



SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNDE YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Hilal AR¹

Mehmet Arif ŞAHİNLİ²

■ Özet

Son yıllarda, verimliliği ve karı maksimize etmek için süt üretiminde veri yönetimini sağlayan teknolojilerin kullanımı dünya çapında artmıştır. Çiftliklerde toplanan veriler, işletmelerin kaynaklarının ne kadar etkin kullanıldığını belirlemek ve karar verme birimlerinin girdilerini çıktılara dönüştürmedeki performansını değerlendirmek için önem teşkil etmektedir. Bu veriler ile analizlerin yapılabilmesi için üretim, besleme, gebelik oranları gibi gerçek zamanlı bilgileri içeren entegre çözümler sunan ve aynı zamanda tüm hayvanların genel sağlık durumlarının izlenebilmesini sağlayan sürü yönetim sistemleri önemlidir. Sürü yönetim sistemlerinden sağlanan veriler kullanılarak yapay sinir ağları ile sınıflandırma, hastalık teşhisi, kızgınlık tespiti, optimizasyon ve ileriye dönük öngörülerde bulunmak gibi konularda modeller oluşturulabilir. Bu çalışmaların başında 305 günlük süt veriminin belirlenmesi gelmektedir. Bu çalışma ile süt sığircılığı alanında yapay sinir ağları uygulamaları kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiş ve araştırmalar derlenerek gelecek çalışmalara katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Sürü Yönetim Sistemleri, Süt Sığircılığı, Akıllı Tarım Teknolojileri

A Review on the Applications of Artificial Neural Networks in Dairy Farms

■ Abstract

In recent years, the use of technology in dairy production has increased worldwide to maximize efficiency and profit. Data collected on farms should be analyzed to determine how effectively companies' resources are being used and to evaluate the performance of decision-making units in converting their inputs into outputs. To this end, herd management systems that provide integrated solutions that include real-time information such as production, feeding, and pregnancy rates, while also providing the ability to monitor the overall health of all animals, are important. These systems provide real-time information on cow oestrus, feeding, health, veterinary protocols, general condition and milking.

Data obtained from herd management systems can be used to build artificial neural network models on topics such as estimation, quality classification, disease diagnosis, heat detection, and animal breeding. Among the studies on the estimation of these data in dairy cows, the determination of 305-day milk yield using the artificial neural network method ranks first. In this study, the studies conducted using the artificial neural network method in dairy cattle were investigated, and it was aimed to contribute to future studies by compiling the researches

Keywords: Artificial Intelligence, Herd Management, Dairy, Smart Agriculture Technology

¹ Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarımsal Ekonomi ve Proje Yönetimi Daire Başkanlığı
hilal.ar@tarimorman.gov.tr ORCID No: 0000-0003-4245-0926

² Doç.Dr.,Ankara Üniversitesi,Ziraat Fakültesi,Tarım Ekonomisi Bölümü, asahinli@ankara.edu.tr ORCID No: 0000-0002-0189-2800

GİRİŞ

Hayvancılık sektörünün rekabet gücünü koruyabilmesi ya da artırabilmesi için hayvan başına üretim ile birlikte verimliliğinin de artırılması gerekmektedir (Aksoy, 2003). On Birinci Kalkınma Planı Tarım ve Gıdada Rekabetçi Üretim Özel İhtisas Raporunda da belirtildiği üzere “2019-2023 döneminde; hayvan hastalıklarından arındırılmış ve izlenebilen, hayvan ıslahı faaliyetlerinin artırıldığı, hayvan besleme konusunda ihtiyaç duyulan enerji, protein, mineral ve katkı maddelerinin teknolojik ve biyo-teknolojik yöntemlerle yurtiçinde üreten, hayvancılık kayıt sisteminin etkinleştirildiği, envanteri çıkarılmış ve sürdürülebilirliği temin edilmiş, modern, sürdürülebilir ve dünyada örnek ekonomik bir model haline getirilmiş bir hayvancılık sektörüne sahip olunması On Birinci Kalkınma Planı dönemi “Hayvancılık Perspektifi” olarak hedeflenmiştir”. Bu hedef doğrultusunda işletmelerin kayıt sistemlerinden elde edilen verilerin analizi ile karar destek sistemlerine dönüştürülmesinin süt sığırcılığı gelişimi üzerine etkilerinin ortaya koyulduğu araştırmalar incelenmiştir.

