

***Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae) Bireylerinin
Cinsiyetlerinin Veri Madenciliği Algoritması İle Ayrılması**

Beyza Nur Doğan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Ocak 2023

**Classifying The Gender Of *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera:
Scarabaeidae) Individuals Via Data Mining Algorithm.**

Beyza Nur Doğan

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Agricultural Biotechnology

Ocak 2023

Beyza Nur Doğan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmelięi Uyarınca
Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı
Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Coşkun Güçlü
İkinci Danışman: Doç. Dr. Yasin Altay

Ocak 2023

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Coşkun Güçlü ve Doç. Dr. Yasin Altay danışmanlığında hazırlamış olduğum “*Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae) Bireylerinin Cinsiyetlerinin Veri Madenciliği Algoritması ile Ayrılması” başlıklı Yüksek Lisans /Doktora tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.

20.01.2023

Beyza Nur Doğan

İmza

ÖZET

Epicometis (Tropinota) hirta (Poda) meyve ağaçları, çilek, gül, buğdaygil gibi bitkilerin çiçeklerinde beslenir, erkek ve dişi organları yerler. Bazen körpe sürgün, yaprak, hatta meyveyle beslendikleri de olmaktadır. Uçma kapasiteleri yüksek olduğu için değişik bitkilere geçer ve zararlarını devam ettirirler. Bunun sonucu olarak zarar görmüş çiçekler meyve bağlayamazlar. Tarımsal açıdan önemli zararlı konumundadırlar. Bu çalışma, ağaç temelli veri madenciliği algoritmaları kullanılarak bazı taksonomik karakterler üzerinden *T. hirta*'nın böcek türlerinin cinsiyetlerinin belirlenmesi için yeni bir morfometrik karakterizasyon geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, 516 dişi ve 504 erkek böcek türlerine ait bazı morfometrik özellikleri bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Veri madenciliği algoritmalarının bağımlı değişkeni ise böceklerin türlerinin cinsiyetleri (*erkek ve dişi*) ikili yanıt değişkeni olarak tanımlanmıştır. Chi-Square Automatic Interaction Detector (CHAID), Exhaustive CHAID, Classification and Regression Tree (CART) ve Quick Unbiased, Efficient Statistical Tree (QUEST) algoritmalarının cinsiyet ayırımındaki test set başarıları sırasıyla %96,20, %92,20, %94,20 ve %93,20 iken, ROC eğrisi altında kalan alan ise sırasıyla 0,913, 0,922, 0,925 ve 0,931, Matthews korelasyon (Phi) katsayıları 0,829, 0,844, 0,850 ve 0,864 ve Cohen's Kappa katsayıları (κ) 0,823, 0,843, 0,849 ve 0,863 olduğu tespit edilmiştir. CHAID, Exhaustive CHAID, CART ve QUEST algoritmalarındaki ağaç yapısındaki ilk dallanma Filagellum Uzunluğu (FU) olup, kesim noktaları sırasıyla 0,830-0,950 mm, 0,830-0,910 mm, 0,875-0,915 mm ve 0,895-0,944 mm arasındaki olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, *T. hirta* böcek türleri cinsiyetlerinin morfometrik ayrımlarının ele alınan tüm algoritmalar tarafından başarı ile yapılabileceği kanıtlanmıştır. Bu çalışma, *T. hirta* böcek türleri cinsiyetlerinin taksonomik karakterlere dayalı uygun istatistiksel algoritmalarla ayırt edilebileceğini ve cinsiyetlerin tespit etmek için taksonomi çalışmaları ile entegre edilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: CART, CHAID, Cinsiyet, Exhaustive CHAID, Sınıflama, QUEST, *T. hirta*

SUMMARY

Tropinota (Epicometis) hirta (Poda) fruit trees, strawberries, roses, wheatgrass feed on the flowers of plants such as wheatgrass, eat male and female organs. Sometimes they feed on shoots, leaves or even fruit. Since their ability to fly is high, they migrate to different plants and continue their damage. As a result, damaged flowers cannot set fruit. They are important pests related to agriculture. This study aimed to develop a morphometric characterization method to determine the gender of the beetle species *T. hirta* using tree-based data mining algorithms based on certain taxonomic characteristics. A total of 516 female and 504 male individuals were used in the study, and their morphometric features were used as independent variables. The dependent variable for the data mining algorithms was the gender of the individuals, defined as a binary response variable. The performance of the algorithms- Chi-Square Automatic Interaction Detector (CHAID), Exhaustive CHAID, Classification and Regression Tree (CART), and Quick Unbiased, Efficient Statistical Tree (QUEST)- in differentiating the sexes was evaluated using several metrics such as the area under the ROC curve, Matthews correlation coefficient, and Cohen's Kappa coefficient. The results showed that all algorithms were able to successfully distinguish the sexes of the individuals with high accuracy. The first branching of the tree structure generated by the algorithms was based on the Filagellum Length (FU) of the individuals, with specific cut-off points identified for each algorithm. The findings of this study demonstrated the potential of using morphometric characteristics and tree-based data mining algorithms to determine the sexes of *T. hirta* individuals, and suggested that such methods can be integrated into taxonomic studies to improve the accuracy of species identification.

Keywords: CART, CHAID, Gender, Exhaustive CHAID, Classification, QUEST, *T. hirta*

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
SUMMARY	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	7
3.1. Materyal.....	7
3.1.1. Arazi çalışmaları.....	7
3.1.2. Laboratuvar çalışmaları.....	7
3. 2.Yöntem.....	8
3.2.1. Chi-squared Automatic Interaction Detection (CHAID).....	8
3.2.2. Exhaustive Chi-squared Automatic Interaction Detection (Ex-CHAID).....	9
3.2.3. Classification and Regression Trees (CART).....	10
3.2.4. Quick Unbiased, Efficient Statistical Tree (QUEST).....	12
3.2.5. Sınıflama algoritmalarının tanı testleri.....	13
3.2.6. Phi katsayısı	14
3.2.7. Cohen's Kappa katsayısı (κ).....	14
3.2.8. İstatistik yöntem.....	15
4. BULGULAR ve TARTIŞMA ...	16
4.1. Test ve Eğitim Setindeki CHAID Algoritması Sonuçları.....	17

İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa**

4.2. Test ve Eğitim Setindeki Exhaustive CHAID Algoritması Sonuçları.....	21
4.3. Test ve Eğitim Setindeki CART Algoritması Sonuçları.....	26
4.4. Test ve Eğitim Setindeki QUEST Algoritması Sonuçları.....	34
4.5. Test ve Eğitim Setindeki Ağaç Temelli Veri Madenciliği Algoritmalarının Performans Sonuçları.....	40
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

4.1. Eğitim veri setindeki CHAID regresyon ağacı diagram.....	18
4.2. Eğitim setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi.....	19
4.3. Test veri setindeki CHAID regresyon ağacı diagram.....	20
4.4. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi.....	21
4.5. Exhaustive CHAID eğitim veri setindeki regresyon ağacı diagram.....	23
4.6. Eğitim setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için Exhaustive CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi.....	23
4.7. Exhaustive CHAID test veri setindeki regresyon ağacı diagram.....	25
4.8. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için Exhaustive CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi.....	26
4.9. CART eğitim veri setindeki regresyon ağacı diagram.....	29
4.10. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CART sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi.....	30
4.11. CART test veri setindeki regresyon ağacı diagram.....	33
4.12. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CART sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi.....	34
4.13. QUEST Eğitim Veri Setindeki Regresyon Ağacı Diagramı.....	36
4.14. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için QUEST sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi.....	37
4.15. QUEST test veri setindeki regresyon ağacı diagram.....	39

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)**Sayfa**

4.16. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için QUEST sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi.....	40
4.17. Cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için test setteki sınıflandırma algoritmalarının bireysel ROC eğrileri.....	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

3.1. Test ve eğitim setinde kullanılan sınıflandırıcı algoritmaları için karışıklık matrisi.....	13
4.1. Farklı cinsiyetteki <i>Tropinota hirta</i> böceklerine ait bazı vücut ölçülerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve özellikler bakımından cinsiyetlerin karşılaştırma sonuçları.....	16
4.2. Test ve Eğitim setindeki her bir teşhis testi için veri madenciliği algoritmalarının sınıflandırma performans sonuçları.....	41

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**Simgeler****Açıklama**

%

Yüzde

Kısaltmalar**Açıklama***T. hitra*

Tropinota

CART

Classification and Regression Trees

CHAID

Chi-squared Automatic Interaction Detection

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Epicometis (Tropinota) hirta (Poda) ülkemizin farklı yerlerinde bakla zınnı, elma çiçeği böceği, çiçek zınnı, bakla çiçek yiyeni gibi isimler alan önemli bir çiçek zararlısıdır. *Tropinota hirta* türü dünyada Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye, İngiltere, yakın ve orta doğu ülkeleri, Akdeniz çevresi ülkeleri başta olmak üzere çok geniş bir alana yayılmıştır. Şimdiye kadar erginleri yaklaşık 48 kültür bitkisinde görülmüştür (Subchev vd., 2011).

Erginleri yaklaşık 8-13 mm boyunda mat siyah renklidir. Vücudu çok sayıda krem/beyaz tüylerle kaplıdır ve elitrası üzerindeki beyaz düzensiz şekilli lekeler sayesinde kolayca tanınabilir (Anonim, 2018). Yukarıdan bakıldığında elitra yarım daire şeklindedir ve birbirlerinden belirgin ayrılırlar.

Tropinota hirta kışı düşen yaprakların veya yerdeki bitkilerin altına sığınarak larva ya da ergin olarak geçirir. Erginler bitkilerdeki çiçeklerden beslendiklerinden dolayı ilkbahar başlangıcındaki çiçeklenme döneminde oldukça sık görülmektedir (Stankevych, 2017). Günün güneşli saatlerinde çok hareketlidirler fakat yağmurlu ve kapalı havalarda çok fazla görülmezler. Erginleri, genellikle potasyumca zengin bahçelerde, yetiştirilen öncelikle taş çekirdekli meyvelerde daha sonra yumuşak çekirdekli meyvelerde çiçeklerde dişi ve erkek organları, polen tozlarını, genç yaprakları, tomurcuk ve hatta meyveleri yiyerek meyve ağaçlarına oldukça fazla zarar verirler. Zararlı beslenme esnasında üzerindeki tüylere yapışan polenler ile tozlaşmaya katkı sağlasa bile beslenmesi sırasında bitkiye daha çok zarar verdiği için bu tür genellikle bir fitofag olarak kabul edilir. Larvaları ise meyve ağaçlarına zarar vermezler çünkü larvalar ölü odun parçaları veya yabancı otların kökleriyle beslenirler. Meyve ağaçları için oldukça zararlı olan erginler (Özbek, 2008) meyve çiçeklerinin olmadığı dönemlerde alternatif olarak süs bitkileri, aspir ve kanola gibi kültür bitkilerinde de zararlı oldukları için (Vuts vd., 2010; Esfahani vd., 2012; Ursache vd., 2017) tabiatıta yoğun popülasyon oluşturabilmektedir.

Tropinota hirta 'nın larvaları, kış aylarında toprakta sıcaklık 15°C nin altına düştüğü zaman zorunlu diyapoza girmektedir. Kışı geçiren larvalar bahar aylarında yeniden aktif hale geçerler ve 6 ila 9 hafta içinde pupa olurlar (Aydın, 2011; Kara, 1995). Pupalardan çıkan

erginler Nisan Eylül ayları arasında en yakın çiçek bahçelerine giderek kiraz, elma, armut, erik, ayva gibi meyve ağaçlarının çiçekleriyle beslenmeye başlarlar.

Son zamanlarda meyve ağaçlarında bu zararlıya karşı gereken önlemler alınmadığı için çok fazla ürün kayıpları meydana gelmiştir. Örneğin kiraz ağaçlarında yaklaşık %70 (Kutinkova ve Andreev, 2004; Razov vd., 2009), armut ağaçlarında ise %90'ı aşkın zarar belirlenmiştir (Kara,1992).

Böceklerde cinsiyete bağlı mücadele, özellikle tarımda zararlı böceklerin kontrolünde kullanılan bir yöntemdir. Erkek kısırlaştırma ile dişi böceklerin üremesinin önüne geçilebilir. Ayrıca, dişi böceklerin üremesini engellemek için hormonlar ve diğer kimyasal maddeler de kullanılabilir. Bir başka örnek, dişi böceklerin yumurta koymasını engellemek için, dişi böceklerin üreme hormonlarının manipüle edilmesidir. Ayrıca, böceklerde cinsiyete bağlı genetik müdahaleler için canlı böceklerin öldürülmeden cinsiyetlerinin belirlenmesi gerekir. Başka bir yöntem ise böceklerin cinsiyeti ile ilgili genlerini sekonder metabolitlerle manipüle etmektir (O'Neil vd. 2011; Werren vd. 1997).

Böceklerin pek çoğunda cinsel dimorfizm yoktur. Dolayısıyla erkek ve dişi bireylerin dış görünüşlerinin gözle ya da *T. hirta* gibi mikroskop ile bile ayrılmaları söz konusu değildir. Böceklerin vücut bütünlüğü ile cinsiyetlerinin ayrılması cinsiyete bağlı bazı mücadelelerde elzem bir durumdur. Tezin konusu olan böcek ile ilgili cinsiyet tayini ve tanımlanmasına rastlanmamıştır. Tez yayına dönüştürüldüğünde böceğin erkeği ve dişisinin ayrıca redeskriptionları yapılacaktır.

Bu çalışmada, CART, CHAID, Exhaustive CHAID ve QUEST veri madenciliği algoritmaları kullanılarak bazı taksonomik karakterler üzerinden *T. hirta* böcek türlerinin cinsiyetlerinin belirlenmesi için yeni bir seksomorfometrik karakterizasyon geliştirmek hedeflenmiştir.

Zararlının zarar yaptığı dönemde bitki çiçeklenme döneminde olduğundan kimyasal ilaç atılamamakta dolayısı ile etkili bir mücadele tamamen kimyasal mücadele dışındaki mücadele yöntemleri ile yapılabilmektedir.

Kültürel Önlemler: Meyve ağaçlarının çiçekli olduğu dönemde ilaçlı mücadele uygulaması, bal arıları gibi döllemeye yardımcı olan böceklerle de zarar verdiği için kültürel önlemler daha çok önemlidir. Bunun için toprak işleme yapılabilir ve bu işlemle toprakta bulunan yumurta, larva, pupa ve ergin popülasyonunda azalma sağlanır.

Mekanik mücadele: Erginlerin hareketlerinin az olduğu sabahın erken saatlerinde veya akşam üzeri ağaçların altına örtüler serilir. Daha sonra ağaçlar kuvvetlice sallanarak silkelenir ve toplanan ergin böcekler imha edilebilir. Bu yöntem mekanik mücadeleye örnek olarak gösterilebilir.

Biyoteknolojik mücadele: Ergin böcekler gök mavisi gibi mavinin açık tonlarını tercih ettiklerinden dolayı bu renklere kaplar cezbedici tuzaklar olarak kullanılır. Bu yöntemde, ağaçların altına mavi renkte leğenler veya kaplar konulur ve bunlar yarısına kadar suyla doldurulur. Ergin böcekler mavi renge yönelecekleri için kapların içindeki suya düşerler ve düşen böcekler her gün toplanarak imha edilir.

Kimyasal mücadele: *Tropinota hirta* için kimyasal mücadele tavsiye edilmez fakat bu zararlının popülasyonunun çok fazla arttığı durumlarda kimyasal mücadele yapılabilir. Ancak bu durumda bir miktar bal arısı kaybını göze almak gerekmektedir. Kimyasal mücadeleye karar vermek için ağaçların çiçeklerinde bu zararlının çok fazla görülmesi gerekir. Bunun için ise ağaçlar tomurcuklanmaya başladığı dönemden itibaren ergin böcek gözlemi yapılmalıdır. Zararlının topraktan çıkıp çiçeklerle beslenmeye başladığı dönemde sadece bir kere ilaçlama yapılır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kara (1995) yaptığı çalışmada, *T. hirta* böceğinin erginlerinin Tokat ilinde ve çevresinde meydana getirdiği zararlar ve düzeyleri hakkında ve ayrıca bazı biyolojik çeşitlilikleri hakkında çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın amacı bu bölgedeki *T. hirta* böceklerinin çevreye, bitkilere ve ağaçlara verdiği zararı tespit etmek ve biyolojik çeşitlilik olarak dağılımlarını incelemektir.

