eşzamanlı olarak ölçülmesini sağlar.

Hareket, Hareketlilik ve Davranış Sensörleri

Hareket, hareketlilik ve davranış analizi için ivmeölçerler, pedometreler ve GPS gibi pek çok teknoloji bulunmaktadır. İvmeölçerler, süt sığırcılığı sistemlerinde mastitis gibi hastalıkların tespiti, kızgınlık belirleme ve hareket bozukluklarının tespiti için kullanılmıştır (Richeson ve ark., 2018).

İvmeölçer verilerindeki değişiklikler, adım sayıları veya aktivite oranları gibi diğer hareket indeksleri olarak kaydedilebilecek bir aktivite referans seviyesi oluşturmak için kullanılabilir. İvmeölçerler, sığır araştırmalarında popülerlik kazanmıştır çünkü bir hayvanın hareketliliği ve davranışı uzun süreli ve sürekli olarak incelenebilir (Richeson ve ark., 2018). Bu bağlamda kullanılan ivmeölçerler, pedometreler ve GPS teknolojilerine ek olarak geviş takibi de yapabilmektedir. Üç eksenli ivme ölçümü yapan tasma mekanizması algoritması sayesinde hareketleri verilere

dönüştürebilmektedir. Ticari ivmeölçer ürünleri arasında CowScout (GEA Group, Düsseldorf, Almanya), SCR (Allflex, Madison, WI, ABD), Pedometer Plus (Madero Dairy Systems, Houston, TX, ABD), GYUHO SaaS (Fujitsu, Fukuoka, Japonya) ve GP1 SENSR (Reference LLC, Elkader, IA, ABD) bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılan SCR (Allflex, Madison, WI, ABD) sistemi, özellikle süt sığırcılığında geviş sürelerinin takibi ve hesaplanmasında kullanılmaktadır. Çünkü geviş sürelerindeki değişiklikler hastalıkların habercisi, kızgınlık ve doğum gibi fertilité parametrelerinin ve aynı zamanda sağlık durumunun göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Mayo ve ark., 2010).

Yapay Zekâ

Gelişimi 2000'li yılların başında başlamış olan yapay zekâ teknolojisi gündelik yaşamımızın trendleri arasına katılmış bulunmaktadır. Hayvancılık sektörü 2010 yılı dolaylarında adım adım bu teknolojiden faydalanmaya başlamıştır ve gün geçtikçe daha yoğun ve verimli kullanım alanları bulunmaktadır. Yapay zekânın hayvancılıkta kullanım alanlarına Tablo 1'de örnekler verilmiştir.

Tablo 1.Yapay zekânın süt sığırcılığında kullanım alanları.

Kullanım Alanı	Referanslar
Hayvan gözetimi ve korumada yapay zekâ	Kumar ve Jakhar, 2022
Otomatik sağım için yapay zekâ	Costa ve ark., 2012; Fuentes ve ark., 2021
Mastitisin yapay zekâ ile tespiti	Sun ve ark., 2010
Veri toplamada yapay zekâ	Nabwire ve ark., 2021; Arel ve ark., 2010
Kızgınlığı tespit etmek için yapay zekâ	Tuvay ve Ermetin, 2023
Hayvan sağlığını iyileştirmek için yapay zekâ (yüz tanıma teknolojisi)	Billah ve ark., 2022; Kakani ve ark., 2020

Çiftlik hayvanlarında yapay zekâ kullanım alanları maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

Hayvan Tanımlaması: Yüz tanıma, kod tarama ve RFID teknolojilerinin hepsini yapay zekâ yardımı ile aynı anda veya farklı şekillerde kullanarak hayvanların tanımlanması ve biriktirilmiş verilerinin incelenmesi mümkün kılınmıştır (Congdon ve ark., 2022; Shanahan ve ark., 2020).

Otomatik Tartım Sistemleri: Tartım, kalite kontrolünün sağlanması için önemlidir (Szwaczkowski ve ark., 2011). Önemli olan, tartıyı sık sık kullanmaktan kaçınmaya çalışan hayvanların bunu yaparken stres yaşamasıdır (Silanikove, 2000). Hassas sensörler, ağırlığı bir saniyenin çok küçük bir kısmında doğru bir şekilde tespit ederek ve sonuçları otomatik olarak veritabanına kaydederek manuel tarama ihtiyacını ortadan kaldırır (Shanahan ve ark., 2020). Bu veriler bir yapay zekâ sistemi tarafından işlenebilir ve çiftçilik uygulamalarının iyileştirilmesine katkı sağlamak için bundan iç görüler elde edilebilir (Morstatter ve ark. 2023). Sistem, bir hayvanı tanımlayarak ağırlığı ve geçmişi arasındaki ilişkileri belirleyebilir (Wang ve ark., 2022). Sonuç olarak kalite güvence süreçleri kolaylaştırılır (Kumari ve Dhawal, 2021).

