KSÜ Tarım ve Doğa Derg 29 (4), 1067-1077, 2026
KSU J. Agric Nat 29 (4), 1067-1077, 2026
DOI:10.18016/ksutarimdoga.vi.1634951

# Arap Atlarında Koşu Performansını Etkileyen Bazı Faktörlerin Karar Ağacı Yöntemlerinden CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT ile İncelenmesi

Seyhan Şerife IŞIK TAÇYILDIZ[1], İsa YILMAZ[2]✉, Ali KAYGISIZ[3]
[1]Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Elbistan Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, [2]Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye, [3]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye
[1]https://orcid.org/0000-0003-3581-6635, [2]https://orcid.org/0000-0001-6796-577X, [3]https://orcid.org/0000-0002-5302-2735
✉: isa.yilmaz@alparslan.edu.tr

## ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'deki Arap yarış atlarının koşu performansını (hız) etkileyen başlıca faktörleri (pist tipi, yaş, mesafe, şehir vb.) belirlemek ve bu amaçla kullanılan CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT karar ağacı algoritmalarının performanslarını karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmanın materyalini Türkiye Jokey Kulübü tarafından düzenlenen ve bilgileri yayınlanan koşu atlarının 2020-2024 yılları arasındaki 11.366 yarışa ait bilgileri oluşturmuştur. Yarış atlarının don rengi, cinsiyet, yarıştırıldıkları iller ve koşunun yapıldığı zemin özellikleri gibi faktörler dikkate alınarak, koşu performansları ve hızlarının karar ağacı yöntemlerinden Otomatik Ki-Kare Etkileşim Belirleme Analizi (CHAID), Exhaustive CHAID ve Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (CRT) ile karşılaştırılmıştır. Karar ağacı yöntemleri IBMM SPSS İstatistik 20.0 Paket Programı ile değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerin başarı karşılaştırılması ise "R" programı yardımıyla yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda atların ortalama koşu hızı 13.862 m $sn^{-1}$, koşu süresinin ise 116.57 sn olarak belirlenmiştir. Koşu hızı üzerinde en belirleyici faktörün pist tipi olduğu tespit edilmiş olup, çim pistlerde en yüksek hız değerlerine (Ort. 14.519 m $sn^{-1}$) ulaşıldığı görülmüştür. Yöntem karşılaştırmasında ise en yüksek $R^2$ değeri (0.496) CRT algoritmasından elde edilmiştir. Koşu hızını en çok etkileyen atların yarıştığı pist tipi olmuştur. Yöntemlerin karşılaştırılmasında en yüksek $R^2$ değeri CRT'de elde edilmiştir. Regresyon ağacı yöntemlerinin at yarışlarıyla ilgili verilerin değerlendirilmesinde bir birlerine yakın sonuçlar vermesi, bu metotların benzer çalışmalarda başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

**Zootekni**

**Araştırma Makalesi**

**Makale Tarihçesi**
Geliş Tarihi : 06.02.2025
Kabul Tarihi : 23.11.2025

**Anahtar Kelimeler**
Arap Atı
Don
Koşu Performansı
Yarış Pisti
Karar Ağacı

# Investigation of Some Factors Affecting Running Performance in Arabian Horses Using Decision Tree Methods CHAID, Exhaustive CHAID and CRT

## ABSTRACT

This study was conducted to compare the performance of racehorses from different provinces in Türkiye using the regression tree method. The material of this study consisted of information from 11,366 races organized and published by the Jockey Club of Türkiye between 2020 and 2024. Considering factors such as coat color, gender, provinces where the racehorses were raced, and the characteristics of the ground where the race was held, the race performances and speeds of the racehorses were compared with decision tree methods, Chi-Squared Automatic Interaction Detector (CHAID), Exhaustive CHAID, and Classification and Regression Trees (CRT). Decision tree methods were evaluated with IBM SPSS Statistics 20.0 Package Program. The success comparison of these methods was made with the help of the "R" program. As a result of the evaluation, it was determined that the average racing speed of the horses were 13.862 m $s^{-1}$ and racing time were 116.57 s. The track type where the horses competed was the most effective on the speed. In the comparison of the methods, the highest $R^2$ value was obtained in CRT.

**Animal Science**

**Research Article**

**Article History**
Received : 06.02.2025
Accepted : 23.11.2025

**Keywords**
Arabian Horse
Coat color
Hippodrome
Race Track
Regresion Tree

The fact that regression tree methods gave similar results in the evaluation of horse racing data showed that these methods can be used successfully in similar studies.

**Atıf Şekli:** Işık Taçyıldız, S.Ş., Yılmaz, İ., & Kaygısız, A., (2026). Arap Atlarında Koşu Performansını Etkileyen Bazı Faktörlerin Karar Ağacı Yöntemlerinden CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT ile İncelenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 29* (4), 1067-1077. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.1634951

**To Cite:** Işık Taçyıldız, S.Ş., Yılmaz, İ., & Kaygısız, A., (2026). Investigation of Some Factors Affecting Running Performance in Arabian Horses Using Decision Tree Methods CHAID, Exhaustive CHAID and CRT. *KSU J. Agric Nat 29* (4), 1067-1077. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.1634951

## GİRİŞ

Atlar tarih boyunca, ulaşım, taşıma ve savaş aracı olarak bir çok görevler ve roller üstlenmişlerdir. Atların, birçok araştırmacıya göre ilk kez Orta Asya Türkleri tarafından evcilleştirildiği düşünülmektedir Orta Asya coğrafyasında yaşayan Türkler, atları Çin'den Batı Avrupa'ya kadar olan bölgelerde ulaşım ve taşımada göç ve savaş aracı olarak kullanmışlardır (Yılmaz ve Ertuğrul, 2012).

Geçmişte tarımda, askeriyede, ulaşımda, ayrıca binek hayvanı olarak insan hayatında çok önemli bir yeri olan at yetiştiriciliğinde zamanla önemli değişiklik olmuştur. Günümüzde yarış ve spor amaçlı at yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dolayısıyla at yetiştiriciliğinde yarış performansı önem taşımaktadır.

Atlar, morfolojik yapılarına ve işlevsel özelliklerine göre genel olarak iki temel grupta değerlendirilmektedir. Bu gruplandırma sıcakkanlı ve soğukkanlı at ırkları şeklindedir. Sıcakkanlı atlar –örneğin Arap ve İngiliz ırkları– genellikle hafif vücut yapıları, çeviklikleri ve dayanıklılıkları sayesinde yarış ve binicilik amacıyla tercih edilmektedir. Öte yandan, soğukkanlı ırklar arasında yer alan Arden, Nonyüs ve Belçika atları, iri cüsseleri ve güçlü kas yapıları sayesinde daha çok tarımsal faaliyetler ve yük taşımacılığında kullanılmaktadır (Anonim, 2025).

Arap atları, kökeni M.Ö. 2000'li yıllara kadar uzanan ve günümüzde bilinen en eski ve asil at soylarından biri olarak kabul edilmektedir. Kendine özgü zarif vücut yapısı, yüksek genetik kalitesi, dayanıklılığı ve karakteristik "kuyruk tutma" özelliği ile ön plana çıkan bu ırk, hem yarışçılıkta hem de binicilikte yaygın olarak değerlendirilmektedir (Doğan ve ark., 2002).

Atların performans özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, belirli bir mesafe için yarış süresi ve koşu hızı performansın en iyi ölçüsüdür. Bununla birlikte, yarış sırasında kaydedilen yarış süreleri, o yarışla ilişkili tüm koşulların toplamından etkilenir. Koşu süreleri mesafeye, parkura, pist koşullarına ve antrenörlerin ve jokeylerin taktiklerine göre değişir. Dahası, yarış arkadaşlarının kalitesi ve atlar arasındaki rekabet, bir yarıştaki atın hızını değiştirebilir ve bu nedenle performans kayıtlarını etkileyebilir (Schurink ve ark., 2009; Sobczyńska, 2011).

Ülkelerin yaşam tarzı ve koşullarına bağlı olarak, at yetiştiriciliği yapılmasının bazı nedenlerini geçmişten günümüze sıralamak gerekirse; savaş aracı olarak, besin kaynağı olarak, arazi işlerinde, yük taşımada, binek olarak, sportif faaliyetlerde, binicilikte ve turizm amaçlı kullanıldıkları söylenebilir. Günümüzde daha çok atların, yarışlarda, devletlerin yabancı misafirlerini karşılama törenlerinde, emniyet güçlerinin şehiriçi görevlerinde, bazı rehabilitasyon merkezlerinde ve turizm amaçlı organizasyonlarda kullanılmaları ön plana çıkmaktadır.

