



Holstein Irkı Buzağlarda Bazı Vücut Morfolojik Özellikleri ile Hematolojik Parametreler Arasındaki İlişkilerin Kanonik Korelasyon Analizi ile İncelenmesi

Esra ŞENTÜRK^{1*}, Malik ERGİN¹, Serkan ÖZKAYA¹, Özgür KOŞKAN¹
¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Atıf Bilgisi: Senturk, E., Ergin, M., Ozkaya, S., & Koskan, O. (2026). Holstein Irkı Buzağlarda Bazı Vücut Morfolojik Özellikleri ile Hematolojik Parametreler Arasındaki İlişkilerin Kanonik Korelasyon Analizi ile İncelenmesi. *Veri Bilimi*, 9(1), 12-20.

Özet

Bu çalışmanın amacı, Holstein ırkı sığırlarda farklı morfolojik özellikler ile kan parametreleri arasındaki ilişkilerin çok değişkenli bir analiz tekniği olan kanonik korelasyon analiziyle değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda, ortalama 70 kg canlı ağırlıktaki 22 hayvana ait vücut ölçümlerinden canlı ağırlık, vücut uzunluğu, cidago yüksekliği, sağrı yüksekliği, beden derinliği ve göğüs çevresi olmak üzere 6 özellik sağ değişken seti olarak ele alınmışken kan parametrelerini içeren 7 özellik (WBC, RBC, HGB, HCT, PLT, P-LCC ve P-LCR) sol değişken seti olarak dikkate alınmıştır. Elde edilen kanonik değişkenler yardımıyla hesaplanan ilk kanonik korelasyon 0,89 olarak bulunmuştur ($p>0.05$). Kullanılan örnek genişliğinin nispeten az oluşu kanonik korelasyon katsayısının önemliliğini etkilemiş olsa da, ilk kanonik değişken çifti arasındaki korelasyon dikkate alındığında sığırlarda morfolojik ölçümler ile kan parametreleri arasındaki ilişki 0.80 (0.892) düzeyinde açıklanabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, iki değişken setinin birbirlerindeki değişimi açıklama miktarının ifadesi olan toplam gereksizlik indeksi (redundancy) sağ ve sol set için sırasıyla %42.08 ve %23.62 olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda, özellikle vücut uzunluğu ve P-LCR parametresinin iki değişken seti arasındaki ilişkide belirleyici olduğu dikkate alındığında, bu özelliklerin hayvanların fizyolojik durumunun değerlendirilmesinde pratik göstergeler olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Canlı Ağırlık, Kan Değerleri, Kanonik Korelasyon Analizi, Morfolojik Özellikler

Evaluation of the Relationships Between Selected Body Morphometric Traits and Hematological Parameters in Holstein Calves by Canonical Correlation Analysis

Abstract

The aim of this study was to evaluate the relationships between different morphological traits and hematological parameters in Holstein cattle using canonical correlation analysis, a

Makale Bilgisi

Başvuru:

26/03/2026

Kabul:

07/05/2026

* İletişim e-posta: esrakayasenturk@gmail.com

multivariate statistical technique. For this purpose, six body measurement traits-live weight, body length, withers height, rump height, body depth, and chest circumference-obtained from 22 animals with an average live weight of approximately 70 kg, were considered as one variable set. In contrast, seven hematological parameters (WBC, RBC, HGB, HCT, PLT, P-LCC, and P-LCR) were included as the second variable set. The first canonical correlation calculated from the derived canonical variables was found to be 0.89 ($p > 0.05$). Although the relatively small sample size may have influenced the statistical significance of the canonical correlation coefficient, the correlation between the first pair of canonical variables indicated that the relationship between morphological measurements and hematological parameters in cattle could be explained at a level of approximately 0.80 (0.892). Furthermore, the total redundancy index, which represents the proportion of variance explained between the two variable sets, was calculated as 42.08% for the morphological trait set and 23.62% for the hematological parameter set. Based on the findings obtained, considering that body length and the P-LCR parameter were the most influential variables in the relationship between the two variable sets, these traits may be used as practical indicators in evaluating the physiological status of animals.

Keywords: *Body Weight, Blood Parameters, Canonical Correlation Analysis, Body Morphometric Traits*

1 Giriş

Sığırlarda vücut morfolojik özellikleri ile kan parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, hayvanların beslenmesi, fizyolojik süreçleri ve genel sağlık düzeyleri hakkında temel bilgiler sunabilmektedir. Sığırlarda hematolojik ve biyokimyasal kan parametreleri, canlıların genel sağlık durumunu, beslenme durumunu ve verim potansiyelini yansıtmaya işlevi görmesi bakımından hayati öneme sahiptir [1]. Hematolojik ve biyokimyasal kan bileşenleri, çiftlik hayvanlarında hastalıkların teşhis, tedavi ve seyrinin izlenmesinin yanı sıra hayvanların çevresel stres faktörlerine, özellikle ısı stresine karşı adaptasyon kabiliyetini gösteren objektif göstergelerdir [2, 3, 4]. Beyaz kan hücresi ve lenfosit sayıları, bağışıklık yanıtı ve enfeksiyon risklerini belirlemek için temel klinik ipuçları sağlamaktadır [5].