Dışkıların İncelenmesi: Dışkı çiftlik hayvanlarında sağlık verileri içerisinde analizi ve takibi en zor ama takip edilmesi durumunda aydınlatıcı birçok veri sunan bir üründür. İneğin dışkısı, bakterilerle enfekte olmuşsa bakteri de içerecektir. İncelenen örneğe dayanarak, yapay zekâ sistemi kontaminasyon risklerini hızla belirleyebilir ve üreticiye iç görüler sağlayabilir. Dışkının kıvam ve renginin takip edilmesi birçok sindirim sistemi temelli ve bazı multi sistemik rahatsızlığın erken tespitinde de yardımcı Dışkının kıvam ve renginin takip edilmesi birçok sindirim sistemi temelli ve bazı multi sistemik rahatsızlığın erken tespitinde de yardımcı olacaktır (Kopuzlu, 2023).

Isı Stresinin İzlenmesi: Isı stresi süt verimi, döl verimi ve hayvanların refah durumlarını etkileyen ve yönetilmesi zor durumlardan birisidir bu sebeple erken tespit edilmesi ekonomik işletmecilik açısından önemlidir. İneklerin solunumun sayısı, verim, geviş ve hareket durumunun analizi yardımıyla erken tespit edilerek önlem alınabilir ve kayıplar minimumda tutulabilir (Kopuzlu, 2023).

Beslenme Rutininin Takibi: Hayvancılıkta verimlilik yem alımıyla başlar, aynı zamanda sağlık göstergelerinin en önemlilerinden birisidir. Yem alımı ve gevişin takibi bir nevi sağlığın takibi sayılabilir.

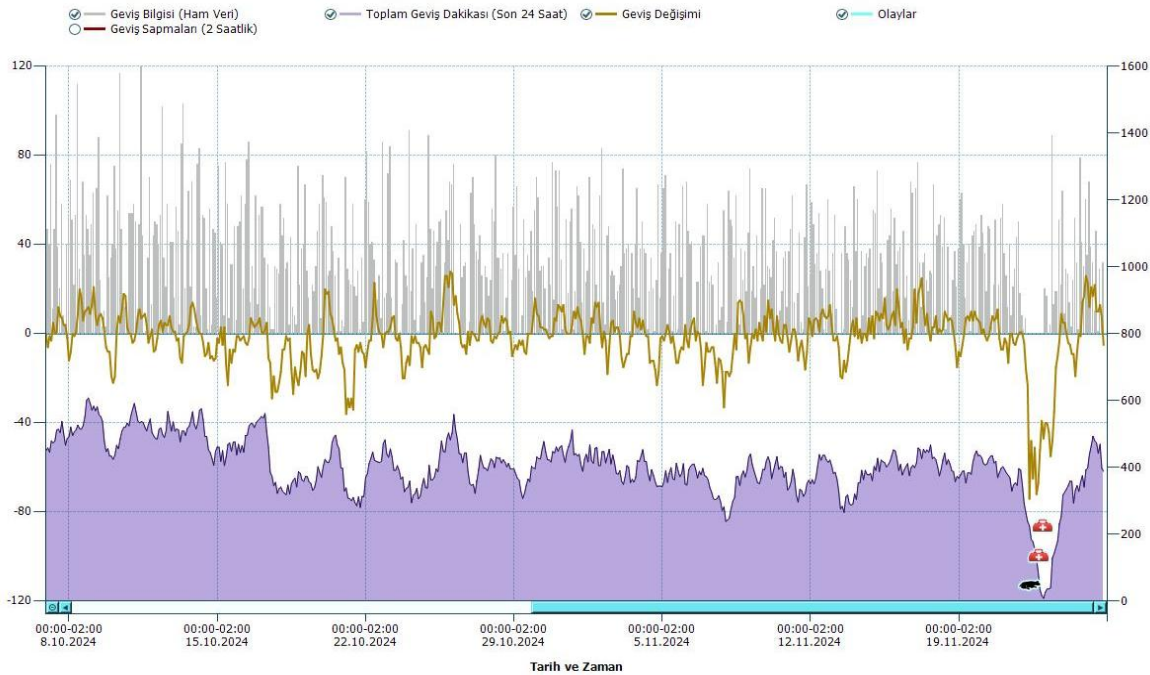
Topallıkların Takip Edilmesi: Ayak hastalıkları, modern sığır yetiştiriciliğinin yapıldığı ülkelerde ciddi ekonomik kayıplara sebep olan ve sağlığa bağlı reforme nedenleri arasında ilk üç içerisinde yer alan bir hastalıktır (Atkins ve Shannon, 2002). Sprecher ve ark., (1997)'nin skorlamasına göre 1 ve 2 skorlu topallıkların tespiti zor olmasına rağmen yine de verim kayıplarına neden olabilmektedir. DBT kullanımı ile bu topallıkların tespit ve tedavisi daha kolay yapılabilmektedir.