Hız, yarışlardaki başarıyla yakından ilişkilidir, çünkü bir yarışın galibi, parkur boyunca en yüksek ortalama hızını koruyan bireydir (Sobczyńska, 2011). Atlarda yarış süresi bir çok çalışmaya konu olmuştur. Tırıs yarışlarında (Bugislaus ve ark., 2002), Throughbred atlarında (Mota ve ark., 2005; Bakhtiari ve Kashan, 2009) ve Arap atlarında (Sabeva, 2000; Ekiz ve Koçak, 2005, Köseman ve Özbeyaz, 2009, Schurink ve ark., 2009) bilimsel çalışmalar yapılmıştır.

Yarış atlarının performansı etkileyen çevresel faktörler arasında; cinsiyet, yaş, doğum ağırlığı, mesafe, handikap ağırlığı, pist tipi ve parkur yapısı, ana yaşı, konulan ikramiye, koşan at sayısı, atın pistteki koştuğu yer, binici deneyimi gibi faktörler sayılabilir (Köseman ve Şeker, 2018). Bununla birlikte atın vücudunu kaplayan kıl örtüsü (don) de önemli bir özelliktir. Don rengi aynı zamanda atın morfolojik olarak tanımlanmasında kullanılmaktadır (Boztepe ve Aytekin, 2013).

Atlarda yarış performansını genotip, vücut yapısı ve çevresel faktörler etkiler. Bu çevresel faktörler arasında bakım - besleme, idman, mesafe, handikap ağırlığı, binicinin durumu, ana yaşı, hastalıklar gibi faktörler sayılabilir. Yarış performansının ıslahı için yapılacak çalışmalarda bu durumun göz önünde bulundurulması, ıslah programlarının başarısı için önemlidir (Paksoy ve Ünal, 2010).

At yetiştiriciliği, hem ekonomik açıdan önemli bir sektör hem de milyonlarca insan için neşe ve eğlence kaynağıdır. Bu çerçevede, at yarışları at yetiştiriciliğinin en temel ve dikkat çeken alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu yarışlar küçük çaplı olarak turizm alanlarında, sokak panayırlarında ve rekreasyonel yerel yarışmalarda v.s

olurken, ulusal ve uluslararası düzeyde ise geniş çaplı olarak yapılmaktadır. Türkiye'de geniş çaplı yarışma organizasyonlarında en çok kullanılan ve hem de yetiştiriciliği yapılan at ırkı Arap atıdır.

Yarışlar, yalnızca yetiştirilen atların fiziksel kapasitelerini değil, aynı zamanda genetik özelliklerini, antrenman süreçlerinin etkinliğini ve çevresel koşullara adaptasyonlarını da yansıtan önemli performans göstergeleridir. Bu performans verilerinin doğru şekilde analiz edilmesi, hem yetiştiriciler hem de yarış organizatörleri açısından stratejik kararlar alınmasına olanak sağlar. Özellikle farklı atların yarış sonuçlarının karşılaştırılması, başarıyı etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve gelecekteki performans tahminlerinin yapılabilmesi için nesnel ve sistematik yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada istatistiksel modelleme teknikleri, karmaşık veriler arasındaki ilişkileri ortaya koyma ve anlamlı sonuçlar üretme açısından vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir.

CHAID, CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT karar ağacı yöntemleri; veri madenciliğinde sınıflama ve regresyon amaçlı yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan algoritmalardır. CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detector), bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ki-kare testi ile değerlendirerek çoklu dallanma yapısı kurar ve yorumlaması kolay modeller sunar (Krzywinski & Altman, 2017).

Exhaustive CHAID, CHAID'in daha kapsamlı bir versiyonu olup tüm olası bölünme kombinasyonlarını inceleyerek en anlamlı ayrımı yapar; ancak daha fazla işlem süresi gerektirir (Gunduz & Lutfi, 2021). CRT (Classification and Regression Trees) ise yalnızca ikili dallanma yapısıyla çalışır ve sürekli değişkenler için daha uygun, sade fakat derin modeller üretir (Krzywinski & Altman, 2017).

Her üç yöntem de özellikle karmaşık biyolojik verilerin analizinde etkili ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır (Mohammadi-Pirouz et al., 2024; Pattath et al., 2024). Bu nedenle karar ağacı tabanlı yöntemlerin tarımsal araştırmalarda kullanımı son yıllarda artmış olup, CHAID algoritmasının farklı tarımsal verilerin ve ilişkilerin analizinde etkin bir yöntem olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Kılıç Topuz ve ark., 2022)

Literatürde at performansını etkileyen faktörler incelenmiş olsa da, Türkiye'deki Arap atları popülasyonu üzerinde CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak ve bu genişlikte bir veri seti (n=11,366) ile uygulandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma, bu algoritmaların performans tahminindeki göreceli etkinliğini değerlendirerek literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

## MATERYAL ve METOD

### Araştırma Materyali

Bu çalışmada kullanılan veriler, Türkiye Jokey Kulübü'nün (TJK) kamuya açık veritabanından temin edilmiştir. Çalışmada, 2020–2024 yılları arasında 493 Arap atının katıldığı toplam 11.366 yarışa ait veriler değerlendirilmiştir. Çalışmada, 2020–2024 yılları arasında 493 Arap atının katıldığı toplam 11.366 yarışa ait veriler değerlendirilmiştir. Analizler, söz konusu veritabanında mevcut olan koşu süresi gibi performans metriklerine dayanarak yapılmıştır. Jokey deneyimi, antrenman programları gibi diğer potansiyel etkenlere ilişkin verilere erişim imkânı olmaması, çalışmanın başlıca sınırlılığını oluşturmaktadır (TJK, 2025).

Çalışma, deneysel müdahale içermeyen tarımsal verilerin değerlendirilmesi kapsamında yer aldığından dolayı etik kurul onayı gerektirmemektedir (Anonim, 2011). Ayrıca, kullanılan veriler Türkiye Jokey Kulübü tarafından kamuya açık biçimde yayımlandığından, kurum izni alınmasına gerek duyulmamış; veriler ilgili kuruma uygun şekilde atıf yapılarak kullanılmıştır.

Veriler için koşuların yapıldığı yıl, şehir, mesafe ve pistlere göre derece ve süreye ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de ve atlara ait cinsiyet, don, at yaşı ve ana yaşına ait tanımlayıcı istatistikler ise Çizelge 2'de verilmiştir.

### Metod

#### Araştırma rakamlarının toplanması

Araştırmada koşu performansının değerlendirilmesinde koşu süresi ve koşu hızı olarak iki kriter dikkate alınmıştır. Yarışa katılan her at için yarış sonunda "dakika:saniye:santisaniye" şeklinde bir koşu derecesi oluşmaktadır. Elde edilen bu koşu dereceleri daha sonra saniye cinsinden koşu süresine çevrilmiştir. Koşu süresinin mesafeye bölünmesi ile de koşu hızı elde edilmiştir.

Koşu süresi : (dakika*60 + saniye + santisaniye/100) (sn) iken, Koşu hızı : Koşu süresi/mesafe (m/sn) şeklinde ifade edilmiştir.

