

Herd Management, Automation and Artificial Intelligence Applications in Livestock Farms

Sinan KOPUZLU^{1*}

Article info:

Received: 28.08.2023
Accepted: 22.09.2023

Article type: Review

Keywords:

Livestock, herd management,
automation, artificial
intelligence

Abstract

Herd management in livestock farms, which has a complex structure, requires technical knowledge, takes care of animal health and welfare, ensures quality and product safety, observes worker productivity and health, has to evaluate the different data obtained within the framework of its own logic, and requires a professional approach in making accurate decisions, is a business management. For this reason, herd management systems, automation and artificial intelligence applications have been used for a while in livestock farms. These applications are of great importance in terms of the continuity and profitability of production in the short and long term, as there is an unending cycle. In this article, herd management systems, automation and artificial intelligence applications and benefits of advanced technologies developed and used in livestock farms from past to present are introduced.

Citation: Kopuzlu, S. 2023. Herd management, automation and artificial intelligence applications in livestock farms. *International Journal of Food, Agriculture and Animal Sciences*, 3(2), 75-86.

Hayvancılık İşletmelerinde Sürü Yönetimi, Otomasyon ve Yapay Zeka Uygulamaları

Makale bilgileri

Geliş Tarihi: 05.08.2023
Kabul Tarihi: 14.09.2023

Makale türü: Derleme


Anahtar kelimeler

Hayvancılık, sürü yönetimi,
otomasyon, yapay zeka

Öz

Hayvancılık işletmelerinde sürü yönetimi karmaşık olması, teknik bilgi gerektiren, hayvan sağlık ve refahını gözeten, kalite ve ürün güvenliği sağlayan, işçi verimliliği ve sağlığını gözeten, elde edilen farklı verileri kendi mantığı çerçevesinde iyi değerlendirmek zorunda kalan ve isabetli kararlar alınmasında profesyonel bir yaklaşım gerektiren işletme yönetimidir. Bu nedenle hayvancılık işletmelerinde sürü yönetim sistemleri, otomasyon ve yapay zeka uygulamaları zaman içerisinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamalar kısa ve uzun vadede üretimin devamlılığı ve karlılığı açısından sonlanmayan bir döngünün olması sebebiyle çok büyük bir öneme sahiptirler. Bu makalede hayvancılık işletmelerinde geçmişten günümüze kadar geliştirilen ve kullanılan ileri teknolojilerden sürü yönetim sistemleri, otomasyon ve yapay zeka uygulamaları ve faydaları tanıtılmaktadır.

Atrf: Kopuzlu, S. 2023. Hayvancılık işletmelerinde sürü yönetimi, otomasyon ve yapay zeka uygulamaları. *Uluslararası Gıda, Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 3(2), 75-86.

¹  <https://orcid.org/0000-0002-1582-3929>, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Erzurum/Türkiye, *Corresponding author, skopuzlu@atauni.edu.tr

Giriş

Hayvancılık insanlığın varoluşundan beri süregelen ekonomik bir uğraştır. Dengeli beslenme bilincinin artması ile birlikte hayvanların et, süt, yün, yumurta gibi verimlerin değer kazandıkça birlikte yetiştiricilik farklı bir boyuta evrilmiş ve entansif hayvancılık işletmeleri ortaya çıkmıştır. Bu işletmelerde hayvan refahını da öne alan, nispeten modern, sınırlı ölçüde teknoloji ve makine kullanımına yönelebilmışlerdir. Bu tür işletmelerde sürü yönetiminden tohumlama eşleştirmelerine, sıcaklık stresinden gübre yönetimine, meme sağlığından kızgınlık ve döl verimi takibine, hayvan davranışından hayvan seçimine kadar her türlü işlem dijital ortamda yapılmaktadır. Modern hayvancılıkta verim, davranışlar ve hastalıklar ile ilgili her türlü veri toplanmaktadır. Hayvanların kulaklarına, ayak bileklerine ve boyunlarına takılan elektronik tanımlama materyalleri (IRFD), sensörler ve kameralarla hayvanların geviş sayıları, hareketleri, kızgınlıkları, canlı ağırlıkları, doğurma zamanları, yatma ve ayakta kalma süreleri, tükettikleri fabrika yemi miktarları, vücut kondisyon skorları, süt verimi ve özellikleri, yemlikte kalma süreleri, vücut ısıları ve daha birçok parametre dijital ortamda kaydedilmektedir. Ayrıca süt sağım üniteleri, günlük toplam rasyon (TMR) hazırlama makineleri ve buzağı besleme robotları gibi mekanizasyon otomasyon alt yapısı ile daha etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Modern Hayvancılıkta her ne kadar yukarıda sayılan yöntemlerle çok sayıda veri elde edilmekte ve saklanmakta ise de bu veriler sadece mevcut durumu ortaya koymakta ve ileriye dönük bir tahmin ya da öneride bulunmamaktadır.

Süt sığırcılığı yapan işletmelerde çiftlik yönetimi diğer tip hayvancılık yapan işletmelere göre daha karmaşık olmasının yanı sıra teknik bilgi gerektiren, otomasyon sistemlerinin de etkin olarak kullanılan ve elde edilen farklı verileri kendi mantığı çerçevesinde iyi değerlendirmek zorunda olan profesyonel bir yönetim biçimidir. Aslında çiftlik yönetimi temel manada uzun dönemde olabilecek maksimum karın elde edilmesi ve işletmenin belirlediği amaçlara ulaşmak için çiftlik işlerinde yapılacak işbirliği, organizasyon ve uzmanlaşmayla ilgilidir.

Süt sığırcılığında sürü yönetimi işletmenin kısa ve uzun vade de üretimin devamlılığı ve karlılığı açısından sonlanmayan bir döngünün olması sebebiyle çok büyük bir öneme sahiptir. Bu tip işletmeler büyük sermayeli işletmeler olduğu için profesyonel şekilde işletilmesi zorunludur. Bir süt sığırcılığı işletmesinde sürü yönetimi, yavruların doğum aşamasından başlayıp, hayvanların dana, düve ve inek oluncaya kadar ki aşamaları ve işletmenin üretimden pazara kadarki dönemlerindeki yapılması gerekenleri kapsamaktadır (Luening, 1996).

Sürü yönetiminin temel amaç, yetiştirilen hayvanların rahat ve konforu gibi refahı da dikkate alarak sürüyü bir iş adamı yaklaşımıyla profesyonel manada yönetmektir. Bu işletmelerdeki sürü de hayvan sayısına bağlı olmaksızın, bu hayvanlardan elde edilen çeşitli verimlere ait bilgiler toplanır, amacına göre değerlendirilir, işletmeye yönelik kararlar alınarak uygulanır. Bu döngü her yıl tekrarlanarak devam eder. Sürü yönetimi işletme yöneticisi hedefleri belirleme, kaynakları tahsis etme, planlama, uygulama, değerlendirme ve gözden geçirme ile ilgili konularda yöneticinin kararları işletmenin başarı ölçütünü belirleyecektir (Göncü, 2023).