Süt sığırcılığı çiftliklerinin karşılaştığı en kritik zorluklardan biri hammadde ve sütün artan fiyat oynaklığı nedeniyle kar marjlarının olumsuz etkilenmesidir. Süt çiftliği yönetimini etkileyen ek zorluklar arasında çevresel düzenlemeler, tüketicilerin sosyal sürdürülebilirlik ve hayvan refahına yönelik talepleri yer almaktadır (Spilke ve Fahr, 2003; Bewley vd, 2015). Çiftlik yönetimi verimliliğin iyileştirilmesi, karlılığa ulaşırken tüketicilerin taleplerini karşılamak, veri toplama ve analizi ile yönetim verimliliğini artırmak ve gelişmiş karar verme süreçlerini destekleyen potansiyel bir stratejidir (Bewley vd. 2015). Elektronik hayvan tanıma, algılama, ölçüm ve bilgi işlem teknolojilerini etkin biçimde kullanarak üretim sürecini sürekli denetim altında tutmayı amaçlayan Hassas Süt Hayvancılığı, süt üretiminin sürdürülebilirliğini geliştirmede önemli bir rol oynar (Chase, 2018). Hassas süt çiftçiliği üretim, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği geliştirmek için daha iyi karar vermeyi desteklemek için otomatik sistemler kullanarak süt sığırlarının fizyolojik, davranışsal ve üretim performansının ölçülmesi ve kaydedilmesi eylemleri olarak tanımlanır (Spilke ve Fahr, 2003; Bewley, 2010). Hassas süt hayvancılığını uygulamak için yeni teknolojilerin benimsenmesi, sürekli gerçek zamanlı veri akışlarının oluşturulması gerekir (Liang vd. 2018). Bu büyük veri akışları, süt ve yem piyasa fiyatları gibi çiftlik dışı kayıtların yanı sıra sağım, besleme, üretim gibi çiftlik içi verileri içerir. Ancak bu veri akışları ayrı ayrı toplanır ve farklı yazılımlar tarafından işlenir (Liang vd. 2018). Birden fazla veri akışını entegre etmek, küresel çiftlik durumunun analizini kolaylaştırır ve süt çiftliklerinde etkili ve verimli bir karar verme süreci oluşturur (Cabrera vd. 2020; Liang vd. 2018). Büyük gerçek zamanlı verilerin toplanması, süt çiftçisinin ineklerin önemli fizyolojik ve davranışsal anormalliklerini izlemesini ve tanımlamasını sağlar (Bewley vd. 2015). Süt çiftçileri bu anormallikleri tespit ederek daha yüksek verimlilik ve karlılık ile sonuçlanabilecek stratejik kararlar alma şansına sahip olurlar (Meijer ve Peeters, 2010). Besleme doğruluğunu iyileştirmek, hassas süt hayvancılığını geliştirme sürecinin bir parçasıdır.

Sürü Yönetim Sistemleri ineklerin besleme, sağlık durumları, kızgınlık, ilaç ve tohumlama protokolleri, genel durumları ve sağım işlemleriyle ilgili olarak gerçek zamanlı bilgileri sunuyor olmaları anormallikleri tespit ederek yüksek karlılığı ve verimliliği desteklemektedir.

Hayvancılıkta büyük veri uygulamalarının bilgisayarlı sistemler tarafından değerlendirilip analiz edildiği sürü yönetim sistemleri 1970'lerin ortasından bu yana artarak kullanılmaya başlanmıştır. Tarım 4.0'ın etkisiyle kullanılan teknolojilerin geliştirilmesi, özellikle kullanılan yazılımın kullanıcıya büyük destek sağlaması bu sistemlere olan ilgiyi arttırmıştır.

Sistemde yer alan ve büyük ölçüde otomasyona dayanan teknolojik unsurlar aşağıda sıralanmıştır;

- Aktivite ölçüm sistemleri
- Süt ölçüm üniteleri
- Otomatik hayvan tartım sistemleri
- Görüntü analiz sistemleri
- Otomatik yem üniteleri
- Ultrasonografik görüntüleme cihazları
- Sürü yönetim yazılımları ve internet bağlantıları vb.

Bu sistemler ile ülkemizde birçok süt çiftliğinde veriler toplanmaktadır, ancak veriler analiz edilip karar desteklerine dönüştürülememektedir.

Karar destek sistemleri, verileri, modelleri, yazılım arayüzlerini ve kullanıcıları etkili bir karar verme sistemine entegre eder. Karar vericiye tavsiyelerde bulunurlar, ancak karar vericiyi ortadan kaldırmazlar. Bu sistemler karar vermede yetkinliği değil, verimliliği artırmayı amaçlar.

Her Karar Destek Sisteminin üç temel bileşeni vardır;

1. Veri tabanı (bilgi tabanı)
2. Model (içeriğe ve hedefe göre)
3. Kullanıcı arayüzü (iletişim yönetimi modülü)

İlk modül, karar vericilerin karar alma sürecinin toplama zekası fazını yürütmelerini sağlayan bir veritabanıdır. Bu modül bir veritabanı yönetim sistemine entegre edilebilir veya veriler manuel olarak elde edilirler.

Model modülü, karar verme sürecinin genel amacı ve tasarım aşamasına dayanır ve verileri karar vericiler için bilgiye dönüştürmeye çalışır.

Son bileşen kullanıcı arayüzüdür ve kullanıcıya parametreleri değiştirme ve sonuçları kullanıcı dostu bir şekilde gözlemlenebilmesi sağlayan bölümdür.

Veri odaklı, ağ bağlantılı bir bilgi sistemi aracılığıyla süt yönetimine dijital destek sağlamak, ileri teknolojilerin potansiyelini kullanarak (orta-kızıl ötesi spektrum, genom bilgisi) sağlık, beslenme, hayvan refahı ve ürün kalitesi açısından daha gelişmiş veri analizi yaparak karar destek sistemleri oluşturmak mümkündür. Büyük veri analizinde yapay zeka uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yapay zeka teknolojilerinin süt sığırcılığında kullanılmasına yönelik tüm dünyada yapılmış çalışmalar derlenmiştir.