Hareket, Hareketlilik ve Davranış Sensörlerinin Sahada Kullanım Örnekleri

Çiftlik hayvancılığında geviş getirme davranışı ve günlük süresi sağlık ve sürü yönetimi için takibi gerekli davranışların başında gelmektedir. İnekler tükettikleri her kg kaba yem için 25-80 dakika (dk) geviş getirirler (Sjaastad ve ark.,2003) ve sağlıklı, olgun süt inekleri günde ortalama 7-8 saat geviş getirirler (Adin ve ark., 2009). Hastalık ve stres olmayan süt ineklerinde ortalama geviş süresinin ilk laktasyondaki ineklerde 463 dk/gün, çok doğum yapanlarda ise 522 dk/gün olduğu tahmin edilmektedir (Soriani ve ark., 2012). Aşağıda bir hayvancılık işletmesinde sürü yönetim programı yardımıyla kayıt altına alınmış metritis, doğum ve ayak hastalığı vakalarında geviş getirmede görülen değişimler Şekil 2, 3 ve 4'te sunulmuştur.

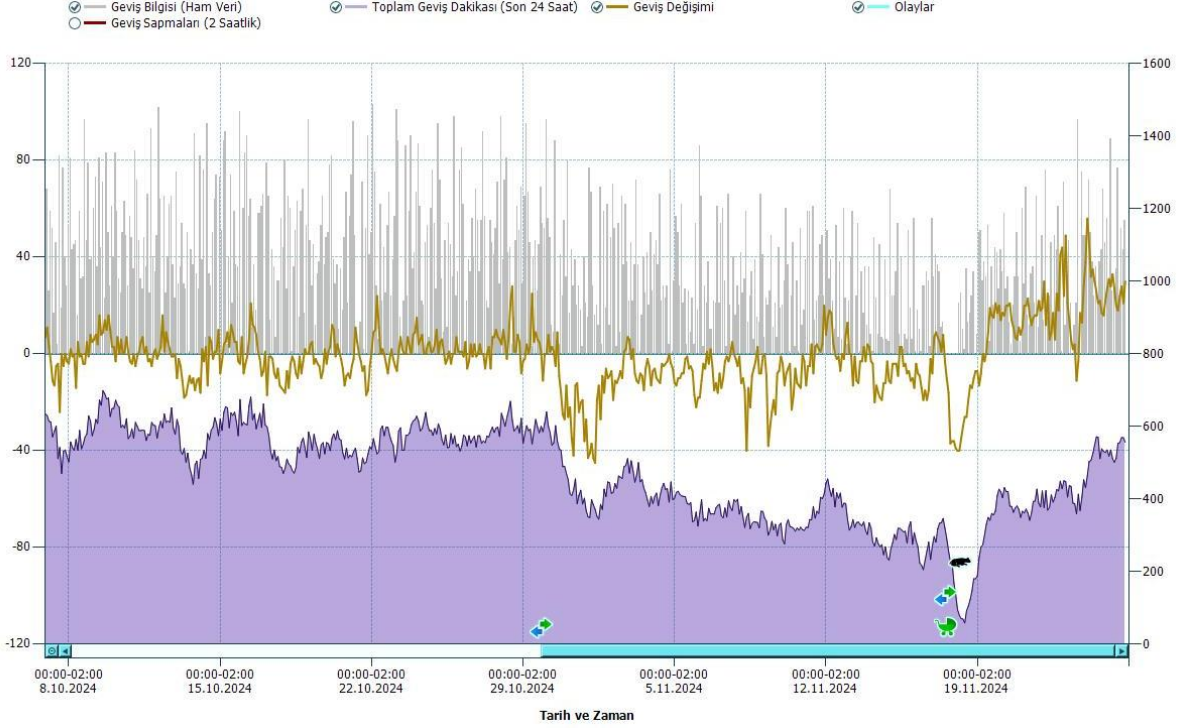
Şekil 2'de gösterildiği üzere sürü yönetim sistemi kullanılan bir işletmede hayvanın akut ve ruminasyonu engelleyecek nitelikte bir hastalıkta geviş durumunun değişimi gösterilmektedir.

19.11.2024 tarihinde geviş azalarak durmuş ardından hayvan revire sevk edilerek kontrol edildiğinde metritis tespit edilmiş ve dalgalı ateş sebebiyle gevişin durduğu görülmüştür. Metritis tedavisi ile birlikte ateşin düşürülmesi gevişin tekrar başlamasına ve hayvanın sağlıklı durumuna dönmesine yardımcı olmuştur.