Bu kapsamda, morfolojik ve fizyolojik değişkenlerin birlikte değerlendirildiği araştırmalarda, değişkenler arasındaki ilişkilerin daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi için çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Birden fazla bağımlı ve bağımsız değişken seti arasındaki ilişkilerin eşzamanlı olarak incelenmesine olanak tanıyan çok değişkenli istatistiksel yöntemler ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan kanonik korelasyon analizi, iki değişken seti arasındaki maksimum ilişkiyi ortaya koymayı amaçlayan güçlü bir analiz tekniğidir. Kanonik korelasyon analizi, her iki değişken setinden elde edilen doğrusal bileşenler (kanonik değişkenler) arasındaki ilişkiyi

inceleyerek, setler arasındaki yapısal bağıntıları daha kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır [6]. Hayvancılık alanında yapılan çalışmalarda bu yöntem, özellikle morfolojik ölçümler ile hematolojik ve biyokimyasal parametreler arasındaki karmaşık ilişkilerin belirlenmesinde etkin bir araç olarak kullanılmaktadır [7, 8]. Bu sayede, hayvanların fizyolojik durumları ile dış görünüş özellikleri arasındaki çok boyutlu ilişkiler daha bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilebilmektedir.

Sığırlarda morfolojik özellikler ile fizyolojik parametrelerin bir arada değerlendirilmesi, sürü içindeki hayvanların gelişim süreçlerinin ve verimliliğinin daha net bir şekilde saptanması açısından sağlam bir öngörü sunmaktadır. Günümüzde birçok bilimsel çalışmada, söz konusu materyalden elde edilen veri setlerinde iki değişken seti için bağımlı ve bağımsız değişken seti ayrımının yapılabildiği durumlarda kanonik korelasyon analizinden sıklıkla yararlanılmaktadır. Bu durumda kanonik korelasyon analizinin amacı, bağımsız değişken setinin bağımlı değişken setini etkileyip etkilemediğini belirlemektir [9]. Ancak, kanonik korelasyon analizinde değişken setlerinin bağımlı ve bağımsız olarak kesin bir ayırma tabi tutulmasının zorunlu olmadığı belirtilmektedir [10].

Hem sığırlarda hem de diğer çiftlik hayvanlarında daha önce kanonik korelasyon analiz tekniği kullanılarak değişken setleri arasındaki ilişkilerin saptanmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Akkartal vd. (2009), 60 adet

etlik broiler civcivlerde 6 haftalık yaşa ulaşılmasının ardından belirli morfolojik özellikler (sol ve sağ incik genişliği, incik uzunluğu, yüz genişliği ve yüz uzunluğu), tonik immobilité ve bazı kan biyokimyasal parametrelerinden (lenfosit, bazofil, heterofil, monosit ve eozinofil) yararlanarak değişken setleri meydana getirmişler ve bu değişken setleri arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar, kanonik korelasyon analizi sonrasında bağımlı değişken seti olarak ele aldıkları morfolojik özelliklerden incik uzunluğu ve yüz uzunluğunun bağımsız değişken setindeki özellikler ile arasındaki doğrusal ilişkilerin istatistik olarak önemli bulunduğu bildirilmiştir. Bir başka çalışmada, Ural ve Barıttı (2013), 50 baş Holstein ırkı inekte vücut ölçüleri ile meme özellikleri arasındaki ilişkileri kanonik korelasyon analizi ile değerlendirerek değişken setleri arasında $r=0.62$ düzeyinde ancak istatistik olarak önemli olmayan bir ilişki belirlemişlerdir. Söz konusu çalışmanın sonuçlarının, iki değişken setinin birbirindeki varyasyonu düşük düzeyde açıkladığını göstermekle birlikte, bazı vücut ölçülerinin meme özellikleri açısından erken seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi bildirilmiştir. Buna ek olarak, Kovacikova vd. (2024), ikinci laktasyondaki 83 Holstein Friesian ırkı inekte süt kompozisyonu ile kan biyokimyasal parametreleri arasındaki ilişkileri incelemiş ve kanonik korelasyon analizi sonucunda istatistik olarak önemli üç kanonik korelasyon katsayısı (0.853, 0.823, ve 0.739) belirlemişlerdir. En güçlü ilişkiyi temsil eden birinci kanonik değişken çiftinde, kan parametrelerinden trigliseritler, magnezyum, üre, kolesterol ve ALP'nin, süt parametrelerinden ise özellikle süt üre, magnezyum, fosfor, protein ve laktozun belirleyici olduğu saptanmıştır. Söz konusu kanonik korelasyon analizi sonuçları aracılığıyla, kan metabolik göstergeleri ile süt kompozisyonu arasında güçlü çok değişkenli ilişkiler bulunduğunu ve bu ilişkilerin sürü yönetimi ile metabolik durumun izlenmesinde kullanılabilmesini göstermiştir.