Vuts (2009) bu çalışmada, *T. hirta* böceğinin çiçek cezbedicisini artırmak için, antenleri kullanarak elektroantennografik testler yoluyla yapılacak testler için uyumlu bileşikler seçilmiştir. 4-metoksifenetil alkol ve metil salisilat bileşeni antenlerde yüksek tepkiler uyandırmıştır. Bulgaristan ve Macaristan gibi bazı yerlerde test edilmiş ve çalışmanın sonucunda cezbedici ile yapılan bir tuzak, *T. hirta*'nın yakalanmasında daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.

Toth vd. (2009), bu çalışmalarında *Tropinota squalida* Scop ve *T. hirta* Poda böcekleri için kurulan tuzakların renklerinde farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Çalışma Avrupa'da 8 bölgede yapılmıştır. Sonuç olarak her iki böceğin tuzaklarındaki renklerin farklı olmadığı ve aynı renklerdeki tuzaklarda, iki böceğin de eşit oranda yakalandığı tespit edilmiştir.

Aydın (2011), yaptığı çalışmada *T. hirta* böceğinin erginlerinin çiçeklerde renk tercihlerinde bir değişikliğin olup olmadığına bakmıştır. Büyük bir zararlı olan *T. hirta*'nın tespiti, takibi ve kontrolü için kullanılan tuzaklarda en iyi renk seçimi için bu bilgilere ihtiyaç duymuştur. Çalışma sonucunda, *T. hirta*'nın renk tercihinin, kiraz ağaçlarında çiçek açmadan önceki çiçeklerin beyazından, kirazın çiçeklenme dönemindeki açık gök mavisine ve kirazlar olduktan sonra çiçeklenme dönemi geldiğinde tekrar çiçek beyazına yöneldiği bulunmuştur.

Aydın (2011) çalışmada, böceklerin biyolojik olarak çeşitliliklerini karşılaştırmıştır. Özellikle *T. hirta*'ları yakalamak için kullanılan tuzaklar ile örnekler elde edilmiştir. Diğer böcekler ve *T. hirta*'da türler arasındaki benzerlik, çeşitlilik, baskınlık ve nüfus yoğunlukları ölçülmüştür. Çeşitlilik bakımından her alanın farklı türde böcek

yoğunluğunun olduğu gözlemlenmiştir. Doğal alanlarındaki popülasyon yoğunlukları, tarım alanlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Oltean vd. (2015) yaptıkları çalışmalarında, *T. hirta* böceğinin tek yıllık ve çok yıllık olmak üzere toplam 48 bitki türünde polifagus zararlısı olduğu tespit edilmiştir. Ergin *T. hirta* böceklerinin vücutlarının her yerinde tüyler bulunması nedeniyle kolayca tanınabileceğinden bahsedilmiştir. Yazdıkları bu makalede *T. hirta* böceğinin zararlarının kontrol altına alınabilmesi için alternatif kontrol yöntemleri geliştirme ihtiyacını vurgulamışlardır. Tip 1, tip 2 ve tip 3 olarak 3 tip kapan uygulamasından en iyi sonucu tip 1 tuzagından almışlardır.

Petanec vd. (2016) Romanya'nın batı kısmında bir dönem *T. hirta* böceği artan saldırganlık ve aşırı polifajiden dolayı daha sık görülmeye başlamıştır. Böceklerin artan istilas ve morfolojisi ile ilgili araştırmaların eksikliğinden dolayı böyle bir çalışma yapmaya ihtiyaç duymuşlardır. Bu çalışmada Timis ilçesinde sert çekirdekli meyve ağaçlarında *T. hirta* böceğinin biyometrik ölçümleri ortaya konulmuştur.

Tuda vd. (2020) bu çalışmada, böceklerin sınıflandırılmasında hızlı ve kesin olarak morfolojik sınıflandırma, ekolojik sınıflandırma, koruma ve zararlı kontrolleri için veri tabanı oluşturulmasını kritik ve önemli bir adım olarak görmüşlerdir. Bunun için de bir yapay zekâ uygulaması olarak makine öğrenmesini bu çalışmalarda kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda görüntü tabanlı tür çalışmalarında makine öğrenimini başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Cinsiyet belirleme ve cinsiyet oranı dağılımı doğru bir şekilde belirlenmiştir.

Espinosa-Zaragoza (2020), *Cactoblastis cactorum* (kaktüs güvesi) yerli popülasyonlara oldukça fazla zarar vermiştir. Bu çalışmada verilen zararın etkisini azaltmak için, Biyolojik bir kontrol seçeneği olarak doğal bir düşman kullanılmıştır. Sonuçları BAM diyagramını kullanarak ortak coğrafi dağılımları tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda kaktüs güvesinin yayılış alanlarına doğal düşmen kasıtlı olarak bırakılmış ve bu çalışmanın başarılı olacağı öngörülmüştür.

Wührl vd. (2021) yaptıkları çalışmalarında, Diversity Scanner'ın moleküler ve morfolojik araçları birleştirerek omurgasız çeşitliliği ile mücadele ve izleme için önemli bir

bileşen olabileceği konusunu özetlemişlerdir. Çalışmanın sonunda otomasyon, makine öğrenimi ve DNA barkodunun birleşiminin farklı bir ölçekte omurgasız çeşitliliği ile mücadele etme potansiyeline sahip olduğunu önermişlerdir.

Kirkeby vd. (2021) günümüz tarımı, artan nüfusu barındırmak için, artan mahsul üretimi arasında hassas bir denge olması gerektiğini düşünmüşlerdir. Pestisit kullanımı, zararsız böcekleri öldürdüğü ve tozlaşmayı olumsuz etkilediği için mahsul verimini düşürmektedir. Bu nedenle pestisit kullanımının azaltılması ve en azından hedef olmayan böcekler için mümkün olduğunca az riskle uygulanması istenmiştir. Yaptıkları bu çalışmanın amacı ise, uçan böceklerin tespiti için yeni bir prototip optik sensör sistemini test etmektir.

Avcı (2022) bu çalışmada, Çanakkale'deki merkeze bağlı ilçelerde *T. hirta* böceklerinin mevsimlere göre uçuşunu ve sayı yoğunluklarının belirlenmesini amaçlamıştır. İki yıl süren bu çalışmada yabani hardal bitkisinin bu böceğin erginlerinin uçmasında oldukça büyük bir etmen olduğu belirlenmiştir. Ayrıca *T. hirta*'ların uçuş dönemlerinin başlangıcında, mera alanları geniş barınma yerleri olarak belirlenmiştir.

Tarımsal araştırmalar ve politikalar genel müdürlüğü (cilt IV) kitabında *T. hirta* böceğinin tanımı ve yaşayışı, zarar şekilleri, ekonomik önemi ve yayılışı, konukçuları, doğal düşmanları ve etkinlikleri, mücadelesi gibi konu başlıkları hakkında kısa kısa bilgiler verilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın materyallerini Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma bahçesinde bulunan sert çekirdekli meyve ağaçlarından toplanan *Tropinota hirta* böcek örnekleri oluşturmaktadır.

3.1.1. Arazi çalışmaları

Örnekler 2022 yılında yukarıda belirtilen yerde nisan ve mayıs aylarında toplam 3 hafta boyunca her gün gidilerek yaklaşık 1200 adet böcek toplanmıştır. Böcekler sert çekirdekli meyve ağaçları üzerinden tek tek el ile yakalanmıştır. Etil asetat içeren öldürme şişelerinde öldürüldükten sonra, böceklerin bacaklarını ve antenlerini pens yardımıyla düzeltilmiştir. Böcekler üzerinde daha kolay çalışabilmemiz için kurutma kâğıdı üzerinde kurumaya bırakılmıştır. Yaklaşık 20 gün kadar kurumaları beklenmiştir. Böcekler kuruduktan sonra dişi ve erkek böceklerin fiziksel farklılıklarını incelemek üzere laboratuvarda çalışmalara başlanmıştır. Kuru olan böceklerden yaklaşık 200 tanesi sodyum hipokloratlı suda 3 gün bekletilerek yumuşamaları sağlanmıştır ve üreme ve iç organlarının incelenmesi için laboratuvarda parçalanmıştır.

3.1.2. Laboratuvar çalışmaları

Laboratuvara getirilen *T. hirta* erginlerinin öncelikle üreme organlarına bakılarak dişi ve erkek olarak cinsiyetleri belirlenmiştir. Cinsiyeti belirlenen böceklerin bacakları ve antenleri ayrıldıktan sonra her bir parça stereo mikroskop altında incelenerek cinsiyette fiziksel farklılıkların olup olmadığı gözlemlenmiştir. Stereo mikroskoplar, örnekleri incelerken 3 boyutlu görüntü elde etmemizi ve görüntüyü belli bir noktaya kadar yakınlaştırabilmemizi sağlarlar.

Bir ay boyunca laboratuvarda böcekler incelenerek bazı farklılıklar göz ile tespit edilmiştir. Bu farklılıklar anten, ön bacak, arka bacak ve böceğin üzerindeki düzensiz beyaz şekillerde gözlemlenmiştir.

Gözlemlenen bu farklılıkların değerlerini hesaplamak amacıyla Eskişehir Teknik Üniversitesi Biyoloji bölümünün Zooloji laboratuvarında, 1 ay boyunca her gün gidilerek, *T. hirta*'nın fotoğrafları çekilmiştir. Böceğin tam hali, üstünden ve altından 2 farklı şekilde olmak üzere, makro lense sahip fotoğraf makinesinde 3 boyutlu olarak çekilmiştir. Daha sonra Leica mikroskobunda böceğin anteninin ve 3 bacağının fotoğrafları çekilmiştir. Leica mikroskop, mikro yapıların görselleştirilmesi, ölçümü ve analizinde kullanılabilmesinden dolayı tercih edilmiştir. Her böceğin verileri kendine özel bir klasör oluşturularak saklanmıştır. Toplamda 6500 adet resim elde edilmiştir.

Elde edilen resimlerin hesaplamalarını yapmak üzere CorelDRAW 2019 programında çalışmalara başlanmıştır. Bu programda tüm böceklerin flagellum (anten) uzunluğu, ikinci bacadaki tibia spur uzunluğu ve arka bacadaki spur uzunluğu tek tek ölçülüp ek olarak her fotoğrafta kullandığımız 1 mm lik cetvel ölçüsü ile oranlanıp bulunan veriler excel üzerine kaydedilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ki-kare Otomatik Etkileşim Tespiti (Chi-squared Automatic Interaction Detection) (CHAID)

CHAID algoritması Kass tarafından geliştirilmiş olup, Ki-kare ismini alma sebebi ise algoritmada birçok çapraz tablonun kullanılması ve oranlara ilişkin hipotez kontrolü yapmasıdır (Kass, 1980). Her bir bağımsız değişken için kategorileri anlamlı bir şekilde birleştirip bağımlı değişkene göre çağraz tablolar oluşturur. Daha sonra Bonferroni p-değerlerini kullanarak ki-kare testi ile hipotez kontrolü yapar. Bağımsız değişkenleri birbirleriyle karşılaştırıp, Bonferroni p-değeri en az olan bağımsız değişkenin kategorilerine göre veriyi alt gruplara böler (Pehlivan 2006, Altay vd., 2021). Bu algoritmanın çalışma prensibi olarak varyasyonu gruplar arasında maksimum, gruplar için minimum olacak şekilde tekrarlı olarak farklı alt bölmelere ayırmaktadır. Yani üzerinde çalışılan veri setini, bağımlı değişkeni en iyi şekilde açıklayabilecek homojen alt gruplara ayırabilir. Güçlü öteleme algoritması sayesinde bir bütün olan popülasyonu kararlı alt düğümlere (node) bölebildiği için verilerde normallik ve homojenlik varsayımları yerine gelir. Bu nedenle elde

edilecek regresyon denklemi normallik, doğrusallık, homojenlik vb. varsayımlardan muaf tutulur. Bundan dolayı yarı parametrik bir teknik olarak düşünülebilir. CHAID algoritması, sürekli ve kategorik verilerin aynı anda modele dahil edilebilmesine olanak tanır. Nominal, ordinal ve sürekli değişkenler arasındaki etkileşim tespit edilip, sonuçlar hiyerarşik ağaç yapısında gösterilebilir. Her bir düğümden dallanma sayısı iki veya daha fazla olabilir (Pehlivan 2006; Rokach ve Maimon 2015). Ayrıca, CHAID algoritması ki-kare testleri için seçilen önem düzeyiye duyarlıdır. Düşük bir önem düzeyi, çok sayıda önemsiz bölmeler ve karmaşık bir ağaç yapısına neden olurken, yüksek bir önem düzeyi önemli değişkenler arasındaki etkileşimleri kaçırabilir.

Sonuç olarak, CHAID algoritması kategorik verileri analiz etmek için güçlü bir araçtır, ancak kendi sınırlamaları vardır. Yüksek hesaplama gücü gerektirir ve veri seti büyük ve çok sayıda değişken içerdiğinde karmaşık ve yorumlanamayan bir ağaç yapısı oluşturabilir. Aynı zamanda küçük örnek boyutlarına ve aykırı değerlere duyarlıdır ve eski bir algoritmadır. Dolayısıyla, CHAID algoritmasını kullanırken bu sınırlamaları dikkate almak ve diğer algoritmalarla karşılaştırmak önemlidir.

3.2.2. Kapsamlı Ki-kare Otomatik Etkileşim Tespiti (Exhaustive Chi-squared Automatic Interaction Detection) (Ex-CHAID)

Exhaustive Chi-Squared Automatic Interaction Detection (CHAID), kategorik veri setlerini analiz etmek için kullanılan bir karar ağacı temelli algoritması olup, Kass tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir. Ex-CHAID ve CHAID ikisi de veri kümesindeki değişkenler arasındaki etkileşimleri belirlemek için karar ağacı temelli metodlarıdır. Her iki metod da, ağacın her seviyesindeki bölmelerin önemliliğini değerlendirmek için Ki-kare testini kullanmaktadır. Ancak iki algoritma arasında bazı önemli farklar bulunmaktadır. Ex-CHAID, her değişken için tüm olası bölme noktalarını değerlendiren bir metod iken, CHAID ise sadece sınırlı bir bölme noktası setini değerlendiren bir metodur. Ex-CHAID algoritmasında birden fazla bağımsız değişken modele dahil edilebilir ve eksik gözlemleri bulunabilirken, CHAID sadece tek bir bağımsız değişken ve eksik gözlemler içermemelidir. Ex-CHIAD overfitting'e daha yatkın olabilir ve çok sayıda dal içeren karmaşık bir karar ağacı oluşturabilirken, CHAID overfitting'e daha az yatkındır ve daha basit karar ağaçları oluşturmaktadır. Genel olarak, Ex-CHAID CHAID'den daha güçlü ve dayanıklı bir metod

olarak kabul edilir ancak aynı zamanda daha fazla hesaplama kaynağına ihtiyaç duyar ve küçük örnek boyutlarına daha hassas olabilmektedir.

Ex-CHAID, kategorik bağımlı değişken ile bir veya daha fazla kategorik bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Ex-CHAID algoritması, her bir bağımsız değişken için bir testi temsil eden her bir iç düğüm ve bağımlı değişkenin tahmin edilen değerini temsil eden her bir yaprak düğümden oluşan bir karar ağacı oluşturarak başlar. Amaç, bağımlı değişkenin farklı kategorilerinin ayrılmasını maksimize etmektir. Her iç düğümde, CHAID bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin önemini değerlendirmek için ki-kare testi gerçekleştirir. Sonra, ki-kare istatistiği ile ölçülen impurity'nin azaltılmasına en çok katkıda bulunan değişkeni ve bölme noktasını seçer. Bu işlem her çocuk düğümde tekrar edilir ve bir durdurma kriteri sağlandığında, örneğin yaprak düğümünde minimum gözlem sayısında durur.

3.2.3. Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları (Classification and Regression Trees) (CART)

CART algoritması, veri madenciliği ve makine öğrenimi alanlarında sıklıkla kullanılan bir algoritmadır. CART algoritması, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin yapısını araştırmakla birlikte bağımsız değişkenlerin birbirleri ile olan etkileşimlerini ortaya koyar (Çamdeviren vd. 2007). (Breinman vd. 1984) tarafından geliştirilen bu algoritma, hem regresyon ağacı hem de sınıflandırma amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Bu algoritma, veri setinde belirli bir özellik veya değişken aracılığıyla verilerin sınıflandırılması veya tahmin edilmesi için ağaç yapısı oluşturmaktadır. Ağaç yapısının dalları, veri setindeki verileri belirli kriterlere göre böler ve her dal, sınıflandırma veya tahmin için bir karar noktası oluşturmaktadır. Dallanma işlemi ikili ağaç yapısında olup her grubun her aşamada iki alt homojen gruba ayrılması temeline dayanmaktadır.