Burada yönetimsel olarak üretim, iş, mali, pazarlama, çalışan, verilerin elde edilmesi ve değerlendirilmesi gibi yönetimsel birimlerin oluşturulması gerekmektedir. Bu tür işletmelerin kurulmasında ve karlı işletmeciliğinin sağlanması açısından işletmede gerekli düzenlemelerin, hazırlıkların, ölçme-değerlendirme, uygulama ve faaliyetin olduğu bütün dönemlerinde ihtiyaç duyulduğunda önemli kararlarında zamanında ve etkin bir şekilde alması işletme sahibinin temel

görevlerindedir. Çiftlik yöneticisi işletmede kar artırıcı bir etmen gibi görülse de esas olarak daha çok kendilerine daha özel amaçlar belirleyerek bu amaçlar çerçevesinde karar almada önemli rol oynarlar. Çiftlik yönetiminde aslında tek bir doğru tek bir yanlış yoktur. Gerçekte amacına bağlı kalarak çiftlik yöneticisi kendi sorularına en uygun cevapları verecek en uygun sorun çözme yöntemlerini ve bununla ilgili gelişmeleri izlemek zorundadır. Çiftlik yönetimi her ne kadar ülkesel ve bölgesel bazda kısmi farklılıklar gösterse de küresel bir ekonomik yapı içerisinde hizmet verdiğini dikkate alırsak, gerek yöresel gerekse küresel çapta sektörel olarak dünyanın neresinde neler olduğunu bilmek ve takip etmek zorundadır. Bitkisel üretimde olduğu gibi hayvansal üretimde de insan, fiziksel ve ekonomik etmenler en önemli faktörler arasında yer alır (Luening, 1996).

Süt sığırcılığı işletmelerinin idaresi ve sürülerin yönetilmesinin karmaşık olması, günün şartlarında zootekni, üretim, insan kaynakları ve pazarlama gibi birçok alanda teknik bilgi gerektirmesi ve rekabete açık olması gibi gerçeklerden dolayı işletme yöneticisinin bu alanda kendini yetiştirmiş tecrübeli kişiler olması gerekliliğini ortaya koymaktadır. İyi bir işletme yöneticisi genellikle ihtiyacı olan bilgiye ulaşabilmeli ve eksikliğini kısa sürede kapatabilmelidir. Sürü yönetiminde başarının sürdürülebilirliği tek başına yönetsel açıdan düşünülmez sermaye, emek ve yetiştirilen hayvanlarında verim potansiyelleri gibi çeşitli faktörleri de bir arada ve gerektiği ölçüde değerlendirmeyi gerektirmektedir.

İnsanoğlu temel gıda ihtiyacını tarım ve hayvancılık sayesinde karşılamaktadır. Türkiye’de küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliği bölgesel ve ekolojik faktörlere bağlı olarak birlikte veya ayrı ayrı yapılmaktadır. Sığır yetiştiriciliği içerisinde süt sığır yetiştiriciliğinin Türkiye ekonomisindeki yeri büyüktür. Süt sığırcılığı işletmelerinde işletmenin yönetimi, sürülerin idaresi, hayvanların bakım-beslemesi, üretilen ürün çeşitliliği ve pazarlanması gibi faaliyetleri yürütmek başlı başına bilgi, beceri, yetenek ve sermaye gerektirmektedir. Süt sığırcılık işletmesi kendi içerisinde hassasiyeti olması sebebiyle insan hatasından kaynaklanabilecek sorunların minimize edilmesinde, dönemin getirdiği en optimum koşullarda işlerin düşük maliyet ile yürütülmesinde, hayvan hastalıklarının teşhisinde, en ekonomik şekilde hayvanların günlük rutin bakım ve beslemesinde, üretimle sağlanan ürünlerin sağlıklı bir şekilde elde edilmesinde, hayvanların refah seviyesinin yükseltilmesinde, kızgınlık ve gebelik takibinde, hayvan davranışları, üretim miktarının takibi, gıda güvenliği ve sağlık takibi gibi birçok alanda hayvancılık otomasyon sistemleri kullanılmaktadır. Süt sığır çiftliklerinde kullanılan otomasyon sistemlerini daha çok sürü yönetim sistemleri altında uygulama olarak görülmektedir. Süt sığırcılığının günümüzde daha çok entansif bir yapıda yürütülmesinden dolayı sürü yönetimi işletme sahibi için daha karmaşık bir hale gelmesine sebep olmuştur. İşletmecinin sürüde doğru kararlar vermesi için sürüyü tanıması bireysel olarak hayvana ait daha fazla veri elde etmekle mümkündür (Hogeveen et al., 1991).

Sürü yönetimi teknolojik uygulamalar sayesinde grup düzeyinden birey odaklı sürü yönetimine değişebilmektedir (Bewley, 2008). Sürü yönetimindeki teknolojik uygulamalar sayesinde otomatik hayvan tanıma, algılama, ölçüm ve bilgi işlem teknolojilerini etkin biçimde kullanarak üretim sürecini sürekli denetim altında tutmak ve böylece karlılık, sağlık, kalite ve ürün güvenliği, hayvan koruma ve çevre koruma alanlarında optimum sonuçlara ulaşılabilir. Bu sistemler üretim kontrol sürecinin etkin kılınmasını sağlayarak işletmede verim, kalite, yemleme, sağlık ve üremenin yönetiminde olumlu olarak etkinliğin de artırılması hedeflenmektedir (Uzman vd., 2010).

Sürü yönetim sistemlerinin temelinde bilişim teknolojisi yani bilgisayarlar yer aldığı bu sistemlere bilgisayar destekli sürü yönetim sistemleri olarak da bilinmektedir. Bu sistemler içerisinde kullanılan sistemler arasında elektronik hayvan tanıma sistemleri (RFID), sağım sistemine entegre edilmiş otomatik süt ölçümü, otomatik hayvan tartım sistemi, aktivite ölçerler, otomatik yoğun yem üniteleri,

kaba yem ve su tüketimini ölçen sistemleri, elektronik kantarlı kaba-yoğun yem karıştırıcı ve dağıtıcıları, görüntü analiz sistemleri, ultrasonografik görüntüleme cihazları, verim analiz sistemleri, sürü yönetim yazılımları ve internet bağlantıları gibi bilgisayar destekli sürü yönetim sistemlerini oluşturmaktadır.