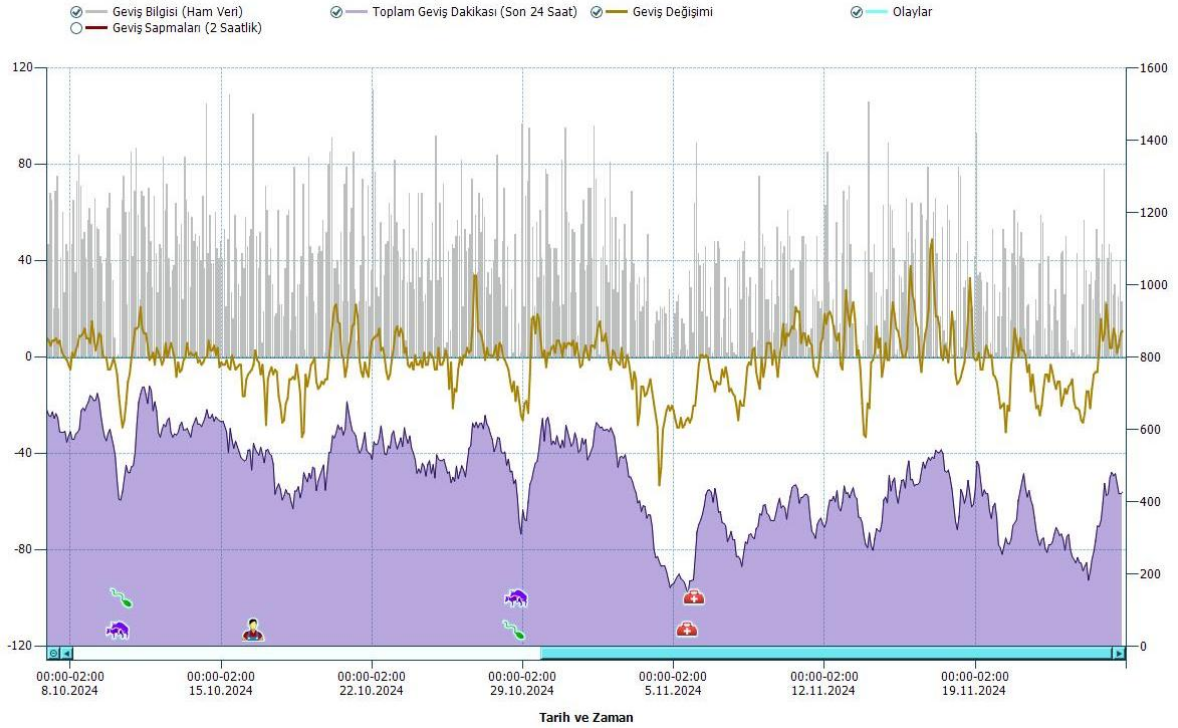


Şekil 2. Metritisli bir ineğin geviş sayısı değişimi

Şekil 3'te gösterilen tabloda ineğin 29.10.2024 tarihinde sancılar sebebiyle gevişinin kademeli olarak düşüş gösterdiği 19.11.2024 tarihinde doğum sürecinin başlamasıyla tamamen durduğu, doğumun tamamlanarak gerekli bakımların yapılması ile tekrar gevişin başlayarak normal seyrinde devam ettiği gözlenmektedir.



Şekil 3. Doğum yapan bir ineğin geviş sayısı değişimi (3 yaşlı, 2. doğum)



Şekil 4. Topallıkta geviş sayısı değişimi

Şekil 4’de hayvanın 05.11.2024 tarihi itibarıyla gevişinin iniş ve çıkışlarla seyrettiği hayvanın geviş ortalaması olan 600 dk/gün değerinin altında kaldığı gözlemlenmektedir. Hayvan kontrol edildiğinde taban ülseri teşhis edilmiş ve tedavisine başlanmıştır. Ancak tedavinin uzun süreli olması ve tedavi süresince ayaktaki ağrının devam etmesi tedavi sonuçlanana kadar gevişin eski konumuna gelmesini engellemiştir.

Dijital (Hassas) Teknolojilerin Sağladığı Avantajlar ve Uygulama Zorlukları

Gelişmiş ülkeler hayvansal üretimde ıslah programları ile bir taraftan verimlilik artışını hedeflerken, diğer taraftan hayvan refahını göz ardı etmeden ve çevreye duyarlı üretimi hedeflemektedir. Hatta bu konuda AB ülkeleri yeşil mutabakat konusunu gündeme alarak ek vergiler (karbon vergisi) getirmeye başlamıştır (Gültekin, 2022).

Dijital (hassas) teknolojiler işletmede çalışanların, hayvanların ve üretim sürecinin takibi ile kontrolüne imkân sağlarken, gelecek için işletmelerde yeni planlamalar yapılmasına, etkinliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına (gıda güvenliği), zaman tasarrufuna ve kalite artışına olanak sağlar. Dünya’da dijital teknolojilerin hayvancılıkta kullanımı ile ilgili bilimsel çalışmalar en fazla Çin, ABD ve AB ülkelerinde yapılırken, Türkiye’deki çalışmalar oldukça yetersiz bulunmuştur (Çakmakçı ve ark, 2023).