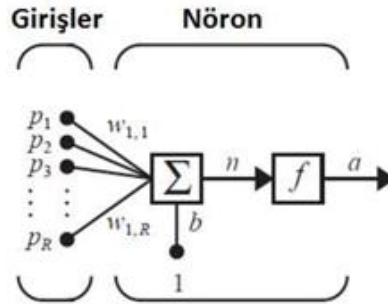
1. SÜT SIĞIRCILIĞINDA YAPAY SİNİR AĞLARI

Yüzyılın en büyük icatlarından biri olan Turing Makinesi ile insanlar tarafından rutin olarak yapılan bazı işlemlerin makineler tarafından daha hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılabileceği ortaya çıkmış ve ardından bilgisayar teknolojisi geliştirilmiştir. Sonraki dönemlerde bilgisayarlar hayatımızın tarım dâhil her alanında vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Ancak bilgisayarların insanoğlu gibi düşünmesi, öğrenmesi ve yorum yapabilmesine yönelik hayaller yapay zekâ teknolojisinin gelişmesine yol açmıştır. Yapay zekâ insan zekâsını taklit eden bir yazılım teknolojisidir. Üretim stratejilerinin belirlenmesinde optimizasyon tekniklerinden faydalanılmaktadır.

Son yıllarda yapay zeka araştırmaları, insan beyninin öğrenme ve karar verme işlevlerini taklit eden yapay sinir ağlarına (YSA) odaklanmıştır.

Yapay Sinir Ağları (YSA), beynin karar alma işlemine benzer şekilde çalışan matematiksel modellerdir. Sinir hücrelerinin birbiriyle yaptığı bağlantı ve iletişimden esinlenerek geliştirildikleri için YSA olarak adlandırılmışlardır. Ağı oluşturan işlem düğümleri fonksiyon bakımından sinir hücrelerine benzediği için “nöron” olarak adlandırılmıştır.

Yapay nöron modeli gerçek nörona benzer şekilde çalışmaktadır. Eşitlikte p girişleri, a çıkışı ifade etmektedir. Girişler, kendilerine ait w ağırlıkları ile çarpılıp, b eşiği de dahil edilerek toplanmaktadır. Daha sonra bu toplam; “transfer” veya “aktivasyon fonksiyonu” olarak adlandırılan f fonksiyonuna girmektedir. Fonksiyon sonucu, nöronun çıkış değeri hesaplanmaktadır. Bir sonraki katmandaki nöronun girişi bir başka nöronun çıkışı olmaktadır (Öztemel 2003).



Şekil 1: YSA nöron modeli

Yapay Sinir Ağı 3 tip katmandan oluşur:

- Giriş katmanı: Yapay sinir ağı için ilk verilerin verildiği katmandır.
- Gizli katmanlar: Giriş ve çıkış katmanı arasındaki ara katman ve tüm hesaplamaların yapıldığı yerdir.
- Çıktı katmanı: Verilen girdiler için sonucun üretildiği katmandır.

Bir ağdaki giriş katmanına bir örneğin sahip olduğu değerler verilir. Bu değerler ara katmanlar ve katmanlar arası ağırlık değerleri kullanılarak çıktı katmanına kadar iletilir. Çıktı katmanında üretilen değer örneğin hangi sınıfa ait olduğunu belirler. Bu işlemde verilen giriş değerlerinden doğru bir çıktı

üretebilmek için katmanlar arasındaki ağırlık değerlerinin en uygun şekilde olması gerekir. Başlangıçta rastgele atanan bu değerler elimizde var olan örnekler kullanılarak doğru çıktıyı üretecek şekilde değiştirilir. Bu işleme ağı eğitilmesi denir. Ağırlıkların değiştirilmesinde iki farklı yaklaşım kullanılmaktadır:

1. Hata bilgileri her bir iterasyon sonrasında ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılır.
2. Her bir örnek için hata değeri hesaplanır ve sonrasında ağırlık değerleri değiştirilir.

Ağı eğitimi tamamlamak için burada ifade edilen işlemler tüm örnekler için tekrarlanır. Daha sonra Yapay Sinir Ağları test setindeki örnekler ağına verilir. Bu örnekler için ağı doğru sonuçlar üretiyorsa, ağı eğitilmiş olduğu kabul edilir. Katmanlarda yer alan ağırlık değerlerinin ne anlama geldiği konusunda bir açıklama verilememekle birlikte ağına kararı bu ağırlıklar kullanılarak belirlediği söylenebilir. Ağına zekası bu ağırlıklarda saklanır. Ağına öğrenme işlemi, ilgili problem için en doğru yapay sinir ağı modelini seçmek ile mümkündür (Öztemel, 2003).

Süt sığırcılığında yapay sinir ağları ile süt verim tahminlerinin geliştirilmesi, hastalıkların erken teşhisi, beslenme yönetimi, iş gücünü optimize etmek mümkündür. Her bir inek için bireysel verilerden yararlanarak çiftçilerin yönetsel kararlar verirken hassasiyet ve doğruluk değerlerinin geliştirilmesi sağlanabilir.