Süt sığırcılığında kullanılan sürü yönetim sistemleri sayesinde işletmede ekonomik ve ekolojik yönlerden sürdürülebilir süt üretimine katkı sağlaması yanı sıra çevre, hayvan ve tüketicinin yüksek düzeyde korunması yanı sıra yüksek düzey kalite standartlarını belirleyen sistemlerdir (Doluschitz, 2003).

Sürü yönetim sistemi kullanılmasıyla birlikte yetiştiricinin fiziksel ve psikolojik yükünün minimize edilmesi, işletmenin başarı düzeyinin artırılması, riskin azaltılması, işletme kaynaklarının en etkin şekilde kullanılması sağlama, girdi ile ilgili tüm unsurların hayvanların gereksinimleri ölçüsünde en üst düzeyde uyumun sağlanması, sürü yönetim işlerinde ve hastalıkların erken tanısında insana destek sağlanması, erken teşhis ve önlemler sayesinde ilaç kullanımının en aza indirilmesi, hayvanların bireysel potansiyelinden en yüksek düzeyde yararlanılması (Bergfeld, 2006; Bewley, 2008), hayvanların seleksiyonunda daha güvenilir verilerle çalışılması, sürünün projeksiyonunun çıkarılması ve gelecek dönemler için planlamanın daha sağlıklı yapılmasına imkan tanır.

Bu sistemlerin süt sığırcılığı işletmelerinde kullanılması, sürü büyüklüğüne bağlı olarak sistemin ekonomikliği açısından çok önemlidir. İleri teknolojilerin sürü yönetimi sistemi yetiştiriciye, hayvana ve tüketiciye ekonomik ve teknik açıdan yararlar sağlamalıdır. Bu sistemlerden istenen yararın elde edilebilmesi sistemin tam manasıyla etkin bir şekilde kullanılması mümkün olur. Bu sistemle kısa sürede ve daha doğru hassasiyetle elde edilen çeşitli hayvanlarla ilgili büyük miktarlardaki veriler, verilerin değerlendirilmesi, sürüler ve bireysel olarak hayvanlarla ilgili alınacak kararlarda aktif olarak sürekli kullanılmalıdır. Ayrıca bu sistemlerden faydalanmak için sistemin aktif olarak kullanılması yanı sıra kullanıcıların sistemin donanım ve yazılımlarını etkin bir şekilde kullanabilmeleri de gerekmektedir.

Günümüz şartlarında teknolojinin gelişmesiyle birlikte insan gücünün yerini sırasıyla makineler, bunların yerini de bilgisayar sistemleri ve programların gelişmesiyle sürü yönetim sistemleri, robotik sistemler ve yapay zeka uygulamaları gibi konu alanlarının hayatımıza girmiştir. İnsan hatasından kaynaklanan ve kullanılan iş gücünü azaltarak en doğru bir şekilde mevcut teknolojiden faydalanılması yaklaşımı sürü yönetim sistemleriyle elde edilen çeşitli düzeydeki sayısal verilerle yola çıkarak maksimum verim almak amacıyla hayvancılık alanına da önerilmiştir. Hayvancılık kapsamında kullanılan yapay zeka uygulamaları, görüntü işleme tabanlı sistemler ve otonom çiftlik sistemlerinin insan hatasını minimize ederek bir çiftliğin üretimdeki kalitesi ve hızının yüksek oranda arttığı ifade edilmiştir. Mevcut çiftliklerde kendi kararını verebilen yapay zekaya sistemlerinin kullanılması üretim ve hayvan beslemenin yanı sıra hayvan hastalıklarının tespitini de yapabilmektedir (Işık vd., 2021).

Bu çalışmada, bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle her geçen gün hayvancılık işletmelerinde özellikle süt sığırcılık işletmelerinde kullanılan sürü yönetim uygulamaları ve yapay zeka uygulamalarının işletmeler için faydası üzerinde durulmuştur.

Hayvancılıkta Sürü Yönetimi

Sürü yönetim sistemleri, son yıllarda bilgisayarlı veri kayıt tekniklerinin gelişmesi, sürü sağlığı, sürü verimliliği, performans takibi ve üretim parametrelerinin özlü bir şekilde izlenmesini büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. Bu sistemler için özellikle büyük sürü uygulamalarında kullanılmak üzere çeşitli bilgisayar yazılım programları geliştirilmiştir. Programlar, süt sığırlarında üreme sağlığını analiz etmek

ve süt ürünleri ikamelerini artırmanın maliyetini tahmin etmek suretiyle her biri çiftlik yönetimini iyileştirmeyi ve çiftlik gelirini optimize etmeyi amaçlamıştır. Bu programlar çeşitli mikro bilgisayarlarda kullanmak üzere uyarlanmış yazılım paketleri geliştirilerek yetiştiriciler tarafından kolaylıkla kullanma sağlanmıştır (Dwenger et al., 1992).

Sürü yönetim sistemlerinde bir teknisyen yardımıyla süredeki bütün hayvanlar doğumdan itibaren ve dışardan sürüye dahil edilen hayvanlar ise işletmeye getirildiğinde bilgileri sürü yönetim sistemlerine girilmektedir. Aynı zamanda sürüde doğum, ölüm, alınan ölçüm-tartımlar, sağlık ve besleme ile özel kayıtlardan oluşan günlük olaylarda ilgili teknisyen tarafından sürü yönetim sistemine girilmektedir. Sürü takibi, sürü hakkında alınacak kararlar, uygulanacak yetiştirme ve sağlık işlemleri gibi sürü yönetim sistemleri sayesinde daha güçlü temellere dayandırılarak objektif olarak sürünün çiftlik yönetimi değerlendirilmekte ve varsa eksiklikler veya iyileştirmeler sağlanabilmektedir.

Sürü yönetim sisteminin başarılı olabilmesi için işletmelerin bu sistemin, sürünün çiftlik yönetimine faydalı olduğu ve çeşitli yönleriyle değerlendirdiğine inanması gerekir. Aynı zamanda bilgisayar tabanlı bu sistemin çiftlik düzeyinde uygulanması ve maksimum fayda sağlaması yetiştiricilerin bu sistemlerin kullanımını hakkında gerekli eğitimleri alması, zooteknistlerin, veteriner hekimlerin, zootekni alanında eğitim almış teknikerlerin ve veteriner sağlık teknikerlerinin çiftliklerde yönetici veya düzenli olarak danışmanlık hizmeti sunması ile başarılı olabileceği açıktır.