CART algoritmasının birçok avantajı kolay anlaşılabilir ve kolay yorumlanabilir bir yapıya sahip olmasıdır. CART algoritması veri setinde bir ön işlemeye ihtiyaç duymamakta ve çoklu bağımlılık (multicollinearity) gibi problemleri diğer algorimalara nazaran daha az olmaktadır. Ayrıca, CART algoritması, yüksek boyutlu veri setlerinde de iyi performans gösterir. Ancak, CART algoritmasının bazı dezavantajları da bulunmakta olup, ağaç

yapısının dalları arasındaki kararlar sırasında, verilerin bölünmesi için seçilen özelliklerin önem sırası önemlidir. Eğer önemli özellikler seçilmezse, ağaç yapısının performansı düşebilir. Ayrıca, CART algoritması, veri setindeki verilerin sınıflandırılması veya tahmin edilmesi için en uygun bölümlere yapar, ancak bölünen veriler arasındaki ilişkileri dikkate almamaktadır. Bu nedenle, veriler arasındaki ilişkileri dikkate almayan bir ağaç yapısı oluşabilir.

CART algoritması ile en iyi bağımsız değişkenin seçiminde, safsızlık (impurity) ve değişim ölçülerindeki (gini, twoing, en küçük kareler sapması) değişkenlik dikkate alınır. Gini endeksi, belirli bir özellikteki bölünmeden sonra oluşan bir kategori için saflığı tanımlar. En saf olası sınıflar oluşan bölünme en iyisidir. Tüm bireyler tek bir sınıf ile ilişkili olduğunda, o saf diyebiliriz. Gini endeksi 0 ve 1 arasında değişir, 0 sınıflandırmanın saflığını gösterir, yani tüm bireyler belirli bir sınıfa aittir ve sadece bir sınıf vardır. 1 rastgele bireylerin farklı sınıflara dağılmasını gösterir. Gini endeksinin 0.5 değeri sınıflar arasında eşit bir dağılım gösterir. Regresyon ağacı oluştururken, Gini endeksinin en düşük değerlerine sahip özellikler tercih edilir. Gini endeksi, her sınıfın olasılıklarının karesinin toplamının 1'den çıkarılarak hesaplanır ve (3.1.) denklemi ile elde edilir. (Tangirala 2020). Gini endeksinin hesaplama aşamaları eşitlik 2 ve 3'te verilmiştir.

$$\text{Gini Index (L)} = 1 - \sum_{i=1}^j p_i^2$$

(Denklem 3.1.)

j: sınıf sayısını

L: j farklı sınıf etiketi içeren veri kümesi

p_i : L içinde sınıftaki i. göreceli frekansı

Veri kümesi, özellik A'ya göre iki alt kümeye (L_1 and L_2) bölündüğünde, sırasıyla boyutları n_1 ve n_2 olan, Gini endeksi (3.2.) denklemi ile hesaplanır (Tangirala 2020).

$$\text{Gini}_A(L) = \frac{n_1}{n} \text{Gini}(L_1) + \frac{n_2}{n} \text{Gini}(L_2)$$

(Denklem 3.2.)

Safsızlıktaki azalma, Denklem (3.3.)'teki gibi hesaplanır (Tangirala 2020).

$$\Delta \text{Gini}(A) = \text{Gini}(L) - \text{Gini}_A(L)$$

(Denklem 3.3.)

3.2.4. Hızlı, Tarafsız, Verimli İstatistiksel Ağaç (Quick, Unbiased, Efficient Statistical Tree) (QUEST)

QUEST (Hızlı, Tarafsız, Etkili İstatistiksel Ağaç) karar ağacı tabanlı bir veri madenciliği algoritmasıdır. Büyük veri kümelerinde hızlı ve etkili bir algoritma olarak kabul edilir. Algoritma, özellikler arasındaki en iyi bölünmeyi istatistiksel bir teste dayanarak seçerek karar ağaçlarını oluşturur, yerine açgözlü bir strateji kullanır. QUEST'in en önemli avantajlarından biri hem kategorik hem de sayısal verileri işleme yeteneğidir. Ayrıca eksik veriler olan veri kümelerinde de iyi performans sergiler, eksik verilerin desenine dayalı bir bölme kuralı kullanarak.

QUEST algoritması, her düğümde en iyi özellik olarak bölme yapmak için ki-kare testi adlı bir istatistiksel test kullanır. Ayrıca, istatistiksel testlerin aile bazında hata oranlarını denetlemek için "bonferroni düzeltme" adlı bir tekniği de kullanır. QUEST'in başka bir benzersiz özelliği ise kategorik verileri "dinamik binleme" adlı bir kavram kullanarak işleme yeteneğidir. Bu, benzer kategorileri birlikte gruplayarak kategorik değişkenleri sayısal değişkenlere dönüştürmeye olanak tanır.

Özetle, QUEST algoritması hem sayısal hem de kategorik verileri, eksik verileri ve büyük veri kümelerini işleyebilen, hızlı ve etkili bir veri madenciliği algoritmasıdır. Özellikle sınıflandırma ve regresyon problemleri için veri madenciliği görevlerinde iyi bir seçenek olarak kabul edilir.

3.2.5. Sınıflama algoritmalarının tanı testleri

Çizelge 3.1. Test ve eğitim setinde kullanılan sınıflandırıcı algoritmaları için karışıklık matrisi

Gözlenen	Tahmin Edilen	
	Erkek	Dişi
Erkek	DP	YP
Dişi	YN	DN

Bu çalışmada sınıflama performanslarının hesaplanmasında kolaylık sağlayacak karışıklık tablosu test ve eğitim setleri için Çizelge 3.1.'de sunulmuştur. Çizelge 3.1.'de sınıflama probleminde erkekler cinsiyet pozitif olarak baz alınmışken, dişiler negatif olarak belirlenmiştir. Eğer sınıflamada gözlemlenen erkekse ve tahmin sonucunda da erkekse cinsiyet tespit edilmişse doğru-pozitif (DP) olarak nitelendirilebilir. Fakat sınıflamada gözlemlenen erkek olup tahminde dişi birey olmasında ise sonuç yanlış-pozitif (YP) olarak değerlendirilir. Sınıflamada gözlemlenen dişiye ve tahmin sonucunda dişi birey elde edilirse sonuç doğru-negatif (DN) olarak tanımlanır. Eğer sınıflamada fakat gözlemlenen dişi olup, tahmin edilen erkek ise sonuç yanlış-negatif (YN) olarak nitelendirilebilir. AUC'yi (AUCse) belirlemek için (Hanley ve McNei, 1982) tarafından geliştirilen formül kullanıldı.

$$\text{Doğruluk} = (DP+DN)/(DP+YP+YN+DN)$$

$$\text{Hassasiyet} = DP / (DP+YP)$$

$$\text{Spesifiklik} = DN / (YN+DN)$$

$$\text{Hata oranı} = 1 - \text{Doğruluk},$$

$$se_{AUC} = \sqrt{\frac{AUC(1 - AUC) + (n_A - 1)(q1 - AUC^2) + (n_B - 1)(q2 - AUC^2)}{n_A n_B}}$$

$$n_A = DP + YN \quad \text{and} \quad n_B = YP + DN$$

$$q1 = \frac{AUC}{2-AUC} \text{ and } q2 = \frac{2AUC^2}{1+AUC}$$

(Denklem 3.4.)

Yukarıda Çizelge 3.1.'de belirtilen tanı teslerinde erkek olduğu bilinen sınıflamada tanı testinin gerçek erkeleri gösterebilme özelliğine testin özgüllüğü ifade edilirken, dişi

olduğu bilinen böcekler arasında tanı testin gerçek dışileri gösterebilmesine tanı testin duyarlılığı tanımlanmıştır (Denklem 3.4.).

3.2.6. Phi katsayısı

Phi katsayısı, Pearson korelasyon katsayısı olarak da bilinmekte olup, iki binary değişken arasındaki ilişkiyi ölçen bir istatistiktir. Pearson korelasyon katsayısı gibi -1 ile 1 arasında değer almaktadır. Phi Katsayısını hesaplamak için kullanılan formül denklem 3.5 teki gibidir.

$$\text{Phi} = (N_{11} * N_{00} - N_{10} * N_{01}) / \sqrt{(N_{1+} * N_{0+} * N_{+1} * N_{+0})}$$

(Denklem 3.5)

Burada N_{11} her iki değişkenin de 1 olduğu gözlemlerin sayısıdır, N_{00} her iki değişkenin de 0 olduğu gözlemlerin sayısıdır, N_{10} ilk değişkenin 1 ve ikinci değişkenin 0 olduğu gözlemlerin sayısıdır, N_{01} ilk değişkenin 0 ve ikinci değişkenin 1 olduğu gözlemlerin sayısıdır.

3.2.7. Cohen's Kappa katsayısı (κ)

Cohen's Kappa katsayısı (κ), kategorik veriler için değerlendiriciler arası uyumunu gösteren bir istatistiktir. Genellikle istatistik alanında bir tanı testinin performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır. İki değerlendiricinin veya öğeleri birkaç kategori içinde sınıflandırmalarını karşılaştırır ve olasılıkla beklenen uyumu dikkate almaktadır. Kappa, -1 ile 1 arasında değer alırken, 1 değeri mükemmel uyumu gösterirken, 0 olasılıkla uyumu gösterir ve 0'dan daha küçük değerler olasılıkla beklenen uyumdan daha az uyumu göstermektedir. Cohen's Kappa'nın hesaplanması için kullanılan formül denklem 3.6. daki gibidir.

$$\kappa = (\text{Gözlenen uyum} - \text{Beklenen uyum}) / (1 - \text{Beklenen uyum})$$

(Denklem 3.6.)

Burada; Gözlenen uyum, iki değerlendiricinin sınıflandırdığı ögelerin yüzdesi ile aynıdır ve Beklenen uyum, iki değerlendiricinin herhangi bir ögeyi eşit olasılıkla sınıflandırmaları olasılığıdır.

3.2.8. İstatistik yöntem

Tüm veri madenciliği algoritmaları uygulamalarında veri seti %70 eğitim ve %30 test sete bölünerek analizler gerçekleştirilmiştir. CART, CHAID, Exhaustive CHAID ve QUEST ile ilişkin analizler, Phi katsayısı ve Cohen's Kappa katsayısı (κ) istatistikleri IBM SPSS paket programı versiyon 23 tarafından gerçekleştirilmiştir (IBM Corp. Released, 2015). MedCalc yazılımının deneme sürümü 19.5.1, ROC eğrisi altındaki alanı ve karşılaştırmayı (AUC) hesaplanmış ve ROC eğrisi altındaki alandaki algoritma çiftleri, Z testi ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Her bir veri set için farklı cinsiyetteki *T. hirta* böceklerine ait bazı vücut ölçülerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve özellikler bakımından cinsiyetlerin ortalamalarının iki bağımsız t testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı cinsiyetteki *Tropinota hirta* böceklerine ait bazı vücut ölçülerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve özellikler bakımından cinsiyetlerin karşılaştırma sonuçları

Özellikler	Veri Setleri	Cinsiyet	n	Minimum	Maksimum	Ortalama±StdHata	Std Sap	VarKat	P Değeri
FU	Test Seti	Dişi	152	0,670	0,920	0,825±0,004 ^B	0,048	5,840	<0,001**
		Erkek	141	0,860	1,100	0,971±0,005 ^A	0,061	6,240	
	Eğitim Seti	Dişi	364	0,450	0,930	0,821±0,003 ^B	0,056	6,770	<0,001**
		Erkek	363	0,790	1,100	0,971±0,003 ^A	0,059	6,080	
IBTS	Test Seti	Dişi	152	0,480	0,830	0,673±0,006 ^B	0,074	10,980	<0,001**
		Erkek	141	0,580	0,900	0,718±0,005 ^A	0,063	8,780	
	Eğitim Seti	Dişi	364	0,480	0,910	0,684±0,004 ^B	0,075	10,900	<0,001**
		Erkek	363	0,560	0,980	0,721±0,003 ^A	0,062	8,540	
ABTS	Test Seti	Dişi	152	0,560	0,900	0,712±0,006 ^B	0,070	9,810	<0,001**
		Erkek	141	0,560	0,920	0,747±0,005 ^A	0,065	8,670	
	Eğitim Seti	Dişi	364	0,570	0,910	0,716±0,003 ^B	0,065	9,140	<0,001**
		Erkek	363	0,600	0,940	0,753±0,004 ^A	0,067	8,910	
Boy	Test Seti	Dişi	152	8,410	12,040	9,819±0,076 ^B	0,941	9,580	<0,001**
		Erkek	141	8,210	12,520	10,501±0,095 ^A	1,131	10,770	
	Eğitim Seti	Dişi	364	8,410	12,040	9,816±0,053 ^B	1,008	10,270	<0,001**
		Erkek	363	8,200	12,520	10,531±0,060 ^A	1,140	10,830	
Genişlik	Test Seti	Dişi	152	4,560	6,800	5,469±0,056 ^B	0,687	12,550	<0,001**
		Erkek	141	4,550	6,820	5,834±0,058 ^A	0,691	11,850	
	Eğitim Seti	Dişi	364	4,560	6,800	5,544±0,036 ^B	0,678	12,220	<0,001**
		Erkek	363	4,530	6,820	5,851±0,035 ^A	0,663	11,340	

(**P<0,01; A, B) Filagellum Uzunluğu (FU), İkinci Bacak Tibia Spure (IBTS), Arka Bacak Tibia Spure (ABTS),

Test setinde 152 dişi, 141 erkek böcek bulunmasına rağmen, eğitim setinde 364 dişi, 363 erkek böcek ihtiva etmektedir. Bu böceklerin eğitim setinde minimum flagellum uzunluğu dişilerde 0.450 mm iken erkeklerde 0.790 mm, test setinde ise minimum flagellum uzunluğu dişilerde 0.670 mm iken erkeklerde 0.860 mm olduğu tespit edilmiştir. Eğitim setinde maksimum ikinci bacak tibia spur uzunluğu erkeklerde 0.980 mm ve dişilerde 0.910 mm iken test setinde maksimum ikinci bacak tibia spur uzunluğu erkeklerde 0.900 mm, dişilerde ise 0.830 mm olarak saptanmıştır. Böceklerin eğitim setinde arka bacak spur uzunluk ortalaması dişilerde $0,716 \pm 0,003$ mm ve erkeklerde $0,753 \pm 0,004$ mm iken, test setinde ise arka bacak spur uzunluk ortalaması dişilerde $0,712 \pm 0,006$ mm iken erkeklerde $0,747 \pm 0,005$ mm olduğu belirlenmiştir. Böceklerde eğitim setinde boy standart sapması dişilerde 1.008 ve erkeklerde 1.140 iken, test setinde boy standart sapması dişilerde 0.941 ve erkeklerde 1.131 olduğu tespit edilmiştir. Son olarak cinsiyet ve veri setlerinin standartlaştırılmış değişim ölçüleri olan varyasyon katsayısı eğitim setinde erkeklerde %11.340 ve dişilerde %12.220 iken, test setinde ise erkeklerde %11.850 ve dişilerde %12.550 olarak tespit edilmiştir. Her bir özellik ve veri setinde ele alınan tüm özellikler bakımında cinsiyet ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$).