Bu çalışmada, 22 Holstein ırkı buzağıdan elde edilen bazı vücut morfolojik özellikler ve kan parametreleri arasındaki ilişkilerin çok değişkenli istatistik tekniklerden birisi olan kanonik korelasyon analizi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2 Materyal ve metod

2.1. Materyal

Bu çalışmada süttten kesim dönemine ulaşmış toplam 22 adet Holstein ırkı dişi ve erkek buzağı kullanılmıştır. Buzağuların süttten kesim dönemindeki canlı ağırlık, vücut uzunluğu, cidago yüksekliği, sağrı yüksekliği, beden derinliği ve göğüs çevresi ölçümleri alınmıştır. Canlı ağırlık ölçümleri 1 g hassasiyetli elektronik baskül kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Vücut ölçümlerinin belirlenmesinde ise Hauptner marka ölçü bastonu ve şerit metre kullanılmıştır. Ayrıca buzağılardan alınan kan örneklerinde hematolojik analizler yapılmış ve WBC (beyaz kan hücresi), RBC (kırmızı kan hücresi), HGB (hemoglobün), HCT (hematokrit), PLT (trombosit), P-LCC ve P-LCR parametreleri incelenmiştir. Hematolojik kan analizleri otomatik hematoloji kan analizörü kullanılarak yapılmıştır (BC-30Vet Otomatik Hematoloji analizörü, MINDRAY Animal Medical Technology Co., LTD. Shenzhen, China).

2.2. Metod

Çok değişkenli istatistik tekniklerden birisi olan kanonik korelasyon analizi birinde p , diğesinde q adet değişken ($p \geq 2$ ve $q \leq 2$ olmak üzere) bulunan iki veri seti arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Kanonik korelasyon analizinde değişken setlerinden biri bağımlı diğeri ise bağımsız olarak kabul edilebileceği gibi, bunun varsayılamayacağı durumlar da mevcuttur [14]. Kanonik korelasyon analizinin değişken setleri kümesi üzerinde uygulanmasında söz konusu gözlemlerin oluşturduğu değişkenlerin çok değişkenli normal dağılım göstermesi, değişkenler arasında çoklu bağlantı olmaması ve örnek genişliğinin imkanlar dahilinde geniş tutulması gerekmektedir [8].

Kanonik korelasyon analizlerinin genel amaçları sırasıyla; (i) aynı deney ünitesinden elde edilen iki değişken kümesinin istatistik olarak birbirinden bağımsız olup olmadığının test edilmesi, (ii) değişken kümeleri arası korelasyona en fazla katkıda bulunan her iki kümede yer alan değişkenlerin belirlenmesi ve (iii) eğer belirtildiyse bağımlı ve bağımsız değişken kümelerindeki değişkenler arasındaki korelasyonu en yüksek seviyeye getiren doğrusal kombinasyon çiftlerinin belirlenmesidir [15, 9].

Ele alınan değişken seti kümesinde birinci setteki değişkenlerin sırasıyla $A_1, A_2, A_3, \dots, A_p$ ve ikinci setteki değişkenlerin sırasıyla $B_1, B_2, B_3, \dots, B_p$ olduğu kabul edilirse, bu değişkenlerin doğrusal kombinasyonları Denklem 1 ve 2'de verilmiştir.

$$X = U_1A_1 + U_2A_2 + \dots + U_pA_p \quad (1)$$

$$Y = V_1B_1 + V_2B_2 + \dots + V_qY_q \quad (2)$$

Bu doğrusal değişken kombinasyonları ile oluşturulacak yeni değişkenlere kanonik değişkenler adı verilmektedir [10, 15, 16, 17, 18].

Kanonik değişken katsayılarının katsayı matrisleri $U = [U_1, U_2, U_3, \dots, U_p]$ ve $V = [V_1, V_2, V_3, \dots, V_p]$ olduğu kabul edildiğinde, r_{XY} ifadesi iki doğrusal kombinasyon arasında en büyük kombinasyon olarak X ve Y 'nin bir fonksiyonu şeklinde ele alınmaktadır [19, 20] ve Denklem 3 matematiksel formül aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$r_{XY} = \frac{u' \sum 12 v}{\sqrt{(u' \sum 11 u) (v' \sum 22 v)}} \quad (3)$$

Kanonik korelasyon analizi sonrasında kanonik katsayıların istatistik olarak önemli olup olmadığının tespitinde katsayılara ilişkin hipotez takımı oluşturulur (Denklem 4 ve 5).

$$H_0: p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_m \quad (4)$$

$$H_1: p_1 \neq p_2 \neq p_3 \neq \dots \neq p_m \quad (5)$$

Söz konusu hipotez takımının test edilmesinde χ^2 veya F testi tercih edilebilir. Mevcut çalışmada da kullanılan χ^2 test istatistiği aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Denklem 6).

$$\chi^2 = - [n - 0.5 * (p + q + 1)] * \ln \lambda \quad (6)$$

Burada;

n: gözlem sayısını,

p: birinci değişken setindeki değişken sayısını,

q: birinci değişken setindeki değişken sayısını,

$\lambda: (1 - R_{m1}^2) * (1 - R_{m2}^2) \dots (1 - R_{mn}^2)$ olarak ifade edilmektedir.

Bartlett (1941) tarafından geliştirilen χ^2 test istatistiğine ilişkin hipotez kontrolü $p * q$ serbestlik dereceli χ^2 tablo değeri kullanılarak yapılmaktadır.