Sürü yönetimi sistemi altında hayvanların doğum ve çeşitli dönem canlı ağırlıkları, verim özellikleri, sağlıkla ilgili çeşitli verileri, günlük besleme prensipleri ve çeşitli çevresel etkilere ait bilgilerle ilgili kayıtların tutulması, tutulan kayıtlardan faydalanılarak sürünün gelecek dönemlerde verimli ve sağlıklı bir sürünün işletmede devamlılığını sağlamak için sağlık uygulamaları, yem temini, yemleme programı, hayvan ıslah programında, kaliteli süt üretimi işçi performansının izlenmesi, işletme gelir ve giderlerini kapsayan bir sürü projeksiyonunu da oluşturma imkanı sağlar. Bu sistemler insan işgücünde tasarruf sağlandığı gibi yine insandan kaynaklı hataları da minimum seviyeye indirilebilmektedir.

Süt sığırcılığı işletmelerinde özellikle ticari ve büyük sürülerde daha çok kullanılan çeşitli yazılımlarla desteklenmiş sürü yönetim sistemlerine entegre elektronik hayvan tanımlama, algılama, ölçüm, yemleme uygulamaları, kayıt girişi ve bilgi işleme teknolojilerinin etkin kullanımı ile üretim süreçlerinin sürekli kontrol edilmesi ve bunun sonucunda karlılık, sağlık, kalite ve ürün güvenliği, hayvanların korunması ve işçi verimliliği ve sağlığı konularında optimum sonuçlar alınmıştır. Aynı zamanda süt sığırlarında üretim, döl verim kontrolü, ürün kalitesi, beslenme, ürem, hayvan sağlığının kontrolü ve yönetimi için geliştirilen ileri teknolojiler bu sistemlerle sunulmaktadır (Uzmay vd., 2010).

Hayvancılıkta Otomasyon

Ekonomik yönetim, işçilik, verimlilik ve maliyet göz önüne alındığında tarım ve hayvancılık en önemli ve en zor yürütülen sektörler arasında gelmektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel olarak bu sektörü yürütmek ve geliştirmek için diğer sektörlerde olduğu gibi otomatik yönetim sistemleri bu sektörde kullanılmak kaçınılmaz olmuştur. Büyük ve ticari sürülerde hayvancılığın sürü takibi, ekonomik verimlilik, sağlık, üretim sürecinde verim artışı ve kalite düzeyinin belirlenmesi, sürünün hızlı ve güvenilir değerlendirilmesinde, işletme genelinde hızlı ve isabetli kararlar alma da bu sistemler önemli rol almaktadır. Süt sığırı yetiştiriciliğinde otomatik sürü yönetim ve otomasyon sistemleri ancak düşük maliyet etkinliğine sahip olmaları durumunda yetiştiriciler tarafından talep görecektir. Diğer bir ifadeyle hayvancılıkta modern otomatik sürü yönetim ve otomasyon sistemlerinin işletmedeki ekonomik

verimliliğinin değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak yatırım yapmanın uygulanabilirliği konusunda karar vermek gerekir.

Süt hayvancılığında çeşitli aşamalarında üretim süreçlerinin otomasyonu dünya çapında artış göstermektedir. Bu değişimin ana unsurlar arasında fiziksel işgücünün ve işgücü maliyetlerinin azaltılması da yer almaktadır (Svennersten-Sjaunja and Pettersson, 2008; De Koning, 2010). Otomasyona geçilmesi daha az ama daha büyük sürüler, geçmişe göre daha dar kar marjları ve halihazırda mevcut olan teknolojinin daha az maliyetli hale gelen sürekli iyileştirilmesi eğilimine uyduğu için tercih sebebi olmuştur (Bewley, 2012; Knijn et al., 2014; Rutten et al., 2013). Genel anlamda otomasyon, üretim süreçlerinde verimliliği artırmak için makinelerin, kontrol sistemlerinin ve bilgi teknolojilerinin kullanılmasını ifade eder (Kançılal et al., 2014). Otomasyon, sütçü işletmelerde daha büyük sürüleri kontrol etmesine ve yönetmesine, zamandan tasarruf etmesine ve bilgi sağlamasına olanak tanıdığı gibi süt çiftliğinin “reaktif” bir bakış açısı yerine “proaktif” bir bakış açısıyla yönetilmesinde önemli bir faktör olarak bilinmektedir. Otomasyon sistemi ve buna ait teknolojinin kendisi aslında bir sorunu çözmiyor, aksine sorunun nerede olduğunu gösteriyor. Bu perspektif ışığında otomasyon, kârlılığın, hayvan sağlığının, yaşam tarzının ve süt kalitesinin iyileştirilmesi gibi faydalar sağlayabilmektedir (Leonardi, 2014).

Günümüzde sürü yönetimi ve entegre otomasyon sistemlerinin uygulamaları temel olarak bilgisayar destekli olduğu için hayvancılık sektörünün tarımsal işletmelerinde kullanılmak üzere genel manada sürü idaresi, yetiştirme, hayvan besleme, sağlık, operasyonel işler ve muhasebe gibi ana tipik görevleri çözen bir dizi birçok firmanın geliştirdiği yazılım araçları kullanılmaktadır. Son dönemlerde geliştirilen bu tür yazılımlar arasında ıslah çalışmalarına odaklanan yazılım paketleri (Nardin and Malinina, 2015), hayvancılıkta üreme programları (Bazarbaeva et al., 2016), sığır yetiştiriciliği ile ilgili hemen hemen tüm ana faaliyet alanlarında güncel kayıtların tutulması için tasarlanmış operasyonel veri kayıt, yönetim ve muhasebe programı yer almaktadır (Titovskii et al., 2023). Daha önceki dönemlerde geliştirilen yazılımlarla elektronik hayvan tanımlama sistemi, süt miktarı, sağım süresi, süt akış hızı, sütün elektrik iletkenliği, süt sıcaklığını veren sağım sistemine entegre otomatik süt ölçüm sistemleri, aktivite ölçer, otomatik hayvan tartım sistemi, kızgınlık takip sistemi, otomatik karma yem üniteleri, kaba yem tüketimini ölçen yemlik sistemleri, su tüketimini ölçen suluk sistemleri, elektronik kantarlı kaba-yoğun yem karıştırıcı ve dağıtıcıları, görüntü analiz sistemleri ve veri analiz sistemleri sürü yönetim sistemlerine bir unsur olarak ilave edilmiştir (Kaya ve ark., 1994; Frost et al., 1997; Doluschitz, 2003).