4.1. Test ve Eğitim Setindeki CHAID Algoritması Sonuçları

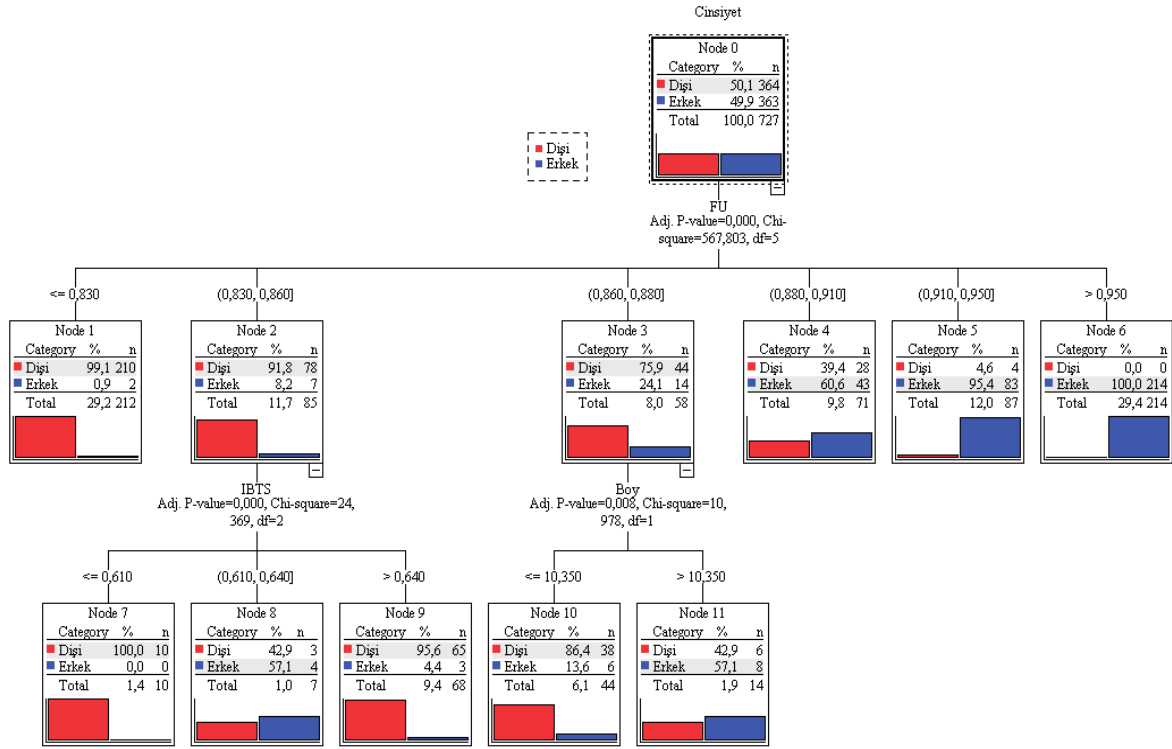
Çalışmaya dahil edilen böceklerden 727 tanesi FU değişkeni açısından 6 alt gruba (düğüm) ayrılmıştır (Şekil 4.1). Birinci düğümdeki $FU = < 0,830$ mm'den kısa olan 212 böcekten 210' u (%99,1) dişi, 2'si (%0,9) erkek olduğu belirlenmiştir. İkinci düğümdeki $0,830 < FU = < 0,860$ mm arasında olan 85 böcekten 78'i (%91,8) dişi, 7'si (%8,2) erkek olduğu saptanmıştır. Üçüncü düğümdeki $0,860 < FU = < 0,880$ mm arasında olan 58 böcekten 44'ü (%75,9) dişi, 14'ü (%24,1) erkek olduğu tespit edilmiştir. Dördüncü düğümdeki $0,880 < FU = < 0,910$ mm arasında olan 71 böcekten 28'i (%39,4) dişi, 43'ü (%60,6) erkektir. Beşinci düğümdeki $0,910 < FU = < 0,950$ mm arasında olan 87 böcekten

4'ü (%4,6) dişi, 83'ü (%95,4) erkektir. Altıncı düğümdeki $> 0,950$ mm'den uzun olan 214 (%29,4) böcekten tamamının cinsiyeti erkek olup hiçbir dişi bu kategoriye atanmamıştır.

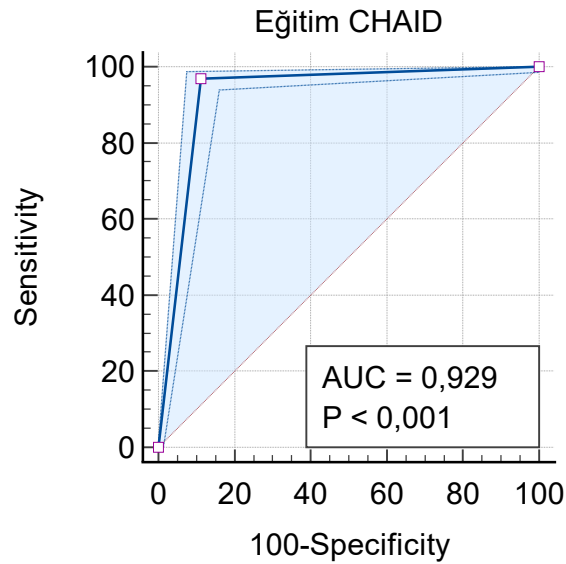
FU özelliği 0,830 ve 0,860 mm arasında olan böcekler (2. düğüm) IBTS özelliği açısından 7. 8. ve 9. düğümlere dallanmıştır. 7. düğümdeki IBTS = $< 0,610$ mm den kısa olan 10 böcekten tamamı dişi olduğu tespit edilmiştir. 8. düğümdeki $0,610 < \text{IBTS} = < 0,640$ mm arasında olan 7 böcekten 3'ü (%42,9) dişi, 4'ü (%57,1) erkek olduğu belirlenmiştir. IBTS $> 0,640$ mm den uzun olan 9. düğüme toplam 68 böcekten 65'i dişi, 3'ü (%4,4) erkek olarak atanmıştır.

FU özelliği 0,860 ve 0,880 mm arasında olan böcekler (3. düğüm) Boy özelliği açısından 10. ve 11. düğümlere dallanmıştır. 10. düğümdeki Boy = $< 10,350$ mm den kısa olan 44 böcekten 38'i (%86,4) dişi, 6'sı (%13,6) erkek olduğu belirlenmiştir. 11. düğümdeki Boy $> 10,350$ mm'den uzun olan 14 böcekten 6'sı (%42,9) dişi, 8'i (%57,1) erkek atandığı saptanmıştır.

Eğitim setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi Şekir 4.2'deki gibidir.



Şekil 4.1. Eğitim veri setindeki CHAID regresyon ağacı diagramı



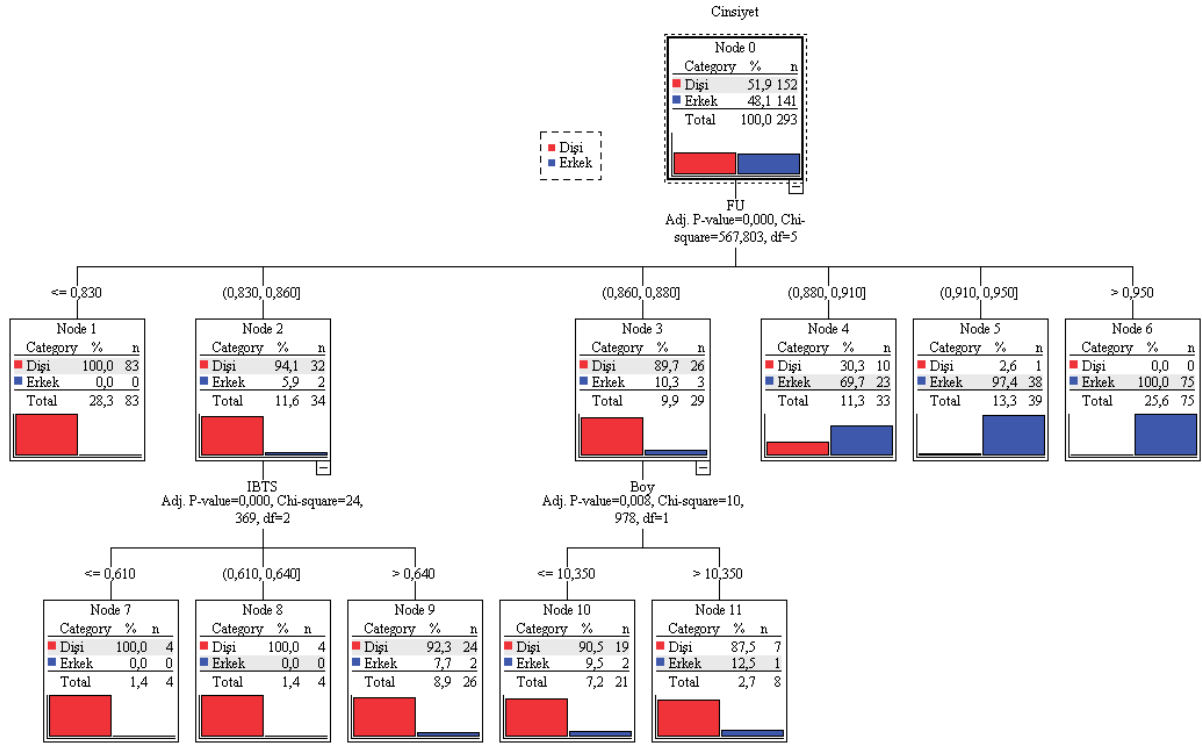
Şekil 4.2. Eğitim setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi

Çalışmaya dahil edilen tüm böceklerden 293 tanesi FU değişkeni açısından 6 alt gruba (düğüm) ayrılmıştır (Şekil 4.3). Birinci düğümdeki $FU = < 0,830$ mm den kısa olan 83 (28,3) böcekten tamamı dişi olarak atanmıştır ve hiçbir erkek bu kategoriye girmemiştir. İkinci düğümdeki $0,830 < FU = < 0,860$ mm arasında olan 34 böcekten 32'si (%94,1) dişi, 2'si (%5,9) erkek olduğu belirlenmiştir. Üçüncü düğümdeki $0,860 < FU = < 0,880$ mm arasında olan 29 böcekten 26'sı (%89,7) dişi, 3'ü (%10,3) erkek olduğu saptanmıştır. Dördüncü düğümdeki $0,880 < FU = < 0,910$ mm arasında olan 33 böcekten 10'u (%30,3) dişi, 23'ü (%69,7) erkektir. Beşinci düğümdeki $0,910 < FU = < 0,950$ mm arasında olan 39 böcekten 1'i (%2,6) dişi, 38'i (%97,4) erkek olarak tespit edilmiştir. Altıncı düğümdeki $> 0,950$ mm den uzun olan 75 (%25,6) böcekten tamamı erkek olduğu tespit edilmiş ve hiçbir dişi bu kategoriye atanamamıştır.

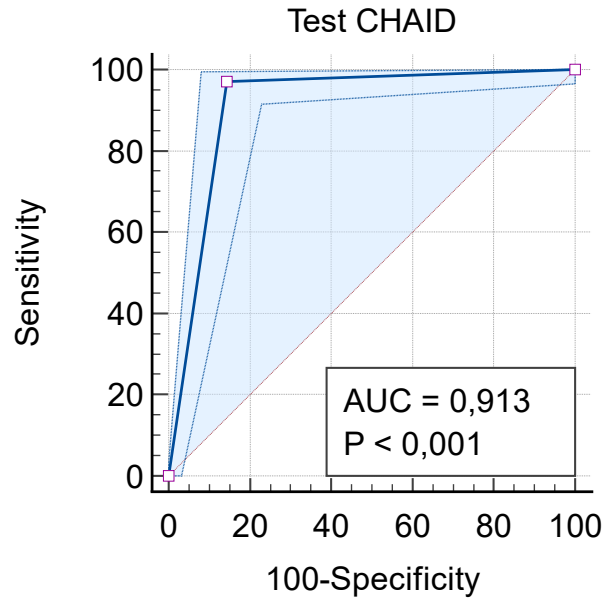
FU özelliği 0,830 ve 0,860 mm arasında olan böcekler (2. düğüm) IBTS özelliği açısından 7., 8. ve 9. düğümleri oluşturmuştur. 7. düğümdeki $IBTS = < 0,610$ mm den kısa olan 4 (%1,4) böcekten tamamı dişi olarak belirlenmiştir. 8. düğümdeki $0,610 < IBTS = < 0,640$ mm arasında olan 4 (%1,4) böcekten hepsi dişidir ve hiçbir erkek bu kategoriye atanamamıştır. 9. düğümdeki $IBTS > 0,640$ mm den uzun olan 26 böcekten 24'ü (%92,3) dişi, 2'si (%7,7) erkek olarak saptanmıştır.

FU özelliği 0,860 ve 0,880 mm arasında olan böcekler (3. düğüm) Boy özelliği açısından 10. ve 11. düğümlere dallandırılmıştır. 10. düğümdeki $Boy = < 10,350$ mm den kısa olan 21 böcekten 19'u (%90,5) dişi, 2'si (%9,5) erkek olarak ayrılmıştır. 11. düğümdeki $Boy > 10,350$ mm den uzun olan 8 böcekten 7'si (%87,5) dişi, 1'i (%12,5) erkek olduğu saptanmıştır.

Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi şekil 4.4'teki gibidir.



Şekil 4.3. Test veri setindeki CHAID regresyon ağacı diagramı



Şekil 4.4. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi

4.2. Test ve Eğitim Setindeki Exhaustive CHAID Algoritması Sonuçları

Çalışmaya dahil edilen tüm böceklerden 727 tanesi FU değişkeni açısından 4 alt gruba (düğüm) ayrıldı (Şekil 4.5). Birinci düğümdeki $FU = < 0,830$ mm den kısa olan 212 böcekten 210'u (%99,1) dişi, 2'si (%0,9) erkek olarak belirlenmiştir. İkinci düğümdeki $0,830 < FU = < 0,880$ mm arasında olan 143 böcekten 122'si (%85,3) dişi, 21'i (%14,7) erkek olduğu saptanmıştır. Üçüncü düğümdeki $0,880 < FU = < 0,910$ mm arasında olan 71 böcekten 28'i (%39,4) dişi, 43'ü (%60,6) erkektir. Dördüncü düğümdeki $FU > 0,910$ mm den uzun olan 301 böcekten 4'ü (%1,3) dişi, 297'si (%98,7) erkek olarak tespit edilmiştir.

FU özelliği 0,830 ve 0,880 mm arasında olan böcekler (2. düğüm) FU özelliği açısından 5. ve 6. düğümleri oluşturmuştur. 5. düğümdeki $FU = < 0,860$ mm den kısa olan 85 böcekten 78'i (%91,8) dişi, 7'si (%8,2) erkek olarak atanmıştır. 6. düğümdeki $FU > 0,860$ mm den uzun olan 58 böcekten 44'ü (%75,9) dişi, 14'ü (%24,1) erkek olduğu belirlenmiştir.

FU özelliği 0,880 ve 0,910 mm arasında olan böcekler (3. düğüm) Genişlik özelliği bakımından 7., 8., 9., 10. ve 11. düğümlere dallanmıştır. 7. düğümdeki Genişlik $= < 4,970$ mm den kısa olan 12 böcekten 7'si (%58,3) dişi, 5'i (%41,7) erkek olarak saptanmıştır. 8. düğümdeki $4,970 < Genişlik = < 6,100$ mm arasında olan 35 böcekten 11'i (%31,4) dişi, 24'ü (%68,6) erkektir. 9. düğümdeki $6,100 < Genişlik = < 6,380$ mm arasında olan 7 (%1) böcekten tamamı dişi olarak atanmıştır, erkeklerden hiçbiri bu kategoriye girememiştir. 10. düğümdeki $6,380 < Genişlik = < 6,650$ mm arasında olan 10 (%1,4) böcekten tamamı erkektir ve hiçbir dişi bu kategoriye atanamamıştır. 11. düğümdeki Genişlik $> 6,650$ mm den uzun olan 7 böcekten 3'ü (%42,9) dişi, 4'ü (%57,1) erkek olduğu belirlenmiştir.