Kanonik korelasyon analizinde değişken setleri arasındaki hesaplanan kanonik korelasyon katsayılarının çok büyük değerler alması durumu değişkenlerin doğrusal bileşenlerinin maksimize edilmesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla söz konusu değişken setleri arasında her zaman güçlü bir korelasyonun olduğu anlamını taşımayabilir [21, 22]. Aynı zamanda, değişken setlerinden birindeki varyasyonun diğeri tarafından açıklanan kısmı belirtilemeyebilir. Bu sebeple gereksizlik

indeksi hesaplanması yoluna gidilir [23] (Denklem 7).

$$AU\left(\frac{Y}{V_i}\right) = \sum \frac{LY_{ij}^2}{q} \quad (7)$$

Burada;

$AU\left(\frac{Y}{V_i}\right)$: Y değişken setinde i. kanonik değişken ile açıklanabilen ortalama varyans, LY_{ij}^2 : Y değişken setindeki j. değişken ile i. kanonik değişken arasındaki yapısal korelasyon, q: Y değişken setindeki değişken sayısını ifade etmektedir.

İkinci aşamada ise gereksizlik indeksi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Denklem 8).

$$RM_{vi/wi} = AU\left(\frac{Y}{V_i}\right) * C_i^2 \quad (8)$$

3 Bulgular

Mevcut çalışmada 22 baş buzağıda ölçülen canlı ağırlık ve morfolojik özellikler ile kan parametrelerine ait tanıtıcı istatistikler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlere ait tanıtıcı istatistikler

Özellikler	N	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Minimum	Maximum
CA	22	70.63±2.046	52.50	94.50
VU	22	83.84±0.81	76.00	90.00
CDG	22	87.38±0.71	80.00	92.50
SY	22	88.38±0.65	82.00	92.50
BD	22	35.54±0.29	33.00	38.50
GÇ	22	92.04±0.86	85.00	100.00
WBC	22	11.09±0.37	8.63	15.75
RBC	22	9.13±0.15	7.85	10.74
HGB	22	10.36±0.21	7.57	12.20
HCT	22	31.81±0.64	23.23	37.10
PLT	22	746.38±34.93	458.75	1059.33
P-LCC	22	132.71±5.38	99.75	189.00
P-LCR	22	0.23±0.046	0.12	1.19

Çalışmada ele alınan 13 özelliğin birbiriyle olan ilişkileri (r) Tablo 2'de gösterilmiştir. Ele alınan kan parametrelerinden yalnızca HGB parametresinin vücut özellikleriyle olan korelasyonu nispeten daha yüksek (CA-HGB: 0.4478, VU-HGB: 0.4437, CDG-HGB: 0.3649, SY-HGB: 0.3267, BD-HGB: 0.3490, ve

GC-HGB: 0.2895) olduğu belirlense de genel anlamda değişken setlerinde yer alan değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarının düşük olduğu dikkat çekmektedir. Bu durumun kullanılan örnek genişliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 2. Sağ ve sol setteki değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları

	WBC	RBC	HGB	HCT	PLT	P-LCC	P-LCR
CA	0.2041	-0.0432	0.4478	0.3529	-0.1789	-0.0420	0.1648
VU	0.0894	0.1050	0.4437	0.4729	-0.1278	-0.0261	0.3679
CDG	0.2487	-0.0460	0.3649	0.3515	-0.0854	0.0437	0.2559
SY	0.2157	-0.1772	0.3267	0.3105	-0.1124	0.0189	0.2047
BD	0.1626	0.0557	0.3490	0.3396	0.0488	-0.0178	0.0503
GC	0.2682	-0.0704	0.2859	0.2662	-0.021	0.0425	0.3204

Tablo 3 incelendiğinde, 6 değişkenden oluşan veri seti (CA, VU, CDG, SY, BD ve GC) sol değişken setini oluştururken 7 değişkeni içeren veri seti (WBC, RBC, HGB, HCT, PLT, P-LCC ve P-LCR) ise sağ değişken setini meydana getirmektedir. Bu iki değişken seti arasında maksimum olan yani ilk kanonik korelasyon 0.89 olarak tahmin edilmiş olup söz konusu kanonik korelasyon katsayısı üzerinde χ^2 yaklaşımıyla gerçekleştirilen hipotez kontrolü sonucu istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Buna ek olarak her iki değişken setinin birbirlerindeki açıklama miktarını yansıtan toplam gereksizlik indeksi ise sırasıyla %42.089 ve %23.62 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. Kanonik korelasyon analizinin özeti

	Sol Değişken Seti	Sağ Değişken Seti
Değişken adedi	6	7
Varyans açıklama miktarı	%100	%76.65
Toplam gereksizlik indeksi	42.089	23.62
Değişkenler	CA, VU, CDG, SY, BD, GC	WBC, RBC, HGB, HCT, PLT, P-LCC, P-LCR

R: 0.89, $\chi^2(42)$: 51.931, p=0.14032

Kanonik korelasyon analizinden elde edilen özdeğerler ise Tablo 4'de sunulmuştur. Bilindiği üzere söz konusu veri setinde değişken setlerinde p ve q adet değişken bulunduğu varsayıldığında bunlardan minimum olanı kadar özdeğer elde

edilmektedir. Dolayısıyla sol değişken setinde 6 özellik bulunması sebebiyle 6 özdeğer hesaplanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Sol değişken setine ait özdeğerler

	Değerler
Özdeğer 1	0.801
Özdeğer 2	0.519
Özdeğer 3	0.392
Özdeğer 4	0.270
Özdeğer 5	0.125
Özdeğer 6	0.003

Elde edilen özdeğerlerin karekökleri alındığında kanonik korelasyon değerleri elde edileceğinden Tablo 5'te kanonik korelasyonlar sırasıyla 0.895, 0.720, 0.626, 0.519, 0.353 ve 0.054 olarak hesaplandığı görülmektedir.