Bir ilişkisel model ile inek performans tahmini çalışmasına göre örüntü tanımada iyi performans gösterdiği bilinen yapay sinir ağları (YSA), geleneksel modellerle karşılaştırıldığında etkili bir alternatif oluşturabilmektedirler (Lacroix vd. 1995). Lacroix araştırmasında, tek tek inekler için toplam süt, yağ ve protein üretimini tahmin etmek için YSA'ların nasıl kullanılıp kullanılmayacağını ortaya koymuştur. Sütteki yağ ve protein içeriğinin tahmini, yetiştirme ve sürü politikası ile ilgili kararlar alınmasında önemli bir husustur. Sonuçlar, YSA'ların genel olarak iyi performans gösterdiğini göstermiştir. Üstün hayvanların erken teşhisi, düşük süt verimine sahip ineklerinin sürüden çıkarılması yetiştirme ve sürü politikası ile ilgili kararlarda önemli bir husustur. Ortalama süt üretimi ve inek ağırlığı gibi veri girdilerinin eklenmesi tahmin kalitesini artırdığı çalışmada belirtilmiştir. YSA'nın farklı girdilere duyarlılığını analiz etmek için üç farklı teknik kullanılmış ve bunların göreceli yetenekleri tartışılmıştır. Sonuçlar, YSA'ların süt verimini ve bileşimini tahmin etmedeki potansiyel etkin olduğunu göstermiştir. Böylece süt üretiminin daha erken ve daha doğru bir şekilde tahmin ederken genetik olarak üstün hayvanların zamanında tanımlanmasında da yararlı bir etkiye sahiptir. Gelecekte, duyarlılık analizi yöntemleri, sinirsel konfigürasyonların optimizasyonu, girdi seçimi ve veri ön işleme konularında araştırmalar yapılması gerekmektedir (Lacroix vd. 1995).

Salehi vd. (1998), süt verimini tahmin etmek amacıyla Holstein süt ineklerinin aylık kayıtlarını kullanarak bir sinirsel sınıflandırıcı ve iki özelleştirilmiş sinirsel tahminleyiciyi içeren çoklu ağı sistemi geliştirmiştir. Çalışmanın sonuçları, birleştirilmiş sınıflandırıcı-tahminleyici bir sistemin, sınıflandırılmamış ve tek bir ağı ile oluşturulan yapılara kıyasla daha iyi tahminler sağladığını göstermiştir. Uygun ön işleme, iyi tasarlanmış bir ağı modeli ve uygun bir dizi değişkenin süt üretimi tahminlerinin doğruluğunu önemli ölçüde etkileyebileceği bulunmuştur.

Grzesiak vd. (2003) kısmi laktasyon kayıtlarını kullanarak 305 günlük laktasyon verim tahmini için çoklu regresyon ve yapay sinir ağlarını karşılaştırmışlardır. Veriler ilk dört kontrol günü süt kayıtları, sürünün 305 günlük ortalama süt verimi, sağım sayısı ve buzağılama ayı bilgilerinden oluşmaktadır. Sinir ağı veya çoklu regresyon modeli ile yapılan tahminler, mevcut Polonya süt sığırcılığı değerlendirme sistemi ile tahmin edilen değerlerden farklı olmadığı bulunmuştur ($P > 0.05$). Başka bir deyişle yapay sinir ağı modeli, bu özellikleri tahmin etmenin alternatif yöntemi olabilir.

Grup I: 853 inek veya 1390 kayıt, hem çoklu doğrusal regresyon modelini hem de yapay sinir ağını tasarlamak için kullanılmıştır.

Grup II: Laktasyonunu tamamlayanlar arasından rastgele seçilen, en az 305 gün uzunluğunda 49 inek bu gruba alınmıştır. Bu ineklerin verimleri, hem YSA hem de Çoklu doğrusal regresyon modellerinin tahmini uygunluğunu doğrulamak için kullanılmıştır.

Çalışmanın sonunda yapay sinir ağlarının incelenen özellikler bakımından regresyon analizine alternatif bir yöntem olabileceği belirtilmiştir.

Sharma vd. (2007), Karan Fries (KF) melez süt sığırlarına ait kısmi laktasyon kayıtlarını kullanarak ilk laktasyon 305 günlük süt verimini tahmin etmek için yapay bir sinir ağı (YSA) modeli önerilmiştir. Modeli geliştirmek için sığırların temsili ıslah özelliklerine ilişkin bilimsel olarak belirlenmiş optimum bir veri seti kullanılmıştır. Ayrıca, süt verimi tahmini için çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) modeli geliştirilmiştir. YSA ve ÇDR modellerinin performansları, karşılaştırılmıştır. YSA modelinin performansının geleneksel regresyon modeline göre biraz daha üstün görüldüğü ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, hayvanların geçmiş ve soy ağacı kayıtlarından, stok kayıtlarından, vücut ağırlık kayıtlarından ve büyüme kayıtlarından toplanan 672 Karan Fries ineğine (ilk laktasyon kayıtları) ait veriler kullanılmıştır. Bu modelin geliştirilmesinde, sezgisel yöntemlere ve standart sayısal optimizasyon tekniklerine dayalı geri yayılma eğitim algoritmasının çeşitli varyantları, ağ optimizasyonu için deneysel olarak araştırılmıştır. Ayrıca, veri bölümlenme, ilk sinaptik ağırlık seçenekleri, gizli katman sayısı, gizli nöron sayısı, öğrenme hızı, aktivasyon fonksiyonları, performans hedefi, dönemler ve sinir ağı için ayarlar için düzenlenme terimi gibi farklı mimari parametreleri deneysel olarak araştırılmıştır. En iyi eğitim algoritmasının, geleneksel çoklu doğrusal regresyon modelinden nispeten daha yüksek olan % 92'den fazla tahmin doğruluğu sağlayan 'Bayes düzenlenmiş Levenberg-Marquardt Algoritması' olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları ışığında, YSA yaklaşımının Karan Fries süt sığırlarında ilk laktasyon 305 günlük süt veriminin tahmini için kesin uygulama potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