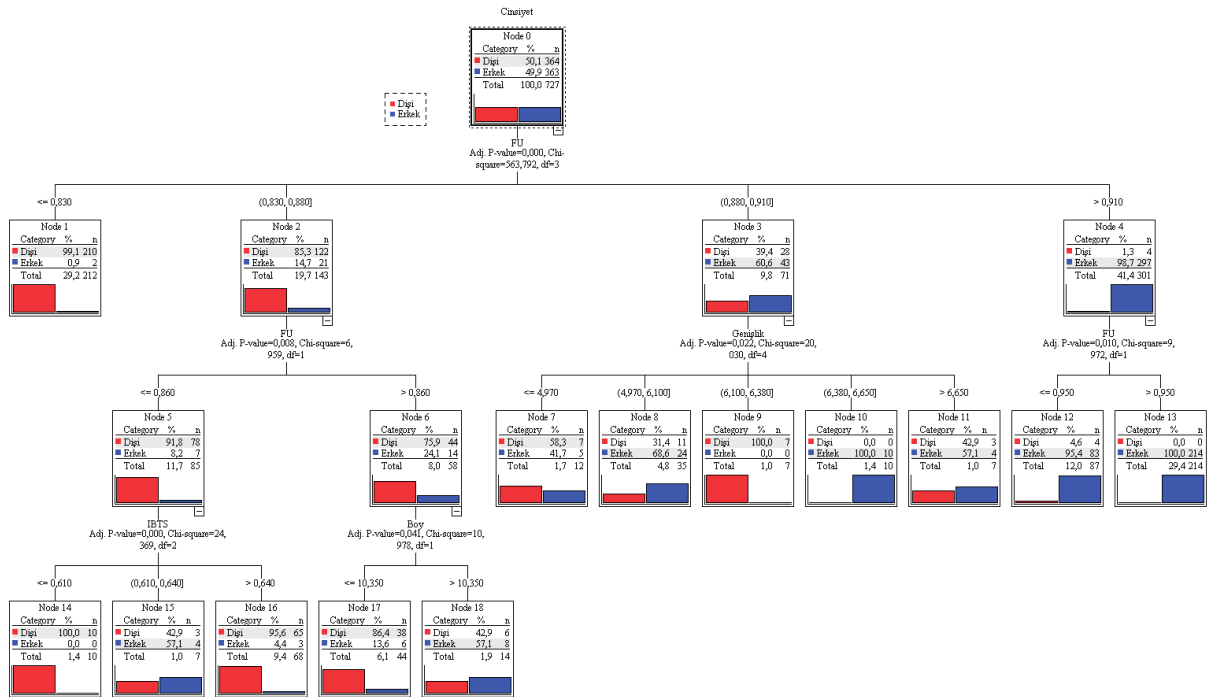
FU özelliği 0,910 mm den uzun olan böcekler (4. düğüm) FU özelliği açısından 12. ve 13. düğümleri oluşturmuştur. 12. düğümdeki $FU = < 0,950$ mm den kısa olan 87 böcekten 4'ü (%4,6) dişi, 83'ü (%95,4) erkek olduğu tespit edilmiştir. 13. düğümdeki $FU > 0,950$ mm den uzun olan 214 (%29,4) böcekten tamamı erkektir ve hiçbir dişi bu kategoriye girememiştir.

FU özelliği 0,860 mm den kısa olan böcekler (5. düğüm) IBTS özelliği bakımından 14., 15. ve 16. düğümlere dallandırılmıştır. 14. düğümdeki IBTS $= < 0,610$ mm den kısa olan

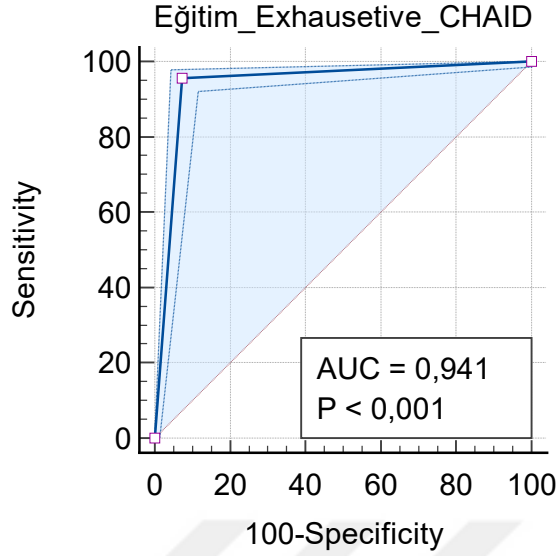
10 (%1,4) böcekten hepsi dişidir ve erkeklerden hiçbiri bu düğüme girememiştir. 15. düğümdaki $0,610 < IBTS = < 0,640$ mm arasında olan 7 böcekten 3'ü (%42,9) dişi, 4'ü (%57,1) erkektir. 16. düğümdaki $IBTS > 0,640$ mm den uzun olan 68 böcekten 65'i (%95,6) dişi, 3'ü (%4,4) erkek olarak ayrılmıştır.

FU özelliği $0,860$ mm den uzun olan böcekler (6. düğüm) Boy özelliği yönünden 17. ve 18. düğümlere ayrılmıştır. 17. düğümdaki $Boy = < 10,350$ mm den kısa olan 44 böcekten 38'i (%86,4) dişi, 6'sı (%13,6) erkek olarak saptanmıştır. 18. düğümdaki $Boy > 10,350$ mm den uzun olan 14 böcekten 6'sı (%42,9) dişi, 8'i (%57,1) erkek olarak belirlenmiştir.

Eğitim setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için Exhaustive CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Exhaustive CHAID eğitim veri setindeki regresyon ağacı diagramı



Şekil 4.6. Eğitim setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için Exhaustive CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi

Çalışmaya dahil edilen tüm böceklerden 293 tanesi FU değişkeni açısından 4 alt gruba (düğüm) ayrıldı (Şekil 4.7). Birinci düğümdeki $FU = < 0,830$ mm den kısa olan 83 (%28,3) böcekten tamamı dişidir ve hiçbir erkek bu kategoriye atanamamıştır. İkinci düğümdeki $0,830 < FU = < 0,880$ mm arasında olan 63 böcekten 58'i (%92,1) dişi, 5'i (%7,9) erkek olarak tespit edilmiştir. Üçüncü düğümdeki $0,880 < FU = < 0,910$ mm arasında olan 33 böcekten 10'u (%30,3) dişi, 23'ü (%69,7) erkektir. Dördüncü düğümdeki $FU > 0,910$ mm den uzun olan 114 böcekten 1'i (%0,9) dişi, 113'ü (%99,1) erkek olduğu belirlenmiştir.

FU özelliği 0,830 ve 0,880 mm arasında olan böcekler (2. düğüm) FU özelliği bakımından 5. ve 6. düğümleri oluşturmuştur. 5. düğümdeki $FU = < 0,860$ mm den kısa olan 34 böcekten 32'si (%94,1) dişi, 2'si (%5,9) erkek olarak tanımlanmıştır. 6. düğümdeki $FU > 0,860$ mm den uzun olan 29 böcekten 26'sı (%89,7) dişi, 3'ü (%10,3) erkek olarak saptanmıştır.

FU özelliği 0,880 ve 0,910 mm arasında olan böcekler (3. düğüm) Genişlik özelliği açısından 7., 8., 9., 10. ve 11. Düğümlere dallanmıştır. 7. düğümdeki Genişlik $= < 4,970$ mm den kısa olan 8 böcekten 5'i (%62,5) dişi, 3'ü (%37,5) erkek olarak tespit edilmiştir. 8. düğümdeki $4,970 < Genişlik = < 6,100$ mm arasında olan 12 böcekten 3'ü (%25) dişi, 9'u

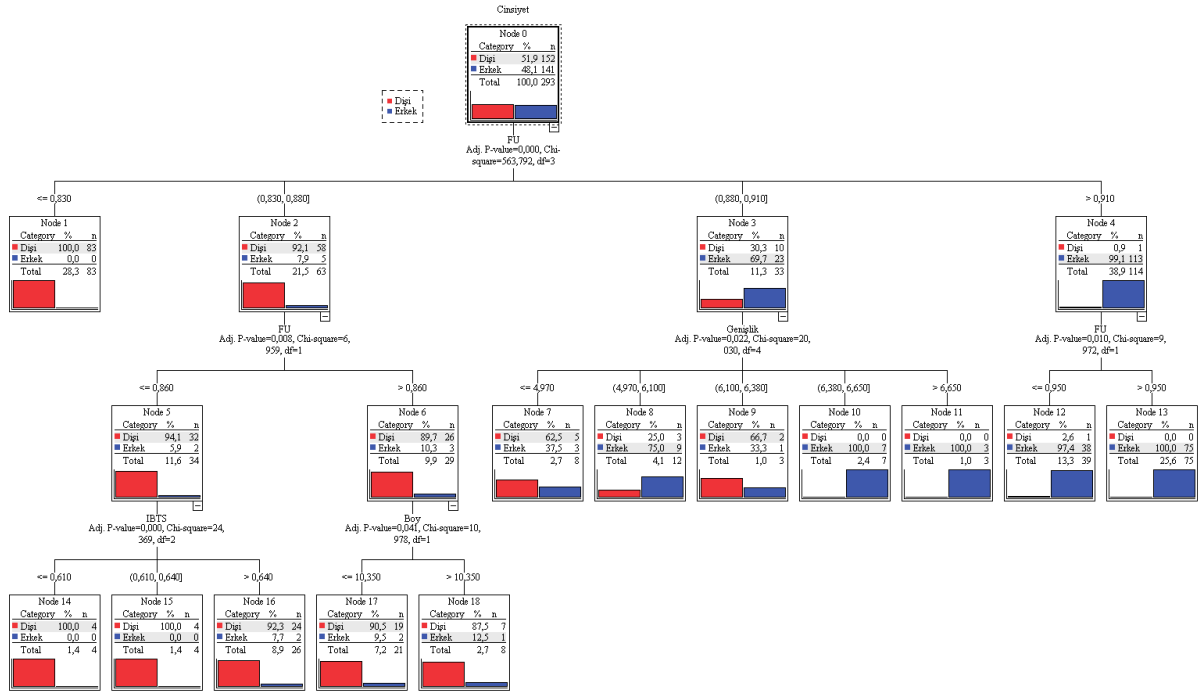
(%75) erkektir. 9. düğümdeki $6,100 < \text{Genişlik} \leq 6,380$ mm arasında olan 3 böcekten 2'si (%66,7) dişi, 1'i (%33,3) erkek olduğu belirlenmiştir. 10. düğümdeki $6,380 < \text{Genişlik} \leq 6,650$ mm arasında olan 7 (%2,4) böcekten tamamı erkektir ve dişilerden hiçbirisi bu kategoriye atanamamıştır. 11. düğümdeki $\text{Genişlik} > 6,650$ mm den uzun olan 3 (%1) böcekten hepsi erkektir, hiçbir dişi bu düğüme girememiştir.

FU özelliği 0,910 mm den uzun olan böcekler (4. düğümdeki) FU özelliği açısından 12. ve 13. düğümleri oluşturmuştur. 12. düğümdeki $FU = < 0,950$ mm den kısa olan 39 böcekten 1'i (%2,6) dişi, 38'i (%97,4) erkektir. 13. düğümdeki $FU > 0,950$ mm den uzun olan 75 (%29,4) böcekten tamamı erkektir ve dişilerin hiçbirisi bu kategoride bulunmamaktadır.

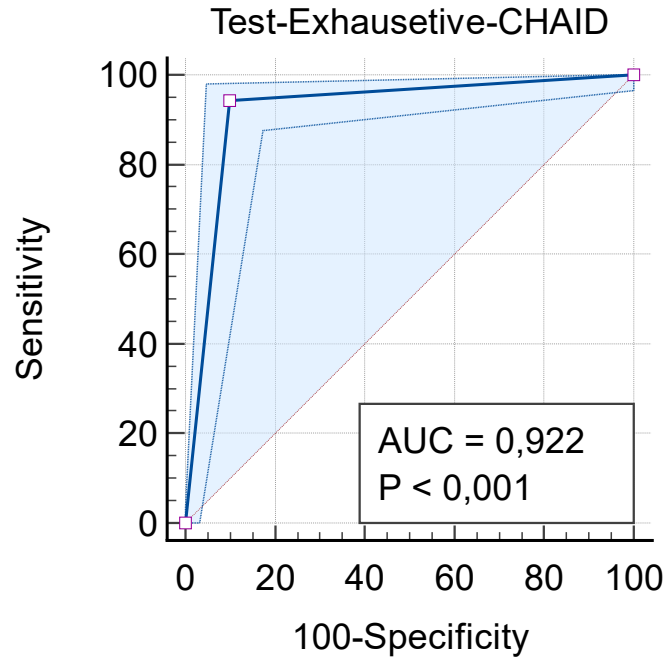
FU özelliği 0,860 mm den kısa olan böcekler (5. düğüm) IBTS özelliği bakımından 14., 15. ve 16. düğümleri oluşturmuştur. 14. düğümdeki $IBTS = < 0,610$ mm den kısa olan 4 (%1,4) böcekten tamamı dişidir ve hiçbir erkek bu kategoriye atanamamıştır. 15. düğümdeki $0,610 < IBTS \leq 0,640$ mm arasında olan 4 (%1,4) böceğin hepsi dişidir, erkeklerin hiçbirisi bu düğüme atanamamıştır. 16. düğümdeki $IBTS > 0,640$ mm den uzun olan 26 böcekten 24'ü (%92,3) dişi, 2'si (%7,7) erkek olarak tespit edilmiştir.

FU özelliği 0,860 mm den uzun olan böcekler (6. düğüm) Boy özelliği yönünden 17. ve 18. düğümlere ayrılmıştır. 17. düğümdeki $\text{Boy} = < 10,350$ mm den kısa olan 21 böcekten 19'u (%90,5) dişi, 2'si (%9,5) erkek olarak atanmıştır. 18. düğümdeki $\text{Boy} > 10,350$ mm den uzun olan 8 böcekten 7'si (%87,5) dişi, 1'i (%12,5) erkektir.

Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için Exhaustive CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi şekil 4.8'de belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Exhaustive CHAID test veri setindeki regresyon ağacı diagramı



Şekil 4.8. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için Exhaustive CHAID sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi

4.3. Test ve Eğitim Setindeki CART Algoritması Sonuçları

Çalışmaya dahil edilen tüm böceklerden 727 tanesi FU değişkeni açısından 2 alt gruba (düğüm) ayrılmıştır (Şekil 4.9). Birinci düğümdeki $FU = < 0,895$ mm den kısa olan 379 böcekten 345'i (%91) dişi, 34'ü (%9) erkek olarak belirlenmiştir. İkinci düğümdeki $FU > 0,895$ mm den uzun olan 348 böcekten 19'u (%5,5) dişi, 329'u (%94,5) erkek olarak saptanmıştır.

FU özelliği 0,895 mm den kısa olan böcekler (1. düğüm) FU özelliği bakımından 3. ve 4. düğümlere dallanmıştır. 3. düğümdeki $FU = < 0,875$ mm den kısa olan 327 böcekten 313'ü (%95,7) dişi, 14'ü (%4,3) erkek olarak belirlenmiştir. 4. düğümdeki $FU > 0,875$ mm den uzun olan 52 böcekten 32'si (%61,5) dişi, 20'si (%38,5) erkek olarak tespit edilmiştir.

FU özelliği 0,895 mm den uzun olan böcekler (2. düğüm) FU özelliği açısından 5. ve 6. düğümleri oluşturmuştur. 5. düğümdeki $FU = < 0,915$ mm den kısa olan 47 böcekten 15'i (%31,9) dişi, 32'si (%68,1) erkek olarak saptanmıştır. 6. düğümdeki $FU > 0,915$ mm den uzun olan 301 böcekten 4'ü (%1,3) dişi, 297'si (%98,7) erkektir.

FU özelliği 0,875 mm den uzun olan böcekler (4. düğüm) Boy özelliği yönünden 7. ve 8. düğümleri meydana getirmiştir. 7. düğümdeki $Boy = < 10,400$ mm den kısa olan 36 böcekten 27'si (%75) dişi, 9'u (%25) erkek olarak belirlenmiştir. 8. düğümdeki $Boy > 10,400$ mm den uzun olan 16 böcekten 5'i (%31,2) dişi, 11'i (%68,8) erkek olduğu saptanmıştır.

FU özelliği 0,915 mm den kısa olan böcekler (5. düğüm) Boy özelliği bakımından 9. ve 10. düğümleri oluşturmuştur. 9. düğümdeki $Boy = < 11,280$ mm den kısa olan 29 böcekten 14'ü (%48,3) dişi, 15'i (%51,7) erkektir. 10. düğümdeki $Boy > 11,280$ mm den uzun olan 18 böcekten 1'i (%5,6) dişi, 17'si (%94,4) erkek olarak ayrılmıştır.

FU özelliği 0,915 mm den uzun olan böcekler (6. düğüm) FU özelliği açısından 11. ve 12. düğümleri oluşturmuştur. 11. düğümdeki $FU = < 0,925$ mm den kısa olan 27 böcekten 3'ü (%11,1) dişi, 24'ü (%88,9) erkek olarak saptanmıştır. 12. düğümdeki $FU > 0,925$ mm den uzun olan 274 böcekten sadece 1'i (%0,4) dişidir ve 273'ü (%99,6) erkektir.