Yarış atlarının don rengi (Al, Kır, Kızılkır, Doru); cinsiyet (Dişi ve Erkek), yarıştırıldıkları iller (Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Elazıg, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Şalıurfa) ve koşunun yapıldığı zemin (pist) (Kum, Çim, Sentetik) özellikleri gibi faktörler, yaş (2, 3, .....10) ve koşu mesafesi (metre) (1000, 1100, 1200, .....2200, 2400) dikkate alınarak, koşu performansları (Koşu süresi sn, koşu hızı: m sn-1) için karar ağacı yöntemlerinden CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Koşu yılı, şehir, mesafe ve pistlere göre koşu süresi ve koşu hızı tanımlayıcı istatistikleri
*Table 1. Descriptive statistics of racing time and racing speed by year, city, distance, and track*

| | | Koşu hızı (racing speed) ( m/sn) | | | | | | Koşu Süresi (racing time) (sn) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GENEL | | N | X | SD | SE | Min | Max | N | X | SD | SE | Min | Max |
| | | 11366 | 13.86 | 0.79 | 0.01 | 7.21 | 15.66 | 11366.00 | 116.57 | 26.46 | 0.25 | 64.26 | 235.91 |
| YILLAR | 2020 | 2005 | 13.92 | 0.74 | 0.02 | 9.12 | 15.56 | 2005 | 114.41 | 27.21 | 0.61 | 64.26 | 186.78 |
| | 2021 | 2397 | 13.90 | 0.75 | 0.02 | 8.99 | 15.44 | 2397 | 117.60 | 25.91 | 0.53 | 65.32 | 207.73 |
| | 2022 | 2423 | 13.83 | 0.81 | 0.02 | 10.15 | 15.52 | 2423 | 116.89 | 26.13 | 0.53 | 65.24 | 203.33 |
| | 2023 | 2366 | 13.87 | 0.76 | 0.02 | 9.84 | 15.54 | 2366 | 117.03 | 26.38 | 0.54 | 66.15 | 190.28 |
| | 2024 | 2175 | 13.79 | 0.89 | 0.02 | 7.21 | 15.66 | 2175 | 116.58 | 26.71 | 0.57 | 65.35 | 235.91 |
| ŞEHİR | Adana | 1158 | 13.88 | 0.60 | 0.02 | 10.39 | 15.43 | 1158 | 115.28 | 25.50 | 0.75 | 67.71 | 192.51 |
| | Ankara | 1288 | 14.05 | 0.64 | 0.02 | 10.49 | 15.37 | 1288 | 118.45 | 27.54 | 0.77 | 65.32 | 177.19 |
| | Antalya | 406 | 13.91 | 0.59 | 0.03 | 10.74 | 15.17 | 406 | 117.26 | 27.44 | 1.36 | 70.03 | 183.69 |
| | Bursa | 1771 | 14.06 | 0.69 | 0.02 | 10.73 | 15.66 | 1771 | 114.05 | 25.42 | 0.60 | 64.26 | 180.71 |
| | Diyarbakır | 253 | 12.65 | 0.88 | 0.06 | 7.21 | 14.24 | 253 | 125.72 | 28.89 | 1.82 | 74.34 | 235.91 |
| | Elazığ | 635 | 12.86 | 0.71 | 0.03 | 8.99 | 14.34 | 635 | 124.39 | 27.70 | 1.10 | 75.05 | 197.12 |
| | İstanbul | 1934 | 14.38 | 0.50 | 0.01 | 10.86 | 15.50 | 1934 | 113.67 | 26.82 | 0.61 | 64.84 | 203.33 |
| | İzmir | 2161 | 13.99 | 0.63 | 0.01 | 11.00 | 15.48 | 2161 | 114.07 | 26.09 | 0.56 | 65.75 | 190.28 |
| | Kocaeli | 1013 | 13.68 | 0.56 | 0.02 | 9.15 | 14.77 | 1013 | 115.65 | 22.47 | 0.71 | 71.02 | 207.73 |
| | Şanlıurfa | 747 | 12.80 | 0.77 | 0.03 | 9.12 | 14.54 | 747 | 127.19 | 26.33 | 0.96 | 73.21 | 190.70 |
| MESAFE | 1000 | 161 | 14.15 | 0.88 | 0.07 | 11.21 | 15.56 | 161 | 70.98 | 4.78 | 0.38 | 64.26 | 89.22 |
| | 1100 | 93 | 14.15 | 0.64 | 0.07 | 12.26 | 15.50 | 93 | 77.90 | 3.58 | 0.37 | 70.99 | 89.75 |
| | 1200 | 1784 | 13.97 | 0.84 | 0.02 | 9.16 | 15.54 | 1784 | 86.24 | 5.79 | 0.14 | 77.22 | 131.03 |
| | 1300 | 962 | 14.20 | 0.75 | 0.02 | 10.63 | 15.43 | 962 | 91.83 | 5.17 | 0.17 | 84.26 | 122.29 |
| | 1400 | 2143 | 13.99 | 0.69 | 0.02 | 9.12 | 15.66 | 2143 | 100.31 | 5.38 | 0.12 | 89.39 | 153.46 |
| | 1500 | 766 | 14.07 | 0.66 | 0.02 | 11.12 | 15.28 | 766 | 106.87 | 5.26 | 0.19 | 98.14 | 134.94 |
| | 1600 | 724 | 13.96 | 0.79 | 0.03 | 10.55 | 15.32 | 724 | 115.03 | 7.06 | 0.26 | 104.44 | 151.73 |
| | 1700 | 347 | 13.26 | 1.06 | 0.06 | 7.21 | 15.25 | 347 | 129.09 | 11.64 | 0.62 | 111.46 | 235.91 |
| | 1800 | 583 | 13.49 | 0.93 | 0.04 | 10.34 | 15.12 | 583 | 134.06 | 9.72 | 0.40 | 119.08 | 174.13 |
| | 1900 | 1289 | 13.62 | 0.76 | 0.02 | 9.15 | 15.05 | 1289 | 140.02 | 8.38 | 0.23 | 126.24 | 207.73 |
| | 2000 | 1409 | 13.62 | 0.73 | 0.02 | 10.15 | 15.07 | 1409 | 147.25 | 8.34 | 0.22 | 132.68 | 197.12 |
| | 2100 | 620 | 13.70 | 0.62 | 0.02 | 11.04 | 14.87 | 620 | 153.66 | 7.36 | 0.30 | 141.19 | 190.28 |
| | 2200 | 370 | 13.99 | 0.48 | 0.03 | 12.50 | 14.86 | 370 | 157.48 | 5.57 | 0.29 | 148.05 | 175.97 |
| | 2400 | 115 | 14.15 | 0.42 | 0.04 | 11.80 | 14.73 | 115 | 169.74 | 5.45 | 0.51 | 162.92 | 203.33 |
| PİST | Çim | 3133 | 14.52 | 0.52 | 0.01 | 10.74 | 15.66 | 3133 | 111.28 | 26.81 | 0.48 | 64.26 | 203.33 |
| | Kum | 6934 | 13.49 | 0.71 | 0.01 | 7.21 | 15.02 | 6934 | 119.05 | 25.88 | 0.31 | 68.79 | 235.91 |
| | Sentetik | 1299 | 14.28 | 0.47 | 0.01 | 10.86 | 15.26 | 1299 | 116.10 | 26.79 | 0.74 | 66.17 | 186.21 |

CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detection), Exhaustive CHAID ve CRT (Classification and Regression Tree). Bu yöntemler, özellikle biyolojik verilerde önemli değişkenleri belirleme ve sınıflama amacıyla yaygın şekilde tercih edilmektedir (Kotsiantis, 2013; Kass, 1980). Sınıflama ağaçları (Classification Trees), kesikli bağımlı değişkenleri etkenlere göre sınıflandırmak için kullanılırken; regresyon ağaçları (Regression Trees) sürekli bağımlı değişkenleri etkenlere göre sınıflandırır.

Çalışma kapsamında CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT karar ağacı yöntemleri veri madenciliğinde kullanılan yöntemler olup, bu çalışmada karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Veri madenciliği, büyük ve karmaşık veri kümeleri içerisinden anlamlı, kullanılabilir ve örüntü içeren bilgilerin ortaya çıkarılmasına yönelik sistematik bir süreçtir (Küçükönder ve ark., 2014). Bu kapsamda en yaygın kullanılan yaklaşımlardan biri, ağaç tabanlı sınıflama ve regresyon algoritmalarıdır. Bağımlı değişkenin yapısına göre bu algoritmalar; sürekli değişkenler için regresyon ağaçları, kategorik değişkenler için ise sınıflama ağaçları şeklindedir (Koç, 2016; Oruçoğlu, 2011).

CART, CHAID ve Exhaustive CHAID gibi algoritmalar, nominal, ordinal ve sürekli ölçekteki değişkenlerle çalışabilen parametrik olmayan istatistiksel yöntemlerdir (Ali ve ark., 2015). Bu tekniklerin önemli avantajlarından biri, klasik parametrik analizlerde aranan normallik ve varyans homojenliği gibi varsayımlara ihtiyaç duymadan analiz gerçekleştirebilmeleridir (Özdamar, 2003; Mendeş ve Akkartal, 2009).