İşgücü ve üretim maliyetlerinin sürekli artması sağım işlemleri için yeni geliştirilmiş otomatik süt sağım makinelerinin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Pezzuolo vd. (2017), Veneto bölgesinde (Kuzey Doğu İtalya) bulunan 15 süt çiftliğinin sağım verileri, otomatik sağım sistemleri performanslarını tahmin etmek ve sonunda operasyonel sınırları ve darboğazları tanımlamak amacıyla YSA ile analiz yapmışlardır. Özellikle süt verimi, inek başına günlük sağımı, etkili sağım süresi, reddedilen sağım süresi, temizleme süresi ve makine duruş süresi ile ilgili veriler toplanmış ve her bir çiftliğin operasyonel

performansını değerlendirmiştir. Spesifik olarak, otomatik sağım sistemlerinin günde ortalama 17 saati sağım aktivitesi için, 1.4 saati temizleme ve bakım için geçmektedir. Kalan 5.6 saatte ise herhangi bir faaliyet yapılmamaktadır. Ek olarak, otomatik sağım sistemlerinin % 40'ı günde 16 saatten daha az sağım faaliyetleri için kullanılmaktadır. Bu durumlarda boşta kalma süreleri günde 7-8 saate kadar çıkabilmektedir. Tahmini laktasyon süt değerleri ile gerçek ölçümde elde edilen laktasyon sütü değerleri karşılaştırılmış ve tahmin hatasının minimum olduğu görülmüştür. Bu çalışma ayrıca Çok Katmanlı Algılayıcı (Multilayer perceptron-MLP) tipi yapay sinir ağlarının kullanılmasının araştırmacılara büyük fayda sağlayacağını ve güvenilirliğinden dolayı ileride yapılacak çalışmalara ışık tutabileceğini göstermiştir. Ergülen ve Topuz (2008) Laktasyon süt verimlerini (kg) tahmin etmek için MLP tipi yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. 90 baş siyah alaca, montofon (esmer), ve yerli ırklara ait veriler yapay sinir ağları eğitiminde kullanılmıştır. Bu analizden elde edilen istatistiksel değerler ile ölçümden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Tahmin edilen laktasyon süt değerleri ile gerçek ölçüm sonucu elde edilen laktasyon süt değerleri karşılaştırılmış, tahmin hatasının minimum olduğu görülmüştür. MLP tipi yapay sinir ağlarının benzer çalışmalarda kullanılmasının büyük yararlar sağlayacağı ve güvenilir olması nedeniyle de gelecekteki yapılabilecek çalışmalara ışık tutabileceği sonucuna varılmıştır.

Murphy vd. (2014), süt üretim tahmini için modelleme tekniklerini karşılaştırmışlardır. 140 sağılan merada otlatılan süt ineğinden oluşan bir sürüden toplam günlük süt veriminin tahmini için 3 farklı modelleme tekniğinin uygunluğunu değerlendirmektedir. Doğrusal olmayan oto regresif model, yapay sinir ağları ve çoklu doğrusal regresyon analizlerinde 3 yıllık süt üretim verileri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. 50, 30 ve 10 günlük kısmi laktasyonlar ile 305 günlük süt verimi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Veriler 4 yıllık (2006-2010) olup, İrlanda'nın güneyindeki bir araştırma çiftliğinden toplanmıştır. Günlük sürü süt verimi (litre) ve sağılan inek sayısı verileri toplanmıştır. Süt verimleri, ICAR (International Committee for Animal Recording) onaylı süt ölçerler kullanılarak elde edilerek kayıt edilen sürü yönetim sistemlerinden alınmıştır. Yapay sinir ağlarını ve doğrusal olmayan otoregresif modelin en etkili süt üretim modeli olduğu sonucuna varmışlardır.

Süt sığırcılığında toplam masrafın yaklaşık olarak %60'ı yem masraflarından oluşmaktadır. Bu nedenle yemlerin uygun maliyette ve dengeli besin maddeleri içermesi gerekmektedir. Sürü yönetim uygulamaları altında besleme için kullanılan ileri teknolojik unsurlar mevcuttur. Morag vd. (2001), süt sığırlarının süt verimi ve canlı ağırlık verilerine dayalı olarak rasyonlarına eklenmesi gereken konsantre yem miktarını bulanık mantık kullanarak belirleyen bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Bulanık mantık kullanmanın avantajı, performansı artırılmış bir konsantre besleme oranı sağlamasıdır. Sistem, karar verme sürecini otomatikleştirerek çiftçiye değerli bir araç sağladı. Oluşturulan sistemin sürü yönetim programlarına entegre edilebileceğini ve hayvanların bireysel olarak optimum rasyonunun hazırlanmasında çiftçiler için faydalı bir karar aracı olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir. Süt verimindeki ani azalmalar hayvanın normal fizyolojik durumunda bir değişim (hastalık veya kızgınlık) belirtisi olabilmektedir.