Günümüzde hayvancılık, dijital teknolojiler, yapay zekâ ve insansız hava aracı gibi gelişmelerin etkisiyle hızlı bir dönüşüm geçirmektedir. Hassas hayvancılık teknolojileri arasında otomatik tartım sistemleri (Song ve ark., 2018), bilgisayarlı görme ile bireysel hayvan tespiti ve tanıma (Billah ve ark., 2022; Kumar ve Singh, 2019), davranışların izlenmesi ve takibi (Cheng ve ark., 2022; Fuentes ve ark., 2020), mizaç özelliklerinin tespiti (Çakmakçı 2024), duygu durumu (Neethirajan ve ark., 2021), ağrı seviyelerinin belirlenmesi (Lencioni ve ark., 2021), vücut sıcaklığının izlenmesi (Shu ve ark., 2022), sürü yönetimi için İHA’ların kullanımı (Porto ve ark., 2021; Sarwar ve ark., 2021) ve otlatma yönetimi için sanal çitlerin kullanımı (Campbell ve ark., 2019) gibi bir çok uygulama yer almaktadır.

Dünya’da her alanda artan rekabet ortamı, hayvancılıkta da ulusal ve uluslararası alanda kendini göstermektedir. İşletmelerin rekabet ortamının dışında kalmamak için proaktif yönetim stratejilerini uygulamaları gerekmektedir. Bu stratejilerden birisi olarak kabul edilen hassas-dijital teknoloji kullanımı, işgücünü azaltan, gelişime açık, hastalıkların erken teşhisi gibi yeni fırsatlara imkân verecek potansiyele sahip, ilave sermaye gerektirdiği için ilk etapta küçük-aile işletmelerinin erişiminin zor olduğu ancak, sürdürülebilir hayvancılık için gelecekte karar destekleme aracı olarak kullanımının giderek yaygınlaşacağı bir yapı göstermektedir. O nedenle, bu teknolojilerin kullanımı konusunda üreticilerin eğitilmesi ve teknoloji okuryazarlığının geliştirmesi gerekmektedir. Bu sayede hâlihazırda yoğun olarak insan merkezli (human-centric) gerçekleştirilen hayvansal üretim şekli, kısmen teknoloji merkezli (techno-centric) hale dönüşmektedir. Teknoloji kullanımının sağladığı çok sayıda avantajın yanında ek maliyeti (kurulum, bakım, internet vs.), üreticinin teknolojiye bağımlı hale gelmesi, sisteme adaptasyonu ve temin edilen verilerin anlamlı olabileceği için ileri analizlere (makine öğrenmesi, derin öğrenme, büyük veri vs.) ihtiyaç duyması, veri güvenliği gibi bazı dezavantajları veya zorlukları da vardır.

Sonuç

Dijital teknolojiler (DT); kaynak kullanımında etkinliği hedefleyen, hayvanların sağlık ve refahının sürekli izlendiği, üretime ve hayvanlar hakkında alınacak olan kararların (tohumlama, kesim, reforme, damızlık vs.) zamanında ve eş zamanlı olarak verilmesine imkân sağlayan otomasyon uygulamalarının kullanıldığı gelişmiş sistemler olarak ifade edilmektedir. Hayvanlara ait verilerin toplanması, iletilmesi, depolanması ve değerlendirilmesini kapsayan bu teknolojilerin işletmelerde yüksek verim/üretim, doğru üreme ve erken hastalık teşhisi gibi konulara katkı sağlaması hedeflenmektedir. Ayrıca, üreticilerin kayıt tutmadaki isteksizlikleri yerine kayıtların uzun süre sistemde kalması sağlanabilir.

Teknoloji yoğun üretime geçişte yalnızca teknik altyapı değil, aynı zamanda üreticilerin bilgiye erişim düzeyi, eğitim imkanları ve devlet politikaları belirleyici olmaktadır. Eğitim programları,

üniversite-sektör iş birlikleri ve devlet teşvikleri olmadan dijital teknolojilerin verimli şekilde uygulanması sınırlı kalmaktadır (Günlü ve Barıt, 2025).

Gelişen teknolojinin üreticilere ve sektöre sağladığı kazanımlar aşağıda özetlenmiştir:

- 1- Kayıt tutmada kolaylık,
- 2- Önceden görme (erken teşhis),
- 3- Takip edebilme,
- 4- Kızgınlığın zamanında ve doğru tespiti,
- 5- Topallığın erken tespiti,
- 6- Klinik ve subklinik mastitislerin erken tespiti,
- 7- Hayvan refahının analitik verilerle takip edilebilmesi,
- 8- Isı stresinin öngörülmesi,
- 9- İşletme yönetiminin ekonomikleştirilmesi,
- 10- Zaman ve işgücü tasarrufu,
- 11- Yem alımının kontrol edilebilmesi.