Çizelge 2. Koşu atlarına ait cinsiyet, don, at yaşı ve ana yaşı tanımlayıcı istatistikleri
*Table 2. Descriptive statistics of horses used in races by sex, coat color, age, and dam age*

| | | Koşu hızı (racing speed) ( m/sn) | | | | | | Koşu Süresi (racing time) (sn) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GENEL | | N | X | SD | SE | Min | Max | N | X | SD | SE | Min | Max |
| | | 11366 | 13.86 | 0.79 | 0.01 | 7.21 | 15.66 | 11366.00 | 116.57 | 26.46 | 0.25 | 64.26 | 235.91 |
| CİNSİYET | Erkek | 6798 | 13.86 | 0.81 | 0.01 | 7.21 | 15.66 | 6798 | 118.61 | 26.79 | 0.32 | 64.26 | 235.91 |
| | Dişi | 4568 | 13.86 | 0.77 | 0.01 | 9.46 | 15.54 | 4568 | 113.53 | 25.66 | 0.38 | 64.84 | 197.12 |
| DON | Al | 5426 | 13.88 | 0.79 | 0.01 | 9.12 | 15.56 | 5426 | 116.76 | 26.31 | 0.36 | 64.26 | 207.73 |
| | Kır | 2921 | 13.80 | 0.85 | 0.02 | 7.21 | 15.52 | 2921 | 116.32 | 26.76 | 0.50 | 65.35 | 235.91 |
| | Doru | 2775 | 13.93 | 0.73 | 0.01 | 8.99 | 15.66 | 2775 | 114.83 | 26.27 | 0.50 | 65.69 | 189.01 |
| | Kızılkır | 244 | 13.56 | 0.60 | 0.04 | 10.71 | 14.92 | 244 | 135.29 | 20.46 | 1.31 | 82.35 | 190.28 |
| AT YAŞI | 2 | 34 | 13.68 | 0.80 | 0.14 | 12.41 | 15.10 | 34 | 95.32 | 12.19 | 2.09 | 75.34 | 120.83 |
| | 3 | 2773 | 14.01 | 0.78 | 0.01 | 9.12 | 15.56 | 2773 | 93.91 | 13.77 | 0.26 | 64.26 | 192.51 |
| | 4 | 3789 | 13.80 | 0.82 | 0.01 | 7.21 | 15.66 | 3789 | 120.74 | 24.99 | 0.41 | 73.11 | 235.91 |
| | 5 | 1829 | 13.87 | 0.80 | 0.02 | 8.99 | 15.41 | 1829 | 123.94 | 26.02 | 0.61 | 66.08 | 189.01 |
| | 6 | 1199 | 13.93 | 0.76 | 0.02 | 9.15 | 15.44 | 1199 | 126.27 | 25.60 | 0.74 | 79.28 | 207.73 |
| | 7 | 898 | 13.81 | 0.71 | 0.02 | 10.65 | 15.47 | 898 | 127.86 | 24.39 | 0.81 | 77.58 | 186.78 |
| | 8 | 532 | 13.69 | 0.73 | 0.03 | 10.49 | 15.20 | 532 | 130.16 | 24.00 | 1.04 | 79.32 | 190.70 |
| | 9 | 227 | 13.71 | 0.70 | 0.05 | 11.68 | 15.14 | 227 | 131.08 | 24.32 | 1.61 | 82.35 | 171.41 |
| | 10 | 85 | 13.21 | 0.72 | 0.08 | 10.71 | 14.74 | 85 | 140.22 | 21.69 | 2.35 | 84.48 | 190.28 |
| ANA YAŞI | 5 | 910 | 13.91 | 0.77 | 0.03 | 9.84 | 15.40 | 910 | 115.90 | 26.32 | 0.87 | 65.35 | 181.04 |
| | 6 | 1309 | 13.96 | 0.78 | 0.02 | 10.39 | 15.66 | 1309 | 120.01 | 25.78 | 0.71 | 64.84 | 192.51 |
| | 7 | 1018 | 13.98 | 0.84 | 0.03 | 7.21 | 15.47 | 1018 | 115.79 | 26.72 | 0.84 | 67.44 | 235.91 |
| | 8 | 1059 | 13.80 | 0.75 | 0.02 | 10.55 | 15.56 | 1059 | 115.73 | 26.70 | 0.82 | 64.26 | 188.27 |
| | 9 | 1202 | 13.90 | 0.75 | 0.02 | 10.15 | 15.44 | 1202 | 120.73 | 26.90 | 0.78 | 65.69 | 197.12 |
| | 10 | 835 | 13.97 | 0.74 | 0.03 | 11.29 | 15.37 | 835 | 115.74 | 26.62 | 0.92 | 67.17 | 176.11 |
| | 11 | 751 | 13.92 | 0.71 | 0.03 | 8.99 | 15.37 | 751 | 116.46 | 26.50 | 0.97 | 65.86 | 189.01 |
| | 12 | 661 | 13.91 | 0.85 | 0.03 | 10.28 | 15.34 | 661 | 107.67 | 24.57 | 0.96 | 65.24 | 184.77 |
| | 13 | 796 | 13.79 | 0.76 | 0.03 | 10.86 | 15.50 | 796 | 118.02 | 26.85 | 0.95 | 67.02 | 183.69 |
| | 14 | 513 | 13.74 | 0.89 | 0.04 | 9.12 | 15.44 | 513 | 110.50 | 24.22 | 1.07 | 65.32 | 203.33 |
| | 15 | 361 | 13.53 | 0.81 | 0.04 | 10.71 | 15.31 | 361 | 123.62 | 26.69 | 1.40 | 65.98 | 190.28 |
| | 16 | 330 | 13.85 | 0.78 | 0.04 | 10.34 | 15.52 | 330 | 112.02 | 24.84 | 1.37 | 67.71 | 174.13 |
| | 17 | 182 | 13.64 | 0.77 | 0.06 | 10.98 | 15.08 | 182 | 114.85 | 25.66 | 1.90 | 74.11 | 173.64 |
| | 18 | 210 | 13.64 | 0.79 | 0.05 | 9.15 | 15.04 | 210 | 126.01 | 26.42 | 1.82 | 81.73 | 207.73 |
| | 19 | 549 | 13.80 | 0.87 | 0.04 | 9.70 | 15.36 | 549 | 117.46 | 26.66 | 1.14 | 65.11 | 190.70 |
| | 20 | 225 | 13.95 | 0.74 | 0.05 | 10.71 | 15.26 | 225 | 106.03 | 23.11 | 1.54 | 66.66 | 170.52 |
| | 21 | 275 | 13.77 | 0.73 | 0.04 | 10.86 | 15.23 | 275 | 118.77 | 25.24 | 1.52 | 72.38 | 173.33 |
| | 22 | 180 | 13.45 | 0.90 | 0.07 | 10.67 | 15.23 | 180 | 116.51 | 26.69 | 1.99 | 74.14 | 187.10 |

CHAID algoritması, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri ki-kare testiyle değerlendirir. Bu testin sonuçlarına göre anlamlı farklılık gösteren gruplar, çoklu dallanma yapısı ile ayrılır. CHAID, kategorik ve sürekli değişkenlerin birlikte analiz edilebildiği durumlarda güçlü bir çözüm sunar (Kass, 1980; Eyduran et al., 2010).

Exhaustive CHAID, CHAID algoritmasının daha kapsamlı bir versiyonudur. Bu yöntem, tüm olası bölünme ve birleştirme seçeneklerini tarayarak en uygun ayrımı bulur. Modelin doğruluğunu artırma potansiyeline sahip olmasına karşın, daha fazla işlem süresi gerektirir (Magidson, 1994; Eyduran et al., 2017).

CRT algoritması ise hem kategorik hem de sürekli hedef değişkenlerle çalışabilen ikili dallanma (binary split) esaslı bir yöntemdir. Her düğümde veriler, Gini indeksi veya varyans azalması gibi ölçütlere göre iki gruba ayrılır. Yalnızca ikili dallanma yapması, elde edilen ağaçların daha sade ve kolay yorumlanabilir olmasını sağlar (Breiman et al., 1984; Eyduran et al., 2013).

Bu üç yöntem, hayvancılık alanında bireysel varyasyonların ve karmaşık ilişkilerin modellenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Yılmaz et al., 2011; Eyduran et al., 2009). Literatürde, CHAID ve CRT algoritmalarının canlı ağırlık tahmini (Eyduran et al., 2010), süt verimi (Eyduran et al., 2013) ve vücut ölçüleriyle ağırlık tahmini (Yılmaz et al., 2011) gibi konularda başarılı sonuçlar verdiği bildirilmektedir.