Otomatik teknolojiler hedefine uygun olarak çiftliklerde bireysel hayvan düzeyinde bilgi sağlayarak daha büyük sürülerin idare ve yönetilmesine olanak tanır. Sürü yönetim sistemleri, çiftlik yöneticilerine karar vermede yardımcı olan bilgileri toplayan son teknoloji ürünü cihazlara dayanmaktadır. Schulze et al. (2007) ve Rutten et al. (2013) bu sistemleri dört süreç altında ifade etmişlerdir. Bunlar; 1-Hayvanlarla ilgili spesifik parametreleri (inek aktivitesi) ölçerek veri üreten sensörler, 2-Hayvanlar hakkında bilgi sağlayan sensör verilerini kullanan bir algoritma. Bu adımda, ham veriler veya işlenmiş veriler (artan inek aktivitesi), hayvanların fizyolojik durumu (östrus) hakkında bilgi sağlayan sensör dışı verilerle (Geriye dönük inek verileri) (Steeneveld et al., 2010) birleştirilebilir; 3-Önceki adımdan elde edilen bilgileri diğer bilgilerle (teknik, ekonomik vb.) entegre ederek, çiftlik düzeyinde mevcut olması durumunda bir tavsiye üreten (örneğin bir ineğin tohumlanıp tohumlanmaması gibi) bir yönetim karar verme süreci; 4-Çiftçi tarafından (ineğin tohumlanması) veya sistem tarafından otonom olarak (ineğin sağım robotuna erişiminin yönetimi) kararın uygulanması. Bu sistemlerde bazı dezavantajlarda görülmektedir. Dezavantajlar olarak her ineğin benzersiz olması nedeniyle ölçülen sinyallerin yorumlanmasının zorluğu, çeşitli sensörler (örneğin süt verimi, elektriksel iletkenlik, aktivite vb.)

tarafından toplanan verilere dayanan hastalık ve mastitis tespitine yönelik mevcut modellerin pratik uygulamasını engelleyen çok sayıda yanlış alarmlar ifade edilebilir (Rutten et al., 2013). Karar verme, sürü yönetim sistemi tarafından sağlanan bilgilerle ilişkili uygun temel bilimsel gerçeklere veya standart işletim prosedürüne dayanmalıdır. Bu sistemlerinin çiftlikte çalışmasını sağlayan diğer önemli faktörler arasında, yatırımın maliyeti çiftçinin teknolojiyi benimseme eğilimindeki sosyo-ekonomik yönler, zaman ve yatırımın geri dönüşü yeni teknolojinin benimsenmesinin ana itici güçleridir (Hogeveen and Steeneveld, 2013).

Hayvancılıkta Yapay Zeka

Daha önceki sanayi devrimi, insanın fiziksel gücünün yerini alabilecek makineleri oluşturmaya çalışmıştır. Sanayileşme ile birlikte topluma aktarılmış ve amacına göre üretilen çeşitli makineler, yüzyıllar boyunca insanlardan daha iyi performans gösterdikleri için insanların yerine kullanılmışlardır. Zaman içerisinde yaşanan teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak uygulanabilir programlarının artması sonucu insanın çalışma yeteneği ve düşünme süreci artık yerini yapay zeka tekniklerine bırakılmıştır. Yapay zeka (AI), insan beyni gibi çalışan cihazların yapılmasına yönelik bir yöntemdir. İnsan beyninin işleyişi, nasıl çalıştığı, dürtüleri nasıl algıladığı, dürtüleri nasıl yorumlandığı ve daha sonra beyinde depolanan önceki bilgilerden sonuç çıkarıldığı ile ilgilenmektedir. Mesajı aldıktan sonra yeni bir fikir oluşturarak yanıtları hazırlayabilecek ve ardından buna en iyi şekilde yanıtlar verebilecektir. Bu tür cihaz veya makinelerin güncel örnekleri arasında bilgisayarlar ve robotlar yer almaktadır. Yapay zeka yaklaşımları, insan beyni gibi akıllı düşünen ve sorunları mümkün olduğu kadar hızlı çözen makineleri içerir (Scerri et al., 2002).

Dijital tarıma uygulanan yapay zeka, çiftlikten tüketicilere kadar olan tarımsal uygulamalarda dijital verilerin, sensörlerin ve araçların uygulanması ve entegrasyonu ile ilgilenmektedir (Carolan, 2020). Bu teknolojiler arasında büyük veri, sensör teknolojisi, sensör ağları, uzaktan algılama, robot teknolojisi ve insansız hava araçları (İHA) yer almaktadır. Elde edilen verilerin işlenmesi çağımızda diğer yöntemlerin yanı sıra bilgisayarla görme, makine öğrenimi ve yapay zeka gibi yeni ve gelişmekte olan teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Yapay zekanın uygulanması, yalnızca süt sağım sistemleri gibi yüksek teknolojik sistemlere değil, aynı zamanda geleneksel süt çiftliklerine de gelecekte rekabet güçlerini artıracak şekilde fayda sağlayacak durumdadır. Yapılan bir çalışmada ortam sıcaklığını azaltmak veya hayvan vücudundan ısı kaybını artırmak için hayvan üzerine su püskürtme yoluna gidilmiştir. Bu püskürtme sistemi devreye sokulması için yapay zeka sistemi devreye sokularak meteoroloji istasyonundan (AME) elde edilen verilerle çevresel faktörlerle birlikte bireysel ineklerin verileri değerlendirmesine dayanan otomatik bir sistem uygulanmasını gidilmiştir. Bu sistemle ilgili veriler sayesinde süt sığırcı işletmelerinde arzu edilen hacim ve süt kalitesine ilişkin belirli eşik değerlerine ulaşması amacıyla otomatik olarak ayarlanmıştır. Sistem daha sonra bireysel inekleri su fiskiyeli bir soğutma sistemine, inekleri ısı stresini azaltmak için veya normal sağım bölümlerine yönlendirmek için kapıları otomatik olarak açılmasını sağlamıştır (Fuentes et al., 2020).

Sürü yönetim teknolojileri ve otomasyon sistemlerinde kullanılan biyometrik sensörler, bireysel bir hayvanın sağlığını ve davranışını gerçek zamanlı olarak izleyen, çiftçilerin bu verileri popülasyon düzeyindeki analizler için entegre etmelerine olanak tanıyan sensörlerdir. Biyometrik sensörlerden gelen gerçek zamanlı bilgiler, yetiştiricilere ilgili trend modelleri ve karar verme araçları sağlayarak büyük, karmaşık veri kümelerini istatistiksel algoritmalara dayanan büyük veri analiz sistemleri kullanılarak işler hale gelebilir. Sensörlerin etkin olduğu teknolojiler hayvansal ürünlerin çiftlikten sofraya kadar güvenli ve garantili izlenebilirliğini sağladığı gibi hastalık salgınlarının izlenmesinde, ekonomik

kayıpların ve gıdayla ilgili sağlık sorunlarının önlenmesinde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu teknolojiler sayesinde hayvansal üretim daha şeffaf hale gelerek ve artan tüketici güvenini teşvik ederek yukarıda bahsedilen işlevleri yerine getirilmesine katkıda bulunur. Yeni nesil teknolojileri belirli değişkenleri doğru ve erişilebilir bir şekilde hesaba katarken büyük miktarda veriyi sıralayabilen belli bir güvende ve tahmine dayalı analitik platformlarını gerektirmektedir. Aynı zamanda bu teknolojilerde en önce veri gizliliği, güvenliği ve entegrasyonu ile ilgili sorunların ele alınması da gerekmektedir (Neethirajan and Kemp, 2021).