Boy özelliği 10,400 mm den kısa olan böcekler (7. düğüm) Boy özelliği yönünden 13. ve 14. düğümleri oluşturmuştur. 13. düğümdeki Boy = < 10,065 mm den kısa olan 27 böcekten 18'i (%66,7) dişi, 9'u (%33,3) erkektir. 14. düğümdeki Boy > 10,065 mm den uzun olan 9 (%1,2) böcekten tamamı dişidir, erkeklerin hiçbiri bu kategoriye girememiştir.

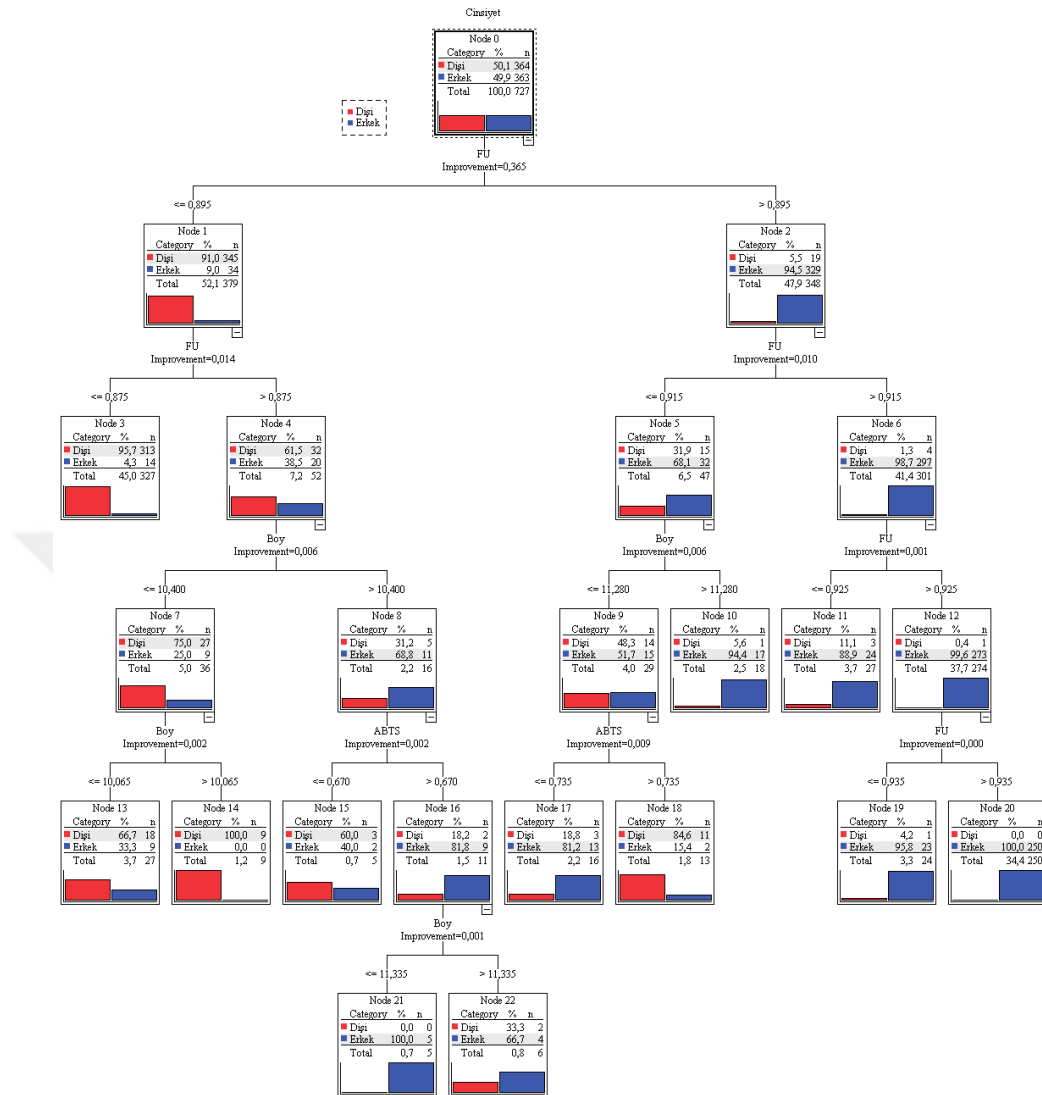
Boy özelliği 10,400 mm den uzun olan böcekler (8. düğüm) ABTS özelliği açısından 15. ve 16. düğümleri oluşturmuştur. 15. düğümdeki ABTS = < 0,670 mm den kısa olan 5 böcekten 3'ü (%60) dişi, 2'si (%40) erkek olarak tespit edilmiştir. 16. düğümdeki ABTS > 0,670 mm den uzun olan 11 böcekten 2'si (%18,2) dişi, 9'u (%81,8) erkek olduğu belirlenmiştir.

Boy özelliği 11,280 mm den kısa olan böcekler (9. düğüm) ABTS özelliği bakımından 17. ve 18. düğümleri oluşturmuştur. 17. düğümdeki ABTS = < 0,735 mm den kısa olan 16 böcekten 3'ü (%18,8) dişi, 13'ü (%81,2) erkek olarak saptanmıştır. 18. düğümdeki ABTS > 0,735 mm den uzun olan 13 böcekten 11'i (%84,6) dişi, 2'si (%15,4) erkek olarak ayrılmıştır.

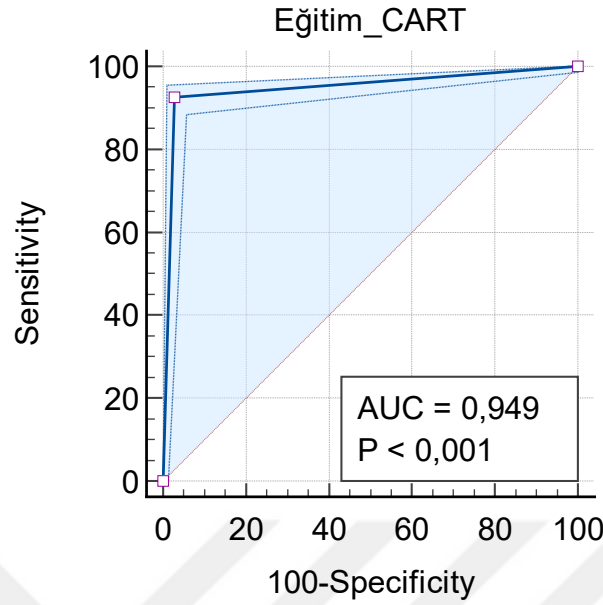
FU özelliği 0,925 mm den uzun olan böcekler (12. düğüm) FU özelliği açısından 19. ve 20. düğümleri oluşturmuştur. 19. düğümleri FU = < 0,935 mm den kısa olan 24 böcekten sadece 1'i (%4,2) dişi, geri kalan 23'ü (%95,8) erkektir. 20. düğümdeki FU > 0,935 mm den uzun olan 250 (%34,4) böcekten tamamı erkektir ve hiçbir dişi bu kategoriye atanamamıştır.

ABTS özelliği 0,670 mm den uzun olan böcekler (16. düğüm) Boy özelliği yönünden 21. ve 22. düğümleri oluşturmuştur. 21. düğümdeki Boy = < 11,335 mm den kısa olan 5 (%0,7) böcekten hepsi erkektir, dişilerin hiçbiri bu düğümde bulunmamaktadır. 22. düğümdeki Boy > 11,335 mm den uzun olan 6 böcekten 2'si (%33,3) dişi, 4'ü (%66,7) erkek olarak belirlenmiştir.

Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CART sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi şekil 4.10'daki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 4.9. CART eğitim veri setindeki regresyon ağacı diagramı



Şekil 4.10. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CART sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi

Çalışmaya dahil edilen tüm böceklerden 293 tanesi FU değişkeni yönünden 2 alt gruba (düğüm) ayrılmıştır (Şekil 4.11). Birinci düğümdeki FU = < 0,895 mm den kısa olan 160 böcekten 146'sı (%91,2) dişi, 14'ü (%8,8) erkek olarak belirlenmiştir. İkinci düğümdeki FU > 0,895 mm den uzun olan 348 böcekten 6'sı (%4,5) dişi, 127'si (%95,5) erkek olarak belirlenmiştir.

FU özelliği 0,895 mm den kısa olan böcekler (1. düğüm) FU özelliği bakımından 3. ve 4. düğümlere dallanmıştır. 3. düğümdeki FU = < 0,875 mm den kısa olan 131 böcekten 129'u (%98,5) dişi, 2'si (%1,5) erkek olarak tespit edilmiştir. 4. düğümdeki FU > 0,875 mm den uzun olan 29 böcekten 17'si (%58,6) dişi, 12'si (%41,4) erkek olarak belirlenmiştir.

FU özelliği 0,895 mm den uzun olan böcekler (2. düğüm) FU özelliği açısından 5. ve 6. düğümleri meydana getirmiştir. 5. düğümdeki FU = < 0,915 mm den kısa olan 19 böcekten 5'i (%26,3) dişi, 14'ü (%73,7) erkek olarak belirlenmiştir. 6. düğümdeki FU > 0,915 mm den uzun olan 301 böcekten sadece 1'i (%0,9) dişi, geri kalan 113'ü (%99,1) erkektir.

FU özelliği 0,875 mm den uzun olan böcekler (4. düğüm) Boy özelliği yönünden 7. ve 8. düğümleri oluşturmuştur. 7. düğümdeki Boy = < 10,400 mm den kısa olan 17 böcekten

11'i (%64,7) dişi, 6'sı (%35,3) erkektir. 8. düğümdeki Boy $> 10,400$ mm den uzun olan 12 böcekten 6'sı (%50) dişi, 6'sı (%50) erkek olarak ayrılmıştır.

FU özelliği 0,915 mm den kısa olan böcekler (5. düğüm) Boy özelliği açısından 9. ve 10. düğümleri oluşturmuştur. 9. düğümdeki Boy $= < 11,280$ mm den kısa olan 15 böcekten 5'i (%33,3) dişi, 10'u (%66,7) erkek olarak saptanmıştır. 10. düğümdeki Boy $> 11,280$ mm den uzun olan 4 (1,4) böcekten tamamı dişidir ve erkeklerin hiçbirisi bu kategoride yer almamıştır.

FU özelliği 0,915 mm den uzun olan böcekler (6. düğüm) FU özelliği bakımından 11. ve 12. düğümlere dallanmıştır. 11. düğümdeki FU $= < 0,925$ mm den kısa olan 9 böcekten 1'i (%11,1) dişi, 8'i (%88,9) erkek olarak belirlenmiştir. 12. düğümdeki FU $> 0,925$ mm den uzun olan 105 (35,8) böcekten tamamı erkektir ve hiçbir dişi bu düğümde yoktur.

Boy özelliği 10,400 mm den kısa olan böcekler (7. düğüm) Boy özelliği yönünden 13. ve 14. düğümlere ayrılmıştır. 13. düğümdeki Boy $= < 10,065$ mm den kısa olan 15 böcekten 9'u (%60) dişi, 6'sı (%40) erkek olduğu belirlenmiştir. 14. düğümdeki Boy $> 10,065$ mm den uzun olan 2 (%0,7) böcekten tamamı dişidir, erkeklerin hiçbirisi bu kategoriye atanamamıştır.

Boy özelliği 10,400 mm den uzun olan böcekler (8. düğüm) ABTS özelliği açısından 15. ve 16. düğümleri oluşturmuştur. 15. düğümdeki ABTS $= < 0,670$ mm den kısa olan sadece 1 (0,3) böcek vardır ve erkek olarak atanmıştır. 16. düğümdeki ABTS $> 0,670$ mm den uzun olan 11 böcekten 6'sı (%54,5) dişi, 5'i (%45,5) erkek olduğu tespit edilmiştir.

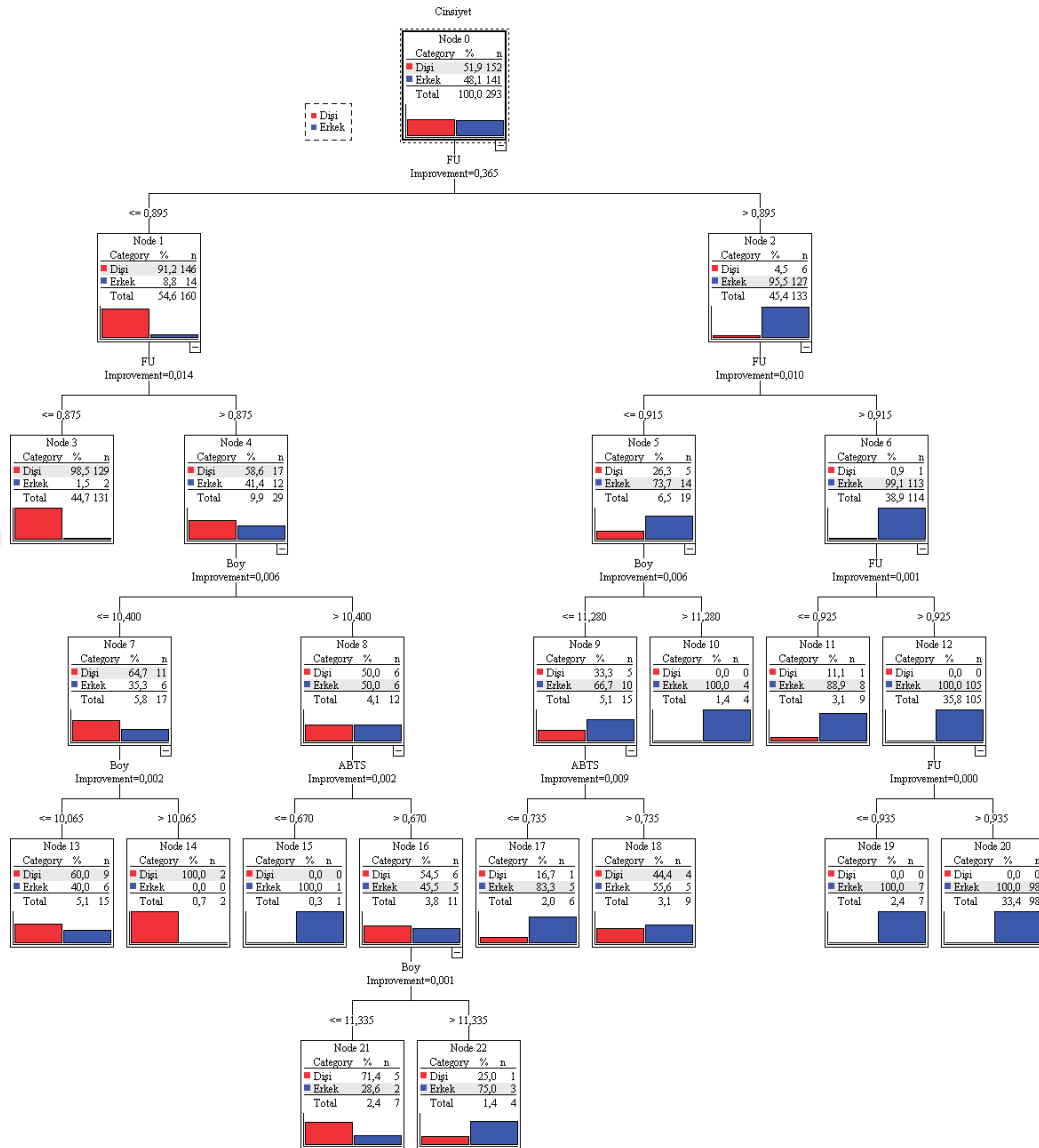
Boy özelliği 11,280 mm den kısa olan böcekler (9. düğüm) ABTS özelliği bakımından 17. ve 18. düğümleri oluşturmuştur. 17. düğümdeki ABTS $= < 0,735$ mm den kısa olan 6 böcekten sadece 1'i (%16,7) dişi, 5'i (%83,3) erkek olarak ayrılmıştır. 18. düğümdeki ABTS $> 0,735$ mm den uzun olan 9 böcekten 4'ü (%44,4) dişi, 5'i (%55,6) erkektir.