Bu bağlamda, çalışmada her üç algoritma karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş; sürekli değişkenler üzerinde etkili ve yorumlanabilir karar destek modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Karar ağacı yöntemleri IBM SPSS İstatistik 20.0 Paket Programı ile değerlendirilmiştir (SPSS, 2013). Bu yöntemlerin başarı karşılaştırılması ise "R" programı yardımıyla yapılmıştır. Model performans metrikleri (MSE, RMSE, vs.) ehaGoF paketi kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, en uygun modelin belirlenmesinde EXHAUSTIVE CHAID (Exhaustive Chi-squared Automatic Interaction Detector), CART (Classification and Regression Trees) ve CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detector) algoritmaları karşılaştırılmıştır. Model performanslarının değerlendirilmesinde, Çizelge 3'de sunulan uyum iyiliği kriterlerinden yararlanılmıştır. Bağımlı değişken için gözlenen (gerçek) değerlerle, her bir algoritma tarafından elde edilen tahmini değerler karşılaştırılmış ve buna ilişkin uyum iyiliği ölçütleri hesaplanmıştır (Eyduran, 2020). Modellerin başarıları; en düşük MSE (Mean Squared Error), RMSE (Root Mean Square Error), MAPE (Mean Absolute Percentage Error) ve MAE (Mean Absolute Error) değerleri ile en yüksek R ve $R^2$ katsayıları dikkate alınarak değerlendirilmiştir (Tatlıyer, 2020).

Türkiye'de aynı yıl içinde doğan tüm tayların doğum tarihleri 1 Ocak olarak kabul edilerek, ay hesabı yapılmaz. Bu nedenle, aynı yıl içinde doğan taylar, doğum tarihleri farklı olsa da birlikte yarıştırılmaktadır (Özmen ve Doğan, 2023). Bu durumda hayvanların yaşlarının koşu performansını etkileyeceği önemli konu haline gelmektedir. Tüm yöntemlerde, ebeveyn ve alt düğüm boyutları eşit (1000:500) olarak alınmış ve ağaç derinlikleri varsayılan değerlerde tutulmuştur.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada atların koşu performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan CART, CHAID ve Exhaustive CHAID algoritmalarının başarılarının karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre, çalışma sonuçları üç yöntemin de başarısının birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT karar ağacı yöntemlerin başarılarının karşılaştırılması
*Table 3. Comparison of the success of CHAID, Exhaustive CHAID, and CRT decision tree methods*

| | Karar Ağacı Yöntemi | | |
|---|---|---|---|
| Hata Kriterleri | CHAID | EXHAUSTIVE CHAID | CRT |
| $R^2$ | 0.480 | 0.476 | 0.496 |
| MSE | 0.326 | 0.329 | 0.316 |
| RMSE | 0.571 | 0.574 | 0.562 |
| MAE | 0.414 | 0.417 | 0.407 |
| MAPE | 3.101 | 3.117 | 3.049 |

**$R^2$:**Determinasyon Katsayısı, **MSE**: Hata Kareler Ortalaması, **RMSE:** Hata Kareler Ortalamasının Karekökü, **MAE**: Ortalama Mutlak Hata, **MAPE**: Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi

Çizelge 3'te sunulan performans metrikleri, CRT algoritmasının tahmin doğruluğunun diğer iki yönteme kıyasla bir miktar daha yüksek olduğunu göstermektedir (en yüksek $R^2$ ve en düşük hata değerleri). Ancak, CRT ağaçlarının yalnızca ikili dallanma yapısına sahip olması, modelin daha derin ve karmaşık bir yapı kazanmasına neden olmakta ve yorumlanabilirliğini sınırlandırmaktadır. Buna karşılık, CHAID algoritmasının sağladığı çoklu dallanma yapısı, koşu hızını etkileyen değişkenlerin hiyerarşik olarak ayrışmasını açık biçimde ortaya koymakta ve değişkenler arasındaki ilişkilerin daha kolay görselleştirilmesine olanak tanımaktadır.

Bu kapsamda, CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT algoritmalarına ait karar ağacı yapıları sırasıyla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te sunulmuştur.

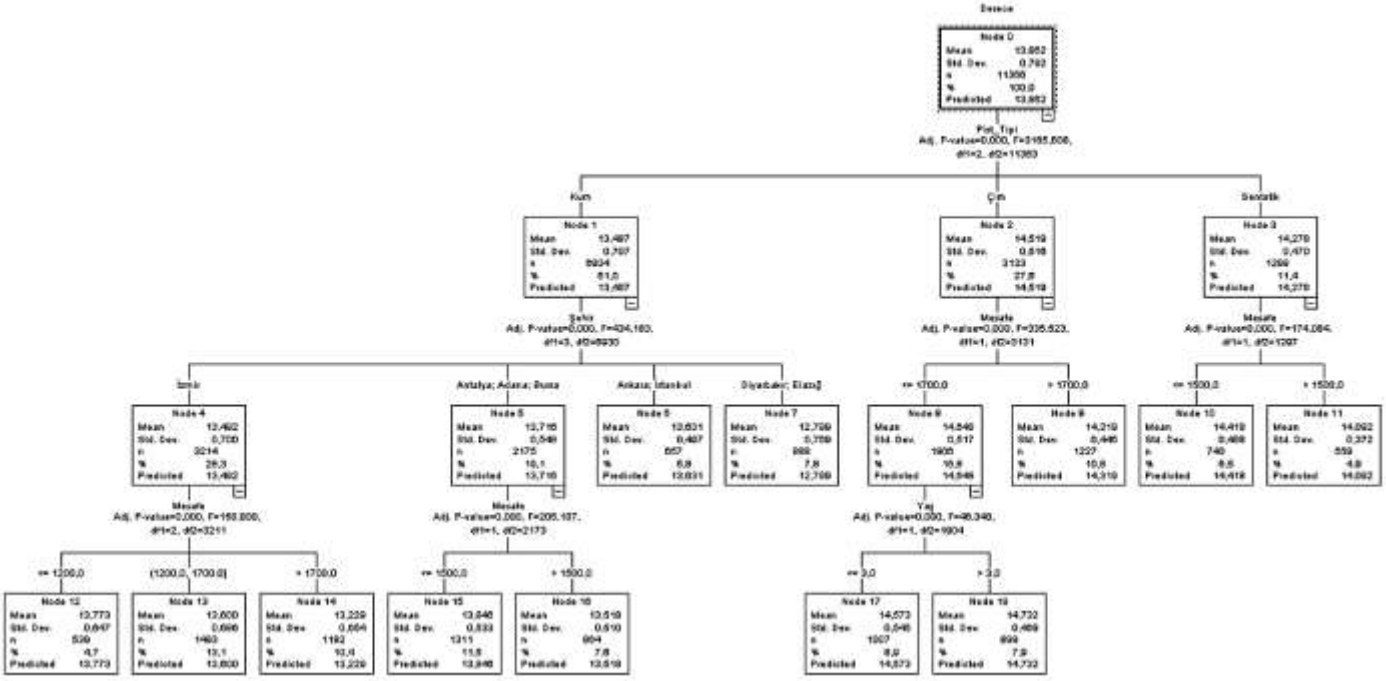
Sonuç olarak, tahmin doğruluğundaki marjinal üstünlüğe karşın, yorumlanabilirlik ve pratik uygulanabilirlik avantajları nedeniyle, detaylı tartışma için CHAID algoritmasının sonuçları tercih edilmiştir.

CHAID analizi bulgularına göre; 11 366 koşu verisinden elde edilen bulgular ortalama koşu hızının 13.862 m $sn^{-1}$ olduğunu göstermektedir (Düğüm 0). At yarışında koşu hızına en önemli düzeyde etki eden faktörün pist tipi olduğu belirlenmiştir. Çim tipi pistte yarışan atların en yüksek koşu hızının ortalamasına sahip olduğu (Düğüm 2), bu koşu hızının 14.278 m $sn^{-1}$ ortalama ile sentetik tipi pistin (Düğüm 3) ve 13.487 m $sn^{-1}$ ortalama ile kum tipi pistin (Düğüm 1) takip ettiği belirlenmiştir. Sentetik tipi pistte yarışan atların koşu hızı üzerinde mesafe etkili olmuş; 1500 m altında koşan atlarda koşu hızı ortalaması 14.418 m $sn^{-1}$ iken (Düğüm 10), 1500 m üstü koşularda bu değer 14.092 m $sn^{-1}$ ye düşmüştür (Düğüm 11). Çim tipi pistte yarışan atların koşu hızı üzerinde öncelikle mesafe ve bundan sonra yaş etkili olmuştur. Bu gruptaki 3133 koşudan 1906 tanesi 1700 m mesafe altında daha yüksek koşu hızı (14.648 m $sn^{-1}$ ; Düğüm 8) elde edilmiş ve 1700 m üstü mesafede bu değer 14.319' m $sn^{-1}$ a kadar

düşmüştür (Düğüm 9). 1700 m mesafe altında koşan atlar üzerinde yaş etkili bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 1).