Hayvancılıkta karlılığı arttırmak için ineklerin kızgınlık (östrus) denilen dönemlerinin belirlenmesi suni tohumlamanın zamanında, başarılı bir şekilde yapılması ve üretim potansiyelini artırmak önemli bir unsurdur. Kızgınlıktaki hayvanlar hareketlilik diğer hayvanlara göre daha fazladır. Bu hareketlilik “pedometre” denen cihazlarla ölçülebilmektedir. Algılanan hareket değişimleri YSA modelleri ile kızgınlık tahmininde bulunmaktadır. Yıldız (2016) çalışmasında, hareket ve çevresel veriler kullanılarak büyükbaş hayvanlarda kızgınlığı tahmin edecek bir YSA modelinin oluşturulması ve etkililiği incelenmiştir. Özel bir tarım işletmesinde dört ay süresince toplamda 186 kızgınlık gösteren 78 sığırın hareket verileri iklimsel verilerle beraber kaydedilmiştir. İneklerin yaşları, laktasyon sayıları, kızgınlıktan sonra geçen gün sayısı verileri değerlendirmeye alınmıştır. Mekanistik model ve YSA modelleri karşılaştırılmış ve Mekanistik model en düşük başarıyı göstermiştir.

Gelb (2005) ise sağımhanedeki bir bilgisayar sisteminin mastitis ve östrusun (ineklerin meme enfeksiyonu ve tohumlama zamanı) tespitine katkısını değerlendirmek için bir çalışma yürütmüştür. Çalışma İsrail'de 700 ineklik bir sürüde gerçekleştirildi. Saha çalışması Haziran 1993'ten Aralık 1994'e kadar 18 ay sürmüştür. Çalışmaya dahil edilen tüm inekler için tam bir laktasyon dönemini kapsamaktadır. Her bir ineğin süt verimi ve diğer parametreleri günde üç kez ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Mastitisli inekler için, tespit gününden inek mastitisi geçene kadar doğrudan günlük süt kaybı hesaplanmıştır. Süt kaybı, mastitis saptanmasından önceki 4 günlük ortalama günlük verim ile enfeksiyonun doğrulandığı andan itibaren gerçek günlük ölçüm arasındaki fark olarak hesaplanmıştır. Mümkünse dolaylı kaybın büyüklüğünü bireysel inekler için tahmin etmek zordur. Dolaylı kayıp, enfekte ineklerin ortalama verimi ile enfekte olmayan ineklerin ortalama verimi arasındaki gruplar (deney ve kontrol) arasındaki farklara dayalı olarak tahmin edilmiştir. Kızgınlık tespitinin etkisi ölçülmüş (buzağılama ile doğrulanmış hamilelik arasındaki günler). Sürü Yönetimi Sisteminin katkısı, deney ve kontrol grupları arasındaki ineklerin süt üretim günleri ile ortalama kızgınlık tespit günleri arasındaki farkın değeri olarak hesaplanmıştır. Bilgisayar sisteminin ineklerin verimliliğine ve karlılığına önemli katkı sağladığı tespit edilmiştir. Uzmay vd. 2010 makalesi, süt sığırlarında verim, ürün kalitesi, besleme, üreme ve hayvan sağlığının hassas kontrolü ve yönetimi için geliştirilmiş ileri teknolojileri tanıtılmaktadır. Makalede elektronik hayvan tanımlama sistemleri, sağım sistemine entegre otomatik süt ölçüm sistemleri (süt miktarı, sağım süresi, süt akış hızı, sütün elektriksel iletkenliği, süt sıcaklığı), otomatik hayvan tartım platformları, aktivite ölçerler gibi ileri teknolojik uygulamalar ele alınmaktadır.

Hassas Sürü Yönetim Uygulamalarının amacı, hayvan tanımlama, tespit, ölçüm ve bilgi işleme için elektronik teknolojileri etkin bir şekilde kullanarak üretim sürecini sürekli kontrol altında tutmaktır. Böylece karlılık, sağlık, kalite, ürün güvenliği, hayvan refahı ve çevre koruma konularında en iyi sonuçların alınmasını sağlanmaktadır (Madsen vd. 2017). Yapay zeka tabanlı Farmer Assistant, dünya çapındaki örnek olay incelemeleri incelenerek ve çiftçilerle çalışılarak geliştirilmiştir. Bu çalışmada, inek yetiştiriciliğinde davranış tespiti ve bulut makine öğrenmesi teknolojileri ile süt hayvancılığının etkin bir şekilde geliştirilerek sağlık sorunlarının erken aşamada tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