FU özelliği 0,925 mm den uzun olan böcekler (12. düğüm) FU özelliği açısından 19. ve 20. düğümlere dallanmıştır. 19. düğümleri FU $= < 0,935$ mm den kısa olan 7 (2,4)

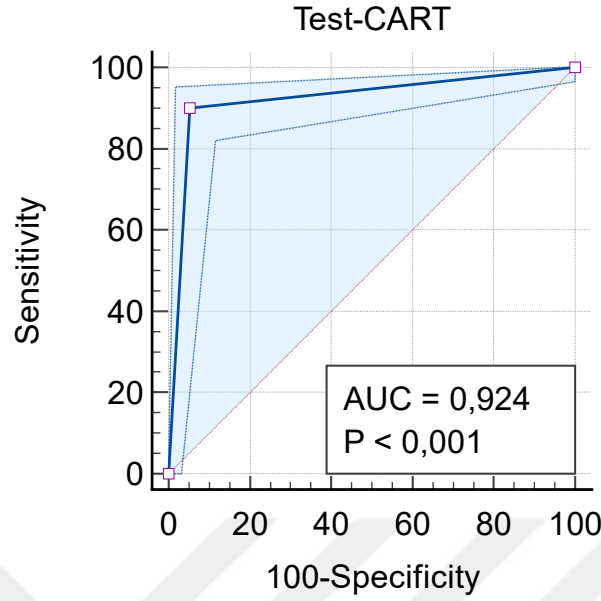
böcekten tamamı erkektir, hiçbir dişi bu düğümde yer almamıştır. 20. düğümdeki $FU > 0,935$ mm den uzun olan 98 (%33,4) böcekten tamamı erkektir ve hiçbir dişi bu kategoriye ayrılmamıştır.

ABTS özelliği 0,670 mm den uzun olan böcekler (16. düğüm) Boy özelliği bakımından 21. ve 22. düğümleri oluşturmuştur. 21. düğümdeki Boy = $< 11,335$ mm den kısa olan 7 böcekten 5'i (71,4) dişi, 2'si (%28,6) erkek olduğu saptanmıştır. 22. düğümdeki Boy $> 11,335$ mm den uzun olan 4 böcekten sadece 1'i (%25) dişi, 3'ü (%75) erkek olarak belirlenmiştir.

Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CART sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. CART test veri setindeki regresyon ağacı diagramı



Şekil 4.12. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için CART sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi

4.4. Test ve Eğitim Setindeki QUEST Algoritması Sonuçları

Çalışmaya dahil edilen böceklerden 727 tanesi FU değişkeni açısından 2 alt gruba (düğüm) dallanmıştır (Şekil 4.13). Birinci düğümdeki FU = < 0,895 mm'den kısa olan 379 böcekten 345'i (%91) dişi, 34'ü (%9) erkek olduğu belirlenmiştir. İkinci düğümdeki FU > 0,895 mm'den uzun olan 348 böcekten 19'u (%5,5) dişi, 329'u (%94,5) erkek olduğu tespit edilmiştir.

FU özelliği 0,895 mm'den kısa olan böcekler (1. düğüm) FU özelliği yönünden 3. ve 4. düğümlere ayrılmıştır. Üçüncü düğümdeki FU 0,845 mm'den kısa olan 243 böcekten 240'ı (%98,8) dişi, 3'ü (%1,2) erkek olarak ayrılmıştır. Dördüncü düğümdeki FU 0,845 mm'den uzun olan 136 böcekten 105'i (%77,2) dişi, 31'i (%22,8) erkektir.

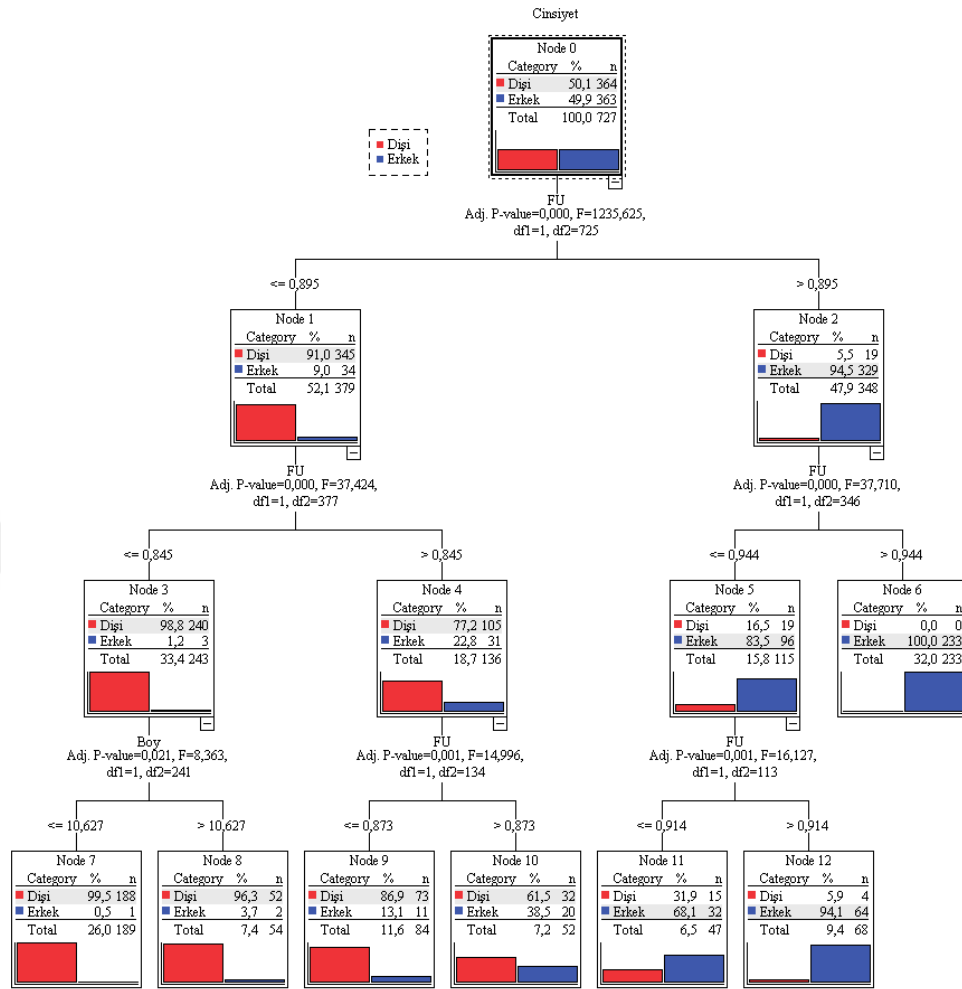
FU özelliği 0,895 mm'den uzun olan böcekler (2. düğüm) FU özelliği bakımından 5. ve 6. düğümleri oluşturmuştur. 5. düğümdeki FU 0,944 mm'den kısa olan 115 böcekten 19'u (%16,5) dişi, 96'sı (%83,5) erkek olarak atanmıştır. 6. düğümdeki FU 0,944 mm'den uzun olan 233 böceğin tamamı erkektir ve dişilerin hiçbirisi bu kategoriye girememiştir.

FU özelliği 0,845 mm'den kısa olan böcekler (3. düğüm) Boy özelliği açısından 7. ve 8. düğümlere dallanmıştır. 7. düğümdeki Boy = $< 10,627$ mm den kısa olan 189 böcekten 188'i (99,5) dişi, sadece 1'i (0,5) erkek olarak saptanmıştır. 8. düğümdeki Boy $10,627$ mm'den uzun olan 54 böcekten 52'si (%96,3) dişi, 2'si (%3,7) erkektir.

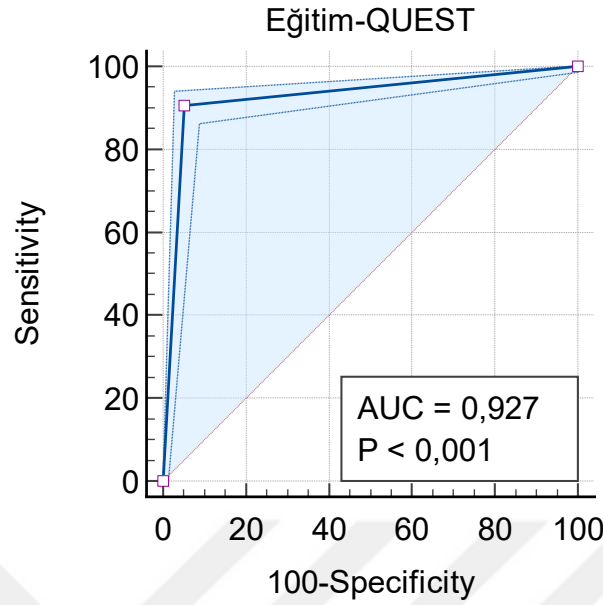
FU özelliği 0,845 mm'den uzun olan böcekler (4. düğüm) FU özelliği bakımından 9. ve 10. düğümlere ayrılmıştır. 9. düğümdeki FU $0,873$ mm den kısa olan 84 böcekten 73'ü (%86,9) dişi, 11'i (%13,1) erkek olduğu tespit edilmiştir. 10. düğümdeki FU $0,873$ mm'den uzun olan 52 böcekten 32'si (%61,5) dişi, 20'si (%38,5) erkek olarak ayrılmıştır.

FU özelliği 0,944 mm'den kısa olan böcekler (5. düğüm) FU özelliği yönünden 11. ve 12. düğümleri oluşturmuştur. 11. düğümdeki FU $0,914$ mm den kısa olan 47 böcekten 15'i (%31,9) dişi, 32'si (%68,1) erkek olarak saptanmıştır. 12. düğümdeki FU $0,914$ mm'den uzun olan 68 böcekten 4'ü (%5,9) dişi, 64'ü (%94,1) erkek olarak belirlenmiştir.

Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için QUEST sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi şekil 4.14'teki gibi belirlenmiştir.



Şekil 4.13. QUEST Eğitim Veri Setindeki Regresyon Ağacı Diagramı



Şekil 4.14. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için QUEST sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi

Çalışmaya dahil edilen böceklerden 293 tanesi FU değişkeni yönünden 2 alt gruba (düğüm) dallanmıştır (Şekil 4.15). Birinci düğümdeki FU 0,895 mm'den kısa olan 160 böcekten 146'sı (%91,2) dişi, 14'ü (%8,8) erkek olarak ayrılmıştır. İkinci düğümdeki FU 0,895 mm'den uzun olan 133 böcekten 6'sı (%4,5) dişi, 127'si (%95,5) erkek olarak saptanmıştır.

FU özelliği 0,895 mm'den kısa olan böcekler (1. düğüm) FU özelliği bakımından 3. ve 4. düğümlere ayrılmıştır. 3. düğümdeki FU 0,845 mm'den kısa olan 96 böcekten tamamı dişidir, hiçbir erkek bu düğüme atanamamıştır. 4. düğümdeki FU 0,845 mm'den uzun olan 64 böcekten 50'si (%78,1) dişi, 14'ü (%21,9) erkek olarak belirlenmiştir.

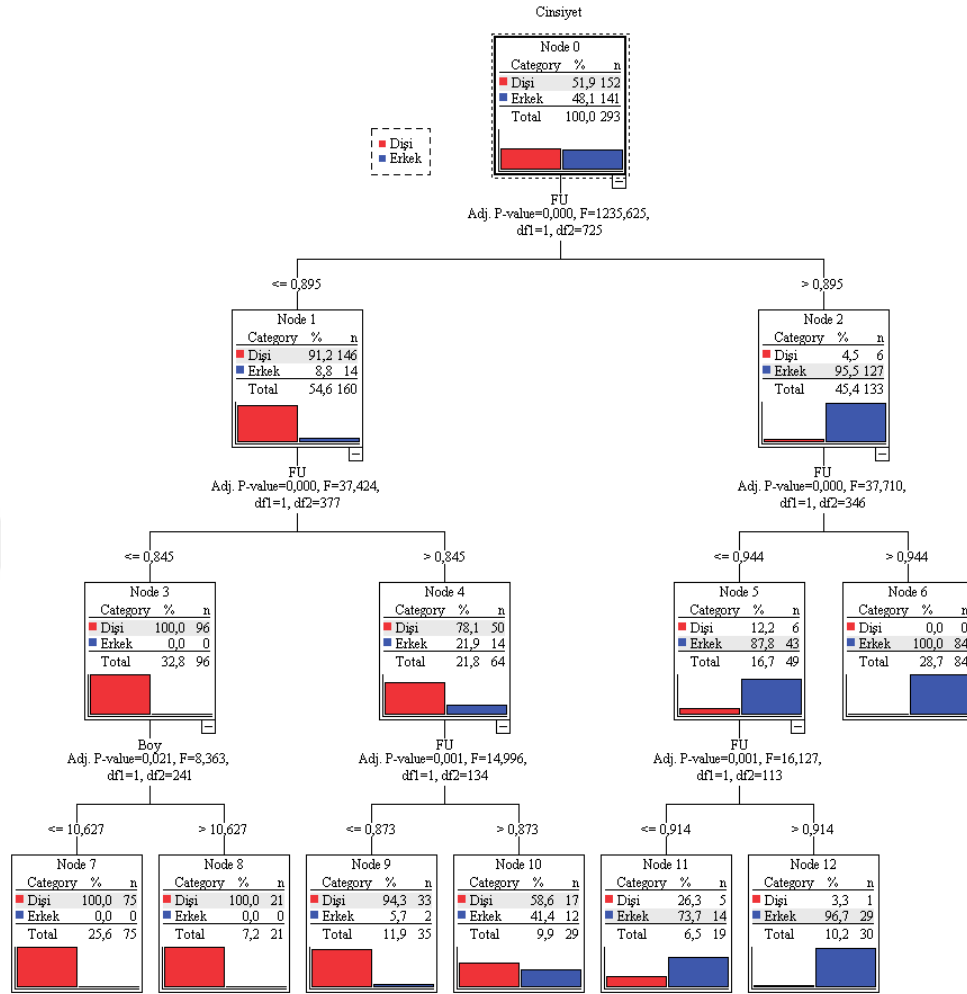
FU özelliği 0,895 mm'den uzun olan böcekler (2. düğüm) FU özelliği yönünden 5. ve 6. düğümlere dallanmıştır. 5. düğümdeki FU 0,944 mm'den kısa olan 49 böcekten 6'sı (%12,2) dişi, 43'ü (%87,8) erkek olarak saptanmıştır. 6. düğümdeki FU 0,944 mm'den uzun olan 84 böceğin tamamı erkektir ve hiçbir dişi bu kategoriye girememiştir.

FU özelliği 0,845 mm'den kısa olan böcekler (3. düğüm) Boy özelliği açısından 7. ve 8. düğümlere dallanmıştır. 7. düğümdeki Boy 10,627 mm den kısa olan 75 böcekten hepsi dişidir, ve erkeklerden hiçbirisi bu kategoriye atanamamıştır. 8. düğümdeki Boy 10,627 mm'den uzun olan 21 böcekten tamamı dişidir, hiçbir erkek bu düğüme girememiştir.

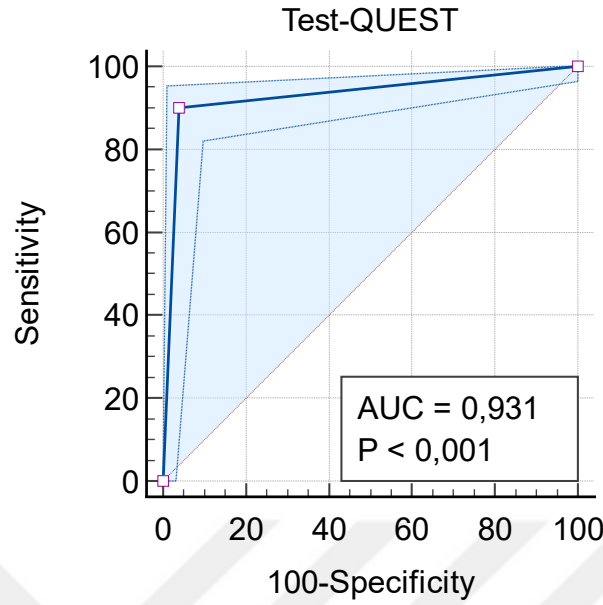
FU özelliği 0,845 mm'den uzun olan böcekler (4. düğüm) FU özelliği bakımından 9. ve 10. düğümlere ayrılmıştır. 9. düğümdeki FU 0,873 mm den kısa olan 35 böcekten 33'ü (%94,3) dişi, 2'si (%5,7) erkek olduğu belirlenmiştir. 10. düğümdeki FU 0,873 mm'den uzun olan 29 böcekten 17'si (%58,6) dişi, 12'si (%41,4) erkek olarak saptanmıştır.