Hayvancılık işletmelerinde DT ile esasında proaktif yönetim yaklaşımı ortaya konularak; ihtiyaca uygun, optimum üretim ve bakım şartları sağlanarak kaynak (yem, ilaç, işçilik vs) israfı önenebilir ve hastalıklar ile fertilité göstergelerinin önceden belirlenmesiyle zaman ve üretim kayıpları azaltılabilir. Bu sayede sağlanacak verim artışları ile üretim maliyetleri düşürülebilir ve işletme karlılığı artırılabilir (Günlü ve Barıt, 2025). Diğer taraftan, üreticilerin teknoloji adaptasyonunu hızlandırmak adına, Bakanlık tarafından oluşturulan hayvancılık desteklemelerinde küçük aile işletmelerini de kapsayacak şekilde bu yeni ve güncel teknolojilerin kapsama alınması düşünülebilir (Kahraman ve Yılmaz, 2024).

Sonuçta, gelecek yıllarda kullanımının artacağı düşünülen hassas teknolojiler hayvan sağlığına, refahına, verimliliğe ve kaliteli üretime imkân vererek hayvansal üretimin ekonomik şartlarda sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlama potansiyeline sahiptir.



Hakem: Dış, Bağımsız.

Teşekkür:

-

Beyanname:

1. Özgünlük Beyanı:

Bu çalışma özgündür.

2. Yazar Katkıları:

Fikir: SS,İK; **Kavramsallaştırma:** İK,UKD; **Literatür Taraması:** İK,SS; **Veri Toplama:** İK,UKD; **Veri İşleme:** İK,UKD; **Analiz:** İK,UKD; **Yazma – orijinal taslak:** İK,SS; **Yazma – inceleme ve düzenleme:** İK,UKD.

3. Etik Kurul İzni:

Etik Kurul İzni gerekmemektedir.

4. Finansman/Destek:

Bu çalışma, herhangi bir finansman ya da destek almamıştır.

5. Çıkar Çatışması:

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

6. Üretken Yapay Zeka Beyanı:

Çalışmanın hiçbir safhasında yapay zeka araçlarından faydalanılmamıştır.

7. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları:





KAYNAKÇA

- Adin G, Solomon R, Nikbachat M, Zenou A, Yosef E, Brosh A, Shabtay A, Mabweesh SJ, Halachmi I, Miron J. Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage-neutral detergent fiber content on intake behavior, rumination, and milk production. *J Dairy Sci* 2009; 92(7): 3364-73.
- Andriamandroso A, Bindelle J, Mercatoris B, Lebeau F. A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. *Biotechnol Agron Soc Environ* 2016; 20(S1): 273-82.
- Anonim. Elektronik Künye - Hayvan Takip Sistemi. <http://teta.com.tr/elektronik-kunye-hayvantakip-sistemi-1>; Erişim Tarihi: 02.12.2022.
- Antanaitis R, Juozaitiene V, Malašauskiene D, Televičius M, Urbutis M, Rutkauskas A, Šertvytyte G, Baumgartner W. Identification of changes in rumination behavior registered with an online sensor system in cows with subclinical mastitis. *Vet Sci* 2022; 9(9): 454.
- Arel I, Rose DC, Karnowski TP. Deep machine learning - a new frontier in artificial intelligence research. *IEEE Comput Intell Mag* 2010; 5(4): 13-8.
- Atkins G, Shannon J. Minimizing lameness through intermediate values for length of the diagonal. *Adv Dairy Technol* 2002; 14: 93-109.
- Aydın A, Demir C. Hayvanların sağlığını, refahını ve üretimini değerlendirmek için temassız ve tahribatsız bir araç olarak kızılötesi termografi. *Tarım Mak. Bil. Derg.* 2018; 14.2: 89-98.
- Bewley JM. Precision dairy farming: advanced analysis solutions for future profitability. *First North American Conf on Precision Dairy Management*; 2010; USA.
- Bewley JM. Precision technology dairy opportunities. *GPS Dairy Forum*; 2013; Kentucky, USA.
- Billah M, Wang X, Yu J, Jiang Y. Real-time goat face recognition using convolutional neural network. *Comput Electron Agric* 2022; 194:106730.
- Campbell DLM, Lea JM, Keshavarzi H, Lee C. Virtual fencing is comparable to electric tape fencing for cattle behavior and welfare. *Front Vet Sci* 2019; 6:445.
- Cheng M, Yuan H, Wang Q, Cai Z, Liu Y, Zhang Y. Application of deep learning in sheep behaviors recognition and influence analysis of training data characteristics on the recognition effect. *Comput Electron Agric* 2022; 198:107010.
- Congdon JV, Hosseini M, Gading EF, Masousi M, Franke M, Macdonald SE. The future of artificial intelligence in monitoring animal identification, health, and behaviour. *Animals* 2022; 12(7): 3210.
- Costa LS, Pereira DF, Bueno LGF, Pandorfi H. Some aspects of chicken behavior and welfare. *Braz J Poultry Sci* 2012; 14(3):159-64.
- Çakmakçı C. Dijital hayvancılıkta yapay zekâ ve insansız hava araçları: derin öğrenme ve bilgisayarlı görme ile dağlık ve engebeli arazide kıl keçisi tespiti, takibi ve sayımı. *Turk J Agric Food Sci Technol* 2024; 12(7):1162-73.