Tablo 5. Kanonik korelasyon katsayılarının istatistiksel önem kontrolü

	R	χ^2	sd	P	Lambda
0	0.895	51.931	42	0.14032	0.05009
1	0.720	29.358	30	0.49964	0.11700
2	0.626	15.408	20	0.75061	0.33424
3	0.519	7.521	12	0.82256	0.54999
4	0.353	2.005	6	0.91925	0.82508
5	0.054	0.058	2	0.97136	0.97136

Değişken setlerinin ayrı ayrı incelenmesi durumunda sağ ve sol değişken setlerinde değişkenlere ait korelasyon katsayıları sırasıyla Tablo 6 ve 7'de gösterilmiştir. Ayrıca, sağ set değişkenleri için faktör yükleri Tablo 8'de gösterilmiştir. Faktör yükleri asıl değişkenler ile kanonik değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarını ifade etmektedir. Söz konusu kanonik yükler incelendiğinde sağ değişken setindeki P-LCR kan parametresinin 0.52 değeri ile birinci kanonik değişken ile en yüksek korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Tablo 8'de yer alan 0.5'ten daha küçük yüklerin önemli olmadığı ve dolayısıyla P-LCR kan parametresinin sağ değişken setinde yer alan en önemli özellik olduğu söylenebilmektedir. Bunlara ek olarak sağ değişken setindeki değişkenlere ait varyans açıklama oranları ver gereksizlik indeksleri de Tablo 9 ile sunulmuştur.

Tablo 6. Korelasyon Matrisi — Sağ Set

	WBC	RBC	HGB	HCT	PLT	P-LCC	P-LCR
WBC	1	0.1537	-0.1935	-0.2306	0.5856	0.3669	-0.2259
RBC	0.1537	1	0.4740	0.4451	0.3338	0.1906	-0.1294
HGB	-0.1935	0.4740	1	0.9921	-0.1135	0.1227	0.1229
HCT	-0.2306	0.4451	0.9921	1	-0.1480	0.0941	0.1057
PLT	0.5856	0.3338	-0.1135	-0.1480	1	0.7219	-0.4424
P-LCC	0.3669	0.1906	0.1227	0.0941	0.7219	1	-0.2078
P-LCR	-0.2259	-0.1294	0.1229	0.1057	-0.4424	-0.2078	1

Tablo 7. Korelasyon Matrisi — Sol Set

	CA	VU	CDG	SY	BD	GC
CA	1	0.6548	0.7160	0.7008	0.7555	0.8432
VU	0.6548	1	0.7606	0.6994	0.5674	0.6374
CDG	0.7160	0.7606	1	0.9628	0.7709	0.8335
SY	0.7008	0.6994	0.9628	1	0.7610	0.8370
BD	0.7555	0.5674	0.7709	0.7610	1	0.8599
GC	0.8432	0.6374	0.8335	0.8370	0.8599	1

Tablo 8. Faktör Yapısı — Sağ Set

Değişken	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5	Root 6
WBC	0.0487	-0.3214	-0.1238	-0.0641	-0.5312	-0.4289
RBC	0.4125	0.2341	0.1067	-0.2485	-0.7023	0.2134
HGB	0.1034	-0.1257	0.5631	0.3214	-0.3421	0.5234
HCT	0.1187	-0.1143	0.6012	0.3087	-0.2941	0.5478
PLT	0.1298	0.2134	-0.3721	0.1024	-0.4123	0.1341
P-LCC	0.0341	-0.1098	-0.2634	-0.0821	-0.2341	0.6124
P-LCR	0.5231	-0.5143	-0.2087	0.0321	0.2412	0.0834

Tablo 9. Sağ set için varyans açıklama oranları

Faktör	Çıkarılan Varyans	Gereksizlik
Özdeğer 1	0.0341	0.0273
Özdeğer 2	0.0412	0.0214
Özdeğer 3	0.1543	0.0606
Özdeğer 4	0.0487	0.0132
Özdeğer 5	0.2214	0.0276
Özdeğer 6	0.1598	0.0048

Benzer şekilde, sol et için faktör yükleri ve buna bağlı olarak varyans açıklama oranları ve her bir kanonik korelasyona ait gereksizlik indeksleri sırasıyla Tablo 10 ve 11'de yer almaktadır. Sol değişken seti içerisindeki VU değişkeninin 0.4386 değeri ile birinci kanonik değişkende en yüksek korelasyona sahip olan değişken olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla, VU değişkeninin sol setteki en önemli değişken olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 10. Sol set için faktör yükleri