Farmer Assistant Ida, bir yapay zeka ürünüdür ve sürü aktivitesini, buzağılama süresini, sağlığı ve görülen inek davranışlarını daha iyi anlamada etkileyici sonuçlara sahiptir. Liang vd. (2018) Hassas Tarım, Büyük Veri analitiği ve Nesnelerin İnterneti uygulanarak geliştirilen "Sanal Süt Çiftliği Beyni" projesini makalesinde tanıtmıştır. Bu, çok disiplinli bilim adamlarını, süt çiftçilerini ve endüstri profesyonellerini bir araya getiren disiplinler arası bir araştırma ve geliştirme projesidir. Süt çiftlikleri, sensörler ve robotik sistemler gibi geniş ve çeşitli teknolojik yenilikleri benimsemiş ve büyük miktarda sabit veri akışı sağlamaktadırlar, ancak tüm bu bilgileri çiftlik karar verme sürecini iyileştirmek için etkin bir şekilde entegre edemedikleri makalede belirtilmiştir. Pratik ve ilgili aksiyonlar için çiftlik içi ve çiftlik dışı verileri gerçek zamanlı olarak toplayabilen, entegre edebilen, yönetebilen ve analiz edebilen bir sistemin geliştirilmesinin zorunlu olduğu vurgulanmıştır. Bu amaçla Wisconsin'deki 3 çiftlikten gerçek zamanlı, entegre, büyük veri akışları sağlayan proje başlanmıştır. Wisconsin-Madison Üniversitesi Yüksek Verimli Bilgi İşlem Merkezi'nin son teknoloji veritabanı yönetim sistemini kullanılmaktadır. Depolanan veriler aşağıdaki gibidir;

- Sürü yönetimi bilgileri; Sürüdeki rutin ve operasyonel faaliyetlerin kayıtları, örneğin sağlık, hastalık varlığı ve üreme, doğum, aşılama gibi tedaviler.
- Sağım sistemi bilgileri, örneğin süt hacmi, süt iletkenliği, sağım hızı gibi sağım işlemi sırasında kaydedilen verileri toplar.
- Genetik/Genomik tüm hayvanların, buzağuların, düvelerin ve ineklerin genetik verilerinin kayıtlarını tutar; örneğin, soy ağacı, genel performans endeksi, net değer.
- Süt Sürü Geliştirme (DHI) verileri, süt hacmi, somatik hücre sayısı, süt yağı ve protein içeriği, toplam yağ ve mevcut protein gibi aylık test günü ziyaret değişkenlerini kaydeder.
- Beslenme Bilgileri Yem izleme, hayvanların tek tek veya ögelere göre gruplandırılmış beslenme süreciyle ilgili bilgileri kaydeder (örn. diyet bileşimi, ortalama günlük tüketim, kuru madde alımı, kişi başı maliyet).
- Süt işlemci verileri, süt bileşimini, örneğin süt yağı ve protein içeriğini, her bir süt nakliye yükündeki somatik hücre sayısını bildirir.

Toplanan tüm veriler, Wisconsin-Madison Üniversitesi'nden Yüksek Verimli Bilgi İşlem Merkezi'nde (HTCondor sunucusu, <http://chtc.cs.wisc.edu>) saklanmaktadır.

Projede toplanan tüm farklı veri akışları, çiftçilere yapay zeka ve büyük veri analitiği kullanarak karar vermelerinde yardımcı olacak "Sanal Süt Çiftliği Beynimizi" geliştirme hedefine doğru emin adımlarla ilerlendiği belirtilmiştir. Bu proje, süt çiftliklerinin çalışma şeklini değiştirmesi beklenmektedir. Ülkemizde Tarım Orman Bakanlığınca "Hayvan Takip Sistemi" projesi yürütülmeye başlanmıştır. Hayvan takip cihazı sayesinde takılı olduğu büyükbaş hayvanın konumunu IoT Platformu'na ileterek hayvanların koordinatlarına ait bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Hayvandan elde edilecek hareket, fizyolojik aktivite ve ısı verilerini GSM teknolojisi ile IoT platformuna ileterek proje kapsamında planlanan aktivite, kızgınlık ve ruminasyon parametrelerine

dönüştürülmesi işlevini gerçekleştirebilecektir. Bu çalışma, gelecek Ar-Ge çalışmalarına alt yapı hazırlayacak olması açısından önemli bir gelişmedir.

2. DEĞERLENDİRME

Tarımsal üretimde amaç, ekonomik, sürdürülebilir ve verimli bir yönetim sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda tarımda verimliliğin ve ürün kalitesinin artırılması, minimum girdi kullanımı, gıda güvenliği, doğal kaynakların ve çevrenin korunmasına yönelik yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Yapay zeka teknikleri, tarımsal operasyonları kolaylaştırmak veya iyileştirilmesi gereken sorunlara alternatif çözümler bulmak için önemli bir araç haline gelmiştir.

Sürü yönetim sistemleri ile süt işletmelerinde depolanan verilerin işlenmesi, analiz sonuçlarının elde edilmesi ve çiftliğin amacına en uygun seçeneğe karar verilmesi ile katma değer yaratılması mümkündür. Süt verimi tahmini, erken hastalık tespiti, besleme yönetimi ve iş gücü optimizasyonu için tahmin modelleri geliştirmek amacıyla yapay sinir ağlarının kullanılabileceğini gösteren çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, işletmelerin etkin, önemli ve stratejik kararlar alabilmeleri için bir bilgi toplama ve raporlama sistemine ihtiyaç duyduklarını göstermiştir. Süt çiftliklerinde kullanılan sürü yönetimi programlarında bilgi toplanır ve bu altyapı kullanılarak üreticiye yol gösterecek veri merkezli hayvan takip sistemleri geliştirilebilir.