Yaşı 3 olan atlarda koşu hızı ortalaması 14.573 m sn$^{-1}$ iken (Düğüm 17), 3 yaşın üstünde olan atlarda daha yüksek koşu hızı (14.732 m sn$^{-1}$; Düğüm 18) elde edilmiştir. Kum tipi pistte yarışan atların koşu hızı üzerine hangi şehirde yarıştıkları etkili olmuştur. En düşük koşu hızı Diyarbakır ve Elazığ illerinde elde edilirken (12.799 m sn$^{-1}$; Düğüm 7) bu koşu hızı 13.492 m sn$^{-1}$ ile İzmir (Düğüm 4), 13.631 m sn$^{-1}$ ile Ankara ve İstanbul (Düğüm 6) ve 13.716 m sn$^{-1}$ koşu hızı ile Antalya, Adana ve Bursa takip etmiştir. Ankara, İstanbul, Diyarbakır ve Elazığ illerinde yarışan atlar üzerine başka bir faktör etkili olmazken, İzmir ilinde yarışan atların koşu hızı üzerine mesafe etkili olmuştur (Şekil 1).

İzmir ilinde 1200 m altında yarışan atların koşu hızı ortalaması 13.773 m sn$^{-1}$ iken (Düğüm 12), 1200 m-1700 m arasında bu değer 13.600 m sn$^{-1}$ (Düğüm 13), 1700 m üstünde ise 13.229 m sn$^{-1}$ olmuştur (Düğüm 14). Antalya, Adana ve Bursa illerinde yarışan atlarda yine mesafe etkili olmuş, bu defa 1500 m altında koşan atların koşu hızı ortalamasının (13.846 m sn$^{-1}$ ; Düğüm 15), 1500 m üstünde koşan atların ortalamasından (13.518 m sn$^{-1}$ ; Düğüm 16) istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. 13862 koşuya ait verinin kullanıldığı bu çalışmada en iyi koşu hızı ortalamasının çim tipi pistte, 1700 m mesafe ve altında, at yaşının 3'ten daha büyük olması halinde en yüksek koşu hızı ortalamasının (14.732 m sn$^{-1}$; Düğüm 18) elde edildiğini ortaya koymuştur (Şekil 1).




**Şekil 1.** CHAID Diyagram 1000:500 Parent:Child, tüm değişkenler (süre hariç) modele dahil edilmiştir (r=0.693)
*Figure 1. CHAID Diagram 1000:500 Parent:Child, all variables except (except duration) are included in the model (r=0.693).*

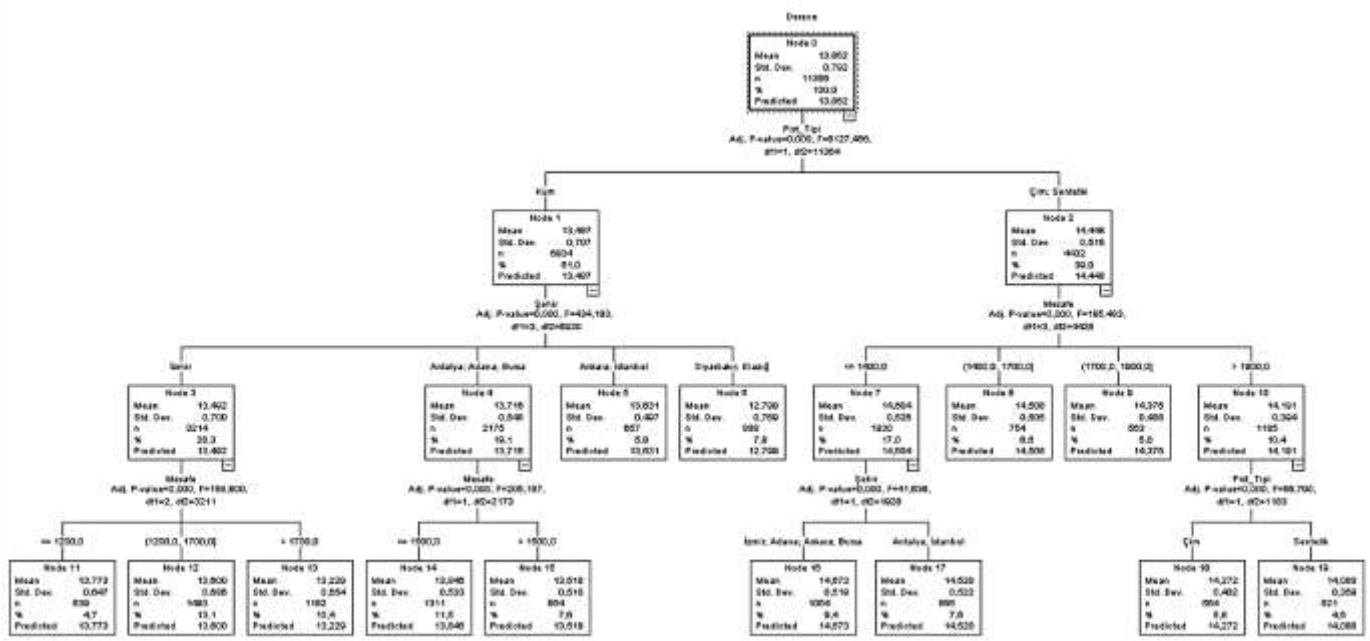
Bu çalışmada Arap atlarının farklı illerde, farklı koşu mesafesinde, farklı pist tipi ve yaş faktörü altında yarışlarda ortalama olarak koşu süresi ve hızı sırasıyla 116.57 sn ve 13.862 m sn$^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda Paksoy ve Ünal (2010) üç yaşlı Arap atlarında 1200, 1400, 1600 ve 1800 metre yarış mesafelerinde koşu süresini 81.67, 94.88, 109.49 ve 129.28 sn, koşu hızını ise sırasıyla 14.69, 14.76, 14.61 ve 13.92 (m sn$^{-1}$) olarak bildirmişlerdir. Köseman ve Özbeyaz (2009) ise, Arap atlarında 1200, 1400, 1600 ve 1800 metre yarış mesafelerinde ortalama koşu süresini 134.40, 147.76, 163.70 ve 183.19 sn, koşu hızını ise sırasıyla 8.93, 9.47, 9.77 ve 9.83 (m sn$^{-1}$) olarak tespit etmişlerdir.