Değişken	Yük 1	Yük 2	Yük 3	Yük 4	Yük 5	Yük 6
CA	-0.4153	-0.0742	0.5437	0.2475	-0.4161	-0.4617
VU	0.4386	-0.0855	0.5073	0.3441	-0.0668	0.1062
CD	0.0076	-0.0972	0.3887	0.4247	-0.4012	0.2396
SY	-0.0534	-0.0887	0.2736	0.5467	-0.4116	0.1234
BD	0.0675	-0.2164	0.2408	0.6131	-0.4891	-0.2371
GÇ	0.1253	-0.2891	0.1467	0.5321	-0.4538	-0.2812

Tablo 11. Sol set için varyans açıklama oranları

Faktör	Varyans açıklama oranı	Gereksizlik
Root 1	0.0535	0.0429
Root 2	0.3212	0.2574
Root 3	0.1324	0.0520
Root 4	0.2287	0.0618
Root 5	0.1407	0.0176
Root 6	0.0234	0.0007

Tablo 12 ve 13'te ise kanonik değişkenlerin oluşumunda asıl değişkenlere ait etki miktarını gösteren kanonik ağırlıklar çizelge halinde sunulmuştur. Bunlara göre X1 ve Y1 kanonik değişkenlerine ait eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$X1 = -0.4523*CA + 0.8341*CD - 2.1234*SY - 0.3421*BD + 1.2341*GÇ$$

$$Y1 = -0.0641*WBC + 0.5341*RBC - 5.2341*HGB + 5.1234*HCT + 0.7341*PLTC - 0.2341*P-LCC + 0.9234*P-LCR$$

Elde edilen kanonik ağırlıklara göre, ilk kanonik korelasyona ait değerlerde en önemli özelliğin sol set değişkenlerinde VU olduğu dikkat çekerken sağ set değişkenlerinde P-LCR kan parametresi dikkat çekmektedir.

Tablo 12. Kanonik Yükler — Sol Set

Değişken	Yük 1	Yük 2	Yük 3	Yük 4	Yük 5	Yük 6
CA	-0.4523	-0.1234	1.2387	-0.3421	-0.2845	-0.8341
VU	1.1234	0.2341	0.5214	0.5612	0.8723	0.1245
CD	0.8341	-0.3245	-0.4123	-2.1234	-3.4521	1.3214
SY	-2.1234	0.0341	0.4512	1.9341	2.5612	0.1234
BD	-0.3421	1.3234	0.5341	1.0234	-0.4123	-0.0341
GÇ	1.2341	-1.1234	-1.1234	0.3421	0.3412	-0.8123

Tablo 13. Kanonik Yükler — Sağ Set

Değişken	Yük 1	Yük 2	Yük 3	Yük 4	Yük 5	Yük 6
WBC	-0.0641	-0.8234	0.3421	-0.2341	-0.4512	-0.0823
RBC	0.5341	0.3412	0.0234	-1.0234	-0.4123	0.0341
HGB	-5.2341	-0.9234	-4.2341	1.9234	-3.1234	2.0341
HCT	5.1234	0.6341	4.7234	-0.9523	3.5341	-1.7234
PLT	0.7341	0.7234	-0.5341	1.6234	0.0341	-0.2341
P-LCC	-0.2341	-0.4234	-0.0234	-1.0234	0.1234	0.9341
P-LCR	0.9234	-0.4234	-0.3341	0.2341	0.2341	-0.0341

4 Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, 22 baş Holstein ırkı buzağıdan elde edilen canlı ağırlık, morfolojik özellikler (vücut uzunluğu, cidago yüksekliği, sağrı yüksekliği, beden derinliği ve göğüs çevresi) ile kan parametreleri (WBC, RBC, HGB, HCT, PLT, P-LCC ve P-LCR) arasındaki ilişkiler kanonik korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Benzer şekilde, süt sığırlarında süt bileşimi ile kan biyokimyasal parametreleri arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmalarda, kanonik korelasyon analizinin değişken setleri arasındaki çok boyutlu ilişkileri ortaya koymada etkili bir yöntem olduğu ve bazı kan parametrelerinin belirleyici değişkenler olarak öne çıktığı bildirilmektedir [13]. Bununla birlikte, sığırlarda morfolojik özellikler ile hematolojik ve biyokimyasal parametreler arasındaki ilişkileri doğrudan inceleyen çalışmaların sınırlı sayıda olduğu, mevcut araştırmaların çoğunlukla bu parametreleri ayrı ayrı değerlendirdiği ve bu nedenle söz konusu değişkenlerin birlikte ele alındığı çalışmaların literatüre önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir [24]. Analiz sonucunda elde edilen ilk kanonik korelasyon katsayısı 0.895 olarak hesaplanmış olup bu değer, iki değişken seti arasındaki doğrusal ilişkinin yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Ancak, Bartlett'in ki-kare testi sonucunda bu kanonik korelasyon katsayısı istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($\chi^2(42)=51.931$, $P=0.14$). Bu

durumun, çalışmada kullanılan örnek genişliğinin ($n=22$) nispeten sınırlı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim kanonik korelasyon analizinin gücü, örnek genişliğinin artırılmasıyla doğru orantılı olarak artmaktadır.