- Çakmakçı C, Turan M, Çakmakçı Y, Assis Ferraz P, Bülbüller F, Dalga S, Olcar B, Şireli HD. Akıllı hayvancılık teknolojileri: yapay zekâ destekli hayvan izleme çözümleri. In: Demirel AF, Yılmaz O, Orunç Kılınç Ö, eds. Uygulamalı Bilimlerde Güncel Çalışmalar -I. Ankara: İKSAD, 2023; pp.23-35.
- Demir C, Aydın A. Büyükbaş hayvancılıkta görüntü işleme ile sağlık ve refah tespiti. *Lapseki MYO Uyg. Araşt. Derg.* 2021; 2(4): 1-15.
- Dolecheck K, Bewley J. Pre-investment considerations for precision dairy farming technologies. University of Kentucky; 2013.
- Fuentes A, Yoon S, Park J, Park DS. Deep learning-based hierarchical cattle behavior recognition with spatio-temporal information. *Comput Electron Agric* 2020; 177:105627.
- Fuentes S, Gonzalez Viejo C, Tongson E, Lipovetzky N, Dunshea FR. Biometric physiological responses from dairy cows measured by visible remote sensing are good predictors of milk productivity and quality through artificial intelligence. *Sensors* 2021; 21(20):6785.
- Gezici M, Ünay E, Üstün K, Coşkun Mİ. Hayvancılık işletmelerinde teknoloji kullanımı ve ekonomik verimlilik. *Ziraat Mühendisliği* 2023; (377): 26-32.
- Gültekin R. Avrupa Birliği sınırda karbon düzenlemesi ve Türkiye açısından bir değerlendirme. *Balkan Near East. J. Soc. Sci. (BNEJSS)* 2022; 8.
- Günlü A, Barıt B. Dijital teknolojiler ve teknoloji yoğun üretimin hayvancılık sektörüne etkileri. In: Bulut Z, ed. *Türkiye’de Hayvancılığın Gelişimi: Sorun Alanları, Fırsatlar ve Politika Öngörülleri*. Ankara: Nobel, 2025; pp.335-56.
- Hogeveen H, Huijps K, Lam T. Economic aspects of mastitis: new developments. *N Z Vet J* 2011; 59(1):16-23.
- Jachowski DS, Slotow R, Millspaugh JJ. Good virtual fences make good neighbors: opportunities for conservation. *Anim Conserv* 2014; 17(3): 187-96.
- Kahraman M, Yılmaz H. Sürdürülebilir hayvancılıkta yenilikçi teknolojilerin kullanımı. *Turk J Sci Eng* 2024; 6(1): 64-71.
- Kakani V, Nguyen VH, Kumar BP, Kim H, Pasupuleti VR. A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *J Agric Food Res* 2020; 2:100033.
- Kaya E, Örs A. Süt çiftliklerinde hassas tarım teknolojileri. 2. Uluslararası Tarım, Gıda ve Gastronomi Kongresi; 2-5 Eylül 2015; Diyarbakır.
- Kopuzlu S. Hayvancılık işletmelerinde sürü yönetimi, otomasyon ve yapay zeka uygulamaları. *Uluslar. Gıda Tar. Hay. Bil. Derg.* 2023; 3(2): 75-86.
- Kumar D, Jakhar SD. Artificial intelligence in animal surveillance and conservation. *Impact Artif Intell Organ Transform* 2022; 10:73-85.
- Kumar S, Singh SK. Cattle recognition: a new frontier in visual animal biometrics research. *Proc Natl Acad Sci India Sect A Phys Sci* 2019; 90(4): 689-708.
- Kumari M, Dhawal K. Application of artificial intelligence (AI) in animal husbandry. *Vigyan Varta* 2021; 2(2): 27-9.
- Lencioni GC, de Sousa RV, de Souza Sardinha EJ, Correa RR, Zanella AJ. Pain assessment in horses using automatic facial expression recognition through deep learning-based modeling. *PLoS One* 2021; 16(10): e0258672.
- Li G, Huang Y, Chen Z, Chesser GD, Purswell JL, Linhoss J, Zhao Y. Practices and applications of convolutional neural network-based computer vision systems in animal farming: a review.