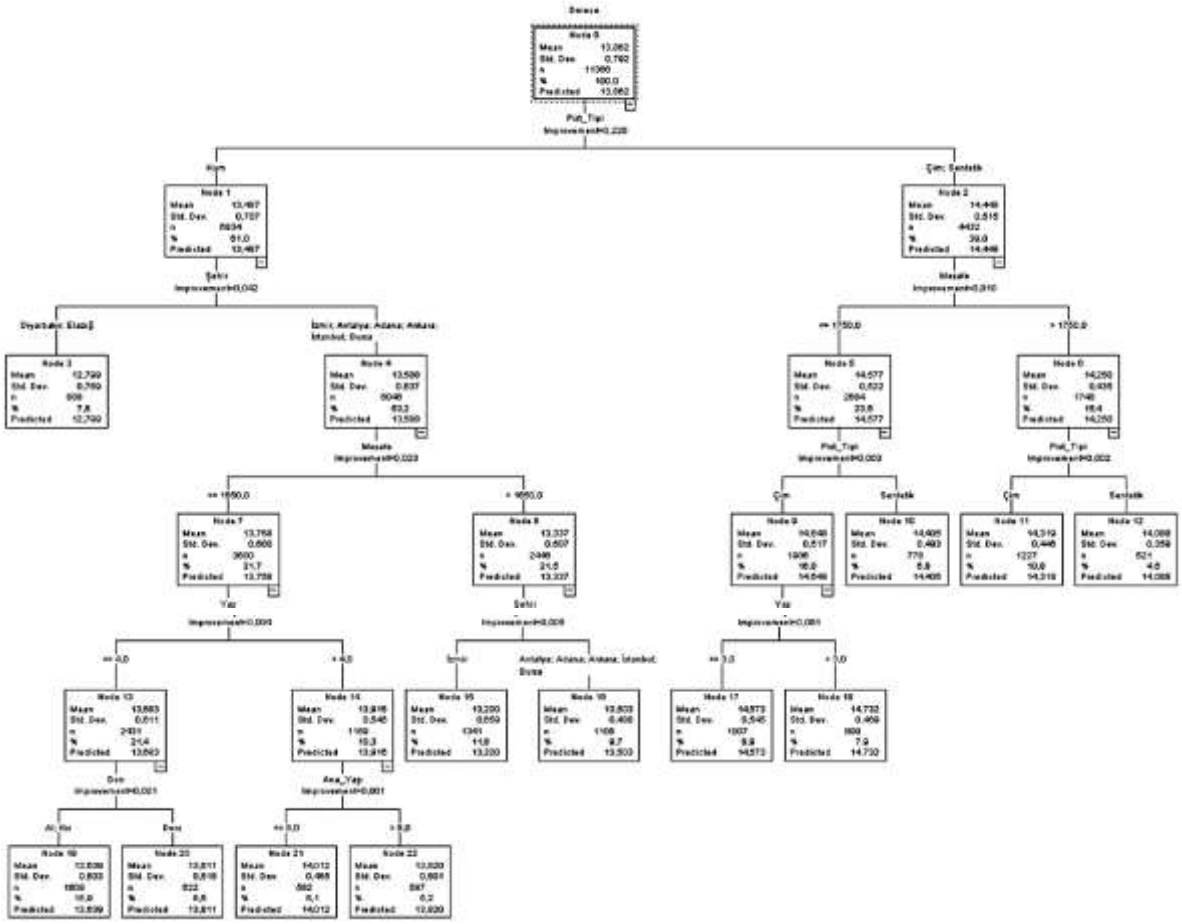
Bu çalışmada at yarışında koşu hızına en önemli düzeyde etki eden faktörün pist tipi olduğu belirlenmiştir. Çim tipi pistte yarışan atların en yüksek koşu hızı ortalamasına sahip olduğu (14.519 m sn$^{-1}$), bu koşu hızını ikinci sentetik tipi pistin (14.278 m sn$^{-1}$) ve üçüncü olarak ise kum tipi pistin (13.487 m sn$^{-1}$) takip ettiği belirlenmiştir.

Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada Arap atlarının farklı yarış mesafelerinde çim ve kum pistlerdeki koşu süreleri 1200, 1400, 1600 ve 1800 mesafeler için incelendiğinde; çim pistlerde koşu süresi 80.10, 93.53, 107.96 ve 126.77 (sn), koşu hızı ise yine aynı sırayla 14.98, 14.97, 14.82 ve 14.20 (m sn$^{-1}$); kum pistlerde koşu süresi 85.40, 98.96,

113.13 ve 134.80 (sn), koşu süresi ise sırasıyla ve 14.05, 14.15, 14.14 ve 13.35 (m sn$^{-1}$) olarak bildirilmiştir (Paksoy ve Ünal, 2010). Söz konusu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzer olarak, bu çalışmada da atların çim pistlerde daha hızlı koştuğu sonucuna varılmıştır.



**Şekil 2.** Exhaustive CHAID Diyagramı
*Figure 2. Exhaustive CHAID Diagram*



**Şekil 3.** CRT Diyagramı
*Figure 3. CRT Diagram*

Bu çalışmada çim pistlerde kaydedilen en yüksek ortalama koşu hızının (14.519 m/sn) temel nedeni, bu pist tipinin sağladığı biyomekanik avantajlarla ilişkilendirilebilir. Çim yüzeyler, atın toynak teması sırasında optimum enerji geri dönüşü (restitüsyon) sağlaması ve düşük sürtünme katsayısına sahip olması nedeniyle adım etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca, kum pistlerde olduğu gibi toynak batmasından kaynaklanan direnç oluşmaması ve eklemlere binen mekanik yükün daha az olması, atların maksimum hızlarına daha güvenli biçimde ulaşmalarını kolaylaştırmaktadır (Paksoy ve Ünal, 2010). Bu bulgular, çim pistlerin yarış performansı açısından en uygun zemin türü olduğunu açık biçimde desteklemektedir.

Kısa mesafeli (≤1700 m) çim pist yarışlarında 3 yaş üzeri atların daha yüksek hız değerlerine ulaşması ise fizyolojik olgunluk ve deneyim faktörleriyle açıklanabilir. Arap atlarının kas-iskelet yapısı ve kardiyovasküler sistem kapasitesi yaklaşık 4–5 yaşına kadar gelişimini sürdürmektedir. Bu nedenle, 3 yaşın üzerindeki bireyler, kısa mesafelerdeki yüksek patlayıcı güç gereksinimi için gerekli kas kütlesi ve anaerobik enerji kapasitesine daha fazla sahiptir. Ayrıca, artan yarış deneyimi, bu atların enerji yönetimini optimize etmelerine ve yarış sırasında oluşan stres faktörleriyle daha etkin başa çıkmalarına katkı sağlamış olabilir.

Kum pistlerinde farklı şehirler arasında gözlenen ortalama hız farklılıkları (örneğin, Diyarbakır/Elazığ'a kıyasla İzmir/Ankara pistlerinde) birden fazla etkiden kaynaklanabilir. Bu farkların en önemli nedenlerinden biri, hipodromlardaki pist bakım uygulamaları ve zemin kalitesindeki değişkenliktir. Kumun tipi, nem oranı ve sıkıştırılma sıklığı gibi unsurlar koşu direncini doğrudan etkilemektedir. Bunun yanı sıra, bölgesel iklim farklılıkları (örneğin aşırı sıcaklık ya da yağış) pist koşullarını ve atların ısı dengesi mekanizmalarını etkileyebilir. Ayrıca, büyük şehirlerde düzenlenen yarışların daha yüksek rekabet düzeyine sahip olması, bu yarışlara katılan atların genel kalitesinin daha yüksek olmasına yol açmaktadır. Bu etmenlerin her biri ya da birlikte etkisi, gözlemlenen bölgesel performans farklılıklarının ortaya çıkmasında rol oynamış olabilir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada, Arap atlarının yarış performansını etkileyen temel unsurlar, karar ağacı tabanlı algoritmalar (CHAID, Exhaustive CHAID ve CRT) aracılığıyla analiz edilmiş ve bu yöntemlerin tahmin doğrulukları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, pist türü, atın yaşı ve yarış mesafesinin performans üzerinde en belirleyici değişkenler olduğunu ortaya koymuştur. Çim pistlerde koşan atların daha yüksek hız değerlerine ulaştığı, ayrıca 3 yaş ve üzeri atların kısa mesafeli yarışlarda daha başarılı performans sergilediği saptanmıştır.

Modellerin karşılaştırılmasında CRT algoritması en yüksek açıklayıcılık düzeyine ulaşmış olmakla birlikte, karmaşık yapısı nedeniyle yorumlanabilirlik açısından bazı kısıtlar barındırmaktadır. Buna karşın, CHAID algoritması çoklu dallanma özelliği sayesinde hem istatistiksel anlamlılık hem de uygulama kolaylığı bakımından daha uygun bir seçenek olarak öne çıkmıştır. Exhaustive CHAID yöntemi benzer doğruluk oranları sunsa da, daha fazla hesaplama yükü gerektirmektedir.