Yapay Sinir Ağları (YSA) ile yapılan modelleme çalışmaları incelendiğinde, YSA'nın 305 günlük süt verimini tahminde çok başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Ancak, her bir inek için büyük miktarlarda ayrıntılı bilgiler gerekmektedir. Yapılan literatür çalışması sonucunda ulaşılan bazı önemli sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- YSA'ların süt üretiminin daha erken ve daha doğru bir şekilde tahmin edilmesine izin verirken genetik olarak üstün hayvanların zamanında tanımlanmasında yararlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.
- Yapay sinir ağlarının kullanılmasının araştırmacılar için büyük yararlar sağlayacağı ve güvenilirlik oranının yüksek olması nedeniyle de gelecekteki yapılabilecek çalışmalara ışık tutabileceği ortaya konulmuştur.
- YSA modelinde her bir inek için çok fazla ağ girdisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bir dezavantaj yaratmaktadır.
- Sürü Yönetimi Sistemlerin işletmelere ait büyük bir veri deposudur. Bu büyük veri akışını işletmelerin verimliliklerini artırmak amacıyla yapay sinir ağları ile modellenerek etkin bir karar destek sistemine dönüştürülebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- Aksoy, A.R. (2003). *Hayvan Islahı Ders Notları*. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Kars
- Bewley, J. (2010). Precision dairy farming: advanced analysis solutions for future profitability. *First North American Conference on Precision Dairy Management*. Progressive Dairy Operators. 2-5
- Bewley, J. M., R. A. Russell, K. A. Dolecheck, and M. R. Borchers. (2015). Precision Dairy Monitoring: What Have We Learned? *Livestock Farming Applications*. Wageningen Academic Publishers. 13–24.
- Cabrera, V. E., J. A. Barrientos-Blanco, H. Delgado, and L. FadulPacheco. (2020). Symposium Review: Real-time Continuous Decision Making Using Big Data On Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 103:3856–3866.
- Chase, L. (2018). Precision feed management—What have we learned? Pages 1–7 in Proc. Cornell Nutrition Conference. Cornell University
- Ergülen, A. ve Topuz, D. (2008). İşletmelerdeki Verimliliğin Tahmin Edilebilmesi ve Bu Verimliliği Etkileyen Faktörlerin Mlp Tipi Yapay Sinir Ağları Tekniği ile Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(10), 219-231.
- Gelb, E., Kislev, Y., & Voet, H. (2005). Measuring The Benefit of a Computer in the Milking Parlor : The Yavneh Dairy Case Study.
- Grzesiak, W., Lacroix, R., Wójcik, J., & Blaszczyk, P. (2003). A Comparison Of Neural Network And Multiple Regression Predictions For 305-Day Lactation Yield Using Partial Lactation Records. *Canadian Journal of Animal Science*, 83(2), 307-310.
- Lacroix, R., Wade, KM, Coke, R., & Hayes, JF. (1995). Prediction of Cow Performance with a Connectionist Model. *Transactions of the ASAE*, 38(5), 1573-1579.
- Liang, D., Delgado, H., & Cabrera, V. (2018). A Virtual Dairy Farm Brain. *In Proceedings of the 13th European International Farming System Association Symposium*.
- Madsen, Simon Leminen; Karstoft, Henrik; Nyholm Jørgensen, Rasmus; Nørremark, Michael; Khokhar, Y.; Gomez, J. S. ; pier van Gosliga, S.; Jaakkola, K. (2017). Quantifying Behaviour Of Dairy Cows Via Multi-Stage Support Vector Machines.
- Meijer, R., and K. Peeters. (2010). The use of precision dairy farming in feeding and nutrition. *First North American Conference on Precision Dairy Management*. 20-23.
- Morag, I., Edan, Y., & Maltz, E. (2001). IT—Information Technology: An Individual Feed Allocation Decision Support System for the Dairy Farm. *Journal of agricultural engineering research*, 79(2), 167-176.
- Murphy, MD, O'Mahony, MJ, Shalloo, L., French, P., & Upton, J. (2014). Comparison of modeling techniques for milk-production forecasting. *Journal of dairy science*, 97(6), 3352-3363.
- Öztemel, E, 2003. *Yapay sinir ağları*. Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Pezzuolo, A., Cillis, D., Marinello, F., & Sartori, L. (2017). Estimating Efficiency İn Automatic Milking Systems. *Engineering for Rural Development Jelgava*, 16, 24-26.
- Sharma, A. K., Sharma, R. K., & Kasana, H. S. (2007). Prediction Of First Lactation 305-Day Milk Yield İn Karan Fries Dairy Cattle Using ANN Modeling.
- Salehi, F., Lacroix, R., & Wade, KM. (1998). Improving Dairy Yield Predictions Through Combined Record Classifiers And Specialized Artificial Neural Networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 20(3), 199-213.
- Spilke, J., and R. Fahr. (2003). Decision support under the conditions of automatic milking systems using mixed linear models as part of a precision dairy farming concept. *EFITA 2003 Conference*, Debrecen, Hungary, 5-9.
- Uzmay, C, Kaya, İ. ve Tömek, B. (2010). Süt Sığırcılığında Hassas Sürü Yönetim Uygulamaları. *Hayvansal Üretim*, 51 (2), <http://dergipark.org.tr/hayuretim/issue/7612/99764>
- Yıldız, A.K. (2016). Büyükbaş Hayvanlarda Kızgınlığın (Östrus) Hareketlilik ve Çevre Verilerinden Yararlanarak Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Tokat.