- Sensors 2021; 21(4): 1492.
- Mayo LM, Silvia WJ, Ray DL, Jones BW, Stone AE, Tsai IC, Clark JD, Bewley JM, Heersche Jr, G. Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. *J Dairy Sci* 2019; 102.3: 2645-56.
- Mazrier H, Tal S, Aizinbud E, Bargai U. A field investigation of the use of the pedometer for the early detection of lameness in cattle. *Can Vet J* 2006; 47(9): 883-6.
- McSweeney D, O'Brien B, Coughlan NE, Férard A, Ivanov S, Halton P, Umstatter C. Virtual fencing without visual cues: design, difficulties of implementation, and associated dairy cow behaviour. *Comput Electron Agric* 2020; 176(9):105613.
- Morstatter B. Using artificial intelligence (AI) in dairy farms: examples and opportunities. *Appl Anim Sci* 2023; 39:200-8.
- Nabwire S, Suh HK, Kim MS, Baek I, Cho BK. Application of artificial intelligence in phenomics: a review. *Sensors* 2021; 21(13): 4555.
- Neethirajan S, Tuteja SK, Huang ST, Kelton D. Recent advancement in biosensors technology for animal and livestock health management. *Biosens Bioelectron* 2017; 98(13):398-407.
- Neethirajan S, Reimert I, Kemp B. Measuring farm animal emotions: sensor-based approaches. *Sensors* 2021; 21(2): 452.
- Odintsov Vaintrub M, Levit H, Chincarini M, Fusaro I, Giammarco M, Vignola G. Precision livestock farming, automats and new technologies: possible applications in extensive dairy sheep farming. *Anim* 2021; 15(3):100143.
- Porto JVA, Rezende FPC, Astolfi G, Weber VAdM, Pache MCB, Pistori H. Automatic counting of cattle with Faster R-CNN on UAV images. *Proc Int Conf Comput Agric* 2021;1-6.
- Richeson JT, Lawrence TE, White BJ. Using advanced technologies to quantify beef cattle behavior. *Transl Anim Sci* 2018; 2(22):223-9.
- Sarwar F, Griffin A, Rehman SU, Pasang T. Detecting sheep in UAV images. *Comput Electron Agric* 2021; 187(8):106219.
- Shanahan M, Crosby M, Beyret B, Cheke L. Artificial intelligence and the common sense of animals. *Anim Behav Cogn* 2020; 24(11): 862-72.
- Shu H, Wang W, Guo L, Bindelle J. Recent advances on early detection of heat strain in dairy cows using animal-based indicators: a review. *Animals* 2021; 11(4): 980.
- Shu H, Li Y, Fang T, Xing M, Sun F, Chen X, Bindelle J, Wang W, Guo L. Evaluation of the best region for measuring eye temperature in dairy cows exposed to heat stress. *Front Vet Sci* 2022; 9:857777.
- Silanikove N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci* 2000; 67(1-2): 1-18.
- Sjaastad OV, Hove K, Sand O. *Physiology of Domestic Animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press; 2003; p.507-27.
- Song X, Bokkers EAM, van der Tol PPJ, Groot Koerkamp PWG, van Mourik S. Automated body weight prediction of dairy cows using 3-dimensional vision. *J Dairy Sci* 2018; 101(5): 4448-59.
- Soriani N, Trevisi E, Calamari L. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *J Anim Sci* 2012; 90(12): 4544-54.
- Sprecher DE, Hostetler DE, Kaneene JB. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 1997; 47(6): 1179-87.
- Stampa E, Zander K, Hamm U. Insights into German consumers' perceptions of virtual fencing in

- grassland-based beef and dairy systems: recommendations for communication. *Animals* 2020; 10(12): 2227.
- Sun Z, Samarasinghe S, Jago J. Detection of mastitis and its stage of progression by automatic milking systems using artificial neural networks. *J Dairy Res* 2010; 77(2): 168-75.
- Szwaczkowski T diğer yazarlar eksik. Genetic parameters of body weight in sheep estimated via random regression and multi-trait animal models. *Small Rumin Res* 2011; 100(9):15-8.
- Tuvay NH, Ermetin O. Yapay zeka teknolojilerinin hayvancılıkta kullanımı. *Hay Üret* 2023; 64(1): 48-58.
- Uzmay C, Kaya İ, Tömek B. Süt sığırcılığında hassas sürü yönetim uygulamaları. *J Anim Product* 2010; 51.2.
- Wang S, Jiang H, Qiao Y, Jiang S, Sun HL. The research progress of vision-based artificial intelligence in smart pig farming. *Sensors* 2022; 22(17):6302.
- Yaman H, Sungur O, Dulupçu MA. Dünyada tarım ve hayvancılığın dönüşümü: teknolojiye dayalı uygulamalar ve devrimler. *Tarım Ekonomisi Derg* 2021; 27(1):128-30.
- Yurtseven A. Tarihi süreç içerisinde bitki ve hayvanların evcilleştirilmesinin sosyo-ekonomik etkileri. *Dumlupınar Univ İİBF Derg* 2023; 12(3):105-11.