Tarım sektörü hızlı bir dijital dönüşümden geçmekte olup yapay zeka ve benzeri teknolojiler gibi ileri yaklaşımların desteğiyle gün geçtikçe güçlenmektedir. Yapay zekanın temelinde yer alan derin öğrenmeye dayalı bilgisayarlı görme çeşitli tarım faaliyetlerinin en yüksek hassasiyetle otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlayarak akıllı tarımın gerçeğe dönüşmesine imkan sağlamıştır. Bilgisayarlı görme teknikleri, uzak kameralar kullanılarak yüksek kaliteli görüntü elde edilmesiyle birlikte tarımda temassız ve verimli teknoloji odaklı çözümlere olanak tanımaktadır. Bilgisayarlı görme alanındaki son çalışmalar tarımın birçok alanında olduğu gibi hayvancılık yönetiminde de başlamıştır. Bilgisayarlı görme yaklaşımlarından, sürü yönetim ve otomasyon sistemlerinden kapsamlı bir şekilde yararlanılarak her bir hayvanın optimum verimi ve sağlığı hakkında bilgi sağlanır. Hayvancılık izleme sistemleri gerçek zamanlı oluşum sağlayarak yetiştiricilerin stratejik kararlar almasına yardımcı olmaya başlamıştır. Bilgisayarlı görme teknolojisi son birkaç yılda, hayvancılık davranışlarının tanınmasını sağlamak açısından da kullanımı geniş çapta araştırılmıştır (Bello et al., 2021; Kumar et al., 2017; Qiao et al., 2019; Shen et al., 2020). Xiao et al., (2022) ahırdaki inekleri tanımlamak için Mask-RCNN ve SVM'nin bir füzyonunu ile eğitilerek değiştirilmiş bir Mask-RCNN modelini kullanmışlardır (Dhanya et al., 2022).

Ortalama büyüklükteki bir çiftlikte hayvanların kaydını sicilde tutulması çok uzun zaman alır. Bunun yerine hayvanların vücudunun içine, hayvanlar bulunan tarayıcıdan geçtiğinde veya belli bir yerde taranabilecek küçük bir çip günümüzde artık yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bilgisayar o çiplere kayıtlı verileri tarayarak anında hayvanları tanıyabilmektedirler. Bu yolla klasik kayıtlara bakmak yerine hayvanların yaşı, cinsi, cinsiyeti, soyağacı, hastalık raporu gibi tüm bilgileri hızlı bir şekilde saklayıp muhafaza edebilmektedir (Kim and Kim, 1995). Tohumlanan sığırların gebelikleri rektal palpasyonla anlaşılmaktadır. Ultrason cihazının icadıyla tohumlanan sığırların gebelik durumu çok kesin bir şekilde belirlenebilmektedir. Ultrason cihazını kullanarak hayvanların diğer birçok hastalığını da teşhis edilebilmektedir (Moraga et al., 2003).

Çiftlik hayvanları giderek daha büyük ölçekli, entansif çiftliklerde yetiştirilmektedir. Çiftlik hayvanlarının acı çekmesinin yanı sıra korku, hayal kırıklığı ve sıkıntı gibi duygusal durumlarını da deneyimlediğine dair toplumsal farkındalığın ve bilimsel kanıtların artmasıyla birlikte, hayvanların refahını izlemek için etkili ve doğru yöntemlerin geliştirilmesine acil olarak ihtiyaç doğmuştur. Günümüzde, çiftlik hayvanlarında geçici duygusal durumlarının niceliğini belirlemek için bilimsel olarak onaylanmış kriterlerinin olmayışının yanısıra iyi refahı ölçen yerleşik bir ölçümde yoktur. Yalnızca yaralanma, acı ve korku gibi kötü refah göstergeleri vardır. Hayvan refahının izlenmesine yönelik geleneksel yaklaşımlar zaman alıcıdır, tarım süreçlerini kesintiye uğratar ve öznel yargılar içerebilir. Yapay zekanın sağladığı biyometrik sensör verileri, hayvancılığın göze çarpmadan izlenmesi için yeni ortaya çıkan akıllı bir çözümdür, ancak duygusal durumları ölçme potansiyeli ve uygulamalarında çığır açan çözümler henüz gerçekleştirilmemiştir. İneklerdeki duygusal durumları sınıflandırmak, ölçmek ve tahmin etmek için yapay zeka modellerini eğitmek için kullanılacak, çiftlik hayvanlarının duygularına ilişkin büyük veri toplamak için yenilikçi yöntemleri grup düzeyine

genişleterek, hayvanlar arasındaki duygusal dinamikleri ve bulaşmayı modellemek için sosyal ağ analizi oluşturulmaya başlanmıştır. Yapay zeka teknolojileri hayvan bakıcılarının ve etologların, hayvanların neden bu şekilde davrandıklarının nedenlerini, refahlarını ve üretkenliklerini nasıl en üst düzeye çıkaracaklarını anlamalarına yardımcı olan duygusal durumların tanınmasına yönelik uygulamalı, gerçekçi ve pratik bir yaklaşım sunduğu bildirilmiştir (Neethirajan, 2022).

Holstein Friesian ırkı ineklerinin fizyolojik tepkilerini, rektal ısısını ve solunum hızını modellemeye yönelik teknikleri değerlendirmek için yapay zekaya dayalı yapay sinir ağları ve nöro-bulanık ağlar ile regresyona dayalı bağ modellerinden oluşan iki model denenmiştir. Çalışmayla yapay sinir ağları ve nöro-bulanık ağlara dayalı modeller Holstein Friesian ırkı ineklerinin rektal ve solunum hızını tahmin etmek için kullanılabilir ve karar verme sürecine yardımcı olabilir sonucuna varılmıştır (Fuentes et al., 2020).

Yeni ve gelişmekte olan teknolojiler, video ve termal kızılötesi kameralar kullanılarak kaydedilen ineğin kalp atış hızı, solunum hızı ve ani hareketlerini tahmin etmek için uygulanan riski az bilgisayarlı görme yöntemleri ve göz sıcaklığı, süt üretimi ve kalitesini tahmin etmek için makine öğrenme modelleri üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Araştırma sonucunda hayvan refahı ve biyotik/abiyotik stresi modellemek için de kullanılabilen, göz sıcaklığı da dahil olmak üzere önerilen tüm hedefleri elde etmek için yüksek doğrulukla uygun fiyatlı termal kızılötesi kamera sistemleri kullanılarak kolayca uygulanabilir olduğu ifade edilmiştir (Fuentes et al., 2021).