FU özelliği 0,944 mm'den kısa olan böcekler (5. düğüm) FU özelliği yönünden 11. ve 12. düğümleri oluşturmuştur. 11. düğümdeki FU 0,914 mm den kısa olan 19 böcekten 5'i (%26,3) dişi, 14'ü (%73,7) erkektir. 12. düğümdeki FU 0,914 mm'den uzun olan 30 böcekten sadece 1'i (%3,3) dişi, 29'u (%96,7) erkek olarak tespit edilmiştir.

Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için QUEST sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.15. QUEST test veri setindeki regresyon ağacı diagramı



Şekil 4.16. Test setindeki cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için QUEST sınıflandırma algoritmalarının ROC eğrisi

4.5. Test ve Eğitim Setindeki Ağaç Temelli Veri Madenciliği Algoritmalarının Sınıflama Performans Sonuçları

Tropinota hirta böceklerinin cinsiyet ayırmada kullanılan ağaç temelli veri madenciliği algoritmalarından olan CHAID, CART, Exhaustive CHAID ve QUEST algoritmalarına ait sınıflama performans ölçütleri olarak duyarlılık, özgüllük, Phi katsayısı, Cohen's Kappa katsayısı, AUC, modelin doğruluğu, erkek cinsiyetini doğru sınıflandırılması ve dişi cinsiyetini doğru sınıflandırılması olmak üzere 8 performans ölçütü kullanılmıştır (**Çizelge 3**).

Çizelge 4.2. Test ve Eğitim setindeki her bir teşhis testi için veri madenciliği algoritmalarının sınıflandırma performans sonuçları

Algoritmalar	Veri Seti	Duyarlılık	Özgüllük	Phi Katsayısı	Cohen's Kappa katsayısı (κ)	AUC±Std Hata*	Modelin Doğruluğu (%)	Erkek Cinsiyetini Doğru Sınıflandırılması (%)	Dişi Cinsiyetini Doğru Sınıflandırılması (%)	P-Değeri
CHAID	Test Seti	97,16	85,53	0,829	0,823	0,913±0,0159*	96,20	96,50	95,80	<0,0001
	Eğitim Seti	96,97	88,74	0,860	0,857	0,929±0,0094*	94,80	94,40	95,20	<0,0001
CART	Test Seti	90,07	94,74	0,850	0,849	0,924±0,0156*	92,50	90,10	97,30	<0,0001
	Eğitim Seti	92,56	97,25	0,899	0,898	0,949±0,0081*	94,90	92,60	94,70	<0,0001
Exhaustive CHAID	Test Seti	94,33	90,13	0,844	0,843	0,922±0,0156*	92,20	94,30	90,10	<0,0001
	Eğitim Seti	95,59	92,58	0,882	0,882	0,941±0,0087*	94,10	95,60	92,60	<0,0001
QUEST	Test Seti	90,07	96,05	0,864	0,863	0,931±0,0149*	93,20	90,10	96,10	<0,0001
	Eğitim Seti	90,63	94,78	0,855	0,854	0,927±0,0096*	92,70	90,60	94,80	<0,0001

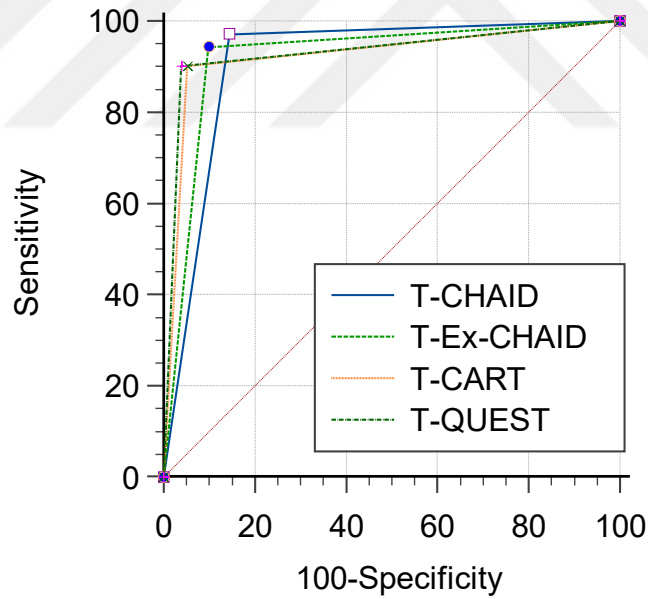
(* $P>0,05$;a)

Dişi bireyleri doğru şekilde tahmin etmede en başarılı (97,16) CHAID algoritması olarak belirlenirken, en kötü duyarlılık değeri 90,07 ile CART ve QUEST algoritmalarına ait olduğu saptanmıştır (Şekil 4.17). Erkek böcekleri doğru bir şekilde tahmin etmeye yarayan sınıflama ölçütü olan özgüllük değeri en yüksek başarıyı (96,05) QUEST algoritması sağlarken, erkekleri ayırt etmede en kötü performans (85,53) sahip algoritma CHAID olduğu tespit edilmiştir. İyi bir sınıflama probleminde duyarlılık ve özgüllük değerlerinin %80'nin üzerinde olup birbirine yakın değerler alması gerektiğinden bu bakış açısıyla değerlendirildiğinde bu iki kriter bakımından uygulanan tüm algoritmalar cinsiyet ayırt etmekte başarılı olduğu belirlenmiştir.

Gerçek cinsiyetler ile veri madenciliği algoritmaları tarafından tahmin edilen cinsiyetler arasında ilişkiyi açıklayan ölçüt olan Phi katsayısı % 1 önem seviyesinde istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Gerçek ve tahmin edilen cinsiyetlerin arasındaki ilişki Matthews korelasyon katsayısı (Phi) ile açıklanmış olup, cinsiyeti en çok açıklayan algoritma QUEST iken, en az açıklayan algoritma ise CHAID olduğu tespit edilmiştir. Tahmin ve gerçek cinsiyetler arasındaki uyum Cohen's Kappa katsayısı (κ) ile belirlenmiş olup, genel olarak uyumun %80'nin üzerinde olması başarılı bir sınıflamanın yapıldığının bir işareti kabul edilirse kullanılan tüm algoritmalar başarılı bir performans gösterdiği tespit

edilmiştir. Bu bağlamda, cinsiyet ayrımında en uyumlu QUEST algoritması iken, en az uyum ise CHAID algoritmasına ait olduğu saptanmıştır.

ROC eğrisi altına kalan alan değerlendirildiğinde tüm algoritmaların kullandığı bağımsız değişkenlerin (vücut ölçüleri) istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). Hem algoritmalar hem de veri setleri bakımından ROC altında kalan alanlar (AUC) arasında istatistik olarak bir farkın olmaması tüm algoritmalar tarafından belirlenen bağımsız değişkenlerin güvenle kullanılabileceği sonucu çıkartılmıştır. Ayrıca genel bir perspektif ile modellerin doğruluk yüzdelere bakıldığında ortalama % 95 civarında bir başarı sağlandığı saptanmıştır. Erkek ve dişi cinsiyetinin doğru sınıflandırılması incelendiğinde birbirine yakın ve yüksek değerlerin elde edilmesi ağaç tabanlı veri madenciliği algoritmalarının başarısını gösteren ölçüt oldukları tespit edilmiştir. Genel bir değerlendirme yapıldığı zaman tüm algoritmalar robust bir şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Cinsiyet ayrımcılığının teşhis testleri için test setteki sınıflandırma algoritmalarının bireysel ROC eğrileri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonuçları, veri madenciliği algoritmaları ile bazı taksonomik karakterler kullanılarak yeni bir fenotipik karakterizasyonun *T. hirta* böceklerinin cinsiyet ayırma başarılı bir şekilde izin verdiğini göstermiştir. Dört farklı sınıflandırma ağacının cinsiyet ayırmaındaki başarılı performansları göz önüne alındığında, tüm yöntemler ile doğru bir sınıflandırma yapmak için kullanılabilir. Ayrıca, veri madenciliği algoritmaları, taksonomik karakterler olarak benzer olan cinsiyetlerin ayırmaını mümkün kılmaktadır. Bu şekilde, taksonomik karakterler olarak birbirine benzeyen cinsiyetlerin güçlü sınıflandırma araçlarıyla ayrılması, biyolojik mücadele programında bir ön adım olarak kullanılabilir. Sonuçlar, veri madenciliği algoritmalarının *T. hirta* böceklerinin cinsiyet ayırmaları ile ilgili gelecekteki çalışmalara katkı sağlayabileceğini ve özellikle sert çekirdekli meyve türlerinin çiçeklerinin bu böceklerle mücadelede etmede bir potansiyele sahip olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca hem genetik hem de taksonomik verileri ile veri madenciliği algoritmaları kullanılarak farklı böcek türlerinde kullanılacak çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akın, M., Eydurani S.P., Eydurani, E. (2020). R Yazılımı ile Tarım Bilimlerinde Regresyon ve Sınıflandırma Tipi Problemlerin Çözümünde MARS Algoritması. Nobel Yayınevi. ISBN: 978-625-439-078-4 E-ISBN: 978-625-439-079-1. pp.256
- Akkol, S. (2014). Shrinkage Regression Methods Applied to Agriculture. Journal of International Scientific Publications: Agriculture & Food, 2, 214-221.
- Ali, M., Eydurani, E., Tariq, M. M., Tirink, C., Abbas, F., Bajwa, M. A., Baloch, M. H., Nizamani, A. H., Waheed, A., Awan, M. A., Shah, S. H., Ahmad, Z., 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.
- Altay, Y., Boztepe, S., Eydurani, E., Keskin, İ., Tariq, M. M., Bukhari, F. A., & Ali, I. (2021). Description of Factors Affecting Wool Fineness in Karacabey Merino Sheep using Chaid and Mars Algorithms. Pakistan Journal of Zoology, 53(2), 691.
- Avcı H., Çanakkale İlinde Tropinota (Epicometis) Hirta (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) Erginlerinin Farklı Kültür Bitkilerinde Mevsimsel Uçuşunun Belirlenmesi,[Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü]
- Aydın, G., (2011). Biyolojik Çeşitlilikte Bitki-Böcek Etkileşimi: Tarım Alanları, Doğal ve Yarı Doğal Habitatlar, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 178-185.
- Aydın, G., (2011). Plant Phenology-Related Shifts in Color Preferences of Epicometis (Tropinota) Hirta (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) Adults – Ikey to Effective Population Monitoring and Suppression. Florida Entomologist, 94(4)
- Aytekin, I., Eydurani, E., Karadas, K., Aksahan, R., Keskin, I., 2018. Prediction of Fattening Final Live Weight from some Body Measurements and Fattening Period in Young Bulls of Crossbred and Exotic Breeds using MARS Data Mining Algorithm. Pakistan Journal of Zoology 50(1), 189-195.
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., Stone, C. J., 1984. Classification and regression trees. Chapman and Hall, Wadsworth Inc., New York, NY, USA.
- Camdeviren, H. A.; Yazici, A. C.; Akkus, Z.; Bugdayci, R. and Sungur, M. A. 2007. Comparison of logistic regression model and classification tree: An application to postpartum depression data. Expert Systems with Applications 32:987-994.
- Celik, S., Eydurani, E., Karadas, K., Tariq, M.M., 2017. Comparison of predictive performance of data mining algorithms in predicting body weight in Mengali rams of Pakistan. Brazilian Journal of Animal Science, 46(11), 863-872.
- Dakhlan, A., Hamdani, M. D. I., Putri, D. R., Sulastri, S., & Qisthon, A. (2021). Prediction of body weight based on body measurements in female Saburai goat. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 22(3).

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Eyduran, E., Karakus K., Keskin S., Cengiz, F., 2008. Determination of factors influencing birth weight using regression tree (RT) method. *Journal of Applied Animal Research*, 34, 109–112.
- Eyduran, E., Waheed, A., Tariq, M. M., Iqbal, F., & Ahmad, S. (2013). Prediction of live weight from morphological characteristics of commercial goat in Pakistan using factor and principal component scores in multiple linear regression. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(6).
- Eyduran, E. (2020). ehaGoF: Calculates Goodness of Fit Statistics. R 442 package version 0.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package= ehaGoF>
- Friedman, J., 1991. Multivariate adaptive regression splines, *Annals of Statistics* 19(1), 1–67.
- <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1048698>
- <https://www.datascienceearth.com/karar-agaclarinda-algoritma-secimi/>
- IBM Corp. Released, (2015). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Ibrahim, A., Artama, W. T., Budisatria, I. G. S., Yuniawan, R., Atmoko, B. A., & Widayanti, R. (2021). Regression model analysis for prediction of body weight from body measurements in female Batur sheep of Banjarnegara District, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(7).
- Kara K., (1995), Tropinota (Epicometis) Hirta (Poda) (Coleoptera, Scarabeidae)’nin Tokat ve Çevresindeki Konukçuları, Yayılışı, Zarar Düzeyi, Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15-26.
- Kass, G.V., 1980. An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 29(2), 119-127. <https://doi.org/10.2307/2986296>.
- Khan, M.A., Tariq, M.M., Eyduran, E., Tatliyer, A., Rafeeq, M., Abbas, F., Rashid, N., Awan, M.A., Javed, K., 2014. Estimating body weight from several body measurements in Harnai sheep without multicollinearity problem, *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(1), 120-126.
- Koc, Y., 2016. Application of regression tree method for different data from animal science. Msc. Thesis. Iğdır Univ. Iğdır, Turkey.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Kornacki, J. and Ćwik, J., 2005. Statistical learning systems. WNT, Warsaw, Poland.
- Maimon, O. Z., & Rokach, L. (2014). Data mining with decision trees: theory and applications (Vol. 81). World scientific.
- Mendes M., Akkartal E., 2009. Regression tree analysis for predicting slaughter weight in broilers. Italian Journal of Animal Science, 8, 615-624.
- Olfaz, M., Tirink, C., Onder, H., 2019. Use of CART and CHAID algorithms in Karayaka sheep breeding. Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, 25(1), 105-110.
- Ozkaya, S., Bozkurt, Y. (2009). The accuracy of prediction of body weight from body measurements in beef cattle. Archives Animal Breeding, 52(4), 371-377.
- Pehlivan, G. (2006). CHAID Analizi ve Bir Uygulama. Master Thesis. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, Türkiye.
- Petaneic D., Mester A., Okros A., Hamza S., (2016) Studies on external morphology of the species *Epicometis hirta* Poda in the western part of Romania, Journal of Biotechnology, S4-S109
- Peters, M. A. (2012). Bio-informational capitalism. Thesis Eleven, 110(1), 98-111.
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Rashidi, S., Ranjitkar, P. and Hadas, Y., 2014. Modeling bus dwell time with decision tree-based methods. Transportation research record. J. Transpor. Res. Bd., 2418:74-83. <https://doi.org/10.3141/2418-09>
- Rokach, Lior., dan Maimon, Oded. (2015). Data Mining with Decision Trees: Theory and Applications 2nd Edition. Singapore: World Scientific Publishing.
- Sam, I., Ekpo, J., Ukpanah, U., Eyoh, G., & Warrie, M. (2016). Relationship between linear body measurement and live body weight in West African Dwarf Goats in Obio Akpa. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, 6(16), 118-124.
- Sümbüloğlu, K. and Akdağ, B., 2007. Regresyon Yöntemleri ve Korelasyon Analizi, Hatiboğlu Yayınevi. Ankara.
- Tirink, C., Abaci, S. H., & Onder, H. (2020). Comparison of ridge regression and least squares methods in the presence of multicollinearity for body measurements in saanen kids. Journal of the Institute of Science and Technology, 10(2), 1429-1437.
- Topal, M., & Macit, M. (2004). Prediction of body weight from body measurements in Morkaraman sheep. Journal of Applied Animal Research, 25(2), 97-100.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

Toth M., Vuts J., Difrancio F., Tabilio R., Baric B., Razov J., Toshova T., Subchev M., Sredkov I., 2009, Detection and Monitoring of *Epicometis hirta* Poda and *Tropinota squalida* Scop. with the Same Trap, *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 337-344

Vuts J., Szarukan I., Subchev M., Toshova T., Toth M., (2010), Improving the Floral attractant to lure *Epicometis hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae), DOI 10.1007

Zaborski, D., Ali, M., Eydurani, E., Grzesiak, W., Tariq, M. M., Abbas, F., ... & Tirink, C. (2019). Prediction of selected reproductive traits of indigenous Harnai sheep under the farm management system via various data mining algorithms. *Pakistan Journal of Zoology*, 51(2), 421.

Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Cilt IV