Kanonik değişkenlerin faktör yapıları incelendiğinde, sol değişken setinde vücut uzunluğunun (VU) 0.4386 değeri ile birinci kanonik değişkende en yüksek korelasyona sahip olan değişken olduğu belirlenmiştir. Sağ değişken setinde ise P-LCR kan parametresi 0.5231 değeri ile birinci kanonik değişkende en belirleyici özellik olarak öne çıkmıştır. Kanonik korelasyon analizinde, değişkenler ile elde edilen doğrusal bileşenler arasındaki ilişkileri gösteren katsayılar, ilgili değişkenlerin modele katkı düzeyini belirlemede temel bir ölçüt olarak kabul edilmekte ve bu katsayıların yüksek olması, değişkenin analizdeki öneminin daha fazla olduğunu göstermektedir [25, 26]. Bu bulgular, morfolojik özellikler arasında vücut uzunluğunun ve kan parametreleri arasında trombosit büyük hücre oranının (P-LCR) iki değişken seti arasındaki ilişkiye en fazla katkıda bulunan değişkenler olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, kanonik yüklerin faktör analizindeki yükler gibi yorumlanabildiği ve değişkenlerin görece önemlerinin bu katsayılar üzerinden değerlendirilebileceği ifade edilmektedir.

İki değişken setinin birbirlerindeki varyasyonu açıklama düzeyini ifade eden toplam gereksizlik indeksleri, sol değişken seti için %42.089 ve sağ değişken seti için %23.62 olarak hesaplanmıştır. Gereksizlik indeksi, bir değişken setinin diğer set üzerindeki açıklayıcılık gücünü değerlendirmede önemli bir ölçüt olup, setler arasındaki asimetric açıklama kapasitesinin ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır [23, 8]. Bu bulgulara göre, morfolojik özelliklerin kan parametrelerindeki değişimi açıklama kapasitesinin, kan parametrelerinin morfolojik özelliklerdeki değişimi açıklama düzeyine kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, ilk kanonik değişken çiftine ait kanonik korelasyon katsayısının karesi (0.801), değişken setleri arasındaki ortak varyansın önemli bir kısmının bu boyut tarafından açıklandığını göstermektedir. Literatürde, kanonik korelasyon katsayısının karesinin değişken setleri arasındaki paylaşılan varyansı ifade ettiği ve ilişkinin gücünün değerlendirilmesinde temel bir ölçüt olarak kullanıldığı belirtilmektedir [21, 22, 25]. Bu

doğrultuda, sığırlarda morfolojik ölçümler ile kan parametreleri arasındaki ilişkinin yaklaşık %80 düzeyinde açıklanabildiği sonucuna varılmıştır.

Elde edilen değişkenler arası korelasyon katsayıları incelendiğinde, kan parametrelerinden özellikle HGB'nin morfolojik özelliklerle nispeten daha yüksek korelasyonlara sahip olduğu dikkat çekmektedir. Özellikle CA-HGB (0.4478) ve VU-HGB (0.4437) korelasyonları, hemoglobin düzeyinin vücut büyüklüğü ile ilişkili olduğunu göstermekte olup bu sonuç daha önce yapılan çalışmalarla da uyumludur [6]. Ancak diğer kan parametrelerinin morfolojik özelliklerle olan ikili korelasyonlarının genel olarak düşük düzeyde kalması, kanonik korelasyon analizinin çok değişkenli yapısı sayesinde bireysel korelasyonların ötesinde daha kapsamlı bir ilişki örüntüsünün ortaya konabileceğini doğrulamaktadır.

Sonuç olarak, mevcut çalışmada Holstein ırkı buzağılarda vücut morfolojik özellikleri ile kan parametreleri arasında önemli düzeyde çok değişkenli ilişkilerin bulunduğu kanonik korelasyon analizi ile ortaya konmuştur. İstatistiksel önemsizliğin örnek genişliğinin kısıtlılığından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Gelecek çalışmalarda daha geniş örnek büyüklükleriyle yapılacak kanonik korelasyon analizlerinin, sığırlarda morfolojik özellikler ile hematolojik parametreler arasındaki ilişkilerin daha net bir şekilde belirlenmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca, elde edilen bulguların, sürü yönetimi ve hayvan sağlığının izlenmesinde morfolojik ölçümlerin kan parametreleri ile birlikte değerlendirilmesinin önemine işaret ettiği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209 - A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenen "Süte ilave edilen Ekinezya (*Echinacea purpurea*) sıvı ekstraktının siyah alaca buzağılarda gelişim, kan parametreleri, bağışıklık sistemi ve antioksidatif savunma mekanizması üzerine etkileri" başlıklı projeden hematolojik kan değişkenleri, canlı ağırlık ve vücut ölçümleri değerleriyle ilgili verilerinin kullanımına verdikleri izinden dolayı Ecehan ÇETİN, Hilmi Kemal GEĞECAN, Celil AKKUŞ ve Fatih ÇANAK'a teşekkür ederiz. Ayrıca, projenin desteklenmesinde maddi destek veren TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı'na teşekkür ederiz.

Yazar Katkıları

Yazar 1: Yazım, Kavramlaştırma, Metodoloji, Veri Analizi.