Profesyoneller ve veteriner hekimler tarafından gerçekleştirilen ortak görsel sağlık uygulamaları öznel ve maliyet açısından dezavantaj olabilir ve eğitilmiş personel gerektirebilir. Uzaktan algılama, bilgisayarla görme ve yapay zeka (AI) alanındaki son gelişmeler, hayvan refahı ile ilgili temel fizyolojik parametrelerin çıkarılması amacıyla hayvancılık biyometrisine yönelik yeni ve gelişmekte olan teknolojilerin geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Çalışmalarda sağlık ve refah değerlendirmesi için biyometrik teknikleri, izlenebilirlik için canlı hayvan tanımlamasını ve karmaşık sorunları çözmek için hayvancılıkta makine ve derin öğrenme uygulamasını açıklayarak hayvancılıkta dijital dönüşümü tartışmaya açılmış ve bu maksatta yapay zeka modellerinin ticari çiftliklerde uygulanması için gelecekteki adımlar önermeler yapılmıştır. Daha önceki çalışmaların çoğu, sektöre yönelik uygulamalar veya dağıtım olmaksızın model geliştirmeye odaklanmıştır. Ayrıca bildirilen biyometrik yöntemler, doğruluk ve makine öğrenimi yaklaşımları, doğrulamayı engelleyen bazı tutarsızlıklar ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle hayvan sağlığını, refahını ve üretkenliğini değerlendirmek için yapay zekaya dayalı daha verimli, temassız ve güvenilir yöntemlerin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu maksatla yapılan çalışmalarda, çiftliklerde sorunları çözmek için yapay zeka modelleme, geliştirme ve dağıtım stratejilerinin, model geliştirme ve dağıtım aşamalarında sürekli iletişim halinde olan çok disiplinli bir ekibe sahip olması gerekliliği ve pratik uygulamalara yönelik yeni ve gelişmekte olan dijital teknolojiyi yapay zeka geliştirme ve dağıtım stratejileriyle entegre etmek, hayvancılıkta başarılı yenilikler yaratmak için üretime kolayca ölçeklendirilebilecek etkili ve verimli yapay zeka pilot uygulamaları yaratacağı ifade edilmiştir (Fuentes et al., 2022).

Sonuç

Hayvancılıkta verimliliğin ve kârlılığın artırılması için elde edilen çok sayıda verinin daha hassas bir şekilde değerlendirilmesi ve ileriye dönük öngörülerde bulunulması gerekmektedir. Modern hayvancılıkta veriler incelenen sistemin izin verdiği ölçüde değerlendirilirken çoğu kez mekanik modeller kullanılmaktadır. Bu modeller ancak birkaç değişkene sahip karmaşık sorunları çözmekte fayda sağlamaktadır. Hayvancılıkta ortaya çıkan karmaşık sorunları çözmek büyük miktardaki verinin

sistematik olarak toplanmasını ve analiz edilmesine de ihtiyaç vardır. Diğer taraftan hayvancılıkta tahmin ve öngörülerde bulunmak için hava durumu, hava kalitesi, hayvanların ses sinyalleri ve görsel hayvan davranışları gibi çok sayıda farklı veri kümelerinin toplanması gerekir. Üretim periyodunda elde edilen böylesine geniş hacimli metin, ses ve video verilerinin depolaması, saklanması ve işlenmesi sıradan bir bilgisayar ile mümkün olmadığı için daha geniş bir bilgi işlem ve depolama gücüne sahip olmak gerekmektedir. İşte bu aşamada Sensörler, Büyük Veri (Big Data), Bulut Bilişim (Cloud Computing), Makine Öğrenimi Algoritmaları (Machine Learning) gibi Yapay Zeka (Artificial Intelligence) teknolojileri devreye girmektedir. İşletmedeki sorunları çözmek veya belirlenmiş amaca ulaşmak amacıyla tasarlanan yola ve takip edilen işlem basamaklarına algoritma denir. Gelişmiş Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi Algoritmaları buluttaki büyük veriyi analiz etmek, geleceği tahmin etmek ve yetiştiricilere önerilerde bulunmak amacıyla kullanılır. Büyük veri analizi ve makine öğrenimi algoritmaları toplanan bu verileri analiz ederek hem standart modellerden herhangi bir sapmayı ortaya koyar hem de gelecekte neler olabileceği ile ilgili önerilerde bulunur. Bu öneriler otomatik olarak aksiyona neden olabileceği ve böylece doğru aksiyonu gerçekleştirme yönünde karar verebilmeleri için insanların hizmetine sunulmaktadır. Bunun sonucunda makine öğreniminin getirdiği akıllı çözümler ile insan aklı ortak bir sonuca ulaşma şansına sahip olur. Ayrıca bu teknolojiyle hayvanlardaki dengesiz vücut hareketlerini ve aktivitedeki azalmayı gözlemleyerek çeşitli hastalıkların erken teşhisini başarılı bir biçimde yapabilmektedir. Hayvancılıkta yapay zekâ teknolojileri kullanılarak başka yolla çözümlenmesi zor hatta imkânsız olan sorunlar kolaylıkla çözülebilir. Böylece hayvanların sağlığı korunur ve verimliliği artar. Aynı zamanda hayvancılık işletmelerinin kârlılığı ve sürdürülebilirliği de garanti altına alınmış olur.

Kaynaklar

- Bazarbaeva, A.Kh., Popp, V.A. & Nardin, D.S. (2016). *Electronic Scientific and Methodological Journal of the Omsk State Agrarian University*, 1 (4): 71.
- Bello, R.W., Mohamed, A.S.A. & Talib, A.Z. (2021). Contour Extraction of Individual Cattle From an Image Using Enhanced Mask R-CNN Instance Segmentation Method. *IEEE Access* 9: 56984-57000.
- Bergfeld, U. (2006). Precision Dairy Farming – ein Schlagwort oder Basis zukunftsfähiger Milchproduktion? http://www.smul.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/1fl/inhalt/download/Vortrag_BL_S_Fachtag_6_12_2006.pdf (Erişim tarihi: 18/08/2023).
- Bewley, J. (2008). Precision dairy farming: What is it and when does it pay? *Proc. Kentucky Dairy Conference*, 14-18.
- Bewley, J. (2012). How precision dairy technologies can change your world. In *Penn State dairy Cattle Nutrition Workshop*, 65-74.
- Carolan, M. (2020). Automated agrifood futures: Robotics, labor and the distributive politics of digital agriculture. *Journal of Peasant Studies*, 47: 184-207
- De Koning, K. (2010). Automatic milking - Common practice on dairy farms. In *Proc. First North Am. Conf. Precision Dairy Management*, Toronto, Canada, 52-67
- Dhanya, V.G., Subeesh, A., Kushwaha, N.L., Vishwakarma, D.K., Kumar, T.N., Ritika, G. & Singh, A.N. (2022). Deep learning based computer vision approaches for smart agricultural applications. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 6: 211-229.
- Doluschitz, R. (2003). Precision agriculture-Applications, economic considerations, experiences and perspectives. *EFITA 2003, Conference*, 5-9 July 2003, Debrecen, Hungary, 541-546.