Elde edilen bulgular, karar ağacı temelli veri madenciliği tekniklerinin yarış atlarının performans analizinde etkili ve uygulanabilir araçlar olduğunu göstermektedir. Özellikle CHAID algoritması, sade ve anlaşılır yapısı sayesinde yarış planlaması, yetiştiricilik ve ıslah programlarında karar destek sistemlerine entegre edilebilecek bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

İlerleyen çalışmalar, bu araştırmada sınırlılık olarak belirlenen jokey deneyimi, antrenman sıklığı, hava koşulları ve genetik verilerin modele eklenmesiyle tahmin gücünü artırabilir. Ayrıca, farklı at ırkları üzerinde yürütülecek benzer analizler, sonuçların genellenebilirliğini sınamak açısından yararlı olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan veriler Türkiye Jokey Kulübü tarafından yayınlanan verilerden oluşmaktadır. Bu nedenle bu bilgilerin bize ulaşmasını sağlayan "Türkiye Jokey Kulübü"ne ve çalışanlarına teşekkür ediyoruz.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

Ali, M., Eyduran, E., Tariq, M. M., Tirink, C., Abbas, F., Bajwa, M.A., Baloch, M.H. & Jan, S. (2015). Comparison of artificial neural network and decision tree algorithms used for predicting live weight at post weaning period from some biometrical characteristics in harnai sheep. *Pakistan Journal of Zoology, 47*, 1579-1585.

Anonim, (2011). Deneysel ve Diğer Bilimsel Amaçlar İçin Kullanilan Hayvanlarin Refah ve Korunmasina Dair Yönetmelik. *https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111213-4.htm*. (Alınma Tarihi: 15.12.2022).

Anonim, (2025). TJK Hara ve Aşım İstasyonları. https://www.tjk.org/TR/Kurumsal/Static/Page/HaraVeAsim Istasyonlari

Bakhtiari, J. & Kashan, N. E. J. (2009). Estimation of genetic parameters of racing performance in Iranian Thoroughbred horses. *Livestock Science, 120*, 151-157.

Boztepe, S. & Aytekin, İ. (2013). *At yetiştirme ( I. Baskı). Selçuk Üniversitesi Basıevi*, Konya, 140 sy

Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. A. & Stone, C. J. (1984). *Classification and regression trees*. Belmont, CA: Wadsworth International Group.

Bugislaus, A. E., Röhe, R., Geyer, I. & Kalm, E. (2002). Estimation of genetic parameters for racing performances in German Trotters. *Archiv für Tierzucht*, *44*, 579-587.

Doğan, İ., Akcan, A. & Koç, M. (2002). Safkan erkek ve dişi Arap taylarda önemli beden ölçülerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 26*, 55-60.

Ekiz, B. & Kocak, O. (2005). Phenotypic and genetic parameter estimates for racing traits of Arabian horses in Turkey. *Journal of Animal Breeding and Genetics, 122*, 349-356.

Eyduran E. (2020). ehaGoF: Calculates goodness of fit statistics. R package version 0.1.1, 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=ehaGoF>. (Alınma Tarihi: 28.06.2024)

Eyduran, E., Karakuş, K., Karakuş, S. & Cengiz, F. (2009). Usage of factor scores for determining relationships among body weight and some body measurements. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *15*(4), 373–378.

Eyduran, E., Keskin, I., Dağ, B. & Yazgan, K. (2010). Comparison of CART and CHAID algorithms for estimating body weight in Mengali sheep. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *9*(14), 1960–1964.

Eyduran, E., Yılmaz, I., Tariq, M. M. & Kaygisiz, A. (2013). Estimation of 305-day milk yield using regression tree method in Brown Swiss and Holstein Friesian cattle. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *23*(3), 731–735.

Eyduran, E., Zaborski, D., Waheed, A., Çelik, S., Karadaş, K. & Grzesiak, W. (2017). Comparison of predictive performance of several data mining algorithms for body weight prediction in Anatolian buffaloes. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *27*(2), 521–528.

Gunduz, M. & Lutfi, H. M. A. (2021). Go/No-Go Decision Model for Owners Using Exhaustive CHAID and QUEST Decision Tree Algorithms. *Sustainability*, *13*(2), 815. https://doi.org/10.3390/su13020815

Kass, G. V. (1980). An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Applied Statistics*, *29*(2), 119–127.

Kılıç Topuz, B., Eyduran, E., Ertürk, Y. E. & Bozoğlu, M. (2022). CHAID Algoritması ile Üyelerin Tarımsal Örgütlerin Genel Kurul Toplantısına Katılımını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Iğdır İli Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, *25*(2): 380-391. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.915325

Koç, Y. (2016). *Hayvancılıkta elde edilen farklı verilere regresyon ağacı metodunun uygulanması (Tez no 434105)*. [Yüksek Lisans tezi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Ana Bilim Dalı]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Köseman, A. & Özbeyaz, C. (2009). Some phenotypic and genetic parameters of racing performance in Arabian horses. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *56*, 219-224

Köseman, A. & Şeker, İ. (2018). Atların yarış ve yarışma performansları üzerine etkili faktörler ve performansı artırma yolları. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *37*(1), 61-68. https://doi.org/0.30782/uluvfd.393535

Kotsiantis, S. B. (2013). Decision trees: A recent overview. *Artificial Intelligence Review*, *39*(4), 261–283.

Krzywinski, M. & Altman, N. (2017). Classification and regression trees. *Nature Methods*, *14*, 757-758. https://doi.org/10.1038/nmeth.4370

Küçükönder, H., Üçkardeş, F. & Nariç, D. (2014). Hayvancılık Alanında bir Veri Madenciliği Uygulaması: Japon Bıldırcını Yumurtalarında Döllülüğe Etki Eden Bazı Faktörlerin Belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *20* (6), 900-908.

Magidson, J. (1994). The CHAID approach to segmentation modeling: CHAID, exhaustive CHAID, and CHAID-like algorithms. In R. P. Bagozzi (Ed.), *Advanced Methods of Marketing Research,* 117–135. Blackwell Business.

Mendeş, M. & Akkartal, E. (2009). Regression tree analysis for predicting slaughter weight in broilers. *Italian Journal of Animal Science, 8*(4), 615-624.

Mohammadi-Pirouz, Z., Hajian-Tilaki, K., Sadeghi Haddat-Zavareh, M. & Amoozadeh, A. (2024). Development of decision tree classification algorithms in predicting mortality of COVID-19 patients. *International Journal of Emergency Medicine*, 17, 126. https://doi.org/10.1186/s12245-024-00681-7

Mota, M. D. S., Abrahão, A. R. & Oliveira, H. N. (2005). Genetic and environmental parameters for racing time at different distances in Brazilian Thoroughbreds. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, *122*, 393-399

Oruçoğlu, O. (2011). *Holstein ırkı ineklerin 305 günlük süt verimini etkileyen çevre faktörlerinin regresyon ağacı ile belirlenmesi (283772)*. [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Ana Bilim Dalı]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Özdamar, K. (2003), *SPSS İle Biyoistatistik*, Kaan Kitabevi, Eskişehir. 506 sy

Özmen, B. & Doğan, İ. (2023). Kısraklarda foliküler dinamik. *Antakya Veteriner Bilimleri Dergisi*, *2*(2), 68-75.

Paksoy, Y., & Ünal, N. (2010). Atlarda yarış performansını etkileyen faktörler. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *50*(2), 91-101.

Pattath, P., Maynor, M. R. & Anson-Dwamena, R. (2024). Chi-Squared Automatic Interaction Detection Decision Tree Analysis of Social Determinants for Low Birth Weight in Virginia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *21*(8), 1060. https://doi.org/10.3390/ijerph21081060

Sabeva, I. (2000). Estimation of the breeding value of stallions from Arabian breed regarding the race abilities. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *6*, 473-476.

Schurink, A., Theunissen, M. C. J., Ducro, B. J., Bijma, P. & Van Grevenhof, E. M. (2009). Identification of environmental factors affecting the speed of purebred Arabian racehorses in the Netherlands. *Livestock Science*, *125*, 97-100.

Sobczyńska, M. (2011). Environmental factors affecting the speed of Thoroughbred horses competing in Poland. *Animal Science Papers and Reports*, *29*, 303-312.

SPSS (2013). IBM SPSS Statistics 22.0 for Windows. Armonk, N.Y.

Tatlıyer, A. (2020). Kuzularda yetiştirme tipinin regresyon ağacı algoritmaları tahmin performansına etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23*(3), 772-780.

TJK (2025). Türkiye Jokey Kulübü Derneği At Yetiştiriciliği ve Yarışları İktisadi İşletmesi. https://www.tjk.org/ (Alınma Tarihi: 05.01.2025).

Yılmaz, I., Eyduran, E. & Tariq, M. M. (2011). Prediction of live body weight from some body measurements in Qureshi buffaloes using regression tree (RT) method. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *21*(2), 119–124.

Yılmaz, O. & Ertugrul, M. (2012). Marking on Horses. *Igdir Universitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2*(1), 83-90.