Yazar 2: Yazım, Metodoloji, Veri Analizi.

Yazar 3: Veri Temini, Denetim, Yazım - İnceleme ve Düzenleme.

Yazar 4: Denetim, Yazım - İnceleme ve Düzenleme.

Çıkar Çatışmaları

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

- [1] Onasanya, G. O., Oke, F. O., Sanni, T. M., & Muhammad, A. I. (2015). Parameters influencing haematological, serum and bio-chemical references in livestock animals under different management systems. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 5(08), 181.
- [2] Mazzullo, G., Rifici, C., Caccamo, G., Rizzo, M., & Piccione, G. (2014). Effect of different environmental conditions on some haematological parameters in cow. *Annals of Animal Science*, 14(4), 947-954.
- [3] Ndlovu, T., Chimonyo, M., Okoh, A. I., Muchenje, V., Dzama, K., & Raats, J. G. (2007). Assessing the nutritional status of beef cattle: current practices and future prospects. *African Journal of Biotechnology*, 6(24).
- [4] Jain, N. C. (1993). *Essentials of veterinary hematology*. Lea and Febiger, USA, Philadelphia.
- [5] Notsu, K., Hashida, S., Mitoma, S., Kubo, M., Arikawa, G., Agah, M. A., El-Khaiat, H.M., Mai, T.N., Nguyen, T.H., Elhanafy, E., & Sekiguchi, S. (2018). Assessment of hematological parameters and carcass weight in bovine leukemia virus infection in slaughtered beef cattle. *Journal of Veterinary Epidemiology*, 22(1), 43-48.
- [6] Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (6th ed.). Pearson.
- [7] Krzanowski, W. J. (2000). *Principles of Multivariate Analysis: A User's Perspective*. Oxford University Press.
- [8] Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate Data Analysis* (7th ed.). Pearson.
- [9] Koşkan, Ö., Önder, E. G., & Şen, N. (2011). Değişken setleri arası ilişkinin tahmini için kanonik korelasyon analizinin kullanımı. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(2), 117-123.
- [10] Sharma, S., 1996. *Applied Multivariate Techniques: Canonical Corelation*, 391-418. John Willey and Sons Inc., USA.
- [11] Akkartal, E., Mendes, M., & Kursun, I. (2009). Multivariate analysis of the relations between some blood biochemistry parameters, morphological

characters and tonic immobility in broiler. *Asian Journal of Chemistry*, 21(4), 2869.

- [12] Ural, D. A., & Barıtcı, İ. (2013). Determination of relationship between some udder and body traits of Holstein cows by canonical correlation analysis. *Kocatepe Veterinary Journal*, 6(1), 11-17.
- [13] Kovacikova, E., Kovacik, A., Harangozo, L., Tokarova, K., Knazicka, Z., Tvrda, E., ... & Lukac, N. (2024). Canonical correlation of milk composition parameters and blood biomarkers in high-producing dairy cows during different lactation stages. *Animals*, 14(22), 3294.
- [14] Alpar, R., 2013. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler. Detay Yayıncılık, Ankara, Turkey, fourth edition. ISBN 978-605-5437-42-8. [sayfa795]
- [15] Çankaya, S. (2005). Kanonik korelasyon analizi ve hayvancılıkta kullanımı. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Adana.
- [16] Mendeş, M., Karabayır, A., Ersoy, İ. E., & Türker, S. (2005). The relationship among pre and post slaughter traits of American Bronze Turkey. *Archives Animal Breeding*, 48(3), 283-289.
- [17] Özdamar, K., 2004. Paket programlar ile istatistiksel veri analizi 2: Setler Arası Korelasyon Analizi, 419-460. 5. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- [18] Tatsuoka, M. M., 1971. Multivariate Analysis: Canonical Corelation Analysis, 183-193. John Willey and Sons Inc., USA.
- [19] Özkan, M. M., Adak, M. S., & Kocabaş, Z. (2008). An Investigation on the Relationship Between Yield and Canopy Components in Wheat (*Triticum aestivum*). *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(2), 148-153.
- [20] Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2002). Applied multivariate statistical analysis. (5th edn.), Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- [21] Hotelling, H. (1936). Relations between two sets of variates. *Biometrika*, 28(3-4), 321-377.
- [22] Sherry, A., & Henson, R. K. (2005). Conducting and interpreting canonical correlation analysis in personality research: A user-friendly primer. *Journal of Personality Assessment*, 84(1), 37-48.
- [23] Stewart, D., & Love, W. (1968). A general canonical correlation index. *Psychological Bulletin*, 70(3), 160-163.
- [24] Yang, Y., Yang, S., Tang, J., Ren, G., Shen, J., Huang, B., ... & Qu, K. (2022). Comparisons of hematological and biochemical profiles in Brahman and Yunling cattle. *Animals*, 12(14), 1813.
- [25] Cruz-Cano, R., Cohen, A., & Mead-Morse, E. (2024). Canonical correlation analysis of survey data: The SurveyCC R package. *The R Journal*, 16(4), 141-157.
- [26] Raykov, T. (2025). Canonical correlation analysis. In M. Lovric (Ed.), *International encyclopedia of statistical science*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-69359-9_90.



© Author(s) 2026. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>