- Dwenger, R.H., Cappella, E., Perez, E., Baayen, M. & Muller, E. (1992). Application of a computerized herd management & production control program in Costa Rica. XXV. American Association of Bovine Practitioners Conference Proceeding, 3: 42-44.
- Frost, A.R., Schofield, C.P., Beulah, S.A., Mottram, T.T., Lines, J.A. & Wathes, C.M. (1997). A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 17: 139-159.
- Fuentes, S., Viejo, C.G., Cullen, B., Tongson, E., Chauhan, S.S. & Dunshea, F.R. (2020). Artificial Intelligence Applied to a Robotic Dairy Farm to Model Milk Productivity and Quality based on Cow Data and Daily Environmental Parameters. *Sensors*, 20, 2975: 1-11.
- Fuentes, S., Viejo, C.G., Tongson, E., Lipovetzky, N. & Dunshea, F.R. (2021). Biometric Physiological Responses from Dairy Cows Measured by Visible Remote Sensing Are Good Predictors of Milk Productivity and Quality through Artificial Intelligence. *Sensors*, 21, 6844: 1-16.
- Fuentes, S., Viejo, C.G., Tongson, E. & Dunshea, F.R. (2022). The livestock farming digital transformation: implementation of new and emerging technologies using artificial intelligence. *Animal Health Research Reviews*, 23: 59-71
- Göncü, S. (2023). Süt sığırcılığında sürü yönetimi. <https://www.ruminantbesleme.com/2018/08/15/sut-sigirciliginda-suru-yonetimi/> (Erişim tarihi: 18.08.2023).
- Hogeveen, H., Noordhuizen-Stassen, E.N., Schreinemakers, J.F. & Brand, A. (1991). Development of an integrated knowledge-based system for management support on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 74: 4377-4384.
- Hogeveen, H. & Steeneveld, W. (2013). Integrating it all: Making it work and pay at the farm. Precision Dairy Conference. Rochester, MN., 113-121 pp.
- Işık, A.H., Alakuş, F. & Eskicioğlu, Ö.F. (2021). Hayvancılıkta robotik sistemler ve yapay zekâ uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (2021): 370-382.
- Kanjilal, D., Singh, D., Reddy, R. & Mathew, J. (2014). Smart Farm: Extending Automation To The Farm Level. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 3 (7): 109-113 pp.
- Kaya, İ., Uzmay, C. & Kaya, A. (1994). Süt sığırcılığında bilgisayara dayalı sürü yönetimi. *Tarımda Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu*, 5-7 Ekim 1994, İzmir, 156-161 s.
- Kim, S.W. & Kim S.M. (1995). Turing-computability and artificial intelligence: Godel's incompleteness results. *Kybernetes*, 24, 6.
- Knijjn, H., Taweel, H. Van Wichen, H., Wulfse, B.J. & Vonder, M. (2014). Smart dairy farming program in the Netherlands. Precision Dairy conference and expo, Rochester, MN., 141-142 pp.
- Kumar, S., Singh, S.K., Singh, R. & Singh, A.K. (2017). Recognition of cattle using face images. *Animal Biometrics*, 79-110.
- Leonardi, S. (2014). Internet of Things (IoT) and Dairy Farm Automation. Chapter 1. Graduate School of Veterinary Sciences for Animal Health And Food Safety, *Università degli Studi di Milano*, 41-48 p.
- Luening, R. (1996). Teknik Süt Sığırcılığı Rehberi: Süt sığırcılığı işletmelerinin yönetimi. Ed. Önal, A.G, Çev. Türkyılmaz, K., *Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları*, No: 29, Aydın.
- Moraga, C., Trillas, E. & Guadarrama, S. (2003). Multiple-Valued Logic and Artificial Intelligence Fundamentals of Fuzzy Control Revisited. *Artificial Intelligence Review*, 20 (3-4): 169-197 p.
- Nardin, D.S. & Malinina, A.I. (2015). *Electronic Scientific and Methodological Journal of the Omsk State Agrarian University*, 3 (3): 51 p.
- Neethirajan, S. & Kemp, B. (2021). Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 32: 1-12.
- Neethirajan, S. (2022). Affective State Recognition in Livestock-Artificial Intelligence Approaches. *Animals*, 12, 759: 1-24.
- Qiao, Y., Su, D., Kong, H., Sukkarieh, S., Lomax, S. & Clark, C. (2019). Individual cattle identification using a deep learning based framework. *IFAC-Pap.* 52: 318-323.

- Rutten, C.J., Velthuis, A.G.J., Steeneveld, W. & Hogeveen, H. (2013). Sensors to support health management on dairy farms. *Journal Dairy Science*, 96: 1928-1952.
- Scerri, P., Pynadath, D.V. & Tambe, M. (2002). Towards adjustable autonomy for the real world. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 17: 171-228.
- Schulze, C., Spilke, J. & Lehner, W. (2007). Data modeling for Precision Dairy Farming within the competitive field of operational and analytical tasks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 59: 39-55.
- Shen, W., Hu, H., Dai, B., Wei, X., Sun, J., Jiang, L. & Sun, Y. (2020). Individual identification of dairy cows based on convolutional neural networks. *Multimedia Tools and Applications*, 79: 14711-14724.
- Steenefeld, W., Van der Gaag, L.C., Ouweltjes, W., Mollenhorst, H. & Hogeveen, H. (2010). Discriminating between true-positive and false-positive clinical mastitis alerts from automatic milking systems, 93 (6): 2559-68.
- Svennersten-Sjaunja, K.M., & Pettersson, G. (2008). Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science*, 86: 37-46.
- Titovskii, S., Titovskaia, N., Titovskaya, T., & Alekseeva, E. (2023). Automated system for assessing the structure of a dairy cattle herd. VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (Agritech-VIII 2023), E3S Web of Conferences, 390: 03016.
- Uzmay, C., Kaya, İ. & Tömek, B. 2010. Süt Sığırcılığında Hassas Sürü Yönetim Uygulamaları. *Hayvansal Üretim*, 51 (2): 50-58.
- Xiao, J., Liu, G., Wang, K. & Si, Y. (2022). Cow identification in free-stall barns based on an improved Mask R-CNN and an SVM. *Computers and Electronics in Agriculture*, 194: 106738. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106738>.